

2015

ISSN-0386-4952

RESEARCH REPORTS OF
THE FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
MEIJO UNIVERSITY
NAGOYA JAPAN

名城大学
理工学部研究報告

第 55 号

平成 27 年

ワイドギャップ半導体を用いた 青色半導体レーザの実現

宮嶋孝夫（材料機能工学科）

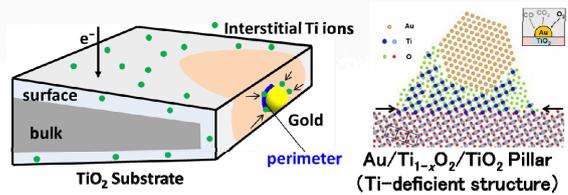
筆者は、長年ソニーにおいて、次世代高密度光ディスクシステム用光源として期待されていた青色半導体レーザの研究開発を行ってきた。当初は、ZnSe系半導体を使い世界最高水準のデバイス性能を実現したが、信頼性の問題で、GaN系半導体の研究開発に変更せざるを得な



かった。その実用化のためには、GaN系半導体の不思議な物性を理解し、巧みに利用することが重要であった。

透過型電子顕微鏡で触媒反応を可視化する 田中崇之（材料機能工学科）

ガス導入によって著しい活性の増減を引き起こす強い金属担体間相互作用(SMSI)は触媒科学における大きな課題の一つである。筆者らが開発した環境制御透過型電子顕微鏡(ETEM)の技術を用い、SMSIが触媒の活性に及ぼす影響を探った。本稿では、特に金ナノ粒子触媒のガス導入によるその場観察など最新のTEM技術によって得られた成果に基づいて、活性機構モデルを提案する。

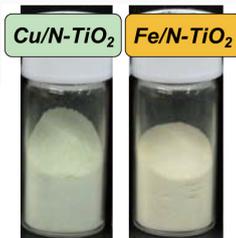


可視光応答型光触媒の高性能化と応用

大脇健史（応用化学科）

佐伯周，森川健志（豊田中研）

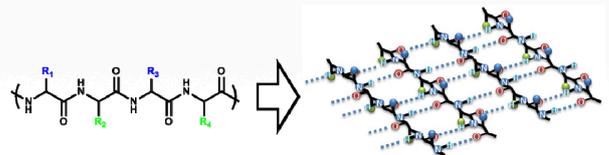
新規可視光応答型光触媒である窒素ドープ酸化チタン (N-TiO₂) は、環境浄化材料として広く利用されている。本稿では、N-TiO₂ 表面にCuまたはFe化合物を担持することによってさらに高性能化する技術およびこの可視光応答型光触媒の応用技術に関して紹介する。



両親媒性ペプチドの自己組織化による 次元制御された分子構造体

田中正剛（応用化学科）

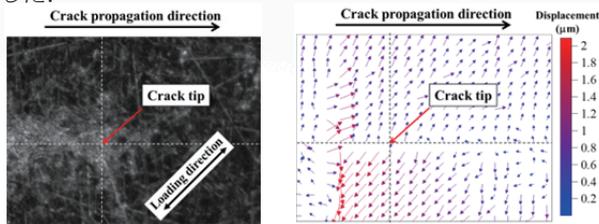
アミノ酸から構成されるペプチドの自己組織化能を利用し、ナノスケールで階層的に構造制御された規則構造体の構築を行った。親水性アミノ酸と疎水性アミノ酸を組み合わせた両親媒性ペプチドは、β-シート構造に基づく三次元的な分子構造体であるゲル、およびナノ周期性を有する二次元的な分子膜を自発的に形成した。



混合モード条件下の斜めき裂先端における 変位場計測と疲労き裂伝ば挙動の予測

清水憲一（機械工学科）

使用中の、機械製品や構造物の寿命を評価するためには疲労き裂の伝ば挙動を予測することが必要である。本論文では、デジタル画像相関法を用いて、疲労き裂先端の変位場計測を行い、得られた結果より、疲労き裂の伝ば挙動を予測する方法を開発した。その際、疲労き裂先端位置を高精度に補正する新しい方法を提案し、その有用性を明らかにした。そして、様々な条件下において、疲労き裂伝ばが予測可能であることを示した。



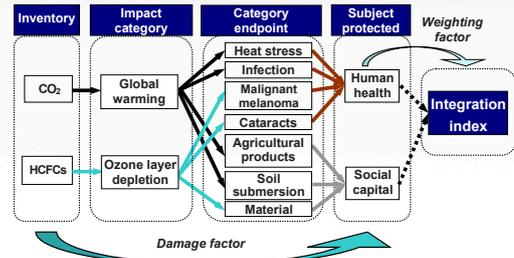
Environmental risk assessment for concrete waste recycling

Yasuhiro DOSHO

(Dept. of Environmental Science and Technology)

This review demonstrated that evaluating the environmental risk of recycling systems based on LCA using a LIME-based integration index is effective.

*LIME: Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modelling



Step concept of impact evaluation using LIME

自動車の自動運転の意義

津川定之（情報工学科）

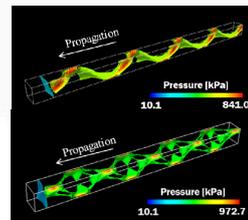
この論文は、自動車の自動運転の定義、目的と効果、現在の動向などを紹介し、自動運転の課題やニーズについて考察している。21世紀の自動運転システムの意義は、もはや技術のフィージビリティを示すことではなく、事故と渋滞という自動車交通問題の解決にある。しかしながら、法律・制度面の課題はいうまでもなく、技術的課題も依然として多く残されている。プラトーン走行の省エネルギー効果は多くの実験が実証しているが、自動運転の安全に対する効果は未だ実証されていない。



爆轟波に関する実験と数値解析

杉村忠良（交通機械工学科）

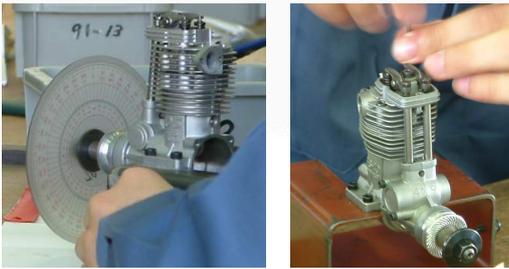
筆者の研究室では、可燃性混合気中を超音速で伝播する燃焼波の特性を実験と数値解析で明らかにすることを試みてきた。爆轟波の発生は壊滅的な被害を及ぼすことはよく知られているが、発生する大きなエネルギーを推進機関への応用という立場もある。そのためには爆轟波の内部構造をよく理解することが必要である。



**模型飛行機用エンジンを用いた
実感教育の教育効果**

村上好生（交通機械工学科）

ものづくり教育の原点は、物に対して興味を持ち、モノの機能や動作に感動することであると考えられる。これを実行するため実感教育授業科目「ハンドエンジニアリング」において、学生一人に1台の模型飛行機用エンジンを担当させて教育を行っている事例を紹介する。

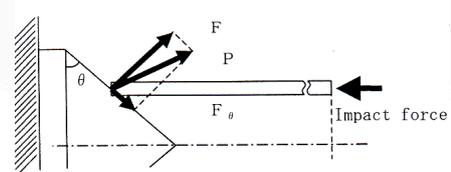


59

**衝撃荷重による塑性座屈モード遷移
（円管の軸圧縮の場合）**

村瀬勝彦（交通機械工学科）

本研究は円管に衝撃軸圧縮荷重が作用した場合の塑性座屈モードの遷移を明らかにするものである。理論的には図のように端面に円錐体を設置しそれに同軸上に円管が衝突した場合を考える。端面の摩擦変化によって塑性座屈モードが遷移する過程を数値計算法によって明らかにした。



66

私の研究

山ノ井基臣（メカトロニクス工学科）

量子光学においては、光ブロッホ方程式が広く用いられている。この方程式における減衰行列は対角形で、その行列要素は入力に依存しない一定値である。従来、減衰行列は、入力無しで求められているからである。ところが、Free Induction Decayの実験において、従来の光ブロッホ方程式が成立せず、入射レーザー光の強度が強くなると、減衰が弱くなること示された。そこで、従来の仮定を用いず、一般化光ブロッホ方程式を導出した。その結果、減衰行列は、非対角形となり、各要素は、入射強度の関数となる。この理論を、Free Induction Decayにあてはめると実験が良く説明できた。また、Hole Burningに応用すると、hole巾が狭くなる事が予測され、超音波でのHole Burningで実証された。

73

**40年にわたる教育・
研究活動のまとめと今後の目標**

立川 剛（建築学科）

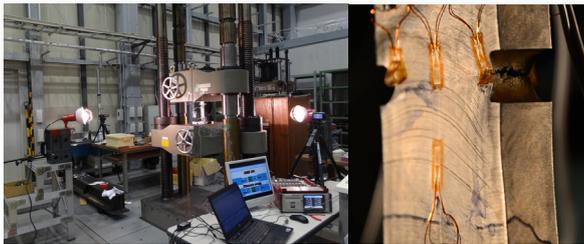
建築技術の世界においては、上部構造である建物については、日進月歩であるが、杭基礎を含む下部構造の進歩は鈍い。人工物では必ずしもない基礎地盤の特殊性もあるが、50年程前に始まったFEMなどの計算力学の影響も大きいと考える。無限遠を含む力学系は荷重・応答の間には位相遅れが発生する。その位相遅れが逸散減衰と関係づけられる。そのため複素変数を含む解析的手法の出番である。この小論で示した手法は、運動方程式の存在を意識せずに、境界条件の設定に留意すれば、必要な物理量は積分することなく微分のみで得られる。この方面の研究者の数を増やすのが今後の目標であり、基礎地盤の動力学特性研究の50年の遅れを取り戻すのが目標である。

82

切り欠きを有するレ形開先溶接鋼材の破壊性状に関する実験的研究

加藤友哉（建設システム工学専攻）ほか

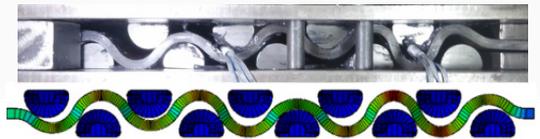
本研究では欠陥を模擬した切り欠きを有する溶接試験片を用いた単調載荷実験を行い、各溶接鋼材のき裂の発生から破断までの挙動を調べる。また、溶接による材質変化や切り欠きの生じる位置が鋼材のき裂の発生から破断までに及ぼす影響を検証する。



間隔保持材を有するBRRP制震ダンパーの性能実験と解析

加藤弘務（建設システム工学専攻）ほか

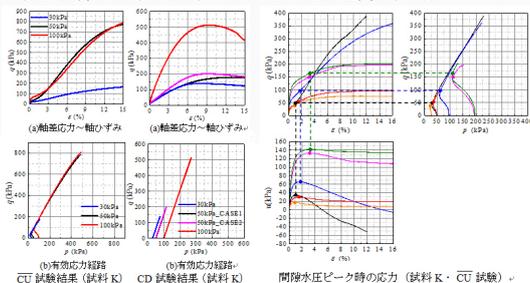
本研究はBRRP制震ダンパーの性能実験を行った一連の研究の一環である。履歴曲線の安定化のために間隔保持材を利用し、その効果について検討した。その結果、間隔保持材は有効であることが示された。しかし、間隔保持材を入れる箇所に対する検討が必要であることが分かった。



堤防砂質土の強度定数の評価

武 楊（建設システム工学専攻）ほか

筆者の研究室では実堤防から採取した不攪乱試料を用いてCUとCD三軸試験を行い、河川堤防砂質土の適正な強度定数を評価する手法について検討している。本稿では、試験条件により得られる各強度定数の違いとその原因について説明し、さらに変相状態でのCU試験結果を用いて強度定数を設定する手法を提案する。



運行サービスの変更が与えるコミュニティバス利用者への影響分析

—愛知県日進市をケーススタディとして—

伊藤真章（建設システム工学専攻）ほか

本稿では、サービス水準の変更に伴う利用状況変化の予測を分析するため、愛知県日進市で運行されているコミュニティバス「くるりんばす」を対象に意識調査を行い、サービス水準が変更された場合の利用意向を把握した。その結果から、サービス水準の変更によってコミュニティバスの既存利用者が利用を断念するか否か、また、利用を続ける場合には利用頻度がどのように変化するかを予測するモデルの開発を行い、サービス水準を変更した場合の利用頻度の分布や収入がどのように変化するかを明らかにした。

ドライビングシミュレータを用いた交差点 接近車両への情報提供の違いによる CO₂ 排出低減効果の検討

彭冠露（建設システム工学専攻）ほか

本研究では、信号情報提供システムの導入による CO₂ 排出量の低減効果を明らかにするために、いくつかの信号情報提供パターンを作成し、それらをドライビングシミュレータ上に導入して、運転実験を行った。信号情報提供パターン別の CO₂ 低減効果などを比較した結果、CO₂ 排出量低減効果は最大で 6% であった。



目 次

招待論文

ワイドギャップ半導体を用いた青色半導体レーザの実現.....材料機能工学科	宮 嶋 孝 夫	1
透過型電子顕微鏡で触媒反応を可視化する.....材料機能工学科	田 中 崇 之	9
可視光応答型光触媒の高性能化と応用.....応用化学科 (株)豊田中央研究所光物質変換研究室 (株)豊田中央研究所光物質変換研究室	大 脇 健 史 佐 伯 周	14
両親媒性ペプチドの自己組織化による次元制御された分子構造体.....応用化学科	田 中 正 剛	19
混合モード条件下の斜めき裂先端における変位場計測と疲労き裂伝ば挙動の予測.....機械工学科	清 水 憲 一	25
Environmental risk assessment for concrete waste recycling.....環境創造学科	Yasuhiro DOSHO ...	31
自動車の自動運転の意義.....情報工学科	津 川 定 之	43
爆轟波に関する実験と数値解析.....交通機械工学科	杉 村 忠 良	51
模型飛行機用エンジンを用いた実感教育の教育効果.....交通機械工学科	村 上 好 生	59
衝撃荷重による塑性座屈モード遷移 (円管の軸圧縮の場合) .....交通機械工学科	村 瀬 勝 彦	66
私の研究.....メカトロニクス工学科	山 ノ 井 基 臣	73
40年にわたる教育・研究活動のまとめと今後の目標－混合境界値問題に対する解析システムの構築をめざして－ .....名城大学 教授・工博	立 川 剛	82

論 文

切り欠きを有するレ形開先溶接鋼材の破壊性状に関する実験的研究.....大学院理工学研究科 華南理工大学 社会基盤デザイン工学科	加藤友哉 康 瀾 葛 漢 彬	89
間隔保持材を有する BRRP 制震ダンパーの性能実験と解析.....大学院理工学研究科 理工学部 新日鉄住金エンジニアリング(株) 社会基盤デザイン工学科	加藤弘務 宇佐美勉 山崎伸介 葛 漢 彬	95
堤防砂質土の強度定数の評価.....名城大学大学院 理工学研究科 建設システム工学専攻 名城大学大学院 理工学研究科 建設システム工学専攻 名城大学 理工学部 社会基盤デザイン工学科	武 楊 小林芳樹 小高猛司	101
運行サービスの変更が与えるコミュニティバス利用者への影響分析 - 愛知県日進市をケーススタディとして -名城大学大学院理工学研究科 社会基盤デザイン工学科	伊藤真章 松本幸正	109
ドライビングシミュレータを用いた交差点接近車両への情報提供の違いによる CO ₂ 排出低減効果の検討.....名城大学大学院理工学研究科 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科	彭冠露 松本幸正	117

資 料

名城大学理工談話会開催記録 -平成26年度- 学術広報委員会	125
平成26年度研究費補助金交付者一覧表	127
平成26年度受託研究一覧	131
平成26年度共同研究一覧	132
平成26年度学外研究助成一覧	134
平成26年度奨学寄付金一覧	135
平成26年発表論文題目 (※印 環境関連論文題目を示す).....	136
名城大学理工学部研究報告投稿内規.....	217
投稿内規細則.....	218
名城大学理工学部研究報告掲載発表論文題目原稿作成要領.....	219

CONTENTS

Invited Papers

Realization of Blue Laser Diodes by using Wide-gap Semiconductors Department of Mathematics, Meijo University Takao MIYAJIMA	1
Visualizing structural changes of a catalyst under gas exposure by Transmission Electron Microscopy Department of Materials Science and Engineering Takayuki TANAKA	9
Improvements and Applications of Visible-light sensitive Photocatalysts Department of Applied Chemistry Takeshi OHWAKI Photo Conversion Lab. Toyota Central R&D Labs.,Inc. Shu Saeki Photo Conversion Lab. Toyota Central R&D Labs.,Inc. Takeshi MORIKAWA	14
Dimension-Controlled Nanoarchitectures by Self-Assembly of Amphiphilic Peptides Department of Applied Chemistry Masayoshi TANAKA	19
Measurement of Displacement Field around Slant Crack Tip and Estimation of Fatigue Crack Propagation Behavior under Mixed-Mode Department of Mechanical Engineering Kenichi SHIMIZU	25
Environmental risk assessment for concrete waste recycling Department of Environmental Science and Technology Yasuhiro DOSHO	31
Significance of Automated Driving of Automobiles Department of Information Engineering Sadayuki TSUGAWA	43
Experiment and numerical analysis on detonation wave Department of Vehicle and Mechanical Engineering Tadayoshi SUGIMURA	51
Effect of Engineering Sense Education Using Model-Airplane Engine Department of Vehicle and Mechanical Engineering Yoshio MURAKAMI	59

Transition of Plastic Buckling Modes for Circular Tubes Subjected to an Impact Axial Compressive Load		
	Department of Vehicle and Mechanical Engineering	
.....	Katsuhiko MURASE	.....66
 My research work		
	Department of Mechatronics Engineering	
.....	Motoomi Yamanoi	.....73
 DYNAMICAL CHARACTERISTICS OF BUILDING FOUNDATIONS SUPPORTED ON SOIL GROUNDS TO BE EVALUATED AS MIXED-BOUNDARY-VALUE PROBLEMS		
	Prof.of Meijo Univ, Dr. Eng	
.....	Tsuyoshi TACHIKAWA	.....82
 Papers		
 Experimental Study on Fracture Mechanism of Single Bevel Groove Welded Steel Members With Different Notches		
	Graduate School of Science and Technology	
.....	Tomoya KATO	
	South China University of Technology	
.....	Lan KANG	.....89
	Department of Civil Engineering	
.....	Hanbin GE	
 Performance Experiment and Analysis of BRRP Dampers with Space Holding Member		
	Graduate School of Science and Technology	
.....	Hironu Kato	
	School of Science and Technology	
.....	Tsutomu Usami	.....95
	Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., Ltd.,	
.....	Shinsuke Yamazaki	
	Department of Civil Engineering	
.....	Hanbin GE	
 Evaluation of strength coefficients of sandy river levee soils		
	Graduate School of Science and Technology, Meijo University	
.....	Yang WU	
	Graduate School of Science and Technology, Meijo University	
.....	Yoshiki KOBAYASHI	..... 101
	Department of Civil Engineering, Meijo University	
.....	Takeshi KODAKA	
 Analyzing of influence of LOS change on community bus usage - Case study in Nissin city, Aichi prefecture -		
	Graduate School of Science & Technology, Meijo University	
.....	Naoyuki ITO	..... 109
	Department of of Civil Engineering	
.....	Yukimasa MATSUMOTO	

Investigation of CO₂ emission reduction by providing different information to vehicle approaching signalized intersection with driving simulator

Graduate School of Science and Technology, Meijo University	
..... Guanlu PENG	..... 117
Department of Civil Engineering, Meijo University	
..... Yukimasa MATSUMOTO	

Materials

Records of Faculty Seminar (RIKO-DANWA-KAI) ——— 2014 Academic Year ———	
..... A Committee for Academic Publicity	..... 125
List of Grant-in-Aid for Scientific Research ——— 2014 Academic Year ———	
.....	..... 127
List of Contract Researches ——— 2014 Academic Year ———	
.....	..... 131
List of Cooperatative Researches ——— 2014 Academic Year ———	
.....	..... 132
List of Extramural Research Funds ——— 2014 Academic Year ———	
.....	..... 134
List of Subscriptions for Encouragement of Reseach ——— 2014 Academic Year ———	
.....	..... 135
List of Publications in 2014 (※ indicates the Title of the Environmentally-related Thesis)	
.....	..... 136
Internal Rule for Contribution to Research Reports of the Faculty of Science and Technology, Meijo University	
.....	..... 217
Detailed Regulation of Internal Rule for Contribution	
.....	..... 218
Guide Line for Preparation of Manuscript of List of Publications in Research Reports of the Faculty of Science and Technology, Meijo University	
.....	..... 219

招待論文

ワイドギャップ半導体を用いた青色半導体レーザーの実現

宮嶋孝夫¹⁾

Realization of Blue Laser Diodes by using Wide-gap Semiconductors

Takao MIYAJIMA¹⁾

Abstract

In the 1980s, ZnSe-based wide-gap semiconductors were the most attractive materials for blue semiconductor laser diodes which were desired for next-generation high-density optical storage systems. At that time, almost researchers studied ZnSe-based laser diodes with $Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ cladding layer which was developed by our Sony research group. It was, however, necessary to change the material from ZnSe- to GaN-based wide-gap semiconductors, which were developed by Prof. Akasaki's research group, because the practical long lifetime was not achieved by using ZnSe-based blue laser diodes. By understanding and controlling many strange properties of GaN-based semiconductors, the practical GaN-based blue laser diodes were realized.

1. はじめに

私は、2014年3月末まで、ソニー（株）において、高密度光ディスク用の青色半導体レーザーを実現、発展させるために、ワイドギャップ半導体である ZnSe 系 II-VI 族半導体と GaN 系 III-V 族半導体の研究開発を手掛けてきました。幸いにも、多くの先輩、同僚、後輩たちと共に、大変ユニークな研究開発を手掛けることができました。その研究内容を紹介させて頂こうと思います。

今日、光ディスクは手軽に音楽や映像を楽しむだけではなく、データを運ぶ媒体として使われていますが、その始まりは、フィリップとソニーが共同開発したコンパクトディスク（CD）にあります。1982年、ソニーより世界で初めての CD プレーヤーが発売されると、1986年にはそれまで使われていた LP レコードの生産量を上回り、急速に CD が世界中に普及することとなりました。私がソニー（株）中央研究所において半導体レーザーの研究開発に携わるようになったのは、その最中の 1985 年でした。CD に始まった光ディスクは、今日までに、より高容量の画像情報を記録する DVD さらに Blu-ray Disk (BD) と発展してきました。いずれの光ディスクも直径 12 cm の円板であることから、記録密度が CD、DVD、BD と高められていることとなります。そのために使われた主要技術が、光源として使われている半導体レーザーの発振波長 (λ) の短波長化と対物レンズの開口径 (NA)

の増大です。レーザー光を対物レンズで集光したときのスポットの直径 d は、

$$d = 1.22 \times \frac{\lambda}{NA}$$

と表すことができるので、スポット面積を小さくして、より高密度の光記録を実現するには、 λ を小さく、NA を大きくする必要がありました。実際、各光ディスクに使われている値を Table 1 に示します。

Table 1: Wavelength and NA for CD, DVD and BD

	記録容量	レーザー発振波長	レンズ開口径	スポット面積(相対値)
CD	0.7 GB	780 nm	0.45	1
DVD	4.7	650	0.6	1/5.3
BD	25	405	0.85	1/13.6

半導体レーザーの発振波長を短波長化するには、より大きなバンドギャップを有する半導体を使ってレーザー光を発生させる必要があります。私が半導体レーザーの研究開発に携わるようになった 1985 年時点では、CD に使われた GaAs 系半導体レーザーが既に商品化され、DVD に使われることとなる赤色 AlGaInP 系半導体レーザーの実用化が目前に迫っていました。1987 年になり、更に短波長の青色半導体レーザーを実現させる研究がソニー中央研究所でも開始されることとなり、私も参加させて頂くこととなりました。これが、私が青色半導体レーザーに携わる長い

1) 材料機能工学科

1) Department of Materials Science and Engineering

研究生活の始まりでした。ここで、結果として、2つの半導体材料と遭遇することになりました。初めは、ZnSe系II-VI族半導体、1995年からはGaN系III-V族半導体の研究を手がけました。最終的には後者の材料を用いた青色半導体レーザーが実用化され、当時のソニーの社運を賭けた商品であったPlay station 3にBD用の光源として搭載されました。ここで手掛けた半導体材料へのアプローチはとても対照的なものでありました。長い基礎研究の歴史を有しているZnSe系II-VI族半導体では、教科書的な半導体物理を大胆に活用することで大きな研究成果が得られました。一方で、大きく良質な結晶ができて間もないGaN系III-V族半導体では、これまでの半導体物理では容易に説明できない不可解な基礎物性を理解し、これを巧みに利用することが必要でした。様々な苦労もありましたが、この青色半導体レーザーに関する研究開発を通じて、材料研究の難しさと面白さを知ることができました。

2. ZnSe系青色半導体レーザー

半導体レーザーの発振波長をより短波長にした青色半導体レーザーを実現させるためには、より大きなバンドギャップエネルギーを有する半導体（ワイドギャップ半導体）を選択する必要があります。では、半導体のバンドギャップエネルギーを大きくするにはどのようにすればよいのでしょうか。それには次の2つの選択があります。

- ①イオン性の高い元素を組み合わせた化合物半導体を作製する。Table 2で示される周期律表で考えるとより外側の元素同士を組み合わせる。GaAsのようなIII-V族半導体よりもZnSeのようなII-VI族半導体。
- ②原子半径の小さい元素を組み合わせた（結合力の強い）化合物半導体を作製する。周期律表で考えるとより上側の元素を組み合わせる。第4周期にあるGaAsよりも第2周期元素が関与するGaN。

Table 2: Periodic Table

1A	2A		2B	3B	4B	5B	6B	7B	0
H									He
Li	Be			B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg			Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca		Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

①によって選択される材料がZnSe系II-VI族半導体であり、②によって選択される材料がGaN系III-V族半導体です。ただし、青色半導体レーザーを実現させるために

必要な基礎物性はここで説明したバンドギャップエネルギーだけではありません。特に重要な基礎物性は以下のようなものでした。

- (a) 欠陥を導入させない格子定数差の少ない基板が利用可能であること。
 - (b) n型及びp型電気伝導性を制御し、p-n接合を作製可能であること。
 - (c) 光とキャリアを閉じ込めるためのダブルヘテロ構造を形成するためのクラッド層材料が存在すること。
- 当時、上記の問題を通して2種類の半導体材料を比較した結果をTable 3に再現しました。

Table 3: Comparison between ZnSe- and GaN-based semiconductors for blue laser diodes

	ZnSe系半導体	GaN系半導体
格子定数差の少ない基板	○ GaAs基板	× サファイア基板
電気伝導性制御	△ p型制御困難	△ p型制御困難
クラッド層材料	△ ZnSSe or ZnCdS	○ AlGaIn

○：問題なし，△：解決策あり，×：深刻な問題

p型電気伝導性制御が困難であることは、ワイドギャップ半導体固有な問題として考えられ、この問題の難しさから青色半導体レーザーは当分実現できないだろうと考える研究者もおりました。更にGaIn系半導体の場合は最適な基板が存在しないという致命的と考えられる問題を抱えていました（サファイア基板を使っても、16%もの大きな格子定数差を有することから、大量の欠陥が導入され、信頼性のあるデバイスが実現不可能と考えられました）。当時、我々は、この深刻となり得る基板の問題を憂慮して、青色半導体レーザーの最適材料としてZnSe系II-VI族半導体の研究開発を行うこととしました。この研究の流れは、1991年の窒素プラズマによるp型伝導制御法の開発^{1),2)}と、この手法を用いた3M社の77KでのZnSe系青色半導体レーザーのパルス駆動発振（1991年）³⁾で確実となり、世界中でZnSe系II-VI族半導体の研究開発が精力的に行われました。

このような研究動向の中で、我々はもう1つの問題であるクラッド層材料探索を積極的に行い、Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}混晶半導体が最適であることを見出し⁴⁾、このクラッド層を導入したZnSe系青色半導体レーザーの77Kでの連続駆動⁵⁾に世界で初めて成功しました（Fig. 1参照）。



Fig. 1: 77K continuous-wave operation of ZnSe-based semiconductor laser diode with a $Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ cladding layer⁵⁾

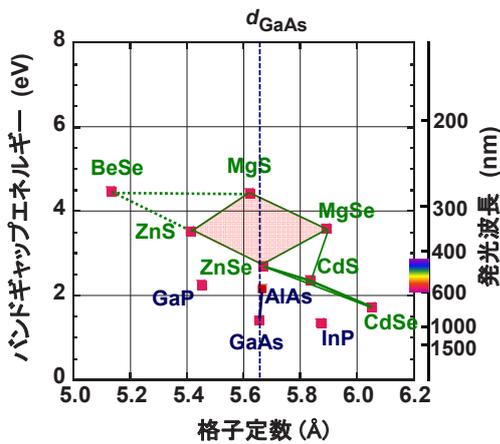


Fig. 2: Lattice constant and bandgap energy for semiconductors.

Fig. 2 に、代表的な II-VI 族半導体及び GaAs 基板の格子定数とバンドギャップエネルギーの関係を示しました。我々が初めて見出した $Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ 混晶半導体は、ピンク色で表される領域であり、次のような必要条件を満たす最適なクラッド層材料でした。

- ①欠陥の発生を防ぐため、基板である GaAs 及び発光層（活性層）材料である ZnSe または $ZnCd_xSe_{1-x}$ と格子定数の差が小さいこと。
- ②キャリアと光を効率的に閉じ込めるために、発光層（活性層）材料である ZnSe または $ZnCd_xSe_{1-x}$ よりバンドギャップエネルギーが大きいこと。

この材料探索には、II 族元素に通常使われる 2B 族だけではなく 2A 族である Mg も利用していることに特徴があります。Table 2 の周期律表を見て分かるように、第 4 周期の Zn と Se に第 3 周期の Mg と S を混ぜています。これにより、バンドギャップエネルギーが大きくなります。ただし、一般的には同じ族で周期律表の上側の元素の共有結合半径は小さくなるので、格子定数は小さくなってしまいます。実際、6B 族元素である Se と S の共有結合半径 r を比べると⁶⁾,

$$r(\text{Se}) = 1.14 \text{ \AA} > r(\text{S}) = 1.04 \text{ \AA}$$

となっていることが分かります。しかしながら、Zn と

Mg の共有結合半径の大小関係は

$$r(\text{Zn}) = 1.31 \text{ \AA} < r(\text{Mg}) = 1.40 \text{ \AA}$$

と逆転します。なぜなら、Zn が 2B 族、Mg が 2A 族であるからです。両者は、外殻の s 及び p 電子の個数では、同じ II 族に分類されますが、d 電子の有無に違いがあります。ここでは、半導体中の化学結合は外殻の s 及び p 電子で支配され、格子定数は d 電子の有無に影響を受けているものと考えられます。したがって、ZnSe に S とともに Mg を混ぜると、バンドギャップエネルギーを大きくしつつ、格子定数を ZnSe に整合させることが可能になると考えられます（秋本克洋（現筑波大教授）リーダの発案によるものです）。このようにして、我々は ZnSe 系 II-VI 族半導体を使って、半導体レーザの基本構造である理想的なダブルヘテロ構造を導入し、室温で駆動する実用的な ZnSe 系青色半導体レーザを実現させることに世界で初めて成功することができました⁷⁾。

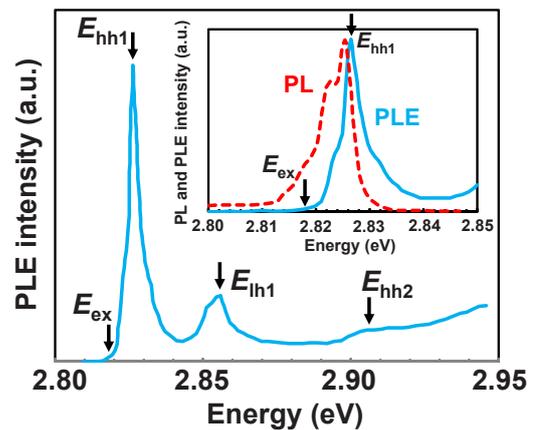


Fig. 3: Photoluminescence excitation spectra of ZnSe/ $Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ single quantum well at $T=10\text{K}$ ⁸⁾

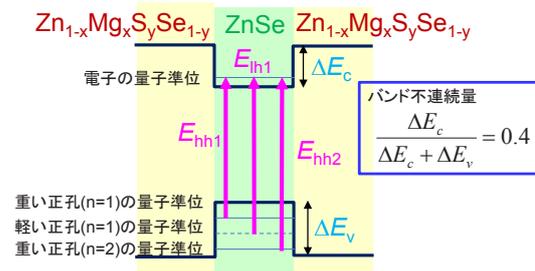


Fig. 4: Band line-up of ZnSe/ $Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ single quantum well and the band discontinuity

ZnSe 発光層と格子定数の一致した $Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ をクラッド層として用いたダブルヘテロ構造が大変理想的であることは、Fig. 3 に示した ZnSe/ $Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ 単一量子井戸（量子井戸幅：8nm）からの励起スペクトルを測定することで確認することができました⁸⁾。励起スペクトルには、Fig. 4 に示したような電子-重い正孔の励起

子 (E_{hh1}, E_{hh2}) と電子-軽い正孔の励起子 (E_{hh1}) の信号が明瞭に観察され、量子井戸に大きな歪や欠陥が導入されていないことが分かります。また、同時に、これらの信号のエネルギー位置を計算することで、伝導帯及び価電子帯の不連続量 ΔE_c 、 ΔE_v の比は

$$\frac{\Delta E_c}{\Delta E_c + \Delta E_v} = 0.4$$

となり、電子も正孔も効率的に閉じ込め可能な理想的なタイプ I のヘテロ構造を形成していることが分かりました。

$Zn_{1-x}Mg_xS_ySe_{1-y}$ クラッド層の採用は、ZnSe 系青色レーザーの性能を飛躍的に向上させることとなり、世界中の研究者が採用し、デバイス性能を争う激しい研究開発競争が始まることになりました。しかしながら、デバイス寿命は期待以上には長くはならず、500 時間に留まってしまいました⁹⁾。一般に、半導体レーザーに要求されるデバイス寿命は数千時間から 1 万時間程度ですので、残念ながら商品化を行えるまでのデバイス性能を実現することができませんでした。この原因は、ZnSe 系半導体のボンド結合力が弱いことに起因した問題と考えられます。分子線エピタキシー成長法で使われる成長温度が 300 °C と非常に低いことからある程度予想はできたのですが、これ程、デバイス性能に影響を与える問題となるとは思いませんでした。更なるデバイス寿命の向上には、新しい考え方や技術が必要になります。

3. GaN 系青色半導体レーザー

1995 年になり、私は GaN 系半導体を使った青色半導体レーザーの研究開発チームに加わることになりました。前述したように、この半導体は、我々が ZnSe 系青色半導体レーザーの開発を始めるにあたり、克服すべき問題点が致命的であると考えた材料でした。しかしながら、1980 年代に赤崎教授らによって開発された新技術（低温バッファ層を用いた薄膜成長技術¹⁰⁾と低抵抗 p 型結晶成長技術¹¹⁾）がブレイクスルーとなり、p-n 接合を有する高輝度 LED が GaN 系半導体を使って実現できるようになり、その研究が急速に進展してゆきました。一方、同じ応用目的で先行していた ZnSe 系半導体の研究開発は、前述したデバイス寿命の問題でデバイスの性能向上は足踏み状態となっていました。このような状況下において、ソニーの社内でも、GaN 系半導体を使った青色半導体レーザーの研究開発チームを発足させることになり、私もそのチームに加わることとなりました。

GaN 系半導体には、研究開始当初から大変驚かされま

した。最大の驚きは、良質の薄膜結晶を作製することは大変難しいのですが、致命的と考えられるような 10^8 cm^{-2} もの大量の欠陥が存在するにもかかわらず、比較的高い発光効率を示し、電流注入時の欠陥増殖が観察されないことでした。結晶成長に際しては、1000°C もの高い結晶成長温度と、金属に対して腐食性の高いアンモニア（原料ガスとして）の供給が必要でありました。このような過酷な条件を満たす結晶成長炉は一般には市販されていなかったため、研究開発当初は、結晶成長装置の開発そのものが大変重要になっていました。幸いにもソニーは、有機金属気相成長（Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD）法に基づく成長装置を自作する技術を保持していたために、この技術を GaN 系半導体にも応用し、良質な薄膜結晶を成長することができるようになってゆきました。

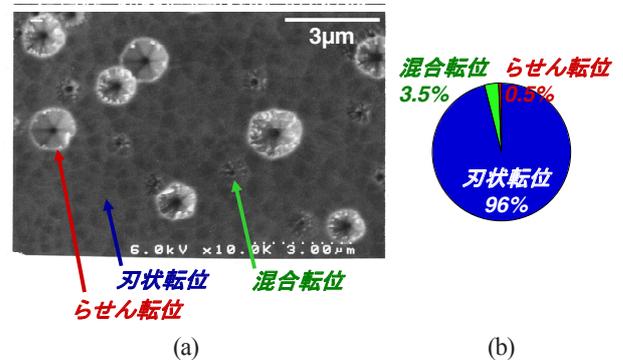


Fig. 5: (a) Plan -view SEM image of GaN surface after HCl etching¹⁴⁾ (b) Ratio of edge, mixed and spiral dislocation in the sample. The total dislocation density is $3.1 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$.

当時の直面した問題は、“本当に大量の欠陥が存在しても、GaN 系半導体を使った青色レーザーが実現可能か”ということでした。GaN 系半導体レーザーの発振を目指したデバイス作りを行うとともに、この問題を掘り下げて研究を行いました。Fig. 5 (a) に、サファイア基板上に低温バッファ層技術を使って成長した GaN 薄膜表面を、塩酸ガスでエッチングさせた平面 SEM 像を示しました。

この平面 SEM 像で観察される 3 種類の表面形状から、GaN 薄膜中に存在する線欠陥を、刃状、らせん、混合転位の 3 種類に分類し、それぞれの密度を求めることができます¹²⁾。3 種類の形状とは、六角錐をひっくり返したすり鉢形状、画面全体に魚の鱗のように見える浅いお皿の形状、両者を重ね合わせた形状であり、それぞれの中心には、らせん、刃状、混合転位が存在することが断面 TEM 観察より確認できました。この時の総貫通転位密度 $3.1 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ に対する、3 つの線欠陥の比率を、Fig. 5 (b) の円グラフに示します。この貫通転位密度は測定した試料の中では一番低いものであり、低温バッファ層の条

件が最適であると考えられます。この円グラフより、貫通転位全体の中で、そのほとんどを占めるものは刃状転位であることが分かります。

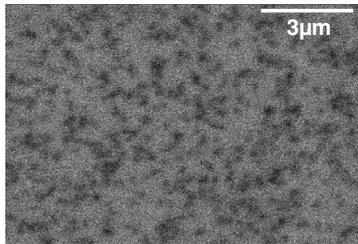


Fig. 6: Plan-view cathodoluminescence image of GaN surface before HCl gas etching¹⁴⁾

それでは、これらの線欠陥が本当に非発光中心として働いているのでしょうか。特に大量に存在する刃状転位は、バンドギャップ中に準位を形成せず非発光中心としては働かないという理論計算¹³⁾が報告されていました。そこでこの問題を決着させようと、塩酸ガスエッチングを行う前の同じ試料のごく近い場所の表面を、カソードルミネッセンス法で観察しました (Fig. 6 参照)。Fig. 5 (a) と Fig. 6 は、同じスケールで示しました。ここには、 $3 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ の黒点が観察されることから、少なくとも大量に存在する刃状転位が、報告されている理論計算とは異なって、非発光中心として働いていると結論されました¹⁴⁾。理論計算に関しては、その後、更に精度の高い計算が行われ、GaN 中の刃状転位も非発光中心として働く¹⁵⁾ことが報告されています。このことから、発光ダイオード (LED) より更に高い発光効率が必要とされる半導体レーザーの実現に関しては、GaN 系半導体においても、欠陥密度の低減が重要であることが分かりました。

私が GaN 系半導体の研究開発に加わった 1995 年、赤崎教授らの研究グループが、電流注入 (室温パルス駆動) による誘導放出¹⁶⁾に成功するとともに、日亜化学の研究グループが室温パルス発振¹⁷⁾に成功します。この時、両者の試料には、 10^8 cm^{-2} 以上の大量の貫通転位が存在しており、それを無理やり誘導放出及びレーザー発振させたものと考えております。大量の電流注入を行っても、GaN 系半導体の場合は欠陥増殖速度が遅く、劣化する前に誘導放出やレーザー発振が確認できたのではないかと想像しています。このような研究報告を聞きながら、“それでも長寿命の実用的な GaN 系青色半導体レーザーを実現するには、欠陥密度の低減が必要になるだろう”と考えました。

当時は、転位密度の低い大型の GaN 基板が実現されていませんでした。代わりに利用されたのが、Fig. 7 に示したような、西永教授らが GaAs 系半導体で開発したマ

イクロチャネルエピタキシー法¹⁸⁾と呼ばれる手法です。この手法は、SiO₂ や SiN_x などの絶縁体マスクで貫通転位の延伸を止め、小さな開口から横方向成長させることで貫通転位の少ない良質な結晶を作製する技術です。この技術を NEC の研究グループが GaN 系半導体に初めて応用し、欠陥密度の大幅な低減に成功しました¹⁹⁾。更に、その報告を受け、日亜化学の研究グループが、この技術を使って貫通転位密度を低減した GaN 系半導体レーザーで長寿命化が可能であることを示しました²⁰⁾。

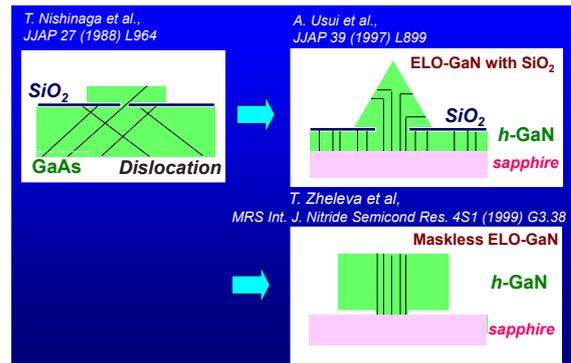


Fig. 7: Epitaxial Lateral Overgrowth (ELO) technology

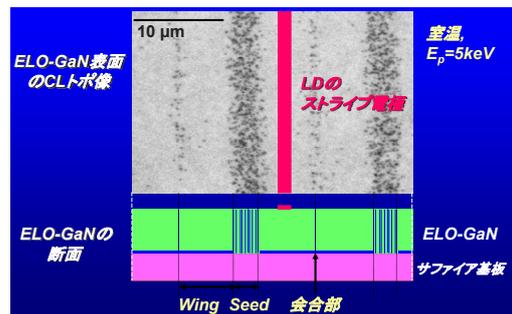


Fig. 8: Plan-view cathodoluminescence image of ELO GaN layer without mask¹⁹⁾

しかしながら、絶縁体マスク上の横方向成長した GaN 中の c 軸が倒れるような現象が観察され、その大きさがマスク材料やその結晶性に大きく依存することが分かりました²¹⁾。この問題は、GaN 系青色半導体レーザーを量産する際のデバイス性能ばらつきを生み出す不安定要因の 1 つになると考えられました。そこで、我々は、Fig. 7 に示したような、マスクを使わない横方向成長法²²⁾を採用しました (マスクを使わなければ上述の問題は起こらないと考えました)。この手法は、米国ノースカロライナ大学の Zheleva らが提唱した手法であり、サファイア c 面基板に成長した GaN 薄膜を、ストライプ状のマスクと RIE を使って矩形にした後に、再成長を行うことで、Fig. 7 下図に示したような横方向成長を行うものです。GaN 結晶中の貫通転位は c 軸方向に延びやすい性質を有しているために、横方向成長した wing 部分には伸びません。

さらに横方向成長を行うと、wing 部同士が会合します。この時の、平面カソードルミネッセンス像を Fig. 8 に示します。会合部には新たな欠陥が現れていますが、それ以外の wing 部では、黒く観察される貫通転位密度が 10^6 cm^{-2} 程度まで低減できます。サファイア基板と繋がっている seed 領域の貫通転位密度が 10^8 cm^{-2} 程度なので、この手法を使うと実に 2 桁も貫通転位密度が低減でき、横方向成長領域に c 軸の大きな傾きも存在しないことが分かりました。

しかしながら、大型放射光施設である SPring-8 の X 線マイクロビームによる局所的な精密測定を行うと、マスクを使わない ELO-GaN においても c 軸が傾く場合があることがわかりました。たとえば、Fig. 9 に示したような、wing 部が会合していない状態のマスクを使わない ELO-GaN においては、c 軸が 0.17° (300 arcsec) 傾いていることがわかりました²³⁾。

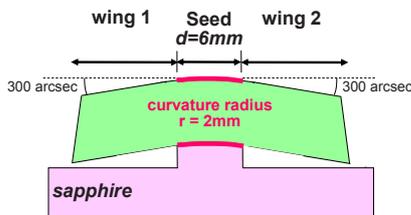


Fig. 9: Cross section of ELO-GaN without mask

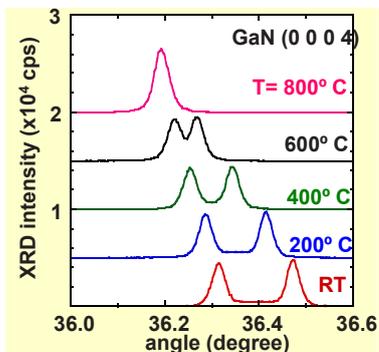


Fig. 10: Temperature dependence of X-ray rocking curve for ELO-GaN without mask²⁴⁾

この c 軸のわずかな傾きの原因を知るために、X 線ロックアップカーブの温度依存性を測定したところ、Fig. 10 のような結果²⁴⁾が得られました。室温では、両側の wing 部に対応した信号が明瞭に観察されます。その 2 つの信号は、測定温度を上げるとともに近づき、 800°C になると 1 つの信号に重ね合わされてしまいました。このことは、マスクを使わない ELO-GaN における僅かな c 軸の傾きが seed 部における GaN とサファイアの熱膨張係数差から発生する熱ひずみであることを示しています。このように原因が明確になった c 軸の傾きは、seed 部の

長さや成長温度により制御可能になりました。

我々は、このようにマスクを使わない ELO-GaN の詳細な評価を行うとともに、貫通転位密度を低減した wing 領域にストライプ状の電極を形成 (Fig. 8 参照) した GaN 系半導体レーザーを作製しました。その結果、デバイスの初期特性とともに寿命も飛躍的に向上し、世界トップ水準の実用的な GaN 系青色半導体レーザーが実現可能であることを実証できました²⁵⁾。

ここで、もう 1 つ考えておかなければいけない問題がありました。欠陥密度とデバイス寿命との関係です。これまでの GaAs 系半導体を使ったレーザーでは、電流注入を行うストライプ直下を全く欠陥のない状態 (欠陥密度 $\leq 10^4 \text{ cm}^{-2}$ に相当) にしなければ実用的なデバイス寿命は実現できないというのが常識でした。しかしながら、GaN 系青色半導体レーザーの場合は、欠陥密度 $\leq 10^6 \text{ cm}^{-2}$ で実用的なデバイス寿命を実現することができました。結果的には、大変幸運であったと思います。ではなぜそのようなことが起きるのかを考えると、次の 2 つの理由が考えられます。

① GaN 系半導体における原子同士の結合が強いため、欠陥の増殖が抑制される²⁶⁾。

② 六方晶構造の GaN 系半導体のすべり面である c 面が活性層と並行であるため、すべり運動が起きても直接活性層に影響を与えることが少ない。立方晶構造を有する GaAs 系半導体レーザーの場合は、(111)面がすべり面であるために活性層を横切る可能性が高く、すべり運動が起きると活性層に影響を与えてしまう。(Fig. 11 参照)

その後、HVPE 法を用いた低欠陥密度の GaN 基板が開発され、サファイア基板を置き換えてしまいましたが、その置き換えは、前述の研究成果があつてはじめてできたことだと考えます。

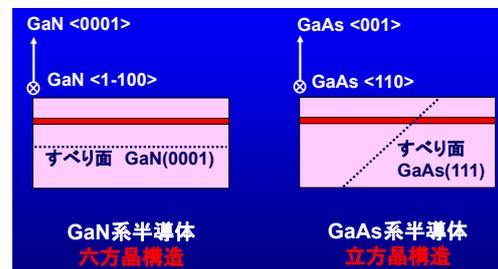


Fig. 11: Slip plane in GaN-based and GaAs-based semiconductor lasers

4. GaN 系超短パルス半導体レーザー

2008 年になり、Blu-ray Disk システムの記録容量を凌駕する次世代高密度光ディスクシステム用の光源開発が社内で開始されることとなり、その研究チームに加わる

ことになりました。

これまでの話では、更に高密度の光ディスクを実現するためには、更に短波長の半導体レーザーの実現が必要になります。しかしながら、今回はその考え方は採用できませんでした。理由は次のようなことが考えられました。

①半導体レーザーの発振波長を 400nm 以下の短波長にすると、光ディスクの基板に使っているポリカーボネイトやプラスチックレンズの代替品を探す (400nm 以下の光に対して透明でないため) など、光ディスク媒体を含む大掛かりな研究開発が必要になるため。

②半導体レーザーの発振波長としては、200nm 台が必要になりますが、解決すべき問題があまりに多く、市場が求めている 5 年以内の商品化が極めて難しいため。

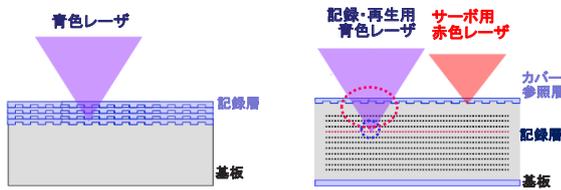


Fig. 12: Three-dimensional optical storage systems

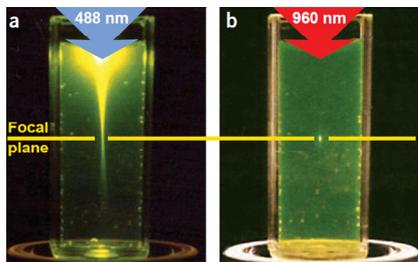


Fig. 13: Demonstration of one-photon (a) and two-photon absorption (b)²⁷⁾

そこで考えられたのが、光ディスクにおける記録層の多層化でした。ただし、Fig. 12のように、記録層を単純に増やしてゆくと、光ディスクの製造コストが急激に増大してしまいます。そこで、光ディスクには多層構造を作らず単一構造にし、対物レンズを動かすことで、半導体レーザーの光を集光させる場所を変え、多層記録を行うことが考えられました。ここで問題になるのが、半導体レーザーの光です。通常ですと (1 光子吸収の場合に相当)、Fig. 13 の左図に示したように焦点位置の手前でも光の吸収が起きてしまい、折角記録した層を破壊してしまう可能性があります。そこで考えられたのが、Fig. 13 の右図で表したような 2 光子吸収²⁷⁾です。ここでは、対象となる物質のバンドギャップよりエネルギーの小さな (波長の長い) 光を入射させ、2 個の光子によって吸収を起こさせます。このようにすれば、焦点位置以外で光の吸収

は起きません。焦点位置だけは、光密度を高めることができ、非線形光学効果である 2 光子吸収を起こさせることができます (Fig. 13 右図で焦点位置だけに光の吸収が起きていることが分かると思います)。

ただし、この 2 光子吸収を効率よく起こさせるには、対物レンズによる集光だけではなく、入射させる光を時間幅の狭い光パルスに変え、そのピークパワーを上げる必要があります。このような光パルスは、固体レーザーであるチタン・サファイアレーザーで発生させることはできますが、高価で大掛かりな装置であるために、光ディスク装置に組み込むためには、半導体レーザーで置き換える必要があります。そこで、我々は、このような超短パルス半導体レーザーを GaN 系半導体で実現するという研究開発を東北大学横山教授と共同で行うこととなりました。

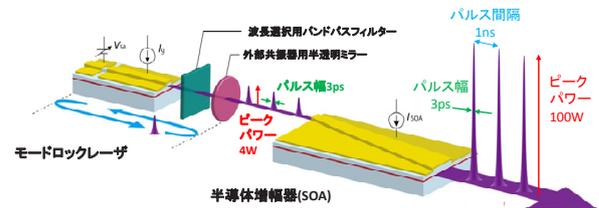


Fig. 14: Optical pulse generation by using GaN-based mode-locked laser diode and GaN-based semiconductor optical amplifier²⁸⁾

3 年間の共同研究の結果、Fig. 14 のような、GaN 系半導体を用いたモードロックレーザーと半導体増幅器を組み合わせることで、ピークパワー 100W もの光パルスの発生に世界で初めて成功しました²⁸⁾。ここでは、まず、GaN 系半導体を使ったバイセクション型構造 (通常の半導体レーザーの p 型電極を利得領域と可飽和吸収(SA)領域の 2 つに分割した構造) を有するレーザーをモードロック動作させることにより、パルス幅 3ps、ピークパワー 4W、パルス間隔 1ns (繰り返し周波数 1GHz) の光パルスを作り出します。この時、利得領域には順方向のバイアスを加えて利得を発生させ、SA 領域には逆バイアスを加えて吸収を起こさせますが、どちらも DC バイアスを使います。光パルスは SA 領域が可飽和吸収特性により光のシャッターのような役割をすることで (モードロック動作を通して) 発生させることができます。この小さな光パルスを後段の GaN 系半導体を使った半導体増幅器で増幅し、パルス幅 3ps、ピークパワー 100W、パルス間隔 1ns の光パルスを発生させています。半導体増幅器は、半導体レーザーのフロント及びリア端面に無反射コートを施し、高い注入電流でも発振しにくくしたデバイスと考えることができます。ここに、フロントより光パルスが入力さ

れると誘導放出が始まり、増幅された光パルスがリア端面より射出されることとなります。

このデバイスを使って、実際に光ディスクの内部に信号を書き込む（穴を形成することに相当）実験にも成功しています²⁹⁾。

謝辞

本研究成果は、大変多くの方々とともに行ってきたものです。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) R. M. Park, M. B. Troffer, C. M. Rouleau, J. M. DePuydt, and M. A. Haase, Appl. Phys. Lett. Vol. 57, No. 20, pp.2127-2129, 1990.
- 2) K. Ohkawa, T. Karasawa, T. Mitsuyu, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 30, pp. L152-L153, 1991.
- 3) M. A. Haase, J. Qiu, J. M. DePuydt, and H. Cheng, Appl. Phys. Lett. Vol. 59, No. 11, 1991.
- 4) H. Okuyama, K. Nakano, T. Miyajima and K. Akimoto, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 30, pp. L1620-L1623, 1991.
- 5) H. Okuyama, T. Miyajima, Y. Morinaga, F. Hiei, M. Ozawa and K. Akimoto, Electron. Lett., Vol. 28, No. 19, pp.1798-1799, 1992.
- 6) J. C. Phillips, “半導体結合論”, 吉岡書店, 1976.
- 7) S. Ito, H. Okuyama, S. Matsumoto, N. Nakayama, T. Ohata, T. Miyajima, A. Ishibashi and K. Akimoto, Electron. Lett., Vol. 29, No. 9, pp. 766-768, 1993.
- 8) T. Miyajima, F. P. Logue, J. F. Donegan, J. Hegarty, H. Okuyama, A. Ishibashi and Y. Mori, Appl. Phys. Lett., Vol. 66, No. 2, pp.180-182, 1995.
- 9) S. Itoh, K. Nakano, A. Ishibashi, J. Cryst. Growth, Vol. 214/215, pp. 1029-1034, 2000.
- 10) H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki and Y. Toyoda, Appl. Phys. Lett. Vol. 48, No. 5, pp. 353-355, 1986.
- 11) H. Amano, M. Kito, K. Hiramatsu and I. Akasaki, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 28, No. 12, pp. L2112-L2114, 1989.
- 12) T. Hino, S.Tomiya, T. Miyajima, K. Yanashima, S. Hashimoto and M. Ikeda, Appl. Phys. Lett., Vol. 76, No. 23, pp. 3421-3423, 2000.
- 13) J. Elsner, R. Jones, P. K. Sitch, V. D. Porezag, M. Elsner, Th. Frauenheim, M. I. Heggie,, S. Öberg, and P.R. Briddon, Phys. Rev. Lett. Vol. 79, No. 19, pp. 3672-3675, 1997.
- 14) T.Miyajima, T. Hino, S. Tomiya, K. Yanashima, H. Nakajima, T. Araki, Y. Nanishi, A. Satake, Y. Masumoto, K. Akimoto, T. Kobayashi and M. Ikeda, phys. state. sol. (b), Vol. 228, No. 2, pp.395-402, 2001.
- 15) C. J. Fall, R. Jones, P. R. Briddon, A. T. Blumenau and T. Frauenheim, M. I. Heggie, Phys. Rev. B, Vol 65, pp. 245304-1-245304-8, 2002.
- 16) I. Akasaki, H. Amano, S. Sota, H. Sakai, T. Tanaka and M. Koike, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34. No. 11B, pp. L1517, 1995.
- 17) S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, H. Kiyoku, Y. Sugimoto, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 35, pp.74-76, 1996.
- 18) T. Nishinaga, T. Nakano and S. Zhang, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 27, No. 6, pp. L964-L967, 1988.
- 19) A. Sakai, H. Sunakawa and A. Usui, Appl. Phys. Lett., Vol. 73, No. 4, pp. 481-483, 1998.
- 20) S. Nagahama, N. Iwasa, M. Senoh, T. Matsushita, Y. Sugimoto, H. Kiyoku, T. Kozaki, M. Sano, H. Matsumura, H. Umemoto, K. Chocho and T. Mukai, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, No. 7A, pp.L647-L650, 2000.
- 21) T. Tomiya, K. Funato, T. Asatsuma,, T. Hino, S. Kijima, T. Asano and M. Ikeda, Appl. Phys. Lett. Vol. 77, No. 5, pp. 636-638, 2000.
- 22) T.S. Zheleva, S.A. Smith, D.B. Thomson, T. Gehrke, K.J. Linthicum, P. Rajagopal, E. Carlson,W.M. Ashmawi, and R.F. Davis, MRS Proceedings, Vol. 537, G3.38, 1999.
- 23) T. Miyajima, M. Takeya, S. Goto, S. Tomiya, S. Takeda, H. Kurihara, K. Watanabe, M. Kato, N. Hara, Y. Tsusaka, and J. Matsui, phys. stat. sol. (b), Vol. 240, No.2, pp.285-288, 2003.
- 24) T. Miyajima, S. Takeda, Y. Tsusaka, J. Matsui, Y. Kudo, S. Tomiya, T. Hino, S. Goto, M. Ikeda and H. Narui, phys. stat. sol. (a), Vol. 204, No.1, pp.267-271, 2007.
- 25) T. Tojyo, S. Uchida, T. Mizuno, T. Asano, M. Takeya, T. Hino, S. Kijima, S. Goto, Y. Yabuki and M. Ikeda, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 41, pp.1829-1833, 2002.
- 26) 富谷茂隆, 学位論文, 2000.
- 27) W.R.Zipfel, R. M. Williams and W. W. Webb, Nature. Biotechnol., Vol. 21, pp. 1369-1377, 2003.
- 28) R. Koda, T. Oki, T. Miyajima, H. Watanabe, M. Kuramoto, M. Ikeda and H. Yokoyama, Appl. Phys. Lett. Vo. 97, pp. 021101-1-021101-3, 2010.
- 29) S. Tashiro, Y. Takemoto, H. Yamatsu, T. Miura, G. Fujita, T. Iwamura, D. Ueda, H. Uchiyama, K. S. Yun, M. Kuramoto, T. Miyajima, M. Ikeda and H.Yokoyama, Appl. Phys. Express, Vol. 3, pp 102501-1-102501-3, 2010.

(現行受理日 平成26年10月2日)

透過型電子顕微鏡で触媒反応を可視化する

田中崇之¹⁾

Visualizing structural changes of a catalyst under gas exposure by Transmission Electron Microscopy

Takayuki TANAKA¹⁾

Abstract

Strong metal-support interaction (SMSI), which is a fundamental issue in catalytic science, has been visualized by environmental transmission electron microscopy (ETEM). Gold nanoparticle on TiO₂ (Au/TiO₂) is promising for application to a low temperature CO oxidation (2CO+O₂→2CO₂) catalyst. We observed the Au/TiO₂ specimen under O₂ exposure at 100 Pa, and we found that a pillar grew at an interface between Au and TiO₂. It is suggested that the Ti_{1-x}O₂ pillar grew by reaction of Ti interstitials and adsorbed O₂ molecules (O₂⁻) at the perimeter of the Au/TiO₂ interface. It is consistent to the TEM observation that the Ti interstitials were accumulated at the Au/TiO₂ perimeter. We propose that SMSI of Au/TiO₂ is caused by formation of Ti_{1-x}O₂ pillar at the Au/TiO₂ perimeter.

1. はじめに

金属酸化物に担持された金属ナノ粒子触媒は、古くから広く利用されてきた。なかでもチタニア(TiO₂)に担持した金ナノ粒子触媒(Au/TiO₂)は20年以上前に春田らによって発見され¹⁾、CO酸化反応(2CO+O₂→2CO₂)の活性を-90℃以下の低温でも維持する²⁾など、他の金属ナノ粒子触媒には見られない特長を持つ。実用的には寿命の改善が金ナノ粒子触媒の課題であるが、酸素加熱前処理³⁾やFeドーブ⁴⁾などで改善するという報告があり、加熱不要の酸化触媒として応用されつつある。

金属ナノ粒子触媒にO₂やCOのガスを導入したときに起こる強い金属担体間相互作用(Strong Metal Support Interaction, 以下ではSMSI)⁵⁻⁸⁾は、触媒科学における大きな課題の1つである。SMSIは反応ガスの導入によって著しい活性の促進⁶⁾や劣化^{5,7-8)}が生じる現象で、金属ナノ粒子周辺での構造変化が要因と推測されている。Au/TiO₂触媒についていえば、反応はAu/TiO₂の界面周縁で起こること^{2,9)}、吸着したO₂分子への余剰電子の供給により反応が促進される^{2,10-12)}ことなどが定説となっているが、SMSI、吸着分子による反応過程、余剰電子の供給源については結着がついていない。SMSIについていえば、酸素導入による著しいモフォロジー変化が報告されている³⁾が、界面でどのような構造変化が生じている

かは明らかではなかった。本稿では、TiO₂に担持された直径4 nm以下の金ナノ粒子でガス吸着時に誘起されるSMSIを、環境透過型電子顕微鏡(ETEM)による“その場TEM観察”、“その場カソードルミネッセンス分光”により研究した成果を報告する。

2. ガス導入 TEM ホルダの開発

近年、透過型電子顕微鏡(TEM)は収差補正機の開発によって分解能は50pmに達し、従来観察が難しかったLi, C, N, Oなどの軽元素や格子間イオンなどの結晶欠陥の観察が可能になってきた。また、ETEMをはじめとするその場観察の手法も着実に進歩を遂げている。本節では方式の異なる様々なETEMを概観し、我々が独自に設計・開発したSMSI研究に最適化されたETEM装置の特長を述べる。

ETEMでは、電子銃のガス被曝を抑えるために、様々な機構が考案されており、Table 1のように分類できる。電子顕微鏡本体を改造してガス導入を可能にした従来型ETEM(Conventional ETEM)や、汎用のTEMでも使用できる試料ホルダにガス導入の機構を搭載したガス導入ホルダ(Gas flow holder)がある。ガス導入ホルダは、ガス被曝抑制の機構によってノズル(Nozzle)型、隔壁(Cell)型、差動排気(Differential pumping)型などに分類でき、最大導入圧力や最大導入圧力に達するまでの時間に大きな違い

1) 材料機能工学科

1) Department of Materials Science and Engineering

がある。

Table 1. Typical methods of ETEM and their specification.

Method	Maximum pressure, P _M [Pa]	Time required from vacuum to P _M	Research group	Note
Conventional ETEM				
Differential pumping	100-1000	5-30 min	York Univ (UK), Osaka Univ, Nagoya Univ, Arizona Univ. (USA)	See Fig. 1 (a)
Gas/Liquid Flow Holder				
Nozzle	10 ⁻²	1 sec	Hitachi	See Fig. 1 (b)
Cell	100-1000	several sec	Commercially available	Low resolution
Differential pumping	100	0.2-5 sec	Our Lab.	See Fig. 2 (a)
Nozzle (CL)	10 ⁻²	0.2-5 sec	Our Lab.	See Fig. 3

代表的な市販の ETEM を Fig. 1 に示す。Fig. 1 (a) は従来型の ETEM¹³⁾ で、電子顕微鏡の対物レンズの役割をするポールピースにオリフィスと差動排気の配管を埋め込んだ特殊な真空排気系を装備することで電子銃へのダメージを軽減し、約 1000Pa の高いガス圧力を実現できる。この方式はガス導入する空間が比較的大きいことからガス圧力を変動させてから安定させるまでに 5 分から 30 分の時間を要するが、平衡状態になった金属ナノ粒子触媒を観察することができる¹⁴⁾。

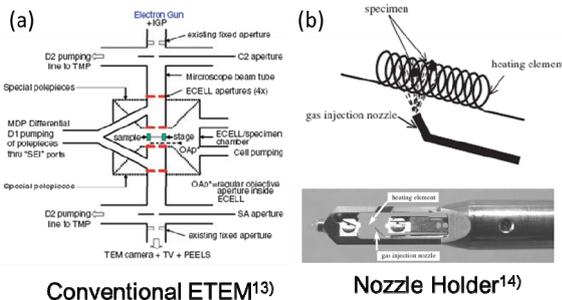


Fig. 1 (a) Conventional ETEM¹³⁾,
(b) Gas-flow TEM Holder with a nozzle¹⁴⁾

Fig. 1 (b) に示す、ノズル(Nozzle)型ガス導入ホルダ¹⁵⁾ は、ノズル先端からガスを試料に吹き付ける方式である。この方式は高速の圧力変動が可能であるが、電子顕微鏡の鏡体(カラム)に直接ガスを導入するので、最大導入圧力は 10⁻² Pa 程度が限界である。隔壁型ガス導入ホルダは、試料室を隔膜で隔てることで、従来型 ETEM に近い高いガス圧力を実現できる。Hummingbird 社や Protochip 社による市販機は広く普及しつつあり、高い分解能を必要としない液中観察などには威力を発揮すると思われる。高いガス圧力を保持するには、厚い隔膜が必要である。しかし、隔膜での電子の散乱のせいで、TEM 像の高い分

解能は犠牲になってしまう。そのため高分解能の金属ナノ粒子触媒の観察は大変困難である。

Fig. 2 の差動排気(Differential pumping)型ガス導入ホルダは、従来型 ETEM と同様に、オリフィスと差動排気によりカラムに漏れ出るガスを抑制することで高い導入圧力を実現できる。小型のピエゾバルブを開くと、Fig. 2(b) の試料室にガスを導入できる。試料室から流れ出たガスの大半は電子顕微鏡に標準装備されている粗排気の機構を使って排気され、鏡筒内のカラムに漏れ出るガスはわずかである。試料室の圧力が 100 Pa のとき、カラム圧力は 3×10⁻⁴ Pa である。試料室は大変小型であるので高速の圧力制御が可能で、試料室圧力を 10⁻⁵ Pa から 100 Pa まで上げるのに 0.2 sec から 5 sec 程度しかかからない。そのため、高い圧力のガスを導入した直後からの観察が可能である。隔膜を使用しないので、TEM の高い分解能も保持できる。このように我々の考案した差動排気型ガス導入ホルダは、汎用の TEM で使用できるだけでなく、SMSI を観察するのに有利な特長を持つ。

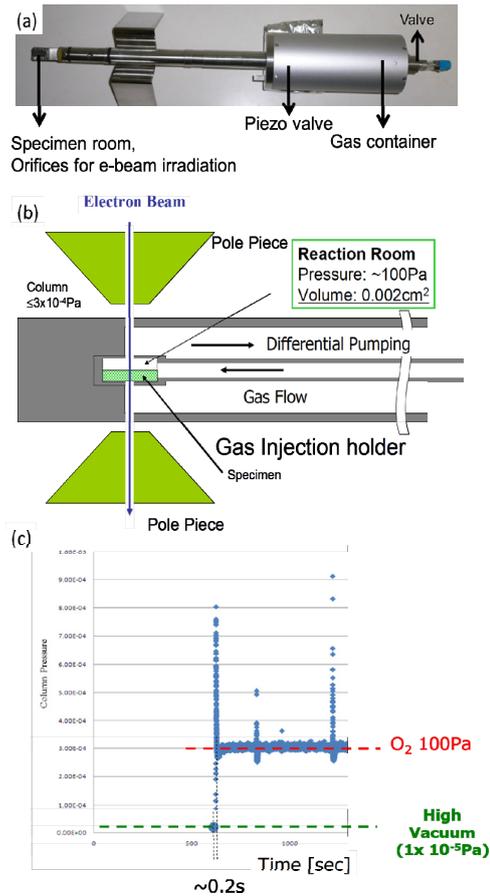


Fig. 2 (a) Self-designed gas flow TEM Holder by using differential pumping, (b) Specimen room (0.002 cm²) and evacuation path of (a), without no diaphragm, (c) Example of quick regulation of pressure, 0.2 sec from 1 × 10⁻⁵ Pa to 100 Pa.

また、これらのホルダに加えて、金属ナノ粒子触媒の電子状態の変化を捉えるためカソードルミネッセンス分光(CL)に最適化したガス導入 CL ホルダも開発した(Fig. 3). ノズル型ガス導入ホルダであるので導入圧力は低いが、試料の周りの障害物を最大限取り除いているので、Fig. 3(d)の放物線ミラーによりCLの光を広い立体角で集光でき、信号量を稼ぐことができる。このホルダは東工大の山本直紀准教授によって設計された CL 分光装置に搭載できる。

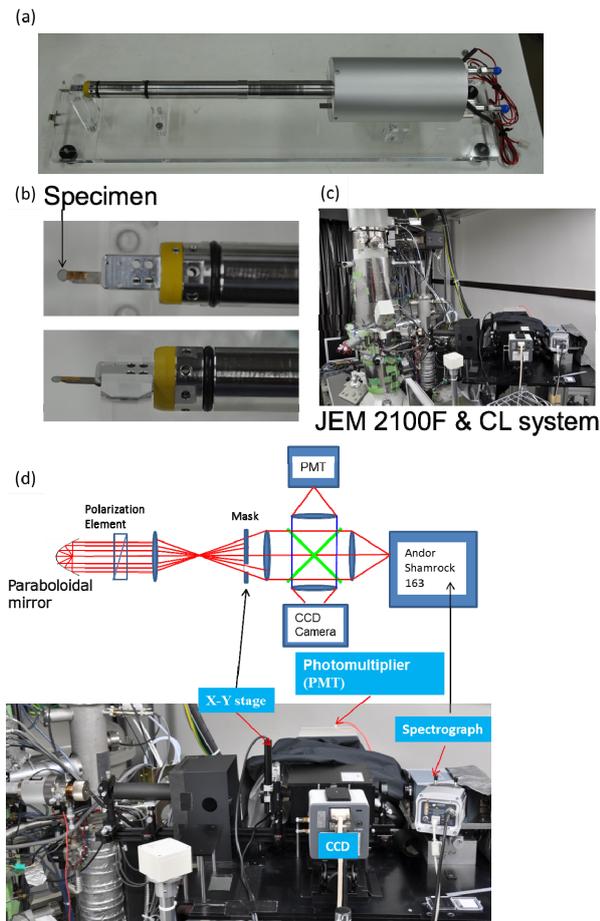


Fig. 3 (a) Self-designed gas flow CL-TEM Holder, (b) Specimen sustained to (a), (c) JEM-2100F Microscope and CL optics, (d) CL optics designed by Prof. Naoki Yamamoto.

3. Au/TiO₂の触媒活性機構

3.1 0.5 Å分解能電子顕微鏡(R005)による格子間チタン拡散場の観察¹⁶⁾

TiO₂基板に含まれる格子間チタンイオンは、活性酸素の発現に必要な余剰電子の供給源と考えられている。ルチル基板に直径2~4nmの金ナノ粒子 (Au/TiO₂) を蒸着した試料を用意し、TiO₂結晶内や Au/TiO₂近傍の格子間

チタンイオンを直接観察して、それらの濃度分布を明らかにし、Au/TiO₂の界面周縁部 (perimeter) に格子間チタンイオンが集まっていることを明らかにした¹⁶⁾。

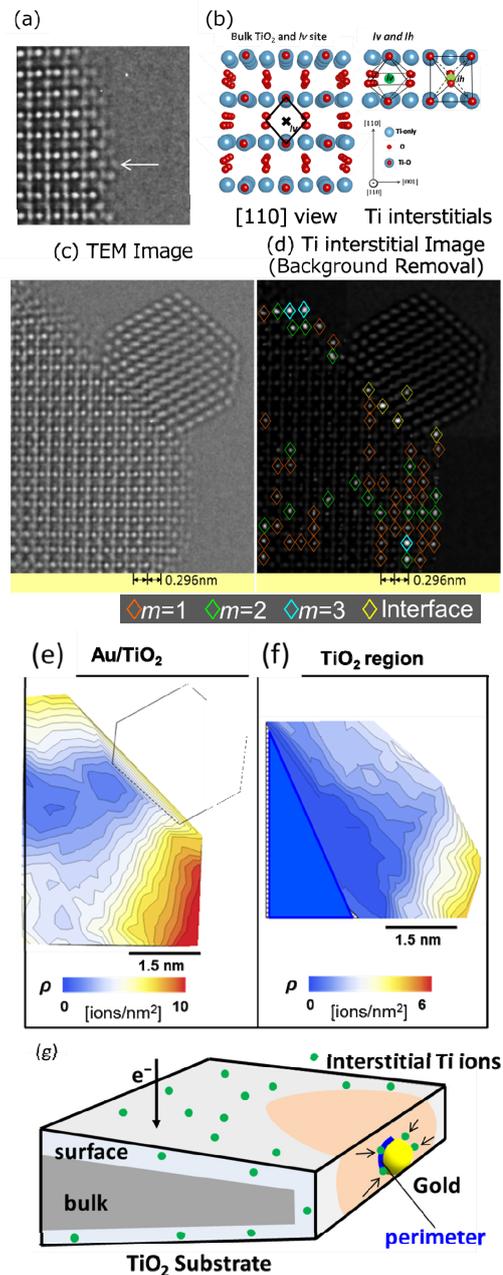


Fig. 4 TEM observation of Ti interstitials(Ti_i) (Iv site) of TiO₂ surface and TiO₂ support with Au nanoparticle.

Fig. 4 は、(a) TiO₂(001)最表面に観察される格子間 Ti イオン、(b) [110]結晶方位から電子顕微鏡で TiO₂結晶を観察した時の格子間チタンイオンの占有サイトを示す図、(c)Au/TiO₂試料を R005 装置で観察した TEM 写真、(d)その写真から格子間にある Ti イオンだけを強調した像、(e) Au/TiO₂ 界面周縁の格子間チタンイオン濃度、(f)TiO₂ 表面の格子間チタンイオン濃度、(g) Au/TiO₂ 界面周縁にイ

オンが集まった結果 Au 粒子の周りに Ti イオン欠損域が作られている様子の模式図を示す。このように格子間チタンは Au/TiO₂ の界面周縁に集合することが分かった。

3.2 O₂ ガス導入による Au/TiO₂ のその場 TEM 観察¹⁷⁾

3.1 の観察結果は、酸素ガスが導入されたときに Au と TiO₂ の界面に Ti と O の化合物 (Ti_{1-x}O₂, x>0) が成長するという実験結果¹⁷⁾ と符合する。Fig. 5(a)は O₂ 導入前と O₂ 導入中の変化を示す。O₂ 導入前には金ナノ粒子と TiO₂ 基板が直接合しているが、100Pa の O₂ 導入で Au/TiO₂ 界面に格子縞が乱れたピラー(異相界面)が成長している。Fig. 5(b)には、Au/TiO₂ 試料に酸素ガス雰囲気 (100 Pa) に晒す前と後の顕微鏡写真と(c)Au 粒子と TiO₂ 基板の間に酸素ガスによって成長する Ti_{1-x}O₂ 相の模式図を示した。さらに、EELS 計測により成長した Ti_{1-x}O₂ 相の酸素が O^{•-} イオン (ν<1.5) となっていることが示された¹⁷⁾。酸素ガスで被曝された Au/TiO₂ 周縁には O₂⁻ 分子 (superoxide) に類似した O^{•-} イオンが生成される可能性を示している。

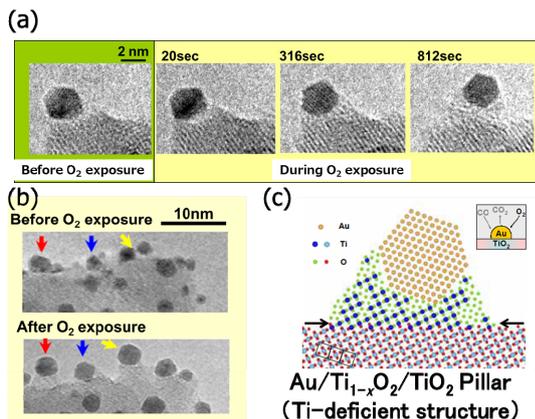


Fig. 5 Growth of Pillar (different phase) by O₂ exposure.

これらの観察結果から、CO 酸化のシナリオとして以下のプロセスを提案した。Au/TiO₂ を CO と O₂ 共吸着させると、酸素ガスで被曝された Au/TiO₂ 周縁に Ti_{1-x}O₂ ピラーが形成され、そこに吸着した酸素ガスが O^{•-} イオンとなる。この超酸化物的な O^{•-} イオンが CO ガス分子の酸化反応を促進させる。

3.3 CO ガス導入による Au/TiO₂ のその場 TEM 観察

従来、CO ガスは Au 粒子表面に吸着し粒子表面を拡散して、界面周縁の Ti サイトに吸着した O₂⁻ イオンと反応して CO₂ 分子となって脱離していくとされている^{2, 9-10)}。そうした振る舞いは、Au/TiO₂ で CO と O₂ 共吸着実験で O₂⁻ が検出されることなどから示唆されている¹⁰⁾。Au/TiO₂ を 100 Pa の CO ガス単独で被曝させたときの振る舞いを“その場”観察した (Fig. 6)。アモルファス被膜が金ナノ粒子を包み込むように形成されていくことが

見出された。これは CO による触媒の被毒を示すものと考えられ、触媒の寿命と関連するかもしれない。

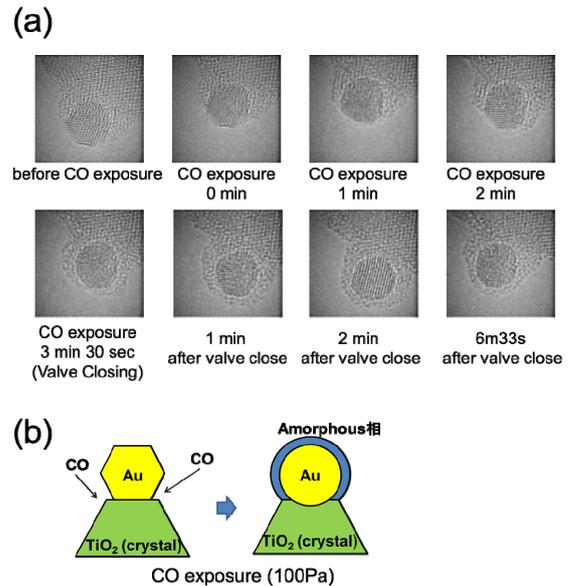


Fig. 6 Formation of amorphous film by CO exposure.

3.4 活性化される局所状態の分光計測

CO 酸化触媒である Au/TiO₂ を O₂ ガスに被曝させたときには格子状の Ti_{1-x}O₂ 相が形成され、CO ガスに被曝させたときには Au 粒子を覆う 2 分子層ほどのアモルファス被膜がつくられることが“その場”観察された。これらの吸着によって TiO₂ 結晶のギャップ近く起こる状態変化がおこることをカソードルミネッセンス(CL)分光で追認した。電子顕微鏡内に CO, O₂, CO+O₂ ガスを導入し、Au/TiO₂ 試料からのカソードルミネッセンス(CL)分光スペクトル変化を観測した。

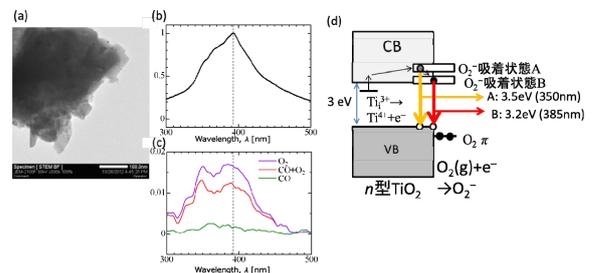


Fig. 7 (a) BF-STEM image of Au/TiO₂. (b) CL spectrum in region of (a). (c) Changes of CL spectra from (b) by O₂, CO and co-exposure of CO+O₂. (d) Model of CL by O₂ adsorption.

Fig. 7に示すように、CO 導入前後では変化が殆どない。一方、O₂ や CO+O₂ 導入では、波長 350 nm と 385 nm 付近に新しい CL ピークが現れる。これらの発光は TiO₂ のギャップエネルギー (3.0 eV) よりも高いエネルギーをもつので、TiO₂ 結晶の伝導帯 (CB) 下端よりも少し高い

エネルギー状態から価電子帯(VB)上端への電子遷移による(Fig. 7(d))と考えられる。ここで、TiO₂表面にO₂分子が吸着したときにTi-O₂⁻結合ないしTi-O₂⁻-Au結合を形成したO₂⁻イオンが活性吸着種であるとするモデル^{2,9,10)}に基づいて以下のように考察する。今回のようにO₂やO₂+COガス導入したとき、形成されるO₂⁻が伝導帯(CB)下端よりも少し高いエネルギー準位をもち(Fig. 7(d)), TiO₂伝導電子と共鳴状態をつくる(Fig. 7(d)のA,B)と考えられる。CL光の新しい2つのピークは、そうした共鳴状態の電子がVB帯上に遷移する際に出射されたものと考えられる。一方、COガス導入で殆どCL変化が無いという実験結果は、COガスがTiO₂表面では吸着層をつくらぬという実験と符合する。

Tiと結合した超酸化物O₂⁻がCB底近くに共鳴電子状態を形成すると同じように、“その場”観察で見出したAu/TiO₂周縁に形成されるTi_{1-x}O₂相(Tiは3価であり、Oは-y = -1/2価に近いイオン価)においても超酸化物的なO^{y-}イオン状態が形成されていると考えられる。触媒サイクルは、結局、Ti_{1-x}O₂相とO₂ガスで、Ti³⁺→Ti⁴⁺+e⁻, O₂+ye⁻→2O^{y-}のようにO^{y-}が生成される。それによって、2CO+O^{y-}→2CO₂+ye⁻というCO酸化反応が進む。そして生成したTi⁴⁺とe⁻は、再びTi⁴⁺+e⁻→Ti³⁺のように3価のTiイオンを造りだしてサイクルを繰り返す(Fig. 8)。

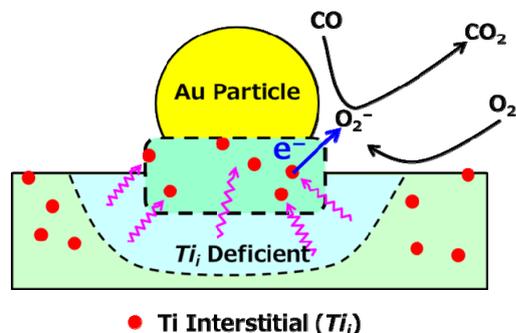


Fig. 8 Proposed model of CO oxidation catalysis of Au/TiO₂

4. まとめ

“その場”観察と“その場”CL分光によって、チタニア基板上に担持された金ナノ粒子が、酸素ガス単独導入によりAu/TiO₂周縁にTi_{1-x}O₂相を形成するSMSI効果が見られる一方、COガス単独導入ではこのような効果は見られなかった。CO酸化反応は、Ti_{1-x}O₂で形成される共鳴電子状態O^{y-}によって促進されることが考えられる。今後、CO+O₂の共吸着のその場観察などによって、SMSI効果が触媒サイクルに与える影響を調べ触媒活性の発現機構を解明し、触媒開発に資する知見を得ていくことが重要

と思われる。

謝辞

謝辞はここに書きます。本研究を遂行するにあたり、CREST及び科学研究費基盤A(No. 16201020) [代表者: 高柳邦夫], ならびに萌芽研究(No. 24656031) [代表者: 田中崇之]の援助を受けました。また東工大の高柳邦夫特任教授、山本直紀准教授には綿密な議論をしていただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) M. Haruta et al. *J. Catal.* **115**, 301-308, 1989.
- 2) M. Haruta et al., *J. Catal.* **144**, 175-192, 1993.
- 3) M. Valden, X. Lai, and D. W. Goodman, *Science* **281**, 1647, 1998.
- 4) T. Takei et al., Japan Patent, P2010 - 017649A (2010.01.28).
- 5) S. J. Tauster, *Acc. Chem. Res.* **20**, 389, 1987.
- 6) K. J. Williams et al., *Catalysis Letters*, **5**, 385, 1990.
- 7) R. A. Benett, P. Stone, and M. Bowker, *Faraday Discuss.* **114**, 267, 1999.
- 8) M. Bowker, R. D. Smith, R. A. Benett, *Surf. Sci.* **478**, L309, 2001.
- 9) Zhi-Pan Liu et al, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 266102, 2003.
- 10) M. Okumura et al., *J. Catal.* **203**, 168, 2001.
- 11) S. Wendt et al., *Science* **320**, 1755, 2008.
- 12) K. Mitsuhashi, Y. Kido et al, *J. Chem. Phys.* **136**, 124303, 2012.
- 13) E. D. Boyles, *Ultramicroscopy* **67**, 219-232, 1997.
- 14) Poul L. Hansen et al, *Science* **295**, 2053-2055, 2002
- 15) T. Kamino, *J. Elec. Microsc.* **54**, 497-503, 2005.
- 16) T. Tanaka et al. *Surf. Sci.* **619**, 39, 2014.
- 17) T. Tanaka et al. *Surf. Sci.* **604**, L75, 2010.

(原稿受理日 平成26年10月2日)

可視光応答型光触媒の高性能化と応用

大脇健史¹⁾, 佐伯周²⁾, 森川健志²⁾

Improvements and Applications of Visible-light sensitive Photocatalysts

Takeshi OHWAKI¹⁾, Shu Saeki²⁾ and Takeshi MORIKAWA²⁾

Abstract

This paper introduces developments and applications of the visible-light sensitive photocatalyst N-doped TiO₂ (N-TiO₂). The rates of photocatalytic decomposition for gaseous volatile organic compounds such as acetaldehyde were enhanced by surface loading with Fe or Cu compounds on N-TiO₂. Anti-microbial properties of the advanced N-TiO₂ were also improved. The enhancements were considered to be due to an increase in amounts of oxidative species by photo-fenton reaction at the loaded metal compound surface. Various products with multi-functional properties, e.g. deodorant, anti-fouling, anti-microbial, and anti-viral etc. by using this high performance type visible-light sensitive photocatalyst have been developed.

1. はじめに

光触媒とは、光によって化学反応を促進する触媒であり、現在環境浄化材料として広く使用されている^{1,2)}。この光触媒の研究が盛んになったのは、1972年 藤嶋本多が紫外光照射された酸化チタンによって水を水素と酸素に分解できることを発見したことが起点となった³⁾。その後、1990年代に東大、TOTOによって酸化チタン表面の超親水化現象が発見され⁴⁾、この研究から、光触媒がセルフクリーニング材料として注目され、環境浄化材料としての研究・開発が発展し、応用も進んできた⁵⁾。しかしながら、それまでの光触媒は、紫外光によってのみ触媒作用が発現する材料であり、応用を拡大する上で、可視光でも機能する光触媒が強く望まれていた。研究レベルでは1980年代から可視光応答の新材料が提案されていたが^{6,7)}、再現性やコストに課題があり、実用にはいたらなかった。2000年代に入り、低コストで安定、再現性のある可視光応答型の光触媒が新規に発明された^{8,9,10)}。それらの研究をきっかけに光触媒材料研究がさらに進展するとともに、日本国内での光触媒工業会の設立、光触媒試験方法のJISおよびISO規格化など実用化体制強化もあいまって、現在に至っている。筆者らは、アニオンドープという新たな概念に基づいて酸化チタンのバンドギャップの狭窄化に成功し、新規な可視光応答型光

触媒である窒素ドープ酸化チタン (N-TiO₂) を開発した^{9,11,12)}。さらに、光触媒性能の高性能化も実現し^{12,13,14,15)}、身の回りの商品への適用も進めてきた。

本稿では、環境浄化材料としての可視光応答型光触媒である窒素ドープ酸化チタンの高性能化技術と応用技術に関して紹介する。

2. 環境浄化用可視光応答型光触媒の種類

これまでに開発されてきた可視光応答型光触媒は、光触媒の基本材料である酸化チタンを改良するタイプと、新材料のタイプがある。酸化チタン改良型では、窒素などのアニオンドープ型が主流であり⁹⁻¹⁸⁾、そのほか表面修飾型¹⁸⁻²⁰⁾、金属ドープ型⁷⁾がある。また、新材料タイプでは、各種酸化物²⁰⁾、酸窒化物²¹⁾、有機光触媒材料²²⁾が提案されている。この新材料タイプでは表面修飾した酸化タングステンが注目されている。これらの可視光応答型光触媒をまとめると、表1のようになる。

現在、実用化されている可視光応答型光触媒は、アニオンドープ型と表面修飾型の酸化チタンおよび表面修飾型の酸化タングステンだけであり、他は研究段階である。

1) 応用化学科 2) (株)豊田中央研究所光物質変換研究室

1) Department of Applied Chemistry 2) Photo Conversion Lab. Toyota Central R&D Labs.,Inc.

Table 1 Classification of visible-light sensitive photocatalysts for environmental purification

Materials	Type	example
Modification of titanium oxide	Anion dope	N-TiO ₂ , S-TiO ₂ , C-TiO ₂ , F-TiO ₂
	Metal dope	Cr dope, V dope
	Surface modification (Sensitized type)	PtCl ₄ Sensitized
	Surface modification (Interfacial charge transfer type)	Fe(III) supported, Cu(II) supported
Materials other than titanium oxide	Oxide or nitride semiconductor	WO ₃ , TaON
	Organic semiconductor	g-C ₃ N ₄

3. 可視光応答型光触媒の高性能化

3.1 N-TiO₂ 光触媒の高性能化

N-TiO₂は、アナターゼ酸化チタンの酸素サイトの一部を窒素に置換することにより、その酸化チタンのバンド構造を形成する価電子帯 (O_{2p}) と伝導帯 (Ti_{3d}) のバンドギャップ内の価電子帯近傍に N_{2p} の新たな準位を形成し、その結果、520nm 以下の可視光によっても光触媒反応が生じる光触媒材料である。

また、Ptなどを光触媒に担持すると、光励起によって生じる、電子・正孔のうち電子が白金にトラップされ、電子・正孔の再結合が抑制されることによって、正孔の寿命が延び、結果として光触媒性能が向上することが知られている²³⁾。一方、CuまたはFeの安価な金属化合物触媒を N-TiO₂ の表面に担持することにより、光触媒性能の向上が期待できる。図1には、可視光照射に伴う Pt または、金属化合物 (Cu または Fe 系) を担持した N-TiO₂ のアセトアルデヒド分解と分解生成物である炭酸ガスの濃度変化を示す。実験は、以下のように実施した。1L ガラス反応容器に 0.1 g の光触媒粉末を均一照射されるように入れ、20%酸素の窒素バランスガスを封入し、その後 1200ppm の濃度になるようにアセトアルデヒドガスを注入し、暗所 (14h) に放置し暗吸着させた。その後、蛍光灯の光を 4 1 0 nm 以下カットのフィルタ (SC42, 富士写真フィルム) をとおし、可視光のみをガラス反応容器に照射した。そのときの光強度は、0.9mW/cm² (トプコン (株) UD40) であった。アセトアルデヒド及び酢酸分解によって生成する炭酸ガスの濃度変化は、ガスクロマトグラフ (島津製作所) によって分析した。図1には、比較と

して、市販の酸化チタン粉末 (TiO₂, ST01, 石原産業 (株)) および、アンモニア処理した窒素ドーブ酸化チタン (N-TiO₂) の結果も示してある。図1からもわかるように、アセトアルデヒドガスの分解速度は、Cu, Fe 化合物担持または白金担持によって大きく向上していることがわかる。また、炭酸ガスの発生速度も担持によって向上していることがわかる。

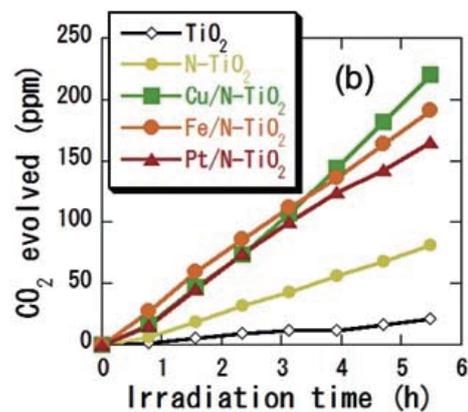
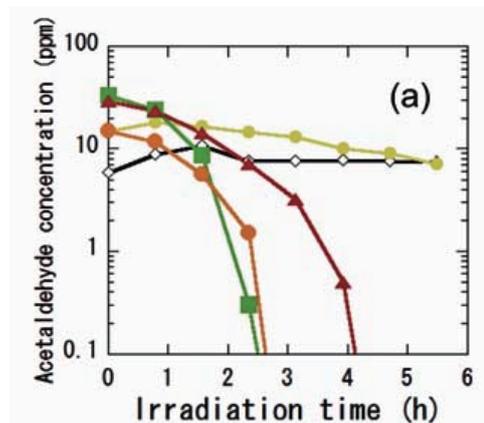


Fig.1 Concentration of acetaldehyde and CO₂ as a function of visible-light irradiation time.

3.2 高性能化光触媒の抗菌性能

表2には、銅化合物担持窒素ドープ酸化チタンの大腸菌および黄色ブドウ球菌に対する抗菌性を評価した結果の例を示す。2000 lxの蛍光灯照射下での抗菌性を、光照射フィルム密着法（抗菌製品技術協議会）によって評価した。表2-1より、蛍光灯照射下で、N-TiO₂は、抗菌活性値が2桁以上減少しているのに対し、Cu/N-TiO₂では、24時間後ほとんど大腸菌が検出されず、抗菌性が大きく向上している。また、暗所（遮光）でも、大腸菌数が減少している。また、表2-2より、黄色ブドウ球菌においては、N-TiO₂およびCu/N-TiO₂ともに、24時間照射後、ほとんど検出されず、抗菌性が非常に優れることがわかる。さらには、Cu/N-TiO₂では、暗所においても黄色ブドウ球菌が検出されていない。これは、銅による抗菌効果と考えられる。一方、Fe/N-TiO₂およびPt/N-TiO₂でも、同様に可視光照射下において抗菌性の向上が確認できている。しかしながら、暗所では抗菌性の向上は見られなかった。

Table 2 Antibacterial properties of high performance N-TiO₂ photocatalysts
2-1 against Escherichia coli

		Under fluorescent light irradiation	dark
Measured immediately after inoculation	control	1.5x10 ⁵	2.8x10 ⁵
After 24 hours	control	4.0x10 ⁵	1.3x10 ⁷
	N-TiO ₂	1.0x10 ³	1.0x10 ⁶
	Cu/N-TiO ₂	<10	3x10 ⁴

2-2 against Staphylococcus aureus

		Under fluorescent light irradiation	dark
Measured immediately after inoculation	control	4.0x10 ⁵	2.0x10 ⁵
After 24 hours	control	2.0x10 ⁵	1.0x10 ⁶
	N-TiO ₂	<10	1.2x10 ⁶
	Cu/N-TiO ₂	<10	<10

3.3 高性能化の原理

光触媒の原理として、光吸収により、光触媒において電子が価電子帯から伝導帯に励起され、価電子帯にホールが生成され、励起された電子とホールは、表面まで拡散し、光触媒表面に吸着している酸素または水と反応し、活性種を生成することがよく知られている²²³⁾。例えば、電子は酸素を還元し、スーパーオキシドイオン(O₂⁻)を生成する。さらに、水などと反応し、過酸化水素、水酸基ラジカルなどの活性酸素を生成する。一方、ホールは水と反応しOHラジカルを生成する。さらに、CuイオンやFeイオンが光触媒表面に担持されていると光フェントン反応が生じ、光触媒によって生成した過酸化水素と、下記の式(1)~(4)の反応によって、さまざまな酸化活性種が生成すると推察される^{24, 25, 26)}。この場合、FeイオンおよびCuイオンは、それぞれ、(II)⇌(III)、(I)⇌(II)と価数変化を伴っていると考えられる。



上記の光触媒の性能向上の原理を模式的に記載すると図2のようになる。

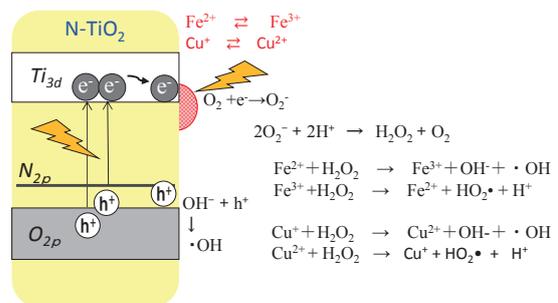


Fig. 2 Speculated photocatalytic reaction over Fe or Cu loaded N-TiO₂.

4. 可視光応答型光触媒の応用

4.1 基材への固定化

酸化チタンをはじめとする光触媒材料は、基本的には無機粉末であり、実用に供するためには各種基材に固定化する必要がある。通常バインダを使用し、基材に固定化されるが、その前段階として、バインダと混合することによって、コーティング液化される。無機

基材の場合、コーティング液を塗布するだけで問題ないが、有機基材の場合、直接塗布すると基材が母材分解する可能性がある。そのためには、バインダを無機系、有機無機ハイブリッド系にしたり、無機保護層を中間に挿入したりする工夫がなされている²⁷⁾。

Cu/ N-TiO₂ や Fe/N-TiO₂ の高性能型可視光応答型光触媒では、無沈降の溶媒分散体を作製し、基材にあわせた各種バインダが開発され、固定化された。また、光触媒担持が商品の機械物性および色合い等へ影響しないよう、粒度、バインダの選定、濃度等が調整された。

4.2 高性能型可視光応答型光触媒の商品への適用

筆者らは、光触媒製造メーカーおよび多くの商品化メーカーと共同開発を実施することにより、各種商品において、基礎物性を損なうことなく、可視光応答型光触媒の有する多機能性を付与する商品が開発された。それらは、繊維類、フィルム、紙、塗装製品、セラミックス等の基材に対し、開発した可視光応答型光触媒を担持されることによって製造されている。図3にはその一例を示す^{12,15,28)}。蛍光灯、LEDなどの室内照明下でも、消臭、防汚、抗菌、抗ウイルス、抗アレルギーなどの光触媒効果を発現し、生活空間の環境浄化に貢献していると考えられる。

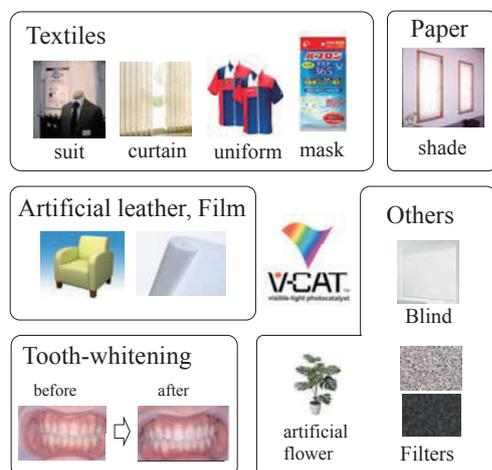


Fig.3 Practical applications of N-TiO₂ and the improved N-TiO₂.

5. まとめと今後

本稿では、可視光応答型光触媒である窒素ドープ酸化チタンを銅または鉄化合物担持によって高性能化した技術およびその性能について報告した。さらに、この光触媒の応用技術についてまとめた。

今後、さらに環境浄化技術として発展させるため、光触媒としての基本性能の向上を図るとともに、他の有用な技術とハイブリッド化し、有用性の向上を図ることが重要と考える。

注記

本研究は、(株)豊田中央研究所にて遂行されたものであり、さらに豊田通商(株)、豊通ヴィーテックス(株)と共同して進めた開発内容の一部を抽出したものです。本稿は、参考文献13)～15)の一部と最近の開発状況を加えてまとめたものです。

参考文献

- 1) 標準技術集：光触媒(基本原理)，特許庁，2003.
- 2) 指宿堯嗣 (監修)：図解入門よくわかる 最新光触媒の基本と仕組み，秀和システム，2012.
- 3) A. Fujishima and K. Honda: Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode, *Nature*, Vol.238, pp.37-38, 1972.
- 4) R. Wang, K. Hashimoto, A. Fujishima, M. Chikuni, E. Kojima, A. Kitamura, M. Shimohigoshi and T. Watanabe: Light-induced amphiphilic surfaces, *Nature* Vol. 388, pp.431-432, 1997.
- 5) K. Hashimoto, H. Irie and A. Fujishima: *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. 44, pp.8269-8285, 2005.
- 6) S. Sato: Photocatalytic activity of NO_x-doped TiO₂ in the visible light region, *Chem. Phys. Lett.* Vol.123, pp. 126-128, 1986.
- 7) M. Anpo: Photocatalysis on titanium oxide catalysts: Approaches in achieving highly efficient reactions and realizing the use of visible light, *Catal. Surv. Jpn.* Vol.1, pp.169-179, 1997.
- 8) I. Nakamura, N. Negishi, S. Kutsuna, T. Ihara, S. Sugihara, and K. Takeuchi: Role of oxygen vacancy in the plasma-treated TiO₂ photocatalyst with visible light activity for NO removal, *J. Mol. Catal. A: Chem.* Vol.161, pp. 205-212, 2000.
- 9) R. Asahi, T. Morikawa, T.Ohwaki, K. Aoki, and Y.Tagat: Visible-light Photocatalysis in Nitrogen-doped Titanium Oxides, *Science*, Vol.293, No.5528, PP.269-271, 2001.
- 10) 酒谷能彰他：可視光線応答型酸化チタン光触媒の開発，住友化学 技術誌，Vol. 2003-III, pp.35-41, 2223.
- 11) T. Morikawa, R. Asahi, T. Ohwaki, K. Aoki, K. Suzuki, and Y. Taga: Visible-light Photocatalyst: Nitrogen-doped Titanium Oxide, *R&D Review of Toyota CRDL*, Vol.40, No.3, pp.45-50, 2006.

- 12) R. Asahi, T. Morikawa, H. Irie, and T. Ohwaki: Nitrogen-Doped Titanium Dioxide as Visible-Light Sensitive Photocatalyst: Designs, Developments, and Prospects, *Chemical Reviews*, Vol.114, No.19, pp.9824-9852, 2014.
- 13) T. Morikawa, Y. Irokawa, and T. Ohwaki: Enhanced Photocatalytic Activity, of $\text{TiO}_2\text{-N}_x$ Loaded with Copper Ions under Visible Light Irradiation, *Appl. Catal. A-General*, Vol.314, No.1, pp.123-127, 2006.
- 14) T. Morikawa, T. Ohwaki, K. Suzuki, S. Moribe, S. Tero-Kubota: Visible-light-induced Photocatalytic Oxidation of Carboxylic Acids and Aldehydes over N-doped TiO_2 Loaded with Fe, Cu, or Pt, *Appl. Catal. B-Environmental*, Vol.83, No.1-2, pp.56-62, 2008.
- 15) T. Morikawa, K. Suzuki, H. Masaki, T. Ito, K. Kitazumi, N. Takahashi, K. Aoki, R. Asahi and T. Ohwaki: Enhanced Visible-light Photocatalysis over N-doped TiO_2 by Loading with Fe, Cu, or Pt cocatalysts, *R&D Review of Toyota CRDL*, Vol.42, No.2, pp.47-53, 2011.
- 16) T. Ohno, T. Mitsui, and M. Matsumura: Photocatalytic Activity of S-doped TiO_2 Photocatalyst under Visible Light, *Chem. Lett* Vol. 32, No 4, pp. 364-365, 2003.
- 17) H. Irie, Y. Watanabe, K. Hashimoto: Carbon-doped Anatase TiO_2 Powders as a Visible-light Sensitive Photocatalyst, *Chem. Lett*. Vol. 32, No. 8, pp.772-773, 2003.
- 18) J. C. Yu, J. G. Yu, W. K. Ho, Z. T. Jiang, L. Z. Zhang: Effects of F-Doping on the Photocatalytic Activity and Microstructures of Nanocrystalline TiO_2 Powders, *Chem. Mater.* Vol. 14, No. 9, pp 3808-3816, 2002.
- 19) W. Macyk and H. Kisch: Photosensitization of Crystalline and Amorphous Titanium Dioxide by Platinum (IV) Chloride Surface Complexes, *Chem. Eur. J.* Vol. 7, PP. 1862-1867, 2001.
- 20) H. Irie, S. Miura, K. Kamiya, K. Hashimoto: Efficient Visible Light Sensitive Photocatalysts; Grafting Cu(II) Ions onto TiO_2 and WO_3 Photocatalysts, *Chem. Phys. Lett.* Vol.457, pp.202-205, 2008.
- 21) S. Ito, K. R. Thampi, P. Comte, P. Liska, and M. Grätzel: Highly active meso-microporous TaON photocatalyst driven by visible light, *Chem. Commun.*, Vol. 268-270, 2005.
- 22) S. C. Yan, Z. S. Li, and Z. G. Zou: Photo degradation of Rhodamine B and Methyl Orange over Boron-Doped $g\text{-C}_3\text{N}_4$ under Visible Light Irradiation, *Langmuir*, Vol. 26, pp 3894-3901, 2010.
- 23) M. A. Fox, M. T. Dulay: Heterogeneous photocatalysis, *Chem. Rev.* Vol. 93, pp 341-357, 1993.
- 24) R. Bauera, et al.: The photo-fenton reaction and the TiO_2/UV process for waste water treatment - novel developments, *Catalysis Today*, Vol. 53, pp. 131-144, 1999.
- 25) E. Neyens and J. Baeyens: A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique, *J. Hazardous Materials*, vol. 98, No. 1-3, pp. 33-50, 2003.
- 26) M.A. Tarr: *Chemical Degradation Methods for Wastes and Pollutants*, Marcel Decker, Inc., 2003.
- 27) 橋本和仁, 藤嶋昭 (監修): *光触媒のすべて*, オーム社, 2012.
- 28) 多賀康訓 (監修): *可視光応答型光触媒の実用化技術*, シーエムシー出版, 2005.

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

両親媒性ペプチドの自己組織化による次元制御された分子構造体

田中正剛¹⁾

Dimension-Controlled Nanoarchitectures by Self-Assembly of Amphiphilic Peptides

Masayoshi TANAKA¹⁾

Abstract

3D and 2D self-assembly of amphiphilic peptides designed with alternative sequence of hydrophobic and hydrophilic amino acids were investigated. The amphiphilic peptides designed serine as a hydrophilic residue showed self-assembled gel based on β -sheet conformation and hydrogen bonding between OH groups on the side chain of serine. When the amphiphilic peptide designed glutamic acid as a hydrophilic residue self-assembled in two-dimension, the peptide gave an array of nanofibers by an interface specific secondary structural transition.

1. はじめに

1.1 自己組織化に基づくソフトマテリアル

有機化合物に分子間相互作用を示す部位を適切に設計すると自発的な分子集合が進行し、規則性を有する分子構造体が構築される。界面活性剤など両親媒性分子は、自己組織化によってミセル、ベシクル、膜などのやわらかい集合体を形成する。高分子を用いると架橋やネットワーク化が起こることで粘性や弾性的性質が加わり、ゴムやゲル状などの比較的強固な分子集合体を得ることができる。このような分子集合体は、石けんなどの洗浄作用、乳化やゼリー化など食料の食感変化、ゴムやゲルの弾性的な性質を利用したタイヤや緩衝材などを一例として生活レベルにおいても日常的に利用されている。近年では、臓器や神経の再生を可能にする細胞工学においても自己組織化材料は有効に利用されている。また、人体に対する低刺激性やさまざまな触感が要求される化粧品研究にも自己組織化材料の利用が注目されている。ソフトマテリアルと総称されるこれら有機材料は、骨や爪のような硬い組織から軟骨や筋肉、皮膚のような弾性のある組織、血液や粘液など粘性を有する組織まで多岐にわたる環境での利用が求められる。バルク中（三次元）や表面（二次元）など適用する環境の特徴が反映される自己組織化現象を見出し、その材料としての用途を探索することは、先端技術を支える取り組みとしてきわめて重要である。

1.2 自己組織化ペプチド

ペプチドは自己組織化を示す代表的な分子素子である。基本骨格がタンパク質とおなじアミノ酸で構成されているため生体親和性が高く、生体材料の開発や細胞工学にもよく利用されている。¹⁻³⁾ ペプチドはアミノ酸のアミノ基とカルボキシル基を脱水縮合することで構成され、この工程を繰り返し行うことで任意の数のアミノ酸を任意の順番で連結することができる (Fig 1A)。アミノ酸の側鎖 (R 基) には、親水性や疎水性、電荷を有するものや基質との反応性を示すものなど多種多様な種類がある。自然界にも存在する20種類を含めさまざまなアミノ酸を任意の順番で連結し、多彩な分子素子を設計することができる。

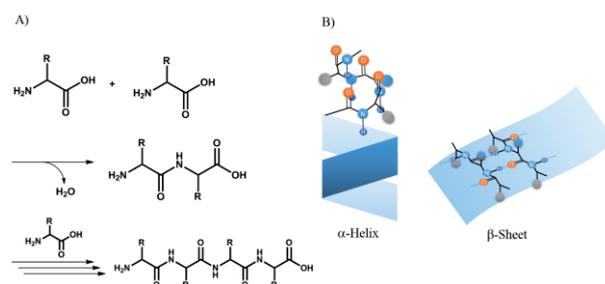


Fig.1 A) Synthetic route of peptide, B) Typical secondary structures.

ペプチドのもうひとつの特徴は、主鎖のアミド基が水素結合性を有することである。ペプチド鎖内や鎖間において水素結合すると、 α -ヘリックスと β -シートなどらせん状や繊維状の特徴的な秩序構造を構築する (Fig 1B)。この二次構造はタンパク質であれば、特有の立体構

1) 応用化学科

1) Department of Applied Chemistry

造を決定づける構造要素となり、タンパク質の高度な機能発現を支える形状の構築に貢献している。人工的に設計した短いペプチド鎖でも二次構造に基づく形を作ることが可能である。つまり、ペプチドは、ナノレベルで緻密な構造を与える分子素子として有用である。アミノ酸の種類に応じた構造の多様性を生かし、様々な機能性分子構造体の構築が可能である。また、ペプチドが示す二次構造は、側鎖の疎水性相互作用や静電相互作用などが影響し、ペプチド分子が置かれた環境において最も安定な構造に落ち着く性質を持つ。たとえば、pH、温度、塩濃度は側鎖の電荷状態や分子運動性に影響するため、ペプチド分子の二次構造を決定する溶液条件になりうる。これら溶液条件は比較的簡単に変化させることができるため、溶液条件変化にともなう二次構造を転移するようなダイナミックな自己組織化システムの構築を可能にする。したがって、この構造の多様性と自己組織化能を有するペプチドを用いて、ナノファイバー、二次元微細パターン化薄膜、自己組織化ゲルなどを調製し、機能性分子集合体を構築する研究を展開することができる。

本研究では特に β -シート構造に着目した。 β -シートはペプチド鎖間において水素結合が作用し、繊維様の分子集合体を形成する。そのため溶液条件によっては巨視的なネットワークが成長し、溶媒を多量に保持したゲルの構築が可能である。また、 β -シートの特徴は、ペプチド鎖が伸張構造となるため隣り合ったアミノ酸残基の側鎖が反対方向に突出した構造をとるようになる。このため β -シート繊維は面を有する平面的な構造をとり、アミノ酸残基の特徴を反映した二つの性質を有する繊維状構造体の構築を可能にする。本論では、ペプチドの設計を工夫し、3次元的なネットワークの成長による自己組織化ゲルの構築、および界面における β -シートペプチド薄膜の構築について概説する。

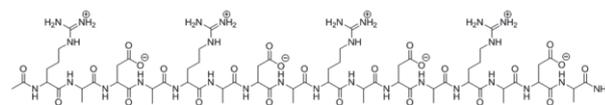
2. 自己組織化ペプチドを用いた分子構造体の構築

2.1 両親媒性ペプチドによる自己組織化ゲル

自己組織化によってゲルを構築するためには、高分子量体が自発的に架橋構造を形成し、その素材が溶媒に対して適度な親和性を有することが必要である。親水性アミノ酸と疎水性アミノ酸を組み合わせた両親媒性ペプチドは、 β -シート構造に基づく長い繊維構造体を構築しやすく、親水基の導入によって水との親和性を有するためヒドロゲルの構築に適している。これまでにカチオン性アミノ酸とアニオン性アミノ酸を導入した両親媒性ペプチドが開発されている (Fig 2A)。⁴⁻⁶⁾ このペプチドは、 β -シート構

造に基づく繊維構造体を形成し、側鎖に導入したカチオンとアニオン間のイオン結合による架橋を生じることで水分を99%以上保持できるヒドロゲルとなる。これらヒドロゲルは細胞工学への応用展開が進んでおり、細胞外マトリックスとしての有用性が示されている。⁷⁻⁸⁾

A)



B)

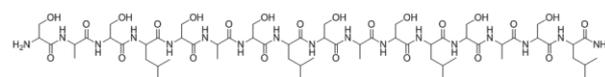


Fig.2 The amphiphilic peptides; A) RADA16 and B) SASL16.

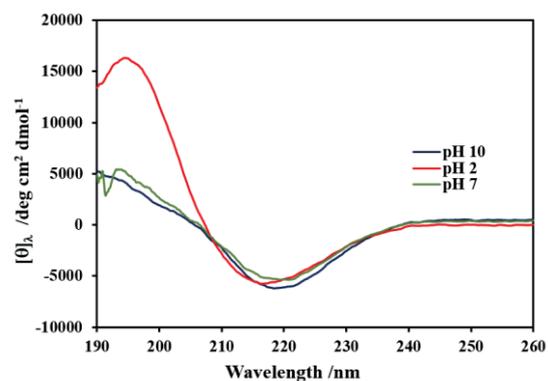


Fig. 3 CD spectra of SASL16 dissolved in the aqueous solvents at various pH.

すでに開発が進んでいる両親媒性ペプチドの課題として挙げられるのは、適用可能な pH の範囲の制御性である。架橋構造の形成が側鎖電荷のイオン結合に依存しているため、電荷バランスを制御することが必須で、pH によっては沈殿や溶解することがある。つまり、必ずしも所望の pH においてゲルになるとは限らないのである。そこで pH に依存せずにヒドロゲルを形成するペプチドの開発を検討した。⁹⁾ 水酸基は水素結合性を有するため、分子間結合が可能である。したがって、従来のペプチド設計におけるカチオン性残基とアニオン性残基の代わりに水酸基を側鎖構造とするアミノ酸であるセリンを導入したペプチドを調製した (Fig 2B)。疎水性残基は溶解性を検討した結果、アラニンとロイシンを組み合わせた構造とした。得られた両親媒性ペプチド SASL16 を水に可溶化し、酸性からアルカリ性の水溶液を調製した。各水溶液の円二色性 (CD) スペクトルを測定したところ、いずれの pH においても 215 nm から 218 nm に負の極大値が観測され、典型的な β -シート

をとることが示された (Fig 3)。別途、ペプチド濃度を高くした0.5 wt%水溶液を調製したところ、容器を反転しても落ちないゲルの形成が示された (Fig 4A)。得られたゲルを基板上に少量乗せ、これを乾燥した後の原子間力顕微鏡 (AFM) 像は、ナノスケールの繊維状構造体を示した (Fig 4B)。SASL16が β -シートに基づく繊維構造体を形成し、側鎖水酸基間での水素結合によって繊維間の会合が促されネットワーク構造が発達し、ヒドロゲル化が起こったと考えられる。水酸基は広いpH領域においてイオン化することはないため、pHに依存しないヒドロゲルの構築が可能であった。

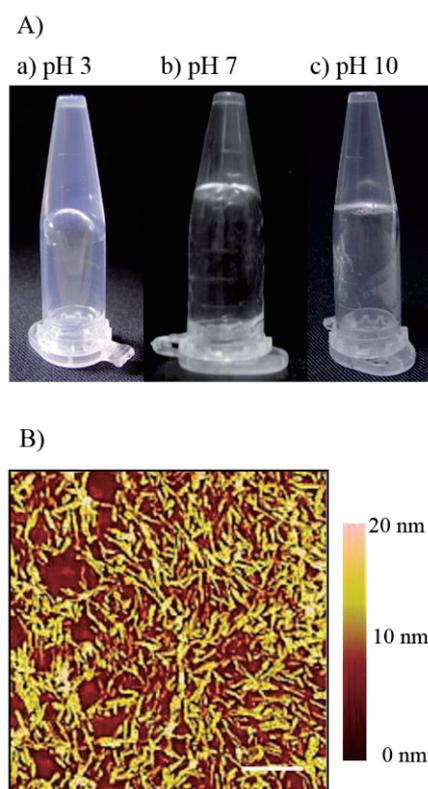


Fig. 4 A) Photographs of the obtained hydrogel at a) pH 3.0, b) pH 7.0, and pH 10.0, B) AFM image of the peptide nanofiber obtained from the aqueous solution at pH 7.0. Scale bar: 200nm.

