

Research Reports of
Tokyo National College of Technology

東京工業高等専門学校

研 究 報 告 書



第 42(1) 号

2010.12

東京工業高等専門学校研究報告書 第42 (1) 号 目次

技術者倫理授業（専攻科）報告および技術者倫理教育に関する改善意見……………	川 北 晃 司 河 村 豊 浅 野 一 木 村 南 庄 村 良 黒 司 寿 田 一	1
戦後中小企業政策における組織化政策の始まり…………… —商工協同組合制度の意義と限界—	浅 野 敬 一	13
東京高専の低学年の部活動と成績に関する一考察……………	古 屋 正 俊 和 多 野 大 半 田 常 之	23
進路指導に重点を置いたホームルーム運営の試み……………	堤 博 貴 相 澤 俊 行	29
風車用翼型として用いられる2種類の厚翼の流体力学的…………… 特性評価と失速制御の一方法	齊 藤 純 夫 山 科 貴 裕	35
Prototyping of an Obstacle Detection System for a Mobile Robot ……	Tuukka KORKEA-AHO John GATES 村 井 三 千 男 齊 藤 浩 一 多 羅 尾 進	45
蚊の吸血機構と熟練者技術を取り入れた自動採血法の開発……………	齊 藤 浩 一 安 田 貴 進 多 羅 尾	51
応力聴診器によるひずみ分布データからニューラル…………… ネットワークを利用した欠陥検出の試み	中 川 裕 斗 北 山 光 也 黒 崎 茂	57
紫外線照射環境下における固体潤滑剤のトライボロジー特性評価……………	福 田 勝 己 小 原 林 光 男 田 田 徹	61
内面形状の異なる管内における振動流によるガス輸送……………	清 水 昭 博 外 崎 麗 子 清 水 優 史	67
波型接合部形状を有する突き合わせ接着継手の引張強度特性…………… —第2報, 被着体が異種材料の場合—	上 野 恭 弘 志 村 積 茂 黒 崎 茂	71
波型突き合わせ接着継手の力学特性に関する解析的検討……………	米 満 駿 介 志 村 積 茂 黒 崎 茂	77
地熱資源利用による潜在発電量の推定……………	土 井 淳 菊 池 慶	83
CdS セルを用いた盲人用光センサーの開発 ……	柚 賀 正 光 高 橋 三 男 阿 津 勝 博 新 田 武 父 児 玉 康 一	91
プログラミング演習課題の収集検査およびコメント発信システム……………	小 坂 敏 文 吉 本 定 伸 松 林 勝 志	97
低速通信回線利用を前提とした文字認識における文字画像処理方式の一検討……………	鈴 木 雅 人 北 越 大 輔	103
クロメート代替物質である柿渋めっきの金属の溶出抑制による毒性の低減……………	庄 司 良 佐 藤 貴 信	107
平成21年度全教員教育研究業績 ……		113
『新撰万葉集』注釈稿（上巻 冬部 九三～九四）……………	津 田 潔 半 澤 幹 一	（1）

Research Reports of Tokyo National College of Technology No. 42 (1)

CONTENTS

Koji KAWAKITA Yutaka KAWAMURA Keiichi ASANO Minami KIMURA Ryo SHOJI Kazutoshi KURODA	.....The Subject "Engineering Ethics" (in the Advanced Course) Class Reports and Opinions for the Improvements of Engineering Ethics Education	1
Keiichi ASANO	.....The Establishment of Measures for Small Business Collaborative Organizations in Post War Japan	13
Masatoshi FURUYA Dai WATANO Tuneyuki HANND	.....The relationship between club activities and grade among the lower grades at Tokyo National College of Technology (TNCT)	23
Hiroataka TSUTSUMI Toshiyuki AIZAWA	.....The Trial of Homeroom Management That Focused on the Career Guidance	29
Sumio SAITO Takahiro YAMASHINA	.....Evaluation of Aerodynamic Characteristics of Two Different Thick Blades Used as Wind Turbine Airfoils and One Trial of Stall Control	35
Tuukka KORKEA-AHO John GATES Michio MURAI Hirokazu SAITO Susumu TARAO	.....Prototyping of an Obstacle Detection System for a Mobile Robot	45
Hirokazu SAITO Toshitaka YASUDA Susumu TARAO	.....Development of an automatic blood sampling method based on a mosquito's sucking mechanism and an expert's technique	51
Yuto NAKAGAWA Mitsunari KITAYAMA Shigeru KUROSAKI	.....Defect Detection Using Neural Network at the Strain Distribution Measured Using Stress Stethoscope	57
Katsumi FUKUDA Mitsuo KOBAYASHI Tetsu HARADA	.....Tribological Characteristics of Solid Lubricants in Ultraviolet Irradiation Environment	61
Akihiro SHIMIZU Reiko SOTOZAKI Masashi SHIMIZU	.....Gas Transport through Oscillatory Flow in Pipes with Different Internal Surface Configurations	67
Yasuhiro UENO Jyo SHIMURA Shigeru KUROSAKI	.....Tensile Strength Characteristics for Adhesive Butt Joints with Bonded Surface of Waved Shape - 2nd Report, Adherends of Dissimilar materials -	71
Syunsuke YONEMITSU Jyo SHIMURA Shigeru KUROSAKI	.....Analytical Approach for Mechanical Properties of Adhesively Waved Butt Joints	77
Atsushi DOI Kei KIKUCHI	.....Estimation of the Potential Electricity Generated by Using the Geothermal Resources	83
Masamitsu YUGA Mitsuo TAKAHASHI Katsuhiro AZU Takenori NITTA Koichi KODAMA	.....The development of the photo sensor for a blind person by CdS cell	91
Toshifumi KOSAKA Sadanobu YOSHIMOTO Katsushi MATSUBAYASHI	.....Report Collecting and Inspecting Web-system for Programming Language Exercise	97
Masato SUZUKI Daisuke KITAKOSHI	.....A Study of the Image Processing method in the Character Recognition Assuming the Low Speed Network	103
Ryo SHOJI Takanobu SATO	.....Reduction of the toxicity with leaching of metal reduced by the persimmon tannin as a replacement for chromate plate	107
Kiyoshi TSUDA Kan'ichi HANZAWA	.....The Annotation of the Shinsen-man'yōshū (17)	(1)

技術者倫理授業（専攻科）報告

および技術者倫理教育に関する改善意見

川北晃司*, 河村 豊*, 浅野敬一*, 木村 南**, 庄司 良***, 黒田一寿*

The Subject “Engineering Ethics” (in the Advanced Course) Class Reports
and Opinions for the Improvements of Engineering Ethics Education

Koji KAWAKITA, Yutaka KAWAMURA, Keiichi ASANO,
Minami KIMURA, Ryo SHOJI and Kazutoshi KURODA

We have given lectures on engineering ethics in the Advanced Course of the Tokyo National College of Technology(TNCT). In this paper we report and review the methods and some effects of our teaching practices by referring to students' exam marks and evidential remarks. Opinions of some graduates are also made explicit by individual interviews. Thus we are probing the improvements of engineering ethics education.

(Keywords: Engineering Ethics, Stakeholders, Opinions of TNCT Advanced Course Graduates)

序説

川北晃司

本稿は東京高専専攻科1年前期必修科目である、「技術者倫理」2010年度授業報告を兼ねた、技術者倫理教育に関する改善方法の考察である。

シラバスでは、授業の目標と概要についてこう記している。「職業的技術者・研究者に必須な知識である『技術者倫理』について、最近の事例を知り、技術者倫理の原則を理解し直し、技術者と企業の関わりを検討しながら、研究・開発活動に付随する倫理的諸問題や実践的な場面での『倫理的ジレンマ』等へ対応できる素養を、班での共同研究やディベートやプレゼンテーションも通じて、身につけることをめざす。加えて個別工学的課題を扱いながら設計・開発段階における倫理的配慮の重要性を取り扱う。」

授業実施に当たっては、「知ること」編(河村), 「理解すること」編(川北), 「使うこと」編A(浅野), 「使うこと」編B(黒田, 木村, 庄司)の順に6人が講義した。ちなみに河村による「知ること」編では、研究者倫理に関する映像資料を用いた検討, グループによる教科書¹⁾の分析・発表,

JAL 安全啓発センターへの見学訪問とその報告などが行われた。また、今年度は新たに黒田学生相談室長が講師陣に加わった。

本稿では、以下に河村, 川北, 浅野, 黒田が授業報告を行い, 続いて庄司が, 専攻科卒業生に聞きとり調査をした結果を報告する。

あらかじめ一つだけここで言及しておく, 一卒業生の意見に, 「倫理観を押し付けるような授業は必要ない」とするものがあつたとのことである(第5節)。この意見について論じておきたい。

この卒業生はじつのところ, 経験談というよりも「あるべき授業の姿」について語つたと見られるが, 「倫理観の押しつけ」はいやだというのは自然な反応であろう。ただ, 学生はそれを感じた場合, 教室の現場でそう声をあげてよいし, また, 願わくばそうできるべきだ, というのが筆者の教育(倫理)観である。そこから始まるべき対話と反省こそが大事だからである。もし誤解の場合は多分そうすることでしか解けないからでもある。実際, 筆者はそのような貴重な対話をかつて経験した。

技術者倫理講義担当者向けに開催された, 日本工学教育協会主催第8回「技術者倫理」ワークショップ(2008年2月2日, 於日本大学理工学部)

でのことである。筆者は、技術者倫理において「安全」という価値が無条件に至高なものとして前提され、押しつけられているかのように見えることに、以前からある哲学的疑問を抱いていた。その疑問は当日の基調講演を聴講後も続いた。そこで、質問受付時に挙手し、次のような問いを發した。

「特定の価値観を押しつけることは技術者倫理教育の目的ではない、という話に賛成だが、技術者倫理では安全という価値観を押しつけていることになるのではないか。しかし、じつは安全よりも大切なものがある、と信じる文化圏も存在するのではないか。たとえば、ジャスティス、チャレンジ、インディペンデンスなどの方を、安全や福利よりも重んじる国や文化がありそうだ。しかしそれらも、特定の価値観と言わざるをえない。自分もまた授業で、特定の価値観を押しつけているのではないかと不安に感じている。」

これに対する、基調講演者による見事な回答についての紹介は他稿に譲るが²⁾、今後の授業改善に向けて、以下の諸点に留意したいと考える。

第一に、学生による疑問・質問・反論をつねに求める姿勢の堅持に努める。

第二に、疑問・質問は、他者に対してだけでなく自分に対しても向けるように学生を指導したい。たとえば「一体、何が私にそう考えさせるのか。これまでの人生で受けた影響の総体が、私にそう考えさせるのではないか。この私の価値観、そして他者の価値観への反発もまた、ひょっとしてその種のものではないか」。このような自問は、自己の独善性をやわらげる効果を持つだろう。

そして第三に、個人的な価値観は誰にでも当然あり、その中立性を僭称せず、むしろ個人的なものとして明らかにする。そうすることで、押しつけをかえって防げることもある、という点である。

本稿における各節のタイトルとその筆者は、以下の通りである。

第1節「事故展示見学の実践と課題」河村豊

第2節「理解すること」編」川北晃司

第3節「新聞記事等の分析を通じた多様な「配慮」への訓練」浅野敬一

第4節「見えにくいひと」黒田一寿

第5節「本校の技術者倫理教育に対する専攻科卒業生の意見」庄司良

第1節 事故展示見学の実践と課題

河村 豊

1. はじめに

本科4年「工学倫理」に加え、専攻科1年「技術者倫理」においても、過去に起きた事故事例、災害事例の学習を講義に加えている。それは「過去の事実を通して将来を考える手法」（歴史的手法）が、技術者倫理教育においても有効であろうと判断しているからである。具体的には、過去の事故や災害に対して、何らかの関わりを持った特定のエンジニア等の役割・責任等を知り、再発防止策を考えさせるという展開などがある。ただし、実際の効果や、効果的な教育技法であるかどうかについては、継続的な教育研究による検証と改善が必要である。本節では、専攻科「技術者倫理」科目（複数教員による担当）に導入した事故展示見学を中心に、その実践報告と課題を考え、今後の授業改善の糸口としたい。

2. 事故展示見学の役割

過去の事故・災害事例学習について、本科4年「工学倫理」で採用している方法は、主に3つの手法である。第1に、テキスト、プリント資料などを中心とした解説、第2にビデオ映像を利用した解説、第3に受講学生の調査による発表である。専攻科1年「技術者倫理」では、第4の手法として、2007年度より事故展示見学を加えた。

事故展示見学とは、事故や災害に関わる現物展示、事故現場跡などを見学することである。事故や災害に巻き込まれた人々が感じた恐怖、引き起こした社会的影響などを、身近に感じる効果が期待できる。知識レベルに留まってしまうがちな教室内での教育に、現実感（リアリティ）を与えることも期待できる。

この見学に欠かせないのが、現物展示施設の公開状況である。技術者倫理教育の教科書類で取り扱われている事故・災害事例に関連した展示室や記念館は、少数ではあるが存在している。たとえば、「水俣病」については、熊本県水俣市立水俣病資料館（1993年設置：熊本県水俣市）、環境省国立水俣病総合研究センター附属・水俣病情報センター（2001年設置：熊本県水俣市）などの施設が

ある。また、「航空機事故」については、JAL 安全啓発センター (2006 年 4 月設置: 東京都大田区), ANA グループ安全教育センター (2007 年 1 月設置: 東京都大田区), 「鉄道事故」については、JR 東日本「事故の歴史展示館」(2002 年 11 月設置: 福島県白河市), 「原発関連事故」については、JCO 臨界事故に関わる展示のある原子力科学館 (1966 年 4 月設置, 2010 年 4 月リニューアル: 茨城県那珂郡東海村) である。この内、充実した施設としては水俣病資料館および周辺施設があり、事故展示見学には適している。ただし、東京を起点に考えると遠方であることが大きな課題となる。また、「事故の歴史展示館」は、現時点では一般見学を認めていないようである。

3. 事故展示見学の準備

事故展示見学の導入を検討したのは、専攻科 1 年「技術者倫理」講義開設 (2005 年度) 後であり、2007 年 3 月には、担当教員 4 名で JAL 安全啓発センター、水俣病資料館を調査した。また、2007 年度より JAL 安全啓発センターの見学を同講義の必修内容とする試みを開始し、以降現在 (2010 年度) まで合計 4 回、約 100 人が見学を行っている。実際の見学は、事前学習 (講義日)、訪問 (講義日外)、事後報告 (講義日) という手順で行うため、講義日以外の 1 日および交通費が必要となる。

事前学習では、日本航空 123 便が操縦不能となった末、群馬県の御巣鷹山に墜落し、520 人が死亡した事故であること (1985 年 8 月 12 日) について概説した後、日本航空が回収した機体や乗客・乗員の遺留品を展示している安全啓発センターを設置していること、その施設見学する目的について説明する。また、5 名程度の少人数での見学となるので、グループ作り、グループ代表による電話予約の方法についても解説する。なお、訪問日は各グループごとで決め、講義期間内での訪問を義務づけた。また、事後報告は、個人ごとに 800 字程度にまとめさせた。

4. 事故展示見学の成果

事前に学生の見学を実施する旨を同センターに伝えたが、見学予約はすべて学生自身が行った。見学では、JAL 職員が案内係を担当するので、資料についての詳しい説明を聞けることや質疑応答

を行えることが特徴の 1 つである。学生の事後報告では、現物展示と解説から「なぜ修理ミスが起こったのだろうか」という事故原因を考えるもの、フライトレコーダーの記録展示から「30 分以上の飛行を続けた」乗務員の極限的な活動に注目するもの、「特に印象深かったのはやはり遺留品や遺書であった」というように、死の恐怖や遺族のつらさを指摘するものなどが含まれる。事前学習では事故原因を説明したので、圧力隔壁部分の現物展示に注目する学生が多く、事後報告において、現物展示を見なくてもテキスト等の資料でも十分であると考える学生も数人いた。その一方で、1~2 割程度の学生は、事故の悲しさから技術者の責任を再確認している。

5. 授業アンケートから³⁾

2010 年度には、見学に関する項目を加え授業アンケートを実施した。カッコ内は回答数である。

(1) センター見学でもっとも困ったこと・嫌なことはどのようなことでしたか (重複可)。①交通費がかかること (25), ②見学時間を確保すること (12), ③予約すること (2)

(2) センター見学は有意義でしたか。

①有意義である (23), ②有意義でない (4), ③どちらとも言えない (5)

(3) 次年度もセンター見学を継続することについてどう思うか。

①継続に賛成 (16), ②継続に反対 (5), ③どちらとも言えない (11)

以上のアンケート結果から、まず、見学を実施する上で大きな障害となっている項目が、交通費と見学時間の確保であることが分かった。特に、交通費負担では、東京高専のある狭間駅 (京王高尾線) から整備場駅 (東京モノレール) までの往復で 1880 円かかり、学生によっては、2500 円以上と答えた学生もいる。さらに見学は平日の 16 時までであるため、授業を欠席して見学を行った学生もいることが分かった。Web で入手できる情報と交通費・時間とを比較し、意義や継続にマイナスの考えを持っている学生も予想以上に多かった。その一方で、事故機の残骸や乗客らの遺品を目撃したことに強い印象を受け、この点から見学の意義や継続をプラスに考えている学生も多いことが事後報告書やアンケートから確認できた。

なお、これまでの見学実施については教員、学生から見学の継続を強く要望されたこともあった。

6. 事故展示見学の課題

事故展示見学の意義はプラスに評価されてきたが、現地までの交通費および見学日の確保が見学を継続するためには、大きな課題であることも分かってきた。今後は、見学実施に関わる「費用対効果」を学生に納得させられるかが重要な要素となりそうである。その一方で、事故展示見学の意義をさらに高める工夫も必要である。現物展示とWeb（バーチャル）展示とを同一する学生も増えていることが確認できたからである。今回の分析を踏まえ、技術者倫理科目の授業計画を再検討し、課題解決を図ってゆきたい。

第2節 「理解すること」編

川北晃司

河村による「知ること」編に続く、「理解すること」編の授業内容に関して、シラバスはこう記している。「倫理原則の諸類型や応用倫理に関わる概念を分析しながら、技術者倫理に関連する、生命・環境・情報倫理なども含め、検討する」。

このシラバスを補い、何を「理解する」ためのこの「理解すること」編なのかをここで明記しておこう。端的に言えば、それは以下の諸点を理解するためのものと考えている。すなわち第一に、理性的な倫理原則は一つではないことを理解する。換言すれば、重大な判断の諸場面で、何の解釈も限定も不必要なほど自明で万能な、単一単純な倫理原則は存在しそうにないことを理解する。しかし、倫理が各人の任意では安全な社会の存続は期しがたい。そこで第二に、いわゆる社会契約や倫理綱領があった方が安心できることを理解する。それとともに、工学技術が関係する、難しい応用倫理的ジレンマを試金石として、自分はどのように考え、選択したいのか、あらためて自己に問かける。すなわち第三に、自己を理解する。

いわばそのような講義目的で、5月21日から6月4日にかけては川北が三回の授業を担当した。以下にその授業の内容と結果を報告し、今後の改善も期すことにしたい。

まず、5月21日の授業では、功利主義理論と環

境倫理問題への理解を主眼に、下記内容の授業を行った。

- ・ 東京高専における「技術者倫理」教科導入の経緯説明
- ・ 「技術者倫理とは」と題する穴埋め解答用プリントを配布、答え合わせ、解説
- ・ 当日上映するビデオ教材のキーワード（エコロジー、功利主義）を示し、教科書での記述内容を確認
- ・ 大学生向け哲学教育ビデオ（題名「目的は手段を正当化するか」⁴⁾）を上映し、「チェックリスト」（後述）回収。「ボルネオ島の熱帯雨林を切り開いて巨大な発電用のダムを建設することは正しいか？」との問いかけでこのビデオは始まる。ビデオの中でマレーシアのマハティール首相（当時）は、先進国に住む反対論者たちに向けてこう抗議している。

「あなた方はわが国を博物館にでも入れておきたいのですか。自分は豊かな生活を続けながら、われわれには今まで通り、貧しい暮らしを押しつけるのですか。」

ここで「チェックリスト」とは、ビデオ教材の視聴者が下記の設問に答えて提出するための質問回答用紙であり、この授業用に筆者が作成し配布したものである。

1. 「功利主義（utilitarianism）原則とは何か。
2. 「功利主義」に対する疑念や批判は何があるか。
3. 「ディープエコロジー」とは何か。
4. 「ディープエコロジー」に対する疑念や批判は何があるか。
5. 「自分たちも自然開発（たとえば大規模ダム開発）によって経済先進国になる権利がある」と主張する発展途上国の首相に対して、何かアドバイスできることはあるか。

そして、このチェックリストに関する解説から、翌週の授業は開始するわけだが、とりわけ興味を持たれるのは、最後の問いである5に対する学生意見にちがいない。そこで例年、この問いに対する学生全員の意見をタイプし直し、名前を伏せた一覧表にして印刷、配布し、学生間で議論させることにしている。

今年度の学生意見のなかで、比較的ユニークなものを以下に挙げる。例1）：「環境問題を重視する方針を打ち出せば、マレーシアはいち早く環境

立国の名誉を得ることができる。これからは農業が大切である。自然が豊かなら農業も発展できる。観光をさかんにし、それから省エネ技術などを高めていくべきではないか。」例 2) : 「今後、さらによい技術が開発される予定なので (核融合等), 影響の大きすぎるような大規模な開発は見送った方がよいのではないだろうか。」例 3) : 「そこ [ダム開発予定地] に住む人たちの生活保障 (教育等) を約束し、自らおもむいて、人々を説得する努力が必要である。国を思うのであれば、説得できるはずである。」例 4) : 「権利の主張をするだけでなく、それによって生ずる問題にもまた解決する努力を注ぐべきである。」例 5) : 「すでに環境破壊をして先進国になった国が発展途上国の発展に必要な開発をやめさせる権利はない。だからできるかぎり、環境への被害を抑える技術の無償提供をするぐらいでしかない。」

これら意見の多くは、実際のところ未熟で「発展途上」にちがいない。しかし、こうした意見を言語・文章化し交換することで、技術の目的・影響・意味等についての認識や問題意識の深まりも期待できるのである。

翌週 5 月 28 日には、こうした意見交換ののち、新たなビデオ教材のキーワード (カント, 生命倫理) の教科書該当頁を紹介し、シリーズ物のビデオ (題名「倫理学は道徳的なジレンマを解決できるのか」) を上映。チェックリストの提出を課した。そこでは下記のような設問に答えさせた。

1. ドイツの哲学者カント(1724-1804)の「定言命法」とはどのような内容か。
2. 古代ギリシャの哲学者アリストテレス (BC384-322)らに代表される「徳の倫理学」とは、どのような内容か。
3. 「脳に重い障害を負った未熟児」らを現代の高度な医療技術はかなり救命可能になったが、そのような技術利用について、カント的思想, 功利主義的思想, アリストテレス的思想はそれぞれ、どのように評価するか, 想像せよ。
4. 3の例について、あなた自身の考えを、さきの3つの代表的思想を参考にしてまとめよ。

この最後の設問 4 に対する学生意見については、前回と同様、一覧表にして教室での議論のための資料とした。学生意見としては、「両親の判断で決定すべき」とする意見が、例年のように 2 割程度

見られ、これは想定内であった。また、「難しすぎる」として考えがまとまらない例も 2 割程度あった。今年度受講生による代表的な回答として 3 例を紹介しておこう。例 1) : 「現代社会において、社会全体の利益を考えて殺したなんていうことは受け入れられず求められていないと考える。両親が納得できる決断さえできれば、いいと思う。先の結果が不透明であるなら、理系的な思考では、統計的な成功例から決断するほかないと考える。」例 2) : 「このような技術が出てきたことはすばらしく、利用すべきことは当たり前である。たしかに QOL(Quality of Life)のことを考える必要があるが、未来に何があるかわからないだけに利用して生かすことが必要。」例 3) : 「現代の高度な医療技術により、およそ 85%が正常に人生を歩める。カント的思想を参考に、積極的に救えるものは救うべきと考える。しかし、それは現代の医療技術によるものが大きいと思うので、技術がなければ、そういうことは言えないのかもしれない。」

翌週の授業で筆者が示唆したのは、以下のような諸点である。第一に、両親の判断で決定すべき、という考えは、倫理原則としては受け入れがたい。たとえ主治医と相談の上でも無理がある。なぜなら、両親も、主治医個人も、当事者ゆえにかえって冷静、公正な判断が困難な恐れがあるうえ、そうした重大判断の全責任を自分たちだけで背負い込むのは、むしろ無責任だからである。「個人の倫理から委員会の倫理へ」という表現が生命倫理学には存在する。個人や当事者だけではなく、もっと開かれた場で知恵が絞られるべき事柄であろう。

またそれと関連して第二に、「自己決定」や「自由意思」は確かに魅力的な概念だが、それはイドラ (偶像) に近いことを述べた。というのも、現実の自己や自由は、良くも悪くも社会的影響や共同体的圧力 (周囲への気兼ね等) のもとでしか存在しないからである。

そして最後に、いくつかの「周囲への迷惑」はどこまで迷惑 (社会的な反効用) か、あえて疑うこともできることを強調した。「障害者にやさしい社会は健常者にもやさしい」という「ノーマライゼーションの理念」⁵⁾ が存在する。そこでは、やさしい社会をつくるのに障害者や病者は貢献できる、と言うこともできるのである。しかし結局のところ、多かれ少なかれ未来について「無知のべ

ール」(J.ロールズ)⁶⁾のもとにあるわれわれは、いったいどういう社会を築きたいのか、どういう社会で暮らしたいのか⁷⁾。問題はそこに帰着する。

「個人の倫理から委員会の倫理へ」という時代の流れを紹介したが、その倫理委員会にあっても、前提としての判断諸基準、共有可能な根本思想があった方が助かる。そのような基準や思想の先例として、6月4日の授業では、古典としての「ヒポクラテスの誓い」、「ジュネーブ宣言」(医療専門職の職業倫理に関する世界医師会での宣言)および「IEEE 倫理綱領」(2006年2月改訂)を紹介した。加えて、一般に倫理問題を議論する際に役立つ一方法として、イリノイ工科大学 M.デイヴィスによる「セブン・ステップ・ガイド」⁸⁾について解説することで授業の締めくくりとした。

今後の授業改善については、いくつも検討すべきことがあるが、ここでは二点挙げておきたい。第一に、倫理原理としての功利主義の限界については学生理解を促進できたが、その現代的意義についても授業で確認させておくべきだった⁹⁾。第二に、英文読解練習との一石二鳥を考え、「ジュネーブ宣言」、「IEEE 倫理綱領」および「セブン・ステップ・ガイド」については原文(英語)を資料配布または板書し、口頭で解説したが、もっと工夫が必要であった。というのも、期末試験で出題¹⁰⁾、採点の結果、内容が未消化なままの学生の多さが判明したからである。これらの教訓を来年度からの授業に活かすことにする。

第3節 新聞記事等の分析を通じた多様な「配慮」への訓練

浅野敬一

1. 本節の目的と取り組みの概要

本節の目的は、多様なステークホルダー(利害関係者)への配慮に関する取り組みを中心として、筆者(浅野)による専攻科「技術者倫理」授業実施状況を報告することである。

筆者は、本科目が始まった2005年から、受講生が問題発見、分析及び意思決定等を実践するグループ・ディスカッションを取り入れてきた。ディスカッションで用いるケースは、技術者倫理に関する種々の実例を組み合わせながら筆者が作成したもので、結論が伏せられ、かつ倫理的ジレン

マを含むように加工された仮想事例である。受講生は、ディスカッションをとおして、企業や技術者のある具体的な行動が影響を与えるステークホルダーを抽出し、それぞれにバランスのとれた配慮をしながら、ジレンマを解消する具体的な方策を模索することになる¹¹⁾。

一方で、受講生には、授業以外の場においても、たとえば新聞等で毎日のニュースに接する際にも、多様なステークホルダーに配慮した考察ができることを期待したい。専門職倫理としての技術者倫理は、教室の中ではなく、社会に出てからの実践こそが重要である。そのための準備としては、倫理的ジレンマに対するグループ・ディスカッションのプロセスをさまざまな状況で再現できることが重要であり、毎日のニュースはそのための素材としては最適といえよう¹²⁾。

そこで、2010年度の「技術者倫理」科目においては、従来から実施している倫理的ジレンマの解決を目指すグループ・ディスカッションに加え、①グループ・ディスカッションを通じてステークホルダーや配慮すべき事項を抽出する過程を受講生に確実に定着させること、②受講生が①を用いて各自で新聞記事を分析できることの二つを目標とした。なお、②については、筆者の担当内に組み込む時間がなかったこと及び受講生「各自」の分析力を重視することの理由から、期末試験の問題として実施した。

2. ステークホルダーと配慮事項の抽出

グループ・ディスカッション時の分析を各自再現できるためには、分析の過程をある程度可視化するとよい。そこで、従来から用いていたステークホルダーを列挙したチェックリストを改善し、【資料1】(後掲)のワークシートを作成、ディスカッション時に全受講生に配布し、利用した。

まず、ワークシート中の左の項は、従来のチェックリストを引き継いだものである。グループ・ディスカッションで扱う事例によっては結果的に余り関係がないものもあるが、想定されるステークホルダーを網羅的に列挙した。配慮すべきステークホルダーに遺漏がないようにするためである。また、受講生に対しては、「これらのステークホルダーが存在することは常に意識できるように」と、定着が要求される内容を明示する役割もある。

一方、右の項は、それぞれのステークホルダーとの関係で、配慮が求められる事項を抽出、記入するためのものである。ディスカッションで扱う仮想事例はジレンマを含んでいるため、受講生は最低でも二つの行動の選択肢の間で迷うことになる。たとえば、自社の製品の一部に、健康被害は及ばないが、賞味期限を誤表示したものが混入した場合を設定しよう。隠ぺいは問題外としても、A: 全面的自主回収と、B: 経過説明や告知の徹底のいずれを選択するかは判断は難しい。自主回収を実施すれば、顧客への責任を果たしブランド・イメージの確保につながる可能性はある。一方で、回収した製品が廃棄されることを勘案すれば、自社のイメージを維持するために無用な社会的ロスを生んだとの批判も考えられる¹³⁾。また、回収経路となる取引先に負担を強いる可能性もある。つまり、いずれの行動を選択しても問題がすべて解消するわけではなく、配慮すべき事項が残るはずである。ワークシートを用いることで、それぞれの行動に伴い発生する配慮すべき事項を抽出したうえで、比較・検討する過程を整理することができる。

3. 新聞記事の分析

各受講生に分析を実践してもらった期末試験問題は【資料 2】のとおりである。問題中の新聞記事の抜粋からは、次のステークホルダーの存在を抽出することができる。第一に、顧客（レクサスを運転する人）や公衆（レクサスの傍らにいる通行人等）は必須である。いずれも身体や生命の安全に直結する可能性がある。第二に、取引先である販売店や部品メーカーを挙げられる。とくに、販売店は、営業面やリコール対応で多大な負担を強いられる可能性があり、十分な説明と支援が必要である。また、部品メーカーの間では、品質の改善に向けた取り組みが求められる。第三に、この場合は、マスコミとそれを通じた世論も重要なステークホルダーである。適切な対応を欠けば事態を悪化させるのみならず、本来の対策に配分すべき経営資源が削がれる懸念もある。また、結果的には販売店等の他のステークホルダーの損害を拡大してしまう場合もある。この点は、トヨタが今回の措置に踏み切った背景でもあり、北米における「フロアマット事件」から学んだ教訓でも

ある。第四には、リコールの実施に際して、政府（国土交通省）の協力を得ることも欠かせない。この場合の政府は、トヨタに対する監督官庁であると同時に、協同して事故防止に取り組む役割を負うためである。

採点の基準は、15点満点として、上記のステークホルダーのうち3種以上を抽出し、それぞれに背景についての適切な考察があること、かつトヨタの対応全体に対する妥当な評価があることを求めている。具体的には、背景への考察を含めてステークホルダーを一つ説明できる度に3~4点、トヨタの対応全体に対する妥当な評価があればさらに3~4点を加算した。なお、トヨタの対応全体に対する評価は、それが肯定的であるか、否定的であるかは得点には影響させていない。

結果は、受講生39名の平均得点は、15点満点中12点で、得点率は約8割であった。また、合格点と言える6割（9点）に満たない受講生は4名、逆に14点以上の受講生は15名であった。他の教員の担当分野を含めた試験全体の平均得点は100点満点中78点で、本問もほぼこれに近い得点率であった。

4. 今後の課題

上述の結果等から、「受講生は、一定程度は、グループ・ディスカッションの過程を各自で再現しながら、ステークホルダーを抽出・分析できた」との判断が許されよう。しかし、当然だが、試験の得点が即ちその後の定着の程度を保証するわけではない。本科目の授業時間にとどまらず、学習した内容を如何に保持し、定着させるかは今後の課題である。また、本科目の授業時間は限られており、数多くの新聞記事等を分析することで定着を目指すことも不可能である。

解決の方向としては、きわめて当たり前ではあるが、他の科目等と連携しながら、関係するニュース等を授業内でこまめに取り上げ、常に学生に問いかけをすることがやはり有効であろう。そのためにも、複数の教員が担当する現行の授業形態を維持すること及び教員間で授業改善にとどまることなく問題を議論することが重要と考えられる。

【資料 1】 配慮事項抽出ワークシート

ステークホルダー		配慮すべき事項（損害・損失、リスク、協力依頼等）	
		A を選択した場合	B を選択した場合
自社			
顧客			
従業員			
株主			
取引銀行			
取引企業	仕入れ先		
	販売先		
競争企業			
政府等			
地域・市民社会			
地球環境			
その他			

【資料 2】 新聞記事からステークホルダーを抽出し、分析する試験問題

次の新聞記事を読み、①トヨタがとくに配慮したステーク・ホルダーを三つ以上挙げながら、②トヨタがこうした対応を取った背景を考察し、そのうえで③トヨタの対応についてのあなた自身の評価を述べよ。

〈前略〉・・・6月末。章男が初めて議長を務めた株主総会。一連の騒動の締めくくりになるべきこの総会も大きな波乱なく終了。トヨタグループに安堵（あんど）の空気が広がりがつあったころ、一部の情報通の間に「新たな問題発生」の知らせが駆け巡っていた。

「近くリコールがある。これまでとは格が違うらしい……」

情報を得たレクサス販売店幹部は凍りついたという。幹部が困惑したのも無理はない。リコールの対象はレクサス7車種と「クラウン」の合計約 27 万台（うち海外約 18 万台）。旧「セルシオ」の後継で、トヨタの看板にして頂点の車種「L S460」や「L S600h」が含まれていた。要因はエンジントラブルで、最悪の場合、走行中にエンジンが止まってしまうというトラブルだった。

「メーカーとして恥ずべき事」

「フロアマットの使い方が適正でない」「ハンドル操作が急激」といった使い方に影響される問題ではなく、理論上のリスクというわけでもない。通常走行時に「エンジンストップする」というクレームが実際に複数件、持ち込まれていた。自動車の心臓部にあたるエンジンはカーメーカーの技術の粋を結集する象徴的なパーツ。「エンジンが止まってしまう症状は、メーカーとして恥ずべき事」とトヨタ本社の幹部が苦悩の表情を浮かべるほど、モノづくりにおいての本質的な問題だった。

原因は「バルブスプリング」と呼ばれるエンジン部品にあった。エンジン内に空気と燃料を送り込むバルブの動きを手助けする。製造段階で細かな異物が混入した可能性があり、異音が生じるほか、亀裂が入ることがある。

レクサスブランドは日本に導入して5年。景気低迷もあって、販売が伸び悩み気味。トヨタのある営業担当者は「旗艦ブランドのエンジントラブルは最悪の事態。これまでとはわけが違う」とセールスへの打撃を懸念した。

リコール決断先送りせず

幸い、バルブスプリングによる事故は発生していない。しかし、章男以下、経営陣の決断は早かった。「リコールする。予期せぬ事が起これば、わかった時点ですぐに直す」。

7月5日、トヨタは国土交通省にリコールを届け出た。当初、最短で想定した予定日より、さらに数日早かった。

章男が米公聴会に出席する事態にまでなった一連の騒動を通じてトヨタが得た教訓は、危機でのスピード感だ。北米発の騒動では対応が常に後手に回り、結果的に猛烈なパッシングを受けた。信頼にも傷がついた。同じ轍（てつ）を踏むと、旗艦ブランドだけに影響も大きい。（後略）

【出処】「検証・「レクサス」リコールの現場」『日本経済新聞』2010年8月2日（電子版）。

第4節 見えにくいひと

黒田一寿

黒田が担当した授業（1回）では、障害について取り上げた。ここで「見えにくいひと」とは視覚障害者のことではなく、技術者が「見落としがちな人々」が存在することを指している。顧客、ユーザー、職場の同僚、あるいは二次の関係者として忘れられがちな人々のことである。具体的には、心身に機能障害がある人や病弱な人々、子どもやお年寄りといった社会的弱者、種々のマイノ

リティのことである。「見えていないのは彼らではなく私たちかもしれない」という視点の転回をうまく表現できたならば良かったのだが、このタイトルでは学生にとってその意図が見えにくかったことだろう、と反省している。

授業で取り上げた内容は次の通りである。受講者には後日リアクションペーパーの提出を求めた。

1. 障害のとらえ方のグローバルスタンダード

「医学モデルと社会モデル、そしてICF(生活機能・障害・健康の国際分類)モデルへ」の概説、レジюмеとチェックリストを配布

2. 障害を定点としたアプローチ

日本理化学工業の紹介、引用資料配付(「日本でいちばん大切にしたい会社」, 坂本光司, 2008), マーサズ・ヴィニヤード島のコミュニティ, 河浦ベテルの家の話題

3. その技術はどのように人を幸せにするか?

IBM 日本人フェロー浅川智恵子氏の紹介, テレビ放送録画資料視聴(「プロジェクトX仕事の流儀」, NHK, 2010年1月12日放送), キン・エンジニアリングを紹介した引用資料配付(「ちっちゃいけど世界一誇りにしたい会社」, 坂本光司, 2010)

学生のコメントを引用しながら授業を振り返ってみたい。まず最初に、スライド用いて障害モデルの概説を行った。学生にとって最も退屈な部分になってしまうだろうと予想しつつ、足早に進めてしまった感がある。しかし、コメントの反応は意外なものであった。特に、「変わるべきは個人ではなく社会である」というオリバー社会モデルの主張に、約半数の学生が反応していた。このような考え方があることに「驚いた」「感心した」「画期的だ」「印象に残った」といった、率直な反応である。20歳前後の、若い、センシティブな感性にこちらも驚いた。同時に、社会モデルが主張するやや過激な側面を冷静にとらえ、「考え方は素晴らしいと思ったが、一方でその実現は難しいのではないか?」といった実現可能性や、医学モデルとのバランスに目を向けたコメントも多かった。こうした視点の幅は、本科目の「知る」「理解する」「使う」それぞれのパートにおいてトレーニングされた成果ではないかと感じた。また、焦点の奥行きに目を向けると、「社会モデルの主張は実は何と戦っているのか?」に踏み込み、心理的な偏見

や差別の問題を取り上げたものもあった。ICFモデルについては、医学モデルと社会モデルのバランスを取ったものと解釈されており、間違いではないが、やや表面的な理解を導いてしまったようだ。両極それぞれの立場からの主張や、イギリス障害学とアメリカ障害学の対比、またICFモデルが実際にどのように活用されつつあるか、といった背景にも触れることができれば良かったが、取り上げることはできなかった。

次に、配付資料をもとに日本理化学工業株式会社を紹介した。50年ほど前から障害者の雇用を行っている、「ダストレスチョーク」といった製品を製造している。現在、従業員約50名のうちおよそ7割が知的障害を持った人たちである。この雇用を可能にしたのは、「人を工程に合わせる」のではなく、「工程を人に合わせる」という発想であった。学生のコメントも数多くこの点に触れられていた。さらには障害者の法定雇用率について言及し、半数を超える企業が基準を達成できず、障害者雇用に積極的な企業と消極的な企業の二極化を懸念した上で、「根底には差別意識があるのではないか」と論じたものもあった。日本理化学工業が障害者の雇用に踏み切った背景として、健常者の従業員が、障害のある人たちの働きぶりや熱意によって次第に障害への認識を変化させていった、という心理的側面に注目したコメントが数例寄せられた。その中に、次のようなユニークなコメントがあった。「これまで技術者倫理や工業倫理で学んできたことによると、技術者には正しい判断力や責任能力が問われることが多かった。しかし、障害者雇用に関する日本理化学工業社長の判断は、従業員との信頼関係と熱意に応えるものであり、ここにもう1つの技術者としての倫理観を感じた」というものである。彼は、判断や選択の根拠や原則のみならず、「判断や選択のモチベーション」にも触れたかったのではなかろうか。さて、障害と技術者倫理との関連について、講義者自身もこれを明確に述べられないまま進めてしまった授業であったが、「技術を社会に位置づけて考える」ためには、このような人間の感情的側面や実体験が接着剤のような役目を果たすのではないかと改めて考えさせられた。

最後に、IBM 日本人フェローの浅川智恵子氏を紹介し、テレビ放送の録画資料を視聴した。ほと

んどのコメントが、全盲という障害を抱えながら IBM フェローまで登りつめた女性研究者の努力を称えつつも、その研究の着想にも関心を寄せていた。すなわち、全盲という、一般的にはハンディキャップとしてとらえられがちな側面を自分の強みとしてとらえ直し、そこからニッチニーズを掘り起こし、研究開発によってこれまで IT 技術の恩恵から遠ざけられていた人たちの利益に貢献しようとする彼女の姿勢への共感である。

リフト付電動車椅子や呼吸トレーナー等の福祉製品を制作販売しているキシ・エンジニアリングについては、時間が足りず資料の配付のみとなったが、リアクションペーパーにこのメーカーの事例を取り上げているものもあった。身体に障害のある人たちの QOL に技術者が貢献できる分野として、イメージしやすい事例であった。

新たな製品やサービスを生み出し続ける日々の営みを通じて、将来、「技術者である私は、一体何に貢献しているのだろうか？」と問い直してみる 90 分にしてもらえたならば幸いである。もちろん、企業利益だけが目的ではないことを彼らは十分に心得ている。その製品やサービスを待っている人々の中に、「見えにくいひと」たちの顔も含めることができる想像力を備えられたならば、それは彼ら自身の仕事観に対する見えざる影響力として返ってくるのではないだろうか。「動画の視聴時間が長く、それに対する先生のコメントが少なかった。講師の語らない講義に大きな価値はない」という厳しいコメントもつきつけられたが、今回得られたような真摯なリアクションによって、筆者自身もまた成長させてもらえるならばありがたい。

第5節 本校の技術者倫理教育に対する 専攻科卒業生の意見

庄司 良

数年にわたって実施している東京高専専攻科 1 年の「技術者倫理」の講義を中心とする本校の技術者倫理教育に関する改善意見などを、2004 年度卒業生から 2009 年度卒業生までの合計 10 人から聴取したので紹介する。なお、聴取日時は 2010 年 8 月から 9 月にかけてであり、場所も異なる上、母数も少ないため、今回聴取した卒業生の意見を基にして、本校の技術者倫理教育のあり方を見直

すということとはできない。しかし、授業担当者の一人として、定期的な反省と改善を図っていくことは必要であるため、今回卒業生の意見を個別に聴取し、それを基にして技術者倫理教育について考察をした。

1. 技術者倫理を学ぶ必要性について

まずは根本的な問いかけとして、「何故、諸君らは技術者倫理を学ぶ必要があったのか」について、聞いてみることにした。多くの専攻科目が選択または選択必修であるため、基本的に専攻科の授業に参加する学生の意識は高い。一方、「技術者倫理」は「英語演習」と並んで数少ない必修科目である。そのため、個々の学生のモチベーションが雑多な状態での授業を展開することになる。それゆえ、本科目を学ぶ必要性の認識がまず重要であり、技術者倫理教育全体に対する感想を大きく左右すると考えられる。

卒業生 A：絶対ある。就職して技術者倫理の問題に直面した経験がある。（27 歳；製造業勤務）

卒業生 B：必要な職場もある。学ぶ必要性は進路に左右されるだろう。（27 歳；製造業勤務）

卒業生 C：よくわからない。そもそも技術者倫理というのは学問なのか？（26 歳；博士課程所属）

卒業生 D：必要と思うが、技術者倫理を習得したとしても役に立つかは疑問である（26 歳；修士課程所属）

卒業生 E：どちらかといえば必要だと思うが英語など他科目ほどではない。（26 歳；製造業勤務）

卒業生 F：今から思えば最も大切な授業だったと思います。（25 歳；修士課程所属）

紙面の都合上、以上の 6 名分をありのまま紹介した。他にも 10 人中 8 名までが必要性を認識していたが、この卒業生 C や D のように必要性や実効性に疑問を持つこともあるようであった。卒業生 B が指摘するように、技術者倫理を学ぶ必要性はその学生の進路に依存することも考えられるが、技術者倫理が求めるところは、技術者を含め人としての倫理観の醸成や倫理観のあり方を追求することであると考えられるため、本質的には進路に無関係に人として必要な学問である。卒業生 C が指摘するように、そもそも技術者倫理は学問なのか？という点については、鋭い意見である。いうまでもなく、学問のひとつであるからこそ、

本論文が存在し、学会が存在し、倫理的に未知な部分を追究するのであるが、一方で技術者倫理は技術者として必要とされる知恵や知識を授けるという目的もあり、実学的な要素も多分にある。

2. 技術者倫理の理解度について

次に、「高専専攻科で学んだ技術者倫理をどれ位理解できたか」について、感想と共に聞かせてもらうことにした。これはテストの点数や成績の良し悪しではなくて、自分で判断した理解度の評価をお願いするものである。理解度の自己評価は、1の必要性の認識と密接に関連する事柄であるが、技術者倫理に対する思いや感想などを率直に伺うべく、この設問を用意し聴取した。

卒業生 A: 理解度を自己評価することはできない。何故なら何が正しくて、何が間違っているのかについて、明確な答えがないような技術者倫理的な事象も多く存在するためである。(27歳; 製造業勤務)

卒業生 B: 理解できたかどうかは別にして一番興味をもてた授業であった。(27歳; 製造業勤務)

卒業生 G: 理解することは難しかった。理由はいろいろあるが、どの課題もどの先生のお話も私たちの年代では未熟に過ぎて理解できないのではないのでしょうか。(25歳; 非製造業勤務)

卒業生 H: 何の役に立つのか不明瞭な科目であると考えていたため、勉強に身が入らず結果的に成績が低迷した感がある。もっとまじめにやっておけばよかった。(24歳; 製造業勤務)

卒業生 I: 理解ができたか否かを決めることが難しい科目だと思う。(24歳; 修士課程所属)

卒業生 J: 理解度は低い。神でない限り低くなるらざるを得ない。(23歳; 修士課程所属)

技術者倫理を理解したと明言した卒業生は10人の卒業生の中では誰もいなかった。これは我々教員としてはまずは率直に反省をするべき結果であるともいえるが、一方で、仮に技術者倫理を理解したと断言する卒業生が現れたとすれば、我々の技術者倫理教育は失敗しているともいえよう。理由は卒業生 A の回答にある。卒業生 A からは模範解答のような意見を頂いた。確かに、技術者倫理は答えのない学問ともいえる。例えば、この卒業生 A も含め、内部告発の是非のような、正しい判断が難しい事象に多くの卒業生が直面している

こともあって¹⁴⁾、理解度の評価は困難な問いかけであったことには違いはない。しかし、技術者倫理教育では、こうした判断が困難な技術者倫理的な課題に直面したときにとるべき考え方のプロセスを説いているのであるため、残念ながら卒業生 A の指摘は、技術者倫理教育の片側しか見られていないことになる。卒業生 I と J も似たような回答であり、技術者倫理教育の難しさの一端がうかがえる。

3. 技術者倫理教育に求めたいこと。

最後に、本校の技術者倫理教育に求めたいことを聴取した。本論から多少それるが、いわゆる授業アンケートなど現役の学生の評価は、単位取得や卒業に絡んでくるため、辛らつな意見はあまりなく面白いフィードバックは期待できない。一方、卒業生に対するアンケートや本論文のような意見の聴取は、厳しいご批判など多数出てきて興味深く、こちらの勉強にもなる。

卒業生 B: 倫理観を押し付けるような授業は必要ない。(27歳; 製造業勤務)

卒業生 D: もっとディベートのような授業の展開があってもよい。(26歳; 修士課程所属)

卒業生 E: 不必要である。その分卒業研究がしたい。(26歳; 製造業勤務)

卒業生 G: 正しい答えがないケースでも、「先生ならこうする」という例示をしてくれると理解の助けになると思う。(25歳; 非製造業勤務)

卒業生 J: 必要か不必要かと聞かれれば必要だと答えるが、それは先生に対して答えるからである。本当はわからない。第一線の現場技術者のお話などが役に立つと思う。(23歳; 修士課程所属)

卒業生 B と G の意見は相反しているが、技術者倫理教育に求められることとしては、両方とも正しいと考えられる。卒業生 D や J の意見も大変参考になった。今後の改善の一案として考えていく必要がある。

註

- 1) 松島隆裕編『技術者倫理』学術図書出版社 2004
- 2) 「工業高専および企業における人材育成と技術者倫理教育の現状と課題」平成 18 年度～20 年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (c) 研究成果報告書 (研究課題番号 18607005) 2009

年 3 月 pp. 88

- 3) アンケートは、受講生 39 名に対して行われ、回収数 37 名であった。なお、アンケート実施時点で数名が見学を終了していない。
- 4) Intelcom 製作, California, 1998 年, 30 分番組。
- 5) 砂川米子氏の「コミュニケーション論」シラバス (明海大学) 参照。 <http://www.dent.meikai.ac.jp/Syllabus/2gakunen/ComiS.pdf>
- 6) 正義原理は自己のアイデンティティに関する「無知のベール」のもとで選択, 合意されるべきであると、『正義の一理論』(1971 年) の著者ロールズは説いた。下記の拙稿参照「ロールズ正義論再考: 若干のロールズ批判にこたえる試み」倫理学年報 42 日本倫理学会 1993 年 pp. 139-154
- 7) 日本的「優しさ」の問題点については中島義道著『「対話」のない社会—思いやりと優しさが圧殺するもの』(PHP 新書, 1997 年) 参照。
- 8) 以下の 7 つのステップである。
 - 1) State problems. 2) Check facts. 3) Identify relevant factors. 4) Develop list of options. 5) Test options (harm test, publicity test, defensibility test, reversibility test, colleague test, professional test, organizational test). 6) Make a choice based on steps 1-5. 7) Review steps 1-6.
- 9) たとえば下記文献内容を授業で紹介することもできたはずである。伊勢田哲治・樫則章編『生命倫理学と功利主義』ナカニシヤ出版 2006
- 10) 試験問題のうち、川北の出題分を以下に紹介する。
 1. カント的な倫理判断, 功利主義的な倫理判断と対比した場合, アリストテレス的な倫理判断のもつ長所と短所について論述せよ。
 2. 医療技術の発達により, 超未熟児への対応も可能になったことに伴うジレンマを扱ったビデオ教材で見たように, 患者も親権者も担当医も, 自分たちだけでは判断しかねるような, 新しい, または難しい倫理上の事例が存在しうる。そうした場合には医療技術者としての医師は, 所属組織の倫理委員会などに報告・相談すべきであるし, また, 世界医師会総会で規定された「ジュネーブ宣言」などを参考にすべきと思われる。つまり, 問題を狭いメンバー内で抱え込まないで, 委員会や倫理綱領に, より賢明で倫理的な判断 (のヒ

ント) を期待すべきと考えられた。そこで下記の設問 1 と設問 2 に答えよ。

設問 1. ジュネーブ宣言には次のような文言があることを授業で紹介し解説した。 “I will not use my medical knowledge to violate human rights and civil liberties, even under threat.” その解説にもとづき, この文言を適切に日本語に置き換えよ。

設問 2. 電気・電子分野における世界最大の学会である, 米国の電気電子技術者学会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) の定めた IEEE 倫理綱領 (IEEE Code of Ethics) には, 次のような文言があることを授業で紹介し解説した。 “We agree to avoid injuring others, their property, reputation, or employment by false or malicious action.” その解説にもとづき, この文言を適切に日本語に置き換えよ。

- 11) 本件については, 浅野敬一・河村豊・川北晃司・木村南・中川修・鹿毛哲郎「ステーキホルダー・マネジメントの援用による多様な「配慮」の実践—東京高専技術者倫理教育の試みIV—」日本工学教育協会第 54 回年次大会, 2006 年 7 月 28 日 (講演論文集 14-15 頁) にて報告済み。
- 12) 技術者倫理科目における新聞記事等の活用とその課題については, 木村南「講義資料としての新聞技術情報の構築」『東京工業高等専門学校研究報告書』第 39(1)号, 2008 年 1 月, pp.51-56, 木村南・河村豊・川北晃司・浅野敬一・庄司良「技術者倫理教育の授業で活用できる事故事例のデータベース」日本工学教育協会第 56 回年次大会, 2008 年 7 月 31 日 (講演論文集 pp. 536-537) 等参照。
- 13) 農林水産消費安全技術センター「事業者の取り組み(自主回収事例調査)」2010 年 7 月。
- 14) 川北・河村・浅野・木村・庄司「技術者倫理教育に関する調査と考察—アンケート諸意見への回答—」『論文集「高専教育」』32・独立行政法人国立高等専門学校機構 2009, pp. 231-236

(付記) 本論文は科学研究費補助金基盤研究(c) (課題番号 18607005 および 22520037) による研究成果の一部である。

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

戦後中小企業政策における組織化政策の始まり

—商工協同組合制度の意義と限界—

浅野敬一*

The Establishment of Measures for Small Business
Collaborative Organizations in Post War Japan

Keiichi ASANO*

In 1946, Japanese Government started to establish a new system for small business collaborative organizations. Small business trade associations formed cartels in prewar Japan, but the GHQ/SCAP dissolved the zaibatsu and ordered to enact antitrust laws. While the Ministry of Commerce and Industry induced to rationalize production and did not take a positive attitude toward competition policy. Consequently, the new system for small business collaborative organizations, Shōkō Kyōdō Kumiai (Small Business Commerce and Industry Cooperative), was contrary to antitrust laws. This study will point out not only the strategic intent of the Ministry of Commerce and Industry but also its problems.

(Keywords: small business, small business policy, cooperative)

1. はじめに—問題の所在—

本論の目的は、第二次世界大戦直後、中小企業の新たな組織化政策として発足した商工協同組合制度を対象に、その歴史的意義と限界を検証するものである。

従来、第二次大戦後の組織化政策に関する研究では、商工協同組合法と同法に基づく商工協同組合はほとんど重要視されてこなかった。商工協同組合は、1946年12月、戦時中制度であった商工組合に代わる組合制度として発足したが、独占禁止法との整合性の問題から、1949年7月に施行された中小企業等協同組合に至る過渡的な制度に過ぎないとされるのである。

たしかに、商工協同組合は、独占禁止法との関係から、中小企業の自主的な協同組合という当初の目的を達成することはできなかった。また、商工協同組合の半数近くは、当面の資金・資材の割り当てを目論見、戦時中の統制組合から移行したものであった。本論も、商工協同組合が中小企業の組織化政策として大きな成果を得たと考えるものではない。

しかし、商工協同組合法の成立に至る審議や独占禁止法施行に伴う組合制度改正の議論を

検証することは、戦後の中小企業政策形成への模索の過程を明らかにしてくれる。とくに、占領初期の中小企業政策は、早くも産業構造政策としての性格を備えると同時に、経済民主化政策の影響をも受けながらその成立をみた。よって、商工協同組合が直面した問題、つまり独占禁止法との整合性を確保することは、当時の中小企業政策における最も重要な論点の一つといえよう。

そこで、本論は、①戦前と戦時中の組合制度を概観した後、②商工協同組合法案の作成に際しての商工省の意図を検証したうえで、③商工省の意図と法案が内包した問題点を明らかにし、商工協同組合制度の意義と限界を整理したい。多少結論を先取りするが、商工協同組合は、後の組織化政策の萌芽とも言える内容をもっていたこと、戦前の同業組合的性格とも一線を画していたこと、一方で、当時の経済情勢に応じた具体的な助成策を備えなかったこと、協同組合原則との乖離や中小企業のあり方に対する無理解のために立法技術面での未熟さが残り、結果的には独占禁止法と齟齬を生じたこと等が解明されるだろう¹。

*一般教育科（人文社会）

なお、本論の史料は、商工協同組合法の所管課である商工省商務局商政課が作成した逐条解説と想定問答、法案が審議された第 90 回帝国議会の記録及び当時の新聞等を用いる。

2. 商工協同組合誕生までの組合制度

(1) 第二次大戦以前の組合制度

明治政府は、1868 年（明治元年）に商法大意を公布、問屋勢力による私的な特権集団であった株仲間を廃止し、営業鑑札により自由に営業できることとした。しかし、商工業者の組織化自体が消滅したわけではなく、同業者の任意団体が結成されるようになった。そこで、農商務省は、新たな組合制度として、1884 年（明治 17 年）に「同業組合準則」を示達した。さらに、「重要輸出品同業組合法」（1887 年）、「重要物産同業組合法」（1900 年）「重要輸出品工業組合法」、「輸出組合法」（いずれも 1925 年）がそれぞれ制定され、複数の組合制度が法的に規定されていった。

ただし、制度の中心であった同業組合は、商業者と工業者を同一組合に強制加入させる独特の仕組みを有していた。たしかに、同業組合の目的は、粗製乱造の防止と品質維持であった。しかし、当該商品を扱う商業者及び工業者は地域の同業組合に加入する義務があったため、実態としては、新規参入の調整やアウトサイダーの排除を図る競争制限的カルテル組織であった²。また、問屋勢力による工業者支配の基盤でもあった。

一方、重要輸出品工業組合と輸出組合は、共同の施設を成すことを目的とし、組合員の加入脱退が自由である等、一部に協同組合的な性格も有していた。しかし、地域内一つの組合しか設立を認められないこと及び組合員のみならずアウトサイダーに対しても行政官庁による統制命令が可能であったこと等、むしろ国家主導のカルテル組織であった。

1928 年になると、商工省は、重要物産同業組合法、重要輸出品工業組合法及び輸出組合法の三法を統合し、商業者と工業者を分離した任意加入の組合制度に改変する構想を推進した。商工省は、労働組合法の制定をはじめとする当時の社会改革と連動させながら、とくに同業組

合を牙城とする問屋勢力の影響力を削ぎ、営業の自由や消費者利益を拡大することが、製造業全体の近代化に寄与すると考えたのである。しかし、問屋勢力は、工業者を含む強制加入という同業組合の組織原理を維持すべく、猛烈な反対運動を展開した。また、商工省自身も、「営業の自由」を競争政策に基づき理解していたわけではなく、カルテル組織から問屋勢力を排除し、カルテルの国家管理を図ったといえる。たとえば、商工省は、1930 年代に重工業分野を中心とする政府主導のカルテル政策を展開する。1925 年の「重要輸出品工業組合法」と「輸出組合法」の制定及び 1928 年の三法統合構想は、主な対象こそ中小企業に置き換えられるが、カルテルの国家管理という点では同一の意図に基づくのである³。

その後、1931 年には、重要輸出品工業組合法が「工業組合法」に改められ、工業全般が対象となった。また、1932 年には、商業分野の共同施設を目的とした「商業組合法」が制定された。しかし、同業組合を中核とする種々の組合制度は、戦時経済体制が頂点に達した 1943 年まで並存し、そのまま国家による統制組織である商工組合へ移行したのである。

以上から、戦前の組合制度の特徴は、第一に、協同組合としての性格は希薄で、重要輸出品工業組合や輸出組合の制度の一部に限定されていること、一方、第二に、いずれの組合制度もカルテル的性格が強く、商工省もカルテル自体には信頼感を有していたこと、ただし、第三に、同業組合では未達成であったが、商工省は継続的にカルテルの国家管理を目指していたこと、と整理できる。

(2) 第二次大戦中の組合制度

中小企業の組合制度は、戦争が激しさを増した 1942 年頃から戦時統制機能の性格を強め、次第に物資の配給機関として利用されるようになった。しかし、1942 年 5 月の企業整備令により法的強制力を有する企業整理が推進され、軍需産業や重工業部門における統制会の設立が完了すると、より強力な統制機能をもつ組合制度が必要となった。そこで、1948 年 3 月に、「商工組合法」が公布され、従来の制度に基づく組合は、廃止または商工組合に改組され

たのである。

商工組合法による組合制度は、統制組合と施設組合の2種で構成される。主流を成す統制組合は、統制という国家目的達成のための組織であり、統制組合が成立したときは、組合員の資格を有する者はすべて組合員となる。よって、中小企業者による相互扶助的な性格はない。一方、施設組合は、組合員の事業改善を図る共同の施設を設置することを目的とし、中小企業者の相互扶助的な性格も残していた。しかし、加入と脱退には組合員の4分の3以上の同意が必要である等、協同組合としての性格は工業組合や輸出組合よりも後退していた⁴。

3. 戦後改革と商工協同組合の誕生

(1) 中小企業組合制度への期待

商工協同組合法案は、その提出理由を「我国産業の急速な再建を図るため、中小企業を組織化し、その自主的協同により、企業の合理化を行い、以て産業の振興を促進しなければならない緊急の必要がある。」と述べている。背景としては、財閥解体等の経済民主化政策の中で、経済復興の主角として中小企業が期待されたこと、一方で経営資源に劣る中小企業には組織化政策が不可欠とされたことが挙げられる。

種々の中小企業振興策においても商工協同組合による組織化は中核施策と位置付けられた。1946年7月には、商工省が、商工協同組合制度の創設を前提に、戦後初の体系的中小企業政策である「戦後中小商工業対策要綱案」を取りまとめた。同要綱案は、中小商工業の振興が経済復興に不可欠とする一方で、「戦後の多岐に渡る生産配給上の隘路は中小商工業の活動に多大の支障を来している」と指摘し、商工協同組合による組織化、組合金融の強化、組合による福利施設の整備が必要としている⁵。

(2) 法案の目指したもの

戦後の混乱と欠乏の中で、また経済民主化等の戦後改革の中で、商工官僚はまさに手探りの状態から、戦後の組織化政策を立案したことであろう。結果、1946年8月2日に閣議決定された商工協同組合法案は、協同組合を名称に掲げる組合制度となり、戦時中の統制組織である商工組合、戦前の同業組合をはじめとする諸組

合のいずれとも性格を異にした⁶。とくに、次の三点は、戦後の中小企業政策全体との関係からも重要な意義といえよう。

第一は、目的として、経営の合理化と産業全体の振興を同時に明記したことである。戦前の組合制度では、重要物産同業組合法は、同業組合の目的を「組合員協同一致して営業上の弊害を矯正し信用を保持するを以て目的と為すべし」（第2条）とするのみである。また、重要輸出品工業組合法とそれを改めた工業組合法は、「重要輸出品の製造に関する工業者はその工業の改良発展を図る為共同の施設を為す目的」（第1条）と、全体の振興を図るとしているが、経営の合理化には言及していない。商業組合法も、これに準じている。これに対して、商工協同組合法は、「商業、工業又は鉱業の改良発展に資するため組合員の事業の経営の合理化を図るに必要な共同施設をなすことを目的とする。」（第1条）と規定している。これは、「共同施設の主眼は「組合員の事業経営の合理化を図る」にあり」、「直接的には組合員個人の利益が考慮される」が、それは「独占的な利益を確保しようというような運営は許されない」のであって、「当該事業一般の改良発展に資する」ことを意味している⁷。戦後中小企業政策の主要な一部を成す、産業構造政策の理念が垣間見られる。

第二に、商工省、とくに商工協同組合法案の作成者たちは、戦前とは異なる組合制度を積極的に検討していた。とくに、組合への強制加入や組合の強制設立を規定しなかったことは、戦前の組合制度との大きな違いである。既述のとおり、同業組合は、商業者と工業者を同一組合に強制加入させる仕組みであった。また、工業組合や商業組合は、加入・脱退は自由だが、行政官庁による設立命令が可能で、地域に一つの組合しか認められなかった。これに対して、商工協同組合法は、「設立は業者の自由なる発意による自主的結合であり、又加入、脱退、解散等は総て組合員の意思に委ね、行政官庁の監督規定も必要最小限度にとどめ強制設立、強制加入の如き強権の発動を排除し」と、中小企業者の自主的組織としての性格を徹底していた。また、「将来は組合の運営が不適當であれば自由

に同種組合が設立できよりよく組合員の利益を増進するように競争することになる」と、地域独占的な組合は認めない考えであった⁸。

第三に、商工省は、あくまでも中小企業に対する具体的な支援策として、新たな組織化政策として、商工協同組合制度を考えたことである。つまり、商工省は、商工協同組合の制度設計を、資本主義か社会主義かという選択はもちろんのこと、協同民主党の標榜した広範な分野で協同組合の設立を図る協同組合主義とも切り離していた。また、いわゆるロッチデール原則に基づく国際的な協同組合原則を直接の規範にしたわけでもなかった、商工省は、中小企業政策の手段としての新たな、かつ独特な組合制度を目指したといえよう。

これらの意図を確認しながら、当時の衆議院における議論を振り返りたい。

(3) 法案審議にみる法案作成の意図

商工協同組合法案は、1946年6月22日に閣議決定、9月12日に衆議院に上程の後、臨時物資需給調整法案委員会（以下、単に「委員会」という。）に付託された。当時は、天皇制の在り方を含む憲法問題と経済体制の選択を国民に問うた1946年総選挙の後であり、「協同組合」という言葉が、即ち資本主義から距離を置いたイデオロギー的背景を想起させる環境にあった。しかし、商工省は、あくまでも中小企業の具体的な支援策として商工協同組合法案を提出したのであり、答弁でもこの点を繰り返し強調した。たとえば、9月26日の委員会における政府委員の答弁は、こうした意図をよく表しており、長文を厭わず引用する⁹。

…広く協同組合主義と言はれます中にも、論ずる人によって色々考えも違って来ると思いますが、この制度を社会全般に押し広げまして、いわゆる組合国家というような、協同組合思想を全面的に経済社会組合の根底において、それを前提としてそういう法律を立案したというふうな関係はないのでありまして、ただ中小商工業の振興を図ります上におきましては、零細なる業者の協同の力を合わせて、協同で事業を行い、それによって大企業の持つております経営の合理性を享

有して行くという点が、中小商工業経営の根幹であろうというように考えて、ただこの面において考えているに過ぎないのであります、広く協同組合原理というふうな、「イデオロギー」的な考え方から出発しているものではないことを御了承願いたいと思います。

質問した日本進歩党の早稲田柳右衛門は、答弁を受けて「一体協同組合主義は資本主義に立っているのか、あるいは社会主義の上に立っているのか、資本主義を肯定するのか、否定するのか」と自問し、時間を理由に質問を打ち切った。政府委員である商工省の意図は明確だが、早稲田には資本主義か社会主義かという意識がやはり強かったといえる。

商工省の考えは、翌27日の答弁でも繰り返される¹⁰。また、9月28日の本会議では、日本自由党の塚田十一郎が、委員会における法案審議の報告として、「商工協同組合の「協同」という文字は、単純に、組合の主たる事業が組合員の協同の施設を成すことにあることを示すだけであって、いわゆる協同組合主義というような「イデオロギー」とは何ら関連を有するものではない」との答弁があった旨を説明している¹¹。「単純に」という塚田の修飾語は、商工省の意図を消極的に伝えてしまうが、委員会答弁からは、新たな組織化政策に取り組む商工省の積極的な姿勢が伺える。ただし、後述するが、商工省がロッチデール原則に代表される国際的な協同組合原理から距離を置いたことは、結果的には、商工協同組合法案に大きな問題を内包させることになった。

さて、もう一つの意図、戦前の組合制度との違いについても、商工省の答弁は明確である。自由党の加藤一雄は、「昔のものを復元してそこに協同という字を付けたのが、今回出す協同組合法であるように私は考えます」と、戦前の焼き直しではないかと質した。これに対して政府委員は、従来の工業組合や商業組合は、「必要がありますれば「アウトサイダー」に対しまして、組合の統制に従うような強制的な統制命令というものが出せるようになっていまして、…経済事業と統制事業が併せて行えるということが、昔の組合

