

*Research Reports of
National Institute of Technology, Tokyo College
No.48, Feb. 2017*

東京工業高等専門学校
研 究 報 告 書



第 48 号

2017. 2

目 次

英語副詞の指導

～リメディアル教育の観点から～

熊谷 健、熊谷 由里子 1

車軸と車輪の間の動摩擦(減速)係数の測定 2

—実装へ向けての拡張と装置開発—

藤井 俊介 8

International Intelligibility for Cross-cultural Communication: Implications for Teaching English as a Foreign Language in Japan and China

堀 智子、孙 冬梅 13

熊本震災報道に見る英語圏メディアの言語的再現<世界>に関する研究

関根 紳太郎 18

様々な授業方法と学力との関係と学生の評価

安富 義泰 27

ドイツ民法の消費者撤回権効果規定の解除権規定からの分離に関する一考察

廣瀬 孝壽 35

波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度特性

志村 穰、葛城 拓矢、林 丈晴、黒崎 茂 43

ナノインデンテーション法による多層薄膜のナノ硬さ特性

福田 勝己、伊藤 拓嗣 47

フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発

—第6報 圧力センサの試作と評価—

伊藤 浩、新國 広幸 51

光導波路用 SiC 薄膜の加熱成膜による透明性への影響

新國 広幸 56

可変領域マルチホップネットワークの一検討

田中 晶、大場 裕也、菊池 隼人、澁田 叡知、中新井田 覚志、松本 貴大、小出 瑞生 59

海水に二酸化炭素を曝気した場合の重金属の海生生物への毒性発現

庄司 良、熊谷 望美 66

上代語における完了化辞「つ・ぬ」の差異と下接語

青野 順也 71

平成27年度・平成28年度教員教育研究業績

78

CONTENTS

On the Teaching of English Adverbs — from the Perspective of Developmental Education —	Takeshi KUMAGAI, Yuriko KUMAGAI	1
Measurement of Deceleration Coefficient in a Simple Experimental System with One Wheel and One Axis 2 — Remodeling for practical use and its development	Shunsuke FUJII	8
International Intelligibility for Cross-cultural Communication: Implications for Teaching English as a Foreign Language in Japan and China	Tomoko HORI, Dongmei SUN	13
The Kumamoto Earthquakes of 2016: Linguistic Restructuring of the World through English Media Reports	Shintaro SEKINE	18
Relation between the Various Teaching Methods and the Scholastic Ability, and the Evaluation of Students	Yoshiyasu YASUTOMI	27
A Study on the Separation of the Provisions on Effects of Consumer Withdrawal Rights from the Provisions of Revocation Rights in the German Civil Code	Koju HIROSE	35
Compressive Shear Strength Properties of Adhesively Bonded Wavy-lap Joints	Jyo SHIMURA, Takuya KATSURAGI, Takeharu HAYASHI, Shigeru KUROSAKI	43
Nano Hardness Characteristics of Multilayer Thin Films by Nanoindentation Method	Katsumi FUKUDA, Takuji ITO	47
Development of Teaching Materials for MOEMS Technology Using Photolithography — 6th Report, Trial Production and Evaluation of Pressure Sensors —	Hiroshi ITO, Hiroyuki NIKKUNI	51
Effects on Transparency by Heating Film Deposition in SiC Thin Film for Optical Waveguide	Hiroyuki NIKKUNI	56
A Study on Variable Cluster-form Multihop Networks	Akira TANAKA, Hiroya OHBA, Hayato KIKUCHI, Akitomo SHIBUTA, Satoshi NAKANIIDA, Takahiro MATSUMOTO, Mizuki KOIDE	59
Heavy metal toxicity to marine organisms under aeration of carbon dioxide in artificial seawater	Ryo SHOJI, Nozomi KUMAGAI	66
Difference between Tu and Nu in Ancient Japanese	Junya AONO	71
Education and Research Activities		78

英語副詞の指導

～リメディアル教育の観点から～

熊谷 健*, 熊谷 由里子**

On the Teaching of English Adverbs —from the Perspective of Developmental Education—

Takeshi KUMAGAI, Yuriko KUMAGAI

This paper proposes an efficient way to teach English adverbs to students who have difficulty in learning English. English adverbs are not an integrated group of words; the Japanese learners of English find it difficult to understand them. We will analyze what features of English adverbs the Japanese students feel difficult to learn, and then will suggest a learning method to perceive parts of speech by using several marks designed to distinguish parts of speech. The students will also analyze English sentences by using five basic sentence patterns. This way of studying English helps the students start understanding English effectively.

(Keywords : English adverbs, Developmental education, Five basic sentence patterns)

1. はじめに

近年の文科省のゆとり学習へと転換を目指した学習指導要領改定¹⁾や、少子化や入試の多様化により、高専や大学等の高等教育機関において、学生の基礎学力、基礎英語力の低下が指摘されて久しい。そのため、高専や大学で要求される力へと引き上げる緊急措置的な対策が望まれており、リメディアル教育が全国各地の高専や大学において行われている。リメディアル教育は、単なる補習教育というマイナスイメージからの脱却が図られており、“Developmental Education”（学習支援）と捉え直されている（日本リメディアル教育学会 2012）²⁾。本稿も、その一つの試みとしての「英語副詞の指導」であり、外国語学習に徒労感や無力感を感じている学生に、学習する手立てを用意し英語の基礎力を養成するプロセスを辿らせ、英語の基礎力を構築することを一つの大きな目標としている。

本稿は副詞の指導法を検討するわけであるが、まず「副詞とは何か」を考えてみる必要がある。英語の副詞には様々な性質の語が含まれており、副詞を体系的に捉えることは容易ではない。副詞には 20 種類もの意味項目があるとも言われており（天満 1968: 61）³⁾、意味からも把握しにくい。そのため、英語の副詞を学習する時には困難が生じやすい。指導に際しては、英語の副詞は修飾語（modifier）であり文の主要素にならないということと、形容詞との対比による特徴の提示が最も分かりやすい。名詞を修飾する形容詞に対して、主に名詞以外の動詞や副詞、形容詞などを修飾す

るという特徴が最も顕著で分かりやすい特徴として挙げられる。しかし、名詞を修飾できる副詞もあり、一貫性を保持している副詞の定義を提示できない。さらに、副詞的用法と呼ばれる句や節の働きもあり、その機能も考慮に入れて教える必要がある。日本語においても、形容詞や形容動詞が連用形になった場合、形容詞や形容動詞として捉えるべきか、副詞として捉えるべきか判断が容易ではない。英語の副詞、日本語の副詞ともに的確に捉えにくい状況であり、日本語を頼りに英語の基礎力を形成する初期段階の日本人学習者にとって理解が難しくなっている。

本稿では、まず第 2 章において、副詞を学習する際に、日本人学習者が向き合わざるを得ない副詞の難しさについて述べる。副詞とは何か、英語と日本語の副詞から考察し、つまずきの要因を探る。その後、第 3 章において、その考察を踏まえて、効果的な副詞の指導法を提案する。第 4 章において、副詞のさらなる特徴について概観し、その指導法について述べ、第 5 章をまとめとする。

2. つまずき要因の考察

2.1. 副詞の学習における困難点

副詞とは「主に用言（動詞・形容詞・形容動詞）を修飾する語」（北原 2003: 394）⁴⁾である。「属性の属性」を表す品詞であり中心的な品詞ではない。名詞・動詞・形容詞は三大品詞であり、文の主要素として文中で働くが、副詞は文の中心的な要素ではなく、修飾語（modifier）

*一般教育科（英語）

**工学院大学（学習支援センター）

として働く。英文法の 5 文型理論において、基本的に S、V、O、C という文の主要素にはなれず、もっぱら飾りとして働く。文の主要素を把握して初めて、飾りとなる修飾語 (M) が理解できるため、その他の品詞の理解抜きには副詞を把握するのはたいへん難しい。名詞や動詞、形容詞といった主要素の働きの理解が副詞を把握する際の前提要因となっており、リメディアル段階の学習者にとって副詞が難しく感じられる一因となっている。

さらに、いったん修飾語としての副詞を把握したと思っても、副詞は「雑多な集合体」と言われており (Givón 1984: 51)⁵⁾、他の品詞との境目が比較的明確ではない場合が多い。一つのカテゴリーには属さない語をまとめて副詞と呼んでいるとも言え、この副詞の多様性もつまづき要因となる。

また、副詞として理解した語が、別の用例では、他の品詞へ転換して現れる (品詞の転換) ということもよく起こる現象である。歴史的に名詞の対格が動詞の修飾として用いられるものがあり、副詞的対格 (adverbial accusative) と呼ばれている。(1)のように、特に、時間や場所、距離や様態を表す名詞が、単独あるいは句の形で副詞的に働くものである。

(1) now, today, tomorrow, yesterday, the day after tomorrow, the day before yesterday, someday, this morning, every day, all night, every Sunday, a little, a bit, this way, a great deal, five inches

次の用例(2)(3)では、“home” や「昨日」が副詞と名詞の両方に用いられている。

- (2) a. Mary went **home** around 5 o'clock
yesterday. (home＝副詞)
b. **Home** is a place where we can relax
ourselves. (home＝名詞)
(3) a. 私は、**昨日**その店に行った。 (昨日＝副詞)
b. **昨日**はいい日だった。 (昨日＝名詞)

以上見た通り、副詞には、リメディアル段階の学習者にとっては理解が難しい特徴があり、英語学習のプロセスにおいてつまづく一項目となっている。

2.2. 日英語の副詞の特徴による困難点

連体修飾は基本的に形容詞が担当するが (形容詞の指導の観点からの考察については、熊谷・熊谷(由

2016 を参照のこと)⁶⁾、連用修飾で用言を修飾するのは副詞の働きである。主に動詞・形容詞・形容動詞を修飾するが、日本語において用言を修飾していても副詞とは限らない場合がある (北原 2003: 394-395)⁴⁾。例えば、用言である「美しい」という形容詞は、連用形になると「美しく」となる。

- (4) a. 「美しくなる」 become **beautiful**
b. 「美しく咲く」 blossom **beautifully**
c. 「美しく生きる」 live **beautifully**

(4)において、「美しく」は副詞と似た働きをしているが、ここでは形容詞が活用しているのであり、副詞ではない、と一般に解釈されている。

同様に、形容動詞「静か (な/だ)」の連用形「静かに」も副詞と似た働きをする。

- (5) a. 「静かになる」 become **quiet**
b. 「静かに話す」 talk **quietly**

一方、次の (6) の「さっさと」に見られるように、副詞は活用がないとされている。

- (6) 「さっさと歩く」 walk **fast**

しかし、(6)とほぼ同じ意味の (7)「はやく歩く」を見ると、この「はやく」が形容詞 (の活用形) なのか副詞なのかについては、意見が分かれている。

- (7) 「はやく歩く」 walk **fast**

これら形容詞・形容動詞の連用形を鈴木 (1972)⁷⁾ は議論の余地を認めながらも、副詞と分類している。

副詞は文中での位置が比較的自由である。英語の副詞においては、一般的には、修飾する要素の近くに出現するという特徴があるが、文中での各語の位置について比較的規則性が高い英語においてすら、副詞の生起位置は一般的傾向を持つのみである。したがって、副詞の置かれる位置も、基礎段階の英語力を構築している日本人学習者が困難を感じる点である。

3. 副詞の基本指導 (1)

以上見たように、副詞には、リメディアル段階の学習者の理解を阻む様々な要因がある。その分かり

にくさを解消し、英語の副詞を理解するための一手段として、まず英語の副詞の接尾辞に注目させ、副詞としての「形」に注意を向けさせることを提案する。各品詞が持つ独自の形、つまり各品詞に典型的に現れる接辞に注目させ、初期段階の学習者の認識のプロセスに貢献するように指導する。つまり、いる学習者に、各品詞を把握させ、読解へと導くためのプロセスの一段階とする。もちろん、語尾の形を見ただけで副詞を判断することは実質的には難しいので、それに加えて、文中で副詞を認識する手立てとして、「記号づけ」(第3.2章)と「文型分析」(第3.3章)を併用しながら指導し、文における副詞の認知力を高めたり、副詞の働きを理解させたりするように指導することを提案する。

3.1. 英語副詞の典型的な接尾辞

[A] 接尾辞 -ly

形容詞に -ly を付け副詞とする形が英語には実に多く存在する。この接尾辞は極めて造語力が高い。

(8) happily, quietly, slowly, frequently, beautifully, generally, strongly, weakly, truly, strictly, directly, kindly, seriously, constantly, dangerously, loudly, amazingly, awfully, decidedly, extremely, fairly, greatly, needlessly, really, terribly, unusually, wonderfully, safely, closely, willingly, merrily, quickly, occasionally, gradually, gracefully

したがって、リメディアル段階の学習者には、この典型的な副詞を意識させるのが効果的である。

ただし、この形において注意する点がある。(9)のように、名詞に接尾辞 -ly を付けた形で形容詞を形成する語群もあり、指導の際に充分注意する必要がある。

(9) 名詞 + -ly (=形容詞): lovely, friendly, costly, homely, orderly, manly, womanly, motherly

さらに、(10)のように「名詞 + -ly」派生の形容詞には、そのまま副詞として働ける、いわゆるゼロ派生の語もあり、指導は単純ではない。

(10) daily, weekly, monthly, yearly, nightly

これらは英語において頻繁に起こる「品詞の転換」

であり、学習者を混乱させる大きな要因である。

以下の(11)(12)に示す用例は伝統的に「単純形副詞」(flat adverb)と呼ばれており、これらの語も副詞の理解を困難にしている一因である。

- (11) sure, quick, easy, fast, hard, late, near, pretty, high, slow, close, deep, free, tight, long, short
(12) a. Take it **easy**.
b. The ball did not fly **high** into the air.

以下の(13)(14)に見られるように、形容詞と同形の単純形副詞の中には、さらに接辞 -ly のついた副詞が存在する場合もあり、意味に大きく違いが出る事が多く、学習者に注意を促す必要がある。

- (13) a. She has come home **late**.
(late=遅く・副詞)
b. She has come home **late**ly.
(late

- (14) Are you working **hard**, or **hard**ly working?
(一生懸命仕事している? それとも、ほとんど仕事していないの?)
(**hard** = 一生懸命・副詞)
(**hard**ly=ほとんど〜ない・副詞)

以上のような英語副詞の複雑さのため、リメディアル段階の学生は、理解への手段を提示されなければ、つまずきが解消されないことが容易に想像される。

[B] 接尾辞 -wise

同様に接尾辞 -wise も重要であり、英語にはこの接尾辞を持つ副詞が多数ある。以下の(15)に例を挙げるが、この接尾辞は、特にアメリカ英語の口語において、「〜に関して言えば」という使い方で造語力が非常に高いため(cf. 竝木 1985)⁸⁾、新しい副詞が常に生み出されており、辞書に収録されないものも多い。

- (15) clockwise, likewise, otherwise, computer-wise, crosswise, crabwise, anglewise, anywise, archwise, populationwise, dollarwise, stepwise, breadthwise, edgewise, checkerwise, cornerwise, healthwise, design-wise, lengthwise, manwise, saltirewise, shuttlewise, scarf-wise, sunwise, weatherwise,

widthwise, brain-wise, termwise

[C] 属格副詞 (adverbial genitive)

語尾に-s の音やつづりを持つ副詞で、現代英語において散見される語群がある。歴史的には名詞や形容詞の属格が副詞的に用いられていた経緯があり、その名残が今も見受けられる (属格副詞)。語尾の -s は「三単現の-s」や「複数の-s」としても頻繁に現れるが、(16)のように語尾に-s、あるいは[s]/[z]音を持つ副詞が多いことを指摘するのは、副詞の認識を助けるためにも重要である。

(16) once, twice, hence, thus, besides, always,
towards, sometimes, afterwards, nowadays

以上のように、典型的な語尾の形に注目させることで、副詞の認識へと導くが、形態の認識だけでは不十分であり、並行して統語的なアプローチを進める必要がある。次に導入する記号づけを使用することで品詞間の差別化を図り、段階的にそれぞれの品詞の理解を目指し学習することがリメディアル段階の学習者には効果的である。

3.2. 「記号づけ」による品詞の把握

ここでは「記号づけ」による分析法を導入する。これは英文に記号を付けながら分析・読解させ、名詞や動詞、形容詞といった主要素となる品詞、さらには修飾語である副詞の文中での働きを認識させる手順である。

ここで提示する「記号づけ」は、寺島(1986) 9)を改良した熊谷 (1998, 1999) 10) を基本的に採用する。以下のように英文に記号を付け、英文構造を把握させる。

(17) 記号づけ

- 名詞・代名詞に下線を引く。
- 形容詞に波下線を引き、叙述用法は下にCと書く。
- 時制動詞を丸で囲む。時制を含む助動詞は左半丸、準動詞には右半丸を付ける。
- 前置詞句を () で括る。副詞と前置詞句の下にMと書く。
- 等位接続詞に二重下線を引く。
- 従属接続詞を四角で囲み、従属接続詞に導かれる節を [] で括る。

3.3. 文型分析による構造把握

英文に第 3.2 章で提示した記号を付けさせると同時に、5 文型分析を行わせ、文型分析練習による統語的な把握力養成を図る (熊谷 2006) 11)。

(18)(19)はそれぞれ副詞と前置詞句を含む例である。

- (18) They talked loudly. (SV : 1 文型)
S V M
- (19) Tom walks (to the park). (SV : 1 文型)
S V M

また、前置詞句や副詞を正確に認識するために、(便宜上)「M1、M2、M3 というように番号を付けたい」という声が学生から上がる時もある。以下の(20)はそのような例である。

- (20) The company will make an announcement
(about the merger) (for the workers) today.
M (M1) M (M2) M (M3)
(SVO : 3 文型)

次に、(21)の日本語と英語の対比に注目していただきたい。

- (21) a. 風は冷たくなった。
The wind became cold. (SVC : 2 文型)
S V C
- b. 彼女は冷たく答えた。
She answered coldly. (SV : 1 文型)
S V M

日本語の形容詞は連用形になると「ク形」となり、副詞と区別が付きにくくなることは第 2.2 章で見たが、この場合においても、記号づけを利用することで、英語の形容詞と副詞の認識が学習者には比較的容易となる。

4. 副詞の基本指導 (2)

第 2 章で指摘したように、英語の副詞は雑多な語の集合体であり、他の品詞との区別がつきにくいいため、学習者はほぼ常時、副詞なのか他品詞なのか識別できないという状況に陥る。そのため、常に他品詞との比較による指導が必要となる。ここでは、混同しやすい主な品詞との対比を行い、指導の要とする。記号づけをさせると、こういったポイントでの

理解が必須となるため、リメディアル段階の学生からも、質問が多く出る箇所である。

4.1. 間違いやすい品詞との対比

[A] 名詞との対比

第2.1章で取り上げた「副詞的対格表現」(時を表す表現など)の問題であるが、名詞であるのか副詞であるのか品詞が転換し、通常は分かりにくい語群であるが、記号づけと文型分析を併用すると学習者は容易に理解に到達できる。

(22) I(went)(to the store) yesterday.
S V M M

(23) Yesterday (was) a good day.
S V C

上記 (22) の yesterday は副詞であり、修飾語(M)となる。一方、(23)の yesterday は名詞であり、下線が引かれ主語(S)となり、学習者にとって品詞とその働きの区別が明確となる。

[B] 前置詞との対比

以下の(24)のように、副詞と前置詞が同形の場合があり、学習者は副詞なのか、前置詞なのか半別がつかないことが多い。

(24) about, across, along, around, away, by, in, on, out, up, down, off, over

これらは「副詞辞」(adverbial particle)として知られているが、この場合においても、(25)に見られるように、記号づけは有効に働く。

(25) a. Put(on the coat. / Put the coat on.
V M O V O M
b. Put the coat (on the table).
V O M

(26) Look(at the picture). / *Look the picture at.
V M

さらに、(25)と(26)の違いに見られる他動詞と自動詞の対比も捉えやすい。

[C] 形容詞との対比

形容詞+ly=副詞という特徴があるが、単純形副詞の問題もあり(第3.1章参照)、形容詞と副詞が同

形で一見では見分けがつかないこともある。しかし、ここでも記号づけと文型分析が極めて有効に働く。

(27) a. The task(was) hard. (SVC : 2 文型)
S V C

b. It(rained) hard. (SV : 1 文型)
S V M

c. I hardly(went) there. (SV : 1 文型)
S M V M

(28) a. The train(was) late. (SVC : 2 文型)
S V C

b. He(arrived) late (as usual). (SV : 1 文型)
S V M M

c. It(has been) hot lately. (SVC : 2 文型)
S V C M

[D] 接続詞との対比

(29)に示した接続副詞は、文と文、あるいは節と節を結ぶため、意味的にも統語的にも等位接続詞と区別がつきにくい。

(29) so, yet, still, however, therefore, otherwise

記号づけ学習においては、(30)の接続副詞の例とは異なり、(31)に見られるように、等位接続詞に二重下線を引かせるため、その対比の中で学習者は接続副詞を比較的容易に習得する。

(30) The computer(is) very useful.
S V C

However, she(needs) a smaller one.
M S V O

(31) I(like) tennis, but John(prefers) baseball.
SV O S V O

ここでも品詞の転換に注意する必要がある。so や yet は等位接続詞的に用いられる場合もあるため、学習者には分かりにくくなっており、使われている状況に応じて注意を促したいものである。

4.2. 副詞の位置

一般的に、副詞は生起位置の自由度が高いが、「修飾語と主要語があい接して成り立っているのが原則であるから、修飾語は主要語のすぐ前か、すぐ後に置かれるのがふつうの姿」(天満 1968 : 43) ¹²⁾である。

リメディアル段階にある学習者には代表的な副詞の位置を指摘しながら指導するのが有効である。ここでは典型的な位置の例として、文頭、動詞の前、そして動詞の後を示す。

4.2.1. 文頭 (節頭) : 文に対する修飾

(32)に挙げられた副詞は、(33)の例のように、しばしば文頭および節の先頭に置かれ、文や導く節を修飾することが多く、一般的に「文修飾副詞」と呼ばれており、副詞の指導上、非常に重要な学習項目となっている。

(32) fortunately, luckily, hopefully, clearly

(33) **Luckily**, he found the exit there.

M S V O M

(34) It was lucky [that he found the exit there.]

S V C [S V O M]

また、(33)は、対応する形容詞表現(34)とともに説明されることも多い。必要に応じて、形容詞との対比の中で説明すると理解が進みやすい。

4.2.2. 動詞の直前 : 「頻度」「否定」を表す場合

(35)に見られる頻度や否定を表す副詞は、(36a)のように、主に動詞の直前の位置に置かれる。また、助動詞がある場合、助動詞と動詞の間に置かれるが、記号づけ学習において、(36b)のように、助動詞を左半丸、動詞を右半丸に図で分けることで、副詞がその中間 (動詞の直前) に置かれることが認識しやすくなる。

(35) sometimes, often, always, never, usually

(36) a. I often visit the museum.

S M V O

b. He has never been (to Paris).

S M V M

4.2.3. 文末 : 「場所」「時間」「理由」を表す場合

文末とは、動詞の後、ならびに目的語や補語の後の位置のことであるが、否定や頻度を表す副詞以外は、前置詞句が副詞的に使われる副詞句も含めて、(37)に見られるように、文末に現れることが多い。

(37) a. I flew (to Sydney) (from Haneda).

S V M M

b. I went (to Shiga Heights) last year.

S V M M

c. He was injured (in the accident).

S V M

なお、副詞 (修飾語) が「主要語」(被修飾語) から離れて置かれる場合には、原則から外れていることを示唆しており、読解の際に学習者に注意するよう指導する。

以上、第 4.2 章では副詞の典型的な位置をリメディアル段階の学生に提示し、スムーズな副詞理解に貢献することを目指した試みを提示した。

5. まとめ

本稿は英語の副詞について考察し、副詞は修飾語で文の主要素にはならないという特徴を持つこと、雑多な語の集合体であるため非常に大きな多様性を持つこと、さらに英語において品詞の転換 (ゼロ派生) がよく見られ、一度副詞として捉えた語が文によっては違う品詞として現れることを特徴として挙げた。こういったことにより、リメディアル段階の日本人学習者には英語の副詞は難しく感じられる。

この考察から、英語の副詞は、副詞のみの考慮では把握しにくい語群であり、様々な他品詞との関係の中で初めて習得できる語群であると考え、本稿では英語副詞の指導法を工夫し提案した。その方法は以下のようなものである。まず、副詞の代表的な接尾辞に注目させ、英語副詞の形態に注目させる。それと同時に、形態的なアプローチを補うため統語的なアプローチで指導する。すなわち、「記号づけ」による英文分析を行わせ、各品詞を認識させる中で副詞も認識させる。また、5 文型による分析も並行して行い、語レベルでも文レベルでも認識可能な段階へと指導する。その際に副詞や副詞句には M と書くことを提案し、複雑な集合体である副詞の理解の一プロセスとした。このように、副詞のみならず、各品詞を理解して初めて、英文構造が正しく分析できるようになる。

このような記号づけと文型分析による英語の解析は、多様性のある英語の副詞の把握にはたいへん有効であり、日本語における曖昧さを解消させる利点もあり、日本人学習者を助けることが多い。日本語では、形容詞と形容動詞の連用形が副詞と区別しにくい。しかし、第 3.3 章で見たように、英語を記号づけしながら英文分析を行わせると、格段に分かり

やすくなる。

リメディアル段階の学習者に、この方法を用いて学習させると、「どう考え、どう調べれば、英語の副詞やその他の品詞が分かるかの道筋が見えた」という感想を持つことが多いが、実は、上級者においても、この記号づけによる読解法が有効である。副詞や副詞相当表現がどの語や句に、場合によっては文全体にかかっているかの解釈により、英文の意味が変わってしまうので、記号を付けながら考えると、格段に読解力が上がる。上級者においても、記号づけによる丁寧な読解法は、抜群の威力を発揮する。

文中の語と語の修飾関係を理解するのは簡単なことではない。母語において言語センスの良い学習者が、そのセンスを英語にも適用し、応用力を駆使して英文を読解している現状があるが、母語においてすら、語と語の修飾関係は簡単に把握できないことがある。どの学習者にも理解の手立てが必要であり、本稿は副詞の指導の観点からの提案を行った。

英文に記号を付けながら各品詞を検討し、調べて把握することは手間もかかるが、確実な理解に向けての大事なプロセスである。リメディアル段階の学習者は理解する手立てを意識的にも無意識的にも求めていることが多く、一般的に、記号づけは拒否されるところが歓迎される。理解する手立てを示し、一定期間記号を付けながら考えたり調べさせたりすると、多くの学習者は英語の読解法に習熟し、次第に記号を付けなくても正しく分析できるようになる。名詞、動詞、助動詞、形容詞の指導および文型分析による指導という一連の流れの中¹³⁾で、本稿は副詞を扱ったが、今後も論考を重ね、より良い学習のプロセスを模索し、特にリメディアル段階の学習者のつまづきを乗り越えさせる方法を模索する予定である。

参考文献

- 1) 1996年に文部省(当時)は「ゆとり」を重視した学習指導要領を導入し、1998年には学習指導要領の改正を行った。小中学校では2002年度、高等学校では2003年度から施行されている。その後、ゆとり教育の見直しが行われ、一部改正された学習指導要領が、小中学校では2012年度、高等学校では2013年度から実施されている。
- 2) 日本リメディアル教育学会(2012).『大学における学習支援への挑戦—リメディアル教育の現状と課題』京都:ナカニシヤ出版。

- 3) 天満美智子(1968).『修飾(下)』英語の語法表現編 第10巻. 東京:研究社. 天満は、副詞の20種の意味項目を「場所、時、期間、頻度、距離、程度、確言、様態、付帯状況、手段:材料、関連、原因・理由、目的、結果、比較、照応、譲歩、条件・過程、制限・限界、除外」と列挙している。

- 4) 北原保雄監修(2003).『岩波 日本語 使い方 考え方 辞典』. 東京:岩波書店。

- 5) Givón, Talmy (1984). *Syntax: A Functional-Typological Introduction. Volume I*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company. Givón は、“four major lexical classes (‘word classes’) (a) Nouns (b) Verbs (c) Adjectives (d) Adverbs”と、副詞を四つの主要な語彙類の一つとして挙げており、“Of these four, the class ‘adverb’ is a mixed one, in terms of semantic, morphological/inflectional and syntactic criteria used to characterize word class.”と、副詞が意味的にも、形態的にも、統語的にも雑多な語の集合体であると説明している。

- 6) 全国高等専門学校英語教育学会第40回研究大会(2016年9月4日)において「形容詞の指導〜リメディアル教育の観点から〜」として口頭発表している。同名の論文も近刊予定である。

- 7) 鈴木重幸(1972).『日本語文法・形態論』東京:むぎ書房。

- 8) 竝木崇康(1985).『語形成』(新英文法選書2) 東京:大修館書店。

- 9) 寺島隆吉(1986).『英語にとって学力とは何か』東京:三友社出版。

- 10) 熊谷健(1998).「学校英語教育における効果的な文法教育を求めて—「記号づけ」の活用—」,『群馬高専レビュー』第16号, 11-12.

- (1999).「名詞・代名詞の指導—文法教育の出発点—」,『群馬高専レビュー』第17号, 13-23.

- 11) 熊谷健(2006).「効果的な英文法指導の実践記録—「記号づけ」から基本文型へ—」,『群馬高専レビュー』第24号, 11-19.

- 12) 天満美智子(1968).『修飾(下)』英語の語法表現編 第10巻. 東京:研究社。

- 13) 熊谷由里子(2016).「レメディアル教育における効果的な英語の学習法—英語教育の実践からの提言—」,『群馬県立女子大学英米文化研究』第6号, 1-16.

(平成28年11月30日受理)

車軸と車輪の間の動摩擦(減速)係数の測定 2

—実装へ向けての拡張と装置開発—

藤井 俊介*

Measurement of the Deceleration Coefficient in a Simple Experimental System with One Wheel and One Axis 2

—Remodeling for the practical use and its development—

Shunsuke FUJII

Intended for the precise measurement of the velocity of the dynamical cart, the previous angular velocity measurement, Fujii (2015) [1] is improved. Under the same experimental environment, a Windows OS-based data analysis system (with Microsoft Excel) is developed and the automatic data choosing procedure for obtaining the velocity-time diagram is implemented. With the analysis system, we obtain the change of the deceleration coefficient depending on initial (angular) velocity. Besides a new experiment intended for the application for a dynamical cart is proposed. In this new experiment, a self-made smaller rotary encoder plate is attached to a commercially available wheel equipped with bearings for smooth rotation, and then its (angular) velocity is measured. Through the experiment, the rolling vibration of the wheel is found to be harmful, which should be suppressed for the future precise measurement.

(Keywords : Physics education, kinetic friction, deceleration coefficient)

1. 背景

力学台車の位置と速度の高精度測定を目指して、機械式ロータリーエンコーダーを用いた、車輪の回転速度(角速度)測定を行ってきた。これを力学台車に実装して運動の測定が可能になれば、加速度など力学分野の基礎概念形成に役立つため、教育へのインパクトは極めて大きい。

ところで、加速度の測定において、データを乱す原因となるのは摩擦力による減速であろう。動摩擦係数にお

提案を行い、軸受けの性能を、「減速係数」([1]では、有効動摩擦係数としていた。)を求めることにより評価する。新実験装置においても測定原理[1]は同じで、ロータリーエンコーダー盤を取り付けた市販の実験用の車輪を、土台に固定された軸上で空転させ、盤上のスリットが赤外線を通する時間間隔から、角速度や速度を割り出す。市販車輪は構造が複雑でより解析が困難と予想される。

本稿は以下のように構成されている。2節で、システムの改良点や修正箇所を確認する。3節で、その実験結果を示し、通常の異種金属(黄銅車輪、アルミ製軸)間の摩擦による緩やかな減速だけでなく、横揺れを起源とする急激な減速についてのデータを示す。続く4節で、新実験装置の概略を示す。5節で、減速係数の要因を議論する。

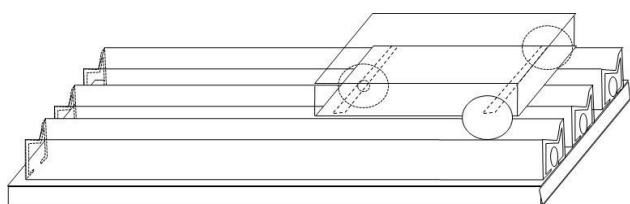


図 1 台車レール上を運動する力学台車

いては、ミクロな力学過程が複雑で解析が困難であるにもかかわらず、実際の物理の教科書では定数として近似的に取り扱われている。昨年度の実験システム[1](Microsoft Excel ベースの加速度表計算システム)の汎用性を高め、データ処理過程の改良と共に、実際の台車の運動測定につながる高精度測定システムの開発につなげることが望ましい。本稿では、改良と新実験装置の

2. 藤井(2015) [1]における修正点と改良点

本稿では、下記のように測定された加速度 $a(<0)$ の大きさを、重力加速度 g で無次元化した量

$$\mu_{\text{eff}} = \frac{ma}{-mg} = -\frac{a}{g} \cdots (1)$$

を減速係数と定義する。ここで「有効動摩擦係数」[1]という名称を避けたのは、一般に、減速の原因が動摩擦

*一般教育科 (物理)

以外の要因が考えられるからであるⁱ。一方、測定された加速度が動摩擦力のみによって生じる時、(1)式で定義された減速係数は、動摩擦係数と一致する。

藤井(2015)[1]で示した測定回路の修正したものを図 2 に示す。検出回路を試作・確認をする中で正しい回路図が判明し、この修正を行うに至った。修正箇所は、フォトインタラプタ検出部のコレクタとトランジスタ 2SC1815 につながる回路周りである。

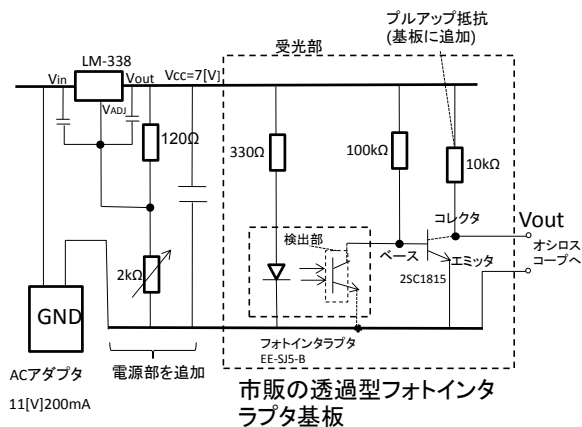


図 2 修正版回路図

この回路は、フォトインタラプタ内で赤外線を受光すると、フォトインタラプタ出力(コレクタ)が 0[V]、続くトランジスタ 2SC1815 が、ベース電圧 0[V]により、ON→OFF となる結果、コレクタ出力 V_{out} が 0[V]から V_{cc} へ、出力パルスが立ち上がる回路となっている。

次に改良点であるが、解析システムの改良を行った。デジタルストレージオシロスコープ(Iwatsu DS-5104)でとれるデータは 8000 データ～520000 データと膨大であるため、これらからのパルスの立ち上がりタイミングの判別作業を手動でなくて済むように、データ判別の自動化をソフトウェア上で行った。(付録 B 参照)ノートパソコンで快適に動作するデータ量として 8000 データを想定した。

3. 減速係数の改良後の結果(第 1 実験)

前節のデータ判別の自動化により、昨年度の結果(図 3、図 4)に加えて、特異な運動過程(図 5)も解析できるようになった。

図 3、図 4 は最も単純な摩擦減速実験で、浮かせた車輪(真鍮)がアルミ製の軸周りを回転運動するときの速度の時間変化を表している。比較的低速な初速度の場合、加速度から求まる減速係数は平均して $\mu_{eff}=0.0499$ 程度である。

一方、車輪を比較的高速で回した場合の減速の様子は図 5 である。図 5 については、いくつかの段階に分けて考える。

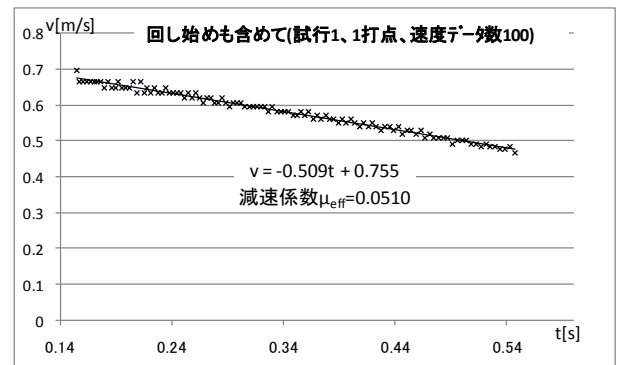


図 3 浮かせた車輪と軸の減速の様子

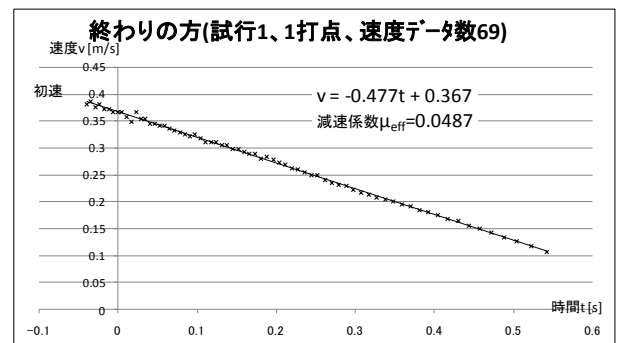


図 4 浮かせた車輪と軸の減速の様子

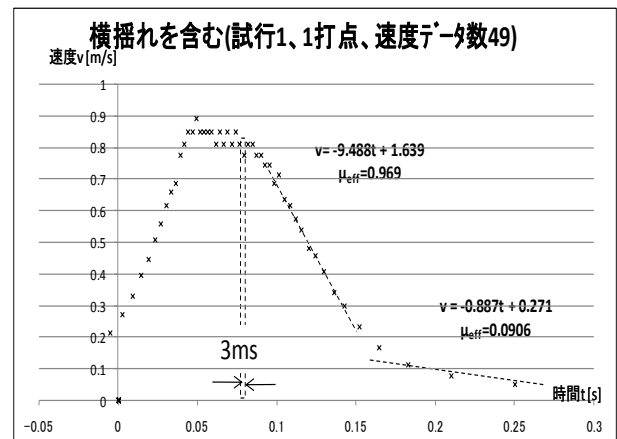


図 5 横揺れを伴う車輪の減速

(a) 時間 0～0.03[s](図 5)まで

車輪を回し始めた時の様子であり、速度は上昇する。

(b) 0.03～0.10[s](図 5)まで

全体として速度はほぼ一定であるが、分散が大きく、主に 2 つの速度が非常に短い時間で繰り返しているように見える。速度の増加がみられるこの不思議な結果をどう考えればよいであろうか。

特に特徴的なのは、数[ms]ごとに速度が変動している点である。例えば、図 5 の 3[ms]という時間スケールは、車輪の典型的な速度 0.80[m/s]に対して車輪が約 7° 回転することを意味する。これは車輪に付けられたロータリーエンコーダのスリット間隔(6°)1 個分であり、 6° ごとに円運動による接線速度が変動していると

は考えにくい。むしろ、円運動による接線速度とは垂直な軸方向の横揺れの変動がスリットの計測に影響したと考えられる。この影響は、図 6 のように赤外線線の進行方向が車輪と垂直でないことにより生じる。

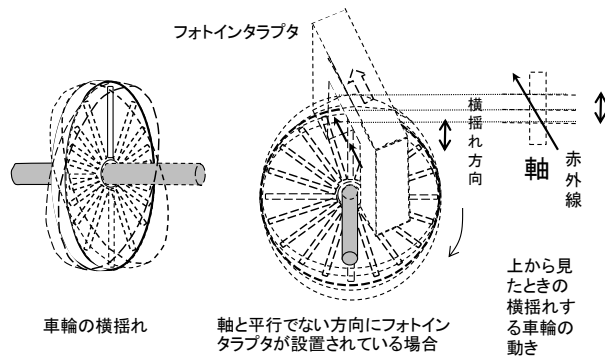


図 6 車輪の横揺れ

ところで、車輪と光の進行方向が互いに垂直な場合、車輪が光の進行方向に平行に前後することになるため車輪のスリット幅は横揺れと無関係に一定である。しかし、図 6 のように必ずしも垂直でない場合、赤外線は、車輪の軸に対して前後に横振動するスリットを斜めに横切ることになる。この様子を真上から見たものが図 6 の右図および図 7 である。図 6 で時計回りにスリットが回転するとき、図 7 の様に照射される赤外線を、スリット上からみれば、赤外線(数 ps で受光部に到達)はスリット上を相対的に右から左へと運動(1 スリット動くのに数 ms)に合わせて(赤外線始→赤外線終の方向へ)照射点を変えながら進行する。スリットの横振動が図 7 の状態 a の様に手前から奥へ振動するとき、

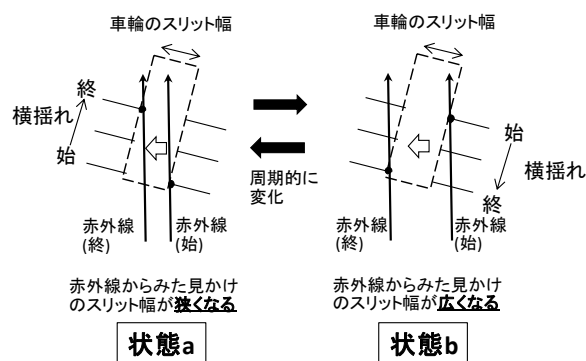


図 7 赤外線に対する見かけのスリット幅

赤外線の「スキャン」が早く終了する。横揺れによって見かけのスリット幅が狭くなるためである。この結果、センサの出力パルスの間隔時間 Δt が短くなり、計測される速度が大きくなる。一方、図 7 状態 b の様にスリットが奥から手前に振動している場合は、逆に、速度が小さく計測される。車輪の横振動は図 7 の状態 a と状態 b の振動として現れる。横振動の周期とスリットの通過時間がほぼ等しい時には状態 a の速い速度と遅い速度が交互に現れることになる。それが、図 5

の 0.05~0.1[s]あたりの速度の乱れであり、本来測定したい車輪の接線速度、つまり摩擦の物理とは無関係で、赤外線線の進行方向と車輪が垂直でないことに起因する。(c)0.10~0.15[s](図 5)まで

速度分散の少ないデータが得られている。得られた加速度は、 $-9.49[\text{m/s}^2]$ であり急激に速度が減少している。(減速係数 $\mu_{\text{eff}}=0.97$)この原因については、軸方向の横揺れなどにより、車輪の内側の曲面と軸の円柱状の面との引っ掛かり、転がり摩擦、振動による音波の発生など多くのミクロな力学過程が関係している。このように、減速係数は、純粋な動摩擦以外の車輪の横振動の要素が減速に大きく寄与する。(d) 0.15[s](図 5)以降

車輪が止まりかけている時期の運動でデータ数が十分でないが、加速度は $-0.887[\text{m/s}^2]$ で(c)の加速度の 1/10 の大きさである。減速係数 $\mu_{\text{eff}}=0.0906$ は、図 3 や図 4 の単純な摺動による減速とは 2 倍程度の違いであり、現象として近い。

図 3 から図 5 のデータより、軸周りの(ベアリングなし)車輪の回転という比較的単純なプロセスの中にも、車輪に与える初速度によって様々な力学過程が現れると言える。このため、減速係数は大きく変化する。したがって、減速係数 μ_{eff} の測定を行う際には、車輪に与える初速度が極端に違わないことが重要である。

4. vt グラフ測定システムの台車への実装に向けて (第 2 実験)

藤井(2015)の車輪の減速運動測定は、異種金属の摺動を起因とする減速係数 μ_{eff} の測定にとどまっていた。

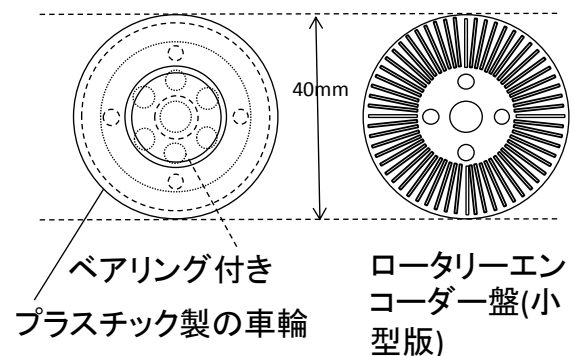


図 8 力学台車の車輪とロータリーエンコーダー盤
次の段階として、図 8 のような市販の車輪を改造して、力学台車の実装に向けた試作を行った。図 9 は実際の測定装置であり、Fujii(2015)[1]を拡張して追実験を行った。

市販の力学台車の車輪を用いることで、複雑な構造をもつベアリングの減速係数 μ_{eff} への影響を評価できる。また、ロータリーエンコーダーを車輪と同じ大き

さに小型化し、実装への準備とした。

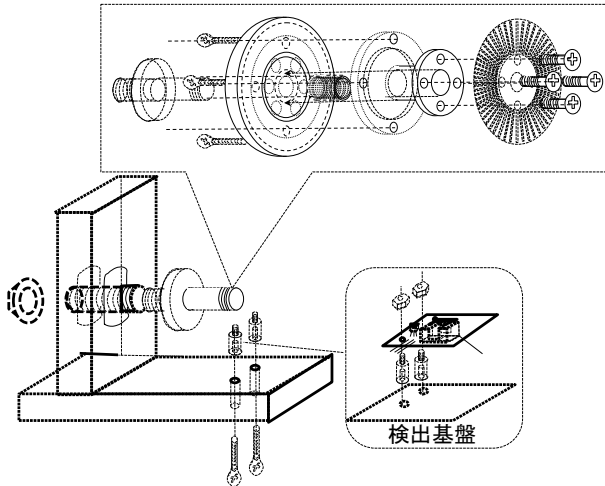


図 9 測定装置の概略図(第2実験)

5. 第2実験の結果と議論、展望

市販のベアリング付き車輪で行った実験結果を、以下の図10～図13に示す。各グラフは別の試行であり、後のグラフほど計測し始めるタイミングを遅らせた。車輪にはベアリングが入っているため、車輪が減速して止まるまでに、より多くの時間がかかる。

速度変化の時間スケールは、速度が $0.1[\text{m/s}]$ 変化するのに $0.3[\text{s}]$ ほど必要(図12)であるが、第2実験で現れる小刻みな揺れ(振動)の時間スケールは $3[\text{ms}]$ 程度であり、3節図7で説明したように車輪の回転の接線速度とは関係なく、横揺れの影響である。この横揺れのためデータの分散が局所的に大きくなり、この速度揺らぎに、エネルギー保存則の成立不成立を議論するのに十分な統計的有意性はない。第1実験と比べて、横揺れの影響がより強く入っている理由の大きな原因の一つとして、車輪からロータリーエンコーダー盤を 1cm 程度、軸方向へ離れた(図9参照)ことが挙げられる。ロータリーエンコーダー盤を支える部分に軸が通っておらず、横揺れを抑制する仕組みがない。これは、ロータリーエンコーダーを力学台車に実装する上で大きな問題となり得る。対策としては、実験装置も車輪を両側から支える形にし、揺れを極力抑えた場合の基礎実験が必要である。また、軸とセンサ(フォトインタラプタ)のなす角度(垂直性)についても計測できておらず、第1実験との厳密な比較ができていない。また、図10の $-0.13[\text{s}]$ 、図11の $-0.13[\text{s}]$ の速度は値が大きくずれている。これは、実験装置のガタつきによる大きな横揺れが原因であるのか、ベアリングを導入した影響であるかは特定できない。さらなる基礎実験が必要である。

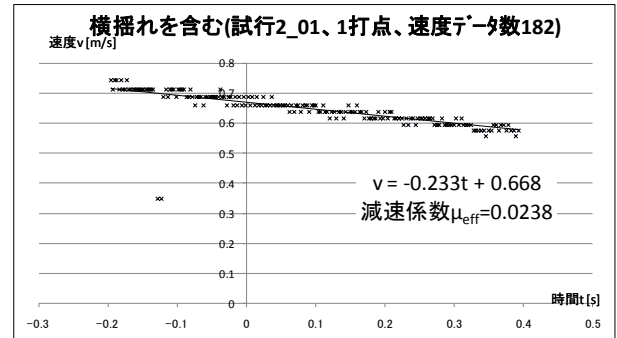


図 10 第2実験 開始直後

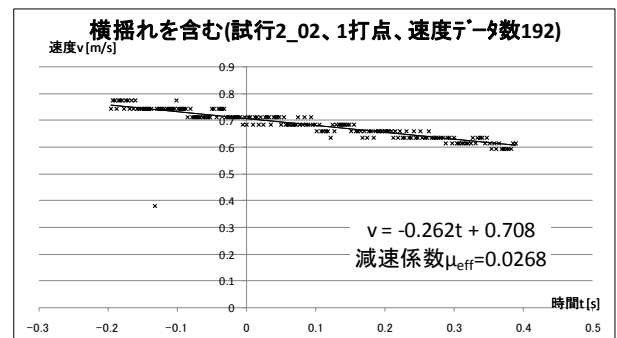


図 11 第2実験 中盤の始め

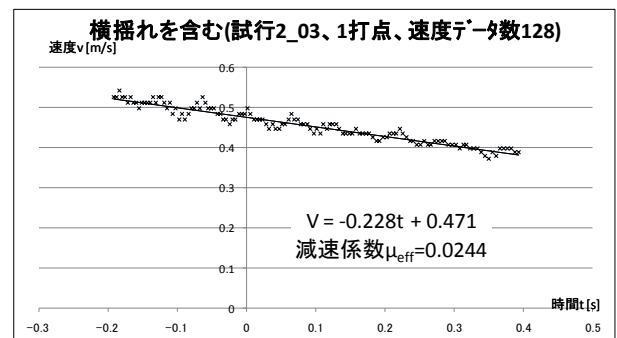


図 12 第2実験 中盤の終わり

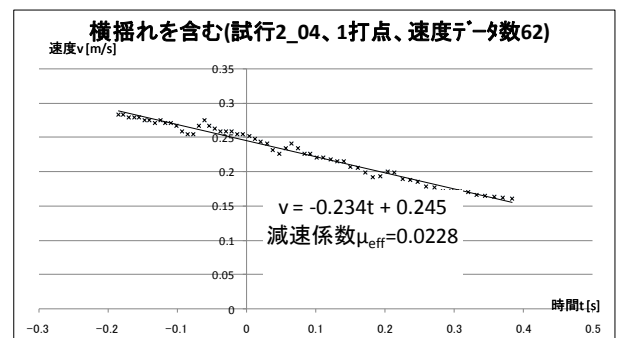


図 13 第2実験 最後

また、第2実験後半(図12や図13)において、揺らぎの振幅が前半(図10、図11)に比べて大きくなっている。ガタつきが大きく表れている周期は $0.08[\text{s}]$ 程度であり、このときの典型的な速さが $0.5[\text{m/s}]$ 程度であるので、 115° の回転に相当する。ベアリングの球は6等分され

た位置(60° おき)にあるので、ベアリング 2 個分が回転するかしないかの間に、ベアリングがガタつく計算となる。低速でベアリングがガタつく原因を究明し、その評価も行いたい。

以上で明らかになった問題点の克服のため、反射型フォトインタラプタの導入など測定原理の見直しや、より横揺れが少なくなるようなロータリーエンコーダー盤の取り付け方法の改良、円板とフォトインタラプタの垂直性の確保などを行い、実験の高精度化を推進していく。また、車輪の材質をそろえて減速係数を比較・ベアリングの性能評価、摩擦の物理への理解の深化につなげる実験も行っていきたい。また、実験データ(図 5 の減速係数 μ_{eff} が減少する理由)を説明する力学過程を理論的に説明するモデルも模索する。

付録 A. オシロスコープの時刻データの補正方法

岩崎通信のオシロスコープ(Iwatsu DS-5104)の、データは、上 3 桁以降の桁の詳細時刻が表示されず、一定のサンプリングレートで経過時間に比例した個数だけ同じ時刻データ(左図 X 列)を吐き出し続ける。図 14 は Microsoft Excel を用いて表示させ

X	CH1
Second	Volt
-3.48E-01	7.99E-02
-3.48E-01	7.99E-02
-3.48E-01	7.99E-02
-3.48E-01	7.99E-02
-3.48E-01	7.99E-02

図 14 デジタルストレージオシロスコープの検出したデータ

たものである。この時刻データは「同時刻」データが含まれるため、適切な変換処理をして初めて精密計測に使える時刻データを得ることができる。1[s]あたりのサンプリング数からデータ 1 個あたりの経過時間を割り出し、それを実際に足していくことで予想時刻を算出、図 14、X 列のデータの変わるタイミングと最終データが一致するように微調整をかけていくことで、より最適な経過時間を補正することができる。

具体的には、1 行あたり 20ms/div の場合のサンプリングレートから、1 データあたり $1/8.533\text{k}=1.1719 \times 10^{-4}[\text{s}]$ を基本経過時間として、以下補正を行った。

	8.533	kSample/s→	0.00011719	補正された時間 間隔(0次)	補正時間間隔 [s/Sample]
1次補正	5103 行		5112 行		0.000117399
2次補正	5103 行		5102 行		0.000117376

図 15 実際の時刻への補正

しかし、基本経過時間による時刻予想では、データの変わり目が 5112 行となるのに対して、オシロスコープでは 5103 行と、データより予想時刻が遅く出ている。この行数の比から圧縮率を計算し、基本経過時間を修正する。この操作を 2 回繰り返して得られたのが本デ

ータである。これにより 3[ms]程度の時間経過に対しても速度追跡が可能になった。

付録 B. VLOOKUP(Microsoft Excel)を用いた v-t グラフ自動化の解析の手順

付録 A. で得られた正確な時刻データを用いて解析を行う。データ解析の手続きは右図 16 のとおりである。代表的な部分は、パルスの立ち上がりを選別する部分、パルスの立ち上がりを漏れなく選び出してくる部分、得られたデータを並べ替える部分、経過時間に直す部分、速度に直す部分からなる。

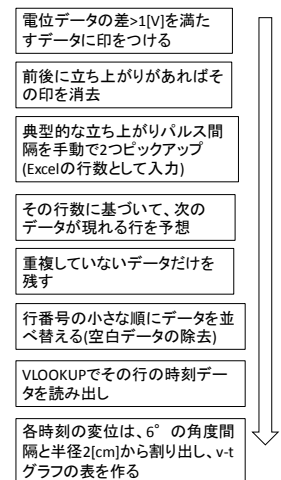


図 16 データ解析の手順

謝辞：初期タイプのロータリーエンコーダー(直径

8cm)を岩手県立久慈工業高等学校大鳥冬樹氏に、新しい小型ロータリーエンコーダ(直径 4cm)など実験装置一式を東京工業高等専門学校ものづくり教育センターの中村源一郎氏、鈴木塔二氏に製作していただいた。また、岩手県立盛岡第一高等学校の細川純平氏より平成 28 年度岩手県高等学校教育研究会理科部会物理部会総会並びに研究発表会及び講演会において定義に関わる質問を受けたことで本研究の発展につながった。関係してくださったすべての方々に感謝します。

参考文献

- [1]「力学台車の動摩擦係数の測定—転がり摩擦を考慮した台車と自作レールの性能評価」、藤井俊介、東京工業高等専門学校研究報告書、p1-p5(2015)
- [2]「力学台車の動摩擦係数の測定—転がり摩擦を考慮した台車と自作レールの性能評価」、藤井俊介、全国理科教育大会兵庫大会研究発表論文(資料)集、第 35 巻 p50-p53, 2013 年, 岩手県高等学校教育研究会理科部会 理科部会誌第 44 号, p3-p9, 2014 年
- [3]「日本重力基準網 1975 の設定」, Journal of Geodetic Society of Japan, Vol.22, No.2,(1976),pp.65-76

(平成 28 年 12 月 13 日 受理)

岩手県立盛岡第一高校 細川純平氏との対話に基づく。

International Intelligibility for Cross-cultural Communication: Implications for Teaching English as a Foreign Language in Japan and China

Tomoko HORI*, Dongmei SUN**

Abstract

This paper examines what English teaching in Japan and China needs for promoting intelligibility, which is the degree to which a listener understands a speaker [1], in cross-cultural communication. It is important to recognize that following the Inner Circle norms is not always productive, and in particular, it is unrealistic to aim for native-like pronunciation. English pronunciation teaching can benefit by incorporating phonological features that would be crucial for achieving intelligibility not only between native speakers and non-native speakers, but also among non-native speakers, based on thorough research with international cooperation.