また、SASL16は、ジメチルホルムアミド (DMF)、N-メチルピロリドン (NMP)、トリフルオロエタノール (TFE) など数種類の有機溶媒に可溶化し、0.5~1 wt%の濃度にするとうルガノゲルが得られることが確認された (Fig 5A)。溶媒の吸収の影響によりCDスペクトルによる二次構造の評価はTFEに限定されるが、217 nmに負の極大値を与えたことから、SASL16はTFE中でも β -シート構造であることが示された (Fig 5B)。TFEはヘリックス構造を誘起する溶媒として用いられることが多いにもかかわらず、SASL16が β -シート構造を示したことは、このペプチドの β -シートの安定性が極めて高いことを示唆するものであった。有

機溶媒中でも安定な繊維状構造体が形成されることがオルガノゲル化を示す要因であると考えられる。

セリンを親水性残基として導入した両親媒性ペプチドは、水も有機溶媒もゲル化する両性ゲル化材の性質を有することが明らかとなった。今後、ペプチドのアミノ酸配列を工夫することで多くの溶媒に適用できるペプチドを開発することができれば、生体組織に影響の少ない有機溶媒などの利用が可能となり、薬剤や日用品への展開を見据えることができる。

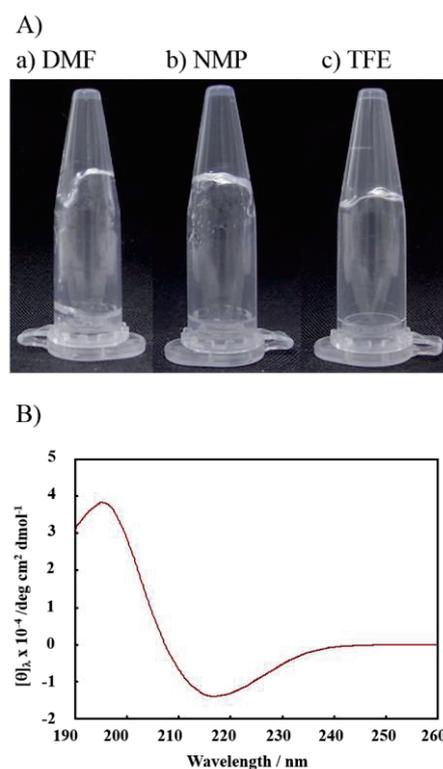


Fig. 5 A) Photographs of the obtained organogel in a) DMF, b) NMP, and c) TFE, B) CD spectrum of the SASL16 solution dissolved in TFE.

2.2 二次元自己組織化を利用したペプチド単分子膜

固/水界面、空気/水界面、油/水界面など二次元的な分子組織場は、両親媒性分子の構造的な特徴を反映しやすい。つまり、これら界面では分子の極性・非極性を反映した配向性の制御がしやすく、分子レベルの厚みを持った分子配列構造を得ることができる。親水性残基と疎水性残基を交互に連結した両親媒性ペプチドは、 β -シートのような伸張した構造をとると親疎が反対方向に配向する。そのため、界面の極性・非極性の性質が二次構造安定性に影響すると考えられ、特徴的な自己組織化挙動を示す可能性が高い。こうして得られる両親媒性ペプチドの分子膜は、機能的側鎖や反応性側鎖の配向制御を

可能にするため、機能団を精密に配置制御した薄膜の調製手法としての有用性が期待される。本論では、典型的な二次元環境である空気/水界面、および固体/液体界面における両親媒性ペプチドの自己組織化によって形成されるペプチド膜の構築について検討を行った。

空気/水界面における二次元的な薄膜調製は、Langmuir-Blodgett (LB) 法を用いた。LB 法では、まず水と相容しにくい溶媒に可溶化した両親媒性分子を水表面に展開し、有機溶媒を揮発させることで両親媒性分子を水表面に均一に分散させる。次いで、水層を取り囲んだテフロン枠の1辺を動かし、分子展開相を縮めることで分子を寄せ集め、分子膜を調製する手法である。表面圧をモニターしているため、分子がどのくらい詰まっているのかを評価することができる (Fig 6)。¹⁰⁾今回は、両親媒性ペプチドとして、親水性残基にグルタミン酸(E)、疎水性残基にロイシン(L)を選択し、これらを交互に8残基ずつ連結したシーケンスを用いた。また、二次元的な秩序構造を得やすいようにペプチド鎖と性質が異なるポリエチレングリコール (PEG) 鎖を連結し、(LELE)₄-PEG を調製した (Fig 7A)。

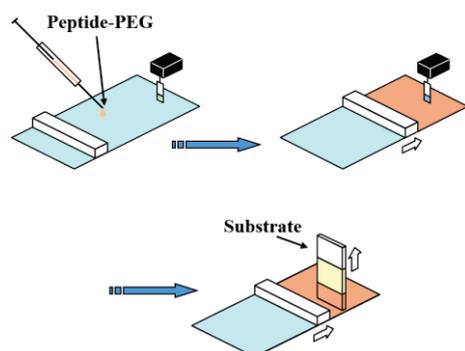


Fig. 6 Schematic illustration of LB method.

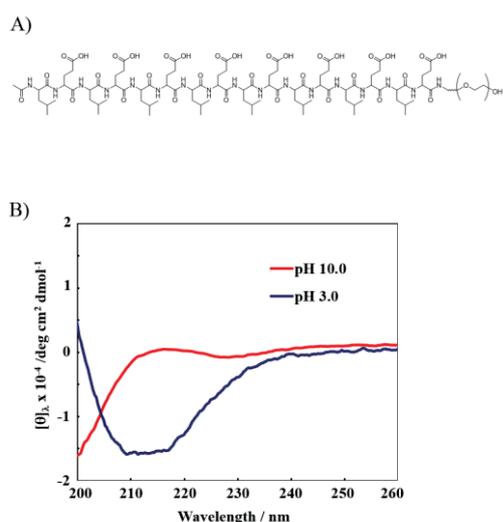


Fig. 7 A) Sequence of (LELE)₄-PEG B) CD spectra of the peptide-PEG dissolved in aqueous media.

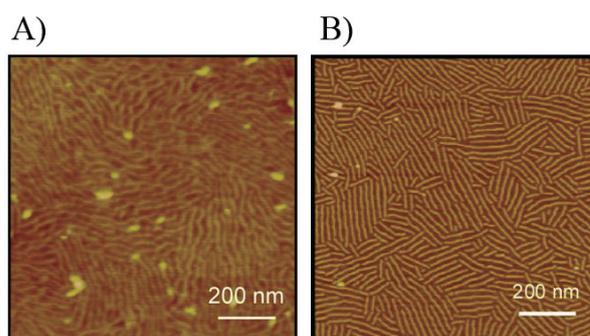


Fig. 8 AFM images of the (LELE)₄-PEG layer obtained by LB method. The pH values of the aqueous phase are A) pH 3.0 and B) pH 10.0.

(LELE)₄-PEG の水溶液を pH 3.0、および 10.0 に調製し、CD スペクトルを測定した (Fig 7B)。酸性条件 (pH 3.0) では、215 nm に負の極大値を有するスペクトルを与え、β-シート構造をとることが示された。親水性和疎水性が交互に配置したシーケンスはβ-シートをとることが多く、今回のペプチドシーケンスでもその傾向が認められた。塩基性条件 (pH 10.0) では、198 nm に負の極大値を示し、ランダムコイルであることがわかった。これは塩基性条件においてグルタミン酸側鎖のカルボキシル基は、脱プロトン化によって負電荷を帯びる。このため水溶液中での分散性が向上し、電荷反発の作用も加わることでランダムコイルが安定化したものと考えられる。pH 3.0 に調整した水相上にペプチド-PEG 分子を展開し、表面圧と面積の相関性をモニターしながら二次元的な分子膜を調製した。表面圧が 12 mN/m になったところで空気/水界面の分子膜をマイカ基板上にすくい上げ、薄膜を得た。その AFM 像からは、直径が約 5 nm の繊維が密に配列している様子が観察された (Fig 8A)。この径の値は 16 残基からなるペプチド鎖がβ-シート構造をとったときの直径と一致した。また、β-シート繊維の間には隙間が存在しており、PEG 鎖がスペーサーとして作用していることが示唆された。空気/水界面においてペプチド-PEG 分子を二次元的に自己組織化することでβ-シート繊維が一定間隔で配列した薄膜を得ることができた。ついで、ランダムコイルをとる pH 10.0 に調整した水相上に (LELE)₄-PEG を展開し、二次元的な自己組織化を検討した。この水溶液条件では、ペプチド鎖がアニオン電荷を有するため分子膜が形成されないことも多いが、(LELE)₄-PEG は分子膜の調製が可能であった。表面圧 12mN/m の条件でマイカ基板上に単分子膜を調製した。得られた薄膜の AFM 像は、β-シート構造のサイズに一致するナノ繊維が二次元的に配列している様子が観察された (Fig 8B)。これは、水溶液中ではランダムコイルが最

安定であるにもかかわらず、二次元的な環境では β -シートに転移することを示唆するものであった。空気/水界面は親水性の水相と疎水性の空気相からなる極性/非極性界面であり、両親媒性ペプチドはこの界面の極性差を識別し、親水性残基を水側へ疎水性残基を空気側へ配向した構造、すなわち β -シート構造を選択したと考えられる。

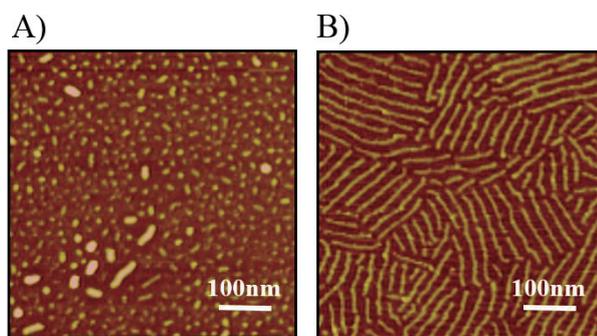


Fig. 9 AFM images of the (LELE)₄-PEG layer Adsorbed on the mica substrate. The pH values of the solution are A) pH 3.0 and B) pH 12.0.

極性/非極性の性質を持つ界面ではペプチド鎖が β -シート構造をとりやすく、ナノ繊維構造体の規則的配列構造が得られることが示された。これは機能団のナノ規則配列化やパターン構造を鋳型とした表面設計などの展開が期待される。そこで空気/水界面を用いた上述の手法よりも簡便な手法を開発することを目的として、固体/液体界面における自己組織化を検討した。固体/液体界面は溶液に浸漬した基板表面に形成されるため、基板の浸漬のみで達成される簡便なナノパターン調製法を提案することができる。(LELE)₄-PEGの酸性溶液、およびアルカリ性溶液を調製し、それぞれの溶液にマイカ基板を浸漬した。一定時間浸漬した後に純水で基板をすすぎ、常温常圧下で静置することで乾燥した。酸性溶液に18時間浸漬して調製した基板をAFM観察したところ、10~50 nmの楕円状の構造体が二次元的に分散している像が得られた (Fig 9A)。これは β -シート繊維幅としては大きく、繊維長としては短いものであった。酸性条件では水溶液中ですでに β -シート構造をとっており、ペプチド鎖が集合すると末端に連結した PEG 鎖が必然的に集合することとなる。そのため PEG 鎖の物理的な干渉が起こり、 β -シート繊維の成長が止まってしまうのではないかと考えられる。一方、アルカリ溶液に18時間浸漬して得られた基板をAFM観察したところ、5 nmほどの繊維がナノ周期的に配列した秩序構造が観察された (Fig 9B)。得られた繊維構造は β -シート繊維のサイズに一致していた。つまり、水溶液中でランダムコイルであったペプチ

ドが基板へ吸着することで β -シートに転移したことが示唆された。水溶液中に浸漬した基板表面は、どのような基板であっても水と比較したときには極性の差異を有している。今回用いた両親媒性ペプチドはその極性差を識別し、水側に親水性残基、基板側に疎水性残基を配向する安定構造を見出し、固/水界面で選択的に β -シート構造をとったと考えられる。また、この手法においても PEG 鎖がスペーサーとして作用しており、 β -シートのナノ繊維を一定間隔で基板上に配列させることに貢献していることが示唆された。以上、基板浸漬のみによってナノパターン構造を調製する新しい手法の開発に成功した。両親媒性ペプチドの界面選択的な二次構造転移の発現、およびペプチドと PEG 鎖の性質の差異を反映した相分離的な現象を含んでおり、界面化学の観点からも新しい知見を得ることができた。

3. 結論

両親媒性ペプチドの自己組織化による三次元的、二次元的な秩序構造体の構築について述べた。特に β -シート構造を制御できるシーケンスは、繊維構造体を長周期に渡って形成することができる。隣接するアミノ酸残基の側鎖が反対方向に向けられるため β -シート繊維は2面の異なる性質を持ちうることで、ナノスケールで繊維状構造体が構築されることなどの特徴を有している。アミノ酸側鎖構造を適切に選択することで繊維間の会合を起こし、ネットワーク化を誘発することができた。水酸基に基づく水素結合は溶媒の pH や極性の影響が小さいとみられ、広い pH 領域に対しても有機溶媒に対してもゲル化を示した。また、ペプチド鎖間の弱い水素結合によって構築される β -シート構造は、会合と解離を簡単に起こすことができる。この特徴はペプチドが置かれた環境に応じて二次構造を転移する挙動につながる。今回、この性質を利用して、二次元的に精密に配向制御されたナノパターン化薄膜が自発的に形成されることを見出すことができた。

今回得られたゲルや薄膜は、ペプチド鎖の二次構造の安定性と側鎖間での分子間相互作用の設計に基づいて発現したものである。これはタンパク質が二次構造と三次構造を巧みに使い分けて一定形状に落ち着く挙動に類似している。元来、生体由来の構造要素であるペプチドを用いた微細構造化やその機能性は、タンパク質や酵素に見られる極めて高効率な機能に近づく可能性を秘めている。ペプチドの動的な自己組織化挙動は、刺激応答性や環境応答性材料など日常的な用途にも適用しやすい。今回、用いたペプチドは2~3種類のアミノ酸によって構築

されており、非常に簡素な設計であった。そのため機能団や反応性側鎖を有するアミノ酸を部分的に導入することは容易で、ゲルや薄膜に高度な機能を付与する展開がしやすい。ペプチド分子の詳細なシーケンス設計と二次構造制御により、さらに精密な分子構造体を実現することが、次世代のソフトマテリアル開発へのブレークスルーになると考えられる。

謝辞

本研究は、主に筆者の前任地である名古屋工業大学にて実施されたものである。本研究の一部は、科学技術振興機構（研究成果最適展開支援プログラム A-STEP）、宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同研究、および記念財団の援助により遂行されました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) K. Y. Lee, and D. J. Mooney: Hydrogels for Tissue Engineering, *Chemical Reviews*, Vol. 101, No. 7, pp.1869-1879, 2001
- 2) T. Vermonden, R. Censi, and W. E. Hennink: Hydrogels for Protein Delivery, *Chemical Reviews*, Vol. 112, No. 5, pp. 2853-2888, 2012.
- 3) H. Hosseinkhani, P-D. Hong, and D-S. Yu: Self-Assembled Proteins and Peptides for Regenerative Medicine, *Chemical Reviews*, Vol. 113, No. 7, pp.4837-4861, 2013.
- 4) H. Yokoi, T. Kinoshita, and S. Zhang: Dynamic reassembly of peptide RADA16 nanofiber scaffold, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* Vol. 102, No. 24, pp. 8414-8419, 2005.
- 5) Y. Zhao, H. Yokoi, M. Tanaka, T. Kinoshita, and T. Tan: Self-Assembled pH-Responsive Hydrogels Composed of the RATEA16 Peptide, *Biomacromolecules*, Vol. 9, No.6, pp. 1511-1518, 2008.
- 6) Y. Zhao, M. Tanaka, T. Kinoshita, M. Higuchi, and T. Tan: Controlled Release and Entrapment of Enantiomers in Self-Assembling Scaffolds Composed of β -Sheet Peptides, *Biomacromolecules*, Vol. 10, No. 12, pp. 3266-3272, 2009.
- 7) C. A. Hauser, and S. Zhang: Designer self-assembling peptide nanofiber biological materials, *Chemical Society Reviews*, Vol. 39, pp. 2780-2790, 2010.
- 8) Z. Luo, and S. Zhang: Designer nanomaterials using chiral self-assembling peptide systems and their emerging benefit for society, *Chemical Society Reviews*, Vol. 41, pp. 4736-4754, 2012.

- 9) R. Cai, Y. Zhao, K. Ogura, M. Tanaka, T. Kinoshita, and Q. Cai: Self-assembled Gels of Amphiphilic Sequential Peptide in Water and Organic Solvents, *Chemistry Letters*, Vol. 40, No. 6, pp.617-619, 2011.
- 10) M. Tanaka, M. Hattori, and T. Kinoshita: The Construction of the Two-dimensional Array of the Fibrous Objects from the Mixture of RFDF16-PEG and RFDF16 at Air/Water Interface, *Chemistry Letters*, Vol. 36, No. 4, pp.562-563, 2007.

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

混合モード条件下の斜めき裂先端における

変位場計測と疲労き裂伝ば挙動の予測

清水憲一¹⁾

Measurement of Displacement Field around Slant Crack Tip and Estimation of Fatigue Crack Propagation Behavior under Mixed-Mode

Kenichi SHIMIZU¹⁾

Abstract

As an actual crack in film materials is subject to stress from various directions, it is important to study about the crack deformation behavior under mixed-mode condition. Therefore, it is important to consider about the fatigue crack propagation behavior under mixed-mode conditions with the crack opening and the crack sliding displacement. In this study, the copper film with the thickness of 50 μ m was bonded to the cyclic loaded base plate so as to cover a through hole drilled at the center of the plate. After the fatigue crack was propagated under mode I condition, the film was detached from the base plate and was bonded again so that the crack was slanted from the loading axis. The displacement field around the crack tip was measured by digital image correlation method under mixed-mode condition. As a result, the position of crack tip was determined more accurately from sample variance of stress intensity factor under mixed-mode. The fatigue crack propagated to the region where the large stress intensity factor was estimated from the displacement around the crack.

1. 緒言

近年、多くの電子部品において、導電性材料として銅膜材が用いられている。このような膜材には使用中に振動や熱応力等の様々な負荷が作用し、疲労破壊が起こる可能性がある。そして疲労破壊は現在でも事故原因の大部分を占めており、経済的損失も大きい。膜材料の破壊は機械の安全性や導電性の低下などに直接関わるため、膜材の疲労破壊特性を調べるのが重要になる。しかしながら膜材は塑性変形しやすいこと、疲労試験機に直接チャックできないことなどの理由から、膜材単体での疲労試験は殆ど行われていない。

理想的なき裂とは異なり実際のき裂は一方向に進むのではなく、様々な方向に屈曲している。さらに機械製品には様々な方向から力が作用していると考えられ、発生するき裂にかかる応力は必ずしもき裂に対して垂直な一方向にのみ存在するとは限らない。よって、実際のき裂を考えるにはき裂開口方向（モード I 方向）だけでな

く、すべり方向（モード II 方向）も合わせた混合モード条件下でのき裂の挙動を考える必要がある。

き裂伝ば挙動を評価するパラメータとしては、応力拡大係数 K が最も広く用いられているが、普通の疲労試験では、き裂長さと負荷応力から算出される場合が多いので、き裂先端の塑性変形のように微視的な影響を考慮することは難しい。このため、き裂先端近傍の変位から、直接、応力拡大係数を求める方法が試みられているが¹⁾⁵⁾、き裂先端付近の変位量は極めて微小であり、その値を正確に求めることは困難である。また、変位から応力拡大係数を求めるためには、き裂の先端位置を精度よく定める必要があり、信頼性の高い K 値を得ることは、非常に難しい。

そこで本研究では、き裂のデジタル画像を用いて画像相関法⁶⁾⁷⁾を行うことにより、き裂先端付近の微小な変位場を求めた。そしてき裂先端付近の変位を元に、混合モード条件下の応力拡大係数 K_M の分布を算出した。その際、 K_M の分散を用いて、き裂先端位置を補正する方法を新たに提案した。また、き裂先端位置を補正することで、

1) 機械工学科

1) Department of Mechanical Engineering

K_M の分布がどのように変化するかを調べ、斜め予き裂から発生する屈折疲労き裂の伝ば方向との相関について検討した。

2. 実験方法

2.1 試験片および疲労試験

膜材には厚さ $t_f=50\mu\text{m}$ の純銅膜を用いた。Fig. 1 に示す直径 30mm の円形状に切出し、中央に $\phi=0.5\text{mm}$ の切欠き穴をあけ、873K-1h 保持の条件で真空焼なましを行った。膜材を貼り付ける母材には厚さ $t_b=1\text{mm}$ の高張力鋼 HT60 の板材を用い、中央に直径 $\phi=5\text{mm}$ の貫通穴を設け、膜材の切欠き穴と母材の貫通穴中心が一致するように瞬間接着剤を用いて膜材を接着し試験片とした。まず銅膜材を貼り付けた母材に対して、繰返し速度 20Hz、応力比 $R=0$ 、最大応力 $\sigma_b=70\text{MPa}$ の繰返し正弦波荷重を負荷し、 $\phi=0.5\text{mm}$ の貫通穴を含めた全長が約 2mm になるまでモード I 条件下でき裂を伝ばさせた。なお弾性 FEM 解析の結果、母材に対して応力 σ_b を負荷すると、貫通穴内の膜材に生じる負荷方向応力 σ は一様分布となり、その大きさは σ_b の約 1.5 倍となることがわかった^{8),9)}。その後、アセトン中で超音波洗浄を行って銅膜材を母材からはがし、傾き角 $\beta=45^\circ$ あるいは 60° となるように、再度瞬間接着剤によって銅膜材を貼り直して、モード I とモード II からなる混合モード条件下の斜めき裂を用意した。斜めき裂に対する開口方向の応力成分 σ_{yy} および相対すべり方向の応力成分 σ_{xy} は、膜材に生じる負荷方向応力 σ および斜めき裂の傾き角 β を用いて式(1)で表される。

$$\begin{cases} \sigma_{yy} = \sigma \sin^2 \beta \\ \sigma_{xy} = \sigma \sin \beta \cos \beta \end{cases} \quad (1)$$

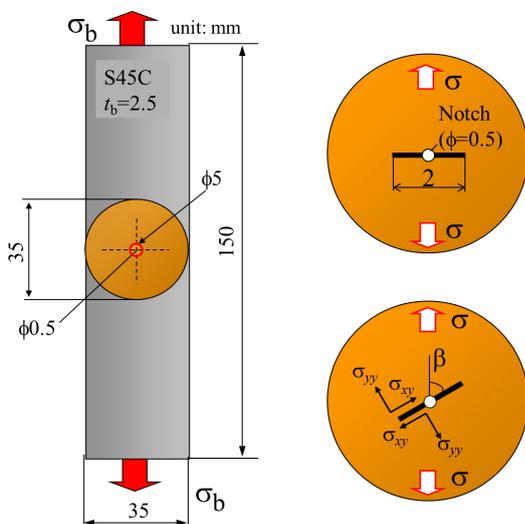


Fig.1 Dimensions of the specimen

本実験では、 $\beta=45^\circ$ と 60° における開口方向応力 σ_{yy} が等しくなるように、また、混合モード条件下の斜めき裂における σ_{xy} が、予き製作時（モード I のみ）の開口方向応力 σ と等しくなるように σ_b の大きさを決定した。

2.2 き裂先端付近の変位計測

き裂は、デジタルマイクロスコープにより撮影した。画像サイズは 1280×960 画素で、一画素あたりの寸法は $0.455\mu\text{m}$ である。次に変位の計測に使用したデジタル画像相関法について示す。まず、無負荷時 ($\sigma_b=0\text{MPa}$) および最大負荷時のき裂先端位置が一致するように 640×480 画素の画像を切り出す。これは後述するように、き裂先端では変位が零になる必要があるためであり、き裂先端位置の決定は目測で行った。次に、無負荷時の画像で、 70×70 画素のサブセットを設定し、最大負荷時の画像上で最も相関の高くなる座標から、サブセットの移動量を求める。このとき、き裂相対すべり方向の変位量を u 、き裂開口方向の変位量を v とする。次にサブセットの中心を 5 画素ずらして探索を行い、これを繰返して画像全面の変位計測を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 き裂先端の変位場

$\beta=45^\circ$ の斜めき裂に、 $\sigma_b=140\text{MPa}$ ($\sigma_{yy}=\sigma_{xy}=70\text{MPa}$) を負荷したときのデジタルマイクロスコープによる観察結果を Fig. 2 に示す。き裂は図の左側から右側へ伝ばしており、周辺には、き裂伝ばに伴って発生したすべり線が多く観察される。一般に画像相関法を行う場合、対応点を見つけるための目印が画像中に必要となるが、本実験では、き裂周辺のすべり線が目印となることによって、解析の精度を示す相関係数も 0.95 以上と十分高い値を示す。Fig. 3 は、画像相関法によって得られた変位を、矢印で示した結果である。右に示したカラースケールは変位量（スカラー量）を示している。き裂開口方向だけでなく、相対すべり方向にも変位が生じており、き裂を挟んで矢印の方向が反転している。これより、モード I とモード II からなる混合モード特有の変位場の特徴が現れていることがわかる。

3.2 応力拡大係数の評価とき裂先端位置の補正

き裂先端からの距離を r とすると、モード I とモード II のき裂開口量 v_I, v_{II} と相対すべり量 u_I, u_{II} は、線形破壊力学に基づいて、それぞれモード I 応力拡大係数 K_I およびモード II 応力拡大係数 K_{II} を用いて式(2)で表される¹⁰⁾。

$$\begin{cases} u_I = \frac{(K_I)_{th}}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \cos\frac{\theta}{2} \left(\kappa - 1 + 2\sin^2\frac{\theta}{2} \right) \\ v_I = \frac{(K_I)_{th}}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \sin\frac{\theta}{2} \left(\kappa + 1 - 2\cos^2\frac{\theta}{2} \right) \\ u_{II} = \frac{(K_{II})_{th}}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \sin\frac{\theta}{2} \left(\kappa + 1 + 2\cos^2\frac{\theta}{2} \right) \\ v_{II} = -\frac{(K_{II})_{th}}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \cos\frac{\theta}{2} \left(\kappa - 1 - 2\sin^2\frac{\theta}{2} \right) \end{cases} \quad (2)$$

これより、極座標で表されるき裂周辺の変位場では、き裂先端 ($r=0$) は、変位量が零となる点として定義されることがわかる。なお、式中の G は横弾性係数であり、ヤング率 E およびポアソン比 ν を用いて $G=E/2(1+\nu)$ で求められる。また κ は、銅膜が非常に薄いために平面応力状態と考えられることから、 $\kappa=(3-\nu)/(1+\nu)$ と表される。

デジタル画像相関法によって得られる変位量 u, v と、式(2)の変位量 v_I, v_{II}, u_I, u_{II} の間には式(3)の関係があるので、式(4)のように、 u, v から応力拡大係数 K_I および K_{II} を評価することが出来る。

$$\begin{cases} u = u_I + u_{II} \\ v = v_I + v_{II} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} K_I = \frac{u \cos\frac{\theta}{2} (\kappa - 1 - 2\sin^2\frac{\theta}{2}) + v \sin\frac{\theta}{2} (\kappa + 1 + 2\cos^2\frac{\theta}{2})}{\frac{1}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \left\{ \cos^2\frac{\theta}{2} (\kappa - 1 + 2\sin^2\frac{\theta}{2}) (\kappa - 1 - 2\sin^2\frac{\theta}{2}) + \sin^2\frac{\theta}{2} (\kappa + 1 - 2\cos^2\frac{\theta}{2}) (\kappa + 1 + 2\cos^2\frac{\theta}{2}) \right\}} \\ K_{II} = \frac{1}{\frac{1}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \sin\frac{\theta}{2} (\kappa + 1 + 2\cos^2\frac{\theta}{2})} \\ \times \left[u - \frac{\cos\frac{\theta}{2} (\kappa - 1 + 2\sin^2\frac{\theta}{2}) \left\{ u \cos\frac{\theta}{2} (\kappa - 1 - 2\sin^2\frac{\theta}{2}) + v \sin\frac{\theta}{2} (\kappa + 1 + 2\cos^2\frac{\theta}{2}) \right\}}{\cos^2\frac{\theta}{2} (\kappa - 1 + 2\sin^2\frac{\theta}{2}) (\kappa - 1 - 2\sin^2\frac{\theta}{2}) + \sin^2\frac{\theta}{2} (\kappa + 1 - 2\cos^2\frac{\theta}{2}) (\kappa + 1 + 2\cos^2\frac{\theta}{2})} \right] \end{cases} \quad (4)$$

Fig 3 中の各位置における u, v を、式(4)に代入して得られる応力拡大係数 K_I, K_{II} は、理論的には全ての位置において等しい値を示さなければならない。しかし、実測したき裂の先端を正確に決定することは困難であり、デジタル画像相関法を行う際に、目測で決定したき裂先端とのずれが大きくなるほど、各位置において得られる K_I, K_{II} のばらつきが大きくなる。そこで、目測で求めたき裂先端位置を、Fig. 2 の水平方向および上下方向に少しずつ移動させて、 K_I, K_{II} のばらつき (分散 s^2) が最小となる位置を決定し、

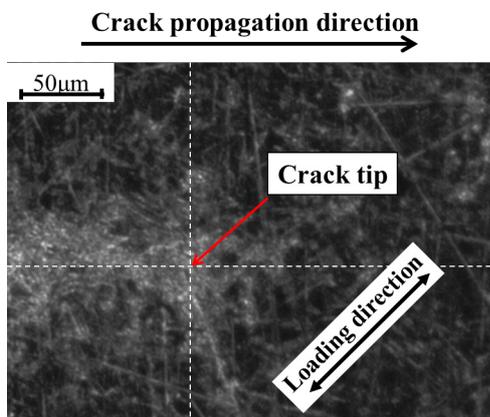


Fig. 2 Slant crack tip observed by digital microscope

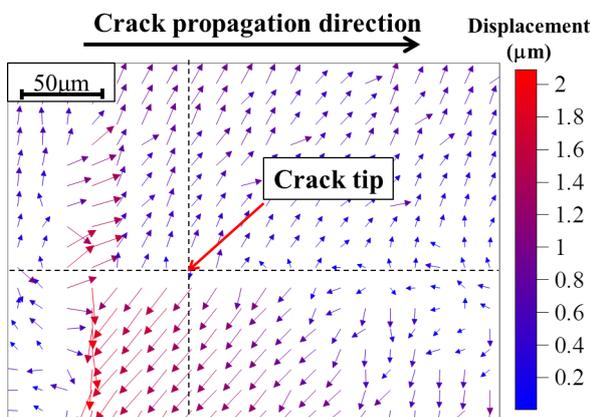
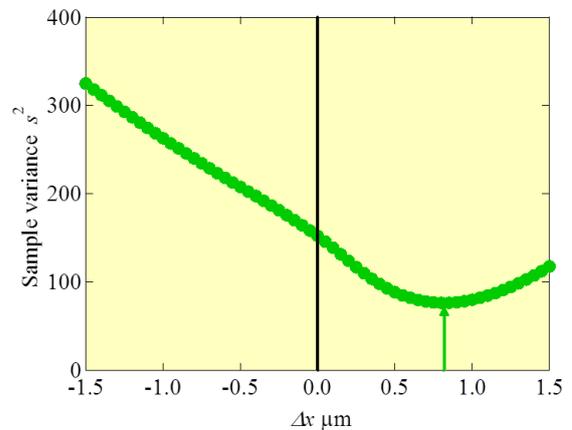
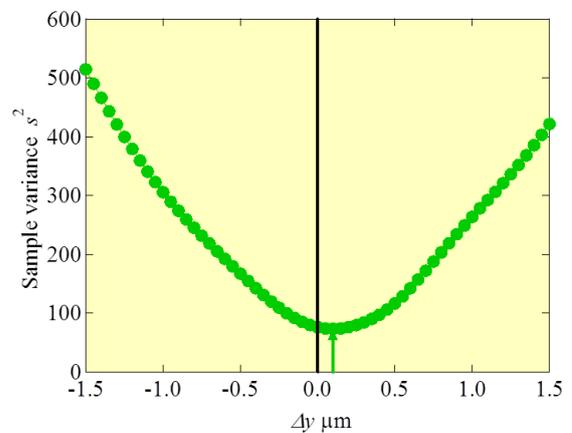


Fig. 3 Displacement distribution under mixed-mode condition



(a) Horizontal direction



(b) Perpendicular direction

Fig. 4 Variation of stress intensity factor variance with crack tip moving

き裂先端位置の補正を行った。ただし、 K_I 、 K_{II} の分散は、理想的なき裂の場合には同じ補正位置で最小となるが、実際のき裂の場合には、同時に K_I 、 K_{II} の分散が最小となるとは限らない。そこで本研究では、Tanakaによって提案されている混合モード条件下の応力拡大係数 K_M を式(5)を用いて評価し、き裂先端位置を移動させたときの K_M の分散が最小となる位置を、き裂先端の補正位置とした¹¹⁾。

$$K_M = \left[K_I^4 + 8K_{II}^4 - \frac{2K_I^4 8K_{II}^4}{\sqrt{(K_I^4)^2 + (8K_{II}^4)^2 + K_I^4 + 8K_{II}^4}} \right]^{1/4} \quad (5)$$

き裂先端位置を水平方向 (x 方向) および上下方向 (y 方向) に移動させたときの、 K_M の分散 s^2 の変化を Fig. 4 に示す。それぞれ $\Delta x=+0.68\mu\text{m}$ 、 $\Delta y=+0.15\mu\text{m}$ のときに、 s^2 は最小値を示しており、目測で決定したき裂先端位置に対して、実際のき裂先端がずれていたことを示している。ここで上下方向 (y 方向) のずれに注目すると、一画素の寸法 $0.455\mu\text{m}$ よりも小さいことから、き裂先端位置を正確に評価するためには、必ずこの補正を行わなければならないことを示唆している。

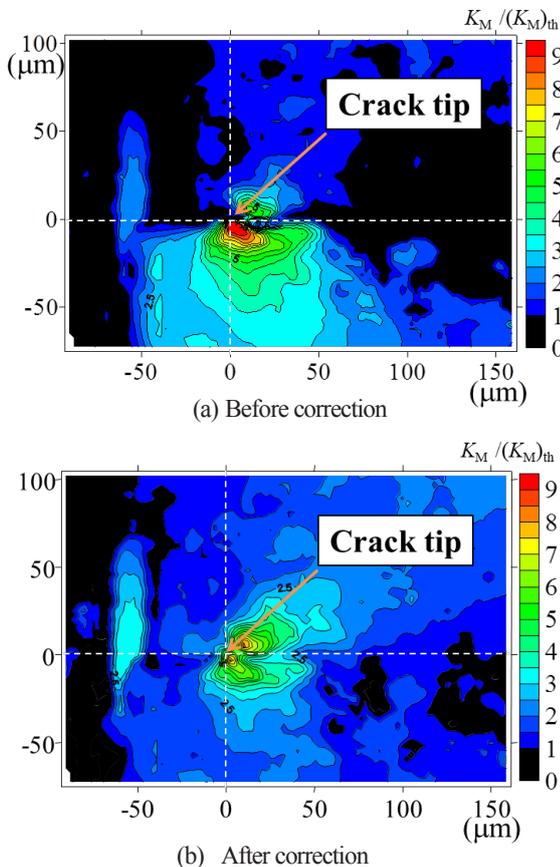


Fig. 5 Distribution of stress intensity factor under mixed-mode condition

Fig. 3の各位置から得られた応力拡大係数 K_M の分布を Fig. 5 に示す。ただし、式(6)を用いて理論的な応力拡大係数 $(K_I)_{th}$ および $(K_{II})_{th}$ を求め、得られた $(K_I)_{th}$ 、 $(K_{II})_{th}$ を式(5)に代入して混合モード条件下の理論的な応力拡大係数 $(K_M)_{th}$ を求めて、無次元化した値 $K_M / (K_M)_{th}$ として表示している。

$$\begin{cases} (K_I)_{th} = \sigma_{yy} \sqrt{\pi a} \\ (K_{II})_{th} = \sigma_{xy} \sqrt{\pi a} \end{cases} \quad (6)$$

ここで、 a は切欠き穴を含むき裂長さの半長である。ここで、(a)は前述したき裂先端の補正を行っていない場合、(b)は補正を行った場合の結果を示している。き裂先端の近傍の $K_M / (K_M)_{th}$ は、いずれも1よりも高い値を示している。これは塑性変形により、式(2)から求められるき裂先端の変位量よりも、実際の変位量が大いことが原因であると考えられる。しかし、補正を行っていない(a)の場合、き裂先端よりも後方で、 $K_M / (K_M)_{th}$ が1以下の値を示す領域が多く見られる。一方、(b)の補正を行った場合には、1以下の値を示す箇所は見られず、 $K_M / (K_M)_{th}$ の最大値も(a)の場合に比べて小さいことから、この領域内における $K_M / (K_M)_{th}$ のばらつきが減少していることがわかる。次に、き裂先端近傍の $K_M / (K_M)_{th}$ の分布形状を比較すると、(a)の場合には、主にき裂の下側に高い値を示す箇所が見られるのに対して、(b)では、き裂の下側だけでなく、上側にも同程度の高い値を示す箇所が存在することがわかる。

3.3 応力拡大係数とき裂伝ば方向の相関

き裂先端近傍の変位計測を行った後、繰返し荷重を負荷して斜め予き裂から屈折疲労き裂を発生・伝ばさせた。Fig. 6は、発生した屈折疲労き裂を、走査型電子顕微鏡を用いて観察した結果である。一般に、モードIとモードIIからなる混合モード条件下のき裂の屈折角度 θ は、式(7)の最大接線応力クライテリアンに基づいて評価できる場合が多い¹²⁾⁻¹⁴⁾。

$$K_I \sin \theta + K_{II} (3 \cos \theta - 1) = 0 \quad (7)$$

$\beta=45^\circ$ では $\sigma_{yy}=\sigma_{xy}$ なので、式(6)より、モードI応力拡大係数とモードII応力拡大係数の比(モード比)は1となり、き裂の屈折角度は下向き方向に 53° と求められる。その後、き裂は巨視的に荷重軸と直交方向に伝ばすることから、下向き 45° の方向に伝ばすると予想される。ところが Fig. 6を見ると、上向きにもき裂が伝ばしており、分岐が生じていることがわかる。

Fig. 5のき裂先端周辺 $50\mu\text{m} \times 35\mu\text{m}$ の領域を拡大した結果を Fig. 7に示す。き裂先端周辺き裂先端位置の補正

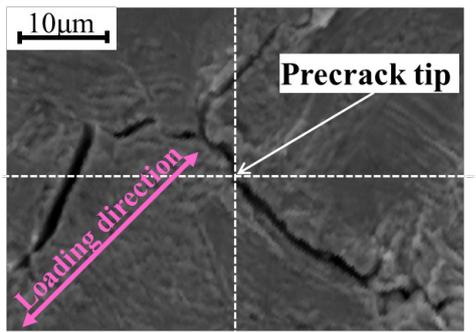


Fig. 6 Bent crack propagated from $\beta=45^\circ$ slant precrack

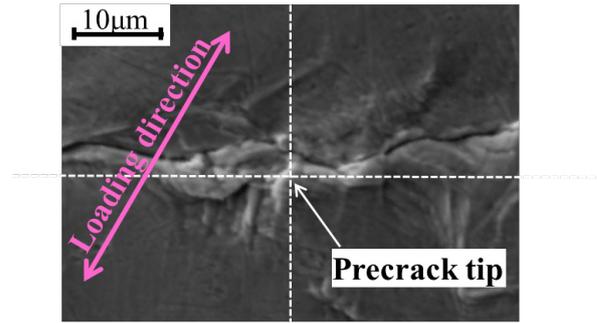


Fig. 8 Bent crack propagated from $\beta=60^\circ$ slant precrack

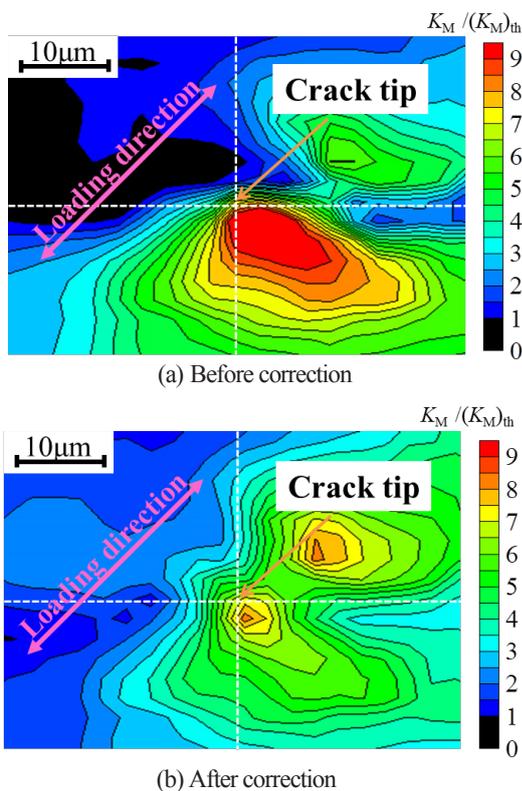


Fig. 7 Distribution of stress intensity factor under mixed-mode condition with $\beta=45^\circ$ slant precrack

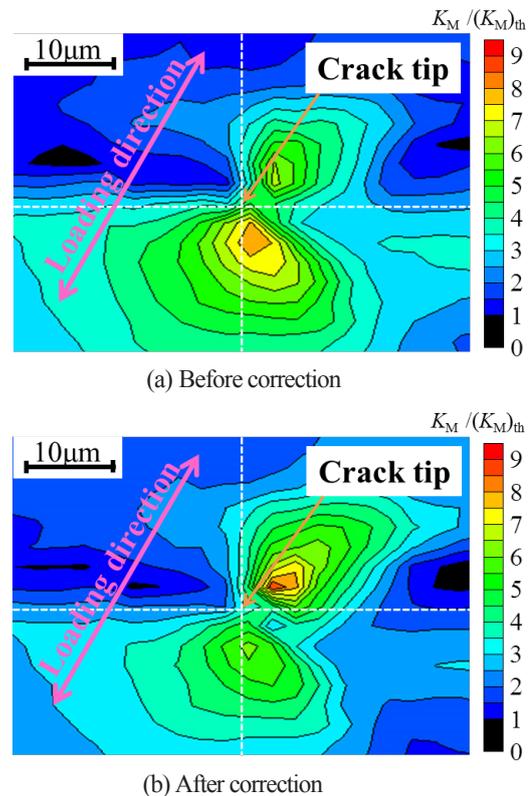


Fig. 9 Distribution of stress intensity factor under mixed-mode condition with $\beta=60^\circ$ slant precrack

を行った(b)の $K_M / (K_M)_{th}$ の分布形状と比較すると、屈折き裂は、 $K_M / (K_M)_{th}$ が高い領域に向かって伝ばしたことがわかる。これより $K_M / (K_M)_{th}$ が高い領域、すなわち線形破壊力学から予想される変位量よりも、実際の変位量が大きい領域に向かって、き裂は伝ばする可能性が示唆される。一方、補正を行わなかった(a)の場合、上側方向に伝ばした分岐き裂の発生が予想出来ないことから、き裂先端位置の補正は有効であったと考えられる。

Fig. 8 は、傾き角 $\beta=60^\circ$ の場合に、実際に発生した屈折疲労き裂を、走査型電子顕微鏡を用いて観察した結果である。このときモード比は 1.73 となるので屈折角度は

下向きに 43° 、その後は巨視的に見ると、荷重軸に対して直交方向に伝ばするので、き裂は下向きに 30° 方向に伝ばすると予想される。Fig. 9 に、傾き角 $\beta=60^\circ$ の斜め予き裂における $K_M / (K_M)_{th}$ の分布を示す。き裂先端位置の補正を行っていない(a)と補正を行った(b)の分布を比較すると、(a)ではき裂下側に高い値を示す領域が見られるが、(b)ではき裂の上側の方が $K_M / (K_M)_{th}$ の値が高くなっている。ところが、実際のき裂は上側へ伝ばしており、これを $K_M / (K_M)_{th}$ の分布と比較すると、(b)の分布に対応した結果となっていることから、この場合も、き裂先端位置の補正が有効であったことを示している。

4. 結言

本研究では、銅膜に対して混合モード状態で疲労試験を行い、デジタル画像相関法を用いてき裂先端の変位場を求めた。そして、き裂先端の変位場から求めた混合モード条件下の応力拡大係数 K_M の分散から、き裂先端の位置の補正量を求めた。また、補正されたき裂先端から求められた混合モード条件下の応力拡大係数を用いて屈折き裂の伝ば方向の予測を行った。その結果、以下のような結言を得ることができた。

(1) デジタル画像相関法によってき裂先端付近の変位量 u, v を求め、線形破壊力学のき裂先端付近による変位の式を変換することで、応力拡大係数 K_I, K_{II} を算出した。

(2) 応力拡大係数 K_I, K_{II} を含む式として混合モード条件下における応力拡大係数 K_M を用いることで、分散が最小になる位置をただ一点に定めることができ、き裂先端と極座標の原点のずれを定量的に補正できた。

(3) き裂先端位置のずれが 1 画素以下のわずかな量であっても、応力拡大係数 K_M の分布は大きく異なることがわかった。また、斜め予き裂から伝ばする屈折疲労き裂の方向は、き裂先端位置を補正した K_M の分布と関係が見られた。

(4) 応力拡大係数 K_M の分布を評価し、高い値を示す領域を調べることで、混合モード条件下の疲労き裂伝ば方向を予測することが出来ると考えられる。

参考文献

- 1) 町田賢司, 山田英明: デジタル画像相関法とインテリジェントハイブリッド法による混合モード応力拡大係数の評価, 実験力学, Vol. 5, No. 2, pp. 130-135, 2005.
- 2) 米山 聡, 小林陽介, 小川武史: き裂先端部近傍の変位場 を用いた混合モード応力拡大係数評価法, 日本機械学会論文集 A 編, Vol. 72, No.719, pp 1025-1032, 2006.
- 3) 伊藤義康, 加古卓也, 中村 慎, 柏谷英夫: 応力拡大係数の決定法に関する研究 (第 2 報 ハイブリッ

- ド決定法の提案), 日本機械学会論文集 A 編, Vol. 52, No.478, pp 1524-1531, 1986.
- 4) P. McA. McKenzie, C. A. Walker and R. Giannettoni: A Technique for Experimental Evaluation of Mixed Mode Stress Intensity Factors, International Journal of Fracture, Vol. 62, No.2, pp. 139-148, 1993.
- 5) 北岡征一郎, 小野勇一, 竹内 崇, 工藤智昌: 混合モードにおけるき裂開口変位に基づく応力拡大係数の評価, 日本機械学会中国四国支部 鳥取講演会講演論文集, pp. 55-56, 2006.
- 6) H. A. Bruck, S. R. McNeill, M. A. Sutton and W. H. Peters: Digital Image Correlation Using Newton-Raphson Method of Partial Differential Correction, Experimental Mechanics, Vol. 29, No.3, pp. 261-267, 1989.
- 7) M. A Sutton, R. Stephen. S. R. McNeill, D. H. Jeffrey and Y. J. Chao: Advances in Two-Dimensional and Three-Dimensional Computer Vision, Photomechanics, Vol. 77, pp. 323-372, 2000.
- 8) 鳥居太始之, 伊場田晶, 本田和男: 膜材の疲労破壊特性評価に関する研究 (膜疲労試験法と膜厚さの影響), 日本機械学会論文集 A 編, Vol. 44, No. 500, pp. 637-642, 1995.
- 9) 村外志夫, 森 勉: マイクロメカニクス—転位と介在物 (破壊力学と材料強度講座), 培風館, 1976.
- 10) 岡村弘之: 線形破壊力学入門, 培風館, 1976.
- 11) K. Tanaka: Fatigue Crack Propagation from a Crack Inclined to the Cyclic Tension Axis, Engineering Fracture Mechanics, Vol. 6, No. 3, pp. 493-507, 1974.
- 12) F. Erdogan and G. C. Sih: The Crack Extension in Plates Under Plane Loading and Transverse Shear, ASME Journal of Basic Engineering, Vol. 85, No. 4, pp. 519-527, 1963.
- 13) 大路清嗣, 辻 昌宏, 久保司郎, 小野嘉雄, 八幡 篤, 梅井健司: 高張力鋼の残留応力場における疲労き裂の伝ば方向および伝ば寿命の予測, 日本機械学会論文集 A 編, Vol. 59, No. 562, pp. 1429-1436, 1993.
- 14) 大路清嗣, 辻上哲也, 平岡 賢治: 異種接合材中を伝ばする疲労き裂の伝ば経路の等価試験片によるシミュレーション, 材料, Vol. 49, No. 8, pp. 879-884, 2000. (原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

Environmental risk assessment for concrete waste recycling

Yasuhiro DOSHO ¹⁾

Abstract

Concrete is extremely durable and can last for hundreds of years in many applications. However, construction waste is generated, such as when concrete structures are demolished due to changing needs. It is essential to reuse such construction waste from a life cycle assessment (LCA) perspective and to ensure effective recycling of construction resources.

In this review, a feasibility study on various concrete waste recycling systems, such as for demolition of a thermal power plant, was carried out from an environmental risk assessment viewpoint. The influence of the resource cycle on the environmental impact, such as crude oil consumption, land use for waste disposal, and use of natural aggregate for effect, was evaluated through integration of an economic index using Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling (LIME).

As a result of the simulation, since reducing the amount of fine powder may decrease environmental risks associated with concrete waste recycling, it is necessary to establish an effective recycling technology for fine powder, including a means to prevent the leaching of toxic substances, such as hexavalent chromium.

This review demonstrated that evaluating the environmental risk of recycling systems based on LCA using a LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modelling) -based integration index is effective.

1. Introduction

1.1 Background

Concrete is the second most consumed material after water and is fundamental to our urban environment. It is roughly estimated that between 21 and 31 billion tons of concrete were used globally in 2006 compared to less than 2.0 to 2.5 billion tons in 1950 ¹⁾. Concrete is extremely durable, and can last for hundreds of years in many applications. However, as needs change and old concrete structures are demolished, a large volume of construction waste is generated.

In Japan, according to an investigation (census) result²⁾ conducted in fiscal 2012 by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT), about 72.7 million tons of construction waste is produced per year, most of which is recycled in compliance with related laws and ordinances³⁾, and of which concrete waste accounts for 30.9 million tons. Although the rate for recycling concrete waste has reached 99.3 percent, most is used as roadbed gravel and/or backfill materials²⁾.

Thus, there is an urgent need to establish a safe and effective method of recycling concrete waste, both in terms of resource circulation and environmental preservation.

1.2 Present status regarding concrete waste

Although concrete waste is presently used almost entirely for roadbed gravel, demand for roadbed gravel is not expected to increase since there has been a decline in new road construction²⁾. Concrete waste contains trace elements such as hexavalent chromium and lead, as these are present in cement. It has been reported that these trace elements may leach out if fine mortar grit (5 mm or less in diameter) such as recycled fine aggregate and/or fine powder is subject to carbonation⁴⁾. Therefore, to prevent soil contamination, it is necessary to develop other uses apart from roadbed gravel and/or backfill materials. The most promising alternatives are recycled aggregate and recycled aggregate concrete.

2. Application of recycled aggregate concrete

2.1 Concept

When recycled aggregate concrete is applied to buildings, etc., the quality required for aggregate used is generally equivalent to that of natural aggregate, such as gravel and sand. However, when manufacturing recycled aggregate, the manufacturing cost and CO₂ emissions are likely to rise sharply, thus limiting the usage of recycled aggregate concrete.

1) 環境創造学科

1) Department of Environmental Science and Technology

In order to encourage the use of recycled aggregate concrete, it is necessary to ensure an appropriate balance between 1) safety and quality, 2) environmental impact, and 3) cost-effectiveness⁹⁾.

The environmental impact is especially important in terms of risk assessment.

2.2 Production method for recycled aggregate

Recycled aggregate consists of original aggregate, original mortar and original cement paste. Chlorides and/or toxic substances, such as hexavalent chromium, are present in concrete waste since original mortar and original cement paste are contained in cement⁴⁾.

Recycled aggregate is manufactured from concrete waste. The treatment of original mortar and original cement paste during manufacture is important for recycled aggregate. There are two main production methods for recycled aggregate concrete in Japan⁹⁾. One is an aggregate refinement method (or aggregate refining method) that uses the recycled aggregate from which most original mortar and original cement paste has been removed. Another is an aggregate replacement method (or aggregate replacing method) that uses recycled aggregate which still contains the original mortar and cement paste.

2.2.1 Aggregate refinement method

Recycled aggregate using the aggregate refinement method is produced in order to attain quality equivalent to that of natural aggregate, such as gravel and/or sand, for which it is substituted. In order to manufacture such recycled aggregate while removing the original mortar and/or original cement paste, an advanced processing technique using special facilities is needed.

In Japan, there are four main aggregate refinement methods, and these can manufacture high quality or medium quality recycled aggregate to satisfy the specified requirements.

The best of these four methods uses heating and rubbing to yield about 35 percent high quality recycled coarse aggregate and about 21 percent recycled fine aggregate from the entire concrete waste. The remaining 44 percent is fine powder containing a large amount of original mortar and/or original

cement paste. Although several recycling applications that convert fine powder to cement materials have been reported, widespread use is still difficult because there are problems with quality control, such as preparations at cement plants, and cost-effectiveness⁹⁾. More advanced processing techniques and facilities are needed to reuse this fine powder for materials other than concrete, but the cost and/or environmental impact may be higher.

The aggregate refinement method in Japan mainly comprises of four methods, “Heated Scrubbing (heating and rubbing)” , “Mechanical Scrubbing-1 (eccentric tubular type)” , “Mechanical Scrubbing-2 (screw type)” and “Wet Scrubbing and Gravity Classification”¹⁰⁾. These are used to manufacture high-quality or medium-quality recycled aggregate that satisfies the JIS A 5021⁵⁾ or JIS A 5022⁷⁾ requirements.

2.2.2 Aggregate replacement method

In contrast to the aggregate refinement method, the aggregate replacement method does not remove the original mortar and/or original cement paste. The aggregate replacement method reduces the influence of the original mortar and/or original cement paste and produces concrete with the required performance by mixing natural aggregate and recycled aggregate during the concrete manufacturing stage. For this reason, the aggregate replacement method, which does not remove the original mortar and/or original cement paste, proved effective in terms of cost and CO₂ emissions⁹⁾.

In the present, there are actual results of four MLIT approvals by aggregate replacement method in Japan⁹⁾. Based on such MLIT approval, recycled aggregate concrete was applied to two buildings⁹⁾, and one structure¹¹⁾ as the base for temporarily keeping a used transformer. In addition, it was used for the structural concrete of 11,000m³ to the scrapping and rebuilding of a thermal power station, based on advanced mixing design and quality control¹²⁾. And, it is produced for precast reinforced concrete products as trial models for power utility manhole segments¹³⁾, which use recycled fine aggregate and recycled coarse aggregate that are manufactured while constructing the new structure.

These results have proven that recycled aggregate concrete produced by the aggregate replacement method can be

manufactured with sufficient quality as structural concrete and/or precast reinforced concrete products by using materials that conform to all the related quality standards through suitable quality control.

3. Simulation of environmental impact

3.1 Evaluation of environmental risk

Generally, the influence on the environment of recycling has been estimated based on CO₂ emissions⁹⁾. However, in order to objectively evaluate the environmental impact, it is necessary to take into account the reduced consumption, such as the decrease in waste in the event of recycling, and natural resources which must have been consumed originally in cases that do not involve recycling.

In other words, a theoretical evaluation that reflects several risk factors related to resource circulation will enable enhanced objectivity in terms of the environmental impact assessment.

3.2 LIME

LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) was released in 2003 as a result of the LCA national project in Japan¹⁴⁾.

3.2.1 LIME in LCA

During the 1990s, the main integration problem in LCA was one of comparison (a method of deducing a single factor by weighting between influence domains). For example, Eco-Indicator'95 developed in the Netherlands is a classic example¹⁵⁾. However, although quantification of the environmental impact substance using this method was carried out, it was pointed out that the actual environmental impact - such as on human health and biodiversity, etc. - was not considered.

On the other hand, the development in the life-cycle impact assessment method (ex. Eco-Indicator'99)¹⁶⁾ called "endpoint modeling" that estimates the amount of damage at the end point began in 2000. In Japan, the LCA project was inaugurated in 1998, and an LCIA (Life Cycle Impact Assessment) method based on endpoint modeling on the Japanese version was developed in this activity. This was released as LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling in Japanese version) in 2003

whereupon the LCA project ended¹⁴⁾.

Evaluation of LIME integration to concrete construction has already been treated in some case studies by the Japan Society of Civil Engineers' (JSCE) "Recommendations on Environmental Performance Verification for Concrete Structures (Draft)"¹⁷⁾. Since it could be evaluated with conventional CO₂ emissions⁹⁾, and it was one of the methods that became popular through development in Japan^{14), 18)}, LIME was adopted as an evaluation method for the environmental impact in this review.

3.2.2 Evaluation method using LIME

As shown in Figure 1, the main steps involved in an LCIA (Life-cycle Impact Assessment), such as characterization, damage assessment, and weighting, which have been adopted to meet the various aims of LCA, are also covered under LIME, and are evaluated as the "Integration index"¹⁴⁾. As shown in Table 1, the damage factor shows the influence of an inventory on the subject protected, such as human health. Moreover, the weighting factor for each single index is shown in Table 2 as four protection targets (Figure 1 shows two exemplary "protected subjects") set by LIME.

In LIME, human society and the ecosystem are specified as the protected subject. Also, after these are classified under the items reflecting quality (human health, biodiversity) and quantity (social capital, primary production), the weighting factor is calculated¹⁸⁾.

In items reflecting quality, disability-adjusted life years (DALY) used as the damage index of human health is calculated from the years lived with a disability (YLD) in terms of disturbed health, to years of life lost (YLL) through a premature death¹⁴⁾. Furthermore, the expected increase in numbers of extinct species (EINES) used as the damage index for biodiversity is calculated as the amount of damage suffered in terms of biodiversity as the degree of change in species extinction risks due to exposure to a toxic substance or physical alteration of an ecosystem¹⁴⁾.

Under items reflecting quantity, the degree of influence on social capital is calculated using an equivalent damage value (¥: Yen)¹⁴⁾. In terms of the extent of any influence on primary production, net primary productivity (NPP) is used. NPP is the production quantity (i.e. a production rate) per time, and

is generally expressed as the dryness amount of the vegetal object per annual unit land area¹⁴⁾. This method was based on the latest understanding of environmental science, and is expected to contribute to improving the quality of LCIA and promoting the implementation of LCA to the concrete sector in Japan.

The integration indices calculated for use in this review are shown in Table 3. These are calculated as totals by multiplying the damage factors and the weighting factors. For example, the integration index of damage per unit mass was a value in which industrial waste equivalent to rubble is very large.

The range for evaluation is calculated from CO₂ emissions and resource consumption with the energy in gas oil,¹⁹⁾ etc. in the post-demolition recycling stage.

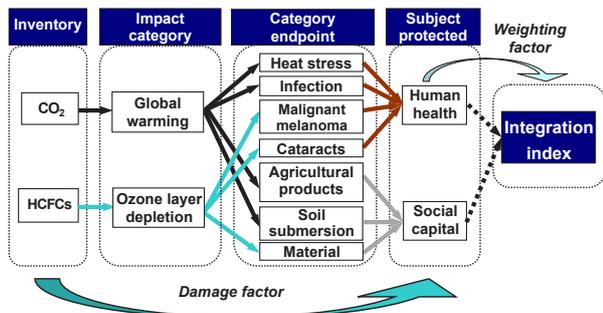


Figure 1 Step concept of impact evaluation using LIME¹⁴⁾

3.3 Method of simulation

An outline of the thermal power station chosen as the simulation model in this review is shown in Table 4, while an outline of the case model used in this review is shown in Table 5. The boundary conditions used in the simulation model regarding the purposes for which the concrete waste would be employed are shown in Figure 2 and Table 6. In addition, the unit requirement for CO₂ used in order to calculate CO₂ emissions is shown in Table 7.

3.3.1 Simulation model

The buildings designated for rebuilding are the main plant and related facilities at a 350,000-kW thermal power station, located in the suburbs of an urban area.

After demolition of the old (oil-fired, 350,000-kW class) thermal power station, the new turbine building (concrete volume: 24,000m³) and some of the related buildings (concrete volume: 11,000m³) are rebuilt as a new thermal power station (oil-fired with combined-cycle power generation system, 1,500,000-kW class) on the same site (area: 280,000m²), and it is assumed that the quantity of concrete waste generated from demolition of the old buildings and the amount of concrete required for the new

Table 1 Damage factors¹⁸⁾

		Subject protected*1			
Subject items		Primary production (kg ^{*2} /kg)	Biodiversity (EINES ^{*3} /kg)	Human health (DALY ^{*4} /kg)	Social capital (¥ ^{*5} /kg)
Industrial waste	Rubble	8.60E-03	1.18E-13	-	1.38E+01
Air pollution	CO ₂	-	-	1.62E-07	5.08E-01
Resource consumption	Gravel	1.98E-03	1.35E-15	-	-
	Crude oil	-	-	-	2.96E+00

*1 The Japan Environmental Management Association for Industry, 2003¹⁴⁾

*2 kg: NPP (Net Primary Productivity)

*3 EINES: Expected Increase Numbers of Extinct Species

*4 DALY: Disability Adjusted Life Year

*5 ¥: Yen (Damage amount equivalent)

Table 2 Weighting factors¹⁸⁾

Primary production (¥/kg)	Biodiversity (¥/EINES)	Human health (¥/DALY)	Social capital (¥/¥)
3.79E+01	1.28E+13	1.43E+07	1.00E+00

Table 3 Integration indices

		Integration index	
Subject items		Yen/kg	Yen/L
Industrial waste	Rubble	LM 1: 1.56E + 01	-
Air pollution	CO ₂	LM 2: 2.82E + 00	-
Resource	Gravel	LM 3: 9.23E - 02	-
consumption	Crude oil	LM 4: 2.96E + 00	LM 5: 2.43E + 00
Gas oil equivalent	PL: 2.640 kg-CO ₂ /L		

buildings are approximately the same. 3,000m³ of concrete for use in precast concrete products that are needed at the outset when building the new power station is assumed for the RC box culverts (JIS A 5372)²⁰⁾ and boundary blocks (JIS A 5371)²¹⁾. 20,000m³ of concrete waste (absolute volume)

is assumed, which is to be used as roadbed gravel for the parking area and suchlike and/or as backfill materials for demolished underground structures, etc.

Table 4 Outline of simulation model

Type of building	Demolition	Oil-fired thermal power station
	Establishment	Oil-fired thermal power station*
Location		City suburbs
Site area (m ²)		280,000
Total floor space (m ²)		89,000
Amount of concrete waste produced (m ³) [weight]		35,000 [80,500 tons]
	Structural concrete (m ³) [weight]	35,000 [80,500 tons]
Application	Precast concrete products (m ³)	3,000
	Backfill material and roadbed gravel at site (m ³)	20,000

* Combined-cycle power generation system

Table 5 Outline of model case

Case	Usage	Outline
1	Roadbed gravel and/or backfill materials	This case uses as much concrete waste as possible for roadbed gravel and/or backfill material at the construction site, with 20,000 m ³ of concrete waste being reused on site. Any remaining concrete waste is taken off-site to an intermediate treatment facility.
2	Roadbed gravel and/or backfill materials, recycled aggregate concrete (aggregate replacement method)	<p>Case 2 involves the reuse as roadbed gravel and/or backfill materials, while recycled coarse aggregate and recycled fine aggregate is used in the concrete for new buildings, etc., at the construction site. It is classified under three cases, namely Cases 2-1, 2-2 and 2-3, based on usage of recycled fine aggregate.</p> <p>Case 2-1: Recycled fine aggregate that was manufactured only by crushing and classified for use in building concrete, while any remaining concrete waste was taken to an off-site intermediate treatment facility.</p> <p>Case 2-2: Recycled coarse aggregate (other than as used for building concrete) and recycled fine aggregate that was manufactured only by crushing and classified as used for precast reinforced concrete products, while any remaining concrete waste was taken to an off-site intermediate treatment facility.</p> <p>Case 2-3: Recycled fine aggregate, whose quality was enhanced by adding a wet grinding treatment process⁹⁾, was used for precast reinforced concrete products, and any fine powder generated was taken off-site for final disposal.</p>
3	Roadbed gravel and/or backfill materials, recycled aggregate concrete (aggregate refinement method)	<p>Case 3 involves reuse as roadbed gravel and/or backfill materials, and use for concrete in new buildings and precast reinforced concrete products as recycled aggregate for concrete – class H (JIS A 5021)⁵⁾ at the construction site. It is classified under two cases, namely 3-1 and 3-2, based on the method of manufacturing the recycled aggregate.</p> <p>Case 3-1: The eccentric tubular type for “Mechanical Scrubbing”²³⁾ was used as the aggregate refinement method.</p> <p>Case 3-2: Heating and rubbing for “Heated Scrubbing”²⁴⁾ was used as the aggregate refinement method.</p>

3.3.2 Boundary conditions

As basic conditions for all cases as shown in Figure 3, recycled aggregate except for fine powder is assumed to be treated at a temporary plant within the construction site and a factory outside the construction site, applied to construction of the new building, or sold to manufacture precast concrete products and structural concrete for market delivery. The assumed evaluation range is until the recycled aggregate is transported to the concrete manufacturing plants. The effect of using recycled aggregate is calculated based on the reduction in use of natural aggregate. Since the demolition of concrete and/or concrete structures and manufacturing using cement for construction concrete and/or precast concrete products are assumed to be common conditions for all cases, they are not included in this calculation. In the aggregate replacement method (Method A)⁹⁾, it is assumed that recycled coarse aggregate is produced at the construction site using a mobile facility. In this case, recycled coarse aggregate concrete with a 30 to 50 percent replacement ratio is assumed to be used during construction of the new building. Furthermore, recycled aggregate concrete with recycled coarse aggregate added having a 30 percent replacement ratio and recycled fine aggregate having a 20 percent replacement ratio is assumed (Case 2-1) to be used during construction of the new building. Based on the results of the basic review into the quality of recycled fine aggregate intended for use as aggregate for structural concrete²²⁾, the reduction in quality was small at the replacement ratio of 30 percent or less, in the case of a 45 percent water-cement ratio. However, under the conditions of this review, since use of about 55 percent water-cement ratio was assumed, the upper limit for the replacement ratio was assumed as 20 percent.

In Cases 2-2 and 2-3, the recycled fine aggregate is assumed to be treated at a factory outside the construction site, and used to manufacture precast concrete products such as boundary blocks or reinforced concrete box culverts for market delivery. Incidentally, recycled fine aggregate used for the trial model of the power utility manhole segment¹²⁾ was made using the same method as Case 2-2. That is, wet grinding treatment was not performed. However, as with the aggregate replacement method in Case 2-3, since the recycled

fine aggregate contains a large amount of original mortar, which severely impairs the quality of the concrete, a wet grinding treatment process was added to improve the quality⁹⁾.

In the aggregate refinement method (Method B), these are assumed to be treated at a temporary plant within the construction site, applied to new building construction, and used to manufacture precast concrete products and structural concrete for market delivery. This simulation selected the eccentric tubular type (Type 1)²³⁾ for “Mechanical Scrubbing”, and heating and rubbing (Type 2)²⁴⁾ for “Heated Scrubbing” as the aggregate refinement method. These were evaluated for the effectiveness of the recycling system compared to reuse only as roadbed gravel and/or backfill materials.

3.3.3 Calculation method

The integration economic index (TL) is used to evaluate environmental impact and is given by Eq. (1). Crude oil consumption, land use for waste disposal, and use of natural aggregate for effect is evaluated under the integration index as shown in Table 3. In addition, CO₂ emissions (Te) are included in the evaluation of TL, and are given by Eq. (2). Namely, CO₂ emissions are calculated by multiplying and adding to the volume corresponding to the calculation conditions of each case by the CO₂ unit requirement shown in Table 7. As an aside, although there are field survey results for several facilities in terms of the CO₂ unit requirement as concrete waste intermediate treatment (Me1)^{25), 26)} and recently the final disposal of fine powder (Me6.1), this review used CO₂ unit requirements based on the inter-industry relations table²⁷⁾.

$$TL = Te \cdot LM2 + Te / PL \cdot LM5 + LM1' \cdot (rv1 + rv5.1 + rv6.4 + rv7.3) - LM3' \cdot (rv2 + rv4.1 + rv4.2 + rv4.3 + rv5.2 + rv5.3 + rv6.3 + rv7.1 + rv7.4 + rv7.5) \quad (1)$$

where,

TL: Integration economic index (Yen); LM and PL: Integration index.

rvn (m³, ton)

n = 1, 2, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 5.3, 6.3, 6.4, 7.1, 7.3, 7.4 and 7.5 (mass tons): Represents volume,

LM1', LM3' : Mass (tons); and Te is CO₂ emissions (kg•CO₂) and is given by Eq. (2).

$$Te = rv1 \cdot Me1 + rv1 \cdot Me8n + rv2 \cdot Me2 - rv2 \cdot Me2.1 + rv3 \cdot Me3 - (rv4.1 + rv4.3) \cdot Me4 - rv4.2 \cdot Me2.1 + rv5.1 \cdot Me1 - rv5.2 \cdot Me5 - rv5.3 \cdot Me5 + rv6 \cdot Me6 - rv6.3 \cdot Me5 + rv6.4 \cdot Me6.1 + rv7 \cdot Me7 - rv7.1 \cdot Me4 - rv7.4 \cdot Me5 - rv7.5 \cdot Me5 + rv7.3 \cdot Me6.1 + rvn \cdot Me8n \quad (2)$$

where,

rvn (m^3 , ton)

$n = 1, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 5.3, 6, 6.3, 6.4, 7, 7.1, 7.4, 7.5$

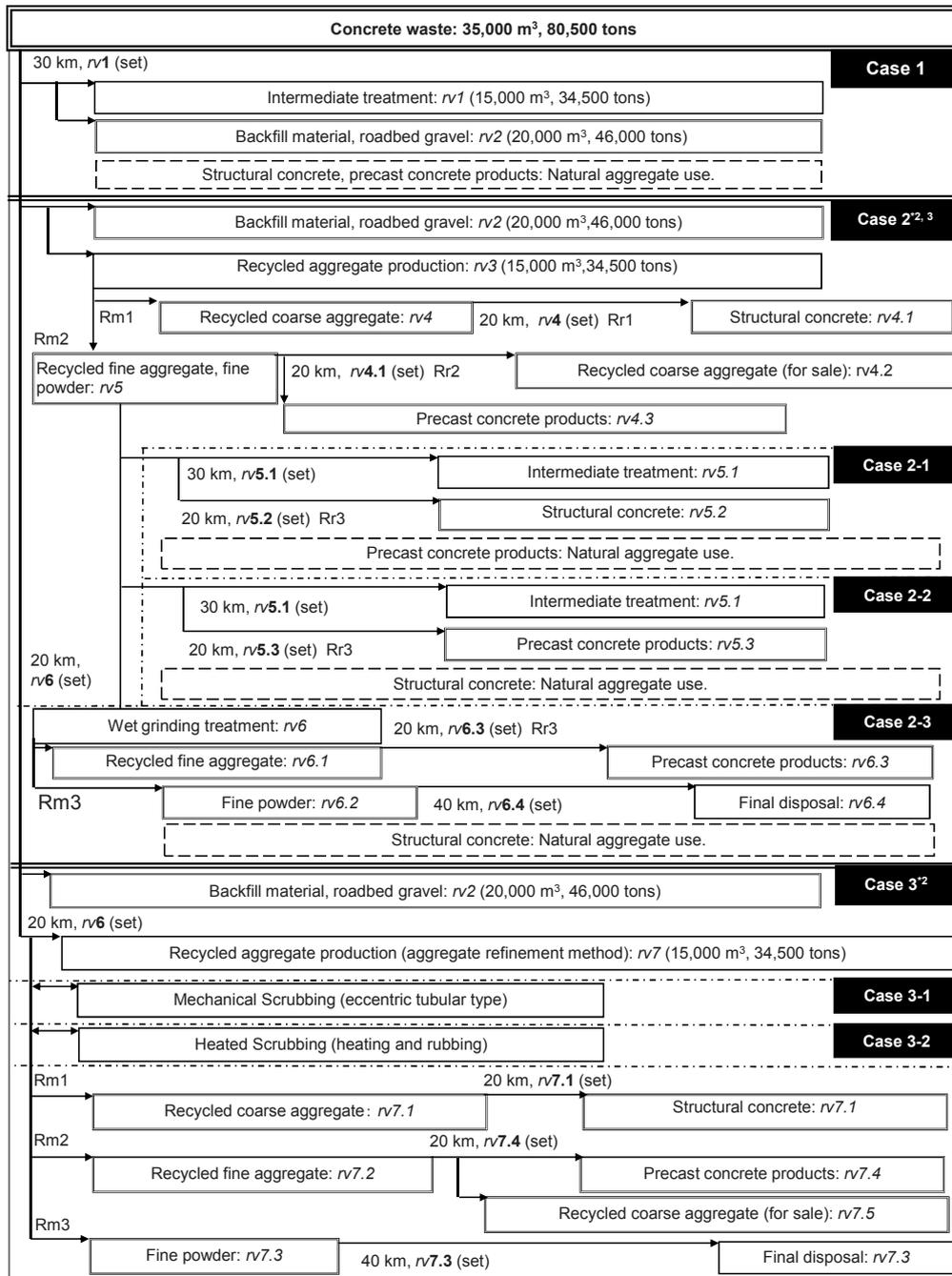
(mass tons): Represents volume,

$n = 2, 3$ (m^3): Bulk volume,

rvn (set): Set equivalent,

$n = 1, 4, 4.1, 5.1, 5.2, 5.3, 6, 6.3, 6.4, 7.1, 7.3, 7.4,$

Men ($kg \cdot CO_2$): CO_2 unit requirement. (n : Based on Figure 2 and Table 7.)



*1: rvn (m^3 , tons): Represents amount. Volume (m^3) or weight (ton).

rvn (set): Value of equivalent., Rmn (mass %): Recovery rate of recycled aggregate. ($n = 1, 2$), Incidence rate of fine powder. ($n = 3$), Rrn (%): Replacement ratio. ($n = 1, 2, 3$)

*2: The surplus of recycled coarse aggregate in Case 2 and recycled fine aggregate in Case 3 are sold as aggregate and/or roadbed gravel on site.

*3: In Case 2-2, the recycled coarse aggregate is used in precast concrete products.

Figure 2 Calculation flow for simulation

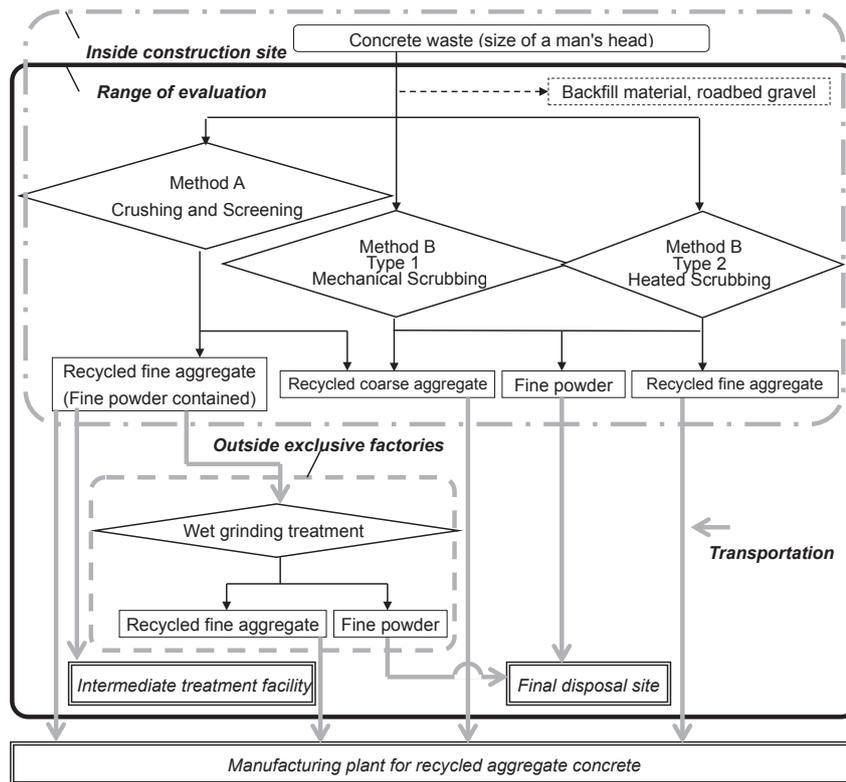


Figure 3 Flow chart of basic calculation conditions for recycled aggregate

Table 6 Calculation conditions

Items	Conditions*		Adopted values
Rm1 (mass %)	Rate of recycled coarse aggregate recovered	Method A	5~20 mm: 54.8 ⁹⁾ 5~25 mm: 73.2 ⁹⁾
		Method B	Type 1 27 ²³⁾ Type 2 35 ²⁴⁾
			- 100 - Rm1
Rm2 (mass %)	Rate of recycled fine aggregate recovered	Method A	After wet grinding treatment 29 ⁹⁾
		Method B	Type 1 31 ²³⁾ Type 2 21 ²⁴⁾
Rm3 (mass %)	Rate of recycled fine powder recovered	Method A	After wet grinding treatment 71 ⁹⁾
		Method B	Type 1 42 ²³⁾ Type 2 44 ²⁴⁾
Replacement ratio of recycled coarse aggregate (%)	Rr1	Structural concrete	Method A 0, 30, 50 ⁹⁾ Method B 100 ^{23),24)}
	Rr2	Precast concrete products	0, 50, 100 ⁹⁾
Replacement ratio of recycled fine aggregate (%)	Rr3	Method A	Precast concrete products Wet grinding treatment 0, 80, 84 ⁹⁾ - 0, 20, 30 ¹²⁾
		Method B	100 ^{23),24)}
	Density of concrete (t/m ³)			2.3

Table 7 CO₂ unit requirement

Symbol	Items	CO ₂ unit requirement
Fe	Fuel oil	Gas oil: 2,620 kg·CO ₂ /L ¹⁹⁾
Ee	Electric power	0.564 kg·CO ₂ /kWh ²⁷⁾
We	Water	Industrial water: 0.07 kg·CO ₂ /m ^{3 27)}
Me1	Intermediate treatment	77,000 kg·CO ₂ /con.t ²⁷⁾
Me2	Backfill in site	Multiply the product of fuel consumption by heavy industrial machine and Fe: 4.508 kg·CO ₂ /m ³
Me2.1	Roadbed gravel	Crushed stone: 11,000 kg·CO ₂ /t ²⁷⁾
Me3	Recycled aggregate production (Aggregate replacement method)	Multiply the product of fuel consumption by heavy industrial machine and Fe: 8,097 kg·CO ₂ /con.t
Me4	Recycled coarse aggregate use	Crushed stone: 11,000 kg·CO ₂ /t ²⁷⁾
Me5	Recycled fine aggregate use	Crushed stone: 11,000 kg·CO ₂ /t ²⁷⁾
Me6	Wet grinding treatment	35.153 kg·CO ₂ /t ⁹⁾
Me6.1	Fine powder disposal	77,000 kg·CO ₂ /con.t ²⁷⁾
Me7	Recycled aggregate production (Aggregate refinement method)	Mechanical Scrubbing: 16.0 kg·CO ₂ /t ²³⁾ Heated Scrubbing: 71.148 kg·CO ₂ /t ²⁴⁾
Me7.1	Recycled fine aggregate sale	11,000 kg·CO ₂ /t ²⁷⁾
Me8n	Transportation	Dump truck (ex. 10 ton, 60 km): 5,280 kg·CO ₂ /t*

* Tm/Uf Fe/L, Total of mileage: Tm, Used fuel: Uf, Load: L

3.4 Simulation results

The simulation results are shown in Figure 4. Since the rates for recovery of recycled aggregate, incidence of fine powder, and replacement of recycled aggregate were changed as shown in Table 6, and the amount of recycled aggregate manufactured, the intermediate treatment of recycled fine aggregate and concrete waste, and the fine powder disposal were varied, there is wide variety between cases involving the aggregate replacement method (Case 2).

The simulation results indicate that the recycling system featured in Case 2, which uses the aggregate replacement method, can reduce the integration economic index (TL) by between 56 percent and 82 percent compared to Case 1, in which reuse is limited to roadbed gravel and/or backfill materials. On the other hand, in the Case 3 recycling system, which uses the aggregate refinement method, TL is reduced by between 50 percent and 55 percent compared to Case 1.

Furthermore, the influence exerted by treatment and disposal of industrial waste compared to production of recycled aggregate was clearly evident through the TL evaluation.

3.4.1 Verification of evaluation result

The influence exerted by the recycling system for concrete waste on the subject protected in this simulation result was clearly apparent through the TL evaluation. That is, since the integration index (15.6¥/kg) for industrial waste is large

compared with the integration index (2.82¥/kg) for air pollution, such as CO₂ emissions, and the integration index (0.092¥/kg) for resource consumption, the reduction in industrial waste was greatly influenced according to the TL evaluation. Additionally, the intermediate treatment of non-recycling concrete waste and recycled fine aggregate, and the disposal of fine powder, have a large effect compared with the manufacture of recycled aggregate. In particular, since there is a clear difference in distribution ratios for Cases 2-3, 3-1 and 3-2 in terms of use of recycled aggregate manufacturing systems, which generate much more fine powder compared with other cases, the effect of recycling on environmental risk was readily apparent.

3.4.2 Evaluation of recycling system

In this simulation result, the recycling system to use recycled aggregate concrete based on aggregate replacement method, which generates less recycled fine aggregate including fine powder due to the high recovery rate of recycled coarse aggregate during recycled aggregate manufacture, presented a smaller environmental risk than the aggregate refinement method. Incidentally, in terms of the distribution ratio (aggregate manufacture, wet grinding treatment and fine powder disposal) which are relevant directly to recycled aggregate manufacture, compared with Case 2-1 (1.1%) and Case 2-2 (1.5%), Cases 2-3, 3-1 and 3-2 which had a high demand grade for aggregate quality,

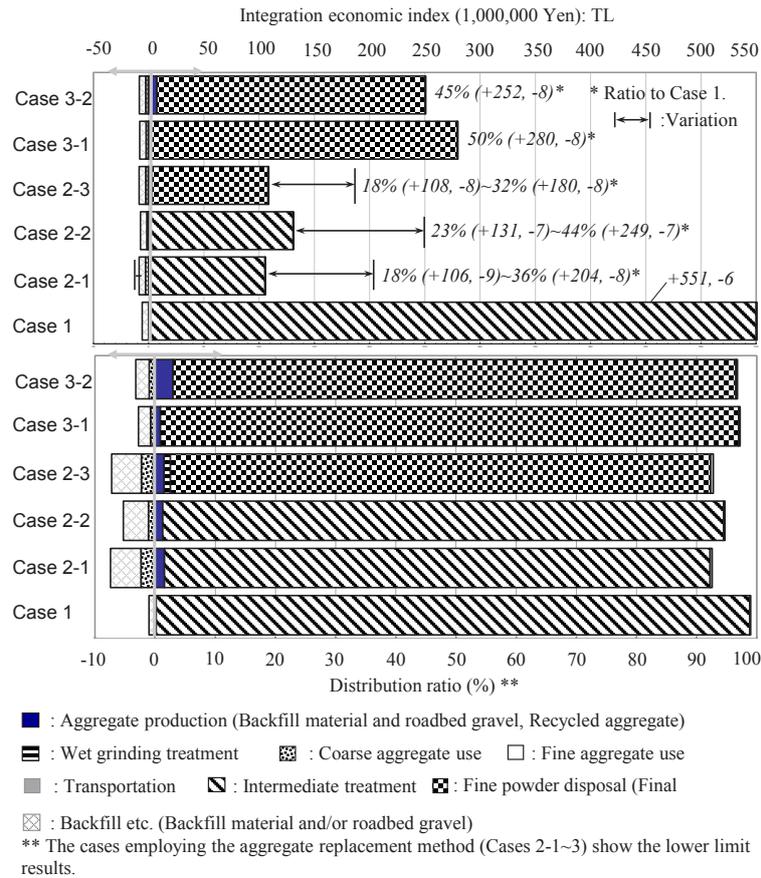


Figure 4 Simulation results

accounted for 92.3 to 97.0 percent of fine powder disposal.

Therefore, reducing fine powder by decreasing intermediate treatment of concrete waste and recycled fine aggregate through expanded use of recycled materials, such as precast concrete products, etc., may reduce the environmental risk associated with concrete waste recycling. Moreover, it is necessary to establish effective recycling technology for fine powder, including a means to prevent the leaching of toxic substances, such as hexavalent chromium.

4. Conclusions

In this review, a feasibility study on concrete waste recycling systems as applied to the rebuilding of a thermal power plant was carried out from an environmental risk assessment viewpoint. The review results are summarized as follows:

(1) The influence of resource cycles on environmental risks, such as crude oil consumption, land use for waste disposal and use of natural aggregate for effect, was evaluated through an integration economic index using LIME.

(2) As a result of the simulation, a recycling system that uses recycled aggregate concrete in an aggregate replacement method, which generates less recycled fine aggregate that includes fine powder, presented a smaller environmental risk than the aggregate refinement method.

(3) Since reducing the amount of fine powder may decrease environmental risks associated with concrete waste recycling, it is necessary to establish an effective recycling technology for fine powder, including a means to prevent the leaching of toxic substances, such as hexavalent chromium.

(4) This review demonstrated that evaluating the environmental risk of recycling systems based on LCA using a LIME-based integration index is effective, so it is preferable to seek solutions based on this review from now on.

Acknowledgments

I am deeply indebted to Dr. M. Kikuchi for his invaluable guidance. I would also like to thank Messrs. Y. Mura of Tokyo Electric Power Service Co., Ltd. and K. Murakami of Shimizu Corporation for their assistance in this review.

References

- 1) The World Business Council for Sustainable Development. (2009). Cement Sustainability Initiative (CSI) report, Recycling concrete, WBCSD.
- 2) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. (2014). Result of actual status investigation into construction waste in fiscal 2012 (census), MLIT.
- 3) Environment Agency Japan (2000), Fundamental Law for Establishing a Sound Material-Cycle Society (Tentative translation): Law No. 110 of 2000. Environment Agency Japan, Tokyo.
- 4) Japan Society of Civil Engineers. (2003). Leaching of Minor Elements from Concrete. JSCE, Tokyo, Concrete Library 111.
- 5) JSA Japanese Industrial Standards. (2005). Recycled aggregate for concrete - class H. JSA, JIS A 5021.
- 6) JSA Japanese Industrial Standards. (2007). Recycled concrete using recycled aggregate class M. JSA, JIS A 5022.
- 7) JSA Japanese Industrial Standards. (2006). Recycled concrete using recycled aggregate class L. JSA, JIS A 5023.
- 8) Noguchi T., Koyama A. and Suzuki Y. (2007). Recycled aggregate and recycled concrete using recycled aggregate. Japan Concrete Institute, Tokyo, Concrete Journal 45, No. 7, 5~12.
- 9) Dosho Y. (2008). Sustainable Concrete Waste Recycling. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Construction Materials, 161, Issue CM2, 47~62.
- 10) Noguchi T. and Fujimoto S. (2007). Evaluation and minimization of life cycle environment risk of concrete structures, International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies (Y. M. Chun, P. Claisse, T. R. Naik & E. Ganjian - Editors). Taylor & Francis, London, 769~777.
- 11) Tachi H., Mizoguchi N., Okamoto H. and Dosho Y. (2010). Application to actual structure of recycled aggregate concrete by aggregate replacing. Proceedings of the Japan Concrete Institute 32, No. 1, 1463~1468.
- 12) Dosho Y. and Mura Y. (2014). Mixing design and quality control of recycled aggregate concrete used in large-scale applications - Recycling system of concrete waste incurred from building demolition, AIJ Journal of Technology and Design, Vol. 20, No. 44, 19~24.
- 13) Dosho Y. (2009). A Use to Precast Concrete Products of Recycled Aggregate Concrete produced by Aggregate Replacing. Concrete Research and Technology 20, No. 2, 13~26.
- 14) The Japan Environmental Management Association for Industry. (2003). The Development of Assessment Technology for Life Cycle Environment Impacts of Products and so forth, Results Report. JEMAI, Tokyo.
- 15) Goedkoop M. (1995). The Eco-indicator ' 95, Final Report, NOH report 9523, Pre Consultants.
- 16) Goedkoop M. and Spriensma R. (2001). The Eco - indicator ' 99, A damage-oriented method for Life Cycle Impact Assessment Methodology Report, Third edition, Pre Consultants.
- 17) Japan Society of Civil Engineers. (2005). Recommendation on Environmental Performance Verification for Concrete Structures (Draft). JSCE, Tokyo, Concrete Library 125.
- 18) New Energy and Industrial Technologies Development Organization. (2006). Development of Technology to Assess and Verify Product Life Cycle Carbon Dioxide Emissions - Development of Assessment Methods for Efficient Progress of Environmental Technology - Development of Life Cycle Assessment (LCA) Method for Products and Systems, Results Report, NEDO, Kawasaki.
- 19) Ministry of Economy, Trade and Industry and Ministry of the Environment. (2006). Ministerial Ordinance regarding the Calculation of Greenhouse Gas Emission concerning the Business Activities of Specific Emitters, Ministerial Ordinance No. 3, Tokyo.
- 20) JSA Japanese Industrial Standards. (2004). Precast Reinforced Concrete Products. JSA, JIS A 5372.
- 21) JSA Japanese Industrial Standards. (2004). Precast Unreinforced Concrete Products. JSA, JIS A 5371.
- 22) Dosho Y., Kikuchi M., Narikawa M., Ohshima Y., Koyama A. and Miura T. (1998). Application of Recycled Concrete for Structural Concrete – Experimental Study on the Quality of Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete, Tokushima, Proceedings of Fourth

CANMET/ACI/JCI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology (V. M. Malhotra - Editor), ACI council, Ottawa, SP 179-61A, 1073~1101.

- 23) Yanagibashi K. (2005). A study on utilization of quality improvement technology of recycled aggregates using an eccentric rotor mill. Osaka City University, Osaka.
- 24) Kuroda Y. and Hashida H. (2005). A Closed-Loop Concrete System on a Construction Site. Proceedings of Three-Day International Symposium on Sustainable Development of Cement, Concrete and Concrete Structures. Toronto, Committee for the organization of CANMET/ACI international conferences (ACI council), Ottawa, 371~388 (Revised edition: 667~683).
- 25) Kobayashi K., Mamiya T. and Inoue T. (2004). Issues and evaluation of environmental load of building demolition waste disposal: Clarification of issues and quantitative influence evaluation based on field survey. AIJ Journal of Environmental Engineering, No. 582, 115~121.
- 26) Takeda M., Kitagaki R. and Sakai K. (2009). Flow of concrete-related waste in Kagawa and reduction of its environmental impact. Proceedings of the Japan Concrete Institute 31, No. 1, 1093~1098.
- 27) Architectural Institute of Japan. (2006). Guidelines for Life Cycle Assessment of Buildings. AIJ, Tokyo.

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

自動車の自動運転の意義

津川 定之¹⁾

Significance of Automated Driving of Automobiles

Sadayuki TSUGAWA¹⁾

Abstract

Against a background of a recent increase of interest in automated driving of automobiles, this paper considers its significance by referring to issues on automated driving. The objectives of automated driving are safety and efficiency of road transportation, and comfort and convenience of automobiles. The feature of automated driving in the 20th century can be summarized as investigation of technological feasibility, and that in the 21st century can be as practical applications. Many national projects in Japan, Europe, and the US in the 21st century focus on automated trucks for energy saving aiming at near future introduction. In addition, auto makers and suppliers announce to release automated vehicles in the near future. However, automated driving for practical application involves issues on technologies, human factors, and non-technological matters. The technological issues include reliability and MTBF (mean time between failures) of devices and systems for automated driving. One of the issues on human factors is a role of a human driver under automated driving. Transition from automated driving to manual driving is also an issue. The most important issue on automated driving is the legal and institutional one, but it is beyond the scope of this paper.

1. まえがき

自動車の自動運転システム^{1),2)}は、ヒューマンドライバが運転するときに行う認知・判断・操作をすべて機械が行うシステムで、自動車交通へのオートメーションの導入であり、その目的は、事故と渋滞という自動車交通問題を解決し、ドライバに快適性と利便性を提供することにある。自動車の自動運転システムに関する研究は1950年代にアメリカで、1960年代には欧州や日本でも開始された。しかしその後の進展は必ずしも順調ではなく、何回かの中止と再開が繰り返されている。21世紀になって、各国の自動運転システムに関するプロジェクトは、省エネルギーを目的とした自動運転トラックのプラトーン（隊列）走行など、実用化を目指したものとなり、加えて2013年頃から自動車メーカーや部品メーカーから乗用車の自動運転システムの販売が予告されるに至っている。

この論文では、近年の自動運転に対する関心の高まりを背景に、自動運転の定義、自動運転の目的と効果、日欧米における最近の事例、自動運転の課題などを紹介し、改めて自動運転の意義について考えてみたい。なお、法律・制度面の課題についてはこの論文では論じない。

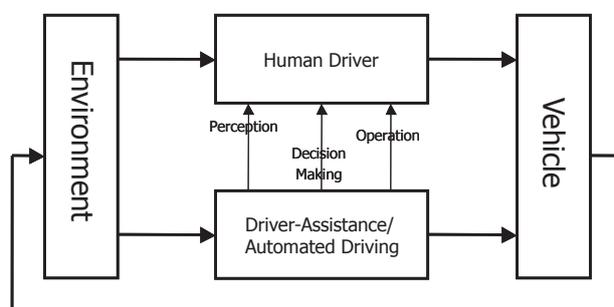


Fig. 1 Configuration of automobile driving by a human driver and under automated driving and driver assistance systems.

2. 自動運転の定義

ヒューマンドライバが車を運転するとき、Fig. 1 に示すように、ドライバは、まず走路環境を認知し、次にその結果に基づいてとるべき行動を判断し、最後に車を操作するというフィードバック系が構成されている。運転支援システムや自動運転システムは、Fig. 1 に示すように、ヒューマンドライバと並列にこのフィードバック系に組み込まれる。自動運転システムでは、この論文の冒頭に述べたように、ヒューマンドライバが運転するとき

1) 情報工学科

1) Department of Information Engineering

Table 1. Levels of automation defined by US DOT NHTSA.

Level	Definition
Level 0 (No automation)	The driver is in complete and sole control of the primary vehicle controls brake, steering, throttle, and motive power at all times.
Level 1 (Function-specific automation)	Automation at this level involves one or more specific control functions. Examples include electronic stability control or pre-charged brakes, where the vehicle automatically assists with braking to enable the driver to regain control of the vehicle or stop faster than possible by acting alone.
Level 2 (Combined function automation)	This level involves automation of at least two primary control functions designed to work in unison to relieve the driver of control of those functions. An example of combined functions enabling a Level 2 system is adaptive cruise control in combination with lane centering.
Level 3 (Limited self-driving automation)	Vehicles at this level of automation enable the driver to cede full control of all safety-critical functions under certain traffic or environmental conditions and in those conditions to rely heavily on the vehicle to monitor for changes in those conditions requiring transition back to driver control. The driver is expected to be available for occasional control, but with sufficiently comfortable transition time. The Google car is an example of limited self-driving automation.
Level 4 (Full self-driving automation)	The vehicle is designed to perform all safety-critical driving functions and monitor roadway conditions for an entire trip. Such a design anticipates that the driver will provide destination or navigation input, but is not expected to be available for control at any time during the trip. This includes both occupied and unoccupied vehicles.

に行う認知・判断・操作をすべてシステムが行い、ヒューマンドライバはフィードバックループに含まれない。この定義は、狭義の自動運転の定義である。運転支援システムでは、ヒューマンドライバが行う認知、判断、操作の一部をシステムが代わって行う。ここでは、このような運転支援を広義の自動運転と定義する。その理由は、2013年5月に米国運輸省の道路交通安全局（NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration）が定義した自動化レベル³⁾が、運転支援を含めて定義されているからである。Table 1にNHTSAの自動化レベルを示す。この論文では、自動化レベル1以上を対象に自動運転の意義について考える。

3. 自動運転の目的と効果

3.1 自動車交通問題

現在のわが国の自動車交通事故は、年間の死者数が5000人以上（事故後30日以内の死者数）、負傷者数が約80万人である⁴⁾。事故の原因の90%以上はヒューマンエラーとされている。いっぽう、渋滞による労働者の損失時間は、国全体で年間38.1億時間と推定されており、労働者の平均時給を2400円とすると、これは年間約9兆円の損失である⁵⁾。渋滞の原因は、交通容量以上の交通需要があることであるが、さらに、高速道路のサグやトンネル入り口で見られる交通流内のショックウェーブも原因のひとつである。さらにわが国のエネルギー消費については、自動車交通によるものが約20%を占め、CO₂排出については自動車交通によるものが約18%を占め、これらの増加率は、わが国全体の増加率よりも大きい⁶⁾。

3.2 自動運転の目的と予想される効果

自動車の自動運転の目的は、自動車交通へのオートメーションの導入による、事故、渋滞、エネルギー消費、環境負荷という自動車交通問題の解決にある。自動運転の特長は、早期の認知、判断、遅れのない操作と、精密な車両制御の二点にある。1970年代にダイムラーベンツ社が事故を調査した結果は、車対車の事故の場合、事故の2秒前に回避行動をとると、全ての事故は回避可能であることを示している⁷⁾。事故のうち、特に交差点の事故（右折車と対抗直進車の事故）と追突は、1秒前に回避行動をとれば、事故の90%は回避される。正面衝突は、相対速度が大きいため回避が困難で、1秒前に回避行動をとった場合、回避できるのは事故の60%程度であるが、2秒前に回避行動をとれば、100%回避可能である。すなわち、オートメーションによってヒューマンエラーを排除し、早期の認知、判断、遅れのない操作によって事故を回避することが可能となる。

精密な車両制御は、渋滞の緩和だけでなく、それに伴う省エネルギー、環境負荷低減にも効果がある。精密なラテラル制御（横方向の制御、すなわち操舵制御）によって、レーンの幅を小さくすることができ、これは道路のレーン数を増し、その結果、交通容量を増加させることになる。精密なロンジチュージナル制御（縦方向の制御、すなわち速度・車間距離制御）によって、車間距離を短縮でき、これは道路容量を増加させる。また速度低下によるショックウェーブの発生も防止することが可能である。米国で行われたシミュレーションでは、10台の乗用車を速度25[m/s]、車間距離6[m]で走行させると、交通容量が約6000[台/h/レーン]となり、これは現在の交

通容量約 2200[台/h/レーン]の約 3 倍である⁸⁾。さらに小さな車間距離で車群を走行させると、特に高速走行時に空気抵抗が減少して省エネルギーとなる。米国カリフォルニア州の ITS プロジェクト、カリフォルニア PATH が行った、1/8 モデルによる風洞実験では、2 台の乗用車の場合、車間距離を車長半分に等しくすると、Cd 値 (空気抵抗値) が、単独車の場合に比べて、先頭の車では約 80%、後続の車では約 70% に減少する結果が得られている⁹⁾。Cd 値が減少することは、燃費が改善されることを示している。すなわち、精密な車両制御によって、交通容量を増加させて渋滞を解消し、その結果、省エネルギー、環境負荷低減が達成され、また小さな車間距離で走行させることによっても省エネルギーが達成される。

さらに自動運転の効果として利便性と快適性がある。自動運転は、ヒューマンドライバにとって困難な場面での運転や、高齢者、身体障害者へ移動手段を提供することができる。

4. 自動運転システムの発展と現在の動向

最初の自動運転の提案は、おそらく 1939-40 年にニューヨークで開催された世界博で GM (ジェネラルモーターズ) が展示した Futurama であろうが、これは未来の生活を描いたジオラマで必ずしも自動車交通問題の解決を目指したものではなかった。事故と渋滞の解決を目指した自動運転の研究は 1950 年代に米国で開始され、その後欧日でも開始された。わが国では 1967 年に時速 100[km] の自動運転に成功している。1980 年代後半から日欧米各国で ITS (高度交通システム) に関するプロジェクトが開始され、そのなかで自動運転は大きく取り上げられた。しかし、米国サンディエゴで 1997 年に行われた大規模な自動運転のデモの後、各国における自動運転の研究は、自動運転は当面は実用化されないという理由で中止された。

しかし最近になって再び自動運転に関する関心が高まっている。20 世紀の自動運転システムは、自動運転技術がフィジブルであることを示すことが目的で、プラトーン走行もあったが、単体の乗用車を対象としたものが多く、自動運転のための各種技術の研究開発と試用に重点があった。しかし、今世紀になると、近い将来での実用化を考えたシステムが取り上げられている。欧米日で自動運転トラックのプラトーンが取り上げられ、その省エネルギー効果が実車実験で明らかにされている。さらに米国国防総省高等研究計画局 (DARPA) による無人ロボットカーレースの成果に基づく Google カーが作られ、それに触発されてか、各国の自動車メーカーが乗用

車の自動運転システムを発表している¹⁰⁾。ここでは今世紀の自動運転システムと実験で得られたその効果について概観するが、多くのシステムが、プラトーン走行に省エネルギー効果があることを示している。

4.1 路線バスの自動運転

カリフォルニア PATH では、サンディエゴのデモの後、路線バスの自動運転の研究を行っており、2003 年夏には、路線バスの自動運転のデモを行った (Fig. 2)。路線バスの自動運転の目的は、プレジジョンドッキング (車いすなどの乗降を容易にするためにバス停のプラットフォームに正確にバスを横付けすること) に加えて、定時性を確保するためにヒューマンドライバでは運転が困難な、たとえば路側帯を転用した狭い専用レーンを走行することにある。このプレジジョンドッキングはカリフォルニア州やオレゴン州の公道で既に試用されている。自動運転の方式は、カリフォルニア PATH が当初から行っている路面に永久磁石列を埋設する方式で、路線バスは定められたルートを走行するため、乗用車やトラックとは異なってルートが限定されており、路車協調型の自動運転でも道路側設備が膨大になることはなく、合理的である。



Fig. 2 An automated bus by California PATH: (left) the bus drives along the narrow path defined by road cones. A series of objects at the middle of the path are magnets for the lateral control; (right) the bus performs precision docking.

トヨタ自動車は 1990 年代後半に開発した IMTS (Intelligent Multimode Transit System) と呼ばれるシステムは、一般道では手動運転を行い、専用道ではラテラル制御に路面に埋設した磁気マーカ列を用いて自動運転を行うデュアルモードバスである。このシステムの目的は中量輸送システムにあり、淡路島のテーマパークや 2005 年愛・地球博で運用された。

4.2 大型トラックのプラトーン走行

ドイツのアーヘン工科大学を中心としたチームは、トラックの輸送量増強を目的として 4 台のトラックからなる自動プラトーン走行システムのプロジェクト

KONVOI を 2005 年から 2009 年まで実施し、公道で車間距離 10[m]、速度 80[km/h] のデモを行った (Fig. 3)¹¹⁾。この目的はトラックによる輸送力増加と道路容量の増加にあった。先頭トラックはヒューマンドライバが運転するが、後続トラックはマシンビジョンで検出したレーンマーカに沿って自動運転を行う。車間距離はレーダやレーザーレーダで測定し、無線 LAN による車車間通信機能を備えている。



Fig. 3 A platoon of four heavy trucks by KONVOI (Figure courtesy of Prof. Jeschke).



Fig. 4 A platoon of 4 trucks within Energy ITS Project.

カリフォルニア PATH では大型トラックの自動プラトーン走行の研究を 2000 年代初頭から行っている。この目的は高速走行時に空気抵抗を減らすことによる省エネルギー化にある。2011 年にはネヴァダ州の公道を閉鎖して 3 台のトラックを速度約 90[km/h]、車間距離 6[m] で走行させ、燃費改善率が、先頭車 4.3%、中間車 10%、後尾車 13-14.5% という結果を得ている。ロンジチュージナル制御はレーザーレーダ、ミリ波レーダ、車車間通信を用いて自動化したが、操舵はヒューマンドライバが行った。

わが国の経済産業省は 2008 年から開始したエネルギーITS プロジェクトでトラックの自動プラトーン走行 (Fig. 4) を取り上げている¹²⁾。その目的は、カリフォルニア PATH と同様、空気抵抗の減少による省エネルギー化と CO₂ 排出削減による地球温暖化防止にある。自動運転の方式はマシンビジョンを用いた自律型で、システムの信頼性を向上させるために多種のセンサが用いられ、プラトーン内では車車間通信を行い、制御装置には高

信頼性設計が施されている。2013 年には 3 台の 25 トントラックによる速度 80[km/h]、車間距離 4.7[m] のプラトーン走行を行った。このときの燃費改善率は、先頭車 9.0%、中間車 22.5%、後尾車 15.7% であった。

4.3 新しいコンセプトの自動運転

最近ヨーロッパで行われた二つのプロジェクト、HAVEit (Highly Automated Vehicle for Intelligent Transport) と SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) は、従来にない新しいコンセプトに基づく運転支援、自動運転システムである。

2008 年から 2011 年まで行われた HAVEit は、自動運転にきわめて近い運転支援を目指したプロジェクトである。運転支援のコンセプトは、作業者の作業パフォーマンスは、負荷が大きくなるにつれて増加するが、最適なレベルを超えると減少するというヤーキーズ・ドットソンの法則に基づいて、ドライバの負荷が非常に大きいときだけでなく、渋滞時のノロノロ運転時など負荷が非常に少ないときも運転支援を行うものである¹³⁾。対象とした車種は乗用車と大型トラックで、乗用車では、高速道路での自動運転、衝突回避エマージェンシーブレーキ、道路工事の狭い軌道での自動操舵、運転支援から自動運転までの制御、ACC および白線追従の自動操舵制御などの機能をもつ車両が開発され、トラックでは、渋滞時などの 0-30km/h での先行車自動追従、白線追従の自動操舵制御など機能をもつ車両が開発された。

環境を目的として 2009 年に開始された SARTRE¹⁴⁾ では、先頭車をトラック、後続車群を自動運転の乗用車群とするプラトーンが開発されており、これを "Autonomous Road Trains" とよんでいる。先頭車となるトラックには HAVEit で開発したヒューマンドライバが運転するトラックを使用し、後続の乗用車にはすでに商品化されている衝突防止システムや車線維持支援を装備する。追加する機器の価格は 2000 ユーロ程度で、現在の技術で実現可能な自動運転をめざし、2012 年 9 月にスウェーデンで、先頭を手動運転のトラック、後続の 4 台は自動運転で、2 台目がトラック、3 台目から 5 台目までが乗用車のプラトーンでデモを行った。その省エネルギー効果は、速度 60[km/h]、車間距離 6[m] のとき、先頭車が 5%、後続車が 15% であった。

4.4 DARPA の Grand Challenge と Urban Challenge

米国国防総省の DARPA (国防高等研究計画局) は、軍用車両の無人化の研究開発の一環として、砂漠のオフロードを無人車両で走破するコンペティション Grand Challenge を 2004 年と 2005 年に、模擬市街路を無人車両

で走破するコンペティション Urban Challenge を 2007 年に開催した。これらのコンペティションでの無人車両は、自律型で、自動車交通における自動運転システムとは全く異なった目的と背景をもつ。Urban Challenge では、指令に沿って経路計画を行う、カリフォルニア州の交通規則に従う、制限速度を守る、交通標識に従う、無信号交差点では優先順を遵守する、駐車場では固定障害物と移動障害物を回避して駐車する、など実際の交通に即した制約が課せられた。

両 Challenge の優勝車をベースに Google が乗用車をベースとした自動運転車両を試作した。この車両は、センサとして視角 360 度のレーザスキャナ、マシビジョン、レーダをもつ自律型の自動運転システムである。この Google カーは、カリフォルニア州の公道で走行実績を積み、現在ではネヴァダ州、カリフォルニア州、フロリダ州で合法化されているが、特別な訓練をうけたドライバーが運転席にすることが条件になっている。Google は自動運転の目的を安全としている。

4.5 自動運転に関する産業界の動向

2013 年頃から自動車会社や部品会社から乗用車の自動運転システムの発表が相次いでいる。Table 2 は 2013 年 9 月の米国運輸省の資料¹⁵⁾に基づいてまとめたものであるが、「自動運転」とはいうものの米国運輸省のレベル 4 のシステムだけでなくレベル 3 以下の運転支援システムも含まれている。

ダイムラーは、2013 年 8 月にマンハイムからプファルツハイムまでの約 100km の道を自動運転の乗用車 S-500 で走行した¹⁶⁾。この道は、1888 年 8 月に Bertha Benz が Benz Patentmotorwagen でドライブした道である。S-500 のセンサは、短距離レーダ、長距離レーダ、単眼カメラ、ステレオカメラで、これらのセンサの視野は、合わせる

と車両の全周囲をカバーしている。ボルボは、2013 年 12 月に、2017 年にイエテボリ市で自動運転車両 100 台使った実証実験を行うと発表した。またゼネラルモーターズは、2014 年 9 月に、2017 年に車車間通信機能をもった自動運転乗用車を販売すると発表した。

Table 2 にも記されているが、これら乗用車の自動運転システムの研究開発に見られる特徴は、Google、IBM、マイクロソフトなど IT 産業の参入である。1990 年代の米国の自動運転に関するプロジェクトでは、冷戦の終結を反映してか、軍事産業がコンソーシアムのコアメンバーになっていたが、しばらくして彼らは撤退している。自動運転システムには、詳細なデジタル地図データベースや道路シーンや交通状況の理解が必要なため、こういったことを得意とする IT 産業の参入も当然のことである。

5. 自動運転の課題

上述したように既に多くの自動運転システムがテストコースだけでなく、公道でも試験走行を行っているが、自動運転システムの実用化にあたっては、まだ多くの課題が未解決である。ここでは、これら課題のうち、技術的課題、ヒューマンファクタ上の課題、普及に関する課題について考える。

5.1 技術的課題

本稿の冒頭に自動運転システムの目的は安全であり、事故の原因の 90%以上をしめるヒューマンエラーを排除することができるかと述べたが、実はこれには注釈が必要である。平成 26 年版交通安全白書¹⁷⁾によれば、我が国の交通事故死者数は、近年、1 億走行台キロあたり約 0.7 人、交通事故死傷者数は 1 億走行台キロあたり約 100 人

Table 2. Industry developments in automated vehicles.

Organization	Noteworthy developments & Announcements
Honda	Conducting demonstrations of Traffic Jam Assist at locations around the US in 2013
Mercedes Benz	MY 2014. Steering Assist (Lane Keeping + Adaptive Cruise Control) in U.S. production vehicles; Self-driving vehicle for sale by 2020.
Volvo	MY 2015. Traffic Jam Assist (Lane Keeping + Adaptive Cruise Control) in U.S. production vehicles
Audi	MY 2016. Traffic Jam Assist (Lane Keeping + Adaptive Cruise Control) in U.S. production vehicles
Bosch	Traffic Jam Assist technology will be ready in 2014 for use by OEMs
Nissan	Plans to release a fully self-driving vehicle by 2020
General Motors	Plans to release nearly self-driving vehicle by 2020
Continental	Partnered with Google and IBM to develop autonomous driving systems
Toyota	Researching a semi-autonomous vehicle designed to keep the driver in the control loop and takeover in case of an imminent accident

である。すなわち、死者については1.4億[km]あたり1人、負傷者については100万[km]あたり1人となる。これを30km/hで走行する1台の車両で考えると、死亡事故についてのMTBF（1名の死亡事故の平均発生間隔）は、約 4.7×10^6 時間（約535年）、死傷事故についてのMTBF（1名の死傷事故の平均発生間隔）は、約 4.2×10^4 時間（約5年）となる¹⁸⁾。高速道路上では、事故が少ないことを考えると、これらのヒューマンドライバのMTBFはさらに長くなる。これはヒューマンドライバがきわめて優秀であることを示している。このことは、同時に、自動運転システムが安全に寄与することの証明が困難であることを意味する。しかしながら、居眠り運転時や脇見運転時にはこのMTBFは年のオーダーから秒や分のオーダーに極端に小さくなり、これが運転支援システムや自動運転システムが必要な所以である。

自動運転のための機器の信頼性やMTBFをヒューマンドライバと同等にすることは現実的ではないが、現行の自動車用安全機器のMTBFよりも長くし、より高信頼化する必要がある。現行の自動車用安全機器は、ヒューマンドライバがバックアップしていることになるが、自動運転車ではそのバックアップがない。自動運転用機器のMTBFや信頼性は、残された大きな課題の一つである。

さらに、センシングシステムの限界性能を定量的に定める必要がある。センシングシステムの限界性能は、自動運転の開始が可能かどうかの判断や、自動運転で走行中に走行環境がセンサの限界性能を超えると、自動運転が不可能になる場合の判断の基準となるからである。

5.2 ヒューマンファクタ上の課題

米国自動車技術会(SAE)は、Table 1に示したNHTSAの自動運転のレベルを拡張した自動運転のレベルを2013年7月に発表した。Table 3は、NHTSAとSAEの各レベルにおけるヒューマンドライバとシステムの役割を示したものである。

Table 3. Roles of a human driver and an automated driving system (H: human driver; S: system).