制度であったのでありますが、今度の協同組合制度は統制事業は行いませんので、純然たる経済事業だけでございます」と答えた。工業組合や商業組合からの重要な変更点であった¹²。

しかし、質問者の加藤は、「「アウト・サイダー」を「コントロール」するというのが従来の観念、今度の協同組合はそれが出来ぬということ」と納得しつつ、以後は、戦時中の統制組合のアウトサイダーに関する質問に移っていく。他の委員からの質問でも、アウトサイダーは常に戦時統制または戦後統制との関係で扱われた。つまり、商工協同組合法案の審議過程では、平時における中小企業者の組合組織がカルテル的性格をもつか否かの問題については、まったく関心が払われなかった、または理解されなかったのである。

4. 商工協同組合法案の問題点

(1) 曖昧な位置づけ

商工協同組合は、新しい組織化政策として、また戦後初の具体的な中小企業政策として相応の期待を担ったといえる。たとえば、1946年8月3日付の『日本経済新聞』は、法案の閣議決定を受けて、「今度のは純然たる協同組合理念に立って民主的業者団体を組織し、統制事務を全廃して共同の利益のための業務だけを遂行することとしたものである」と評価した¹³。また、同月16日付の『朝日新聞』も、指導者原理による統制から加入を強制しない民主的組織運営に転換したと伝えた¹⁴。

ただし、法案作成者たちの意欲とは裏腹に、商工協同組合の実際のあり方については、商工省も明確な姿を描けなかった。既述のとおり、商工省は、1946年7月、商工協同組合制度の創設を前提とする「戦後中小商工業対策要綱案」を取りまとめ、商工協同組合による組織化が必要とした。しかし、法案にも目的として明記された「共同の施設」に関しては、福利施設が言及されるのみであった。逆に、商工協同組合では附帯事業に過ぎない組合金融の強化が前面に出るという状況であった¹⁵。

もちろん、当時は、戦後の経済統制が本格化する時期であり、「商工協同組合の新しい理念は浸透する客観的条件をもたなかった」ことも

たしかである¹⁶。しかし、法案審議の内容を再考すると、商工省の法案作成者たちの意欲と限界がより具体的に見えてくるのである。

(2) 戦時制度との継続性

商工協同組合法の法案作成者たちは、新しい組合制度の構築を目指していた。そのため、戦時中の商工組合のうち統制組合から商工協同組合への組織替えは認めなかったのである。一方、施設組合については、商工協同組合への組織替えを認めていた。その点では、戦前との断絶、とくに指導者原理にもとづく組合から中小企業者の自主的組合への転換が、比較的容易に進むと考えていたといえる。

しかし、こうしたある種の楽観論は、法案審議の時点で既に問題になっていた。1946年9月26日の委員会では、日本社会党の山口静江が、従来の組合は「加入せざれば営業ができないから、やむを得ず加入をしている」として、組合の指導者を一掃するためにも組合資産等の引き継ぎを禁ずる規定を追加すべきと指摘した。山口の実家は後にはオートバイも製造した山口自転車であり、組合の実態を経験としても把握していたのであろう。ところが、対する星島商工大臣の答弁は、「自然と民主化されました」というきわめて楽観的なものであったため、山口の次の質問者である日本自由党の井田友平も、「統制組合というものは一定地域の全部の、糞も味噌も皆一緒にしてやるのであります、これが協同組合でうまく行くわけがない」と強く批判し、山口と同様に資産等の清算を規定すべきとした¹⁷。

この点においては、商工省作成の想定問答も楽観的な見方で、商工組合のうち統制組合については、「協同組合とは全然その性格を異にする」ので移行は認められないが、施設組合は「共同施設を中心とする協同組織」で商工協同組合と同じ性格をもつので、「新法による組合とみなすことにした」としている¹⁸。しかし、資産継承等に関する規定がなかったことは、実態としては統制組合の衣替えに過ぎない商工協同組合を大量に生みだした。また、施設組合といえども戦時の特殊な組合制度であり、商工協同組合の目的に沿ったものとは限らなかった。法案作成者は新しい組合制度を目指したわけだ

が、法案の規定ぶりは中途半端であったといわざるを得ない。

(3) 組合運用上の問題点

商工協同組合法案は、種々の限界を含んでいたが、それでも戦前の組合制度とは大きく異なる要素をもっていた。しかし、それゆえに、組合の運用のあり方は、商工省にとっても手探りであり、明確な方向を打ち出すことができないままに法案が提出されたといえる。

たとえば、9月12日の法案上程後の第一読会では、日本社会党の細田綱吉が、中小企業政策全般に渡る質問を展開したが、とくに商工協同組合について、①企業の利潤追求と利潤を否定する協同組合を如何にして両立させるのか、②戦争前の過小過多の状態を商工協同組合制度は解消し得るのか、③加入に制限がないので「大資本の独裁」が生じないかと、組合運用上の具体的な問題点を質した。しかし、星島商工大臣の答弁はまったく要領を得ず、細田は、「御答弁は極めて抽象的でありまして、私の質問の核心に触れてない」と言いながら質問を終えた。

議論がかみ合わなかった背景には、組合制度に対する理解の差があったと考えられる。社会党は、1945年11月の結党時から、一般政策に「中小産業の協同組合化」を掲げ、組合のあり方を検討していた。また、商工協同組合法案の審議とほぼ同時期である1946年9月28日からの第二回党大会では、①共同購入・共同販売、②設備の共同利用、③技術の交流、④規格の統一、⑤不正競争の防止、⑥福利施設の共同設置が、組合事業の内容として提示された。政府の「戦後中小商工業対策要綱案」よりも、組合を積極的に活用するものといえる。また、「商工協同組合法」の改正を通じて、中小工業をして大資本又は問屋資本の圧迫と隷属より開放し、真実に中・小工業の助長発展のための協同組合たらしめ」と、すでに商工協同組合の次の組合制度を目指していた¹⁹。社会党は、商工協同組合法案には賛成したが、早い段階からその内容が不十分と認識していたと考えられる。

また、商工協同組合の事業運営に対する具体的な助成策も貧弱で、営業税の免除と印紙税の減免が規定された程度である。想定問答においても、「補助金、低利資金の融通等は困難」と

して、商工組合中央金庫の活用を図るとされた程度であった²⁰。この問題については、社会党の山口静江が政府の助成策を質しているが、想定問答のとおり、具体的な施策は提示されなかった²¹。商工協同組合の制度は、後の高度化事業等とは異なり、金融の伴わない組織化政策に止まっていたのである。このことは、商工協同組合の実態をその目的から乖離させる要因の一つになったといえる。

(4) 中小企業の定義問題

商工協同組合法は、法案作成者の意図としては、中小企業を対象とした組織化政策であった。商工協同組合法案の提案理由には、「中小企業を組織化し」と明記され、星島商工大臣による提案理由の説明でも、「中小企業の振興方策」であると述べられた。

ところが、法案中には、中小企業の定義に関する規定はなかった。この点については、上程直後に、日本進歩党の九鬼紋十郎が、「政府が考えておられる中小商工業は、具体的に如何なる内容、範囲をもっているのであるか、明かにせられたい」と質したが、星島はこれに答えていない²²。その後、星島は、9月23日の委員会審議における同様の質問に「答弁に困って、いい加減なことを答弁しているのですが」と曖昧な答弁となっていることを認めている。また、政府委員も、業種により範囲が異なるので一律ではないとしてうえて、「御答えにならないような御答えになるかと思いますが、結局結論においては、それぞれの業種で具体的場合に応じまして各種の条件を総合した、結局経済常識的な点に帰着せざるを得ないのではないかと、かように考えているわけでありまして」と答弁している²³。明らかに中小企業の範囲についての迷いが見られる内容である。

たしかに、本来、中小企業の範囲を規定することは、業種、地域及び経営形態等、余りに考慮すべき要素が多いため、きわめて困難である。しかし、中小企業への直接的な支援を強化するほどに、対象となる中小企業の範囲を限定する必要性が強くなる。日本の場合は、施策対象としての中小企業を明確に規定したのは、商工協同組合法の後を受けた1949年の中小企業等協同組合法が初めてとなった。

しかし、より留意すべきは、商工省をはじめとする政府が、中小企業の範囲の策定に手間取ったというよりも、中小企業の範囲を決める必要性は薄いと判断していたことである。たとえば、想定問答では、「新組合制度は中小商工業のみを対象とするものであるか」との問いに次の答弁要旨が用意された。

組合制度を最も必要とするのは中小企業であるから、新組合制度が主たる対象と考えているのはもちろん中小商工業である。ただし、大企業に対しては、協同組合を利用することを拒むものではなく、その間に何ら差別は設けていない。ただ大企業に関しては事実上利用の必要性、従ってその利用度が少ないだろうと考えられる。実際問題としては財閥の解体に伴い、大資本の形成が困難になったから、新組合の経済界に占める地位は従前の組合よりも相当に増大するものといえよう²⁴。

つまり、商工省や与党には、経済民主化や財閥解体により大企業が消えるため、あえて中小企業の範囲を定める必要はないとの認識が伺えるのである。星島も、「重工業等は数を減らしまして、ほとんど中小工業が主体になるわけがありますから」との認識を示している²⁵。

実は、経済民主化政策への過剰な反応ともいえる「大企業消滅論」は、商工協同組合法案を巡る議論以外でもたびたび確認される。たとえば、46年7月30日の衆議院予算委員会では、社会党の水谷長三郎が、中小企業向け政府金融機関を設置すべきと提案したが、石橋湛山大蔵大臣は、民主化により大企業が整理されるので、中小企業向けの機関は不要との見解を示している²⁶。こうした「大企業消滅論」が、中小企業の範囲を規定する必要性を覆い隠し、結果的には独占禁止法に抵触しかねない組合制度を生んだのである。

(5) 協同組合原則との相違

既述のとおり、商工省は、戦前の組合制度と異なる、ただし必ずしも国際的な協同組合原則には基づかない、独自の組合制度を模索していた。日本の状況に合わせた制度設計への意欲は評価されるべきものである。しかし、国際的な

協同組合原則から距離があったことは、中小企業向けの組合制度という意図とは裏腹に、結果的には規模の大小を問わない企業の結合、つまり後に制定される独占禁止法と整合しない仕組みを生み出してしまったのである。

9月26日の委員会審議では、商工協同組合と協同組合原則の距離について、一部議員が重ねて質問を行った。社会党の山口静江は、「第一に資本主義的独占企業、あるいは資本による「コンツェルン」のごとき組織を避けまして、真に中小企業者を民主的に組織」する必要を強調した²⁷。

また、無所属の布利秋の質問は、きわめて本質的な問題をついていた。第一は、商工協同組合を隠れ蓑とした企業結合の可能性を指摘したことである。布は、資本金等の規制のない商工協同組合の仕組みを「そういうものは「コーペラティブ・ソサエティ」にありませぬ」と批判し、「非常な緩みを持たせて居る、これがつまり資本の限定のないものは、どこまで肥るか」との懸念を示した。第二に、布が、経済政策全体における組合制度の位置づけに疑問を呈したことである。「自由意思というものが組合員のみのものである」と、組合が「自由意志」の名のもとに肥大する可能性があるとした。組合だけの自由だけでは経済全体との関係で問題があるという布の指摘は、組合を独占禁止法に整合させるうえで、後に重要な論点になるものであった²⁸。

布らの質問により、商工省としても問題への認識をある程度深めていった可能性は高い。法案作成実務の中心であったと考えられる小出栄一政府委員は、「単に大企業者、大財閥がなくなって、その代りに中小商工業がこれに代わって登場するのだというふうな、単純な考え方を持っているわけではないのでありまして」と、「大企業消滅論」に近かった想定問答を自ら修正し始めている。そのうえで、組合自体が肥大する、または大企業が組合のなかで支配的になるような場合には、「これに対しまして他の何等かの方法によりまして、適当なる「コントロール」を加えたい」と答え、布も了解した²⁹。しかし、この問題は組合員資格という制度の根幹であった。如何に「コントロール」を図った

としても、法律中に規定しない限りは、大企業を排除することは困難であった。

商工協同組合法案の審議は、法案作成者をはじめとする商工省の意欲と同時に、大きな限界を示していた。しかし、法案は基本的には了解を得ることになり、組合員以外の者を理事に選任できる旨を規定する修正案を含めて、9月28日、協同民主党を除く賛成多数で可決、衆議院を通過した。その後、10月3日に、貴族院も衆議院の修正案どおりに可決し、1946年11月1日に商工協同組合法が公布された（法律第51号、1946年12月1日施行）。

5. 商工協同組合の実態—理念との落差—

商工協同組合は、1947年7月には、総数10,092を数えるまでになった。しかし、このうち商工組合法の統制組合から改組したものが5,076組合を占め、施設組合からの移行は2,903組合、新規設立は2,963組合であった。

また、多くの場合、組合の実態は法案作成者たちの意図とはかけ離れたものであった。第一は、1947年4月に設立された商工協同組合中央会が、「一地区、一業種、一組合主義」を掲げたことである。そもそも、商工協同組合中央会自体が、商工組合中央会の改組に過ぎず、自由な組合設立という方針は中央会自身の手で覆されてしまった³⁰。第二は、46年10月に公布された臨時物資需給調整法により、商工協同組合も物資割当の指定団体となったことである。こうした事態は法案作成時から想定されていたが、その際の懸念は、「純然たる協同組合では、統制の確保に遺漏がないか」というものであった³¹。ところが、現実には、多くの商工協同組合が、統制組合としての機能のみを果たしたのである。第三には、商工協同組合法が大企業を排除する規定をもたず、また組合が業界の物資統制機能を有したがゆえに、大企業の加入を促進し、組合の実権を握られるケースが生じたことである³²。法案提案理由にもあった「中小企業の組織化」とは大きな落差が生じたのである。

結局、1947年4月に独占禁止法が制定されると、独占禁止法の適用除外を満たせない商工協同組合が続出することになった。商工協同組

合制度は、発足直後から改正の必要が生じてしまったのである。

6. 商工協同組合法の意義と限界

商工協同組合法は、第二次大戦後の組織化政策の始まりとして一定の意義をもっていた。とくに、法案作成の実務を担った商工官僚は、戦後の混乱の中で、新しい、また独自の中小企業組合制度を模索したのである。たしかに、商工協同組合は、結果的には、1949年の中小企業等協同組合法への過渡的な制度に終わった。しかし、後に高度化事業等の組合を通じた支援が大きな役割を果たしたことを考えると、そこに至る組織化政策の出発点としての意義は薄れないであろう。

一方で、組合制度を巡るその後の試行錯誤は、まさに商工協同組合の抱える問題を一つずつ解決する過程でもあった。本論で明らかになった商工協同組合法の限界をまとめておきたい。

第一は、商工協同組合が目的とする共同施設を成すための具体的な助成策、とくに金融上の支援策が不十分であったことである。そのため、組合が共同施設等の事業に取り組む資金調達も困難となり、本来は副次的とされた物資統制等の機能のみが肥大したといえよう。また、組合に対する直接的な支援を欠いたことが、結果的には、その受益者となる中小企業者の定義を明確にする必要性を薄めたともいえる。

第二は、戦後の経済社会における中小企業と大企業のあり方について、多少特殊な理解が前提になっていたことである。商工協同組合は、商工省の構想した独特な組合制度であり、資本主義体制で不利な状況を強いられる者の相互扶助という国際的な協同組合原則とは一定の距離があった。ただし、その要因は、当時の商工省が、協同組合原則への理解を欠いたためだけではない。経済民主化や財閥解体に過剰に反応したのか、商工省をはじめとする政府の「大企業消滅論」ともいえる考え方が、資本主義体制において不利な状況にある者同士の相互扶助という協同組合原則を理解する前提条件を歪めたのではだろうか。

第三に、協同組合としての異質性も要因となり、独占禁止法と齟齬をきたしたことである。

商工省は、独占禁止政策の主導権を握るべく、1945年末ころから産業秩序法案要綱の検討を進めていた。しかし、その内容は、戦前の重要産業統制法の焼き直しに過ぎず、実際はカルテルの国家管理に過ぎなかった。当然ながら、厳格な独占禁止政策を志向するニューディーラー中心のGHQ/SCAPは、商工省の意図を認めず、産業秩序法案要綱も、本格的な法案化には至らなかった。当時の商工省は、単に戦前への回帰を図ったわけではないが、カルテル政策への信頼と競争政策への抵抗感を有したことはたしかである。そのため、商工協同組合法においても、内包した競争政策上の問題を看過してしまったのである³³。

たしかに、商工協同組合法の法案作成時には、独占禁止法の内容も明らかではなく、両者の調整は困難であったかもしれない。しかし、独占禁止法の内容が既に明らかになりつつあった1947年に入っても、商工省はこの問題に関心をもたなかった、あるいは理解を欠いていた。商工省は、1947年2月15日に「中小企業振興対策要綱」を発表するが、商工協同組合を組織化の手段として掲げ続け、商工協同組合と独占禁止法の関係に関する運用上の留意点にも何ら言及はなかったのである³⁴。

関連して、第四に、商工省は、組合の自由な意思をたびたび強調したが、それは大企業による組合支配や組合組織の肥大を招く危険性をも有していたことである。商工省は、第二次大戦前から、「営業の自由」の拡大を掲げ、強固なカルテル組織であった同業組合の解体等を目指してきた。しかし、商工省の意図は、あくまでもカルテルの国家管理であり、競争政策と整合的ではなかった。同様に、商工省の理解する「営業の自由」は、競争を基本とするものではなく、ときに独占やカルテルにつながる自由であったといえる³⁵。こうした商工省の「営業の自由」観は、恐らくは無意識だが、商工協同組合法案のなかにも組み込まれていた。上述した「自由意思というものが組合員のみのものである」という布利秋の言葉は、まさにこの問題を指摘したのである。

独占禁止法が制定されると商工協同組合法の改正問題が浮上したが、これについては稿を

改めて論じたい。

¹ 稲川宮雄「戦後日本の中小企業組織化」加藤誠一他編『組織問題と中小企業』同友館、1976年や通商産業省編『通商産業政策史 第3巻』通商産業調査会、1992年、626-635頁は、比較的多くの紙幅を割き商工協同組合を解説している。しかし、あくまでも1949年に制定された「中小企業等協同組合法」の前史としての扱いである。

² 1916年（大正5年）6月の農商務省次官通牒は、同業組合の価格協定を禁止しているが、同業組合が競争制限的なカルテル組織であることには変わりない。次官通牒の実効性に疑問があることに加え、当時は、価格の高低こそ問題になったが、談合等の競争制限的行為そのものが違法とされたわけではないためである。浅野敬一「戦後日本における競争政策と入札談合問題」『東京工業高等専門学校研究報告書』38(2)号、2007年、22-23頁。

³ もちろん、商工省のカルテル志向を単純に批判すべきではない。たとえば、橋本寿朗・武田靖人編『両大戦間期日本のカルテル』御茶の水書房、1985年他は、後発国等においては、競争制限的な産業組織政策が成長を促進する可能性があることを指摘する。

⁴ 稲川宮雄「戦前日本の中小企業組織化」加藤誠一他『組織問題と中小企業』47-52頁。

⁵ 「戦後中小商工業対策要綱」『日本経済新聞』1946年7月29日、1面、渡辺『戦後再建期の中小企業政策の形成と展開』78-81頁。

⁶ 戦時中に導入された組織化政策が、戦後も継承されたとの見解もある（たとえば、寺岡寛『中小企業政策の日本的構図』有斐閣、2000年、163頁。）。しかし、商工協同組合と商工組合との間には、やはり一定の断絶があるといえよう。一方、通商産業省編『通商産業政策史 第3巻』627頁は、「商工協同組合のなすべき事業内容は、戦時経済統制以前の商業組合・工業組合の事業にほぼ近似的であり、中小企業者の相互扶助に基づく自主的協同組合として想定されていた。」とする。しかし、共同施設という目的に共通点はあるが、実質的なカルテル組織という戦前組合制度の実態を勘案すれば、これも相当の違いに留意すべきである。

⁷ 商工省事務局商政課「商工協同組合法案逐条解説」1946年8月、1頁。

⁸ 商工省事務局商政課「商工協同組合法案に対する質疑予想事項及び答弁要旨」1946年8月。

- 9 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 12 回」(1946 年 9 月 26 日)、203 頁。
- 10 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 13 回」(1946 年 9 月 27 日)、214 頁。
- 11 「第 90 回帝国議会衆議院議事速記録第 48 号」(1946 年 9 月 28 日)、768 頁。
- 12 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 10 回」(1946 年 9 月 23 日)、144-45 頁。
- 13 「“業者共益”に基礎一商工協同組合法案近く提出」『日本経済新聞』1946 年 8 月 3 日、1 面。
- 14 「商工鉦の共同施設 指導、連絡には中央会 商工協同組合法案」『朝日新聞』1946 年 8 月 16 日、1 面。
- 15 「戦後中小商工業対策要綱」『日本経済新聞』1946 年 7 月 29 日、1 面、渡辺俊三『戦後再建期の中小企業政策の形成と展開』同友館、2003 年渡辺『戦後再建期の中小企業政策の形成と展開』78-81 頁。
- 16 通商産業省編『通商産業政策史 第 3 巻』628 頁。
- 17 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 12 回」(1946 年 9 月 26 日)、189 頁。
- 18 「商工協同組合法案に対する質疑予想事項及び答弁要旨」。
- 19 「産業再建の一般方針」(1946 年 9 月 28 日) 中北他編『経済復興運動資料 第 10 巻 政党・経済団体・ほか』所収。
- 20 「商工協同組合法案に対する質疑予想事項及び答弁要旨」。なお、都道府県が商工協同組合の施設に助成する場合もあった。たとえば、東京都は、1946 年 11 月に、東京都中小商工業者共同施設助成規程を定めている。
- 21 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 12 回」(1946 年 9 月 26 日)、189 頁。
- 22 「第 90 回帝国議会衆議院議事速記録第 44 号」(1946 年 9 月 12 日)、716 頁。
- 23 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 10 回」(1946 年 9 月 23 日)、148、152 頁。
- 24 「商工協同組合法案に対する質疑予想事項及び答弁要旨」。
- 25 「第 90 回帝国議会衆議院議事速記録第 44

号」(1946 年 9 月 12 日)、716 頁。

26 「経済の民主化というものに対して、大企業が存在というものは少しも矛盾するものではない」という水谷の反論のほうが、大企業と中小企業の関係に対する妥当な認識である。

「第 90 回帝国議会議事録予算委員会議事録第 5 回」(1946 年 7 月 31 日)、62 頁。

27 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 12 回」(1946 年 9 月 26 日)、188 頁。

28 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 12 回」(1946 年 9 月 26 日)、192 頁。

29 「第 90 回帝国議会衆議院臨時物資需給調整法案委員会議録第 12 回」(1946 年 9 月 26 日)、193 頁。

30 「協同組合基本方針決まる一商工中央会で発表一」『日本経済新聞』1947 年 1 月 21 日、1 面。

31 「商工協同組合法案に対する質疑予想事項及び答弁要旨」。

32 通商産業省編『通商産業政策史 第 3 巻』629 頁。

33 五百旗頭真は、競争政策は、戦後改革の中でも最も自発的改革が進まず、「外圧」に依存したと指摘している。五百旗頭真『戦争・占領・講和 1941～1955』中央公論新社、2001 年、336 頁他。

34 商工省「中小企業振興対策要綱」1947 年 2 月 14 日。

35 藤田貞一郎「近代日本中小企業政策史研究の欠落点」『市場史研究』22 号(2002 年 11 月)、151 頁他は、戦前の商工省が、「「営業の自由」を大日本帝国憲法 22 条に基き、個人の自由の原理の範疇で理解し、経済政策上の公序の原理で理解することはなかった。」と指摘している。こうした商工省の考え方は、競争政策への抵抗感とともに、一定程度戦後に引き継がれたのではないだろうか。

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

東京高専の低学年の部活動と成績に関する一考察

古屋正俊*, 和多野大**, 半田常之***

The relationship between club activities and grade among the lower grades at Tokyo National College of Technology (TNCT)

Masatoshi FURUYA, Dai WATANO and Tuneyuki HANNA

The purpose of this examination is that to understand about the present condition of club activities in (TNCT) and to collect basic data to consider the measures for supporting club activities from now on. In order to achieve this purpose, the data has been collected from the lower grades and which is related to the awareness of students for club activities and the grade situation

An objects: Freshman (212 students) / Sophomore (224 students)

An available answer: 413 students (94.5%)

The time: July 2010

The measure: Practicing an examination in PE class

(Keywords: Club Activities, Awareness, Grade Situation)

1、はじめに

部活動の教育的意義は、授業や学校行事などでは得られない貴重な経験ができ、学生の自主性、協調性、責任感、連帯感などを育成するとともに、部員同士が同じ目標に向かって取り組むことで、豊かな人間関係を築くなど、心身ともに健全な育成を図ることができる大変有意義な教育活動として評価されている。¹⁾

学校現場においては、①個性・能力の伸長、②好ましい人間関係の形成、③責任感・連帯感の涵養、④心身の健全育成、⑤生涯学習の基礎づくり、⑥適性・興味・関心の追求、⑦所属意識や愛校心の醸成など、部活動がもたらす教育力（部活力）への期待は大きい。

ところが、学校現場において、部活を学校の教育活動の一環とする明確な法的根拠はこれまでなく、法的に学校現場の軸足の定まらない状況の中で、部活指導は行われてきた。²⁾ 高専もその設置基準に部活動等の課外活動に関する規定はなく、他の学校現場と同様に、高専の部活顧問は職務と

しての法的根拠が曖昧なまま、教育、研究、学内校務、学生指導、生活指導、地域連携・社会貢献活動等とともに、部活指導を行ってきている。

平成19年4月より東京都では、部活動は教育活動の一環として、部活動の指導業務を校務分掌として認定した。³⁾ 文科省の平成20年3月告示の中学校学習指導要領、平成21年3月告示の高等学校学習指導要領でも、部活動は、教育課程との関連により行われる学校教育の一環として明確に位置づけられるようになった。高専においても、学位授与機構の高等専門学校評価基準（機関別認証評価）の学生支援等の評価項目の中で、「学生の部活動、サークル活動、自治会活動等の課外活動に対する支援体制が整備され、適切な責任体制の下に機能しているか」と明記されている。⁴⁾

法的な裏づけを得て、学校現場では部活動の教育的意義がますます重要視され、部活動活性化のための新たに部活指導ハンドブック等も作成されている。⁵⁾ 高専においても部活動を「教育活動の一環」として、顧問の役割も校務分掌として明

* 一般教育科（人文社会） ** 一般教育科非常勤講師（人文社会）

*** 一般教育科非常勤講師（人文社会）

確に位置づけ、学校の教育目標のもと、年間を通して学校の教育活動全体の中で、部活の運営や生活・技術指導等に携わり、「部活力」をより積極的に引き出す方策を検討すべき時期にきている。

本研究は、東京高専の部活動の現状を理解し、今後の部活動支援のあり方を検討するための基礎資料を得ることを目的に、東京高専の低学年を対象として、部活動に関する学生の意識と成績状況との関連を調査したものである。

調査対象：1年生（212人）

：2年生（224人）

有効回答：413人（94.5%）

調査時期：平成22年7月下旬

調査方法：体育の授業時に記名調査を実施し、成績データを加筆した

2、低学年の部活動の現状と意識

東京高専の部活とは、平成22年度に学生会所属団体となっている団体（ロボコンゼミ等を含む）である（表1）。1、2年生の部活所属率は63.2%（重複所属者を含む：運動系31.9%、文科系35.1%）、いずれにも所属していない未所属は36.8%。学年別では1年生のほうが2年生より運動系に所属する割合が高い。平成18年度の都立高校の部活所属率74.6%（運動系49.4%、文科系25.2%）と比較すると、都立高校より本校の所属率は低いが、その内訳は文科系の所属率は都立より高く、運動系は低くなっている。⁶⁾ 部活に入部したきっかけは、運動系、文科系ともに「活動内容や練習回数」がもっとも大きな判断材料となっている。運動系では「体力アップ」や「部活の雰囲気」「中学の経験」も上位に入っている。文科系では「同級生の勧誘」や「新たな部活への好奇心」が上位となっている（表2）。

部活動を継続する上で気になっている点は、運動系、文科系ともに「勉強時間の確保」「成績の低下」を最も気にしており、「部員不足」や「疲労感」も部活動の共通の悩みとなっている。また「指導者」や「施設用具」「学校の支援不足」等、部活に対する学校側への要望も多い。「練習時間の不足」も気になっており、「通学時間」の影響も大きく、「活動内容」や「人間関係」など、部活動を継続する上で、様々な悩みを抱えている（表3）。

東京高専の部活動全体の印象は、1、2年生の約4割の学生が不活発（活発は約3割）と感じている。活発でない理由のトップとして、「学生のや

表1 学生会所属団体（1，2年）

	団体名	人数
運動系	陸上	18
	水泳	9
	野球	10
	サッカー	9
	ハンドボール	8
	バスケットボール	24
	バレーボール	2
	卓球	5
	バドミントン	5
	テニス	12
	ソフトテニス	6
	柔道	4
	剣道	5
	空手	1
	少林寺	2
	女子バスケット同好会	3
フットサル同好会	9	
軟式野球同好会	0	
	132人	
文科系	自動車	8
	写真	3
	吹奏楽	10
	軽音楽	37
	茶道華道	3
	美術	9
	科学	5
	ESS同好会	0
	まんが同好会	9
	手話	2
	将棋	4
	S P C同好会	15
	ジャグリング同好会	10
	器楽同好会	0
	演劇同好会	1
※ロボコンゼミ等	29	
	145人	

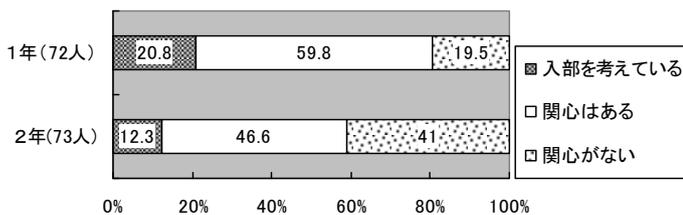
表2 入部したきっかけ（人）

順位	運動系	文科系
1	活動内容・練習回数 (53)	活動内容・練習回数(80)
2	自分の体力・能力アップ (43)	同級生の勧誘 (33)
3	部活の雰囲気 (43)	新たな部活への好奇心 (32)
4	中学でやっていた (27)	部活の雰囲気 (32)
5	先輩の勧誘 (26)	自分の体力・能力アップ (24)
6	同級生の勧誘 (19)	中学でやっていた (20)
7	新たな部活への好奇心 (18)	施設用具 (14)
8	活動レベル (14)	部活動紹介 (12)
9	部活動紹介 (9)	先輩の勧誘 (12)
10	対外活動状況 (9)	活動レベル (5)

る気不足」をあげている。次いで「宿題・レポートの負担」「部活を重視しない校風」「無関心な学生気質」となっている。部活を取り巻く2次的な要因が、活発化の阻害要因として上位を独占した。次いで「部員不足」「活動時間の不足」「体力・能力不足」「大会の参加機会の不足」「指導者不足」など、部活動の質を左右する直接的な要因の順となっている(表4)。

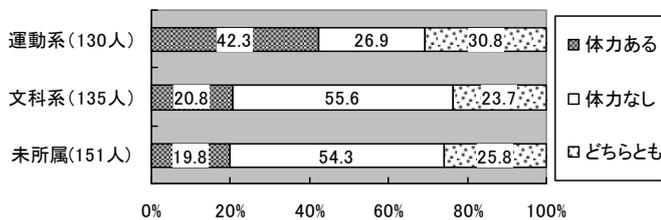
今回の7月の調査時点で、前期末試験終了後に具体的に部活への入部を考えている未所属学生(1、2年生)は24名いることが分かった。1年生の未所属者の8割が部活になんらかの関心を示しているが、2年生では部活への関心が急速に低下し、無関心派が約4割に倍増している。1年生に対しては部活への潜在的ニーズが高いので、入部環境さえ整えれば、部活所属率の向上は期待できそうである(図1)。

図1 未所属者の部活動への関心



部活の所属別に、学生たちの意識をみると、体力の自己評価が高いのは、やはり運動系が突出しており、運動系の部活所属者の約4割が体力に自信を持っている(図2)。

図2 体力の自己評価



また学校生活で達成感や充実感を感じる機会は、未所属学生より運動系や文科系の部活動に所属している学生のほうが多い傾向にあり、部活所属者の6割近くが達成感や充実感を実感している。部活学生は、表3、4に示すように、様々な悩みや課題に直面しながらも、部活体験を通して達成感や充実感を味わう機会は、未所属の学生より多い

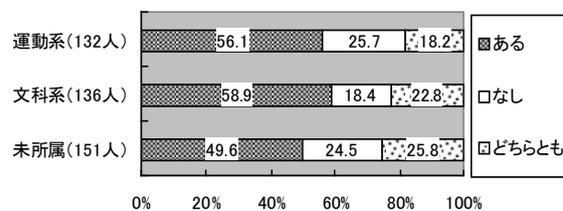
表3 部活動を継続する上で気になる点(人)

順位	運動系	文科系
1	勉強時間の確保 (71)	勉強時間の確保 (59)
2	成績の低下 (55)	成績の低下 (40)
3	疲労感 (48)	部員不足 (31)
4	部員不足 (33)	疲労感 (26)
5	指導者不足 (23)	施設や用具の不備 (22)
6	部活内の人間関係 (22)	学校の支援不足 (19)
7	学校の支援不足 (20)	練習や活動内容 (21)
8	通学時間 (20)	通学時間 (19)
9	練習や活動内容 (18)	練習時間の不足 (17)
10	練習時間の不足 (17)	部活内の人間関係 (15)

表4 部活動が活発でない理由(人)

順位	1,2年生全体
1	学生のやる気不足 (67)
2	宿題レポートの負担 (65)
3	部活を重視しない校風 (50)
4	部活に無関心な学生気質 (46)
5	部員の不足 (42)
6	活動時間の不足 (38)
7	学生の体力・能力の不足 (36)
8	大会の参加機会の不足 (32)
9	指導者の不足 (31)
10	通学時間 (25)

図3 達成感や充実感

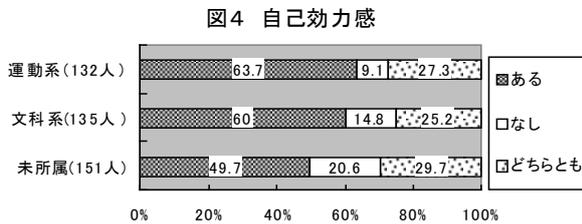


といえる(図3)。

「自分ならできる」といったセルフイメージを自己効力感という。自己効力感が高いと、行動を起こす時に「自分でもできそうだ」と考え、より

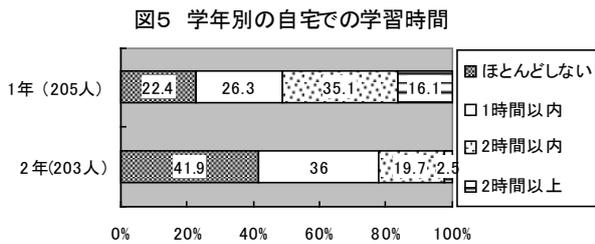
積極性が出て成功感や達成感を味わう機会が増え、そのポジティブなスパイラルの中で、さらに自己効力感が高められるという。⁷⁾

図4は部活所属別に自己効力感の違いをみたものである。「自分でもできそうだ」「どうにかなりそうだ」といった意識はどの程度ありますか?といった設問に5段階で回答を得たものである。簡易な設問ではあるが、「自分でもできそうだ」といった自己効力感では運動系が最も高く、次いで文科系となった。達成感や充実感と同様に、自己効力感においても未所属の学生より高い傾向にあり、部活所属学生のポジティブな学校生活が読み取れる。



3、部活動と成績の関係

自宅学習については、1年生では1時間以上勉強している学生は約5割。しかし、2年生では1時間以上勉強している学生は2割に急減している。前期末試験直前に実施した調査にもかかわらず、1年生で自宅学習を「ほとんどしない」学生が2割、2年生では倍増し4割を超えていることに驚かされる。(図5)。



部活を継続する上で「勉強時間の確保」が運動系、文科系共通の最大の悩みとなっていたが、自宅学習時間について部活所属別で比較すると、運動系で自宅学習を「ほとんどしない」学生が4割と突出している(図6)。

GPA (Grade Point Average: 学業平均値) でみると、前期中間試験では部活所属別にほとんど差はみられなかった(図7)。前期中間試験と比較すると前期末試験では全体的に GPA 下位グループ(2.4以下)の割合が減少し、成績の底上げ傾向が読み

取れる。前期末試験では、運動系、文科系ともに GPA 中位グループ(3.4-2.5)の比率が増加し、上位、下位グループの比率が減少しているのに対し、未所属では GPA 上位グループの比率が相対的に増加している(図8)。

図9は、前期末試験結果のクラス順位を成績上位グループ(15番以内)、中位グループ(16番~30番)、下位グループ(31番以降)の3段階に分けて、部活所属別に比較したものである。運動系と文科系の各成績グループの比率は同程度であったが、未所属学生においては成績上位グループの学生の比率(46.7%)が突出して多くなっている。

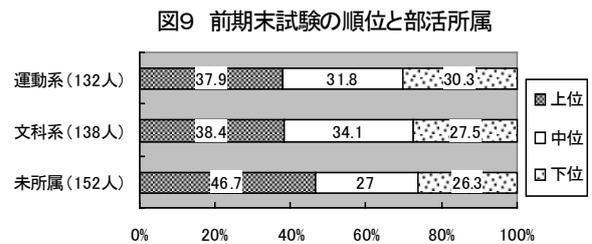
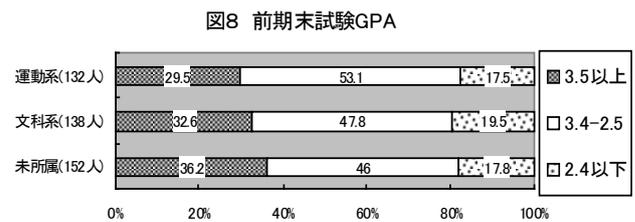
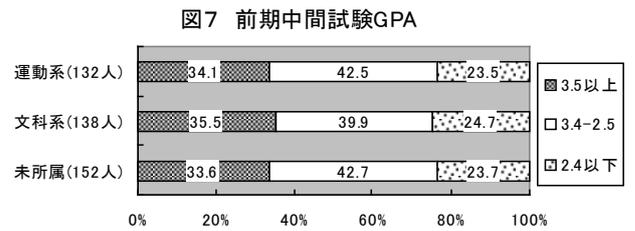
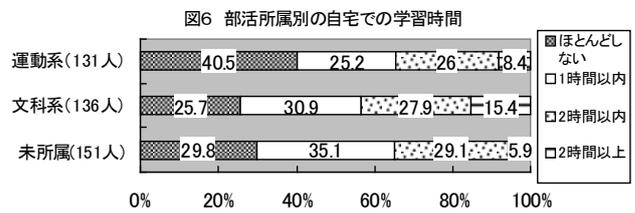


図10は、前期中間試験のクラス順位と前期末試験のクラス順位の変化(差)で、上昇組(+4以上)、変化なし組(±3以内)、低下組(-4以下)の3段階にグループ化し、各グループで部活所属の比率を比較したものである。順位の上昇組では未所属学生(39.6%)が占める比率が最も多く、一方、運動系(26.4%)の比率が最も少なくなっていた。しかし、順位の下降組では、運動系、文科系、未所属ともにほぼ3割強と同程度の比率で、成績上昇組ほどの顕著な差はみられなかった。

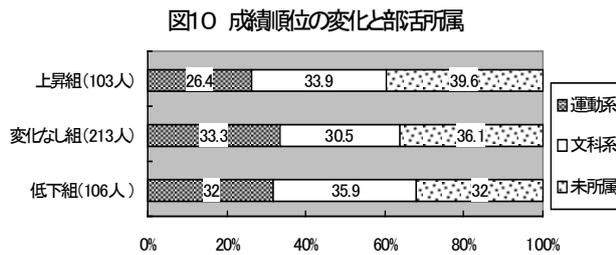


図11は、前期中間試験と前期末試験の順位差を自宅学習時間との関連でみたものである。自宅学習を「ほとんどしない」学生の比率は順位低下組で最も多く、逆に、順位上昇組で最も少なくなっている。自宅学習の時間量の差が成績順位に直接影響していることがよく分かる。この傾向は2年生では特に顕著にみられる。

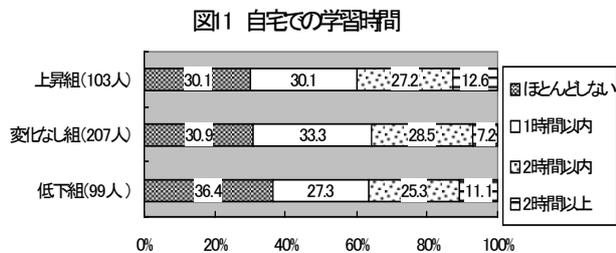
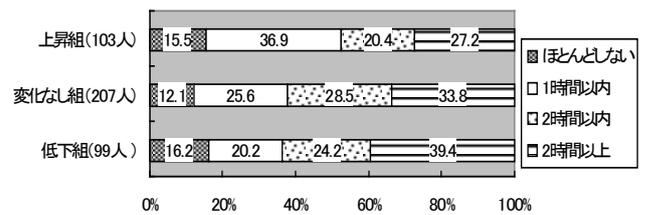


図12は、同様の順位変化をパソコンやゲーム機・携帯電話の使用時間との関連でみたものである。成績順位の上昇組は5割強の学生が1時間以内の使用と回答している。一方で、低下組は約4割の学生がパソコンやゲーム機・携帯電話に2時間以上の時間を費やしており、3時間以上と回答した学生も2割を超えている。パソコンやゲーム機・携帯電話の使用時間が増加するほど、成績順位が低下する傾向が明らかに読み取れる。テレビ視聴時間と成績順位との関連も認められるが、パソコン等の使用時間ほどの顕著な差はなかった。

図12 PCやゲーム機・携帯電話の使用時間



4、まとめ

本研究は、東京高専の部活動の現状を理解し、今後の部活動支援のあり方を検討するための基礎資料を得ることを目的に、東京高専の低学年を対象として、部活動に関する学生の意識と成績状況との関連を調査した。

低学年の部活所属率は63%で、残りの37%が未所属である。東京高専の部活動を「活発でない」とする学生は4割。その理由として、東京高専固有の「学生気質や校風」が部活動にマイナスに作用していると感じている学生が多い。部活に所属している学生は、様々な悩みや課題に直面しながら部活を継続しており、その共通する悩みは「勉強時間の確保」「成績の低下」「部員不足」「疲労感」であった。しかし、部活学生は、未所属学生に比較して達成感や充実感を得る機会は多く、自己効力感も高い傾向にあり、部活動や学校生活にポジティブに取り組んでいる様子が見られる。

勉強面に関しては、全体としては、自宅学習時間が少ない学生ほど、成績の低下傾向が顕著であった。またパソコンやゲーム機・携帯電話の使用時間も、成績下位グループほど使用時間が多く、勉強に集中できない大きな要因となっていることが分かった。

部活と成績との関係でみると、成績上位グループでは、未所属学生の占める比率が運動系学生より多く、運動系学生の見劣りが確かに目立つ。成績上位グループでの運動系の落ち込みは、運動系の学生の4割が、自宅での学習時間は「ほとんどしない」ことも大きな原因といえる。しかし、成績下位グループでは、部活所属(運動系、文科系、未所属)による比率の差はあまりなかった。

運動系、文科系ともに部活学生に共通する悩みは「勉強時間の確保」と「成績の低下」であった。勉強の必要性は十分認識しているが、特に運動系においては部活動と勉強時間の両立は厳しそうである。調査を実施した7月は、運動系クラブでは地区大会や全国大会に向けて年間で最も部活動に

集中する時期であり、この時期特有の練習環境も、学習時間の確保を難しくしていると思える。

前述したように部活動は、①個性・能力の伸長、②好ましい人間関係の形成、③責任感・連帯感の涵養、④心身の健全育成、⑤生涯学習の基礎づくり、⑥適性・興味・関心の追求、⑦所属意識や愛校心の醸成など、教室だけでは得がたい教育力（部活力）を内在している。

こうした部活力（本校学生が部活を通して伸ばすことのできる潜在力）を十分に引き出し、本校の教育活動に反映させるためには、学校側もさらに一歩踏み込んで、部活を教育活動の一環として明確に位置づけ、その部活力の教育的意義を再認識し、学生に部活動を積極的に奨励し、部活環境の一層の充実を図るべきである。本校が育成すべき「実践的開発型技術者」は、部活力を備えることにより、さらにパワーアップする可能性を秘めている。

参考文献

- 1) 「部活動振興基本計画—運動部活動振興に向けて—」東京都教育庁指導部指導企画課
2007.3
- 2) 文教科科学委員会調査室 関喜比古 「問われている部活動の在り方-新学習指導要領における部活動の位置付け-」立法と調査
2009.7 No.294
- 3) 「都立学校の管理運営に関する規則の一部を改正する規則の制定について」東京都教育庁報道発表資料 2006.7
- 4) 「高等専門学校評価基準(機関別認証評価) 付選択的評価事項」 独立行政法人・大学評価・学位授与機構 2010.3改定
- 5) 「部活動指導ハンドブック」 神奈川県教育委員会 2009.9
- 6) 2006年度 都立高校「部活動実施状況調査の結果」
- 7) 「自己調整学習の指導—学習スキルと自己効力感を高める」、バリー. J. ジーマーマン 北大路書房 2008

(平成22年9月24日 受理)

進路指導に重点を置いたホームルーム運営の試み

堤 博貴*, 相澤俊行**

The Trial of Homeroom Management That Focused on the Career Guidance

Hiroataka TSUTSUMI and Toshiyuki AIZAWA

I have conducted homeroom management that focused on the career guidance for the past year. I will report on my trial to make an effective combination between the long homeroom and the career guidance. First, students interests were investigated by counselling and then, the year-long homeroom management plan was set up. Visiting companies around the school seemed to make them aware of the real manufacturing and engineering in the future. A questionnaire was also conducted and the response from the students was positive toward the trial.

Keywords: Homeroom, Course guidance

1. はじめに

近年、工学教育現場における実践的技術者育成の試み、教育の質の向上はとどまるところを知らない。大学工学部や高等専門学校においては JABEE 認定システム¹⁾を導入するなどより定量的な評価システムを目指す一方で、PBL 教育をはじめとして実践的な教育法も見受けられる。大学、高専問わず学生の将来像を見据えた教育が求められているのが実情である。

一方、進路について考えてみると、高専の就職は依然として就職率 100%²⁾を維持してはいるものの、多くの大学が編入希望者へ門戸を開いたこと、さらには各高専における専攻科設置などにより、近年、進学者が増加している。筆者が勤務する東京高専において、かつては進学希望者が 10%程度であったが、近年 40%に迫る規模に増加した。こうした、進路の多様化に対して、学生らがどのような進路を選択するのかを十分把握することが急務といえ、筆者も進路に関して学生らや父兄などからたびたび相談を受けることがあった。東京高専では、工場見学、研修旅行、研究旅行、インターンシップ、産学共同研究などを積極的に推進しており、これらの行事を通じて学生らが社会を知る機会に恵まれている。しかしながら、学生と社会との隔たりは依然として存在し、就職や進学に際して十分な意識づけがなされていない学生も散見される。高専 4 年生になれば、否応なく進路について考えなければならないが、低・中学年においても会社や大学についての基本情報を得ることが重要ではないかと思われる。

他方、ホームルーム運営については本校に限らず様々な意見があり、運営方法を充実させることは低学年指導における命題といえる。ホームルームがインフォメーションや学生と教員のコミュニケーションの場であるのみならず、進路指導の場として運営されることも提唱されている^{3)~6)}。

幸いにも筆者は 2008 年度に機械工学科 3 年生の担任をすることとなり、必然的に同クラスのホームルーム運営を任されることとなった。そこで、進路指導とホームルーム運営を有機的に結合し、進路指導に重点を置いたホームルーム運営を試みたので報告する。

2. ホームルームの概略と進路について

2.1 ホームルームの概要

2008 年度における東京高専の時間割ではホームルームが木曜日午後の 5 時間目に 45 分の 1 時限として設けられている。対象となる学生は本科の 1 年生から 3 年生である。通常は学生らへの週一回のインフォメーションとコミュニケーションの場として運営されている。

2.2 東京高専における進路状況について

表 1 は東京高専機械工学科における進路状況を示したものである。卒業生 39 名に対して、就職 14 名、大学進学 12 名、高専専攻科進学 8 名となっている。近年では、首都圏の大学および高専の専攻科への進学が増加の傾向にある。なお、就職先企業のうちの 6 社、大

* 東京工業高等専門学校 機械工学科 ** 東京工業高等専門学校 一般科

学のうち2校は東京高専とはインターンシップなどで関係のある企業・大学であり、企業研修が進路に大きく反映しているようである。

2.3 学生らの関心事について

クラスの学生らとの面談を通じて、どのような分野に興味をもっており、また将来どのような職業に関心があるかを調べた。その結果を表2に示す。個人のプライバシーに触れるため具体的な数字は明らかにできないが、多い順番から、自動車、航空機、バイク、ロ

表1 東京高専 機械工学科の2008年度進路状況

進路	人数
就職	14
大学編入	12
高専専攻科	8
公務員, 専門学校, その他	5
合計	39

表2 学生らの関心事

学生らの関心事項

自動車, 航空機, バイク, ロボット, 自転車, エンジン, F1などレースカー, アミューズメント, インターネット, TVゲーム, 福祉関連技術, バイオ関連技術, ナノテクなど精密機械

ボット, 自転車となっており, 機械工学科であることを大いに反映する結果となった。なかでも自動車については多くの学生から関心の声によせられた。将来の職業に関すること以外にも, 自分の進路の関心事項として大学進学をあげる学生が多数見受けられた。

3. 進路指導に重点を置いたホームルーム運営方法について

3.1 OBによる講演会の実施

進路指導に重点を置いたホームルームの実施方法としては, まず, 前述のようなホームルームを活用して本校のOBらによる講演を実施した。表3はその実施一覧を示したものである。1年間において合計7回の講演を実施しており, 一回の講演は30分から1時間とした。内容が偏らないようにできるだけ学校内外から様々なOBに講演をお願いした。図1は卒業生による講演の様子である。講演はいずれもプロジェクタとパ



図1 OBによる講演の様子

表3 OBおよび上級生らによる講演の実施内容一覧

回	実施日	講演者の所属	講演内容
1	5/22	N株式会社 (工作機械関連)	会社の紹介, 業務内容の紹介 製品の製作事例紹介
2	6/19	K株式会社 (建設機械関連)	会社の紹介, 業務内容の紹介 製品の製作事例紹介
3	6/26	東京高専 専攻科1年生	高学年や専攻科における授業と学生生活(工学実験, 企業研修など) の説明, 卒業研究の説明
4	6/26	東京高専5年生	大学推薦入試の取り組み方法, 卒業研究の説明
5	7/17	東京高専5年生	大学の受験と卒業研究説明
6	12/19	学級担任	高専生活, 大学生生活
7	1/29	T株式会社 (繊維関連)	企業における失敗例とそれに学ぶことに関する講演会
8	2/26	東京高専5年生	大学受験のアドバイス, 英語・数学・物理などの勉強方法, 取り組み

ソコンを用い、プレゼンテーション用ソフトとしてはマイクロソフト社製のパワーポイント 2007 を用いた。

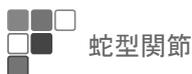
(図 3, 図 4) プレゼンテーションは文章や写真のほか動画を用了。

3.2 OB (メーカー勤務) による講演

表 3 に卒業生による講演の実施内容一覧を示す。第 1, 2 回では、いずれもメーカーに勤務する OB による

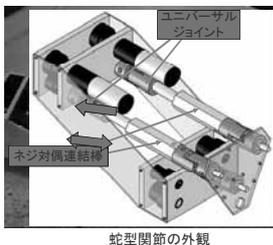


図 2 上級生による講演の様子



モータの回転で
ネジ対偶連結棒が
伸縮する

連結棒の伸縮する
方向によって
関節の向きが
変化する



蛇型関節の外観

図 3 本校上級生が説明に用いたプレゼンテーションシート (卒業研究に関する説明)

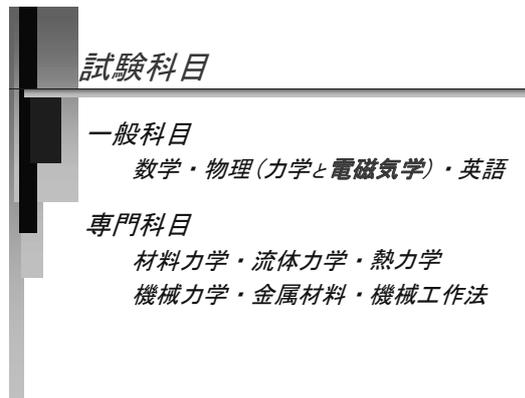


図 4 上級生が説明に用いたプレゼンテーションシート (大学編入のための勉強法)

講演である。本校の OB がどのような職場で、どのような仕事に携わっているかを知ることを目的としている。講演内容としては、会社の紹介、業務内容の紹介、製品の製作事例紹介である。OB にとっては進路ガイドダンスであるとともに、同社への関心を持ってもらうことも目的としている。質疑応答の時間を設けたところ、学生からは仕事のやりがいや社内の様子について活発な質問があった。

第 7 回では、企業関係者 (本校 OB ではない) による企業での失敗経験談に関する講演を実施した。これは会社の現場での苦労や体験談を中心にしたもので、失敗から学ぶことがいかに大切であるかについて講演していただいた。

3.3 上級生による講演

第 3 回では、東京高専の専攻科生による講演を実施した。ここでは、現在の上級生の学生生活、今後学校で学習する内容、専門教科の概要や現在取り組んでいる研究内容について講演をしてもらった。

第 4, 5, 8 回では、東京高専の 5 年生による講演である。彼らはいずれも大学への編入学試験を経験した学生であり、どうしてその大学を希望したのか? その大学受験に際しての勉強方法、心構え、今から準備しておくべきことについて講演を実施した。近年、大学への編入学が盛んになる一方で、その勉強方法や大学の選び方についてアドバイスをしてほしいという本校保護者の要望にこたえる形で実現したものである。特に第 8 回では具体的な科目をあげて、どのような参考書を選ぶとよいか、また、教科ごとの勉強方法についてもアドバイスをしてもらった。

3.4 保護者への報告と情報交換

保護者会を計 2 回開き、その都度、学科における進路状況、さらにクラス内の取り組みについてプレゼンテーション形式で説明した。また、質疑応答の時間を設けて、特に進路指導に関する情報交換の場を設けた。表 3 の講演のなかには保護者からの強い要望により実現したものもあり、上級生による大学進学のための勉強方法、心構え、勉強すべき分野などについての講演はその典型例と考えられる。このように、保護者会での意見交換をすることで、保護者の要望に答えるのみならず、ホームルーム運営の課題を見つける手掛かりとなることもありえる。

3.5 工場見学と研修旅行

東京高専の 3 年生は工場見学と研修旅行の 2 つの行

表 4 見学企業一覧

実施日	工場見学先	実施内容
9/24	M 株式会社（航空関連，愛知県）	DVD などによる会社概要紹介 大型機械工場の見学 従業員（東京高専 OB 4 名を含む）との質疑応答，懇談
9/26	B 株式会社（アミューズメント，静岡市）	製品の紹介，開発の概要紹介 設計現場の見学，生産工場の見学 従業員との質疑応答
11/13	D 株式会社（製缶メーカー，相模原市）	会社概要説明，製品の紹介，開発概要紹介 製缶工場の見学 従業員（東京高専 OB1 名を含む）との質疑応答，懇談
11/13	M 株式会社（重工，相模原市）	DVD などによる会社概要紹介 大型機械工場の見学 従業員（東京高専 OB1 名を含む）との質疑応答，懇談



図 5 工場見学の様子（（株）バンダイ）

事で計 4 社の企業を訪問する機会がある。見学先は担任教員の提案をもとにホームルームで学生らと相談しながら決定している。表 4 は工場見学先および研修旅行先企業の一覧である。訪問したのは相模原地区の 2 社と名古屋，静岡地区の 2 社である。工場見学に際して訪問先企業にあらかじめ相談して，可能な限り本校の OB と懇談させていただけるようお願いした。その結果，3 社で本校 OB と懇談する機会を持つことができ，OB の立場から率直な意見をいただくことができた。学生にとってもよい機会に恵まれたのではないかとと思われる。

3.6 学生らの反応

図 6 は進路指導に重点を置いたホームルーム運営について学生らにアンケート結果である。各項目について，1~5 の 5 段階評価で評価してもらった。いずれの項目についても評価は平均以上であり，総合平均値は

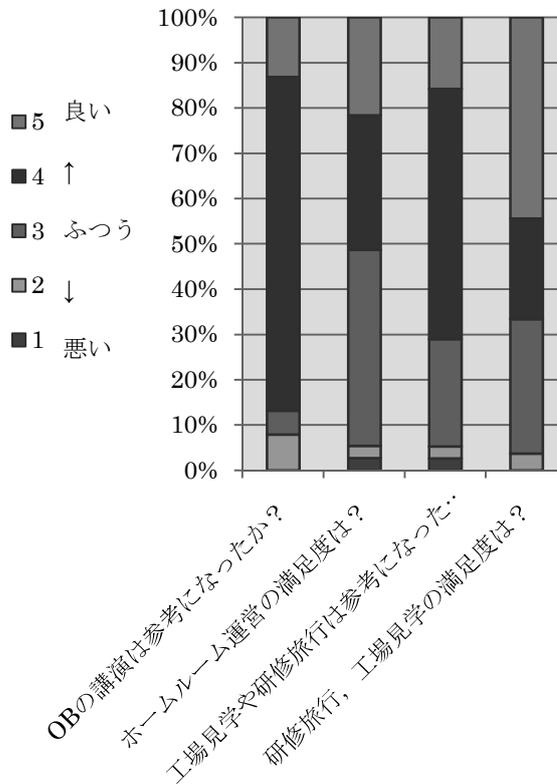


図 6 学生へのアンケート結果

3.86 であり，比較的良好な評価を得た。特に OB による講演が参考になったかの質問に対しては，約 90% の学生が参考になったと答えており，学生らの進路選択の参考になったと考えられる。

4. おわりに

進路指導とホームルーム運営を有機的に結合し，進路指導に重点を置いたホームルーム運営を試みた。学

生からの反応は良好であり、卒業生や上級生の講演や工場見学との結びつきを強めることで、学生らの進路に関する意識を高めることができたのではないかと思われる。

参考文献

- 1) 田中慎也：国家戦略としての「大学英語」教育，三修社，1999，p18
- 2) 佐々木章太：なぜ高専は就職率 100%なの？，文芸社，2006，p20
- 3) 吉田辰雄：進路指導の理論と実践，日本文化科学社，1988，p112
- 4) 篠翰：路指導・キャリア教育の理論と実践，2007，p240
- 5) 関 岫一ほか：教育心理学の理論と実践，日本文化科学社，1997，p61
- 6) 福地守作：キャリア教育の理論と実践，玉川大学出版部，1995，p31

(平成 22 年 6 月 1 日 受理)

風車用翼型として用いられる 2 種類の厚翼の 流体力学的特性評価と失速制御の一方法

齊藤純夫*, 山科貴裕**

Evaluation of Aerodynamic Characteristics of Two Different Thick Blades
Used as Wind Turbine Airfoils and One Trial of Stall Control

Sumio SAITO and Takahiro YAMASHINA

Wind turbines with propeller-type rotors on a horizontal axis employ turbine blades, the thickness ratio of which is small at the blade tip (thin blade) and is large at the blade root (thick blade), to effectively catch aerodynamic forces commonly represented by lift and drag determined by blade rotational direction and wind flow on the area across the blade from the tip to the root. The previous paper focused on small wind turbines, the Reynolds number of which is an order of magnitude smaller than that of actual middle or large wind turbines. As a first step in optimizing the airfoil shape along the entire section of wind turbine blades, the paper employed the typical airfoil shapes of actual thin and thick wind turbine blades to study their basic aerodynamic characteristics and flow conditions around the blades at different angles of attack, including those before and after stalls. However, blades with the same thickness ratio may have different airfoil shapes according to the manufacturer and produce different flow conditions at the same angle of attack, indicating different blade characteristics. This paper employs two different thick blades having airfoil shapes that likely affect aerodynamic characteristics and divides the aerodynamic characteristic curve of each blade into three regions. Thus, it examines the effect of blade surface roughness on the characteristics in connection with the flow conditions around the blades. This paper also proposes a stall control method that controls flow around blades by placing a cylindrical rod in front of them to improve the stall characteristics.

