# Research Reports of Tokyo National College of Technology

# 東京工業高等専門学校

# 研 究 報 告 書



第 41(2)号

## 東京工業高等専門学校研究報告書 第41(2)号 目次

技術者倫理の諸動向および関連諸問題に関する考察	·川河浅木庄	北村野村司	晃敬	司 豊 一 南 良	1
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	·斉 山 市	藤科川	純貴達	夫······ 裕 也	19
耐震補強金物部材「コーナータイトゥン」の力学的特性評価	·神小志峯黒	山菅村尾崎	義一	智隆穣幸茂	29
軸継手の力学特性に関する解析的研究	·小志宮麻	菅村川	義睦幸	隆····· 穣 巳 啓	35
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)	·福小鈴堤石斉	田林木 塚藤	勝光健博康直	己男司貴規也	41
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	大永木小新松新三佐	塚吉村池國岡田谷木	友 知清広 武知桂	彦浩彦之幸敏父世一	47
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	·大 吉	塚田	友一	彦 彦	51
H8/3069を用いた μITRON 入門教材の開発 ····································	·小吉松鈴	坂本林木	敏定勝雅	文······ 伸 志 人	55
キテレツ・アイディア・コンペ〜実施報告と展望〜	·小 相	嶋 澤	徹 俊	也······ 行	59
東京高専 LHR NEXT〜他校の取り組み状況〜・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	·吉 相	本 澤	定 俊	伸 行	67
高分子材料の摩擦力に関する研究	·村 堀 菊	松田地	宗信	来······ 一 章	71
モルに関する化学計算ソフトウエアの開発	山 堀	橋内 本谷原	峯哲 勝 敞	男生夫博介郎	77
ダイコン、キャベツを用いた迅速・簡便な銅蓄積能力の評価法	·庄 田	司中	優	良 也	85
平成20年度教員教育研究業績	••••	•••••	• • • • • •		89

# Research Reports of Tokyo National College of Technology No. 41 (2) CONTENTS

Koji Kawakita ······ Yutaka Kawamura Keiichi Asano Minami Kimura Ryo Shoji	Reviews on the Trends of Engineering Ethics and Its Related Topics	1
Sumio Saito ······ Fakahiro Yamashina Fatsuya Ichikawa	Research of Aerodynamic Characteristics and Flow Patterns on Thin and Thick Blades of Wind Turbine	19
Satoru Kamiyama Yoshitaka Kosuge Iyo Shimura Kazuyuki Mineo Shigeru Kurosaki	·Mechanical Characteristic Evaluation for Earthquake-proof Reinforced Equipment "Corner Tighten".	29
Yoshitaka Kosuge ······ Iyo Shimura Mutsumi Miyagawa Yukihiro Asa	·Analytical Research on Mechanical Characteristic of Shaft Coupling ···	35
Katsumi Fukuda ·················· Mitsuo Kobayashi Kenji Suzuki Hirotaka Tsutsumi Yasunori Ishitsuka Naoya Saito	·Friction Characteristics of Micro Area (2nd Report: Effect of Radius of Tip) ······	41
Pomohiko Ohtsuka ····································	Recurrent Education on Electrical Engineering for Regional Engineers and its Case Report	47
Гоmohiko Онтѕика····· Kazuhiko Yоѕніда	·New Fingerprint Minutiae Extraction Using Ridge Flux Analysis ·····	51
Гoshifumi Kosaka ······ Sadanobu Yoshiмото Katsushi Matsubayashi Masato Suzuki	·development of uITRON educational system with H8/3069 ······	55
Гetsuya Kojima ······ Гoshiyuki Aizawa	·A Report on the 1st Fantastic Manufacturing Idea Contest ······	59
Sadanobu Yoshimoto ······ Foshiyuki Aizawa	·Towards LHR Next at TNCT ~A Report on Visiting Tokuyama Kosen & Kyoto Gakuen University~	67
Sora Muramatsu ······ Shinichi Hotta Akira Kikuchi	·Research of frictional force of polymeric material ······	71
Mitsuo Takahashi	·Chemical Calculation Software to Solve Mole and Molar Concentration ······	77
Ryo Shoji ······ Yuya Tanaka	·Comparative study of <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> and <i>Raphanus</i> sativus for rapid appraisal method of copper uptake capability ·······	85

### 技術者倫理の諸動向および関連諸問題に関する考察

川北晃司\*,河村 豊\*,浅野敬一\*,木村 南\*\*,庄司 良\*\*\*

Reviews on the Trends of Engineering Ethics and Its Related Topics

Koji KAWAKITA, Yutaka KAWAMURA, Keiichi ASANO, Minami KIMURA, Ryo SHOJI

In view of the result of a questionnaire recently (in 2009) projected by The Engineering Ethics Conference (*Gijyutsusya-Rinri-Kyougikai*), most of engineering ethics teachers who responded do recognize the positive educational effect of its subject. But Continuing Ethical Development (we suggest it be named "CED" as a kind of CPD) should be in urgent need. Indeed the Institute of Electrical Engineers of Japan at some points revised its Basic Ethical Principles and the Code of Ethics to take care of its members. The case studies of American white-collar workers are valuable but some American cases may be too American to be universal and engineers' working styles are rapidly changing. In Japan (Oita Pref. in 2009) an iron gangway fell down and 26 working people were wounded and some died. Recently not a few engineering ethics textbooks were newly published or some revised. You can detect some of the new trends of Japanese engineering ethics in those changes of the literature.

(Keywords: Engineering Ethics, CPD, CED, Code of Ethics)

#### はじめに

川北晃司

東京高専JABEE 受審を機に技術者倫理教育に携わり始めたわれわれにとり、授業改善に向けた情報収集、情報公開は欠かせない。今回、われわれる人の専攻を生かすかたちで、各種情報とその分析を提供して、技術者倫理の諸動向および関連諸問題に関する報告を本誌で行うことにした。まず第1節では、工学系学協会を束ねたかたちの「技術倫理協議会」による最近の大規模アンケート調査結果の一部について、川北が紹介し検討する。その一結論として、社会人における継続専門職教育(CPD)の一環としての「継続倫理教育」(CED)の必要性を説く。それに引き続き、第2節では河村が電気学会における「倫理綱領」および「行動規範」の最近の検討動向を紹介・分析し、学協会

等による, やはり社会人の継続教育と, 困難に直 面した際のサポート体制の大切さを論じる。しか し技術者倫理先進国のアメリカでも、かつて技術 者たちの直面した困難さには、日本らにおいてと 同様ないしそれ以上のものがあった。その事例と 背景などが第3節, 浅野報告において明らかにさ れる。授業では最近の事例分析も欠かせない。木 村の手になる第4節は、最近の日本における大き な一事故(大分県でのタラップ落下事故)に関す る,事故原因分析と学生の判断例分析を含む,貴 重な授業報告になっている。庄司には安全倫理お よび環境学に関する文献3冊について書評を依頼 した。環境工学のプロフェッショナルとしての5 節でのその厳かな所見と助言は大いに参考になる だろう。そして最終節である第6節では、技術者 倫理教科書の最近の改訂内容から技術者倫理の新 動向を中心に川北が報告と提案を行う。

#### 第1節

技術倫理協議会による 2009 年アンケート結果 の注目点

川北晃司

2009年5月から9月にかけ,技術倫理協議会(後出)は技術倫理教育の現状に関するアンケートを実施し,筆者もそれに回答した。同年12月集計結果が公表されたので,その注目すべき点,意外と思われた点について論じたい。以下に引用するデータは,技術倫理協議会第5回公開シンポジウムにおいて,皆川勝委員(土木学会)が「技術倫理教育の実態調査アンケートの結果」と題して発表されたスライドおよび文書のweb公開資料に基づくものである1<sup>1</sup>。

多くの工学系高等教育機関においては、国際的な教育の質保証を求める動きのなかで、技術者倫理教育の充実が図られてきた。このアンケートは、技術倫理協議会がその設置から 5 年経過したのを機に、工学・技術に係る教育を実施している日本の高等教育機関に対し全国規模で実施されたものであり、その規模の大きさにまず注目できる<sup>2)</sup>。

すなわち,技術倫理協議会を構成する12の学協 会を介するかたちで、全国の工学・技術系学科に メール形式でのアンケート回答依頼がなされ、回 答数は 208 件に達している。 Web 上で見るかぎり 母数(依頼総数)が不明なため、データの偏りが やや気になる。しかし母数は今回のアンケート手 法上, 計算不能とも推察される。また, 高専から の回答件数の少なさにも注目できるかもしれない。 高専からの回答数は、筆者の所属する東京高専を 含めて 13 校 14 件とみられる。「技術倫理教育アン ケートの回答機関一覧」に見られる高専名および 回答者所属学科(括弧内)は以下の通りであった。 すなわち,旭川(電気情報),苫小牧(環境都市),函 館 (環境都市), 宮城 (材料), 東京 (一般教育), 沼 津 (機械), 福井 (環境都市), 舞鶴 (建設システム, 電 気情報),松江(電気),弓削商船(電子機械),呉(建 築), 徳山(土木), 鹿児島(土木)。

高専は日本における工業系高等教育機関卒業生総数の4分の1近くを輩出していると聞く。その実績に鑑みれば、208件中の14件の重みで回答がデータ処理されざるをえなかったのは残念と言え

よう。ちなみに、「教育成果は上がっていますか」 との設問に対する三択での回答率は「大いに上がっている」が 7.9%、「上がっている」が 73.4%、 「上がっていない」が 4.0%とのことである。

高専教員がアンケート回答を遠慮し、それが回答率を下げた可能性も考えられる。アンケート冒頭近くの第3間では、技術者倫理関連教育を「実施している場合、または実施を予定している場合、科目の開講年次を選択してください(複数回答可)」として、いくつか選択肢が挙げられているのだが、「1年次、2年次、3年次、4年次、複数年次、学年指定なし、大学院」の中から答を選ばせるようになっている。大学教員だけが回答者として想定されていると誤解されかねなかったし、実際、筆者もアンケート回答に当初躊躇した。

またこのアンケートでは、仲介した学協会ごとの回答件数が報告されている点にも注目できる。 回答者に依頼をおこなった学協会を、回答件数が 多い順に並べてみよう。

電子情報通信学会・・・・・67 (件) 土木学会・・・・・・・45 日本建築学会・・・・・29 電気学会・・・・・・22 日本工学教育協会・・・・18 日本機械学会・・・・・11 化学工学会・・・・・・6 日本原子力学会・・・・・5 応用物理学会・・・・13

電気・電子・情報系の回答数の多さが筆者には 意外であった。というのも、機械・土木・化学系 出身の編著者が技術者倫理教科書類では比較的多 数な印象があったからである。回答数の分布状況 については別途、要因分析が必要であろうが、電 気・電子・情報系での技術者倫理に関する関心の 高さが予想されてよいだろう。

このアンケートでは、技術者倫理授業における 使用教科書(ただし回答者間で複数採用のある教 科書)についてのデータが明らかにされたのも画 期的である。回答者の 51.4%が教科書を使用と答 えており、今回の回答者に見る教科書別採用件数 は下記の通りとのことである。ただし、bとgはじつのところ同一書と思われる。

- a) 齊藤・坂下『はじめての工学倫理』昭和堂(16 件)
- b) 杉本・高城『技術者の倫理入門』丸善(12 件)
- c) 中村昌允『事故から学ぶ技術者倫理』工業調査会 (7 件)
- d) 松本純也『基礎からの技術者倫理』オーム社 (3 件)
- e) 日本建築学会『建築倫理用教材』丸善(3 件)
- f)藤本温『技術者倫理の世界』森北出版(3 件)
- g) 杉本・高城『技術者の倫理』 丸善 (3 件)
- h) 島本進『工学/技術者の倫理』産業図書(2 件)
- i) 金原他『エンジニアのための哲学・倫理』実教出版(2件)
- j) 林真理他『技術者の倫理』コロナ社 (2 件)
- k) 堀田源治『工学倫理』工学図書(2件)
- 1) 熊谷・高橋『技術者の倫理』技報堂出版(2件)

東京高専で現在使用中の教科書2冊がいずれもランク入りしていないのが意外であった。というのも,本科4年生必修科目「工学倫理」で現在使用中の教科書出版元に筆者が電話確認(2010年1月15日)したところ,年間1000部程度出ており(うち東京高専で200部購入),高専に限定しても東京高専を含めて少なくとも4高専で現在採用されているとの話だったからである。また,専攻科1年必修授業「技術者倫理」で使用中のもう一冊の方は,高専十数校の教員が共同執筆している教科書であり,各執筆者の高専で採用されていてもおかしくないからである。よって,今回のアンケート結果からは漏れたところにも,実績ある教科書が他に複数存在しても不思議はないと結論したい。

教科書採用をめぐっては、教科担当者にはたしかに迷いが生じるところであろう。アンケート結果を見ると「課題となっていることはありますか。 適当なものを選択してください(複数回答可)」との設問に対する回答者比率が下記のようなパーセンテージで紹介されている。

倫理観達成判断・・・・・30.5 (%) 成績評価・・・・・・28.8 学内教員確保・・・・・25.4 適当な事例なし・・・・14.7 視聴覚教材不足・・・・14.1 学生の興味・・・・・13.6 適切な教科書なし・・・・13.0

専門外の教育・・・・・13.0
扱うこと自体・・・・・・11.3
実務課題を大学で扱う・・10.2
組織的な協力・・・・・・9.0
企業の協力・・・・・・・・6.8
他機関の情報不十分・・・・・6.2
その他・・・・・・10.7

回答者の13%が「適切な教科書なし」を技術者倫理教科の一課題として挙げている点に注目してよいだろう。事実上はもっと大きな割合の教科担当者が教科書で苦心していることがこのデータから読み取れそうに思われるからである。なぜなら例えば「倫理観達成判断」の部分で、30.5%が課題と感じているとのことであるが、「課題」という言葉の取り方次第では、回答値はもっと高めでもおかしくないと思われるからであり、その他の選択肢の場合も概ね同様だからである。

ここで「適切な教科書」というときの「適切」 性判断基準は各自の主観となるが、ひとつには価格の問題があるように思われる。たとえ内容が充実していても、学生への経済的負担がやや高すぎるものがあるということかもしれない。また、教科書の記述内容に不具合があるという判断かもしれない。

しかし「教科書を教えるのではなく、教科書で教える」という言葉が教育界にあるように、教科書で不具合と思われる点がもしあれば、教師が補足や修正しながら、授業することもできる。それはそれで、学生にとって記憶に残る効果的な教育になるだろう。「適当な事例なし」という点についても、たとえば仮想事例を自ら考案するなど、工夫の余地は大いにあるにちがいない。

しかしここが大事な点なのだが、そうした工夫を加えるための時間的、心理的その他の余裕がもし教師から失われているとすれば、まずそこから根本的に改善されねばならない。教師にゆとりがないと、一定の教育効果も達成し難いだろう。

それでは技術者倫理の教育効果は上がっているか。何をもって「教育効果」とみなすことが適当か。「教育成果の内容に関するその他の自由記述」が特に興味深いのでつぎに見てみよう。

アンケート回答者たちの間で, じつは教育効果 についての否定的な自由記述はほとんどなかった

模様である。「学生の興味, 関心が薄すぎる」および「試験は良いが, 1 年もすると忘れている」という回答が計2本見られるだけである。

教育効果に関する肯定的意見としては、下記の 諸回答を紹介させてもらうことにする。

- ・「安全安心は一部の専門家に任せるものでは なく、専門を学んだ者全てが、自ら実践する ことによって実現できる、という意識が専攻 全体に浸透した。」
- ・「日常生活における問題解決力(問題の発見能力,分析力,判定力,判断力,対応能力,コミュニケーション能力,議論能力等)」
- ・「正直であれ、という原則がわかってきた。」
- ・「卒研配属の際に、倫理の問題の存在を知っている学生が増えた。」
- ・「院生の研究倫理に関する自主性が増大して きた。」
- ・「全研究室で2名以上の学生安全委員を選出してもらっているが、現在、その約2/3は自ら立候補した者で占められている。統計はとっていないが、研究における事故・ヒヤリハットが減った。」
- ・「技術者としての倫理的観点から,専門科目 の内容について考えるようになった。」
- ・「10%程度の人は強い関心を示し, きちんと したレポートを書いている。」
- ・「技術者の倫理に対して学生が興味を持ったことがレポートから伺える。」
- ・「社会基盤に対する理解が深まり、進路を考える機会となっていることが感じられる。」
- ・「技術士 1 次試験を受験した学生からは、適 性科目の試験はよくできたとの声を得ていま す」
- ・「技術士一次試験の倫理に関する模擬試験で7 割以上の成績を収めている。」
- ・「JABEE を受審してプログラムが認定される 予定である。」
- ・「他者を思いやる態度が身に付いた。」
- ・「学内での不正行為,犯罪が大幅に少なくなってきている。」

このなかで特に着目したいのは、最後に引用した「学内での不正行為、犯罪が大幅に少なくなっ

てきている」という回答である。こうした事実はすばらしいが、これはたぶん極端なケースであり、このような事態が発生しないからといって、技術者倫理教育が無効だとは結論できない、ということを強調したいためである。なぜなら、技術者倫理の教育目的に適う効果とは、教育機関在学中よりも社会人としての実務の中でこそ発揮されるできものだからである。だからこそ継続教育(Continuing Professional Development: CPD)が必要なのである。継続教育の中で、継続的倫理教育・研修(Continuing Ethical Development, これを略して CED と新たに呼称したい)を充実している必要がある。ただし、それは押しつけがましくない必要があるだろう。そして JST が無料で提供する Web ラーニングプラザも利用したい 3)。

技術士会等,工学系学協会は最近盛んにこうした CPD を唱えるようになった。継続には端緒がいる。その端緒のひとつを,教育機関が提供する。あくまでも端緒,入門であるから,大きな実績は期待しない。長い目で見ざるをえない。その観点からすると,ある人物がたとえ在学中は倫理的模範生でも,もし社会人として倫理を無視するようになるならば,在学中の倫理教育は,少なくともそれだけでは,また少なくともその人物にとっては,非力だったことになるだろう。つまり,その事実だけでは,在学中の倫理教育一般の無効性・不要性の証明にはなりえないのである。

技術倫理協議会による 2009 年アンケート結果 に注目可能な点は他にもむろん多く存在するが, 本稿では以上を以て一区切りとし,次節では,卒 業後の継続教育とサポート体制について社団法人 電気学会における倫理綱領の改訂に着目して論じ た,河村報告に移ることにする。

#### 第2節

#### 学協会における倫理綱領・行動規範の検討動向 河村 豊

技術者倫理を学んだ学生が社会に「船出」した 後,技術者倫理に関わる学習・研修をどのように 継続できるか、また技術者倫理に関わる問題に直 面したさいにどのようにサポートされるのか。卒 業生が所属する企業等の所属機関を除けば、学生 の母校および、所属が予想される学協会にその役 割が期待される。

本節では、学協会の倫理綱領・行動規範をさらに実効性の高いレベルに改善し、上記のような技術者倫理に関わる継続教育、サポート体制を構築しようとする近年の動きについて、社団法人電気学会を事例として紹介したい。

#### (1) 「倫理綱領」改訂に示された新規性

電気学会は、1998年5月に「倫理綱領」を制定 した後、2007年4月に改訂を実施した。まず、改 訂内容について確認しておきたい。改訂前の「前 文」ではこう書かれていた。「電気学会会員は、 電気技術に関する学理の研究とその成果の利用に あたり, 電気技術が社会に対して影響力を有する ことを認識し、社会への貢献と公益への寄与を願 って、下のことを遵守する」<sup>4)</sup>。それが改訂後は こうなっている。「電気学会会員は,研究開発と その成果の利用にあたり、電気技術が、様々な影 響やリスクを有することを認識し、持続可能な社 会の構築を目指して、社会への貢献と公益への寄 与を果たすため、以下のことを遵守する。 電気学 会も, その社会的役割を自覚し, 会員の支援を通 じて使命を遂行するとともに, 学術団体として公 益を優先する立場で発言していく」50。つまり、 改訂版の特徴は、めざすべき社会像を「持続可能 な社会の構築」であると指摘し、こうした社会の 構築に向けて、学会としての使命遂行および発言 活動を宣言している点である。学協会の倫理綱領 としては、新しい試みであると評価できる。

なお、綱領として示された項目数は合計 10 個と変わらないが、次の3点が新たに付け加えられている。すなわち、「持続可能な社会の構築に貢献する」こと、「自然環境、他者および他世代との調和を図る」こと、「プロフェッショナル意識の高揚につとめ、業務に誇りと責任を持って最善を尽くす」ことである。特に「他世代との調和」という表現は新しく、「持続可能な社会の構築」と連携しているといえる。

#### (2) 技術者倫理検討委員会の設置のねらい

電気学会は,2005年度から学会内に,「技術者倫理検討委員会」を設置し,会員間の情報の共有,「倫理綱領」の具体的運用方策としての「行動規範」の策定作業,さらに教材の整備を含んだ教育支

援策について検討を開始した。また、この検討のために、「現況調査 WG」も設置され、2006 年 3 月には「報告書」が出されている $^6$ 。

この段階での「現況調査」のねらいは、倫理綱領が会員に十分には理解されていないのではないかという疑問を解くことであった。確かに、上記の報告書には、電気学会会員へのアンケート結果として、「倫理綱領」を制定したことを知らなかった会員が 42%であることが示されている(2005年度) $^7$ )。

また、電気学会が「技術者倫理検討委員会」を 設置した背景には、前年の2004年4月の「技術倫理協議会」発足があったようである。この協議会 は、応用物理学会、化学工学会、電気学会、電子 情報通信学会、土木学会、日本化学会、日本機械 学会、日本技術士会、日本原子力学会、日本建築 学会、日本工学アカデミー、日本工学教育協会の 計12 学協会が参加していた(2006年3月時点)。 技術者倫理に関する共通課題について協議し、倫理の普及・推進、検討および問題の解決などを図 ることが目的であるので、「技術者倫理検討委員 会」はこの「技術倫理協議会」の活動を電気学会 に報告する役割も担っていた。

さらに、前記「報告書」では、新たに策定する「行動規範」への要望もまとめてある。たとえば、「行動規範」が包含すべき内容としては、「研究開発・業務活動における不正行為である捏造、改竄、盗用等の防止に関する事柄(30%)」、「学会員が所属する企業、大学、研究機関など組織の利益と、公衆の安全、健康、福祉など社会の利益との相反への対処に関する事柄(27%)」、「科学技術の急速な進展により人間社会が直面する情報倫理、生命倫理、環境倫理等、倫理全般に関する事柄(24%)」などが要望として示されていた。

8) したがって、「技術者倫理検討委員会」の重要な役割は、「行動規範」を策定することにおかれていた。

技術者倫理検討委員会の「設置趣意書」<sup>9)</sup> には、委員会の目的が以下のようにまとめられている。「電気学会では平成 10 年 {1998 年} 5 月の通常総会で「電気学会」会員が守るべき基本条項を「倫理綱領」として制定し、以降、毎年学会誌などを通じて会員への周知を図ってきたが、現状の倫理綱領だけでは具体的な事象に遭遇した際の判断基準と

して十分とは言い難い。一方近年、社会インフラ を支える電気分野においても重大事故や過失が発 生した際に、「企業倫理」や「技術者倫理」が社 会的に問われる事例がしばしば発生している。ま た、工学教育の現場でも JABEE (日本技術者教育 認定機構) 受審時に技術者倫理教育上, 改善すべ き点が顕在化する例がみられる」。このように現 状を特徴づけた上で、「今般先に制定した「倫理 綱領」の趣意を会員が相互に協力して、より積極 的に実践していくことを目的として、判断基準の 整備と教育・普及啓発上の手法の構築に向けた調 査・検討を行い、より具体的な電気技術者として の「行動規範」や「教育手法・教材」などを整備 する」と、「技術者倫理検討委員会」の設置目的 を説明している。すなわち、「行動規範」の策定、 および「教育手法・教材」の整備である。ただし、 2年後には、この2つの目的の他に、「倫理綱領」 の改訂も加えられることになった。

#### (3) 電気学会行動規範の特徴

「倫理綱領」(一部改訂版) および「行動規範」制定は,2007年4月25日に行われた。また「技術者倫理検討委員会」は,常設委員会として「倫理委員会」に衣替えし,「学会活動全般を倫理面から指導監督」するよう,格上げされた10。

「倫理綱領」の改定部分については、(1)において紹介したので、ここでは制定された「行動規範」の特徴を紹介したい $^{11}$ 。

「行動規範」は、理念としての「倫理綱領」で 示されている 10 項目について, 実践的な観点から 説明が加えられている点にその特徴がある。たと えば、改訂によって「倫理綱領」に追加された項 目を見てみよう。第2項「自然環境、他者および 他世代との調和を図る」では、まず「自然環境、 他者および他世代との正常な関係の維持」(2-1) として「会員は、科学技術が損なってきた自然環 境, 他者の生命や人格, および他世代との間の互 恵的な関係を正常化することが、科学技術の一翼 を担う電気技術者の責任であると自覚し、そのた めに率先して行動する」と説明し、「関係を正常 化」するために「率先して行動」することを行動 規範として示している。その他に「畏敬の念」 (2-2), 「謙虚さと英知の結集」(2-3), 「社会の 一員としての自覚」(2-4),「倫理観の陶冶」(2-5) の説明がある。また、第7項「プロフェッショナル意識の高揚につとめ、業務に誇りと責任を持って最善を尽くす」では、たとえば、「社会への影響を見据えた研究開発の推進」(7-3)では、「会員は、研究開発とその成果の利用にあたっては、電気技術がもたらす社会への影響、リスクについて十分に配慮する」という説明で、技術が社会にもたらす影響・リスクについて「配慮」することを行動規範として示している。その他に「専門能力の不断の向上」(7-1)、「関係者の専門能力向上のための環境整備」(7-2)、「技術成熟の過信への戒め」(7-4)、「ワーク・ライフ・バランスの実現」(7-5)の説明がある。

#### (4) まとめと評価

技術者倫理教育を既習の工学系学生にとって も、実社会に出てからの継続教育とサポートの体 制は重要な要素であると本節冒頭で述べた。では、 電気学会の活動はどのように評価できるだろう か。継続教育の点については、本節では内容にま では踏み込んで検討しなかったが、「教育手法・ 教材」整備の一環として,「事例集」が作成され, 「技術者倫理研修会」も実施されている<sup>12)</sup>。 継 続教育の素材を提供していると評価できる。一方, サポート体制については, まだ具体化されていな いようである。ここで言う「サポート体制」とは、 実際に技術者倫理に抵触する事例に遭遇した場 合,たとえば,現実の行動予定と「行動規範」と の間にディレンマ(板挟み問題)が発生したとき に、相談できる窓口のような部署と筆者はイメー ジしている。残念ながら電気学会の倫理委員会が 2007年に発足した際の「設立の主旨」の中にも触 れられていない<sup>13)</sup>。 むしろ, そこには「罰則規 定の整備」という文言が示されており、その点が 少々気になる。困難に直面した際のサポート体制 が無いままに、「罰則規定」の方が先に整備され ることへの違和感である。

なお,「行動規範」の 7-3 で説明されている「配慮」の論点は,技術者倫理教育においても特に大切な論点であると評価しておきたい。

#### 第 3 節

書評 久保文明・有賀夏紀編著『個人と国家 のあいだ〈家族・団体・運動〉』(ミネルヴァ

#### 書房 2007 年)

浅野敬一

本書は、アメリカ学会の創立 40 周年記念事業の一環である『シリーズ・アメリカ研究の越境』の一つとして刊行されたもので、技術者倫理やその教育を目的とした書ではない。しかし、本書の掲げる「個人と国家のあいだ」に存在する種々の「組織」に着目することは、技術者倫理を考える上でも有効であろう。技術者の直面するジレンマの多くは、個人の倫理観と企業等の組織との挟間で生まれるからである。そこで、技術者倫理等に示唆を与えてくれる章を中心に紹介し、いくつかの論点を提示したい。

まず、序章「組織からみるアメリカ」(執筆者: 有賀夏紀)では、フランスの政治思想家トクヴィ ルを引きながら、アメリカ人が個人主義的傾向を 強く有すると同時に、組織をつくることを指摘す る。トクヴィルは、「貴族制の国では、政府や権力 のある指導者が市民の力ではできないことをす る」が、「すべての市民が平等である民主主義の国 ではそうした力は創り出さなければならず、その ために人々は連携する」という。約170年前のト クヴィルの議論は、今日でも形を変えて生き続け ている。筆者は、他人との日常的な繋がりが希薄 になり普段は「自分の殻の中で生活」しているよ うにみえる現代でも、環境保護の運動のように、 必要となればともに行動する傾向もみられるとす る。そのうえで、さまざまな組織形成の原動力や 組織のあり方は、「アメリカの本質とされてきた個 人主義と民主主義の問題につきあたる」と問題を 提起する。

第三章「コーポレート・アメリカ―ビッグ・ビジネスとミドル・クラス―」(執筆者:谷口明丈)へ進む。大企業は、アメリカ発の組織としても、また技術者との関係においても看過できない。19世紀後半のアメリカでは、それまでとは比較にならない規模の大企業が登場した。鉄道に始まる大企業の歴史は、技術革新の成果を取り入れながら、鉄鋼や石油といった素材産業を経て、20世紀には自動車等に代表される耐久消費財産業へ展開する。

本章は、こうした大企業の成長過程において、 アメリカ建国の理想、つまり独立自営農民や自営 業者を中心とした社会という理想が崩壊する一方 で、新たな社会の担い手が生み出されたとする。そのひとつが、熟練労働者に代わって生産過程を管理し、また新たな技術や製品の研究開発を行う者、技術者である。技術者は、これも大企業の成長とともに生まれた事務員やセールスマン及びそれらを管理する中間管理職とともに、ホワイトカラーと総称される新たな階層を形成した。とくに、第二次大戦後、巨大で複雑な管理機構の中核を成したホワイトカラーは、会社への忠誠を尽くしながら内部昇進の階梯を登ることを人生の目標としたのである。

その後,1970年代になると,国際競争力の低下に直面したアメリカの大企業は,大規模なリストラクチャリングに着手,ブルーカラーのみならず大量のホワイトカラーもレイオフされるようになった。筆者は,大企業の変容に伴い,ホワイトカラーに求められる能力が企業特殊的な知識からより専門的な知識へと変化したこと,ホワイトカラーが担ってきた情報処理と調整の役割の相当部分がコンピューターに代替されたこと,従業員への分配を重視したコーポレート・リベラルの立場を放棄して株主価値の最大化を経営の目的としたことを指摘する。そのうえで,大企業とともに成長したホワイトカラー層が動揺することで,社会の分断及び格差の拡大と固定化をもたらしていると警告を発している。

しかし、これらの変化が社会における大企業の 影響力を減じたわけではない。筆者も指摘するよ うに、従来からの大企業は、不採算部門の売却や 中間管理職の削減を進める一方で、合併や買収に より中核事業の拡大を進めた。また、IT 産業等の 発展に伴い、新たな巨大企業も多数出現している。 企業をはじめとする現代の組織は、これまで以上 に複雑化と巨大化が進んでいるのである。

こうした複雑に発展した組織をチェックするには、不正の現場に近い職場にいる者からの告発、すなわち内部告発を社会が必要としてきていると論じるのが、第六章「アメリカ社会と内部告発」(執筆者:寺尾美子)である。まず、筆者は、「アメリカ社会に内部告発の社会的意義を痛感させた数々の出来事」として、1970年代を中心とする4つの事例を概観する。フォード社のピント事件や原発の杜撰な安全管理を告発したシルクウッド事件は、技術者倫理の教科書でも頻出である。加え

て本章では、ベトナム戦争における政府の意図的な情報・世論操作を明らかにしたペンタゴン・ペーパーズ事件、ニューヨーク市警に蔓延する賄賂を告発したセルピコ事件も取り上げられる。

筆者は、これらの事例は、告発が何らかの改革を喚起した点では「社会的意義」を有していると指摘する。ピント事件は、たまたま発生した欠陥商品ではなく、設計(デザイン)上の問題を広く社会に認識させた。ペンタゴン・ペーパーズ事件の連邦最高裁判決(1971年)は、内容が国家機密に属すると認めつつ、「それが国民を騙して彼らを遠い異国の地に送り、異国の熱病や異国人による銃撃や砲爆にさらすことを防ぐことは、報道の自由を保障された報道機関が負うべき最も重要な責務のひとつである」と、報道の自由の観点から告発を支持した。また、シルクウッド事件は、1978年に原発分野における内部告発保護の連邦法を制定させた。

しかし,筆者は,「社会的意義」以上に,当事者 たちの暗転した人生を検討する。まず彼らが直面 することは、組織における降格や冷遇、 さらに報 復的解雇である。なかでも、政治学者の C. F. ア ルフォードの調査を引いた「話を聞く機会を持っ た内部告発経験者の約30%が驚くことに、当該組 織が雇っている警備員に銃口を突きつけられ、今 後の職場への出入りを停止される経験をしてい る」との記述には恐怖さえ感じる。また、失職後 も,内部告発者はブラックリスト化され,再就職 は容易ではない。1989年の連邦公務員制度改革に より、「政府機関が新規雇用を検討している志願者 が、過去において内部告発をしたことがあるかに ついて情報提供しないこと」となったが、それま では、「政府機関においてさえも、ブラックリステ ィングが横行していたことを示している」のだ。

また、告発の当事者たちは、失職にとどまらず、経済的・精神的危機、さらには家族への攻撃に至ることも少なくはない。ピントの問題をフォードの上層部に上申した主任エンジニアのキャンプは、人事評価の低下、左遷、辞職の道を辿った。セルピコは仲間の陰謀を疑わせる捜査中の銃撃で負傷、子供のころからのあこがれであった警官を辞め、アメリカも離れた。さらに、シルクウッドは不可解な自動車事故で死亡した。筆者の指摘するように、近年は、「whistleblower」と否定的印象を一

見払拭した呼び方が定着し、内部告発の社会的意義も認められてきてはいるが、内部告発者の吹く笛は、スポーツの審判のような権威あるものではなく、やはり「必死の笛(whistle of desperation)」なのである。

それでは、ここまでの苦難を伴いながらも、な ぜ内部告発は生まれるのか。筆者は、こうした事 例をもとに、「内部告発者が遭遇する数々の苦難は、 日米社会の異質性よりその類似性を強く示唆する ものであった」として、「アメリカが他国に先駆けて内部告発者保護の法制化を行った事実は、現代 社会が経験しつつある変化が、アメリカにより早く訪れたことを示しているだけなのかもしれない」と振り返る。ただし、同時に、筆者は、正義の存在を人々が認識することが内部告発者を生む源泉であり、「こうした認識をアメリカ人がアメリカ人である故に、他国の人々より抱きがちな傾向が強い」と、内部告発がアメリカ固有の要因から 生まれてきたことをも示唆して議論を終える。

これらの章のほか,第五章「ジャーナリズム批判と自己統治」(執筆者:石澤靖治)も,社会に対する自らの力を自覚することの重要性とともに,オンブズマンを中心とした自己統治への取り組みとその難しさを指摘して興味深い。

以上,本書は,「組織」からアメリカ社会を再考するユニークな取り組みであり,技術者倫理に関連する重要なテーマも包含している。もちろん,アメリカ研究を目的とした本書に対して,技術者倫理の観点からの評は単なる無いものねだりになる。しかし,本書が結果的にではあるが評者に問いかけてくれた技術者倫理に係る論点を整理しておきたい。

第一に、特殊アメリカ的要因を如何に普遍化するか、あるいは逆にローカルな文脈で捉え直すかである。既述のとおり、序章は、アメリカにおける組織の問題はアメリカ的な個人主義や民主主義に行きつくのではと問題提起をしている。また、内部告発を扱った第六章も、アメリカ人ゆえに生まれる内部告発の可能性を示唆する。ところが、指摘のとおりとすれば、技術者倫理の側にとって事は複雑である。組織に係る問題の多くを特殊アメリカ的要因に帰着させれば、技術者倫理と組織の関係を整理し得る道筋はきわめて限定されるためである。日本における技術者倫理もある種の外

来学問として出発したが、普遍的な倫理観と個々の環境という両端からもう一度問い直すべき点があるだろう。

第二に、企業や技術者のあり方が大きく変化する中で、技術者倫理が実践的な専門職倫理としてのダイナミズムを維持しているかということである。第三章は、新たなIT企業等について、「雇用の大半はホワイトカラーであり、高度な専門性を有する技術者と経営者がその中核をなしている」が、「IT産業においてはホワイトカラーのあり方は最初から伝統的なものとは異なっていた」と指摘する。技術者倫理の目指すものは同じとしても、それを実現するための方策は、経営のあり方、雇用の形態、求められる知識等々により大きく異なる可能性があるといえよう。

#### 第4節 新聞記事を技術者倫理の教材に 木村 南

専攻科の 2009 年度「技術者倫理」の授業で、2009年1月26日に大分市の南日本造船での作業用タラップが落下し26人が死傷した事故について、パワーポイントで記事を例示してからグループ討論後に各人からレポートを提出させた。ここでは少し長くなるが、記事全文を引用することにする。

「大分市の南日本造船(本社・大分県臼杵市) 大在工場でタラップが落下して26人が死傷した 事故で、船に斜めに架けるためにタラップに取り 付けた鉄製のフックを製造した大分市内の鉄工会 社の社長が26日、朝日新聞の取材に「納品前に 強度計算や強度検査はしなかった」と証言した。 発注した南日本造船も強度計算や強度検査はして いなかったと認めており、安全管理のずさんな実 態が浮かび上がった。

南日本造船によると、タラップ本体(重さ約6トン)もこの鉄工会社が製造し、昨年8月から船に水平に渡して使っていた。船に斜めに架けて使うため、南日本造船がL字形のフックを同社に発注。フックは重さ約100キロで、鉄製のボルト

(直径約2センチ) 4本でタラップの先端に取り付け、事故が起きた23日に初めて使用した。

発注側と製造側のいずれも強度検査などをしていなかった点について、鉄工会社の社長は「うちはタラップもフックも南日本造船が用意した部品を組み立てただけ。検査などは100%、南日本造船がやるべきことだ」と話した。

社長はタラップ本体の重さが約6トンあるとは認識していなかったと主張。ボルトも南日本造船側が用意したとして「30人程度が乗ると分かっていれば、もっと強度の高いボルトを使った」と述べた。

南日本造船は事故直後、タラップは重さ約3トンと発表。大分県警と大分労働局の24日の実況見分で6トンと判明するまで重量を把握していなかったことが明らかになっている。「直接の担当者が不在のため、詳しいことは分からない」としている。

調べでは、ボルトには4本とも強い力が加わったことを示す「剪断(せんだん)破壊」が起こっていた。県警や労働局は、一度に多くの作業員が乗った重さで4本のボルトが同時に折れ、タラップが落下したとみており、南日本造船と鉄工会社の双方の幹部らから事情を聴いて、フックを取り付けた詳しい経緯を調べる。」(2009年1月26日22時4分朝日新聞)

この記事に対して回答者 28 名 (回答率 90%) の意 見を大別すると,「発注会社に責任=10 名」「発 注会社に 7 割責任 受注会社に 3 割責任=8 名」「両 方に均等責任=8 名」「受注会社に責任=2 名」とな り,発注会社の責任が重いとする意見 18 名で全体 の 2/3 を占めていた。

「発注会社に責任=10名」の論旨は「発注図面に設計ミスがあり重量見積りを3トンとしていた。(実物6トン)」「発注側が安全試験行っていない」「受注会社の弱い立場では強度不足を指摘できない」「南日本造船は世界初『フラッドドッキングシステム』という別々の工場で組み立てた船体を接合するシステムを事故船舶の造船に使い、安全管理が手薄であったのではないか」としていた。

これらの学生たちの意見を集約して以下に分類して示すことにする。

「発注会社に7割責任 受注会社に3割責任=8 名」では「設計計算は発注会社の義務」がありながら「図面には使用条件明示がない」そして「発注側,受注側 両者ともチェック体制構築が必要」であり、現実には「下請けは依頼通りの仕事をしないと次の仕事が来ない」という受注側=下請けという図式が想定されている。

「両方に均等責任=8名」という考えには「双方に安全管理面に問題あった」また「タラップ製造会社:用途に応じた再設計・再計算が必要,危険は予見できたと思われる」こと,もしも「発注元に専門知識がなければ開発設計・製造を完全委託しなければならない」として発注側,受注側の双方に改善を要求している。

「受注側に責任=2名」では「受注側が発注仕様の矛盾に気がつかなかったのか」もし受注側に設計能力がなければ「受注側が強度計算を別会社に依頼すべき」であること。最終的に事故がおきれば「タラップを製造するところが責任を負うべきである」としてタラップの製造責任を問うている。

このタラップ落下事故の原因は「県警や労働局は、一度に多くの作業員が乗った重さで4本のボルトが同時に折れ、タラップが落下したとみており」「南日本造船と鉄工会社の双方の幹部らから事情を聴いて、フックを取り付けた詳しい経緯を調べる。」(前出朝日新聞)としている。

