

# 目 次

## 巻頭「紀要の発刊に寄せて」

学長 荒木信幸

## 論 文

厚鋼板構造物制振用ダンパー（基本構想と実験的確認）	浦田喜彦	1
無線技術を応用したピストン温度測定に関する研究	土屋高志	9
AI（Artificial Intelligence）を組み込んだセンサーネットワーク	郡 武治	15
展示用波長多重光通信システムの設計と構築	袴田吉朗	21
I <sup>2</sup> C シリアルEEPROMライターの試作と漢字ディスプレイへの応用	袴田吉朗	31
小型ブラシレスモータの高速・センサレス駆動システム	恩田 一	41
EuGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> ターゲットを用いたスパッタ膜の形成と発光	土肥 稔	47
ダイオキシン類汚染土壌から分離された微生物の特徴について		
..... 惣田昱夫、今井絵理奈、古市 徹		51
コンピュータゲームを活用したスポーツトレーニングシステムの開発	玉真昭男、富田寿人	57
小規模PC clusterを用いた並列分散サーチエンジンシステムについて	遠山 瞬、幸谷智紀	63
母親と幼児のふれあいに及ぼす親子体操教室の影響		
..... 富田寿人、森 恵美子、藤原敬志、芹沢佑亮、板垣晶行		67
A CREATIVE APPROACH TO TEACHING FOREIGN LANGUAGES IN TECHNICAL UNIVERSITIES IN JAPAN		
..... Bogdan PAVLIY		77
王政復古期の科学と郷土階級 ―王位協会と好学者―	榛葉 豊	85

## 研究ノート

CMOS比較回路 (2) 位相比較回路	波多野 裕、横井和輝	93
Properties of acid-and aluminum-tolerant Flavobacterium ST-3991		
..... Ikuo SOUTA, Youichi DOI and Masao SATA		97
光照射下におけるn型シリコン中の鉄不純物	市野将弘、吉田 豊	101
アルキンのジルコノエステル化体と求電子的フッ素化剤との反応の研究	桐原正之、勝又浩貴	103
袋井出身の起業家・近藤健次氏について ～日本トップクラスの臨床検査会社BMLと近藤文庫～		
..... 小栗勝也		107
理工系大学2-3年生における学習の動機づけと進路選択に対する自己効力感との関連		
..... 小杉大輔、手島裕詞		117

## 技術報告及び資料

袋井関連人物参考資料目録(1) ～鳥居信平、鳥居鉄也関連資料目録～	小栗勝也	123
-----------------------------------	------	-----

## 教育関連報告

創造体験教育「創造・発見」の平成21年度実施報告	関山秀雄、丹羽昌平、土屋高志、土肥 稔、恩田 一、 中村 壘、小林久理眞、山下博通、望月知徳	133
「創造・発見 ものづくりと創作活動」における電動カー駆動部の製作	恩田 一	141
平成21年度インターンシップ実施報告 ―一貫したキャリア教育を目指して―	山庄司志朗、浦田喜彦、小川敏夫、小嶋 卓、 小林久理眞、青島偉夫、兼子和宏	145
情報系学部1年生におけるプログラミング学習への意識と学習の動機づけとの関連	手島裕詞	157
PBLに基づく特別プログラム「Webデザイン」開講年度の実践成果	金久保正明、幸谷智紀、宮岡 徹、手島裕詞、平松和可子、菅沼義昇	161
学生要望調査の比較に基づく英語カリキュラムの改善効果と課題	亘理陽一	171
重回帰分析における抑制変数と多重共線性 ―相関と予測力―	榛葉 豊	179

# Contents

## P r e f a c e

President Nobuyuki ARAKI

## Original Papers

A Damper for Suppression of Vibrations of Thick Steel Plate Structures (A Basic Design and Its Experimental Check) .....	Yoshihiko URATA	1
Piston Temperature Measurement System used RF-MEMS .....	Takashi TSUCHIYA	9
A Sensor Network with AI (Artificial Intelligence) .....	Takeharu KOHRI	15
Design and Trial Manufacture of a Wavelength Division Multiplexed Optical Transmission System for Exposition .....	Yoshiro HAKAMATA	21
Design and Trial Manufacture of an I <sup>2</sup> C Serial EEPROM Writer System and its Application to a Kanji Display .....	Yoshiro HAKAMATA	31
Ultra-high speed and sensor-less drive system for small brushless-motor .....	Hajime ONDA	41
Thin Film Formation by rf Sputtering with EuGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> Target and Photoluminescence of the prepared Films .....	Minoru DOHI	47
Isolation and Characterization of a fungus from a dioxin-contaminated soil .....	Ikuo SOUTA, Erina IMAI and Thoru FURUICHI	51
Development of a New Sport Training System Utilizing a Computer Racing Game .....	Teruo TAMAMA and Hisato TOMITA	57
On Distributed and Parallelized Web Search Engine System using Small-sized PC clusters .....	Shun TOHYAMA and Tomonori KOUYA	63
The effect of a fitness program on the interaction between mothers and kindergarteners .....	Hisato TOMITA, Emiko MORI, Takashi FUJIWARA, Yusuke SERIZAWA and Masayuki ITAGAKI	67
A CREATIVE APPROACH TO TEACHING FOREIGN LANGUAGES IN TECHNICAL UNIVERSITIES IN JAPAN.....	Bogdan PAVLIY	77
Science at the Restoration Period and the Gentry –Royal Society and Virtuoso– .....	Yutaka SHINBA	85

## Research notes

CMOS Comparator Circuits (2)A phase comparator circuit .....	Hiroshi HATANO and Kazuki YOKOI	93
Properties of acid-and aluminum-tolerant Flavobacterium ST-3991 .....	Ikuo SOUTA, Youichi DOI and Masao SATA	97
Iron impurities in n-type silicon wafer under light irradiation .....	Masahiro ICHINO and Yutaka YOSHIDA	101
The Reaction of Electrophilic Fluorinating Reagents with Zircono-Esterification Products of Alkynes .....	Masayuki KIRIHARA and Hiroki KATSUMATA	103

Kenji KONDO, BML Inc. and the KONDO-BUNKO in the Fukuroi city ASABA Library  
..... Katsuya OGURI 107

The relationship between the motives for learning and the career decision-making  
self-efficacy in the second-year and the third-year college students belonging to  
Department of Science and Technology ..... Daisuke KOSUGI and Yuji TESHIMA 117

## Technical Report and Materials

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol. 1 ..... Katsuya OGURI 123

## Education -related Reports

A Report on the Educational Program “Exercises for Creation and Invention” in 2009  
..... Hideo SEKIYAMA, Shohei NIWA, Takashi TSUCHIYA, Minoru DOHI,  
Hajime ONDA, Rui NAKAMURA, Kurima KOBAYASHI,  
Hiromichi YAMASHITA and Tomonori MOCHIZUKI 133

Reconstruction of electric vehicle controller in the lecture “Exercises for creation and Invention”  
..... Hajime ONDA 141

The Internship Program in 2009, For Career Education  
..... Shiro YAMASHOJI, Yoshihiko URATA, Toshio OGAWA, Takashi KOJIMA,  
Kurima KOBAYASHI, Hideo AOSHIMA and Kazuhiro KANEKO 145

The relationship among attitudes toward programming learning and the motives for leaning  
in the first-year college students belonging to department of information science  
..... Yuji TESHIMA 157

The Results of Special Program “Web Design” based on PBL:(First Year)  
..... Masaaki KANAKUBO, Tomonori KOUYA, Tetsu MIYAOKA,  
Yuji TESHIMA, Wakako HIRAMATSU and Yoshinori SUGANUMA 161

A Consideration on the Improvement Effect and Remaining Issues of Our English  
Curriculum Based on Comparisons between Two Student Needs Surveys  
..... Youichi WATARI 171

Suppressor Variable and Multi-collinearity in Multiple Linear Regression Analysis  
–Correlation and Explanation Power– ..... Yutaka SHINBA 179

# 紀要の発刊に寄せて

学長 荒木 信幸

静岡理工科大学は、大学としての基本的な役割である「教育」・「研究」・「社会貢献」の一般的な理念を具現化するための活動を日常的に行っています。また、本学の歴史や置かれている立場に基づいた特徴ある活動も行っています。このような活動の成果あるいは経過を一定期間毎に大学としてまとめて公表し、社会から評価を受けることは、大学として重要な業務となっています。このことは、近年、社会の中の公共的な組織として義務であるとの位置づけが強まっていると思われれます。この場合、大学が公表する方法や手段、さらには評価の受け方には目的に応じて色々な種類があり、効果的に対応する必要があります。

静岡理工科大学紀要は、教員の研究成果の発表の場として、本学が開学した年度の1992年3月に創刊準備号として発刊されました。続いて、次の年の創刊号から毎年発行され、今回の2010年版で、18巻目となりました。当初は、主として、人文・社会・外国語・保健体育部門の論文を掲載し、理系教員の研究成果は、それぞれの学会誌に発表することを期待していたようです。その後、内容に検討が加えられ、理系・文系の区別なく研究成果を掲載するようにし、論文のみでなく、研究ノート、技術報告・資料、レビューなどの貴重な資料などをまとめて公表する場としました。さらに、大学院を修了した学生の修士論文概要を全員分掲載し、第8巻からは、教育関連報告と言うジャンルを設け、教育を重視する大学の姿勢を表すものとなりました。

今回、大学からの発刊物における重複掲載などの整理をしました。その結果、これまで本紀要に掲載されてきた教員の研究活動記録（学会誌に採択された論文の抄録、学会発表の記録、発刊した著書等のリストなど）の部分は、別に発行される「教育・研究活動一覧」に統一することとしました。それぞれの役割を持った刊行物の充実を図るものとして御理解いただきますようお願い致します。

豊かな人間性を基に、やらまいか精神と創造性で地域社会に貢献する技術者を育成することが、本学の理念であり、研究成果を地域社会に還元していくことが本学の使命の一つになっています。そのような使命を遂行するために、本紀要が、本学の教職員はもとより、地域の方々にとって、大いに役に立つ存在であることを願っております。

2010年4月

## 厚鋼板構造物制振用ダンパー (基本構想と実験的確認)

### A Damper for Suppression of Vibrations of Thick Steel Plate Structures (A Basic Design and Its Experimental Check)

浦田喜彦\*

Yoshihiko URATA,

**Abstract:** Among various methods of suppression of structural vibrations, passive ones are more excellent in simplicity and reliability. In some passive dampers, viscoelastic materials are used to dissipate vibration energy. In the structures of thick steel plates, however, viscoelastic materials have not been used effectively as elements of dampers. This report deals with a new type of damper. Although the damper proposed here has structure similar to dynamic vibration absorbers with viscoelastic spring, it does not require tuning. Experiment to confirm the effects of the damper was carried out. Vibration suppression by the damper is notable in audible frequency range. The proposed damper can be used effectively in order to suppress vibration and noise generation of thick steel plate structures.

**Key Words :** Thick Plate Structure, Viscoelastic Material, Tie Rod, Added Mass, New Damper, Experiment, Striking, Harmonic Excitation, Simplicity, Reliability

#### 1. 緒言

機械や構造物の制振法は多種類にのぼるがそれらはパッシブ、セミアクティブ、アクティブ法に大別され、それぞれの特徴に応じて使い分けられている。そのうちパッシブな方法は構造が単純で信頼性が高く、もっとも多く利用されている。パッシブ制振法も詳細に見ると内容は多岐にわたるが、対象が構造物の場合には粘弾性材料を利用することが多い。粘弾性材をコアにした薄板のサンドウィッチ構造材<sup>(1)(2)</sup>や粘弾性ばねを用いた動吸振器<sup>(3)</sup>などが代表例である。

粘弾性コアを持つサンドウィッチ板は広い振動数域で制振効果を発揮することができる。しかしながら、サンドウィッチ材は製作時に各層の曲げ柔軟性を利用するので応用は薄板にほぼ限られる。特殊な場合には粘弾性層と拘束層を塗布で形成する方法がとられることもあるが、拘束層の剛性を金属板ほどには大きくすることができないので制振性能は限られてしまうのが実情である。結局のところ、厚い鋼板を基板として多層化を能率的に行い、制振効果を高める実用的方法は事実上存在しないと言ってよい。

一方、動吸振器は元来が特定の振動モードを対象にして調整を行うものであり、限られた振動数範囲でしか効果を期待できない。また、衝撃によって多

数の振動モードが同時に励起されるような場合には主要なモードを対象にした多数の動吸振器を相互の干渉を考慮して設置する必要があり、設計が相当に煩雑になるので実用性が高い方法とは言えない。

そのほかにも粘弾性体を単純に構造物に貼り付けたり、塗布したりすることも行われることがあるが、構造物の変形の際に粘弾性体に蓄積されるひずみエネルギーは拘束層がある場合に比べてきわめて小さいのが普通で、十分な減衰効果が得られないことが多い。

ところで板金製部品の打ち抜きや絞りに多用されているC形パンチプレスのようにおもに厚い鋼板を溶接して作る構造物では材料や接合法の特性として構造固有の減衰能が非常に小さく、振動・騒音の問題を生じやすい。しかもC形パンチプレスでは稼動時にはほぼ衝撃的な力が加わって多数の振動モードが励起されるので、前述したような状況から現在でも効果的な制振法が確立されているとは言えない状況である。なかには音の放射面積を少なくする目的でC形パンチプレスの側板にかなり大きな孔を開けた例も見られるが、剛性の低下を来たしかねない方法であり、技術としての考え方が整然としてはいえない。剛性を確保しつつ、振動・騒音を減らすということであればやはり減衰を高めるのが正攻法であろう。

粘弾性材を利用して大きな減衰率を実現するためには粘弾性体に蓄えられるひずみエネルギーの割合を大きくする必要がある。これを厚板という条件下で実現するためにはそれなりの工夫が必要になる。本論文では対象構造物に付加的に設置して一挙に多数の振動モードに大きな減衰を与えることができるダンパーについて検討する。実験的に調べた範囲ではこのダンパーは良好な制振効果を示す。提案するダンパーの構造は簡単で、しかもその性能は設計条件に敏感ではないので粗い設計で効果が得られる可能性が大きい。この研究はまだ入り口の段階にしかないが、細かな評価を求めないのであれば構想自体はすぐにでも使えるものなので検討の概要を報告しておくことにも意味があると考えられる。

## 2. ダンパーの基本構想

2.1 粘弾性材の利用について 構造物の振動の減衰要素として粘弾性体を利用する場合には構造振動の損失率 $\eta$ はほぼ次式で表される。

$$\eta \approx \eta_G \frac{U_{Vsc}}{U_{Ttl}} \quad (1)$$

ここに $U_{Vsc}$ は粘弾性体に蓄えられるひずみエネルギー、 $U_{Ttl}$ は構造物全体のひずみエネルギー、さらに $\eta_G$ は粘弾性材料単体の損失率である。 $U_{Vsc}$ と $U_{Ttl}$ はいずれも振動周期中の最大値を使用する。式(1)は連続体振動では本来は個々の固有振動モードごとに適用すべきものである。それに加えて高い精度で成り立つ式ではないし、粘弾性体の弾性率や

損失率 $\eta_G$ は振動数や温度に大きく依存するので使用に当たっては注意を必要とする。しかしながら、式(1)は粘弾性体が関与する構造物の減衰の概略をスカラー的に把握できるので便利である。この式から構造全体の損失率 $\eta$ を大きくするには次の二つのことがらに注意すればよいことがわかる。

- ① 粘弾性体に損失率 $\eta_G$ の大きいものを選定する。
- ②  $U_{Vsc}/U_{Ttl}$ が大きくなるようにダンパーの構造を設計する。

このうち、①については粘弾性体の材料選びという点で設計に関わってくるが、ここでは基本的には材料の問題であるとする。すると②を満たすようにダンパーを設計することが課題となる。

粘弾性体の制振技術への応用法としては図1のようなサンドウィッチ材として用いるもの<sup>(1)(2)</sup>と図2のように動吸振器に用いるもの<sup>(3)</sup>が代表的であろう。もちろん、そのほかにも対象とする振動体の様相に合わせた応用法が工夫されている<sup>(4)</sup>。いずれの場合もおもに粘弾性体のせん断変形に伴うエネルギー散逸を利用するものである。サンドウィッチ材は広い振動数範囲で効果を発揮するが、すでに述べたように厚板では製作時に困難が生じる。動吸振器ではそのような問題が生じることはないが、共振を利用するという設計原理ゆえに効果を発揮するのは狭い振動数範囲に限られることが欠点となる。ここでは多層材と動吸振器の双方の長所が発揮できるような構造を考える。

2.2 提案するダンパーについて 図3に本研究で提案するダンパー(吸振器)の概要を示す。このダンパーはすぐにわかるように図2のような動吸振器を適当な間隔で直線上に並べ、付加質量体を長くしてすべての動吸振器に共通にした構造である。並べる動吸振器の個数や間隔は状況に応じて自由に選べる。

このダンパーは構造的には図2の動吸振器と類縁関係にあるように見えるが、動作原理は全く異なる。このダンパーの固有振動数を対象とする板の特定の振動モードと特別な関係にあるように設定するのではなく、むしろ振動時の粘弾性体の静的なせん断変形を利用して減衰効果を生じさせようとするものである。その意味ではむしろサンドウィッチ材の動作に似ている。図4に板と付加質量兼連結棒の相対変位によって粘弾性ばねにせん断ひずみが生じる様子を概念的に示す。なお、ここで言う静的変形とは時

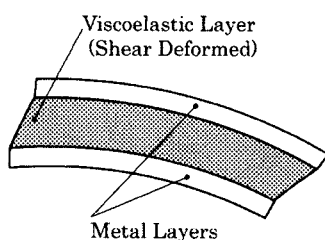


Fig.1 Three Layered Sandwich Plate with Viscoelastic Core

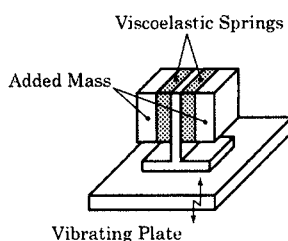


Fig.2 Dynamic Vibration Absorber Using Viscoelastic Springs

間的变化がないという意味ではなく、粘弾性体の慣性効果が卓越したものではないという意味である。

このダンパーの制振効果を高めるには付加質量兼連結棒は剛性が大きく、かつ質量も大きいことが望ましい。板と連結棒の相対変位によって粘弾性体に大きな変形を生じさせるためには連結棒の剛性は大きい方がよいことはほぼ自明であろう。また、連結棒と粘弾性ばね群で形成するダンパー自体の固有振動数を非常に小さくするためには連結棒の質量は大きい方がよい。できれば対象とする板のすべての固有振動数よりはるかに小さくなるようにすることが望ましい。これによって粘弾性体の静的せん断変形を確実にできる。ただし、ダンパーの固有振動数を下げるために粘弾性体の剛性を単純に小さくすると式(1)の  $U_{vsc}$  が小さくなってしまい、制振効果が損なわれることになるので注意しなければならない。提案するダンパーの望ましい状態については実現可能性を考慮しながら詳細な吟味を積み重ねていく必要がある。

### 3. 提案するダンパーの機能確認実験

**3.1 試料** 提案するダンパーの概略の制振特性を把握するために実験を行った。制振対象の板には  $600 \times 1000 \times 10\text{mm}$  のステンレス鋼 (SUS304) の平板を用い、この板に図5に例示するような形でダンパー

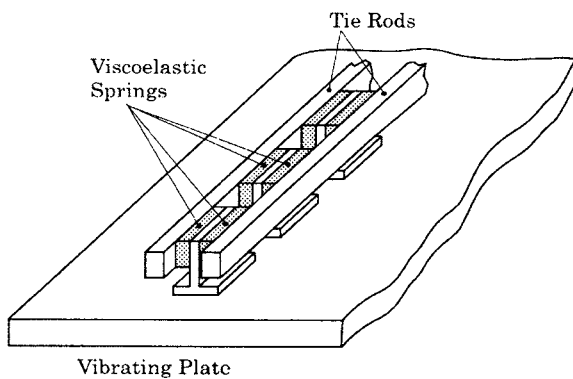


Fig.3 Schematic Illustration of the Proposed Damper

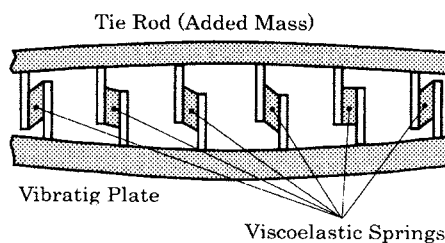


Fig.4 A Mechanical Model of the Proposed Damper

を装着した。

ダンパーについては連結棒と粘弾性材の厚さや粘弾性材の素材などの断面構成、粘弾性材の長手方向の寸法と配置ピッチなどを変えて 10 種類近くについて検討した。しかし、各場合の制振効果は細部を除けばかなり類似しているのでここでは図6に示した構成のダンパーについての結果を中心に述べることにする。

図6のダンパーでは付加質量兼連結棒に黄銅 (Cu 65%, Zn35%) の平角棒を、また支柱にはやはり黄銅のアンクル材を用いたが、黄銅を選んだのはおもに工作の容易さのためである。粘弾性体にはシリコーンゴム ( $G=1.7\text{MPa}$ ,  $\eta_G=0.08$ ,  $23^\circ\text{C}$ ) の板を用いた。連結棒、粘弾性体、支柱の接合は基本的には接着としたが、確実な接合状態を確保するために図6に示

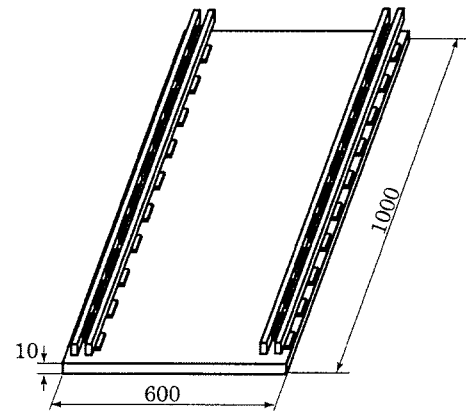


Fig.5 A Plate Equipped with the Dampers

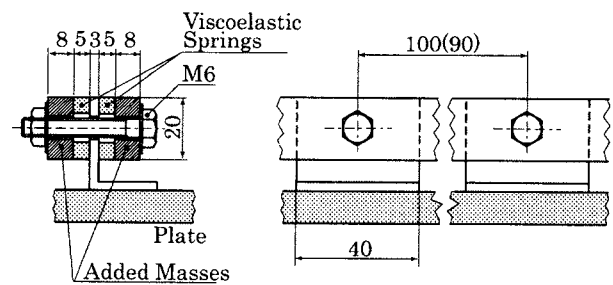


Fig. 6 Unit of the Proposed Damper for Examination by Experiment

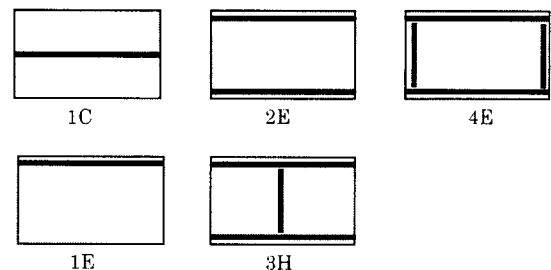


Fig. 7 Configurations of the Dampers



すように接着に加えて、ゴムと支柱を連結棒で挟んでボルトとナットで締め付ける構造も併用した。ゴム板にあける孔はボルトの直径の比べて十分に大きめにしてボルトがゴムのせん断変形を妨げないように配慮した。

ダンパーの支柱と制振対象の鋼板とはシアノアクリレート系の瞬間接着剤で接着した。この接着剤は少し大きめの衝撃を加えれば簡単に剥離するのでダンパーの種類を交換するための実験上の利便性を考えて使用したものである。状況を管理しながらの実験ではこの接着剤は十分に使用に耐えるが、実用的には信頼性がより高い接合法を採用すべきであることは言うまでもない。

ダンパーの長手方向の支柱とゴムの長さは 40mm とした。これを 100mm (板の長辺に平行なダンパー) あるいは 90mm (板の短辺に平行なダンパー) のピッチで等間隔に配置した。

ダンパーは板の片面に図 7 に示すように数種類の形で配置した。各場合の記号の数字はダンパーの数を、アルファベットは配列の形を示している。たとえば C はセンターを、E はエッジを表している。板の周囲への配置が多いが、これは周辺自由の条件下で振幅が大きいところを選んでダンパーを装着した結果である。なお、実験はすべて  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  の温度範囲で行った。

**3.2 衝撃応答** ダンパーの効果を包括的に把握するために打撃試験を行った。板の一つの短辺に沿って 2 個の小孔をあけ、これに撚り線ワイヤーを通して板を鉛直な姿勢になるように吊った。板の自重で板とワイヤーとの間に摩擦が生じるのでわずかな拘束はあるが、板は全周をほぼ自由とみなせる。

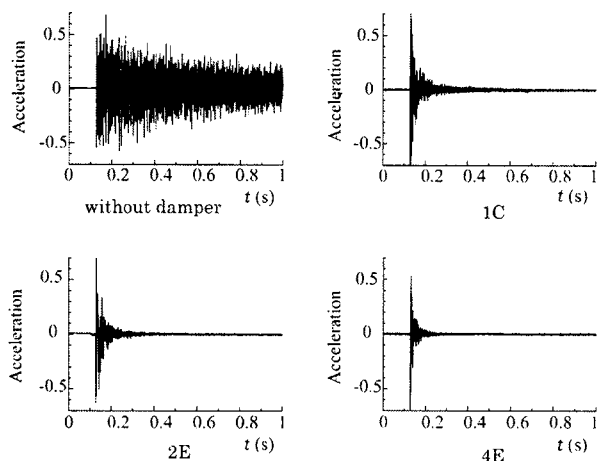


Fig.8 Impulse Responses of Plates without and with Dampers

対象とする板に鉛球 (直径 30mm) で作った振り子で打撃を加え、その際の過渡振動を加速度計で検出した。振り子の糸の長さは約 1m で、板の下端から 150mm、水平には中心線から 150mm の位置を打撃点とした。振動モードの対称、反対称性に関して特別な点を打撃しないための配慮をしている。振り子の振り上げ角度は一定になるように管理した。なお、振動の検出に用いた加速度センサーは質量が 1.8 g の小型のもので、板の上縁に取り付けた。

図 8 に代表例としてダンパーなし、および図 7 に示す 1C, 2E, 4E の各場合の打撃試験における加速度の観測結果を示す。各図の横軸は時間、縦軸は加速度である。縦軸の尺度は相互比較のために統一してあるが、数値に特に意味を持たせてはいない。

図 8 の各場合のうち、ダンパーなしの場合に見られるわずかな減衰は板材に固有の内部摩擦のほか、ワイヤーと板の接触点における摩擦と音の放射によるエネルギー散逸が考えられる。ダンパーがない場合の減衰はきわめて小さいので応答は尾を長く引き、音を感覚的に表現すれば「ガーン」という感じのものである。

これに対してダンパーを装着した場合の加速度応答の持続時間はいずれも 0.1~0.2 s 程度であった。ダンパーの種類や装着位置で細かな相違は当然生じるが、いずれの場合も打撃に際しての発生音は木材の板を叩いたときの音に近く、「コツン」という感じのものであった。

ダンパーを装着した各場合の結果は非常によく似ているが、詳細に比較すると  $1C < 2E < 4E$  の順に制振効果が大きくなっている。図 7 の 1E と 3H の配置についてはおおむね  $1E \approx 1C$ ,  $2E < 3H < 4E$  と評価できる制振効果が認められた。1C と 3H の具体的な時刻歴は図 8 に示した各場合から推測できる程度の差があるのみなのでここでは図示を省略した。省略した例も含めて比較するとダンパーの数と制振効果はよく対応する。ただし、聴覚的にはダンパー数の増加に見合う (比例する) 形で制音効果が大きくなっているというのではなく、最初の 1 本のダンパーを設置した段階で制音効果のほとんどの部分が現れ、ダンパーの増加によって比較的小さな制音効果が上積みされていくという感じである。制振の目的にもよるが、本研究の発端となった C 形パンチプレスを操業する際の騒音を抑制するなどのためには比較的少数のダンパーの設置で効果をあげられる可能性がある。

そのほかにも条件を変えていくつかの実験を行ったが、おもな結果はつぎのようになる。

- 付加質量兼連結棒に使用した平角棒の厚さを 4, 8, 12, 16 mm と 4段階にわたって変化させたが、厚さが増すほど制振効果が大きくなるというはっきりした傾向がある。これは提案するダンパーが前述したように粘弾性体の静的なせん断変形を利用するものであり、連結棒の曲げ剛性と質量が大きくなるほど粘弾性体のせん断変形の発生が確実になるためであると考えられる。なお、この試験は連結棒の影響を傾向として把握するために行ったもので、連結棒の断面寸法の実用範囲を想定したものではない。
- 粘弾性体（シリコンゴム）の厚さを 5mm のほかに 3mm とする実験も行ったが、衝撃応答で見える限りは目立った差は生じなかった。ゴムの厚さが小さくなるほど剛性は増すが、結果として板と連結棒との間のせん断ひずみは減少することになる。両者が相殺しても変化は生じるはずであるが、ここでは目立った変化を確認できなかった。粘弾性体の剛性と寸法はダンパーの重要な設計パラメーターであり、これらをどのように選択するのがよいかは今後検討を積み重ねていく必要がある。

**3.3 振動数応答** 打撃試験はダンパーの制振性能の概略を簡単に把握できる利点があるが、これだ

けで詳細についての十分な情報が得られるものではない。ダンパー性能を向上させるための検討には振動数応答を測定して振動数域ごとのダンパーの特質を知る必要がある。

振動数応答の測定には約 30kg の鋼製ブロックで支持した加振力 10N の動電型加振機を用いた。加振ヘッドに力センサー（ピエゾ型）を取り付け、さらにその先に取り付けた直径 3mm のアクリル製のプッシュロッドを介して供試板の下端から 350mm、水平方向には中心線から 175mm の位置を加振した。応答は衝撃試験で述べたのと同じ加速度センサーで検出した。力と加速度の信号は周波数特性分析器に入力して加速度/力の伝達関数（イナータンス）に変換してパソコンに取り込んで記録した。伝達関数の値は実験結果の相互比較に支障がないように処理してある。

図 9 にダンパーなしと 2E（図 7 参照）の 20～2000Hz の範囲の振動数応答を測定した結果を示す。ダンパーの設置によって減衰だけではなく質量と剛性の効果が加わるので応答のピークやディップの位置にずれが生じるが、おおむね 200～1500Hz の範囲ではダンパーが非常に有効に作用している様子がはっきり読み取れる。この範囲では少数のピークを除いて 20～40dB 程度の減衰効果が認められる。ただ、900Hz 付近にダンパーの有無にかかわらず高さがほと

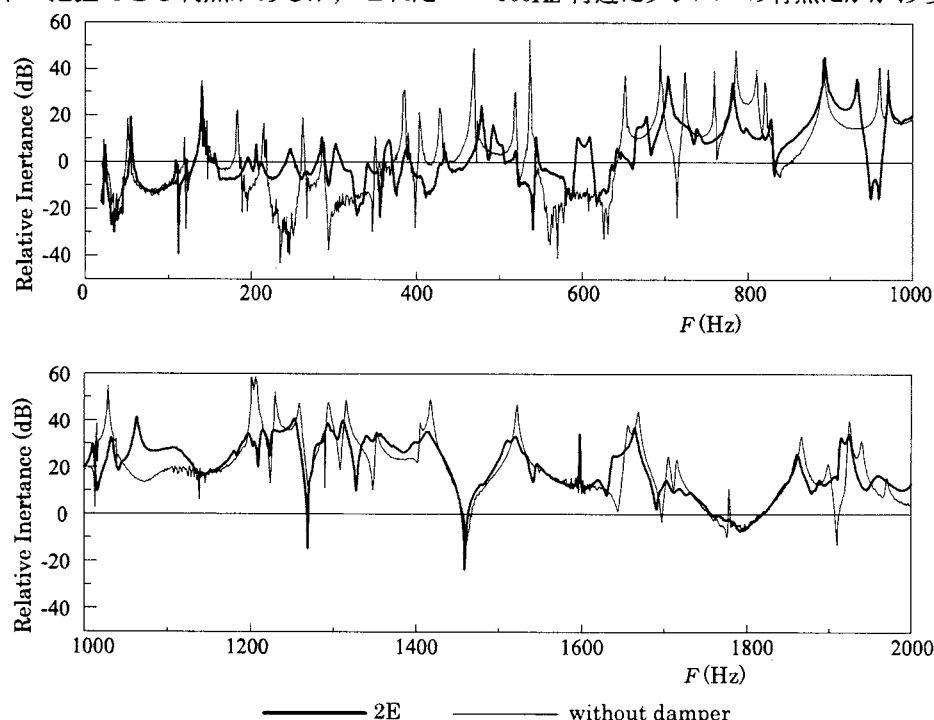


Fig.9 Frequency Response of Plates without and with Dampers

んど変化しないピークがあるが、これはダンパーの設置位置におけるこのモードの振幅がもともと小さくてダンパーが有効に作用していないためと推測される。

また、100Hz 以下の低振動数域と 1600Hz 以上の高振動数域ではダンパーの効果が小さくなっている。とくに 100Hz 以下ではダンパーの効果はほとんど認められない。低振動数域では板の変形の波長は長くなるので連結棒と板の相対変位は必然的に小さくなる。また、周辺自由の条件では低次振動にねじりのモードが現れるが、板のねじり変形においてもダンパーの粘弾性体のせん断変形が大きくなることはなく、したがって減衰は小さいものにとどまる。波長が大きくなると減衰効果が低下するのは定性的には粘弾性サンドウィッチ材にも見られる現象である。ここに述べた状況からは低振動数域で減衰が小さくなるのは提案するダンパーについて一般的に成立する性質と見るべきであろうが、有効に制振できる振動数範囲の下限の見積りは個々の場合ごとに検討しなければならない。設計を工夫すれば有効範囲をさらに低振動数域に延ばすことは可能と考えられる。

また、高振動数域では板の振動形の波長は必然的に短くなるが、ダンパー上の粘弾性体の配置ピッチと板の波長が接近すると粘弾性体の変形分布は見かけ上板の波長が大きくなった場合のようになる。粘

弾性体が断続的、すなわち離散的に配置されているので、アナログ信号の離散的サンプリングのときと同様の現象が生じるためである。極端な場合にはダンパーの長手方向の波長と粘弾性体の配置ピッチが一致すると粘弾性体のせん断変形はほとんど起きないことになる。これも制振効果の低下を招く。ダンパーの有効振動数の上限をなるべく大きくするには粘弾性体を短くして細かいピッチで配置すればよいが、当然のことながら製作コストに影響するので妥協点を探る必要がある。そのほかに高振動数域では粘弾性体の性質の変化なども関与している可能性があるが確認はできていない。

制振効果は当然のことながらダンパーの数や板上の配列の影響を大きく受けることになる。そこで図 10 にダンパーなしと 2E に 1C と 4E の配列も加えて 300~800 Hz および 1500~2000Hz の振動数帯で応答をやや詳しく比較した。この図から 300~800 Hz の振動数域ではダンパーの数と制振効果とが明確な関係を持つことが読み取れる。しかし、1500~2000Hz の振動数域の応答にはダンパーの数による大きな違いは生じていない。振動数が大きくなると各ダンパーの制振効果そのものが小さくなるためにダンパーの数や配置の影響をあまり受けることがなくなるためであろう。

図 10 に示す結果からも提案するダンパーには制振

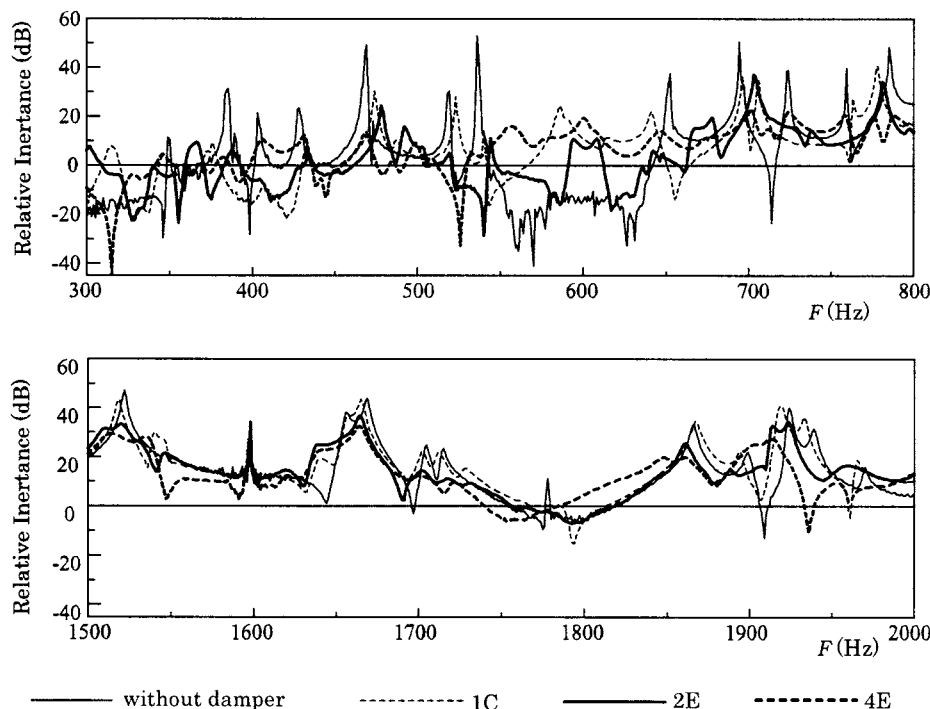


Fig.10 Detailed Frequency Response of Plates with Dampers in Various Configuration

効果が顕著になる一定の振動数域が存在することが明らかである。設計の観点からはこの振動数域をある程度自在に設定できるようにすることが理想である。そのためには、粘弾性体の剛性などを変えた数種類のダンパーを組み合わせて配列するなどの方法も有効であると考えられる。

サンドウィッチ材の場合には粘弾性体の剛性と断面の幾何学的構成に関する2個の無次元パラメータで特性を表現することができる<sup>(2)</sup>。提案するダンパーの場合にも断面寸法と全長および質量、粘弾性体のばね剛性と配列ピッチ、板の広がり寸法などの量から無次元パラメータを抽出して議論しなければならないであろう。ただし、関与する項目が多いので支配的要因が何であるかに注意しながら議論を行わないと結果がむしろ煩雑になってしまう可能性があることに注意すべきである。

#### 4. 結 言

厚板構造物の制振を目的としたダンパーの検討結果を報告した。このダンパーは構造としては動吸振器に類似でありながら動作様式や特性はむしろ粘弾性サンドウィッチ材に似ているものである。このダンパーは構造が簡単であるにもかかわらず、大きな制振効果を持つことが打撃実験および正弦波掃引加振実験によって確かめられた。ただし、低振動数域と高振動数域では異なった原因によって制振の効果が低下することも明らかになった。また、粘弾性材については1種類について調べただけなので検討の余地は大いにある。

提案するダンパーの特性については定性的にはかなり理解できるようになったが、実用性を高めるためには具体的な設計法を確立する必要がある。このダンパーはサンドウィッチ材などに比べて関与する要因が多くなることは避けられず、卓越した支配要因を見出すことがとくに必要である。そのためには本質を失わない程度に単純化したモデルを作成し、そ

れについてのシミュレーションやその結果を確かめるための実験を行うのが有効であると考えている。この点については検討を続行中である。

また、本論文で述べたのは動作原理と制振効果の確認実験の結果であるが、実際に製品に組み込むためには商品価値を損なわないようにデザインできるようにすることも必要であろう。このような意味では詳細な検討を必要とする事項はまだある。しかし、このダンパーは非常に簡単に構成することができて、しかも粗い設計でもある程度の効果を実際に見込めるので現状でも応用できる場面はあり得るであろう。

本研究の試料作成と実験の遂行においては静岡理科大学機械工学科における卒業研究として鈴木啓保、細野晃久、三澤嘉紀の諸君が多大な貢献をされたことを感謝の意を持って明らかにしておく。彼らの努力に報いるためにも論文をもっと早く執筆すべきであったが、多忙を理由に執筆を遅らせてきたことについてはお詫び申し上げたい。

#### 文 献

- (1) 立道有年・浦田喜彦・安田 弘, 粘弾性層をもつ部分多層はりの振動解析, 日本機械学会論文集, Vol.40-No.335, (1974), pp1899-1907.
- (2) 岡崎明彦・浦田喜彦・立道有年, 粘弾性コアをもつ3層円板の非軸対称振動, 日本機械学会論文集, Vol.52-No.479, C(1986), pp1901-1907.
- (3) 浦田喜彦・竹田生也, 粘弾性ばねを用いた動吸振器の設計法, 日本機械学会論文集, Vol.61-No.583, C(1995), pp981-986.
- (4) de Silva, C. W.編, *Vibration and Shock Handbook*, (2005), CRC Press Taylor & Francis Group, 24-43.

# 無線技術を応用したピストン温度測定に関する研究

## Piston Temperature Measurement System used RF-MEMS

土屋 高志\*

Takashi TSUCHIYA

It is extremely important to save energy for prevention of global warming. New generation automotive engine is made up by high compression ratio and low friction by small engine for better fuel consumption.

However with higher compression increase the piston's temperature exceeds a melting point of the aluminum and a piston is damaged. The measurement of good piston temperature of the precision is very important for higher compression piston and good fuel consumption.

In this paper we made the measurement of good piston temperature of the precision by RF-ID systems.

### 1. 研究の目的

エンジンを小型・高出力にするためには、エンジンの高速化が必要であり、高速化するためにピストンを軽量化し、慣性力を抑えるということが重要である。現在、ピストンの軽量化をおこなうために、ピストンの材質は軽く、熱伝導率の大きいアルミニウム合金が使用されている。アルミニウムの特性として、加工性・表面処理性・耐食性・溶接性・電気伝導性・熱伝導性などが優れているが、欠点としては融点が660℃と低いという問題がある。エンジンの省燃費化を進めるためには、摺動抵抗（フリクション）の少ない小型エンジンを用い高圧縮比化をおこない高い比出力を得ることが最も良い方法であるが、高圧縮比化を進めるに伴いピストンの熱負荷は上昇し、ピストン温度がアルミの融点を超えてピストンが破損するという問題が発生する。このようなトラブルを回避して、最適な状態での運転ができるように、ピストンに対する熱負荷を設定するためにも精度の良いピストン温度の測定は非常に重要であると言える。

本研究では、ピストンの温度を精度良く測定するため、近年発展のめざましいRF技術（デジタル無線技術）を応用し、軽量かつ信頼度の高い温度測定システムを構築することを目的とする。

### 2. 過去に実施された測定方法

#### 2.1 リンク方式

リンク方式は、英国のA. E. Dやドイツのカール・シュミット社などで開発されている。装置としては、温度センサを取り付けたピストンからリード線によって、エンジンの内部から外部に取り出せるようにリンクをピストンに取り付けて、温度を測定する方法である。そのリンクを外部に取り出すために、クランク室に穴を開ける必要がある。ピ

ストンに取り付けられた温度センサからリンクおよびリード線は、線の切断、絶縁被服のはくり、リード線の引張・圧縮・曲げおよびねじれなどの変形が起きるという問題があり、最も工夫が必要である。装置としてピストンが往復運動をしているので何らかの影響があり、高速回転での運転は不可能である。

#### 2.2 燃焼貫通法

前項のリンク式ではリンクをクランク室に取り付けるため、クランクケースが狭小なもの、特に二サイクルエンジンには応用できないが、燃焼室貫通法は、クランク室に関係なく使用することができる。装置としては、ピストン頂面にロッドを立てて、燃焼室を貫通させることにより、熱電対を導出し、外部にリンクを取り付ける方法である。ロッドは、燃焼室内を往復運動するので、耐熱性と素線の接着剤の耐熱性が使用限界あるという問題がある。

また、外部でリンクを使用するため、リンク式と同様に高速回転での運転が不可能であり、またピストンが拘束されているので、ピストン揺動時の測定が不可能である。

#### 2.3 電磁誘導法

二つのコイルを用いて磁界の変化を利用して伝送することによって無線伝送する方法であり、トヨタCART等で使用された実績がある。この実績のある電磁誘導法の装置としては、温度センサは小型のサーミスタを用いて、大きさはセンサ部でφ0.8である。ピストンおよびライナ部に送受信コイルを取り付け、ライナ側送信コイルに高周波を印加し、ピストン温度によりピストン側コイルのインピーダンスが変化することによって、受信側コイルの出力が変化する。これによって温度を取り出すものである。

非接触で信号を取り出す方法であるため、高回転での測定が可能である。又、温度と電磁誘導量の関係が解っていれば、リアルタイムでの温度測定が可能であるが、ピスト

2010年3月24日受理

\*理工学部 機械工学科

ン側コイルとライナ側コイルが重なっている時のみ測定が可能となり連続したデータが測定できないという問題や、コイル部の温度によるドリフトが大きいという問題が残されている。

2.4 硬度法

混み入った箇所や密閉空間、小部品等での温度測定としては、温度により硬度の変化する金属をピストンに埋込み、運転後に金属の素材から硬度の度合いを測定することで、実際の温度を測定する。一定時間運転することで最高温度のみ測定が可能である。

2. アクティブ型温度測定システムの仕様

本研究では、市販されている軽量かつ小型の汎用無線モジュールを使用して小型で軽量の測定器を製作した。

構成した温度測定システムは Fig. 2.1 に示すようにセンサ・A/D変換器・送信機・受信機に大別される。個々の仕様については下記に示す。

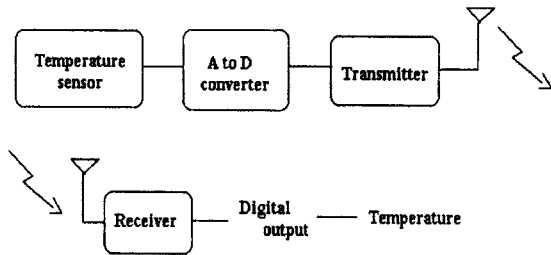


Fig. 2.1 システム構成図

2.1. 送信機仕様

送信機には一般的にノイズに強いとされるパルス幅変を用いたデジタル通信方式のアイテック(株)製 iTX315A型を使用した。(Fig. 2.2)

送信機仕様としては、FSK変調方式の微弱電波送信モジュールを使用し送信周波数 315MHz、出力-25dBm以上、消費電力 2mA、定格電圧 3Vである。

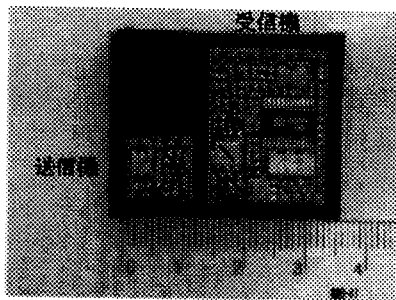


Fig. 2.2 送信機ユニット外観

2.2 A/D変換器仕様

A/D変換器には4チャンネルの入力を持ち入力電圧をTTLレベルのデジタル出力に変換することができるマキシム社製MAX6691型A/D変換ユニットを用い、サーミスタからの出力電圧と基準電圧の比較により温度を推定し、各チャンネル順にPWM変換をおこなう。チップの動作温度の範

囲は、-55℃~+125℃である。

MAX6691は、それぞれのサーミスタと外部固定抵抗器( $R_{EXT}$ )は、MAX6691の内部基準電圧( $V_{REF}$ )で運転されて分圧器を形成して $V_{REF}$ と $R_{EXT}$ を通した電圧をPWMデジタル出力(TTLレベル)に変換させる。

このA/D変換器は、それぞれ4つのサーミスタと固定抵抗器によって内部電圧から分圧器を形成され、パルスに変えられるため、パルス幅と $R_{EXT}$ およびサーミスタ抵抗( $R_{TH}$ )の関係を次式で表すことができる。

$$\frac{T_{HIGH}}{T_{LOW}} = \frac{V_{EXT}}{V_{REF}} - 0.0002 = \frac{R_{EXT}}{R_{EXT} + R_{TH}} - 0.0002$$

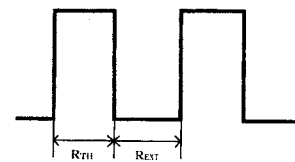


Fig. 2.3 A/D変換のデータ出力信号

2.3 温度センサ仕様

温度センサには立山科学工業(株)製ラジアル型サーミスタを使用した。サイズは約φ2.0×4.0mmの円筒形、質量0.4g、20℃で約16MΩ、200℃で約23.4kΩの逆特性をもつサーミスタ(NTCサーミスタ)である。(Fig. 2.4)

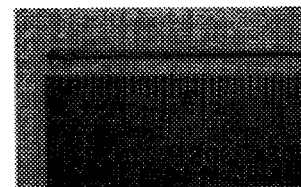


Fig. 2.4 サーミスタ

2.4 送信機ユニット

送信機・A/D変換器を組み合わせた物を Fig2.5 に示す。サイズは縦14×横14mm、厚さ5mm、質量は約1.3gとなっており、非常に小型・軽量となっている。

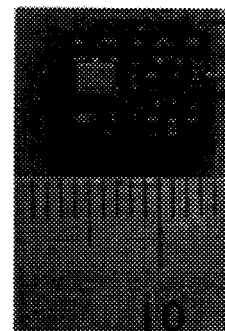


Fig. 2.5 送信機ユニット外観

2.5 受信機仕様

受信機は、送信機と対になるアイテック(株)製のiRX315A型を使用した。受信機仕様としては、FSK復調、シングルスーパーヘテロダイン方式の受信機を用いた。電源電圧は3V、サイズは約24×18mm、標準復調速度9600bps、単信方式の受信機を用いた。

2.6 電源仕様

電池は松下電器製 BR425 ピン形リチウム電池を使用した。電圧 3V、容量 25mAh、サイズはφ4.2×25.9mm、質量は約 0.6g と非常に小型かつ軽量である。(Fig. 2. 6)



Fig. 2. 6 リチウム電池

3. ピストン温度測定システムの基本特性試験

3.1 データ出力確認試験

本研究のシステムでは送信機から受信機の間でパルス幅変調によりデータを送信しており、受信機からの出力波形を Fig. 3. 1 に記す。温度センサは 4 箇所分接続してあり、No1 から No4 までが順次送信されている。No1 センサの判別の為に No1 の立ち上がりの前に 5μ秒のプルダウン信号が入っている。また、温度の判定はプルアップ時間とプルダウン時間との比率となっておりプルダウン時間は一定で、5m 秒としている。本研究では 238℃ の場合に (プルアップ時間) / (プルダウン時間) = 0.5 としている。この比率はピストン温度により変化するサーミスタ抵抗値と基準抵抗との比率と等価となっており、測定を希望する温度抵抗値を中心として基準抵抗値を設定することにより温度感度の良い測定が可能となっている。

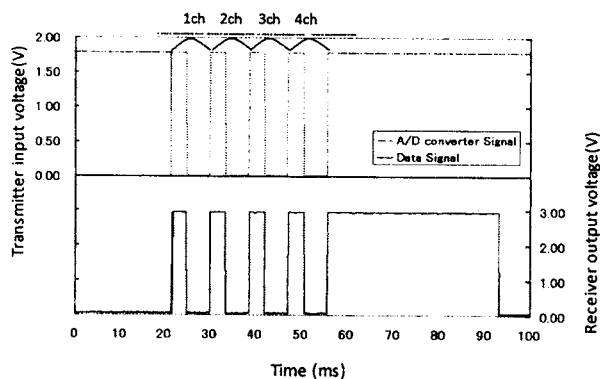


Fig. 3. 1 データ出力確認試験結果

3.2 電源電圧試験

電源電圧を徐々に下げることにより電源電圧低下によるシステムダウンを確認した。結果、電圧が 2.01V 以下になると PWM 変換誤差が発生し、1.93V 以下で送信電波が停止、1.91V 以下で A/D 変換チップからの PWM 変換が停止した。結果、送信機側電圧としては、最低 2.01V 以上が必要であり、システム動作の電源電圧としては 2.01V 以上が必要であることがわかった。

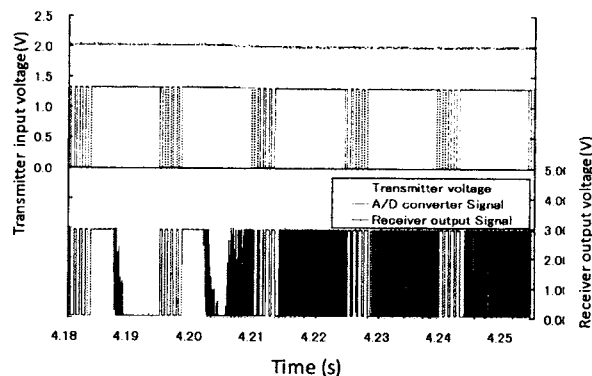


Fig. 3. 2 電源電圧試験結果

3.3 温度直線性試験

サーミスタと T 熱電対を同位置に取り付けて、半田ごての温度 (温度範囲は 25~370℃) を測定した。結果は、Fig. 3. 3 に示すように 100~370℃ までは、ほぼ直線に保ち温度誤差は ±4℃ 以下で、100℃ 以下では PWM 応答性の問題により測定不能であったが、実際の熱負荷が問題となるピストンの温度は、過去の温度測定より 150℃ 以上であるので本システムでの測定には問題ないと考えられる。

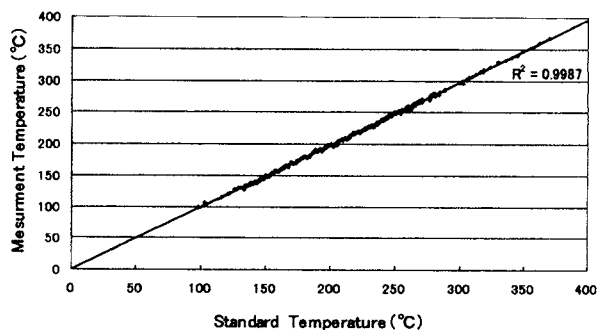


Fig. 3. 3 温度直線性試験結果

3.4 周囲温度影響試験 (周囲によるドリフト試験)

本システムの送信機ユニットに温度計を当て、ヒータにより周囲温度を温めデータ出力の変化を確認した。また、各周囲の温度を 50℃・70℃・80℃ で行い、各 7 回行った。結果、送信機ユニットの周囲温度が 80℃ でもデータの変化はなく、各周囲の温度による平均温度誤差は ±1℃ 以下であった。周囲を温めてもシステムの動作を確認することができたので、ピストンに直接、送信機の取付けが可能であると考えられる。

3.5 連続測定時間確認試験

送信機ユニットには、リチウム電池を取り付けることでピストンの温度を測定するため、リチウム電池を 1 本使用し、データを測定できる時間の測定を行った。送信機ユニットから温度信号が受信機に一定の間隔 (Fig. 3. 4) で入るようになっており、結果、信号の乱れが発生する時間は約 9 時間であった。この時点で電池の電圧は 3.3V から 2.4V まで低下していた。

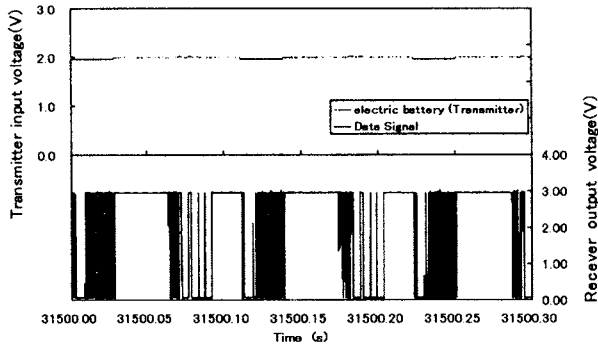


Fig. 3.4 データ出力可能時間試験結果

4. 電池式温度測定システム実機温度測定結果

送信機ユニットをピストンに取り付け、本システムが測定可能であるか確認するために小型エンジンを使用してピストン温度の測定を試みた。

供試エンジンには、富士重工製汎用4サイクル単気筒小型ディーゼルエンジンを使用し、ピストン径φ75mm、行程60mm、定格出力(出力軸) 3.1kW/1800rpmである。その主要諸元を以下の Table 4.1 に示す。

Table 4.1

名称	DY23-2BS
冷却方式	空冷
シリンダ数	1
ボア×ストローク	70×60 mm
排気量	230 cc
圧縮比	21
最大出力 (出力軸)	3.1kW/1800rpm
最大トルク (出力軸)	21.6N・m/1150rpm

送信機システムの取り付け位置は Fig. 4.1 に示すようにピンボス部横付近に耐熱接着剤により固定している。

また、送信機用のピン形リチウム電池は、送信機側面に取り付けたホルダにより送信機およびピストンに固定し、耐熱はんだにより配線を固定している。

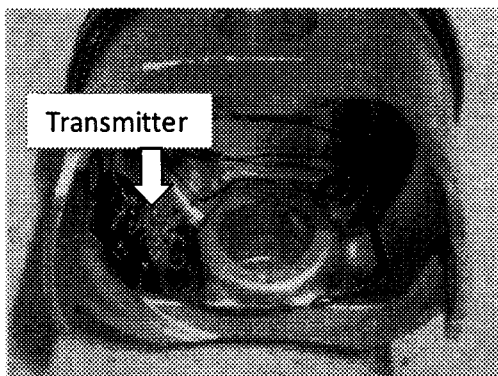


Fig. 4.1 送信機ユニット取り付け位置

温度の測定位置は Fig. 4.2 のように、ピストンの中央(燃焼室ホットプラグ部中央)・スラスト側 2 点(排気弁側と吸気弁側)と反スラスト側 1 点(上面より見て右側)の計 4 点である。

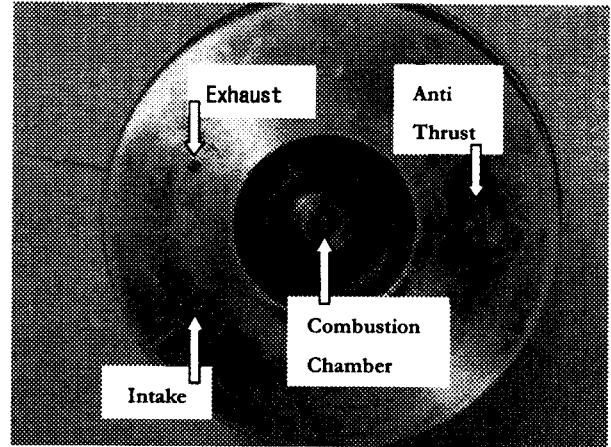


Fig. 4.2 サーミスタ取り付け位置

測定項目は、ピストンの 4ヶ所・吸気温度・潤滑油温度・排気温度・エンジン回転数としている。

受信機ユニットは Fig. 4.3, Fig. 4.4 に示すようにクランク軸横側(反スラスト側)のクランクケース内部に構造用接着剤により接着した。また、クランクケースにはφ5.0の貫通穴をあけることにより電源用配線および信号用配線をスタータモータ裏側より外部に導出している。

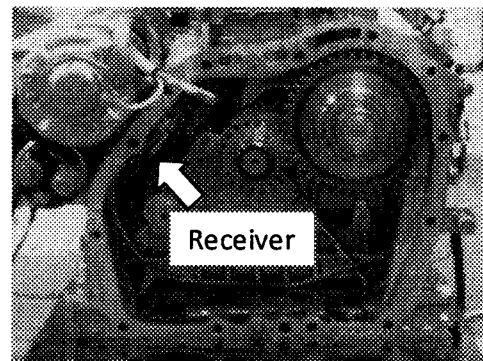


Fig. 4.3 受信機ユニット取り付け位置

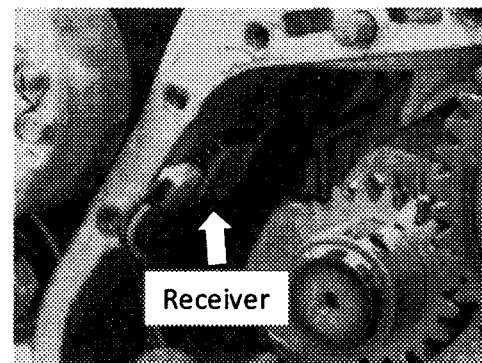


Fig. 4.4 受信機ユニット取り付け位置詳細

実機試験の外観を Fig. 4.5 に示す。

受信機には定電圧電源から電気が供給され、受信機からの



信号はデータローガによりサンプリング・保存している。

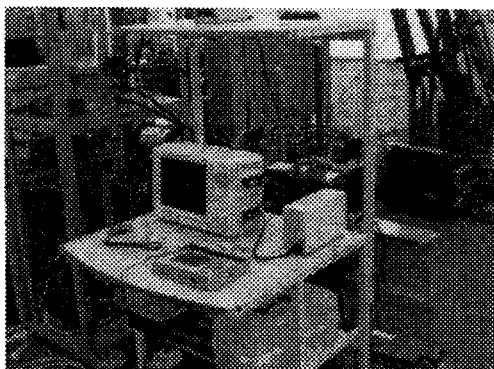


Fig. 4.5 実機試験装置外観

5. 実機試験結果および考察

エンジンを始動し、無負荷最高回転数まで回転数を上昇させて温度を測定した。温度測定データは、温度変換、データとび等の問題は発生せず、全データの取得が可能であった。

Fig. 4.6 にエンジン始動から 3500rpm までの測定結果を、Fig. 4.7 に 3500rpm 一定回転で定格負荷を投入した場合のデータを示す。Fig. 4.6 および Fig. 4.7 より、エンジンの始動時から定格出力が一定になるまでピストンからデータ信号が連続して測定できていることがわかる。

この時のデータ信号を温度に換算した結果が Fig. 4.8 である。ピストン温度は、エンジンが始動してから急激に上昇し定格回転でほぼ一定の温度になることがわかった。この時のピストンの最高温度は、排気弁側の 315℃であり、定格負荷時は燃焼室中央の温度と排気弁側の温度がほぼ同一になることがわかった。また、吸気弁側と反スラスト側の温度は一定負荷の場合ほぼ同じ温度となり、排気弁側の温度と約 20℃の差がある事がわかった。

この場合新気の流れが吸気弁から反スラスト側方向に流れ燃焼室内に流入し、燃料が噴射され燃焼し燃焼室から排気弁を介して排気されることを示しており、一般的なターボフロータイプの直噴ディーゼルエンジンの燃焼形態と一致している事を推定することができる。

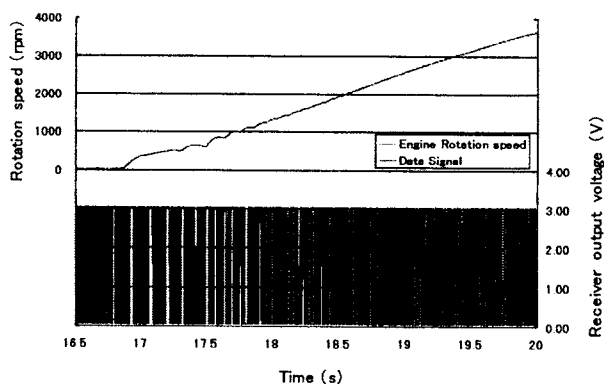


Fig. 4.6 実機試験結果 (始動～3500rpm)

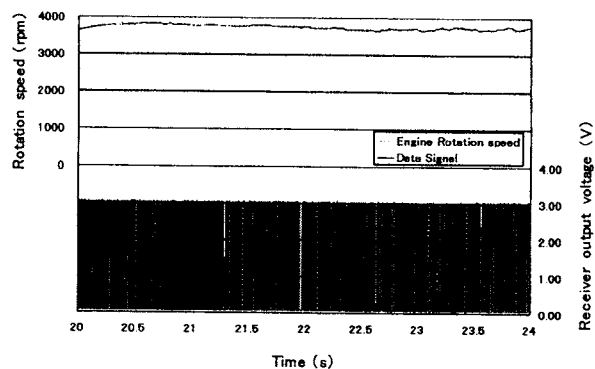


Fig. 4.7 実機試験結果 (3500rpm 定格運転)

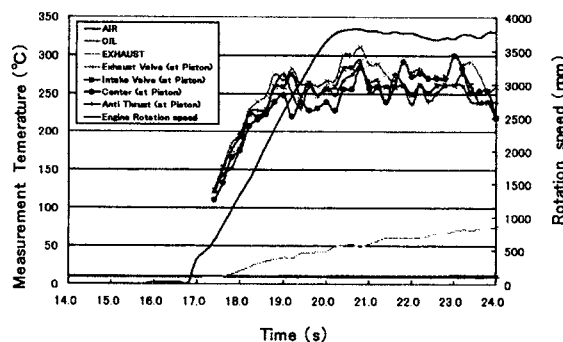


Fig. 4.8 エンジン始動時のピストン温度変化

5. まとめ

本測定システムを使用することにより、軽量かつ安価なエンジン実動時のピストン温度測定システムを使用して、過去、測定することが困難であったピストン温度データをピストンの挙動に影響を与えることなく連続して測定することに成功した。また、問題点としてはデータ測定時間が8時間以内に限定されており、今後は無電源システムの検討をおこなう必要がある。

参考文献

- (1) 独立行政法人 環境再生保全機構: 大気環境の情報館, web ページ, (<http://www.erca.go.jp/taiki/siryou/index.html#5>)
- (2) 古浜庄一ほか: エンジンの温度測定, 日本機械学会 JSME S007(1986), pp1-3, pp. 70-78
- (3) 福島 淳一, 超高速 (CART) エンジンにおける実動時のピストン温度計測, 自動車技術 Vol. 58, No. 7 (2004), pp. 69-73
- (4) アイテック株式会社, 汎用無線モジュール, web ページ, (<http://www.itec-corp.co.jp>)
- (5) マキシム・ジャパン株式会社, MAX6691, web ページ ([http://www.japan.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/3256](http://www.japan.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/3256))
- (6) 立山科学工業株式会社, BM 型サーミスタ, web ページ ([http://www.tateyama.jp/product/catalog/2008/pdf/blbmcl\\_28p29p.pdf](http://www.tateyama.jp/product/catalog/2008/pdf/blbmcl_28p29p.pdf))

# AI(Artificial Intelligence)を組み込んだセンサーネットワーク A Sensor Network with AI (Artificial Intelligence)

郡 武治\*

Takeharu KOHRI

## Abstract:

I have proposed a novel sensor network with AI(Artificial Intelligence). AI is caused with if-then production rule. The production rule is planted in every node of a sensor network. The interference engine is constructed with these production rules. Then the sensor network unites to make optimum sensing and control.