NHTSA level	SAE level	Execution of steering and acceleration/deceleration	Monitoring of driving environment	Backup performance of dynamic driving task	System capability (driving modes)
0	0	H	H	H	N/A
1	1	Hand S	H	H	Some driving modes
2	2	S	H	H	Some driving modes
3	3	S	S	H	Some driving modes
4	4	S	S	S	Some driving modes
	5	S	S	S	All driving modes

このTable 3からも明らかのように、自動運転中のドライバは、システムが全ての運転モードに対応していない限り、運転環境の監視やバックアップを務めることになり、これは楽な仕事ではない。さらに、自動運転から手動運転に遷移するとき、ドライバの意図で遷移する場合は問題ないが、自動運転システムの障害で手動運転に遷移せざるを得ない場合、ドライバがすぐには対応できない場合がある¹⁹⁾。航空機では、自動操縦中に発生したエンジンの故障に対してパイロットの対処がまずかったために、墜落は免れたものの、重大な事故に至った例がある。

また自動運転に対してヒューマンドライバによる手動運転がオーバーライド可能にしておく必要がある。航空機では、着陸時に、自動操縦システムが着陸やり直しモードになっているにもかかわらず、パイロットが自動操縦装置に反して着陸させようとして、航空機が失速し、墜落した例がある。

ヒューマンドライバによる自動運転システムに対する過信を防ぐことも重要である。カナダの交通心理学者J. ワイルドが提唱したリスク・ホメオスタシス理論²⁰⁾によれば、環境が安全になれば、ドライバは却って危険な運転をし、安全になった分だけ危険な行動をとることになる。ヒューマンドライバが、自動運転システムを過信して自動運転システムの限界を超えた運転環境で自動運転を行おうとした場合、危険な状態に陥る可能性がある。

5.3 自動運転システムの普及に関する課題

車載装置だけで自動運転が可能な自律型自動運転システムでは問題にならないが、路上の自動運転用装置との路車協調型自動運転システムや車車間通信で他車とデータ交換を行う車車協調型自動運転システムには、「鶏と卵」問題がある。これは、路上装置が先か、車載装置が先か、あるいは他車の通信装置設置が先か、自車の設置が先か、という問題で、この問題を解決しない限り、システムとしては機能せず、普及もしないことになる。

路車協調型自動運転システムのもう一つの欠点は、路上装置の設置や維持管理に費用がかかることである。全ての道路を自動運転対応にするために路上装置を設置することは、到底不可能である。しかし、移動範囲が限定されている路線バスなどでは、路車協調型の自動運転は合理的である。カリフォルニアPATHは、路上装置として永久磁石列を推進しているが、それは、永久磁石列が安価で維持管理が簡単であるからである。自動運転の研究が始まった1950年代からしばらくは、路面に誘導ケーブルを埋設し、交流電流を流して交流磁界を発生させ、それを自動操縦車のピックアップコイルで検出してラテ

ラル制御を行う方式が研究されていたが、上述したような理由でその後は自律型自動運転システムが主流となっている。

一方、車車協調型自動運転システムには、自律型自動運転システムでは実現できない特長がある。それは、車車間通信を用いた CACC (協調型 ACC) であり、CACC における車間距離をさらに小さくしたプラトーンである。カリフォルニア PATH による乗用車を用いた公道上での実験は、CACC での走行は、ACC での走行に比べて設定車間時間が半分以下になることを示している⁸⁾。ACC 走行時の設定車間時間の平均値は、1.43[s] (男性)、1.68[s] (女性) であるが、CACC 走行時の設定車間時間の平均値は、0.64[s] (男性)、0.78[s] (女性) であった。彼らのシミュレーションでは、1 レーンあたりの交通容量は、CACC を用いないときの 2200 台が、CACC の普及率が 50% のときは 2700 台、100% のときは 4000 台になることを示している。また、わが国の検討では、CACC によって高速道路のサグ部に起因する渋滞の発生が抑制されるとしている²¹⁾。

しかしながら車車間通信が効果を生じるためには、「鶏と卵」問題の解決に加えて、通信の可能性が普及率の二乗で決まるため、高い普及率が要求される。したがって、車車間通信を用いた CACC は、一般の乗用車を対象とするのではなく、高速道路を走行するトラックやバスを対象とする方が、車両の所有者や管理者を考えると、導入が容易で普及率を高くすることができる。

6. 自動運転のニーズ

ここまで、自動運転の目的と予想される効果、現在の自動運転の動向、課題などについて述べたが、上述の議論を踏まえて自動運転のニーズについて考えてみたい。

6.1 安全

上述したように、ヒューマンドライバはきわめて優秀で非常に長い MTBF をもっているが、時としてこの MTBF は年のオーダーから秒や分のオーダーに極端に小さくなり、これが運転支援システムや自動運転システムが必要な所以である。事故の重大さと、道路の閉鎖など事故の影響の甚大さを考えると、自動運転の導入は、高速道路を長距離走行するトラックから始めるのが妥当と筆者は考えている。トラックは、職業ドライバが運転する、保守点検が十分に行われる、乗用車に比べて稼働率が高い、車両単価が高価である、といったこともトラックへの導入を容易にする。

6.2 人間にとって困難な作業の自動化

オートメーションによって人間には困難な、または不可能な作業を機械に行わせることができる。路線バスのプレジジョンドッキング、小さな車間距離でのプラトーン、駐車などは、自動化する意義が十分にある。自動駐車システムはすでに商品化されている。小さな車間距離でのプラトーン走行では、後続車からは先行車の陰になって路面が見えないために自動運転を行わざるを得ない。

6.3 運転負荷の低減

自動運転によって長距離を走行するトラックドライバの運転負荷の低減を図ることができるだけでなく、現在すでに乗用車やトラックに商品化されている ACC や CACC によってもドライバの運転負荷を減らすことができる。ACC や CACC は、ドライバの負荷を減らすだけでなく、交通流を円滑化し、とくに CACC は道路容量を増すことができ、渋滞発生を抑制する効果がある。

6.4 プラトーン走行による省エネルギー化

複数の車両を小さな車間距離で走行させると空気抵抗が減少して省エネルギー効果が生じる。さらにトラックのプラトーンで後続車を無人にすれば、人件費の節約にもなる。わが国のプロジェクト「エネルギーITS」での試算では、高速道路を走行するトラックの年間の燃料費は、約 750 万円であり、プラトーン走行によって燃料費が 10% 削減できれば、自動運転が経済的に成立することを示している。

6.5 ドライバの急病・急死時の二次事故回避

わが国においてドライバが急病・急死したために発生する事故は、死亡事故の 1% 程度をしめているとされている²²⁾。このようなときに短時間、短距離の自動運転を行って車両を路側などに安全に停止させれば、二次事故の発生を防ぐことが可能となる。



Fig. 5 A low-speed, small autonomous vehicle for the transportation poor developed by INRIA.

6.6 移動困難者の移動手段

自動運転は、身体障害者や高齢者の移動手段となりうる。この場合、通常は短距離の移動が主体であるから、車両は1人または2人乗りの小型低速車両で十分で、安全性に対する要件も緩和することができる。Fig. 5はフランスの研究機関 INRIA が開発中のオンデマンド型の、小型低速の自動運転車両で、移動困難者の移動手段の一例である。

7. あとがき

自動車の自動運転システムの定義、目的と効果、現在の動向、課題、ニーズについて述べた。21世紀の自動運転システムの意義は、もはや自動運転技術のフィージビリティを示すことではなく、自動車交通問題の解決にある。しかしながら、法律・制度面の課題はいうまでもなく、技術的課題も依然として多く残されている。プラトゥーン走行の省エネルギー効果は多くの実験が実証しているが、自動運転の安全に対する効果は未だ実証されていない。どの車種で、どこを、運転支援を含めてどのような自動運転を行うか、ということについては十分な議論が行われていない。

しかし自動運転によって、安全が確保され、狭いレーンでの走行や小さな車間距離での走行が可能となって渋滞が解消され、長時間長距離走行時の運転負荷が低減され、移動困難者に移動手段を提供することが可能となる。新しい技術の出現に対応して法律や制度が見直されることを期待したい。2013年6月にわが国政府が策定した日本再興戦略には、「安全運転支援システム、自動走行システムの開発・環境整備」が示されている。

参考文献

- 1) 自動車の自動運転システム調査専門委員会編：自動車の自動運転システム，電気学会技術報告第1220号，2011.
- 2) 津川：自動運転システムの展望，IATSS Review Vol. 37, No. 3, pp. 199-207, 2013.
- 3) National Highway Traffic Safety Administration: Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles, May 30, 2013.
- 4) 平成26年版交通安全白書，内閣府，p.5, 2014.
- 5) 石田：渋滞と混雑 道路交通政策を考える視点，JAMAGAZINE, 10月, 2012.
- 6) 津川：自動車交通の知能化による省エネルギー・環境負荷低減—総説，電気学会誌，Vol. 130, No. 9, pp.

- 596-599, 2010.
- 7) H. Metzler: Computer Vision Applied to Vehicle Operation, SAE Technical Paper 881167, 1988.
- 8) S. Shladover: Highway Capacity Increases from Automated Driving, TRB Workshop on Future of Road Vehicle Automation, July 25, 2012.
- 9) P. Ioannou ed.: Automated Highway Systems, Plenum, pp. 247-264, 1997.
- 10) 自動運転，モーターファン別冊，Vol. 86, pp. 30-74, 2013.
- 11) R. Kunze, et al.: Organization and Operation of Electronically Coupled Truck Platoons on German Motorways, M. Xie et al. (Eds.): ICIRA 2009, LNAI 5928, Springer, pp. 135-146, 2009.
- 12) S. Tsugawa: Results and Issues of an Automated Truck Platoon within the Energy ITS Project, Proc. 25th IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 642-647, 2014.
- 13) HAVEit Final Report, September 23, 2011.
- 14) E. Chan, et al: SARTRE Cooperative Control of Fully Automated Platoon Vehicles, Proc. 18th ITS World Congress (CD-ROM), 2011.
- 15) M. Schagrin, et al.: Developing a U. S. DOT Multimodal R&D Program Plan for Road Vehicle Automation, Connected Vehicle Public Meeting, September 25, 2013.
- 16) J. Ziegler, et al.: Making Bertha Drive – An Autonomous Journey on a Historic Route, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, Vol. 6, No. 2, pp. 8-20, 2014.
- 17) 平成26年版交通安全白書，内閣府，p. 7, 2014.
- 18) 津川：ITSの課題，電子情報通信学会 Fundamentals Review, Vol.2, No. 3, pp. 59-65, 2009.
- 19) 津川：高度道路交通システムにおけるドライバと車の関係，計測と制御，Vol. 38, No. 6, pp. 369-372, 1999.
- 20) ジェラルド・J・ワイルド，芳賀 繁訳：交通事故はなぜなくなるらないか，新曜社，2007.
- 21) 土井ほか：通信利用レーダークルーズコントロールによる渋滞抑制に向けた取り組み，自動車技術会学術講演会前刷集，No. 50-14, pp. 5-8, 2014.
- 22) 篠原ほか：運転中に意識障害発作を発症した症例の検討，自動車技術会学術講演会前刷集，No. 72-14, pp. 7-11, 2014.

(原稿受理日 平成26年10月2日)

爆轟波に関する実験と数値解析

杉村忠良¹⁾

Experiment and numerical analysis on detonation wave

Tadayoshi SUGIMURA¹⁾

Abstract

Studies on detonation have been performed in connection with (1) applications to a ram accelerator as a launcher of a hypersonic projectile and a pulse detonation engine as a propulsion of a hypersonic vehicle, and (2) protection of disastrous explosion in a gaseous mixture due to a leakage of a combustible gas into the atmosphere. In this paper, at first, features of detonation propagation are shown by experimental results obtained from open-shutter and instantaneous schlieren photograph techniques. In addition, characteristic fish scale patterns due to a soot-film and pressure and density distributions are numerically simulated by a finite difference approximation.

1. 結論

爆轟波(デトネーション)に関する研究は、航空宇宙分野においては極超音速飛行の推進機関としてのPDE(パルスデトネーションエンジン)への応用と関連して、最近多く行われてきている。さらにこの研究は、大気へ漏洩した可燃性ガスの引火が原因で壊滅的な被害を引き起こす大規模な爆発を防止するといった安全工学上の問題あるいは大気汚染といった環境問題と関連して重要である。本稿では、まず爆轟波の伝播挙動の特色がシャッター開放写真や瞬間シュリーレン写真法による実験結果を用いて示される。続いて、実験において得られる現象の物理的解釈を確認するために差分近似法による数値計算結果が示される。

2. 実験的研究

2.1 収束デトネーションの発生と温度・伝播速度の測定

Guderleyによる球面収束衝撃波爆轟波に関する理論的研究が発表されて以来、衝撃波やデトネーションを円筒状もしくは球面状に収束させることによって、その収束中心点で高温・高圧状態を得ることができるという事実が、その後の数多くの実験的および理論的研究の発展を促した。本研究室で行われた主な研究経過を列挙してみると次のようになる。

2.1.1 Kantrovitz タイプのデトネーションチューブにおける収束デトネーションの観察¹⁾⁻³⁾

Fig.1は実験装置図、そしてFig.2はデトネーションの煤膜記録を示す。収束中心近傍での衝撃波三重点の運動軌跡および中心点での発光履歴をFigs.3,4に示す。さらに発光スペクトルOH(306.4nm)を用いてアレニウス・プロットから回転温度を求めた結果をFigs.5,6に示す。

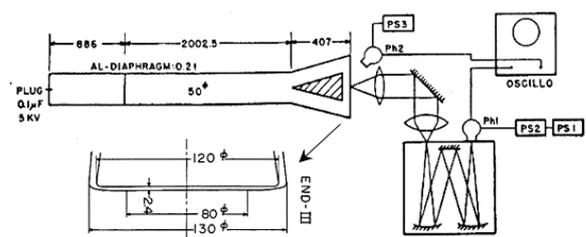


Fig.1 Sketch of converging detonation tube and optical system for measurement.

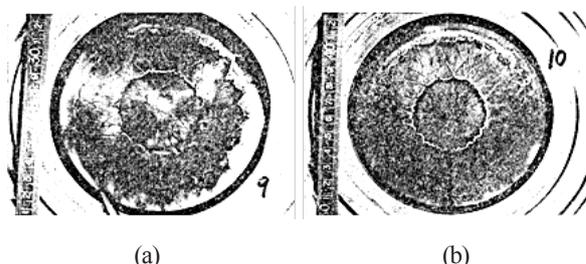


Fig.2 A smoke-film record on the disk-shaped flat channel 130 mm in diameter.

Gas mixture: H_2+O_2 , (a) $P_i=76$ Torr, (b) $P_i=60.5$ Torr.

1)交通機械工学科

1) Department of Vehicle and Mechanical Engineering

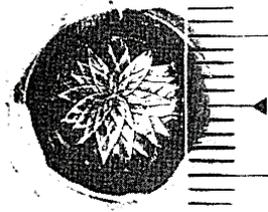


Fig.3 Soot-film record in the vicinity of convergence.
Gas mixture: $C_2H_2 + 4.675O_2$, $P_i = 5.3$ kPa.

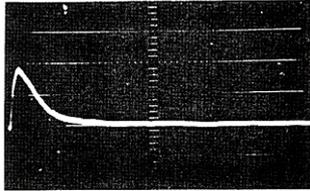


Fig.4 Emission intensity of OH 306.4 nm (0-0) band R_2 (14) branch.
Sweep $20 \mu s/div.$, output $0.5 V/div.$

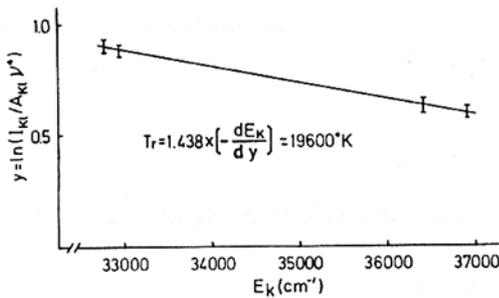


Fig.5 Arrhenius plot of OH 306.4 nm R_2 branch emission spectra.
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 5.3$ kPa.

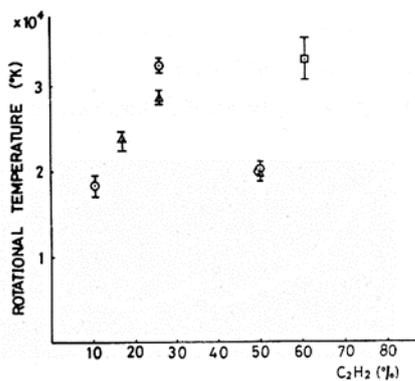


Fig.6 Rotational temperature at collapsing point vs. acetylene concentration.

2.1.2 二重ディスク型収束爆轟波装置による観察⁴⁾⁻⁷⁾

Fig.7 は内径 800 mm の二重ディスク型デトネーション・チャンバーであり、観測窓部の直径は 184 mm である。収束部を伝播するデトネーションの速度は Fig.8 に示すようにオシロスコープによって測定され、収束点に

おける圧力の波形は Fig.9 に示す圧力変換機による測定結果である。Fig.10 は、爆轟波の収束過程を捉えた煤膜模様であり、収束点における発光強度から測定およびマイクロデンシシットメータから発光スペクトルを得た。その結果を Figs.11~13 に示す。鮮明に得られた CN バンドに対して、発光スペクトルマッチング法を用いて計算機により温度測定をした。その結果を Fig.14 に示す。ここで達成された温度は 11,000 K である。

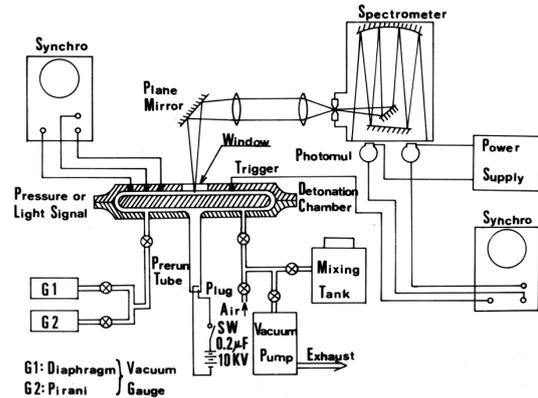


Fig.7 Schematic diagram of experimental apparatus and measuring system.

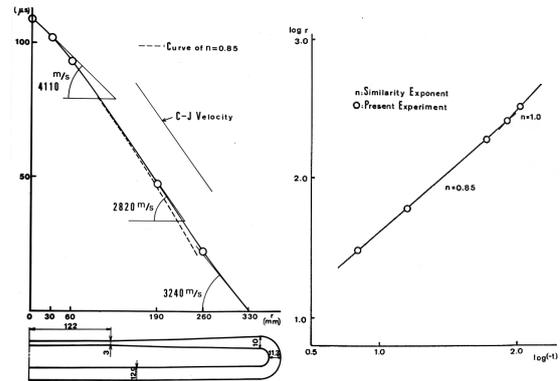


Fig.8 R-T diagram of converging detonation.
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 8.0$ kPa.

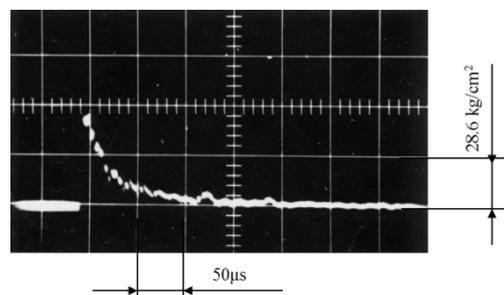


Fig.9 Pressure history at the point of detonation collapse.
Sweep $50 \mu s/div.$, output $28.6 kg/cm^2/div.$
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 8.0$ kPa.

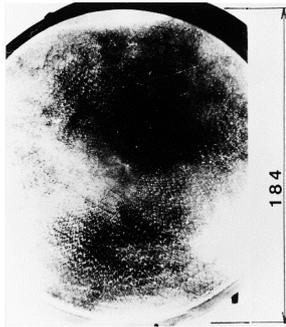


Fig.10 Soot-film record of converging detonation.
Gas mixture: $C_2H_2 + 2O_2$, $P_i = 4.3$ kPa.

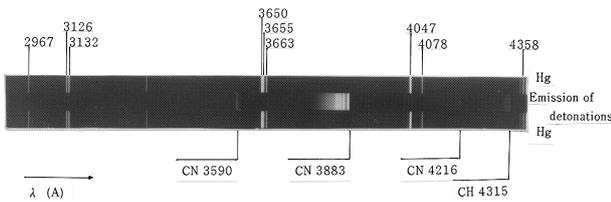


Fig.11 Emission spectrogram from the point of detonation collapse. Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 8.0$ kPa.
Slit: $200 \mu m \times 6$ mm, Film: Kodak TRIX-400.

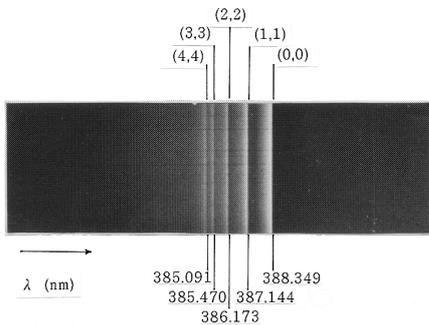


Fig.12 Emission spectrogram of CN spectral lines.
CN violet $B^2\Sigma-X^2\Sigma(0,0) \sim (4,4)$ band system.
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 8.0$ kPa.
Slit: $50 \mu m \times 6$ mm, Film: Kodak TRIX-400.

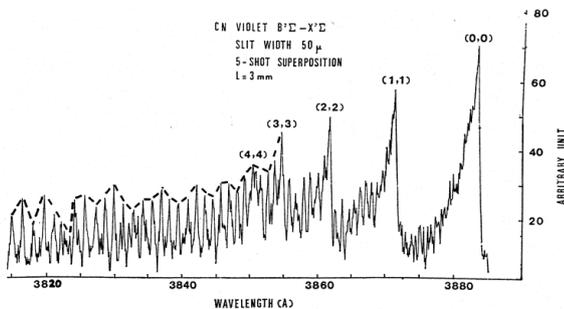


Fig.13 Densitogram of CN violet emission from the point of detonation collapse.
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 8.0$ kPa.

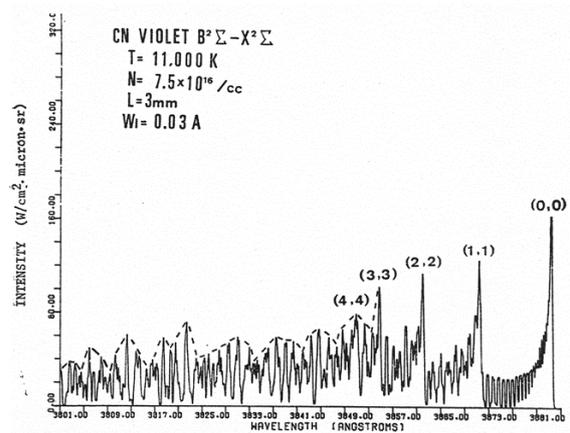
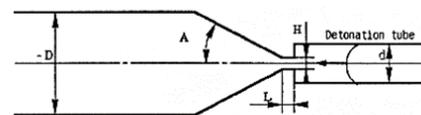


Fig.14 Computer simulation of CN violet emission.

2.2 反射ノズルを通過するデトネーションの伝播挙動⁸⁾

デトネーションが角を曲がる場合や障害物を乗り越えて伝播するような場合には、非定常なプラントル・マイヤー膨張の干渉を受ける。ここでは、反射ノズルを用いることによってこの膨張効果を発生させ、デトネーションとの干渉を実現し、その安定性を検討する。

反射ノズルを含む観測部の形状とシャッター開放写真を Figs.15,16 に示す。初期圧によっては衝撃波三重点の網目模様が消滅せずに伝播する安定な挙動も見られる。



L	0	3
H	3	5
A	18 | 30 | 54	18 | 30 | 18 | 30

d = 20 mm, D = 50 mm

Fig.15 Shape of reflection nozzles used in experiments.

(L, H: mm, A: degree)

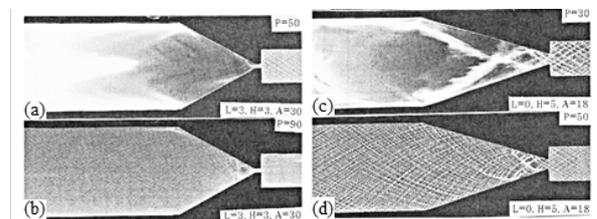


Fig.16 Open-shutter photographs at various initial pressures.

(P=30: 4.0 kPa, P=50: 6.7 kPa, P=90: 12.0 kPa)

反射ノズル中を伝播するデトネーションの形態はどのようになっているかを瞬間シュリーレン写真で示したのが Fig.17 である。Figs.18, 19 は数値計算によって示された圧力分布、煤膜模様図、衝撃波三重点の運動軌跡図である。一方、プラントル・マイヤー膨張の影響でデトネ

ーションの伝播形態を消失しても、Fig.20 に示すようなチャンネル幅の6倍程度下流で擾乱が一つに合体する現象も存在する。チャンネル幅を横切って帯状の強い発光領域（遷移領域）を示し、その下流では規則的な網目模様が形成される。

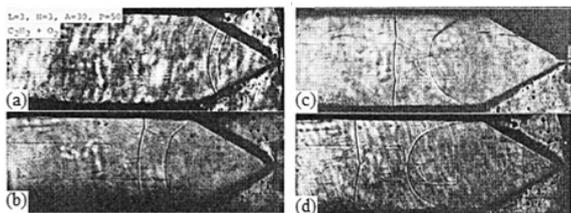


Fig.17 Instantaneous schlieren photographs.
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 6.7$ kPa.

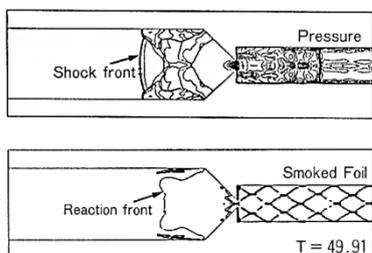


Fig.18 Numerical simulation results for pressure distribution and Smoked foil by the finite difference method.

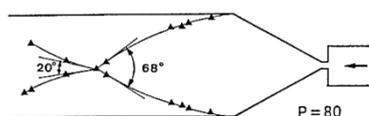


Fig.19 Movement trajectories of triple points in precursor shock front.



Fig.20 Open-shutter photograph in the channel behind a reflection nozzle.
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 6.7$ kPa.

Figs.21, 22 に速度分布と発光強度分布においてデフラグレーションからデトネーションへの遷移過程を示している。発光強度分布においてシャープな立ち上がりで、パルス状の波形を示しているのはデトネーションに対応するものである。このような遷移過程についての詳細な議論は興味深い問題として残されている。

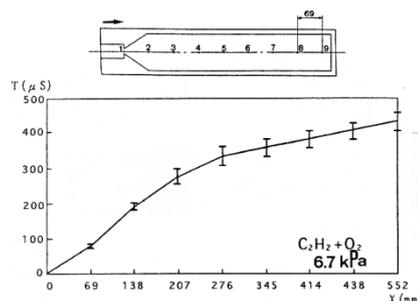


Fig.21 X-T diagram in the channel behind a reflection nozzle.
Gas mixture: $C_2H_2 + O_2$, $P_i = 6.7$ kPa.

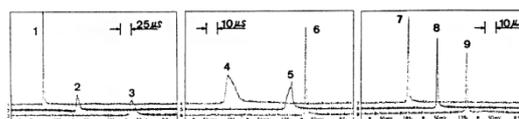


Fig.22 Profiles of emission intensities at the specified positions.

2.3 デトネーションと障害物との干渉⁹⁾

デトネーションの安定不安定は、可燃性ガスの初期圧によっても変わる。ここでは、単純な障害物によってどのような挙動をするかを取り扱う。

Fig.23 は、デトネーションの波面構造が時間と共にどのような変形をするかを示したものである。波面の伝播方向は右から左である。Fig.23b は、デトネーション波面の一部が障害物の下側壁面に衝突した部分がリトネーションとして上流へさかのぼっていく状態を示している。Fig.23c,d では、非定常プラントル・マイヤー膨張によって波面が湾曲しているのが分かる。膨張は温度低下を示し、化学反応によるエネルギー放出を減少させるので、衝撃波面と反応開始面との分離を生じる。これが衝撃波三重点の崩壊を促進させる。Fig.23g では下壁面との衝突によって衝撃波三重点の再生成が生じ、2 番目の障害物を越えてもデトネーション構造を保つ。

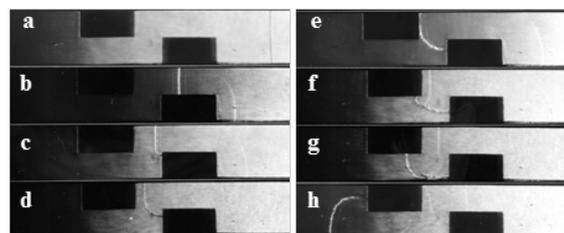


Fig.23 Instantaneous schlieren photographs of detonations.
 $P_i = 10$ kPa.

2.4 直角コーナーを伝播するデトネーションの挙動¹⁰⁾

安定な収束デトネーションを得るための予備実験をFig.24 に示される装置を用いて行なった。デトネーションがコーナーを安定な回折を行なうためには初期圧力だ

けでなく、コーナー形状が重要であることが分かった。Fig.25 は、非定常プラントル・マイヤー膨張の効果がより顕著に現れる直角コーナーを用いた結果である。デトネーション特有の網目模様の崩壊過程から再生成過程を実験的にも数値解析的にも明確に得ることができることを目的とした。数値解析による結果は後述する。

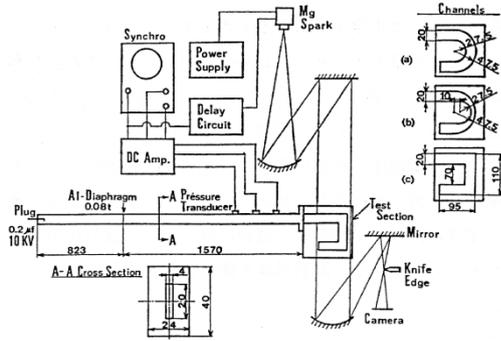


Fig.24 Experimental apparatus with 2-D channels and measuring system.

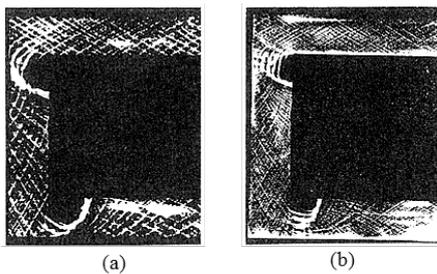


Fig.25 Open-shutter photographs of detonation in a channel with right-angle corners.
(a) $P_i = 4.0$ kPa, (b) $P_i = 8.0$ kPa.

2.5 正方形断面チューブ内における初期圧とセルサイズ¹¹⁾

Fig.26 は、内側寸法が最大 45 mm×45 mm の断面を持つ全長約 5000 mm のデトネーションチューブである。観測部は、厚さ 100 mm の透明なアクリル製であり、デトネーションの発光を観測する。

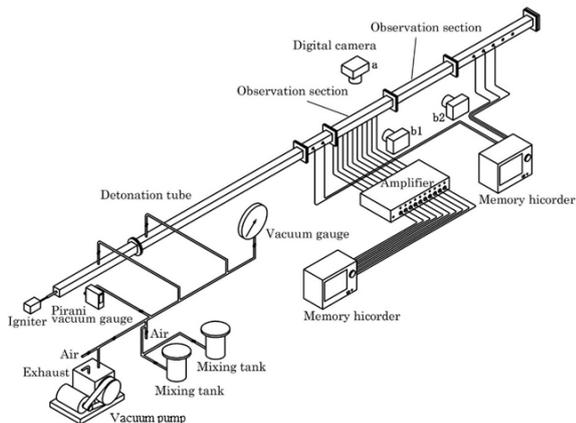


Fig.26 Schematic diagram for experimental apparatus.

Fig.27 は、初期圧によってデトネーションの伝播形態がどのような変化を示すかをシャッター開放写真によって捉えたものである。使用した可燃性ガスはアセチレンと酸素の等モル混合気である。駆動気体の初期圧は常に 58 Torr の一定値である。発光している網目模様は衝撃波三重点の運動軌跡である。初期圧が 10 Torr と高くなるにつれて網目模様のサイズが小さくなり安定した伝播をするが、逆に 2 Torr のように初期圧が低くなるとスピンモードや単一セルモードの不安定現象が発生し、伝播形態が定まらないことがある。このようなスピンモードが存在するかどうかを後述の数値解析で確認した。

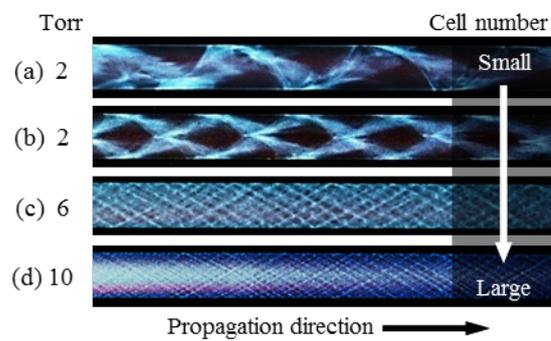


Fig.27 Propagation configuration to each initial pressure.
(a) Spin 1889 m/s, (b) Mono-cell 2205 m/s,
(c) Multi-cell 2578 m/s, (d) Multi-cell 2676 m/s.

Fig.28 は、チューブ内に設置した障害物である。また、チューブ上方および側面から同時に撮った初期圧 2 Torr に対するシャッター開放写真を Fig.29 に示す。単一セル模様とスピン模様が同時に得られる。これについても数値解析で検討した。

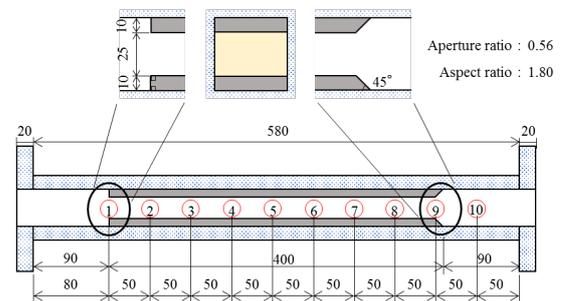


Fig.28 Emission observation section.

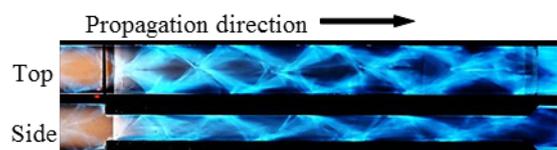


Fig.29 Open-shutter photographs from the top and the side.

3. 数値解析による研究

3.1 数値解析の概要

扱う流れは、非定常圧縮性超音速化学反応流である。化学反応は詳細反応機構あるいは2段階反応機構である。流れ場は1次元から3次元にまで及び、輸送効果を考慮する場合と無視する場合を取り扱う。

3.2 デトネーション伝播の数値シミュレーション

3.2.1 二段階反応モデル¹²⁾

酸素と水素の化学量論混合気をアルゴンで希釈した場合、二次元性の強いチューブ内でデトネーションは規則性にとんだセル模様を示すことが Strehlow らによって実験的に見出されている。これを数値解析によって明らかにすることを目的とした。化学反応モデルとして、Korobeinikov らによって提唱された二段階反応モデルを用いる。二つの無次元反応進行度 α と β であらわされるもので、 α は誘起反応領域を支配する変数、 β は前進・後退反応を支配するだけでなく、それ自身の値に比例する熱量を系に与える役割を持つ変数である。ここでは輸送効果が無視でき、比熱と分子量が一定値を持つと仮定すると、二次元非定常気体力学方程式は式(1)のように表される。さらに、Fig.30 と Fig.31 は、それぞれ 1-D C-J デトネーションと圧力分布で表した計算結果である。用いられた差分近似式は、MacCormack の二次精度の陽解法、Boris らによる FCT スキームおよび振動項を抑制する四次精度の拡散項を組み合わせたものである。

Gasdynamic Equations Conservation Form

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial y} + \mathbf{H} = 0 \quad (1)$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho e \\ \rho \beta \\ \rho \alpha \end{bmatrix} \quad \mathbf{E} = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ u(\rho e + p) \\ \rho u \beta \\ \rho u \alpha \end{bmatrix} \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 + p \\ v(\rho e + p) \\ \rho v \beta \\ \rho v \alpha \end{bmatrix} \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -\rho w \beta \\ -\rho w \alpha \end{bmatrix}$$

Induction Reaction

$$w_\alpha = \frac{d\alpha}{dt} = -\frac{1}{t_{ind}} = -k_1 \rho \exp\left(-\frac{E_1}{R_0 T}\right) \quad (2)$$

Exothermic Reaction

$$w_\beta = \frac{d\beta}{dt} = \begin{cases} 0 & (\alpha > 0) \\ -k_2 p^2 \left\{ \beta^2 \exp\left(-\frac{E_2}{R_0 T}\right) - (1 - \beta) \exp\left(-\frac{E_2 + Q}{R_0 T}\right) \right\} & (\alpha \leq 0) \end{cases} \quad (3)$$

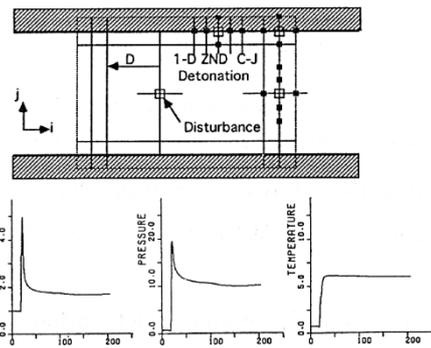


Fig.30 Computational domain and arrangement of 1-D C-J detonation.

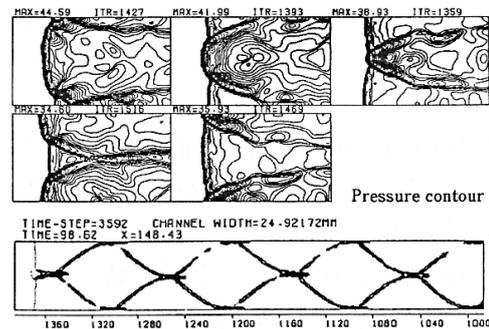


Fig.31 Pressure contours and soot-film record.

3.2.2 詳細反応機構を含む計算¹³⁾⁻¹⁵⁾

三次元非定常化学反応流を半陰解 MacCormack-TVD 法を用いて解く。使用した可燃性混合気は水素と酸素の化学量論混合気であり、化学種は8種類、素反応式は、19式を考慮した。式(4)は、計算に用いた気体力学方程式である。

Gasdynamic Equations Conservation Form

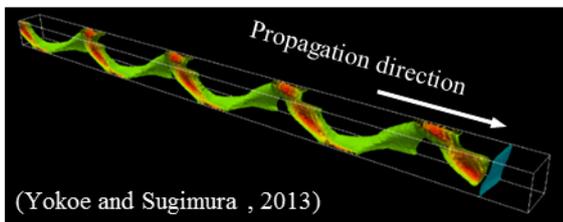
$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial z} = \mathbf{S} \quad (4)$$

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ E \\ \rho_i \end{bmatrix} \quad \mathbf{E} = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ \rho uw \\ (E + p)u \\ \rho_i u \end{bmatrix} \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 + p \\ \rho vw \\ (E + p)v \\ \rho_i v \end{bmatrix} \quad \mathbf{G} = \begin{bmatrix} \rho w \\ \rho uw \\ \rho vw \\ \rho w^2 + p \\ (E + p)w \\ \rho_i w \end{bmatrix} \quad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \omega_i \end{bmatrix}$$

ここで、 u, v, w はそれぞれ x, y, z 方向の速度成分、 p, ρ は圧力、密度である。 ρ_i, ω_i は化学種 i 成分の密度と生成率、 E は単位体積当りの全エネルギーである。

Fig.32 は、初期圧 10.1 kPa、1 辺 1.5 mm の正方形断面チューブ内の可燃性混合気中を伝播するデトネーションである。Fig.27 に示されている初期圧 2 Torr におけるスピンモードの伝播挙動を数値計算によって表したもので、チューブ内部を移動する衝撃波三重点の運動軌跡である。実験で得られた現象を数値解析することができた^{17),18)}。

Fig.33 は、矩形断面チューブ内を伝播するデトネーションの伝播挙動を示したものである。上面からの観察では単一セル模様が得られ、側面からの観察では衝撃波三重点の運動軌跡がスピンモードと実験結果による観察とよく対応していることが分かる¹⁹⁾。



(Yokoe and Sugimura, 2013)
Mixture: 2H₂-O₂, Initial pressure: 0.1[atm]
Mean propagation velocity: 2800[m/s]

Fig.32 Internal structure of spin configuration.

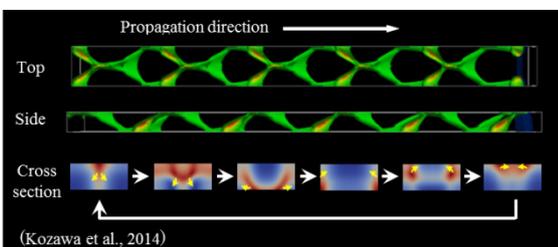


Fig.33 Internal structure of double spin configuration.

3.2.3 実験と数値解析の整合性^{17),18)}

アスペクト比が大きくなるにつれて、数値解析の解は2次元の流れに近くなる。従って、アスペクト比がA=3以上の大きなチューブでの外面的な実験結果(煤膜模様=衝撃波三重点の運動軌跡)は、2次元の数値解析で考察できることが分かった。Fig.34 に一例を示す。

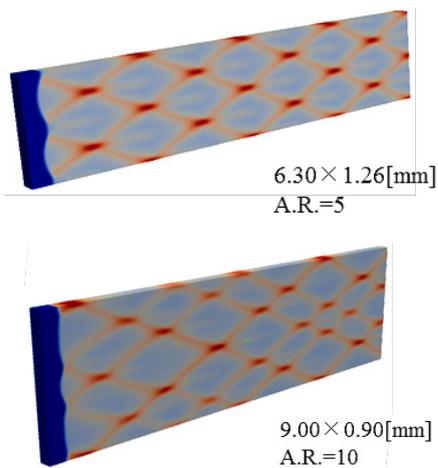


Fig.34 Trajectories of shock triple points.

3.2.4 直角コーナーを曲がるデトネーションの挙動¹⁶⁾

Fig.35 は実験研究の 2.4 節の Fig.25 で取り上げた問題と数値解析による結果を示す。実験による初期条件と数値解析による初期条件とは異なるが、直角コーナーにおける物理的現象は同一のプラントル・マイヤー膨脹である。網目模様の消失は実験においても数値解析においても生じている。網目模様の再生成距離は検討した混合気の違いによるものであるが、その再生成メカニズムは数値計算で明らかになっている。

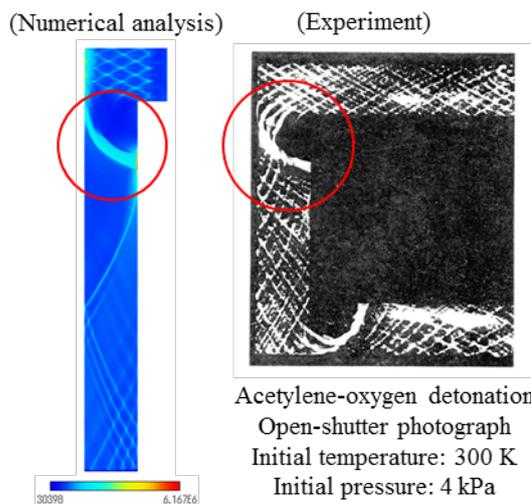


Fig.35 Diffraction at right angle corner.

3.2.5 デトネーションの内部構造¹⁷⁾

実験では非定常な流れの内部構造の解明は、極めて困難である。例えば、高圧領域、温度分布、密度分布、各化学種の分布などの時系列にそった結果の表示などがあげられる。一辺 4.5 mm の正方形断面をもつチューブ内を伝播するデトネーションの内部構造は計算結果で示すと Figs.36-38 のようになる。

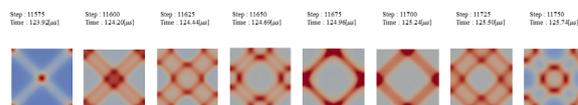


Fig.36 Pressure distributions in the wave front.

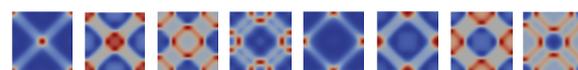


Fig.37 OH distributions in the wave front.

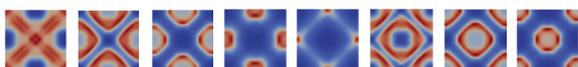


Fig.38 HO₂ distribution in the wave front.

参考文献

- 1) T. Fujiwara, K. Mizoguchi and T. Sugimura: Smoked Films Record for Oxyhydrogen Converging Detonation, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.31, No.2, P.621-622, 1971.
- 2) T. Fujiwara, S. Taki and T. Sugimura: A rotational temperature of oxyacetylene converging detonation, Acta Astronautica, Vol. 1, pp. 863-872, Pergamon Press 1974.
- 3) T. Sugimura, K. Hayashi and T. Fujiwara: Rotational Temperatures of Oxyacetylene Converging Detonations, AIAA Paper No.76-130, 1976.
- 4) 杉村忠良: 収束するデトネーションの安定性と円筒対称性, 日本航空宇宙学会誌, Vol. 27, No. 306, pp.339-346, 1979
- 5) T. Sugimura and T. Fujiwara: A SPECTROSCOPIC TEMPERATURE MEASUREMENT OF CONVERGING DETONATIONS, SHOCK TUBES AND WAVES, pp.533-538, 1979.
- 6) 杉村忠良, 藤原俊隆: 収束デトネーションの発光スペクトルマッチング法による分光温度測定, 日本機械学会論文集, Vol. 46, No. 411, pp.2159-2167, 1980.
- 7) T. Sugimura and T. Fujiwara: A Spectroscopic Temperature Measurement of Converging Detonations by the Emission Spectral Matching Method, Bulletin of the JSME, Vol. 24, No. 193, 1176=1184, 1981.
- 8) T. Sugimura: Behavior of Detonations Passing through Reflection Nozzles, Series B, Vol. 38, No. 3 (1995) 353-359.
- 9) 杉村忠良, 佐々浩司, 藤原俊隆: 矩形障害物間を伝播するデトネーションの安定性, 日本機械学会論文集 (B編) 58 巻, 547 号(1992) 274-920.
- 10) 杉村忠良: 曲がった 2 次元チャンネル内のデトネーション, 名城大学理工学部研究報告, No. 19, pp.179-186, 1979.
- 11) 山本裕之, 他 3 名: 低い初期圧力下におけるデトネーションの伝播挙動, 日本機械学会東海支部第 63 期総会・講演会 2014-3.
- 12) 杉村忠良: 二次元非定常デトネーションの高分解計算, 名城大学理工学部研究報告, 第 29 号, pp.92-103, 1989.
- 13) T. Sugimura, K. Takegawa, S. Yamaguchi: Numerical Analysis of a Cellular Detonation, Proc. 5th Asian Symp. Visuliz. (1998), pp. 164-169.
- 14) 竹川国之, 小長野源蔵, 杉村忠良, 数値計算による爆轟波形成に関する一提案, 日本機械学会論文集 (B編) Vol. 68, No. 669 (2002), pp.25-261.
- 15) 杉村忠良, 黒宮康弘, 瀧 佳弘: 矩形断面チューブ内を伝播するデトネーションの挙動, 名城大学総合研究所総合学術研究論文集, 第 5 号, (2006) pp.173-181.
- 16) 杉村忠良, 泉井泰希: 爆轟波形態の崩壊から再生過程への伝播挙動, 名城大学総合研究所総合学術研究論文集, 第 6 号, (2007) pp.219-225.
- 17) 横江博樹, 杉村忠良: 三次元デトネーションの管幅依存性に関する数値解析, 日本機械学会論文集 B編, Vol. 79, No. 803 (2013), pp.1342-1353.
- 18) 横江博樹, 杉村忠良: 矩形管を伝播する三次元爆轟波挙動の断面形状による依存性, 日本機械学会論文集, Vol. 80, No. 815, (2014) pp.1-15.
- 19) 小澤賢翁, 横江博樹, 杉村忠良: 障害物による爆轟波伝播挙動の変化に関する数値解析, 日本機械学会東海支部 63 期総会・講演会, 2014 講演集 (No.318).
- 20) 木村雄介, 他 3 名: 拡大管におけるデトネーションの再生過程に関する数値解析, 日本機械学会東海支部 63 期総会・講演会, 2014 講演集 (No.321).

謝辞

本稿は, 私の研究室に所属した多くの学生諸君の不断の努力によって得られた結果をまとめたものである. ここに感謝の意を表します. また幾日も煩雑な多くの資料の整理を快く引き受けてくれました小澤賢翁君には心よりお礼を申し上げます.

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

模型飛行機用エンジンを用いた実感教育の教育効果

村上好生¹⁾

Effect of Engineering Sense Education Using Model-Airplane Engine

Yoshio MURAKAMI¹⁾

Abstract

It is necessary for students aiming to become engineers to touch and feel objects. This will be useful in understanding what engineering is. In the Department of Vehicle and Mechanical Engineering at Meijo University, one course offered during the first year is titled 'HAND ENGINEERING'. A model airplane, with a 4-stroke-cycle glow engine, is used as a hands-on teaching material. Each student has their own engine and is required to sketch the appearance, overhaul the engine, measure its parts, assemble it, give it a tune up and operate the engine. Through this series of experiences students will acquire a sense of handling the mechanism and an understanding of basic engineering theory.

1. まえがき

学生のモノ作りに対する興味を喚起するためのカリキュラムの工夫が各大学でなされ始めた時と時期を同じくして、平成5年度(1993年度)開講を目指して理工学部カリキュラム改正特別委員会(委員長:奥出宗重教授)においてカリキュラムの検討がなされ、実感教育科目が設けられた。筆者が在職中に教育に関する貢献に対して、平成20年度に教育優秀職員表彰「実体験形教育を通じての『ものづくり』完成の育成教育」を受賞したのは、カリキュラム改正に際して実感教育科目を設けたことが認められたからである。

交通機械工学科(当時は交通機械学科)では学生に対して、モノに触れ、観察し、自身で取り組んだものを動かし性能を発揮する一連の作業を踏まえて、学生自らが達成感や完成感を体感できる実感教育科目を設定した。科目名は「ハンドエンジニアリング」で、交通機械工学科で専門科目を学ぶ上で、機能品であるモノを直接手で触り、その機能を観察するなど、まず身体で実感して「物」に対する興味を湧かしたせ、それに盛り込まれている工学的事項を理解し、工学に愛着を持ち、親しみ、楽しみを見出すことができるこのハンドエンジニアリングでの教

育は、工学的理論を理解する助けになることを目的としており、このような教育法を「実感教育」と呼んでいる。

本目的を達成するために、開講学年は1年次とし、専門科目を学ぶ以前にモノに触れるようにしている。ここでは、実感教育科目群の一つである「ハンドエンジニアリング」の教育内容を紹介する。教材は模型飛行機に用いられる実物の超小型4サイクルグローエンジンである。このエンジンは小形で、一人一台を担当できる。構造上、潤滑油は燃料に混合して供給するので廃油処理が不要であり、点火装置はグロープラグ式であることから点火装置は内蔵しておらず構造が簡単で使用工具も僅かである。このエンジンに着眼できたのは、筆者の専門であるエンジン工学の面からの経験が役立っている。

学生の自主性向上の面から、テキストを準備し、学生はテキストに従って項目ごとに作業を進めることを基本にした。教員は安全面の指導および学生の自主的・自立心の達成の支援に努め、学生自らが能動的に行動することを主眼とした。

実技実施内容は、エンジン外観の構造観察とスケッチ、分解作業途中での構成部品の形状描画と寸法測定(スケッチ・製図)、自らの手で組立て、調整、完成調整、補正、再調整、完成運転などを体験する。一連の作業で発見される工学事項の一つ一つは、工業力学、材料力学、

1) 交通機械工学科

1) Department of Vehicle and Mechanical Engineering

熱力学, 流体力学, 機構学, 機械要素, 設計工学, 機械工作, 構造力学など多岐に渡っている. このことによって, 工学理論を身近に感じ, 工学に興味を覚え, 工学に対する総合力を養う第一歩となる.

交通機械工学科に入学する学生の多くは自動車, オートバイ, 航空機などの, いわゆる交通機械に興味があるであろうが, それらのモノに触れるチャンスや経験が少ないと考えられる. モノに触れる経験の少ない状態で本学科に配属された学生に対して, 模型飛行機用の超小形4サイクルグローエンジンはモノ作りへの興味を喚起するだろうし, 同時にエンジンの難しさを克服して学生達が得た達成感, 学生モノ作りへのチャレンジにつながることであり, 学生自らの自信につながることを期待できる.

本科目がスタートした平成5年度(1993年度)では1年次開講であったが, 平成16年度(2004年度)から理工学部では系方式の入学試験が採用され, 理工学部入学の1年次生全員に, 専門科目を含まない共通の授業科目が取り入れられたため, 本科目は2年次に開講されることになったが, 平成23年度(2011年度)に学科名を交通機械工学科に変更すると同時に「ハンドエンジニアリング」および他の実感教育科目を再び1年次開講科目にし, 現在に到っている.

2. 指導要領

実施人数は学生をA, Bクラスに分け, 1クラスを6班に分け, 1班12人~15人を1人の教員で担当した. ハンドエンジニアリングのテキストを準備し, エンジンに関する基礎知識, 分解・組立・調整方法, および工学基礎の理解につながる諸項目を記載した. 学生はこのテキストに従って作業項目毎に自らが解釈しながら作業を進めることを基本にした. 指導教員は安全面の指導および学生の自主的な自立心の達成のための援助に努めることとした. 知識を伝授する事が主眼ではなく, 手とり足とりで作業をこなすことはしない. 学生自らが能動的に行動する必要性を指導するため, 指導教員は直ぐには手を出さないこととした. このことで, 学生達は指示待ち状態では先に進めないことを体験して, 積極的にものごとに挑戦する体験をするように配慮した. テキスト作成に当たっては, 低学年次から見て興味湧くものにすると同時に学生の自主性を育てる上から, 学生自ら自習的にテキストに沿って実技を行うことによって目的とする課題を完成できるようにした.

3. 実施要領

エンジンは高速型であり, 試運転・最終評価運転ではプロペラを装備することから, 安全面での意識を高く持って取り組んでもらうため, 服装, 安全, 環境, 工具等に関する教育も行っている. 複数教員で担当することから, 班毎での指導内容の差異が生じないように, 毎時限授業開始前15分間, 指導教員同士の打ち合わせを行っている.

1台のエンジンをを用いて一連の工程を連続して行うため, 2時限(180分)を7回連続して使用した. 7回のうち, 実技1回目は本科目のガイダンスを行う. ガイダンスでは実施要領を説明するのみに留まらず, 安全教育, 環境教育, 工具使用法, エンジ機能説明, 立体描画説明なども行う. ガイダンスでの受講上の注意では躰を含む服装・靴, 集合時間厳守, レポート提出時間厳守の徹底を伝えている. また, 課題の進捗状況は当日の達成目標まで完成するようにしている.

4. 貸与品

実技2回目に, 異なった大きさの3種類のエンジンの中から1台の貸与エンジンおよび工具等はFig.1に示しているように, 収納箱に一式を収めて渡す. 次回からの実技開始・終了において, 貸与品の持ち出し, 格納, 内容物の確認は総て学生の自己責任で行う. 貸与後各自でチェックしたのち不足品やエンジンの不具合箇所等を発見した場合は, 直ちに申し出ることとし, それ以後は自己管理を徹底することにして責任感を持たせた. エンジンには総て番号を記入しており, レポート等には必ずエンジン番号の記入を義務づけている.



Fig.1 Engine and Tools

5. 実施の様子

エンジン分解に先立って、エンジンの外観を Fig.2 のようにスケッチし、パーツの取り付け状態を記録する。Fig.3 は分解前にバルブタイミングの測定を行っている様子で、バルブタイミング測定はエンジン組み立て後も行っている。Fig.4 は分解後の様子で、各 부품のスケッチを行い、寸法測定を行って部品図を完成させる。Fig.5 は燃焼室容積の測定の様子で、注射器でスピンドルオイルを燃焼室内注入している。主要構成部分については、Fig.6 に示すようなテクニカルイラストレーションを描く。この時点では、図学の講義において等測図(等角図)についての学びが完了しているように授業科目間の連携をとっている。

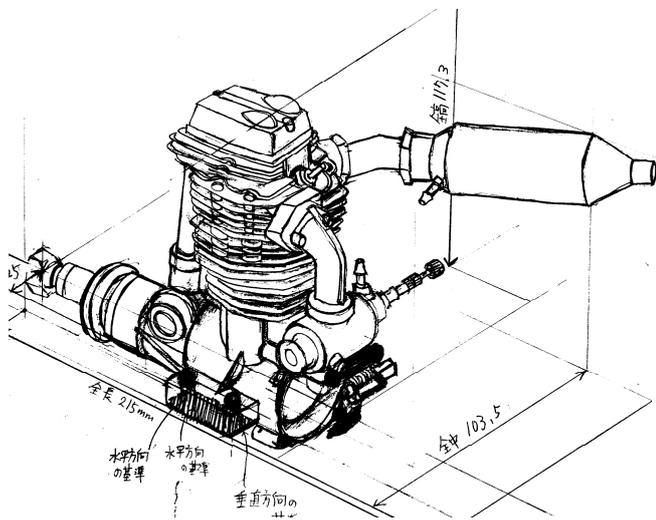


Fig.2 Exterior Sketch of Engine

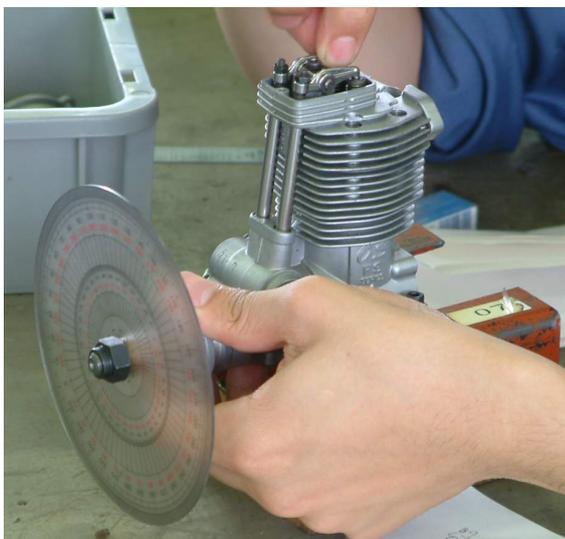


Fig.3 Measurement of Valve Timing

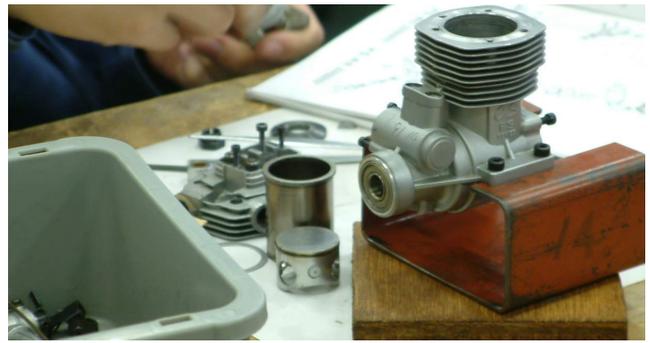


Fig.4 State of Disassembly



Fig.5 Measurement of Combustion Chamber Volume

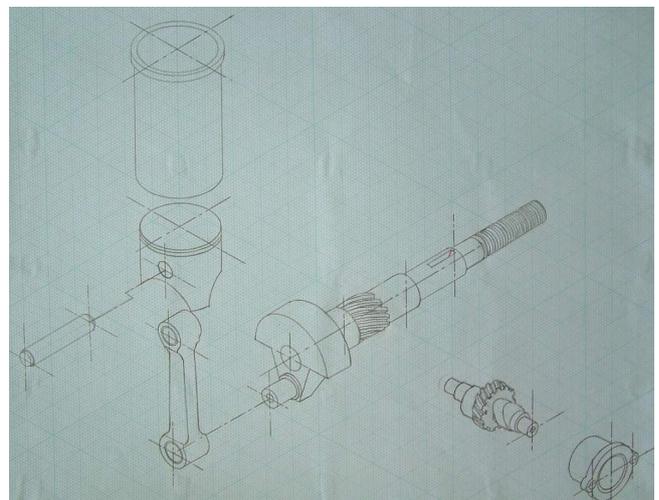


Fig.6 Technical Illustration

スケッチののち、各部寸法を測定・記入、その後組み立て・調整を行って、学生自身がエンジンは完成と認識した時点で、関係運転の順番を登録する。運転は Fig.7 に示すように、1台ずつ運転台にセットし、エンジンの仕上がり状態・回転状態を指導教員が点検する。指導教員からの運転「合格」が告げられた時点で組み立て完了とし

ている。圧縮漏れやバルブタイミング調整不良で回転が上昇しない場合は運転「不合格」が告げられる。不合格の場合は、再度所定の工程までさかのぼった状態に分解し再組み立て・再調整を行い、再運転を申請する。

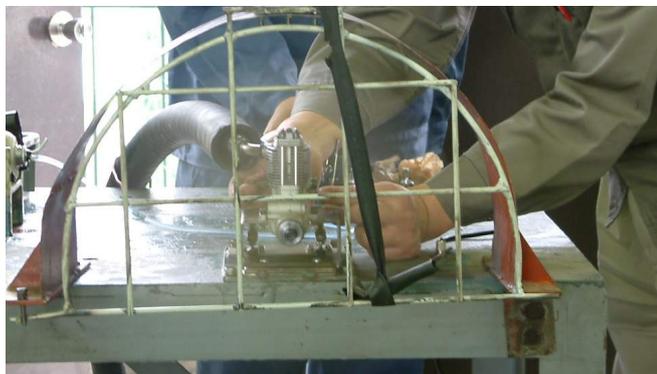


Fig.7 Firing Operation of Engine

6. 実技事項

模型飛行機用エンジンを実施計画の日程に沿って観察、分解、スケッチ、組立、調整、試運転の一連の作業から得られる実感事項は多岐にわたる。それらは、見る実感、触れる実感、動かす実感、分解手順を見出す実感、分解する実感、外す実感、調べる実感、部品を観察する実感、測定器を使用する実感、測定値を得る実感、形状を図示する実感、寸法で描画する実感、機能するように組み立てる実感、潤滑油を塗布する実感、動きを確認する実感、調整する実感、完成させる実感、運転する実感などである。一連の項目を実感し、完成運転に成功すると完成感が得られ、一つのことをやり遂げた満足感や達成感が得られる。実技項目と実感項目を Table 1 および Table 2 に示した。

7. 実感事項

受講学生のレポート項目のひとつに受講後の感想を述べる項目を指定し、自由に記載してもらった。それらを項目毎に分類して、項目毎の人数を以下のようにまとめた。

7.1 実感事項

- ①完成運転で「合格」を得た感動 79
 ○感動した。○充実感があつた。○達成感があつた。
 ○満足した。○楽しかった。○嬉しかった。○面白かった。
 ○安堵した。○努力のこいがあつた。○やれる自信ができた。○少しは成長した。○自分はすごいと思った。

Table 1 Working Items and Realization (1)

実技項目	実感事項
工具類の貸与	数量確認。管理責任、持ち出し責任、収納責任を実感。
外観スケッチ	全体観察。部品配列確認。装置類作動確認。
プロペラシャフト手動回転	回転方向確認。回転中の回転力変化観察。回転力差異の確認。差異発生理由の考察。
ボルト等外し	回す方向確認。回す力の確認。呼び径と長さ測定・記録。
キャブレタ外し	アッセンブリ状態の確認。
排気管外し	二重ナット構造確認。
グロープラグ外し	圧縮のない状態での手回し回転力の差異考察。
ヘッドカバー、リヤハウジング外し	バルブが動く時期とピストン・クランク機構との関係を観察。
バルブクリアランスの確認	クリアランスの有無を体感。吸気・排気弁の開閉状態とピストン行程との関係を観察。
ピストンの TDC (上死点) 確認	種々の確認方法を考察。TDC マークの必要性を考察。
バルブタイミング測定	円分度板の適性取り付け、固定方法の体感。開閉タイミング（開閉瞬間）を体感。
バルブタイミング図描画	バルブの開閉時期と TDC, BDC 位置の関係を実測値から把握。
シリンダヘッド外し	ヘッドボルト締付力を体感。
ピストンストローク測定	手回しでの回転力の差異を考察。ノギスのデプス測定を体感。
ピストンストローク線図描画	ストロークとクランク回転角度との関係を考察。クランクメカニズムの理解。
シリンダライナ外し	シリンダライナ外径測定値とブロック内径測定値とで得られるはめあい状態を体感。隙間の値をノギスで判明できるかを体感。
コンロッド、ピストン外し	クランクメカニズム構成要素の実物を体感。
コンロッド長の測定	2 穴の中心間距離の測定を体感。

Table 2 Working Items and Realization (2)

実技項目	実感事項
カムシャフト外し, 測定	歯車駆動機構観察. タイミングマーク観察. タイミング不適合による運転への障害の考察.
クランクシャフト外し, 測定	エンジン主要部品観察. 各部測定. クランクアーム長確認. ストローク線図の理論値計算と実測値比較.
シリンダ内径測定	ノギスによる内径測定体験. 行程容積 (排気量) 計算.
燃焼室容積測定	構成部位を図示, 解説. 容積を油で測定.
圧縮比の計算	実測値を用いての圧縮比計算. 圧縮圧力の理論値計算. 圧力の単位の取り扱いを体験.
慣性部品の質量測定, 慣性力計算	ピストン, ピストンピン, コンロッドの質量から慣性力を計算. 重力加速度(G)の倍数の考察.
部品スケッチ	分解した部品の全部をフリーハンドでスケッチする描画体験. 三面図で図面清書, 製図完成・提出.
テクニカルイラストレーション	スケッチ部品のテクニカルイラストレーション描画体験. 作品完成・提出.
組み立て工程	潤滑油塗布を指先で体験. 組み立て手法の体験.
締め付け力の管理	ねじを破損させずに, かつ確実な締め付け体験. 試運転で緩んだ場合は未完成扱いを体験.
可動要素の動きを確認	部品の組み立て毎に動きを確認する必要性の体感.
バルブタイミングの再測定	エンジン調整の最重要測定値の体感.
完成運転	不具合部の再組み立て体験. 完成運転で出力が十分に発揮できた時の実感. 達成感の実感.
貸与品の返納	エンジン, 工具の油分拭取り, 清掃. 数量確認. 紛失物の自己申告. 返却リストへのサイン. 貸与品の格納.
レポート提出	実技項目毎でのレポートを毎週提出. 採点后返却. レポートの再構築・再評価体験.

○やりがいを感じた. ○一人でやりあげた充実感があった. ○感動してエンジンを返却したくなかった. ○気持ち良かった. ○感激した. ○喜びがあった. ○エンジンニアの魅力を感じた.

②エンジンパワー 31
○高回転. ○音の大きさ. ○振動などの激しさ. ○マフラーの過熱状態. ○驚いた. ○興奮した.

③実物に触れ, ものを知ることができた. 34

④正しい作業の必要性. 29
○不具合やミスを発生させた体験. ○完成するまでやり直した体験.

⑤緊張感からの安堵感. 27
回ったことに対して, ヤッタと言う感激.

⑥実物から得られた数値での計算体験. 6

⑦実技ができる喜び. 2

⑧楽しそうだったが, 大変だった. 2

⑨初めてで苦労した. 5

⑩分解より組み立てが大変だった. 2

7.2 自発性

①他人より理解度が乏しく苦労したが, 努力した. 27
○挫折しそうだった. ○腹を立てた. ○時間がかかり遅くまでやった. ○一人で1台をやった. ○図書館で調べた. ○苦労は報われた. ○悩みながら行った. ○一人残ってやりとげた.

②手順書通り行い, 分かりやすかった. 18

③あまり説明がなかったが, 自ら考えながらできた. 1

④今後, 日々の行動に自覚と責任を持ちたい 1

7.3 将来展望

①今後に, この体験を生かしたい. 11

②技術者になる第一歩としての心構えを実感した. 6

- ③この授業の厳しさは社会では当然であるだろうし、立派な技術士になりたい。 1
- ④他のモノについてもやりたい。 3
- ⑤自分のエンジンのオーバーホールをしてみたい。 1

7.4 レポート

- ①レポート量が多く、かなり難しかった。 5
- ②多くの知識が身についた。 2

7.5 授業評価

- ①講義にはない、有意義な良い勉強になった。 23
- ②難しかった。 5
- ③楽しく感じた。 4
- ④エンジン開発者に頭が下がる。 3
- ⑤やりがいのあるカリキュラム。 2
- ⑥エンジンの凄さから飛行機の飛ぶ感覚を知った。 2
- ⑦他の講義科目との関連が少しわかった。 1
- ⑧設計,開発の難しさを実感できた。 1
- ⑨もの作りの本質を少し知った。 1
- ⑩エンジンで学んだことは多く,技術的なこともあるが精神的にも多くを学んだ。 1
- ⑪責任感を養った。 1
- ⑫大学に入っての良い経験であった。 1

7.6 工具, 測定具の使用

- ①工具の使用, 測定具の使用を体験した。 16
- ②製図手法が会得できた。 1

- ③スケッチは難しかった。 1
- ④スケッチは難しかったが, 力がついた。 4

7.7 エンジン作業

- ①作業を通じてエンジンの仕組みが分かった。 66
○精密品である。○小さい部品が性能に影響する。○専門知識を得た。○構成部品名を知った。
- ②始める前に不安や戸惑いがあった。 36
○エンジンのことを知らない。○壊すかもしれない。
- ③バルブタイミングの測定, カムシャフト取り付けに苦労した。 21
- ④エンジンや車に対する興味が増した。 12
- ⑤ その他
 - 始める前から楽しみであった。 1
 - 潤滑の大切さが分かった。 1
 - バルブ、カム系は新鮮であった。 1
 - ピストンリングの気密作用に驚いた。 1
 - バルブタイミングの重要さが分かった。 1

8. 実感教育の評価

交通機械工学科(交通機械学科, 交通科学科)で取り組んだ実感教育の内容は教育の分野で講演発表した^{1),2),3),4),5)}。これらの発表内容に対して2001年8月21日,(社)日本機械学会2001年度年次大会,技術と社会部門において優秀講演論文表彰を受けた。また,実感教育科目は平成5年度(1993年度)から実施されたが,一連の実感教育科目「ハンドエンジニアリングⅠ,Ⅱ」,「交通システム実習Ⅰ,Ⅱ」,「スタイリングⅠ,Ⅱ」教育内容に対して,研究課題「機械系学生の実感教育による観察力と感性の育成」は「特色ある教育研究」として1993年からの3年間にわたり私学振興財団からの補助金を受給した。

9. あとがき

模型飛行機用エンジンは小型で場所をとらず,学生一人に1台を担当させる事ができる。完成運転は一気に70台程度を行うが,取り付けジグ,始動装置などの工夫により全学生のエンジンの運転が可能である。実技項目は

多岐に渡って設定できるので、実感事項を実技工程途中に配置しての実感教育が可能である。開講学年によって実技達成度に若干の差異はあるが、低学年での実施に最適であるといえる。平成5年度から今日まで、内容を吟味し工夫を加えながら続けてきたが、私学振興財団からの助成金や実感教育としての授業内容の講演発表に対する表彰など、外部からの評価も高い。近年、他大学でもエンジンをテーマとした内容の授業の例が見られる⁶⁾。

謝辞

ハンドエンジニアリングでの教材・模型飛行機用4サイクルグローエンジンの提供については小川精機株式会社のご援助をいただいた。ここに謝意を表します。最後に、本テーマ「ハンドエンジニアリング」に関する実施上のご協力およびご援助をいただいた当時の奥出宗重教授、横森 求教授、早藤英俊講師に心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 早藤英俊, 村上好生, 横森求, 奥出宗重, 「理工学部学生の実感教育, その1」, 日本機械学会 1999 年度年次大会講演論文集, Vol.V, No.99-1, pp.438-439, 1999
- 2) 村上好生, 早藤英俊, 横森求, 奥出宗重, 「理工学部学生の実感教育, その2」, 日本機械学会 1999 年度年次大会講演論文集, Vol.V, No.99-1, pp.440-441, 1999
- 3) 村上好生, 早藤英俊, 横森求, 奥出宗重, 「実感教育における学生の行動・反応」, 日本機械学会 2000 年度年次大会講演論文集, Vol.IV, No.00-1, pp.597-598, 2000
- 4) 早藤英俊, 村上好生, 横森求, 奥出宗重, 「実感教育の課題」, 日本機械学会 2000 年度年次大会講演論文集, Vol.IV, No.00-1, pp.599-600, 2000
- 5) 村上好生, 早藤英俊, 横森求, 奥出宗重, 「思考しながら遂行する実感教育の一工夫」, 日本機械学会 2001 年度年次大会講演論文集, Vol.IV, No.01-1, pp.381-382, 2001
- 6) 石川正昭, 「エンジンを教材とした教育の一方法」, 日本工学教育協会, 工学教育, Vol.53, No.2, pp.43-48, 2005

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

衝撃荷重による塑性座屈モード遷移 (円管の軸圧縮の場合)

村 瀬 勝 彦¹⁾

Transition of Plastic Buckling Modes for Circular Tubes Subjected to an Impact Axial Compressive Load by Katsuhiko MURASE¹⁾

Abstract

This study examines the conditions of the transition from progressive plastic buckling to dynamic plastic buckling on thin-walled circular tube with an increase in the impact velocity. This report deals with the discussion of numerical analysis for buckling modes. Their buckling modes are progressive plastic buckling, dynamic plastic buckling and funnel-form type deformation. FEM were used for sixteen kinds of ends conditions. The transitions of their plastic buckling modes of circular tube for impact axial loading were obtained for change of initial deformations and impact velocities.

1. 緒言

衝撃荷重による弾性座屈は多く調べられているが、塑性座屈については不明な点が多く、今後の研究が必要なところである。衝撃軸圧縮荷重を受ける円管の塑性座屈モードについては連続塑性座屈、動的塑性座屈がよく知られているが、どの座屈モードが生ずるかといったクライテリアについては依然として明らかにされていない。それらの発生条件に関する要因として、1)管の形状、寸法¹⁾²⁾、2)材料定数³⁾⁴⁾、3)衝撃速度⁵⁾⁶⁾、4)管壁両端面の境界条件⁷⁾⁸⁾、5)初期変形形状とその量⁷⁾、などに依存するものと考えられ、それぞれ報告されている。しかし、それらに対する系統的、総合的な研究は不十分のようである。その原因の一つとして、佐々木の研究³⁾においては、実験法の困難性をあげ、数値計算法を用いている。一般に、数値計算法の結果は、本問題のような高次の非線形問題においては、計算結果が量的に実験値と一致しない場合があるが、入力データ間の変化に対する相対的特性については、有用性が高いと考えることができる。

著者らは、衝撃軸圧縮荷重が加わる円管の塑性座屈モードの遷移については、上述の項目 4) の管壁両端面の境界条件による影響が重要であると指摘している⁷⁾⁸⁾。具体的には、衝撃圧縮負荷時において、端面は半径方向に大きな速度を生ずるため、静的負荷に比べて摩擦係数が小さくなって、半径方向変位の拘束は、自由となる。一方、端面の回転角は肉厚

に渡って分布する軸方向垂直応力によって曲げ変形が拘束されるものと指摘している⁷⁾。この拘束条件、すなわち半径方向変位自由、回転角拘束の拘束条件によってのみ動的塑性座屈が発生するものと報告してきた。この点を更に明確にするには、これ以外の拘束条件に対する変形挙動を調べる必要がある。これらに対する拘束条件の種類は、後に詳述するが 16 種類あり、すべてを実験的に調べることは困難であり、数値計算法が都合がよい。

ところで、軸圧縮荷重を受ける円管は端面において軸方向反力をうけるがポアソン比に関係して、半径方向変位が生じ、拘束条件あるいは支持面との摩擦抵抗によって半径方向反力が生じる。これらの軸方向と半径方向との反力比によって変形モードが変化することは分かっているが、その詳細については明らかにされていない。そこで本報では、この点を取り扱う問題として、円管がその軸線を共有して円錐体剛壁に衝突する現象を考える。この解析には、これまでに用いてきた有限要素法による弾粘塑性変形解析^{9) 10)}を本問題に拡張すればよい。これによって円錐体頂角を任意に変化させ、その円管の変形特性をみるのが可能である。本報では、前述の諸項目の特性を明らかにするため、円錐体の頂角を 180 度の場合すなわち平面の場合について適用する。これによって 16 種類の拘束条件に対する各変形モードを調べ、動的塑性座屈の生ずる条件を明らかにする。次に、その円管端面の摩擦係数の変化に対する塑性変形特性及び初期変形の形状とその量に対する

1) 交通機械工学科

1) Department of vehicle and mechanical engineering

塑性変形特性について調べる。最後にそれらの場合の動的塑性座屈の発生する条件のもとで、衝撃速度変化にたいして、塑性座屈モード遷移を数値的に明らかにする。

2. 円錐体に衝突する円管の有限要素法解析

本研究の解析手法として、文献9), 10)に示されている、有限要素法による弾/粘塑性解析法を用いる。円管が軸圧縮を受け、その壁面が軸対称に変形する場合を考える。本章では前章で述べたように円管端面から受ける軸圧縮方向反力と半径方向反力に対する円管の挙動を明らかにするため、端面に接触する部分の形状を円錐体とし、これに円管が衝突する基礎式を求める。その際、円管の中心軸と円錐体のそれが一致するように衝突するものとする。Fig.1(a)はこの状態を示している。この図において、 θ は円錐体母線と底面とのなす角である。円錐体から円管に作用する垂直反力を F 、摩擦力を F_θ とする。両者の合力 P が、図中に示されている。円管端面が円錐体から受ける力は、垂直反力と摩擦力である。まず、垂直反力について説明する。Fig.1(a)における、円管と支持壁との接触部付近の拡大図を、Fig.1(b)に示す。円錐体の頂点を通る管軸方向に x 軸をとり、その垂直方向に z 軸をとる。支持壁の円錐体母線の式は $x+bz+c=0$ である。この式を右辺を r として、

$$x+bz+c=r \tag{1}$$

と表す。ここで b, c, r はいずれも定数である。円管を輪状要素に分割し、円錐体表面に接触する可能性のある節点について考える。始め円管節点が円錐体に接触し軸荷重によって、円錐体表面が内側に変位し、その接触点の位置を (x_1, y_1) とする。元の円錐体母線から (x_1, y_1) までの距離を Δ とする。その図が Fig.1(b) である。この Δ に比例した垂直反力 F を円管接触面上に作用させれば、円管端面が円錐体表面に沿って移動することになる。この Δ と F の比例定数を一定として、接触剛性 K とすれば、次式が成り立つ。

$$F = K\Delta \tag{2}$$

ここで、 Δ は、幾何学的関係から次のように求められる。

$$\Delta = (x_1 + bz_1 + c) / (1 + b^2) \tag{3}$$

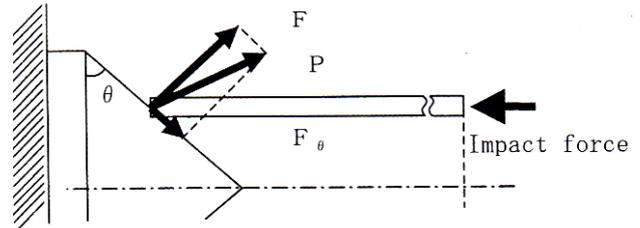


Fig. 1(a) Cone block and circular tube

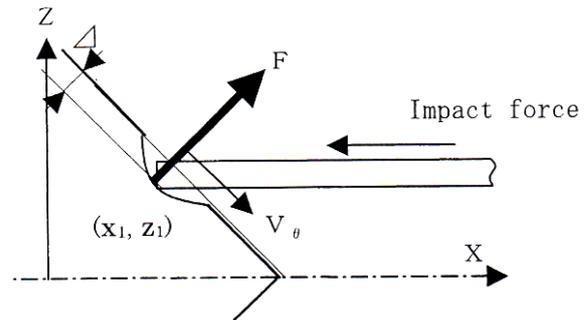


Fig. 1(b) Contact surface

次に、壁面に接触している円管の節点に作用する摩擦力について説明する。この摩擦力は、変位の方によって作用する方向が変化する。円錐体の頂点方向を正とすると、節点速度の斜面方向成分 V_θ は、次のようになる。

$$V_\theta = V_z \cos \theta - V_x \sin \theta \tag{4}$$

この V_θ を摩擦力発生方向の判別に使用する。円管と円錐体との間の摩擦係数を ν とすると、摩擦力 F_θ は次式で表せれる。

$$F_\theta = \nu F \tag{5}$$

この時、 F_θ の方向は、 V_θ の反対方向である。摩擦係数 ν の値は、動摩擦係数が静摩擦より小さいことから、 V_θ の増加に伴って減少する特性を有するが、基礎的特性を把握するために、摩擦係数 ν を一定とする。

θ は任意の値を取ることができるが、本報では $\theta=0$ 、つまり、平面状の支持壁に円管を取り付けたと考える。円管端面と支持壁との間の摩擦係数を変化させ、座屈モード遷移特性を明らかにする。

Table 1 は、本報において用いた計算用入力データを示す。軸長/直径比が 4.0、肉厚/直径比が 0.04 のアルミニウム円管である。

3. 両端拘束条件による影響

円管に軸圧縮荷重が作用する場合の端末拘束条件

は、半径方向変位と回転角のそれぞれについて、自由と固定がある。よって片側で4種類、両端では4×4で16種類が存在する。Fig. 2は拘束状態を衝撃端の同一拘束条件別に4つのグループに分けたものである。それぞれの拘束条件を、自由をF、固定をCとして図中に示したような記号で表す。

第1グループは半径方向変位、回転角共に自由の場合である。第2グループは半径方向変位を固定し回転角を自由にした場合、第3グループは半径方向変位を自由にし回転角を固定にした場合、第4グループは半径方向変位、回転角共に固定した場合である。

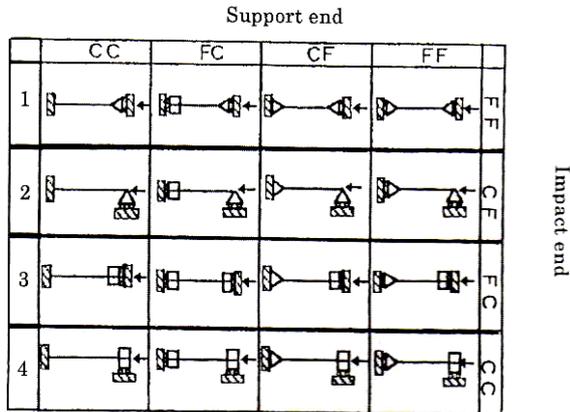


Fig.2 Boundary conditions

Table 1 Input data

v_T	Impact velocity	20m/s
d	Diameter	25mm
M	Attached mass	60kg
h	Thickness	1.0mm
E	Young's modulus	70.6GPa
σ_0	Yielding stress	307MPa
ρ	Specific mass	2700kg/m ³
m	Mass of specimen	0.51kg
L	Length of specimen	100mm

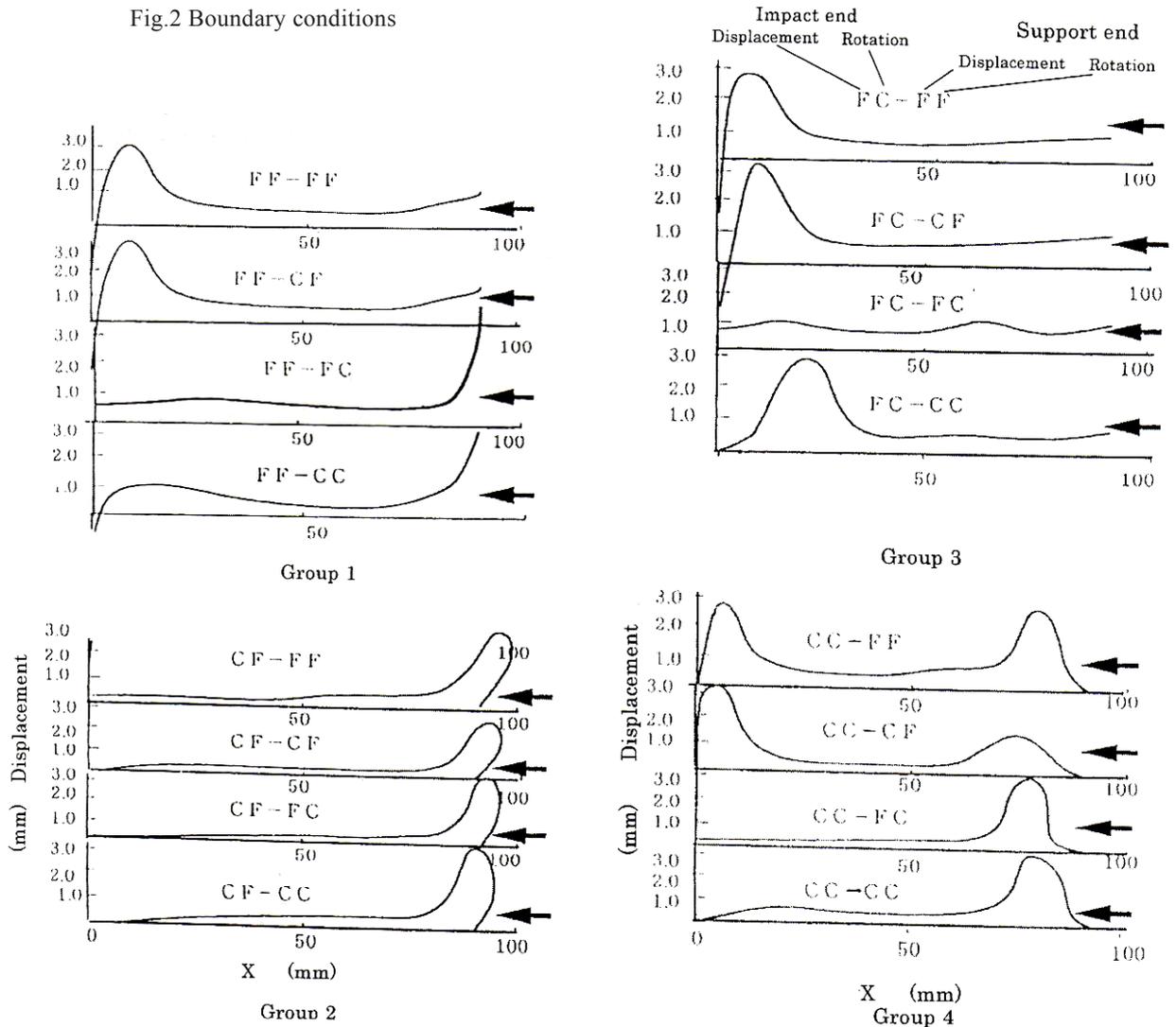


Fig. 3 Deformation curves for each boundary conditions

各グループにおいて、支持端の拘束条件も4種類存在する。これらすべての拘束条件について、FEM計算により円管の変形後の形状を求めた。衝撃速度入力法は、強制変位法を使用し、衝撃負荷開始から500 μ s後の円管壁面の変形曲線を求めた。これらの計算結果をFig.3に示す。

同図の計算結果をみると、まず、半径方向変位を拘束した場合は、すべて局部座屈が発生している。これは、弾性域及び塑性域においてポアソン比により半径方向に膨張するが、両端の変位が拘束されると、管壁の両端と中央付近で生じる半径方向変位差によって外側へと曲げる曲げモーメントが生じ、局部的に大きな曲げ応力が作用して、局部変形が生ずるものと考えられる。動的塑性座屈が発生するためには、管壁全体にわたって応力が均等に作用し、軸長全体に亘り細かな曲げ変形が生ずることが必要であるため、半径方向変位差による曲げモーメントが生じないように円管が変形しなければならない。回転角を自由にした場合、第3グループは半径方向変位を自由にし回転角を固定にした場合、第4グループは半径方向変位、回転角共に固定した場合である。各グループにおいてしか隣接要素が存在しないため、中央部より自由度が増す。よって、端面の回転角の拘束についてこれを自由にする、端面付近での半径方向変位が生じ易くなる。また、先端の回転角を自由にしたことにより、端面では曲げモーメントによって大きな回転角が生じるためであると考えられる。

以上のことから、動的塑性座屈が発生するためには、円管が軸長全体に亘って均等に半径方向変位を生ずることが必要となる。従って、動的塑性座屈が発生する条件として、両端の半径方向変位が自由であり、回転角が拘束されていることが必要となる。これを満たしている、FC-FC条件の拘束条件のみ、動的塑性座屈が発生していることがわかる。

4. 端面の摩擦条件による影響

前項で考えた両端の拘束条件は、FC-FCの時、動的塑性座屈が発生することがわかった。一方、拘束条件がCC-FCの場合は、CC側において局部座屈が発生することがわかった。FC-FCとCC-FCの拘束条件の違いは、衝撃端における半径方向変位が自由か拘束されているかの相違である。

実際の現象においては、管壁が支持面上を半径方向に変位する際は、接触する支持壁との間に発生する摩擦力の影響を大きく受ける。その摩擦係数は、円管と接触壁の表面状態、接触状態、管壁の応力状態、或いは管壁の半径方向への移動速度等に依存して変化すると考えられる。この摩擦係数は、0から無限大まで変化すると考えることができる。摩擦係

数が無限大の場合は、半径方向変位を完全に拘束した時である。よって、この摩擦係数が座屈モードの遷移に影響を与えることが考えられる。

座屈モードの遷移条件を調べるためには、この摩擦係数の影響も調べる必要がある。そこで、前項で述べた両端拘束条件のうち、衝撃端は半径方向変位自由、回転角拘束とし、支持端は回転角が固定されている場合について考える。摩擦係数 ν を0から1.0まで変化させた際の円管壁面の変形形状を計算した。その結果をFig.4に示す。

同図より、 $\nu=0$ においては動的塑性座屈を生じており、 $\nu=1.0$ では局部座屈を生じている。途中、 $\nu=0.01$ 付近において、動的塑性座屈から局部座屈へ、座屈モードの遷移が生じていることがわかる。従って、動的塑性座屈の発生する摩擦係数の範囲は、 $\nu=0\sim 0.005$ の非常に小さい範囲であることがわかった。局部座屈が発生する際、円管端面は摩擦力による拘束を受けて静止しているのに対し、動的塑性座屈が発生する際には、円管の端面は半径方向に移動するため、静止摩擦から動摩擦に変化する。動摩擦係数は、静止摩擦係数に比べ非常に小さい値になるので、動的塑性座屈の発生する摩擦係数は、非常に小さな値となるものと考えられる。

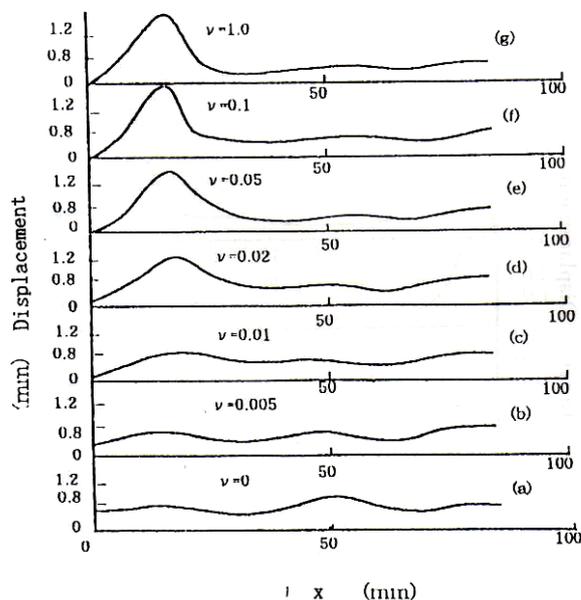


Fig. 4 Deformation curves for friction change

5. 初期変形形状とその量による影響

構造部材には、必ず僅かな初期形状における欠陥が存在する。この初期形状が変化すると、座屈モードが変化する可能性がある。それを明らかにするために、Fig. 5(a)~(c)に示す3種類の台形型の初期形状について計算を行った。中央部の高さは3種類と

も $45\mu\text{m}$ に統一し, 中央水平部分の長さが 2mm , 10mm , 30mm の 3 通りを仮定した. 入力データは Table 1 の値を使用し, 両端の拘束条件は 3 章における FC-FC を使用した. また, 端面の摩擦係数は $\nu=0$ とし, この時の円管壁面の变形形状を計算した. その結果を Fig. 5(a)~(c) に示す.

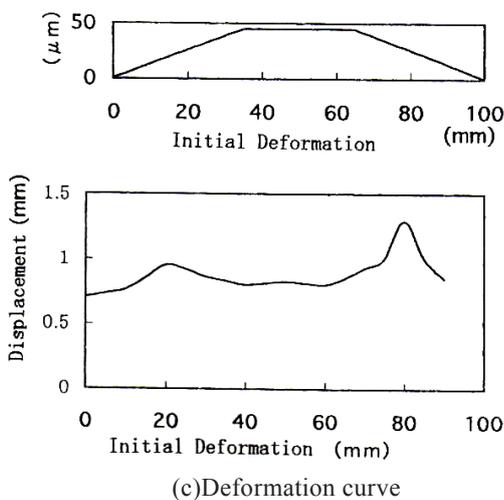
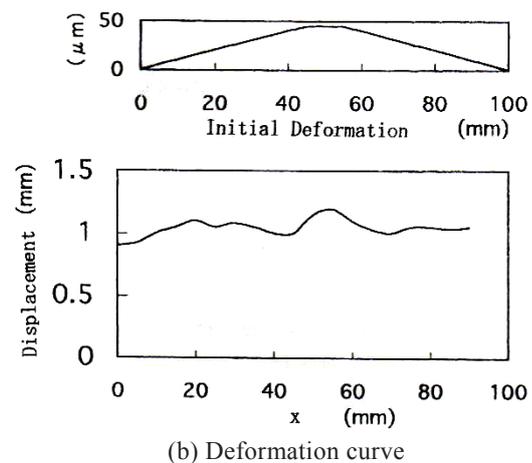
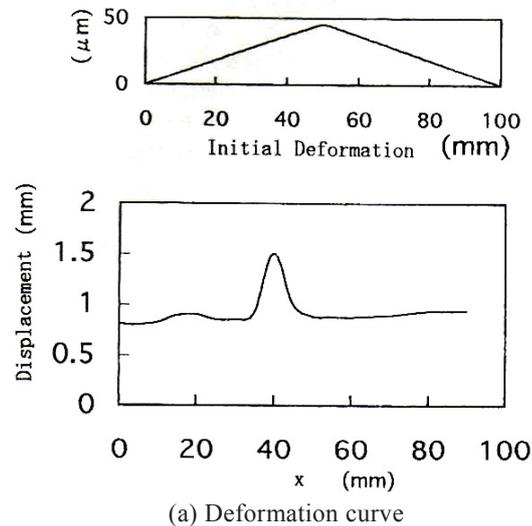


Fig. 5 Deformation curves for change of initial deformation shape

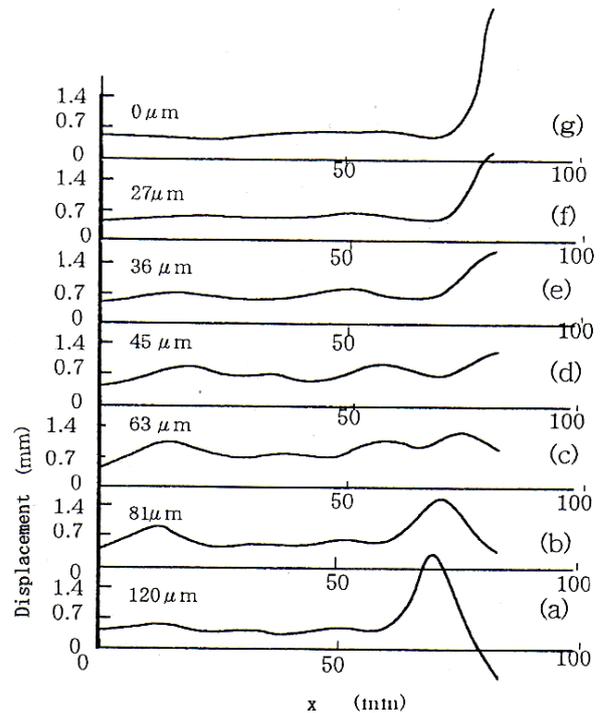


Fig. 6 Deformation curves for change of initial deformation magnitude

同図より, 動的塑性座屈が発生する初期形状は(b) の場合のみであり, (a) は局所的な膨らみが増大することになる. (c) の場合は衝撃端から膨らみが発達して局所的座屈となる. よって, 台形高さを一定にした場合, 中央の水平部分の長さは, 局部座屈から動的塑性座屈へと変化する臨界値を有することがわかる. 軸長 100mm , 直径 25mm , 肉厚 1.0mm の円管の場合, Fig. 5(a)~(c) の計算結果から, その臨界値は $2\sim 10\text{mm}$ の間に存在することがわかった. この 2 つの臨界値の間でのみ, 動的塑性座屈が発生する.

次に, 初期変形の量的変化に対する特性を調べる. ここでは, 台形高さのみを変化させる. Fig. 5(b) の初期変形形状において, 台形高さを $0\mu\text{m}$, $27\mu\text{m}$, $36\mu\text{m}$, $45\mu\text{m}$, $63\mu\text{m}$, $81\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$ の 7 種類の場合について計算を行った. その結果を Fig. 6 に示す. 同図より, 初期変形が無い台形高さ $0\mu\text{m}$ においては, 朝顔型変形が発生し, 台形高さが大きくなるにつれて, この朝顔型変形が次第に小さくなり, $45\mu\text{m}$ では, 円管が軸長全体に亘りほぼ均等に半径方向変位を生じている. つまり, 動的塑性座屈が発生している. さらに初期変形量が増えて $81\mu\text{m}$ になると, 衝撃端に局部座屈が発生する. 以後, 台形高さが大きくなるにつれ, この局部座屈が大きくなる. 即ち, 台形高さが $45\sim 63\mu\text{m}$ において動的塑性座屈が発生し, これより小さいときは朝顔型変形が生じ, 大きくなると衝撃端付近において局部座屈が発生していることがわかる. よって, 中央の水平部分の長さを

一定にした場合、台形高さは、局部座屈から動的塑性座屈へと変化する臨界値を有することがわかる。軸長 100mm, 直径 25mm, 肉厚 1.0mm の円管の場合、Fig.6 の計算結果から、その臨界値は 36~45 μ m の間、及び 63~81 μ m の間に存在することがわかった。この 2 つの臨界値の間でのみ、動的塑性座屈が発生する。

6. 衝撃速度による影響

円管の動的塑性座屈は、高速域での衝撃荷重において発生するので、静的荷重もしくは低速域での衝撃荷重においては、局部座屈を生ずる。この遷移速度を求めることが重要である。2~5 章において述べたように、円管の座屈モードは、両端拘束条件、円管端面と支持壁との間の摩擦係数、及び初期変形によっても影響を受けることがわかった。これら三者の条件において、動的塑性座屈が発生する範囲近傍でなければ、衝撃速度の変化による動的塑性座屈の発生は見られないことが考えられる。

そこで本章では、3~5 章の計算結果より、円管の両端拘束条件は FC-FC とし、円管端面と支持壁との間の摩擦係数は $\nu=0$ とした。また、初期形状は Fig.5(b)を用い、台形高さは 45 μ m とする。この条件下において、衝撃速度を $V_T=10$ m/s, 15 m/s, 20 m/s, 25 m/s, 30 m/s の 5 通りの値を定めて、それぞれの衝撃速度における円管の変形形状を求めた。その結果を Fig.7 に示す。

同図より、 $V_T=10$ m/s においては衝撃端に局部座屈が発生し、 V_T が大きくなるにつれて、この局部変形が

次第に小さくなり、 $V_T=20$ m/s では円管が軸長全体に亘りほぼ均等に半径方向変位を生じている。つまり、動的塑性座屈が発生している。さらに V_T が増大し 25 m/s になると、朝顔型変形が発生する。以後 V_T が大きくなるにつれ、この朝顔型変形が大きくなる。即ち、 $V_T=20$ m/s 付近において動的塑性座屈が発生し、これより小さいときは衝撃端付近において局部座屈が生じ、大きくなると朝顔型変形が発生していることがわかる。

衝撃速度が $V_T=10$ m/s 以下の低速領域において、円管は静的荷重時と同様の挙動を示し、高速になるにつれて衝撃荷重による挙動を示すようになり、動的塑性座屈へと座屈モードが遷移する。計算結果より、その臨界速度は 15~20 m/s の間に存在することがわかる。さらに衝撃速度が大になると、動的塑性座屈から朝顔型変形へと遷移する。この理由は、管壁の衝撃側端面は端面から離れるにつれ、管壁部分は慣性質量の影響を受けて、端面より半径方向への移動が次第に遅れる。高速度域においては、この慣性質量の影響は、特に顕著となる。その結果、円管の中央部から端面に向けて管壁が広がる朝顔型変形となる。これによって、管壁の慣性質量の影響が顕著になり、動的塑性座屈から朝顔型変形へと座屈モードの遷移する臨界速度が存在することになる。計算結果より、その臨界速度は 20~25m/s の間に存在することがわかる。

軸長 100mm, 直径 25mm, 肉厚 1.0mm のアルミニウム円管に、動的塑性座屈が発生する衝撃速度は、20m/s 付近であることがわかる。その ± 5 m/s の間に、局部座屈から動的塑性座屈への遷移速度、及び動的塑性座屈から朝顔型変形への遷移速度が存在することがわかる。

7. まとめ

有限要素法計算によって、軸長/直径比が 4.0, 肉厚/直径比が 0.04 のアルミニウム円管に動的塑性座屈が発生する条件を求めることができた。その条件は、両端の拘束条件が半径方向変位自由、回転角固定の状態であること、円管端面と支持壁との間の摩擦係数が $\nu=0.005$ 以下であること、円管の初期変形形状を台形にした場合、中央の水平部分/軸長の割合が約 10%、台形高さ/肉厚比が 0.045~0.063 であることの三点である。この三つの条件を満たした上で、衝撃速度が約 25m/s の時、動的塑性座屈が発生することがわかった。

以上の結果より、衝撃軸荷重を受ける円管の座屈モードが、局部座屈から動的塑性座屈へと遷移する条件を求めることはできたが、一般的なクライテリアを確立することは今後の課題である。

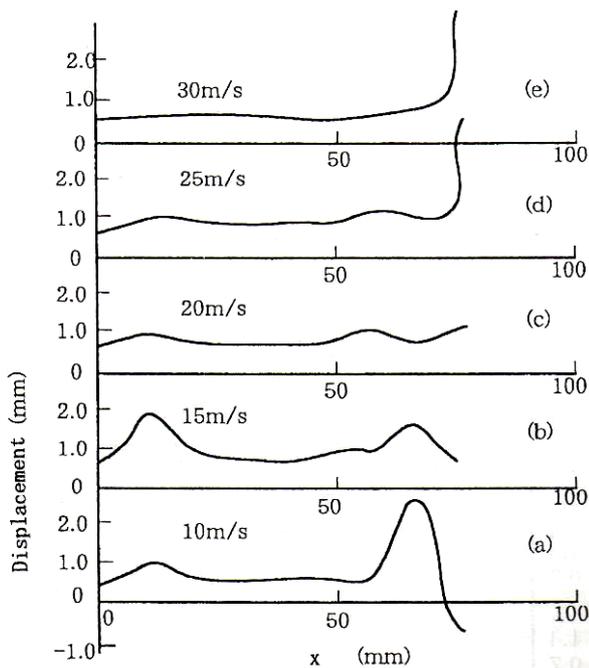


Fig.7 Deformation curves for impact velocity change

謝辞

研究を進めるに当たりお世話になった土井武夫名城大学元教授, 西村融名古屋大学名誉教授, 清家政一郎名古屋大学名誉教授, 及び Norman Jones Liverpool University Professor に深謝する.

参考文献

- 1) 伊達秀文, 日本機械学会講演論文集, 96-10, 345-346 (1996)
- 2) H.Vaughan, ZAMP, 20, 321(1969)
- 3) 佐々木健, 黒川知明, 日本機械学会論文集, A, 63-616, 146-153 (1997)
- 4) N.Jones, Structural Impact, Cambridge University Press (1989)
- 5) H.E.Lindberg and A.L.Florence, "Dynamic Pulse Buckling", Martinus Nijhoff Publishers (1987)
- 6) Ren,W., Yan, Qingchun., Zhupingsand, Han, Mingbao., Int. J. Impact Eng., Vol.1, No.3, p249-256 (1983)
- 7) 村瀬勝彦, N. Jones, 材料, 42-483, 1420-1426 (1995)
- 8) K.Murase and N.Jones, Proc.of etm'93, 57-62 (1993)
- 9) 村瀬勝彦, 西村融, 日本機械学会論文集, 45-400, 1554-1563 (1979)
- 10) 村瀬勝彦, 加鳥裕明, 西村融, 日本機械学会論文集A, 48-434, 1318-1324 (1982)

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

私の研究

山ノ井基臣

My research work

Motoomi Yamanoi

Abstract

During almost 50 years at the Meijo University, I have made research work on various subjects; including Quantum Optics, Biological System, and Control Systems. However, as the mathematical formulation, they can be classified into two categories: direct problem and inverse problem. The equation of motion is solved in the direct problem to get an outcome for a given input, whereas, the control input is looked forward in the inverse problem to give the required output. This is the control problem. More over, there are another type of problems. For example, obtain the electric field for the given charge distribution. This is the direct problem. Obtain the charge distribution for the given electric field. This is the inverse problem. In science and technology there may be various another direct and inverse problems. From this point of view, I will describe my works in this article. A system considered is both classical and quantum mechanical systems. They are under the influence from environments, to become open system, exchanging and loss energy and getting damping. For the quantum system, this gives rise to the decoherence, i.e., loss of quantum coherence. We shall find a quantum feedback control to suppress the decoherence. The generalized Optical Bloch Equation, which is the equation of motion for two-level system, is derived to explain the new experimental phenomena.

I. はじめに

理工学の分野における多くの問題は、数理的には、大きく分けて2つのタイプに分類される。一つは、システムの入力に対する応答を研究することであり、順（方向）問題である。

他方、要求されたシステム応答を出すための、入力を求める（逆算する）ことであり、逆問題と言われている。これは、制御問題である。

順問題では、システムの入出力関係（運動方程式）が必要である。しかし、システム（たとえば注目する物体）は、エネルギー的に孤立した閉じた系（closed system）ではなく、環境と相互作用を行い、エネルギーをやり取りする開いた系（開放系、open system）となっている。

このように、開放系としてのシステムは、環境からランダムな外乱、パラメータ変動、緩和・減衰などの影響をうけながら、その影響の下で、レーザー光の様なコヒーレントな入力に応答する。このような場合の、開放系としてのシステムに対する入出力関係（運動方程式）を正しく求めることが必要となる。

逆問題、つまり制御問題では、制御される対象（プラント）が環境から影響を受ける結果、プラントパラメータが未知あるいは変動する。例えば、サーボモータなどの回転摩擦係数が、環境（乾燥時、湿気時）により変化する場合、事前には、そのシステムの運動方程式は分からない。従って、方程式から、逆問題を解くことは出来ない。そこでプラントが未知でも、制御するための方策として、フィードバック制御があり、さらに、適応制御がある。

以下、第II章では、まず古典力学系の運動方程式を導く。次いで、量子力学系の2準位系を考える。考察するシステムは、環境からの影響を受けながら、外部からのコヒーレントなレーザー光に応答する系である。第III章では、制御問題（逆問題）を考える。まず正弦波入力に追従するサーボシステムの適応制御について述べる。次いで、量子2準位系における decoherence について述べ、それを抑制するための、量子フィードバック制御について述べる。

II 開放系の運動方程式

II-1 古典力学系

まず、ある物体（質量 M ）に復元力 $-Ky$ のみが作用する孤立系

$$M \frac{d^2y}{dt^2} = -Ky \tag{1-1}$$

を考える。この孤立系では、エネルギーが保存され、一旦始まった振動はいつまでも持続する。

環境との相互作用により、システムは開放系となる。環境のシステムへの影響は多種多用であるが、次に具体例を示す。

減衰モデル # 1 (輻射減衰力)

物体が空気・液体中を運動すれば、よく知られた摩擦力が働くが、物体が電荷を持つ場合（例えば電子）、真空中であっても、古典電磁理論（マクスウェル方程式）によれば、加速度運動に対して輻射減衰力が働き、エネルギーを放射する[1]。その結果、古典論による運動方程式は

$$M \frac{d^2y}{dt^2} = -Ky - \gamma_a \frac{d^3y}{dt^3} \tag{1-2}$$

となり、振動は減衰する。右辺第2項が輻射減衰力である。

この古典理論に従えば、物体は、減衰振動により、原点 $y=0$ に落ち込んでしまう。水素原子の初期のモデルでは、加速度運動（円周軌道運動）をしている原子内電子はなぜ、原子核に落ち込まず、有限な大きさで安定な原子を保てるのか謎であった。これを解決したのが量子理論（不確定性関係）である[2, 3]。

減衰モデル # 2 (粘性摩擦力)

空気・流体中を運動する物体は、膨大な数の他分子と衝突する。その結果、微視的に見るなら（つまり非常に細かい時間スケールで見ると）、衝突毎に力がランダムに作用している（Langevin 方程式）。それを粗視化された時間スケール（大きく取った時間スケール）で記述すると、そのランダム力を平均化して、速度に比例する粘性抵抗力と見ることができる。より基本的には、着目粒子およびそれに衝突する膨大な数の他分子から成る一つの閉じたシステムを考え、統計力学を駆使して、着目粒子に関する運動（open system）へと射影を進めて行く方法がある。

その結果、巨視的には、空気・流体中を運動する物体の減衰方程式は

$$M \frac{d^2y}{dt^2} = -Ky - \gamma \frac{dy}{dt} \tag{1-3}$$

となる。右辺第2項が、線形領域における粘性摩擦力である。この摩擦により振動は減衰し、原点に静止する。

古典論の適用限界

しかし、もしマイクロ領域において、不確定性関係 $(\Delta y \Delta p \geq \hbar)$ が顕著に作用すると、粒子位置 y が原点に落ち込む $(\Delta y \rightarrow 0)$ と、粒子運動量 p が $\Delta p \rightarrow \infty$ となる。

その結果、エネルギー $E = p^2 / 2m + \frac{1}{2}ky^2$ において、運動エネルギーが莫大になり、このような状態は実現されず、粒子は原点に静止できない。実際にはエネルギー

$$E(\Delta y) \approx \frac{(\Delta p)^2}{2m} + \frac{1}{2}k(\Delta y)^2 \approx \left(\frac{\hbar}{\Delta y}\right)^2 + \frac{1}{2}k(\Delta y)^2 \tag{1-4}$$

の極小点 Δy 程度の広がりをもつ位置配置となる。

この事情は、減衰モデル # 1 (輻射減衰力) で述べた事と同じである。将来、マイクロ領域でのメカトロニクスが進展して、このような量子機械を創成できたら素晴らしいと思う。

開放系の入出力方程式と、その利用について

以上のような減衰する開放系にコヒーレントな入力 $f(t)$ が入った場合、運動方程式を導出する方法は、式 (1-3) に外力 $f(t)$ を加えることが行われ、次式を得る。

$$M \frac{d^2y}{dt^2} + Ky = -\gamma \frac{dy}{dt} + f(t) \tag{1-5}$$

ここで、減衰係数 γ は、入力 $f(t)$ の強弱には無関係であると仮定されている。しかし、量子系では、このことが必ずしも成立しないことがあきらかになった。それを次章で述べる。

数式モデル (1-5) のように、open system の入出力方程式の構造（たとえば、定係数・線形・2階微分方程式というモデリング）が決定できれば、それは様々に用いられる。

プラントパラメータが既知の場合、

数式モデル (1-5) の係数（プラントパラメータ）が既知の場合、入力 $f(t)$ に対する応答 $y(t)$ を求めることができる（順問題を解く）。例えば、入力に対するステップ応答、正弦波応答などから、構造物の風、地震などに対する揺れ、あるいは自動車スプリングの路面からの振動が計算され、設計時のシミュレーションで利用される。

プラントパラメータが未知の場合、

ステップ入力、正弦波入力、あるいは白色信号などに対する入出力データ $(f(t), y(t))$ から、プラントパラメータが

推定される。その結果、モデリングが完成し、入力 $f(t)$ に対する応答 $y(t)$ を求める計算などに用いることが出来る。

II-2 量子力学系の運動方程式

II-2-1 考察する量子モデル系

入力に対して、システムがどのように応答するかという問題は量子系においても重要である。古典システムに対する推定と同様、原子やスピンの、電磁波を照射して、その応答を調べる。スピンに関しても、物質の特性を知るための核磁気共鳴分光（共鳴の位置・巾）の使用がその例である。

この場合、スピンは、それを取り囲む他の膨大な数の他スピンとの相互作用で、つまり環境との相互作用により、単独のスピンが行う運動とは、異なってくる。従って共鳴周波数のシフト、共鳴線巾の変化などが、環境についての情報を与えてくれる。そのため、順問題として、入力に対する、開放系としてのスピンや2準位原子の動特性（運動方程式）を、正しく求める必要がある。

最近では、スピンは機能素子としても用いられている。量子コンピュータの演算素子、MRI（核磁気共鳴画像法）ではマイクロ波入力に対する応答からスピンエコーを発生させ、画像をつくる。Hole burning では、物質の吸収スペクトルに対して飽和による凹みを作り、その凹み情報による高密度メモリーが考えられている。まさに、量子力学的な機能素子として用いられているのである。このためには、スピンや原子の入射光への応答を知る必要がある。

II-2-2 2準位系の減衰方程式

2準位系に対しそれを取り囲む環境の影響は多種多様であり、全てを網羅することは非常に難しい。そこで、本質をふまえた単純化モデルが必要である。これは、古典的システムに対するモデリングでも同様である。そこで、次の二つの減衰メカニズムを考える。

#1 エネルギーレベルへのランダム変調

2準位系を取り巻く、膨大な数の、他の原子（環境）が、着目している2準位系の共鳴周波数（ ω ）をランダムに変調（ $\omega + \delta\omega(t)$ ）するものとする。

#2 輻射減衰や自然放出を引き起こす、真空との相互作用を考慮する。

これらの影響の下では、2準位系のハミルトニアン（ $\hbar = 1$ ）は

$$H = \frac{\omega}{2} \sigma_z + V \tag{2-1}$$

となる。ここで、右辺第1項は、共鳴周波数 ω の2準位系エネルギー、第2項は次式で与えられる環境との相互作用を表している：

$$V = \frac{\delta\omega(t)}{2} \sigma_z - dE\sigma_x \tag{2-2}$$

ここで、第1項は、共鳴周波数への揺らぎの影響、第2項は、II-2節の減衰モデル#1で述べた輻射減衰や自然放出を引き起こす、真空との相互作用である。但し、 d ：双極子モーメント、 E ：真空の電磁場演算子、 σ_x ：双極子モーメント演算子である。

状態ベクトル $|\Psi(t)\rangle$ に対するシュレディンガー方程式に対応する、密度行列 $\rho(t) = |\Psi(t)\rangle\langle\Psi(t)|$ の方程式は次式で与えられる。

$$i\hbar \frac{\partial \rho}{\partial t} = [H, \rho] \tag{2-3}$$

この方程式は、 $\delta\omega(t)$ を含むため、確率微分方程式となる。平均操作、 $M_i(t) = \text{Tr}(\rho(t)\sigma_i)$ を行って、ブロッホベクトル $(u, v, w) = (M_x, M_y, M_z)$ に対する方程式は次の形となる。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = -(\Gamma_a + \Gamma_b) \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 2\gamma w_{eq} \end{bmatrix} \tag{2-4}$$

ここで、

$$\Gamma_a + \Gamma_b = \begin{bmatrix} \gamma + \Gamma_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \gamma + \Gamma_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 2\gamma + 0 \end{bmatrix} \tag{2-5}$$

$$\Gamma_{11} = \Gamma_{22} = \int_0^{\infty} d\tau f_s(\tau) \tag{2-6}$$

$$f_s(\tau) = \langle \delta\omega_z(t) \delta\omega_z(t - \tau) \rangle$$

である。式(2-5)において、 γ は自然放出による減衰係数であり、古典論の減衰方程式(1-2)に対応したものである。

[4]

II-2-3 入力に対する2準位系の応答（従来のブロッホ方程式）

うえて述べた2準位系に、周波数 ω_L のレーザーを照射する。入射レーザーの電場を

$$E(t) = E \cos \omega_L t \quad (2-7)$$

とする。この電場による誘導電気分極を

$$P(t) = u(t) \cos \omega_L t - v(t) \sin \omega_L t \quad (2-8)$$

と表した場合、従来の方法では、 $(u(t), v(t), w(t))$ の時間変化は、次のブロッホ方程式で与えられる。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\Delta & 0 \\ \Delta & 0 & \Omega \\ 0 & -\Omega & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{1}{T_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{T_1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ w_{eq} \end{bmatrix} \quad (2-9)$$

$$\frac{dx}{dt} = A_{coh}x - A_{dam}x + B \quad (2-10)$$

方程式(2-10)の右辺第一項 $A_{coh}x$ は、2準位系が入射光の下でのコヒーレントな運動を表し、第2項 $A_{dam}x$ は、2準位系が環境と相互作用して緩和する運動(2-5)、第3項 B は、熱浴の状態に即した状態占拠数を与える。緩和項の係数 T_1 (縦緩和時間、 $T_1^{-1} = 2\gamma$)、および T_2 (横緩和時間、 $T_2^{-1} = \gamma + \Gamma_{11}$) は、入力のある ($\Omega \neq 0$)、無し ($\Omega = 0$) に関係なく定数である。つまり、緩和は、入力の影響を受けないということが仮定されている。これは、古典論における方程式(1-5)に対応する。

方程式(2-9)は光ブロッホ方程式と呼ばれ、量子光学の分野において、入力 $E(t)$ に対する原子系応答の実験を解析するための数式モデルとして長い間、使われてきた[5]。しかし、このブロッホ方程式が、入射強度が強くなると成立しない実験結果が提出された。この問題解決に向けて、以下の研究を行った。

II-2-4 新しいブロッホ方程式の導出

従来は、まず、入力が無い場合の減衰方程式(2-5)を導き、次に入力による運動を付け加え、式(2-9)が得られた。これは、古典論での、式(1-5)の手順と同じである。

これとは逆に、まず2準位系とレーザーとの相互作用を考える。その結果、dressed atomの状態を得る。このdressed atomが環境からの影響により、緩和を起こすという風に考える。その結果、一般化された光ブロッホ方程式は次の形で求まる[6],[7]。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = (A_0 - \Gamma_a - \Gamma_b) \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 2\gamma w_{eq} \end{bmatrix} \quad (2-11)$$

ここで

$$A_0 = \begin{bmatrix} 0 & -\Delta & 0 \\ \Delta & 0 & \Omega \\ 0 & -\Omega & 0 \end{bmatrix} \quad (2-12)$$

は、2準位系(スピン1/2、あるいは2準位原子)とレーザー入力との相互作用によるコヒーレントな運動を表し、

$$\Gamma_a + \Gamma_b = \begin{bmatrix} \gamma + \Gamma_{11} & 0 & \Gamma_{13} \\ 0 & \gamma + \Gamma_{22} & \Gamma_{23} \\ 0 & 0 & 2\gamma + 0 \end{bmatrix} \quad (2-13)$$

は、緩和運動を表す。各行列要素は入力強度 Ω に依存し、次式で与えられる：

$$\Gamma_{11} = \Gamma_{22} = \int_0^\infty d\tau f_s(\tau) \frac{\Delta^2 + \Omega^2 \cos \Omega' \tau}{\Omega'^2} \quad (2-14-a)$$

$$\Gamma_{13} = \int_0^\infty d\tau f_s(\tau) \frac{\Omega \Delta}{\Omega'^2} (1 - \cos \Omega' \tau) \quad (2-14-b)$$

$$\Gamma_{23} = -\int_0^\infty d\tau f_s(\tau) \frac{\Omega}{\Omega'} \sin \Omega' \tau. \quad (2-14-c)$$

入射強度ゼロの極限では

$$\Gamma_{11}(\Omega = 0) = \Gamma_{22}(\Omega = 0) = \int_0^\infty d\tau f_s(\tau)$$

$$\Gamma_{13}(\Omega = 0) = 0$$

$$\Gamma_{23}(\Omega = 0) = 0$$

となり、従来の対角行列(2-5)となる。

緩和行列(2-13)の特徴：

[a] 従来の光ブロッホ方程式(2-9)に比べて、緩和行列 Γ は、入力により影響を受ける。その理由は、2準位系においてラビ振動が起こり、相関関数 $f_s(\tau)$ の緩和時間 τ_c 内でそのラビ振動が顕著 ($\Omega' \tau_c \geq 1$) になると、(2-14)の積分が効いて、緩和が抑制されるのである。

[b] 非対角項を持つ。

実験検証1

入射強度の増加に対して減衰が小さくなることを、Free Induction Decay に応用した。その結果、従来の光ブロッホ方程式では説明できない、FID シグナルの高強度領域での decay 減少が説明できた[8]。

図1に FID - decay rate の、理論カーブと実験値を比較した原論文を示す。本文中に、周波数揺らぎが起こる理由および理論展開の考え方が述べられている。本文中の FIG. 1 において、 $\tau_c = 25 \mu\text{sec}$ と設定すると、実験カーブとよくフィットすることが示されている。

実験検証2

Hole Burning の凹みの中が鋭くなる (スペクトル先鋭化) という理論予想[9]が、実験にて実証された。特に非対角項

(Γ_{13}, Γ_{23}) が重要であるという理論予想が実証された[10]。

しかもこの実験は、入射がレーザー光ではなく超音波であり、2準位原子に類似的な、結晶での原子配列が用いられている[10]。電磁的に類似な力学系においての実験は、大いに興味あるところである。

図2に、Hole Burning の実験と解析を行った論文の、タイトル頁の半分と、本文中の実験結果および理論との比較を掲げる。Fig. 1において、緩和行列 (2-13) を用いた YE-modified equation において $\gamma_c(1/\tau_c) = 4.5 \cdot 10^7$ とすると、実験によくフィットすることが示されている。

III 制御問題

次の一次系プラントの出力 $y(t)$ を、定常状態でステップ入力 r_0 に追従させる制御問題を考える。

$$\left(\frac{d}{dt} + a\right)y(t) = ku(t) \quad y(t) \rightarrow r_0 \quad (t \rightarrow \infty) \quad (3-1)$$

もし、プラントパラメータ (a, k) が既知なら、逆問題は簡単に解けて、制御信号 u^* が求まる。(フィードフォワード制御)

$$u^* = \frac{ar_0}{k} \quad (3-2)$$

しかし、パラメータ (a, k) が未知の場合、この計算は実行できない。そこで、フィードバック PI 制御 (3-3) が用いられる。つまり、コントローラからの出力として、次式により、逆問題を解くわけである。

$$u(t) = K_p(r - y) + K_i \int_0^t (r - y) d\tau \quad (3-3)$$

この式から簡単に

$$u(t) \rightarrow u^* \quad (t \rightarrow \infty) \quad (3-4)$$

が示され、パラメータが未知であっても、制御信号 u^* が自動的に生成されることがわかる。

しかし、PI 制御は一定値への追従であり、例えば正弦波への追従には使えない。また、プラントが未知、あるいは変動する場合は、制御信号 $u(t)$ を生成することは容易ではない。

生物は変動する環境のなかで、巧く適応して生き延びている。この適応能力を制御に持ち込もうというのが、適応制御である。以下、私に取り組んだ、適応制御の問題を述べる。

III-1 正弦波入力に追従する電気油圧振動試験機

一般に、プラントの正弦波応答は、出力の振幅は入力振幅より減少し、位相は入力位相より遅れる。しかしプラントによっては、この振幅・位相の変化を無くしたい場合がある。つまり、基準入力 $r(t) = \sin \omega t$ に、プラント出力を追従 ($y(t) \rightarrow r(t)$) させるための制御信号 $u(t)$ を求めたい。

$$\left(\frac{d}{dt} + a\right)y(t) = ku(t)$$

この場合

$$u(t) = G_s(t)r(t) + G_c(t) \frac{dr(t)}{dt}$$

と、リアプノフ安定論から、($G_s(t), G_c(t)$) の適応則が次の様に求まる。

$$G_s(t) = g_1 \int_0^t (r - y) d\tau$$

$$G_c(t) = g_2 \int_0^t (r - y) \frac{dr(t)}{dt} d\tau$$

一次系は位相遅れが90度以内であり、強正実性 (Strongly Positive Real) を満たす。しかし、実際の電気油圧サーボは非線形性を持ち、次数、プラントパラメータ共に未知である。これらの不確定要素に対するロバスト性を向上させる為、様々な改善を開発し、実機での検証を行った [11], [12], [13], [14], [15], [16]。

III-2 量子系のフィードバック制御

スピンは、量子機能素子として、量子計算機などに用いられるが、環境との相互作用により、**decoherence** がおこり、量子状態が消失する。この **decoherence** とそれを抑制するための制御法に関する基本的研究として、簡単なモデルを考え、そこでの減衰方程式とその制御方法を検討する。そのため2準位系への環境の影響は式 (2-2) の第1項、エネルギーレベルのランダムな変調 $\delta\omega_z(t)$ のみとする。そこでの減衰方程式とその制御方法を検討する。

密度行列に対する運動方程式 (2-3) から

$$\dot{\rho}_{12} = i(\omega + \delta\omega_z(t))\rho_{12}$$

が導かれ、その解は次式で与えられる：

$$\rho_{12}(t) = e^{i\omega t} e^{i\phi(t)} \rho_{12}(0) \tag{3-5}$$

ここで、 $\phi(t) = \int_0^t \delta\omega_z(\tau) d\tau$ 。

式(3-5)の平均値は

$$\begin{aligned} \langle \rho_{12}(t) \rangle &= e^{i\omega t} \langle e^{i\phi(t)} \rangle \rho_{12}(0) \\ \langle e^{i\phi(t)} \rangle &= e^{-\frac{1}{2}\langle \phi^2(t) \rangle} = e^{-t/T_2} \end{aligned}$$

の様に減衰する。ここで、減衰速度

$$\frac{1}{T_2} = \int_0^t d\tau f_s(\tau)$$

は、式(2-6)と同一である。

位相のブラウン運動、そのフィードバックによる抑制

式(3-5)において、 $\rho_{12}(t)$ の位相は、ブラウン運動

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = \delta\omega_z(t)$$

を行い、位相拡散により decoherence ($\rho_{12} \rightarrow 0$) が起きている。従って、次式によって、この位相拡散を抑制することを考える。

$$\frac{d\phi(t)}{dt} = -k\phi(t) + \delta\omega_z(t) \tag{3-6}$$

これは、位相 $\phi(t)$ を測定し、そのフィードバックを行う制御方式である[17], [18]。

量子系のフィードバック制御の難しさ

古典系では、状態の観測によって、状態方程式は影響を受けない。しかし、量子系では観測により、ある状態が別の状態へ、全くランダムにジャンプする。従って、次の問題を解かねばならない：

- (1) フィードバック信号を得るため、量子系を連続測定する時、量子系はどのように状態変化をするのか？
(量子系の観測問題)
- (2) いかんにして、位相 $\phi(t)$ を測定するか？ (フィードバック信号の測定方法)
- (3) 位相 $\phi(t)$ の測定データを、どのようにスピンの系にフィードバックするか？ (制御法)

問題(1)に関しては、連続観測により状態がランダムに変動する結果として、状態変化の方程式 (Shoredinger eq.) は、ノイズを含むことになる。このノイズを含む方程式から、状態を推定することが求められる。

このことは、古典系においても、ノイズが混入した場合、状態推定を必要とする。その方法は、1) これまで得られた観測データをもとに最小二乗解を求める。2) 逐次解に変換する。3) 推定値に関する微分方程式 (Kalman filter) を導く。そして量子フィルターも同様な精神で求められ、この推定状態に関する Shoredinger 方程式が、quantum filter と呼ばれる。

問題(2)に関しては、スピンの磁気能率の時間変化から、コイルによる誘導電圧の検出を考えているが、より正確に、POVMの理論に基づいた、定式化が要求される。

問題(3)に関しては、検出された誘導電流により、スピンの x, y, z 方向へのフィードバックを行い、閉ループ方程式 (3-6) を得る必要がある。これらの制御問題の解決に向けて、更に、ロバスト性の向上に関して、現在、研究を行っている。

4 おわりに

環境と相互作用しているシステム (open system) の入出力関係 (運動方程式) を求めた (順問題)。2準位の量子系 (スピン 1/2, 共鳴 2準位原子) が入射レーザー光と相互作用する場合、新しい導出法に基づく「一般化光ブロッホ方程式」を導いた。その方程式においては、減衰項は非対角行列となり、行列要素は入力強度の関数となった。これらは FID と Hole burning の実験で、検証された。

2準位量子系は、量子情報などの分野において、量子計算など機能的素子として用いられる。しかし、環境との相互作用により、2準位量子系は decoherence をおこす。この decoherence を抑制する量子フィードバック制御の研究が重要課題である。その為には、ここで述べた問題を解き、実験検証を行う必要がある。これは、今後の残された課題である。

さらに量子系素子が置かれる環境は多様であるから、その decoherence メカニズムも各々異なってくる。これらに適応させるためには、量子適応制御が必要となる。

なお、他にも手掛けた研究が数多くあるが、割愛させて頂く。最近では、ロボットアーム・ハンドの力に対する適応制御にも取り組んできたが、これも割愛させて頂く。

参考文献

[1] Claude Cohen-Tannoudji, Jacques Dupont-Roc, Gilbert Grynberg, "Photons and Atoms" pp.74-75, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, (2004)

- [2] George Greenstein, Arthur G. Zajonc: “The Quantum Challenge”:
- [3] R.P.Feynman, et al.“Feynman Lecture on Physics II”, page 5-3
- [4] Yamanoi, “Generalization of the Optical Bloch Equation and its Consequences”, Ph.D Thesis, University of Rochester, U.S.A. (1986),
- [5] L. Allen and J. H. Eberly, “Optical Resonance and Two-Level Atoms”, Wiley, New York, (1975)
- [6] Yamanoi, Ph. D Thesis, *ibid.*
- [7] Yamanoi and Eberly : “Relaxation terms for strong-field Optical Bloch equations”, J. Opt. Soc. Am. Vol. B1, pp.751-755 (1984)
- [8] Yamanoi and Eberly, “Optical Bloch Equations for Low-Temperature Solid” , Phys. Rev. Lett., Vol.52, pp.1353-1354 (1984)
- [9] Yamanoi and Ebely, “Hole burning line shape at high intensity”, Phys. Rev. A, vol.34, pp.1609-1612, (1986)
- [10] M. DEVAUD and J.-Y. PRIEUR, “Acoustic Hole Burning Experiment in an Amorphous Compound: a Check of the Yamanoi and Eberly theory”, Europhys. Lett., 6(6), pp. 523-528 (1988)
- [11] Yamanoi and et al.”SPR-condition Free Input Tracking Control without plant Augmentation”, 4th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (1996)
- [12] Yamanoi and et al.”Sinusoidal Input Tracking by Simplified Adaptive control”,European Control Conference the second ECC (1993)
- [13] Yamanoi and et al.”Relaxation of the SPR-condition in the CGT method for the Input Tracking of Superposition of Sinusoids”,European Control Conference,the third ECC (1995)
- [14] Yamanoi and et al., “A Modified CGT method with the Swap-Term Correction”,European Control Conference, the fourth ECC (1997)
- [15] Yamanoi et al.”SPR-condition Free Command Generator Tracking Method”, American Control Conference ACC (1995)
- [16] Yamanoi, et al.”Adaptive phase gain control for input tracking and its application to electrohydraulic servo”, International Symposium on Fluid Power Transmission and Control, (1995)
- [17] M. Yamanoi, “Analysis and Control of Decoherence in Spin System” in: Quantum Information, ed. by T. Hida and K. Saito, World Scientific (1999)
- [18] 山ノ井基臣 “位相緩和のフィードバック制御について” 第4回量子情報技術研究会資料、pp. 51~55、2000年11月、東京工業大学

(原稿受理日平成26年10月2日)

Optical Bloch Equations for Low-Temperature Solids

In an elegant series of experiments, DeVoe and Brewer have recently shown¹ that the conventional optical Bloch equations (OBE) are not correct in the saturation regime. They point out that their observations are consistent with a phenomenological theory given by Redfield² in 1955 which provides weak-field and strong-saturation limiting expressions. At intermediate power levels the behavior has not been described analytically.