PL 法では製品のミスとして設計ミス,製造ミス, 検査ミスの3種が考えられている。今回のタラッ プ落下事故はまず製品重量(6 トン)が間違って3 トンとされており,まず設計ミスがある。次に「発 注側と製造側のいずれも強度検査などをしていな かった」(前出:朝日新聞)ことから検査ミスがある。 しかし受注側が「検査などは100%,南日本造 船(発注側)がやるべきことだ」(前出:朝日新聞) として「納品前に強度計算や強度検査はしなかっ た」ということは「うちはタラップもフックも南 日本造船が用意した部品を組み立てただけ。」と して免責されることなのだろうか。

もし受注側がボルトの強度不足がわかっていても「ボルトも南日本造船側が用意した」として「30人程度が乗ると分かっていれば、もっと強度の高いボルトを使った」(前出朝日新聞)として、受注側は悪意がないと主張している。これらの考え方は「受注側=下請け」の図式では受注側には技術

的には甘えがゆるされると考える根拠とされる。 さらに一般的に「下請けは依頼通りの仕事をしな いと次の仕事が来ない」として受注側の責任を免 責し、発注側の責任を問う考え方をしがちではな いのか。

「受注側が発注仕様の矛盾に気がつかなかったのか」という受注側の責任を問う考え方には、タラップを製造した受注側が発注側に示した3トンという重量で製造したことはないだろう、少なくとも鋼材の発注を行うときにタラップの重量が6トンだとわかっていたと思われる。鋼材価格から見て、当時10万円/トンであり、タラップ重量が3トンであれば鋼材の購入価格は30万円であり、実際の6トンの重量であれば鋼材購入価格は60万円になる。これだけの価格差があれば受注側はタラップの重量は知っていてしかるべきである。

それではここで非常にラフな強度計算を行って みることにする。(わかりやすくするために荷重と 重量を同一に扱うことにする)

一般的な安全率(材料強度÷製品への負荷)で設 計し製造するものとする。安全率を5(ボルト強度 の1/5の荷重にする=荷重の5倍の強度のボルトを 使う)とすると6トンがタラップの正しい重量だ と知っていたときに使うボルトの強度はその5倍 の荷重に耐える(安全率5の考え方)ことが必要で ある。従ってタラップを支えるためには合計30 トン (タラップ重量 6 トン×5=30 トン) の荷重に耐 えるボルトでなければならない。ところが使われ ていたボルトは「鉄製のボルト(直径約2センチ) 4本」(前出朝日新聞)である。1本のボルトのせ ん断強度は4~6トン程度であったと考えられる ので、仮にボルト1本のせん断強度を5トンとす ると4本で合計20トンの荷重しか支えられない。 これではタラップを支えるフックを止めるには直 径 2 センチのボルトを 4 本使っただけでは強度不 足は明白である。

受注側は「30人程度(筆者計算60kg×30=1.8 トン)が乗ると分かっていれば,もっと強度の高いボルトを使った」(前出朝日新聞)としているが,タラップ6トンと30人1.8トンの合計7.8トンの荷重に耐えるためにはボルト強度の合計は約40トン(7.8トン×安全率5=39トン)である。実に設計値強度(40トン)の半分しか強度のない状態(20トン)になっていたわけである。悪いことにタラッ

プがフックにより斜めに船体に取り付けられるので応力集中やボルトの腐食も考えるとボルトの強度は低下する。さらに成人男子が工具などを持っていると平均体重は80kgぐらいになるのではないだろうか。するとタラップの取り付け強度はますます低下しいつ落下するかわからない状態であったと考えられる。まさに事故はいつ起きても不思議ではない状態であった。「(フックは・・・)事故が起きた23日に初めて使用した。」(前出朝日新聞)そして事故がおき2名の死者と28名の負傷者を出す労働災害事故を起こした。

今回の事故は、タラップの使用条件を考慮して、通常の設計をして、タラップを製造し、適切な強度のボルトでフックを取り付ければ起きなかったと考えられる。新聞報道からは事故原因はボルトのせん断破壊であり、それは設計ミスが起因であろう。今回の事故は技術者倫理よりも論理的な間違いが大きいと思われる。

しかし「タラップ重量は計算したことにして3トンとする」という発注側や「部材・ベルトは発注先が持ち込んだもの」「強度計算や強度試験は発注先がやるべき」「30人程度が乗ると分かっていれば、もっと強度の高いボルトを使った」という受注側の主張には倫理的な問題があると思われる。

技術者倫理の教科書では倫理と論理がきちんと整理されているが、新聞報道ではそのようなわけにはいかない。その結果として学生の意見はややステレオタイプになってしまったが、個々のレポートを読むと自分で考え、他者の理解を得て、相手の立場に立って行動すること、コミュニケーションの必要性を説く意見も多くみられたことを最後に付記しておく。

#### 第5節

書評 片倉啓雄・堀田源治著『安全倫理 あなたと社会の安全·安心を実現するために』 (培風館 2008 年) ほか 2 冊

庄司 良

"自転車をお店に買いに行ったとき,あなたは何を基準に自転車を選びますか?"という問いかけから始まる本書『安全倫理 あなたと社会の安全・安心を実現するために』では、数多くの事例を

交えつつ,技術者の卵たる学生に安全倫理を解説している。第1章から4章では,リスクを予見して評価する方法を説明し,第 $5\cdot 6$ 章では見出されたリスクに対する対策を考え,第 $7\cdot 8$ 章では事例を中心に,倫理的問題に直面したときに実践するべきことを学生に提案している。とかく技術者倫理の成本にありがちな"そもそも論"を極力排除して,何故技術者は倫理的な判断が求められるのかについて,人間の能力の限界や心理,民族性にまで踏み込んだ解説を施している。

筆者らは自分たちをして研究成果至上主義の教員と断じていながらも、安全教育や技術者倫理にも造詣が深く、技術者が直面する種々の問題について時にフィクションを創作しながら、演習という形で学生に技術者としての対応を考えさせるようにしている。無論、そうした演習に対して明らかな正解はなく、ケースバイケースで考える必要が出てくるため、本書でも提示した演習問題に対する答えは明らかにしていない。授業などで本書が使われた場合、答えは教員が解説を交えながら提示していくような使われ方を想定していると思われる。

技術者倫理の教科書は、現在までに多くが出版 されており、いずれも豊富な事例を引き合いに出 しながら、本来は技術者としてはこうするべきで あったと解説を施すものが多い。過去の事例から 未来を予測することは、特に安全・安心な社会を 実現する上で、重要な方法論の一つである。本書 ではあたかも本当にこういう事例があったのかと 勘違いさせるくらいに、詳細な状況説明がなされ たフィクションが設定されているのには驚かされ た。このことは我々技術者には、これから起こる と考えられる安全倫理・技術者倫理的な問題をで きるだけ細かく想定できることが求められるとい うことを, 暗に示している。加えて, 今までの技 術者倫理の教科書は、筆者の専門分野によって扱 われる技術者倫理的問題の分野に偏りが見られる ことが多かったが、本書の筆者は生物工学と機械 工学を専門とし、幅広い分野にわたって技術者倫 理的問題をカバーしている点は評価に値しよう。

財団法人 地球環境戦略研究機関 編 IGES 地球環境戦略研究シリーズ『環境メディア論』(中央 法規 2001 年) 本書は IGES (Institute for Global Environmen -tal Strategies) プロジェクト研究の研究成果を報告したものであり,環境メディア論に関する数少ない成書の中で草分け的な存在として,広く環境関連の研究者に注目されたものである。環境問題はともすると報道によりその問題が針小棒大に扱われ,時にセンセーショナルな話題としてワイドショーに取り上げられることもある。例えば,ダイオキシン騒動で埼玉県のホウレンソウに対する風評被害などはその際たるものであろう。従って,環境とメディアの関係を検証することは,環境行政の方向性を考える上でも,環境教育の側面からも重要である。

本書では、環境メディア論の一般論を皮切りに、 環境報道の歴史を振り返り、更に新聞・雑誌・テレ ビ・インターネットなどメディア別の環境報道の 現状と課題について掘り下げ、最後に市民・行政の 環境報道に対するあり方について考察している。 執筆陣はあえて工学部などの理系の環境研究者を 排し、法学部や社会学部などでメディア論につい て教鞭をとる教員やマスメディアに所属する記者 などで構成されている。そのためか、個別の環境 問題に対する技術的な考察や論証は極力省かれて おり、事実関係の真偽を論じることなく、メディ ア報道に対する良し悪しを論じている点で片手落 ちの印象を禁じえない。 基本的な方向性として, 過大なメディア報道に対して一定の警鐘を鳴らし, 同時に今後の環境報道のあり方や機能を提案した いということで 18 人もの執筆者の議論の方向性 が一致していることは、本書があくまでも一つの 国家プロジェクトによる助成を受けた研究成果の 報告書ゆえに他ならないかもしれない。もしそう だとすれば、本書自体がある意味偏りのある環境 メディアであるというジレンマを抱えているとい えよう。

マスコミに対して、環境報道のあり方をある意味強制するのではなく、上手にマスコミの力を利用して、世論を誘導し、最終的に望ましい国策を導入していくスタンスがこれからの時代に求められると考える。つまり、本書の続編として、メディアの使い方を研究者や行政に教示するような新しい環境メディア論の提示を求めたい。環境メディア論が 1990 年代後半から派生した比較的若い

分野であり、そもそも環境メディア論それ自体を 専門分野とする研究者は数少なく、学問としても 未成熟であることは否めない。それだからこそ、 環境メディア論を牽引する本書の筆者たちにおい ては、メディアの独立性という立場を遵守しつつ、 環境メディア論そのものの方向性を考えていただ きたい。

京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー 社会・環境科学専攻 著 京大人気講義シリーズ 『エネルギー・環境・社会 現代技術社会論』(丸善 2004年)

学際領域たるエネルギー論について、様々なバ ックグラウンドを持つ執筆陣として,エネルギー・ 環境問題を広範に扱っており、京大エネルギー科 学研究科の教員の層の厚さがうかがい知れる。大 学1年生相当の学生への導入教育を考える上で、 学生に理解させたいエネルギー・環境問題につい て、極力数式を排除しながら縦書きの本としてま とめたものであり、理工系のみならず人文社会系 の学生にも読みやすい本となっている。大きく 3 部構成となっており、第一部ではエネルギー問題 について, 地球温暖化問題からバイオマス, 環境 経済学までを扱っている。第二部では個々の環境 問題について、循環型社会、環境ホルモン、大気 環境を題材として扱い、第三部では現代技術の社 会問題として,システムの安全と安心,情報化社 会, 現代社会における豊かさまでを論じている。

人気講義シリーズをうたう以上、誰もが理解のしやすい内容にとどめ、社会性をキーワードとして問題を認知させるように構成されており、幾多ある環境学の教科書とは一線を画すようにデザインされている。しかし、本文で触れている様々なエネルギー・環境問題の解説は、従前の教科書や解説書の内容と大差なく、執筆陣の奥の深い専門性を反映したものではなく、結局のところ今まで出版されてきた教科書の域を脱しえていない章が複数散見されたことは期待以下であり、残念であった。執筆者らはいずれもその分野では最前線の研究者であるが、ある意味一匹狼的な教育者にかった。執筆者とそうではない執筆者が明確に分かれてい

る印象を持った。大学などの高等教育機関における教員は、研究者としては一流であっても教育者としては二流以下である場合があり、またそのことを本人さえも特に否定もしない風潮がある。しかし、少なくとも学生にそのような印象を与えないようにすることが教育者としての最低限の義務であると思うし、ましてや成書としてそうしたとがうかがい知れるようなものを残してはいようなもの書評では、本書のどの部分がこのようない。この書評では、本書のどの部分がこのようなことを感じさせるのかについて明示することは差し控えるが、やはり本の表紙に掲載される著者名として、○○専攻というような護送船団方式では、著者らの責任感も半減するだろう。

著者らの見識の高さ、専門性の深さを反映した 環境学の教科書を期待して読んだあまり、以上の ような厳しい書評となったが、一部は専門的な内 容まで踏み込みつつ、できるだけ分かりやすい表 現で個々のエネルギー・環境問題を扱っており、こ れで全体としての統一感があれば、学生の導入教 育のための教科書としても、また一般市民が環境・ エネルギー問題を理解するための解説書としても、 十分な成功を収めることが可能であると思われる。 時と共に環境問題の教科書が陳腐化する中で、大 胆且つ異彩を放つ未来予測を含めた新しい環境学 の教科書を、本書の続編として期待したい。

#### 第6節 技術者倫理教科書(杉本泰治・高城重厚著) 改訂版に見る新傾向

川北晃司

第1節で見られたように、技術者倫理教科書としては、ひとつには『大学講義 技術者の倫理 入門』(杉本泰治・高城重厚著)の普及が比較的顕著と想像される。しかも本書は第三版(2005年)を2008年12月15日に改訂し、すでに第四版目に入っている。そして「前版までは修正で補ってきたが、この第四版では、全体の半分ぐらいを書きなおすなどで大幅に手を入れた」(はじめに)とある。そこで本書の新旧を比較して、その一部分ではあるが今回の改訂部分と、そこから派生し得る議論を以下に記すことにしよう。

第四版には、第三版にはない下記のような記述 がある。すなわち「連帯感といい集団思考という のも、風土が関わる。経営者など指導的立場にある人は、企業の風土の形成に責任をもたなくてはならない。/企業の「体質」は、風土と同じもので、企業体を人体に見立てている。企業について「文化」(culture)といわれるのは、個人の「教養」(culture)の集合といえよう。企業の人々が意図して育てる(cultivate)ものである」(55頁)。

技術者倫理には個人の「教養」が関わり、しかも それには個人任せではなく、企業によるサポート が望ましい。その必要性を四版では強調している と見られる点で意義深い。「モラル上の人間関係」 と題した第4章「まとめ」の部分も「・・・技術者 のほとんどは、企業や行政機関などの組織のなか で働き、そこでコミュニティの一員として出会う 倫理問題がある。コミュニティの風土が個人に及 ぼす影響は大きく、また技術者が個人ではできな いことを,コミュニティの連帯によって実現する」 (65頁)と書きかえられた。以前の第三版では「・・・ 技術者倫理の実務では、技術者のコミュニティが 重要な役割をになう。そのことは、組織における 利害関係の相反 (=利益相反), および, 技術者が 対人関係の相手とする公衆とともに、技術者倫理 の特徴をなしている」とあった部分である。

いわゆる「公共の福祉」は「公衆の福利」と同じではないこともこの第四版でよりくわしく示唆される。それによれば、第二次大戦後の1946年、連合軍の占領下で日本国憲法が制定された際、「公共の福祉」が第12条、第13条に入った。憲法の草案作りの段階で、つぎの英語がすべて「公共の福祉」と訳された。

common welfare (共通の福利)
public welfare (公衆の福利)
general welfare (総体的な福利)
common good (共通の善)
public good (公衆の善)

のではなく、国や自治体の利益が優先され、一般市民の福利が犠牲になるのはやむをえないという発想になる。気をつけなければならないことである。なお、"福祉"は、いまでは、弱者保護の語になり、welfareの訳語としては適当でなくなった」(65頁)。

米国由来の技術者倫理の根本として、技術者は 「公衆の安全、健康、および福利」を図る義務が あるとされる。「顧客」や「雇用者」以上に「公衆」 を対人関係の相手と見るのが現代の技術者倫理の 重要な特徴である。公衆(the public)とは、「技術 業のサービス (=技術業の業務) に、自由な、ま たはよく知らされたうえでの同意を与える立場に はなくて, その結果に影響されるひとびと」と技 術者倫理では定義している。こうして技術者倫理 は、いわゆる「公共の福祉」(国、地域または多数者 または弱者一般の保護、という意味に近いだろう か)よりも、特定の意味での「公衆の福利」(いわ ば圧倒的に不利な知識格差・情報格差のもとにあ るかぎりでのステークホルダーの利害, と言って よいだろう)を最優先するものであると言えよう。 「公衆」はある特定の面ではたしかに「弱者」で あるが、総体的にそうとはかぎらず、また、多く の場合はたしかに「多数者」かもしれないが、本 質的にはただ一人でも「公衆」である。したがっ て、個人または少数の「公衆」の福利を損なうこ とで多数者の、あるいは誰かの福利の維持・向上 を図るような種類の開発は、たとえ集計原理とし ての功利主義では正当化可能性を有するとしても, 技術者倫理では正当とは認められない、というこ とになるであろう。

前文での「正当とは認められない」というこの命題は、つねに正当と認められるだろうか。「状況次第では倫理的技術者の帽子を脱いで、政治的責任者の帽子を被るべきだ」。そんな声も、他ならぬ技術者の卵である学生から聞こえてきたことがあった。教室で学生に議論させるとよいだろう。教師としては、議論の最後に以下のように注意することもできるだろう。すなわち、「にせのジレンマ」に気をつけよ。「A か B か?」との問いに「A も B も!」、あるいは「C!」と答えることこそ、論理的かつ倫理的な場合がある  $^{14}$ 。

今の例で言えば、「(ある種の)技術者の帽子」と「(ある種の)政治家の帽子」の両方を被れるよ

うな論理なり技術の採用・開発を志すことが論理 的に可能だし、倫理的にも好ましい場合もあるの ではないか。あるいは、どちらの帽子も脱いで、 技術者倫理では有名な元技術者の R.ボイジョリ ーのように、科学技術に関するメタレベルの研究 教育活動に従事するのも非常に有意義である。な ぜなら、それは多くのジレンマや矛盾を根本的に 見つめる作業とその教育を通して、それへの社会 的対処につながるからである。

そのような「虫のよい、あるいは悠長な選択肢 は許されない場合がある」という指摘もあるだろ うが、アリストテレス風の「徳の倫理」(virtue ethics)を参考に行為選択に臨むことはできる。そ れは行為者(人間)の徳性への影響を最も重視する。 今の比喩で言えば、ある種の帽子を被ったり脱い だりすることが、本人(自分)および関係者の諸徳 性(知恵や勇気や自制心や正義感や忠誠心や思い やりや希望など)をどう左右することになるか、 できるだけ冷静に想像することである。たとえ行 為の結果, 福利やジャスティスを得ても, 徳性, 平たく言えばある種の「たましい」を失っては本 末転倒である、という一定の価値観に近いものが、 たぶんここには流れているだろう。ただし、革命 家ロベスピエールらの恐怖政治を揶揄してハン ナ・アーレントが名付けた「徳の恐怖」(terror of virtue)についても、われわれは歴史から学ぶ必要 があるだろう。

三、四版を読み比べてみると、「環境と技術者」 と題する第 13 章も大きく変わっていることがわ かる。2005年の第三版では、下記の三事例を中心 に紹介していた。

第1話 環境保護が平和に結実

第2話 環境ホルモン 67物質のリスト廃止

第3話 デ・レイケの治水技術

2008年の第四版での変わりようには、以下のように著しいものがある。

第1話 環境保護が平和に結実

第2話 別子銅山煙害事件

第3話 環境行政の始まり一神奈川県では

第4話 四日市公害訴訟事件

事例の変更に加え、論調がいわばサクセス・ス トーリーで締めくくられるのが特徴的である。四 版の第2話はこう感動的に結ばれる。「煙害は、 開発されたばかりの技術によって完全に解決され た」(197 頁)。第3話の結びはこうである。「・・・ 川崎市はのちに、環境行政の先駆的な業績が高く 評価される。/日本の産業は、公害問題への対応 から省エネルギー・低公害型技術を育て,のちに、 その技術力がグローバルな環境対策に期待される ようになる」(199頁)。以下は第4話の結語。「革 新自治体を中心にした地方の、国よりもきびしい 環境行政によって、企業の公害防止投資は、1975 年には約1兆円に達して世界一となり、産業公害 防止が進み、また小型自動車の排ガス規制に成功 する。/政府の見方/日本政府は 1992 年のリオ 会議で、日本の経験は経済成長と環境保全が両立 し,維持可能な発展の例であるとして,「日本の深 刻な公害は終わった」と宣言した」(200-201 頁)。

この最後の部分には、二つの含みがあるだろう。 終わったのはあくまで「深刻な」公害だけである。 そして、全体としてこれは「政府の見方」であっ て、異論もあり得るという含みである。この「政 府の見方」について、本書は何とも論評を加えて いない。学生に自ら考えさせ、調べさせ、論評さ せるための、よいテーマにこれはなるだろう。た とえば「(深刻な)公害が終わる」とは、正確にはど のような事態を指しているのか。「終わる」のは公 害発生なのか,公害被害なのか,公害要因なのか。 本当に(深刻な)それらは「終わった」のか。要 因は潜在しており、公害がまだ「始まっていない」 だけのような事例はないのか。「終わった」宣言を めぐる国際的・国内的利害関係状況はどのような ものか。技術者は公害を防ぎ、終わらせるために、 どのようなことに注意できるか、など、学生に調 査発表させると有意義であろう。

四日市公害の例で言えば、公害の新規発生はたとえ絶えても、現存するぜんそく患者の被害症状が絶えることはないだろう。たとえすべての公害患者がその生を全うし終えても、公害によって人生を狂わされた人びとの歴史が後世に与える影響は、永遠に拡散しつづけ、終わることはないだろう。というのも、たとえ公害の傷は癒えても、傷痕は歴史に(しかし早晩不可視なかたちで)残り続け、人間の出会いやすれ違いや不在を生み、そ

して未来における無数の人生航路そのものを微妙 に転轍して行くからである <sup>15</sup>。

が、未来の遠さに応じて累乗的に増大するのに反

なるほど、そのような未来に対する責任の範囲

比例するかたちで,一個人の負う,未来時点での 責任の分担比率は急速に減少していくはずである。 しかし、未来に対する科学技術者の責任には、そ の科学技術的能力ゆえに公衆に比べて相対的に重 いものがあるだろう。そしてそれは、たんなる技 術論ではなく、業務において少なくとも法的責任 を全うさせるという構えを要求するように見える。 それでは, 具体的に四日市では工場側はどのよ うな法的責任を問われたのだろうか。四日市の事 例における特徴は何か。第四版を読むとそれがわ かる。すなわち、日本で四大公害裁判といわれる うち、他の三つはそれぞれ1個の企業が重金属を 排出したのとは異なり,四日市公害は,コンビナ ートを形成している多数の企業 (工場) からの大 気への排出によるものであった。四日市市は、川 崎市などと同様,都市の工場地帯であり,高速道 路など道路の自動車の排気ガスも加わる。個々の 工場の排出量は少なくても、全体として大気を汚 染し,住民に喘息などの健康被害を引き起こした。 そして四日市磯津地区の住民が、1967年9月、 コンビナートを形成する6社を被告として損害賠 償を請求し、1972年7月、裁判所はつぎの①② から、共同の不法行為責任があるとした。

- ①工場が隣接し合って集団的に立地し、だいたい時を同じくして操業を開始しているので客観的にみて関連共同性があり、そのような場合には、結果の発生についての予見可能性がある限り、共同の不法行為責任がある。
- ②工場の間に機能的,技術的,経済的に緊密 な結合関係があると認められ,その場合, たとえ1工場のばい煙が少量でも,結果に 対して共同不法行為責任を免れない。
- ついで,つぎの③④について過失があるとした。
  - ③工場立地に当たり、住民の健康に及ぼす影響について何らの調査・研究もなさず漫然と立地し、立地上の過失がある。
  - ④操業を継続するには、ばい煙によって住民 の生命、身体が侵害されないように操業す べき注意義務があるのに、漫然と操業を継

続した過失もある。

また、被告に責任はないとの主張に対して、つぎのように判断した。

⑤最善の大気汚染防止装置を講じて,結果回 避義務を尽くしたから責任はないと主張 するが,少なくとも人間の生命,身体に危 険のあることを知りうる汚染物質の排出 については,企業は経済性を度外視し,世 界最高の技術,知識を動員して防止措置を 講ずべきである。

以上は第四版からの引用であるが、引用文中の 裁判所判断「世界最高の技術、知識を動員して防 止措置を講ずべきである」の主語は「企業」であ ることに注意したい。技術者が主語ではない。法 的責任は第一義的に企業にあると言われている。 技術者に問われるのは、法的責任というより、企 業や組織に対して、法的倫理的責任を果たすよう に助言進言し協力する倫理的責任であろう。

しかし考えてみれば、そのような責任はなにも 技術者だけが引き受けるべきものではない。従業 員一般、そして国民一般が分かち合うべきものだ ろう。名称からして、技術者倫理が技術者とその 卵たちだけのための教科として受け取られるのは 避けがたい。ならば「技術倫理」もしくは「科学 技術社会論」(STS)の教育を拡充して、そのよう な倫理的責任についての認識を工業系以外の学生 にも普及させるとよい。それが同時に「企業倫理」,

「経営倫理」の教育にもなるのは言うまでもない。 結論として、根本的にはこのような教育の普及 充実によってこそ、倫理的技術者は「共犯化」や 「孤立化」の危険性 <sup>16)</sup> から徐々に解放されてい くものと思われる。

以上,第四版での改定部分について本稿で取り上げた点をまとめると,第一に,企業およびコミュニティの文化・教養・風土の大切さの強調。第二に,「公共の福祉」ではなく「公衆の福利」という概念を技術者倫理で用いる背景説明。第三に,環境保護を中心とした明るい展望での締めくくり,以上の三点であった170。そしてこれらの話題をきっかけに,にせのジレンマへの注意,徳の倫理,公害の傷跡の永続性認識,そして技術者倫理よりも受講対象者を広く想定した「技術倫理」教育等の必要性などについて本節では論じた180。

#### 註

- 1) http://committees.jsce.or.jp/rinri03/node/15# attachments
- 2) なお,東京高専技術者倫理教育研究チーム (川 北・河村・浅野・木村・庄司) が過去に実施 した 2 回のアンケート調査結果については下 記の論考を参照されたい。川北・河村・浅野・ 木村・庄司「技術者倫理教育に関する全国高 専アンケート結果の一考察 — 自由記述回答 から学べること — 」『東京工業高等専門学校 研究報告書』39(2)・2008 pp. 23-34,およ び川北・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
- 3) Web ラーニングプラザに関しては下記の拙稿で論じた。「技術者倫理教育の学習目標―「事例に学ぶ技術者倫理」コース(JST)に見る学習目標例―」『東京高等専門学校研究報告書』40(1)2008, pp. 13-24
- 4) 平成 10 年(1998 年)5 月 21 日制定. 参照時期 2006 年 4 月, 参照元

http://www.iee.or.jp/honbu/rinrikouryou.html

- 5) 平成 19 年(2007 年)4 月 25 日改正. 参照時期 2009 年 12 月,参照元 http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/11-aboutus/index060.html
- 6) 電気学会技術者倫理検討委員会現況調査 WG 「技術者倫理に関する調査報告」2006 年(平成 18 年) 3 月 31 日. 45p. 参照時期 2009 年 12 月,参照元

http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/39-rinri/doc/symp 1 H2 1.pdf

- 7) 同上 p.39
- 8) 同上 p.41-42
- 9) 技術者倫理検討委員会設置趣意書(平成 17 年(2005年)5月30日). 参照時期2009年 12月,参照元

http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/31-doc-honb/ri nri\_syuisho.pdf

10) 「倫理委員会」設置趣意書(平成 19 年(2007年)5月25日)参照時期2009年12月参照元

- http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/39-rinri/doc/rinri20070725.pdf
- 11) 行動規範およびその解説については,以下の報告論文を参照した.川村隆(倫理委員会委員長,他)「「技術者倫理」に関する事項について一会員支援のための倫理委員会の活動一」『平成 20 年電気学会全国大会』.参照時期 2009 年 12 月、参照元

http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/39-rinri/doc/sy mp 1 H2 1.pdf

12) 2008 年 8 月 28 日実施「技術者倫理研修会」 参照元

http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/39-rinri/doc/gi-080828.pdf

- 13) 電気学会「倫理委員会について」参照元 http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/39-rinri/index.h tml
- 14) この点については、アンソニー・ウエストン 著、野矢茂樹他訳『ここからはじまる倫理』 (春秋社 2004 年) 51 頁および藤本温編著『技 術者倫理の世界』第 2 版(森北出版 2009 年) 67 頁参照
- 15) これについては下記の拙稿で論じた。「四日 市公害および R. カーソンに学ぶ技術者倫理 教育」『平成 21 年度高専教育講演論文集』2009 pp. 143-146
- 16) これについては下記の拙稿で論じた。「責任 ある内部告発とは何かー技術者倫理教育の ために一」『東京工業高等専門学校研究報告 書』38(2),2007,pp.45-56
- 17) 2009年3月20日に改訂版の出た、放送大学教材である札野順編著『改訂版 技術者倫理』(放送大学教育振興会)においても、いわば「元気がでる技術者倫理」化への強い志向がうかがわれる。当該書から以下に引用しよう。「・・・ここで再度強調しておきたいのは、「技術者倫理」は技術者の行為を批判することが目的ではないということである。その目的は、技術者がすでに持っている倫理的判断能力・行動力をさらに伸ばすことである。すなわち、倫理的問題に直面した技術者が、自信を持って意思決定を行い、さらに技術者としての誇りを持って、その意思決定に従った行為を取ることを支援するのが技術
- 者倫理なのである。本科目も技術者倫理を学 ぶ人びとが自らの為すべきことを認識し, 「元気がでる」科目となることを望んでい る。/したがって、技術者倫理は、不祥事を 起こさないために、あるいは技術者の信用を 失墜しないため、何々はするべきではないと いった、いわば「べからず」集を技術者に押 しつけることが主眼ではない。技術者として の名誉と誇りにかけて意思決定ができるよ うな能力、「元気がでる技術者倫理」を身に つける基礎を学ぶことに大きな意義が存在 するのである」(125頁)。また,「2000年以 降の企業不祥事は、その多くが内部告発によ って発覚した。(中略)公益通報の問題は技 術者倫理を考える上で最も重要な課題の1 つである」(159 頁)としつつ,不祥事を起こ した企業のその後に対するフォローが見ら れる点も特徴的である。すなわち「なお、こ こで強調しておきたいことは、次章でも紹介 するように, これらの企業は不祥事発覚後, 原因究明も含めて懸命に自己点検・組織改革 活動に取り組んでいるという事実である。不 祥事から得られた教訓を基に倫理プログラ ムを構築し、再発を防ぐために真摯な努力を 続けていることは評価すべきである」(162
- 18) 「技術倫理」(ないし「工学倫理」や「科学技 術社会論」)があれば「技術者倫理」は不要 であると言いたいわけではむろんない。両方 必要なのである。非技術者にとっては後者が 関心外になるのも致し方ないが、技術者にと っては後者こそが必修となる。そして技術者 も非技術者も等しく、前者を学ぶことは社会 的人類的利益に合致する。それは技術に関し てメタレベルでの分析と価値判断をいかに 行うかを深く学ぶことだからである。それは 技術の諸「目的」および諸「限界」(英語で はどちらも ends) を考えることで, 人間(自 分)の ends 自体をとらえなおすことにもつ ながるから, 個人の人生にとっても有意義で ある。「技術者倫理」のなかに (歴史学的, 社会学的、哲学的など、技術にとってメタレ ベルでの分析を主とした)「技術倫理」的要 素をどこまで盛り込むか。その判断・方針の

差が、各種教科書内容の差の一部として今でも色濃く現れている。今後の動向については、「技術者倫理」は、より実務化あるいは簡素化し、「技術倫理」は、より哲学化ないし複雑化することで、相互に、教科としての独立性と同時に、教科の最終目標における依存性と相補性の度を高めていく可能性があるだろう。

(付記) 本論文は平成 18 年度-20 年度科学研究 費補助金(基盤研究C研究課題番号 18607005「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」川北晃司・河村豊・浅野敬一・ 木村南・庄司良) による研究成果の一部である。

(平成22年1月18日 受理)

# 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

斉藤純夫\*,山科貴裕\*\*,市川達也\*\*\*

Research of Aerodynamic Characteristics and Flow Patterns on Thin and Thick Blades of Wind Turbine

Sumio Saito, Takahiro Yamashina, Tatsuya Ichikawa

Wind turbines with a propeller-type rotor on a horizontal axis employ turbine blades, a 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. To improve overall wind turbine performance, various blade tip-root geometric components have been proposed and adopted to wind turbines in service. In terms of the low Reynolds number condition, this paper reports the evaluation of the fundamental aerodynamic characteristics and flow patterns at various conditions of angle of attack for wind turbine blade profiles (thin or thick), which are essential elements for improving the efficiency of the overall wind turbine system, and the aerodynamics around the blades are discussed.

(Keywords: Wind Turbine Blade, Thin Blade, Thick Blade, Lift Coefficient, Drag Coefficient, Angle of Attack, Stall, Pressure Distribution, Flow Visualization)

#### 1. 緒言

現在,自然エネルギの有効利用が地球規模で叫ばれており、そのうち風力による発電システムに関しては、高効率化と運転上の信頼性向上が重要な課題として認識されている.風車の運転に際しては、風況の変化による発電量の最適化を図るため、風車出力および発電機回転数の制御に関し、それぞれに適する風力発電システムの制御方式が採用されている(1)-(4).

実際のプロペラ形水平軸風車においては,翼先端部では厚み比 $\delta$ (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,翼根元部では厚み比の大きい厚翼が用いられているが,風車翼全体の翼構成については,風車メーカごとに異なるのが現状である.

風力発電システム全体の効率を上げるためには、上記のような最適なシステムの制御方式の採用とあわせ、流体力学的性能の観点からも、風車翼の各部位における最適な翼型の幾何学的構成の検討が必要である.

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(๑)-(11)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(12).

以上のような基本の翼型についても,各迎え角に応じて変化する流体力学的特性,すなわち揚力および抗力の変化と翼周りの流れ構造との関連に

ついては未だ十分に明らかにされてはいない.

そこで、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、実際の風車翼にも適用されている薄翼と厚翼の代表的な翼型を選定し、小さいレイノルズ数時におけるそれらの基本的な流体力学的特性評価を行うとともに、失速前後を含むいくつかの迎え角における翼周りの流動状態についても検討を加えた。

#### 2. おもな記号

A : 翼の代表面積 = 3.58×10<sup>-2</sup> [m<sup>2</sup>]

C : 翼弦長 [mm]

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

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

 $C_P$  : 圧力係数 =  $P_S / (\frac{1}{2} \rho U_{\infty}^2)$ 

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]

 $U_{\infty}$  : 流速 [m/s]

x : 翼前縁からの距離 [mm]

α : 迎え角 [°]

 $\delta$  : 厚み比 = T/C

 $\rho$  : 空気の密度  $[kg/m^3]$ 

#### 3. 供試翼型と実験装置

3・1 供試翼型 風車翼全体の構成として,薄翼および厚翼<sup>(10)</sup>の翼型が採用されている現状を踏まえ,本実験においては,それらの基本的な流体力学的特性と流れ状態との関係を把握することに主眼をおき,薄翼としては「NACA63217」を,厚翼としてはオランダのデルフト工科大学で開発された「DU97-W-300<sup>(5)</sup>」を供試翼型として選定した.

図1はそれぞれの翼型の形状を示す。厚み比 $\delta$ については、薄翼の「NACA63217」は 17%、厚翼の「DU97-W-300」は30%で、ともに翼弦長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。両者の翼形状については、翼先端部から最大厚み付近までの曲率が薄翼の方が厚翼と比べ、小さくなっている。また、翼型の製作精度については、薄翼および厚翼とも、設計寸法に対し 0.5%の誤差内で製作されている。



Fig.1 Shape of airfoils

3・2 実験装置 図 2 は実験に用いた風洞装置を示す. 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  $U_{\infty}$ の測定には JIS ピトー管( $6mm \phi$ )⑥と傾斜マノメータ⑦を用いた.実験に際しては、まず翼型を設置せずにその位置にてピトー管で風速を設定し、翼型を設置後、図 2 に示した翼後縁から

翼弦長の 4 倍後方で,翼後流にあたらない位置に ピトー管を移動設置して実験を行った.実験時に は両者の値が同じであることを確認している.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  $\mathbb{S}$  ,増幅器  $\mathbb{S}$  を介して多ペンレコーダ  $\mathbb{S}$  およびパソコンで記録した.

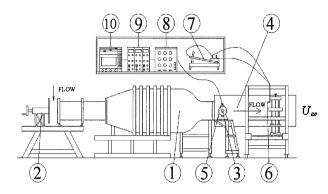


Fig.2 Experimental apparatus

#### 4. 実験結果と考察

**4・1 薄翼および厚翼の流体力学的特性** 図 3 は 薄翼「NACA63217」および厚翼「DU97-W-300」につ いて,レイノルズ数  $Re=1.4\times10^5$  の条件下で,迎え角  $\alpha$ 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.

実際の中大型風車の場合、レイノルズ数が 10<sup>6</sup> オーダであるのに対し、本実験においては、 レイノルズ数がそれより 1 桁小さいため、薄翼および厚翼の場合とも、最大揚力係数は小さく現れている. 一例として、文献(5)より、レイノルズ数が 10<sup>6</sup> オーダの場合、最大揚力係数は約 1.6 となっており、後述する「XFOIL」による解析からも、レイノルズ数の低下により、最大揚力係数の値が減少することを確認している.

薄翼の「NACA63217」は、翼形状がキャンバに対しほぼ対称に近い形のため、迎え角  $\alpha$ =0°のときは揚力係数  $C_L$ がほぼ 0 を示し、迎え角の増大に伴い揚力係数  $C_L$ が増加する。また、抗力係数  $C_D$ は、迎え角が小さい領域においては徐々に増加する。さらに迎え角  $\alpha$ が 20°のときに揚力係数  $C_L$ が減少するとともに、抗力係数  $C_D$ は急増していることが確認できる。

このように薄翼の「NACA63217」は,迎え角  $\alpha$  が 20°において一度失速を起こすことがわかる.失速後においては,揚力係数  $C_L$  は一度小さな増加を見せるが,その後は漸減する.

次に, 厚翼の「DU97-W-300」は, 翼先端から翼弦

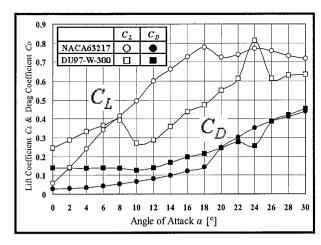


Fig.3 Aerodynamic characteristics (Thin & Thick blades).

長の約20%付近までは翼形状がほぼ対称に近く、全体的に丸みを帯びた形状をしている。その後、後縁に向かい翼厚みが減少し、かつ、翼下面の形状が後縁付近で上面方向に凸状に湾曲している。

揚力係数  $C_L$ の変化については、迎え角  $\alpha$  が 0°のときは約 0.25 で、迎え角が増えるにつれて徐々に増加するが、 $\alpha$ =8°から  $\alpha$ =10°にかけて揚力係数  $C_L$ が減少する. この  $C_L$ 値の低下幅は、後述の  $\alpha$ =26°の二次失速時の低下幅よりは小さい. また、抗力係数  $C_D$  は失速前と比べ、わずかながら減少しており、これは後述するように翼面上の流れの挙動と密接に関連している.

さらに、迎え角が増加するにつれて、揚力係数  $C_L$ は再び増加し、迎え角  $\alpha$ =24°のときに最大値を示し、その  $C_L$ 値は薄翼の「NACA63217」の場合とほぼ同じような値となっている。この後、迎え角  $\alpha$ =26°において  $C_L$ 値は急減し、この状態においては、抗力係数  $C_D$ は急増しており、翼全体において失速を起こしているものといえる。

以上のように、薄翼の「NACA63217」は、迎え角  $\alpha$  が 20°において一度だけ失速を起こすのに対し、厚翼 の「DU97-W-300」は、迎え角  $\alpha$ =10°と 26°において、二度の失速が発生している。迎え角の小さい領域で発生する揚力係数の低下については、後述するように迎え角の大きい時に発生する失速とは翼面上の流れの挙動が異なるが、本報においては、揚力係数の変化に主に着目し、迎え角の小さい領域での揚力係数の低下時も失速というように定義した。

この流体力学的特性の違いは、薄翼と厚翼の翼型形状に大きく依存し、微視的に見れば翼面上の流れの挙動と密接に関連しているものと推測できる.

以下の項においては、薄翼と厚翼の両者の翼型における流体力学的特性と翼周りの流れの挙動との関連を、失速前後の迎え角での流動状態を含め、代表的ないくつかの迎え角において詳細に考察する.

**4・2 薄翼「NACA63217」における翼周りの流れ の挙動** 翼周りの流れの挙動を考察するため、 翼面上の圧力分布とあわせ、翼後方の流れと翼面上 の流れの挙動をタフト法 <sup>(6)</sup> により観察した.

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 (6)を適用し、以下の手法により可視化した. 具体的には、縦 600[mm]、横 300[mm]のアルミ製の型枠に15[mm]間隔でテグス(ナイロン製)を張り、その交点にタフト(綿製)を取り付けたものを翼の後方 20[mm]の位置に設置し、翼の下流方向から流れの状態を撮影した. この時、翼上面と下面の流れの様子が判別しやすいように、翼上面側にあたるタフトは赤色を、翼下面側のタフトは白色のものを使用した.

さらに、翼面上の流れ挙動の観察には、表面タフト法を適用した<sup>60</sup>. 具体的には、縦100[mm],横250[mm]の方眼紙上にタフト(綿製)を取り付けたものを翼上面および下面に貼り付け、それぞれの方向から流れの様子を撮影した.

#### 4・2・1 無失速状態時の翼周りの流れの基本構造

無失速時の翼周りの流れの基本構造を検討するため、一例として、迎え角 α=12°の時の翼面上圧力分布と翼後方および翼面上の流れの挙動を可視化した.