In this paper, the principle of a sensor network with AI(Artificial Intelligence) is explained.

The three sensor network modes with following three AI methods are discussed.

- Production rule such as “if” and “then”
- The real and virtual rules which are the possible state tradition.
- Reproduction and estimation by using back and forward.

Finally, an application model such as avoidance of hazards by proposed sensor network is shown.

## 1. まえがき

環境埋め込み形センサーネットワーク、ネットワークロボットなど、周囲環境と協調して作用を行なう高度な認識制御を伴うセンサーネットワークの研究が行なわれている。本研究は、このようなネットワークに適合する方法として、AI(Artificial Intelligence)を組み込んだネットワークを検討するものである。

具体的な研究として、近年、小さな無線デバイスを環境に設け、ユーザの行動を認識し、協調したサービスを行なうシステムなど、環境に埋め込まれたセンサーネットワークとアクチュエータとの協調制御など高度な認識制御の研究がいろいろな角度から行なわれている。

また、総務省ではロボット技術とセンサーネットワーク技術を組み合わせたネットワークロボットに関する調査研究が行なわれ<sup>[1][3]</sup>、さらに、電子情報通信学会において、特集号<sup>[2]</sup>が組まれるなどこの分野の注目度は高い<sup>[15]</sup>。

情報処理技術としても、ロボティクスや機械知能の分野では、知能化に伴い増続ける多種・複数のセンサーから情報をどのように統合・融合するべきかが、重大な課題として認識され、センサフュージョンと呼ばれる研究分野を構成している<sup>[4]</sup>。

これまでの、取り組まれた具体的な方法として、センサーネットワーク、ロボットなどの、インターフェイスを標準化し、共通のプラットフォームに情報

を上げ、認識と制御を行っていた方法がある。この方法は、逐次変わるサービス内容に対し、サービスに合ったプラグインにより、異なる能力、機能を持つセンサー、アクチュエータを有機的に連携し、駆動する方法として、オーソドックスな方法であると考える。

問題点としては、プラットフォームに上げられるセンサーの情報が多いと、情報の爆発が起こり、認識機能、制御機能の低下ばかりでなく、ネットワークリソースも多く消費することになる。このため、機能の多くは末端であるロボット、認識センサーに持たせ、集約された情報のみプラットフォームに上げ、処理する構成となっている。

ここで、筆者は、従来単なる情報の伝送道具であったセンサーネットワークそのものに、認識の機能、制御機能を持たせることを考えた<sup>[16][17]</sup>。アプリケーションの内容をネットワークが理解し、有機的に結合し、認識、制御するものである。

着目したのは、AI技術である。

知識と推論エンジンにより、実行される手法をネットワークそのものに取り入れ、認識と制御を行うものである。

具体的方法として、3つのモデルを考えた。

- 各センサーノード、アクチュエータに if-then に基づくルールを入れておき、イベントが起きたときこのルールに従って、行動を起こすプロダクションシステム

2010年3月31日受理

\*理工学部 電気電子工学科

- ・ 仮想的に異なる認識制御をセンサーネットワーク上で実行させておき、最適時切り替える方法
- ・ 結果を時間的に前の認識制御に生かし、曖昧な過去の情報を補償し改善するトレイスフィードバック法

提案する AI 手法を取り入れたセンサーネットワークでは、アプリケーションの機能をネットワークそのものが実行することから、さまざまなサービスに即応できること、曖昧な条件でも、とりあえずスタートできることなど、優れた特徴を持つことが分かった。

本文では、上記の3つの具体的モデルの原理および特徴を説明する。さらに、電界強度を用いたメタルールなど無線伝送特有の性質を用いた AI 手法についても述べる。最後に応用例として、車の危険防止に適用した事例を示す。

## 2. AI 技術によるセンサーネットワークシステムの原理

### (a) プロダクションシステム

プロダクションシステムを入れたセンサーネットワークシステムの原理を図1に示す。

ここで、各ノードは if-then に基づくプロダクションルールが埋め込まれているものとする。

プロダクションルールは知覚前提条件 (if) と行動 (then) からなるもので、各ノードの持つセンサー又は他ノードからの通知が条件(if)に適合すると、行動 (then) として、当該ノードがアクチュエータ、スイッチなどによる直接行動又は該当ノードへの通知を行う。

動作は次のように行われる。

- ① ノード A はセンサーを有し、センサーの値があらかじめ埋め込まれた条件(if)を満たす時、行動(then)として、当該ノードへ通知する。当該ノードへの通知は、送り先 ID により、通知先を限定する場合と同報的に伝送し、受信側で選択する2つの場合が考えられる。
- ② ①におけるルールの実行はノード B においても同様に行われるものとする。
- ③ ノード C では、ノード A、B などからの通知内容があらかじめ埋め込まれた条件(if)を満たす時、行動(then)として、直接アクチュエータ、スイッチなどによる実行、又は、さらに上位のノード D へ通知を行う。

このように動作することにより、センサーネットワーク全体で、推進エンジンを構成し、実効することが可能となっている。

具体的例として、環境に埋め込まれたセンサーネットワークと移動するノードがある場合の構

成を図2に示す。

この場合、移動するノードにも同様にプロダクションルールを書き込む、ことにより、協調型インターフェイスを構成することができる。また、環境に埋め込まれたノードの持つプロダクションルールを別な手段で変更すれば、移動するノードに合わせて、新たな環境を創作することが可能である。

次のような特徴が考えられる。

プロダクションルールを入れ替えることにより、環境側を任意のユーザに合わせるができる。

移動ノードが近づいた時、環境側ノードの連絡を密にすれば、協調型インターフェイスを構成することができる。

一箇所に情報を集め制御する方法に比べ、分散自律型であることから、障害に強い。

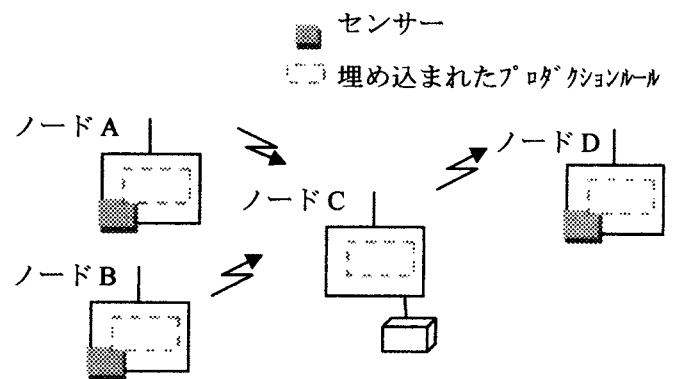


図1 プロダクションシステム入れたセンサーネットワークシステムの原理

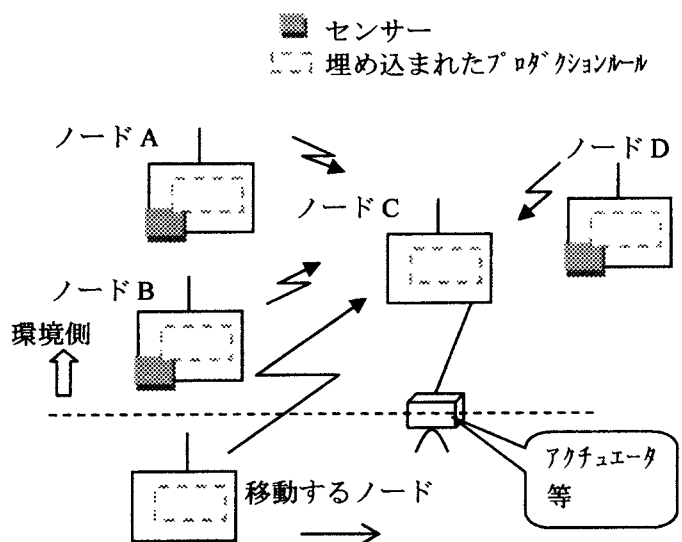


図2 環境に埋め込まれたセンサーネットワークと移動するノードがある場合

(b) 実空間認識制御と仮想空間認識制御を作り、両空間をセンサーネットワーク上で実行させておき、最適時、空間を切り替える方法

曖昧な認識、複数の制御パターンがある場合、複数の動作が考えられる。また、時間的にやり直しのできない場合もある。

このような時、現実の認識制御とは別に、別な認識制御を仮想的にしておけば、最適な方法が途中で見つかった場合、即座に対応できる。

そこで、ネットワークを含めて、仮想的な認識制御を冗長であるが、実行しておくことが考えられる。

図3に仮想制御を含む認識制御フローとノード間を伝送する信号を示す。

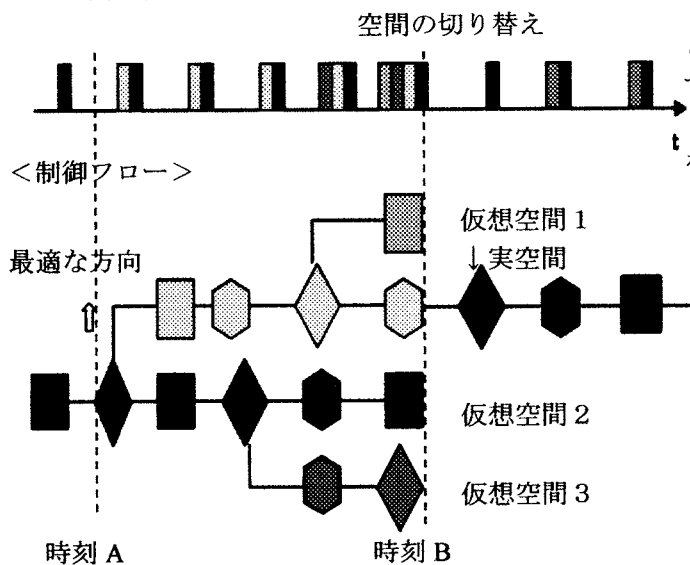
時刻Aにおいて、分岐があり、時刻Bにおいて、最適な分岐方向が見つかった場合、それまで、仮想空間を含め、複数認識制御を実行しておくことにより、時刻Bにおいて、実空間と仮想空間を切り替え、実行を継続することが可能である。

最近のCPUでは、同じような考えで、処理速度を向上させるために、分岐命令を投機的に先行実行させておき、後で間違いであることが分かった時のみ、立ち戻り実行する構成となっている。

本方法では、次のような特徴が考えられる。  
曖昧な条件でも、ネットワークを含めた準備ができていることから、空間を切り替えることにより、即座に最適な認識制御が実行できる。

一箇所に情報を集め制御する方法に比べ、分散自律型であることから、サービスの変更、障害に強い。

<ノード間の伝送信号>



(c) トレースフィードバック法

実社会では、後から“あの時、分かっておれば”と考えることがある。

このような結果を時間的に前の認識制御に生かせる方法をトレースフィードバック法と名付けた。

トレースフィードバック法の原理を、位置検出に適用させた場合を例にして説明する。

位置推定モデルを、対象物から送信される信号を面的に配置した検知センサーを付けたノードで検出し、位置を推定する構成にする。

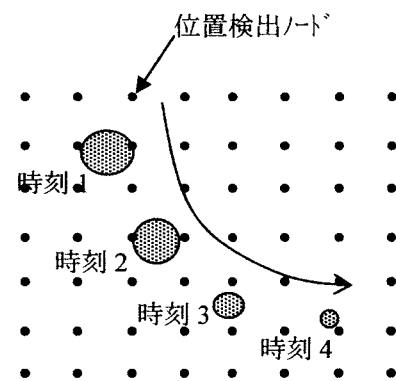
最初は、対象物から送信される信号は周辺障害物などによる反射等において、曖昧になり、そのため位置検出精度は低い。しかしながら、時間の経緯とともに、統計的なノードにおいて受ける信号の統計的な処理、対象物の動きから、矛盾する受信データの排除処理などにより、位置検出精度は、高くなる。図4(a)は、定期的に検出される対象物の位置を示したもので、円の中に対象物があることを示している。時間の経緯とともに、検出精度が向上することから、次第に曖昧さが少なくなることを示している。

次に、過去の時刻1,2,3において、検出された各ノードの受信情報をもう一度用いて、位置を再推定すると、時刻4において向上した位置精度で時刻1,2,3における位置を確定することができる。図4(b)はこれを示したものである。

図4(c)は、時刻4までの、遅延時間はあるが、時刻1,2,3,4における対象物の位置推定情報をセンサーネットワークの位置情報として、伝送していくことができることを示している。

本方法では、次のような特徴が考えられる。  
曖昧な条件でも、とりあえずスタートできる。  
ネットワーク側において、本処理を実行することから、ローカル的な部分に生じる曖昧度を改善することが可能である。

一箇所に情報を集め制御する場合、情報の圧縮を図ることができる。



(a) 定期的に検出される対象物の位置

図3 仮想制御を含む認識制御フローとノード間を伝送する信号

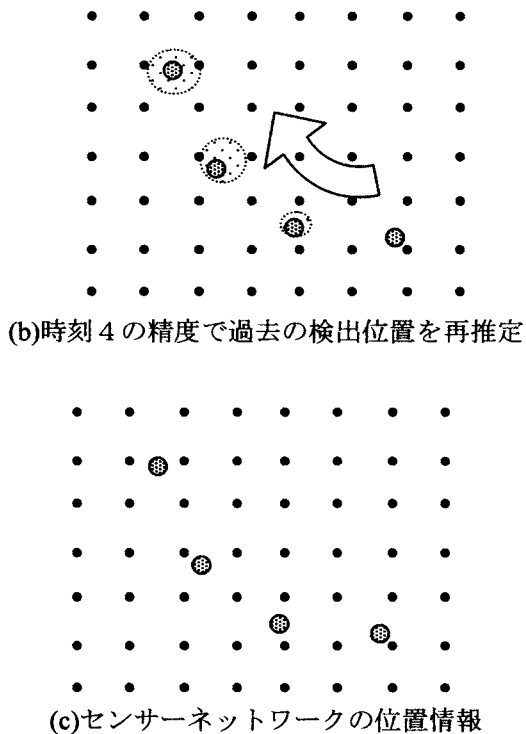


図4 トレースフィードバック法の概念

3. 無線伝送特有特性を用いた AI 手法

AIにおける推論制御において、全体を制御するメタルールが大きな役割をする。

一方、無線伝送では、電波の強度により、エリアを任意に設定できる。従って、関連するノードを制御するメタルールを電波の強度を用いて伝送することにより、瞬時に当該ノードに送り、同時にメタルールによる制御を追加することができる。

図5は電波強度コントロールを用いたダイナミックエリアメタルール伝送方法を示したものである。

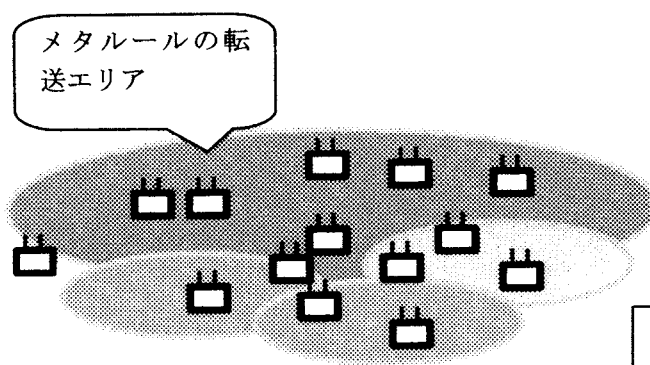


図5 電波強度コントロールを用いたダイナミックエリアメタルール伝送方法

4. アプリケーション例

提案する AI を用いた提案するセンサーネットワークシステムのアプリケーション例を示す。

<車の危険防止に適用した事例>

人間をノードと考えると、反応の遅延時間が大きい。例えば反射神経は 0.1 秒程度であるが人間の認識を含めると 0.5 秒に達する<sup>[13][14]</sup>。通信速度はそれに比べ2桁程度速い。そこで、車内にノードを張り巡らし、常に、仮想的な認識制御を同時実行させておき、危険な状態が近づいた場合、通信により、人間の認識よりも先回りし、ブレーキ、サスペンション等安全性に関する部分を準備しておけば、応答速度を早くし、危険を回避することが可能である。また、人間の意志により、制御が行われ、時間的な余裕がない場合においても、分岐に従って仮想的に実行することにより、即座に対応することが可能である。

図6は実施例を示したものである。

本例において、センサーネットワークは複数の仮想制御を同時に走らせ、状況（人間の応答、環境の状況）に応じて、最適な仮想制御を実制御に切り替えることができるようになっている。

人間が危険を感じ、ハンドルを右に切った場合、ネットワーク側は右、左の両方のパターンをすでに認識制御していることから、即座に対応することが可能となることがわかる。

条件

人間の認識：500msec

人間の応答：数 10msec

センサーネットワークの速度：数 msec

仮想制御を実行させる ノード間伝送信号



仮想制御を含む制御フロー

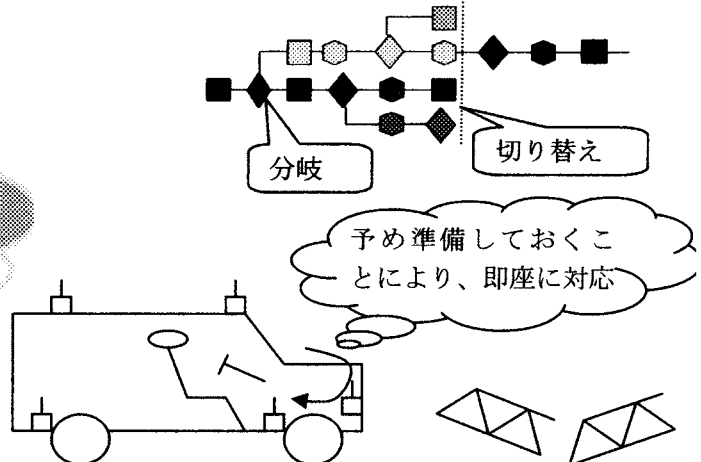


図6 車の危険防止に AI を用いたセンサーネットワークを適用した事例

## 5. あとがき

AI技術をネットワークに適用したセンサーネットワークシステムモデルを3つ検討した。

提案方法は自律分散したセンサーネットワークにおいて、実現したものであり、従来の集中制御形と異なる。

これから研究開発が加速されると思われるネットワークロボットなどに特に有効であると考ええる。

今後は、実回路により検証する予定である。

## 6. 謝辞

本研究テーマを遂行するに当たり、貴重なご意見をいただいた上智大学工学部服部武教授に深謝いたします。

## 文 献

- [1] 総務省、“ネットワークロボット技術に関する調査研究会報告書、”  
[http://www.soumu.go.jp/s-news/2003/030724\\_1.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2003/030724_1.html)
- [2] “特集 ネットワークロボット最前線”、電子通信学会誌、Vol.91,No.5,2008
- [3] 土井、萩田、小林、“ユビキタス技術 ネットワークロボット-技術と法的問題-”、オーム社、2007
- [4] M.Addlesee,R.Curwen,S.Hodges,J.Newman,P.Steggles,A.Ward,and A.Hopper, ”Implementing a sentient computing system,” IEEE Comput.Mag., vol.34,no8, pp50-56 Aug.2001
- [5] 西尾、“超小型デバイス用無線とセンサーネットワーク技術”、信学会誌 Vol.87, No.5(20040501) pp. 379-384 ,2004
- [6] 安藤、田村、戸辺、南、“センサーネットワーク技術”東京電機大学出版、2005
- [7] 石川 “アクティブセンシングとロボットハンド”、日本ロボット学会誌、vol.111, no7,pp938-942,1993
- [8] 鏡、石川 “センサフュージョン-センサーネットワークの情報処理構造”、信学論文誌 A Vol.J88-A No.12 pp1404-1412,2005
- [9] W.R.Heinzelman,J.Kulik and H.Balakrishnan, ”Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks”, Fifth ann.ACM/IEEE Int. Conf, MOBICOM, pp174-185, 1999
- [10] B.Chen,K.Jamieeson,H.Balakrishnan and R.Morris,”Span:an energy-efficient coordination algorithm for topology maintenance in ad hoc wireless networks,”ACM MobiCom 2001
- [11] C.Intanagonwivat,R.Govindan and D.Estrin,”Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks”,Sixth Ann.ACM/IEEE Int. Conf.MOBICOM,pp56-67,2000
- [12] 荒井、小川、パロリ・レオナルド、“移動ロボット群協調制御のためのリアルタイム通信機構の性能解析”、信学技報 IN2005-81,2005
- [13] 本郷、廣重、豊田、熊田、小澤、福田、本間、標準生理学(第5版) pp115-137
- [14] ベンゾミン・リハット(下條訳) “マインド・タイム”、岩波書店,2005
- [15] 阪田 “センサーネットワーク”、オーム社、2008
- [16] 郡、“アクティブセンサーネットワークと協調型インターフェイスの研究”,信学技報 MoMuC2008-13,2008
- [17] 郡 “AI(Artificial Intelligence)を組み込んだセンサーネットワークの検討”,信学技報 USN2008-12,2008

## 展示用波長多重光通信システムの設計と構築

Design and Trial Manufacture of a Wavelength Division Multiplexed Optical Transmission System for Exposition

袴田 吉朗\*

Yoshiro HAKAMATA

**Abstract:** The paper summarizes the design of a Wavelength Division Multiplexed Optical Transmission System for Exposition. It consists of a plastic optical fiber, a personal computer, PIC micro computers and optical filters. A Green and a Red LED are used for optical transmitters. The system hardware configuration and software configuration are precisely described in the paper.

### 1. はじめに

多くの高校生に電気電子に対して興味を持って貰うためには、「動く」、「光る」、「音が出る」などの要素を取り入れた展示物が効果的ではないかと考えている。この観点から昨年度には文字が「光り」ながら「動く」、という2つの要素を取り込んだ漢字表示電光掲示板（以下漢字ディスプレイ）を設計、試作し [1]、いろいろな所で使用してみて効果がありそうな感触を得た。

一方、3年前にプラスチック光ファイバ（POF）を用いた低速の光通信システムを作り、オープンキャンパスの展示において使用してきた。

今回両者を組み合わせることにより、オープンキャンパスに来場された高校生に「高校名」を教えて貰い、その「高校名」を光通信システムにより伝送し、漢字ディスプレイに表示するようにすればよりインパクトがあり、電気電子に対して今までよりも興味を持ってもらえるようになるのではないかと考えたのが、本システムを構築することにしたきっかけである。

幸いにも所望の波長フィルタを入手することができたので、従来の光通信システム（以下緑色通信系）をそのまま生かして、新たに赤色通信系を製作し波長多重光通信システムとして構築することにした。本論文では今回試作した波長多重光通信システムの設計および試作内容をとりまとめた結果を示す。

### 2. システムの概要

#### 2.1 概要

図 2.1 にシステム全体の構成を示す。本システムは、緑色通信系(green)と赤色通信系(red)を2つの波長フィルタで合成・分離し、1本のプラスチック光ファイバ（POF）を用いて伝送する波長多重光通信システムである。送信器（以下TX）、受信器（以

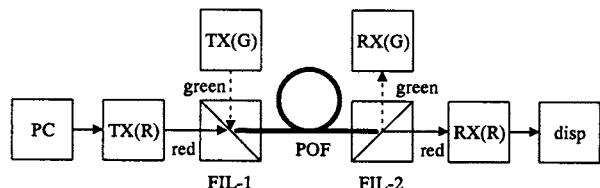


図2.1 システム全体の構成

下RX）、漢字ディスプレイ（disp）などを構成する主要部品にはPICマイコンを使用している。

#### 2.2 緑色通信系

TX、RXともPIC16F84Aにより構成している。TX内部に格納した下記のデータをSW切り替えにより選択して送信する。

- ① Welcome to DENKIDENSHI KOUGAKUKA（メモリに格納）
- ② QUICK FOX JUMPS OVER THE LASY DOG（EEPROMに格納）

図2.2に示すように、8ビットのデータを1ビットのスタートビットおよび1ビットのストップビットで挟み込んで伝送する調歩同期方式を用いて送受信を行っている。1ビット時間は100ms、すなわち伝送速度は10baudであり、伝送速度を敢えて遅くしてLEDの点滅がよく分かるように配慮した。TXでは、データの送信に先立ちフレーム同期パターンとして5個の\*（あるいはSW切り替えにより7Fh）を送信するようにし、受信データを液晶ディスプレイに表示するときフレーム同期が取りやすいようにした。

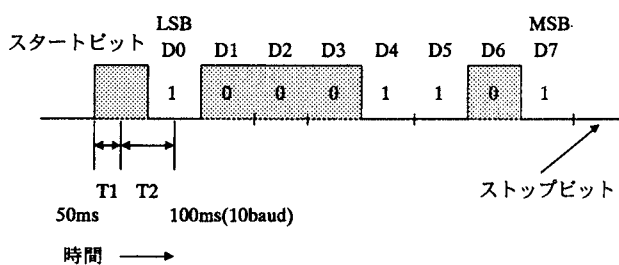


図2.2 緑色通信系における伝送路フォーマット

RXにおいて1バイトのデータを受信する手順は以下の通りである。なおプログラムはCCS社のCコンパイラを用いて作成し、RS232Cの送受信はC言語の命令を使用してソフトウェア的に実現した。

(a) ポートAのRA4にフォトトランジスタTPS601Aを接続しており、RA4出力をセンスしてスタートビットがHになるのを待つ。PICマイコンのクロック周波数は20MHzである。

(b) RA4=Hを検出したら半ビット時間である50ms（T1）だけ待ち、その後1ビット時間100ms（T2）待つ毎に8ビットのデータをLSBから順次受信し、変数rxdに格納する。

2010年2月5日受理

\*理工学部 電気電子工学科

- (c) 8ビットのデータ受信が終了したら、1ビット時間(100ms)待ち、RA4=Lによってストップビットを確認し1バイトの受信を終了する。
- (d) 受信したデータを20×2行のLCDキャラクタディスプレイに表示させる。
- (e) なおRXにおけるPICをリセットするとフレーム同期パターンの受信に移行し、5個のフレーム同期パターンを受信後データの受信が可能になる。

図2.3は、使用した波長フィルタの波長-透過率特性を示している。遷移帯域は560nm~600nmであり、緑色(525nm)における透過率はほぼ0である。また赤色(660nm)における透過率は0.98である。したがって緑色のLED光が反射、赤色のLED光が透過するように、POFに対して波長フィルタを45°の角度をなして固定する治具を作製して使用した。

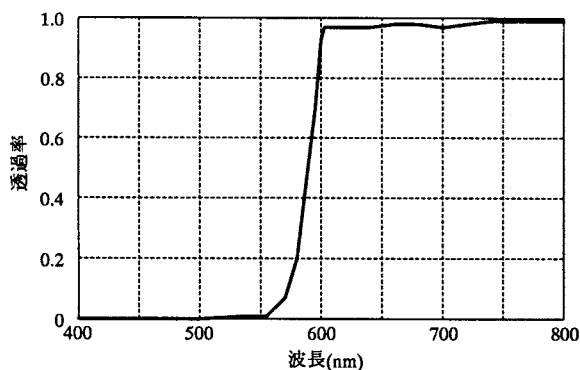


図2.3 使用した波長フィルタの波長-透過率特性

### 2.3 赤色通信系

PC, TX, RX および漢字ディスプレイ、赤色LED、フォトトランジスタ、波長フィルタおよびPOFなどからなる。

通信には、PICマイコン(PIC16F648A)およびPCにインプリメントされているUART(調歩同期通信)機能を使用した。またPCで使用したRS232C通信は、インターネットからダウンロードした「C++におけるRS232C通信クラス」を基にして一部変更を加えて実現した。

#### (1) PC

以下の2つのプログラムを作成して使用した。

- ・ 漢字データ作成プログラム `kanji_input.exe`
- ・ 漢字データ送受信プログラム `hterm.exe`

`hterm.exe`を起動してマウスを右クリックすると、ShellExecute命令を用いて`kanji_input.exe`を実行し、ファイル`kanji_data.ini`に格納した漢字データを読み込むことができる。

#### (2) TX, RX および漢字ディスプレイ

最初は、PCから送信した高校名のデータをPIC内部のEEPROMに書き込んだ後、このデータを順次バケツリレー的に受信側に伝送する方式を検討した。漢字ディスプレイでは、EEPROMに漢字データを書き込んだ後、漢字個数の値を変数NAME\_MAXに格納し、データの表示に移行する。

伝送速度は以下のようにになっている。

- ・ PC-TX間 19.2kbaud

- ・ TX-RX間 19.2kbaud
- ・ RX-漢字ディスプレイ間 19.2kbaud

しかし、この方式ではPCにおいて高校名を送信してから、漢字ディスプレイが表示を開始するまでに数10秒の時間がかかった。このため最終的にはRXにおいて受信データをEEPROMに書き込むのを止め、受信データを単にトランスバレントに漢字ディスプレイに送信する方式に変更した。

### 3. ハードウェア構成

#### 3.1 TX

図3.1にTXの回路図を示す。ポートBにおけるRB3の出力によりNANDゲート(74HC00)を用いた2-1セレクタを制御し、RB3=Lの間は、RB2出力(RS232C出力)をPCに返送する。一方TXのEEPROMに漢字データが書き込まれるとRB3=Hになり、RB2出力(RS232C出力)によって赤色LEDを点滅させ、POFを介してRXに向けて光信号を送信する。

光信号を送信中に新しい高校名を受信すると、RS232Cの受信割り込みPIRがアクティブになる。この結果図4.4のフローチャートに示すように変数`write_flag=1`となる。この`write_flag=1`の結果を受けてRB4がLとなる。この信号を、100pFと10kΩから成る微分回路を介してNANDゲートを用いたアースクランプ型の単安定マルチバイブレータに入力し、入力信号の立下りエッジを用いてトリガをかけ、PICのリセット信号(9ms幅)を生成する。このリセット信号によってPICをリセットし、新しい高校名の受信に移行するようにしている。

MAX232AはRS232Cのレベル変換用のICであり、PCから送信される±15Vの信号をTTLレベル(+5V)に変換している。2番ピン(RxD)にT線を、3番ピン(TxD)にR線を接続することによりクロス接続を実現している。またRTS線はCTS線に、DTR線をDCD線およびDSR線に折り返している。

#### 3.2 RX

図3.2にRXの回路図を示す。フォトトランジスタTPS601Aに1kΩの負荷抵抗を直列接続し、全体に5Vの逆バイアスをかけて広帯域化を図り受光系を構成している。負荷抵抗の値は19.2kbaudの伝送速度に対して十分な帯域が得られるように、カットアンドトライによって調整して1kΩに決定した。後置したコンパレータLM311Pによって論理振幅を5Vにまで増幅しているが、オペアンプを用いればしきい値の調整が不要となるためベターであったかも知れない。

当初は、漢字データに先立って伝送する図4.5に示すヘッダーフレーム(58個の\*, number(2B), データ個数(2B)および終結デリミタ7Eh)において、フィールドnumの値が更新されたときに「新しい高校名」を検出できたとするプログラムを検討した。しかし、この方法では理由は不明であるが、numの差分を再現性良く検出することができず断念した。

そこで「新しい高校名」を送出するのに先立ち、TXからRestart信号を送信するようにし、この信号を検出したときに「新しい



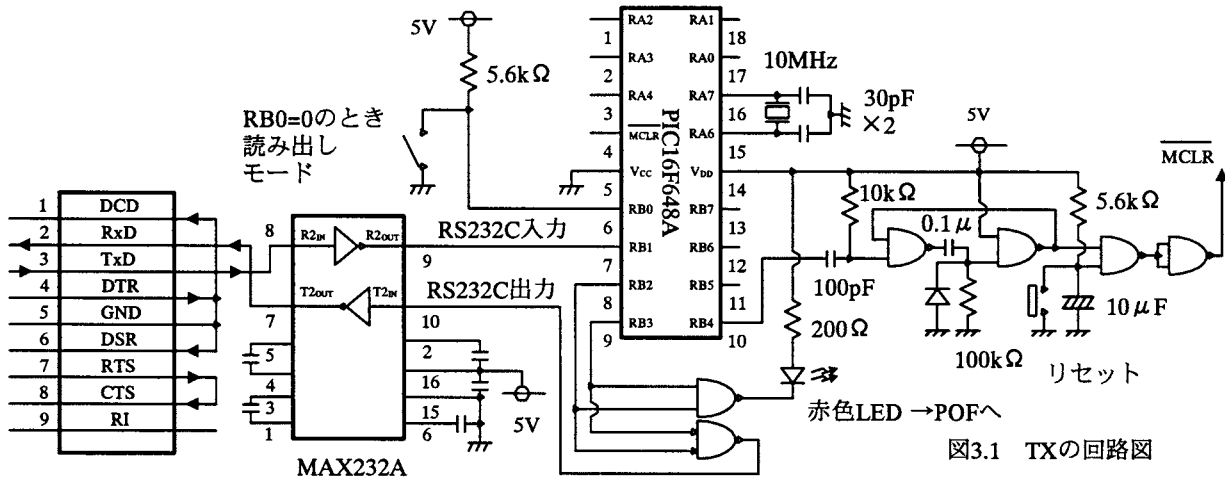


図3.1 TXの回路図

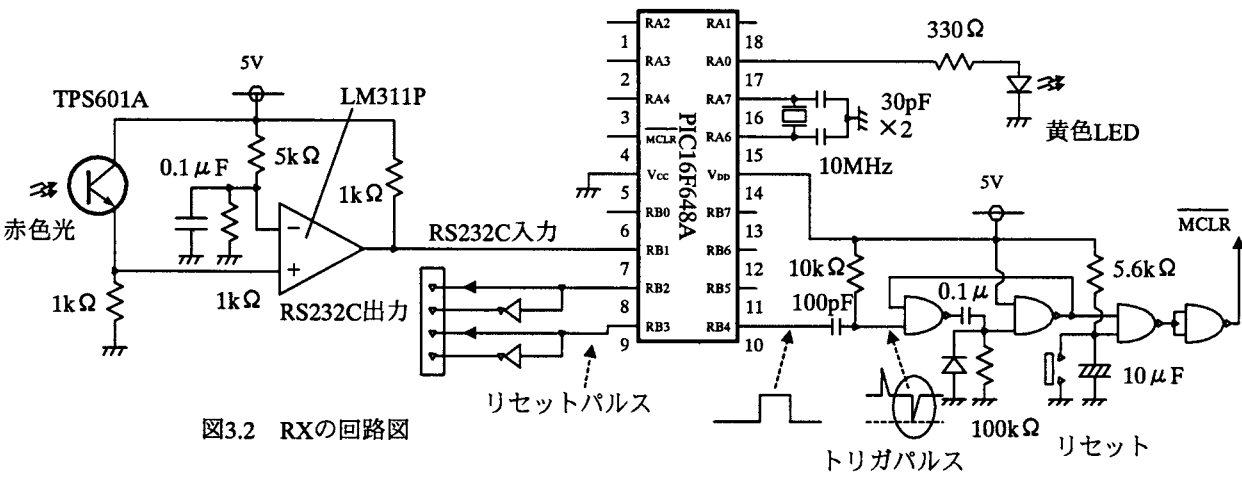


図3.2 RXの回路図

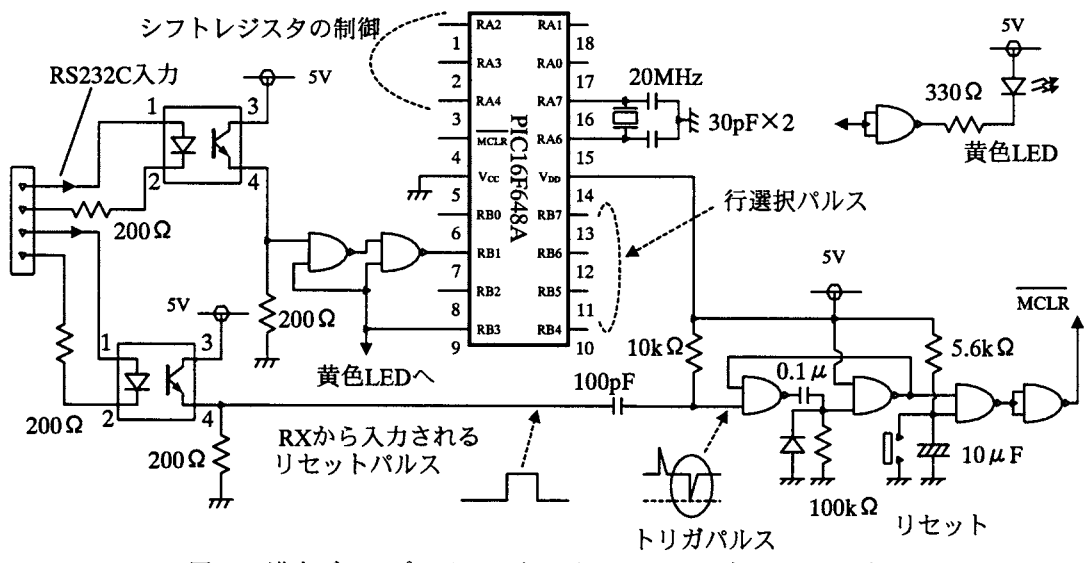


図3.3 漢字ディスプレイの回路図 (RS232Cおよびリセット関連のみ)

高校名」をEEPROMに書き込むようにする方法を検討した。  
 まずTXからのRestart信号を検出したときに処理をプログラムの冒頭にジャンプさせるようにしてみたが、うまく動作しなかった。このためRestart信号を検出したときにRB4を10msだけHとし、この信号を微分して外付けの単安定マルチパイプレータにトリガ信号を加えPICをリセットするようにした。リセットをかけると処理がプログラムの最初から実行され、「新しい高校名」をEEPROMに書き込むことができるようになった。

RA0に接続した黄色LEDは、高校名を構成する一つの漢字データ(アスキー変換により64B)が漢字ディスプレイに転送される度に10msだけ点灯する。  
 RB3は、RXにおいてEEPROMへの漢字データの書き込みが全て終了した後に10msだけHとなり、漢字ディスプレイに転送されて漢字ディスプレイをリセットする。この結果、漢字ディスプレイはEEPROMへの読み込みモードに移行する。当初は負極性のパルスとしていたが、この場合にはRestart信号を検

出してPICにリセットがかかるとRB3もLとなり、このとき漢字ディスプレイが一旦リセットされる。したがってリセットパルスが2回出ることになり、この不都合を回避するために正極性パルスに変更した。

RS232C 出力およびリセット出力を差動出力としているのは、RX と漢字ディスプレイの電源を分離するためにフォトカップラーを用いており、ダイオードとの間でカレントループを作るためである。

なお最終的には、転送時間を短縮するためにRX においては漢字データをEEPROM に書き込まず、入力データを単にトランスペアレントに出力するプログラムに変更したが、回路の変更は特に必要なかった。

### 3.3 漢字ディスプレイ

図 3.3 に漢字ディスプレイの回路図を示す。行選択パルスおよびシフトレジスタの制御に関する回路は省略してある。RX から、RS232C 経由のデータと「新しい高校名」検出時のリセット信号（いずれも TTL レベルの信号）が差動信号として入力される。

これらの信号をフォトカップラーで受け、電源を分離している。

なお RS232C のデータについては、フォトカップラーの出力を 2 段の NAND ゲートを介して RB1 (RS232C 入力) に入力している。このゲートを RB3 出力によって EEPROM へのデータ書き込み時のみ RB1 にデータが入力されるように制御し、漢字を表示している間には RB1 にデータが入力されないように制御している。このゲートがないと漢字を表示しているときに、RB1 にデータが入力される度に表示が誤る現象が生じたのでこれを回避するために取った方策である。

## 4. ソフトウェア構成

### 4.1 PC

図 4.1 に漢字データ送受信プログラム hterm.exe における OnDraw() 関数の概略フローチャートを示す。RS232C

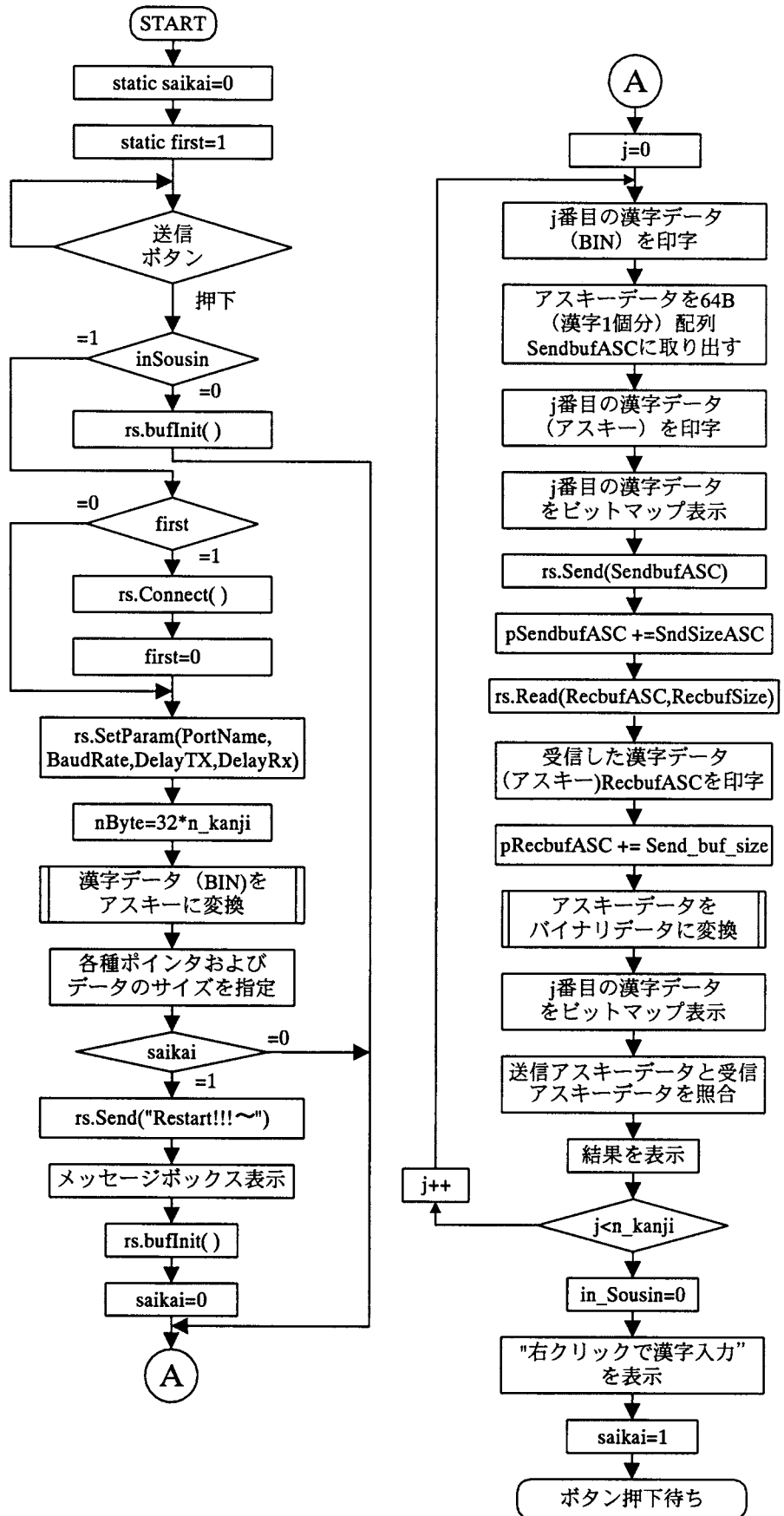


図4.1 hterm.exe における OnDraw() 関数のフローチャート

を使用した通信は、インターネットからダウンロードした「C++におけるRS232C通信クラス」を使用させて頂いた。なお追加、修正した箇所は以下の通りである。

- ① 図 4.1 には明示されていないが、OnDraw( )関数の外側でRS232c rs; とクラスRS232cのオブジェクトrsをグローバル宣言している。
- ② メンバ関数 SetParam( )を追加し、使用するポート (Portname), ボーレート (BaudRate), 送信遅延 (Delay\_TX), 受信遅延 (Delay\_RX) を変更できるようにした。切断時に、メニューから通信設定、インタフェース設定を選択すると設定用のダイアログが起動して先のパラメータを変更できる。
- ③ データ長 (8 ビット), パリティ (なし), ストップビット長 (1 ビット), フロー制御 (なし) については固定とした。

プログラムが起動し「送信」ボタンを押すとドキュメントクラスの変数inSousinが1になる。このとき静的変数 firstは1であり、命令 rs.Connect( ) が1回だけ実行されRS232Cインタフェースにおけるデフォルトの設定が行われる。その後で命令rs.SetParam( )を用いて②で示した4つのパラメータの設定変更が行われる。

変数 n\_kanji は「漢字データの個数+1」である。変数 saikaiは静的変数であり、プログラム起動時にはリスタート信号が送信されないようにしている。

図 4.1 における右側の部分が実際にデータを送受信する部分である。漢字データはバイナリデータであるため以下のようにアスキーデータに変換して配列 SendbufASC( )に一旦格納し、命令rs.Send(SendbufASC)を用いて送信している。

1B のバイナリデータを 0xab とするとき、 2B のアスキーデータ 0x3a 0x3b として送信する

TX から返送された漢字データを 命令rs.Read(RecdbufASC,RecbufSize) により受信している。

漢字の個数データおよび漢字データを送信し終わると「切断 (inSousin=0)」に移行し、「右クリックで漢字入力を表示」を画面に表示する。

また変数 saikai=1 とするので、次に送信ボタンを押してinSousin=1 になったとき、命令 rs.Send("Restart!!!Restart!!!~") によってTXに対して1回だけリスタート信号を送信する。

**4.2 TX, RX および漢字ディスプレイにおける共通事項**

(1) リングバッファによる受信 [3]

TX, RX および漢字ディスプレイにおいてデータを受信するときに、リングバッファを用いてデータの取りこぼしのないようにしている。図 4.2 にリングバッファの構成を示す。2つのポインタ s\_p および e\_p を使用し、データを受信するたびにポインタを制御しながらサイクリックにデータをバッファに格納する。バッファのアドレス範囲は 0x30~0x6F であり、漢字 1 文字分のアスキーデータを格納できる 64B とした。漢字 1 文字分のデータがバッファに貯まると、そのデータを EEPROM に書

き込む。

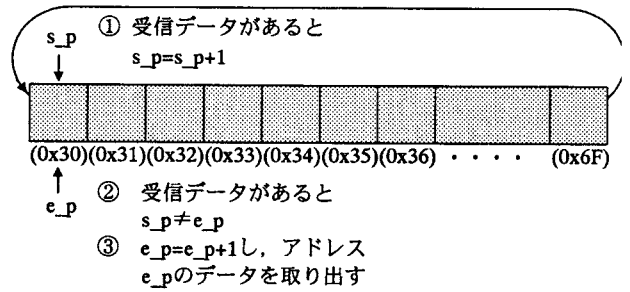


図4.2 受信リングバッファ

(2) EEPROM への書き込み時間の確保

今回使用した PIC16F648A の EEPROM にデータを書き込むためには、書き込むための時間の余裕が必要である。定量的な値が分からなかったので以下のように対処した。

- ・TX・・・PC から 64B のデータを受信する度に EEPROM に書き込んでいる。次のデータが書き込まれるまでには、EEPROM に書き込んだデータを再度読み出して PC に返送し、正しく送信されたか否かの検査後に、次のデータが送受信されるまでの時間が経過する。このやり方で問題はなかった。
- ・RX, disp・・・最初 TX から 19.2kbaud の速度で連続的に送信して RX の EEPROM に書き込もうとしたところうまく書き込めなかった。試行錯誤した結果、TXから図4.3に示すように、64B 送信するたびに 1s のギャップを入れるようにした。また 1 バイト送信するたびに 0.5ms のギャップを入れるようにした。

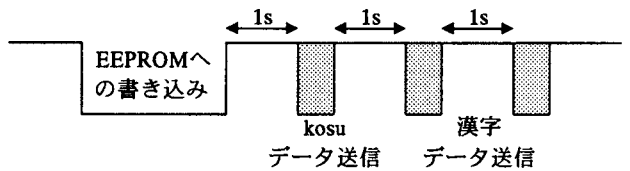


図4.3 TX-RX間におけるタイミングチャート

(3) RX, disp の UART におけるオーバーランエラー、フレーミングエラーの検出とリセット

TX では上記の検出を行っていないが、特に問題は生じていない。RX でも最初は検出を行っていなかったが、書き込みの再現性が良くなかった。そのため LED を点灯させることによりオーバーランエラーおよびフレーミングエラーが発生しているか否かを検査したところ、時々生ずることが分かった。そこで単なるデータの受信だけでなく、オーバーランエラー、フレーミングエラーの検出とエラーのリセット処理を追加したところ安定して受信でき EEPROM に書き込めるようになった (図 4.4 における破線で囲った部分)。

**4.3 TX**

図 4.4 に TX におけるプログラムの概略フローチャートを示す。大まかな流れは以下のものである。

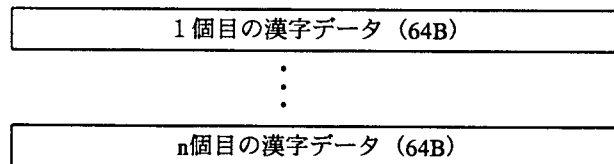
- ① RS232Cインタフェースや各種変数の初期化を行う。
- ② ポート B における RB0 は、RB0=0 のとき TX に書き込ま

れた漢字データをRXに対して連続的に送信するためのデバッグ用である。

- ③ 通常動作ではRB0=1であり、このときポインタ s\_p および e\_p を 0x30 に、BUFF\_FULL=0 に初期化する。
- ④ 関数 GET\_RD は割り込み処理ルーチンにおける処理と呼応して、先に述べたリングバッファによってPCから送信されたデータの受信を行う。64Bのデータを受信し終わると、変数 BUFF\_FULL=1 となる。  
PC→TX 間のフレーム構成は、図 4.5 に示す TX からRXに送信されるフレームとは、漢字個数データの送信フレームが「漢字個数データ×64 個」になっている点のみ異なるだけである。
- ⑤ リセット時には変数 kosu\_set=1 である。関数 capture\_kanji\_kosu\_new において、最初にPCから送信される漢字個数を調べ変数 kanji\_kosu\_cnt に代入する。また変数 kosu\_set=0 として次に送信される漢字データの取得に備える。
- ⑥ 関数 data\_send\_back では、漢字個数データをPCに返送する。このときRB3=Lになっている。
- ⑦ 次にPCから漢字データ(64B)が送信されてくると、関数 write\_into\_eeprom においてそのデータを順次PICにおけるEEPROMに書き込む。
- ⑧ 関数 read\_from\_eeprom において、書き込んだデータをEEPROMから読み出し、関数 data\_send\_back によって漢字データをPCに返送する。⑦⑧の処理を変数 kanji\_kosu\_cnt の回数だけ実行する。
- ⑨ 図 4.4 における真ん中の部分は、赤色のLEDを駆動してRXに対してデータを送信する部分である。変数 write\_flag はRS232C受信割り込み(PIR)によって「新しい高校名」を検出したときに1となる。したがって初期値を0にしておく必要がある。
- ⑩ ポートBにおいてRB3=Hとし、図3.1の回路図における2-1セレクタを制御し、送信データがLEDを駆動できるようにする。

58個の*	num_h	num_l	kosu_h	kosu_l	7Eh	7Eh
-------	-------	-------	--------	--------	-----	-----

(a) 漢字個数データの送信フレーム



(b) 漢字データの送信フレーム

図4.5 TXからRXに送信される信号のフレーム

- ⑪ 関数 send\_kosu\_new\_64B によって、漢字データの個数を光信号に乗せて送信する。TX→RX間のフレーム構成は

図 4.5 に示すフレーム構成とほぼ同じである。

- ⑫ 引き続き関数 read\_from\_eeprom によりEEPROMから漢字データを読み出し、関数 data\_send\_forward によりLEDを駆動して送信する。PICのEEPROMにデータを書き込むためにはある程度の待ち時間が必要である。そのため図 4.3 に示したように64B送信するたびに1sのギャップを入れている。
- ⑬ 変数 write\_flag が1になるのは、「新しい高校名」の転送に先立ちTXから送信されるRestart信号をISRにおいて受信した時である。このとき kosu\_set=1 としてヘッダフレームの受信を可能にさせ、RB3=Lとして光信号の送信を停止し、RB4=Lとして単安定マルチバイブレータにリセット信号を送出してTXにおけるPICをリセットする。

#### 4.4 RX

##### (1) バケツリレー方式の場合

図 4.6 にバケツリレー方式の場合におけるRXの概略フローチャートを示す。大まかな流れは以下のようである。

- ① RS232C インタフェースや各種変数の初期化を行う。
- ② 図 4.5 に示したフレームがTXから連続して送信されてくるので、漢字個数データの送信フレームにおける\*を検出しヘッダフレームを受信する。
- ③ \*の検出ができたなら、引き続き漢字個数(kosu)を取得する。TXと異なりデータの返送はない。
- ④ 次に漢字データを取得しEEPROMに書き込む。  
図 4.6 における右側の部分は、漢字データをEEPROMに書き込んだ後漢字ディスプレイに対してデータを送信する部分である。まずRB3を10msだけHとして漢字ディスプレイにリセット信号を送り、漢字ディスプレイをEEPROMへの書き込みモードにセットする。
- ⑥ その後、データを1回だけ送信する。
- ⑦ データ送信後は割り込みを可とし、「新しい高校名」が送られたか否かのセンス(検査)に入る。TXから送信されるRestart信号を検出するとISRにおいて変数 r\_detect が1になるので、これを検出する。
- ⑧ r\_detect=1になるとRB4を100msだけHとし、RXをリセットすることによって「新しい高校名」の受信モードに移行させる。