Key Words : Wind Turbine Blade, Thick Blade, Aerodynamic Characteristics, Pressure Distribution, Flow Visualization, Stall Control

1. 緒言

実際の大型プロペラ形水平軸風車においては、翼先端部では厚み比 δ (翼弦長 C に対する翼最大厚み T の比) の小さい薄翼が、また、翼根部では厚み比の大きい厚翼が用いられている。風力発電システムに関しては、システム全体の最適化のため、風車出力および発電機回転数の制御方式が採用され^{(1)~(4)}、さらに風車翼全体の翼構成においては、翼の各部位における翼型の流体力学的特性の向上を図ることが重要な課題として認識されている。

前報⁽⁵⁾では、実際の中大型風車より 1 桁レイノルズ数の小さい小型風車に焦点をあて、風車翼全体についての翼型構成の最適化を図るための第一段階として、実際の風車翼に適用されている薄翼と厚翼の代表的な翼型を選択し、失速前後を含む迎え角における基本的な流体力学的特性と翼周りの流動状態について検討を加えた。

その結果、薄翼は迎え角の変化に伴い、一度の失速を起こすのに対し、厚翼は二度失速を起こし、

その失速現象は、翼前縁部から翼の最大厚みとなる付近までの両翼型の幾何学的形状の違いが、翼周りの流れ状態に大きく影響していることを明らかにした。

しかしながら、同じ厚み比を持つ翼であっても、翼型形状は各メーカーの機種ごとに異なるため、同じ迎え角状態であっても翼周りの流れ状態に違いが現れ、その結果、翼特性が異なることが予想される。

また、種々の翼型の形状が流体力学的特性に及ぼす影響について多くの報告^{(6)~(9)}が公表されているが、多くはレイノルズ数の大きい場合の結果が主で、低レイノルズ数状態で行ったデータは少ない⁽¹⁰⁾。さらに、翼面の粗さによる流体力学的特性の変化も示されてはいるものの⁽¹¹⁾、翼周りの流れとの関連については十分に明らかにされてはいない。

そこで、本報では、流体力学的特性に翼型形状の影響が現れやすい 2 種類の厚翼を対象に、前報

(5) で提示したように流体力学的特性曲線の変化の過程を領域ごとに分類し、翼面粗さの違いが特性に及ぼす影響についても翼周りの流動状態と関連させて検討を加えた。

さらに、失速制御の一つの方法として、翼前方に設置した円柱棒により翼周りの流れを制御し、それによる失速現象改善の提案も行う。

2. おもな記号

A : 翼の代表面積 $= 3.58 \times 10^2 \text{ [m}^2\text{]}$

C : 翼弦長 [mm]

C_L : 揚力係数 $= L / \left(\frac{1}{2} \rho U_\infty^2 A \right)$

C_D : 抗力係数 $= D / \left(\frac{1}{2} \rho U_\infty^2 A \right)$

C_p : 圧力係数 $= P_s / \left(\frac{1}{2} \rho U_\infty^2 \right)$

D : 抗力 [N]

L : 揚力 [N]

P_s : 静圧 [Pa]

Re : レイノルズ数

T : 翼最大厚み [mm]

U_∞ : 流速 [m/s]

x : 翼前縁からの距離 [mm]

α : 迎え角 $[\text{°}]$

δ : 厚み比 $= T/C$

ρ : 空気の密度 $\text{[kg/m}^3\text{]}$

3. 供試翼型と実験装置

3・1 供試翼型 前報⁽⁵⁾で厚翼として選定した翼型は、オランダのデルフト工科大学で開発された「DU97-W-300⁽⁶⁾」であるが、薄翼と比べ厚翼の場合には翼表面粗さに応じ、迎え角に対する揚力係数および抗力係数を示す特性曲線に特徴的な変化が現れた。この特徴が厚翼特有のものであるかどうかを明らかにするため、同じ厚み比を有する翼型形状の異なるデンマークのRiso風力研究所で開発された「Riso A-30^{(7) (8)}」を新たに供試翼型として選定した。

図1はそれぞれの翼型形状を示す。翼先端部から最大厚み付近までの翼形状については、「DU97-W-300」の方が「Riso A-30」と比べ曲率が小さくなっている。両者の翼型とも、厚み比 δ は30%で、かつ、翼弦長 C は120[mm]、スパン方向長さは298[mm]で、アスペ

クト比は2.48である。

両者については、光造形樹脂により翼型を製作したため、積層幅に応じ筋状の積層痕が翼表面に現れる。この積層痕による効果は横渦によるもので、文献(11)に示されているボルテックスジェネレータは縦渦を発生するものであるので、本稿の視点とは異なる。製作後の積層痕が残っている表面粗さの状態を「粗い(rough)翼」と称し、また、この翼を紙やすりを用いてペーパー掛けしたものを研磨後の「滑らかな(smooth)翼」と呼び、本報では、積層痕のある状態の翼についても、表面粗さ値によって評価することとした。

表1は両者の翼型のそれぞれ2種類の表面粗さ状態について、翼の上面および下面で測定した算術平均粗さ Ra 値の平均値を、流れ方向およびスパン方向について示したもので、両翼型とも同じ値であることを確認している。

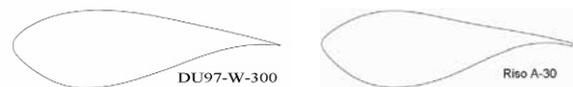


Fig.1 Shape of airfoils

Table 1 Blade roughness

(「DU97-W-300」 and 「Riso A-30」)

Roughness	Ra	Flow Direction	Span Direction
rough		22.3[μm]	1.3[μm]
smooth		0.7[μm]	0.7[μm]

3・2 実験装置 図2は前報⁽⁵⁾の実験時に使用したのと同じ風洞装置である。風洞①は、縦400[mm]、横300[mm]の吹き出し断面を有し、最大風速20[m/s]の風速範囲での実験が可能な小型

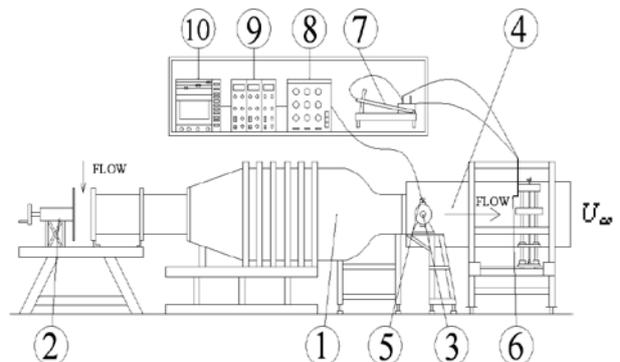


Fig.2 Experimental apparatus

風洞である。風洞吸い込み口に取り付けられた②のダンパを開閉することにより風速を調節することが可能である。

供試翼型③のスパン方向長さは上述のように298[mm]で、翼型取り付け用の軸は、上下方向は開放状態となっている翼両側の透明アクリル側板④を貫き、揚力および抗力測定用のひずみゲージ式多分力検出器⑤に接続されている。

流速 U_∞ の測定には、JIS ピトー管(6mm ϕ)⑥と傾斜マノメータ⑦を用いた。翼が受ける揚力 L および抗力 D は、多分力検出器から較正器⑧、増幅器⑨を介して多ペンレコーダ⑩およびパソコンで記録した。

実験においては、設定した迎え角ごとに風洞のファンをその都度停止した状態から起動してデータを取得した。

4. 実験結果と考察

4・1 2種類の厚翼の流体力学的特性 (翼表面粗さの影響) 図3と図4は、厚翼の「DU97-W-300」と「Riso A-30」のそれぞれ2種類の表面粗さ状態において、レイノルズ数 $Re=1.4 \times 10^5$ の条件下で、迎え角 α を 0° から 30° まで変化させた時の揚力係数 C_L および抗力係数 C_D の変化を示す。

図3の「DU97-W-300」の特性曲線より、滑らかな翼の場合には、迎え角 $\alpha=10^\circ$ と 26° において、二度の失速(それぞれ「一次失速」、「二次失速」と呼ぶ)が発生しているのに対し、表面粗さ値が大きくなると、迎え角の小さい領域での失速は消え、大きい迎え角 $\alpha=26^\circ$ においてのみ失速が発生している。

粗い翼の場合、滑らかな翼と比べ、迎え角が $\alpha=0^\circ \sim 8^\circ$ までの範囲では揚力係数は小さいが、それ以降の迎え角の領域においては、大きな値を示している。

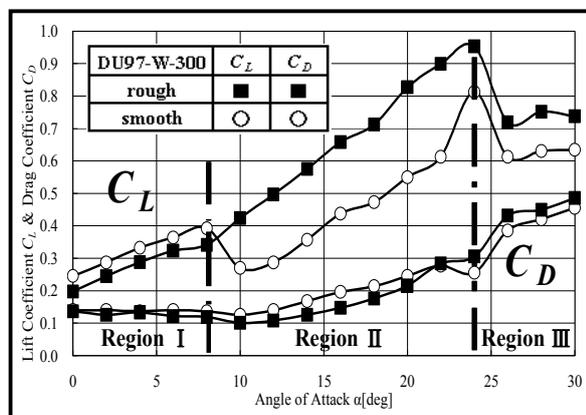


Fig.3 Aerodynamic characteristics (「DU97-W-300」)

また、粗い翼の抗力係数については、 $\alpha=22^\circ$ までは滑らかな翼と比べ小さいものの、二次失速発生以降の迎え角の範囲では、大きな値となっている。

次に、図4の「Riso A-30」の場合にも、「DU97-W-300」と同様、滑らかな翼の場合には、迎え角 $\alpha=8^\circ$ と 26° において、二度の失速が発生しているのに対し、表面粗さ値が大きくなると、迎え角の小さい領域での失速は消え、迎え角の大きい $\alpha=26^\circ$ においてのみ失速が発生している。

また、粗い翼の場合、滑らかな翼と比べ、迎え角が $\alpha=0^\circ \sim 8^\circ$ までの範囲では揚力係数は小さいものの、それ以降の迎え角の領域においては、大きな値となっている。

抗力係数については、 $\alpha=18^\circ$ までは滑らかな翼と比べ小さいものの、それ以降の迎え角の範囲では、大きい値を示している。

以上のように、図3および図4の迎え角に対する揚力係数および抗力係数の曲線で代表される翼の流体力学的特性曲線より、2種類の厚翼とも積層痕を有する場合、表面粗さ値が大きいほど揚力係数が大きく、さらに特性曲線の変化の過程をみると、翼の表面粗さとそれぞれの迎え角の大きさの範囲に応じ、特性曲線上で異なる傾きを示していることが確認でき、厚翼特有の特徴であると言える。

以上の観点から、前報⁵⁾で提示した「DU97-W-300」の場合と同様に、「Riso A-30」についても、流体力学的特性の領域を三つに大別し、本報では両者の翼型の特性について以下のように分類する。

領域Ⅰ：迎え角 $\alpha=0^\circ$ から「一次失速」前までの領域

領域Ⅱ：「一次失速」後から「二次失速」前までの領域

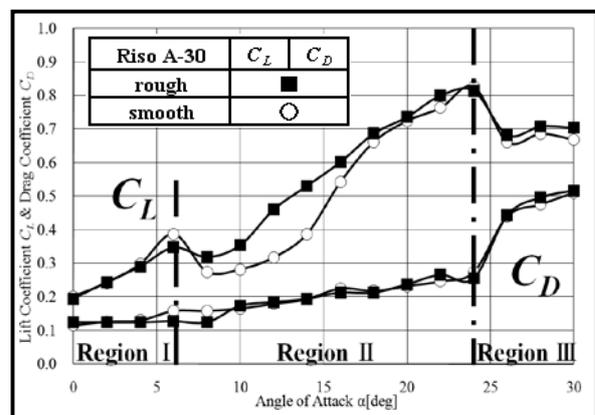


Fig.4 Aerodynamic characteristics (「Riso A-30」)

領域Ⅲ：「二次失速」以降，失速後の領域

以下の項においては，2種類の厚翼について，各領域ごとの流体力学的特性の変化と翼周りの流れの挙動との関連を，翼面上の圧力分布の結果も含め考察する。

4・2 各領域における翼後方流れと翼面上の圧力分布の基本構造 前項で分類した各領域において，翼面上の圧力分布とあわせ，翼後方流れと翼面上の流れの挙動をタフト法により観察した。

具体的には，前報⁽⁵⁾と同様，圧力分布は翼スパン方向の中心断面において，翼上面の8箇所，下面の6箇所の位置に，直径0.5[mm]の圧力孔を設けて測定した。また，翼後方の流れの観察には，タフトグリッド法を，翼面上の流れ挙動の観察には，表面タフト法を適用した⁽⁶⁾。

図5は一例として，「DU97-W-300」と「Riso A-30」の翼表面粗さが滑らかな場合について，前項で分類した各領域における翼後方流れと翼面上の圧力分布をそれぞれ同じ迎え角において示したものである。

圧力分布の図中には x/C に対するそれぞれの翼型形状を二点鎖線で記載した。

領域Ⅰの迎え角 $\alpha=4^\circ$ では，「DU97-W-300」および「Riso A-30」の場合とも，翼後縁部において翼上面

から下面に向かう流れが観察できる。

圧力分布については，両者とも翼上面では，翼弦長の約20%の位置で負の最大値を示し，それ以降，翼後縁に向かいほぼ直線的に減少している。また，翼下面の圧力分布については，翼弦長の約13%以降，一定の値で両者ともほぼ同じ分布となっている。

領域Ⅱの迎え角 $\alpha=20^\circ$ においては，両者の翼の場合とも，翼後方流れの変動が増大し，さらに迎え角の増加に伴い，その規模は大きくなっていることを確認している。

圧力分布については，両翼とも翼下面の圧力はほぼ同じ値を示しているが，「Riso A-30」の翼上面側の圧力の絶対値は，「DU97-W-300」と比べ大きく，特に，翼前縁部より翼弦長の約40%までの範囲での翼上面と下面との圧力差が大きく現れている。これは「Riso A-30」の揚力係数が「DU97-W-300」のそれよりも大きいことと対応している。

失速後の領域Ⅲにおいては，両者の翼とも，前縁部から流れのはく離を起こすため，翼上面の前縁部に近い位置で一對の渦を形成し，その規模は拡大している(図10および図11の図中の写真参照)。

さらに翼上面全体にわたり，タフトが激しく変

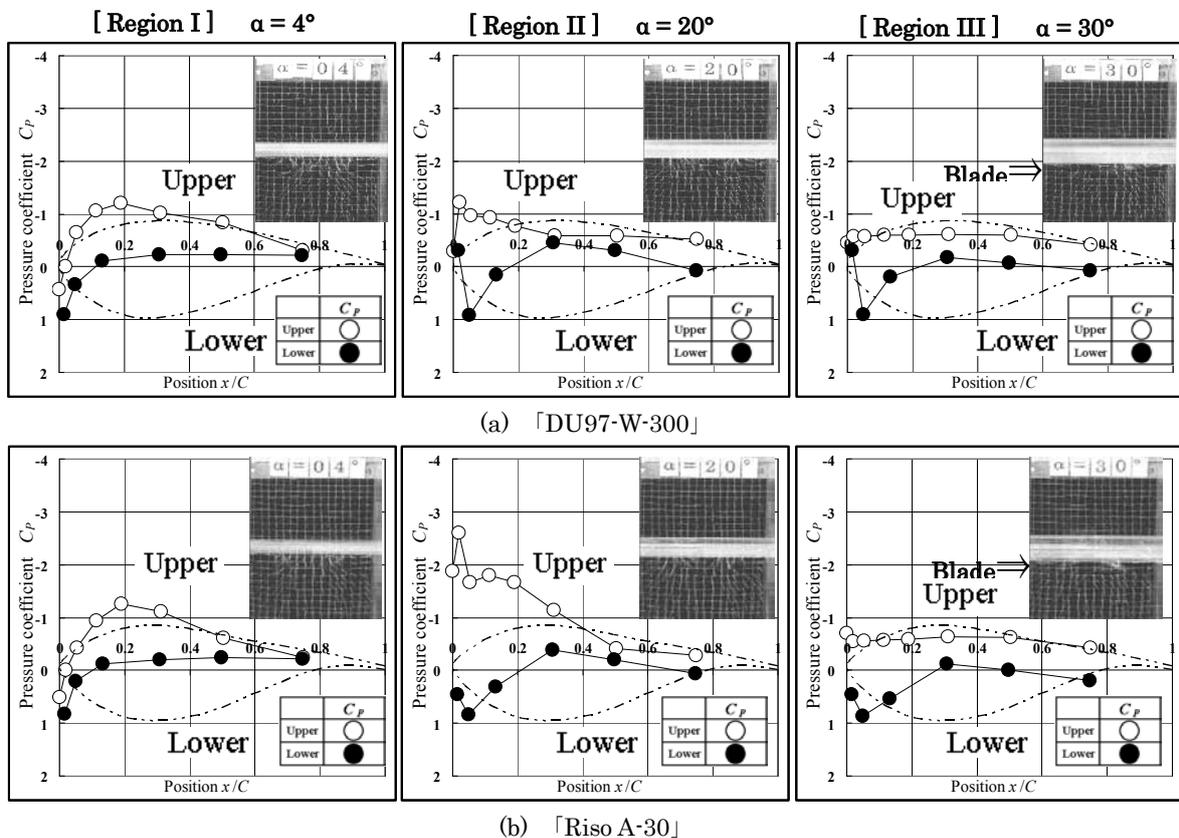


Fig. 5 Pressure distribution and flow visualization (smooth blades of “DU97-W-300” and “Riso A-30”)

動していることが確認できる. 翼下面側の流れについては, 失速後においても領域IIと比べほとんど変化はなく, 流れ方向に向いているものの, 翼後縁において翼上面側へ向かう流れの巻き上がりが確認できる.

この領域IIIにおける圧力分布については, 両翼とも翼弦長の約40%までの上面側の圧力係数 C_p が大きく低下し, 翼全長にわたりほぼ一定の値を示している. 一方, 翼下面の圧力分布は, 両者ともほぼ同じ変化をしていることがわかる.

4・3 小迎え角領域における流体力学的挙動

厚翼の「DU97-W-300」と「Riso A-30」の両者の場合とも, 図3および図4に示したように, 迎え角の小さい領域において, 翼表面粗さの違いにより, それぞれ特徴的な揚力係数の変化が見られる.

すなわち, 粗い翼では, 迎え角が $\alpha=8^\circ$ 付近の領域での揚力係数の低下は見られないのに対し, 滑らかな翼では, 「DU97-W-300」の場合には迎え角 $\alpha=10^\circ$ で, また, 「Riso A-30」の場合には迎え角 $\alpha=8^\circ$ で, 揚力係数の低下, すなわち失速を起こしていることがわかる. この迎え角での失速は, 前述のように, 両翼の場合とも, $\alpha=26^\circ$ での「二次失速」に対し, 「一次失速」と呼ぶことにする.

そこで, 翼表面が粗い翼の場合には, 揚力係数がほぼ同じである迎え角 $\alpha=6^\circ$ および $\alpha=8^\circ$ の状態での流れの挙動を, また, 滑らかな翼の場合には, それぞれの翼の「一次失速」前後の迎え角での流れの状態を以下検討する.

4・3・1 翼表面が“粗い場合”の小迎え角領域における流れ構造

(a) 「DU97-W-300」の場合の流れ構造 図6は「DU97-W-300」の粗い翼の場合について, 揚力係数がほぼ同じである迎え角 $\alpha=6^\circ$ および $\alpha=8^\circ$ の状態での翼後方流れの挙動と翼面上の圧力分布を示す. 圧力分布の図中には x/C に対する翼型形状を二点鎖線で記載した.

迎え角が $\alpha=6^\circ$ の場合, 翼後方の流れにおいて翼上面から下面に向かう流れがタフトの挙動から確認できる.

これに対し $\alpha=8^\circ$ では, 翼上面および下面の流れはともに翼に沿っており, 翼後方でのタフトの動きも流れ方向に向いていることがわかる. この流れの微妙な違いは, 翼面上の圧力分布にも現れている.

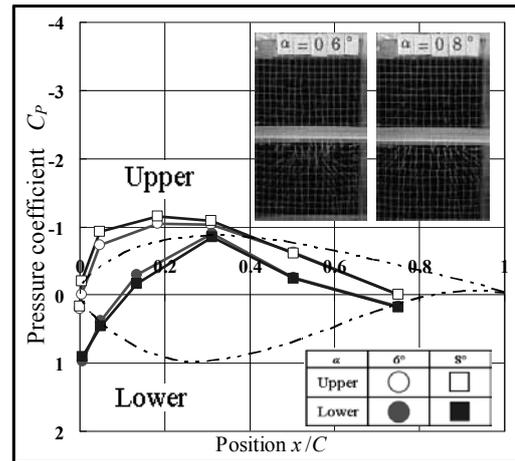


Fig.6 Flow visualization and pressure distribution (「DU97-W-300」, rough)

すなわち, 翼前縁から約30%までの範囲において, $\alpha=8^\circ$ の場合の翼上面と下面との圧力の差が, $\alpha=6^\circ$ のそれと比べ大きくなっており, その結果, 揚力係数はわずかながら増加している. これは上述のように翼周りの流れが良好になっていることとも対応している.

(b) 「Riso A-30」の場合の流れ構造 図7は「Riso A-30」の粗い翼の場合について, 迎え角が小さい $\alpha=6^\circ$ および $\alpha=8^\circ$ の状態での翼後方流れと翼面上の圧力分布を示す.

圧力分布については, $\alpha=6^\circ$ の場合には翼上面と下面との圧力の差が現れており, 翼後方流れにも変動が見られる.

これに対し, $\alpha=8^\circ$ では翼上面と下面の圧力分布が「DU97-W-300」の場合とは異なり, 翼前縁より約30%のところで交差しているが, 揚力係数の大幅

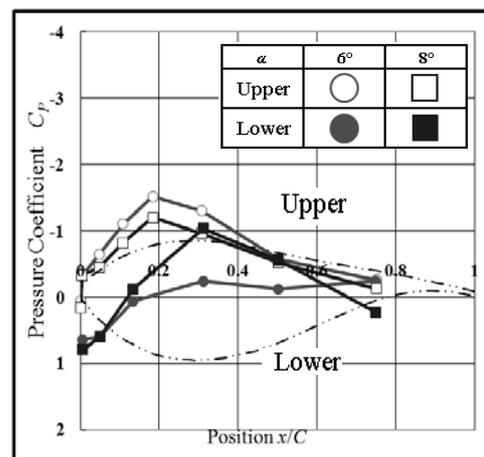


Fig.7 Flow visualization and pressure distribution (「Riso A-30」, rough)

な低下はみられず、翼後方流れの変動も小さくなっている。

これは前報⁽⁵⁾でも示したように、「DU97-W-300」および「Riso A-30」の翼型を光造形樹脂により製作した際の積層痕が、一種のボルテックスジェネレータを付加したような効果をもたらし、翼表面が粗いにもかかわらず、この積層痕が翼面上の流れの微小なはく離を抑制する作用をしているものと考えられる。ただし、「DU97-W-300」と「Riso A-30」では、翼先端部から最大厚み付近までの翼形状の曲率が異なるため、この影響により両者の圧力分布の傾向に違いが現れたものとする。

4.3.2 翼表面が“滑らかな場合”の「一次失速」前後の流体力学的挙動

(a) 「DU97-W-300」の場合の「一次失速」前後の流れ構造 図 8 は「DU97-W-300」の滑らかな翼の場合について、一次失速前後の迎え角である $\alpha=8^\circ$ および 10° における翼後方流れ (図中上部左半分の写真) および翼面上での流れ (図中上部右半分の上下の写真) の様子と翼面上の圧力分布を示したものである。

失速前の迎え角 $\alpha=8^\circ$ においては、翼上面のタフトは前縁部 (Leading Edge : 以後, 図中に L.E と記載) からほとんど乱れることなく整って流れ方向に向いているものの、翼後縁 (Trailing Edge : 以後, 図中に T.E と記載) 付近ではタフトが翼下面側に廻り込む現象が確認できる。その影響により、翼下面では一対の小さな渦の発生が見られる。失速後の迎え角 $\alpha=10^\circ$ の場合、翼下面側の流れも翼に沿ったものとなっていることが翼後方の流れの

観察からも判断できる。

翼上面の圧力分布については、一次失速前の迎え角 $\alpha=8^\circ$ において、翼前縁部から翼弦長の約 20% 付近にかけて負の圧力値が大きくなり、その後、後縁部にかけて徐々に減少する分布となっている。

これに対し、失速後の $\alpha=10^\circ$ の圧力分布は、翼弦長の約 10% 以降、失速前の状態より小さい値を示している。これは $\alpha=10^\circ$ の状態では、翼前縁よりわずかに翼に入ったところで、流れの微小なはく離が発生しているものの、すぐに翼面に付着し、翼後方では翼に沿った流れとなっているためと言える。

一方、翼下面の圧力分布については、翼前縁から翼弦長の約 5% までは、失速前後の状態とも圧力が増加するものの、その後すぐに減少し、翼後縁にかけてほぼ一律な分布となっている。

(b) 「Riso A-30」の場合の「一次失速」前後の流れ構造 図 9 は「Riso A-30」の滑らかな翼の場合について、一次失速前後の迎え角である $\alpha=6^\circ$ と 8° における翼後方および翼面上での流れの様子と翼面上の圧力分布を示す。

「Riso A-30」の失速前の迎え角 $\alpha=6^\circ$ における圧力分布は「DU97-W-300」の $\alpha=8^\circ$ の場合と同じような変化を示している。また、翼後方付近ではタフトが翼下面側に廻り込んでいる現象が確認できる。一方、失速後の $\alpha=8^\circ$ では、上面および下面の圧力はそれぞれ翼弦長の約 5% までは失速前の場合とほぼ同じであるが、それ以降、翼後縁付近まで、失速前の状態と比べ、より小さい値を示している。

以上の圧力分布より、「DU97-W-300」および「Riso

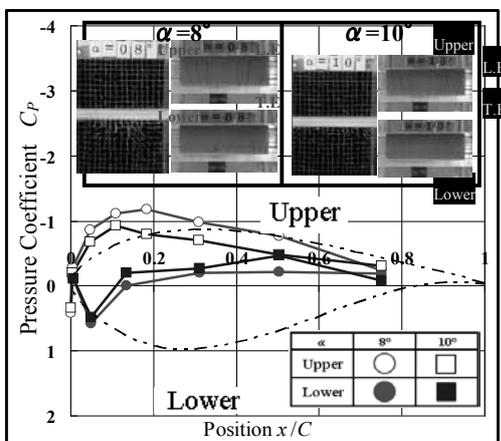


Fig. 8 Flow visualization and pressure distribution (「DU97-W-300」, smooth)

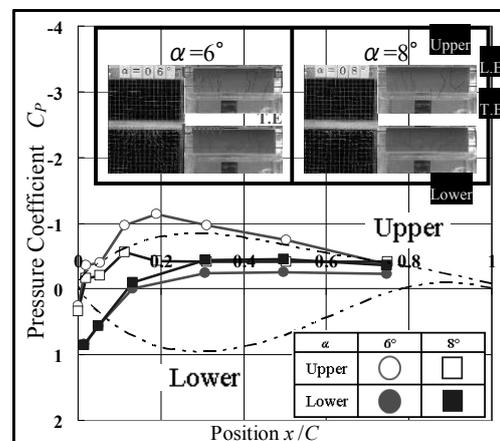


Fig. 9 Flow visualization and pressure distribution (「Riso A-30」, smooth)

「A-30」の翼とも、一次失速後においては、翼上面と下面の圧力の差が一次失速前の迎え角の場合と比べ小さくなっており、これは揚力係数 C_L の減少とも対応している。

翼上面の流れについては、翼前縁よりわずかに翼に入った箇所で流れの微小なはく離が発生しているが、すぐに翼面に付着するため、翼後方では翼に沿った流れとなっている点についても、「DU97-W-300」の場合と同様である。

4・4 「二次失速」前後の迎え角領域における流体力学的挙動 「DU97-W-300」および「Riso A-30」の場合とも、一次失速後の迎え角以降、揚力係数 C_L は再び増加し、迎え角の大きい領域、すなわち $\alpha=24^\circ$ から 26° にかけて「二次失速」が発生する。

そこで、一例として、図 10 と図 11 に両者の翼について、翼表面が滑らかな場合の二次失速前後の迎え角である $\alpha=24^\circ$ および 26° における翼上面および下面の圧力分布と翼面上の流れの様子を示す。

両者の翼について、二次失速前の状態の $\alpha=24^\circ$ における翼上面のタフトを観察すると、翼後縁部において翼の中心部に流れが寄っている。このとき翼後方においては、規模は小さいものの一対の渦が発生しており、かつ、翼後縁においては翼下面からのタフトの巻き返しも確認できる。

一方、翼下面側の流れの挙動については、翼上面の流れ状態とは大きく異なり、流れ方向に整った流れであることがわかる。

また、両者の翼とも、二次失速前の状態である迎え角 $\alpha=24^\circ$ における翼上面の圧力分布は、翼前縁部から

負の高い値を示し、その後、翼弦長の 30% 付近まではほぼ直線的に減少する。さらに翼弦長の 30% 付近から翼後縁部にかけては、低い圧力でかつ一定の値を示している。

さらに、翼下面の圧力係数 C_p については、翼前縁から翼弦長の 5% 付近までは増加するものの、5% 付近から 30% 付近までは正圧が減少し、その後、翼後縁部にかけて逆に徐々に増加している。この翼下面の圧力係数 C_p は、二次失速後においても失速前と比べ大きな変化はなく、さらに両者の翼の場合とも極めて似た分布となっている。

次に、二次失速後の迎え角である $\alpha=26^\circ$ の状態では、両者の翼とも、翼の前縁部から流れがはく離し、翼上面の前縁部に近い位置で渦を形成し、その規模が拡大している。さらに翼上面全体にわたりタフトが激しく変動していることが確認できる。この状態では、翼全体にわたり失速を起こしているため、翼上面の圧力係数 C_p は、翼全長にわたりほぼ一定の値を示している。

図示は省略したが、以上の圧力分布の変化は、両者の翼とも翼表面粗さが粗い場合についても、ほぼ同様な結果であることを確認している。

以上のように両翼とも、二次失速前後の圧力分布は、一次失速前後のそれらと比べ大きな違いが見られ、特に、翼上面での圧力分布が大きく変化していることから、翼の前縁部から翼弦長の約 30% 付近までの翼形状が、流体力学的特性へ大きく影響するということが厚翼特有の性状であると言える。

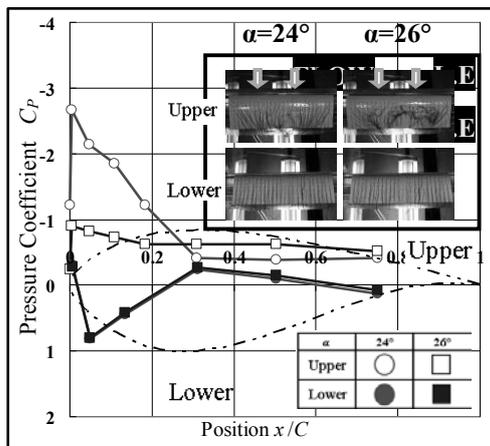


Fig.10 Flow visualization and pressure distribution (「DU97-W-300」smooth, $\alpha=24^\circ$ & 26° : in the vicinity of the second stall)

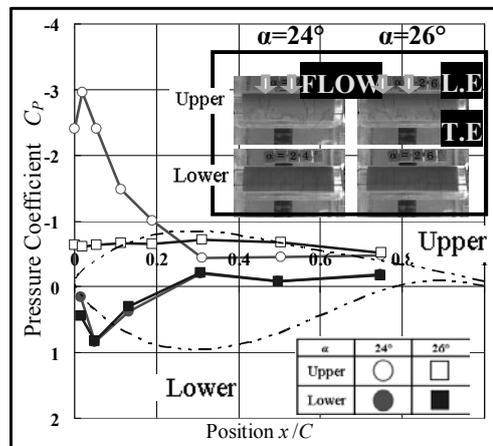


Fig.11 Flow visualization and pressure distribution (「Riso A-30」smooth, $\alpha=24^\circ$ & 26° : in the vicinity of the second stall)

4・5 円柱棒による翼面上流れと失速の制御 前項までに2種類の厚翼の場合、翼表面粗さによって小さい迎え角状態での流体力学的特性に特有な違いが現れ、これは翼上面の流れと密接に関連していることを明らかにした。

特に、光造形樹脂により翼型を製作した際の積層痕が、一種のボルテックスジェネレータを付加したような効果をもたらし、翼表面が粗いにもかかわらず、翼面上の流れのはく離を抑制する作用をしているものと考えられる。

そこで、この積層痕と同様な効果を期待し、翼上面側の流れのはく離を簡易的に制御する一つの試みとして、翼前方に円柱棒を設置し、迎え角の変化に対する流体力学的特性の変化を調べた。

図 12 は一例として、滑らかな「DU97-W-300」を用い、直径 5mm φ の円柱棒を翼上流部の位置に設置した状態を模式的に示したものである。円柱棒は迎え角ゼロの状態に対し、水平方向前方 70mm で、かつ、迎え角 $\alpha=26^\circ$ の状態での翼先端部の位置にあたる上方 20mm の位置に設置した。

図 13 は、図 12 に示した状態に円柱棒を設置して実験した時の揚力および抗力係数の変化を表したものである。図中には、図 3 で示した2種類の表面粗さの場合の結果も併記した。

粗い翼の場合、迎え角 $\alpha=6^\circ$ と 8° の間において揚力の低下は見られなかったが、滑らかな翼の前方に円柱棒を設置した場合にも、この小さな迎え角領域において、滑らかな翼で発生した「一次失速」は見られない。また、それ以降 $\alpha=25^\circ$ の迎え角領域までの揚力係数の値は、粗い翼と滑らかな翼の場合のほぼ中間の値となっており、さらに、「二次失速」時の迎え角は約 34° と、円柱棒を設置しない時の 26° と比べ、大幅に二次失速までの作動領域が拡大している。

一方、抗力係数は粗い翼と滑らかな翼の場合と

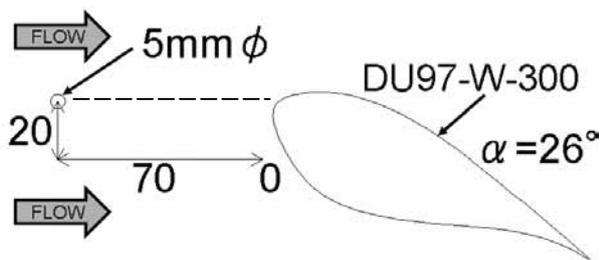


Fig.12 The position of a cylinder rod

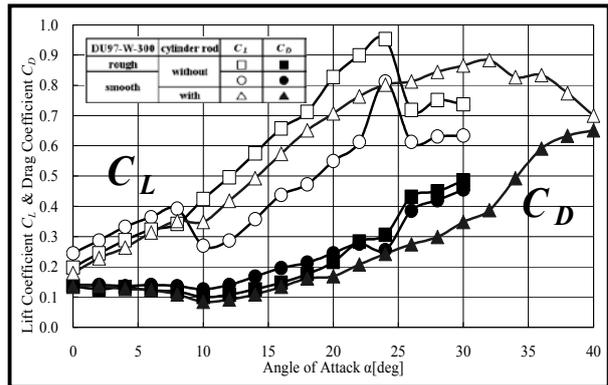


Fig.13 Aerodynamic characteristics with and without a cylinder rod (「DU97-W-300」)

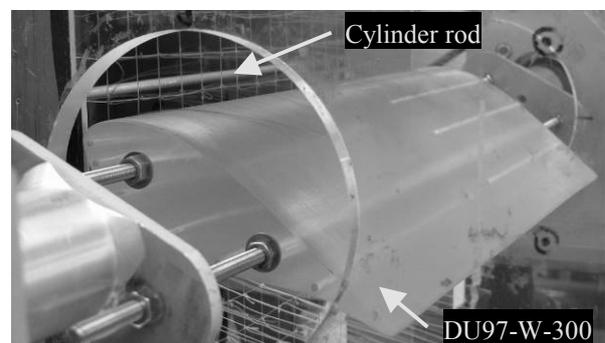


Fig.14 Flow visualization with a cylinder rod (DU97-W-300 $\alpha=26^\circ$, Upper surface)

比べ、実験を行った迎え角の範囲にわたり小さくなっている。

図 14 は円柱棒を設置した時の翼面上の流れの挙動を、一例として迎え角 $\alpha=26^\circ$ の場合について示したものである。

図 10 中に示した翼上面流れの挙動と比べ、翼面上の一对の渦の発生はなく、流れ状態が大幅に改善されており、失速制御に対する円柱棒設置が極めて有効な手法であると言える。

ただし、実際の風車翼に本制御手法を適用するには、円柱と翼先端部との接続法などの検討が今後必要である。

5. 結言

本報では実際の中大型風車より1桁レイノルズ数の小さい小型風車に焦点をあて、風車用翼型として用いられている翼型のうち、翼型形状の影響が流体力学的特性に現れやすい2種類の厚翼を対象に、流体力学的特性曲線の変化の過程を領域ごとに分類し、翼表面粗

さが失速前後を含む迎え角における翼周りの流動状態とどのように関連するかを検討し, 厚翼特有の性状を明らかにした.

さらに, 翼前方に円柱棒を設置することにより翼上面の流れを制御し, 失速改善のための一つの有効な試みを提示した.

その結果, 明らかになった点は, 以下のとおりである.

(1) 2種類の厚翼「DU97-W-300」および「Riso A-30」の両者とも, 表面粗さの違いにより特性曲線に特徴的な変化が見られ, 迎え角の大きさの範囲における特性曲線の異なる傾きに応じ, 三つの領域に大別できることを示した. これはそれぞれの領域に応じ, 翼周りの流動状態の違いと密接に関連しており, 厚翼特有の性状であることを明らかにした.

(2) 2種類の厚翼とも, 滑らかな翼の場合には, 小さい迎え角と大きい迎え角において, 二度の失速が発生しているのに対し, 表面粗さ値が大きくなると, 迎え角の小さい領域での失速は消え, 迎え角の大きい領域においてのみ失速が生じる.

(3) 迎え角の小さい領域における厚翼特有の特性について, 2種類の厚翼の結果から, 粗い翼では, 迎え角 $\alpha=8^\circ$ 付近の領域での揚力係数の低下は見られないのに対し, 滑らかな翼では, この近傍の迎え角で揚力係数の低下, すなわち一次失速を起こしていることを示し, 両者の翼周りの流れと圧力分布の結果から, その相違を明らかにした.

(4) 翼前方に円柱棒を設置することにより, 翼上面の流れが改善され, 大きい迎え角で発生する失速までの作動領域が拡大できる有効な手法を提示した.

最後に, 本研究は東京工業高等専門学校平成21年度重点配分経費を用いて実施した. ここに関係各位に感謝の意を表す.

文 献

- (1) SAITO, Sumio, SEKIZUKA, Satoshi, SATO Kenichi and SATO, Arinobu, Performance Comparison of Two Wind Turbine Generator Systems Having Two Types of Control Methods, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B, Vol.70, No.700 (2004), pp.3174-3181.
- (2) SAITO, Sumio, SEKIZUKA, Satoshi, SATO Kenichi and SATO, Arinobu, Transient Characteristics of Two Wind Turbine Generator Systems Having Two Types of Control Methods, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B, Vol.71, No.702 (2005), pp.539-545.
- (3) SAITO Sumio, SEKIZUKA, Satoshi and SATO, Kenichi, Transient Characteristics of Two Wind Turbine Generator Systems Having Two Types of Control Methods, Journal of Environment and Engineering, Vol.2, No.1(2007), pp.13-24.
- (4) SAITO, Sumio, SEKIZUKA, Satoshi, Performance Comparison of Two Wind Turbine Generator Systems Having Two Types of Control Methods, International Journal of Fluid Machinery and Systems, Vol.2, No.1, January-March 2009, pp.92-101.
- (5) SAITO Sumio, YAMASHINA, Takahiro and ICHIKAWA Tatsuya, Research of Aerodynamic Characteristics and Flow Patterns on Thin and Thick Blades of Wind Turbines, Research Reports of Tokyo National College of Technology No.41(2), 2010, pp.19-27.
- (6) W.A.Timmer, R.P.J.O.M. van Rooij, Summary of the Delft University Wind Turbine Dedicated Airfoils, *Transaction of the ASME*, Vol.125, November 2003, pp.488-496.
- (7) Kristian S. Dahl and Peter Fugldang, Design of the Wind Turbine Airfoil Family RISO-A-XX, *Riso-R-1024(EN)* (1998-12), pp.1-28.
- (8) Peter Fuglsang, Christian Bak, Mac Gaunaa, Ioannis Antoniou, Design and Verification of the Riso-B1 Airfoil Family for Wind Turbines, *Transaction of the ASME*, Vol.126, November 2004, pp.1002-1010.
- (9) K.J.Standish, C.P.van Dan, Aerodynamic Analysis of Blunt Trailing Edge Airfoils, *Transaction of the ASME*, Vol.125, November 2003, pp.479-487.
- (10) Michael S. Selig, Bryan D. McGranahan, Wind Tunnel Aerodynamic Tests of Six Airfoils for Use on Small Wind Turbines, *Transaction of the ASME*, Vol.126, November 2004, pp.986-1001.
- (11) R.P.J.O.M. van Rooij, W.A.Timmer, Roughness Sensitivity Considerations for Thick Rotor Blade Airfoils, *Transaction of the ASME*, Vol.125, November 2003, pp.468-478.

(平成22年7月29日 受理)

Prototyping of an Obstacle Detection System for a Mobile Robot

Tuukka KORKEA-AHO, John GATES*, Michio MURAI*,
Hirokazu SAITO** and Susumu TARAO**

This report covers building a mobile robot that can navigate autonomously indoors without a human interaction. To realize effective obstacle detection, some promising sensors were selected and mounted on the mobile robot. In addition, human detection, based on heat changing and optical sensors, was researched for use in the navigation system of a mobile robot.

(Keywords: Autonomous mobile robot, Infrared sensor, Obstacle detection, Human detection)

1. Introduction

Obstacle detection is essential for an autonomous mobile robot. Without being able to sense walls and objects, a robot cannot travel safely through different terrain. Different tasks need different sensors. The goal of this assignment was to build an autonomous mobile robot that could navigate through a labyrinth and theoretically detect a human.

Most common obstacle detection methods are based on sonar or infrared. A photosensor, that uses infrared, cannot detect an object if the surface is reflective but the object's shape has little effect. A sonar-sensor sends out sound-waves and measures the time gap between the sent and received signals. The shape of an object effects how sound-waves reflect, therefore it is less accurate than a photosensor [1]. The minimum distance was also better for a photosensor. Because of these two benefits, a photosensor was selected to detect obstacles for this robot.

2. Automatic mobile robot

The core of the robot is ATmega88p microcontroller. It has a 8 KB flash memory and a 256 KB EEPROM which is enough for this project. The ATmega88p is a low power 8-bit microcontroller, whose operating voltage is 1.8 V – 5.5 V. When an operating voltage of 1.8 V is used, the power consumption is 0.3mA in the active mode and 0.1 μ A in the power-down mode [2]. Since the mobile robot uses batteries for the power supply, low power consumption is important. Figure 1 is shows the built autonomous mobile robot and Figure 2 shows the circuit diagram of the built robot.

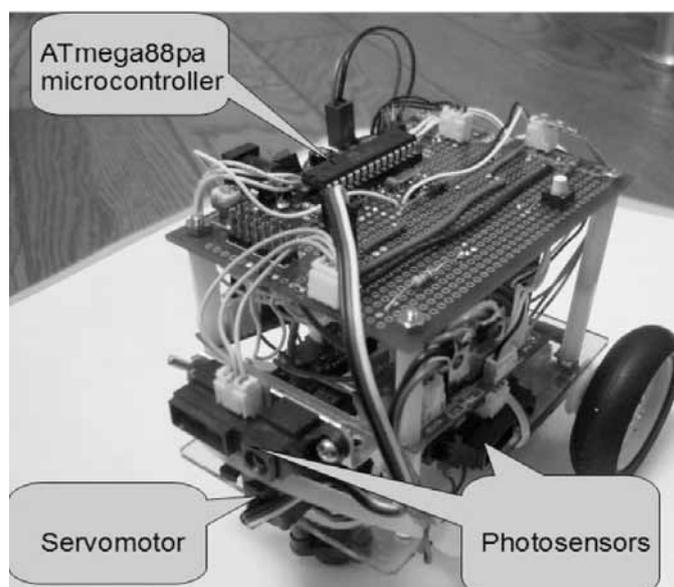


Fig. 1 Autonomous mobile robot

Helsinki Metropolia University of Applied Sciences

* General Subjects, Tokyo National College of Technology

** Department of Mechanical Engineering, Tokyo National College of Technology

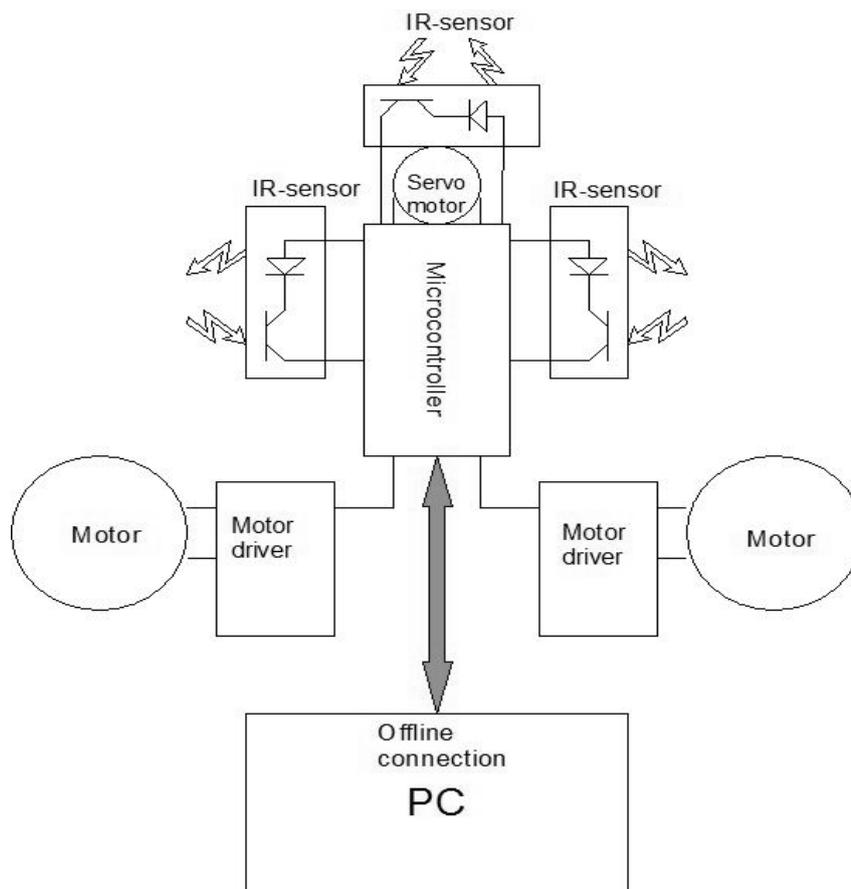


Fig. 2 Circuit diagram of the mobile robot

Two motors with wheels and one omnidirectional wheel enable locomotion. Using three wheels for locomotion instead of four wheels, gives the robot the ability to turn without the need to move forward. This is very convenient for a robot that needs to navigate through small spaces such as a labyrinth. The motors are driven with a TA8440HQ Full-Bridge-Driver from Toshiba.

For obstacle detection three Sharp photosensors GP2Y0A21YK are used [3]. This photosensor has a measuring distance from 10 cm to 80 cm. Distance measuring is done by an infrared emitting diode and a position sensitive detector. The output is analogical from 0 V to 5 V. One sensor is located in front and one sensor on the left and right sides. The front sensor is calibrated to give a signal when an object is at 10cm and side sensors are calibrated so that they will give a signal when an object is at 15 cm. Figure 3 shows the sensor used.

A program for the robot was built and compiled using AVR Studio 4 and programming language C. The programming of the ATmega88p was done with the AVR ISP MKII programmer, which was connected to a USB port of a laptop. There are three I/O ports on the controller. Ports B and C are used to control locomotion and Port D is used for getting information from the infrared sensors. Port D also controls a servo motor, which the front infrared sensor is attached to. The servo motor is used for changing the direction of the front infrared sensor.



Fig. 3 Overview of the photosensor

3. Navigation

When the robot faces an obstacle, it changes its course depending on which direction is clear. The decision which way to continue is based on the information from the left and right photosensors. Figure 4 shows a case where the front and left side sensor detects a wall but right side sensor does not. With this information the robot will turn 90 degrees to the right. If the left and right paths are clear, the robot will also turn to the right.

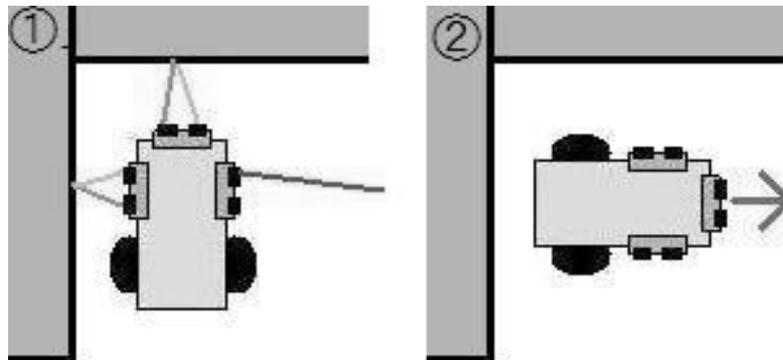


Fig. 4 Decision when right side is clear

Sometimes it is not possible to turn left or right. In that situation the robot will turn 180 degrees and continue forward, as shown in Figure 5. The robot can turn 180 degrees easily even in a tight space due to the locomotion design explained in the last section.

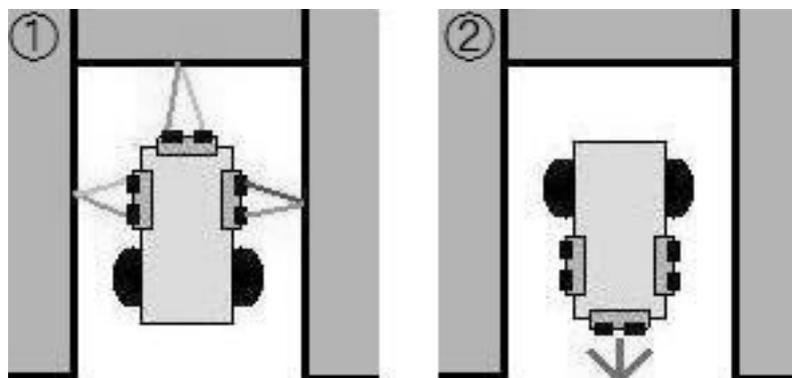


Fig. 5 Dead-end and 180 degree turn

Flat obstacles, such as walls, are not usually at a 90 degree angle compared to the robot. In addition, while the robot is moving forward, it might turn a little left or right depending on the friction between the surface its traveling on and the wheels. Therefore, it is not always necessary to turn 90 degrees to the left or right in order to avoid an obstacle.

The front sensor is attached to a servo that can move 45 degrees to the right or left. After the front sensor detects an obstacle, the sensor is turned first left and then right to check if the obstacle is close to 90 degrees or not. The angle check of an obstacle is done before checking the information from the side sensors. By doing this, turning becomes more accurate and traveling faster. This action is shown in Figure 6.

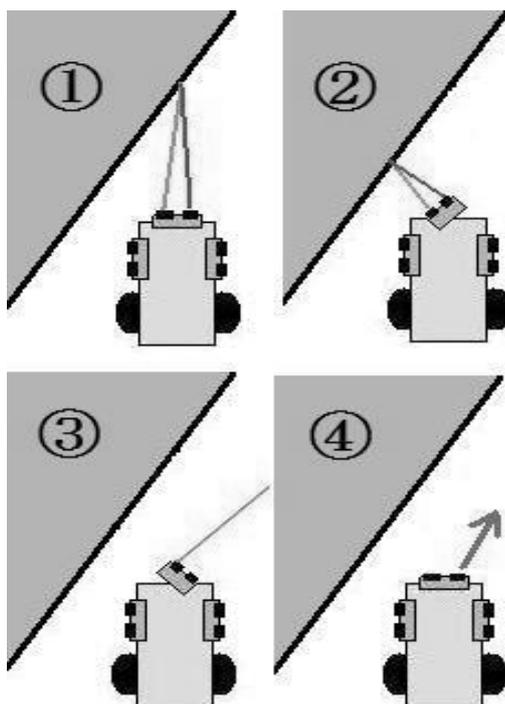


Fig. 6 Decision of a small turn

4. Human detection

Human detection is a challenging classification problem. If a mobile robot could detect humans accurately, it could be used for carrying luggage and following without the need for human interaction. Human detection methods were researched, in order to find out if it would be possible to make the robot follow a human [4]. There are many ways to distinguish the difference between a human and surroundings. A different sized and colored human makes detection difficult and environment changes give significant disturbance. Detecting a human's presence and movement can be done by optical sensors or by heat sensing equipment. Both methods have pros and cons. Optical sensors are sensitive to illuminations and shadows. Heat sensing equipment can give false readings when the temperature of the environment is not stable.

4.1. Heat change sensor

The heat change sensor SE-10 from Hanse Electronics was proposed to be used in the building of the robot since it is cheap and does not need any sophisticated algorithms. The sensor was examined indoors only. The researched sensor gave an analogical 5 V signal every time a human passed by it. If the human stopped in front of the sensor, the signal slowly return to 0 V. This was a big problem since the robot was meant to follow a human using that sensor. When the robot turned the sensor sometimes gave a signal because of

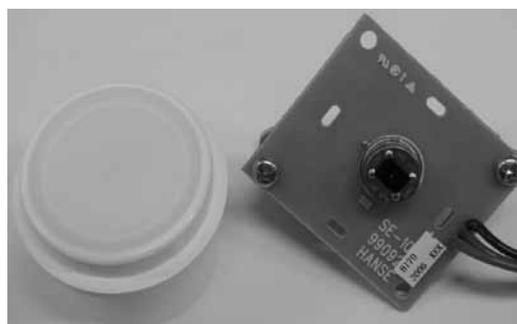


Fig 7. Examined heat sensor

different heat sources like computers or sunlight through the windows. The examined sensor works well for stationary human detection, such as putting lights on when a person enters the room but when the object that the sensor is attached to moves, the information from the sensor becomes unusable. Therefore, this heat change sensor cannot be used on a mobile robot. Figure 7 shows the sensor and lens that were examined.

4.2. Camera

Using a camera as a sensor for the detection of humans is more complicated than sensing heat. There are two main approaches to human detection. The first class of methods compares detected parts of the human body with a prior human model. The second class of methods uses statistical analysis of a set of low-level features within a photo to classify the photo as containing a human or not. Different shapes and the movement of objects, lights, illumination and shadows can bring false readings [4]. Using a detection system that consists of cameras and sophisticated algorithms, takes time and effort to make it accurate but it could be used to make a robot follow a human.

Car companies are currently investing human detection systems. Companies like Toyota and Volvo are building systems that can prevent accidents. Those systems can detect pedestrians and stop the car if an accident is about to happen [5,6].

Laser scanners that can do 3D mapping are expensive but accurate. The sensor manufacturer Sick has a product LMS200 that is designed for indoor mapping that has an operating range from 0 m to 80 m and has 180 degrees of scanning range [7,8].

5. Conclusion

The goal of this assignment was achieved. An autonomous mobile robot was built from scratch and made to work as planned. The robot can navigate through a labyrinth without a problem. The most difficult part of the assignment was the designing and building of the robot. Programming was proven to be the easiest part because when a problem rose, a solution could be found from the Internet or books. It was educational and a good experience to be able to design mobile robot freely. If money was not be a problem, using both cameras and laser scanners together could prove to be a very effective design.

References

- [1] Ulrich Nehmzohw, Mobile Robotics: a practical introduction. Springer, 2003, pp. 32-33.
- [2] Datasheet. Atmel, ATmega88p 8-bit Microcontroller.
- [3] Datasheet. Sharp, GP2Y0A21YK0F Distance Measurement Sensor unit.
- [4] William Robson Schwartz, Aniruddha Kembhavi, David Harwood, Larry S. Davis. University of Maryland. Human Detection Using Partial Least Squares Analysis. <http://www.umiacs.umd.edu/~lsd/papers/PLS-ICCV09.pdf>
- [5] Toyota, Toyota and Safety. www.toyota.co.uk/bv/1024downloads/Safety.pdf
- [6] Volvo, <http://www.volvocars.com/intl/all-cars/volvo-s60/pages/5-things.aspx>
- [7] Sick, http://www.sick.com/group/EN/home/products/product_news/Pages/productnews_overview.aspx
- [8] PDF file. Janusz B dkowski, Maciej Kretkiewicz, e Andrzej Masłowski. Research Institute of Automation and Control Intelligent Mobile Systems Division POLAND. 3D laser range finder simulation based on rotated LMS SICK 200 <http://www.robot.uji.es/documents/rise08/reports/Bedkowski.pdf>

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

蚊の吸血機構と熟練者技術を取り入れた自動採血法の開発

齊藤浩一, 安田利貴*, 多羅尾進

Development of an automatic blood sampling method based on a mosquito's sucking mechanism and an expert's technique

Hirokazu SAITO, Toshitaka YASUDA* and Susumu TARAO

A needle puncture control method using the information of the force acting on the needle tip and the detecting of blood has been developing for automatic blood sampling. The needle control system extends the freedom of movement and reduces the size of the blood detection device. In this study, a practical system with a 4-axis (x , y , z and θ) actuator and a simple device for blood detection was developed. Using the new system, experiments of needle puncture were carried out on a morphological model of human skin and veins. The new system could easily demonstrate positioning the needle tip to the region of blood sampling and detect a substitute blood.

(Keywords: needle puncture, automatic control, blood test)

1. はじめに

臨床検査や献血などにおいて、採血は頻回に行われているが、現場では穿刺ミスによる血管や神経の損傷、採血者への血液感染などの問題がある。このため安全で確実な採血法の実現が期待されている⁽¹⁻³⁾。熟練した採血者は血管への穿刺確認を針穿刺時の力学情報を用いている^(7,8)。一方、吸血を行う蚊は針先の血液センサで針穿刺の確認を行っている。また採血者も採血針基部への血液流入を目視することで針先が確実に血管内に留置されていることを確認している。そこでこれまで我々は穿刺力学情報と血液検知によるハイブリッド・センシングにより、血管への針穿刺を自動制御する方法を開発してきた。これは針の軸方向の穿刺力をロードセルにて計測すると共に針内部への血液の流入を電氣的に検知するものであり、モデル実験及び動物実験により有用性が確認されている^(4-6,9,10)。しかしながら実験に用いられた装置は1軸のアクチュエータで針を送り、大型の医療用インピーダンス計で血液検知を行うものであり、針穿刺の機械的自由度の確保と小型・簡便化が課題となっていた。そこで本研究では多軸のアクチュエータとその制御系及び、小型で簡便なインピーダンス計測系を組み込むことで、より実用的な自動採血法の開発を目指した。

2. 方法

本研究では先ず、図1に示すような基本システムの4軸の自動ステージをベースとして、注射針及び採血部に負荷される穿刺力の計測部、及び血液検知回路の開発を行い、次に皮膚血管モデルに対する穿

刺実験によりシステムの動作評価を行った。特に穿刺力の計測部は穿刺部位への針の位置決めが容易に行えること、血液検知部は生体電気インピーダンス特性に基づき、簡易かつ医用安全基準を満たした電源構成とすることとした。

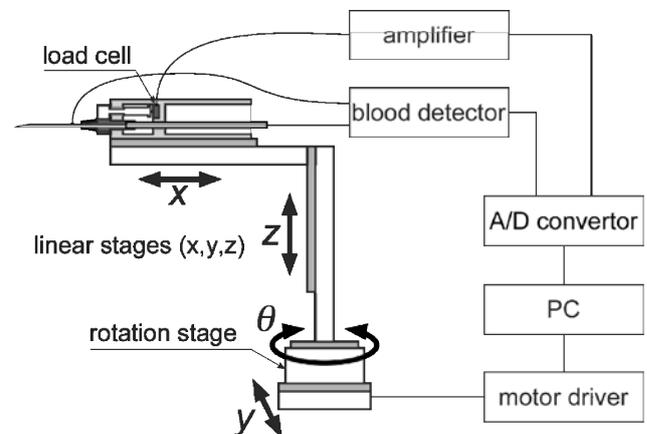


Fig.1 Schematic diagram of a needle puncture system

2.1 血管穿刺制御部、及び穿刺力計測部

針先を採血部位に位置決めするには x - y - z 軸の3自由度が必要であり、穿刺角度の決定には z 軸周りの回転 (ヨー) と y 軸周りの回転 (ピッチ) が必要である。今回は後節で述べる皮膚血管モデルの水平角度を 30 度に固定し、 z 軸周りの回転 (θ) 機構のみを設けた。 x - y - z - θ 軸の駆動はそれぞれステップ

グモータ駆動の自動ステージ (SGSP20-80, SGSP-120YAW, シグマ光機) を用い, ドライバ (Mark-204, シグマ光機) を介してパーソナルコンピュータ (PC: Vostro 220, DELL) に接続した.

PC ではプログラム開発環境 (LabVIEW, NI) にて構築した計測制御プログラムで後述の穿刺力信号と血液検知信号の計測を 10ms 間隔で行い, 血管への穿刺判断により自動ステージの駆動を制御した. 各自動ステージの諸元を表 1 に示す. 通常の採血における穿刺速度は 10mm/s 程度であるが, 目視による停止判断を考慮した先行研究に倣い 1/4 の速度の 2.5mm/s とした. 穿刺力の計測にはロードセル (LM-1KA-P, 共和電業) を用い, リニアガイドに市販注射針 (21G: $\phi 0.8$, 27G: $\phi 0.4$, テルモ) を取り付け, 針の軸方向に掛かる荷重 (穿刺力) を計測した. ロードセルの諸元を表 2 に示す.

Table 1 Specification of the motorized stages

axis	stroke	speed	resolution
x,y,z	80 mm	2.5 mm/s	1.0 $\mu\text{m}/\text{step}$
θ	-	2.5 deg/s	0.0025 deg/step

Table 2 Specification of the force sensor

max. load (N)	natural freq. (kHz)
10.0	17.5

通常の静脈採血の場合, 血管を穿刺する時の穿刺力は針先が皮膚表面に触れた時から徐々に増加し, 針先が血管内部に刺入した瞬間に急減する. 以後は針管壁と血管壁の摩擦力や血管壁の張力が針に掛かり, 穿刺力の経時変化は鋸歯状となる. すなわち針先の血管刺入時に生じる穿刺力のピークを検出することで, 針が血管を貫通する前に穿刺を停止して採血が可能となる. しかしながら皮膚や血管は強度や粘弾性が異なる複数の組織層で構成され, さらに市販注射針の針先は二段階に研磨されているため, 穿刺力波形にはこれらの不連続断面を反映する小さな漸増が重畳する. これらのノイズ成分を除去するため, 計測した穿刺力波形に図 2 に示すような二次ローパスフィルタをソフトウェアで構成して適用した. 本フィルタのカットオフ周波数 f_c 及び, 制動係数 ζ はそれぞれ式(1),(2)で表される. 先行研究においては兔耳介静脈に対する穿刺実験により得られた穿刺力波形の FFT 解析, 及び動物実験による検証により f_c を 0.4Hz, ζ を 0.5 とした. 今回の穿刺実験も同様のパラメータを用いた.

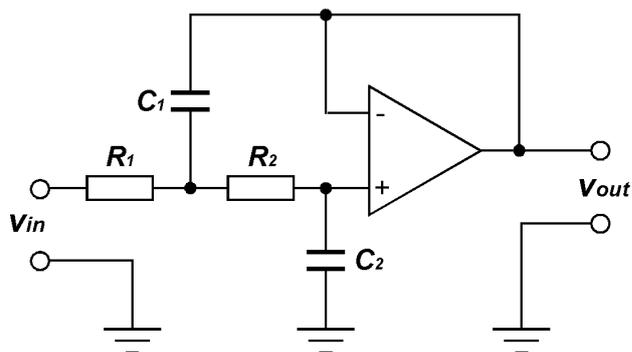


Fig.2 Electric circuit of 2nd order low-pass filter

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\zeta = \frac{C_2(R_1 + R_2)}{2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}} \dots\dots\dots (2)$$

2. 2 血液検知部

血液の検知は血液が導電性 (ヒト:185 $\Omega \cdot \text{cm}$) であることを利用し, 針の内部及び, 外部に設置した電極間が血液の針内流入により短絡することを電氣的に検出することで行った. 先行研究では導通検知回路にマクロショック (体表面感電) 以下の電流 (<1mA) を用いるインピーダンスプレチスモグラフ (呼吸計, 通電周波数 50kHz) を流用し, 電極間インピーダンスの微分出力信号の変化から血液の針内流入を判断していた. このため電極の形状や接地部位に制約があり, 装置が大型であるため, 臨床の現場への導入には課題が多かった. そこで本研究では簡易な直流内部電源を用いてマイクロショック (体内感電) 以下の電流 (<10 μA) を検知回路に流し, 血液流入によるインピーダンス変化を検出することで血液検知を行った. 回路構成を図 3 に示す.

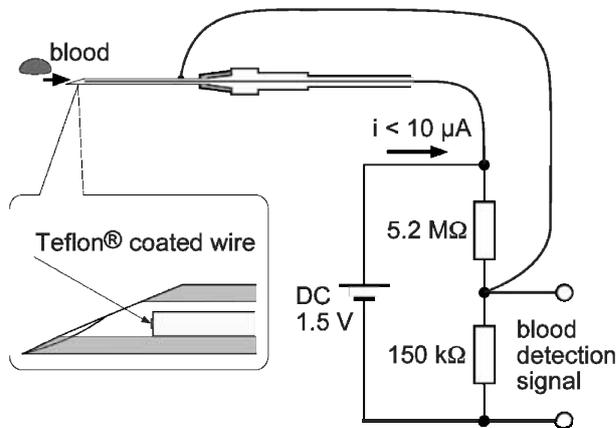


Fig.3 Electric circuit of a blood detector

血液検知用の内部電極には先端断面部のみ導通するテフロン被膜線 (φ0.15, メルソー) を用い, 針先から約 1mm 内側に設置した. 外部電極はステンレス製の針自体とした. 即ち針内部に血液が流入し, 針(外部電極)-血液-内部電極間の導通を検知することとした. また図4に計測制御プログラムの実行画面の一例を示す. 穿刺力とローパスフィルタの出力波形及び, 血液検知信号をリアルタイムで表示すると共に自動ステージの各軸の制御を自動もしくは手動で行えるインターフェイスを有する.

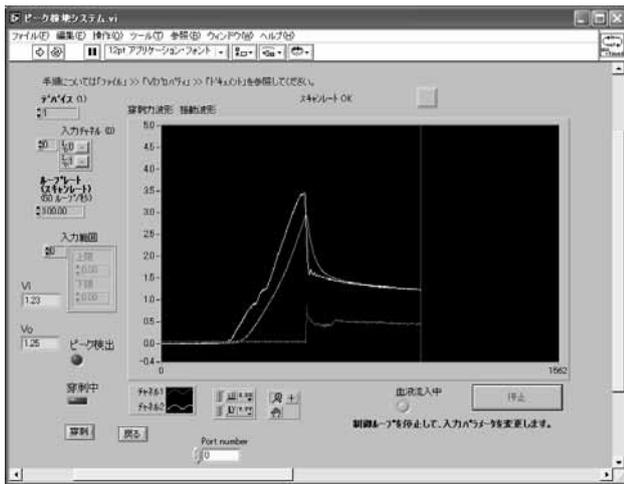


Fig.4 A screen shot of the automatic needle puncture system

2.3 皮膚・血管モデルに対する穿刺実験

構築したシステムの動作評価を行うため, 皮膚・血管モデルに対する穿刺実験を行った. 皮膚・血管モデルは図5に示すような看護師学校等で使用されている採血シミュレータ(静脈採血注射モデル I 型 LM-028A, 高研, 東京)を用いた. 血管モデルは駆血して拡張した肘静脈を模した弾性ラバークューブ(外径 5.0mm, 内径 3.0mm)を腕状のシリコンゴムに埋め込み, 皮膚を模したシリコン膜(厚さ 0.5mm)で覆ったもので, 針の穿刺特性に重点が置かれた構造になっている. 皮膚・血管モデルは水平に設置された針に対して血管が 30度の角度となり, また針の軸方向と血管の走行方向が一致するように設置した. 疑似血液として生理食塩水(154mmol/l, 大塚製薬)をリザーバータンクに入れ, 血管モデル内に満たした. 予備実験において, 図3の血液検知回路を用いた場合に生理食塩水が針内部に流入すると, 出力電圧が初期値の約 0.05V から約 0.25±0.05Vへステップ状に変化することが確認された. そこで疑似血液の流入判断の閾値を 0.1V とした.

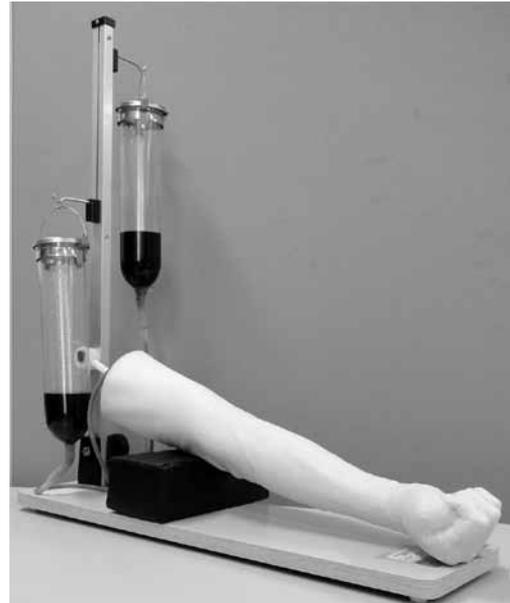


Fig.5 Practice model simulator for injection and blood sampling (KOKEN CO., LTD. Tokyo Japan)

3. 実験結果および考察

3.1 穿刺力の較正

皮膚・血管モデルへの針穿刺実験に先立ち, 穿刺力計測部の評価を行うため, 荷重に対する出力電圧の特性を5回計測した. 荷重に対する出力の標準偏差の最大値は 0.007[V](荷重 1.37[N]時)であり, 図6に示すように良好な直線性が認められた. 最小二乗法により求めた回帰曲線を式3に示す.

$$\text{output [V]} = 0.00245 + 1.722 \times \text{load [N]} \dots (3)$$

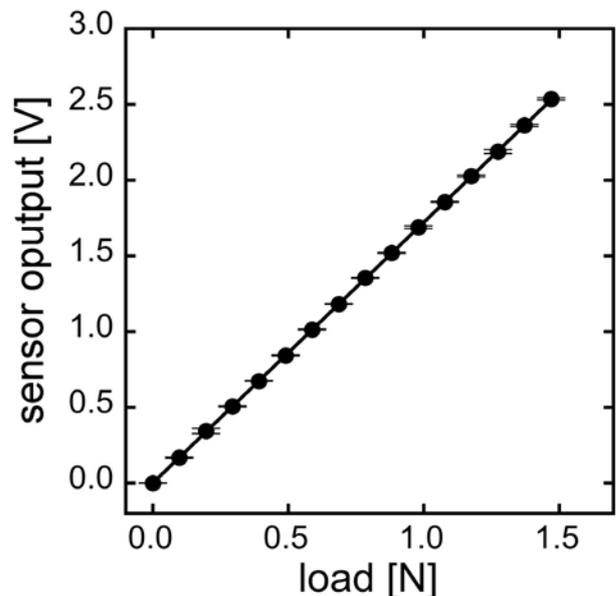


Fig.6 Calibration curve of the force sensor for standard load (n: 5)

3.2 血管穿刺制御部の動作確認と穿刺力の計測

次に皮膚・血管モデルに対して直径の異なる二種類の針（21G: 0.8mm, 27G: 0.4mm）を用いて、それぞれ 10 回の穿刺を行った時の穿刺力を計測した。予め針先が穿刺部位付近に位置するように皮膚・血管モデルを設置し、その後に穿刺プログラムのインターフェイスを介して穿刺位置に針先を調整した。

本来、針の位置決めには x - y - z 軸の直動 3 自由度と z - y 軸周りの回転 2 自由度の合計 5 自由度が必要であるが、今回は水平面に対する角度を固定して 4 自由度の穿刺系を構成した。用いた自動ステージの制御分解能は通常の採血の対象となる拡張した静脈の直径（3~5mm）に対して十分な精度であり、PC 画面のインターフェイスを介しての操作も支障なく行えた。

3.3 穿刺力の計測

針先の位置調整後、皮膚・血管モデルに対する針穿刺時の穿刺力及び、血液検知信号を計測した。穿刺力はモデルの皮膚に接した時点から漸増を始め、モデルの血管壁の貫通時にピークを呈した。穿刺力のピークは 27G の針の場合は 1 つのみで、穿刺力波形はシンプルなノコギリ歯状の波形が得られた。一方、21G の針の場合は大きなピークに複数の小さなピークの重畳が観察された。通常、市販注射針の先端は斜めに研磨された後に更に先端部の両側が研磨されている。穿刺力のピークは針の先端や研磨の段差部が組織の各層を貫通する時に発生する。特に研磨後端部は組織を剪断する刃が成形されておらず組織刺入時の抵抗が大きいため、組織貫通時の抵抗変化も大きくなる。21G の針の場合は針先端部から研磨後端部までの長さが約 4.15mm であり、皮膚・血管モデルを 30 度の角度で穿刺すると先端部が貫通した時に後端部は皮膚内に刺入されていない。すなわち針の先端部と後端部が発生する穿刺力の変化が独立して現れると考えられる。一方、27G の針では針先研磨後端部が皮膚内に刺入された時でも針先は貫通していないため、後端部の刺入抵抗の増加のみが穿刺力として現れ、後端部貫通時の抵抗変化のみが 1 峰性のピークとして観察されると考えられる。

これらの穿刺力波形に対して図 2 に示すローパスフィルタを適用したところ、21G の針を穿刺した時に発生した小さなピークは平滑化され、1 峰性のピークのみが得られた。すなわちローパスフィルタの出力変化（漸増→漸減）をモニタリングすることにより穿刺力のピークを検出でき、針先の血管穿刺を検知できることが確認された^(9,10)。

3.4 穿刺力変化と血液検知による血管穿刺の確認

更に前述の穿刺力の計測と共に簡易直流内部電源を用いた回路による疑似血液の検知を同時行った。穿刺力計測実験と同様に 21G と 27G の規格の針を用いてそれぞれ 10 回の穿刺実験を行った。Fig.7 に

27G の針を用いた時の穿刺力波形とそのローパスフィルタ出力波形、及び血液検知信号の一例を示す。

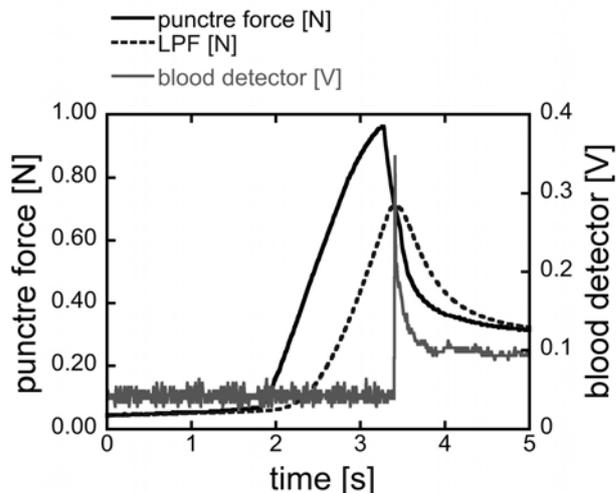


Fig.7 Typical example of changes in puncture force, the filtered signal and output of blood detector obtained from 27G needle puncture

図から分かるように穿刺力波形のピークの直後に血液検知信号は検知閾値を超え、血液が針内に流入したことを示した。血液流入のタイミングは穿刺力波形のローパスフィルタ出力のピークと一致し、27G の針を用いた他の穿刺例においても同様の挙動を示した。すなわち穿刺力波形に対するローパスフィルタ出力の位相遅れは血液が針内に流入して電極に到達するのに要する時間とほぼ同程度であると言える。先行研究において血管穿刺時の穿刺力波形と血液検知信号の状態の組合せから次のような針穿刺状態の推定が可能であることが確認されている¹⁰⁾。

- (1) 穿刺力波形のピークと血液検知信号の閾値超過が同時に得られたときは針先が血管内に確実に刺入され、血液が針内に流入した。すなわち針の刺入を停止して採血が可能である。
- (2) 血液検知信号の閾値超過のみが得られたときは血管内腔が陥潰し、血管から漏出した血液が検知されている。針を後退することで採血が可能であるが、十分な止血が必要である。
- (3) 針先が予想される血管内腔範囲（皮下 1mm 程度+血管径）以上深く刺入されていても、穿刺力波形のピークと血液検知信号の閾値超過がどちらも得られないとき、針先が血管を避けており直ちに穿刺を中止する。

また 21G の針を用いた時においても、全例において穿刺力波形のローパスフィルタ出力値のピークは血液検知信号の閾値超過のタイミングとほぼ一致した。すなわち針の外径に係わらず上記の針穿刺状態の推定が可能であった。

以上のように今回採り入れた簡易な直流内部電源による血液検知回路は血管穿刺において血液検知が可能であり, 穿刺力のピーク判断と共に用いることでインピーダンスプレチスモグラフを流用した回路と同等に針穿刺状態の推定が可能であることが確認された. これまでに用いてきたインピーダンスプレチスモグラフは呼吸計測用の機器であり, 計測レンジは胸部の皮膚間の生体インピーダンスを前提としていた. そのため電極の一部を採血部位周辺の皮膚表面に貼付することでインピーダンスの整合を図っていた. 今回用いた方法は採血針自体を外部電極とし, 内部に設置した電極間とのインピーダンス変化を検知するものである. すなわち被採血者の皮膚に電極を貼付する必要が無い簡便な方法であり, 臨床血液検査の現場への導入に適した方法と考えられる.