図 4 は迎え角  $\alpha$ =12°の時の翼中心断面上の翼上面および下面の圧力分布を示す.図中には x/C に対する翼型形状を二点鎖線で記載した.あわせて風 車翼 の解析 で一般的に使用されている「XFOIL $^{(7)}$ 」による解析結果も併記した.

「XFOIL」の解析は、2次元パネル法に境界層積分による粘性効果を適用したもので、対象翼型に対し、実験時と同じレイノルズ数を設定して解析した.

翼上面の圧力係数  $C_p$ は,翼の前縁部より翼弦長の 5%付近にかけて負の大きい値を示し、それ以降翼の後縁部にかけて、なだらかに減少している.

また、翼下面の圧力係数  $C_P$  は、翼前縁部から 30%付近にかけて正圧が低下し、それ以降は後縁 部にかけて、ほぼ一定の値を示している.

「XFOIL」による解析結果については、翼上面の前縁から翼弦長の30%付近にかけて実験値よりも大きい値を示している. さらに、30%付近から翼後縁にかけては、実験値とほぼ同じ値となっており、全体的には実験値とよく似た圧力分布の傾向を示しているが、厳密にみれば供試翼のアスペクト比が 2.48 と多少小さいことの影響もあるものと考えられる. また、翼下面の圧力分布については、「XFOIL」による解析結果は実験値とほぼ一致している.

図5の左側の写真は、タフトグリッド法により観察 した翼後方流れの様子を、また、右側半分の図の上部 は表面タフト法により観察した翼上面側の流れの様 子を、下部は翼下面側の流れの可視化結果を示す。

図 5 の左側の写真より、無失速状態時の迎え角  $\alpha=12^{\circ}$ の時には、翼後方の流れには目立った乱れはほ

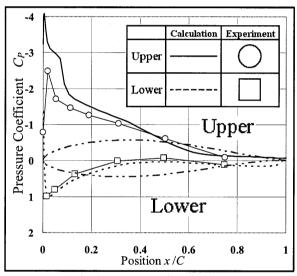


Fig.4 Pressure distribution ( $\lceil NACA63217 \rfloor$ ,  $\alpha=12^{\circ}$ )

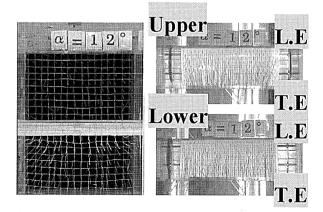


Fig.5 Flow visualization behind and surface of airfoil ( $\lceil NACA63217 \rfloor$ ,  $\alpha=12^{\circ}$ )

とんど見られず、翼上面および下面側のタフト(上面:赤,下面:白)が、翼に沿って流れ方向に向いていることが確認できる.

次に、図5の右側の表面タフトの写真より、翼上面側後縁部(Trailing Edge:以後、図中に T.E と記載)の翼両端付近のタフトが、翼スパン中央にわずかながら寄る傾向を示すものの、翼前縁部(Leading Edge:以後、図中に L.E と記載)から翼面に沿って乱れることなく流れ方向に向いていることがわかる。また、翼下面のタフトの挙動については、翼スパン全面にわたり、翼に沿った一様な流れ状態を示していることが判断できる。

さらに、上述の実験結果と比較するため、図6に汎用解析プログラム「COSMOS FloWorks<sup>(8)</sup>」により解析した翼上面および下面の流れの挙動を示す。

「COSMOS FloWorks」は、 $k-\epsilon$  乱流モデルを用い、6 面体メッシュを計算領域内に構成し、アダプティブメッシュ生成を適用している。解析領域

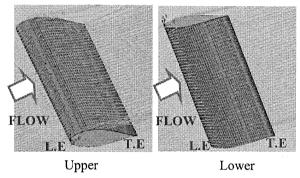


Fig.6 Calculated flow pattern ( $\lceil NACA63217 \rfloor$ ,  $\alpha=12^{\circ}$ )

は,翼上流側に翼弦長の2倍,また,下流側には3倍の範囲を設定し,上流側から一様流速を入力して解析した.

「COSMOS FloWorks」による流れ解析結果については、翼上面の流れは、翼後縁部でわずかながら翼スパン中央に寄る傾向を示すものの、翼下面の流れは翼面に沿った一様な流れとなっている。また、翼上面および下面の流れの解析結果は、両者ともタフトにより可視化した実験結果と極めてよく似たものとなっている

#### 4・2・2 失速前後の状態における流れ構造

(a) 翼上面および下面の圧力分布 図3の翼型の 流体力学的特性より, 薄翼の「NACA63217」の場合, 迎え角  $\alpha$ =18°から  $\alpha$ =20°にかけて揚力係数が低下し, 失速を起こしていることが明らかになった。そこで、 失速前の迎え角  $\alpha$ =18°と失速後の  $\alpha$ =20°の両者につい ての流れ状態を比較するため、翼面上の圧力分布の測 定結果をまとめて示したものが図7である。

失速前の迎え角  $\alpha$ =18°の場合,翼上面の圧力係数  $C_P$ は翼前縁部から翼弦長の 10%付近まで, $\alpha$ =12°の時の圧力係数よりも高い値を示し,50%付近から後縁部にかけては, $\alpha$ =12°の場合と圧力分布の値に多少の違いはあるものの,ほぼ同じような変化の傾向を示している.

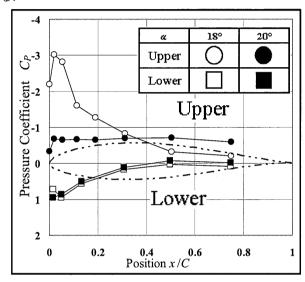


Fig.7 Pressure distribution (  $\lceil NACA63217 \rfloor$  ,  $\alpha=18^{\circ}$  &  $20^{\circ}$ )

一方,翼下面の圧力係数  $C_P$  は,前縁部から後縁にかけて徐々に正圧が低下しているが,この変化は無失速状態  $\alpha=12^\circ$ の場合とほぼ同じである.

次に、失速後の迎え角  $\alpha$ =20°の場合の圧力分布については、翼上面の圧力分布が失速前の  $\alpha$ =18°のそれと比べ、極めて大きく異なっている。すなわち、翼上面の圧力係数  $C_P$ は、翼前縁部より後縁部にかけて一定の値を示し、特に、翼弦長の 30%付近までは、失速前の圧力と比べ、圧力の絶対値は大きく低下している。

これに対し、翼下面の圧力分布は、 $\alpha=18^{\circ}$ の時とほぼ同じ値で、かつ、無失速状態の  $\alpha=12^{\circ}$ の時とも極めて似た値を示しており、失速状態の有無にかかわらず、ほとんど変化がないことがわかる.

以上のことから,薄翼「NACA63217」の失速状態は,翼上面側の流れの挙動に大きく依存しているものといえる.

(b) 翼後方および翼面上の流れの挙動 図8と図9は、失速前後の迎え角における翼後方流れと翼上面および下面側の流れの様子をタフト法により可視化したものである。

図 8 は失速直前の迎え角  $\alpha$ =18°の場合の可視化結果であるが,無失速時の翼周りの流れの挙動を示した図5 と比べ,翼後方の流れはわずかながらではあるが上下に変動している。この時,翼上面の流れの様子については,後縁両端付近のタフトが全体的に翼スパン中央による傾向を示し,翼後方部においては小さな一対の渦を形成し始める状態であることが確認できる。

また、翼下面のタフトの挙動については、翼の 後方部において、タフトが翼上面に廻り込む現象 が見られる.

このように、 $\alpha$ =18°においては揚力係数  $C_L$ が最大値を示すとともに、翼後方において小さな渦が発

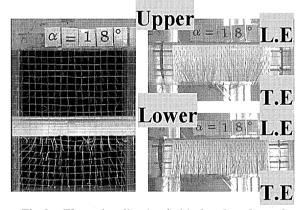


Fig.8 Flow visualization behind and surface of airfoil ( $\lceil NACA63217 \rfloor$ ,  $\alpha=18^{\circ}$ : before stall)

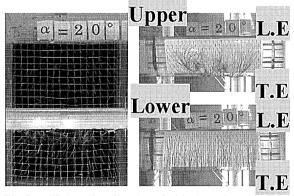


Fig.9 Flow visualization behind and surface of airfoil ( $\lceil NACA63217 \rfloor$ ,  $\alpha$ =20°: after stall)

生し始め、かつ、徐々に翼周りの流れが不安定になり始める状態であるといえる。これに対し、図9より、失速後の迎え角 $\alpha=20^{\circ}$ の時には、翼後方においてタフトが上下に激しく変動し、大きな乱れが生じていることが確認できる。

また、翼上面の流れの様子については、翼弦長の約50%付近から、翼スパン方向の中心を境に明確な一対の渦が形成され、さらに翼下面からの流れの巻き返しの領域が拡大している.

以上のように、失速前後においては、翼上面の流れ状態に大きな違いが見られ、さらに前述の翼上面および下面の圧力分布の変化も考慮すると、失速による揚力係数  $C_L$  の急激な減少および抗力係数  $C_D$  の急増は、翼上面の流れの挙動に大きく依存しているものといえる.

#### 4・3 厚翼「DU97-W-300」における翼周りの流れ

**の挙動** 4・1 項において,厚翼の「DU97-W-300」では,薄翼の「NACA63217」の場合とは異なり,迎え角  $\alpha$ =10°と 26°において二度失速が発生していることが明らかになった.

そこで、本項においては、厚翼の「DU97-W-300」について、迎え角の小さい α=10°で発生する失速を「一次失速」、また、迎え角の大きい α=26°で発生する失速を「二次失速」と呼び、それぞれの失速前後の流れ構造を、薄翼の「NACA63217」の場合と同様、翼面上の圧力分布の測定と翼上面および下面上の流れを可視化することにより検討した。

4・3・1 「一次失速」前後の流体力学的挙動 一次失速前後の迎え角である  $\alpha$ =8°および 10°における 翼上面および下面の翼中心断面での圧力分布を図 10 に示す. 図中には x/C に対する翼型形状を二点鎖線で記載した.

翼上面の圧力分布については、一次失速前の迎え角 α=8°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°の圧力分布は、翼弦長の約 10%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、失速前の状態より小さい値を示している。これより  $\alpha$ =10°の状態では、翼前縁より翼弦長の約 10%付近で、微小な流れのはく離が発生しているものといえる。

一方、翼下面の圧力分布については、翼前縁から翼

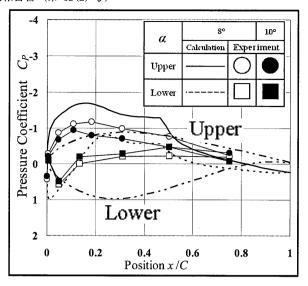


Fig.10 Pressure distribution (  $\lceil DU97\text{-W-}300 \rfloor$  ,  $\alpha=8^{\circ} \& 10^{\circ}$  : in the vicinity of the first stall )

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、その後すぐに減少する. 翼弦長の約13% 以降は、失速前の状態ではほぼ一定の値を示しているのに対し、失速後の状態では、翼弦長の50%を境に圧力分布の変化の傾向が異なっている.

以上の圧力分布より、失速後の  $\alpha$ =10°においては、 翼上面と下面の圧力の差が、失速前の  $\alpha$ =8°の場合と比べ小さくなっている。これは揚力係数  $C_L$  の減少と対応しており、翼上面前縁部付近での流れの微小なはく離により翼の小さな失速を起こしているものと判断できる。

図 10 中には、失速前の迎え角  $\alpha$ =8°の状態において、「XFOIL」により解析した圧力分布も併記した。

「XFOIL」により解析した翼上面および下面の圧力分布については、それらの値は実験値とは異なるものの、翼全体にわたりほぼ同じ変化の傾向を示している.

次に、失速前後の迎え角において表面タフト法により観察した翼表面の流れの挙動について考察する.この一次失速前後においては、タフトを貼り付けたことが翼面上の流れの微妙な変化に影響を及ぼさないよう、タフトの本数をできるだけ少なくして可視化実験を行った.

図 11 は、失速前の迎え角  $\alpha$ =8°における翼上面および下面の流れを可視化したものである.

翼上面のタフトはほとんど乱れることなく整っ

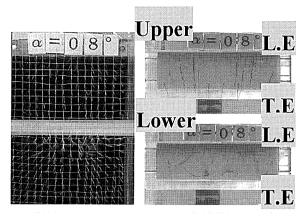


Fig.11 Flow visualization behind and surface of airfoil (  $\lceil DU97\text{-W-}300 \rfloor$  ,  $\alpha$ =8°: before first stall )

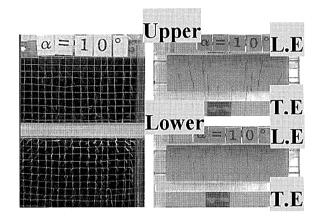


Fig.12 Flow visualization behind and surface of airfoil (  $\lceil DU97\text{-W-}300 \rfloor$  ,  $\alpha = 10^\circ$  : after first stall )

て流れ方向に向いているものの,翼後縁付近では タフトが翼下面側に廻り込んでいる現象が翼後方 から観察した流れの挙動からも判断できる. その 影響により,翼下面側では一対の小さな渦の発生 が見られる.

次に,失速後の翼表面の流れの挙動を図 12 に示す. タフトの本数が少ないため,翼上面側の流れの微妙な挙動を明確には判断しにくいが,図 10 に示した圧力分布の結果もあわせて考慮すると,翼前縁部の約 10%付近で微小な流れのはく離が起こり,その後,流れは翼面に再付着しているものと考えられる. また,下面側のタフトは,失速前の挙動とは異なり,渦の発生はなく,翼に沿った流れ状態を示していることが翼後方の流れからも確認できる.

このような厚翼における迎え角の小さい領域で 発生する揚力の低下は,翼上面の翼先端部から最 大厚み付近までの曲率が,薄翼と比べ大きいため, 微小な流れのはく離によるものと考えられる.

以上のことから、一次失速前後の流れの微妙な 違いを明確にするには、より微視的な翼面上の流 れ状況の把握が必要であることを示唆している.

 $4 \cdot 3 \cdot 2$  「二次失速」前後の流体力学的挙動 厚翼の「DU97-W-300」の場合,一次失速後の迎え角  $\alpha$ =10° 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°から 26°にかけて「二次失速」が発生する.

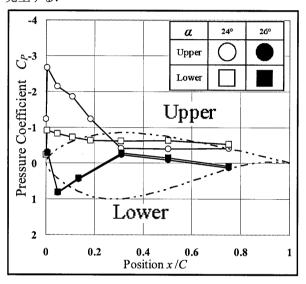


Fig.13 Pressure distribution (  $\lceil DU97\text{-W-}300 \rfloor$  ,  $\alpha=24^{\circ}$  &  $26^{\circ}$  : in the vicinity of the second stall )

そこで、二次失速前後の迎え角である  $\alpha$ =24°および 26°における翼上面および下面の翼中心断面での圧力分布を図 13 に示す.

二次失速前の状態である迎え角 α=24°における翼上面の圧力分布は、翼前縁部から負の高い値(約 -2.7)を示し、その後、翼弦長の30%付近まで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す.

また、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.

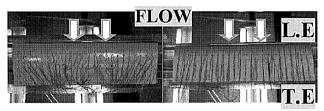
これに対し、二次失速後の迎え角である  $\alpha$ =26°の状態では、翼上面の圧力係数  $C_P$ は、翼弦長の約 30%までは失速前のそれと比べ大きく低下している。 さらにそれ以降も、翼の後縁部にかけてほぼ一定の値を示しているが、失速前の圧力よりは絶対値で

大きな値となっている.これは迎え角が大きい状態のため,翼の前縁部から流れがはく離し,翼全体にわたり失速を起こしているためである.

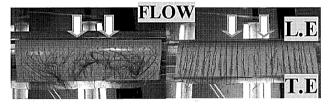
一方,翼下面の圧力係数  $C_p$ は,二次失速後においても失速前と比べ大きな変化はなく,極めて似た値となっている.

以上のように、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異なっている.

また, 薄翼の場合の失速前後の圧力分布を示す



(a)  $\alpha=24^{\circ}$  (before second stall)



(b)  $\alpha=26^{\circ}$  (after second stall)

Upper

Lowe

Fig.14 Flow visualization ( $\lceil DU97\text{-W-}300 \rfloor$ ,  $\alpha$ =24° & 26°: in the vicinity of the second stall)

図7と比較すると、二次失速前後の厚翼の圧力分 布の変化も、全体的には薄翼の場合とほぼ同じ傾 向を示すことがわかる.

次に,図14に二次失速前後の翼上面および下面の流れの挙動を比較して示す.この二次失速前後においては、タフトの貼り付けにより流れの状態が変化することはないことを確認しており、より明確に翼面上の流れの挙動を把握するため、タフトの本数を多くして可視化実験を行った.

二次失速前の状態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とがわかる。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,翼下面上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.

次に、二次失速後の迎え角の状態における翼上面側の流れをみると、翼の前縁部から流れのはく離を起こすため、 $\alpha=24^\circ$ の時よりも翼の前縁部に近い位置で渦を形成し、その規模は拡大している。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。

翼下面上の流れについては、失速前後でほとん ど変化はなく、流れ方向に向いていることがわか る.

前述のように、二次失速後の翼上面および下面の圧力分布の変化が、翼前縁より約30%の位置までの領域で現れ、かつ、翼上面のタフトの挙動より翼前縁に近い位置で渦を形成していることから、厚翼の「DU97-W-300」については、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理解できる.

一方,薄翼の場合には、上述のような翼上面および下面の流れの挙動が,翼前縁より約50%付近までの領域で見られる.

以上のことから、翼前縁部から翼の最大厚みとなる付近までの厚翼と薄翼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ものとい える.

#### 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定し、小さいレイノルズ数時におけるそれらの基本的な流体力学的特性評価を行うとともに、失速前後を含むいくつかの迎え角における翼周りの流動状態についても検討を加えた.

その結果,明らかになった点は,以下のとおりである.

(1) 薄翼および厚翼の流体力学的特性については、薄翼の「NACA63217」の場合には、迎え角  $\alpha$ =18° から 20°にかけて一度失速を起こすのに対し、厚翼の「DU97-W-300」は、迎え角が  $\alpha$ =8°から 10° および 24°から 26°にかけて二度失速を起こす.

これ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ためといえる.

- (2) 薄翼の「NACA63217」場合の翼中心断面上の圧力分布については、失速を迎えるまでは翼上面の圧力係数の絶対値は大きくなっていくが、失速後には上面の圧力係数が急激に減少し、翼前縁から翼後縁にかけて低い一定の値を示す.
- (3) 厚翼の「DU97-W-300」についての圧力分布は、迎え角  $\alpha$ =8°から 10°にかけての一次失速時には、翼上面の圧力係数が失速前の圧力と比べ、翼全長にわたり全体的にほぼ同じ割合で低下しているが、二次失速時には、翼上面の圧力係数は大きく低下し、翼前縁から翼後縁まで低い一定の値を示す。

この二次失速時の翼上面の圧力分布は,薄翼の場合とほぼ同じ変化の傾向を示し,また,翼下面の圧力分布についても,失速前後での違いがほとんどないことは,薄翼の場合と同様である.

- (4) タフトグリッド法を用いた翼後方の流れの 挙動については、薄翼および厚翼の両者とも、迎 え角が大きくなるにつれて流れの乱れが大きくな り、失速後には翼後方におけるタフトが上下に激 しく変動し、翼後方流れの乱れが極めて大きいこ とがわかる.
- (5) 表面タフト法を用いた翼面上の流れの挙動から、薄翼および厚翼の両者とも、迎え角が大きくなるにつれて、翼上面で翼スパン中心を境に一対の渦が形成され、失速後にはこの渦がさらに大きく拡大し、かつ、乱れることがわかった.
- 一方,迎え角が大きい時の失速前後での翼下面側の流れについては,違いはほとんど見られず,常に翼に沿って流れ方向に向いている.これは翼下面の圧力分布にほとんど変化がなかったこととも対応する.

最後に、本研究の一部は、ターボ機械協会第 18 回畠山研究助成金および東京工業高等専門学校平成 20 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る.

#### 文 献

- (1) Saito. S, Sekizuka. S, Sato. K and Sato. A, 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. S, Sekizuka. S, Sato. K and Sato. A, 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. S, et al., 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. S, Sekizuka. S, 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) 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.
- (6) The Visualization Society of Japan, The Handbook of Flow Visualization, (1986), p.142-147, Asakura Publishing Co., Ltd.
- (7) Mark Drela, XFOIL 6.94 User Guide, (2001-12), pp.1-33.
- (8) Dassault Systemes SolidWorks Corp. "COSMOS FloWorks 2006 SP5.0". Yahoo. <online>, available from<a href="http://www.cosmosj.com">http://www.cosmosj.com</a>, (accessed 2008-5-5).
- (9) 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.
- (10) 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.
- (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.
- (12) 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.

(平成22年1月14日 受理)

## 耐震補強金物部材「コーナータイトゥン」の力学的特性評価

神山 智\*, 小菅義隆\*\*, 志村 穣\*\*\*, 峯尾一幸\*\*\*\*, 黒崎 茂\*\*\*

Mechanical Characteristic Evaluation for Earthquake-proof Reinforced Equipment "Corner Tighten".

Satoru Kamiyama, Yoshitaka Kosuge, Jyo Shimura, Kazuyuki Mineo, Shigeru Kurosaki

In this study, we focused attention on earthquake-proof reinforcement equipment called "corner tighten". Investigative purpose is to find out theoretical evidence for improvement of structural strength by using "corner tighten". This unit is composed of three parts-angle, bush and brace. In analysis, three dimensional finite element method in elastic region is employed. In particular, effect of bush on structural strength was examined. In addition, strain distribution and deformation state of "corner tighten" to confirm validity of analytical method were carried out. As a result, it was proved that the bush has property to decrease stress concentration at mortise-tenon joining part. Stress at that joining part increases as Young's modulus of the bush decreases. Experiments concerning deformation state and strain distribution of this unit were performed and fairy good agreement is found between analytical results and experimental one.

(Keywords: Earthquake-proof reinforcement equipment, Strength Characteristic, Stress analysis, FEM)

#### 1. 緒言

近年の地震増加に伴い、家屋の耐震性が問題となっており、その対策として、家屋に設置できる耐震用の金物部材が市販されている。それらの据え付けにより数値的な構造強度の向上が確認されているが、理論的根拠が明らかにされていない。そこで本研究では、構造解析ソフトウェアを用いて耐震補強金部材の強度特性を解明し、理論的裏づけの実証を目的とする。また、耐震補強金部材の取り付けられた試験体の荷重載荷実験を行い、変形状態およびひずみ分布について解析結果と比較、検討し、解析方法の妥当性を確認する。さらに、耐震補強金部材の構成要素のひとつである込栓の有無およびその材質が強度特性に及ぼす影響についても検討を行う。

#### 2. 耐震補強金物部材

本研究で対象とする耐震補強金物部材は Fig.1 に示すように、①アングル②リブ③ブッシュ(込栓)の3 種類の金具で構成され、4 ピース構造となっている. 板厚が4.5mm, 概観寸法が150×150×45mm であり、材質はアングルおよびリブが軟鋼板、込栓が鋼材となっている. また、本部材の固定には木ねじを12 本用い、そのうち2 本はブッシュの中心を通して木材に固定されている. 本部材では込栓が構造強度に大きな影響を及ぼすと考えられるゆえ、解析を行う際に込栓の有無およびその材質をパラメータとして考慮した. また、込栓は組み立て後に2、3 日放置することでその効力を発揮する. これは木材の収縮現象による、込栓に対する木材の食

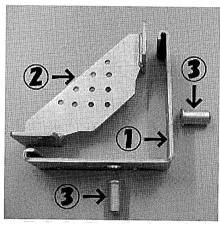


Fig.1 Composite elements.

食い付きを利用している.

#### 3. 解析方法

#### 3. 1 CAE シミュレーション

本研究では Femap with NX Nastran という解析ツールを使用する. Femap は高度なジオメトリ,自由度の高いメッシュ生成および多彩なポスト処理が可能な汎用有限要素法プリ・ポストプロセッサである. NX Nastran は線形静解析,固有振動解析などを行うことができる汎用構造解析プログラムである.

#### 3. 2 解析条件

解析方法の妥当性を検討するために、冶具および木枠を伴う耐震補強金物部材の試験体を用い、荷重載荷実験を行った. 実際の家屋の柱の接合部分に耐震補強金物部材を据え付けた状態から、Fig.2 および Fig.3 に

\*キャデム株式会社(2008年度卒業生) \*\*専攻科機械情報システム工学専攻 \*\*\*機械工学科 \*\*\*\*有限会社アミネックス

示すような部分的,限定的な状態の試験体を製作した. 作用荷重として,地震による揺れから家屋全体にかかる荷重を鑑み,その中でも容易に実験を行うことができる引張荷重に着目した.引張試験機に上述の試験体を取り付け,筋交い方向(Fig.2 の上下方向)に引張荷重を作用させ,その際の変形および応力分布を確認する.

解析においては、境界条件として次のように拘束および荷重を定義した。拘束は Fig.2 に示すように B 面を完全拘束、A 面には面に平行方向の自由度を持つ拘束を、C 面には Z 方向並進の拘束を付加した。荷重は Fig.2 の A 面の矢印方向に 14kN を与えた。この 14kN という数値は試験体の破壊実験から、本解析において弾性範囲内と推定される荷重値である。なお、荷重および拘束条件は A、B および C 面の裏面にも同様に与えている。また、耐震補強金物部材のアングルとリブの接触部分、アングルと木材の接触面などあらゆる接触箇所に対する摩擦係数を 0.5<sup>1)</sup>としている。解析に用いた材料定数<sup>2)</sup>を Table 1 に示す。

#### 4. 解析結果

#### 4. 1 解析方法の妥当性

Fig.3(a),(b)は解析結果と実験結果を変形状態から比較したものである.解析において、木材を等方性材料として定義し弾性範囲内での静解析を行っているので、割れ、破壊は生じていないが、耐震補強金物部材の全体的な変形の傾向が似ていることがわかる.

また,荷重載荷実験では耐震補強金物部材のリブに4箇所,アングルに4箇所のひずみゲージを貼り付け,計8点でのひずみを測定した.リブ4箇所のひずみ値の比較の際には、解析による要素応力をひずみに換算した後、実験に対応したひずみ方向に変換する必要がある.したがって、以下の式を用いて45°方向のひずみ変換<sup>3)</sup>を行った.なお、45°の場合、(1)と(2)式によるひずみ算出値は等しくなる.

$$\varepsilon_{x'} = \varepsilon_x \cos^2 \theta + \varepsilon_y \sin^2 \theta + \frac{\gamma_{xy}}{2} \sin 2\theta$$
 (1)

$$\varepsilon_{v'} = \varepsilon_x \sin^2 \theta + \varepsilon_v \cos^2 \theta - \frac{\gamma_{xy}}{2} \sin 2\theta \qquad (2)$$

ここで、 $\pmb{\varepsilon}_x$ はx方向のひずみ、 $\pmb{\varepsilon}_y$ はy方向のひずみ、 $\mathbf{z}_y$ はy平面でのせん断ひずみ、 $\theta$ はx軸との角度(45°) である.

Fig.4 はリブおよびアングルにおけるひずみ値の実験結果と解析結果の比較である. また, Fig.5 にひずみゲージの貼り付け位置を示す. No.1~4 のリブに貼り付けた 4 箇所はほぼ重なるように値が一致しており, No.5~8 のアングルにおけるひずみ値は若干差異が見られ

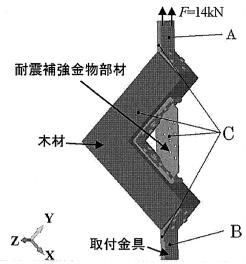
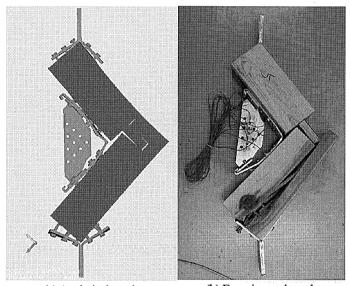


Fig.2 Position where constraint and load are applied.

Table 1 Material constants.

Material	Young's modulus [GPa]	Poisson's ratio	Density [g/cm³]		
Mild steel	210	0.3	7.8		
Wood	8	0.38	0.38		



(a) Analytical result.

(b) Experimental result.

Fig.3 Deformation state.

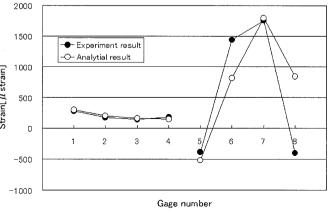


Fig.4 Comparisons between experimental and analytical results concerning strain values.

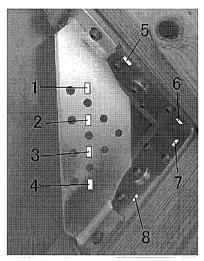


Fig.5 Glued positions of strain gauges.

るが、おおむね傾向が一致している.以上の変形状態 およびひずみ分布の比較から、本解析方法が妥当であ ると考えられる.

#### 4. 2 込栓の有無が強度特性に及ぼす影響

込栓のないモデルとして、Fig.6 に示すような込栓の埋め込み部分がない、座金状のものをモデリングし、込栓ありの場合と同様の解析を実行した。その結果、込栓なしのモデルではアングル下側に取り付けられた木ねじが抜けてしまい、耐震補強金物材に大きな変形は見られないが、木材が大きく曲がってしまうという結果が得られた。込栓ありの場合は部材全体で荷重を受けるのに対し、込栓がない場合では、荷重が各ねじに集中するためと考えられる。

込栓あり、なしの耐震補強金物部材単体における応力コンター図を Fig.7 に示す.この図では各要素が黒から白になるにつれ、応力が 0~50MPa に変化することを示し、Von mises 応力を評価応力としている.込栓なしのモデルではアングルのコーナー部分に応力が集中しているのに対し、込栓ありのモデルではどちらの面でも込栓を中心としてアングル全体に応力が分散して

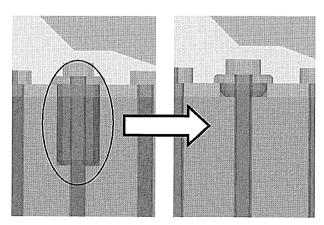
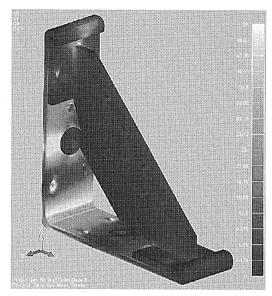
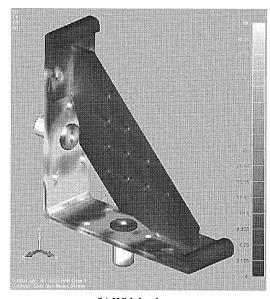


Fig.6 Modeling of Non-bush type.



(a) Without bush type.



(b) With bush type.

Fig.7 Contours of von mises stress in the case with bush and without one.

いる. 木材に対しても同様で、込栓ありでは応力が全体に分散し、接合部の応力集中を抑制していることがわかる. また、実験でのひずみ測定点に対応する要素のひずみ値を比較すると、全体的に込栓ありのモデルの方が大きなひずみ値を示している. 木材において、とくに応力が集中するホゾ周辺の応力分布を調べるために、込栓あり、なしそれぞれの場合における雄型雌型のホゾ根元部分のいくつかの要素に着目し、Vonmises 応力の値を比較した. 雄型において着目した要素の位置と、その結果を Fig.8 および Fig.9 に示す. 同様に雌型の場合を Fig.10 および Fig.11 に示す. 雄型雌型ともに、込栓ありのモデルの方が木材接合部分に生じる応力が小さいことがわかる. また、Fig.12 に示すように木材における応力分布を調べたところ、込栓なし

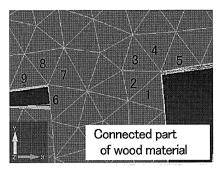


Fig.8 Remarked elements at convexity part.

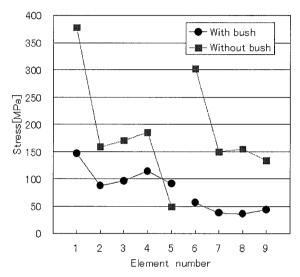


Fig.9 Comparisons of stress values in both cases.

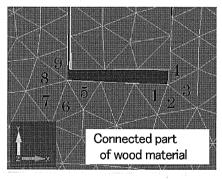


Fig.10 Remarked elements at concavity part.

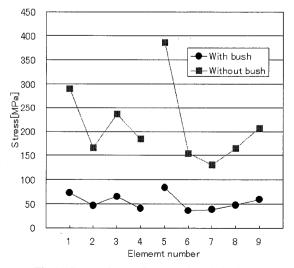
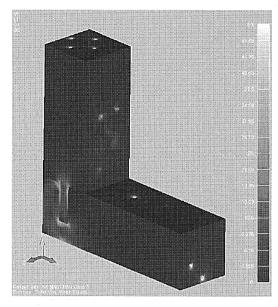
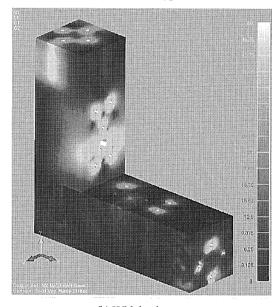


Fig.11 Comparisons of stress values in both cases.



(a) Without bush type.



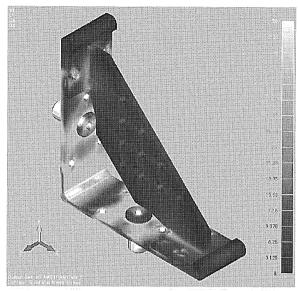
(b) With bush type.

Fig.12 Contours of von mises stress in both cases.

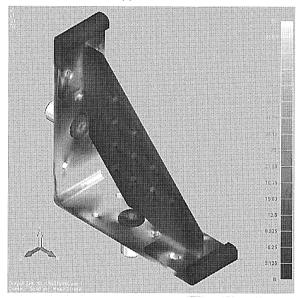
の場合ではホゾ根元部分に応力が集中しているが,込 栓ありのモデルでは応力が全体的に分散,減少してい ることが見受けられる.

#### 4. 3 込栓の材質による強度特性の差異

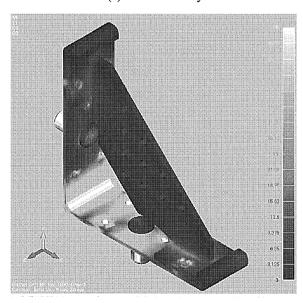
ここでは込栓の縦弾性係数に着目し、軟鋼、アルミニウム合金および樹脂材を想定した解析を行い、それらの強度特性を検討した。解析で用いた材料定数 4を Table 2 に示す。前節と同様に、雄型および雌型のホゾ根元部分の要素応力を Von mises 応力で比較した。その結果、雄型根元部分に生じる応力は込栓の縦弾性係数の影響が小さく、また、雌型根元部分では込栓の縦弾性係数が小さい方が、木材に生じる応力が大きくなることがわかった。したがって、込栓の縦弾性係数が小



(a) Mild steel



(b) Aluminum alloy



(c) Plastic

Fig.13 Stress Contours when bush material changed.

Table 2 Material constants of bush.

Material	Young's modulus [GPa]	Poisson 's ratio	Density [g/cm³]
Mild steel	210	0.3	7.8
Aluminum alloy	70	0.345	2.7
Plastic	10	0.3	1.0

さくなるほど、耐震補強金物部材およびホゾ根元部分に生じる応力が大きくなり、変形および破壊しやすい状態になる。さらに、解析結果の応力コンター図をFig.13(a)~(c)に示す。ここでの評価応力も Von mises 応力である。縦弾性係数が小さい樹脂材ではアングルのコーナー部分に応力が集中し、縦弾性係数が大きくなるほど応力がアングル全体に分散していることがわかる。したがって、込栓の材質の縦弾性係数を大きくすることで耐震強度が向上すると考えられる。

#### 5. 結言

本研究では、耐震補強金物部材の強度特性を三次元 有限要素応力解析により明らかにした。また、本部材 の構成要素である込栓の有用性および材質による強度 特性の差異について検討した。以下に得られた知見を 記す。

- (1)実験結果と解析結果を変形状態およびひずみ分布により比較し、解析方法の妥当性を確認した.
- (2)耐震補強金物部材に込栓を用いることで、応力集中を抑制し、木材のへの負担を軽減できる.
- (3)込栓の材質は縦弾性係数を大きくする方が変形および破壊の抑制に効果的である.

#### 謝辞

本報告は有限会社アミネックスとの共同研究の一部であります。同社会長、峯尾一幸様にはコーナータイトゥンの御提供と多大なる御支援を賜りました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 馬場秋次郎,吉田嘉太郎:機械工学必携,(2002), 44-45.
- 2) 白銅株式会社: 在庫品カタログ, (2006), 98-111.
- 3) 日本機械学会 編: 材料力学ハンドブック<基礎編>, (1999), 37.
- 4) 堂山昌男, 山本良一: 材料テクノロジー12 構造材料 [II] 非金属, (1985), 186-187.

(平成22年1月18日 受理)

# 軸継手の力学特性に関する解析的研究

小菅義隆\*, 志村 穣\*\*, 宮川睦巳\*\*\*, 麻 幸啓\*\*\*\*

Analytical Research on Mechanical Characteristic of Shaft Coupling

Yoshitaka Kosuge, Jyo Shimura, Mutsumi Miyagawa, Yukihiro Asa

Jaw type shaft coupling "Q coupling" subjected to tensional load is analyzed as a multi-body contact problem using three dimensional FEM. FEM model is composed of three elements "shaft, hub and coupler". In FEM analysis, effects of shape of coupler, number of claw of hub on stress distribution at contact surface between coupler and hub are examined. To confirm validity of FEM result, experiments concerning strain distribution at the claw of hub were also carried out. The result shows that intensity of stress concentration at contact part in the case of Q coupling with divided couplers proved to decrease smaller than the conventional type coupler. Furthermore, it was found that the intensity of stress concentration at contact part between coupler and hub of the number of claw of hub increased.

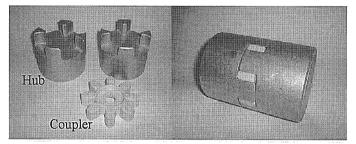
(Keywords: Shaft coupling, Stress concentration, FEM, Contact problem)

#### 1. 緒言

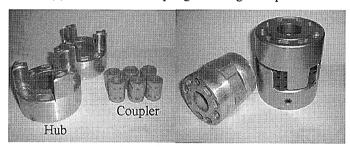
軸の延長や動力の伝達などにおいて主に軸継手が用いられている. 現在, 軸継手は各メーカーにおいて, フレキシブルカップリングやリジッドカップリング, ディスクカップリングなど多種多様な製品が開発され, 次々と高機能な製品が生み出されている. しかしながら, 機能性を追及することにより構造の複雑化, 生産コストの上昇が避けられなくなっているのが現状である. そこで本研究では, 従来から用いられているジョー型軸継手を対象とし, 構造解析を行うことで変形および応力状態を明らかにする. さらに, 軸継手を構成するハブとカプラーが力学特性に及ぼす影響についても検討を行う. また, 軸継手のねじり試験を行い, 解析結果と比較, 検証することで解析方法の妥当性を確認する.

#### 2. ジョー型軸継手

ジョー型軸継手は 1 対のハブにカプラー(スライダ,エレメント)と呼ばれる緩衝材を挟み込んだ構造となっている.カプラーの材質により,応答性や偏心,偏角および軸方向の移動量に対応できる.本研究では M 社製カップリングおよびアサ電子工業株式会社製 Q カップリングを対象とする.両軸継手の大きな違いとして, Fig.1 に示すように, M 社製カップリングはカプラーが一体型であるのに対し,Qカップリングのカプラーは6個に独立し,円筒形状となっている.また,ほぼ同じ常用トルクでありながら,ハブのツメ数は前者が4つ,後者が3つとなっている. Table 1 に軸継手の仕様を示す.



(a) Conventional coupling with single coupler.



(b) Q coupling with divided couplers.Fig.1 Jaw type coupling.Table 1 Specifications of both shaft couplings.

	外径	ナトによるような	巨ン	(学用) パカ		
	271至	対応軸径	長さ	常用トルク	緩衝材数	
	[mm]	[mm]	[mm]	[Nm]		
neral	80	19~45	114	190	1	

# General coupling 80 19~45 114 190 1 (一体型) Q coupling 95 24~50 99 180 6つに 分離

#### 3. 解析方法

本研究では軸継手の力学的特性を構造解析により明らかにする. 用いたプリ・ポストプロセッサおよび解析エンジンはそれぞれ Femap ver.9.3.1 および NX Nastran ver.10.0.1 である.