Here we present the results of a theoretical analysis of a simplified version of the DeVoe-Brewer observations. This analysis differs from Redfield's in that it is based on the theory of stochastic processes rather than on principles of thermostatics. It leads to a relatively simple analytic expression for the free induction decay (FID) linewidth that agrees well with the data of DeVoe and Brewer¹ at low and intermediate power levels as well as in the saturation limit (see Fig. 1).

The damping matrix in the conventional OBE is based on the assumption that a damping process is not affected by an incident field. We avoid this assumption.³ Following the DeVoe-Brewer observations, such generalizations are of more than academic interest.

In the DeVoe-Brewer experiment on Pr³⁺:LaF₃ the flip-flop motion of the F nuclear spins gives a time-dependent magnetic field at each Pr³⁺. We assume that this random magnetic field creates a fluctuation $\delta\omega(t)$ in the resonance frequency of the Pr³⁺ ions. Such a fluctuation is well known to cause damping in the weak-field limit. At optical frequencies, the spontaneous emission rate 2γ ($=1/T_1$) must also be considered.

Under these conditions we have obtained³ an effective damping matrix Γ_{ij} . Here, for simplicity, we retain only the most important features of the matrix elements contributing to FID, and we assume that the autocorrelation of $\delta\omega(t)$ can be modeled by $f(\tau) = (\delta\omega)^2 \exp(-\tau/\tau_c)$. The result is a simple damping theory in which the damping matrix has only diagonal elements: $\gamma_2(\Omega)$, $\gamma_2(\Omega)$, and 2γ , where $\gamma_2(\Omega) = \gamma + \int_0^\infty d\tau f(\tau) \cos \Omega \tau$,

It is now straightforward to compute the steady-state value of the Bloch vector during saturation, and then use this steady-state value as the initial condition for the FID phase of the experiment. If the inhomogeneous linewidth is great enough, then the FID signal is easily shown to decay at the rate

$$R = \frac{1}{T_2} + \left[\gamma_2^2(\Omega) + \Omega^2 \frac{\gamma_2(\Omega)}{2\gamma} \right]^{1/2} \quad (1)$$

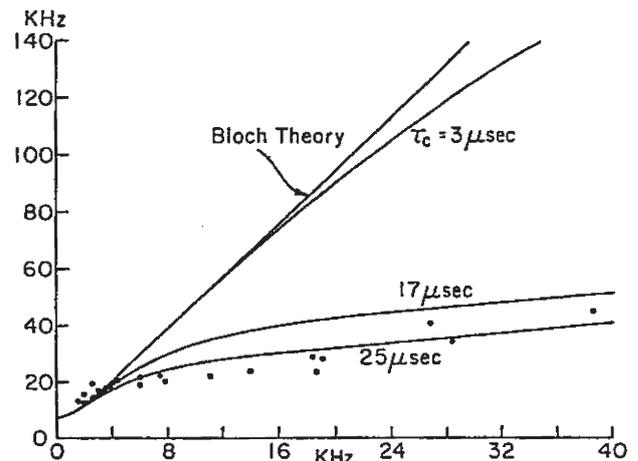


FIG. 1. Three curves showing R as a function of the Rabi frequency Ω on top of the data of Ref. 1. We have used $(\delta\omega)^2\tau_c = 45 \times 10^3 \text{ sec}^{-1}$ from known values of T_1 and T_2 .

where $1/T_2 = \gamma_2(0)$. Figure 1 shows R for three values of τ_c . The largest value gives the best fit. It is too close in value to T_2 for complete comfort. Nevertheless, the shape of the curve is clearly about right, for both low and high Rabi frequencies, and expression (1) provides a possibly useful analytic interpolation formula between the two limits. We will describe our theory in detail elsewhere, without the drastic simplifications adopted here.

We are grateful to Dr. E. Hanamura and Dr. K. Wodkiewicz for discussions, and thank Dr. P. L. Knight and the Nonlinear Optics Group, Imperial College, for their hospitality. One of us (J.H.E.) acknowledges a Science and Engineering Research Council Visiting Fellowship, the support of the U. S. Office of Naval Research under Contract No. N0014-79-C0666, and a grant from Allied Corporation.

M. Yamanoi
Department of Electrical Engineering
Meijo University
Tempaku-Ku, Nagoya 468, Japan

J. H. Eberly
Department of Physics and Astronomy
University of Rochester
Rochester, New York 14627

Received 3 February 1984
PACS numbers: 78.50.-w, 05.40.+j, 42.50.+q, 42.65.Gv

¹R. G. DeVoe and R. G. Brewer, Phys. Rev. Lett. 50, 1269 (1983).

²A. G. Redfield, Phys. Rev. 98, 1787 (1955).

³See M. Yamanoi, in *Coherence and Quantum Optics V*, edited by L. Mandel and E. Wolf (Plenum, New York, 1984), and references therein.

Acoustic Hole Burning Experiment in an Amorphous Compound: a Check of the Yamanoi and Eberly Theory.

M. DEVAUD and J.-Y. PRIEUR

Laboratoire d'Ultrasons(), Université Pierre et Marie Curie
Tour 13, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France*

(received 22 February 1988; accepted in final form 3 May 1988)

PACS. 62.65 – Acoustic properties of solids.

PACS. 43.35 – Ultrasonic, quantum acoustics, and physical effects of sound.

PACS. 61.40 – Amorphous and polymeric materials.

Abstract. – An acoustic hole burning experiment in a tetrasil glass is presented. A sharp discrepancy between experimental data and theoretical expectations based on the standard Bloch equations appears as soon as high input powers are involved. On the contrary, good agreement is obtained if the Bloch equations as modified in the Yamanoi and Eberly theory are used. The results of the experiment are the transverse relaxation time T_2^0 and the correlation time τ_c of the random field due to spin-spin interactions.

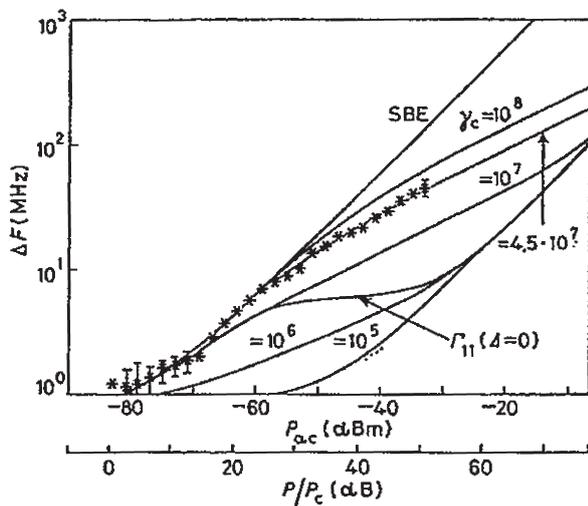


Fig. 1.

Fig. 1. – Plot, vs. the pump power, in logarithmic scale, of the FWHM ΔF in MHz unit of $\Delta\alpha$ as a function of the pump-probe frequency difference. $\Delta\alpha$ is the difference $\alpha_0 - \alpha$ of the probe attenuation without and with previous pumping. Starred points are the measured values at 0.07 K using the absolute acoustic power scale. Solid lines are the FWHM calculated curves using different theories, as explained in the text. Those lines used the scale relative to the critical power. Both scales were shifted to obtain coincidence between the experimental and the calculated variations in the lowest power range. $T = 0.07$ K.

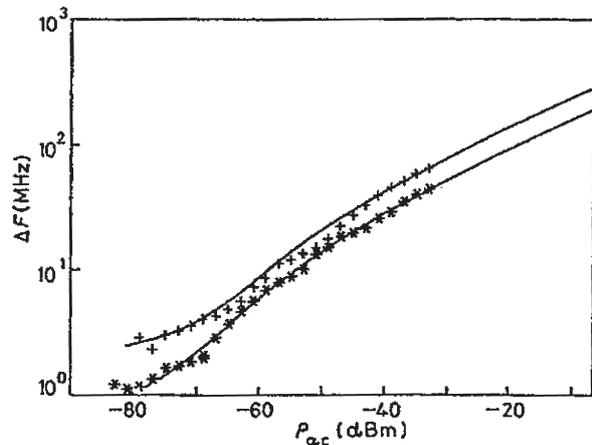


Fig. 2.

Fig. 2. – Plot, in logarithmic scale, of the FWHM ΔF in MHz unit vs. the acoustic pump power. Crosses and stars are the experimental data at respective temperatures 0.12 K and 0.07 K. Solid-line curves are computed using the YE-modified Bloch equations.

40年にわたる教育・研究活動のまとめと今後の目標

－ 混合境界値問題に対する解析システムの構築をめざして －

立川 剛¹⁾

DYNAMICAL CHARACTERISTICS OF BUILDING FOUNDATIONS SUPPORTED ON SOIL GROUNDS
TO BE EVALUATED AS MIXED-BOUNDARY-VALUE PROBLEMS

Tsuyoshi TACHIKAWA¹⁾

Abstract

In theoretical and applied mechanics are there many problems with mixed-boundary values. It is difficult to solve them analytically. FEM technics could give numerical answers under some assumption on the modeling to be analyzed, but it is a demanding job to evaluate errors of the numerical results. In this paper analytical solutions and their numerical results of a mixed-boundary-value problem have been derived. The authors have used some kinds of potential functions with Fourier-Transform technics for deriving analytical and numerical solutions on the interaction between the building foundation and the surrounding soil ground. They propose that these results gained above could be standards of judgment for FEM's accuracy, too.

1. はじめに

本学へ奉職して40年経ちました。その間、特筆すべきことは、文部省による平成4年4月の博士課程の設置認定です。当時の岩垣雄一学部長が尽力・指導された賜物です。「本学部の改変は困難だ」の雰囲気が学部内に漂うなか、風穴を開けられたのが岩垣先生です。博士課程を持つ大学の優位性と学部改革が可能だという記憶がそれ以降の本学の歴史に明確に刻まれました。岩垣先生に万感の思いを込めた感謝の意を衷心より捧げます。

2. 学部生でも理解できる手法

ここで採用した方法の特徴は、変位・歪の算出が微分のみによるため、応力を含めた物理量が容易に求められ、焦点は境界条件を満たすポテンシャル関数を如何に定めるかに掛かっている。修士課程の課題から、ここ数年、卒業研究のテーマとしたが、本学学生の諸君は見事に期待に応えてくれた。地盤のように無限遠を含む問題は逸散減衰を含むため、解析解が適している。以下に概略を述べます。

3. 解析解の誘導

第1段階前半は半無限弾性体の表面上に Fig.1 に示す境界条件を与える。ここで、上下変位 u_z は座標軸 x の全域で変位型の境界条件であり、詳しくは(4)と(5)式に示す。第1段階後半は補正項の導入である。地表面で変位制御加振を受ける側方地盤を、自由表面である側方地盤と取り換えることにより変化する基礎下地盤の応力と変位を補正する2組目のポテンシャル関数を導入する。

第2段階前半と後半は、側方地盤を表現する3組目と4組目のポテンシャル関数である。ただし、取扱いは平面の2次元問題とする。側方地盤の常数には添え字 g を付けるが、基礎下の媒質には添え字を付けないものとする。必要に応じて地下連続壁あるいは地盤の定数を採用すれば、標題に示す地下連続壁あるいは半無限基礎地盤の解を与える。

3.1 第1段階前半(基礎下地盤の境界条件の設定)

第1段階解析モデルを Fig. 1 に示す。第1段階前半のポテンシャル関数 Φ_1, Ψ_1 に関する支配方程式は(1)式であり、(4)式を参照し(2)式で与える。

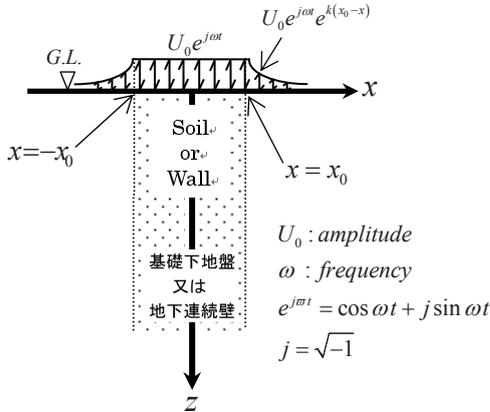


Fig. 1 Analyzed model at the Stage 1

$$\begin{cases} (\nabla^2 + \delta_p^2)\Phi_1 = 0 \\ (\nabla^2 + \delta_s^2)\Psi_1 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \Phi_1 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty A_1 e^{-\alpha z} \cos(px) dp \\ \Psi_1 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty B_1 e^{-\beta z} \sin(px) dp \end{cases} \quad (2)$$

ここで A_1, B_1 は未定定数であり $\bar{U}_0 = U_0/x_0, j = \sqrt{-1}, \alpha$ と p, β と P の間には、媒質中を伝搬する縦波速度、横波速度を、それぞれ V_s と V_p とすれば、(1)式を満たすためには(3)の関係が必要である。ここで、 U_0 は外乱の変位振幅、 ω は円振動数を表す。

$$\begin{cases} \alpha^2 = p^2 - \delta_p^2 \\ \beta^2 = p^2 - \delta_s^2 \\ \delta_p = \omega / V_p \\ \delta_s = \omega / V_s \\ \bar{U}_0 = U_0 / x_0 \end{cases} \quad (3)$$

ここで、境界条件から未定定数 A_1, B_1 に関する2元連立1次方程式が得られる。境界条件式は(4)式として与えられる。

$$\begin{cases} {}_1\tau_{zx}|_{z=0} = 0 \\ {}_1u_z|_{z=0} = U_0 e^{j\omega t} \frac{2}{\pi} \int_0^\infty k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{p(p^2 + k^2)} \right\} \cos(px) dp \end{cases} \quad (4)$$

ここで u_z における式で

$$\begin{aligned} & \frac{2}{\pi} \int_0^\infty k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{p(p^2 + k^2)} \right\} \cos(px) dp \\ &= \begin{cases} 1 & [0 \leq x \leq x_0] \\ e^{kx_0} e^{-kx} & [x_0 \leq x] \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

となる。また、 k は任意定数である。

ポテンシャル関数から誘導される応力と変位の解は(6)式となる。

$$\begin{cases} {}_1u_x = \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_1}{\partial z} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty (-pA_1 e^{-\alpha z} - \beta B_1 e^{-\beta z}) \sin(px) dp \\ {}_1u_z = \frac{\partial \Phi_1}{\partial z} + \frac{\partial \Psi_1}{\partial x} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty (-\alpha A_1 e^{-\alpha z} - pB_1 e^{-\beta z}) \cos(px) dp \\ {}_1\sigma_x = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_x \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} \mu x_0^3 \int_0^\infty [-(2\alpha^2 + \delta_s^2)A_1 e^{-\alpha z} - 2\beta p B_1 e^{-\beta z}] \cos(px) dp \\ {}_1\sigma_z = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_z \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} \mu x_0^3 \int_0^\infty [(2p^2 - \delta_s^2)A_1 e^{-\alpha z} + 2\beta p B_1 e^{-\beta z}] \cos(px) dp \\ {}_1\tau_{zx} = 2\mu \gamma_{zx} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} \mu x_0^3 \int_0^\infty [2\alpha p A_1 e^{-\alpha z} + (\beta^2 + p^2)B_1 e^{-\beta z}] \sin(px) dp \end{cases} \quad (6)$$

条件より(7)式の連立方程式を誘導し、未定定数が定まる。

$$\begin{bmatrix} \alpha & p \\ 2\alpha p & (\beta^2 + p^2) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_1 \\ B_1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -\frac{2}{x_0^2 \pi} k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{p(p^2 + k^2)} \right\} \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (7)$$

得られた未定定数 A_1, B_1 を代入し(8)式を得る。

$$\begin{cases} \frac{{}_1u_x}{x_0 \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{(\beta^2 + p^2)e^{-\alpha z} - 2\alpha \beta e^{-\beta z}}{\alpha(\beta^2 - p^2)} \right] \left[k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{(p^2 + k^2)} \right\} \right] \sin(px) dp \\ \frac{{}_1u_z}{x_0 \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{(\beta^2 + p^2)e^{-\alpha z} - 2p^2 e^{-\beta z}}{p(\beta^2 - p^2)} \right] \left[k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{(p^2 + k^2)} \right\} \right] \cos(px) dp \\ \frac{{}_1\sigma_x}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = \frac{2x_0}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{-\{(\alpha^2 - p^2) - 2\alpha^2 \gamma^2\}(\beta^2 + p^2)e^{-\alpha z} - 4\alpha \beta p^2 e^{-\beta z} \gamma^2}{\alpha p \gamma^2 (\beta^2 - p^2)} \right] \left[k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{(p^2 + k^2)} \right\} \right] \cos(px) dp \\ \frac{{}_1\sigma_z}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = \frac{2x_0}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{-\{(\alpha^2 - p^2) + 2p^2 \gamma^2\}(\beta^2 + p^2)e^{-\alpha z} + 4\alpha \beta p^2 e^{-\beta z} \gamma^2}{\alpha p \gamma^2 (\beta^2 - p^2)} \right] \left[k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{(p^2 + k^2)} \right\} \right] \cos(px) dp \\ \frac{{}_1\tau_{zx}}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = \frac{4x_0}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{-(\beta^2 + p^2)(e^{-\alpha z} - e^{-\beta z})}{(\beta^2 - p^2)} \right] \left[k \left\{ \frac{k \sin(px_0) + p \cos(px_0)}{(p^2 + k^2)} \right\} \right] \sin(px) dp \end{cases} \quad (8)$$

(9)式の無次元化を導入し、(10)式を得る。

$$\begin{cases} \zeta = p / \delta_s \\ \xi = q / \delta_s \\ a_0 = \omega x_0 / V_s \\ \gamma = \delta_p / \delta_s \\ \bar{z} = z / x_0 \\ \bar{k} = k / x_0 \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \frac{1}{x_0 \bar{U}_0} \frac{u_x}{e^{j\omega t}} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{-(2\zeta^2 - 1)e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} + 2\sqrt{\zeta^2 - 1} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2} e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - 1}}}{\sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} \right. \\ \left. \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \right] \sin(a_0 \bar{x} \zeta) d\zeta \\ \frac{1}{x_0 \bar{U}_0} \frac{u_z}{e^{j\omega t}} = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{-(2\zeta^2 - 1)e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} + 2\zeta^2 e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - 1}}}{\zeta} \right. \\ \left. \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \right] \cos(a_0 \bar{x} \zeta) d\zeta \\ \frac{1}{\mu \bar{U}_0} \frac{\sigma_x}{e^{j\omega t}} = \frac{2a_0}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{-(2\zeta^2 - 2\gamma^2 + 1)(2\zeta^2 - 1)e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} + 4\zeta^2 \sqrt{\zeta^2 - 1} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2} e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - 1}}}{\zeta \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} \right. \\ \left. \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \right] \cos(a_0 \bar{x} \zeta) d\zeta \\ \frac{1}{\mu \bar{U}_0} \frac{\sigma_z}{e^{j\omega t}} = \frac{2a_0}{\pi} \int_0^\infty \left[\frac{(2\zeta^2 - 1)^2 e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} - 4\sqrt{\zeta^2 - 1} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2} \zeta^2 e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - 1}}}{\zeta \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} \right. \\ \left. \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \right] \cos(a_0 \bar{x} \zeta) d\zeta \\ \frac{1}{\mu \bar{U}_0} \frac{\tau_{zx}}{e^{j\omega t}} = \frac{4a_0}{\pi} \int_0^\infty (2\zeta^2 - 1) \left(e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - \gamma^2}} - e^{-a_0 \bar{z} \sqrt{\zeta^2 - 1}} \right) \\ \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \sin(a_0 \bar{x} \zeta) d\zeta \end{cases} \quad (10)$$

次に、 $|x| = x_0$ なる位置における境界条件に合わせるため、 u_x と σ_x を z に関して偶関数になるように、また、 u_z と τ_{zx} は z に関して奇関数になるようにフーリエ積分表示しておく。

$$\begin{cases} \frac{1}{x_0 \bar{U}_0} \frac{u_x}{e^{j\omega t}} \Big|_{x=x_0} = \int_0^\infty X_1(\xi) \cos(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \\ \frac{1}{x_0 \bar{U}_0} \frac{u_z}{e^{j\omega t}} \Big|_{x=x_0} = \int_0^\infty Z_1(\xi) \sin(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \\ \frac{1}{\mu \bar{U}_0} \frac{\sigma_x}{e^{j\omega t}} \Big|_{x=x_0} = \int_0^\infty S_1(\xi) \cos(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \\ \frac{1}{\mu \bar{U}_0} \frac{\tau_{zx}}{e^{j\omega t}} \Big|_{x=x_0} = \int_0^\infty T_1(\xi) \sin(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \end{cases} \quad (11)$$

ここで、無次元関数 X_1, Z_1, S_1, T_1 は(12)式で与えられる。

$$\begin{cases} X_1(\xi) = \frac{4}{\pi^2} \int_0^\infty \left[\frac{-(2\zeta^2 - 1)(\zeta^2 + \xi^2 - 1) + 2(\zeta^2 - 1)(\xi^2 + \zeta^2 - \gamma^2)}{(\zeta^2 + \zeta^2 - \gamma^2)(\zeta^2 + \zeta^2 - 1)} \right] \\ \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \sin(a_0 \zeta) d\zeta \\ Z_1(\xi) = \frac{4}{\pi^2} \int_0^\infty \xi \left[\frac{-(2\zeta^2 - 1)(\zeta^2 + \xi^2 - 1) + 2\zeta^2(\zeta^2 + \xi^2 - \gamma^2)}{\zeta(\zeta^2 + \xi^2 - 1)(\zeta^2 + \zeta^2 - \gamma^2)} \right] \\ \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \cos(a_0 \zeta) d\zeta \\ S_1(\xi) = \frac{4}{\pi^2} \int_0^\infty \left[\frac{-(2\zeta^2 - 1)(\zeta^2 + \xi^2 - 1)(2\zeta^2 - 2\gamma^2 + 1) + 4\zeta^2(\zeta^2 - 1)(\zeta^2 + \xi^2 - \gamma^2)}{\zeta(\zeta^2 + \xi^2 - \gamma^2)(\zeta^2 + \xi^2 - 1)} \right] \\ \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \cos(a_0 \zeta) d\zeta \\ T_1(\xi) = \frac{8a_0}{\pi^2} \int_0^\infty \left[\frac{\xi(2\zeta^2 - 1)(\gamma^2 - 1)}{(\zeta^2 + \xi^2 - \gamma^2)(\zeta^2 + \xi^2 - 1)} \right] \left[\frac{\bar{k} \left[\bar{k} \sin(a_0 \zeta) + a_0 \zeta \cos(a_0 \zeta) \right]}{(a_0^2 \zeta^2 + \bar{k}^2)} \right] \\ \sin(a_0 \zeta) d\zeta \end{cases} \quad (12)$$

3.2 第1段階後半(基礎下地盤の補正項の導入)

第1段階後半では、基礎下の媒体中の変位と応力を補正するため、(14)式のポテンシャル関数を導入する。ポテンシャル関数に関する支配方程式は(13)式である。

$$\begin{cases} (\nabla^2 + \delta_p^2) \Phi_2 = 0 \\ (\nabla^2 + \delta_s^2) \Psi_2 = 0 \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} \Phi_2 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty A_2 \cosh(\hat{\alpha} x) \cos(qz) dq \\ \Psi_2 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty B_2 \sinh(\hat{\beta} x) \sin(qz) dq \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} \hat{\alpha}^2 = q^2 - \delta_p^2 \\ \hat{\beta}^2 = q^2 - \delta_s^2 \end{cases} \quad (15)$$

ただし δ_p と δ_s は(3)式に示す。
応力と変位は(16)式となる。

$$\begin{cases} {}_2u_x = \frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_2}{\partial z} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty [\hat{\alpha} A_2 \sinh(\hat{\alpha}x) + q B_2 \sinh(\hat{\beta}x)] \cos(qz) dq \\ {}_2u_z = \frac{\partial \Phi_2}{\partial z} - \frac{\partial \Psi_2}{\partial x} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty [-q A_2 \cosh(\hat{\alpha}x) - \hat{\beta} B_2 \cosh(\hat{\beta}x)] \sin(qz) dq \\ {}_2\sigma_x = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_x \\ = \mu \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty [(2q^2 - \delta_s^2) A_2 \cosh(\hat{\alpha}x) + 2q \hat{\beta} B_2 \cosh(\hat{\beta}x)] \cos(qz) dq \\ {}_2\sigma_z = \lambda \varepsilon + 2\mu \varepsilon_z \\ = \mu \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty [-(2\hat{\alpha}^2 + \delta_s^2) A_2 \cosh(\hat{\alpha}x) - 2q \hat{\beta} B_2 \cosh(\hat{\beta}x)] \cos(qz) dq \\ {}_2\tau_{zx} = 2\mu \gamma_{zx} \\ = \mu \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty [-2\hat{\alpha} q A_2 \sinh(\hat{\alpha}x) - (\hat{\beta}^2 + q^2) B_2 \sinh(\hat{\beta}x)] \sin(qz) dq \end{cases} \quad (16)$$

式(16)において、地表面で ${}_2u_z$ と ${}_2\tau_{zx}$ が自動的に零となるので、第一段階前半と後半の夫々対応する変位と応力度の和をとっても、境界条件式(4)を乱すことはない。さらに、

$$\begin{aligned} A'_2 &= A_2 \cosh(\hat{\alpha}x_0) \\ B'_2 &= B_2 \cosh(\hat{\beta}x_0) \end{aligned} \quad (17)$$

(17)式の置き換えを行い、前半と同様な無次元化を行えば(18)式が得られる。

$$\begin{cases} \frac{{}_2u_x|_{x=x_0}}{x_0 \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = a_0^2 \int_0^\infty [\sqrt{\xi^2 - \gamma^2} A'_2 \tanh a_0 \sqrt{\xi^2 - \gamma^2} \\ + \xi B'_2 \tanh a_0 \sqrt{\xi^2 - 1}] \cos(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \\ \frac{{}_2u_z|_{x=x_0}}{x_0 \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = a_0^2 \int_0^\infty [-\xi A'_2 - \sqrt{\xi^2 - 1} B'_2] \sin(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \\ \frac{{}_2\sigma_x|_{x=x_0}}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = a_0^3 \int_0^\infty [(2\xi^2 - 1) A'_2 + 2\xi \sqrt{\xi^2 - 1} B'_2] \cos(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \\ \frac{{}_2\sigma_z|_{x=x_0}}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = a_0^3 \int_0^\infty [-(2\xi^2 - 2\gamma^2 + 1) A'_2 \\ + 2\xi \sqrt{\xi^2 - 1} B'_2] \cos(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \\ \frac{{}_2\tau_{zx}|_{x=x_0}}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = a_0^3 \int_0^\infty [-2\xi \sqrt{\xi^2 - \gamma^2} A'_2 \tanh a_0 \sqrt{\xi^2 - \gamma^2} \\ - (2\xi^2 - 1) B'_2 \tanh a_0 \sqrt{\xi^2 - 1}] \sin(a_0 \bar{z} \xi) d\xi \end{cases} \quad (18)$$

(18)式の未定定数は、側方地盤との境界条件により算定する。

3.3 第2段階前半(側方地盤の境界条件の設定)

第2段階解析モデルを Fig.2 に示す。自由表面を持つ側方地盤ためのポテンシャル関数を(20)式で与える。支配方

程式は(19)式である。

$$\begin{cases} (\nabla^2 + \delta_{pg}^2) \Phi_3 = 0 \\ (\nabla^2 + \delta_{sg}^2) \Psi_3 = 0 \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} \Phi_3 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^2 A_3 e^{-j p_R x} e^{-\alpha_g z} \\ \Psi_3 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^2 B_3 e^{-j p_R x} e^{-\beta_g z} \end{cases} \quad (20)$$

ここで α_g と p_R 、 β_g と p_R の関係は、縦波速度 V_{pg} 、横波速度 V_{sg} とすれば、(21)式のように与えられる。添え字 g は地盤を表す。

$$\begin{cases} \alpha_g^2 = p_R^2 - \delta_{pg}^2 \\ \beta_g^2 = p_R^2 - \delta_{sg}^2 \\ \delta_{pg} = \omega / V_{pg} \\ \delta_{sg} = \omega / V_{sg} \end{cases} \quad (21)$$

ここで、

$$\begin{aligned} V_{pg}^2 &= (\lambda_g + 2\mu_g) / \rho_g \\ V_{sg}^2 &= \mu_g / \rho_g \end{aligned} \quad (22)$$

となり、ポテンシャル関数を用いた応力と変位は(23)式となる。

$$\begin{cases} {}_3u_x = \frac{\partial \Phi_3}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_3}{\partial z} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^2 e^{-j p_R x} [-j p_R A_3 e^{-\alpha_g z} - \beta_g B_3 e^{-\beta_g z}] \\ {}_3u_z = \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} - \frac{\partial \Psi_3}{\partial x} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^2 e^{-j p_R x} [-\alpha_g A_3 e^{-\alpha_g z} + j p_R B_3 e^{-\beta_g z}] \\ {}_3\sigma_x = \lambda_g \varepsilon + 2\mu_g \varepsilon_x = \lambda_g \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + 2\mu_g \frac{\partial u_x}{\partial x} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^2 e^{-j p_R x} \mu_g [A_3 e^{-\alpha_g z} (-\delta_{sg}^2 - 2\alpha_g^2) + 2j p_R \beta_g B_3 e^{-\beta_g z}] \\ {}_3\sigma_z = \lambda_g \varepsilon + 2\mu_g \varepsilon_z = \lambda_g \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + 2\mu_g \frac{\partial u_z}{\partial z} \\ = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^2 e^{-j p_R x} \mu_g [A_3 e^{-\alpha_g z} (-\delta_{sg}^2 + 2p_R^2) - 2j p_R \beta_g B_3 e^{-\beta_g z}] \\ {}_3\tau_{zx} = 2\mu_g \gamma_{zx} = 2\mu_g \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x} \right) \\ = \mu_g \bar{U}_0 e^{j\omega t} e^{-j p_R x} x_0^2 [A_3 e^{-\alpha_g z} (2j p_R \alpha_g) + B_3 e^{-\beta_g z} (-\delta_{sg}^2 + 2p_R^2)] \end{cases} \quad (23)$$

第二段階モデルの表面は応力自由であるため、境界条件は次式となる。

$$\begin{cases} {}_3\sigma_z|_{z=0} = 0 \\ {}_3\tau_{zx}|_{z=0} = 0 \end{cases} \quad (24)$$

上式に(23)式を代入すれば

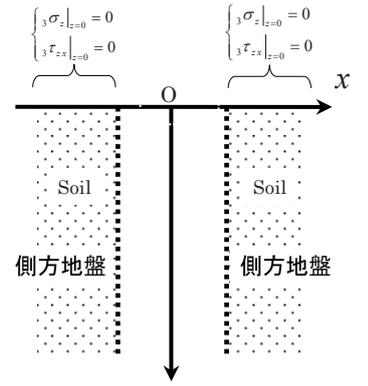


Fig. 2 Analyzed model at the Stage 2

$$\begin{bmatrix} (-\delta_{sg}^2 + 2p_R^2) & (-2jp_R\beta_g) \\ (2jp_R\alpha_g) & (-\delta_{sg}^2 + 2p_R^2) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} A_3 \\ B_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (25)$$

上式より、

$$(2p_R^2 - \delta_{sg}^2)^2 - 4p_R^2\alpha_g\beta_g = 0 \quad (26)$$

を得る。レーリー波速度を求める振動数方程式である。

(25)式より A_3 と B_3 の関係は

$$B_3 = \frac{-\delta_{sg}^2 + 2p_R^2}{2jp_R\beta_g} A_3 \quad (27)$$

として与えられる。

3.4 第2段階後半(側方地盤の補正項の導入)

第2段階後半では側方地盤の補正項に相当するポテンシャル関数(29)式を導入する。支配方程式は(28)式である。

$$\begin{cases} (\nabla^2 + \delta_{pg}^2)\Phi_4 = 0 \\ (\nabla^2 + \delta_{sg}^2)\Psi_4 = 0 \end{cases} \quad (28)$$

$$\begin{cases} \Phi_4 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty A_4 e^{-\tilde{\alpha}_g x} \cos(qz) dq \\ \Psi_4 = \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty B_4 e^{-\tilde{\beta}_g x} \sin(qz) dq \end{cases} \quad (29-1)$$

$$\begin{cases} \tilde{\alpha}_g^2 = q^2 - \delta_{pg}^2 \\ \tilde{\beta}_g^2 = q^2 - \delta_{sg}^2 \end{cases} \quad (29-2)$$

ここで、地表面での境界条件を(30)式に示す

$$\begin{cases} {}_4\sigma_z|_{z=0} = 0 \\ {}_4\tau_{zx}|_{z=0} = 0 \end{cases} \quad (30)$$

${}_4\tau_{zx}|_{z=0} = 0$ は自動的に満足する為、 ${}_4\sigma_z$ に注目する。

ここで $e^{-\tilde{\alpha}x}$ のフーリエ変換・逆変換を次式に示す。

$$e^{-\tilde{\alpha}x} = \frac{1}{2j\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{jsx}}{s - j\tilde{\alpha}} ds \quad (31)$$

そして、次式中の $e^{-\tilde{\alpha}x}$ と $e^{-\tilde{\beta}x}$ に上式を適用する。

$${}_4\sigma_z|_{z=0} = \mu \bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0^3 \int_0^\infty [(-2\tilde{\alpha}_g^2 + \delta_{sg}^2) A_4 e^{-\tilde{\alpha}_g x} + 2q\tilde{\beta}_g B_4 e^{-\tilde{\beta}_g x}] dq = 0 \quad (32)$$

任意の x に関して上式が成立することから、次式が得られる。

$$B_4 = \frac{(2\tilde{\alpha}_g^2 - \delta_{sg}^2)(\tilde{\beta}_g + js)}{2q\tilde{\beta}_g(\tilde{\alpha}_g + js)} A_4 \quad (33)$$

上式より未定定数 A_4 を用いて、次式を得る。

ポテンシャル関数を用いた応力と変位は下式となる。

$$\begin{cases} \frac{{}_4u_x}{\bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0} = x_0^2 \int_0^\infty A_4 e^{-\tilde{\alpha}_g x} \left(\frac{2\tilde{\alpha}_g^2 + \delta_{sg}^2}{2\tilde{\beta}_g} - \tilde{\alpha}_g \right) \cos(qz) dq \\ \frac{{}_4u_z}{\bar{U}_0 e^{j\omega t} x_0} = x_0^2 \int_0^\infty A_4 e^{-\tilde{\alpha}_g x} \left(\frac{2\tilde{\alpha}_g^2 + \delta_{sg}^2}{2q} - q \right) \sin(qz) dq \\ \frac{{}_4\sigma_x}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = x_0^3 \int_0^\infty 2A_4 e^{-\tilde{\alpha}_g x} (q^2 - \tilde{\alpha}_g^2 - \delta_{sg}^2) \cos(qz) dq \\ \frac{{}_4\tau_{zx}}{\mu \bar{U}_0 e^{j\omega t}} = x_0^3 \int_0^\infty A_4 e^{-\tilde{\alpha}_g x} \left\{ 2q\tilde{\beta}_g - \frac{(2\tilde{\alpha}_g^2 + \delta_{sg}^2)(\tilde{\beta}_g^2 + q^2)}{2q\tilde{\beta}_g} \right\} \sin(qz) dq \end{cases} \quad (34)$$

ここで、(23)式と(34)式におけるそれぞれ対応する変位と応力度の和をとっても(24)式で与えた応力自由の境界条件を乱すことはない。

3.5 $|x|=x_0$ における境界条件の与え方

第1段階後半の未定定数である A'_2, B'_2 と第2段階の未定定数である A_3, A_4 は、 $x = \pm x_0$ における境界条件により求める。すなわち、応力と変位の関係は次式により表現できる。

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^2 i u_x|_{x=x_0} = \sum_{i=3}^4 i u_x|_{x=x_0} \\ \sum_{i=1}^2 i u_z|_{x=x_0} = \sum_{i=3}^4 i u_z|_{x=x_0} \\ \sum_{i=1}^2 i \sigma_x|_{x=x_0} = \sum_{i=3}^4 i \sigma_x|_{x=x_0} \\ \sum_{i=1}^2 i \tau_{zx}|_{x=x_0} = \sum_{i=3}^4 i \tau_{zx}|_{x=x_0} \end{cases} \quad (35)$$

(35)式より、未定定数 A'_2, B'_2, A_3, A_4 を算出する。得られた未定定数を第1段階の解へ代入することで、基礎下地盤の応力度と変位が得られる。さらに未定定数を第2段階の解に代入することで側方地盤における応力度と変位が得られる。

4. 数値解析例

側方地盤の地表面における変位分布 u_z (Fig 3) 及び基礎下地盤の応力分布 σ_z (Fig 4) を示す。ここで振動数パラメータ a_0 は(9)式で与えられている。計算用のパラメータは以下の通りとする。

ポアソン比:0.25

無次元振動数 a_0 : 0.1、0.5、1.0、1.5、2.0

なお、地下連続壁解析では、基礎下地盤の常数を RC 壁の値に置き替え、さらに、せん断剛性比を導入すればよい。

5. 結果と簡単な考察

Fig.3に $|x/x_0| \leq 1.0$ に位置する質量のない基礎スラブが上下に正弦振動する場合の地表面における上下変位応答 u_z に関し Fig.3-1に実部を、Fig.3-2に虚部の数値計算結果を $1.0 \leq x/x_0$ に対して示す。

実部は時間 $t=0$ における変位分布を表すが、基礎の振動により励起された表面波が観測される。加振位置より離れるに伴い振動しながら減衰してゆく。また、振動数が高くなるほど、表面波の波長は短くなることが読み取れる。

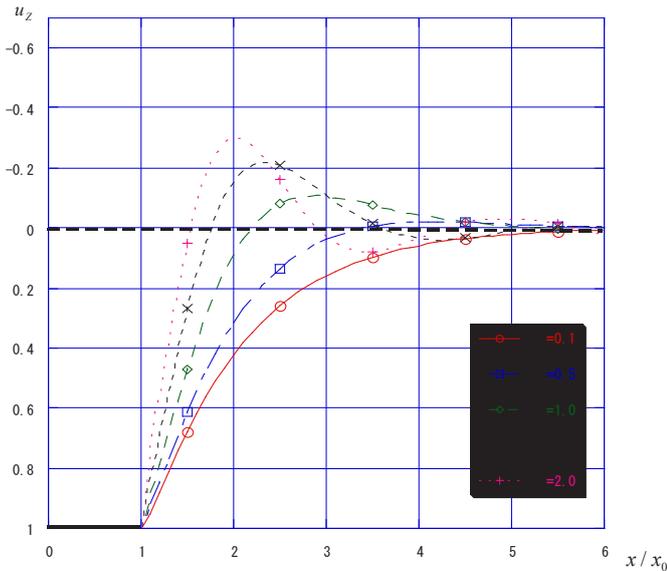


Fig. 3-1 u_z vertical displacement (Real part)

Fig.3-2の虚部の特徴は、基礎端 ($x/x_0=1$) で零であるが、横軸の増加とともに振動しながら、また、零に漸近してゆく。虚部は位相遅れに関するとともに地下逸散減衰に寄与する重要な物理量である。

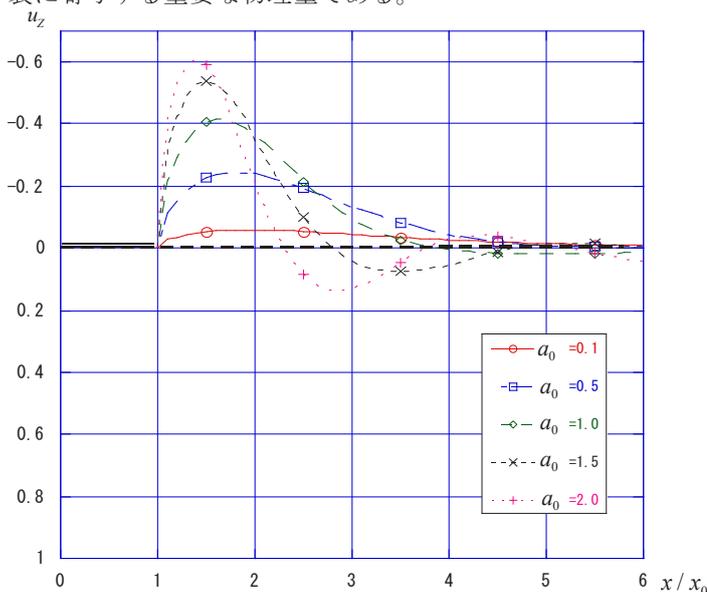


Fig.3-2 u_z vertical displacement (Imaginary part)

Fig.4は σ_z の応力分布の計算結果として Fig.4-1に実部を、Fig.4-2に虚部の数値計算結果を示す。

Fig.4-1は基礎スラブのセンターラインから右半分である、

$x/x_0=0.0 \sim 1.0$ での応力分布の実部であり、 $a_0=0.1$ などの低い振動数領域で、円形基礎の静的載荷する場合に発生し基礎端で発散するブシネスク分布に近い特徴的な挙動が得られた。

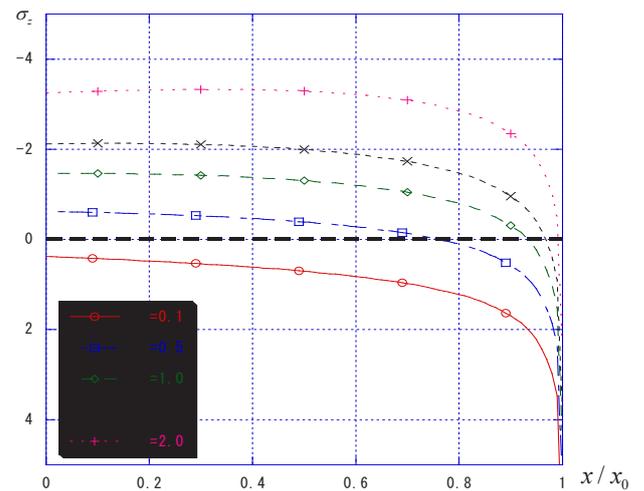


Fig. 4-1 z-Normal Stress (Real part)

Fig.4-2は応力分布の結果の虚部であり、振動数が低くなるほど零に近く、 x/x_0 の増加と共に、単調増加の傾向を示す。

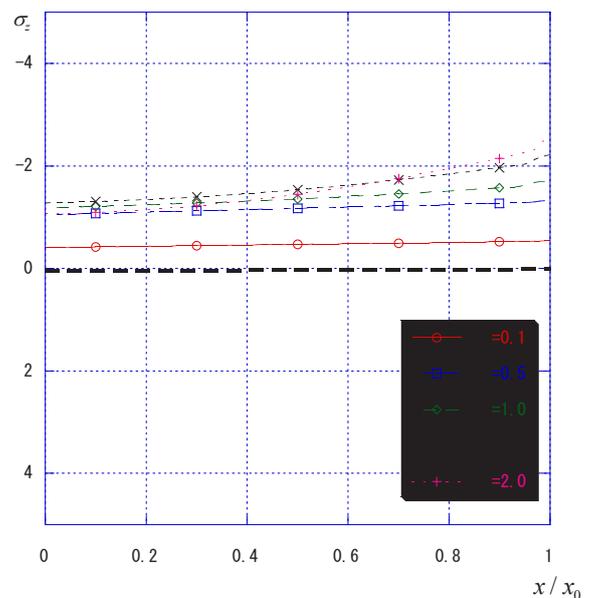


Fig. 4-2 z-Normal Stress (Imaginary part)

6. まとめ

解析結果から、Rayleigh波と思われる表面波の発生と、Boussinesq分布に近い応力分布が得られ、混合境界値問題の解析的な解明に向けての橋頭保を確保出来たと考える。今後、動的地盤剛性(D.G.S)などの解析結果とともに数値解析法についても言及していく。

7. 結びの言葉

建築技術の世界においては、上部構造である建物については、日進月歩である。一方、杭基礎を含む下部構造の進歩は鈍い。人工物では必ずしもない地盤の特殊性もあるが、50年程前に始まったFEMなどの計算力学の影響も大きいと考える。無限遠点を含む力学系は荷重・応答の間には位相遅れが発生する。位相遅れは地下逸散減衰と関係づけられる。そのため複素変数を含む解析的手法の出番である。

それに対して、計算力学のモデルは有限の領域に対しては殆ど全能であるが、有限領域の解析にとどまらざるを得ず、無限遠を含む力学系に適用するのは困難なのである。この小論で示した手法は、運動方程式の存在を意識することなく、境界条件の設定に意識を集中すれば、必要な物理量は積分することなく微分のみで得られるのである。

名城大学をプラットフォームとして他大学の学生も含めた研究会が必要であれば立ち上げたい。この方面の研究者の数を増やすのが今後の目標であり、地盤の動力学特性研究の50年の遅れを取り戻すのが目標である。

尚、本報告は立川ゼミのメンバーで取りまとめた参考文献9)を再構成したものである。

—参考文献—

- 1) 田治見宏:弾性地盤の地階壁に作用する振動土圧, 第3回日本地震工学シンポジウム講演集, pp.477-488. 1970
- 2) 矢尾 誠、立川 剛、宿里勝信、山田正作、福拓也:混合境界値問題としての基礎地盤の動力学特性の解明について、日本建築学会大会学術梗概集(東海)、pp.667-668、2012.9
- 3) P.KARASUDHI,L.M.KEER,S.L.LEE:“Vibratory Motion of a Body on an Elastic Half Plane,”Journal of Applied Mechanics, Vol.35, Trans. ASME,1968.12 pp697-705.
- 4) J.E.LUCO,R.A.WESTMANN:“Dynamic Response of a Rigid Footing Bonded to an Elastic Half Space,”Journal of Applied Mechanics, Vol.39, Trans. ASME, 1972.6 pp527-534.
- 5) 森口繁一、宇田川銈久、一松 信:数学公式Ⅱ、pp.261-281.岩波全書、1957.10
- 6) 森口繁一、宇田川銈久、一松 信:数学公式Ⅲ、pp.21-32.岩波全書、1972.3

- 7) 日本建築学会:入門・建物と地盤との動的相互作用、pp.337-356.1996.4
- 8) 日本建築学会:建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計、pp.311-345.2006.23
- 9) 矢尾 誠、立川 剛、宿里勝信、山田正作、福 拓也:直接基礎地盤あるいは地下連続壁の動力学特性の解明について;混合境界値問題に対する解析システムの構築をめざして、日本建築学会構造系論文集78(692)、pp.1679-1684、2013-10

(原稿受理日 平成26年10月2日)

論 文

切り欠きを有するレ形開先溶接鋼材の破壊性状に関する実験的研究

加藤 友哉¹⁾ 康 瀾²⁾ 葛 漢彬³⁾

Experimental Study on Fracture Mechanism of Single Bevel Groove Welded Steel Members With Different Notches

Tomoya KATO¹⁾, Lan KANG²⁾, Hanbin GE³⁾

Abstract

Brittle fracture was first observed in many connections of welded steel buildings and bridges during the 1994 Northridge earthquake and the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake. It was found that ductile cracks preceding the brittle fracture played an important role. In this study, experiments on single-bevel groove welded joints with notches at different locations, i.e. base metal, weld zone and heat-affected zone, were conducted. By comparison of experimental results, the effect of notch locations on ductile crack initiation, propagation and final failure of welded joints under monotonic tension is investigated.

1. 緒言

1991年1月に発生した兵庫県南部地震では、多くの建築構造物をはじめ、鋼製橋脚においても甚大な被害を受けた。神戸市港湾幹線の鋼製ラーメン橋脚の隅角部に、延性き裂を起点とした脆性的な破壊が確認された。被害原因の調査より、過大な塑性ひずみが生じたことで延性き裂が発生し、き裂発生箇所を起点として脆性的な破壊が生じていたことが明らかとなった¹⁾。このような破壊機構はそれまで例が見られないものであったため、鋼構造物における地震時の脆性的な破壊メカニズムの解明が行われるようになった^{2,3)}。設計においてどの時点を破壊基準と捉えるのかが問題となるが、最も厳しいのは延性き裂発生を破壊基準と捉える場合である。そのため、延性き裂の発生により引き起こされる脆性的な破壊は、極度の負荷下での溶接構造物の構造性能を評価するための鋼構造の重要な破壊現象であるため、そのメカニズムの解明が急務である。

そこで、本研究では欠陥を模擬した切り欠きを有する溶接試験片を用いた単調載荷実験を行い、各溶接鋼材のき裂の発生から破断までの挙動を調べる。また、溶接による材質変化や切り欠きの生じる位置が鋼材のき裂の発生から破断までに及ぼす影響を検証する。

2. 実験概要

2.1 実験試験片

実験に用いる試験片は欠陥を模擬するための、UノッチとVノッチの2種類の切り欠きを有する溶接鋼材と切り欠きを有しない鋼材である。また、切り欠きを有する溶接鋼材は欠陥の生じる位置の及ぼす影響を調べるために、切り欠きの位置が異なるように製作をしている。溶接鋼材は二枚の板を互いに溶接接合した一枚板の製作後に、鋼材の異なる位置にて切り欠きを設けている。使用鋼種はSM490YA、板厚は12mmとした。また、切り欠きの設計寸法はUノッチが幅4mm、深さ4mmであり、Vノッチは幅4mm、深さ2mmである。Fig. 1に試験片設計図および全体の計測位置を示す。また、Fig. 2に試験片製作の際の切り欠きの位置図を示す。本研究では、溶接部に切り欠きを有する試験片のき裂の発生から破断までを予備実験で確認した後に、切り欠きの位置の異なりによるき裂発生から破断までの影響を確認している。また、切り欠きの位置の異なる試験片は、溶接部の大きさを確認するため、試験片の表面を研磨している。これにより、板厚が10mm程度となっている。以降、板厚12mmをシリーズA、板厚10mmをシリーズBとする。

1) 大学院理工学研究科 2) 華南理工大学 3) 社会基盤デザイン工学科

1) Graduate School of Science and Technology, 2) South China University of Technology, 3) Department of Civil Engineering

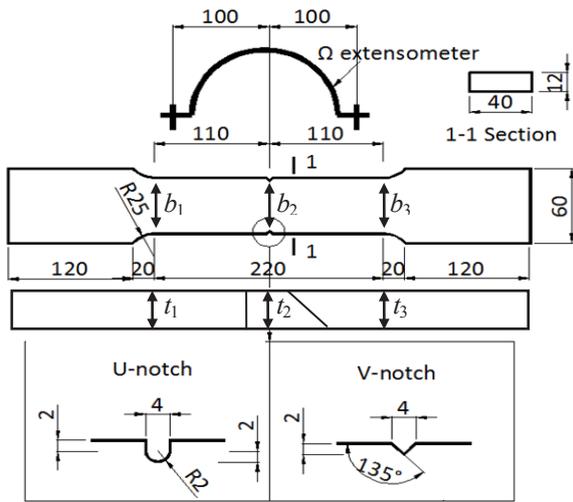


Fig. 1 Specimen

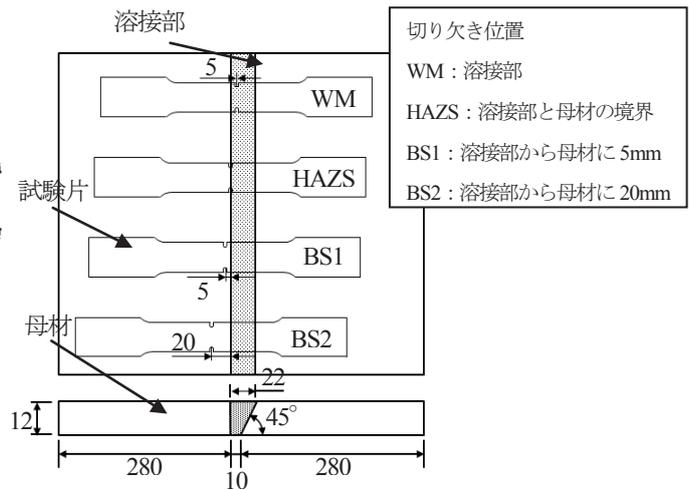


Fig. 2 Notch's position

Table 1 Measured dimensions of tested specimens

(a) Specimens of series A (Unit: mm)							(b) Specimens series B (Unit: mm)						
試験片	b_1	b_2	b_3	t_1	t_2	t_3	試験片	b_1	b_2	b_3	t_1	t_2	t_3
WM-U1	39.7	30.0	39.6	11.9	11.7	12.0	WM-U4	40.0	32.0	40.1	10.3	10.2	10.4
WM-U2	40.1	31.1	39.3	12.0	11.7	12.0	WM-V6	40.3	35.9	40.3	10.5	10.5	10.4
WM-U3	40.3	32.0	40.0	12.0	11.6	11.9	HAZS-U1	40.5	32.7	40.5	10.4	10.3	10.4
WM-V1	40.0	36.7	40.1	11.9	11.7	11.8	HAZS-V1	40.2	36.0	40.3	10.0	9.9	9.94
WM-V2	40.5	35.4	40.2	12.0	11.8	12.0	BS1-U1	40.2	31.9	40.9	10.4	10.4	10.5
WM-V3	40.2	36.4	40.2	12.0	11.7	12.0	BS1-V1	40.2	36.0	40.3	9.8	9.7	9.9
WM-V4	40.3	35.3	40.1	12.0	11.7	12.0	BS2-U1	40.1	32.4	40.2	10.4	10.4	10.5
WM-V5	39.8	35.7	39.1	12.0	11.8	11.9	BS2-V1	40.3	35.1	40.2	9.2	9.1	9.2
M-S-1	39.3	39.3	39.5	11.9	11.6	12.0	M-S-4	40.2	40.2	40.4	10.0	9.9	10.0
M-S-2	39.4	39.4	39.3	11.9	11.7	11.9	M-S-5	40.4	40.4	40.6	10.0	10.1	10.1
M-S-3	38.1	38.1	38.3	11.9	11.6	12.0							
NWSFB1	40.2	40.3	40.3	12.1	12.2	12.1							
NWSFB2	39.3	39.2	39.2	12.1	12.1	12.1							

2.2 測定手法

本実験開始前に、試験片全体および切り欠きの計測を行っている。また、シリーズB試験片については、溶接部の大きさおよび切り欠きの位置の計測を行っている。全ての試験片の実測寸法値を Table 1 に示す。また、シリーズB試験片の溶接部の大きさおよび切り欠き位置の実測の位置を Fig. 3 に、実測寸法を Table 2 に示す。Table 2(b)の c_1 から c_4 は母材から溶接部への切り欠き位置の中心までの距離であるが、数値がマイナスの場合は、溶接部から母材への距離としている。

2.3 溶接条件

溶接材料は YM-55C 材である。溶接方法は半自動溶接

を用いている。溶接条件については、Table 3 に示す。

2.4 実験手法

本実験は単調荷重引張試験を行い、破断までの荷重と変位を測定した。変位の測定については、標点間距離 200mm を特製のオーム型の変位計を用いた。また、き裂の発生を確認するために、目視のみではなく、万能試験機の両側面に 2 台のビデオカメラを設置し、切り欠きに焦点を合わせて、実験開始から破断までを撮影した。延性き裂は目視とビデオカメラの観測で、1~2mm 程度を発生としている。実験荷重中の全体の様子を Photo 1 に、試験片設置時の試験片および変位計の様子を Photo 2 に示す。

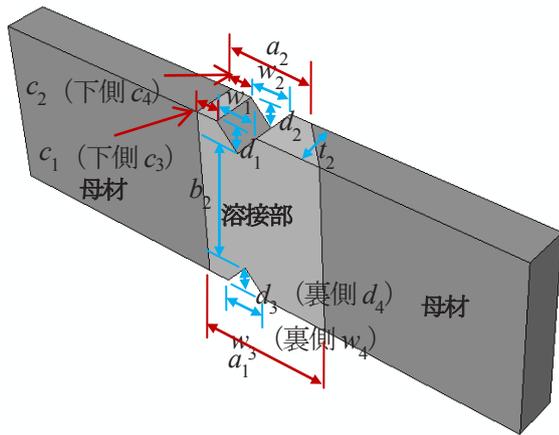


Fig. 3 Size of notch and weld

Table 2 (a) Notch dimensions of series A specimens (Unit: mm)

試験片	切り欠きサイズ							
	d_1	d_2	d_3	d_4	w_1	w_2	w_3	w_4
WM-U1	4.9	4.8	4.2	4.4	4.8	4.4	4.3	4.0
WM-U2	4.2	3.9	4.0	4.0	4.0	3.9	4.0	4.0
WM-U3	4.0	3.8	4.0	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0
WM-V1	2.0	2.0	2.2	2.2	4.1	3.9	4.0	4.1
WM-V2	2.0	2.1	1.9	1.8	4.1	3.8	4.1	3.8
WM-V3	2.0	2.0	1.9	1.9	4.9	4.0	4.0	4.0
WM-V4	2.1	2.0	2.7	2.8	4.4	4.4	6.2	6.1
WM-V5	2.1	2.0	2.1	2.0	4.4	5.0	4.7	4.6

Table 2 (b) Specimen dimensions of series B specimens (Unit: mm)

試験片	切り欠きサイズ								溶接部		切り欠き位置			
	d_1	d_2	d_3	d_4	w_1	w_2	w_3	w_4	a_1	a_2	c_1	c_2	c_3	c_4
WM-U4	3.9	4.2	4.1	4.4	4.0	4.0	4.0	3.8	30.6	16.2	8.3	7.3	8.9	7.7
WM-V6	2.1	2.0	2.1	2.2	4.3	4.1	4.7	4.7	22.5	14.0	6.0	6.2	5.6	5.4
HAZS-U1	2.8	2.6	4.2	3.8	4.0	3.9	4.1	3.8	28.3	18.9	1.2	1.3	0.0	0.8
HAZS-V1	2.1	2.4	2.0	2.0	5.2	4.8	4.2	4.9	21.0	16.9	0.0	-0.9	-2.2	-2.3
BS1-U1	3.8	3.7	4.2	3.9	4.3	4.2	4.2	4.2	29.3	20.3	0.0	-2.2	-2.2	-1.6
BS1-V1	2.0	2.0	2.0	1.9	4.0	4.5	4.2	4.0	22.8	16.2	-3.0	-2.5	-4.2	-2.9
BS2-U1	4.1	4.2	4.7	4.4	4.0	4.0	3.9	4.0	24.5	20.1	-17.7	-17.1	-18.5	-16.0
BS2-V1	2.0	2.2	2.2	2.2	4.4	4.6	5.2	5.0	20.6	15.4	-19.1	-18.5	-20.0	-19.5

Table 3 Welding conditions

電流の種類	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)	シールドガス	予熱(°C)	パス間(°C)
DCEP	300	32	25	CO ₂ 100%	20	150

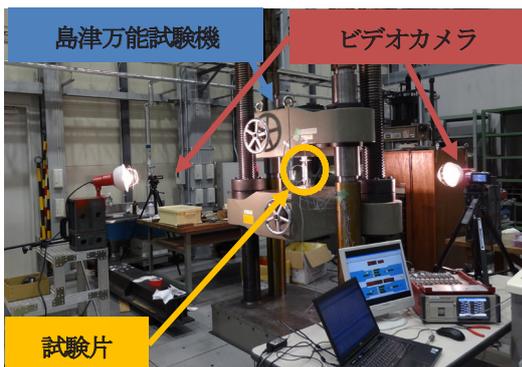


Photo 1 Overall view of experiment

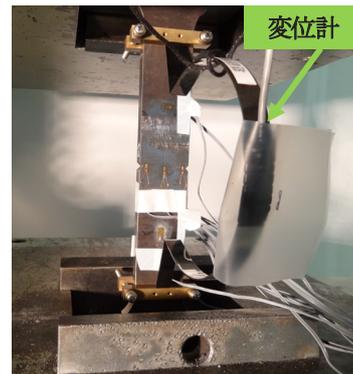


Photo 2 Specimen set up

3. 実験結果

3.1 材料特性

シリーズ B 試験片の M-S-4, M-S-5 より溶接部を確認し、溶接部 (Weld)、境界部 (Boundary)、熱影響部粗粒部 (HAZ Coarse)、熱影響部細粒部 (HAZ Fine) および

母材 (Base Metal) の応力-ひずみデータを得た。一例として、M-S-4 の応力-ひずみ曲線を Fig. 4 に示す。

同図より、母材、溶接部、熱影響部の順に降伏しているが、母材に比べ、溶接部と熱影響部は降伏棚がなく、早くひずみ硬化域に入っている。また、降伏後の強度を見てみると、母材のひずみ硬化開始時の $\epsilon_{st}^{BM}=0.012$ 、応力 $\sigma_{st}^{BM}=388\text{MPa}$ を基準とし、溶接部と熱影響部のひずみ ϵ_{st}

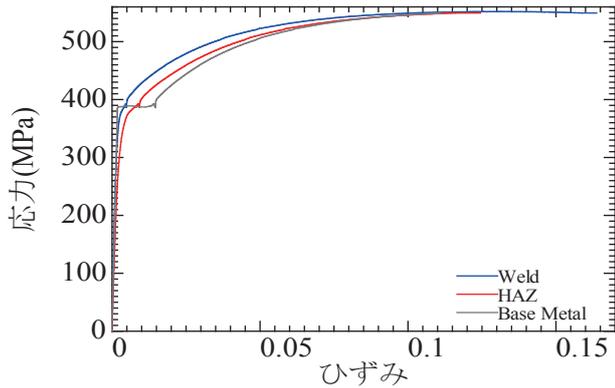
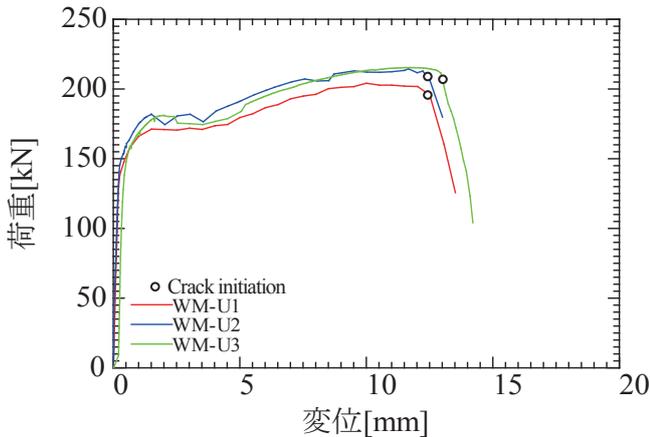


Fig. 4 S-S curve of M-S-4

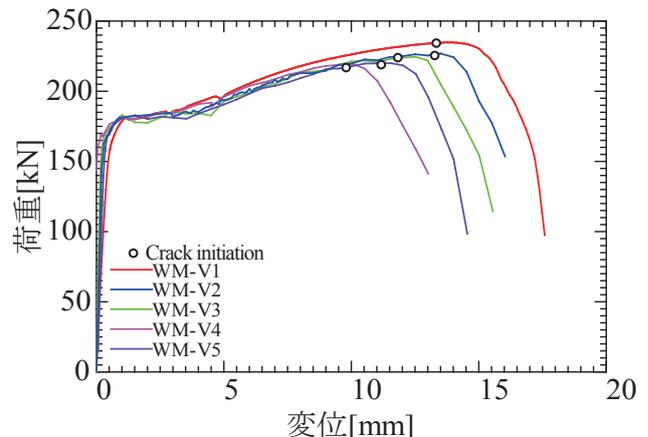
Table 4 Material properties

材料特性	E (GPa)	ν	σ_y (MPa)	ϵ_y (%)	E_{st} (GPa)
母材	211	0.3	385	0.182	5.36
溶接部	179	0.3	369	0.219	4.23
熱影響部	159	0.3	347	0.226	4.28

Note: E = ヤング率, ν = ポアソン比, σ_y = 降伏応力, ϵ_y =降伏ひずみ, E_{st} =硬化開始ひずみ,

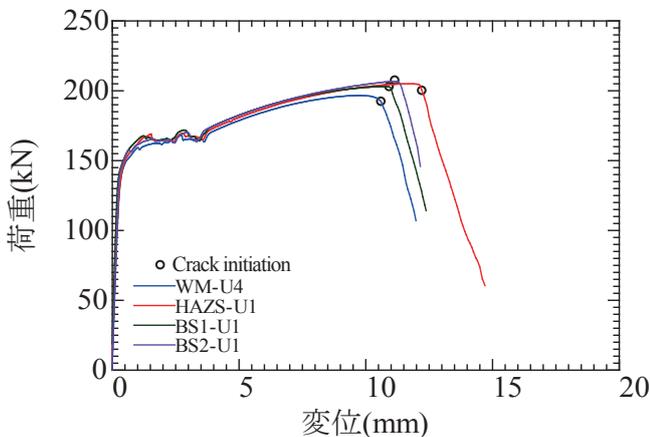


(a) U-notched specimens

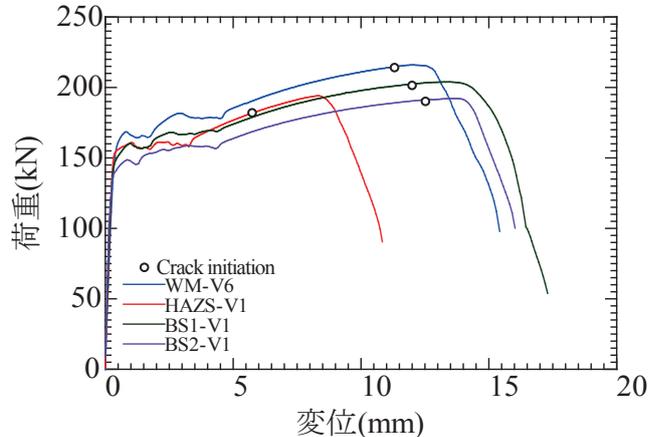


(b) V-notched specimens

Fig. 6 P-D curves of series A specimens



(a) U-notched specimens



(b) V-notched specimens

Fig. 7 P-D curves of series B specimens

$=0.012$ の時の応力を確認したところ、溶接部の応力 $\sigma_{st}^W = 438\text{MPa}$ 、熱影響部の応力 $\sigma_{st}^{HAZ} = 414\text{MPa}$ であった。

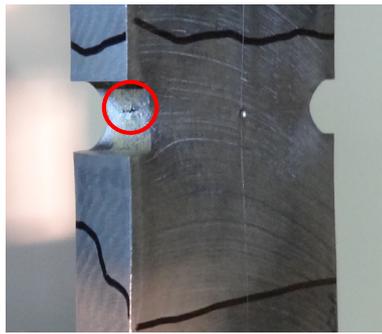
この結果より、母材の降伏棚を越えれば、溶接部と熱影響部の強度は母材よりもそれぞれ1.13倍と1.07倍程度大きくなるが、約10%のひずみを超えると、また同程度になる傾向が見られた。材料特性は、2本の母材 (NWSFB-1とNWSFB-2)より得られ、溶接部 (Weld) は切り欠きを有する試験片である WM-U1 から WM-U4 の4本より得た。また、BS1-U1 および HAZ-V1 の2本

より熱影響部 (HAZ) の材料特性を決定した。溶接部と熱影響部については、板厚10mmの試験片にマクロ出しをして、溶接部確認後に、溶接部、熱影響部、溶接部と熱影響部の境界にひずみゲージを貼って、応力-ひずみのデータを得ている。

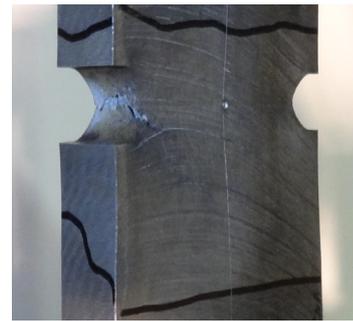
Table 4 に試験より得られた各領域の材料特性を示す。

3.2 き裂の発生・破断

本実験の、き裂の発生および破断をビデオカメラの映

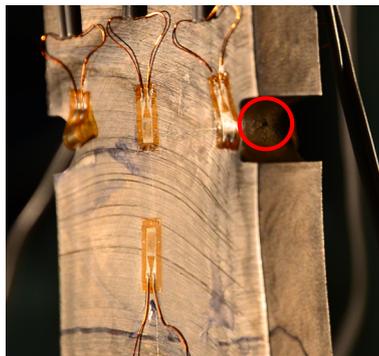


(a) Crack initiation



(b) Crack propagation

Photo 3 WM-U4



(a) Crack initiation



(b) Crack propagation

Photo 4 HAZS-U1

Table 5 Load and displacement at crack initiation and fracture

(a) Series A

(b) Series B

試験片	変位(mm)		荷重(kN)		
	き裂発生	破断	き裂発生	破断	最大荷重
WM-U1	12.5	13.5	195.6	125.7	209.8
WM-U2	12.5	13.0	206.4	179.8	214.8
WM-U3	13.0	14.2	195.7	104.1	216.6
WM-V1	13.3	17.6	230.8	97.4	234.8
WM-V2	13.5	16.0	226.8	153.5	234.8
WM-V3	12.0	15.6	223.8	114.5	232.6
WM-V4	10.0	13.0	219.7	141.3	224.2
WM-V5	11.6	14.5	219.9	98.4	226.4
M-S-1	*	31.1	*	205.5	248.8
M-S-2	*	32.5	*	199.4	243.0
M-S-3	*	27.6	*	203.0	240.2
NWSFB1	*	46.6	*	228.6	269.4
NWSFB2	*	47.0	*	226.8	267.8

試験片	変位(mm)		荷重(kN)		
	き裂発生	破断	き裂発生	破断	最大荷重
WM-U4	10.4	12.0	194.8	107.0	196.6
WM-V6	11.4	15.4	214.7	97.8	216.0
HAZS-U1	12.2	14.7	200.8	60.5	204.9
HAZS-V1	5.9	10.8	182.5	90.5	194.1
BS1-U1	11.0	13.7	202.4	90.0	202.9
BS1-V1	12.8	17.3	203.6	53.9	203.9
BS2-U1	11.3	12.2	205.6	145.8	206.7
BS2-V1	13.5	16.0	192.1	100.2	192.2
M-S-4	*	44.9	*	183.6	220.5
M-S-5	*	45.6	*	184.8	224.8

Note : *は切り欠きを有しない試験片であるため、き裂の発生が確認できなかった

像と荷重-変位曲線を比較して確認を行った。UノッチおよびVノッチの実験結果をシリーズA試験片とシリーズB試験片に分けて、以下に示す。シリーズA試験片の荷重-変位曲線を Fig. 6 に、シリーズB試験片の荷重-変位曲線を Fig. 7 に示す。まず、シリーズA試験片の実験結果では、Uノッチの場合、き裂は最大荷重の到達後

に発生している。また、破断時の変位についても概ね同様の結果が得られている。これに対して、Vノッチの場合、き裂は最大荷重の到達よりも前に発生していることが確認できた。次に、破断については、各Vノッチ試験片の結果は異なる変位であった。破断が最も早いのはWM-V4 であるが、これはこの試験片のVノッチのサイ

ズが最も大きく (Table 2(a)の計測寸法より, $w_3=6.2\text{mm}$, $w_4=6.1\text{mm}$ と $d_3=2.7\text{mm}$, $d_4=2.8\text{mm}$), 切り欠きの有効幅が最も小さくなり ($b_2=35.3\text{mm}$), 断面積 ($b_2 \times t_2=413.3\text{mm}^2$) も小さかったからである。これに対して, 最も破断が遅いのは, WM-V1 であり, これは切り欠きの有効幅が最も大きく ($b_2=36.7\text{mm}$), 断面積 ($b_2 \times t_2=431.0\text{mm}^2$) も最も大きかったからであろう。また, これら2本の試験片の切り欠きの角度は, 設計寸法の角度 90° に対して, WM-V1 の角度が 89° , WM-V4 の角度が 98° であった。切り欠きが鋭い WM-V1 は最大荷重到達よりも, 1mm 程度早くき裂が発生するのに対し, 少し鈍角である WM-V4 の場合は, 最大荷重到達の直前に, き裂が発生していることを確認した。このように, シリーズ A 試験片の結果から, 切り欠きのサイズ (鋭さ) がき裂の発生に, 切り欠きの有効幅と断面積が破断時の変位に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

次に, 切り欠きの位置が異なるシリーズ B 試験片の実験結果では, U ノッチの破断は WM-U4 (断面積 $b_2 \times t_2=325.4\text{mm}^2$) が最も早く, 約 12mm であった。その後, BS1-U1 (断面積 $b_2 \times t_2=331.6\text{mm}^2$), BS2-U1 (断面積 $b_2 \times t_2=335.7\text{mm}^2$), HAZS-U1 (断面積 $b_2 \times t_2=338.3\text{mm}^2$) の順に破断変位が遅くなっており, HAZS-U1 は約 15mm で破断する結果となった。一方, V ノッチの試験片は HAZS-V1 (切り欠き角度 102.1° , 断面積 $b_2 \times t_2=356.4\text{mm}^2$), WM-V6 (切り欠き角度 93.7° , 断面積 $b_2 \times t_2=375.9\text{mm}^2$), BS2-V1 (切り欠き角度 99.5° , 断面積 $b_2 \times t_2=317.5\text{mm}^2$), BS1-V1 (切り欠き角度 96.7° , 断面積 $b_2 \times t_2=349.2\text{mm}^2$) の順に破断変位が遅くなっていく結果となった。シリーズ A では, 溶接部に切り欠きを有する WM-V1~WM-V5 は有効幅と断面積が破断への影響を及ぼしていたが, シリーズ B の場合は, 若干異なる結果となった。これは, 断面積による破断変位へ及ぼす影響よりも, 切り欠き位置による破断変位への影響が大きいからだと思われる。HAZS-V1 が最も早い約 11mm の変位で破断したのは, 熱影響部と溶接部の境界付近に切り欠きがあったためと考えられる。U ノッチと V ノッチを比較したところ, 破断変位が最も早い試験片は, U ノッチが WM-U4, V ノッチが HAZS-V1 であるが, 切り欠きの形状によるノッチ根へのひずみ集中が異なるためと考えられる。

また, U ノッチにおいて, 降伏棚の荷重は概ね一致しているのに対して, V ノッチは, 降伏棚の荷重にばらつきが見られた。これは板厚が WM-V1 と BS2-V1 の差が 1.5mm あることが, 影響を及ぼしていると考えられる。U ノッチおよび V ノッチのき裂は切り欠きの位置に関係なく, 切り欠きの板厚方向の中央であることを, 目視お

よびビデオカメラより確認できた。試験片 WM-U4 のき裂の発生時および進展時の写真を Photo 3 に示す。また, 切り欠きの位置が溶接部と熱影響部の境界上である HAZS-U1 のき裂の発生時および進展時の写真を Photo 4 に示す。WM-U4 と HAZS-U1 の写真より, き裂の発生および進展は概ね同様の位置であることが, 確認できる。また, 他の試験片のき裂の発生位置も WM-U4 や HAZS-U1 と同様, 切り欠き根の板厚の中心であった。

4. 結言

本研究では, 切り欠きを有するレ形開先溶接鋼材のき裂の発生から破断までの特性を単調荷重実験によって検証した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 溶接のみを有する試験片の実験結果によれば, 溶接が行われることで材質が変化し, 溶接部および熱影響部の降伏点は母材よりも若干低下するが, ひずみ硬化域では一樣になる。
- (2) き裂は U ノッチの場合は最大荷重到達後に, V ノッチの場合は最大荷重到達より前に発生する。また, いずれも, き裂は切り欠きの板厚中心で発生する。しかし, き裂の発生変位は切り欠きのサイズ (鋭さ) によって若干変動する。
- (3) 切り欠きを有する場合, 破断変位は, 有効幅と断面積の影響を大きく受けるが, 切り欠きの位置が溶接部と熱影響部の境界にある場合は, より大きく影響を受ける。

参考文献

- 1) 岡下勝彦, 大南亮一, 道場康二, 山本晃久, 富松実, 丹治康行, 三木千壽: 兵庫県南部地震による神戸港港湾幹線道路 P75 橋脚隅角部におけるき裂損傷の原因調査・検討, 土木学会論文集, No.591/I-43, pp.243-261, 1998 年 4 月。
- 2) 葛漢彬, 川人麻紀夫, 大橋正稔: 鋼材の延性き裂発生限界ひずみに関する基礎的研究, 土木学会地震工学論文集, Vol.28, 論文番号 No.190, 2005 年 8 月。
- 3) 桑村仁, 山本恵市: 三軸応力状態における構造用鋼材の延性き裂発生条件, 日本建築学会構造系論文集, 第 477号, pp.129-135, 1995年11月。
- 4) 加藤友哉, 東城達哉, 康瀾, 賈良玖, 葛漢彬: 切り欠きを有するレ型突合溶接鋼部材の力学特性に関する研究, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, I-26, pp.51-52, 2014 年 3 月。

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

間隔保持材を有する BRRP 制震ダンパーの性能実験と解析

加藤弘務¹⁾ 宇佐美勉²⁾ 山崎伸介³⁾ 葛 漢彬⁴⁾

Performance Experiment and Analysis of BRRP Dampers with Space Holding Member

Hiromu Kato¹⁾, Tsutomu Usami²⁾, Shinsuke Yamazaki³⁾, Hanbin GE⁴⁾

Abstract

This study is a part of studies on the performance of BRRP dampers. Space holding member is used to stabilize the hysteresis curve, and its effect on the performance is investigated. As a result, effectiveness of space holding member has been proved. However, it is also found that it is important to consider the location of the space holding member.

1. 緒言

上部構造と下部構造をつなぎ、制震ダンパーの塑性変形によって、地震エネルギーを吸収・消散させるものとして制震ストッパーがある。そのような働きをする制震ダンパーとして、著者らは、Fig. 1 に示すような座屈拘束波形鋼板 (Buckling Restrained Rippled Plate Damper, BRRP ダンパーと略称する)の開発研究を行ってきた^{1),2)}。BRRP ダンパーは芯材である波形鋼板の面外座屈を拘束材で防止するような構造である。既往の研究より、BRRP ダンパーが圧縮されると発生する特徴的な変形として、蛇行変形と膨らみ変形があることが分かっている。蛇行

変形とは拘束材間で起こる芯材の全体座屈変形のことをいい、膨らみ変形とは各波形が膨らむように変形することを指す。これらの変形が進展し、隣合う波形頂部が拘束材に接触すると拘束材で保持する変形空間内で、芯材が詰まってしまい (詰まり現象, Fig. 2), 軸方向に動かなくなり急激な荷重の上昇を起こす。本論文で対象とする BRRP ダンパーは、薄肉で波形の数が多いため蛇行変形が発生しやすく、波形が扁平な円弧であるため、膨らみ変形についても発生しやすい。そのため、詰まり現象を防止するという観点から、Fig. 3 (a)に示すような間隔保持材を使用した。本論文では主に間隔保持材の効果について検証を行う。

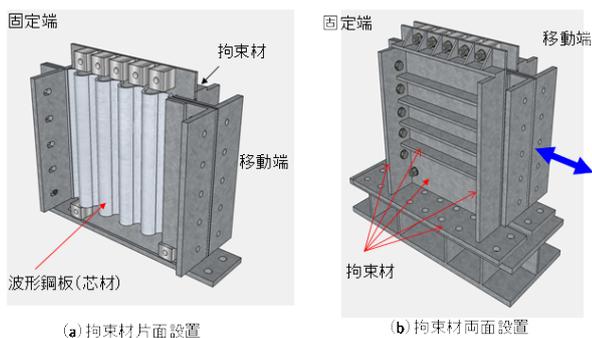


Fig. 1 BRRP damper

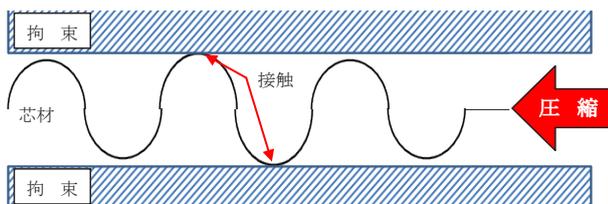


Fig. 2 Clogging of the waves

2. 実験概要

本論文で使用した供試体パラメータを Table 1 に示す。ここで、 r/t =芯材の内径曲率半径 r を板厚 t で除した値、 d =拘束材の隙間量 (拘束材内面間距離)、 d_0 =波形外表面と拘束材内面の隙間量、 L_0 =変形部分長、 $2A$ =波形板中芯



(a) Installation diagram

(単位 : mm)

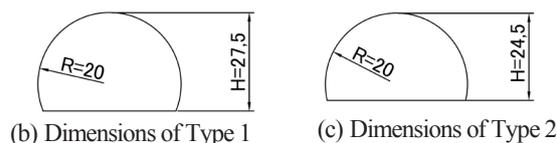


Fig. 3 Installation diagram and dimensions of space holding member

1) 大学院理工学研究科 2) 理工学部 3) 新日鉄住金エンジニアリング(株) 4) 社会基盤デザイン工学科
1) Graduate School of Science and Technology, 2) School of Science and Technology,
3) Nippon Steel & Sumikin Engineering Co., Ltd., 4) Department of Civil Engineering

線で測った波高である。供試体はプレス加工のあと残留ひずみを SR 処理³⁾によって除去している。拘束材の間隔量 d は事前解析によって決定した。間隔保持材の寸法を Fig. 3(b), (c) に示す。両者の違いは高さ H にあり、タイプ 1 が大きく、タイプ 2 が小さい。実験は、名城大学構造耐震実験室の大型実験装置を用いて行った。Fig. 4 に実験装置の全体図と実験供試体を示す。

3. 実験結果

3.1 水平荷重—水平変位関係

Fig. 5 に水平荷重—水平変位関係を示す。

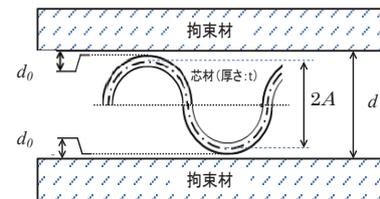
Fig. 5(a) に示す一定振幅載荷実験のものを比較すると、

間隔保持材を使用していない No.1 では、圧縮側の変位 $\Delta=0\sim-20\text{mm}$ の範囲において、履歴に大きな乱れが生じているが、サイズの大きい間隔保持材を使用した No.2 とサイズの小さい間隔保持材を使用した No.3 では、改善されている。この荷重の乱れは波の詰まり現象により、荷重が急上昇したため生じたものであり、間隔保持材の使用によって波の詰まり現象が抑えられていることが分かる。しかし、No.2 では引張変位 $\Delta=20\text{mm}$ 程度で波形が引張により平坦に近づき、間隔保持材が押し出され拘束材に接触し、芯材が曲げ変形できなくなり軸変形が卓越し始めるため、荷重が上昇している。

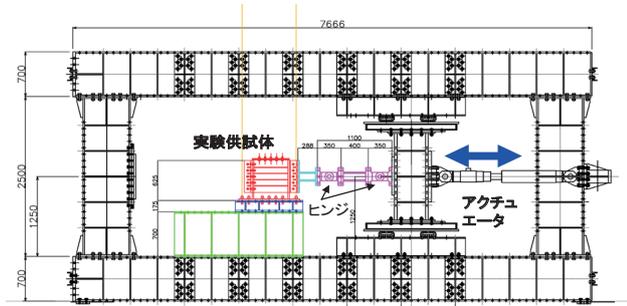
Fig. 5(b) に示す No.4 の一定振幅載荷実験では No.3 で安定していた $\Delta=\pm 17\text{mm}$ を振幅として行った。履歴の傾向

Table 1 Parameters of test specimens

No.	供試体名	r/t	t (mm)	隙間量 (mm)	L_0 (mm)	$2A$ (mm)	間隔保持材
1	BRRP-2.5-26-CY	2.5	9	$d=42$ $d_0=3.5$	486	26	なし
2	BRRP-2.5-26-L-SPACE-CY						タイプ 1
3	BRRP-2.5-26-S-SPACE-CY						タイプ 2
4	BRRP-2.5-26-S-SPACE-LC						タイプ 2



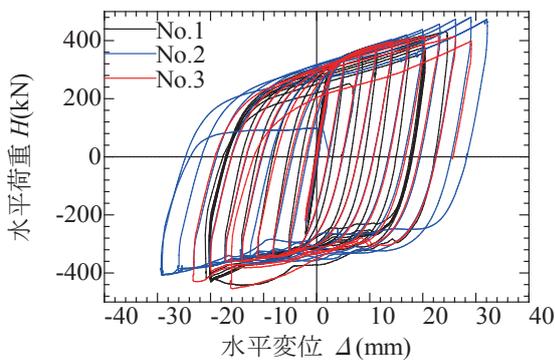
Note: r = 波形の内径曲率半径, t = 芯材の板厚, d = 拘束材間の隙間, d_0 = 波形板外表面と拘束材内面の隙間, L_0 = 変形部長材, Δ_m = 設計限界変位, $2A$ = 波形板中心線の波高



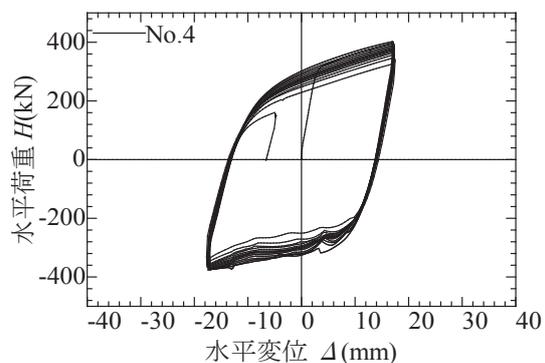
(a) Test setup

(b) Test specimen

Fig. 4 Test setup and test specimen



(a) Cyclic loading



(b) Constant-amplitude loading

Fig. 5 Hysteresis curve

Table 2 Performance of BRRP dampers

No.	供試体名	H_u (kN)	Δ_u/L_0	CID	ΣE (kN・m)
1	BRRP-2.5-26-CY	430	0.051	1.47	204
2	BRRP-2.5-26-L-SPACE-CY	481	0.066	1.42	184
3	BRRP-2.5-26-S-SPACE-CY	402	0.060	0.95	116
4	BRRP-2.5-26-S-SPACE-LC	402	0.035	1.74	207

Note: Δ_u =最大変位, L_0 =変形部分長, H_u =最大荷重, CID =累積塑性変形, ΣE =累積エネルギー吸収量

Table 3 Various quantities of clogging of the waves

No.	供試体名	接触発生変位 (mm)	詰まり現象 発生変位 (mm)	拘束材の最大 膨らみ量 (mm)
1	BRRP-2.5-26-CY	-5	-14	—
2	BRRP-2.5-26-L-SPACE-CY	-8	-20	6.2
3	BRRP-2.5-26-S-SPACE-CY	-8	-20	8.0
4	BRRP-2.5-26-S-SPACE-LC	-8	—	4.1

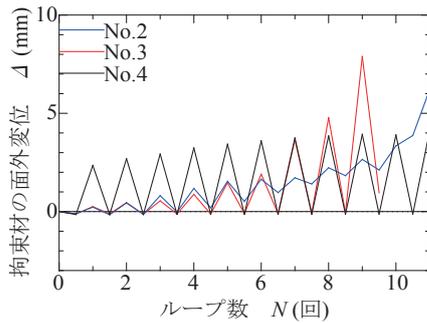


Fig. 6 Development of out-of-plane displacement of the constraining member

は2ループ目のみ荷重の上昇がみられた後、徐々に荷重が低下していき、14ループ目の $\Delta=5\text{mm}$ 付近で荷重が急激に低下し始めたため実験を終了した。

3.2 BRRP が保有する性能

各供試体について、変形性能の尺度としての最大平均ひずみ Δ_u/L_0 、低サイクル疲労性能の指標^{4),5)}としての累積塑性変形 CID 、および累積エネルギー吸収量（履歴曲線が囲む総面積） ΣE をまとめて Table 2 に示す。

最大平均ひずみ Δ_u/L_0 は間隔保持材を利用することで改善することが分かる。

No.1 と No.2 を比較した場合、 CID は同等程度であるが、 ΣE は 10%ほど No.1 の方が大きい。また、No.1 と No.4 では、 ΣE は同等程度であるが、 CID は No.4 が 18%ほど大きい。これは圧縮域での波の詰まり現象による荷重の上昇が改善され、芯材の損傷が少なかったため、 ΣE はほとんど増大しなかったが CID は改善されたからであ

る。荷重が上がり過ぎず、高い変形性能を有するという事は、主構造との取付け部への影響を小さくし、高い低サイクル疲労強度を持った BRRP の開発が行えることを示している。

3.3 詰まり現象

Table 3 に芯材が拘束材に接触を開始した際の水平変位、詰まり現象が発生した際の水平変位、拘束材の最大面外変位を、Fig. 6 に拘束材の面外変位の進展図を示す。

波の詰まり現象は芯材の拘束材への接触から摩擦力が大きくなることにより発生するので、芯材の拘束材への接触を遅らせることは重要である。Table 3 から芯材の拘束材への接触と波の詰まり現象が共に、間隔保持材の使用により、遅れていることが分かる。

拘束材の面外変位は、拘束材の中心で計測しており二枚の拘束材の面外変位を足し合わせたものである。そのため、拘束材の面外変位の量は波の詰まり現象により拘束材が変形した量とも言える。Fig. 6 より分かるように No.2 と No.3 を比較すると拘束材の面外変位は No.2 の方が小さく、そして緩やかに発生していることから、大きめの間隔保持材は波の詰まり現象に対して特に有効であることが分かる。しかし、先にも述べたように 10 ループ以降では引張側においても荷重の上昇がみられる。

4. 解析概要

解析は Fig. 7 に示すように芯材である波形鋼板と拘束材をモデル化した。芯材は軸方向に純圧縮荷重されるも

のとし、芯材が変形し、波形頂部表面が拘束材内部表面に接触した後は接触問題として扱う。

解析における仮定と条件は以下のようである。

- 1) 平面ひずみを仮定し、芯材の高さは 1/5 (100mm) とする。ただし、板厚は各供試体の設計値としている。
- 2) 芯材は波形の部分 (変形部分長) のみ解析対象としている。
- 3) 拘束材モデル (長さ: 900mm, 高さ: 110mm) は変形を防止するために剛性を芯材の 1000 倍とする。
- 4) 薄肉シェル要素を用い移動端の水平変位 (高さ方向に一定) を制御する複合非線形繰返し解析を実施する。
- 5) 構成則は Bi-linear 移動硬化則 (2 次勾配は $E/100$) を仮定する。
- 6) 芯材と拘束材の接触による摩擦係数 μ は 0.1 とする。
- 7) 波形板成形による予ひずみおよび初期たわみは無視する。

ここで、芯材に強制変位を与えるため、最初に芯材と間隔保持材が接触する。この時、間隔保持材の境界条件

は X, Z 方向に拘束されていないため、間隔保持材と拘束材に隙間がある場合、剛体変位が生じる。剛体変位は通常は摩擦で支え解析を行うが、間隔保持材と芯材の接触面は共に曲面であるため摩擦で支えた場合は極めて不安定となり、計算の安定性・収束性に悪影響を及ぼす。そのため、本論文ではせん断変形を考慮した剛性の小さい弾性はより要素で間隔保持材の剛体変位を支える解析を行う。より要素は長さ 20mm, 断面は半径 1mm の円形、ヤング率 $E=5\text{MPa}$ と設定している。

より要素に、剛体運動において生じる摩擦の様な働きをさせるために、より要素の片方の端部と芯材の波形の頂点の節点を参照点として、運動学的拘束 (kinematic constraint) させ、もう片方のより要素の端部を参照点として、間隔保持材のエッジの節点集合を運動学的拘束させた。運動学的に拘束をすることで、節点の集合を参照点に定義された剛体運動に制限することが出来る。もし

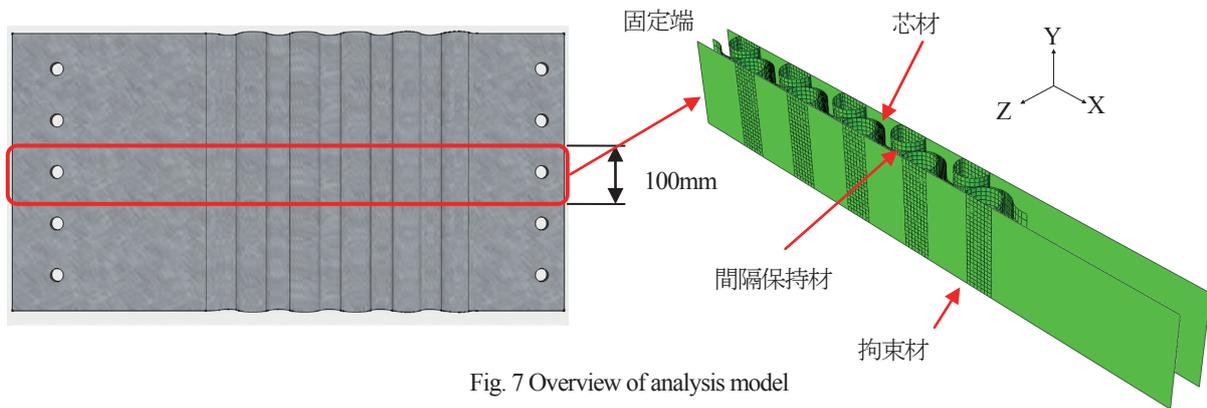


Fig. 7 Overview of analysis model

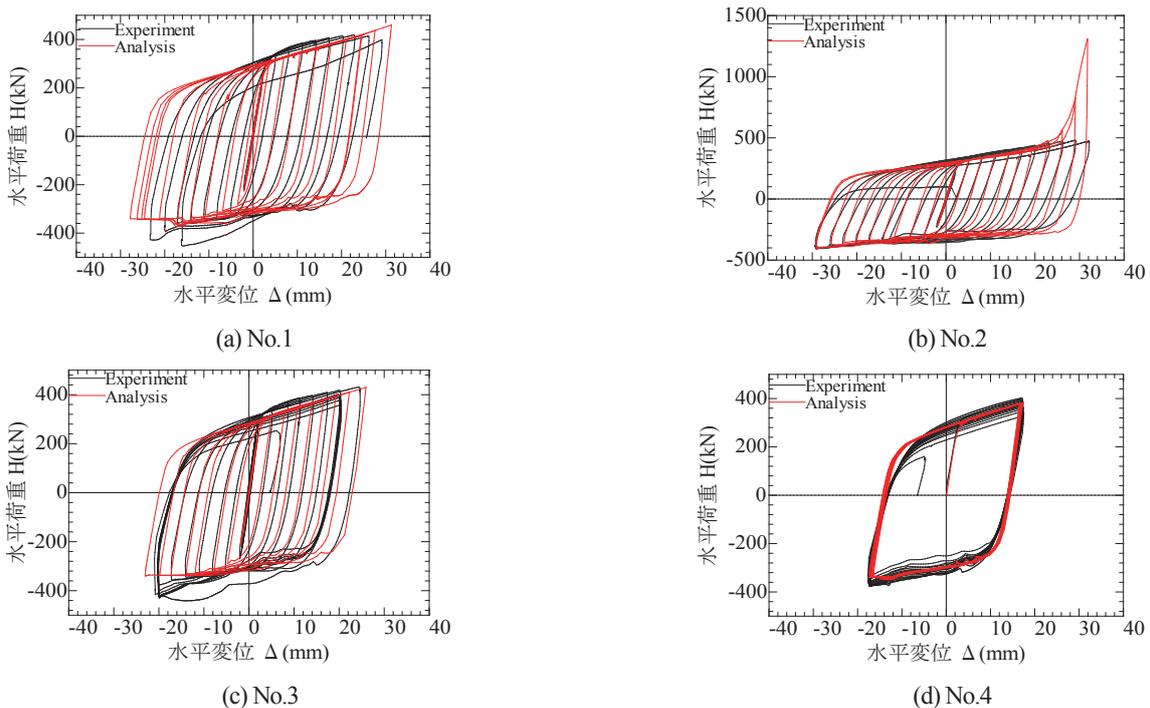


Fig. 8 Comparison of hysteresis curve between analysis and experiment

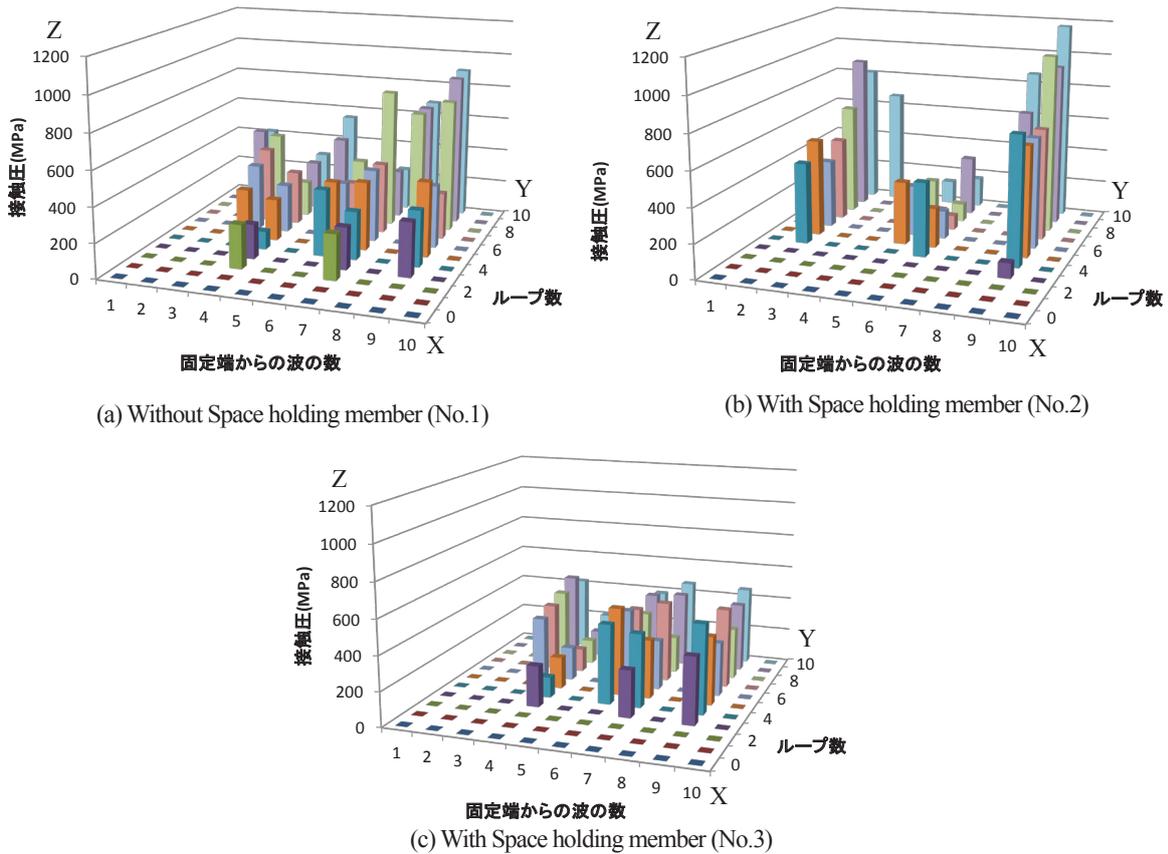


Fig. 9 Changes in the contact pressure of the restraining member and core member

くは、参照点に対して節点集合の相対位置が変わらない様な拘束とも言える。このように、拘束を行うことで接触解析のプロセスは次のように行われる。1) 参照点である芯材の波形の頂点の節点が移動する。2) 波形の頂点の節点の運動と同様にはり要素の端点が移動する。3) はり要素の端点の運動に連動してもう片方のはり要素の端点を含むはり要素全体が移動する。4) もう片方のはり要素の端点を参照点として、間隔保持材が移動する。そして、はり要素の剛性を超える様な接触が発生した時、3) はり要素の運動に連動した間隔保持材と対応する参照点の要素端部の運動は発生せず、はり要素は変形し、接触解析が行われる。

5. 解析結果

5.1 水平荷重—水平変位曲線の比較

Fig. 8 に変動変位と一定変位の载荷パターンを用いた解析から得られた水平荷重—水平変位曲線と、実験で得られた水平荷重—水平変位関係の比較を示す。図中には、実験結果を黒線、解析結果を赤線で示している。同図において、No.2 を除いて、降伏荷重に若干の差はあるもの

の、初期剛性、最大荷重は概ね一致しており、実験での水平荷重—水平変位関係を比較的精度良く再現できている。No.2 供試体は 3. 実験結果でも述べたが、引張変位 $\Delta = +20\text{mm}$ 程度になると、芯材の変形を間隔保持材が妨げるため、荷重が急上昇する。実験において、荷重の上昇が解析よりも小さいのは、今回、拘束材が板厚 12mm であるため、芯材が押し出した間隔保持材と拘束材が接触した際に発生する面外変形を防止しきれなかった結果だと推察できる。また、解析モデルにおいては、拘束材を剛要素で作成している。そのため、 $\Delta = +20\text{mm}$ 地点で芯材の曲げ変形は完全に拘束され、その後、急激に荷重が上昇している。

本解析手法では、波の詰まり現象により、詰まった波形が動かなくなる過程は発生しなかったが、No.1 圧縮域 $\Delta = -20\text{mm}$ 付近の、波の詰まり現象による荷重の上昇の始まりは、実験で計測された水平変位とほぼ同様の箇所を確認できている。

5.2 接触圧の比較

芯材の各波と拘束材が接触した場合、両者の間に接触圧力が発生する。BRRP においては、隣り合う波が同時

に接触することとで、接触圧力が上昇し、詰まり現象が発生することが分かっている。Fig. 9 に繰り返し载荷実験に対する解析の芯材と拘束材の接触圧力の推移を示す。図はそれぞれ X 軸が固定端からの波の数(数字が小さくなる毎に固定端に近い波であり、反対に、大きくなると移動端に近い波を示している)、Y 軸が繰り返し载荷のループ数、Z 軸が接触圧力を示している。図中の接触圧力は各ループにおける変位の折り返し地点での値であり、各波において、最も値が卓越した節点より出力している。

Fig. 9 (a), (c)より、間隔保持材を波の間に挿入することで芯材と拘束材が接触するまでにかかるループ数が多くなっていることが分かる。また、Fig. 9 (b), (c)の間隔保持材の形状に関しても同様であり、No.2 のように間隔保持材のサイズが大きくなると、接触までに多いループ数が必要となっている。特に、中央部付近の波での接触圧力について着目すると、間隔保持材の大きい Fig. 9 (b)では、Fig. 9 (a), (c)と比較して、ループ数が増える毎に接触圧力が小さくなっていることが分かる。これは、芯材の圧縮時に間隔保持材が機能し、中央部付近の波の過大な変形を防止したためだと考えられる。しかしながら、No.2 の解析モデルでは、波形鋼板の全ての波に間隔保持材を挿入しているため、中央部付近の変形が両端部へと移っていることが Fig. 9 (b)から読み取れる。以上のことより、今後は、間隔保持材を挿入する箇所に対する検討も必要であるといえる。

6. 結言

本論文では、高性能制震ストッパーの開発を目標に、波形鋼板を芯材に使用した軸力降伏型の履歴型制震ダンパー (Buckling-Restrained Rippled Plate Damper, BRRP ダンパー) について、繰り返し载荷試験および数値解析的検討を行った。そのなかで、主に間隔保持材の働きに着目し、その効果について明らかにした。得られた知見を以下に示す。

- (1) 実験から得られた、水平荷重-変位関係より、間隔保持材を使用することで、圧縮域で発生していた波の詰まり現象による荷重の急上昇が改善されたことを確認した。
- (2) BRRP が保有する性能として、累積塑性変形 CID 、および累積エネルギー吸収量 ΣE を明らかにした。また、間隔保持材を使用しない No.1 と間隔保持材を使用した No.2 を比較した場合、 CID は同等程度であるが、 ΣE は 10%ほど No.1 の方が大きい。また、No.1 と間隔保持材を使用した No.4 では、 ΣE は同等

程度であるが、 CID は No.4 が 18%ほど大きい。このことより、BRRP と構造物との取付け部への影響を小さくし、高い低サイクル疲労強度を持った BRRP の開発が可能であることを示した。

- (3) 波の詰まり現象に着目し、間隔保持材が波の詰まり現象を防止する効果があることを示した。
- (4) 水平荷重-水平変位曲線について実験と解析で比較し、本解析手法は実験現象を概ね模擬できることを確認した。
- (5) 解析で得られた接触圧の検討により、間隔保持材の有効性が示された。しかし、今後は間隔保持材を挿入する箇所に対する検討も必要である。

参考文献

- 1) 宇佐美勉, 山崎伸介, 森翔吾, 野呂直以, 今瀬史晃, 野中哲也: 座屈拘束波形鋼板 (BRRP) ダンパーの繰り返し弾塑性挙動, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.335-348, 2014.3.
- 2) 加藤弘務, 森翔梧, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛漢彬: 座屈拘束波形鋼板 (BRRP) 制震ダンパーの性能実験と解析, 第 17 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.451-458, 2014.7.
- 3) 日本工業規格 (JIS), 鉄鋼の焼ならしおよび焼きなまし加工 (JISB6911), 2010.8.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, 丸善, 2012.3.
- 5) 宇佐美勉編著, 日本鋼構造協会編: 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 技報堂出版, 2006.9.