今回の血液検知は針内の電極間に流入した血液に直流電流が流れることで生じる回路内インピーダンスの変化を利用する. そのため直流電流による分極や血中各種イオン成分への影響を考慮する必要がある. 今後は血液検知直後の回路電流の遮断や交流電源の導入, もしくは光学的な血液検知法の開発により, 血液成分計測に影響しにくい方法の開発に取り組む予定である.

4. まとめ

自動採血の実現のための基礎研究として, 穿刺力学情報と血液検知によるハイブリッド・センシングにより, 血管への針穿刺を自動制御する方法が開発されてきた. 本研究では針穿刺の機械的自由度の確保と小型化を目的として, 多軸のアクチュエータとその制御系及び, 小型で簡便なインピーダンス計測系を組み込み, より実用的な自動採血法の開発を行った. 今回は針の位置決めにおいて水平面に対する角度を固定し, x - y - z 軸の直動3自由度と z 軸周りの回転の合計4自由度の穿刺機構を構成し, PC画面のインターフェイスを介して操作する制御系を開発した. また血液検知においては採血針自体を外部電極とし, 針の内部に設置した電極間とのインピーダンス変化を検知する小型で簡易な検知回路を用いる方法を導入した. 皮膚・血管モデルに対して穿刺実験を行った結果, 制御インターフェイスを介して容易に採血部位への針の位置決めが可能であり, 従来法と比して簡便に血液検知が可能であることが確認された.

謝辞

本研究の一部は平成 21 年度の東京工業高等専門学校重点配分経費による.

参考文献

- [1] A. Zivanovic and B. L. Davies, A robotic system for blood sampling, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, 4 (2000) pp. 8-14.
- [2] R. Ichiki, H. Komime, H. Saito, K. Tsuchiya and T. Togawa, Blood-sampling method mimicking mosquito, *Precision Machinery Incorporating Life Support Technology*, 4 (1993) pp. 266-268.
- [3] D. Okuno, T. Togawa, H. Saito and K. Tsuchiya, Development of an automatic blood sampling system: Control of the puncturing needle by measurement forces, *Proceedings - 20th Annual International Conference - IEEE / EMBS, Hong Kong, China, Dec. 29 - Nov. 1, 1998*, p. 1812.
- [4] P. N. Brett, T. J. Parker, A. J. Harrison, T. A. Thomas, and A. Carr. Simulation of resistance forces acting on surgical needles. *J. Eng. Med.*, 211 (1997) pp. 335-347.
- [5] L. Hiemenez, D. Stredney and P. Schmalbrock, in J.D. Westwood, H.M. Hoffman, D. Stredney, S. Weghorst and Morgan K. (eds.), *In Medicine Meets Virtual Reality, Development of the force-feedback model for an epidural needle insertion simulator*, IOS Press and Ohmsha, Tokyo, 1998, pp. 272-277.
- [6] C. Simone and A. M. Okamura, Haptic Modeling of Needle Insertion for Robot-Assisted Percutaneous Therapy, *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, Washington DC, USA, May 11-15, 2002, pp. 2085-2091.
- [7] H. Kataoka, T. Washio, K. Chinzei, K. Mizuhara, C. Simone and A. M. Okamura, Measurement of the tip and friction force acting on a needle during penetration, *Proc. 5th Int. Conf. Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention*, Tokyo, Japan, Sep 25-28, 2002, pp. 216-223.
- [8] M. D. O'Leary, C. Simone, T. Washio, K. Yoshinaka, and A. M. Okamura, Robotic Needle Insertion: Effects of Friction and Needle Geometry, *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, Taipei, Taiwan, May 12-17, 2003, pp. 2085-2091.
- [9] H. Saito and T. Togawa, Detection of needle puncture to blood vessel by using puncture force measurement, *Med. Biol. Eng. Comput.* 43(2) (2005) pp.240-244.
- [10] H. Saito K. Mitsubayashi and T. Togawa, Detection of needle puncture to blood vessel by using electric conductivity of blood for automatic blood sampling, *Sensors Actuators A: Phys.*, 125(2) (2006) pp. 446-450.

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

応力聴診器によるひずみ分布データからニューラルネットワーク ワークを利用した欠陥検出の試み

中川裕斗*, 北山光也**, 黒崎 茂***

Defect Detection Using Neural Network at the Strain Distribution Measured Using Stress Stethoscope

Yuto NAKAGAWA, Mitsunari KITAYAMA and Shigeru KUROSAKI

Recently the stress stethoscope was developed. The stress stethoscope made by unbonded type strain gauge which does not require the adhesive. In this study, the stress stethoscope was used in order to obtain the strain distribution of the defect material. The depth of the defect was identified on the neural network basis of the strain distribution data using.

The virtual defect notch was put on the test piece surface. Several kinds of strain distribution test pieces were taught by data PC. Strain distribution of back surface was measured on the test piece of the unknown notch groove depth, and the notch groove depth was identified. By the neural network treatment, the relative error which detected the defect depth was obtained for true depth within 8 ~ 9% of plate thickness.

(Keywords: Non Destructive Inspection, Stress Stethoscope, Neural Network, Defect)

1. 緒 論

欠陥検出方法には、従来から超音波法他いろいろな方法が考案され実用化されている。構造物を形作る要素部材中に欠陥があると、ひずみ分布も通常の分布から、欠陥相当の分布になる。このような特性を利用することにより、欠陥形状が検出できることを筆者の一人が実験で確かめた。⁽¹⁾ この場合は、表面欠陥の裏側から表面欠陥形状のみを検出できることが明らかになった。しかし欠陥深さまでは、求めることができない。この時用いたのが、近年開発された非接着型ひずみゲージを組み込んだ Fig. 1 に示す応力聴診器⁽²⁾である。応力聴診器は、医師が使用する聴診器と同様に、非測定物に磁力を利用して押し当て、ひずみを測定するものである。そのため従来のひずみゲージのように接着剤を必要としない利便性がある。⁽²⁾

本研究は、この応力聴診器を使い欠陥部材のひずみ分布を測定し、そのデータを基にニューラルネットワークを使い、欠陥の深さを同定しようとするものである。実際には、試験片表面に仮想欠陥としての深さを一定にした切欠溝を挿入する。切欠溝深さを

数種類変えた試験片のひずみ分布を、教師データとしてPCに覚え込ませる。未知の切欠溝深さの試験片について、裏面のひずみ分布を測定し、上記の手法により切欠溝深さを同定した。

2. 応力聴診器について

一般のひずみゲージは構造物に発生したひずみを、接着剤を介して測定する。それに対し、応力聴診器は Fig.1 に示すものであり、構造物にマグネットで吸着し受感部をばねの力により押し当てることで接

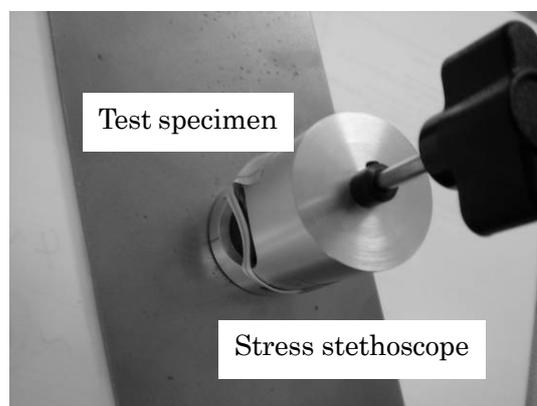


Fig. 1 Strain measurements using stress stethoscope

着剤を不要としたひずみ測定器である。(2) 特徴としては、接着剤が不要であるため研磨、脱脂、接着、キュアリングなどの作業工程が省略できる、何度でも使用可能である等、その他にも特徴を有したひずみ測定器である。

3. ニューラルネットワークについて

ニューラルネットワークは、人間の脳の仕組みを真似た情報処理機構である。人間の脳内の情報処理のメカニズムを基にし、その基本機能である認識、記憶、判断といった処理を模倣して、コンピュータ上に実現させるため、ニューラルネットワークが誕生した。ニューラルネットワークは相互結合型と階層型の 2 種類があるが、本研究で採用するのは階層型ニューラルネットワークである。

3. 1 階層型ニューラルネットワークの構造

ニューラルネットワークは、多入力、単一出力のニューロン (ユニット) と呼ばれる機能素子から構成されている。

階層型は、Fig.2 に示すように、多数のユニットが入力層、中間層、出力層という複数の階層で構成されているネットワークである。

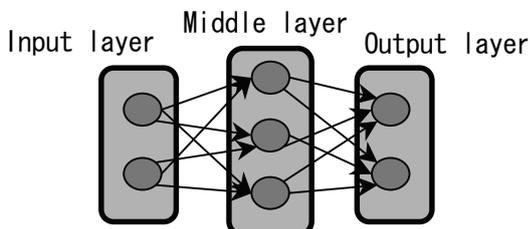


Fig. 2 Network treatment

3. 2 ニューラルネットワーク処理プログラム

本研究で使用したニューラルネットプログラムは、一般的に使用されている、統計処理ソフト「R」の中のニューラルネットパッケージ nnet を使用した。(3)

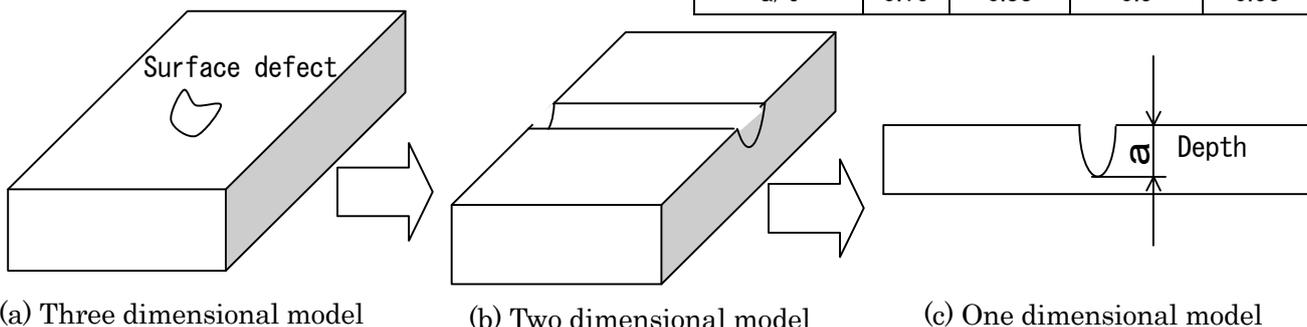


Fig.3 Surface defect model

処理の流れは、以下のとおりである。①問題解決のために教師データ(各測定時のひずみ分布値)を入力する。②次に未知の状態(深さが未知のはりのひずみ分布値)を入力する。③「R」ソフトより未知状態(未知の深さ)を推定する。

4. 実験方法

4. 1 欠陥のモデル化 (一次元モデル)

欠陥モデルの単純化を行った。通常表面欠陥モデルを想定すると、Fig. 3 (a)に示す形状が一般的である。表面に任意形状を有し、表面から一定の深さに入っている欠陥を、ここでは一般の三次元モデルとする。本研究で扱う欠陥は、欠陥の深さのみを、ニューラルネットワークで同定することを試みることから、三次元モデルでなく一次元モデルとした。すなわち、Fig. 3 (C)に示す欠陥深さのみを検出できる 1 次元モデルを設定した。一次元モデルは、図に示すように板厚方向に切り込み深さを入れ、板厚側面より深さのみを変数として扱うことができる。

4. 2 一次元欠陥モデル試験片

試験片は Fig.4 に示す。長さ L=300mm, 幅 b=38mm,厚さ t=6mm の SS400 材を使用した。欠陥の形状は溝形で幅 4mm,深さが 1mm, 2mm, 3mm,4mm の 4 種類を作成した。

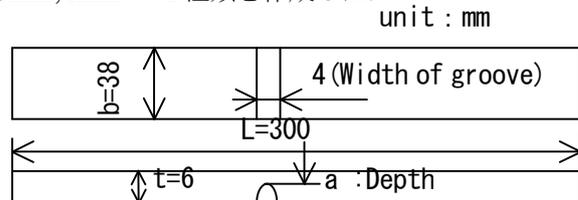


Fig.4 Test specimen

Table1 Dimension of test specimen (mm)

t(thickness)	6			
a	1.0	2.0	3.0	4.0
a/t	0.16	0.33	0.5	0.66

4. 3 ニューラルネットワーク処理の実験手順

ニューラルネットワーク処理をするためには, 教師データをコンピュータに憶えさせる必要がある. 以下の 3 ステップでニューラルネットワーク処理を行い, 欠陥検出を行った.

- ①欠陥深さを 4 種類変えた試験片を用意した. それぞれの試験片について, 欠陥位置を変えてひずみ分布測定をした. はり全体のひずみ分布値を教師データとしてコンピュータに入力した.
- ②欠陥の深さが未知のはりのひずみ測定を行い, はりのひずみ分布値を入力した.
- ③ニューラルネットワーク処理ソフトを使用して, 上記②のひずみ分布より①の教師データを使い, 欠陥検出を行った.

4. 4 測定条件および測定方法

Fig. 5 に示すように, 試験片を両端支持の状態にし, 常にはりの中央部分 150mm の一箇所に, 2.7kgf の重りを吊るす状態で行う. 欠陥位置 S は, 左端から 15mm, 30mm の 2 種類のピッチ間隔で移動させた. ひずみ分布測定は, Fig. 6 に示す 15, 30mm ピッチで行った. 従って欠陥箇所の異なった両端支持はりのひずみ分布パターンが他種類得られる. 以上の方法で 4 種類の試験片を用いてひずみ測定を行った.

欠陥深さ 4 種類の試験片のうち, 深さ 2mm の欠陥試験片を, 未知深さとして扱う. 他の 3 種類の深さ試験片のデータを, すべて教師データとしてコンピュータに入力する.

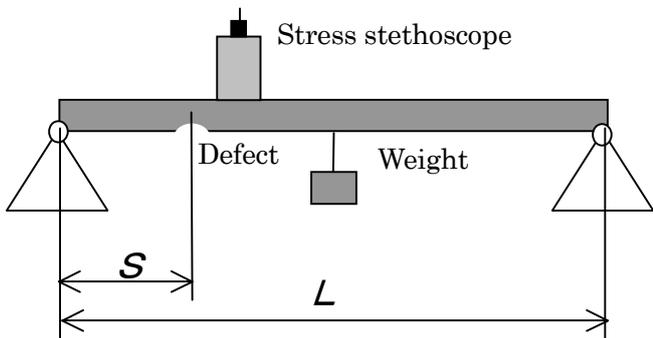


Fig.5 Both end support beam with defect

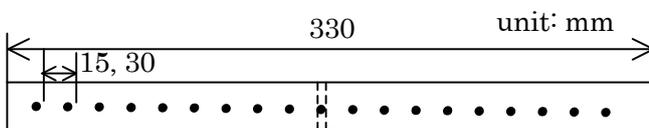


Fig.6 Strain measuring position (pitch 15, 30mm)

4. 5 測定装置

応力聴診器は東京測器製の FGMH-1(ゲージ長 6mm)を使用した. 測定は Fig. 5 のように欠陥の裏側に応力聴診器を取り付け移動しながら測定した.

5. 実験結果および考察

5. 1 ニューラルネットワーク上の教師データ

深さ 4mm の仮想欠陥を挿入したはりのひずみ分布を, 応力聴診器で測定した. その際, はりに挿入してある欠陥位置を, 左端から順に移動させ固定した. その位置でのひずみ分布を測定している.

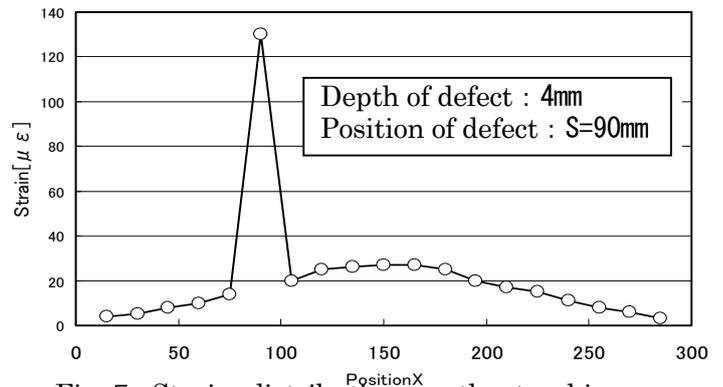


Fig.7 Strain distribution as the teaching data (Example)

5. 2 未知の欠陥深さ試験片のひずみ分布

未知の欠陥深さを有するはり試験片について, 上記と同様にひずみ分布を測定する. ここでは, 実際に深さがわかっていて 2mm とするが, コンピュータ上では, 未知の深さである. この時のひずみ分布の一例が Fig. 8 である.

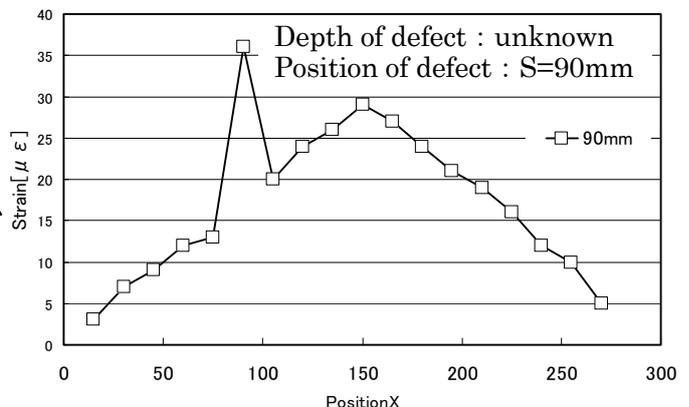


Fig.8 Strain distribution of unknown defect depth (2mm)

5. 3 ニューラルネットワーク処理による欠陥深さの同定

上記未知の欠陥深さ試験片について, ニューラル

ネットワーク処理を行った。その結果を Table 2 に示す。模式図を、Fig. 9 に示す。実際の欠陥深さは、2 mm である。それぞれはりの欠陥位置における欠陥深さおよび検出誤差を Table 2 に示す。

板厚に対する深さの検出誤差率は間隔 30mm の場合で平均 8.8% (Fig.10)、間隔 15mm の場合で平均 8.0% (Fig.11) の値を得た。

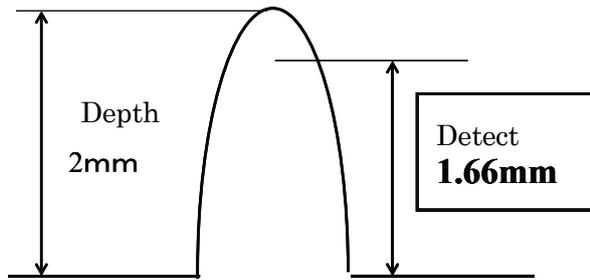


Fig.9 Detecting defect depth (position X=90mm)

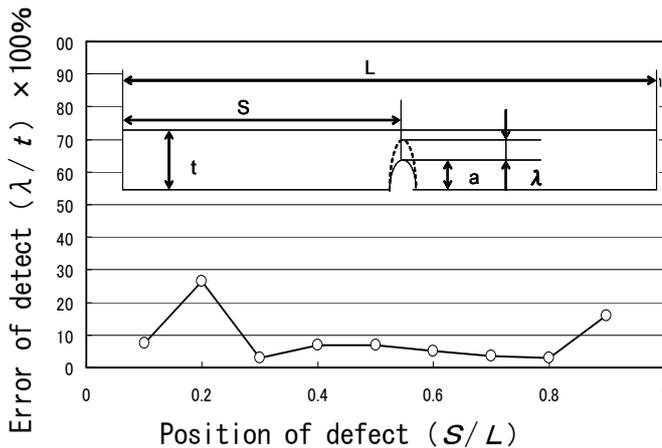


Fig.10 Error of detect (30 mm interval distance)

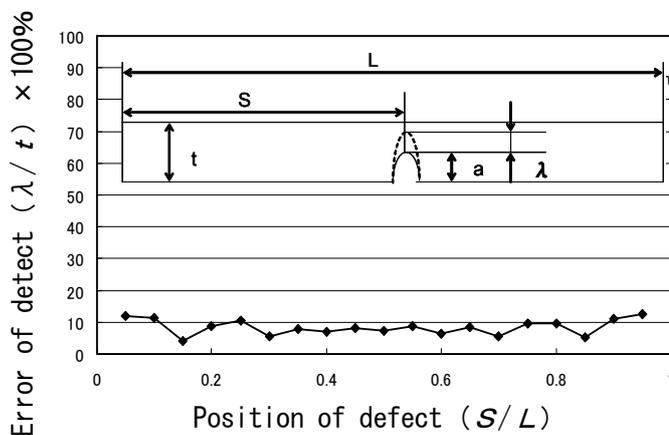


Fig.11 Error of detect (15 mm interval distance)

Table 2 Results of neural network

True depth	True position of defect	Detect depth	Error of detect depth
2[mm]	90[mm]	1.66[mm]	0.34[mm]
2[mm]	120[mm]	1.57[mm]	0.43[mm]
2[mm]	150[mm]	1.56[mm]	0.44[mm]

結論

非接着型ひずみゲージを内装した応力聴診器を使い、仮想欠陥を挿入した平板のひずみ分布を測定した。ただし計測したひずみ分布は、仮想欠陥面の裏面のひずみ分布である。得られたひずみ分布に、ニューラルネットワークを適用して、仮想欠陥の深さを検出する方法を提案し実験を試みた。

平板表面の欠陥深さのみを未知数とする 1 次元平板欠陥モデルを設定し、実験を行った。その結果、応力聴診器を使いニューラルネットワーク処理を行うことにより、欠陥深さを検出することが可能であることがわかった。

今回得られた欠陥深さの検出誤差率は、真の深さに対して板厚の 8～9% の範囲で得られた。

さらに精度をあげるためには、以下の 2 項目が必要であることが実験結果から明らかになった。

- ①測定の間隔を細かくし、測定値を増やすこと。
- ②欠陥のパターンを増やすこと。

今後、パイプ等の配管内部に生じた欠陥を、配管外側から応力聴診器を使いひずみ分布を計測し、本手法を拡張することにより欠陥深さが同定できると考えられる。

謝辞：本研究は、筆者の一人が高専間教員交流で東京高専在任中、共同研究で行った一部であります。関係各位に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 長田真紀, 黒崎茂, 日本非破壊検査協会, 平成 20 年度春季大会講演概要集, pp129-130, (2008)
- 2) 東京測器カタログ, 応力聴診器, pp38-39, (2009)
- 3) 熊谷悦男, 舟尾暢男, R で学ぶデータマイニング I, 九天社, pp77-128, (2007)

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

紫外線照射環境下における固体潤滑剤のトライボロジー特性評価

福田勝己*, 小林光男**, 原田 徹***

Tribological Characteristics of Solid Lubricants in Ultraviolet Irradiation Environment

Katsumi FUKUDA, Mitsuo KOBAYASHI and Tetsu HARADA

This paper describes tribological characteristics of solid lubricants in ultraviolet irradiation environment. Today, the solid lubricant is used in various places. For example, in vacuum environment that oil evaporates. And it attracts attention as maintenance free lubrication law. In this study, I investigate tribological characteristics when it irradiated ultraviolet rays in the atmosphere. I used the pin on disk abrasion testing machine for it. Pin and disk are made of stainless steel (SUS304). The surface of disk is coated with molybdenum disulfide. Result, friction coefficient have decreased when ultraviolet irradiation.

Keywords: Tribology, Solid lubricant, Molybdenum disulfide, Ultraviolet irradiation

1. 緒言

これまでの固体潤滑剤は、従来の潤滑油やグリースが使用できない宇宙空間などの真空環境下で用いられることが多かったが、近年では、メンテナンスフリーの潤滑剤として注目され、大気圧環境下で使用される機会も増加している。

従来から行われている研究¹⁾では、その多くが真空環境下でのトライボロジー特性を明らかにしたもので、その中には、真空かつ紫外線照射環境下で、固体潤滑剤のトライボロジー特性が向上したという報告¹⁾もある。しかし、大気圧環境下での実験例は少ないことから、大気圧環境下でのトライボロジー特性を明らかにすることが重要な課題の一つである。

本研究では、大気圧環境下において紫外線照射が固体潤滑剤(本報では二硫化モリブデンの乾性被膜)のトライボロジー特性に及ぼす影響について明らかにする。

2. 固体潤滑剤

固体潤滑剤は、摩擦面の表面損傷を防ぎ、摩擦や摩耗を減少させるために用いられ、潤滑油などが使用できない環境下で使用されている。例えば、1) 真空中や高温あるいは低温などの極限作動環境下、2) 酸・アルカリ・液体酸素などの腐食環境下、3) 食品工業のように油やグリースによる汚染を嫌う環境下などが挙げられる³⁾。また、保全費の節約の目的で使用頻度の少ない機器や、安全装置のように突然に確実な動作を要求される機器に、潤滑油やグリースの代替品として使用される場合もある。

固体潤滑剤の代表的なものとして層状の結晶構造を持

つグラファイトや二硫化モリブデンが挙げられる。グラファイトと二硫化モリブデンの結晶構造を Fig.1 に示す。(a) はグラファイト、(b) は二硫化モリブデンである。いずれも六方晶系であり、六角面の分子力が弱いので、力が作用することにより容易にせん断され、これにより低摩擦を実現している。

固体潤滑剤の潤滑性は、その物質によって様々な特徴を持つ。用法としては、(i)油やグリースに混入する場合、(ii)固体被膜の場合、(iii)複合材料の場合に大別できる。(i)は、固体潤滑剤を粉末状にして、比較的容易で効果も期待できる。(ii)は、真空蒸着法やイオンプレーティング法、スパッタリング法などによる膜で、固体潤滑剤の被膜を形成して、被膜の構造や素地材料、下地との界面の性質などによって影響される。(iii)は、プラスチック材料に固体潤滑剤を混入して成形するもので、潤滑剤には二硫化モリブデンが多用される。

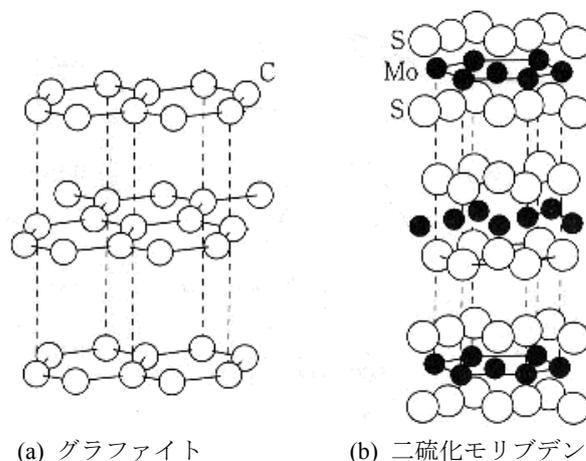


Fig.1 結晶構造

3. 試験

3.1 ピンオンディスク型摩擦摩耗試験機

本研究で用いた試験装置は、ピンオンディスク型摩擦摩耗試験機である。Fig.2 にその概略を示す。本試験機は、デッドウェイト方式によって荷重を負荷し、無段階変速機によって回転速度を 1900rpm までの範囲で変速可能である。

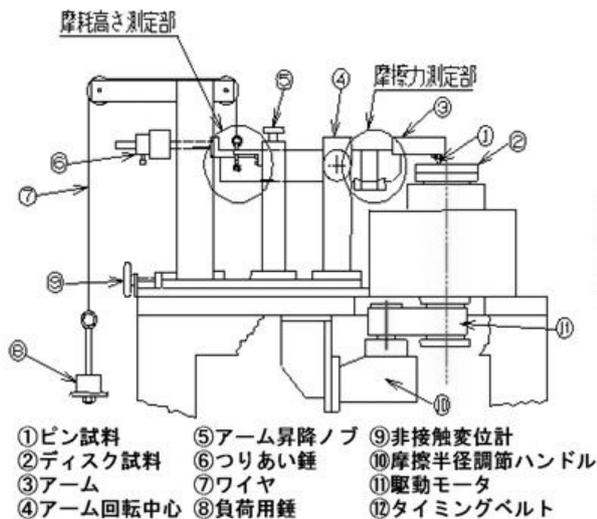


Fig.2 試験機概略

3.2 UVランプ

本試験は、紫外線照射環境下で行うために、UV (紫外線) ランプを使用した。使用した紫外線の波長は 254nm である。なお、紫外線の照射はUVランプをしゅう動部分に接近させて行った。

3.3 試験片

本試験で使用したピン試験片とディスクプレートは SUS304 で、Table 1 にピン試験片の寸法を、Table 2 にディスクプレートの寸法を示す。なお、ディスクプレート表面には固体潤滑剤として二硫化モリブデンを配合した乾性被膜を膜厚さ 10 μ m でコーティングした。Fig.3 にピン試験片とディスクプレートの寸法の形状を示す。

Table 1 ピン試験片の寸法

ピン	寸法
直径 (mm)	4
長さ (mm)	16

Table 2 ディスクプレートの寸法

ディスクプレート	寸法
幅 (mm)	40 \times 40
長さ (mm)	2

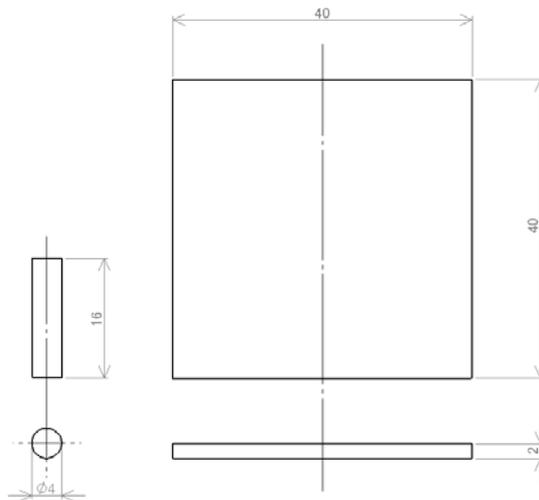


Fig.3 試験片寸法

ディスクプレート表面にコーティングした乾性被膜潤滑剤は、ベースとなる固体潤滑剤とディスクプレート表面に潤滑剤を定着させるためのバインダーとから構成されている。Table 3 に乾性被膜潤滑剤の構成と仕様を示す。

Table 3 乾性被膜潤滑剤の構成と仕様

バインダー	エポキシ樹脂
固体潤滑剤	二硫化モリブデン
膜厚さ (μ m)	10
焼成条件	180 $^{\circ}$ C \times 30 分

3.4 試験条件

Table 4 に試験条件を示す。本試験では、すべての試験において Table 4 中の試験荷重、試験時間、回転速度、紫外線波長等を一定として実施した。なお、紫外線を照射した場合の摩擦試験を 7 回、照射しない場合の摩擦試験を 5 回実施した。

Table 4 試験条件

試験荷重 [N]	38.2
試験時間 [sec]	5400
回転速度 [rpm]	100
紫外線波長 [nm]	254

また, 本試験は「JSME S 013-1990 摩耗の標準試験方法」⁴⁾に準拠して実施した. なお, 本研究では, 摩擦力 (摩擦係数), 比摩耗量, 表面観察によってトライボロジー特性を評価した.

4. 試験結果及び考察

4.1 摩擦係数

Fig.4 に紫外線を照射しない場合の摩擦係数と試験時間との関係を, Fig.5 に紫外線を照射した場合の摩擦係数と試験時間との関係を示す. また, Fig.6 に紫外線照射の有無による摩擦係数の算術平均値と試験時間との関係を示す. 各図中の測定点は, 摩擦係数のノイズを取り除くため, 600 秒毎の中央値に算術平均値として示した. なお, データ名称の添字[a]から[l]は, 各データを区別するためのものである.

Fig.4 から, 試験時間の経過とともに摩擦係数が増加と減少を繰り返していることが分かる. これは, しゅう動することによって, 徐々に摩擦面の固体潤滑剤が摩耗して減少し, 母材 (ディスクプレート) とピン試験片との接触面積が増加することによって, 摩擦力 (摩擦係数) が増加する. その後, 摩耗した固体潤滑剤が摩擦面間で移着を繰り返すことによって再び摩擦面間に介入し, 円滑な摩擦状態になり, その結果として摩擦力 (摩擦係数) が減少する. これらの現象を繰り返すことによって, 摩擦力 (摩擦係数) が増減するものと推測する. また, 摩擦係数が上昇傾向にあり, 摩擦係数の値が 0.25 から 0.40 の範囲にあることが分かる.

Fig.5 から, 紫外線照射ナシ (Fig.4) の場合と同様に, 摩擦係数が時間の経過とともに上昇傾向にあることが分かるが, 紫外線照射ナシの場合より上昇の度合いが低くなっていることが分かる. また, 各データの変動幅が比較的大きいことから, 紫外線を照射した場合には, 不安定な摩擦状態になることが推測される. この場合の摩擦係数の値は, 0.15 から 0.35 の範囲にある.

Fig.6 から, 紫外線を照射しない場合の摩擦係数の値より, 紫外線を照射した場合の摩擦係数の値の方が小さな値を示していることが分かる.

4.2 比摩耗量

Table 5 と Fig.7 に, ピン試験片とディスク試験片 (ディスクプレート) の比摩耗量を示す. Fig.7 においては, a から e までは紫外線照射ナシの比摩耗量を, f から l までは紫外線照射アリの比摩耗量を表している.

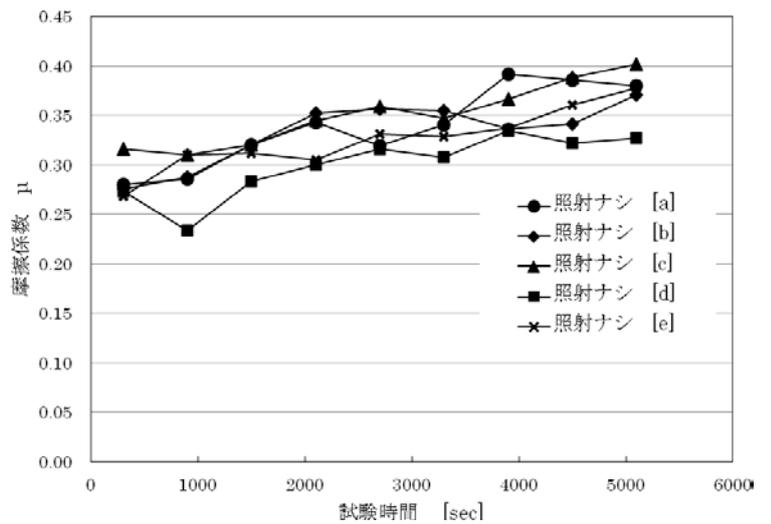


Fig.4 摩擦係数と試験時間との関係 (紫外線照射ナシ)

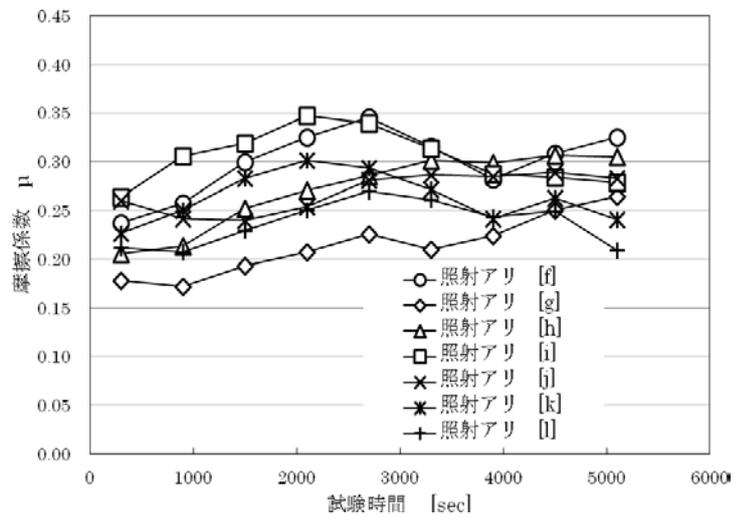


Fig.5 摩擦係数と試験時間との関係 (紫外線照射アリ)

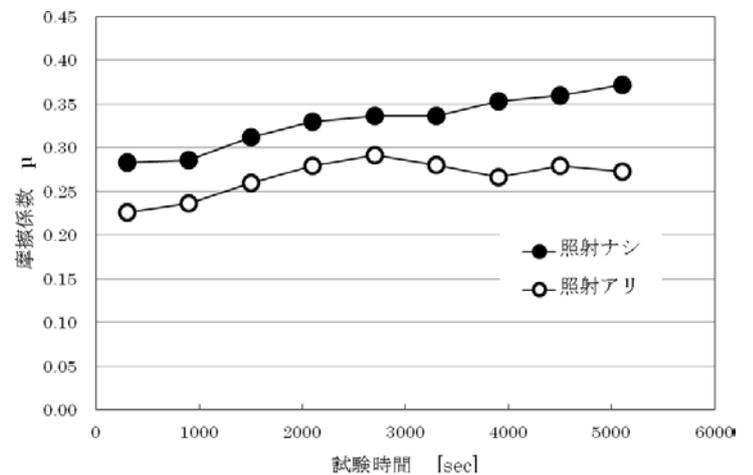


Fig.6 摩擦係数と試験時間との関係 (算術平均値)

Table 5 と Fig.7 から、ピン試験片については、紫外線照射の有無に関わらず、多少の増減はあるものの顕著な差異は認められない。これに対してディスクプレートについては、紫外線を照射しない場合の比摩擦量は、紫外線を照射した場合の比摩擦量の値と比較して大きな値を示していることが分かる。

Table 5 各試験片の比摩擦量

	比摩擦量 [m ² /N]	
	ピン試験片	ディスク試験片
紫外線照射ナシ [a]	1.15×10 ⁻¹⁶	7.54×10 ⁻¹⁵
紫外線照射ナシ [b]	2.79×10 ⁻¹⁶	7.75×10 ⁻¹⁵
紫外線照射ナシ [c]	2.80×10 ⁻¹⁶	9.52×10 ⁻¹⁵
紫外線照射ナシ [d]	2.79×10 ⁻¹⁶	5.26×10 ⁻¹⁵
紫外線照射ナシ [e]	8.40×10 ⁻¹⁶	7.35×10 ⁻¹⁵
紫外線照射アリ [f]	2.79×10 ⁻¹⁶	9.80×10 ⁻¹⁵
紫外線照射アリ [g]	4.20×10 ⁻¹⁶	11.41×10 ⁻¹⁵
紫外線照射アリ [h]	6.98×10 ⁻¹⁶	11.24×10 ⁻¹⁵
紫外線照射アリ [i]	1.39×10 ⁻¹⁶	10.42×10 ⁻¹⁵
紫外線照射アリ [j]	1.40×10 ⁻¹⁶	9.90×10 ⁻¹⁵
紫外線照射アリ [k]	1.40×10 ⁻¹⁶	10.93×10 ⁻¹⁵
紫外線照射アリ [l]	2.81×10 ⁻¹⁶	9.75×10 ⁻¹⁵

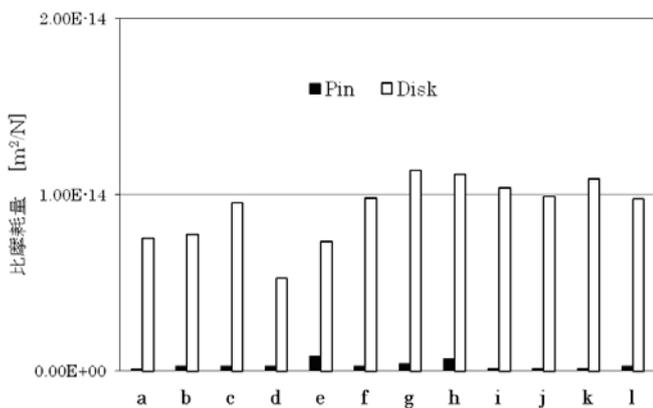


Fig.7 比摩擦量の比較

摩擦係数と比摩擦量の結果から、紫外線を照射した場合には、照射しない場合と比較して摩擦係数が減少し、比摩擦量が増加するという傾向を示すことが明らかになった。元来、固体潤滑剤は、分子間の結合力が弱く、外力が作用することによって容易にせん断され^{1) 3)}、これにより、固体潤滑剤は低摩擦状態を実現している。摩擦面に紫外線を照射することによって摩擦面の固体潤滑剤が、よりせん断されやすい状態になり、その結果摩擦力が低下し、摩擦係

数が減少するものとする。また、摩擦面の固体潤滑剤がせん断されやすい状態であったために、摩擦量が増加したものとする。

4.3 表面観察

紫外線照射の有無によって固体潤滑剤表面にどのような変化が現れているのかを確認するために、しゅう動面の摩擦痕観察を行った。摩擦痕の観察には、光学顕微鏡を使用した。

Fig.8, Fig.9 に摩擦痕の光学顕微鏡写真を示す。Fig.8 は紫外線照射ナシの場合、Fig.9 は紫外線照射アリの場合である。共に倍率は 3000 倍であり、また、しゅう動は下方から上方への方向（矢印の方向）である。

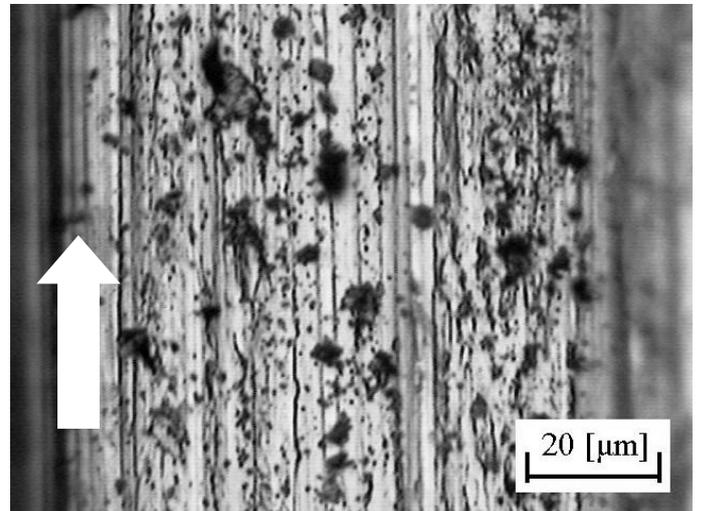


Fig.8 紫外線照射ナシ

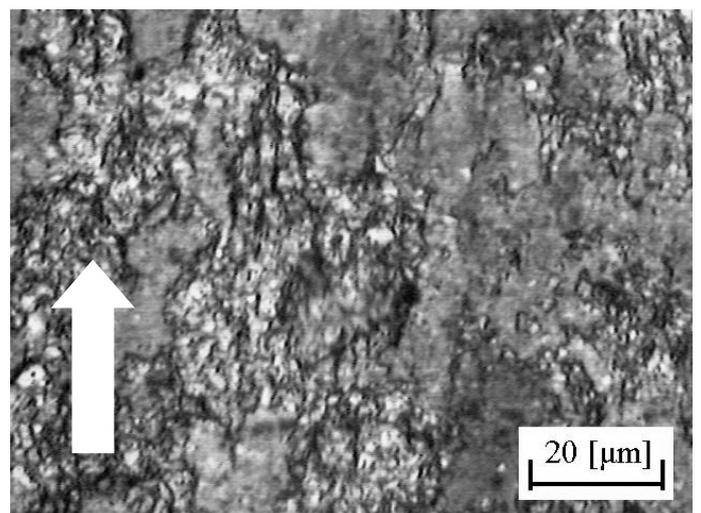


Fig.9 紫外線照射アリ

Fig.8 から、摩擦面には、上下方向に摩擦痕と考えられるしゅう動痕が明確に確認できる。また、複数の孔も確認

することができる。この孔は、摩擦面間で凝着摩耗⁵⁾が発生し、これによって固体潤滑剤が欠落したものと推測する。

Fig.9 から、紫外線を照射しない場合 (Fig.8) のような明確な摩耗痕を確認することはできないが、凝着摩耗による固体潤滑剤の欠落によって生じたと考えられる摩擦面の顕著な凹凸が確認できる。また、Fig.8 に見られた摩擦面の孔の数も紫外線を照射しない場合と比較すると非常に少ないことが分かる。

このことより、紫外線を照射しない場合と照射した場合の摩耗形態は非常に異なり、紫外線が摩耗形態に多大な影響を及ぼしていることが確認できた。

5. 結論

紫外線照射が固体潤滑剤のトライボロジー特性に及ぼす影響について明らかにするために、母材 (SUS304) に二硫化モリブデンの乾性被膜をコーティングし、ピンオンディスク型摩擦摩耗試験機を使用して摩耗試験を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 紫外線の照射の有無に関わらず、摩擦係数は試験時間の経過とともに上昇する傾向にある。
- 2) 紫外線を照射することにより、照射しない場合と比較して摩擦力 (摩擦係数) は減少するが、比摩耗量は増加する。
- 3) 紫外線環境下において二硫化モリブデンの乾性被膜は、摩擦力 (摩擦係数) に対しては良好な効果が得られた。しかし、比摩耗量については増加していることから、被膜の寿命を短くする可能性がある。
- 4) 紫外線照射の有無によって、異なる摩耗形態を示す。

参考文献

- 1) 久恒克人, 西村 允, 紫外線照射による固体潤滑剤のトライボ特性評価, 法政大学大学院工学研究科紀要 Vol.46, 2005
- 2) 福田勝己, 小林光男, 原田 徹, 紫外線照射による固体潤滑剤のトライボロジー特性評価, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集 (4) 153-154
- 3) 山本雄二, 兼田楨宏, トライボロジー, 理工学社, 2004
- 4) JSME S 013-1990 摩耗の標準試験方法, 日本機械学会基準, (社) 日本機械学会, 1990
- 5) 村木正芳, 図解トライボロジー, 日刊工業新聞社, 2007

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

内面形状の異なる管内における振動流によるガス輸送

清水昭博*, 外崎麗子**, 清水優史***

Gas Transport through Oscillatory Flow in Pipes with Different Internal Surface Configurations

Akihiro SHIMIZU*, Reiko SOTOZAKI** and Masashi SHIMIZU***

Experiments have been carried out to obtain the effective diffusivity of carbon dioxide for axial transport in the oscillatory flow through straight circular-cross-sectional pipes with several types of internal configurations. A smooth inner surface pipe, an internal thread pipe, a dimpled pipe and a pipe with a spiral baffle inserted into the internal space of the pipe have been tested. Results have been compared with the smooth inner surface pipe. The internal thread pipe has established the highest effective diffusivity in the case of the largest tidal volume and oscillatory frequency. In the region of low tidal volumes or low Reynolds numbers, the pipe with a spiral baffle has shown the highest effective diffusivity against the other types of pipes in the case of higher frequency of oscillation.

(Keywords: Oscillatory Flow, Diffusion, Dispersion, High Frequency Oscillation, Effective Diffusivity, Carbon Dioxide, Respiration, Bioreactor)

1. はじめに

新型インフルエンザ等による肺疾患患者や手術中の患者のための人工呼吸器に応用されている人工換気法の一つに高頻度振動換気法¹⁾(High Frequency Oscillation Ventilation. 以下,

「HFOV」と呼ぶ)がある。従来の呼吸力学では死腔容積よりも換気量が小さい場合は換気が達成できないと思われていた。HFOVでは1回換気量が2~3 ml/kg(体重)で, 5~30 Hzの高い換気数の酸素濃度の高い空気の振動流を気道に供給し, 肺の内部空間の換気に関与しない死腔 dead space

(血液との間に直接ガス交換をすることができない気道空間)よりも小さな換気量でガス交換を達成している。清水ら²⁾³⁾は脊椎動物の気管内面の輪状軟骨と靭帯による凹凸を機械的に摸して構成した円周方向溝付管内におけるHFOVによるガス輸送の研究を実施し, 滑らかな直管と溝付き管とでは後者の炭酸ガスの有効拡散係数が大きくなることを明らかにした。

最近, 高粘性流体や高いずり変形で破壊してしまう生体物質(動物細胞, 植物細胞)を含む混合流体を取り扱うような熱交換器, 人工臓器, バイオリアクタでは, 低 Reynolds 数領域で, いかに高い物質移動速度を得るかということが課題となっている⁴⁾。人工呼吸器以外のこれらの分野での応用を視野に入れ, 滑らかな直管において本来層

流域である条件に対して, 流れに周期的な振動を与えるとともに流路内の内面形状を工夫することで, はく離, 再付着を利用した流路内の物質移動促進実現の可能性が十分にあると考えられる。

そこで, 本研究では, 清水らによる溝付管²⁾³⁾以外の新たな分散作用の高い管内面形状を模索するため, それらをいくつか考案して試作し, 炭酸ガスによる分散実験を通して, 滑らかな直管の有効拡散係数との違いに注目して最適な内面形状を検討することを目的とする。

2. 記号・単位の書き方

a : 管内半径 [m]

A : 管横断面積 [m²]

α : Womersley 数 ($=a\sqrt{\omega/\nu}$)

c : 分散物質の濃度 [kg/m³]

D_{eff} : 有効拡散係数 [m²/s]

D_s : 滑らかな直管での有効拡散係数 [m²/s]

f : 振動数 [Hz]

M : 炭酸ガスの質量 [kg]

t : 時間 [s]

V : ピストンの拍出体積 [m³]

ν : 動粘性係数 [m²/s]

ω : 角振動数 ($=2\pi f$) [rad/s]

z : 管軸方向の座標 [m]

Z : 炭酸ガス導入点と検出点間の距離 [m]

3. 実験装置及び方法

滑らかな直管と比較する供試管として図 1 に示すように、内径 18[mm]を共通にして、内面に M20 (ピッチ $p=2.5$ [mm], メートル並目ねじ) のねじを切った「ねじ切り (thread)」管 (タップ長さの制限より、主に長さ 50[mm]のねじ切り管を複数製作し、クラフトテープで連結し、長さ 725[mm]とした)、管路内に厚さ 0.3[mm], 幅 18 [mm]の塩化ビニル樹脂板を 4 回ねじって挿入した「らせん板 (spiral baffle)」挿入管、母線方向にピッチ 30[mm]で直径 5 [mm]の穴を 4 列空けて、管外面を透明ビニールテープで巻いて密封した「窪み (dimpled)」管の 3 種類を用意した。これらの管路は実験装置設置の際に炭酸ガス導入点から測定点が 800[mm]になるように長さ 725[mm]とした。

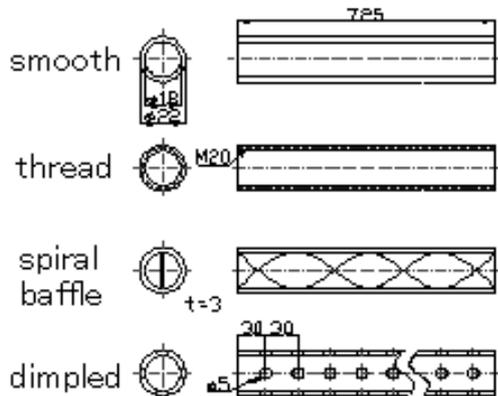


Fig.1 Internal configuration of each test pipe

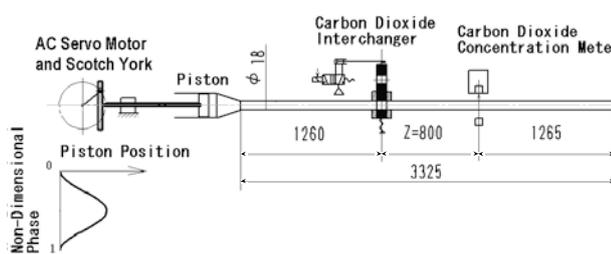


Fig.2 Schematics of experimental set-up

無限に長い管路内での振動流中の炭酸ガスの分散を想定して製作した実験装置の概略図を図 2 に示す。AC サーボモータで駆動するスコッチヨークによりピストン軸方向位置を正弦波状に変位させて振動流を発生させた。モータ出力軸に取り付けた円板上のピンの位置 (半径: 10, 20, 30, 40[mm]) を変更することでクランク半径を変え

てピストンの拍出体積 V を設定した。ピストンはその両端付近の円周上に 2 本の溝を加工してその中に取り付けた 2 本のフェルトテープを貼り付け、それにシリコンオイル (信越シリコン油 (株), KF96-10) を浸み込ませて密封性を高めるとともに摩擦を低減させた。振動流発生装置側の内径 18 [mm]の管路入口から 1260[mm]の位置 (炭酸ガス導入点) に炭酸ガス入替装置を、導入点から 800 [mm]の位置に炭酸ガス濃度測定器 (以下、「炭酸ガス測定器」と呼ぶ) の炭酸ガス検出部を設置し、さらにそこから 1265[mm]先を開放端とした。

ピストンが往復運動するシリンダ内径を 50 [mm]とし、内径が 50[mm]から 18[mm]に縮小する長さ 50[mm]のアルミ製テーパ管でそれらを接続した。試験管路には黄銅管を用い、管路の接続部は外径 100[mm], 厚さ 10[mm]のアルミ製フランジを用いて固定し、突合せ部分にはグリースを薄く塗布して管路の密封性を高めた。

管路内を大気だけの状態を炭酸ガス濃度ゼロとして測定器のゼロ調整を行った上で、設定回転数で AC サーボモータの回転を開始した。安定した振動流を得るため、クランク円板の外周の下死点位置に取り付けた遮光板に反応するフォトマイクロセンサー (オムロン製, EE-SX771A) からの立ち上がりの信号を 10 回受信したらプログラムブルコントローラ (キーエンス製, KV-16DR) のタイマーにより下死点の時刻に実験管路内への炭酸ガス導入が開始するように制御した。

炭酸ガス濃度の測定には、非分散型赤外線式炭酸ガス測定器 (光明理化学工業 (株) UR-120SS, 検知遅れ 20[ms]以内) を使用した。炭酸ガス測定器の出力電圧はマルチ入力データ収集システム (KEYENCE NR-600) を介して PC に取り込んだ。サンプリング周期は、各時系列データ取得数を 30000 として下死点の濃度変化のピークをある程度超える時点まで取得できるような値に設定した。

なお、赤外線検出器の出力電圧が温度と湿度の影響をできるだけ受けないように、 20 ± 2 [$^{\circ}\text{C}$]の恒温室内において、除湿機 (SHARP 製, DW-P80CX) によりできる限りの低湿度で実験を行った。実験は $f = 0.2, 0.5, 1, 2, 4, 6$ [Hz] (各々 $\alpha = 2.6, 4.1, 5.8, 8.2, 11.6, 14.2$) で、 $V = 40, 80, 118, 158$ [ml] の 4 種類について同条件で 3 回行い、有効拡散係数均値をとった。

4. 有効拡散係数の算出法

実験で得られた濃度データの内の前後 5 個を含む 11 点を用いた移動平均法で平滑化し，高周波ノイズを除去して必要とする低周波の濃度信号のみを取り出した。

振動周期 T の振動流中の分散を記述する見かけの一次元拡散方程式は， n 回目の周期の炭酸ガス導入位相に対応する濃度データのみ注目し，それらの時刻 $t=nT$ ($n=0, 1, 2, \dots$) について，次の式(1)となり，本実験の条件ではその解は式(2)となる。

$$\frac{\partial c(z,t)}{\partial t} = D_{eff} \frac{\partial^2 c(z,t)}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$c(z,t) = \frac{M}{2A\sqrt{\pi D_{eff} t}} \exp\left(-\frac{z^2}{4D_{eff} t}\right) \quad (2)$$

式(2)の z に前述の装置の $Z=800[\text{mm}]$ (一定) を代入して，その両辺に時間 t の平方根を掛け，対数をとって次の式(3)とする。

$$\ln(c(t)\sqrt{t}) = \ln\left(\frac{M}{2A\sqrt{\pi D_{eff}}}\right) - \frac{Z^2}{4D_{eff}} \frac{1}{t} \quad (3)$$

この式の左辺の値と右辺の $1/t$ の関係が線形関係になることを利用して，炭酸ガスの導入位相に対応する点から求めた回帰直線の傾き $-Z^2/4D_{eff}$ の値から有効拡散係数 D_{eff} を算出した。なお，ある程度時間が経過すると濃度の値に開放端の影響が出てくることと，導入直後は濃度がばらつくことを考慮して，濃度が最大になるまでの導入位相に対応する抽出データの内，導入から最大になるまでの時間の初期の 4 分の 1 を除いたデータのみを利用した。有効拡散係数を算出した結果，3 回の平均値による相対不確かさは 6 % 以内であった。

5. 実験結果及び考察

実験によって得られた有効拡散係数の値を各 F に関して，横軸に Womersley 数 α をとってプロットしたグラフを Fig.3~6 に示す。また，滑らかな直管の有効拡散係数に対する比 D_{eff}/D_s を同様にプロットしたものを Fig.7~10 に示す。Fig.3

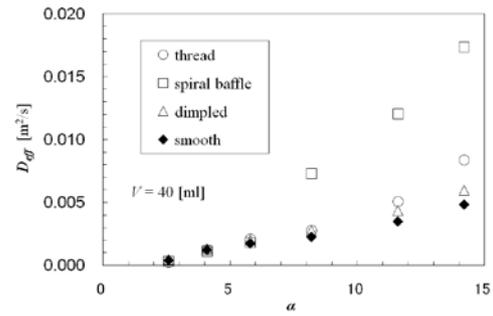


Fig.3 Effective diffusivity for $V=40[\text{ml}]$

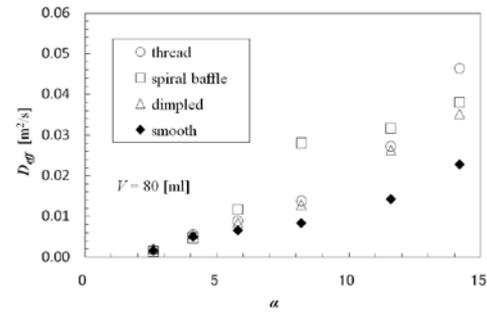


Fig.4 Effective diffusivity for $V=80[\text{ml}]$

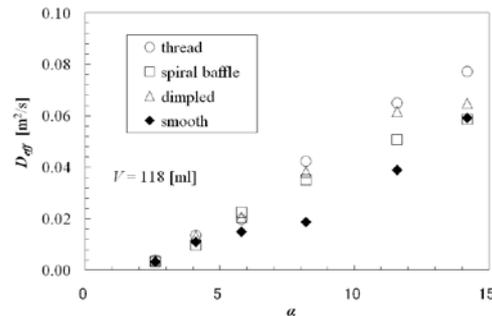


Fig.5 Effective diffusivity for $V=118[\text{ml}]$

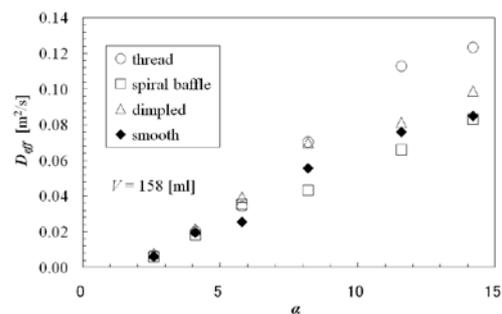


Fig.6 Effective diffusivity for $V=158[\text{ml}]$

~6 より， α の増加に伴って，どのグラフも D_{eff} は上昇していることがわかる。ほとんどの管路で， α の上昇に伴い，滑らかな直管の値よりも大きめの値を示している。最大はねじ切り管の V 及び α が最大の場合で $D_{eff}=0.12 [\text{m}^2/\text{s}]$ に達し。これは

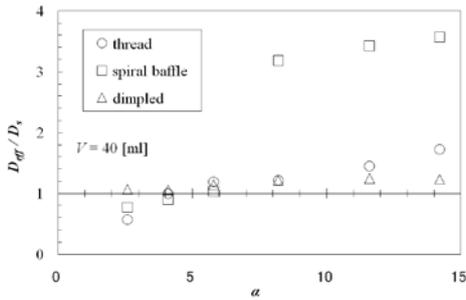


Fig.7 Ratio of effective diffusivity through each pipe against effective diffusivity through smooth pipe for $V=40[\text{ml}]$

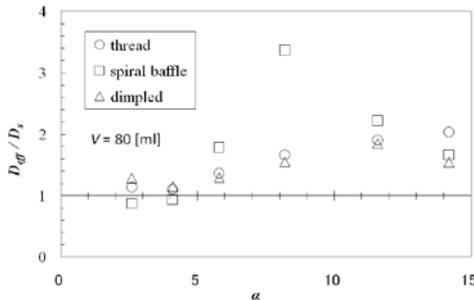


Fig.8 Ratio of effective diffusivity through each pipe against effective diffusivity through smooth pipe for $V=80[\text{ml}]$

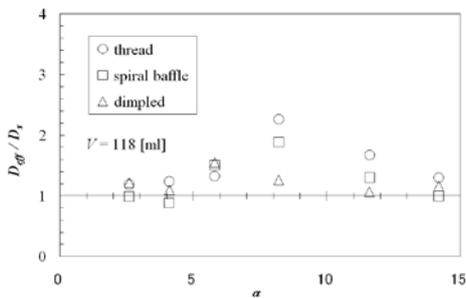


Fig.9 Ratio of effective diffusivity through each pipe against effective diffusivity through smooth pipe for $V=118[\text{ml}]$

清水らによる溝付管の場合³⁾と、寸法条件は異なるが、ほぼ同等である。 D_{eff}/D_s の値は α の小さい領域ではほとんどが1であるのに対して、 $V=40[\text{ml}]$ のらせん板挿入管で、大きな α の領域では3以上の値を示している。振動流に円周方向成分の速度が加味されたらせん板挿入管では、通常は有効拡散係数が高くない低 Reynolds 数領域であっても大きな有効拡散係数が得られることがわかる。また、ねじ切り管の場合には、大きな V の条件で、

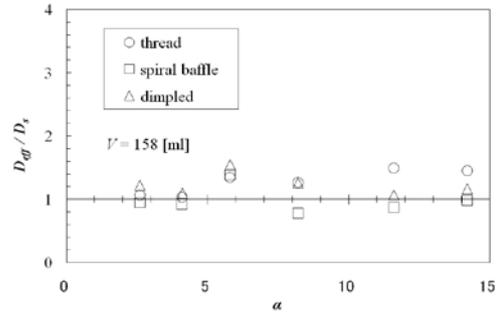


Fig.10 Ratio of effective diffusivity through each pipe against effective diffusivity through smooth pipe for $V=158[\text{ml}]$

他の管路を上回っている。これは清水らの溝付管と同様であり、これより高 Reynolds 数領域では溝付管が有利であることがわかる。

6. まとめ

真直で内面形状の異なる管内（ねじ切り管、らせん板挿入管、窪み管）における振動流中での、炭酸ガス輸送実験を行った結果、本実験の範囲内で以下のような結論が得られた。

- (1) 比較的振動数が小さい領域での各種加工管の有効拡散係数は滑らかな直管とほぼ同等である。
- (2) ねじ切り管の有効拡散係数は、滑らかな直管に対し、振動数及び拍出体積が大きくなるにつれて上昇する。
- (3) らせん板挿入管の有効拡散係数は、比較的大きな振動数領域において、低い拍出体積、すなわち低 Reynolds 数領域で滑らかな直管より大きい値を示す。

参考文献

- 1) Chang, H. K., Mechanisms of Gas Transport during Ventilation by High-Frequency Oscillation, *J. Appl. Physiol.* Vol.56(1984), pp. 553-563.
- 2) Shimizu, A., Miyahara, K., Shimizu, M. and Ryumae, S. Augmented Longitudinal Diffusion in Oscillatory Flow along a Lateral Grooved Tube Imitated of Trachea with Uneven Inner Surface by Cartilage, *The Fourth World Congress of Biomechanics* (2002).
- 3) Shimizu, A., Shimizu, M., Longitudinal Diffusion of Carbon Dioxide through Oscillatory Flow in a Circular Pipe with Deep Circumferential Grooves, *The Proceedings of the 18th JSME Bioengineering Meeting*(2006), pp. 103-104.
- 4) Unno, H., Unit operation of Bio-process -Now and in Future-, *Chemical Engineering of Japan*, Vol. 57(1993), p649-651.

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

波型接合部形状を有する突き合わせ接着継手の引張強度特性 - 第2報, 被着体が異種材料の場合 -

上野恭弘*, 志村 穰**, 黒崎 茂**

Tensile Strength Characteristics for Adhesive Butt Joints with Bonded Surface of Waved Shape
- 2nd Report, Adherends of Dissimilar materials -

Yasuhiro UENO, Jyo SHIMURA and Shigeru KUROSAKI

In this paper, static tensile experiments to clarify the joint strength for adhesive waved butt joints with dissimilar adherends were carried out, using epoxy structural adhesive. In addition, effects of adhesive thickness and combination of adherend material on joint strength were examined in the experiments, where the adhesive thickness was changed from 0.05 to 0.1, 0.2, 0.5 mm, with the three kinds of combination of adherend materials "aluminum alloy A5052 - mild steel SS400, aluminum alloy A5052 - brass C3604, mild steel SS400 - brass C3604". It proved that the case of similar adherend shows tendency in opposite for strength characteristics, from the result that the joint strength increases as the adhesive thickness increases in case of dissimilar adherend. The joint strength of specimen using brass C3604 as material of one side adherend proved to be the highest in the three kinds of combination of the adherend materials.