(Keywords: cross-cultural communication, intelligibility, English pronunciation)

No country is immune to the effects of economic globalization, and presently, English has become an international language for communication among people from different linguistic backgrounds. Speakers who use English as a second language have outnumbered native speakers of English, and communication among non-native speakers of English has been increasing [2]. With the spread of English and the recognition of the varieties of English, the importance of speaking intelligible and comprehensible English has attracted more attention for achieving effective intercultural communication. Many language teachers and researchers now believe that it is more productive and realistic to aim for intelligible and comprehensible pronunciation rather than focusing on attaining native-like pronunciation [3][4]. Since social and communicative contexts related to intelligibility are considerably different between the Inner-Circle countries (the US, the UK), where English is dominantly spoken, and the Expanding-Circle countries (Japan and China), where English is studied as a foreign language [5], the approach adopted for teaching intelligible English should be devised accordingly. This paper aims to clarify what is needed in English pronunciation teaching of Japan and China to promote intelligibility for cross-cultural communication.

1. English language teaching in Japan

The importance of nurturing cross-cultural understanding in education has been widely shared with educators, particularly since the economic globalization started to spread in the 1980s. English is often viewed as a tool to promote cross-cultural communication and a necessary skill to be acquired by students. In general, Japanese people have a strong desire to be able to speak English fluently. For many Japanese people, acquiring a good command of English means being able to speak like native speakers, but in fact, English has been a knowledge-based subject rather than a tool for communication. Since it is not easy to acquire pronunciation that is native-like in its proficiency, learners easily get discouraged by recognizing

*Department of Liberal Arts **Nanjing Tech University

the gap between native speaker models and their own pronunciation. In addition, people tend to be afraid of making mistakes and lack confidence in their speaking ability, which hinders their willingness to communicate. The attention to intelligibility in pronunciation teaching helped learners understand the importance of intelligible and comprehensible pronunciation over native-like pronunciation. However, the challenge is that the research on English pronunciation is yet to clarify what constitutes the threshold level of intelligibility and how to attain that level. Furthermore, sufficient opportunities do not exist for people to interact with people of different linguistic backgrounds in English and to determine how much their English is intelligible to others.

2. Research on the intelligibility of Japanese learners of English

Research on the intelligibility of Japanese learners of English has begun to identify which phonological features are problematic for promoting intelligibility. However, the results still vary and are not conclusive enough. Kashiwagi and Snyder [6] studied English sentences read by university students and found that what caused misunderstanding were segmentals rather than suprasegmentals. In their following research [7], they confirmed that vowel errors affected intelligibility most frequently. Nishio and Tsuzuki [8] report that consonants such as [l] • [r], fricatives, and plosives are more important to intelligibility than vowels, and assignment of stress is also critical for promoting intelligibility. Yamane [9] studied the spontaneous speech of university students and pointed out that consonant deletion affected intelligibility the most. In one of their studies, Kashiwagi and Snyder [10] used both native speakers of American English as well as Mandarin speakers as raters for intelligibility, and found that vowel errors significantly affected the intelligibility judgment of both native speakers and non-native speakers while suprasegmental factors did not affect their judgment.

The findings of the cited studies suggest that segmentals have a larger effect on intelligibility than suprasegmentals do, however, these results are not consistent with previous studies [11][12], which suggested the opposite. This inconsistency may be related to the difference in English proficiency, but we need more further research on intelligibility of learners with various English proficiency. In addition, intelligibility is often rated by native speakers of English, and research that investigates how non-native speakers rate the intelligibility of Japanese learners' English is still scarce. Since interactions between native speakers of English are expected to increase, intelligibility research rated by non-native speakers with various linguistic backgrounds is needed.

3. English language teaching in China

In the 21st century, with the development of the global economy, globalization enables people to have access to those from other cultures and communicate with people from different cultures. Cross-cultural communication is getting more prevalent and more significant in every trade and profession, especially after China entered the WTO. In 2013, Chinese President Xi Jinping launched the One Belt One Road (OBOR)

initiative, which consists of the Silk Road Economic Belt and a New Maritime Silk Road. OBOR is a development strategy and framework that focuses on connectivity and cooperation among countries, primarily in Eurasia. It is identified as a significant element of China's current effort to improve ties as well as stimulate growth and development along its geographic periphery.

Nowadays, in China, English has become the principal medium through which the world knows the country and for the country to establish communications with the world. Designated as a compulsory school subject that penetrates the whole educational system from Grade-3 of primary school till the post-graduate level, English has enabled Chinese learners to help the government establish and maintain healthy international relationships, to conduct profitable international business and trade, and to learn about the latest social, scientific, and technological advances in the world. Therefore, English is the most widely used foreign language for Chinese people not only to communicate with native English speakers, but also to communicate with non-native English speakers.

4. Research on the intelligibility of Chinese learners of English

In China, only a few studies can be seen in the literature about the intelligibility of Chinese English. Flege et al [13] examined Chinese learners of English to determine the effects of various factors on L2 perception and production. These factors included the following: the age at which the learner begins L2 acquisition, L2 usage experience, and L1 usage. Kirkpatrick [14] observed that well-trained local Chinese teachers of English are more intelligible to learners who speak the same mother tongue than native English-speaking teachers who do not speak it. Deterding [15] identified the English pronunciation features that typically occurred with speakers from China and proposed ELF-based pronunciation teaching in China. Some scholars summarized the intelligible problems of Chinese English learners through contrastive analysis and predicted learning difficulties, by comparing the differences of the Chinese and English languages, which shed some light on the intelligibility of English spoken by Chinese people.

However, existing research has its limitations. First, very few studies have focused on the systematic study of the common features of English spoken by Chinese people. Second, interest has been focused on whether English with one accent is more or less intelligible to different types of listeners, but few studies have examined which phonological features may have led to differences in intelligibility. Third, most scholars lack the phonological knowledge of complicated Chinese dialects, so the research designs had limitations with regard to both the reliability and validity of samples. Finally, it is pertinent that the majority of studies within China investigated the pronunciation problems of Chinese speakers by comparing them with native speaker models, but the empirical studies on phonological intelligibility under the framework of English as a Lingua Franca can hardly be seen in the literature.

5. Implications for English pronunciation teaching

Most English teaching in Japan and China is based on Inner-Circle norms and large resources have been

invested in native-speaker materials. However, it is important to recognize that Inner-Circle Englishes are not necessarily the most intelligible internationally [16] and to acknowledge that most speakers of English in Asia are likely to speak more with people from other Asian countries than to people from the Inner-Circle. Therefore, English teaching in Japan and China should use models from the Inner-Circle varieties of English as a foundation, and should also pay attention to the features of non-native varieties of English. For instance, we can utilize a Lingua Franca Core, a set of phonological features that are considered crucial for mutually intelligible pronunciation of non-native speakers, such as the one proposed by Jenkins [17] by accumulating more research on what phonological features would affect intelligibility between various groups of non-native speakers. At the same time, we need a more detailed analysis of social and communicative contexts in which non-native speakers would use English to interact with other non-native speakers, since these contexts determine the priorities of the core [18]. Furthermore, it is also imperative to provide learners with abundant opportunities to interact with others in English so that they can determine how much their English is understood by listeners. Being exposed to English with various accents would also help them communicate effectively with both native speakers and non-native speakers of English. In implementing these measures, international cooperation in research and practices would be one of the most important steps for promoting mutual intelligibility in cross-cultural communication.

Reference

- 1) T. M. Derwing. "Utopian goals for pronunciation teaching." In J. Levis & K. LeVelle (Eds.), *Proceedings of the 1st Pronunciation in Second Language Learning and Teaching Conference*, Iowa State University. pp. 24-37. 2010.
- 2) J. Jenkins. *The phonology of English as an international language*. Oxford: Oxford University Press. 2000.
- 3) J. Murphy. "Intelligible, comprehensible, non-native models in ESL/EFL pronunciation teaching." *System*. 42. pp. 258-269. 2014.
- 4) M. J. Munro and T. Derwing. "The foundations of accent and intelligibility in pronunciation research." *Language Teaching*. 44. pp. 316-327. 2011.
- 5) B. B. Kachru. "Standards, codification and sociolinguistic realism: the English language in the outer circle." In R. Quirk and H.G. Widdowson (Eds). *English in the world: Teaching and learning the language and literatures*. Cambridge: Cambridge University Press. 1985.
- 6) A. Kashiwagi and M. Snyder. "American and Japanese listener assessment of Japanese EFL speech: pronunciation features affecting intelligibility." *The Journal of Asia TEFL* Vol. 5 No. 4, pp. 27-47. 2008.
- 7) A. Kashiwagi and M. Snyder. "Speech characteristics of Japanese speakers affecting American and Japanese listener evaluations." *Teachers College, Columbia University working papers in TESOL & Applied Linguistics*. Vol. 10. No.1 pp. 1-13. 2010.
- 8) Y. Nishio and M. Tsuzuki. "Phonological features of Japanese EFL speakers from the perspective of

intelligibility.” *JACET Journal* 58. pp. 57-78. 2014.

- 9) S. Yamane. “Some characteristics of Japanese EFL learners’ utterances and their phonetic features: Observations from a psycholinguistic perspective.” Unpublished PhD dissertation, Kansai University. 2006.
- 10) A. Kashiwagi and M. Snyder. “Intelligibility of Japanese college freshmen as listened to by native and non-native listeners.” *JACET Journal* 58. pp. 39-56. 2014.
- 11) J. Anderson-Hsieh, R. Johson and K. Koehler. “The relationship between native speaker judgments of nonnative pronunciation and deviance in segmentals, prosody, and syllable structure.” *Language Learning* 424. pp. 529-555. 1992.
- 12) E. James. “The acquisition of prosodic features using a speech visualizer.” *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*. 14. pp. 227-243. 1976.
- 13) I. E. Flege, A M. Frieda. and T. Nozawa. “Amount of native-language (L1) use affects the pronunciation of an L2.” *Journal of Phonetics*. 25. pp. 169-186. 1997.
- 14) A. Kirkpatrick. *World Englishes: Implications for International Communication and English Language Teaching*, Cambridge: Cambridge University Press. 2008.
- 15) D. Deterding. “The pronunciation of English by speakers from China.” *English World-Wide*. 27(2). pp. 175-198. 2006.
- 16) L. E. Smith and C. L. Nelson. “World Englishes and issues of intelligibility.” In B. B. Kachru, Y. Kachru & C. L. Nelson (eds.), *The Handbook of world Englishes*. Malden, MA: Blackwell. 2006.
- 17) J. Jenkins. *The phonology of English as an international language*. Oxford: Oxford University Press. 2000.
- 18) J. M. Levis and A. Moyer. “Future directions in the research and teaching of L2 pronunciation.” In J. M. Levis & A. Moyer (Eds.). *Social Dynamics in Second Language Accent*. pp. 275-291. 2014.

(Received December 16, 2016)

熊本震災報道に見る英語圏メディアの言語的再現<世界>に関する研究

関根 紳太郎*

The Kumamoto Earthquakes of 2016: Linguistic Restructuring of the World through English Media Reports

Shintaro SEKINE

This paper explores how English language media have reported the Kumamoto earthquakes that occurred in April of 2016. In particular, it examines how media reports have both linguistically and cognitively restructured and reflected the real world. It argues that the restructured world usually contains ideologies or even prejudices that are possibly possessed by the authors. To support this argument, it applies a discourse analysis that employs articulation theory as part of the content analysis. In addition, linguistic discreteness and continuity are discussed to reinforce the use of articulation theory.

In sum, this study finds that some cognitive coherence between the linguistically restructured world presented by media reports and the real world has been established via certain theoretical approaches.

(Keywords: linguistic restructuring, articulation, discreteness and continuity)

1. はじめに

本論は、先の熊本地震に対して英語圏メディア¹⁾がどのように報道したかを検証するものである。特に分析対象となるメディア報道記事を、現実世界の物理的実体や社会的事象が言語を用いて近似的に再現された世界(以下、<世界>とする)と見なし、articulation 理論²⁾を援用したディスコース分析³⁾を取り入れることで、英語圏メディアが言語的に再現する熊本地震の<世界>とそこに投影される対日イメージの一端を捉えてみたい。そうした言語を介して近似的に再現される<世界>の分析考察を通じて、articulation 理論の理論的関連領域と考える言語[英語]の離散性と連続性⁴⁾についても検討してみたい。

本論では、物理的・具体的対象(物理的実体)であろうと、感覚的[心的]・抽象的対象(社会的事象)であろうと、ある対象を言語を用いて表象し、意味付けするということは、被対象を現実世界から切り出し、近似的な言語を割り当てることで<世界>の構成要素の1つになりうると考える。それゆえ、言語は現実世界から切り出される離散性と、現実世界と近似的な<世界>を紡ぐ連続性を有す

るものと捉え、articulation 理論と言語の離散性と連続性は相互補完的な理論的参照枠として扱うことが可能であると見なし、論をすすめていく。

2. 分析手法

2. 1. 量的分析の諸問題 ※下線は筆者。以下、同じ。

近年のコーパス言語的手法の隆盛により、量的分析がさまざまな言語現象の解明に取り入れられるようになってきている。実際、単独もしくは少数の研究者による言語資料の収集および調査では困難であった分析対象資料の量的限界を解消するものとして有用であることは認められよう。しかしながら、メディア報道研究のようなテキスト(の集積)を分析対象とするような場合、「権力や支配や搾取の社会的関係の確立、維持、変化に関与するものとして表されうる世界の諸相を表象するもの」(フェアクラフ、2012、p.11)であるイデオロギーが多分に内包されるテキストとしてのメディア報道をデータベース化し、単にある単語の出現頻度や共起の度合いの統計的優位性のみで、ある現象を捉えようとすることは、合理性に欠けると

*一般教育科(英語)

言えよう。もちろん、二次的な質的分析へのフィルター（すなわち一次的な量的分析）として、ある程度分析対象をふるいにかけるという意味では、効果があると言える。それでも、例えば、イデオロギーが対立するようなメディア報道記事が混在するコーパス[テキストデータベース]に基づいた検証は、内在するイデオロギーの問題、すなわち、メディアの（政治的）偏向性や情報操作といった点が排除しきれてはいないということになる。そのような状況では、コーパスを現実世界が近似的に再現された言語的表象の集合体としての<世界>として見立てることで現実との（大きな）齟齬が発生することが予見できよう。浅野（2003、pp.6-7）は、「ニューステキストが主観的なイデオロギーによる着色からは完全に免れることはできない」とし、「（ニュース記事に表出される特定の語彙は記者が属する社会や国の価値観や規範を示すものであり）換言すればイデオロギーの相対性の産物である」ともしている。（カッコ内は筆者補足）

2. 2. 質的分析の諸問題

コーパスを現実世界と近似的な<世界>として見立てるように、単独の記事を分析対象とする場合であっても、それがどの程度近似的に現実世界の物理的実体や社会的事象を反映しているかは、慎重に検証されなければならない。実際、目の前にある出来事を複数の記者が記事に書き上げる場合でも三者三様の言語表現による描写が起こりうる。先のイデオロギーを含め、記者の感性や生活環境等にも影響されるであろう。さらに言語表現だけではなく、カメラ機器を用いた写真の挿入がある記事であれば、その角度やフレームの捉え方、被写体の（一瞬の）表情、日差しの具合等により、現実世界をあるがままに再現することは困難であり（事実上不可能）、むしろ情報操作をねらいとした意図的な<世界>の再構築が可能となる。

本論におけるメディア報道分析とは、どの程度現実世界を近似的に再現〔再構成〕しているかという点をできり限り理論的に検証することであり、質的分析をその中心に据えることにある。しかしながら、その分析評価は、対象となる物理的実体や社会的事象を同じく体験した者のみが実行できるものであり、その者でさえも、過去の体験や取り巻く環境に基づく、価値観、信念、思想等により多分に分析評価が影響されることとなる。実際のと

ころ、現実世界と完全に等価な（言語的に再現された）<世界>を再構築し、評価することは不可能ということとなる。

2. 3. 本論における分析手法

上述したように、メディア報道記事では、主観的なイデオロギーの排除が困難であり、また、そうした記事を構成するテキストはイデオロギーの相対的産物であるという側面が強いということをつまえた上で、本論では、メディア報道記事が再現する<世界>と現実世界との一貫性を検証する試みとして、次の手法を取りたい。まず、（外界の）物理的実体やその周囲に生起する社会的事象を表象するテキストの集合体として、英語圏メディアに表出される熊本震災報道記事を捉え、articulation（分節・節合）の概念を援用しながら、現実世界が言語的に切り出され、紡がれる関係性をディスコース分析的手法を用いて解明してみたい。この場合の「節合」とは、カルチュラルスタディーズで好まれる概念であり、ホール（1988、pp.33-34.）は、次のように定義している。

節合 articulation とは、特定の条件下で、二つの異なる要素を統合することができる、連結の形態なのです。しかし、そのつながりは、いかなる時にも常に、非必然的で、非決定で、非絶対的かつ非本質的なものです。いかなる条件下であれば、ある種の連結をつくり出しうるのか、構築しうるだろうか、と問いかけなければならないのです。したがって、言説のいわゆる「統合性」といわれているものは、実際には異質の、相違した諸要素の節合に過ぎないのでして、それはまた、別のあり方でいくらでも再節合しうるものなのです。……節合の理論は、イデオロギーがどのようにして、人々にみずからの歴史的状態の意味を何とか取りまとめ、それに対する理解可能性を持つことを可能にする力を付与するか、考えさせてくれるのです。しかも、それらの理解可能性の諸形態をみずからの社会経済的あるいは階級的な配置や社会的な位置づけに還元することなしに、考えさせてくれるのです。

石上 (2016, p.3) は、ホールの「節合」概念における「非必然性」、「非決定」、「非絶対的」、「非本質的」、それらとの対比としての「必然性」、「決定」、「絶対的」、「本質的」なものとの区別をもうけず、2つの要素を結びつける言語的表象を「結合」(articulation) として扱っている。

また、少々長くなるが、上野・毛利 (2000, pp.11-12) のカルチュラル・スタディーズにおける言説[ディスコース]と articulation に関する概念を見ると、以下のように指摘されている。

カルチュラル・スタディーズでは言説による社会的連帯—それは必ずしも共同体や政治体ではない—を形成しようとする。そしてこの連帯は非言説的なものの次元や身体的なものの領域を排除するものではない。それは出来事をテキストや理論に還元し、閉じ込めないようにするからである。むしろ日常生活そのものがテキストとして構成され、再文脈化されるのである。言説と言説以外のもの、学問と非学問、大衆文化と高級文化、「先進国」と「第三世界」、理論と日常生活・・・といった異質な文脈におけるそれぞれ特異な要素をつなげたり、切り離したり、関係を作ったり、非連続性や断絶をはっきりさせる実践として、カルチュラル・スタディーズの理論は持続していく。本書でも繰り返し使われる「分節＝節合」(articulation) の概念の意義は、この「つなぐこと」、「切り離すこと」にある。

上掲の概念は、ホールの定義に影響されたものと考えられるが、「分節」も articulation に包含されるものであるということをより明確にしている印象を受ける。

本論では、現実世界の物理的実体や社会的事象を言語的表象として切り出す分節と、それを紡ぐ節合を合わせた、カルチュラル・スタディーズでも好まれる一連の概念として articulation を取り上げる。また、本論で使用している(世界を)「切り出す」、「紡ぐ」ことは、articulation (分節・節合) とほぼ同義と考え、ヒトが知覚・認知した現実世界の一端を言語的表象で抽出し、すなわち分節す

ることで現実世界を切り出し、さらに、その切り出され、分節化された<世界>の一端が、別の<世界>の断片と紡がれる[結びつく]、つまり節合することで、現実世界と近似的な<世界>は発展的に構造化を進めていくものと捉える。さらに、分節と節合の融合概念である articulation との相互補完的な理論的参照枠として、言語の離散性と連続性についても後述する。

本論では、左派系高級紙として知られるイギリス *The Guardian* 紙を分析対象として選定する。いわゆるリベラルメディアを選定した理由としては、保守系よりもあらゆる事象・現象に対して正当性や批判性を積極的且つ明確に示すであろうと考えるからである。しかしながら、分析対象となる震災[災害]報道は、政治経済関連報道と比べ、比較的イデオロギーや権力的支配の影響が少なく、自然現象やそれにとまなう社会的事象を、(淡々と)描写するような記事内容が多いように感じられる。それゆえ、比較的中立的な言語的表象が抽出されやすいとも考えられる。選定資料は、前震と本震をそれぞれ報道した2つの記事である。なお、本論では、イデオロギーとその偏向性および特異性の介在を最小限にとどめるねらいから、不特定多数の報道記事から構成されるコーパス分析は取り入れない。また、同一の記者が執筆する記事を比較検証することで分析対象記事の認知的構成上の一貫性を担保する。

3. 分析と考察

3. 1. 熊本地震：前震[foreshock] ※太字はヘッドライン。下線および丸数字は筆者。

Japan earthquake: tens of thousands flee in fear of aftershocks and volcanoes

At least 44,000 people evacuated following 6.4-magnitude quake that killed at least nine

By Richard Smart

Tens of thousands of people have been evacuated from earthquake-hit southern Japan① as dozens of aftershocks struck and officials monitored nearby volcanoes for signs of activity. A total of 44,000 people were evacuated late on Thursday in the town of Mashiki after a magnitude-6.4 earthquake collapsed buildings and damaged other infrastructure. Nine people have been confirmed dead, ranging in age from 29 to 94. A

further eight are in serious condition, and more than 850 were injured.

The Japan Meteorological Agency (JMA) has warned there are likely to be strong aftershocks for the next week and advised people to stay away from any buildings that look unstable.

There are also concerns about volcanic activity in the wake of the quake. The island of Kyushu②, where the earthquake happened, is a highly volcanic area. A level 2 warning – meaning people should not approach a volcano’s crater – has been in place for Asosan in Kumamoto prefecture on the island③ since November 2015.

Rescuers dramatically pulled an eight-month old baby girl from a collapsed house in Mashiki early on Friday. Video footage provided by the National Police Agency showed the baby gently carried away in a blanket by helmeted rescuers from the rubble of the home.

The girl whose name has not been released, reportedly did not suffer any injuries. Her mother, grandfather, grandmother, and older brother were in the living room and kitchen of the home as she slept in another room on the first floor when the quake shook the southern island of Kyushu④.

The family members, who all managed to escape, tried to rescue the baby but the house collapsed. The town, in Kumamoto prefecture, was the hardest hit by the quake and suffered eight of the nine deaths.

Head teacher Sosuke Tanaka hosted about 300 people at West Hiroyasu elementary school, which was turned into an evacuation centre, and said many in Kumamoto suffered a sleepless night. “We saw earthquakes through the evening, so many did not manage to get a proper night’s rest,” he said. About 120 aftershocks have been observed since the initial earthquake, more than 15 of which measured 3 or higher on the Japanese intensity scale.

At the Mashiki gymnastics centre, Yoko Marume said more and more people have been evacuating since the earthquake. “We had about 200 overnight, but now, I would say there are about 500,” she told the Guardian. “People have been

gathering here from across the city, it’s a big space. Most are shaken, many believe that their houses could fall down.”

Junko Seto, an 80-year-old woman, told the Asahi Shimbun: “My husband returned to our house to see how things looked, and he says there isn’t room to stand because of the mess caused.” “I want to go home and get things in order, but with the aftershocks I am too scared to go home yet.”

Japan’s Self Defense Forces have entered Hiroyasu, in a mountainous region of Kumamoto prefecture, to inspect the damage caused to roads and housing by the earthquake. “There has been significant damage to wooden housing around here,” Tanaka told the Guardian.

Rations of bread and water were distributed to evacuees in the early hours of Friday. Marume said lunch boxes had arrived for evacuees at the gymnastics centre.

The initial temblor measured a maximum 7 on the Japanese intensity scale, equivalent to the force of the 1995 Kobe disaster and the March 11, 2011, earthquake in east Japan⑤. So far, however, the damage caused in Kyushu seems low in comparison.

A spokeswoman for the JMA said: “We are watching closely, but we have seen no change in Asosan or other volcanoes since the earthquake.”

Sakurajima, in neighbouring Kagoshima prefecture, erupted in February.

[*The Guardian.com* Friday 15 April 2016 11.37 BST, Last modified on Sunday 24 April 2016 12.10 BST]

①evacuated from earthquake-hit southern Japan

まず、記者の第 1 報ということもあり、southern Japan というおおまかな地理情報で切り出している。

②the island of Kyushu

次に、island of Kyushu という地震が発生した地域のある島として九州を特定している。

③Asosan in Kumamoto prefecture on the island

さらに、地震発生地域の詳細化が進み、島であ

る九州の熊本県にある活火山の阿蘇山が特定されている。

④the southern island of Kyushu

そして、①と②を紡ぎながら、日本とその一部である九州を俯瞰した地理的表象として southern island of Kyushu が地震発生地域として特定されている。こうした①から④までの段階的地理的表象の変容は、認知上の地理的<世界>を再構築する試みの1つであろう。

⑤equivalent to the force of the 1995 Kobe disaster and the March 11, 2011, earthquake in east Japan

最後に、阪神大震災や東日本大震災と比較対照することで、熊本地震との震度の比較だけではなく、歴史的経緯[通時性]も窺うことができる。つまり、再現<世界>における時間的空間的広がりをもつ促す節合と言えよう。

3. 2. 熊本地震：本震[main shock]

Japan hit by second powerful earthquake

At least 34 believed dead and about 1,500 injured with thousands more evacuated as rescuers search through rubble

By Richard Smart

A second major earthquake in less than two days has shaken Japan's southern island of Kyushu ⑥, with at least 34 people thought to have been killed, about 1,500 injured and more feared buried after building collapses and landslides. The 7.3 magnitude earthquake struck at about 1.30am on Saturday, waking people across the island – including the thousands already in crisis centres. It caused widespread damage, with several landslides and a village evacuated over fears a dam might burst.

On Thursday a magnitude 6.5 earthquake in the same region of Kumamoto ⑦ brought down buildings, killed nine people and injured about 800. More than 100 aftershocks followed until the bigger quake on Saturday morning, which led to the earlier, smaller event being reclassified as a foreshock. Japan's prime minister, Shinzō Abe, expressed concern about secondary disasters from mudslides as the weather forecast for the area predicted wet

weather and strong winds. Rain began falling at about 3pm local time, with torrential downpours anticipated through the night. The Fukuoka Meteorological Agency estimated that between 100mm and 150mm of rain would fall on Kumamoto ⑧ over the next 24 hours, increasing the risk of landslides. “Daytime today is the big test” for rescue efforts, Abe said. He called off a visit to Kumamoto ⑨ on Saturday after the new earthquakes struck. “He was scheduled to visit Mashiki but now he does not think that would be the best use of his time,” his office said.

Before the rain began, 4,200 households in the mountain town of Misato were told to evacuate, along with 40 in the village of Nishihara and 5,200 in Oita prefecture's city of Yufu, which also suffered damage in the earthquake. More than 15,000 people have been affected by the orders.

The Japanese government's chief cabinet secretary, Yoshihide Suga, said on Saturday that 1,500 people had been injured, 80 of them seriously, and that casualty figures were likely to increase. Nearly 70,000 people had left their homes, he said. He said the military presence would be boosted to 20,000 for rescue efforts. Police and firefighters are also being ordered to the region. In a nationally televised news conference, Suga asked people not to panic. “Please let's help each other and stay calm,” he said.

Saturday's quake triggered tsunami warnings, though none took place, and there was confusion and anxiety for the thousands of evacuees whose homes had already been destroyed or damaged. One major landslide tore open a mountainside in Minamiaso village in Kumamoto prefecture ⑩, destroying a key bridge that could cut off food and other relief transport to the worst-hit area.

Another landslide hit a road, collapsing a house that fell down a ravine. In another part of the village, houses were left hanging precariously at the edge of a huge hole. The earthquakes' epicentres were relatively close to the surface, at a depth of about six miles, resulting in more severe shaking and damage. The public broadcaster NHK TV said as many as eight tremors an hour were being felt in

the area.

At a news conference on Saturday, Abe told reporters he wanted the government at all levels to share information in a timely manner. The government planned to send 5,500 police officers, and members of the fire service would be sent to the prefecture. “Securing the safety of citizens is our top priority,” the prime minister told media.

On Saturday the latest destruction and aftershocks left Kyushu⑩ on tenterhooks. NHK TV showed people in evacuation centres in shock and unable to sleep. “The earthquake last night was much worse than the one on Thursday,” said Yumiko Ogata at the Mashiki gymnastics centre, one of the evacuation stations. “People are holding up psychologically, but nobody slept last night. “We need food and we need water. We may just about get through, lunch but we do not have anything for this evening.”

The situation worsened at the centre as the day went on. Food did not arrive and supplies were short. “We have no idea whether or not supplies are on the way. As well as food and water, the rain is coming in and the temperature is going to drop. We need blankets now too,” Ogata said.

[*The Guardian.com* Saturday 16 April 2016 09.15 BST, Last modified on Monday 9 May 2016 12.31 BST]

⑥Japan’s southern island of Kyushu

記事の出だしということもあり、前震記事と同様、九州を日本の南部の島という位置付けで特定している。

⑦in the same region of Kumamoto

⑧fall on Kumamoto

⑦、⑧では、地震および降雨という自然現象が発現した地域として熊本を表象している。この点は、九州を襲った大地震にあっても、最大の被災地が熊本であるということを示唆するものと言える。

⑨He [Abe] called off a visit to Kumamoto * []
内は筆者

⑨でも、安倍首相の被害状況視察地として熊本

という具体的地名を表象することで、被災地として熊本を切り出し、カテゴリー化⁵⁾していると言える。

⑩in Minamiaso village in Kumamoto prefecture

⑩では、(認知度の低い) 南阿蘇村という限定された地域を補完する意図で熊本との連続性を持たせているのが窺える。それとともに、災害現場のローカルな地理的表象を切り出すことで、＜世界＞の奥行を指し示すものであり、言語的弾性 [linguistic elasticity]⁶⁾ の一端とも言える。

⑪left Kyushu

本記事は、いわゆる本震に関するものであり、熊本（特に阿蘇地区）と大分が甚大な被害を受けた。九州他県の影響を見ると、福岡筑後地方や長崎南島原市、佐賀県佐賀市、宮崎県高千穂町などで震度 5 強が観測されているが、熊本、大分の状況と比べると、同等のものとは言えないであろう。それでも、Kyusyu を単一語として用いているところから、前震記事では island として紹介した Kyusyu に対し本震が与えた影響の大きさを補完的に語るとともに、記者や読者の Kyusyu の地理的関係性のみならず、被災地として認知的定着を示唆するものと捉えられよう。

3. 3. Articulation (分節・節合) と言語[英語]の離散性および連続性

メディア報道は現実の物理的実体や社会的事象を、主に言語的表象により切り出し[分節]、また紡ぐこと[節合]で、伝達可能な情報として(現実世界と近似的な)＜世界＞を再構築していると言える。

前項では震災報道における地理的表象の変容を articulation を援用したディスコースの枠組みの中で捉え、その切り出し方と紡ぎ方に注視した。そうする中で、次のような興味深い点が顕在化された。

前震

- 1) 地理的表象の変容的分節と節合
- 2) 過去の災害表象との通時的節合

本震

- 3) 被災地表象としての分節と地理的表象との節合

被災地を southern Japan や Kyushu と表象した前震記事と比べ、本震記事では、Kumamoto を多用している。これは、前震記事で繰り返された（地理的な）分節と節合を経て、記者の認知上の地理的<世界>において、対象となる現実世界が地理的に特定されている（もしくは読者が特定できていると判断している）とともに、被災地表象としての Kumamoto を示唆するものと言える。これは、東日本大震災においても同様の言語現象が見られ、東日本大震災発生当初は、Japan や Tohoku が主たる表象であったが、時間の経過とともに（特に東京電力福島第一原子力発電所事故以降）Fukushima や Sendai といった特定の地理的表象が多数発現している。

これらは、ホールや上野・毛利の言うところの「分節」と「節合」が融合された articulation の概念から、被災地としての<世界>が発展的に構造化され、それが表出された結果と考えてもよいであろう。さらに、こうした articulation を補完する理論的概念として取り上げたいのが、言語[英語]の離散性と連続性である。ラネカー(1994、p.13.)は、言語的にコード化される概念の内的構造は、離散性が優位であると捉えている。

“..with respect to the internal structure of a linguistically coded conception, discreteness predominates..”

また、連続性についても、以下のように中間値が存在すると指摘している。(1994、p.9.)

“A continuous parameter has the property that, between any two values (however close), an intermediate value can always be found.”

また、他の外的要因が作用する場合、すなわち、他の概念構造と関係がある（前に語られた内容などを受けるような）場合、連続性があるとしている。(1994、p.17.)

“..semantic effects due to external factors --- i.e. relationships with other conceptual structures --- are basically continuous.”

さらにラネカーは、以下のように述べている。

“There are no gaps along the parameter, nor any specific values linked in relationship of immediate succession. By contrast, discreteness implies a direct jump between two distinct values, one of which is nonetheless the immediate successor of the other.”

ここでは、中間項なしに、異なる2つの値を飛び越える「直接結びつく」ということが離散的と捉えている。例えば、数学では、整数は離散的、（小数点を含む）実数は連続的ということが言える。(1994、p.9)

こうしたラネカーの指摘から、1)の地理的表象の変容は、（確かに厳密な地理的中间地[値]を見出すことは不可能と言えるが）現実世界から特定の被災地まで言語を介して離散的に切り出すことは可能であり、今回の記事における southern island、Kyushu、Kumamoto、Asosan から成る離散対象の再集合[再構築]により連続的に紡いでいると捉えることができよう。すわち、離散≡分節、連続≡節合という相補的な概念を捉えることは、しばしば articulation に付随すると考えられるイデオロギーや権力・支配構造のみならず、今回のような地理上の認知の獲得過程など、メディア報道における近似的な現実世界の再構築としての<世界>をより精緻に説明[解釈]するための言語分析上の操作概念として見てよいであろう。

また、2)のように、過去の2つの大震災を比較対照するように通時的に表象することで、ある一定の時間的な隔たりはあるものの、熊本大震災との自然災害という枠組み[カテゴリー]での日本における連続性、すなわち対日イメージとしての日本と震災との節合という見方もできる。

さらに、3)にあるように、単に地理上の分類だけではなく、被災地の表象として Kyushu を切り出し、紡ぐことで、自然現象と（一次的な自然現象により引き起こされた二次的な）社会事象との連続性が認知上で展開されていることが読み取れるであろう。今後、Kobe や Fukushima と同様に、Kumamoto も地理的表象だけではなく、そこに内在される連続性を有しながら、大震災の被災地という認知的表象として対象化されることであろう。そして、そうした認知的表象は、対日イメージを

形成する構成要素の 1 つにもなると言える。

4. まとめにかえて

本論では、イデオロギーや権力・支配の関係性などが混在すると考えられるメディア報道記事において、質的分析として articulation を理論的参照枠としたディスコース分析を中心に論をすすめた。また、近年日本で発生した自然災害に関するリベラルメディアの契約記者の震災報道記事を分析対象とすることで、メディア上の〈世界〉の産出者の整合性をとることができた。そうすることで、対象となる現実世界（物理的実体や社会的事象）の切り出し方や、〈世界〉の紡ぎ方に関して、（ある程度）認知上の一貫性を担保する可能性も見ることができた。さらに、articulation の分節性と節合性を補完する理論的参照枠として、言語[英語]の離散性と連続性にも触れた。それにより、現実世界を、言語的表象を用いて意味付けするという離散的営みの結果として現実世界を捉えなおす、すなわち（現実世界と近似的な）〈世界〉として再現する連続的営みの一端を窺うことができたと言えよう。そうする中で、震災報道に見る英語圏メディアの対日イメージの断片も見られたと言える。

今後は、メディア報道の内的特性や偏向性、情報操作の諸問題等にも取り組みたいと考える。特に記事内容分析という点においては、分析対象語と共起する語を精査する必要があるだろう。そのためには、幅広い分析対象記事を類型化しながら、articulation を援用した精緻なディスコース分析により、イデオロギーや権力・支配の側面を解明したいと思う。また、言語[英語]の離散性・連続性という観点から、現実世界と近似的な〈世界〉、特に災害報道が織り成す〈世界〉のさらなる構造も読み解くことで、対日イメージの獲得のような認知的意味の〈世界〉⁷⁾の検証を試みたい。

謝辞

本論は、平成 28 年 7 月 9 日(土)に行われた日本メディア英語学会第 67 回中部地区研究例会兼第 12 回メディア意識研究分科会（於・愛知大学名古屋キャンパス）での口頭発表を再考し、稿を起こしたものである。貴重なご助言をくださった諸先生方、とりわけメディア意識研究分科会の方々は紙面を借りて厚くお礼申し上げます。

註

1) 本論では、英語圏メディアとは、主要英語圏と見なされる米国、英国、豪州、カナダの 4 か国を指す。拙論では、英国メディアの *The Guardian* 紙のオンライン版を取り上げる。

2) 本論では、先行研究である関根 (2016, p.47) と同様に、言語的表象のつなが目を観察、分析することで、使用実態を実証的に解明することをねらいとして articulation 理論を取り扱う。

3) 本論では、ディスコースとは、フェアクラフ (2012, p.30) の指摘を広義に解釈し、社会構造としての言語体系と社会的出来事としてのテキストを紡ぐ（それらの中間的組織実体としての）社会的実践として捉える。また、それは社会的実践の中でネットワーク化が発現することで、ディスコースの秩序としても扱う。そうする中で、言語現象の使用実態に関する理論的体系化を図る、換言すれば、言語的表象の意味付けや理解の枠組み等がそれを運用する人々や社会に与える影響を分析し、解明する手法の 1 つとする。

4) 本論では、言語の離散性と連続性について、数学で扱う整数≡離散、実数≡連続といった解釈よりも緩やかな概念として扱う。例えば、Aso、Kumamoto、Kyushu はそれぞれ地理的に分節された、すなわち離散された表象であるが、Kyushu の Kumamoto にある Aso 地区に関する震災報道では、いずれも被災地として節合、すなわち連続する表象として見なすことが可能である。

5) 本論におけるカテゴリー化とは、ある条件を満たすことで特定の境界内で規定されるものであり、先述の言語の離散性とも関連するが、近接するカテゴリーとも重なり領域を持ちうるものとする。すなわち、言語の連続性の概念も適用できる側面と考える。

6) 本論では、コミュニケーション形成における言語使用の特性を指す社会言語学的な解釈ではなく、認知上の拡張概念を喚起する言語的表象に対して言語的弾性が内在するものと考ええる。

7) 関根 (2016, p.46) は、認知的意味世界[の〈世界〉]とは、ヒトが外界の現実世界に実在する物理的実体や生起する社会的事象、また、それらが言語的に再現[表象]された（現実世界と近似的な）〈世界〉を知覚・認知し、意味の対象として解釈する営みの中で、他の情報[知覚・認知的手が

り]から補完したり、記憶を参照したりしながら、そうした物理的実体や社会的事象を評価し、破綻のないように（しばしば言語的に）再構成することで成立していると考えている。

参考文献

- 1) 浅野雅巳. (2003) 「「9.11 テロ」英語報道に関するディスコース分析」『時事英語学研究』第 42 号、pp.1-19. 日本時事英語学会.
- 2) 石上文正. (2016) 「結合による世界の構築—安倍首相の追悼式参列記事の分析—」『人間と環境』電子版 11. pp.1-16. 人間環境大学.
- 3) 関根紳太郎. (2013) 「東日本大震災報道にみる対日イメージとその評価に関する研究」『*Media, English, and Communication*』第 3 号、pp.13-30. 日本メディア英語学会.
- 4) 関根紳太郎. (2016) 「ポスト東日本大震災報道における認知的意味世界に関する研究」『*Media, English, and Communication*』第 6 号、pp.45-65. 日本メディア英語学会.
- 5) フェアクラフ, ノーマン (著). 日本メディア英語学会メディア英語談話分析研究分科会 (訳). (2012) 『ディスコースを分析する—社会研究のためのテキスト分析』くろしお出版.
- 6) ホール, スチュワート (著). グロスバーク, ローレンス (編). 甲斐聰 (訳). (1998) 「ポスト・モダニズムと節合について—スチュワート・ホールとのインタビュー—」『現代思想臨時増刊』青土社.
- 7) 室井禎之. (1999) 「意味研究における連続性モデルの限界と離散性モデルの再評価」『連続性概

念による言語モデルの再構築—ドイツ語学研究の諸相から—』(平成 8~9 年度科学研究費補助金研究成果報告書)、pp.59-90.

8) Langacker, Ronald. (1994) The limits of continuity: discreteness in cognitive semantics. In Catherine Fuchs and Bernard Victorri (eds.), *Continuity in linguistic semantics*, Amsterdam: John Benjamins, pp.9-20.

9) _____. (2001) *Discourse in Cognitive Grammar*. Cognitive Linguistics 12, pp.143-188.

分析対象記事 (いずれも最終アクセスは 2016 年 6 月 30 日)

1) Smart, Richard. "Japan earthquake: tens of thousands flee in fear of aftershocks and volcanoes" *The Guardian*, Friday 15 April 2016 11.37 BST, Last modified on Sunday 24 April 2016 12.10 BST [https://www.theguardian.com/world/2016/apr/15/japan-earthquake-thousands-evacuated-volcanoes-aftershocks]

2) _____. "Japan hit by second powerful earthquake" *The Guardian*, Saturday 16 April 2016 09.15 BST, Last modified on Monday 9 May 2016 12.31 BST [https://www.theguardian.com/world/2016/apr/16/japan-hit-by-second-powerful-earthquake-with-fears-of-more-to-come]

(平成 28 年 12 月 19 日 受理)

様々な授業方法と学力との関係と学生の評価

安富 義泰*

Relation between the Various Teaching Methods and the Scholastic Ability, and the Evaluation of Students
Yoshiyasu YASUTOMI

In 2015, we had mathematical classes with various teaching methods. These are “Normal Lectures” that we write on a blackboard mainly, “Lessons with Printed Matters” that we have lectures with printed matters and students exercise, and “the Flip Teaching” that students prepare for lessons at home and exercise mainly during school hours. In the results of examinations, the scholastic ability by “Lessons with Printed Matters” is highest in these three methods. Moreover, the evaluation of students for “Lessons with Printed Matters” is highest in these three methods too.

(Keywords : Active Learning, the Scholastic Ability, the Flip Teaching)

1. はじめに

現在、多くの大学や高専で「アクティブ・ラーニング」の研究が進められている。アクティブ・ラーニングとは、「教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」[1]である。

「アクティブ・ラーニング」と聞くと難しそうな感じもするが、授業内で演習を行ったり調べもの学習を課す事もアクティブ・ラーニングであり、小学校や中学校ではアクティブ・ラーニングの手法を用いた授業はかなり昔からすでに行われてきた。

この論文では、ある 1 つのクラスの数学の授業において、単元毎に異なる 3 つの授業手法を用いた授業運営を行い、他年度の小テストや定期テストの成績と比較する事によって、それぞれの授業方法についての検証を行った。3 つの授業手法とは、

- ・板書を主とし、演習と宿題を課す「通常授業」
- ・プリントを用いて効率的に授業を進め、その分演習を増やす「プリント授業」
- ・次の授業内容について家庭で予習をしてきて貰い、授業時間内は確認テストと演習を主にする「反転授業」

を指す。ただし、「反転授業」における教材は、学生のネットワーク環境の都合上、ビデオ教材ではなく、授業内容をまとめたプリントとした。3 つのクラスでそれぞれ別の授業手法で授業運営を行い、その結果を比較するという方法も考えられるが、その場合、元々のクラスの学力差や教員差の補正が難しいため、今回はある 1 つのクラスで単元毎に異なる 3 つの授業手法を用いた授業運営を行う事とした。その結果、

「プリント授業」が 3 つの授業手法の中で最も成績が良い事が分かった。

更に、それぞれの授業手法を用いた授業運営を行った後に学生に対して（別紙）の様なアンケートを取り、それぞれの授業手法の良い点・悪い点を挙げて貰うとともに、3 つの授業方法の評価について順位づけをして貰ったところ、こちらも「プリント授業」が 3 つの授業手法の中で最も学生の評価が高い事が分かった。

2. プリント授業と通常授業との比較と学生による評価

学生はこれまで、小学校や中学校、および高専入学後の他科目において、いわゆる「通常授業」を受けてきている。したがって、最初に「プリント授業」を実施した。プリント授業のタイムスケジュールは表 1 の通りである：

表 1 プリント授業のタイムスケジュール

段階	(分)	学習活動の内容
導入	10	1. すでに学習している内容のおさらい 2. 本日の学習内容の概要説明
		3. 講義
展開	15	4. 演習
	20	5. 講義
	20	6. 演習
まとめ	10	7. 本日の学習内容のおさらい

授業を担当するにあたり、教員は授業で使用する教科書を中心に、他の採択されていない教科書や様々な書物を参考にして授業ノートを作成する。

*一般教育科（数学）

通常授業において、その授業ノートを板書していくのであるが、教員が書いている間、学生はリアルタイムでノートに書き写す事はできない。大学の様に、教室の後ろから座席が埋まっていき、前半分が空いている様な状況であれば、教員の体分見えないだけで済むが、中学・高校・高専の様に教室の 1 番前の 1 番端まで学生が座っている様な状況では、教員が書いている部分だけでなく、教員の体によって黒板の大部分が見えない、という状況も少なくない。

しかも、教員が例えば黒板の右側でチョークを置いて説明をする時には学生は一生懸命に黒板の左側を板書し、教員が黒板の左側でチョークを置いて説明する時には学生は一生懸命に黒板の右側を板書しているなど、折角学生は目と耳と手をフル回転させて一生懸命に授業に参加していても、それぞれが違う所に集中している為に効率が悪くなりがちである。

重要な事項を説明するために学生の板書が終わるまで待つ場合には、学生の板書のスピードや座席の位置によって書き終えるまでの時間に差ができるため、早く書き終えた学生には少々時間が余ってしまい、これもまた授業の効率が悪くなってしまう。

今回実施した「プリント授業」では、教員が作成した授業ノートと同一のプリントを配布した。これにより、教員が板書する時間・学生が黒板を書き写す時間・教員と学生との時間差を著しく減少させる事ができた。そこで生じた時間を用いて、通常授業の時よりもより詳しく説明し、演習の時間を通常授業の時よりも多く取る事ができた。また、座席によって生じる不公平を取り除く事ができた。プリント授業を実施するにあたっては、

- ・授業進度が早くなるため、なるべく細かく区切って学生の理解を確認する様にする
- ・必要な事項については、プリントに書いてある図や文章を改めて板書し、より丁寧に説明する
- ・例題の解説を行う際は、プリントに書いてあるものも省略せず、改めて板書して説明する
- ・プリントの内容や演習問題について学生同士で教えあっても良い事とする
- ・解いた演習問題を学生に板書させる事としたが、正答・誤答に関わらず、解答を書いた学生に加点するなどして、学生の自発的・積極的な授業参加を奨励する

などの点に気を付けた。

1 単元を終えたところで、別紙の様なアンケートを行ったところ、プリント授業の良い点として、

- ・分かりやすく、復習しやすい (18 人/41 人)
- ・板書の時間と手間が減り、演習の時間が増える (18 人)
- ・教員の説明を集中して聞ける (12 人)
- ・黒板より見やすい (6 人)
- ・授業進行がスムーズ (6 人)
- ・書き忘れ・写し間違いがない (4 人)

などの他、

- ・目が悪い人に優しい
- ・メガネを忘れても大丈夫
- ・首の負担が少ない
- ・板書が遅い人でも大丈夫

という意見が得られた。

一方、プリント授業の悪い点として、

- ・授業進行が早い (10 人/41 人)
- ・プリントを無くす可能性がある (5 人)
- ・手を動かさないで眠くなる (5 人)
- ・手を動かした方がより理解しやすい (4 人)
- ・分かった気になってしまう (4 人)

などの他、

- ・自分のレイアウトでノートを作りたい
- ・紙の無駄

という意見が得られた。

また、プリント授業と通常授業のどちらが良いと思うか、という問いには、8 割以上の学生が「プリント授業の方が良い」と感じている事が分かった(表 2・図 1)。

表 2 プリント授業と通常授業の評価 (人)

プリント授業の方が良い	33
通常授業の方が良い	7
無回答	1

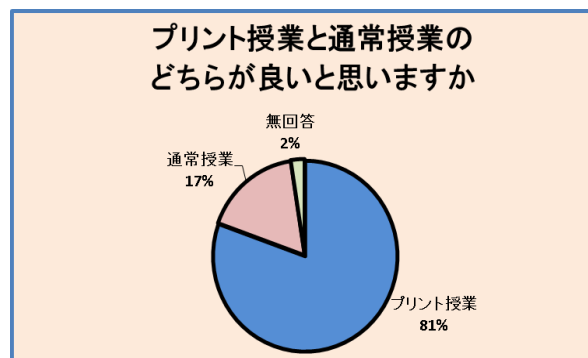


図 1 プリント授業と通常授業の評価 (%)

プリント授業の方が良いと答えた理由としては、トとした。理由は、

- ・分かりやすく、復習しやすい（12人／33人）
- ・板書の時間と手間が減り、演習の時間が増える（12人）
- ・授業進行がスムーズ（7人）
- ・書き忘れ・写し間違いがない（4人）
- ・教員の説明を集中して聞ける（3人）
- ・黒板より見やすい（2人）

という意見が得られた。

一方、通常授業の方が良いと答えた理由としては、

- ・時間をかけてでも1つ1つ内容を理解していきたい（2／7人）
- ・手を動かした方が理解しやすい（2人）

という意見が得られた。

以上より、プリント授業と通常授業とを比較して、

- ・分かりやすい
- ・復習しやすい
- ・演習の時間が増える
- ・教員の説明を集中して聞ける

などの理由により、プリント授業に対する評価の方が高い事が分かった。

一方で、1つ1つ理解しながら授業を進めていきたいと考えている学生にとっては、プリント授業は進行が早いと思われる事が分かった。

3. 反転授業とプリント授業との比較と学生による評価

次の単位では、「反転授業」を実施した。反転授業のタイムスケジュールは表3の通りである：

表3 反転授業のタイムスケジュール

段階	(分)	学習活動の内容
確認テスト	20	1. 予習してきた学習内容の確認テスト 2. 確認テストの採点・解説
導入	20	3. 予習してきた学習内容についての質疑応答
展開	40	4. 演習
まとめ	10	5. 予習してきた学習内容のおさらい

通常の「反転授業」では、ビデオ教材を用いて自宅にて学習（予習）し、授業時間には講義を行わず主に演習を行う。しかし、今回実施した「反転授業」では、ビデオ教材ではなく、内容をまとめたプリン

- ・学生全員がパソコンやタブレットを持っている訳ではない

- ・携帯・スマートフォンの機種や契約内容によっては動画が見られない

という点からである。

したがって、今回の反転授業では、前章のプリント授業で幸いにも学生から「分かりやすい」との評価を頂けたプリントを授業終了時に配布し、次の授業時間までに予習してもらうという方法で実施した。授業時間においては、