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

堤防砂質土の強度定数の評価

武 楊¹⁾ , 小林芳樹¹⁾ , 小高猛司²⁾

Evaluation of strength coefficients of sandy river levee soils

Yang WU¹⁾, Yoshiki KOBAYASHI¹⁾, Takeshi KODAKA²⁾

Abstract

Soil parameters, e.g., strength coefficients c and ϕ , are very important factors for stability inspections of river levees against seepage failure. However, large differences have been found among the ϕ_{cu} obtained by CU triaxial tests, the ϕ' obtained by CU-bar triaxial tests and the ϕ_d obtained by CD triaxial tests. In the present paper, a series of CU-bar and CD triaxial tests for various soil materials is carried out in order to confirm the difference in strength coefficients obtained under different triaxial test conditions. The test results suggest that CU tests are susceptible to the variation in samples and that it is difficult to consider the c_{cu} and ϕ_{cu} of natural soils with these tests. On the other hand, CD and CU-bar triaxial tests are not influenced by the variations in samples, and therefore, easy to confirm the strength coefficients. Moreover, an evaluation method for strength coefficients using the results of CU-bar test on phase transformation condition was proposed in this paper.

1. はじめに

従来の「河川堤防の構造検討の手引き」¹⁾では、堤防の浸透時のすべり破壊を照査する際の円弧すべり解析に用いる強度定数を、砂質土や礫質土であれば圧密非排水(以下 CU)試験で求めることとしてきたが、平成 24 年 2 月の改訂に伴い、間隙水圧の計測を伴う圧密非排水(以下 \overline{CU})試験や圧密排水(以下 CD)試験が推奨されるように変更された²⁾。現場判断の自由度が高まった一方で、不適切な試験条件を選択してしまうリスクもある。例えば、今回の改訂によって、砂礫堤防土には CD 試験が選択される場合が増えると予想されるが、小高らによって、ゆる詰め構造の砂礫堤防土の CD 条件での内部摩擦角 ϕ_d は実際の堤防土の内部摩擦角を過大評価することが指摘されている³⁾⁴⁾。礫を含まない砂質堤体土においても、排水条件によって得られる強度定数は異なる⁵⁾⁶⁾ため、堤体土の粒度や密度などの土質特性に応じて、堤防の照査に用いる適切な強度定数を得るための試験条件を示すガイドラインが必要である。

本研究では、そのガイドラインの整備にあたり、実際の堤防から乱れの少ない砂質試料を採取して三軸試験を実施し、CD、CU、 \overline{CU} の各種条件で得られた強度定数について比較検討を行う。また、既往の研究

で実施した礫質土および砂質土を対象とする様々な三軸試験結果^{3)~6)}との比較検討により、堤防土の強度定数への影響要因について議論する。

2. 試験試料および試験の概要

試験試料は、排水機場建設に伴い開削工事している同じ河川の 2 カ所の離れた堤防(堤防 K と B)から採取した。いずれも比較的均質な砂質土と判断できる新堤部分において、乱れの少ない試料を手掘りで採取した。具体的には、直径 105mm の塩ビパイプを高さ 195mm に切断し、端面を鋭利に削ることで刃先に加工した自家製のサンプラーを、小槌で慎重に打ち込むことによって採取した。採取後、実験室に運搬してから凍結させ、直径 50mm、高さ 100mm の円柱供試体に成型した。凍結供試体を三軸試験装置に設置し、二重負圧法による飽和化を行った後、15 時間程度の静置によって供試体を完全に解凍した。初期有効拘束圧は 30, 50, 100 および 200kPa とし、等方圧密後に排水(CD 試験)ならびに非排水せん断(\overline{CU} 試験)を実施した。なお、載荷速度はいずれの試験でも 0.1%/min とした。

図-1, 2 に各供試体試料の試験後の粒度分布を示す。図-1 より、堤防 K から採取した 9 つの供試体は多少のバラツキが見られるが、細粒分を 20%程度含む同粒

1) 名城大学大学院 理工学研究科 建設システム工学専攻 2)名城大学 理工学部 社会基盤デザイン工学科

1) Graduate School of Science and Technology, Meijo University 2) Department of Civil Engineering, Meijo University

径の試料であることがわかる。図-2の堤防Bの7本の試料の粒度組成には幅があり、特にCUB_30kPa, CD_30kPa, CD_50kPa_CASE1, CD_50kPa_CASE2の供試体は細粒分を50%以上含んでいる。堤防Bでは若干離れた2箇所から採取したため、土質にバラツキが出たと考えているが、各供試体が堤体のどの位置で採取したものかは不明である。

表-1に各試料の供試体の諸元を示す。乾燥密度および初期間隙比いずれも採取時の自然状態の値である。表より、同じ堤体から採取した粒度分布がほぼ同じ試料であっても、乾燥密度と初期間隙比は大きく異なることがわかる。

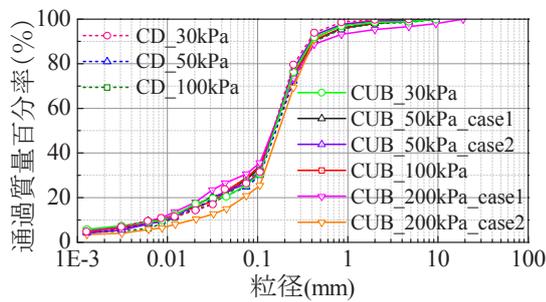


図-1 堤防Kの各供試体の粒度組成

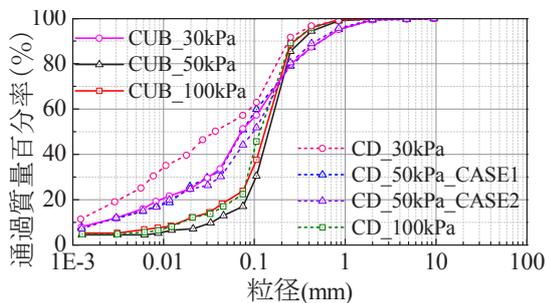


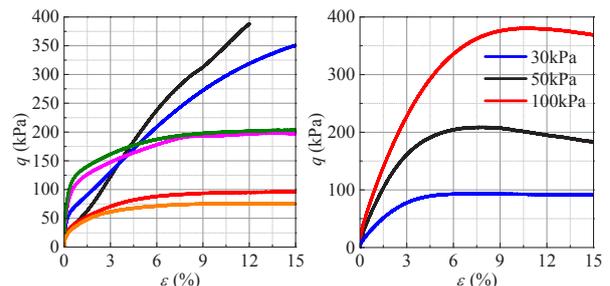
図-2 堤防Bの各供試体の粒度組成

表-1 各試料の供試体情報 (堤防K, B)

	試験	拘束圧 (kPa)	乾燥密度	初期間隙比	
試料 K	CU	30	1.209	1.191	
		50 CASE1	1.416	0.871	
		50 CASE2	1.216	0.939	
		100	1.367	0.925	
		200 CASE1	1.279	0.929	
		200 CASE2	1.204	1.072	
試料 B	CD	30	1.199	1.211	
		50	1.376	1.201	
		100	1.374	1.179	
試料 B	CU	30	1.352	0.960	
		50	1.406	0.885	
		100	1.373	0.929	
		CD	30	1.351	0.961
			50 CASE1	1.205	1.198
			50 CASE2	1.310	1.023
		100	1.401	0.892	

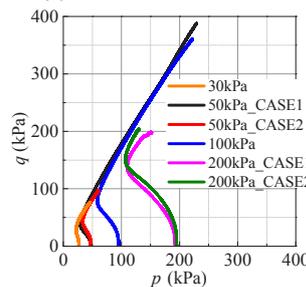
3. 乱れの少ない砂質土の強度定数

図-3に試料KのCU試験結果を示す。軸差応力～軸ひずみ関係より、CU試験ではいずれの有効拘束圧の試験も、せん断終了まで軸差応力が増加し続けて試験を終了している。有効拘束圧50kPaおよび200kPaの試験に対しては、異なる供試体で同じ試験を2回行った。有効拘束圧50kPaの試験では両者のせん断挙動は大きく異なるが、有効拘束圧200kPaの試験ではせん断挙動に大きな差は見られない。有効拘束圧50kPaの試験では、供試体の乾燥密度が大きく異なっており、密度の高いCASE1の方がCASE2よりも大きな軸差応力が見られる。一方、供試体の乾燥密度に大きな差がない有効拘束圧200kPaの両試験においては、せん断挙動もほぼ同様である。有効応力経路を見ると、いずれの供試体でもせん断初期に塑性圧縮し、その後正のダイレイタンスーが発現している。また、乾燥密度が高い有効拘束圧50kPa_CASE1および100kPaの試験が、変相後の軸差応力の増加も大きいことがわかる。

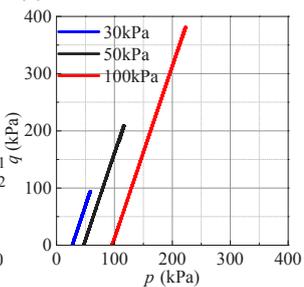


(a)軸差応力～軸ひずみ

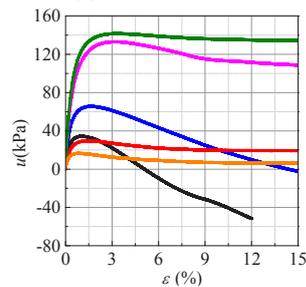
(a)軸差応力～軸ひずみ



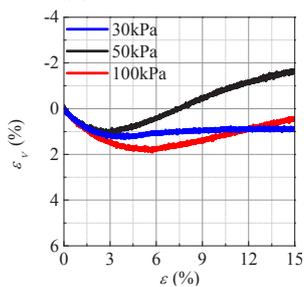
(b)有効応力経路



(b)有効応力経路



(c)間隙水圧～軸ひずみ



(c)体積ひずみ～軸ひずみ

図-3 CU試験結果(試料K) 図-4 CD試験結果(試料K)

図-4 に CD 試験の試験結果を示す。軸差応力～軸ひずみ関係より、有効拘束圧 50kPa の試験では軸ひずみ 7%程度、有効拘束圧 100kPa の試験では軸ひずみ 10%程度まで軸差応力が増加し、その後ひずみ軟化挙動が見られる。体積ひずみ～軸ひずみ関係より、有効拘束圧 50kPa の試験では軸ひずみ 3%程度、有効拘束圧 100kPa の試験では軸ひずみ 5%程度まで圧縮し、その後膨張に転じており、膨張度合いは両ケースでほぼ同様になっている。一方、有効拘束圧 30kPa の試験では、軸ひずみ 6%程度まで軸差応力が増加し、その後一定値を示している。軸ひずみ～体積ひずみ関係からは、軸ひずみ 6%程度まで供試体が圧縮し続け、その後は膨張せず一定となっている。

図-5 に、破壊時のモールの応力円と破壊規準を示す。モールの応力円はいずれも軸ひずみ 15%時における応力より描いている。 \overline{CU} 試験を全応力で整理した場合（本論文では CU 試験とする）、拘束圧に整合したモール円が得られず、破壊規準線は決まらないことがわかる。また、有効拘束圧 50kPa_CASE1 および有効拘束圧 100kPa の試験結果において、有効拘束圧

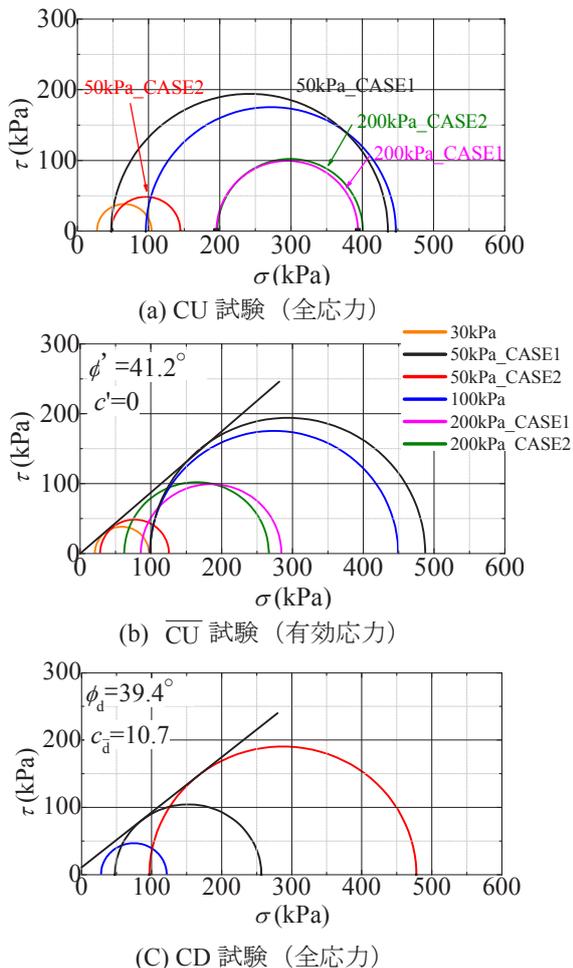


図-5 破壊時のモールの応力円と破壊規準 (試料 K)

200kPa の試験よりも大きな軸差応力が得られたことによってモールの逆転現象が見られる。これらの試験結果は、図-1 に示す粒度分布および表-1 に示す初期間隙比、初期密度等における供試体毎のバラツキを反映したものであると考えられる。一方、 \overline{CU} 試験(有効応力)や CD 試験では試験結果は拘束圧に整合したモールの円が得られた。これらの試験条件においては、供試体ごとに発揮されているせん断中のダイレイタンスー特性がモールの応力円に反映されているためであると考えられる。例えば、全く同条件の 50kPa_CASE1 および CASE2 では、非排水せん断強さが全く異なっているが全応力で整理すると、最小主応力は同じ 50kPa となるが、有効応力で整理すると密詰め挙動の CASE1 のモールの円は負の過剰間隙水圧によって右にずれ、ゆる詰め傾向の CASE2 のモールの円は正の過剰間隙水圧によって左にずれ、結果として有効拘束圧に整合したモールの円になり、同じ原点を通る破壊規準線が得られる。

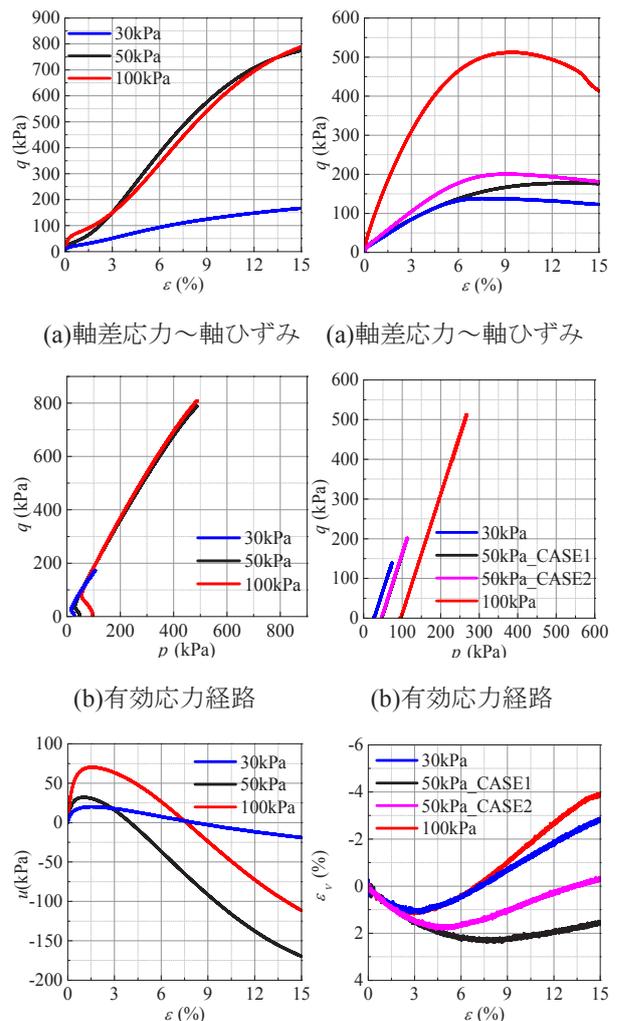
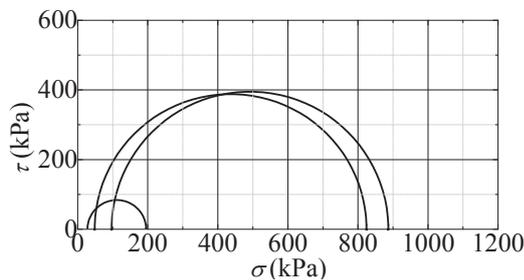
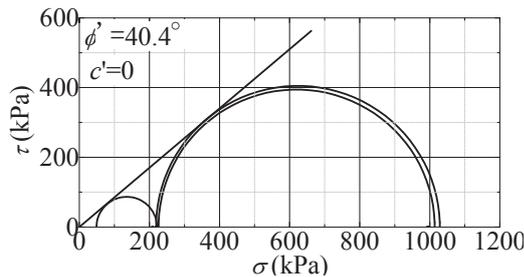


図-6 \overline{CU} 試験結果(試料 B) 図-7 CD 試験結果(試料 B)

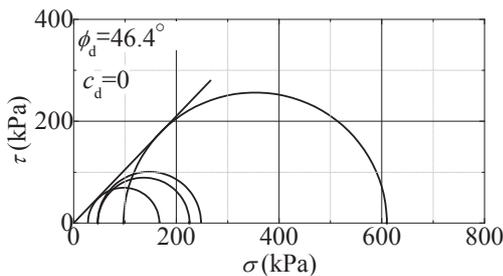
図-6 に試料 B の \overline{CU} 試験結果を示す。試験では有効拘束圧にかかわらずせん断終了時まで軸差応力が増加し続けて試験を終了している。有効応力経路は、試料 K と同様にせん断初期に塑性圧縮し、その後、正のダイレイタンスが発現している。図-7 に同試料の CD 試験結果を示す。CD 試験では、有効拘束圧 50kPa に対し、異なる供試体で同じ試験を 2 回行った。乾燥密度が比較的小さい CASE1 では、せん断終了時まで軸差応力が増加し続けて試験を終了しているが、CASE2 では軸ひずみ 9%程度まで増加しその後ひずみ軟化挙動を示している。有効拘束圧 30 および 100kPa の試験においても、軸ひずみ 9%および 7%程度まで増加し、その後ひずみ軟化挙動が見られる。CD 試験における体積ひずみ～軸ひずみ関係より、有効拘束圧 30kPa および 100kPa の試験では軸ひずみ 3%程度、50kPa_CASE1 では軸ひずみ 8%程度、50kPa_CASE2 では 7%程度まで圧縮し、その後膨張に転じており、膨張度合いは有効拘束圧 100kPa の試験のほうが最も大きくなっている。なお、有効拘束圧 50kPa の両ケースを比較すると、比較乾燥密度が大きい CASE2 のほうが、より大きい体積膨張を示している。



(a) CU 試験 (全応力)



(b) \overline{CU} 試験 (有効応力)



(c) CD 試験 (全応力)

図-8 破壊時のモールの応力円と破壊規準 (試料 B)

図-8 に破壊時のモールの応力円と破壊規準を示す。試料 K と同様に、CU 試験では有効拘束圧に応じたモールの円が得られず、破壊規準線が決まらない。具体的には、CU 試験では、有効拘束圧 50kPa と 100kPa の試験の軸差応力がほとんど同じ大きさになったことによって、モールの円がほとんど重なっている。一方、 \overline{CU} 試験および CD 試験では拘束圧に整合したモールの円が得られたが、これはせん断中に発揮されるダイレイタンス特性がモールの応力円に反映されたためだと考えられる。

乱れの少ない砂質試料を用いて試験を行った結果、CU 試験は供試体のバラツキを直接反映するために強度定数の設定が困難であることが分かった。このような供試体による試験結果の不統一性は、全く同じ土質材料でできた堤防盛土の同深度で採取した場合であっても、わずかに採取した水平位置が異なることによって密度および間隙比が異なったことが考えられる。あるいは、慎重にサンプリング作業は実施したものの、その作業過程において、また現場から試験室までの運搬過程において、さらには供試体成形のために一旦凍結したこと、その凍結試料をトリミングしたことなど、試験前に様々なプロセスを経ていることによって乱れが生じたことも十分に考えられる。一方、 \overline{CU} 試験や CD 試験ではせん断中のダイレイタンス特性が反映されているため強度定数が容易に設定できる。

4. 各ひずみレベルにおける砂質土の強度定数

前章までの三軸試験結果から、 \overline{CU} 試験や CD 試験においては、供試体毎に密度や間隙比のバラツキがあっても、せん断中のダイレイタンス特性に反映され、バラツキの影響が打ち消されるために、強度定数の設定が容易であることがわかった。ただし、CD 試験による強度定数は、粒度組成や密度、間隙比にかなりのバラツキがある場合でも破壊規準線が明確に定まるという利点がある一方、堤防土によってはせん断中に大きな体積圧縮を伴うことがあるため、強度定数を過大評価する可能性がある³⁾。

地盤工学会の三軸試験の試験基準においては、破壊を軸差応力のピーク時か、ピークを持たない場合には便宜上軸ひずみ 15%と定義している。しかし、堤体地盤が浸透時にすべり破壊を起こす際に、軸ひずみ 15%相当の大ひずみレベルまで到達するとは考えにくい。さらに、堤防土が密詰め場合には、非排水せん断時にピーク強度を持たず、軸差応力は単調に増加し続ける場合が多いが、それは正のダイレイタンスを拘束す

るために無理矢理軸差応力が増加しているだけであり、本来の非排水せん断強度とは異なる。一方、堤防土がゆる詰めの場合には、排水せん断時にピーク強度を持たず、軸差応力が単調増加するケースが多いが、先述のように、軸ひずみ 15%時には相当量の体積圧縮が生じており、当初の堤防土とは大きく異なる密詰め土の強度定数を求めていることと同じである³⁾。

そこで本節では、各種のひずみレベルで整理し直した強度定数について検討する。図-9 ~11 に軸ひずみ 1, 3, 5%時のモールの応力円を示す。これらは、各軸ひずみにおける軸差応力と間隙水圧を用いて求めたものである。CU 試験における各ひずみレベルでのモールの応力円を比較すると、ひずみレベルが 1%の場合は拘束圧に整合したモールの応力円が得られ、強度定数も容易に決まる。しかしながら、ひずみレベルが比較的大きい 3%および 5%の場合は、拘束圧に整合しないモールの応力円が出現するため、破壊基準線が決まらなくなる。一方、 $\overline{\text{CU}}$ および CD 試験ではほぼ全てのひずみレベルにおいて拘束圧に整合したモールの応力円が得られ、強度定数の決定が容易である。

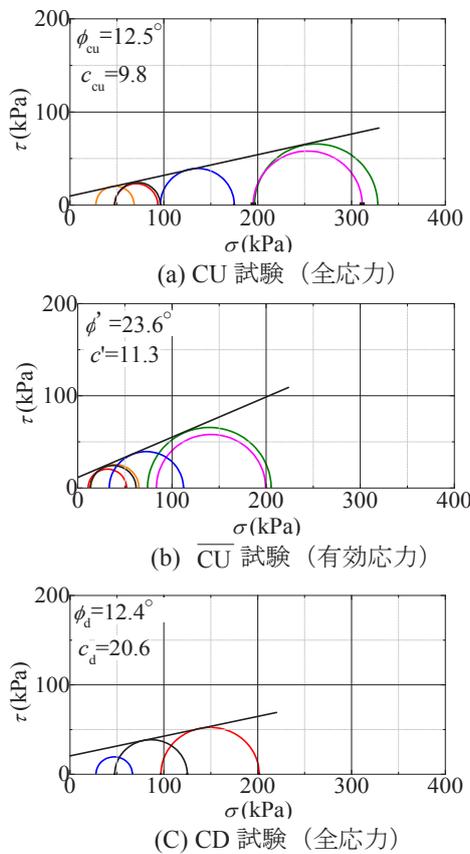


図-9 ひずみ 1%時のモールの応力円 (試料 K)

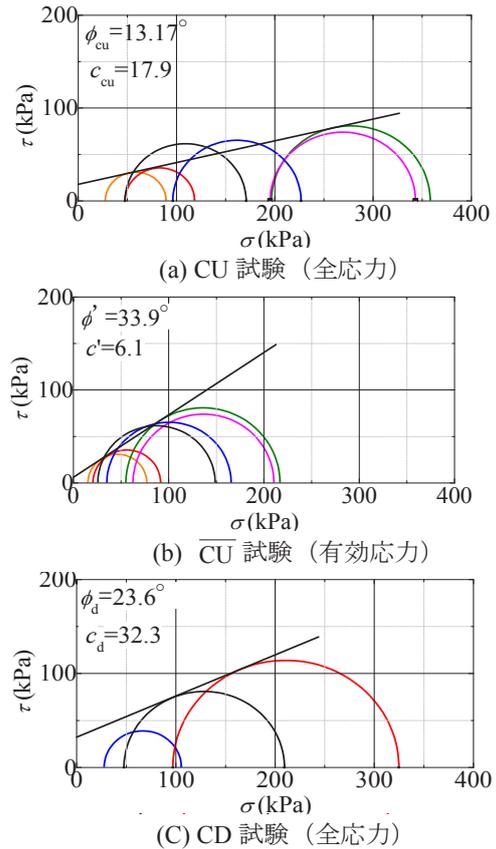


図-10 ひずみ 3%時のモールの応力円 (試料 K)

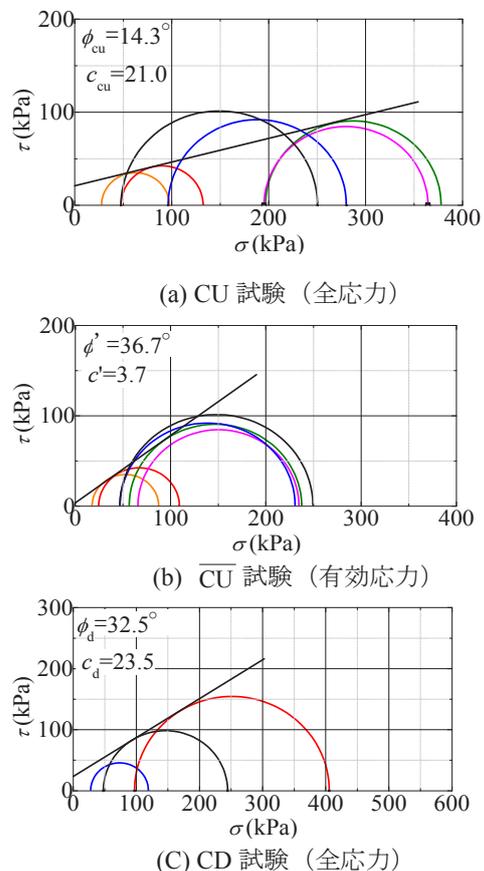


図-11 ひずみ 5%時のモールの応力円 (試料 K)

表-2, 3に軸ひずみ1, 2, 3, 4, 5%時の強度定数を示す。CU試験は、全てのモールの円と接する破壊基準線を引くのが難しいため、極力より多くの円と接する線を引き、強度定数を求めている。表より、ひずみレベルによって強度定数が大きく異なることがわかる。特に、CD試験ではひずみが大きくなるほど、せん断抵抗角 ϕ_d が大きくなり、浸透破壊時のひずみレベルによっては、せん断強度を過大評価する恐れがあることを示唆している。

表-2 各ひずみレベルにおける強度定数 (試料K)

軸ひずみ (%)	ϕ_{cu} (°)	c_{cu} (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ_d (°)	c_d (kPa)
1	12.5	9.8	23.6	11.3	12.4	20.6
2	13.2	13.2	25.5	11.3	19.5	26.6
3	13.2	17.9	33.9	6.1	23.6	32.3
4	13.9	19.1	35.3	5.3	28.2	29.8
5	14.3	21.0	36.7	3.7	32.5	23.5
15	—	—	41.2	0.0	39.4	10.7
ピーク時	15.9	6.6	35.9	2.5	39.2	0.0

表-3 各ひずみレベルにおける強度定数 (試料B)

軸ひずみ (%)	ϕ_{cu} (°)	c_{cu} (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ_d (°)	c_d (kPa)
1	15.7	2.2	35.9	0.0	24.4	0.0
2	19.5	4.0	40.5	2.1	33.1	0.0
3	24.7	4.0	43.1	2.1	37.9	0.0
4	30.0	3.6	44.5	1.2	41.6	0.0
5	35.3	0.0	45.5	0.0	43.5	0.0
15	—	—	40.4	0.0	46.4	0.0
ピーク時	14.8	5.5	28.1	6.0	34.7	9.8

一方、堤防が浸透破壊する際のひずみレベルは不明であり、土質の種類や応力レベル等によっても異なると考えられる。本研究では、実務で無理なく \overline{CU} 試験とCD試験の強度定数を決定する手法として、変相時の応力を用いることを提案する。すなわち、図-12および13にそれぞれ示すように、 \overline{CU} 試験では過剰間隙水圧 u の最大時、CD試験では体積ひずみ ϵ_v の最大時の応力を用いる。図-12より、 \overline{CU} 試験における変相時の軸ひずみは3%強であり、拘束圧が小さい場合は2%以下である。また、変相時の応力で評価する ϕ' は35°程度となる。図-13のCD試験でも拘束圧に依存するが変相時の軸ひずみは3~6%であり、 ϕ_d は35°程度となり、通常の評価法よりも若干小さな値となる。

今回検討した試料Kはやや密詰め砂であり、図-12の有効応力経路に示すように変相後の軸差応力の上昇は、正のダイレイタンスの拘束によるものであり、

実際のすべり破壊時には期待できない。その意味でも、非排水せん断試験の軸差応力は変相時までの評価でとどめておくことが妥当であると考えられる。密詰め砂のCD試験におけるピーク強度においても、図-13に示すように、変相状態を越えて、さらに有効応力も軸ひずみも大きくなってから発現する。そのため、浸透すべり破壊の強度定数の評価にCD試験を用いることには慎重であるべきである。

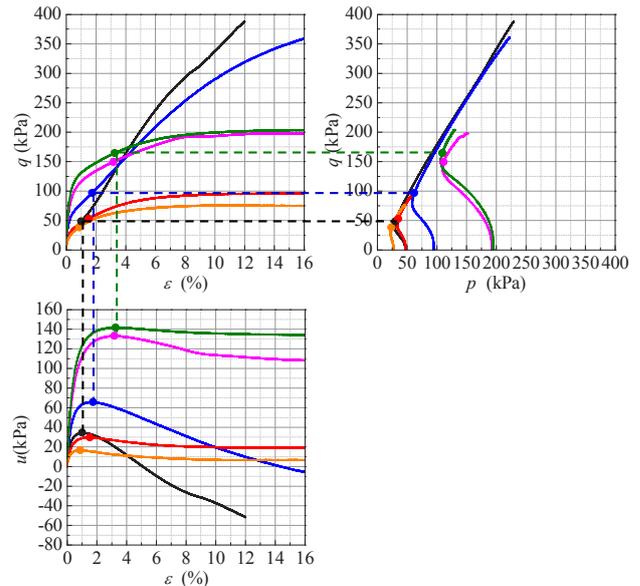


図-12 間隙水圧ピーク時の応力 (試料K・ \overline{CU} 試験)

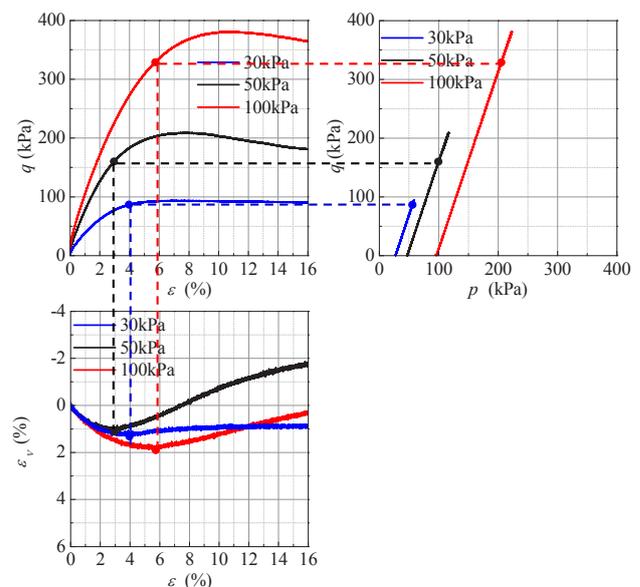


図-13 体積ひずみピーク時の応力 (試料K・CD試験)

本研究の試料Kの試験において、 \overline{CU} 試験とCD試験の変相時の強度定数はほぼ同じとなった。しかし、それぞれの軸ひずみのレベルは若干異なる。すなわち、

CD 試験では変相時の有効応力も軸ひずみも \overline{CU} 試験に比べて大きい。しかし、完全非排水せん断条件では側方ひずみが軸ひずみに依存する拘束条件を伴うため、せん断ひずみに換算して比較すれば、 \overline{CU} 試験と CD 試験の変相時のひずみレベルにはそれほどの大きな差はないと考えられる。したがって、本研究で提案するように変相時の応力を用いて強度定数を評価する場合には、 \overline{CU} 試験と CD 試験のいずれを用いても大差がない場合も多いと考えられる。

本章までは、新たな堤体砂質土試料を採取して試験時の排水条件について検討してきたが、堤体材料の粒度組成や乾燥密度、供試体寸法、供試体作製方法等も強度定数に影響を及ぼすことが既往の試験結果からわかっている^{3)~6)}。次章にて詳述する。

5. その他の強度定数の影響要因

表-4 は、小高らの研究³⁾による小鴨川と江の川の砂礫堤防土の小型三軸試験結果のまとめである。原粒度試料から大きな礫を取り除いた粒度調整試料の再構成供試体による試験結果である。全体にわたり、CU 試験による ϕ_{cu} は、 \overline{CU} および CD 試験による ϕ' や ϕ_d よりも小さい。さらに ϕ' と ϕ_d を比較すると、締固め度 D が小さい場合には、 ϕ' が ϕ_d より小さくなり、両者に差が生じる。一方、 ϕ_d は締固め度に依存しないが、これは初期にゆる詰め (D : 小) であっても、最大せん断応力に到達した時には密詰め (D : 大) に遷移しているためであり、CD 試験では相当量のせん断ひずみが発生し、土の構造が大きく変化した後のせん断抵抗を評価していると言える。

さらに、小高ら⁵⁾⁶⁾によって、淀川下流域の堤防からボーリング採取した乱れの少ない砂質試料を用いて、試験方法の影響が調べられている。天端から深度 1~6m の範囲で長さ 1m のサンプリングチューブ 5 本を用いて採取した試料 (浅い方から試料 1~5 と記す) が用いられ、表-5 に示すように深度によって粒度が異なり、特に試料 3~5 は細粒分を多く含んでいた。また、同じサンプリングチューブの試料から作製した供試体であっても、供試体毎のパラツキが顕著に見られた。

表-6 に、三軸試験により得られた淀川堤防試料の強度定数を示す。本論文で検討を行った試料 K, B と同様に、試料ごとのパラツキによる試験結果の差は、CU 試験の結果に顕著に表れ、強度定数 ϕ_{cu} , c_{cu} を決めるのは困難であった。一方、 \overline{CU} 試験では、供試体のダイレイタンス特性を反映した結果が得られ、容

易に強度定数を定めることができるため、現場サイドで用いる設計定数の決定法としては有用である。ただし、この強度定数は、軸ひずみ 15% で整理したものである。また、CD 試験においては、CU 試験ほどではないが、多少のパラツキの影響が現れ、 c_d の取り方によって ϕ_d の評価も変わって判断が難しい場合もある。それ以上に、4 章でも述べたように、応力レベルもひずみレベルも実際の堤防から大きく離れた CD 試験のピーク強度で評価する強度定数には問題が多い。

表-4 砂礫堤防土の三軸試験結果 (文献 3 から抽出)

試料名	締固め度 D (%)	ϕ_{cu} (°)	c_{cu} (kPa)	ϕ' (°)	ϕ_d (°)
小鴨川	90	24.5	115.0	41.1	41.7
小鴨川	85	30.6	0	40.6	39.0
江の川	90	11.4	110.0	36.4	38.8
江の川	85	11.8	50.0	30.4	35.3
江の川	80	14.2	0	23.1	34.3

表-5 淀川堤防試料の粒度組成⁶⁾

	細粒分	砂分	礫分
試料1	4~12%	80~92%	4~8%
試料2	3~7%	89~91%	2~8%
試料3	48~67%	31~50%	1~3%
試料4	32~74%	25~66%	1~3%
試料5	9~54%	46~88%	0~5%

表-6 淀川堤防試料の試験結果⁶⁾

	ϕ_{cu} (°)	c_{cu} (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ_d (°)	c_d (kPa)
試料 1	23.5	0.0	34.9	0.0	40.3	0.0
試料 2	—		35.5	0.0	24.8	38.2
					32.8	7.5
試料 3	27.7	0.0	37.2	0.0	33.8	0.0
試料 4	—		35.4	0.0	32.3	0.0
試料 5	—		35.5	0.0	30.3	12.6

6. まとめ ~強度定数に関する考察~

実在の砂質堤防土から慎重に乱れが少ない試料の採取を試みたが、採取時や運搬時の乱れ、または、元々の地盤の締固め履歴等の影響などによって、供試体に密度や間隙比の差が生じた。この供試体毎の差は CU 試験の結果に顕著に表れることがわかった。また、密詰め砂の CU 試験では、完全非排水条件という特殊な条件下ゆえに過大な非排水せん断強度が発現する。そのため実務における砂質堤体土の強度定数設定法と

してCU試験は適切ではない。

一方、 \overline{CU} 試験やCD試験では、初期に供試体毎のバラツキがあっても、せん断中のダイレイタンスーによって、 \overline{CU} 試験では過剰間隙水圧の発生に伴う有効応力の変動として、CD試験では体積変化として、個々の供試体の状態が試験結果に反映されるために、最終的に求められる破壊応力比にはバラツキの影響は現れにくいことが示された。しかし、以下に示すようないくつかの問題もある。

- ① CD試験により得られる強度定数は、過大な応力ならびにひずみレベルで評価されるために、堤防土のせん断抵抗を過大評価する。その度合いは、ゆる詰め砂の方が大きい、密詰め砂であっても同様の懸念がある。
- ② 特に密詰め砂の場合には、 \overline{CU} 試験により得られる強度定数も大きな有効応力とひずみのレベルで評価されるために、堤防土のせん断抵抗を過大評価する。
- ③ \overline{CU} 試験により得られる強度定数は、有効応力で評価される強度定数であり、全応力法である円弧すべり解析に用いるのは本質的に不適切である。

全応力法の本質から言えば、浸透時のすべり面上の有効応力状態における非排水せん断強度をCU試験で求めて適用すべきである。しかし、砂質土の場合には完全非排水という試験条件が、特に密詰め砂の場合には非現実的な試験結果を導き出す。一方、透水性が高い砂地盤の場合には、排水条件で強度定数を決定すべきとの議論もあるが、主働崩壊に近い堤体のすべり破壊に対して、密度変化を伴うことが前提のCD試験の強度定数をそのまま適用するには疑問がある。

河川堤防の実務では、 \overline{CU} 試験は、CD試験の代用、すなわち排水条件の強度定数を簡易に求めるための試験と割り切る考え方がある²⁾。それぞれの条件下での土の挙動は変相後に特に大きく異なってくるが、特にCD試験は強度定数を過大に評価する傾向が顕著であることを考えると、 \overline{CU} 試験は安全側のCD試験結果を導き出すと考えることもできる。ただし、4章で述べたように、変相時の応力で強度定数を評価する方が、応力・ひずみ双方のレベルからも妥当である。その場合には両者の試験結果には大きな差が生じないことから、全応力解析で \overline{CU} 試験の強度定数を用いることの妥当性も担保される。加えて、変相状態は土骨格が大きく変化しだす状態でもあることから、透水係数が大きい砂質土であっても、全応力法で安全率を求める原点に立ち返れば、現時点の堤体土の初期構造

に近い変相状態での強度定数を用いることは合理的である。

ただし、標準的な試験基準が半ば義務づけられている業務ベースの土質試験においては、変相時の応力を用いた基準外の強度定数の整理法は受け容れがたいとも思われる。その場合には、堤体土の特性を考慮しながら \overline{CU} 試験結果を用いるのが妥当と現状では考えている。

参 考 文 献

- 1) 国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き，2002.
- 2) 国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），2012.
- 3) 小高ら：河川堤防砂礫の変形・強度特性の評価手法に関する考察，地盤工学ジャーナル，5(2)，2010.
- 4) 小高ら：河川堤防砂の構造の程度が力学特性の評価に及ぼす影響，河川技術論文集，18，2012.
- 5) 小高ら：三軸試験の試験条件が河川堤防土の強度定数に及ぼす影響，河川技術論文集，19，2013.
- 6) 小高ら：砂質堤体土の強度定数評価のための三軸試験条件の考察，地盤工学から見た堤防技術シンポジウム，2013.

（原稿受理日 平成26年10月2日）

運行サービスの変更が与えるコミュニティバス利用者への影響分析

- 愛知県日進市をケーススタディとして -

伊藤真章¹⁾ 松本幸正²⁾

Analyzing of influence of LOS change on community bus usage

- Case study in Nissin city, Aichi prefecture -

Naoyuki ITO¹⁾, Yukimasa MATSUMOTO²⁾

Abstract

“Kururin-bus” is a so-called community bus operated by Nissin city in Aichi prefecture. The bus runs all over the city 11 times a day with 7 circular courses and 1 central shuttle line. The fare of 1 ride is 100 yen (200 yen for the central shuttle line). In this study, a stated preference survey was conducted to the passengers of “Kururin-bus” for grasping their consciousness on the LOS change such as “fare”, “interval” and “travel time”. The frequency change of bus usage was analyzed with the survey result when the LOS would be changed. As a result, it is found that the frequency of bus usage might decrease if the LOS would be reduced, and there are some passengers who would decide to discontinue using “Kururin-bus”. Furthermore, the model to estimate a frequency of bus usage was constructed, which shows that the influence of the LOS change on the frequency of bus usage is different by the current frequency of the bus.

1. はじめに

近年、高齢者などの交通弱者が増加する中で、地方都市では地域住民の足として、多くの自治体がコミュニティバス(タクシー型も含む)を導入している。市川の調査によれば全国で78.3%¹⁾、国土交通省中部運輸局管内では92.1%²⁾と、ほとんどの地方自治体でコミュニティバスが運行されている実態がわかる。一方で、公益的な観点から採算性は重視されないため利用者の輸送コストは増え³⁾、財政状況を圧迫している自治体も少なくない。コミュニティバス運行による財政負担を低減させるためには、値上げによる運賃収入の増加や、減便やコース統合による車両数削減などの運行サービスの切り下げが求められることになる。

しかしながら一般に、運賃の値上げは利用者の逸走を招き、また、減便などの運行サービスの変更も少なからず利用者の減少につながる事が予想される。したがって、利用者自身が減ってしまいさらに財政負担を圧迫する可能性もあり、また、削減できたとしても本来のコミ

ュニティバスの運行目的である地域住民の足としての機能が低下することが懸念される。そうならないためには、コミュニティバスのサービス水準の変更に伴う利用状況の変化を的確に捉えておく必要がある。

コミュニティバス利用者数の需要予測に関する研究として、山口ら⁴⁾は、バスのサービス水準と地域特性のうち利用者数に影響を及ぼす要因をマクロ的に分析している。榊原ら⁵⁾は、利用者の意識に着目し、バス運行の各項目に対する満足度を上げることによる利用頻度の増加を推計し、奥嶋ら⁶⁾は、利用者意識と利用頻度を決定木でモデル化し、需要喚起策に対する利用者意識に基づいてコミュニティバスの利用者数を予測している。これらの研究では、現状のサービス水準やそれに対する意識との関係から利用者数を記述しており、サービス水準や意識の変化に対する利用状況予測モデルとしては説明力に欠ける。コミュニティバスのサービス水準と利用に関する研究として、横溝ら⁷⁾は、対象は路線バスとなるが、MMによる利用頻度向上の効果とバス運行のサービス水準との関係を捉え、中西ら⁸⁾は、コミュニティバスのサービス水準と地域住民ならびに利用者の支払い意思額と

1) 名城大学大学院理工学研究科 2) 社会基盤デザイン工学科

1) Graduate School of Science & Technology, Meijo University 2) Department of of Civil Engineering

の関係をつえ、ともにバスの運行間隔が影響を及ぼすことを明らかにしている。しかしながら、利用状況の予測に不可欠となるバスの運行間隔と利用者数の関係把握までは行われていない。

コミュニティバスの運行内容が実際に変更された後、利用者数にどう影響したかを捉えた研究もいくつかみられる。山崎ら⁹⁾は、運行の見直しが行われた全国自治体のコミュニティバスを対象としたマクロ分析の結果から、運行内容の見直しと利用実績との間には明確な関連が見られなかったことを示している。加藤ら¹⁰⁾は、大きな再編が行われたコミュニティバスの事前事後の利用実態データに基づいて、利用者数は減少したものの利用効率は向上していることを明らかにし、神谷ら¹¹⁾は、中山間地のコミュニティバスのサービス見直しによって、従前の4倍の利用者につながったことを報告し、新井¹²⁾も、群馬県桐生市を対象にコミュニティバスのサービス見直しによって変化した利用者数、利用回数、収入について報告している。

これらの研究は、コミュニティバスのサービス水準見直しによる利用者数などの変化を捉えた貴重な研究であるといえるが、サービス水準の変更に伴う利用状況変化の予測に資する分析までは行われていない。

運賃の変更に関して、吉田¹³⁾は、青森県八戸市における路線バス運賃の値下げに伴う需要変化を実証実験から明らかにしている。しかし、その他の運行サービスの変更に伴う需要変化は、明らかにされていない。

そこで本研究では、愛知県日進市で運行されているコミュニティバス「くるりんばす」を対象に、利用者に対してSP調査項目を含んだ意識調査を行い、コミュニティバスのサービス水準が変更された場合の利用意向を把握する。その結果をもとに、サービス水準の変更によってコミュニティバスの既存利用者が利用を断念するか否か、また、利用を続ける場合には利用頻度がどのように変化するかを予測するモデルの開発を行う。さらに、サービス水準を変更した場合の利用頻度の分布や収入がどのように変化するかを明らかにする。

2. 研究対象の概要

2.1 愛知県日進市の概要

愛知県日進市は、愛知県のほぼ中央部である尾張と三河の境に位置し、東は豊田市、みよし市、西は名古屋市東部、南は東郷町、北は長久手市にそれぞれ隣接している。面積は34.90平方キロメートルで、標高37メートルに位置する日進市役所を中心に、周囲は標高50メートルから160メートルの丘陵地により形成される。市のほぼ

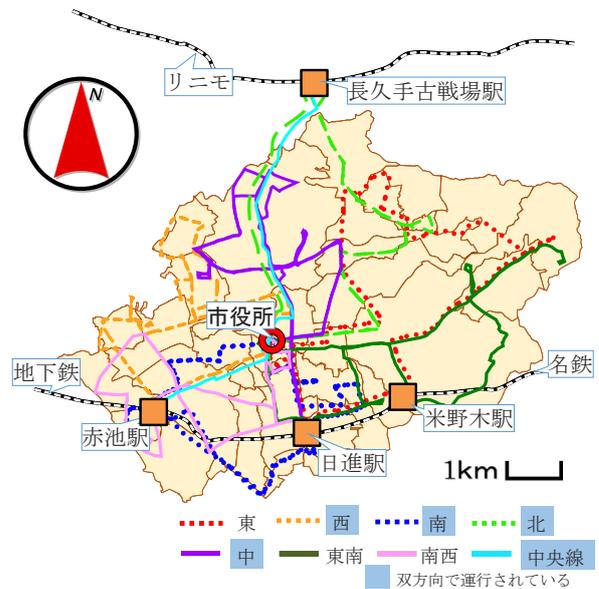


Fig. 1 Route map of “Kururin bus”

中央部には天白川が東西に流れ、その流域の平地には農耕地が広がっている。近年、名古屋市のベッドタウンとして人口は急増し、平成26年4月現在の人口は86,099人（前年比743人増）で高齢化率は18.6%（愛知県全体では23.0%）と愛知県内でも比較的高齢化が進行していない地域である。名古屋市に近い西部を中心に宅地化が進んだことから、人口も西部で多い。鉄道は、名古屋市と豊田市を結ぶ地下鉄鶴舞線と名鉄豊田線が相互乗り入れし、市内の南部に「赤池」「日進」「米野木」の3駅がある。また、市外ではあるが、日進市の北部の長久手市との境にリニモ（愛知高速交通東部丘陵線「長久手古戦場駅」）がある。バスは、名鉄バス、名古屋市営バスが運行され、コミュニティバスとして本研究の対象である「くるりんばす」が運行している。「くるりんばす」の路線の一部には、長久手市「N-バス」と東郷町「じゅんかい君」が接続している。

2.2 愛知県日進市「くるりんばす」の概要

Fig.1に「くるりんばす」の路線図を示す。「くるりんばす」は快適で利便性の高い持続可能な街づくりを目的として運行されている¹⁴⁾。全8コース(東、西、南、北、中、東南、南西、中央線)が市内をくまなく循環しており、中央線以外の7コースは運賃が1乗車100円、便数は毎日11便で、市役所を同時発車している。中央線は民営路線バスの廃止代替として運行されており、運賃が1乗車200円、便数は1日20便である。定期券は市内在住の65歳以上に限り1か月1,000円で購入でき、市内在住の中学生以下の子どもと市内在住で身体障害者手帳、療育手

帳、精神障害者保健福祉手帳の交付を受けている人及び介護保険法による介護認定（要支援も含む）を受けている人と付き添い1名は無料で利用できる。「市役所」バス停でのみ他のコースへ無料で「くるりんばす」を乗り継ぎすることができる。利用者は年々増加傾向にあり、平成24年度には年間利用者数が50万人を超えている。

2.3 利用者意識調査の概要

本研究では、「くるりんばす」の全利用者を対象に、バス停間ODと乗降調査を2013年10月30日、31日と2013年11月14日の計3日間実施した。上記の調査日のうち2013年10月30日、31日の2日間は、乗降調査と並行して利用者の意識を把握するための利用者アンケートを車内で配布し、回収は郵送で行った。質問内容は、個人属性、利用状況、目的などである。利用者の意識を把握するため、質問項目には1乗車の「運賃」、バスの「運行間隔」、目的地までの「移動時間」についてそれぞれのサービス水準の変更によって利用頻度がどのように変化するかを聞くSP設問を設けた。サービスとして以上の3つの項目としたのは、移動手段を選択する上で「費用」と「時間」は重要な選択基準となり、回答者がイメージしやすいと考えたためである。

Table1に、利用者アンケートに記載したサービスの「A」、「B」、「C」、「D」の4つのパターンごとの設定とパターンごとの回収率を示す。アンケートは各パターン300部の計1,200部を用意し、各路線でランダムに配布した。質問内容はパターン「A」の「運賃」の場合、「運賃が1乗車200円になった場合、1カ月に何日程度の利用になりますか」と、「運賃が1乗車50円になった場合、1カ月に何日程度の利用になりますか」といったようにサービス水準が向上する場合と低下する場合を組み合わせている。なお、中央線は運賃、便数共に他のコースと異なることから、利用者には中央線以外のコース利用を想定して答えてもらった。各サービス水準の現状値からの変化率がそれぞれ異なるのは、回答者が回答しやすいように現実性を考慮し、設定しているためである。

得られた回答者の内訳として、Fig.2に高齢回答者の比率を、Fig.3に支払種別回答者の比率を、アンケートとバス停間OD調査の結果から集計したものをそれぞれ示す。これらの図から、アンケート回答者中の高齢者は54%であり、運賃の支払種別では、現金（ICカード支払いを含む）での支払者が全体の62%、定期券の利用者が25%、無料利用者が13%を占めていることがわかるが、実態を表すOD調査との比較から、アンケート回答者には大きな偏りはないことがわかる。また、回答者中の54%の利用者は、くるりんばすを定期的に利用していることがわ

Table1 Pattern of supposed fare and response rate

パターン	A	B	C	D
サービスの設定				
1乗車運賃	200円	150円	200円	150円
現状(100円)	50円	50円	10円	10円
運行間隔	120分	100分	120分	100分
現状(80分に1便)	60分	60分	40分	40分
移動時間	2倍	1.5倍	2倍	1.5倍
現状の所要時間	2/3	2/3	1/2	1/2
回収率				
配布数	234部	249部	244部	272部
回収数	78部	80部	100部	108部
回収率	33%	32%	41%	40%

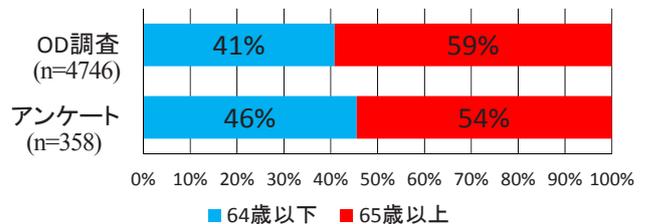


Fig.2 Ratio of the elderly

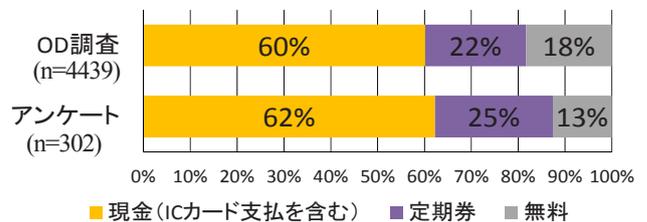


Fig.3 Ratio of each payment method of fare

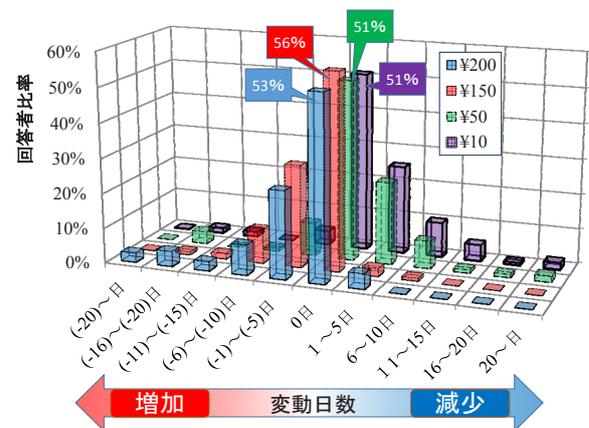


Fig.4 Frequency change by supposed fare

かった。

3. サービス水準の違いによる利用状況変化

サービス水準の変更によって利用状況にどのような変化があるのかを把握する。

3.1 運賃の変更

Fig.4 に、運賃の変更による利用頻度差を運賃別に比較したグラフを示す。このグラフは横軸に現状の利用頻度からの変化日数、縦軸に全回答者に占める回答者の比率、色別で変更した運賃を表している。なお、回答者比率は運賃の変更により利用を断念する（月0日）と回答した利用者は除外し、利用頻度に変化のあった回答者のみに対する割合を表している。この図から約5割の利用者は運賃の変更によって利用頻度に変化はないが、運賃別に比較すると150円、200円の棒グラフは左側に偏っていて、値上げによって利用頻度が減少することがわかる。また、10円、50円の棒グラフは右側に偏っていて、値下げによって利用頻度が増加することがわかる。利用状況に変化がないと回答している利用者の割合は、「200円」、「150円」時にはそれぞれ「53%」、「56%」であり、「50円」、「10円」時にはそれぞれ「51%」、「51%」と運賃が値上げされた場合の方が、その比率がわずかながら高い。このことから、値下げの場合の方が利用頻度を変化させる利用者が多い傾向にあると思われる。

Fig.5 に、回答者中で運賃の変更により利用を断念する（月0日）と回答した利用者の比率を示す。右側の棒グラフは利用断念者を普段の利用頻度別に分けたものである。利用頻度は月10日を境に高、低と分けた。これは「くるりんばす」の普段の利用頻度の利用者平均が約月10日であったためである。利用者全体での「くるりんばす」の普段の利用頻度は「高」が約40%、「低」が約60%であった。この図から、値上げにより利用を断念する利用者は、1割に満たないことがわかる。このことから、運賃に関してサービス水準が低下しても利用を断念する利用者は少ないといえるが、無回答を「断念者」とカウントした場合には、その割合はより大きくなる。利用断念者の8割以上は現状の利用頻度が低く、これは全体の約6割よりも大きな値であり、「くるりんばす」への依存度が低いことが運賃の値上げによって利用離れにつながっていると考えられる。

3.2 運行間隔の変更

Fig.6 に、運行間隔の変更による利用頻度差を運行間隔別に示す。なおグラフの軸は運賃の時（Fig.4）と同様である。この図から、約4割の利用者は運行間隔の変更によって利用頻度に変化はないが、残り約6割の利用者の

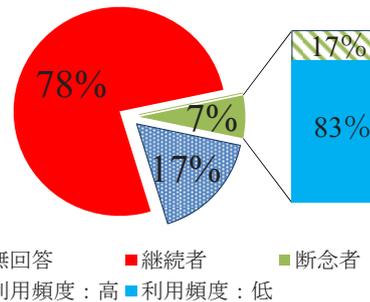


Fig.5 Ratio of passenger giving up bus usage by raising fare (n=342)

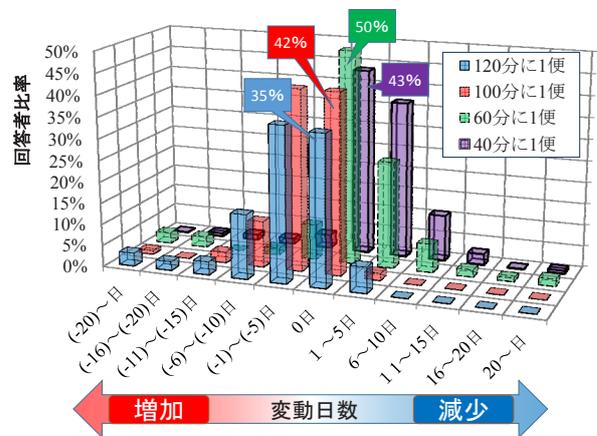


Fig.6 Frequency change by supposed interval

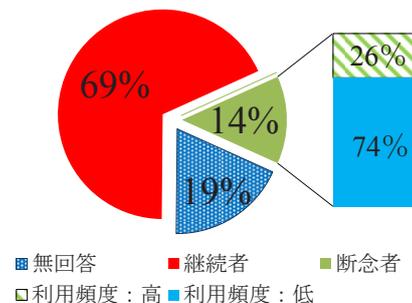


Fig.7 Ratio of passenger giving up bus usage by prolonging interval (n=342)

利用頻度に変化があることがわかる。また、大半の利用者は変化しても月5日以内の利用頻度の変化であることもわかる。特に現状の80分に1本よりもサービスが低下した場合においては、利用頻度差が「月0日」である変化しない利用者よりも「月(-1)~(-5)日」である減少する利用者の比率の方が高くなっている。利用状況に変化がないと回答している利用者の割合は、「120分に1便」、「100分に1便」時にはそれぞれ「35%」、「42%」であり、「60分に1便」、「40分に1便」時にはそれぞれ「50%」、「43%」と便数間隔が延長された場合の方が、その比率がわずかに

ながら高い。このことから、減便の方が利用頻度を変化させる利用者が多い傾向にあると思われる。

Fig.7に、回答者中で運行間隔の変更により利用を断念する（月0日）と回答した利用者の比率を示す。この図から運行間隔が長くなり、利用を断念する利用者は1割以上存在することがわかる。運行間隔に関しても、サービスが低下しても利用を断念する利用者は少ないといえるが、運賃の場合よりも多く、また無回答を断念者とみなせば、断念者は3割以上になることになる。運賃の場合と同様に利用断念者の約7割は、現状の利用頻度が少なく、「くるりんばす」への依存度は低いと考えられる。

3.3 移動時間の変更

Fig.8に、移動時間の変更による利用頻度差を移動時間別に示す。グラフの軸は運賃の時（Fig.4）と同様である。約5割の利用者は運行間隔の変更によって利用頻度に差はなかったが、この図から移動時間が増える場合に関しては「月0日」の回答者の比率が45%付近から35%付近にまで低下していることから、利用頻度に大きく変化がみられることがわかる。利用状況に変化がないと回答している利用者の割合は、「2倍」、「1.5倍」時にはそれぞれ「36%」、「47%」であり、「3分の2倍」、「半分」時にはそれぞれ「54%」、「47%」と移動時間が延長された場合の方が、その比率がわずかながら高い。このことから、移動時間が長くなる場合の方が利用頻度を変化させる利用者が多い傾向にあると思われる。

Fig.9に、回答者中で移動時間の延長により利用を断念する（月0日）と回答した利用者の比率を示す。この図から、移動時間の延長により利用を断念する利用者は、2割近く存在することがわかる。移動時間に関してもサービスが悪くなくても利用を断念する利用者は多くないといえるが、運賃や運行間隔の場合よりも多く、また無回答を断念者とみなせば、断念者は4割近くにもなる。断念者の現状の利用頻度をみてみると月10日以上「くるりんばす」を利用している利用者の比率が約4割と高いことがわかる。このことから「くるりんばす」の依存度が高くても移動時間が長くなる場合には、他の交通手段に転換する傾向にあると考えられる。

「運賃」、「運行間隔」、「移動時間」のいずれのサービス水準が向上した場合でも、利用頻度が減少するとの回答がある。「運賃」に関しては、定期券や無料利用者にとって値下げであっても相対的に支払額が高くなることによるものと思われる。「運行間隔」、「移動時間」に関しては、定期的に利用し、現状のダイヤに慣れている人にとっては、これらの向上が必ずしも肯定的に捉えられないことによるものと考えられる。その他にも、増加、減少

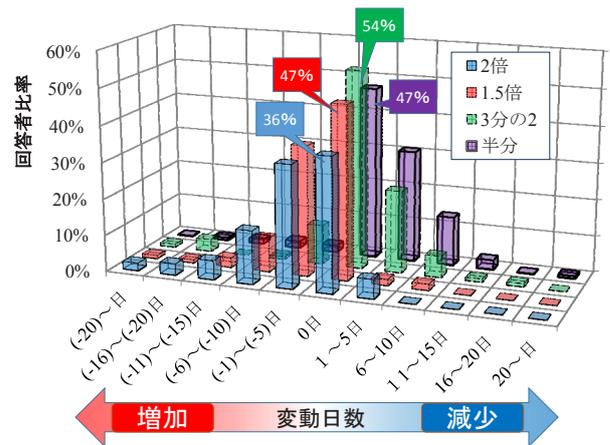


Fig.8 Frequency change by supposed travel time

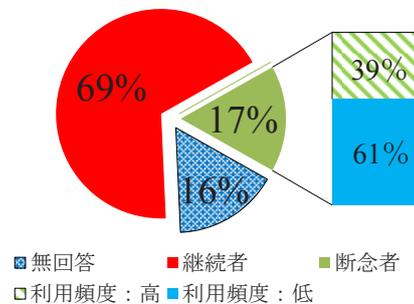


Fig.9 Ratio of passenger giving up bus usage by prolonging travel time (n=342)

側のそれぞれに偏りを持った回答者がいくらかは存在すると考えられる。

3.4 サービス水準の変更による影響の比較

「運賃」、「運行間隔」、「移動時間」の変更による利用頻度のばらつきをみるために、それぞれのサービス水準における頻度分布の標準偏差を算出した。その結果、サービス水準間で標準偏差の差が最も大きかったのは「移動時間」であった。このことから「移動時間」のサービス水準の変更による利用頻度の変化が最も大きいといえる。また、どのサービス項目においても、「くるりんばす」の普段の利用頻度が低い利用者は、サービス水準の低下によって利用を断念する利用者の割合が高いといえる。

利用頻度の増減について「0日」を中心にグラフの左右を比較してみる。「運賃」は他と比べて差があまりないが、「運行間隔」、「移動時間」は減少側の棒グラフの方がより大きく見える。そこで、サービスの向上、低下が利用頻度の変動日数の大きさに影響を及ぼしているかを分析するために一元配置分散分析を行った。その結果、サービスの同水準の向上、低下の違いでは、有意水準1%で主効果が見られなかったことから、変動日数の増加側

と減少側の絶対値の大きさには差がなく、統計的には減少側が増加側に比べて大きいとはいえないことがわかった。なお、「移動時間」のグラフで減少側が広く見えているのは、「半分」と「2倍」、「3分の2」と「1.5倍」を比較しているからである。これらの差を時間に直したときにはサービス低下の方が大きな時間差となっており、その結果、頻度減少の割合が大きく見えている。

4. サービス水準の変更による利用状況の変化予測

利用者アンケートから得られた全回答者のデータを基に利用頻度の変化を予測するモデルを構築し、サービス水準の変更による利用状況の変化予測を行う。

4.1 利用頻度の分析

利用者アンケートの結果から「利用者の現状の利用頻度」、「性別」、「職業」、「年齢」、「運転免許の有無」、「よく使う交通手段」、「外出頻度」、「運賃の支払い種別」、「運賃の満足度」、「くるりんばすの総合満足度」、「運賃の許容額」、「サービス水準が変更されたときの利用頻度の変化」などのデータを得ている。これらのデータを基に目的変数をサービス水準変更後の「利用頻度」として、そのほかの変数を説明変数として重回帰分析を行う。ステップワイズ法を用いて変数を絞っていった結果として、重回帰分析の精度と各説明変数の係数を Table2 に示す。決定係数は0.67、重相関係数は0.82 となり妥当な重回帰モデルが構築できたといえる。各変数は「学生」は学生なら1となるダミー変数、「免許」は運転免許を保有していれば1となるダミー変数、「交通手段」は普段よく利用する交通手段がくるりんばす以外なら1となるダミー変数である。

サービスが向上するにもかかわらず利用頻度が減少する回答者を考慮するため、「支払種別」と「定期的」を変数に加えている。「支払種別」は、「無料利用者」を0、「100円利用者」を2とし、その中間として「定期券利用者」を1とする順序カテゴリカル変数である。これは、「定期券利用者」の実質支払額（定期券代÷平均利用回数）が50円/回であったためである。「定期的」は、「定期的なバス利用者」を1とするダミー変数である。

「許容運賃」は、1乗車で負担できる運賃の許容額である。この値は利用者アンケートから得られたものであり、Fig.10にその集計結果を示す。この図において「許容運賃」を100円以下と回答している回答者が約3割いることがわかる。そこで、現状維持として100円以下の回答は、100円として扱った。また、300円以上の回答者はサンプル数が少なく、金額が非現実的であることから

Table2 Model coefficient and accuracy

精度	決定係数	重相関係数	ダービンF値
	0.667	0.816	1.455
変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値
学生	1.90	0.08	3.98**
免許	-0.50	-0.03	-1.55
他交通手段	-0.77	-0.05	-2.45**
支払種別	-0.76	-0.06	-3.25**
定期的	-1.12	-0.05	-2.66*
許容運賃	0.59	0.04	2.35*
現状利用頻度	0.73	0.69	37.76**
運賃	-2.90	-0.15	-9.07**
運行間隔	-7.48	-0.21	-12.26**
移動時間	-5.66	-0.24	-14.22**
定数項	20.58	-	16.13**

*:5%有意, **:1%有意

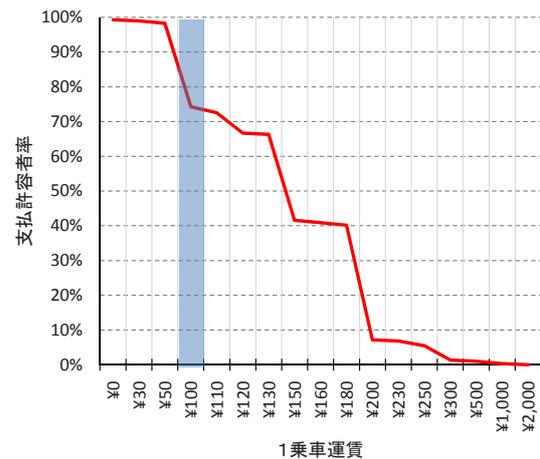


Fig.10 Allowable limit about fare

300円として扱った。

「現状利用頻度」は現状のくるりんばすの利用頻度(日/月)、「運賃」、「運行間隔」、「移動時間」はそれぞれ現状からの比率として扱っている。

標準偏回帰係数の値を見てみると「現状利用頻度」の影響が最も大きく、「運賃」、「運行間隔」、「移動時間」の中で利用頻度に最も影響を与えるのは「移動時間」の変更であることがわかる。

4.2 利用状況の変化予測

構築した重回帰モデルを使って、各サービス水準の変更によって予測される利用頻度の分布の変化をみる。Fig.11に「運賃」、Fig.12に「運行間隔」の変更による利用頻度の変化を頻度帯に分けて集計したグラフで示す。

横軸に1か月中の利用頻度を頻度帯で分けて示し、縦軸に全体に占める利用者の分布をとって表し、月1日未満になった利用者は断念者として集計している。

Fig.11 を見てみると、運賃を200円に値上げした場合、利用頻度が「16～20日」であった利用者が最も減少し、「11～15日」の利用者が増加、断念者も1割以上出現している。逆に50円に値下げた場合は「5日以内」であった利用者が減少し、「6～10日」、「11～15日」の利用者が増加しているが、16日以上の利用者の増加は少ないといえる。

Fig.12 を見てみると、160分間に間隔をあけた場合、すべての利用頻度で利用者の割合が減少し、断念者が急増している。逆に40分間に間隔を詰めた場合は「5日以内」であった利用者が減少し、「6～10日」、「11～15日」の利用者が増加している。「21日以上」の利用者の増加も非常に多い。以上のことから、サービス水準の低下は月16日以上である利用頻度が高い利用者の利用状況を大きく変化させ、逆にサービス水準の向上は月5日以内である利用頻度が低い利用者の利用状況を大きく変化させることがわかる。

4.3 運賃変更による収入の予測

サービス水準の変更による利用者の利用頻度の変化と断念者の増加割合を、構築した重回帰モデル式によって得ることができたので、それを基に「くるりんばす」の運賃を変更した場合の収入の変化をみる。今回の予測では、実際の1月の平均利用者が約36,000人であるため、36,000人月の利用者を仮定する。各頻度帯での支払種別の比率は運賃が変更されても変化せず、利用者特性も変化しないと仮定して、単純に運賃を変更した場合の現金、定期券による1か月の運賃収入を算出する。また、値下げによる新規利用者の増加は考慮しない。収入をZとして、以下の式(1)より算出した。

$$Z = 36,000 \times \frac{Y^f}{Y} \left(\alpha f \sum_i s_i^f r_i^1 \bar{i} + c \sum_i s_i^f r_i^2 \right) \quad (1)$$

- α : 1日平均乗車回数
- f : 1乗車の運賃(円)
- c : 1か月の定期代(定数 : 1,000円)
- Y : 全サンプル数
- Y^f : 運賃f時の利用者数
- \bar{i} : 利用頻度帯iの中央値
- s_i^f : 運賃f時の頻度帯iの人数割合
- r_i^k : 頻度帯iにおける支払種別kの割合
($k=1$:現金 $k=2$:定期)

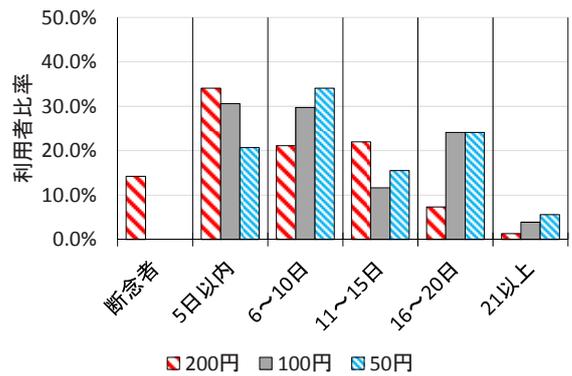


Fig.11 Change of frequency by fare change

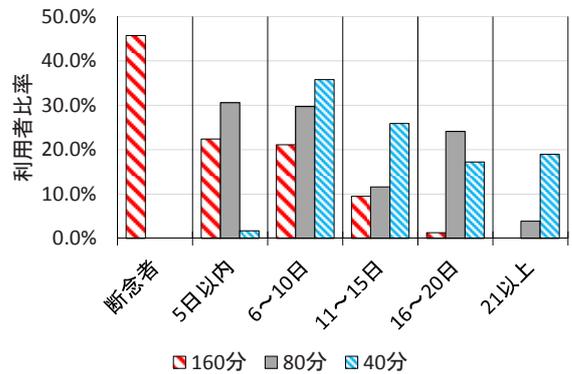


Fig.12 Change of frequency by interval change

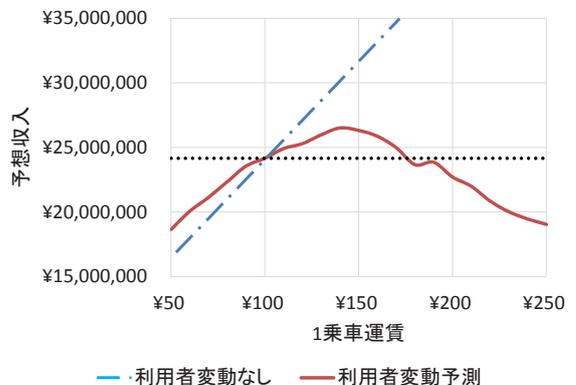


Fig.13 Service income prediction

Fig.13 にその算出結果を示す。横軸に1乗車の運賃、縦軸に予想される収入を表している。点線が現状の運賃100円時の収入であり、青線が利用者数に変化がないと仮定したときの収入、赤線が重回帰モデル式より得た利用頻度の変化と利用断念者の影響を考慮した収入である。この図から、現状より値下げた場合は、利用者の新規増加を考慮していないこともあり現状より収入は減ってしまうが、利用状況の変化を考慮した方が高いことがわかる。これは1人当たりの利用頻度が増加したことが要因だと考えられる。値上げに対しては、利用断念者の存在が影響し、青線より下回っていることがわかる。今回

の予測では1乗車140円付近で収入が最大となり、170円を超えたあたりで断念者数が値上げしたことによる増益分を上回り、全体的な収入は減ってしまうという結果が得られた。

5. おわりに

本研究では、愛知県日進市のコミュニティバス「くるりんばす」を対象とし、利用実態、意識調査を実施し、サービス水準の変更によってコミュニティバスの既存利用者が利用を断念するか否か、利用を続ける場合には利用頻度がどのように変化するかを予測するモデルの開発を行い、サービス水準を変更した場合の利用頻度の分布や収支がどのように変化するかを明らかにした。

利用者アンケートの結果からは、半数近くの利用者は1乗車の「運賃」、バスの「運行間隔」、目的地までの「移動時間」についてそれぞれのサービス水準が変更されても利用頻度は変化しないが、残り半数の利用者は利用頻度が変化することがわかった。それぞれのサービス水準の「向上」と「低下」の変化を比較すると、「低下」時の利用頻度の減少日数の方が「向上」による利用頻度の増加日数よりも多くの利用者の利用日数が変化することがわかったが、サービス水準の「低下」時には利用日数が減少するだけに止まらず、利用を断念してしまう利用者が存在し、その利用者を考慮するとサービス水準の「向上」と「低下」の変化は同等であることがわかった。利用を断念する利用者の多くは、利用頻度が全利用者の平均利用日数より低い利用者が多かったことから、普段「くるりんばす」を利用しない、移動手段をバスに依存していない利用者が運賃の値上げによって利用を断念しやすいことがわかった。

利用断念者も含め、サービス水準の「向上」と「低下」の変化の大きさを比較すると、1乗車の「運賃」、バスの「運行間隔」、目的地までの「移動時間」の順に影響が大きいといえた。これは構築した重回帰モデル式からも、この順に利用状況の変化に影響を与えることがいえた。

モデル式で得られた利用頻度の変化と断念者の割合を基に、「くるりんばす」の1か月の収入の変化を予測した。値上げした場合、1乗車140円付近で収入が最大となり、170円を超えると断念者数が値上げしたことによる増収分を上回り、全体的な収入は減ってしまうという結果が得られた。

今回のモデル式は、現状の利用者のみを考慮したモデルとなっているため、今後は、サービス水準の変更による新規利用者数の増加という点も考慮可能なモデルが望まれる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、日進市役所生活安全課の方々には多大なるご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 市川嘉一：全国市区調査からみたコミュニティバス、乗合タクシーの導入、運行、利用の全国的実態に関する考察－「持続可能な生活交通」の視点に着目して－、交通学研究, No.56, pp.107-114, 2013
- 2) 国土交通省中部運輸局：地域公共交通の活性化、再生に向けた自治体と交通事業者のパートナーシップの構築, pp.4, 国土交通省中部運輸局, 2014
- 3) 国土交通省中部運輸局：『地域公共交通実態調査』の集計結果について, pp.4, 国土交通省中部運輸局自動車交通部, 2014
- 4) 山口隆之, 浅野光行：地域特性を考慮したコミュニティバスの導入促進に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.34, pp.985-990, 1999
- 5) 榎原充輝, 松本幸正, 高橋政稔：利用者属性に着目したコミュニティバス利用者満足度と利用頻度向上施策に関する研究, 土木計画学研究, 論文集, No.26-4, pp.817-824, 2009
- 6) 奥嶋政嗣, 秋山孝正：人工社会モデルを用いた地方都市コミュニティバスの交通需要喚起策の検討, 土木計画学研究, 論文集, No.24-3, 2007
- 7) 横溝恭一, 森本章倫：バスLOSを考慮した被験者分類とMMによる行動変容に関する研究, 都市計画論文集, No.43-3, pp.793-798, 2008
- 8) 中西仁美, 廣島康裕, 高木健太郎：公共交通空白地区におけるアクセス公共交通の導入に対する支払意思額構造に関する研究, 土木計画学研究, 論文集, No.25-2, pp.543-550, 2008
- 9) 山崎基浩, 三村泰広, 西堀泰英, 板谷和也, 橋本成仁：地方自治体におけるコミュニティバス運行内容の見直しとその効果に関する研究, 土木計画学研究, 講演集, Vol.39, 2009
- 10) 加藤良介, 松本幸正：再編前後におけるコミュニティバス利用者の乗車時間分布と利用者意識の変化に関する分析, 土木計画学研究, 講演集, Vol.44, 2011
- 11) 神谷貴浩, 佐々木邦明：対話による調査に基づいた中山間地の市民バス改善とその効果, 土木学会論文集D3, Vol.68-5, I_1341-I_1348, 2012
- 12) 新井祥純：人口減少都市における持続可能な地域公共交通の創造に関する研究－群馬県桐生市「おりひめバス」の事例－, 交通学研究, No.56, pp.99-106, 2013
- 13) 吉田樹：運賃低廉化に伴う公共交通需要構造の変化に関する実証分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol.34, No.78, pp.469-472, 2014
- 14) 日進市役所：平成25年度日進市事務事業評価シート, pp.7, 日進市, 2013

(原稿受理日 平成26年10月2日)

ドライビングシミュレータを用いた交差点接近車両への情報提供の違い による CO₂ 排出低減効果の検討

彭 冠露¹⁾ 松本 幸正²⁾

Investigation of CO₂ emission reduction by providing different information to
vehicle approaching signalized intersection with driving simulator

Guanlu PENG¹⁾, Yukimasa MATSUMOTO²⁾

Abstract

Wasteful vehicle movements such as sudden acceleration/deceleration or long idling occur at a signalized intersection, which increase amount of CO₂ emissions from vehicle approaching a signalized intersection. In order to reduce these vehicle movements, providing appropriate information to a driver is desired. In this study, a driving experiment is conducted with an information providing system, which is built on a driving simulator. The system provides “Recommended speed” information or “Accelerator-off” information on the screen of the driving simulator based on the driving status such as a speed and a location from an intersection. If following the provided recommended speed, a driver could pass the signalized intersection ahead without stopping, and also if following the accelerator-off indication, a driver could shorten an idling time. As a result of the driving experiments, wasteful vehicle movements were decreased. Moreover, comparing these results to the result with no information provided, amount of CO₂ emission was reduced obviously. In particular, when the accelerator-off information is provided, the reduction of CO₂ emission attains 6%.

1. はじめに

信号交差点における車両のアイドリングや、その後の加速などの車両挙動によって CO₂ 排出量は増加する。この車両から排出される CO₂ の削減は、喫緊の課題となっているが、そのような中、ITS 技術を用いた高度な情報提供に関する研究開発や実証実験が進んでいる。特に信号情報の提供によって、都市部における交通渋滞の解消や環境負荷の低減といった車に起因する問題の解決が期待されている。

信号に関する情報提供は、諸外国においては一般的に行われているところもあり、それに関する研究も多い。シンガポールやタイのバンコクにおいては、信号が切り替わるまでの時間が、信号機の近くに表示されている^{1), 2)}。この時間表示によって、赤信号になってから交差点を無理に通過する車両が減少するという効果が明らかになっている。また、車載装置へ推奨走行速度や渋滞情報等を提供した際、どのような車両挙動が発生するのかを明らかにする研究³⁾

もされている。

このように信号情報提供システムによる交通の円滑化には大きな期待が寄せられており、国内においても研究蓄積が進みつつある。Iwata ら⁴⁾は DSS(Deceleration Support System)というシステムの研究開発を進めている。このシステムは、信号に接近している車両に対して、『アクセルを離す』といった指示をし、減速支援を行うものである。このシステムを交通シミュレーションソフト上で再現した結果、郊外道路においては約 7%の CO₂ 排出量の低減効果がみられることを明らかにした。Matsumoto ら⁵⁾も車両に信号情報を提供した場合における CO₂ 排出量を交通流シミュレーションで算出し、約 3%の排出量を削減できることを示している。しかしながら、これらの研究には実際の個々のドライバーの運転挙動が十分に反映されているとは言えない。塚田⁶⁾は、実際の車両を用いてドライバーに信号情報を提供する実験を行っている。この実験では、ジレンマゾーンの回避を目的とした情報提供の有効性を検証している。その結果、前方の信号の切り替わりに関する情報提供を行う

1) 名城大学大学院理工学研究科 2) 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科

1) Graduate School of Science and Technology, Meijo University 2) Department of Civil Engineering, Meijo University

ことで、被験者の多くがジレンマゾーンを回避できることを示している。中山ら⁷⁾は、ドライビングシミュレータを用いて、「追突注意」の看板と「音声による情報提供」の2種類を用いて信号の切り換わり情報を提供した際のドライバーの運転挙動について分析・評価を行い、音声による情報提供が急ブレーキ発生の抑制に効果があったことを明らかにしている。この他にも、ドライビングシミュレータを用いて情報提供時の車両挙動変化や交差点部における交通事故に関する研究は数多く行われている。しかしながら、信号情報提供によるドライバーの運転挙動を捉える研究はまだ多くは行われていないのが現状である。また、現実の車両に信号情報の提供を行った上で運転挙動を観測する実験を行うことは安全上難しい。

そこで本研究では、仮定の信号情報提供システムをドライビングシミュレータ（以下、DS と記す）上に構築し、運転実験を行う。情報提供についてはいくつかの方法を考え、それら情報提供方法によってどのように運転行動が変化したのか、また、その変化によって、どれだけの CO₂ 排出量低減効果が見込めるかをそれぞれ比較しながら明らかにする。

2. 情報提供システムの構築

2.1 運転実験で用いる DS の概要

本研究では、FORUM8 社の UC-win/Road というソフトウェアを用いる。これは DS 環境を構築し、構造物や道路、信号機などの 3D モデルを配置して作成したバーチャルリアリティ空間上で自動車の運転を行うことを可能にする。また、運転挙動を記録することや、現在の信号点灯色や、信号の座標などを取得することが可能である。走行車両についても同様に、走行速度や走行位置を入手することができる。

2.2 情報提供システムの概要

DS によって、信号までの距離や点灯時間の残時間、運転している車両の速度といったパラメータを取得し、プログラム内部で計算を行い画面上にリアルタイムで情報を表示する。

2.2.1 情報提供形式の決定

ドライバーが理解しやすく、従いやすい情報提供の形式を定めることは重要である。ドライバーの理解が迅速に得られない情報提供の内容であった場合、ドライバーが情報提供に対してどのような反応を取ればよいかかわからず、

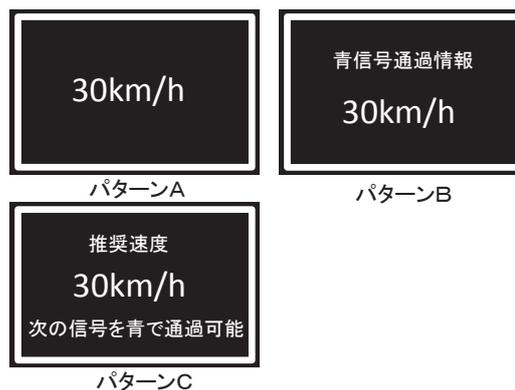


Fig.1 Pattern of provided information



Fig.2 Color type of provided information

Table 1 Questionnaire result about provided information

パターン	理解度	理解の早さ	従う
A	1.2	1.3	2.25
B	2.25	2.25	2.5
C	1.5	1.75	1.95

色別	黒字	白字
選んだ人数	12	8

推奨された走行動作への移行が遅れると考えられる。その結果、推奨速度への減速が遅れるなど、青信号で通過できると情報に書かれていても通過できない可能性が発生してしまう。また、煩雑な情報提供はドライバーの注意を必要以上に惹き付けてしまい、事故につながってしまう可能性も否定できない。そのため、本研究では3パターンの情報提供形式と、2種類の表示方法を作成し、20歳代の免許を保有している男性20名に対してアンケートを実施し、それぞれの中で最も適切な情報提供形式の検討を行った。

提供した3パターンの情報提供は Fig.1 に示す通りである。3パターンの情報提供はそれぞれ2種類ある。Fig.2 は白地に黒文字と黒地に白文字である2種類の情報を示す。アンケートの手順は、最初に本研究の目的について解説し、情報提供を行うことによる効果がどのようなものかを十分に理解してもらった後、調査を実施した。調査手法としては、情報提供が発生する場面を抜き出した画像3枚を用意し、被験者毎にランダムな順番で見せ、どのように感じたかをアンケートで評価してもらおうという方法である。『何を行えばよいか明確に理解できた』、『情報がすぐに理解できた』、『提供された情報に従おうと思う』、のそれぞれの項目について4段階で評価してもらった。評価は1に近づく

ほど高く、4 が最も低い評価となっている。3 枚の画像を見終わった後に、最も評価の高かったパターンの白字と黒字で表示した情報提供を見比べてもらい、どちらが理解しやすいかについても評価してもらった。

アンケートの結果を Table 1 に示す。パターン A は情報の理解については迅速に得られるものの、その情報に従った結果がどのようになるのかが明確でないことから、『情報に従う』という評価に関しては低くなっていることがわかる。パターン C は情報量が多いため理解には時間が少しかかっていることがわかる。情報提供に従うという点では最も評価が高い。これは、情報に従った結果がどのようになるかが明示されているためであると考えられる。総合的に評価が高い点や、理解しても従わなければ情報提供の意味をなさないという点から、従いやすいという点を重視して、本研究ではパターン C の情報提供形式を採用することとする。

白字と黒字の評価に関しては白字のものが高い評価が得られた。これは、黒い背景よりも白い背景のほうが表示された文字を認識しやすいといった理由によるものではないかと考えられる。

2.2.2 情報提供システムの概要

Fig.3 は、距離別で信号通過を可能とする情報を提供するシステムにおけるフローを示している。このシステムでは、車両が情報提供地点に到達した時に現在速度 V_c と信号までの距離 D_r から、その速度のまま進行した場合の交差点到達時間 $AT(s)$ を算出する。算出した $AT(s)$ と信号の点灯状態及び点灯状態が変化するまでの時間 $T_c(s)$ に応じて、車両に提供される情報は『情報提供なし』、『推奨速度情報の表示』、『アクセルオフ情報の提供』の 3 通りに分かれる。現在の速度で通過できる場合や、推奨速度まで速度を落として交差点を通過できる場合であったとしても、推奨速度が道路の制限速度（今回の場合は 40km/h）を超える場合は、安全上の理由から推奨速度の表示を行わない。そのため、現在の速度が 40km/h 以下で、そのままの速度で通過できる場合や、推奨速度が 40km/h 以下の場合に限り『推奨速度情報の表示』が行われるようになっている。そして、信号が切り替わるまでに時間があるために、推奨速度が非常に低速で算出される場合や、現在の速度と推奨速度の差が 20km/h 以上ある場合などは、急激な減速につながる可能性があるため、『アクセルオフ情報』の表示を行う。なお、表示される推奨速度は 5km/h 刻みで切り捨てて表示させることで、ドライバーにとって理解がしやすく、より安全を重視した表示になると考え、そのような実装を行った。例えば、推奨速度が 37km/h と算出された場合は、DS の画面上では推

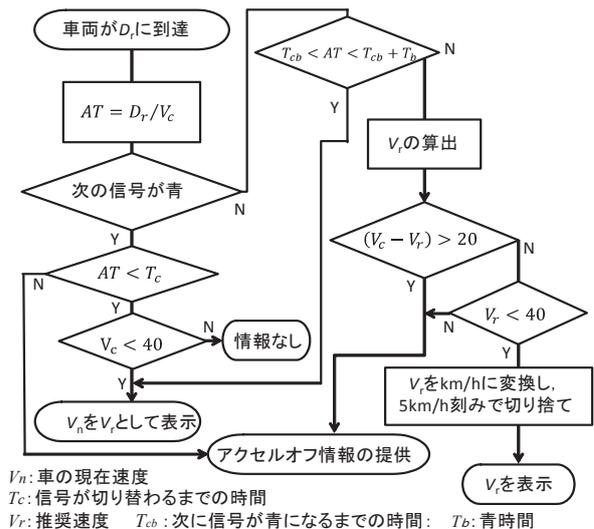


Fig.3 Providing information at given distance

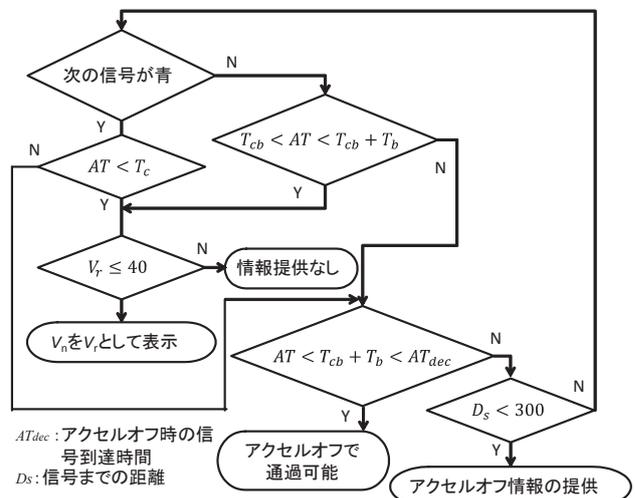


Fig.4 Providing accelerator-off information



Fig.5 Experimental scene when information is provided

奨速度 35km/h と表示されることとなる。

2.2.3 アクセルオフ情報の提供システム

Fig.4 は、アクセルオフ情報で信号通過を促すシステムにおけるフローを示している。この情報提供システムでは、オンラインで常に信号状態、信号までの距離 $D_s(m)$ や走行速度から各パラメータを算出しており、条件が満たされた

場合に DS の画面上にリアルタイムで情報が表示される仕組みとなっている。現在速度のまま走行した時に、信号に到達する時間とアクセルオフを行った際に信号に到達する時間を比較し、現在速度のまま信号に到達できるのであれば、現在速度が推奨速度という形で表示されることになる。ただし、速度が 40km/h 以上の場合は安全を考慮して情報提供を行わないこととする。一方、現在速度のままでは赤信号で停止してしまうが、減速をした場合に青信号で通過できることになった時は『アクセルオフで通過可能』という情報が表示されることになる。また、いずれの情報提供も行われず、信号から 300m まで接近した場合はアイドリング時間を減少させるためにアクセルオフで減速を促すメッセージが表示される。

いずれのパターンにおいても、何らかの情報提供が表示される際にはピンポンという通知音が鳴るようになっており情報が表示されたことをドライバーに知らせるシステムとなっている。

Fig.5 は、情報が提供された場合における DS の画面を表示している。このように、現段階では、カーナビを想定して、DS 画面の左下に白い枠内に黒文字で情報が提供されるようにした。

3. DS を用いた運転実験

構築したシステムを用いて情報を提供した際に、運転挙動にどのような変化が生じるのか、また CO₂ 排出量にどのような影響を及ぼすのかについて、DS を用いた運転実験を通じて把握する。

3.1 運転コースの概要

本研究では 4 つの信号交差点が連続し、運転開始地点から 540m の地点に第 1 交差点、その後、800m、1300m、500m の間隔で 3 つの交差点が続く直線と一部緩やかなカーブがある全長約 3.5km の実験コースを作成した。Fig.6 にコースの全体図を示す。途中でカーブを挟んだ理由としては、ドライバーによる運転のゆらぎを生成し、同じような運転挙動ばかりが発生しないようにするためである。このコースでは、本線と交差路のどちらも片側 1 車線の道路で、道路幅員は上下方向とも 3.25m となっている。坂などによる車両挙動の影響を排除するため、本線と交差路のどちらも勾配が無い道路となっている。この道路の制限速度設定は 40km/h である。

3.2 信号の設定

実験コースに配置された 4 つの信号交差点の設定を

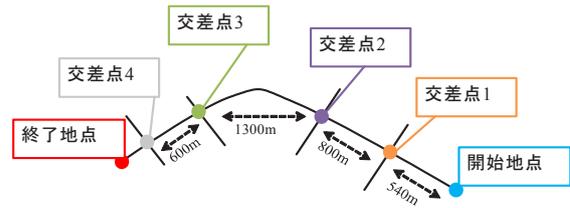


Fig.6 Overall view of experimental course

Table 2 Settings for each signal (s)

交差点番号	緑	黄色	赤	サイクル長
1	24	3	33	60
2	29	3	38	70
3	34	3	43	80
4	39	3	48	90

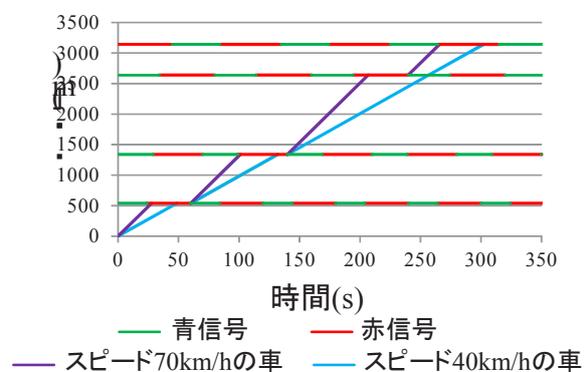


Fig.7 Time and distance between signals

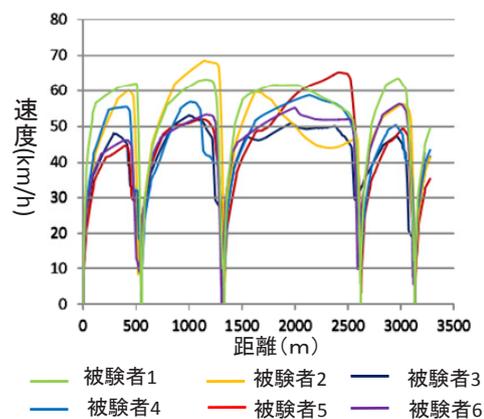


Fig.8 Vehicle speed without information provision

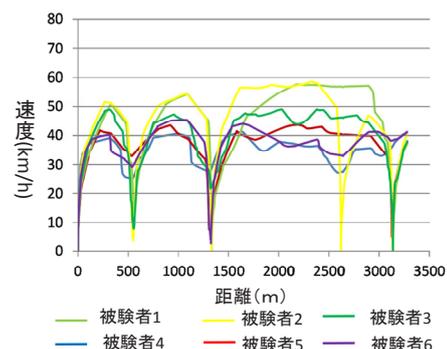


Fig.9 Vehicle speed under providing "accelerator-off"

Table 2 に示す. 速度によって信号の切り換わるタイミングが異なるように, 交差点 1 のサイクル長を 60 秒とし, 交差点 2・3 と進むにつれてサイクル長が 10 秒ずつ長くなっていくように設定した. Fig.7 は横軸に時間, 縦軸に距離をとり, 横線の色は時間上での信号の状態を示している. 緑色の部分は青信号, 赤色の部分は黄信号もしくは赤信号が表示されている時間である. また, 図中にある青色と紫色の斜めの線は, 車両がそれぞれ 40km/h と 70km/h で定速走行した際の軌跡を示している. それぞれの車両の軌跡から, 40km/h と 70km/h で走行した場合において, ドライバーは様々な信号状態で信号交差点に接近することが予想される. このように, 信号の切り替わりタイミングなどを変化させることで, 各ドライバーが同じような信号状態や走行結果にならないような工夫を行った. その他にも, 他の車両の影響を排除するため, 実験中は他の車両を生成, 走行させないように設定している. そのため, ドライバーは交差点での停止時を除き, 自由走行が可能な状況となっている.

3.3 運転実験の手順

運転実験は免許を保有している 20 代から 60 代の 32 名の被験者で実施した. DS の運転操作は実際の車両の運転とは異なるため, 練習コースを 3 分程度運転してもらう. 練習終了後, 運転実験を開始する. この実験では, 最初に実験コースを『情報提供なし』で走行してもらう. その後, 『情報提供あり』での走行を 3 回実施する.

『情報提供あり』の走行で, 『アクセルオフ情報』の走行実験 1 回と 『推奨速度情報』の走行実験 2 回の計 3 回を被験者ごとにランダムに走行する. 推奨速度は, 『250m 提供』, 『300m 提供』, 『350m 提供』の 3 つを考えた. これは, 例えば 『250m 提供』の場合, 信号から 250m の地点で推奨速度が提供されることになる. この 3 つの距離の設定のうち, 各被験者はランダムに 2 つを走行することになる. したがって, 『アクセルオフ情報』と 2 つの推奨速度情報の順もランダムな組み合わせになる.

運転実験の被験者に対しては次のような指示を行った.

- ①40km/h 制限の道路を普段運転しているように走行すること.
- ②信号は厳守すること. ただし, 黄色や赤信号で安全に停止することが出来ないと判断した場合は通過してよいこと.
- ③交差点は直進すること.

これらの指示に従えなかった場合に関しては走行をやり直すこととした. また, 『信号交差点での待ち時間などの減少のための, 交通の円滑化につながる情報提供が画面に表示される』ということを伝えたが, その情報に従うかどうか

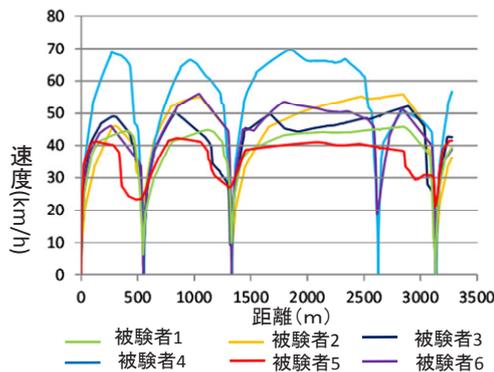


Fig.10 Vehicle speed under providing "Recommended speed" at 250m

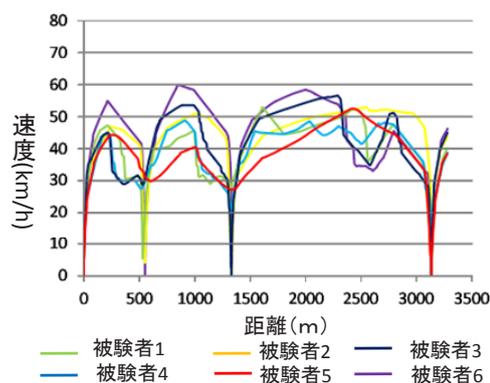


Fig.11 Vehicle speed under providing "Recommended speed" at 300m

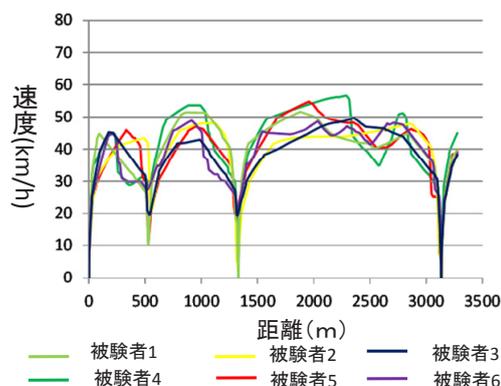


Fig.12 Vehicle speed under providing "Recommended speed" at 350m

Table 3 Statistical test of vehicle speed

	100m		200m		300m		400m	
	実験	実測	実験	実測	実験	実測	実験	実測
サンプル数	64	150	64	150	64	150	64	150
平均速度	47.7	43.6	51	48.7	50.4	49.1	47.3	47.1
分散	78.6	67.3	47.8	39.8	41.4	36.8	38.3	32.4
P値	0.001**		0.02*		0.16		0.8	

**1%有意 *5%有意

は被験者の判断に任せた. 運転実験中は自由走行を行うことが可能であるが, あまり非現実的な速度での走行は不可

能とするため、実際の車両挙動調査にて観測された速度をもとに、70km/h を超えることができないように設定を行った。

4. 実験再現性の検討

Table 3 は、DS 実験で観測された車両速度と DS と同様な環境で観測した実際の車両速度の比較を行った結果を示している。速度を比較する位置については表に示されているように、停止線から 100m, 200m, 300m, 400m 離れた各地点での速度とした。300m 以遠の車両の速度については実際の車両挙動と実験の車両挙動には有意差がないが、それよりも近い地点で有意差が見られた。これは、現実では滞留車両の影響のため 100m~200m 付近で減速を行う挙動があるが、今回の実験では他の車両を流していないため、その影響が再現できていないためであると考えられる。Table 4 は DS 実験で観測された車両速度と滞留車の影響がある車両を除いた車両の速度の比較を行った結果を示している。100m, 200m の付近の車両の速度については、有意差がなくなっているということが見て取れた。ここで、実験においては滞留車両などが存在する場合における交差点付近の車両の挙動などはうまく再現することができなかったが、滞留車両の影響なしの車の車両挙動については再現性が確保されていると言える。

5. 実験結果

5.1 情報提供後の走行速度の変化

走行実験の結果より、情報提供の各方法からそれぞれランダムに 6 名の運転者のデータを選び、Fig.8 から Fig.12 にそれぞれの走行速度を示している。各図の横軸は走行距離で、縦軸は走行速度を示している。走行中に速度が 0km/h になっているところは、交差点で停止していることを意味する。

Fig.8 の情報提供なしでの全体的な車両挙動に着目すると、信号交差点部分において停車を行い、その後加速を行うという挙動が多く発生していることがわかる。それに対して、情報提供ありの車両挙動をみると、交差点で速度が 0km/h になる車が減っている傾向が見て取れる。その中でも 3 番目の交差点は、情報提供によって運転挙動の変動が大きい交差点であることがわかる。

Fig.9 のアクセルオフの場合には、低速度の車は無停止で交差点を通過できているが、速度が高い車には情報提供の効果あまり出ていないことがわかる。Fig.10 から Fig.12 より情報提供の距離が交差点から離れると無停止通過が増

Table 4 Stastical test of vehicle speed after correction

	100m		200m		300m		400m	
	実験	実測	実験	実測	実験	実測	実験	実測
サンプル数	64	23	64	143	64	150	64	150
平均速度	47.7	46.9	51	49.2	50.4	49.1	47.3	47.1
分散	78.6	48.2	47.8	39.2	41.4	36.8	38.3	32.4
P値	0.2		0.34		0.16		0.8	

**1%有意 *5%有意

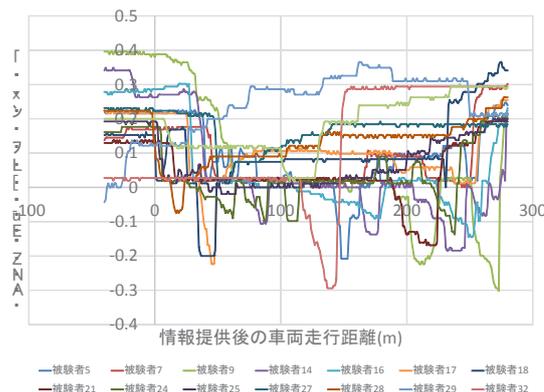


Fig.13 Rate of accelerating/breaking under providing "Recommended speed" at 250m

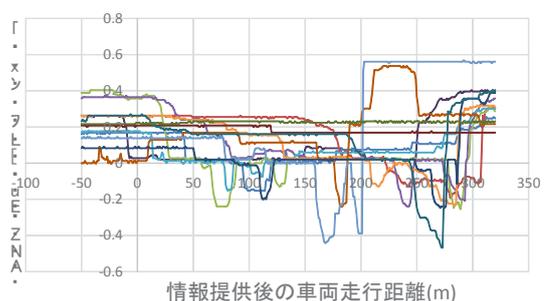


Fig.14 Rate of accelerating/breaking under providing "Recommended speed" at 300m

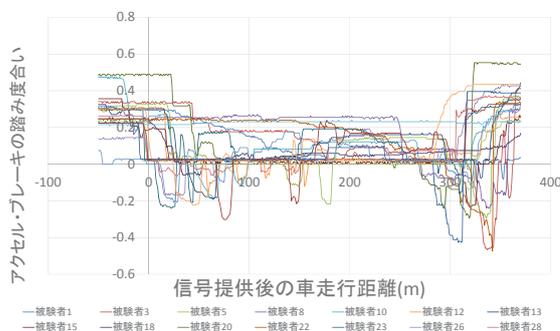


Fig.15 Rate of accelerating/breaking under providing "Recommended speed" at 350m

えることが見て取れるが、提供速度が気になって交差点到着前に減速し、再び加速するような運転挙動も一部にあることがわかる。

5.2 ブレーキとアクセルの踏み込み度合い

アクセル・ブレーキの踏み込み度合いとして、踏み込みがない状態を 0、ブレーキを最大に踏み込んだ状態を-1、アクセルを最大に踏み込んだ状態を 1 とした連続量データを収集した。横軸に情報提供地点からの距離を取り、縦軸に、交差点に接近する個々のドライバーのアクセル・ブレーキの踏み込み度合いを取ったものを Fig.13 から Fig.16 で、情報提供の方法ごとに示してある。Fig.13 から Fig.15 は、それぞれ 250m, 300m, 350mの距離で情報提供した時のアクセル・ブレーキの踏み込み量を表し、Fig.16 は、アクセルオフの情報提供をした時のものである。すべての方法において、情報提供した後に多くのドライバーが減速している挙動が見て取れる。

各図を比較してみると、推奨速度情報が出た後の反応時間に、被験者による差が出ていることがわかる。提供速度が気になって交差点到着前に大きく減速しすぎ、再び加速しているような運転挙動も一部に見て取れる。

アクセルオフの場合では、交差点に接近する際、無駄な加減速をせずに交差点まで行くなどの挙動が見られ、これは CO₂ 排出量の削減に繋がっていると考えられる。また、推奨速度の提供の場合と比べて、被験者はアクセルオフ情報に対する反応が早いこともわかる。このことから、アクセルオフ情報は理解しやすく、かつ、従いやすいのではと思われる。

5.3 情報提供時の CO₂ 排出量の変化

車両の走行挙動から CO₂ 排出量を算出する方法はいくつか存在するが、本研究では大口ら⁸⁾の式を用いる。DS で観測された運転挙動の値を以下の計算式に代入し、CO₂ 排出量を算出する。

$$Q = 0.3T + 0.028D + 0.056 \sum_k \delta_k (v_k^2 - v_{k-1}^2) \quad (1)$$

$$E = Kc \times Q \quad (2)$$

ここで、

- Q: 燃料消費量(cc)
- T: 旅行時間(s)
- D: 旅行距離(m)
- k: 速度計測点数
- δ_k : 加速時 1 とその他 0 とするダミー
- v_k : 第 k 点における走行速度(m/s)
- E: 旅行時間 T に対する CO₂ 排出量(g-C)
- kc: 排出係数 0.00231 kg-c/ガソリン l

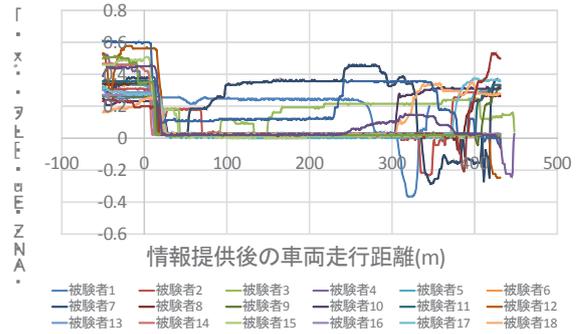


Fig.16 Rate of accelerating/breaking under providing "accelerator-off"



Fig.17 Idling times and number of idling

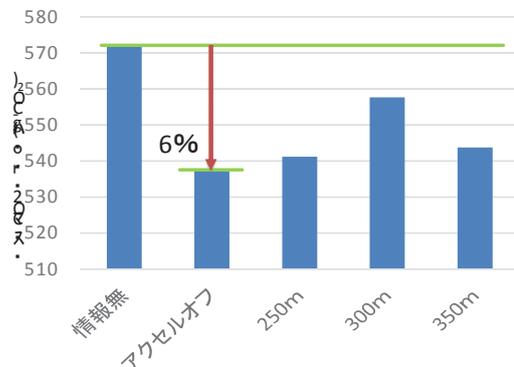


Fig.18 Comparison of CO₂ emissions

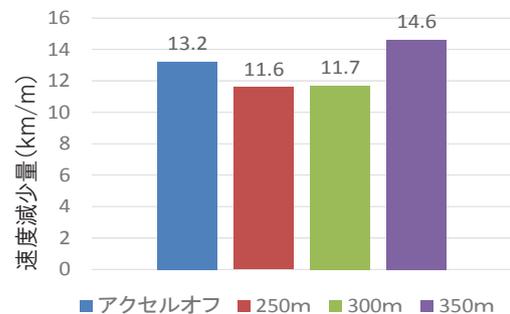


Fig.19 Speed reduction effect by information provision

5.4 各パターンの比較

Fig.17 は、それぞれの実験結果をもとに集計した各パタ

ーンの平均アイドリング時間と回数である。いずれのパターンでも情報提供がない場合と比較して低減されていることがわかる。Fig.18 は、それぞれの実験結果をもとに算出された平均 CO₂ 排出量である。図より、いずれも CO₂ 排出量は情報提供がない場合と比較して低減されていることがわかる。また、『アクセルオフ情報』に関しては効果が最も高く、約 6%程度の CO₂ 排出量の削減効果がみられる。しかしながら、『300m 提供』においては削減効果が低くなってしまっているが、これはドライバーの運転特性によっては情報提供を行ったことで、本来通過できるはずの信号でかえって停止してしまうことなどがあったことが原因と考えられる。実際に『300m提供』では、アイドリング時間も回数も高くなってしまっている。他にも、情報提供が行われたが、その意図に気付くのが遅れることや、情報提供に従わずに走行したドライバーがいたことなどによって、結果にバラツキが生まれたと考えられる。

Fig.19 は、情報提供直後から交差点到達時までに低下した速度を情報提供方法ごとに平均したものを示している。この図から、情報提供による速度低減効果が最も大きいのは、情報提供の位置が最も遠い『350m提供』であることが見て取れるが、これを距離当たりの速度低減率に換算すると、『アクセルオフ情報』が最も効果的となっていることがわかる。

6. おわりに

本研究ではドライビングシミュレータ上における情報提供システムの構築と情報提供が車両挙動と CO₂ 排出量に及ぼす影響について、運転実験を通して基礎的な比較分析を行った。ドライビングシミュレータの再現性を確認し、情報提供の内容そのものを変化させるなど複数のパターンを構築し、それぞれでどのような影響があるか検討を行った。

今回の実験においては滞留車両などが存在しないため、実車と比べた結果、滞留車両の影響のない車の自由挙動については再現性が確保されていることがわかった。

ドライビングシミュレータを用いた運転実験の結果、情報提供がない場合においては、信号交差点付近まで速度を維持し、急減速を行い、その後、再度加速するといった車両挙動が繰り返されていた。情報提供がある場合においては、交差点に接近するまでの間に減速を促されていることから、情報提供がない場合と比較して全体的に無駄な車両挙動が減少している傾向が見てとれた。また、情報提供がある場合は、情報提供がない場合と比較して CO₂ 排出量が低減されており、その効果は最大で 6%程度になるという実験結果が得られた。

一方で、推奨速度情報の提供時では、ドライバーは情報を確認した上で、表示された推奨速度に車両の走行速度を合わせる必要があるという点で負担が大きいことが懸念される。そのため、今後は、ドライバーに負担をなるべくかけないような情報提供方式を検討すべきであると考えられる。

謝辞

本研究は、平成 25 年科学研究費補助金・基盤研究 (C) (課題番号：24560650) を受けた研究成果の一部である。ここに記して、謝意を表す。

参考文献

- 1) Lum, K. M. and Harun. H.: A before-and-after study on green signal countdown device installation. *Transportation Research Part F*, 9(1), 29–41, 2006
- 2) Limanond, T., Prabjabok, P. and Tippayawong, K.: Exploring impacts of countdown timers on traffic operations and driving behavior at a signalized intersection in Bangkok. *Transport Policy*, 17, 420-427, 2010
- 3) Farah, H., Koutsopoulos, N. H., Saifuzzaman, M., Kölbl, R., Fuchs, S. and Bankosegger, D.: Evaluation of the effect of cooperative infrastructure-to-vehicle systems on driver behavior. *Transportation Research Part C*, 21(1), 42-56, 2012
- 4) Iwata, Y., Otake, H. and Takagi, M.: Results from Simulation Evaluation of Green Wave Advisory System. *Proceeding of 19th ITS world Congress, Austria, CD-ROM*, 2012
- 5) Matsumoto, Y., Oshima, T. and Iwamoto, R.: Effect of Information Provision around Signalized Intersection on Reduction of CO₂ Emission from Vehicles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 1015-1024, 2014
- 6) 塚田悟之：信号灯色残秒時間を活用したジレンマ軽減支援方策，*交通工学*，Vol.48，No.4，pp.42-51，2013
- 7) 中山達貴，中村俊之，宇野伸宏，山崎浩気，山村啓：ドライビングシミュレータを利用した赤信号切り替わり情報提供時の車両挙動分析，*土木計画学研究・講演集(CD-ROM)*，Vol.49，No.43，2014
- 8) 大口敬，片倉正彦，谷口正明：都市部道路交通における自動車二酸化炭素推定モデル，*土木学会論文集*，No.695/IV-54，pp125-136，2002

(原稿受理日 平成 26 年 10 月 2 日)

理工談話会開催記録

名城大学理工談話会開催記録 — 平成26年度 —

学術広報委員会

Records of Faculty Seminar (RIKO – DANWA – KAI)

— 2014 Academic Year —

A Committee for Academic Publicity

理工談話会は本学部主催の行事として、昭和47年（1972年）2月にスタートしてから今日まで412回の談話会を開催してきました。この会は学問の急速な進歩、細分化にともなってお互いに見えにくくなった各学問分野の知識交流の場として開設されたものであります。講演者はそれぞれの専門分野の第一線で研究に携わられた国内外の大学、企業の方々と、講演の内容は学部高学年、大学院のレベルから研究者のレベルにわたり、工学・理学の基礎的テーマや専門分野を越えて興味を持たれているテーマについて分かりやすく解説して頂いています。現在は私たち教員の他に学生諸君も多数参加されています。以下に、平成26年度に開催された談話会について報告します。

題 目	講 師	所 属	平成 年・月・日
第409回 構造形態創生法による構造デザイン	大森 博司	名古屋大学 名誉教授	26・6・7

講演要旨：構造力学は構造物の安全性を検討するために、その力学的な応答諸量を解析的に検討する際の手段として用いられる。一方、構造設計は、建築計画や設備計画などの要請を条件としつつ、コストや安全性などの条件を満足する構造システムの提案に向けて、設計者の道具として反復的に用いられる。それでは、合理的な構造システムの満たすべき、計画的な諸条件や構造的な諸要求を与条件とし、それらを満足する解としての構造システムを直接、提示、提案することはできないか。

講演のタイトルにある構造形態創生法とは、その夢のプロセスの実現に向けて、数理計画法の応用として開発されつつある一連の技術をさしている。ここでは、その現状を述べ、将来を展望する。

第410回 自動運転におけるドライバーの位置づけ—権限と責任をめぐって—	稲垣 敏之	筑波大学大学院システム情報 工学研究科 教授	26・7・19
--------------------------------------	-------	---------------------------	---------