##### (2) トランスペアレント伝送の場合

図 4.7 にフローチャートを示す。

- ① まずRS232Cの初期化、RB3の初期化を行う。
- ② ポインタの初期化を行った後、関数 GET\_RD で受信する。
- ③ 関数 GET\_RD を実行すると受信データがなく s\_p=e\_p のときはZフラグ=1となる。一方受信データがあると s\_p≠e\_p となり、Zフラグ=0となる。
- ④ 受信データがありZフラグ=0となった場合には、まずRestart信号の先頭の値“R”であるか否かを確認する(“R”=0x52)

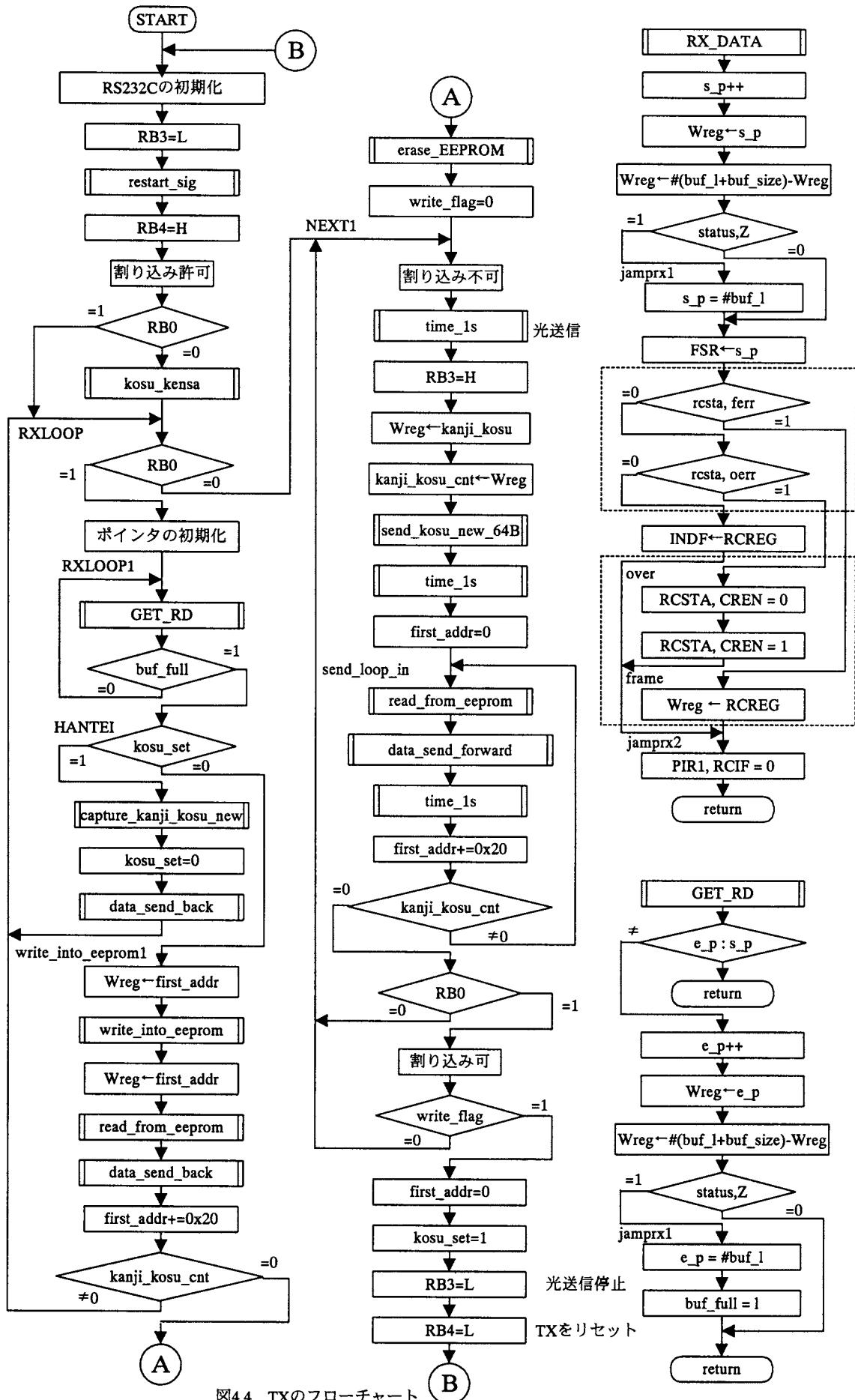


図4.4 TXのフローチャート

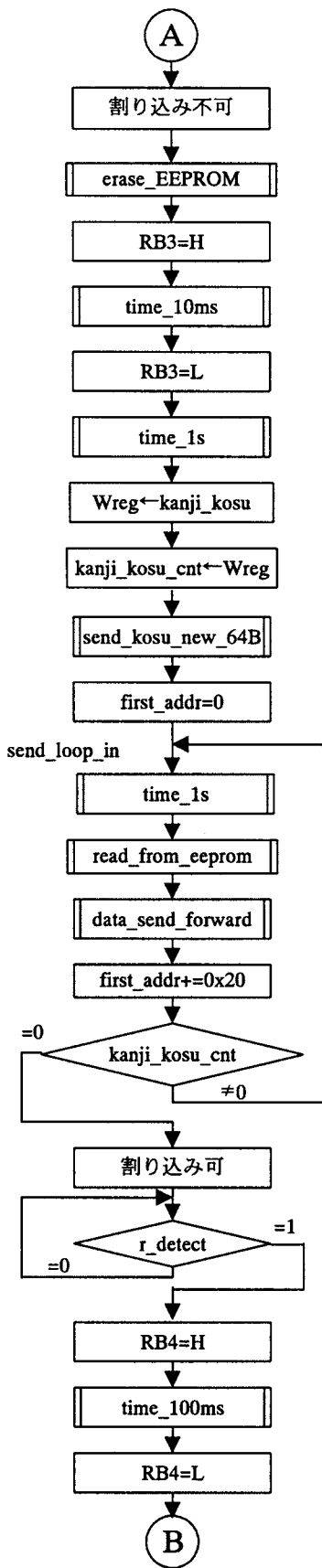
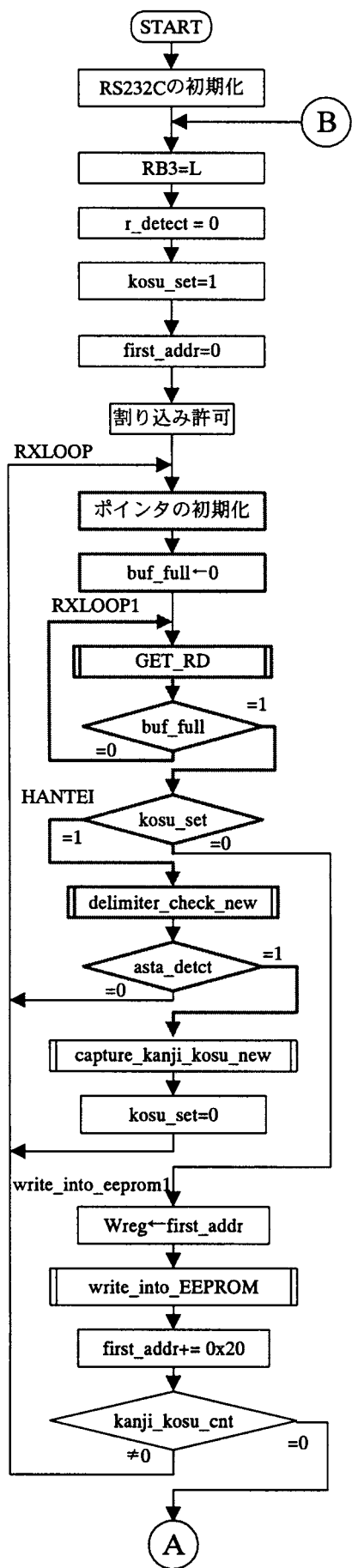


図4.6 RXのフローチャート (パケットリレー方式の場合)

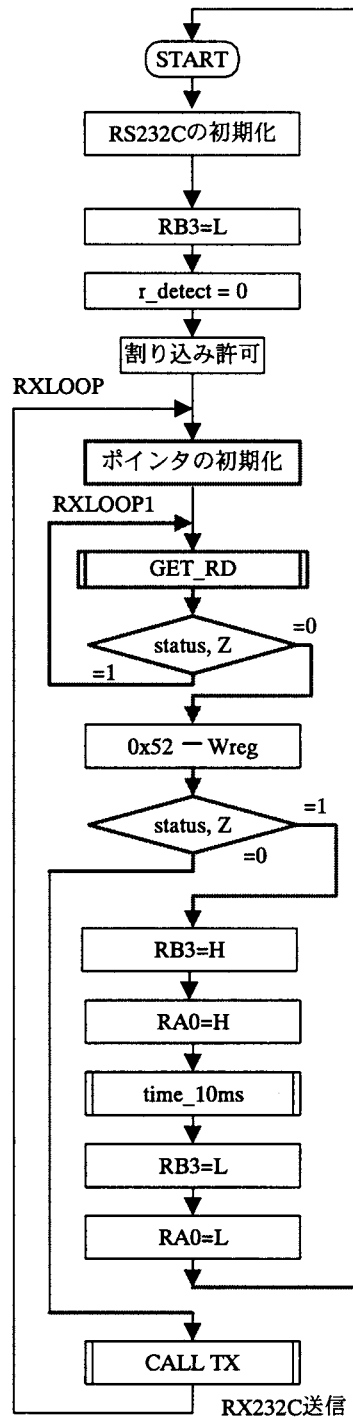


図4.7 RXのフローチャート (トランスペアレント伝送の場合)

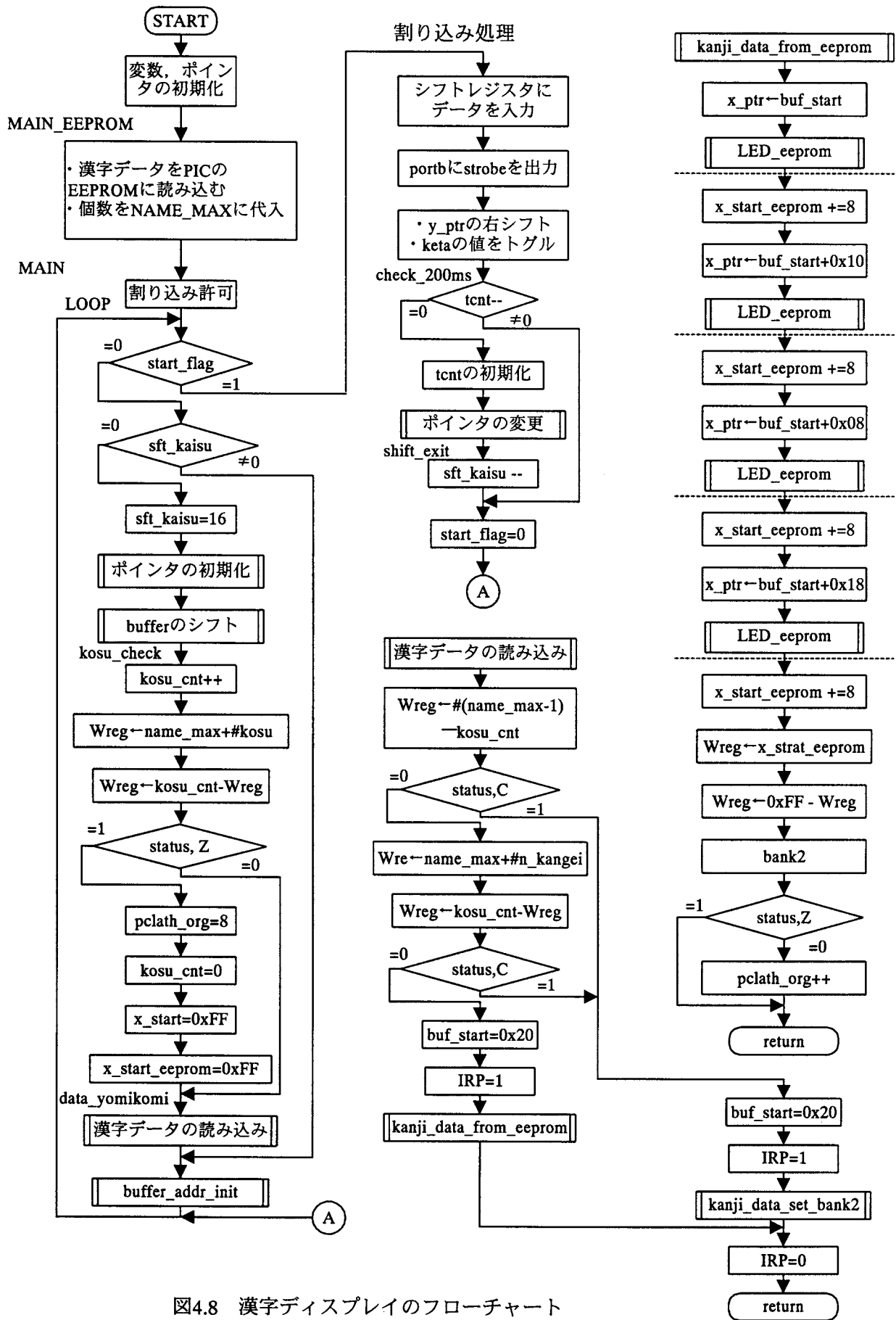


図4.8 漢字ディスプレイのフローチャート

- ⑤ 受信データが“R”でない場合には関数 TX によって漢字ディスプレイに対して受信したデータを即時に送信する。
- ⑥ 一方受信データが“R”の場合には 10ms 間 RB3=H とし、漢字ディスプレイにリセット信号を送信する。また同じ時間だけ RA0=H とし、黄色の LED を点灯させる。

#### 4.5 漢字ディスプレイ

漢字ディスプレイのプログラム構造は

「RX のプログラム (バケツリレー方式) + 漢字ディスプレイのプログラム」のようになっている。

- ① PIC をリセットすると図 4.6 に示した RX のフローチャートに従って漢字データを EEPROM に書き込む。
- ② 漢字データの個数を変数 NAME\_MAX に格納後、処理が図 4.8 に示す漢字ディスプレイの処理に移る。
- ③ 漢字ディスプレイでは、PC から送信した高校名を漢字ディスプレイに格納してある文章にはめ込んで表示する。高校名が「静岡理工科」高校とすれば、以下のようになる。  
「!! 歓迎!! 静岡理工科高等学校の皆さん。電気電子工学科へようこそ」  
この文章は変更することができる。
- ④ なお、プログラムを工夫して高校名の箇所が反転表示されるようにしてある。

#### 5. 実行結果

##### (1) オープンキャンパスにおける実行結果

当初考えていたよりも動作が思うようにいかず試作に多くの時間を取られた。平成 21 年度における第 1 回目のオープンキャンパスは 7 月 26 日 (日) であったが、漢字ディスプレイのプログラムの修正に着手したのは 1 日前の 7 月 25 日 (土) であった。それまでに、差分検出により新規データを検出できないことに対する対策として単安定マルチバイブレータを使用する方策を取って解決してきたが、この時点でさらに以下の問題が生じた。

- ① 高校名の先頭の文字だけが正しく表示され、2 番目以降はすべての LED が点灯していた。
- ② 書き込み時間が大きい。  
①についてはアセンブラの命令 DECFSZ がうまく動作していないことが原因と判明し、INCFSZ に変更して解決できた。  
②については、RX をトランスペアレント伝送に変更した。さらにゲートを追加して、割り込みが入る度に表示が誤る不具合を解決した。
- ③ さらに以後の 3 回のオープンキャンパスにおける使用において、特定の文字が誤りやすいという蓋然性が認められた。

##### (2) その後の検討結果

(1) で述べた実行結果の不具合、特に③は極めて不可解であるが影響が重大であり、是非解決しなければならない課題であった。そこで更に以下の点について調査を行ってみた。

- ① RX のコンパレータの出力波形は方形波になっているか
  - ② コンパレータの識別レベルは入力振幅の 1/2 か
- これらについては十分な特性であり、問題なかった。そこで、

TX-RX-漢字ディスプレイ間のボーレートを 2400baud にまで下げてみたが、何ら改善が見られなかった。

一方 RX としてバケツリレー方式を用いると、データを EEPROM に正しく書き込めることから、漢字ディスプレイと RX (バケツリレー方式) の相違点を冷静に考えてみた。漢字ディスプレイでは一部の変数をバンク 2 に移動している点が異なっており、それらの変数の取り扱いにバグがあるのではないかと見当をつけてみた。そこで RX (バケツリレー方式) の EEPROM への書き込み部分を取り出し、変数をバンク 2 に移動することを止めてほぼそのまま適用し、そこに漢字ディスプレイのプログラムを付け加えてみた。これにより、バグのない動作が首尾良く得られた。DECFSZ の問題も同時に解決された。

なお、表示速度を 1/2 にしてダイナミック点灯の原理がよく分かるようにするスイッチを付加し、また「高校名」を強調するためにその部分の表示速度を落として表示できるようにした。

#### 6. まとめ

高校生に電気電子に対して興味を持って貰うことを狙いとして、3 年前からオープンキャンパスで展示用に使用してきた低速の光通信システムと、昨年度に試作した漢字表示電光掲示板 (漢字ディスプレイ) を組み合わせて波長多重光通信システムを設計、試作した。来場した高校生に自分の「高校名」を言って貰い、その「高校名」を光ファイバによって伝送することでインパクトを与えられるのではないかと観点で試作したものである。オープンキャンパスにおいて使用して一定の成果が得られたものとする。このシステムの概要を以下に示す。

- ・緑色の LED を使用した緑色通信系と赤色の LED を使用した赤色通信系からなる波長多重光通信システムである。
- ・伝送媒体は、プラスチック光ファイバである。
- ・赤色通信系を用いて、PC から入力した「高校名」を漢字ディスプレイに伝送し、「!! 歓迎!! 「高校名」高等学校の皆さん。電気電子工学科へようこそ」と表示できる。

#### 謝辞

波長多重光通信システムを構成する上で必要不可欠な波長フィルタを快く御提供頂いた野村龍男教授に深謝致します。また当研究室の卒研究生にはオープンキャンパスにおいて説明、案内等のご協力を頂いた。ここに深く感謝します。

#### [参考文献]

- [1] 袴田吉朗, “PIC マイコンと 16×16LED を用いた漢字表示電光掲示板の設計と試作”, 静岡理工科大学紀要, Vol.17, pp.133-142 (2009)
- [2] PIC16F627A/628A/648A Data Sheet Flash-Based 8-Bit CMOS Micro controllers with nano Watt Technology, Microchip
- [3] 神崎康宏, “作りながら学ぶ PIC マイコン入門”, CQ 出版社, 2007 年



# I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM ライターの試作と漢字ディスプレイへの応用

Design and Trial Manufacture of an I<sup>2</sup>C Serial EEPROM Writer System and its Application to a Kanji Display

袴田 吉朗\*

Yoshiro HAKAMATA

**Abstract:** The paper describes the design and the trial manufacture of an I<sup>2</sup>C serial EEPROM writer system. It consists of a personal computer, a PIC micro computer and computer programs installed in them. An I<sup>2</sup>C serial EEPROM in that eight different kanji data were written, was built in the kanji display made last year. Distributed read process from an EEPROM was used and it confirmed to work well. The paper also summarizes the results on the kanji display.

## 1. はじめに

多くの高校生に電気電子に対して興味を持って貰うためには、"動く", "光る", "音が出る"などの要素を取り入れた展示物が効果的ではないかと考えている。この観点から昨年度には文字が"光り"ながら"動く", という 2 つの要素を取り込んだ漢字表示電光掲示板 (以下漢字ディスプレイ) を設計, 試作し [1], いろいろな所で使用してみて効果がありそうな感触を得た。

試作した漢字ディスプレイでは、漢字データをプログラムメモリに格納しており、表示できる漢字の個数は最大 103 個である。また表示内容を変えるためには、漢字データを作成する専用のプログラムを使う必要があり、汎用性が劣る点で設計者以外には使いにくいと言える。

そこで種々の催し物などにおいて誰でも使えるようにするために、あらかじめ外部 EEPROM に多くの漢字データを格納しておきスイッチによってデータを切り替えられるようにしておく方法を検討した。

外部 EEPROM には I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM を使用することにし、本論文の前半では、PC のプログラムから PIC マイコンに搭載したプログラムを介して EEPROM に漢字データを書き込み/読み出すためのシステムの設計, 試作を行った結果を示す。また論文の後半では、シリアル EEPROM として 256K ビット (32K バイト) のメモリである 24LC256 を適用して、試作した漢字ディスプレイの表示内容を大容量化した検討結果を示す。漢字ディスプレイへの EEPROM の搭載により、スイッチ切り替えによって 8 組の漢字データ (1 組当たりの漢字数は最大 128 個) を表示することが可能となり、所期の目的を達成することができた。

## 2. I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM ライターのシステム概要

図 2.1 にシステム構成の概要を示す。本システムは、PC および PIC マイコンと両者に搭載された 2 つのプログラムからなる。PC と PIC 間の通信にはレガシーインタフェースである RS232C を使用している。ボーレートは 19.2kbaud である。PC のプログラムは VC++6.0 Standard Edition を使用して作成し

ており、コマンドを選択してクリックすると RS232C インタフェースを介して PIC に伝送されるようになっている。EEPROM の開始アドレスや漢字の個数はエディットボックスに 16 進数で入力するようにしている。

PIC のプログラムは、Microchip 社のアセンブラで作成しており、文献 [2] に掲載されている「Appendix 8 EEPROM の読み書き処理テスト・プログラム 2」の処理内容を基本とし、一部必要な変更を加えて作成した。変更した内容を以下に示す。

(1) 専用のライタープログラム (ターミナルソフト) を作成

文献 [2] では PC 側のターミナルソフトとしてハイパーターミナルを使用するようになっている。しかし漢字データはバイナリファイルでありこれをハイパーターミナルの形式に合わせる方法が理解できなかったこと、ハイパーターミナルでは読み出した EEPROM の内容が単に羅列されるだけで見難かったこと、から専用のライタープログラムを作成することにした。既に作成済みのプログラムがほぼ応用できると言う事情もあった。

(2) PIC には PIC16F648A を使用

文献 [2] では PIC16F877A と内蔵の SSP モジュールを I<sup>2</sup>C 通信処理に使用している。しかし本検討では従来から使用してきた 18 ピンの PIC16F648A を用いることにした。PIC16F648A は SSP モジュールを内蔵していないので、文献 [3] に掲載されている I<sup>2</sup>C 通信処理プログラムをファームウェアとして使用することにした。PIC と EEPROM 間のボーレートは約 50kbaud である (漢字ディスプレイでは約 100kbaud の読み出し速度)。

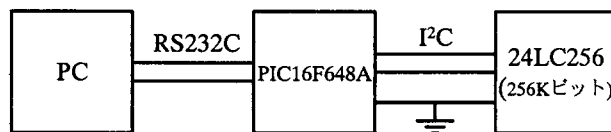


図 2.1 I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM ライターシステムの構成

## 3. PIC マイコンにおける構成

### 3.1 ハードウェア構成

図 3.1 に PIC マイコンを使用した I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM ライターのハードウェア構成を示す。PIC マイコンには漢字ディス

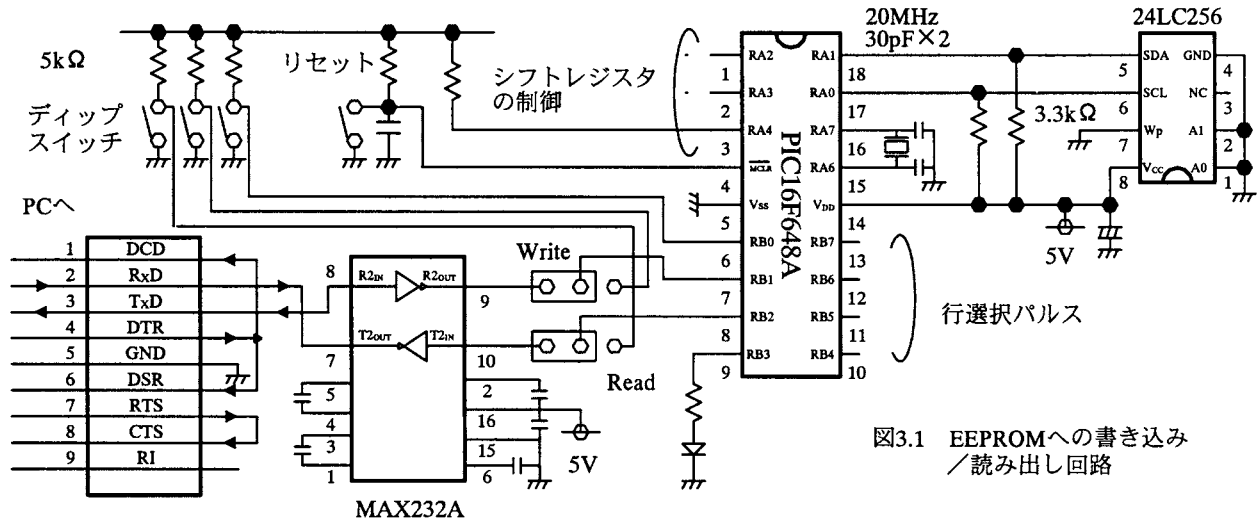


図3.1 EEPROMへの書き込み／読み出し回路

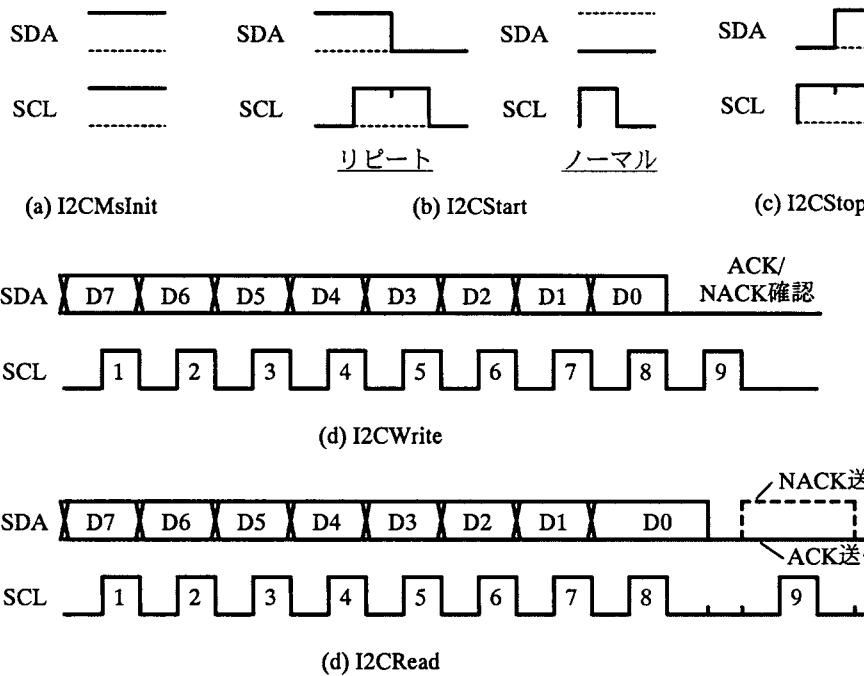


図3.2 ファームウェアを用いたI<sup>2</sup>C通信におけるコマンド

プレイとの共用を考慮して PIC16F648A を使用しているが、プログラム容量は大きくないので PIC16F628A も使用可能である。クロック周波数は 20MHz である。ポート A の RA0 を SCL ラインに、RA1 を SDA ラインに割り当てた。なお RA2~RA4、ポート B の RB4~RB7 は漢字ディスプレイ用である。

使用したシリアル EEPROM は 256K ビット (32K バイト) の 24LC256 である。3 ビットのディップスイッチはシリアル EEPROM を 8 分割し、1 つ当たり最大 128 個の漢字データを格納するために使用する。24LC256 のアドレス A0, A1 は 0 に固定している。3.3kΩ の抵抗は、EEPROM の SDA ラインおよび SCL ラインがオープンドレインとなっており、その負荷抵抗である。PIC のピン数が十分多くないため書き込み時には Write に、読み出し時には Read にストラップを接続する必要がある。

MAX232A は RS232C と TTL のレベル変換用である。

### 3.2 ファームウェアによる I<sup>2</sup>C 通信

図 3.2 にファームウェアを用いた I<sup>2</sup>C 通信におけるコマンドを示す。

I2CInit はバスを H にしてアイドルにするためにプログラムの動作開始時に実行する。I2CStart はスタートコンディションである。EEPROM の内容を読み取る際には、アドレス等の書き込みを行い、次に読み出しを行う。この時にはリピート・スタートコンディションを使用するが、それ以外の時にはノーマル・スタートコンディションを用いる。I2CWrite は PIC が EEPROM に書き込むときに使用するコマンドであり、1B のデータを書き込むために 10 SCL の時間が必要である。文献[3]の例では SCL の周期は 20μs (SCL の半周期は 10μs) になっている。

これはボーレートにすると約 50kbaud であり、この速度はライターの書き込み速度として特に問題ないことを確認している。

I2CRead は PIC が EEPROM から 1B のデータを読み出す時に使用するコマンドである。1B の読み出しに 11 SCL の時間が必要である。SCL の周期を 20μs としてもライターの読み出し速度としては特に問題ないが、漢字ディスプレイにおいて分散読み込みを行うためには速度が不足している。このため、漢字ディスプレイにおいては SCL の周期を 4μs に短縮して実行させている。この値はボーレートに直すと約 100kbaud に対応する。

### 3.3 EEPROM の書き込み／読み出し手順

#### (1) 書き込み手順

図 3.3(a) に PIC から EEPROM へページ・ライト・モードを用いて書き込む場合の手順を示す。この手順は後述するモード e およびモード f において使用する。

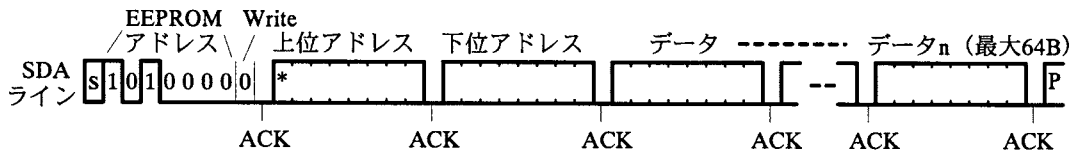


図3.3(a) EEPROMへ書き込む手順

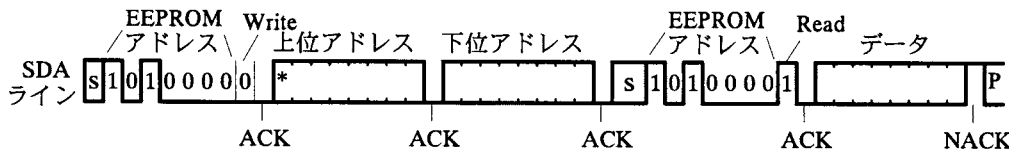


図3.3(b) EEPROMから1バイト読み出す手順

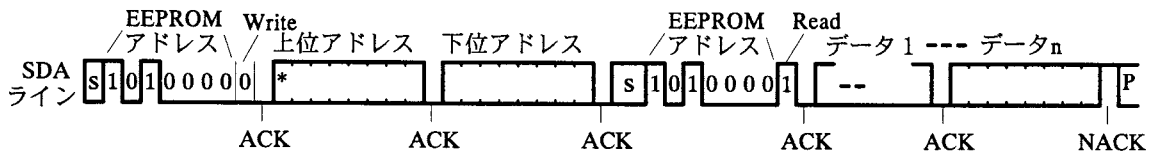


図3.3(c) EEPROMからnバイト読み出す手順

PICはマスターとして、I2CStartに引き続きI2CWriteコマンドを用いて1バイト目にコントロールバイト(1010+EEPROMの物理アドレス(0に固定)+R/W=0)を送信する。2~3バイト目にEEPROMのアドレスを15ビットで送信する。4バイト目から最大68バイト目までEEPROMから送信されるACKを受信しながら連続的にデータを送信でき、その後ストップコンディション(P)を送信する。最大送信可能なデータ量は64バイトであり、それ以上の場合には以上を繰り返す。

**(2) EEPROMからの1バイト読み出し手順**

図3.3(b)にEEPROMから1バイトを読み出す場合の手順を示す。この手順は漢字ディスプレイにおいて「漢字データの分散読み込み」において使用する。

PICはマスターとして、15ビットのEEPROMのアドレスを送信するために1バイト目にR/W=0としてI2CWriteコマンドを用いてコントロールバイトを送る。また書き込みの場合と全く同様に、データを読み出すためにEEPROMの15ビットのアドレスを送信する。引き続きI2CStartの後にReadモード(R/W=1)にしてI2CWriteコマンドを用いてコントロールバイトを送信し、その後I2CReadを送信して1バイトのデータを読み出す。受信完了後PICはマスターとしてNACKを送信する。

**(3) EEPROMからの複数バイト読み出し手順**

最初にコントロールバイトを送信し、引き続きEEPROMの15ビットのアドレスを送信し、2番目のスタートコンディション(S)としてリピートスタートコンディションを用い、コントロールバイトを送信し、I2CReadを用いるのは(2)の場合と全く同じである。違うのは、データを受信した後にNACKを送信せずACKを送信し、必要な個数のデータを受信後に初めてNACKを送信する点である。なおストップコンディション(P)の後に15msの遅延を入れるようになっている。これは非常に重要なポイントであり、この遅延がないと正しく書き込み/読み出しができないことを確認した。

**3.4 PC~PIC間の通信プロトコル**

図3.4にPC~PIC間の通信プロトコルを示す。文献[2]では、コマンドstart、コマンドa、コマンドd、コマンドeおよびコマンドrが定義されているが、本検討ではさらにコマンドkおよびコマンドfを追加した。またコマンドrに変更を加えた。なお漢字データはバイナリデータであり、トランスペアレントな伝送を行うためにバイナリーアスキー変換を行って伝送している。以下にプロトコルの概要を示す。

**(1) start コマンド**

PCからキャリッジリターン $\text{\$r}$ (0Dh)を送信することによりPICのプログラムが起動する。PICは $\text{\$r}$ をエコーバックし、またプロンプト $\text{\$redp}$ をPCに送信する。

**(2) コマンド a**

PCからアスキー文字“a”(61h)を送信する。PICは“a”(61h)をエコーバックし、またプロンプト $\text{\$r\_address}$ をPCに送信する。PCは4桁の開始アドレスd1~d4(dnは16進数)をアスキー文字に変換してPICに送信する。PICでは、アスキー文字をバイナリに変換後、上位桁を変数data01に、下位桁を変数data02に格納する。その後プロンプト $\text{\$redp}$ をPICに送信する。

**(3) コマンド d**

PCからアスキー文字“d”(64h)を送信する。PICは“d”(64h)をエコーバックし、またプロンプト $\text{\$r\_setadr}$ をPCに送信する。引き続きコマンドaで受信した4桁の開始アドレスd1~d4(dnは16進数)をアスキー文字に変換してPCに送信し、最後にプロンプト $\text{\$redp}$ を送信する。

**(4) コマンド e**

PCからアスキー文字“e”(65h)を送信する。PICは“e”(65h)をエコーバックし、またプロンプト $\text{\$r\_write}$ をPCに送信する。

引き続きコマンドaで受信した4桁の開始アドレスd1~d4(dnは16進数)をアスキー文字に変換してPCに送信する。PCは送信したいアスキー文字をエディットボックスに書き込

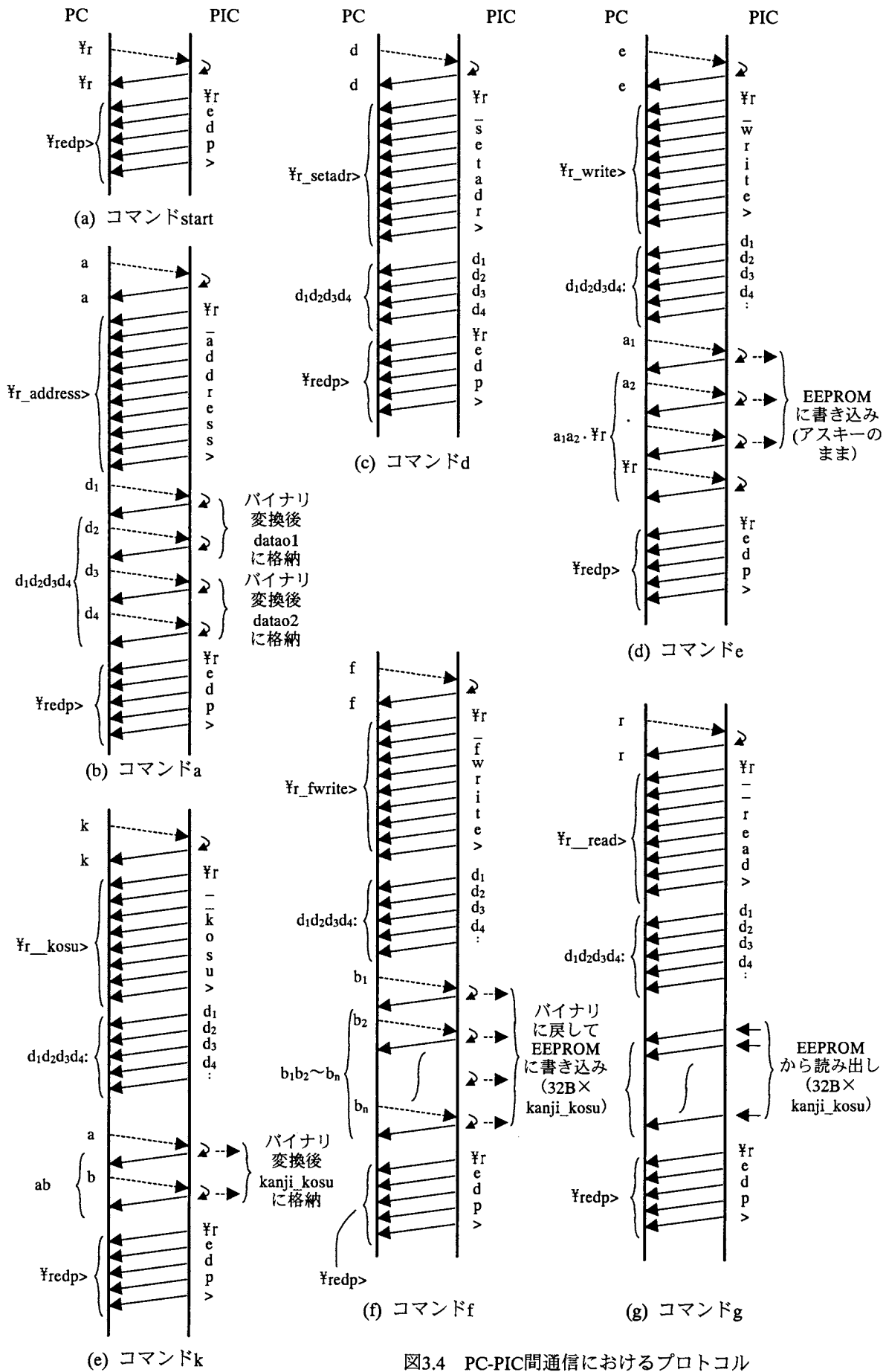


図3.4 PC-PIC間通信におけるプロトコル

んで送信する。データの最後を示す終結デリミタとしてキャリッジリターン $\text{\textbackslash r}$  (0Dh)を送信する。

PICは受信したアスキーデータをエコーバックし、またd1~d4で指定されるEEPROMの開始アドレス以降にそのまま書き込む。キャリッジリターン $\text{\textbackslash r}$  (0Dh)を受信すると書き込みを止め、これをエコーバックする。キャリッジリターンはEEPROMには書き込まない。最後にプロンプト $\text{\textbackslash redp}$ を送信する。

(5) コマンド k

PCからアスキー文字“k” (6Ch)を送信する。PICは“k” (6Ch)をエコーバックし、またプロンプト $\text{\textbackslash r\_kosu}$ をPCに送信する。引き続きコマンドaで受信した4桁の開始アドレスd1~d4 (dnは16進数)をアスキー文字に変換してPCに送信する。PCは2桁の16進数でエディットボックスに書き込まれた漢字個数をPICに送信する。

PICは受信したアスキーデータをエコーバックし、2桁目を受信後バイナリに変換し、漢字個数として変数kanji\_kosuに格納する。最後にプロンプト $\text{\textbackslash redp}$ を送信する。

(6) コマンド f

PCからアスキー文字“f” (66h)を送信する。PICは“f” (66h)をエコーバックし、またプロンプト $\text{\textbackslash r\_fwrite}$ をPCに送信する。引き続きコマンドaで受信した4桁の開始アドレスd1~d4 (dnは16進数)をアスキー文字に変換してPCに送信する。PCは、ファイルからPCのメモリに読み出されている送信すべき漢字データ(バイナリ)をアスキー文字に変換してPICに送信する。送信するデータ量はコマンドkで送信した漢字個数分(+1)×32Bである。PICは受信したアスキーデータをエコーバックし、バイナリに変換してメモリに格納し、最後にプロンプト $\text{\textbackslash redp}$ を送信する。

(7) コマンド r

PCからアスキー文字“r” (72h)を送信する。PICは“r” (72h)をエコーバックし、またプロンプト $\text{\textbackslash r\_read}$ をPCに送信する。その後コマンドaで受信した4桁の開始アドレスd1~d4 (dnは16進数)をアスキー文字に変換してPCに送信する。

引き続きEEPROMから32B×kanji\_kosu分の漢字データを読み出し、1バイト読み出すたびにアスキー文字に変換してPCに送信する。最後にプロンプト $\text{\textbackslash redp}$ を送信する。

4. PCシリアルEEPROMライタープログラム

4.1 ターミナルソフトにハイパーターミナルを使用する場合の問題点

ターミナルソフトとしてハイパーターミナルを用い、3で示したPICのプログラムをPCから制御する場合には、以下のような解決すべき課題がある。

- (1) バイナリデータである漢字データを格納したファイルの送信方法。
- (2) コマンドkおよびコマンドrを用いてEEPROMの内容を表示するとき、単にデータが16進数で連続的に表示されるので内容が分かりにくい。

このため、VC++を使用してターミナルソフトを作成することにしたが、これには昨年度に別の目的で作成したプログラムに多少の改造を加えることによって実現できるであろうとの思惑もあった。

4.2 RS232C通信を扱うクラス

RS232Cを使用した通信には、インターネットからダウンロードした「C++におけるRS232C通信クラス」を基本的に使わせて頂いた。以下に示したコマンドを主として用いた。

- RS232C::Connect()・・・パラメータの設定
- RS232C::Read(char\* Buff, int n)・・・nバイトのデータをバッファ Buff に読み込む
- RS232C::Read\_CRLF(char\* Buff, int n)・・・nバイトのデータをCRLFが来るまでバッファ Buff に読み込む
- RS232C::Send(char\* word)・・・アスキーデータ word の送信
- RS232C::bufinit()・・・入出力バッファのクリア

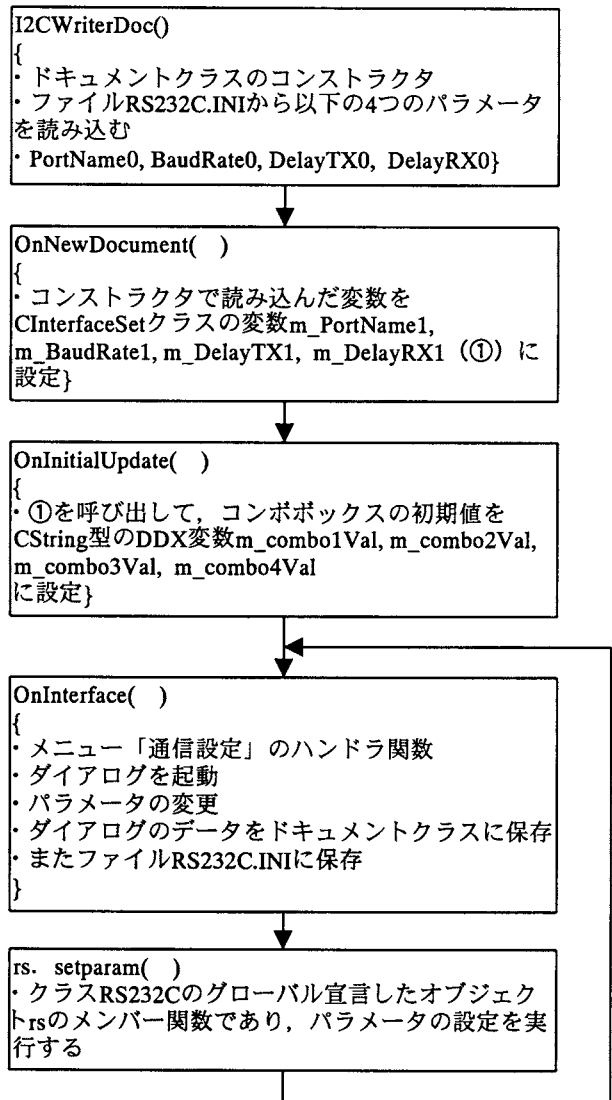


図4.1 コンボボックスによる通信インタフェースの設定

### 4.3 コンボボックスによる通信インタフェースの設定

メニュー「通信設定」からダイアログを起動して通信パラメータを変更できるようにするためにメンバー関数 SetParam() を追加し、使用するポート (Portname)、ボーレート (BaudRate)、送信遅延 (Delay\_TX)、受信遅延 (Delay\_RX) を変更できるようにした。データ長 (8 ビット)、パリティ (なし)、ストップビット長 (1 ビット)、フロー制御 (なし) は固定とした。

図 4.1 にメニュー「通信設定」からダイアログを起動し、ダイアログ上のコンボボックスに入力したデータによってパラメータの修正・変更を行うための手順を示す。

### 4.4 送受信プログラムの具体例

一例としてコマンド f を送信する場合のデータ送受信の流れを図 4.2 に示す。data は char\* である。本来は①の命令でコロン(:)まで受信できる筈であるが、うまくいかなかったので②を追加した。③の rs.Send(SendbufASC); で漢字データ (32B バイナリ) を 64B のアスキー文字に変換して送信している。④⑤で 64B のアスキー文字を 2 回に分けて受信しているが、これは 1 回で受信できなかったためである。なお図 4.2 にはないが、クラス RS232C のオブジェクト rs をグローバル宣言している。

```
rs.bufinit(); // バッファークリア
rs.Send(data); // コマンド"f"送信

buf1[1] = '\0';
rs.Read(buf1,1); // エコーバック("f")検出
m_response1 = buf1;

buf[13] = '\0';
rs.Read(buf,13); // _fwrite>xxxx を検出①
m_response2 = buf;

buf2[1] = '\0';
rs.Read(buf2,1); // : を検出②
m_response3 = buf2;

if(pDoc->first==1) // 1 回だけ実行
{
    rs.Connect();
    pDoc->first=0;
}

rs.SetParam(pDoc->GetPortName2(), // パラメータ設定
            pDoc->GetBaudRate2(),
            pDoc->GetDelay_TX2(),
            pDoc->GetDelay_RX2());

rs.Send(SendbufASC); // 64Bのアスキー
pSendbufASC += SendSizeASC; // データ送信③

rs.Read(RecbufASC1, 42); // 42Bを受信④
rs.Read(RecbufASC2, 22); // 22Bを受信⑤

strcpy(RecbufASC,RecbufASC1);
strcat(RecbufASC,RecbufASC2); // 64Bの受信データ

buf[6] = '\0'; // \redp>を検出
rs.Read(buf,6);
```

図 4.2 コマンド f 送信時の具体的なプログラム

受信データのバイト数が既知の場合には、Read() を使う方が Read\_CRLF() を使うよりも高速に受信できる。

### 4.5 ライタープログラムの実際

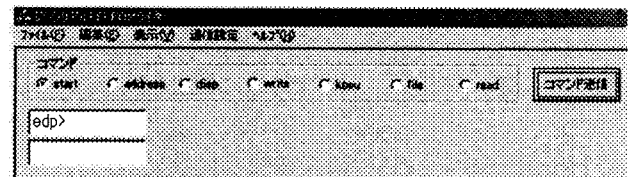


図 4.3 start コマンド→コマンド送信を押したとき

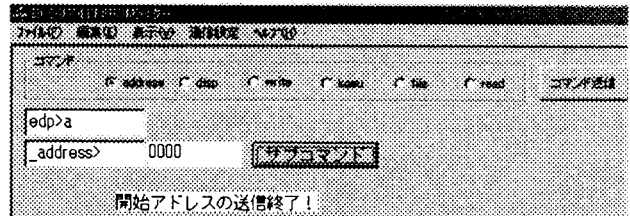


図 4.4 address コマンド→コマンド送信→0000 入力→サブコマンドを押したとき

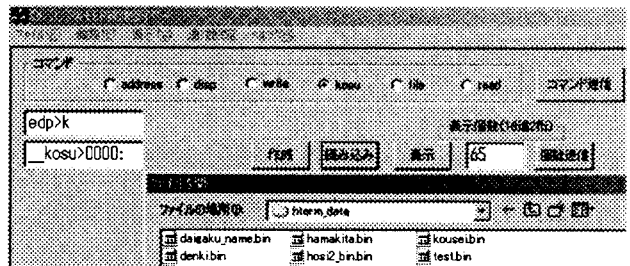


図 4.5 kosu コマンド→コマンド送信→読み込みを押したとき

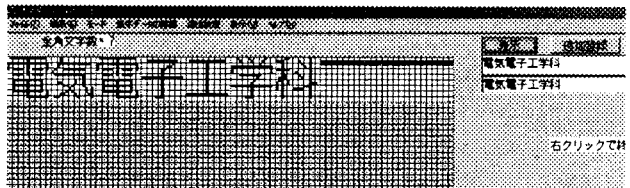


図 4.6 kosu コマンド→コマンド送信→作成を押したとき  
漢字データ作成ソフト kanji\_input.exe が起動される

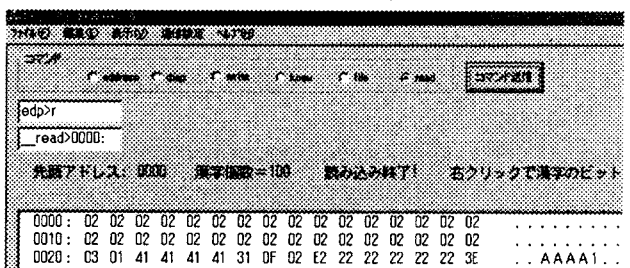


図 4.7 read コマンド→コマンド送信を押したとき

図 4.3 はプログラムを起動し、start コマンドを選んでコマンド送信ボタンを押した場合である。エディットボックスに PIC から返されたプロンプトが表示されている。図 4.4 はコマンド a の送信結果である。図 4.5 は漢字データをバイナリファイルから読み込む場合である。図 4.6 は漢字データ作成ソフトを起動した場合である。図 4.7 は read コマンドを実行した場合である。エディットボックスにメモリの内容が表示される。

5. 漢字データの分散読み込みを適用した漢字ディスプレイ

5.1 回路構成

図3.1に示したEEPROMライターの回路構成とほぼ同様であり、但し従来の回路におけるポートの割り当てを幾分変更する必要がある。また図3.1と異なりWP=1に設定しておく。

5.2 24LC256 (256K I<sup>2</sup>C CMOS Serial EEPROM) について

このEEPROMはI<sup>2</sup>Cインタフェースを持つ256Kビット(32Kバイト)のメモリである。漢字データは1文字が32バイトであるから、このメモリを使えば最大1024個の漢字データを格納できる。したがってスイッチ切り替えて8組のデータに分割し、1組当たりの漢字数を最大128個とする。

アドレス長は15ビットであり、2バイトで表す。この上位バイト(ADDR\_HIGH)のビット6~4の3ビットにスイッチの番号を埋め込み図5.1のようにアドレスを表すものとする(12ビット長のアドレスで4096ビット=32バイト×128個になる)。

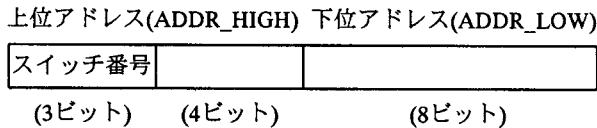


図5.1 シリアルEEPROMのアドレス構成

5.3 漢字データの読み込みに関する時間の見積もり

図5.2に漢字ディスプレイの概略フローチャートを示す。5.2で示したようにSWの値は0~7までの8組であり、SW=7のときはEEPROMからデータを読み込むのではなく、従来通りプログラムメモリに格納したデータを読み込むようにしてある。漢字データの読み込みを行うのは図5.4のシミュレーション結果に示すようにsft\_kaisu=0, tcnt=0になった割り込み周期である。バッファシフトを行った後、バンク2の空いたバッファにプログラムメモリに格納した漢字データ(1個分、32バイト)を一挙に読み込んでいる。この一連の処理を次の割り込みがかかる前(start\_flag=1になる前)に終えなければならない。

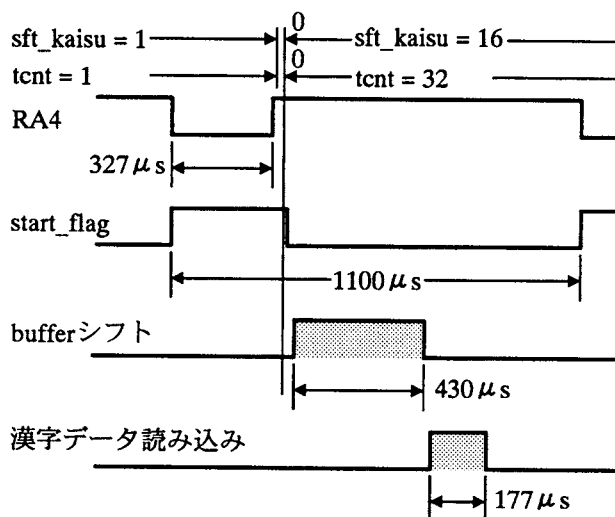


図5.4 バッファシフトおよび漢字データの読み込みに関するタイミングチャート

図5.4に示すsft\_kaisu=1, tcnt=1になった直後の割り込み周期における時間関係は以下のようになっている。

- シフトレジスタへのデータの読み込み 310 μs
- バッファシフト 430 μs
- 漢字データの読み込み 177 μs

さらに命令の実行時間もあり、このため割り込み周期を1.1msに設定している。

これより従来の漢字データ読み込み方法を用いると、漢字データの読み込みに許容できる時間は最大でも300 μs程度となり、I<sup>2</sup>CシリアルEEPROMを使用するとこの時間内に読み込むことができない。しかし読み込みの周期は回数で表して

$$\text{行の点灯回数} \times 1 \text{文字の列数} = 32 \times 16 = 512 \text{回}$$

と長い。したがって1回の読み込みで1バイトずつ、32回に分けて読み込んでやればシリアルインタフェースを用いたEEPROMを用いても分散読み込みが十分に実現可能である。

シフトレジスタへのデータ読み込みは全ての割り込み周期において必要であり、更に命令実行時間を考慮すると分散読み込みに許容できる時間は最大でも700 μsである。

以上を考慮したフローチャートが図5.2, 図5.3である。また図5.5にタイミングチャートを示す。

5.3 漢字データの分散読み込み

(1) 電源投入直後のバッファメモリの状態

5個の16×16 LEDを使用して漢字を左シフトさせるために、電源投入直後には6個分の漢字データをバッファメモリに読み込んでいる。したがって1個の漢字がシフトされると最初のバッファシフトが行われ、バンク2のバッファメモリが空く。その後初めて漢字データをEEPROMから読み出してバンク2のバッファメモリに格納できるようになる。

1つの漢字をシフトするのに要する時間は

$$1.1\text{ms} \times 512 = 563.2\text{ms}$$

である。電源投入後563msの間はバンク2のバッファはまだ空いていないのでEEPROMからの漢字読み込みを禁止する必要がある。このため変数delay\_565msを導入した。図5.2および図5.3から電源投入後delay\_565ms=0としておき、最初にsft\_kaisu=0, tcnt=0になった直後にdelay\_565ms=1としこれ以後は同じ状態を保つようにプログラムすることで対処した。

(2) 分散読み込みのタイミング

delay\_565ms=1になった以降は1バイトずつ32回に分けて32Bを読み出せば良い。但しsft\_kaisu=16, tcnt=32のタイミングでバッファシフトを行うので、sft\_kaisu=16は避ける必要がある。したがってsft\_kaisu=15, tcnt=32~tcnt=1において分散読み込みを行うことにした。