(Keywords: Adhesive butt joint, Dissimilar adherend, Tensile strength, Epoxy structural adhesive, Adhesive thickness)

1. 緒言

接着接合法はボルト, リベット等の機械式締結法に対して構造物の軽量化, 異種材料間接合および接合部の応力集中の低減等の利点を有する。また, 近年の高分子化学の発展により高性能接着剤が開発され, 現在では航空機や宇宙ロケットの主要構造には接着接合が必ず用いられている。エレクトロニクス産業においては基板回路が挙げられ, 基板への銅箔の接着, 電子部品のはんだ付けのように異なる材料の多層接着構造を成している。

異種材料接合は接着接合の特徴のひとつであり, 実用的にもよく用いられている。異種材料の被着体を, 突き合わせや重ね合わせ等の継手形態として接着を行うと, 被着体の力学的性質の差違により, 同種材料を接着する場合に比べて, 接着継手内部とくに接着界面上における応力分布は複雑な様相を示し, さらに大きな応力集中が生じる。接着界面端部では, 接着層を挟む上下被着体と接着層それぞれの変形が顕著に現れる領域であり, 応力勾配が非常に厳しいものになる。これにより継手の変形, 割れ, き裂およびはく離等の破損, 破壊が発生しやすくなり, 接着継手の継手強度に大きな影響を及ぼすとされている。このような背景を踏まえ, 各種継手形態に対する異種材料間接着接合に関する実験的研究¹⁻⁴⁾や理論解析⁵⁻⁷⁾あるいは有限要素法⁸⁻¹⁰⁾等により数多くの研究報告がなされており, 接着継手の力学特性は解明されつつある。

筆者らは, 接着面積の増加に伴う継手強度向上に主眼をおき, 接合部分が曲面形状となる波型突き合

わせ接着継手との強度特性の差異を明らかにした^{11,12)}。実用的な観点から, 本提案継手においても異種材料間接合した場合の強度特性を把握する必要がある。そこで本研究では, 異種材料の被着体を有する波型突き合わせ接着継手の引張強度測定実験を行い, 被着体が同種材料の場合との強度特性の差異を明らかにすることを目的とする。また, 被着体材料の組み合わせおよび接着層厚さが継手強度に及ぼす影響についても検討を行う。

2. 接着剤と継手試験片

2.1 接着剤

本研究では住友 3M 製エポキシ系構造用接着剤 Scotch-Weld 1838 B/A を使用した。この接着剤はエポキシ樹脂を主成分とし, 主剤(B剤)と硬化剤(A剤)からなる二液室温硬化型接着剤である。特長として, 常温で硬化し 120°C程度まで耐えられ, さらに硬化時に生じる体積収縮が少ない点が挙げられる。エポキシ系の接着剤は日常生活においても金属, 陶磁器, プラスチックおよびガラスなど様々な被着体に対して広く用いられている。Table 1 に本研究で使用したエポキシ系構造用接着剤の機械的性質を示す。

2.2 継手試験片の準備

使用した接着継手試験片の寸法および形状を Fig.1 に示す。Fig.1 が本研究で提案した波型突き合わせ接着継手の試験片であり, 端部の曲線部分が接着接合箇所となる。互いの試験片の軸心がずれないように, 特別に製作した治具(Fig.2)を用いて接着接

が取り付けられ、接着層の厚さを調整することができる。本研究における接着層厚さは、継手の長手方向に関して 0.1mm を基本とした。なお、接着層の厚さが継手強度に及ぼす影響を調べるため、接着層厚さ 0.05mm, 0.2mm および 0.5mm 試験片を製作した。また、被着体材料の組み合わせと継手強度の関係を調べるため、アルミニウム合金 A5052, 軟鋼 SS400 および黄銅 C3604 による 3 種類の材料の組み合わせの異種材料継手 (A5052 - C3604, C3604 - SS400, SS400 - A5052) を用意した。各材料の機械的性質を Table 1 に示す。これらの材料を Fig.1 に示すようにワイヤーカットで加工したのち、80 および 240 番のサンドペーパーで接着面を研磨した。接着結合試験片は接着面が曲面となっており、表面粗さの測定に難がある。したがって、本研究では、Fig.1 に示される接着面の曲面上任意三点における算術平均粗さ Ra を測定し、各点の値が 2 μm 程度となるように調整した。表面粗さ測定にはミットヨ製小形表面粗さ測定機サーフテスト SJ-201 を用いた。次いで、デジタル秤により接着剤の主剤と硬化剤の重量比を 1:1 とし、十分に混ぜ合わせ、接着面をアセトンで脱脂、洗浄し、十分乾燥させたのち、接着剤を塗布し接合した。その際、接着結合された試験片がずれないように万力で固定している。その後、常温で 24 時間放置し硬化させ、ヤマト科学製定温乾燥機 DVS402 により、80℃で 2 時間加熱し乾燥させた。

Table 1 Material properties of adhesive and adherends.

	Adhesive S.W. 1838 B/A	Adherend A5052	Adherend SS400	Adherend C3604
Young's modulus (GPa)	3.4	70	206	100
Poisson's ratio	0.39	0.314	0.3	0.35
Density (kg/m ³)	1.13×10 ³	2.7×10 ³	7.86×10 ³	8.46×10 ³
Yield stress or Proof stress (MPa)	20	79	245	—
Tensile strength (MPa)	43.9	195	400	335
Tensile shear strength (MPa)	21	—	—	—
Peel strength (kN/m)	0.8	—	—	—

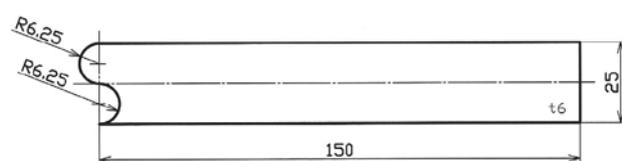


Fig.1 Geometry and dimensions of joint specimen used in experiment.

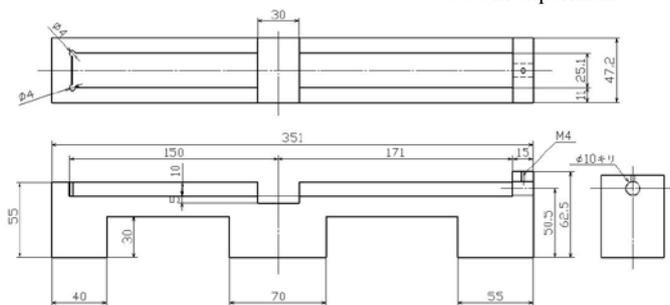


Fig.2 Configuration of jig for making joint specimen.

3. 実験方法

Fig.3 に実験装置の概略を示す。実験装置の構成は、サギノミヤ製容量 100kN の電気油圧サーボ式疲労試験機、共和電業製センサインタフェース PCD-320A およびパーソナルコンピュータである。完成した継手試験片を疲労試験機に取り付け、静的引張荷重を作用させる。その際の破断に至るまでの荷重および変位をセンサインタフェースを介してパーソナルコンピュータに記録させた。実験は各試験片について 9 回以上行い、変位制御および引張速度 0.3mm/min で実施した。

4. 実験結果および考察

4.1 基本的強度特性

本研究では、継手の被着体材料の組み合わせが A5052 - C3604, C3604 - SS400 および SS400 - A5052 の 3 種類、接着層厚さが 0.05mm, 0.1mm, 0.2mm および 0.5mm の 4 種類、計 12 種類の実験を実施した。実験結果の考察を深めるには測定データを俯瞰

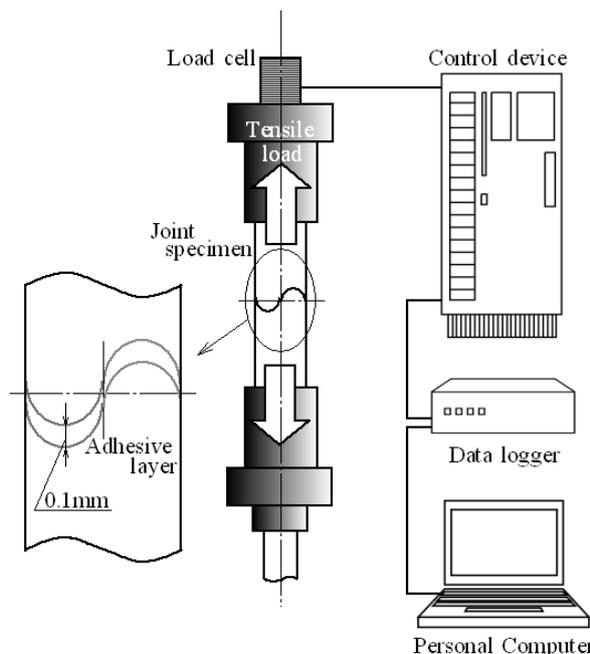


Fig.3 Experimental apparatus and associated recording system.

する必要があるが、紙面の都合上、ここでは接着層厚さ 0.1mm の場合に限定し、各種試験片の継手強度

および荷重 - 伸び線図について述べる。

Fig.4 に 3 つの継手試験片の継手強度を示す。縦軸に継手強度(MPa), 横軸に試験片の番号を示す。実験回数は A5052 - C3604 および SS400 - A5052 継手試験片がそれぞれ 9 回, C3604 - SS400 継手試験片が 10 回である。実験 1 回につき, 測定データとしては作用荷重と継手の伸びが得られる。なお, 継手の伸びとはクロスヘッド間の変位である。したがって, Fig.4 における A5052 - C3604 継手試験片では 9 本の荷重 - 伸び線図が得られることになり, これらの測定結果をもとに近似曲線で補正したものが Fig.5 となる。Fig.5 は接着層厚さ 0.1mm の場合における各種継手試験片の荷重 - 伸び線図を示す。縦軸は作用荷重 F (N), 横軸は継手の伸び δ (mm) である。また, 参考のため, 被着体が同種材料の場合^{11,12)}の荷重 - 伸び線図も併せて記載している。被着体が異種材料の場合は継手試験片に依らず, 継手が破断に至るまでの挙動は線形的であることがわかる。また, 後述するが, 本研究で設定した接着層厚さ (0.05mm, 0.1mm, 0.2mm, 0.5mm) における荷重 - 伸び線図はいずれの場合も線形的な挙動を示すことが確認された。被着体が同種材料の場合¹¹⁾の荷重 - 伸び線図は曲線を示すが, 異種材料の場合のそれは直線的であり, 両者には差異が見られる。また, 被着体が同種材料の場合¹¹⁾の継手強度と比較すると, 異種材料の場合は継手強度が低下することがわかった。

4.2 接着層厚さおよび被着体材料の組み合わせの影響

4 種類の接着層厚さおよび 3 種類の被着体材料の組み合わせによる, 計 12 種類の実験結果を Table 2 に示す。実験回数は最小が 9 回, 最大が 13 回であり, 表中の継手強度は平均値である。また, 被着体が同種材料の場合^{11,12)}の結果も併せて記してある。Table 2 をもとに, 接着層厚さおよび被着体材料の組み合わせと継手強度の関係を示したものが Fig.6 である。縦軸は継手強度(MPa), 横軸は接着層厚さ(mm)を示

Table 2 Averaged values of joint strength for various specimens.

Adhesive thickness (mm)	Averaged joint strength (MPa)					
	Dissimilar adherend			Similar adherend		
	A5052 - C3604	C3604 - SS400	SS400 - A5052	A5052 - A5052	C3604 - C3604	SS400 - SS400
0.05	11.6	16.9	10.1	21.0	—	—
0.1	11.5	10.7	11.5	18.8	23.5	19.9
0.2	18.1	20.1	13.3	16.6	—	—
0.5	17.7	20.8	16.0	11.0	—	—

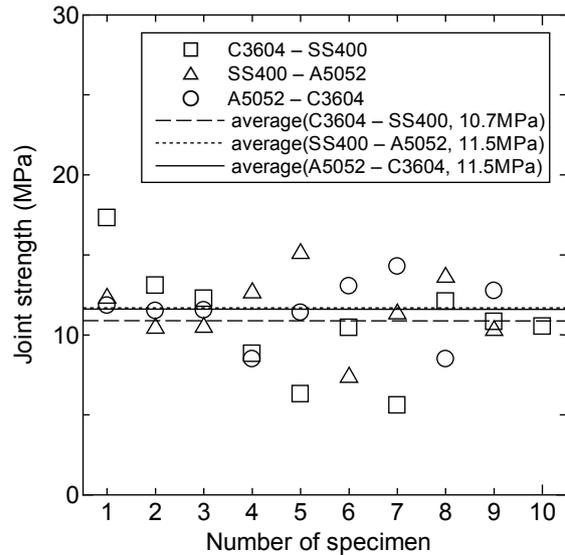


Fig.4 Relation between joint strength and three type specimens in case of the adhesive thickness 0.1mm.

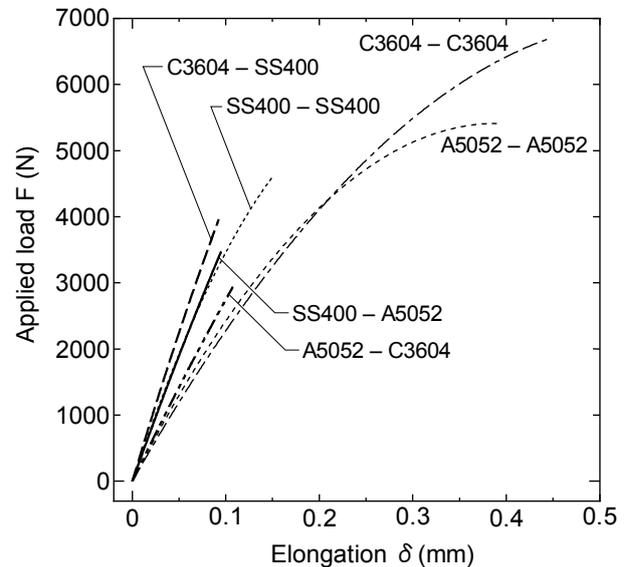


Fig.5 Relation between applied load and elongation in case of the adhesive thickness 0.1mm.

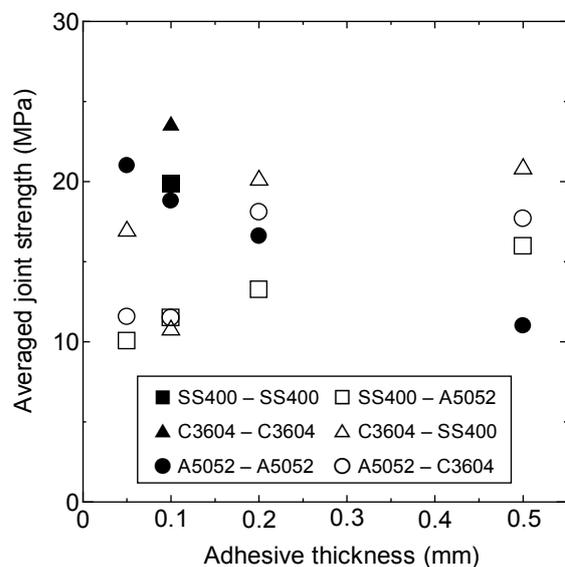


Fig.6 Comparison of averaged joint strength for each specimen.

す。この図より、接着層厚さが 0.05mm から 0.2mm の範囲では、接着層さが大きくなるにつれ継手強度も大きくなり、それ以降は横這いの値を示す傾向にあるが、これ以降の接着層厚さでは継手強度が頭打ちするものと考えられる。同種材料の場合の研究結果¹¹⁾では接着層厚さを小さくするほど継手強度が増加しており、本研究結果とは逆の特性となっている。

また、異種材料の場合では、接着層厚さ 0.1mm の場合を除くと、被着体材料の組み合わせによる継手強度は SS400 - A5052, A5052 - C3604, C3604 - SS400 の順に高くなっており、3 種類の被着体材料のうち、黄銅 C3604 を用いることが継手強度向上に有効であると考えられる。この傾向は同種材料の場合の研究結果^{11,12)}と類似している。

Table 3 は被着体が異種材料の場合の、全 12 種類の実験結果に対する標準偏差および同種材料の場合のそれらをまとめたものである。この表より、接着層厚さおよび被着体材料の組み合わせと標準偏差の関係を表したものが Fig.7 である。縦軸が標準偏差 (MPa) を、横軸が接着層厚さ (mm) を示す。全体的に見ると、接着層厚さが大きくなるにつれ、標準偏差がある一定の値に落ち着く傾向にある。とくに接着層厚さ 0.2mm の場合には、3 種類の異種材料継手試験片の標準偏差の値が接近しており、被着体材料の組み合わせによらず安定した継手強度が得られるものと考えられる。また、Fig.6 から接着層厚さ 0.2mm は他の厚さより高い継手強度を示していることから、本研究の場合では接着層厚さの設定を 0.2mm 付近にすることが望ましい。

前節において、接着層厚さ 0.1mm における 3 種類の異種材料継手試験片の荷重 - 伸び線図について述べたが、ここでは 12 種類全ての異種材料継手試験片のそれらに言及する。前述したとおり、これらの線図は線形的な挙動を示し、かつ、その直線勾配の大小には規則性が見られた。紙面の都合上、各々の荷重 - 伸び線図の掲載は省略するが、Fig.8 に接着層厚さおよび被着体材料の組み合わせと直線勾配との関係を示し、各継手試験片の伸び特性について考察する。なお、参考のため、被着体が同種材料の場合の結果^{11,12)}も併せて記してある。ただし、Fig.5 からわかるように同種材料の場合には荷重 - 伸び線図が曲線となっており単純に比較はできない。したがって、ここでは伸び 0.1mm までのほぼ直線領域における勾配を記す。縦軸は荷重 - 伸び線図の直線勾配 $dF/d\delta$ (N/mm)、横軸は接着層厚さ (mm) を示す。この図から、異種材料の場合、直線勾配の大きさはいずれの接着

Table 3 Standard deviations of joint strength for various specimens.

Adhesive thickness	Standard deviation (MPa)					
	Dissimilar adherend			Similar adherend		
	A5052 - C3604	C3604 - SS400	SS400 - A5052	A5052 - A5052	C3604 - C3604	SS400 - SS400
0.05	4.8	5.5	2.0	2.7	—	—
0.1	1.6	3.2	4.1	2.4	3.9	1.2
0.2	3.1	2.7	2.5	2.3	—	—
0.5	2.6	3.2	2.4	1.8	—	—

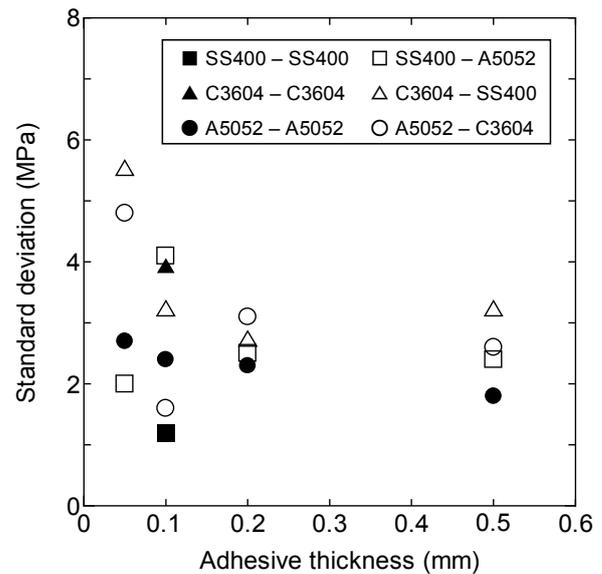


Fig.7 Comparison of standard deviation for each joint specimen.

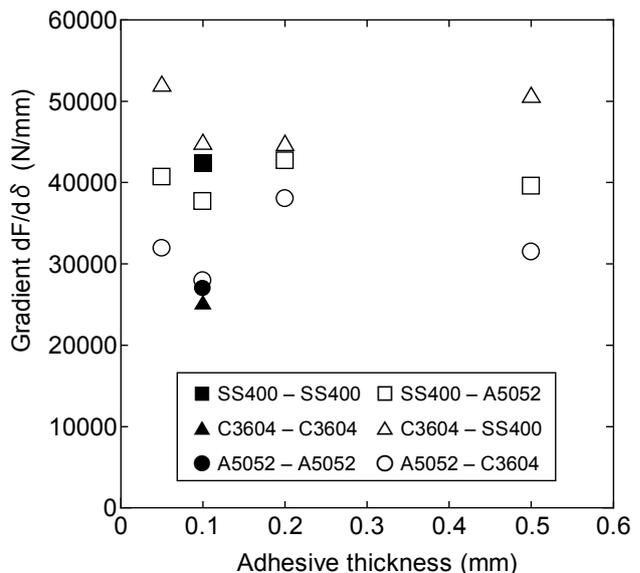
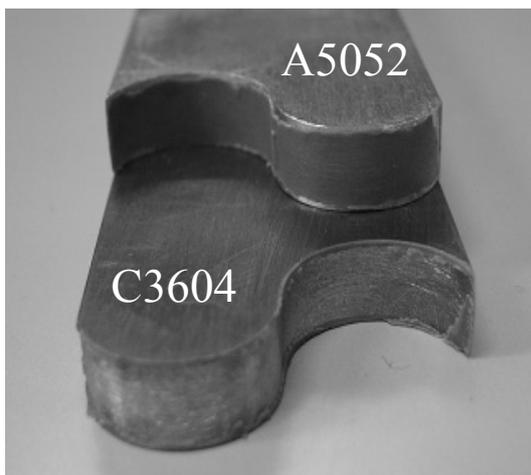


Fig.8 Comparison among each joint specimen for gradient of applied load - elongation diagram.

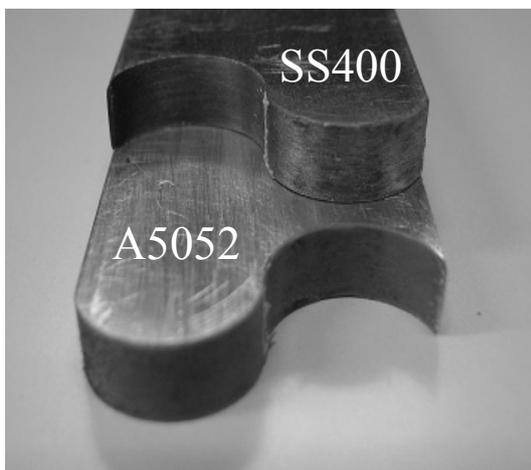
層厚さにおいても A5052 - C3604, SS400 - A5052, C3604 - SS400 の順に大きくなる、という規則性が確認できる。これは単純に継手全体の剛性が起因している。また、3 種類の継手試験片のうち、被着体の



(a) A5052 - C3604.



(b) C3604 - SS400.



(c) SS400 - A5052.

Fig.9 Fractured surface of each joint specimen.

剛性が最も小さいのは A5052 - C3604 継手試験片であり, 他のふたつの試験片に比べて伸びやすいということが Fig.8 に如実に反映されている。接着層厚さ 0.2mm における 3 種類の継手試験片の直線勾配は, 他の接着層厚さのものに比べ近い値を示している。



Fig.10 Fractured surface of joint specimen in case of similar adherend (A5052 - A5052).

これは, 3 つの継手試験片の剛性が異なるにも関わらず伸びが同一になる傾向がある, ということを示し興味深い結果であるが, その根拠は今のところ不明である。

4.3 破断面の状態

Fig.9 に接着層厚さ 0.1mm における 3 種類の継手試験片の破断面状態を示す。被着体材料としてアルミニウム合金 A5052 を含む継手試験片では, アルミニウム合金 A5052 側の被着体界面に接着剤が全て付着残りするような, 完全な界面破壊の様相を呈している。このことから, 本研究で用いた構造用接着剤と被着体材料表面の相性, すなわち, ぬれ性はアルミニウム合金 A5052 が最も高いと言える。一方, 黄銅 C3604 を含む継手試験片では, 黄銅 C3604 側の被着体界面から接着剤が剥離する傾向が確認できる。これらの特性は, 本研究において接着層厚さが最も小さい 0.05mm, および 0.1mm の継手試験片で顕著に見られるものである。0.2mm, 0.5mm のいずれの継手試験片の場合では, それぞれの界面に接着剤が付着残りを示し, 界面破壊と凝集破壊が混在した破壊形態となることがわかった。したがって, 接着層厚さが比較的小さい継手試験片では, 接着剤と被着体材料表面のぬれ性, つまり, 接着剤と被着体間の接着強度が継手強度に影響を及ぼし, 接着層が大きい継手試験片では, 接着剤そのものの強度が継手強度に大きく関係するものと考えられる。また, 3 つの被着体材料のうち, アルミニウム合金 A5052 が最もぬれ性が高いと言及したが, Fig.6 を見る限りでは, C3604 - SS400 継手試験片が最も継手強度が高くなっており, ぬれ性の良し悪しが必ずしも継手強度に直結するとは限らないようである。

次に、被着体が同種材料の場合における破断面状態との差異を考察する。Fig.10 は被着体材料がアルミニウム合金 A5052 同士、接着層厚さが 0.1mm の場合の継手試験片の破断面状態である。同種材料の場合^{11,12)}では部分的な界面の破壊や接着剤の凝集破壊が見られ、混合破壊の様相となっている。この傾向は被着体材料が黄銅 C3604 同士、軟鋼 SS400 同士の場合および接着層厚さを変化(0.05, 0.2, 0.5mm)させた場合でも同様である。同種材料の場合における破壊形態に影響を及ぼす因子として、接着剤と被着体界面の接着強度もさることながら、接合部形状に起因する複合応力状態が支配的な要因として考えられる。本研究で使用している構造用接着剤は表 1 に示すように、引張せん断強度が引張強度より低く、その値は約半分である。被着体鋭角部では、その形状ゆえにせん断応力の影響が強くなると予想され、前述の接着剤の強度特性を鑑みると、被着体鋭角部近傍の接着層が破壊起点になると推測される。これらは有限要素応力解析の結果^{13,14)}からも確認でき、被着体鋭角部近傍で応力集中が生じるものと予測される。

以上より、被着体が同種材料と異種材料とでは明らかに接着層の破壊形態が異なり、その主な要因として、同種材料の場合は接合部の応力状態に、異種材料の場合では接着剤と被着体材料表面のぬれ性に起因する界面の接着強度に大きく影響されるものと考えられる。

5. 結言

本研究では、既報^{11,12)}で提案した波型突き合わせ接着継手において、被着体を異種材料の組み合わせとした場合の引張強度特性を実験的に解明することを目的とし、接着層厚さおよび被着体材料の組み合わせが継手強度に及ぼす影響について検討を行った。以下に得られた知見を記す。

- (1) 異種材料の波型突き合わせ接着継手の継手強度は同種材料の場合に比べ低下する。
- (2) 本研究で設定した接着層厚さの範囲(0.05mm から 0.5mm)では、接着層厚さが大きくなるにつれ、継手強度が増加する傾向にある。
- (3) 接着層厚さ 0.2mm および 0.5mm の継手試験片では、被着体材料の組み合わせによらず安定した継手強度が得られる。
- (4) 本研究で用いた被着体材料の 3 種類(A5052, C3604, SS400)のうち、黄銅 C3604 を組み合わせることが継手強度向上に有効である。

参考文献

- 1) 清水紘治・島田平八：日本機械学会論文集：37, 293, pp.33-41 (1971)
- 2) 伊藤義康・新藤尊彦・安藤秀泰・永田晃則：材料：48, 3, pp.264-268 (1999)
- 3) 岩田英生・佐藤千明・池上皓三：材料：47, 9, pp.971-977 (1998)
- 4) 李 徳 甫・池田 徹・宮崎則幸：日本機械学会論文集(A 編)：66, 645, pp.939-945 (2000)
- 5) 李 銀 生・古口日出男・矢田敏夫：日本機械学会論文集(A 編)：58, 552, pp.1417-1423 (1992)
- 6) 関根英樹・胡 寧・渋谷 学：日本機械学会論文集(A 編)：64, 626, pp.2489-2496 (1998)
- 7) 宮川剛幸・長谷川久夫：日本機械学会論文集(A 編)：65, 629, pp.21-25 (1999)
- 8) 立野昌義・福沢 康・佐久田博司・永沢 茂・小島 陽：日本機械学会論文集(A 編)：58, 553, pp.1531-1536 (1992)
- 9) 中村洋文・佐藤千明・池上皓三：材料：46, 7, pp.820-825 (1997)
- 10) 岩佐正明・服部敏雄：日本接着学会誌：39, 5, pp.177-182 (2003)
- 11) 志村 穰・秋山和徹・黒崎 茂・宮川睦巳：材料試験技術：54, 3, pp.183-189 (2009)
- 12) 秋山和徹・志村 穰・黒崎 茂：東京工業高等専門学校研究報告書：41, 1, pp.23-28 (2010)
- 13) 志村 穰・米満駿介・黒崎 茂・田宮高信：日本機械学会第 16 期総会講演会講演論文集：pp.521-522 (2010)
- 14) 志村 穰・米満駿介・黒崎 茂・宮川睦巳：日本設計工学会平成 22 年度春季大会研究発表講演会講演論文集：pp.23-24 (2010)

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

波型突き合わせ接着継手の力学特性に関する解析的検討

米満駿介*, 志村 穰**, 黒崎 茂**

Analytical Approach for Mechanical Properties of Adhesively Waved Butt Joints

Syunsuke YONEMITSU, Jyo SHIMURA and Shigeru KUROSAKI

We have suggested the new joint configuration, which has a curved surface at a bonded part, and we have named it an “adhesively waved butt joint” in previous paper. In this paper, FEM analyses to clarify the stress field at the bonded part were carried out. To confirm the reliability of the analytical results, experiments about strain distribution by using strain gauges were performed. In addition, effects of adhesive thickness and Young’s modulus of adherends were examined. As a result, it was found that stress concentrations occur in center and edges at adhesive interfaces. Furthermore, the value of maximum stress increased as the adhesive thickness and Young’s modulus of adherends increased. It was proved that the strain distribution by analytical result is consistent with that measured with strain gauges.

(Keywords: Adhesively waved butt joint, Stress concentration, Bonding interface, Finite element method)

1. 緒言

世界的な二酸化炭素排出規制の気運により、陸上輸送機械を初めとした各種車両における軽量化の要求がますます厳しいものになっている。こうした状況の中、構造部材や補強部材の締結に接着接合を用いることが有効である。接着接合はボルトやリベットなどの機械式締結要素に比べ軽量であり、部材同士を面で接合するため、応力集中を抑制できる利点が挙げられる。また、異種材料間の接合が可能であり、使用状況に応じて被着体材料の選択自由度がある。通常、接着層はそれ自身より剛性の大きい被着体材料に挟まれており、これらの弾性係数の差異から振動減衰能¹⁾や制振効果を発揮し、間接的に疲労強度の向上にもつながる。以上のように、接着接合は優れた力学特性を有することから、各種構造要素への適用性および実用性に関し、数多くの様々な研究がなされてきた。実用上、研究対象とされるのは単純重ね合わせ接着継手および突き合わせ接着継手^{2~8)}が中心であり、継手強度の実験的検討^{2~8)}や界面応力分布^{9~13)}の理論的説明が行われている。また、計算機の発達に伴い、最近では有限要素法による応力解析^{14~18)}が主流になっている。このほか、継手形態としてはスカーフ接着継手^{19~21)}やステップド・ラップ^{22,23)}接着継手が挙げられるが、前者は接着界面における応力分布の均一化および応力集中の抑制に伴う継手強度向上を促進し、後者は接着面積の増大という明快な視点から、高強度の継手を実現できる。これらの継手形態は被着体材料の加工性に多少難が生じるものの、結果としてそのマイナス面を補って余りある優れた力学特性を有している。さらに近年、新しい継手形態として wavy-lap joint^{24,25)}が提案されている。これは、単純重ね合わせ接着継手の接合部分が波打つような曲面状となっており、従来の単純

重ね合わせ接着継手に対して圧縮の応力場が支配的になり、破壊荷重が約4割高くなることが示されている。

著者らは突き合わせ接着継手の派生型として、波型突き合わせ接着継手⁵⁾を考案した。この継手形態の特徴は接着面積の増加による継手強度の向上にあるが、被着体の接合部分が鋭く尖った鋭角部を有することから、この部分における高い応力集中が推測され、継手強度に影響を及ぼすものと考えられる。そこで本研究では、引張荷重を受ける波型突き合わせ接着継手の有限要素応力解析を行い、接合部分における応力場の説明を目的とする。また、接着層厚さおよび被着体の縦弾性係数が接合部分の力学特性に及ぼす影響を明らかにする。くわえて、解析結果の妥当性を確認するため、ひずみゲージを用いたひずみ分布測定実験を実施し、解析結果と実験結果の比較、検討を行う。

2. 解析方法

Fig.1 に波型突き合わせ接着継手の解析モデルを示す。座標軸は荷重作用方向を x 軸とする x - y 直角座標を用い、原点を o とする。被着体中心部の長さを l 、幅を w 、継手の接合面における波の半径を r とする。 x 軸方向の接着層厚さを t_x 、拘束面および荷重作用面の x 軸方向の長さを s とする。接着剤の縦弾性係数およびポアソン比を E_1 、 ν_1 、被着体のそれらを E_2 、 ν_2 とする。接着剤にエポキシ系構造用接着剤、被着体材料にはアルミニウム合金(A5052)を想定し、Table 1 に示す材料定数を用いた。本解析における継手の寸法および形状は $l = 150\text{mm}$ 、 $w = 25\text{mm}$ 、 $r = 6.25\text{mm} (= w/4)$ 、 $t_x = 0.1\text{mm}$ 、 $s = 26\text{mm}$ である。荷重条件は Fig.1 の右側斜線部の x 軸方向に $F = 1000\text{N}$ の引張荷重を与え、境界条件として、Fig.1 の左側斜

Table 1 Material properties of adherend and adhesive.

	Adherend			Adhesive
	A5052	C3604	SS400	Scotch-Weld 1838 B/A
Young's modulus E (GPa)	70	98	206	3.4
Poisson's ratio ν	0.33	0.33	0.29	0.39

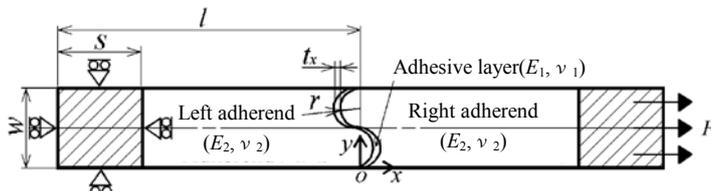


Fig.1 Model for analysis.

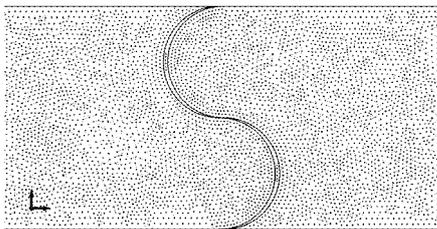


Fig.2 An example of mesh divisions in FEM analysis.

線部において x , y , z 軸方向の並進および回転を拘束している。Fig.2 に有限要素解析における要素分割の一例を示す。要素分割には三角形要素を用い、接着接合部周辺を細かく、それ以外の部分では粗い要素分割とした。要素数および節点数は 112462 および 223744 であり、解析コードは NX Nastran Ver.10.0.2 を用いた。なお、本解析は弾性解析である。

3. 実験方法

本研究では解析結果の妥当性を確認するため、ひずみゲージを用いたひずみ分布測定を行った。継手試験片の形状および寸法を Fig.3 に示す。被着体材料にはアルミニウム合金 A5052 を用い、Fig.1 に示すようにワイヤーカットで加工したのち、80 および 240 番のサンドペーパーで接着面を研磨した。接着接合試験片は接着面が曲面となっており、表面粗さの測定に難がある。したがって、本研究では、Fig.1 に示される接着面の曲面上任意三点における算術平均粗さ Ra を測定し、各点の値が $2\mu\text{m}$ 程度となるように調整した。表面粗さ測定にはミットヨ製小形表面粗さ測定機サーフテスト SJ-201 を用いた。次いで、デジタル秤により接着剤の主剤と硬化剤の重量比を 1:1 とし、十分に混ぜ合わせ、接着面をアセトンで脱脂、洗浄し、十分乾燥させたのち、エポキシ系構造用接着剤(住友 3M 製, Scotch-Weld 1838B/A)を塗布し接合した。その際、接着接合された試験片がずれな

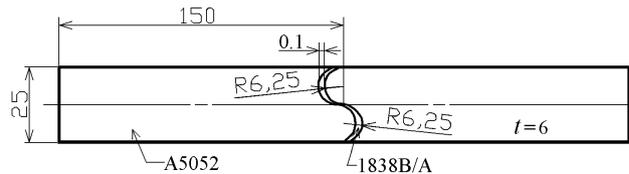


Fig.3 Dimension and geometry of joint specimen.

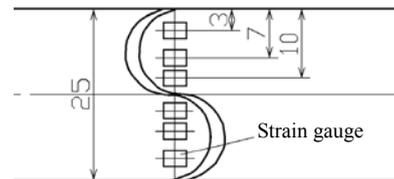


Fig.4 Glued positions of strain gauges.

いように万力で固定している。その後、常温で 24 時間放置し硬化させ、ヤマト科学製定温乾燥機 DVS402 により、 80°C で 2 時間加熱し乾燥させた。さらに、共和電業製ひずみゲージ(KFG-1-120-C1)を継手試験片に貼り付けた。ひずみゲージ貼り付け位置を Fig.4 に示す。ひずみゲージの貼付された継手試験片をサギノミヤ製電気油圧サーボ式疲労試験機に取り付け、継手試験片が破断に至るまでの荷重およびひずみを測定し、任意荷重におけるひずみ分布を解析結果のそれと比較した。なお、ひずみ測定には共和電業製センサインタフェース PCD-300A を用いた。

4. 解析結果

4.1 接合部の応力状態

Fig.5(a)~(c)は被着体材料をアルミニウム合金 A5052、継手の長手方向の接着層厚さ t_x を 0.1mm とした場合の両接着界面および接着層中央部の各応力成分の分布を示す。縦軸は各応力成分(MPa)、横軸は継手の幅方向の距離 y (mm)を示す。Fig.5(a)では接合部分における波部の傾斜が零となる $y = 6.25$ および 18.75mm 付近で応力値が最も高くなっている。これは接合部分の形状ゆえ、この部分において荷重方向の垂直応力 σ_x の影響が支配的となっている。このことは Fig.5(c)のせん断応力 τ_{xy} 分布からも推察することができ、 $y = 6.25, 18.75\text{mm}$ 付近でせん断応力 τ_{xy} の値がほぼ零を示している。また、 $y = 0.5$ および 24.5mm 付近でせん断応力 τ_{xy} の応力集中が見られ、鋭角部においては垂直応力 σ_x のみならずせん断応力 τ_{xy} の影響も強くなっている。

応力成分の最大値を見比べると、垂直応力 σ_x が最も高い応力値を示している。荷重方向が x 軸方向と一致していることもあり、支配的な応力成分として

考えられる。しかしながら、本研究では評価応力をミーゼス応力としている。その理由として、被着体に金属材料を用いていること、接合部付近の応力場がその形状ゆえに複合的な応力状態になるものと予想され、特定の応力成分での評価が困難であることが挙げられる。

Fig.5(d)は被着体材料をアルミニウム合金 A5052、継手の長手方向の接着層厚さ t_x を 0.1mm とした場合の両接着界面および接着層中央部のミーゼス応力分布 σ_m を示す。縦軸はミーゼス応力 σ_m (MPa)、横軸は継手の幅方向の距離 y (mm) を示す。この図より、被着体の鋭角部付近と接着層との界面(左側界面で $y = 24.5$ mm, 右側界面では $y = 0.5$ mm)において、最も高い応力集中が確認できる。さらに、波部の頂き($y = 6.25, 18.75$ mm 付近)および接合部中央付近でも応力集中が生じている。ここで言う左側界面とは、Fig.1における左側被着体(Left adherend)と接着層(Adhesive layer)との界面のことであり、右側界面とは右側被着体(Right adherend)と接着層(Adhesive layer)との界面を指す。これらの応力集中の様子はFig.6(b)のミーゼス応力のコンター表示からも確認できる。図中の配色が黒から白になるにつれ、応力値が高くなることを示し、Fig.5(d)の応力集中の様子を視覚的に捉えることができる。また、本解析により判明した応力集中箇所は既往の研究結果⁵⁾で示されている接着層の破壊箇所とよく一致している。

4.2 接着層厚さの影響

本研究では接着層厚さ t_x が接合部の応力場に及ぼす影響を調べるため、被着体材料をアルミニウム合

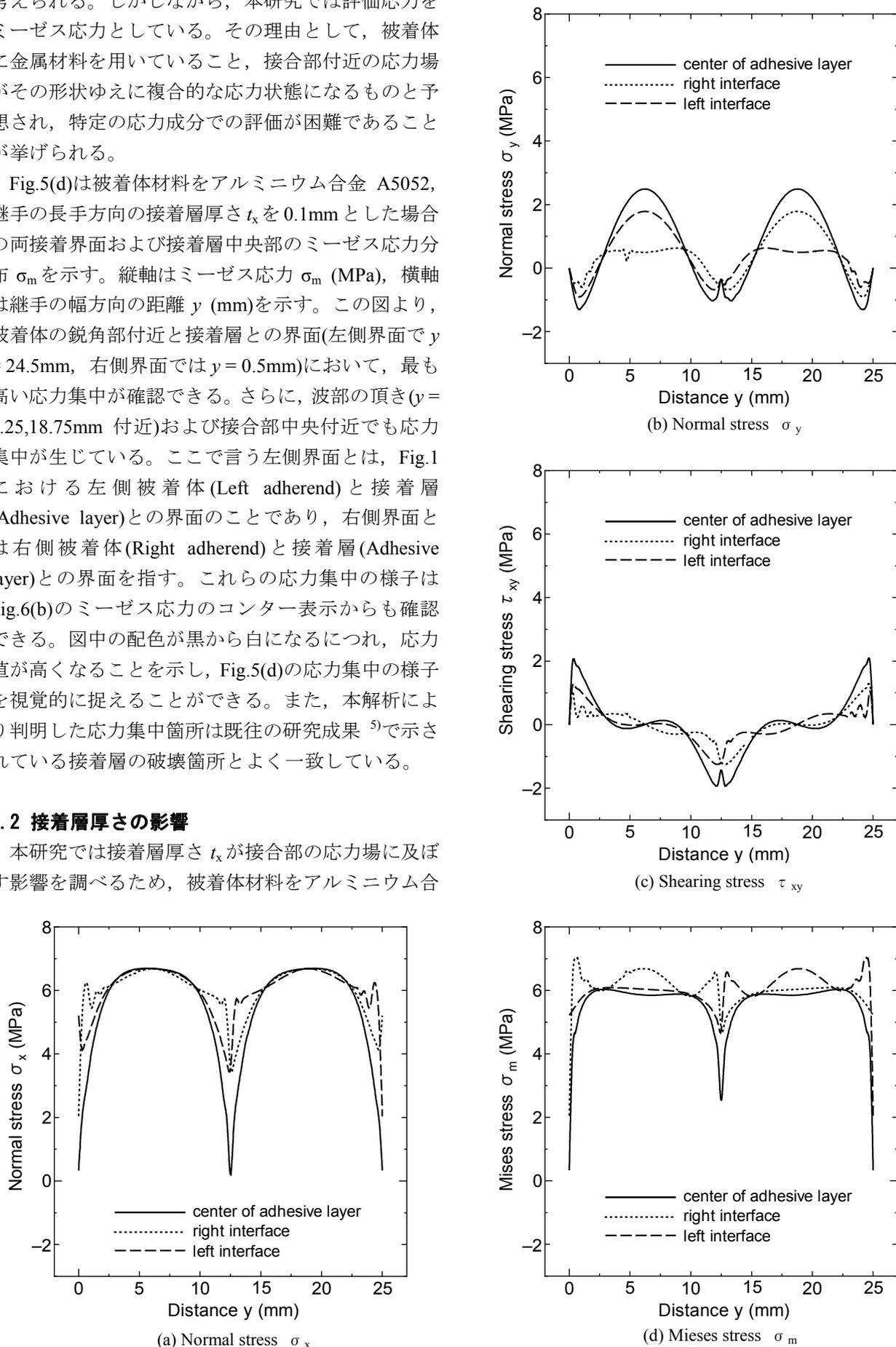
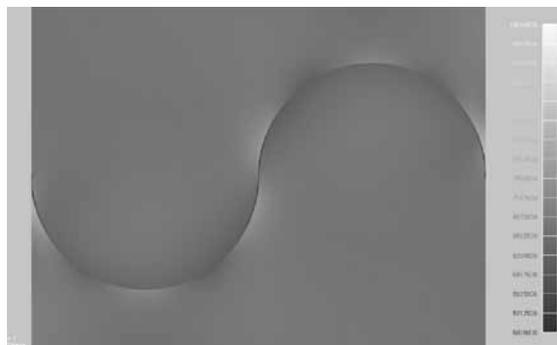
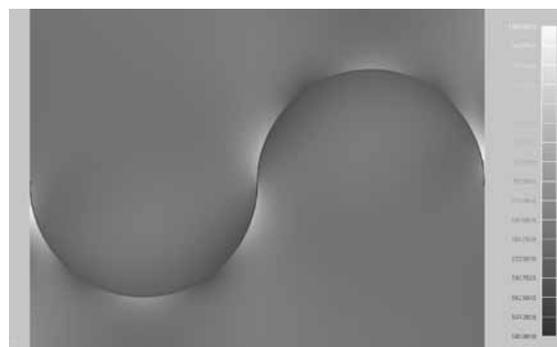


Fig.5 Stress distribution at interfaces and center of adhesive layer.

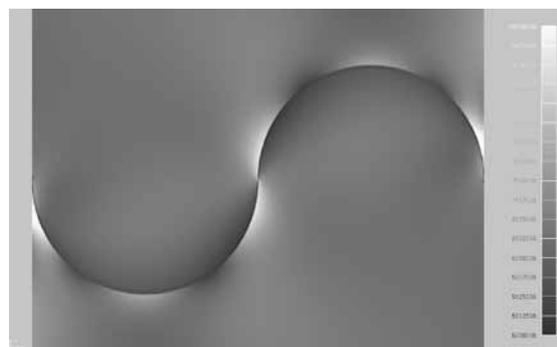
金 A5052 で固定し、接着層厚さ t_x を 0.05, 0.1, 0.2, および 0.5mm に変化させて解析を行った。Fig.6(a)~(d)はそれらのミーゼス応力のコンター表示である。図中の配色が黒から白になるにつれ、応力値が高くなることを示し、応力値の範囲は 5~10MPa である。応力集中の生じる箇所はいずれの場合も鋭角部、波部の頂きおよび接合部中央



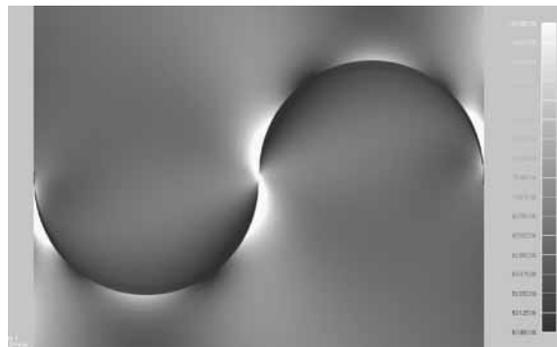
(a) $t_x = 0.05\text{mm}$



(b) $t_x = 0.1\text{mm}$



(c) $t_x = 0.2\text{mm}$



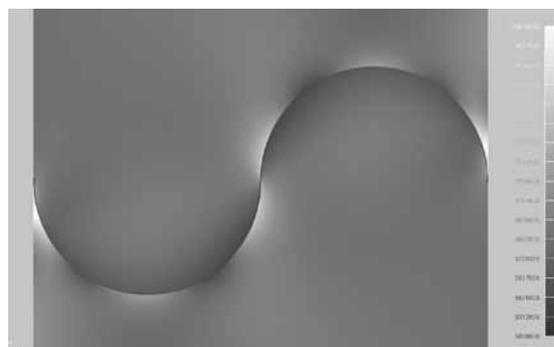
(d) $t_x = 0.5\text{mm}$

Fig.6 Effect of adhesive thickness on stress field.

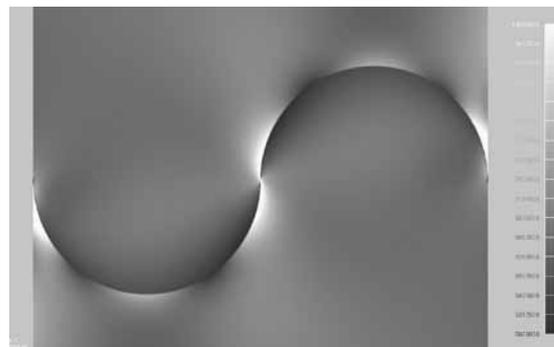
部付近であり差異は見られないが、接着層厚さが大きくなるほど応力集中の度合いが大きくなることを確認できる。著者らの研究成果⁵⁾において、接着層厚さを小さくするほど継手強度が向上することが判明している。また、一般的には、静的負荷を受ける場合、いずれの継手形態においても接着層厚さを薄くするほど接着強度が向上すると言われている。本解析は線形静解析であるゆえ、継手接合部の塑性変形や破壊を考慮しておらず、厳密には継手強度を論じることはできないが、本解析結果から言及すれば、波型突き合わせ接着継手の場合でも接着層厚さを極力薄くすべきと考えられる。

4.3 被着体材料の影響

Fig.7は被着体材料が接合部の応力場に及ぼす影響を示したミーゼス応力のコンター表示である。接着層厚さ t_x を 0.1mm で固定し、Table 1 に示すアルミニウム合金 A5052($E = 70\text{GPa}$)、黄銅 C3604($E = 98\text{GPa}$)および軟鋼 SS400($E = 206\text{GPa}$)の三種類の材料を想定し解析を行った。なお、アルミニウム合金 A5052 の場合の応力コンター表示は Fig.6(b)のことである。前節同様、被着体材料を変化させても応力集中箇所に変化は見られないが、縦弾性係数が大きくなるにつれ、応力集中の度合いが高くなることがわかる。著者らの研究成果⁵⁾では上記三種類の被着体材料のうち、展延性のある黄銅 C3604 を被着体に用いると最も継手強度が高くなることが記されている。本解析



(a) brass C3604



(b) mild steel SS400

Fig.7 Effect of adherend material on stress field.

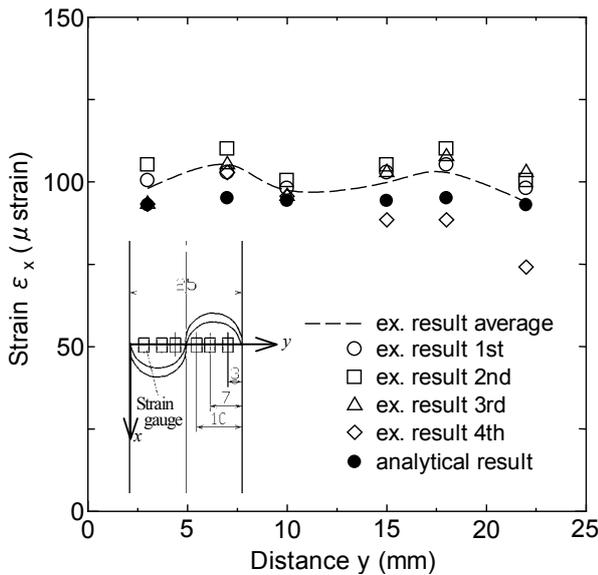


Fig.8 Comparison between analytical and experimental result concerning strain distribution.

結果と踏まえると、継手強度の確保および応力集中の抑制のためには、変形をほどよく許容するような低剛性の材料を被着体に用いることが有効であると考えられる。

4.4 解析結果と実験結果の比較

解析結果の信頼性を確認するため、継手試験片の接合部付近におけるひずみ分布測定実験を行った。Fig.8にひずみ分布に関する解析結果と実験結果を示す。縦軸は長手方向のひずみ ϵ_x (μ strain), 横軸は継手の幅方向の距離 y (mm)である。実験は計4回行っており、図中に示される破線は、任意点における平均値を結んだものである。なお、解析および実験ともに継手に引張荷重 $F=1000\text{N}$ を想定、負荷させている。Fig.8より、4番目の実験における $y=15, 18$ および 22mm 地点のひずみ測定値は他の実験値に対して差異が大きく、傾向が異なるようである。ひずみゲージ中心線と継手軸心とのずれ、あるいは、試験機への継手取り付けの際に直角が出ておらず、若干の曲げの影響が入ってしまったためと考えられる。これらの3点の実験結果を除けば、他の全ての実験結果は数値的、傾向的に一致が見られる。解析結果のひずみ値は実験結果に比べて小さく、安全側に出ていることに留意すべきであるが、本解析方法は継手接合部付近の力学特性を把握する上で十分利用できるものと考えられる。

5. 結言

本研究では、既報⁵⁾で提案した波型突き合わせ接着継手の引張荷重下における力学特性を有限要素法により明らかにした。また、接着層厚さおよび被着体材料が継手接合部の応力場に及ぼす影響について検討を行った。以下に得られた知見を記す。

- (1) 提案した波型突き合わせ接着継手は、被着体鋭角部、波部の頂きおよび接合部中央付近において応力集中が生じる。
- (2) 接着層厚さおよび被着体材料の縦弾性係数を大きくするほど、応力集中の度合いが高くなる。
- (3) 継手接合部付近のひずみ分布に関する解析結果と実験結果の比較から、本解析方法の妥当性を確認した。

参考文献

- 1) Nakano, Y., et al., The Damping Characteristics of a Machine Structure Assembled by Bonding (In The Case of a Double Strap Adhesive Bonded Beam), *Journal of the Adhesion Society of Japan*, Vol. 40, No.10(2004), pp.424-429.
- 2) Kihara, K., et al., Impact Strength Evaluation of Adhesives Using Tubular Butt Joints, *Journal of the Adhesion Society of Japan*, Vol. 37, No.9(2001), pp.339-347.
- 3) Isono, H., et al., Impact Tensile Strength under the High Temperature of Acrylic Adhesive using Tubular Butt Joints, *Journal of the Adhesion Society of Japan*, Vol. 44, No.7(2008), pp.239-244.
- 4) Yokoyama, T., et al., Impact Tensile Strength of Structural Epoxy Adhesive Butt Joints, *Journal of the Japanese Society for Experimental Mechanics*, Vol.8, No.1 (2008), pp.24-31.
- 5) Shimura, J., et al., Tensile Strength Characteristics for Adhesively Waved Butt Joints, *Journal of Material Testing Research Association of Japan*, Vol.54, No.3 (2009), pp.183-189.
- 6) P. Wang, et al., Convex interfacial joints with least stress singularities in dissimilar materials, *Mechanics of Materials*, Vol.38, (2006), pp.1001-1011.
- 7) M.-S. Seong, et al., A parametric study on the failure of bonded single-lap joints of carbon composite and aluminum, *Composite Structures*, Vol.86, (2008), pp.135-145.
- 8) S. Riberio-Ayeh, et al., Strength prediction of beam with bi-metal butt-joints, *Engineering Fracture Mechanics*, Vol.70, (2003), pp.1491-1507.
- 9) A. Vaziri, et al., Dynamic response of tubular joints with an annular void subjected to a harmonic axial load, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol.22, Issue 5, (2002), pp.367-373.
- 10) F. Mortensen, et al., Analysis of adhesive bonded joints: a unified approach, *Composites Science and Technology*, Vol.62, (2002), pp.1011-1031.

- 11) O. Nemes, et al., Contribution to the study of cylindrical adhesive joining, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol.26, Issue 6, (2006), pp.474-480.
- 12) O. Nemes, et al., Modeling of cylindrical adhesively bonded joints, *Journal of Adhesion Science and Technology*, Vol.23, Issue 10-11, (2009), pp.1383-1393.
- 13) O. Nemes, et al., Double-lap adhesive bonded-joints assemblies modeling, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol.30, Issue 5, (2010), pp.288-297.
- 14) G Li, et al., Nonlinear finite element analysis of stress and strain distributions across the adhesive thickness in composite single-lap joints, *Composite Structures*, Vol. 46, (1999), pp.395- 403.
- 15) Wada, H., et al., Dynamic Tensile Strength of PMMA/Al Plate Adhesive Joints, *Journal of the Society of Material Science, Japan*, Vol. 50, No.3 (2001), pp.223-228.
- 16) J. P. M. Goncalves, et al., A three-dimensional finite element model for stress analysis of adhesive joints, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol.22, Issue 5, (2002), pp.357-365.
- 17) S. B. Kumar, et al., Tensile failure of adhesively bonded CFRP composite scarf joints, *Materials Science and Engineering, Series B*, Vol.132, (2006), pp.113-120.
- 18) J. Diaz, et al., Benchmarking of three-dimensional finite element models of CFRP single-lap bonded joints, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol.30, Issue 3, (2010), pp.178-189.
- 19) J. L. Lubkin, A theory of adhesive scarf joint, *Journal of Applied Mechanics*, Vol.24, (1957), pp.255-260.
- 20) S. B. Kumar et al., Failure of aerospace composite scarf-joints subjected to uniaxial compression, *Materials Science and Engineering, Series A*, Vol.412, (2005), pp.117-122.
- 21) R. A. Chaudhuri, et al., Three-dimensional asymptotic stress field in the vicinity of an adhesively bonded scarf joint interface, *Composite Structures*, Vol.89, (2009), pp.475-483.
- 22) Mori, K., et al., Fracture Behavior and Strength of Stepped-Lap Bonded Joint with Adhesive Resin Under Tensile Loading, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A*, Vol. 60, No.569 (1994), pp.71-79.
- 23) H. S. Kim, et al., Development of a strength model for the cocured stepped lap joints under tensile loading, *Composite Structures*, Vol.32, (1995), pp.593-600.
- 24) A. F. Avila, et al., Stress analysis on a wavy-lap bonded joint for composites, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol.24, Issue 5, (2004), pp.407-414.
- 25) G Fessel, et al., Evaluation of different lap-shear joint geometries for automotive applications, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol.27, Issue 7, (2007), pp.574-583.

(平成 22 年 9 月 24 日 受理)

地熱資源利用による潜在発電量の推定

土井 淳*, 菊池 慶**

Estimation of the Potential Electricity Generated by Using the Geothermal Resources

Atsushi DOI and Kei KIKUCHI

Geothermal energy is the heat from the Earth. It's clean and sustainable. Japan is blessed with plentiful geothermal resources, and geothermal power stations have the capacity to generate about 530 megawatts of electricity as of 2008, and in practice 0.3% of domestic electricity demand. Great expectations are being placed on the development for promoting the introduction of geothermal power generation as a valuable domestic energy source.

This paper discusses how to estimate the electricity generated by using the potential amount of geothermal resources in Japan. NEDO performs geothermal assessment of about 70 locations which have high expectation for geothermal power generation. The model which simulates the capacity to generate of the individual location is developed.