まず、軸、ハブおよびカプラーのモデルを作成し

\*専攻科機械情報システム工学専攻 \*\*機械工学科 \*\*\*東京都立産業技術高等専門学校 \*\*\*\*アサ電子工業株式会社

材料特性を定義した後にメッシュ生成を行う. 今回, 軸径は35mmのものを使用すると仮定し、軸、ハブ およびカプラーにはそれぞれ炭素鋼,アルミニウム 合金,ポリアミド(ナイロン)を用いるものとした. それぞれの材料定数 <sup>1),2),3),4)</sup>を Table 2 に示す. メッ シュ生成において, ハブ, カプラーには一辺 2.85mm, 軸には一辺 5.45mm の 4 面体メッシュを施した. 穴 やキー周辺などの細かなメッシュが必要とされる 部分では、Femapの自動生成の条件に従った. 総要 素数および総節点数は96236および166637である. 次いで、荷重、拘束および接触条件の定義を行う. Fig.3 に示すように、荷重は一方の軸端面の円周上 に接線方向の荷重を定義する. 荷重の大きさは, Q カップリングの常用トルクである 180Nm を換算し て 10286N とした. 拘束は, 他方の軸保持部を完全 固定とし,荷重作用側の軸表面においてz軸方向(軸 長手方向)並進の固定を行った. Fig.2 に解析モデル を, Fig.3 に要素分割の一例を示す.

Table 2 material properties used in FEM analysis.

	Carbon Steel	Aluminum alloy	Polyamide
Young's modulus [GPa]	206	73	3.0
Poisson's ratio	0.3	0.3	0.4

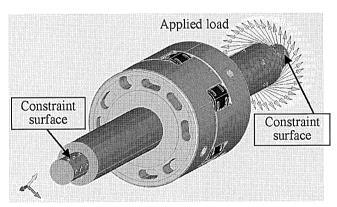


Fig.2 Model for analysis.

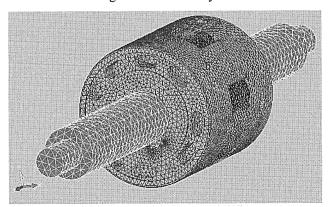


Fig.3 An example of mesh division in FEM.

#### 4. 実験方法

解析結果の妥当性を確認するため、ひずみゲージの貼付された Q カップリングのねじり試験を実施した. Fig.4 に示すように Q カップリング、キーおよび軸を組み付けた状態でねじり試験機に取り付け、これに常用トルクである 180Nm を負荷させた際のツメの円周方向ひずみを検出し、解析結果のそれと比較を行った. Q カップリングを組んだ状態でハブのツメは6つとなるが、そのうちの1つのツメに着目し、ひずみゲージを Fig.5 のように 5 箇所および他のツメの中央部に1枚ずつ、計10枚を貼付した.

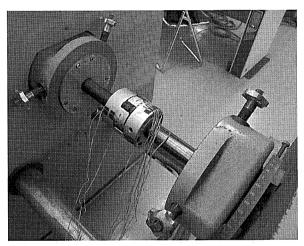


Fig.4 Experimental apparatus.

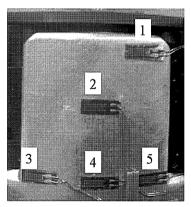


Fig.5 Glued positions of strain gauges at claw surface.

#### 5. 解析結果および考察

#### 5.1 緩衝材 (カプラー) 形状の影響

ジョー型軸継手には軸の偏心,偏角および軸の軸 方向の移動量を許容する目的として緩衝材が用い られる. それゆえ,緩衝材の材料および形状は軸継 手がその機能を果たすために非常に重要なパラメ ータになると考えられる.

ここでは、緩衝材形状が軸継手の力学特性に及ぼす影響を明らかにするため、緩衝材がひとつで構成される一般的なジョー型軸継手(M 社製軸継手)と

複数個の緩衝材で構成されるジョー型軸継手(アサ電子工業製 Q カップリング)の二つを対象とする.

Fig.6(a), (b)に軸継手部分における von mises 応力のコンター図を示す.また,コンター図における応力は要素の色が黒から白へ変化するにつれ,その値が大きくなることを示す.なお,白色の要素は50MPa の応力値を示し,黒色の要素は応力値が零である.Qカップリングにおける von mises 応力の最大値は駆動側のハブのキー部分で生じ,その値は728MPa となった.M 社製軸継手においてもハブのキー部分で最大値(475MPa)を生じた.いずれの場合もハブのツメ根元部分で応力集中が生じていることが確認できる.さらに,最大変位に着目すると,Qカップリングの場合は緩衝材の側面部で0.50mm,M 社製軸継手のそれはハブ外周部で0.37mmとなっている.

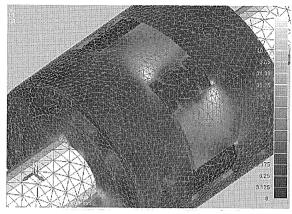
#### 5.1.1 ツメの応力状態

次に、ハブのツメ部分の応力状態を確認、考察する. 両軸継手のツメ部分を拡大した応力コンター図を Fig.7(a)、(b)に示す. この図においても、応力の生じていない要素を黒く、50MPa 以上の応力が生じている要素を白く表示している. ツメ根元部分やツメ先端部分をみると、全体的に M 社製軸継手の方が、応力値が高くなっていることがわかる. Qカップリングではツメ根元部分で 113.6MPa、ツメ先端部分において 32.01MPa の最大 von mises 応力を生じている. また、M 社製軸継手ではツメ根元部分で 96.03MPa、ツメ先端部分においては 48.62MPaの最大 von mises 応力を示している.

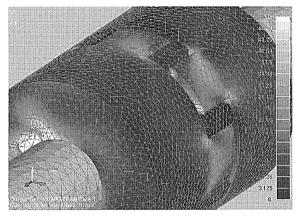
Fig.8(a), (b)にツメ根元断面の応力状態を示す.この図では,応力値は要素が黒色から白色へ変化するとともに 0 から 40MPa の変動を示している. Q カップリングのツメ根元断面中央部では 10MPa 程度, M 社製軸継手のツメ根元断面中央部では 20MPa 程度の von mises 応力が生じていることがわかる. また,緩衝材から直接荷重の作用を受けるツメ側面部の根元はいずれも 40MPa 以上の応力が生じているが,断面全体をみると M 社製軸継手の方が高い応力を生じていることがわかる.

#### 5.1.2 緩衝材の応力状態

ここでは軸継手の緩衝材部分に着目し、その力学特性について検討する. Fig.9 および Fig.10 に両軸継手の緩衝材部分を拡大した応力コンター図および変形拡大図を示す. これらの図は応力の生じていない要素を黒く、20MPa 以上の応力が生じている要素を白く表示している. また、変形図は75 倍の

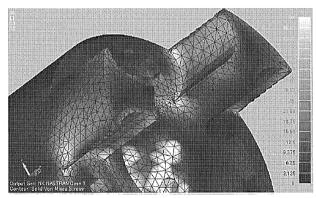


(a) Q coupling.

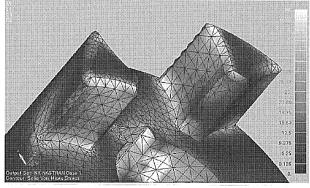


(b) Conventional coupling.

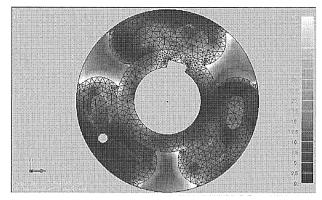
Fig.6 Contour of mises stress in the case of both couplings.



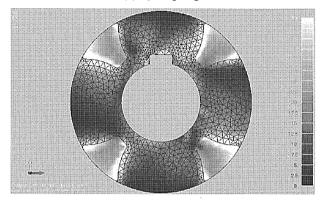
(a) Q coupling.



(b) Conventional coupling.Fig. 7 Stress state at claw part.



(a) Q coupling.



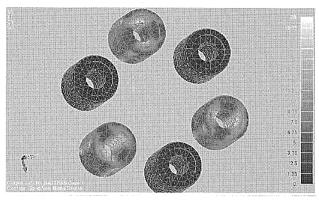
(b) Conventional coupling.

Fig.8 Contour of mises stress on cross section at base of claw. の誇大表示としている.

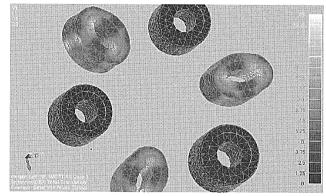
Q カップリングの緩衝材では緩衝材内部表面で19.03MPa, 外側表面で21.10MPa の最大 von mises 応力が確認された. また, M 社製軸継手の緩衝材ではツメと接触する面において13.70MPa の最大 von mises 応力が生じている. 緩衝材はいずれの場合もツメと接触する部分においてひとつおきに変形および応力が生じている. これは, ツメの右側にある緩衝材が圧縮荷重を受け, 左側にある緩衝材はフリーになることが原因と考えられる.

#### 5.2 ツメ形状の影響

前節において緩衝材の形状による軸継手の力学特性の差異を述べた.しかしながら,前節の解析結果の比較ではツメの個数も変化しており,単純に緩衝材形状のみの評価とは言い難い.したがって,ここではパラメータとしてツメの個数を考慮し,ツメが4つの場合のQカップリングのモデル作成し,その解析結果とオリジナルQカップリングの解析結果との比較を行う.それらを踏まえ,ツメの個数が軸継手の力学特性に及ぼす影響を考察する.紙面の都合上,4つヅメQカップリングの有限要素モデルは割愛するが,ハブの外径をオリジナルQカップリングと同一にし,また,ツメ断面積の総和が

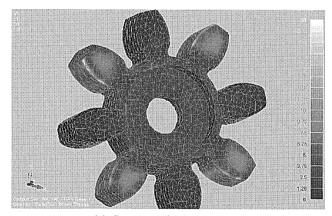


(a) Contour of mises Stress

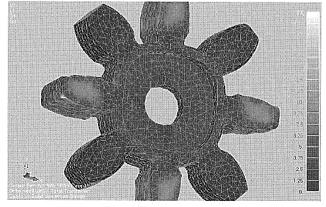


(b) Deformed situation.

Fig.9 Stress and deformation state at coupler in the case of Q coupling.



(a) Contour of mises Stress



(b) Deformed situation.

Fig.10 Stress and deformation state at coupler in the case of conventional coupling.

4 つヅメ Q カップリングとオリジナル Q カップリングとでほぼ同一になるようにモデル化を行った.

Fig.11 に M 社製軸継手, Q カップリングおよび 4 つヅメ Q カップリングの von mises 応力コンター図を示す. これらの図では応力の生じていない要素を黒く, 40MPa 以上の応力が生じている要素を白く表示している. それぞれの軸継手の特性を示す指標として, 応力集中が生じている部分からその付近の要素の最大 von mises 応力に着目した. それらの部分はハブのツメ根元および先端, 緩衝材の内側側面および外側側面である. それら各部分の各軸継手における von mises 応力の最大値を Table.3 に示す.

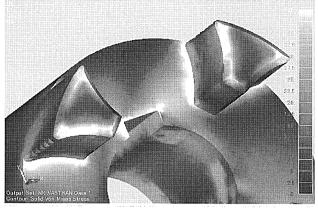
Fig.11 より、M 社製軸継手が他の2つと比べて明るい色をした要素が目立つが、Q カップリングおよび4つヅメQ カップリングではハブ全体にさほど応力が生じていない.しかしながら、Table.3 より、ツメ根元の応力集中が起こっている部分ではQ カップリングが最も高い von mises 応力を示している.また、同様な緩衝材の形状を持たせた4つヅメQカップリングでは、逆に最も応力値が小さい結果となっている.

ハブ全体に生じる応力の増減は、緩衝材の形状に 起因しているものと考えられる. Q カップリングの 緩衝材は円孔を有し、変形の余地があるため、荷重 が伝達される際に緩衝材の変形により、ハブに生じ る応力が緩和されるものと考えられる. これは軸の 偏心および偏角を許容し、Q カップリングの持つ特 長に大きく寄与するものと思われる. このことはツ メの根元における断面図からもその傾向を見るこ とができ、やはり Q カップリング(Fig.8)、4 つヅメ Q カップリングのツメ根元断面(Fig.12)は応力が減 少している.

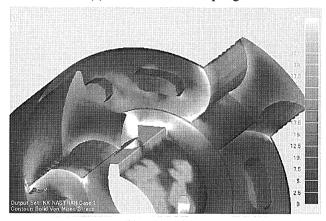
また、ツメの個数によっても応力集中の度合いに 差異が生じると考えられる. ツメの数を増加させる ことでツメ1つにかかる荷重が減少し、ツメの応力 集中を抑制する効果があると推測される.

Table 3 Maximum values of mises stress at the claw and coupler.

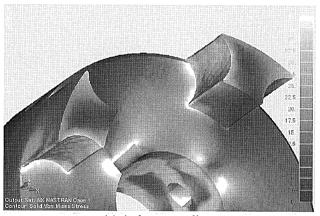
	von mises stress (MPa)						
\	ツメ	ツメ	緩衝材	緩衝材			
	根元	先端	内側	外側			
Q coupling	113.6	32.01	19.03	21.10			
Other coupling	96.03	48.62	-	13.70			
4-claws coupling	95.12	29.30	20.72	13.22			



(a) Conventional coupling.



(b) Q coupling.



(c) 4-claws coupling.

Fig.11 Contour of mises stress at base of claw.

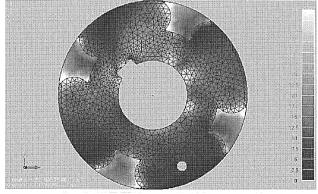


Fig.12 Contour of mises stress on cross section at base of claw in the case of f-claws coupling.

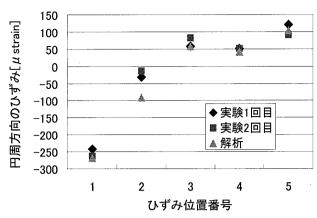


Fig.13 Comparison between analytical and experimental result concerning strain value.

# 5.3 解析結果と実験結果の比較

Fig.13 に Q カップリングのツメ部分における円 周方向ひずみの解析結果および実験結果を示す. 縦軸は円周方向ひずみ, 横軸は Fig.5 におけるひずみ ゲージ番号である. この図より, 両者のひずみ値は よく一致しており, 本研究で用いた有限要素モデルの解析精度は信頼に値するものと考えられる.

### 6. 結言

本研究では、ジョー型軸継手を対象とし、三次元 有限要素応力解析を行うことで、変形および応力状態を明らかにした。また、軸継手を構成するハブと カプラーが力学特性に及ぼす影響についても検討 を行った。また、軸継手のねじり試験を行い、解析 結果と比較、検証することで解析方法の妥当性を確認した。以下に得られた知見を記す。

- (1) ジョー型軸継手に用いられる緩衝材に変形を 許容することでハブ全体およびツメ断面に生 じる応力を抑制できる.
- (2) ツメの個数を増加させることにより, ツメ根元 の応力集中を緩和できる.
- (3) ねじり荷重を受ける軸継手のツメ部における ひずみ測定実験を行い、FEM 解析結果と実験 結果はよく一致した.

## 謝辞

本報告はアサ電子工業株式会社との共同研究の一部であります.同社代表取締役,麻 幸啓様には 軸継手の御提供と多大なる御支援を賜りました.また,ねじり試験に際し,東京都立産業技術高等専門 学校の宮川睦巳先生に御協力いただきました.ここに記して謝意を表します.

#### 参考文献

- 1) 塚田忠夫,吉村靖夫,黒崎茂,柳下福蔵:機械設計 法,(2005),161.
- 2) 白銅株式会社:在庫品カタログ,(2006),98.
- 3) ユニチカ株式会社, (2009/11/06), http://www.unitika.co.jp/plastics/nylon/nylon6/ index.html
- 4) 岩田敬治:ポリウレタン樹脂ハンドブック, (1987), 264.
- 5) 小菅義隆, 麻 幸啓, 宮川睦巳, 志村 穣:第 1 回大学コンソーシアム八王子学生発表会用要 旨集, (2009), 46-47.
- 6) 小菅義隆, 宮川睦巳, 麻 幸啓, 志村 穣:日 本機械学会関東学生会第 48 回学生員卒業研究 発表講演会講演前刷集, (2009), 79-80.

(平成22年1月18日 受理)

# 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)

福田勝己\*,小林光男\*\*,鈴木健司\*\*,堤 博貴\*,石塚康規\*\*\*,斉藤直也\*\*\*\*

Friction Characteristics of Micro Area

(2nd Report: Effect of Radius of Tip)

Katsumi Fukuda, Mitsuo Kobayashi, Kenji Suzuki Hirotaka Tsutsumi, Yasunori Ishitsuka and Naoya Saito

This paper describes development of a micro load tribo-device in order to obtain micro-scale friction force. Friction is a phenomenon to have between two objects which contact and sliding by all means. In studying friction, we can raise efficiency of energy and necessary for machine movement stability. Important in the research and development of the micromachine in particular. In this study, I use a glass wafer for a sample and make an experiment to clarify a friction characteristic in micro load area. And using different radius diamond tip, I consider the effect of it.

(Keywords: Parallel leaf spring, Friction coefficient, Tribology, Wear, Friction, Radius of tip)

#### 1. 緒言

近年,機械要素の小型化の進展に伴って、マイクロマシンや MEMS の技術が広範囲にわたって使用されている<sup>1)</sup>. しかし,機械のしゅう動部が微小になればなるほど、マクロ空間では無視されてきた表面エネルギー等が大きく働き、マクロ空間における摩擦のメカニズムだけではミクロ空間の摩擦を明らかにすることは不十分であると考える. 既報<sup>1)2)3)</sup>において、押付け力や摩擦速度の変化がマイクロ摩擦に及ぼす影響について報告した. そこで本報では、触針の先端曲率半径に注目し、ガラスウエーハとダイヤモンド触針とを微小な領域で接触・しゅう動させ、その時の摩擦力と押付け力を測定することによって、触針の先端曲率半径の違いが摩擦特性に及ぼす影響について明らかにする. また、しゅう動後のガラスウエーハ表面の摩擦痕を走査型電子顕微鏡(以下 SEM)で観察し、摩擦痕の幅および深さを測定して先端曲率半径の影響について検討した.

#### 2. 実験

#### 2.1 実験装置

Fig. 1 に実験装置の概観を示す. 実験装置全体は、外部からの振動を極力抑制するために除振台の上に設置し. 実験はクリーンブース内で行った.

実験装置は、測定試料を固定し、一定速度で駆動するステージ部と、平行平板板ばねにダイヤモンド触針を取り付け、その変位量から押付け力、摩擦力を測定する測定部から構成される.

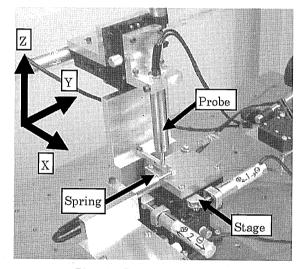


Fig. 1 Experimental setup

# 2.2 平行平板板ばね

本実験で使用した平行平板板ばねは、 ジュラルミンの ブロックより一体製作したもので、摩擦力と押付け力とを 同時に測定するためのばね部を持つ. Fig. 2 に製作した 平行平板板ばねを示す. このばね部の板厚を変更することで、ばね定数が変更されて測定範囲が拡大する.

#### 2.3 実験方法

実験は、平行平板板ばねの先端に取り付けたダイヤモンド触針をステージ上に固定した試料表面に押付け、 ステージをY軸方向に移動させることによって触針と試料表面とをしゅう動させた.

- \*東京工業高等専門学校 \*\*工学院大学
- \*\*\*\*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専攻科

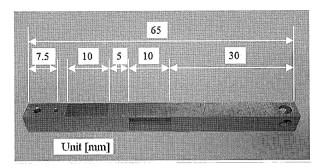
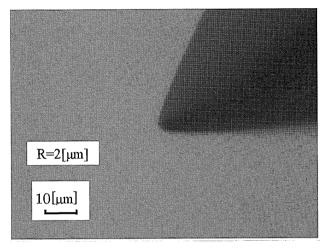
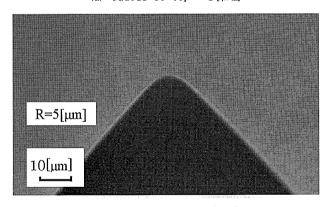


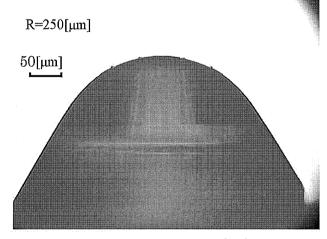
Fig. 2 Parallel leaf Spring



(a) radius of tip =  $2[\mu m]$ 



(b) radius of tip =5 [ $\mu$ m]



(c) radius of tip =  $250 [\mu m]$ Fig. 3 Diamond tip

Fig. 3 に使用したダイヤモンド触針先端部の光学顕微鏡写真を示す。ダイヤモンド触針の先端曲率半径は (a) が  $2 [\mu m]$ , (b) が  $5 [\mu m]$ , (c) が  $250 [\mu m]$  である.

また, Y軸テーブルは, 移動速度を一定に保つために電動式とし, テーブルの移動速度は距離センサで測定した.

#### 2.4 試料

本実験で使用した試料は、結晶面、結晶方向などを考慮する必要のない石英ガラスウエーハで、試料表面の算術平均粗さ  $\it Ra$  は  $\it 0.0046$  [ $\it \mu m$ ] である。なお、本実験は、半導体洗浄液、純水の順に、各  $\it 5$  分間超音波洗浄を行った面で実施した。

#### 2.5 実験条件

Table 1 に雰囲気条件を示す. この雰囲気条件は, クリーンブース内で一般的に設定される値である.

なお、摩擦速度は  $120\pm2$  [ $\mu$ m/s] の間で、押付け荷重は  $\pm2$ mN の範囲内で制御した.

Table 1 Atmosphere condition

Temperature	[℃]	25±1
Relative humidity	[%]	$50 \pm 5$

#### 3. 実験結果および考察

本実験では、押付け力を変化させた場合の摩擦力を測定した。 その範囲は、 $8 [mN] \sim 300 [mN]$  である.

#### 3.1 先端曲率半径 2 [μm] の場合

Fig. 4に、摩擦係数と押付け力との関係を示す.

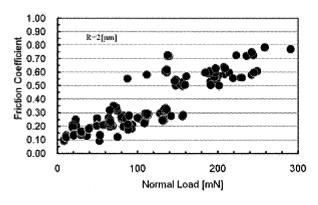


Fig. 4 Relationship between normal load and friction coefficient

これより、押付け力の増加に伴って摩擦係数が増加する傾向があることが分かる.また、その増加の割合はほぼ一

定であり、押付け力と摩擦係数とはほぼ比例関係にあることが分かる.

しかし,押付け力が約  $80 \, [mN]$  ~約  $150 \, [mN]$  の間では,同じ押付け力においても,異なる摩擦係数が出現することが分かる. Fig. 5 に 2 種類の摩擦係数が出現した場合の摩擦係数と時間との関係を示す.

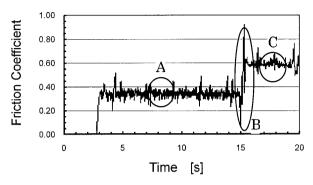
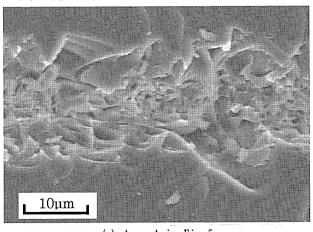


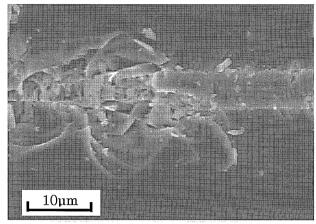
Fig. 5 Relationship between friction coefficient and time (Normal load; 120 [mN])

これより、しゅう動開始後の摩擦係数は、ある程度の変動があるものの摩擦係数が約 0.34 で安定している (Fig. 5 A) ことが分かる. しかし、15[s] 付近で摩擦係数が急激に変動し (Fig. 5 B)、その後は、摩擦係数が約 0.60 の付近で一定となる (Fig. 5 C) ことが分かる. このように、実験中に摩擦係数が変動する場合と、実験開始直後から、高あるいは低摩擦係数のどちらかのみでしゅう動し続ける場合とが確認された.

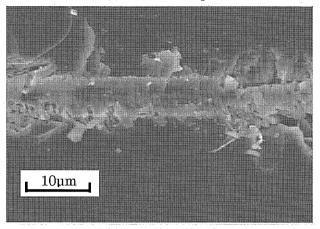
Fig. 6 に、実験中に摩擦係数が変動する場合の摩擦痕の SEM 観察写真を示す. この場合のしゅう動方向はすべて左 から右方向である.



(a) Area A in Fig. 5



(b) Area B in Fig. 5



(c) Area C in Fig. 5
Fig. 6 Photograph of Friction Area

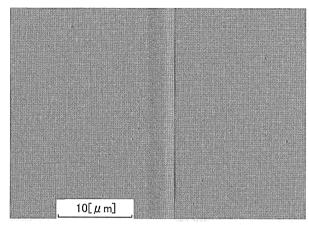
これより、Fig. 5 における摩擦係数の低い A 領域では、 ダイヤモンド触針がガラスウエーハ表面を大きく破壊し ていることが分かる.このことから摩擦形態は、掘り起こ し摩擦が支配的であると推測される.

次に、摩擦係数の変動幅が大きい B 領域では、ガラスウエーハの破壊が徐々に緩やかになり、表面にはダイヤモンド触針が通過した痕跡のみが残されている。そして、高摩擦係数を検出した C 領域では、A 領域と比較して、ガラスウエーハ表面を破壊しておらず、触針が通過した痕跡のみが観察される。このことから、凝着摩擦が支配的であることが推測される。

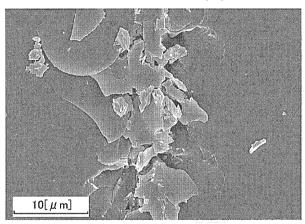
以上のことから、摩擦力の発生に最も影響を与えている ものは、接触部が凝着とせん断を繰り返すことによって発 生する凝着力であると考えることができる.この凝着力に 比較して、しゅう動時に発生する掘り起しによる抵抗は小 さいことが推測される.

また、Fig. 5 に示すように、接触している 2 つの物体のうち、低せん断力の物体にほぼせん断強さに相当する力が負荷された場合には、摩擦係数が安定しないことが確認された.

この 2 種類の摩擦係数が出現する押付け力約 80 [mN] までの範囲では、Fig. 7 (a) に示すように、Fig. 6 (c) と同様なガラスウエーハ表面を破壊せずに、ダイヤモンド触針が通過した痕跡のみが確認された。これに対して、押付け力が約 150 [mN] 以上の範囲では、Fig. 6 (a) のようにガラスウエーハ表面を破壊している様子が Fig7 (b) から確認できる.



(a) Normal load: 56 [mN]



(b) Normal load: 212 [mN]
Fig. 7 Photograph of glass wafer

#### 3.2 触針先端曲率半径 5 [μm] の場合

Fig. 8 に摩擦係数と押付け力との関係を示す.

これより、押付け力の増加に伴って、摩擦係数が多少増加していることが分かる.これを、先端曲率半径が $2[\mu m]$ の場合 (Fig. 4) と比較すると全体的に低い摩擦係数を示している.また、摩擦係数の増加の割合が小さいことも分かる.しかし、先端曲率半径  $2[\mu m]$ の場合に出現した異なる摩擦係数が検出される領域は出現しなかった.

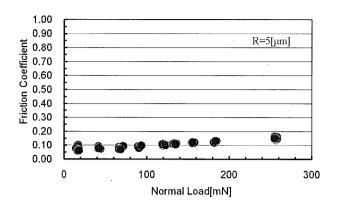


Fig. 8 Relationship between friction coefficient and normal load

Fig. 9 に押付け力が 145 [mN] のときの摩擦係数と時間との関係を示す.

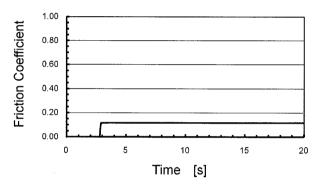
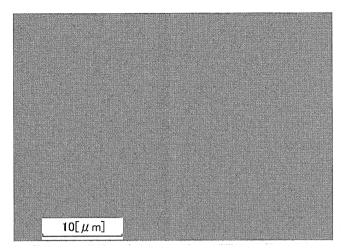


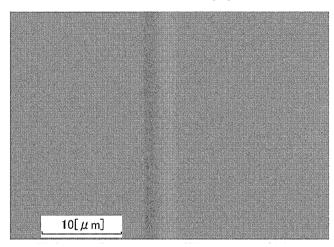
Fig. 9 Relationship between friction coefficient and time

Fig. 9 より、しゅう動中の摩擦係数の変動はほとんどなく、安定した摩擦状態であることが分かる.このことから、摩擦状態は、押し付け力とその接触部の大きさによって異なることが分かり、接触面圧が深く関係していることが推測される.

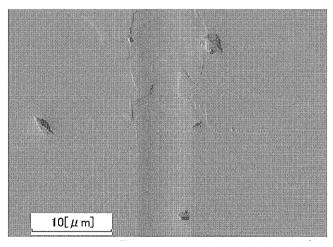
Fig. 10 に本実験で行った押付け力が 40 [mN], 145 [mN], 256 [mN] の場合の摩擦痕の SEM 写真を示す.



(a) Normal load: 40 [mN]



(b) Normal load: 145 [mN]



(c) Normal load: 256 [mN]
Fig. 10 Photograph of glass wafer

Fig. 10 より、押付け力の増加とともに摩擦痕の幅が拡大していることが確認できる。このことと、Fig. 8 の摩擦係数と押付力との関係から、接触面積の増加に伴って摩擦係数が増加していることが分かる。また、Fig. 10 (c) ではガラスウエーハ表面が若干破壊しているが、先端曲率半径が  $2 [\mu m]$  の場合に見られた 2 種類の摩擦係数は出現しな

かった.このことから,先端曲率半径が大きくなると摩擦 状態が安定することが推測される.

#### 3.3 先端曲率半径 250 [μ m] の場合

Fig. 11 に摩擦係数と押付け力との関係を示す.

これより、押付け力が 100 [mN] 付近までは摩擦係数は押付け力の増加に伴って徐々に減少しているが、その後は、ほぼ一定の値に漸近していくことが分かる.

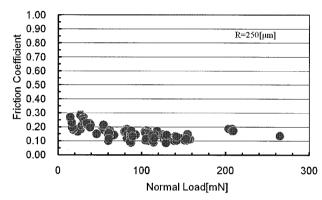


Fig. 11 Relationship between friction coefficient and normal load

Fig. 12 に押付け力が 145 [mN] の場合の摩擦係数と時間 との関係を示す.

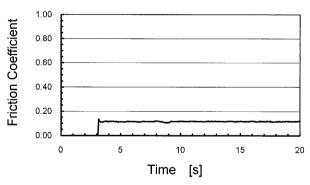


Fig. 12 Relationship between friction coefficient and time (Normal load 145 [mN])

これより、摩擦係数はほぼ一定の値であることが分かる. しかし、Fig. 9 の先端曲率半径が  $5[\mu\,\mathrm{m}]$ 、押付け力  $145[\mathrm{m}]$  の場合と比較すると、摩擦係数が多少変動していることが確認できる. このことから、 $5[\mu\,\mathrm{m}]$  の場合よりも摩擦の状態は不安定であると推測される. このことは、先端曲率半径が  $250[\mu\,\mathrm{m}]$  では、真実接触面が前述の 2 つの先端曲率半径の場合に比較して、よりマクロ摩擦に近い状態になっていることを示している.

#### 4. 結言

ガラスウエーハ表面と先端曲率半径の異なるダイヤモ ンド触針との微小摩擦実験を行い,押付け力の違いが微小 領域の摩擦特性に及ぼす影響について検討した.

その結果,以下のことが明らかになった.

- (1) 先端曲率半径が  $2[\mu m]$  と  $5[\mu m]$  の場合には,摩擦係数は押付け力とともに増加し.その増加の度合いは  $5[\mu m]$  の方が小さい.
- (2) 先端曲率半径が 250 [μm] の場合には、押付け力の増加に伴って摩擦係数の値は減少し、一定の値に漸近する.
- (3) 同じ押付け力の場合の摩擦係数は、先端曲率半径によって異なる値を示し、本研究の実験範囲では全体的には5[μm]が最も低い値を示した。

#### 参考文献

- 1) 福田勝己,加藤孝久;単結晶シリコンの微小摩擦特性 に及ぼす SiO<sub>2</sub>酸化膜の影響;日本機械学会論文集(C編) 65 巻 629 号; pp. 354-360 (1999. 1)
- 2)福田勝己,小林光男,鈴木健司,小磯宏行,澤田 崇, 山田洋路;マイクロオーダーにおける摩擦特性評価(第 3報);日本機械学会東北支部第42回総会・講演会講演 論文集;pp. 209-210(2007. 3)
- 3) 福田勝己,小林光男,鈴木健司,堤博貴,飯田貴大, 小澤直樹;マイクロ領域における摩擦特性;東京工業高 等専門学校研究報告書第40号; pp. 29-34 (2008)

(平成22年1月18日 受理)

# 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

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\*\*\*\*\*

Recurrent Education on Electrical Engineering for Regional Engineers and its Case Report

Tomohiko Ohtsuka, Hiroshi Nagayoshi, Tomohiko Kimura, Kiyoyuki Koike Hiroyuki Nikkuni, Satoshi Matsuoka, Takenori Nitta, Tomoyo Mitani, Keiichi Sasaki

In this paper, a summary of a trial of the recurrent education for electronic and electronics engineering for regional enterprises around Tokyo National College of Technology is reported. In the reeducation, there are 2 courses, i. e. the design and implementation of the electronic circuit, and the fundamentals of the microprocessor design. Every engineer from regional enterprises studies all courses to study fundamental of these topics. It was found from the analysis of the questionnaire that a lot of them understand it is important to understand the fundamentals in a variety of areas of engineering to become good engineers.

(Keywords: reeducation, experience type practice, fundamental engineering)

#### 1. はじめに

一昨年、東京高専では、地域企業の本校に対する期待や要望を調査するため、八王子市内の企業を中心にアンケート調査を行った。その結果、市内企業の半数以上が社内の専門的・技術的な実務担当者に通常勤務をしながら短期間で修得可能な講座開講を希望していることが明らかになった。

一方、昨年10月以来の経済激変は八王子市内の製造業にも深刻な影響を及ぼしている。こうした状況を打破するため、多くの製造業は下請けからの脱却を試み、製品開発型企業を目指し始めている。しかし、多くの中小規模の製造業では、適切な基礎知識を有する後継技術者育成に苦労しているのも実情である[1][2]。

こうしたニーズに応えるため、本校では、今年 度8~9月に掛けて、ものづくり現場を担う地元 技術者向けにテクノクロス講座を開講した。本講 座では、主に講師は本校教職員、本校施設を活用 した実験実習を重点において講義を行った。講座 は機械系、電気系、化学系の3分野で、主に各分 野の基礎を中心とした内容とした。実験実習の他 に、市内の優良事業所の見学会も実施した。基礎 知識修得と企業見学を併用することで、複合的視 点や柔軟な発想力を育成し、開発のヒントや技術 者や高専教職員とのネットワーク作りを図った。

本報告では、電気電子系分野のテクノクロス講座について、実施状況と効果測定の結果について

### 2. 電気系テクノクロス講座の概要

分析・考察について報告する。

# 表1. テクノクロス講座(電気電子工学系)の日程

講座名	温故知新の電気電子基礎講座				
概要	同調指示管(マジックアイ)を使ったものづくり (オーレて、電気・電子回路の基礎を学習する。	ーディオ・レベルメータ製作)を通			
担当	電子工学科:小池、永吉、大塚、技術職員:松岡、新	<b>H</b>			
講座時間	7時間/日×2日= 14 時間				
会場	第3棟4階電子工学実験室(3403号室)				
	研修内容	到達目標			
第1日 8月26日	●電気・電子回路の基礎(1) ・交流インピーダンスの計算(電圧・電流・電力) ・抵抗・コンデンサによる過渡現象の考慮 ・3種管の静特性測定を通して等価回路の考え方	・電気回路や電子回路の基礎 を修得する。			
第2日 8月28日	●電気・電子回路の基礎(2) ・現代のデバイス技術が可能にした真空管時代には ない真空管回路の学習	・真空管の基礎を修得する。			

講座名	PICマイコンを用いた入出力制御実験				
概要	PICマイコンを用いて簡単な回路を作製し、入出力(スイッテ入力による、LEDの点灯点 滅・モータの制御)制御実験を通して、基礎的なマイコンの扱い方を学習する。				
担当	電気工学科:木村(知)、新國、電子工学科:大塚、技術職員:松岡、新田				
講座時間	7 時間/日×1日= 7 時間				
会場	第3棟3階システム・デザイン実験室(3301号室)				
	研修内容	到達目標			
第1日	●マイコンを用いた回路製作の基礎	BE Serve or or through the miles to the			
9月2日	・アセンブリ言語による組込みソフトウエアの作り方 ・PICマイコンによるLEDの点灯・点滅実験 ・PICマイコンによるモータの制御実験	・開発ツールの使用法を習得する。 ・マイコンを用いた基本的な入出力 制御の基礎を習得する。			

講座名	PICマイコンを用いたシリアル通信実験				
概要	C言語を用いたPICマイコン設計実験を通じ、シリアル	通信の基礎を学習する。			
担当	電子工学科:大塚、電気工学科:木村(知)、新國、技術	<b>析職員:松岡、新田</b>			
講座時間	3 時間(午前) /日×1日= 3 時間				
会場	第3棟4階情報系実験室(3402号室)				
	研修内容	到達目標			
第1日 9月4日	●マイコン・シリアル通信の基礎 ・C言語による組込みソフトウエアの作り方 ・シリアル通信回路の使い方 ・PICマイコンによるシリアル通信実験	・C言語による組込みソフトウエア 技法の基礎を学ぶ。 ・シリアル通信の基礎を学ぶ。			

テクノクロス講座(電気系)の日程概要を表1に示す。今年度は、「温故知新の電気電子基礎講座」(2日間)、「PICマイコンを用いた入出力制御実

<sup>\*</sup>電子工学科 \*\*電気工学科 \*\*\*教育研究技術センター \*\*\*\*物質工学科

<sup>\*\*\*\*</sup>産業技術センター

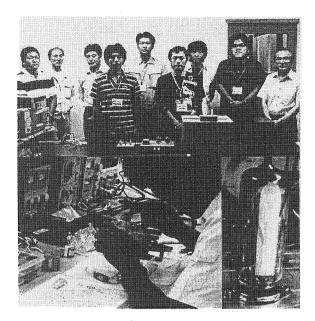


図1. 温故知新の電気電子基礎講座

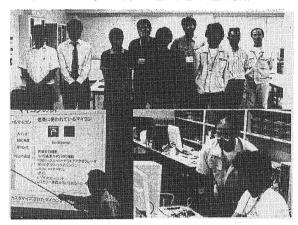


図2. PICマイコンを用いた入出力制御実験

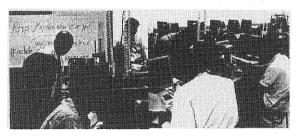


図3. PIC マイコンを用いたシリアル通信実験験」(1日間)、「PIC マイコンを用いたシリアル通信実験」(0.5日間)、優良事業所見学(0.5日間)を実施した。

「温故知新の電気電子基礎講座」では、真空管を題材に、真空管の基本特性測定法や電子回路設計法から実装実習までの一連のものづくり工程を体験学習してもらった。受講者の業務経験は様々であったが、後述の受講者アンケートからも分かるように概ね高い満足度を得ることが出来た。

「PIC マイコンを用いた入出力制御実験」では、マイコン初心者を対象に、マイコンの仕組みから

LED 点灯制御やモータ制御の基礎までを実習した。マイコンを初めて使用する受講者も多数含まれていたが、後述の受講者アンケートからも分かるように概ね高い満足度を得ることが出来た。

「PIC マイコンを用いたシリアル通信実験」では、シリアル通信の仕組みから C 言語によるシリアル通信実習までを行った。後述の受講者アンケートからも分かるように概ね高い満足度を得ることが出来たが、半日の実習であったため、実習に十分な時間が欲しいとの声もあった。

本講座の出席者は計8名で、毎回1名程度が欠席していた。図1~3に各テーマの実習風景を示す。

#### 3. 受講者アンケート調査とその分析

# 3. 1. 受講者の専門分野・業務経験について

表 2. 受講者の専門分野・業務経験の集計(人)

双 2 ・ 文碑石 の守门カガ * 未	为心土	一切大・	ノ来は	11 ()	
設問		違	<b>建択肢</b> 机	ij	
	0	2	3	4	(5)
ご専門をお聞かせ下さい(最も近いものを1つ					
選択して下さい)。		i			
①電気・電子系					
②機械系	4	1	0	1	1
③情報系		l			
④化学系		İ	ŀ		
⑤その他					
講座にお申し込みをされたきっかけは何です					
か。					
①ホームページ			1		
②ポスター	0	0	5	1	1
③会社・知人の勧め					
④商工会議所の紹介					
⑤その他					
本講座に期待することは何ですか(最も近いも	ŀ				
のを1つ選択)。					
①基礎を学び直したい					
②応用を学びたい	7	0	0	0	0
③新分野進出のため		l			
④高専の教職員と知り合いたい ② スの他					
<b>⑤</b> その他					
業務で電子回路設計をされたご経験はありま すか。					
りか。 ①全くない					
②あまりない	2	3	1	1	0
③少しある	l				
④頻繁に行っている					
業務でマイコンを使われたご経験はあります	<del> </del>				
米物でマイコンを使われたと経験はあります。					
①全くない					
②あまりない	4	2	0	1	0
③少しある					
④頻繁に行っている					
		L			