- ・確認テストを授業の最初に行う
- ・採点は学生自身が行う
- ・事前に自宅で予習してきた学習内容についての質疑応答のみを行い、講義は行わない

事とした。

先に多少の講義や質疑応答を行った直後に確認テストを行った方が確認テストの点数は高くなるが、それではプリント授業とほとんど違いがなくなってしまうのと、多くの学生が予習をしてこなくなる可能性が高いため、確認テストは授業の最初に行う事とした。

「自分のどこが間違っているのか」「採点のポイントはどこなのか」を実感できる様に、学生自身が採点する方式を取った。答案を交換して他学生の答案を採点しあう方がより教育効果は高いが、中にはどうしても他人に自分の答案を見られたくない学生もいるため、希望者のみ交換して採点しあうものとし、基本的には自分で採点する事とした。

反転授業の趣旨を鑑み、授業時間内では講義は行わず、自宅で予習してどうしても分からなかった点についてののみ、質問に答える事とした。

そこで生じた時間を用いて、自宅学習ではよく分からなかった所に対して集中的に解説したり、演習の時間を通常授業の時よりも多く取る事ができた。

1 単元を終え、前章と同様なアンケートを行ったところ、反転授業の良い点として、

- ・演習の時間が増える（15人／41人）
- ・授業進行がスムーズ（9人）
- ・自宅での学習時間が増える（6人）
- ・予習の習慣が身に付く（3人）
- ・どこを理解していてどこを理解していないのか明らかにして授業に臨める（3人）

という意見が得られた。

一方、反転授業の悪い点として、

- ・質問が出来ない為、自分だけでは理解できない（17 人／41 人）
- ・何らかの理由で予習ができない場合、授業の効果が薄れる（7 人）
- ・部活や他の科目の課題などもあり、予習自体が負担（7 人）
- ・毎回確認テストを行うのは負担（3 人）

などの他、

- ・予習していてもつまずくとやる気を無くす

という意見も得られた。

反転授業を良くするためにはどうしたら良いか、という質問に対しては、

- ・プリント授業との併用が良い（2 人）
- ・授業時間が足りない時だけ実施する
- ・全員が予習する様に徹底させる

という意見が得られた。

反転授業とプリント授業のどちらが良いと思うか、という問いには、9 割の学生が「プリント授業の方が良い」と感じている事が分かった（表 4・図 2）。

表 4 反転授業とプリント授業の評価（人）

反転授業の方が良い	4
プリント授業の方が良い	37
無回答	0

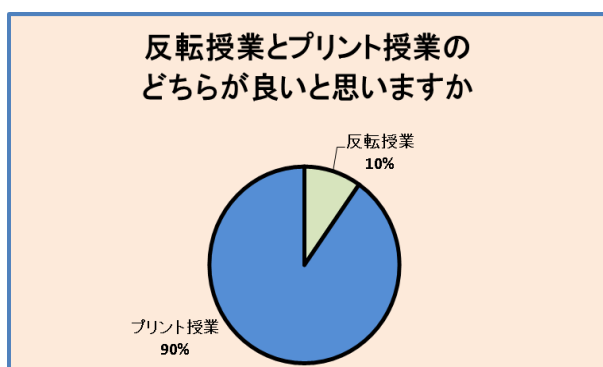


図 2 反転授業とプリント授業の評価（%）

反転授業の方が良いと答えた理由としては、

- ・1 番演習の時間が長い（3 人／4 人）
- ・予習の習慣が身に付く（1 人）

という意見が得られた。

一方、プリント授業の方が良いと答えた理由としては、

- ・1 番分かりやすい（17 人／37 人）
- ・自宅学習が負担（7 人）

- ・分からないところをすぐに聞ける（5 人）

- ・しっかりと講義を聞きたい（2 人）

という意見が得られた。

以上より、反転授業とプリント授業とを比較して、

- ・分かりやすい
- ・分からないところをすぐに聞ける

などの理由により、プリント授業に対する評価の方が高い事が分かった。

一方で、反転授業には予習の習慣が身に付き、自宅での学習時間を増やすことができると考えられている事も分かった。

4. 反転授業とプリント授業と通常授業との比較と学生による評価

次の単元では、「通常授業」を実施した。通常授業のタイムスケジュールは表 5 の通りである：

表 5 通常授業のタイムスケジュール

段階	(分)	学習活動の内容
導入	10	1. すでに学習している内容のおさらい 2. 本日の学習内容の概要説明
展開	25	3. 講義
	20	4. 演習
	25	5. 講義
まとめ	10	6. 本日の学習内容のおさらい

「通常授業」では、講義を主とする授業運営を行うものとする。すなわち、教員が作成した授業ノートを黒板に板書する事に授業時間の大半を使用する。時折、板書を止め、学生が書き終わるのを待ち、重要事項を説明する。区切りの良いところで演習を行い、学生の理解を促す。後半の講義の部分については、授業時間内に演習を行う事が難しいので、その分を宿題とする。

1 単元を終え、前章と同様なアンケートを行ったところ、通常授業の良い点として、

- ・書く事で内容を理解できる（13 人／41 人）
- ・分かりやすい（11 人）
- ・自分のレイアウトでノートが書ける（5 人）
- ・ゆっくりとしっかりと講義が聞ける（4 人）

などの他、

- ・授業に集中できる
- ・イヤでもサボれない

という意見が得られた。

一方、通常授業の悪い点として、

- ・授業進行が遅い（13人／41人）
- ・板書中は教員の説明を聞けない（10人）
- ・黒板が見づらい（8人）
- ・板書が間に合わない事がある（8人）

という意見が得られた。

また、3つの授業手法の評価について、順位づけをして貰ったところ、プリント授業や通常授業の評価が高い事が分かった（表6・図3）。

表6 3つの授業手法の評価の順位づけ（人）

通常＞プリント＞反転	11
通常＞反転＞プリント	3
プリント＞通常＞反転	20
プリント＞反転＞通常	6
反転＞通常＞プリント	0
反転＞プリント＞通常	1

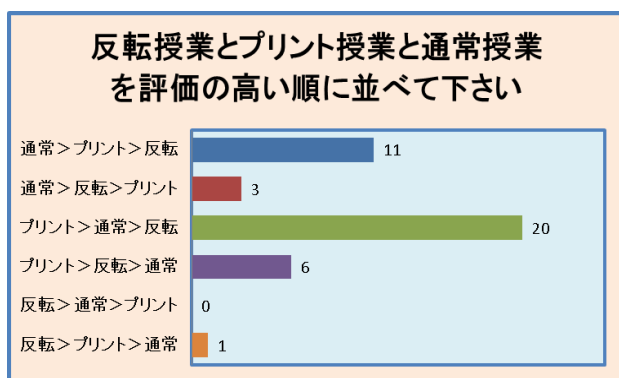


図3 3つの授業手法の評価の順位づけ（人）

特に、1番評価の高い授業手法はどれか、という問いには、約3分の2の学生が「プリント授業」と答えている事が分かった（表7・図4）。

表7 3つの授業手法の中で最も評価の高いもの（人）

通常授業	14
プリント授業	26
反転授業	1

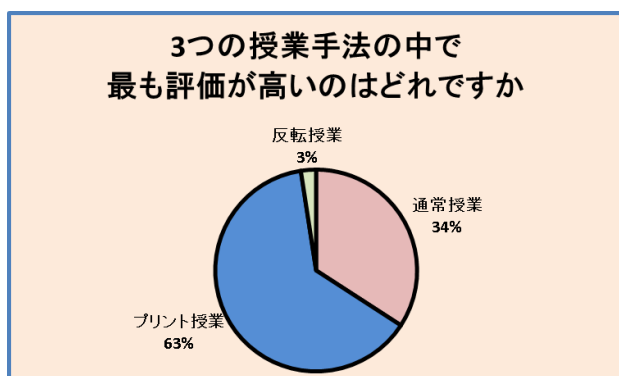


図4 3つの授業手法の中で最も評価の高いもの（%）

通常授業を最も高く評価した理由としては、

- ・1番分かりやすい（5人／14人）
- ・反転授業は学生への負担が大きい（3人）

などの他、

- ・1番授業に集中できる
- ・全員が同じ進捗で理解して授業が進む
- ・反転授業は他の科目の課題があると難しい

という意見が得られた。

プリント授業を最も高く評価した理由としては、

- ・1番分かりやすい（8人／26人）
- ・復習しやすい（6人）
- ・教員の説明を集中して聞ける（3人）
- ・黒板より見やすい（3人）
- ・反転授業は学生への負担が大きい（3人）
- ・反転授業は他の科目の課題があると難しい（2人）

などの他、

- ・通常授業では板書中は教員の説明を聞けない
- ・反転授業では分からないところが出てきても質問できない
- ・反転授業では予習していて分からないところが出るとやる気がなくなる

という意見が得られた。

反転授業を最も高く評価した理由としては、

- ・1番演習の時間が増える（1人／1人）

という意見が得られた。

以上より、3つの授業手法の比較として、

- ・分かりやすい
- ・復習しやすい
- ・教員の説明を集中して聞ける
- ・黒板よりも見やすい

などの理由により、約3分の2の学生がプリント授業を最も高く評価している事が分かった。

一方、通常授業を最も高く評価した理由も「分かりやすい」であった事から、

・学生にとって最も適した勉強方法は人それぞれである事も分かった。

また、「最も評価の高い授業手法とその理由」を聞いたにも関わらず、通常授業やプリント授業を選んだ理由として反転授業の問題点を挙げるなど、反転授業に対する学生の注目度の高さがうかがえるが、そこで出た

- ・自宅で予習をしていて分からないところが出て

きても質問できない

- ・ 自宅で予習をしていて分からないところが出てくるとやる気をなくす
- ・ 部活や他の科目の課題などがあると、自宅で予習をするのは負担になる

という意見は、反転授業を行う上での大きな問題点と言える。今回はネットワーク環境の都合でプリントでの予習という形態を取ったが、ビデオ教材を使用した場合においても、これらの問題点は全く解決されない。つまり所も少ない初等教育や、高い学習意欲を持って勉学に励む高等教育においては、反転授業は有用な授業手法として成り立つかもしれないが、学習内容が高度であるにも関わらず、特に学習に対する意識も高くない中等教育学生に対しては、反転授業の実施は難易度が高い様に思われる。

次に、3 つの授業手法を小テストや定期テストの成績の面から比較する。それぞれの単元の、2012 年度から 2014 年度までの平均得点率と、2015 年度の平均得点率は表 8 の通りである。ただし、2012 年度から 2014 年度は全ての単元において通常授業を行ったが、2015 年度は単元 A をプリント授業で、単元 B を反転授業で、単元 C を通常授業で行った。なお、小テストや各年度の定期テストの満点が異なるため、平均得点ではなく平均得点率にて集計を行った：

表 8 単元ごとの年度別平均得点率（％）

	単元A	単元B	単元C
2012年度～ 2014年度平均	92.8	87.3	77.7
2015年度	96.4	87.6	79.5

単元 A, B, C と進むにしたがって、2012 年度から 2014 年度までの平均についても、2015 年度についても、平均得点率は次第に下がってきている。これは、授業が進むにしたがって難易度が増しているからである。単元 C は 2012 年度から 2014 年度までにおいても 2015 年度においても通常授業であったので、それぞれの単元の平均得点率を単元 C の平均得点率で割った値を表したものが表 9 である：

表 9 単元 C を基準とした、各単元の年度別平均得点倍率

	単元A	単元B	単元C
2012年度～ 2014年度平均	1.19	1.12	1
2015年度	1.21	1.10	1

単元 A において、2012 年度から 2014 年度までは通常授業を行ったが 2015 年度はプリント授業を行った。また、単元 B において、2012 年度から 2014 年度までは通常授業を行ったが 2015 年度は反転授業を行った。したがって、それぞれの単元における 2015 年度の値を 2012 年度から 2014 年度までの値で割った値を表したものが表 10・図 5 である：

表 10 通常授業を基準とした、各授業手法の平均得点倍率

通常授業	1
プリント授業	1.02
反転授業	0.98

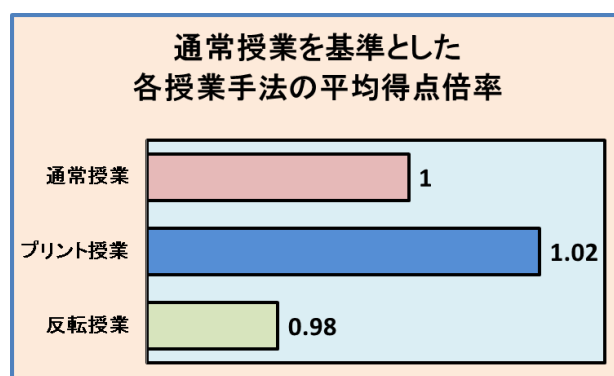


図 5 通常授業を基準とした、各授業手法の平均得点倍率

表 10・図 5 の通り、通常授業と比較して、プリント授業は平均得点率が約 2% 上昇し、プリント授業が最も成績がよい事が分かった。反転授業は平均得点率が約 2% 下落した。この結果は学生の評価とも合致しており、「分かりやすい」と評価された順に成績が良い事が分かった。

5. まとめ

ある 1 つのクラスの数学の授業において、単元毎に「通常授業」「プリント授業」「反転授業」の 3 つの異なる授業手法を用いた授業運営を行ったところ、

- ・ 1 番分かりやすい
- ・ 復習しやすい
- ・ 演習の時間が増える
- ・ 教員の説明を集中して聞ける
- ・ 黒板より見やすい
- ・ 分からないところをすぐに聞ける

などの理由により、約 3 分の 2 の学生が「プリント授業が最も評価が高い」と答えた。

「通常授業が最も評価が高い」と答えた学生も約

3 分の 1 いたが、その理由もまた「1 番分かりやすい」であった事から、

- ・学生にとって最も適した勉強方法は人それぞれである事も分かった。

一方、反転授業を行うにあたっては、

- ・自宅で予習をしていて分からないところが出てきても質問できない
- ・自宅で予習をしていて分からないところが出てくるとやる気をなくす
- ・部活や他の科目の課題などがあると、自宅で予習をするのは負担になる

などの問題がある事が分かった。ただし、現在、高専の多くの教員が反転授業の運営方法の改善や教材作成について研究しており、これらの問題は今後解決されていくものと期待する。

6. 謝辞

本研究は科研費（課題番号：25350313）の助成を受けたものである。ここに謝意を表す。

参考文献

[1] 文部科学省『用語集』

(http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2012/10/04/1325048_3.pdf#search='%E3%82%A2%E3%82%AF%E3%83%86%E3%82%A3%E3%83%96%E3%83%A9%E3%83%BC%E3%83%8B%E3%83%B3%E3%82%B0+%E6%96%87%E9%83%A8%E7%A7%91%E5%AD%A6%E7%9C%81+%E5%AE%9A%E7%BE%A9'))

(平成 28 年 12 月 20 日 受理)

授業方法についてのアンケート 1

回答者： 年 組・科 番

問 1. プリントによる授業（必要な所だけ板書）の良い所を挙げてください.

問 2. プリントによる授業の悪い所を挙げてください.

問 3. プリントによる授業と通常の授業（全て板書）のどちらが良いと思いますか.
理由とともに答えてください.

ご協力ありがとうございました.

ドイツ民法の消費者撤回権効果規定の解除権規定からの分離に関する一考察

廣瀬 孝壽*

A Study on the Separation of the Provisions on Effects of Consumer Withdrawal Rights from the Provisions of Revocation Rights in the German Civil Code

Koju HIROSE

The EU Consumer Rights Directive was transposed into the German civil code and resulted in the German civil code being amended, where the provisions on effects of consumer withdrawal rights were separated from the provisions of revocation rights in German civil code. This study examined German civil code § 357 and § 361, and analyzed the relationship between its consumer law and civil code.

(Keywords : consumer, withdrawal rights)

1. はしがき

近年の重要な消費者保護関連のEU指令として、2011年10月25日「消費者の権利に関する欧州議会及び理事会指令(Richtlinie 2011/83/EU)(以下、EU消費者権利指令という)¹⁾」がある。EU消費者権利指令は、同指令3条3項などに規定されている適用除外を除き、事業者と消費者との間で締結される契約に適用され、通信販売契約及び営業所外契約に関する情報提供及び撤回権に関する詳細な規定を定めている。ドイツでは、2013年12月13日までにEU消費者権利指令を国内法化しなければならなかったため、最終の改正作業として、2013年9月20日に主にドイツ民法の改正がなされた²⁾。施行は、2014年6月13日であった。この国内法化による2014年改正施行ドイツ民法については、日本においても既に詳細な紹介がなされている³⁾。

本稿において、この2014年改正施行ドイツ民法の新規定の中で、特にドイツ民法新357条及び新361条について分析を行うこととする。改正前の「旧357条1項1文」は、「撤回権及び返還権については、別段の定めがない限り、法定解除の規定が準用される」と規定していたが、しかし、この文言は削除されて新たな条文へと改正された。すなわち、かつての消費者撤回権の効果は法定解

除の規定(ドイツ民法346条以下)との関連を有していたのであるが、しかし、ドイツ民法新357条及び新361条によって消費者撤回権の効果と解除権の効果とが分離されたのである。本稿においては、このドイツ民法新357条及び新361条に関するドイツの学説について紹介し、消費者法規定(消費者撤回権)と民法の一般規定(解除権)との関係性について考察することとする。

2. 完全平準化と法改正

EU消費者権利指令は、完全平準化に近いアプローチを採用している。すなわち、加盟国は消費者保護に関してほとんど同レベルの法規定を国内法化しなければならなかったのである。完全平準化に関しては、いくつかの例外規定が存在し、加盟国独自の規定を設けることが可能な部分も残されていたが、このような例外は非常に少なく、基本的にはEU消費者権利指令をそのまま(EU消費者権利指令よりも消費者保護を強化することでも後退させることもなく、完全に同レベルで)国内法化しなければならなかった。したがって、今までに存在しなかった「新たな概念」がドイツ民法に規定されることで、「新概念と類似するドイツ民法上の既存の他概念」との関係など、新概念の解釈上の問題が生じることとなるものと考えられ

*一般教育科

る。「新概念」と「既存の類似概念」との比較考察として、すでに、撤回権行使の効果に関して、ドイツ民法の「旧 312e 条」から削除された収益 (Nutzungen) という文言、「旧 357 条」から削除された損傷 (Verschlechterung) という文言など (既存の概念) に注目し、一方、それらに代わる新たな概念として新 357 条に新たに規定された価値減少 (Wertverlust) という文言 (新概念) にも注目して、それぞれの概念について関連規定も含めて紹介がなされ、簡単な比較考察もおこなわれている⁴。

立法手続き上の理由として、EU 消費者権利指令の国内法化によるドイツ民法改正の根拠は、単純に EU 消費者権利指令の完全平準化であると説明することも可能である。しかし、完全平準化とはいえ、ドイツ民法の条文を大きく変更している以上、ドイツ民法上の各種規定・概念の議論にも影響を与えたのではないかと考える。したがって、本稿においては、単に完全平準化の要求に従っただけであるのかという根本的な疑問が生じており、次の点について調査・分析する必要があるものと考えている。第一に、考察の前提として、法技術的に法状況にどのような変化・影響が生じたのかということである。第二に、この改正による法状況の変化・影響についてドイツにおいてどのように議論がなされているのかということである。本稿においては、消費者撤回権と解除権との分離に着目した学説について紹介し、消費者法規定 (消費者撤回権) と民法の一般規定 (解除権) との関係性についてのみ考察することとする。

3. 消費者の注意義務に関する議論

消費者が撤回権を有する取引において、購入した商品が消費者から事業者へ返還される前に、消費者がその商品を損傷、破壊又は滅失する場合がある。ドイツ民法新 357 条及び新 361 条においては、この場合の消費者の注意義務が問題となるとする学説があり、以下にこの学説による問題提起を要約して紹介することとする⁵。

基本的な問題提起として、新しい消費者撤回権には、解除権に関する規定が有するような詳細な規定が不足しており、今後法律上の問題が生じるとしている。まず、消費者が撤回権に関する教示を受けていない場合と受けている場合との場合分けをしてい

る。特に、消費者が撤回権に関する教示を受けていない場合、撤回権の行使によって消費者にどのような法律効果が生じるかは、経済的にも実際的にも非常に重要であるとしている⁶。また、撤回権の行使前の事業者の請求権と行使後の事業者の請求権との比較考察をおこない、このときの消費者に対する事業者の請求権を明らかにしようと試みている⁷。そして、購入物の故意又は重過失による損傷又は破壊に関して消費者に責任があるとする解釈を導くため、ドイツ民法新 357 条及び新 361 条の解釈に対する目的論的縮小がなされうと述べている⁸。以上の問題提起及び解釈論を説明するために、次のような具体例を挙げている。消費者がインターネットで新しいスマートフォンを大企業である携帯無線通信機製造業者に注文した場合であり、明らかにドイツ民法 312c 条 1 項・2 項により消費者撤回権が適用される場合である。そして、この場合に、消費者が全く教示を受けていないか又は誤った教示を受けているという設定をしている。ドイツ民法 355 条 2 項の原則により契約締結後 14 日の撤回期間が適用されるための要件として、ドイツ民法 356 条 3 項 1 文において、規定に従いつつ期間内に撤回権に関する教示がなされることが要件とされている。期間を開始する正式な撤回の教示の要件は、通信販売契約の場合、ドイツ民法施行法 246a 条 1 項 1 文 1 号と連携するドイツ民法 356 条 3 項 1 文に従う。この結果として、撤回の教示が行われないか又は不完全な場合には、ドイツ民法 356 条 3 項 2 文の最長期間 (12 カ月と 14 日) が適用される。問題点を分かりやすくするために以上のような具体例を示し、たとえば、消費者が、商品の受領後その商品を重過失又は故意によって損傷し、その後、通信販売取引の撤回を宣告したとすると、このような場合には、事業者が消費者に対してどのような請求権を有するかが問題となるとする⁹。以上が、具体例を用いた上での問題意識の説明である。次に、ドイツ民法新 357 条及び新 361 条の条文内容を説明して、改正ドイツ民法における新たな法律状況について整理している。まず、ドイツ民法 357 条 7 項は、「消費者は、次に掲げる場合において、商品の価値減少に関して価値償還をしなければならない」として、「1. 価値減少が、商品の性状、性質及び機能状態の検査に必要な商品取扱いに起因する場合であり、かつ、2. 事業者が、消費者に対して、ドイツ民法施行法 246a 条 1 条 2

項1文1号にしたがい消費者の撤回権について教示した場合」という2つの要件を規定している。したがって、このドイツ民法357条7項の条文の文言に従うと、教示が不十分であれば、重過失又は故意による損傷であっても消費者に価値償還義務がないこととなり、このドイツ民法357条7項を超えて事業者が消費者に損害賠償請求できるかが争点となる¹⁰。次に、ドイツ民法361条1項は、「撤回の効果として、この款の規定の他には、消費者に対する請求権は存在しない」と規定しており、したがって、事業者が撤回の効果として消費者に請求できる権利は、この款（355条から361条）に規定されている請求権のみということになる。このドイツ民法361条1項の条文の文言に従うと、355条から361条に損害賠償請求権の規定がないため、重過失又は故意による損傷であっても消費者に損害賠償義務がないこととなり、ここでもこのドイツ民法361条1項を超えて事業者が消費者に損害賠償請求できるかが争点となる¹¹。いずれにおいても、撤回権行使後の効果の問題であり、ドイツ民法361条の解釈の問題として問題提起されている。尚、以上の説明は撤回権行使後の理論として説明されており、行使前については、次のように異なる理論で説明されている。まず、撤回権の行使前にはまだドイツ民法355条3項に基づく返還請求権は存在していないことを前提としている。それ故に、その物が損傷、破壊又は滅失した場合、ドイツ民法280条1項・3項・283条に基づく（その物の破壊又は滅失）又はドイツ民法280条1項・3項・241条2項又は311a条2項に従う（その物の損傷）損害賠償請求権は、問題になることはない。購入物を損傷しない義務、破壊しない義務又は滅失させない義務が撤回権の行使前に消費者にあるのであれば、ドイツ民法280条1項・241条2項に基づく損害賠償請求権が問題になると思われる¹²。このような義務が存在するかしないかは、明らかでない¹³。当該義務が存在するのであれば、この義務には、この配慮義務の遵守請求権（又は購入物を侵害する恐れがある場合の差止請求権）が対応するものと思われる¹⁴。更に、前提として、消費者の撤回の意思表示及び締結された契約はいずれも有効であるということに注意しなければならない。それ故に、この契約は不確定的無効ではない。撤回権の行使によって、契約の効果が将来に向かって清算関係に変換されるにすぎないと主張している¹⁵。以上の理論を説明した上で、更に、撤

回権を知る前と知った後とで場合分けを行い、次のような分析をおこなっている。まず、配慮義務が撤回権を知る前には存在しないということは、明白であると思われる¹⁶。なぜなら、もしそうでないならば（常に配慮義務があるならば）、買主は、その物を自由に随意に扱うことができなくなるからである¹⁷。このことは、買主は撤回期間の経過中は購入物を注意深く扱わなければならないということの意味する。しかし、これは、ドイツ民法903条の規定内容に反する¹⁸。いずれにせよ、消費者が自分自身に撤回権があることを知ったその時点から、状況が異なるのであると判断されることができると思われる。なぜなら、消費者は、その時点から、その物を注意深く扱うことが要求され得るからであると主張している¹⁹。以上のような分析をおこなって、最終的には解除権と消費者撤回権と比較している。すなわち、解除権者には購入物を自由に扱う権利があるその根拠の一つとしてドイツ民法903条を挙げることでもできる一方で、撤回権があることを知った消費者にも自由に処分する権利がありかつ撤回権まで認めてよいかという疑問が生じる²⁰。ドイツ民法361条の条文の文言を絶対的に遵守して消費者に絶対的な特権を与えると不当な結果となることがあるが、この不当な結果を回避するための解釈は消費者保護の目的を根拠とした上でおこなうことが可能であるとする²¹。ドイツ民法355条以下の消費者保護の目的が、消費者にできる限り容易かつ広範な消費者撤回権を可能としようとしていることを考慮すると、この消費者保護の目的を損なう解釈は望ましくないと考えている²²。

以上のようにドイツにおいて論じられている問題提起を要約して紹介した。法技術的な問題は立法論としても解釈論としても興味深い²³が、本稿においては、消費者保護の目的が解釈論として活用されたことに注目したい。ドイツ民法361条は消費者保護の度合いが強すぎるとも考えられるが、一方で、このドイツ民法361条を含む消費者法規定は消費者保護が根拠であることが明確に意識されており、消費者保護という点で解除権の解釈の根拠との間に相違があることを示しているようにも思われる。

4. 準用の廃止

ドイツ民法改正前の「旧357条1項1文」は、「撤回権及び返還権については、別段の定めがない限り、

法定解除の規定が準用される」と規定していたので、第一にドイツ民法 346 条の適用について検査がなされ、次に 357 条の適用の検査がなされるという二段階の検査による解釈が必要であった。しかし、改正後のドイツ民法新 357 条が準用を廃止したことで、二重の手間がなくなり、この二重の手間の問題を解決したことは一定の評価を得ているようである²³。この準用の廃止は、準用の連鎖の放棄による規定の明確性及び法的安定性という利益があるとして、これを歓迎する見解がある²⁴。尚、解除法の準用は、不当利得法との関係など、ドイツ民法の過去の改正においても課題としてきた重要課題であると考えられるが²⁵、このような大きな問題は、今後の研究に委ね、別稿をもって論じることとしたい。

5. 不確定的有効構成における問題

ドイツ民法の消費者撤回権の法律構成は、2000 年の民法改正において、不確定的無効構成（浮動的無効構成）から不確定的有効構成（浮動的有效構成）へと転換されている。この転換は、通信販売においては、消費者が引き渡された商品の現物を確認できるようになってはじめて撤回権を行使するか否かを実質的に判断できるようになるため、契約を有効として消費者の履行請求権を認める必要があったからであると理解されている²⁶。

つまり、「浮動的有效と理解するならば消費者は、契約から生じる全ての権利を有し、瑕疵担保請求権を有する²⁷」と考えられたのである。不確定的有効構成（浮動的有效構成）そのものに対する批判及び議論はあるが²⁸、仮に有効であるとの前提で考えると、撤回期間において、解除も撤回も可能な場合の請求権をどのように考えるかという問題もある²⁹。すなわち、消費者は、撤回した場合は撤回の効果としての請求権しか有さず、一方、解除した場合は解除の効果としての請求権しか有さないのかという問題が考えられる。たとえば、法定解除か消費者撤回かという一種の二重効の問題も生じる可能性がある。「無効な契約を撤回することができるか³⁰」という問題とも関連し、今後の判例・学説の研究が必要となる問題であると考ええる。

6. 収益と価値減少との関係

ドイツ民法新 357 条及び新 361 条により収益が請求できなくなったことも指摘されている³¹。しかし、この点も問題は多いと思われる。たとえば、消費者にとって収益と思えるものはなかったが、価値が大きく減少した場合などは、消費者保護が達成されているとは考えられない。また、損失と利得との関係で、不当利得の理論とも関連させて考察する必要もあるものと思われる。消費者に選択権を与える理論も可能であるのかなど、今後の研究課題とし、別稿をもって論じることとしたい。

7. 結びにかえて

「法定解除の規定の準用の廃止」について、ドイツにおいてその法技術的な長所及び短所に関する議論はなされており、今後も判例・学説などが増えることにより議論はさらに進展するものと思われる。消費者法規定（消費者撤回権）と民法の一般規定（解除権）との分離という視点での議論は、消費者法と民法との関係という大きな議論であると考えられるため、簡単には論じられていないように思われる。但し、消費者法規定の解釈などについて論じられる際には消費者保護の目的が考慮されており、一般的な取引保護の目的とは法技術的にも区別した上での論理構成が見られる。消費者法の位置付けは難しい問題であり、消費者法規定が一般的な民法理論から導くことができるのか、それとも、消費者法規定は一般的な民法理論とは別個の特殊な理論から導かなければならないのかなど、この問題に関しては明確に解明されておらず、また、そもそもこのような分類が適切であるのかという問題提起も含めて、多角的な分析がなされなければならないものと思われる。今後も、消費者法と民法との関係に関する研究の一助となるよう、ドイツにおける消費者撤回権と解除権に関する判例・学説に関する研究を続けていきたい。

<ドイツ民法 346 条>解除の効果

(1) 契約当事者の一方が契約により解除権を留保し、又は法定解除権を有する場合において、契約を解除するときは、受領した給付を返還し、取得した収益 (die gezogenen Nutzungen) を引渡さなければならない。

(2) 次の各号の場合に限り、(返還) 債務者は、返還又は引渡しに代えて、価値償還 (Wertersatz) を

しなければならない、

1. 取得したものの性質上その返還又は引渡しをすることができない場合、
2. (返還) 債務者が受領した目的物を消費し、譲渡し、負担を加え、加工し又は改造した場合、
3. 受領した目的物が損傷 (verschlechtert) 又は滅失した場合、但し、用途にそった使用によって生じた損傷 (Verschlechterung) を除く。

契約において反対給付を定めていたときは、価値償還 (Wertersatz) は、この反対給付に基づいて算定されなければならない、貸付金の使用利益 (Gebrauchsvorteil) に関して価値償還 (Wertersatz) がなされなければならない場合、使用利益の価値が低下したときは、その低下について立証することができる。

(3) 次の各号の場合には、価値償還義務は、消滅する、

1. 解除を基礎づける瑕疵が目的物を加工又は改造に際してはじめて明らかになった場合、
 2. 損傷若しくは滅失につき (返還) 債権者に帰責事由があり、又は損害が (返還) 債権者のもとでも同様に発生したであろう限り、
 3. 法定解除権の場合に、解除権者が自己の物として通常用いるのと同じの注意を払ったにもかかわらず、損傷又は滅失が解除権者のもとで発生した場合。
- 残存利益 (eine verbleibende Bereicherung) は、返還されなければならない。

(4) (返還) 債権者は、第 1 項の義務違反に基づき、第 280 条から第 283 条までに従って損害賠償を請求することができる。

<ドイツ民法355条>消費者契約における撤回権

(1) 消費者が法律によりその規定に従って撤回権を有する場合において、消費者が期間内に意思表示を撤回したときは、消費者及び事業者は、契約締結へ向けた自己の意思表示に最早拘束されない (nicht mehr gebunden)。撤回は、事業者に対して表示することによって成立する。この表示は、契約を撤回する消費者の決定を明確に示すものでなければならない。この撤回には、理由は必要としない。期間の遵守については、撤回を期間内に発信すれば足りる。

(2) 撤回期間は、14日とする。撤回期間は、別段の定めがない限り、契約締結から起算する。

(3) 撤回がなされた場合は、受領した給付を遅滞なく返還しなければならない。法律が最長の返還期

間を定めているときは、その期間は、事業者に関しては撤回の表示が到達したときから起算し、消費者に関しては撤回の表示を発信したときから起算する。消費者は、期間内に商品を発送すれば、期間を遵守したこととなる。撤回がなされた場合は、商品の返送に関する危険は、事業者が負担する。

<ドイツ民法357条>金融サービスに関する契約を除く営業所外契約及び通信販売契約の撤回の法律効果

(1) 受領した給付は、遅くとも 14 日後に返還しなければならない。

(2) 事業者は、配送に関して消費者が支払ったすべての金銭を返還しなければならない。事業者の申し出た割安な標準的配送とは異なる配送方法を消費者が選択したため、これにより消費者に追加費用が生じた場合は、この限りでない。

(3) 事業者は、返還に関して、消費者が支払いの際に使用した方法と同じ支払方法を使用しなければならない。その他の方法によることの明示の合意があり、かつ、それにより消費者に費用が生じないときは、1 文は適用されない。

(4) 消費者動産売買 (Verbrauchsgüterkauf) において、事業者は、事業者が商品の返還を受けるまで又は消費者が商品を発送したことを消費者が立証するまで、返還を拒むことができる。事業者が商品を取りに行くことを申し出たときは、この限りでない。

(5) 事業者が商品を取りに行くことを申し出たときは、消費者は、受領した商品を返送する義務を負わない。

(6) 事業者が、消費者に対して、ドイツ民法施行法 246a 款 1 条 2 項 1 文 2 号に従ってその消費者の義務を教示したときは、消費者は、商品の返送の直接の費用を負担する。事業者がこの費用を負担する意思を表示したときは、1 文は適用されない。契約締結時に消費者の住居に商品が配送されていた場合の営業所外契約において、その商品が郵便で返送することのできない性状を有するときは、事業者は、事業者自身の費用で商品を取りに行く義務を負う。

(7) 消費者は、次に掲げる場合において、商品 (Ware) の価値減少 (Wertverlust) に関して価値償還 (Wertersatz) をしなければならない、

1. 価値減少 (Wertverlust) が、商品 (Ware) の性状 (Beschaffenheit)、性質 (Eigenschaften) 及

び機能状態 (Funktionsweise) の検査 (Prüfung) に必要でない商品取扱い (Umgang) に起因する場合であり、かつ

2. 事業者が、消費者に対して、ドイツ民法施行法 246a 款 1 条 2 項 1 文 1 号にしたがい消費者の撤回権について教示した場合。

(8) 消費者が、役務提供に関する契約、水、ガス若しくは電気を量を定めることなく若しくは体積を限定することなく供給する契約又は遠隔熱供給契約を撤回する場合において、消費者が、事業者に対して、撤回期間満了前に履行を開始するように明示して要求していたときは、消費者は、事業者に対して、撤回までに提供された履行に関して価値償還

(Wertersatz) する責任を負う。事業者が、消費者に対して、ドイツ民法施行法 246a 款 1 条 2 項 1 文 1 号及び 3 号により規定に従った情報提供をした場合にのみ、1 文の請求権は成立する。営業所外契約においては、消費者が 1 文における消費者の要求を耐久性データ記録媒体によって伝えた場合にのみ、1 文の請求権は成立する。約定の代金総額に基づいて、価値償還 (Wertersatz) の算定がなされなければならない。約定の代金総額が過大である場合は、提供された履行の市場価値に基づいて、価値償還 (Wertersatz) の算定がなされなければならない。

(9) 消費者が、有形のデータ記録媒体によらないデジタル・コンテンツの供給に関する契約を撤回する場合は、消費者は、価値償還 (Wertersatz) する責任を負わない。

<ドイツ民法 361 条>その他の請求権、異なる合意及び立証責任

(1) 撤回の効果として、この款の規定の他には、消費者に対する請求権は存在しない。

(2) 別段の定めがない限り、消費者の不利となるような、この款の規定と異なることがあってはならない。この款の規定は、別段の定めがない限り、異なる形態で回避がなされている場合にも適用される。

(3) 撤回期間の起算点について争いがある場合は、その立証責任は事業者にあるものとする。

<EU 消費者権利指令 14 条 2 項>

商品の価値減少 (Wertverlust) が商品の性状 (Beschaffenheit)、性質 (Eigenschaften) 及び機能状態 (Funktionsweise) の検査に必要でない、商

品の取り扱いに起因する場合に、消費者は、その価値減少の責任のみ (nur) を負う。消費者が事業者により第 6 条 1 項 h に従って撤回権について教示されなかったときは、商品の価値減少の責任を負わない。

(平成 28 年 12 月 20 日 受理)

¹ EU 消費者権利指令の翻訳として、寺川永＝馬場圭太＝原田昌和「2011年10月25日の消費者の権利に関する欧州議会及び理事会指令」関西大学法学論集 62 巻 3 号 (2012 年) に全訳があるほか、インターネット上で、和久井理子「試訳 (仮) (翻訳作成掲載日 2012 年 1 月 23 日、訂正 2012 年 2 月 7 日)」(http://studylaw.web.fc2.com/201183EU_EJ.htm) において条文訳が公表されている。

² G. v. 20.09.2013 BGBl. I S. 3642 (Nr. 58); Geltung ab 13.06.2014 (Gesetz zur Umsetzung der Verbraucherrechterichtlinie und zur Änderung des Gesetzes zur Regelung der Wohnungsvermittlung (VerbrRRLUG k.a.Abk.)).

³ 右近潤一「消費者の権利指令に基づくドイツ民法改正後の営業所外契約と隔地販売契約の撤回要件」京都学園法学 74 号 (2014 年) 43 頁以下、寺川永「ドイツにおける EU 消費者権利指令の国内法化」関西大学法学論集 64 巻 5 号 (2015 年) 37 頁以下、クリスティアン・フェルスター (寺川永 (訳)) 「ドイツ法における撤回権の現在—EU 消費者権利指令の国内法化」関西大学法学論集 65 巻 3 号 (2015 年) 336 頁以下において、EU 消費者権利指令の国内法化による改正ドイツ民法について詳細に紹介されている。

⁴ 廣瀬孝壽「EU 消費者権利指令のドイツ国内法化における論点—撤回権行使の効果規定における消費者保護を中心として—」北九州工業高等専門学校研究報告 48 号 (2015 年) 101 頁以下。

⁵ Jan Singbartl und Josef Zintl, Schadensersatzhaftung des Verbrauchers bei nicht erfolgter oder fehlerhafter Widerrufsbelehrung, NJW 2016, S. 1848~1851.

⁶ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848.

⁷ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848~1849.

⁸ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848~1851.

⁹ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848.

¹⁰ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848.

¹¹ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848~1849.

¹² Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.

¹³ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.

¹⁴ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.

¹⁵ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.

- ¹⁶ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.
¹⁷ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.
¹⁸ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.
¹⁹ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.
²⁰ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1849.
²¹ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848
 ~1851.
²² Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848
 ~1851.
²³ Jan Singbartl und Josef Zintl, a. a. O. S. 1848.
²⁴ Martin Schmidt-Kessel, Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Verbraucherrechtlinie und zur Änderung des Gesetzes zur Regelung der Wohnungsvermittlung, S. 24. (この文献が http://www.schmidt-kessel.uni-bayreuth.de/pdf_or_dner/Stellungnahme_VRRL.pdf にて入手可能であることは、右近潤一(注3)47頁において紹介されている。)
²⁵ ドイツ債務法現代化法における大改正を中心とする旧法・新法の比較研究は多くの研究者によって詳細な研究がなされているが、主要な研究者の論文集・著書の一部を列記すると、岡孝編『契約法における現代化の課題』(2002年、法政大学出版局)、半田吉信『ドイツ債務法現代化法概説』(2003年、信山社)、ユルゲン・バセドウ編(半田吉信=滝沢昌彦=松尾弘=石崎泰雄=益井公司=福田清明(訳者))『ヨーロッパ統一契約法への道』(2004年、法律文化社)、川角由和=中田邦博=潮見佳男=松岡久和編者『ヨーロッパ私法の展開と課題』(2008年、日本評論社)、石崎泰雄『契約不履行の基本構造—民法典の制定とその改正への道』(2009年、成文堂)、半田吉信『ドイツ新債務法と民法改正』(2009年、信山社)、潮見佳男『債務不履行の救済法理』(2010年、信山社)、下森定『履行障害法再構築の研究—下森定著作集Ⅱ—』(2015年、信山社)などがあり、多大な研究文献の内の一部のみを列記させていただいた。
²⁶ 右近潤一「撤回概念明確化のための覚書—EU通信販売指令のドイツ国内法化を参考に—」同志社法学53巻1号(2001年)265頁以下において、ドイツ民法における「消費者撤回」としての「撤回」という概念について、「解除」との比較も含め、詳細な研究がなされている。
²⁷ 山本弘明「撤回期間と履行請求権」北海学園大学法学研究41巻2号(2005年)227頁。
²⁸ 山本弘明(注27)217頁以下において、特にドイツ民法改正後の撤回権に関する議論について、詳細な研究がなされている。たとえば、山本弘明(注27)230頁において、Fischerによる批判として、「(従来の議論において前提となっている撤回を契約に関連させて理解する考え方を批判し、撤回を意思表示に関連させて理解する考え方を提案した。)ここで問題となるのは、撤回権が、消費者の意思表示自体を消却するのか、あるいはその拘束力のみを、

撤回が排除するのかが問題であり、これに関連して、消費者の意思表示への欠けている拘束が、成立した契約同様に意思表示の有効性に影響を与えないのか、あるいは契約上の法律効果を結果的に破棄するのかが重要である。」とする見解を紹介している。また、山本弘明(注27)231頁において、Reinerによる批判として、「撤回の対象が意思表示であり、効果も意思表示への拘束からの解放である以上、むしろ取消権類似のものとして理解すべきではないか。」とする見解を紹介している。

²⁹ 山本弘明「通信販売契約の撤回と使用利益の賠償」国際商事法務38巻11号(2010年)1576頁以下において紹介されている判例(EuGH(1. Kammer), Urt. v. 3. 9. 2009 - C-489/07)(NJW 2009, 3015)は、故障後に撤回した事例であるので参考になると思われる。判例の概要は、次のような内容である。消費者(原告)は、2005年12月2日、事業者(被告)からインターネットで中古ノートパソコンを278ユーロで購入した。事業者の普通取引約款には、買主は通常の利用によって生じた商品の損傷につき賠償しなければならない旨、定められていた。2006年8月にディスプレイが故障したため、2006年8月4日に消費者は事業者に連絡したが、事業者は無償修理を拒否した。2006年11月7日、消費者は撤回して、代金278ユーロの支払いを求めた。ラール区裁判所は、事業者が撤回の教示をしていなかったため、撤回そのものは有効であるという前提に立っていた。当時のドイツ民法は通信販売における使用利益償還義務を消費者に義務付けており、ラール区裁判所は、EC司法裁判所にドイツ民法の規定がEC指令に適合しているかについて付託した。EC司法裁判所は、2009年9月3日の先決判決において以下のような限定的な判断をした。すなわち、「EC通信販売指令

(Richtlinie 97/7/EG) 6条1項2文及び2項の規定に、消費者が通信販売によって購入した商品を使用し撤回権を期間内に行使した場合に、売主に消費者に対する商品の使用についての一般的な価格償還を認める国内法(ドイツ民法357条1項1文)は適合しないと解釈されなければならない。」としながらも、「ただし、同条(ドイツ民法357条1項1文)は、消費者が不当利得又は信義則等の民法の原則に反した商品の使用をした場合には、指令の目的と撤回権の有効性を侵害しない限りにおいて、商品の使用につき価格償還をすべき消費者の義務に反するものではない。」として、消費者にも一定限度の使用利益償還義務があるとした。通信販売の特徴として、瑕疵のあった別の代物給付の事件と異なり、撤回権は契約目的物を検査・試用ができない消費者を保護するために与えられた権利であること、そして、撤回権の場合には事業者側には不当な行為がないという前提での判断がなされていた。

³⁰ 青野博之「無効な契約を撤回することができるか—ドイツ民法におけるレーダー探知機の通信取引契

約一」駒澤法曹9号(2013年)1頁以下において、良俗違反により無効となる契約(速度違反などの交通監視設備を回避することのできるレーダーを消費者が購入した契約)の論点として、「無効な契約を撤回できるのか」という論点について詳細に分析されており、肯定説(消費者保護という撤回の意義。二重効。主張立証責任。）・否定説(有効な契約のみ撤回できる。撤回の場合は、不当利得ではなく、解除による原状回復であるので、無効な契約の撤回の場合には、二重効の問題ではない(給付の返還は不当利得による)。)などのほかにも、判例の内容が詳細に紹介され、分析されている。

³¹ Peter Bülow und Markus Artz, Verbraucherprivatrecht 4., völlig neu bearbeitete Auflage, 2014 C. F. Müller, S. 80.

波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度特性

志村 穰*, 葛城 拓矢**, 林 丈晴*, 黒崎 茂***

Compressive Shear Strength Properties for Adhesively Bonded Wavy-lap Joints

Jyo SHIMURA, Takuya KATSURAGI, Takeharu HAYASHI, Shigeru KUROSAKI

The purpose of this study is to clarify the strength properties of the adhesively wavy-lap joints under compressive shear loads. Therefore, compressive shear test to measure the fracture loads of the joints and FEM analysis to investigate the stress distribution and deformation at bonded part were carried out. As a numerical result, it was found that the stress distribution in the adhesive layer was maximal at center of lapped part as the case where compressive shear was applied. From the experimental results, it was found that the compressive shear strength of the adhesively wavy-lap joint became more increasing than that of ordinary single-lap joint

(Keywords: Adhesively Wavy-lap Joint, Compressive Shear Strength, Stress Distribution, FEM)

1. 緒言

近年、冶金的接合法やねじなどの機械的接合法に代わり、接着剤を用いた接着接合法が航空機や自動車、スポーツ用具の構造部分、電子・電気部品の製造など適用分野の拡大が進んでいる。筆者の研究室では、接着継手接合部の幾何形状が強度特性に及ぼす影響に着目し、実用的な継手形状の提案を目的に、接合部形状を変化させた各種接着継手について実験および解析の両側面から強度特性を検討している。前川ら¹⁾は継手接合部に曲面形状を有する“波型重ね合わせ接着継手”を提案し、既存の単純重ね合わせ接着継手に比べ、引張せん断強度が向上することを示した。志村ら²⁾は、前川ら¹⁾が提案した波型重ね合わせ接着継手の曲げ強度特性を解明するために、4点曲げ負荷実験および三次元有限要素応力解析を実施し、その有用性を確認した。また、コアら³⁾は異種材料の被着体で構成される波型重ね合わせ接着継手の曲げ強度特性を4点曲げ負荷実験および三次元有限要素応力解析により検討したところ、被着体材料の組み合わせ次第で、同種材料の場合の曲げ強度²⁾を凌駕する可能性を示唆した。さらに荘山ら⁴⁾は、被着体が異種材料から成る波型重ね合わせ接着継手の引張せん断強度特性を実験、解析の両側面から検討し、被着体が異種材料の波型重ね合わせ接着継手の引張せん断強度は同種材料のそれよりも低下することを明らかにした。

以上のように、被着体材料が同種および異種の波型重ね合わせ接着継手を対象に、引張せん断ならびに面外曲げ負荷における強度特性の解明に取り組んできたが、本継手形状の強度評価を厳密に行うためには更なる負荷形態を考慮する必要がある。そこで本研究では、波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断

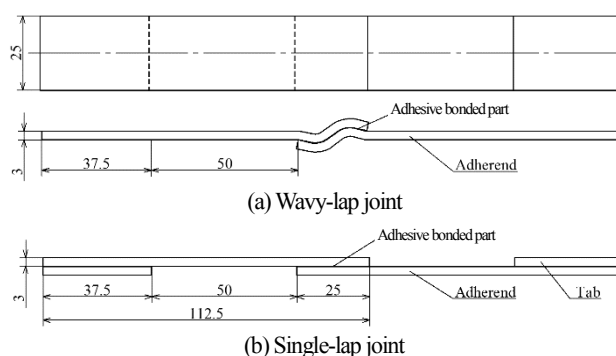


Fig.1 Dimension and geometry of each joint

負荷時の強度特性を検討することを目的とし、本継手の圧縮せん断負荷実験および三次元有限要素応力解析を実施する⁵⁾。また、既存の単純重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度との比較より、その有用性を検証する。

2. 実験方法

2.1 継手形状および継手構成材料

本研究で対象とする波型重ね合わせ接着継手の主要寸法は、JIS K6833 接着剤の一般試験方法⁵⁾および JIS K6850 接着剤—剛性被着材の引張せん断接着強度試験方法⁶⁾を参考に決定した。波型重ね合わせ接着継手の形状および寸法を Fig.1(a)に示す。重ね合わせ部の幾何条件は先行研究¹⁻⁴⁾で用いたものに準拠しており、重ね合わせ長さは 25[mm]、接着層厚さは 0.1[mm]である。被着体材料はアルミニウム合金 A5052 を使用し、ワイヤーカットにより板材から所定の寸法形状に切り出している。強度比較のための単純重ね合わせ接着継手の形状および寸法を Fig.1(b)に示す。また、被着体材料および構造用接着剤の材料特性値を Table 1 に示す。以後、被着体材料のアルミニウム合金 A5052 を A5052 と略称する。

Table 1 Material properties of adherend and adhesive

Material	Young's modulus E [GPa]	Poisson's ratio ν
A5052	70.3	0.33
SW1838 B/A	3.40	0.39

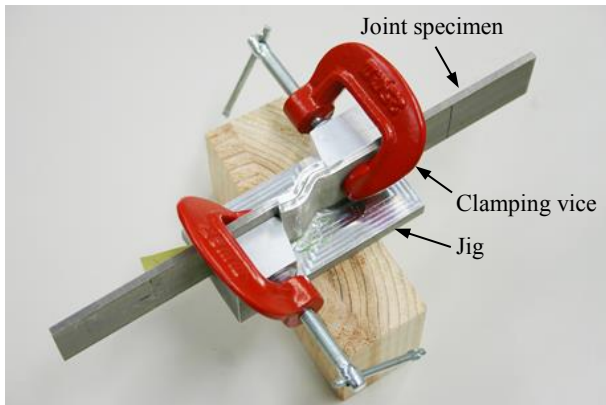


Fig.2 Joint specimen fixed by dedicated jig

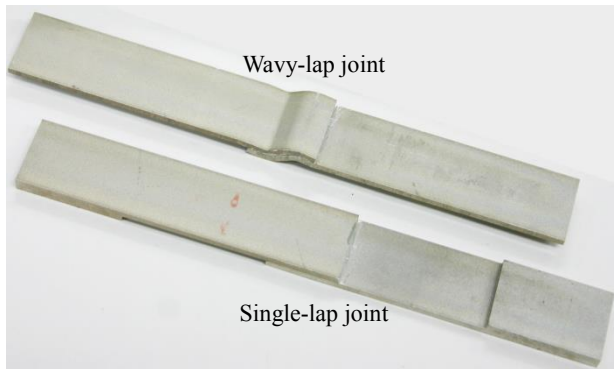


Fig.3 Fabricated two joint specimens

2.2 接着継手試験片の製作

被着体の接着面はサンドペーパーにより表面処理を行い、算術平均粗さ R_a が $2.0 \pm 0.2 [\mu\text{m}]$ となるように調整する。研磨後に超音波洗浄とアセトンによる表面の脱脂洗浄を行う。算術平均粗さ R_a の測定にはミットヨ製小形表面粗さ測定器サーフテスト SJ-210 を使用する。接着剤には二液室温硬化型のエポキシ系構造用接着剤住友スリーエム SW1838B/A を用いる。主成分がエポキシ樹脂の主剤とポリアミドアミンおよび酸化クロムが主成分である硬化剤を重量比 1:1 で混合し接着面に塗布し、二つの試験片を重ね合わせて接合する。この際に、接合された接着継手試験片を専用の治具に固定することで接着層厚さを $0.1 [\text{mm}]$ に調整することができる。接着後はヤマト科学製定温乾燥器 DVS-402 内で室温 25°C の 24 時間乾燥を行い、次いで 80°C で 2 時間加熱する。接着部のだれはデザインナイフと電動グラインダーを用いて除去する。Fig.2 に接着継手試験片を専用治具に固定した状態を、Fig.3 に製作した接着継手試験片を示す。また、以後、波型重ね合わせ接着継手を“WLJ”、単純重ね合わせ接着継手を“SLJ”とそれぞれ呼称する。

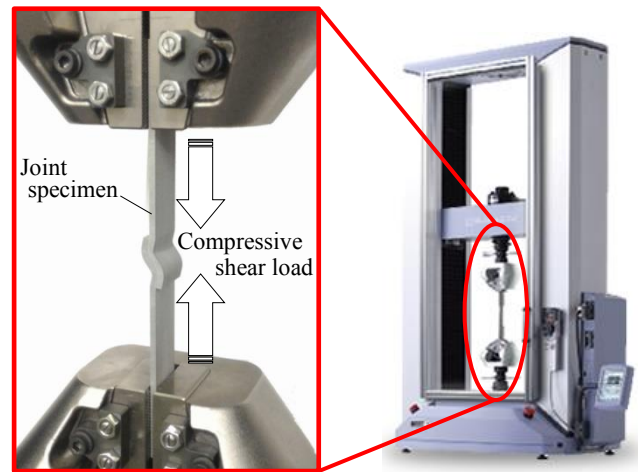


Fig.4 Apparatus of compressive shear experiment

2.3 圧縮負荷せん断負荷実験

接着継手試験体の圧縮せん断負荷実験には島津製作所製精密万能試験機オートグラフ AG-100kNXplus を用いる。接着継手試験体を試験機のチャッキング部に取り付け、 $0.3 [\text{mm/min}]$ の変位速度による圧縮せん断を負荷し、継手が破壊するまでの荷重およびクロスヘッド変位を測定、記録する。Fig.5 に実験装置の概略を示す。また、本実験では WLJ および SLJ の 2 種類についてそれぞれ 5 回ずつ実験を実施する。