講演要旨：自動運転に対する関心の高まりにもかかわらず、自動運転が人に 何をもちたらし、人に何を求めるのかについての考察は十分ではない。また、自動運転に対する一般の人々の期待や意識は一律ではない。これらのことに留意しないまま技術主導によって自動運転システムの開発が進められると、結局は人々の期待に合致しないシステムができあがることになる。そのようなシステムは、ドライバーや社会からの受容性を得られないだけでなく、自動運転の安全性を担保することもむずかしい。本講演では、自動運転におけるドライバーの位置づけ、すなわち安全性確保に関する人と機械の権限と責任のありかたについて、航空機の自動化で明らかになっているさまざまな問題と関連させながら、ヒューマンファクターの視点から考察する。

第411回 スマートコミュニティに基づく社会システムの実現とその課題（被災地支援「気仙沼絆プロジェクト」の活動を通じて）	谷川 民生	独立行政法人産業技術総合研究所知 能システム研究部門 統合知能研究グループ研究グループ長 AIST-CNRS ロボット工学連携研究体 付大阪大学 招聘教授	26・11・22
--	-------	---	----------

講演要旨：良い研究成果が、すぐにビジネスになるとは限りません。反面、新規ビジネスには高い技術が必要ということでもありません。開発された技術と共にその技術をどのように使うかの仕組みも合わせて構築する必要があります。

この課題に対して、どういったら社会にその技術が貢献できるかについて、産業技術総合研究所で進められた気仙沼市での被災地支援の活動を通じて、新たな技術が導入された社会システム構築への活動を紹介します。

第 412 回 有機電荷移動錯体のデバイス化
と相転移トランジスタ

山本 浩史

自然科学研究機構分子科学研
究所協奏分子システム研究セ
ンター 教授 26・12・20

講演要旨：ほとんどの有機分子は絶縁体であるが、分子を適切に設計することにより、半導体や金属的伝導性、あるいは超伝導体を作ることが出来る。有機分子を部分的に酸化（あるいは還元）した電荷移動錯体では、とりわけこのような性質を持ったものが多数知られている。我々是有機電荷移動錯体の単結晶を薄膜化する技術を開発し、これを用いて電界効果トランジスタを作製することに成功した。このようなデバイスを作ると、通常の有機トランジスタと比較して、明らかに高い電界効果移動度が得られることが分かった。これはキャリア固有の移動度が高いためではなく、電子系の相転移（モット転移）が起きているために見られる現象である。本講演では、このような相転移現象のメカニズムや、有機トランジスタにおける超伝導転移などについて紹介する。

平成 26 年度研究費補助金交付者一覧表

1. 文部科学省戦略的研究基盤形成支援事業

研究科	研究代表者	研究課題
理工学研究科	教授 赤崎 勇	窒化物半導体・新領域エレクトロニクス

2. 文部科学省戦略的研究基盤形成支援事業

研究科	研究代表者	研究課題
理工学研究科	教授 小高 猛 司	21世紀型自然災害のリスク軽減に関するプロジェクト

3. (独) 科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 (CREST)

学 科	研究代表者	研究課題
情報工学科	教授 吉川 雅 弥	耐タンパプログラマブル L S I 設計 C A D 構築

4. (独) 科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 (先端的低炭素化技術開発) [A L C A]

学 科	研究代表者	研究課題
電気電子工学科	教授 平松 美根 男	ハイブリッドナノカーボン材料合成技術の開発

5. (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

新エネルギー技術開発 革新的太陽光発電技術研究開発 (革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)

学 科	研究代表者	研究課題
材料機能工学科	准教授 岩谷 素 顕	ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発 (広帯域 AlGaInN)

6. (公財) 科学技術交流財団 愛知県「知の拠点」重点研究プロジェクト 低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発プロジェクト

学 科	研究代表者	研究課題
材料機能工学科	教授 宇佐 美初 彦	難加工性材料の超精密・高能率加工技術の開発

7. (公財) 科学技術交流財団 愛知県「知の拠点」重点研究プロジェクト 低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発プロジェクト

学 科	研究代表者	研究課題
機 械 工 学 科	教授 ベトロス・アブラハ	難加工性材料の超精密・高能率加工技術の開発

8. 国土交通省 河川砂防技術研究開発

学 科	研究代表者	研究課題
社会基盤デザイン工学科	教授 小高 猛 司	地震・洪水およびその複合災害に対する統合型河川堤防評価技術の開発

9. (公財) JKA 平成 26 年度自転車等機械工業振興事業

学 科	研究代表者	研究課題
メカトロニクス工学科	教授 大道 武 生	水の特性を応用した省エネルギー水圧システムの研究補助事業

10. ※

学 科	研究代表者	研究課題
環境創造学科	准教授 広瀬 正 史	※

11. 経済産業省 戦略的基盤技術高度化支援事業

学 科	研究代表者	研究課題
機 械 工 学 科	教授 ベトロス・アブラハ	金型の 60%長寿命化を実現するニュートラル窒化処理装置の開発ユニット交換方式を採用したドライプレス金型の開発、および両者を活用した量産システムの確立による加工油洗浄工程の削減

12. (独) 日本原子力研究開発機構 (国) 東北大学金属材料研究所 ヘリウムおよび水素の捕捉、放出、透過特性に及ぼす照射効果に関する研究

学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
教 養 教 育	准教授 土 屋 文	ヘリウムおよび水素の捕捉、放出、透過特性に及ぼす照射効果に関する研究

13. (独) 産業技術総合研究所 産業技術総合研究所入札公告

学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
電気電子工学科	准教授 飯 岡 大 輔	等価性確認シミュレーションおよびパラメータ変更による評価 一式

14. (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業

学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
電気電子工学科	准教授 飯 岡 大 輔	未来のスマートグリッド構築に向けたフィジビリティスタディ

15. (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) NEDO プロジェクトを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開 / RT ミドルウェアの実践的展開 / RMT による人材育成・産学提携の社会実装者を核とした総合的研究開発

学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
メカトロニクス工学科	准教授 大 原 賢 一	モデルベース開発に基づく RTM 開発者の人材育成

16. (独) 科学技術振興機構 (JST) 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
メカトロニクス工学科	教 授 福 田 敏 男	マルチコプターによる計測データ解析に基づく異常診断技術の研究開発

17. (独) 科学技術振興機構 (JST) 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
材料機能工学科	教 授 宇 佐 美 初 彦	境界・混合潤滑領域における耐荷重性能の改善 (表面塑性加工による摺動画およびその近傍の傾斜塑性化による耐荷重性能の向上)

18. 技術研究組合国際廃炉研究開発機構 (IRID) 平成25年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金 (原子炉圧力容器内部調査技術の開発)」の一部

学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
メカトロニクス工学科	教 授 福 田 敏 男	RPV 内部調査要素技術の実現可能性検討 (搬送技術)

※は、委託者・共同研究機関からの要望により、研究内容等について掲載することを差し控えています。

19. 文部科学省科学研究費補助研究一覧

研究種目	学 科	研 究 代 表 者	研 究 課 題
基盤研究 (B)	理 工 学 部	教 授 田 中 啓 介	ナノ結晶組織制御による高疲労強度薄膜構造の創製と疲労寿命予測
基盤研究 (B)	材料機能工学科	教 授 上 山 智	可視光通信のための超高速発光・受光デバイスの実証
若手研究 (A)	材料機能工学科	准教授 岩谷素顕	太陽光スペクトルに近い究極的な照明用・蛍光体フリー・白色LED
基盤研究 (B)	材料機能工学科	准教授 竹内哲也	ワイドギャップ半導体における正孔注入手法の革新と新規発光素子への展開
基盤研究 (B)	電気電子工学科	教 授 伊 藤 昌 文	定量化されたラジカルによるモデル細胞の反応シグナルパス解析
新学術領域研究	メカトロニクス工学科	教 授 福 田 敏 男	ナノスケール超高速細胞選別・操作に基づく3次元細胞システムの超高速アセンブリ
基盤研究 (A) 海外	建 築 学 科	教 授 溝 口 明 則	クメール帝国の空間構造と地方拠点都市遺跡に関する研究
基盤研究 (C)	数 学 科	准教授 前野俊昭	有限次元代数の組み合わせ論と量子対称性
基盤研究 (C)	数 学 科	教 授 江 尻 典 雄	複素ラグランジュ部分多様体の生成関数の研究と応用
基盤研究 (C)	数 学 科	教 授 鈴 木 紀 明	放物型ハーディ空間のポテンシャル解析
基盤研究 (C)	数 学 科	助 教 村 瀬 勇 介	日本酒醸造過程を表現する数理モデルの導出と仮似変分不等式による解析
基盤研究 (C)	情 報 工 学 科	教 授 高 橋 友 一	エージェントシステムによる避難指示と避難行動の解析と減災への応用
基盤研究 (C)	情 報 工 学 科	教 授 山 田 啓 一	歩行者事故防止のためのドライバの歩行者への気付きの推定に関する研究
基盤研究 (C)	機 械 工 学 科	准教授 塚田敦史	重度障がい者用車いすシーティングにおける身体の長期変形過程シミュレーション
基盤研究 (C)	数 学 科	教 授 橋 本 英 哉	スピノール群の作用する空間の幾何学
基盤研究 (C)	数 学 科	教 授 齊 藤 公 明	無限次元確率解析による量子情報論の新展開および力学系理論への応用
基盤研究 (C)	機 械 工 学 科	准教授 久保貴	反応性液相多成分物質の乱流拡散・混合現象の解明と確率過程モデルに関する研究
基盤研究 (C)	メカトロニクス工学科	教 授 大 道 武 生	リニア発電エンジンの研究開発
基盤研究 (C)	社会基盤デザイン工学科	教 授 葛 漢 彬	溶接未溶着を有する鋼構造物の延性き裂の発生に対する評価手法の開発に関する研究
基盤研究 (C)	社会基盤デザイン工学科	教 授 松 本 幸 正	ドライバーへの信号情報の提供と信号制御の連携による道路交通環境の改善
基盤研究 (C)	建 築 学 科	教 授 寺 西 浩 司	粉粒体の粒度分布を合理的に考慮できるコンクリートの調合設計法の確立
若手研究 (B)	電気電子工学科	准教授 堀田一弘	適応的な認識法に基づく画像理解の研究
若手研究 (B)	社会基盤デザイン工学科	准教授 岩下健太郎	ハイブリッド連続繊維緊張材および緊張接着補強技術の開発
基盤研究 (C)	情 報 工 学 科	教 授 吉 川 雅 弥	セキュリティ LSI に対するハードウェアトロイの対策と検出に関する研究
基盤研究 (C)	情 報 工 学 科	教 授 中 野 倫 明	高齢者の認知機能測定とその日常生活活性化支援技術の開発
基盤研究 (C)	応 用 化 学 科	教 授 坂 東 俊 治	酸化ナノチューブとグラフェンの複合化と光電気化学によるキャラクタリゼーション
基盤研究 (C)	社会基盤デザイン工学科	教 授 石 川 靖 晃	化学エネルギー的視点に基づいた RC 構造の劣化予測に関する研究
基盤研究 (C)	応 用 化 学 科	教 授 坂 え り 子	プロトン導電性固体電解質材料の接合と電気伝導特性の向上
基盤研究 (C)	教 養 教 育	准教授 土屋文	反跳粒子検出法を用いたリチウムイオン二次電池中のリチウム挙動のダイナミクス研究
基盤研究 (C)	機 械 工 学 科	准教授 松田淳	空力特性改善応用へ向けた放電プラズマと衝撃波の干渉による流体力学的効果の現象理解
挑戦の萌芽研究	応 用 化 学 科	教 授 丸 山 隆 浩	液相エピタキシャル成長法による高品質グラフェンの作製
若手研究 (B)	建 築 学 科	准教授 柳沢究	インドにおける既存寺院を核とした増築による都市空間の更新過程に関する調査研究
若手研究 (B)	情 報 工 学 科	准教授 坂野秀樹	声帯振動の特殊性に起因する声質を制御可能な音声分析合成方式の開発
若手研究 (B)	教 養 教 育	助 教 松 浦 智 子	中国近世北方系「家将もの」通俗文芸普及に関する考察 - 構造形成期と量産期から -

基盤研究 (C)	応用化学科	教授	永田 央	電子伝達膜を用いた光合成型物質変換システムの構築
基盤研究 (C)	数 学 科	教授	大西 良博	多変数 sigma 関数を中心にした堅牢な Abel 関数論の構築
基盤研究 (C)	機 械 工 学 科	准教授	清水 憲一	EBSD 法による純チタンの疲労損傷評価
挑戦的萌芽研究	理 工 学 部	特任教授	川崎 浩司	海洋波に受動応答する越波低減浮体パネル FORROW の開発
基盤研究 (C)	建 築 学 科	教授	武藤 厚	容器やシェルによる重要構造物の耐震性能に及ぼす長期劣化や温度変化の影響検討
基盤研究 (C)	交通機械工学科	教授	鈴木 昌弘	竜巻による列車事故減災を目指した非定常空気力の解明
基盤研究 (C)	教 養 教 育	教授	松村 昌紀	タスク基盤の情報交換が生み出す言語能力創発の契機と学習者の発達軌跡
基盤研究 (C)	機 械 工 学 科	教授	來海 博央	多焦点 PID 偏光顕微ラマン分光応力測定法による樹脂系複合材料の高速応力マッピング
基盤研究 (C)	環境創造学科	教授	垣 鏝 直	Core Interthreshold Zone の日内変化と性差に関する研究
挑戦的萌芽研究	環境創造学科	准教授	大影 佳史	冒険遊び場づくりの実態と地域コミュニティ施設としての可能性
挑戦的萌芽研究	材料機能工学科	教授	成塚 重弥	流速支援液相成長を用いた GaN テンプレート基板の成長
挑戦的萌芽研究	理 工 学 部	教授	田中 啓介	放射光マイクロメーキングと応力の同時計測による短繊維強化樹脂材料の疲労損傷評価
若手研究 (B)	数 学 科	准教授	長 郷 文 和	ノットコンタクトホモロジーの表現論的構造解析
若手研究 (B)	教 養 教 育	助教	神藤 定生	酵素複合体を導入した光合成細菌によるエチレン生産の相乗機構の解明と大量生産の研究

平成 26 年度受託研究一覧

学 科	受託研究担当者		研 究 課 題
情 報 工 学 科	教 授	吉 川 雅 弥	テストビークル用 IC チップ (カスタム回路) の作成
電 気 電 子 工 学 科	教 授	伊 藤 昌 文	プラズマによる殺菌評価
	教 授	辰 野 恭 市	遠隔操作型マニプレシタシステムのビジュアルフィードバック制御によるボルトの挿入
	准教授	飯 岡 大 輔	配電系統へのニュートラルネットワーク等の適用に関する研究
材 料 機 能 工 学 科	教 授	宇 佐 美 初 彦	※
	教 授	上 山 智	※
	教 授	成 塚 重 弥	※
	准教授	榎 本 和 城	リサイクルプラスチックの高強度化再生技術に関する研究 ※
社 会 基 盤 デ ザ イ ン 工 学 科	教 授	葛 漢 彬	平成 26 年度 腐食した鉄板巻立コンクリート橋脚の耐震性と補強方法に関する研究 業務委託
	教 授	松 本 幸 正	※
	准教授	岩 下 健 太 郎	パサルト繊維複合材のアルカリ耐久性に関する研究
環 境 創 造 学 科	教 授	垣 鍔 直	※
建 築 学 科	教 授	吉 久 光 一	コンクリート舗装での自動車走行騒音・振動パワーレベルに関する検討
	准教授	岡 田 恭 明	
	准教授	谷 田 真	オフィス家具デザインの研究・開発 タイルデザインの研究
	准教授	吉 永 美 香	一般家庭向け分散型エネルギー機器の組合せ・運転方法の最適化及びそれらを使用した伝熱融通のシミュレーションとシミュレーションソフトの作成 標準給湯負荷システム性能試験における年間評価シミュレーション

(注) ※印は委託者・共同研究機関からの要望により、研究内容等を掲載することを差し控えています。

平成 26 年度共同研究一覧

学 科	共 同 研 究 者	研 究 課 題	
情 報 工 学 科	教 授	津 川 定 之	自動車の自動運転におけるヒューマンファクタに関する研究
	教 授	山 田 啓 一	※
電 気 電 子 工 学 科	教 授	伊 藤 昌 文	
	教 授	平 松 美 根 男	「プラズマバイオ科学技術」に係る研究
	准教授	太 田 貴 之	
	教 授	辰 野 恭 市	遠隔訪問ロボットの概念設計と試作
	教 授	多 和 田 昌 弘	※
	教 授	中 條 涉	ミリ波衛星通信システムの降雨減衰補償ダイバーシティ技術に関する研究
	教 授	都 竹 愛 一 郎	※
	教 授	山 中 三 四 郎	太陽光発電システムの出力低下・異常検出手法開発に関する研究
	准教授	太 田 貴 之	光干渉法を用いた半導体基板温度計測技術に関する共同研究
			「プラズマ科学に基づく DLC 製造技術に関する研究開発」に係る研究
			低コヒーレンス光干渉計を用いた非接触多点瞬時基板温度計測装置に関する研究
	准教授	村 田 英 一	※
※			
		「集束電極一体型フィールドエミッタの電子軌道シミュレーションと試作」に係る共同研究	
材 料 機 能 工 学 科	教 授	宇 佐 美 初 彦	表面改質技術を利用したトライボロジー特性改善に関する研究
			トライボロジー要素技術に関する共同研究
			※
			※
	教 授	上 山 智	窒素、ボロンおよびアルミをドーピングされ、表面上にサブミクロンサイズのモスアイパターンを有する SiC 基板上における GaN 堆積のエピタキシャル成長によりつくられたモノリシック白色 LED に関する共同研究
			※
			※
			※
			※
	准教授	岩 谷 素 顕	波長制御可能な深紫外個体レーザー光源
			※
			※
	准教授	竹 内 哲 也	※
			※
			※
			※

応用化学科	教授	永田 央	※
	准教授	小澤 理樹	※
交通機械工学科	教授	小川 宏隆	高周波用無機複合プラスチック誘電体基盤材料の開発
	准教授	菅 章 紀	
	教授	小川 宏隆	※
	准教授	菅 章 紀	
	教授	鈴木 昌弘	横風に対する空力特性改善のための車両形状最適化手法の開発
	教授	相 馬 仁	※
メカトロニクス工学科	准教授	大原 賢一	住宅および住宅街区の行動観察に関する研究
社会基盤デザイン工学科	教授	松本 幸正	バスロケーションシステム実証実験
	助教	鈴木 秀和 (情報工学科)	
	教授	松本 幸正	まちづくりセンサーネットワークシステムに関する共同研究
	教授	藤田 晃弘	※
環境創造学科	准教授	日比 義彦	大気-表流水-地下水連成モデルの開発に関する基礎的調査
建築学科	准教授	生田 京子	住宅改修に適したユニットキッチン開発に向けた意匠研究
教養教育	准教授	土 屋 文	カーボン材料の組成・不純物分析
			透明酸化・窒化物へのイオンビーム照射による改質に関する研究
理 工 学 部	教授	田中 啓介	AL ラミネートフィルムの変形・疲労損傷の X 線評価
		來海 博央 (機械工学科)	
		田中 啓介	樹脂材料におけるき裂進展挙動の評価に関する研究
			樹脂材料の残留応力測定技術開発に関する研究

(注) ※印は委託者・共同研究機関からの要望により、研究内容等を掲載することを差し控えています。

平成 26 年度学外研究助成一覧

学 科	役 職	氏 名	助 成 団 体 名	研 究 課 題
電 気 電 子 工 学 科	教 授	平松美根男	(助)村田学術振興財団	自己組織化された垂直ナノグラフェンの製造とその新規応用
	准教授	太田貴之	(助)立松財団	カーボンナノウォールを用いた固体高分子形燃料電池の作製と特性評価
	准教授	堀田一弘	(助)テレコム先端技術研究支援センター	ディープラーニングを用いた細胞内画像からの粒子検出および追跡
材 料 機 能 工 学 科	准教授	榎本和城	(助)内藤科学技術振興財団	表面制御したカーボンナノチューブによるバイオプラスチックの高強度化
	准教授	竹内哲也	(助)材料科学技術振興財団	アンチモンを含む新規窒化物半導体混晶の創製と評価
応 用 化 学 科	教 授	丸山隆浩	(助)大幸財団	触媒表面上でのナノカーボンマテリアル生成機構の解明
	准教授	藤田典史	(助)日比科学技術振興財団	高感度オプトード開発のための分子集合体ケモセンサーの開発
社会基盤デザイン工学科	准教授	崔 瑛	(助)日東学術振興財団	不飽和ベントナイトの力学特性に関する研究
環 境 創 造 学 科	准教授	谷口義則	(助)日東学術振興財団	米国における淡水魚類の資源利用・管理
教 養 教 育	助 教	神藤定生	(助)日比科学技術振興財団	酵素複合体を導入したシアノバクテリアによるバイオエチレン生産の相乗機構の解明と大量生産の研究

平成 26 年度奨学寄付金一覧

学 科	寄 付 金 受 納 者		件 数
情 報 工 学 科	准 教 授	川澄未来子	1 件
材 料 機 能 工 学 科	教 授	宇佐美初彦	1 件
	教 授	上 山 智	2 件
	准 教 授	赤 堀 俊 和	1 件
機 械 工 学 科	准 教 授	塚田敦史	1 件
交 通 機 械 工 学 科	准 教 授	菅 章 紀	1 件
社会基盤デザイン工学科	准 教 授	岩下健太郎	1 件
	准 教 授	鈴 木 温	1 件
	准 教 授	溝口敦子	1 件
建 築 学 科	准 教 授	吉永美香	1 件
理 工 学 部	特任教授	宇佐美勉	1 件
	特任教授	川崎浩司	1 件

平成 26 年

発表論文題目

(*印 環境関連論文題目を示す)

数学科

江尻 典雄

【その他】

N. Ejiri : "The deformation space of a compact orientable minimal surface in a torus," The second Japanese-Spanish Workshop on Differential Geometry, 東京工業大学 (2014-2)

江尻典雄 : "On limits of triply periodic minimal surfaces of genus 3," 四元数複素微分幾何学とその周辺 / Quaternionic complex differential geometry and related topics, お茶の水女子大学 (2014-9)

齊藤 公明

【学術論文】

K. Saito and T. Shimada : "Powers of an infinite dimensional Brownian motion associated with the product of distributions," Communications on Stochastic Analysis, Vol. 8, pp. 289-311 (2014)

【その他】

K. Saito and T. Shimada : "The product of distributions and renormalizations," Invited talk, Research Institute of Mathematical Finance, Chungbuk National University, Korea (2014-3)

K. Saito : "The product of distributions and powers of an infinite dimensional Brownian motion," Invited talk, Joint research on Infinite Dimensional Analysis and Quantum Probability, Centro Vito Volterra, University of Rome II, Italy (2014-5)

鈴木 紀明

【学術論文】

M. Murata and N. Suzuki : "A parabolic approach to Martin boundaries for elliptic equations in skew product form," Potential Analysis, Vol. 40, pp. 297-305 (2014-4)

前野 俊昭

【その他】

前野俊昭 : 「量子シューベルト・カルキュラスに関する最近の話題」, 名古屋大学多元数理科学研究科談話会 (2014-10)

情報工学科

旭 健作

【その他】

- 五島秀典, 渡邊晃, 鈴木秀和, 旭健作:「クライアントを自由に選択可能な認証プロトコル TSSAP の提案」, 情報学ワークショップ 2013 (WiNF2013) 論文集, CD-ROM (2013-12)
- 松尾辰也, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「端末の変更が一切不要な NAT 越え通信システムの提案」, 情報学ワークショップ 2013 (WiNF2013) 論文集, CD-ROM (2013-12)
- 三嶋勇太, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「PD-OLSR におけるプロトコルごとの経路制御に関する検討」, 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会(MBL), Vol.2013-MBL-69, No.6, pp. 1-6 (2013-12)
- Y.Mikamo, K.Asahi, H.Suzuki, and A.Watanabe: "Proposal for an Ad-hoc Routing Protocol considering Traffic Conditions and Evaluation of UDP using a Redundant Route," The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), No.2014, pp. 72-73 (2014-1)
- K.Tsuda, H.Suzuki, K.Asahi, and A.Watanabe: "Proposal for a Seamless Connection Method for Remotely Located Bluetooth Devices," The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), No.2014, pp. 78-79 (2014-1)
- Y.Kanamaru, H.Suzuki, K.Asahi, and A.Watanabe: "Proposal for a Wireless Sensor Network Visualization System Using Location Estimation Technology," The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), No.2014, pp. 111-116 (2014-1)
- T.Ito, K.Asahi, H.Suzuki, and A.Watanabe: "Researches and Evaluation of Strong Busy Tone that Improves the Performance of Ad-hoc Networks," The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), No.2014, pp. 182-187(2014-1)
- 谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「複数の子音を含むスキヤットにおけるスペクトル変動特性のテンポによる違いの分析」, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-100, pp. 25-30 (2014-1)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「ビブラート歌唱におけるビブラート距離尺度による類似度と主観的類似度の関係に関する調査」, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-101, pp. 31-36 (2014-1)
- 牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「音声分析合成による鼻声の声質改善を目的とした鼻音における周波数特性の分析」, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-106, pp. 61-66 (2014-1)
- 西脇裕展, 坂野秀樹, 旭健作:「スクリーム唱法による音声の高品質分析合成を可能とする音声特徴量に関する検討」, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-16, p. 106 (2014-3)
- 谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「複数の子音を含むスキヤットにおける歌唱者ごとのスペクトル変動特性の違いに関する分析」, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-18, p. 106 (2014-3)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「ビブラート歌唱におけるビブラート距離尺度による類似度と主観的類似度の関係の調査」, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-19, p. 107 (2014-3)
- 牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「音声分析合成による鼻声の声質改善を目的とした鼻声発声分析における収録方法に関する検討」, 日本音響学会 2014 年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-25, p. 108 (2014-3)
- 伴拓実, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「TLIFES における省エネ位置測位のための屋内外判定手法の検討」, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, CD-ROM, 5V-3, pp. 205-206 (2014-3)
- 金丸幸弘, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「無線センサネットワーク可視化システムにおける仮想オブジェクト表示手法の実装」, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, CD-ROM, 3X-5, pp. 381-382 (2014-3)
- 伊藤達也, 金丸幸弘, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「AR 技術を用いた無線リンク可視化手法の提案」, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, CD-ROM, 3X-6, pp. 383-384 (2014-3)
- 津田一磨, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「遠隔地にある Bluetooth 機器間のシームレス接続手法の実装と検証」, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, CD-ROM, 4X-7, pp. 405-406 (2014-3)
- 金澤晃宏, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「TLIFES を利用した避難支援システムの提案」, 情報処理学会第

- 76 回全国大会論文集, CD-ROM, 4Y-4, pp. 503-504 (2014-3)
- 細野友章, 金丸幸弘, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊見:「AR を用いた直感的な家電制御フレームワークの提案」, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, CD-ROM, 5Y-2, pp. 515-516 (2014-3)
- 早川顕太, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊見:「Windows 上における危険な処理の承認機構の提案」, 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, CD-ROM, 5Z-6, pp. 645-646 (2014-3)
- 足達元, 鈴木秀和, 北瀬和之, 大森昭嗣, 旭健作, 松本幸正, 渡邊見:「センサネットワークを用いたバス走行区間推定手法の提案」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2014) シンポジウム論文集, Vol.2014, No.1, pp. 1085-1092 (2014-7)
- 早川顕太, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊見:「Windows 上における危険な処理の承認機構の提案」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2014) シンポジウム論文集, Vol.2014, No.1, pp. 1720-1727 (2014-7)
- 旭健作, 川澄未来子, 鈴木秀和, 亀谷由隆, 高橋友一:「自修時間を支援するユビキタスな学習環境 - 授業外でのプログラミング学習の支援と評価 -」, 平成 26 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会資料集, pp. 76-77 (2014-8)
- 金澤晃宏, 旭健作, 鈴木秀和, 川澄未来子, 渡邊見:「TLIFES を利用した災害時安否確認支援システムの提案」, 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会(MBL), Vol.2014-MBL-72, No.3, pp. 1-5 (2014-8)
- 牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「声道断面積を用いた鼻声音質の改善手法に関する検討」, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 1-R-36, p. 63 (2014-9)
- 谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「歌唱者及びテンポによるパワー・スペクトル変動量の統計量の違いに関する分析」, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q-43, p. 119 (2014-9)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「基本周波数系列のスペクトル情報に基づくビブラートの速さを反映する距離尺度の検討」, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q-44, p. 119 (2014-9)
- 近藤崇彰, 坂野秀樹, 旭健作:「声道断面積関数を用いた英語母語話者の英語発声と日本語発声の違いの調査」, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 3-Q-14, p. 148 (2014-9)
- ルバサンク・アマルサイハン, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊見:「スマートフォンを利用した地質図作成方法の提案」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, K1-3 (2014-9)
- 伴拓実, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊見:「屋外無線センサネットワークの可視化システムに関する検討」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, CD-ROM, K3-2 (2014-9)
- 出岡雅也, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊見:「ストロングビジートーンを用いて隠れ端末問題を防止するアドホックネットワークアクセス制御方式の検討」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, CD-ROM, K4-5 (2014-9)
- 塩見優, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊見:「プロトコルの違いを考慮したアドホックルーティングプロトコルの検討」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, CD-ROM, K4-6 (2014-9)
- 神谷早紀, 早川顕太, 鈴木秀一, 旭健作, 渡邊見:「自己複製挙動に着目したワーム検知手法の提案」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, CD-ROM, O4-3 (2014-9)
- 丸山敦志, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊見:「TLIFES における低消費電力な行動判定方式の検討」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, CD-ROM, P4-2 (2014-9)
- Y.Nozaki, K.Asahi, and M.Yoshikawa: "PUF ID Generation Method for Modeling Attacks," 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), CD-ROM, pp. 393-394 (2014-10)
- K.Nohara, K.Asahi, and M.Yoshikawa: "Study of Threat for Automotive Embedded System by Trojan Virus," 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2014), CD-ROM, pp. 405-406 (2014-10)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「基本周波数系列のケプストラムを用いたビブラートの速さを反映する距離尺度の検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-72, pp. 1-6 (2014-10)
- 近藤崇彰, 坂野秀樹, 旭健作:「声道断面積関数を用いた英語発声における母語の違いによる声道形状の違いの調査」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-75, pp. 19-20 (2014-10)
- 田邊将也, 坂野秀樹, 旭健作:「残響環境下における動的特徴の強調による音声の明瞭性向上手法に関する検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-76,

pp. 21-22 (2014-10)

牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「音声分析合成系を用いた声道断面積関数に基づく鼻声の声質改善手法に関する検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-77, pp. 23-24 (2014-10)

谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「テンポの影響を考慮したスキヤットの歌唱音声合成音の自然性向上に関する検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-78, pp. 25-26 (2014-10)

宇佐見 庄五

【その他】

佐藤和輝, 近藤隆司, 宇佐見庄五, 白田毅:「M 元コヒーレント状態信号に対する非破壊的量子受信機の特性」, 第 36 回情報理論とその応用シンポジウム予稿集, pp. 452-457 (2013-11)

佐藤和輝, 宇佐見庄五, 白田毅:「測定回数を削減した非破壊的な一括復号の誤り率特性とその改善法の提案」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, J3-6 (2014-9)

K.Sato, K.Nakahira, S.Usami, and T.S.Usuda: "Error Performance for Non-Destructive Quantum Receiver of M-ary Coherent-State Signals," Proceedings of 2014 International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA2014), pp. 246-249 (2014-10)

Y.Umemura, T.S.Usuda and S.Usami: "Advantage creation property of QAM-type KCQ key generation," Proceedings of 2014 International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA2014), p. 346 (2014-10)

亀谷 由隆

【その他】

佐藤靖浩, 亀谷由隆:「回帰手法に基づくレシピ文からの調理時間の推定」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会講演論文集, CD-ROM (2014-3)

川澄 未来子

【その他】

宮部公寛, 山田宗男, 川澄未来子, 中野倫明:「高齢者の認知機能測定とその日常生活支援に関する研究」, 2013 年度 交通予防安全コンソーシアム年次報告書, 2. 技術報告, 2-1 運転行動, pp. 23-27 (2014-4)

金澤晃宏, 鈴木秀和, 旭健作, 川澄未来子, 渡邊晃:「TLIFES を利用した災害時安否確認支援システムの提案」, 情報処理学会第 72 回 MBL 研究会 Work in

Progress (2014-8)

旭健作, 川澄未来子, 鈴木秀和, 亀谷由隆, 高橋友一:「自修時間を支援するユビキタスな学習環境-授業外でのプログラミング学習の支援と評価-」, 平成 26 年度 ICT 利用による教育改善研究発表会資料集, pp. 76-77 (2014-8)

M.Kawasumi and K.Nishina: "Comparative Studies in Asian Countries on Color Preference of Industrial Products," Proceedings of 2st Conference of Asia Color Association 2014 in Taipei, pp. 268-271 (2014-9)

川澄未来子, 高幡幸太郎, 阿部智仁, 安達勝一, 花井雅敏, 小林菜月, 王小晗:「インターホン通電表示灯における点灯色と点灯位置に関する検討」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 1517D (2014-09)

山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者に対する新たな危険予測訓練法とその効果の検証」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-36 (2014-9)

山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者に対する危険予測訓練法の効果検証」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 対話発表 (ポスター発表), 2503P, pp. 521-524 (2014-9)

山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者を対象とした運転能力訓練法の効果検証」, 第 12 回 ITS シンポジウム 2014 講演論文集, 対話セッション 1-2, 1-2B. ドライバ行動(1), 1-2B-04 (2014-12)

小中 英嗣

【学術論文】

E.Konaka: "Machine-learning-based controller design for discrete-valued input systems," Electronics and Communications in Japan, Vol.97, No.5, pp. 1-12 (2014-5)

【その他】

近藤真, 前田健介, 小中英嗣:「二輪走行車両の先行車追従制御手法 先行車両の挙動予測に基づくモデル予測制御」, 第 1 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, pp. 5F5-4 (2014-3)

長谷川克臣, 小中英嗣:「ビジョンベース車両に対する 3 つの前方注視点を用いた車線曲率推定および追従制御手法」, 第 1 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, pp. 6F1-2 (2014-3)

K.Maeda and E.Konaka: "Ellipsoidal outer-approximation of workspace of binary manipulator for inverse kinematics

solution,” In proc.of the IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM) 2014, pp. 1331-1336 (2014-7)

牛田大樹, 小中英嗣:「モデル予測制御による倒立振子の終端位置・速度制御」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, pp. F2-1, (2014-9).

K.Maeda and E.Konaka: “Model predictive control method for position control of hyper-redundant binary manipulator,” In proc.of the SICE Annual Conference 2014, pp. 1262-1267 (2014-9)

K.Maeda and E.Konaka: “Cruise control of a two-wheeled vehicle based on MPC to predict the trajectory of a preceding vehicle,” In proc.of the SICE Annual Conference 2014, pp. 666-671 (2014-9)

K.Hasegawa and E.Konaka: “Three look-ahead distance scheme for lateral control of vision-based vehicles,” In proc.of the SICE Annual Conference 2014, pp. 660-665 (2014-9)

佐川 雄二

【その他】

井上大也, 佐川雄二, 田中敏光:「ブラウザ中のテキスト内の略語の意味を分かりやすく表示する手法」, 照明学会東海支部平成 25 年度若手セミナー予稿集, pp. 1-2 (2014-3)

吉田成寿, 佐川雄二, 田中敏光:「簡易診断システムと病院検索システムの統合」, 照明学会東海支部平成 25 年度若手セミナー予稿集, pp. 3-4 (2014-3)

宮林周寛, 佐川雄二, 田中敏光:「音声読み上げブラウザにおける書式の違いの表現手法」, 照明学会東海支部平成 25 年度若手セミナー予稿集, pp. 5-6 (2014-3)

鈴木詠司, 佐川雄二, 田中敏光:「施設名の曖昧性解消手法」, 照明学会東海支部平成 25 年度若手セミナー予稿集, pp. 17-18 (2014-3)

窪田享祐, 佐川雄二, 田中敏光:「Twitter からの評判情報抽出のための評価対象特定手法」, 照明学会東海支部平成 25 年度若手セミナー予稿集, pp. 19-20 (2014-3)

浅野慎平, 佐川雄二, 田中敏光:「音声雑談システムにおけるトピックシフトの一手法」, 照明学会東海支部平成 25 年度若手セミナー予稿集, pp. 25-26 (2014-3)

岸本学, 佐川雄二, 田中敏光:「部分レシピの入れ替えによる料理レシピアレンジシステム」, 照明学会東海支部平成 25 年度若手セミナー予稿集, pp. 29-30

(2014-3)

酒井加菜子, 佐川雄二, 田中敏光:「ユーザ嗜好の個人差と状況差を考慮した楽曲推薦システム」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, L1-3 (2014-9)

梶屋隆仁, 佐川雄二, 田中敏光:「頭字語とその元後の自動抽出」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, N1-4 (2014-9)

脇田沙織, 佐川雄二, 田中敏光:「スマートフォン・アプリケーションの評判情報抽出」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, O3-2 (2014-9)

小山智大, 佐川雄二, 田中敏光:「マイクロブログにおける飲食店名の曖昧性解消手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, O3-7 (2014-9)

市川昂哉, 佐川雄二, 田中敏光:「テレビ番組のジャンルを考慮した感情表現に基づく見どころ抽出」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, O3-8 (2014-9)

木下良浩, 佐川雄二, 田中敏光:「ネット用語辞書の自動作成」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, O4-1 (2014-9)

大石みのり, 佐川雄二, 田中敏光:「雑談システムにおける混合主導型話題選択手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会, L4-3 (2014-9)

鈴木 秀和

【学術論文】

A.Sakata, Y.Matsumoto, and H.Suzuki: “Development of Bus Location System with Smartphone and Effect of Providing Regional Information added on Bus Information,” Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.10, pp. 1311-1322 (2013-12)

清水皓平, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「モバイルインターネット環境に適した遠隔 DLNA 通信システムの提案」, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.1, pp. 494-501 (2014-1)

【その他】

K.Kamienoo, H.Suzuki, K.Naito, and A.Watanabe: “Development of Mobile Communication Framework based on NTMobile,” Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2014), pp. 27-32 (2014-1)

Y.Mikamo, K.Asahi, H.Suzuki, and A.Watanabe: “Proposal for an Ad-hoc Routing Protocol considering Traffic Conditions and Evaluation of UDP using a Redundant Route,” Proceedings of the 7th International Conference

- on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2014), pp. 72-73 (2014-1)
- K.Tsuda, H.Suzuki, K.Asahi, and A.Watanabe : "Proposal for a Seamless Connection Method for Remotely Located Bluetooth Devices," Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2014), pp. 78-79 (2014-1)
- Y.Kanamaru, H.Suzuki, K.Asahi, and A.Watanabe : "Proposal for a Wireless Sensor Network Visualization System Using Location Estimation Technology," Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2014), pp. 111-116 (2014-1)
- T.Ito, K.Asahi, H.Suzuki, and A.Watanabe : "Researches and Evaluation of Strong Busy Tone that Improves the Performance of Ad-hoc Networks," Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2014), pp. 182-187 (2014-1)
- K.Naito, K.Mori, H.Kobayashi, K.Kamienoo, H.Suzuki, and A.Watanabe : "End-to-end IP mobility platform in application layer for iOS and Android OS," Proceedings of the 11th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2014), pp. 92-97 (2014-1)
- 加藤謙作, 畠基成, 足達元, 鈴木秀和, 松本幸正:「無線センサネットワークを用いたバス位置推定手法の提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 203-204 (2014-3)
- 伴拓実, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「TLIFESにおける省エネ位置測位のための屋内外判定手法の検討」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 205-206 (2014-3)
- 若杉純, 土井敏樹, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobileにおける通信経路冗長化を抑制するリレーサーバ選択手法の提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 259-260 (2014-3)
- 井貝友哉, 土井敏樹, 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobileにおけるRS-Nの二重化と状態管理手法の提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 257-258 (2014-3)
- 上山雄輝, 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobileにおける通信遅延最小化のための動的DC選択手法の提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 261-262 (2014-3)
- 田内千裕, 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobileにおけるサーバ群の統合的管理システムの提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 263-264 (2014-3)
- 水野貴文, 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「スマートフォン向け移動透過通信技術の実装手法に関する提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 295-296 (2014-3)
- 加古将規, 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobileにおける仮想IPv4アドレス運用手法の提案と実装」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 347-348 (2014-3)
- 金丸幸弘, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「無線センサネットワーク可視化システムにおける仮想オブジェクト表示手法の実装」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 381-382 (2014-3)
- 伊藤達也, 金丸幸弘, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「AR技術を用いた無線リンク可視化手法の提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 383-384 (2014-3)
- 津田一磨, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「遠隔地にあるBluetooth機器間のシームレス接続手法の実装と検証」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 405-406 (2014-3)
- 金澤晃宏, 旭健作, 鈴木秀和, 川澄未来子, 渡邊晃:「TLIFESを利用した避難支援システムの提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 503-504 (2014-3)
- 細野友章, 金丸幸弘, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「ARを用いた直感的な家電制御フレームワークの提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp. 515-516 (2014-3)
- 早川顕太, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「Windows上における危険な処理の承認機構の提案」, 第76回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, p. 645 (2014-3)
- 吉岡正裕, 鈴木秀和, 内藤克浩, 旭健作, 渡邊晃:「NTMobileを用いたSIP通信方式の提案と実装」, 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信(MBL), Vol.2014-MBL-70, No.2, pp. 1-7 (2014-3)
- 加古将規, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobileにおける仮想IPv4アドレスの管理方式の提案と実装」, 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信(MBL), Vol.2014-MBL-71, No.29, pp. 1-6 (2014-5)

- 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄:「スマートフォンアプリケーションにおいてエンド間通信を実現可能なプラットフォーム開発」, マルチメディア, 分散協調とモバイル(DICOMO) シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, pp. 836-844 (2014-7)
- 足達元, 鈴木秀和, 北瀬和之, 大森昭嗣, 旭健作, 松本幸正, 渡邊晃:「センサネットワークを用いたバスロケーションシステムにおける電波強度に基づくバス走行区間推定手法の提案」, マルチメディア, 分散協調とモバイル(DICOMO) シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, pp. 1085-1092 (2014-7)
- 加古将規, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobile における仮想 IP アドレスの管理方法の提案と評価」, マルチメディア, 分散協調とモバイル(DICOMO) シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, pp. 1307-1312 (2014-7)
- 杉原史人, 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄:「NTMobile における組み込み機器向けトラフィック削減手法の提案」, マルチメディア, 分散協調とモバイル(DICOMO) シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, pp. 1313-1318 (2014-7)
- 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「ユーザ空間における移動透過通信技術の設計と実装」, マルチメディア, 分散協調とモバイル(DICOMO) シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, pp. 1319-1325 (2014-7)
- 早川顕太, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「Windows 上における危険な処理の承認機構の提案」, マルチメディア, 分散協調とモバイル(DICOMO) シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, pp. 1720-1727 (2014-7)
- 金澤晃宏, 旭健作, 鈴木秀和, 川澄未来子, 渡邊晃:「TLIFES を利用した災害時安否確認支援システムの提案」, 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信(MBL), Vol.2014-MBL-72, No.3, pp. 1-5 (2014-8)
- F.Sugihara, K.Naito, H.Suzuki, A.Watanabe, K.Mori, and H.Kobayashi: "Proposal of proxy mechanisms from general node in NTMobile networks," Proceedings of the 11th IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium (VTS APWCS 2014), pp. 1-5 (2014-8)
- 水野勇輝, 伴拓実, 鈴木秀和:「PTAMM を用いた無線センサネットワークの可視化に関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.G2-2, p.1 (2014-9)
- 伊藤圭亮, 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄:「低消費電力マイコンを想定した移動透過及び通信接続技術の研究」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.J1-7, p.1 (2014-9)
- ルバサンク・アマルサイハン, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「スマートフォンを利用した地質図作成方法の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K1-3, p.1 (2014-9)
- 伴拓実, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「屋外無線センサネットワークの可視化システムに関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K3-2, p.1 (2014-9)
- 岡田真実, 鈴木秀和:「遠隔地にある Bluetooth LE 機器のシームレス接続手法の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K3-8, p.1 (2014-9)
- 杉原史人, 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄:「透過プロキシ機能を用いる一般ノードから NTMobile ノードへの接続手法の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-1, p.1 (2014-9)
- 梅山莉奈, 鈴木秀和:「機器の位置情報に基づいた直感的家電制御フレームワークの検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-2, p.1 (2014-9)
- 西尾航, 足達元, 鈴木秀和, 松本幸正:「無線センサネットワークを利用したバスロケーションシステムの広域化に関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-4, p.1 (2014-9)
- 出岡雅也, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「ストロングビジートンを用いて隠れ端末問題を防止するアドホックネットワークアクセス制御方式の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-5, p.1 (2014-9)
- 塩見優, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「プロトコルの違いを考慮したアドホックルーティングプロトコルの検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-6, p.1 (2014-9)
- 吉川真衣, 足達元, 鈴木秀和, 松本幸正:「バスの利用者とバスのリアルタイムな到着予想時刻を考慮したバス停ナビゲーションシステムに関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.M3-3, p.1 (2014-9)
- 李丹薇, 廣瀬達也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「プライベート空間のサーバにアクセスが可能なアダプタ型 NTMobile 装置の提案」, 平成 26 年度電気・電子・

- 情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-1, p.1 (2014-9)
- 原健太, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileのWindows実装に関する検討」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-2, p.1 (2014-9)
- 相澤卓也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileを利用したセキュアな遠隔家電制御手法の検討」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-3, p.1 (2014-9)
- 山田貴之, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「VpnServiceを用いたスマートフォン向けNTMobileのIPv6対応に関する検討」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-4, p.1 (2014-9)
- 新家悠介, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileにより公衆網経由と直接通信の切り替えを可能とするネットワークモビリティの提案」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-5, p.1 (2014-9)
- 三宅佑佳, 廣瀬達也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileにおける最適なりレーサーバ選択手法の提案」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-1, p.1 (2014-9)
- 丸山敦志, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃: 「TLIFESにおける低消費電力な行動判定方式の検討」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-2, p.1 (2014-9)
- 山路怜士, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileを用いた直接通信と携帯網の切り替え方式の提案」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-3, p.1 (2014-9)
- 大久保陽平, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「IEEE802.21に基づくNTMobileのシームレスハンドオーバ手法の提案」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-4, p.1 (2014-9)
- 井上卓, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileにおけるRS-Nの高速フェイルオーバの検討」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-5, p.1 (2014-9)
- 三輪卓也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileにおけるNTM端末の認証方法の強化」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-6, p.1 (2014-9)
- 伴拓実, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃: 「マーカレスARを用いた屋外無線センサネットワーク可視化システムに関する検討」, 第12回情報学ワークショップ(WiNF 2014)論文集, No.18, pp.1-5 (2014-11)
- 早川顕太, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃: 「Windowsにおける危険な処理の承認機構の提案と実装」, 第12回情報学ワークショップ(WiNF 2014)論文集, No.49, pp.1-6 (2014-11)
- K.Naito, F.Sugihara, H.Nodo, M.Kako, T.Hirose, H.Suzuki, A.Watanabe, K.Mori, and H.Kobayashi: "Implementation of smartphone applications supporting end-to-end communication," Proceedings of the 11th ACM International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services (MobiQuitous 2014), pp.1-2 (2014-12)
- 高橋 友一**
- 【学術論文】**
- 岡谷賢, 高橋友一: 「避難誘導シミュレーションにおける情報伝達モデル」, 電子情報通信学会誌 C, Vol.134, No.2, pp.252-257 (2014-2)
- M.Okaya and T.Takahashi: "Agent-Based Evacuation Behavior Simulations and Evacuation Guidance," Journal of Information Processing, Vol.22, No.2, pp.319-324 (2014)
- T.Niwa, M.Okaya, and T.Takahashi: "Parallel Computation Using GPGPU to Simulate Crowd Evacuation Behaviors: Planning Effective Evacuation Guidance at Emergencies," RoboCup 2013: Robot Soccer World Cup XVII (Lecture Notes in Artificial Intelligence 8371), pp.348-359, Springer (2014)
- 【その他】**
- M.Okaya, T.Niwa, and T.Takahashi: "TENDENKO: Agent-Based Evacuation Drill and Emergency Planning System," The Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS) 2014, pp.1669-1670 (2014)
- T.Takahashi and M.Shimizu: "Is that Robot Allowed to Play in Human versus Robot Soccer Games-Laws of the Game for Achieving the RoboCup Dream -," The 2014 International RoboCup Symposium (2014)
- T.Takahashi and M.Shimizu: "How can the RoboCup Rescue Simulation contribute to emergency preparedness in real-world disaster situations?" The 2014 International RoboCup Symposium (2014)
- M.Shimizu and T.Takahashi: "Simulated Environment for Wirelessly Controlled Robots Using the Natural Behavior of Radio Waves," The 12th IEEE International Symposium on Safety, Security and Rescue Robotics

(SSRR), p. 36 (2014)

T.Takahashi and N.Ito : "Qualitative Methods of Validating Evacuation Behaviors," Social Modeling and Simulations, Econophysics Colloquium (SMSEC) 2014, 4pA3 (2014)

清水優, 高橋友一:「ロボカップこれまでとこれから」, 建設機械施工, Vol.66, No.4, pp. 73-76 (2014-4)

磯野諭太郎, 高橋友一:「避難シミュレーションにおける避難誘導が避難率に及ぼす効果の検証」, 東海支部連合大会, O1-4 (2014-9)

田中 敏光

【その他】

田中雄也, 田中敏光, 佐川雄二:「自前の家具を使った配置替えシミュレーション」, 平成 26 年度信学会東海支部卒業研究発表会論文集, p. 9 (2014-3)

藏地辰弥, 田中敏光, 佐川雄二:「見やすさを考えた Web ページのアイコンの配色変換」, 平成 26 年度信学会東海支部卒業研究発表会論文集, p. 37 (2014-3)

加藤龍弘, 田中敏光, 佐川雄二:「ワンクリックで行う Web ページの配色変換」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 7-8 (2014-3)

池永聖人, 田中敏光, 佐川雄二:「Kinect を使用したイラスト作成支援ツール」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 9-10 (2014-3)

高橋尚史, 田中敏光, 佐川雄二:「圧力を反映した地面の質感表現 - 多層化による立体感のある陰影の付与 -」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 11-12 (2014-3)

田中雄也, 田中敏光, 佐川雄二:「自前の家具を使った配置替えシミュレーション」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 13-14 (2014-3)

小木曾智, 田中敏光, 佐川雄二:「降雨時のアスファルト路面の質感表示」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 15-16 (2014-3)

久保雅貴, 田中敏光, 佐川雄二:「窓ガラスを滑り落ちる雪の CG 表現」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 21-22 (2014-3)

藏地辰弥, 田中敏光, 佐川雄二:「見やすさを考慮した Web ページのアイコンの配色変換」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 23-24 (2014-3)

亀山翔平, 田中敏光, 佐川雄二:「初心者に配慮したタブレットのための日本語文字入力インタフェース」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 27-28 (2014-3)

岸本学, 佐川雄二, 田中敏光:「部分レシピの入れ替

えによる料理レシピアレンジシステム」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 29-30 (2014-3)

井上大也, 佐川雄二, 田中敏光:「ブラウザ中のテキスト内の略語の意味をわかりやすく表示する手法」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 1-2 (2014-3)

吉田成寿, 佐川雄二, 田中敏光:「簡易診断システムと病院検索システムの統合」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 3-4 (2014-3)

宮林周寛, 佐川雄二, 田中敏光:「音声読み上げブラウザにおける書式の違いの表現手法」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 5-6 (2014-3)

鈴木詠司, 佐川雄二, 田中敏光:「施設名の曖昧性解消手法」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 17-18 (2014-3)

窪田享祐, 佐川雄二, 田中敏光:「Twitter からの評判情報抽出のための評価対象特定手法」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 19-20 (2014-3)

浅野慎平, 佐川雄二, 田中敏光:「音声雑談システムにおけるトピックシフトの一手法」, 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 25-26 (2014-3)

高橋尚史, 田中敏光, 佐川雄二:「圧力を反映した地面の質感表現 - 多層化による立体的な陰影の表示 -」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, I1-1 (2014-9)

久保雅貴, 田中敏光, 佐川雄二:「CG による窓ガラスを滑り落ちる雪の表現」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, I1-6 (2014-9)

藏地辰弥, 田中敏光, 佐川雄二:「配色変換による Web ページの見やすさの改善」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, L1-7 (2014-9)

田中雄也, 田中敏光, 佐川雄二:「画面を広く使えるタブレット用の文字入力手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, N1-1 (2014-9)

尾崎尚人, 田中敏光, 佐川雄二:「CG による紙の破れの表現 - 破れ目の表示の改良 -」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, I1-2 (2014-9)

森利和, 田中敏光, 佐川雄二:「地面に残る凹んだ足跡のリアルタイム表示」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, I1-3 (2014-9)

野村涼, 田中敏光, 佐川雄二:「観客の好みを反映したカメラワークによるリプレイ映像の自動生成」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, I1-4 (2014-9)

斉藤嘉久, 田中敏光, 佐川雄二:「CG によるワイパーが通過した後の拭きむらの表現」, 平成 26 年度電気

関係学会東海支部連合大会予稿集, I1-5 (2014-9)

山田滉平, 田中敏光, 佐川雄二:「豪雨時の車のフロントガラスのシミュレーション」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, I1-8 (2014-9)

花木優太, 田中敏光, 佐川雄二:「野球の打撃動作解析システム - 撮影位置の変更による使い勝手の向上 -」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, I2-3 (2014-9)

中村洸介, 田中敏光, 佐川雄二:「超小型 Android デバイス向けの文字入力手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, N2-3 (2014-9)

本多信吾, 田中敏光, 佐川雄二:「超小型タッチデバイスに特化した文字入力手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, N1-2 (2014-9)

市古匡史, 田中敏光, 佐川雄二:「手元を見ないことを特徴とする指のジェスチャーによる文字入力」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, N1-3 (2014-9)

藤田佳史, 田中敏光, 佐川雄二:「Kinect と AR マーカーを用いた家具の配置シミュレーション - 家具の可動部分の検出 -」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, G2-7 (2014-9)

酒井加菜子, 佐川雄二, 田中敏光:「ユーザ嗜好の個人差と状況差を考慮した楽曲推薦システム」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, L1-3 (2014-9)

梶屋隆仁, 佐川雄二, 田中敏光:「頭字語とその元語の自動抽出」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, N1-4 (2014-9)

脇田沙織, 佐川雄二, 田中敏光:「スマートフォン・アプリケーションの評判情報抽出」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, O3-2 (2014-9)

岡島好孝, 佐川雄二, 田中敏光:「Twitter 上の評判情報における評価対象特定手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, O3-3 (2014-9)

小山智大, 佐川雄二, 田中敏光:「マイクロブログにおける飲食店名の曖昧性解消手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, O3-7 (2014-9)

市川昂哉, 佐川雄二, 田中敏光:「テレビ番組のジャンルを考慮した感情表現に基づく見どころ抽出」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, O3-8 (2014-9)

木下良浩, 佐川雄二, 田中敏光:「ネット用語辞書の自動作成」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, L4-1 (2014-9)

大石みのり, 佐川雄二, 田中敏光:「雑談システムに

おける混合主導型話題選択手法」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会予稿集, L4-3 (2014-9)

津川 定之

【その他】

S.Tsugawa: "An Automated Truck Platoon within the Energy ITS Project," IEEE ITS Society Newsletter, Vol.16, No.1, pp. 11-14 (2014-1)

津川定之:「自動車の自動運転システムとその技術: 動向と課題」, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, (2014-2)

津川定之:「自動車の自動運転の現状と課題」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会, (2014-3)

津川定之:「省エネルギー・エコロジーにおける ITS の役割」, 2014 年自動車技術会春季大会学術講演会前刷集 No.50-14, pp. 1-4 (2014-5)

S.Tsugawa: "Results and Issues of an Automated Truck Platoon within the Energy ITS Project," Proc.2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 642-647 (2014-6)

津川定之:「自動車の自動運転システム: 動向と課題」, 名城大学校友会石川県支部総会(2014-8)

津川定之:「自動運転の意義」, 自動車技術会関東支部 2014 年度第 4 回講演会(2014-9)

津川定之:「自動運転とそのための走行環境認識技術」, 映像情報メディア学会, Vol.68, No.10, p. 769 (2014-10)

津川定之:「自動運転システムの動向と課題」, 映像情報メディア学会, Vol.68, No.10, pp. 770-774 (2014-10)

津川定之:「自動車の自動運転システム」, YRP 第 4 回ワイヤレステクノロジーセッション(2014-12)

中野 倫明

【その他】

川口雅人, 山田宗男, 中野倫明:「生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法の検討」, 照明学会東海支部 平成 25 年度若手セミナー予稿集, 第 3 部, 26 (2014-3)

小島茂也, 山田宗男, 中野倫明:「一時的な強制覚醒における睡眠リバウンド現象に関する実験検証」, 照明学会東海支部 平成 25 年度若手セミナー予稿集, 第 3 部, 27 (2014-3)

楨田喬介, 山田宗男, 中野倫明:「スマートフォンによる「ながら行動」の検出に関する検討」, 照明学会東海支部 平成 25 年度若手セミナー予稿集, 第 3 部, 28 (2014-3)

鈴木麻里, 山田宗男, 中野倫明:「スマートフォンに

- よる運転状態の検出に関する検討], 照明学会東海支部 平成 25 年度 若手セミナー予稿集, 第 3 部, 29 (2014-3)
- 山崎裕介, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者の危険予測のための運転能力の測定・評価法」, 照明学会東海支部 平成 25 年度 若手セミナー予稿集, 第 3 部, 30 (2014-3)
- 小椋有記, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の認知機能測定とその日常生活支援の検討」, 照明学会東海支部 平成 25 年度 若手セミナー予稿集, 第 3 部, 31 (2014-3)
- 加藤良幸, 山田宗男, 中野倫明:「自動車運転での事故低減のための認知機能の測定・評価法」, 照明学会東海支部 平成 25 年度 若手セミナー予稿集, 第 3 部, 32 (2014-3)
- 加藤良幸, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定のためのシステムとその評価」, 平成 25 年度 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会, ポスターセッション, 67 (2014-3)
- 小島茂也, 中野倫明, 山田宗男:「一時的な外的刺激による睡眠リバウンド現象に関する実験検証」, 平成 25 年度 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会, ポスターセッション, 72 (2014-3)
- 川口雅人, 中野倫明, 山田宗男:「生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法における効果検証」, 平成 25 年度 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会, ポスターセッション, 73 (2014-3)
- 宮部公寛, 山田宗男, 川澄未来子, 中野倫明:「高齢者の認知機能測定とその日常生活支援に関する研究」, 2013 年度 交通予防安全コンソーシアム年次報告書, 2. 技術報告, 2-1 運転行動, pp.23-27 (2014-4)
- 楨田喬介, 中野倫明, 山田宗男:「スマートフォン操作を伴う歩行ながら状態検出手法の検討」, 2013 年度 交通予防安全コンソーシアム年次報告書, 2. 技術報告, 2-1 運転行動, pp.28-29 (2014-4)
- 加藤渉, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「ドライバへの生体磁気刺激による覚醒効果の実験的検証」, 2013 年度 交通予防安全コンソーシアム年次報告書, 2. 技術報告, 2-2 運転支援, pp.46-47 (2014-4)
- 川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法の刺激位置に関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-34 (2014-9)
- 楨田喬介, 岡本幸大, 中野倫明, 山田宗男:「動作と操作に基づく「ながら歩行」状態の検出」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-35 (2014-9)
- 山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者に対する新たな危険予測訓練法とその効果の検証」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-36 (2014-9)
- 加藤良幸, 小椋有記, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の日常的コンピテンスに必要とされる認知機能の測定法」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-37 (2014-9)
- 小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定・評価による高齢者の訓練効果の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-38 (2014-9)
- 小島茂也, 川口雅人, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「感覚刺激と生理的磁気刺激を組み合わせたドライバ覚醒手法における睡眠リバウンド現象の実験検証」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 情報コンテンツ開発, Po2-5 (2014-9)
- 鈴木麻里, 山田宗男, 中野倫明:「スマートフォンにおける 3 軸加速度センサの軸補正に関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, アルゴリズム・センサ・認識, Po2-14 (2014-9)
- 山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者に対する危険予測訓練法の効果検証」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 対話発表(ポスター発表), 2503P, pp.521-524 (2014-9)
- 小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「自動車運転時の認知機能測定・評価システムによる高齢者の訓練効果の検討」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 対話発表(ポスター発表), 2504P, pp.525-528 (2014-9)
- 川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「生体磁気刺激によるドライバ覚醒手法の車載化に関する検討」, 第 12 回情報学ワークショップ(WiNF2014), デモ・ポスター発表(2014-11)
- 久田勇貴, 川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「脳波計測に基づく覚醒度合評価手法の提案」, 第 12 回情報学ワークショップ(WiNF2014), デモ・ポスター発表(2014-11)
- 奥村惇史, 楨田喬介, 中野倫明, 山田宗男:「スマートフォン操作を伴う歩行および自転車走行状態検

- 出手法の提案」, 第12回情報学ワークショップ (WiNF2014), デモ・ポスター発表(2014-11)
- 伊藤誠朗, 鈴木麻里, 中野倫明, 山田宗男:「スマートフォンにおける3軸加速度センサの補正手法の検討と実験検証」, 第12回情報学ワークショップ (WiNF2014), デモ・ポスター発表(2014-11)
- 山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者を対象とした運転能力訓練法の効果検証」, 第12回ITSシンポジウム2014講演論文集, 対話セッション1-2, 1-2B, ドライバ行動(1), 1-2B-04(2014-12)
- 小島茂也, 川口雅人, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「感覚刺激および生理的磁気刺激によるドライバ覚醒手法における覚醒持続時間の検証」, 第12回ITSシンポジウム2014講演論文集, 対話セッション2-2, 2-2B, ドライバ行動(2), 2-2B-03(2014-12)
- 川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「生体磁気刺激によるドライバ覚醒手法の実用化に関する検討」, 第12回ITSシンポジウム2014講演論文集, 対話セッション2-2, 2-2B, ドライバ行動(2), 2-2B-04(2014-12)
- 小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定・評価システムによる高齢者の訓練効果の検証」, 第12回ITSシンポジウム2014講演論文集, 対話セッション2-2, 2-2B, ドライバ行動(2), 2-2B-07(2014-12)
- 加藤良幸, 小椋有記, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の日常生活に必要な認知機能の評価の一検討」, 2014年映像情報メディア学会冬季大会, 第11部門 ヒューマンインフォメーション(視覚特性および映像・画像評価), 11-4(2014-12)

坂野 秀樹

【その他】

- 谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「複数の子音を含むスキヤットにおけるスペクトル変動特性のテンポによる違いの分析」, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-100, pp. 25-30(2014-1)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「ビブラート歌唱におけるビブラート距離尺度による類似度と主観的類似度の関係に関する調査」, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-101, pp. 31-36(2014-1)
- 森勢将雅, 都築聡, 坂野秀樹, 小澤賢司:「音声モーフィングによる聴感的印象制御に有効な特徴量の検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-105, pp. 55-60(2014-1)
- 牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「音声分析合成による

- 鼻声の声質改善を目的とした鼻音における周波数特性の分析」, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-106, pp. 61-66(2014-1)
- 河原英紀, 森勢将雅, 坂野秀樹, スカクヴェレナ:「外挿可能な時変多属性任意事例モーフィングにおける誇張の可能性について」, 日本音響学会2014年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-3-3, p. 55(2014-3)
- 近藤崇彰, 坂野秀樹:「音素継続長に着目した英語母語話者と日本語母語話者の英語発声の違いの調査」, 日本音響学会2014年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-15, p. 106(2014-3)
- 西脇裕展, 坂野秀樹, 旭健作:「スクリーム唱法による音声の高品質分析合成を可能とする音声特徴量に関する検討」, 日本音響学会2014年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-16, p. 106(2014-3)
- 谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「複数の子音を含むスキヤットにおける歌唱者ごとのスペクトル変動特性の違いに関する分析」, 日本音響学会2014年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-18, p. 106(2014-3)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「ビブラート歌唱におけるビブラート距離尺度による類似度と主観的類似度の関係の調査」, 日本音響学会2014年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-19, p. 107(2014-3)
- 牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「音声分析合成による鼻声の声質改善を目的とした鼻声発声分析における収録方法に関する検討」, 日本音響学会2014年春季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q5-25, p. 108(2014-3)
- 河原英紀, 森勢将雅, 榊原健一, 戸田智基, 坂野秀樹, 西村竜一, 入野俊夫:「周期信号の群遅延の静的表現と音声の非周期成分への応用について」, 日本音響学会2014年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 1-R-30, p. 61(2014-9)
- 牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「声道断面積を用いた鼻声音声の声質改善手法に関する検討」, 日本音響学会2014年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 1-R-36, p. 63(2014-9)
- 森勢将雅, 都築聡, 坂野秀樹, 小澤賢司:「声道断面積関数と高域強調フィルタによる音声のもごもご感の制御」, 日本音響学会2014年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q-35, p. 117(2014-9)
- 谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「歌唱者及びテンポによるパワー・スペクトル変動量の統計量の違いに関

- する分析」, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q-43, p. 119 (2014-9)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「基本周波数系列のスペクトル情報に基づくビブラートの速さを反映する距離尺度の検討」, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2-Q-44, p. 119 (2014-9)
- 近藤崇彰, 坂野秀樹, 旭健作:「声道断面積関数を用いた英語母語話者の英語発声と日本語発声の違いの調査」, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集, CD-ROM, 3-Q-14, p. 148 (2014-9)
- 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 森勢将雅:「基本周波数系列のケプストラムを用いたビブラートの速さを反映する距離尺度の検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-72, pp. 1-6 (2014-10)
- 坂野秀樹, 森勢将雅, 河原英紀:「TANDEM-STRAIGHT の種々のデバイスへの実装と評価～スマートフォンから GPGPU まで～」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-73, pp. 7-12 (2014-10)
- 近藤崇彰, 坂野秀樹, 旭健作:「声道断面積関数を用いた英語発声における母語の違いによる声道形状の違いの調査」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-75, pp. 19-20 (2014-10)
- 田邊将也, 坂野秀樹, 旭健作:「残響環境下における動的特徴の強調による音声の明瞭性向上手法に関する検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-76, pp. 21-22 (2014-10)
- 牧野奨平, 坂野秀樹, 旭健作:「音声分析合成系を用いた声道断面積関数に基づく鼻声の声質改善手法に関する検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-77, pp. 23-24 (2014-10)
- 谷澤啓介, 坂野秀樹, 旭健作:「テンポの影響を考慮したスキットの歌唱音声合成音の自然性向上に関する検討」, 電子情報通信学会技術報告, SP2014-78, pp. 25-26 (2014-10)

柳田 康幸

【学術論文】

- 柳田康幸:「渦輪を利用した局所的香り提示技術の現状と課題」, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.1, pp. 29-36 (2014-3)
- 中野拓哉, 吉岡有哉, 柳田康幸:「風向知覚特性に対する風源配置精度と風速分布局所性の影響」, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.4 (2014-12)

【その他】

- 杉山了亮, 柳田康幸:「香り場生成システムにおける残り香解消方法の検討」, 第 13 回日本バーチャルリアリティ学会 香り・味と生体情報研究会, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol.19, No.SBR-1, 発表番号 SBR2014-1 (2014-3)
- 中野拓哉, 吉岡有哉, 柳田康幸:「局所的及び均一な風提示による頭部風向知覚特性の測定～ 刺激間隔を考慮に入れた詳細な丁度可知差異の計測～」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.113, No.470, pp. 151-152 (2014-3)
- 濱咲侑也, 小島彩香, 柳田康幸, 渡邊晃:「携帯端末室内センサの連携による外出時・在宅時総合見守りシステムの提案」, 情報処理学会第 76 回全国大会, Vol.3, pp. 523-524 (2014-3)
- T.Nakano, Y.Yoshioka, and Y.Yanagida: "Effects of Wind Source Configuration of Wind Displays on Property of Wind Direction Perception – Width of Wind Velocity Distribution and Accuracy of Wind Source Alignment," Proceedings of The 7th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2014), pp. 365-370 (2014-3)
- 大石大典, 山崎真吾, 柳田康幸:「局所充填を用いた香りプロジェクトの搬送効率向上に関する実験的検証」, 日本バーチャルリアリティ学会 第 14 回香り・味と生体情報研究会, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol.19, No.CS-2, pp. 109-114 (2014-6)
- 神谷知樹, 瀬古雅洋, 稲見昌彦, 柳田康幸:「再帰性投影技術における映像焦点距離とスクリーン距離の差異が観察映像に与える影響」, 電子情報通信学会技術報告, Vol.114, No.114, pp. 59-64 (2014-7)
- 荒川裕大, 加藤匠, 高森裕也, 芹澤隆史, 柳田康幸:「ドーム型統合入力デバイス KHAKI における文字入力操作の改良 – 5 本指フリック操作の設計と実装 –」, 電子情報通信学会技術報告, Vol.114, No.114, pp. 71-75 (2014-7)
- 中野拓哉, 柳田康幸:「人の頭部背面における風向知覚特性の測定」, 日本バーチャルリアリティ学会第 19 回大会講演論文集, pp. 326-329 (2014-9)
- 棚瀬将成, 柳田康幸:「HMD を使用したトレイグジスタンスにおける映像安定化 – システムの構築 –」, 第 12 回情報学ワークショップ (WiNF 2014) (2014-11)
- D.Oishi, S.Yamazaki, T.Nishio, and Y.Yanagida: "Reducing the Trailing Tail of Vortex Rings by Partial Scent Filling to Improve Localization Performance of Scent Delivery," Digital Olfaction Society 2nd World Congress (2014-12)

山田啓一

【その他】

深川裕規, 山田啓一:「運転行動からのドライバの歩行者への気づきの確率的推定」, 情報処理学会第76回全国大会, 4U-3 (2014-3)

K.Yamada, H.Matsuyama, and K.Uchida: "A Method for Analyzing Interaction of Driver Intention through Vehicle Behavior When Merging," Proceedings of 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2014), pp. 158-163 (2014-6)

K.Yamada and T.Mitani: "Estimating Driver Awareness of Crossing Pedestrians While Turning Left Based on Vehicle Behavior Using Bayesian Approach," Proceedings of the 22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR2014), pp. 1898-1903 (2014-8)

深川裕規, 山田啓一:「運転行動からのドライバの前方歩行者への気づきの推定～速度情報を利用した推定精度向上の検討～」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, M3-1 (2014-9)

立岩佳, 山田啓一:「運転行動からのドライバの交差点右折先歩行者への気づき推定法の検討」, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, M3-4 (2014-9)

山田 宗男

【その他】

川口雅人, 山田宗男, 中野倫明:「生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法の検討」, 照明学会東海支部平成25年度若手セミナー予稿集, 第3部, 26 (2014-3)

小島茂也, 山田宗男, 中野倫明:「一時的な強制覚醒における睡眠リバウンド現象に関する実験検証」, 照明学会東海支部平成25年度若手セミナー予稿集, 第3部, 27 (2014-3)

楨田喬介, 山田宗男, 中野倫明:「スマートフォンによる「ながら行動」の検出に関する検討」, 照明学会東海支部平成25年度若手セミナー予稿集, 第3部, 28 (2014-3)

鈴木麻里, 山田宗男, 中野倫明:「スマートフォンによる運転状態の検出に関する検討」, 照明学会東海支部平成25年度若手セミナー予稿集, 第3部, 29 (2014-3)

山崎裕介, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者の危険予測のための運転能力の測定・評価法」, 照明学会東海支部平成25年度若手セミナー予稿集, 第3部,

30 (2014-3)

小椋有記, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の認知機能測定とその日常生活支援の検討」, 照明学会東海支部平成25年度若手セミナー予稿集, 第3部, 31 (2014-3)

加藤良幸, 山田宗男, 中野倫明:「自動車運転での事故低減のための認知機能の測定・評価法」, 照明学会東海支部平成25年度若手セミナー予稿集, 第3部, 32 (2014-3)

加藤良幸, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定のためのシステムとその評価」, 平成25年度電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会, ポスターセッション, 67 (2014-3)

小島茂也, 中野倫明, 山田宗男:「一時的な外的刺激による睡眠リバウンド現象に関する実験検証」, 平成25年度電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会, ポスターセッション, 72 (2014-3)

川口雅人, 中野倫明, 山田宗男:「生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法における効果検証」, 平成25年度電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会, ポスターセッション, 73 (2014-3)

宮部公寛, 山田宗男, 川澄未来子, 中野倫明:「高齢者の認知機能測定とその日常生活支援に関する研究」, 2013年度交通予防安全コンソーシアム年次報告書, 2.技術報告, 2-1 運転行動, pp.23-27 (2014-4)

楨田喬介, 中野倫明, 山田宗男:「スマートフォン操作を伴う歩行ながら状態検出手法の検討」, 2013年度交通予防安全コンソーシアム年次報告書, 2.技術報告, 2-1 運転行動, pp.28-29 (2014-4)

加藤渉, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「ドライバへの生体磁気刺激による覚醒効果の実験的検証」, 2013年度交通予防安全コンソーシアム年次報告書, 2.技術報告, 2-2 運転支援, pp.46-47 (2014-4)

Y.Mohri, M.Yamada, W.Kato, T.Uchiyama, and K.Mohri: "Arousal Effect of ELF Magnetic Stimulus on Car Driver's Spine Evaluated with Occipital Electro-encephalogram and Back Magneto-cardiogram," PIERs Proceedings, Guangzhou, pp.867-870 (2014-8)

Y.Mohri, T.Uchiyama, M.Yamada, and K.Mohri: "Detection of Back Magneto-cardiogram for Heart Disease Using Pico-Tesla Resolution Amorphous Wire Magneto-Impedance Sensor," PIERs Proceedings, Guangzhou, pp.871-874 (2014-8)

川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法の刺激位置に関する検討」, 平成26年度電

- 気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-34 (2014-9)
- 楨田喬介, 岡本幸大, 中野倫明, 山田宗男:「動作と操作に基づく「ながら歩行」状態の検出」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-35 (2014-9)
- 山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者に対する新たな危険予測訓練法とその効果の検証」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-36 (2014-9)
- 加藤良幸, 小椋有記, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の日常的コンピテンスに必要とされる認知機能の測定法」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-37 (2014-9)
- 小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定・評価による高齢者の訓練効果の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-38 (2014-9)
- 小島茂也, 川口雅人, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「感覚刺激と生理的磁気刺激を組み合わせたドライバ覚醒手法における睡眠リバウンド現象の実験検証」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 情報コンテンツ開発, Po2-5 (2014-9)
- 鈴木麻里, 山田宗男, 中野倫明:「スマートフォンにおける 3 軸加速度センサの軸補正に関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, アルゴリズム・センサ・認識, Po2-14 (2014-9)
- 山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者に対する危険予測訓練法の効果検証」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 対話発表(ポスター発表), 2503P, pp.521-524 (2014-9)
- 小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「自動車運転時の認知機能測定・評価システムによる高齢者の訓練効果の検討」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 対話発表(ポスター発表), 2504P, pp.525-528 (2014-9)
- 川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「生体磁気刺激によるドライバ覚醒手法の車載化に関する検討」, 第 12 回情報学ワークショップ(WiNF2014), デモ・ポスター発表, pp.74-96 (2014-11)
- 久田勇貴, 川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「脳波計測に基づく覚醒度合評価手法の提案」, 第 12 回情報学ワークショップ(WiNF2014), デモ・ポスター発表, pp.77-79 (2014-11)
- 奥村惇史, 楨田喬介, 中野倫明, 山田宗男:「スマートフォン操作を伴う歩行および自転車走行状態検出手法の提案」, 第 12 回情報学ワークショップ(WiNF2014), デモ・ポスター発表, pp.80-82 (2014-11)
- 伊藤誠朗, 鈴木麻里, 中野倫明, 山田宗男:「スマートフォンにおける 3 軸加速度センサの補正手法の検討と実験検証」, 第 12 回情報学ワークショップ(WiNF2014), デモ・ポスター発表, pp.83-85 (2014-11)
- 山崎裕介, 川澄未来子, 山田宗男, 中野倫明:「初心運転者を対象とした運転能力訓練法の効果検証」, 第 12 回 ITS シンポジウム 2014 講演論文集, 対話セッション 1-2, 1-2B. ドライバ行動(1), 1-2B-04(2014-12)
- 小島茂也, 川口雅人, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「感覚刺激および生理的磁気刺激によるドライバ覚醒手法における覚醒持続時間の検証」, 第 12 回 ITS シンポジウム 2014 講演論文集, 対話セッション 2-2, 2-2B. ドライバ行動(2), 2-2B-03(2014-12)
- 川口雅人, 小島茂也, 毛利佳之, 中野倫明, 山田宗男, 毛利佳年雄:「生体磁気刺激によるドライバ覚醒手法の実用化に関する検討」, 第 12 回 ITS シンポジウム 2014 講演論文集, 対話セッション 2-2, 2-2B. ドライバ行動(2), 2-2B-04 (2014-12)
- 小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定・評価システムによる高齢者の訓練効果の検証」, 第 12 回 ITS シンポジウム 2014 講演論文集, 対話セッション 2-2, 2-2B. ドライバ行動(2), 2-2B-07 (2014-12)
- 加藤良幸, 小椋有記, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の日常生活に必要な認知機能の評価の一検討」, 2014 年映像情報メディア学会冬季大会, ヒューマンインフォメーション, CD-ROM, 11-4 (2014-12)

山本 修身

【その他】

- 加藤貴之, 山本修身:「パターンデータベースを利用した箱入り娘型スライディングパズルの最適解の探索」, 情報処理学会全国大会論文集, 東京電機大学東京千住キャンパス, U1-1 (2014-3)
- 山田穂高, 山本修身:「魔方陣の解の個数の数え上げのための解集合の分類方法について」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会学生ポスターセッション, ISS-P-153 (2014-3)

- 佐藤慎也, 山本修身:「囲碁における有効な着手とプレイヤー評価による初級者支援」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会学生ポスターセッション, ISS-P-154 (2014-3)
- 富士岡稜太, 山本修身:「ZDD による 15 パズルのギャップ集合とそれを用いた最適解の探索」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会学生ポスターセッション, ISS-P-155 (2014-3)
- 加藤貴之, 山本修身:「パターンデータベースとギャップ集合を用いた箱入り娘型パズルの最適解の探索」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会学生ポスターセッション, ISS-P-155 (2014-3)
- 加藤貴之, 山本修身:「ギャップ集合を用いた箱入り娘型スライディングブロックパズルの最適解の探索」, 人工知能学会全国大会論文集, 愛媛県ひめぎんホール, 4L1-1 (2014-5)
- 山田穂高, 山本修身:「法による分類を用いた魔方陣の数え上げに向けて」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, 中京大学名古屋キャンパス, M5-5 (2014-9)
- 佐藤慎也, 山本修身:「モンテカルロ木探索を用いた囲碁における機械学習を用いた枝刈りについて」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, 中京大学名古屋キャンパス, O1-5 (2014-9)
- 加藤貴之, 山本修身:「PDB とギャップ集合を用いた箱入り娘型パズルの最適解の探索」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, 中京大学名古屋キャンパス, Po2-10 (2014-9)
- 富士岡稜太, 加藤貴之, 山本修身:「15 パズルのギャップ集合の近似について」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, 中京大学名古屋キャンパス, Po2-9 (2014-9)

吉川 雅弥

【学術論文】

- 浅井稔也, 汐崎充, 久保田貴也, 藤野毅, 吉川雅弥:「クロック変動機構を用いた耐タンパーアーキテクチャ」, 電気学会論文誌 C, Vol.133, No.12, pp. 2134-2142 (2013-12)
- M. Shiozaki, K. Ogawa, K. Furuhashi, T. Murayama, M. Yoshikawa, and T. Fujino: "Security Evaluation of RG-DTM PUF using Machine Learning Attacks," IEICE Trans. on Fundamentals, E97-A/1, pp. 275-283 (2014-1)
- M. Yoshikawa and H. Goto: "Analysis of Operation Errors for Fault Injection Attack," International Journal of Signal Processing System, Vol.2, No.1, pp. 74-77 (2014-5)
- T. Otani, S. Ueguchi, R. Hori, M. Yoshikawa, and T. Fujino: "Via-Programmable Structured ASIC VPEX3S for High-Speed Application," Journal of Signal Processing, Vol.18, No.4, pp. 161-164 (2014-7)
- 【その他】
- T. Fujino, Y. Hori, M. Yoshikawa, and D. Suzuki: "The Design and Evaluation Methodology of Dependable VLSI for Tamper Resistance-Focusing on the security of hardware modules," Proc. of International Symposium on Dependable VLSI Systems, pp. 131-144 (2013-12)
- 野崎佑典, 吉川雅弥:「共通鍵暗号 AES のアーキテクチャの違いによるテンプレート攻撃耐性評価」, H25 年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会講演論文集, pp. 43-44 (2014-1)
- 松久僚真, 吉川雅弥:「アービター PUF のシミュレーションに関する基本検討」, 平成 25 年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会講演論文集, pp. 45-46 (2014-1)
- 浅井稔也, 吉川雅弥:「設計段階での暗号サイドチャネルリークの解析と対策」, 暗号と情報セキュリティシンポジウム講演論文集, 2A3-1, pp. 1-8 (2014-1)
- 野崎佑典, 吉川雅弥:「機械学習攻撃に耐性のある PUF の提案」, 第 36 回東海ファジィ研究会, pp. 67-70, (2014-2)
- 野原康平, 吉川雅弥:「故障利用解析に対する対策の一考察」, 第 36 回東海ファジィ研究会, pp. 71-74 (2014-2)
- M. Yoshikawa, Y. Mori, and T. Kumaki: "Implementation aware Hardware Trojan Trigger," Proc. of International Conference on Industrial Electronics and Applications, pp. 482-486 (2014-2)
- M. Yoshikawa and T. Tsukadaira: "Implementation and detection tests for countermeasure-annulled hardware trojan on FPGA," Proc. of 2014 3rd International Conference on Micro Nano Devices, Structure Computing Systems, pp. 268-273 (2014-3)
- T. Otani, R. Hori, M. Yoshikawa, and T. Fujino: "Improved Via-Programmable Structured ASIC VPEX3S and Its Evaluation," Proc. of 2014 International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, pp. 97-100 (2014-3)
- M. Yoshikawa and T. Asai: "Tamper Resistance Verification Method for Consumer Security Products," Proc. of Computational Science & Computational Intelligence,

- pp. 30-33 (2014-3)
- M.Yoshikawa, D.Takeuchi, and T.Kumaki : "Reset Signal Aware Hardware Trojan Trigger," Proc.of International Conference on Advances in Engineering and Technology, pp. 540-543 (2014-3)
- 野崎佑典, 吉川雅弥 : 「周波数領域におけるテンプレート攻撃とその耐性評価」, 電子情報通信学会, 信学技報, vol.113, no.498, DC2013-107, pp. 307-312 (2014-3)
- K.Minakawa and M.Yoshikawa : "Reproducibility driven Hardware Trojan and its Evaluation," Proc.of International Conference on Electrical and Electronic Engineering, E106 (2014-4)
- M.Yoshikawa and T.Asai : "Tamper-resistance evaluation for cryptographic side channel leakage at design stage," Proc.of International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, pp. 45-49 (2014-5)
- M.Yoshikawa, H.Goto, and K.Asahi : "Error Value Driven Fault Analysis Attack," Proc.of 014 15th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel Distributed Computing, pp. 101-104 (2014-6)
- 野崎佑典, 吉川雅弥 : 「秘密分散法をベースとした機械学習攻撃耐性のある PUFID の生成手法」, 電子情報通信学会, 信学技報, vol.114, no.123, VLD2014-51, pp. 225-230 (2014-7)
- 野原康平, 吉川雅弥 : 「ECU のトロイ混入による危険性についての一考察」, 電子情報通信学会, 信学技報, vol.114, no.123, VLD2014-52, pp. 231-236 (2014-7)
- S.Kiryu, K.Asahi, and M.Yoshikawa : "Modeling and Attack for 4-MUXs based PUF," Proc.of 2014 World Congress in Computer Science, Computer Engineering & Applied Computing, pp. 163-166 (2014-7)
- 野崎佑典, 吉川雅弥 : 「PUF の数学的複製可能性について」, 第 37 回東海ファジィ研究会講演論文集, pp. 17-20 (2014-8)
- M.Yoshikawa, H.Goto, K.Nohara, and K.Asahi : "Countermeasure for fault analysis attack," Proc.of 20th ISSAT International Conference on Reliability & Quality in Design, pp. 254-257 (2014-8)
- S.Kiryu, K.Asahi, and M.Yoshikawa : "Vulnerability evaluation of multiplexing PUF for SVM attacks," Proc.of 23rd International Conference on System Engineering, Vol.1089, pp. 205-210 (2014-8)
- 野崎佑典, 吉川雅弥 : 「CAN 通信の暗号化に関する検討」, 平成 26 年度 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, O4-5 (2014-9)
- 堀遼平, 上口翔大, 吉川雅弥, 藤野毅 : 「ビアプログラマブルアーキテクチャ VPX4 の提案と性能評価」情報技術フォーラム講演論文集, 第 1 分冊, pp. 1-6 (2014-9)
- Y.Nozaaki, K.Asahi, and M.Yoshikawa : "PUF ID Generation Method for Modeling Attacks," IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics, pp. 393-394 (2014-10)
- K.Nohara, K.Asahi, and M.Yoshikawa : "Study of Threat for Automotive Embedded System by Trojan Virus," IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics, pp. 405-406 (2014-10)

渡邊 晃

【学術論文】

- 清水皓平, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : 「モバイルインターネット環境に適した遠隔 DLNA 通信システムの提案」, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.1, pp. 494-504 (2014-1)

【その他】

- Y.Mikamo, K.Asahi, H.Suzuki, and A.Watanabe : "Proposal for an Ad-hoc Routing Protocol considering Traffic Conditions and Evaluation of UDP using a Redundant Route," Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), pp. 72-73 (2014-1)
- K.Naito, K.Mori, H.Kobayashi, K.Kamienoo, H.Suzuki, and A.Watanabe : "End-to-end IP mobility platform in application layer for iOS and Android OS," Proceedings of the 11th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), pp. 92-97 (2014-1)
- Y.Kanamaru, H.Suzuki, K.Asahi, and A.Watanabe : "Proposal for a Wireless Sensor Network Visualization system Using Location Estimation Technology," Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), pp. 111-116 (2014-1)
- K.Tsuda, H.Suzuki, K.Asahi, and A.Watanabe : "Proposal for a Seamless Connection Method for Remotely Located Bluetooth Devices," Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), pp. 78-79 (2014-1)
- T.Ito, K.Asahi, ensaku, H.Suzuki, and A.Watanabe : "Researches and Evaluation of Strong Busy Tone that Improves the Performance of Ad-hoc Networks," Proceedings of the 7th International Conference

- on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), pp. 182-187 (2014-1)
- K.Kamienoo, H.Suzuki, K.Naito, and A.Watanabe : "Development of Mobile Communication Framework based on NTMobile," Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2014), pp. 27-32 (2014-1)
- 吉岡正裕, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : 「NTMobile を用いた SIP 通信方式の提案と実装」, 情報処理学会研究報告, 2014-MBL-70 (1), pp. 1-7 (2014-3)
- 金澤晃宏, 旭健作, 鈴木秀和, 川澄未来子, 渡邊晃 : 「TLIFES を利用した避難支援システムの提案」, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集, Vol.2013 (2014-3)
- 若杉純, 土井敏樹, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : 「NTMobile における通信経路冗長化を抑制するリレーサーバ選択手法の提案」, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集, Vol.2013 (2014-3)
- 早川顕太, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃 : 「Windows 上における危険な処理の承認機構の提案」, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集, Vol.2013 (2014-3)
- 加古将規, 上醉尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : 「NTMobile における仮想 IPv4 アドレス運用手法の提案と実装」, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集, Vol.2013 (2014-3)
- 加古将規, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : 「NTMobile における仮想 IPv4 アドレスの管理方式の提案と実装」, 情報処理学会研究報告, 2014-MBL-71 (10), pp. 1-6 (2014-5)
- 加古将規, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : 「NTMobile における仮想 IP アドレスの管理方法の提案と評価」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2014) シンポジウム, Vol.2014, pp. 1307-1312 (2014-7)
- 早川顕太, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃 : 「Windows 上における危険な処理の承認機構の提案」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2014) シンポジウム, Vol.2014, pp. 1720-1727 (2014-7)
- 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄 : 「スマートフォンアプリケーションにおいてエンド間通信を実現可能なプラットフォーム開発」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2014) シンポジウム論文集, Vol.2014, pp. 836-844 (2014-7)
- 足達元, 鈴木秀和, 北瀬和之, 大森昭嗣, 旭健作, 松本幸正, 渡邊晃 : 「センサネットワークを用いたバ
- スロケーションシステムにおける電波強度に基づくバス走行区間推定手法の提案」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2014) シンポジウム論文集, Vol.2014, pp. 1085-1092 (2014-7)
- 杉原史人, 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄 : 「NTMobile における組み込み機器向けトラフィック削減手法の提案」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2014) シンポジウム論文集, Vol.2014, pp. 1313-1318 (2014-7)
- 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃 : 「ユーザ空間における移動透過通信技術の設計と実装」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2014) シンポジウム論文集, Vol.2014, pp. 1319-1325 (2014-7)
- F.Sugihara, K.Naito, H.Suzuki, A.Watanabe, K.Mori, and H.Kobayashi : "Proposal of proxy mechanisms from general node in NTMobile networks," The 11th IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS2014), pp. 1-5 (2014-8)
- 金澤晃宏, 鈴木秀和, 旭健作, 川澄未来子, 渡邊晃 : 「TLIFES を利用した災害時安否確認支援システムの提案」, 情報処理学会研究報告, 2014-MBL-72 (3), pp. 1-5 (2014-8)
- 伊藤圭亮, 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄 : 「低消費電力マイコンを想定した移動透過及び通信接続技術の研究」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.J1-7 (2014-9)
- ルバサンク・アマルサイハン, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃 : 「スマートフォンを利用した地質図作成方法の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K1-3 (2014-9)
- 伴拓実, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃 : 「屋外無線センサネットワークの可視化システムに関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K3-2 (2014-9)
- 杉原史人, 内藤克浩, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄 : 「透過プロキシ機能を用いる一般ノードから NTMobile ノードへの接続手法の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-1 (2014-9)
- 出岡雅也, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃 : 「ストロングビジートーンを用いて隠れ端末問題を防止するアドホックネットワークアクセス制御方式の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-5 (2014-9)

- 塩見優, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「プロトコルの違いを考慮したアドホックルーティングプロトコルの検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.K4-6 (2014-9)
- 李丹薇, 廣瀬達也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「プライベート空間のサーバにアクセスが可能なアダプタ型 NTMobile 装置の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-1 (2014-9)
- 原健太, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobile の Windows 実装に関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-2 (2014-9)
- 相澤卓也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobile を利用したセキュアな遠隔家電制御手法の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-3 (2014-9)
- 山田貴之, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「VpnService を用いたスマートフォン向け NTMobile の IPv6 対応に関する検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P3-4 (2014-9)
- 三宅佑佳, 廣瀬達也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NT Mobile における最適なりレーサーバ選択手法の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-1 (2014-9)
- 丸山敦志, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「TLIFES における低消費電力な行動判定方式の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P (2014-9)
- 山路怜士, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobile を用いた直接通信と携帯網の切り替え方式の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-3 (2014-9)
- 大久保陽平, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「IEEE802.21 に基づく NTMobile のシームレスハンドオーバー手法の提案」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-4 (2014-9)
- 井上卓, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobile における RS-N の高速フェイルオーバーの検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-5 (2014-9)
- 三輪卓也, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃:「NTMobile における NTM 端末の認証方法の強化」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, No.P4-6 (2014-9)
- 伴拓実, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃:「マーカレス AR を用いた屋外無線センサネットワーク可視化システムに関する検討」, 第 12 回情報学ワークショップ (WiNF2014) (2014-11)
- 早川顕太, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃:「Windows における危険な処理の承認機構の提案と実装」, 第 12 回情報学ワークショップ (WiNF2014) (2014-11)
- K.Naito, F.Sugihara, H.Nodo, M.Kako, T.Hirose, H.Suzuki, A.Watanabe, K.Mori, and H.Kobayashi: “Implementation of smartphone applications supporting end-to-end communication,” 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services (MobiQuitous2014) (2014-12)

電気電子工学科

伊藤 昌文

【学術論文】

H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Oxidation mechanism of Penicillium digitatum spores through neutral oxygen radicals," Japanese Journal of Applied Physics, 53 (2014) 010209 : 1-6 (2014-1)

R.Shimane, S.Kumagai, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, M.Hori, and M.Sasaki : "Localized plasma irradiation through a micronozzle for individual cell treatment," Japanese Journal of Applied Physics, 53 (2014) 11RB03 : 1-5 (2014-11)

【国際会議】

(Invited) T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Control of cellular activities by oxygen radical treatment," International workshop on control of fluctuation of plasma processes -Joint International Workshop between "Frontier science of interactions between plasmas and nano-interfaces" and "Plasma medical innovation" -8th ICRP (8th International Conference on Reactive Plasmas)/31st SPP (31st Symposium on Plasma Processing), Fukuoka Convention Center, Fukuoka, Japan, February 3-7, 2014, 3B-WS-04 (2014-2)

(Invited) K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Electron spin resonance analysis of plasma-biological material interactions in atmospheric pressure plasma," International workshop on control of fluctuation of plasma processes -Joint International Workshop between "Frontier science of interactions between plasmas and nano-interfaces" and "Plasma medical innovation" -8th ICRP (8th International Conference on Reactive Plasmas)/31st SPP (31st Symposium on Plasma Processing), Fukuoka Convention Center, Fukuoka, Japan, February 3-7, 2014, 3B-WS-07 (2014-2)

H.Kato, T.Ohta, K.Takeda, H.Hashizume, M.Hori, and M.Ito : "Vibrational analysis of biological samples using multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5P-PM-S12-P35) (2014-2)

H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Fluorescent and structural observations of *P.digitatum* spores inactivated with oxygen radical treatment," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5A-PM-O2) (2014-2)

T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Effects of oxygen radical treatment in liquid phase on inactivation of microorganism," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5P-PM-S12-P35) (2014-2)

J.Kularatne, J.Jolibois, T.Ohta, M.Ito, H.Kano, K.Takeda, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Sekine, and M.Hori : "Effect of power supply on metal emission intensity induced by non-equilibrium atmospheric pressure plasma," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (6P-PM-S09-P12) (2014-2)

S.Tajima, M.Sekine, H.Hashizume, M.Ito, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, and M.Hori : "Isolation of Neutral Species Generated from the Ar/O₂ Non-Equilibrium Atmospheric-Pressure Micro Hollow-Cathode Discharge for the Modification of the A549 Cells," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (6P-AM-SPD-P06) (2014-2)

T.Ohta, H.Kato, T.Tsutsumi, K.Takeda, M.Hori, and M.Ito : "Accuracy of substrate temperature measurement using optical low coherence interferometry," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5P-AM-S02-P04) (2014-2)

K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Chemical analyses of edible meat irradiated atmospheric-pressure-plasmas," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5A-PM-O1) (2014-2)

T.Tsutsumi, K.Ishikawa, K.Takeda, T.Ohta, M.Ito, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Rapid non-contact measurements of heat fluxes to substrate in nitrogen

- plasmas," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5B-PM-O2) (2014-2)
- T.Amano, K.Takeda, H.Kondo, K.Ishikawa, T.Ohta, M.Ito, H.Kano, M.Hiramatsu, M.Sekine, and M.Hori : "Electro Catalytic Properties of Pt-supported Nanographene Synthesis Using in-liquid Plasma," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (05aB06O) (2014-3)
- R.Shimane, S.Kumagai, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, M.Hori, and M.Sasaki : "MEMS Nozzle for Localized Irradiation of Atmospheric Pressure, Plasma Trapping Micro-Samples," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (06aB06OLN) (2014-3)
- A.Ando, K.Tanaka, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Sekine, T.Ohta, M.Ito, M.Hiramatsu, H.Kano, and M.Hori : "Spectroscopic Analysis of Gas-liquid Plasma for Nanographene Synthesis," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (06aD03O) (2014-3)
- T.Tsutsumi, K.Ishikawa, K.Takeda, T.Ohta, M.Ito, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Measurement of Heat Fluxes of Si Substrate from Plasma by Using Frequency Low Coherence Interferometer," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (03pP29) (2014-3)
- H.Kato, T.Ohta, K.Takeda, H.Hashizume, M.Hori, and M.Ito : "Vibrational analysis of biological samples treated with atmospheric pressure plasma using multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP05) (2014-3)
- H.Takemura, T.Ohta, M.Ito, H.Kano, Y.Higashijima, G.Piao, O.Oda, and M.Hori : "Detection Method for Metallic Elements in Fishes using Non-Equilibrium Atmospheric Pressure Microplasma," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (06aP26) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Fluorescent analysis of inactivation mechanism of *P.digitatum* spores treated with oxygen radicals," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP18) (2014-3)
- T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Effects of oxygen radical treatment in liquid phase on inactivation of E.coli," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP17) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Nanostructural observation of *P.digitatum* spores on the inactivation process with oxygen radical treatment," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP19) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Promotion and repression effects of oxygen radical treatment on budding yeast cells," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP20) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Microscopic observation of inactivation process of fungal spores treated with oxygen radicals produced from an atmospheric-pressure plasma," 17th Biennial Meeting of Society for Free Radical Research International (SFRRRI 2014), p. 123 (2014-3)

- H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Inactivation process of P.digitatum spores evaluated by dose of ground-state atomic oxygen," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-BO12 (2014-5)
- H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Proliferation mechanism of budding yeast cells with oxygen radical treatment," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-P02-17 (2014-5)
- T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, K.Takada, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Inactivation of microorganism in liquid treated with neutral reactive oxygen species," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), (20-P03-03) (2014-5)
- (Invited) H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Quantitative evaluation of the inactivation process of P.digitatum spores on the basis of dose of ground-state atomic oxygen," International Workshop on Diagnostics and Modeling for Plasma Medicine (DMPM2014), p. 49 (2014-5)
- (Invited) M.Ito : "Research activities for Plasma-Bio Science and Technology at Meijo University," The 19th Korea-Japan Workshop on Advanced Plasma Processes and Diagnostics, p. 11 (2014-7)
- J.Kobayashi, K.Yamauchi, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Growth-activation of budding yeast cells using oxygen radical source," The 19th Korea-Japan Workshop on Advanced Plasma Processes and Diagnostics, p. 17 (2014-7)
- Y.Mori, K.Nishida, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Inactivation of Aspergillus Niger and flavus spores using atmospheric-pressure radical source," The 19th Korea-Japan Workshop on Advanced Plasma Processes and Diagnostics, pp. 23-24 (2014-7)
- K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Electron spin resonance study of radical generation during non-thermal plasma blood coagulation," 17th Biennial Meeting of Society for Free Radical Research International (SFRRI 2014), p. 186 (2014-3)
- T.Ohta, H.Kato, K.Takeda, M.Ito, M.Hori, and M.Ito : "Molecular structure of microorganisms measured by multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-P11-05 (2014-5)
- K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Electron Spin Resonance Study of Plasma-Biological Surface Interactions under Atmospheric Pressure Plasmas," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-P02-1723-AO01 (2014-5)
- (Invited) M.Ito : "Cell-activity control based on neutral-radical dose," The 4th International Symposium for Plasma Biosciences, p. 33 (2014-8)
- S.Tajima, H.Hashizume, M.Ito, T.Ohta, K.Takada, K.Ishikawa, M.Sekine, and M.Hori : "The Effect of Neutral Species on Modification of the A549 and Saos-2 Growth and Proliferation," International Workshop on Diagnostics and Modeling for Plasma Medicine (DMPM2014), p. 02 (2014-5)
- T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Inactivation of micro-organisms treated by neutral oxygen species," International Symposium on Electrohydrodynamics 2014 (ISEHD2014), O28 (2014-6)
- M.Ito, H.Hashizume, T.Ohta, and M.Hori : "Quantitative inactivation-mechanisms of P.digitatum and A.niger spores based on atomic oxygen dose," 67th Annual Gaseous Electronics Conference, Vol.59, No.16, USB media (DT3.00004) (2014-11)
- T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Ito, and M.Hori : "Multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy for monitoring molecular structural change in biological samples," 67th Annual Gaseous Electronics Conference, Vol.59, No.16, USB media (MW1.00065) (2014-11)
- H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Dose-Dependent Effects of Neutral Oxygen Radicals on the Inactivation Process of P.Digitatum Spores," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, G3.02, Web site : <http://www.mrs.org/fall-2014-program-g/#tab2> (2014-12)
- T.Ohta, H.Hashizume, K.Ishikawa, K.Takeda, M.Ito, and M.Hori : "Molecular Structure of Budding Yeast Cell Measured by Multiplex Coherent Anti-Stokes Raman Scattering Microspectroscopy," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, G2.01 (2014-12)

【国内学会】

橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文 : 「酸素ラジカ

- ル照射による出芽酵母の増殖制御の解析」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, DVD-ROM (08-154)
- 橋爪博司, 岡有也, 唐渡卓也, 太田貴之, 竹田圭吾, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文:「酸素ラジカル殺菌におけるミドリカビ胞子の細胞内構造の観察」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, DVD-ROM (08-155)
- 唐渡卓也, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「中性酸素ラジカル照射による液中殺菌」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 DVD-ROM (19p-F2) (2014-3)
- (招待) 太田貴之, 橋爪博司, 竹田圭吾, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文:「農作物の鮮度保持を目指したプラズマ殺菌ケミストリーの解明」, 平成 26 年電気学会全国大会, S7-5 (2014-3)
- 唐渡卓也, 橋爪博司, 太田貴之, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文:「電子スピン共鳴法による中性酸素ラジカル照射溶液の解析」, 第 75 回秋季応用物理学会予稿集 DVD-ROM (20a-S8-1) (2014-9)
- 小林潤, 山内啓資, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「酸素ラジカル照射量による出芽酵母の活性化制御」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集 DVD-ROM (20a-S8-2) (2014-9)
- 森洋介, 西田圭佑, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「大気圧酸素ラジカル源によるコウジカビ胞子の殺菌」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, CD-ROM, 20a-S8-3 (2014-9)
- 唐渡卓也, 橋爪博司, 太田貴之, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文:「中性酸素ラジカル処理溶液中の活性種分析」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014 予稿集, p.2 (2014-11)
- 小林潤, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「酸素ラジカル照射量による出芽酵母の増殖効果」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014 予稿集, p. 14 (2014-11)
- 森洋介, 西田圭佑, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「酸素ラジカル照射によるコウジカビ胞子の殺菌」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014 予稿集, p.1 (2014-11)
- T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito: “Electron-spin-resonance analysis of liquid irradiated with reactive oxygen radicals for inactivating microorganism.” Plasma Conference 2014 USB media (18aF-2) (2014-11)
- J.Kobayashi, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito: “Growth effect of Saccharomyces cerevisiae with neutral oxygen-radical treatments.” Plasma Conference 2014, USB media (18aF-5) (2014-11)
- Y.Mori, T.Murata, and M.Ito: “Effect of atmospheric-pressure radical irradiation on cell growth of mouse NIH3T3 fibroblast.” Plasma Conference 2014, USB media (18aF-6) (2014-11)
- (招待) T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito: “Development of inactivation technology using plasma for freshness-keeping on post-harvest management.” 第 24 回日本 MRS 年次大会, A-I11-002 (2014-12)
- 児玉 哲司**
【その他】
- T.Ishida, T.Kawasaki, T.Kodama, T.Ikuta, and T.Tanji: “Phase reconstruction by an optical fiber array detector in STEM.” 9th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices’ 13 Proceedings, pp. 221-222 (2013-12)
- T.Kawasaki, T.Ishida, T.Matsutani, T.Kodama, K.Ogai, T.Ikuta, M.Ichihashi, and T.Tanji: “Experiments on focal depth extension of aberration-corrected scanning transmission electron microscope with annular aperture.” International Symposium on EcoTopia Science '13 Proceedings, p. 1061 (2013-12)
- T.Ishida, T.Kawasaki, T.Kodama, K.Ogai, T.Ikuta, and T.Tanji: “Wave front reconstruction by an optical fiber array detector in STEM.” International Symposium on EcoTopia Science '13 Proceedings, p. 1084 (2013-12)
- T.Kodama and, N.Osakabe: “Two-electron interference in coherent beams detected by a coincidence counting technique.” FIRST International Symposium on “Topological Quantum Technology” (2014-1)
- 石田高史, 川崎忠寛, 児玉哲司, 小粥啓子, 生田孝, 丹司敬義:「走査透過電子顕微鏡による環状アレイ型検出器を用いた位相再構成」, 日本顕微鏡学会第 57 回シンポジウム発表要旨集, p. 72 (2013-11)
- 金森大輝, 児玉哲司, 石田高史, 丹司敬義, 小粥啓子, 生田孝:「位相計測のための環状アレイ電子検出器の開発」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, E4-7 (2014-9)
- 清水 教之**
【学術論文】
- 村本裕二, 藤井庸平, 清水教之:「電気二重層内のイ

- オンの振る舞いー電気二重層の静電容量に及ぼす充電電圧波形と冷却の影響ー, 静電気学会誌, Vol.37, No.6, pp. 268-272 (2013-12)
- *土屋龍平, 村本裕二, 清水教之:「固化したアルコール水溶液の交流絶縁破壊特性」, 電気学会論文誌 A, Vol.134, No.3, pp. 154-161 (2014-3)
- 村本裕二, 岡洋佑, 村上祐一, 清水教之, 市原茂幸:「高電界パルス印加による大腸菌の伸長」, 静電気学会誌, Vol.38, No.2, pp. 108-112 (2014-3)
- *Takamasa T.Okumura, Yuji Y.Muramoto and N.Shimizu: “Dependency of Arabidopsis thaliana growth on DC Electric Field Intensity,” IEEE Transaction on Dielectric and Electric Insulation, Vol.21, No.2, pp. 913-917 (2014-3)
- 村本裕二, 室賀さちえ, 田邊顕, 清水教之:「シリコンゴムの電気トリー発生に及ぼす水分子形態の影響」, 電気学会論文誌 A, Vol.135, No.2 (2015-2) 掲載決定
- 【その他】
- 村上祐一, 村本裕二, 清水教之:「液体培地中の成分が高電界パルスによる大腸菌殺菌に及ぼす影響」, 平成 26 年電気学会全国大会, No.1-166 (2014-3)
- *土屋龍平, 村本裕二, 清水教之:「固化した 1, 3-プロパンジオール水溶液とグリセリン水溶液の交流絶縁破壊特性」, 平成 26 年電気学会全国大会, No.2-044 (2014-3)
- *武藤佳子, 村本裕二, 清水教之:「氷エレクトレットにおける電荷量とポーリング電圧との関係」, 平成 26 年電気学会全国大会, No.2-074 (2014-3)
- Y.Murakami, Y.Muramoto, and N.Shimizu: “Effect of Component of Liquid Sample on Sterilization of *E.coli* by High Electric Field Pulse,” Conference Proceedings of 2014 International Symposium on Electrical and Insulation Materials, (ISEIM'14), VA20, pp. 261-264 (2014-6)
- *Y.Muto, Y.Muramoto, and N.Shimizu: “Electric charge of ice electret,” 15th International Symposium on Electrets (ISE), P1.11 (2014-8)
- *武藤佳子, 橋本知昌, 村本裕二, 清水教之:「氷エレクトレットの電荷量に対するポーリング電圧及びポーリング時間の効果」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E1-2 (2014-9)
- 坂智弘, 村本裕二, 清水教之:「電気二重層内のイオンの配列が分解電圧に及ぼす影響」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E1-6 (2014-9)
- *橋本知昌, 村本裕二, 清水教之:「ポーリング時間と氷エレクトレットの電荷量との関係」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E2-3 (2014-9)
- *土屋龍平, 村本裕二, 清水教之:「固化したエチレングリコール水溶液の交流絶縁破壊特性」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E2-6 (2014-9)
- 村上祐一, 村本裕二, 清水教之:「電解質濃度が高電界パルスによる大腸菌殺菌に及ぼす影響」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.C2-9 (2014-9)
- 日比勇伸, 村本裕二, 清水教之:「焼成温度が ZnO を用いた色素増感太陽電池の特性に及ぼす影響」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E4-5 (2014-9)
- Y.Murakami, Y.Muramoto, and N.Shimizu: “Influence of Ion Concentration in Aqueous Solution on Sterilization of *E.coli* by High Electric Field Pulse,” 2014 IEEE Annual Report-Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, (CEIDP'14), 3C-1, pp. 228-231 (2014-10)
- *R.Tsuchiya, Y.Muramoto, and N.Shimizu: “A.C.Breakdown Voltage of Solidified Alcohol Aqueous-Solutions at 77K,” 2014 IEEE Annual Report-Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, (CEIDP'14), 8A-34, pp. 800-803 (2014-10)
- 中條 涉
- 【学術論文】
- D.Takeuchi, W.Chujo, S.Yamamoto, and Y.Koyamada: “Coherent synthesis of two continuous microwave signals generated by two optical beats,” IEICE Electron.Express, Vol.11, No.10, p. 20140209 (2014-05)
- 【その他】
- 小川雄紀, 中條涉, 真鍋武嗣, 山本伸一:「継続時間による 150m 短距離 60GHz 回線の降雨減衰と稼働率の評価」, 2014 年電子情報通信学会総合大会, B-1-17 (2014-03)
- 小川雄紀:「ミリ波通信・レーダーに適した 60GHz 地上短距離回線の降雨減衰特性と継続時間をパラメータとした稼働率の評価」, 平成 25 年度電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会 66 (2014-03)
- N.T.Nguyen: “Research on Synchronization of LED Parallel Visible Light Communication System,” IEEE Nagoya Chapter Midland Student Express 2014 Spring,

S3-2 (2014-04)

N.Tripathi, W.Chujo, T.Manabe, and S.Yamamoto : "Dual Frequency Techniques for Millimeter-Wave Satellite Communication during Rain Attenuation," 2014 Asian Workshop on Antennas and Propagation, P1-30 (2014-05)

T.Usami, N.Tripathi, and W.Chujo : "Frequency Accuracy of Incoherently Synthesized Microwave Signals by Optical Beats," 2014 Asian Workshop on Antennas and Propagation, P2-32 (2014-05)

中條渉, 真鍋武嗣, 山本伸一 : 「[チュートリアル講演] ミリ波衛星通信のための降雨減衰補償ダイバーシティ技術」, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会/衛星通信研究会, Vol.114, No.148, pp. 57-60 (2014-07)

グエンティエーグエン, 遠藤真輝, 服部和真, 中條渉 : 「CCD カメラを用いた LED 並列可視光通信システムの非同期通信方式」, 平成 26 年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, J3-5 (2014-09)

N.Kawagita : "Synchronization of LED visible light communication system with low-bit-rate CMOS camera," IEEE Nagoya Chapter Midland Student Express 2014 Autumn, S3-4 (2014-11)

W.Chujo, T.Manabe, and S.Yamamoto : "60-GHz Short-range Terrestrial Rainfall Attenuation Compared with K-band Long-distance Satellite Link," 2014 International Symposium on Antennas and Propagation, P0383 (2014-12)

都竹 愛一郎

【その他】

柄松裕作, 日紫喜勇輔, 都竹愛一郎 : 「地上デジタル放送波の到来角度の測定」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会, A-5-6 (2014-3)

日紫喜勇輔, 柄松裕作, 都竹愛一郎 : 「標準電波 JYJ の伝搬特性に関する研究」, 電子情報通信学会 2014 年総合大会, B-1-3 (2014-3)

柄松裕作, 日紫喜勇輔, 上松侑平, 都竹愛一郎 : 「地上デジタル放送波の到来方向推定」, 映像情報メディア学会年次大会, 21-5 (2014-9)

日紫喜勇輔, 柄松裕作, 恒川諒輔, 都竹愛一郎 : 「長波 JYJ 電波の 3 次元測定」, 映像情報メディア学会年次大会, 21-4 (2014-9)

柄松裕作, 日紫喜勇輔, 上松侑平, 都竹愛一郎 : 「地上デジタル放送波の到来方向の測定」, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, J1-8 (2014-9)

上松侑平, 柄松裕作, 恒川諒輔, 都竹愛一郎 : 「地上デジタル放送受信機の高性能化の検討 - 市販受信機との性能比較 -」, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, P01-17 (2014-9)

都竹愛一郎 : 「デジタル放送波伝搬解析」, 中部経済新聞 2014 年 10 月 21 日 3 面 研究現場発欄 (2014-10)

【特許】

都竹愛一郎 : 「電波時計の機能実行方法」, 出願番号 2013-263761 (2013-12)

平松 美根男

【学術論文】

H.J.Cho, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Sekine, M.Hiramatsu, and M.Hori : "Density control of carbon nanowalls grown by CH₄/H₂ plasma and their electrical properties," Carbon, Vol.68, 380-388, <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2013.11.014> (2014-3)

H.Shimoeda, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Hiramatsu, M.Sekine, and M.Hori : "Hierarchical regrowth of flowerlike nanographene sheets on oxygen-plasma-treated carbon nanowalls," Applied Physics Express, Vol.7, No.4, 046201, doi : 10.7567/APEX.7.046201 (2014-3)

H.Shimoeda, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Hiramatsu, M.Sekine, and M.Hori : "Nanostructure modification to carbon nanowall surface employing hydrogen peroxide solution," Japanese Journal of Applied Physics, Rapid Communications, Vol.53, No.4, 040305, doi : 10.7567/JJAP.53.040305 (2014-3)

H.J.Cho, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Sekine, M.Hiramatsu, and M.Hori : "Effects of nitrogen plasma post-treatment on electrical conduction of carbon nanowalls," Japanese Journal of Applied Physics, Rapid Communications, Vol.53, No.4, 040307, doi : 10.7567/JJAP.53.040307 (2014-3)

【その他】

(Invited) M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : "Carbon Nanowalls : Plasma Synthesis and Applications," 2014 International Workshop on Plasma Applications in Nanocarbon Materials and Devices (PANMD2014), Fukuoka Convention Center, Fukuoka (2014-2)

R.Tsukada, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : "Nucleation control of carbon nanowalls for device application," 8th International Conference on Reactive Plasmas/31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), Fukuoka Convention Center, Fukuoka,

- 5P-PM-S08-P09 (2014-2)
- Y.Kashima, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori :
“Fabrication of graphene films using microwave plasma-enhanced CVD in surface wave mode,” 8th International Conference on Reactive Plasmas/31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), Fukuoka Convention Center, Fukuoka, 6P-AM-S08-P28 (2014-2)
- J.Jolibois, J.Kularatne, H.Kano, M.Ito, M.Hiramatsu, H.Kondo, K.Ishikawa, and M.Hori : “Large-scale synthesis of nanographene using in-liquid plasma and chemical reduction process,” 8th International Conference on Reactive Plasmas/31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), Fukuoka Convention Center, Fukuoka, 6P-PM-S09-P11 (2014-2)
- Y.Kashima, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : “Fabrication of Graphene Films on Ni Layer by Microwave Plasma-Enhanced CVD,” 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2014/IC-PLANTS 2014), Meijo University, Nagoya, 03pP38 (2014-3)
- R.Tsukada, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : “Nucleation Control of Carbon Nanowalls Using Plasma-Enhanced CVD with Reduced Ion Bombardment,” 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2014/IC-PLANTS 2014), Meijo University, Nagoya, 03pP42 (2014-3)
- M.Tomatsu, R.Tsukada, M.Nagashima, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : “Biosensing Properties of Carbon Nanowalls Grown using Plasma Enhanced CVD,” 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2014/IC-PLANTS 2014), Meijo University, Nagoya, 03pP51LN (2014-3)
- S.Iwamoto, K.Yoshida, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : “Fabrication of Carbon Nanowalls for Fuel Cell Application,” 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2014/IC-PLANTS 2014), Meijo University, Nagoya, 03pP52LN (2014-3)
- K.Yoshida, M.Ito, M.Hiramatsu, T.Saida, H.Kano, H.Kondo, and M.Hori : “Synthesis of Nanographene/Pt Composite using Alcohol in-liquid Plasma,” 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2014/IC-PLANTS 2014), Meijo University, Nagoya, 04pP72LN (2014-3)
- J.Jolibois, J.Kularatne, H.Kondo, M.Ito, H.Kano, K.Ishikawa, M.Hiramatsu, and M.Hori : “Effect of Ar Flow Rate on the Synthesis of Nanographene Produced from In-liquid Plasma,” 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma 2014/IC-PLANTS 2014), Meijo University, Nagoya, 06aP12 (2014-3)
- M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : “Controlled Synthesis of Vertical and Planar Graphenes using Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition,” High-Tech Plasma Processes Conference (HTPP2014), Espaces Vanel, Arche Marengo, Toulouse, France (2014-6)
- (Invited) M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori : “Synthesis of Self-Organized Vertical Nano-Graphenes and their Emerging Applications,” 5th International Conference in Advanced Nanomaterials (ANM2014), University of Aveiro, Aveiro, Portugal (2014-7)
- 近藤博基, 下枝弘尚, 石川健治, 平松美根男, 関根誠, 堀勝 : 「カーボンナノウォールの結晶構造に対するラジカル酸化効果(Ⅲ)」, 第61回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学相模原キャンパス, 17p-D5-4 (2014-3)
- 天野智貴, 近藤博基, 竹田圭吾, 石川健治, 太田貴之, 伊藤昌文, 平松美根男, 加納浩之, 関根誠, 堀勝 : 「液中プラズマで合成したナノグラフェンを用いた燃料電池用電極の安定性」, 第61回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学相模原キャンパス, 18p-F7-9 (2014-3)
- 安藤睦, 小島和晃, 竹田圭吾, 近藤博基, 石川健治, 関根誠, 太田貴之, 伊藤昌文, 平松美根男, 加納浩之, 堀勝 : 「AC 励起アルコール液中プラズマにおけるナノグラフェン合成機構の解析」, 第61回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学相模原キャンパス, 19p-F3-7 (2014-3)