※表の数値は回答人数を表す。

受講者の専門分野・業務経験に関するアンケート結果を表 2 に示す。専門分野は電気・電子系の方が最も多い結果となっているが、電子回路やマイコンに関する業務経験はあまりないことが分かった。また、本講座に期待することとして、全員が基礎の学び直しを挙げていた。このことから、受講者は、本講座を通じ、これまで業務経験したことがない新たな分野の基礎知識修得を目指して

いることが伺える。

一方、申し込みの契機は、大半が会社・知人の 勧めであった。本講座の募集は、ポスター等様々 な方法で広報していたが、宣伝効果は大きくなか ったことが確認された。今後、広く本講座参加を 市内企業技術者に呼び掛けるため、広報戦略をさ らに工夫する必要があることも確認された。

#### 3. 2. 本講座の効果測定について

本講座の効果測定を行うため、受講前と受講後 において、本講座に関連の深い専門知識について 受講者の理解度アンケートを調査した(表3)。

表3の受講前アンケートによると、受講生は電子回路、電子デバイス、マイコンいずれに関してもあまり予備知識を持っていなかったことが確認できる。特に、マイコンに関しては、受講前調査において、受講者のほとんどが基礎知識を学んだこともない状況にあった。

しかし、受講後のアンケート調査では、表3に示す12項目全てについて理解が深まったとの印象を得ていたことが確認された。本講座の講師陣は、初日の受講前アンケートの段階で明らかによりもた受講者の予備知識を前提に、当初の予定よりもテキストや講義の説明を切心者向けに組速だったをあ、結果として受講者の理解を助けるに至ったため、結果として受講者の理解を助けるに至ったため、結果として受講者の理解を助けるに至ったため、結果として受講者の理解を助けるに発力や配慮も受講者の理解深化に影響しているものと考えられる。

表2のように受講者の専門分野や業務経験は 幅広かっただけに、全ての項目に受講者が理解を 示してくれたことは予想以上の成果と言える。

#### 3. 3. 本講座の日程等について

本講座の日程、講座のレベル、講師の教え方、 テキスト等に関するアンケート結果を表4に示す。 いずれの項目についても、受講者は概ね満足を示 していた。一方、日数(実験実習の時間数)に関 してはもう少し時間の余裕を望む受講者もいた様 子であった。

表3. 受講者の理解度・満足度に関する集計

表3.受講者の	理解	厚	• 満	足度	に関	目す	る集	計
設問			ンケー			講後ア		
	1	2	3	<u>(4)</u>	0	2	3	4
(1)直流回路の計算方法を								
ご存知ですか。   ① 全く知らない								
② あまり知らない	0	5	1	0	0	1	5	0
③ 少し知っている								
④ 良く知っている		<u> </u>					<u> </u>	
(2)電気回路のインピーダ	1							
│ ンスの計算方法をご存知 │ ですか。								
① 全く知らない	1	4	1	0	0	1	5	0
② あまり知らない	1	•	1		"	•		
③ 少し知っている					ļ			
④ 良く知っている								
(3)電気回路の過渡現象の								
│ 考え方をご存知ですか。 │ ①  全く知らない								
② あまり知らない	2	2	2	0	1	1	5	0
③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
(4)電子デバイス(真空管、								
半導体など)の性質をご存	İ							
知ですか。  ① 全く知らない	1	3	2	0	0	1	1	3
② あまり知らない	1	Ŭ	_		١	_	*	
③ 少し知っている								
④ 良く知っている							<u> </u>	
(5)真空中の電子の性質を							l	
│ ご存知ですか。 │ ①  全く知らない							ĺ	
② あまり知らない	1	3	2	0	0	1	1	4
③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
(6)電子回路の設計方法を								
こ存知ですか。								
□ 全く知らない □ あまり知らない	3	3	0	0	0	1	5	1
③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
(7)マイコンの使い方をご								
存知ですか。								
① 全く知らない	3	2	2	0	0	1	4	2
② あまり知らない ③ 少し知っている		_	_	-			-	_
④ 良く知っている								
(8)アセンブラによるマイ								
コンのプログラミング技								
法をご存知ですか。								
① 全く知らない	5	0	2	0	0	3	3	1
② あまり知らない ③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
(9)マイコンを使って LED								
を制御する方法をご存知								
ですか。					_			
│ ① 全く知らない │ ② あまり知らない	4	1	2	0	0	1	3	3
③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
(10)マイコンを使ってモ								
一タを制御する方法をご								
存知ですか。	,					_	_	
① 全く知らない ② あまり知らない	4	2	1	0	0	1	5	2
③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
(11)マイコンを使って PC								
とシリアル通信する方法								
をご存知ですか。	,	_					,	
① 全く知らない ② あまり知らない	4	2	1	0	0	1	4	2
③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
(12)C 言語によるマイコ								
ンのプログラミング技法								
をご存知ですか。		_						_
① 全く知らない ② あまり知らない	3	1	3	0	0	0	4	2
③ 少し知っている								
④ 良く知っている								
※裏の数値は同な人数を書								

※表の数値は回答人数を表す。

表 4. 本講座の日程等に関する集計

設問	· · · ·	選択	肢欄	
	1	2	3	4
1日7時間という講義時間(実験実習含む) は適切でしたか。 ① 不適切 ② 少し不適切 ③ やや適切 ④ 適切	0	1	1	5
開催日数(3日半)という日数は適切でしたか。 ① 不適切 ② 少し不適切 ③ やや適切 ④ 適切	0	1	3	3
午前 9 時開始、午後 5 時終了という講義時間は適切でしたか。 ① 不適切 ② 少し不適切 ③ やや適切 ④ 適切	0	0	1	6
講義の内容(レベル)は適切でしたか。 ① 不適切 ② 少し不適切 ③ やや適切 ④ 適切	0	0	4	4
講師の教え方は適切でしたか。 ① 不適切 ② 少し不適切 ③ やや適切 ④ 適切	0	0	1	7
講義はあなたの仕事に役立ちそうですか。 ① 全く役立たない ② あまり役立たない ③ 少し役立つ ④ 大いに役立つ	0	0	1	7
テキストや教材は適切でしたか。 ① 不適切 ② 少し不適切 ③ やや適切 ④ 適切	o	0	1	7

※表の数値は回答人数を表す。

# 4. まとめ

本報告では、地元企業技術者向けに開講したテ クノクロス講座のうち、電気電子工学系分野の講 座の実施概要について報告した。講師は本校教職 員が担当し、本校施設を活用して8月下旬から計 3. 5日間の講座として開講した。日常の業務か ら離れ、自身の専門外の基礎実習やものづくり講 習が受講できるとあって、受講生は開始時刻前か ら予習・復習に余念がない様子で、講義終了後も 講師に熱心に質問をしている真剣な姿が見られた。 また、受講前・受講後のアンケート調査から、受 講者の多くは自身の専門分野の裾野をさらに広げ るため、業務体験のない分野の基礎知識修得に強 い意欲を持っていることも確認された。本講座の 効果測定の結果からも有効性が確認されている。 以上のことから、本講座は、地元企業に人材養成 の絶好の機会を提供できたと考えられる。

本校では、これまでに地元企業の技術者を対象

とした公開講座を開講した例は少なく、講座の進め方などのノウハウの蓄積も少ない状況であった。 是非、今回の経験を今後の社会人向け講座に活か していきたい。

今後の課題として、開催する本校側の準備期間 の調整、申込段階で受講者の予備知識や業務経験 等を調査等の方法を検討する必要があると考えら れる。

#### 謝辞

本講座は、八王子市委託事業として助成を受けたものである。

講座の開講・実施に当り、電子工学科や電気工学科の先生方、技術職員の皆様、並びに総務課企画係の事務職員の皆様には大変お世話になりました。この場をおかりして御礼申し上げます。

# 参考文献

- [1] 馬越幹男,中嶌裕之,平川靖之,笈木宏和,鳥井昭美, "高専と地域産業・市民との連携", 平成21年度工学・工業教育研究講演会講演論 文集,pp.88-89
- [2] 大曽根正紀,"ものづくり企業技術者を創る", 平成 21 年度工学・工業教育研究講演会講演論 文集,pp. 108-109

(平成21年12月21日 受理)

# 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

大塚友彦\*, 吉田一彦\*\*

New Fingerprint Minutiae Extraction Using Ridge Flux Analysis

Tomohiko Ohtsuka, Kazuhiko Yoshida

This paper presents a new fingerprint minutiae extraction approach that is based on the analysis of the ridge flux distribution. The considerable processing time taken by the conventional approaches, most of which use the ridge thinning process with a rather large calculation time, is a problem that has recently attracted increased attention. We observe that the features of a ridge curve are very similar to those of a vector flux such as a line of electric force or a line of magnetic force. In the proposed approach, vector flux analysis is applied to detect minutiae without using the ridge thinning process in order to reduce the computation time. The experimental results show that the proposed approach can achieve a reduction in calculation time, while achieving the same success detection rate as that of the conventional approaches.

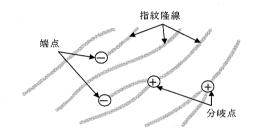
(Keywords: fingerprint, feature extraction, minutia detection, ridge flux analysis)

# 1. はじめに

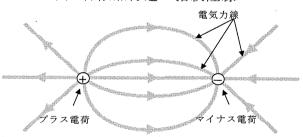
近年のコンピュータ技術の発展により様々な 分野で指紋認証技術が採用されている[1]-[5]。一般に、指紋認証では隆線の端点や分岐点を個人識 別のための特徴点として使用する。従来、特徴点 抽出では、隆線の細線化処理により抽出していた。 しかし、細線化処理は演算時間が大きいため、そ の処理時間削減が求められている[6]。本研究では、 指紋隆線と電気力線や磁力線等の隆線との類似 性に着目し、細線化を行わずにベクトル解析によって特徴点を検出する手法を提案する。

# 2. 提案手法の概要

提案手法の基本的な概念を図1に示す。指紋隆線のパターンは、図1のようにベクトルの流線と類似性が多い。例えば、図1(a)では、指紋隆線は分岐点から生成され端点で消滅しているように観察できる。同様に、図1(b)では、電気力線はプラス電荷から生成されマイナス電荷で消滅しているように観察できる。以上のことから指紋の特徴点と電荷の間には類似性が多いため、ベクトル解析を用いて正確に特徴点検出をできると考えられる[7]-[10]。提案手法では、点電荷と類似点を持つ指紋特徴点について、以下のことに着目した。



(a) 特徴点付近の指紋隆線



(b) 電荷付近の電気力線

図1 指紋隆線と電気力線との類似性

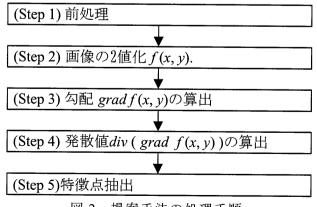


図 2 提案手法の処理手順

まず、点電荷の周りでは電気力線の発散は大きな値となることから、指紋においても特徴点の周辺では発散値は大きくなることに着目する。電磁気学的なベクトル解析(発散)を指紋画像解析に応用することができれば、指紋特徴点を求めることができる。

提案手法の概略を図 2 に示す。提案手法では、 前処理、画像の 2 値化、勾配の算出、発散値の算 出、特徴点抽出の順で処理を行う。各ステップの 処理の概要を以下に示す。

ステップ 1: 画質を改善するための指紋隆線の方向を考慮した平滑化フィルタ処理を施す。

ステップ 2: 前処理後の指紋画像を 8×8 のブロック毎に分けて局所的 2 値化処理を行う。

ステップ 3: Sobel フィルタによる x 方向と y 方向の輝度勾配(勾配画像)を算出する。

ステップ 4: 勾配画像から発散(発散画像)を算出する。

# 3. 提案手法による処理結果

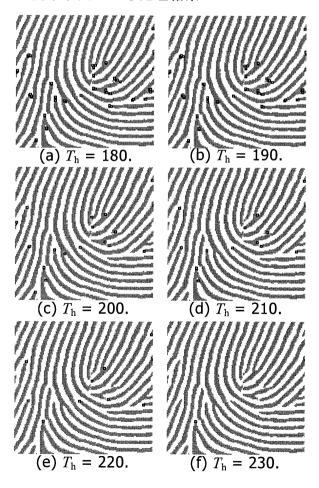


図3 閾値を変更したときの処理結果



図 4 細線化手法と提案手法の比較

発散画像から特徴点抽出の際に用いる閾値は特 徴点抽出精度に大きく影響を及ぼす。図3に発散 画像の閾値 T<sub>h</sub>と特徴点抽出結果の関係例を示す。

図3より、閾値が低い場合は真の特徴点付近に 擬似特徴点が多く現れることが確認される。閾値 が高い場合は擬似特徴点が少なくなるが真の特徴

点も検出漏れしてしまうという結果となった。 そこで、本研究では、閾値の設定を 180~200 程度 にして特徴点検出を行い、次に連結する複数の特 徴点を一つに結合させる処理を行う。

本研究では、擬似特徴点結合のため、まず、発 散値が負の特徴点のうち、隆線上のものは除去し、 発散値が正の特徴点のうち、隆線上にないものを 除去する。次に、連結する特徴点を一つにまとめ、 真の特徴点を得る。従来法、並びに提案手法によ る処理結果を図4に示す。

また、FVC2000DB2aのうち画質の高い指紋画像25枚について評価を行ったので、その結果を表1に示す。表中の数値は平均値を表している。なお、aは全特徴点中のうち、検出された特徴点での真の特徴点になるものの割合、bは検出した特徴点が真の特徴点となった割合、cは特徴点の種類の誤検出率、dは処理時間を表している。

	a[%]	b[%]	c[%]	d[ms]
従来法	59	80	8	1010
提案法	54	75	12	221

表1 従来法と提案法の評価結果

# 4. まとめ

本研究では、ベクトル解析を用いた新しい手法での特徴点検出を提案した。細線化を用いないため処理時間が短いという特徴がある。実際の指紋画像に適用したところ、処理時間を 1/4 程度に短縮することが確認された。しかし、提案手法の検出率は従来手法の検出率を 5%下回る結果であった。今後の課題として、連結特徴点の結合処理手法の改善等が挙げられる。

# 謝辞

本研究は、平成21年度東京工業高等専門学校 校長重点配分経費の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] S. Ozaki, T. Matsumoto, H. Imai, "Personal Verification Method Using Small Pieces of Fingerprint," IEICE Trans. D-II, Vol. J78-D-II, no. 9, pp. 1325-1333, 1995.
- [2] Y. Seto, M. Mimura, "Standardization of Accuracy Evaluation for Biometric Authentication in Japan," IEICE Trans. ED, Vol. E84-D, no. 7, pp. 800-805, 2001.
- [3] D. Simon-Zorita, J. Ortrga-Garcia, S. Cruz-Lianas, J Gonzalez-Rodriguez, "Minutiae Extraction Scheme for Fingerprint Recognition Systems," Proc. of ICIP 2001, Vol. 3, pp.254-257, 7-10, Oct. 2001.
- [4] L. Hong, Y. Wan, A. Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 20, No. 8, pp.777-789,1998.

- [5] D. Maio, D. Maltone, R. Cappelli, J. L. Wayman, A. K. Jain, "FVC2004: Third Fingerprint Verification Competition," LNCS, Springer-Verlag, 2004.
- [6] D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, S. Prabhakar, "Handbook of Fingerprint Recognition," Springer, NY, 2003.
- [7] T. Ohtsuka, T. Takahashi, "A New Detection Approach for Fingerprint Core Location Using Extended Relational Graph," IEICE Trans. ED, Vol. E88D, no. 10, pp. 2308-2312, 2005.
- [8] T. Ohtsuka, A. Kondo, "A New Approach to Detect Core and Delta of the Fingerprint Using Extended Relational Graph," IEEE Proc. of 2005 ICIP, Vol. 3, pp. 249-252, 2005.
- [9] T. Ohtsuka, A. Kondo, "A New Core and Delta Detection for Fingerprints Using the Extended Relation Graph," IEICE Tran. EA, Vol. E88-A, no. 10, pp. 2587-2592, 2005.
- [10] T. Ohtsuka, D. Watanabe, D. Tomizawa, Y. Hasegawa, H. Aoki, "Reliable Detection of Core and Delta in Fingerprints by Using Singular Candidate Method," Proc. of IEEE CVPR Workshop on Biometrics, pp. 1-6, June, 2008.

(平成 21 年 12 月 21 日 受理)

# H 8/3069を用いた μITRON 入門教材の開発

小坂敏文\*, 吉本定伸\*, 松林勝志\*, 鈴木雅人\*

development of uITRON educational system with H 8/3069

Toshifumi Kosaka, Sadanobu Yoshimoto, Katsushi Matsubayashi, Masato Suzuki

In dept. CS of TNCT some subjects are offered as combination of a classroom lecture and a practical work. The subject 'operation system' has been offered as a classroom lecture for long time. Recently embedded computer system technology attracts attention. Among the technology, real time operation system (RTOS) plays a key role. Therefore the development of an educational material that leads students to study RTOS with real micro computer systems is required. We developed micro computer system optimized for studying RTOS with the CPU H 8/3069, and also constructed simple system that consists of cross compiler, linker, and conversion program. In addition we provide a teaching text that is able to be obtained in Web system.

(Keywords: Real Time OS, uITRON, HOS)

#### 1. はじめに

情報工学科では OS (オペレーションシステム) の概要と役割を解説した座学はこれまで、OS-I. OS-II として開講されてきている。情報工学科の 科目は座学中に演習を取りいれ、手を動かしなが ら体感を通じて情報工学の基礎を修得できるスタ イルを目指してきている。OS 分野も例外ではなく, 実習を通じての学習スタイルを模索してきている。 - 方,これまでコンピュータの基本的な仕組みを 解説するため、マイクロコンピュータ **Z80** を取り 上げた演習科目(情報工学科完成年度頃~)があ った。CPU のアーキテクチャは時代の制約を受け ているが、比較的少ない命令で動作するため授業 に取り入れやすかったことや演習機材を揃えるの が容易なため、長期にわたって演習科目が実施さ れてきた。しかしすでに Z80 はハードウェアが古 くなり、(1976年~)演習用機材の補充ができな くなっており, 以前から機種の更新が望まれてい た。かねてより卒業研究やロボコンチームのコン トローラとして採用実績のあるルネサス製のマイ クロコンピュータ H8 が候補に挙がり、H8/3048 を用いたマイクロコンピュータ入門講座を 1年生 のものづくり基礎工学(2008年度より)で実施し、 2009 年度に電子計算機 I, II ではマイクロコンピ ュータ C プログラミングとアセンブリ言語とアー キテクチャと動作の仕組みについての演習付講義 が実施されている。このような実績の上に RTOS (リアルタイム OS) をマイクロコンピュータで動 作させ、演習付の OS の講義を開講しようとする 試みがあり,まだ今年度は実施されていないが, 演習用機材を製作し、教材のプロトタイプを制作

したので報告する。

ITRON は RTOS の1つで東京大学の坂村健教 授によって 1984 年に提唱され、その工業用組込み部門が ITRON であり、マイクロコンピュータ 用サブセットが  $\mu$  ITRON となっている。  $\mu$  ITRON は仕様のみ与えており、実装はそれぞれの作り手にゆだねられている。

1) 現在は Ver4.0 となっている。商品としての  $\mu$  ITRON の実装も発売されているが,無料で公開されている実装としては名古屋大学高田広章教授の TOPPERS と m-arai 氏らの HOS (Hyper Operating System) がよく知られている。

2)実装についても規格化したT-Kernel 規格と実際のマイクロコンピュータに実装する T-Engine プロジェクトも進んでいる。

本報告で教材として取り上げたのは HOS である。HOS(Hyper Operating System)はルネサスの H8 マイクロコンピュータや SH マイクロコンピュータ向けに開発された $\mu$ ITRON の実装 OSである。バージョンを細かく見ると Hyper Operating System V4(HOS-V4)は  $\mu$ ITRON4.0 仕様の組み込み向けリアルタイム OS となっている。HOS は H8 や SH 以外のマイクロコンピュータもサポートするようになっている。

OS下でのプログラム開発にはGCCクロスコンパイラおよび日立の評価版コンパイラ Ver2 (現在H8 マイクロコンピュータは株式会社ルネサステクノロジが製造販売しているが、以前は日立が製造販売していた。多くの経路で配布されており、学校での使用許可をルネサスよりいただいている。)が使用できる。

# 2. ゼロから作る RTOS 演習マイクロコンピュータシステム

 $\mu$  ITRON を実装面まで規定した  $\mu$  T-Engine を搭載したマイクロコンピュータシステムが市販されているが,2 つの理由で導入を見送った。

- (1) 価格の面で折り合わない。ハードウェアごと製作すれば、同等の CPU 仕様、RAM メモリサイズで、概算納入価格(定価ではない)の 1/3 以下の導入価格となる。ただしこの計算には製作にかかわる人件費は含まれていない。
- (2) ゼロから RTOS マイコンシステムを製作することで、マイクロコンピュータ電源 ON から RTOS 起動まですべての動作状況が丸見えのシステムができる。そのため、RTOS の単なるユーザ用教材ではなく、RTOS を含む組み込みシステム全体を学ぶ教材となることができる。

また、CPU は次の仕様を満足するものを採用することとした。

- (1) フラッシュメモリ搭載で、開発したプログラムなどを書き込んで使用できる。
- (2) 複数のタスクを起動することから豊富な RAM 領域を外付け RAM に確保できる。
- (3) これまでの授業でマイクロコンピュータ入 門に用いた CPU と同様な開発ができるよう にする。

その結果, ルネサステクノロジ社の H8/3069 を 採用することとし, CPU カードとして当分のあい だ入手できる秋月電子 AKI-H8/3069F を使用する こととした。なおマザーボードはいくつかの入出 力を実装した標準仕様とした。

### 3. ハードウェア構成

秋月電子 AKI-H8/3069F (LAN ネットワークボード) は 2MbyteDRAM が拡張され,レベル変換されたシリアル通信インタフェイス(SCI)が 2 つ使えるようになっている。また,アドレスバスおよび 8 ビットデータバスが使用されているため,使用できるポートは少ないが AD コンバータ・DAコンバータ,インターバルタイマなどが使える状態になっている。なお,プログラム書き込みモード(ブートモード)と実行モードの切り替え,SCIOによる PC からのプログラム書き込みはAKI-H8/3069F ボード内で完結しているため,マザーボードには液晶表示器(LCD)と 2 ビットLED表示,4 ビット DIP スイッチ,5 ビットプッ

Table 1 port assignment for devices

デバイス	ポート	ビット
LED	4	6,7
ディップスイッチ	5	0 - 3
LCDコントロール	4	0 - 6
プッシュスイッチ	2	3 - 7

シュスイッチを実装した。開発したマイクロコン ピュータシステムを Fig.1 に,ポート割り当てを Table 1 に示す。

#### 4. μITRON の移植と OS 起動シーケンス

 $\mu$  ITRON での開発環境は GCC クロスコンパイラおよび日立の評価版コンパイラ Ver2 としている。PC 上で開発し,マイクロコンピュータにシリアル通信で機械語プログラムを転送し,所望のプログラムを動作させることができる。 $\mu$  ITRON である HOS はライブラリ群として提供されているため,あらかじめライブラリを構築する必要があり,2つの環境でそれぞれライブラリを構築した。HOS には,サンプルプログラムが同梱されており,これを動作させながら,開発環境の正当性を検証することができる。

マイクロコンピュータの起動シーケンスはさまざまな実装方法あるが,汎用性を考慮して次のようにしている。

- (1) CPU 起動時に実行されるスタートアップルーチン内では次のような作業を行なう。
  - 1) スタックポインタの設定
  - 2) 外付け DRAM 設定
  - 3) ポート設定
  - 4)静的変数初期設定
  - ここまでは通常のスタートアップルーチン

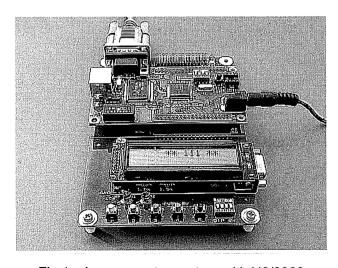


Fig 1 micro computer system with H8/3069

だが、続いて次の2つを行う。

- 5) 関数 preStartHos() (ユーザが OS 起動前に初期化等を記述できる)を呼 び出す
- 6) HOS を起動する
- (2) HOS は最初に関数

OnHosStart() (ユーザが OS 起動時に 初期化等を記述できる)を呼び出す。こ の後はユーザのプログラムを OS がス ケジューリングして実行する。

### 実習用開発環境

実習用の開発環境は、μITRON での開発環 境はGCCクロスコンパイラおよび日立の評価 版コンパイラ Ver2 としているが、作業上はほ とんど変わらない。1つのプロジェクトは1つ のフォルダ内で作業することにしている。作業 は次のような手順となる。

- (1) PC上で system.cfg と sample.c をユーザが 汎用エディタで記述する。
- (2) マイクロコンピュータをブートモードにし て,プログラム受け入れ態勢をつくる。
- (3) PC コマンド doubleClickAndGo.cmd をダ ブルクリック起動する。 エラーがなければ、プログラムの転送書き 込みまで行われる。
- (4) PC 側でターミナルソフトを起動する。(マ イクロコンピュータがシリアル通信してこ なければ不要)
- (5) マイクロコンピュータを実行モードにして 起動

Fig.2 に示す作業用フォルダは上記の作業を可 能とし、汎用性を確保するため次の構成となって いる。

- (1) PC コマンド (doubleClickAndGo.cmd): コンパイル&リンク+プログラム転送まで のコマンドファイル
- (2) make スクリプトファイル (.mak): コンパ イル&リンクの命令定義
- (3) リンクスクリプトファイル (.sub, .x)
- (4) スタートアップルーチン (crt0.s, .src)
- (5) ベクタテーブル (vector.s, .src)
- (6) ポート定義ヘッダ (3069S.H)
- (7) サービス関数定義 (MinSvs3069.c): シリ アル通信用 printf, LCD 用 printf, LED や スイッチを抽象化する関数群
- (8) サービス関数ヘッダ (MinSys3069.h) 以上の8個のファイルについては、当面ユーザに よって変更されないことにしている。



3069S.H 'C++ Header 97 KB



crt0.src SRC ファイル 6 KB



link.sub SUB ファイル 1 KB



MinSys3069.h C/O++ Header 7 KB



sample.h C/C++ Header 1 KB



ハイパ |2 KB ーターミナル ファイル



ak ih8 mak Makefile 3 KB



doubleClick AndGo.cmd Windows NT コマンド スクリプト 2 KB



MinSys3069.c C Source 16 KB



sample.c O Source 2 KB



system.cfg CFG ファイル



SPC ファイル 5 KB

Fig 2 project working folder provided

- (9) コンフィギュレーションファイル (system.cfg):ファイル名固定で µITRON のコンフィギュレーションを記述する。
- (10) ソースファイル (sample.c): ユーザのソ ースを記述する。次の2つの関数は必ず記述 し,何もする必要がない場合は空の関数とす る。
  - 1) void preStartHos(void)
  - 2) void OnHosStart(VP INT exinf)
- (11) ヘッダファイル (sample.h)

#### 教材と課題 6.

上記の説明だけでは演習することができない ので、具体的なサンプルをできるだけ多く示した チュートリアル教材を作成した。この教材は Web 教材になっており、簡単な例から順に複雑な例、 RTOS 特有の機能を紹介するための例を示してい る。読者は複数の例を学習するなかで、RTOS の 本質的な意味を理解できるようにしている。

提示しているプログラム例は次の10例である。

(1) タスクの静的生成, RTOS におけるディレ イによる待ち

教材で示している一般的なタスク状態遷 移図を Fig.3 に示し, この例におけるタスク 状態タイムチャートを Fig.4 に示す。

- (2) タスクの動的生成, OS によるヒープ領域の 管理
- (3) タスクプライオリティ設定,設定方法と起 動後の振る舞い
- (4) タスクの複数回起動,成功と失敗

- (5)複数タスクの動的生成
- (6) タスクのスリープと 別タスクからの起床
- (7) イベントフラグを用いたタスク間同期(ある事象が生じ,イベントフラッグが立つまでそのタスクは休眠する)
- (8) サイクリックタスク (あらかじめ設定し た時間間隔で起動す るタスク, ポーリング 方式でスイッチを監 視するタスク)
- (9)「(7)(8)」の応 用例(スロットマシ ン,サイクリックタスクで押しボタ ンスイッチを監視しイベントフラ ッグで表示をコントロールする)
- (10) セマフォによるタスクの排他制御

# 7. 今後の課題

この教材システムはこれから 1 クラス 分の規模として完成させる予定である。 OSの授業内でRTOSの特徴を学習する際 に利用され、そのフィードバックにより、 完成度を高めてゆく予定である。また、ま だ取り上げていない機能のサンプルプロ グラムを充実させ、さらに学習を深める際 にも役立つようにする予定である。

# 8. まとめ

RTOS 入門教材のためのマイクロコンピュータ 使用システムを開発し、 $\mu$ ITRON を導入した開発 環境を整備し、入門教材 Web テキストを作成した。

#### 謝辞

(社)トロン協会から、RTOS 入門コース受講の機会をいただき、すっきりと RTOS を俯瞰する機会を与えていただきました。また本校専攻科卒業生井口了太氏には、卒業研究として H8/3052 への HOS 導入について検討していただきました。ここに感謝いたします。

#### 参考文献

- 坂村健, 高田広章, μITRON 仕様 Ver.4.02.00
   (社) トロン協会 ITRON 仕様検討グループ
- 2) 濱原和明, ITRON プログラミング入門、オー

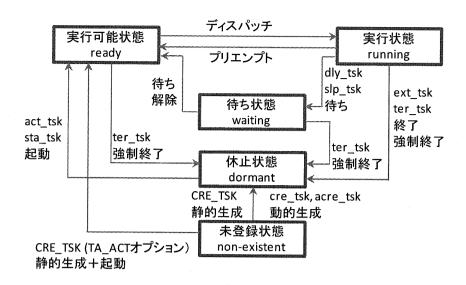
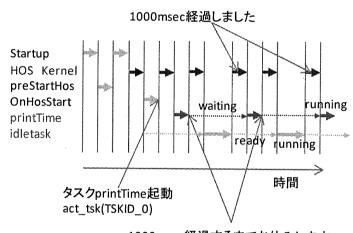


Fig 3 task state transition general diagram



1000msec経過するまでお休みします dly\_tsk(1000);

Fig 4 task transition time chart

ム社

次のWeb サイトに作成したweb テキストがあり、 2種類のコンパイラシステムと対応するHOSライブラリ、またサンプルプログラムもWeb にて入手できる。(ただしコンパイラシステムの入手は学内のみ可能)

http://xythos.tokyo-ct.ac.jp/usr/kosaka/web/for\_s tudents/RTOS/RTOS.html

(このサイトでは同時に開発した H8/3052 版の RTOS 入門もリンクされている)

なお, H8/3069 入門の Web サイトは以下である。 http://xythos.tokyo-ct.ac.jp/usr/kosaka/web/for\_s tudents/H8 3069.html

(平成22年1月15日受理)

# キテレツ・アイディア・コンペ 〜実施報告と展望〜

小嶋徹也\*, 相澤俊行\*\*

# A Report on the 1 st Fantastic Manufacturing Idea Contest

Tetsuya Kojima and Toshiyuki Aizawa

In 2008, an idea contest called "the 1st Fantastic Manufacturing Idea Contest" was held in Tokyo National College of Technology. The objective of this contest is to invite the public contribution of the manufacturing ideas from children, students to grownups. In the final hearing event, each entry had the presentations of their ideas. After the hearing, some prizes were selected and given to the corresponding entries in each of 3 categories. In this paper, the details of this contest from the planning, the preparation, and the results are reported. In addition, some prospects for the future projects similar to this contest, and some influences to other projects are also discussed.

(Keywords: idea contest, manufacturing, education)

# 1. まえがき

わが国の科学技術振興のためには、創造力に満ちたものづくり教育の重要性はますます注目されるべきであり、また、この中で高等専門学校の果たすべき役割は非常に大きなものがあると考えられる。また、地域連携の取組みを通して、地域基盤に根ざしたものづくり振興に寄与することも、高等専門学校に課せられた大きな役割の一つであることは言うまでもない。

このような時代背景の下、平成 20 年度、東京工業高等専門学校(以下、本校)では、「キテレツ・アイディア・コンペ」というアイディアコンテストを実施した。これは、小中高校生から、高専・大学生、あるいは一般までを対象に、「こんなものがあったら楽しいな」、「こんなものがあると便利だな」という素朴な発想に基づいた「ものづくり」のアイディアを広く公募し、優秀な作品を表彰するコンテスト(コンペ)であった。応募作品については、実現可能性は度外視し、自由な発想に基づくユニークで夢に満ちたアイディアを求めた。応募作品は書面審査、および一般公開形式で開催される最終審査会によって行われた審査により優秀作品が選出され、表彰された。

本コンペについては,本校技術懇談会を中心と

する企業の技術者からも注目を集めただけではなく, さらに, 実施後に行なった展示においては, 多くの来場者から, このような事業の重要性や意義に関するコメントが数多く寄せられた。

本報告では、このコンテストの企画・準備段階から実施に至るまでの経緯、実施した結果、およびその後の展開などについて詳細に述べることにより、将来、同様の事業を実施する際の重要な参考資料とすることを目的とする。さらに、本事業を実施した成果から、本校が行なう他の事業への波及効果や今後の事業展開について考察を行なう。

#### 2. 事業の概要

# 2.1 目的と概要

本事業は、小中学生や高校生、高専生、大学生から一般の個人までを対象に、「こんなものがあったら楽しいな」、「こんなものがあると便利だな」という素朴な発想に基づいた「ものづくり」のアイディアを広く公募し、優秀な作品を表彰することを目的としたコンテスト(コンペ)である。応募作品については、実現可能性は度外視し、自由な発想に基づくユニークで夢に満ちたアイディアを求めるものとした。応募された作品は書面によ

る1次審査で、カテゴリー別に各5作品を選出し、一般公開形式で開催される最終審査会で優秀作品を選出、表彰した。また、地域社会に眠っているさまざまなアイディアを形とし、将来の研究開発への道筋を探ることも重要な目的とした。このため、優秀な作品については、応募者が希望すれば、本校および本校技術懇談会などを通じて研究開発を行なう上でのシーズとして登録し、地域企業に開示して、将来の製品化を目指すことも視野に入れた。

#### 2.2 実施体制

本事業の実施体制を表1に示す。後述する通り、 本事業は、本校技術懇談会および多摩信用金庫から の資金援助を受けているほか、(社)電子情報通信学 会東京支部の平成20年度教育イベントとして採択 され、予算補助を受けていたため、これらの団体が 共催として名を連ねている。また、作品公募のPR においては多摩信用金庫各店でリーフレットを配布 したほか、(財)八王子市学園都市文化ふれあい財団 を通して、八王子駅近くの東急スクエアにある八王 子市学園都市センターでも応募用紙等の配布を行な った。

また、審査委員会の構成を**表2**に示す。本校の水谷校長を委員長とし、各委員には、共催の本校技術懇談会の大田会長、多摩信用金庫の長島氏に加え、本校における知財関係のコンサルタントとして協力いただいている(株)プロテック(現・古賀総研)の間宮氏、学外からデザインの専門家として武蔵工大(現・東京都市大)の小池准教授、および本校の相澤副校長に依頼した。

また、事業実施における事務処理については本校 総務課企画係の職員が担当したほか、学内における PRや事業実施の補助として、本校の学生有志数名が 参加した。

#### 2.3 予算

本事業の総予算は360,000 円である。収入および 支出の内訳を図1および図2に示す。前述の通り, 本事業は電子情報通信学会東京支部の教育イベント として採択されていることから,同支部より20万円 の補助を受けている。また,本校技術懇談会からの 補助に加え,多摩信用金庫からはトロフィーなど表 彰に関わる経費について資金援助を受けた。

支出においては、リーフレットや応募用紙の印刷など、広報費がほぼ50%を占め、続いてトロフィー・ 賞状や副賞などの経費、審査委員等の謝金および会

表 1 本事業の実施体制

主催	東京工業高等専門学校				
共催	東京工業高等専門学校技術懇談会				
	(社)電子情報通信学会東京支部				
	多摩信用金庫				
後援	(財)八王子市学園都市				
	文化ふれあい財団				
実施担当教員	小嶋 徹也(情報工学科准教授)				
実施補助	総務課企画係事務職員				
天心冊切	本校学生有志				

表 2 審査委員会

委員長	水谷	惟恭(東京工業高等専門学校長)
	大田	吉彦
	(東京	京工業高等専門学校技術懇談会会長)
	長島	岡川
	(3	多摩信用金庫価値創造事業部副部長)
委 員	小池	星多(武蔵工業大学(現・東京都市
		大学)環境情報学部准教授))
	間宮	秀訓 ((株)プロテック (現・古賀総研)
		シニアスタッフ)
	相澤	俊行 (東京工業高等専門学校副校長)

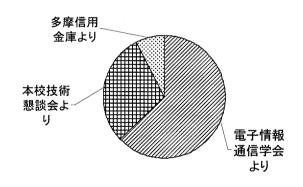


図1 本事業の実施経費(収入の部)

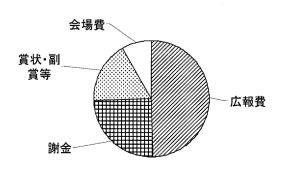


図2 本事業の実施経費(支出の部)

場費が計上された。収入源別に見ると、電子情報通信学会からの支援金は主に広報費と会場費に使用され、技術懇談会と多摩信用金庫からの補助金は、それぞれ、主に審査委員への謝金、副賞に使用された。

# 3. 事業の立案から実施に至る経緯

#### 3.1 企画発案の経緯

本事業は,事業実施担当教員である著者(小嶋) が長年あたためてきた企画であり,その発案のきっかけは5年ほど前にさかのぼる。

著者は、高専着任した平成13年から、プログラミングコンテスト参加チームの指導に関わってきた。同コンテストへの応募作品の立案するに当たっては、学生にブレインストーミングなどを行なわせ、アイディアの洗い出しをさせるなどの指導を行なってきた。しかし、学生たちが捻出するアイディアの多くは現実的で、開発までに関わる時間や労力が予想できるものが多く、かならずしも創造的とは言えず、突飛なアイディアというものが出ないことを実感していた。このことの大きな理由は、学生たちが専門性を身につけていることにより、技術的に困難と思われるアイディアを思いついても、頭の中である種のブレーキがかかり、なかなか表明しないといったことが挙げられるのではないかと考えていた。

一方,平成17年に,著者はある企業のセミナーをきっかけにして,武蔵工業大学(現・東京都市大学)で情報デザインを専門に教えていらっしゃる小池星多先生と出会った。その後,小池研究室の卒業研究発表会などを訪れ,学生たちが考案したデザインや奇抜なアイディアの数々に圧倒された。彼らの作品の多くは,技術的な実現可能性よりも,デザインとしての面白さや楽しさ,美しさにより重点が置かれており,本校の学生たちではおよそ思いつかないような魅力的な作品に満ち溢れていた。このことがきっかけで,何とかして,デザインの世界の研究者や学生たちと高専の学生たちを交流させるようなコラボレーションを生み出すことができないかと考えるようになった。

その一つの可能性として,高専生を対象に,実現可能性を度外視したアイディアコンテストを実施し,デザインの専門家からの助言をいただきながら,ものづくりまでの道筋をつける,という企画を思いついた。しかし,実際には,労力や資金面での困難から,実際にこのような事業を計画したり実施したりすることはできずにいた。

このような中、平成20年2月、筆者は電子情報通信学会東京支部からの電子メールで、同支部の教育イベントを公募していることを知った。このイベントはそれ以前から公募を行なっていたようであるが、筆者が気づいたのは応募〆切のほぼ一週間前であった。公募されている教育イベントとしては、小中学生や高校生を対象とした科学教室や講演会、見学会、あるいは発明・工作コンテストなどといったものが対象であった。発明コンテストが対象となっていることから、筆者は以前より構想を抱いてきたアイディアコンテストが当てはまると考え、対象を高専生のみならず、小中学生や高校生まで広げて、応募することを決意した。

早速,水谷校長や当時の企画担当の津田潔副校長, 三谷知世副校長などに相談し,本企画の草案を固め て,企画書を作成し,応募〆切日の平成20年2月 29日に電子情報通信学会東京支部宛に電子メール で企画書を提出した。なお,当時作成された企画書 は,実際に実施した事業とほぼ同じ内容であった。 大きな相違点としては,対象が大学生や一般まで拡 大されていることが挙げられる。

### 3.2 事業実施基本方針の立案

応募から約2ヵ月後の平成20年4月17日,筆者の下に電子情報通信学会東京支部長名で,同支部教育イベントとして応募企画が採択された旨の通知が届いた。これを受け,本事業は実際の実施に向け,動き出すこととなった。