3. 解析方法

3.1 解析モデル

有限要素法による応力解析を行うため、まず、Fig.5 に示す圧縮せん断負荷を受ける WLJ の解析モデルを定義した。本解析モデルの寸法および形状は、Fig.1 に示す実際に製作した接着継手試験片のそれらと対応させている。座標軸は継手の長手方向を x 軸、厚さ方向を y 軸とし、原点を o とする。Fig.5 には示されていないが、継手の幅方向を z 軸としている。被着体 I の縦弾性係数およびポアソン比を E_1, ν_1 、被着体 II のそれらを E_2, ν_2 、接着層のそれらを E_3, ν_3 とする。被着体材料には A5052、接着層にはエポキシ系構造用接着剤の使用を想定し、前出の Table 1 の材料定数を用いた。精密万能試験機による圧縮せん断負荷状態を再現するために、被着体 I 端部の上下面を完全拘束し、他方の被着体 II 端部上下面では x 軸方向並進変位以外の全てを拘束しつつ、 x 軸方向に圧縮荷重 $F = -1000 [\text{N}]$ を作用させた。

3.2 有限要素モデル

有限要素モデルの作成および解析結果の出力には汎用プリ・ポストプロセッサである Femap11.1 を、解析コードには汎用有限要素解析コード NX Nastran 9 をそれぞれ用いた。Fig.6 に継手試験片における接

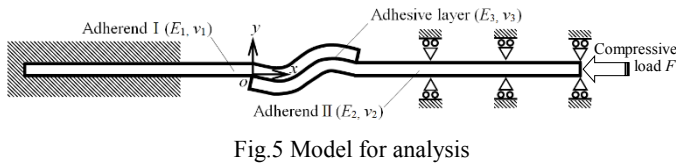


Fig.5 Model for analysis

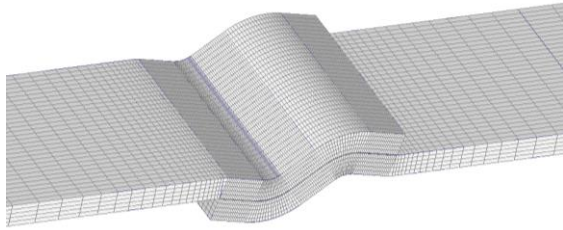


Fig.6 Mesh divisions in FEM analysis

着接合部周辺の要素分割を示し、使用要素は3次元の1次6面体要素である。要素サイズは応力集中が予想される接着層端部に近づくほど小さくなるように設定し、接着層内は厚さ方向に5分割とした。接着層と両被着体との境界は互いの要素の節点を共有し、各領域の要素に対して個別に材料定数を設定することにより、接着接合体をモデル化している。

4. 結果および考察

4.1 実験結果

Fig.7に圧縮せん断負荷実験で得られたWLJおよびSLJの荷重-変位線図の一例を示す。SLJは荷重がピークに達するとほとんど破断している。それに比べ、WLJは荷重がピークを過ぎた後も、破断に至るまでに大きな変位を生じている。これは被着体の変形の関与が直接的要因と考えられる。実験中の両継手を比較すると、SLJは変形が少ないが、WLJは変形が顕著であったことを確認している。両継手の破断に至るまでの挙動が大きく異なることが判明した。また、Fig.7の荷重-変位線図で描かれる面積は継手の吸収エネルギーを意味するため、WLJはSLJよりもエネルギー吸収能に優れることがわかる。

Fig.8は実験後における両継手被着体の変形状態であるが、WLJの被着体は原形を止めておらず、大きな塑性変形を伴いながら継手が破断したことがわかる。この際のWLJは、被着体材料の強度とは無関係で、かつ被着体の幾何学的条件に依存する、座屈を生じていると言える。この被着体の変形挙動は圧縮せん断負荷時に現れるものであり、引張せん断負荷の場合¹⁾には、継手の形状変化はほとんど見られず破断に至る。

Fig.9に圧縮せん断強度およびクロスヘッド変位の算術平均値を示す。縦軸の第一軸は圧縮せん断強度[MPa]を、第二軸はクロスヘッド変位[mm]である。両継手で5回ずつの実験を行った。圧縮せん断強度

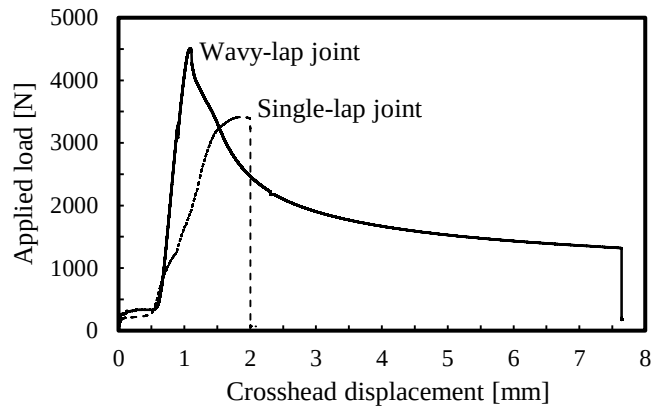


Fig.7 Relationship between applied load and crosshead displacement of both joints

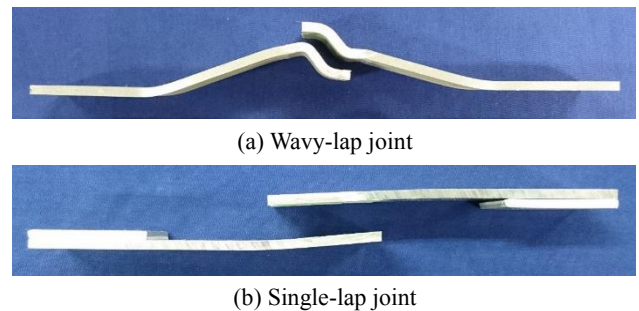


Fig.8 Deformation state after rupture of joint

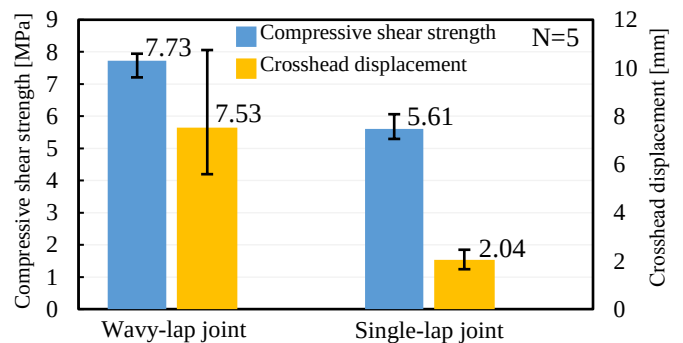


Fig.9 Averaged values of compressive shear strength and crosshead displacement

は最大荷重を接着面積 625[mm²]で除したものと定義した。クロスヘッド変位は継手が破壊したときのものである。WLJの圧縮せん断強度、クロスヘッド変位ともにSLJのそれらを上回っており、その有用性は明らかである。しかし、前川ら¹⁾によるとWLJの引張せん断強度は、本研究の圧縮せん断強度のおよそ2倍の数値を示しており、この継手形状は引張せん断負荷に対して優位性があると言える。

前述のとおりWLJは、圧縮せん断負荷の初期段階においてはせん断が支配的であるものの、被着体の変形がある程度進むと座屈を生じ、これに起因して接着接合部では、はく離の影響が大きくなる。そのため、はく離応力が支配的となり、結果として引張せん断強度に比較して、圧縮せん断強度の方が小さくなると考えられる。このことがWLJの圧縮せん断強度特性を決定付けているものと推察される。

4.2 解析結果

Fig.10(a)に WLJ, Fig.10(b)に SLJ の接着接合部周辺における変形およびミーゼス応力 σ_m のコンター表示をそれぞれ示す. 赤色が 50[MPa], 紫色が 0[MPa] の応力値を意味する. SLJ では赤色の高応力領域が接着層両端部 C のみに確認できる. 対して, WLJ では接着層両端部 A のみでなく, 被着体のくびれ部 B にも高応力領域が存在する. SLJ に比べて圧縮せん断強度およびクロスヘッド変位が向上した理由として, このくびれ部の応力および変形状態が関係していると考えられる. また, WLJ は両被着体の軸心が一致しているが, SLJ の場合は同軸上に並んでいないため, 接着層端部で曲げ変形に伴うはく離を生じやすい状態にあると推察される. 重ね合わせ部の幾何形状だけでなく, 被着体の位置関係も強度検討において重要な要素であると言える.

Fig.11 は WLJ および SLJ の継手側面に沿った接着層中央部におけるミーゼス応力 σ_m 分布である. 縦軸はミーゼス応力 σ_m [MPa], 横軸は重ね合わせ部の位置 x [mm]を示す. SLJ では接着層両端部でミーゼス応力 σ_m が最大値を示しているが, WLJ の場合は接着層両端部での応力が抑制され, 中央部で応力を負担する分布となっている. このような自由境界付近での応力集中の抑制は強度向上に効果的であると考えられる. ただし, 本解析は弾性解析であるため, 継手の塑性域での力学状態を再現できていない. したがって, 実験結果より明らかとなった被着体の座屈に伴う曲げ変形挙動の影響が反映されておらず, 解析結果と実験結果との両者から強度に言及するには更なる検討を要するべきであろう.

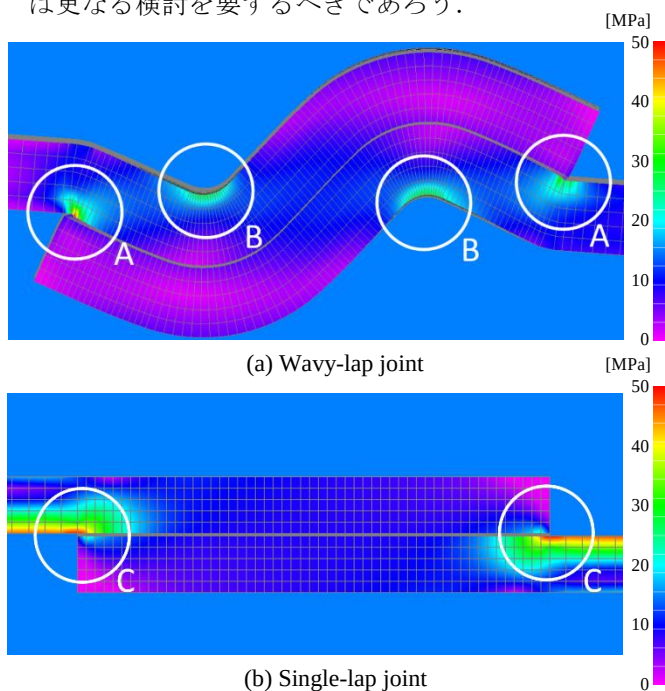


Fig.10 Contour of Mises stress σ_m and deformation

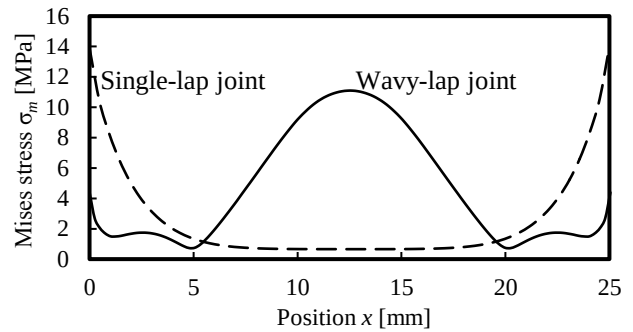


Fig.11 Stress distribution at center of adhesive layer

5. 結言

本研究では, 波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度特性を解明するために, 圧縮せん断負荷実験および有限要素応力解析を実施した. 以下に得られた知見を示す.

- (1) 波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度およびクロスヘッド変位は, 単純重ね合わせ接着継手のそれらより増加する.
- (2) 波型重ね合わせ接着継手の接着層応力分布は, 単純重ね合わせ接着継手よりも力学状態に優れ, このことが圧縮せん断強度の向上に寄与すると考えられる.
- (3) 本実験結果と先行研究結果¹⁾より, 波型重ね合わせ接着継手は引張せん断負荷に対して優位性を有する.

謝辞

本研究を共に進めた本校機械工学科卒業生(現, 権田金属工業株式会社)の葛城拓矢君および試験片, 治具製作に御協力いただいたものづくり教育センター第一グループ各位に, ここに記して謝意を表する.

参考文献

- 1) 前川ら, 日本機械学会関東支部第 18 期総会講演会講演論文集, (2012), p.575-576.
- 2) 志村ら, 日本機械学会関東支部第 19 期総会講演会講演論文集, (2013), p.195-196.
- 3) コアら, 日本機械学会関東支部第 20 期総会講演会 CD-ROM 講演論文集, (2014), 20402.
- 4) 莊山ら, 日本機械学会関東支部・精密工学会 共催山梨講演会 2015 講演論文集(CD-ROM), (2015), 154.
- 5) 葛城ら, 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演会 CD-ROM 講演論文集, (2016), GS0309.
- 6) 日本規格協会, JIS ハンドブック 29 接着, (2004), p.136,164.

(平成 28 年 11 月 30 日 受理)

ナノインデンテーション法による多層薄膜のナノ硬さ特性

福田 勝己*, 伊藤 拓嗣**

Nano Hardness Characteristics of Multilayer Thin Films by Nanoindentation Method

Katsumi FUKUDA, Takuji ITO

Measures have been taken to reduce the friction and wear of the sliding part of the mechanical structure by coating a thin film on its surface to prevent the strength from being lowered. The strength evaluation of this thin film is very important. In this study, thin films of chromium and gold were formed on glass wafers, the nano hardness was measured by the nanoindentation method, and the hardness characteristics of multilayered thin films were experimentally clarified. As a result, new knowledge about the nano hardness of the multilayered thin film was obtained.

(Keywords : Nanoindentation Method, Multilayer Thin Films, Hardness Characteristics)

1. はじめに

一般に機械構造物のしゅう動する部分の摩擦・摩耗を低減するために、その表面上に硬質薄膜をコーティングして強度の低下を防止する対策が採られている。この薄膜自体の強度を評価することは困難さを伴うが、薄膜の諸特性を明らかにすることは、ものづくりの観点から非常に重要である。そこで本研究では、ナノインデンテーション法により、硬質薄膜の強度評価法の確立を目指して、薄膜のナノオーダーの硬さ（以下、ナノ硬さと称す）特性を明らかにすることを目的に、特に電子デバイス等に多用されている多層の薄膜に注目し、そのナノ硬さ特性の評価を試みた。

本研究では、非晶質のガラスウエーハを基材として、そのウエーハ上に各種の薄膜（Cr：クロムや Au：金の単層膜及び Cr 上に Au を成膜した多層膜）を対象に、それら薄膜のナノ硬さをナノインデンテーション法により測定し、多層薄膜のナノ硬さ特性について明らかにした。

2. ナノインデンテーション法^{1)~4)}

材料試験法の中でも硬さ試験は、比較的簡便であることから材料表面の機械的性質を評価する方法として多く用いられている。硬さ試験の中でも押し込みによる硬さ試験の多くは、圧子を事前に設定した荷重で試料表面に押し込み、その荷重を除荷した後に形成されるくぼみを光学顕微鏡等によって直接観察し、くぼみの対角線長さを測定することによって硬さの評価を行っている。この場合、ビッカース硬さ試験のように押し込み荷重が数十 gf の場合では、測定対象

とする試料の最表面だけを評価することは非常に難しく、特に薄膜を評価する場合には、押し込み荷重によっては基材の影響をも含めた薄膜の評価を行っていることになる。しかも、このように押し込み荷重がより微小になると、比較的柔らかい試料であってもくぼみの対角線長さが $1\mu\text{m}$ 以下になる場合があり、 $1\mu\text{m}$ 以下のくぼみを光学顕微鏡で精度良く測定することには限界がある。そこで、試料の最表面だけを評価する場合には、従来にはない極微小な押し込み荷重領域での評価が必要である。極微小な押し込み荷重の試験方法としてナノインデンテーション（Nanoindentation）法がある。この試験は、ベルコピッチ圧子（通常、ダイヤモンドの三角すい：先端対稜角 115° ）を降下させて圧子の先端が試料の表面に接した時点を表面とし、その後、事前に設定された押し込み荷重で圧子を試料の表面に押し込み、一定時間保持した後に除荷して、その時の押し込み荷重と圧子の押し込み深さとからマルテンス硬さ値を算出する方法である。

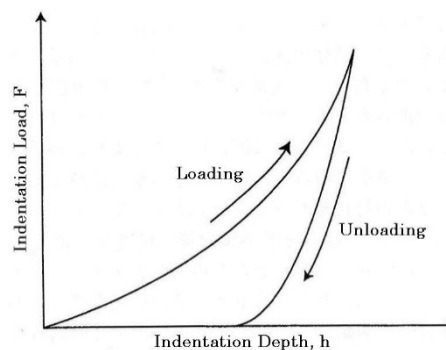


図1 一般的な押し込み荷重と押し込み深さとの関係

ナノインデンテーション法では、押し込み荷重と圧子の押し込み深さとの関係を負荷の開始から除荷の終了までのすべての過程を連続的に測定し、硬さを評価している。このことによって、従来の試験では得られなかった試験中の材料の変形挙動等を逐次把握することが可能である。

ナノインデンテーション法によって得られる硬さ値は「マルテンス硬さ: Martens hardness : HM」と呼ばれ、次式によって算出する。

$$HM = F / 26.43 h^2$$

ここで、F は押し込み荷重 (N)、h は圧子の押し込み深さ (mm) である。この押し込み荷重-押し込み深さの特性線から、マルテンス硬さの値だけではなく、弾性変形量や塑性変形量、総変形量 (最大押し込み深さ量)、縦弾性係数 (ヤング率) 等も求めることが可能である。図 1 に、一般的な押し込み荷重と押し込み深さとの関係の一例を示す。図中のゼロ点 (原点) は試験開始後に圧子を降下させて圧子先端が試料の表面に接触して、そこを表面として検出した時点を示している。その後、押し込み荷重は一定速度 (本測定では設定荷重に対して 10s) で初期の設定荷重まで負荷される。押し込み荷重の増加とともに圧子の押し込み深さも増加し、押し込み荷重が設定荷重に到達した時点で、圧子の押し込み深さは最大になる。この時点から、ある一定時間 (本測定では 1s) 押し込み荷重を保持する。保持した後に、一定速度で押し込み荷重を初期の零 (ゼロ) の状態まで徐々に除荷させて、押し込み荷重がゼロとなった時点で試験を終了とした。

図 2 に、ベルコビッチ圧子 (通常、ダイヤモンド三角すい: 先端対稜角 115°) の SEM 写真を示す。圧子の先端は非常に綺麗であり、破損等は観察されないことが分かる。

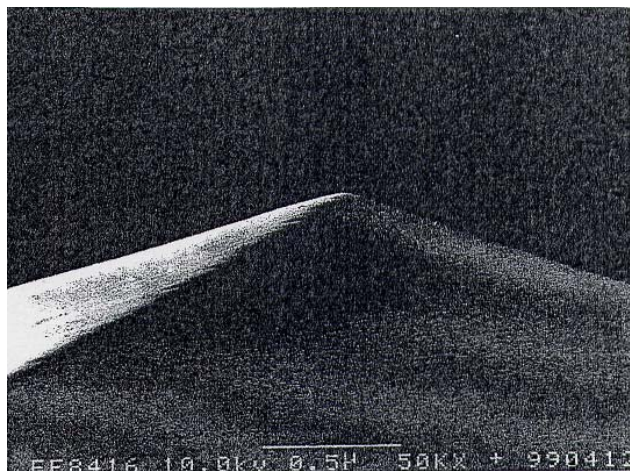


図 2 ベルコビッチ圧子 (通常、ダイヤモンド三角すい: 先端対稜角 115°) の SEM 写真

3. 試料及び試験方法

本試験で使用した試料は、非晶質のガラスウエーハを基材として、そのウエーハ上に各種薄膜 (本研究ではガラス基板のみ、単層ではガラス基板上に Cr (クロム) や Au (金)、多層ではガラス基板上に Cr, その上に Au を成膜し、ナノインデンテーション法によって薄膜のナノ硬さを測定した。特に本試験では、押し込み荷重を 0.1mN から 50mN までの 28 段階で実施し、ナノ硬さを詳細に測定した。なお、各膜の厚さは、Cr が約 720nm, Au が約 500nm である。また、くぼみの観察には SEM (走査型電子顕微鏡, エリオニクス社製 ERA-8900FE) を用いて行い、多層薄膜のナノ硬さ特性を総合的に評価した。なお、試験機はエリオニクス社製の「超微小押し込み硬さ試験機 ENT-2100」を使用し、押し込み荷重を変化させた時の最大押し込み深さからマルテンス硬さ値を算出した。

4. 試験結果及び考察

図 3 に、ガラスウエーハ上に Cr, その上に Au を成膜した多層膜の場合の押し込み荷重と押し込み深さとの関係を示す。これより、どの押し込み荷重においても荷重の増加とともに押し込み深さも増加し、特に負荷特性線は良く一致していることが分かる。また、押し込み荷重が 100mN の場合であってもその押し込み深さは約 $1\mu\text{m}$ 程度であることが分かる。

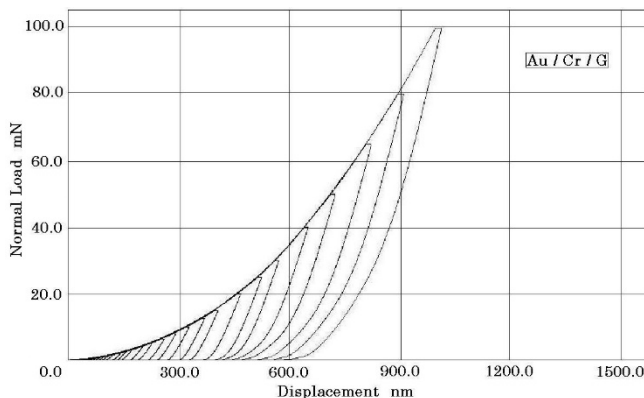


図 3 押し込み荷重と押し込み深さとの関係

図 4 に、マルテンス硬さと押し込み深さとの関係を示す。図中には、各膜の測定データが示してある。これより、表面近傍のマルテンス硬さは比較的低い硬さ値を示すが、押し込み深さの増加とともに硬さ値が増加する傾向を示す。特に、Cr の場合には硬さ値に急激な上昇が見られる。しかし、深さが約 40nm 以上になると硬さ値は急激に低下し、ガラス基板のみの硬さ値に漸近す

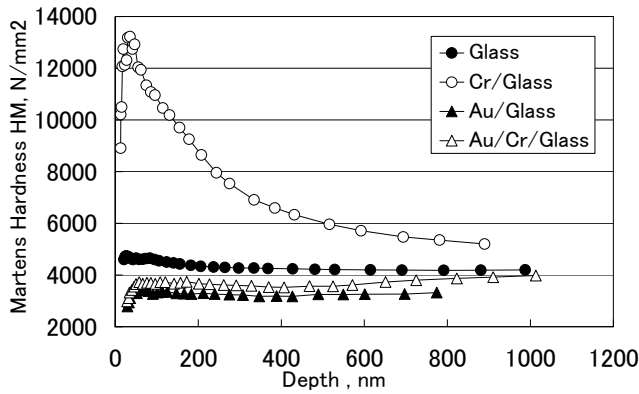


図4 マルテンズ硬さと押し込み深さとの関係

る傾向があることが確認できる。ガラス基板の上に Cr, その上に Au を成膜した多層膜の場合には, Au の膜厚さ (約 500nm) 以上になると Cr の影響を受けて硬さ値が多少上昇する傾向を示すが, その後ガラスウエーハの硬さ値に漸近する傾向を示した。このことから, 膜厚さ方向 (深さ方向) の硬さにも不均一性があることが確認できた。

5. SEM によるくぼみの観察

硬さを測定する際に, そのくぼみがどのような状態であるのかを確認することは重要である。特に, ナノインデンテーション法の場合には, 圧子が垂直に試料表面に押し込まれていなかったために正三角形に近いくぼみが得られない場合があることが報告されている⁵⁾。

図5から図7に, くぼみの SEM 写真を示す。図5は, ガラス基板の上に Cr, その上に Au を成膜した多層薄膜で押し込み荷重が 50mN の場合, 図6は, その凹凸強調画像を, 図7は, 同様の多層薄膜の押し込み荷重が 5mN の場合のくぼみである。

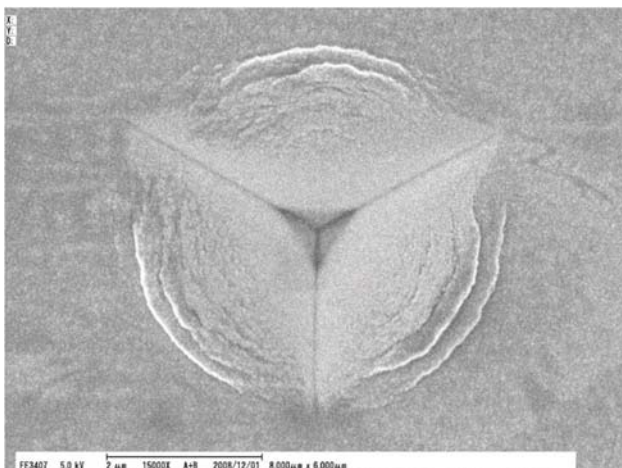


図5 くぼみの SEM 写真 (Au/Cr/G) : 50mN

図5より, くぼみの周辺には同心円状に膜の剥離が観察される。また, くぼみの中心部分には, 基材であるガラスウエーハが綺麗な三角形で観察される。このことは, 各膜の厚さが, Cr が約 720nm, Au が約 500nm であることから, 圧子は2層を貫通し, ガラスウエーハが出現したものと考ええる。

図6より, くぼみの周辺部分の膜が剥離した箇所は, 盛り上がっていることが分かる。

図7より, 押し込み荷重がより微小荷重領域であっても, くぼみの周辺には図5と同様の同心円状の膜の剥離が観察されるが, くぼみの中心部分には基材であるガラスウエーハは観察されていないことが分かる。

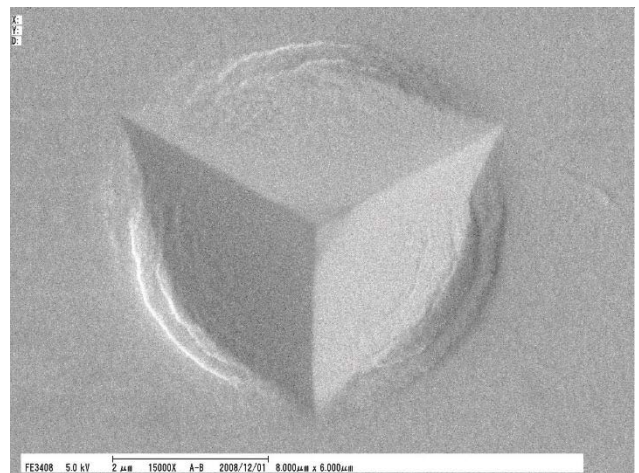


図6 くぼみの SEM 写真 (Au/Cr/G) : 50mN

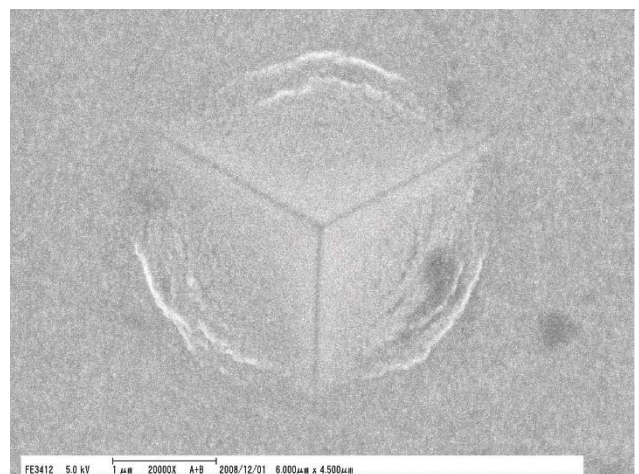


図7 くぼみの SEM 写真 (Au/Cr/G) : 5mN

6. おわりに

ナノインデンテーション法により, ガラスウエーハ上に成膜した単層では Cr (クロム), Au (金) の, 多層ではガラス基板の上に Cr, その上に Au 表面の硬さ特性を明らかにした。その結果, 特に多層膜の場合には, ガラスウエーハ (基板) や下

層の膜の硬さの影響を受けることが明らかになり、これにより、コーティング多層薄膜表面のナノ硬さ特性を詳細に評価できた。これらの結果は、今後の多層薄膜技術の向上に非常に有益であると確信する。

参考文献

- 1) 福田勝己, 超微小硬さ値に及ぼす表面粗さおよび圧子先端形状の影響, (2000. 5), 東京大学学位論文
- 2) BHARAT BHUSHAN:INTRODUCTION TO TRIBOROLOGY(WILEY), pp. 560-639 (2002)
- 3) 福田勝己:佐藤茂夫:石橋達弥:小林光男, ナノインデンテーション法とその応用, 材料試験技術, Vol. 51/No. 3, pp. 57-62 (2006)
- 4) 福田勝己, 木村 南:薄膜の機械的特性評価技術, 月刊トライボロジー, No. 203 pp. 25-27 (2004. 7)
- 5) 加藤孝久, 福田勝己: AFM, SEM の微小硬さ試験への応用, トライボロジスト, Vol. 40/No. 3 pp. 211-216 (1995)

(平成 28 年 12 月 20 日 受理)

フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発 — 第 6 報 圧力センサの試作と評価 —

伊藤 浩*, 新國 広幸*

Development of Teaching Materials for MOEMS Technology Using Photolithography

— 6th Report, Trial Production and Evaluation of Pressure Sensors —

Hiroshi ITO*, Hiroyuki NIKKUNI*

In this report, trial production and evaluation of the piezoresistive pressure sensor and the guided-wave pressure sensor were carried out. We designed and fabricated the photo mask of the diffusion resistance and the electrode for the piezoresistive type sensor. The rectification characteristics of the p-n junction was obtained from the experiment of the diffusion process. In the guided-wave optical sensor, the relation between the sensor sensitivity and the size of the circle diaphragm was revealed by the theory analysis. The half-wave pressure of 34 kPa and the phase sensitivity of 92 mrad/kPa were obtained from the experimental result of output intensity versus applied pressure of the fabricated sensor.

(Keywords : MOEMS, pressure sensor, guided-wave, piezoresistive)

1. はじめに

MOEMS (Micro Opto Electro Mechanical Systems) は光学部品, 電気部品, 機械部品をワンチップに集積化させたマイクロセンサやマイクロアクチュエータである。MOEMS 技術は, 電気電子系, 機械系, 化学系の工学分野を跨った複合融合技術であり, 現在もプロセス技術, デバイスの研究・開発が活発に行われている。実社会においても, MOEMS の小型で高機能であるという特徴により, 自動車用の圧力センサやスマートフォンに実装されている気圧センサ, ジャイロセンサなどに活用されている。近年の IoT 技術の進展に伴いあらゆる製品への MOEMS システムの導入が期待され, 社会からの MOEMS 作製技術者の育成需要も高まっている。

本取り組みでは, MOEMS 技術の教材開発を目的に, 基礎研究を継続的に行っている。第 1 報では, フォトリソグラフィに関する基礎的データの収集を行った⁽¹⁾。第 2 報では, フォトリソグラフィ技術を利用して光導波路, 物性評価デバイスシステムの作製を行い, その評価まで実施した⁽²⁾。第 3 報では, 光導波型圧力センサの設計指針を理論的に明らかにし, また, ネガ型フォトレジストを利用したフォトリソグラフィに関する基礎的データの収集に取り組んだ⁽³⁾。第 4 報では, MEMS 圧力センサの教材開発に向けたダイアフラム作製プロセスの基礎特性の構築を目指し, 単結晶シリコンの異方性エッチングと

非晶質シリコンの等方性エッチングについて基礎的なデータを集めた⁽⁴⁾。第 5 報では, ダイアフラム作製プロセスの改善により, SiO₂ マスクの緻密性と Si 基板との密着性を向上させた⁽⁵⁾。

本報告では, 第 5 報までで構築された作製プロセス技術を応用して, MEMS 圧力センサの試作と評価を行ったので, その結果について報告する。MEMS 圧力センサのタイプとしては, ピエゾ抵抗型と光導波型を選定し, それぞれのセンサの試作と評価を実施した。

2. ピエゾ抵抗型圧力センサの試作

2.1 ピエゾ抵抗型圧力センサの概要

ピエゾ抵抗型圧力センサは, 比較的簡便に作製でき高感度なセンシングを得られることから MOEMS 圧力センサの中で最も多く利用されているものの一つである。この圧力センサの原理は, 材料の歪により変化するピエゾ抵抗を利用することで, 圧力を電気信号に変換し, 検出回路を通じて高精度に圧力を測定するものである。このピエゾ抵抗とは, 歪抵抗とも言われ, 材料の電気抵抗が構造の歪に依存して変化するのをいい, この変化率は式(1)で表される。

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{R - R_0}{R_0} = (1 + 2\nu)\varepsilon + \frac{(\rho - \rho_0)}{\rho_0} \quad (1)$$

ここで, R_0 , ρ_0 , ν , ε は力が加わっていないときの

* 電気工学科

抵抗値と抵抗率，ポアソン比，材料の歪を表す．実際の圧力センサでは薄い板状のダイヤフラム上に拡散抵抗を形成し，ダイヤフラムが圧力によって歪むことにより，圧力を抵抗値の変化として検出している．また，基板に単結晶シリコンを用いることで，従来からの光リソグラフィ技術，異方性エッチング技術や不純物ドーピング技術を転用でき且つ，シリコンのピエゾ抵抗係数が高いことから，素子の作製が簡便で優れたセンサ特性を得ることができる．これらのことから本実験では，MOEMS 技術教育に有効であると考え，ピエゾ抵抗型圧力センサの実験用フォトマスクを設計し，プロセス工程，不純物拡散条件，拡散抵抗の評価について検討した．

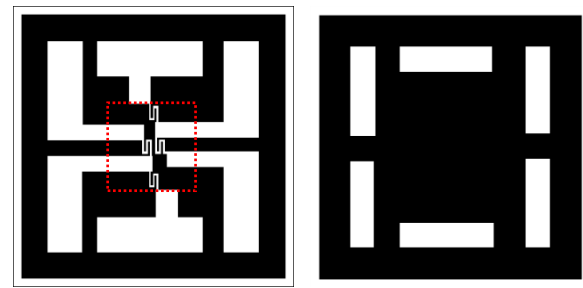
2.2 実験方法

(1) マスク設計

Fig.1 に設計したピエゾ抵抗型圧力センサのマスクパターンを示す．設計したマスクパターンは，実験での取り扱いの容易性を考慮し，素子全体の大きさは 2cm 角とし，ダイヤフラム部（図中点線部）は 4mm 角とした．拡散抵抗はダイヤフラムの中心部に 2 つ，端部に 2 つ配置した．これは圧力によりダイヤフラムがたわむ際，中心部と端部でたわみ量が異なるため，抵抗の変化量が異なり，この差を利用しブリッジ回路により高精度に検出するためである．電極は 6 ヶ所配置し，拡散抵抗の抵抗値を別々に評価できるようにし，基板電極は裏面側とした．

(2) 作製方法

Fig.2 にピエゾ抵抗型圧力センサの作製工程を示す．工程 (1) では，2cm 角に切り出した Si 基板 N (100) 面をアセトン及び，フッ酸にて洗浄を行う．その後，表面に P 型拡散剤の PBF (Poly Bron Film, 東京応化製 3M-31)，裏面に N 型拡散剤の OCD (高純度化学製 PS-05S) を用いて，スピコートにて塗布する．スピコートの塗布条件は，回転数及び時間を 3000rpm, 30sec とし，塗布後に自然乾燥とホットプレートにて 200℃, 20min 間バークする．工程 (2) では，フォトリソグラフィにて拡散抵抗用のマスクを用い，レジストのパターニング及び，BHF によるエッチングで PBF 膜のパターニングを行う．工程 (3) では，ハードバーク (O₂ 流入，純水バブリング，600℃, 30min) と，熱拡散 (N₂ 流入，1000℃, 90min) を赤外線ゴールドイメージ炉にて行う．この工程により，表面には P⁺型領域，裏面には N⁺型領域

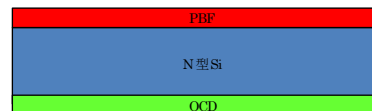


(a) Diffusion resistance

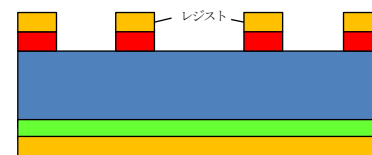
(b) Electrode

Fig.1 Mask pattern of the piezoresistive pressure sensor.

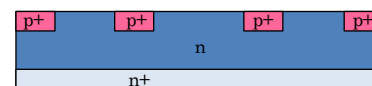
(1) 基板洗浄，拡散剤の塗布



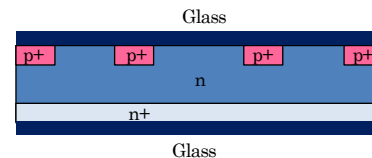
(2) ピエゾ抵抗のパターニング



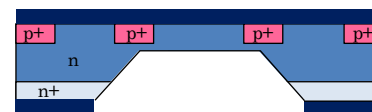
(3) 不純物拡散，拡散剤の剥離



(4) ガラス膜のコーティング



(5) ダイヤフラムの形成



(6) 電極形成，基板接着

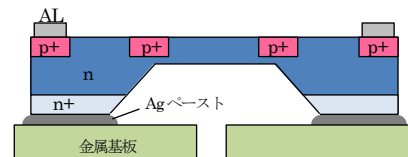


Fig.2 Fabrication process of the piezoresistive pressure sensor.

が形成される．拡散後，BHF にて PBF 膜及び OCD 膜を削除する．工程 (4) では，SiO₂ ガラス膜を両面に形成するために，塗布型材料の PHPS (パーヒロ

ドポリシラザン)を用いて、スピンコートにて塗布、乾燥させる。乾燥後、 300°C 、 30min にてベークする。工程 (5) では、ダイヤフラム形成のため、裏面側をフォトリソグラフィにてガラス膜をパターニングし、 KOH 溶液による異方性エッチングを行う。エッチング条件は、 Si 基板の厚さによって条件が異なるが、おおよそ $34\text{wt}\%$ 、 $80\sim 70^{\circ}\text{C}$ 、 200min 程度行い、ダイヤフラム厚を $100\mu\text{m}$ 程度にする。最後の工程 (6) では、ガラス膜を削除した後、表面電極を Al スパッタリングとフォトリソグラフィのパターニングにより形成する。また、裏面側は固定台の金属基板と試料とを Ag ペーストにて接着させ、試料が完成する。

2.3 実験結果と検討

Fig.3 に熱拡散プロセスの評価のため、熱拡散によって形成した P 型領域と基板間による PN 接合の IV 特性の測定結果を示す。順方向側の 0.5V 付近で電流が立ち上がっていることから、 Si のダイオード特性を示している。この結果から PN 接合の形成が確認でき、拡散領域がピエゾ抵抗として利用可能である。この拡散抵抗の抵抗値を評価するために、4ヶ所の抵抗値を Fig.4 の回路構成で測定を行い、Fig.5 に例として 2 つの試料の測定結果を示す。Fig.5(1)の試料 A では、正バイアス方向で電流 $I(1)$ が $I(2)$ に比べ多く流れている。また、負バイアス側ではほとんど一致しており、線形な特性を示す。これは正バイアス側では PN 接合の順方向であるため、基板に流れ出た電流も含んでいるため大きい値であり、負バイアス側は PN 接合の逆方向であるため基板側には流れず一致した値となる。この結果から、熱拡散及び電極プロセスが良好にできていることが分かる。電流 $I(2)$ の傾きから、拡散抵抗の値は約 $1\text{k}\Omega$ を得た。動同様に試料 B の特性を Fig.5(b)に示す。正及び負バイアス側で電流が高く、特に負バイアス側では $I(1)$ と $I(2)$ が一致していない。これは整流特性ではなくオーム性を示している。この原因として P 型拡散領域が不完全であることや、電極マスクのアライメントがずれたため、電極が P 型拡散と N 型基板の両方に接触したことが考えられる。他の試料でも確認したところ試料 B と同様の結果も多くあり、また特性のばらつきもあることが分かった。このため、電極マスクの位置合わせはより正確に行う必要があり、位置合わせ用のマーカを配置するなどマスク設計において改善が必要である。

本結果から得られた拡散抵抗から、シート抵抗を

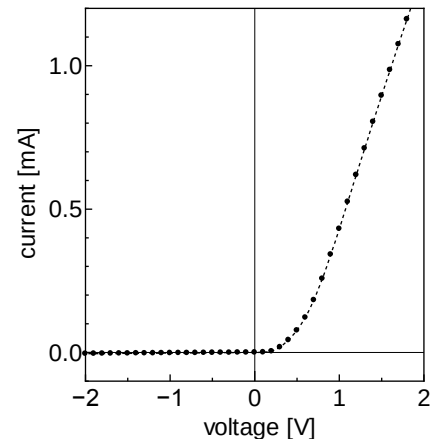


Fig. 3 I-V characteristics of the PN junction of the sample.

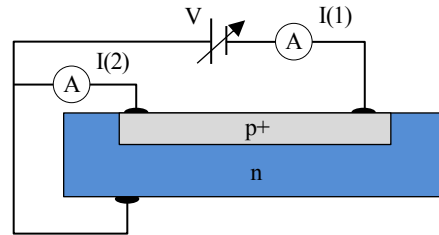


Fig.4 Measurement circuit of the diffusion resistance.

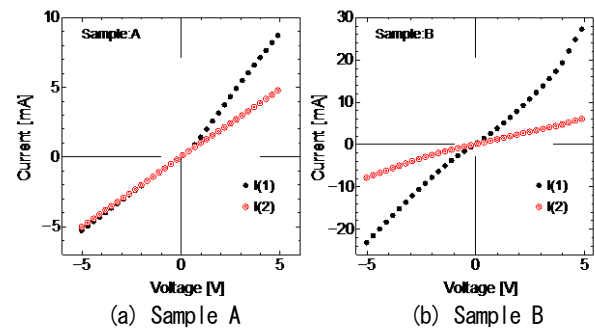


Fig.5 I-V measurement results of the diffusion resistance.

見積もったところ、 $32\Omega/\square$ であることが分かった。これは PBF の製品データシートにある値 ($21\Omega/\square$) と比べ、同程度であることが確認でき、拡散深さは約 $1\mu\text{m}$ 程度であることが確認できた。

3. 光導波型圧力センサ

3.1 概要

光導波型圧力センサは Fig.6 に示すように、圧力センサによってたわむダイヤフラムと光を伝搬させる光導波路により構成される。ダイヤフラムへの圧力の印加により、応力、ひずみが発生し、導波路の屈折率が変化する。屈折率変化により、導波路を伝搬している光の位相が変化し、その変化を干渉計により光強度に変換する。光強度は圧力に対応してい

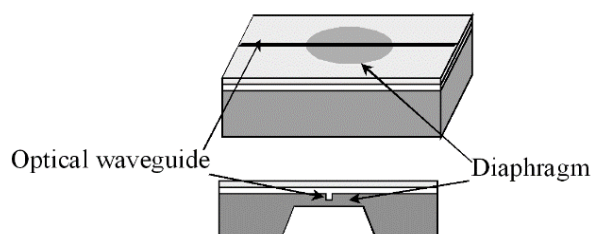


Fig.6 Schematic of optical guided-wave pressure sensor.

るので、光強度を測定することで、圧力をセンシングできる。光強度は圧力に対し正弦的に変化するため、その半周期が本センサの測定範囲となる。この測定範囲を半波長圧力 P_π と呼ぶ。また、本センサの感度としては、単位圧力当たりの位相変化量を表す位相感度を用いる。位相感度 S と半波長圧力 P_π の間には式 (2) の関係がある。

$$S = \frac{\pi}{P_\pi} \quad (2)$$

本取り組みでは、円形ダイヤフラム構造をもつ Si 基板光導波型圧力センサの理論解析と解析結果を基に圧力センサの設計・試作・評価を実施した。解析では、位相感度のダイヤフラムサイズ依存性を理論的に導出した。

3.2 設計

位相感度はダイヤフラムサイズに依存し、この依存性はセンサ設計において非常に有用である。そこで、ダイヤフラムサイズ(ダイヤフラム厚と面積)とセンサ感度の関係を理論的に導出した。

ダイヤフラム厚依存性については、ダイヤフラム面積を 100 mm^2 とし、厚さ $150 \mu\text{m}$, $200 \mu\text{m}$, $250 \mu\text{m}$ の場合それぞれについて位相感度を計算した。ダイヤフラム面積依存性については、ダイヤフラム厚を $200 \mu\text{m}$ として、面積 50 mm^2 , 100 mm^2 , 200 mm^2 各々について位相感度を求めた。

位相感度のダイヤフラム厚依存性を Fig.7 に、ダイヤフラム面積依存性を Fig.8 に示す。これらの依存性について最小 2 乗法により傾きを求めたところ、それぞれ -2.0 と 1.5 と算出され、位相感度はダイヤフラム厚の 2 乗に反比例し、ダイヤフラム面積の 1.5 乗に比例することが分かった。

理論解析結果を基に、ダイヤフラムサイズの設計を行った。今回は、製作・評価の容易性から、ダイヤフラム面積を 100 mm^2 、ダイヤフラム厚を $100 \mu\text{m}$ とした。これらのダイヤフラムサイズでの位相感度

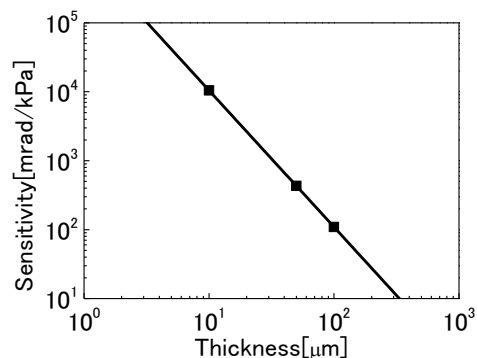


Fig.7 Relationship between thickness and sensitivity.

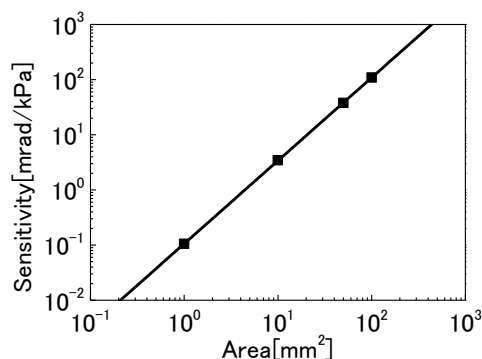


Fig.8 Relationship between area and sensitivity.

は、Fig.7, Fig.8 のダイヤフラムサイズ依存性より、 109 mrad/kPa となる。また、式 (2) より半波長圧力は 29 kPa となる。

3.3 試作

基板には、 20 mm 角、厚さ $300 \mu\text{m}$ の単結晶 Si 基板を用いた。Si 基板の両面には $1.5 \mu\text{m}$ の熱酸化 SiO_2 膜が成膜されている。基板洗浄後、フォトリソグラフィ法により SiO_2 にダイヤフラムパターンを転写し、濃度 $34 \text{ wt.}\%$ の KOH 水溶液で温度を 70°C とし、異方性エッチングを実施し、ダイヤフラムを形成した。その後、RF スパッタリング法によりバッファ層(SiO_2)と導波層(BK7 ガラス)を成膜した。フォトリソグラフィ法により導波路パターンを転写後、 SiO_2 膜を RF スパッタリング法により成膜した。最後にはくり液により装荷層を形成し、導波路を完成させた。

3.4 評価

試作した圧力センサのダイヤフラム厚を評価した結果、 $147 \mu\text{m}$ であった。また、ダイヤフラムの形状は、結晶方位の影響を受け完全な円形にならず角が確認できた。

試作圧力センサの圧力-出力特性を測定した。その結果を Fig. 9 に示す。圧力に対してセンサの出力光

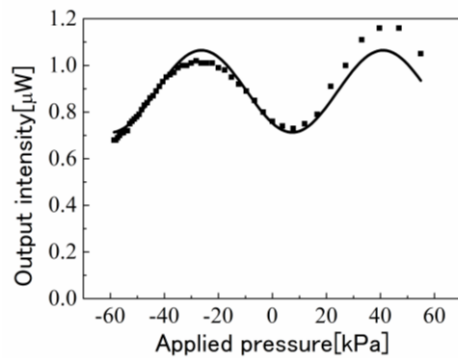


Fig.9 Experiment result of output intensity versus applied pressure.

強度が正弦的な変化をしており、圧力センサとして動作することを確認できた。半波長圧力は 34 kPa であり、位相感度は 92 mrad/kPa と求まった。この値は、ダイヤフラム厚 147 μm のセンサにおける位相感度の理論値 50 mrad/kPa と差がある。原因は、ダイヤフラムが完全な円形にならず角ができたことで応力が大きくなったためだと考えられる。

4. まとめ

本報告では MOEMS 技術の教材開発を目的に、基礎データ構築としてピエゾ抵抗型圧力センサ及び、光導波型圧力センサの 2 つの圧力センサについて試作と評価を行い、以下の成果を得ることができた。

ピエゾ抵抗型圧力センサについては、ピエゾ抵抗となる拡散抵抗のマスク設計を行った。また、拡散プロセスを検討し、試作したところ良好な PN 接合の整流特性を得ることができた。よって、今後は本プロセス条件を用いて、センサ作製が可能となった。さらに、ピエゾ抵抗となる拡散抵抗を評価したところ、マスクのアライメントの問題で特性にばらつきが見られ、改善する必要があることが分かった。

光導波型圧力センサについては、円形ダイヤフラムを有するセンサの試作・評価を行った。はじめに、理論解析を実施し、センサ感度はダイヤフラム厚の 2 乗に反比例し、ダイヤフラム面積の 1.5 乗に比例することが分かった。解析結果を用いて、光導波型圧力センサを設計・試作した。試作センサのダイヤフラム厚は 147 μm で、面積は 100 mm^2 だった。試作センサの圧力-出力特性を評価したところ、半波長圧力は 34 kPa で、位相感度は 92 mrad/kPa であり、理論値 50 mrad/kPa と差ができた。これはダイヤフラム形状が完全な円形とならなかったため、結晶方位の影響が出ているものと推察される。そのため、さらに微細なセンサを作製するには、ドライエッチ

ングにて作製する必要がある。

以上の結果より、MOEMS 技術の基礎となる 2 つのセンサを試作し、今までの成果が適用できることを確認した。また、試作した試料を評価したところ、いくつか改善する必要があるととなり、今後も詳細な実験、検討を行い、実験教育に適用可能な実験内容、方法の検討を進めていく。

謝辞

東京大学大規模集積設計教育研究センター (VDEC) 所有の F5112+VD01 EB 描画装置 (株式会社アドバンテスト寄付) を使用してマスクの作製を行った。文部科学省ナノテクネットワークの支援を受けた。

参考文献

- (1) 伊藤 浩，新國広幸，“フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発”，東京工業高等専門学校研究報告書，第 43(2)号，2012，pp.107-112.
- (2) 新國広幸，伊藤 浩，“フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発 -第 2 報 マイクロ光電子デバイスの実現に向けた基礎特性の評価-”，東京工業高等専門学校研究報告書，第 44(2)号，2013，pp.85-90.
- (3) 新國広幸，伊藤 浩，“フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発 -第 3 報 マイクロ光電子デバイスの設計及び基礎特性の評価-”，東京工業高等専門学校研究報告書，第 45(2)号，2014，pp.73-80.
- (4) 伊藤 浩，新國広幸，“フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発 -第 4 報 ダイヤフラム作製プロセスの基礎特性の評価-”，東京工業高等専門学校研究報告書，第 46(2)号，2015，pp.50-55.
- (5) 新國広幸，伊藤 浩，“フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発 -第 5 報 ダイヤフラム作製プロセスの改善-”，東京工業高等専門学校研究報告書，第 47号，2015，pp.36-39.

(平成 28 年 12 月 19 日 受理)

光導波路用 SiC 薄膜の加熱成膜による透明性への影響

新國 広幸*

Effects on Transparency by Heating Film Deposition in SiC Thin Film for Optical Waveguide

Hiroyuki NIKKUNI*

In this study, the transparency of the silicon carbide (SiC) thin film deposited by the sputtering method for optical waveguide was improved by the heating film deposition. In the experiment, the substrate during the sputtering deposition was heated from 128 °C to 215 °C. The transmissivity, the optical bandgap, and the refractive index in the fabricated SiC thin film were evaluated by the spectral photometer. The experimental results showed the transmissivity and the optical bandgap increased with a rise in the heating temperature. Also, the refractive index of the SiC film decreased as the heating temperature increased.