(Keywords: geothermal energy, geothermal power generation clean energy, renewable energy)

1. はじめに

現在、世界中で CO₂ の削減目標が掲げられるなど、地球環境に対する意識が高まっている。また、エコカー減税やエコポイントといったキャンペーンが行われ、消費者レベルで各々が地球環境問題に取り組めるような動向が見られる。

発電方式に関しても、電気事業者に新エネルギー等から発電される電気を販売電力量に応じて一定割合以上利用することを義務づけ、新エネルギー等の一層の普及を図る「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(RPS: Renewable Portfolio Standard) 法が施行され、環境にやさしいクリーンなエネルギーが注目されている。

その中でも地熱は、エネルギー資源にめぐまれない日本にとって、純国産の再生可能な貴重なエネルギー資源であり、地球にやさしいクリーンなエネルギーとしても、その重要性が再認識されている。また、地熱発電は出力が安定しているという点で、気象条件に左右される他の自然エネルギーにはない大きな利点を有している。

しかし、火山も多く、地熱開発の技術水準も高い日本で地熱発電はそれほど普及していない。現状では、地熱による発電は認可出力が約 53 万 kW にとどまり、日本全体の全発電電力量の約 0.3% を占めるに過ぎない(平成 20 年度)。果たして地熱発電は本

当に有用な発電方法なのだろうか。

本研究では、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が実施した地熱有望地点についての地熱開発促進調査結果⁽¹⁾⁽²⁾から得られる蒸気/熱水の最高温度のみから各地点における発電可能電力を試算し、地熱発電の有用性を評価することを目的とする。このため、既存の地熱発電所の諸元から、発電方式や蒸気流量などをパラメータとする地熱発電出力モデルの作成手法を提案する。

2. 地熱発電のしくみと地熱資源

地熱エネルギーは、地下数 km にある高温のマグマ溜まりで熱せられた高温高压の熱水や蒸気から得られるエネルギーをいう⁽²⁾。地熱発電は、深さ 3km までの比較的地表に近い場所に蓄えられた熱水や蒸気を利用して蒸気タービンを回し、発電を行う方式である。

2.1 地熱発電のしくみ

地熱発電の方式の概念図を図 1 に示す。発電方式にはいくつかの方式があるが、それぞれ以下のようにになっている。

(1) シングルフラッシュ(SF): 生産井から噴出される二相流体(蒸気と熱水の混合した流体)を気水分離器で蒸気と熱水に分離し、蒸気だけを使って発

* 電気工学科 ** 電気工学科 (平成 21 年度卒業生)

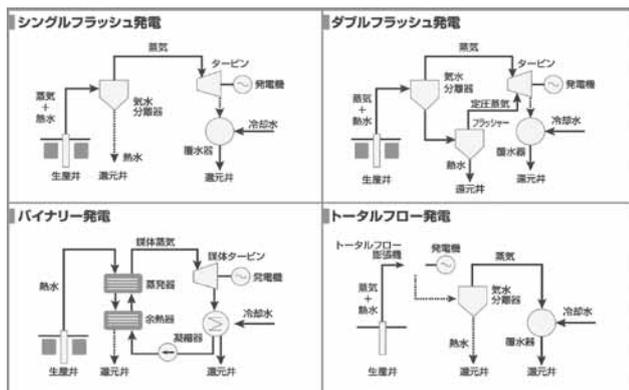
電を行う方式。

(2) ダブルフラッシュ (DF) : 分離後熱水をより低圧で沸騰させて低圧蒸気を作り, 高圧蒸気とともにタービンを回し発電する方式。

(3) バイナリーサイクル (B) : 80~150℃の蒸気や熱水を熱源として, 熱交換器を介して低沸点の媒体を加熱・蒸発させ, タービンを回し発電する方式。2つの媒体(水と低沸点媒体)を利用することから, バイナリーサイクル発電と呼ばれている。通常発電に使われる地熱より低い温度, または小規模な蒸気・熱水が利用可能。

(4) トータルフロー : 熱水と蒸気を分離せずに, そのまま流体の膨張を利用して発電機を回す方式。装置が単純で小型化できる特徴がある。現在は, 試験的発電の段階である。

(5) ドライスチーム (DS) : 図 1 には示されていないが, 過熱蒸気のみを使用して直接タービンを回転させる方式。



出展: 新エネルギー・産業技術総合開発機構, “新エネルギー関連データ, 平成 17 年度版”, <http://www.nedo.go.jp/nedata/17fy/09/k/0009k002.html>

図 1 地熱発電の方式の概念図

2.2 地熱資源

地熱資源の温度(地熱資源のタイプ)は, 地熱利用方法の決定要因となる⁽³⁾。地熱資源は, 深部の高温の岩石から地表まで熱を運ぶ役割を果たす地熱流体のエンタルピーによって分けられる。エンタルピーは「圧力一定の条件で系がもつエネルギー」であり, 物体が内部に貯えている総エネルギー(熱量の合計)をいい, ほぼ温度に比例していると考えて良い。表 1 に示すように, 地熱資源は, 高・中・低エンタルピー(または温度)によって, その用途が分けられる。

表 1 地熱資源の分類

エンタルピー	温度[℃]	用途
高	150~350	発電(SF, DF 等)
中	90~150	バイナリーサイクル発電
低	50~90	熱利用
極低	30 以下	地熱ヒートポンプ

日本の活火山数は 100 程度あり, 地熱資源量は 20,540MWe と報告されている。これはインドネシア, 米国に次ぎ世界第 3 位となっている⁽⁴⁾。また, 地熱資源量を温度と構造によって評価している。

温度に関しては, 高温状態になると岩石の磁性が失われる現象を利用し, 磁力計によって温度分布を解析するキュリー点法調査や坑井温度により評価している。また, 構造に関しては重力基盤深度分布によって評価している。それによって求めた地熱貯留層内の熱量を機械的仕事量に変換し, さらに発電効率を掛けて発電量に変換すると, 150℃以上の地熱資源量は日本全体で約 2000 万 kW、あるいはそれ以上と推定される。この内国立公園の開発規制を受けない地域は 18.1%で, 425 万 kW のポテンシャルを持つと言われている。

3. 地熱発電出力の試算

約 70 箇所の地熱開発有望地点^{(1-A)k}における蒸気/熱水の最高温度 T_k [℃] のみから, それぞれの地点 k での地熱発電を想定した場合の発電可能電力 W_{Gk} [kW] を試算する。

有望地点 k における地熱発電のタービン出力 W_{Tk} [kW] は次式で表される。

$$W_{Tk} = \eta_{Tk} \cdot Q_k \cdot (h_{in k} - h_{out k}) / 3600 \quad (1)$$

$h_{in k}$: タービン入口の比エンタルピー [kJ/kg]

$h_{out k}$: タービン出口の比エンタルピー [kJ/kg]

Q_k : 蒸気の流量 [kg/h]

η_{Tk} : タービン効率 (有効効率⁽⁵⁾)

3.1 タービン入口の比エンタルピー

表 1 に示す既存の 21 箇所 ($l=1, 2, \dots, 21$) の地熱発電所におけるタービン入口の蒸気条件^(1-B): 温度 T_l [℃], 圧力 $P_{in l}$ [MPa] から蒸気温度 T_k [℃] とタービン入口の比エンタルピー $h_{in k}$ [kJ/kg] の関係式を導出する。

表 2 既存の地熱発電所一覧

所在地	発電所名	設備容量 [kW]	発電方式	
北海道	森	50,000	DF	
秋田県	上の岱	28,800	SF	
	澄川	50,000	SF	
	大沼	10,000	SF	
岩手県	葛根田	1号	50,000	SF
		2号	30,000	SF
	松川	23,500	DS	
宮城県	鬼首	25,000	SF	
福島県	柳津西山	65,000	SF	
東京都	八丈島	3,300	SF	
大分県	大岳	13,000	SF	
	八丁原	1号	55,000	DF
		2号	55,000	DF
		ハイナリー	2,000	B
	滝上	25,000	SF	
	杉乃井	1,900	SF	
	九重	990	SF	
熊本県	岳の湯	200	DS	
鹿児島県	大霧	30,000	SF	
	山川	30,000	SF	
	霧島地熱ハイナリー	220	B	

タービン入口における蒸気は、過熱蒸気となっていることから、既存の地熱発電所 l のタービン入口の比エンタルピー $h_{in l}$ [kJ/kg] は次式から得られる。

$$h_{in l} = \text{SteamTable}(T_l, P_{in l}) \quad (2)$$

$\text{SteamTable}(T_l, P_{in l})$: 蒸気表⁽⁶⁾

(2)式から得られたタービン入口の比エンタルピー $h_{in l}$ [kJ/kg] とその蒸気温度 T_l [°C] の相関関係を調べるため、国内 21 と海外 14 (国内では不足の 170 ~ 200°C 付近を補間するために使用⁽¹⁰⁾) の既存の地熱発電所データをプロットした結果を図 2 に示す。タービン入口の比エンタルピーは、最小二乗法により蒸気温度の一次式で近似できる。

有望地点 k におけるタービン入口の比エンタルピー $h_{in k}$ [kJ/kg] は、その地点の蒸気の最高温度 T_k [°C] から、

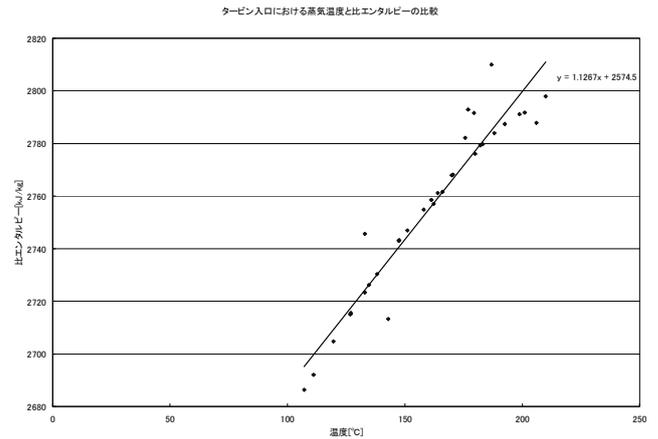


図 2 タービン入口における蒸気温度とエンタルピーの相関関係

$$h_{in k} = a T_k + b = 1.126 T_k + 2574.5 \quad (3)$$

と仮定される。

3.2 タービン出口の比エンタルピー

表 1 に示す既存の 21 箇所 ($l=1, 2, \dots, 21$) の地熱発電所におけるタービン入口の比エンタルピー $h_{in l}$ [kJ/kg] ((2)式より算出), およびタービンの定格出力 W_{Tl} [kW] と蒸気流量 Q_l [kg/h], 排気圧力 $P_{out l}$ [kPa] (⁽¹⁰⁾から, タービン型式別のタービン出口の比エンタルピー $h_{out k}$ [kJ/kg] を算出する。

既存の地熱発電所 l のタービン出口の比エンタルピー $h_{out l}$ [kJ/kg] は(1)式より,

$$h_{out l} = h_{in l} - (3600 W_{Tl} / \eta_{Tl} \cdot Q_l) \quad (4)$$

から求められる。一方、タービン出口における蒸気は、湿り蒸気となっていることから、排気圧力 $P_{out l}$ [kPa] により既存の地熱発電所 l の飽和水の比エンタルピー $h_{w k}$ [kJ/kg] と飽和蒸気の比エンタルピー $h_{s k}$ [kJ/kg] は次式から得られる。

$$h_{w l} = \text{SteamTable}(P_{out l}) \quad (5)$$

$$h_{s l} = \text{SteamTable}(P_{out l}) \quad (6)$$

湿り蒸気の飽和蒸気の割合 (乾き度) : a_l とすると, その比エンタルピー $h_{out l}$ [kJ/kg] は,

$$h_{out l} = (1 - a_l) h_{w l} + a_l h_{s l} \quad (7)$$

と表され、乾き度 a_l は、次式から求められる。

$$a_l = (h_{out l} - h_{w i}) / (h_{s l} - h_{w i}) \quad (8)$$

発電方式がダブルフラッシュ発電の場合、タービン出力 W_{Tl} [kW] は次式で表される。

$$W_{Tl} = \eta_{Tl} \{ Q_{1l} (h_{in1l} - h_{out l}) + Q_{2l} (h_{in2l} - h_{out l}) \} / 3600 \quad (9)$$

h_{in1l} , h_{in2l} : 一次, 二次のタービン入口の比エンタルピー [kJ/kg]

Q_{1l} , Q_{2l} : 一次, 二次の蒸気流量 [kg/h]

(9)式より、タービン出口の比エンタルピー $h_{out l}$ [kJ/kg] が得られ、

$$h_{out l} = \{ (Q_{1l} h_{in1l} + Q_{2l} h_{out l}) - (3600 W_{Tl} / \eta_{Tl}) \} / (Q_{1l} + Q_{2l}) \quad (10)$$

乾き度 a_l には、(7)式と(8)式が同様に成り立つ。

タービンには、大きく分けて背圧式 (B) と復水式 (C) がある。背圧式は復水器を持たず、大気圧より高いタービン排気を蒸気のまま他で利用するため排気圧力は高くなる。それに対し復水式は、タービンから出た蒸気を復水器で冷却し、凝縮して水に戻す方法である。気体である蒸気が液体である水になることで復水器内は真空に近づき、タービンの排気を引き込む働きをする。復水タービンの排気は湿り蒸気であるからその圧力は復水器での温度で決まる。よって、排気圧力は既存の地熱発電所の排気圧力を参考に仮定できると思われる。

また、タービンは細かく衝動式 (I)、反動式 (R) に分けることができる。衝動式は、ノズルから噴き出す高速の蒸気が羽根に衝突する際に衝撃力を与え、羽が前進するにつれて羽根車を回転させるものである。反動式は、羽の中に流入した蒸気が羽根から流出する際に膨張することによって反動で羽根の前進する力が発生し羽根車を回転させるもので、出力の 50% を衝撃力で得、残る 50% を蒸気の膨張による反動で得ている。

さらに、主として低圧タービンで蒸気が一方向のみ流れる単流式 (S)、両側に流れる複流式 (D)

に分けることができる。

海外の地熱発電所を含め、日本のメーカーによる地熱タービンの排気圧力⁽¹⁰⁾をタービン型式別に整理する。復水式のタービンでは排気圧力は 10kPa 前後であるのに対し、背圧式の場合はかなり高い。

既存の地熱発電のほとんどは復水式が採用されており、ここでも復水式のみを仮定し、それ以外の区分に関するタービン型式別の平均排気圧力 (表 3 を参照) を、有望地点 k での地熱タービンの排気圧力 $P_{out k}$ [kPa] として仮定し用いることにする。

表 3 タービン型式による平均排気圧力

タービン型式			排気圧力 [kPa]
復水式 (C)	衝動式 (I)	単流式 (S)	11.1
		複流式 (D)	15.5
	衝動・反動式 (M)	単流式 (S)	12.3
		複流式 (D)	10.8

有望地点 k でのタービン出口の比エンタルピー $h_{out k}$ [kJ/kg] 算出の手順 (発電方式: SF および DS の場合) を以下に示す。

- (1) 有望地点 k でのタービン型式を仮定する。
- (2) 表 3 より、排気圧力 $P_{out k}$ [kPa] を決める。
- (3) $P_{out k}$ [kPa] より、(5), (6)式から飽和水と飽和蒸気の比エンタルピー $h_{w k}$, $h_{s k}$ [kJ/kg] を求める。
- (4) (8)式から得られる既存の地熱発電所における乾き度の平均値を a_k と仮定し、(7)式から $h_{out k}$ [kJ/kg] を求める。

3.3 タービンの蒸気流量

タービン出力は(1)式で表され、蒸気流量 Q_k [t/h] に大きく左右される。日本の地熱発電所において、蒸気流量が最小のものは 10t/h 程度、最大のものは 550t/h 程度となる。これを生産井 1 本あたりの蒸気量で計算すると約 21t/h となるが、生産井の本数と蒸気量の間にはほとんど相関関係はない。

既存の地熱発電所の蒸気流量を図 3 に示す。図 3 の分布を見ると、九重から杉乃井の 4 箇所 (10t/h ~ 50t/h)、八丁原パイナリーから大霧の 10 箇所 (100t/h ~ 300t/h)、澄川から柳津西山の 6 箇所 (400t/h ~ 600t/h) の 3 つに分けることができる。

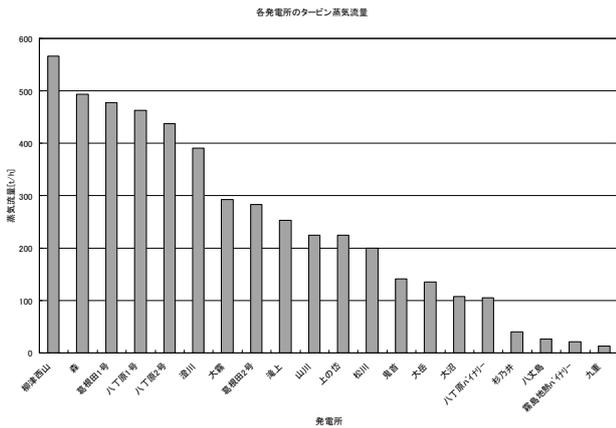


図3 既存の地熱発電所の蒸気流量

ここでは、蒸気流量を規模別に、小規模：30t/h、中規模：200t/h、大規模：500t/hとし、その割合を2：5：3と仮定する。

4. 地熱発電における開発可能電力の評価

約70箇所の地熱開発有望地点(1-A)における地熱発電の開発可能電力を評価するにあたり、資料中の蒸気/熱水の最高温度を用いる。各地域の複数本の坑井について、それぞれの最高温度が調査されている。約20℃から300℃とかなり幅があるが、そのうち使用可能な坑井だけを用い、発電可能電力を算出する。地域ごとに各坑井の最高蒸気温度を平均することによって、その地域の蒸気/熱水の温度とする。

2.2節で述べたように、発電方式によって利用できる資源が異なる。ここでは、発電方式をシングルフラッシュ(SF)およびドライスチーム(DS)とし、温度が120℃以上になる地域に限り地熱発電が開発できることとする。

最高温度が低い坑井に関しては使用しないことし、地域ごとの温度の平均が最低でも120℃になるようにする。すべての坑井が120℃以下である地域は利用できないものとする。その結果、地熱発電の開発可能地点は、54地域となる。開発可能地点kの蒸気温度 T_k [℃]から、(3)式より、タービン入口の比エンタルピー $h_{in k}$ [kJ/kg]を求めると、

$$\sum_{k=1}^{54} h_{in k} = 149,109 \quad (11)$$

となる。

発電方式がSFとDSの表1の既存地熱発電所のタービン出口の湿り蒸気の乾き度の平均値から、開発可能地点kでのタービン出口の湿り蒸気の乾き度 a_k は(既設地熱発電所lのタービン効率(有効効率) $\eta_{Tl}=0.8$ とする⁽⁵⁾),

$$a_k = 0.862 \quad (12)$$

となる。3.2節に示す手順により、表3のタービン型式別のタービン出口の比エンタルピー $h_{out k}$ [kJ/kg]を算出した結果を表4に示す。

表4 タービン型式別のタービン出口の比エンタルピー

タービン型式	平均排気圧力[kPa]	比エンタルピー[kJ/kg]		
		飽和蒸気	飽和水	タービン出口
CIS	11.1	2588	200.4	2258
CID	15.5	2600	228.8	2272
CMS	12.3	2591	209.0	2262
CMD	10.8	2587	199.8	2258

地熱発電の開発可能地点全体での熱落差 H_T [kJ/kg]は、タービン型式をCMDとすると、

$$H_T = \sum_{k=1}^{54} h_{in k} - \sum_{k=1}^{54} h_{out k} = 27,177 \quad (13)$$

となる。開発可能地点全体での蒸気流量 Q [t/h]を、小・中・大の規模別に、

$$\text{小}(Q_S=30) : \text{中}(Q_M=200) : \text{大}(Q_L=500) = 2 : 5 : 3 \quad (14)$$

の割合とすると、地熱発電の開発可能地点全体でのタービン出力 W_T [kW]は、

$$W_T = \eta_T (0.2Q_S + 0.5Q_M + 0.3Q_L) H_T / 3.6 = 1,546,000 \quad (15)$$

となる。発電機出力 W_G [kW]は、

$$W_G = \eta_G \cdot W_T = 1,452,000 \quad (16)$$

η_G : 発電機効率 (=0.94^(付録))

となり、現在の認可出力の約 3 倍の地熱発電が開発可能となることがわかる。年間の発電電力量にすると最大 127.2 億 kWh、発電方式別年間発電電力量（総発電量の 2005 年度実績：9889 億 kWh）における地熱発電の構成比率を 0.3% から 1.6% に上げることが可能となる。この発電電力量の増により石油火力発電の構成比を減らすことで、エネルギー転換部門の年間 CO₂ 排出量（2005 年度実績：約 400 百万 t-CO₂、総排出量：1293 百万 t-CO₂ の 30.7%（電力分配前比率））の約 2.3%（9.247 百万 t-CO₂）が削減可能となる。

以下に、蒸気の流量増および二次利用により、地熱発電の発電電力増がどの程度見込むことができるかを試算する。

(1) 蒸気流量の最大化

54 地域の開発可能地点における蒸気流量を、既存の地熱発電所の最大蒸気流量に近い、500 t/h に仮定すると、その場合の発電機出力 W_{Gm} [kW] は、

$$W_{Gm} = \eta_G \eta_T Q_L H_T / 3.6 = 2,959,000 \quad (17)$$

となり、上記の試算の約 2 倍の発電電力が見込まれる。

(2) ダブルフラッシュ発電の利用

ダブルフラッシュ（DF）発電により、蒸気の二次利用が可能となる。既存の地熱発電所のうち、森および八丁原 1、2 号の 3 箇所が DF の発電方式を採用している（表 2 参照）。表 5 に示すように一次蒸気および二次蒸気によるタービン出力の比は、一次と二次の蒸気流量比にほぼ比例していることから、最も高効率の場合を仮定すると、その発電機出力 $W_{G(DF)m}$ [kW] は、

$$W_{G(DF)m} = W_{Gm} \times 1.344 = 3,977,000 \quad (18)$$

となり、上記（1）の試算から約 100 万 kW 増の発電電力が見込まれる。

表 5 DF 発電の一/二次の蒸気流量比とタービン出力比

発電所名	流量比 Q_2/Q_1	出力比 W_2/W_1
森	0.387	0.344
八丁原 1 号	0.245	0.217
八丁原 2 号	0.336	0.293

5. 考察

本論文では、既存の各地熱発電所における運転状況および設計値から、地熱発電の出力特性モデルを明らかにし、国内の地熱有望地点における地熱発電可能電力を試算し、平均的には現在の認可出力の約 3 倍、150 万 kW の地熱発電が開発可能となり、年間の発電電力量および CO₂ 排出量を評価指標に、その利用価値について検討した。以下では、もう少し詳細な考察を行う。

(1) 発電可能電力の範囲

タービン出力は、(1)式より、タービン入口の比エンタルピー h_{in} と出口のエンタルピー h_{out} の差が大きいほど高い値が得られるので、 h_{in} は高ければ高いほど、 h_{out} は低くければ低いほど良い。

タービン入口の比エンタルピー h_{out} は、(3)式より、蒸気温度 T にほぼ比例すると考えることができる。蒸気温度 120°C で比エンタルピー 2710 kJ/kg、蒸気温度 200°C で比エンタルピー 2800 kJ/kg となる。既存の地熱発電所において用いられる地熱資源は 120°C ~ 200°C の範囲である。100°C 付近の地熱資源はバイナリーサイクル発電に利用されているが、あまり普及していない。200°C 以上、タービン入口のエンタルピー 2800 kJ/kg 以上の地熱資源は既存の発電所で使用されている例がないが、十分利用できる資源であるので、(3)式を用いて比エンタルピーを求めることができるとする。

タービン出口の比エンタルピーを低くするには、排気圧力を低くする必要があるが、これはタービンの性能に深く関わっている。復水タービンの場合、世界の地熱発電所で排気圧力が最も低いものは米国 Beowawe（米国）の 4.4 kPa であり、排気圧力が最高のもは鬼首（日本）の 75 kPa である。それぞれの地熱発電所のタービン出口の比エンタルピーを、(7)式と(12)式から算出した結果を表 6 に示す。

なお、これらの発電所は特殊な例であり、ほとんどの地熱発電所ではおおよそ 10 kPa 前後の排気圧力となっている。

表 6 タービン型式別のタービン出口の比エンタルピー

発電所名	平均排気圧力 [kPa]	比エンタルピー [kJ/kg]		
		飽和蒸気	飽和水	タービン出口
Beowawe	4.4	2428	128.3	2111
鬼首	75	2662	384.4	2348

以上より, タービン入口と出口の比エンタルピーの差, つまり熱落差は約 360kJ/kg~690kJ/kg の範囲で得られることがわかる。

また, 3.3 節に述べたように, タービン出力は蒸気流量に支配的な影響を受ける。蒸気流量が 30t/h の場合, タービン入出口の熱落差が最小の 360kJ/kg とするとタービン出力は 2.4MW であり, 熱落差が最大の 690kJ/kg とすると 4.6MW となる。蒸気流量が 200t/h の場合, 16MW~31MW, 蒸気流量 500t/h の場合, 40MW~77MW と試算される。

現在, 太陽光発電を大規模化し, 安定的に電力を供給しようというメガソーラー発電計画が進められている。国内最大級のメガソーラー発電施設でも 2 発電所の合計出力が約 20MW であることと比較すれば, 地熱発電は, 自然エネルギー利用による発電施設としては規模の大きいものと言える。

(2) 地熱発電の可能性

文献(4)の「地熱発電の開発可能性」によると, 日本における地熱資源量は約 2000 万 kW 以上あり, 国立公園の開発規制を受けている地域を外すと 425 万 kW の潜在発電電力が見込めるという。この資料では, 潜在発電電力を地質調査によって算出しているが, 本論文では NEDO が実施した地熱開発促進調査^(1-A)で報告されている地域に関して, それぞれの坑井の蒸気/熱水の最高温度から開発可能発電電力を算出している。

全地域で 500t/h 程度の蒸気流量が得られ, 資源利用効率の高い発電方式により, 約 400 万 kW が発電可能であり、「地熱発電の開発可能性」で述べられているものと大差はないことがわかる。

最大の出力を誇る柏崎刈羽原子力発電所では 7 基の原子炉で合計 821 万 2 千 kW が発電されている。地熱資源により約 400 万 kW が発電可能であることは, 約 4 基分に相当し, その利用価値は高いものと言える。

参考文献

- (1) 火力原子力発電技術協会, “地熱発電の現状と動向”, 2008.03, (-A) pp.32~41, (-B) pp4~25, (-C) pp.58~62
- (2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, “新エネルギー関連データ, 平成 17 年度版, 地熱”, <http://www.nedo.go.jp/nedata/17fy/09/0009txt.html>

- (3) NEDO 海外レポート, “地熱エネルギー・バロメータ 2007 年 (EU)”, No. 1021, 2008.04
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1021/1021-04.pdf>
- (4) 矢野雄策, “地熱発電の開発可能性”, 地熱発電に関する研究会, 2008.12
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g81201a05j.pdf>
- (5) 柴山信三, “蒸気タービン”, 山海堂, 1964.12, pp.112~122, pp104~105
- (6) 日本機械学会, “蒸気表 1999”, 2005.10
http://www.tlv.com/ja/steam_table/steam_table.php

付録. 発電機効率

タービン発電機の性能を考えると, 発電機における損失の見積もりが必要であるが, 発電機効率を示す近似値に次のような式がある⁽⁵⁾。

$$\text{発電機効率} = 0.98 - \frac{0.055}{\sqrt[3]{\frac{\text{定格出力}(kW)}{1000}}} \cdot \frac{\text{定格出力}(kW)}{\text{負荷}(kW)} \quad (\text{A1})$$

(A1)式を用い, 既存の地熱発電所の運転状況から各発電所の発電機効率を算出し, それらを平均したものを発電機効率として仮定する。ここでは, (A1)式中の負荷を暦日平均電力とする。暦日平均電力は次式から求める。

$$\text{暦日平均電力}(MW) = \text{最大電力}(MW) \times \frac{\text{負荷率}(\%)}{100} \quad (\text{A2})$$

(平成 22 年 8 月 31 日 受理)

CdS セルを用いた盲人用光センサーの開発

柚賀正光*, 高橋三男**, 阿津勝博*, 新田武父***, 児玉康一****

The development of the photo sensor for a blind person by CdS cell

Masamitsu YUGA, Mitsuo TAKAHASHI, Katsuhiko AZU,
Takenori NITTA and Koichi KODAMA

The CdS cell is the semiconductor device which has been used as a photo sensor. Though the optical response speed by frequency is inferior to photo transistor, the photo sensitivity is very good. Therefore, it is being used for the automatic exposure device of the camera widely. Electric resistance changes by the amount of light, and resistance falls down with CdS cell when light is irradiated.

This time, it has the development of the figure reading device for the blind person asked for from a certain school for blind persons. So, the device which changes a figure reflects light into the power of the sound was made by using CdS cell.

Because there were few experiments about the photo sensor by a course of electronic engineering, this device was made in the time zone except for the curriculum toward the third grade. The device which changed light into the sound in the very low price could be made as a result. The principle of this device could be understood promptly because the theory of the transistor was being learned in the third grade, too. It was good impression when it had the student of school for blind persons use a made this devices.

It considered how much performance the device manufactured as an experiment was by this report. A blindfold was actually worn on the student of this school, and an experiment was made, and it had various figures read. Figures are a square, a triangle, a circle, a hexagon and the figure which turned in the key shape. A test person had the circle composed of the line used by the imitative ESP card, a triangle, a square, a cross punishment, a wave read by the sound in these others, too. Furthermore, a student tried it in the decision by the depth of the figure color and the maze as well.

It was proved that it could be recognized as a result. Because a sense toward the sound is excellent in the case of the blind person, it considers that a complex figure can be judged by using this device.

(Keywords; photo sensor, CdS cell, a blind person)

1. はじめに

CdS は、半導体素子として古くから光センサーとして用いられてきた⁽¹⁾。フォトトランジスターと比較して周波数特性は劣るものの、光変換の性能は安定していて、カメラの自動露出機構や光電素子に広く使用されている。一時期、カドミウムが人体に有害なため⁽²⁾、他の素子、たとえば、シリコンなどで置き換える構想があったが⁽³⁾、その

変換効率が高いことと、いったん素子になれば、危険性はなく、さらにパッケージ化されているので、安全であることなどから使用されている。また、赤外域では、カドミウム化合物が適している。

本報告で述べるのは、この CdS 素子を用いて、紙に描いた図形による光の反射をとらえ、その情報を音に変換して、盲人の方に、図形の認識がで

きる装置の開発である。今回、ある盲学校からの依頼もあり、また、電子工学科でのセンサー実験が少ないことから、学生の知識を高める良い機会であると考えた。そこで、いわゆるカリキュラム外の試みとして、3年生に電子工学特別実験の形で勉強させることにした。本報告の光センサー回路は、4個のトランジスタ Tr を含んでいて、それぞれ役目が異なっている。3年生では、Tr や FET の性質および使い方を学んでいて、増幅回路の設計、製作も行っているのが最適である。装置が完成後、学生が目隠しをして、実際に使用できるかを検討した。結果として、CdS の性質や回路の意味が理解できたという意見が多かった。

2. 光センサー回路を勉強する手順

3年生にとって CdS 素子は初めて学ぶものである。Tr についての知識はあるので、まず、Fig.1 に示す回路を組み立て説明した。⁽⁴⁾

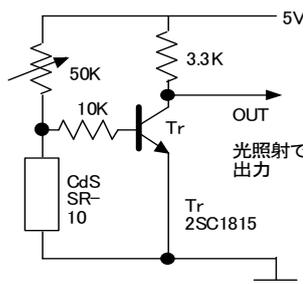


Fig.1 The circuit to appreciate the construction of CdS cell.

CdS は、光が照射されると、その程度に応じて抵抗が下がる素子である。したがって、たとえば、CdS を手で覆っている状態から、手を離して蛍光灯の光が当たると、Fig.1 の左側にある 50kΩ 可変抵抗との比較において、トランジスタのベース電流が減少し、トランジスタに電流が流れなくなる。すると、OUT 端子の電圧が高くなる。反対に光があたらないと、逆の原理で OUT 端子の電圧が低くなる。この機構は素子の位置によって反対にすることもできる。OUT 端子にブザーをつければ、非接触の状態でも光を感知して音が出る。また、カウンタ回路をつければ、よぎった光の回数をカウントできる。このような実験を行い、原理を勉強した。たとえば、ディズニーランドの入場者など

が計測できる旨を説明したところ興味を持って実験していた。

Fig.2 は、今回作製した回路図である。

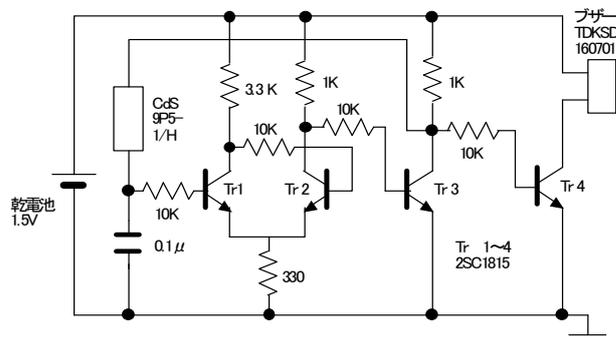


Fig.2 The circuit that the strength of the light is changed into the sound.

Fig.1 の Tr は、Fig.2 の Tr3 に対応している。Tr4 は、増幅であり、3年生にはなじみの深いものである。ただし、Tr1 と Tr2 で構成される差動増幅器は、4年生で勉強する回路であり、これについては簡単に勉強して今後出てくることを伝えた。

Fig.2 の左側の CdS が光を感知すると、光の度合いに応じて右側のブザーの音色が変わることが理解された様子であった。

3. 光センサー回路の組み立て

回路の作製に当たっては、できるだけコストがかからないように配慮した。Fig.3 は完成した装置の外観図である。



Fig.3 A completed device appearance.

外装となる箱は、およそ縦 7cm 横 5cm 幅 1.5cm の大きさであるが、回路に適した箱はないので、

安い電池ボックスを購入し、不要部分の取り外しや加工、および穴あけ作業が必要となった。そうした機械加工も組み立て手順の中に組み込まれる。Fig.3 の突起部分内に CdS が入っていて、この部分で図形を読み取ることができる。右上は SW である。

Fig.4 は、装置の蓋をあけて、中身を見た図である。半分を乾電池が占めている。素子はプリント基板上に配置され、4 個の Tr と下方にブザーが位置する。

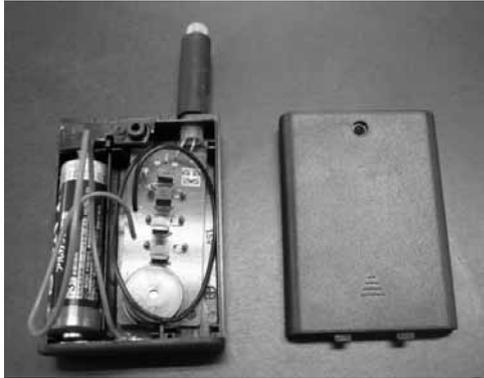


Fig.4 The inside of the device.

Fig.5 は、各部品を示す。抵抗は 8 個、Tr は 4 個必要である。中央に CdS、やや右はコンデンサである。CdS を入れるチューブと、光を遮蔽するゴムチューブ、プリント基板などで構成される。コストは 500 円程度（電池別）である。



Fig.5 The part of the device.
(Resistance, Transistor, CdS, Condenser,
Lead line, Battery, Buzzer, etc.)

4. 各種図形による検討

完成した装置の検証に当たっては、本校の学生にアイマスクをつけてもらい、各種の図形について読み取れるかを実験した。

Fig.6 は、四角形の濃淡についての図形である。

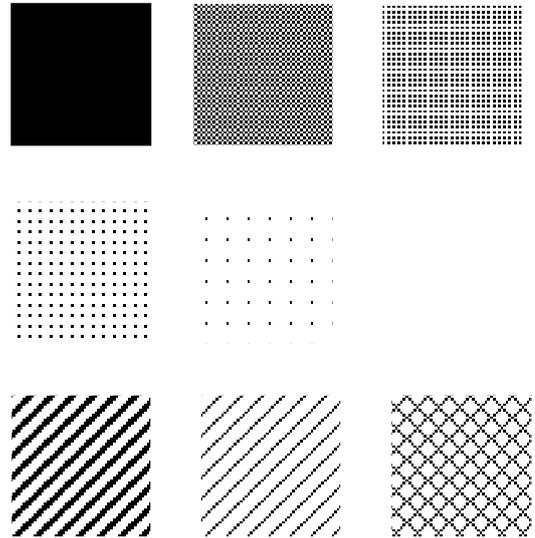


Fig.6 The kind of the color and the quadrangle pattern of the figure.

Fig.6 の上段の 3 種類は、図形が単純でもあり、音の変化も明確で、かなりよい結果を得た。中央の段の薄い場合は、白い部分とあまり音の変化がかわらず、読みとれなかった。ちなみに、下段のように斜線で構成される場合は、左側の程度の濃さであれば確認できた。



Fig.7 A figure except for the square.
(Circle, Triangle, Hexagon, Cross, others.)

Fig.7 は、四角形のほかに読みとる実験をした図形である。丸は、予想外に読み取りが困難であった。丸と似ている六角形のほうが、むしろ正解が多かった。三角形は容易に判読できた。また、下段のように十字形や鍵形に曲がった図形も、比較的容易に区別できた。

Fig.8 は、Fig.7 の図形を線で表現したものであり、ESP カードをモチーフにしている。三角形は、本当は星型であるが、ここでは簡単にした。

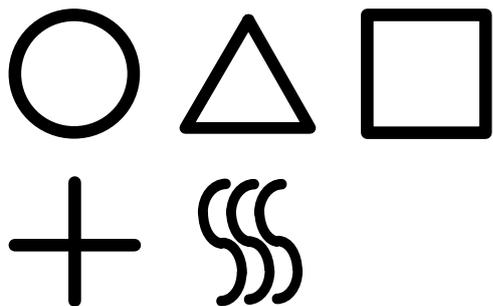


Fig.8 The figure composed of the line used by the ESP card.

このような図形は、前出の図形より読み取りに時間を要した。この中では十字がもっとも判読でき、波形が最も難しいという結果であった。ただし、盲人の方の場合、音に対する感覚は非常にすぐれているので、このような図形や薄い図形でもわかるのではないかと思う。

Fig.9 に示す写真は、学生がアイマスクをつけて、自分で製作した装置を使って、図形を判読している様子である。



Fig.9 The photograph which the student who wore a blindfold tests.

図形によって時間はかかったが、時間よりも判読できるかどうかに関心を置いた。

こうした図形のほかにも、Fig.10 のような迷路にも挑戦した。Fig.10 に示す迷路は、丸印の場所から入って、最後まで抜け出せる事が出来るかを判断する場合である。

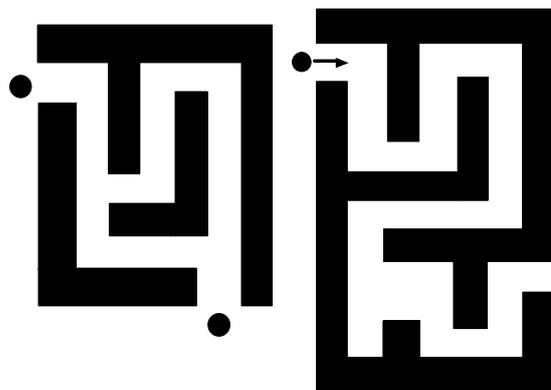


Fig.10 The maze. (In the case of that there are two choices of the place, and the straight road.)

ここでは、2 種類の迷路を用意した。Fig.10 の左側は、途中に分岐があるが比較的短い迷路である。右側は、分岐はなく一本道ではあるが、途中左下部分にトラップがあり、道のりも長い。

Fig.11 は、実際に見えない状態で、ブザーの音の違いを頼りに、学生が迷路を進んでいる様子である。音色の変化が頼りであるので、迷路を脱出するまで、かなり時間がかかる。

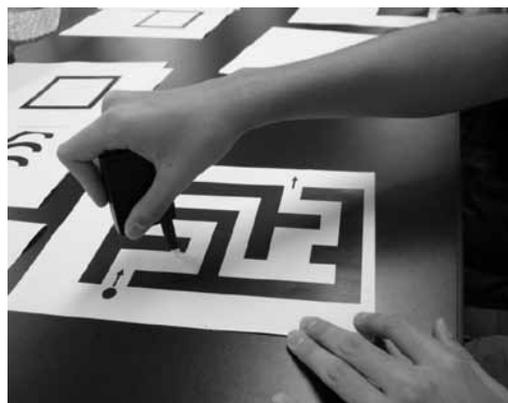


Fig.11 The photograph that a student tries decoding of the maze.

結果としては、予想外であるが、道のりの短い分岐のある左のほうが難しく、中には、どうどうめぐりして、結局、出口までたどり着けなかった学生もいた。迷路については、実験前に、あらかじめ、簡単に見せてはおいたが、こうした結果になった。

迷路が一本道のほうが、道のりは長くても、出口までたどり着くことができた。左下のトラップについては、確かに困っていた学生もいたが、それでも、試行錯誤の上、出口に行き着いた。

総合的な結果として、装置自体は、ある程度の色の薄さにも反応して音色が変わり、敏感に反応して、完成度の高いものとなった。学生にとっては、目を使わず、音の違いで判断するのは初めての経験で、当初戸惑っていたが、練習によって、かなり図形を判読でき、実際に、アイマスクをとって、答えと図形が一致した時は、非常にうれしそうだった。

5. おわりに

今回、愛知教育大の先生の協力を受けて、盲人の方にも使用してもらえ、光センサー回路を開発した。本校の電子工学科でのセンサー実験が少ないことと、盲学校の要望もあり、3年生の特別演習として取り入れてみた。

3年生は、学生実験で勉強しているので、本回路に使用する Tr の知識が有るとはいえ、はじめは、どの程度の効果があるか不安もあった。しかし、実際に CdS によるセンサー装置を製作し、各自が、目の見えない状態で、音により図形の判別をしたところ、自分で理解して組み立て、その装置が使用できた満足感で、学生の反響もよかった。

今年で、4年目を迎えるが、実験してみて予想外の結果もあり、報告書にまとめることができた。学生としては、自分が盲人になった時の感覚が理解できたし、そのような体験は重要であると思う。さらに、組み立てた装置は、実際に、盲学校にプレゼントでき、その点でも満足している。

この CdS 光センサー回路においては、今後 CdS 素子の位置関係と光の集光状態により、より性能が増すかどうかポイントであり、図形だけでなく、文字の判読も踏まえ、さらに一つの研究課題にもなると考えている。

謝辞

東京高専で簡易振動感光器 (CdS 光センサー) を作製することにご尽力いただきました、日本視覚障害理科教育研究会 (JASEB) 会長で元筑波大学教授 鳥山由子先生に厚くお礼申し上げます。また、日本視覚障害理科教育研究会事務局で筑波大学付属視覚特別支援学校の石崎喜治先生、武井洋子先生、濱田志津子先生、間々田和彦先生、山田毅先生の諸先生方には、現場での感光器の活用法などいろいろご助言を承りましたことに感謝申し上げます。

安価な装置とはいえ、作製には予算がかかり、外部の方々の助力もあって作製できたことと、基板の製作の担当をしていただいた関連の方々には感謝します。現在は、本校電子工学科からも援助を受けていますが、場所の提供を含め、理解していただいている電子工学科の先生方にもお礼を述べたいと思います。

また、実際に、盲人の方に、本装置を使用していただいて、恐縮しています。何分素人が作るもので、半田つけなどに不備があり、故障する場合もあるかと思いますが、ご容赦ください。それでも、今回、筑波大学付属盲学校から、点字による感謝状をいただいたのは、過分の出来事であり、こちらの技術を、もっと高めたいと考えています。

参考文献

- (1) センサーのはなし 谷腰欣司 著
日本実業出版社 p36-37 (1998)
- (2) 元素 111 の新知識 第2版 講談社
P227 (2009)
- (3) 大山, 柚賀, 加藤
ソフトエネルギー教育研究施設研究報告書
P9-11 (1990)
- (4) 制御用マイコン 第2版 太平洋工業(株)編
p194-195 (1994)

(平成 22 年 5 月 31 日 受理)

プログラミング演習課題の収集検査および コメント発信システム

*小坂敏文, *吉本定伸, *松林勝志

Report Collecting and Inspecting Web-system for Programming Language Exercise

Toshifumi KOSAKA, Sadanobu YOSHIMOTO and Katsushi MATSUBAYASHI

It is strongly recommended for students in computer science course both to write lots of computer programs and to read good programs to master programming languages. In addition, it is considered that practice is one of good method to study engineering. It is hard for teachers to collect and correct the assignment reports with printed material. For teachers in charge, the collecting and inspecting reports system with web-site has been developed.

In the system, the students are asked to upload their reports at the special website. The system checks students' programs and programming styles automatically. To build the system a teacher is asked to make only several CSV files that are the tables of students IDs and the assignment reports. The system reduces teachers work effectively. In this report, the details of the system are introduced and how it works is mentioned.

(Keywords: C Programming, Exercise, Report Collecting System)

1. はじめに

工業高等専門学校の役割は、創造的な技術者の育成にあるだろう。これは設置基準やこれまでの役割設定からの帰結である。卒業生が、卒業後すぐに就職するか大学や大学院の学歴を得たとしても、役割の基本は揺るがない。特に情報工学科においては、情報技術を中心としたものづくりのできる技術者を育てることが主たる目的となる。実際には直前にある課題を克服したり、これまでにない情報サービスを創造したりすることのできる技術者の育成が目標となる。その技術内容は、実現したい課題を自然言語で表現し、さらにプログラミング言語に翻訳する作業となる。課題発見・創造的实现についての教育は PBL の手法として多く実現されている。一方プログラミング能力を地道に教育する方法は以前から積み重ねられているが、より多くのプログラムを読み、より多くのプログラムを書く機会を与える必要がある。

プログラミングの基礎としては、プログラムの読解とプログラミングの次の2つの能力を総合させなければならない。

- (1) プログラムの読解 プログラムの振る舞いを読み取ることができるようになる。読み取ることができればプログラミングにおいては、期待と違う動作をしたときはすぐに不具合箇所が見つけられるようになる。読解の修得は、多くのプログラムを収録し

ているテキストが必要である。読解用プログラムはある課題を上手に実現しているプログラムだけでなく、コンパイルエラーはないが動作に不具合を含むプログラムを用いるのも有効である。

- (2) プログラミング 仕様を満たすプログラムを作成する。多くの課題を与えて、期限までに提出させる演習が必要である。与えられた通りのプログラミングスタイルでのプログラミング、字下げと空白行、適切なコメントを含むプログラミングの清書を行うことも必要である。

本校情報工学科における演習付き授業「プログラミング言語演習」は、Cプログラミングを修得させることが目的である。その背景には、次の3つの必要性に基づいている。

- (1) 構造化言語を習得することにより、コンピュータの動作について理解することは情報工学にとって原理原則の部分であること
- (2) 情報工学科のカリキュラムの専門科目におけるさまざまな理論を実際に確かめる際にC言語を使うケースが多いこと
- (3) 卒業後、仕事上で様々なプログラミング言語を使うことになるが、それらを短期間でかつ正確に学習しなければならないが、そのために、プログラミング言語の学習の

仕方を学習すること

また、プログラミング言語の習得には、学習者のそれまでの体験・経験から得ている類推力・構成力の影響が大きく、1クラス40名の授業・演習で到達度に大きな開きができてしまい、一斉授業は授業開始1カ月くらいしか意味をなさなくなってしまう。

そこでチュートリアル形式のWebテキストと、テキストの進行にあわせた多くのプログラミングの課題（英語における多読に対応する）を行ってもらい、慣れ親しんでもらうことが必要になっている。学生からの質問に対しては個別対応をするので、授業時間中は寺子屋のようになる。これは伸びこぼし対策+落ちこぼれ対策として必然の結果である。

ところが、課題を与え、演習を多く行おうとすると、教員側は提出課題の採点に追われ、多くの時間を割くことになる。採点に多くの時間を割くことは当然だが、それ以上に提出状況の管理、督促、提出課題レポートの管理に多くの時間が必要となる。学生はレポート提出したつもりだが、実際は提出していないというトラブルや、提出遅れのレポートの混在があるなかでのレポート提出状況集計だけでも大変な作業量になる。著者1人で課している課題数は、年間2年生(48名クラス)「プログラミング言語」での年間約80課題を含む150課題に達している。とても従来の紙媒体のレポート提出では対処できない状態である。メール添付での課題提出でも上記困難は全く解決にはならない。初期の数年の実施の後、実際のレポートチェックにおいて最初の頃の学生向けのコメントは、次の3つが大多数であることがわかった。

- (1) レポートの体裁(自分の出席番号, 名前, レポート課題番号)が不完全であり, 受理できない
- (2) Cプログラムコードの字下げ(インデント)ができておらず, 長いプログラムでは, 読み取りやデバッグが困難
- (3) コンパイルは成功しているが, 動作が不完全で, テストデータに対して正しく動作していない

すでに電子レポート収集システム¹⁾²⁾³⁾については報告した。ここでは、学生が、自分でレポート課題提出状況を確認できるシステムとなっていた。そして、教員側にとってもレポート課題の提出状況がわかり、提出状況の集計に惑わされずに、レポート内容の点検(教員にとって、本質的な仕事)のみの作業となり、不必要な作業から解放されることになっていた。ここでは、教育用UNIXシステムを使ってまた、提出されたレポートについて

- (1) レポートの体裁の自動チェック
- (2) Cプログラムのコンパイルエラーの自動

チェック

- (3) Cプログラムコードの字下げ自動チェック

を行えるようになっていた。しかし、その運用にあたっては、これらのチェックは、

- (1) 提出日と提出期限をシステムとしてチェックしていなかったこと
- (2) 静的システムであったためUNIXのスケジューリング機能を使って一定時間間隔で検査が行われていたため、授業時間に対応した特別な設定を行うために、面倒な設定を強いられたこと

などの課題があった。

2. 新電子レポート収集システムの仕様

多くの課題レポートを課し提出課題の提出日チェックや、内容チェックを行うことのできる電子レポート収集システムに求めることは次の7点である。

- (R1) 学生が課題をアップロード提出ができること。
- (R2) 提出した課題は、パスワードなどで守られており、安全であること。
- (R3) 学生は課題提出状況が提出直後にわかること。また、レポート体裁のチェックの結果、プログラミングスタイルのチェックの結果、コンパイル&リンク作業でのエラーなどはすぐに学生にわかること。
- (R4) 教員も学生の課題提出状況(提出期限と提出日チェックを含む)を一覧できること。
- (R5) 教員は学生の提出課題のプログラムを少ない手数で検査・評価ができること。
- (R6) 教員は学生の課題に対してコメントを返すなど、少ない手数でフィードバックができること。
- (R7) 教員が電子レポートシステムを生成するに当たり、いくつかの設定ファイルを準備し、ボタン1つで生成作業が終わるようにする。多くの科目を担当する場合でも個別の煩雑な設定を行わないで済むようにする。

3. 現在使用できるリソース

本校の教育用UNIXサーバはCGIサービスを行っていないため、上記R2を満たしていなかった。そこで、近年非常にパフォーマンスが高くなってきたPC上にWebサーバ(PHP作動)を構築し、動的Webサイトとしてレポート収集システムを載せることができるようにする。このPCは校内LANにプライベート固定IPアドレスで接続し、校内からのみ見えるようになっている。Apache, PHP, VisualStudio2010がインストール

されている。そして、Web テキストからリンクされた Top ページをもつようにして、すべての関連ページにリンクが張れるようになっている。

4. 電子レポート収集システム

4.1 学生から見た電子レポート収集システム

電子レポート収集システムを学生からみると次のようになっている。

学生は受講科目に対応した自分専用の「学生の作業スペース」(Fig.1)を持っている。この Web ページに入るには、ユーザ ID とパスワードが必要である。

このページでは、

- (1) パスワードの変更
- (2) フォーム標準手順による課題ファイルのアップロード、
- (3) 提出期限を含む課題一覧
- (4) 課題提出履歴 (提出期限遅延履歴を含む)

(5) 教員からのコメント
を見ることができる。

課題ファイルのアップロードの直後には、課題チェックサブシステム (4.2 に記述) による検査結果が表示される。

また、自分およびクラスメイトの「提出状況一覧ページ」(Fig.2)を見て、先行していることや遅れていることを確認できる。

さらに、「課題リンクテーブルページ」(Fig.3)で全員の全提出課題の閲覧ができるので遅れている学生にとっては、先行する学生の課題を見ながら、学習することもできる。この機能については教育効果上の議論が必要である。なおすべての学生用の入り口ページは Fig.5 のようになっている。

4.2 課題チェックサブシステム

学生が学生作業ページからアップロード提出した課題は、受付時に次の検査が行われ、結果を学生作業ページに表示する。

- (1) 課題 ID, ユーザ ID が課題中に正しく記述されているかどうか。(課題 ID は提出課題ファイル名)
- (2) C プログラムの字下げが K&R 書法に準拠しているか。
- (3) コンパイルエラーはないか。

2J01 秋山さん[プログラミング]作業ページ

2010/5/18 21:35

1. 教員からのコメント

fig.4 にて教員が書いたコメント

コメントあります。よくできました。

2. 課題提出履歴

R:受領(何らかの問題点を指摘することがある)
 r:期限遅れで受領(何らかの問題点が指摘されることがある)
 N:課題ID(ファイル名表示)またはユーザIDが不正
 F:字下げルール抵触
 E:コンパイルエラー(コンパイルできない)
 S:プログラム仕様違反(プログラムコードに仕様違反がある)
 P:実行結果の表示部分が不正(正しい実行結果が貼り付けられていない)
 X:提出後実行時の実行結果が不正(提出されたプログラムを実行したが、結果が変わった)
 Z:未提出

課題	提出期限	提出日	再提出日	状況
p01ex01.c	2010/4/20	0/0/0	0/0/0	Z
p01ex02.c	2010/4/20	0/0/0	0/0/0	Z
p01ex03.c	2010/4/20	0/0/0	0/0/0	Z
p01ex04.c	2010/4/27	0/0/0	0/0/0	Z
p01ex05.c	2010/4/27	0/0/0	0/0/0	Z
p01ex06.c	2010/4/27	0/0/0	0/0/0	Z
p01ex07.c	2010/4/27	0/0/0	0/0/0	Z

課題提出直後に、ここが更新される

3. 課題提出

提出ファイルを設定してから「アップロード」ボタンを押してください。

提出ファイル: [参照...]

[アップロード]

4. パスワード変更

新しいパスワード

新しいパスワード(確認)

(半角英数字のみ有効)

Fig.1 学生の作業スペース ここで課題をアップロードする

- (4) 課題文中で、プログラムに定型記述を指定している場合は、これがあるかどうか。
- (5) テストデータによる実行チェック結果をファイル中に貼りつけているか、またそれは正しいか。
- (6) 提出期限前か後か。

これらのチェック項目のうち、(1) から (5) については、チェックしないようにするオプションもあるので、C プログラムの課題だけでなく、テキストファイルや pdf ファイルなど様々な形式のファイルによる課題提出にも使うことができる。

また、再提出の場合は、最初に提出されたファイルがバックアップ保存され、提出期限チェックは最初の提出に対して行われたものが有効になる。

なお、提出されたファイルに関しては、リンク表が載っている静的な「課題リンクテーブルページ」(Fig.3)から、たどることができる。このリン

ク表は、学生ごとに全提出課題を順に表示したり、課題ごとに学生毎の提出課題を順に表示したりすることができる。また動的な Web ページ「提出状況一覧ページ」(Fig.2)で、提出状況を確認できる。

4.3 電子レポート収集システムと教員の日常の作業

課題チェックサブシステムが課題受付時に定型の検査をしてから課題を受け付けるため、教員はきめ細かな課題チェックに時間を割くことができる。教員は「提出状況一覧ページ」(Fig.2)で、提出が遅れている学生を励ましたり、「課題リンクテーブルページ」(Fig.3)から提出課題を表示検証し自動チェックできなかった問題点をコメントとして学生に伝たりする。コメントの作成は、「管理者用コメント作成ページ」(Fig.4)で、コメント送信先の学生を選択し、テキストボックス内にコメントを記述し、コメントボタンをクリックするという手順でできるようになっている。このコメントは Fig.1 の「学生の作業スペース」に表示されるようになっている。

なお教員用の入り口ページは Fig.6 のようになっている。

5. 電子レポート収集システムの生成

電子レポート収集システムの生成は教員にとって負担にならないことが重要なポイントである。この電子レポート収集システムの生成に必要な情報は以下の2つである。

- (1) 学生 ID と学生名の対応表
この対応表は複数の科目から使われ、学生 ID は学生の初期パスワードとしても使われる。この情報は 1 クラス分が 1 つの csv 形式の「学生情報ファイル」(File.1)にまとめられている。
- (2) 教科ごとの課題一覧表
課題については、提出ファイル名、提出期限、課題チェックサブシステムでどこまで提出時チェックを行うかの指示、オプションとしてテキストファイルに含まれるべき文字列を与えることができる。この情報は 1 教科分が 1 つの csv 形式の「課題情報ファイル」(File.2)にまとめられている。

[プログラミング言語]レポート提出集計ページ

2010/5/18 21:31

○:期限通り提出
△:期限遅れ提出
▲:提出されたが、再提出を求められている
×:提出されていない

N:課題ID(ファイル名表示)またはユーザIDが不正
F:字下げルール抵触
E:コンパイルエラー(コンパイルできない)
S:プログラム仕様違反(プログラムコードに仕様違反がある)
P:実行結果の表示部分が不正(正しい実行結果が埋め込まれていない)
X:提出後実行時の実行結果が不正(提出されたプログラムを実行したが、結果が変わ)

番号	課題名	提出期限
1	p01ex01.c	2010/4/20
2	p01ex02.c	2010/4/20
3	p01ex03.c	2010/4/20
4	p01ex04.c	2010/4/27
5	p01ex05.c	2010/4/27
6	p01ex06.c	2010/4/27
7	p01ex07.c	2010/4/27

NO.	ID	1	2	3	4	5	6	7
1	2J01 秋山雄二	×	×	×	×	×	×	×
2	2J02 飯坂孝平	×	×	×	×	×	×	×
3	2J03 小倉理恵	×	×	×	×	×	×	×
4	2J04 金沢啓太	×	×	×	×	×	×	×
5	2J05 木村雄平	×	×	×	×	×	×	×
6	2J06 熊沢直	×	×	×	×	×	×	×

Fig.2 課題提出状況一覧ページ

2J プログラミング言語 レポート閲覧

提出期限 2010年4月20日

1	2J01 秋山雄二	p01ex01.c	p01ex02.c	p01ex03.c
2	2J02 飯坂孝平	p01ex01.c	p01ex02.c	p01ex03.c
3	2J03 小倉理恵	p01ex01.c	p01ex02.c	p01ex03.c
4	2J04 金沢啓太	p01ex01.c	p01ex02.c	p01ex03.c
5	2J05 木村雄平	p01ex01.c	p01ex02.c	p01ex03.c
6	2J06 熊沢直	p01ex01.c	p01ex02.c	p01ex03.c

提出期限 2010年4月27日

1	2J01 秋山雄二	p01ex04.c	p01ex05.c	p01ex06.c	p01ex07.c
2	2J02 飯坂孝平	p01ex04.c	p01ex05.c	p01ex06.c	p01ex07.c
3	2J03 小倉理恵	p01ex04.c	p01ex05.c	p01ex06.c	p01ex07.c
4	2J04 金沢啓太	p01ex04.c	p01ex05.c	p01ex06.c	p01ex07.c
5	2J05 木村雄平	p01ex04.c	p01ex05.c	p01ex06.c	p01ex07.c
6	2J06 熊沢直	p01ex04.c	p01ex05.c	p01ex06.c	p01ex07.c

Fig.3 課題リンクテーブルページ

教員はこのシステムで課題収集しようとする科目数に対応する「課題情報ファイル」と必要となる「学生情報ファイル」を作成する必要がある。また、生成システムに対して、上記 2 種類のファイルを登録する必要があるため、csv 形式の「登録一覧ファイル」(File.3)も用意する必要がある。

一方, PC サーバ管理者は Web サービスフォルダ領域に教員向けフォルダを用意し,

- (1) 初期設定 Web ページ
- (2) システム生成実行ファイル
- (3) 教員用 ID, パスワードファイルの3つを用意している。

教員は, 以下の操作により, 自分用の電子レポート収集システムを生成できる。

- (1) 「教員用初期設定 Web ページ」にて,
 - 1) 「登録一覧ファイル」(File.3)
 - 2) 「学生情報ファイル」(File.1)
 - 3) 「課題情報ファイル」(File.2)をアップロード登録する。
- (2) 「教員用初期設定 Web ページ」にて, 「構成」ボタンを押す。

教員が, 授業の進行に従って, 途中で科目を追加したり, ある科目内の課題を追加したり, 課題提出期限を変更する場合は, 「教員用初期設定 Web ページ」にて対応する csv ファイルをアップロード登録し, 「構成」ボタンを押せばよいようになっている。

6. プログラミング言語の Web テキスト

プログラミングの入門においてはできるだけ多くのプログラムを読むことが重要である。プログラミング言語の授業テキストは Web テキストとしている。紙媒体のテキストの一覧性は犠牲にしているが, プログラム例を紙面の制約がなく多く載せることができる。また学生の疑問に対してリアルタイムで説明が更新できる利便性がある。この Web テキストはチュートリアルになっており, 学びながら多くの練習課題を行うことができるようになっている。²⁾ また, 途中で困ってしまった学生だけが読むための特別な説明ページ (全員が読まなくてもよいようになっている。) や, 先に進みたい学生向けの課題も用意されている。

7. 今後の課題

このシステムは, 本校のプライベートアドレス内の PC をベースとしているため, 学校の外からはアクセスできない。このことは学生からも不評である。しかし, 早起き早朝のアップデートや, 昼間の時間のアップデートは, 自宅への引きこもりを防ぐ効果もある。しかし可能な環境があるな

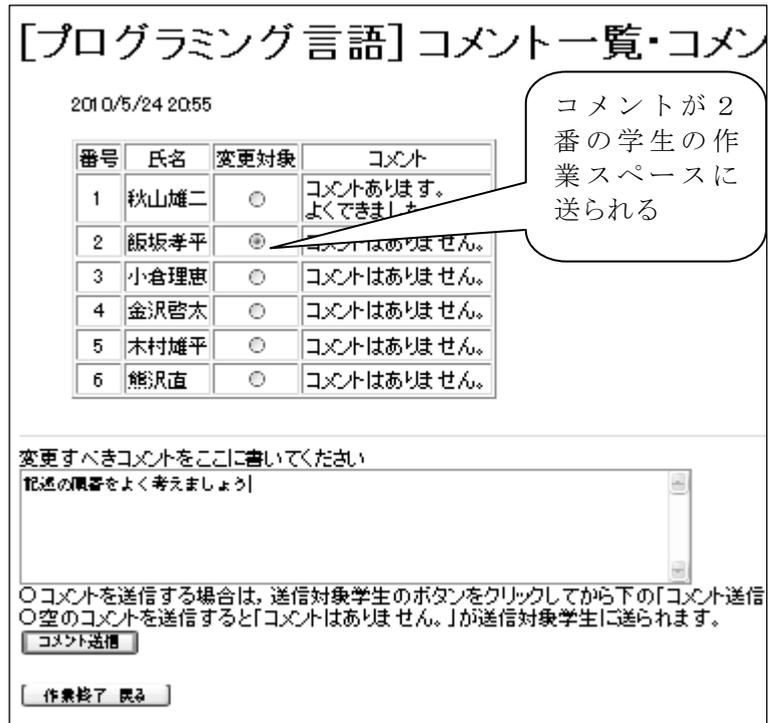


Fig. 4 管理者用コメント作成ページ

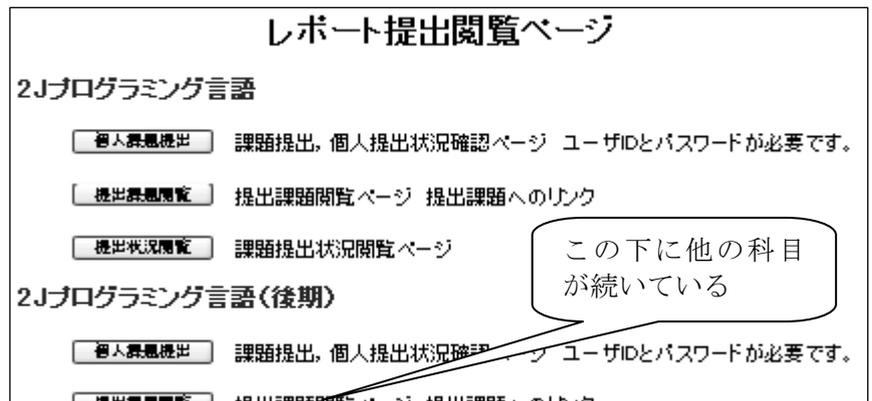


Fig. 5 学生用入口ページ

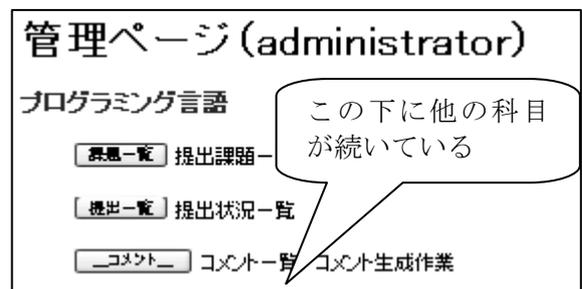


Fig. 6 管理者用入口ページ

ら学校外から Web アクセス可能な場所にある PC にこのシステムを載せたい。

現在, 友人の作成した課題プログラムのコピーを自分の課題として提出することができる状態にある。今のところ, 本校の 2 年生だと, 自分で

きるようになりたいというプライドもあるため、コピーが横行する状況にはない。友人の作成したプログラムを理解しながら再構成して、自分なりのプログラムを作成する勉強方法も現在は認めている。プログラミング能力を修得できたかどうかは、定期試験にて、プログラムの動作読み取り問題を与えることで確認できると考えている。

もう少し、高学年の課題については、プログラムの意味を解しながらの自動類似度検査も必要になるものと思われる。

10. まとめ

電子レポート収集システム（ERSYS 4）を用いると、学生には多くの課題を与え、全体の課題の管理をコンピュータが上手にこなしてくれ、教員の手助けをしてくれる。

すでに、このシステムを稼働させ、改良を重ねて7年が経過した。こ

れまでにプログラミング言語演習コンピュータ計測制御、制御工学、実践プログラミング、電子計算機 I, II でこのシステムを用いている。電子メールによる課題提出よりも受け取り側は楽である。また既存の e ラーニング LMS より自動コンパイルの導入やコメント生成など小回りがきくシステムとなっている。1人で全教科年間 200 の課題レポート（40人1クラスなので8000レポートをチェック）の収集に役立っている。特にプログラミング言語の授業では、以前は年間 20 課題程度が限度であったが、現在は年間 80 課題を与えている。学生にとってはハードだが、定期試験結果などをみると、力は確実に付けていると考えている。

システムの生成に当たっての作業量が非常に少ないことも、このシステムの利点となっている。

参考文献

- 1) 小坂敏文, 吉本定伸, 西村亮, 松林勝志, 電子レポート収集システムの開発, 東京高専研

File.1 学生情報ファイル info2J.csv

```
2J 名簿
student,2J01,秋山雄二
student,2J02,飯坂孝平
student,2J03,小倉理恵
student,2J04,金沢啓太
student,2J05,木村雄平
student,2J06,熊沢直
```

File.2 課題情報ファイル info2Jprog.csv

```
exercise,p01ex01.c,7,2010,4,20,"int main0$$$return 0;"
exercise,p01ex02.c,7,2010,4,20,,"[reg]^Hello world$"
exercise,p01ex03.c,7,2010,4,20
exercise,p01ex04.c,7,2010,4,27
exercise,p01ex05.c,7,2010,4,27
exercise,p01ex06.c,7,2010,4,27
exercise,p01ex07.c,7,2010,4,27
```

File.3 登録一覧ファイル inforoot.csv

レポート収集領域フォルダ生成のための情報を持つ csv ファイル
1つまたはいくつかの「クラス情報行」と、1つまたはいくつかの「科目情報行」でできている。行頭がキーワードで始まっていない場合はコメント行となる。

(1) クラス情報行

左詰めで「キーワード classinfo, クラス名キー, クラス情報ファイル名」でできている。複数行存在ができる。
すべて英数字の情報で、カンマ区切りで並べられる。

```
classinfo,2J,info2J.csv
classinfo,3J,info3J.csv
classinfo,4J,info4J.csv
```

} ここがデータ

(2) 科目情報行

左詰めで「キーワード subjectinfo, クラス名キー, 科目名キー, 実科目名, 科目情報ファイル名」でできている。複数行存在ができる。
実科目名を除き、すべて英数字の情報で、カンマ区切りで並べられる。
クラス名キーは、上記「クラス情報行」のクラス名キーと一致しなければならない。
科目名キーは、課題ファイル収集用のフォルダを作るのに使われる

```
subjectinfo,2J,2Jprog,プログラミング言語,info2Jprog.csv
subjectinfo,2J,2Jprog2,プログラミング言語(後期),info2Jprog2.csv
subjectinfo,3J,3Jprog,実践プログラミング I,info3Jprog.csv
subjectinfo,3J,3Jucom,電子計算機 I,info3Jucom.csv
subjectinfo,4J,4Jucom,電子計算機 II,info4Jucom.csv
```

} ここがデータ

究報告書第 36 号 (1), pp45-48

- 2) 小坂敏文, 吉本定伸, 松林勝志, 電子レポート収集システムの開発, 東京高専研究報告書第 39 号 (1), pp71-74
- 3) 小坂敏文, 吉本定伸, 松林勝志, プログラミング言語演習課題の収集検査 Web システム, 東京高専研究報告書第 40 号 (2), pp71-74

(平成 22 年 6 月 5 日 受理)

低速通信回線利用を前提とした文字認識における 文字画像処理方式の一検討

鈴木雅人*, 北越大輔*

A Study of the Image Processing method in the Character Recognition
Assuming the Low Speed Network

Masato SUZUKI* and Daisuke KITAKOSHI*

TCP2 is a next-generation communication protocol in the transport layer, of OSI reference model. We are doing a joint research on surveillance camera system using TCP2, and our aim of the research is to develop the chinese character recognition system which works on the surveillance camera or microcomputer installed in the camera. To implement our recognition algorithm to microcomputer, we propose a new algorithm using k-means clustering method and computational complexity reduction method. In our experiments, we found the new algorithm is useful to mounts on the microcomputer.

(Keywords: TCP2, Surveillance camera, micro-computer, pattern recognition)

1. はじめに

現代のネットワーク通信において安全性を保証することは、必要最低限の要件になっている。セキュアな通信を保証するため、暗号技術や認証技術など、様々な技術が実用化されているが、アプリケーションプログラムを開発する場合、これらの技術を個々に組み込まなければならないのが現状である。近年では、セキュア通信を実現するためのプログラムがパッケージとして提供され、アプリケーションプログラム開発時にセキュア通信を実現するためにかける開発コストは激減している。また、SSL(Secure Socket Layer)のようにOSI参照モデルのセッション層・トランスポート層レベルでのセキュア通信も実用化されているが、これは、もともとWebサーバとブラウザ間のセキュア通信を目的として開発されたもので、例えばPeer to Peer通信など、様々な形態の通信に適用することは難しいと考えられている。

そのような背景を受けて、近年、アプリケーションソフトに依存しないセキュアな次世代ネットワーク通信方式としてTCP2が提案され、実用化が進められている(例えば[1])。TCP2は、ネットワークトランスポート層に相当するTCPレベルでセキュアなデータ通信を実現しようとするものである。このため、現在アプリケーションごとに実装しなければならないセキュアなデータ通信方式を、より下位レベルの

トランスポート層で吸収することにより、アプリケーションレベルでのセキュアな通信方式の実装は全く不要となる。また、携帯端末と基地局間などのPeer to Peer通信など、様々な形態の通信を安全に行うことが可能であるという特色を有している。

しかし、この通信方式では、より下位レベルでのセキュア通信を実現するため、通信のオーバーヘッドが非常に大きく、画像・音声・映像などの大量データの送信には向かないという欠点を有している。このため、TCP2によるセキュアな通信方式を実現しつつ、同じネットワークを用いて、画像・音声・映像などの大量データを送るためには、何らかの工夫が必要となる。

著者らは企業との共同研究において、監視カメラシステムとサーバとの通信方式として、TCP2の導入を検討している。監視カメラシステムとサーバ間で行うプロトコル通信はTCP2により実現可能であるが、監視カメラから得られる画像をそのまま送信することは困難である。そのため、TCP2による通信速度が非常に遅いことを前提とし、監視カメラから得られる画像から必要な情報を抽出し、その情報のみを転送方式を検討している。著者らは、一般の画像に対する画像情報の抽出に関する研究も行ってきた[2]が、画像情報抽出は非常に困難であり、現時点では処理にも多大な時間を要するため、手始めに

本研究では、例えば自動車のナンバー読取りのように、カメラから得られる画像中の文字認識に焦点を絞る。著者らは、これまで手書き文字認識に関する研究[3]も行っており、99%を超える非常に高い認識精度を実現している。しかし認識アルゴリズムはパソコン程度の処理能力を有するコンピュータを前提としており、今回想定している監視カメラまたはそれに付属させるマイコンでは膨大なメモリと計算時間を必要とするため、改善が必要である。

本稿では、このような監視カメラを前提とした文字画像認識処理方式として、文字パタンのクラスタリングを用いた方法を提案する。以下では、2章で手書き文字認識の概要を述べ、3章で提案手法について詳述する。4章では性能評価実験について述べ、5章で成果をまとめる。

2. 手書き文字認識アルゴリズム

図1に示すように、手書き文字認識アルゴリズムは、入力された手書き文字画像を整形して特徴となる数値を取り出す特徴量抽出部と、得られた特徴を用いて何の文字であるかを推定する識別部で構成される。特徴抽出部では、ノイズ除去や、文字輪郭の凹凸を滑らかにするスムージング処理を行った後に、筆者の癖などによる文字の変形や潰れ・掠れを吸収するために、文字画像のサイズを統一する正規化処理、文字の輪郭を抽出する輪郭抽出処理を行う。そして、得られた文字輪郭画像を半分ずつ重ねながら縦横を7等分し、それぞれの小領域に対して黒画素を4方向に量子化し、重みを加えて196次元の特徴量ベクトルを抽出する(図2)。

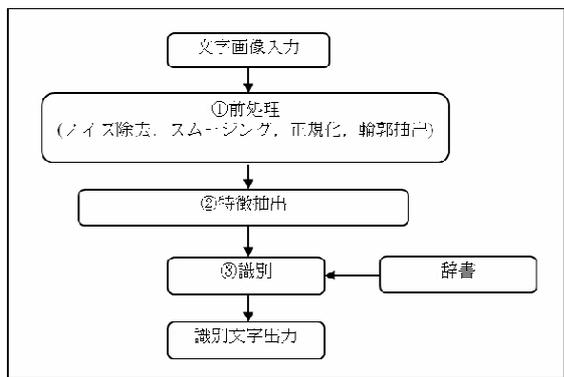


図1 手書き文字認識アルゴリズム

識別部では、あらかじめ全ての認識対象字種に対して標準特徴量ベクトル(辞書)を用意しておき、認識しようとする未知の特徴量と辞書内の全ての標準特徴量とを比較することで認識結果を決定する。特徴量ベクトルは、特徴空間内の1点とみなすことがで

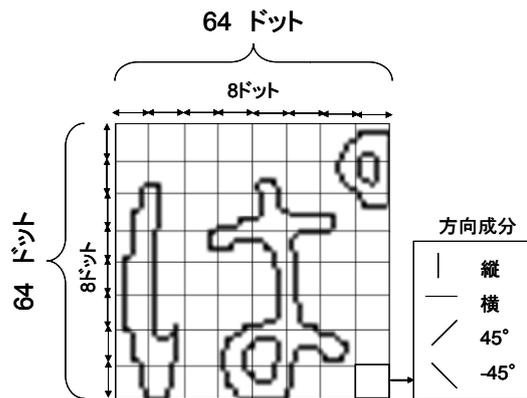


図2 特徴量抽出

きるため、特徴量どうしの比較には距離を用いるのが一般的であるが、パターン認識において認識精度が高いとされているマハラノビス距離は、計算に時間がかかるため、通常は、ユークリッド距離などの簡易的な距離を用いて上位候補を選別し、それら上位候補に対してマハラノビス距離を計算するという2段階識別で行われる。更に、マハラノビス距離計算により得られた認識候補の中には、上位数字種の中に「鳥と鳥」のように類似する文字が含まれている場合がある。このような場合は特徴量の2次の項を考慮した2次混合関数を用いてさらに詳細な識別を行い、最終的な認識結果を出力する。

本アルゴリズムでは、手書き文字データベース ETL9 を対象とした認識実験において 99.34%の認識精度が報告されており、認識速度も1秒あたり約10文字である。しかし、識別に必要な標準特徴データは、2次混合関数を用いる場合で約1GB必要であるため、パワーのないマイコンや限られたメモリで本アルゴリズムを動作させることは非常に難しいと考えられる。

3. 認識方式の提案

一般に、パワーが十分でなく、かつ、限られたメモリしか使うことのできない環境において、従来から提案されている手書き文字認識アルゴリズムを動作させることは不可能である。使用可能なメモリが数百KB程度に限られる場合、そもそも2次混合関数やマハラノビス距離など、高い認識精度が期待できる識別関数を実装することができないため、ユークリッド距離などを用いた識別でも高精度な識別が実現できる方法を模索する必要がある。本稿では、認識対象字種に関する学習用データに対し、k-means法を用いたクラスタリングを適用する手法および特徴量の計算量削減法を検討する。

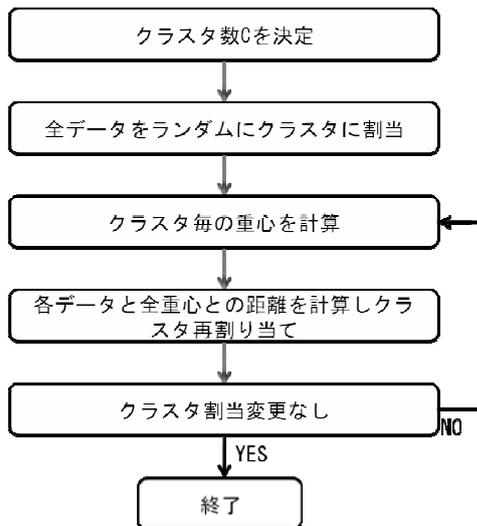


図3 k-means 法のアルゴリズム

k-means 法 (図3) は, 与えられた大量の学習データを, 分散が小さくなるように複数のグループに分類するためのクラスタリングアルゴリズムである.