(4) 読み込み時のボーレートの見積もり

EEPROMから1B読み出すには、図3.3(b)に示した1Bランダムリードの手順に従う。図3.2からI2CWriteおよびI2CReadの

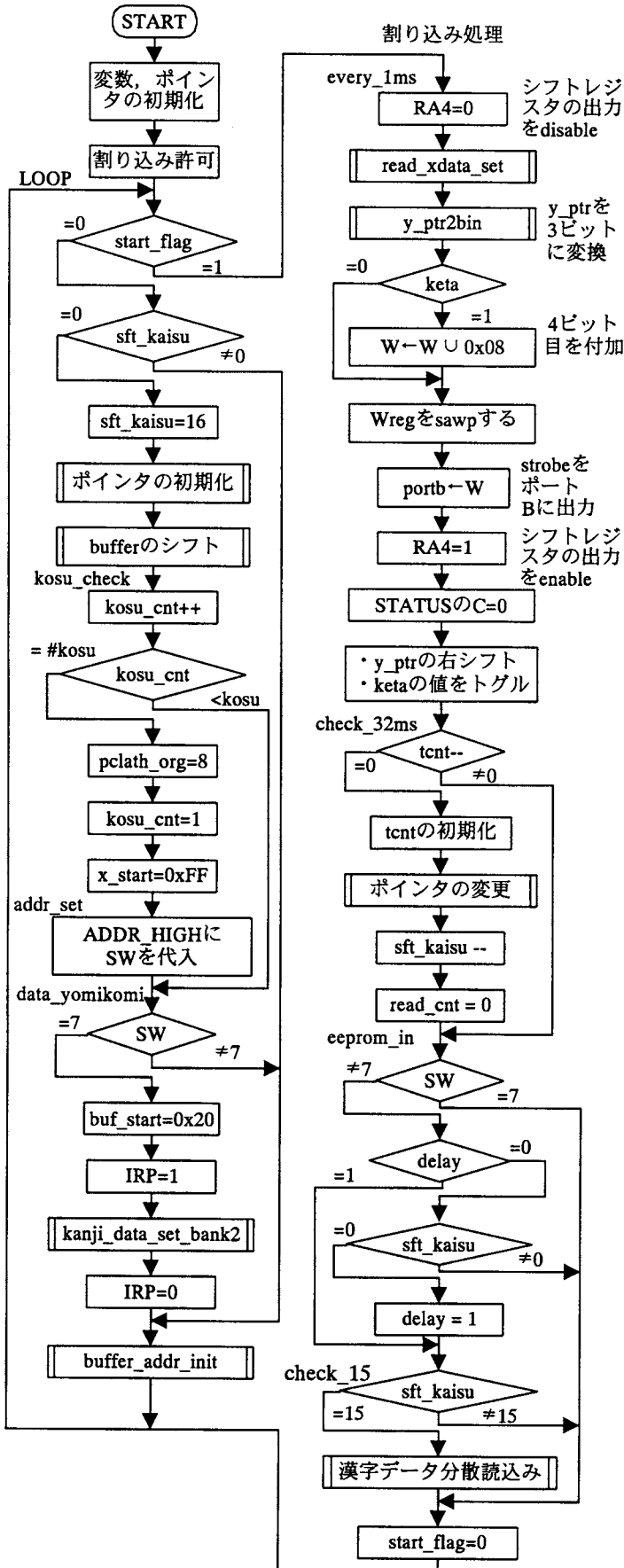


図5.2 漢字ディスプレイの概略フローチャート

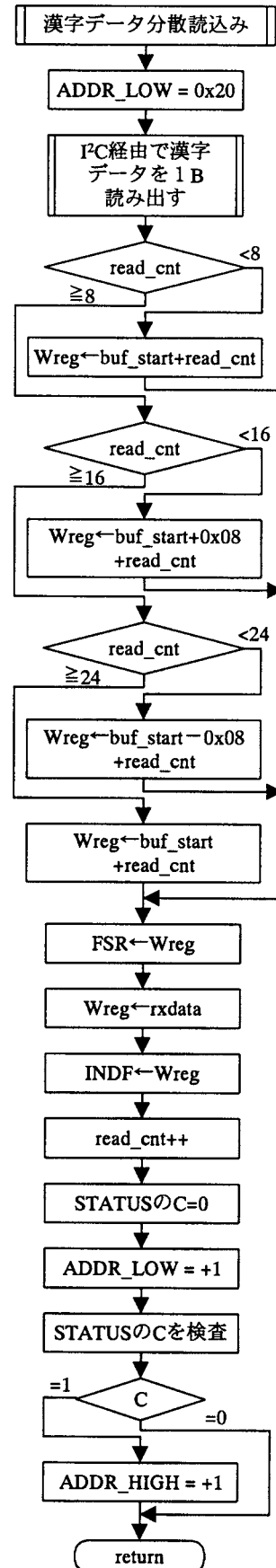


図5.3 漢字データの分散読み込み



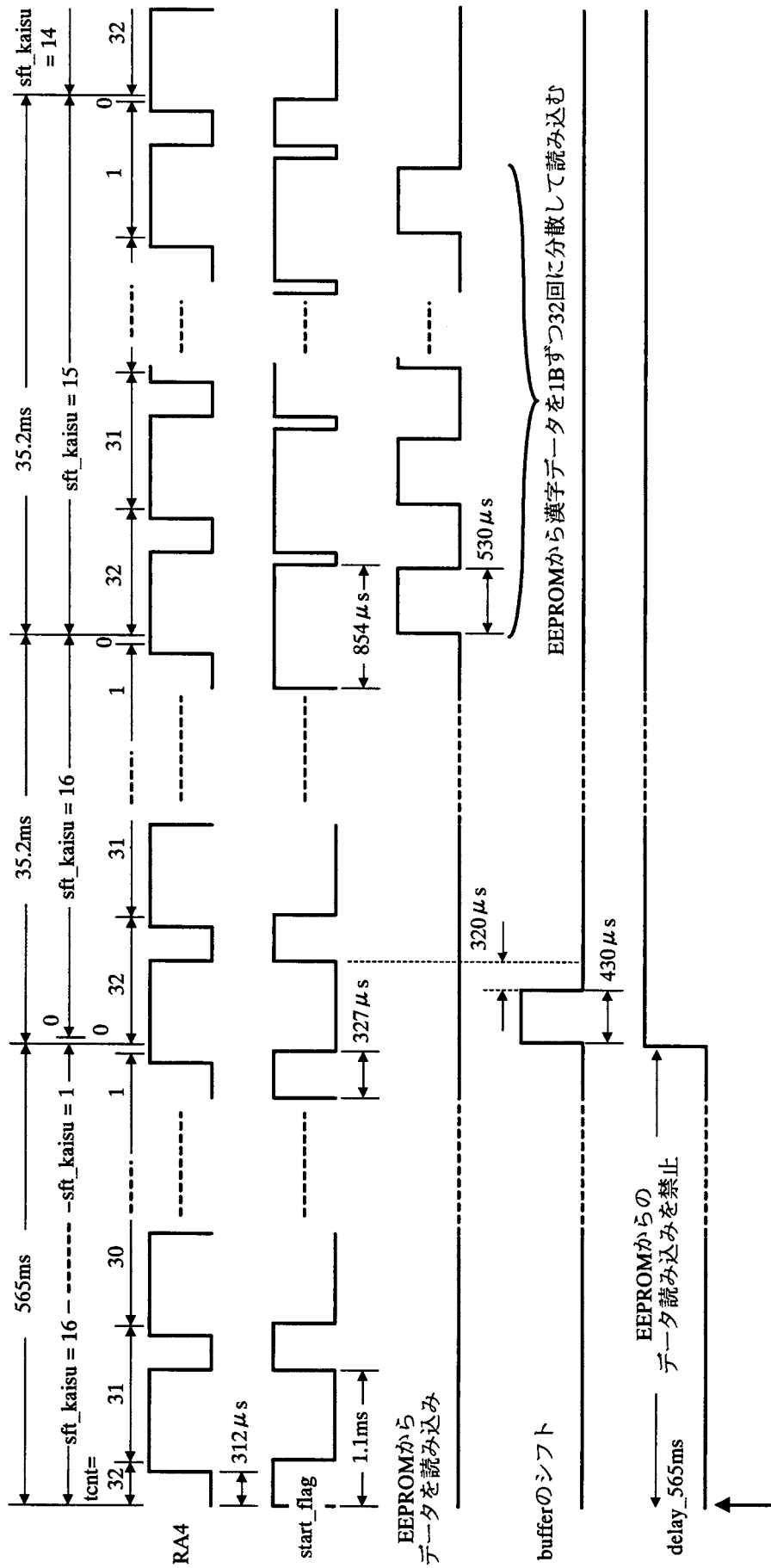


図5.5 漢字ディスプレイのタイミングチャート

実行時間はSCLクロック換算で10クロックおよび11クロックである。したがって図3.3(b)の1Bランダムリードには単純計算で51 SCLの時間がかかるが、命令の実行時間を考慮して100 SCLと考えることにする。

文献 [3] では命令の実行時間を除く SCL の周期は  $20\mu\text{s}$  であり、100 SCL では  $20\mu\text{s} \times 100 = 2000\mu\text{s}$  となり許容値の  $700\mu\text{s}$  を超えてしまう。したがって SCL の周期を短くする必要がある。いま SCL の周期と 100 SCL の計算を表 5.1 に示す。ポレートは 2 SCL の逆数の計算結果とした。

表5.1 SCLの周期とポーレートの関係

SCLの周期( $\mu\text{s}$ )	100 SCL( $\mu\text{s}$ )	ポーレート(kbaud)
10	1000	50
8	800	63
6	600	83
4	400	125

24LC256 の最大クロック周波数は  $400\text{kHz}$  であるから、SCL の周期を  $4\mu\text{s} \sim 6\mu\text{s}$  に選べば良さそうである。今回は、多少ポレートは高くなるものの、時間の設計に余裕を持たせて命令の実行時間を除く SCL の設計周期を  $4\mu\text{s}$  に選んだ。このときシミュレーション結果では図 3(b) を実行して 1B のランダムリードにかかる時間は  $530\mu\text{s}$  であった。

なお EEPROM ライターにおいては、SCL の設計上の周期を  $20\mu\text{s}$  としているが、この値で特に問題はなかった。

#### 5.4 漢字 ROM の作成

ライターを用いて作成した漢字 ROM の内容を表 5.1 に示す。スペースの関係で最初の 4 組のみを示したが、 $4000\text{H}$  以降に格納したデータも正しく格納できることを確認している。なおライターには、PIC16F628A を  $10\text{MHz}$  クロックで使用した。

表 5.1 漢字 ROM の内容 (最初の 4 組のみ)

アドレス	内容
0000H	この電光掲示板は、下から順番に一行単位でLEDを点灯させ、目の残像現象を利用して文字を表示しています。このようなやり方は、ダイナミック点灯と言われています。(78文字)
1000H	WELCOME! 電気電子工学科 電気電子技術は身近な所にたくさん隠れています。今日は、その一部を見て行って下さい。(59文字)
2000H	歓迎! 高校生の皆さん。SIST説明会へようこそ。電気電子の面白さの一端を体験して下さい。(46文字)
3000H	!! 歓迎!! 高校生の皆さん。電気電子工学科へ入学して、電気電子の面白さを一所懸命に勉強しよう。(47文字)

#### 5.5 実行結果

表 5.1 に示した漢字 ROM を漢字ディスプレイに搭載して表

示試験を行い、正しく動作することを確認した。図 5.6 に SDA ラインと SCL ラインのモニタ結果を示す。図 5.2 のフローチャートにおいて信号 delay を空きポートである RB3 端子に出力し、この信号によりトリガーをかけて 1B ランダムリードによる分散読み込みの結果を観測した。EEPROM のアドレスは  $30\text{E1H}$  であり、最初に EEPROM から読み出される漢字「高」の第二バイト ( $7\text{FH}$ ) が正しく読み出されている。SDA ラインおよび SCL ラインとも  $100\text{kbaud}$  の伝送速度において良好な応答波形が得られている。

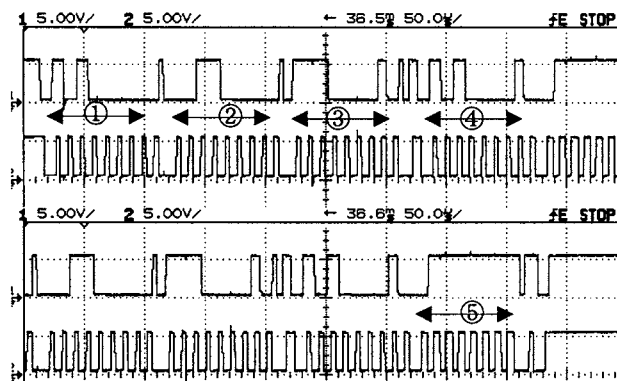


図 5.6 SDA ラインおよび SCL ラインのモニタ結果

(上段: SDA, 下段: SCL, ①: コントロールバイト( $R/W=0$ ), ②EEPROM 上位アドレス:  $30\text{H}$ , ③下位アドレス:  $\text{E1H}$ , ④: コントロールバイト( $R/W=1$ ), ⑤データ:  $7\text{FH}$ )

#### 6. まとめ

高校生に電気電子に対する興味を喚起して貰うことを狙いとして、H20 年度に漢字表示電光掲示板 (漢字ディスプレイ) を試作した。本論文では I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM を用いてその表示内容を増大させるために行った検討結果を示した。

- (1) PIC マイコンから I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM にデータを書き込み/読み出しする手順を整理して示した。
- (2) RS232C インタフェースを用いて PC から PIC マイコンを介して I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM に書き込み/読み出しするライタープログラムを検討し試作した。
- (3) 漢字ディスプレイに I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM を搭載するためには、時間の関係から「分散読み込み」をする必要のあることを示し、実際に漢字ディスプレイに適用して正しく動作することを確認した。

#### [参考文献]

- [1] 梶田吉朗, “PIC マイコンと  $16 \times 16$  LED を用いた漢字表示電光掲示板の設計と試作”, 静岡理工科大学紀要, Vol.17, pp.133-142 (2009)
- [2] 神崎康宏, “作りながら学ぶ PIC マイコン入門”, CQ 出版社, 2007 年
- [3] 中尾 司, “マイコンの 1 線 2 線 3 線インターフェース活用入門”, CQ 出版, 2007 年
- [4] 24AA256/24LC256/24FC256 256K I<sup>2</sup>C™ CMOS Serial EEPROM, Microchip

## 小型ブラシレスモータの高速・センサレス駆動システム

Ultra-high speed and sensor-less drive system for small brushless-motor

恩田 一\*

Hajime ONDA

Abstract: Ultra-high speed and sensor-less drive system for small brushless-motor is described. Motors are constant torque machines and output power increase with rotational speed. Then the high speed drive of a motor is very important in many applications. A brushless motor is experimented to rotate to limited rotational speed. In addition, a sensor-less drive system for a brushless motor is fabricated and tested. An emf detection method is applied to decide the rotational position of the field magnet. The drive system performed as well as a conventional drive system with Hall sensor. Key word; brushless-motor, sensor-less drive, high speed

### 1. はじめに

ブラシレスモータは直流モータ（ブラシ付き）の優秀な制御性能を有しながら、直流モータの弱点であるブラシ・整流子に起因する低信頼性・低保守性の欠点を除去した理想的なモータで、色々な用途に多数利用されてきている。しかし、巻線の極性切り換えのためにロータの磁極位置を検出する必要があり、半導体式のホールセンサ等をモータ内や回転軸回りに設置する必要がある。ホールセンサは半導体で、熱や振動に弱い電子部品であり、モータが高速で回転する環境に取り付けるのは信頼性上の懸念がある。また、このセンサ信号を得るためには、電源線を含めて最低5本の信号線が必要で、これが不要になれば、ドライバーからモータへの電線は太くて丈夫な3相の電力線3本のみとなり、配線の簡略化・信頼性の向上に結びつく。

本報告は、数百ワット程度の小型ブラシレスモータを小型・高速回転の加工機用主軸スピンドルとして応用すべく、2万～3万rpmの高速回転で、上記ホールセンサ等の磁極位置センサを使用しないセンサレス駆動方法を研究したものである。加工機においては加工時に切削液等のクーラントを使用したり、高温・高湿の環境下で使用されることが多くセンサレス方式が大変有効である。

### 2. ブラシレスモータの動作原理

図1はブラシ付き直流モータ（以下DCMと略記）の原理構造図である。外周の永久磁石が固定され、内側の電機子コイルが回転する回転電機子形である。ブラシβと整流子u, v, wを介して直流電源より電機子コイルに電圧を供給される。図のロータ位置では電機子コイルAはS極に、BとCはN極に励磁され、外側の永久磁石との相互作用で右方向に回転する。ロータの回転に伴って整流子も回転し、120度回転するとコイルA, B, Cは、元のコイル

C, A, B の位置に移動し、以下同様の動作を続けて回転を持続する。

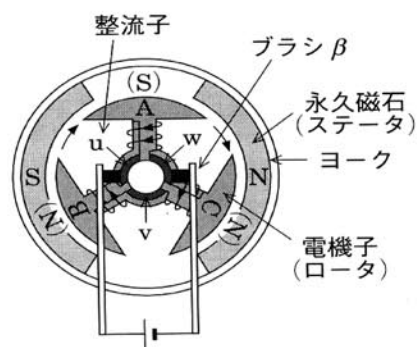


図1 ブラシ付き直流モータの原理構造

ブラシレスモータはこのDCMのブラシと整流子の機能を、ロータの位置を検出するセンサと半導体スイッチで置き換えたもので、その構成を図2に示す。なお、ブラシレスモータでは回転する部分（ロータ）は図1とは逆で、永久磁石が回転する（回転界磁形）。

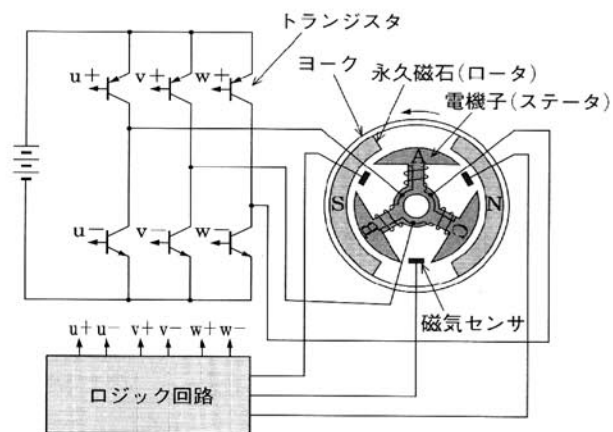


図2 ブラシレスモータ原理図

2010年3月1日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

図2において、外周の磁石の回転位置を3個の磁気センサ（通常ホールセンサを使用）で検出し、トランジスタのスイッチングにより、対応する電機子巻線へ電圧を印加する。3相巻線へ正負の電圧を供給するためには、トランジスタ回路は図2のような、いわゆる3相インバータの構成になる。磁気センサはロータ（永久磁石）の回転位置を検出するもので、例えば、u相センサは、その位置に磁石のN極が来た時にONとなり、電機子コイルのu相巻線に電圧を印加するようにトランジスタスイッチをオンする。ロジック回路は3つのセンサ信号から3相インバータ内各トランジスタのオン/オフ信号を作り出すための論理回路である。u、v、w3相分のセンサと3相インバータにより、ブラシと整流子は無いが、特性的にはDCMと同じようなモータが実現できる。

このブラシレスモータにおいては、半導体素子からなるセンサをモータ内か外側の回転軸回りに設置する必要がある。モータ周辺は高温・高湿、振動が多いなどの悪環境であることを考えると、信頼性の点で懸念がある。また、モータへの配線はメインの3相分電力線の他に、センサ用の3本の信号線とセンサに電圧を供給する電源線（±の2本）が必要である。信号用電線は細い電線でかさばらないものの、振動や熱等のストレスに弱く、装置の信頼性を低下させる要因になっている。このような懸念から、センサをなくして部品点数を減少させ、信頼性を向上させるために、センサレス駆動方式が検討されるようになった。

### 3. センサレス駆動方式の原理

#### 3.1 種々のセンサレス方式と誘起電圧検出方式

ブラシレスモータのセンサレス駆動には種々の方式が提案されており、現在でも電気学会誌等で研究されている状況である<sup>4), 5)</sup>。代表的なものとして、①誘起電圧検出方式 ②直流電流検出方式 ③インダクタンス検出方式等がある<sup>1)</sup>。ここでは最も取り組みやすい誘起電圧検出方式により実現する方法を研究する。

#### 3.2 誘起電圧検出方式

モータは電機子に電圧をかけないで外部から強制的に回転させると発電機として働き、誘起電圧を発生する。モータとして動作中も回転上昇に伴って誘起電圧を発生し、誘起電圧と印加電圧の差に対応した電流が流れてトルクを発生する。この誘起電圧は回転する磁石の極性に対応した波形を有しており、誘起電圧波形が検出できれば磁極位置を検出することができる。ただし、モータの端子電圧は、この誘起電圧とコイルインピーダンスによる電圧降下の和であるためにフィルタによりノイズ分を除去して真の誘起電圧を検出する必要がある。

誘起電圧の検出には3相の線間電圧を利用する方法と相電圧を利用する方法がある。後者は3相の中性点と各相電圧の差を検出し、比較器により電圧比較して検出するので、検出原理が単純で回路的にも実現しやすいため、本研究ではこの方式を採用した。

## 4. 実験システムの構成

本研究では①高速回転駆動 ②センサレス駆動の2項目について実験した。それぞれについて項目別に説明する。使用したモータは津川製作所製のブラシレスモータで、講習会等で組み立て製作できるタイプのものであり、巻線を自分で巻いて自作したものである。

### 4.1 高速回転駆動実験システム

高速回転実験はホールセンサ付きブラシレスモータで実験した。実験回路を図3に、装置全体写真を図4に示す。

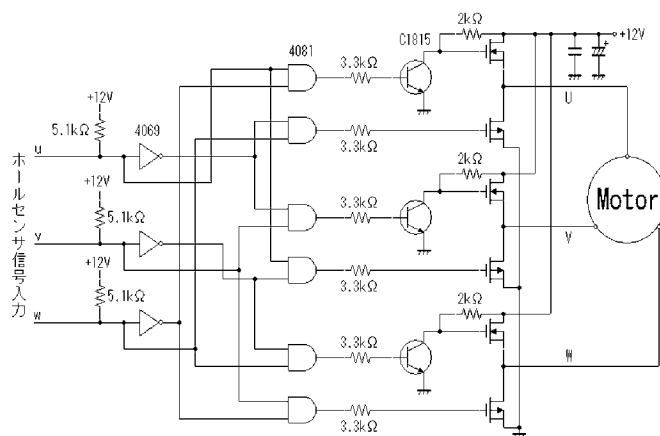


図3 高速回転駆動実験回路

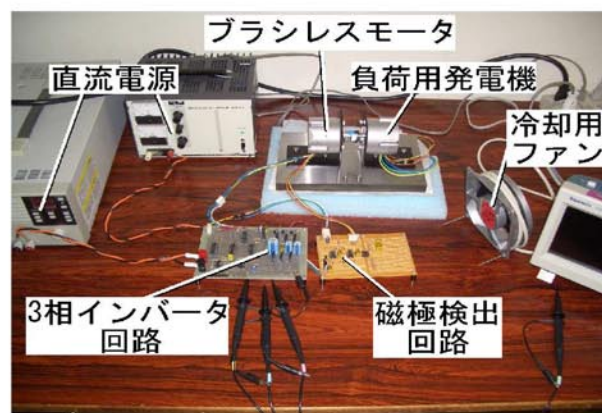


図4 実験装置写真

この回路は120度通電方式であり、図中には記載してないが通流率制御方式の電圧制御を行っている。出力段はパワーMOSFETを使用し、ハイサイド(上側)はPチャンネル、ローサイド(下側)はNチャンネルのトランジスタを使用することにより、ゲートドライブ回路の簡易化を図っている。実験装置写真で、供試モータに直結して同型のモータを負荷発電機として使用した。

### 4.2 センサレス駆動実験システム

センサレス駆動のための磁極位置検出には前述の中性点を基準とした誘起電圧検出方式を採用した。その回路図を図5に示す。モータの中性点は取り出せないため、モータ外部で抵抗を星形結線し、その中性点を基準電圧として使用した。この中性点電圧と各相電圧を2分の1に分圧した電圧を比較して各相の磁石位置信号（センサレス信号）

とした。中性点電圧，各相電圧は図のようにコンデンサによるハイパスフィルタでスイッチングによるノイズ成分を除去した。

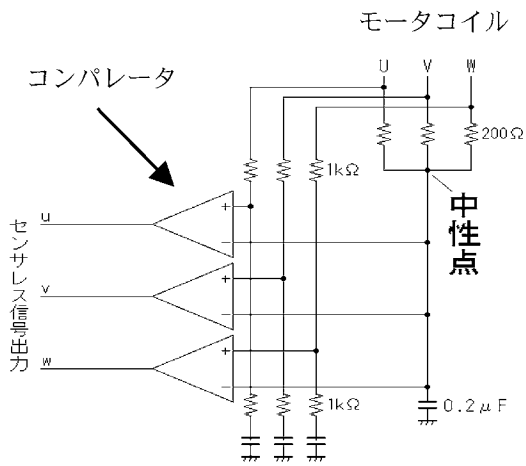


図5 磁極位置検出回路

センサレス駆動回路を図6に示す。磁極位置信号は，上記図5により検出した擬似信号（センサレス信号）を図3の回路図のホールセンサ信号として接続した。なお，実験に際してはセンサ付き実験とセンサレス実験が簡単にできるように，コネクタで信号を切り換えられるように工夫した。

通流率制御のためのPWM信号発生回路も図中に示した。PWM信号発生回路は矩形波発生回路と，これを積分する回路により，矩形波を積分して三角波をつくり，この三角波と制御信号（図中では可変抵抗による指令値）を比較してPWM信号を得ている。

ここで使用したオペアンプ（演算増幅器）は，回路の簡易化を目的として，単一電源で使用でき，出力電圧が電源電圧近くまでとれるタイプを使用した。

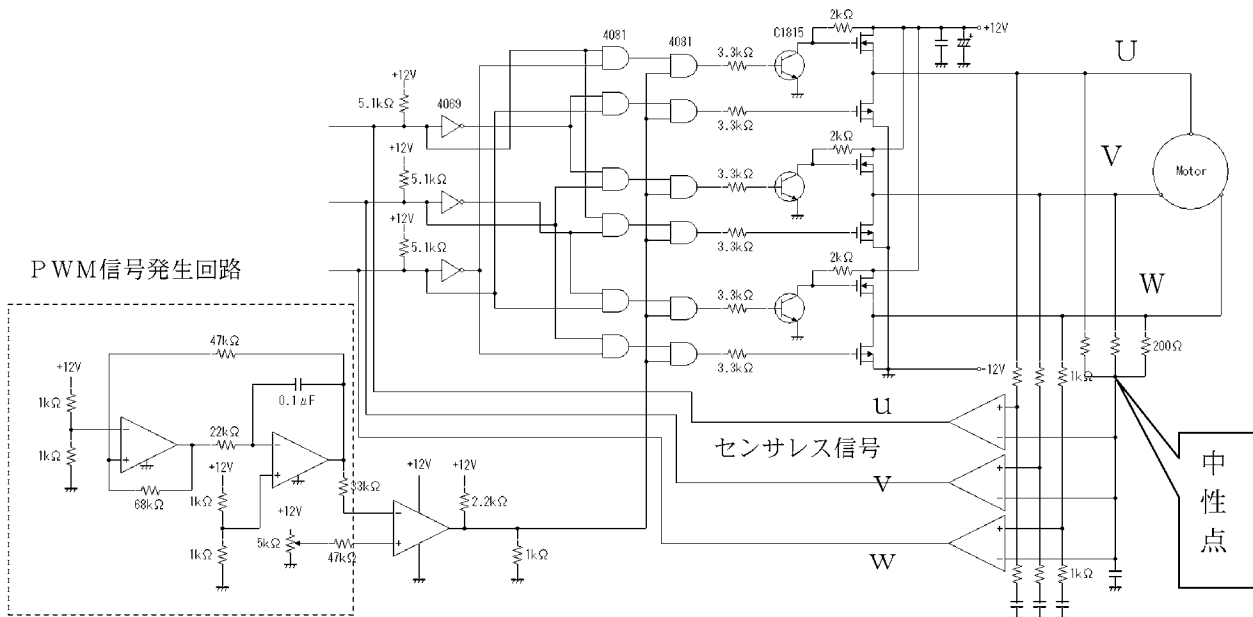


図6 センサレス駆動回路図

## 5. 実験結果

### 5.1 高速回転駆動実験結果

高速回転駆動実験結果のグラフを図7に示す。通流率制御のデューティを上げて行くと回転数が上昇し，デューティ90%で20,000 rpmを超えた。この時，モータへの入力電力は160Wであった。高速回転時は効率が悪く，モータ効率が50%程度と予測されるので，モータ出力は80W程度と思われる。

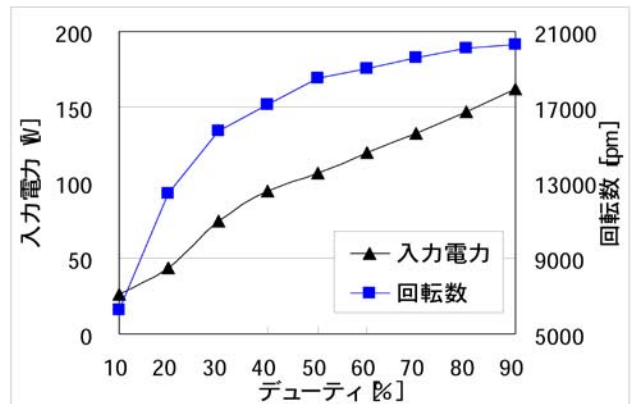


図7 高速回転特性

最大回転数で回転中にモータに異常が発生し，モータは停止した。モータを分解してみるとロータの永久磁石の接着がはがれ破損していた（図8）。メーカーに問い合わせるとモータの発熱により，接着剤の接着強度が低下し，接着がはがれて，ハウジングにあたり，破損したものという回答があった。このモータは冷却が不完全で，内部で発生した熱を外部に排出する機能を有していないために，内部温度の上昇が大きかったものと思われる。また，このときのロータに働く遠心力もかなり大きなものと思われる。

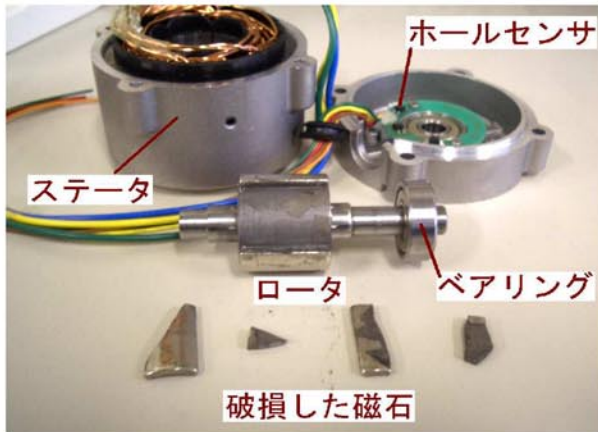


図8 高速駆動実験結果破損したモータ

5.2 センサレス駆動実験結果

ホールセンサ信号の代わりに図5の回路により検出した磁極位置信号(センサレス信号)を用いて図6の回路で回転駆動した。誘起電圧検出方式のセンサレス駆動は、始動時には誘起電圧がゼロのため、何らかの方法で始動させる必要がある。ここでは手動で回転させて始動した。

当初の調整では種々の回転数においてノイズによる誤動作と思われる不規則な回転変動が観察された。インバータ回りの主回路におけるノイズ対策をした結果、この不規則な回転変動は収まった。この状態で、ホールセンサ方式とセンサレス方式の両者について、電圧と回転数の関係を調べた。結果を図9に示す。

図9から、センサレス方式はホールセンサ方式に比べて回転数が低い傾向があり、ホールセンサ方式と同じ動作ができていないことが推察される。両者の回転数差は回転数の上昇に伴って大きくなっていることから、回路素子の動作速度に関する現象と推察できる。

図5に示した磁極位置検出回路のセンサレス信号をオシロスコープで観察した結果を図10に示す。

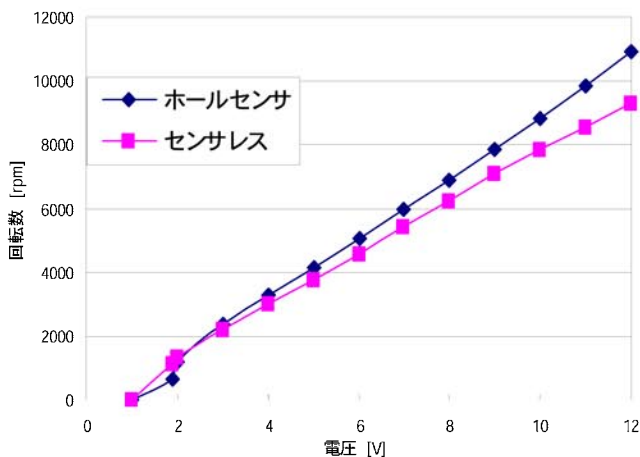


図9 センサレスとセンサ付の比較

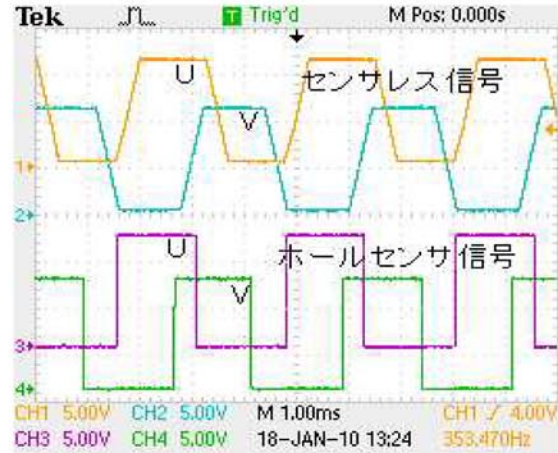


図10 センサレス信号波形(改良前)

上側2つの信号は図5の回路で得たセンサレス信号, 下側の2つの信号は、同時に動作しているホールセンサからの信号である。センサレス信号はホールセンサ信号に比べて立ち上がり、立下りが遅く、適正に動作できていないことが推察される。これは図5の回路に使用したオペアンプ(MAX478)の動作(特にスリユ-レート V/s)が遅いために生じる現象である。そこで、スリユ-レートのより速いオペアンプであるLM358を選定して動作させた結果、図11に示すような波形が得られた。

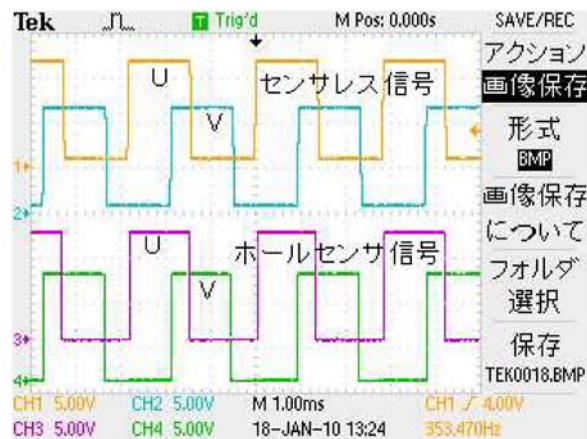


図11 センサレス信号波形(改良後)

図11では、図5の回路で取り出したセンサレス信号はホールセンサ信号とほぼ同じ波形で、正しい磁極位置信号として利用できると思われる。

このセンサレス信号を使ってセンサレス駆動した結果の電圧/回転数特性を図12に示す。センサレス駆動による結果は、ホールセンサ付きの場合と全く同様の特性を示し、誤動作等が発生していないことが判る。また、回転状態も振動が少なく、静粛に回転していることが確認された。

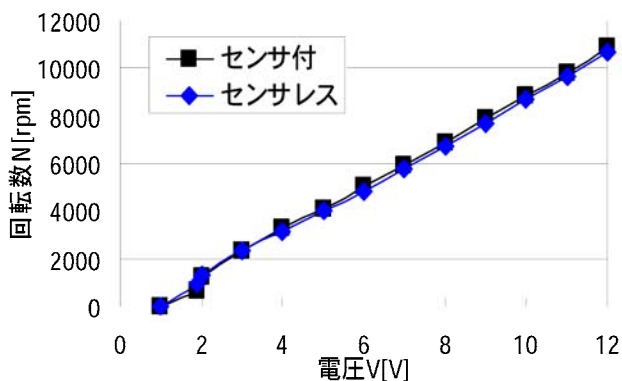


図 12 改良後の電圧と速度特性

## 6. まとめ

小型ブラシレスモータを 20,000~30,000 rpm で高速回転させるために①モータ自体の機械的強度確認実験と②小型化, 高信頼性を狙ったセンサレス駆動の 2 テーマについて検討した。

①機械的強度については、モータの内部温度上昇による磁石の接着強度低下と遠心力により、20,000 rpm 程度で磁石が剥がれて破損することが判った。

②センサレス駆動については、誘起電圧検出方式で基本的な動作の確認ができ、低速から 11,000 rpm 程度までセンサレス駆動できることを確認した。高速回転させるためには、磁極位置検出もそれなりに高速に行く必要があり、そのために、使用するオペアンプも高速仕様のもを使う必要があることが判った。

## 7. 今後の課題

高速回転に関しては、温度上昇による接着剤の強度低下を防ぐために、冷却機構を設ける必要がある。特に、ステータ内部の熱を除去するために外部から圧縮空気を送るなどの方法が必要である。また、工作機等の液冷装置を有している環境では、ステータハウジングにウォータージャケットを設けて液冷する方法も効果があると思われる。併せて、チタン材のような非磁性高強度材でロータをカバーして機械的に補強する等の方法も考えられる。

センサレス駆動については始動方法を備える必要がある。回転方向が一定の用途では、あらかじめ決められたシーケンスのパルス列をインバータの各トランジスタに送って、パルスモータ的に回転させる方法が最も簡便な方法と思われる。この時、回転数（パルス周波数）と印加電圧を比例させて動作させる必要があるが、低速回転でセンサレス駆動が可能であれば、それほど厳密な比例関係でなくても始動ができると思われる。

センサレス駆動では、回転数により基本周波数が変化するため、回転数の可変範囲があまり広いと図 5 のノイズ除去用フィルタの効果が低下する。従って、回転数可変範囲との関連で、フィルタの時定数を厳密に設定する必要がある。特に、センサレス駆動で 30,000 rpm 程度まで回転させようとする場合、フィルタの時定数設定は重要になる。

以上の課題をクリアして、センサレス駆動で 30,000 rpm の回転を実現し、小型工作機の主軸スピンドルとして応用することを目標として研究を続けたい。

本研究は 2009 年度卒業研究として実施したものである。担当した卒研生の五島洋恭君、蛭間勇介君の努力に感謝致します。

## 参考文献

- 1) 見城尚志, 永盛重信著; “新・ブラシレスモータ”, 総合電子出版, P79(2000 年)
- 2) トランジスタ技術 Special No.73 ; “ブラシレスモータのサーボ回路技術 “CQ 出版, P38 (2001)
- 3) 荻野弘司著; “ブラシレスモータの使い方 “オーム社 (1995)
- 4) 市川真十他; “拡張誘起電圧モデルに基づく凸極型永久磁石同期モータのセンサレス制御”電学誌 D, P1089, Vol.122, No.12 (2002)
- 5) 山中建二他; “センサレス制御永久磁石同期電動機の実験特性”平成 18 年電気学会産業応用部門全国大会講演論文集, P I-407 (2006)

## EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> ターゲットを用いたスパッタ膜の形成と発光

Thin Film Formation by rf Sputtering with EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> Target and Photoluminescence of the prepared Films

土肥 稔\*

Minoru DOHI

**Abstract:** Thin films were deposited on Si and fused quartz plate substrates by rf sputtering with an EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> target, which was prepared by annealing of a mixture of EuS and Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub> powders. The deposited films were annealed in the mixed atmosphere of S and Ar (or He). The films prepared under rf power of 300-400 W showed photoluminescence characteristic to Eu<sup>2+</sup> ion. The films on the quartz substrate have grain-like region with the longest size of 50 μm and surface roughness of less than 0.3 μm, i.e. sufficient condition for small surface laser construction. Rough estimation shows that the necessary film thickness assuming 90 % reflectivity of the two surfaces is 1.2 μm under complete population inversion at room temperature using actually measured quantum efficiency value of 17 %.

### 1. はじめに

希土類元素 Eu を含むチオガレート化合物である Eu<sub>x</sub>Ca<sub>1-x</sub>Ga<sub>2</sub>S<sub>4</sub> は、緑～黄色領域に高い発光量子効率を持つ蛍光体として注目を集めており、長岡技術科学大学のグループによって CaGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 粉末および単結晶が作製され、その性質が詳しく調べられている<sup>1)</sup>。この系では Eu 濃度が増加しても濃度消光の割合が小さく、発光量子効率は極端には低下しない。そのため、Ca が全て Eu に置き換わった化学量論組成比化合物 EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> は、高い発光量子効率を維持したまま高い Eu 発光中心濃度を持つことができる。また、この物質は十分な発光再結合確率をも合わせ持つことから、レーザ応用への議論が展開されており、特に、フォノンが関与した幅の広い発光スペクトルを示すことから、波長可変性を持つ固体レーザの材料として注目されている<sup>2,3)</sup>。

現在、発振波長が可変な固体レーザとしては、アレキサンドライト (Cr<sup>3+</sup>:BeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) レーザ (発振波長 701~826 nm) やチタンサファイア (Ti<sup>3+</sup>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) レーザ (635~1115 nm) などが知られている。しかし、これらの不純物中心のフォノンが関与する遷移を利用したレーザは、波長可変性は得られるものの、母体の光学遷移を利用していないため光学利得が小さくなる傾向にある。これらのレーザに対して、EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> は母体そのものに発光中心を持ち、高い光学利得が期待される。また、現在、短波長領域の波長可変固体レーザは存在せず、EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> レーザができれば、緑～黄色の領域をカバーできるとともに、多波長光記録への応用など、情報記録の高密度化も期待できる。さらに、スペクトルに黄色領域を含むため、青色レーザと組み合わせることにより、白色レーザ素子への応用の可能性もある。

EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> の高い発光中心濃度は薄膜でも十分な光学利得、レーザ発振が期待される。したがって、薄膜化できれば広い面積を持った面発光形のレーザ作製の可能性もある<sup>4)</sup>。今回、我々は EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> をターゲットに用いたスパッタ法により EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 薄膜の作製を試み、そのレーザ適用の可能性について検討をした。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試料の作製

ターゲットの原料としては、粉末 EuS (純度 3N) および粉末 Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (純度 4N) (ともに高純度化学研究所製) をモル比で 1 : 1、合計 8.4 g 混ぜ合わせた。原料を石英製シリンダーに入れて、約 10<sup>-3</sup> Pa の真空中に引いた後、0.5 atm の He または Ar 雰囲気中 955 °C で 5 時間アニールした。固まった化合物をメノウの乳鉢で粉末状にし、外径 90 mm、高さ 20 mm の透明石英ガラス製シャーレに入れ、エタノールで溶くことにより均一にし、エタノールを蒸発させてターゲットとした。

膜の作製には rf マグネトロンスパッタ装置 (ANELVA, FP-21) を使用した。このスパッタ装置は基板を上部にセットし、ターゲットを下部に置くタイプであるため、粉末材料をターゲットとするのにも適している。スパッタ雰囲気ガスは Ar を使い、ガスの流量を 8.0 sccm、圧力 1-2 Pa とした。スパッタ時の rf パワーは 100-400 W、スパッタ時間は 30-60 分とした。基板は Si(100)ウエハー、熔融石英板を用い、サイズは 10×10×0.5 mm とした。作製した試料は、S の蒸発や酸化を防ぐために、S とともに石英製シリンダーに挿入し、約 10<sup>-3</sup> Pa の真空中に引いた後、Ar ガスを 0.9 atm 封入し、850~955 °C でアニールした。

2010年3月5日受理

\* 理工学部 電気電子工学科



## 2.2 試料の評価

作製した膜の膜厚(および表面荒さ), X線回折(XRD), エネルギー分散形X線分析(EDS)は, それぞれ, 超深度カラー3D形状測定顕微鏡(KEYENCE, VK-9500), XRD装置(Rigaku, Mini Flex), EDS装置(JEOL, JED-2200)を用いて測定した。また, 発光スペクトル, 発光量子効率を絶対PL量子収率測定装置(浜松ホトニクスC9920-02)を用いて測定した。

## 3. 実験結果

スパッタ時に入射したrfパワーに対する試料の膜厚をFig. 1に示す。図より, 膜厚は, ほぼrfパワーに比例していることがわかる。rfパワー400 W, 30分間のスパッタで, 膜厚2.2 $\mu\text{m}$ の膜が得られた。

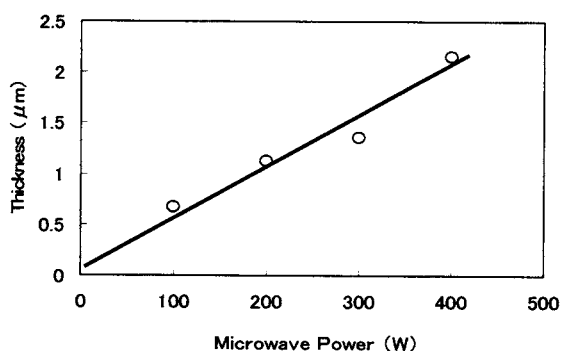


Fig. 1. Film thickness vs. input microwave power.

スパッタ後にアニールした膜のEDSによる組成比測定の結果をFig. 2に示す。照射電子線のエネルギーは15 keVとした。図から, 低いrfパワーで作製した試料は, S, Gaが少なく, また, Oの含有量が多いことがわかる。

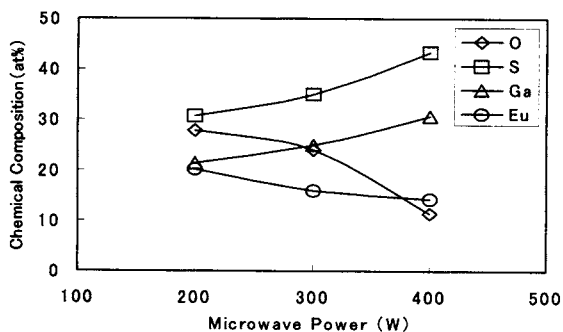


Fig. 2. Atomic compositions of annealed films.

ただし, 200 Wの試料のみに若干のSiが含まれていたことから, 200 Wの試料には基板表面のOがカウントされた可能性がある。400 Wの試料のEuの組成比は約14%であり, 化学量論的組成とほぼ一致している。ただし, 組成的にはSの一部がOに置き換わっている可能性がある。透過率測定からも, この値に矛盾しない程度の強いEu<sup>2+</sup>の吸収を観測している。

400 Wで作製した膜のXRDをFig. 3に示す。アニール前の試料からはピークは観察されておらず(Fig. 3(a)), 膜はアモルファスであると考えられる。アニール後には, Fig. 3(b)のようなピークが観察された。これらのピークはすべて, 報告されているEuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>のものに対応している。熔融石英基板を用いた膜や200~300 Wで作製した膜からも, 同様なピークが得られた。

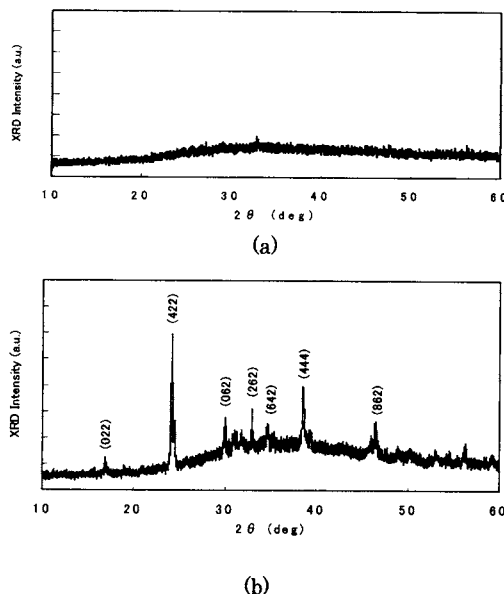


Fig. 3. X-ray diffractions of the films, (a) before annealing (b) after annealing.

試料に紫外線を照射したところ, スパッタ直後の試料では発光は見られなかった。また, アニール後, 100~200 Wで作製した試料では発光は見られなかったが, 300~400 Wで作製した試料ではEu<sup>2+</sup>によると思われる発光が観察された。ターゲット, および, 400 Wの試料の発光スペクトル(分光感度補正済み)をFig. 4に示す。

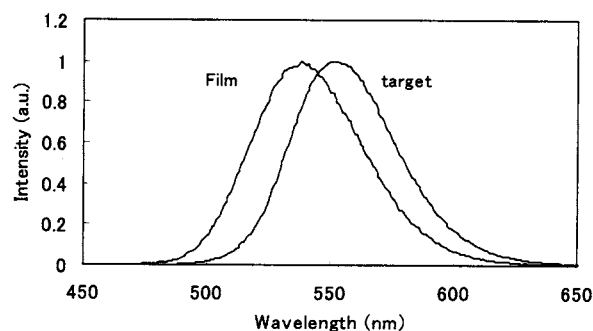


Fig. 4. Emission spectra.

ターゲットの発光のピークは551 nmで, 文献2)に報告されている値とほぼ等しいのに対して, 試料の方は533 nmと短波長側にシフトしていた。短波長側にシフトした原因の一つに, 上記で述べたOのSサイトへの置換が考えられる。また, 発光スペクトルの半値幅は51 nmで, 文献2)の半値幅43 nmと比べて, 広がっている。熔融石

英基板を用いた膜からも、同様なスペクトルが得られた。

400 W で石英基板上に作製しアニールした膜の顕微鏡写真と表面粗さを Fig. 5 に示す。膜は 20~50 μm 程度のドメイン的な領域からできている。写真では最大 1 μm 程度の凹凸は存在するが、ドメイン内では 0.2~0.3 μm 程度の表面荒さであり、微小領域を励起する面発光レーザーには十分に利用可能であると思われる。

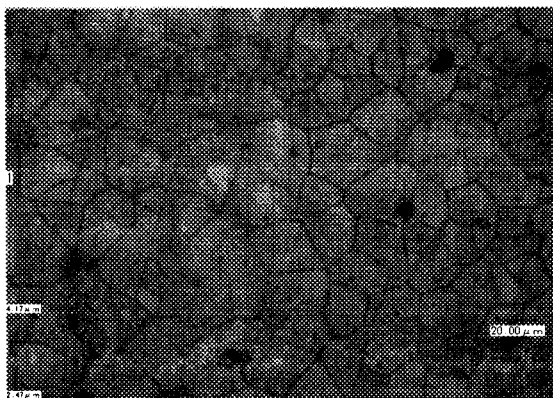


Fig. 5. Optical microscope picture of a film and surface roughness.

400 W で溶融石英上に成膜しアニールした試料の発光量子効率、17%であった。文献2)で報告されている EuGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> の発光量子効率が 21%であることから、今回作製した膜の発光量子効率は同程度かやや低い値であるといえる。

以下に半値幅とブルーシフトの影響を無視して、文献2)の数値を用いてレーザー発振に必要な膜厚を大ざっぱに見積もってみる。励起状態にある発光中心の割合を 10%とする。スペクトルのピーク位置での光学利得は、室温では実測の量子効率 17%を考慮すると 91 cm<sup>-1</sup>、77 K では文献2)と同様、量子効率 100%を仮定すると 760 cm<sup>-1</sup>となる。ここで、表面での散乱などによる光の損失は 0 としている。膜両面の光共振器反射率をそれぞれ R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> とすると、レーザー発振に必要なこれらの利得値に対応する膜厚 L は

$$L = \frac{1}{2G} \ln \left( \frac{1}{R_1 R_2} \right) \quad (1)$$

と表される。ここで、G は光学利得である。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> を 98% と仮定すれば、レーザー発振に必要なこれらの利得値に対応する膜厚は室温で 2.2 μm、77 K で 0.27 μm となる。さらに完全な反転分布 (100%励起状態に分布) 状態の下では、反射率 90%を仮定しても室温で 1.2 μm の厚さで発振が可能と推定されることになる。

#### 4. レーザへの応用と透過率

作製した膜をレーザーへ応用する場合について考える。薄膜レーザーの場合、通常の固体レーザーのように側面からの励起が困難であるため、レーザー放出面とは反対の面から励起光を入射する必要がある。励起光を効率よく入射するため

にも、また、増幅した光の損失を抑えるためにも、膜の表面は平坦で、高い透過率を持つ必要がある。しかし、Fig. 5 のように実際の膜は平坦ではなく、散乱による損失が 0 ではないため、透過した光の強度は減少する。多重反射と膜による散乱を考慮した透過のモデルを Fig. 6 に示す。ただし、散乱は膜表面でのみ起こるものと仮定する。波長 λ の光が入射したときの散乱 S<sub>1</sub> は、

$$S_1 = S_0 + \frac{K}{\lambda^4} \quad (2)$$

であると仮定する。ここで、第一項は波長依存性の無い項であり、第二項はレイリー散乱に関する項である。この散乱と多重反射を考慮した膜の透過率 T<sub>1</sub> は、

$$T_1 = \frac{(1 - R_1 - S_1)(1 - R_2) \exp(-\alpha L)}{1 - R_1 R_2 (1 - S_1) \exp(-2\alpha L)} \quad (3)$$

で表すことができる。ここで、α は吸収係数、L は膜厚である。

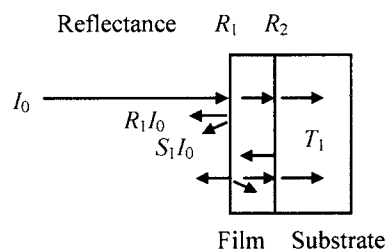


Fig. 6 Reflection R<sub>1</sub> and scattering S<sub>1</sub> at film surface, and reflection R<sub>2</sub> at interface.

膜表面での散乱が(2)式で仮定できることを、ジヨードメタン(CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub>、屈折率 1.74)を用いた実験結果より示す。実験は、膜表面の散乱の影響を調べるために、900 °C でアニールした試料を用いて、膜の透過率と、透明溶融石英基板を用いて膜表面にジヨードメタンを入れた場合の透過率とを、可視紫外分光光度計 (日本分光, Ubest-55) で測定し、それぞれの透過率を比較した。

Fig. 7 は、ジヨードメタンを透明溶融石英板と試料で挟んだときの透過率 T<sub>2</sub> のモデルである。ここで、S<sub>2</sub> はジヨードメタンと膜との界面での散乱である。

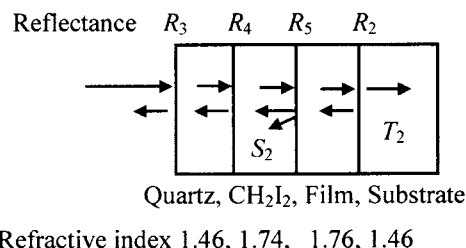


Fig. 7 Transmittance of a film covered with CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub>.

簡単のため、多重反射を考慮しない場合の  $T_1$  と  $T_2$  の比を求めると

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{(1-R_1-S_1)(1-R_2)\exp(-\alpha L)}{(1-R_3)(1-R_4)(1-R_5-S_2)(1-R_2)\exp(-\alpha L)} \quad (4)$$

となる。ここで、ジヨードメタンと膜の屈折率が近いことから  $S_2=0$  を仮定し、屈折率から求めた反射率を代入し  $S_1$  を求めると、

$$S_1 = 0.925 - 0.958 \frac{T_1}{T_2} \quad (5)$$

となる。

ここで実際に、膜の透過率  $T_1$  とジヨードメタンを挟んだときの透過率  $T_2$  を測定した結果について、Fig.8 に示す。図から、ジヨードメタンを挟んだ場合、透過率が増加しているのがわかる。これは表面での散乱による光の損失がおさえられた効果と、ジヨードメタンを挟んだことによる反射損失の低下の効果（無反射皮膜の効果）によるためであると考えられる。

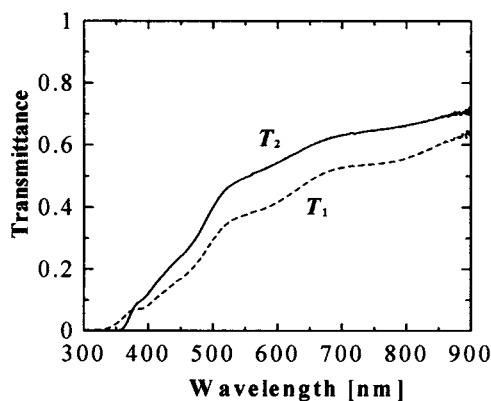


Fig.8 Transmittance  $T_1$  without  $\text{CH}_2\text{I}_2$  and  $T_2$  with  $\text{CH}_2\text{I}_2$ .

Fig.9 は、(5) 式と Fig.8 で示した  $T_1$ 、 $T_2$  の測定値から求めた  $S_1$  と、(2)式から計算した  $S_1$  とを比較したものである。(2)式の  $S_0$  と  $K$  の値を正確に求める場合には、(3)式を用いて透過率の測定結果とフィッティングさせる必要がある。(3)式には  $S_1$  と吸収係数  $\alpha$  の 2 つの未知数が含まれるため、さらに膜の光音響スペクトル (PAS) 等の測定結果とのフィッティングにより  $\alpha$  を求め、その  $\alpha$  を使って  $S_1$  を導き出すことになる。その詳細については、文献 5) を参照して頂きたい。Fig.9 から、測定結果と計算結果が非常によく一致していることが分かる。ただし、400 nm 以下での不一致はジヨードメタンによる吸収のためである。この結果から、膜による散乱には波長依存性の無いものと、波長依存性があるもののが含まれることが分かる。また、この散乱は膜表面によるものが支配的であると考えると良いことも分かる。

今後の課題としては、①平坦な膜の作製、および、面に垂直な方向の結晶性の制御、②ピークシフトの原因究明、③発光量子効率の向上、④レーザ作製のための透明基板の

選定、などが挙げられる。また、実際に面発光レーザを作製する場合、誘電体多層膜ミラーの作製も必要である。このミラーには、励起光である青色の光を透過し、緑色の光を高い反射率で反射することが要求される。現在、本研究室ではこれらのミラー作製についても取り組んでいる。

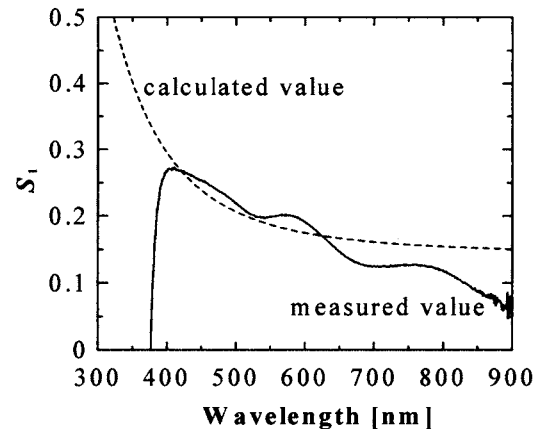


Fig.9 Comparison of  $S_1$  between the measured value from eq. (5) and the calculated value obtained from the fitting of eq. (2).

## 5. まとめ

今回、我々は  $\text{EuGa}_2\text{S}_4$  をターゲットに用いたスパッタ法により  $\text{EuGa}_2\text{S}_4$  薄膜を作製し、その光学的特性を評価して、レーザ適用の可能性について検討した。また、ジヨードメタンを挟んだ試料の透過率を測定し、膜表面での散乱の効果について検討した。

## 参考文献

- 1) A. Kato, S. Iida, M. Yamazaki, E. Yamagishi, C. Hidaka and T. Takizawa, "Optical gain due to the Eu transition in the alloy of  $\text{Ca}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Ga}_2\text{S}_4$ ", J. Phys. Chem. Solids **66** (2005), 2076-2078.
- 2) A. Kato, M. Tanaka, H. Najafov and S. Iida, "Phonon spectra of stoichiometric rare-earth compound of  $\text{EuGa}_2\text{S}_4$ ", J. Phys. Chem. Solids **66** (2005), 2072-2075.
- 3) S. Iida, A. Kato, M. Tanaka, H. Najafov and H. Ikuno, "Photoluminescence Characterization of Rare-Earth Stoichiometric Compound of  $\text{EuGa}_2\text{S}_4$ ", J. Phys. Chem. Solids **64**(2003), 1815-1819.
- 4) M. Dohi, A. Kato, M. Sumitani, S. Iida, "Thin film formation by rf sputtering with  $\text{EuGa}_2\text{S}_4$  target and photoluminescence of the prepared films", physica status solidi (c) **3** (2006), 2734-2738.
- 5) 土肥稔, 上原正裕, 矢木正和, 飯田誠之: 発光励起, 光音響, 吸収スペクトルの相互比較によるスパッタ  $\text{EuGa}_2\text{S}_4$  薄膜の評価, 応用物理学会多元系機能材料研究会平成 19 年度成果報告集(2008),23-26.

## ダイオキシン類汚染土壌から分離された微生物の特徴について

## Isolation and Characterization of a fungus from a dioxin-contaminated soil

惣田 昱夫\*, 今井 絵理奈\*\*, 古市 徹\*\*\*

Ikuo SOUTA\*, Erina IMAI\*\* and Thoru FURUICHI\*\*\*

## Abstract

A fungal isolate from a dioxin-contaminated soil sample was characterized for its ability to degrade the dioxin-like compound 3Cl-DD and lignin. The following became clear. 1) Lignin was decolorized by 90% after 3 days of culture. 2) Based on the analysis of 28S rDNA, the fungus was identified as *Aspeligillus japonika*. 3) During the same time period, the fungal isolate was able to degrade 20% of the 100 ppm 3Cl-DD present in the culture medium.