(Keywords : SiC thin film, Optical waveguide, Transparency)

1. 研究背景・目的

光導波路は、光波を伝搬させるデバイスであり、これを用いたデバイスの代表的なものとして、光通信用の光ファイバ、光変調器、光スイッチ、計測用の光導波型センサがあげられる。光導波路材料としては、ガラス、ポリマーが利用されているが、発電所や産業用プラントなどの高温・高圧環境下での耐性に問題がある。一方、SiC (Silicon carbide) は、耐熱性、耐腐食性、機械的強度に優れており、加えて、バンドギャップも 4H-SiC では 3.26 eV、3C-SiC では 2.23 eV と高いため⁽¹⁾、近赤外線から可視光において透明であり、悪環境下用の光導波路の材料として適した材料であることが分かる。

2006 年に G.Pandraud らにより PECVD (Plasma enhanced chemical vapor deposition) 法を用いて SiC 導波路の作製が行われたが⁽²⁾、PECVD 法は、SiH₄ や CH₄ 等の可燃性ガスを用いるため、安全対策が必要であり、そのためのコストがかかる。本研究では、可燃性ガスを使う必要がなく、かつ成膜速度が早く工業的に優れているスパッタリング法を用いて SiC 導波路の作製を行う。一方で、スパッタリング法を用いて作製した SiC 膜は、アモルファス構造で格子欠陥が多く光吸収が多く、透明性が低くなることが予想される。

本研究では、光導波路用に適用可能な透明性を持った SiC 薄膜の作製プロセスに関する基礎的研究を行う。光吸収を抑えて透明性を向上させる方策として加熱成膜を選定し、その有効性について検証を行う。

2. 実験内容

基板には石英ガラスを用いて、成膜前にアセトンおよびセミコクリーン 56 を用いて超音波洗浄を行った。SiC 膜の成膜には、RF スパッタリング装置 (ULVAC 社製の SH-350) を用いた。ターゲットには SiC (2N) を用い、スパッタガスには Ar を用いた。RF 電力 800 W で、成膜時間を 31 min とし、膜厚が約 0.2 μm の SiC 膜を成膜した。SiC 薄膜の成膜時に基板を加熱し、加熱温度 T_h を 128 °C、178 °C、215 °C とした。

試作 SiC 薄膜の評価として、XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) 装置 (アルバック社製の PH X-tool) を用いて、組成分析を行い、分光光度計 (HITACHI 社製の U-3210) を用いて、透過率、光学バンドギャップ、屈折率の評価を行った。

3. 実験結果

3.1 組成分析

Fig.1 に試作した SiC 薄膜の組成比を示す。図より、加熱成膜なしの試料およびすべての加熱成膜条件に対して Si と C の組成がほぼ 1:1 になっていることが確認できた。また、5 % 程度の酸素が存在していることがわかった。この酸素の混入経路は、ターゲット表面の酸化、チャンバー内への異物の混入が考えられ、プレスパッタを十分行うことで、酸素の割合が減ることを確認した。酸素の割合がほぼ一定であることから、加熱成膜によって薄膜から酸素の脱離がないことがわかる。

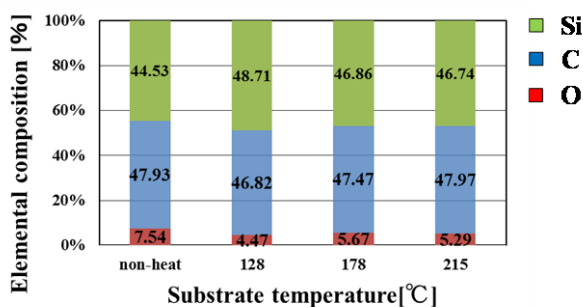


Fig. 1 Elemental composition of the SiC thin film

3.2 透過率の加熱成膜温度依存性

Fig.2 に SiC 試料の写真を示す。左から加熱なし、基板温度 128 °C、178 °C、215 °C の SiC 試料を示しており、基板温度が上昇するほど若干薄膜の色が透明になっていることが視覚的に確認できる。透過率の測定結果を Fig.3 に示す。横軸は光の波長、縦軸は透過率を表し、透過率スペクトルを示している。スペクトル中に山と谷が存在するが、これは光の干渉の影響である。光の干渉の影響が少ない波長 800 nm の透過率を用いて比較を行った。Table 1 と Fig. 4 に波長 800 nm における透過率の加熱温度依存性を示す。

Fig.4 より、基板温度の上昇と共に透過率が向上していることがわかる。加熱成膜なしの透過率が 39.7 % であり、基板温度 215 °C で加熱成膜を施すと 57.3 % に向上し 17 % の差があった。また、今回求められた傾向より、基板温度を 770 °C とし加熱成膜を実施することで、透過率を 100 % に向上することが期待できる。

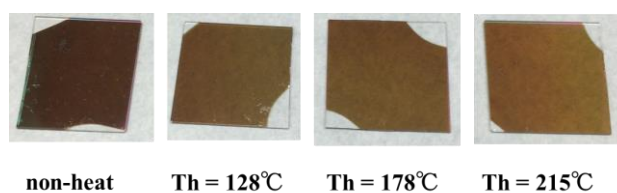


Fig.2 Pictures of the SiC thin film

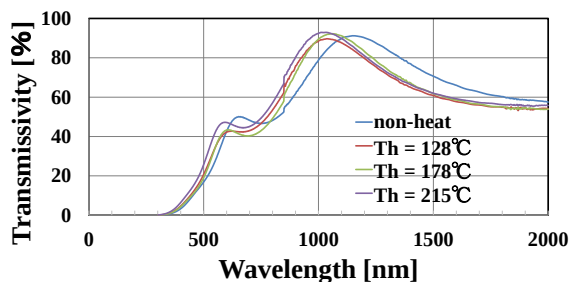


Fig.3 Heating temperature dependency of transmissivity

Table1 Heating temperature dependency of transmissivity at 800 nm

Substrate temperature [°C]	Transmissivity [%]
non heating	39.7
128	53.3
178	49.1
215	57.3

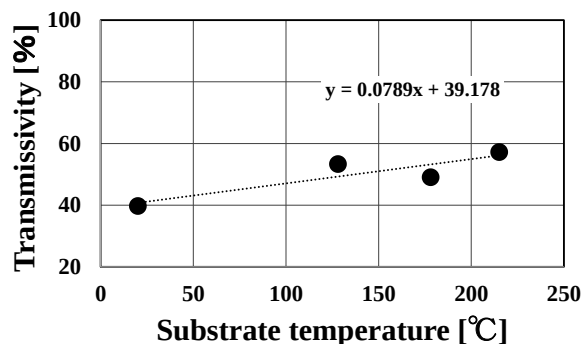


Fig. 4 Heating temperature dependency of transmissivity at 800 nm

3.3 光学バンドギャップの加熱成膜温度依存性

3.2 節の結果より、加熱成膜の温度上昇と共に、透過率が上昇することが確認できた。これは、SiC 薄膜の格子欠陥が減少し、局在準位が減少することで、バンドギャップが向上したためだと考える。このバンドギャップの向上を確認するために、透過率スペクトルより、加熱成膜温度ごとの光学バンドギャップを導出した。

Table2, Fig.5 に光学バンドギャップの加熱成膜温度依存性を示す。これらの結果より、加熱処理の温度上昇と共に光学バンドギャップは若干であるが上昇することがわかる。加熱なしの光学バンドギャップが 1.28 eV であり、基板温度 215 °C で加熱成膜を施すと 1.50 eV に向上し 0.22 eV の差がある。今回求められた傾向より、SiC の光学バンドギャップを 3C-SiC の 2.23 eV まで上げるためには、加熱薄膜時の基板温度を 990 °C とすることが必要であると推察される。

Table2 Heating temperature dependency of optical bandgap

Substrate temperature [°C]	Optical bandgap [eV]
non heating	1.28
128	1.45
178	1.41
215	1.50

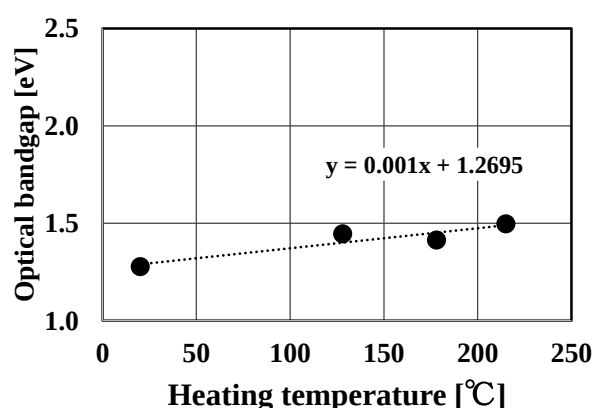


Fig.5 Heating temperature dependency of optical bandgap.

3.4 屈折率の加熱成膜温度依存性

屈折率を評価することで、加熱法における膜質への影響について考察を行う。また、屈折率は光導波路の観点からも、光を閉じ込める重要なパラメータである。

Table3, Fig.6 に屈折率の加熱成膜温度依存性を示す。これらの結果より、加熱温度を上げることで屈折率は温度に対して線形的に減少していることがわかる。加熱なしの屈折率が 3.61 であり、基板温度 215 °C で加熱成膜を施すと 3.15 に減少し 0.46 の差がある。温度上昇と共に屈折率が減少した理由に、薄膜の圧縮応力が関係していると推察する。スパッタリング法により成膜された SiC 薄膜には、各原子配列の乱れの影響より、圧縮応力が働いていると考えられる。加熱成膜温度上昇と共にこの圧縮応力が減少し、格子間距離が大きくなり、密度が減少したと考える。そして、分極が起りにくくなり誘電率が減少し、屈折率が低下したと推察する。

Table3 Heating temperature dependency of refractive index

Substrate temperature [°C]	Refractive index
non heating	3.61
128	3.60
178	3.28
215	3.15

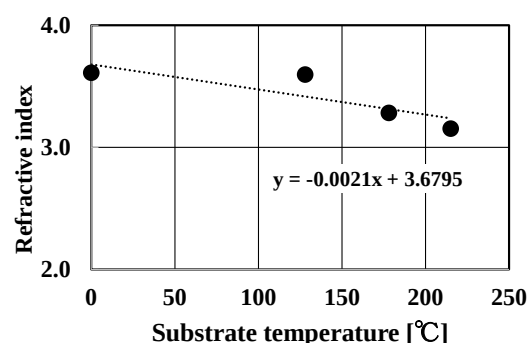


Fig.6 Heating temperature dependency of refractive index.

4. 結論

光導波路への応用を目指し、スパッタリング法による SiC 薄膜の作製プロセスについて基礎的研究を行った。SiC 薄膜の透明性が低かったため、透明性を向上させる方策として加熱成膜を選定し、その有効性について検証した。

組成分析では、Si と C の組成がほぼ 1:1 になっていることが確認でき、5 % 程度の酸素が存在していることがわかった。加熱成膜による組成の変化は確認できなかった。

透過率と光学バンドギャップの加熱成膜温度依存性より、加熱温度に比例して透過率と光学バンドギャップが向上することが分かった。求められた依存性より、基板温度を 770 °C とし加熱成膜を実施することで、透過率を 100 % に向上できることが推察された。

屈折率の加熱成膜温度依存性からは、屈折率は温度に対して線形的に減少することがわかり、加熱成膜により SiC 膜の膜質が変化していることがわかった。

今後、今回得られた依存性を基に SiC 膜の透明性の向上に取り組み、SiC 光導波路への応用を図っていく。

参考文献

- 1) 松波弘之, 大谷昇, 木本恒暢, 中村孝, “半導体 SiC 技術と応用第2版”, 日刊工業新聞社
- 2) G. Pandraud, H.T.M.pham, P.J.Franch, P.M.Sarro, “Polarization-insensitive PECVD SiC waveguides for sensor platform”, Opt. Mat., 28, 380-384 (2006).

(平成 28 年 12 月 20 日 受理)

可変領域マルチホップネットワークの一検討

田中 晶*, 大場 裕也*, 菊池 隼人*, 澁田 叡知*, 中新井田 寛志*,
松本 貴大*, 小出 瑞生*

A Study on Variable Cluster-form Multihop Networks

Akira TANAKA, Hiroya OHBA, Hayato KIKUCHI,
Akitomo SHIBUTA, Satoshi NAKANIIDA,
Takahiro MATSUMOTO, Mizuki KOIDE

Many successful achievements of multihop networks have already been published. However, only few practical systems exist that the public can use. Strongly distributed control, very complicated routing, overload on particular terminals, unstable connections caused by mobility require advanced special propose devices for multihop communications. Information-communication laboratory (Tanaka Lab.) has developed the locally exploitable heterogeneous multihop networks with smartphones and field programmable gate array (FPGA) for our daily life, robots and machines in internet of things (IoT) and robot era. Based on recent applications of our mulutihop systems, we study on variable form clustering using workable topological analysis, Android-FPGA interfaces, group drone control, server-client rotation, distributed positioning, and routing based security.

(Keywords: mobile multihop communications, heterogeneous communications, clustering, positioning, power-saving routing, security, group robot control, smartphone, FPGA)

1. はじめに

1.1 マルチホップ通信システム

マルチホップネットワークはルーティングや接続プロトコルを含む多くの研究がなされ、研究者独自の専用システムを使用した実施例も見られる。基地局をはじめとする基幹ネットワークシステムを用いずに多数の端末を接続した通信ができる有意なシステムではあるものの、実際に一般利用者が使えるマルチホップネットワークはこれまで殆ど実現されていない。WiFi 規格にはアドホック通信機能が備わっているが専門の研究室レベルでの実験を除き、実際にネットワークを組んで実用利用するケースは殆ど無い。即ち、ネットワーク全体を把握した集中制御が難しい、個々の端末の負荷が高くなる、端末間の通信経路の負荷や使用帯域が大きくなる、移動しながらの利用を前提にするため端末の位置が特定できない、等の様々な要因により、複雑な専用端末や制御装置を設計するしか方法が無い。そこで、情報通信研究室（田中研）では、マルチホップシステムの利便性を日常生活の中、さらには IoT やロボット制

御に活かせるよう、身近に存在する端末や機材を使って図 1 のような「身近なマルチホップネットワーク」を設計してきた¹⁻⁸⁾。さらに、これまで設計・動作確認済みのスマートフォンを端末とする、WiFi/Bluetooth、及び、Field Programmable Gate Array (FPGA)を使った、可視光/赤外線/UHF のヘテロ

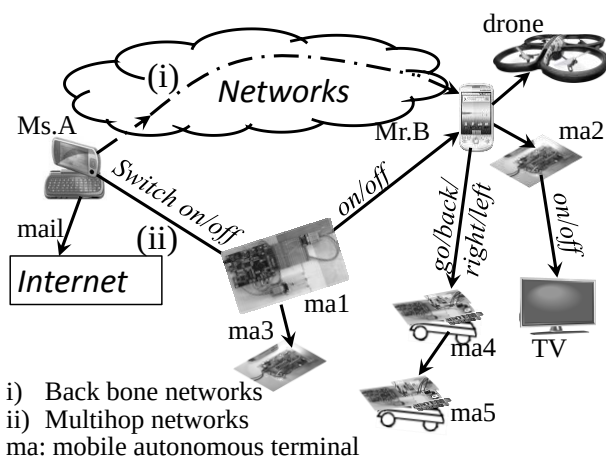


Fig. 1 Locally exploitable multihop networks

ジニアスマルチホップ通信システムを用い、接続ロボット／ドローン制御、地図自動作成、インターネット接続、クラスタ制御や最適ルーティング等を設計している¹⁻⁸⁾。これらに基づき、最近の設計では、主にマルチホップネットワークの可変領域化に取り組んでいる。

1.2 可変領域化

端末が移動するとともにネットワーク自体も移動することがマルチホップシステムの大きな特徴であり、ネットワーク環境が全くなくても、限られたエリアであれば互いの通信が可能である。そのため、日常では学校内のローカル通信、山間部や海岸等でのグループ内通信、被災地や緊急時の連絡網や探索用通信として有用である。一方で、端末数が増すと急激に通信制御が複雑化し、さらにセキュリティの懸念も生じるので通信領域は限られてしまう。この問題を回避するため、クラスタ間通信用のマルチホップクラスタの高効率ルーティング (2 章)、スマートフォンクラスタと FPGA クラスタの FIFO 接続 (3 章)、3 次元クラスタトポロジー制御 (4 章)、自律経路最適化 (5 章)、接続自動追尾ドローンによる通信距離の自動拡張 (6 章)、ルーティングに基づくセキュリティ (7 章)、等を新たに設計し、マルチホップカバー領域を広域化すると同時に、より広範なユーザ移動に対応できるようクラスタの形状や規模が 3 次元で変化しても自律的に高効率ルートを保つ機能を組み込む。

2. クラスタ間クラスタの高効率ルーティング

2.1 メッシュ構造と宛先端末の位置推定

クラスタ間クラスタは、複数の“スマートフォンの WiFi/Bluetooth マルチホップクラスタ”を中継する“FPGA ベースの UHF 無線マルチホップクラスタ^{6,7,8)}”である。この FPGA ベースはもともと赤外線／可視光／UHF のヘテロジニアス端末¹⁻⁸⁾として設計されていて中長距離中継用だが、今回は特定小電力の UHF のみを使用して学校敷地内程度の範囲が対象である。スマートフォンクラスタがクラスタ間クラスタの周辺どこにあって接続できるよう、メッシュ構造で設計している。しかし、メッシュ構造ではルーティングが複雑化し、無駄に帯域や端末を使用し、さらにはマルチホップの課題である電力消耗や遅延の原因ともなる。一方、このクラスタ間クラスタ端末は半固定的に設置する中継用途であり、ルーティングは処理時

間よりもルート効率を優先する。そこで、i) 経路探索法の改善による効率的ルート設定、ii) 設定した経路を半固定化するスイッチングによるルーティング負荷の削減、を行う⁹⁾。

2.2 端末位置情報を用いた経路探索法の改善

既に開発済みの Received Signal Strength Indicator (RSSI) や Bit error rate (BER) を用いて端末間距離を推定し三点測量で互いの相対位置を求める端末位置特定技術¹⁻⁸⁾を用い、メッシュをなす各端末の相対位置を求めておく。スマートフォンクラスタでは端末相対位置を自動取得して地図を生成する技術を開発済みなので、今回のクラスタ間クラスタ実験では地図自動生成処理の実装は省略し、各端末の相対位置はテーブル化して全端末に配信済み前提にしている。

送信元端末から最初のホップ先へのルート決定方法は、相対位置テーブルを参照して宛先端末の方向に存在する端末の中で“エラーが生じない程度の信号到達範囲にある最も遠い端末”をホップ先とする最長距離アルゴリズムを適用する。メッシュを構成する端末は十分多数にかつ均等に近い配置にしておけば、この最長距離アルゴリズムによりホップ数は概ね最小に抑えられる。図 2 の例では、R5 と方向が一致する R2 端末と R4 端末の中から距離の遠い R4 を選択しパケットを送信している。これを必要回繰り返せば R5 までパケットを送信できる。現時点では、接続方向は各送信端末を中心に 3 方向に分ける設計をしている。端末周囲の電波環境が不安定になる等の場合は、RSSI 値／BER 値が悪化しその時点で端末相対位置テーブルに反映され、当該端末は接続先選

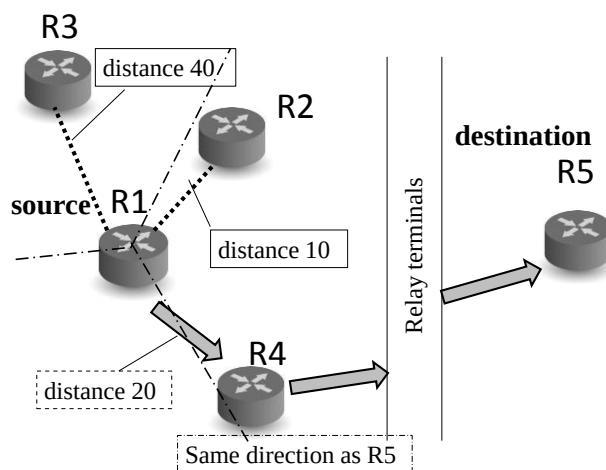


Fig. 2 Routing for inter-cluster cluster

扱対象から外されて自動的に迂回ルートが選択されるため、既存のルーティングプロトコルと比べ周囲の環境状況を反映し易く、災害現場や建屋内等における無線通信に適した経路探索法となる。

もう一つの高効率化であるスイッチングは、ラベルを導入して、ルーティングの際に隣接端末間のルーティング情報のみでパケット送信先を決定できる改良を行う。送信元と受信先を組みとした排他的な半固定経路が設定できるので、スマートフォンクラスタ間のトラヒック状況に応じたルーティングも容易となる。

FPGA クラスタは数台の動作確認済みであるが^{1, 2, 3, 7, 8}、今回のラベル導入のための設計では3端末にそれぞれ ID を割り振り、3 端末間マルチホップ通信の動作確認が終了している⁹。

3. 近距離クラスタと中継クラスタ間接続

3.1 スマートフォン直結による接続

2 章で述べた FPGA ベースのメッシュ構造のマルチホップクラスタと、スマートフォンクラスタの接続インタフェースは、昨年度は Windows 端末 (PC) を介する設計としていた^{6, 7, 8}。スマートフォンクラスタは Android 端末であり、FPGA クラスタと直接接続できるように改良する¹⁰。スマートフォンクラスタからは、本来 Wi-Fi や Bluetooth の無線で FPGA クラスタと通信する方法が利便性が高いが、プロトコル検証も行いやすいように IC (FT245) を介して⁶USB 通信で実装する。その結果、ユーザが用いる Android 端末とは別に通信規格の変換器及びスマートフォンクラスタ検索 DB としての Android 端末 (インタフェース端末) を用いる。

FPGA クラスタは、信号到達距離が長くホップ数が

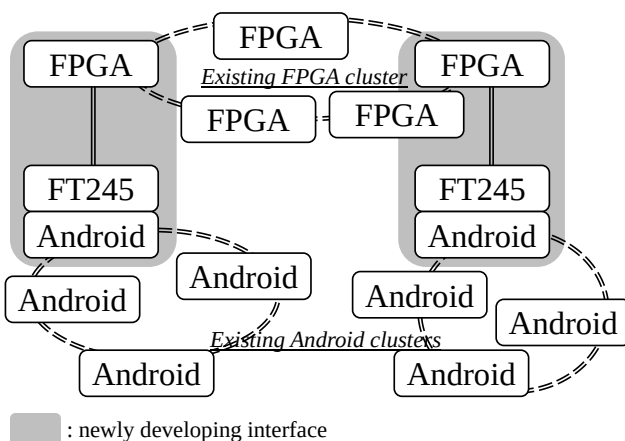


Fig. 3 Inter-cluster interface

低減できるだけでなく、スマートフォンクラスタが用いているチャンネル数が限られた WiFi/Bluetooth と異なる UHF 帯を使用して中継するため、スマートフォン利用者数が増加しても帯域ひっ迫、干渉による距離減衰を防ぐ効果も持つ。遅延の主要因となっているスマートフォンのソフト処理ではなく、FPGA の並列処理で高速処理も行える。なお、FT245 は 256Byte の読み込み FIFO と 128Byte の書き込み FIFO があり通信速度も最大 1Mbps (メーカー保障) がされているため、今回の実験では遅延の影響は生じない。

3.2 処理構造の概略

FPGA 端末もスマートフォンも固有の ID を有しており、インタフェース端末は DB^{7,8}を持ち、クラスタ間中継が必要かの判定、必要な場合の宛先 FPGA 端末の特定を行う。スマートフォンからのパケットは USB を通し FT245 に送られ 8bit の連続データに変換される。FPGA 端末ではパケットにラベルを付けて宛先 FPGA 端末までホップされるが、スマートフォン端末の ID 類はトンネリングされていて宛先 FPGA 端末でラベルを外し、FT245 を経由してインタフェース端末にパケットを転送する。インタフェース端末は宛先スマートフォン端末のクラスタに含まれており、パケットはクラスタ内通信で宛先スマートフォンへ送信される。クラスタ間構造は図 3 のようになっている。スマートフォン端末 (Android) から FPGA への送信、PC と FPGA 間の送信は動作確認済みである¹⁰。

4. 三次元クラスタのトポロジー制御

4.1 設計済みのスマートフォンクラスタの構造

田中研では、スマートフォンクラスタは Bluetooth ではピコネットを用いたスター型、パケットが端末まで到達すると復路を戻すライン型、リング型、WiFi では復路を戻すライン型、端末相対位置地図生成用の 3 端末累加型、Bluetooth と WiFi 混合のライン型ベースの複合クラスタ、ユニキャスト/マルチキャスト、インターネット接続等、多彩な形態で設計され、クラスタ間結合や分離も含めそれぞれ動作確認済みである¹⁻⁸。ライン型は、被災地の仮設住宅や学校の校舎内での使用等、移動が比較的少ないケースが適し、リング型はグループ移動等のケースに適し、また、伝達時間も短い。ところで、一般的な多くのクラスタ構造は平面を前提としているが、マルチホップモバイルクラスタは 3 次元配置で常に変形

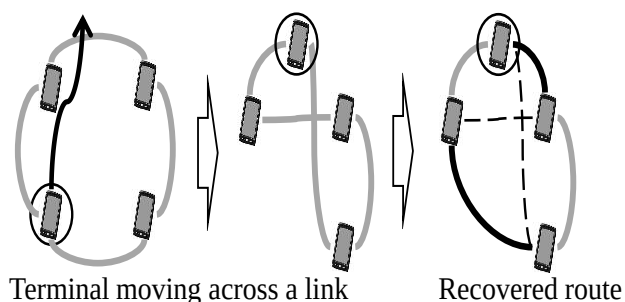


Fig. 4 Recovering tangled routes

するクラスタ構造をなす。そこで、3次元配置で最適クラスタとするため、まず、マルチホップリンクのねじれ状態に着目した。

4.2 ねじれ状態に対するトポロジ制御

モバイル端末では端末の所有者の移動によってリング型クラスタの構成が時間経過と共に最良の形状から崩れる可能性が高い。電波強度は距離とともに減衰するため、端末間の距離が大きくなりエラーが増加する。図 4 では、ねじれてしまった端末間リンクを経路間の距離をできるだけ短くなるように接続換えを行う状態を示している。

ねじれを検出するためには端末の相対位置情報が必要となるが、端末間の信号受信強度 (RSSI) を基に三つの端末を一組として平面的な端末間距離を算出し、各端末の相対位置を得る。四つの端末を一組として対角線状の経路が存在する、つまり、接続経路で交点が生じていれば辺をなす経路に接続を直す。既に自動的にリング状の端末を順次接続しながらメッセージを伝達する設計は終了しているので、RSSI を用いた三点測量で相対位置を求める仕組み等を一部変更して利用する。四つの端末の組みに対する操作をネットワーク領域に対して繰り返せば概ね全てのねじれが解消される¹¹⁾。

5 自律経路最適化

5.1 スマートフォンクラスタのメッシュ化

過年度で既に、Bluetooth のクラスタ間クラスタで三つの WiFi クラスタ間を接続する複合構成のクラスタが完成しており、インターネット接続したり、電池残量を計算して通信時間が最長になる接続に自動的に変更するシステムが設計されている¹⁻⁸⁾。今後端末数が増えてくるとメッシュ化が進み、最短経路を探索して接続することも可能になる。そこで、スマートフォンマルチホップシステムを、クラスタ

間クラスタや、特定のクラスタ構造を前提にするのではなく、メッシュ配置で自在に経路を設定するシステムを設計することとした。各端末の接続対象候補数が大きく増加するため、より高度な接続方法が必要となる。

5.2 メッシュネットワークにおける経路選択法

4×4 程度の端末配置を実験システムの目標としているが、当面はルーティング部分のみを取り出して実験を行う。即ち、メッシュ配置において生じそうなルーティング条件を具体的に設定し、自動的に最適ルートに接続を張り替える仕組みを設計する。

Bluetooth ではマスタ～スレーブの関係で 2 端末を接続するので、マルチホップを行うにはマスタ機能が順次端末を移動する^{1, 2, 3)}。全ての端末は常にマスタになれるように待機をしていて、接続要求をするときに自動でマスタとしての待機をやめスレーブとして機能する。本研究では図 5 のように A から D と E 宛てに A～B～C～D～E のルートでメッセージを伝達しながらグループ全体が移動している際に、障害物が間に入って端末 C と端末 D の間で通信が出来なくなったケースを想定すると、A～D～E と接続を変更して通信しメッセージを必要とする全ての端末にデータを送れるようルートを再接続する。この他にも、個別の端末の移動やクラスタからの端末の離脱や追加等の際にもルート変更できるようにする。

ベースとするシステムは 4 章で述べたシステムとほぼ同様であり、マスタ/スレーブの移動とメッセージの転送をペアとなる端末を順次移動しながらマルチホップするシステムは完成している。特に、これまで大きな課題となっていた遅延につ

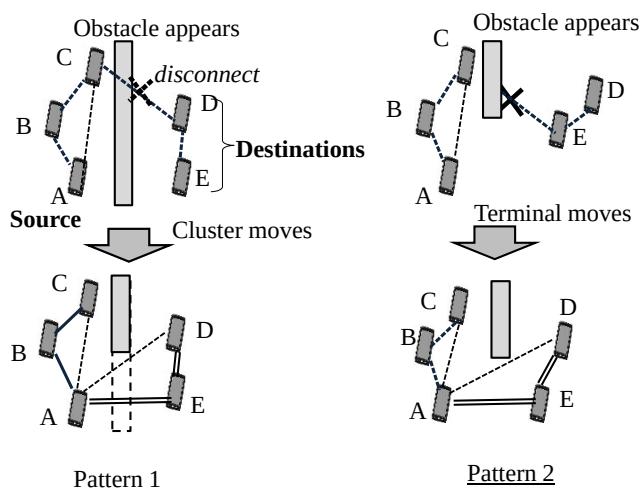


Fig. 5 Autonomous multihop route optimization

いては, 大幅に改善ができており, 接続状態にもよるが2ホップであれば人の感覚では遅延が殆ど感じられない程度にまで削減されている¹²⁾.

6 接続自動追尾ドローンによる通信距離の自動拡張

6.1 新たな制御システム

これまで接続ドローン制御のために通信にはスマートフォンのWiFiマルチホップを用いていた^{1,2,6,7,8)}. しかし, 遅延が大きく, drone 制御の場合数秒近くの遅延時間を前提として実験する必要があった. そこで, ドローン間的高速マルチホップ通信を実現するために, 図6のような複数端末と同時に無線通信が可能なマルチホップ通信ユニットを作成している. 作成したユニットでマルチホップ通信を行い, すべての通信対象との接続を維持することで, 前年の研究では制御信号を一回送るごとに繰り返していた切断, 探索, 接続といったプロセスを省略できた. これにより, 遠隔操作可能なレベルまでのマルチホップ通信速度を確保できている.

本研究では昨年の研究同様 Parrot 社の「AR.DRONE 2.0」⁹⁾を使用する. 自動追尾機能の高精度化や今後の継続研究のためにドローンを自作し, 高速マルチホップ機能や自動追尾用のAIをフライトコントローラに組み込む方法もとり得るが, 時間等の周辺条件によりこれまでに引き続き研究室で所有する市販ドローンを使っている. 作製するマルチホップ通信ユニットからAR.DRONE 2.0のフライトコントローラに制御信号を送る形で操作する.

6.2 マルチホップ通信ユニット

図6のマルチホップ通信ユニットについて, 述べる. 中継ドローン一機につき一つのユニットが必要になるためコスト上の配慮の他, ドローンに

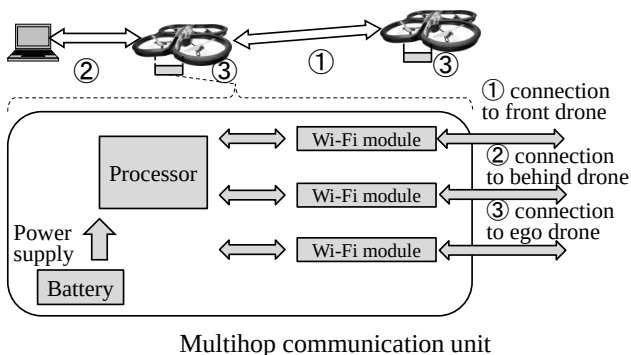


Fig. 6 Autonomous group drones

搭載するため重量軽減も設計要素とした.

マルチホップ通信ユニットに搭載する機能は以下である.

- Wi-Fi モジュールを3機搭載し, それぞれと同時に通信可能である.
- 操作端末からの制御信号を先端機に, 先端のドローンのカメラ映像を操作端末に向けてそれぞれ中継する.
- 操作端末からの制御信号をもとにユニットを搭載しているドローンへの制御信号を生成し送信する.
- バッテリーを搭載し, 外部からの電源供給無で稼働可能である.

マルチホップ通信ユニットを raspberry pi¹⁰⁾で構成し, ユニット一機を介して操作端末からドローンへのマルチホップ通信を実装し動作確認は完了している. 2機目以降のユニット及びドローンとの通信, ドローン搭載カメラからの映像を操作端末に表示する機能も実装に向けた設計を行う¹³⁾.

ドローンは屋外で用いると無人航空機なので, 実験については規制に従い, 例えば共同実験室内や大教室や体育館内で行う. 本システムの応用例としては災害時の探索や人が直接行けない森林・山岳地帯などでの調査が考えられる. 本研究ではドローンのマルチホップに使用するが, プログラムを書き換えれば他のロボットなどのマルチホップ通信にも利用できるほか, 電源を搭載しているのでユニット単体での使用も可能になる.

7 ルーティングに基づくマルチホップセキュリティ

7.1 データ分割による簡易セキュリティ

通常のインターネット等ではセキュリティが高いデータ通信について情報漏洩防止のために暗号化を行う. しかし, スマートフォン (Android 端末) 間マルチホップ通信で暗号化を行うと, 端末処理能力に対して複雑な処理が必要で通信時間の遅延が増大する. 即ち, 専用装置を用いない身近な機器によるマルチホップ通信では通常暗号化によるデータ保護は困難である. 一方, 本研究室のマルチホップ通信ではマルチキャストやブロードキャストも既の実現されており¹⁻⁶⁾, 複数経路を経由して宛先端末までデータ送信する仕組みは比較的容易に設計できるので, 保護対象のデータを複数経路に分けて送信することにより, 経由す

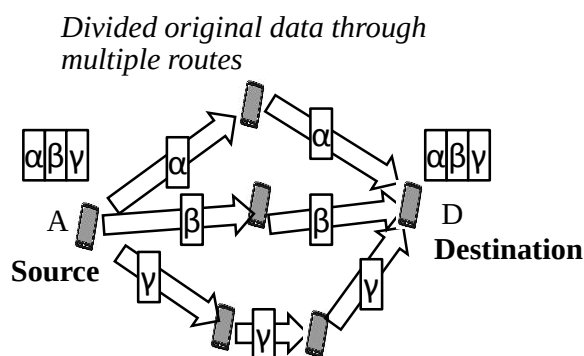


Fig. 7 Multihop security based on routing

る端末でのデータ完全傍受を防げる^{6,7,8)}。暗号化ほど強力とは言えないが、キー漏えいだけで破られてしまうことは無く、また、意図的に行わなくても通常の通信時に生じ得る経路状態の変化がそのままセキュリティの変更となる利点も持つ。

7.2 設計システムの特徴

タッチパネルでの入出力アプリケーションと通信アプリケーションは独立した構造としている¹⁴⁾。これは、送受信データがテキスト類だけでなく、これまで設計されてきた画像マルチホップや制御情報マルチホップ、インターネット接続して送受信するメール、3D 画像情報、等多岐にわたるためである。入力画面で登録した入力データ或いは保存済みデータと分割数を通信アプリケーションに引き継ぎ、通信アプリケーションは指定分割数に分割した上で再結合のための順序を示す情報をサプレスし、分割されたデータを別々の経路で送信する。受信側では通信アプリケーションが受信データをあらかじめ設定された番号順に並び替え、再結合して元のデータに復元する。複数経路に分割して送信される状況を図 7 に示している。

8 むすび

田中研ではこれまでに、主にスマートフォンと FPGA とマイコンを使用してヘテロジニアスマルチホップシステムを設計し動作確認を行っており、転送技術における各種課題を解決してきた。最近では、これらのマルチホップシステムを利用した応用技術にも焦点をあて、複合クラスタ制御やクラスタ間結合、インターネット接続やラベル導入によるインフラネットワークとの接続、移動にも適用する最適ルーティング、地図の自動生成、セキュリティ強化や遅延削減、接続ロボットやドローン制御技術の設計

に力を入れ、本稿に述べた例等、幾つかの成果を得てきた。これまで主眼の一つとしてきた災害時の通信手段や学校内等の閉じた集団での利用から、普段の生活の中への実地導入にともなうネットワーク自体の移動も前提とした可変領域化に対応して、応用機能を多く有する広域的ネットワークへの展開を進めている。

謝辞

本研究の一部は、東京工業高等専門学校の平成 27 年度重点配分経費により行われた。

参考文献

- 1) A. Tanaka, "Locally exploitable heterogeneous multihop communications applied to cooperative-robots," Proc. 5th Int'l Conf. on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN 2013), No.7A-5, pp.321-326, Da Nang, Vietnam, Jul. 2013.
- 2) A. Tanaka, "Locally exploitable heterogeneous multihop communications applied to cooperative-robots with awareness," The Information, Vol.17, No.8, pp.3985-3998, Aug. 2014.
- 3) 田中晶, "マルチホップ移動体無線通信の一検討ー身近な通信システムを目指してー," 東京工業高等専門学校研究報告書, No.43(2), pp.127-133, Mar. 2012.
- 4) 田中晶, "ヘテロジニアスマルチホップ移動体無線通信の一検討," 東京工業高等専門学校研究報告書, No.44(2), pp.105-108, Mar. 2013.
- 5) 田中晶, "ヘテロジニアスマルチホップ通信と探索接続ロボット制御への応用," 東京高専研究報告書, No.45(2), pp.113-117, Mar. 2014.
- 6) 田中晶, 内海楽, 柴田尚輝, 橋本拓磨, 諸星匡吾, 山野井匠, 河井泰輝, "ヘテロジニアスマルチホップベース IoT の一検討," 東京高専研究報告書, No.47, pp.50-57, Mar. 2016.
- 7) 田中晶, "ヒューマンセントリックヘテロジニアスマルチホップ通信の一検討," 信学技報, Vol. 115, No. 394, IT2015-67/SIP2015-81/RCS2015-299, pp.113-117, Jan. 2016.
- 8) 田中晶, "共有メモリベース小型ロボット制御マルチホップ通信システムの一検討," 第78回情処全大, Vol. 2016, No. 1, 6C-04, pp.31-32, Mar. 2016.

- 9) 松本貴大, “マルチホップ無線ネットワークにおける経路制御の研究,” 2016 年度東京高専卒論, Feb. 2017. (予定)
- 10) 菊池隼人, “ヘテロジニアスマルチホップ通信における長距離通信の研究,” 2016 年度東京高専卒論, Feb. 2017. (予定)
- 11) 大場裕也, “マルチホップ通信におけるリング型クラスタの形状最適化の研究,” 2016 年度東京高専卒論, Feb. 2017. (予定)
- 12) 中新井田覚志, “Android 端末を用いたマルチホップ通信によるメッセージ伝達方法の研究,” 2016 年度東京高専卒論, Feb. 2017. (予定)
- 13) 澁田勲知, “マルチホップ通信による群ドローン制御の研究,” 2016 年度東京高専卒論, Feb. 2017. (予定)
- 14) 小出瑞生, “Android 端末を用いたマルチホップ通信におけるセキュリティの研究,” 2016 年度東京高専卒論, Feb. 2017. (予定)

(平成 28 年 11 月 30 日 受理)

海水に二酸化炭素を曝気した場合の重金属の海生生物への毒性発現

庄司 良*, 熊谷 望美*

Heavy metal toxicity to marine organisms under aeration of carbon dioxide in artificial seawater

Ryo SHOJI, Nozomi KUMAGAI

Recently, increase of carbon dioxide in atmosphere is a serious problem. It is also known that carbon dioxide dissolves in seawater and lowers the pH of seawater. In terms of the toxicity of heavy metals on organisms in the sea, the influence of pH changes by a certain amount of carbon dioxide dissolving in a seawater has not been elucidated. Although many kinds of cations are in seawater, they compete with heavy metals around biotic ligands in organisms and may result lower toxicity. The objectives of this study is to examine the influence of carbon dioxide aeration by pH changes on the toxicity of heavy metals explained using the BLM(Biotic Ligand Model). The BLM was applied to the prediction of the toxicity of copper ion under the conditions with much interaction among copper, calcium ions and carbon dioxide. The toxicity of copper chloride depended on pH adjustment methods. The prediction of the toxicity of copper by using the BLM was possible at the pH of 6.00~8.00. Additionally, the copper toxicity was exactly determined by using the copper activity measured with a copper-selective ion electrode under various concentrations of co-existing calcium ion.

(Keywords : *Artemia salina*, Toxicity test ,Carbon dioxide, Heavy metal, competing cations)

1. 緒言

現在、地球温暖化が世界的な問題となっている。その問題の原因のひとつとなっている二酸化炭素が海水に溶解することで海水の pH 低下、海水温の上昇などが懸念されている¹⁾。海水の pH が低下すると、重金属の自由イオン濃度が変化することがわかっており²⁾、海生生物に対する重金属毒性の発現の違いに関する研究は多く行われている。しかし、実際に二酸化炭素を曝気した際の重金属毒性に関する研究に関してはあまりなく、二酸化炭素による重金属毒性への影響は解明されていない³⁾。また、海水で行う毒性試験では塩分やカルシウムが含まれることによって淡水下と比べて重金属の毒性は大きく変化する。更にそれらカルシウムイオンを始めとする各種陽イオンは炭酸塩を形成することもある。水中でのこれらのイオン濃度に関する先行研究のうち、多数の陽・陰イオンが共存する環境に

おける金属毒性の評価として現在、BLM (Biotic Ligand Model)が注目されている⁴⁾⁵⁾⁶⁾。BLM は溶液に共存する種々の陽イオン濃度や pH などの情報から、金属のスペンシェーション解析に基づいて生物に対して影響を与える状態(バイオアベイラブル)の金属イオン濃度に基づき毒性を予測するモデルであり、沈殿や強固な錯体の状態をとっている部分を排除し、 Cu^{2+} のような重金属の自由イオンのみが他の陽イオンと競合することによってリガンドに結合する割合が変動することを想定している⁷⁾。リガンドとは生物に備わっている特定の受容体のことを指し、栄養分として必要なカルシウムイオンなどを取り込む経路である。先行研究では重金属の自由イオンは水素イオンやカルシウムイオンと競争的にリガンドに吸着するため、重金属の毒性は水素イオンやカルシウムイオンの濃度に応じて緩和されることが BLM を用いて検証されている⁸⁾。

*物質工学科

そこで本研究では、実際に二酸化炭素を銅およびカルシウムを添加した人工海水に曝気し、一般的な塩酸で pH 調整を行ったものと比較を行うことで、pH 以外の共存する陽イオンの濃度変化に基づく銅イオン毒性の発現の影響を調査し、BLM に適応することで海水に含まれる塩分やカルシウムイオンを考慮した毒性の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 アルテミアを用いた 24 時間急性遊泳阻害試験

実験に用いたアルテミアは、所定の濃度にて調製した人工海水に卵を加え $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下で静置し、個体差の軽減を目的として 24 時間以内に孵化したアルテミアの仔虫のみを利用した。なお、人工海水として富田製薬株式会社製マリンアート SF-1 試験用人工海水を用いた。24 時間以上曝気し、溶存酸素を飽和させたイオン交換水で人工海水の混合塩を希釈した。指標物質としては塩化銅を用いた。塩化銅を濃度 0 、 10^{-6} 、 10^{-4} 、 $8 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ となるように 24 時間以上曝気したイオン交換水に溶解させた後、人工海水と混合し、 $0.33 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ になるように調製した。一方には塩化カルシウム水溶液を 10^{-4} mol/L 加え、それぞれ 0.1 M NaOH と 0.1 M HCl の添加又は炭酸ガスを曝気して pH 8.00、7.00、6.00 に調整した。濃度区は 4 つ設け、連数を 3 とし、各容器の液量は 100 mL 、曝露方法は止水式とし、1 連数当たりの供試生物数を最低 5 個体とした。エンドポイントとして、容器を揺らしてもアルテミアが泳がなくなったことを観察し、遊泳阻害率を計算した⁹⁾。

また、カルシウムイオン及びエチレンジアミン添加による塩化銅の毒性の影響を独立して把握するため、得られた各濃度区の遊泳阻害率を目的変数として(1)式に示す。ロジスティック式で回帰し、 EC_{50} (Half maximal effective concentration)を算出した。

$$y = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\text{EC}_{50}}\right)^{\beta}} \quad (1)$$

(1)式において、 y は遊泳阻害率[%]、 x は暴露した塩化銅濃度 $[\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]$ 、 EC_{50} は遊泳阻害率が 50% の際の塩化銅濃度 $[\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]$ 、 β は形状係数[-]とする。

溶液中に存在する塩化銅の自由イオン濃度は、pH と共存物質の濃度から水溶液中の金属イオンのスペシエーションを計算することができるソフトウェアである MINEQL+ (Environmental Research Software, Version 4.5)を用いて算出した。

2.2 BLM の導入

自由イオンとして溶液中に存在する重金属イオンが

生物に対して接触し、毒性発現する場合、金属と結合する生物表面のリガンドに結合する経路とみなす Biotic Ligand (BL)に着目し、重金属イオンと BL との結合反応を説明する生物結合モデルを用いて、カルシウムイオンの添加の有無によって毒性が緩和されることを検証した。

本研究では評価対象とする金属を銅とし、種々の pH の下、水溶液中に塩分、カルシウムと共存する銅のバイオアベイラビリティを表現する場合、溶液中の反応式は以下の式で表される。



以上の式の各平衡反応の結合定数(K_{Cu} , K_{Ca} , K_{H})は以下の式で表される。

$$\frac{[\text{CuBL}]}{[\text{Cu}^{2+}][\text{BL}]} = K_{\text{Cu}} \quad (5)$$

$$\frac{[\text{CaBL}]}{[\text{Ca}^{2+}][\text{BL}]} = K_{\text{Ca}} \quad (6)$$

$$\frac{[\text{HBL}]}{[\text{H}^{+}][\text{BL}]} = K_{\text{H}} \quad (7)$$

BL に銅イオンが取り込まれる際、 Cu^{2+} が BL と結合する割合が大きくなれば金属毒性の影響も大きくなるが、上記式のように Ca^{2+} や H^{+} が競合的に BL に結合すると Cu^{2+} が BL と結合する割合が減少する。銅イオンが BL と結合する割合 f は次の式で与えられる。

$$f = \frac{[\text{CuBL}]}{[\text{TBL}]} \quad (8)$$

(8)式において、 $[\text{CuBL}]$ は銅イオンと結合している BL の濃度 $[\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]$ 、総リガンド濃度を示す $[\text{TBL}]$ は以下の式のように記述できる。

$$\begin{aligned} [\text{TBL}] &= [\text{CuBL}] + [\text{CaBL}] + [\text{HBL}] + [\text{BL}] \\ &= [\text{BL}] \{ K_{\text{Cu}}[\text{Cu}^{2+}] + K_{\text{Ca}}[\text{Ca}^{2+}] + K_{\text{H}}[\text{H}^{+}] + 1 \} \end{aligned} \quad (9)$$

従って、 f [-] は以下の式のように整理される。

$$f = \frac{K_{\text{Cu}}[\text{Cu}^{2+}]}{K_{\text{Cu}}[\text{Cu}^{2+}] + K_{\text{Ca}}[\text{Ca}^{2+}] + K_{\text{H}}[\text{H}^{+}] + 1} \quad (10)$$

アルテミアに暴露した銅の総濃度の代わりに銅イオンと結合している BL の割合 f を変数として、用量作用曲線を整理した。(1)式の x に(10)式の f を代入して、 y の実測値を回帰した。毒性試験結果と実測値から RMSE(Root Mean Squared Error)を取り、その値が最小になるように結合定数などを最適化することで、用量作用曲線を誘導した。

3 結果と考察

塩酸を用いて pH 調整を行った際のアルテミアに塩化銅濃度 $8 \times 10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ で 24 時間曝露した結果を Fig. 1 に、炭酸ガスを用いて pH 調整を行った際のアルテミアに塩化銅濃度 $8 \times 10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ で 24 時間曝露した結果を Fig. 2 にそれぞれ示す。

Fig. 1 より、添加物の有無に関係なく pH が低くなるほどアルテミアの遊泳阻害率が高くなり、Fig. 2 では pH 変化による毒性の大きな差は見られなかった。50%阻害する銅の総濃度はそれぞれ $6.50 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $5.81 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ となった。

pH が低下することによって溶液中の重金属自由イオン濃度は上昇することがわかっており¹⁰⁾、これは平衡濃度計算ソフト MINEQL+(version 4.5)を用いても確認できた。溶液中の銅イオン濃度が上昇すると生物が溶液中のカルシウムイオンやマグネシウムイオンを取り込む経路であるリガンドに吸収される銅イオンの割合が増えるため、 EC_{50} が小さくなる。すなわち毒性が上昇する。しかし、炭酸ガスを用いて

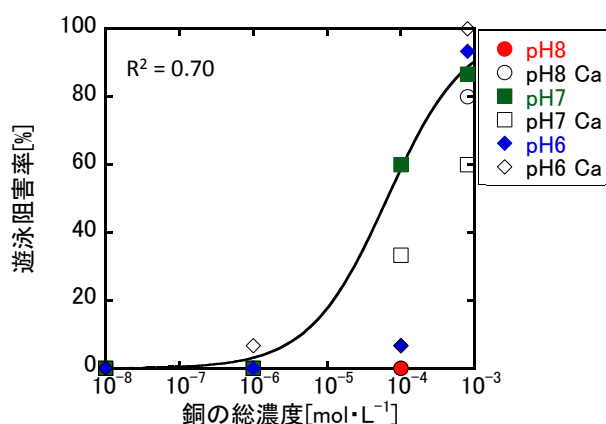


Fig. 1 塩酸を用いた各 pH ごとで塩化銅を曝露した際のアルテミアを用いた毒性試験結果

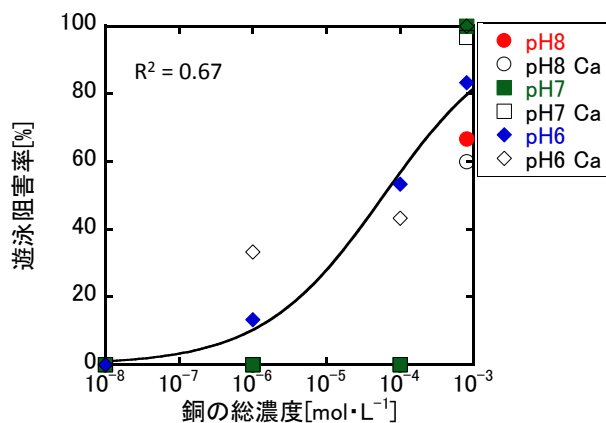


Fig. 2 炭酸ガスを用いた各 pH ごとで塩化銅を曝露した際のアルテミアを用いた毒性試験結果

pH 調整を行うと、炭酸ガスの曝気量が大きくなる低 pH の水溶液中では必然的に炭酸イオン濃度が大きくなる。溶液中の銅イオンと炭酸塩を生成し、溶液中の銅イオンの割合は低下するが、炭酸ガス添加量が増えても溶液中に残存する銅イオンと炭酸塩が平衡状態になり銅イオンの濃度は変化しにくくなるため、Fig. 2 では pH 変化による毒性の差が小さくなったものと考えられる。

更に、カルシウムを添加すると毒性が軽減された⁸⁾。溶液に含まれるカルシウムの自由イオン濃度が高くなると生物体表面のリガンドに結合する銅イオンの割合が下がり毒性の緩和につながったことが考えられる⁴⁵⁾。

毒性評価における用量作用曲線の横軸を銅の総濃度とするデータ整理では、カルシウムイオンなどの 2 価の陽イオンによるイオン強度の変化の効果や pH 変化の影響を整理することができず、海水の採取地点によって陽イオンの組成及び濃度の異なる海域における毒性評価を対象となる重金属の総濃度だけで行うことは困難である。従って、銅の総濃度の代わりに銅の自由イオン濃度を遊泳阻害率の説明変数として整理することで、他の陽イオン共存下及び pH の金属のバイオアベイラビリティに対する影響をする必要がある。そこで、MINEQL+で各 pH 及びカルシウムイオンを添加した際の人工海水中に含まれる銅の自由イオンを算出し、それを横軸として用量作用曲線を検証した。塩酸を用いて pH 調整を行った際のアルテミアの遊泳阻害試験の結果を Fig. 3、炭酸ガスを用いて pH 調整を行った際の結果を Fig. 4 にそれぞれ示す。塩酸を用いて pH 調整した場合と比べて、炭酸ガスを用いた方が、同じ銅自由イオン濃度であっても毒性は小さくなる。50%阻害する銅自由イオン濃度はそれぞれ $1.51 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $1.08 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ となった。以上のことから銅の自由イオン濃度で整理を行うことでより正確な 50%阻害濃度を得ることができた。銅の自由イオン濃度を用いてこれは共存するカルシウムイオンの自由イオン濃度の違いに起因するものと考えられる。

Fig. 3 及び Fig. 4 より、プロットを pH や共存するカルシウムの有無に関わらず一本の線に回帰させると、相関係数(R^2)はそれぞれ 0.91、0.87 という値を示した。塩化銅の総濃度によって整理した Fig. 1、Fig. 2 の R^2 はそれぞれ 0.70、0.67 となっており、銅の自由イオン濃度による整理によって誤差は有意に減少した。しかし、pH 調整の方法によらずに 1 本の用量

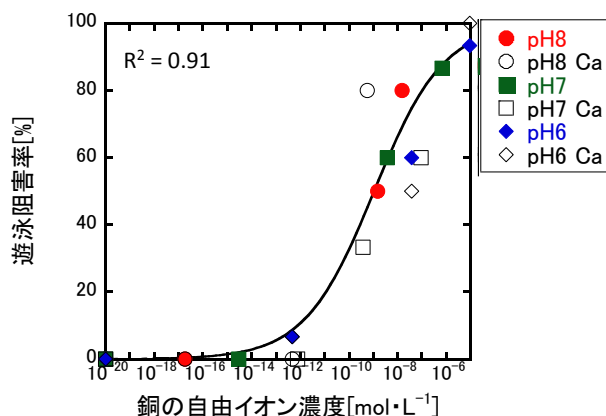


Fig. 3 塩酸を用いた pH 調整下で得られた銅の自由イオン濃度を横軸とする塩化銅の用量作用曲線

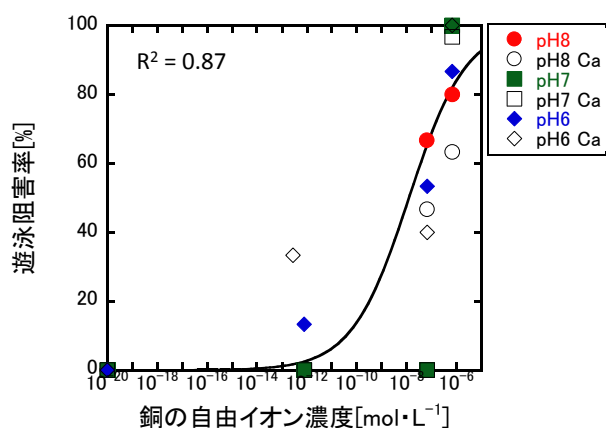


Fig. 4 炭酸ガスを用いた pH 調整下で得られたイオン濃度を横軸とする塩化銅の用量作用曲線

作用曲線に統一的に回帰した場合の相関係数(R^2)は 0.87 となり、共存する陰イオンの種類によって毒性が変化することが明らかとなった。つまり、塩化物の炭酸塩の安定性の違いによる銅イオンとカルシウムイオンのスペシエーションの違いは考慮できていない。そこで、カルシウムイオンによる競合的な拮抗作用も考慮できる BLM によって整理することで塩酸、炭酸ガスどちらの結果も統一的に表現することを試みた。BLM に回帰させる際に用いた値を Table 1 に示す。Table 1 で示した値を用いて回帰計算を行った結果を Fig. 5 に示す。BLM に回帰させた際の R^2 は 0.97 という値を示している。塩酸、炭酸ガスの両方の結果を銅の自由イオンで整理して得られた R^2 は 0.83 となっており、BLM を用いて整理することによって誤差が有意に減少した。

これらの結果から pH を塩酸、炭酸ガスどちらで pH 調整を行っても同じ式とパラメータを用いて回

Table 1 BLM による回帰計算に用いた数値

$f_{50} (-)$	0.03
$\beta (-)$	2.36
$K_{Cu} (L \cdot mol^{-1})$	4.17
$K_H (L \cdot mol^{-1})$	4.87
$K_{Ca} (L \cdot mol^{-1})$	14.59

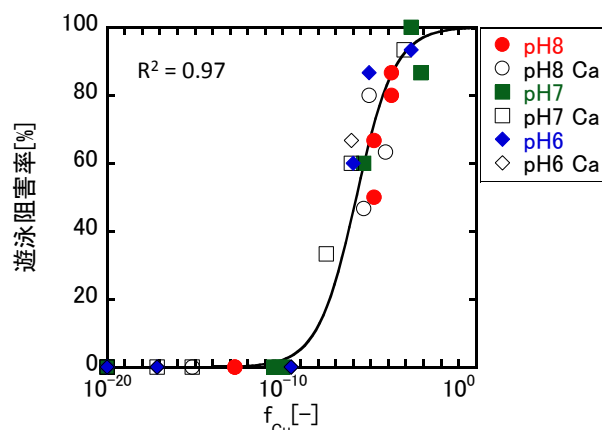


Fig. 5 BLM に回帰して得られる塩化銅の用量作用曲線

帰計算を行うことが可能であり、統一的な整理が可能であることが確認された。つまり、リガンドと結合する金属の量が一定であることを前提としたとき¹¹⁾、共存する陰イオンの影響を受けているカルシウムイオンが銅イオンと競争的に BL に吸着し、銅イオンが吸着する割合が減少したため、銅の毒性の緩和につながったと考えられる。以上のように、pH の調整方法及びカルシウムイオンの添加による銅の複合効果を考慮したうえで (10) 式によって示した f でカルシウムイオンや水素イオンと銅イオンとの BL に対する競争的な吸収を表現することによって海域ごとに異なる海水の成分を考慮した水環境中の銅の有害性を予測することが可能となった。

4. 結論

本研究において、海水の pH 調整方法の違いによる毒性試験の結果の差異を示唆し、塩酸と炭酸ガスを用いた pH 調整の方法を比較することによって塩化銅の毒性への影響を明らかにした。また、銅の自由イオン濃度を横軸に用いて整理することによって曲線と実測値との誤差が減少した。更に、塩酸及び炭酸ガスを用いた pH の変化において銅などの重金属の毒性予測の精度の改善を示唆できた。今までの BLM は、カルシウムイオンやマグネシウムイオンといった一部の金属種しか拮抗物質として対応できなかったが、本稿の BLM は炭酸ガスによって調整された pH か

ら MINEQL+を用いて溶液中の銅の自由イオン濃度を算出することによって、共存する陰イオンの種類によらずに有害な金属の毒性を炭酸ガス共存下において整理することが可能となった。

について, 全国環境研会誌 Vol. 23, P487-253, 2009

(平成 28 年 11 月 28 日 受理)

5. 参考文献

- 1) 喜田潤, 二酸化炭素による海洋の酸性化, 海生研ニュース No. 99, P 2-4, 2008
- 2) 庄司良, 谷口太郎, 塩分濃度が変化する汽水域中の銅のヤマトシジミに対する毒性の Biotic Ligand Model による予測, 水環境学会誌 Vol. 39, P1-5, 2016
- 3) 吉川貴志, 二酸化炭素が海産魚卵および仔稚魚に与える影響, 長崎大学学位論文, P103, 2004
- 4) 庄司良, 土壤中重金属のバイオアベイラビリティの予測のための生物結合モデル(TBLM), 環境毒性学会 Vol. 9, P149-156, 2007
- 5) 加茂将史, 安田恭子, 内藤航, 生物リガンドを用いた生態リスク評価手法, 環境毒性学会 Vol. 14, P127-139, 2011
- 6) Amond, W.R. Santore, R.C., Cotosifas, J.S., Predicting copper toxicity in estuarine and marine waters using the Biotic Ligand Model, Marine Pollution Bulletin Vol. 50, P1634-1640, 2005
- 7) Bui, T.L., Hong, C.D., Dao, T.S., Hoang, T.C., Copper toxicity and the influence of water quality of Dongnai River and Mekong River waters on copper bioavailability and toxicity to three tropical species, Chemosphere Vol. 144, P872-878, 2016
- 8) 加茂将史, 林岳彦, 金属の生態毒性予測モデル : Biotic Ligand Model の発展史と展望, 環境毒性学会 Vol. 14, P25-38, 2011
- 9) OECD Guideline For Testig of Chemicals 202, OECD, P1-12, 2004
- 10) You, S.J., Thakali, S., Allen, H.E., Characteristics of soil organic matter (SOM) extracted using base with subsequent pH lowering and sequential pH extraction, Environmental International Vol. 32, P101-105, 2006
- 11) 田中義人, 永淵義孝, 熊谷博史, 白川ゆかり, 松尾宏, 福岡県内公用水域における TOC による有機汚濁の傾向と水質保全対策検討のための指標に

上代語における完了化辞「つ・ぬ」の差異と下接語

* 青野 順也

Difference between *Tu* and *Nu* in Ancient Japanese

Junya AONO

In this paper, the difference between *Tu* and *Nu* in Ancient Japanese is discussed. This paper argues as follows:

First, although *Tomo* connected to *Nu* has been found, there have been no examples of *Tu* with *Tomo*. In addition, *Kamo* connects with *Tu* to constitute exclamatory expression, but *Nu* is hard to connect with *Kamo*. Therefore, *Tu* was used for an actual expression, and *Nu* was used also to a nonactual expression.