- (招待講演：チュートリアル) 平松美根男：「プラズマ CVD を用いた薄膜・構造体の作製」, 応用物理学会 婦プラズマエレクトロニクス分科会 第8回インキュベーションホール, 国立中央青少年交流の家 (2014-9)
- 今井駿, 近藤博基, 石川健治, 平松美根男, 関根誠, 堀勝：「白金微粒子担持カーボンナノウォールの電気化学特性」, 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学札幌キャンパス, 20a-S9-5 (2014-9)
- 東松真和, 加島洋平, 平松美根男, 近藤博基, 堀勝：「マイクロ波プラズマ CVD 法を用いたグラフェンの作製」, 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学札幌キャンパス, 20p-S9-1 (2014-9)
- 趙亨峻, 田嶋聡美, 近藤博基, 石川健治, 関根誠, 平松美根男, 堀勝：「アルゴン/フッ素ガスを用いたグラフェンエッジ終端のカーボンナノウォールの化学構造および電気的特性に対する効果」, 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学札幌キャンパス, 20p-S9-3 (2013-9)
- 大慶亮佑, 岩本翔太, 太田貴之, 伊藤昌文, 平松美根男, 近藤博基, 堀勝：「プラズマ CVD によって形成したカーボンナノウォールを用いた燃料電池の作製」, 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学札幌キャンパス, 20p-S9-5 (2014-9)
- M.Hori, H.Kondo, and M.Hiramatsu：「Surface modification of carbon nanowalls for their nano-bio applications」, 14th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2014), Garmisch-Partenkirchen, Germany (2014-9)
- H.Kondo, H.Shimoeda, K.Ishikawa, M.Hiramatsu, M.Sekine, and M.Hori：「Anisotropic etching and structural modification of carbon nanowalls by oxygen-related radicals」, 14th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2014), Garmisch-Partenkirchen, Germany (2014-9)
- (招待講演：チュートリアル) 平松美根男：「プラズマ CVD を用いた薄膜・構造体の作製」, 第8回プラズマナノ科学技術に関する学術講習会および講演会, 名古屋大学 VBL3 階ベンチャーホール (2014-10)
- H.Kondo, T.Amano, K.Ishikawa, M.Sekine, M.Hori, and M.Hiramatsu：「Controlled synthesis and electrocatalytic characteristics of Pt nanoparticles-supported nanographene synthesized by in-liquid plasma」, 67th Gaseous Electronics Conference (GEC67), Raleigh, USA (2014-11)
- M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori：「Growth of graphene-based films using afterglow of inductively coupled plasma」, 67th Gaseous Electronics Conference (GEC67), Raleigh, USA (2014-11)
- 東松真和, 加島洋平, 平松美根男, 近藤博基, 堀勝：「マイクロ波プラズマ CVD 法を用いたグラフェンの作製」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014, 名古屋大学, A15 (2014-11)
- 大慶亮佑, 岩本翔太, 太田貴之, 伊藤昌文, 平松美根男, 近藤博基, 堀勝：「カーボンナノウォールを用いた固体高分子型燃料電池の作製」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014, 名古屋大学, P11 (2014-11)
- H.Kondo, S.Imai, K.Ishikawa, M.Sekine, M.Hori, and M.Hiramatsu：「Controlled Synthesis and Fuel Cell Application of Carbon Nanowalls」, AVS 61st International Symposium & Exhibition (AVS61), Baltimore, USA (2014-11)
- Y.Kiheda, H.Kano, H.Kondo, M.Hori, H., Amano, and M.Hiramatsu：「High Density Radical Source for GaN Epitaxial Growth」, Plasma Conference 2014, 日本物理学会(領域2) 2014 年秋季大会応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会第32回プラズマプロセス研究会プラズマ・核融合学会第31回年会, 朱鷺メッセ, 新潟, 19aF-3 (2014-11)
- R.Okei, T.Ohta, M.Ito, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori：「Fabrication of polymer electrolyte fuel cell using carbon nanowalls」, Plasma Conference 2014, 日本物理学会(領域2) 2014 年秋季大会応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会第32回プラズマプロセス研究会プラズマ・核融合学会第31回年会, 朱鷺メッセ, 新潟, 20pF-4 (2014-11)
- M.Tomatsu, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori：「Fabrication of Graphene-based Films Using Afterglow of Inductively Coupled Plasma」, The 36th International Symposium on Dry Process (DPS2014), Pacifico Yokohama, P-46 (2014-11)
- H.Kondo, M.Hiramatsu, S.Imai, M.Sekine, and M.Hori：「Plasma-Enhanced Synthesis and Edge-Modification of Carbon Nanowalls for Nano-Bio Applications」, 2014 MRS Fall Meeting, Boston, USA (2014-12)
- M.Tomatsu, M.Hiramatsu, H.Kondo, and M.Hori：「Fabrication of Graphene-Based Films Using Remote Plasma」, The 24th Annual Meeting of MRS-J (2014) with the 1st E-MRS/MRS-J Bilateral Symposia, Yokohama Port Opening Plaza (2014-12)

村本 裕二

【学術論文】

村本裕二, 藤井庸平, 清水教之:「電気二重層内のイオンの振る舞いー電気二重層の静電容量に及ぼす充電電圧波形と冷却の影響ー」, 静電気学会誌, Vol.37, No.6, pp. 268-272 (2013-12)

*土屋龍平, 村本裕二, 清水教之:「固化したアルコール水溶液の交流絶縁破壊特性」, 電気学会論文誌 A, Vol.134, No.3, pp. 154-161 (2014-3)

村本裕二, 岡洋佑, 村上祐一, 清水教之, 市原茂幸:「高電界パルス印加による大腸菌の伸長」, 静電気学会誌, Vol.38, No.2, pp. 108-112 (2014-3)

*T.Okumura, Y.Muramoto, and N.Shimizu: "Dependency of *Arabidopsis thaliana* growth on DC Electric Field Intensity," IEEE Transaction on Dielectric and Electric Insulation, Vol.21, No.2, pp. 913-917 (2014-3)

Y.Murakami, Y.Muramoto, and N.Shimizu: "Effect of Component of Liquid Sample on Sterilization of E.coli by High Electric Field Pulse," Conference Proceedings of 2014 International Symposium on Electrical and Insulation Materials, (ISEIM'14), VA20, pp. 261-264 (2014-6)

Y.Murakami, Y.Muramoto, and N.Shimizu: "Influence of Ion Concentration in Aqueous Solution on Sterilization of E.coli by High Electric Field Pulse," 2014 IEEE Annual Report-Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, (CEIDP'14), 3C-1, pp. 228-231 (2014-10)

*R.Tsuchiya, Y.Muramoto, and N.Shimizu, "A.C.Breakdown Voltage of Solidified Alcohol Aqueous Solutions at 77K," 2014 IEEE Annual Report-Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, (CEIDP'14), 8A-34, pp. 800-803 (2014-10)

村本裕二, 室賀さちえ, 田邊顕, 清水教之:「シリコーンゴムの電気トリ-発生に及ぼす水分子形態の影響」, 電気学会論文誌 A, Vol.135, No.2, (2015-2) 掲載決定

【その他】

村上祐一, 村本裕二, 清水教之:「液体培地中の成分が高電界パルスによる大腸菌殺菌に及ぼす影響」, 平成 26 年電気学会全国大会, No.1-166 (2014-3)

*土屋龍平, 村本裕二, 清水教之:「固化した 1, 3-プロパンジオール水溶液とグリセリン水溶液の交流絶縁破壊特性」, 平成 26 年電気学会全国大会, No.2-044 (2014-3)

*武藤佳子, 村本裕二, 清水教之:「水エレクトレット

における電荷量とポーリング電圧との関係」, 平成 26 年電気学会全国大会, No.2-074 (2014-3)

*Y.Muto, Y.Muramoto, and N.Shimizu: "Electric charge of ice electret," 15th International Symposium on Electrets (ISE), P1.11 (2014-8)

*武藤佳子, 橋本知昌, 村本裕二, 清水教之:「水エレクトレットの電荷量に対するポーリング電圧及びポーリング時間の効果」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E1-2 (2014-9)

坂智弘, 村本裕二, 清水教之:「電気二重層内のイオンの配列が分解電圧に及ぼす影響」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E1-6 (2014-9)

*橋本知昌, 村本裕二, 清水教之:「ポーリング時間と水エレクトレットの電荷量との関係」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E2-3 (2014-9)

*土屋龍平, 村本裕二, 清水教之:「固化したエチレングリコール水溶液の交流絶縁破壊特性」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E2-6 (2014-9)

村上祐一, 村本裕二, 清水教之:「電解質濃度が高電界パルスによる大腸菌殺菌に及ぼす影響」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.C2-9 (2014-9)

日比勇伸, 村本裕二, 清水教之:「焼成温度が ZnO を用いた色素増感太陽電池の特性に及ぼす影響」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, No.E4-5 (2014-9)

山崎 初夫

【その他】

加藤良幸, 小椋有記, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の日常的コンピテンスに必要とされる認知機能の測定法」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-37 (2014-9)

小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定・評価による高齢者の訓練効果の検討」, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 生体計測・医療・福祉支援, Po1-38 (2014-9)

小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「自動車運転時の認知機能測定・評価システムによる高齢者の訓練効果の検討」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 対話発表(ポスター

発表), 2504P, pp.525-528 (2014-9)

小椋有記, 加藤良幸, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「運転時の認知機能測定・評価システムによる高齢者の訓練効果の検証」, 第12回 ITS シンポジウム 2014 講演論文集, 対話セッション 2-2, 2-2B. ドライバ行動(2), 2-2B-07 (2014-12)

加藤良幸, 小椋有記, 山崎初夫, 山田宗男, 中野倫明:「高齢者の日常生活に必要な認知機能の評価の一検討」, 2014年映像情報メディア学会冬季大会, 第11部門 ヒューマンインフォメーション(視覚特性および映像・画像評価), 11-4-4 (2014-12)

飯岡 大輔

【その他】

飯岡大輔, 亀谷哲郎, 雪田和人, 山脇宏:「計測手法・センシング技術の動向 ～各種センサの計測手法・センシング技術～」, 電気学会メタボリズム社会・環境システム研究会, MES-14-002 (2014-1)

雪田和人, 山脇宏, 飯岡大輔, 亀谷哲郎:「計測手法・センシング技術の動向 2 - エネルギーマネジメントシステム -」, 電気学会メタボリズム社会・環境システム研究会, MES-14-003 (2014-1)

林直輝, 飯岡大輔:「瞬低時 PCS 出力電流の高調波成分とスイッチング方式の関係」電気学会全国大会講演論文集, 6-157, CD-ROM (2014-3)

続木裕之, 飯岡大輔:「限流器復帰時に発生する同期発電機電氣的トルク変動の抑制手法に関する検討」, 電気学会全国大会講演論文集, 6-268, CD-ROM (2014-3)

N.Hayashi and D.Iioka: "Impact of Conditions of Power System and PCS on Transient Harmonic Current Immediately After Voltage Sag," Proceedings of the 20th International Conference on Electrical Engineering ICEE, P-PS1-15, PSMSA-1164, CD-ROM (2014-6)

林直輝, 飯岡大輔:「PCS 連系システムの瞬時電圧低下により重畳する高調波成分とウェーブレット係数との関係」, 電気設備学会全国大会講演論文集, F-17, CD-ROM (2014-8)

続木裕之, 飯岡大輔:「IGBT 型半導体限流器のインピーダンス制御に関する実験的検討」, 電気設備学会全国大会講演論文集, E-14, CD-ROM (2014-8)

林直輝, 飯岡大輔:「瞬低時 PCS 出力電流のウェーブレット解析と PWM 制御方式との関係」, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, B1-5, CD-ROM (2014-9)

続木裕之, 飯岡大輔:「同期発電機を有する需要家の

瞬低補償に用いる限流器の復帰動作と限流抵抗との関係」, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, B3-1, CD-ROM (2014-9)

林直輝, 飯岡大輔:「計算機シミュレーションにより得られた瞬低時 PCS 出力電流の周波数解析」, 電気学会電力・エネルギー部門大会講演論文集, 364, CD-ROM (2014-9)

続木裕之, 飯岡大輔:「IGBT 型半導体限流器が生じるインピーダンスのゲート電圧依存性に関する実験的検討」, 電気学会電力・エネルギー部門大会講演論文集, 364, CD-ROM (2014-9)

林直輝, 飯岡大輔:「瞬低時 PCS 出力電流のウェーブレット解析結果の有効利用に関する検討」, 電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会, PE-14-186/PSE-14-186 (2014-9)

続木裕之, 北川健太, 飯岡大輔:「同期発電機を有する需要家に導入する IGBT 型半導体限流器による瞬低補償の実現可能性に関する検討」, 電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会, PE-14-127/PSE-14-127 (2014-9)

太田 貴之

【学術論文】

H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito: "Oxidation mechanism of Penicillium digitatum spores through neutral oxygen radicals," Japanese Journal of Applied Physics, 53 (2014) 010209: 1-6 (2014-1)

R.Shimane, S.Kumagai, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, M.Hori, and M.Sasaki: "Localized plasma irradiation through a micronozzle for individual cell treatment," Japanese Journal of Applied Physics, 53 (2014) 11RB03: 1-5 (2014-11)

【国際会議】

(Invited) T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito: "Control of cellular activities by oxygen radical treatment," International workshop on control of fluctuation of plasma processes -Joint International Workshop between "Frontier science of interactions between plasmas and nano-interfaces" and "Plasma medical innovation"-8th ICRP (8th International Conference on Reactive Plasmas)/31st SPP (31st Symposium on Plasma Processing), Fukuoka Convention Center, Fukuoka, Japan, February 3-7, 2014, 3B-WS-04 (2014-2)

(Invited) K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine,

- and M.Hori : "Electron spin resonance analysis of plasma-biological material interactions in atmospheric pressure plasma," International workshop on control of fluctuation of plasma processes -Joint International Workshop between "Frontier science of interactions between plasmas and nano-interfaces" and "Plasma medical innovation" -8th ICRP (8th International Conference on Reactive Plasmas)/31st SPP (31st Symposium on Plasma Processing), Fukuoka Convention Center, Fukuoka, Japan, 3B-WS-07 (2014-2)
- H.Kato, T.Ohta, K.Takeda, H.Hashizume, M.Hori, and M.Ito : "Vibrational analysis of biological samples using multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5P-PM-S12-P35) (2014-2)
- H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Fluorescent and structural observations of P.digitatum spores inactivated with oxygen radical treatment," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5A-PM-O2) (2014-2)
- T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Effects of oxygen radical treatment in liquid phase on inactivation of microorganism," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5P-PM-S12-P35) (2014-2)
- J.Kularatne, J.Jolibois, T.Ohta, M.Ito, H.Kano, K.Takeda, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Sekine, and M.Hori : "Effect of power supply on metal emission intensity induced by non-equilibrium atmospheric pressure plasma," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (6P-PM-S09-P12) (2014-2)
- S.Tajima, M.Sekine, H.Hashizume, M.Ito, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, and M.Hori : "Isolation of Neutral Species Generated from the Ar/O₂ Non-Equilibrium Atmospheric-Pressure Micro Hollow-Cathode Discharge for the Modification of the A549 Cells," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (6P-AM-SPD-P06) (2014-2)
- T.Ohta, H.Kato, T.Tsutsumi, K.Takeda, M.Hori, and M.Ito : "Accuracy of substrate temperature measurement using optical low coherence interferometry," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5P-AM-S02-P04) (2014-2)
- K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Chemical analyses of edible meat irradiated atmospheric-pressure-plasmas," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5A-PM-O1) (2014-2)
- T.Tsutsumi, K.Ishikawa, K.Takeda, T.Ohta, M.Ito, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Rapid non-contact measurements of heat fluxes to substrate in nitrogen plasmas," 8th International Conference on Reactive Plasmas and 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), USB media (5B-PM-O2) (2014-2)
- T.Amano, K.Takeda, H.Kondo, K.Ishikawa, T.Ohta, M.Ito, H.Kano, M.Hiramatsu, M.Sekine, and M.Hori : "Electro Catalytic Properties of Pt-supported Nanographene Synthesis Using in-liquid Plasma," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (05aB06O) (2014-3)
- R.Shimane, S.Kumagai, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, M.Hori, and M.Sasaki : "MEMS Nozzle for Localized Irradiation of Atmospheric Pressure, Plasma Trapping Micro-Samples," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (06aB06OLN) (2014-3)
- A.Ando, K.Tanaka, H.Kondo, K.Ishikawa, M.Sekine, T.Ohta, M.Ito, M.Hiramatsu, H.Kano, and M.Hori : "Spectroscopic Analysis of Gas-liquid Plasma for Nanographene Synthesis," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (06aD03O) (2014-3)
- T.Tsutsumi, K.Ishikawa, K.Takeda, T.Ohta, M.Ito, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Measurement of Heat Fluxes of Si Substrate from Plasma by Using Frequency Low Coherence Interferometer," 6th

- International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (03pP29) (2014-3)
- H.Kato, T.Ohta, K.Takeda, H.Hashizume, M.Hori, and M.Ito : "Vibrational analysis of biological samples treated with atmospheric pressure plasma using multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP05) (2014-3)
- H.Takemura, T.Ohta, M.Ito, H.Kano, Y.Higashijima, G.Piao, O.Oda, and M.Hori : "Detection Method for Metallic Elements in Fishes using Non-Equilibrium Atmospheric Pressure Microplasma," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (06aP26) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Fluorescent analysis of inactivation mechanism of *P.digitatum* spores treated with oxygen radicals," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP18) (2014-3)
- T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Effects of oxygen radical treatment in liquid phase on inactivation of *E.coli*," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP17) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Nanostructural observation of *P.digitatum* spores on the inactivation process with oxygen radical treatment," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP19) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Promotion and repression effects of oxygen radical treatment on budding yeast cells," 6th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials/7th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2014/IC-PLANTS2014), CD-ROM (04pP20) (2014-3)
- H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Microscopic observation of inactivation process of fungal spores treated with oxygen radicals produced from an atmospheric-pressure plasma," 17th Biennial Meeting of Society for Free Radical Research International (SFRRRI 2014), p. 123 (2014-3)
- K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Electron spin resonance study of radical generation during non-thermal plasma blood coagulation," 17th Biennial Meeting of Society for Free Radical Research International (SFRRRI 2014), p. 186 (2014-3)
- T.Ohta, H.Kato, K.Takeda, M.Ito, M.Hori, M.Hori, and M.Ito : "Molecular structure of microorganisms measured by multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-P11-05 (2014-5)
- K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Electron Spin Resonance Study of Plasma-Biological Surface Interactions under Atmospheric Pressure Plasmas," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-P02-1723-AO01 (2014-5)
- H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Inactivation process of *P.digitatum* spores evaluated by dose of ground-state atomic oxygen," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-BO12 (2014-5)
- H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Proliferation mechanism of budding yeast cells with oxygen radical treatment," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), 19-P02-17 (2014-5)
- T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, K.Takada, K.Ishikawa, M.Hori, and Masafumi M.Ito : "Inactivation of microorganism in liquid treated with neutral reactive oxygen species," 5th international conference on plasma medicine (ICPM5), (20-P03-03) (2014-5)

- (Invited) H.Hashizume, T.Towatari, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Quantitative evaluation of the inactivation process of *P.digitatum* spores on the basis of dose of ground-state atomic oxygen," International Workshop on Diagnostics and Modeling for Plasma Medicine (DMPM2014), p. 49 (2014-5)
- S.Tajima, H.Hashizume, M.Ito, T.Ohta, K.Takada, K.Ishikawa, M.Sekine, and M.Hori : "The Effect of Neutral Species on Modification of the A549 and Saos-2 Growth and Proliferation," International Workshop on Diagnostics and Modeling for Plasma Medicine (DMPM2014), P02 (2014-5)
- T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Inactivation of micro-organisms treated by neutral oxygen species," International Symposium on Electrohydrodynamics 2014 (ISEHD2014), O28 (2014-6)
- J.Kobayashi, K.Yamauchi, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Growth-activation of budding yeast cells using oxygen radical source," The 19th Korea-Japan Workshop on Advanced Plasma Processes and Diagnostics, p. 17 (2014-7)
- Y.Mori, K.Nishida, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito : "Inactivation of *Aspergillus Niger* and *flavus* spores using atmospheric-pressure radical source," The 19th Korea-Japan Workshop on Advanced Plasma Processes and Diagnostics, pp. 23-24 (2014-7)
- K.Ishikawa, H.Hashizume, T.Ohta, M.Ito, H.Tanaka, K.Takeda, S.Tajima, H.Kondo, M.Sekine, and M.Hori : "Plasma-Biological Material Interactions Studied by Employing Electron Spin Resonance (ESR) Technique," The XXII Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMP19), P1-04-05 (2014-7)
- T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, M.Hori, and M.Ito : "Effect of neutral oxygen radical treatment on cellular activity of budding yeast cells," The 15th IUMRS-ICA (International Union of Materials Research Societies, International Conference in Asia), D2-O26-006 (2014-7)
- (Invited) T.Ohta, M.Ito, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, and M.Hori : "Control of Cell Viability Treated by Neutral Oxygen Species," The eleventh International Conference on Flow Dynamics (ICFD2014), OS6-8 (2014-10)
- M.Ito, H.Hashizume, T.Ohta, and M.Hori : "Quantitative inactivation-mechanisms of *P.digitatum* and *A.niger* spores based on atomic oxygen dose," 67th Annual Gaseous Electronics Conference, Vol.59, No.16, USB media (DT3.00004) (2014-11)
- T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Ito, and M.Hori : "Multiplex coherent anti-Stokes Raman scattering microspectroscopy for monitoring molecular structural change in biological samples," 67th Annual Gaseous Electronics Conference, Vol.59, No.16, USB media (MW1.00065) (2014-11)
- H.Hashizume, T.Ohta, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito : "Dose-Dependent Effects of Neutral Oxygen Radicals on the Inactivation Process of *P.Digitatum* Spores," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, G3.02 (2014-12)
- T.Ohta, H.Hashizume, K.Ishikawa, K.Takeda, M.Ito, and M.Hori : "Molecular Structure of Budding Yeast Cell Measured by Multiplex Coherent Anti-Stokes Raman Scattering Microspectroscopy," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, G2.01 (2014-12)
- T.Ohta, H.Fujita, K.Ishikawa, K.Takeda, and M.Hori : "Mass-Spectral Changes of Protein Treated by Non-Equilibrium Atmospheric Pressure Plasma," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, G1.07 (2014-12)
- A.Oda, S.Kawaguchi, K.Satoh, H.Kousaka, and T.Ohta : "Computational Study on Fundamental Properties in Capacitively-Coupled Radio-Frequency Tetramethylsilane Plasmas for Diamond-Like Carbon Film Coatings," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, G5.02 (2014-12)
- T.Ohta, Y.Sago, A.Oda, and H.Kousaka : "Diagnostics of Metastable Ar Atom with Diode Laser Absorption Spectroscopy in RF Magnetron Carbon Sputtering Plasma," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, G5.08 (2014-12)
- 【国内学会】
- 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文 : 「酸素ラジカル照射による出芽酵母の増殖制御の解析」, 第61回応用物理学会春季学術講演会予稿集, DVD-ROM (08-154)
- 橋爪博司, 岡有也, 唐渡卓也, 太田貴之, 竹田圭吾, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文 : 「酸素ラジカル殺菌におけるミドリカビ胞子の細胞内構造の観察」, 第61回応用物理学会春季学術講演会予稿集, DVD-ROM (08-155)
- 唐渡卓也, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文 : 「中性酸素ラジカル照射による液中殺菌」, 第61回応用

- 物理学会春季学術講演会予稿集 DVD-ROM (19p-F2) (2014-3)
- (招待) 太田貴之, 橋爪博司, 竹田圭吾, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文:「農作物の鮮度保持を目指したプラズマ殺菌ケミストリーの解明」, 平成 26 年電気学会全国大会, S7-5 (2014-3)
- 唐渡卓也, 橋爪博司, 太田貴之, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文:「電子スピン共鳴法による中性酸素ラジカル照射溶液の解析」, 第 75 回秋季応用物理学会予稿集 DVD-ROM (20a-S8-1) (2014-9)
- 小林潤, 山内啓資, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「酸素ラジカル照射量による出芽酵母の活性化制御」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集 DVD-ROM (20a-S8-2) (2014-9)
- 森洋介, 西田圭佑, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「大気圧酸素ラジカル源によるコウジカビ胞子の殺菌」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, CD-ROM, 20a-S8-3 (2014-9)
- 唐渡卓也, 橋爪博司, 太田貴之, 石川健治, 堀勝, 伊藤昌文:「中性酸素ラジカル処理溶液中の活性種分析」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014 予稿集, p.2 (2014-11)
- 小林潤, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「酸素ラジカル照射量による出芽酵母の増殖効果」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014 予稿集, p.14 (2014-11)
- 森洋介, 西田圭佑, 橋爪博司, 太田貴之, 堀勝, 伊藤昌文:「酸素ラジカル照射によるコウジカビ胞子の殺菌」, 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2014 予稿集, p.1 (2014-11)
- T.Towatari, H.Hashizume, T.Ohta, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito: “Electron-spin-resonance analysis of liquid irradiated with reactive oxygen radicals for inactivating microorganism,” Plasma Conference 2014 USB media (18aF-2) (2014-11)
- J.Kobayashi, H.Hashizume, T.Ohta, M.Hori, and M.Ito: “Growth effect of Saccharomyces cerevisiae with neutral oxygen-radical treatments,” Plasma Conference 2014, USB media (18aF-5) (2014-11)
- Y.Mori, T.Murata, and M.Ito: “Effect of atmospheric-pressure radical irradiation on cell growth of mouse NIH3T3 fibroblast,” Plasma Conference 2014, USB media (18aF-6) (2014-11)
- (招待) T.Ohta, H.Hashizume, K.Takeda, K.Ishikawa, M.Hori, and M.Ito: “Development of inactivation technology using plasma for freshness-keeping on post-harvest management,” 第 24 回日本 MRS 年次大会, A-I11-002 (2014-12)
- 堀田 一弘**
【学術論文】
- K.Chigusa and K.Hotta: “An Asbestos Counting Method in Building Materials by Integrating Various Kinds of Classifiers,” Journal of Signal Processing, Vol.18, No.1, pp.57-62 (2014-1)
- T.Omiya and K.Hotta: “Image Labeling by Integration of Local Co-occurrence Histogram and Global Features,” Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.18, No.4, pp.511-517 (2014-4)
- 丹羽貴也, 堀田一弘:「文脈情報を用いた教師付データが少ない場合に有効な細胞内画像からの輝点検出」, 電気学会論文誌 C, Vol.134, No.11, pp.1731-1737 (2014-11)
- T.Okabe and K.Hotta: “Melanosome Tracking Using Automatic Error Correction,” IEICE Trans.on Information and Systems, Vol.E97-D, No.12 (2014-12)
- 【査読付き国際会議】
- Y.Tani and K.Hotta: “Robust Human Detection to Pose and Occlusion Using Bag-of-Words,” International Conference on Pattern Recognition (ICPR2014), pp.4376-4381 (2014-8)
- S.Kumagai and K.Hotta: “HLAC between Cells of HOG Feature for Crowd Counting,” International Symposium on Visual Computing (ISVC2014), Lecture Notes in Computer Science, Vol.8887, pp.688-697 (2014-12)
- 【その他】
- 熊谷章平, 堀田一弘:「HOG 特徴量間の高次局所自己相関と PLS 回帰を用いた監視カメラ中の群衆計数」, 画像センシングシンポジウム (SSII2014) (2014-6)
- 熊谷章平, 堀田一弘:「性質の異なる計数手法を用いた細胞内画像中の粒子計数」, バイオイメージングフォーマティックス, (2014-6)
- 堀田一弘, Larry S.Davis:「テスト画像の識別に有効な特徴量の強調による対象識別」, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2014), SS2-35 (2014-7)
- 谷雄太, 堀田一弘:「Bag of Words に基づく大きさ違いによるノイズを軽減した人検出」, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2014), SS2-55 (2014-7)
- 尾宮匠人, 石田貴大, 堀田一弘:「K-NN による大域情報と局所情報を統合した画像ラベリング」, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2014), SS1-40

(2014-7)

熊谷章平, 堀田一弘:「PLSにより生成された回帰に有効な部分空間を用いた群衆計数」, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2014), SS3-19 (2014-7)

村田 英一

【その他】

K.Ichiki, M.Ishigami, R.Inagaki, H.Murata, and H.Shimoyama: "Analysis of a magnetic field superposed objective cathode lens using boundary charge method and boundary magnetic charge method." 9th Intern. Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '13 (ALC '13) Activity report of ALC' 13, pp.03P30-1-03P30-5 (2013-12)

K.Watanabe, Y.Emura, H.Murata, E.Rokuta, H.Shimoyama, H.Yasuda, and T.Haraguchi: "Development of LaB6 Schottky emission electron gun with high brightness and high beam current." 9th Intern.Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices'13 (ALC '13) Activity report of ALC' 13, pp. 03P38-1-03P38-4 (2013-12)

H.Murata, M.Ishigami, and H.Shimoyama: "Development of boundary magnetic charge method for computing fields in saturated magnetic materials." 9th International Conference on Charged Particle Optics (CPO-9), p. 92 (2014-9)

T.Nakashima, H.Murata, H.Suhara, and H.Shimoyama: "Method of estimating charge density distribution on dielectric surface." 9th International Conference on Charged Particle Optics (CPO-9), p. 85 (2014-9)

Y.Emura, H.Murata, E.Rokuta, H.Shimoyama, H.Yasuda, and T.Haraguchi: "Determination of geometrical form factor of emitter from Schottky plot." Proceedings of the 18th International Microscopy Congress, IT-1-P-6004 (2014-9)

古川和人, 熊谷成輝, 村田英一, 浅井泰尊, 加藤秀次, 六田英治, 下山宏:「Field Emission Spectroscopy用高精度制御電源装置の開発」, 平成26年度電気関係学会東海支部連合大会 F3-7, 同講演論文集(CD-ROM)F3-7 (2014-9)

江村泰明, 村田英一, 六田英治, 下山宏, 安田洋, 原口岳士:「ショットキー放出 LaB6 電子銃の電子放出実験」, 2014年秋季<第75回>応用物理学会学術講演会 19p-A14-8, 同講演予稿集(CD-ROM), p. 07-096 (2014-9)

古川和人, 熊谷成輝, 村田英一, 浅井泰尊, 加藤秀

次, 六田英治, 下山宏:「Field Emission Spectroscopy用高精度制御電源装置の開発」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.114, No.262 (信学技法, ED2014), pp.29-34 (2014-10)

【特許】

須原浩之, 村田英一, 下山宏:「表面電荷分布および表面電荷分布の測定装置」, 特許第5564221号, 登録日:平成26年6月20日

須原浩之, 田中宏昌, 村田英一, 下山宏:「表面電荷分布および表面電荷分布の測定装置」, 特許第5568419号, 登録日:平成26年6月27日

材料機能工学科

赤堀 俊和

【学術論文】

大口友里恵, 赤堀俊和, 服部友一, 福井壽男, 新家光雄:
「微粒子衝突処理による生体用 β 型 Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr 合金の機械的強度と骨接触性の変化」, 日本金属学会誌, 78, pp.163-169 (2014)

赤堀俊和, 福井壽男:「単純固溶化処理した歯科用 Ag-Pd-Cu-Au-Zn 系合金のミクロ組織」, 名城大学総合研究所 紀要, 19, pp.101-105 (2014)

【その他】

安田智弥, 赤堀俊和, 福井壽男, 新家光雄, 稗田純子:「異なる鑄型で精密鑄造した低カラット貴金属合金の機械的強度および溶体化処理の関係」, 社団法人日本金属学会 2014 年春期講演概要集, CD-ROM (2014)

安田智弥, 星谷優志, 赤堀俊和, 福井壽男, 新家光雄, 稗田純子:「種々の鑄造および溶解条件で作製した歯科用 Ag 合金のミクロ組織と機械的強度の関係」, 社団法人日本金属学会 2014 年秋期講演, CD-ROM (2014)

星谷優志, 赤堀俊和, 福井壽男, 新家光雄:「新しく開発された市販の歯科用銀合金のミクロ組織および機械的強度に及ぼす固溶化処理の影響」, 日本歯科理工学会誌, 33, p.478 (2014)

赤堀俊和:「単純固溶化処理による歯科用低カラット合金の特異強化機構発現とその応用」, 公益財団法人日比科学技術振興財団 生活環境向上のための研究報告書, 16, pp.43-42 (2014)

T.Yasuda, T.Akahori, Y.Hoshiya, T.Hattori, and H.Fukui :
“Effect of cooling rates after casting and subsequent Solution Treatment on Microstructure and Mechanical Strength of Dental Silver Alloys with different Cu contents,” Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.636 (2014-9)

Y.Hoshiya, T.Akahori, T.Yasuda, T.Hattori, and H.Fukui :
“Change in Microstructure and Mechanical Strength of Substitution Material for Dental Precious Alloys Fabricated by Solidification under Various Conditions,” Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.637 (2014)

A.Ito, Y.Kato, T.Hattori, T.Akahori, N.Kimata, and K.Sato :
“Animal Experiment on In-vivo Galvanic Corrosion of SUS316L and Ti-6Al-4V -Surface observation and EPMA element mapping analysis-,” Proceedings of the 25th

European Conference on Biomaterials, p.678 (2014)

Y.Kato, A.Ito, T.Hattori, T.Akahori, N.Kimata, and K.Sato :
“Animal Experiment on In-vivo Galvanic Corrosion of SUS316L and Ti-6Al-4V -Observation of tissue reaction at 52 weeks after implantation-,” Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.676 (2014)

T.Akahori, Y.Oguchi, T.Hattori, H.Fukui, and M.Niinomi :
“Mechanical Strength and Microstructure of Biomedical Beta-type Ti Alloy Subjected to Fine Particle Bombarding,” Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.678 (2014)

岩谷 素頭

【学術論文】

M.Iwaya, T.Yamamoto, D.Tanaka, D.Iida, S.Kamiyama, T.Takeuchi, and I.Akasaki :
“Control of crystallinity of GaN grown on sapphire substrate by metalorganic vapor phase epitaxy using in situ X-ray diffraction monitoring method,” Journal of Crystal Growth, Volume 401, pp.367-371 (2014-9)

T.Morishita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki :
“Homoepitaxial growth of AlN layers on freestanding AlN substrate by metalorganic vapor phase epitaxy,” Journal of Crystal Growth, Volume 390, pp.46-50 (2014-3)

T.Yamamoto, D.Iida, Y.Kondo, M.Sowa, S.Umeda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki :
“In situ X-ray diffraction monitoring of GaInN/GaN superlattice during organometallic vapor phase epitaxy growth,” Journal of Crystal Growth, Volume 393, pp.108-113 (2014-5)

T.Morishita, K.Sato, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki :
“Improvement of light extraction efficiency of 350-nm emission UV light-emitting diodes,” physica status solidi (c) Volume 11, Issue 3-4, pp.836-839 (2014-4)

D.Iida, S.Kawai, N.Ema, T.Tsuchiya, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki :
“Laser lift-off technique for freestanding GaN substrate using an In droplet formed by thermal decomposition of GaInN and its application to light-emitting diodes,” Appl.Phys.Lett.105, 072101 (2014)

M.Watanabe, K.Nakajima, M.Kaga, Y.Kuwano,

- D.Minamikawa, T.Suzuki, K.Yamashita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Over 1000 channel nitride-based micro-light-emitting diode arrays with tunnel junctions," *Jpn.J.Appl.Phys.*, 53, 05FL06
- T.Kondo, T.Kitano, A.Suzuki, M.Mori, K.Naniwae, S.Kamiyama, M.Iwaya, T.Takeuchi, and I.Akasaki, "Advantages of the moth-eye patterned sapphire substrate for the high performance nitride based LEDs," *physica status solidi (c)*, Volume 11, Issue 3-4, pp.771-774 (2014-4)
- H.Kurokawa, M.Kaga, T.Goda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, I.Akasaki, and H.Amano : "Multijunction GaInN-based solar cells using a tunnel junction," *Appl. Phys.Express* 7 034104
- 竹内哲也, 岩谷素顕, 上山智, 天野浩, 赤崎勇 : 「分極制御 AlGa_N : 層設計と結晶成長」, *日本結晶成長学会誌*, Vol.41, pp.146-154 (2014)
- 【その他】
- T.Morishita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Homoepitaxial growth of AlN layers using by metalorganic vapor phase epitaxy on freestanding AlN substrate," *Proc.SPIE* 8986, Gallium Nitride Materials and Devices IX, 898607
- T.Takeuchi, D.Minamikawa, Y.Kuwano, M.Watanabe, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "An alternative hole injection : Nitride-based tunnel junctions," *International conference on metamaterials and nanophysics 2014, Varadero, Cuba*, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Nitride-based optoelectronic devices utilizing tunnel junctions," *2014 Lester Eastman Conference on High Performance Devices, Ithaca, USA*, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Nitride-based tunnel junctions as an alternative hole injection," *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Laser Illuminations : Prospects of Blue VCSELs," *LED JAPAN Strategies in Light 2014, Yokohama, Japan*, (2014)
- T.Murase, M.Ishiguro, T.Yamada, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Nitride-based hetero-effect-transistor type Photosensors with extremely high photosensitivity and complete solar blind," *ISplasma, Nagoya, Japan*, (2014)
- Y.Kuwano, M.Ino, T.Morita, D.Minamikawa, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, and I.Akasaki : "Current confinement by nitride-based buried tunnel junction," *ISplasma, Nagoya* (2014)
- D.Minamikawa, Y.Kuwano, S.Kawai, T.Morita, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Low resistive GaInN tunnel junctions with high InN mole fractions," *ISplasma, Nagoya* (2014)
- T.Nakashima, K.Takeda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Improvement of the light extraction efficiency in 350-nm-emission UV light-emitting diodes by novel distributed Bragg reflector p-type electrode," *ISplasma, Nagoya* (2014)
- K.Kozaki, H.Kurokawa, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, H.Amano, and I.Akasaki : "Fabrication of nonpolar m-plane GaInN-based solar cells on free standing m-plane GaN substrate," *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- D.Minamikawa, M.Ino, S.Kawai, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, and I.Akasaki : "GaInN-based tunnel junctions with high InN mole fractions," *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- Y.Yamamoto, T.Murase, M.Ishiguro, T.Yamada, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : "Demonstration of flame detection under solar irradiation using externally high sensitivity and low dark current AlGa_N HFET photosensor," *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- T.Yasuda, K.Hayashi, S.Katsuno, T.Nahashima, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, I.Akasaki, and H.Amano : "Band Engineering Considering Negative and Positive Polarization Charges in UV-LEDs," *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- S.Kamiyama, M.Iwaya, T.Takeuchi, and I.Akasaki [Invited talk] : "Growth and characterization of fluorescent SiC as a high color-rendering phosphor material," *The Collaborative Conference on Crystal Growth 2014, Phuket, Thailand*, (2014-11)
- S.Kamiyama, M.Iwaya, T.Takeuchi, and I.Akasaki [Invited talk] : "Growth and optical characterization of fluorescent SiC for white LED application," *Materials Research Society Fall Meeting, Boston, USA* (2014-11, 12)
- M.Iwaya, H.Kurokawa, Y.Katsu, T.Yamamoto, Tetsuya Takeuchi, Satoshi Kamiyama, Isamu Akasaki, Hiroshi Amano [invited talk] "Realization of the high conversion

- efficiency solar cells using high InN molar fraction GaInN active layer,” SPIE Photonics West 2014, San Francisco, USA, (2014-2)
- M.Iwaya, T.Murase, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki [invited talk]: “Development of nitride-based photosensor,” International Conference on Metamaterials and Nanophysics, Varadero, Cuba, (2014-4, 5)
- 上山智, 岩谷素顕, 竹内哲也, 赤崎勇 [招待講演]: 「蛍光 SiC の窒化物系白色 LED への応用に向けた研究」, 第 61 回春季応用物理学会学術講演会シンポジウム, 相模原, (2014-3)
- 南川大智, 桑野有香, 河合俊介, 森田隆俊, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「高 InN モル分率 GaInN を用いたトンネル接合」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 安田俊輝, 林健人, 竹田健一郎, 中嶋翼, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇, 天野浩: 「分極制御による紫外発光素子のホール注入の検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「MOVPE 法を用いた高品質 AlInN の高速成長」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 花井駿, 鈴木敦志, 北野司, 梅田慎也, 加藤貴久, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「窒化物系青色 LED における光取り出し効率改善のためのレーザー加工方法の検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 伊藤弘晃, 飯田大輔, 近藤保成, 曾和美保子, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇: 「高温スパッタ法により堆積した AlN バッファ層に関する検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 桑野侑香, 堀川航佑, 森田隆敏, 井野匡貴, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「III 族窒化物半導体埋め込みトンネル接合による電流狭窄構造」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 井野匡貴, 森田隆敏, 桑野侑香, 渡邊雅大, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「III 族窒化物半導体トンネル接合上の高効率 LED」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 石黒真未, 山田知明, 岩谷素顕, 上山智, 竹内哲也, 赤崎勇: 「窒化物半導体 HFET 型 UV センサーの火災センサー応用」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 石原耕史, 近藤保成, 松原大幸, 飯田大輔, 山本泰司, 曾和美保子, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇: 「GaInN/GaN ヘテロ接合における緩和過程の転位密度依存性」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 林健人, 勝野翔太, 松井健城, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「電子オーバーフロー直接観測を用いた青色 LED 電子ブロック層の検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 小森大資, 笹島浩希, 鈴木智行, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「GaNSb の Sb 取り込みと表面形態に関する検討」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 勝野翔太, 林健人, 安田俊輝, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇, 天野浩: 「窒化物半導体 LED におけるキャリア輸送への分極固定電荷の影響」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 石黒真未, 山田知明, 岩谷素顕, 上山智, 竹内哲也, 赤崎勇: 「窒化物半導体 HFET 型紫外受光素子の火災センサー応用」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 花井駿, 鈴木敦志, 北野司, 飯田大輔, 加藤貴久, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇: 「窒化物系 LED 作製のレーザー加工による光取り出し効率向上の検討」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 池山和希, 安田俊輝, 小塚祐吾, 堀川航佑, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「MOVPE 法を用いた Si 添加 AlInN/GaN ヘテロ接合の電気的特性」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 水野尚之, 加藤嵩裕, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「MOVPE 選択成長による GaN ナノコラムのマスクパターン依存性」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 石原耕史, 近藤保成, 松原大幸, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇: 「GaInN/GaN ヘテロ接合における緩和過程の観察」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 井野匡貴, 南川大智, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇: 「III 族窒化物半導体トンネル接合を用いた電流狭窄構造の低抵抗化」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 日高公崇香, 渡和樹, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇: 「SiC の陽極酸化プロセスにおける光照射に関する検討」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 南川大智, 井野匡貴, 高須賀大貴, 岩谷素顕, 竹内哲

- 也, 上山智, 赤崎勇:「高 InN モル分率 GaInN を用いたトンネル接合(2)」第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 江間伸明, 畔柳有孝, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「レーザを用いた SiC の加工技術に関する研究」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 河合俊介, 飯田大輔, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「高キャリア濃度 Si ドープ n 型 Al_{0.03}Ga_{0.97}N 上の Ag 電極を用いた高反射電極の検討」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 飯田大輔, 河合俊介, 土屋貴義, 江間伸明, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「レーザーリフトオフ技術による GaN 基板を剥離した近紫外 LED」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 加藤貴久, 水野尚之, 伊藤弘晃, 飯田大輔, 藤井高志, 福田承生, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「r 面サファイア基板上における a 面 GaN 成長に関する検討」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 草深敏匡, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「Mg ドープ AlGaIn による AlGaIn/GaN HFET 型紫外フォトセンサーの高性能化」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 南川大智, 井野匡貴, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「GaInN 系トンネル接合を有する LED」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「高品質 AlInN の高速成長の検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 井野匡貴, 南川大智, 水野尚之, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体による電流狭窄構造へのトンネル接合の応用」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 堀川航佑, 中島啓介, 小塚祐吾, 池山和希, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「窒化物半導体面発光レーザにおける電流狭窄構造の特性評価」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 笹島浩希, 小森大資, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOCVD 法による Sb を添加した AlN および GaN の作製」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 林健人, 勝野翔太, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「電子オーバーフロー直接観測法を用いた青色 LED 電子ブロック層の検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 中島啓介, 渡邊雅大, 堀川航佑, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「青色面発光レーザ共振器の内部損失の検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 松井健城, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「二つの活性層を有する発光ダイオードにおける Mg の影響」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 安田俊輝, 勝野翔太, 林健人, 竹内哲也, 岩谷素顕, 上山智, 赤崎勇, 天野浩:「窒化物半導体 LED における正孔伝導に対する分極電荷の影響」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 勝野翔太, 林健人, 安田俊輝, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 天野浩, 赤崎勇:「窒化物半導体 LED における分極電荷の補償」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「AlInN の高速成長と DBR への応用」, 第 44 回結晶成長国内会議, 東京, (2014)

宇佐美 初彦

【学術論文】

- H. Usami, Y. Horiba, S. Kobayashi, and H. Akita :
“Applicability of surface plastic flow process for modification of tribological properties of titanium,” MM (Modern Machinery) Science Journal, pp.502-505 (2014-10)
- Y. Hirai, T. Sato, T. Fukui, K. Yamada, K. Tanizawa, and H. Usami : “Surface Groove and Graphite Penetration on Friction Properties of Sulfide Containing Copper Alloy Journal Bearing in Dry Condition,” Procedia Engineering Vol.68, pp.37-42 (2013)

【その他】

- Y. Hirai, T. Sato, T. Fukui, K. Yamada, K. Tanizawa, and H. Usami : “Applicability of the surface plastic flow process to surface modification of sulfide-containing copper alloy bearings,” The 15th International Conference on Precision Engineering, Kanazawa, Ishikawa, Japan, pp.288-291 (2014)
- 佐藤知広, 平井良政, 山田健斗, 堀場有真, 宇佐美初彦:「円錐ころ軸受の摩擦低減に関する基礎研究」, トライボロジー会議 2014 春, 東京, 予稿集 D2 (2014-5)
- 平井良政, 佐藤知広, 谷澤和紀, 宇佐美初彦:「ジャーナル軸受における硫化物分散の効果」, トライボロジー会議 2014 春, 東京, 予稿集 F9 (2014-5)
- 榎本和城, 堀場有真, 宇佐美初彦:「マイクロディン

- プル面上に付与された樹脂オーバーレイの摩擦特性」, トライボロジー会議 2014, 秋, 盛岡, 予稿集 A11 (2014-11)
- 佐藤知広, 平井良政, 宇佐美初彦:「線接触における青銅部材への硫化物分散効果」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 A16 (2014-11)
- 平井良政, 佐藤知広, 秋山敬介, 宇佐美初彦:「微細硫化物分散青銅製造部材の摩擦特性」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 A17 (2014-11)
- 堀場有真, 秋田秀樹, 小林修一, 宇佐美初彦:「固体潤滑剤分散複合表面の摩擦特性における軟質中間層の効果」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 A19 (2014-11)
- 岩井善郎, 宇佐美初彦, 宮島敏郎:「エロージョンとその応用に関する研究の現状」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 B20 (2014-11)
- 戸谷仁史, 宇佐美初彦, 周克儒:「ショットピーニングにおけるエロージョン発生機構」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 B22 (2014-11)
- 高澤拓也, 岩井善郎, 中泉宣彦, 宇佐美初彦, 周克儒:「WC-Co 合金のエロージョン特性」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 B23 (2014-11)
- 周克儒, 樺山恭平, 戸谷仁史, 宇佐美初彦:「微粒子ピーニングにおける投射面あらさの変化」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 B30 (2014-11)
- 古橋孝太, 宇佐美初彦:「転がりすべり接触の摩擦抵抗における軌道面形状の影響」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 C30 (2014-11)
- 伊藤耕輔, 宇佐美初彦:「低速状態における転がり接触面の摩耗挙動」, トライボロジー会議 2014 秋, 盛岡, 予稿集 C31 (2014-11)

榎本 和城

【その他】

- 榎本和城, 鈴木洋平:「カーボンナノファイバー添加ポリアミド 11 系複合材料の機械的特性に及ぼす表面処理の効果」, プラスチック成形加工学会第 25 回年次大会(成形加工' 14) 講演予稿集, pp.149-150 (2014-6)
- 榎本和城, 堀場有真, 宇佐美初彦:「マイクロディンプル面上に付与された樹脂オーバーレイの摩擦特性」, 日本トライボロジー学会 トライボロジー会議 2014 秋予稿集, USB, A11 (2014-11)
- 石原壽恭, 榎本和城:「ポリ乳酸の機械的特性に与える熱可塑性エラストマー添加の影響」, プラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会(成形加工シンポジ

- ア' 14) 講演予稿集, pp.287-288 (2014-11)
- 高橋幸也, 榎本和城:「CNF 添加 PA11 の機械的特性に及ぼす表面処理の影響」, プラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会(成形加工シンポジア' 14) 講演予稿集, pp.303-304 (2014-11)
- 平岡拓也, 榎本和城:「多層カーボンナノチューブ添加ポリアセタールの機械的特性」, プラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会(成形加工シンポジア' 14) 講演予稿集, pp.463-364 (2014-11)

上山 智

【学術論文】

- M.Iwaya, T.Yamamoto, D.Tanaka, D.Iida, S.Kamiyama, T.Takeuchi, and I.Akasaki: "Control of crystallinity of GaN grown on sapphire substrate by metalorganic vapor phase epitaxy using in situ X-ray diffraction monitoring method," *Journal of Crystal Growth*, Volume 401, pp.367-371 (2014-9)
- T.Morishita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki: "Homoepitaxial growth of AlN layers on freestanding AlN substrate by metalorganic vapor phase epitaxy," *Journal of Crystal Growth*, Volume 390, pp.46-50 (2014-3)
- T.Yamamoto, D.Iida, Y.Kondo, M.Sowa, S.Umeda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki: "In situ X-ray diffraction monitoring of GaInN/GaN superlattice during organometallic vapor phase epitaxy growth," *Journal of Crystal Growth*, Volume 393, pp.108-113 (2014-5)
- T.Morishita, K.Sato, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki: "Improvement of light extraction efficiency of 350-nm emission UV light-emitting diodes," *physica status solidi (c)*, Volume 11, Issue 3-4, pp.836-839 (2014-4)
- D.Iida, S.Kawai, N.Ema, T.Tsuchiya, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki: "Laser lift-off technique for freestanding GaN substrate using an In droplet formed by thermal decomposition of GaInN and its application to light-emitting diodes," *Appl.Phys.Lett.*105, 072101 (2014)
- M.Watanabe, K.Nakajima, M.Kaga, Y.Kuwano, D.Minamikawa, T.Suzuki, K.Yamashita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki: "Over 1000 channel nitride-based micro-light-emitting diode arrays with tunnel junctions," *Jpn.J.Appl.Phys.*, 53, 05FL06
- T.Kondo, T.Kitano, A.Suzuki, M.Mori, K.Naniwae,

- S.Kamiyama, M.Iwaya, T.Takeuchi, and I.Akasaki :
 “Advantages of the moth-eye patterned sapphire substrate for the high performance nitride based LEDs,” *physica status solidi (c)*, Volume 11, Issue 3-4, pp.771-774 (2014-4)
- H.Kurokawa, M.Kaga, T.Goda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, I.Akasaki, and H.Amano : “Multijunction GaInN-based solar cells using a tunnel junction,” *Appl. Phys.Express* 7, 034104
- 竹内哲也, 岩谷素顕, 上山智, 天野浩, 赤崎勇 : 「分極制御 AlGaIn : 層設計と結晶成長」, 日本結晶成長学会誌, Vol.41, pp.146-154 (2014)
- 【その他】
- T.Morishita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Homoepitaxial growth of AlN layers using by metalorganic vapor phase epitaxy on freestanding AlN substrate,” *Proc.SPIE 8986, Gallium Nitride Materials and Devices IX*, 898607
- S.Kamiyama [Tutorial talk] : “Technologies of nitride-based LEDs,” *ISPlasma2014/IC-PLANTS2014*, Nagoya (2014-3)
- T.Takeuchi, D.Minamikawa, Y.Kuwano, M.Watanabe, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “An alternative hole injection : Nitride-based tunnel junctions,” *International conference on metamaterials and nanophysics 2014, Varadero, Cuba*, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Nitride-based optoelectronic devices utilizing tunnel junctions,” *2014 Lester Eastman Conference on High Performance Devices*, Ithaca, USA, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Nitride-based tunnel junctions as an alternative hole injection,” *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Laser Illuminations : Prospects of Blue VCSELs,” *LED JAPAN Strategies in Light 2014*, Yokohama, Japan, (2014)
- T.Murase, M.Ishiguro, T.Yamada, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Nitride-based hetero-effect-transistor type Photosensors with extremely high photosensitivity and complete solar blind,” *ISPlasma, Nagoya, Japan*, (2014)
- Y.Kuwano, M.Ino, T.Morita, D.Minamikawa, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, and I.Akasaki : “Current confinement by nitride-based buried tunnel junction,” *ISPlasma, Nagoya*, (2014)
- D.Minamikawa, Y.Kuwano, S.Kawai, T.Morita, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Low resistive GaInN tunnel junctions with high InN mole fractions,” *ISPlasma, Nagoya*, (2014)
- T.Nakashima, K.Takeda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Improvement of the light extraction efficiency in 350-nm-emission UV light-emitting diodes by novel distributed Bragg reflector p-type electrode,” *ISPlasma, Nagoya*, (2014)
- K.Kozaki, H.Kurokawa, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, H.Amano, and I.Akasaki : “Fabrication of nonpolar m-plane GaInN-based solar cells on free standing m-plane GaN substrate,” *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- D.Minamikawa, M.Ino, S.Kawai, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, and I.Akasaki : “GaInN-based tunnel junctions with high InN mole fractions,” *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- Y.Yamamoto, T.Murase, M.Ishiguro, T.Yamada, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Demonstration of flame detection under solar irradiation using externally high sensitivity and low dark current AlGaIn HFET photosensor,” *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- T.Yasuda, K.Hayashi, S.Katsuno, T.Nahashima, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, I.Akasaki, and H.Amano : “Band Engineering Considering Negative and Positive Polarization Charges in UV-LEDs,” *International workshop on nitride semiconductors 2014, Wroclaw, Poland*, (2014)
- S.Kamiyama, M.Iwaya, T.Takeuchi, and I.Akasaki [Invited talk] : “Growth and characterization of fluorescent SiC as a high color-rendering phosphor material,” *The Collaborative Conference on Crystal Growth 2014, Phuket, Thailand*, (2014-11)
- S.Kamiyama, M.Iwaya, T.Takeuchi, and I.Akasaki [Invited talk] : “Growth and optical characterization of fluorescent SiC for white LED application,” *Materials Research Society Fall Meeting, Boston, USA*, (2014-11, 12)
- 上山智, 岩谷素顕, 竹内哲也, 赤崎勇 [招待講演] : 「蛍光 SiC の窒化物系白色 LED への応用に向けた研究」, 第 61 回春季応用物理学会学術講演会シンポジウム, 相模原, (2014-3)
- 南川大智, 桑野有香, 河合俊介, 森田隆俊, 竹内哲

- 也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「高 InN モル分率 GaInN を用いたトンネル接合」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 安田俊輝, 林健人, 竹田健一郎, 中嶋翼, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇, 天野浩:「分極制御による紫外発光素子のホール注入の検討」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOVPE 法を用いた高品質 AlInN の高速成長」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 花井駿, 鈴木敦志, 北野司, 梅田慎也, 加藤貴久, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「窒化物系青色 LED における 光取り出し効率改善のためのレーザー加工方法の検討」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 伊藤弘晃, 飯田大輔, 近藤保成, 曾和美保子, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「高温スパッタ法により堆積した AlN バッファ層に関する検討」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 桑野侑香, 堀川航佑, 森田隆敏, 井野匡貴, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体埋め込みトンネル接合による電流狭窄構造」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 井野匡貴, 森田隆敏, 桑野侑香, 渡邊雅大, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体トンネル接合上の高効率 LED」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 石黒真未, 山田知明, 岩谷素顕, 上山智, 竹内哲也, 赤崎勇:「窒化物半導体 HFET 型 UV センサーの火炎センサー応用」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 石原耕史, 近藤保成, 松原大幸, 飯田大輔, 山本泰司, 曾和美保子, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「GaInN/GaN ヘテロ接合における緩和過程の転位密度依存性」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 林健人, 勝野翔太, 松井健城, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「電子オーバーフロー直接観測を用いた青色 LED 電子ブロック層の検討」, 第 61 回 応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 小森大資, 笹島浩希, 鈴木智行, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「GaNSb の Sb 取り込みと表面形態に関する検討」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 勝野翔太, 林健人, 安田俊輝, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇, 天野浩:「窒化物半導体 LED におけるキャリア輸送への分極固定電荷の影響」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 石黒真未, 山田知明, 岩谷素顕, 上山智, 竹内哲也, 赤崎勇:「窒化物半導体 HFET 型紫外受光素子の火炎センサー応用」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 花井駿, 鈴木敦志, 北野司, 飯田大輔, 加藤貴久, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「窒化物系 LED 作製のレーザー加工による光取り出し効率向上の検討」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 上山智 [招待講演]:「モスアイ光取り出し構造を有する青色 LED」, 光電相互変換第 125 委員会本委員会第 225 回研究会, 産業用 LED 応用研究会「2014 年 7 月定例会」合同研究会, 名古屋, (2014-7)
- 池山和希, 安田俊輝, 小塚祐吾, 堀川航佑, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOVPE 法を用いた Si 添加 AlInN/GaN ヘテロ接合の電気的特性」, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 水野尚之, 加藤高裕, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOVPE 選択成長による GaN ナノコラムのマスクパターン依存性」, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 石原耕史, 近藤保成, 松原大幸, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「GaInN/GaN ヘテロ接合における緩和過程の観察」, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 井野匡貴, 南川大智, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体トンネル接合を用いた電流狭窄構造の低抵抗化」, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 日高公崇香, 渡和樹, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「SiC の陽極酸化プロセスにおける光照射に関する検討」, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 南川大智, 井野匡貴, 高須賀大貴, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「高 InN モル分率 GaInN を用いたトンネル接合(2)」, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 江間伸明, 畔柳 有孝, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「レーザーを用いた SiC の加工技術に関する研究」, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 河合俊介, 飯田大輔, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「高キャリア濃度 Si ドープ n 型 Al_{0.03}Ga_{0.97}N 上の Ag 電極を用いた高反射電極の

検討」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
 飯田大輔, 河合俊介, 土屋貴義, 江間伸明, 岩谷素顕,
 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「レーザーリフトオフ
 技術による GaN 基板を剥離した近紫外 LED」, 第
 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
 加藤貴久, 水野尚之, 伊藤弘晃, 飯田大輔, 藤井高志,
 福田承生, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:
 「r 面サファイア基板上における a 面 GaN 成長に關
 する検討」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会,
 (2014)
 山本雄磨, 村瀬卓弥, 草深敏匡, 岩谷素顕, 竹内哲也,
 上山智, 赤崎勇:「Mg ドープ AlGaIn による AlGaIn/
 GaN HFET 型紫外フォトセンサーの高性能化」, 第
 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
 上山智 [チュートリアル講演]:「窒化物系 LED 技術
 最前線」, 日本結晶成長学会ナノエピ分科会第 6 回
 窒化物半導体結晶成長講演会」, 名古屋, (2014-7)
 南川大智, 井野匡貴, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕,
 赤崎勇:「GaInN 系トンネル接合を有する LED」,
 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智,
 岩谷素顕, 赤崎勇:「高品質 AlInN の高速成長の検
 討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋,
 (2014)
 井野匡貴, 南川大智, 水野尚之, 竹内哲也, 上山智,
 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体による電流
 狭窄構造へのトンネル接合の応用」, 第 6 回窒化物
 半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
 堀川航佑, 中島啓介, 小塚祐吾, 池山和希, 竹内哲也,
 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「窒化物半導体面発光レー
 ザにおける電流狭窄構造の特性評価」, 第 6 回窒化
 物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
 笹島浩希, 小森大資, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕,
 赤崎勇:「MOCVD 法による Sb を添加した AlN お
 よび GaN の作製」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講
 演会, 名古屋, (2014)
 林健人, 勝野翔太, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩
 谷素顕, 赤崎勇:「電子オーバーフロー直接観測法
 を用いた青色 LED 電子ブロック層の検討」, 第 6 回
 窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
 中島啓介, 渡邊雅大, 堀川航佑, 竹内哲也, 上山智,
 岩谷素顕, 赤崎勇:「青色面発光レーザー共振器の内
 部損失の検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演
 会, 名古屋, (2014)
 松井健城, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「二
 つの活性層を有する発光ダイオードにおける Mg の

影響」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋,
 (2014)

安田俊輝, 勝野翔太, 林健人, 竹内哲也, 岩谷素顕,
 上山智, 赤崎勇, 天野浩:「窒化物半導体 LED に
 おける正孔伝導に対する分極電荷の影響」, 第 6 回
 窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)

勝野翔太, 林健人, 安田俊輝, 岩谷素顕, 竹内哲也,
 上山智, 天野浩, 赤崎勇:「窒化物半導体 LED にお
 ける分極電荷の補償」, 第 6 回窒化物半導体結晶成
 長講演会, 名古屋, (2014)

上山智 [招待講演]:「LED の光取り出し効率改善にお
 けるシミュレーション」, 第 8 回 SCIVAX セミナー,
 川崎, (2014-9)

池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智,
 岩谷素顕, 赤崎勇:「AlInN の高速成長と DBR への
 応用」, 第 44 回結晶成長国内会議, 東京, (2014)

上山智 [招待講演]:「青色 LED 実現への長い道のり」,
 第 4 回 CSJ 化学フェスタ, 東京, (2014-10)

竹内 哲也

【学術論文】

M.Iwaya, T.Yamamoto, D.Tanaka, D.Iida, S.Kamiyama,
 T.Takeuchi, and I.Akasaki: "Control of crystallinity of
 GaN grown on sapphire substrate by metalorganic vapor
 phase epitaxy using in situ X-ray diffraction monitoring
 method," *Journal of Crystal Growth*, Volume 401,
 pp.367-371, (2014-9)

T.Morishita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and
 I.Akasaki: "Homoeptaxial growth of AlN layers on
 freestanding AlN substrate by metalorganic vapor phase
 epitaxy," *Journal of Crystal Growth*, Volume 390, pp.46-
 50 (2014-3)

T.Yamamoto, D.Iida, Y.Kondo, M.Sowa, S.Umeda,
 M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki:
 "In situ X-ray diffraction monitoring of GaInN/GaN
 superlattice during organometallic vapor phase epitaxy
 growth," *Journal of Crystal Growth*, Volume 393,
 pp.108-113 (2014-5)

T.Morishita, K.Sato, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama,
 and I.Akasaki: "Improvement of light extraction
 efficiency of 350-nm emission UV light-emitting
 diodes," *physica status solidi (c)*, Volume 11, Issue 3-4,
 pp.836-839 (2014-4)

D.Iida, S.Kawai, N.Ema, T.Tsuchiya, M.Iwaya, T.Takeuchi,
 S.Kamiyama, and I.Akasaki: "Laser lift-off technique for
 freestanding GaN substrate using an In droplet formed

- by thermal decomposition of GaInN and its application to light-emitting diodes,” *Appl.Phys.Lett.*105, 072101 (2014)
- M.Watanabe, K.Nakajima, M.Kaga, Y.Kuwano, D.Minamikawa, T.Suzuki, K.Yamashita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Over 1000 channel nitride-based micro-light-emitting diode arrays with tunnel junctions,” *Jpn.J.Appl.Phys.*53, 05FL06
- T.Kondo, T.Kitano, A.Suzuki, M.Mori, K.Naniwae, S.Kamiyama, M.Iwaya, T.Takeuchi, and I.Akasaki : “Advantages of the moth-eye patterned sapphire substrate for the high performance nitride based LEDs,” *physica status solidi (c)*, Volume 11, Issue 3-4, pp.771-774 (2014-4)
- H.Kurokawa, M.Kaga, T.Goda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, I.Akasaki, and H.Amano : “Multijunction GaInN-based solar cells using a tunnel junction,” *Appl. Phys.Express* 7, 034104
- 竹内哲也, 岩谷素顕, 上山智, 天野浩, 赤崎勇 : 「分極制御 AlGaIn : 層設計と結晶成長」, 日本結晶成長学会誌, Vol.41, pp.146-154 (2014)
- 【その他】**
- T.Morishita, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Homoepitaxial growth of AlN layers using by metalorganic vapor phase epitaxy on freestanding AlN substrate,” *Proc.SPIE* 8986, Gallium Nitride Materials and Devices IX, 898607 (2014)
- T.Takeuchi, D.Minamikawa, Y.Kuwano, M.Watanabe, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “An alternative hole injection : Nitride-based tunnel junctions,” *International conference on metamaterials and nanophysics 2014*, Varadero, Cuba, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Nitride-based optoelectronic devices utilizing tunnel junctions,” *2014 Lester Eastman Conference on High Performance Devices*, Ithaca, USA, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Nitride-based tunnel junctions as an alternative hole injection,” *International workshop on nitride semiconductors 2014*, Wroclaw, Poland, (2014)
- T.Takeuchi, M.Iwaya, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Laser Illuminations : Prospects of Blue VCSELs,” *LED JAPAN Strategies in Light 2014*, Yokohama, Japan, (2014)
- 竹内哲也 : 「青色 LED はなぜ発光するのか? その原理と未来への展望」, ノーベル物理学賞受賞記念 第 44 回結晶成長国内会議 特別講演会, 東京, (2014)
- T.Murase, M.Ishiguro, T.Yamada, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Nitride-based hetero-effect-transistor type Photosensors with extremely high photosensitivity and complete solar blind,” *ISplasma*, Nagoya, Japan, (2014)
- Y.Kuwano, M.Ino, T.Morita, D.Minamikawa, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, and I.Akasaki : “Current confinement by nitride-based buried tunnel junction,” *ISplasma*, Nagoya, (2014)
- D.Minamikawa, Y.Kuwano, S.Kawai, T.Morita, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Low resistive GaInN tunnel junctions with high InN mole fractions,” *ISplasma*, Nagoya, (2014)
- T.Nakashima, K.Takeda, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Improvement of the light extraction efficiency in 350-nm-emission UV light-emitting diodes by novel distributed Bragg reflector p-type electrode,” *ISplasma*, Nagoya, (2014)
- K.Kozaki, H.Kurokawa, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.kamiyama, H.Amano, and I.Akasaki : “Fabrication of nonpolar m-plane GaInN-based solar cells on free standing m-plane GaN substrate,” *International workshop on nitride semiconductors 2014*, Wroclaw, Poland, (2014)
- D.Minamikawa, M.Ino, S.Kawai, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, and I.Akasaki : “GaInN-based tunnel junctions with high InN mole fractions,” *International workshop on nitride semiconductors 2014*, Wroclaw, Poland, (2014)
- Y.Yamamoto, T.Murase, M.Ishiguro, T.Yamada, M.Iwaya, T.Takeuchi, S.Kamiyama, and I.Akasaki : “Demonstration of flame detection under solar irradiation using externally high sensitivity and low dark current AlGaIn HFET photosensor,” *International workshop on nitride semiconductors 2014*, Wroclaw, Poland, (2014)
- T.Yasuda, K.Hayashi, S.Katsuno, T.Nahashima, T.Takeuchi, S.Kamiyama, M.Iwaya, I.Akasaki, and H.Amano : “Band Engineering Considering Negative and Positive Polarization Charges in UV-LEDs,” *International workshop on nitride semiconductors 2014*, Wroclaw, Poland, (2014)
- 南川大智, 桑野有香, 河合俊介, 森田隆俊, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇 : 「高 InN モル分率 GaInN を用いたトンネル接合」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 安田俊輝, 林健人, 竹田健一郎, 中嶋翼, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇, 天野浩 : 「分極制御に

- よる紫外発光素子のホール注入の検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOVPE 法を用いた高品質 AlInN の高速成長」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 花井駿, 鈴木敦志, 北野司, 梅田慎也, 加藤貴久, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「窒化物系青色 LED における 光取り出し効率改善のためのレーザ加工方法の検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 伊藤弘晃, 飯田大輔, 近藤保成, 曾和美保子, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「高温スパッタ法により堆積した AlN バッファ層に関する検討」第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 桑野侑香, 堀川航佑, 森田隆敏, 井野匡貴, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体埋め込みトンネル接合による電流狭窄構造」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 井野匡貴, 森田隆敏, 桑野侑香, 渡邊雅大, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体トンネル接合上の高効率 LED」第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 石黒真未, 山田知明, 岩谷素顕, 上山智, 竹内哲也, 赤崎勇:「窒化物半導体 HFET 型 UV センサーの火炎センサー応用」第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 石原耕史, 近藤保成, 松原大幸, 飯田大輔, 山本泰司, 曾和美保子, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「GaInN/GaN ヘテロ接合における緩和過程の転位密度依存性」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 林健人, 勝野翔太, 松井健城, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「電子オーバーフロー直接観測を用いた青色 LED 電子ブロック層の検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, (2014)
- 小森大資, 笹島浩希, 鈴木智行, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「GaNSb の Sb 取り込みと表面形態に関する検討」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 勝野翔太, 林健人, 安田俊輝, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇, 天野浩:「窒化物半導体 LED におけるキャリア輸送への分極固定電荷の影響」電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 石黒真未, 山田知明, 岩谷素顕, 上山智, 竹内哲也, 赤崎勇:「窒化物半導体 HFET 型紫外受光素子の火炎センサー応用」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 花井駿, 鈴木敦志, 北野司, 飯田大輔, 加藤貴久, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「窒化物系 LED 作製のレーザ加工による光取り出し効率向上の検討」, 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会, 名古屋, (2014)
- 池山和希, 安田俊輝, 小塚祐吾, 堀川航佑, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOVPE 法を用いた Si 添加 AlInN/GaN ヘテロ接合の電気的特性」第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 水野尚之, 加藤嵩裕, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOVPE 選択成長による GaN ナノコラムのマスクパターン依存性」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 石原耕史, 近藤保成, 松原大幸, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「GaInN/GaN ヘテロ接合における緩和過程の観察」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 井野匡貴, 南川大智, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体トンネル接合を用いた電流狭窄構造の低抵抗化」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 日高公崇香, 渡和樹, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「SiC の陽極酸化プロセスにおける光照射に関する検討」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 南川大智, 井野匡貴, 高須賀大貴, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「高 InN モル分率 GaInN を用いたトンネル接合(2)」第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 江間伸明, 畔柳 有孝, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「レーザを用いた SiC の加工技術に関する研究」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 河合俊介, 飯田大輔, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「高キャリア濃度 Si ドープ n 型 Al_{0.03}Ga_{0.97}N 上の Ag 電極を用いた高反射電極の検討」第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 飯田大輔, 河合俊介, 土屋貴義, 江間伸明, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「レーザーリフトオフ技術による GaN 基板を剥離した近紫外 LED」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 加藤貴久, 水野尚之, 伊藤弘晃, 飯田大輔, 藤井高志, 福田承生, 上山智, 竹内哲也, 岩谷素顕, 赤崎勇:「r 面サファイア基板上における a 面 GaN 成長に関する検討」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会,

(2014)

- 山本雄磨, 村瀬卓弥, 草深敏匡, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 赤崎勇:「Mg ドープ AlGa_N による AlGa_N/Ga_N HFET 型紫外フォトセンサーの高性能化」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, (2014)
- 南川大智, 井野匡貴, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「GaInN 系トンネル接合を有する LED」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「高品質 AlInN の高速成長の検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 井野匡貴, 南川大智, 水野尚之, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「III 族窒化物半導体による電流狭窄構造へのトンネル接合の応用」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 堀川航佑, 中島啓介, 小塚祐吾, 池山和希, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「窒化物半導体面発光レーザーにおける電流狭窄構造の特性評価」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 笹島浩希, 小森大資, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「MOCVD 法による Sb を添加した AlN および GaN の作製」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 林健人, 勝野翔太, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「電子オーバフロー直接観測法を用いた青色 LED 電子ブロック層の検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 中島啓介, 渡邊雅大, 堀川航佑, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「青色面発光レーザー共振器の内部損失の検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 松井健城, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「二つの活性層を有する発光ダイオードにおける Mg の影響」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 安田俊輝, 勝野翔太, 林健人, 竹内哲也, 岩谷素顕, 上山智, 赤崎勇, 天野浩:「窒化物半導体 LED における正孔伝導に対する分極電荷の影響」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 勝野翔太, 林健人, 安田俊輝, 岩谷素顕, 竹内哲也, 上山智, 天野浩, 赤崎勇:「窒化物半導体 LED における分極電荷の補償」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名古屋, (2014)
- 池山和希, 小塚祐吾, 安田俊輝, 竹内哲也, 上山智, 岩谷素顕, 赤崎勇:「AlInN の高速成長と DBR への

応用」第 44 回結晶成長国内会議, 東京, (2014)

田中 崇之**【その他】**

- 田中崇之, 山本直紀, 高柳邦夫:「金ナノ粒子触媒の O₂, CO ガス雰囲気における構造変化の TEM 観察」, 日本物理学会第 69 回年次大会予稿集, 28pPSA-61 (2014-3)
- 田中崇之, 山本直紀, 高柳邦夫:「(注目講演) ガス雰囲気における金ナノ粒子触媒の TEM 動画観察」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, pp.06-261 (2014-3)
- T.Tanaka, N.Yamamoto, and K.Takayanagi: “TEM Imaging of CO Oxidation Catalyst of Gold Nanoparticle on TiO₂ in CO and O₂ Environments,” Proceedings of 18th International Microscopy Congress (IMC18), p.2220 (2014-9)

成塚 重弥**【学術論文】**

- T.Yajima, S.Sakakibara, S.Naritsuka, H.Yamane, N.Kosugi, and T.Maruyama: “Formation of Carbon Nanotube/n-type 6H-SiC Heterojunction by Surface Decomposition of SiC and Its Electric Properties,” Jpn.J.Appl.Phys., Vol.52, No.6, pp.06GD01-1-4 (2013-6)
- H.Kondo, N.Fukuoka, R.Ghosh, S.Naritsuka, T.Maruyama, and S.Iijima: “Low-Temperature Single-Walled Carbon Nanotube Growth from Pt Catalysts Using Alcohol Gas Source Method in High Vacuum,” Jpn.J.Appl.Phys., Vol.52, No.6, pp.06GD02-1-4 (2013-6)
- T.Maruyama, H.Kondo, N.Fukuoka, and S.Naritsuka: “Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt catalysts by the Alcohol Gas Source Method under Low Ethanol Pressure: Growth Temperature Dependence,” Trans.Mater.Res.Soc.Jpn., Vol.38, pp.585-588 (2014-2)
- H.Kondo, R.Ghosh, S.Naritsuka, T.Maruyama, and S.Iijima: “Single-Walled Carbon Nanotube Growth with Narrow Diameter Distribution from Pt Catalysts by Alcohol Gas Source Method,” 2013 MRS Fall Meeting Proceedings, Manuscript ID MRSF13-1659-SS04-02, R1 1659 (Adaptive Soft Matter through Molecular Networks), pp.149/1-149/6 (2014-3)
- Y.Hirota, Y.Shirai, H.Iha, Y.Kito, M.Suzuki, H.Kato, N.Yamamoto, T.Maruyama, and S.Naritsuka: “Selective growth of (001) GaAs using a patterned graphene mask,” J.Cryst.Growth, Vol.401, No.9, pp.563-566

(2014-9)

N.Kuwano, Y.Ryu, M.Mitsuhara, C.H.Lin, S.Uchiyama, T.Maruyama, Y.Suzuki, and S.Naritsuka : "Behavior of defects in a-plane GaN films grown by low-angle-incidence microchannel epitaxy (LAIMCE)," *J.Cryst. Growth*, Vol.401, No.9, pp.409-413 (2014-9)

D.Kambayashi, H.Takakura, M.Tomita, M.Iwakawa, Y.Mizuno, J.Yamada, T.Maruyama, and S.Naritsuka : "Selective growth of GaN by liquid phase electroepitaxy using alumina oxide mask," *Jpn.J.Appl.Phys.*, Vol.53, No.11s, 11RC06-1-3 (2014-11)

【その他】

H.Takakura, M.Tomita, D.Kambayashi, M.Iwakawa, Y.Misuno, J.Yamada, S.Naritsuka, and T.Maruyama : "Selective growth of GaN by Liquid Phase Electroepitaxy using Al₂O₃ mask," 6th Int.Symp.Advanced Plasma Sci.and its Appl.for Nitrides and Nanomaterials, 7th Int.Con.On Plasma-Nano Tech.& Sci., Nagoya, Japan, 06aP28 (2014-3)

Y.Swaki, Y.Nakashima, S.Naritsuka, and T.Maruyama : "Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt Catalysts by Hot-Filament Assisted Chemical Vapor Deposition," 6th Int.Symp.Advanced Plasma Sci.and its Appl.for Nitrides and Nanomaterials, 7th Int.Con.On Plasma-Nano Tech.& Sci., Nagoya, Japan, 03pP36 (2014-3)

H.Kondo, R.Ghosh, S.Naritsuka, and T.Maruyama : "Study on Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt Catalysts by Gas Source Method Using Ethanol in High Vacuum," 6th Int.Symp.Advanced Plasma Sci.and its Appl.for Nitrides and Nanomaterials, 7th Int.Con.On Plasma-Nano Tech.& Sci., Nagoya, Japan, 2nd-6th March, 03pP40 (2014-3)

鈴木学, 鬼頭祐典, 早川直邦, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「a-C 層を挿入した Ni 触媒を用いた多層グラフェンのアルコール CVD」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 神奈川, 17a-E2-16 (2014-3)

近藤弘基, Ghosh Ranajit, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「アルコールガスソース法における Pt 触媒からの単層カーボンナノチューブ成長メカニズムの検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 神奈川, 17a-E2-21 (2014-3)

河合越, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「メタンを炭素源に用いた Pt 触媒からの単層カーボンナノチューブ成長」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 神奈川, 17a-E2-22 (2014-3)

富田将史, 高倉宏幸, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 神林大介, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「GaAs MCE におけるステップ源である積層欠陥からの 2 次元核の生成」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 神奈川, 18p-PG7-1 (2014-3)

高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「酸化アルミニウムマスクを用いた電流制御型液相成長による GaN 選択成長」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 神奈川, 20a-PG1-2 (2014-3)

鈴木陽平, 内山翔太, 丸山隆浩, 成塚重弥, 清水一男, 野間悠太, 金田省吾 : 「MOMBE を用いた GaN 初期成長に与える N₂ マイクロプラズマ処理の効果」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 神奈川, 20a-PG1-16 (2014-3)

T.Maruyama, H.Kondo, Y.Sawaki, R.Ghosh, S.Naritsuka, and S.Iijima : "Single-walled carbon nanotube growth from Pt catalysts by cold-wall ACCVD," The Fifteenth International Conference on the Science and Application of Nanotubes (NT14), University of Southern California, Los Angeles, California, USA, (2014-6)

N.Yamamoto, H.Kato, Y.Hirota, H.Iha, T.Yasue, and S.Naritsuka : "Study of selective growth for BILE of GaN by RF-MBE," 33th Electronic Materials Symposium (EMS-33), Laroret Shuzenji, Izu, TH3-11 (2014-7)

H.Iha, Y.Hirota, S.Yamauchi, N.Yamamoto, T.Maruyama, and S.Naritsuka : "Effect of arsenic cracking on In incorporation into MBE-grown InGaAs layer," 33th Electronic Materials Symposium (EMS-33), Laroret Shuzenji, Izu, Th2-12 (2014-7)

M.Iwakawa, H.Takakura, M.Tomita, D.Kambayashi, Y.Mizuno, S.Naritsuka, and T.Maruyama : "Lateral Growth of GaN by Liquid Phase Electroepitaxy using aluminum oxide mask," 33th Electronic Materials Symposium (EMS-33), Laroret Shuzenji, Izu, Th3-10 (2014-7)

M.Tomita, T.Takakura, Y.Mizuno, M.Iwakawa, D.Kanbayashi, S.Naritsuka, and T.Maruyama : "Relationship between surface supersaturation and vertical growth rate in GaAs microchannel epitaxy," The 45th Annual Conference of British Association for Crystal Growth (BACG2014), Leeds, England, p.23 (2014-7)

鈴木陽平, 日下部安宏, 丸山隆浩, 成塚重弥, 清水一男, 金田省吾 : 「大気圧マイクロプラズマその場処理のための MBE 装置改造」, 第 6 回窒化物半導体結

- 晶成長講演会, 名城大学, 名古屋, St-30 (2014-7)
- 高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「メサ加工基板を用いた電流制御型液相成長による GaN の横方向成長」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名城大学, 名古屋, St-9 (2014-7)
- 岩川宗樹, 高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「3D プリンターを用いた流速支援 GaN 液相成長用ボートの検討」第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, 名城大学, 名古屋, St-10 (2014-7)
- Y.Suzuki, T.Inagaki, S.Uchiyama, T.Maruyama, S.Naritsuka, Y.Noma, S.Kaneda, and K.Shimizu: "Effect of N₂ micro plasma treatment on initial growth of GaN by MOMBE," International Workshop on Nitrides Semiconductors 2014 (IWN2014), Wroclaw, Poland, (2014-8)
- J.Yamada, M.Suzuki, Y.Ueda, S.Naritsuka, and T.Maruyama: "Nucleation control of graphene in precipitation method by the use of Al₂O₃ barrier and Au capping layers," 第 47 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 名古屋大学, 愛知, 2P-21 (2014-9)
- M.Suzuki, J.Yamada, Y.Ueda, T.Maruyama, and S.Naritsuka: "Synthesis of Multi-layer Graphene for Wiring Application by Precipitation Method using Hybrid Diffusion Barrier Layer," 第 47 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 名古屋大学, 愛知, 2P-26 (2014-9)
- Y.Ueda, M.Suzuki, J.Yamada, S.Naritsuka, and T.Maruyama: "Growth of high-quality multi-layer graphene by precipitation method using diffusion barrier and two step annealing," 第 47 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 名古屋大学, 愛知, 3P-23 (2014-9)
- S.Naritsuka, Y.Kito, M.Suzuki, N.Hayakawa, J.Yamada, and T.Maruyama: "Growth of multilayer graphene by hybrid method of alcohol CVD and precipitation," 25th International Conference on Diamond and Carbon Materials, Madrid, Spain, 7-11 September (2014-9)
- 鈴木陽平, 日下部安宏, 丸山隆浩, 成塚重弥, 清水一男, 野間悠太, 金田省吾:「MOMBE を用いた GaN 初期成長に与えるその場 N₂ マイクロプラズマ処理の効果」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 7a-C5-6 (2014-9)
- 鈴木学, 山田純平, 上田悠貴, 成塚重弥, 丸山隆浩:「Al₂O₃ バリア層を用いた析出法による多層グラフェンの作製」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 北海道, 19p-B3-10 (2014-9)
- 高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「メサ加工テンプレート基板を用いた電流制御型液相成長による GaN 横方向成長」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 北海道, 18p-C5-19 (2014-9)
- 富田将史, 高倉宏幸, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 神林大介, 丸山隆浩, 成塚重弥:「GaAs MCE における表面過飽和度と法線成長速度の関係」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 北海道, 18p-A20-2 (2014-9)
- 山田純平, 鈴木学, 上田悠貴, 成塚重弥, 丸山隆浩:「Au, Al₂O₃ バリア層を用いたグラフェン析出法における核形成制御」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 北海道, 18a-PA3-27 (2014-9)
- 小澤顕成, 才田隆広, 成塚重弥, 丸山隆浩:「アルコールガスソース法による Pd 触媒からの単層カーボンナノチューブ成長」第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 北海道, 18a-PA3-2 (2014-9)
- 高倉宏幸, 岩川宗樹, 神林大介, 富田将史, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「メサ加工基板を用いた電流制御型液相成長による GaN の横方向成長領域の評価」, 第 44 回結晶成長国内会議, 学習院大学, 東京, 07PS04 (2014-11)
- 鈴木陽平, 日下部安宏, 丸山隆浩, 成塚重弥:「N₂ マイクロプラズマを用いた GaN 低角入射マイクロチャンネルエピタキシーにおける再成長の改善」, 第 44 回結晶成長国内会議, 学習院大学, 東京, 07PS05 (2014-11)
- 水野陽介, 富田将史, 神林大介, 高倉宏幸, 岩川宗樹, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「表面ステップの移動を制御するマスクパターンを用いた GaAs MCE 横縦比の向上」, 第 44 回結晶成長国内会議, 学習院大学, 東京, 06PS26 (2014-11)
- 成塚重弥:「配線応用に向けたグラフェン成長技術の動向」, 日本学術振興会 産学協力研究委員会 半導体界面制御技術第 154 委員会 第 93 回研究会, キャンパス・イノベーションセンター(CIC) 東京, 東京, (招待講演)(2014-11)
- M.Suzuki, J.Yamada, Y.Ueda, T.Maruyama, and S.Naritsuka: "Synthesis of Multi-Layer Graphene by Precipitation Method Using Hybrid Diffusion Barrier Layer," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston,

MA, (2014-12)

T.Maruyama, H.Kondo, A.Kozawa, T.Saida, S.Naritsuka, and S.Iijima : "Growth mechanism of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt catalysts by alcohol catalytic CVD," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, MA, (2014-12)

A.Kozawa, H.Kondo, T.Saida, S.Naritsuka, and T.Maruyama : "Single-Walled Carbon Synthesis from Pt catalysts using Alcohol Gas Source Method : Comparison to Co catalyst," 第24回日本MRS年次大会, 横浜市開港記念会館, 横浜情報文化センター, D-P11-006 (2014-12)

服部 友一

【学術論文】

大口友里恵, 赤堀俊和, 服部友一, 福井壽男, 新家光雄 : 「微粒子衝突処理による生体用 β 型 Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr 合金の機械的強度と骨接触性の変化」, 日本金属学会誌, 78, pp.163-169 (2014)

【その他】

服部友一, 加藤佑軌, 伊藤晶洋, 水野勝雅, 赤堀俊和 : 「動物実験による異種金属接触腐食に関する研究 - Ti6Al4V と SUS316L の組み合わせについて」, 東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会「産学官連携による金属系バイオマテリアルの研究開発最前線」講演概要集, pp.232-235 (2014)

M.Niinomi, M.Nakai, J.Hieda, K.Cho, T.Kasuga, T.Hattori, T.Goto, and T.Hanawa : "A review of surface modification of a novel low modulus β -type titanium alloy for biomedical applications," Int.J.Surface Science and Engineering, Vol.8, Nos.2/3, pp138-152 (2014)

T.Yasuda, T.Akahori, Y.Hoshiya, T.Hattori, and H.Fukui : "Effect of cooling rates after casting and subsequent Solution Treatment on Microstructure and Mechanical Strength of Dental Silver Alloys with different Cu contents," Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.636 (2014-9)

Y.Hoshiya, T.Akahori, T.Yasuda, T.Hattori, and H.Fukui : "Change in Microstructure and Mechanical Strength of Substitution Material for Dental Precious Alloys Fabricated by Solidification under Various Conditions," Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.637 (2014)

A.Ito, Y.Kato, T.Hattori, T.Akahori, N.Kimata, and K.Sato : "Animal Experiment on In-vivo Galvanic

Corrosion of SUS316L and Ti-6Al-4V -Surface observation and EPMA element mapping analysis-," Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.678 (2014)

Y.Kato, A.Ito, T.Hattori, T.Akahori, N.Kimata, and K.Sato : "Animal Experiment on In-vivo Galvanic Corrosion of SUS316L and Ti-6Al-4V -Observation of tissue reaction at 52 weeks after implantation-," Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.676 (2014)

T.Akahori, Y.Oguchi, T.Hattori, H.Fukui, and M.Niinomi : "Mechanical Strength and Microstructure of Biomedical Beta-type Ti Alloy Subjected to Fine Particle Bombarding," Proceedings of the 25th European Conference on Biomaterials, p.678 (2014)

六田 英治

【学術論文】

D.D.Nguyen, R.N.Tiwari, Y.Matsuoka, G.Hashimoto, E.Rokuta, Y.-Z.Chen, and M.Yoshimura : "Low vacuum annealing of cellulose acetate on nickel towards transparent conductive CNT-graphene hybrid films", Applied Materials and Interfaces, Vol.6, pp.9071-9077 (2014-5)

【その他】

古川和人, 熊谷成輝, 村田英一, 浅井泰尊, 加藤秀次, 六田英治, 下山宏 : 「Field Emission Spectroscopy 用高精度制御電源装置の開発」, 信学技報, vol.114, No.262, ED2014-68, pp.29-34 (2014-10)

応用化学科

池邊 由美子

【その他】

田淵正義, 池邊由美子, 坂えり子: 「遷移金属をドーピングした BaZrO₃ の焼結性と電気伝導特性」, 名城大学総合研究所紀要, 第 19 号, pp.143-146 (2014-3)

E.Ban, Y.Ikebe, and T.Fukunaga: "Electrical conductivity and chemical stability of proton conducting BaMO₃ (M=Zr, Ce)," The 17th International Conference on Solid State Protonic Conductors _ abstract, pp.173 (2014-9)

Y.Ikebe and E.Ban: "Effect of transition metal doping on electrical conductivity and chemical stability of SrCeO₃-based proton conductor," The 17th International Conference on Solid State Protonic Conductors _ abstract, p.184 (2014-9)

大脇 健史

【学術論文】

R.Asahi, T.Morikawa, H.Irie, and T.Ohwaki: "Nitrogen-Doped Titanium Dioxide as Visible-Light Sensitive Photocatalyst: Designs, Developments, and Prospects," Chemical Reviews, Vol.114, No.19, pp.9824-9852 (2014-9)

【その他】

佐伯周, 青木恒勇, 大脇健史, 森川健志: 「可視光応答型の Fe, Cu 担持 N-TiO₂ 光触媒」, 光触媒研究会第 33 回光がかかわる触媒化学シンポジウム予稿集, P-7 (2014-7)

佐伯周, 青木恒勇, 大脇健史, 森川健志: 「Cu または Fe を担持した窒素ドーピング酸化チタン光触媒」, 電気化学会, 2014 年電気化学秋季大会講演要旨集, 1G10 (2014-9)

佐伯周, 青木恒勇, 大脇健史, 森川健志: 「Cu または Fe 担持による窒素ドーピング酸化チタンの高性能化」, 光機能材料研究会第 21 回シンポジウム要旨集, P-16 (2014-12)

小澤 理樹

【著書】

小澤理樹: 「硬質ビーズと強力超音波処理によるナノ粒子分散と化学修飾」, 『攪拌・混合技術とトラブル対策』, 第 4 章 8 節, 技術情報協会, pp.209-214 (2014-10)

【その他】

三輪尚人, 伊藤正雅, 小澤理樹: 「爆発法ナノダイヤモンドと高分子による粘弾性繊維の形成」, 第 149 回東海高分子研究会講演会, (2014-9)

三輪尚人, 小澤理樹, 伊藤正雅: 「爆発法ナノダイヤモンドと高分子による粘液状の繊維形成」, 高分子学会予稿集, 63 巻, 2 号, p.1841 (2014-9)

才田 隆広

【学術論文】

C.Chauvin, T.Saida, and W.Sugimoto: "Influence of the RuO₂ Nanosheet Content in RuO₂ Nanosheet-Pt/C Composite Toward Improved Performance of Oxygen Reduction Electrocatalysts," *Journal of The Electrochemical Society*, Vol.161, pp.F318-F322 (2014-1)

S.Kityakarn, T.Saida, A.Sode, N.Ishiguro, O.Sekizawa, T.Uruga, K.Nagasawa, T.Yamamoto, T.Yokoyama, and M.Tada: "In Situ Time-Resolved XAFS of Transitional States of Pt/C Cathode Electrocatalyst in an MEA During PEFC Loading with Transient Voltages," *Topics in Catalysis*, Vol.57, pp.903-910 (2014-2)

【その他】

小木曾貴弘, 才田隆広: 「グラフェンにより構築される中空構造体の合成」, 2014 年電気化学秋季大会, 1F07 (2014-9)

小澤顕成, 才田隆広, 成塚重弥, 丸山隆浩: 「アルコールガスソース法による Pd 触媒からの単層カーボンナノチューブ成長」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-PA3-2 (2014-9)

T.Maruyama, H.Kondo, A.Kozawa, T.Saida, S.Naritsuka, and S.Iijima: "Growth mechanism of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt catalysts by alcohol catalytic CVD," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, (2014-12)

T.Kogiso and T.Saida: "Synthesis and characterization of ordered structural carbon material built-up from the grapheme," 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, (2014-12)

A.Kozawa, H.Kondo, T.Saida, S.Naritsuka, and T.Maruyama: "Single-Walled Carbon Synthesis from Pt catalysts using Alcohol Gas Source Method: Comparison to Co catalyst," 第 24 回日本 MRS 年次大会, D-P11-006 (2014-12)

田中 正剛

【学術論文】

M.Tanaka, S.Abiko, N.Koshikawa, M.Katsuta, and T.Kinoshita: "Spontaneous Construction of Nanoperiodic Architecture by Two-Dimensional Self-Assembly of an Amphiphilic Peptide-Polyethylene Glycol Conjugate at the Solid/Water Interface," *J.Colloid Interface Sci.*, Vol.417, pp.137-143 (2014-3)

【その他】

田中正剛, 林史也: 「油-水界面特異的に形成したβ-シートペプチド層による脂溶性物質の放出制御」, 高分子学会第63回高分子討論会予稿集, Vol.63, No.2, CD-ROM (2014-9)

永田 央

【学術論文】

永田央: 「人工分子で光合成を組み立てる」, 名城大学理工学部研究報告, 54号, pp.7-14 (2014-4)

T.Inose, D.Tanaka, H.Tanaka, O.Ivasenko, T.Nagata, Y.Ohta, S.D.Feyter, N.Ishikawa, and T.Ogawa: "Switching of Single-Molecule Magnetic Properties of Tb^{III}-Porphyrin Double-Decker Complexes and Observation of Their Supramolecular Structures on a Carbon Surface," *Chemistry A European Journal*, Vol.20, pp.11362-11369 (2014-7)

T.Nagata: "Molby: Graphical Molecular Modeling Software with Integrated Ruby Interpreter," *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, Vol.87, pp.902-904 (2014-8)

T.Nagata: "Design of synthetic molecular units including quinones towards the construction of artificial photosynthesis," *Research on Chemical Intermediates*, Vol.40, pp.3183-3198 (2014-10)

坂 えり子

【その他】

田淵正義, 池邊由美子, 坂えり子: 「遷移金属をドーピングしたBaZrO₃の焼結性と電気伝導特性」, 名城大学総合研究所紀要, 第19号, pp.143-146 (2014-3)

E.Ban, Y.Ikebe, and T.Fukunaga: "Electrical conductivity and chemical stability of proton conducting BaMO₃ (M=Zr, Ce)," *The 17th International Conference on Solid State Protonic Conductors _ abstract*, p.173 (2014-9)

Y.Ikebe and E.Ban: "Effect of transition metal doping on electrical conductivity and chemical stability of SrCeO₃-based proton conductor," *The 17th International*

Conference on Solid State Protonic Conductors _ abstract, p.184 (2014-9)

坂東 俊治

【学術論文】

M.Nakamura, T.Kawai, R.Yuge, S.Bandow, S.Iijima, and M.Yudasaka: "Evidence of Selective Oxidation in Surface Layers of Graphite-like Thin Sheets by Mild Oxidation," *Carbon* 71, pp.70-75 (2014)

S.Bandow and Y.Shiraki: "Structural Stability of Iron Oxide Nanotubes and an Enhancement of Photo Induced Current Detected in the Complex with Fullerenols," *Mater.Res.Soc.Symp.Proc.*1659 (2014) doi: 10.1557/opl.2014.133

R.Yuge, S.Bandow, K.Nakahara, M.Yudasaka, K.Toyama, T.Yamaguchi, S.Iijima, and T.Manako: "Structure and Electronic States of Single-Wall Carbon Nanohorns Prepared under Nitrogen Atmosphere," *Carbon* 75, pp.322-326 (2014)

Y.Kosugi and S.Bandow: "Structure and Electronic States of Zinc-Doped Iron Oxide Nanotubes Prepared by a Surfactant-Assisted Sol-Gel Method," *J.Inorg. Organomet.Polym.*24 (6), pp.933-939 (2014)

【その他】

S.Bandow and Y.Shiraki: "Structural Stability of Iron Oxide Nanotubes and an Enhancement of Photo Induced Current Detected in the Complex with Fullerenols," 2013 MRS Fall Meeting, SS13.63 (2013-12)

Y.Kosugi and S.Bandow: "Doping of zinc to the iron oxide nanotubes by using a poly-condensation of metal nitrate hydrates on the surface of surfactant," *The 46th Fullerene Nanotubes Graphene General Symposium*, 3P-47 (2014-3)

R.Yuge, T.Manako, S.Bandow, M.Yudasaka, K.Toyama, S.Iijima, and N.Tamura: "Structure and electrochemical properties of boron- and nitrogen-doped carbon nanohorn aggregates," *The 47th Fullerene Nanotubes Graphene General Symposium*, 1-14 (2014-9)

藤田 典史

【学術論文】

T.Fukino, H.Joo, Y.Hisada, M.Obana, H.Yamagishi, T.Hikima, M.Takata, N.Fujita, and T.Aida: "Manipulation of Discrete Nanostructures by Selective Modulation of Noncovalent Forces," *Science*, Vol.344, pp.499-504 (2014-5)

M. Shirakawa, N. Fujita, A. Takada, and S. Shinkai : "A Rubber Elastic Low-Molecular-Weight Organogel," Chemistry Letters, Vol.43, pp.1330-1332 (2014-8)

【その他】

N. Fujita and T. Imaizumi : "Synthesis of Conjugated β -Diketone Derivatives and Those Assembling and Coordination Properties in Organic Media," International Conference in Synthetic Metals 2014 (2014-6)

藤田典史 : 「分子集合体化学で経験した偶然と必然」, 第 149 回東海高分子研究会講演会(夏期合宿) (2014-9)

丸山 隆浩

【学術論文】

T. Yajima, S. Sakakibara, S. Naritsuka, H. Yamane, N. Kosugi, and T. Maruyama : "Formation of Carbon Nanotube/n-type 6H-SiC Heterojunction by Surface Decomposition of SiC and Its Electric Properties," Jpn. J. Appl. Phys. Vol.52, No.6, pp.06GD01-1-4 (2013-6)

H. Kondo, N. Fukuoka, R. Ghosh, S. Naritsuka, T. Maruyama, and S. Iijima : "Low-Temperature Single-Walled Carbon Nanotube Growth from Pt Catalysts Using Alcohol Gas Source Method in High Vacuum," Jpn. J. Appl. Phys. Vol.52, No.6, pp.06GD02-1-4 (2013-6)

T. Maruyama, H. Kondo, N. Fukuoka, and S. Naritsuka : "Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt catalysts by the Alcohol Gas Source Method under Low Ethanol Pressure : Growth Temperature Dependence," Trans. Mater. Res. Soc. Jpn., Vol.38, pp.585-588 (2014-2)

H. Kondo, R. Ghosh, S. Naritsuka, T. Maruyama, and S. Iijima : "Single-Walled Carbon Nanotube Growth with Narrow Diameter Distribution from Pt Catalysts by Alcohol Gas Source Method," 2013 MRS Fall Meeting Proceedings, Manuscript ID MRSF13-1659-SS04-02. R1 1659 (Adaptive Soft Matter through Molecular Networks), pp.149/1-149/6 (2014-3)

Y. Hirota, Y. Shirai, H. Iha, Y. Kito, M. Suzuki, H. Kato, N. Yamamoto, T. Maruyama, and S. Naritsuka : "Selective growth of (001) GaAs using a patterned graphene mask," J. Cryst. Growth, Vol.401, No.9, pp.563-566 (2014-9)

N. Kuwano, Y. Ryu, M. Mitsuhashi, C. H. Lin, S. Uchiyama, T. Maruyama, Y. Suzuki, and S. Naritsuka : "Behavior of defects in a-plane GaN films grown by low-angle-incidence microchannel epitaxy (LAIMCE)," J. Cryst.