## 1. はじめに

ダイオキシン類は、ポリ塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシン (PCDD) とポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) に加え、コプラナーポリ塩化ビフェニル (Co-PCBs) の三種類の化合物の総称である。異性体が多く、そのうち毒性のあるものは PCDD では 75 種類中 7 種類、PCDF は 135 種類中 10 種類、PCB209 種類中 Co-PCB は 13 種類とされている。最も毒性の強い異性体は、2, 3, 7, 8-TCDD である。ダイオキシン類は、量的に少ない量で急性毒性を示し、長期摂取により発ガン、成長抑制、生殖毒性などの慢性毒性も示す特異的な化学物質<sup>1)</sup>である。

ダイオキシン類の主な発生源は、有機塩素系農薬等の製造過程や、塩素漂白や塩素殺菌の過程、廃棄物の焼却燃焼過程、過去に生産された化学物質である。中でもゴミ焼却による発生が多いとされ、現在では排出抑制基準が設けられ発生量は減少し大気中のダイオキシン濃度は低くなっているが、解体された焼却場の適正な処理が行われなかったこと等により、これらのダイオキシン汚染土壌等の無害化処理は現在でも課題となっている。

2010年 3月 5日受理

\* 理工学部 物質生命科学科

\*\* 理工学部 物質生命科学科卒業生

\*\*\* 北海道大学大学院工学研究科

本研究では、厚木飛行場周辺の焼却施設から排出されたダイオキシン類により汚染された土壌のバイオレメディエーションの実験を行い、ダイオキシン類が減少しているライシメーター<sup>2)</sup>から、ダイオキシン分解菌の分離を試みた。リグニン分解菌はダイオキシン類を分解<sup>3,4,5,6)</sup>するという報告があることから、分離した菌がリグニンと三塩素化ダイオキシンである 3, 7-threechlorodibenzo-p-Dioxin (3Cl-DD) の分解の特徴を調べた。また分離した分離菌の菌種の同定も行った。

## 2 実験方法

## 2.1 ダイオキシン分解菌の分離と培養条件

厚木飛行場周辺のダイオキシン汚染土壌を用いバイオレメディエーションの実験を行いダイオキシン類の減少が認められた土壌 1g を生理食塩水 9ml に溶かし、その上清 1ml をリグニン培地 20ml の入った 50ml の遠沈管に入れ、室温で 1 週間、150rpm で振とう培養した。1 週間後、リグニン脱色が確認されたサンプルから 1ml をビフェニール 200ppm の入った LB 平板培地に入れ 30°C で培養した。ビフェニールが分解され黄色くなった培地に生育した菌をリグニン培地 20ml に一白金耳植菌し、同じく室温で 1 週間、150rpm で振とう培養した。リグニンの脱色を確認された培地をダイオキシン分解菌とした。リグニン培地組

成は、リグニン 0.1g、グルコース 1.0g、 $K_2HPO_4$  0.1g、 $(NH_4)SO_4$  0.2g、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.1g、NaCl 0.2g、 $CaCO_3$  0.2g、微量塩類溶液 0.1ml( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0.01g、 $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  0.01g、 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  0.01g/100ml)である。

## 2.2 リグニン脱色と菌数の測定

リグニン培地 20ml を 50ml 遠沈管に入れ培養し、その 1.0ml をマイクロチューブに取り、12000rpm で 15 分間遠心分離した。上清 0.5ml は、4 倍希釈した後 480nm で透過率を測定し、リグニンの脱色の変化を測定した。また、混釈法により菌数を測定した。シャーレに稀釈水 1ml とツァペックドックス寒天培地を加え、30°C で 1 週間培養した。培養後コロニー数をカウントし、菌数を求めた。

## 2.3 ダイオキシン類分解試験

本分解試験では 3Cl-DD を使用した。リグニンの脱色試験で脱色が確認できたサンプルから 1ml をリグニン培地に入れ再度 4~6 日間前培養した。リグニンを除いたリグニン培地 25ml の入った遠沈管に各々 5ml ずつ分注した。この遠沈管の最終濃度が各々 1ppm、10ppm、100ppm となるよう 3Cl-DD を添加し、3 種類の試料を作成し、3 日間 25°C、150rpm で振とう培養した。

## 2.4 抽出方法

### 2.4.1 分解代謝物の抽出<sup>7,8)</sup>

培養後、培地液を 50ml 共栓試験管に移し、塩酸を加え pH2 とした。この試料を酸性抽出画分とした。抽出は、酢酸エチル 10ml を入れ約 5 分間振とう後、軽く遠心し、酢酸エチル層を分取した。これを 2 回繰り返した。次に分取した酢酸エチル層を無水硫酸ナトリウムで脱水し、1 ml 以下に濃縮した。

### 2.4.2 ダイオキシン類抽出<sup>9,10)</sup>

酢酸エチルで抽出した後の培地を水酸化ナトリウムで中性に戻し、中性抽出画分とした。抽出は、トルエン 10ml を入れ約 5 分間振とうし、トルエン層を分取した。これを 2 回繰り返した。次に有機物の分配のため、硫酸を用いてトルエン層を洗浄した。この洗浄は、硫酸層の黄色の着色が目で確認できなくなるまで行った。硫酸処理したトルエン層は蒸留水で 2 回洗浄した。さらに無水硫酸ナトリウム

で脱水後、濃縮し 1ml に定量した。

### 2.4.3 回収率の測定

植菌していない水 20ml およびリグニン培地 20ml よりダイオキシン類の抽出を行った。

3Cl-DD 分解試験においても培養後の培地に内部標準物質として  $^{13}C$  でラベルした 2,3,7-3Cl-DD を添加し、回収率を求めた。

## 2.5 分析条件

GC-MS 分析計 島津製 QP-5050A 型を用いて分析した。分析条件は以下の通りである。

カラム：DB-5 (0.22mm×30m)

キャリアガス：He 1.3ml/min

インターフェイス：250°C

3Cl-DD 代謝物分析の GC 条件：

昇温条件：100°C, 1 min hold、  
100~250°C/10°C/min、  
250°C 5min hold

測定モード：Scan

3Cl-DD 定量分析の GC 条件：

昇温条件：100°C、1 min hold、  
100~250°C/10°C/min  
250°C 5min hold

測定モード：SIM

SIM 測定イオン：286.95 298.00

## 2.6 SDS-PAGE 法<sup>11,12)</sup>

### 2.6.1 酵素の抽出

培養 8 日目の培地液 20ml を 2000rpm で 10 分間遠心分離し、上清と沈殿物に分けた。上清は、攪拌型ウルトラホルダーで 5ml 以下になるまで濃縮した。

沈殿した菌体は、ビーズビーターで 10 分間破碎した後メンブレンフィルター (0.45 μm) 付きマイクロチューブを用いて 10000rpm、10 分間遠心を行い、濾液を濃縮した。

### 2.6.2 SDS-PAGE の作成

BIO-RAD 製を使用し、以下の組成でゲルを作製し、50

mA で電気泳動し、染色、脱色を行なった。11%アクリルアミドゲルの組成は以下の通りである。

アクリルアミド	3.7ml
1.5M トリス	2.5ml
10%SDS	0.1ml
イオン交換水	4.4ml
テトラメチルメチレンジアミン	0.012ml
APS	0.1ml

## 2.7 分解菌の同定<sup>13,14)</sup>

### 2.7.1 光学顕微鏡による形態観察

ダイオキシン分解酵素を出すカビをツアベックドックス液体培地にて、150rpm で3日間振とう培養し、ペレット状の菌体をプレパラートに乗せ、光学顕微鏡により観察した。

### 2.7.2 SEM による形態観察

ダイオキシン分解酵素を出すカビをツアベックドックス平板培地で30℃、1週間ほど培養し、SEM(JSM-5400、日本電子)により観察した。

観察試料は、真鍮試料台に培養したカビを両面テープで貼り、FINE COAT (JFC-1100E、日本電子)で5分間金蒸着した。

### 2.7.3 DNA 解析<sup>15)</sup>

ポテトデキストロース寒天培地「ダイゴ」(日本製薬、東京)で25℃、3日間培養した菌株を用いて DNeasy plant Mini Kit(QIAGEN,Hilden,Germany)により DNA を調整し、これをテンプレートとしてプライマー-NL1,NL2,NL3 及び NL4(Donnell,1993)で PCR を行った。ABI PRISM3100 Genetic Analyzer System でシーケンスを行い、国際塩基性配列データベースで相同性検索を行った。

## 3. 実験結果

### 3.1 リグニン分解菌の分離

リグニン分解用培地にダイオキシン類含有土壌サンプルを入れ培養したところ、リグニンが分解され脱色が確認

された。この試料を3回ほど集積培養し、その中から1種類の、リグニンを分解する菌が分離され、SI-2000とした。

### 3.2 リグニン脱色と菌増殖の測定

リグニン脱色と菌増殖の測定結果を図1に示した。図1より菌数は、培養開始から3日間で $10^8$ を越え、定常期となった。リグニンの脱色は菌の増殖からやや遅れて3~6日目に活性が高くなった。リグニン脱色率は、8日で90%となった。培養8日後の脱色の写真を図2に示した。

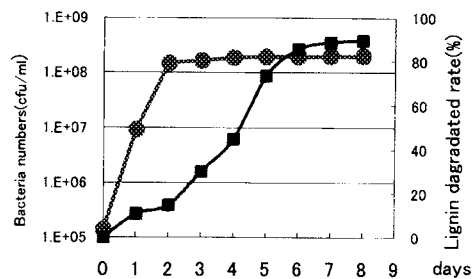


図1 リグニンの脱色率と菌増殖の関係

●Lignin degraded rate ■Bacteria numbers

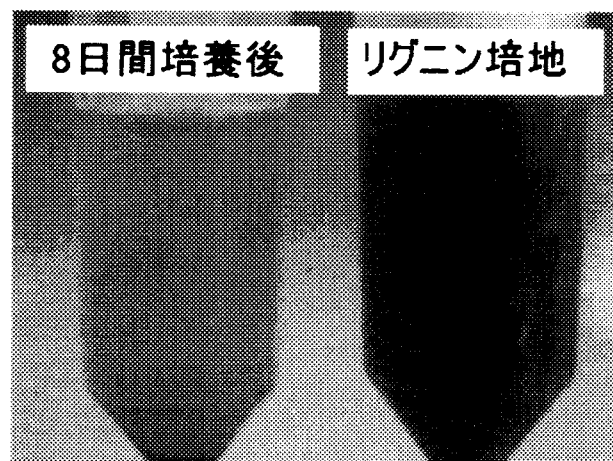


図2 8日後の SI-2000 株によるリグニンの脱色

### 3.3 ダイオキシン類分解試験

#### 3.3.1 好氣的分解試験

SI-2000を用いて、1,10,100ppmの3種類入った3Cl-DD分解試験を行った。分解能力の検定を行うため3日間測定した結果を図3に示した。3Cl-DD濃度が1ppm(5μg含有)の場合、3日目でGCMSのTICの3Cl-DDのピークが検出されなくなった。10ppm(同50μg)では約70%(35μg)、

100ppm では約 20%の減少率(100 μg)であった。

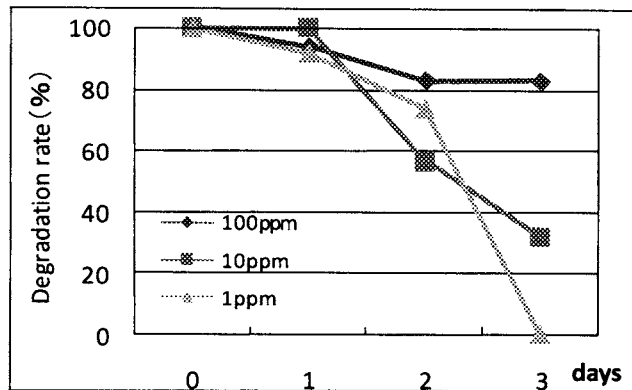


図3 3-Cl-DDの濃度の違いによる分解の経時変化

### 3.3.2 回収率測定

ダイオキシン類抽出におけるロスを換算するため、回収率の測定を行った。植菌していない水 20ml およびリグニン培地 20ml よりダイオキシン類の抽出を行った結果、水からはほぼ 100%、リグニン培地からは 90%回収できた。

また、3-Cl-DD 分解試験においても培養後の培地に内部標準物質として <sup>13</sup>C でラベルした 2,3,7-3Cl-DD を添加したところ、約 80%の回収率であった。

### 3.4 リグニン分解酵素の SDS-PAGE<sup>16,17)</sup>

リグニンの脱色を行う菌の酵素を確認するため SDS-PAGE を図 4 示した。細胞内と細胞外濃縮液を泳動した。細胞内濃縮液に 20 近くのバンドが確認された。このうち 22kDa、35kDa、53kDa、57kDa、90kDa の位置にバンドが確認された。リグニン分解酵素として知られて

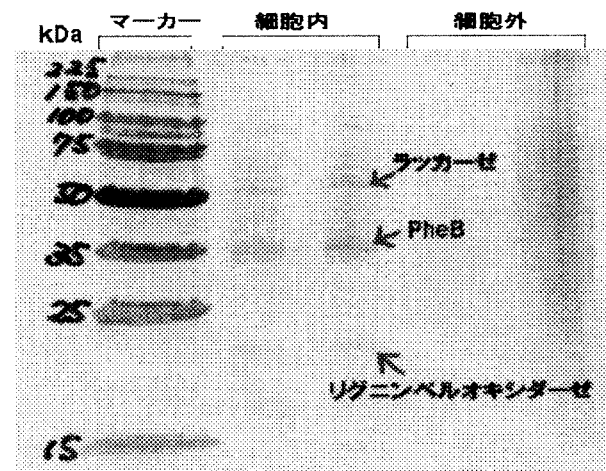


図4 SI-2000の酵素の SDS-PAGE

いるリグニンペルオキシダーゼは 22kDa、PheB は 35kDa、ラッカーゼは 53kDa と判明している。これらの位置にバンドが認められた。

### 3.5 分解菌の同定

#### 3.5.1 顕微鏡観察<sup>15)</sup>

光学顕微鏡で観察した菌の写真を図 5 に示した。また、SEM で撮影した菌全体の写真を図 6 に示した。

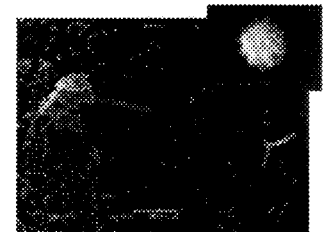
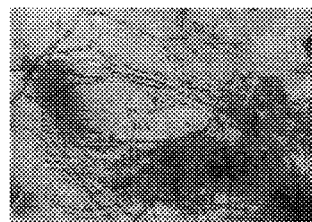


図5 顕微鏡による SI-2000 図6 電子顕微鏡による菌糸と孢子

顕微鏡による観察で菌糸が、SEM では菌体の長さ約 250 μm、孢子は 3~4 μm と確認された。また、孢子は突起状の球形をしていた。

#### 3.5.2 DNA 解析及び系統樹<sup>15,16)</sup>

28SR-DNA の解析を行った。解析した結果、*Aspergillus japonica* 近縁種の糸状菌であった。その系統樹を図 7 に示した。

## 4. 考察

分離菌のリグニン分解試験の結果では、10 日間でリグニンの茶褐色を分解・脱色することがわかった。

リグニンの濃度が 100ppm 程度に下がると、肉眼ではほぼリグニンの茶褐色の色は確認できなくなるが、実験開始時リグニンの濃度が 1000ppm の培地が、10 日後には 123.8ppm まで低下し、脱色がはっきりと目視された。この結果から菌数の増加は早く、リグニン脱色は遅れていることから、脱色するのは菌の生成した酵素、リグニンペルオキシダーゼ等<sup>12)</sup>による分解であると推測された。SDS-PAGE でも 22kDa の位置に酵素の存在が認められて

いる。

リグニンは製紙・パルプ工業における廃液に多く含まれ、河川の泥濁を引き起こし問題となっている。今回分離した菌種はリグニンを効率よく分解することから、本菌を利用するならリグニン廃液を効率よく分解処理<sup>12)</sup>出来るのではないかと思っている。

3Cl-DD の各濃度の分解試験では、濃度によって分解率が異なっている。一般に化学物質の分解は存在する酵素量に比例することから 3Cl-DD の分解量は菌が生産した酵素量によって決定される。培地中の含有濃度が 500 μg (100ppm) と多いほど分解率は 20%と低い分解量は 100 μg と多い。高濃度の方が菌の活性を高め分解酵素生産量を多くしているようである。

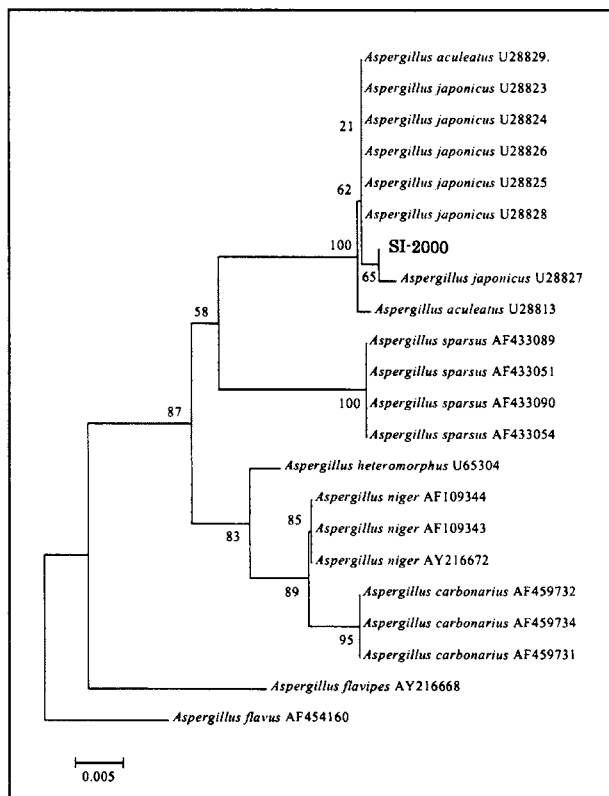


図7 *Asperigillus japonica* SI-2000 の系統樹

菌の活性は、添加された化学物質の量や毒性によっても異なる。本菌株を有効利用する場合、酵素の活性化条件は重要となる。コカイ SDS-PAGE は 8 日目の分解終了時の培養液の泳動であることから確認されたバンドが薄いものとなっている。今後さらに検討し、酵素類の解析を進めた

いと考えている。

また、一般にダイオキシン類の分解では中間代謝物<sup>10,17,18)</sup>が生成する。GC-MS で 3Cl-DD 分解と分解代謝物を調べたが、予想される開環前の中間代謝物は確認されなかった。そのため本分解菌による分解代謝経路を確定できなかった。しかし、リグニネルオキシゲナーゼやラッカーゼ等の酵素を含む培養液によるダイオキシン類を分解した報告<sup>6,12)</sup>によると開環前の分解物がわずかながら検出されることや本試験でも開環後の代謝物と思われるベンゼン化合物が確認されたことから、本菌株による 3Cl-DD の分解が行われたものと推測している。

菌種の同定では、光学顕微鏡による形態観察で糸状菌と確認された。糸状菌は、カビと呼ばれ糸状の菌糸を伸ばして生育し、胞子を形成する。

SEM 写真では菌糸と胞子囊、胞子が確認され、顕微鏡では菌糸などが見られた。これらの結果から糸状菌と確認された。また、本菌株の 28Sr-DNA の解析と系統樹作成により *Asperigillus japonica* の近縁種と判明している。本菌株は有害性の少ない菌種であると考えている。

### 5. まとめ

ダイオキシン汚染土壌からダイオキシン分解菌として分離した分解菌 SI-2000 の特徴を調べた。以下のことが明らかとなった。

- 1) 分離菌 SI-2000 によりリグニン分解が確認された。
- 2) SI-2000 株による 3 塩素化ダイオキシンの分解が確認された。
- 3) 培養液中からリグニン及びダイオキシン分解酵素として知られているリグニネルオキシゲナーゼとラッカーゼのバンドが認められた。
- 4) SI-2000 株は、28Sr-DNA の解析から *Asperigillus japonica* の近縁種の糸状菌と同定された。

### 6. 謝辞

本研究は平成 17 年度環境省廃棄物処理等科学研究費の援助で実施した。また遺伝子の解析で (株) テクノスルガ (静岡市清水区) の援助をいただいた。併せて感謝します。



## 7. 参考文献

- 1) 惣田 昱夫：医療廃棄物とダイオキシン、機能水医療研究, **11**, 9-14(1999)
- 2) Ikuo souta, Tohoru Furuichi et al: A characteristics of the reduction in dioxins for 24 months in the expamination of a bio-remediation Lysimeter, **68**, *Organohalogen Compounds*, 1488-1491 (2006)
- 3) 惣田 昱夫：高分子、内分泌攪乱物質ならびに毒性物質の生分解<sup>[8]</sup> 9.ダイオキシンの生分解について, 防菌防黴, **33**, 21-28(2005)
- 4) 橘 燦郎：ダイオキシン汚染土壌の木材腐朽菌による生物処理, 用水と廃水, **41**, 8-12(1999)
- 5) 伊藤和貴 他：木材腐朽菌によるバイオレメディエーション (II) ダイオキシン分解菌の酵素活性と 2,7-Dichlorodeibenzo-*p*-Dioxin の分解との関連およびダイオキシン分解菌のスクリーニング法の改良, 紙パ義協誌, **51**, 1759-1768(1997)
- 6) 斉藤祐司他：ダイオキシン類及び PCB 汚染度の浄化システムの開発, 大成建設技術センター報, **39**, 1-21(2006)
- 7) Nobutada Kimura and Yoshikuni Urushigawa : Metabolism of Dibenz-*p*-Dioxin and Chlorinated Dibenz-*p*-Dioxin by a Gram-Positive Bacterium, *Rhodococcus opacus* SAO101. *J. Biosci. Bioeng.*, **92**, 138-143(2001)
- 8) Kensuke Furukawa, Noboru Tomizuka, and Akira Kamibayashi: Metabolic Breakdown of Kaneclors (Polychlorobiphenyls) and Their Products by *Acinetobacter* sp. *Appl. Environ. Microbiol.*, **46**, 140-145(1983)
- 9) Rolif-Michael Wittich et al: Degradation of dioxin-like compounds by microorganisms, *Appl. Environ. Microbiol.*, **49**, 489-499,(1998)
- 10) Kunichika Nakamiya, Tohru Furuichi : Isolation of a fungus from denitrifying activated sludge that degrades highly chlorinated dioxins、*J Mater Cycles Waste Manage*, **4**, 127-134(2002)
- 11) 井本泰治 著：蛋白質工学研究法、生物化学実験法 **40**、学会出版センター(2002)
- 12) 金山 望 他： *Aspergillus terreus* LD-1 の生産するアルカリ性リグニンペルオキシダーゼの精製と諸性質、環境技術、**31**, 644~651(2002)
- 13) 山崎省二 編：カラーアトラス環境微生物、オーム社(2002)
- 14) 山田英智 編：微生物学における電子顕微鏡技術、医学・生物学のための電子顕微鏡実験法 4、学会出版センター(1995)
- 15) 久米田裕子：カビ同定法の簡易、迅速化—分子生物学的手法を中心に—, 防菌防黴誌, **33**, 569~576(2005)
- 16) 鈴木健一郎 編：微生物の分類・同定実験法、シュプリンガー・フェアラー東京(2002)
- 17) Rolif-Michael Wittic et al : Metabolism of Dibenz-*p*-Dioxin by *Sphingomonas* sp. Strain RW1, *Appl. Environ. Microbiol.*, **58**, 1005-1010(1992)
- 18) Satoshi Takada et al: Degradation of Polychlorinated Dibenz-*p*-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans by the White Rot Fungus *Phanerochaete soridida* YK-624, *Appl. Environ. Microbiol.*, **62**, 4323-4328(1996)

# コンピュータゲームを活用したスポーツトレーニングシステムの開発

Development of a New Sport Training System Utilizing a Computer Racing Game

玉真昭男\* 富田寿人†

Teruo TAMAMA\* and Hisato TOMITA†

Abstract: A new training system has been developed for Olympic-level speed ice skaters as well as ordinary people by combining a computer bicycle-racing game with a cycle ergometer, or a stationary bicycle exercise-machine. This system enables measurement and training of their physical strengths. A player competes with a bicycle running according to his own previous data or those of the rival athlete. He can receive training or rehabilitation, as if he enjoys a computer game.

## 1. はじめに

本研究は、トレーニングやリハビリにゲームの要素を取り入れ、しかも上級者や自分の過去の記録と競争することでやる気を自然に起こさせ、トレーニングを持続させる効果を狙ったものである。一ヶ月前、一週間前、あるいは昨日の自分のデータと直接比較して、わずかずつでも日々のレベルアップが実感できたり、上級者に近づいたりしていることが分かれば励みとなり、トレーニングの持続が容易になり、効果が劇的に上がると考えられる。

具体的には、トレーニング用自転車エルゴメータを使って、スポーツマンの運動能力を測定することを目的とした「パワー測定器」と「自転車競争ゲーム」をドッキングした、新しいトレーニングシステムに関するものである。

著者の一人(富田)は、スピードスケートの日本ショートトラック・ナショナルチーム・コーチ陣の一人であるため、この「パワー測定器」は同チームの要望を取り入れ、ショートトラック選手の体力測定に対応した機能も多く備えている。

著者らはすでに、同チーム用に「パワー測定器」の1、2号器を開発・供給しており、実際にオリンピックレベル

の選手の体力測定に使われてきた<sup>1),2),3)</sup>。今回、トレーニング用自転車とコンピュータゲームを組み合わせ、スケートや自転車競技などのスポーツ選手用ばかりでなく、一般人の体力維持・向上につながる、新しいトレーニングシステムを開発したので報告する。

## 2. 研究の背景

### 2. 1 パワー測定器

トレーニング用自転車を使って、スポーツマンの運動能力を測定することを目的としたパワー測定器を開発してきた。モナーク社製自転車エルゴメータ(重さ 20kg、慣性モーメント 0.91kgm<sup>2</sup>)にロータリエンコーダ(SHIMPO製)を取り付け、動輪1回転につき600パルス出力できるようにした。このパルスを、ノートPCにつないだパワー測定器で0.05秒毎に測定するシステムを作って、低速から高速までの広い範囲にわたる正確な計測を可能にした<sup>2),3)</sup>。特に、こぎ出し直後の最大加速時の速度を正確、かつ詳細に測定出来る点が優れている。スピードスケートの日本ショートトラック・ナショナルチームにすでに2号器までを開発・供給しており、オリンピックレベル選手の体力測定に使われてきた<sup>1)</sup>。勿論、一般人の運動能力も測定できる。Fig. 1はこのパワー測定器を用いた運動能力測定システムの構成図である。

2010年3月9日受理

\* 総合情報学部 コンピュータシステム学科

† 総合情報学部 人間情報デザイン学科

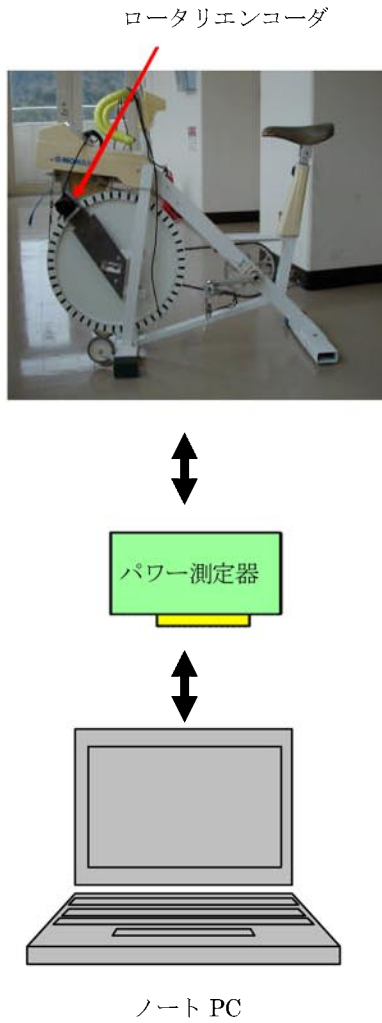


Fig. 1 運動能力測定システム

設計したパワー測定回路のブロック図を Fig. 2 に示す。USB インタフェース回路には、Cypress 社の USB コントローラ EzFirm/FX2 シリーズの LSI である CY7C68013 (56 ピン) を用いた。他の回路は VHDL (VHSIC Hardware Description Language) を用いて専用設計を行い、30,000 ゲート FPGA (米 ALTERA 社 EPF10K30RC208) ワンチップに搭載した。開発したパワー測定回路ボードを Fig. 3 に示す。本器は、大型のディスプレイ (LED) 4 個を備え、1s ごとの平均速度や瞬間速度の最大値を表示する。これにより、被験者の挑戦意欲をかきたてるようにした。

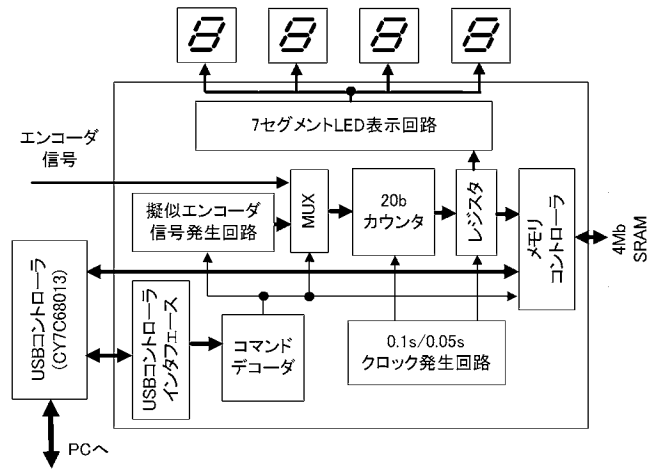


Fig. 2 パワー測定回路のブロック図

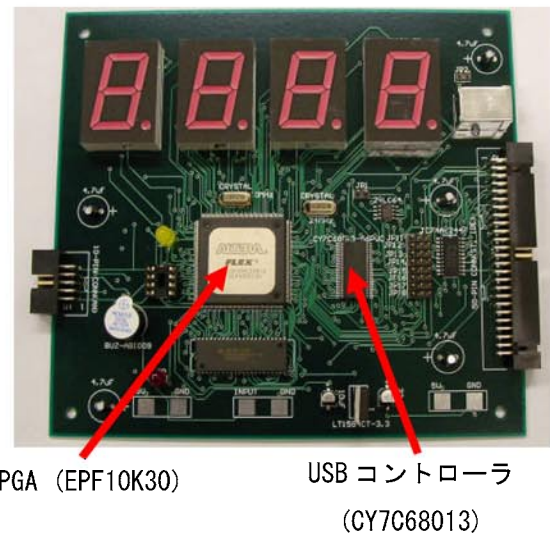


Fig. 3 パワー測定回路ボード (2 号器)

## 2. 2 使用例と測定結果

運動テストは、男女共に 10 秒間、90 秒間の最大努力でのペダリングの測定をするものである。個々の負荷は、10 秒間ペダリングの場合で男子は 3 kp、5 kp、7 kp であり、女子は 2 kp、4 kp、5 kp である。90 秒間ペダリングテストの場合の負荷は、原則として男女とも体重 1kg あたり負荷 75g で計測された。

時間の計測は水晶発振器を使用しているため、測定誤差は 0.01% 以下である。USB2.0 をサポートしたノート PC を用いれば、90 秒間ペダリング測定の場合でも 1800×16 ビット=3.6KB のデータ転送を 1ms 以下で行うことが出来る。オリンピックレベルの選手の体力測定やトレーニングに必要な機能と十分な性能が得られた。

Fig. 4 に、オリンピックレベル男子選手の 10 秒間ペダリング測定に於ける速度曲線と全パワー曲線の例を示す。

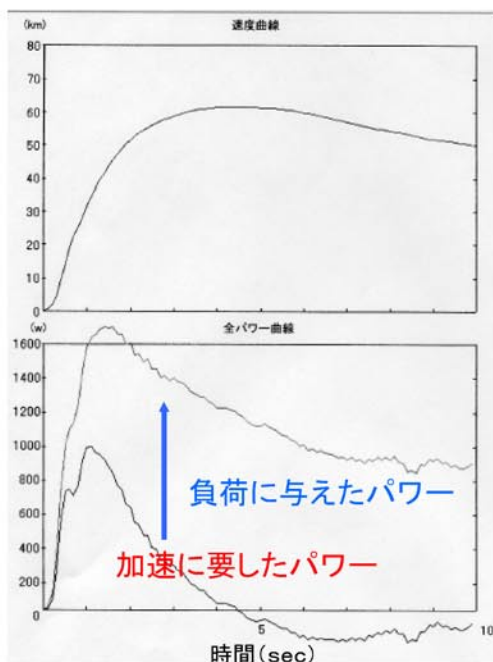


Fig. 4 オリンピックレベル男子選手のパワー曲線  
(10 秒間ペダリング)

### 2. 3 各種コンピュータゲーム開発の経緯

コンピュータゲーム作りは、出来栄を自分で評価できる、何か1つ作るとアイデアが次々に湧いてもっと作りたくなる、更に高度な機能を作りこみたくなる、といった自己拡張性があり、完成したときの達成感も大きいので、アルゴリズム考案やプログラミングといった「知的もの造り」教育の題材として非常に優れている。

将来、プログラマーやSE（システムエンジニア）を目指す学生には、プログラミング言語の文法を理解し、多くの演習問題を解くだけでは不十分で、卒業研究などで、例えば3000行以上の大規模プログラミング開発の体験が必要である。その課題として、出来栄を自分で評価でき、アイデアが次々に湧いてもっと作りたくなる「ゲーム」は格好の題材となるので、本学では、コンピュータゲーム作りをプログラマーやSEを目指す学生のプログラミング教育最終課題として位置付けている。

我が研究室では、Microsoft社のVisual C++<sup>®</sup>.NETとMFC(Microsoft Foundation Class)を使った2Dゲームや、DirectX<sup>®</sup>9.0を使った、更に高度な3Dゲーム開発に取り組ませ、これまでにレースゲーム、シューティングゲーム、格闘ゲーム、育成ゲームなど10種類以上の3Dゲームを開発してきた<sup>4), 5), 6)</sup>。

### 2. 4 シリアスゲームへの展開

最近では、単なる「遊戯」の域を越えて、ゲームの社会的・実用的応用を考えさせるため、学生に「シリアスゲーム」に取り組ませている。2008年、F1レースゲームを運転の評価・分析が行えるシステムに拡張し、「全日本学生フォーミュラ大会」に向けたドライバーの運転練習に活用して総合成績アップに貢献したのが最初の成果である<sup>7)</sup>。今回、我々がすでに開発・供給し、オリンピックレベルを含む、多くのスピードスケート選手の体力測定に使っている「パワー測定器」<sup>2), 3)</sup>に自転車競争ゲームをドッキングし、新たな「トレーニングマシン」を開発した。

### 3. 自転車競争ゲームの開発

#### 3. 1 開発環境

開発環境としてWindows用のC/C++コンパイラVisual C++.NET 2005、Windowsアプリケーション構築支援ライブラリMFC、モデリングソフトMetasequoia Ver2.4.0を使用した。

いずれは、リンクする自転車競争ゲームを3Dで作る予定であるが、それにはグラフィック処理機能が強化されたPCが必要になる。通常のノートPCでは処理が重くなり、うまく動作しないので、まずは2Dで作ることにした。

それなのに、3DモデリングソフトMetasequoiaを用いた理由は、自転車と運転者を3Dで作っておくことで、どの角度から見た2D画像も簡単に得られるからである。作成したモデルをFig. 5に示す。



Fig. 5 自転車と運転者の3Dモデル

### 3.2 コンピュータ対戦機能

本「自転車競争ゲーム」は、運転記録のファイル保存機能と任意の運転記録との対戦モードを実装しているのが大きな特徴である。対戦モードでは、プレーヤは他人の記録や、自分の過去のどの運転記録とも対戦することが出来る。スポーツ選手の場合はライバルの記録と対戦することで、トータルの走行時間を争うだけでなく、より詳しく、どの時点で追い抜かれるのか、最大加速時か、それとも後半の持続走の時点なのか、などを体感することが出来る。データさえあれば、ライバルがいなくてもいつでも直接競争することが出来る。5秒後、あるいは10秒後など、特定の時点で絞ってトレーニングの効果を確認することも出来る。普通、遠く離れたライバルと直接競争することは出来ないが、合同合宿時に一緒に取ったライバルのデータがあれば、自分の練習場に戻った後でも、常にライバルと競争する、といった使い方が可能になる。

### 4. 「共有メモリ」を使った2つのアプリケーション間でのデータのやり取り

これまで、我が研究室では、(1)「パワー測定器制御プログラム」は Visual BASIC で、一方ゲームプログラムは Visual C++で開発してきた。それぞれに、ベースにしたプログラムライブラリー群が研究室資産として残っているので、それを活用するためである。今回も(2)「自転車競争ゲーム」は Visual C++ .NET 2005 で作成した。

さて、(1)と(2)を連動して動かすには、両者の間でリアルタイムでデータのやり取りをする必要がある。具体的には次の手順になる。(1)は0.05秒ごとにエルゴメータに取り付けたロータリエンコーダの回転角度を読み取り、速度に変換している。そこで、この0.05秒ごとの速度値をリアルタイムで(2)に転送出来れば、ゲーム画面上の自転車を実速度に応じて動かすことが出来る。

(1)と(2)が別々の言語で書かれていると、この「リアルタイムでデータのやり取り」には不便である。そこで、どちらか一方を VB、あるいは VC++で書き換えて、プログラム言語を統一することも考えた。しかし、(1)、(2)ともソースコードは約2000行であるので、どちらにしても容易ではないし、時間が掛かり過ぎる。また、書き換え自体に時間を掛けるほどの意味がない。そこで、別の方法 =

「共有メモリ」を使って、プロセス間でのデータのやり取りをする方法 = を検討した<sup>8)</sup>。

Windows マシンにおいて、複数のプロセスからアクセスすることが可能なメモリを共有メモリといい、これを使えばプロセス間でのデータのやり取りを簡単、かつ高速に実行できる。具体的には、VC++の CreateFileMapping API 関数を使用してメモリマップドファイルを作成する。

```
// メモリマップドファイルの生成
m_hMapping = ::CreateFileMapping(
    (HANDLE)0xffffffff,
        // 共有メモリの場合は0xffffffffを指定
    NULL,           // セキュリティ属性
    PAGE_READWRITE, // プロテクト属性
    0,             // ファイルサイズの上位32ビット
    32768,        // ファイルサイズの下位32ビット
    "AppConversation");

// メモリマップドファイルの名前

// プロセス内のアドレス空間にファイルの
// ビューをマップ
m_pMapView = ::MapViewOfFile(m_hMapping,
    FILE_MAP_ALL_ACCESS, 0, 0, 1024);

// ミューテックスオブジェクトの生成
m_pMutex = new CMutex(FALSE,
    "UKFileMappingTest_Mutex");
```

同じ名前のメモリマップドファイルがすでに作成されている場合は、CreateFileMapping API 関数はメモリマップドファイルのハンドルを返す。これにより、2つ目のアプリケーションは、1つ目のアプリケーションが生成したメモリマップドファイルのハンドルを取得することが出来、2つのアプリケーションで同じメモリ領域にアクセスすることが可能になる。また、このメモリマップドファイルに名前" を付けておく。今回は" AppConversation" とした。

メモリマップドファイルのハンドルを取得できたら、MapViewOfFile API 関数を使ってプロセス内のアドレス空

間へファイルのビューをマップする。この関数の戻り値はビューへのポインタなので、以後はこのポインタを通じて共有メモリへアクセスすることが可能になる。このとき、上で付けたのと同じ名前でもメモリマップドファイルを指定する。この名前がいわば ID となり、この名前を使うことで 2 つのアプリケーションで同じ共有メモリへアクセスすることが可能になる。

共有メモリへのアクセスをおこなう際、同期処理に注意しなくてはならない。さもないと、複数のプロセスから同時にアクセスがおこなわれ、共有メモリの内容の信頼性が損なわれる。ここでは同期処理にミューテックスを使用し、データの書き込みや読出しの前後にミューテックス・オブジェクトのロック/アンロックを行うことで、別プロセスでの途中書き込みを防いでいる。書き込みや読出しのコードを以下に示す。

```
// 共有メモリへ書き込み
// m_data は書き込むデータ文字列
m_pMutex->Lock(INFINITE);
memcpy(m_pMapView, (LPCTSTR)m_data,
        m_strEdit1.GetLength() + 1);
m_pMutex->Unlock();

// 共有メモリの内容を読出し
// 読み出したデータを文字列変数 m_data に格納
m_pMutex->Lock(INFINITE);
m_data = (LPTSTR)m_pMapView;
m_pMutex->Unlock();
```

以上は VC++での関連コードの書き方である。VB においても、同様の関数を使い、対応するコードを記述することで、目的の処理を実現することができる。

## 5. 使用方法

### 5.1 測定開始

「体力測定プログラム」を起動し、左上の「測定」メニューで「スタート」を選択すると、画面中央に測定制御用の「測定パネル」が現れる (Fig. 6)。この「測定パネル」

の表示に従い、①「リセット」、②「測定時間設定」、③「スタート」のボタンを順に押すと、測定条件の設定と測定開始が行われる。「スタート」ボタン押下直後、2 秒間ブザーが鳴るので、これを合図にプレーヤは自転車をこぎ出す。また、測定後、④「データ読込み」のボタンを押すことにより、測定データをパソコンへ取り込むことができる。

これらのボタンは、本測定器のために用意した 10 種類のコマンドを順に送出している。コマンドを入力する必要はないため、ユーザはコマンドを意識することなく本プログラムを使うことができる。



Fig. 6 「体力測定プログラム」の起動画面

時間の計測に水晶発振器を使用したため、測定誤差は 0.01% 以下である。高速のインタフェースである USB2.0 (最大データ転送速度 480Mb/s) をサポートしたノート PC を用いれば、90 秒間ペダリング測定の場合でも 1800×16 ビット=3.6KB のデータ転送を 1ms 以下で行うことができる。

### 5.2 自転車競争ゲーム画面の動き

2D 描画技術を用いて PC の画面上に道路とその上を走る自転車 2 台が現れるようにし、「対戦モード」を実現した<sup>9)</sup> (Fig. 7)。「スタート」の合図と同時に自転車をこぎ出すと、自転車競争ゲーム画面の自転車が動き出す。左の自転車は自機であり、プレーヤのこぐスピードに対応して動く。一方、右の自転車は対戦相手 (ゴースト) であり、指定した過去の運転記録ファイルから、0.05 秒ごとの速度を読み取って動く。

自分の過去の記録や他人の記録と画面上で競争することで、ゲームを楽しむ感覚でトレーニングやリハビリが出来るシステムになっている。

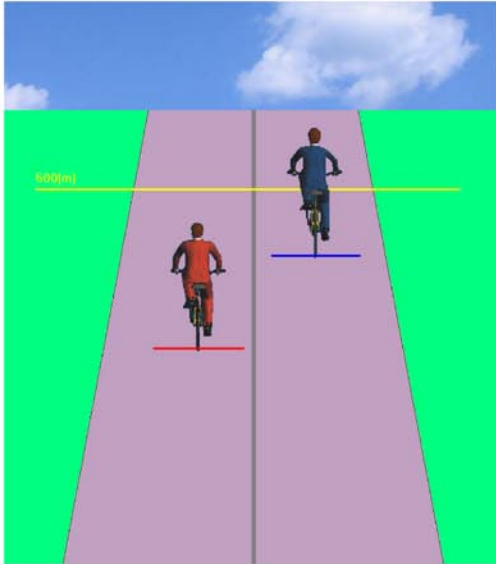


Fig. 7 「コンピュータ対戦モード」での走行シーン

## 6. 本トレーニングシステムの意義

自転車エルゴメータを使ったシーズンオフのトレーニングは、スケート選手にとって単調で、辛い訓練であるため、やる気を持続し難いという問題がある。本システムは、トレーニングやリハビリにゲームの要素を取り入れ、しかも上級者や自分の過去の記録と競争することでやる気を自然に起こさせ、トレーニングを持続させる効果を狙ったものである。一ヶ月前、一週間前、あるいは昨日の自分のデータと直接比較して、わずかずつでも日々のレベルアップが実感できたり、上級者に近づいたり、していることが分かれば励みとなり、トレーニングの持続が容易になる。従って、効果が劇的に上がると期待される。オリンピックレベルのスポーツ選手の体力強化にも、一般人の足腰の訓練にも使え、ゲームを楽しむ感覚で鍛えられるトレーニングマシンを実現出来たと考えている。

## 7. まとめ

プログラミング技術を応用して、一般スポーツマンの運動能力を測定できるのはもとより、オリンピックレベルのスピードスケート選手の運動能力測定にも対応できる、新しいトレーニングシステムを開発した。自分の過去の記録や他人の記録と画面上で競争することで、ゲームを楽しむ感覚でトレーニングやリハビリが出来るシステムにしたもので、劇的な効果が期待出来る、過去に例の無いシステムである。

## 参考文献

- 1) 富田寿人, 玉真昭男, 他 : スピードスケート・ショートトラック・ナショナルチームの無酸素的能力と氷上滑走能力の推移, 静岡理科大学紀要, 第10巻, pp. 113-129 (2002).
  - 2) 玉真昭男, 富田寿人: 運動能力測定用新型パワー測定器の開発, 静岡理科大学紀要, 第14巻, pp. 67-71 (2006).
  - 3) 玉真昭男, 富田寿人: 運動能力測定用パワー測定器の設計と開発, 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 16-20, pp. 23-24 (2006).
  - 4) 小松隆, 玉真昭男, 宮田圭介(静岡文芸大) : DirectXを活用した3Dレーシングシミュレータの作成, 情報処理北海道シンポジウム2006, ポスターセッションE-8, 2006.
  - 5) 玉真昭男, 小松隆, 青木悠: プログラミング教育と3Dコンピュータゲーム開発, 静岡理科大学紀要, 第15巻, pp. 39-46 (2007).
  - 6) 玉真昭男: 3Dコンピュータゲーム開発を課題としたプログラミング教育, 情報処理学会研究報告, 2008-CE-97(5), pp. 29-36 (2008).
  - 7) 三浦義弘, 鈴木絵美子, 玉真昭男: 物理モデルを使用したドライビングシミュレータ及び運転評価システムの開発, 情報処理学会研究報告, 2008-CG-133, pp. 55-59 (2008).
  - 8) Highest Seraphim (U-Ki氏HP): 「共有メモリを使用する」, [http://www.alpha-net.ne.jp/users2/uk413/vc/VCT\\_FileMapping.html](http://www.alpha-net.ne.jp/users2/uk413/vc/VCT_FileMapping.html), 2006.
  - 9) 玉真昭男, 富田寿人: シリアスゲーム開発を課題としたプログラミング教育, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-102(20), pp. 1-5, 2009.
- \*) Visual C++®, DirectX®はMicrosoft社、Metasequoia®はO. Mizuno氏、それぞれの登録商標です。

# 小規模 PC cluster を用いた並列分散サーチエンジンシステムについて

## On Distributed and Parallelized Web Search Engine System using Small-sized PC clusters

遠山 瞬\* 幸谷智紀\*

Shun TOHYAMA\* and Tomonori KOUYA\*

Abstract: We have been implementing a small-sized MeCab Search Engine system based on free RDBMS like MySQL and on PC clusters since 2003. This paper will explain the purpose of our search engine system and show the rich store of our empirical knowledge through the 6-years development, and then will maintain to be able to speed up constructing noun tables by using parallelization of the process on PC cluster and retrieving datum to answer users' queries by introducing cache tables for retrieving.

### 1. 初めに

我々は 2003 年から卒業研究及び産学連携研究の一環として、膨大な Web 上のテキストデータを自動的に収集し、日本語形態素解析ソフトウェアを用いて名詞のみ取り出して検索する小規模なシステムを作成してきた。昨年度まで得られていた知見によれば、日本語形態素解析部分の速度が非常に遅く、名詞テーブル作成に要する時間を短縮する必要があることが判明していたため、日本語形態素解析部分を PC クラスタ上で素朴に並列分散化し、テーブル作成時間の短縮に成功した。また、検索結果をあらかじめ保持しておくためのキャッシュ機構も導入し、検索時間を大幅に短縮することも可能になった。これで、本システムは日本語形態素解析による単語レベルのデータマイニングを可能にする高性能な並列分散情報処理機構として、一応の完成形をなしたと言える。

本稿では、今まで得られた知見を活かしてどのようなシステムを構築してきたか、そのあらましを述べた後、本年度で達成された名刺テーブルの並列分散生成処理と、キャッシュ機構の成果を、ベンチマークテスト結果で明らかにする。

### 2. サーチエンジンシステムの概要と開発の意義

我々が 2003 年以来作成してきた小規模な Web 検索システムを Fig.1 に示す。

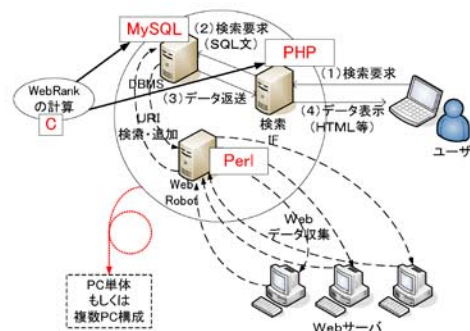


Fig. 1: 小規模サーチエンジンのシステム

Web Robot が自動収集した Web コンテンツデータを Web データベースサーバに蓄え、ユーザの検索要求に対しては、基

本的にはここに蓄えたデータ (Main テーブル) を検索して結果を返すようになっている。Web Robot と Main テーブルを合わせてここではサーチエンジンの **Web データ収集部**と呼ぶことにする。

しかし、莫大な Web データを検索要求に合わせてその都度全部総ざらいするようなことをしては、非力な I/O 処理能力しかない PC では、結果を得るまでに数十秒、長い時には数分以上の時間がかかることになる。これは迅速な処理を期待されるサーチエンジンシステムに置いては致命的な欠陥となる。

そこで我々は、通常を検索要求では「名詞」が主体となることを利用し、あらかじめ必要な名詞のみを切り出し (Fig.2)、その名詞を含む Web データをまとめて保存しておく**名詞テーブル**を作成し、ユーザの検索要求に対してはまずこの名詞テーブルを取り出すという、**検索部**の改良を 2008 年度卒業研究の一環として行うことにし、一応の完成を見た<sup>15)</sup>。

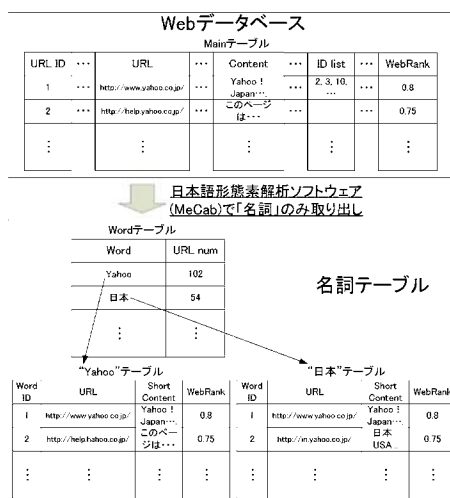


Fig. 2: 日本語形態素解析部分

この名詞の切り出し、及び名詞テーブルの作成には、日本語形態素解析ソフトウェアである MeCab<sup>3)</sup> を使用している。しかし後述するように実用的には更なる検索速度の向上が求められることが課題として残された。

以下、我々のサーチエンジンシステムの開発の歩みとそこ

2010年2月13日受理  
\*情報システム学科



で得られた知見を、Web データ収集部と検索部に分け、かいつまんで述べることにする。その後、これらのサーチエンジンシステム開発の意義を再確認しておきたい。

## 2.1 Web データ収集部

Web データ収集部は、如何にして大量の Web データを収集できるかが重要である。Web データの収集のアルゴリズムはごく単純なもので、最初に与えた URL にアクセスし、そこから未知のリンク (URL) を収集し、そこを辿って更に未知の URL を収集する … というだけのものである。しかし Web の世界は様々な不完全なデータに満ちており、安定的に正しい未知 URL (アクセス可能かつ既知の URL とは内容が異なるもの) を集める Web Robot のアルゴリズムを見出すには試行錯誤が必要である。この部分は竹口友大<sup>2)</sup>(株) わいにじが担当し、データベースと PC リソースが許す限り安定して動く Perl スクリプトとして実装したものを使用している。

これを土台に、更に大量の Web データを集めることが出来ないか実験してみた<sup>2)</sup>。B フレッツの回線を使っているため、限られた回線帯域の下でどこまで収集可能な URL 数が増やせるかが勝負となる。まず、1 台の PC のマシンリソースの限界を確認するため、SSD (Solid State Drive) とキャッシュメモリを搭載した RAID カードを組み合わせて I/O 性能を高め、Quad-core の CPU を使って Web Robot をマルチスレッド化して並列 Web 接続が可能ないようにした。結果として、一週間で約 19 万 URL まで性能を高めることができ、これが一台の PC における最高記録となっている。

我々は PC cluster を用いて更に性能向上が図れないかを確認するため、2009 年度の卒業研究において、Web Robot の並列動作を行ってみたが<sup>1)16)</sup>、Main テーブルへのデータ処理が足を引っ張り、性能向上はせいぜい 2 並列程度までということが判明した。結果として、現状のネットワークと PC リソースを使う限り、PC cluster による性能向上のためにはデータベース処理を並列分散化する他ないという結論が得られたことになる。

## 2.2 検索部

前述したように、Main テーブルを直接検索するだけでは検索速度の向上が図れないため、我々は名詞テーブルを導入し、検索部の改良を行った。その結果、Main テーブルにある生の Web データを直接検索対象とした場合に比べて約半分の検索時間になることを確認した<sup>15)</sup>。しかし名詞テーブルを作成する時間が膨大になるため、2008 年度までの段階ではこの部分の高速化が課題として残った。本年度はこれを PC cluster 上で並列分散処理化し、後述するように大幅な時間短縮を達成した。

更に検索速度を向上させるため、検索要求に合わせた複合名詞テーブルをキャッシュとして作成することにし、複雑な検索要求にも瞬時に検索結果を表示させることが出来るようにした。これの検証結果についても後述する。

## 2.3 サーチエンジンシステム開発の意義

以上、Web データ収集部と検索部の改良のあらましを述べてきたが、ここで得られた知見は目新しいものではない。むしろ、常識の範囲内のものと言える。学術的に新規なものは皆無と言っているだろう。それでもなお、サーチエンジンシステムを 6 年間にわたって追求してきたことによって得られたものは多い。

まず、Web とデータベースの連携が必須になってきたこの

時代においては格好の「教材」であるということが言える。Web データ収集部では指定された URL にアクセスし、そこから HTML をパーサにかけて未知 URL とタグを取り除いたコンテンツテキストを取り出す必要があるが、この処理は当然 URL や HTML というものをきちんと理解し、適切な Perl モジュールを組み合わせて組み上げなければならない。検索部においては、蓄えた Web データを適切な SQL 文で指定し、検索して HTML として整形しなければならない。これは 3 層 Web プログラミングそのものである。このように、Web 時代の基礎知識とデータベースの知識がなければ組み上げることが出来ないサーチエンジンシステムは、OJT 的に優れた教材であると言える。

次に、データベースの処理能力がどの程度のものであり、どのようにしてサーチエンジンシステム全体のボトルネックになるか、ということが体験的に理解できるということが挙げられる。今回我々が作成したシステムはデータベースの処理能力、特に Main テーブルや名詞テーブルを保存してある PC 上の外部記憶装置 (SSD やハードディスク) の性能が全体の処理能力を決める。我々のシステムにはべき乗法を用いた簡易なランキングシステム (WebRank と称している) を組み込むことが出来るが<sup>9)11)</sup>、WebRank 決定のプロセスの処理時間も、殆どはデータベースからの URL とリンク情報取り出しに要するファイル入出力時間が占めていることが判明している。このように、膨大なデータを扱うシステムではデータベースが必須であり、その処理時間をどの程度減らすことが出来るかということに腐心する必要がある。このような現実的な問題と向き合うことで、理論だけでは分からない、直接目に見えない「情報処理」を体感することができるようになるのである。

最後に、Google や Yahoo! Japan のような巨大なサーチエンジンシステムに比べて、ごく小規模な我々のシステムも、かなりの経験と複雑なプログラムの集積が必要である、ということが体感として理解できるという事実を挙げておく。実際、本年度は検索部の高速化を行ったが、それは昨年度までのプログラムの集積があって初めて可能になったものである。性能はともかく、とにかく動くプログラムが用意されているのと、スクラッチから全てを構築するのでは開発とベンチマークに必要な時間が全く異なる。本年度の改良が可能になったのも、昨年度までの蓄積があったからこそであった。

現在の情報処理システムは、数十年に渡って蓄積されてきた複雑なプログラムの集積によるものが多い。スクラッチからものを作り上げる体験が重要であることは当然だが、過去の蓄積の上に、次世代にバトンを渡すための「積み上げのプログラム」を行うことも、先人の経験をプログラムを読み解くことで知ることが出来るという意義も含めて大切な教育的体験となるであろう。

## 3. 名詞テーブル作成の高速化

前述してきたように、我々の小規模サーチエンジンシステムの検索部においては名詞テーブル作成作業の短縮化が一つの課題となっていた。そこで、この作業を素朴に PC cluster 上で並列分散処理化することにした。

今回は CentOS 5.3 を導入した Pentium IV 2.8GHz (P4) PC を 11 台用意し、NFS/NIS サーバを介して /home および /usr/local 以下を NFS 共有したクラスタ上で実験を行っている。この上で、日本語形態素解析部分のみを Fig.3 に示すように PC クラスタ上で割り当てられる名詞数が平等になるように並列分散処理を行った。名詞テーブル作成作業をなるべく平等に割

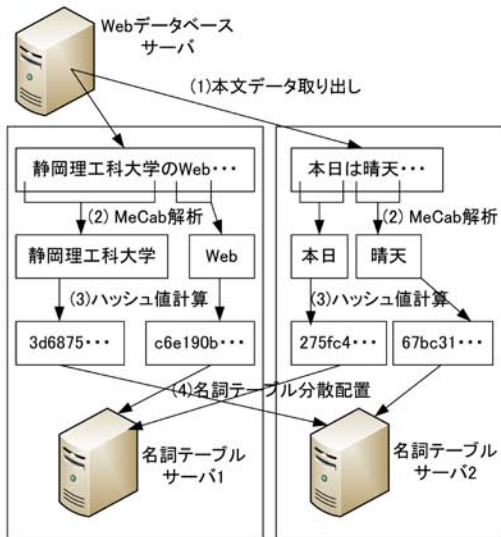


Fig. 3: 日本語形態素解析の流れ

り振るため、MD5による名詞のエンコードを行い、MySQLによるデータベースは各マシンのローカルなハードディスク上に作成するようにしてある。そのため、Web収集データを格納したデータベースサーバマシンへの負荷集中がそれほど無ければ、MeCabプロセス及びMySQLデータベース処理に要する時間をリニアに減らすことが期待できる。

以上の構想に基づいて名詞テーブル作成処理の並列分散化を実現した。ここでは実際のところどれほどの効果があったのかを検証してみる。WebデータはURL1000件のページデータを使い、名詞テーブル作成に1,2,5,10台のマシンをそれぞれ割り当てて処理した時の処理時間の比較を行った。その結果をFig.4に示す。

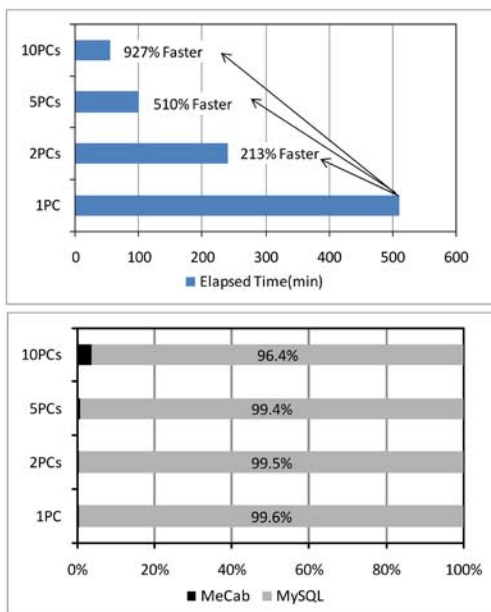


Fig. 4: 並列処理時間 (上) と処理時間に占める MeCab/MySQL の割合 (下)

Fig.4 上のグラフより、台数が増えれば増えるほど処理時間は短くなっており、ほぼリニアに台数効果が現れていることが分かる。なお Web データを格納してあるデータベースサーバマシンへの負荷を考慮し、名詞テーブル作成スクリプトには数十秒程度のウェイトをかけていることを考えると、名詞テーブル作成にかかる時間の大きさがよく分かる。

Fig.4 下のグラフでは、名詞テーブル作成全体における、MeCab の平均処理時間と MySQL の平均処理時間の割合の比較を行っている。当初は MeCab が処理の足を引っ張り速度を低下させていると予想していたが、実際には殆ど影響がないことが分かる。これは偏に MySQL データベースの処理における I/O のボトルネックによるものである。また、並列処理の台数が増えるほどに MeCab の時間の割合が増加しているが、これは Web データベースサーバへの同時アクセスによる負荷の増大によるものと考えられる。しかし 10 台程度の並列分散化では処理時間全体にかかる時間に占める比率は小さい。

#### 4. キャッシュテーブルの導入とその効用

ユーザによる検索要求が名詞一単語だけであれば、該当する名詞テーブルの内容を整形して表示すれば良いが、「静岡県袋井市」のような複合的な要求であれば「静岡県」テーブルと「袋井市」テーブルを、AND 検索・OR 検索それぞれに対応してドッキングした結果を表示する必要も出てくる。このような検索要求に対しては、単語ごとの名詞テーブルが個別に存在するだけでは処理時間が多くなる傾向がある。

そこで、あらかじめ予測される複合検索要求に対して、検索結果をキャッシュしておく機構も導入し、Google で提供されているような高速表示が可能かどうかを実験することにした。そのベンチマークテストの結果を Fig.5 に示す。

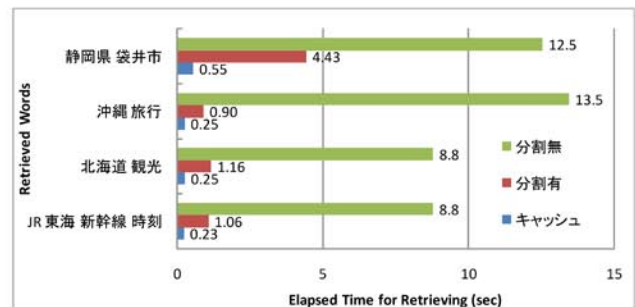


Fig. 5: キャッシュテーブル導入の効果

次の4つの複合検索要求

1. 「静岡県」 + 「袋井市」
2. 「沖縄」 + 「旅行」
3. 「北海道」 + 「観光」
4. 「JR 東海」 + 「新幹線」 + 「時刻」

に対してどの程度の時間短縮が可能かどうかをベンチマークテストしてみた結果である。一目瞭然だが、名詞テーブル導入無しの場合、例えば1の場合、Main テーブル検索(分割無)に12.5秒かかるものが、名詞テーブルのドッキング処理(分割有)だけで4.43秒で済み、さらにあらかじめこのドッキング処理結果をキャッシュしておけば(キャッシュ)、キャッシュテーブルの取り出しの0.55秒で済むようになっている。

2~3 の場合も全く同様の結果が得られており、更に Web データが膨大になるとこの差はますます開いていくことになるであろう。

このように、大量のテキスト処理結果をあらかじめキャッシュしておくことで、巨大なサーチエンジンシステムの高速な応答性が維持されていることが理解できる。

## 5. 結論と今後の課題

以上、6年間に渡って行われてきた我々のサーチエンジンシステムにおける知見・意義、そして本年度行われた検索部の高速化の結果について述べてきた。現状のネットワーク・マシンリソースである限り、ほぼ本年度までで達成されたプログラム体系・高速化で完成形に達したと言える。ことに、本年度導入した並列分散名詞テーブル作成機構と、キャッシュ機構は、大量の Web データを扱う本システムの要と言えるものであり、これが完成したことで、巨大な既存サーチエンジンシステムと同様の技術がこの中で実現されていることになった。

今後の課題としては、本年度で完成形となった本サーチエンジンシステムをコアにして、次のような機能とカスタマイズ化を行うことが挙げられる。

### サーチエンジンシステムの「見える化」

本サーチエンジンシステムはオープンキャンパス等でデモ展示を行ってきたが、中身についての目に見える解説が行えなかったという問題があった。ことに、どれだけ膨大な Web データを Main テーブルに保持し、それが常に更新され増大していくという状態を知らしめることが目的なのに、それを可視化することができないということは、本システムの一歩の「売り」を見せられないということである。デモを行うにしても、せいぜい検索結果を示すのが関の山であったから、我々の苦勞やシステムの有効性をなかなか伝えきれないというもどかしさが常に残っていたのである。

そこで、MRTG や Munin のような、マシンリソースの状態を時系列でモニタリングする機構を、我々のサーチエンジンシステムにも導入し、常にどの程度の Web データがあり、どの程度の単語数が登録されているのかを「見える化」するようにしたい。具体的には PHP を使った Web インターフェースとして実現することになるであろう。

### 膨大なテキストデータを対象としたマイニングシステムへのカスタム化

ネットワークリソースが限られているため、世界中の Web データを収集することは不可能である。Web データ収集は今後も続けていくが、応用としてはもう少し現実的な量の、それでいて PC 単体では時間を要する程度のテキストデータをマイニングするツールとして、カスタム化が容易なものにしたいと考えている。具体的には

**Web データ収集部** テキストの形態 (CSV 形式など) に合わせて容易にカスタマイズできるようにする

**検索部** 単語を名詞だけでなく他の品詞にも対応したものにし、キャッシュテーブルをユーザの検索要求が増えるごとに記憶しておく機構を導入したりする

ということを可能にし、その上で一つのソフトウェアパッケージとして提供できるようにしたい。これはまだ無謀というべきかもしれないが、ある程度軌道に乗った段階で一つのオープンソースプロジェクトとすることも検討していきたい。

## 謝辞

本研究は、平成 19 年度から行ってきた卒業研究の集大成としてなされたもので、ことに 2007 年度の山本達文<sup>13)</sup>、2008 年度の仁藤昌彦<sup>15)</sup>、吉田嗣<sup>14)</sup>、黒田博雅<sup>16)</sup> らによる結果があってこそのものである。教員の独断によって設定された研究テーマに一年間お付き合い頂いた彼らの労に対して感謝申し上げる。また本研究に使用した PC 機材は静岡理科大学学内研究費の補助で購入したものである。関係者各位に感謝する。

## 参考文献

- 1) 幸谷智紀, 小規模な分散 Web ロボットの最適化に関する一考察, 第 71 回情報処理学会全国大会講演集, 2009.
- 2) 竹口友大・幸谷智紀, ランク機能付きサーチエンジンの開発および I/O ボトルネック対策, 第 70 回情報処理学会全国大会講演集, 2008.
- 3) MeCab, <http://mecab.sourceforge.net/>
- 4) 幸谷智紀・竹口友大, “サーチエンジンを作ろう”, 未公開テキスト.
- 5) Web デザイン特別プログラムの紹介, <http://ex-cs.sist.ac.jp/~suganuma/dep/PBL/PBL.html>
- 6) The Community ENTerprise Operating System, <http://www.centos.org/>
- 7) Movable Type, <http://www.movabletype.com/>
- 8) <http://www.robotstxt.org/>
- 9) Google の秘密 - PageRank 徹底解説, <http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~baba/wais/pagerank.html>
- 10) MySQL, <http://www.mysql.com/>
- 11) A.N.Langville, C.D.Meyer, Google's PageRank and Beyond, Princeton University Press, 2006.
- 12) 幸谷智紀, ソフトウェアとしての数値計算, <http://na-inet.jp/nasoft/>
- 13) 山本達文, “PHP+MySQL と茶釜 (Chasen) を用いたサーチエンジンの作成”, 2007 年度静岡理科大学情報システム学科卒業研究.
- 14) 吉田 嗣, “Web データ収集構造を視覚化するためのプログラムの作成”, 2008 年度静岡理科大学情報システム学科卒業研究.
- 15) 仁藤昌彦, “サーチエンジンの検索速度向上に関する研究”, 2008 年度静岡理科大学情報システム学科卒業研究.
- 16) 黒田博雅, “並列分散型 Web データ収集システムの改良”, 2008 年度静岡理科大学情報システム学科卒業研究.