(Keywords : *Tu* and *Nu*, *Tomo*, *Kamo*)

一 はじめに

本稿は、古代日本語の完了化辞「つ・ぬ」両形式の差異について、他の文法形式との承接例をとおして論じるものである。本稿の考察を通して得られる結論は、膨大な蓄積のある先行研究の結論と相通じるところもあるが、構文面からの裏づけを得ることができればと思う。

以下、考察は上代日本語文献のうち、『万葉集』を主たる資料としておこない、適宜、他文献からの用例も参照し、中古語での様相についても触れていくこととする(注1)。

二 先行研究

これまでの「つ・ぬ」両形式の差異についての研究は、本居宣長『玉あられ』(寛政四年(一七九二))が、「詞によりて下を、つるといふべきと、ぬるといふべきとの差別あり、たとへば、「ありといふ詞の下は、必「有つるとのみいひて、有ぬるといふことはなし、「見る「聞くも、「見つる「きつるといひて、「見ぬる「聞ぬるとはいはず」(『本居宣長全集 第五卷』筑摩書房版、四七八頁)と述べたことに端を発し、上接語のあり方から多くの議論がなされてきている(注2)。

特に近年では、テンス・アスペクトの問題として議論が盛んなので

あるが(注2)、大坪併治(一九六九)や野村剛史(一九八九)、小田勝(二〇一二)は、他形式との承接例についても言及している。

右に挙げた大坪(一九六九)をはじめとする諸研究は、「つ・ぬ」と「けり」との承接例に注目し、たとえば野村(一九八九)は、上代語文献において「つ」に「けり」が接続した「くてけり」の例は一例だけである一方で、「ぬ」に「けり」が接続した「くにけり」の例は一七一例といった差異が生じていることなどから、「つ」形式における「現在完了性格」の強さを説いている。

(1) 本稿の又解釈によれば、く又は、時の向こう側からの(将来からの)ある事態の立ち現れ(欠如の現れも含めて)であった。それに対して言語主体がしばしば驚きも込めてケリで迎え入れるのは自然であろう。それに対してツは、過去から現在へ至る「私の、今」の流れにおける主体的経験の実現である。このような事態に対していまさらケリと「気づく」のは、奇妙である(野村(一九八九) 一二頁)

野村(一九八九)は、事態を「私の、今」における主体的経験として捉えるのが「つ」とする。「つ」は、「けり」との承接例が限定されていることから、過去のこととして対象化できない事態を描写する形式であったと考えられるわけである(注3)。

本稿では、「つ・ぬ」両形式の差異をより客観的に見とおすことを目的として、「けり」以外の語との承接例はいかなる様相を呈しているの

か、次節以下の考察を進めていくこととする。

三 下接語からみた「つ・ぬ」

三・一 「くとも」「ぬとも」

本小節では、逆接の仮定条件句を構成する接続助詞「とも」との承接例に注目する。

次に、「ぬ」に「とも」が接続した例を挙げる。「とも」は、訓字の「雖」や「友」で表記されることが多く、そうした例には確定条件の「ども」とも訓めるものがあるため、ここでは訓みの確実な仮名書き例を中心に挙げることにする。

(2) 残りたる雪に交じれる梅の花早くな散りそ雪は消ぬとも(由吉波気奴等勿)(巻五・八四九、大伴旅人)

(3) 酒坏に梅の花浮かべ思ふどち飲みての後は散りぬともよし(落去登母与之)(巻八・一六五六、大伴坂上郎女)

(4) 高円の尾の上の宮は荒れぬとも(安礼奴等母)立たしし君の御名忘れめや(巻二十・四五〇七、大原今城真人)

『万葉集』中の「くぬとも」は、この(2)く(4)を含めて三十四例みられる。上接動詞も「散る」、「経」(以上、各五例)、「消」、「老ゆ」、「絶ゆ」、「濡る」、「更く」(以上、各二例)、「明く」、「荒る」、「うつろふ」、「置く」、「かはらふ」、「枯る」、「過ぐ」、「立つ」、「散り過ぐ」、「な

る、「干」(以上、各一例)と多様である。「ゝぬとも」は、「散ってもかまわない」と解釈される(3)の「散りぬともよし」という放任表現を中心的な用法として、上代において活発に使用されていたことがうかがえる。

その一方で、「つ」に「とも」が接続した「ゝつとも」という承接例は、『万葉集』をはじめとして上代語文献全般を調査しても見いだすことができない。「ゝつとも」は、平安初期の『竹取物語』(九世紀)と『大和物語』(十世紀)にいたって例をみる。次に(5)(6)としてその例を挙げる。

(5) いたづらに身はなしつとも玉の枝を手折らでただに帰らざら
まし(竹取物語・三六^⑫)

(6) かく投げつとも帝はえしろしめさざりけるを、ことのついで
ありて人の奏しければ、きこしめしてけり(大和物語・三二二^⑨)

このほかの中古語文献を調査した結果得られた「ゝつとも」の全例を次に挙げる。管見に入るかぎり、中古語文献の「ゝつとも」は次の(7)〜(11)の五例にとどまる。

(7) 君がなもわが名もたてじなにはなるみつともいふなあひきと
もいはじ(古今和歌集・六四九)

(8) なでしこの御人といひし人は、むつまじくもありしを、いか

なるにか、「見つとも言ふな」とちかはせて、又も見ずにし
(堤中納言物語・四一五^⑦)

(9) さまざまなる世の定めなさを心に思ひつめて、今まで後れき
こえぬる口惜しさを、思し棄てつとも、避りがたき御回向の中
にはまづこそは、とあはれになむ」など、多く聞こえたまへり
(源氏物語・4・二二五^⑪)

(10) 思ひ侘びつひにこの世は捨てつともあはぬ嘆きは身をも離れ
じ(狭衣物語・二二〇^⑪)

(11) 涙ぐまれぬべきを、念じて、「かう問ひきこえつとも、な漏ら
い給ひそ。あいなし」と、口がためて、たちあかれても、異ご
となく胸にみちて(夜の寝覚・二三八^⑧)

(8) の「見つとも言ふな」は、(7)として挙げた『古今和歌集』の
「みつともいふな」を踏まえた表現であることから、「ゝつとも」の実
質的な例からは除外されてもよいものである。

一方、「ゝぬとも」の例は韻文と散文とを問わず、豊富に見いだされ
る。次に、韻文と散文との例を一例ずつ挙げる。

(12) ちりぬともかをだにのこせ梅花こひしき時の思ひでにせん(古
今和歌集・四八、よみ人しらず)

(13) すぐれたる験者どもの限り召し集めて、「限りある御命にてこ
の世尽きたまひぬとも、ただ、いましばしのどめたまへ(源氏
物語・4・二二五^⑤)

以上、「ゝぬとも」の例は上代、中古を問わず豊富にみられる一方で、「ゝつとも」の例は上代語文獻では見いだすことができず、中古語文獻でも(7)ゝ(11)がそのすべてであつて、「ゝぬとも」に比べ、限定的であつたということを指摘した。上代語文獻に存在しなかつた「ゝつとも」の例が中古語文獻に至つて出現しはじめている事実は、上代に存在した「つ・ぬ」両形式の差異が、中古に至つて失われていたことを物語っているものと考えられる。

接続助詞「とも」との承接例からは、「つ」は主として現実事態の描写に使用される文法形式で、「ぬ」は未実現事態の描写にも使用される文法形式であつたという差異がうかがえる。

三・二 「ゝつるかも」・「ゝぬるかも」、「ゝぬがに」

続いて本小節では、接続助詞「とも」以外の形式との承接例として、詠嘆表現を構成する「かも」に注目する。

「つ・ぬ」と「かも」との承接例について大坪併治(一九六九)は、「ゝつるかも」の多さと「ゝぬるかも」の少なさを指摘する。

- (14) うつせみの世は常なしと知るものを秋風寒み偲びつるかも(思
努妣都流可聞)(巻三・四六五、大伴家持、天平十一年(七三九))
(15) 春さらば逢はむと思ひし梅の花今日の遊びに相見つるかも(阿
比美都流可母)(巻五・八三五、薬師高氏義通)
(16) 我がやどの冬木の上に降る雪を梅の花かうち見つるかも(打

見都流香裳)(巻八・一六四五、巨勢朝臣宿奈麻呂)

本稿の調査によると、「ゝつるかも」の例は(14)ゝ(16)を含めて、『万葉集』中に四十二例存在する。その上接動詞も、「見る」(十四例)、「嘆く」(八例)、「偲ふ」(三例)、「思ふ」(三例)、「かざす」(以上、各二例)、「います」(「うけふ」)、「置く」(「言出づ」)、「偲ぶ」(「過ぐす」)、「散らす」(「願ふ」)、「音泣く」(「まがふ」)、「許す」(以上、各一例)と多様であり、上代において「ゝつるかも」は活発に使用されていたようである。

その一方で、「ぬ」に「かも」が接続した「ゝぬるかも」の例は、『万葉集』中、次に挙げる一例しか見いだすことができなかった。

- (17) 雲の上に鳴きつる雁の寒きなへ萩の下葉はもみちぬるかも(黄
変可毛)(巻八・一五七五)

そのうえ、(17)は仮名書き例ではないので「もみちつるかも」と訓む可能性を残すものであり、「ゝぬるかも」の確例とはいえない。

なお、「ゝつるかも」という承接例を構成する「見る」や「嘆く」などの動詞は、『万葉集』において「ぬ」ではなく専ら「つ」が接続していることから「ゝぬるかも」という承接例が存在しなかつたともいえるが、「置く」に関しては次に挙げる(18)(19)のように、「ぬ」が接続した例もみられる。

(18) 秋田刈る仮廬もいまだ壊たねば雁が音寒し霜も置きぬがに(霜毛置奴我二)(巻八・一五五六、忌部首黒麻呂)

(19) 待ちかねて内には入らじ白たへの我が衣手に露は置きぬとも(露者置奴軻)(巻十一・二六八八)

よって次に挙げる(20)の「置きつるかも」は、「置きぬるかも」と表現することも可能であったはずである。

(20) ……海神の手巻の玉を家づとに妹に遣らむと拾ひ取り袖には入れて返し遣る使ひなければ持てれども験をなみとまた置きつるかも(麻多於伎都流可毛)(巻十五・三六二七)

ところで(18)の「置きぬがに」であるが、(20)のように「置く」には「ぬ」だけでなく「つ」も接続し得たのだから、「置きつがに」という表現も可能であったはずである。しかし、「ゝがに」は「ゝせんばかりに」という意で、(18)は「霜も置かんばかりに」と解釈され、未実現事態をあらわすことから、「つ」のもつ現実性が回避された結果、「置きぬがに」という表現が選択されたのであろう。

以上、本小節では「ぬ」には「かも」が接続しにくかった一方で、「つ」には「かも」が接続して詠嘆表現を構成し得たということ、及び、「ゝがに」との承接例からは、「ぬ」は「つ」と異なり、未実現事態にも対応できる性質をもつということが確認された。

なお「つ」と詠嘆(「かも」との関係について付言しておく、眼

前に存在する事実に対して言語主体は疑いをさしはさむことができない(もし疑った場合は詠嘆となる)、眼前で起こっているためにその存在が疑い得ないという点において、「つ」と詠嘆(「かも」とは親和性が高かったであろう。

三・三 「ぬ」における命令形「ね」の不在

ところで、上代の「ぬ」と中古の「ぬ」との顕著な相違点に、命令形の有無が挙げられる(注4)。中古語文献では(21)(22)のように「ぬ」の命令形「ね」の使用例が見いだせるが、上代語文献では見いだすことができない。

(21) 「住吉の神の導き給ふまに、はや舟出してこの浦を去りね」

とのたまはず(源氏物語・2・二一九⑥)

(22) いみじく調ぜられて、「人はみな去りね。院一ところの御耳に

聞こえむ(源氏物語・4・二二六②)

未実現事態をあらわす命令形の不在は、「とも」が接続して未実現事態にも関わる「ぬ」の性質と相容れないようであるが、ここでは、上代語に特有の希求の終助詞「ね」の存在に注目したい。

(23) 楯並めて 伊那佐の山の 木の間よも い行き目守らひ 戦へば 吾はや飢ぬ 島つ鳥 鵜養が伴 今助けに来ね(伊麻須氣爾許泥)(古事記歌謡・一四)

(23) の「来ね」は、「ゝてほしい」と解釈される。終助詞「ね」は未然形接続であり、完了化辞「ぬ」は連用形接続であるという点に問題が残るが、完了化辞「ぬ」の命令形「ね」の不在は(注5)、終助詞「ね」によって補われていたのではないだろうか。

四 おわりに

以上、主として接続助詞「とも」や終助詞「かも」、及び「ゝがに」との承接例から、「つ・ぬ」両形式の差異を考察してきた。これまでに述べてきたことを次にまとめる。

- 1 上代語の「ぬ」は、接続助詞「とも」が接続して仮定条件句を構成するが、「つ」に「とも」が接続した「ゝつとも」の例は中古に至って出現するものであり、上代には存在しない。
- 2 上代語において、「ぬ」に「かも」が接続した「ゝぬるかも」の例が存在しなかった一方で、「つ」には「かも」が接続して詠嘆表現を構成し得た。
- 3 「ぬ」は、未実現事態をあらわす「ゝがに」(せんばかりに)との承接例「ゝぬがに」を見いだすことができるが、「つ」については「ゝつがに」という承接例を見いだすことができない。
- 4 1～3 から、「つ」は「今・こゝ」の現実事態を描写するための形式であり、「ぬ」は「今、こゝ」のものではない事態をも描くこ

とができた形式だったと考えられる。

上代語に存した「つ・ぬ」の差異がなぜ中古語では失われたのか、また、その他の文法形式との承接例とその解釈については、今後の課題としたい。

注

(1) 調査・引用資料と使用テキストを次に示す。引用にさいしては字体を改めるなど、私に手を加えた箇所がある。

日本書紀・万葉集(新編日本古典文学全集)・続日本紀宣命(北川和秀編『続日本紀宣命 校本・総索引』・竹取物語・古今和歌集・伊勢物語・土左日記・大和物語・平中物語・落窪物語・かげろふ日記・枕草子・和泉式部日記・紫式部日記・狭衣物語・堤中納言物語・浜松中納言物語・夜の寝覚・篁物語・更級日記・栄花物語(以上、日本古典文学大系)・宇津保物語(『うつほ物語 全』おうふう)・源氏物語(日本古典文学全集)

(2) 現代語のテンス・アスペクト研究を承け、『源氏物語』の例を中心に古代日本語のテンス・アスペクト体系を記述した鈴木泰(一九九九)・(二〇〇九)も逸することができない。なお、「つ・ぬ」の研究史については井島正博(二〇一一)を参照。

(3) なお山口明穂(二〇〇一)は、「つ」は〈当事者の意図に基づく内容〉、「ぬ」は〈意図が無く自然に生じる内容〉を描くものと説

いている。

この二語は助動詞であって、話し手の判断を主とすると考えると、「つ」「ぬ」は、前に来る動詞の意味に関係なく、そこで表されている内容が、当事者の意図に基づき生じるならば「つ」、意図が無く自然に生じるのであれば「ぬ」と、それぞれ区別すべきである(山口(二〇〇一)六〇〇頁)

話し手の意図が積極的に関与する事態(「つ」と、話し手の意図が及ばない事態(「ぬ」として両形式の差異を捉えている。自身の意図は対象化し難いので、「つ」は「今、ここ」の事態を描くのに適した形式であったのだろう。

(4) 小路一光(一九八〇)を参照。

(5) 杉浦克己(二〇〇五、四九頁)は、次に挙げる日本書紀歌謡の「ひゑね」の「ね」を、完了化辞「ぬ」の命令形「ね」とする。
・菟田の 高城に鳴羅張る 我が待つや 鳴は障らず いすくは
し くぢら障り 前妻が 肴乞はさば 立柵稜の 実の無けく
を こきしひゑね 後妻が 肴乞はさば 櫟 実の多けくを
こきだひゑね(居気儼被恵禰)(日本書紀歌謡・七)

参考文献

- 井島正博(二〇一一)『中古語過去・完了表現の研究』(ひつじ書房)
大坪併治(一九六九)「つ——過去(回想)・完了(古典語)」(松村明編『古典語現代語助詞助動詞詳説』學燈社)
小田 勝(二〇一二)「助動詞の相互承接」(高山善行・青木博史・福田嘉一郎編『日本語文法史研究1』ひつじ書房)
小路一光(一九八〇)『萬葉集助動詞の研究』(明治書院)
杉浦克己(二〇〇五)「奈良時代の日本語 音韻・語彙・文体」(近藤泰弘・月本雅幸・杉浦克己『新訂 日本語の歴史』放送大学教育振興会)
鈴木 泰(一九九九)『古代日本語動詞のテンス・アスペクト——源氏物語の分析——』(ひつじ書房)
——(二〇〇九)『古代日本語時間表現の形態論的研究』(ひつじ書房)
野村剛史(一九八九)「上代語のツとヌについて」(『国語学』一五八集)
——(二〇〇七)「源氏物語のテンス・アスペクト」(加藤昌嘉編『講座源氏物語研究第八巻 源氏物語のことばと表現』おうふう)
山口明穂(二〇〇一)「ぬ」(山口明穂・秋本守英編『日本語文法大辞典』明治書院)

(平成二十八年十二月二十日受理)

1. 研究論文・著作物（著書・翻訳書等）

一般教育科

- (1) 市川裕子：アクティブラーニングを促進するための教材共有，日本数学教育学会誌，大学部会論文誌，Vol. 22，No. 1 2016年2月
- (2) 市川裕子：スクリーンキャストアプリケーションを用いた反転授業の試み，数理解析研究所講究録「数学ソフトウェアとその効果的利用に関する研究」，1951号，p54-61，2015年6月
- (3) 市川裕子：演習 機械工学のための数学，日本機械工学会，2015年1月
- (4) 河村豊：軍事研究を加速させる二つの技術戦略と「軍・産官学」体制へと進む動き，前衛，No. 944，pp. 128-143 2017年2月
- (5) 河村豊：軍学共同が拡大する現状とその対抗理論の構築に向けて，平和運動，547，pp. 2-9，2016年11月
- (6) 河村豊：戦時科学史から見た軍事研究と科学者，現代思想，44(21)，pp. 73-85，2016年11月
- (7) 河村豊：島田実験所という研究プロジェクト：戦時科学動員はなにをもたらしただのか，日本物理学会誌，71(10)，pp. 706-710，2016年10月
- (8) 河村豊：広まる軍学共同とその背後にあるもの 安全保障技術研究推進制度と第五期科学技術基本計画，日本の科学者，51(7)，pp. 6-11，2016年7月
- (9) 河村豊：軍事研究を拡大させる「軍学共同」の新たな動き—最近15年間の動向から考える，日本の科学者，50(11)，pp. 45-50，2015年11月
- (10) 河村豊：海軍「Z装置」開発計画再考—牛尾実験所遺構発掘調査経緯とA装置の考察—，イル・サジアトーレ，No. 42，pp. 85-102，2015年5月
- (11) Tomoko Hori, Dongmei SUN：International Intelligibility for Cross-cultural Communication: Implications for Teaching English as a Foreign Language in Japan and China，東京工業高等専門学校研究報告書，第48号，pp. 13-17，2017年2月
- (12) 堀智子：日本語の自然発話における伸長の程度と生起環境—大学生の絵描写課題から—，音声研究，第20巻，第2号，pp. 38-47，2016年8月
- (13) 櫻村真由：海外インターンシップが高等専門学校専攻科生に与える影響について 英語運用能力自己評価と国際理解の観点から，研究論集，35，全国高等専門学校英語教育学会，pp. 127-136，2016年3月
- (14) 熊谷健 熊谷由里子：英語形容詞の指導 —リメディアル教育の観点から—，研究論集，第36号，全国高等専門学校英語教育学会，pp. 115-124，2017年3月
- (15) 熊谷健 熊谷由里子：英語副詞の指導 —リメディアル教育の観点から—，東京工業高等専門学校研究報告書，第48号，pp. 1-7，2017年2月
- (16) 黒田一寿：Q-Uを用いた学級集団の分析(その3)，東京工業高等専門学校研究報告書，第47号，pp. 6-16，2016年3月
- (17) 関根紳太郎：熊本震災報道に見る英語圏メディアの言語的再現<世界>に関する研究，東京工業高等専門学校研究報告書，第48号，pp. 18-26，2017年2月
- (18) 関根紳太郎：ポスト東日本大震災報道における認知的意味世界に関する研究，『Media, English, and Communication』第6号，日本メディア英語学会，pp. 45-65，2016年8月
- (19) 関根紳太郎，金澤亮一，大塚友彦：地域産業連携型インターンシップによる特色あるキャリア教育への取り組み，工学教育第64巻，第3号，日本工学教育協会，pp. 47-53，2016年5月
- (20) 波止元仁：Polynomial lower bounds on large deviations for some partially hyperbolic diffeomorphisms. Far East J. Math. Sci 99(5) (2016)，615-622.
- (21) 廣瀬孝壽：ドイツ民法の消費者撤回権効果規定の解除権規定からの分離に関する一考察，東京工業高等専門学校研究報告書，第48号，pp. 35-42，2017年2月
- (22) 廣瀬孝壽：ドイツ民法の消費者概念規定改正に関する一考察，北九州工業高等専門学校研究報告，第49号，pp. 59-65，2016年1月
- (23) 廣瀬孝壽：民法，八千代出版(全291頁)，2015年4月
- (24) 村瀬智之：教えて！哲学者たち—子どもとつくる哲学の教室(下)，監訳 大月出版，2016年12月
- (25) 村瀬智之：教えて！哲学者たち—子どもとつくる哲学の教室(上)，監訳 大月出版，2016年11月
- (26) 村瀬智之：どうすれば授業で考えることができるのだろうか，高校倫理の古典で学ぶ 哲学トレーニング1，岩波書店，pp. 172-181，2016年10月
- (27) 村瀬智之：どうしたら小論文をうまく書けるのだろうか—評価するって難しい？，高校倫理の古典で学ぶ 哲学トレーニング2，岩波書店，pp. 198-203，2016年10月
- (28) 村瀬智之：こころのナゾとき(小学5・6年)，全16頁，および，コラム協力，成美堂出版，2016年3月
- (29) 村瀬智之：こころのナゾとき(小学3・4年)，全16頁，および，コラム協力，成美堂出版，2016年3月
- (30) 村瀬智之：こころのナゾとき(小学1・2年)，全16頁，および，コラム協力，成美堂出版，2016年3月
- (31) 村瀬智之：子どもの哲学 考えることをはじめた君へ，約50頁，毎日新聞出版，2015年12月
- (32) 安富義泰：様々な授業方法と学力との関係と学生の評価，東京工業高等専門学校研究報告書，第48号，2017年2月
- (33) 青野順也：上代語における完了化辞「つ・ぬ」の差異と下接語，東京工業高等専門学校研究報告書，第48号，pp. 71-77，2017年2月

- (34) Akio Hosoya and **Shunsuke Fujii** : Informational Theory of Relativity, arXiv:1703.03971[gr-qc] <https://arxiv.org/abs/1703.03971>, Mar. 2017
- (35) **藤井俊介** : 車軸と車輪の間の動摩擦(減速)係数の測定 2—実装へ向けての拡張と装置開発—, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 48 号, pp.8-12, 2017 年 2 月
- (36) **藤井俊介** : 車軸と車輪の間の動摩擦係数の測定—力学台車と自作レールの性能評価のために—, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 47 号, pp.1-5, 2016 年 3 月
- (37) **井口雄紀** : On the boundary behavior of Teichmüller geodesics, 数理解析研究所講究録「離散群と双曲空間の複素解析とトポロジー」, 1936 号, pp.95-105, 2015 年 4 月
- (38) **村井三千男** : ATR CALL 理工系学生のための COCET, 共著, 亀山太一監修, SHARP 製電子辞書 Brain 搭載, 2016 年 4 月

機械工学科

- (1) **木村南** : CFRP の成形・加工・リサイクル技術最前線, 株式会社エヌ・ティー・エス, pp.35-42, pp.153-163, 2015 年 6 月
- (2) **木村南** : 炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の開発と市場, pp.55-67, 2015 年 2 月
- (3) **Hirokazu Saito** : Fiber Optic Biosniffer (Biochemical Gas Sensor) for Gaseous Dimethyl Sulfide, Sensors and Materials 28(12), pp1295-1301, Dec. 2016
- (4) N. Tsuda, R. Hashimoto, R. Hiasa, **S. Tarao**, Y. Nomura and N. Kato : Development of Measuring and Guiding Robot for Crutch Walk Training, Proc. 3rd IASTED Int. Conf. Telehealth and Assistive Technology (TAT 2016), pp.30-35, Oct. 2016
- (5) Kitaro Shimane, Ryo Ueda and **Susumu Tarao** : Prototyping of Kinematics Simulator for Supporting Autonomous Mobile Robot Development, Journal of Robotics and Mechatronics, 28(4), pp.470-478, Aug. 2016
- (6) K. INOBUCHI, **A. KAKUTA**, T. TATENO : Performance of Direct Photosynthesis Fuel Cell with Micro Shape on Electrode Surface by Using Purple Photosynthetic Bacteria, Proceedings of the 16th International Conference on Production Engineering (ICPE), JSPE, USB-Memory 2016
- (7) T. TATENO, **A. KAKUTA**, H. OGO : Ultrasonic Vibration-Assisted Extrusion of Metal Powder Suspension for Additive Manufacturing, Proceedings of the 16th International Conference on Production Engineering (ICPE), JSPE, USB-Memory 2016
- (8) M. KOIZUMI, **A. KAKUTA**, S. AOMURA, H. NAKADATE : The Effect of the Micro Shapes on Growing Dendrites of Cultured Neuronal Cells Proceedings of the 16th International Conference on Production Engineering (ICPE), JSPE, USB-Memory 2016
- (9) N. ASHIHARA, **A. KAKUTA**, H. NAKADATE, S. AOMURA : Manufacturing of the Impact Strain Testing Device for Cultured Neuronal Cells Controlling their Growth Direction, Proceedings of the 16th International Conference on Production Engineering (ICPE), JSPE, USB-Memory 2016
- (10) T. TATENO, **A. KAKUTA**, H. OGO : Material Extrusion of Metallic Powder Suspension with Ultrasonic Vibration for Additive Manufacturing, Proceedings of the 6th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2015), CD-ROM 2015
- (11) **A. KAKUTA**, S. MIYAMOTO : Effects of Electrode Properties on the Performance of Direct Photosynthesis Fuel Cell by Purple Photosynthetic Bacteria, Proceedings of the 6th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2015), CD-ROM 2015
- (12) **志村穰**, 葛城拓矢, **林文晴**, 黒崎茂 : 波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度特性, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 48 号, 50-53, 2017 年 2 月
- (13) 佐野哲史, **志村穰**, 黒崎茂, 宮川睦巳 : 被着体簡易加工による接着継手強度向上の試み, 日本設計工学会誌「設計工学」春季/秋季研究発表講演会優秀論文特集号, Vol. 51, No. 8, 548-550, 2016 年 8 月
- (14) 土屋栄夫, 小堀敏男, 吉村靖夫, **志村穰** : 定荷重ばねの引き出し力に関する研究—Votta の基本式に対する追加考察—, 日本時計学会誌「マイクログラフメカニクス」, Vol. 60, No. 214, 2-11, 2016 年 6 月
- (15) **志村穰**, 伊藤惇, **林文晴**, 黒崎茂 : 方向性炭素繊維強化樹脂積層板および金属材料の被着体を有する単純重ね合わせ接着継手の引張せん断強度特性, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 47 号, 25-30, 2016 年 3 月
- (16) **志村穰**, 宮川睦巳, **林文晴**, 黒崎茂 : 波型突き合わせ接着継手の接合部最適形状の検討, 材料試験技術, Vol. 60, No. 3, 187-192, 2015 年 7 月
- (17) 黒崎茂, 山地周作, 小針遼, 兼平光隆, 施村偉, **志村穰** : き裂の応力拡大係数解析ひずみゲージの開発, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No. 824, p14-00535, 2015 年 4 月
- (18) **林文晴** : 小・中学生の教育支援用減速歯車装置の開発とその使用事例, 日本高専学会誌, 第 22 巻, 第 1 号, pp.61-66, 2017 年 1 月
- (19) **林文晴** : 歯車に生じる応力の可視化教材, 日本高専学会誌, 第 21 巻, 第 4 号, pp.61-68, 2016 年 10 月
- (20) **林文晴**, 渡邊裕彦, 高部真彰, 海老原理徳, 浅井竜彦, **志村穰** : 鉛フリーはんだに適用される汎用 FEA ソフトの構成モデルが累積非弾性ひずみ挙動に及ぼす影響, スマートプロセス学会誌, 第 5 巻, 第 4 号, pp.266-274, 2016 年 7 月
- (21) **林文晴**, 多羅尾進, **志村穰** : ものづくりの流れを重視した設計製図の授業が学習者の意識に及ぼす影響, 技術科教育の研究, 第 20 巻, pp.31-

37, 2015 年 7 月

- (22) **林文晴**, 海老原理徳, 渡邊裕彦, 浅井竜彦: 鉛フリーはんだの引張試験, 引張圧縮試験および応力緩和試験の有限要素解析における安定性向上の試み, スマートプロセス学会誌, 第 4 巻, 第 4 号, pp. 207-214, 2015 年 7 月
- (23) **福田勝己**, 伊藤拓嗣: ナノインデンテーション法による多層薄膜のナノ硬さ特性, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 48 号, pp. 47-50, 2017 年 2 月
- (24) **福田勝己**, 鈴木健司: 著書『工業力学の基礎』, コロナ社, 2016 年 12 月
- (25) Yoshihiro Nishimura, Takayuki Suzuki, **Katsumi Fukuda**, Eiki Ikeda and Ginji Ikebe: Development of Inspection Method for Defects in Thermal Reactor Tubes in the Petrochemical Industry, Electromagnetic Nondestructive Evaluation (XIX), IOS Press, pp. 320-328, Mar. 2016
- (26) **福田勝己**, 池田泳樹, 西村良弘, 鈴木隆之, 笹本明: 解説「電磁超音波探傷法による材料内部欠陥の可視化」, 日本工業出版「超音波 TECHNO」, 第 28 巻, 2 号, pp. 49-54, 2016 年 3 月
- (27) **福田勝己**, 西村良弘, 鈴木隆之, 池田泳樹, 内部銀二: 電磁超音波探傷法による材料内部欠陥の可視化, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 47 号, pp. 17-24, 2016 年 3 月
- (28) 芝崎達朗, 大石久己, 何建梅, 小林光男, 後藤芳樹, **福田勝己**: 高圧設備における圧力円筒ねじ端の荷重分布ー(続報)かみ合いねじ部長さ及び肉厚の影響, 日本学術会議・日本機械学会論文集, JCOSAR2015, pp. 306-313, 2015 年 10 月

電気工学科

- (1) **綾野秀樹**, 浅井亨太, **松井義弘**: 永久磁石モータの零速度運転時における素子発熱集中緩和法, 電気学会論文誌 D, 136 巻, 9 号, pp. 646-654, 2016 年 9 月
- (2) 伊藤淳一, 竹下隆晴, 原秀則, **綾野秀樹**, 只野裕吾, 杉田貴紀, 中村利孝, 横井修, 他: マトリックスコンバータの普及に向けた技術課題と導入効果, 電気学会技術報告第 1381 号, 全 45 頁, 2016 年 9 月
- (3) **綾野秀樹**, 伊藤浩, **松井義弘**, 羽鳥広範, 松岡敏: 若手研究者を中心とした研究・技術開発の取り組み創造性を育むものづくり実験テーマの開発-FPGA を用いた論理回路設計による PBL 教育-, 電気評論, 101 巻, 5 号, pp. 76-80, 2016 年 5 月
- (4) H. Ayano, K. Murakami, Y. Matsui: A Novel Technique for Reducing Leakage Current by Application of Zero-Sequence Voltage, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 51, No. 7, pp. 3094-3100, Jul. 2015
- (5) Yoshihiro Matsui, Hideki Ayano, Shiro Masuda, Kazushi Nakano: Realization of Pre-Filter for Virtual Reference Feedback Tuning Using Closed-Loop Step Response Data, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 28, No. 5, pp. 707-714, Nov. 2016
- (6) Manabu Suzuki, Ryo Kobayashi, Kazushi Nakano, Tetsuro Funato, Yoshihiro Matsui: Leader-following formation navigation with virtual trajectories for dynamic multi-agents, Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, Vol. 29, No. 8, pp. 382-389, Aug. 2016
- (7) **松井義弘**, **綾野秀樹**, 増田士朗, 中野和司: 閉ループ過渡応答データを用いた Hammerstein モデルのためのモデルベース制御器設計, 電気学会論文誌 C, 136 巻, 5 号, pp. 625-632, 2016 年 5 月
- (8) 増田士朗, 孔憲達, 宇田川光輝, **松井義弘**: 周波数領域における閉ループステップ応答データを用いた Virtual Reference Feedback Tuning (VRFT), 電気学会論文誌 C, 136 巻, 5 号, pp. 715-721, 2016 年 5 月
- (9) 伊藤浩, 新國広幸: フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発 - 第 6 報圧力センサの試作と評価 -, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 48 巻, pp. 51-55, 2017 年 2 月
- (10) 伊藤浩: 層状半導体 GaTe 薄膜の作製と電気的特性, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 47 巻, pp. 31-35, 2016 年 3 月
- (11) 館泉雄治: 計算機システム (改訂版), コロナ社, 全 227 頁, 2016 年 4 月
- (12) 館泉雄治: 英語で学ぶコンピュータ概論, 電気書院, 全 143 頁, 2016 年 4 月
- (13) 館泉雄治: マンガでやさしくわかる! 電気のしくみ, 監修, ナツメ社, 全 296 頁, 2016 年 3 月
- (14) Mitsuo Takahashi, Yuji Tateizumi, Nobue Nakajima, Yoshihiro Hada, Norimichi Kawashima: Teaching tools for science education using handmade oxygen sensor monitoring the oxidation reaction using disposable warmers, Material Technology Vol. 34, No. 1, pp. 1-4, Feb. 2016
- (15) 新國広幸: 光導波路用 SiC 薄膜の加熱成膜による透明性への影響, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 48 巻, pp. 56-58, 2017 年 2 月
- (16) 新國広幸, 伊藤浩: フォトリソグラフィを用いた MOEMS 技術の教材開発 - 第 5 報ダイヤフラム作製プロセスの改善 -, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 47 巻, pp. 36-39, 2016 年 3 月

電子工学科

- (1) Hiroyuki Aoki, Midori Ngai, Keiichi Asano: Prior Education for Performing Social Implementation, Proceedings of the 10th

International Symposium on Advanced in Technology Education, pp.584-588, Sept. 2016

- (2) **Hiroyuki Aoki, Midori Nagai** : Graduation Research Based on Social Implementation Education, Proceedings of the 9th International Symposium on Advanced in Technology Education, pp.138-142, Sept. 2015
- (3) **小池清之** : 無線と高周波の技術解説マガジン RF ワールド No.30 特集 : デジタル無線通信に不可欠の誤り検出／訂正の初歩を学ぶ 初めての誤り訂正符号, CQ 出版社, ISBN978-4-7898-4871-8, pp.7-79(特集部分すべて), 2015 年 6 月
- (4) **Hiroshi Nagayoshi** and Chihro Hagiwara : Effective liquid source SiO₂ passivation on n-type silicon using perhydropolysilazane, Energy Procedia, Volume77, pp.822-826, Aug. 2015
- (5) **Hiroshi Nagayoshi** and Takuya Murooka : TiO₂ nanoparticle/SiO₂ composite back reflector for solar cells, Energy Procedia, Volume77, pp.242-247, Aug. 2015
- (6) **永吉浩** : 最新ワイドギャップ・パワーデバイスの基本特性比較, CQ出版社 トランジスタ技術 SPECIAL グリーンエレクトロニクス 18, pp.19-33, Jun. 2015
- (7) **一戸隆久, 清水昭博, 新國広幸, 西村亮, 城石英伸, 大塚友彦, 小坂敏文** : 専門導入基礎教育における主体的な学びの涵養, 工学教育, 第 64 巻, 第 4 号, pp.53-56, 2016 年 7 月
- (8) **一戸隆久, 大塚友彦, 加藤格, 新田武父** : 専門基礎実験における学生の主体的な学びの実践例, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 47 号, pp.40-43, 2016 年 3 月
- (9) **T. Yasuda, H. Obara, H. Huai-che, H. Mizunuma, N. Matsuno, S. Enosawa** : Proposal of an evaluation index for the effect of shear stress and exposure time on hepatocyte damage, The Japanese Journal of artificial organs, 18(3), pp.236-242, Sept. 2015
- (10) **Shinichiro Mito, Yusaku Shiotsu, Junji Sasano, Hiroyuki Takagi and Mitsuteru Inoue** : Enhancement of magnetic circular dichroism in bi-layered ZnO-Bi:YIG thin films, AIP Advances, 7, 056316, Feb. 2017
- (11) **Shinichiro Mito, Takuya Kawashima, Takuma Kawaguchi, Junji Sasano, Hiroyuki Takagi and Mitsuteru Inoue** : Electroless Plated Maghemite for Three-dimensional Magneto Photonic Crystals, AIP Advances, 7, 056304, Dec. 2016

情報工学科

- (1) **小嶋徹也** : 完全相補系列系とその通信への応用, 東京工業高等専門学校研究報告書, 第 47 号, pp.58-65, 2016 年 3 月
- (2) **田中晶, 大場裕也, 菊池隼人, 澁田観知, 中新井田覚志, 松本貴大, 小出瑞生** : 可変領域マルチホップネットワークの一検討, 東京工業高等専門学校研究報告, 第 48 号, pp.59-65, 2017 年 2 月
- (3) **田中晶, 内海楽, 柴田尚輝, 橋本拓磨, 諸星匡吾, 山野井匠, 河井泰輝** : ヘテロジニアスマルチホップベース IoT の一検討, 東京工業高等専門学校研究報告, 第 47 号, pp.50-57, 2016 年 3 月
- (4) **Daisuke Kitakoshi, Ryo Hanada, Keitarou Iwata, Masato Suzuki** : Cognitive Training System for Dementia Prevention Using Memory Game Based on the Concept of Human-Agent Interaction, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.19, No.6, pp.727, Nov. 2015
- (5) **山下晃弘, 佐藤佳, 佐藤俊太, 川口正太郎, 松林勝志** : UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向け歩行者ナビゲーションシステムの開発と展示会への適用, 情報処理学会論文誌, コンシューマ・デバイス&システム, Vol.7, No.1, pp.1-10, 2017 年 1 月
- (6) **山下晃弘, 上村卓史, 川村秀憲, 鈴木恵二** : SNS プライバシー保護とリスク管理の検討 ―ソーシャルモニタリングツールの開発に向けて―, 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol.6, No.2, pp.150-158, 2015 年 4 月
- (7) **小野良太, 山下晃弘, 川村秀憲, 鈴木恵二** : イベント開催情報推薦のためのスコアリングの検討, 観光情報学会誌「観光と情報」, 2015 年 4 月

物質工学科

- (1) **北折典之, 松石早矢, 武末早織, 中井貴章, 宇野雅晴, 錦義則** : 純水の SPE 電解によるオゾン水生成用陽極材料の検討, 医療・環境オゾン研究, Vol.22, No.4, pp.105-113, 2015 年 12 月
- (2) **武末早織, 北折典之** : 導電性ダイヤモンド電極を用いた純水の SPE 電解によるオゾンの生成, Material Technology, Vol.33, No.5, pp.97-101, 2015 年 9 月
- (3) **北折典之, 吉岡里紗, 大西則彦** : ステンレススチールのアーク溶接とレーザービーム加工により生じる変色部位の比較, Electrochemistry, Vol.83, No.7, pp.554-556, 2015 年 7 月
- (4) **Mitsuo Takahashi, Teruo Niki, Kevin D. Deem and Daniel K. Gladishi** : VASCULAR CAVITY FORMATION ENHANCEES OXYGEN AVAILABILITY DURING FLOODING IN ROOT TIPS OF PHASEOLUS COCCINES L. ROOTS, INTERNATIONAL JOURNAL OF PLANT SCIENCES. 177(3), pp.277-286, Apr. 2016
- (5) **Ken-ichi Tsuchiya** : Convergence aspect of the self-consistent calculations for quantum states of charged Bose particles in solids II, Proceedings of the 16th Meeting of Japan CF Research Society, pp.66-91, Aug. 2016

- (6) **伊藤篤子** : マガキを用いた初中等教育における視覚情報を伴う心拍恒常性実験の開発と実践, 技術・教育研究論文誌, 23(2), pp. 63-68, 2016 年 12 月
- (7) Tatsuya Takeguchi, Akane Kunifuji, Napan Narischat, **Mikio Ito**, Hidenori Noguchi, Kohei Uosaki, Shin R. Mukai : Ligand effect of SnO_2 on a Pt-Ru catalyst and the relationship between bond strength and CO tolerance, Catalysis Science, Vol. 6, no. 9, pp. 3214-3219, Sept. 2016
- (8) **Ryoichi Kanazawa** : Preparation of poly(N-isopropylacrylamide) hydrogel beads by sedimentation polymerization combined with electrostatic atomization, Polymer Bulletin, Vol. 72, pp. 1603-1610, 2015
- (9) **庄司良**, 熊谷望美 : 海水に二酸化炭素を曝気した場合の重金属の海生生物への毒性発現, 東京工業高等専門学校研究報告書, Vol. 48, pp. 66-70, 2017 年 2 月
- (10) **Ryo Shoji**, Tetsuya Iwase : Characterization of humic acids from trees and soils analyzed by the NICA-Donnan model and UV-vis spectrum, Journal of Chemical Engineering of Japan, 50(3), pp. 1-5, Mar. 2017
- (11) Yasukazu Kobayashi, Takuya Nozaki, **Ryo Shoji**, Kazunori Sato : Fabrication of Macroporous TiO_2 Loaded with Magnetite for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue, Journal of Chemical Engineering of Japan, 50(2), pp. 132-135, Feb. 2017
- (12) **庄司良**, 徳永晶子, 鈴木美華, 坂本達宣, 高木泰憲, 深浦仁美, 若杉玲子 : 土壤中の鉛を比色法によって簡易的に検出するデバイスの開発と RGB 値で色度を評価することによる検出限界の改善, J. Technology and Education, 23(2), pp. 51-56, 2016 年 12 月
- (13) **庄司良**, 岩瀬鉄也 : 木材由来フミン酸と土壌由来フミン酸の NICA-Donnan Model を用いた解析による銅結合特性の評価, 日本土壌肥科学会誌, 87, pp. 348-355, 2016 年 10 月
- (14) **庄司良**, 谷口太郎 : 塩分濃度が変化する汽水域中の銅のヤマトシジミに対する毒性の Biotic Ligand Model による予測, 水環境学会誌, 39(4), pp. 109-113, 2016 年 7 月
- (15) **庄司良**, 並木辰也 : 大気汚染指標となる道路粉塵の有害性を高感度に評価するミミズを用いた毒性試験の開発, 東京工業高等専門学校研究報告書, 47(1), pp. 71-75, 2016 年 3 月
- (16) 倉澤裕己, **庄司良** : フミン酸の銅イオン結合に対する温度依存性の熱力学的解析, 環境毒性学会誌, 17(1), pp. 1-6, 2015 年 8 月
- (17) Kayato Ooya, **Hidenobu SHIROISHI**, Yuya HARADA : Development of a Software to Analyze the Dispersion State of Particles on a Flat Substrate, Journal of Computer Chemistry, Japan-International Edition, Vol. 2, Sept. 2016
- (18) Seitaro Morita, Eiji Kudo, Ryo Shirasaka, Minoru Yonekawa, Keiji Nagai, Hikaru Ota, N Mikka Gamo, **Hidenobu Shiroishi** : Electrochemical oxidation of ammonia by multi-wall-carbon-nanotube-supported Pt shell-Ir core nanoparticles synthesized by an improved Cu short circuit deposition method, J. Electroanal. Chem., Vol. 762, pp. 29-36, Feb. 2016
- (19) Shinya Hanyu, **Hidenobu Shiroishi**, Morihiro Saito, Yumi Tanaka : Water splitting under visible light irradiation using a $\text{GaN}:\text{ZnO}$ with Cr_2O_3 shell/ $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_7-\delta$ core as a co-catalyst, J. JSES, 42, pp. 77-78, Jan. 2016
- (20) Yusuke Ayato, Takuya Suganuma, Hisashi Seta, Kiyofumi Yamagiwa, **Hidenobu Shiroishi** and Jun Kuwano : Synthesis and Application of Carbon Nanotubes to Glucose Biofuel Cell with Glucose Oxidase and p-Benzoquinone, Journal of The Electrochemical Society, 162(14), pp. F1482-F1486, Oct. 2015
- (21) Yuanbing Zhou, Kenichiro Kosugi, **Yoshimasa Yamamoto**, Seiichi Kawahara : Effect of non-rubber components on the mechanical properties of natural rubber, Polymers for Advanced Technologies, 2017, 28, pp. 159-165, Jul. 2016
- (22) Nghiem Thi Thuong, **Yoshimasa Yamamoto**, Phan Trung Nghia, Seiichi Kawahara : Analysis of damage in commercial natural rubber through NMR spectroscopy, Polymer Degradation and Stability, 2016, 123, pp. 155-161, Jan. 2016
- (23) 福原吏奈, 宮野快, **山本祥正**, **石井宏幸**, 河原成元 : タンパク質を除去することによる精製天然ゴムの調製, 高分子論文集, 第 72 号, pp. 1-6, 2015 年 11 月
- (24) Nguyen Thu Ha, Keiichiro Shiobara, **Yoshimasa Yamamoto**, Lina Fukuhara, Phan Trung Nghia, Seiichi Kawahara : Preparation and characterization of hydrogenated natural rubber with hydroxyl groups, Polymers for Advanced Technologies, 2015, 26(12), pp. 1504-1511, Jul. 2015
- (25) Lina Fukuhara, Kenichiro Kosugi, **Yoshimasa Yamamoto**, Hiroshi Jinnai, Hideo Nishioka, **Hiroyuki Ishii**, Masao Fukuda, Seiichi Kawahara : Frozen non-equilibrium structure for anisotropically deformed natural rubber with nanomatrix structure observed by 3D FIB-SEM and electron tomography, Colloid and Polymer Science, 2015, 293(9), pp. 2555-2563, Jun. 2015
- (26) Nurul Hayati Yusof, Kenshi Noguchi, Lina Fukuhara, **Yoshimasa Yamamoto**, Seiichi Kawahara : Preparation and properties of natural rubber with filler nanomatrix structure, Colloid and Polymer Science, 2015, 293(8), pp. 2249-2256, May 2015
- (27) Nurul Hayati Yusof, Seiichi Kawahara, **Yoshimasa Yamamoto** : Preparation of super-low protein natural rubber, Kautschuk Gummi Kunststoffe, 2015, 68(4), pp. 46-51, Apr. 2015
- (28) **Tomohito Ide**, Akiko Suzuki, Toshihiro Imada : Lanthanide Selective Adsorption by Ion-Imprinted Polymer with Chelidonic Acid Monoamide Groups, Separation Science and Technology, 51, pp. 2887-2895, Oct. 2016
- (29) Yoshitaka Tsuchido, **Tomohito Ide**, Yuji Suzuki, Kohtaro Osakada : 1,4-Selective Diels-Alder Reaction of 9,10-Diethynylanthracene with 3,6-Difluorobenzene, Bulletin of Chemical Society Japan, 88, pp. 821-823, Jun. 2015
- (30) Kenji Sano, **Tomohito Ide**, Toshihiro Imada : 2-butoxyethanol as a Draw Solution for Forward Osmotic App. Lication, TechConnect