Growth, Vol.401, No.9, pp.409-413 (2014-9)

D. Kambayashi, H. Takakura, M. Tomita, M. Iwakawa, Y. Mizuno, J. Yamada, T. Maruyama, and S. Naritsuka : "Selective growth of GaN by liquid phase electroepitaxy using alumina oxide mask," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.53, No.11s, 11RC06-1-3 (2014-11)

【その他】

H. Takakura, M. Tomita, D. Kambayashi, M. Iwakawa, Y. Misuno, J. Yamada, S. Naritsuka, and T. Maruyama : "Selective growth of GaN by Liquid Phase Electroepitaxy using Al_2O_3 mask," 6th Int. Symp. Advanced Plasma Sci. and its Appl. for Nitrides and Nanomaterials, 7th Int. Con. on Plasma-Nano Tech. & Sci., Nagoya, 06aP28 (2014-3)

Y. Sawaki, Y. Nakashima, S. Naritsuka, and T. Maruyama : "Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt Catalysts by Hot-Filament Assisted Chemical Vapor Deposition," 6th Int. Symp. Advanced Plasma Sci. and its Appl. for Nitrides and Nanomaterials, 7th Int. Con. on Plasma-Nano Tech. & Sci., 03pP36 (2014-3)

H. Kondo, R. Ghosh, S. Naritsuka, and T. Maruyama : "Study on Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt Catalysts by Gas Source Method Using Ethanol in High Vacuum," 6th Int. Symp. Advanced Plasma Sci. and its Appl. for Nitrides and Nanomaterials, 7th Int. Con. on Plasma-Nano Tech. & Sci., 03pP40 (2014-3)

鈴木学, 鬼頭祐典, 早川直邦, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「a-C 層を挿入した Ni 触媒を用いた多層グラフェンのアルコール CVD」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 17a-E2-16 (2014-3)

近藤弘基, G. Ranajit, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「アルコールガスソース法における Pt 触媒からの単層カーボンナノチューブ成長メカニズムの検討」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 17a-E2-21 (2014-3)

河合越, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「メタンを炭素源に用いた Pt 触媒からの単層カーボンナノチューブ成長」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 17a-E2-22 (2014-3)

富田将史, 高倉宏幸, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 神林大介, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「GaAs MCE におけるステップ源である積層欠陥からの 2 次元核の生成」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 18p-PG7-1 (2014-3)

高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 成塚重弥, 丸山隆浩 : 「酸化アルミニウムマスクを用いた電流制御型液相成長による GaN

- 選択成長」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 20a-PG1-2 (2014-3)
- 鈴木陽平, 内山翔太, 丸山隆浩, 成塚重弥, 清水一男, 野間悠太, 金田省吾:「MOMBE を用いた GaN 初期成長に与える N₂ マイクロプラズマ処理の効果」, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 20a-PG1-16 (2014-3)
- T.Maruyama, H.Kondo, Y.Sawaki, R.Ghosh, S.Naritsuka, and S.Iijima: "Single-walled carbon nanotube growth from Pt catalysts by cold-wall ACCVD," The Fifteenth International Conference on the Science and Application of Nanotubes (NT14) (2014-6)
- H.Iha, Y.Hirota, S.Yamauchi, N.Yamamoto, T.Maruyama and S.Naritsuka: "Effect of arsenic cracking on In incorporation into MBE-grown InGaAs layer," 33th Electronic Materials Symposium (EMS-33), Th2-12 (2014-7)
- M.Iwakawa, H.Takakura, M.Tomita, D.Kambayashi, Y.Mizuno, S.Naritsuka, and T.Maruyama: "Lateral Growth of GaN by Liquid Phase Electroepitaxy using aluminum oxide mask," 33th Electronic Materials Symposium (EMS-33), Th3-10 (2014-7)
- M.Tomita, T.Takakura, Y.Mizuno, M.Iwakawa, D.Kanbayashi, S.Naritsuka, and T.Maruyama: "Relationship between surface supersaturation and vertical growth rate in GaAs microchannel epitaxy," The 45th Annual Conference of British Association for Crystal Growth (BACG2014), P23 (2014-7)
- 鈴木陽平, 日下部安宏, 丸山隆浩, 成塚重弥, 清水一男, 金田省吾:「大気圧マイクロプラズマその場処理のための MBE 装置改造」第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, St-30 (2014-7)
- 高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「メサ加工基板を用いた電流制御型液相成長による GaN の横方向成長」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, St-9 (2014-7)
- 岩川宗樹, 高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「3D プリンターを用いた流速支援 GaN 液相成長用ポートの検討」, 第 6 回窒化物半導体結晶成長講演会, St-10 (2014-7)
- Y.Suzuki, T.Inagaki, S.Uchiyama, T.Maruyama, S.Naritsuka, Y.Noma, S.Kaneda, and K.Shimizu: "Effect of N₂ micro plasma treatment on initial growth of GaN by MOMBE," International Workshop on Nitrides Semiconductors 2014 (IWN2014), (2014-8)
- J.Yamada, M.Suzuki, Y.Ueda, S.Naritsuka, and T.Maruyama: "Nucleation control of graphene in precipitation method by the use of Al₂O₃ barrier and Au capping layers," 第 47 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 2P-21 (2014-9)
- M.Suzuki, J.Yamada, Y.Ueda, T.Maruyama, and S.Naritsuka: "Synthesis of Multi-layer Graphene for Wiring Application by Precipitation Method using Hybrid Diffusion Barrier Layer," 第 47 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 2P-26 (2014-9)
- Y.Ueda, M.Suzuki, J.Yamada, S.Naritsuka, and T.Maruyama: "Growth of high-quality multi-layer graphene by precipitation method using diffusion barrier and two step annealing," 第 47 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 3P-23 (2014-9)
- S.Naritsuka, Y.Kito, M.Suzuki, N.Hayakawa, J.Yamada, and Takahiro Maruyama: "Growth of multilayer graphene by hybrid method of alcohol CVD and precipitation," 25th International Conference on Diamond and Carbon Materials, (2014-9)
- 鈴木陽平, 日下部安宏, 丸山隆浩, 成塚重弥, 清水一男, 野間悠太, 金田省吾:「MOMBE を用いた GaN 初期成長に与えるその場 N₂ マイクロプラズマ処理の効果」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 7a-C5-6 (2014-9)
- 鈴木学, 山田純平, 上田悠貴, 成塚重弥, 丸山隆浩:「Al₂O₃ バリア層を用いた析出法による多層グラフェンの作製」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-B3-10 (2014-9)
- 高倉宏幸, 富田将史, 神林大介, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「メサ加工テンプレート基板を用いた電流制御型液相成長による GaN 横方向成長」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-C5-19 (2014-9)
- 富田将史, 高倉宏幸, 岩川宗樹, 水野陽介, 山田純平, 神林大介, 丸山隆浩, 成塚重弥:「GaAs MCE における表面過飽和度と法線成長速度の関係」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-A20-2 (2014-9)
- 山田純平, 鈴木学, 上田悠貴, 成塚重弥, 丸山隆浩:「Au, Al₂O₃ バリア層を用いたグラフェン析出法における核形成制御」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-PA3-27 (2014-9)
- 小澤顕成, 才田隆広, 成塚重弥, 丸山隆浩:「アルコール

- ルガスソース法による Pd 触媒からの単層カーボンナノチューブ成長」, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-PA3-2 (2014-9)
- 丸山隆浩:「ナノカーボンの作製と評価」, 日本電子(株) EPMA・表面分析ユーザーズミーティング, (2014-10)
- T.Maruyama: “Single-Walled Carbon Nanotube Synthesis from Pt catalysts by Low Pressure ACCVD,” BIT’ s 4th Annual World Congress of Nano Science & Technology-2014, (招待講演) (2014-10)
- 高倉宏幸, 岩川宗樹, 神林大介, 富田将史, 水野陽介, 山田純平, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「メサ加工基板を用いた電流制御型液相成長による GaN の横方向成長領域の評価」, 第 44 回結晶成長国内会議, 07PS04 (2014-11)
- 鈴木陽平, 日下部安宏, 丸山隆浩, 成塚重弥:「N₂ マイクロプラズマを用いた GaN 低角入射マイクロチャンネルエピタキシーにおける再成長の改善」, 第 44 回結晶成長国内会議, 07PS05 (2014-11)
- 水野陽介, 富田将史, 神林大介, 高倉宏幸, 岩川宗樹, 安井亮太, 丸山隆浩, 成塚重弥:「表面ステップの移動を制御するマスクパターンを用いた GaAs MCE 横縦比の向上」, 第 44 回結晶成長国内会議, 06PS26 (2014-11)
- M.Suzuki, J.Yamada, Y.Ueda, T.Maruyama, and S.Naritsuka: “Synthesis of Multi-Layer Graphene by Precipitation Method Using Hybrid Diffusion Barrier Layer,” 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, (2014-12)
- T.Maruyama, H.Kondo, A.Kozawa, T.Saida, S.Naritsuka, and S.Iijima: “Growth mechanism of Single-Walled Carbon Nanotubes from Pt catalysts by alcohol catalytic CVD,” 2014 MRS Fall Meeting & Exhibit, (2014-12)
- A.Kozawa, H.Kondo, T.Saida, S.Naritsuka, and T.Maruyama: “Single-Walled Carbon Synthesis from Pt catalysts using Alcohol Gas Source Method: Comparison to Co catalyst,” 第 24 回日本 MRS 年次大会, D-P11-006 (2014-12)

機械工学科

宇佐美 勝

【その他】

宇佐美勝, 久保貴, 北山隼平: 「DSMC 法の分子間衝突計算に関する一考察(一次元垂直衝撃波の解析)」, 第 28 回数値流体力学シンポジウム講演論文集 USB (OS1-4 原子・分子の流れ) D08-2 (2014-12)

大槻 敦巳

【学術論文】

大槻敦巳: 「剛体壁に挟まれた柔軟弾性はりの座屈後変形挙動」, ばね論文集, 第 59 号, pp. 29-36 (2014-5)
A.Ohtsuki: "A New Method for Measuring Young's Modulus of Thin Multi-layered Materials using Postbuckling Behavior," Proceedings of the 39th Solid Mechanics Conference, pp. #100-1-#100-2 (CD-ROM) (2014-9)

【その他】

大槻敦巳: 「大学は最近, えらいことになっている!(親の壁)」, Bulletin of Japan Society of Spring Engineers, No. 517, p. 1 (2014-11)
大槻敦巳, 桜山真吾: 「コイルドウェーブスプリングにおける変形特性解析」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会論文集, No. 143-1, pp. #203-1/#203-2 (CD-ROM) (2014-3)
大槻敦巳, 蔣驍: 「柔軟薄肉円リングの自重による大たわみ変形解析」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会論文集, No. 143-1, pp. #413-1/#413-2 (CD-ROM) (2014-3)
大槻敦巳, 白木雅規: 「二平面に挟まれた柔軟材料の大変形解析」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会論文集, No. 143-1, pp. #519-1/#519-2 (CD-ROM) (2014-3)
大槻敦巳, 蔣驍: 「柔軟薄肉円リングにおける自重大たわみ変形を利用した新ヤング率測定法」, 日本ばね学会 2014 年度秋季講演会論文集, pp. 29-32 (2014-11)

大島 成通

【学術論文】

H.Yokota, S.Ohshima, and N.Mizuno: "Optimization of Long Jump Landing Motion using Musculoskeletal System Simulation," 5th International Symposium on Advanced Control of Industrial Processes, pp. 444-449

(2014-5)

【その他】

皆川裕輝, 平松右輔, 大島成通: 「並列アナログ回路の時空間特性を利用した画像特徴量抽出」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会講演論文集, No. 143-1, 403 (2014-3)
横田紘季, 大島成通, 水野直樹: 「筋骨格モデルを用いた着地動作の生体力学的解析」, スポーツ・アンド・ヒューマンダイナミクス 2014 講演論文集, No. 14-40, A-36 (2014-10)

來海 博央

【学術論文】

M.Nakamura, C.Sakaki, M.Kimura, T.Konoike, H.Takagi, K.Shirakihara, H.Kimachi, and K.Tanaka: "Effect of Ferroelectric Domain on Fatigue Fracture Behavior in Piezoelectric Ceramics," Key Engineering Materials, 566, pp. 3-6 (2013-6)
藤井琢士, 内田貴浩, 相川和輝, 内村将大, 來海博央, 藤山一成: 「FIB シリアルセクションング / EBSD-DSM 法を用いた遮熱コーティングの 3 次元微視組織評価」, 熱処理, 第 54 巻, 第 3 号, pp. 141-148 (2014-6)
來海博央, 藤井琢士, 今泉潤哉, 太田航, 内村将大, 藤山一成: 「SIM / EBSD / Raman 分光技術を用いた 2D イメージングによる遮熱コーティングの損傷評価」, 熱処理, 第 54 巻, 第 3 号, pp. 105-106 (2014-6)

【その他】

來海博央, 藤井琢士, 藤山一成, 内村将大: 「3D-EBSD 法による遮熱コーティング 3 次元微視組織評価と表面分析による損傷評価」, 第 50 回 X 線材料強度に関する討論会講演論文集, pp. 11-17 (2013-12) 依頼講演
長谷川弘幸, 榊原将芝, 田中啓介, 來海博央: 「UV-LIGA プロセスによるニッケルナノ結晶薄膜試験片の創製と疲労特性評価」, 日本材料学会東海支部第 8 回学術講演会, pp. 21-22 (2014-3)
中村知樹, 加賀谷忠治, 來海博央, 江上登: 「A5052 材の機械的特性に及ぼす FPB 処理の影響」, 日本熱処理技術協会第 4 回中部支部講演会プログラム, pp. 13-14 (2014-3)
相川和輝, 藤井琢士, 内田貴浩, 藤山一成, 來海博央: 「3D-EBSD 法を用いた 3 次元微視組織再構築による

- TBC の損傷評価」, 日本熱処理技術協会第 4 回中部支部講演会プログラム, pp. 15-16 (2014-3)
- 藤井琢士, 内田貴浩, 藤山一成, 來海博央, 相川和輝: 「EBSD-DSM 法による遮熱コーティングの熱損傷評価」, 日本熱処理技術協会第 4 回中部支部講演会プログラム, pp. 17-18 (2014-3)
- 角田恭兵, 今泉潤哉, 藤井琢士, 來海博央: 「顕微ラマン分光法を用いたアルミナの高精度結晶方位測定」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会・講演会 (2014-3)
- 原田和真, 小川明寛, 來海博央, 藤山一成: 「SUS304HTB 鋼クリーブ損傷材における結晶粒ひずみ分布の EBSD 観察による評価」, 日本機械学会 M&M2014 材料力学カンファレンス講演論文集, (OS0510) (2014-7)
- 小川明寛, 原田和真, 來海博央, 藤山一成: 「改良 9Cr 鋼クリーブ損傷材における結晶粒ひずみ分布の EBSD 観察による評価」, 日本機械学会 M&M2014 材料力学カンファレンス講演論文集, (OS0509) (2014-7)
- 角田恭兵, 今泉潤哉, 藤井琢士, 來海博央: 「偏光顕微ラマン分光法を用いたアルミナの結晶方位測定」, 第 48 回 X 線材料強度に関するシンポジウム講演論文集, pp. 40-45 (2014-7)
- 安江佑介, 高木貴文, 來海博央: 「多結晶圧電セラミックスの応力負荷過程におけるドメインスイッチングの Phase-field 解析」, 第 58 回日本学術会議材料工学連合講演会, pp. 139-140 (2014-10)
- 鶴見拓也, 松下知広, 白木原香織, 來海博央, 田中啓介, 木村雅彦, 榎千春, 奥山幸治, 中村玄徳: 「菱面体晶圧電セラミックスの疲労き裂進展挙動に及ぼす応力比の影響」, 第 58 回日本学術会議材料工学連合講演会, pp. 147-148 (2014-10)
- 永田寛茂, 長谷光司, 長谷川弘幸, 田中啓介, 來海博央: 「UV-LIGA プロセスによるナノ結晶薄膜試験片の創製と切欠き疲労強度評価」, 日本材料学会第 32 回疲労シンポジウム (2014-11)

久保 貴

【その他】

- 里涼, 久保貴: 「感温塗料を用いたバックステップ流れ下流の壁面温度分布の可視化」, 日本機械学会東海支部学生会第 45 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集, No. 322 (2014-3)
- 北山隼平, 久保貴: 「Couette 流れと干渉する衝突噴流熱伝達の数値計算」, 日本機械学会東海支部第 63

- 期総会講演会講演論文集 (14.3.18-19) No. 143-1, No. 315 (2014-3)
- 青山雄登, 久保貴: 「同軸噴流拡散場の基本特性に関する研究」, 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集, S0510406 (2014-9)
- 田中大崇, 北山隼平, 久保貴: 「感温塗料(TSP)を用いた表面温度分布測定システムの開発」, 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集, S0510304 (2014-9)
- 北山隼平, 久保貴: 「Couette 流れと干渉する衝突噴流熱伝達の数値的研究」, 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集, S0510203 (2014-9)

清水 憲一

【著書】

- 清水憲一: 「銅/樹脂の疲労試験と疲労破壊挙動およびその影響因子」, 『樹脂金属接着』, 第 10 節, pp. 514-519, 技術情報協会 (2014-9)

【その他】

- 牧祐正, 清水憲一, 皿井孝明: 「金属材料の疲労き裂先端変位場計測に基づくき裂伝ば下限界の評価」, 日本機械学会中国四国支部第 52 期総会・講演会講演論文集, CD-ROM (2014-9)
- 岸田隆利, 清水憲一, 皿井孝明: 「樹脂/金属接着界面の疲労破壊挙動に関する基礎的研究」, 日本機械学会中国四国支部第 52 期総会・講演会講演論文集, CD-ROM (2014-3)
- 山田大貴, 小原和也, 田中啓介, 清水憲一: 「射出成形した短繊維 FRP 平板における疲労き裂進展に及ぼす板厚の影響」, 日本機械学会 M&M2014 材料力学カンファレンス講演論文集, CD-ROM (2014-7)
- 福原裕太, 清水憲一, 皿井孝明: 「純チタン膜材の疲労き裂進展挙動とき裂先端付近の変位場計測」, 第 58 回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, pp. 365-366 (2014-10)
- 小原田和也, 山田大貴, 田中啓介, 清水憲一: 「射出成形した短繊維 FRP における疲労き裂進展挙動に及ぼす繊維配向と温度の影響」, 第 32 回疲労シンポジウム講演論文集, pp. 109-113 (2014-11)

塚田 敦史

【その他】

- 小幡篤史, 塚田敦史: 「設計の上流工程における全方位動画をを用いたユーザ観察支援の提案」, 日本設計工学会 2014 年度秋季大会研究発表講演会講演論文集, pp. 191-192 (2014-10)

福田 康明**【学術論文】**

市川千将, 福田康明, 杉谷卓志, 斉藤真:「組立作業における部品取扱作業の筋負担評価とその応用」, 日本設備管理学会誌, Vol. 25, No. 4, pp. 171-177 (2014-1)

福田康明, 新郷正浩, 山田裕昭:「セル生産における工程数と作業習熟に関する研究」, 日本人間工学会誌, Vol. 50, No. 1, pp. 35-42 (2014-2)

斉藤真, 中務隆弘, 池浦良淳, 大平肇子, 松井真弓, 福田康明, 長谷川 智之:「マルチ画面型 VDT 使用時のオペレータの生体負担」, 産業保健人間工学研究, Vol. 15, No. 1, pp. 1-6 (2014-3)

【その他】

林宗一郎, 福田康明:「達成度手法による作業習熟に関する研究 - 単工程作業と多工程作業の評価 -」, 日本人間工学会第 55 回大会講演集, pp. 324-325 (2014-6)

福田康明, 山田裕昭:「セル生産における作業者の習熟特性の解析」, 日本生産管理学会第 55 回大会講演集, pp. 93-96 (2014-9)

勝野喬雄, 福田康明, 斉藤真:「組立作業における締付工具取扱作業の筋負担に関する研究」, 日本人間工学会東海支部 2014 年大会論文集, に関する研究」, pp. 18-19 (2014-11)

林宗一郎, 福田康明:「セル生産における作業習熟に関する研究 - 全習法と分習法との比較・検討 -」, 日本人間工学会東海支部 2014 年大会論文集, pp. 48-49 (2014-11)

藤山 一成**【学術論文】**

藤山一成, 斎藤和宏:「き裂長さデータの統計解析に基づく蒸気タービンケーシングの最適補修間隔と補修量予測法」, 材料, Vol. 63, No. 8, pp. 608-613 (2014-8)

K.Fujiyama: "Damage informatics for steam turbine components," Global Journal of Researches in Engineering: A, Mechanical and Mechanics Engineering, Vol. 14, Issue 6, pp. 1-8 (2014-6)

K.Tanaka, T.Fujii, and K.Fujiyama: "J-integral Approach to Creep-Fatigue Crack propagation in Lead-Free solder under Various Loading Waveforms." Advanced Materials Research Vols.891-892, pp. 365-370 (2014)

藤井琢士, 内田貴浩, 相川和輝, 内村将大, 来海博央, 藤山一成:「FIB シリアルセクションング/EBSD-DSM 法を用いた遮熱コーティングの 3 次元微視組

織評価」, 熱処理, Vol. 54, No. 3, pp. 141-148 (2014-6)

【その他】

K.Fujiyama, H.Ueno, H.Hirano, and H.Kimachi: "Risk-based design and maintenance measures for high temperature components under creep-fatigue conditions using Bayesian approach," HIDA-6 Conference, Nagasaki, Japan, CD-ROM (2013-12)

K.Fujiyama, H.Ueno, H.Hagiwara, S.Ogino, A.Ogawa, and H.Kimachi: "The EBSD investigation on the grain structure of Mod.9Cr steel for estimating damage and creep strain under creep and creep-fatigue conditions," HIDA-6 Conference, Nagasaki, Japan, CD-ROM (2013-12)

藤山一成: 解説「EBSD 観察の耐熱構造材料におけるクリープおよびクリープ疲労損傷評価への適用(前編) 測定原理と各種マップの特徴」, 検査技術, Vol. 19, No. 5, pp. 25-31 (2014-5)

藤山一成: 解説「EBSD 観察の耐熱構造材料におけるクリープおよびクリープ疲労損傷評価への適用(後編) 耐熱構造材料の損傷およびひずみ評価への適用」, 検査技術, Vol. 19, No. 6, pp. 6-12 (2014-6)

来海博央, 藤井琢士, 今泉潤哉, 太田航, 内村将大, 藤山一成:「-口絵- SIM/EBSD/Raman 分光技術を用いた 2D イメージングによる遮熱コーティングの損傷評価」, 熱処理, Vol. 54, No. 3, pp. 105-106 (2014-6)

小川明寛, 原田和真, 来海博央, 藤山一成:「改良 9Cr 鋼のクリープ損傷材における結晶粒ひずみ分布の EBSD 観察による評価」, M&M2014 カンファレンス, OS0509, CD-ROM (2014-7)

原田和真, 松井卓弥, 藤山一成, 来海博央:「SUS304HTB 鋼クリープ損傷材における結晶粒ひずみ分布の EBSD 観察による評価」, M&M2014 カンファレンス, OS0510, CD-ROM (2014-7)

田中啓介, 藤井貴之, 水野良輔, 藤山一成:「鉛フリーはんだにおけるき裂進展挙動に及ぼす荷重繰返し速度の影響」, M&M2014 カンファレンス, OS2115, CD-ROM (2014-7)

小池祐基, 佐野勝基, 田中啓介, 町屋修太郎, 菖蒲敬久, 藤山一成:「ニッケルナノ結晶構造の X 線回折プロファイル解析による評価」, 第 48 回 X 線材料強度に関するシンポジウム前刷集, pp. 51-56 (2014-7)

松田 淳**【学術論文】**

A.Sasoh, T.Harasaki, T.Kitamura, D.Takagi, S.Ito,

A.Matsuda, K.Nagata, and Y.Sakai : "Statistical behavior of post-shock overpressure past grid turbulence." Shock Waves, Vol. 24, No. 5, pp. 489-500 (2014)

【その他】

青山直樹, 近藤義明, 松田淳, 佐宗章弘 : 「放電プラズマを利用した衝撃波変調効果」, 2014年度日本機械学会年次大会 (2014-9)

松田淳 : 「レーザー生成プラズマ挙動のシミュレーション」第92期日本機械学会流体工学部門講演会 (2014-10)

青山直樹, 近藤義明, 松田淳, 佐宗章弘 : 「衝撃波変調効果への放電パワー依存性」, 第51回中部・関西支部合同秋季大会 (2014-11)

交通機械工学科

小川 宏隆

【学術論文】

S.Takahashi, Y.Imai, A.Kan, Y.Hotta, and H.Ogawa :
“Dielectric and thermal properties of isotactic polypropylene/hexagonal boron nitride composites for high-frequency application.” *J.Alloy and Comp.*, Vol.615, pp.141-145 (2014-12)

A.Kan, S.Takahashi, T.Moriyama, and H.Ogawa : “Influence of Zn substitution for Mg on microwave dielectric properties of spinel-structured $(Mg_{1-x}Zn_x)Ga_2O_4$ solid solutions.” *Jpn.J.Appl.Phys.*, Vol.53 pp.09PB03-1-4 (2014-9)

T.Moriyama, A.Kan, S.Takahashi, and H.Ogawa : “Dielectric and piezoelectric properties of lead-free $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ - $LiSbO_3$ - $Bi_{0.5}Li_{0.5}TiO_3$ system.” *J.Ceram.Soc.Jpn.*, Vol.122, No.6, pp.398-401 (2014-6)

【その他】

高橋奨, 今井祐介, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆:「異方性高熱伝導ファイラーを用いたポリマーコンポジットの誘電特性」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会講演要旨集, p.15 (2013-12)

守山徹, 小川宏隆, 菅章紀, 高橋奨:「 $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ - $LiSbO_3$ - $Ba(Ti, Zr)O_3$ 系セラミックスの圧電特性」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会講演要旨集, p.31 (2013-12)

菅章紀, 高橋奨, 守山徹, 小川宏隆:「スピネル系低損失マイクロ波誘電体セラミックスの誘電特性と結晶構造」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会講演要旨集, p.32 (2013-12)

菅章紀, 高橋奨, 守山徹, 小川宏隆:「スピネル構造を持つ AB_2O_4 ($A=Zn$ and Mg , $B=Ga$ and In) セラミックスの誘電特性と結晶構造」, 日本セラミックス協会 2014 年年会講演予稿集, CD-ROM (2014-3)

守山徹, 菅章紀, 高橋奨, 小川宏隆:「 $(1-x)(K_{0.474}Na_{0.474}Li_{0.052})(Nb_{0.948}Sb_{0.052})O_{3-x}AZrO_3$ セラミックスの合成と圧電特性」, 日本セラミックス協会 2014 年年会講演予稿集, CD-ROM (2014-3)

高橋奨, 今井祐介, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆:「MgO whisker を用いたポリマーコンポジットの高周波特性と熱特性」, 日本セラミックス協会 2014 年年会講演予稿集, CD-ROM (2014-3)

守山徹, 小川宏隆, 菅章紀, 高橋奨:「 KNN - $LiSbO_3$ - $LiSbO_3$ - $BaTiO_3$ セラミックスの結晶構造と圧電特

性」, 第 31 回強誘電体応用会議プログラム&講演予稿集, pp.45-46 (2014-5)

菅章紀, 高橋奨, 守山徹, 小川宏隆:「スピネル系 $(1-x)ZnGa_2O_{4-x}MgGa_2O_4$ 固溶体の合成とマイクロ波誘電特性」, 第 31 回強誘電体応用会議プログラム&講演予稿集, pp.59-60 (2014-5)

今井祐介, 高橋奨, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆:「高周波用途を意図した MgO 系ファイラー分散コンポジット誘電体材料の開発」, エレクトロニクス実装学会超高速・高周波エレクトロニクス実装研究会 (H26 年度第 1 回公開研究会) 講演予稿集 (2014-5)

A.Kan, S.Takahashi, and H.Ogawa : “Effect of Zn and In substitution for Mg and Ga on microwave dielectric properties of spinel-structured $(Mg_{1-x}Zn_x)(Ga_{2-y}In_y)O_4$ ceramics with low dielectric loss,” *Microwave Materials and Their Application 2014*, Abstract book p.41 (2014-6)

H.Ogawa, S.Takahashi, and A.Kan : “Low-temperature sintering of spinel-structured $MgGa_2O_4$ ceramic by B_2O_3 addition,” *Microwave Materials and Their Application 2014*, Abstract book p.62 (2014-6)

S.Takahashi, Y.Imai, A.Kan, Y.Hotta, and H.Ogawa : “Dielectric and thermal properties of hexagonal boron nitride and magnesium oxide filled polymer composites,” *Microwave Materials and Their Application 2014*, Abstract book p.65 (2014-6)

A.Kan, S.Takahashi, T.Moriyama, and H.Ogawa : “Microwave dielectric properties of spinel-structured $(1-x)ZnGa_2O_{4-x}MgGa_2O_4$ solid solutions,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.307 (2017-6)

S.Takahashi, Y.Imai, A.Kan, Y.Hotta, and H.Ogawa : “Dielectric and thermal properties of MgO whisker-filled polymer composites,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.338 (2017-6)

T.Moriyama, A.Kan, S.Takahashi, and H.Ogawa : “Relationships between crystal structure and piezoelectric properties of $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ - $LiSbO_3$ - $BaZrO_3$ system,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.319 (2014-6)

H.Ogawa, T.Moriyama, S.Takahashi, and A.Kan : “Synthesis and piezoelectric properties of $(1-x)Bi_{0.5}(Na_{0.8}K_{0.2})_{0.5}TiO_{3-x}SrZrO_3$ ceramics,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.320 (2017-6)

Y.Yokoyama, A.Kan, M.Suzuki, and H.Ogawa : “Synthesis and characterization of $Sn_{1-x}(A_{2/3}B_{1/3})_xP_2O_{7-\delta}$ [$A=Ni^{2+}$,

Mg²⁺, Zn²⁺, B=Nb⁵⁺, Sb⁵⁺], "Electroceramics XIV, Abstract book p.344 (2017-6)

高橋奨, 今井祐介, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆:「高周波無機有機コンポジット誘電体材料への適用に向けた中空ウイイルマイト粒子の合成」, 日本セラミックス協会第27回秋季シンポジウム講演予稿集, CD-ROM (2014-9)

横山優貴, 菅章紀, 鈴木正史, 梅田隼史, 小川宏隆:「Sn_{1-x}(A_{2/3}B_{1/3})_xP₂O_{7-d}[A=Ni, Mg, Zn, B=Ta, Sb] 固体プロトン伝導体の合成と特性評価」, 日本セラミックス協会第27回秋季シンポジウム講演予稿集, CD-ROM (2014-9)

杉村 忠良

【著書】

杉村忠良:「熱力学の基礎」, 三恵社, pp.1-100 (2014-7)

【学術論文】

横江博樹, 杉村忠良:「矩形管を伝播する三次元爆轟波挙動の断面形状による依存性」, 日本機械学会論文集, Vol.15, No.9, pp.330-337 (2014-7)

杉村忠良, 横江博樹:「伝播モードの遷移を伴う三次元デトネーションの数値計算」, 名城大学総合学術研究論文集, No.13, pp.59-68 (2014-3)

杉村忠良, 山本裕之:「矩形管内を伝播する爆轟波の挙動と形態」, 名城大学総合学術研究論文集, No.13, pp.69-78 (2014-3)

【その他】

小澤賢翁, 横江博樹, 杉村忠良, 瀧佳弘:「輸送効果を考慮した3次元爆轟波の数値解析」, 日本機械学会第92期流体工学部門講演会論文集, USB(2014-10)

小澤賢翁, 横江博樹, 杉村忠良, 瀧佳弘:「同軸二重円管内を伝播するデトネーションの数値解析」, 第51回日本航空宇宙学会中部・関西合同秋期大会講演会論文集, USB (2014-11)

吉子直希, 杉村忠良:「正方形管内を伝播するシングルスピンドネーションに関する数値解析」, 第51回日本航空宇宙学会中部・関西合同秋期大会講演会論文集, USB (2014-11)

相馬 仁

【その他】

相馬仁, 藤原慧太, 大脇里仁:「タブレット端末を用いたITSヒューマンインターフェースの開発ージェスチャ入力に関する基礎実験ー」, 日本人間工学会東海支部2014年研究大会論文集, pp.58-59 (2014-11)

相馬仁:「可変特性操舵系における制御方式と緊急回避性能との関係」, 日本機械学会第23回交通・物流部門大会講演論文集, CD-ROM (2014-12)

大脇里仁, 相馬仁:「運転支援システム用HMIへのタブレット応用に関する研究(ジェスチャ入力の運転性能への影響)」, 日本機械学会第23回交通・物流部門大会講演論文集, CD-ROM (2014-12)

砂田大貴, 相馬仁:「歩行者自動衝突回避システムに関するシミュレーション解析」, 日本機械学会第23回交通・物流部門大会講演論文集, CD-ROM (2014-12)

中井希昌, 相馬仁:「ファジィ応用ゲイン切替型可変特性操舵系の提案」, 日本機械学会第23回交通・物流部門大会講演論文集, CD-ROM (2014-12)

中島 公平

【学術論文】

吉田昌央, 中島公平, 村上好生, 高橋雅幸:「二輪車エンジンのシリンダ冷却に対する設置角度の影響」, 設計工学, Vol.49, No.8, pp.432-438 (2014-8)

K.Nakashima, Y.Murakami, and S.Ishihara: "Evaluation of Breakage of Keystone Rings with Two Types of Overall Side Angles," Proceedings of The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, Vol.3, pp.59-63 (2014-8)

【その他】

伊藤翔, 炭竈俊輝, 中島公平, 村上好生:「フライホイール式動力損失測定装置を用いたボールベアリングの抵抗測定」, 日本設計工学会東海支部平成25年度研究発表講演会講演論文集, pp.19-22 (2014-3)

渡辺拓也, 中島公平, 村上好生:「ハブベアリング抵抗測定装置の製作と測定」, 日本設計工学会東海支部平成25年度研究発表講演会講演論文集, pp.23-26 (2014-3)

磯崎匠吾, 中島公平, 村上好生:「スリット孔オープン型自然給気型燃料電池の発電特性に及ぼす開口大きさの影響」, 日本設計工学会東海支部平成25年度研究発表講演会講演論文集, pp.29-30 (2014-3)

清水敬千, 中島公平, 村上好生:「小型直接メタノール形燃料電池の発電特性に及ぼすセパレータ流路大きさの影響」, 日本設計工学会東海支部平成25年度研究発表講演会講演論文集, pp.31-34 (2014-3)

高橋雅幸, 吉田昌央, 中島公平, 村上好生:「空冷エンジンでのシリンダ冷却に及ぼすシリンダ傾きの影響」, 日本設計工学会東海支部平成25年度研究発表講演会講演論文集, pp.47-50 (2014-3)

後藤健太, 野田真司, 中島公平, 村上好生:「エンジン性能実験における燃料消費時間計測装置及び弁開閉時期設定方法の改善」, 日本設計工学会東海支部平成 25 年度研究発表講演会講演論文集, pp.51-54 (2014-3)

渡辺拓也, 中島公平, 村上好生:「ハブベアリング抵抗測定装置の製作及び測定」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会講演論文集, No.143-1, pp.246-247 (2014-3)

伊藤翔, 村上好生, 中島公平:「モータリングによるエンジンの機械損失測定法の開発」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会講演論文集, No.143-1, pp.248-249 (2014-3)

M.Yoshida, M.Takahashi, K.Nakashima, and Y.Murakami: "Influence of Cylinder Mounting Tilt Angle on Cylinder Cooling in an Air-Cooled Engine," SAE 2014 World Congress, 14PFL-0979 (2014-4)

磯崎匠吾, 中島公平, 村上好生:「スリット孔オープン型セパレータの自然給気型燃料電池の出力特性」, 日本設計工学会 2014 年度秋季大会研究発表講演会講演論文集, pp.83-86 (2014-10)

高橋雅幸, 吉田昌央, 中島公平, 村上好生:「様々なフィンの枚数とピッチを持つ空冷エンジンの冷却に対する設置角度の影響」, 日本設計工学会 2014 年度秋季大会研究発表講演会講演論文集, pp.87-90 (2014-10)

村上好生

【学術論文】

吉田昌央, 中島公平, 村上好生, 高橋雅幸:「二輪車エンジンのシリンダ冷却に対する設置角度の影響」, 設計工学, Vol.49, No.8, pp.432-438 (2014-8)

K.Nakashima, Y.Murakami, and S.Ishihara: "Evaluation of Breakage of Keystone Rings with Two Types of Overall Side Angles," Proceedings of The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, Vol.3, pp.59-63 (2014-8)

【その他】

伊藤翔, 炭竈俊輝, 中島公平, 村上好生:「フライホイール式動力損失測定装置を用いたボールベアリングの抵抗測定」, 日本設計工学会東海支部平成 25 年度研究発表講演会講演論文集, pp.19-22 (2014-3)

渡辺拓也, 中島公平, 村上好生:「ハブベアリング抵抗測定装置の製作と測定」, 日本設計工学会東海支部平成 25 年度研究発表講演会講演論文集, pp.23-26 (2014-3)

磯崎匠吾, 中島公平, 村上好生:「スリット孔オープン

型自然給気型燃料電池の発電特性に及ぼす開口大きさの影響」, 日本設計工学会東海支部平成 25 年度研究発表講演会講演論文集, pp.29-30 (2014-3)

清水敬千, 中島公平, 村上好生:「小型直接メタノール形燃料電池の発電特性に及ぼすセパレータ流路大きさの影響」, 日本設計工学会東海支部平成 25 年度研究発表講演会講演論文集, pp.31-34 (2014-3)

高橋雅幸, 吉田昌央, 中島公平, 村上好生:「空冷エンジンでのシリンダ冷却に及ぼすシリンダ傾きの影響」, 日本設計工学会東海支部平成 25 年度研究発表講演会講演論文集, pp.47-50 (2014-3)

後藤健太, 野田真司, 中島公平, 村上好生:「エンジン性能実験における燃料消費時間計測装置及び弁開閉時期設定方法の改善」, 日本設計工学会東海支部平成 25 年度研究発表講演会講演論文集, pp.51-54 (2014-3)

渡辺拓也, 中島公平, 村上好生:「ハブベアリング抵抗測定装置の製作及び測定」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会講演論文集, No.143-1, pp.246-247 (2014-3)

伊藤翔, 村上好生, 中島公平:「モータリングによるエンジンの機械損失測定法の開発」, 日本機械学会東海支部第 63 期総会講演会講演論文集, No.143-1, pp.248-249 (2014-3)

M.Yoshida, M.Takahashi, K.Nakashima, and Y.Murakami: "Influence of Cylinder Mounting Tilt Angle on Cylinder Cooling in an Air-Cooled Engine," SAE 2014 World Congress, 14PFL-0979 (2014-4).

磯崎匠吾, 中島公平, 村上好生:「スリット孔オープン型セパレータの自然給気型燃料電池の出力特性」, 日本設計工学会 2014 年度秋季大会研究発表講演会講演論文集, pp.83-86 (2014-10)

高橋雅幸, 吉田昌央, 中島公平, 村上好生:「様々なフィンの枚数とピッチを持つ空冷エンジンの冷却に対する設置角度の影響」, 日本設計工学会 2014 年度秋季大会研究発表講演会講演論文集, pp.87-90 (2014-10)

菅章紀

【学術論文】

S.Takahashi, Y.Imai, A.Kan, Y.Hotta, and H.Ogawa: "Dielectric and thermal properties of isotactic polypropylene/hexagonal boron nitride composites for high-frequency application," J.Alloy and Comp., Vol.615 pp.141-145 (2014-12)

A.Kan, S.Takahashi, T.Moriyama, and H.Ogawa: "Influence of Zn substitution for Mg on microwave dielectric

properties of spinel-structured $(\text{Mg}_{1-x}\text{Zn}_x)\text{Ga}_2\text{O}_4$ solid solutions,” *Jpn.J.Appl.Phys.*, Vol.53 pp.09PB03-1-4 (2014-9)

T.Moriyama, A.Kan, S.Takahashi, and H.Ogawa: “Dielectric and piezoelectric properties of lead-free $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$ - LiSbO_3 - $\text{Bi}_{0.5}\text{Li}_{0.5}\text{TiO}_3$ system,” *J.Ceram.Soc.Jpn.*, Vol.122, No.6, pp.398-401 (2014-6)

【その他】

高橋奨, 今井祐介, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆: 「異方性高熱伝導ファイラーを用いたポリマーコンポジットの誘電特性」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会講演要旨集, p.15 (2013-12)

守山徹, 小川宏隆, 菅章紀, 高橋奨: 「 $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$ - LiSbO_3 - $\text{Ba}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 系セラミックスの圧電特性」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会講演要旨集, p.31 (2013-12)

菅章紀, 高橋奨, 守山徹, 小川宏隆: 「スピネル系低損失マイクロ波誘電体セラミックスの誘電特性と結晶構造」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会講演要旨集, p.32 (2013-12)

菅章紀, 高橋奨, 守山徹, 小川宏隆: 「スピネル構造を持つ AB_2O_4 ($\text{A}=\text{Zn}$ and Mg , $\text{B}=\text{Ga}$ and In) セラミックスの誘電特性と結晶構造」, 日本セラミックス協会 2014 年年会講演予稿集, CD-ROM (2014-3)

守山徹, 菅章紀, 高橋奨, 小川宏隆: 「 $(1-x)(\text{K}_{0.47}\text{Na}_{0.47}\text{Li}_{0.052})(\text{Nb}_{0.948}\text{Sb}_{0.052})\text{O}_{3-x}\text{AZrO}_3$ セラミックスの合成と圧電特性」, 日本セラミックス協会 2014 年年会講演予稿集, CD-ROM (2014-3)

高橋奨, 今井祐介, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆: 「 MgO whisker を用いたポリマーコンポジットの高周波特性と熱特性」, 日本セラミックス協会 2014 年年会講演予稿集, CD-ROM (2014-3)

守山徹, 小川宏隆, 菅章紀, 高橋奨: 「 KNN-LiSbO_3 - LiSbO_3 - BaTiO_3 セラミックスの結晶構造と圧電特性」, 第 31 回強誘電体応用会議プログラム&講演予稿集, pp.45-46 (2014-5)

菅章紀, 高橋奨, 守山徹, 小川宏隆: 「スピネル系 $(1-x)\text{ZnGa}_2\text{O}_4$ - MgGa_2O_4 固溶体の合成とマイクロ波誘電特性」, 第 31 回強誘電体応用会議プログラム&講演予稿集, pp.59-60 (2014-5)

今井祐介, 高橋奨, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆: 「高周波用途を意図した MgO 系ファイラー分散コンポジット誘電体材料の開発」, エレクトロニクス実装学会超高速・高周波エレクトロニクス実装研究会 (H26 年度第 1 回公開研究会) 講演予稿集 (2014-5)

A.Kan, S.Takahashi, and H.Ogawa: “Effect of Zn and

In substitution for Mg and Ga on microwave dielectric properties of spinel-structured $(\text{Mg}_{1-x}\text{Zn}_x)(\text{Ga}_{2-y}\text{In}_y)\text{O}_4$ ceramics with low dielectric loss,” *Microwave Materials and Their Application 2014*, Abstract book p.41 (2014-6)

H.Ogawa, S.Takahashi, and A.Kan: “Low-temperature sintering of spinel-structured MgGa_2O_4 ceramic by B_2O_3 addition,” *Microwave Materials and Their Application 2014*, Abstract book p.62 (2014-6)

S.Takahashi, Y.Imai, A.Kan, Y.Hotta, and H.Ogawa: “Dielectric and thermal properties of hexagonal boron nitride and magnesium oxide filled polymer composites,” *Microwave Materials and Their Application 2014*, Abstract book p.65 (2014-6)

A.Kan, S.Takahashi, T.Moriyama, and H.Ogawa: “Microwave dielectric properties of spinel-structured $(1-x)\text{ZnGa}_2\text{O}_4$ - MgGa_2O_4 solid solutions,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.307 (2017-6)

S.Takahashi, Y.Imai, A.Kan, Y.Hotta, and H.Ogawa: “Dielectric and thermal properties of MgO whisker-filled polymer composites,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.338 (2017-6)

T.Moriyama, A.Kan, S.Takahashi, and H.Ogawa: “Relationships between crystal structure and piezoelectric properties of $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$ - LiSbO_3 - BaZrO_3 system,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.319 (2014-6)

H.Ogawa, T.Moriyama, S.Takahashi, and A.Kan: “Synthesis and piezoelectric properties of $(1-x)\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{0.8}\text{K}_{0.2})_{0.5}\text{TiO}_{3-x}\text{SrZrO}_3$ ceramics,” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.320 (2017-6)

Y.Yokoyama, A.Kan, M.Suzuki, and H.Ogawa: “Synthesis and characterization of $\text{Sn}_{1-x}(\text{A}_{2/3}\text{B}_{1/3})_x\text{P}_2\text{O}_7$ - δ [$\text{A}=\text{Ni}^{2+}$, Mg^{2+} , Zn^{2+} , $\text{B}=\text{Nb}^{5+}$, Sb^{5+}],” *Electroceramics XIV*, Abstract book p.344 (2017-6)

伊岐見大輔, 東田豊, 安福良豊, 鈴木貞彦, 島方幸広, 大里齊, 菅章紀, 光松正人: 「ゼロ温度係数ウイライト基板の研究開発」, 日本セラミックス協会東海支部 第 46 回 東海若手セラミスト懇話会 2014 年 夏期セミナー 予稿集 (2014-8)

高橋奨, 今井祐介, 菅章紀, 堀田裕司, 小川宏隆: 「高周波無機有機コンポジット誘電体材料への適用に向けた中空ウイライト粒子の合成」, 日本セラミックス協会第 27 回秋季シンポジウム講演予稿集, CD-ROM (2014-9)

横山優貴, 菅章紀, 鈴木正史, 梅田隼史, 小川宏隆: 「 $\text{Sn}_{1-x}(\text{A}_{2/3}\text{B}_{1/3})_x\text{P}_2\text{O}_7$ - δ [$\text{A}=\text{Ni}$, Mg , Zn , $\text{B}=\text{Ta}$, Sb] 固体プロトン伝導体の合成と特性評価」, 日本セラ

ミックス協会第27回秋季シンポジウム講演予稿集,
CD-ROM (2014-9)

西村 尚哉

【学術論文】

S.Nakadate, N.Nishimura, T.Watanabe, H.Watanabe,
and K.Murase : "Characteristic Evaluation of the
Enforcement Device for the Car," Applied Mechanics
and Materials, Vol.566, pp.617-622 (2014-6)

T.Watanabe, N.Nishimura, H.Watanabe, S.Nakadate,
K.Murase : "Evaluation of Sliding Behavior of Simple
Structures for Oblique Collision," Applied Mechanics
and Materials, Vol.566, pp.611-616 (2014-6)

【その他】

渡邊武, 福原惇, 西村尚哉, 村瀬勝彦 : 「自動車衝突
におけるラムダ型強制制動体の特性評価」, 第58
回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集,
pp.70-71 (2014-10)

福原惇, 渡邊武, 西村尚哉, 村瀬勝彦 : 「異なる移動
速度下での摩擦係数評価」, 日本材料学会東海支部
第8回学術講演会講演論文数, pp.19-20 (2014-3)

渡邊武, 福原惇, 西村尚哉, 村瀬勝彦 : 「二次元衝突す
る物体のすべり挙動評価」, 日本材料学会東海支部第
8回学術講演会講演論文数, pp.37-38 (2014-3)

メカトロニクス工学科

大道 武生

【その他】

- 大脇知也, 平子大輔, 大道武生: 「リニアスターリングエンジンの研究開発」, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 講演論文集, (2014-5)
- 坂本清志, 伊藤優吾, 杉山寿幸, 大道武生: 「耐久性のある小型水圧サーボ弁の開発」, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 講演論文集, (2014-5)
- 芦澤怜史, 大道武生: 「移動ロボットのための高信頼システムアーキテクチャの構築研究」, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 講演論文集, (2014-5)
- 伊藤優吾, 坂本清志, 杉山寿幸, 大道武生: 「名城大学水圧システムのエネルギーシミュレータ」, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 講演論文集, (2014-5)
- 芦澤怜史, 大道武生: 「限界集落における移動ロボットのシステムアーキテクチャの研究」, 第 14 回建設ロボットシンポジウム論文集, 2C-4 (2014-8)
- 岡村浩一, 福田敏男, 大道武生, 楊剣鳴, 高畑健二, 市川明彦, 平野達也, 田村廣人: 「バイオメタン生産循環システムシミュレータの開発(第 1 報)」, 第 14 回建設ロボットシンポジウム, 2C-3 (2014-8)
- 芦澤怜史, 小出一輝, 大道武生: 「限界集落における搬送システムのための移動ロボットシミュレーション」, 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2014) 予稿集, USB 1H1-5 (2014-12)
- 芦澤怜史, 平野達也, 田村廣人, 大道武生: 「里山保全のためのバイオメタン発電システムの開発」, 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2014) 予稿集, USB 3C3-3 (2014-12)

福田 敏男

【学術論文】

- T.Yue, M.Nakajima, M.Takeuchi, C.Hu, Q.Huang, and T.Fukuda: "On-chip self-assembly of cell embedded microstructures to vascular-like microtubes," Lab on a Chip, 10.1039 (2014-2)
- J.Bao, Z.Yang, M.Nakajima, Y.Shen, M.Takeuchi, Q.Huang, and T.Fukuda: "Self-Actuating Asymmetric Platinum Catalytic Mobile Nanorobot," IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, VOL.30, No.1, pp. 33-39 (2014-2)

- J.Jung, M.Nakajima, M.Takeuchi, Q.Huang, and T.Fukuda: "A microfluidic device with multi valves system to enable simultaneous several exposure tests on *Caenorhabditis elegans*," Journal of Micromechanics and Microengineering, vol.24, No.3, 35012 (2014-2)
- Md.Rokunuzzaman, T.Umeda, K.Sekiyama, and T.Fukuda: "A Region of Interest (ROI) Sharing Protocol for Multirobot Cooperation With Distributed Sensing Based on Semantic Stability, Systems," Man, and Cybernetics: Systems, IEEE Transactions on, Volume: 44, Issue: 4, pp. 457-467 (2014-4)
- S.Tomita, K.Sekiyama, and T.Fukuda: "Consensus-Making Algorithms for Cognitive Sharing of Object in Multi-Robot Systems, ROBOMECH Journal, doi:10.1186/s40648-014-0007-6 (2014-9)
- T.Fukuda, K.Sekiyama, T.Aoyama, Y.Hasegawa, and Q.Huang: "Locomotion Mode Transition Control of a Multi-Locomotion Robot," A Treatise on Good Robots, Vol 21, pp. 83-101 (2014-1)
- H.Kodama, C.Shia, M.Kojima, S.Ikeda, F.Arai, I.Takahashi, M.Negoro, and T.Fukuda: "Catheter manipulation training system based on quantitative measurement of catheter insertion and rotation," Advanced Robotics, Vol.28, No.19, pp. 1321-1328 (2014-9)
- Z.Lu, T.Aoyama, K.Sekiyama, Y.Hasegawa, and T.Fukuda: "Motion Transfer Control From Walking to Brachiation Through Vertical Ladder Climbing for a Multi-Locomotion Robot," IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, VOL.19, No.5, pp. 1681-1693 (2014-10)
- S.Yajing and F.Toshio: "State of the art: micro-nanorobotic manipulation in single cell analysis," Robotics and Biomimetics, DOI: 10.1186/s40638-014-0021-4 (2014-11)

【その他】

- H.Wang, T.Yue, M.Nakajima, M.Takeuchi, P.Di, T.Sun, Q.Huang, and T.Fukuda: "3D Assembly of Cellular Structures with Coordinated Manipulation by Rail-Guided Multi-Microrobotic System," Proc.2014IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2014), pp. 2813-2818 (2014-6)
- T.Yue, M.Nakajima, M.Takeuchi, Q.Huang, and T.Fukuda: "Fluidic Self-Assembly of Multilayered Tubular

- Microstructures by Axis Translation inside Two-Layered Microfluidic Devices,” Proc.2014IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2014), pp. 5836-5841 (2014-6)
- Q.Shi, Q.Huang, T.Fukuda, H.Ishii, Y.Sugahara, S.Kinoshita, A.Takanishi, and S.Okabayashi : “Control of Posture and Trajectory for a Rat-like Robot Interaction with Multiple Real Rats,” Proc.2014- IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2014-), pp. 975-980 (2014-6)
- 中島正博, 中西直哉, 竹内大, 久本直毅, 福田敏男:「親水・疎水面を利用したハイドロゲルマイクロ構造体の作製」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会2014-(ROBOMECH 2014-), (2014-5)
- 竹内大, 中島正博, 福田敏男:「感熱応答性ゲルプローブを用いたスフェロイドの3次元アセンブリ」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会2014- (ROBOMECH 2014-)(2014-5)
- M.Nakajima, M.Takeuchi, N.Hisamoto, T.Fukuda, Y.Hasegawa, and Q.Huang : “Cross-sectional Imaging of C.elegans by SEM-CT using Environmental SEM for Nanomanipulation,” Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Nanotechnology (NANO2014), pp. 41-44 (2014-8)
- M.Takeuchi, M.R.bin Ahmad, M.Nakajima, T.Fukuda, H.Umeshima, M.Kengaku, Y.Hasegawa, and Q.Huang : “Local Cell Stiffness Measurement using Probes Deformation,” Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Nanotechnology (NANO2014), pp. 168-171 (2014-8)
- M.Takeuchi, A.Ichikawa, M.Nakajima, T.Fukuda, Y.Hasegawa, and Q.Huang : “Lab in a Droplet (LiD) : Self-assembly Method of microstructures inside a Droplet,” Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Nanotechnology (NANO2014), pp. 991-994 (2014-8)
- 新井健生, 上出寛子, 福田敏男:「安心ロボティクス」, 第32回日本ロボット学会 学術講演会, (2014-9)
- 関山浩介, 青山忠義, 長谷川泰久, 福田敏男:「ヒューマノイドロボットの腕振りと股関節回施を用いた歩行効率向上及び安定化」, 第32回日本ロボット学会 学術講演会, (2014-9)
- 竹内大, 中島正博, 福田敏男, 長谷川泰久 :「感熱応答性ゲルによる細胞スフェロイドの組み立て」, 第32回日本ロボット学会 学術講演会, (2014-9)
- 市川明彦, 下垣外浩平, 大原賢一, 福田敏男 :「次世代脳血管内治療のためのべん付きフラクタルステントに関する研究」, 第32回日本ロボット学会 学術講演会, (2014-9)
- 綾村友貴, 中島正博, 竹内大, 久本直毅, 長谷川泰久, 福田敏男:「線虫への局所マイクロインクジェクションと体内でのゲルビーズ観察」, 第32回日本ロボット学会 学術講演会, (2014-9)
- 中島正博, 竹内大, 久本直毅, 長谷川泰久, 福田敏男 :「SEM-CTによる線虫3次元観察とナノマニピュレーション応用」, 第32回日本ロボット学会 学術講演会, (2014-9)
- F.Chen, J.Huang, H.Sasaki, F.Cannella, and T.Fukuda : “Error Recovery Strategies for Electronic Connectors Mating in Robotic Fault-tolerant Assembly System,” Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA), 2014IEEE/ASME 10th International Conference, (2014-9)
- M.Takeuchi, M.Nakajima, T.Fukuda, Y.Hasegawa : “Three Dimensional Multi-cell Spheroids Assembly using Thermoresponsive Gel Probe,” 2014IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 797-802 (2014-9)
- T.Yue, M.Nakajima, M.Takeuchi, Q.HUANG, and T.Fukuda : “Construction of Vascular-like Microtubes via Fluidic Axis-translation Self-assembly based on Multiple Hydrogels,” 2014IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 803-808 (2014-9)
- P.Di, J.Huang, S.Nakagawa, K.Sekiyama, and T.Fukuda : “Fall Detection for Elderly by using an Intelligent Cane Robot based on Center of Pressure (COP) Stability Theory,” 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 76-78 (2014-11)
- T.Kobayashi, K.Sekiyama, T.Aoyama, Y.Hasegawa, and T.Fukuda : “Support of COG Trajectory Tracking by Arm-Swing with Bipedal Walking,” 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 150-152 (2014-11)
- M.Takeuchi, M.Nakajima, and T.Fukuda : “Yasuhisa Hasegawa, Microassembly of Spheroids by Thermoresponsive Gel Probe,” 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 153-154 (2014-11)
- M.Nakajima, M.Takeuchi, T.Masuda, T.Anada, O.Suzuki, and T.Fukuda : “Qiang Huang, and Yasuhisa Hasegawa,

SEM-CT Observation of Bone from Mice using Environmental-SEM.” 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 228-229 (2014-11)

A.Abu Bakar, M.Nakajima, M.Takeuchi, and T.Fukuda : “Catalytic Driven Micro-Nanorobots Fabricated by Direct Laser Writing,” 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 238-236 (2014-11)

R.Sakakibara, M.Takeuchi, A.Ichikawa, K.Ohara, M.Nakajima, Y.Hasegawa, Toshio Fukuda : On-chip Fabrication of Bio-degradable Microstructures for 3D Cell Assembly, 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 271-272 (2014-11)

Z.Liu, M.Takeuchi, M.Nakajima, T.Fukuda, Y.Hasegawa, and Q.Huang : “Electrodeposition of Alginate Hydrogel for Spatially Selective Entrapment of Biological Cells,” 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 278-279 (2014-11)

N.Yu, X.Liu, H.Wang, S.Chen, Q.Shi, Q Huang and T.Fukuda : “Bubble-based Assembly of Micro-tube with Coordinated Multiple Manipulators,” 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 280-282 (2014-11)

A.Ichikawa, T.Itou, K.Shimogaito, K.Takashi, and T.Fukuda : “The study of medical micro device for the next generation brain intravascular treatment,” 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 362-363 (2014-11)

井上 真澄

【その他】

山本宗範, 井上真澄, 藤巻朗 : 「非対称ナノブリッジを利用した高温超伝導デバイスの特性」, 電子情報通信学会 超伝導エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol.113, No.401, pp. 123-128 (2014-1)

Y.Ito, M.Yamamoto, M.Inoue, and A.Fujimaki : “Ratchet Effect of the SQUID Composed of Two Parallel Asymmetrical Nanobridges”, Superconducting SFQ VLSI Workshop for Young Scientists (SSV 2014-YS), pp. 102-105 (2014-3)

伊藤雄記, 山本宗範, 井上真澄, 藤巻朗 : 「非対称ナノブリッジ SQUID におけるラチェット効果」, 2014 年第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集, CD-

ROM (2014-3)

M.Yamamoto, Y.Ito, M.Inoue, and A.Fujimaki : “Fabrication of SQUIDs Based on High-Temperature Superconductor Asymmetrical Nanobridges and Their Ratchet Effect”, Applied Superconductivity Conference (ASC 2014), Electronic file (2014-8)

楊 劍鳴

【学術論文】

K.Ito, Yang Jianming : “Improvement of DIFT method for Mobile Robot,” Proceedings of ISEEE 2014, pp. 502-505 (2014-4)

【その他】

寺本浩幸, 森優悟, 楊劍鳴 : 「電動車いすの自律移動制御に関する研究」, 日本機会学会東海支部第 63 期総会講演会, pp. 326-327 (2014.3)

大原 賢一

【学術論文】

P.Chumtong, Y.Mae, K.Ohara, T.Takubo, and T.Arai : “Object search using object co-occurrence relations derived from web content mining,” Journal of Intelligent Service Robotics, Vol.7, No.1, pp. 1-13 (2014-1)

H.Kamide, Y.Mae, T.Takubo, K.Ohara, and T.Arai : “Direct Comparison of Psychological evaluation between Virtual and Real Humanoids; Personal space and subjective impressions,” International Journal of Human-Computer Studies, Vol.72, pp. 451-459 (2014-3)

A.Almaddah, Y.Mae, K.Ohara, and T.Arai : “Multi-Lighting for Unknown Objects Segmentation in Cluttered Environment,” Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.7, No.2, pp. 90-95 (2014-3)

I.Okuda, Y.Mae, K.Ohara, T.Takubo, and T.Arai : “Measuring Particle Positions in Micro Channel with Multifiber Array,” Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.25, No.6, pp. 1105-1113 (2013-12)

A.Almaddah, S.Vural, Y.Mae, K.Ohara, and T.Arai : “Face Relighting Using Discriminative 2D Spherical Spaces for Face Recognition,” Machine Vision and Applications, Vol.25, issue 4, pp. 845-857 (2014-5)

P.Chumtong, M.Kojima, M.Horade, K.Ohara, K.Kamiyama, Y.Mae, Y.Akiyama, M.Yamato, and T.Arai : “Flexible microsc scaffold facilitating the in vitro construction of different cellular constructs,” ROBOMECH Journal, Vol.1, No.9, DOI : doi:10.1186/s40648-014-0009-4 (2014-9)

E.Avci, K.Ohara, C-N.Nguyen, C.Theeravithayangkura, M.Kojima, T.Tanikawa, Y.Mae, and T.Arai : "High-Speed Automated Manipulation of Microobjects Using A Two-Fingered Microhand," IEEE Transaction on Industrial Electronics, DOI : 10.1109/TIE.2014.2347004 (2014-8)

【その他】

国際会議

M.Kojima, T.Motoyoshi, K.Ohara, M.Horade, K.Kamiyama, Y.Mae, T.Arai : "Control of Flagellar Motor Using a Real-time Local Environment Chemical Stimulation System," Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 4699-4704 (2014-5)

T.Motoyoshi, M.Kojima, K.Ohara, M.Horade, K.Kamiyama, Y.Mae, and T.Arai : "Development of Chemical Stimulation System for Local Environment Control by Using Combination of Spout and Suction from Dual Pipettes," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2014), pp. 840-845 (2014-9)

C.I.Penalosa, Y.Mae, K.Ohara, and T.Arai : "BMI-based Framework for Teaching and Evaluating Robot Skills," 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2014), pp. 6040-6046 (2014-5)

T.Kurata, E.Avci, K.Kamiyama, M.Kojima, K.Ohara, M.Horade, T.Ejima, T.Tanikawa, Y.Mae, and T.Arai : "Vibration Reduction of Microhand Used in Transporting Operations," 2014 International Symposium on Flexible Automation (ISFA2014) (2014-6)

K.Ohara : "Precise Time Synchronization device for distributed robot system cooperation," Proceedings of 2013 International Conference on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 121-122 (2014-11)

T.Toda, K.Ohara, K.Kamiyama, M.Kojima, M.Horade, Y.Mae, and T.Arai : "3D Development of Legged Robot in Narrow Space," Proceedings of 2013 International Conference on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 123-124 (2014-11)

A.Fukushima, M.Kojima, K.Ohara, M.Horade, K.Kamiyama, Y.Mae, and T.Arai : "Automated Construction System for Fine Lattice Shape Structures Based on Alginate Gel Fiber," Proceedings of 2013 International Conference on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 167-168 (2014-11)

T.Motoyoshi, M.Kojima, K.Ohara, M.Horade,

K.Kamiyama, Y.Mae, and T.Arai : "Real-time Local Environment Stimulation System with Visual Feedback Control," Proceedings of 2013 International Conference on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 174-176 (2014-11)

M.Kojima, M.Horade, H.Takai, K.Ohara, T.Tanikawa, K.Kamiyama, Y.Mae, and T.Arai : "Generation of Rotational Flow in Microfluidics Device for Formation of Spheroid," Proceedings of 2013 International Conference on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 251 (2014-11)

R.Sakakibara, M.Takeuchi, A.Ichikawa, K.Ohara, M.Nakajima, Y.Hasegawa, and T.Fukuda : "On-Chip Fabrication of Bio-degradable Microstructures for 3D Cell Assembly," Proceedings of 2013 International Conference on Micro-NanoMechatronics and Human Science, pp. 271-272 (2014-11)

国内会議

大原賢一, 安藤慶昭, 原功, 菅佑樹, 山下智輝, 谷川民生, 平井成興 : 「RT ミドルウェアサマーキャンプ 2013 の開催報告」, 第 14 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 3G1-1 (2013-12).

小嶋勝, 元吉隆宏, 神山和人, 洞出光洋, 大原賢一, 前泰志, 新井健生 : 「生体分子モータ解析のための長時間観察システムの構築」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 予稿集, 3A1-H04 (2014-5)

鷹井洋力, 小嶋勝, 洞出光洋, 神山和人, 大原賢一, 前泰志, 新井健生 : 「トロイダル細胞凝集体生成のためのマイクロ流体デバイス」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 予稿集, 3P1-B08 (2014-5)

福島英, 小嶋勝, 大原賢一, 洞出光洋, 神山和人, 前泰志, 新井健生 : 「細胞培養可能なゲルファイバを用いた微細格子組織構築システム」, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 1D2-03 (2014-9)

秋山亮, 神山和人, 小嶋勝, 大原賢一, 洞出光洋, 前泰志, 新井健生 : 「目視点検・力センシング可能な腕脚統合型ロボットハンド機構開発」, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 2B2-04 (2014-9)

戸田武, 大原賢一, 神山和人, 小嶋勝, 洞出光洋, 前泰志, 新井健生 : 「電力効率を考慮した脚移動ロボットによる閉空間 3 次元移動」, 第 14 回建設ロボットシンポジウム, pp. 293-300 (2014-9)

大原賢一, 菅佑樹, 佐々木毅, 原功, 中坊嘉宏, 山下

智輝, 平井成興:「RT ミドルウェアサマーキャンプ 2014 開催報告」, (2014-12) (発表予定)

市川 明彦

【学術論文】

A.Ichikawa, S.Sakuma, M.Sugita, T.Shoda, T.Tamakoshi, S.Akagi, and F.Arai: "On-chip enucleation of an oocyte by untethered microrobots," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, Vol.24, No.9, doi:10.1088/0960-1317/24/9/095004 (2014-8)

【その他】

市川明彦, 下垣外浩平, 大原賢一, 福田敏男:「次世代脳血管内治療のためのべん付きフラクタルステントに関する研究」, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, (2014-9)

M.Takeuchi, A.Ichikawa, M.Nakajima, T.Fukuda, Y.Hasegawa, Q.Huang, Lab in a Droplet (LiD): "Self-assembly Method of microstructures inside a Droplet," *Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Nanotechnology (NANO2014)*, pp. 991-994 (2014-8)

R.Sakakibara, M.Takeuchi, A.Ichikawa, K.Ohara, M.Nakajima, Y.Hasegawa, T.Fukuda: "On-chip Fabrication of Bio-degradable Microstructures for 3D Cell Assembly," 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 271-272 (2014-11)

A.Ichikawa, T.Itou, K.Shimogaito, K.Takashi, T.Fukuda: "The study of medical micro device for the next generation brain intravascular treatment," 2014- International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2014), pp. 362-363 (2014-11)

高畑 健二

【学術論文】

岡村浩一, 福田敏男, 大道武生, 楊剣鳴, 高畑健二, 市川明彦, 平野達也, 田村廣人:「入力変動系発電効率検証シミュレータの開発」, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 講演論文集 (2014-5)

岡村浩一, 福田敏男, 大道武生, 楊剣鳴, 高畑健二, 市川明彦, 平野達也, 田村廣人:「バイオメタン生産循環システムシミュレータの開発」(第 1 報), 第 14 回建設ロボットシンポジウム講演論文集, pp. 307-312 (2014-8)

【その他】

高畑健二:「自動運転テストベンチによる操安性研究」, 2011 年度採択案件 JKA 研究補助事業成果事例集,

pp. 8-9 (2014-4)

高畑健二:「既存エンジン発電機のバイオメタン対応化」, NPO 法人東海地域生物系先端技術研究会ワークショップ発表 (2014-12)

芦澤 怜史

【その他】

芦澤怜史, 大道武生:「移動ロボットのための高信頼システムアーキテクチャの構築研究」, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 講演論文集, (2014-5)

芦澤怜史, 大道武生:「限界集落における移動ロボットのシステムアーキテクチャの研究」, 第 14 回建設ロボットシンポジウム論文集, 2C-4 (2014-8)

芦澤怜史, 小出一輝, 大道武生:「限界集落における搬送システムのための移動ロボットシミュレーション」, 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2014) 予稿集, USB 1H1-5 (2014-12)

芦澤怜史, 平野達也, 田村廣人, 大道武生:「里山保全のためのバイオメタン発電システムの開発」, 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2014) 予稿集, USB 3C3-3 (2014-12)

社会基盤デザイン工学科

久保 全弘

【学術論文】

久保全弘：「高力ボルト摩擦継手の引張および圧縮すべり挙動－引張と圧縮試験の比較－」, 名城大学総合研究所総合学術研究論文集, No.13, pp. 79-86 (2014-3)

久保全弘：「各種補剛法によるせん断パネルの繰り返し載荷挙動の比較」, 鋼構造年次論文報告集, Vol.22, pp. 183-189 (2014-11)

葛 漢彬

【学術論文】

H.B.Ge and L.Kang : "Ductile Crack Initiation and Propagation in Steel Bridge Piers Subjected to Random Cyclic Loading," Engineering Structures, Vol.59, pp. 809-820 (2014-2)

C.L.Wang, T.Li, Q.Chen, J.Wu and H.B.Ge : "Experimental and Theoretical Studies on Plastic Torsional Buckling of Steel Buckling-restrained Braces," International Journal of Advances in Structural Engineering, Vol.17, No.6, pp. 871-880 (2014-6)

羽田新輝, 葛漢彬：「異なる未溶着高さを有する鋼製橋脚隅角部の耐震性能に及ぼす十字継手部の溶接ビード脚長とフィレット半径の影響に関する研究」, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.70, No.4, pp. I_140-I_149 (2014-7)

葛漢彬, 丸山陸也：「補剛箱形3段階変断面鋼製橋脚設計法の一提案に関する解析的研究」, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.70, No.4, pp. I_150-I_160 (2014-7)

馬越一也, 葛漢彬, 中村真貴, 野中哲也：「大型ケーソン基礎を有する長大斜張橋への地震と津波の影響に関する解析的検討」, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.70, No.4, pp. I_175-I_186 (2014-7)

L.J.Jia, H.B.Ge, T.Suzuki and X.Q.Luo : "Experimental Study on Cracking of Thick-walled Welded Beam-column Connections with Incomplete Penetration in Steel Bridge Piers," Journal of Bridge Engineering, ASCE, Vol.20, No.9, DOI : 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000659, 04014072 (2014-9)

L.J.Jia, H.B.Ge and T.Suzuki : "Effect of Post Weld Treatment on Cracking Behaviors of Beam-Column Connections in Steel Bridge Piers," Steel & Composite

Structures, Vol.17, No.5, pp. 685-702 (2014-11)

J.D.Zhang, C.L.Wang and H.B.Ge : "A Simplified Method for Seismic Performance Evaluation of Steel Bridge Piers with Thin-walled Stiffened Box Sections," International Journal of Advanced Steel Construction, Vol.10, No.4, pp. 372-384 (2014-12)

H.B.Ge, L.J.Jia, L.Kang and T.Suzuki : "Experimental Study on Seismic Performance of Partial Penetration Welded Steel Beam-Column Connections with Different Fillet Radii," Steel & Composite Structures, Vol.17, No.6, pp. 851-865 (2014-12)

【その他】

丸山陸也, 葛漢彬：「SMAダンパーの導入による鋼製ラーメン橋脚の地震後の使用性の向上に関する解析的研究」, 名城大学理工学部研究報告, 第54号, pp. 92-99 (2014-3)

丸山陸也, 小田秋音, 葛漢彬：「最大応答ひずみの制御に着目した鋼製ラーメン橋脚の地震後の使用性向上に関する解析的研究」, 土木学会中部支部平成25年度研究発表会, I-13, pp. 25-26 (2014-3)

加藤弘務, 森翔吾, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛漢彬：「座屈拘束波形鋼板(BRRP)制震ダンパーの性能実験」, 土木学会中部支部平成25年度研究発表会, I-18, pp. 35-36 (2014-3)

稲垣雄己, 康瀾, 賈良玖, 葛漢彬：「繰り返し荷重を受ける鋼管ブレース材の延性き裂発生・進展・破壊の数値シミュレーション」, 土木学会中部支部平成25年度研究発表会, I-23, pp. 45-46 (2014-3)

東武志, 羽田新輝, 葛漢彬：「異なる載荷パターンが溶接未溶着を有する鋼梁-柱部材の延性き裂発生に及ぼす影響に関する研究」, 土木学会中部支部平成25年度研究発表会, I-25, pp. 49-50 (2014-3)

加藤友哉, 東城達哉, 康瀾, 賈良玖, 葛漢彬：「切欠きを有するレ型突合溶接鋼部材の力学特性に関する研究」, 土木学会中部支部平成25年度研究発表会, I-26, pp. 51-52 (2014-3)

森翔吾, 加藤弘務, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛漢彬：「数値計算を用いたBRRPダンパーの芯材設計に関する一提案」, 土木学会中部支部平成25年度研究発表会, I-29, pp. 57-58 (2014-3)

R.Maruyama and H.B.Ge : "Seismic Design of Three-Segmental Stepped Steel Bridge Piers with Stiffened Box Sections," Proc.of 4th China-Japan Civil Engineering

- Student Workshop, Nanjing, China, (2014-3)
- L.J.Jia and H.B.Ge : "Ductile Fracture of Structural Steels under Cyclic Large Strain Loading," Proc.of 4th China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, (2014-3)
- H.Kato and H.B.Ge : "Developing BRRP Seismic Dampers," Proc.of 4th China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, (2014-3)
- T.Kato and H.B.Ge : "Experiment and Analysis of Welded Structural Steels under Monotonic Loading," Proc.of 4th China-Japan Civil Engineering Student Workshop, Nanjing, China, (2014-3)
- 馬越一也, 葛漢彬, 本橋英樹, 野中哲也 : 「断続的な余震を受ける長大斜張橋の応答特性」, 土木学会第17回応用力学シンポジウム, pp. 141-142 (2014-5).
- 丸山陸也, 葛漢彬 : 「最大ひずみの制御に着目した鋼製ラーメン橋脚の地震後の使用性向上に関する制震解析」, 第19回計算工学会講演論文集, CD-ROM, 論文番号 E-4-3 (2014-6)
- 丸山陸也, 大場孝太, 葛漢彬 : 「鋼アーチ橋へ導入したSPDの構造パラメータの違いが耐震性能へ及ぼす影響に関する解析的研究」, 第17回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp. 375-382 (2014-7)
- 加藤弘務, 森翔吾, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛漢彬 : 「座屈拘束波形鋼板(BRRP)制震ダンパーの性能実験と解析」, 第17回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp. 451-458 (2014-7)
- 加藤友哉, 康瀾, 葛漢彬 : 「繰り返し引張・圧縮荷重を受ける鋼管ブレース材の座屈とき裂の連成に関する弾塑性有限変位解析」, 第17回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp. 481-488 (2014-7)
- 丸山陸也, 葛漢彬 : 「BRBとSMAダンパーの導入による鋼製ラーメン橋脚の地震後の使用性向上に関する解析的研究」, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, I-063, pp. 125-126 (2014-9)
- 加藤弘務, 森翔吾, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛漢彬 : 「座屈拘束波形鋼板(BRRP)制震ダンパーの繰返し載荷実験と解析」, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, I-066, pp. 131-132 (2014-9)
- 森翔吾, 加藤弘務, 宇佐美勉, 山崎伸介, 野呂直以, 葛漢彬 : 「座屈拘束波形鋼板(BRRP)制震ダンパーのハイブリッド地震応答実験と解析」, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, I-067, pp. 133-134 (2014-9)
- 加藤友哉, 康瀾, 葛漢彬 : 「切り欠きの有無によるレ形開先突合溶接鋼部材の力学特性に及ぼす影響に関する解析的研究」, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, I-452, pp. 903-904 (2014-9)
- H.B.Ge : "Development of High-performance Seismic Dampers and Damage Free Design of Steel Structures," Invited Lecture, The 4th Int.Forum on Anti-seismic Technology for Building Structures.Nanjing, China, (2014-9)
- 丸山陸也, 葛漢彬 : 「BRB および SPD を導入した鋼アーチ橋の地震後の使用性と複数回地震動の影響に関する解析的検討」, 土木学会第34回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 637 (2014-10)
- 篠原一輝, 賈良玖, 加藤弘務, 葛漢彬 : 「せん断応力と引張応力が作用する鋼材の延性破壊実験」, 土木学会第34回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 638 (2014-10)
- 葛漢彬, 加藤弘務, 羽田新輝 : 「ルートギャップを有さない十字継手部の溶接欠陥が鋼製橋脚梁-柱接合部の延性き裂発生・進展に及ぼす影響」, 土木学会第34回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 641 (2014-10)
- 加藤友哉, 康瀾, 葛漢彬 : 「切り欠き位置がレ形開先溶接継手の破壊性状に及ぼす影響に関する実験および解析的研究」, 土木学会第34回地震工学研究発表会講演論文集, 論文番号 678 (2014-10)
- L.J.Jia, T.Kato, and H.B.Ge : "Ductile Cracking Simulation of Butt Weld in Steel Structures under Monotonic Tension," Proc.the 13th International Symposium on Structural Engineering, Hefei, China, pp. 1778-1787 (2014-10)

小高 猛司

【学術論文】

- 崔瑛, 小高猛司, 李圭太 : 「樋門周辺地盤におけるゆるみ領域・空洞の生成・発達メカニズムに関する模型実験」, 第59回地盤工学シンポジウム, pp. 505-510 (2014-11)
- 小高猛司, 崔瑛, 小林芳樹, 武揚, 李圭太 : 「河川堤防の安全性照査に用いる適切な強度定数の検討」, 第59回地盤工学シンポジウム, pp. 145-150 (2014-11)
- T.Kodaka, Y.Cui, H.Takada and S.Furuyama : "Mechanical Properties of Compacted Bentonite-Sand Mixtures under Unsaturated and Saturated Conditions," Proceedings of the 7th International Congress on Environmental

Geotechnics, pp. 858-863 (2014-11)

【その他】

小高猛司, 崔瑛, 李圭太, 小林芳樹, 武楊: 「すべり安定性照査に用いる堤体土の強度定数設定法」, 第2回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム, pp. 45-48 (2014-12)

崔瑛, 小高猛司, 李圭太, 武楊: 「剛構造樋門周辺堤防の土砂流出を伴う劣化に関する模型実験」, 第2回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム, pp. 27-30 (2014-12)

古山翔悟, 小高猛司, 崔瑛, 高田英典: 「ベントナイト・珪砂混合体の不飽和三軸試験」, 土木学会第69回回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

大野雄貴, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太: 「庄内川堤防基礎地盤粘性土のサンプリングと変形・強度特性」, 土木学会第69回回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

崔瑛, 小高猛司, 李圭太, 榎本文勇, 中村太意, 武楊: 「樋門周辺の空洞とゆるみ領域の生成・発達に関する三次元模型実験」, 土木学会第69回回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

小林芳樹, 武楊, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太: 「堤防開削時に現地採取した乱れの少ない河川堤防砂の三軸試験」, 土木学会第69回回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 崔瑛: 「不飽和浸透模型実験の空気～水～土骨格連成有限変形シミュレーション」, 土木学会第69回回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

小高猛司, 崔瑛, 古山翔悟: 「地層処分の緩衝材として用いるベントナイト・珪砂混合体の不飽和力学特性」, 第26回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 89-94 (2014-8)

崔瑛, 小高猛司, 小林芳樹, 武楊, 李圭太: 「河川堤防砂質土の適正な強度定数評価手法」, 第26回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 1-6 (2014-8)

吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 崔瑛: 「空気～水～土骨格連成有限変形解析を用いた不飽和浸透模型実験の数値シミュレーション」, 第26回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 13-18 (2014-8)

小高猛司, 崔瑛, 古山翔悟, 高田英典: 「不飽和～飽和領域でのベントナイト・珪砂混合体の強度・変形特性」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)

小高猛司, 崔瑛, 大野雄貴: 「河川堤防基礎地盤粘性土の力学特性」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)

崔瑛, 小高猛司, 李圭太, 榎本文勇, 中村太意, 武楊: 「樋門周辺の空洞とゆるみ領域の生成・発達に関する模型実験」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)

小高猛司, 崔瑛, 小林芳樹, 兼松祐志, 李圭太: 「河川堤防の安定性照査に用いるべき強度定数を求めるための三軸試験条件」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)

小高猛司, 崔瑛, 古山翔悟, 石樽宏充, 武藤裕久, 長沼明彦: 「余震記録を用いた地震時に発揮される補強材力に関する考察」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)

吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩: 「粘土地盤上の不飽和盛土で地震後に生じる水位上昇・下降現象の空気～水～土連成解析」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)

平松佑一, 本城勇介, 大竹雄, 李圭太, 小高猛司: 「河川堤防の浸透安定性評価のための応答曲面導出に関する基礎的研究」, 第49回地盤工学研究発表会講演概要集, CD-ROM (2014-7)

小高猛司, 野田利弘, 吉川高広, 高稲敏浩, 李圭太, 崔瑛: 「粘土基礎地盤上の河川堤防の被災メカニズムに関する一考察」, 地盤工学会特別シンポジウム－東日本大震災を乗り越えて－発表論文集, pp. 219-224 (2014-5)

吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩: 「粘性土地盤上の不飽和盛土の施工時・地震中・地震後挙動に関する空気～水～土骨格連成解析」, 地盤工学会特別シンポジウム－東日本大震災を乗り越えて－発表論文集, pp. 248-254 (2014-5)

T.Kodaka, T.Noda, T.Yoshikawa and T.Takeine: "Seismic and Postseismic Behavior of River Levee on Soft Clay Ground," Keynote Lecture, MS22, The 1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, COMPSAFE 2014, Sendai, pp. 138-139 (2014-4)

小林芳樹, 兼松祐志, 小高猛司, 崔瑛, 石原雅規, 原忠, 李圭太: 「ボーリング試料による礫地盤の粒度評価と液状化対象土層の判定に関する考察」, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM (2014-3)

大野雄貴, 小高猛司, 崔瑛, 吉田賢史: 「東日本大震災で被災した河川堤防の基礎地盤粘性土の圧縮およびせん断特性」, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM (2014-3)

古山翔悟, 石樽宏充, 小高猛司, 崔瑛, 長沼明彦, 武藤裕久, 中野正樹, 野田利弘: 「余震記録を用いた

地震時に発揮される補強材力に関する考察」, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM (2014-3)

原田 守博

【学術論文】

原田守博, 羽澄貴史:「XバンドMPレーダ情報に基づく局地的短時間豪雨の雨域性状の確率論的評価」, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.70, No.4, pp. I_511-I_516 (2014-2)

【その他】

塚原大輔, 原田守博, 瀧本陽平, 山下泰世:「豪雨時における都市河川の水位上昇が雨水吐流出量に及ぼす影響」, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-040, pp. 145-146, CD-ROM (2014-3)
羽澄貴史, 原田守博, 山内慧:「“打ち水”に伴う放射収支・熱収支の変化と暑熱緩和効果に関する現地実験」, 平成 24 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-046, pp. 157-158, CD-ROM (2014-3)

岩下 健太郎

【学術論文】

呉智深, 吉清一洋, 岩下健太郎:「積層ハイブリッド繊維シートに生じる引張応力低下の制御」, 日本複合材料学会誌, Vol.39, No.6, pp. 212-220 (2013-11)
岩下健太郎, 佐藤大地, 馬場進, 松本信行:「バサルト繊維シートとコンクリートの付着特性」, コンクリート工学年次論文集, 日本コンクリート工学会, Vol.36, No.1, pp. 1912-1917 (2014-7)

【その他】

柴垣泰史, 岩下健太郎, 松本信行, 神崎豊裕:「BFRP シートの両面付着試験における荷重速度の影響」, 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会概要集, pp. 425-426, CD-ROM, (2014-3)

K.Iwashita, D.Sato, Y.Mori, N.Matsumoto, and T.Kanzaki: “Flexural behavior of mortar prisms internally embedded BFRP and hybrid mesh sheets with wet-bonding process,” The 7th international conference on FRP composites in Civil Engineering (CICE2014), Vancouver, Canada, CD-ROM (2014-8)

佐藤大地, 河上和久, 岩下健太郎, 稲垣廣人, 呉智仁, 佐藤譲得, 松本信行, 高見肇, 神崎豊裕:「CFRP-BFRP 積層メッシュ補強モルタルの曲げ特性」, 土木学会第 68 回年次学術講演会, V-19, pp. 37-38, CD-ROM (2014-9)

岩下健太郎, 森祐樹, 八木洋介, 吉田光秀:「緊張状

態で接着された BFRP ロッドの接着端部に集中するせん断応力の評価」, 第 23 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 583-588 (2014-10)

岩下健太郎, 森祐樹, 馬場進, 松本信行, 神崎豊裕, 高見肇:「BFRP シートを接着したコンクリート梁の高速荷重下での曲げ挙動」, 第 5 回 FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム, 土木学会, CD-ROM (2014-11)

崔 瑛

【学術論文】

崔瑛, 小高猛司, 李圭太:「樋門周辺地盤におけるゆるみ領域・空洞の生成・発達メカニズムに関する模型実験」, 第 59 回地盤工学シンポジウム, pp. 505-510 (2014-11)

小高猛司, 崔瑛, 小林芳樹, 武楊, 李圭太:「河川堤防の安全性照査に用いる適切な強度定数の検討」, 第 59 回地盤工学シンポジウム, pp. 145-150 (2014-11)

T.Kodaka, Y.Cui, H.Takada, and S.Furuyama: “Mechanical Properties of Compacted Bentonite-Sand Mixtures under Unsaturated and Saturated Conditions,” Proceedings of the 7th International Congress on Environmental Geotechnics, pp. 858-863 (2014-11)

【その他】

小高猛司, 崔瑛, 李圭太, 小林芳樹, 武楊:「すべり安定性照査に用いる堤体土の強度定数設定法」, 第 2 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム, pp. 45-48 (2014-12)

崔瑛, 小高猛司, 李圭太, 武楊:「剛構造樋門周辺堤防の土砂流出を伴う劣化に関する模型実験」, 第 2 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム, pp. 27-30 (2014-12)

古山翔悟, 小高猛司, 崔瑛, 高田英典:「ベントナイト・珪砂混合体の不飽和三軸試験」, 土木学会第 69 回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

大野雄貴, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太:「庄内川堤防基礎地盤粘性土のサンプリングと変形・強度特性」, 土木学会第 69 回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

崔瑛, 小高猛司, 李圭太, 榎本文勇, 中村太意, 武楊:「樋門周辺の空洞とゆるみ領域の生成・発達に関する三次元模型実験」, 土木学会第 69 回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)

小林芳樹, 武楊, 小高猛司, 崔瑛, 李圭太:「堤防開削時に現地採取した乱れの少ない河川堤防砂の三軸試験」, 土木学会第 69 回年次学術講演会, CD-ROM

- (2014-9)
- 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 崔瑛:「不飽和浸透模型実験の空気～水～土骨格連成有限変形シミュレーション」, 土木学会第69回年次学術講演会, CD-ROM (2014-9)
- 小高猛司, 崔瑛, 古山翔悟:「地層処分の緩衝材として用いるベントナイト・珪砂混合体の不飽和力学特性」, 第26回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 89-94 (2014-8)
- 崔瑛, 小高猛司, 小林芳樹, 武楊, 李圭太:「河川堤防砂質土の適正な強度定数評価手法」, 第26回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 1-6 (2014-8)
- 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 崔瑛:「空気～水～土骨格連成有限変形解析を用いた不飽和浸透模型実験の数値シミュレーション」, 第26回中部地盤工学シンポジウム論文集, pp. 13-18 (2014-8)
- 小高猛司, 崔瑛, 古山翔悟, 高田英典:「不飽和-飽和領域でのベントナイト・珪砂混合体の強度・変形特性」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)
- 小高猛司, 崔瑛, 大野雄貴:「河川堤防基礎地盤粘性土の力学特性」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)
- 崔瑛, 小高猛司, 李圭太, 榎本文勇, 中村太意, 武楊:「樋門周辺の空洞とゆるみ領域の生成・発達に関する模型実験」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)
- 小高猛司, 崔瑛, 小林芳樹, 兼松祐志, 李圭太:「河川堤防の安定性照査に用いるべき強度定数を求めるための三軸試験条件」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)
- 小高猛司, 崔瑛, 古山翔悟, 石樽宏充, 武藤裕久, 長沼明彦:「余震記録を用いた地震時に発揮される補強材力に関する考察」, 第49回地盤工学研究発表会講演集, CD-ROM (2014-7)
- 小高猛司, 野田利弘, 吉川高広, 高稲敏浩, 李圭太, 崔瑛:「粘土基礎地盤上の河川堤防の被災メカニズムに関する一考察」, 地盤工学会特別シンポジウム-東日本大震災を乗り越えて-発表論文集, pp. 219-224 (2014-5)
- 小林芳樹, 兼松祐志, 小高猛司, 崔瑛, 石原雅規, 原忠, 李圭太:「ボーリング試料による礫地盤の粒度評価と液状化対象土層の判定に関する考察」, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM (2014-3)
- 大野雄貴, 小高猛司, 崔瑛, 吉田賢史:「東日本大震災で被災した河川堤防の基礎地盤粘性土の圧縮およ

びせん断特性」, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM (2014-3)

古山翔悟, 石樽宏充, 小高猛司, 崔瑛, 長沼明彦, 武藤裕久, 中野正樹, 野田利弘:「余震記録を用いた地震時に発揮される補強材力に関する考察」, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM (2014-3)

鈴木 温

【その他】

鈴木温, 市川航也:「世帯と住宅の統合マイクロシミュレーションを用いた住宅政策評価」, 土木計画学研究・講演集, 49巻, CD-ROM (2014-6)

鈴木温, 鈴木和佳奈, 栗田歩:「アクセシビリティ指標に基づく保育所持機児童の発生評価に関する研究-名古屋市緑区を例に-」, 土木計画学研究・講演集, 50巻, CD-ROM (2014-11)

溝口 敦子

【学術論文】

溝口敦子:「ダムによる流況の変化とそれに伴う砂床河川の砂州地形の変質」, 河川技術論文集, Vol.20, 土木学会, pp. 295-300 (2014-6)

【その他】

溝口敦子:「剛な植生モデル内における流速分布の計測と底面粗度の影響に関する考察」, 第17回土木学会応用力学シンポジウム講演概要集, pp. 89-90, USB (2014-5)

溝口敦子:「二粒径で構成された混合砂河床上の抵抗特性と流砂量に関する実験的研究」, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, II -198, pp. 395-396, CD-ROM (2014-9)

渡辺 孝一

【学術論文】

渡辺孝一, 篠田将旭, 吉野廣一, 佐藤大介:「制震ブレースを挿入した鋼製ラーメン橋脚の並列ハイブリッド実験システムによる制震性能の検証」, 鋼構造論文集, 21, pp. 75-85 (2014)

【その他】

佐藤大介, 篠田将旭, 渡辺孝一:「並列ハイブリッド実験システムによる制震ブレースを挿入した鋼製ラーメン橋脚の制震性能の検証」, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, I-017, pp. 33-34 (2014-3)

渡辺孝一, 松村政秀, 田中賢太郎, 木下幸治, 葛西昭:「ス

チールブリッジコンペティションに見るエンジニアリングデザイン教育」, 土木学会第 69 回年次学術講演会, CS-1-17, pp. 33-34 (2014-8)

佐藤大介, 渡辺孝一, 篠田将旭: 「並列ハイブリッド実験による制振ブレースを挿入した鋼製ラーメン橋脚の配置形式および入力地震動の違いが制震効果に及ぼす影響の検証」, 土木学会第 69 回年次学術講演会, I-057, pp. 113-114 (2014-8)

M.Masamura, K.Watanabe, K.Tanaka, K.Kinoshita, and A.Kasai: "Importance of Engineering Design Education recognized through Management of 'Japan Steel Bridge Competition,'" ACEE 2014, Kumamoto, Japan, pp. 31-34 (2014-10)

環境創造学科

伊藤 政博

【著書】

伊藤政博：『水域環境創造学 / 講義メモ・資料』, 第7版, p.151, (株)三恵社 (2014-4)

【その他】

山口孝幸, 岡田みなこ, 伊藤政博：「耐津波堤防の創造－既存堤防の補強法の試み－」, 土木学会中部支部平成24年度研究発表会講演概要集, CD-ROM, (2014-3)

*伊藤政博：「東北地方太平洋沖地震津波による港湾・海岸施設の被災メカニズムと創造復興」, 東日本大地震研究支援報告書, 名城大学, pp.15-40 (2014-9)

*I.Masahiro: "TSUNAMI-PROOF TREES: CHRACTERIZING EFFECTIVE TSUNAMI AND WIND PROTECTION FORESTS AS COASTAL DEFENSES AGAINST TSUNAMI INUNDATION," 12th international conference Littoral 2014, Klaipeda, p.52 (2014-9)

垣 鍔 直

【招待講演】

N.Kakitsuba: "Analyses of Environmental Factors Affecting Change in Microclimate," International Congress of Biometeorology 20, Cleveland, Ohio, USA, Proceedings, #10C.7 (2014-9)

【著書】

垣鍔直：「人間科学の百科事典」, 日本生理人類学会編, 編集：勝浦哲夫, 丸善出版；執筆者多数, 「気候」(3ページ), 「高圧環境」, 「潜水」(各2ページ)を執筆, 2015.1 刊行予定

【学術論文】

N.Kakitsuba: "Effect of morning bright light after waking on the morning rise in core temperature," The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, USA, DOI:10.1080/15502724.2014.981340, (2014-12)

垣鍔直：「我が国における高濃度酸素吸入の生理的効果に関する研究事例」【総説】, 日本生気象学会雑誌, 51 (4), 1-9 (2015-1)

【その他】

水野敬太, 垣鍔直：「快適照明条件の検証－低色温度高色温度の快適範囲の閾値の特定」, 第17回若手セミナー若手研究者発表会, 照明学会東海支部, pp.49-50 (2014-3)

垣鍔直, 正田浩三：「建物内のカーベットの汚れに関する実態調査」, 第27回日本環境管理学会大会学術講演梗概集, pp.93-94 (2014-5)

N.Kakitsuba: "Effect of morning bright light after awake on morning rise in core temperature," Indoor Air 2014, Proceedings No.337, HP0109 (2014-7)

正田浩三, 垣鍔直：「カーベットの建築物に持ち込まれる土砂量の実態調査」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.923-924 (2014-9)

垣鍔直, 正田浩三：「建築物内のカーベットの汚れに関する実態調査」, ビルメンテナンス, 第541号, 9号, pp.22-26 (2014-9)

垣鍔直, 山田邦之：「一定温湿度条件における心理・生理反応の日内変化に関する実験的研究」, 人間-生活環境系学会大会シンポジウム報告集, pp.157-158 (2014-12)

道正 泰弘

【著書】

*道正泰弘：「11章 鉄筋コンクリート部材に用いる再生骨材コンクリートL」, 「付5骨材置換法による再生骨材コンクリート施工事例」, 『再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案)』, pp.137-156, pp.195-206, 日本建築学会 (2014-10)

【学術論文】

*道正泰弘, 村雄一：「再生骨材コンクリートの大規模適用への調合設計と品質管理－建築構造物の解体に伴い発生するコンクリート塊のリサイクルシステム」, 日本建築学会技術報告集, 第20巻第44号, pp.19-24 (2014-2)

道正泰弘, 小島正朗：「鉄筋腐食ひび割れ幅による鉄筋腐食量の推定に関する研究」, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.1180-1185 (2014-7)

【その他】

Y.Shumuta, A.Yuyama, E.Kuromoto, Y.Dosho, M.Kato, T.Sekine, M.Iguchi, and A.Iwata: "Case study of a limit state maintenance for rooftop waterproof facilities using maintenance history data," IALCCE 2014, Life-Cycle Structural Systems @2015 Taylor & Francis Group, London, 978-1-138-00120-6, pp.1830-1837 (2014-10)

*道正泰弘：「持続可能なコンクリート塊リサイクルシステム－低品質再生骨材の建築構造用コンクリートへの利用」, コンクリートテクノ, Vol.33,

No.11, pp.74-80 (2014-11)

牧野内 猛

【学術論文】

堀和明, 野々垣徹, 松原功育, 中島礼, 中西利典, 洪完,
牧野内猛:「デルタの前進と層相変化:デルタフロ
ント堆積物に着目して」, 地形, Vol.35, No.3, pp.133-
249 (2014-7)

【その他】

牧野内猛:「名古屋地盤の今昔-最新名古屋地盤図の
改定(地質関係)」, 地盤工学会中部支部シニア会員
サロン (2014-2)

牧野内猛:「活断層と地震」, (株)光建 全社安全大会,
名古屋市 (2014-6)

牧野内猛:「海成粘土層に挟まれるテフラの層準が
場所によって異なることの意味」, 日本地質学会第
121年学術大会講演要旨, p.302, 鹿児島大学 (2014-9)

牧野内猛:「東日本大震災(東北地方太平洋沖地震)と
南海トラフの巨大地震(岐阜県北部版)」, 名城大学
校友会・岐阜県支部第49回総会, 高山市 (2014-9)

日比 義彦

【その他】

* 柏原あゆみ, 日比義彦:「カラム実験装置を用いた
分子拡散係数に関する屈曲度の算出」, 土木学会中
部支部平成25年度研究発表会概要集, pp.213-214
(2014-3)

* 日比義彦, 柏原あゆみ:「混相流を用いた地下水・
地表水連成解析の検討」, 日本地下水学会2014年春
季講演会講演要旨, pp.42-45 (2014-5)

* 柏原あゆみ, 日比義彦:「透気試験とトレーサー試
験により算出により算出した Knudsen 拡散係数の
比較」, 日本地下水学会2014年秋季講演会講演要旨,
pp.62-65 (2014-115)

日比義彦:「【地盤内物質移動および水の浸透】総括」,
地盤工学会誌特集号「第49回地盤工学研究発表会」,
Vol.12, No.11/12, p.HP27 (2014-5)

広瀬 正史

【その他】

* M.Hirose: "Evaluation of rainfall climatology from the
long-term spaceborne radar data (2)," JAXA Joint PI
workshop, PMM session (2014-1)

* 広瀬正史:「01F 降水量の評価」, 第2回 DPR Quick
Evaluation Team 会合 (2014-5)

* 広瀬正史:「02A 降水量の評価」, 第3回 DPR Quick

Evaluation Team 会合 (2014-7)

* M.Hirose: "Sharp contrast in precipitation," Proc.of
Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 11th annual
meeting, AS29-A043 (2014-7)

* 広瀬正史:「2つの衛星搭載降水レーダデータの特
性」, 日本気象学会2014年度秋季大会予稿集,
A361, p.XX (2014-10)

建築学科

大塚 貴弘

【その他】

大塚貴弘, Markus Knobloch, Mario Fontana : 「ウェブ幅厚比の大きい H 形鋼梁の高温時せん断座屈後耐力その 2 : 軸力の影響」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(神戸), 構造 I, pp. 371-372 (2014-9)

大塚貴弘, 元結正次郎 : 「鋼構造骨組における局部座屈を考慮した梁要素モデル」, 第 63 回理論応用力学講演会(NCTAM2014), OS18, USB (2014-9)

岡田 恭明

【その他】

*岡田恭明, 吉久光一, 田近輝俊, 角湯克典, 吉永弘志, 長船寿一, 坂本慎一 : 「自動車走行騒音の音響パワーレベルに関する検討(密粒及び排水性舗装における測定データ)」, 日本音響学会 騒音・振動研究会資料 N-2014-15, pp. 1-18 (2014-3)

*田近輝俊, 福島昭則, 岡田恭明, 長船寿一, 坂本慎一 : 「自動車走行騒音のパワースペクトルに関する検討(密粒及び排水性舗装における測定データ)」, 日本音響学会 騒音・振動研究会資料 N-2014-16, pp. 1-18 (2014-3)

*坂本慎一, 松本敏雄, 福島昭則, 岡田恭明, 藤本一壽, 吉久光一, 押野康夫, 山本貢平, 他 5 名 : 「道路交通騒音の予測モデル "ASJ RTN-Model 2013" (日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会報告)」, 日本音響学会誌, 第 70 巻, 第 4 号, pp. 171-230 (2014-4)

*岡田恭明, 吉久光一, 東一樹, 西村直人 : 「風車騒音の放射特性に着目した検討(異なる発電施設における測定事例)」, 日本音響学会 騒音・振動研究会資料 N-2014-24, pp. 1-7 (2014-5)

*大島俊也, 岡田恭明, 平栗靖浩, 横田考俊, 牧野康一, 川瀬康彰, 今泉博之 : 「防災拡声放送の長期モニタリングとクロススペクトル法による気象影響の把握」, 日本音響学会 騒音・振動研究会資料 N-2014-25, pp. 1-11 (2014-5)

*大島俊也, 岡田恭明, 平栗靖浩, 横田考俊, 牧野康一, 川瀬康彰, 今泉博之 : 「長期観測とクロススペクトル解析による防災拡声放送の聴こえの日毎の変化把握」, 日本音響学会講演論文集, pp. 973-976 (2014-9)

*岡田恭明, 吉久光一 : 「風力発電施設から発生する騒音の放射特性(ロータ回転速度と発電出力に着目

した実験的検討)」, 日本音響学会講演論文集, pp. 1047-1050 (2014-9)

*Y.Okada, K.Yoshihisa, T.Iwase, K.Higashi, and N.Nishimura : "A field measurement of the directivity characteristics of wind turbine noise," Proceedings of the 7th Forum Acusticum 2014, Invited paper, pp. 1-6 (CD-ROM) (2014-9)

*岡田恭明, 吉久光一 : 「風車騒音の放射指向特性に着目した実験的検討」, 日本騒音制御工学会講演論文集, pp. 161-164 (2014-9)

*牧野康一, 横田考俊, 大島俊也, 岡田恭明, 平栗靖浩, 川瀬康彰, 今泉博之 : 「防災拡声放送の聴こえの日毎の変化と気象条件との関係(定時放送の長期観測データに基づく検討)」, 日本騒音制御工学会講演論文集, pp. 205-208 (2014-9)

*Y.Okada, T.Tajika, and S.Sakamoto : "Road traffic noise prediction model "ASJ RTN-Model 2013" proposed by the Acoustical Society of Japan - Part 2 : Study on sound emission of road vehicles," Proceedings of the 43rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, pp. 1-8 (CD-ROM) (2014-11)

鈴木 博志

【学術論文】

ファミマイチュン, 鈴木博志 : 「北京市の高齢者福祉施設における入所者のアンケート調査の分析」, 日本向老学学会向老学研考, Vol13, 14, pp. 177-189 (2014-5)

下雷, 鈴木博志 : 「サービス付き高齢者向け住宅の現状と課題に関する一考察」, 日本向老学学会向老学研考, Vol13, 14, pp. 190-202 (2014-5)

グエンラム, 長谷川直樹, 鈴木博志, 兼田敏之 : 「プラン文書に着目したホーチミン市の都市マスタープランの変遷に関する研究」, 日本建築学会計画系論文集, 第 79 号, No.702, pp. 1761-1768 (2014-8)

【その他】

ファミマイチュン, 長谷川直樹, 鈴木博志 : 「ベトナム・ハノイ市における第 6 次都市マスタープラン(2030 年目標)に関する研究」, 日本建築学会東海支部研究報告, 第 52 号, pp. 617-620 (2014-2)

下雷, 長谷川直樹, 鈴木博志 : 「サービス付き高齢者向け住宅の現状と課題」, 日本建築学会東海支部研究報告, 第 52 号, pp. 689-692 (2014-2)

- 下雷, 長谷川直樹, 鈴木博志:「サービス付き高齢者向け住宅の現状分析その2- 施設の類型化と住宅の特徴-」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 7098, pp. 231-232 (2014-9)
- ファミマイチュン, 長谷川直樹, 鈴木博志:「ベトナム・ハノイ市の都市計画マスタープランの変遷について- 第5回と第6回のマスタープランの比較分析-」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 7149, pp. 333-334 (2014-9)
- 宮崎幸恵, 鈴木博志:「新潟県における「地域の茶の間」活動の原状と課題- 高齢者の居住支援に関する研究 その2-」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 7097, pp. 229-230 (2014-9)

寺西 浩司

【学術論文】

- 樋口優香, 寺西浩司:「乾燥に伴う内部ひび割れがコンクリートの乾燥収縮ひずみおよび力学的性質に及ぼす影響」, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp. 502-507 (2014-7)

【その他】

- 今井悠介, 寺西浩司:「ペーストの流動性に対する粉体の粒度分布の影響の評価」, 名城大学総合研究所紀要, No.19, pp. 139-142 (2014-3)
- 中村雄一, 寺西浩司:「RC壁面の拘束度マップの作成」, 名城大学総合研究所総合学術研究論文集, No.13, pp. 1-10 (2014-3)
- 平井優太郎, 寺西浩司, 中村雄一:「乾燥がコンクリートの力学的性質に及ぼす影響(その3. モデル実験とそのFEM解析)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 17-18 (2014-9)
- 中村雄一, 寺西浩司, 平井優太郎:「乾燥がコンクリートの力学的性質に及ぼす影響(その4. 水セメント比の影響)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 19-20 (2014-9)
- 山田一徳, 中村士郎, 寺西浩司:「骨材粒径が骨材およびコンクリートの乾燥収縮ひずみに与える影響」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 37-38 (2014-9)
- 武田明憲, 寺西浩司, 中村雄一:「RC壁面の拘束度分布に対する開口の有無の影響」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 59-60 (2014-9)
- 松本康太, 寺西浩司, 古田修平, 今井悠介:「コンクリートの各種材料分離の定量評価に関する研究(その1. 実験概要)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 497-498 (2014-9)

- 林孝将, 寺西浩司, 古田修平, 松本康太, 今井悠介:「コンクリートの各種材料分離の定量評価に関する研究(その2. 実験結果)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 499-500 (2014-9)
- 丹羽大地, 寺西浩司, 今井悠介, 渡邊彩人:「余剰水膜理論による固液2相材料の流動性の評価(その1. 模擬セメントペーストの流動性の評価)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 503-504 (2014-9)
- 今井悠介, 寺西浩司, 渡邊彩人:「余剰水膜理論による固液2相材料の流動性の評価(その2. 模擬モルタルの流動性の評価)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 505-506 (2014-9)
- 成田玲生奈, 佐藤幸恵, 小泉信一, 小島正朗, 酒井正樹, 鈴木澄江, 寺西浩司:「コンクリートの調査計算方法のための調査および実験 その2 運搬時間と練り上がり時のフレッシュ性状に関する調査結果」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 515-516 (2014-9)
- 野口貴文, 今本啓一, 濱崎仁, 兼松学, 寺西浩司, 佐藤幸恵, 早野博幸, 田村政道:「同潤会上野下アパートに関する調査研究 その1: 概要」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1127-1128 (2014-9)
- 寺西浩司, 河邊俊希, 堀淳一, 棚橋泰士, 野口貴文:「同潤会上野下アパートに関する調査研究 その7: 外壁汚れの調査概要および色の測定結果」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1139-1140 (2014-9)
- 河邊俊希, 寺西浩司, 堀淳一, 棚橋泰士, 野口貴文:「同潤会上野下アパートに関する調査研究 その8: 外壁汚れの原因物質の分析結果」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1141-1142 (2014-9)
- 吉田夏樹, 寺西浩司:「軍艦島構造物群の劣化調査 その12. 軍艦島のコンクリートに見られた粗骨材の侵食現象」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1145-1146 (2014-9)

平岩 陸

【著書】

- 谷川恭雄, 稲荷弘一, 大関一美, 塩田準二, 西田茂, 平岩陸, 丸山夏江:「第2章 建築学一般」『一級建築施工管理技士試験・完全攻略』, 担当 pp. 37-78, pp. 116-131, 理工図書(2014-1)

【その他】

- 平岩陸, 朴相俊:「内部拘束によるコンクリートの収縮ひび割れ発生状況に関する解析的研究」, 日本建築学会東海支部研究報告集, No.52, pp. 5-8 (2014-2)

水谷由香里, 平岩陸:「内部拘束によるコンクリートの乾燥収縮ひび割れ発生に関する解析的研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), A-1, pp. 9-10 (2014-9)

小木曾元彦, 平岩陸:「塗料塗布時の下地の含水状態がコンクリートの乾燥収縮と中性化に与える影響」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), A-1, pp. 71-72 (2014-9)

石黒貴志, 平岩陸:「釘打ち込みによるコンクリートの圧縮強度推定に関する研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), A-1, pp. 1183-1184 (2014-9)

磯川章成, 犬飼利嗣, 平岩陸:「各構造形式において部位ごとに分類した建築材料の教育ツールに関する研究 その1: 木質構造に関する建築材料資料集の作成」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), E-2, pp. 9-10 (2014-9)

武藤 厚

【学術論文】

武藤厚, 加藤史郎:「RCシェル構造の振動性状の分析と地震荷重の設定」, 建築技術, No.768, pp. 35-37 (2014-1)

K.Nakata, T.Takamizawa, A.Mutoh, S.Nakazawa, and S.Kato: "Structural Design of a Church of Free Form - Example of Earthquake Resistant Design of Reinforced Concrete Shell in Japan," IASS, 2014, total 8 pages (CD-ROM) (2014-9)

【その他】

武藤厚:「特集・建築情報学アーキインフォマティクスー構造委員会・RCシェル構造小委員会」, 建築雑誌, 日本建築学会, Vol.129, No.1658, p. 11 (2014-5)

武藤厚, 伊藤雄基, 益田彰宏, 佐々木睦朗:「大型RCシェルの長期変形と構造特性に関する実証的研究(その4 長期変形特性と構造特性への影響の推定事例)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 815-816 (2014-9)

佐野新吾, 村本駿, 益田彰宏, 武藤厚:「RC曲面構造における複合非線形挙動の予測に関する試み(その9 高精度型枠を用いたRC・CFRCアーチの動的挙動の追跡)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 813-814 (2014-9)

高味えり, 益田彰宏, 武藤厚:「組積造による歴史的建造物の構造特性に関する再検証の試み(その5 プールジュ大聖堂の詳細な施工プロセスに基づいた構造特性に関する推定)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 879-880 (2014-9)

三浦徳人, 益田晃宏, 武藤厚, 藤田康仁, 元結正次郎, 高橋宏樹, 篠野志郎:「アルメニア教会建築の耐震診断と補強に関する実証的研究(その1 エチミアジン大聖堂の構造特性に関する推定)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 881-882 (2014-9)

三浦 彩子

【著書】

三浦彩子:「鎌倉の禅宗庭園」, 『東アジアのなかの建長寺ー宗教・政治・文学が交叉する禅の聖地ー』(村井章介編), pp. 346-358, 勉誠出版(2014-11)

溝口 明則

【著書】

溝口明則, 中川武監修:「コー・ケーとベン・メアレアーアンコール広域拠点遺跡群の建築学的研究」, 中央公論美術出版(2014-2)

【学術論文】

溝口明則, 中川武 他:「プレア・ヴィヘア寺院山頂伽藍の寸法計画 クメール建築の造営尺度と設計技術に関する研究(7)」日本建築学会計画系論文集 697, pp. 817-824 (2014-03)

李廷敏, 溝口明則:「慶州蘿井の八角形建物址における柱配置計画に関する研究」日本建築学会計画系論文集 698, pp. 997-1006 (2014-04)

【その他】

吉田周平, 溝口明則:「『木碎之注文』の「大免・小免」と実寸表記の関係について」日本建築学会大会懐慨集, 歴史・意匠 F, pp. 101-102 (2014-09)

中川武, 溝口明則 他:「クメール寺院伽藍における縦深型祠堂の形成過程ープレア・ヴィヘア寺院に関する研究(7)」日本建築学会大会懐慨集, 歴史・意匠 F, pp. 673-674 (2014-09)

黒岩千尋, 溝口明則 他:「クメール寺院における「付属建物」の空間的特徴の変遷と機能についてープレア・ヴィヘア寺院に関する研究(8)」日本建築学会大会懐慨集, 歴史・意匠 F, pp. 675-676 (2014-09)

溝口明則 他:「プレア・ヴィヘア寺院の伽藍全体計画についてープレア・ヴィヘア寺院に関する研究(9)」日本建築学会大会懐慨集, 歴史・意匠 F, pp. 677-678 (2014-09)

吉永 美香

【著書】

*吉永美香:「1章 屋外気候, 2章 日射」, 『はじめての建築環境工学』(小林 茂雄・中島 裕輔・西村 直也・

古屋 浩・吉永美香 著), pp.7-36, 彰国社(2014-9)

【学術論文】

- *吉永美香, 須田礼二, 宇田川光弘, 奥宮正哉, 坊垣和明:「住宅用太陽熱利用給湯システムにおける太陽熱の環境価値化手法に関する研究 第1報 修正M1モード4人負荷に対するTRNSYSとEESLISMの計算精度検証」, 太陽エネルギー, 第222号, pp.61-68 (2014-7)
- *K.Bogaki, Y.Kuwasawa, M.Okumiya, M.Yoshinaga, and T.Morita: “RESEARCH ON ESTABLISHMENT OF ENVIRONMENTAL VALUE OF SOLAR THERMAL UTILIZATION PART3: A STUDY OF ENERGY-SAVING EFFECTS OF SOLAR THERMAL UTILIZATION SYSTEMS AND ISSUES FOR ENVIRONMENTAL VALUE ASSESSMENT,” Grand Renewable Energy 2014, Tokyo, p. 4 (CD-ROM) (2014-7)
- *M.Yoshinaga, R.Suda, M.Okumiya, K.Bogaki, and M.Udagawa: “RESEARCH ON ESTABLISHMENT OF ENVIRONMENTAL VALUE OF SOLAR THERMAL UTILIZATION Part4: ACCURACY STUDY OF EESLISM AND TRNSYS SIMULATIONS FOR DEEMING IN JAPAN,” Grand Renewable Energy 2014, Tokyo, p. 4 (CD-ROM) (2014-7)
- *T.Koyama, M.Yoshinaga, K.Maeda, and A.Yamauchi: “Room temperature reductions in relation to growth traits of kudzu vine (Pueraria lobata): Experimental quantification,” Ecological Engineering, Vol.70, pp. 217-226 (2014-9)
- *Y.Takahashi, G.Yoon, M.Yoshinaga, and R.Chiba: “Comparative Study on Annual Heat Load Calculation Tools for Life Cycle Energy Management,” 2nd Asia Conference of International Building Performance Simulation Association 2014, Nagoya, p. 8 (CD-ROM) (2014-11)
- 【その他】
- *吉永美香:「食品産業における低温熱需要への太陽熱エネルギーの導入可能性 その2 鶏卵製造業における検討事例」, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp.459-462 (2013-11)
- *小島功, 吉永美香:「シミュレーションによるオーニングの冷房負荷削減効果の検討」, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp.261-264 (2013-11)
- *筒井伸夫, 澤村茂貴, 増元香菜美, 吉永美香, 奥宮正哉, 城出浩作:「太陽熱利用システムの性能評価技術の開発に関する研究 第3報 人工太陽照射装置を用いた高温環境下における集熱性能試験結果」, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp.427-430 (2013-11)
- *辺文亮, 吉永美香:「非定常解析による断熱壁体の湿気・結露に関する不具合発生に関する検討」, 空気調和・衛生工学会 中部支部学術研究発表会論文集, 第15号, pp.141-144 (2014-3)
- *高橋優佳, 尹奎英, 吉永美香:「エネルギーマネジメントのための年間熱負荷計算ツール比較研究 - TRNSYSとMicro-HASP/TESの比較 -」, 空気調和・衛生工学会 学術講演会講演論文集, pp.109-112 (2014-9)
- *藤川慈久, 尹奎英, 吉永美香:「建物内部発熱減少による空調システムへの影響(第2報)OA機器更新による室内温熱環境の変化」, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.233-236 (2014-9)
- *吉永美香:「世界における太陽熱利用システムシミュレーションツールの比較と日本における一般のシステムの再現性の検討」, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会, 太陽/風力エネルギー講演論文集, pp.357-360 (2013-11)

宿里 勝信

【その他】

- 水谷信哉, 立川剛, 宿里勝信, 山田正作, 矢尾誠, 福拓也:「基礎スラブの変位制御加振による表面波の発生とその伝播機構について」, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.47-48 (2014-9)
- 福拓也, 立川剛, 宿里勝信, 山田正作, 矢尾誠, 水谷信哉, 久瀬由衣:「図書施設に関する地震対策調査」, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.201-202 (2014-9)
- 久瀬由衣, 立川剛, 宿里勝信, 福拓也, 水谷信哉, 矢尾誠:「免震集合住宅に関する設計資料の分析とその考察」, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.583-584 (2014-9)
- 久翁知巳, 福原武史, 宮内靖昌, 宿里勝信:「接着工法による鉄骨フレームの耐震補強 その2 解析的検討」, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.583-584 (2014-9)
- 福拓也, 立川剛, 宿里勝信, 矢尾誠, 水谷信哉:「図書施設における地震対策に関して」, 日本建築学会東海支部研究報告書, 第50号, pp.245-248 (2014-2)

水谷信哉, 立川剛, 宿里勝信, 矢尾誠, 山田正作, 福拓也:「混合境界値問題となる半無限弾性体地盤上の上下変位加振をうける地盤の動力学特性」, 日本建築学会東海支部研究報告書, 第50号, pp. 261-264 (2014-2)

柳沢 究

【学術論文】

竹内泰, 後藤康久, 後藤沙紀, 柳沢究, 魚谷繁礼:「京都の聖祠分布および地蔵の祭礼時における分布変容: 京都の都市空間と地蔵 その5」, 日本建築学会学術講演梗概集, 2014年F-1分冊, 2014年度日本建築学会大会, 神戸大学 pp. 385-386. (2014-9)

小原亮介, 柳沢究:「ヴァーラーナシー(インド)における既存寺院を核とした増築現象に関する研究: 寺院の分布と融合のパターン」, 日本建築学会学術講演梗概集, 2014年F-1分冊, 2014年度日本建築学会大会, 神戸大学 pp. 989-990 (2014-9)

【その他】

横関浩, 武藤勇, 柳沢究, 大橋公雄, 鈴木富幸:「中川茶屋: 人造石復刻 WS」, 中川運河リミコラインアートプロジェクト, 中川運河アート&リサーチラボ, 名古屋市 (2014-11)

名城大学柳沢研究室:「鱗瓦で繋ぎ, 彩る昇竜道: 瓦を用いた法面防災曲壁による観光道の提案」, 第3回賞学生アイデアコンペティション入賞, 全国陶器瓦工業組合連合会 (2014-8)

柳沢究:「町家に堆積した時間と改修の記憶をとどめて。: 紫野の町家改修」, 『住む。』, 2014年春号, pp. 42-53, 泰文館 (2014-5)

柳沢究, 究建築研究室:「淀川堤防下の中庭式曲り家」, 枚方市 (2014-3)

吉久 光一

【その他】

*岡田恭明, 吉久光一, 田近輝俊, 角湯克典, 吉永弘志, 長船寿一, 坂本慎一:「自動車走行騒音の音響パワーレベルに関する検討(密粒及び排水性舗装における測定データ)」, 日本音響学会 騒音・振動研究会資料 N-2014-15, pp. 1-18 (2014-3)

*坂本慎一, 松本敏雄, 福島昭則, 岡田恭明, 藤本一壽, 吉久光一, 押野康夫, 山本貢平, 他5名:「道路交通騒音の予測モデル "ASJ RTN-Model 2013" (日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会報告)」, 日本音響学会誌, 第70巻, 第4号, pp. 171-230 (2014-4)

*岡田恭明, 吉久光一, 東一樹, 西村直人:「風車騒

音の放射特性に着目した検討(異なる発電施設における測定事例)」, 日本音響学会 騒音・振動研究会資料 N-2014-24, pp. 1-7 (2014-5)

*岡田恭明, 吉久光一:「風力発電施設から発生する騒音の放射特性(ロータ回転速度と発電出力に着目した実験的検討)」, 日本音響学会講演論文集, pp. 1047-1050 (2014-9)

*Y.Okada, K.Yoshihisa, T.Iwase, K.Higashi, and N.Nishimura: "A field measurement of the directivity characteristics of wind turbine noise," Proceedings of the 7th Forum Acusticum 2014, Invited paper, pp. 1-6 (CD-ROM) (2014-9)

*岡田恭明, 吉久光一:「風車騒音の放射指向特性に着目した実験的検討」, 日本騒音制御工学会講演論文集, pp. 161-164 (2014-9)

教養教育

土屋 文

【学術論文】

土屋文：「ガンマ線および中性子照射誘起絶縁劣化」,
プラズマ・核融合学会誌学会論文誌, Vol. 90, No.1,
pp.47-51 (2014-1)

永田晋二, 且井宏和, 星勝也, 土屋文, 藤健太郎,
四竈樹男：「イオンビーム誘起発光測定」, プラズ
マ・核融合学会誌学会論文誌, Vol. 90, No.1, pp.55-58
(2014-1)

土屋文, 藤健太郎：「光ファイバの熱発光特性を利用
したガンマ線照射環境下におけるその場温度計測
の基礎研究」, プラズマ・核融合学会誌学会論文誌,
Vol. 90, No.1, pp.68-73 (2014-1)

中村 栄造

【その他】

中村栄造：「岩田 強著『文豪ホーソンと近親相姦』」,
『フォーラム』(日本ナサニエル・ホーソン協会),
pp.55-62 (2014-3)

中村栄造：「“Time Enough at Last”(1959)に見る Rip
Van Winkle/Ichabod Crane の残像」, 日本ナサニエル・
ホーソン協会東京支部 11 月例会, (2014-11)

中村栄造：「新しいアダムとイヴ」(ナサニエル・ホー
ソン著), 名城大学人文紀要 50 巻第 2 号, pp.55-61
(2014-12)

中山 章宏

【学術論文】

只木進一, 菊池誠, 福井稔, 中山章宏, 西成活裕,
柴田章博, 杉山雄規, 吉田立, 湯川諭：「交通渋
滞形成実験」, Proceedings of the 19th Symposium on
Simulation of Traffic Flow, pp.65-68 (2013)

松村 昌紀

【学術論文】

松村昌紀：「タスクを構成単位とする第二言語指導の
展開と言語形式の焦点化」, 『第 2 言語習得研究と英
語教育の実践研究－山岡俊比古先生追悼論文集』,
東京：開隆堂出版, pp.177-189 (2014-3)

松村昌紀：「第二言語の指導におけるタスク基盤型
相互作用の役割」, 『中部地区英語教育学会紀要』第
45 号, 全 8 頁(本稿執筆時点で掲載ページ未定)
(2014-12)

【その他】

松村昌紀：「言語教育の生態系と方法論」, 中部地区英
語教育学会近畿地区第 2 回研究会講演, 桃山学院大
学 (2014-1)

松村昌紀：「教室における自由で自然な言語使用の役
割とその実現の条件」, 第 44 回中部地区英語教育学
会山梨大会シンポジウム『英語授業を創る《タスク》
の発想』発表, 山梨大学 (2014-6)

松村昌紀：「英語教育のコンテキストとタスク活用の
ための意思決定」, 英語授業研究学会関東支部第 20
回秋季研究大会講演, 昭和女子大学 (2014-11)

松村昌紀：「今, この場所の問題」(Ali Shehadeh &
Christine A. Coombe, *Task-based language teaching in
foreign language contexts : Research and implementation.*
Amsterdam : John Benjamins, 2012 年への書評), 『英
語教育』2014 年 2 月号, 東京：大修館書店 (2014-2)

松村昌紀：「研究と実践の真の対話のために」(Rod
Ellis & Natsuko Shintani, *Exploring language pedagogy
through second language acquisition research.* London :
Routledge, 2014 年への書評), 『英語教育』2014 年 8
月号, 東京：大修館書店 (2014-8)

松村昌紀：「英語授業を変える『タスク』の視点」, 『英
語情報』(隔月刊)連載, 全 6 回中の 5 回, 各 4 頁,
東京：公益財団法人日本英語検定協会

宮北 恵子

【学術論文】

宮北恵子：「イギリス王室と儀礼－国家統合のメカニ
ズム(イギリス近代形成期から現在まで)」, 『名城大
学人文紀要 第 106 集(50 巻 1 号)』, pp.21-39 (2014-9)

名城大学理工学部研究報告投稿内規

(昭和39年 11月)
(昭和49年 10月 4日改正)
(昭和53年 6月22日改正)
(昭和54年 10月11日改正)
(平成 4年 3月10日改正承認)
(平成13年 3月12日改正)
(平成17年 10月20日改正)
(平成19年 6月26日改正)
(平成25年 5月16日改正)

1. 投稿者の資格及び投稿の種類・内容について

1. 1. 研究報告への発表は、本学部の教授、准教授、講師、助教、助手、その他委員会が認めたものとする。
なお、大学院生および研究員の発表は、指導教員との連名を原則とする。
1. 2. 理工学部研究報告の構成は、招待論文・論文・資料・寄書・総説・その他とする。
1. 3. 投稿の内容は次の区分による。
 - イ. 論文 理工学部に関係のある分野の研究結果で、独創的な理論・新しい現象の実験報告あるいはその解釈、新しい機器・部品・材料の報告、施設その他の設計あるいは計画法・測定法の提案または測定器の試作報告、ならびに従来不完全であった理論や実験の補充・拡張、従来の諸説などを整理して系統づけたものなどで、客観性が高く確実であるものとする。ページ数は、図面、表、写真を含め1編刷上り8ページを超えないことを原則とするが、学術広報委員会の承認を得ることによりこれを超えることも出来る。
 - ロ. 招待論文 学術広報委員会の依頼によるもので、取り扱いと同委員会が定める。
 - ハ. 資料 設計資料・既設計画資料・施設整備・機器・部品・材料の試験報告、あるいは経験事項の報告等である。ページ数の制限は論文と同じ。
 - ニ. 寄書 論文・資料と同様な内容に関したことで、十分にまとまっていないもの、研究速報的なものまたは理工学部関係の教育研究に関するものとする。ページ数は、1編刷上り4ページを超えないことを原則とする。
 - ホ. 総説
 - ト. その他 理工学部関係のニュース・研究年表的なもの等、ページ数の制限は寄書と同じ。
1. 4. 他の書籍・雑誌・機関紙等に、すでに発表されたもの、または投稿中のものは原則として受理されない。

2. 投稿された原稿の処理について

2. 1. 投稿者は作成した電子化ファイルとA4版で出力したコピー1部を論文・資料・寄書の別を明記し、所属学科を経て学術広報委員会に提出する。投稿者は、現行の控を手元に保存しなければならない。
2. 2. 学術広報委員会は、原稿を受け付けた日付を本文末尾に記入する。
2. 3. 投稿された原稿について査読を行う。査読の方法は編集委員会が定める。
2. 4. 学術広報委員会は査読の結果に基づき、次のいずれかに決定する。
 - イ. 採録する。
 - ロ. 軽微な修正を求めた上で採録する。(原稿中の字句について、文意を変えない程度の加除修正を行って採録する)
 - ハ. 投稿者に照会して、回答を求めた上、採否を決定する。
 - ニ. 採録しない。
2. 5. 採録された原稿は返却しない。原稿に誤り、または不明の点がある場合は、投稿者に修正を求める。掲載することが不相当と認められる場合は原稿を返却する。
2. 6. 招待論文等の扱いは、その都度、学術広報委員会が定める。

投稿内規細則

(平成 4 年 3月10日承認)

(平成 13 年 6月 4日改正)

(平成 17 年 9月22日改正)

(平成 18 年 9月14日改正)

(平成 19 年 6月26日改正)

1. 執筆の注意事項

1. 1. 原稿の体裁は、次の構成を標準とする。

イ. **標題** 一見して内容がよくわかるような、各々 20 語程度までの日欧両文によるもの。

ロ. **Abstract** 研究のねらいと方法、およびその結果を簡単明瞭に表した 500 語以内のものを、欧文で記述する。
ただし、本文が欧文のときは、これを適用しない。

ハ. **緒論** 研究分野における位置づけおよび歴史的背景を述べたもの。

ニ. **本論** 簡潔にして適格に整理されたことにより、要点を有効に読者に伝えるように書いたもの。

ホ. **結論** 結論と今後の課題について触れたもの。

ヘ. **付録** 本論中に省略した数式の証明、その他の補足のためのもの。

ト. **文献** その研究内容に直接関係のあるもの。なお、寄書の体裁は Abstract・緒論・結論などを省略する。

1. 2. 原稿には、

イ. 日欧両文による標題

ロ. 論文・資料・寄書の区別

ハ. 執筆者氏名（日欧）

ニ. 所属（日欧）を記載する。

1. 3. 邦文はなるべく現代かなづかい、当用漢字を使用し、以下の注意に従う。

イ. 外国の地名・人名・固有の名詞などは、原語またはカタカナを使用する。

ロ. 数字は、原則としてアラビア文字を使用する。

1. 4. 文献の引用は、学会の研究報告誌に準ずることを原則とする。

名城大学理工学部研究報告掲載発表論文題目原稿作成要領

1. 範囲

2014年1月1日より2014年12月31日までに公開された著書、学会誌掲載論文、講演大会その他の口頭発表、各種研究発表会、一般雑誌への発表その他のもの。

ただし、2013年に公開された論文で、発刊が遅れて第54号に掲載できなかったものに関しては本年分に入れる。

2. 記載形式

1) 著書：著者氏名：『題名』，出版者名，（発行年月）

例 名古屋太郎，天白次郎：「理工学の研究」，名城出版，（2014-3）

2) 学術論文：著者氏名：「題名」，雑誌名，巻，号，ページ（発表年月）

例 東海三郎，八事四郎：「電気機械に関する研究－工学機械の研究その1－」，
理工学会誌，13巻，6号，p.108（2014-6）

東海三郎，八事四郎：「電気機械に関する研究－工学機械の研究その2－」，
理工学会誌，13巻，8号，pp.110-115（2014-8）

（注1）掲載論文通りの順序を原則とする。本学以外の共著者も記載のこと。

（注2）副題のある場合には副題も掲載のこと。

3) その他：発表者名：「題名」，発表会名，巻，号，ページ（発表年月）

例 東京五郎，豊橋六郎：「機械工学と交通機械技術工学の発展について」，
土木建築学会春季講演大会，13巻，10号，p.23（2014-4）

4) 外国語で発表された場合は，その分野の国際的慣例に従うこととする。

備考：1.各学科，同一著者ごとに出来るだけまとめる。

2.疑問，不明の場合には各学科の学術広報委員に問い合わせること。

3. 配列

見出しを著書，学術論文，その他に分け，その中を発表年月日の古いものから順に並べる。また，番号は付けない。

4. 環境関連論文について

発表論文の先頭に「*」をつけて区別する。

5. 原稿の提出締切日について

2014年11月21日（金）までに学科編集委員へ提出する。

6. 原稿は，「電子化ファイル」あるいは「電子メール」とする。

7. メールで送付するフォーマットに被せると，うまく作成できる。

8. 原稿は，Wordを使い，和文フォントは「MS明朝」，数字と欧文フォントは「Times New Roman」とし，ポイントは9ポイントにする。

《その他》

1. 見出しの氏名は「ゴシック体」にする。

2. 英数字は半角で統一する。英数字に使う括弧は，半角とする。

3. 出版社名と発行年月の間に，カンマ（,）を入れない。

4. p.またはpp.の後は，半角スペースを空ける。

平成 26 年度学術広報委員会名簿

数 学 科	前 野 俊 昭
情 報 工 学 科	津 川 定 之
電 気 電 子 工 学 科	清 水 教 之
委員長 材 料 機 能 工 学 科	服 部 友 一
応 用 化 学 科	服 部 友 一
機 械 工 学 科	塚 田 敦 史
交 通 機 械 工 学 科	小 川 宏 隆
メカトロニクス工学科	市 川 明 彦
社会基盤デザイン工学科	藤 田 晃 弘
	清 水 泰 弘
環 境 創 造 学 科	日 比 義 彦
建 築 学 科	立 川 剛
教 養 教 育	宮 北 惠 子
事 務 担 当	大 塚 素 子
	伊 藤 領 祐

名城大学 理工学部 研究報告第 55 号 (通巻)

平成 27 年 3 月 31 日 制 作

平成 27 年 3 月 31 日 発 行

編 集 兼 発 行 者 名 城 大 学 理 工 学 部

名古屋市天白区塩釜口 1 丁目 5 0 1 番地

郵便番号 468 - 8502 電話(052) 838 - 2053

制 作 新 日 本 印 刷 株 式 有 限 公 司

名古屋市天白区中砂町 4 9 6

電話代表(052) 832 - 6 8 5 1 〒 468-0065

http://www.meijo-u.ac.jp/academics/sci_tech/report.html
に掲載してありますので、ご利用下さい。