## 母親と幼児のふれあいに及ぼす親子体操教室の影響

The effect of a fitness program on the interaction between mothers and kindergarteners.

富田寿人<sup>1)</sup>, 森恵美子<sup>1)</sup>, 藤原敬志<sup>2)</sup>, 芹沢佑亮<sup>2)</sup>, 板垣晶行<sup>2)</sup>

Hisato TOMITA, Emiko MORI, Takashi FUJIWARA, Yusuke SERIZAWA and Masayuki ITAGAKI

**Abstract:** Purpose: To investigate the change of interaction between mothers and kindergarteners by using a fitness program designed for parents and children. Methods: 18 kindergarteners and their mothers participated in a fitness program for parents and children. The fitness program was carried out over 10 weeks, once a week for 60 minutes per session. On pre and post-fitness programs, a survey was designed to ascertain how mothers interacted with their children (methods and time) and how each mother's consciousness towards her child changed. Conclusions: Due to the fitness program, importantly, mothers' consciousness with their children was able to be raised during that time and mothers' behavior was also affected.

### 1.はじめに

近年、我が国の家庭や家族のあり方が大きく変わったという認識はほぼ共通になっている。いわゆる専業主婦は少なくなり、家事や育児を専門に扱う機関や業者に委託するという外部化が進み、結果として家族内でのコミュニケーションは少なくなっている。そして、このような家庭の変化は、これからいっそう進むというのが大方の見方だ。日本女子社会教育会<sup>1)</sup>の資料によると、アメリカと日本を比較してみると、日本では親と子が一緒に行動することが少ないと報告している。アメリカでは、家で一緒にテレビをみたり音楽を聴いたり、あるいは一緒に買い物に出かけたりといったことはほとんどの家庭でやっているようだが、日本では二世帯に一つほどで、日本の家庭では一緒に家事をしたり、外を散歩したり、公園で遊んだりということはあまりないのが現状である。

このような現象の原因として、女性の就業率が向上していることが挙げられる。1985年に男女雇用機会均等法、1991年に育児休業法が制定され、女性の職場進出が進んでいる。女性の未婚化が進んだことや子どもがいない既婚者世帯が増えたことから労働力率は大きく上昇した。また、子育てとの両立が容易になるよう保育施設の充実や短時間就業ができるような制度が確立してきた。斎藤<sup>2)</sup>によると、1987年で専業主婦を予定している女性が23.9%だったのに対し、2005年には11.7%と12.2%減少している。それに対し、出産後は子育てと家事を両立させる事を予定としていた女性は、1987年の時点で15.3%だったのに対し、2005年には20.9%と上昇している。

また、厚生労働省<sup>3)</sup>によると、平成18年度から全国12都市にマザーズハローワークを、平成19年度からマザーズハローワーク未設置県の主要なハローワークにマザーズサロンを設置し、子育てをしながら就職を希望する女性に対して、子供連れで来所しやすい環境を設備すると共に、求人情報や地方公共団体等との連携による子育て情報などの提供など、再就職に向けた総合的かつ一貫した支援を行っている。平成20年度においては、地方の中核的な都市のハローワークにマザーズコーナーを設置して同様のサービスを展開すると共に、出張相談・出張セミナーを実施し、子育てをしながら就職を希望する女性に対する就職支援の充実を図っている。

一方、このような職を持っている母親の悩みでは、「子供と過ごす時間が十分につくれない」が上位に入っている<sup>4)</sup>。この結果からも、母親が子供とふれあう時間が年々減る傾向にあることが推察される。家庭における人間関係は、子供の心の成長に極めて大きな影響を与える。現代の日本は経済的豊かさを手に入れたが、それに伴う社会の大きな変化の中で、親子の生活サイクルにズレが生じ、親子のふれあいの時間の減少をまねいているものと思われる。

また、子供との遊ぶ時間の低下は、子供の体力の低下にも少なからず影響しているものと思われる。文部科学省が行っている体力・運動能力調査<sup>5)</sup>によると、子供の体力・運動能力は、昭和60年ごろから現在まで低下傾向が続いていると報告されている。子供の体力が低下している原因は、子供を取り巻く環境が変化しているからだと言われている。保護者をはじめとする国民の意識の中で、外遊びやスポーツの重要性を学力の状況と比べ、軽視する傾向が進んだことにあり、また、生活様式の変化により、日常生活における身体を動かす機会の減少が原因として挙げられている。さらに、子供の運動不足の直接的な原因

2010年3月11日受理

1) 総合情報学部人間情報デザイン学科

2) NPO法人掛川市体育協会

としては、室外遊びから室内遊びへ、体を動かす遊びからテレビゲームなどへの遊びの変化、空き地などの手軽な遊び場の減少、少子化などによる仲間の減少である。

斎藤<sup>2)</sup>によると、5歳半の子供の半数は休日にコンピューターゲームをしている。また、1日にテレビやDVDを観る時間は3時間以上が3割を超え、テレビゲームやパソコンをする時間は1時間以上が半数を超えている。このように子どもの遊びは、室内でテレビやDVDをみたり、テレビゲームやパソコンで遊ぶ事が多くなってきた。鈴木ら<sup>9)</sup>の研究で袋井市内の園児を対象に行ったアンケート調査によると、習い事をしている園児は2人に1人と高い傾向にあることを報告しており、その内容は、1位水泳、2位英会話などの語学、3位音楽となっている。習い事をしている時間帯については幼稚園や保育園が終わった後や、休日の昼間などに通っており、家族とのふれあう時間が少なくなっている原因の1つと考えられる。

子供の体力だけでなく、母親の体力にも変化が見られている。富田<sup>7)</sup>によると、近年、女性はやせている人の割合も増えており、50歳未満の女性では肥満とやせの二極化が進んでいる。このような形態の特徴をもつ中高年者の体力は、昭和58年頃までは増加傾向にあったものの、その後は30代から40代で低下する傾向にあることを報告している。

そこで、本研究では、母親への依存度が高い幼児（年長児）とその母親を対象に、親子のふれあい体操教室を開催し、その教室前後で親子のふれあいにどのような変化がおこるのかを調査しようと考えた。普段ふれあう時間が少なくなってきた現代の親子にふれあいの時間を設けることで、親子の理解を深め、そして子供は母といっしょに体を動かすことの面白さを感じることができるのではないかと思われる。

## 2.目的

本研究の目的は、掛川市内にある桜木こども園の年長組の園児とその母親を対象に、掛川総合スポーツクラブの親子ふれあい教室に参加してもらい、教室前後での親子のふれあいの時間や質の変化を解明することであった。

## 3.対象

対象者は掛川こども園に所属する園児（年長クラス）とその母親であった（男児11人、女児7人とその母親18組の計36人）。園児の被験者の平均年齢は男児5.6±0.5歳、女児5.4±0.5歳、平均身長は男児112.6±5cm、女児112.1±5cm、平均体重は男児18.1±3.3kg、女児18.0±3.1kgであった。母親の被験者の平均年齢は34.4±3.1歳、平均身長は159.0±4.29cm、平均体重は53.3±5kgであった。

## 4.方法

### (1) 前提条件（親子ふれあい教室の内容）

被験者には、掛川総合スポーツクラブにて10月の下旬から11月の下旬にかけて行われた親子で参加するふれあい教室プログラム（週1回の計8回）に参加してもらった。さんりーなのアリーナにて行われた教室は、ふれあいエクササイズ（4回）、音

に合わせたエアロビ（2回）、トランポリン（2回）の3種目（計8回）であった。

### (2) 技法と設問事項（アンケート方法と内容）

アンケートの目的は、母親を対象に、子供との普段の生活とふれあい度についての調査をすることであった。アンケートは教室プログラムの前後の測定時に渡し、選択式のアンケートに回答してもらうことによって、教室による親子のふれあいの変化を比較した。実際のアンケートを資料として添付する。そのアンケートの内容について、簡単に説明する。

#### 1) 教室前の質問事項

- 1-1, 1-2: 今回プログラムに参加した子供を基準とした家族構成と、兄弟の有無について。
- 1-3 : 被験者（母親）が現在働いているかどうか、また働いている場合、ご主人との共働きなのか。
- 2-1, 2-2: どんなときにどのようなスキンシップ取っているか。
- 2-3 : 1日にどのくらい子供と話をしているか。
- 2-4, 2-5, 2-6 : 食事や入浴、就寝をどれだけ子供と一緒にしているか。一緒にいると答えた母親には週にどのくらい行動を共にしているか、一緒に行っていないと答えた母親には、子供は誰と一緒に行動を共にしているか。
- 2-7 : 子供と外で一緒に遊んでいるかどうか。また一緒に遊んでいない場合は誰と一緒に遊んでいるのかを尋ねた。
- 2-8 : 子供のよく遊ぶ友人の数について。
- 2-9, 2-10, 2-11 : 子供とのふれあいについて、1日にどのくらいふれあっているのか、今現在満足しているのか、ふれあうことで一番大事だと思っていることについて。

#### 2) 教室後の質問項目

- 1-1 : 今回のプログラムの参加回数について。
- 1-2, 1-3 : プログラム以外の時間でもプログラムについて話をしたり、プログラムで行った運動などをしたかどうか。
- 1-4 : プログラムについての感想。
- 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 : プログラム前と比べた、子供との食事や入浴、就寝、遊ぶ時間の変化について。増えたと答えた母親にはどのくらい増えたのか、減ったと答えた母親には、どのくらい減ったのか。
- 2-5 : プログラム前と比べた、子供と話をする時間の変化について。
- 2-6 : プログラム前と比べた、子供とふれあう時間の変化について。増えたと答えた母親にはどのくらい増えたのか、減ったと答えた母親には、どのくらい減ったのか。
- 2-7, 2-8 : 子供とのふれあいについて、今現在満足している

のか、ふれあうことで一番大事だと思っている事

3-1 : プログラムに参加したことによる、子供の遊びの内容の変化について。変わったと答えた母親には子供の遊びがどのように変わったのか。

3-2, 3-3 : プログラムに参加したことによる、子供がよく遊ぶ友人の数や人の変化について。

5.回収と集計

アンケートの回収数は教室前が 18、教室後が 16 であった。それぞれのアンケートについては、項目ごとに回答数と回答率を求めた。

6.結果

18 組の親子を対象に実験を開始したが、体調などを理由に後値測定を欠席した人が出たため、教室前は 18 人、教室後は 16 人の母親のアンケート結果を回収した。人数の変動があったが、このまま集計処理をすることとした。

(1) 教室前アンケートの結果

教室前のアンケートの結果と回答率を表 1~3 に示した。

1) 家族構成と母親の仕事の有無について

問 1-1 では子供が何人いるのかを尋ねた。「1 人」が 18 人中 5 人 (28%)、「2 人」が 8 人 (44%)、「3 人」が 5 人 (28%) という結果で、兄弟がいる家庭が意外に多い結果となった。

問 1-2 では、教室に参加している子供を中心とした家族構成を尋ねた。「祖父がいる」が 18 人中 2 人 (11%)、「祖母がいる」が 1 人 (6%) と低い値となった。また、「兄がいる」が 6 人 (33%)、「姉がいる」が 1 人 (6%)、「弟がいる」が 6 人 (33%)、「妹がいる」が 2 人 (11%) だった。兄弟姉妹がいる子が、18 人中 13 人 (72%) と高い値を示すのに対し、祖父母がいる子は 18 人中 2 人 (11%) とかなり低い値を示した。兄弟姉妹の内訳を尋ねたところ、「兄が 2 人いる」が 13 人中 2 人 (11%)、「兄が 1 人いる」が 4 人 (22%)、「姉が 1 人いる」が 1 人 (6%)、「弟が 1 人いる」が 6 人 (33%)、「妹が 2 人いる」が 1 人 (6%)、「妹が 1 人いる」が 1 人 (6%) であった。

問 1-3 では母親が現在働いているかどうかを尋ねた。「働いている」と答えた母親が 18 人中 4 人 (22%)、「働いていない」と答えた母親が 16 人 (78%) であり、働いていない母親が大半を占めた。「働いていない」と答えた母親のうち 1 人が、「定期的ではないが、年に 5 日ほど仕事をしている」と答えていた。また、子供が 1 人しかいないと答えた母親の 5 人中 3 人が「働いている」と回答していた。「働いている」と答えた母親に、週に何日働いているのかを尋ねたところ、「週に 3 日働いている」、「週に 4 日働いている」、「週に 5~6 日働いている」、「不定期に働いている」と答えた母親がそれぞれ 1 人ずつ (25%) であった。働いている時間帯は、「午前中のみ」が 4 人中 2 人 (50%)、「その他」が 2 人 (50%) で、「その他」を選択した母親の回答は、「10~13 時」と「15~18 時」に働いているというものだった。ご主人と共働きかどうかを尋ねたところ、「共働きだ」と答えた母親が 4 人中 3 人 (75%)、「共働きではない」と答えた母親が 1 人 (25%) であった。

表 1. 家庭の様子

1-1 子どもの数		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
1人	5	28
2人	8	44
3人	5	28

1-2 一緒に暮らしている家族		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
祖父	2	11
祖母	1	6
父	18	100
母	18	100
兄	6	33
姉	1	6
弟	6	33
妹	2	11
その他	0	0
兄2人	2	11
兄1人	4	22
姉1人	1	6
弟1人	6	33
妹2人	1	6
妹1人	1	6

1-3 現在働いているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
はい	4	22
いいえ	14	78

1-3-1 何日働いているか		
週3日	1	25
週4日	1	25
週5~6	1	25
不定期	1	25

1-3-2 働いている時間帯		
午前中	2	50
午後	0	0
1日	0	0
その他	2	50

1-3-3 共働きか		
はい	3	75
いいえ	1	25

2) 子供との普段の関わりについて

問 2-1 では、どんな時に子供とふれあっているのかを尋ねた(複数回答可)。「食事中」が 18 人中 13 人 (72%)、「入浴中」が 12 人 (67%)、「就寝前」が 14 人 (78%)、「時間が空いているとき」が 18 人 (100%)、「その他」が 2 人 (11%) であった。その他を選択した母親の回答は、「料理をしているとき」と「遊ぶとき」というものであった。

問 2-2 では、子供とどんなスキンシップを取っているのかを尋ねた(複数回答可)。「手を繋ぐ」が 18 人中 15 人 (83%)、「話しているときに体の一部を触る」が 11 人 (61%)、「抱きしめる」が 16 人 (89%)、「一緒に寝る」が 16 人 (89%)、「一緒に遊ぶ」が 12 人 (67%)、「ホッペなどにキスをする」が 16 人 (67%)、「⑦その他」が 2 人 (11%) であった。「その他」を選択した母親の回答は、「くすぐりあう」と「ひざの上に座らせて本やテレビ、話をする」というものであった。スキンシップを取ること

はほとんどの母親が行っており、その他以外の全選択肢の回答率が60%以上という高い結果となった。

問2-3では子供と一緒に食事をとっているかを尋ねた。「一緒に食事を取っている」が18人中17人(94%)、「一緒に食事を取っていない」が1人(6%)と、「一緒に食事を取っている」と答えた母親がほとんどであった。「一緒に食事を取っている」と答えた母親に、いつの食事を一緒にとっているかを尋ねた(複数回答可)ところ、「朝食」が17人中15人(88%)、「夕食」が17人(100%)、「その他」が6人(35%)であった。「その他」を選択した母親は全員、「休日のお昼も一緒」と回答していた。また、週にどのくらい一緒に食事を取っているのかを尋ねたところ、「毎日」が17人中17人(100%)であった。「一緒に食事を取っていない」と答えた母親に、子供は誰と食事を取ることが多いのかを尋ねた(複数回答可)ところ、「父」と「兄弟姉妹」と回答した。

問2-4では一日にどのくらい子供と話や読み聞かせをしているのかを尋ねた。「30分未満」が18人中7人(39%)、「30分~60分未満」が3人(17%)、「60分~90分未満」が8人(44%)であった。

問2-5では子供と一緒に入浴をしているかを尋ねた。「一緒に入浴している」が18人中16人(89%)、「一緒に入浴していない」が2人(11%)であった。「一緒に入浴している」と答えた母親に、週にどのくらい一緒に入浴しているかを尋ねたところ、「毎日」が16人中7人(44%)、「週5~6日」が6人(38%)、「週3~4日」が3人(19%)だった。また、「一緒に入浴していない」と答えた母親に、子供は誰と一緒に入浴することが多いかを尋ねた(複数回答可)ところ、「父」が2人中2人(100%)、「兄弟姉妹」が1人(50%)であった。

表2. 親子のふれあいの様子

2-1 どんな時にふれあっているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
食事中	13	72
入浴中	12	67
就寝前	14	78
時間が空いているとき	18	100
その他	2	11

2-2 どんなスキンシップをとっているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
手をつなぐ	15	83
話しているときに体の一部に触る	11	61
抱きしめる	16	89
一緒に寝る	16	89
一緒に遊ぶ	12	67
ほっぺなどにキスをする	12	67
その他	2	11

2-3 一緒に食事をとっているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
はい	17	94
いいえ	1	6

2-3-1 いつの食事を一緒にとっているか(「はい」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
朝食	15	88
昼食	0	0
夕食	17	100
その他	3	18

2-3-2 週に何日一緒に食事をとっているか(「はい」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
毎日	17	100
週5~6	0	0
週3~4	0	0
週1~2	0	0

2-3-3 誰と一緒に食事をとっているか(「いいえ」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
父	1	100
祖父母	0	0
兄弟姉妹	1	100
一人	0	0
その他	0	0

2-4 一日にどのくらい話や読み聞かせをしているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
ほとんどなし	0	0
30分未満	7	39
30分~60分未満	3	17
60分~90分未満	8	44
90分以上	0	0

2-5 一緒に入浴しているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
はい	16	89
いいえ	2	11

2-5-1 週に何日一緒に入浴しているか(「はい」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
毎日	7	44
週5~6	6	38
週3~4	3	19
週1~2	0	0

2-5-2 誰と一緒に入浴することが多いか(「いいえ」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
父	2	100
祖父母	0	0
兄弟姉妹	1	50
一人	0	0
その他	0	0

2-6 一緒に寝ているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
はい	17	94
いいえ	1	6

2-6-1 週に何日一緒に寝ているか(「はい」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
毎日	13	76
週5~6	3	18
週3~4	1	6
週1~2	0	0

2-6-2 誰と一緒に寝ることが多いか(「いいえ」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
父	0	0
祖父母	0	0
兄弟姉妹	1	100
一人	0	0
その他	0	0

2-7 一緒に外で遊んでいるか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
はい	12	67
いいえ	6	33
2-7-1 週に何日外で一緒に遊んでいるか(「はい」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
毎日	0	0
週5~6	2	17
週3~4	7	58
週1~2	3	25
2-7-2 誰と一緒に遊ぶことが多いか(「いいえ」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
父	1	17
祖父母	0	0
兄弟姉妹	6	100
一人	0	0
友人	4	67
その他	0	0

問 2-6 では子供と一緒に寝ているかを尋ねた「一緒に寝ている」が18人中17人(94%),「一緒に寝ていない」が1人(6%)であった。「一緒に寝ている」と答えた母親に、週にどのくらい一緒に寝ているかを尋ねたところ、「毎日」が17人中13人(76%),「週5~6日」が3人(18%),「週3~4日」が1人(6%)だった。また、「一緒に寝ていない」と答えた母親に、子供は誰と一緒に入浴することが多いかを尋ねた(複数回答可)ところ、「兄弟姉妹」と回答した。

問 2-7 では子供と一緒に外で遊んでいるかを尋ねた。「一緒に遊んでいる」が18人中12人(67%),「一緒に遊んでいない」が6人(33%)であり、全体の1/3の母親が子供とは一緒に遊んでいないと答えた。「一緒に遊んでいる」と答えた母親に、週にどのくらい一緒に遊んでいるかを尋ねたところ、「週5~6日」が12人中2人(17%),「週3~4日」が7人(58%),「週1~2日」が3人(25%)と、週の約半分は子供と遊んでいる母親が多かった。また、「一緒に遊んでいない」と答えた母親に、子供は誰と一緒に遊ぶことが多いかを尋ねたところ、「父」が6人中1人(17%),「兄弟姉妹」が6人(100%),「友人」が4人(67%)であった。

表3. ふれあいに関する評価

2-8 よく遊ぶ友人の数		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
1人	1	6
2人	4	22
3人	7	39
4人	2	11
5人	4	22
6人	1	6
7人	0	0
8人	0	0
9人	0	0
10人	1	6
11人	0	0
12人	0	0
13人	0	0
14人	0	0
15人	1	6

2-9 1日にふれあう平均時間		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
ほとんどなし	0	0
30分未満	2	11
30分~60分未満	2	11
60分~90分未満	3	17
90分以上	11	61

2-10 ふれあう時間が足りているかどうか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
十分足りている	2	11
足りている	10	56
あまり足りてない	5	28
足りていない	1	6

2-11 ふれあいで一番大事だと思うこと		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
よく会話すること	10	56
スキンシップをとること	11	61
体を使って一緒に遊ぶこと	3	17
行動を共にすること	1	6
その他	2	11

問 2-8 では子供の良く遊ぶ友人の数を尋ねた。「1人」が18人中6人(6%),「2人」が4人(22%),「3人」が7人(39%),「4人」が2人(11%),「5人」が4人(22%),「6人」が1人(6%),「10人」が1人(6%),「15人」が1人(6%)であり、ほとんどの母親が1~5人と答えていた。

問 2-9 では子供とふれあう時間は1日平均どのくらいかを尋ねた。「30分未満」が18人中2人(11%),「30分~60分未満」が2人(11%),「60分~90分未満」が3人(17%),「90分以上」が11人(61%)であった。

問 2-10 では子供とふれあう時間の満足度を尋ねた。「十分足りている」が18人中2人(11%),「足りている」が10人(56%),「あまり足りていない」が5人(28%),「足りていない」が1人(6%)であった。「十分足りている」「足りている」と答えた母親は全部で18人中12人(67%),「あまり足りていない」「足りていない」と答えた母親は全部で6人(33%)であり、2/3の母親が現状に満足している結果となった。

問 2-11 では子供とのふれあいで大事だと思う事を尋ねた(複数回答可)。「よく会話をしたり話しかけたりすること」が18人中10人(56%),「スキンシップを取ること」が11人(61%),「体を使って一緒に遊ぶこと」が3人(17%),「一緒に入浴したり食事を取ったりと行動を共にすること」が1人(6%),「その他」が2人(11%)だった。「その他」を選択した母親の回答は、「話をちゃんと聞いてあげること」と「褒めること」であった。

(2) 教室後アンケートの結果

教室後のアンケートの結果と回答率を表4~6に示した。

1) 今回参加したプログラムについて

問 1-1 ではプログラムの参加回数を尋ねた。「7~8回」が16人中14人(88%),「5~6回」が2人(12%)であり、出席率は高かった。



問 1-2 ではプログラムに関する話を子供としたかを尋ねた。「たくさん話した」が 16 人中 3 人 (19%)、「少し話した」が 13 人 (81%) であった。

問 1-3 ではプログラムで行った運動や遊びを家でもしたかを尋ねた。「たくさんした」が 16 人中 1 人 (6%)、「少しした」が 10 人 (63%)、「ほとんどしていない」が 5 人 (31%) であった。

問 1-4 ではプログラムに参加した感想を尋ねた。「とてもよかった」が 16 人中 9 人 (56%)、「まあまあよかった」が 7 人 (44%) であり、母親全員が「とてもよかった」「まあまあよかった」と答えた。また、どんなところがよかったかを尋ねた結果を以下に示す。

- ・男の子のせいもあり普段会話が少ないが、ふれあい教室の後、お話が多くなった
- ・親子でのスキンシップの時間になった。自宅で遊ぶ参考になった
- ・子供が楽しく取り組めて、親はほどよく動けたところ
- ・体を動かすのがとても気持ちよく、楽しかった。
- ・親子での遊びや、逆上がりやボール投げのコツになる遊びなどを教えてもらい参考になった
- ・いろいろなことが出来た
- ・なかなか一緒にふれあう機会が無かったため、ふれあえたところがよかった
- ・子供が喜んで参加してくれた
- ・遊びながら体の使い方や鍛え方が分かった
- ・自分の子供の体について、良いことも悪いことも知る機会となった
- ・子供の相手をしながら自分の運動をする方法が分かった
- ・普段体を動かさないのので、運動ができてよかった
- ・体を動かすことの心地よさを親子で感じられた
- ・子供がとても楽しみにしていた
- ・親子でできたこと
- ・普段運動しないのので、親子で運動できてよかった

表 4. 教室への参加状況

1-1 教室の参加日数		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
7~8回	14	88
5~6回	2	13
3~4回	0	0
1~2回	0	0

1-2 教室に関する話をしたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
たくさん話した	3	19
少し話した	13	81
ほとんど話してない	0	0
まったく話してない	0	0

1-3 教室で行った運動や遊びを家でもしたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
たくさんした	1	6
少しした	10	63
ほとんどしていない	5	31
まったくしていない	0	0

1-4 教室に参加した感想		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
とてもよかった	9	56
まあまあよかった	7	44
あまりよくなかった	0	0
よくなかった	0	0

2) プログラムに参加したことによる子供とのかかわりの変化について

問 2-1 では子供と一緒に食事をとる時間の変化について尋ねた。「変わらない」が 16 人中 16 人 (100%) であった。

問 2-2 では子供と一緒に入浴する時間の変化について尋ねた。「増えた」が 16 人中 1 人 (6%)、「変わらない」が 15 人 (94%) であった。また、「増えた」と回答した母親にどのように変わったか

表 5. 教室の生活およびふれあいへの効果

2-1 一緒に食事をとる時間が増えたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
増えた	0	0
変わらない	16	100
減った	0	0

2-2 一緒に入浴する時間は増えたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
増えた	1	6
変わらない	15	94
減った	0	0

2-2-1 教室前と比べてどう増えたか(「増えた」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
一緒に入浴する日数が増えた	1	100
一緒に入浴している時間が長くなった	0	0
その他	0	0

2-3 一緒に寝る時間が増えたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
増えた	1	6
変わらない	15	94
減った	0	0

2-3-1 教室前と比べてどう増えたか(「増えた」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
一緒に寝る日数が増えた	0	0
一緒に寝る時間が長くなった	0	0
その他	1	100

2-4 一緒に遊ぶ時間が増えたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
増えた	8	50
変わらない	8	50
減った	0	0

2-4-1 教室前と比べてどう増えたか(「増えた」の人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
一緒に遊ぶ日数が増えた	2	25
一緒に遊ぶ時間が長くなった	7	88
その他	1	13

2-5 話をする時間が増えたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
ずいぶん増えた	1	6
少し増えた	9	56
変わらない	6	38
少し減った	0	0
ずいぶん減った	0	0

2-6 教室前と比べてふれあう時間が増えたか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
増えた	6	38
変わらない	10	63
減った	0	0
2-6-1 教室前と比べてどのくらい増えたか(「増えた」人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
30分未満	2	33
30分～60分未満	3	50
60分～90分未満	1	17
90分以上	0	0

2-7 ふれあう時間がたりているか		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
十分足りている	4	25
足りている	7	44
あまり足りていない	5	31
足りていない	0	0

2-8 ふれあいが一番大事だと思うこと		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
よく会話したり話しかけたりすること	14	88
スキンシップをとること	13	81
体を使って一緒に遊ぶこと	11	69
行動を共にすること	10	63
その他	1	6

たのかを尋ねた(複数回答可)ところ、「一緒に入浴する日数が増えた」と答えた。

問2-3では子供と一緒に寝る時間が変化したかを尋ねた。「増えた」が16人中1人(6%)、「変わらない」が15人(94%)であった。また、「増えた」と回答した母親にどのように変わったのかを尋ねた(複数回答可)ところ、「一緒に昼寝をするようになった」と答えた。

問2-4では子供と一緒に遊ぶ時間の変化について尋ねた。「増えた」が16人中8人(50%)、「変わらない」が8人(50%)であった。また、「増えた」と答えた母親にどのように変わったのかを尋ねた(複数回答可)ところ、「一緒に遊ぶ時間が増えた」が8人中2人(25%)、「一緒に遊ぶ時間が長くなった」が7人(88%)、「その他」が1人(13%)と、遊ぶ時間が長くなった親子が多かった。「その他」を選択した母親の回答は、「ダンス系が苦手なので教えていただいたリズムの動きとか、今までやらないことを増やした」であった。

問2-5ではプログラム前と比べた子供と話をする時間の変化について尋ねた。「ずいぶん増えた」が16人中1人(6%)、「少し増えた」が9人(56%)、「変わらない」が6人(38%)であった。「ずいぶん増えた」と「少し増えた」と答えた母親は16人中10人と、多くの母親が増えたと答えたのに比べて、「少し減った」「ずいぶん減った」と答えた母親は一人もいなかった。

問2-6ではプログラム前と比べた子供とのふれあう時間の変化について尋ねた。「増えた」が16人中6人(38%)、「変わらない」が10人(62%)であった。また、「増えた」と答えた母親にどのくらい増えたかを尋ねたところ、「30分未満」が6人中2人(33%)、「30分～60分未満」が3人(50%)、「60分～90分未満」が1人(17%)であった。

問2-7では子供とふれあう時間が足りているかどうかを尋ねた。「十分足りている」が16人中4人(25%)、「足りている」

が7人(44%)、「あまり足りていない」が5人(31%)であった。「十分足りている」「足りている」と答えた母親は16人中11人(69%)であり、教室前と比べて2%増えた。

問2-8では子供とのふれあいで大事だと思う事を尋ねた(複数回答可)。「よく会話したり話しかけたりすること」が16人中14人(88%)、「スキンシップをとること」が13人(81%)、「体を

表6. 教室の遊びへの影響

3-1 遊びの内容の変化		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
変わった	6	38
変わらない	10	63
3-1-1 どのように変わったか(「変わった」人のみ)		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
教室で行った運動や遊びをするようになった	5	83
家の中で遊ぶ時間が増えた	0	0
外で遊ぶ時間が増えた	0	0
兄弟や親と遊ぶ時間が増えた	1	17
友人と遊ぶ時間が増えた	0	0
その他	2	33

3-2 遊ぶ友人の数の変化		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
増えた	5	31
変わらない	11	69
減った	0	0

3-3 友人の変化		
選択肢	回答数(人)	回答率(%)
変わった	1	6
変わらない	15	94

使って一緒に遊ぶこと」が11人(69%)、「一緒に入浴したり食事を取ったりと行動を共にすること」が10人(63%)、「その他」が1人(6%)であった。「その他」を選択した母親の回答は、「絵本を読むこと。笑顔でいること。怒るときは真剣に」であった。

「体を使って一緒に遊ぶこと」に関しては、教室前が回答率17%だったのに対し、教室後は69%になり、「一緒に入浴したり食事を取ったりと行動を共にすること」は6%から63%と非常に増えた。また他の回答も見てみると、「よく会話したり話しかけたりすること」と答えた母親は56%から88%、「スキンシップをとること」は61%から81%と、どの選択肢も回答率が上がっていた。

3) プログラムに参加したことによる子供の遊びの変化について

問3-1では子供の遊びの内容の変化を尋ねた。「変わった」が16人中6人(38%)、「変わらない」が10人(63%)であった。「変わった」と答えた母親にどのように変わったのかを尋ねた(複数回答可)ところ、「プログラムで行った遊びをするようになった」が6人中5人(83%)、「兄弟や親と遊ぶ時間が多くなった」が1人(17%)、「その他」が2人(33%)であった。また、「その他」を選択した母親の回答は、「父とのふれあいも多くなった」と「父親に捕まって〇〇まで歩く、という遊びをやるようになり、弟も真似たりして、力が付いた」であった。

問3-2では子供の遊ぶ友人の人数の変化について尋ねた。「増

えた」が16人中5人(31%)、「変わらない」が11人(69%)であった。

問3-3では子供の良く遊ぶ友人の変化について尋ねた。「変わった」が16人中1人(6%)、「変わらない」が15人(94%)であった。

## 7.考察

教室前のアンケート結果に注目すると、「子供とふれあう時間が足りていない」と答えた母親は18人中6人と、1/3の母親が足りていないと答えている。このような親子のふれあいの低下の原因の一つとして、母親の就業率の向上があげられる<sup>9)</sup>。マザーズハローワークの設置や、短時間就業と取り入る会社が増えたことにより、母親は子育てをしながら就職活動を行うことが容易になり、結婚・出産をしても仕事を辞めずに働いている母親が多いことが予測される。つまり、母親が働いているので子供との時間が十分に取れないという状態が生じているのではないだろうか。そこで、本研究における「現在働いているか」という質問項目を見ると、「働いている」と答えた母親は18人中4人と、意外に少ない結果となった。しかし、この4人の内3人の母親が、子供は1人だと答えている。また、「定期的な仕事はしていないが、忙しいときにたまに手伝いに行くバイトをしている」と答えた母親が1人おり、この母親もまた、子供は1人だと答えている。子供は1人だと答えた母親は、本研究では5人おり、その内4人は常勤ではないが、なんらかの仕事をしているということになる。このことから、子供が1人しかいない母親は、子供が複数人いる母親よりも、育児と仕事を両立させやすいのではないかと考える。また、祖父母がいる家庭では子供を祖父母に預け、仕事に行く母親が多いとも考えられる。しかし、本研究の被験者の18組中16組は核家族であり、祖父母がいるから仕事をしているとは考えにくい。つまり、子供が1人だと母親は仕事をするができるが、子供との時間が作れなくなる。また、子供が2人以上いる場合は、子供1人に費やす時間が必然的に減っていく。このため、親子がふれあう時間が減少し、「子供とふれあう時間が足りていない」と答えている母親が1/3もいたのではないかと考える。

教室前後のアンケート結果を見てみると、子供とふれあう時間が「あまり足りていない」「足りていない」と答えた母親の人数は、教室前が6人、教室後は5人と、1人減ってはいるもののあまり変化は見られなかった。しかし、「足りていない」と答えた母親が教室前に1人いたのに対し、教室後は0人になり、「十分足りている」と答えた母親は教室前後で2人から4人へ増加していた。このような変化は、教室に参加したことによって、子供とふれあう機会が家庭内で増えたことによる影響だと思われる。

ふれあいの内容に関して見てみると、「ふれあう時間が増えた」と答えた母親が38%おり、その数は半数に満たなかったが、「話をする時間が増えた」と答えた母親は61%と高かった。この結果から、トータルとしてふれあう時間の長さは大きく変化していないが、母親が家事などを行っているときに子供と話す

など、様々な場面で話をする機会や時間が増えたのではないかと予測する。また、ふれあい教室の話など、共通の話題が増えたこともその大きな要因といえよう。

教室前に「外で一緒に遊んでいるか」という質問に「いいえ」と答えた母親が18人6人いたが、いずれも子供が2人以上(被験者の子供に兄弟姉妹がいる)の家庭であった。その中で、被験者の子供に兄がいると答えた母親が6人中5人おり、子供が3人以上(被験者の子供に兄弟姉妹が2人以上)いると答えた母親が4人いた。つまり、兄弟姉妹が多いと子供だけで外で遊ぶことが多くなり、母親と一緒に子供と遊ぶことが少なくなっているのではないだろうか。また、兄がいる家庭が多いことから、子供たちだけで遊んでも遊びの質はより高いものになっており、運動量が豊富になっていると思われる。

子供と会話したり読み聞かせをすることだけでなく、遊んだり運動することは、より大切なふれあいの1つである。「ふれあう時間が足りているか」という質問に「足りていない」と答えた母親5人のうち3人が「一緒に外で遊んでいない」と答えている。教室後に「一緒に遊ぶ時間が増えた」と答えた母親は16人中8人であった。その8人中7人が「1回に遊ぶ時間が長くなった」と答えていた。さらに、8人中7人が「話をする時間が増えた」と答えており、「教室前と比べてふれあう時間が増えた」と答えた母親6人全員が、「一緒に遊ぶ時間が増えた」と答えた8人の中に含まれていた。つまり、ふれあい教室に参加したことで、話す時間や一緒に遊ぶ時間が増加し、親子のふれあう時間が増加したという実感につながったものと考えられる。子供とのふれあいの中で、一緒に遊ぶことそして運動することによる肉体的なふれあいは、子供の情緒安定のために役立つといわれている。また、親子で一緒に遊び、ふれあうことは、とても大切な愛情表現にもなる<sup>9)</sup>。

一方で、2/3の母親はふれあいの時間が増大したとは実感していない結果となったが、母親の子供とのふれあいについての考えに変化が生じていたと思われる。それは、「ふれあいで一番大事だと思うこと」という質問の結果を比べてみると、「体を使って一緒に遊ぶ」が17%から69%に、「行動を共にする」が6%から63%へと大きく変化しているためである。教室に参加し、体を使って子供とふれあうことで、子供とのふれあいで大切なのは時間の長さだけではなく、行動を共にし、一緒に遊ぶことが大事だと考える母親が増えたということである。子供とのふれあいの時間が満足に取れない母親が多いが、短い時間といえども満足できる方法が、このふれあい教室に参加したことで経験し理解できたのではないかと考える。

## 8.結論

アンケート調査により、教室前の調査では1/3の母親が、子供とのふれあう時間が少ないと答えていた。しかし、ふれあい教室に参加することで、親子のふれあいが「足りていない」と答えた母親が減り、「十分足りている」と答えた母親が増加した。これは、ふれあい教室に参加することで、子供との共通の話題が持て、子供と話をする機会が増えたり、家庭でも体を使って

遊ぶことが増えたためではないかと考える。さらに、教室後の調査で、ふれあいで大事なことは、体を使って遊んだり、運動したりすることだと回答した母親が多くなった。したがって、親子ふれあい教室によって、母親の子供とのふれあいに関する意識が改善し、家庭生活の中での行動変容を招いたものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 日本女子社会教育会. 図説一変わる家族と子ども. 日本女子社会教育会編集 (1997)
- 2) 斎藤幸子. 日本子供資料年間 2008 第9章 子供の生活・文化・意識と行動. 社会福祉法人 恩賜財団母子愛育会・日本子供家庭総合研究所 編 (2009)
- 3) 厚生労働省. 平成20年度版 働く女性の実情. (2009)
- 4) 高野陽. 社会環境が結婚・出産・育児に及ぼす影響に関する研究 (1998)
- 5) 文部科学省. 体力・運動能力調査報告書. (2009)
- 6) 鈴木亜佑美, 富田寿人. 袋井市内の保育園に通う園児の体力と日常生活との関連. 2005年度卒業研究論文 静岡理工科大学理工学部 情報システム学科 (2006)
- 7) 富田寿人. 体力とはなにか 一運動処方その前に一. 第8章: 中高齢者の体力.
- 8) 山陽小野田市. 次世代育成支援対策推進行動計画 第4章. (2005)

## A CREATIVE APPROACH TO TEACHING FOREIGN LANGUAGES IN TECHNICAL UNIVERSITIES IN JAPAN

Bogdan PAVLIY\*

### ABSTRACT

A foreign language teacher's approach, his teaching technique and personality is crucial for establishing the rapport between him and his students, which motivates their interest in foreign language learning. To achieve success in teaching a foreign language we have to take into consideration our students' levels, their motivation to learn the language and their ability to comprehend the material. The purpose of this essay is to consider some common difficulties encountered in teaching foreign languages in technical higher educational institutions in Japan, overview the creative approach of other educators and to propose educational activity that can enhance our students interest in foreign languages by stimulating their corporative spirit and need to express themselves, and help them to start learning a foreign language with greater enthusiasm.

### THE IMPORTANCE OF A CREATIVE APPROACH TO TEACHING IN GENERAL

Teaching is sowing seeds of knowledge into the soil of the student's mind. Just as a farmer has to take into account a number of different factors that are necessary for obtaining a good harvest from the sown seeds, a teacher needs to consider many different ways that will help students acquire the given knowledge successfully. The famous saying by Charles Spurgeon brilliantly illustrates the idea of a creative approach to teaching, "Don't just throw seed at the people. Grind it into flour, bake it into bread and slice it for them. And it wouldn't hurt to put a little honey on it." Creative teachers like to teach and like to learn and can accept new ways of teaching to improve the skills they already have. A creative approach to teaching is impossible without knowing what the students want from the teacher because it helps the teacher organize the teaching process in accordance with their needs. R. W. Luce (1990) writes about what he has learnt from his students:

- *One of the most prominent comments from students regarding what they want from the college experience involves individualized instruction. They all want to have their individual needs met. They want to feel like they are more than part of a crowd, that their*

*individual talents and abilities are respected and deemed worthy.*

- *They want teachers who are real people, who recognize them as human beings -- teachers who care about them -- not just their test performance.*
- *They want to be challenged, not decimated.*
- *They want caretakers who check on them regularly, who support their individual learning, who inform them individually of their progress, and who assign a variety of tasks that give them the opportunity to learn in modes that fit their individual styles and that are designed to meet their level of learning.*
- *They like teachers who talk at their level, who can joke and take a joke, and who let them talk and learn with other students.*
- *They like clear, complete explanations and concrete examples, thorough (but brief) explanations of difficult concepts, and opportunities to have their questions answered.*

Students' answers make teachers rethink their ways and methods of teaching a foreign language and enable them to find creative ways to achieving the

best possible results in their classes. Narayanan (2006) expresses the idea of a teacher as a facilitator who “helps to remove the biggest language learning obstacles from his/her learners, and creates conditions conducive to language learning success.”

### **THE PECULIARITIES OF TEACHING A FOREIGN LANGUAGE IN TECHNICAL UNIVERSITIES IN JAPAN**

Nowadays, due to globalization, the majority of higher educational establishments throughout Japan realize the need to provide good language skills to their students. As for Japanese technical universities and colleges, it is clear that regardless of the importance of teaching English and other foreign languages being emphasized in the curriculums and educational programs, they will never become the first priority. But at the same time language courses cannot be fully neglected, because it is expected that most of the students after their graduation should be able to learn technical literature and communicate in English, to know international terms enough to be competent in their field of study, and have a general cultural level appropriate to a person with higher education.

Even though the foreign language courses are not neglected, they definitely have some peculiarities that may affect the educational process and become obstacles to successful teaching.

1. The number of the students in the language class
2. The students' general cultural level
3. The students' motivation to learn the subject

### **THE NUMBER OF STUDENTS IN THE LANGUAGE CLASS**

In many technical universities in Japan the number of students in the language classes is comparatively large. Teachers usually associate large classes with lack of control, lack of student attentiveness, lack of teacher-student interactions leading to lack in efficiency and effectiveness. Teachers who have to teach large classes often feel tired and exhausted after their lectures and thus, they are losing their zeal, energy and enthusiasm to teach. Hayes (1997) summarized the problems with teaching in large classes as follows:

*Discomfort: Many teachers are worried by the*

*physical constraints imposed by large numbers in confined classrooms. They feel unable to promote student interaction, since there is no room to move about. Some teachers also feel that teaching in large classes is physically very wearing.*

*Control: Teachers are often worried by the discipline aspects of large classes. They feel they are unable to control what is happening, and that the classes become too noisy.*

*Individual attention: Many teachers are concerned that they are neglecting the needs of their students as individuals.*

*Evaluation: Teachers feel a responsibility for checking all of their students' work, and are worried if they cannot do so.*

*Learning effectiveness: All teachers want their students to learn English. They are understandably worried if they don't know who is learning what.*

It is important for teachers to make own decision based on their particular teaching situation and their skills. Touba (1999) held that, “The teachers' skill in classroom management is the primary ingredient for success with group work in large classes.” Larry M. Lynch (2008) writes the following about the overcrowded foreign languages classes: “When I'm faced with over-sized groups I immediately implement strategies using choral, small group and pair work to help in lessening the load on both me and my large group of learners. I also separate out a few of the more “advanced” learners to help me with group work elements. It doesn't solve all the problems, but it's a good start.”

This is a good example of a creative approach to teaching in a challenging learning environment. As a rule teachers organize cooperative learning in small groups, usually of four students or less, rarely more than six. In such groups Japanese students are more relaxed because many of them have a fear of making the slightest mistake and consequently are reluctant to answer oral questions freely or to engage in discussions enthusiastically before the class.

Another example of a creative approach to organizing an effective teaching of foreign languages in large classes is using computers. It helps teachers

make language learning more accessible and relevant and more interesting for students. Using computers, you can control the work of your students on an individual level and in groups, adjust their tasks and make them practice the language without the feeling that they are doing it in front of the big audience. José Picardo (2010), who is a teacher of Spanish in Nottingham High School, has prepared these 10 suggestions for using technology in the classroom to interest the students and to enhance teaching and learning:

- *Never use technology for the sake of using technology. Ensure instead that the use of technology is warranted within your schemes of work and that it will help you achieve your lesson objectives.*
- *Use streaming video in your classroom. The advent of broadband has facilitated the inclusion of video straight from the internet within lessons. Authentic video material from sites like YouTube or national TV broadcasters' websites, such as TVE or Canal+ are a fantastic way to expose reluctant teenagers to the popular culture other reluctant teenagers enjoy in their native countries.*
- *Use more music. Teenagers are fanatical about music. The likelihood is that they use iTunes and so should you! Find out what type of music they are into and try to get similar music in the target language, which you can then use in your lessons.*
- *Use teleconferencing tools, such as Skype, to put your students in touch with students in partner schools abroad. They'll realize there are other people in the same situation in other countries and might even end up establishing relationships they can follow up using MSM Chat, Hotmail, etc.*
- *Create your own interactive exercises. You know your pupils' strengths and weaknesses better than anyone, so why be stuck with exercises done by other people for other people? Make your own using tools such as Hot Potatoes or game makers from ContentGenerator.net or LanguagesOnline Australia and then get your school teccie to put*

*them on the school's website or Virtual Learning Environment (VLE).*

- *Use your interactive whiteboard more effectively. Go on a course and learn the basics. A little knowledge goes a long way helping you create more effective interactive classroom activities for you and your pupils.*
- *Create your own podcasts. They are technically easy to do and once they are done they can be downloaded again and again, year after year. Think about them as lessons to take away. Alternatively get your pupils to make them! You can get started using Audacity.*
- *Start a subject blog, a class blog or a wiki to showcase your pupils' work and achievements, providing a focus for their efforts and adding an extra dimension to your teaching. Perhaps you are feeling adventurous and want to make use of some of the online social networks your pupils frequent, such as Facebook, as an educational tool.*
- *Use internet tools more often to help you prepare lessons or to help your pupils with their class or homework. Using tools such as Voki, Wordle or Animoto, just to name three I have been exploring this year, will help motivate you and your pupils.*
- *Make the most of your pupils' gadgets. They all have iPods or other mp3 players and mobile phones, most of which come with a camera nowadays, so why not set them a video task using their mobiles or create or find resources they can put on their iPods?*

#### **THE LEVEL OF THE STUDENTS GENERAL INTELLECTUAL DEVELOPMENT**

It varies depending on the place and higher education establishment, but it can be said that on the whole Japanese technological university students' interest to other cultures is lower in comparison with that of university students studying humanities. So foreign language teachers are challenged to find creative ways to facilitate their students' learning

while taking into account their backgrounds and experience. Since many of the students in technological universities have a limited knowledge of world history, geography, literature, philosophy, culture and arts, a foreign language teacher may want to try to fill in the gap and broaden students' outlook by providing them with plenty of relevant information concerning the country, whose language they are learning, as well as that of the neighboring countries and all of the region in general. Thus, in German classes, teachers may mention some interesting facts not only about Germany, but about France, England, Russia, Italy, the Netherlands and the Scandinavian countries along with the whole Western civilization. On the other hand, English teachers have to remember that for most of their Japanese students, English is a language of all foreigners (the notion that all foreigners are fluent in English is still common in Japan) and often is considered to be the language of "white people." We also have to realize that many Japanese cannot or are unwilling to accept Chinese, Vietnamese or Latinos as native English speakers, even if they were born and have lived all of their lives in English-speaking countries (not to mention fluently speaking immigrants!) just because it does not fit into their image of a "native English speaker." Japanese are far from understanding or accepting the concept of multiculturalism, which is one of the most important fundamental principles for most of the English-speaking countries today. I was very surprised to learn from the staff of the Japanese travel agency about the cultural problems they had with their one-month homestay language studying course in New Zealand. For example, they had complaints from some of the students' parents that their kids had stayed with Maori families where they could not hear "real" English!

Kitao & Kitao (1995) emphasize that Japanese students are not very acquainted with the cultures of the countries whose language they are studying. *"Another problem that students have with English is that they do not know much about English-speaking cultures. Since language and culture are closely linked, a knowledge of the target culture is necessary for successful communication, but culture is taught neither extensively nor well in English classes in Japan."* Without knowing the realities of the countries the language learners deal with, they cannot

adequately perceive the teaching material, which complicates the learning process. Creative teachers are also concerned about developing their students' intellectual abilities and raising their overall intellectual level, which is attained due to the teacher's purposeful work on developing the students' thinking. Thinking activities dealing with the mastery of foreign languages do increase the students' linguistic abilities, attention and memory, which in their turn raise the foreign language student's command of the language.

### STUDENTS' MOTIVATION TO LEARNING A FOREIGN LANGUAGE

While teaching English in a technical university in Japan, every year I face the same problem: in each class there is a group of students who sit quietly, never ask or answer questions, show no interest in group discussions, and seemingly do not want to be engaged in learning at all. It is a common fact that the students' motivation to learning their specialist subjects in universities is higher than to learning other subjects. That is why the motivation of students in technological universities in Japan to learn a foreign language (especially English) is not as high as their motivation to learn their major subjects. Jeffrey (2006) states that: *"Given the low levels of student motivation in Japan, and the reasons for it, teachers shoulder much responsibility, as they are required to play a very important role in motivation. Teachers need to convey enthusiasm to minimize the potential psychological distance and the propensity for students to create mental barriers between themselves and the target language as well as its culture. Teachers have to walk a fine line on [sic] keeping a class disciplined whilst keeping the students motivated and interested in the subject enough for consciousness-raising to take hold. This is no easy task and often takes years to refine."*

Motivation will always be a crucial point in learning a foreign language. Language teachers with a creative approach may find ways to increase the students' motivation to learn their subject if they understand the great importance of it in the teaching process.

The term "motivation" in a second language learning context is seen according to Gardner (1985) as "referring to the extent to which the individual



works or strives to learn the language because of a desire to do so and the satisfaction experienced in this activity.” According to Sass (1989), the following eight characteristics are the major contributors to student motivation:

1. Instructor's enthusiasm
2. Relevance of the material
3. Organization of the course
4. Appropriate difficulty level of the material
5. Active involvement of students
6. Variety
7. Rapport between teacher and students
8. Use of appropriate, concrete and understandable results

As for the material (textbooks and texts) students usually work with, I can agree with J. Norris-Holt (2001), who states the following: *“Many Japanese texts often contain material which fails to capture the interest of students due to the heavy emphasis on vocabulary and grammar. Many foreign texts, however, which have been designed for EFL, and specifically the Japanese market, often contain topics which can create a great deal of classroom interaction and help to motivate students to develop their language skills. It is important for the instructor to take advantage of such discussion topics and help students to realize that, even though they may see no need to become proficient in a second language, the study of another language and culture can only enhance their perception and understanding of other cultures.”* Creative teachers will use such active methods as role playing, debates, brainstorming, discussions, demonstrations, case studies, audiovisual presentations, guest speakers, etc.

The level of the Japanese technical university students' command of the English language is on the average not too high. Benson (1991) noted that educators in Japan are often surprised by university students' lack of ability using spoken English, compared with that of their grammatical understanding of the language. Kitao & Kitao (1995) write the following about teaching English in Japan,

“At the university level, most English classes are reading classes... Many Japanese say that they can read English, but they cannot speak it.”

Probably the most difficult task for a foreign language teacher in a technical university or college is to enhance the productive skills (speaking and writing) of their students. I often ask myself, “Why are my students so unwilling to interact?” The reasons will vary. Some students may feel unprepared and unable to comprehend the material; others are too tired after their part-time jobs or other activities; some are experiencing personal problems or may be under pressure from intensive learning of other subjects, and so on. Still others believe they will eventually be passed, so why try hard.

But there are some reasons that all of the students who avoid interacting have in common:

1. They are usually too shy to speak in front of other students or express their opinion (sometimes even in Japanese, to say nothing of the foreign language!) and they would try to abstain from interaction whenever possible (苦手です).
2. They are afraid of making mistakes and prefer rather not to interact at all than to do it in a wrong way (遠慮します).
3. They do not mind or even proud of being punished if they receive punishment not for their mistakes, but only for their indifference (どうでもいい). In that case they will most likely think they are right and the teacher is wrong.

## WORK IN GROUPS

As I have mentioned previously, one of the most successful methods in dealing with passive students is breaking up the large group (more than 20 students) into several small groups (4, 5 or 6 students). It is commonly known that participation in group work increases students' engagement in lectures and facilitates learning. I have often used this method during my lectures. But with regard to reticent students, even if we divide them into small groups, it will be easy for them to escape communicating with others. They will give all the initiative to the group leader and remain indifferent to the contents of the group discussion, some of them seem to be dozing

while the rest of the group is working on the given task.