通知から一週間後の4月24日,校長室で関係者が 集まってキックオフミーティングが開かれた。この 席で、以下のような方針が確認された。

- ・本校を中心として、近隣の小中学校や高校など に作品応募に関する依頼を行なう。高校につい ては、八王子桑志高校への協力を依頼する。
- ・高専生については、本校のみならず、サレジオ 高専や都立高専など、在京の他高専への協力も 検討する。
- ・本校学生からの応募については、低学年のホームルーム活動などと連係して、クラス単位での 応募を奨励する。
- ・多摩信用金庫に、店頭での顧客を対象とした PR などの協力を依頼するほか、最優秀賞を「たましん賞」などと命名することで、これに関わる資金援助についても相談する。
- ・作品の公募対象を小中学生, 高校生, 高専生に 限らず, 大学生や一般にまで拡張することとし

た。大学生や一般としては、本校卒業生や在校 生の保護者、家族をメインに、たましん各店舗 での PR に期待する。

- ・学生実行委員会を組織し、学生主体での実施を 検討する。教職員はそれを後方支援することと する。
- ・夏休みに予定されているサイエンスフェスタや くぬぎだ祭でも、応募の PR や作品展示などを 行なうことを検討する。
- ・最終審査会は1月下旬に八王子学園都市センターのイベントホールで実施することとし、会場の予約を行なう。
- ・電子情報通信学会からの支援金については、委 任経理金として受け入れることができるか、先 方に確認した上で処理を進める。

ここで話し合われた方針に沿って, 実際の事業実 施の準備が進められることとなった。

# 3.3 事業実施準備から公募開始まで

本節では、前節で述べた基本方針に従い、実際に 事業の準備を行ない、公募を開始するまでの経緯に ついて、時間経過を追いながら述べることとする。

#### [平成20年5月8日]

本校教育研究会にて、著者(小嶋)が本事業の説明を行なった。その上で、主にクラス担任に対し、学生実行委員会メンバー募集の告知、および本イベントへの応募をホームルーム活動と連係してクラス単位で検討することを依頼した。また、本事業の運営に関わる教員メンバーの募集についても言及した。

#### [平成20年5月15日]

本校の佐々木桂一教員が、「サイエンスフェスタ」 等に関する多摩信用金庫との打合せの席で、本事業 についても協力を要請した。

#### [平成20年5月22日]

八王子産学公連携機構のマッチング推進部会において、著者が作成した企画案に基づき、三谷副校長が企画概要を説明し、協賛の承諾を得た。この結果、「後援等名義使用申請書」を提出することにより、学園都市センターでのリーフレットや応募用紙等の配布といった協力を得られることとなった。

#### [平成 20 年 5 月 28 日]

学生実行委員会を組織するため、実行委員募集の



図3 学生実行委員募集ポスター

ポスター(**図3**) を作成し、各ホームルームに掲示していただくよう、クラス担任宛に依頼した。

### [平成20年6月9日]

第1回学生実行委員会を開催した。本事業に関心のある学生が顔を合わせる最初の機会であったが、学生は7名しか集まらなかった。今後の活動方針などについて説明し、学内 PR や事業実施補助などを行なうことを確認した。

#### [平成20年6月10日]

技術懇談会理事会に著者が出席し、本事業の説明 を行ない、技術懇談会からの資金援助を要請した。 理事会での議論の結果、経済的協力をいただけるこ とが決定された。

#### [平成20年6月11日]

本校三谷副校長を通じ、「後援等名義使用申請書」 を(財)八王子市学園都市文化ふれあい財団へ提出した。本申請は、後日同財団により承認され、学園都市センター等の協力を正式に得られることとなった。

#### [平成 20 年 6 月 27 日]

第2回学生実行委員会を開催し、本コンペのリーフレット等で使用するキャッチコピーを決めるためのブレインストーミングを行なった。30を超えるコピー案が出されたが、著者および学生による投票で1つに絞る方向で検討が進められることとなった。この結果、7月8日に「ルール無用のアイディアバトル」というコピーが正式に採用された。

#### [平成20年7月10日]

本コンペの実施スケジュールの正式案を**表3**に示す通り、決定した。

表3 事業実施スケジュール

作品公募開始	平成20年7月下旬
応募〆切	平成 20 年 11 月 14 日
第1次審査	平成 20 年 12 月中旬
	平成 21 年 1 月 18 日
最終審査会	八王子学園都市センター
	イベントホールにて

#### [平成20年7月18日]

本コンペのリーフレット案を作成し、印刷業者に 見積もりを依頼した。発行部数は 15,000 部とした。 リーフレットは表面がカラー印刷、裏面はモノクロ で応募用紙になっているという体裁とした。リーフ レットの決定稿を図4に示す。

#### [平成20年7月23日]

佐々木教員を通して、多摩信用金庫に対し、正式 に共催依頼書を提出した。

# [平成 20 年 7 月 29 日]

共催である多摩信用金庫価値創造事業部の箕輪和 代氏、佐々木教員と著者(小嶋)による打合せを行 なった。ここで、多摩信用金庫への協力内容に関す る確認に加え、事業実施のスケジュールや告知方法、 作品の審査方針などについても議論が行なわれた。 その結果、8月下旬に実施される「東京高専 de サイ エンスフェスタ」において、本事業のPRを大々的 に行ない、一般向けにはこれを公募のスタートアッ プとすることとした。告知については、たましん各 店でリーフレットや応募用紙を配布すること、ウェ ブサイトを開設することに加え, サイエンスフェス タでのリーフレット配布やプレスリリースなども行 なうことを確認した。さらに、サイエンスフェスタ のポスターにも本コンペの告知を数行程度挿入する こととした。また、選考方法については、まず学内 で書類選考を行ない、カテゴリーごとに候補作品を 絞り込んだ上で、審査委員に審査を依頼し、各作品 の評価を数値化すること、審査委員として多摩信用 金庫からも1名参画していただくほか、技術懇談会 から1名、および外部審査委員を2名要請すること を確認した。外部審査委員については、電子情報通 信学会の協力も検討することとした。審査項目につ いては、新規性、創造性などといった点を重視する こととするが、告知開始までに具体化して講評でき るよう、検討を進めることとした。



図4 リーフレット(表)

#### [平成20年8月4日]

公式ウェブサイトを公開した。ウェブサイトには、 本コンペの実施要領等の掲載に加え、応募用紙のダウンロードを可能にしたり、作品サンプルやFAQなどを掲載したりすることとした。

### [平成20年8月5日]

電子情報通信学会東京支部に対し、支援金を委任 経理金として受け入れるために必要な承諾書などの 書類を送付した。

#### [平成20年8月8日]

学生実行委員に対し、作品の応募サンプルを作成 するよう要請した。また、この日、リーフレットが 納品された。

### [平成20年8月23日]

「東京高専 de サイエンスフェスタ」の会場に本コンペの宣伝用ブースを設置し、学生実行委員が応募を呼びかけた。応募用紙を配布し、その場で応募を受け付ける試みも行なった。

# [平成20年9月4日]

ニュースリリースの文案を作成し、多摩信用金庫

宛に送付した。

## [平成20年9月8日]

学生課から保護者宛に送付する成績一覧等に,本 コンペへの応募を依頼する文書を同封して発送した。

# [平成20年9月17日]

電子情報通信学会東京支部へ本コンペの開催告知 および外部審査委員2名の推薦を依頼した。告知は 翌18日に東京支部会員全員への電子メールの形で 行なわれた。一方,審査委員については、結局、分 野外ということで協力できない旨の返答が9月24 日付でなされ、独自に審査委員を選定することとなった。検討の結果、武蔵工業大学(現・東京都市大 学)の小池准教授と(株)プロテック(現・古賀総研)の間宮氏に依頼することとなった。

#### 3.4 応募の要請

本コンペの公募については、前述の通り、たましん各店、学園都市センターなどでのリーフレットの配布、ウェブサイトからのダウンロード、本校学生や保護者への告知などの手段が取られた。このほか、小中学校、高校、他高専については、以下に示すような要請を行なった。

#### (1) 小学生

本校が行なっているサイエンスパートナーシッププログラムに参加している小学生に対し、リーフレットを配布した。また、八王子市教育委員会を通じて、本校周辺の3小学校(椚田、散田、横山第一)の全児童に対し、応募用紙を配布することを打診した。市教委の決済後、著者らが各小学校を訪問して、応募を要請した。

### (2) 中学生

理科教員のパワーアップ研修等で本校を訪れた 中学校教員等に対し、本コンペの告知を行ない、 各中学校で応募の呼びかけをしてもらえるよう、 要請した。

# (3) 高校生

八王子桑志高校および東工大付属高校に対し, 応募の要請を行なった。

#### (4) 他高専生

本校と交流のあるサレジオ高専の教員を通じて 応募の要請を行なった。

#### 3.5 審查方式

本コンペの審査は書面による第1次審査および公

開ヒアリング形式の最終審査の2段階で行なった。 それぞれの実施方式は以下の通りである。

#### (1) 第1次審査

第1次審査に先立ち,事業実施担当教員である 著者らを中心にして,カテゴリーごとに10作品 程度に絞り込んだ後,これらの作品を審査委員 に送付して,採点を依頼する。採点に当たって は,以下の項目について5段階評価で行ない, カテゴリー毎に全審査委員が1位から5位の作 品までを選出する。

- ・独創性(新規性、オリジナリティ)
- ・インパクト(魅力、面白さ)
- 社会性(利用価値, 商品価値)

また、特筆すべき事項については、記述式でコメントを求める。各審査委員の選出した5作品につき、1位を5点、2位を4点、…、5位を1点として集計し、カテゴリー毎に上位5作品を選出する。また、選出された5作品は得点順に順位付けしておき、最終審査の参考とすることとした。

#### (2) 最終審查

公開ヒアリングの形式で行ない,第1次審査における順位を基準に,順位を入れ替える必要があるかどうかを検討した。ヒアリングでは,スクリーンに応募作品を投影し,司会者や審査委員が応募者にインタビューする形式で行なう。各カテゴリーにおいて,最優秀賞(たましん賞)1作品,優秀賞2作品,敢闘賞2作品を選出し,表彰する。すなわち,最終審査に臨んだ作品に対しては何らかの形で表彰を行なうこととする。

# 4. 審査結果および事業実施後の展開

# 4.1 応募状況

本コンペへの応募総数は,103 件であり,内訳は 小学生が77 件,中学生,高専生,大学生が合計で 10 件,一般が16 件であった。高校生からの応募は なかった。このため,当初は,中学生,高校生,高 専生を別カテゴリーで審査することを計画していた が,児童の部(小学生),学生の部(中学生から大学 生),一般の部の3カテゴリーで審査することとした。

#### 4.2 審査結果

第3.5 節で述べたとおり、カテゴリー毎に10作品に絞り込んだ後、第1次審査を行ない、各カテゴリーにおいて5作品ずつを選出し、最終審査会を行な

った。最終審査会での公開ヒアリングの様子を**図5** に示す。最終審査会の結果は以下の通りとなった。

(1) 児童の部

最優秀賞:「横にも動くエレベーター」(図6)

(八王子市・戸瀬七海さん)

優秀賞:「自動調味料ふんさいビン」

(八王子市・大島吉貴君)

「あなたの心はお見通し!☆オーラマン☆」

(八王子市・後田真里さん)

敢闘賞:「きせかえカメラ」

(八王子市・後藤翠さん)

「オゾンスプレー」

(八王子市・飯島実咲さん)

(2) 学生の部

最優秀賞:「360°発光ダイオード」

(所沢市・柳澤舞衣さん)

優秀賞:「もう事故りたくない…」

(水戸市・久芳瑠衣子さん)

「コーディネートはこうでねぇと君」

(武蔵村山市・大谷夏代さん)

敢闘賞:「オリジナル・ミニペッツ」

(八王子市・河村七海さん)

「空気交換ダクト」(国立市・笠康平君)

(3) 一般の部

最優秀賞:「水切り豆腐」

(八王子市・戸田優子さん)

優秀賞:「キレイ、爪洗い機」

(八王子市・木村まり子さん)

「自転車用 "優しいベンレ、」

(日野市・西村恭仁子さん)

敢闘賞:「楽ちん腰のびる」

(小金井市・金子享子さん)

「あとどれぐらいパック」

(町田市・森田久美子さん)

# 4.3 事業実施後の展開

最終審査会実施直後の1月22日・23日にパシフィコ横浜で開催された電子デバイス関係の展示会 EDSFair2009 においてポスターの形で掲示・公表したほか、公式ウェブサイトを通じて一般に公開した。 EDSFair では、来場した企業の技術者や大学教員等から高い関心を集めた。

また,当初は研究シーズとして登録し,研究開発 までを視野に入れることを計画していたが,実際に 企業や本校教員との間で研究開発に発展する作品は なかった。

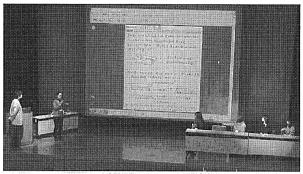


図5 公開ヒアリングの様子

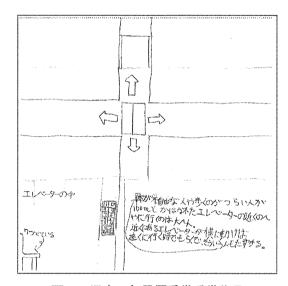


図6 児童の部最優秀賞受賞作品

## 5. 考察

#### 5.1 実施方式等について

本事業を実施した結果,事業そのものの意義や審査結果に関しては,高い評価が得られた一方で,事業の準備段階や実際の実施においては,数多くの問題が存在した。

まず、応募作品が十分に集まらず、特に中学生、高校生ならびに、本来多くの応募が見込まれた本校学生を含む高専生からの応募が得られなかった。応募に関する PR が不十分であったことに加え、特に本校においては、ホームルーム活動との連係をほとんど行なうことができなかった。小学生に対しては、市教委との連携によって応募作品をある程度確保することができたが、中学生、高校生に対しても教育委員会等との連携を強める必要があると考えられる。また、本校におけるホームルーム活動を利用した応募については、具体的なスケジュールやクラス内で作品を考案するためのモデルプランを提示し、担任などの負担を極力抑える工夫をすることが必要であろう。

また、技術懇談会の理事からは、副賞を充実できないかという提案もいただいた。今回の副賞はすべて図書カードであったが、魅力のある賞品を提示することで、応募を促進する効果を見込めると考えられる。もちろん、このためには事業実施に関わる資金調達が必要であることは言うまでもない。

学生実行委員会のメンバーがほとんど集まらなかったことも大きな問題の一つである。加えて事業を実施する上での教職員組織も事実上構成することができなかった。本校では、現在、多くのプロジェクトで学生の TA やボランティアの協力を仰いでいるが、積極的にこれらの活動に参加する学生が固定化している点が問題であると言える。教職員の負担を軽減する意味でも、学生主体でプロジェクトを進行することは重要であるが、一部の学生に負担が集中するようでは問題である。このような問題を解決するには、例えば学生会やくぬぎだ祭実行委員会との協力関係を築き、事業へ協力する学生のすそ野を広げるなどの工夫が必要である。このことにより、事業への学生の関心を高める二次的効果も期待できる。

#### 5.2 審査結果について

ここでは、本コンペの審査結果について、著者自身が感じたことを述べる。

まず、児童の部から一般の部までを比較すると、 小学生によるアイディアが大人の発想に比べて夢に 満ちており、本コンペの趣旨により則していること がわかる。応募者の年齢層が上がるに従い、実現で きそうなアイディアや、既に類似のものが存在する ような提案が増えているという印象は拭いきれない。 したがって、本事業のようなイベントを今後実施す る上でも、小中学生を対象にすることは重要であり、 例えば、これらの作品を本校学生に提示することで、 夢や独創性にあふれたものづくり教育へつなげてい くような取組みが提案できる可能性もあるのではな いかと考えられる。

また,今回の受賞者 15名のうち,13名が女性で,最優秀賞受賞者がすべて女性であったことも軽視できない。このことが必然か偶然かは議論の必要があるだろうが,仮に女性のアイディアが男性のものよりも夢に満ちていると仮定すると,これを利用した新たな取組へつなげることができるのではないかと考えられる。科学・工学の分野においても男女共同参画が叫ばれて久しく,本校においても女子中高生の理系進路選択支援事業<sup>1)</sup>が実施されてきた。女性による独創的なアイディアを実際のものづくりにつ

なげることができれば、特に工学分野に対する女子 中高生への新しい啓蒙活動の形を提案することもで きるのではないかと考えられる。

### 6. むすび

本校で実施した事業「キテレツ・アイディア・コ ンペ」の計画から実施に至るまでの経緯、およびそ の結果と問題点について報告した。以上で述べたと おり、このようなアイディアコンテストの意義は企 業の技術者等からも一定の評価を受けることができ たが、問題点も散見された。事実、平成21年度は、 予算的およびマンパワー的問題により継続実施でき ていない。また、電子情報通信学会東京支部の教育 イベントとして21年度も応募したが、電気通信分野 との関連性が見いだせないことを理由に不採択とな ってしまった。その一方で、特に共催の多摩信用金 庫関係者からは、意義深いイベントであるので継続 実施すべき、という声もいただいている。いずれに せよ,本事業で明らかになった問題点を解決しつつ, 何らかの形で同様の事業を展開していくことは大変 重要である。

また、女子中高生の理系進路選択支援事業 <sup>1)</sup> や、本校における低学年のホームルーム活動、あるいは各種 GP などとの関係についても議論を深め、新しい形の学生活動、地域連携、ないしは工学教育の形として、本校がリーダーシップを取って推進することも重要であろう。ただし、同様のコンテストは近年、大学などでも盛んに行なわれていることから、高専の特徴を活かした取組みを提案できるかどうかが鍵となろう。

このような事業を実施した実績は本校にとっても 財産であると言える。これを単なる歴史の1ページ に留めるのではなく、これを手がかりに、本校が歩 むべき未来の扉を開くことこそ重要である。その意 味で、本稿で報告したことが今後の本校のさまざま な取組に活用されることを期待するものである。

#### 参考文献

小嶋徹也,阿久沢昇,大野秀樹,津田潔,相澤俊行,"「テクノ・ガールズ!」-事業の成果報告と将来への展望ー,"東京工業高等専門学校研究報告書,vol.40,no.1,pp.63-70 (Jan. 2009).

(平成22年1月18日 受理)

# 東京高専 LHR NEXT 〜他校の取り組み状況〜

吉本定伸\*,相澤俊行\*\*

#### Towards LHR Next at TNCT

~A Report on Visiting Tokuyama Kosen & Kyoto Gakuen University~

# Sadanobu Yoshimoto and Toshiyuki Aizawa

We visited two higher education institutions, Tokuyama National College of Technology and Kyoto Gakuen University in December, 2008. The main purpose of visiting was to seek knowledge and information on how they foster a career mind in the students through either a "Long Home Room" (LHR) or specially funded programs. We have tried to transform our LHR into a more career-education-oriented form.

(Keywords: career-development, long home room)

#### 1 はじめに

最近、LHR活動の重要性が見直されてきており、 東京高専においても、A)「人間性・社会性を育てる」、 B)「自己の確立とキャリア開発」の2本の柱を立て、 今まで以上によりキャリア形成を意識した、高専らしい LHR活動を目指した取り組みが行われている(図1).

このような背景を鑑み、2009年9月にキャリア教育について独自の取り組みを行っている、徳山高専、京都学園大学への視察を行った。

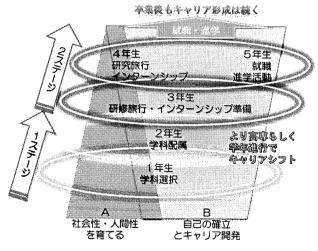


図1 東京高専LHR目標

### 2 本校での取り組み

まず、本校の取り組みについて触れておくこととする。本校では、既に今までに行われてきた活動(埋蔵金)を担任に報告(発掘)してもらい、これらを体系立て、情報共有・活用する形態をとっている。

従って、例えば初めて担任を経験する教員も、経験を補える活動を行うということも可能である。また、報告~活用のサイクルでは、現在の報告資料に活用する担任独自の視点や経験のスパイスを効かせることも出来るため、どんどんとスパイラルアップを重ねて行くことも可能である。

このように、本校の取り組みは、全く新しく、ゼロから始めようという形ではなく、少ない負担でありながら、大きな効果が期待できる。

ここで、各学年の活動をみてみると、1 年生では 入学・混合学級・学科配属準備[1]、2 年生学科に 配属[2]、3 年生の研修旅行・インターンシップの準 備、4 年生では研究旅行・インターンシップ・就職 進学の準備、5 年生はまさに就職・進学活動と、キャリア形成をより意識した活動は多々ある。活動例 及び、B)「自己の確立とキャリア開発」における学 年ごとの活動目標を図 2、3 に示す。

ステージ	学年	活動例
第1ステージ	1・2年	入学動機と現在の自己評価を作文、「私の履歴習」作成 キャリア設計の考え方説明 (キャリアとは何か、なぜみんなフルタイムワークを目指すのか) 進路リサーチ (企業の求める人材像研究) 会社あて「自己紹介文」作成 クラス誘書会 上級生・卒業生に聞く、等
第2ステージ	3・4・5年	資格取得 研修旅行 研究旅行 インターンシップ 関座番作成 カバーレター(就職希望理由や具体的な自己 PR を記した手紙)作成 カバーレター(就職希望理由や具体的な自己 PR を記した手紙)作成 面接試験のポイント 科学技術と人類の幸福の関係をクラス討議 「不都合な真実」DVD 視聴後クラス討論 職態で学習したことの当該を発表、等

図2 活動例

現在の取り組み状況としては、ホームページ「東京高専 HR 指導資料室」が開設され(図4)、報告された指導例を参照出来るようになっており、今まさに東京高専独自の HR 指導資料集の作成に向け進められている。

# B 「自己の確立とキャリア開発」各学年毎の活動目標

学年	指導指針	活動目標
1年	第 1 ステージ 職業観・勧労観の養成	学科研究 学科選択を通じて社会の中で働くことを考える
2年		職業研究 専門技術者として働くことの意味を考える
3年	第2ステージ 主体的に進路選択をす る能力・懇妾の育成	技術者と社会の関係を考える 研修旅行・4年次インターンシップへの準備
4年		技術者と社会の関係を自覚する 社会的存在としての自立を目指すためのキャリア研究(1) インターンシップ・研究旅行準備
5年		社会に貢献する技術者としての自覚を持つ 社会的存在としての自立を目指すためのキャリア研究(2) 就購活動・進学準備

\*学年進行に従ってスパイラルアップ

図3 学年毎の活動目標

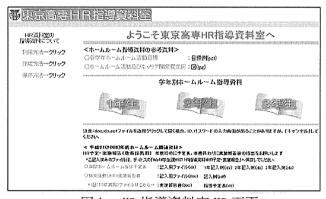


図4 HR 指導資料室 HP 画面

#### 2 徳山高専の取り組み

#### 2.1 自主自立誘導型キャリア教育システム

徳山高専では、平成18年度から現代的教育ニーズ取り組み支援プログラム(現代GP)として「自主自立誘導型キャリア教育システム」を実現しており、平成20年度が3年目(完成年)となる。平成21年度12月に催された関東工学教育協会高専部会特別講演では、実際に中心で活躍されているキャリア開発支援室長の一式先生(一般科目)から「徳山高専におけるキャリア教育の取り組みと今後の展望」についてのご講演もあった。

徳山高専の取り組みでは, 自己啓発を継続させ, 社会に貢献する人材養成を目的に,

- ①キャリア単位
- ②キャリア IC カード

を用いた自己啓発型教育システムとして学生個人のキャリア育成プログラム実施時のプログラムへの参加履歴等(出席,成績データ等が一括管理されており,便利なシステム)が管理されている.

- このキャリア育成プログラムは.
  - ①感性・表現力育成
  - ②社会性育成
  - ③巣立ちの準備支援
- の3つの柱からプログラムが設定される.

このシステムでは、「キャリア IC カード」で学生が楽しみながら自分のキャリア学習プランを確認出来るよう配慮されており、「マイレージ制」を導入したキャリア単位が認定される。キャリア単位に応じて、特別活動演習(1単位)=15マイルで単位を得ることが可能となっている(但し、マイレッジ上限5単位まで)。

年間の LHR 行事等の最終調整,ポイント等の決定は 3 月に行われ,また,専攻科を含めた 7 年間の体系的プログラムも考えられている.

### 3.2 キャリアサポートブース

もう一つの特色として「キャリアサポートブース」が学生課横に設置され、(図5)進路情報・求人票の PC 検索が可能なオープンスペースとなっており、さらに進路の相談や面接の練習として、キャリアサポートブース前(学生課横)にスペースが設けられている(図6).徳山高専独自の履歴書も用意され、活用されている.

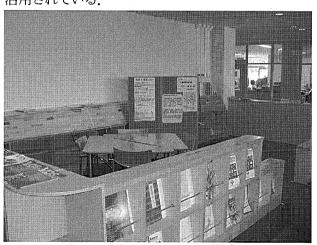


図5 キャリアサポートブース

徳山高専でのシステムで特に、重要視していることは「気づき」であり、「自分が何者なのか」を書かせて、気づかせ、行動させるということである。また、人的な部分として、キャリアサポート担当教員が選出されているが、その重要性から主事補と同様の対応とされている。

もう一点、学生には「アポ・事前申し込み」を行わせ、期限までに申し込みが無かった場合は受け付

けない, 忘れましたは通用しない, という対応も指導上重要な要素となっていると思われる.



図6 学生の相談・面接のスペース

# 3 京都学園大学の取り組み

#### 3.1 キャリアサポートセンター

高専と毛色が異なるため、一概に比較はできないが、京都学園大学では、キャリアサポートセンターが設けられ、通常高専では実現が困難な施設・設備や人的なサポートも実施されている。

キャリアサポートセンターは平成 16 年度「現代的教育ニーズ取組支援プログラム」に選定 (H18 年度完成),平成 18 年度着任の新学長のもと「進路保障のできる大学」をキャッチコピーに掲げ運営されている.

キャリアサポートセンターでは大学4年間を4つのステージ「1年:自分探し」、「2年:スキルアップ・職業観の養成」、「3年:自分の可能性の発見」、「4年:4年間の集大成」に設定し、学年を横断しつつ、以下の4つの支援体制がとられている。

#### ①進路支援

自己発見レポート, 自己プログレスレポート, 進路観調査, キャリアアップ指導

#### ②能力開発支援

資格取得支援プログラム, 就学支援プログラム, 就職支援プログラム

③キャリア形成支援YES プログラム、インターンシッププログラム、 業界研究セミナー

#### ④就職支援

個人面談・就職相談, 就職支援講座, 就職関連情報の提供, 企業開拓支援

また、京都学園大学では、全教員が参画し、学生1人に1人の教員アドバイザー制が取られ、学生

の生活全般を含めた個人指導が行われている.

#### 3.2 カリキュラム

京都学園大では、平成 19 年度厚生労働省認定 YES (Youth Employability Support Program: 若年者就職基礎能力支援事業)を導入し、4 年間の体系的プログラムで実施している. YES プログラムでは「コミュニケーション能力」、「職業人意識」、「基礎学力」、「ビジネスマナー」等基礎能力講座と「情報・経理・語学」関係の資格取得により「若年者就職基礎能力取得証明書」を交付するものである。大学教育として、カリキュラム中にキャリア教育科目が埋め込まれ、全学的なキャリアの支援体制がとられている.

#### 4 さいごに

徳山高専,京都学園大学では、それぞれの立場から特色ある取り組みが行われていた。予算規模や背景等の違いから、そのまま実現というには困難な部分もあるが、その取り組みを参考としていくことも可能である。

一方、本校を振り返ってみると、既に担任・学科等で独自の様々な取り組みが行われており、学生のキャリア形成にとって非常に重要な役割を担っている。実際、本校の取り組みは、これらの活動をそのままにしておくのはもったいないという観点からスタートした所もある。この取り組みは、費用、労力、効果の面から見ても優れていると考えられ、東京高専独自の LHR 活動例として、今後に向けさらに整備を行っていく必要がある。これにより、完成後には次の取り組みに向けた新たなビジョンも見えてくるのではないだろうか。

最後に、この取り組みの実現には、現在進めている HR 指導資料の充実が不可欠であるが、全て担任の協力の下に実現されていることを付け加えたい。

# 参考文献

[1] 「ものづくり基礎工学」における体験重視型専門導入教育~東京高専1年生への試み~:大塚友彦ほか,東京工業高等専門学校研究報告書第38(2)号,pp.71-76,March 2007.

[2] 「1,2 年生 HR におけるキャリア開発の試み」: 吉本定伸, 竹田恒美, 相澤俊行, 鈴木雅人, 小嶋 徹也, 東京工業高等専門学校研究報告書第39(2) 号, pp.59-62, March 2008.

(平成22年1月18日 受理)

# 高分子材料の摩擦力に関する研究

村松宗来\*,堀田信一\*\*,菊地 章\*\*\*

Research of frictional force of polymeric material

Sora Muramatsu, Shinichi Hotta, Akira Kikuchi

It is known that the frictional force changes by various factors like the load that hangs to the object and size of place that object touches other object. Moreover, it is known to change by the adhesion of water.

We confirmed there was a change in the frictional force by washing the polymeric material in water.

In this experiment, we used the polymeric material that stabilized than the metal and the influence of the oxidation is a little.

(Keywords: polymeric material, frictional force, sarfac phenomonon)

# 1 緒言

二つの固体が接触していて、それらが相互に運動 しようとするとき、あるいは運動しているときには 接触していることが原因となって生じる抵抗が作 用する。この抵抗を摩擦という。物体が動いている ときに働く摩擦を動摩擦といい、静止している物体 を動かそうとするときに働く摩擦を静止摩擦とい う。固体の物体が互いに接触しているとき、接触面 に垂直に作用している力を垂直接触荷重というが、 単に荷重あるいは接触力と呼ぶこともある。摩擦力 は接触面に平行な方向に作用する力で、荷重で摩擦 力を割ったものを摩擦係数と呼ぶ。摩擦は材料の性 質のひとつであるが表面に関することであること から外界の影響を著しく受けるので、材料によって 定まるものではなく、一つの材料がさまざまな摩擦 の様相を表す。つまり摩擦はきわめて複雑な現象で あり、理論的に計算して求めるということは、特別 な場合を除いて、出来ないのが現状である。

摩擦を定量的に調べた人はレオナルド・ダ・ビン チだと考えられている。彼が残したノートには、同 じ重さの場合の摩擦は接触が異なる幅や長さであ るにもかかわらず、動き始めにおいては等しい抵抗 のものであり、また摩擦は重さを2倍にするならば 2倍になるとある。この観察結果は、いわゆる摩擦 の法則といわれるものとまったく同じ内容である。 17世紀になるとボイルやフックのような科学者 が現れ、イギリスやフランスに学会が芽生えるとと もに、機械に対する関心が高まってきたところで、 フランスのギィローム・アモントンが発表した論文 において機械の性能に及ぼす摩擦の影響に注目し、 摩擦の研究が必要なことを述べている。そして、こ のアモントンとクーロンの2人によって得られた 摩擦法則、アモントン‐クーロンの摩擦法則が、現 在使用されている。その内容は以下の通りである。

摩擦力は荷重に比例する。 摩擦力は見かけの接触面積に依存しない。 動摩擦力はすべり摩擦に依存しない。

我々は高分子材料を水で洗うことで摩擦力に変化をもたらすことを確認したため本研究では水に着目し、試料を水に浸すことで摩擦力がどのように変化するかを調べることを目的とした。この実験では金属に比べて安定で、酸化の影響が少ない高分子材料を試料として用いた。

# 2 実験

# 2-1 浸漬時間の違いによる影響

高分子材料として PET(poly ethylene terephthalate) と PMMA(poly methyl methacrylate)を用意し、これを 20×75×2mm の大きさに切った。試料を 45℃の水に浸漬させて、水から引き上げた後、45℃で 20 分間乾燥させ、摩擦力を測定した。浸漬時間は 10 分~6 日の範囲とした。

# 2-2 水温の違いによる影響

上記 2-1 と同様に試料を水に浸漬させて、水から引き上げた後、45°Cで 20 分間乾燥させ、摩擦力を測定した。このとき、水への浸漬時間を 10 分、水の温度は 2°C~90°Cの範囲とした。

# 2-3 水洗方法の違いによる影響

アクリル板をスターラーで攪拌した水に浸漬させたものと超音波をかけた水に浸漬させた2種類を用意し、摩擦力を測定した。このとき2種類とも水の温度を45℃にし、水への浸漬時間は10分と1時間の2通りを測定した。なお操作の流れは上記2−1、2-2と同様である。

#### 2-4 乾燥時間の違いによる影響

上記 2-1 と同様に 20×75×2mm の大きさに切った試料を未処理のものと 45℃の水に浸漬させたもの 2種類を用意した。水への浸漬時間は 10 分とし、水から引き上げた後、45℃で 20 分間乾燥させていたところを乾燥時間を引き延ばすことで、乾燥時間の違いによって、摩擦力が変化するのかを比較検証した。なお、試料は PET のみで行った。

#### 2-5 表面粗さの違いによる影響

#80のやすりとオービタルサンダーを用いて、あらかじめ表面を削ったアクリル板(PMMA)を45℃の水に10分間浸漬させたものと水に浸漬させないものの2種類を測定した。ちなみにどちらも45℃で20分間乾燥させてある。

#### 2-6 摩擦力の測定

FPR-2100型摩擦摩耗試験機でそれぞれの試料の摩擦力を測定した。装置の概略図を図1に示す。なお測定条件は速度12rpm、荷重500g、測定時間を30秒である。

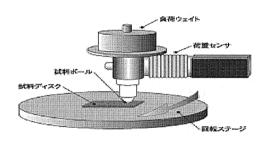


図1 摩擦磨耗試験機の装置図

#### 3 実験結果および考察

# 3-1 浸漬時間の違いによる影響

水の浸漬時間に対する PET の摩擦力の変化を図2 に示す。また、水の浸漬時間に対する PMMA の摩擦力を図3 に示す。

両者ともに言えることは浸漬時間が長くなるほどに摩擦力は下がっているということである。つまり、水に浸漬させたことでなんらかの影響があったことが分かる。しかし、両者の摩擦力の下がり方が違うという相違点がある。図3は時間の経過に比例しているかのように摩擦力は下がっているが、図2は水に浸漬させた瞬間に大きく下がり、一時間浸漬

させたあたりから下がり方が穏やかになっている。 PMMA と PET の構造のちがいによるものか、冒頭で述べたように摩擦力は周囲の環境の微細な変化でも大きく変わってくるので、その影響なのかは定かではない。ただ、どちらも水が影響しているのは明らかで、水に浸漬させたことで試料が水を吸い、構造上に何らかの影響を与えたか、もしくは試料が洗浄され、表面上に影響があったのではないかと考えられる。

しかし、PMMA および PET は O-H 基や N-H 基のような水素結合に関する置換基は存在しないので、水を吸ったところで微々たる物であるため、試料の構造に影響を与えたということは考えにくい。

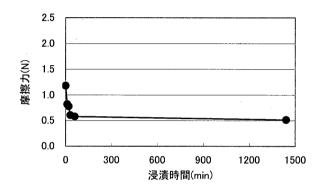


図2 浸漬時間の違いによる摩擦力の変化(PET)

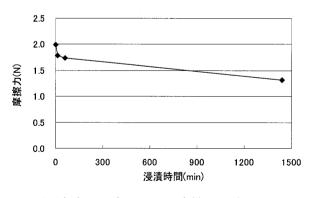


図3 浸漬時間の違いによる摩擦力の変化(PMMA)

# 3-2 水温の違いによる影響

次に水温の違いに対する PET の摩擦力の変化を 図4、PMMA の摩擦力の変化を図5に示す。

その結果 PET、PMMA の両方が、水温が高くなるにつれて摩擦力が低下することが確認された。高分子学会、高分子吸湿委員会らによれば水温が高いほど吸水率は上がることが確認されており40、本実

験の高分子材料も吸水率が高くなったことが推測 されるが、また、熱による試料の表面の変化も考え られる。したがって、この結果から吸水率による摩 擦力の低下だと断定することはできない。

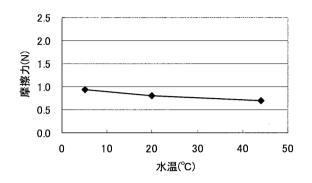


図4 水温の違いによる摩擦力の変化(PET)

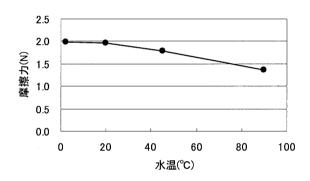


図5 水温の違いによる摩擦力の変化(PMMA)

# 3-3 水洗方法の違いによる影響

次にスターラーで攪拌しつつ、水に浸漬させたときの PMMA の摩擦力の変化を図 6、超音波洗浄しつつ、水に浸漬させたときの PMMA の摩擦力の変化を図 7 に示す。

図6および図7はどちらも同じような下がり方を示した。今回は1時間洗浄すれば摩擦力がどちらも約1.3Nまで下がった。これは図2でいえば、水に1日浸漬させたことと同じで、図5においては水の温度を90℃にしたときと同じ効果である。

この結果により、試料の表面が洗われたことで摩擦力が低下するということが確認され、水に浸けるという行為は、吸水よりも表面に影響を与えているのではないかと考えられる。

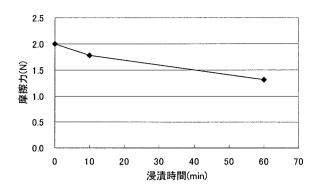


図6 攪拌させたときの摩擦力の変化

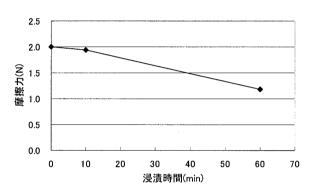


図7 超音波をかけたときの摩擦力の変化

# 3-4 乾燥時間の違いによる影響

図8が未処理のPETを試料とし、乾燥時間だけを変えたときの測定結果で、図9が10分間水に浸けたPETを試料とし、乾燥時間を変えたときの測定結果である。図8のほうは乾燥時間の長さにつれて、若干摩擦力が上がっているが図9のほうはほとんど変化しない。つまり、周囲の環境によって吸水された水が乾燥させたことによって蒸発することはあるが、乾燥するという行為と、水に浸漬させたことで摩擦力が下がることとは無関係であると考えられる。よって、やはり吸水による摩擦力の低下はないと考えられ、吸水とは別の要因であると考えられる

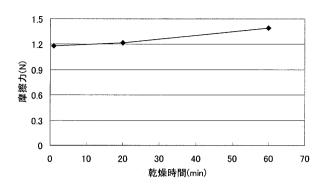


図8 乾燥時間の違いによる摩擦力の変化 (浸漬なし)

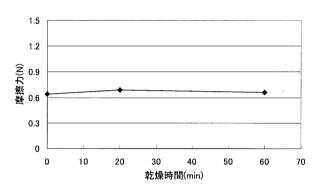


図 9 乾燥時間の違いによる摩擦力の変化 (10分間浸漬)

## 3-5 表面粗さの違いによる影響

摩擦を調べるにあたって表面粗さは非常に重要なことであるので、表面の粗さ度合いによって摩擦力はどう影響するかを調べるとともに、試料を水に浸漬させることで表面粗さは変化しているのかを検証した。

図 10 に水に浸漬させない試料の表面粗さに対する摩擦力の変化の測定結果を示し、図 11 に 10 分間水に浸漬させた試料の表面粗さに対する摩擦力の変化を示した。

全体的に表面粗さが上がれば摩擦力が下がるというような傾向は見られなかった。ただ、表面粗さを大きくした場合、測定誤差の幅も大きくなったことが確認された。表面粗さ値が大きいと測定箇所によって表面の環境が異なり、摩擦力の値に差が出たのではないかと考えられる。10分間浸漬させたものはその誤差がさらに大きくなっていることも確認された。また、オービタルサンダーで表面を削ったアクリル板より水に浸けたアクリル板のほうが、表面粗さは小さいが摩擦力は下がっている。

つまり、表面が粗くなると摩擦力に変化があるというよりも摩擦力の測定が困難になる。なので、水に浸けることで摩擦力が下がるのは表面粗さによるものではないということが確認された。

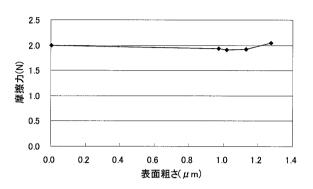


図 10 表面粗さの違いによる摩擦力の変化 (浸漬なし)

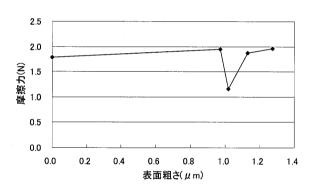


図 11 表面粗さの違いによる摩擦力の変化 (10 分間浸漬)

### 4 結論

水に浸漬させた高分子材料の摩擦力を測定することによって以下の結果が得られた。

- 1. 高分子材料を水に浸けることで、試料表面に は水滴がついていないにもかかわらず、摩擦 力は下がった。
- 2. 高分子を浸ける水の温度を高くすればするほど摩擦力は下がった。
- 3. 高分子を直接水に浸けるよりも洗浄しながら 浸けるほうが摩擦力は下がった。
- 4. 水に浸けることで下がった摩擦力は、乾燥させても水に浸ける前の値に戻らなかった。し

たがって吸水によるものではないと考えられる。

5. 表面を削った高分子よりも水に浸けた高分子 のほうが摩擦力は下がったので、表面粗さが 直接の原因ではないと考えられる。

## 5 引用文献

- (1) 竹中寛輝:東京工業高等専門学校 2006 年度卒業論文
- (2) 神原周:高分子の物性 I. 共立出版. (1958)
- (3) 高分子吸湿委員会: 材料と水分ハンドブック. 共立出版. (1968)
- (4) 田中久一郎:摩擦のおはなし、日本規格協会、 (1985)
- (5) 河野彰夫: 摩擦の科学. 裳華房. (1989)
- (6) 奈良治郎:表面アラサ測定器. 日刊工業新聞社.(1962)
- (7) 大越まこと: 表面アラサ検査法. コロナ社. (1965)
- (8) 寺澤正男: 硬さのおはなし. 日本規格協会. (1988)

(平成21年12月22日 受理)

# モルに関する化学計算ソフトウエアの開発

高橋三男\*,山内峯生\*\*,堀 哲夫\*\*\*,山本勝博\*\*\*\*,寺谷敞介\*\*\*\*\*,松原静郎\*\*\*\*\*\*

Chemical Calculation Software to Solve Mole and Molar Concentration

Mitsuo Takahashi, Mineo Yamauchi, Tesuo Hori Katsuhiro Yamamoto, Shousuke Teratani, Shizuo Matsubara

We have developed the chemical calculation software that solves problems concerning material mole and solution molar concentration. This software has the function to arrange objects and their attributes to a table and the function to calculate the attribute values based on formulas among attributes. To calculate unknown values, the software has P command and G command. The P command calculates a series of relating attribute values from one attribute value. G command calculates one attribute value from two or more attribute values. The objects are defined in the table that looks alike to Excel first, and the known attribute values are filled in. Unknown attribute values (answers) are calculated by executing P command and G command.