与えられた学習データ数を N , まとめるグループ数 (クラスタ数) を C とするとき, はじめに, 各データ $x_k (k=1, 2, \dots, N)$ をランダムにいずれかのクラスタに分類する. 次にクラスタごとにデータの重心を求め, 各データと重心との距離を計算する. このとき, 属するクラスタの重心までの距離が, 他のクラスタの重心までの距離より大きいデータ x_k がある場合, このデータを, 該当するクラスに分類しなおす. 以上の操作を, 分類変更が生じなくなるまで繰り返すことにより, クラスタリングが収束する.

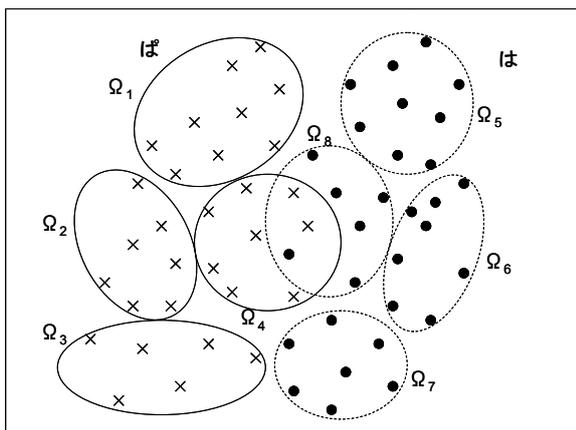


図4 クラスタリングの例

一例として, 「は」および「ば」の学習用データから特徴量を抽出し, それらを k-means 法によってクラスタリングした様子を図4に示す. ユークリッド距離などの線形識別関数を用いる場合, 類似する特徴を有する字種 (類似文字) 間で誤認識が起こる場

合が非常に多い. すなわち, 特徴空間における字種ごとの分布が接近する空間に未知の特徴量が位置する場合に誤認識をお越しやすい. このような誤認識を起こしやすい空間をより狭くするための手法としてクラスタリングが用いられることが多い. 一般に, パターン認識では, 未知の特徴量と, 各クラスの平均特徴量との距離を求めることにより識別を行うため, 例えば図4のような場合, 未知の特徴が Ω_4 および Ω_6 周辺に位置する場合に誤認識を起こしやすいが, その他のクラスタ周辺に未知の特徴がある場合には, 誤認識を起こす可能性が非常に小さくなると考えられる. 未知の特徴量と書くクラスの平均特徴量との距離計算は, 生成するクラスタ数に比例して増えるが, 誤認識も格段に減らせると期待できるため, 今回想定しているような計算パワーやメモリが小さい環境では有効な認識手法であると期待できる.

一方, 2 つの特徴ベクトル間のユークリッド距離は次式で求めることができる.

$$d(\vec{x}, \vec{y}) = \sum_{k=1}^d (x_k - y_k)^2$$

パターン認識では, 1 文字を認識するために, 全てのクラス (字種) の平均特徴との距離を計算するため, 膨大な時間がかかるが, 実際には一番距離の近い字種, または, 距離の小さい方から複数の候補字種を割り出せば十分なので, 距離計算の途中である値よりも大きくなった場合は計算を途中で打ち切ることができる. 図4において, クラスタリングを行わない場合には, クラス内分散が非常に大きいため距離計算を打ち切るためのしきい値も大きく定める必要があるが, 図4のような小さなクラスタに分割した場合には, クラス内分散が小さくなるため, 距離計算を打ち切るためのしきい値も格段に小さく抑えることが可能となる. このため, 1 文字を認識するために必要な距離計算回数はクラスタ数に比例して増加するが, それぞれの距離計算では, ほとんどの場合, 計算途中の非常に早い段階で距離計算を打ち切ることが可能になるため, 計算時間の高速化が期待できると考えられる.

4. 認識実験

提案手法の有効性を確認するため, 認識実験を行った. 実験で用いたデータは手書き文字データベース ETL9[4]であり, この中には平仮名および第一水準漢字あわせて 3036 字種について, それぞれ 200 サンプルの文字画像が収録されている. 全 200 セッ

トを 20 セットずつ 10 組に分割し、ある 1 組を認識するときに、残りの 9 組を学習用データとして使用することにより、合計 10 種類の実験を行って平均認識率を求める。クラスタリング手法を用いずに従来通り 3036 字種に対してユークリッド距離を適用した場合とマハラノビス距離を適用した場合の実験を行い、加えて提案手法による実験を行った(表 1)。

表 1 認識実験結果

	認識精度	認識時間 [文字/秒]
ユークリッド距離	96.28%	897
マハラノビス距離	99.31%	9.8
提案手法	98.19%	741

この結果により、従来から指摘されているように、ユークリッド距離などの線形識別関数に比べて、二次識別関数であるマハラノビス距離の方が、高い認識精度が得られることがわかる。これは、マハラノビス距離が、各字種の特徴量の分布ひずみを考慮した距離計算を行っているのに対し、ユークリッド距離では、字種間の分布を平面で区切って識別を行っているためである。しかし、より詳細な距離計算を行うマハラノビス距離の方が認識時間は遥かに長く、また、使用するメモリも約 200 倍に増えることが実装により明らかになった。一方、提案手法では、ユークリッド距離を用いた認識よりも認識速度が若干低下しているが、精度は大幅に改善されている。クラスタリングによって生成するクラスタ数は、今回の実験で最も精度が高くなるよう 7 に設定したため、単純に認識速度は 7 分の 1 に低下するはずであるが、実際にはユークリッド距離の計算を途中で中止することができるため、ユークリッド距離を用いた識別に比べて認識速度はわずかに増える程度となった。尚、今回使用した特徴量の次元は 196 次元であるため、ユークリッド距離を求めるためには 196 回の二乗演算が必要であるが、実際には、平均 26.6 回しか二乗演算を行っていないため、提案手法が認識速度改善に大きく寄与していることが分かった。

また、認識精度に関しては、類似する字種への間違いが予想通り改善できたため、マハラノビス距離のような認識精度良い識別関数ほどではないが、識別精度も改善できていることがわかる。

以上のことから、クラスタリングおよびユークリ

ッド距離計算時間削減による提案手法は、計算パワーのないマイコンなどでも有効に働くのではないかという結論を得た。更に演算時間やメモリを削減するためには、特徴次元を低く抑える工夫が必要であるが、これらについては主成分分析などが有効な解決策になると考えられる。

5. むすび

著者らは企業との共同研究において、監視カメラシステムとサーバーとの通信方式として、TCP2 の導入を検討している。この研究の一環として、監視カメラまたはそれに付属させるマイコンという限られた計算環境の中で、従来から著者らが行っている手書き文字認識を実現する方法について検討した。提案手法は、認識対象字種に対してクラスタリングを行い、識別関数として用いるユークリッド距離の計算を行う際に、無用な計算を省くことにより、全体として計算時間を抑えつつも、二次識別関数に劣らない認識精度を実現する手法である。性能評価実験では、計算時間や使用メモリを抑えつつも、識別能力が高いとされている二次識別関数（マハラノビス距離）により近い認識精度を実現可能であることがわかった。今後は、実用化に向けて、主成分分析などを用いて扱う特徴量の次元を圧縮することでマイコン等にも実装が可能であると考えている。

参考文献

- [1]大橋久美子, 五味悠一郎, 水島洋, 田中博, “TCP2 を利用した医療セキュアネットワークの構築”, 医療情報学連合大会論文集, vol. 24, pp. 980-981, 2010.
- [2]高橋和樹, “画像における文字領域抽出に関する研究”, 東京工業高等専門学校 2000 年度卒業論文, 2000.
- [3]鈴木雅人, 加藤寧, 根元義章, 市村洋, “2 次混合関数を用いた類似文字識別手法”, 電子情報通信学会論文誌(D-II), vol. J84-D-II, no. 8, pp. 1557-1565, Aug, 2001.
- [4]齊藤泰一, 山田博三, 山本和彦, “JIS 第一水準手書き漢字データベース ETL9 とその解析”, 信学論, vol. J68-D, no. 4, pp. 757-764, Apr. 1985.

(平成 22 年 9 月 22 日 受理)

クロメート代替物質である柿渋めっきの金属の 溶出抑制による毒性の低減

庄司 良*, 佐藤貴信*

Reduction of the toxicity with leaching of metal reduced by the persimmon tannin
as a replacement for chromate plate

Ryo SHOJI and Takanobu SATO

The corrosion products of persimmon tannin plate and chromate plate were characterized by an X-ray diffraction (XRD). The XRD patterns of the corrosion products revealed the high crystallinity and monophasic state of zinc hydroxychlorides ($Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$). The samples were eluted in 0.1 M HCl (at a ratio of 1 : 1 ; solid to liquid ratio) for 24 hours. After filtration, the concentrations of chromium and zinc in aqueous samples were analyzed using inductively-coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS 7500s; Agilent). The toxicity of gallic acid, tannic acid, trivalent chromium, hexavalent chromium and zinc were determined with ROTAS[®] (Rapid Onsite Toxicity Audit System) assay. The metal concentrations and toxicity of the leachates were higher when chromate plate was leached. These results indicated that the performance of the persimmon tannin plate was better than that of chromate plate.

(Keywords: persimmon tannin, plate, hexavalent chromium, leaching toxicity)

1. 緒言

欧州では、2006年に施行されたRoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令によって環境に悪影響を与える6種の有害物質の使用が規制された。めっき材料として活用されていた6価クロムも本指令により規制された物質の1つである。6価クロムの代替技術として3価クロムによる3価クロメートが主に用いられている。しかし、3価クロムは溶出した実環境中において6価クロムに変異する可能性がある¹⁾。現実として、3価クロメート処理を施した製品を欧州へ輸出した際、現地での検査において製品に6価クロムが検出され、返品されるといった事態も発生している。よって、今後RoHS指令に類似した規制が新たに施行される際、3価クロムが規制対象に含まれる可能性は大いにあり得る。つまり、3価クロム・6価クロムに関係なくクロ

ムフリーを目指すべきといえる。

3価クロメート以外の代替技術の中に柿渋によるめっき処理が存在する。柿渋とは渋柿から得られる液体の名称で、和紙や魚網などの強化や織物の染色など様々な用途で使われている。この柿渋めっきに促進耐候試験を行った際、白錆がめっき表面に析出するが、この白錆の物性が未知であるため環境への影響が懸念されている。

そこで、本研究では亜鉛めっきを下地として柿渋めっきや3価クロムをめっきし、促進耐候試験(塩水噴霧²⁾)を行った試料に対して様々な実験を行った。まず各試料の表面に析出した白錆をめっき板上からそぎ落とし、定性分析を行った。また、白錆をそぎ落とす前の試料に対して溶出試験を行い、溶出液中の亜鉛とクロムをICP-MS(7500s; Agilent)により定量した。柿渋に含まれる成分であるタ

*物質工学科

ンニン酸や没食子酸および RoHS 指令で規制された 6 価クロム, 下地である亜鉛めっきに含まれる亜鉛について毒性試験を行った。以上の実験を通して柿渋めっきはクロメート処理代替物質として適用可能か検討した。

2. 実験方法

2.1 XRD によるめっき表面に発生した白錆の定性分析

亜鉛めっきを下地として柿渋めっきや 3 価クロムをめっきした試料に対して促進耐候試験を行った。表面に析出した白錆をそれぞれ削ぎ落とし, XRD (D8ADVANCE; Bruker axs)を用いて $10 \sim 80^\circ$ の範囲を測定した。測定結果を EVA (Bruker axs)という成分解析ソフトを用いてデータベースと照らし合わせた。

2.2 Simonkolleite の合成

Simonkolleite ($\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)を沈殿法により下記のように合成した³⁾。0.1 M ZnCl_2 水溶液 100 ml へ 1.25 M NaOH を滴下し, pH を 7 に調整後, 24 時間放置した。発生した白色沈殿をろ紙 (GF/B; Whatman)によりろ取した。得た白色沈殿を水で洗浄, さらに 60°C で乾燥させた。得られた物質が Simonkolleite であることを確認するため, XRD (D8ADVANCE; Bruker axs)を用いてめっき上に発生した白錆と同様に測定した。

2.3 溶出試験

2.3.1 めっき皮膜からの最大溶出量

亜鉛めっきを下地として柿渋めっきした試料に対して促進耐候性試験(塩水噴霧²⁾)を実施した。この試料とクロムめっきが施された試料に対して, 非常に過酷な環境・長時間の溶出を想定し, L/S 比 = 1, 溶出時間 24 時間, 振とうなし, 溶媒に 0.1 M HCl という条件で溶出試験を行った。溶出液中に含まれる亜鉛とクロム

を ICP-MS (7500s; Agilent)により定量した。

2.3.2 合成した Simonkolleite に対する実環境を想定した溶出試験

沈殿法で合成した Simonkolleite ($\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 3.035 g に対して L/S 比 = 10, 溶媒に純水, 100 rpm, 溶出時間 6 時間, pH7 という条件下で溶出試験を行った。溶出液中に含まれる亜鉛を ICP-AES (SPS7800; SII)により定量した。

2.4 海洋性発光生物を用いた毒性試験

ROTAS[®] (Rapid Onsite Toxicity Audit System) キット中の海洋性発光微生物 *Vibrio fischeri* に対して, 合成した Simonkolleite ($\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)の溶出液を任意に希釈(2 倍~2000 倍)し, 0.1 M NaOH, 0.1 M HCl を用いて pH を 7 付近に調整した後に *V. fischeri* へ滴下し, 発光強度を測定した。測定した発光強度に基づき, 以下の式より発光率を算出した。

$$y = \frac{Ls - Cp}{Cn - Cp} \times 100 \quad (1)$$

ここで y : 発光率(%), Ls : 試料曝露後の発光強度(eV), Cp : Control の発光強度(eV), Cn : Blank の発光強度(eV)である。また, 任意の濃度に調製した塩化亜鉛, 6 価クロム, 没食子酸およびタンニン酸についても同様に ROTAS[®]キットを用いて発光強度を測定し発光率を算出した。

3. 結果および考察

3.1 XRD による定性分析

3.1.1 白錆の分析

亜鉛めっきを下地として柿渋めっきや 3 価クロムをめっきした試料に対して促進耐候試験を行った。表面に析出した白錆のみを金属板上からそれぞれそぎ落とし, XRD (D8ADVANCE; Bruker axs)で測定した。測定結果を成分解析ソフト EVA (Bruker axs)によりデータベース

上の様々な物質と照らし合わせた。結果を図1, 図2に示した。図1が柿渋めっきから得た白錆, 図2が3価クロムめっきから得た白錆の測定結果である。成分解析ソフトによって Simonkolleite ($Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$) という物質が導かれた。Simonkolleite は亜鉛の腐食生成物として一般に知られている物質である。データベース上の Simonkolleite の値を頂点にプロットのある垂線として図1, 図2に重ねて示した。

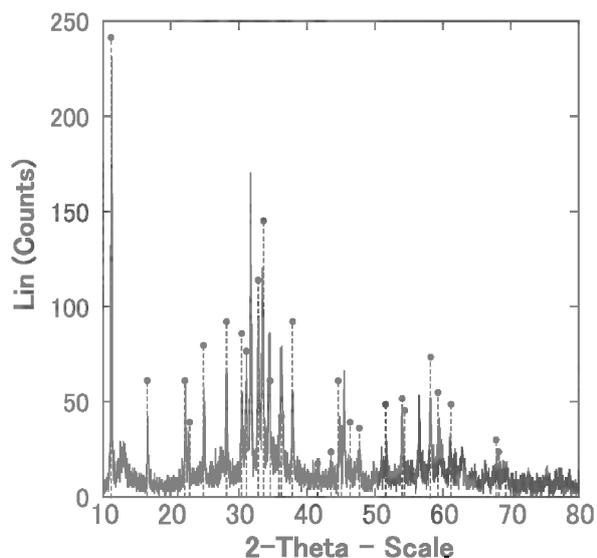


図1 柿渋めっき表面上に析出した白錆の XRD 測定結果

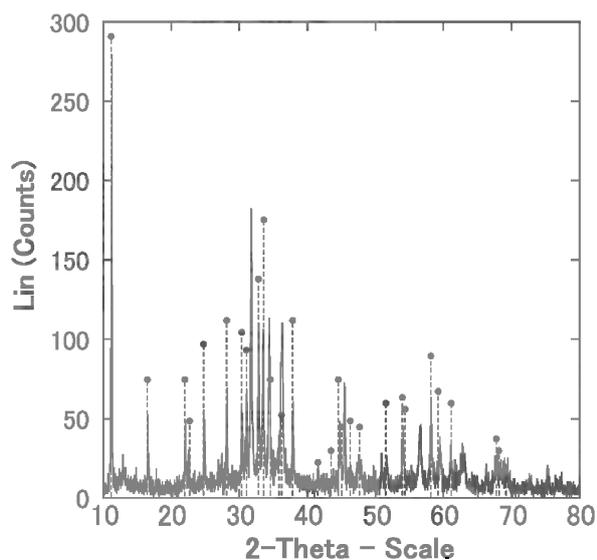


図2 3価クロムめっき表面上に析出した白錆の XRD 測定結果

図1, 図2より, それぞれの測定結果とデータベース上の Simonkolleite のピークは非常に似通っていることがわかる。よって柿渋めっき, クロムめっき上に析出した白錆の主成分は共に Simonkolleite であることが判明した。Simonkolleite は促進耐候試験時の塩水に由来する塩化物イオンと反応して生成したと考えられる。また, 成分解析ソフトによって, 酸化亜鉛も成分の1つとして挙げられた。測定結果に見られる全てのピークを Simonkolleite と酸化亜鉛では説明できないが, 他の成分についてはきわめて微量であるため本研究ではめっき表面に析出した白錆の組成についてこれ以上の追及をしない。

3.1.2 合成した Simonkolleite の分析

沈殿法により合成した Simonkolleite を XRD (D8ADVANCE; Bruker axs) で測定し, EVA (Bruker axs) を用いてデータベースと照合したところ, データベース上の Simonkolleite と主なピークが一致した。測定結果を図3に示した。データベース上の Simonkolleite の値を頂点にプロットのある垂線として図3に重ねて示した。

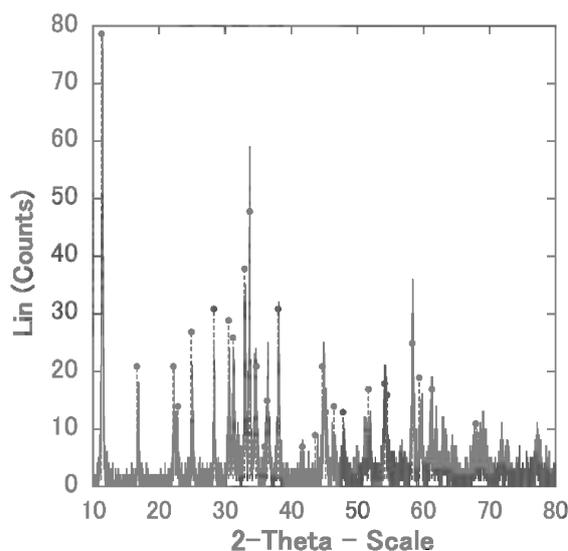


図3 合成した simonkolleite の XRD 測定結果

図 3 より, 合成した物質には主に Simonkolleite ($Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$) が含まれていることがわかる。

3.2 溶出試験

3.2.1 めっき皮膜からの最大溶出量

非常に過酷な溶出条件で得た柿渋めっきおよびクロムめっきの溶出液に含まれる亜鉛とクロムを ICP-MS (7500s; Agilent) により定量した結果を表 1 に示した。

表 1 ICP-MS による柿渋めっきおよびクロムめっき溶出液中に含まれる亜鉛とクロムの定量結果

試料	亜鉛 (ppm)	クロム (ppm)
柿渋めっき	2.3×10^3	-
クロムめっき	2.6×10^3	2.7×10^{-2}

表 1 より, 亜鉛は柿渋めっきと亜鉛めっきで同程度の溶出量であることがわかる。また, クロムめっきからは亜鉛と比較すると少量だが, クロムが溶出している。

3.2.2 合成した Simonkolleite における実環境を想定した溶出試験

合成した Simonkolleite の溶出液に含まれる亜鉛を ICP-AES (SPS7800; SII) により定量したところ 2.2×10^2 ppm となった。

3.3 毒性試験

3.3.1 各めっき材料の毒性試験結果

柿渋の主成分であるタンニン酸や没食子酸および RoHS 指令により規制された 6 価クロム, 下地である亜鉛めっきに含まれる亜鉛の *V. fischeri* による毒性試験結果を図 4 に示した。

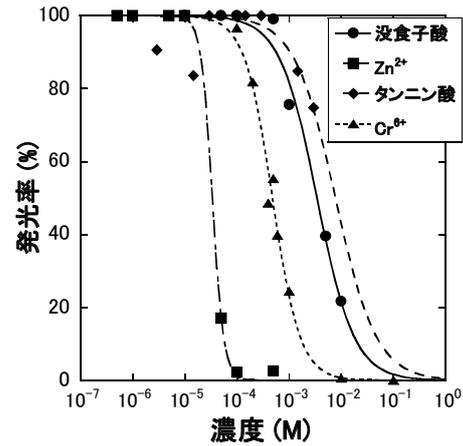


図 4 *V. fischeri* による各めっき材料の毒性試験結果(没食子酸, 亜鉛, タンニン酸, 6 価クロム)

図 4 より, 柿渋の主成分であるタンニン酸や没食子酸, 次に 6 価クロム, そしてこれらめっきの下地である亜鉛の順に毒性が強くなっていることがわかる。つまり, 毒性の低いタンニン酸や, 没食子酸を主成分とする柿渋を用いる柿渋めっきは素材の観点からはクロムめっきよりも環境安全性が高いといえる。

3.3.2 Simonkolleite の溶出毒性試験結果

V. fischeri による合成した Simonkolleite ($Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$) の溶出毒性試験結果を図 5 に示した。

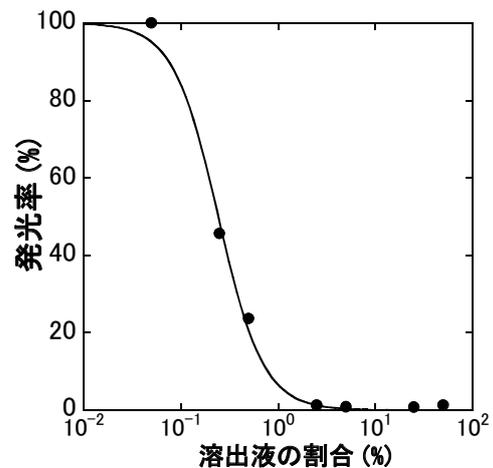


図 5 *V. fischeri* による合成した Simonkolleite の溶出毒性試験結果

図5より, Simonkolleite の溶出液は, 40 倍に希釈されてもほぼ全ての *V. fischeri* を死滅させ, 400 倍に希釈してもおよそ半数の *V. fischeri* を死滅させることがわかる。この実験結果より, Simonkolleite は水への溶解性が高く, 容易に溶解し, 亜鉛を水中へ放出すると考えられる。また, 合成した Simonkolleite の溶出液中に含まれる亜鉛の濃度は 2.2×10^2 ppm (= 3.4×10^{-3} M) であった。図4の亜鉛単体の毒性試験結果より, 全ての *V. fischeri* が死滅する亜鉛濃度は 1.0×10^{-4} M である。よって合成した Simonkolleite の溶出液には全ての *V. fischeri* を確実に死滅させる量の亜鉛が含まれる。したがって, 金属板そのものの溶出毒性試験を行った場合, 表面に存在する Simonkolleite が多量であるほど, 亜鉛の溶出量が増し, 毒性が上昇すると考えられる。つまり, Simonkolleite の発生を防ぐち密な皮膜処理が表面に施されることで溶出液中の亜鉛の存在量は減少し, 亜鉛による毒性を低減すると考えられる。

4. 結論

柿渋の主成分である没食子酸やタンニン酸の毒性は6価クロムや亜鉛と比較するときわめて小さいため, めっきに用いている柿渋そのものの毒性もまた小さいと思われる。しかし, 柿渋めっきやクロムめっき表面上に析出する白錆の正体である Simonkolleite ($Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$) からは亜鉛が容易に溶出し, 生物に大きな影響を与えることが溶出毒性試験結果よりわかった。Simonkolleite がどのような機構で亜鉛の放出を促進させているかは不明だが, Simonkolleite により生じる亜鉛の溶出は, 表面によりち密なめっき処理を施し Simonkolleite の析出を防ぐことで低減可能と考えられる。また, 最大溶出量をみた過酷な溶出試験により, 柿渋めっきとクロムめっき間で亜鉛の溶出量は同程度の値となった。しかし, 柿

渋めっきには環境に影響のあるクロムの溶出が全く無い。よって柿渋めっきはクロムめっきよりも金属の溶出量が低減されるため環境安全性が高く, クロメートの代替技術として妥当である。

5. 参考文献

1) Ying Gong et al., Stabilization of chromium: An alternative to make safe leathers Journal of Hazardous Materials 179 (2010) 540-544

2) JIS K 5600-7-1 塗料一般試験方法—第7部: 塗膜の長期耐久性—第1節: 耐中性塩水噴霧性

3) Hidekazu Tanaka et al., Synthesis and characterization of layered zinc hydroxylchlorides Journal of Solid State Chemistry 180 (2007) 2061-2066

6. 謝辞

本研究の一部はアートビーム(有)および日立化成工業株式会社の支援により実施した。

お問い合わせ先

氏名: 庄司 良

電話番号: 042-668-5076

E-mail: shoji@tokyo-ct.ac.jp

(平成22年9月22日 受理)

平成21年度教員教育研究業績

1. 研究論文・著作物(著書・翻訳書など)

一般教育科

『新撰万葉集』注釈稿(上巻 冬部 八八～八九)

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 1-10)……津田潔, 半澤幹一

『新撰万葉集』注釈稿(上巻 冬部 九〇～九二)

(『共立女子大学文芸学部紀要』第五十六集, 2010.1, pp23-43)……半澤幹一, 津田潔

Unit 2 「New Product Advertisement」

(『ESPに基づく工業技術英語』野ロジューディー・深山晶子監修, 2009.9, pp12-17)……村井三千男

課外物理実験教室の試行について —低学年の学生に物理への興味を引き起こす試み—

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp21-22)……潮秀樹, 大野秀樹

3-Interval Exchanges and their Odometer Representation.

(『Tokyo Journal of Mathematics』Vol.32, 2009, pp447-469)……Yuko ICHIKAWA, Shunji Ito

教養の概念と教養教育の目的

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 1-20)……川北晃司

科学技術振興機構による技術者倫理講座の改善のために

(『高専教育』33, 2010.3, pp 85-90)……川北晃司

技術者倫理の諸動向および関連諸問題に関する考察

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 1-18)……川北晃司, 河村豊, 浅野敬一, 木村南, 庄司良

Food for Thought—Eating for Health and Happiness

(『南雲堂』, 2010.3)……関根紳太郎

Influence of current mass on the spatially inhomogeneous chiral condensate

(『Progress of Theoretical Physics』123/2, 2010.2, pp 285-302)……Shinji MAEDAN

Decay of correlations for some partially hyperbolic diffeomorphisms

(『Hokkaido Math. J』38, 2009.2, pp 39-65)……Jin HATOMOTO

Mixing rates for discrete dynamical systems with weak hyperbolic product structure

(『Far East J.Math.Sci』33, 2009.5, pp 207- 235)……Jin HATOMOTO

機械工学科

歯付き鉄筋締結要素軸の強度解析

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 35-40)……黒崎茂, 深澤正寿, 峯尾一幸, 志村穰
圧電高分子フィルムを用いた疾患診断用足裏荷重測定具の試作

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 41-46)……中村源一郎, 黒崎茂

ポンプのキャビテーション損傷

(『日本機械学会「No.09-102」講習会「水力機械に発生する非定常現象」』, 2009.10)……斉藤純夫

風車用翼型に用いられる薄翼および厚翼の流体力学的特性と流動状態

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 19-27)……斉藤純夫, 山科貴裕, 市川達也

学習意欲向上のための創造的ロボット教育の試み

(『工業教育』vol.58 no.2, 2010.3, pp.27-32)……堤 博貴, 福田勝己

マイクロ領域における摩擦特性(第2報:触針の先端曲率半径の影響)

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp.41-46)

……福田勝己, 小林光男, 鈴木健司, 堤 博貴, 石塚康規, 齋藤直也

『国立東京工業高等専門学校・斉藤先生の e-nuvo IMU-Z で学ぶ 9 軸モーションセンサ【前編】』

(ZMP(ゼットエムピー), 東京, 2009)……斉藤浩一

第 25 章 生体臭(生体由来の稀発成分)用センサ

(『ヘルスケアとバイオ医療のための先端デバイス機器』シーエムシー出版, 東京, 2009) ……齊藤浩一, 三林浩二

第 34 章 ヘルスケアのための環境バイオセンサ

(『ヘルスケアとバイオ医療のための先端デバイス機器』シーエムシー出版, 東京, 2009) ……宮島久美子, 齊藤浩一, 三林浩二

Flexible humidity sensor in a sandwich configuration with a hydrophilic porous membrane

(『Sensors and Actuators B: Chemical』142/1, 2009.10, pp 28-32)

…… Yoko Miyoshi, Kumiko Miyajima, **Hirokazu SAITO**, Hiroyuki Kudo, Toshifumi Takeuchi, Isao Karube, Kohji Mitsubayashi

A NADH-dependent fiber-optic biosensor for ethanol determination with a UV-LED excitation system

(『Sensors and Actuators B: Chemical』141/1, 2009.8, pp 20-25)

……Hiroyuki Kudo, Masayuki Sawai, Xin Wang, Tomoko Gessei, Tomoyuki Koshid, Kumiko Miyajima, **Hirokazu SAITO**, Kohji Mitsubayashi

A soft and flexible biosensor using a phospholipid polymer for continuous glucose monitoring

(『Biomed Microdevices』11/4, 2009.8, pp 837-842)

……MingXing Chu, Hiroyuki Kudo, Takayuki Shirai, Kumiko Miyajima, **Hirokazu SAITO**, Nobuyuki Morimoto, Kazuyoshi Yano, Yasuhiko Iwasaki, Kazunari Akiyoshi, Kohji Mitsubayashi

Bio-sniffers for ethanol and acetaldehyde using carbon and Ag/AgCl coated electrodes

(『Microchimica Acta』165/1-2, 2009.4, pp 179-186)

……Tomoko Gessei, Hitoshi Sato, Elito Kazawa, Hiroyuki Kudo, **Hirokazu SAITO**, Kohji Mitsubayashi

Force Display Corresponding to the Static Characteristics of a Wheeled Motion Base

(『Proc. of ICMIT2009』, 2009.12, pp 88-89) ……Susumu TARAO, Hirotsugu KOBAYASHI

Study on Impact Resistance of PC12 Cells

(『Journal of Biomechanical Science and Engineering』, Vol.5, No.2, 2010, pp.119-12)

……Yuelin ZHANG, Shigeru AOMURA, Kiyoto FURUSE, **Akira KAKUTA**, Satoshi FUJIWARA, Ayako NASU

東京高専におけるマイクロメカトロニクスの新展開

(『東京工業高等専門学校研究報告書』, 第41(1)号, 2010, pp 47-50) ……角田陽, 多羅尾進, 堤博貴, 志村穰

2 個の円形弾性介在物を有する等方性弾性体問題の解析

(『日本機械学会論文集 A 偏』76/762, 2010.2, pp 136-144) ……宮川睦巳, 田宮高信, 志村穰, 鈴木拓雄

耐震補強金物部材「コーナータイトウン」の力学的特性評価

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 29-33) ……神山智, 小菅義隆, 志村穰, 峯尾一幸, 黒崎茂

軸継手の力学特性に関する解析的研究

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 35-40) ……小菅義隆, 志村穰, 宮川睦巳, 麻幸啓

波型突き合わせ接着継手の引張強度特性

(『材料試験技術』54/3, 2009.7, 1 pp 83-189) ……志村穰, 秋山和徹, 黒崎茂, 宮川睦巳

波型接合部形状を有する突き合わせ接着継手の引張強度特性

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 23-28) ……秋山和徹, 志村穰, 黒崎茂

構造用接着剤の弾性定数測定

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 29-33) ……松井真一, 志村穰

電気工学科

きちんとわかる電験三種基本テキスト

(リックテレコム, 2009.6) ……土井淳

家庭におけるエネルギー消費の実態調査と地球温暖化対策の検討

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 47-52) ……土井淳, 佐藤祐亮

白色干渉分光フーリエ変換を使用した膜厚測定

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 53-58) ……山内峯生, 伊藤浩, 大貫繁雄

Arc Duration at Carbon Contacts Interrupting DC Current in an Inductive Circuit

(『IEICE technical report. EMD』109(287), 2009.11, pp 125-128) ……Keiichi SUHARA

光導波型圧力センサにおける共振周波数のダイヤフラムサイズ依存性

(『電気学会論文誌 E』129/ 10, 2009.10, pp 357 - 362) ……中島瑞季, 新國広幸, 大河正志, 佐藤孝

電子工学科

A New Flat Pattern Oriented Order Statistic Filter for Impulse Noise Reduction from Highly Corrupted Images

(『Proceedings of IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA2009)』, 2009.5, pp 358-361)

.....Tomohiko OHTSUKA, Homare SASAKI, Masato SUZUKI, Hiroyuki AOKI

New System Implementation on SIMD Processor for Reliable Fingerprint Singularity Detection by Singular Candidate Method

(『Proceedings of IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA2009)』, 2009.5, pp 30-33)

.....Daisuke TOMIZAWA, Yuta HASEGAWA, Tomohiko OHTSUKA, Hiroyuki AOKI

New Fingerprint Minutiae Extraction Using Ridge Flux Analysis

(『Processing Association 2009 Annual Summit and Conference (APSIPA 2009)』, 2009.10, pp 266-269)

.....Kazuhiko YOSHIDA, Shota HONMA, Tomohiko OHTSUKA, Hiroyuki AOKI

「ものづくり基礎工学」受講学生の意識調査とその分析

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 63-66)

.....大塚友彦, 大貫繁雄, 清水昭博, 加藤格, 西村亮, 城石英伸, 小坂敏文, 松岡敏, 羽鳥広範, 雑賀章浩, 藤野宏, 新田武父, 永吉真知子

東京高専における HDL 論理回路設計教育の取り組み

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 55-58).....大塚友彦

電気力線や磁力線の性質を模したベクトル解析法による指紋特徴点抽出

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 51-54).....大塚友彦, 吉田一彦

地元企業技術者向け電気電子工学系公開講座の実施とその分析

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp 47-50)

.....大塚友彦, 永吉浩, 木村知彦, 小池清之, 新國広幸, 松岡敏, 新田武父, 三谷知世, 佐々木桂一

アモルファスシリコンを用いて試作したダイオードの順方向電流の解析

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, pp 59-63).....柚賀正光

CM-GFS 源を用いた Pt 添加 TiO₂ 薄膜のガスセンサ測定と表面解析

(『21 世紀科学と人間シンポジウム論文誌』第 2 巻, 2009, pp 30-33).....小栗和也, 一戸隆久, 正木進, 岩瀬満雄

Substrate texturing and vapor-solid Si nanowhiskers growth using pure hydrogen as source gas

(『Journal of Applied Physics』105, 2009, 043507 (2009))

.....H. Nordmark, Hiroshi NAGAYOSHI, N. Matsumoto, S. Nishimura, K. Terashima, C. D. Marioara, J. C. Walmsley, R. Holmestad, A. Ulyashin

Low Temperature Surface Passivation of Silicon by Using Perhydropolysilazane as A SiO₂ Source Material

(『Proceeding of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (2009)』, 2009, 1680)

.....Hiroshi NAGAYOSHI, T. Ozaki, Miho Higano

Low Temperature Surface Passivation Using SiO₂ Prepared by Perhydropolysilazane

(『Proceedings on 19th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (2009)』, 2009, 1018)

.....Hiroshi NAGAYOSHI, T. Ozaki, Miho Higano

情報工学科

基礎数学学習支援システムのための手書き数式解析法の検討

(『2010 年電子情報通信学会総合大会講演論文集情報システム(1)分冊』, 2010.3, pp150)

.....鈴木雅人, 大川知, 松本章代, 吉本定伸, 大塚友彦

民間企業と連携した IT 共同教育プロジェクト

(平成 22 年度全国高専教育フォーラム・教育教員研究集会, 2010.8, pp495-498)

...松林勝志, 小嶋徹也, 長尾和彦, 金寺登, 山崎誠, 桑原裕史, 市坪誠

Proceedings of the Fourth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications

(IEEE Press, 2009.10).....Pingzhi FAN, Tetsuya KOJIMA, Hong-Yeop SONG, Naoki SUEHIRO

A New Demodulation Procedure for CDMA Systems Based on Complete Complementary Codes

(『Proceedings of the Fourth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications』,

2009.10, pp.122-125).....Ryusuke MAYUZUMI, Tetsuya KOJIMA

On Digital Watermarks Based on Complete Complementary Codes

(『Proceedings of the Fourth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications』,
2009.10, pp.126-129).....Yoshiya HORII, **Tetsuya KOJIMA**

キテレツ・アイデア・コンペ ～実施報告と展望～

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(2)号, 2010.3, pp.59-66).....**小嶋徹也, 相澤俊行**

Empirical analysis of an on-line adaptive system using a mixture of Bayesian networks

(『Information Sciences』180・15, 2010.8, pp 2856-2874).....**Daisuke KITAKOSHI, Hiroyuki SHIOYA, Ryohei NAKANO**

物質工学科

向流接触式デシカント空調システムの除湿性能

(『日本機械学会論文集 B 編』76/763, 2010.3, 400-402).....幡野博之, 加藤智允, **石井宏幸**

Thermoelectric Properties and Electrical Transport of Graphite Intercalation Compounds

(『Materials Transactions』50/7, 2009, 1607-1611).....Rika MATSUMOTO, Yutaro HOSHINA, **Noboru AKUZAWA**

Ultrasonic electrolysis of n-butyric acid in paint booths wastewater on an electro-conductive diamond

(『Electrochemistry』77(7), 2009, pp.517-520)
.....**Noriyuki KITAORI, Kota SEKIDO, Satomi YANAGITANI, Atsushi SARUWATARI, and Takashi TOMODA**

ユウロピウム(III)とジエチレントリアミン五酢酸のモル比5:3金属錯体の生成

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第41(1)号, 2010.1, 81-82).....**工藤節子, 佐々木慧, 工藤翔慈**

Waste Management Research Trends

(Nova Science Publishers, Inc. New York, 2009).....**Ryo SHOJI**

A new model for predicting time course toxicity of heavy metals based on Biotic Ligand Model (BLM)

(『Comparative Biochemistry and Physiology, Part C』151, 2010.1, 25-32).....Ayumi HATANO, **Ryo SHOJI**

Influence of Cadmium and Lead Concentrations of Irrigation Water on Dry Matter Yield of Vegetables

(『Journal of Environmental Science and Technology 』2/1, 2009, 68-72)
.....E. Mensah, M. Bonsu, S. N. Odai, **Ryo SHOJI, N. Kyei-Baffour, E. Ofori**

Ecotoxicity assessment of sludge and leaching test eluates of sludge

(『Journal of Environmental Science and Health, Part A 』43, 2009, 1-6)
.....**Ryo SHOJI, Shino Mohri, Yasuyuki Sakai, Masato Yamada**

Arsenic speciation for the phytoremediation by the Chinese brake fern, *Pteris vittata*

(『Journal of Environmental Sciences 』20, 2009, 1463-1468).....**Ryo SHOJI, R. Yajima, Y. Yano**

Electrocatalytic Activities of Trirutiles Based on MTaO₆ (M=Co, Ni, Mg) for Oxygen Reduction Reaction

(『Key Engineering Materials』421-422, 2010, 459-462)
.....Takayuki KONISHI, Hideki KAWAI, Morihito SAITO, Jun KUWANO, **Hidenobu SHIROISHI**

Proton Conducting Electrolytes Synthesized with Diammonium Hydrogen Phosphate

(『Key Engineering Materials』421-422, 2010, 471-474)
.....Dedy Eka PRIYANTO, **Hidenobu SHIROISHI, Satoshi TANIMOTO, Shunsuke HIRUKAWA, Morihito SAITO, Jun KUWANO**

Oxygen Reduction Reaction Activity of Pyrochlore Oxide Electrocatalysts Prepared by Precipitation Method

(『Key Engineering Materials』421-422, 2010, 479-482)
.....Hideki KAWAI, Kenji YOSHIHARA, Takayuki KONISHI, Morihito SAITO, Jun KUWANO, **Hidenobu SHIROISHI**

Oxygen Reduction Electrode Properties of Manganese Oxide Nanosheet-Based Materials

(『Topics in Catalysis』52/6-7, 2009.6, 903-911)
.....aotaka Ohno, Yuya Akeboshi, Morihito Saito, Jun Kuwano, **Hidenobu SHIROISHI, Toyoki Okumura, Yoshiharu Uchimoto**

Electrocatalytic Activity of the Pyrochlores Ln₂M₂O_{7-δ} (Ln=Lanthanoids) for Oxygen Reduction Reaction

(『Topics of Catalysis』52/6-7, 2009.6, 896-902)
.....Takayuki Konishi, Hideki Kawai, Morihito Saito, Jun Kuwano, **Hidenobu SHIROISHI, Toyoki Okumura, Yoshiharu Uchimoto**

Basic Research of Water Photolysis using Pyrochlore Oxides

(『Key Engineering Materials』388, 2009, 297-300)

.....Naohisa Mori, Yutori Tagoku, Hidenobu SHIROISHI, Yoshinobu Saito, Morihiro Saito, Jun Kuwano

Oxygen Reduction Electrode Properties of Oxide Nanosheet-based Materials

(『Key Engineering Materials』388, 2009, 73-76).....Hidenobu SHIROISHI

授業アンケートに潜む危険ー学生の授業に対するニーズとアンケートー

(高専教育 33, 2010.3, pp359-364).....城石英伸, 大野秀樹, 松本章代

化学分野における中小企業技術者再教育講座のニーズと実施事例

(『電気化学学会電子版技術・教育研究論文誌』16/2, 2009.10, pp 57-62)

.....城石英伸, 庄司良, 三谷知世, 佐々木桂一, 大塚友彦

文系学生を対象とした新しい生理学実験ー原生生物ゾウリムシの繊毛運動の抑制と回復

(『慶應義塾大学日吉紀要. 自然科学』46, 2009, 43- 55).....高橋利幸, 伊藤篤子, 長谷川由利子

Effect of Substrates on Film Hardness Measurements of Nanometer Thick Amorphous Carbon Films

(『Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering』3/ 12, 2009, 1233~1237)

.....Hiroki Akasaka, Hiroki ITO, Masayuki NAKANO, Shigeo OHSHIO, Hidetoshi Saitoh

2. 学会における口頭発表

一般教育科

3-Interval Exchanges and their Odometer Representation.

(日本数学会 2010 年度年会応用数学分科会, 2010.3).....市川裕子

新幹線車両開発物語による技術者倫理教育

(日本工学教育協会平成 21 年度工学・工業教育研究講演会, 2009).....川北晃司

四日市公害および R.カーソンに学ぶ技術者倫理教育

(国立高等専門学校機構主催教育教員研究集会, 2009).....川北晃司

日米大学新聞に見る社会的貢献に関する表現の言語文化的特性についての比較考察

(日本時事英語学会第 51 回年次大会, 2009).....関根紳太郎

新語研究の実践

(日本時事英語学会第 51 回年次大会, 2009).....関根紳太郎

“差異”と“difference”に投影される日本語文化的協調性と英語文化的競争性に関する一考察

(日英言語文化学会第 5 回年次大会, 2009).....関根紳太郎

日本語と英語の言語文化的差異に関する一考察ー協調性と競争性について

(日英言語文化学会第 5 回年次大会, 2009).....関根紳太郎

絵描写課題における統語構造の質的分析

(第 35 回全国英語教育学会鳥取研究大会, 2009).....平井愛, 堀智子, 磯部ゆかり, 泉恵美子, 里井久輝, 藪内智

Large deviations for some partially hyperbolic diffeomorphisms

(Dynamics of complex systems 2009-複雑系解析における未解決問題への新しい挑戦-, 2009).....Jin Hatamoto

機械工学科

材料加工に関する web 記事データベースの構築

(日本塑性加工学会平成 21 年度塑性加工春季講演会講演論文集, 2009, pp109-110).....木村南

CFRP のワイヤカット放電加工

(日本材料学会第 53 回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, 2009, pp158-159).....木村南, 鹿窪勇太

CFRP ハニカムコアの簡易成形技術

(日本材料学会第 53 回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, 2009, pp162-163).....木村南, 熊澤慎乃

事故事例に関する一考察-加工技術データベースの構築その 2-

(日本塑性加工学会第 60 回塑性加工連合講演会講演論文集, 2009, pp363-364).....木村南

CFRP ハニカムコアの簡易成形技術

（日本材料学会複合材料部門委員会第1回自動車用途コンポジットシンポジウム, 2009, p4）……木村南, 熊澤禎乃

CFRP 成形品のワイヤカット放電加工

（日本材料学会複合材料部門委員会第1回自動車用途コンポジットシンポジウム, 2009, p6）……木村南, 鹿窪勇太
サイクルコンピュータの操作性・視認性

（日本時計学会 2009 年度マイクロメカトロニクス学術講演論文集, 2009, p7-8）……木村南

高分子圧電フィルムを用いた応力拡大係数の解析

（日本非破壊検査協会・平成 21 年度春季大会講演概要集, 2009, pp217-218）……石塚耕三, 黒崎茂

ピエゾケーブルを用いたひずみ検出法

（日本非破壊検査協会・平成 21 年度春季大会講演概要集, 2009, pp211-212）……熊谷拓甫, 黒崎茂

ピエゾケーブルを用いた変位検出センサーの試作と性能評価

（日本機械学会 2009 年度・年次大会講演発表論文集, 2009, pp153-154）……藤本裕史, 黒崎茂, 志村穰

歯付き鉄筋締結要素軸の強度解析

（日本実験力学学会 2009 年度年次講演会, 2009, pp15-18）……深澤正寿, 黒崎茂, 峯尾一幸

ピエゾケーブルを用いた変位検出センサーの試作と性能評価

（日本非破壊検査協会・応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム, 2010, pp157-162）……藤本裕史, 黒崎茂, 志村穰

歯付き軸締結要素の強度解析

（日本非破壊検査協会・応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム, 2010, pp123-128）……大田友気, 黒崎茂, 峯尾一幸

シリコンゴム材料の疲労強度特性

（第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009, pp260-261）……坪根広大, 黒崎茂

応力聴診器を用いた欠陥検出方法

（日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010, pp213-214）……中川裕斗, 北山光也, 黒崎茂

ひずみ応答を用いた弾性平板に対する衝撃荷重同定に関する研究

（日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010, pp127-128）

……白倉潤, Idris Al Ariff, 北山光也, 黒崎茂

任意の曲率形状を有する風車用翼型の生成と流体力学的特性評価

（日本機械学会 2009 年度年次大会, 2009, pp.103-104）……斉藤純夫, 山科貴裕, 市川達也

水撃ポンプの幾何学的形状と性能との関係(その1 実験装置の設計と製作)

（第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009, pp.242-243）……高橋正旭, 永田佳未, 斉藤純夫

水撃ポンプの幾何学的形状と性能との関係(その2 流体力学的性能試験結果について)

（第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009, pp.244-245）……永田佳未, 高橋正旭, 斉藤純夫

流体機械における特異現象の制御に関する研究

（第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009, pp.252-253）……山科貴裕, 山口強太郎, 高橋正旭, 斉藤純夫

風車翼における流れの可視化とはく離の制御

（第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009, pp.254-255）……山口強太郎, 山科貴裕, 高橋正旭, 斉藤純夫

軸流ポンプの性能と内部流れに関する研究

（第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009, pp.262-263）……土方我久, 斉藤純夫

水撃ポンプの性能に及ぼす幾何学的形状の影響

（日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010, pp.301-302）……高橋正旭, 永田佳未, 斉藤純夫

風車翼におけるボルテックスジェネレータを用いたはく離の制御

（日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010, pp.401-402）……山口強太郎, 斉藤純夫

軸流ポンプのキャビテーション流れに関する流れ解析

（日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010, pp.325-326）……土方我久, 斉藤純夫

水撃ポンプシステムの性能に及ぼす影響因子の検討(排水弁のばねおよび圧力タンク内空気量の影響)

（第17回関東高専卒業研究発表交流会, 2010, No.101）……永田佳未, 高橋正旭, 斉藤純夫

圧力円筒におけるテーパねじ端の荷重分布(第1報)

（日本機械学会中国四国支部第 47 期総会講演会講演論文集, 2009.5, pp.49-50）

……小林光男, 加藤久志, 田中道彦, 福田勝己

圧力円筒におけるテーパねじ端の荷重分布(第2報)

(日本機械学会中国四国支部第47期総会講演会講演論文集, 2009.5, pp.3-4)

・・・小林光男, **福田勝己**, 飯田貴大, 田中道彦, 加藤久志**高圧設備におけるテーパねじ構造の荷重分布(ガス取出し弁ノズルの場合)**

(日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(1), 2009.9, pp.47-48)

・・・小林光男, 辻裕一, **福田勝己**, 飯田貴大, 田中道彦, 田中稔, 加藤久志**プラズマ浸炭処理したチタンねじのナノインデンテーション特性評価**(日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(4), 2009.9) ・・・**福田勝己**, 小林光男, 鈴木健司, 飯田貴大, 伊藤拓嗣**生体適合性セラミックスの生理食塩中におけるトライボロジー特性評価**

(日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(4), 2009.9, pp147-148)

・・・**福田勝己**, 小林光男, 堤博貴, 神津友貴, 斉川航一**微小領域におけるトライボロジー特性評価(第3報:触針の先端曲率半径の影響)**

(日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(4), 2009.9, pp151-152)

・・・**福田勝己**, 小林光男, 鈴木健司, 堤博貴, 飯田貴大, 石塚康規**紫外線照射による固体潤滑剤のトライボロジー**(日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(4), 2009.9) ・・・**福田勝己**, 小林光男, 原田 徹**デスクトップ型ロボットの駆動時における振動特性(直動ガイドの予圧の影響)**(日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(4), 2009.9) ・・・真船潤, 保坂幸夫, 比留間健一郎, 山口義夫, **福田勝己****ナノインデンテーション法による単結晶シリコンのマルテンズ硬さに及ぼす結晶方位の影響**(第53回 日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, 2009.10) ・・・**福田勝己**, 小林光男, **角田陽**, 神津友貴**微小領域におけるトライボロジー特性評価(第4報:摩擦痕形状と摩擦係数との関係)**

(日本機械学会中国・四国支部 第48期総会・講演会講演論文集, 2010.3)

・・・**福田勝己**, 小林光男, 鈴木健司, **堤博貴**, 石塚康規, 齋藤直也**微小領域におけるトライボロジー特性評価(第5報 見かけの接触面積と摩擦係数との関係)**

(日本機械学会東北支部 第45期総会・講演会講演論文集, 2010.3)

・・・**福田勝己**, 小林光男, 鈴木健司, **堤博貴**, 石塚康規, 齋藤直也**マイクロ・ナノ転写法によるパターンニング評価(第2報)**

(日本機械学会東北支部 第45期総会・講演会講演論文集, 2010.3)

・・・**福田勝己**, 下山勲, 尾上弘晃, 野崎智也, 菅哲朗, 小林光男**紫外線照射による固体潤滑剤のトライボロジー特性評価(第2報)**(日本機械学会東北支部 第45期総会・講演会講演論文集, 2010.3) ・・・**福田勝己**, 小林光男, 原田 徹**A bioelectronic gas sensor (bio-sniffer) for measurement of formaldehyde vapor.**

(8th Asian Conference on Chemical Sensors, 2009)

・・・Gessei T, Suzuki Y, Kazawa E, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Kudo H, Mitsubayashi K**A toluene gas sensor (bio-sniffer) based on butyrylcholinesterase inhibition**

(8th Asian Conference on Chemical Sensors, 2009)

・・・Suzuki Y, Gessei T, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Kudo H, Mitsubayashi K**A chemiluminescent bioimaging system for ethanol vapor.**

(8th Asian Conference on Chemical Sensors, 2009)

・・・Ando E, Endo H, Wang X, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Kudo H, Mitsubayashi K**Fiber-optic fluoroimmunoassay system for a determination of mite allergen in residential atmosphere.**

(8th Asian Conference on Chemical Sensors, 2009)

・・・Miyajima K, Itabashi G, Koshida T, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Kudo H, Mitsubayashi K**Fiber optic bio-sniffer (biochemical gas sensor) using UV-LED light for monitoring ethanol vapor with high sensitivity & selectivity.**

(The eighth IEEE Conference on Sensors IEEE SENSORS 2009, 2009)

・・・Kudo H, Miyajima K, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Mitsubayashi K**Bioelectronic gas sensor (bio-sniffer) for formaldehyde.**

(6th International Conference Instrumental Methods of Analysis Modern Trends and Applications, 2009)

・・・Gessei T, Suzuki Y, **Hirokazu SAITO**, Takahashi D, Arakawa T, Kudo H, Mitsubayashi K

Optical bio-sniffer (gas sensor) using UV-LED for gaseous ethanol

(6th International Conference Instrumental Methods of Analysis Modern Trends and Applications, 2009)

・・・Sawai M, Miyajima K, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Kudo H, Mitsubayashi K**A fiber-optic fluorescent immunoassay for a flow-measurement of E. coli O157:H7**

(9th Workshop on (Bio) Sensors and Bioanalytical Microtechniques in Environmental and Clinical Analysis, 2009)

・・・Miyajima K, Koshida T, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Kudo H, Yano K, Mitsubayashi K**A biochemical sensor for toluene using enzyme inhibition of butyrylcholinesterase**

(9th Workshop on (Bio) Sensors and Bioanalytical Microtechniques in Environmental and Clinical Analysis, 2009)

・・・**Hirokazu SAITO**, Suzuki Y, Gessei T, Kazawa E, Miyajima K, Takahashi D, Arakawa T, Kudo H, Mitsubayashi K**Biochemical gas sensor (bio-sniffer) using an ultraviolet LED for ethanol gas measurement**

(9th Workshop on (Bio) Sensors and Bioanalytical Microtechniques in Environmental and Clinical Analysis, 2009)

・・・Kudo H, Sawai M, Gessei T, Miyajima K, Takahashi D, Arakawa T, **Hirokazu SAITO**, Mitsubayashi K**An Intelligent Kinetic Biosensors with Active Pressure System**

(PITTCON, Session 450, Sensors and Sensor Networks (Half Session), 2009)

・・・K. Mitsubayashi, Y. Wakabayashi, T. Okamoto, M. Kozuka, K. Miyajima, **Hirokazu SAITO**, H. Kudo**発性化学成分(匂い情報)のバイオイメージングシステムに関する研究**

(計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2009, 2009)

・・・安藤恵理, 北和昂, 遠藤裕幸, 王昕, 高橋大志, 荒川貴博, 工藤寛之, **齊藤浩一**, 三林浩二**機能性タンパク質を用いた匂い成分の可視化法に関する研究**

(第 21 回 SAS インテリジェントシンポジウム, 2009)

・・・北和昂, 王昕, 遠藤裕幸, 安藤恵理, **齊藤浩一**, 高橋大志, 荒川貴博, 工藤寛之, 三林浩二**生体触媒を利用した揮発性化学(匂い)情報の可視化法に関する研究**(日本分析化学会第 58 年会, 2009)・・・王昕, 遠藤裕幸, 高橋大志, 荒川貴博, 工藤寛之, **齊藤浩一**, 三林浩二**住環境における高感度 VOC 計測をめざした生化学式ガスセンサ**

(電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会バイオ・マイクロシステム研究会, 2009)

・・・工藤寛之, 鈴木祐貴, 月精智子, 宮島久美子, 高橋大志, 荒川貴博, **齊藤浩一**, 三林浩二**生体適合性ポリマーを用いたシート型化学センサに関する研究**

(第 48 回日本生体医工学会大会, 2009)

・・・白井隆行, 工藤寛之, 初明星, 宮島久美子, **齊藤浩一**, 森本展行, 矢野和義, 岩崎泰彦, 秋吉一成, 三林浩二**ダニアレルゲン Der f I 測定のための光ファイバ式蛍光免疫計測システムに関する研究**(第 48 回日本生体医工学会大会, 2009)・・・宮島久美子, 越田智之, **齊藤浩一**, 工藤寛之, 三林浩二**生体触媒を利用した呼気成分の可視化法に関する研究**(第 48 回日本生体医工学会大会, 2009)・・・王昕, 遠藤裕幸, 宮島久美子, **齊藤浩一**, 工藤寛之, 三林浩二**涙液グルコース計測のためのソフトコンタクトレンズ型バイオセンサの開発**

(第 48 回日本生体医工学会大会, 2009)

・・・初明星, 工藤寛之, 宮島久美子, **齊藤浩一**, 森本展之, 岩崎泰彦, 秋吉一成, 三林浩二**軽自動車における介護補助用電動シートの機構と制御に関する研究**(第 19 回ライフサポート学会フロンティア講演会, 2010.3)・・・小島栄美, **多羅尾進**, **齊藤浩一****気管モデル中の振動流による炭酸ガス拡散**(日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010.3)・・・山田健太, **清水昭博**, 清水優史**神経細胞の耐衝撃性に関する研究**

(『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』, 2010, pp. 101-102)

・・・増田晴輝, 青村茂, 中楯浩康, 張月琳, **角田陽**, 藤原敏, 那須亜矢子**UVレーザによるシリコン・セラミック薄膜ハイブリッド材料のマイクロ加工**(『精密工学会学術講演会講演論文集』, 2009, pp. 927-928)・・・成尾直樹, **角田陽**, 古川勇二**PC12 細胞の衝撃耐性に関する研究**

(『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』, 2009, pp. 475-476)

・・・古瀬清人, 張月琳, 青村茂, **角田陽**, 藤原敏, 那須亜矢子**自走型モーションベースの静力学解析を考慮した力覚呈示**(日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009, 2009. 5, 1A1-A16)・・・小林宗嗣, **多羅尾進**

産業用ライトレース型自動走行台車の開発—開発コンセプトとプロトタイプ的设计・試作—

(日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009, 2009. 5, 2A1-A15)・・・三宅康介, 多羅尾進, 佐々木俊英, 麻幸啓
 自走型モーションベースの静力学解析と力覚呈示

(2009 年度マイクロメカトロニクス学術講演会, 2009. 9, pp 1-2)・・・多羅尾進, 小林宗嗣

自走式モーションベースを応用した多自由度ハプティックインタフェースの試作

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・佐藤政哉, 小林宗嗣, 多羅尾進, 齊藤浩一

介護補助用電動シート制御に関する研究

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・小島栄美, 多羅尾進, 齊藤浩一

屋外自動走行ロボットの機構と制御に関する研究

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・山内元貴, 江口洋丞, 山本啓史, 多羅尾進, 青木宏之

産業用ライトレース型無人搬送車に関する研究

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・湯田豊史, 三宅康介, 多羅尾進

つくばチャレンジに向けた屋外自動走行ロボット高尾1号の開発 Linux ベースの制御システム構築

(第 10 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, 2009. 12)

・・・多羅尾進, 江口洋丞, 山内元貴, 山本啓史, 青木宏之

屋外自動走行ロボット高尾 1 号の開発とつくばチャレンジ 2009 への参加

(つくばチャレンジ 2009 シンポジウム, 2010. 1)・・・多羅尾進, 江口洋丞, 山内元貴, 山本啓史, 青木宏之

自走式モーションベースを応用した多自由度ハプティックインタフェースの試作

(日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010.3)・・・佐藤政哉, 小林宗嗣, 多羅尾進, 齊藤浩一

屋外自動走行ロボットの機構と制御に関する研究

(日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010.3)

・・・山内元貴, 江口洋丞, 山本啓史, 多羅尾進, 青木宏之

産業用ライトレース型無人搬送車に関する研究

(日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010.3)・・・湯田豊史, 三宅康介, 多羅尾進

水平回転二円柱の熱伝達におけるローレット加工の影響

(日本機械学会 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会, 2010, pp187-189)・・・馬場貴大, 筒井健太郎

圧電素子を用いた微小角度制御機構の開発—すべり案内面で発生する浮き上がり傾斜のアクティブ補正—

(日本機械学会関東支部 関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会 講演論文集)

・・・田端順平, 塚原拓, 堤博貴, 福田勝己, 磯部浩己

広視野カメラと狭視野カメラを併用した高精度広範囲アクティブ工具位置決めシステムの開発(第 1 報)—位置決めシステムの構成と基礎実験—

(精密工学会大会学術講演会講演論文集 Vol.2009, 秋季(CD-ROM), PageROMBUNNO.C37 (2009.08.25))

・・・堤博貴, 福田勝己, 小林光男,

ヒアルロン酸配合生理食塩水中における生体適合性セラミックスのトライボロジー特性評価,

(日本設計工学会北海道支部研究発表論文集 Vol.2008, No.1, pp9-10, 2009)

・・・福田勝己, 堤博貴, 神津友貴, 齋川航一, 小林光男

競技用小型ロボット製作実習における創造的教育の試み

(日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 Vol.15th, pp331-332 (2009.03.05))・・・堤博貴, 福田勝己

工作用定盤面仕上げのための自動きさげ加工機の開発(第 2 報)—熟練作業者の加工の調査と解析—

(日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 Vol.15th, pp247-248 (2009.03.05))

・・・堤博貴, 福田勝己, 鮎澤秀夫, 岩澤一成, 小林光男

きさげ仕上げされたすべり案内面のトライボロジー特性評価(第 3 報)—浮き上がり測定法の改良—

(日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 Vol.15th, pp135-136 (2009.03.05))

・・・堤博貴, 福田勝己, 齋藤大樹, 彌永大作, 小林光男

木造建築物耐震補強金物「コーナータイトゥン」の力学的特性評価

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, 2009, pp370-371)・・・志村穰, 峯尾一幸, 黒崎茂, 宮川睦巳

波型突き合わせ接着継手の引張強度特性に関する実験的研究

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, 2009, pp256-257)・・・秋山和徹, 黒崎茂, 田宮高信, 志村穰

FEM による軸継手の力学特性評価

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, 2009, pp46-47)・・・小菅義隆, 麻幸啓, 宮川睦巳, 志村穰

圧電高分子フィルムを用いた接着構造物のひずみ測定に関する研究

(日本機械学会関東支部・精密工学会共催, 山梨講演会講演論文集, 2009, pp18-19)・・・志村穰, 黒崎茂, 宮川睦巳

耐震補強金物部材の強度特性に関する解析的研究

(日本機械学会関東支部・精密工学会共催 山梨講演会講演論文集, 2009, pp20-21)

・・・小菅義隆, 神山悟, 峯尾一幸, 志村穰

波型接合部形状を有する突き合わせ接着継手の引張強度特性

(日本機械学会関東支部・精密工学会共催 山梨講演会講演論文集, 2009, pp234-235)

・・・秋山和徹, 志村穰, 黒崎茂, 田宮高信

2 個の円形弾性介在物を有する等方性弾性体の準三次元問題の解析

(日本機械学会関東支部・ブロック合同講演会-2009 前橋-講演論文集, 2009, pp297-298)

・・・宮川睦巳, 鈴木拓雄, 田宮高信, 志村穰

波型突き合わせ接着継手の引張強度特性

(日本機械学会・2009 年度年次大会講演論文集 Vol.1, 2009, pp57-58)・・・志村穰, 秋山和徹, 黒崎茂, 宮川睦巳

ピエゾケーブルを用いた変位検出センサの試作と性能評価

(日本機械学会・2009 年度年次大会講演論文集 Vol.1, 2009, pp155-156)・・・藤本裕史, 黒崎茂, 志村穰, 宮川睦巳

木造建築耐震補強金物「コーナータイトゥン」の力学的特性評価

(日本設計工学会・平成 21 年度春季大会研究発表講演会講演論文集, 2009, pp87-90)

・・・志村穰, 峯尾一幸, 神山悟, 室井一晃

圧電高分子フィルムを用いた接着接合要素のひずみ測定に関する研究

(日本非破壊検査協会・第 41 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集, 2010, pp163-166)

・・・志村穰, 黒崎茂, 鈴木拓雄

ピエゾケーブルを用いた変位検出センサの試作と性能評価

(日本非破壊検査協会・第 41 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム, 2010, pp157-162)・・・藤本裕史, 黒崎茂, 志村穰

CFRP 接着接合体における FEM 応力解析に関する研究

(日本機械学会・関東学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集, 2010, pp159-160)

・・・小坂典嵩, 志村穰, 黒崎茂, 宮川睦巳

引張荷重下における波型突き合わせ接着継手の有限要素応力解析

(日本機械学会関東支部・第 16 期総会講演会講演論文集, 2010, pp521-522)・・・志村穰, 米満駿介, 黒崎茂, 田宮高信

電気工学科

安定余裕を考慮した固定次数制御器の設計法

(平成 21 年電気学会全国大会, 2009)・・・松井義弘

Optimization of PID Controller Using Transient Responses

(『ICROS-SICE International Joint Conference 2009』, 2009.8, pp 4573-4578)・・・Yoshihiro MATSUI

Characteristics of a glass-based guided-wave optical microphone

(15th Microoptics conference, 2009)・・・Nikkuni Hiroyuki

Diaphragm size-dependent resonance frequency in a glass-based guided-wave optical microphone

(15th Microoptics conference, 2009)・・・Nikkuni Hiroyuki

電子工学科

高専1年生専門導入教育「ものづくり基礎工学」受講者の意識調査とその分析

(平成 21 年度工学・工業教育研究講演会, 2009.8, pp.262-263)

・・・大塚友彦, 大貫繁雄, 清水昭博, 西村亮, 城石英伸, 松岡敏

非虹彩領域除去法による虹彩検出手法

(『第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集』, 2009.12, pp 332-333)・・・高城早紀, 大塚友彦

位相距離を用いた侵入物検出手法

(『第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集』, 2009.12, pp 334-337)・・・岡田達弘, 大塚友彦

ベクトル解析を用いた指紋特徴点抽出手法

(『第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集』, 2009.12, pp166-167)・・・吉田一彦, 大塚友彦

小さな失敗の積み重ねを経験させるものづくり教育の試み

(日本工学教育協会, 平成21年度工学・工業教育研究講演会, 2009.8)・・・小池清之

Fabrication of Gallium Oxide Films using Ion-Beam Assisted Deposition

(American Vacuum Society 56th International Symposium & Exhibition, 2009.11)

・・・ICHINOHE Takahisa, M. Ohshima, S. Masaki, T. Kawasaki, M. Obinata, S. Takeda, H. Hino

金属資源回収プロセスにおけるライフサイクルアセスメント

(分離技術会年会S9-P07, 2009)・・・加藤格

東京高専教育用電子計算機システムの更新

(高等専門学校情報処理教育研究発表会 (29), 2009.8)・・・加藤格

Development of MPPT Power Conditioner Using Impedance Matching Method and Application to Battery Systems

(28th International Conference on Thermoelectronics/7th European Conference on Thermoelectronics, 2009.)