Another crucial factor is the group leader's personality. If the leader is too dominating, he tends to do all the work himself by taking all the initiative in the group activities. The other members will take part only as his passive supporters or as an endorsement team.

To engage reticent and demotivated students into the education process I would suggest using online chat or email correspondence. For the online interaction I would like my students to use Skype. Skype is a popular messaging and voice communication tool, widely used in the business world, especially in the export-import businesses. Skype is absolutely free, easy to download, secure and, as a rule, users are able to call and chat through it simultaneously. It also provides a high quality video service and can be used for videoconferences. But if one is more familiar with the MSN messenger, Yahoo messenger or any other online messaging application, they can be introduced to students and used instead of Skype.

### ACTIVITY

There are many activities in which we can engage our students in during their language learning process, but the most successful activity will be the one they are really interested in. And since our main goal is to make the students interact in the foreign language they are learning, probably the most successful activity should be the one they are used to interact in. Japanese students often interact or communicate using text messages on their mobile phones. Even during their classes you may see someone pushing the buttons on their mobile phones. So in our lectures we can make them use Skype instead of mobile phones, but the activity will not differ much from the one they are used to. And we can use English (or any other foreign language) for communication. The teacher's responsibility is only to control the process. As an example of such a creative task the following activities can be suggested:

Students are divided into small groups (4 persons in each).

Each group is a "trading company" selling, say, new and used electronic dictionaries at low prices. The teacher is a potential customer. He wants to buy some decent electronic dictionaries and inquires of

different "companies" to choose the best one. The company where the teacher places his order will become the winner of the competition.

Each group (company) consists of four members: the Boss, the Manager, the Receptionist, and the Advertising Agent. Of course they have to fulfill different tasks and their activities will slightly differ. The Boss is responsible for the control of the whole process. He is the leader who gives the tasks, advises his staff, and promotes his company. He is the only one who is able to negotiate with the Customer (teacher) in critical situations. The Manager is the one who explains the advantages of working with their company and he elaborates the ways of persuading the customer to place an order. Probably, he will always be in chat and the responsibility to correspond with the customer is mainly his. The Receptionist has to take care of phone calls from the customer and also help with translations while other members of the group are busy doing their job. Finally, the Advertising Agent is in charge of making attractive pictures of their product, creating announcements and ads, and sending some reminders. It is the most creative role in the company, and the teacher should be aware that not all the students can cope with such a task.

### CONCLUSION

The main target in such activities is to maximally involve all the students in interactions in the foreign language they master and make them confident in their ability to communicate in the language. They should gain the confidence that they can at least "survive" if their future job will imply using such skills.

One more thing these Japanese students have to learn through the activities is that a foreign language is in fact a language, not a set of rules to be learned with the aim to enter a good university, or to get a credit. Language is a means of communication, and you may use it any time you want to communicate with someone. You do not need to think about how perfect your grammar is as long as the partner you are communicating with can understand what you say or write. There are a lot of misunderstandings even when people are communicating in their native languages, so why worry so much about the mistakes. Consequently, it is very good if we can engage our students into social networking in the language they

are studying. As J. Picardo says about his students, "Social networking is, after all, what they do on their mobile phones and other hand-held devices under their desks when we teachers are not looking. This is what they do as soon as they get home from school. Many will argue that most students are just wasting their time and gossiping online but, whatever anyone's [sic] opinion on the benefits or dangers of social networking is, it cannot be denied that they are all sharing, collaborating and networking and they are doing so in a way which they enjoy and find engaging, otherwise they simply would not do it."

A creative approach to organization of the English course will enhance the students' motivation and result in a successful acquisition of the instructional material that should be neither too easy nor too difficult for them. A variety of English teaching activities and methods will help prevent boredom caused by a routine predictability and refresh the students' motivation.

#### Acknowledgement:

For his suggestions and corrections, I would like to express my gratitude to Gregg McNabb, an associate professor at Shizuoka Institute of Science and Technology.

#### BIBLIOGRAPHY

- 1) Benson, M.J. *Attitudes and motivation towards English: A survey of Japanese freshmen*. RELC Journal, 22(1), 1991, pp. 34-48.
- 2) Gardner, R. C. *Social psychology and language learning: The role of attitudes and motivation*. London: Edward Arnold, 1985, p.10.
- 3) Hayes, D. *Helping teachers to cope with large classes*. ELT Journal, 51(2), Oxford University Press. 1997.
- 4) Jeffrey, D. *Using Consciousness-Raising to Assist De-Motivated Japanese Students Internalize a Teaching Philosophy and Take Ownership of English as an International Language*, Center for English Language Education Journal, Asia University, 14 (1), 2006, pp.32-55.
- 5) Kitao, S. K., Kitao, K., Nozawa, K., Yamamoto, M. *Teaching English in Japan*, 1995, <http://www1.doshisha.ac.jp/~kkitao/library/article/tejk.htm>
- 6) Luce, R.W. *Motivating the Unmotivated* Hocking Technical College, Nelsonville, OH Volume XII, Number 8, Innovation Abstracts The National Institute for Staff and Organizational Development, 1990.
- 7) Lynch, L. *Three Critical Problems in English Language Teaching and Learning and What to Do About Them*, 2008. <http://ezinearticles.com/?Three-Critical-Problems-in-English-Language-Teaching-and-Learning-and-What-to-Do-About-Them&id=986839>
- 8) Narayanan, T. *Motivation Variables and Second Language Learning*. Vinayaka Mission Research Foundation University, Aarupadai Veedu Institute of Tehchnology, Kanchipuram, India, 2006. <http://www3.telus.net/linguisticsissues/motivationvariables>
- 9) Norris-Holt, J. *Motivation as a Contributing Factor in Second Language Acquisition*. The Internet TESL Journal, Vol. VII, No. 6, June 2001. <http://iteslj.org/Articles/Norris-Motivation.html>
- 10) Picardo, J. *Microblogging: making the case for social networking in education*. Technology in Modern Foreign Languages, 2010, pp. 32-36. <http://www.scribd.com/doc/27012493/Technology-in-Modern-Foreign-Languages-A-Practitioner-s-Perspective>
- 11) Picardo, J. *Getting students interested in languages: is it that hard?* <http://www.boxoftricks.net/?p=162>
- 12) Sass, E. J. *Motivation in the College Classroom: What Students Tell Us*. Teaching of Psychology, 1989, 16(2), pp.86-88.
- 13) Touba, N. *Large classes: Using groups and content*. English Teaching Forum, 37(3), Jul-Sep., 1999.

## 王政復古期の科学と郷土階級

### — 王立協会と好学者 —

#### Science at the Restoration Period and the Gentry

#### — Royal Society and Virtuoso —

榛葉 豊\*

Yutaka SHINBA

**Abstract :** The Royal Society of London is known as one of the oldest scientific society in the world . It is deferent from *Academie des sciences* of Paris or *Accademia del Cimento* of Florence, as to the fact that it was a non-government organization. We discuss the relationship and interaction between citizen and scientific society in London in 17<sup>th</sup> century, at the Restoration period. We also consider that how science was grown up by *virtuoso* and ordinary people, with emphasis on their way of understanding by visual sensation . Convenient combination of Bacon's positivism and amusement of the Gentry is discussed in the context of collaboration work of *virtuoso* and specialist for empirical proof of nature.

#### 1. はじめに

第1次科学の制度化といわれる科学的研究成果の共有は17世紀に起こったとされる<sup>1-4)</sup>。このとき現れたフィレンツェ実験学会(1657~1667)、パリ科学アカデミー(1666)、ロンドン王立協会(1660)の3つが科学の学会の最初であるといわれる。

フィレンツェ実験学会は、亡きガリレオ・ガリレイを精神的な礎として、メディチ家のフェルディナンド公とレオポルド公が設立したもので、ピサ大学に実験精神を導入しようとしたものであった。9人の会員が集まって、宮廷の中にしつらえられた実験室で実験を行った。

また、パリ科学アカデミーは、ロンドン王立協会を羨んだ財務総監コルベールによって、ルイ14世の私文庫で発足した。会員は年金を与えられ、実験機材や研究手段も国家によってそろえられ、謂わば少数精鋭主義の政府機関であった。ヨーロッパ中から人材を集めた。

これらと異なり、またそのRoyalという名前に反して、ロンドン王立協会は民間の機関である。グresham卿の屋

敷を借りて発足したグresham・カレッジ(市民講座のようなものである)に参集したメンバーによって発足した。会員は会費を払って、主にその資金で運営された。王立というのは、1662年にチャールズ2世の勅許を得ているからであって、国庫からの補助はなかったのである。勅許が得られて法人格が取得できれば、単なる好事家の集まったクラブと違って、例えば出版事業も出来た(当時は、出版は政府の管理下にあった)。

この、民間の科学に関する団体は、設立当初は特にであるが、「科学者」(勿論「科学者」と言う言葉とその現代流の実態は19世紀中葉を待たねば生まれてこないのだからアナクロニズムな用語であるが、以下科学者という言葉を用いることにする)とはいえない好事家や、さらには物見高い中産階級が大勢(むしろ過半数)いた。その物見高い会員を楽しませる中から、実験主任ロバート・フックや大貴族ボイル等の<sup>5-6)</sup>科学史にエポニム(定理や法則、都市名などが人名に因んで名付けられること)される発見が生まれてきているのである。

2010年3月4日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

本稿では、このような、非・科学者をも会員として抱え込んだ団体が、科学を生み出していった空気について考えたい。またニュートンが会長になるころにはその気分が失われていったことも考え合わせ、そして徳川幕府の下の江戸やブルボン王朝のパリではどうしてその気分が生まれなかったのか考えたい。

## 2. 草創期の王立協会

王立協会は、1660年5月の王政復古直後、1660年11月に、ロンドンのグレシャム・カレッジに参集した科学者と好学者達がつくったサークルが、1662年7月と1663年4月にチャールズ2世の勅許状により法人格を得て発足したと言われる。しかし、このとき突然に、このようなグループ、或いはサークルが出来たのではない<sup>7-10</sup>。

清教徒革命勃発は1641年、国王チャールズ1世が処刑されたのは1649年である。1645年頃、ロンドンには実験哲学好学者達のサークルが出来ていたという。これは、礼拝堂牧師ジョン・ウィルキンズ(1614~72)を中心にして、諸処集会所を移した後グレシャム卿の屋敷に会場場所を持っていた。そして週1回集まって、何か実験を行っていた。

また当時、議会派に占拠されたロンドンを避け国王が宮廷を移してイングランドの首都になっていたオックスフォードには、オックスフォード実験哲学サークル出来ていた。ウィルキンズは1648年、オックスフォードのウォダム学寮の学長になりロンドンでの仲間を呼ぶなどしたものである。

ボイルの法則で有名な、王立協会の創設会員であり、1680年に王立協会会長に選出され(しかし就任を拒否した)た、大貴族ロバート・ボイル(1627~91)も1658年にオックスフォードに移ってきている。1646年のボイルの手紙には、「インビジブル・カレッジ」(見えざる大学。常設のキャンパスという物理的な壁を越えて、私信や会合などを通して、人間関係で繋がった学派のようなもの)という言葉がある。なお、後に王立協会初代事務総長になる、フックの法則や顕微鏡で色々観察して『ミクログラフィア』<sup>11)</sup>を出版したロバート・フック(1635~1703)は、苦学生で、オックスフォード実験哲学サークル時代からボイルの助手をしていた。彼は1662年に専従実験主任(キュレーター・オブ・エクスペリメンツ)となり、1663年には会員に選出されている。その後1677年に第2代事務総長となった。ニュートンとの対立でも有名である。

この「インビジブル・カレッジ」は当時複数あったようである。『世界図絵』を著したモラビアの啓蒙教育家、宗教学家(モラビア兄弟団)で薔薇十字団員とも言われるヨハ

ン・コメニウス(1592~1670)は1654年ロンドンに亡命した<sup>12)</sup>。彼も「インビジブル・カレッジ」をつくったとも言われる。これはハートリブ・サークルという。これら「インビジブル・カレッジ」は、手紙のやりとりなどで実現していて、特にインターネットの発達した現代ではよくあることである。

これらの、先行するサークルが糾合し、王の勅許状により法人格を得て、より活動しやすくなることを狙って発足したのが、王立協会である。フランシス・ベーコン(1561~1624)が、『ニュー・アトランティス』(1627)で述べた、科学者が集まって研究する「サロモンの家」の理念を実現したものである。

第1回の会合に集まったのは12名で、毎週水曜日午後3時に集まり会合を持つことになった。そして会員候補を挙げていったら40名となったという。会員数は55名とすることになった。

同時代フランスの、「パリ科学アカデミー」やフィレンツェの「フィレンツェ実験学会」などの「学会」と違い、国立機関ではない自発的な民間の知識の増大と普及が目的の団体で、国王個人は別として、国からの援助ではなく、会員の自腹の会費で運営されていた。グレシャム・カレッジは、市民講座の様な教育機関で、無料であったのとは対比的である。また、カレッジの方は数理的なのに、協会の方は実験に重点があるのも対比的である。

会費は当初の決まりでは、入会金10シリング、毎週1シリングである。この金額は現代の価値で大体1万円と千円ぐらいに当たる。協会の雇った筆記者の年俸が40シリングであったというから毎回の会費の1年分は、年俸を上回り、庶民にとってはかなりの高額であった。王立協会が民間の団体で、専門的な科学者(勿論当時は「科学者」という職業は存在しないが)だけでなく好事家も受け入れていたと言っても、入会審査は非常に厳しく、またある程度以上の経済力がある人でないと金額的にも入れない。事実、会員には商人以外ではジェントルマン(準貴族とも言うべき地主階級ジェントリーの最下位)以上の身分のものしかいなかった。男爵以上の貴族は特別扱いされていた。

会員構成は例えば発足間もないころは、ほとんど活動していない者も含めると、貴族27人、政治家・外交官45人、ジェントルマン23人、法律家8人、聖職者13人、内科医25人、学者・著述家14人、将校・官吏8人、商人6人、不明6人の172人である。<sup>7)</sup>この内訳には別の数字も知られているが、各分野、階層身分を含むが、現代の意味に近似して「科学者」と言えるのは1/3以下であった。これが、同時代の大陸の「学会」であるとか、19世

紀以降の学会と大きく異なるところである。王立協会は民間の共同事業であるというばかりでなく、「非専門家」が過半数を占める集団であった。

この時代の科学の「好学者」「好事家」のことを、「ヴァーチュオーソ (virtuoso)」というが、単に好きと言うだけではなく、自身研究能力にたけていることも想定される言葉である(通常「ディレクタント」と言う言葉が「好事家」と訳されることが多いが、17世紀のロンドンの科学に関しては、音楽の名演奏家が連想されるであろうこのヴァーチュオーソと言う用語が用いられる。科学に関してであるという意味を込めて好「学」者と呼びたい)。この時代には科学者という職業はまだなかったのであるから、現代では「科学者」として歴史に残っている者も、大貴族や法律家、外交官、医師などであったりするわけである。その意味では大科学者たちも、イギリス伝統のアマチュアであるといえる。少し後の時代に、『ガリバー旅行記』のスイフトなどが、王立協会を好事家の集まりと非難したそうであるが、その様な空気感を本稿では考えたい。

### 3. 清教徒革命, 王政復古

王立協会成立のころは、先行する実験哲学サークル達の時代も含めて、丁度、清教徒革命から王政復古(1660年5月)のころである。1641年、議会在國王チャールズ1世に「大抗議文」を突きつけたのに始まり、翌年国王はオックスフォードに逃れ、内戦となり1649年、チャールズ1世は処刑された。イングランドは共和国となりクロムウェルが護国卿となったが、彼は1658年死去した。

チャールズ1世の息子チャールズ2世は1646年大陸に亡命し、スコットランド王としてスコットランドに上陸して転戦したが敗北しフランスの逃れていた。彼はクロムウェルの死後の混乱と王政復古を求める声に応え、1660年5月ロンドン入りして王政復古は成った。在位は1660~85年である。

このチャールズ2世が、王立協会に勅許を与えた人物である。王政復古後の社会は、旧王党派と旧議会派の対立差別が見られたのに、王立協会では政治的には反対の立場の会員がともにあった。因みに王立協会創設の重要人物ウィルキンズは、護国卿クロムウェルの妹婿であるにもかかわらず、うまく立ち回ったようであるし、ドイツ人である(死の直前帰化)初代事務総長オルデンバーグも共和派であった。ウィルキンズも名目上はオルデンバーグとともに事務総長となった。

ウェーバー=マートン テーゼというのがある。17世紀イギリスの科学はピューリタンが進展させたと言うこと

を主張する。確かに、カトリックの権威を排して、直接神と対話しようとするのは先哲の思弁を排し、実験で直接自然と対話しようとする立場と一致する。また、勤勉で有用な仕事を重視するというエトスも実験哲学にぴったりである。これはかならずしも人の色分けとは一致しない。王立協会設立の場所、グレンシャム・カレッジ教授には、清教徒と対立する王党派も多かった<sup>5)</sup>。しかし、カレッジの方は、数理理論の方に重点があったといえるであろうから、その意味では辻褃があった話ともいえるであろう。

### 4. 自然神学 2つの神の言葉

この時代の「科学者」の研究に対する動機付けとして良く言われるのは、神への奉仕或いは賛美である<sup>13)</sup>。

王立協会設立の時18歳であったアイザック・ニュートン(1642~1727)は、チャールズ2世に望遠鏡を献上し、それが王立協会へ回されることによって29歳で王立協会会員と成った(1672)。その後王立協会12代会長に1703年に選出され1723年までの長きにわたって会長を務めている<sup>14~16)</sup>。

ニュートンは、微分積分法の先取権に関する、ライプニッツ(1646~1716)との争いで有名であるが(フックとの争いでも有名であるが)、それに関係して、ニュートンの代弁者サミュエル・クラーク(1675~1729)とライプニッツの往復書簡(1715)がよく知られている。そこでは、時空に関してのニュートン陣営とライプニッツの世界観の違いが表れている<sup>17~19)</sup>。

ライプニッツの立場は主知主義で、むしろデカルトの流れをくむ「ニュートン力学的」世界観である。世界には神すら従わねばならない善悪があるという決定論的世界観である。これに対しクラークは「時計がその制作者の手助け無しに動き続けるように、この世界も神の介入無しに動き続けるという、ライプニッツの言い分は、唯物論であり、運命論であって、神が世界の外から現実に世界を支配し、また摂理を与えるという可能性を排除してしまう」と非難している。ライプニッツは「ニュートン氏とその学派は、神の作品に対して非常に奇妙な見解を抱いております。彼らによると、神は時々その時計を巻き直す必要があり、そうしないと時計は止まってしまうと言うのです。神は時計に恒久的な運動を与えるのに十分な展望を持っていなかったと言うことになってしまいます」(因みに、ニュートンの「万有引力」は媒介無しに効果するオカルトと思われていた)というような論争であるが、ニュートンは主意主義であり、神の意志が絶対で、時々介入する神なのである。

このような論争がなされるように、17世紀の科学者に

とって、自然の研究は神に奉仕するためのものであった。

この世には2つの神の言がある、それは聖書と自然なのである<sup>19)</sup>。トーマス・ティム（～1620）によれば、「天と地を産み出した全知全能の創造主は、2冊の最も重要な書物を我々の目の前に差し出された。1冊は自然という書物であり、もう1冊は聖書である」したがって、自然の謎を究明することは、この世界の単純性、豊饒性、美を発見していくことは、それをなした神を賛美し、また神の真意を探る事でもあるのである。この時代、自然神学という言葉があるが、自然哲学或いは実験哲学、そして数理哲学も神に仕えることなのである。

勿論、同一人物の中に神の奉仕者とヴァーチュオオズは大いに同居していたに違いないと考える。

付け加えてすこし述べておく。ニュートンとライプニッツの微分積分法に関する先取権争いについて、科学史の本によく書かれている、ニュートンが王立協会会長の立場を利用してライプニッツ非難を繰り返したと言う記述に関してである。ニュートンはライプニッツを欠席裁判的に剽窃者として断罪したと言われるが、なぜ外国の学会の会員である外国人ライプニッツを断罪して、相手に深い痛手を与えることが出来るのか分かりにくい。

これはライプニッツも王立協会会員（1673年入会）であったためである<sup>20)</sup>。ライプニッツは王立協会で計算機を公開したりしている。ライプニッツはベルリン科学協会初代総裁であり、パリ科学アカデミー会員でもあった。また、王立協会のウィルキンズ同様、普遍言語（形式言語）の構想を抱いていた。

## 5. ベーコン主義 経験論と陪審制

王立協会は、清教徒革命のころにはもう亡くなっていたエリザベス1世のころからの廷臣で法律家であるベーコンが、1627年の著作『ニュー・アトランティス』で述べた科学者の研究機関「サロモンの家」が体現されたものであると言われる<sup>7-9)</sup>。また、その実験主義は1620年の『ヌヴム・オルガヌム』に見られる。現在でも、「ベーコン科学」という言葉がある。それは、自然を実験という拷問にかけてその真の姿を自白させるのである。従って、実証主義、経験論の帰納法重視の立場で近代合理主義、近代科学の先覚者のように言われる。自然を支配するというヨーロッパ人の感覚による現在に至る環境破壊などの元凶のようにも昔は言われたが、工学史の立場からは重要な思想家であるといえる<sup>21)</sup>。

「知は力なり」というテーゼの実現のためには自然の知

識を獲得せねばならない。そしてその知識は、自然を改変して、人間の役に立てられるような知識でなくてはならない。

ペルーから日本に船出した船が、ニュー・アトランティスというユートピアに漂着する。そこには「サロモンの家」という教団ないし学会がある。そこでは神の仕事とその被造物の研究をしている。サロモンの家の院長は「和が学院」の目的は、事物の諸原因とひそかな運動に関する知識であり、人間帝国の領域を拡大して、可能なあらゆる事を実現することにある」と言う。科学の制度化と社会利用の理想である。また帰納法が社会で機能するのは、社会の中で帰納法を行わなければならないことも含意されている。

実験哲学による知識の獲得のためには、共同作業をする必要があり、その思想が王立協会に結実したともいえる。事実、協会の宣伝文書ともいえる、トマス・ブラケットの『王立協会史』（1667）の扉絵には、チャールズ2世の胸像の両脇に初代会長（在任1662～1677）、ウィリアム・ブラウンカー子爵（1620～1684）（実質的会長はウィルキンズであった）とともにベーコンが描かれている。

実験事実であるとか観察事実が重要なのであるから、その発見は例え素人が行ったものであっても取り上げるべきである。現代でも、天文学では、彗星の発見などでは所謂素人の貢献が大きい。

王立協会は、一つにはこのような意味で、現代の我々からすると、おやっと思ふような人々を受容していたのであろう。

もう一つには、ベーコンが法律家であった事による、彼の考え方がある。ベーコンは法律家、政治家であったから、イングランドの慣習法の手続きにならって、自然の真理を審理しようとしたと思われる。

自然の実験哲学的研究も、実験を陪審員たる市民に公開することが重要と考えられた。また目撃者の証言を陪審員が聞く際にも、証人の信頼性が重要と考えられる。この際ジェントルマンは、実験事実や観察事実の証人として誠実で適している人と考えられた。

この要請が、必然的に「非専門家」を、陪審員もしくは証人として、協会会員として抱え込ませる事につながったのであろう。この点では秘密結社の専門家集団であるサロモンの家とは違う。

なお、王立協会の実験重視の姿勢は、ベーコンの影響だけではなく、王政復古当時の政治的な理由もあったと思われる。

実験で解ることが重要であるとして、思弁的な理論や仮説を避けるという姿勢は、不毛な論争を避けるためともいえる。これは王立協会会員が王党派と共和派の両方を含んでいたため、政治的対立を避けたかったというのも一つの理由と考えられる。

## 6. 研究情報の共有 通信と学術雑誌

第1次科学の制度化は、研究情報の共有、学会の成立であると言われる。王立協会の研究情報の共有に、本質的に決定的に重要な貢献をしたのが、ドイツ人である、王立協会事務総長オルデンバーグである<sup>21)</sup>。

それまでのヨーロッパ世界での、実験事実、数学の定理などの研究情報取得や、学者の交流は、実際にその発見者、発明者を訪ねていくか、非常に不便な手紙で行うしかなかった。これを革命的に変えたのがオルデンバーグである。

王立学会の初代事務総長（2人のうち一人）のヘンリー・オルデンバーグ（1619～1677）はブレーメンに生まれ、1640年代にはイングランド貴族子弟のグランドツアー（大陸に数年間見聞を広めにいく教育完了の旅）のチューターと成っていたようである。このような仕事の中で、科学者、政治家などの知己を増やしていった。1635年ブレーメンの外交官として革命さなかのロンドンに渡る。彼は王立協会に先立つサークルの一つ、ハートリブ・サークルに加わったし、オックスフォードグループなどとも接触していた。1660年の王立協会設立の会合の時に、既に会員名簿に載っている。（事務総長職は7年間も無報酬であった。その後も微給ゆえ、経済的には苦勞している<sup>21)</sup>。

事務総長として非常に優秀であったわけだが、特筆すべきは、（国際的にも）科学者間の実験哲学や数理哲学に関する情報ネットワーク構築と運営に貢献した事、それから現在まで続く学術雑誌、*Philosophical Transaction* を、個人の雑誌として創刊（1664）、刊行した事である。数年後トランザクションは協会刊行に移行している。

パリ科学アカデミーやフィレンツェ実験学会などと連絡を取り、また国内外の学者に手紙を書いて情報収集それに情報提供に努めている。各国の学者はオルデンバーグに、自分の研究成果を報告してくるようになったのである。それに対するアドヴァイスなどもオルデンバーグは返したりしている。往復書簡の通信相手は344人に登り<sup>21)</sup>、研究成果は協会の会合で実験して見せたり、当人により発表されるだけでなく、ロンドンに来られない者の研究成果はオルデンバーグに送られて、彼によって英訳されたりラテン語訳されたりして会合で読み上げられたりした。科学情報のネットワークを作り上げ運営した人物で、また名伯楽ともいえた。

オルデンバーグがこのような偉業をなしえたのは、郵便制度が出来はじめてきたのが丁度この時期だったという事がある。15世紀までは、手紙を送るには、その地方に行く人を探したりして各人工夫しなければならなかった。その後イギリスではロイヤル・ポストが出来た。またそれ以外にも騎馬郵便、徒歩郵便があったが、大学や協会がそれぞれ独自に郵便機構を用意していた。エリザベス1世のころにはロイヤル・ポストが一般人の私文書も運ぶようになったりした。しかし、まだまだ郵便事情は悪く、オルデンバーグの手紙でも、ブレーメンからの手紙が遅れて24日かかったとか、オックスフォードのボイルからの手紙が通常2日のところ4日目になっても届かないなどと言う程度の速さであった。

なお、王立協会草創期の、毎週の会合で、みんなで実験をしてみるということは、1680年代には失われてきたという。現代の学会と同じく、研究の報告と討論が主となった。筆者の興味、すなわち好学者の時代は終わってしまったのである。好学者が会員として同居していても、それは観客に過ぎなくなったわけである。

## 7. ピープス (Peyps) 日記

サミュエル・ピープス（1633～1703）の1660～1669年、10年間の日記<sup>22)</sup>は、当時の市民生活や政治などの生活や市民感情に密着した第一級の史料とされる<sup>23～25)</sup>。と言うのは、この日記は、彼にとって他人に見られたくない部分は、速記で書かれ、またその文もドイツ語、フランス語、ギリシャ語、ラテン語などの外国語を組み合わせ、さらに簡単ではあるが暗号化して書かれていた。解読されたのは1812年の事である。暗号で書かれている部分は、小間使いとの情事や上司や同僚の悪口、賄賂などの部分である。簡単には解読されない自信があったのなら、そこには人の目を気にせずに、本音を書けたであろうと思われる。しかも彼は、日常生活の細々とした事や自分の趣味、社会の評論のような事まで書いているので、史料的価値が高いのである。1665年のペスト大流行、1666年のロンドン大火、1665～7年の英蘭戦争などの様子が、裏の様子まで（勿論ピープスの知る事のみであるが）実感として分かる。

ピープスは仕立屋の息子に生まれたが、伝手を頼って次々に出世して、ついには海軍省次官にまで成り上がった人物である。とはいっても親戚にはそれなりの高い身分のものも居たようではある。彼は王立協会会員になるが、協会や科学に関する記述が沢山あり、その部分の翻訳が資料として入手できる<sup>25)</sup>。この資料から王政復古期の「科学者」達本人の著作からではない側面が色々見て取れる。



彼は非常に物見高い人物であり、王立協会の会員となった（1665年）、丁度このとき、彼の同僚として、王立協会会長ブラウンカー子爵が、海軍省理事官となって来たからである。彼はほとんど毎週の会合に出席している。

ピープスは色々な実験を見たり、実際に実験に参加したり、実験器具を購入してみたりした。また、妻に科学の話題を教える事を楽しみにしている。しかし彼は決して「科学者」では無かった。好学者と言うより好事家という方がぴったりの感じで、決して科学の知識や実験技能に秀でたヴァーチュオオソでは無かったと言える。「科学者」とヴァーチュオオソは近いが、ヴァーチュオオソと好事家の間にはかなりの隔りがあるのである。

面白い物を見たい、触りたい。一流「科学者」と会合で同席し、同好の名士達と同席したい。科学やそこに集う人士の噂をめぐって、コーヒーハウスで盛り上がりたという人物であったろう。それにも拘わらず、また貴族でもないのに、王立協会はピープスを代6代会長に選出している（1684～1686）。

コーヒーハウスは、当時のロンドンに200軒<sup>1)</sup>くらいあったという（3000軒という説<sup>12)</sup>もあるが多すぎると思う）。ジェントルマン達は、社交の場コーヒーハウスに集い、政治談義から科学までまじめに議論し、また金融取引や保険などの情報交換をしたという。コーヒーハウスでは酒は出さなかつたので酔っぱらってしまう事もなかつた。

また、コーヒーハウスでは、書籍が販売されたり、珍奇な物が展示されたり実験器具が販売されたりしていた<sup>9)</sup>。そこで実験さえも行われていたという。このような好学者の集まりは、貴族などの個人邸宅でも行われていた。

この辺は、パリでは貴婦人の主宰するサロン<sup>26)</sup>が社交の場であったのと大きく異なるところである。

ピープスのような人物にとっては、王立協会はコーヒーハウスの延長であったろう。

エリザベス1世の16世紀終わりに花開いた劇場文化では、貴族も民衆も同じ芝居小屋で観劇した。その時代を（当時という意味ではなく）代表し、イングランドを代表する劇作家ウィリアム・シェークスピア（～1616）の死後約50年の王政復古にして、清教徒革命期に壊滅していた演劇が再開された。ピープスにとって、王立協会に会費を払って実験を見に行く事は、木戸銭を払って芝居小屋に観劇に行くのと同じような楽しみであったろう。

科学は当時のロンドンでは、エンターテインメントの一つであった。

逆に協会側から言っても、先に述べたようにアマチュアの発見は大歓迎であり、体系の建設まで出来ずともアマチュアは観察事実を集める事で有用である。またベーコンの法思想からして実験の証人として期待されていた。メンバーの方が、まったく外部の庶民を呼んでくるより好適だったろう。また公開実験は協会の収入源の一つと成っていた。

## 8. 魔術と光学の時代 <sup>27～29)</sup>

王政復古期は魔術の時代が終わりを告げ始めたころである。1645年に大学教育に魔術を取り入れるか排除するか議論（ウォード＝ウェブスター論争）がされたりしている。ケプラーは数秘術的著述をしているし、ニュートンは錬金術師としての仕事量が最も多いと言われる。1706年の『光学』にも虹の色数に関して数秘術的記述がある。ボイルも錬金術の実験をしている。ニュートンの自筆原稿などを収集した（マルクスの微分積分に関する草稿を買ったり、第1次世界大戦時、印象派のドガの作品をオークションで救出したりしている）大経済学者ケインズは、ニュートンは近代合理主義の扉を開いた人というより「最後の魔術師」であると言っている。

魔術も実験主義であるといえる。ベーコンは脱魔術を言ったが、ある意味同じ方向を向いている。

一方、この時代は光学の時代でもある。ニュートンがデビューしたのは、望遠鏡をチャールズ2世に献上した事に依るものであるし、ハーグの汎神論哲学者バルーフ・スピノザ（1632～1677）がレンズ磨きで生計を立てていたという伝説は有名である。またフックの『ミクログラフィア』は、顕微鏡で見た図版集であり（フック自身が顕微鏡を作成したのかどうかは分からないが）、蚤の図版がよく知られている。

学問の始まりは、分類する事である。「わかる」ということは、分けることである。そしてその為には「見る」事が第一である。その道具、人間能力の拡大装置として、顕微鏡や望遠鏡が簡単に入手できる時代になってきていた。現にピープスも顕微鏡を購入している。「見て」そして「わかる」悦楽にはまっているのである。それは、魔術か科学の実験か、どちらも実証的な事柄なのである。ピープスのような人々たちにとって、実証は視覚でされるのである。

この時代は、イングランドの貴族達の子弟が、長いと数年間にもわたる、ヨーロッパ大陸への見聞を広めるための旅行に出かけるという、所謂「グランド・ツアー」<sup>30)</sup>が

流行りだした時代でもある。この大旅行は学業の総仕上げを意味していて修学旅行的な意味合いを持ち、主にフランス、イタリアを経巡るのである。オルデンバークも若い頃に、グランド・ツアー 付き家庭教師の仕事は何回かしている。貴族の子弟は文化先進国の政治、文化、芸術、考古学などの文物を見聞きて、そしてマナーを身につけるのである。グランド・ツアーという文化も、見て分かる、蒐集するというイングランド人のアマチュア精神の源流の一つであり、王立協会に集った好学者と同じ意味で、(社会の風習として、親から命じられてではあるが) 実際に見て経験するという文化のあらわれであろう。

### 9. 商売としての実験哲学講義

王政復古期よりは少し後になるが、ジャン・デザギュリエ (1683~1744) とする人がいる<sup>24)</sup>。フランスの牧師の息子で、イギリスに親子で亡命してきた。オックスフォード大学を出た後、1713 にロンドンに移り、お金を取って実験を見せて収入の道に出来そうだとする事を知り、有料実験講座を開く。聴講者 12 名以上だと聴講料一人 3 ギニー、12 名以下でも 12 人分払ってくれば開講するというものである。場所は彼の自宅である。1 ギニー=21 シリングで 3 ギニーは 6 万 3 千円程度と成るが、庶民の収入からすると、それ以上のかなりの高額である。1 回分にすると 5 千円以上である。現代日本で映画を見るより高い。また現代の日本で大学の講義 1 回分程度であろう。

デザギュリエは大学教授には成れなかったが、王立協会会員には 1714 に選ばれている。またニュートン会長の下、協会実験主任にも選ばれている。

デザギュリエのように公開講座をする人は多く彼の弟子が 10 人程度はいたそうである。その後お金を取って実験を見せる人は増えていった。

ベンジャミン・マーチン (1705~1782) であるとかジェームズ・ファーガソン (1710~1776) は巡回実験師である。いずれも貧しく独学の人なのであるが、町から町へと旅をして、お金を取って実験を見せていた。商売上、王立協会員であるといえればうまくいくので、王立協会に入会を希望したが、ファーガソンは果たせたが、マーチンは遂に認められなかった。

少し昔の日本で言えば、地方の町の住民にとって、町から町へと移って行って、町外れにテントを張って娯楽を提供するサーカス団の様なものであろう。マーチンの講義の聴講料は 1 回 1 シリングだったそうである。サーカスを見に行く感覚で、実験講義を聞きに(見に)行くのであれば、素晴らしいと思う。

現代日本では、科学の実験を見せる事を生業にしている

人はいるが、直接に 1 回幾らではなく、学校や科学館などへの出張講義の形態であると思われる。やはり「楽しく勉強」の一環であって、今日は芝居に行くか、それとも実験を見に行くかという次元ではないと思う。

江戸歌舞伎の芝居小屋は中村座 (1624)、市村座 (1634) など、17 世紀前半の開設である。こちらは丁度ロンドンで芝居文化が隆盛だったころより少し後である。所謂江島生島事件は 1714 年の事である。この事件は月光院付き大奥年寄り江島が、月光院の代参帰りに山村座見物をした折、役者生島を見た事から始まるスキャンダルである。この事件は、江戸においても、ロンドンの 17 世紀初頭同様に、貴婦人にも庶民にも、芝居見物が大きなエンターテインメントであったことを示している。

大分後になるが、1757 年からの 6 年間 平賀源内の産物会 (産業博覧会) が開かれた盛況だったという。18 世紀中葉には、浮世絵 (錦絵) が多色刷りになる。見たり蒐集したりする楽しみも、ロンドンと同じくであった。

このように芝居見物など、市民の物見高さという点で共通しているのに、江戸では実験を楽しむに見に行くという感覚は生じなかったであろう。新しい知見の探求を嫌う徳川幕府のためであろうか。それとも日本人は、自然科学を楽しむとは感じないのであろうか。

ミステリーを楽しめるのは、世界中でアングロ・サクソンと日本人だけであると良く言われる。証拠を見付け、それを元に論理的に推論し謎を解くという悦楽である。それなのになぜ、自然の謎に関心が行かなかったのであろうか。

ロンドン市民 (中流以上ではあるが) の、実際に見て楽しむ文化、特に巡回実験師が商売になるという風土がピープスのような人物を王立協会に引きつけ、また協会の側も実証主義と慣習法の伝統故、素人を歓迎した。協会は「科学者」、ヴァーテュオーズ、好事家たちが集い、それぞれの立場からの喜びとともに、共同研究とその実証をしていたのである。イギリスのアマチュア尊重の伝統ではある。イギリスには、自然誌 (natural history, 博物学) 愛好の伝統がある。それは特に 17 世紀に入った頃から、ジェントリー階級以上に殊更のことであって現代まで続いている。ジェントリーは都市在住であっても地方の大地主であるから、自然の事物に関心が深く、またそれを収集しようという趣味が発生するのであろう。また財力にまかせて珍奇な物や現象を観察して蒐集することも大きな関心事である。

観察事実提供者としての素人は、「専門家」にとっても

歓迎すべき事で、彼らと共同作業で自然に関する知識を増やしていくのである。その象徴が大英博物館であり、諸処にある植物園である。ダーウィンのライバルであったウォレスが、プラント・ハンターで生計を立てることが出来た事や、世界各地に探検隊を送ったりするのも、その伝統である。

17世紀には、まだ科学者という専門的職業はなく、学者の関心は人文から自然まで、広くしかも同等に持って居た人が多い。生計は別の職業で立てているか、貴族であったり、領地からの収入が有って働らなくても良い人たちである。その意味では「科学者」もみな好学者或いはヴァーチュオーソであると言っても良いと思う。単に程度の差でしかないと考える。

好学者が学問に重大な寄与をすることが出来て、それが当たり前であり、そして観察事実蒐集や珍奇な実験の観察自体が悦楽であるというジェントリー階級の感覚が、草創期の王立協会の空気を作っていたと思われる。

自然科学が高度に専門化された21世紀では、この様なことは望むべくも無いが、科学教育の場では、この王立協会の空気感を忘れてはならないと思う。

#### 謝辞

17世紀ロンドン市民生活の資料とされる『ピープス日記』の価値を示唆してくれた友人、筑波大学図書館学群緑川信之教授に感謝します。

#### 参考文献

- 1) 村上陽一郎、『工学の歴史と技術の倫理』、岩波書店(2006年)
- 2) 村田純一、『技術の哲学』、岩波書店(2009年)
- 3) 奥田栄、『科学技術の社会変容』、日科技連(1996年)
- 4) 伊東編、『西欧科学史の位相』、培風館(1989年)
- 5) 中島秀人、『ロバートフック ニュートンに消された男』、朝日選書(1996年)
- 6) 中島秀人、『ロバートフック』、朝倉書店(1997年)
- 7) 大野誠、『ジェントルマンと科学』、山川出版(1998年)
- 8) Michael Hunter, 『イギリス科学革命 —王政復古期の科学と社会—』大野誠訳、南窓社(1999年)
- 9) 古川安、『科学の社会史 —ルネサンスから20世紀まで— 増訂版』、南窓社(2000年)
- 10) John Henry, 『17世紀科学革命』慎一郎訳、岩波書店(2005年)
- 11) R.Hook, 『ミクログラフィア図版集』永田、板

- 倉沢、仮説社(1985年)
- 12) 高山宏、『近代文化史入門 —超文学講義—』、講談社(2000年)
- 13) 村上陽一郎、『近代科学と聖俗革命』、新曜社
- 14) B. J. T. Dobbs, 『錬金術師ニュートン —ヤヌス的天才の肖像—』、大谷訳、みすず書房(2000年)
- 15) P.Thuillier, 『ニュートンと魔術師たち』工作舎、高橋純訳(1990)
- 16) D.H.クラーク/S.P.H.クラーク、『専制君主ニュートン』、伊理由美訳、岩波書店(2002年)
- 17) E. J. エイトン、渡辺正雄訳、『ライプニッツの普遍計画』、工作舎(1990年)
- 18) R.フィンスター、G. ファン・デン・ホイフェル、沢田允茂訳、『ライプニッツ その思想と生涯』、シュプリンガー、フェアラーク(1996年)
- 19) 内井惣七、『ライプニッツ：クラーク論争から何を読み取るか』、『科学哲学科学史研究1』京都大学文学部科学哲学科学史研究室(2006年)
- 20) 大田純一、『がちょう娘に花束を』、岩波書店(2009年)
- 21) 金子務、『オルデンバーグ —十七世紀科学・情報革命の演出者—』、中央公論社(2005年)
- 22) S. Pepys, 『ピープス日記 I~IX』白田昭訳、国文社(1987~2003年)(原書最終巻の第10巻は近年中に刊行の予定)
- 23) 白田昭、『ピープス氏の秘められた日記 —17世紀イギリス紳士の生活—』、岩波新書(1982年)
- 24) 板倉聖宣、『科学と科学教育の源流』、仮説社(2000年)
- 25) 板倉聖宣 編・訳、『1660-69 ロンドン科学日記 —S.ピープスの日記とロンドン王認学会の記録から—』、板倉研究室史料(1995年)
- 26) 川島慶子、『エミリー・デュ・シャトレとマリー・ラヴワジエ —18世紀フランスのジェンダーと科学—』、東京大学出版会(2005)
- 27) J.H.Brooke, 『科学と宗教 —合理的自然観のパラドクス—』、田中訳、工作舎(2005年)
- 28) J.Porkinghorne, 『科学と宗教』、本多訳、玉川大学出版会(2000年)
- 29) Paolo Rossi, 『魔術から科学へ』前田訳、みすず書房(1985)原書1957
- 30) 中島俊郎、『イギリス的風景 —教養の旅から感性の旅へ—』、NTT出版(2007年)

## CMOS 比較回路 (2) 位相比較回路

CMOS Comparator Circuits (2) A phase comparator circuit

波多野 裕\*、横井 和輝\*\*  
Hiroshi HATANO and Kazuki YOKOI

Abstract : A CMOS phase comparator circuit has been successfully designed and fabricated using a double polysilicon and double metal 1.2  $\mu\text{m}$  CMOS technology. The designed phase comparator has confirmed to function correctly by SPICE simulations. Furthermore, the fabricated comparator has confirmed to function correctly by chip measurements.

### 1. 緒言

既に, “CMOS 比較回路(1)4ビット大小比較回路”<sup>1)</sup>において, 入力値の大きさを比較する比較回路について報告した. 本論文では2入力の位相差を比較する位相比較器の設計方法と動作について記述する. 位相比較器はPLL (Phase Locked Loop)回路において入力信号とVCO (電圧制御発振器)との位相差を比較するために使用されている. 位相比較器には回路構成によりアナログとデジタルとがある. 今回設計した位相比較器はフリップフロップ型に分類されるデジタル回路である.

位相比較器を2層ポリシリコン2層アルミニウムウェルCMOSプロセス<sup>2-4)</sup>で設計試作した. 本論文では回路設計, レイアウト設計, シミュレーション結果, および試作回路の実測結果について報告する.

### 2. PLL 回路

PLL 回路は, 入力信号や基準周波数に対して周波数や位相のズレのない出力信号を生成する回路である. PLL回路の基本構成を図1に示す. PLL回路は2信号間の位相差を比較して位相差信号を発生する位相比較器, 交流成分をカットするループフィルタ, VCO(電圧制御発振器)の3つで構成されている. 一般に, VCO出力からの信号位相が進んでいけば発振周波数を下げて位相を遅らせ, 発振器出力が遅れていけば発振周波数を上げて位相を進め, 基準信号との位相差が0となるようにVCOを制御している.

PLL回路を利用すると, FM または AM 信号の復変調や特定周波数の信号の検出, 周波数の変換などが実現できる. 例えば, PC のマザーボード上においてCPU やチップセットに与えるクロック信号を生成する回路にこのPLL回路が組み込まれている. 単一の発振器からジャン

パ設定を行うことでさまざまな周波数のクロック信号を選んで出力できるようにしている.

### 3. 回路構成

位相比較器の論理回路図およびトランジスタ回路図を図2に示す. この位相比較器は入力信号のどちらか一方の立ち上がりエッジを検出して位相比較を開始し, もう片方の信号の立ち上がりエッジで位相比較を終了する.

この位相比較器の特徴は, レベル動作でないために入力信号のデューティが50%である必要がないことや高調波にロックしないためにロックレンジの広いPLL回路を作れることである. しかし, エッジ動作であるため入力のノイズに敏感であること, 出力にハイインピーダンス状態を作り出す時間が長くなるため出力側もノイズを拾いやすいと言う欠点がある.

高精度のPLL回路を実現するためには高速な位相比較器が必要とされる.

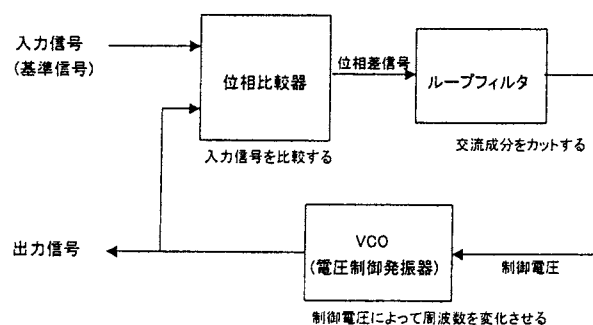


図1 PLL回路の基本構成

2010年3月15日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

\*\* 理工学部 電気電子情報工学科卒業生 (現在, 三栄ハイテックス (株))

4. 論理動作

4.1 入力 A と入力 B の位相が一致しているとき

入力 A と入力 B の位相が一致しているときの論理状態を図 3 に示す。2つの入力信号の位相差を検出していないときでは、出力は  $X=1, Y=Z$  である。Z は高インピーダンス状態にあることを示す。また、この状態を初期状態とする。

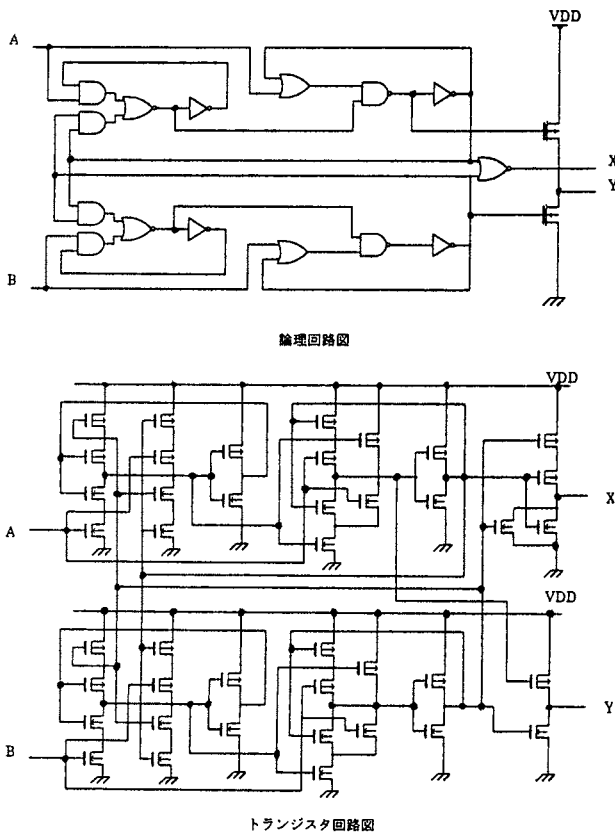


図 2 位相比較器の論理回路図及びトランジスタ回路図

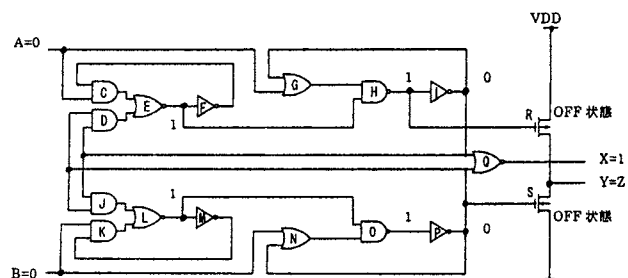


図 3 位相が一致しているときの論理状態

4.2 入力 A が入力 B より進んでいるとき

入力 A が入力 B より進んでいるときの論理動作を図 4 に示す。入力 A が 1 になると、ゲート G の出力が 1 になる。すると、ゲート H の出力が 0 となるので R の pMOS トランジスタが ON 状態になる。よって、出力 Y は 1 になる。また、ゲート I の出力が 1 となるためゲート Q の出力が 0 となる。したがって、出力 X は 0 となる。

次に、入力 B が 1 になるとゲート N の出力が 1 になる。すると、ゲート O の出力が 0 になるのでゲート P の出力が 1 となる。ここで、S の nMOS トランジスタが ON 状態になるので出力 Y は 0 になる (図 4 の論理状態 I)。そして、入力 A 側においてゲート D の出力が 1 となりゲート E の出力が 0 となる。よって、ゲート H の出力が 1 になる。したがって、R の pMOS トランジスタが OFF 状態になる。

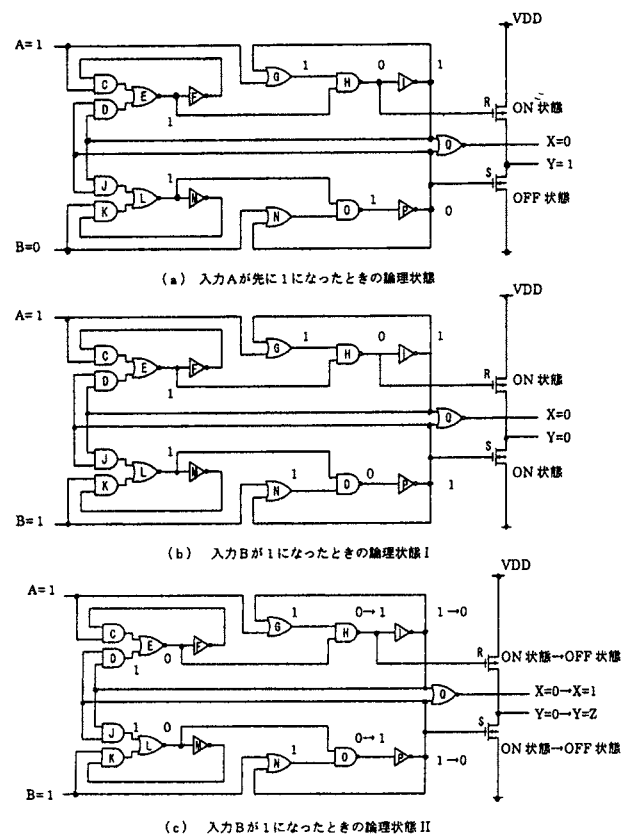


図 4 入力 A が進み位相のときの論理動作

また、入力 B 側においてゲート J の出力が 1 となり、ゲート L の出力が 0 になる。よって、ゲート O の出力が 1 となりゲート P の出力が再び 0 になる。したがって、S の nMOS トランジスタは OFF 状態になる。

最終的に、ゲート Q の出力が 1 となるので出力 X は 1 になる。出力 Y は高インピーダンス状態になる (図 4 の論理状態 II)。

4.3 入力 A が入力 B より遅れているとき

入力 A が入力 B より遅れているときの論理動作を図 5 に示す。入力 B が 1 になるとゲート N の出力が 1 になる。すると、ゲート O の出力が 0 となるのでゲート P の出力が 1 となる。よって、S の nMOS トランジスタが ON 状態になり出力 Y は 0 になる。また、ゲート Q の出力が 0 となるため出力 X は 0 となる。

次に、入力 A が 1 になるとゲート G の出力が 1 になる。すると、ゲート H の出力が 0 となるので R の pMOS トランジスタが ON 状態になる。ここで、出力 Y は 0 のままである (図 5 の論理状態 I)。

そして、入力 A 側においてゲート D の出力は 1 となりゲート E の出力が 0 になる。よって、ゲート H の出力が 1 となる。したがって、R の pMOS トランジスタが OFF 状態となる。

また、入力 B 側においてゲート J の出力が 1 となりゲート L の出力が 0 になる。よって、ゲート O の出力が 1 となりゲート P の出力が再び 0 になる。したがって、S の nMOS トランジスタは OFF 状態になる。

最終的に、ゲート Q の出力が 1 となるので出力 X は 1 になる。出力 Y は高インピーダンス状態になる (図 5 の論理状態 II)。

以上の論理動作をまとめた状態表を表 1 に示す。なお、片方の入力が 1 になった後、もう一方の入力が 1 になる前に 0 になったとしても出力の論理状態は変化しない。

5. レイアウト設計

図 1 を元に、2 層ポリシリコン 2 層アルミ N ウェル CMOS プロセスを用いて位相比較器のレイアウト設計を行った。レイアウトパターンを図 6 に示す。総トランジスタ数は 42 個、縦 114  $\mu\text{m}$ 、横 98  $\mu\text{m}$ 、占有面積 11172  $\mu\text{m}^2$  である。

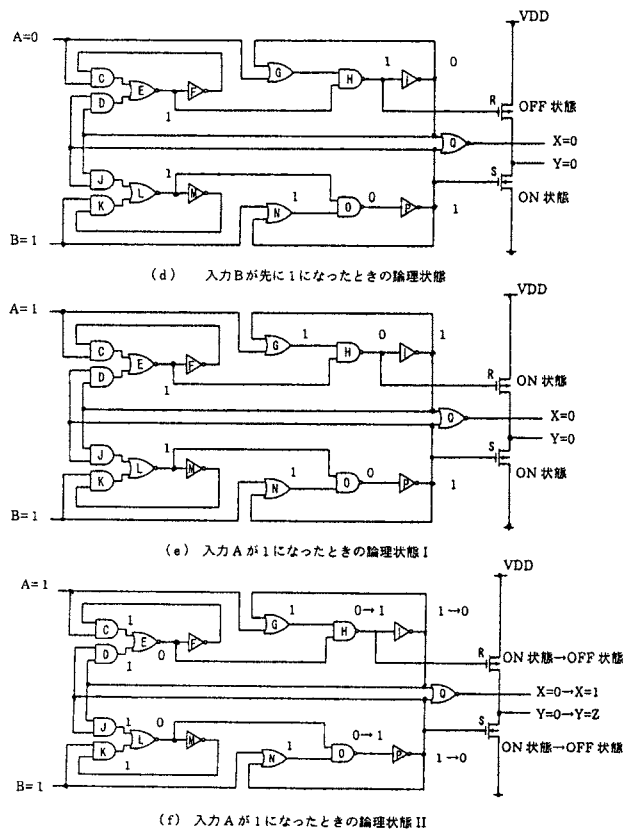


図 5 入力 A が遅れ位相のときの論理動作

表 1 位相比較器の状態表

入力		出力		動作状態
A	B	X	Y	
0	0	1	Z	位相が一致している状態
1	0	0	1	A が進んでいる状態
0	1	0	0	B が進んでいる状態
1	1	1	Z	位相が一致している状態

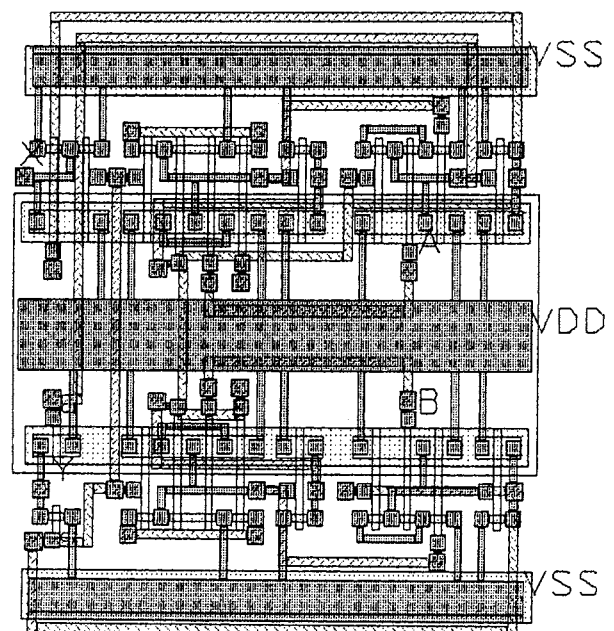


図 6 位相比較器のレイアウト図

6. シミュレーション結果

レイアウトパターンから抽出したファイルを用いて、SPICEにより回路シミュレーションを行った。位相比較器のシミュレーション結果を図7に示す。シミュレーション結果と表1を比較し、正しく動作していることを確認した。

7. 試作結果

2層ポリシリコン2層アルミNウェルCMOSプロセス<sup>2-4)</sup>により試作した位相比較器の顕微鏡写真を図8に示す。

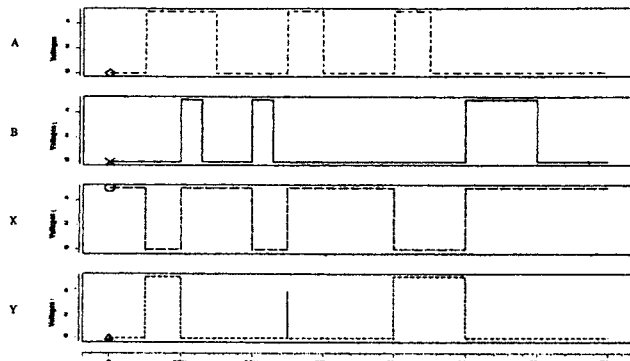


図7 位相比較器のシミュレーション結果  
横軸：時間[sec] 縦軸：電圧[V]

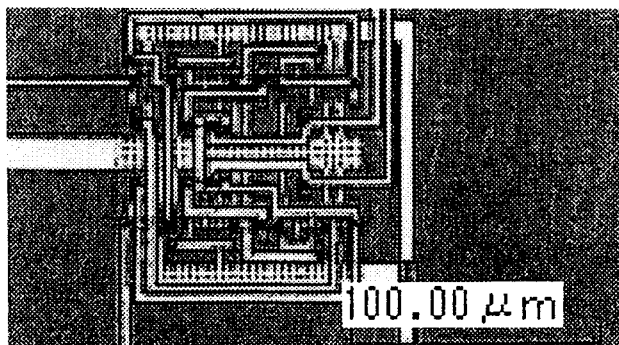


図8 位相比較器の顕微鏡写真

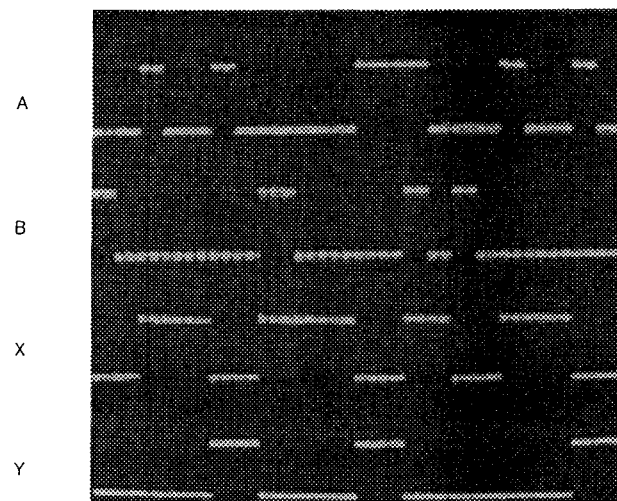


図9 位相比較器の実測結果  
横軸：時間[50μs/div.] 縦軸：電圧[5V/div.]