(Keywords: chemical calculation, mole, solution, solution molar concentration)

## 1. はじめに

化学では物質量としてモルという単位、また溶液の濃度としてモル濃度と質量パーセント濃度が一般的に使用される。特に、モルとモル濃度を理解して、これらに関する計算が解けることが求められている。しかしモルとモル濃度は日常生活で使用されている単位ではないため化学を始めて学ぶ学生にとってこれらを扱う計算は一つの関門になっている[1]。

モルを理解すること、およびモルとモル濃度に 関する化学計算を簡単に実行することを目的とし て、電卓と同様なボタン操作で化学計算を実行で きるソフトウエアを開発した。このソフトウエア について報告する。

2章ではモルとモル濃度について解説する。3章では、化学計算を解くとは何か、についての分析結果と計算を簡単化するソフトウエアの概要を記す。4章と5章では今回開発したソフトウエアを説明する。6章ではまとめを記す。

モルは、「物質は原子・分子の集合である」という考えに基づいて、物質の量をその原子・分子の数で表示する方法である。この数は非常に大きな値になるので、原子・分子の数 $6.0\times10^{23}$ 個を1モルとして扱う。すなわち1モルとは原子・分子の数 $6.0\times10^{23}$ 個を表している。例えば酸素分子1モルとは酸素分子 $6.0\times10^{23}$ 個を表している。

1モルの物質の質量は、原子量・分子量にgをつけた量である。例えば分子量 32 の酸素分子 1モルは 32gである。これを使ってモルと質量との換算ができる。

1モルの気体は、標準状態(0°C、1気圧)では 22.4L となる性質がある。例えば酸素分子 1 モルは標準状態では 22.4L となる。これを使ってモルと体積との換算ができる。

質量パーセント濃度は、溶液の質量に対して溶質の質量の百分率を表す。単位は%である。モル濃度は、溶液の体積に対して溶質のモルの比を表す。単位はmol/Lである。

### 2. モルとモル濃度についての解説

<sup>\*</sup>物質工学科 \*\*元東京工業高等専門学校 \*\*\*山梨大学 \*\*\*茨城大学

<sup>\*\*\*\*\*\*</sup>雨京学芸大学 \*\*\*\*\*桐蔭横浜大学

## 3. 化学計算ソフトウエア

### 3.1 化学計算の流れ

例題として「砂糖 0.1 モルは何 g か。ただし砂糖の分子量は 342 とする。」の化学計算を解く流れについて分析する。①最初に砂糖という物質をイメージする。②砂糖について分かっている属性値を整理する。分子量=342、モル=0.1 となる。③計算する。すなわち、属性値の間の関係式 324g=1モルを使って、比例演算から 0.1 モルでの質量 32.4gを得る。整理すると、化学計算を解く過程は、①と②の「文章問題を整理する過程」、③の「計算する過程」から成っている。

③の計算で行っていることは、「物質の属性値の間には公式で結合されている関連がある」ことを利用して、分かっている属性値から未知の属性値を導き出していることである。すなわち「計算する」とは、「既知の属性値から公式を使って未知の属性値を導出すること」である。この計算部分を次節のようにボタン操作で実行できるようにする。

#### 3.2 計算のコマンド化

未知の属性値を導き出すため、2種類のコマンド (Pコマンド、Gコマンド)を導入する。

Pコマンド (PUTコマンド) は、一つの属性値を変更したとき、それに整合するように関連する一連の属性値を変更するコマンドである。入力と出力は1:nの関係である。このPコマンドはExcelでのデータ書き換えコマンドに等しい。すなわち Excelで一つのデータを書き換えると関連する複数のデータ (集計データなど) が自動更新される。

Gコマンド(GETコマンド)は、一つの属性値を複数の属性値から導くコマンドである。入力と出力の関係は、n:1の関係である。1つの属性値を導く経路は複数あるが代表的な経路を採用するものとする。

このコマンドを属性値に対応したボタンに割り 当てる。ボタンをクリックするとコマンドが実行 され未知の属性値が得られる。

## 3.3 計算対象のモデル化

(1) 化学計算で扱う対象を物質(溶液)とその 属性でモデル化し、Excelに似た「表」で表現す る。すなわち物質(溶液)を「行」に、属性を「列」 に対応させる。

- (2)対象が物質である場合の属性は、物質名、 分子量(式量)、モル、質量、標準体積(物質を気 化させたときの0℃、1気圧での体積)、温度、圧 力、体積(指定の温度と圧力での体積)とする。
- (3)対象が溶液である場合の属性は、溶液名、 分子量(式量)、モル濃度、質量パーセント濃度、 溶液密度、溶液体積、溶液質量、モル、質量、標 準体積とする。モル濃度、質量パーセント濃度、 溶液密度、溶液体積、溶液質量は溶液に対する属 性である。分子量(式量)、モル、質量、標準体積 は溶質に対する属性である。
- (4)物質あるいは溶液の属性をソフトウエア上で、定数、参照変数、入出力変数の3種に分類する。

定数は計算過程で変化しない属性である。物質 あるいは溶液の名前がこれに対応する。

参照変数は、計算過程で主に参照用に使用される属性である。分子量(式量)、モル濃度、質量パーセント濃度、溶液密度、温度、圧力がこれに対応する。

入出力変数は、計算過程で入力になったり、出力になったりする属性である。溶液体積、溶液質量、モル、質量、標準体積、体積がこれに対応する。

これらの属性の値は公式を通して関連づけられている。すなわちお互いの属性の値は一つの物質 (溶液)の間で整合がとれている。

(5)上記の変数に対して、コマンドを以下のように割り当てる。コマンドは操作ボタンに割り当てる。

参照変数 <---> G コマンド 入出力変数 <---> P コマンド

変数に対するPコマンドとGコマンドの割り当ては上記以外も可能である。入出力変数に対してもGコマンドを割り当てることができる。しかしこうすると機能は向上するがボタン数が増えるため画面が複雑になる。参照変数である分子量(式量)、温度、圧力に対しては、この値を算出するという使用頻度は少ないため G コマンドを割り当てない。

(6)以上から、物質と溶液は表1、表2のようにモデル化できる。ただし単位は、このソフトウエアで使用している単位である。

<b>#</b> 1	物質のモデル
表 1	物質のセナル

属性名	単位	変数タイプ	割付コマンド
物質名	無し	定数	無し
分子量	g/mol	参照変数	無し
(式量)			
モル	mol	入出力変数	Pコマンド
質量	g	入出力変数	Pコマンド
標準体積	L	入出力変数	Pコマンド
温度	$^{\circ}$	参照変数	無し
圧力	気圧	参照変数	無し
体積	L	入出力変数	Pコマンド

表2 溶液のモデル

属性名	単位	変数タイプ	割付コマンド
溶液名	無し	定数	無し
分子量	g/mol	参照変数	無し
(式量)			
モル濃度	mol/L	参照変数	Gコマンド
質量パーセ	%	参照変数	Gコマンド
<b>가濃度</b>			
溶液密度	g/mL	参照変数	Gコマンド
溶液体積	mL	入出力変数	Pコマンド
溶液質量	g	入出力変数	Pコマンド
モル	mol	入出力変数	Pコマンド
質量	g	入出力変数	Pコマンド
標準体積	L	入出力変数	Pコマンド

## 3.4 ソフトウエアを使った化学計算の流れ

- (1)物質あるいは溶液を一行で定義する。分かっている属性に値を記入する。
- (2) P コマンド、G コマンドを起動し、空白である属性値を埋めていく。一行だけで済む化学計算の場合この操作で解答が得られる。
- (3) 化学反応の場合は複数の行が定義される。 化学反応式から反応物質のモルが分かる。これを 使って、別の行(物質)に対するモルを計算して 記入する。以後は上記(2)と同じく P コマンド、 G コマンドを起動して空白である属性を埋めて行 く。
- (4)溶液の希釈や混合の場合も複数の行が定義 される。溶液の希釈や混合では、溶液質量、質量、 モルの3つの属性は保存される。すなわち溶液希 釈前の溶液質量の和は希釈後の溶液質量に一致す

る。質量、モルについても同様である。これを使って、溶液質量、質量、モルが分かっているとき、別の行(溶液)の溶液質量、質量、モルを計算して記入する。以後は上記(2)と同じく P コマンド、G コマンドを起動して空白であるプロパテイを埋めて行く。

#### 4. モル電卓ソフトウエア

#### 4.1 操作画面

モル電卓ソフトウエアを起動すると図1のモル 電卓ソフトウエア主画面が表示される。



図1 モル電卓ソフトウエア主画面

物質ごとに一行使用する。主画面は化学反応に 関係する5つの物質まで扱うことができる。

物質名には、物質の名前を記入する。

分子量・式量には、物質の分子量、原子量、あるいは式量を記入する。

モルには、物質のモルが入出力される。

質量には、物質の質量がg単位で入出力される。標準体積には、物質を気化したとき0  $\mathbb{C}$ 、1 気圧での体積が $\mathbf{L}$ (リットル)単位で入出力される。温度には、温度を $\mathbb{C}$ 単位で記入する。

圧力には、圧力を気圧単位で記入する。

体積には、物質を気化したとき、上記の温度と圧力の条件下での体積がL(yy)ル)単位で入出力される。

Pボタンは、Pコマンドを起動する。Pボタンの属している属性を入力変数として、関連している他の出力変数の値を計算して出力する。入力変数は濃い青、出力変数は薄い青、参照変数は薄い黄色で表示される。計算ができなかったとき、出力変数は空白で表示される。

Cボタンは、入出力変数の値をクリアする。

ヘルプメニューは、使用法を表示する。

ソフトウエアを終了するときは、ウインドウの終 了ボタンをクリックする。

# 4.2 モル電卓ソフトウエアでの例題と解答4.2.1 単位変換

砂糖 10g は何モルか。砂糖 0.1 モルは何g か。 ただし砂糖の分子量は 342 とする。

### (解答)

分かっている砂糖の分子量 342 と砂糖の質量 10 g を記入する。



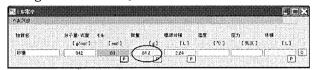
質量の P ボタンをクリックすると砂糖のモルが 0.03 と求められる。



分かっている砂糖の分子量 324 と砂糖のモル 0.1 を記入する。



モルの P ボタンをクリックすると砂糖の質量が 34.2g と求められる。



## 4.2.2 化学反応 — 発生する二酸化炭素の質量

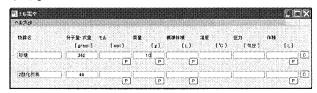
砂糖 12g を食べた。最終的に二酸化炭素は何gできるか。ただし砂糖はブドウ糖と果糖に分解されるが最終的な化学反応式は以下のとおり。

 $C_{12}H_{22}O_{11} + 12O_2 \rightarrow 12CO_2 + 11H_2O$ 

二酸化炭素の分子量は44とする。

## (解答)

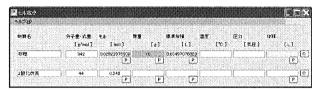
砂糖と二酸化炭素が対象である。砂糖と二酸化炭素を定義して、分かっている砂糖の分子量 342、質量 10g、および二酸化炭素の分子量 44 を記入する。



砂糖の質量のPボタンをクリックすると砂糖のモル 0.029 が求められる。

ww.c	単元・第三代	Ŧ#	10:00	極帯体権	温度	压力	(2.14
		[160]			(0)		
Zė NS	910			0.6549707602			4
Garagean.		P	) P	Character Constitution	There is a	A	(a)

化学反応式から砂糖 1 モルから二酸化炭素 12 モルが発生することがわかる。二酸化炭素のモルに砂糖のモルを 12 倍した値(0.029x12=0.348)を記入する。



二酸化炭素のモルの P ボタンをクリックすると、 発生する二酸化炭素の質量 15.31gが求められる。



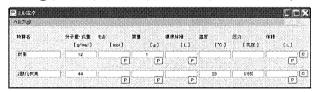
## 4.2.3 化学反応-発生する二酸化炭素の体積

炭素 1g を燃やしたとき発生する二酸化炭素は0  $\mathbb{C}$ 、1 気圧で何リットルか。25  $\mathbb{C}$ 、0.95 気圧では何リットルか。ただし炭素の分子量は12、二酸化炭素の分子量は44,化学反応式は下記のとおり。

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

#### (解答)

炭素と二酸化炭素が対象である。炭素と二酸化炭素を定義して、分かっている炭素の原子量 12、質量 1g、二酸化炭素の分子量 44、を記入する。



炭素の質量のPボタンをクリックすると炭素 1 g のモル 0.083 が求められる。



化学反応式により炭素のモルと二酸化炭素のモルは等しい。二酸化炭素のモルに炭素のモル 0.083 を記入する。二酸化炭素の温度と圧力に 25℃、

0.95 気圧を記入する。



二酸化炭素のモルの P ボタンをクリックする。二酸化炭素は 0  $\mathbb{C}$ 、1 気圧では、1.87L (リットル)、25  $\mathbb{C}$ 、0.95 気圧では 2.14L(リットル)であることが求められる。



#### 5. 溶液モル電卓ソフトウエア

#### 5.1 操作画面

溶液モル電卓ソフトを起動すると図2の溶液モル電卓ソフトウエア主画面が表示される。

(L1	(g) (g)	₹N (mal)	2949 [8]	溶液体精 [ml.]	程度 (p/mL)	(x)	(mos/L)	MAX WEEK. (losky)	11.2 S
P	P	P	P	P	<u> </u>	G	<u> </u>		
P	P	Œ	P	E	(B)	(g)	( <u>a</u> )		
P	P	P	Р	e	G	<u> </u>	•		
P (2	P	P	Р	E	G	G	<b>6</b>	l .	
		p p	P	F	G				

図2 溶液モル電卓ソフトウエア主画面

溶液ごとに一行使用する。主画面は溶液の希釈と 混合に関係する5つの溶液まで扱うことができる。 溶液名には、溶液の名前を記入する。

分子量・式量には、溶質の分子量、原子量、あるいは式量を記入する。

モル濃度には、溶液のモル濃度をmol/L単位で記入する。

質量%には、溶液の質量パーセント濃度を%単位で記入する。

密度には、溶液の密度をg/mL単位で記入する。溶液体積には、溶液の体積がmL単位で入出力される。

溶液質量には、溶液の質量がg単位で入出力される。

モルには、溶質のモルが入出力される。

質量には、溶質の質量が g 単位で入出力される。標準体積には、物質を気化したとき標準状態  $(0 \circ C)$  1 気圧)での体積が L (リットル) 単位で入出力される。

P ボタンは、P コマンドを起動する。P ボタン の属している属性を入力変数として、関連している他の出力変数の値を計算して出力する。

Pコマンドの計算では、モル濃度を参照して計算するモードと、質量パーセント濃度を参照して計算するモードの2つのモードがある。

モル濃度が関係しているときは、モル濃度計算モードを選択してPコマンドを起動する。このとき、入力変数は濃い青、出力変数は薄い青、参照変数は薄い黄色で表示される。計算ができなかったとき、出力変数は前回の値が保存される。

質量パーセント濃度が関係しているときは、質量パーセント濃度計算モードを選択してPボタンをクリックする。このとき、入力変数は濃い緑、出力変数は薄い緑、参照変数は薄い黄色で表示される。計算ができなかったとき、出力変数は前回の値が保存される。

モル濃度、質量パーセント濃度、密度を求めるときは、Gボタンをクリックする。複数の属性を入力変数として G ボタンの属している属性の値を計算して出力する。入力変数は薄いピンク、出力変数はピンクで表示される。計算ができなかったとき、出力変数は空白になる。

モル濃度は、「モル濃度=モル / 溶液体積」の公式から計算される。

質量パーセント濃度は、「質量パーセント濃度=100 × 質量 / 溶液質量」の公式から計算される。 密度は、「溶液密度=質量 / 溶液体積」の公式から計算される。

C ボタンは、入出力変数の値をクリアする。 ヘルプメニューは、使用法を表示する。 ソフトウエアを終了するときは、ウインドウの終 了ボタンをクリックする。

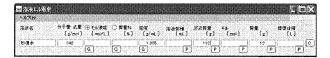
# 5.2 溶液モル電卓ソフトウエアでの例題と解答5.2.1 モル濃度計算

水 100mL に砂糖 12g を溶かした。この溶液は何 モル溶液か。但し、砂糖の分子量は 342、溶液の 比重は 1.035 とする。

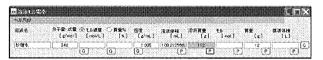
(解答)

水 100mL は 100g である。したがって溶液の質量は 112g である。砂糖水を定義して、分かっている数値である砂糖の分子量 342、砂糖水の密度 1.035、砂糖水の質量 112g、砂糖の質量 12g を記

入する。



砂糖水のモル濃度は、砂糖のモルを溶液体積で割った値として求められるから、最初に溶液体積とモルを求める。溶液質量の P ボタンをクリックして溶液体積 108.21mL を求める。



質量の P ボタンをクリックして砂糖のモル 0.035 を求める。



モル濃度の G ボタンをクリックすると砂糖水の モル濃度が 0.32 と求められる。



#### 5.2.2 濃度変換計算

18%濃度の食塩水 400 g を作りたい。必要な食塩は何 g か。この食塩水溶液のモル濃度はいくらか。ただし、18%濃度食塩水の密度は  $1.13 g/cm^3$  である。また食塩の式量は 58.5 である。

#### (解答)

食塩水を定義して、分かっている式量 58.5、質量%18、密度 1.13、溶液質量 400g を記入する。



質量パーセント濃度モードに設定して、溶液質量の P コマンドを起動すると食塩の質量が 72g と求められる。



モル濃度の G ボタンをクリックすると、モル濃度が 3.6 と求められる。

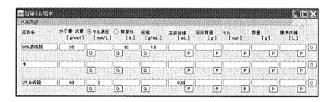


## 5.2.3 溶液の希釈計算―希釈前の溶液量算出

濃度が 98%、密度が 1.8g/mL である濃硫酸がある。この濃硫酸を薄めて、2 モル濃度の希硫酸を 400mL 作りたい。濃硫酸は何mL 必要か。ただし硫酸の分子量は 98 とする。

#### (解答)

98%濃硫酸、水、2モル硫酸を定義して、それぞれについて分かっている数値を記入する。



2 モル硫酸の溶液体積の P ボタンをクリックする とモル 0.8 と質量 78.4 g が求められる。



水での希釈であるから 98%硫酸の溶質質量と 2 モル硫酸の溶質質量は同じである。 98%硫酸の質量に 2 モル硫酸の質量 78.4g を記入する。



質量パーセント濃度モードに設定して、98%硫酸の質量の P ボタンをクリックする。98%硫酸の溶液体積が 44.44mL と求められる。

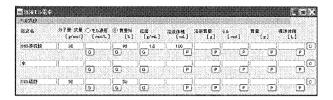


## 5.2.4 溶液の希釈計算―希釈後の溶液量算出

濃度が 98%、密度が 1.8g/mL である濃硫酸が 100 mL ある。この濃硫酸を薄めて、50%濃度の硫酸を作りたい。全体を何gにするべきか。ただし硫酸の分子量は 98 とする。

(解答)

98%濃硫酸、水、50%硫酸を定義して分かっている数値を記入する。



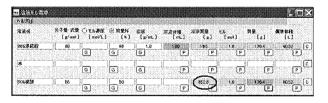
98%濃硫酸の溶液体積の P ボタンをクリックする と溶液質量 180g、およびモル 1.8 と質量 176.4g が求められる。



水での希釈であるから 98%硫酸の溶質質量と 50%硫酸の溶質質量は同じである。50%硫酸の質量に 98%硫酸の質量 176.4g を記入する。



50%硫酸の質量の P ボタンをクリックする。50% 硫酸の溶液質量が 352.8g と求められる。



## 5.2.5 溶液の希釈計算―希釈水の容量算出

濃度が 98%、密度が 1.8g/mL である濃硫酸が 100 mL ある。この濃硫酸を薄めて、50%濃度の硫酸を作りたい。加える水は何gか。ただし硫酸の分子量は 98 とする。

## (解答)

前例題と同じ操作で 50%硫酸の溶液質量が 352.8g と求められる。



溶液質量は保存されるから加える水の量は、 352.8-180=172.8g である (この計算は手計算する)。

## 5.2.6 溶液の混合—混合後の溶液濃度の算出

2モル濃度の塩酸100mLと5モル濃度の塩酸200mLを混合し、水を加えて全量を500mLとした。何モル濃度の塩酸か。

#### (解答)

2 モル塩酸、5 モル塩酸、水、混合後の塩酸をそれぞれ一行に定義し、分かって数値を記入する。



2モル塩酸のPボタン、5モル塩酸のPボタンを クリックすると、2モル塩酸のモル0.2、5モル 塩酸のモル1.0が求められる。



混合後の塩酸のモルは混合前のモルの和である。 水の塩酸モルは 0 であるため、混合後の塩酸のモルは 1.2 モルになる。この値を混合後の塩酸モル に記入する。

16 Ab 45	が子撃: 武皇 (g/mol)	②モが環接 [mot/L]	○ 質量% [*]	密度 [g/mL]	溶液体籍 [mL]	3% <b>42</b> (2)	€£ [mol]	ne (x)	標準体積 [1]
(EA塩酸		2			100		0.2	ľ	4.48
		[G]	(E)	G	P	Р	l P	L.	P.
电小编制	· jakosakiii.ko	5		Ž	200		3	Armoricos M	22.4
		[ <u>a</u> ]	(g)	(0)	<u> </u>	Р	<u>                                      </u>	Р	P
(	1 - T			1	7	)(************************************	Ů		r u
		(G)	G	LG.	LP.	LP.	1 6	P	(P)
混合核心場故	ì		· · · · · ·	LEJ.	500		. 2		ř
0 0 0	G G	G 6	G		500 P	P	1.2 F	P	P

混合後の塩酸のモルの G ボタンをクリックすると、混合後の塩酸のモルが 2.4 と求められる。

ixe	分子景·武策 〔g/mcl〕	<ul><li>モル漆度 [moVL]</li></ul>	○ <b>Ħ皇</b> ※ (x1)	從成 〔g/ml〕	海液体程 [ml]	海洋開発 (g)	EJI (mai)	開業 [g)	標準体積 (L)	
七八協師	1	. 2		E	100	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	0.2	ii iii	4 48	ĺε
		G	G	G	P	P	۶	P	P	1
プモル・技術 <b>で</b>		- 5		1	200		1	8	22.4	1/6
		G	[6]	G	(P)	P	P	P	Į.e	17
,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	ar reactions	Paris and			Brancon			J	green and a real	Tra
		G	(a)	6	(P)	9	i P	P	i i	3

## 5.3 仕様制限

溶液モル電卓ソフトウエアでは、2つ以上の未 知の属性を同時に求める問題、すなわち連立方程 式が必要とされる計算問題はボタン操作だけでは解けない。計算問題をExcelに似た表に整理するところまではできるから、残りの計算の部分は従来どおり手計算する。以下が例である。

15%濃度の食塩水が 100g ある。5%濃度の食塩水を混合して、10%濃度の食塩水を作りたい。5%濃度の食塩水のg数、混合後の10%濃度の食塩水のg数を求めよ。

#### (解答)

15%濃度の食塩水、5%濃度の食塩水、10%濃度の食塩水をそれぞれ一行に定義する。分かっている数値を記入する。15%濃度食塩水の溶液質量のPボタンをクリックすると質量15gが求められる。

分子量·武量 (g/mor)	○ 毛が濃度 [moi/L]	● 業量等 (x)	28名 (g/mL)	溶液体接 [mL]	#### (2)	f.Jl· (mai)	<b>新型</b> (g)	存选结构 [1]	
	A	15	E		100		15	ľ	ſĕ
	G	G	G	р	P	P	þ	P	]
ii .	/***********	5			li e			ľ	To
	(3)	<b>(a)</b>	( <u>6</u> )	Œ.	P	2	P	P	ງ‴
garanana.	,	10		ç	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	,			ſ,
	分子聲·式聲 (g/est]	[g/mol] [mo/L]	(g/est) (mo/L) (%) 15 6 9 5 5	6 G G G	(g/ms) (no/L) (t) (g/m,) [n/L]  G G G C P  G G G F	[q/ec] [no/.] [x] [q/m] [m] [z] [z] [m] [x] [y/m] [m] [x] [y/m] [m] [y/m] [y/m] [m] [y/m] [y/m] [m] [y/m] [m] [y/m] [y/m] [m] [y/m] [y	[g/ec] [no/.] [x] [y/m] [m] [z] [y]  [S] [0] [0] [P] [P]  [S] [0] [0] [P] [P]  [S] [0] [0] [P] [P] [P]	[g/ec] [no/.] [x] [y/m] [m] [x] [y] [x] [x] [m] [x] [x] [m] [x] [x] [x] [x] [x] [x] [x] [x] [x] [x	[g/ec] [mo/.] (x) [y/m.) [m.] (z) [mo] (g) (1)  [S] [O] [O] [P] [P] [P] [P] [P] [P] [P] [P] [P] [P

これ以上はボタン操作だけでは求められない。このため、5%濃度の食塩水のg数をx、混合後の10%濃度の食塩水のg数をyと置いて、連立方程式を作成する。

20.1.38.37.38	くしてル漆原	② 散型%	<b>発度</b>	溶液排槽	SEE	E#	PB:	保学付档
[g/msl]	(mol/L)	[*]	[g/mL]	(mL)	lal	(moi)	(g)	[1]
(		15	Į.,	l	100		15	
	(0)	زقا	(0)	U.L.	, <u>,                                  </u>	J (	LE.J	· · ·
	£	5	Ĺ			1	£	
	(a)	(3.)	(e)	LP.	Ľ	j LP.	LP.J	L.
The state of the s	[g/mol]		(g) (g) (s) (g) (g) (g) (g) (g) (g) (g) (g) (g) (g	(a) (b) (c) (c) (d)	[0] [0] [6] [P	9 9 6 F	0 0 0 0 P P	0 0 0 0 P 15 P

連立方程式は以下のようになる。

$$y = 100 + x$$
$$10y = 1500 + 5x$$

連立方程式を解くと、x = 100, y = 200となる。 5%濃度の食塩水は 100 g、混合後の 10%濃度の食塩水は 200g として求められる。

これらの値をそれぞれの溶液質量に記入して、溶液質量の P ボタンをクリックする。

, ws/fb									
溶液名	分子量·武量 (g/moi 】	○ モル液度 { moi/L }	<b>※整株⊗</b> (*)	新版 (g/mL)	海線維持 [ml]	深 <b>州原皇</b> [ g ]	*Jl: (mal)	<b>報報</b> 〔g〕	標準結構 (1)
16%實場水		}	18	S	ijinaanaaaa ii	100	K	15	1
		G	lg.	[6]	P	9	P	P	Р
5%食塩水		<u> </u>	5	<u> </u>		100		5	
		G	G	G	P	P	٩	P	P)

混合後の質量 20 は、混合前の質量の和(15+5) になっていて、属性間で整合がとれていること、 すなわち連立方程式で得た解が正しいことが検証 できる。

### 6. まとめ

モルとモル濃度に関する化学計算を解くソフトウエアを開発した。このソフトウエアは計算対象を整理する機能と計算する機能を持っている。整理機能は、計算対象を、物質あるいは溶液ごとに1行使用しその属性を列で定義することにより、Excelに似た表に整理する。

物質あるいは溶液の属性値の間には公式で結合された関係がある。計算するとは、既知の属性値から公式を使って未知の属性値を導くことである。ソフトウエアは、この計算機能としてPコマンドとGコマンドを持っている。Pコマンドは、一つの属性値から関連する一連の属性値を計算する。Gコマンドは、一つの属性値を複数の属性値から計算する。これらのコマンドは属性値に対応したボタンに割り付けられる。

ソフトウエアで化学計算を解くときは、最初に対象を Excel に似た表に定義して、分かっている属性値を記入する。以降は、P ボタン、G ボタンをクリックしていくことにより未知の属性値(解答)を求めていく。

このソフトウエアは化学計算をブラックボックスとして扱うものではない。計算対象を Excel に似た表でモデル化して、計算部分をボタン操作で実行するものである。モルを全く知らない人が使用するのではなく、モルを一通り理解した人が、化学計算での問題整理と計算時間短縮のために使用することが最も有効は使い方であると考えている。

## 参考文献

[1] 米山正信著, 化学ぎらいをなくす本, ブルーバックス, 2006.

(平成22年1月13日 受理)

# ダイコン、キャベツを用いた迅速・簡便な銅蓄積能力の評価法

庄司 良\*,田中優也\*

Comparative study of *Brassica oleracea* var. *capitata* and *Raphanus* sativus for rapid appraisal method of copper uptake capability

Ryo Shoji and Yuya Tanaka

Concentration of copper accumulated in vegetables were investigated by petri dish test and field trial. The vegetables selected for the present investigation were cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) and radish (*Raphanus sativus*). Cu uptake and accumulation at seedling, flowering and mature stages of vegetables under Cu treatments were investigated. The heavy metal concentration of copper (Cu) and calcium (Ca) were analyzed using ICP-AES in the two vegetables and their parts (root, leaf, stem,). Terrestrial Biotic Ligand Model (TBLM) and Biotic Ligand Model (BLM) assume that metals in soil and in the solution are in equilibrium at binding to biotic ligands of organisms. TBLM and BLM fit well with the experimental data on changing in the concentration of copper accumulated in vegetables as increasing in the concentration of copper in soil or exposed solution.

(Keywords: copper, petri dish test, field trial)

## 1. 緒言

重金属である銅を用いた農薬ボルドー液は最も古い農薬と言われ、カビや糸状細菌に対する有効な農薬として長い間使用されてきた。しかし、長い間ボルドー液を使用した土壌では、土壌中のCu濃度が高くなってしまう「ロ」。高濃度のCuを含む土壌では生育された野菜は多くのCuを蓄積してしまうが、重金属であるCuは生物に対する毒性が強く、高濃度のCuを摂取することは人体に対して大きなリスクとなる「ロ」。このため摂食によるCuの取り込みを少なくする必要性があり、土壌中のCuを除去することが望ましい。

Cu の除去にあたってファイトレメディエーションと呼ばれる技術がある<sup>[3]</sup>。これは植物を用いた汚染物質の分解、除去を行う技術であるが、Cu を吸収除去するにあたって植物の Cu 吸収量が大きな植物を用いる必要性がある。また、ファイトレメディエーションは多くの時間を要して汚染物質を除去するため、圃場の土壌改善としては効率が悪い。そこで圃場の改善と野菜の生産を同時に行うことによって土壌の有効利用を目指すことを考えた。

浄化と生産を行うに当たって、野菜の Cu 蓄積

能力を評価し、使用する野菜を選定する必要があ るが、実際の圃場で野菜の Cu 蓄積能力を比較す るのでは時間と労力が大いに必要である。そこで 植物の Cu 蓄積能力を比較する方法として簡易 的な方法の模索を行う必要があった。試験法を選 択するにあたり、土壌の影響を受けない状況下の 試験を考えた。土壌中では pH や土壌中のフミン 質の影響でイオン濃度が変化するが、植物はイオ ンの形態で重金属を取り込むと考えられている [4]。Cu 蓄積量を変化させる pH やフミン質など の影響を取り除いた試験法が必要であると考え られた。そこで本研究ではイオン濃度、他の陽イ オン、pH を調整できる水耕栽培による試験を用 いることとした。試験法としてフィルター試験を 採用した。フィルター試験とは、シャーレ内でろ 紙上に種を播種して毒性物質を暴露する発芽試 験である。本研究ではフィルター試験で生育した 幼苗を用いた Cu 蓄積量の測定を行い、蓄積量の 違いを検討することとした。フィルター試験を用 いた Cu 蓄積能力の比較が適正であるか比較す るため圃場においてボルドー液を使った Cu 蓄 積実験を行った。 圃場とフィルター試験を比較す るにあたり Terrestrial Biotic Ligand Model

(TBLM)と Biotic Ligand Model (BLM)を用いた整理を行った[5][6]。 TBLM と BLM は毒性原因物質が陽イオン吸着サイトであるリガンドに吸着することによって、毒性を発現、重金属の蓄積が起こると考えるモデルである。 TBLM,BLM はリガンドを占有するイオンの割合を f 値で表すため他の陽イオンとの競合によって変化する重金属の毒性と蓄積を考慮することが可能である。圃場試験での Cu 蓄積量が土壌条件により変化すると考えられたため TBLM を用いた整理を行うことにより、土壌中の陽イオンの影響を除くことができると考えられる。

本研究では、圃場試験とフィルター試験で生育された野菜の Cu 蓄積量を TBLM、BLM を用いて整理し、幼苗の重金属蓄積能力の比較が可能であるか検討を行った。

## 2. 実験

## 2.1 硫酸銅を含む農薬の濃度調整

硫酸銅(CuSO<sub>4</sub>)を含む農薬としてボルドー液を使用した。ボルドー液は硫酸銅と生石灰(CaO)から作製される。硫酸銅濃度は 2000 mg/l, 4000 mg/l, 8000 mg/l で調製した。また混合する生石灰の濃度を変化させ、1つの硫酸銅濃度に対して 2000 mg/l, 4000 mg/l, 8000 mg/l の濃度になるように生石灰を調製した。

### 2.2 フィルター試験

滅菌シャーレ( $\psi$ 90×15mm・EOG 滅菌済)に濾紙(Whatman No.2)を敷き、銅濃度及びカルシウム濃度を調整した溶液を 4 ml 暴露した。暴露後のシャーレにキャベツ(Brassica oleracea var.)とダイコン(Raphanus sativus var.)の種を 10粒ずつ播種し、暗所において 20℃一定として 5日間静置した。5日後、発芽率および根長を測定した。銅及びカルシウム 濃度調整溶液の pH を暴露前に測定した。( $pH=5.1\pm0.9$ ) 硫酸銅濃度は 200 mg/l, 400 mg/l, 800 mg/l で調製した。また混合する生石灰の濃度を変化させ、1 つの硫酸銅濃度に対して 200 mg/l, 400 mg/l, 800 mg/l の濃度になるように生石灰を調製した。

## 2.3 圃場試験

試験範囲  $50\text{m}^2$ (2 m×25 m)におけるキャベツ、 ダイコン栽培用式は株間 30 cm,条間 50 cm,ベッ ト幅 100 cm, 2 条植え、2 畝を用いて行った。2008 年 9 月 1 日に 1 畝に 200 粒のダイコンを播種した。キャベツは 2008 年 8 月 16 日に農業用 200 穴ポット( $10\times20$ )に播種、生育させたものを 2008 年 9 月 1 に圃場へ植え付けた。ダイコンは 76 日間生育し、キャベツは 112 日間生育した。ボルドー液の散布は 3 回(2008 年 9 月 9 日,9 月 27 日,10 月 12 日)行った。一回の散布にあたり 1.8 Lの調整液を 5 m² に使用した。

## 2.4 Cu,Ca 蓄積量測定

キャベツ、ダイコンを根、茎、葉に切り分け分け 60 ℃で 6 時間乾燥し、乾燥重量を測定した。各部位から 0.1g の試料を取り、30 ml ビーカー内で濃硝酸(質量濃度 65 wt%)4 ml を用いて 70 ℃前後で加熱し分解した。硝酸分解後の試料をメスフラスコで 5 ml に定容した。溶液をICP-AES(SII SPS7800)で分析、試料の乾燥重量より銅、カルシウム蓄積量を算出した。各部位の銅、カルシウム蓄積量と各部位の乾燥重量をかけた値の総和を全体の乾燥重量で除した値を銅蓄積量とした。

## 2.5 土壌中フミン酸,フルボ酸の測定

各野菜の根圏土壌を採取し、60 ℃で 6 時間乾 燥後 2mg を 0.1 mol/l の NaOH 水溶液 10 ml に 加えて24時間振とうした。振とう後、遠心分離 機を用いて 20 分間に 2500rpm で遠心分離を行 い、上澄み液を採取した。沈殿物に対して 0.1 mol/Iの NaOH 水溶液 10 ml を加え遠心分離お よび上澄み液採取を計4回行いフミン酸、フルボ 酸を各画分得た。得られた溶液に 12 mol 塩酸を 0.4 ml 加え、液量が 1%以上増加しない状態で pH2 以下まで下げた。酸性条件で不可溶なフミ ン酸を沈殿させた。フミン酸とフルボ酸を20分 間 2500rpm で遠心分離した。分離後フミン酸を 2 mol の NaOH 水溶液で溶解させた。フミン酸 溶液、フルボ酸溶液をメンブレンフィルター  $(0.45 \,\mu\,\text{m})$ , Minisart RC15, Sartorius Stedim Biotech)でろ過した。フミン酸、フルボ酸の全炭 素量を TOC(TOC-5000A,Shimadzu)を用いて測 定した。

## 2.6 Cu<sup>2+</sup>,Ca<sup>2+</sup>の算出

銅、カルシウム総濃度と測定されたフミン酸,フ

ル ボ 酸 の 濃 度 , 土 壌 中 の pH を 用 い て WHAM6(Windermere HumicAqueous Model, Centre for Ecology and Hydrology) よ り  $Cu^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  濃度を算出した。

## 2.7 TBLM · BLM

植物は根表面に存在するリガンドと結合した物質からのみ影響を受ける。この際、イオン化したもののみが結合される[5][6]。そのため、特に最も優先的に結合される自由イオン $(M^{2+})$ について着目することが必要である。また、リガンドはマイナスに帯電しておりカチオンの競合結合がおこる。本研究では、 $Cu^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 及び $H^+$ の競合作用について考察した。

そこで、ダイコン、キャベツの根に存在するリガンドが各イオンに占有されている割合を(1)式で算出した。

$$f_{Cu} = \frac{K_{Cu}\{Cu^{2+}\}}{1 + K_{H}\{H^{+}\} + K_{Cu}\{Cu^{2+}\} + K_{La}\{Ca^{2+}\}}$$
 (1)

ここで  $f_{Cu}$ は  $Cu^{2+}$ のリガンドの占有率[-]、 $K_M$ は各イオンとリガンドの結合定数[L/mol]である。 $\{M^+\}$ は平衡濃度計算ソフト WHAM6 によって計算される各自由イオン濃度[mol/L]である。

## 2.8 Cu 蓄積量の予測

植物の Cu 蓄積量の予測式として BLM を用いて 蓄積量を整理した(2)式を用いた[7]。

$$Q = Q_{MAX} \times f_{Cu}$$
 (2)

fcu はダイコン、キャベツの根にあるリガンドの 占有率[-]を表している。Q<sub>MAX</sub> は Cu 蓄積量の最 大値[mg/kg Plant]を表し、Q は植物の Cu 蓄積 量 [mg/kg Plant]を表す。

### 3. 結果

フィルター試験で生育したダイコン、キャベツの Cu 蓄積量を BLM で整理したものを Fig. 1 に示す。 Fig. 1 より、ダイコンでは小さい fcu 値でも 銅蓄積量は有意に大きくなる。キャベツの場合ダイコンよりも高い fcu 値で銅を蓄積していることがわかる。 銅の毒性は fcu 値で決まるため、 fcu 値が低くければ銅毒性への耐性を持つことがわかる [8]。ダイコンとキャベツの幼苗では銅蓄積能力としてダイコンの方が優れていることがわか

った。フィルター試験では、ダイコン、キャベツ 共にアブラナ科の双子葉類であり、幼苗時では形 状に大きな違いは見られない。このため銅蓄積量 の違いは形状や水分の移動によるものではない と考えられる。