・・・Hiroshi Nagayoshi, Hiroshi Maiwa, Takenobu Kajikawa

半導体に慣れ親しむための実験授業科目開設と効果

(21年度日本工学教育協会第57回教育研究講演会, 2009.7)・・・永吉浩, 小池清之

Wホットフィラメントを用いた WSi₂ パーティクル形成と Si ウィスカー成長

(第56回応用物理学関係連合講演会, 2010.3)

・・・福田純子, 小島実, 仲川明恵, Heidi Nordmark, Alexander Ulyashin, 永吉浩

情報工学科

網渡り師型倒立振り子の制御

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp14-15)・・・岡田真哉, 小坂敏文, 松林勝志, 吉本定伸

ステレオカメラを用いた移動体の制御

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp18-19)・・・久保勇太, 小坂敏文, 松林勝志, 吉本定伸

電話機を受話信号中に混入した送話信号キャンセラの製作

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp20-21)・・・宮崎晃和, 小坂敏文, 松林勝志, 吉本定伸

就寝時の頭周辺領域での低周波音に対する能動消音

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp26-27)・・・小林友哉, 小坂敏文, 松林勝志, 吉本定伸

電子刺繍システムの開発

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp28-29)・・・徳岡萌, 小坂敏文, 松林勝志, 吉本定伸

相互作用型階層強化学習システムを用いたエージェント群の協調行動獲得

(日本知能情報ファジィ学会 FAN2009, 2009.9, pp.484-489)・・・宮内龍之介, 北越大輔, 鈴木雅人

画像処理を用いた入試採点支援システム開発に関する研究

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp.160-161)・・・伊藤文隆, 北越大輔, 鈴木雅人

高自由度なベイジアンネット構造学習支援システムの開発に関する研究

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp.162-163)・・・一戸優介, 北越大輔, 鈴木雅人

学生の授業評価一習熟度関連性モデルを用いた指導法提案支援に関する研究

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp.168-169)・・・栗原竜矢, 北越大輔, 鈴木雅人

強化学習システムによる仮想道路環境上の渋滞解消法

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp.170-171)・・・山崎大地, 北越大輔, 鈴木雅人

郵便番号を用いた手書きあて名認識の精度向上に関する研究

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp.182-183)・・・大久保貴博, 北越大輔, 鈴木雅人

手書き数式認識を用いた基礎数学学習支援システムの開発

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp.184-185)・・・大川知, 北越大輔, 鈴木雅人

標本固有ベクトル補正による手書き文字認識のための母集団分布推定に関する研究

(第1回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12, pp.190-191)・・・鈴木光一朗, 北越大輔, 鈴木雅人

手書き数式解析に基づく基礎数学学習支援システムの開発

(信学技報 ET2009-129, 2010.3, pp.147-152)・・・鈴木雅人, 松本章代, 吉本定伸, 大塚友彦

仮想道路環境上における強化学習による交通渋滞緩和・解消システムの性能評価

(第 37 回知能システムシンポジウム no.16A2-2, 2010.3, pp.23-26)・・・山崎大地, 北越大輔, 鈴木雅人

学生の授業評価・習熟度関連性モデルを用いた教員への教育法提示支援システム

(第 37 回知能システムシンポジウム no.16B1-1, 2010.3, pp.49-54)・・・山崎大地, 北越大輔, 鈴木雅人

基礎数学学習支援システムのための手書き数式解析法の検討

(2010 年信学総大 D-15-6, 2010.3)・・・鈴木雅人, 大川知, 松本章代, 吉本定伸, 大塚友彦

「組み込みマイスター」Windows CE 開発教育 -教育 GP「組み込みシステム開発マイスターの育成教育」-

(第1回エンベデッドフォーラム, 2009.5, マイクロソフト)・・・松林勝志

「組み込みシステム開発マイスターの育成教育」-マイスター・学生教育士の認定制度による学科構成の枠を越えた人材育成-

(八王子未来学第1回シリーズセミナー, 2009.7)・・・鈴木雅人

「組み込みシステム開発マイスターの育成教育」-マイスター・学生教育士の認定制度による学科構成の枠を越えた人材育成-

("Windows Embedded" 組み込みセミナー, 2009.12, マイクロソフト)・・・松林勝志

「組み込みシステム開発マイスターの育成教育」-マイスター・学生教育士の認定制度による学科構成の枠を越えた人材育成-

(TRON SHOW 2010 セッション「組み込み人材育成」, 2009.12)・・・松林勝志

「組み込みシステム開発マイスターの育成教育」-マイスター認定制度による人材育成-

(第1回トロン/ユビキタス技術研究会 特別セッション「ITRON の最新動向」, 2010.6, pp33-40)・・・松林勝志, 小坂敏文

東京高専における組み込み教育について -マイスター認定制度による人材育成-

(電気学会次世代産業システム研究会, 2010.9, pp41-46)・・・松林勝志

完全相補系列を用いた CDMA システムにおける受信アルゴリズムの改良

(電子情報通信学会情報理論研究会, 2009.7, pp.73-78)・・・黛龍輔, 小嶋徹也

女子中高生の理系進路選択支援事業「テクノ・ガールズ！」

(平成 21 年度教育方法改善共同プロジェクト高等専門学校教員研究集会, 2009.8)・・・小嶋徹也

On Periodic Binary Complementary Sequence Sets Constructed by Complete Complementary Codes

(第 32 回情報理論とその応用シンポジウム, 2009.12, pp.592-595)・・・Tetsuya KOJIMA, Yoshiya HORII

時間畳み込み・符号分割多重接続方式のビット誤り率特性に関する研究

(第 32 回情報理論とその応用シンポジウム, 2009.12, pp.592-595)・・・滝澤尚也, 小嶋徹也, 土居信数

完全相補系列を用いた電子透かしにおける複数情報埋め込み方式に関する検討

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・セン・ティエルノ, 大谷尚己, 堀井与志也, 小嶋徹也

完全相補系列を用いた電子透かしにおけるパラメータ設定に関する検討

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・大谷尚己, セン・ティエルノ, 堀井与志也, 小嶋徹也

在室管理システムにおけるデータの可視化に関する研究

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・水由孝弘, 松野貴徳, 下村勇介, 小嶋徹也

在室管理システムを利用したエンドユーザ向けプログラムの開発

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・渡辺哲, 菅沼薫, 下村勇介, 小嶋徹也

Bluetooth を用いた在室管理システムに関する研究

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009.12)・・・松野貴徳, 水由孝弘, 下村勇介, 小嶋徹也

On Properties of a Digital Watermarking Scheme Based on Complete Complementary Codes

(電子情報通信学会情報理論研究会, 2010.1, pp.81-86)

・・・Tetsuya KOJIMA, Yoshiya HORII, Naoki OHTANI, Thierno SENE

屋内測位技術を応用した内線電話システムの開発

(情報処理学会創立 50 周年記念全国大会, 2010.3, PP.3-504-505)

・・・下村勇介, 松野貴徳, 水由孝弘, 渡辺哲, 菅沼薫, 岩釣慎一郎, 小嶋徹也

相互作用型階層強化学習システムのマルチエージェント環境における特性評価

(第 20 回インテリジェントシステムシンポジウム (FAN2010), 2010.9)・・・山崎大地, 北越大輔, 鈴木雅人

仮想道路環境上における強化学習による交通渋滞緩和・解消システムの性能評価

(第 37 回知能システムシンポジウム, 2010.3, pp23-26)・・・山崎大地, 北越大輔, 鈴木雅人

学生の授業評価・習熟度関連性モデルを用いた教員への教育法提示支援システム

(第 37 回知能システムシンポジウム, 2010.3, pp49-54)・・・栗原竜矢, 北越大輔, 鈴木雅人

相互作用型階層強化学習システムを用いたエージェント群の協調行動獲得

(第 20 回インテリジェントシステムシンポジウム (FAN2010), 2009.9)・・・宮内龍之介, 北越大輔, 鈴木雅人

事前知識を活用した段階的なベイジアンネットの構造学習法

(電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2009.1, pp55-60)・・・福井広高, 北越大輔

東京高専におけるロボコン競技用ロボット縦高無尽の開発

(第 27 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, 2009. 9, AC1N2-01)

・・・藤本裕史, 湯田豊史, 市川和樹, 高木寛之, 小坂敏文, 松林勝志, 多羅尾進

東京高専におけるロボコン競技用ロボット雷門兄弟の開発

(第 27 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, 2009. 9, AC1N2-02)

・・・高木寛之, 藤本裕史, 湯田豊史, 市川和樹, 小坂敏文, 松林勝志, 多羅尾進

物質工学科

Effect of surface polybutadiene film on the stability of Rb-GICs in open air

(1st German-Japan Joint symposium on Carbon, 2009)・・・Noboru AKUZAWA

Hydrogen sorption by alkali metal-doped MWCNT

(Nanosmat2009, 2009)・・・AKUZAWA Noboru

Characterization of polybutadiene film formed on the surface of potassium-graphite intercalation compounds

(12th Int. Seminar on Elastomers 2010 2nd Thailand-Japan Rubber Symp, 2010)・・・Noboru AKUZAWA

Application of alkali metal-doped carbons for recovery and isotope separation of hydrogen gas

(Turkish-Japanese Joint Carbon Symposium, 2010)・・・Noboru AKUZAWA

吸気流れの構造と吸入製剤の付着に関する研究

(第15回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム, 平成21年12月・2009, PP(54-56))・・・須崎佑崇, 市村亮介, 石井宏幸

振動流動層の流動化特性に関する基礎的研究

(第15回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム, 平成21年12月・2009, PP(48-50))・・・内田辰徳, 石井宏幸

白金系触媒を用いた過酸化水素の分解

(電気化学会秋季大会, 2009)・・・森屋静香, 秋田真吾, 関戸広太, 北折典之, 猿渡篤

排水処理用セルの開発

(電気化学会秋季大会, 2009)・・・錦織さやか, 関戸広太, 北折典之, 高橋一彰

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(4)

(第 33 回電解技術討論会, 2009)・・・亀井遥海, 北折典之, 鈴木智久, 錦善則, 平尾和宏

電解処理技術を用いた H₂O₂ 分解金属触媒の活性

(2009 年度材料技術研究討論会)・・・森屋静香, 北折典之, 大西則彦

過酸化水素の電解とその応用

(2009 年度材料技術研究討論会)・・・藤野稔, 北折典之, 高橋三男

環境負荷の小さいステンレスのスケール除去剤開発

(2009 年度材料技術研究討論会)・・・勝村元美, 北折典之, 野中知加子

排水処理用電極材料の最適化

(2009 年度材料技術研究討論会)・・・常盤潤, 錦織さやか, 北折典之, 高橋一彰

酸化ランタノイド(III)とジエチレントリアミン五酢酸との直接反応によるモル比 5:3 の錯体の合成

(第 70 分析化学討論会, 2009)・・・工藤節子

全アルカリ度自動滴定装置による水中の炭酸系測定

(2009 年電気化学会秋季大会, 2009)・・・工藤節子

Characterization of Polynuclear Complexes Synthesized by Reaction of Lanthanide Oxides with Diethylenetriaminepentaacetic Acid

(第 19 回日本 MRS 学術シンポジウム, 2009)・・・工藤節子

異なるカーボンナノチューブ修飾電極における水溶性ポルフィリンの電気化学的挙動

(日本化学会 第 90 春季年会, 2010)・・・工藤節子

Development of thermally-resistant gold nanoparticles

(第 19 回日本 MRS 学術シンポジウム, 2009)・・・町田茂

Study on physical properties of bithiophene derivatives with C-C triple bonds

(第 19 回日本 MRS 学術シンポジウム, 2009)・・・町田茂

末端に SH 基を持つフェニルエチニル型ピチオフェン誘導体の合成

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009)・・・町田茂

炭素-炭素三重結合を有するピチオフェン誘導体の物性評価に関する研究

(日本化学会 第 90 春季年会, 2009)・・・町田茂

Extension of biotic ligand model to predict copper accumulation in *Funaria hygrometrica* Hedw

(19th SETAC EUROPE Annual Meeting, 2009)・・・Ryo Shoji

Distribution of metal accumulated in root, leaf and stem of vegetables cultured in soil polluted with heavy metals

(19th SETAC EUROPE Annual Meeting, 2009)・・・Ryo Shoji

A new model for considering the influences of solution elements, exposure time and temperature on heavy metal toxicity based on Biotic Ligand Model

(SETAC North America 30th Annual Meeting, 2009)・・・Ryo Shoji

安全安心野菜とは?カドミウムの蓄積と移動

(第 14 回高専シンポジウム, 2009)・・・庄司良

トウモロコシによる銅の蓄積ならびに蓄積に伴う植物毒性の評価

(第 11 回化学工学会学生発表会郡山大会, 2009)・・・庄司良

有機系農薬(2, 4-D)の pH 変動による形態の変化と他の有機物との競合を考慮した毒性予測

(第 11 回化学工学会学生発表会郡山大会, 2009)・・・庄司良

6価クロムの毒性に対するほかの陰イオンの拮抗的影響

(第 11 回化学工学会学生発表会郡山大会, 2009)・・・庄司良

Biotic Ligand Model を用いた水生生物に対する重金属毒性の速度論的解析への挑戦

(第 43 回日本水環境学会年会, 2009)・・・庄司良

処分場浸出水におけるアンモニアの毒性評価

(平成 21 年度廃棄物資源循環学会研究討論会, 2009)・・・庄司良

廃棄物処分場浸出水におけるアンモニアの形態変化を考慮した毒性の解析

(第 20 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 2009)・・・庄司良

毒性を持つ陰イオンに対する他の陰イオンの拮抗的影響

(第 15 回バイオアッセイ研究会・日本環境毒性学会合同研究発表会, 2009)・・・庄司良

トウモロコシによる銅の蓄積並びに蓄積に伴う植物毒性の評価

(第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, 2009)・・・庄司良

金属酸化物の陰イオンの毒性に対するほかの陰イオンの拮抗的影響

(第 15 回高専シンポジウム, 2010)・・・庄司良

トウモロコシを用いた銅汚染土壌の浄化の試み

(第 15 回高専シンポジウム, 2010)・・・庄司良

PEFC 用ピリジル系白金劣化防止剤が Nafion のモルフォロジーに与える影響

(平成 20 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, 2009)・・・城石英伸

リン酸水素二アンモニウムを用いた固相法による中温域プロトン導電体の開発(2)

(電気化学会秋季大会, 2009)・・・城石英伸

カーボンナノチューブを担体とした固体高分子形燃料電池用カソード触媒の開発(2)

(電気化学会秋季大会, 2009)・・・城石英伸

PEFC 用ピリジル系白金劣化防止剤が与える Nafion の物理化学的特性変化(3)

(電気化学会秋季大会, 2009)・・・城石英伸

A theoretical study on the possible change of the phonon dispersion relation due to the nuclear reaction in solid II

(Japan CF Research Society, 2010.3, pp7)・・・Ken-ichi TSUCHIYA, Satoshi FUJITA

化学分野における中小企業技術者再教育講座のニーズと実施事例

(『電気化学学会電子版技術・教育研究論文誌』16/2, 2009.10, pp 57-62)

・・・城石英伸, 庄司良, 三谷知世, 佐々木桂一, 大塚友彦

二枚貝マガキにおけるトロポミオシンの多様性

(2010 年生体運動研究合同班会議, 2010)・・・伊藤篤子

マガキトロポミオシンアイソフォームのアクチン結合性と胚での局在について

(日本動物学会第 80 回静岡大会, 2009)・・・伊藤篤子

二枚貝マガキトロポミオシンアイソフォームの解析

(2009 年生体運動研究合同班会議, 2009)・・・伊藤篤子

The differences between muscle and non-muscle type tropomyosin isoforms in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*.

(第 61 回日本細胞生物学会大会, 2009)・・・伊藤篤子

Depth Analysis of XPS on Amorphous Carbon Films

(第 23 回ダイヤモンドシンポジウム, 2009)・・・中野雅之

表面粗さが濡れ性に与える影響

(第 14 回高専シンポジウム, 2009)・・・菊地章

前処理が及ぼす摩擦力への影響

(第 14 回高専シンポジウム, 2009)・・・菊地章

レーザー反射光による薄膜センシングに関する研究

(第 14 回高専シンポジウム, 2009)・・・菊地章

レーザー反射光による薄膜センシングに関する研究Ⅱ

(第 24 回多摩応用物理学研究会, 2009)・・・菊地章

金属蒸着膜の付着エネルギーの測定

(日本材料科学会 平成 21 年度学術講演大会, 2009)・・・菊地章

表面粗さが濡れ性に与える影響Ⅱ

(日本材料科学会 平成 21 年度学術講演大会, 2009)・・・菊地章

基板上に蒸着した膜の付着力と破壊強度について(Ⅱ)

(日本材料強度学会学術講演会, 2009)・・・菊地章

3. その他

(1) 学位取得・学会賞・論文賞

一般教科

3 区間交換変換とそのオドメータ表現に関する研究

(博士(理学)取得, 金沢大学, 2010.3)・・・市川裕子

(2) 科学研究費補助金(平成21年度採択課題)

高専における数学教育スタンダードの策定及びその効果的实施と定着に関する研究

(基盤研究C)・・・佐藤義隆

実地調査に基づく技術者教育における発達障害のある学生への支援モデルの構築と検証

(若手研究B)・・・黒田一寿

試作ピエゾセンサーを用いた道路橋の落橋防止のための構造健全性モニタリング

(基盤研究C)・・・黒崎茂

ピエゾフィルムを用いた接着構造物の破壊予測モニタリングに関する基礎的研究

(若手研究B)・・・志村穰

人材バンクを活用した学生の自主的な発想・行動力を伸ばす早期体験重視型技術者教育

(基盤研究C)・・・大貫繁雄

工業高専におけるシステムLSI設計技術教育システムの開発

(基盤研究C)・・・鹿毛哲郎

複合的な力学定数を組み合わせた新規な赤血球変形能の実験的・理論的提案

(若手研究B)・・・安田利貴

論理的思考力の定着を目的とした基礎数学学習eラーニングシステムの設計と開発

(基盤研究C)・・・鈴木雅人

相関特性の優れたスペクトル拡散系列に基づく安全性の高い情報ハイディング技術の開発

（基盤研究C）……小嶋徹也

成績と授業評価データからなる満足度・習熟度関係性モデルを用いた学生への指導法提示

（若手研究B）……北越大輔

低圧水素の選択的回収と水素同位体分離のためのカーボンアロイ開発

（基盤研究C）……阿久沢昇

理科教育用O₂/CO₂計測システムの構築とそれを用いた自然探求型の教材開発

（基盤研究C）……高橋三男

山羊を導入する雑草バイオマス有効利用プロジェクト

（基盤研究C）……三谷知世

固体高分子形燃料電池の廃棄およびリサイクルに関する基礎研究

（環境省科学研究費補助金）……城石英伸

エコエネルギーである風力を利用した電気変換と活用に関する自作体験型教材の開発

（奨励研究）……羽鳥広範

配位子場理論の理解を目的とした色付きセラミックス合成実験教材の開発

（奨励研究）……向川拓臣

(3) 特許等

物質工学科

殺菌方法及び電解水噴出装置

特許第 4410155 号……北折典之, 宇野雅晴, 錦善則, 古田常人

膜-電極接合体、これを用いる電解セル、電解水スプレー装置及び殺菌方法

特許公開 2009-138262……北折典之, 関戸広太, 柴田友康, 鈴木智久, 田中正志, 古田常人, 錦善則

水処理用電解ユニット及びこれを用いた電解式水処理装置

特許公開 2009-131736……北折典之, 瀧上仁司, 藤後章

膜-電極接合体、これを用いる電解セル、オゾン水生成装置及び殺菌方法

特許公開 2009-125628……北折典之, 関戸広太, 柴田友康, 錦善則, 瀬和格, 黒須楯生, 中室克彦

(4) 解説・研究ノート・エッセイ等

一般教科

国際交流と英語教育

（『文部科学教育通信』, 2009.7, pp28-29）……村井三千男

情報工学科

自作教材でリアルタイム OS の本質を学ぶ

（TRONWARE VOL.124, 2010.8, pp40-42）……小坂敏文

完全相補系列の情報ハイディング技術への応用

（『2009 年度ワークショップ「スペクトル拡散と情報ハイディング」予稿集』, 2010.3, PP.1-10）……小嶋徹也

『新撰万葉集』注釈稿(上巻 冬部 九三〜九四)

一般科目 津田 潔・共立女子大学 半澤 幹一

The Annotation of the Shinsen-man'yōshū (17)

Kiyoshi TSUDA and Kanichi HANZAWA

This paper is the annotation of the Shinsen-man'yōshū edited in 893?

(Key-word: the Shinsen-man'yōshū)

93 十月 霖降良芝 山里之 並樹之黄葉 色増往

かみなづき しぐれ降るらし 山里の まさきのみみぢ 色増さり
往く

93 孟冬細雨足如糸。 孟冬の細雨足糸の如し。

寒氣始来染葉時。 寒氣始めて来りて葉を染むる時。
一一 流看山野裏。 一一に流看す山野の裏。
樹紅草緑乱参差。 樹紅に草緑にして乱れて参差たり。

【校異】

本文では、第二句の一字目を、底本および文化版本・元禄九年版本・元禄十二年版本・下澤文庫本は「霖」とするが、他諸本により「霖」に改める。第三句の「山里」を、無窮会本は「里山」とする。第四句の「並」に対して、元禄九年版本・元禄十二年版本・文化版本・類従本・文化写本は右傍に「正」と注する。結句末に、永青文庫本・久曾神本は「久」を補う。

付訓では、第二句の一字目に対して、底本および藤波家本・和学講談所本・道明寺本・京大本・大阪市大本・天理本は「あられ」と右訓するが、それらの左訓および他諸本により「しぐれ」と改める。また、当該の「霖」の左訓に、元禄九年版本・元禄十二年版本・文化版本・下澤文庫本は「ながめ」とする。第三句の「まさき」を、底本の左訓は「なびき」、元禄九年版本・元禄十二年版本・文化版本・下澤文庫本・京大本・

【校異】

「始来」を、類従本・和学講談所本・道明寺本・京大本・大阪市大本・天理本・林羅山本・無窮会本・永青文庫本・久曾神本「初来」に作る。「参差」を、永青文庫本・久曾神本「珍蹉」に作る。

【通釈】

冬の初めの霧雨、その雨あしはまるで糸のように細く見える。寒氣が今年初めてやってきて、木々の葉を染めるときになった。そこでつぶさに山野を見廻してみると、木々は紅に染まり草は青々として互いに入り乱れている。

【語釈】

孟冬 冬季の最初の月。陰暦の十月。『礼記』月令に「孟冬之月、日在尾」とある。張衡「西京賦」に「於是孟冬作陰、寒風肅殺。雨雪飄飄、水霜慘烈」(『文選』卷二)とあり、薛綜注が「寒氣急殺於萬物。孟冬十

大阪市大本・天理本・林羅山本の左訓は「なみき」とする。

同歌は、寛平御時后宮歌合（十巻本、冬歌、一二四番）にあり（ただし第三句「佐保山の」、第四句「まさきのかづら」、新古今集（巻六、冬歌、五七四番）に「寛平御時きさいの宮歌合に よみ人しらず」として見られる（ただし第三句「さほ山の」、第四句「まさきのかづら」）。

【通釈】

十月の（冬の）しぐれが（きつともう）降るにちがいない。山里のまさきのみみじの色がどんどん濃くなっていく（のだから）。

【語釈】

かみなづき 冬の最初の月である、陰暦一〇月の異称。万葉集の四例は当歌同様、すべて「十月」と表記され、初句に位置し、そのうち三例は「十月しぐれにあへるもみち葉の吹かば散りなむ風のまにまに」（万葉集八一―九五〇）「十月しぐれの常か我が背子がやどのもみち葉散りぬべく見ゆ」（万葉集一九―四二五九）などのように、「しぐれ」が続いている。八代集にも三六例見られ、そのうち「しぐれ」（動詞例も含む）をとまうのが二九例もある（直統するのは一九例）。以上から、「かみなづき」と「しぐれ」はほとんどセットの表現として用いられ、たとえば「神な月ふりみふらずみ定なき時雨ぞ冬の始なりける」（後撰集八一―四四五）や「いつしかと袖にしぐれのそそくかなおもひは冬のはじめならねど」（千載集一一―六九二）などは、当時のそのような意識を端的に表しているといえる。しぐれ 晩秋から初冬にかけて、降ったり止んだりする小雨のこと。底本などの「霖」字は長雨、他諸本の「霖」字は小雨をその原義とするところから、時期的に相応する「しぐれ」には後者をふさわしいとして採る。また底本などの「あられ」の訓は、十月という時期になじまないので採らない。前項に述べたように「しぐれ」は十月つまり初冬のものとして詠まれることが多いが、晩秋の時期にも詠まれる。万葉集には「九月のしぐれの雨に濡れ通り春日の山は色付きにけり」（万葉集一〇―二一八〇）「九月のしぐれの雨の山霧のいぶせき我が胸誰を見止まむ」（万葉集一〇―二二六三）などのように、わざわざ

月、陰気始盛、万物彫落」というように、一般に十月は厳しい冬の始まりとされる。謝良輔「状江南 孟冬」詩に「江南孟冬天、荻穗軟如綿、白居易「和錢員外早冬玩禁中新菊」詩に「禁署寒氣遲、孟冬菊初坼」などという例もあるが、菅原道真に「元慶三年孟冬八日大極殿成畢王公會賀時」詩（『菅原文草』卷二）があり、菅原文時「七言北堂文選竟宴各詠句得遠念賢士風」詩序に「孟冬十月、講席既倚」（『本朝文粹』卷九）とある。細雨 小雨、霧雨。この語は、本集春部一番詩にも用例があったように、春または夏の作品に頻出する。盧象「永城使風」詩に「長風起秋色、細雨含落暉」、武元衡「秋燈對雨寄史近崔積」詩に「空庭綠草結離念、細雨黃花贈所思」とあるなど、秋季のものも僅かに見いだせるものの、冬の例を知らない。源順「早春於獎學院同賦春生霽色中各分一字」詩序に「濛々細雨之後、是春發之權輿也」（『本朝文粹』卷八）、藤原篤茂「仲春於左武衛將軍亭同賦雨來花自濕」詩序に「于時細雨洗而色弥媚、妍姿濕而艷更燃」（『本朝文粹』卷十）とある。足如糸 「足」とは、「雨足」のこと。「雨脚」とも言い、雨が密集して降り、糸を引いたように見える様。張協「雜詩十首其四」詩に「翳翳結繁雲、森森散雨足」（『文選』卷二九、『藝文類聚』雨）、孟浩然「東坡遇雨率爾貽謝南池」詩に「殷殷雷聲作、森森雨足垂」とある。空海「喜雨歌」に「老僧誦誦微雲起、禪客持觀雨足優」（『性靈集』卷一）とあるが、島田忠臣や菅原道真は「雨脚」を用いる。「如糸」とは、『礼記』縮衣に「子曰、王言如糸、其出如綸。王言如綸、其出如綵」、『毛詩』小雅・皇皇者華に「我馬維騏、六轡如糸」とあるように、この比喩は細くしなやかな様を言いつつも、必ずしも形態のみを言うものでないところから始まったと思われるが、雨の形容としては、沈約「庭雨應詔詩」に「非煙復非雲、如糸復如霧」とあるに始まり、杜甫「雨不絕」詩に「鳴雨既過漸細微、映空搖颺如糸飛」、杜甫「雨四首其四」詩に「繁愛不自整、終日灑如糸」、杜甫「雨」詩に「煙添纜有色、風引更如糸」とあるなど、唐詩では杜詩に多い。源伊頼「雨為水上糸」詩に「如糸雨脚水心幽、終日微々未得休」（『本朝麗藻』卷上）、菅原宣義「雨為水上糸」詩に「蕤賓初日雨油油、細脚如糸

「九月（ながつき）」という月に特定している歌もあり、また「：秋付けば しぐれの雨降り あしひきの 山の木末は 紅に にほひ散れども：」（万葉集一八一四一一）や「春は霞に たなびかれ 夏はうつせみなきくらし 秋は時雨に 袖をかし 冬はしもにぞ せめらるる：」（古今集一九一〇〇三）のように、秋という季節の現象とみなしている歌もある。ただし、八代集では「しぐれ」は秋（あるいは秋下）と冬の両部立に見られるものの、数としては冬のほうが多い。「しぐれが降る」というのはごく一般的な表現であるが、八代集になると、それを「しぐる」あるいは「しぐれず」という動詞一語で表す例も見られるようになる。「らし」は「確実な根拠（多くの場合明示される）に基づいて現在の事態を確信的に推量する意を表す」（小学館古語大辞典）助動詞であり、当歌においては、確信的に推量される現在の事態とは「かみなづきしぐれ降る」こと、その確実な根拠となるのは「山里のまさきのみみぢ色増さり往く」ことである。しぐれと木の葉との関係付けには、①色付ける、②散らす、の二つが主であり、前者の例としては、「しぐれの雨間なくし降れば三笠山木末あまねく色付きにけり」（万葉集八一五五三）「九月のしぐれの雨に濡れ通り春日の山は色付きにけり」（万葉集一〇二一八〇）、「きみがさすみかさの山のみみぢばのいろ神な月しぐれのあめのそめるなりけり」（古今集一九一〇一〇）「もみぢばやたもととなるらん神な月しぐるるごとに色のまされば」（拾遺集一七一四〇）、後者の例としては、「もみぢ葉を散らすしぐれに濡れて来て君が黄葉をかざしつるかも」（万葉集八一五八三）「十月しぐれの常か我が背子がやどのもみぢ葉散りぬべく見ゆ」（万葉集一九一四二五九）、「たつた河もみぢば流る神なびのみむろの山に時雨ふるらし」（古今集五二二八四）「時雨ふりふりなば人に見せもあへずちりなばをしみをれる秋はぎ」（後撰集六一二九七）などある。どちらかというと、万葉集では散らすことを歌う例がやや多く、八代集では色付けることを詠む例が目立つ。山里の「山里（やまざと）」は一〇番歌および九〇番歌に既出。古今集から拾遺集までは、とくに詠まれる季節に偏りはないが、後拾遺集以降になると、秋

水上浮」（『本朝麗藻』巻上）とある。寒気 秋から冬にかけての冷氣。九一番詩【語釈】該項参照。始来 初めてやって来る。『左氏伝』哀公二一年に「夏、五月、越人始来」、宋玉「神女賦序」に「其始来也、耀乎若白日初出照屋梁」（『文選』卷一九）とあり、崔液「代春閨」詩に「江南日暖鴻始来、柳條初碧葉半開」とある。異文「初来」については、元来「始」は動詞、「初」は副詞であったが、既に『説文』から互訓となつていくように、早くから混同された。染葉時 日中共に「染葉」「葉染」の語例を知らない。一一 一つ一つ（丁寧に、詳しく）。五五・五八番詩【語釈】該項参照。流看 「流眄」（流し目をする）、「流目」（見廻す）、「流視」（顧みる）などの語例は確認できるが、日中ともにこの語の用例を知らない。それらから類推して、見廻す、あちこち見る、の意としておく。山野裏 「山野」については、本集六六・八七番詩【語釈】該項参照のこと。ただし、「山野裏」の語例を日中ともに知らない。恐らく、「山里」とは言っても、「野裏」とは言わないことに原因がある。裏」は、内側の意。樹紅 「紅樹」「樹紅」などと言う場合は、庾信「答王司空餉酒詩」に「今日小園中、桃花数樹紅」、李嶠「夏晚九成宮呈同僚」詩に「樹紅山果熟、崖綠水苔濃」とあるように、花や果実が赤くなっていることを意味するのが一般だが、羊士諤「王起居独遊青龍寺玩紅葉因寄」詩に「十畝蒼苔遶画廊、幾株紅樹過清霜」、白居易「新樂府驪宮高」詩に「嫋嫋兮秋風、山蟬鳴兮宮樹紅」と、紅葉を言うものも散見する。菅原道真「春詞二首其一」詩に「和風料理遍周遊、山樹紅開水綠流」（『菅家文章』卷四）とあるのは花の意だが、同「秋日山行二十韻」詩に「白雲何澗口、紅樹幾巖腰」（『菅家文章』卷一）とある。草綠 柳惲「擣衣詩」に「深庭秋草綠、高門白露寒」、李白「塞上曲」詩に「五原秋草綠、胡馬一何驕」とあり、有智子内親王「奉和春日作」詩に「煙輕新草綠、林暖早花芳」（『経国集』卷十一）とある。乱参差 「参差」とは、互いに入り交じる様を表す、双声の語。異文「珍瑳」は、その表記を知らない。梁武帝「芳樹」詩に「雜色乱参差、衆花粉重暈」（『玉臺新詠』卷七）、李白「九日登山」詩に「齊歌送清揚、起舞乱参差」とあり、

（下）あるいは冬に集中するようになる。「しぐれ」あるいは「もみぢ」とともに詠まれた例として、前者には「ふりはへて人もとひこぬ山ざとは時雨ばかりぞすぎがてにする」（千載集六一四一三）、後者には「みわたせばもみぢしにけり山ざとにねたくぞけふはひとりきにける」（後拾遺集五―三四一）「このごろはきぎのこずゑにもみぢしてしかこそはなけあきの山ざと」（後拾遺集五―三四四）「秋の田にもみぢちける山ざとをこともおろかにおもひけるかな」（千載集五―三七八）など見られるが、両方そろっての例は見当たらない。まさきのもみぢ『和歌植物表現辞典』によれば、「まさき」はニシキギ科の常緑低木、「まさきのかづら」はキョウチクトウ科の常緑つる植物で、両者は別物であるが、和歌においてはどちらも常緑にもかかわらず紅葉・散落が歌われ、「まさきのかづら」は「まさき」と略されることもあつて、区別がはっきりしないという。この点について、それ以上の詮索をしようだけの手掛かりがない。万葉集には例がなく、「まさき」には「てる月をまさ木のつなによりかけてあかずわかるる人をつながん」（後撰集一五―一〇八一）「日くるればあふ人もなしまさきちる峰の嵐のおとばかりして」（新古今集六一五五七）、「まさきのかづら」には「み山にはあられふるらしとやまなるまさきのかづらいろづきにけり」（古今集二〇―一〇七七）「たびねするやどはみやまにとぢられてまさきのかづらくる人もなし」（後拾遺集一八一―一〇五二）などが見られる。なお、これらの「まさき」の例は「つな」や「くる（繰）」などとの関係から、「まさきのかづら」の略と考えられる。本集に先行する寛平御時后宮歌合には「まさきのかづら」とあるのに対して、本集本文は「並樹之黄葉」とあり、この本文自体から「まさきのかづら」という訓みに至るのは不可能であろう。また、「黄葉」を「もみぢ」と訓むのはともかくとして、「並樹」をそのまま「なみき」と訓んでも、その語例は和歌には見出せない。考えられるのは、八三番歌【語釈】「かきくらし」の項で述べたのと同様に、少なくとも「並樹」については、「まさき」と訓まれることを前提として、生け垣にも利用されたという「まさき」のそのイメージを漢字表記に託したの

三統理平「残雪伴寒梅」詩に「影混紅附開次第、光凝白片綴參差」（『類題古詩』伴）とある。

【補注】

韻字は、「糸・時」（上平声七之韻）と「差」（上平声五支韻）で、後者は前者と同用。平仄にも基本的誤りはない。

ただし、【語釈】でも指摘したが、初句の「細雨」の用い方を初めとして、その用語に見慣れぬものが混じるほか、内容構成自体にも取り上げるべきものがない。

なお、「細雨」という語の使用に関しては、和歌の表記に関係するのかもしれない。というのは、和歌の底本表記が「霖」であるのに対して、諸本は「霖」となっているが、付訓も「あられ」と「しぐれ」とがある。この場合、「あられ」の訓が不適であることは、本集八三番の和歌と漢詩を見ても、贅言を要しない。

訓が「しぐれ」であれば、和歌の原表記は、「霖」であつた可能性が極めて高く、従つて時期的には少し違和感が残つても、「細雨」という、原義的には雨の降り方を意味する語を採用したと見るのである。その他の候補としては、「密雨」「濛雨」「煙雨」「糸雨」「霧雨」などがあり、それらには秋から冬にかけて詠まれたものや、年初の寒い時期のものもあること、以下の如くである。

・張衡「雜詩十首其三」詩に「金風扇素節、騰雲似涌煙、密雨如散糸」（『文選』卷二九）、韋応物「善福閣对雨寄李儋幼遐」詩に「太陰布其地、密雨垂八紘」

・宋之問「温泉莊臥病寄楊七炯」詩に「是日濛雨晴、返景入巖谷。秋末禾黍熟、張説「岳州九日宴道觀西閣」詩に「涼雲羸楚望、濛雨蔽荆岑」

・王昌齡「太湖秋夕」詩に「水宿煙雨寒、洞庭霜落微、劉長卿「龍門八詠 闕口」詩に「秋山日搖落、秋水急波瀾。獨見魚龍氣、長令煙雨寒」

・周彦暉「晦日宴高氏林亭」詩に「雲低上天晚、糸雨帶風斜」、韓偓

ではないかということである。色増さり往く「色(いろ)」が秋の紅葉に関して用いられるのは、万葉集には「春山のしなひ榮えて 秋山の 色なつかしき」(万葉集一三三三四)のみであるが、八代集には「千鳥なくさほの河ぎりたちぬらし山のこのはも色まさりゆく」(古今集七三六一)「名をきけば昔ながらの山なれどしぐるる秋は色まさりけり」(拾遺集三一八九)「いかにせむしのぶの山のしたもみぢしぐるるままに色のまさるを」(千載集一一六九二)など、当歌同様に、「まさる」(あるいは「まさりゆく」)および「しぐれ」とともに詠まれる。「まさりゆく」は「ゆく」という補助動詞によって、時間的・段階的な過程を表す。

【補注】

当歌では、「確信的に推量される現在の事態とは「かみなづきしぐれ降る」こと、その確実な根拠となるのは「山里のまさきのみぢ色増さり往く」こと」、この両者が「らし」によって結び付けられている。したがって、少なくとも詠歌の設定上は、詠み手は山里にいて、しかも「色増さり往く」という変化の過程を示しているのであるから、ある程度の期間、滞在していることを前提にしなければならない。その上で「かみなづきしぐれ降る」と確信的に推量しているのである。

『新撰万葉集注釈 卷上(二)』は、「初冬の十月になって、時雨が降つたらしいよ」と訳しているが、「降る」という現在終止形および「色増さり往く」という変化の過程の表現から考えれば、「時雨が降つた」という過去の事態としてとらえるのは不自然である。それがもし明らかに色の変化以前に生じたことならば、たとえば「こもりくの泊瀬の山は色付きぬしぐれの雨は降りにけらしも」(万葉集八一五九三)「君が家の黄葉は早く散りにけりしぐれの雨に濡れにけらしも」(万葉集一〇二二二七)などのように、「らし」ではなく「けらし」を使うところである。

今現在、しぐれが降っているととるのも、その場にいるという前提か

※

「元夜即席」詩に「元霄清景亞元正、糸雨霏霏向晚傾」
・韓愈「洞庭湖阻風贈張十一署」詩に「十月陰氣盛、霧雨晦爭泄、波濤怒相投」

※らすれば、当歌においては成り立たない。新古今集所載の同歌について、新古典大系では「十月になり時雨が降っているのである」と解するが、これは「佐保山」のその場にいるのではなく、遠くにいるからこそ推量となりうるのである。同じく「らし」を用いた「我がやどの浅茅色付く吉隠の夏身の上にしぐれ降るらし」(万葉集一〇二二〇七)、「たつた河もみぢば流る神なびのみむろの山に時雨ふるらし」(古今集五二八四)「み山にはあられふるらしとやまなるまさきのかづらいろづきにけり」(古今集二〇一〇七七)なども同様である。

では、当歌の場合はどう考えるべきか。紅葉という変化自体は一〇月以前から、つまり秋に見られることであり、むしろそれが一般的なお方である。【語釈】で確認したように、「しぐれ」もまた秋からのものであり、それによって木の葉が色付き、散るといふのは、もっぱら季節的な推移に対応する。「もぢぢ色増さり往く」といふのは、その紅葉のピークを迎えつつあるということであるが、当歌は本集において冬部に位置するのであり、やがて散る運命を迎える。「しぐれ」にわざわざ「かみなづき」という限定を加えたのは、それによって散ることが確実に予想されることを示そうとしたからではないだろうか。つまり、「かみなづきしぐれ降るらし」とは、木の葉を散らす冬のしぐれが遠からず確実に来ることを推量しているということである。この解釈は、しぐれと木の葉の変化の関係を直接的にとらえようとする当時にあつては受け入れがたかったのではないかと想像される。当歌が、両者の関係のとらえ方が多様化・婉曲化する新古今集にいたって認められたのには、そういう事情があつたことも考えられる。

【比較・対照】

当詩が作品として「内容構成自体にも取り上げるべきものがない」としたら、注目すべきは、元になる歌との関係、具体的には歌をどのようにとらえたか、という点であろう。

素材としては、「十月」に「孟冬」、「霖」に「細雨」、「山里」に「山野」、「並樹」に「樹」、「黄葉」に「染葉」、そして「色」に「紅」のように、ほぼ対応している。異なるのはそれらの関係付けである。

第一に、歌ではしぐれが降ることを、今後の推定として表現しているのに対して、詩の起句は現在、降っていることにしている点である。ただ、このような情景描写の時点設定の変更は、これまでの歌詩の関係にもよく見られたものである。第二に、それに伴い、因果関係の発想のしかたが逆になっっていることである。すなわち、歌では「まさきのみみち」の「色増さり往く」ことを根拠として「しぐれ降る」ことを推定するのに対して、詩では「孟冬細雨」をきっかけとして「寒氣始来る」ことを実感したところから、「染葉」そして「樹紅」に結び付けている。なお、「染葉」は必ずしも緑から紅への変化を意味するものではなく、「もみぢ色増さり往く」さま、つまり紅色の深化を表すこととも可能であろう。

以上の改変は、因果関係のとらえ方としてみれば、当歌の【補注】にも述べたように、その方が素直で自然だったからであろう。歌であれ詩であれ、紅葉を取り上げるのは秋が一般的なのであって、あえて冬部で詠むとしたら、寒さを伴う、初冬の雨がどのように関わるかはおのずと決まってくると思われる。

第三の違いとしては、詩転句における「一流看」の付加である。これにより、詠み手がその場つまり「山野裏」にすることが明確になる。それは歌のほうも同様なのであるが、「らし」という助動詞によって、ややもすれば遠望の風景と受け取られかねない。そして第四には、詩結句における「草緑乱参差」の付加である。これはあるいは一様な色ではない風景の興趣を示そうとしたのかもかもしれない。歌において「色増さり往く」「まさきのみみち」が取り立てられているとしたら（なぜそもそも「まさき」が取り立てられるのかということもある）、では他の草木はどうなっているのかという想像の余地、つまり「まさき」だけはそうなっているが、他は異なっていて、まだ緑のままのものもあるなどという含意を、必然的に持ちうるからである。それが初冬の風景としてふさわしいかどうかは別問題である。

以上からすれば、当詩が「内容構成自体にも取り上げるべきものがない」のは、当歌をいわばとても当たり前のこととして、分かりやすく詠み代えてしまったからであると言える。その当否はおくとして、これは逆に、歌のほうの表現の落ち着きの悪さと解釈の難しさを物語っているとも言える。

94 雪降手 年之暮往 時丹許曾 遂緑之 松裳見江芸礼

雪降りて 年の暮れ往く 時にこそ 遂に緑の 松も見えけれ

94 松樹従来蔑雪霜

寒風扇処独蒼蒼

松樹従来雪霜を蔑にす。

寒風扇ぐ処独り蒼蒼。

奈何桑葉先零落。

桑葉の先だちて零落するを奈何せむ。

不屑槿花暫有昌。

槿花の暫く昌ゆること有るを屑とせず。

【校異】

本文では、第四句の一字目を、底本および文化写本・藤波家本が「遂」

【校異】

とするが、他諸本により「遂」に改める。同二字目を、底本および文化

「雪霜」を、類従本・林羅山本・無窮会本「霜雪」に作る。「寒風」を、

写本・藤波家本・無窮会本が「縁」とするが、他諸本により「緑」に改

下沢文庫本・林羅山本・永青文庫本・久曾神本「寒嵐」に作り、底本等

める。結句の「芸」を、永青文庫本・久曾神本は「介」とする。

付訓では、第二句の「ゆく」に対して、和学講談所本・京大本・大阪市大本・天理本は左訓に「ぬる」とする。第四句の「みどりの」に対して、元禄九年版本の右注および和学講談所本・京大本・大阪市大本・天理本の左訓に「もみちぬ」とする。

同歌は、寛平御時后宮歌合(十卷本、冬歌、一二二番)にあり(ただし第四句「つひにもじぢぬ」)、古今集(巻六、冬、三四〇番)に「寛平御時きさいの宮の歌合のうた よみ人しらず」として(ただし第二句「年のくれぬる」第四句「つひにもみぢぬ」)、また古今和歌六帖(第一、歳時、歳暮(としのくれ)、二四四番)に「みつね」として(ただし第二句「年のくれぬる」第四句「つひにもみぢぬ」)、さらに宗于集(一〇番)に「中宮歌合」として(ただし第二句「としのくれぬる」第四句「つひにもみちぬ」)見られる。

【通釈】
雪が降るとともに、一年が暮れてゆく、まさにその時になってようやく、(あたりが白一色の中) 緑のままの松も見られることであるよ。

【語釈】
雪降りて 接続助詞の「て」に関して、本集注釈書および同歌所載の古今集の諸注釈書は「雪が降って(あるいは、雪が降り)」と、そのまま訳しているだけであるが、「て」自身は、二つの事柄を結びつけて一文とし、相互に関連づける機能しか負っていないとみるべきであり、事柄間の意味づけは事柄自体に内在すると考えるべきである(松村明編『日本文法大辞典』)とすると、「雪が降る」ことと「年の暮れ行く」ことは、どのような関連性があるかを明らかにする必要があろう。この表現で一句を成す例は万葉集にはないが、八代集の「ゆきふりて人もかよはぬみちなれやあととはかもなく思ひきゆらむ」(古今集六一三二九)は原因と結果の関係、「ちはやぶる神のいがきに雪ふりてそらよりかかるゆふにぞありける」(拾遺集一七一―一五〇)は継起的な関係、「あきは霧きりすぎぬれば雪ふりてはるるまもなきみ山べのさと」(千載集一八一

にも異文として「嵐」を注するものが多い。「桑葉」を、藤波家本「葉桑」に作る。

【通釈】
松の木は、もともと雪や霜など気にもかけなかった。だから寒い北風が吹いても松だけは青々と繁っているのだ。(それに対して)ついこの間まで艶やかだった桑の葉が真つ先に枯れ落ちたのはどうにも仕方ないことだ。ムクゲの花のほんのしばらくの繁栄など何の価値もない。

【語釈】

松樹 松の木。『論語』子罕に「子曰、歳寒、然後知松柏之後彫也」の語句があり、鄭玄が「彫、傷也、病也。論(論) 賢者雖遭困厄、不改其操行也」と言うように、松は逆境にあつても変節しない賢者・君子に喩えられるが、また百年千年と変わらぬ長寿の象徴でもあった。後漢・馬第伯「封禅儀記」に「仰視巖石松樹、鬱鬱蒼蒼、若在雲中」、隋・李德林「詠松樹詩」に「歳寒無改色、年長有倒枝。：寄言謝霜雪、貞心自不移」とある。この典故はわが国にも早くから知られて、藤原宇合「七言在常陸贈倭判官留在京」序に「然而、歳寒後驗松竹之貞、風生迺解芝蘭之馥」(『懷風藻』)、麻田陽春「五言和藤江守詠裨叡山先考之旧禅処柳樹之作」詩に「烟雲万古色、松柏九冬堅」(『懷風藻』)とある。また、本集にも「松柏凋殘枝慘冽、竹叢變色欲枯殫」(八〇番)、「君我昔時長契約、咄來寒歲柏將松」(一一〇番)とある。従来 もともと、本来、元来の意の六朝時代の俗語。四二・四七・六六番詩【語釈】該項参照。 蔑雪 雪や霜を軽視する。劉楨「贈從弟三首其二」詩に「亭亭山上松、瑟瑟谷中風。風声一何盛、松枝一何勁。水霜正慘愴、終歲常端正。豈不羅凝寒、松柏有本性」(『文選』卷二三)とあり、李善は『莊子』雜篇讓王に「天寒既至、霜雪既降、吾是以知松柏之茂也」とあるのを指摘する。「蔑」とは、ないがしろにすること。無視すること。ただし、本詩のような擬人的な用例を知らない。唐代になると、『論語』とその周辺の『莊子』や『荀子』の影響のもと、劉商「哭韓淮端公兼上崔中丞」詩に「挺生巖松姿、孤直凌雪霜」、權德輿「嚴陵釣臺下作」詩に「繪繳鴻鵠遠、雪

一一七七）は同時並立的な関係と、それぞれ異なっている。当歌の場合
は、下句との対比を考えれば、両者は同時並立する、つまり雪が降ると
ともに年が暮れゆくという関係にあるとみられる。年の暮れ往く、「年
（とし）」に対して「暮る」という動詞を用いることについては、一八番
歌【語釈】「春ながら年は暮れなむ」の項を参照のこと。「ゆく」という
補助動詞を付して、その事態の継続・進行を表す例としては、やや時代
は下るが、「人しれずくれゆくとしををしむまにはるいとふなのたちぬべ
きかな」（金葉集四一三〇〇）「あはれにもくれゆくとしのひかずかなか
へらむことは夜のまとおもふに」（千載集六一四七一）「かへりては身に
そふ物としりながら暮行く年をなにしたふらん」（新古今集六一六九二）
など、「暮れゆく年」という形で見られる。時にこそ「時（とき）」は
上二句「雪降りて年の暮れ往く」全体を連体修飾語として受け、この句
も含み、上三句が結句の「見えけれ」を連用修飾するという構造になっ
ている。この句を用いた同様の例として、「逢ふ事のもはらたえぬる時
にこそ人のこひしきこともしりけれ」（古今集一五八二二）「もえはて
てはひととなりなん時にこそ人を思ひのやまむごにせめ」（拾遺集一五
九二九）「かくしつつかいまはとならむときこそくやしきことのかひも
なからめ」（詞花集一〇一三五六）などあり、いずれもその時が何らか
の決定的瞬間であることを示している。当歌においては、「暮れ往く」
という継続・進行を表す表現が「時」を修飾しているので、決定的「瞬
間」とはみなしがたく、ある一定の時間幅を見なければならぬ。「暮
れぬる」という異訓あるいは異文は、その意味では「瞬間」にふさわし
い。遂に緑の「遂（つひ）」という副詞は、「①一つの行為や状態
が、ずっと最後まで持続するさま」か「②行為や状態が、最終的に実現
するさま」（日本国語大辞典第二版）を示す。当歌では、「緑の」が下接
する本文ならば、歌末の「見えけれ」を修飾するとらざるをえない
から、②の用法に該当する。それに対し、寛平御時后宮歌合や古今集な
どの「もみぢぬ」という本文によれば、「つひに」はそれを修飾し、①の
用法となろう。実は、「つひに」は万葉集・八代集を通じて、三〇例以上

霜松桂新、李白「贈韋侍御黃裳二首其一」詩に「太華生長松、亭亭凌霜
雪。：受屈不改心、然後知君子」、薛勣「初去郡齊書懷」詩に「已經霜雪
下、乃驗松柏堅」とあるなど、霜や雪に負けぬ松の姿が描かれる。仲雄
王「奉和代神泉古松傷衰歌」詩に「孤松盤屈薛蘿枝、貞節苦寒霜雪知」
（『文華秀麗集』卷下）、空海「贈伴按察平章事赴陸府詩」に「持節犯霜
如松柏、含貞凌雪似竹筠」（『性靈集』卷三）とある。異文「霜雪」では、
押韻しない。寒風 冬に北方から吹く風。九一番詩【語釈】該項参照。
梁・范雲「奉和齊竟陵王郡名詩」に「白馬騰遠雪、蒼松壯寒風」とあ
る。異文「寒風」は、菅原道真「冬夜対月憶友人」詩に「永夜猶宜閑望
坐、寒風不得出遊行」（『菅家文章』卷四）とある。なお、「嵐」について
は、本集三番詩【語釈】「殘嵐」の項を参照のこと。扇処 風が吹く
と。本集四四番詩【語釈】該項参照。独蒼蒼 「蒼蒼」とは、『毛詩』
蒹葭に「蒹葭蒼蒼、白露為霜」とあるように、草木が青々と生い茂る様
梁・朱异「還東田宅贈朋離詩」に「蒼蒼松樹合、耿耿樵路分」、張南史
「送朱大遊塞」詩に「蒼蒼遠山際、松柏獨宜寒」とある。また、皇甫曾
「蓼嶺四望」詩に「野老至今猶望幸、離宮秋樹獨蒼蒼」、杜甫「陪鄭廣
文遊何將軍山林十首其七」詩に「石林蟠水府、百里獨蒼蒼」とあり、嵯
峨天皇「冷然院各賦一物得澗底松」詩に「高聲寂寂寒炎節、古色蒼蒼暗
夕陽」（『文華秀麗集』卷下）とある。奈何 くだである（する）のをど
うすることができようか、いや、どうすることもできない。句頭の場合
は、晋・潘岳「悼亡詩三首其三」詩に「奈何悼淑儷、儀容永潛翳」（『文
選』卷二三）とあるように、反語になる場合が多い。桑葉 桑の木
の葉。『毛詩』衛風・氓に「桑之未落、其葉沃若。：桑之落矣、其黃而隕」
とあり、毛伝に「沃若、猶沃沃然」とあり、鄭箋には「桑之未落、謂其
時仲秋也」、「桑之落矣、謂其時季秋也」とあるように、桑の葉は晩秋に
黄ばみ散るものとされるが、それまでは若く美しい娘に比定されるもの
であった。また後漢・宋子侯「董嬌饒詩」には、「不知誰家子、提籠行採
桑。纖手折其枝、花落何飄颺。請謝彼姝子、何為見損傷。高秋八九月、白
露變為霜。終年会飄墮、安得久馨香。秋時自零落、春月復芬芳。何時盛

見られるが、「生ける者遂にも死ぬるものにあればこの世なる間は楽しくあらな」(万葉集三三三四九)、「人言の繁き間守ると逢はずあらばつひにや児らが面忘れなむ」(万葉集一一二五九一)、「つひにゆくみちとはかねてききしかどきのふけふとはおもはざりしを」(古今集一六一八六一)「身にしみて思ふ心の年ふればつひに色にもいでぬべきかな」(拾遺集一一一六三三)などのように、②の用法でしか用いられていない。「緑(みどり)」については、一番歌【語釈】「山の緑」の項を参照。八代集においては、その多くがマツに対して用いられていると言つてよい。当歌と同様に、それを年末という時期に詠んだ例は見当たらないが、紅葉しないことを強調した歌としては、「もみぢするかつらのなかにすみよしのまつのみひとりみどりなるかな」(後拾遺集一七一九八七)「たつた山松のむらだちなかりせばいづくかのこるみどりならまし」(千載集五三三七)「ふるさとの庭はこのはに色かへてかはらの松ぞみどりなりける」(千載集五三三七六)などがある。松も見えけれ 八代集には、「ときはなる松のみどりも春くれば今ひとしほの色まさりけり」(古今集一一二四)「花の色はちらぬまばかりふるさとにつねには松のみどりなりけり」(後撰集一一四三三)「むらさきの色しこければふぢの花松のみどりもうつろひにけり」(拾遺集一六一〇七〇)などのように、「松のみどり」という表現は数多く見られるが、「緑の松」という言い方は見当たらない。近い例として、「緑なる松ほどすぎばいかでかはしたばかりもみぢせざらん」(後撰集一七一二二五)「みどりなる松にかかれる藤なれどおのがころとぞ花はさきける」(新古今集一一一六六)などの「みどりなる松」がある。「松も」の「も」という係助詞について、諸注釈書ではほとんど配慮が認められず、「松の姿が」「松の、偉大さが」「松というもの(事)が」などのように「が」に置き換えられている。古今集所載の同歌に対して、新古典大系では「最後までもみぢしない松も見られることである」とするが、これだけでは、もみぢするマツもあるように受け取れ、適切とは言いがたい。当歌が詠むのは、雪が降つてあたりを覆っている状況であり、そのような白一色の中で、たまたま緑の葉色を

年去、歎愛永相忘」(『藝文類聚』桑)の一節があるが、これも桑摘みの若い娘に託して、花や葉の艶やかさ以上に人の心は儂いことを歌う。紀齐名「田家秋意」詩に「野酌卯時桑落酒、山畦甲日稻花風」(『和漢兼作集』)とある。先零落 草木の葉が真つ先に枯れ落ちる。『礼記』王制に「草木零落、然後入山林」、『楚辞』離騷に「惟草木之零落兮、恐美人之遲暮」(『文選』卷三三)とあり、淡海福良満「言志」詩に「孤樹輪困久、三秋零落期」(『凌雲集』)とある。不屑 価値を認めぬこと。良しとしないこと。重視しないこと。『毛詩』鄘風・君子偕老に「鬢髮如雲、不屑髣也」とあり、毛伝は、「屑、絜也」と言い、鄭箋は「不絜者、不用髮為善」と言う。菅原道真「寒早十首其七」詩に「不屑風波險、唯要受雇頻」(『菅家文章』卷三)、紀長谷雄「山家秋歌八首其三」詩に「卜居山水息心機、不屑人間駁是非」(『本朝文粹』卷二)とある。槿花 「槿」は、むくげ。アオイ科の落葉低木。「木槿」「木蓮」「朝華」「日及」とも。『礼記』月令に「仲夏之月、…木槿榮」とあり、隋・江総「南越木槿賦」が「潘文体其夏盛、替賦憫其秋零」(『藝文類聚』木槿)というように、夏から秋にかけて花を付けるが、『説文』に「舜、木槿也。朝華暮落」とあるように、その花は朝に開き、夕べには萎む。「舜」あるいは「舜」の別名も、瞬く間に萎む意を含む。「松」と「槿」の花とは、その不変・永遠性と儂さとのよい対照として、梁・王僧孺「為何庫部旧姫擬靡蕪之句詩」に「妾意在寒松、君心逐朝槿」とあるなど、詩文の中で対比的に取り上げられ、唐代になると、劉希夷「公子行」に「願作貞松千歲古、誰論芳槿一朝新」、王諱「後庭怨」に「借問南山松葉意、何如北砌槿花新」、司空曙「哭苗員外呈張參軍」詩に「凌寒松未老、先暮槿何衰」などと、より盛んに用いられた。日本漢詩にも、だいぶ時代は下るが、藤原季綱「秋日偶吟」詩に「葦籬花萎日暉昃、松樹蓋傾風響搏」(『本朝無題詩』)、藤原季綱「初秋偶吟」詩に「亭午月晴松葉變、籬西日昃葦花殘」(『本朝無題詩』)とある。暫有昌 「昌」とは、木槿の花の白く咲く様、あるいは赤く輝く様をいう。劉庭琦「詠木槿樹題武進文明府序」詩に「莫恃朝榮好、君看暮落時」、皇甫曾「張芬見訪郊居作」詩に※、

見せるマツが目立つ、つまり、白い雪をかぶっているマツもあるのに対して、緑のマツも見えたということである。それが意外な発見だからこそ、この「も」が詠嘆性を帯びるにもなるのである。なお、八七番歌【語釈】「松の葉に」の項も参照。

【補注】

【語釈】に述べたように、当歌の「遂に」は、文法的関係からも、和歌の他の用例からも、「②行為や状態が、最終的に実現するさま」を表すととらざるをえないのであるが、当時のその色の不変性という意識から考えるならば、違和感を拭えない。一年の最後になってようやく緑のマツを見ることができたというのでは、それ以前は緑ではなかったことなるかもしれないからである。不変性という点では、「遂に緑の」ではなく「遂にもみぢぬ」のほうがなじみやすいと言える。

これを整合化するとしたら、マツだけではなく、周囲の状況との関係からとらえなければなるまい。その一つは、雪が降り覆っているという状況である。マツに限らず周りが雪に覆われていけば、見えるのは白一色の世界である。その中に、たまたま緑のマツを見出したのである。それは雪にあってもマツが緑の葉色を失っていないことの改めでの確認でもある。もう一つは、一年の最後の最後という状況である。そのような節目を意識すれば、まさにその時に不変性の確認ができたことは、松飾りを持ち出すまでもなく、次の年の予祝にもつながるのでないだろうか。

※「愁心自惜江離晚、世事方看木槿榮」、白居易「放言五首其五」詩に「松樹千年終是朽、槿花一日自為榮」（『和漢朗詠集』槿）などと、「榮」字で表現される場合と、魏・阮籍「詠懷詩八十二首」に「墓前榮者、木槿耀朱華」、王維「瓜園詩」に「黃鸝嚙深木、朱槿照中園」、張登「小雪日戲題絕句」詩に「甲子徒推小雪天、刺梧猶綠槿花然」など、「耀」「照」「燃」などで表される場合があり、「昌」は、双方の意味を持つ。ただし、源為憲「経霜識松貞」詩に「桜綻春風還自散、槿嬌曉露早銷榮」（『類題古詩』知）、源順「歲寒知松貞」詩に「十八公榮霜後頭、一千年色雪中※、

※深」（『類題古詩』知）とあり、「榮枯」「榮彫」「榮悴」「永落」などの語の存在を考えると、『注釈 卷上(二)』の言うように、本来「暫有榮」とすべき所を、押韻のために「昌」としたと考えるべきだろう。

【補注】

韻字は、「霜」（下平声十陽韻）、「蒼」（下平声十一唐韻）、「昌」（下平声十陽韻）で、陽韻は唐韻と同用。平仄にも基本的誤りはない。

さて、本詩の内容構成に関して補説する必要があるのは、後半部分でなぜ「桑葉」と「槿花」が取り上げられたのかということであろう。

まず、後者についてはそれ程分かりにくいことはない。晋・庾闡「採桑詩」に「椿寿自有極、槿花何用疑」とあるように、六朝時代からその短命さは表現されていたからである。それが、唐代になると【語釈】の項でも触れたとおり、「松」と対比的に扱われるようになると共に、孟郊「審交」詩に「君子芳桂性、春榮冬更繁。小人槿花心、朝在夕不存」とあるように、「槿花」を「小人」に比定する作品も現れる。その意味でも君子に喩えられる「松」とは、よい対照となるのである。

これに対して、「桑葉」の方は決め手に乏しい。「松」と「桑」の対比を言う作品自体が乏しいからである。瞥見したところでは、六朝詩にはなく、唐代になって少し現れる程度である。明皇帝「統薛令之題壁」詩に「苦嫌松桂寒、任逐桑榆煖」、李嶠「煙」詩に「桑柘迎寒色、松篁暗晚暉」、崔融「韋長史挽詞」に「日落桑榆下、寒生松柏中」、劉希夷「代悲白頭翁」詩に「已見松柏摧為薪、更聞桑田變成海」とあるくらいであり、松の不変性永遠性との関連が考えづらい。

しかし、本来の漢詩の伝統から言えば、「松」と対比されるべきは「桃李」であった。

『荀子』逸文に「桃李蒨榮於一時、時至而後殺。至於松柏、経隆冬而不彫、蒙霜雪而不變、可謂得其真矣」（『文選』第二十二卷左太冲招隱詩二首其二・李善注所引文）とあるように、「松」の不変性と対比されるのは、「桃李」の花の一時の鮮やかさであったからである。

魏・阮籍「詠懷詩八十二首」に「独坐空堂上、…視彼桃李花、誰能久

熒熒。君子在何許、歎息未合并。瞻仰景山松、可以慰吾情」、梁・范縝
 「暮秋答朱記室詩」に「桃李爾繁華、松柏余本性。故心不存此、高文徒
 可詠」と歌われるのを初めとして、唐代になると、儲光羲「上長史王公
 責躬」詩に「松柏日已堅、桃李日已滋」とあるほか、盛唐・李白の作品
 には次のように数多く用いられる。

- ・ 開花必早落、桃李不如松。(「箜篌謠」)
- ・ 願君學長松、慎勿作桃李。受屈不改心、然後知君子。(「贈韋侍御黃裳二首其一」詩)

・ 松柏雖寒苦、羞逐桃李春。(「潁陽別元丹丘之淮陽」詩)
 ・ 松柏本孤直、難為桃李顏。(「古風」詩)
 因みに、李白は『論語』子罕の一章の利用も、非常に多い。
 さらに、白居易も次のように三例を数える。

・ 色求桃李饒、心向松筠妬。(「有木詩八首其二」詩)

・ 澗松高百尋、四時寒森森。臨風有清韻、向日無曲陰。如何時俗人、但賞桃李林。豈不知堅貞、芳馨誘其心。(「贈能七倫」詩)

・ 幸与松筠相近栽、不随桃李一時開。(「代迎春花招劉郎中」詩)

恐らく、本漢詩の作者は、以上のことを承知の上で、「桑葉」と「槿花」を選び取ったのであり、そこにこそ、この作品の存在理由もあると言えるだろう。

季節的には、松の描写は冬で、桑の落葉と槿の花は秋の描写となり、齟齬があるようにも思われるが、冬の松を中心として、時間的に近い秋の情景を回顧したものとすれば、問題はなからう。なお、この『論語』歳寒の松については、別稿を用意する。

【比較・対照】

和歌と漢詩の大局的対応に関して言えば、漢詩の後半は和歌には全く言及がないところで、漢詩作者の完全な付加である。前半部分でも、「雪降りて」を「霜雪」に、「遂に緑の松も見えけれ」を「松樹」「独蒼蒼」に変えただけで、必ずしも和歌を漢詩の前半部分で訳してしまおうということではないように思われる。

微視的に前半部分を見ると、和歌では雪は現に降っているのだが、漢詩は寒風が吹いているだけで、雪が降っているのか否かは明確でない。「年の暮れ往く時にこそ」という部分も、漢詩には全く含まれない。また、漢詩独自の付加として、松は「従来」から「雪霜」を「蔑」視していたという。この松が蔑視するという表現は、漢詩の【語釈】にあるように、漢語の本来の使用法とは異質なものであり、その使用意図を注意する必要がある。

後半部分の「奈何」「不屑」という、強い語気を含む対語で導かれた内容は、無価値で顧慮する意味のないものであるという思いであるとすれば、「蔑」字に込められたものは、松の優越性、誇り、プライド、自尊心というものであること、容易に想像が付く。

すなわち、漢詩が表現した松とは、単なる風景・情景描写ではないということであり、松の不変性や永遠性、他樹木に対する優越性とそれらに対する称賛の意を含むものであったと言えるだろう。

和歌の内容には、それは無いのか。

和歌の【補注】にあるように、この表現内容を整合的に捉えるには、「年の暮れ往く」を合理的に解釈しなければならぬ。白一色の世界の中で、たまたま松にだけ雪がかからないものがあつたと言うのでは、「だから何？」という問いに答えることができないからである。「次の年の予祝」という意味づけもできないことはないと思われるが、和歌の作者と漢詩の作者の双方に、『論語』子罕篇の「歳寒の松」に対する共通理解が、制作の前提として存在したと考える方が、より無理がないのではなからうか。

〔注〕本稿は、『共立女子大学文芸学部紀要』第四〇集～第五六集（平成六年二月～平成二十二年一月）および『東京工業高等専門学校研究報告書』第二六号～第四一（二）号（平成六年十二月～平成二十二年一月）の続稿である。なお「凡例」については『共立女子大学文芸学部紀要』第四〇集を参照されたい。

（平成二十二年九月二十四日受理）

東京工業高等専門学校研究報告書

第 42 (1) 号

平成 22 年度

平成22年12月15日発行

編 集 者 東京工業高等専門学校図書委員会
発 行 者 東京工業高等専門学校
東京都八王子市櫛田町 1220の2
TEL 八王子 (042) 668-5111
〒193-0997

印 刷 所 電算印刷株式会社
長野県松本市筑摩 1-11-30
TEL 松本 (0263) 25-4329
〒390-0821

The name of the journal has been changed from “*Research Reports of Tokyo National Technical College*” into “*Research Reports of Tokyo National College of Technology*” since the 1984 issue.