- (31) Masayuki Nakano : Dependence of ion concentration in simulated body fluid on apatiteprecipitation on titania surface, Applied Surface Science, 347(2015), pp.610-618, Aug. 2015

2. 学会における口頭発表

一般教教育科

- (1) 市川裕子 : STACK 利用の実践報告, RIMS 研究集会「数学ソフトウェアとその効果的利用に関する研究」, 京都大学数理解析研究所, 2016 年 9 月
- (2) 市川裕子 : 長期グローバルFD を通じて, 研究集会「『学びたい』数学の授業を実現するには」, 2016 年 9 月
- (3) 市川裕子 : 英語による数学の授業実践, 平成28年度全国高専フォーラム, 2016年8月
- (4) 市川裕子 : 英語による数学の授業実践, COSET年次大会, 2016年8月
- (5) Y. Ichikawa, M. Morimoto, K. Noguchi : Designing and sharing materials to promote student interaction and active learning for engineer education, Ignite2015, Jan. 2016
- (6) Y. Ichikawa, M. Morimoto, K. Noguchi : Designing and sharing materials to promote student interaction and active learning, Real Mathematics Education 5, Sept. 2015
- (7) 河村豊 : 「安全保障技術」政策と軍事研究—防衛省の防衛技術戦略と科学技術政策の軍事化—, 第83回技術政策研究会, 高崎共済会館, 2016年11月
- (8) 河村豊 : 「軍学共同と科学技術政策—懸念の共有と対策案—」, 日本科学者会議, 第21回総合学術研究集会, D-3-7, 2016年9月
- (9) 河村豊 : 「軍学共同の新たな動きとその問題点—「安全保障技術研究推進制度」を中心に—」, 日本科学者会議, 第18回東京科学シンポジウム, 2015年11月
- (10) 河村豊 : 「Z装置開発計画の経緯—海軍牛尾実験所遺構を中心に(その2)—」, 日本本科学史学会62回年会, 2015年5月
- (11) 窪田知也, 堀智子, 吉本定伸, 小嶋徹也 : 英語プレゼン学習支援アプリのための採点アルゴリズムの改良, 電子情報通信学会 2017 年総合大会講演論文集, D-14-7, 2017 年 3 月
- (12) 堀智子 : Applied Linguistics and TESL at Northern Arizona University and The Pennsylvania State University, 外国語教育メディア学会関西支部基礎理論部会研究会, 2017 年 1 月
- (13) 窪田知也, 堀智子, 吉本定伸, 小嶋徹也 : 英語プレゼン学習支援アプリケーションにおける音声特徴抽出アルゴリズムの検討, 教育システム情報学会研究報告, Vol.31, no.5, pp.57-60, 2017 年 1 月
- (14) 森下美和, 堀智子, 生馬裕子 : 英描写課題における日本人英語学習者と英語母語話者による発話データの比較—使用語彙の観点から—, 全国英語教育学会第42回埼玉研究大会, 2016年8月
- (15) 熊谷健, 熊谷由里子 : 形容詞の指導〜リメディアル教育の観点から〜, 全国高等専門学校英語教育学会第40回研究大会, 2016年9月
- (16) 黒田一寿, 松尾秀樹 : 高専教育と障害者差別解消法—平成28年4月1日施行の法律がもつ意味—, 日本高専学会第22回年会, 2016年9月
- (17) 黒田一寿 : 学生相談室と学級担任の連携によるアンケートの実施とデータの共有, 日本学生相談学会第34回大会, 2016年5月
- (18) 関根紳太郎 : グローバル社会とメディア英語のディスコース分析—英文大学案内の比較分析, 日本メディア英語学会第6回年次大会, 2016年10月
- (19) 関根紳太郎 : 熊本地震における英語メディアの報道分析, 日本メディア英語学会第12回メディア意識研究分科会, 2016年7月
- (20) 関根紳太郎 : メディア英語における認知的意味世界の再現性に関する研究 : ポスト東日本大震災報道にみる対日イメージ, 日本メディア英語学会第5回年次大会, 2015年10月
- (21) 関根紳太郎 : 多角的視点から英文記事を評価する, 日本メディア英語学会第10回メディア意識研究分科会, 2015年8月
- (22) Koju Hirose : A Study on the Active Learning Framework in Law and Economics, International Symposium on Advances in Technology Education, pp.558-561, Sept. 2016
- (23) 村瀬智之 : 哲学対話と知識教育との接続に向けて—媒介教材を用いた授業の検討—, 哲学プラクティス連絡会第二回大会, 2016年8月
- (24) 安富義泰 : 様々な授業形態に対する学生のニーズと学力の関係, 研究集会「『学びたい』数学の授業を実現するには」, 2016年9月
- (25) 安富義泰 : 様々な授業形態に対する学生のニーズと学力の関係, 第98回全国算数・数学教育研究(岐阜)大会, 2016年8月
- (26) 藤井俊介 : 情報論的一般相対論, お茶の水女子大学理学部宇宙物理学研究室コロキウム, 2017年2月
- (27) 藤井俊介 : 情報論的一般相対論, 第18回特異点研究会, 2016年12月
- (28) 藤井俊介 : 動摩擦の測定, 平成28年度岩手県高等学校教育研究会理科部会物理部会総会, 2016年11月
- (29) 藤井俊介 : 情報論的相対論, 芝浦工業大学システム理工学部機械制御システム学科量子情報セミナー, 2016年5月
- (30) 村井三千男 : Phoenix from the Flames (2015) を題材とした発問とタスク作成上の留意点, 第8回ELEC(英語教育協議会)リーディング研究部会, 2015年9月

- (1) **木村南**：自転車走行中の3軸加速度測定に及ぼす機材および乗車姿勢の影響，日本機械学会，No. 15-21，シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマンダイナミクス2015，G-14，2015年10月
- (2) **木村南**：放熱性を考慮したCFRP製筐体の試作，2015年度マイクロメカトロニクス学術講演会，pp. 9-12，2015年9月
- (3) **木村南**，中間智哉，小山悟：CFRP製車載工具の開発，自動車技術会2015年春季大会学術講演会講演予稿集，No. 81-15S，2015年5月
- (4) **齊藤浩一**：採血支援システムにおける腕姿勢に対応した針制御に関する研究，第54回日本生体医工学会大会，生体医工学，53，suppl. 1，416(P2-2-23-D)，2016年5月
- (5) **齊藤浩一**：血圧計形状を目指した採血支援システムに関する研究，日本機械学会関東支部第22期総会講演会予稿集，GS-0203，2016年3月
- (6) **齊藤浩一**：離床予測システムにおける無線式荷重センサを用いた離床動作の検出について，日本機械学会関東支部第22期総会講演会予稿集，GS-2202，2016年3月
- (7) **齊藤浩一**：採血支援システムの小型化及び高精度化に関する研究，第25回ライフサポート学会フロンティア講演会予稿集，58，2016年3月
- (8) **齊藤浩一**：要介護者のベッド離床予測のためのベッド重心移動の位置-時間閾値に基づく姿勢変化の検出，第54回日本生体医工学会大会，生体医工学，53，suppl. 1，400(P1-4-10-F)，2015年5月
- (9) **多羅尾進**，上田稜，小林巧実，土屋慧太郎，柳沢拓哉，上野正汰，**青木宏之**：インホイールモータ駆動式自律移動ロボット高尾5号の開発，つくばチャレンジ2016シンポジウム参加レポート集，pp. 183-184，2017年1月
- (10) **多羅尾進**，上田稜，小林巧実，土屋慧太郎，柳沢拓哉，上野正汰，**青木宏之**：インホイールモータからなる駆動ユニットを備えた自律移動ロボット高尾5号の制御と走行実験，第17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(SI2016)論文集，pp. 105-106，2016年12月
- (11) **多羅尾進**，**林文晴**，佐藤知正：ロボット機器を社会に実装できるエンジニア育成を目指す社会実装プロジェクトのこれまでの振り返りと今後に向けて，日本ロボット学会第34回学術講演会予稿集，RSJ20163D1-06，2016年9月
- (12) 岩崎圭太，**多羅尾進**，東秀史：カムシャフト組み立て工程の自動化に用いる先端効果器の試作，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2016(ROBOMECH2016)講演論文集，2P1-08b5，2016年6月
- (13) 佐藤輝一，**多羅尾進**，中島俊英：全方向移動マテリアルハンドリングロボットの試作—運動学解析と全方向位置姿勢制御—，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2016(ROBOMECH2016)講演論文集，2P2-09b5，2016年6月
- (14) **多羅尾進**，島根機太郎，上田稜，山本誠，土屋慧太郎，原田理功，**青木宏之**：車いす型自律移動ロボット高尾4号の走行実験を通じたモンテカルロ位置推定手法を使いこなす試みとつくばチャレンジ2015への参加，つくばチャレンジ2015シンポジウム参加レポート集，pp. 120-121，2016年1月
- (15) **多羅尾進**，島根機太郎，上田稜，山本誠，小林巧実，土屋慧太郎，原田理功，**青木宏之**：人が搭乗できる自律移動ロボット高尾4号の走行実験に基づく試作改良，第16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(SI2015)論文集，pp. 836-837，2015年12月
- (16) **多羅尾進**，丸川拓，**林文晴**：掃除ロボットを応用した見守りシステムのやりとり機能，2015年度マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集，pp. 1-2，2015年9月
- (17) **多羅尾進**，浅野敬一，北越大輔，**林文晴**，佐藤知正：ロボット機器を社会に実装できるエンジニア育成を目指す社会実装プロジェクトにおける取り組み分析，日本ロボット学会第33回学術講演会予稿集，RSJ20151C2-05，2015年9月
- (18) 島根機太郎，**多羅尾進**：運動学に基づく自律移動ロボット開発支援用シミュレータの試作，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2015(ROBOMECH2015)講演論文集，1P2-F04，2015年5月
- (19) 岩崎圭太，**多羅尾進**，東秀史：組立式カムシャフトの組み立て自動化に関する研究—カムピース把持用エンドエフェクタの試作—，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2015(ROBOMECH2015)講演論文集，2A2-U10，2015年5月
- (20) 白崎祥多，中橋浩康，青村茂，**角田陽**：繰り返し引張りひずみを受ける神経細胞の経時的観察，日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集，CD-ROM，2017
- (21) 佐藤尚樹，中橋浩康，青村茂，**角田陽**：転衝撃による二軸ひずみを受ける神経細胞の経時的損傷評価，日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集，CD-ROM，2017
- (22) 鶴見明芽美，Kurtoglu Evrim，中橋浩康，青村茂，**角田陽**：衝撃引張りによる神経軸索損傷のひずみ速度依存性，日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集，CD-ROM，2017
- (23) 古川英典，中橋浩康，青村茂，**角田陽**：神経軸索の方向制御技術に応用した細胞引張実験と損傷評価，日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集，CD-ROM，2017
- (24) 松澤輝，**角田陽**，青村茂，新田収，中橋浩康：筋電位測定と三次元動作解析に基づく軽量起立支援手すりの開発，日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集，CD-ROM，2017
- (25) 小泉理史，**角田陽**，青村茂，中橋浩康：神経細胞突起の3次元伸長方向制御のための基礎研究，精密工学会春季大会学術講演論文集，CD-ROM，2017
- (26) Kurtoglu Evrim，中橋浩康，青村茂，**角田陽**：衝撃引張りひずみを受ける培養神経細胞の耐性評価，日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集，CD-ROM，2016
- (27) 古川英典，Kurtoglu Evrim，中橋浩康，青村茂，**角田陽**：伸長方向制御した神経軸索の衝撃引張りひずみ耐性評価，日本機械学会バイオエンジ

ニアリング講演会講演論文集, CD-ROM, 2016

- (28) 大津英理子, 中樞浩康, 青村茂, **角田陽**: 衝撃圧力を受ける血液脳関門の耐性評価による血管原性浮腫のメカニズムの解明, 日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集, CD-ROM, 2016
- (29) 秋山剛, 中樞浩康, 青村茂, **角田陽**: 10msec 長短時間不圧発生装置の設計・製作と血管内皮細胞への衝撃負荷実験, 日本機械学会バイオエンジニアリング講演会講演論文集, CD-ROM, 2016
- (30) 中樞浩康, 青村茂, **角田陽**: 脳神経細胞の衝撃ひずみ耐性評価 日本機械学会年次大会講演論文集(日本語, 日本), CD-ROM, 2016
- (31) M. KOIZUMI, A. KAKUTA, S. AOMURA, H. NAKADATE : Three-Dimensional Directional Control of Dendrites of Cultured Neuronal Cells by Using Microshapes, Proceedings of the 8th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (AP Biomech 2015), APAB CD-ROM, 2015
- (32) H. FURUKAWA, A. KAKUTA, H. NAKADATE, S. AOMURA : Evaluation of Effect of Impulsive Strain and Growth Direction Control of Cultured Brain Neuronal Cells, Proceedings of the 8th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (AP Biomech 2015), APAB CD-ROM, 2015
- (33) H. NAKADATE, K. KIKUTA, E. KURTOGLU, S. AOMURA, A. KAKUTA, C. DECK, R. WILLINGER : Injury Threshold for Axonal Transport by Observation of β -Amyloid Precursor Protein in Cultured Rat Brain Neurons Exposed to Impulsive Strain, Proceedings of the 8th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (AP Biomech 2015), APAB CD-ROM, 2015
- (34) E. OTSU, R. KAWAMATA, H. NAKADATE, S. AOMURA, A. KAKUTA, C. DECK, R. WILLINGER : Evaluation of Increased Endothelial Permeability by Exposure to Impulsive Pressure with In Vitro Blood Brain Barrier Model, Proceedings of the 8th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (AP Biomech 2015), APAB CD-ROM, 2015
- (35) 中樞浩康, 大津英理子, 青村茂, **角田陽**: 衝撃圧力負荷による毛細血管様構造の崩壊と血管内皮透過性の亢進, 日本機械学会年次大会講演論文集, CD-ROM, 2015
- (36) 中樞浩康, 佐藤尚樹, 青村茂, **角田陽**: 衝撃ひずみを負荷した培養脳神経細胞における軸索輸送の損傷閾値, 日本機械学会年次大会講演論文集, CD-ROM, 2015
- (37) 大胡疾風, 館野寿文, **角田陽**: 超音波振動を援用したゲル材料の押し出しによるアディティブ・マニファクチャリング, 日本機械学会年次大会講演論文集, CD-ROM, 2015
- (38) 清水昭博, 豊原直樹, 山下樹里, 清水優史: 実形状鼻腔モデルと上気道閉塞モデルを通してのタンデムピストン型 HF0V 式人工呼吸器による生体外換気実験, 日本機械学会 2016 年度年次大会, 講演番号 J0240204, 2016
- (39) 清水昭博: エンジニアリング・デザインのクライアントとしての競技委員会による高専ロボコン競技課題策定, 平成 28 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, 講演番号 2D14, 2016
- (40) 清水昭博, 須田大樹, 安田剣太, 清水優史, 菅原路子: 呼吸気分離式接続管を介したタンデムピストン式人工呼吸器による生体外換気実験, 日本機械学会 2015 年度年次大会, 講演番号 G0200104, 2015
- (41) 清水昭博, 小坂敏文, **角田陽**, 鈴木塔二, 藤野宏, 中村源一郎: 専門導入基礎教育の機械工学分野の四輪車模型到達距離コンテストにおける体験・分析・表現の 3 段階学習プロセスの適用, 平成 27 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp. 338-339, 2015
- (42) 小野悠太, **志村穰**, 田宮高信, 黒崎茂: 擬似等方性 CFRP の積層構成が接着継手の振動特性に及ぼす影響, 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0101-05, 2017 年 3 月
- (43) 田村龍希, 宮川睦巳, 中村一史, **志村穰**: せん断非線形要素およびファイバー要素を用いたラーメン構造の力学解析, 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0201-01, 2017 年 3 月
- (44) 田中孝明, **志村穰**, 町田茂, 吉長和男, 加藤仁士: 部分圧縮試験を用いた遠赤外線低温乾燥木材の強度特性評価, 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0201-05, 2017 年 3 月
- (45) 中村榛希, 佐野哲史, **志村穰**, 黒崎茂: 部分接着された波型重ね合わせ接着継手の引張せん断強度特性, 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0201-06, 2017 年 3 月
- (46) 芦原直也, **志村穰**, 林優希, 鈴木拓雄: 擬似等方性 CFRP の積層構成が接着継手強度に及ぼす影響 (曲げモーメント負荷の場合), 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0202-02, 2017 年 3 月
- (47) 伊原久美子, **志村穰**, 中村榛希, 黒崎茂: 異種材料波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度特性, 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0202-03, 2017 年 3 月
- (48) 佐野哲史, **志村穰**, 宮川睦巳, 黒崎茂: 被着体簡易加工による接着継手強度向上の試み (曲げモーメント負荷の場合), 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0203-05, 2017 年 3 月
- (49) 柚木拓真, **志村穰**, 黒崎茂, 林文晴: 応力聴診器と打撃加振を併用したボルト締結体の緩み検出の試み, 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0203-06, 2017 年 3 月
- (50) 池滝健一, **志村穰**, 後藤隆生, 黒崎茂: 熱負荷を受ける単純重ね合わせ接着継手の力学特性, 日本機械学会関東支部第 23 期総会・講演会講演論文集, GS0204-02, 2017 年 3 月
- (51) 中原大吾, 田宮高信, **志村穰**: 繰り返しねじりがフレキシブルシャフトのねじれ特性におよぼす影響, 日本機械学会関東学生会第 56 回学生員卒業研究発表講演会講演論文集, 1626494, 2017 年 3 月
- (52) 小野悠太, **志村穰**: 擬似等方性 CFRP/Metal 単純重ね合わせ接着継手の振動特性に関する研究, 第 8 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp. 198-199, 2016 年 12 月
- (53) 佐野哲史, **志村穰**, 黒崎茂, 宮川睦巳: 被着体簡易加工による接着継手強度向上の検討 (曲げモーメントを受ける場合), 日本機械学会関東

支部・精密工学会共催 山梨講演会2016演論文集, 101, 2016年10月

- (54) 芦原直也, 林優希, **志村穰**, **林文晴**: 擬似等方性CFRPの積層構成が接着継手強度に及ぼす影響(曲げモーメントを受ける場合), 日本機械学会関東支部・精密工学会共催 山梨講演会2016演論文集, 103, 2016年10月
- (55) 田中孝明, **志村穰**, **町田茂**, 吉長和男, 加藤仁士: 部分圧縮試験による遠赤外線低温乾燥木材の強度評価, 日本機械学会関東支部・精密工学会共催 山梨講演会2016演論文集, 153, 2016年10月
- (56) 林優希, **志村穰**, **林文晴**, 黒崎茂: 擬似等方性CFRPの積層構成が接着継手の曲げ強度に及ぼす影響, 日本設計工学会2016年度春季大会研究発表講演会講演論文集, pp. 31-32, 2016年5月
- (57) 佐野哲史, **志村穰**, 黒崎茂, 宮川睦巳: 被着体簡易加工による接着継手強度向上の試み(曲げモーメントを受ける場合), 日本設計工学会2016年度春季大会研究発表講演会講演論文集, pp. 33-34, 2016年5月
- (58) 吉田和将, 宮川睦巳, 中村一史, **志村穰**: 圧電素子を用いた余寿命延命化手法の開発, 日本機械学会関東支部第22期総会・講演会講演論文集, GS0323, 2016年3月
- (59) イズル ハディ ロズラン, **志村穰**, 黒崎茂, **林文晴**: 応力聴診器を用いた欠陥検出技術の基礎的検討, 日本機械学会関東支部第22期総会・講演会講演論文集, GS0301, 2016年3月
- (60) 荘山杏, **志村穰**, **林文晴**, 黒崎茂: 引張せん断負荷を受ける異種材料波型重ね合わせ接着継手の強度特性と有限要素解析, 日本機械学会関東支部第22期総会・講演会講演論文集, GS0307, 2016年3月
- (61) 田中孝明, **志村穰**, **町田茂**, 吉長和男, 加藤仁士: 圧縮荷重下における遠赤外線低温乾燥木材の強度特性, 日本機械学会関東支部第22期総会・講演会講演論文集, GS0308, 2016年3月
- (62) 葛城拓矢, 荘山杏, **志村穰**, 黒崎茂: 波型重ね合わせ接着継手の圧縮せん断強度特性, 日本機械学会関東支部第22期総会・講演会講演論文集, GS0309, 2016年3月
- (63) 林優希, **志村穰**, 黒崎茂, 鈴木拓雄: 擬似等方性CFRP/Metal単純重ね合わせ接着継手の曲げ強度特性, 日本機械学会関東支部第22期総会・講演会講演論文集, GS0309, 2016年3月
- (64) 田中克弥, **志村穰**, 黒崎茂: Ceramics/Metal単純重ね合わせ接着継手の引張せん断強度特性, 日本機械学会関東支部第22期総会・講演会講演論文集, GS0315, 2016年3月
- (65) 吉田樹, **志村穰**: 応力聴診器と打撃加振を併用したボルトの緩み検出に関する研究, 2015年度社会実装プロジェクト 社会実装教育フォーラム要旨集, pp. 38-39, 2016年3月
- (66) 田中孝明, **志村穰**, **町田茂**, 吉長和男, 加藤仁士: 圧縮負荷を受ける遠赤外線低温乾燥木材の機械的特性, 日本機械学会関東支部・精密工学会共催 山梨講演会2015演論文集, 155, 2015年10月
- (67) 荘山杏, **志村穰**, **林文晴**, 黒崎茂: 異種材料波型重ね合わせ接着継手の引張せん断強度特性, 日本機械学会関東支部・精密工学会共催 山梨講演会2015演論文集, 154, 2015年10月
- (68) 佐野哲史, **志村穰**, 黒崎茂, 宮川睦巳: 被着体簡易加工による接着継手強度向上の検討, 日本機械学会関東支部・精密工学会共催 山梨講演会2015演論文集, 153, 2015年10月
- (69) 土屋栄夫, 吉村靖夫, **志村穰**: 定荷重ばねのばね力とストロークとの関係についての考察, 2015年度マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集, pp. 3-6, 2015年9月
- (70) 佐野哲史, **志村穰**, 黒崎茂, 宮川睦巳: 被着体簡易加工による接着継手強度向上の試み, 日本設計工学会2015年度春季大会研究発表講演会講演論文集, pp. 125-126, 2015年5月
- (71) 田中孝明, **志村穰**, 黒崎茂, 吉長和男, 加藤仁士: 遠赤外線低温乾燥木材の圧縮強度特性, 日本設計工学会2015年度春季大会研究発表講演会講演論文集, pp. 119-120, 2015年5月
- (72) 伊藤惇, **志村穰**, 黒崎茂, **林文晴**: 引張せん断荷重下におけるUD-CFRP/Metal単純重ね合わせ接着継手の強度特性, 日本設計工学会2015年度春季大会研究発表講演会講演論文集, pp. 117-118, 2015年5月
- (73) 黒米泰生, 吉竹遼一, **筒井健太郎**: 伝熱面の付加物による核沸騰伝熱特性, 日本機化学会関東学生会第56回学生会卒業研究発表講演会, CD-ROM, 2017年3月
- (74) **Kentaro Tsutsui**: The Effect of Ultrasonic wave Application for the rapid cool-down process of high-temperature solids submerged in LIQUID, ISTP-27(2016), USB-Memory, Sept. 2016
- (75) 森田慎崇, **筒井健太郎**: 容器内の液体冷却に関する基礎研究 - 回転による熱伝達率の向上について -, 日本機化学会関東学生会第55回学生会卒業研究発表講演会, CD-ROM, 2016年3月
- (76) **Kentaro Tsutsui**: Enhancement of film Boiling Heat Transfer, ISTP-26(2015), USB-Memory, Sept. 2015
- (77) **Takeharu Hayashi**, Yoshihiko Takahashi: Small Compact Standing Ride-type Electric Vehicle for Shopping, Proc.16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)-IEEE conference publication, pp.238-243, Oct. 2016
- (78) **林文晴**, 齊藤浩一, 多羅尾進, 角田陽, 堤博貴, **志村穰**: 機械工学からのアプローチによるメカトロニクス実習とその効果の検討, 日本産業技術教育学会第59回全国大会講演要旨集, pp. 191, 2016年8月
- (79) **林文晴**, 原圭吾, 武村泰範, 高橋良彦: 超小型電気自動車競技会 pico-EV・エコチャレンジ2016 開催報告, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2016講演論文集, 2P1-09b2, 2016年6月
- (80) **林文晴**, 高橋良彦, 多羅尾進, 津野貴哉, 吉村俊昭, 田宮完悟: 立位乗車式買物用電動車の開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニ

クス講演会 2016 講演論文集, 2P1-09b3, 2016 年 6 月

- (81) **林文晴, 木村南**, 田宮完悟, 高橋良彦: CFRP 製スプロケットの買い物用小型電動車への適用, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集, 2P1-09b4, 2016 年 6 月
- (82) 上田稜, 島根機太郎, **林文晴, 多羅尾進**: インホイールモータを採用した中型サイズ自律移動ロボットの試作, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 (ROBOMECH2016) 講演論文集, 2A1-07b4, 2016 年 6 月
- (83) 栄木深言, **林文晴**, 渡邊裕彦, 海老原理徳, **志村穰**: 小型せん断試験片による非弾性ひずみ範囲の取得に関する研究, 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演会講演論文集, GS0318, 2016 年 3 月
- (84) 津野貴哉, 田宮完悟, 吉村俊昭, **林文晴**, 高橋良彦: 買い物用小型電動車の改良設計, 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演会講演論文集, OS1213, 2016 年 3 月
- (85) **林文晴, 多羅尾進**: 協働作業によるエンジニアリングデザインの教育実践, 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演会講演論文集, OS0302, 2016 年 3 月
- (86) **林文晴**, 高部真彰, 海老原理徳, 渡邊裕彦, 浅井竜彦, **志村穰**: 鉛フリーはんだ用の汎用構成モデルが示す力学的特性とはんだ接合部の累積非弾性ひずみ挙動, 第 22 回エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, pp. 211-214, 2016 年 2 月
- (87) **林文晴, 齊藤浩一, 多羅尾進, 角田陽, 堤博貴, 志村穰**: 機械工学からのアプローチによるメカトロニクス実習方法の提案, 日本産業技術教育学会第 27 回関東支部大会講演要旨集, pp. 47-48, 2015 年 12 月
- (88) **Takeharu Hayashi, Yoshihiko Takahashi**: Small Compact Electric Vehicle for Practical Use and its Repeated Start-Stop Tests, Proc. 15th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)-IEEE conference publication, pp. 113-118, Oct. 2015
- (89) **林文晴, 渡邊裕彦, 海老原理徳, 志村穰**: 鉛フリーはんだラップジョイント型せん断試験片による非弾性ひずみ範囲取得方法の提案, 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, G0300101, 2015 年 9 月
- (90) 佐藤怜, **林文晴**, 関志朗: 汎用エンジニアリング用高分子系材料の応力緩和試験とその有限要素解析(第 2 報), 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, G0300403, 2015 年 9 月
- (91) **林文晴**, 原圭吾, 武村泰範, 宇田和史, 高橋良彦: 超小型電気自動車競技会 pico-EV・エコチャレンジ 2015 開催報告, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 講演論文集, 1A1-Q09, 2015 年 5 月
- (92) **林文晴**, 猪澤宗一郎, 高橋良彦, 佐々井博岳, **多羅尾進**: コンパクトな室内移動用超小型電動三輪車の開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 講演論文集, 1A1-Q08, 2015 年 5 月
- (93) 上田稜, 山川史, 島根機太郎, **林文晴, 多羅尾進**: 測感情報からなるランドマークを参照するロボットの自律走行, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 (ROBOMECH2015) 講演論文集, 1P2-F02, 2015 年 5 月
- (94) 小林光男, 生野雅也, 後藤芳樹, 久保田義弘, **福田勝己**: 地震によるスプリング配管構造の強度的検討, 日本機械学会東海支部第 66 期総会講演会講演論文集, 808, 2017 年 3 月
- (95) 久保田義弘, 小林光男, **福田勝己**, 櫻庭健一郎: GPRF 製ねじ強度及び締付け特性に及ぼすナット高さの影響, 日本機械学会東海支部第 66 期総会講演会講演論文集, 809, 2017 年 3 月
- (96) 小林光男, 八戸英夫, 後藤芳樹, **福田勝己**, 鈴木健司: ねじの衝撃締付けにおける摩擦挙動, 日本機械学会関東支部第 23 期総会講演会講演論文集, OS1401-05, 2017 年 3 月
- (97) **福田勝己**, 小林光男, 齋藤龍, 佐野哲史, **志村穰**: 繰返し荷重下におけるねじ締結体の締付け特性(第 2 報), 日本機械学会関東支部第 23 期総会講演会講演論文集, GS0203-03, 2017 年 3 月
- (98) **福田勝己**, 小林光男, 尾上順, 鈴木健司, 原田明成: フラレン薄膜のトライボロジー特性(第 2 報), 日本機械学会関東支部第 23 期総会講演会講演論文集, OS1503-01, 2017 年 3 月
- (99) **福田勝己**, 小林光男, 鈴木健司, 尾上順, 中谷真人, 佐々木大志: フラレンポリマー薄膜の機械的特性(第 5 報), 日本機械学会関東支部第 23 期総会講演会講演論文集, OS1503-02, 2017 年 3 月
- (100) **福田勝己**, 尾上順, 中谷真人, 小林光男, 伊藤拓嗣, 西村優樹: ナノインデンテーション法によるフラレン多層薄膜の硬さ評価(第 2 報), 日本機械学会関東支部第 23 期総会講演会講演論文集, OS1503-03, 2017 年 3 月
- (101) 大崎昂, 木村淳, 石川泰地, 小林光男, **福田勝己**, 八戸英夫: ねじの降伏点締付けに関する研究(高強度小ねじとナット強度の影響), 日本設計工学会四国支部平成 28 年度特別講演会研究発表講演会講演論文集, pp. 15-16, 2017 年 3 月
- (102) 野渡一騎, 宇都宮直紀, 吉田智樹, 小林光男, 八戸英夫, **福田勝己**: ねじの最適締め付けに関する研究(第 1 報: 目標締め付け力の実施のための基礎的実験), 日本設計工学会四国支部平成 28 年度特別講演会研究発表講演会講演論文集, pp. 17-18, 2017 年 3 月
- (103) **福田勝己**, 小林光男, 齋藤龍, 佐野哲史, **志村穰**: 繰返し荷重下におけるねじ締結体の締付け特性, 日本機械学会山梨講演会 2016 講演論文集, 108, 2016 年 9 月
- (104) **福田勝己**, 西村良弘, 鈴木隆之, 川越義暢, 武藤正純: 音波を用いた管内液中の物体の位置検出, 日本機械学会山梨講演会 2016 講演論文集, 155, 2016 年 9 月
- (105) **福田勝己**, 尾上順, 中谷真人, 小林光男, 伊藤拓嗣, 西村優樹: ナノインデンテーション法によるフラレン多層薄膜の硬さ評価, 日本機械学会山梨講演会 2016 講演論文集, 351, 2016 年 9 月
- (106) **福田勝己**, 尾上順, 中谷真人, 鈴木健司, 原田明成: フラレン薄膜のトライボロジー特性, 日本機械学会山梨講演会 2016 講演論文集, 352, 2016 年 9 月

- (107) 福田勝己, 小林光男, 鈴木健司, 尾上順, 中谷真人, 佐々木大志: フラーレンポリマー薄膜の機械的特性(第4報), 日本機械学会山梨講演会 2016 講演論文集, 353, 2016 年 9 月
- (108) 福田勝己, 西村良弘, 鈴木隆之, 池田泳樹, 内部銀二: 電磁超音波探傷法による材料内部欠陥の可視化(第4報), 日本機械学会中国四国支部 第 54 期総会講演会講演論文集, 612, 2016 年 3 月
- (109) 福田勝己, 小林光男, 伊藤拓嗣, 杉原達記, 乙幡陽太: ナノインデンテーション法による多層薄膜の硬さ評価(第3報), 日本機械学会関東支部 第 22 期総会講演会講演論文集, GS1106, 2016 年 3 月
- (110) 福田勝己, 小林光男, 尾上順, 増田秀樹, 川上和泉: フラーレン薄膜の機械的特性(第3報), 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演会講演論文集, GS1107, 2016 年 3 月
- (111) 福田勝己, 小林光男, 尾上順, 増田秀樹, 中村洸太: フラーレン薄膜のマイクロ摩擦特性(第3報), 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演会講演論文集, GS1108, 2016 年 3 月
- (112) 福田勝己, 西村良弘, 鈴木隆之, 池田泳樹, 内部銀二: 電磁超音波探傷法による材料内部欠陥の可視化(第5報), 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演会講演論文集, GS0305, 2016 年 3 月
- (113) 福田勝己, 西村良弘, 鈴木隆之, 池田泳樹, 内部銀二: 電磁超音波探傷法による材料内部欠陥の可視化(第3報), 日本機械学会山梨講演会 2015 講演論文集, 105, 2015 年 9 月
- (114) 福田勝己, 小林光男, 伊藤拓嗣, 乙幡陽太: ナノインデンテーション法による多層薄膜の硬さ評価(第2報), 日本機械学会山梨講演会 2015 講演論文集, 156, 2015 年 9 月
- (115) 福田勝己, 小林光男, 尾上順, 増田秀樹, 中村洸太: フラーレン薄膜のマイクロ摩擦特性(第2報), 日本機械学会山梨講演会 2015 講演論文集, 157, 2015 年 9 月
- (116) 福田勝己, 小林光男, 尾上順, 増田秀樹, 川上和泉: フラーレンポリマー薄膜の機械的特性(第3報), 日本機械学会山梨講演会 2015 講演論文集, 158, 2015 年 9 月
- (117) 小林光男, 八戸英夫, 後藤芳樹, 鈴木健司, 福田勝己: MIB の実用化とねじへの適用, 日本機械学会九州支部第 69 期総会講演会講演論文集, C-15, 2015 年 3 月
- (118) 八戸英夫, 小林光男, 後藤芳樹, 鈴木健司, 福田勝己: GFRP 製ねじの強度及び締付け特性に及ぼすナット高さの影響, 日本機械学会九州支部 第 69 期総会講演会講演論文集, H-19, 2015 年 3 月

電気工学科

- (1) 綾野秀樹, 藤村彬, 松井義弘, 林文晴: 高周波リアクトル向けトロイダルコア用ガイドの提案, 電気学会全国大会, 4-021, 2017 年 3 月
- (2) 河原智彦, 綾野秀樹, 松井義弘: 非対称な直流電源を持つ 3 レベル電力変換器による電圧・電流ひずみ低減法の実験評価, 電気学会半導体電力変換/家電・民生/自動車合同研究会, SPC-16-182, HCA-16-79, VT-16-49, pp. 39-44, 2016 年 12 月
- (3) H. Ayano, Y. Tanaka, S. Chihara, M. Sagawa, Y. Matsui: New Coil Shape to Expand the Charging Area in a Wireless Power Transmission System, The 19th International Conference on Electrical machines and Systems (ICEMS2016), Nov. 2016
- (4) 加藤亮祐, 綾野秀樹, 松井義弘: 少パルスで低次高調波を低減する駆動方式の特性評価, 電気学会産業応用部門大会, Y-32, 2016 年 8 月
- (5) 和田圭二, 綾野秀樹, 小笠原悟司, 清水敏久: パワーエレクトロニクス分野における EMC の研究開発動向(環境電磁工学), 電子情報通信学会 技術研究報告, 116(26), pp. 53-58, 2016 年 5 月
- (6) 加藤亮祐, 綾野秀樹, 松井義弘: 低損失・低ひずみを実現する電力変換器, 電気学会全国大会, 4-157, 2016 年 3 月
- (7) 河原智彦, 綾野秀樹, 松井義弘: 非対称な直流電源を持つ 3 レベル電力変換器による電圧ひずみ低減法に関する検討, 電気学会全国大会, 4-139, 2016 年 3 月
- (8) 綾野秀樹: 電力線通信に対する電力変換装置の影響評価, 電気学会全国大会, 4-151, 2016 年 3 月
- (9) 浅井亨太, 綾野秀樹, 松井義弘: 永久磁石モータの零速度運転時における素子発熱集中緩和法の評価, 電気学会半導体電力変換 家電・民生 自動車 合同研究会, SPC-15-204, HCA-15-73, VT-15-44, pp. 59-64, 2015 年 12 月
- (10) H. Ayano, Y. Tanaka, Y. Matsui, M. Sagawa: Evaluation of primary-side power supply coil shape to expand the charging area in a contactless power transmission system, IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Nov. 2015
- (11) H. Ayano, R. Ohsumi, S. Sakamoto, Y. Matsui: Experimentally verification of the characteristic of a single-phase line-to-line 7-level inverter under loaded condition, 2015 IEEE 2nd International Future Energy Electronics Conference (IFEEC2015), Nov. 2015
- (12) 綾野秀樹, 石川清太郎, 松井義弘: 零相電圧を利用した零速度運転時のキャリア騒音低減法, 電気学会産業応用部門大会, 1-107, 2015 年 8 月
- (13) Nobukazu Doi: Complexity Reduced Carrier Recovery Using Spread Spectrum for Low CNR Environment, Signal Processing Systems (SiPS), Oct. 2016
- (14) 土居信数: 森林域における高精度 GPS 測量方式の検討, 電子情報通信学会総合大会, 2016 年 3 月
- (15) 土居信数: スマート登山者カードシステムの開発, 電子情報通信学会総合大会, 2016 年 3 月
- (16) 梶原諒太, 増田士朗, 松井義弘: 閉ループステップ応答データを用いた FRIT におけるプレフィルタ設計, 計測自動制御学会第 4 回制御部門マ

ルチシンポジウム, 2D1-1, 2017 年 3 月

- (17) 宮崎公大, **松井義弘**, **綾野秀樹**: 閉ループデータを用いた 2 自由度位置決め制御系の設計, 計測自動制御学会第 4 回制御部門マルチシンポジウム, 2F1-1, 2017 年 3 月
- (18) 安田航基, **松井義弘**, **綾野秀樹**: 閉ループデータを用いた状態フィードバックゲイン調整, 計測自動制御学会第 4 回制御部門マルチシンポジウム, 2F1-2, 2017 年 3 月
- (19) 安田航基, **松井義弘**, **綾野秀樹**: VRFT による閉ループデータを用いた状態フィードバックゲイン調整, 計測自動制御学会 2016 年度産業応用部門大会, pp. 8-11, 2016 年 10 月
- (20) **松井義弘**, **綾野秀樹**, 増田士朗, 中野和司: FIR フィルタによる VRFT のためプレフィルタの実現, 平成 28 年電気学会電子・情報・システム部門大会, pp. 27-31, 2016 年 9 月
- (21) 岡田裕司, **松井義弘**, **綾野秀樹**, 中野和司: 閉ループデータを用いた非最小位相系のための 2 自由度制御系設計, 第 60 回システム制御情報学会研究発表講演会, 345-4, 2016 年 5 月
- (22) 宮崎公大, **松井義弘**, **綾野秀樹**, 中野和司: 位置決めサーボ系の閉ループデータを用いた制御ゲイン更新, 第 60 回システム制御情報学会研究発表講演会, 345-1, 2016 年 5 月
- (23) **松井義弘**, **綾野秀樹**, 中野和司: 閉ループ過渡応答データを用いた 2 入力 2 出力系の同定, 計測自動制御学会第 3 回制御部門マルチシンポジウム, 3F3-1, 2016 年 3 月
- (24) **松井義弘**, **綾野秀樹**, 田中雅人, 中野和司: 閉ループステップ目標値応答データを用いた制御対象モデルの推定, 電気学会研究会資料, GT2016 (1-4), pp. 7-10, 2016 年 2 月
- (25) **松井義弘**, **綾野秀樹**, 中野和司: 閉ループステップ応答データを用いた ADRC のモデルベース調整, 計測自動制御学会 2015 年産業応用部門大会, pp. 16-21, 2015 年 10 月
- (26) **松井義弘**, **綾野秀樹**, 増田士朗, 中野和司: ウィナーモデルのための閉ループデータを用いたモデルベース制御器設計, 平成 27 年電気学会電子・情報・システム部門大会, pp. 159-164, 2015 年 9 月
- (27) 長崎優人, **松井義弘**, **綾野秀樹**: PID 補償に基づく外乱抑圧制御器の閉ループデータを用いたモデルベース調整, 平成 27 年電気学会電子・情報・システム部門大会, pp. 185-189, 2015 年 9 月
- (28) Shiro Masuda, Xianda Kong, Koki Udagawa, **Yoshihiro Matsui**: Virtual reference feedback tuning for two degree of freedom controllers using closed-loop step response data – Optimal pre-filter design in the frequency domain, Proceedings of SICE Annual Conference 2015, pp. 622-625, Jul. 2015
- (29) Shiro Masuda, Xianda Kong, Koki Udagawa, **Yoshihiro Matsui**: Virtual Reference Feedback Tuning Using Closed-loop Step Response Data in Frequency Domain, 10th Asian Control Conference (ASCC2015), Jun. 2015
- (30) **Yoshihiro Matsui**, Shiro Masuda, **Hideki Ayano**, Koji Higuchi, Kazushi Nakano: Closed-Loop System Identification and Controller Tuning for Constant-Value Control Systems, Proceedings of International Conference on Electrical Engineering / Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology Association, (ECTI-CON 2015), Jun. 2015
- (31) **Yoshihiro Matsui**, Shiro Masuda, **Hideki Ayano**, Kazushi Nakano, A controller design for nonlinear systems with time-delay using closed-loop step response data, 2015 10th Asian Control Conference (ASCC 2015), Jun. 2015
- (32) 孔憲達, 宇田川光輝, 増田士朗, **松井義弘**: 閉ループステップ応答データを用いた VRFT による 2 自由度制御器調整— 周波数領域における最適プレフィルタの設計, 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 261-3, 2015 年 5 月
- (33) **松井義弘**, 増田士朗, **綾野秀樹**, 中野和司: 閉ループ実験による定値制御系のモデルベース PID 調整, 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 261-1, 中央電気倶楽部 (大阪市), 2015 年 5 月
- (34) **Yuji Tateizumi**: Iris Feature Extraction using Local Thresholding with Variable Block Size, International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2016), pp. 1029-1032, Jul. 2016
- (35) **Yuji Tateizumi**: Development of oxygen sensor applicable to science experiments in primary and secondary science education – Characteristics of air battery and application as oxygen sensor–, The Sixth NICE Conference (NICE2015) Network for Inter-Asian Chemistry Educators, Jul. 2015
- (36) 館泉雄治: 虹彩特徴抽出精度向上のためのブロックサイズ可変局所二値化法, 第 18 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2015), SS2-12, 2015 年 7 月
- (37) 高松大樹, 神田一浩, 三浦永理, 赤坂大樹, 雑賀章浩, 玉田耕治, 田川雅人, 横田久美子, 古山雄一: 軟 X 線照射によるフッ素含有 DLC 膜の膜物性変化, 応用物理学会・第 64 回春季学術講演会, 2017 年 3 月
- (38) 高岡利昌, 新國広幸, 伊藤浩: 反応性スパッタリング法によるマイクロヒータ用 TiN 薄膜の作製, 2016 年ソサイエティ大会, 講演番号 C-10-4, 2016 年 9 月
- (39) 片岡寛明, 新國広幸, 伊藤浩: 動脈圧直接測定用光導波型圧力センサに関する研究, 2016 年ソサイエティ大会, 講演番号 C-10-3, 2016 年 9 月
- (40) 市川直弥, 新國広幸, 伊藤浩: 光導波路用の SiC 薄膜における透明性の向上について研究, 2015 年ソサイエティ大会, 講演番号 C-3-28, 2015 年 9 月

- (1) **大塚友彦**: 最適ブロックサイズを用いた局所二値化による高精度虹彩特徴抽出法, 第 6 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム, pp. 100-101, 2016 年 11 月
- (2) **Tomohiko Ohtsuka** : Iris Feature Extraction using Local Thresholding with Variable Block Size, Proceedings of The 31st International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, pp.1029-1032, Jul. 2016
- (3) **大塚友彦**: 静止した移動物体の影響に頑強な背景推定, 2016 年電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画, pp. 199, 2016 年 3 月
- (4) **大塚友彦**: 正規化光電脈波間距離を用いた生体認証, 2016 年電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画, pp. 198, 2016 年 3 月
- (5) **大塚友彦**: 輪郭追跡法による虹彩領域検出, 2016 年電子情報通信学会総合大会情報・システムソサイエティ特別企画, pp. 108, 2016 年 3 月
- (6) **大塚友彦**: 動的要素を付加した虹彩認証に関する検討, 情報処理学会第 78 回全国大会, 2M-08, 2016 年 3 月
- (7) **大塚友彦**: 虹彩特徴抽出精度向上のためのブロックサイズ可変局所二値化法, 第 18 回画像の認識・理解シンポジウム, Extended Abstract, SS2-12, pp. 1-2, 2015 年 8 月
- (8) **Tomohiko Ohtsuka** : Reliable Background Prediction Using Approximated GMM, Proceedings of IAPR Conference on Machine Vision Applications, pp. 142-145, May, 2015
- (9) 素村晃浩, 塚本貴広, **加藤格**, **雑賀章浩**, 須田良幸: p-Cu₂₀/SiNx/n-SiC/n-Si 構造の抵抗変化型不揮発性メモリダイオード, 第 64 回応用物理学会秋季学術講演会, 15p-P3-7, 2017 年 3 月
- (10) 土屋充沙, 塚本貴広, **加藤格**, **雑賀章浩**, 須田良幸: SiC_xO_y および SiO_x 電子捕獲層を用いた不揮発性 pn メモリダイオードの特性制御, 第 64 回応用物理学会秋季学術講演会, 15p-P3-9, 2017 年 3 月
- (11) Hiroto Demura, Alexander Ulyashin and **Hiroshi Nagayoshi** : Point Contact Electrode Property Using Silicon Nanoparticle Dispersed SiO₂ 3rd International Congress Next Generation Solar Energy Meets Nanotechnology Nov. 2016
- (12) **Hiroshi Nagayoshi**, Hiroto Demura and Alexander Ulyashin : DIODE PROPERTY OF METAL AND/OR Si NANOPARTICLE EMBEDDED LIQUID SOURCE SiO₂ ON Si, 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, pp. 242-244, Jul. 2016
- (13) 出村洋智, Alexander Ulyashin, **永吉浩**: 半導体ナノ粒子分散 SiO₂ の形成と応用, 電子情報通信学会 2016 年総合大会, 2016 年 3 月
- (14) 萩原千広, **永吉浩**: 液体原料 SiO₂ による高安定 Si 表面パッシベーション, 電子情報通信学会 2016 年総合大会, 2016 年 3 月
- (15) 室岡拓也, **永吉浩**: TiO₂ ナノ粒子/SiO₂ コンポジット構造によるランバertian 反射膜, 電子情報通信学会 2016 年総合大会, 2016 年 3 月
- (16) 出村洋智, Alexander Ulyashin, **永吉浩**: 半導体ナノ粒子分散 SiO₂ 膜の形成と評価, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 2016 年 3 月
- (17) 市川裕, 久保木尊愛, **永吉浩**: 4 多孔質酸化チタン薄膜の水素処理効果, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 2016 年 3 月
- (18) Chihiro Hagiwara and **Hiroshi Nagayoshi** : Effective Low Cost SiO₂ Passivation on Silicon Using Perhydropolysilazane, 2015 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES - SCIENCE AND TECHNOLOGY, Dec. 2015
- (19) Takuya Murooka and **Hiroshi Nagayoshi** : Dielectric Nanoparticle/Liquid Source SiO₂ Back Reflector for Solar Cells, 2015 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES - SCIENCE AND TECHNOLOGY, Dec. 2015
- (20) Hiroto Demura, Alexander Ulyashin and **Hiroshi Nagayoshi** : Evaluation of SiNPs/SiO₂ composite structure, 2015 International Workshop on DIELECTRIC THIN FILMS FOR FUTURE ELECTRON DEVICES - SCIENCE AND TECHNOLOGY, Dec. 2015
- (21) 室岡拓也, **永吉浩**: 誘電体ナノ粒子/SiO₂ コンポジット構造による拡散反射膜, 76 回応用物理学会学術講演会, 2015 年 9 月
- (22) 萩原千広, **永吉浩**: 液体原料 SiO₂ による高安定 Si 表面パッシベーション, 76 回応用物理学会学術講演会, 2015 年 9 月
- (23) 出村洋智, **永吉浩**: シリコンナノ粒子分散 SiO₂ の形成と評価, 63 回応用物理学会春季学術講演会, 2015 年 9 月
- (24) **Hiroshi Nagayoshi**, Takuya Murooka and Chiaki Hagiwara : TiO₂/SiO₂ COMPOSITE LIGHT SCATTERING BACK REFLECTOR WITH LIQUID SOURCE PASSIVATION, Proceedings on 31st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, pp. 693-695, Sept. 2015
- (25) 木村花梨, 大沼梨菜, **一戸隆久**, 正木進, 小栗和也: RF マグネトロンスパッタリング法で作製した CuAlO 系薄膜の評価, 27th 15 SAS (Society of Advanced Science) Symposium Abstracts, p. 63, 2015 年 11 月
- (26) 深澤里菜, 川内つぐみ, 八並愛佳, **一戸隆久**, 正木進, 小栗和也: RF マグネトロンスパッタリング法を用いた Ge 薄膜の作製と評価, 27th 15SAS (Society of Advanced Science) Symposium Abstracts, p. 64, 2015 年 11 月
- (27) **一戸隆久**, **大塚友彦**, **加藤格**, **新田武父**: 専門基礎実験における主体的思考力を育む取り組み, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集, 15-a-PA1-30, p. 01-064, 2015 年 9 月
- (28) Atsushi Mizoi, Yusuke Takahashi, Haruka Hino, Shigehiro Hashimoto, **Toshitaka Yasuda** : Deformation of Cell Passing through Micro Slit between Micro Ridges, 20th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics2, pp. 129-134, Jul. 2016
- (29) **安田利貴**, 坂井優斗, 橋本成広: 赤血球の粘弾性を計測するための周期的せん断応力負荷機構の開発, LIFE2015, CD-ROM, 2015 年 9 月
- (30) H. Nakajima, H. Hino, S. Hashimoto, Y. Takahashi and **T. Yasuda** : Effect of Ultrasonic Vibration on Proliferation of Cultured Cell, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics2, pp. 276-281, Jul. 2015
- (31) H. Hino, H. Nakajima, S. Hashimoto, N. Wakuri, Y. Takahashi and **T. Yasuda** : Effect of Electric Stimulation on Differentiation and Hypertrophy of Fat Precursor Cells, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics2, pp. 252-257,