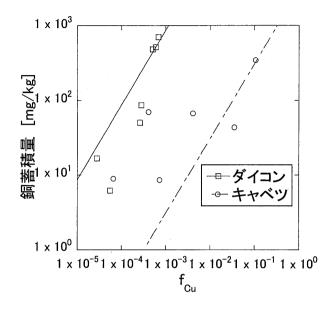


Fig. 1 フィルター試験で生育したダイコンキャベツに対する BLM を用いた銅蓄積量整理

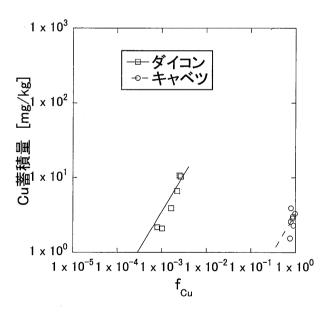


Fig. 2 圃場試験で生育したダイコン、キャベツに対する TBLM を用いた銅蓄積量整理

このことから、ダイコン、キャベツの持つ銅蓄 積能力を(2)式で整理するフィルター試験で比較 可能であると考えられる。

圃場試験で生育したダイコン、キャベツの銅蓄積

量を TBLM で整理したものを Fig. 2 に示す。 Fig. 2 では、圧倒的に低い  $f_{\text{Cu}}$  であるにもかかわらず。 ダイコンの銅蓄積量はキャベツよりも高い。

### 4. 考察

フィルター試験と圃場試験での Cu 蓄積量を それぞれ比較した結果、ダイコン、キャベツ間の 銅蓄積量は圃場試験、フィルター試験共にリガン ド占有率の大小関係、Cu 蓄積量の大小関係が一 致した。このことから、ダイコン、キャベツ間に おいて幼苗時期においても銅蓄積能力に違いが 見られ、幼苗時に蓄積能力の比較が可能であると 考えられた。しかし、特にキャベツにおいて圃場 試験とフィルター試験ではfcu値に大きな開きが ある。これは幼苗と成体では暴露された Cu<sup>2+</sup>濃 度が違うことが原因であると考えられる。圃場試 験ではいずれの植物でも成長阻害が確認できな かった。これに対してフィルター試験では、根の 根長から成長阻害を算出しているが、銅蓄積量が 100mg/kg 以上となるサンプルにおいては成長 率が 10%以下であった。このことからフィルタ 一試験では毒性が発現する濃度での試験を行っ た結果、植物としての健全性が保たれていない濃 度での蓄積量が反映されたと考えられる。一方圃 場試験とフィルター試験では銅の銅蓄積量に 3 桁の違いが見られ、フィルター試験の方が低い fcu 値で高い銅蓄積量を示している。 圃場試験の 銅蓄積量が低い要因として野菜の成長に伴う体 積の増加による体内の銅濃度の低下が考えられ る。フィルター試験と圃場試験では乾燥重量に違 いがあり、ダイコンではフィルター試験において 1.00×10-2g、 圃場試験において 4.30×101g の平 均乾燥重量を示した。キャベツではフィルター試 験で 3.14×10-3g、 圃場試験で 1.01×102g であっ た。圃場試験での乾燥重量はフィルター試験での ダイコン乾燥重量の 4.31×103 倍であり、キャベ ツでは 3.22×10<sup>4</sup>倍である。これらのことから同 じfcu値で、圃場試験での銅総量とフィルター試 験での銅蓄積量予測曲線上での銅総量が近しい 値を取ることがわかった。このことから、幼苗時 と成体での同 fcu値で等しい銅総量を蓄積し、フ ィルター試験時に銅蓄積能力を比較することは 十分に可能であると考えられる。

## 5. 結論

ダイコン,キャベツの幼苗における Cu 蓄積量を BLM で整理した結果、ダイコンはリガンド占有率が低く銅蓄積量が多いことがわかった。キャベツではリガンド占有率が大きいが銅蓄積量が少ないことがわかった。

圃場試験で生育されたダイコン,キャベツを TBLM で整理した結果、ダイコンキャベツ間で はフィルター試験でのリガンド占有率の大小関 係、銅蓄積量の大小関係が一致した。

幼苗を用いた銅蓄積能力の比較は可能であるがフィルター試験では本来毒性が発現する濃度での試験を行った結果、植物としての健全性が保たれていない濃度での蓄積量が反映されたと考えられる。また、銅総量を比較し、同じfcu値で圃場試験での銅総量とフィルター試験での銅蓄積量予測曲線上での銅総濃度が近しい値を取ることがわかった。このことから、幼苗時と成体での同fcu値で等しい銅総量を蓄積し、フィルター試験時に銅蓄積能力を比較することは十分に可能であると考えられる。

### 6. 参考文献

- [1] Michael Komárek, *et al.*, Geoderma 147, (2008), 16-22
- [2] Bjorn P. Zietz, *et al.*, Environmental Research 92 (2003), 129-138
- [3] Ying Ouyang, Journal of Hydrology 266 (2002),66-82
- [4] Morel, F. et al., Environ. Sci. Technol. 198317, 342-347.
- [5] Sagathakali, et al., Environ. Sci. Technol. 2006, 40, 7094-7100
- [6] Di Toro, et al., Environ. Toxicol. Chem. 20, 2383-2396.
- [7] Tao Cheng. Herbert Allen. Environmental Toxicology and Chemistry, 2001 Vol.20. No.11. 2544-2551
- [8] K. Lock, *et al.*, Ecotoxicology and Environmental Safety 68 (2007) 299-304

(平成22年1月18日 受理)

## 平成20年度教員教育研究業績

この教育研究業績の論文等に、ゴシック体により標記したものは、本校教職員である。

## 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 八三~八四)

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第40(1)号,2008.12,P.1-P.10)·····津田潔,半澤幹一『新撰万葉集』注釈稿(上巻 冬部 八五~八七)

(『共立女子大学文芸学部紀要』第五十五集,2009.1,P.1-P.22)・・・・・ 半澤幹一,津田潔技術者倫理教育の学習目標---「事例に学ぶ技術者倫理コース」(JST)に見る学習目標例

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第40(1)号,2008, 13-24)·····川北晃司

技術者倫理解説書『技術は人なり』(日本土木工学会)に関する考察

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第40(2)号,2009,1-15)・・・・・川北晃司

Mixing properties for invertible maps with weak hyperbolic product structure

(Far East J.Math.Sci ,2008, 29/2, 257-310) · · · · · Jin Hatomoto

Central limit theorem for invertible maps with weak hyperbolic product structure

(Far East J.Math.Sci ,2008, 29/3, 729-752) · · · · · Jin Hatomoto

Fast mixing of weak hyperbolic product structure

(Far East J.Math.Sci.30,2008, 30/2, 537-546) · · · · · Jin Hatomoto

#### 機械工学科

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 (2009. 1-3), p92-101) ・・・・・Sumio Saito, Satoshi Sekizuka 高圧設備におけるねじ構造の荷重分布の解析

Electrochemical sensor with flavin-containing monooxygenase for triethylamine solution

(Anal Bioanal Chem, 391:1263-1268, 2008. 查読付[IF 2.591])······Saito H, Shirai T, Kudo H, Mitsubayashi K

An optical flow injection analysis system for measurement of glucose in tomato

(Eur Food Res Technol, 227:473-478, 2008. 査読付[IF 1.084])

·····Saito H, Nakazato T, Ishii N, Kudo H, Otsuka K, Endo H, Mitsubayashi K

Bio-sniffers for ethanol and acetaldehyde using carbon and Ag/AgCl coated electrodes,

(Microchim Acta 165:179-186, 2008.) · · · · · · Gessei T, Sato H, Kazawa E, Kudo H, Saito H, Mitsubayashi K

Biochemical sniffer with choline oxidase for measurement of choline vapor

(Microchimica Acta, 160, 421-426, 2008. 查読付[IF 1.159])・・・・Kudo H, Goto T, Saito H, Otsuka K, Mitsubayashi K Glucose sensor using phospholipid polymer-based enzyme immobilization method

(Anal Bioanal Chem, 391:1269-1274, 2008. 査読付[IF 2.591])

·····Kudo H, Yagi T, Chu MX, Saito H, Morimoto M, Iwasaki Y, Akiyoshi K, Mitsubayashi K

A bio-sniffer stick with FALDH (formaldehyde dehydrogenase) for convenient analysis of gaseous formaldehyde

(Sensor Actuat B: Chem, 130:32-37, 2008. 査読付[IF 2.934])

·····Mitsubayashi K, Nishio G, Sawai M, Saito T, Kudo H, Otsuka K, Jaffrezic-Renault N, Saito H

A biochemical sniffer-chip for convenient analysis of gaseous formaldehyde from timber material

(Microchimica Acta, 160:427-433, 2008. 査読付[IF 1.159])

·····Mitsubayashi K, Nishio G, Sawai M, Kazawa E, Yoshida H, Saito T, Kudo H, Otsuka K, Takao M, Saito H

2応用編,8章 医用システム,2 生体計測・診断

(次世代センサハンドブック, 藍光郎監修, 培風館, 東京, 847-851, 2008.7)・・・・・齊藤浩一高分子材料, 医用アクチュエーション技術の現状

(電気学会技術報告,電気学会,東京,23-24,2008.7) \*\*\*\*\* 齊藤浩一

東京高専におけるマイクロメカトロニクスの新展開(第1報)マイクロアクチュエータの試作

(東京工業高等専門学校研究報告書, (40) (2) 2009.3, 47~50) · · · · · 角田陽, 多羅尾進, 堤博貴

生体適合性セラミックスの生理食塩水中におけるトライボロジー特性評価

(東京工業高等専門学校研究報告書 (40)(2), 2009.3, 41~46)・・・・・福田勝己, 小林光男, 堤博貴 移動機構を備えたモーションベースの試作

(『マイクロメカトロニクス』 Vol. 52, No.199, 2008.12, pp. 27-35) · · · · · 多羅尾進、小岩俊彦

Force Display Corresponding to the Static Characteristics of a Wheeled Motion Base

(『Proc. of ICMIT2009』 2009. 12, pp. 88-89)・・・・・Susumu TARAO, Hirotsugu KOBAYASHI 空間 6 自由度自走型モーションベースの機構と運動学

(『東京工業高等専門学校研究報告書』第 40(2)号,2009. 3, pp. 51-54)·····多羅尾進

#### 電気工学科

新入生向け工学基礎習得のためのものづくり実践教育ーPICマイコンを教材を教材としての取り組みー

(東京工業高等専門学校研究報告書,2009.1,40(1),45-48) · · · · · 土井淳,先崎卓也

新入生向け工学基礎習得のためのものづくり実践教育-PICマイコンを教材を教材としての取り組み-

(論文集『高専教育』,2009.3,32/363-368)・・・・・木村知彦,山内峰生,土井淳,大貫繁雄

#### 電験三種 電力

(ベスト攻略,リックテレコム,2008,5) ・・・・・土井淳

Break Arc Duration at Carbon Contacts in an Inductive Circuit

(IEICE Technical Report, 2008, 108/296, 149-152) · · · · · K. Suhara

電極距離 2.0mm 以下及び電流 0.2A 以下の炭素アーク継続時間

(電子情報通信学会技術研究報告EMD,2008, 108/368, 1-4)·····須原啓一、渡邉美乃里

新入生向け工学基礎習得のためのものづくり実践教育-PIC マイコンを教材として用いての取り組み-

(論文集「高専教育」第32号 2009.3) · · · · · 木村知彦, 山内峯生, 松岡敏, 羽鳥広範, 土井淳, 大貫繁雄

Sensitivity dependences on side length and aspect ratio of a diaphragm in a glass-based guided-wave optical pressure sensor

(Optics Express, Vol. 16, No. 19, pp. 15024~15032 (2008)) · · · Hiroyuki Nikkuni, Yu Watanabe, Masashi Ohkawa, Takashi Sato Sensitivity dependence with respect to diaphragm thickness in guided-wave optical pressure sensor based on elasto-optic effect

(Optical Engineering, Vol. 47, pp. 044402-1~044402-5 (2008))

···· Hiroyuki Nikkuni, Yu Watanabe, Masashi Ohkawa, Takashi Sato

ハンドル操作により安定化された自転車の伝達関数の推定

(電気学会産業応用部門誌,2008, 128-D/5, 685-586)·····松井義弘,早川槙一

#### 電子工学科

Reliable Detection of Core and Delta in Fingerprints by using Singular Candidate Method

(Proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Workshop on Biometrics(CVPR Workshop on Biometrics),2008/1-6)・・・・T. Ohtsuka, Daisuke Watanabe, Daisuke Tomizawa, Yuta Hasegawa, 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, 2009,40(2), 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, 2009,40(2), 55-58) · · · · · 大塚友彦

画像処理専用並列プロセッサを用いた指紋画像処理実装に関する研究

(八王子市産学連携機構第8回研究成果発表講演会要旨集,2008,330-331)·····富沢大介,長谷川裕太,大塚友彦

Adoptive Order Statistic Filter Using Flat Pattern Detection

(情報処理学会・電子情報通信学会共同開催 FIT2008 第7回情報科学技術フォーラム講演論文集,2008,第3分冊,385-386) ・・・・・・佐々木誉、大塚友彦

#### 情報工学科

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,2009.1.19,北海道大学)・・・・・福井広高,北越大輔

Noise Tolerance of an on-line Adaptive Learning System using a Mixture of Bayesian Networks

(Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems & 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2008) (Sep. 20, 2008 Nagoya Univ.)) · · · · · Daisuke Kitakoshi, Hiroyuki Shioya, Ryohei Nakano Properties of a Convoluted-Time and Code Division Multiple Access Communication Systems Based upon Complete Complementary Codes

(IEICE Trans. on Fundamentals (EA), Vol.E91-A, No.10, pp.2881-2884,2008.10)・・・・・Tetsuya Kojima, Masahiro Aono 女子中高生の理系進路選択支援事業「テクノ・ガールズ!」

(高専教育, vol.32, pp.897-902, 2009.3)·····小嶋徹也, 阿久沢昇, 大野秀樹, 津田潔

#### 物質工学科

アルミナ溶融塩電解に伴うカソード黒鉛の電気抵抗率変化

(炭素, (2008) 2008/233, 119-123)・・・・・阿久沢昇、南部隼外、萩原学、千綿司雄、岡本龍也、今川博化学の授業における数学教育ーランベルト-ベールの法則-

(日本数学教育学会高専・大学部会論文誌,2008, 15/1, 123-126)・・・・・工藤節子, 松田重生, 城石英伸, 佐藤義隆 カーボンナノチューブ修飾電極による[Fe(CN)6]3-/[Fe(CN)6]4-のサイクリック・ボルタンメトリー

(東京高専研究報告書,2008, 40/1, 97-100) · · · · · 工藤節子, 小杉健一朗

Toxicity of Copper and Cadmium in Combinations to Duckweed Analyzed by the Biotic Ligand Model

(Environmental Toxicology ,2008, 23/2, 372-378) · · · · · Ayumi Hatano, Ryo Shoji

Effect of dissolved organic matter source on phytotoxicity to Lemna aequinoctialis

(Aquatic Toxicology ,2008, 87/3, 210–214) · · · · · Ryo Shoji

Cadmium (Cd) and Lead (Pb) concentrations effects on yields of some vegetables due to uptake from irrigation water in Ghana (International Journal of Agricultural Research, 2008, 3/4, 243-251)

·····Mensah E., Allen HE, Shoji R., Odai SN, Kyei-Baffour N., Ofori E., Mezler D.

What is spin-magnetic moment of electron?

(Physics Letters A,2008, Vol.372/, pp.381-386) · · · · · Sigeru Sasabe , Ken-ichi Tsuchiya

## 2. 学会における口頭発表

#### 一般教育科

軍需関連技術者に関する仮想事例に対する高専学生の判断例---工学倫理授業の中で

(日本工学教育協会平成20年度工学・工業教育研究講演会,2008)・・・・・川北晃司

有限密度での非一様なカイラル凝縮とクォーク質量による影響

(日本物理学会,2008.9.20,山形大学小白川キャンパス)・・・・・前段眞治

発音指導としてのシャドーイングの効果

(第47回大学英語教育学会全国大会,2008.9.12,早稲田大学) · · · · · 堀智子

音響分析からみたシャドーイングの発話への影響

(全国高等専門学校英語教育学会第32回研究大会,2008.9.21,国立オリンピックキネン青少年総合センター)・・・・・・ 堀智子

#### シャドーイングのプロソディ面への影響

Statistical properties for some partially hyperbolic diffeomorphisms

(Dynamics of complex systems 2008-数学的予測方式の可能性と諸分野からのニーズ-,2008,北海道大学) ・・・・・Jin Hatomoto Statistical properties for some partially hyperbolic diffeomorphisms

(双曲性を越えた位相力学系の新展開,2008,京都大学数理解析研究所)・・・・・Jin Hatomoto

#### 機械工学科

非接着型ひずみゲージを利用した表面欠陥検出の試み

(日本非破壊検査協会・2008 年度春期講演大会講演概要集,2008.5, pp129-130)・・・・・黒崎茂,長田真紀ピエゾケーブルを用いたひずみ検出用センサの開発(ケーブルへの初期張力の影響)

(八王子産学公研究発表会講演論文集, 2008.12,) • • • • • 熊谷拓甫, 黑崎茂

ピエゾケーブルを用いた変位検出センサの開発

(八王子産学公研究発表会講演論文集, 2008.12, ) · · · · · 藤本裕史, 黑崎茂

蒸着電極を貼り付けた高分子圧電フィルムを用いたひずみ測定

(日本非破壊検査協会・2008 年秋期講演大会講演概要集, 2008.11, pp209-210)・・・・・清水智,**黒崎茂** 平板貫通疲労き裂の表面における検出方法

(日本非破壊検査協会・2008 年秋期講演大会講演概要集, 2008.10, pp211-212)・・・・・ 石塚耕三,**黒崎茂** ピエゾケーブルを用いたひずみ検出用センサの開発

(日本機械学会・関東学生会第48回学生員卒業研究発表講演会,2009.3,)・・・・・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の開発

(日本機械学会・関東学生会第 48 回学生員卒業研究発表講演会,2009.3,)・・・・・藤本裕史,**黒崎茂**接着剤硬化によるゴム材料の特性試験

(日本機械学会 2008 年度・関東支部第 15 期総会講演会,2009.3 月,)・・・・・坪根広大,**黒崎茂** ピエゾケーブルを用いた変位検出センサの開発

(日本非破壊検査協会・新素材及びその製品の非破壊評価講演概要集,2009.3,pp.61-66)・・・・・藤本裕史,**黒崎茂** Evaluation of Characteristics and Flow Patterns on Wind Turbine Blades

(7th JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference, Sapporo, I114, 2008.10,)

·····Sumio Saito, Takahiro Yamashina, Ichikawa Tatsuya

#### 風車用翼型の流体力学的特性と流動状態

(日本機械学会 2008年度年次大会講演論文集 Vol.2、2008.8, pp. 113-114)・・・・・斉藤純夫,山科貴裕,市川達也 風車用翼型における失速前後の流体力学的挙動

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会, 2008.12, pp. 230-231)

・・・・山科貴裕,油屋聡一郎,佐藤裕貴,斉藤純夫

軸流ポンプのキャビテーション発生時の流体力学的挙動

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会、2008,12、pp. 232-233)・・・・・山田大輔,**斉藤純夫** 風車翼型の厚翼における表面粗さの影響について

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会、2008.12,pp. 234-235)

·····佐藤裕貴,油屋聡一郎,山科貴裕,**斉藤純夫** 

水撃ポンプの流体力学的特性に及ぼす諸因子について

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会、2008-12、pp. 236-237)・・・・・星野雄基, 井上大士郎, **斉藤純夫** 風車用翼型の流体力学的特性に及ぼす表面粗さの影響

(第16回関東高専卒業研究発表交流会講演論文集、2009-3、No.102)・・・・・油屋聡一郎,佐藤裕貴,**斉藤純夫** 衝撃荷重を受けるねじ締結体の軸力挙動に関する考察

(日本設計工学会 春季研究発表講演会講演論文集 pp.29-30,2008.5.23,日野)・・・・・小林光男,福田勝己,山本晴生高圧設備におけるテーパねじ構造の荷重分布

(日本設計工学会 中国支部研究発表講演会講演論文集 pp.9-10,2008.6.7,広島)

·····小林光男,**福田勝己**,飯田貴大,田中道彦

地域教育を通して子供達との連携(第8報)

(日本機械学会 2008 年度年次大会講演論文集,2008.8.5, 横浜)・・・・・亀井秀也,大澤英一,福田勝己 金属材料のトライボロジー特性に及ぼすミシン用潤滑油の影響

(日本機械学会 2008 年度年次大会講演論文集,2008.8.5,横浜)・・・・・真船 潤,比留間健一郎,保坂幸夫,山口義夫,福田勝己 微小領域における摩擦特性評価

(第52回 日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集,2008.10.21・京都)

·····福田勝己,小林光男,鈴木健司,堤博貴,飯田貴大

高圧設備におけるテーパねじ構造の荷重分布(第2報)

(日本機械学会関東支部山梨講演会講演論文集 pp.7-8,2008.10.25,甲府)

·····橋爪啓暢,飯田貴大,小林光男,**福田勝己**,田中道彦

ねじの締付けにおける摩擦係数の測定

(日本機械学会関東支部山梨講演会講演論文集 pp.33-34,2008.10.25,甲府)・・・・・小林光男,眞山知,福田勝己,鈴木健司鋼製小ねじの締付け及びゆるみについて

(日本機械学会関東支部山梨講演会講演論文集 pp.37-38,2008.10.25,甲府)・・・・・・園田真也,小林光男,福田勝己 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 pp.49-50,2009.3,宇部)

\*\*\*\*\*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 pp.3-4,2009.3,宇部)

・・・・・・小林光男,福田勝己,飯田貴大,田中道彦,加藤久志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)ー浮き上がり測定法の改良

(日本機械学会関東支部第15期総会・講演会講演論文集,2009.3,東京)・・・・・堤博貴,福田勝己,彌永大作,齋藤大樹,小林光男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第15期総会・講演会講演論文集,2009.3,東京)・・・・鮎澤秀夫,堤博貴,福田勝己,岩澤一成,小林光男 Computer controlled needle puncture system for automatic blood sampling.

(34th Congress on Science and Technology of Thailand (STT 34), 2008.10, Bangkok)

·····Saito H, Miyajima K, Kudo H, Mitsubayashi K

Development of a flexible glucose sensor for continuous biomonitoring on eye site.

(34th Congress on Science and Technology of Thailand (STT 34), 2008.10, Bangkok)

·····Kudo H, Iguchi S, Miyajima K, Saito H, Mitsubayashi K

A flexible biosensor for continuous glucose monitoring on eye site.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu)

·····Kudo H, Iguchi S, Miyajima K, Saito H, Mitsubayashi K

An automatic venepuncture system for blood test.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu) · · · · · Saito H, Miyajima K, Kudo H, Mitsubayashi K A fiber-optic fluorometric immunoassay for determination of Dermatophagoides farinae allergen (Der fl).

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu)

·····Miyajima K, Koshida T, Saito H, Kudo H, Yano K, Mitsubayashi K

Amperomatric determination of L-lactate with bienzyme sensor.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu)

Akiyoshi K, Mitsubayashi K. A contact lens-type biosensor for tear glucose monitoring.

·····Wang X, Sawai M, Miyajima K, Saito H, Kudo H, Mitsubayashi K

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu) •••• Chu MX, Kudo H, Morimoto N, Iwasaki Y, Saito H Bioelectronic gas sensor (bio-sniffer) for formaldehyde vapor.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu)

·····Gessei T, Kazawa E, Kudo H, Saito H, Mitsubayashi K

An odorless digital-code system with bio-sniffers and an inkjet printer.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu) · · · Kato R, Goto T, Saito H, Kudo H, Mitsubayashi K

A fiber-optic biosensing system with a high-intensity ultraviolet-light emitting diode.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu)

·····Koshida T, Sawai M, Saito H, Kudo H, Yano K, Mitsubayashi K

Toluene bio-sniffer using enzyme inhibition.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu )

·····Suzuki Y, Gessei T, Saito H, Kudo H, Mitsubayashi K

A wearable biosensor with biocompatible polymers.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolul)

·····Shirai T, Chu MX, Kudo H, Saito H, Morimoto N, Yano K, Iwasaki Y, Akiyoshi K, Mitsubayashi K Comparison of a microfluidic gas-intake devices with pillar-type and microfluidic membrane-type structures.

(214th Meeting of ECS-The Electrochemical Society, 2008.10, Honolulu )

·····Amano M, Arakawa T, Saito H, Sekiguchi T, Shoji S, Kudo H, Saito H, Mitsubayashi K

Odorless digital watermark system with bio-sniffers and an inkjet printer

(Eurosensors XXII, 2008.9, Dresden) · · · · · Saito H, Goto T, Miyajima K, Kudo H, Mitsubayashi K

A fiber-optic biosensor with a UV-LED based excitation system

(Eurosensors XXII, 2008.9, Dresden) · · · · · Kudo H, Koshida T, Sawai M, Miyajima K, Gessei T, Saito H, Yano K, Mitsubayashi K Fluorescence immunoassay using an optical fiber for determination of Dermatophagoides Farinae Allergen (Der f1)

(Eurosensors XXII, 2008.9, Dresden) · · · · · · Miyajima K, Koshida T, Tanigichi M, Saito H, Kudo H, Yano K, Mitsubayashi K An NADH fluorometric biosensor with UV-LED based excitation technique

(12th International Meeting on Chemical Sensors, 2008.7, Ohio)

••••••Kudo H, Koshida T, Sawai M, Ishimura H, Gessei T, Saito H, Yano K, Matsuda K, Mitsubayashi K Development of a flexible electro-enzymatic glucose sensor for glucose monitoring in tear fluids

(12th International Meeting on Chemical Sensors, 2008.7, Ohio)

·····Kudo H, Chu M X, Saito H, Mitsubayashi K, Ishimura H, Matsuda K, Shirai T, Yano K

Fiber optic bio-sniffer (biochemical gas sensor) for dimethyl sulfide vapor

(12th International Meeting on Chemical Sensors, 2008.7, Ohio)

·····Saito H, Wang X, Suzuki Y, Hashimoto Y, Minamide T, Kudo H, Mitsubayashi K

Odourless watermark (odourles digital chemo-code) system with bioelectronic scanning-sniffers

(Biosensors 2008, 2008.5, Shanghai) · · · · · Goto T, Kudo H, Saito H, Otsuka K, Mitsubayashi K

Wearable biosensor for continuous glucose monitoring in tear fluids

(Biosensors 2008, 2008.5, Shanghai) · · · · · Kudo H, Chu M X, Saito H, Iwasaki Y, Akiyoshi K, Mitsubayashi K

Intelligent kinetic biosensors powered by active transportation system (organic-engine) with visible smart-motions

(Biosensors 2008, 2008.5, Shanghai) · · · · · Wakabayashi Y, Okamoto T, Saito H, Kudo H, Mitsubayashi K

Artificial active transportation system with biocatalytic reactions for chemo-mechanical energy conversion

(The 19th International Symposium on Transport Phenomena, 2008.9, Reykjavik)

·····Wakabayashi Y, Okamoto T, Saito H, Kudo H, Mitsubayashi K

化学発光を用いた呼気成分計測に関する研究

(第20回 SAS インテリジェントシンポジウム, 2008.11, 平塚)

・・・・・・安藤恵理,遠藤裕幸,高雄元晴,**高橋三男,三谷知世**,王昕,**齊藤浩一**,工藤寛之,三林浩二 UV-LED を用いた NADH 蛍光検出型アルコールガスセンサに関する研究

(第20回 SAS インテリジェントシンポジウム, 2008.11, 平塚)

・・・・・・石丸英孝,鈴木祐貴,沢井政之,月精智子,齊藤浩一,工藤寛之,三林浩二 ダニアレルゲン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20回 SAS インテリジェントシンポジウム, 2008.11, 平塚)

・・・・・・板橋玄,越田智之,矢野和義,宮島久美子,**齊藤浩一**,工藤寛之,三林浩二 化学エネルギー駆動が可能な人工鞭毛モーター

(第19回バイオフロンティア講演会,2008.9,東京)・・・・・小塚真玄,宮島久美子,**齊藤浩一**,工藤寛之,三林浩二高輝度紫外線 LED 励起システムを用いた生化学式ガスセンサ

(第19回バイオフロンティア講演会,2008.9,東京)

·····越田智之,沢井政之,宮島久美子,齊藤浩一,工藤寛之,矢野和義,三林浩二

人口能動輸送による新規化学アクチュエーター

(第3回バイオ関連化学合同シンポジウム,2008.9,横浜)・・・・小塚真玄,宮島久美子,**齊藤浩一**,工藤寛之,三林浩二生体触媒反応を利用した液性制御型アクチュエータに関する研究

(第2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ,2008.9,千葉)

·····加藤了大,大越隆弘,**齊藤浩一**,工藤寬之,三林浩二

脱水素酵素を利用したホルムアルデヒド用生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)

(第2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ,2008.9,千葉)

・・・・・月精智子、加沢エリト、工藤寛之、齊藤浩一、三林浩二

生体触媒を用いた乳酸およびピルビン酸用バイオセンサ

(第2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ,2008.9,千葉)

·····王 昕,沢井政之,宮島久美子,**齊藤浩一**,工藤寛之,三林浩二

生体適合性ポリマーを用いたウエアラブルバイオセンサに関する研究

(第2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ,2008.9,千葉)

・・・・・・白井隆行,初明星,工藤寛之,**齊藤浩一**,森本展行,矢野和義,岩崎泰彦,秋吉一成,三林浩二 UV-LED を用いた NADH 蛍光検出型医療用バイオセンシングシステム

(第2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ,2008.9,千葉)

·····越田智之,沢井政之,工藤寛之,齊藤浩一,矢野和義,三林浩二

生体適合性材料を用いたコンタクトレンズ型グルコースセンサの開発

(第2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ, 2008.9, 千葉)

・・・・・初明星,工藤寛之,森本展行,**齊藤浩一**,岩崎泰彦,秋吉一成,三林浩二アレルゲン物質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2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ,2008.9,千葉)

····· 宮島久美子,越田智之,**齊藤浩一**,工藤寛之,三林浩二

生体認識材料を利用したトルエン計測用バイオスニファ

(第2回化学センサー・バイオセンサおよび計測技術合同ワークショップ,2008.9,千葉)

·····鈴木祐貴,月精智子,工藤寛之,**齊藤浩一**,三林浩二

高輝度 LED を用いた NADH 蛍光検出型バイオセンシングシステム

(電気学会「センサ・マイクロマシン部門総合研究会」,2008.6,仙台)

・・・・・・工藤寛之,宮島久美子,**齊藤浩一**,三林浩二,沢井政之,越田智之,矢野和義,岩崎泰彦 生体触媒を利用した匂い情報のイメージングに関する研究

(人と福祉を支える技術フォーラム, 2008.3, 東京)・・・・・・遠藤裕幸,王 昕,**齊藤浩一**,工藤寛之,高雄元晴,三林浩二 生体適合性ポリマーを利用したウェアラブルバイオセンサ関する研究

(人と福祉を支える技術フォーラム, 2008.3, 東京)・・・・・白井隆行,初明星,工藤寛之,**齊藤浩一**,森本展行,矢野和義,三林浩二 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 Page9-10, 2009)

·····福田勝己,堤博貴,神津友貴,斎川航一,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, Page331-332, 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, Page247-248, 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, Page135-136, 2009.03.05)

·····堤博貴,福田勝己,齋藤大樹,彌永大作,小林光男

ニューラルネットワークを用いた自走型モーションベース用制御システムの試作

(第 19 回バイオフロンティア講演会講演論文集, 2008. 9, pp. 127-128)・・・・・多羅尾進,川尻亮真,梶原良介

地域の小学生科学教室と連携したロボット製作体験講座 -第2報:継続した実施に向けて-

(第26回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, 2008. 9, 3A1-02)

・・・・・多羅尾進,松林勝志,小池清之,吉本定伸,小坂敏文,津田潔,相澤俊行

模型自動車モデルの機械加工製作によるものづくり実践授業 -第4報機械製図の観点から見た体験的取り組み-(平成20年度工学・工業教育研究講演会講演論文集,2008.8,pp.516-517)

・・・・・多羅尾進,黒崎茂,清水昭博,志村穣,鈴木塔二,藤野宏

マシンビジョンを用いた自走型モーションベースの制御

(八王子産学公連携機構第8回研究成果発表講演会,2008.12) · · · · · · 梶原良介,川尻亮真,多羅尾進

マイコン間および周辺との通信を意識した組み込みシステムの試作

(八王子産学公連携機構第8回研究成果発表講演会,2008.12) · · · · · 久禮星弘, 多羅尾進

産業用ライントレース型自動走行台車の試作

(八王子産学公連携機構第8回研究成果発表講演会,2008.12)・・・・・佐々木俊英,三宅康介,多羅尾進

マシンビジョンを用いた自走型モーションベースの運動実験

(日本機械学会関東支部 関東学生会第48回学生員卒業研究発表講演会,2009.3)・・・梶原良介,川尻亮真,**多羅尾進** 自走型モーションベース用制御システムへのニューラルネットワークの応用

(日本機械学会関東支部 関東学生会第48回学生員卒業研究発表講演会,2009.3)・・・・・川尻亮真,梶原良介,**多羅尾進**汎用有限要素解析ソフトウェアを用いたアコースティック像の簡易シミュレーション

(日本機械学会 2008 年度年次大会,2008) · · · · · 志村穣

模型自動車モデルの機械加工製作によるものづくり実践教育-第4報 機械製図の観点から見た体験的取り組み-

(平成20年度 工学・工業教育研究講演会,2008)・・・・・志村穣

模型自動車モデルの機械加工製作によるものづくり実践教育 - 第5報 学科配属決定の心境に与える本実習の意義と重要性 - (平成20年度 工学・工業教育研究講演会,2008)・・・・・志村穣

#### 電気工学科

新入生向け工学基礎習得のためのものづくり実践教育-PIC マイコンを教材として用いての取り組み-

(2008年 独立行政法人国立高等専門学校機構主催平成20年度教育教員研究集会,2008.8.18)

·····木村知彦,山内峯生,土井 淳,大貫繁雄

Resonance frequency of the diaphragm in a glass-based guided-wave optical pressure sensor,

(14th Microoptics conference, 2008.9, Brussels, Belgium)

·····Hiroyuki Nikkuni, Mizuki Nakajima, Masashi Ohkawa, Takashi Sato

Characteristics of a guided-wave optical microphone with a micromachined diaphragm,

(14th Microoptics conference, 2008.9, Brussels, Belgium)

·····Noriyuki Watanabe, Hiroyuki Nikkuni, Masashi Ohkawa, Takashi Sato,

Feasibility of a silicon-based guided-wave optical microphone,

(IPNRA2008, 2880.7, Boston. Massachusetts.USA) )

· · · · · Masashi Ohkawa, Manabu Hayashi, Hiroyuki Nikkuni, Noriyuki Watanabe, Takashi Sato

Design of Fixed-Order Controller for Traveling Crane

(SICE Annual Conference 2008,2008) · · · · · Y.Matsui

機械端加速度フィードバックによる2次共振抑制

(平成20年電気学会全国大会,2008)・・・・・松井義弘

傾斜角センシングシステムの設計

(平成20年電気学会産業応用部門大会,2008) · · · · · 松井義弘

#### 情報工学科

完全相補系列を用いた CDMA システムにおけるビット誤り分布に関する一検討

(第31回情報理論とその応用シンポジウム,2008.10.7-10, あさやホテル (日光市))・・・・・・黛龍輔,**小嶋徹也**,**青野正宏** ブラインド情報源分離の高速化およびデモ装置の製作

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会,2008.12.5, 八王子市学園都市センター (八王子市))

\*\*\*\*\*谷合竜典,小嶋徹也,青野正宏

スペクトル拡散系列の電子透かしへの応用に関する一検討、

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会,2008.12.5, 八王子市学園都市センター (八王子市))

·····齋藤天鼓,堀井与志也,**小嶋徹也,青野正宏** 

Bluetooth を利用した屋内ナビゲーションシステムの開発,

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会,2008.12.5, 八王子市学園都市センター (八王子市))

・・・・・熊崎健太、岡田拓也、清藤智哉、小嶋徹也、青野正宏

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,

(八王子産学公連携機構 第8回研究成果発表講演会,2008.12.5, 八王子市学園都市センター (八王子市))

・・・・・ 滝澤尚也,小嶋徹也,青野正宏

On the Parameters for CT-CDMA Communication Systems Based on Complete Complementary Codes,

(2008 International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA2008),2008.12.7-10, The Langham Hotel (Auckland, New Zealand)) · · · · · Tetsuya Kojima, Masahiro Aono

## 物質工学科

焼成火山灰土壌と凝集剤を用いた下水二次処理水中溶存リン酸の除去

(分離技術会2008技術·研究発表講演要旨集 SF-P2,2008.6.6,)·····山崎賢一,三谷知世,山本巧介,柳田友隆,江耀宗 Removal of Phosphate from Wastewater using a Hybrid Method

(The 8th International Conference on Separation Science and Technology, HP-13,2008.10.3)

・・・・・・Ken-ichi Yamazaki, **Tomoyo Mitani**, Kousuke Yamamoto, Tomotaka Yanagita, Yaozong Jiang バイオアッセイに向けた細胞性粘菌の固体培地における応答性の検討

(第11回化学工学会学生発表会 B03, 2009,3,7,郡山)·····大山香,三谷知世

焼成火山灰土壌を用いた下水からのリン除去及び使用済み土壌の農地還元に関する研究

(第11回化学工学会学生発表会 C07, 2009,3,7,郡山)·····宫島良太,三谷知世

異なるカーボンナノチューブ修飾電極によるアスコルビン酸およびドーパミンの電気化学的挙動

(第69回分析化学討論会,2008) · · · · 工藤節子

カーボンナノチューブ修飾電極における電気化学的パラメータの再現性

(第54回ポーラログラフィーおよび電気分析化学討論会,2008)・・・・・工藤節子

Ecotoxicological score of MSWI ashes surrounding landfill

(5th SETAC World Congress, 2008) · · · · · Ryo Shoji

Approach to the connection between toxic unit and biotic ligand model

(SETAC Europe 18th Annual Meeting, 2008) · · · · · Ryo Shoji

Observation of Optical Phonon in Palladium Hydrides Using Raman Spectroscopy

(ICCF14 (International Conference on Cold Fusion), 2008) · · · · · Ken-ichi Tsuchiya

### 3. その他

(1)学位取得・学会賞・論文賞

#### 機械工学科

「平板貫通疲労き裂の表面における検出方法」

(日本非破壊検査協会学会賞:新進賞・平成20年度・秋期大会講演,2008.11)・・・・・石塚耕三,**黒崎茂** ダニアレルゲン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2回センサー・バイオセンサーおよび計測技術合同ワークショップ,優秀賞,2008,千葉)・・・・・**齊藤浩一** UV 光源を用いた NADH 蛍光検出型バイオセンサに関する研究

(第19回 SAS インテリジェントシンポジウム,優秀ポスター賞,2008,神奈川)・・・・・齊藤浩一

#### (2)科学研究費補助金

#### 一般教育科

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 (基盤研究C)・・・・・川北晃司

#### 機械工学科

蚊の吸血に学ぶ無痛柔軟針の穿刺法に関する研究

(基盤研究 B) · · · · · 齊藤浩一

きさげ作業における熟練技能のデジタル化と知的自動化

(若手研究 B) · · · · · 堤博貴

#### 電子工学科

企業における製品開発過程の流れを疑似体験させるマイコン技術教育プログラムの開発 (基盤研究C)・・・・・青木宏之

拡張隣接グラフとニューラルネットを応用したバイオメトリック情報からの特徴抽出 (基盤研究C)・・・・・大塚友彦

#### 情報工学科

ベイジアンネット混合モデルを用いた環境適応型オンライン学習システム (若手研究 B)・・・・・北越大輔

#### 物質工学科

新規カーボン多孔質材料の創製とキャラクタリゼーション

(基盤研究C) · · · · · 阿久沢昇

盲学校理科教育における音声化手作り酸素センサの開発と自然探求方の教材研究

(基盤研究C) · · · · · 高橋三男

生物結合モデルに基づく土壌環境中の重金属の植物に対する有害性予測 (若手研究 B)・・・・・庄司良

(3)特許等

#### 機械工学科

トルエン検出センサシステム及びトルエンの検出方法(特願 2008-127030)・・・・・齊藤浩一 ポンプ(特願 2008-105291)・・・・・齊藤浩一

揮発性成分又は浮遊成分可視化方法及び揮発性成分又は浮遊成分可視化システム(特願2008-050101)・・・・・齊藤浩一

(4)解説・研究ノート・エッセイ等

## 機械工学科

環境適応型風車用翼まわりの流れ場の解明とその応用技術の開発

(第18回畠山研究助成金助成研究報告, 夕一ボ機械第36巻第9号、2008.9, pp. 535)·····斉藤純夫

## 東京工業高等専門学校研究報告書

第 41 (2) 号

平成21年度

平成22年3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

東京都八王子市椚田町1220の2

TEL 八王子 (042) 668-5111

 $\mp 193 - 0997$ 

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.