Jul. 2015

- (32) H.Hino, M.Ochiai, S.Hashimoto, K.Kimura, Y.Takahashi and **T.Yasuda** : Effect of Wall Shear Stress in Flow on Myoblast, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics2, pp.246-251, Jul. 2015
- (33) A.Mizoi, Y.Takahashi, H.Hino, S.Hashimoto and **T.Yasuda** : Deformation of Cell Passing through Micro Slit, Proc. 19th World Multi-Conference on Systemics Cybernetics and Informatics2, pp.270-275, Jul. 2015
- (34) 山田恭平, 椿谷亮太, 木村竜士, 小林秀幸, **水戸慎一郎** : 電力センサと振動センサを用いたオフィスにおける行動パターン推定, 信学技報, ヒューマンプロブ研究会, 2017年2月
- (35) 岡崎大知, **水戸慎一郎**, 木村竜士, 小林秀幸 : アンカーノード法によるセンサノードの位置推定手法の提案, 第22回高専シンポジウム, in Mie 講演要旨集, F-28, 2017年1月
- (36) **Shinichiro Mito** : Enhancement of magnetic circular dichroism in bi-layered ZnO-Bi:YIG thin films, 61st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Nov. 2016
- (37) **Shinichiro Mito** : Electroless Plated Maghemite for Three-dimensional Magneto Photonic Crystals, 61st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Nov. 2016
- (38) **Shinichiro Mito**, Takuya Kawashima : REDUCTION OF THE ABSORBANCE OF FERRITE-PLATING FILM FOR MAGNETO-OPTICAL APPLICATIONS, MORIS 2015 Technical digest, pp.39-40, Nov. 2016
- (39) 菊地颯希, **水戸慎一郎**, 塩津勇作, 笹野順司 : フェライトめっき法によるマグヘマイトを用いた3次元磁性フォトニック結晶の作製と評価, 電気学会研究会資料, マグネティックス研究会, MAG-16-099, 2016年8月
- (40) 木村竜士, **水戸慎一郎**, 山田恭平, 中村開 : エナジーハーベスティング電力センサを用いた居住者の行動データモニタリングに関する研究 電力センサの開発及びモニタリングテストの概要, 日本建築学会学術講演会梗概集, 環境工学 II, pp.1105-1106, 2016年8月
- (41) 山田恭平, 中村開, **水戸慎一郎** : 大量設置に向けたエナジーハーベスティング電力センサの開発と家庭内電力センサネットワークによる生活把握, インタラクション2016 概要集, 163C62, 2016年3月
- (42) 塩津勇作, **水戸慎一郎**, 笹野順司 : ZnO ナノ結晶を表面に成長させた磁性ガーネット薄膜の磁気光学応答, 第63回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 21A-W241-2, 2016年3月
- (43) 川島拓也, **水戸慎一郎**, 笹野順司 : イットリウム鉄ガーネット様膜の1液式低温成膜プロセスの開発, 第63回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 21P-S322-7, 2016年3月

情報工学科

- (1) 加藤翔, **小嶋徹也** : 完全相補系列系を用いた画像電子透かしにおけるホスト信号近似法の性質について, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2016-95, 2017年3月
- (2) 市岡由偉, **小嶋徹也** : 画像特徴量に基づく同期回復を用いた DCT-OFDM 型電子透かし方式, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2016-89, 2017年3月
- (3) **Tetsuya Kojima** : On Some Variations of Information Hiding Strategies Based on Complete Complementary Codes, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2016-79, 2017年1月
- (4) 松永悠斗, **小嶋徹也** : 楽曲の特徴や歪みエフェクトを活用した電子透かし技術の提案, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2016-78, 2017年1月
- (5) Thach V. Bui, **Tetsuya Kojima** and Isao Echizen : Efficiently Decodable Defective Items Detected by New Model of Noisy Group Testing, Proceedings of 2016 International Symposium on Information Theory and Its Applications, pp.265-269, Nov. 2016
- (6) Kan Kamada, **Tetsuya Kojima** and Udaya Parampalli : Tone Code: A Novel Method for Covert Communications Based on Musical Components, Proceedings of 2016 International Symposium on Information Theory and Its Applications, pp.340-344, Nov. 2016
- (7) **Tetsuya Kojima**, Kan Kamada and Udaya Parampalli : A Disaster Prevention Broadcasting Based on Audio Data Hiding Technology, Proceedings of Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp.373-376, Aug. 2016
- (8) 鎌田寛, **小嶋徹也** : 楽曲の音楽的特徴を活用した新しいデータハイディング手法の提案, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2016-14, 2016年5月
- (9) 鎌田寛, 松永悠斗, **小嶋徹也** : 音響データハイディングを用いた防災無線システムに関する研究 ~情報の符号化フォーマットと誤り訂正符号化の検討~, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2015-89, 2016年3月
- (10) 立川徹, 市岡由偉, 佐田悠生, **小嶋徹也** : 映像情報ハイディングを応用した能動学習教材における埋め込み・抽出方式の検討, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2015-87, 2016年3月
- (11) **小嶋徹也** : 学習と通信の理論, およびその実践, ワークショップ 数理と工学の接続と調和, 2016年2月
- (12) 松永悠斗, 鎌田寛, **小嶋徹也** : 完全相補系列系を用いた音響データハイディングに基づく一斉通報システムの改良, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2015-71, 2016年1月

- (13) 中平有樹, 小嶋徹也, 堀智子, 吉本定伸, 鈴木幸一: 声質変換技術に基づく英語プレゼンテーション支援ソフトウェアのためのモデル音声に関する検討, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2015-68, 2016年1月
- (14) 佐田悠生, 市岡由偉, 立川徹, 小嶋徹也: 情報ハイディング技術に基づくオンライン講義システムの提案, 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会, EMM2015-63, 2016年1月
- (15) 市岡由偉, 小嶋徹也, 土居信数, 田中晶, 市川裕子: 動画への情報ハイディング技術に基づく効果的なMOOCs利用能動学習システムの開発, 第7回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2015年12月
- (16) 松永悠斗, 小嶋徹也, 土居信数, 田中晶: 音響電子透かしを用いた情報一斉伝達システムの開発, 第7回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2015年12月
- (17) 鎌田寛, 小嶋徹也, 土居信数, 田中晶: 情報ハイディングを応用した情報伝達システムに関する研究〜埋め込み手法の検討〜, 第7回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2015年12月
- (18) Tetsuya Kojima, Akihiro Oizumi and Udaya Parampalli: Properties of an Emergency Broadcasting System Based on Audio Data Hiding, Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pp.142-145, Sept. 2015
- (19) Tetsuya Kojima, Ryusuke Mayuzumi: An Improvement of the Data Hiding Scheme Based on Complete Complementary Codes, Proceedings of 2015 Seventh International Workshop on Signal Design and its Applications in Communications, pp.85-89, Sept. 2015
- (20) 小嶋徹也: 情報ハイディング技術を応用した防災通報システムの開発, 東京都立産業技術センター平成27年度研究成果発表会要旨集, pp.9, 2015年6月
- (21) 鈴木雅人, 北越大輔, 松本章代: 直積量子化に基づく部分的正規分布線形結合モデルの計算量削減, 2016年電子情報通信学会総合大会, D-12-2, 2016年3月
- (22) 奥水駿, 鈴木雅人, 北越大輔: 速さベクトルに基づく自然な空間手書き平仮名認識システムの提案, 情報処理学会第78回全国大会, 4Q-05, 2016年3月
- (23) 鈴木拓海, 金子晶夫, 鈴木雅人, 高橋三男, 北越大輔: 7segLED読み上げによる視覚障害者向け実験支援システムの開発, 情報処理学会第78回全国大会, 4ZC-06, 2016年3月
- (24) 鈴木拓海, 金子晶夫, 鈴木雅人, 高橋三男, 北越大輔: 7segLED読み上げによる視覚障害者向け実験支援システムの開発, 日本理科教育学会第65回全国大会, 04E-02, 2015年8月
- (25) 田中晶, 丸山充, 漆谷重雄: IoTに向けたローカルマルチホップネットワークへの簡易ラベルスイッチング適用の一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, NS2016-236, 2017年2月
- (26) 田中晶: 共有メモリベース小型ロボット制御マルチホップ通信システムの一検討, 第78回情報処理学会全国大会講演論文集, 分冊2016, No.1, 6C-04, pp.31-32, 2016年3月
- (27) 田中晶: ヒューマンセントリックヘテロジニアスマルチホップ通信の一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, RCS2015-299, pp.113-117, 2016年1月
- (28) 松林勝志, 大川美緒, 田畑愛美, 赤松駿一, 山下晃弘: 可視光通信による省電力照明システム, 第15回情報科学技術フォーラムFIT2016, RC-007, 1-PP49-54, 2016年9月
- (29) 松林勝志, 山下晃弘, 北越大輔, 鈴木雅人, 小坂敏文, 吉本定伸: 手抜きPBL教育の勧めー環境構築型見守りPBL教育の実践と成果ー, 日本工学教育協会平成27年度工学教育研究講演会講演論文集, 1A10, 2015年9月
- (30) Godai Azuma, Daisuke Kitakoshi and Masato Suzuki: Stepwise Structure Learning Using Probabilistic Pruning for Bayesian Networks: Improving Efficiency and Comparing Characteristics, Proceedings of 8th iCatse International Conference on Information Science and Applications, Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol.424, pp.533-543, Mar. 2017
- (31) 北越大輔, 柳沢和樹, 鈴木雅人: ノウハウ情報を用いた研究活動支援システムの汎用性に関する検討, 電子情報通信学会2017年総合大会講演論文集, D-15-42, 2017年3月
- (32) 野口颯太, 青木壘, 北越大輔, 鈴木健太郎, 鈴木雅人: 運動自由度向上を実現する新規対戦型ゲームを導入した転倒予防システムの印象および安全性評価, 電子情報通信学会2017年総合大会講演論文集, H-4-8, 2017年3月
- (33) 柳沢和樹, 北越大輔, 鈴木雅人: 研究活動支援システムにおけるノウハウモデル構造を用いたノウハウ提示手法の妥当性評価, 第79回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会資料, 2017年3月
- (34) 北越大輔, 清水俊平, 鈴木健太郎, 鈴木雅人: タブレット端末を用いた頭の体操システムの利用意欲促進に関する研究, —利用情報フィードバックと難易度自動調整機能に関する検討—, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.116, No.453, pp.25-30, Feb. 2017
- (35) 鈴木健太郎, 北越大輔, 打田沙姫, 鈴木雅人: 転倒予防へのロボットを用いたゲームの活用, —ゲームの紹介とアンケートの回答から—, 第13回東京都作業療法学会, 演題39, 2016年11月
- (36) 鈴木健太郎, 北越大輔, 打田沙姫, 鈴木雅人: 転倒予防へのロボットを用いたゲームの活用, —ゲームの紹介とアンケートの回答から—, 第50回日本作業療法学会, PL-3-3B, 2016年9月
- (37) Daisuke Kitakoshi, Shunya Toda and Masato Suzuki: A Validity Analysis of a User Model Employed in a Research Activity Support System, Proceedings of Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 591-597, Aug. 2016

- (38) 當田峻也, **北越大輔**, **鈴木雅人**: 研究活動支援システムに活用する利用者モデルの妥当性とその評価, 人工知能学会研究会資料, SIG-ALST-B503, pp. 81-86, 2016 年 3 月
- (39) **北越大輔**, 東悟大, **鈴木雅人**: ペイジアンネットの段階的構造学習法に対する確率的枝刈りを用いた高速化について, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-ICS-182, No. 2, 2016 年 3 月
- (40) 東悟大, **北越大輔**, **鈴木雅人**: 確率的枝刈りを用いたペイジアンネットの構造学習法の高速化, 電子情報通信学会 2016 年総合大会講演論文集, D-20-8, 2016 年 3 月
- (41) **北越大輔**, 鈴木健太郎, 打田沙姫, **鈴木雅人**: ロボットを用いた転倒予防システムへの新ゲーム導入に関する検討, 電子情報通信学会 2016 年総合大会講演論文集, H-4-21, 2016 年 3 月
- (42) 東悟大, **北越大輔**, **鈴木雅人**: クラスタリングと確率的枝刈りを用いたペイジアンネットの段階的構造学習法, —確率的枝刈りの性能改善および特性評価—, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2015 講演論文集, pp. 666-671, 2015 年 11 月
- (43) 當田峻也, **北越大輔**, **鈴木雅人**: ノウハウ提示にもとづく研究活動支援システム, —利用者モデル構築に関する検討—, 第 17 回日本感性工学会大会予稿集, H52, 2015 年 9 月
- (44) 戸松和紀, 渥美亮祐, **吉本定伸**: Android タブレットによる小学校での安全マップ活動支援アプリケーションの機能検討, 電子情報通信学会 2017 年総合大会講演論文集, D-15-11, 2017 年 3 月
- (45) 渥美亮祐, 松岡利人, 小久保奈緒美, **吉本定伸**: Android タブレット端末を用いた認知機能評価に有用なデータ収集の試み, 電子情報通信学会 2017 年総合大会講演論文集, H-4-18, 2017 年 3 月
- (46) 小久保奈緒美, 渥美亮祐, 松岡利人, **吉本定伸**, 和田圭司, 堀越勝: 認知機能評価アプリ運用に向けた施設内ガイドライン作成の試み, 電子情報通信学会 2017 年総合大会講演論文集, H-4-20, 2017 年 3 月
- (47) 細川良輔, **吉本定伸**, 金森 克浩, 佐野将大: タブレット PC による肢体不自由者の入力操作測定用アプリケーション, 電子情報通信学会 2017 年総合大会講演論文集, H-4-17, 2017 年 3 月
- (48) 佐藤万里樹, 谷本式慶, **吉本定伸**: キネクト v2 を用いた肢体不自由者向け腕トレーニングシステムの検討, 電子情報通信学会 2017 年総合大会講演論文集, D-15-18, 2017 年 3 月
- (49) 金森克浩, 伊藤史人, **吉本定伸**, 外山世志之, 谷本式慶, 佐野将大, 野口健太郎: 肢体不自由児の PC 入力方法に関する検討, 電子情報通信学会教育工学研究会, IEICE-116, no. 438, pp. 43-47, 2017 年 1 月
- (50) 戸松和紀, 松岡利人, 渥美亮祐, **吉本定伸**: Android タブレット端末を用いた小学校での安全マップ活動支援アプリケーションの機能改善, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 31, no. 5, pp. 77-80, 2017 年 1 月
- (51) 細川良輔, **吉本定伸**, 金森克浩, 佐野将大: タブレット PC を用いた肢体不自由者の入力操作測定用アプリケーションの開発, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 31, no. 5, pp. 81-84, 2017 年 1 月
- (52) 佐藤万里樹, **吉本定伸**, 谷本式慶: キネクト v2 による肢体不自由者向け腕トレーニングシステムの改善, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 31, No. 5, pp. 85-88, 2017 年 1 月
- (53) 松岡利人, 渥美亮祐, 小久保奈緒美, 横井優磨, 齊藤勇二, 村田美穂, 堀越勝, **吉本定伸**: Android 端末を用いた認知機能評価のためのアプリケーション開発, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 31, No. 5, pp. 89-92, 2017 年 1 月
- (54) 清田公保, 合志和洋, 中野光臣, 三好正純, 柴里弘毅, 大塚弘文, **吉本定伸**, 秋口俊輔, 大橋千里, 佐々木敦, 竹島久志, 江崎修央, 白濱成希, 神里志穂子, 眞喜志隆, 野口健太郎, 佐竹卓彦: 特別支援学校における児童生徒の「学習効果の見える化」アプリの開発, Japan AT フォーラム 2016 講演論文集, pp. 81-82, 2016 年 9 月
- (55) 金森克浩, 外山世志之, 谷本式慶, 佐野将大, **吉本定伸**, 伊藤史人: 肢体不自由児の PC 入力評価プログラムの試作, 日本リハビリテーション工学協会第 31 回リハ工学カンファレンス講演論文集, 26-6-2-8, 2016 年 8 月
- (56) 鈴木大介, **吉本定伸**, 金森克浩, 佐野将大: 特別支援学校におけるタブレット PC を用いたタッチ入力評価アプリケーション, 情報処理学会第 78 回全国大会, 6ZC-08, 2016 年 3 月
- (57) 下中直紀, 虻川みのり, 渥美亮祐, **吉本定伸**: Android タブレット端末を用いた小学校安全マップ活動支援アプリケーション, 情報処理学会第 78 回全国大会, 5ZA-08, 2016 年 3 月
- (58) 西原悠貴, 後藤健太, 中平有樹, **吉本定伸**, **小嶋徹也**, 堀智子, 鈴木幸一: 英語プレゼンテーション学習支援ソフトウェアの開発, 情報処理学会第 78 回全国大会, 5ZA-04, 2016 年 3 月
- (59) 松林圭, 松原良和, 今野陽子, 小野良太, 井上祐寛, **山下晃弘**: 特定の話題に関する対話エージェントの実現に向けた特徴語及び状態抽出法, 5Q-04, 2-pp. 565-566, 情報処理学会第 79 回全国大会, 2017 年 3 月
- (60) 遠藤勇樹, 尾崎和真, **山下晃弘**, **松林勝志**: 視覚障がい者向けナビシステムにおけるカメラ画像を用いた障害物検出及び自己位置推定法, 4G-02, 1-pp. 79-80, 情報処理学会第 79 回全国大会, 2017 年 3 月
- (61) 大塚康平, 伊藤篤志, 上川畑慎吾, 佐藤佳, 佐藤俊太, **山下晃弘**, **松林勝志**: RFID を利用した視覚障がい者向けナビシステムの改良及びその実証実験, 4G-01, 1-pp. 77-78, 情報処理学会第 79 回全国大会, 2017 年 3 月
- (62) 今野陽子, **山下晃弘**, 松林圭, 松原良和, 西谷雅史, 鈴木恵二, 川村秀憲, 井上祐寛: 特定の話題に関する対話エージェントの実現に向けた特徴語に基づく応答法の検討, 社会システムと情報技術研究ウィーク (WSSIT2017), SIG-ICS, 2017 年 3 月
- (63) 遠藤勇樹, 伊藤篤司, 大塚康平, 尾崎和真, 上川畑慎吾, **山下晃弘**, **松林勝志**: F 帯 RFID を用いた視覚障がい者向けナビシステムの開発と実証実験, 第 8 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp. 390-391, 2016 年 12 月

- (64) **Akihiro Yamashita**, Kei Sato, Syunta Sato and **Katsushi Matsubayashi** : Development of a Pedestrian Navigation System for the Visually Impaired with QZSS and RFID, Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2016), Sa6-2-3, Aug. 2016
- (65) **山下晃弘**, **松林勝志**, **吉本定伸**, **小嶋徹也**, 風張航: 民間企業とコラボレーションした組み込みシステム開発マイスターの育成教育, 平成 28 年度全国高専フォーラム, OS (教育): 企業との共同教育を通じた実践的技術者の養成とその評価法, 2016 年 8 月
- (66) **山下晃弘**, 佐藤佳, 佐藤俊太, **松林勝志**: 視覚障がい者ナビゲーションを目的とした RFID タグと準天頂衛星による位置測位システム, 情報処理学会第 1 回アクセシビリティ研究会, Vol.2016-AAG-1, No.2, 2016 年 7 月
- (67) 上川畑慎吾, **山下晃弘**, **松林勝志**: UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向けナビシステムの開発と実証実験, M2M/IoT 利活用人材育成シンポジウム 2016, 2016 年 7 月
- (68) 三島嵩晃, **山下晃弘**, **松林勝志**, 山下倫央: マップマッチングを用いた移動状況の可視化に基づく人流解析, 第 30 回人工知能学会全国大会, 1H5-OS-05b-1, 2016 年 6 月
- (69) **山下晃弘**, 佐藤佳, 佐藤俊太, 川口正太郎, **松林勝志**: UHF 帯 RFID を用いた視覚障がい者向け屋内用案内システムの開発と展示会への適用, 情報処理学会第 16 回 QDS 研究会, Vol.2016-QDS-16, No.7, 2016 年 6 月
- (70) Syunta Sato, **Akihiro Yamashita** and **Katsushi Matsubayashi** : A Positioning System with RFID Tags and QZSS for Navigating the Visually Impaired, Proceedings of ICT-ISPC2016, #50, May 2016
- (71) Kei Sato, **Akihiro Yamashita** and **Katsushi Matsubayashi** : Development of a Navigation System for the Visually Impaired and the Substantiative Experiment, Proceedings of ICT-ISPC2016, #67, May 2016
- (72) 藤原裕樹, **山下晃弘**, **松林勝志**: Twitter から獲得した会話データに基づく雑談対話システムの開発, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 3M-01, 2-pp115-116, 2016 年 3 月
- (73) 川口正太郎, **山下晃弘**, **松林勝志**: RFID タグを用いた買い物支援システムにおける買い物客と商品の位置推定法, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 5U-04, 3-pp403-404, 2016 年 3 月
- (74) 佐藤俊太, 坂上晴信, 佐藤佳, 高石一樹, 木岡拓海, **山下晃弘**, **松林勝志**: 視覚障がい者向けナビゲーションのための RFID タグを用いた位置推定システム, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 5U-05, 3-pp405-406, 2016 年 3 月
- (75) 坂上晴信, 佐藤佳, 佐藤俊太, 高石一樹, 木岡拓海, **山下晃弘**, **松林勝志**: 視覚障がい者ナビゲーションのための準天頂衛星「みちびき」を用いた位置推定システムの提案, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 5U-06, 3-pp437-438, 2016 年 3 月
- (76) 佐藤佳, 坂上晴信, 佐藤俊太, 高石一樹, 木岡拓海, **山下晃弘**, **松林勝志**: RFID と準天頂衛星を用いた視覚障がい者ナビゲーションシステム PULL DOG の開発と実証実験, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 7U-03, 3-pp407-408, 2016 年 3 月
- (77) 高石一樹, 佐藤佳, 坂上晴信, 佐藤俊太, 木岡拓海, **山下晃弘**, **松林勝志**: 視覚障がい者ナビゲーションのための点字ブロックをベースとしたルート探索と屋内外のシームレスな誘導方法, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 7U-04, 3-pp409-410, 2016 年 3 月
- (78) 松林圭, 五味京祐, 古川和祈, 松尾祐佳, 松原良和, 日諸マルセロ優次, 中村拓哉, **山下晃弘**, **松林勝志**: Twitter 上に投稿された文章に基づく感情推定法とその応用に関する検討, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 5W-06, 4-pp79-80, 2016 年 3 月
- (79) **山下晃弘**, **松林勝志**: 学生の SNS 利用実態の調査とプライバシー漏洩リスク評価に関する検討, 情報処理学会第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015), F-037, 2015 年 9 月
- (80) **山下晃弘**, **松林勝志**, **北越大輔**, **鈴木雅人**, **小坂敏文**, **吉本定伸**: 民間企業と連携した組み込みシステム開発人材育成 PBL 教育 —マイスター育成制度と Hack U とのコラボレーション, 日本工学教育協会平成 27 年度工学教育研究講演会講演論文集, 2A12, 2015 年 9 月
- (81) 平林司, **小坂敏文**: AR 上での雲の立体表示に関する研究, 第 7 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, pp. 244-245, 2015 年 12 月
- (82) 堀川聡, **小坂敏文**: OpenGL を用いた地動説型ブラネタリウムアプリの研究・開発, 第 7 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, pp. 250-251, 2015 年 12 月
- (83) 小野寺康裕, 金澤彬, 萩原虹輝, **小坂敏文**: 地動説型ブラネタリウムアプリの開発, 第 8 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, pp. 326-327, 2016 年 12 月
- (84) 守屋祐喜, **小坂敏文**: ウェアラブル機器を用いた語学学習補助システムの開発, 情報科学技術フォーラム, 0-044, 2015 年 9 月
- (85) 上妻健人, **小坂敏文**: 見通しが悪い交差点で交通事故の危険を回避するシステムの開発, 情報科学技術フォーラム, 0-046, 2015 年 9 月

物質工学科

- (1) 堀内夏樹, ニャーリーギーワン, 別府優汰, **石井宏幸**: 天然ゴムラテックス中のタンパク質の活性炭による吸着除去, 第 19 回化学工学学生発表会, A-102, 2017 年 3 月
- (2) 森本喬介, 高井陽平, **石井宏幸**: 気泡流動層の相似則の検証における装置間スケール比に関する研究, 第 19 回化学工学学生発表会, B-107, 2017 年 3 月
- (3) 高井陽平, **石井宏幸**: 層内圧力変動モデルによる気泡流動層の相似則に関する妥当性検討, 第 22 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム講演論文集, pp. 282-284, 2016 年 12 月
- (4) **石井宏幸**, 西岡央成, 高井陽平: 圧力変動解析による気泡流動層の相似則の実験的検証, 第 21 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム講

演説文集, pp. 109-111, 2015 年 12 月

- (5) 前野夕紀, 武末早織, **北折典之**: オゾン水への食品用界面活性剤添加による殺菌力の変化, 第 43 回日本防菌防黴学会年次大会講演要旨回流動化, pp. 235, 2016 年 9 月
- (6) 武末早織, **北折典之**: 導電性ダイヤモンド電極を用いた純水の SPE 電解によるオゾン水の生成, 材料技術研究協会討論会講演要旨集, pp. 27-28, 2015 年 11 月
- (7) 武末早織, **北折典之**, 中井貴章, 錦義則, 市川和寛: 導電性ダイヤモンド電極を用いた小型オゾン水生成装置の開発(10), 第 39 回電解技術討論会講演要旨集, pp. 17-20, 2015 年 11 月
- (8) 武末早織, 吉田泰基, **北折典之**, 中井貴章, 錦義則, 市川和寛: 導電性ダイヤモンドを用いた小型オゾン水生成装置, 日本医療・環境オゾン学会設立 20 周年記念研究後援会要旨集, pp. 1-7, 2015 年 4 月
- (9) **Kenichi Tsuchiya**: Explanation of nuclear reactions in solids by solving many-body problems of charged bose particles trapped at the bottom of the harmonic potentials, Abstract Book of the 20th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science, pp. 91-91, PA87, Oct. 2016
- (10) **Kenichi Tsuchiya**: Convergence Aspect of the Self-consistent Calculations for Quantum States of Charged Bose Particles in Solids II, Abstract of JCF16 Meeting, JCF16-10, Dec. 2015
- (11) 市川亮ファクソン, 松岡裕太, **中川修**: メタクリル酸 2-エトキシエチルの乳化重合に関する基礎研究, 第 18 回化学工学会学生発表会(浜松大会)研究発表講演要旨集, p59, 2016 年 3 月
- (12) 篠宮希絵, 廣川千寿花, 岡崎里美, **中川修**: 2-エトキシエチルメタクリレートのアニオン重合と生成ポリマーのキャラクタリゼーション, 第 64 回(2015 年)高分子討論会高分子学会予稿集, 64 巻, 2Pc001, 2015 年 9 月
- (13) 天野恵美, 小林瑠美, 佐藤彩花, **中川修**: 2-アルコキシエチルメタクリレートおよび 2-フェノキシエチルメタクリレートのアニオン重合と生成ポリマーのキャラクタリゼーション, 第 64 回(2015 年)高分子討論会高分子学会予稿集, 64 巻, 2Pc002, 2015 年 9 月
- (14) **中川修**, 風間凜一, 渡邊友哉, 市川亮ファクソン, 松村賢征: 2-(エチルチオ)エチルメタクリレートおよび 2-(ジエチルアミノ)エチルメタクリレートのアニオン重合, 第 64 回(2015 年)高分子討論会高分子学会予稿集, 64 巻, 2Pc003, 2015 年 9 月
- (15) 吉澤憲, 島田茂, **町田茂**: アザビスモシン骨格を反応性基として有する金ナノ粒子作製方法の開発, 日本化学会第 97 春季年会講演予稿集, 講演番号 2E1-30, 2017 年 3 月
- (16) 岩崎芳菜子, **町田茂**: 剛直な共役系でつながれたダイマー型金ナノ粒子の作製と物性評価, 日本化学会第 97 春季年会講演予稿集, 講演番号 1PB-200, 2017 年 3 月
- (17) 甲斐友邦, **町田茂**: 耐熱性金ナノ粒子の分解挙動に関する研究, 日本化学会第 96 春季年会講演予稿集, 講演番号 2D1-47, 2016 年 3 月
- (18) 小野壮哉, 島田茂, **町田茂**: アザビスモシン含有金ナノ粒子の作製と反応に関する研究, 日本化学会第 96 春季年会講演予稿集, 講演番号 2D1-46, 2016 年 3 月
- (19) **伊藤篤子**, 川下愛生: アカガイを用いた高等学校生物基礎における血球観察実験の構築と普及にむけての保存の試み, 日本動物学会関東支部第 69 回大会, 2017 年 3 月
- (20) **伊藤篤子**, 川下愛生: 二枚貝類アカガイを用いた高等学校生物基礎における血球観察実験の構築, 日本生物教育学会第 101 回全国大会, 2017 年 1 月
- (21) **A. Itoh**, U. Kawashimo: Observation of hemocytes using blood from the ark shell *Scapharca broughtonii* in elementary and secondary classes, The joint meeting of the 22nd International Congress of the Zoology and the 87th meeting of the Zoological Society of Japan, Nov. 2016
- (22) T. Kosaka, **A. Itoh**: Characterization of tropomyosin isoforms from an adductor muscle of the Ark shell *Scapharca broughtonii*, The joint meeting of the 22nd International Congress of the Zoology and the 87th meeting of the Zoological Society of Japan, Nov. 2016
- (23) **伊藤篤子**, 川下愛生: マガキを用いた発生物学教材の開発と実践, 日本理科教育学会第 66 回全国大会, 2016 年 8 月
- (24) 金子将大, **伊藤篤子**: 甲殻類鰓脚綱アルテミア耐久卵発生過程におけるトロポミオシンアイソフォームの解析, 日本動物学会関東支部第 68 回大会, 2016 年 3 月
- (25) **伊藤篤子**, 川下愛生: マガキ *Crassostrea gigas* を用いた発生物学教材の開発, 日本動物学会関東支部第 68 回大会, 2016 年 3 月
- (26) **伊藤篤子**, 藤田翠, 藤ノ木政勝: マガキ *Crassostrea gigas* を用いた発生物学教材の開発と実践, 日本生物教育学会第 100 回全国大会, 2016 年 1 月
- (27) 金子将大, 藤ノ木政勝, **伊藤篤子**: アルテミア耐久卵孵化におけるトロポミオシンアイソフォームの解析, 日本動物学会第 86 回新潟大会, 2015 年 9 月
- (28) **伊藤未希雄**: 既存の赤外/ラマン分光装置を利用したその場表面反応分析技術, イノベーション・ジャパン 201, 2016 年 8 月
- (29) 鶴田俊平, **伊藤未希雄**, 平岡想, 野口秀典, 魚崎浩平: 固液界面における有機化学反応の速度論 — 均一系における化学反応との比較, 第 35 回表面科学学術講演会, 1P46, 2015 年 12 月
- (30) 彦坂莉希, **庄司良**, 野崎拓弥, 小林靖和: 酸化セリウム光触媒による鉛イオン除去反応の速度論, 電気化学会第 84 回大会, 2017 年 3 月
- (31) 鈴木美華, **庄司良**, 若杉玲子, 深浦仁美: 有害物質を可視化する土壤汚染発見デバイスの開発, 第 51 回日本水環境学会, L-039, 2017 年 3 月
- (32) 牧野春香, **庄司良**: 腐植時間経過による土壤由来フミン酸の銅と 2, 4-D 吸着性の変化, 第 82 年会化学工学会, PB274, 2017 年 3 月

- (33) 鈴木大輔, 志田敦, **庄司良**: 有機化合物に対する甲殻類の耐性評価, 第 19 回化学工学学生発表会, D-110, 2017 年 3 月
- (34) 田口麻由子, 廣田季璃, **庄司良**: 土壌を介した化学薬品の曝露におけるミミズの再生能力に対する影響, 第 19 回化学工学学生発表会, D-109, 2017 年 3 月
- (35) **庄司良**, 岩田孝樹, 牧野春香: フミン酸を用いた環境汚染物質の吸着による土壌汚染対策の可能性の検証, 第 19 回化学工学学生発表会, D-115, 2017 年 3 月
- (36) **庄司良**, 江野七海, 熊谷望美: 種々の炭酸ガス分圧下における環境汚染物質の水生微生物に与える影響調査, 第 19 回化学工学学生発表会, D-116, 2017 年 3 月
- (37) **庄司良**, 望月優作, 彦坂莉希, 野崎拓弥: TiO_2 と CeO_2 の光触媒反応による有害物質除去の速度論解析, 第 19 回化学工学学生発表会, D-117, 2017 年 3 月
- (38) 岸本亮太, 藤田彩華, 甲野裕之, 深浦仁美, 高木泰憲, 若杉玲子, **庄司良**: 土壌中重金属簡易検出剤の開発—長期保存方法の検討—, 第 51 回高分子学会北海道支部研究発表会, P-24, 2017 年 1 月
- (39) 鈴木大輔, 志田敦, **庄司良**: 微小甲殻類の化学物質に対する耐性実験, サイエンスキャスル 2016 関東大会, P-38, pp. 121, 2016 年 12 月
- (40) 田口麻由子, 廣田季璃, **庄司良**: 土壌を介した化学薬品の曝露におけるミミズの再生能力への影響, サイエンスキャスル 2016 関東大会, P-39, pp. 122, 2016 年 12 月
- (41) 野崎拓弥, **庄司良**, 小林靖和, 佐藤一則: 水中の鉛イオン除去のための酸化セリウム光触媒の合成, 第 2 回北関東磐越地区化学技術フォーラム, OP-03, pp. 16, 2016 年 12 月
- (42) Takuya Nozaki, **Ryo Shoji**, Yasukazu Kobayashi, Kazunori Sato: Gd2O3 addition to CeO2 on the photocatalytic removal of lead ions from water, The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka, pp. 40, Oct. 2016
- (43) Takuya Nozaki, **Ryo Shoji**, Yasukazu Kobayashi, Kazunori Sato: Influence of Gd2O3 addition to CeO2 photocatalyst on the removal of lead ions from water, WET 2016 Water and Environment Technology Conference 2016, 1A-11, Aug. 2016
- (44) **庄司良**: 土壌汚染の見える化に挑戦—土壌中の重金属汚染の有無を 15 分程度で見た目で判定, 2016NEW 環境展, B1001, pp. 65, 2016 年 5 月
- (45) **庄司良**, 熊谷望美, 谷口太郎: 海水の pH の変化と毒性発現の関係性, 第 18 回化学工学学生発表会, B119, pp. 33, 2016 年 3 月
- (46) **庄司良**, 牧野春香, 岩瀬鉄也: 腐植の程度による腐葉土中のフミン酸の性質変化, 第 18 回化学工学学生発表会, B117, pp. 31, 2016 年 3 月
- (47) 鈴木美華, 徳永晶子, **庄司良**, 若杉玲子, 坂本達宣, 深浦仁美, 高木泰憲: 土壌中の重金属汚染を可視化するデバイスの開発・改良, 第 21 回高専シンポジウム in 香川, D-16, 2016 年 1 月
- (48) 岩瀬鉄也, **庄司良**: 起源の異なる材及び土壌からなるフミン酸の結合特性評価, 第 21 回高専シンポジウム in 香川, D-15, 2016 年 1 月
- (49) **庄司良**, 谷口太郎: 汽水域における重金属の毒性に対する塩分濃度の影響, 日本化学会 5th CSJ chemistry Festa, P1-074, 2015 年 10 月
- (50) **庄司良**, 並木辰也: ミミズの忌避試験による道路粉塵中の重金属の生体毒性評価, 第 21 回日本環境毒性学会研究発表会要旨集, P-7, 2015 年 9 月
- (51) **庄司良**, 若杉玲子, 坂本達宣, 深浦仁美, 高木泰憲: 土壌汚染の見える化に挑戦, くまもと発新技術説明会, pp. 39-44, 2015 年 7 月
- (52) 檜垣龍太郎, 原田祐弥, **城石英伸**: 超音波照射によって生じるヒドロキシラジカルの定量とその教材作成, 電気化学会第 84 回大会, 2017 年 3 月
- (53) 原田祐弥, **城石英伸**, 山田晋矢, 齋藤守弘: 貴金属ディスク電極上でのアンモニア酸化時に生成する窒素被毒種の脱離過程の研究 (1), 電気化学会第 84 回大会, 2017 年 3 月
- (54) 小野遼真, 新堀雄麻, **城石英伸**, 高坂晋平, 齋藤守弘, 片桐洋史, 吉田司, 田中優実: 亜鉛および 4,4'-bipyridine を用いた金属有機構造体による非白金系酸素還元触媒の開発, 電気化学会第 84 回大会, 2017 年 3 月
- (55) 小笠原八, **城石英伸**, 齋藤守弘, 田中優実: 中温作動型燃料電池用固体電解質としての $ZrO_2-1.6P_2O_5$ とその改良 (4), 電気化学会第 84 回大会, 2017 年 3 月
- (56) 田中駿乃介, 小林昌広, **城石英伸**, 安藤良樹, 田中優実, 亀田直弘: 粒子形状を制御した $M_2Ru_2O_7-\delta$ 触媒 (M=Pb, In) の水熱合成, 電気化学会第 84 回大会, 2017 年 3 月
- (57) 平出有吾, **城石英伸**, 上原雅人, 松田直樹, 亀田直弘, 白石美佳, 蒲生西谷美香: マイクロバブル低電圧ソリューションプラズマ法による貴金属ナノ粒子担持金属酸化物の合成, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, 発表番号 5, 2017 年 1 月
- (58) 小林昌広, **城石英伸**, 安藤良樹, 宮澤薫一, 田中優実, 亀田直弘: ソルボサーマル法による粒子形状を制御した $Pb_2Ru_2O_7-\delta$ 触媒の合成と光化学的水の酸化・プロトン還元能の評価, 平成 28 年度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, 発表番号 105, 2016 年 11 月
- (59) 新堀雄麻, **城石英伸**, 高坂晋平, 齋藤守弘, 片桐洋史, 吉田司, 田中優実: 4,4'-bipyridine を架橋配位子とした金属有機構造体を用いた非白金系酸素還元触媒の開発, 平成 28 年度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, 発表番号 105, 2016 年 11 月
- (60) 大屋彼野人, **城石英伸**, 原田祐弥: 触媒微粒子修飾電極の分散状態を解析するソフトの開発と Pt/MWCNT 触媒の分散状態解析, 第 9 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー, P-09, 2016 年 10 月
- (61) 小笠原八, **城石英伸**, 齋藤守弘, 田中優実: 無機リン酸系ガラスとハイブリッド化した $ZrO_2-1.6P_2O_5$ 電解質の調製と中温作動プロトン導電型燃料電池の発電性能, 第 9 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー, P-10, 2016 年 10 月
- (62) Kayato Ooya, **Hideobu Shiroishi**, Yuya Harada: Development of a Software to Analyze the Dispersion State of Particles on a Flat Substrate, Prime2016, Oct. 2016

- (63) Yuya Harada, Kayato Ooya, Ryo Shirasaka, **Hidenobu Shiroishi**, Mikka Nishitani-Gamo, Keiji Nagai : Effect of Dispersion Methods on Oxygen Reduction and Ammonia Oxidation Reactions for Multiwall Carbon Nanotube Supported Pt, Prime2016, Oct. 2016
- (64) Kiya Ogasawara, **Hidenobu Shiroishi**, Morihiro Saito, Yumi Tanaka : Proton Conducting $ZrO_2-1.6P_2O_5$ Electrolyte Hybridized with $ZnO-2P_2O_5$ for Intermediate Temperature Fuel Cells, Prime2016, Oct. 2016
- (65) 近岡優, **城石英伸**, 上原雅人, 白石美佳, 蒲生西谷美香, 松田直樹, 亀田直弘 : マイクロバブル低電圧ソリューションプラズマ法による金属ナノ粒子の合成, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, 発表番号 5, 2015 年 12 月
- (66) 小笠原気八, **城石英伸**, 齋藤守弘, 田中優実 : 多孔性 $ZnO-2P_2O_5$ ガラスマトリックスの作製に用いる水溶性無機塩および粒子径の影響, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, 発表番号 6, 2015 年 12 月
- (67) 大屋彼野人, **城石英伸**, 齋藤守弘, 田中優実 : 中温作動プロトン導電型燃料電池用 $ZrO_2-1.6P_2O_5$ 電解質の改良, 第 8 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー, P10, 2015 年 10 月
- (68) 小林昌広, **城石英伸**, 木島匡彦, 田中優実, 桑野潤 : D-グルコースを原料とした水熱合成法による非導電性ナノ炭素質微粒子型新規プロトン導電体の合成, 第 8 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー, P20, 2015 年 10 月
- (69) Ryo Shirasaka, Sakumi Aoyagi, **Hidenobu Shiroishi**, Keiji Nagai, Hiraku Ota, Mikka Nishitani-Gamo : Effect of dispersion methods on oxygen reduction and ammonia oxidation activity for a MWCNT supported Pt catalyst, The 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, S04-043, Oct. 2015
- (70) Kayato Ooya, **Hidenobu Shiroishi**, Morihiro Saito, Yumi Tanaka : Characteristics of an intermediate-temperature fuel cell using proton conductive $ZrO_2-1.6P_2O_5$ -doped $ZnO-2P_2O_5$ hybrid electrolyte, The 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, S18-030, Oct. 2015
- (71) Masahiro Kobayashi, **Hidenobu Shiroishi**, Masahiko Kijima, Yumi Tanaka, Jun Kuwano : Synthesis of nanoparticle-type new proton conductor made from d-glucose by a hydrothermal method, The 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, S18-025, Oct. 2015
- (72) Masakuni Takahashi, **Hidenobu Shiroishi**, Genichiro Nakamura, Tatsuhiro Okada : Evaluation of oxygen reduction properties by ring-disk flow electrode, The 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, S18-007, Oct. 2015
- (73) **Hidenobu Shiroishi**, Genki Horiguchi, Yu Chikaoka, Masato Uehara, Naoki Matsuda : Synthesis of Pt Nanoparticles using Microbubble-assisted Low-Voltage Low Frequency Solution Plasma Processing, The 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, S04-044, Oct. 2015
- (74) 近岡優, **城石英伸**, 上原雅人, 松田直樹 : 低電圧ソリューションプラズマ法による金属ナノ粒子の合成 (5), 2015 年度電気化学会秋季大会, 発表番号 1L22, 2015 年 9 月
- (75) 小笠原気八, **城石英伸**, 齋藤守弘, 田中優実, 大屋彼野人 : 中温作動型燃料電池用固体電解質としての $ZrO_2-1.6P_2O_5$ とその改良, 2015 年度電気化学会秋季大会, 発表番号 1L23, 2015 年 9 月
- (76) 高橋優, **城石英伸**, 齋藤守弘, 田中優実 : $Bi_2Ru_2O_{7-\delta}$ の合成および光化学的水の酸化・プロトン還元能の研究, 2015 年度電気化学会秋季大会, 発表番号 1L24, 2015 年 9 月
- (77) 山本祥正 : 天然ゴムの電子線架橋および脱タンパク質化技術, 第 233 回ゴム技術シンポジウムー医用精密ゴムにおける衛生問題ー, pp. 36-41, 2017 年 2 月
- (78) 居石一郎, **山本祥正**, 青山陽子, 河原成元, **石井宏幸** : 天然ゴム製品の溶出タンパク質量と窒素含有量, 第 30 回材料技術研究協会討論会要旨集, pp. 45-46, 2016 年 12 月
- (79) **山本祥正**, 河原成元 : ナノマトリックス構造を有する天然ゴムの FIB 加工, 2016 年度高分子計算科学研究会・高分子基礎物性研究会・高分子ナノテクノロジー研究会合同討論会, pp. 61, 2016 年 12 月
- (80) **Yoshimasa Yamamoto**, Seiichi Kawahara : Bromination of Natural Rubber by Electrolysis in Water Process in the Presence of Carbon Dioxide, The International Rubber Conference2016, A-16, Oct. 2016
- (81) **山本祥正**, 藤田和杜, Oraphin Yamamoto, 河原成元, Krisda Suchiva : 天然ゴムの電子線架橋における促進剤の反応率と物性の関係, 日本ゴム協会年次大会, A-13, 2016 年 5 月

3. その他

(1) 学位取得・学会賞・論文賞

依頼講演 : 桃太郎絵巻の探訪, 桃太郎サミット in 大月

(日本桃太郎の会主催, 2016 年 10 月) **松戸美智子**

招待講演 : 哲学カフェ×哲学教育

(立正大学哲学会 2016 年度秋冬大会シンポジウム, 2017 年 2 月) **村瀬智之**

パネルディスカッション

(さがみはらロボット・ガーデン, 2016 年 8 月) 多羅尾進

KOSEN 発 “イノベティブ・ジャパン” プロジェクト

(大学間連携共同教育推進事業選定取組全国シンポジウム in 金沢～その成果と今後～, 2017 年 2 月) 多羅尾進

学生優秀発表指導教員賞

(日本設計工学会, 2015 年 10 月) 志村穰

Outstanding paper award

Small Compact Electric Vehicle for Practical Use and its Repeated Start-Stop Tests

Proc. 15th Int. Conf. on Control, Automation and Systems (ICCAS)–IEEE conference publication, pp.113–118, Oct. 2015

. Takeharu Hayashi, Yoshihiko Takahashi

招待講演: Complete Complementary Codes and Its Applications

(電子情報通信学会情報理論研究会, IT2015–16, 2015 年 5 月) Tetsuya Kojima

電気科学技術奨励賞

(公益財団法人電気科学技術奨励会, 2015 年 11 月) 羽鳥広範 松岡敏 綾野秀樹

(2) 科学研究費補助金(研究実績報告書・研究成果報告書等)

戦後日本における中小企業政策の形成過程の構造的解明及び定量分析への試み

研究実績報告書 基盤研究(C) 25380454 (2013 年度～2015 年度) 浅野敬一, 河村豊

技術者育成のための到達レベルを意識した数学及び専門分野の融合問題の集積と教育実践

研究実績報告書 基盤研究(C) 25350313 (2013 年度～2016 年度) 市川裕子, 安富義泰

電子技術史を事例にした占領期日本における軍民両用科学技術に関する歴史的分析

研究実績報告書 基盤研究(C) 26350369 (2014 年度～2016 年度) 河村豊

音声信号処理技術に基づく英語プレゼンテーションのための音声学習支援ソフトの開発

研究実績報告書 基盤研究(C) 25370680 (2013 年度～2016 年度) 堀智子, 小嶋徹也, 吉本定伸

<考える哲学・倫理学の授業>の実質化のための研究

研究実績報告書 若手研究(B) 16K21571 (2016 年度～2019 年度) 村瀬智之

社会実装指向型ロボット教育手法の深化および機械工学分野における実践的高度化の試み

研究実績報告書 基盤研究(C) 16K00984 (2016 年度～2018 年度) 多羅尾進

雰囲気制御分子線エピタキシャル結晶成長による規則的マイクロテクスチャの自律的創成

研究実績報告書 基盤研究(C) 16K06031 (2016 年度～2018 年度) 角田陽

“極低速エピタキシャル結晶成長を利用した規則的マイクロテクスチャの自律的創成技術

研究実績報告書 基盤研究(C) 25420076 (2013 年度～2015 年度) 角田陽

応力聴診器及びピエゾフィルムを用いた危険予測のための欠陥・き裂検出技術の基礎研究

研究実績報告書 若手研究(B) 25871030 (2013 年度～2015 年度) 志村穰

老朽化社会インフラのための応力聴診器を用いた欠陥及びボルト締結緩み検出技術の研究

研究実績報告書 基盤研究(C) 16K01301 (2016 年度～2018 年度) 志村穰 林文晴

零相電圧を有効利用した電力変換器のノイズ低減技術の研究

研究実績報告書 基盤研究(C) 25420275 (2013 年度～2015 年度) 綾野秀樹

生体画像輪郭解析法によるセキュアで利便性の高いユビキタス社会向け生体認証

研究実績報告書 基盤研究(C) 25420395 (2013 年度～2015 年度) 大塚友彦, 青木宏之, 館泉雄治

知識・スキル・マインドの涵養により学生が主体的に取り組む人間中心デザイン教育

研究実績報告書 基盤研究(C) 16K01096 (2016 年度～2018 年度) 大塚友彦, 木村知彦, 田中晶, 金澤亮一, 永井翠, 林文晴

握る強弱による動作をイメージ時の脳波と筋電位による手指の義肢製作

研究実績報告書 若手研究(B) 16K21570 (2016 年度～2017 年度) 永井翠

高速磁区制御機能を持つ光人工磁気格子の形成と固体光偏向素子への応用

研究実績報告書 若手研究(B) 16K21569 (2016 年度～2018 年度) 水戸慎一郎

体験・分析・表現の3段階学習成長プロセスによる主体的思考力を涵養する早期技術者教育

研究実績報告書 基盤研究(C) 25350217 (2013 年度～2015 年度)

. 小坂敏文, 木村知彦, 城石英伸, 一戸隆久, 西村亮, 大塚友彦, 清水昭博, 新國広幸

映像への情報ハイディング技術に基づく効果的な MOOCs 利用能動学習システムの開発

研究実績報告書 基盤研究(C) 15k01109 (2015 年度～2017 年度) 小嶋徹也, 田中晶, 土居信数, 市川裕子

変形正規分布の線形結合歪度モデルによる異字体混合の低品質手書き文章認識の研究

- 研究実績報告書 基盤研究(C) 25330217 (2013 年度～2015 年度) 鈴木雅人
視覚障害者と健常者が共に快適でバリアフリーなオフィス環境を構築するシステムの開発
- 研究実績報告書 挑戦的萌芽研究 16K12967 (2016 年度～2018 年度) 松林勝志, 山下晃弘
ノウハウモデルを用いた知識の共有と活用・発見・創造にもとづく研究活動支援システム
- 研究実績報告書 基盤研究(C) 26330415 (2014 年度～2017 年度) 北越大輔
SNS 利用におけるプライバシー保護を目的とした個人プロフィール分析手法の開発
- 研究実績報告書 若手研究(B) 15k16092 (2015 年度～2017 年度) 山下晃弘
視覚障害者の理科教育支援のための教材開発と展開研究
- 研究実績報告書 基盤研究(C) 15K01001 (2015 年度～2017 年度) 高橋三男
初中等教育現場で実践可能な海産無脊椎動物を用いた実験教材の開発と普及
- 研究実績報告書 基盤研究(C) 16K01046 (2016 年度～2018 年度) 伊藤篤子
無機-無機ハイブリッド型電解質を用いた中温作動型燃料電池の開発
- 研究実績報告書 若手研究(B) 26820321 (2014 年度～2016 年度) 城石英伸

(3) 特許等

- 電力変換装置及びその製造方法, 登録番号 5993562, 2016 年 8 月
. 綾野秀樹
- 測量方法, 及び測量プログラム, 特願 2015-128567, 2015 年 6 月
. 土居信数
- ステンレス用スケール除去剤, 特開 2017 - 031267, 2015 年 7 月
. 北折典之, 大西則彦

(4) 解説・研究ノート, エッセイ等

- 「ナビゲーション：現場報告 “軍事研究” に揺れる大学」(テレビゲスト出演)
(NHK 総合・中部東海地域, 2016 年 1 月 15 日, 19:30～19:58) 河村豊
- 「クローズアップ現代+：“軍事”と大学～岐路に立つ日本の科学者たち～」(テレビゲスト出演)
(NHK 総合・全国, 2016 年 9 月 28 日(水), 22:00～22:25) 河村豊
- 「特報首都圏：「企業と“軍事”～民生技術の活用 どうあるべきか～」(テレビゲスト出演)
(NHK 総合・首都圏, 2016 年 12 月 10 日(土), 10:55～11:23) 河村豊
- 言語と文化と認知的意味世界, 『創立 10 周年記念随想集～言語・文化・教育に思いを寄せる～』
(日英言語文化学会, 2016 年 2 月) 関根紳太郎
- 哲学教育を何ものとして行なうのか?, Philosophy for Everyone 2013-2015
(東京大学大学院総合文化研究科・教養学部附属 共生のための国際哲学研究センター(UTCP) 上廣共生哲学研究部門,
pp. 39-42, 2016 年 2 月) 村瀬智之
- 技術者の卵のための哲学教育(3)
(MID アカデミックプロモーションズ, pp. 75-6, 2016 年 1 月) 村瀬智之
- アディティブマニュファクチャリングによる新生産システムの展開 高専における AM を活用したものづくりエンジニア教育
(日本機械学会誌, Vol. 120, No. 1180, pp. 30, 2017 年 3 月) 角田陽
- 人格を育むイベントによる教育
(工学教育, (J. of JSEE) 64-4(2016), pp. 118-118, 2016 年 4 月) 清水昭博
- き裂の応力拡大係数解析ひずみゲージの開発と精度検証実験(2) 一き裂の混合モード解析ー
(機械の研究, 第 68 巻, 第 3 号, 206-212, 養賢堂, 2016 年 3 月) 黒崎茂, 山地周作, 小針遼, 兼平光隆, 施村偉, 志村穰
- き裂の応力拡大係数解析ひずみゲージの開発と精度検証実験(1) 一き裂の開口モード解析ー
(機械の研究, 第 68 巻, 第 2 号, 109-115, 養賢堂, 2016 年 2 月) 黒崎茂, 山地周作, 小針遼, 兼平光隆, 施村偉, 志村穰
- ピエゾフィルムを用いた繰返し動ひずみの可視化
(検査技術, Vol. 20, No. 9, 22-26, 日本工業出版, 2015 年 9 月) 黒崎茂, 志村穰
- 親子で遊ぼう! 科学冒険隊 #47 電池なしで聞こえる傘ラジオを手作りしよう!
(監修, 自然と科学の情報誌 milsil, 第 8 巻第 5 号(通巻 47 号)
独立行政法人国立科学博物館, ISSN 1882-5745, pp. 26 -29, 2015 年 9 月)

・・	小池清之
ロボットとの対戦型ゲームにもとづく転倒予防システムの開発	
(地域ケアリング, Vol. 18, No. 1, pp. 93-95, 2016 年 1 月)・・・・・・・・	北越大輔
研究への扉—研究への興味が生まれたきっかけ	
(教育応援, Vol. 33, pp. 28, 2017 年 3 月)・・・・・・・・	庄司良
道路粉塵の有害性を好感度に評価するミミズを用いた毒性試験	
(大学・公的研究機関の環境技術シーズ集, 経済産業省関東経済産業局, pp. 9, 2017 年 2 月)・・・・・・・・	庄司良

©東京工業高等専門学校

東京工業高等専門学校研究報告書

第48号

平成28年度

平成29年2月28日発行

編集者 東京工業高等専門学校情報・図書・広報室

発行者 東京工業高等専門学校

東京都八王子市櫛田町1220-2

TEL (042) 668-5111

〒193-0997

The name of this journal has been changed from “Research Reports of Tokyo National College of Technology” into “Research Reports of National Institute of Technology, Tokyo College” since the 2014 issue.