す。nMOSの実効チャンネル長は0.9μm、pMOSの実効チャンネル長は0.8μm、ゲート酸化膜厚は25nmである。図9に試作した位相比較器の入出力波形の実測結果を示す。図7のシミュレーション結果との比較により、試作した位相比較器が正しく動作していることを確認することに成功した。

8. 結言

位相比較回路を2層ポリシリコン2層アルミNウェルCMOSプロセスで設計試作した。回路シミュレーションにより、設計した位相比較回路が正しく動作していることを確認した。更に、試作した位相比較回路の実測により、正しく動作していることを確認することに成功した。

速度限界の実測など、試作回路の詳細な測定が今後の課題である。

謝辞

本研究に関するチップ試作は東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通しオンセミコンダクター(株)、日本モトローラ(株)、HOYA(株)、京セラ(株)の協力で行われたものである。

参考文献

- 1) 波多野 裕, 横井和輝, " CMOS 比較回路 (1) 4ビット大小比較回路 ", 静岡理工科大学紀要, 第17巻, pp. 31-35, 2009.
- 2) H. Hatano, " Single event effects on static and clocked cascade voltage switch logic circuits ", IEEE Trans. Nuclear Science, NS-56, No.4, pp. 1987-1991, 2009.
- 3) H. Hatano, " SEU effects on static and clocked cascade voltage switch logic (CVSL) circuits ", Proceedings of the 8th European Workshop on Radiation Effects on Components and Systems, pp. 136-140, Jyväskylä, 2008.
- 4) H. Hatano, " Single event effects on CVSL and CMOS exclusive-OR (EX-OR) circuits ", Proceedings of 10th European Conference on Radiation Effects on Components and Systems, pp. 121-125, Bruges, 2009.

Properties of acid- and aluminum-tolerant *Flavobacterium* ST-3991

Ikuro SOUTA\*, Youichi DOI\*\* and Masao SATA\*\*

## ABSTRACT

Although aluminum (Al) and manganese (Mn) are present in a neutral form in soils, these metals are readily solubilized at low pH and can be toxic to plants and microorganisms. We previously isolated an acid- and Al-tolerant bacterium, *Flavobacterium* ST-3991, which increases the pH of culture medium. In this study, we further examined the growth of strain ST-3991 under acidic and high-Mn conditions to determine the substance increasing the pH, its properties of acid- and Mn-tolerance, and mechanism of increasing pH, and tolerance to  $Mn^{2+}$ . The results provide evidence that strain ST-3991 is a unique bacterial strain with both acid and  $Mn^{2+}$  tolerance, and raises the pH of culture medium by producing ammonia under acidic conditions.

Aluminum (Al) and manganese (Mn) are present in a neutral form in soils. However, acid rain or other forms of soil acidification increases the solubilization of the Al and Mn present in soils<sup>1)</sup>, and both metals can be toxic to plants as well as microorganisms. Previously, we isolated an acid- and Al-tolerant bacterium, *Flavobacterium* ST-3991(ST-3991), and reported a few of its properties particularly acid- and Al-tolerance and ability to increase the pH of an acidic culture medium<sup>2)</sup>. However, the properties of acid- and Mn-tolerance and mechanism of increasing pH of strain ST-3991 have not yet been precisely characterized.

In this study, we therefore examined the growth conditions of ST-3991, its tolerance to  $Mn^{2+}$ , and the substance increasing the pH and Mn tolerance.

ST-3991 was cultured using an S-LB liquid medium consisting of 1.0 g of bacto-peptone, 0.5 g of bacto-yeast extract, 10 g of NaCl, and 1000 ml of a soil-eluted aqueous solution pH of S-LB liquid medium was adjusted to five different pH values (3.0, 3.3, 3.5, 3.7, and 4.0) for the growth tests. The growth assays of strain ST-3991 in the presence of 0, 0.5, 1.0, 2.0 or 5.0% NaCl and either 0 or 100 mg/l of Al ions were performed using basal medium at pH 3.3 which was incubated at 25°C for 96 h with shaking (100 rpm). To examine the growth of strain ST-3991 at different temperatures (10, 20, 30, 37, or 40°C), Al was added to 1.0 ml of preincubated

---

Received March 5, 2010

\*Department of Materials and Life Science,  
Shizuoka Institution of Science and Technology

\*\* Sumitomo Construction Co.



bacterial cultures pH 3.3 at a final concentration of 0 or 100 mg/l, and the cultures were then incubated without shaking for 96 h.

To evaluate the amount of growth under each condition, the cells were

and expressed as dry cell weights.

To determine the concentration of Al and Mn in bacterial cells, 100 ml of culture medium was suspended in HCl, and centrifuged at 10,000 rpm for 15 min at 4°C at several different time

Table 1. Effects of pH, NaCl concentration, and temperature on the growth of *Flavobacterium* ST-3991

		Dry cell weight (mg/l)	
		Al 0 ppm	Al 100 ppm
pH*	3.0	65	35
	3.3	115	115
	3.5	125	150
	3.7	75	95
	4.0	65	35
NaCl**	0	45	15
	0.5	95	70
	1	115	120
	2	80	35
	5	80	5
Temperature (°C)***	10	45	35
	25	95	55
	30	115	60
	37	105	45
	40	10	35

\*Bacterial cells were cultured in 200 ml conical flasks containing 50 ml of S-LB medium at the indicated pH values for 96 h at 25 °C at 200 rpm.

\*\*Bacterial cells were cultured in 200 ml conical flasks containing 50 ml of S-LB medium at pH 3.5 with the indicated concentrations of NaCl for 96 h at 25 °C with shaking at 100 rpm.

\*\*\*Bacterial cells were cultured at different temperatures in 50 ml of S-LB medium at pH 3.5 and 1.0% NaCl with shaking at 100 rpm for 96 h.

harvested by centrifugation at 10,000 rpm for 20 min at 4°C. The pelleted cells were rinsed twice with 10 ml of 1N HCl medium. The resulting bacterial cell solutions were dried for 2 h at 105°C, and the dried precipitates were weighed

points. The resulting bacterial pellets were resuspended in 50 ml of 1N HCl, shaken for 5 min, and then centrifuged using the above same conditions. The cells were washed twice in 1N HCl. The pellets were treated with a mixture

Table 2. Effects of pH and Mn<sup>2+</sup> concentration on the growth of ST-3991

pH	Mn <sup>2+</sup> concentration (mg/l)				
	0	100	500	1000	2000
3.5	+	+	+	+	+
3.3	+	+	+	+	+
3.2	+	+	+	+	-
3.1	+	+	+	-	-
3	-	+	-	-	-
2.9	-	+	-	-	-
2.8	-	-	-	-	-

The bacterial cells were cultured in 50 ml of S-LB medium (in 200 ml conical flasks) at different pH values and concentrations of Mn<sup>2+</sup> with shaking at 200 rpm at 25 °C for 7 days. Bacterial growth was measured at 660 nm on a spectrophotometer in 1.0 cm light path after 100-fold dilution of the bacterial cultures. Symbols + and - show growth and no growth, respectively.

consisting of 1.0 ml of concentrated sulfuric acid and 1.0 ml of concentrated nitric acid for 30 min at 25°C. Al and Mn<sup>2+</sup> extracted from the bacterial cells were measured in terms of ionic Al and ionic Mn using a Hitachi model ICP-8000 flame photometer under standard conditions.

Ammonium ions in the test media were measured by high performance liquid chromatography on a Shimadzu model LC-9A chromatograph equipped with an anion column (4.6 x 250 mm, Dionex Inc., Baltimore, U.S.A.) using a solvent system of 0.13% dimethylglutaric acid at a flow rate of 1.2 ml per min. at 30°C.

When cultured in either the presence of 100 mg/l or absence of Al, the optimal growth of ST-3991 was observed at pH 3.5, 1% NaCl and 30 °C below 100mg/l Al as shown in Table 1. The addition of NaCl also had a positive

effect on bacterial growth at a concentration of 1.0%. Using the optimal growth conditions of 1% NaCl and pH 3.5, growth was evaluated across a temperature range of 10 to 40°C. Under these conditions, strain ST-3991 showed the optimal growth at 30°C.

When ST-3991 was cultured at pH 2.8 ~ 3.5 and 0~2000mg/l Mn<sup>2+</sup>, the growth was observed above pH 3.1 in the absence of Mn<sup>2+</sup>, and at pH 2.9 and 1000mg/l Mn<sup>2+</sup>. The toxicity of Mn<sup>2+</sup> increased above 500mg/l Mn<sup>2+</sup> with increasing pH.

The changes pH and concentration of NH<sub>4</sub>-N in the S-LB culture medium during the cultivation of ST-3991 were determined (Fig. 1). In the absence of ionic Al and Mn (control medium), both the pH of the culture medium and the amount of ammonium ions sharply increased after 40 h and reached pH 7.8

and 198 mg per liter, respectively, within 140 h.

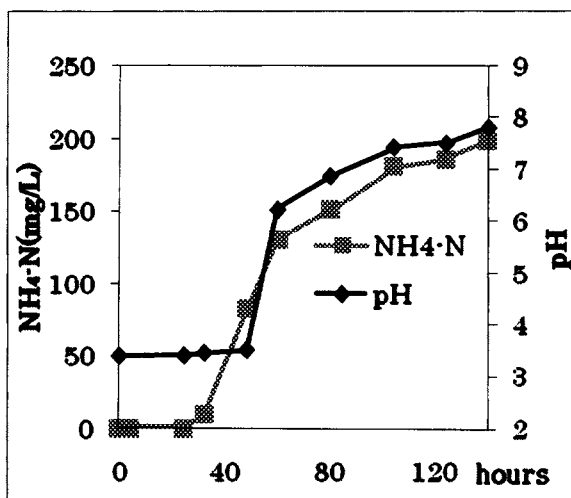


Fig. 1. Changes in pH and NH<sub>4</sub>-N concentration in acidic medium without ionic Al and Mn of *Flavobacterium* ST-3991. ◆, pH; ■, NH<sub>4</sub>-N.

It is well known that the majority of bacterial species are inactivated or killed at pH 4.0 or below, and acidophiles capable of growth under very intense acidic conditions are not suited to the alkali range<sup>3)</sup>. However, the acid- and Al-tolerant ST-3991 examined in this study was able to grow in a wide range of pH from 3.0 to 7.8, and also displayed resistance to high concentrations of Mn<sup>2+</sup>, which are as toxic as Al ions<sup>4)</sup>.

The results of this study indicate that strain ST-3991 has Mn tolerance and produces NH<sub>4</sub>-N under acidic conditions. The acid and Al ion tolerance mechanism is likely mediated by cell membrane-associated proteins, and is an interesting topic for future studies.

We would like to express thanks to Mrs. Kuniko Nakatsuji for her help in this study.

#### References

- 1) Ford, T. and Mitchell, R. (1992) Acid bacteria in a soil. In *Environmental Microbiology*: 1st ed., by Mitchell R., Wiley-Liss, New York, pp. 83-101.
- 2) Konishi, S. Souta, I., Takahashi, J., Ohomoto, M. and Kaneko, S. (1994) Isolation and characteristics of acid- and aluminum-tolerant bacterium. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 56, 1960-1963.
- 3) Inagaki, K. (1997) Studies on microbial function of acidophilic bacteria and their application. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* (in Japanese), 71, 1-8.
- 4) Tanno, T. and Ando, T. (1984) *Sanseidojyou no dokusei. Sansei Dojyo to sono nougyou riyou* (in Japanese), 3rd ed. by A. Tanaka, Hakuyosha, Tokyo, pp. 217-258.

#### Acknowledgment

# 光照射下における n 型シリコン中の鉄不純物

## Iron impurities in n-type silicon wafer under light irradiation

市野 将弘\*, 吉田 豊\*\*

Masahiro ICHINO and Yutaka YOSHIDA

**ABSTRACT:**  $^{57}\text{Fe}$  deposited n-type silicon is investigated by Mössbauer spectroscopy at room temperature with and without light irradiation. After the annealing at 1273 K for one week, the spectrum in the dark state consists of substitutional ( $\text{Fe}_s$ ) and interstitial ( $\text{Fe}_i^0$ ) components. When Mössbauer spectrum is measured typically for 3 days under light irradiation either by a solar-simulator or by an ultra-violet source, about one fourth of the absorption area of the neutral interstitial component ( $\text{Fe}_i^0$ ) changes to another charge state of  $\text{Fe}_i^+$ , although the substitutional component does not change at all. Finally, the spectrum in the dark state returns to the same shape as before the irradiations.

### 1. はじめに

太陽電池シリコン材料中に含まれる鉄不純物は、バンドギャップ内の深い位置にエネルギー準位を有するため、キャリアを捕獲し発電効率低下の大きな原因となっている。一般的にシリコン中の鉄不純物は格子間に極微量固溶し、大部分は鉄シリサイドとして析出すると考えられている<sup>1)</sup>。しかし、これまで本研究室で行われたメスバウア分光による実験結果から、格子間だけではなく、置換格子位置にも存在することを報告した<sup>2)</sup>。また、最近の理論計算から置換格子鉄原子はアクセプタとしてシリコン中に安定に存在することが明らかになってきた<sup>3)</sup>。ところで、シリコン太陽電池は光照射下で用いられ、鉄不純物の状態も光照射下で変化すると考えられる。しかし、これまでに光照射下におけるシリコン結晶中の鉄不純物を直接観察した研究はない。本研究は光照射下のシリコン中の $^{57}\text{Fe}$ 不純物をメスバウア分光により”その場”観察し、その格子位置や荷電状態を明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験

単結晶 n 型  $\text{Si}(\text{Sb}:6 \times 10^{18}/\text{cm}^3)$  ウェハを  $20 \times 20 \times 0.53 \text{ mm}$  にカットし、26%フッ酸にて化学研磨し自然酸化膜を除去した。次に $^{57}\text{Fe}$ を3.5nm真空蒸着し、1273Kで一週間熱処理し、鉄を内部に拡散させた。図1に今回の実験で使用した光照射メスバウア分光装置の写真を示す：(a)の部分にトランスデューサおよびその先端に $^{57}\text{Co}$ 線源が固定され、14.4keV $\gamma$ 線は(b)部の真空チェンバー内に固定されたアクリル製フォルダ内試料を透過し、(c)のガス比例計数管によりメスバウアスペクトルを測定する。光照射はキセノン光源から光ファイバ(d)により真空容器内に導入される。光源には朝日分光製MAX-302HAL及びMAX-302を使用した。測定は

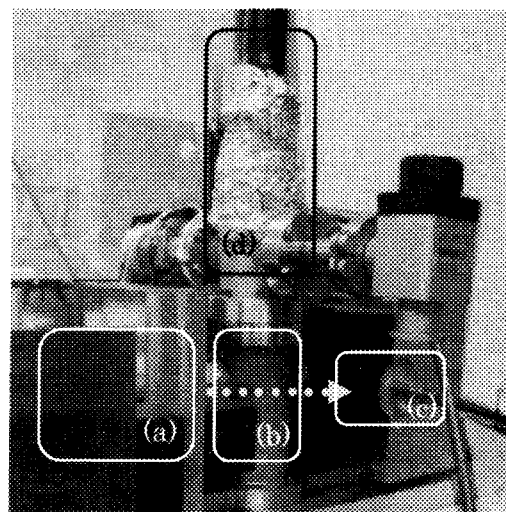


図1 光照射メスバウア分光装置：(a)線源とトランスデューサ、(b)試料挿入部、(c) $\gamma$ 線検出器、(d)光導入部、矢印は $\gamma$ 線経路を表す。

装置内をあらかじめロータリポンプで真空状態( $\sim 10^{-4}$ mbar)にし、測定中は振動除去のためにポンプは停止した。

### 3. 実験結果

#### 3.1. ソーラーシミュレータ照射

図2にソーラーシミュレータ(SS)を光源として用いた測定結果を示す。SSの波長分布は1.5~3.5eVで侵入長は1~9 $\mu\text{m}$ 。光照射前、すなわちダーク状態のメスバウアスペクトルは置換格子鉄( $\text{Fe}_s$ )成分と格子間鉄( $\text{Fe}_i^0$ )成分で解析できる。スペクトル成分の吸収位置(アイソマーシフト)はそれぞれ $\delta_s = -0.11(1)\text{mms}^{-1}$ 、 $\delta_i = 0.48(1)\text{mms}^{-1}$ で、これ

2010年3月18日受理

\* 理工学研究科 材料科学専攻

\*\* 理工学部 物質生命科学科

までの報告値[4]と近い値をとることから同定される. 次に光照射中のスペクトルは  $Fe_i^0$  成分の右側が広がり,  $Fe_s$  成分が 25%減少し,  $Fe_i^+$  成分が現れると考えると解析できる. この時  $\delta_{Fe^+} = 0.66(7) \text{ mms}^{-1}$ . 最後に再びダーク状態のスペクトルは光照射前のものに戻る. 鉄シリサイドの成分は検出範囲内では存在しない.

3.2. 紫外光照射

図 3 に紫外光光源を用いた測定結果を示す. 装置には MAX-302 を使用し, ミラーモジュールで 3.5~5.5eV の紫外線波長帯を取り出している. 試料

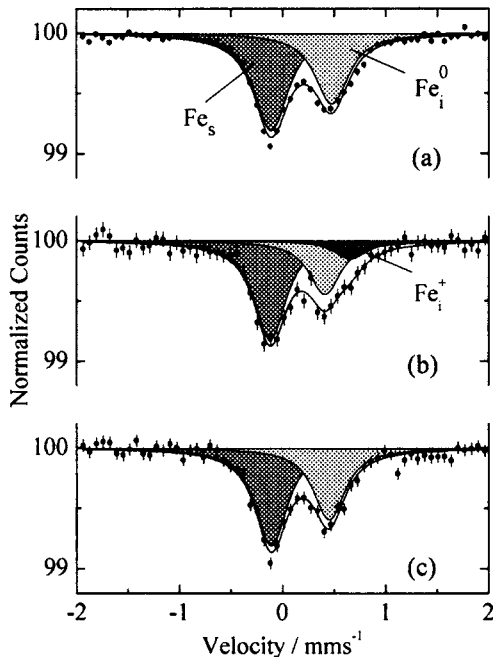


図 2 メスバウアスペクトル: (a) ソーラーシミュレータ照射前, (b) 照射中, (c) 照射後.

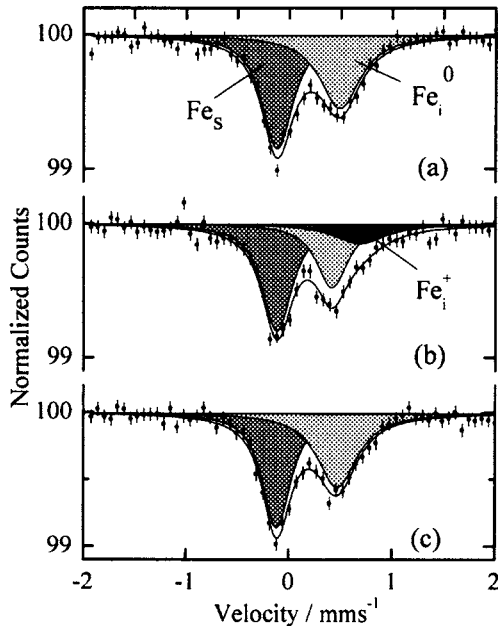


図 3 メスバウアスペクトル: (a) 紫外光照射前, (b) 照射中, (c) 照射後.

は SS 照射測定と同じものだが, 2 ヶ月経過している為, 濃度分布は同じではない. 侵入長は  $1\mu\text{m}$  以下である. SS の測定と同様に, 照射前後のスペクトルはほぼ変わらずに光照射中のみ  $Fe_i^+$  成分が出現する. 図 2 と比較して, 異なるのは半値幅が大きいのと  $Fe_i^+$  成分となる割合が SS の測定よりも多く,  $Fe_i^0$  成分が約 35%減少していることである.

4. 考察とまとめ

$^{57}\text{Fe}$  をドーブした n 型シリコンのメスバウア・吸収スペクトルを光照射下で室温測定した. ダーク状態でスペクトルは置換格子  $Fe_s^0$  および格子間  $Fe_i^0$  成分で記述できる. 一方, 光照射下では置換格子  $Fe_s^0$  成分には変化がなく, 格子間  $Fe_i^0$  成分が部分的に  $Fe_i^+$  に変化した.

照射光子数は SS, 紫外光照射共同  $10^{18}\text{s}^{-1}$  程度であるが, 照射中の格子間  $Fe_i^+$  成分の吸収面積 (個数に比例) は, 紫外光照射中の方が面積比で 1.8 倍も大きい. これは光の波長と侵入長, および鉄成分の深さ分布が大きく影響していると考えられる.  $Fe_i^+$  スペクトル成分の半値幅が紫外線照射では大きいが, これは  $Fe_i^0$  と  $Fe_i^+$  成分との間に動的ゆらぎが存在し, その寿命時間が 100ns 以下と考えると説明できる. 今回の実験では侵入長の短い紫外光がより多くの格子間  $Fe_i^0$  を  $Fe_i^+$  へと変化させた. 今後, Schockley, Read, Hall<sup>4)</sup> による理論に鉄原子の深さ分布を考慮し, 実験結果の解析を行う予定である.

一方, 格子間鉄  $Fe_i^0$  よりも桁違いに拡散係数の低い  $Fe_s$  は, 高濃度で表面近傍に分布していると考えられる. これは Estreicher ら<sup>3)</sup> による置換格子鉄がアクセプタ準位を有するという理論予測を考慮すると,  $Fe_s$  成分が存在する深さ領域で,  $Sb^+$  が同濃度存在することで  $Fe_s^-$  が補償され結果, アクセプタ準位が占有された  $Fe_s^-$  の状態ではなく中性の  $Fe_s^0$  として存在しているのではないかと考えられる.

謝辞

本研究の一部は JST「先端計測分析技術・機器開発事業」の援助を受けて実施された. 測定装置の作製にあたり手助けして下さった工作センターの方々に深く感謝します.

参考文献

- 1) E. R. Weber, Appl. Phys., **A30** (1983) 1.
- 2) Y. Yoshida, Y. Kobayashi, et al., Physica **B**, **376-377** (2006) 69.
- 3) S. K. Estreicher, M. Santa and N. Gonzalez Szwacki, Phys. Rev. B, **77** (2008) 125214.
- 4) W. Schockley, W. T. Read, Phys. Rev., **87** (1952) 835; R. N. Hall, Phys. Rev., **83** (1951) 228.

# アルキンのジルコノエステル化体と求電子的フッ素化剤との反応の研究

## The Reaction of Electrophilic Fluorinating Reagents with Zircono-Esterification Products of Alkynes

桐原 正之\*、勝又 浩貴\*\*

Masayuki KIRIHARA and Hiroki KATSUMATA

Abstract: The reaction of electrophilic fluorinating reagents with zircono-esterification products of alkynes was examined. The organozirconium compounds prepared from zirconocene dichloride, ethyl magnesium bromide, and alkynes reacted with electrophilic fluorinating reagents to produce brominated compounds instead of fluorinated compounds. The desired fluorinated compounds were obtained in low yields in the cases of the reaction of organozirconium compounds prepared from zirconocene dichloride, ethyl magnesiumchloride, and alkynes.

### 1. はじめに

アルキンのような炭素-炭素多重結合を有機金属試薬で処理して、片一方の炭素原子に金属原子を導入し、もう一方の炭素原子に炭素官能基を導入する反応は、カルボメタル化反応と呼ばれている。本反応で得られた化合物の金属原子は、さらに他の様々な官能基に変換可能であるため、有機合成化学上重要であり、多くの有機化学者によって活発に研究が行われている (Fig. 1) <sup>1)</sup>。

#### カルボメタル化反応

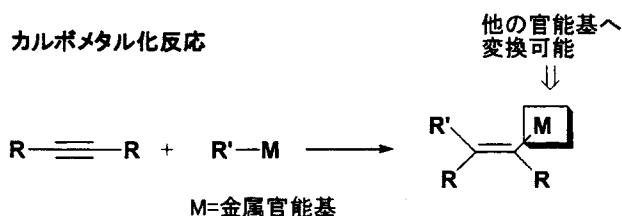


Fig. 1

カルボメタル化によって得られた化合物の金属原子に対して、Nクロロスクシニミド、Nブロモスクシニミド、ヨウ素などの求電子的ハロゲン化剤を反応させて、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子などのハロゲン原子に変換する反応は数多く報告されている <sup>1)</sup>。しかしながら、求電子的フッ素化剤を反応させて、金属原子をフッ素原子に変換する例は全く報告されていなかった (Fig. 2)。

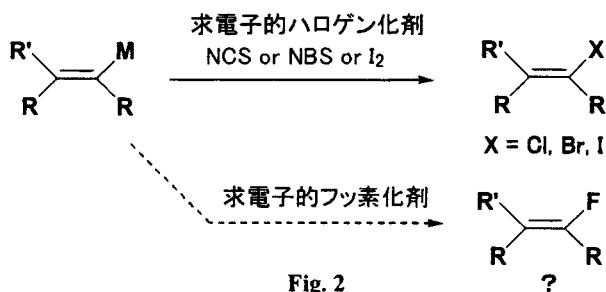


Fig. 2

もし、カルボメタル化によって生じた有機金属化合物の金属原子をフッ素原子に変換することができれば、一

連の反応で、アルキンに対して炭素官能基とフッ素原子を一気に導入することができ、有機合成化学上有用であると考えられる。

そこで我々は、アルキンのカルボメタル化体と求電子的フッ素化剤との反応の研究を行った。

### 2. アルキンのジルコノエステル化生成物と求電子的フッ素化剤との反応

アルキンのカルボメタル化反応として、高橋らによって開発されたカルボジルコニウム化反応を選んだ <sup>2)</sup>。この反応では、まずジルコノセンジクロリドとエチルグリニヤール試薬からジエチルジシクロペンタジエニルジルコニウムを調整し、これをアルキンと反応させることによりジルコノシクロペンテンを発生させる。これに対してクロロギ酸エチルを反応させると、エチレンが脱離してジルコノエステル化体が生成する (Fig. 3)。

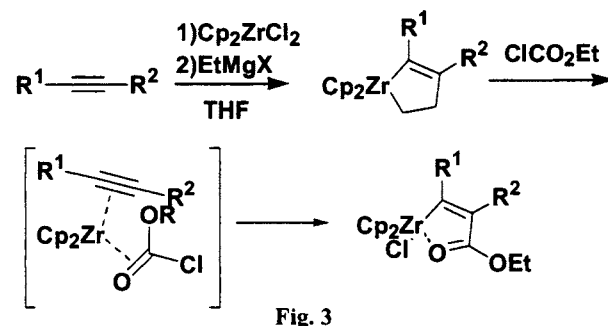


Fig. 3

このジルコノエステル化体に対して、求電子的フッ素化剤を作用させれば、ジルコニウム置換基をフッ素原子に置換できるのではないかと考えた (Fig. 4)。

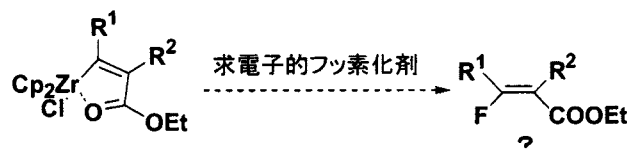


Fig. 4

2010年3月4日受理

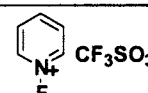
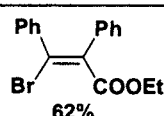

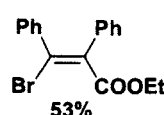

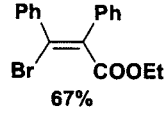
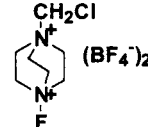
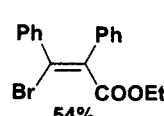
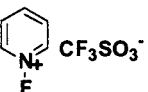
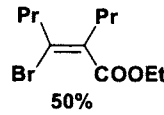
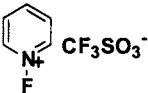
\* 大学院理工学研究科

\*\* 大学院理工学研究科 修了生

まず、有機ジルコニウム化合物を合成するときに臭化エチルマグネシウムを用い、各種アルキンとの反応を行ない、ジルコノエステル体を調製した。これに対して各種の求電子的フッ素化剤との反応を検討した (Table 1)。

求電子的フッ素化剤としては、*N*-フルオロピリジニウム塩類<sup>3)</sup> (entries 1-3, 5-6) と selectfluor<sup>TM</sup><sup>3,4)</sup> (entry 4) を用いた

Table 1

Entry	Alkyne	求電子的フッ素化剤	Product
1	Ph—C≡C—Ph		
2	Ph—C≡C—Ph		
3	Ph—C≡C—Ph		
4	Ph—C≡C—Ph		
5	Pr—C≡C—Pr		
6	Ph—C≡C—H		complex mixture

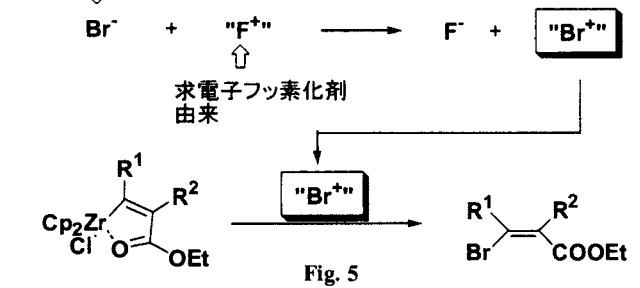
アルキンとしてジフェニルアセチレンや 4-オクチンを用いた場合 (entries 1-5) は、反応終了後の粗生成物の段階での <sup>19</sup>F-NMR 測定により、ごくわずかに目的のフッ素化体の生成が認められたが、主生成物はジルコニウムが臭素に置き換わったものであり、フッ素化体を単離することはできなかった。フェニルアセチレンを用いた場合は複雑な混合物となってしまった (entry 6)。

なぜフッ素化体ではなくて臭素化体が主に得られたのかは、以下のように説明できる (Fig. 5)。

有機ジルコニウム化合物を調製するためのグリニャール試薬として、臭化エチルマグネシウムを用いたため、反応系内には臭化物イオン (臭素陰イオン) が存在する。

この臭化物イオンが求電子的フッ素化剤から生じたフッ素陽イオン等価体と反応し、臭化物イオンは臭素陽イオン等価体へと酸化され、フッ素陽イオン等価体はフッ化物イオン (フッ素陰イオン) へと還元される。そのため、有機ジルコニウム化合物は臭素陽イオン等価体と反応して、臭素置換体が得られる。

グリニャール試薬  
由来



そこで、臭素化体の生成を避けるため、有機ジルコニウム化合物を調製する際に、臭化エチルマグネシウムではなく、塩化エチルマグネシウムを使用することにした。塩化物イオンの方が臭化物イオンよりも酸化されにくいいため、この条件であればフッ素化体も得られてくるのではないかと考えた。

ジルコノセンジクロリドと塩化エチルマグネシウムからジエチルジシクロペンタジエニルジルコニウムを調整し、これをアルキンと反応させた後、求電子フッ素化剤と反応させた (Table 2)。

Table 2

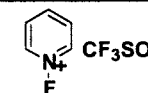
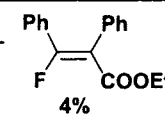
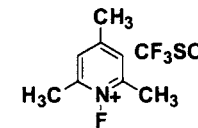
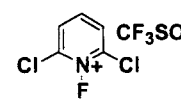
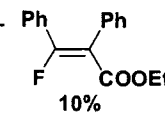
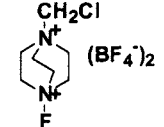
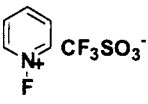
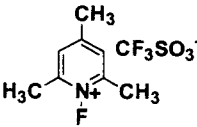
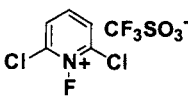
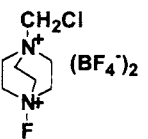
Entry	Alkyne	求電子的フッ素化剤	Product
1	Ph—C≡C—Ph		
2	Ph—C≡C—Ph		complex mixture
3	Ph—C≡C—Ph		
4	Ph—C≡C—Ph		complex mixture

Table 2

Entry	Alkyne	求電子的フッ素化剤	Product
	$R^1-C\equiv C-R^2$	1) $Cp_2ZrCl_2$ 2) $EtMgCl$ 3) $CICOEt$ 4) 求電子的フッ素化剤	$R^1-C(F)=C(R^2)-COOEt$
5	$Pr-C\equiv C-Pr$		$Pr-C(F)=C(Pr)-COOEt$ 16%
6	$Pr-C\equiv C-Pr$		complex mixture
7	$Pr-C\equiv C-Pr$		complex mixture
8	$Pr-C\equiv C-Pr$		complex mixture

反応生成物はいずれの場合も複雑な混合物になった。ただし、粗生成物の段階での  $^{19}F$ -NMR 測定により、いずれの場合も目的のフッ素化体の生成が認められた。一部の反応の場合は、低収率ながら目的のフッ素化体を得ることができた (entries 1, 3, 5)。

### 3. 結論

アルキンのジルコノエステル化生成物と求電子的フッ素化剤との反応では、有機ジルコニウム化合物を調製する際に臭化エチルマグネシウムを用いると、フッ素化体ではなくて臭素化体が主生成物として得られることが判った。一方、臭化エチルマグネシウムのかわりに塩化エチルマグネシウムを用いると、低収率ながら目的のフッ素化体を得ることができた。

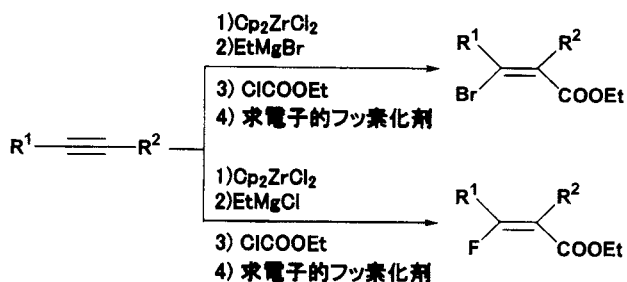


Fig. 6

### 4. 実験の部

赤外吸収スペクトル (IR) は JASCO FT/IR-8300 型を用いて測定した。水素核磁気共鳴スペクトル ( $^1H$ -NMR)

は、JEOL JNM-EX400 核磁気共鳴装置を用い、内部標準物質として、テトラメチルシラン (TMS) を用いて測定した。質量スペクトル (MS) は、島津 GCMS-QP1100EX 質量分析装置を用いて測定した。シリカゲルカラムクロマトグラフィーは、関東化学 Silica Gel 60N (spherical, neutral) を用いて行った。薄層クロマトグラフィー (TLC) 分析は、メルク (株) TLC アルミニウムシート 20 x 20 cm シリカゲル 60 F254 を用いて行った。

### アルキンのジルコノエステル化体と求電子的フッ素化剤との反応の一般操作法

窒素雰囲気下、ジルコノセンジクロリド (365 mg, 1.25 mmol) のテトラヒドロフラン溶液 (5 ml) に  $-78^\circ C$  で、臭化エチルマグネシウムのテトラヒドロフラン溶液 (0.89 mol/l, 2.8 ml, 2.5 mmol) または塩化エチルマグネシウムのテトラヒドロフラン溶液 (1.0 mol/l, 2.5 ml, 2.5 mmol) を加え、同温度で 1 時間攪拌した。次に  $-78^\circ C$  でアルキン (1.0 mmol) を加え、 $0^\circ C$  に昇温して 3 時間攪拌した。次に  $0^\circ C$  でギ酸エチル (0.0096 ml, 1.0 mmol) を加えて、室温に昇温して 1 時間攪拌した。反応液に求電子的フッ素化剤 (2.0 mmol) を加えて、室温で 1 時間攪拌した。反応液に水を加え、ジエチルエーテル (20 ml  $\times$  3) で抽出した。有機層を飽和食塩水で洗い、無水硫酸ナトリウムで乾燥した後、溶媒を留去した。得られた粗生成物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (*n*-ヘキサン : 酢酸エチルを展開溶媒) により精製し、純品を得た。

#### Ethyl 3-bromo-2,3-diphenylacrylate

各種スペクトルデータは文献値<sup>2</sup>と一致した。

IR (neat) : 1709, 1186  $cm^{-1}$

$^1H$ -NMR ( $CDCl_3$ )  $\delta$  : 1.36 (3H, t,  $J=7.1$  Hz), 4.35 (2H, q,  $J=7.1$  Hz), 7.10–7.26 (10H, m) MS ( $m/z$ ) : 332 ( $M^+$  for  $^{81}Br$ ), 330 ( $M^+$  for  $^{79}Br$ ).

#### Ethyl 3-bromo-2-propylhex-2-enoate

IR (neat) : 2962, 2932, 2872, 1725, 1638, 1458  $cm^{-1}$

$^1H$ -NMR ( $CDCl_3$ )  $\delta$  : 0.93 (3H, t,  $J=7.3$  Hz), 0.95 (3H, t,  $J=7.3$  Hz), 1.33 (3H, t,  $J=7.1$  Hz), 1.46 (2H, hex,  $J=7.3$  Hz), 1.63 (3H, hex,  $J=7.3$  Hz), 2.30 (3H, t,  $J=7.3$  Hz), 2.49 (3H, t,  $J=7.3$  Hz), 4.26 (2H, q,  $J=7.1$  Hz) .

MS ( $m/z$ ) : 264 ( $M^+$  for  $^{81}Br$ ), 262 ( $M^+$  for  $^{79}Br$ ).

#### Ethyl 3-fluoro-2,3-diphenylacrylate

IR (neat) : 1709, 1186  $cm^{-1}$

$^{19}F$ -NMR ( $CDCl_3$ )  $\delta$  : -73.69.

$^1H$ -NMR ( $CDCl_3$ )  $\delta$  : 1.37 (3H, t,  $J=7.1$  Hz), 4.35 (2H, q,  $J=7.1$  Hz), 7.10–7.26 (10H, m)



MS (m/z) : 270 (M<sup>+</sup>).

**Ethyl 3-fluoro-2-propylhex-2-enoate**

IR(neat) : 1744, 1257 cm<sup>-1</sup>

<sup>19</sup>F-NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ : -76.10.

<sup>1</sup>H - NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ : 0.78-1.02 (6H, m), 1.19-1.53 (7H, m), 1.93-2.42 (4H, m), 4.08-4.26 (2H, m).

MS (m/z) : 202 (M<sup>+</sup>).

**参考文献**

- 1) I. Marek and J. F. Normat in *Metal Catalyzed Cross Coupling Reactions*, ed. F. Diederich and P. J. Stang, Wiley-VCH, **1998**, 271-337; A. G. Fallis and P. Forgione, *Tetrahedron*, **57**, 5899-5913 (2001).
- 2) T. Takahashi, C. Xi, Y. Ura and K. Nakajima, *J. Am. Chem. Soc.* **122**, 3228-3229 (2000).
- 3) G. S. Lal, G. P. Pez, and R. G. Syvret, *Chem. Rev.*, **96**, 1737-1755 (1996).
- 4) L. Manral, *Synlett*, **2006**, 807-808.

## 袋井出身の起業家・近藤健次氏について ～日本トップクラスの臨床検査会社BMLと近藤文庫～

Kenji KONDO, BML Inc. and the KONDO-BUNKO in the Fukuroi city ASABA Library

小栗 勝也\*

Katsuya OGURI

### 1. はじめに

袋井市(旧・浅羽町)大野出身の近藤健次氏は、日本の臨床検査業界でトップクラスの業績を誇る(株)ビー・エム・エルの創業者で、現在、同社の代表取締役最高顧問を務める人物である。

近藤氏は平成5年と平成16年の2回、郷里浅羽町に図書館の図書充実のため各1千万円を寄付され、更に平成19年には袋井市に文化振興・生活環境向上のため3億円の寄付をされた。地元にとっては例のない多額の個人寄付<sup>(1)</sup>であった。これに対して相応の感謝の意を表するため、平成17年3月、浅羽町は閉町式典において近藤氏に善行功労表彰を行い、また平成20年7月には袋井市が市政功労賞を授与した。袋井市表彰条例に基づく市政功労賞の表彰は、故・豊田順介氏(元袋井市商工会議所会頭)に次いで近藤氏が2番目となった<sup>(2)</sup>。

近藤氏の寄付を受けて、浅羽町立図書館(当時、現・袋井市立浅羽図書館)には後に紹介する通り、「近藤文庫」が設置され、その蔵書は今も広く利用者に親しまれている。3億円の寄付は、取り壊し予定の浅羽会館の跡地、既存の郷土資料館の前面に同資料館と一体となって運用できる形で新しく建設される「(仮称)近藤記念館」及び「(仮称)軽便鉄道メモリアルパーク」の整備費用の一部に組み入れられた<sup>(3)</sup>。平成22年度からその工事が着工され、11月頃に先ず記念館が完成する予定であると仄聞する。

(仮称)近藤記念館が建設される場所は浅羽図書館の向かいの敷地内になる。浅羽図書館では記念館新設を記念して、その落成前に、近藤氏と近藤氏の寄付により同図書館に設置された「近藤文庫」を紹介する展示会を図書館1階展示コーナーで実施したいという希望を有していた。実施期間は平成22年3月3日から4月末頃までの2ヶ月弱とすることも決め、図書館ホームページや市の広報誌等でも告知をした<sup>(4)</sup>。ただ展示の実務は自らの力では難しいとして、民間有志団体の「新袋井フォーラム」に依頼をした。

新袋井フォーラム(会長・小原望、副会長・下山好治、事務局長・小栗勝也)では、1月7日に正副会長及び事務局の会合を開いて正式にその仕事を引き受けることを決め、準備に取り掛かることにした。その際、近藤氏の七転び八起き半生から、教育的意義を汲み取って紹介すべしとする小原望会長の意向に沿って実施することを確認し、展示だけではそれを伝えるのは難しいので詳しいパンフレットを準備して、展示会場で配布する案が採用された。実際の作業は1月中旬からスタートしたので、実質準備期間は1ヶ月半程という非常に短期間の内に、担当者は展示品の収集と制作、及びパンフレット作成の作業を突貫工事的に行い、何とか無事、展示会開会に漕ぎ着けた。本稿執筆中の現在、「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」は開始されたばかりである。

展示会用のパンフレットは文章執筆を小栗が担当し、3月1日に印刷が完了した。本稿はそのパンフレット原稿を基にリライトしたものである。但し、パンフレット原稿と同じではない。多くの加筆と一部の修正を行い、パンフレットにはない考察部分も加えた。更に詳細な出典も明記して、後日の検証に耐えるようにした。本紀要に掲載することで、永続的記録として残し、袋井出身の立志伝中の人物・近藤氏のことを、いつでも知る機会を提供することを目的として、本稿を改めてまとめた次第である。

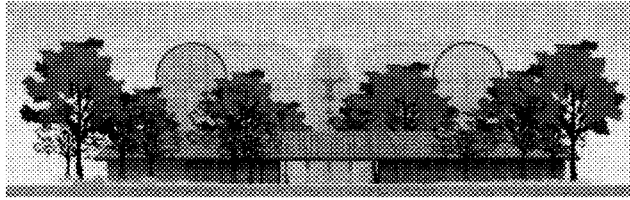
そう思い立ったのには理由がある。パンフレット原稿執筆中の1月末から2月中旬頃、折に触れて筆者の周囲にいた静岡理工科大



近藤健次氏(平成9年 勲五等受章時)

2010年3月5日受理

\* 総合情報学部人間情報デザイン学科 兼 理工学部情報システム学科



(仮称)近藤記念館イメージ図 (平成22年11月頃完成予定/  
手前の平屋建物/奥の丸屋根の建物は既存の郷土資料館)

学の教職員十数名に尋ねたところ、近藤氏の名前を挙げて  
もご存知の方は一人もいなかった。BMLのことは、川越の総  
合研究所を見学に行ったことがあるという教員が1名(物質科  
学科・食品化学研究室の教授)と、血液検査の結果を記し  
た伝票の下にBMLの文字を見た記憶があると答えた教員が  
1名いただけであった。研究所を見学した教授以外は、自分  
の専門分野とBMLとは全く関係がないので、教職員とはい  
え一般人と変わりはない。ごく限られた範囲の結果ではある  
が、それでも、近藤氏及びBMLが一般には殆ど認知されて  
いないことを示す一つの指標になろう。恐らく袋井市内の他  
の場所で聞いても、あるいは本格的な調査をしても、結果は  
さほど変わらないのではないかと推測する。

要するに、近藤氏のことは知る人ぞ知る存在ではあっても、  
地元でも広く知られているとは言い難いのが実情である。だ  
から紹介展が今回初めて行われた訳であるが、準備中に上  
のことを改めて強く感じた。しかし、展示会とそこで配布する  
パンフレットのみでは、展示会終了と共に霧消することにも  
なりかねない。本紀要に掲載しようと考えた理由はここにある。

## 2. 近藤健次氏の半生

(生い立ち) 近藤氏は大正15年1月、静岡県磐田郡幸浦  
村大野(後の浅羽町大野、現・袋井市大野)に7人兄弟姉  
妹の四男として生まれた。実家は「せんべいや」という屋  
号の万屋(よろずや)を営んでいた。ちなみに現在でもこの  
お店は同じ屋号で存在しており、近藤家本家を継いだ健次  
の兄・八十次の長男が経営している<sup>(6)</sup>。近藤家は万屋以外  
にも仕出し料理を提供する業務も兼ねていたが<sup>(6)</sup>、こちらも  
現在でも「三富士」の屋号で大野の地で近藤家本家が営業  
を続けている。他に農業や漁業も行うことがあったという。

1歳半の時に母が病死したため、兄が健次を背負って小  
学校に行くなどして世話をしていたが、兄姉に重い負担をか  
けている実状を察した父は、健次が2歳の時、彼を近くの寺  
(大福寺・現存)に預けたことがある。近藤氏がそのことを知る  
のは物心ついた後であるが、初めて聞いた時は、自分は親  
に捨てられたのだ、と感じたという<sup>(7)</sup>。実際には、寺に行った  
末弟を心配して姉らが勝手に健次を連れ帰ることが何度もあ  
ったため、父は正式に寺に申し入れて健次を家に戻している  
ので、預けられた期間はそう長くはなかったと思われる。

健次少年は地元の幸浦尋常小学校(現・浅羽南小学校)  
に進み、同高等小学校を卒業する。高等小学校卒業後は東

京で就職するつもりでいたが、同じ高等小学校で上京するこ  
とが決まっていたのは近藤氏を入れて2人のみであった。当  
時の健次少年は、少年らしい青雲の志を抱いており、東京で  
「偉くなる」ことを夢見ていた<sup>(8)</sup>。そこで卒業直前の昭和14年  
3月、東京電燈(現・東京電力)の就職試験を受けたが、そ  
の際、健康診断で肺結核とされ不合格になってしまった。少  
年の夢は無残に打ち砕かれてしまった。しかも実家から見  
ると結核患者がいることが知られては商売にならないので、そ  
のことは秘密にされ、健次は自宅の一室に隠されるようにして  
約1年の療養生活を送る羽目になる。しかし、後に浜松の病  
院でレントゲンの再検査を受けたところ結核は確認されなかつ  
た。死病と言われた結核がこれ程簡単に治るはずがない、  
東京での診断は誤診であったに違いないと姉らは考えたよう  
で、それを聞いて近藤少年は悔しくて仕方がなかった。誤診  
で人の人生が変わるようなことがあってはならない——後に  
彼が医療関係の仕事を目指したのは、この時の悔しさがあつ  
たからであるという<sup>(9)</sup>。13歳頃が多感な少年期に刻み込まれた  
屈辱感が人の一生を支配することは、ままたあることである。

(医療関連の仕事へ) 結核であったか否かは今となっては  
確かめようはないが、東京の医者も誤診する程に健康状態  
が悪くなかったことは事実であろう。だから1年の自宅療養生  
活もあった。ただ、健康を回復するとすぐにまた上京したいと  
考え、昭和15年から、姉の嫁ぎ先である東京の熊沢家に寄  
宿しながら、同家の口ききで実現した陸軍軍医学校防疫部  
の傭員の仕事をすることになった。実験室の手伝いの仕事で

### 【近藤健次氏略歴】

- ・大正15年、幸浦村大野(現・袋井市大野)に生まれる。
- ・昭和7年、幸浦尋常小学校(現・浅羽南小)入学。同高  
等学校を卒業後、軍医学校防疫部で勤務。のち陸軍少  
年通信兵学校を卒業し、出征、中国青島で終戦。
- ・戦後、上京後、東京公衆衛生研究所、日本製薬(株)で勤  
務。その傍ら夜学で東京第一高等学校を卒業、次いで  
同じく夜学の専修大学に通い昭和29年に卒業。
- ・昭和30年、「(株)相互ブラッドバンク」を創設。
- ・昭和51年、「(株)相互生物医学研究所」に社名変更。
- ・昭和63年、代表取締役会長に。
- ・平成元年、「(株)ビー・エム・エル」に社名変更。
- ・平成9年、勲五等瑞宝章を受章。
- ・平成13年、東証一部上場。
- ・平成19年、代表取締役最高顧問に。

### 【袋井との関連】

- ・平成5年、同16年に浅羽町に図書購入費各1千万円を  
寄付。平成17年、浅羽町より善行功労表彰を受ける。
- ・平成19年、袋井市に3億円を寄付。平成20年、袋井市  
より市政功労賞を受賞。

●現在は(株)ビー・エム・エル代表取締役最高顧問。今年  
(平成22年)84歳。お子さんは2女1男。東京都在住。

あったが、ここで検査用の培地づくりや試薬製造などを覚え、さらに当時の実験室長・東照代さんの指導を受けながら勉強にも力を注いだ。近藤氏は、東さんこそは自分を臨床検査の道に導いた「最初の恩人」であると公言する<sup>(10)</sup>。

向学心に目覚めると勤務のかたわら、日本大学工学部付属工業学校建築科（夜間）に通い始めた。しかし無理が祟って体調を崩し1年半で中退を余儀なくされ、昭和17年暮、浅羽の自宅に戻って再び療養生活を送ることになった。

故郷で急速に元気を回復すると、田舎で逼塞していることに耐えられず再上京を決意し、昭和18年10月、東京・東村山市にある陸軍少年通信兵学校の入学試験を受け、これに合格した。お国のためになり、しかも授業料は不要の上、僅かな小遣いまで貰える所であったから、近藤氏には願ってもない学校であった。

同年12月から、三度目の東京生活が始まる。少年通信兵学校は2年制の課程であったが、戦局の悪化から学生の半数は翌19年11月<sup>(11)</sup>に繰上げ卒業となり、戦地に派遣されることになった。近藤氏もこの時の繰上げ卒業組であったが、そのころ病気を患い、20年3月卒業組に回された。

それが幸いした。11月卒業組の仲間は乗船した輸送船が米国潜水艦の攻撃により撃沈し、このとき生き残った者もルソン島における米軍との攻撃で殆どが戦死した。しかし近藤氏が属した3月卒業組の出征部隊は敵艦の攻撃に会うこともなく、無事に朝鮮半島に到着した。その後、彼は大陸各地を移動したが、青島に駐屯している時に終戦を迎えた。この間、実際に戦火を交える経験は一度もなかった<sup>(12)</sup>。

**(戦後の起業)** 復員して郷里に戻った近藤氏は、兄と製塩の仕事をしたり、実家の店先を借りて電気屋を開いたりしたが、昭和23年春から、再び東京の熊沢家に寄宿しながら、新しく設立された東京公衆衛生研究所の社員として、検査業務の仕事に従事した。この研究所勤務中に、夜学の東京第一高等学校の3年に編入し、同校を卒業した後は、同じく夜間の専修大学商経学部に入學している（昭和29年卒）。

昭和25年9月から日本製薬㈱に移り、朝鮮戦争で需要が急増していた輸血用乾燥血漿（プラズマ）を生産する主力工場の技術者として連日忙殺されることになる。しかし、暫らくすると朝鮮戦争が終結に向かい始め、需要が無くなったため、会社はプラズマ生産を中止し、同部門の技術者全員に退社勧告を出した。近藤氏も退社を迫られた。従業員は組合を結成し、近藤氏は委員長<sup>(13)</sup>として会社側と交渉を行ったが、需要そのものが断たれた以上、どうすることもできず、僅かの退職金を貰って会社を辞めざるを得なかった。

これが転機となり、今日に繋がる近藤氏の起業家・経営者としての人生が始まることになる。すなわち昭和28年春、一緒に退職した同僚ら十数人と共に「輸血協会」を起こして自ら事業を始めることにしたのである。面白いのは、同じ血液に関わる仕事であるという点である。もちろん、それまでの経験と技術を使える利点があるし、また、プラズマは需要がなくなったけれども、外科手術の進歩に伴い輸血用血液の需要は

今後増すであろうという予測<sup>(14)</sup>があった上での選択である。

しかし、それ以上に近藤氏が「どうせやるなら同じ仕事をしてやろう」という気持ちを抱いていたが故にそれを選んだというところが、後にもう一度言及するように、近藤氏の性格の一端を窺うことができ面白い。日本製薬にも血液銀行があったので、それに対抗しようとしたわけである<sup>(15)</sup>。

ただし、最初の輸血協会は供血者を病院に紹介するだけの仕事であり、口入れ稼業に等しいことに抵抗を感じていた近藤氏は、国家ライセンスを得た上で保存血液を製造・提供するキチンとした仕事をしたいと願っていた。そこで昭和30年7月、輸血協会を発展解消させて、新しく東京都渋谷区千駄ヶ谷に「㈱相互ブラッドバンク」を創設することにした。採血用ベッドが僅かに2床という日本で一番小さな<sup>(16)</sup>ブラッドバンクの誕生である。この時、近藤氏は29歳の若さであった。

**(血液銀行から臨床検査へ)** 会社創業当初は資金繰りや販路開拓に苦しむことが多かった。弱小ブランドであるが故のハンデから「相互ブラッドバンク」の名前では病院が購入してくれないために、止むを得ず、前の勤務先である日本製薬に頭を下げて<sup>(17)</sup>、そこに納品<sup>(18)</sup>する形で凌ぐこともした。昭和32年頃から事業は上昇気運に転じ、34年には一流大病院等からの注文が急増、ようやく大手他社に肩を並べるまでの信頼を得ることができた。関東一円に供給する体制も整い、順風満帆に今後も進むかと思われたとき、突如、不運な出来事が会社に降り注ぐことになった。

昭和39年3月、時の駐日米国大使エドウィン・O・ライシャワーが大使館前で刺されるという事件が起きた。直ちに手術を受けたが、その際に受けた日本人からの輸血用血液が原因で血清肝炎に罹ってしまった。その頃の日本では輸血を受けた患者の3割程が血清肝炎に罹っており、当時の水準では止むを得ないとされていた<sup>(19)</sup>。しかし、米国大使が日本の輸血で罹病したことは、日米関係及び日本に対する国際的評価に関わる大問題に発展しかねない。事態を重く見た時の池田内閣は、今後1970年までに輸血用血液は全て国民の献血で賄うこととし、その業務は日赤が担当し、民間からの血液供給（売血）は禁止するという閣議決定を下した。

近藤氏の会社にとっては「息の根を止められる」<sup>(20)</sup>ような決定であった。このことがあって、血液銀行業務から撤退せざるを得なくなり、最終的には、臨床検査を主軸とする方向へ路線転換を図ることを近藤氏は決意する。しかし、既にいる従業員全員の給料を支払える見込みは全くなかった。そこ



BML 総合研究所(埼玉県川越市)

で希望退職を募り、多くを日赤その他に再就職させた。会社に残ったのは17名であった。当初は検査機器を購入する資金もなかったため、注文を受けても検体を他の機関に運んで検査をしてもらい、その結果を注文主に届けることしかできなかった。当然、利益は殆どない。

なんとか食いつなぐ方策として近藤氏が考えたのが、従来のお得意先の病院の看護婦さんを相手に生理用ナプキン等のお買い得商品の巡回販売をすることであった。これが成功を収め、資金的余裕が多少出来たので、本来の道に戻り、臨床検査を自前で受託する体制構築に着手することができた。

すなわち昭和42年に米国製自動分析機及び中古の日本製自動分析機2台を同業他社に先駆けて購入<sup>(21)</sup>したことを皮切りに、本格的に臨床検査事業へと乗り出したのである。現在のビー・エム・エルに繋がる臨床検査事業がようやく本格始動したことになる。

この後も検査体制を整備するに従って、検査受託数は飛躍的に増えていった。とりわけ、早くからコンピュータシステムの導入（昭和49年5月に第一次コンピュータシステムが稼動）に踏み切ったことは、業界初の快挙であった<sup>(22)</sup>。さらに2年後の昭和51年に、米国最大の臨床検査センターであるメトパス社のラボを視察して、巨大なスケールの自動化システムに圧倒され、コンピュータ化のレベルアップを目指す熱意を燃やすのであった<sup>(23)</sup>。その熱意が結実したと言えるものが、後述する独自開発の全自動検査システムであり、それを平成以降に完成させ、導入できたことで更に飛躍が可能となり、業界トップクラスの実績を誇る今日の姿へと成長するのであった。

なおこの間に、会社名は、昭和51年に「相互生物医学研究所」に、次いで平成元年に「相互ビー・エム・エル」に変更されている。「相互生物医学研究所」の英語表記がBIOMEDICAL LABORATORIESであったので、その時から略称として「BML」の文字が用いられていたが、平成元年に正式にそれを社名に取り入れて今日に至っている。

### 3. 今日のビー・エム・エル

現在の相互ビー・エム・エル（以下BML）は、連結・非連結の子会社計21社<sup>(24)</sup>を傘下に置く企業集団の中心会社である。近藤氏が築いたBMLグループがいかに注目される企業であるかを、著者の視点から、以下の6点に着目して紹介してみたい。

第1に、BMLは日本の臨床検査業界で最大の事業ネットワークを有している点である。BMLだけで東京の本社以外に、北海道から沖縄まで全国83の営業所があり、実際に検査を行うラボは全国に24ヶ所ある<sup>(25)</sup>。これらは全てコンピュータネットワークで結ばれているが、臨床検査業界ではBMLだけがそのようなシステムを有するという<sup>(26)</sup>。BMLの検査作業は全てが標準化、統一化されているので全国どこでも均質な検査が可能である。現在1日に合計で患者20万人分以上の

検査を全国の病医院から受注している<sup>(27)</sup>。

第2に、企業として優れた業績を挙げている点である。日本の臨床検査業界は800社程の会社があるが<sup>(28)</sup>、その中で、BMLグループは売上高で第2位<sup>(29)</sup>というトップクラスに位置している。しかも、昭和30年の創業時以来、一期たりとも赤字を出したことがなく<sup>(30)</sup>、現在（2009年3月時点）の年間売上高はグループ全体で772億円程に上る<sup>(31)</sup>。また、BMLは平成13年に念願の東京証券取引所市場第一部上場を果たしたが、これは臨床検査会社としては初のことであった<sup>(32)</sup>。

業績がトップクラスであるのは、全国の病院診療所から検査依頼が多数あるからであるが、肝心の検査内容が依頼主から見て満足できるものでなければ注文はもらえない。BMLに多くの検査注文が寄せられるのはそれなりの理由がある。その理由は以下に述べる特徴から生まれている。

第3に、BMLの最大の特徴は、臨床検査に求められる精度と速度の両立のために、検査の自動化を積極的に推進してきた点にある。例えば、埼玉県川越市にあるBML総合研究所には、独自に開発した全自動検査システム「フロンティア&シンフォニー」（BML独自の呼称）システムがある。検体の仕分けから分注までの検査前処理工程を自動化した世界初<sup>(33)</sup>のシステム「フロンティア」（平成3年完成）と、複数の検査実施工程を自動化したシステム「シンフォニー」（平成7年完成）を組み合わせたシステムである。平成20年にはシステム全体の次世代型への移行が完成し、現在は“新「フロンティア&シンフォニー」”となっている<sup>(34)</sup>。

新フロンティアシステムでは1時間に12,000検体を処理する能力がある。新シンフォニーシステムは検体自動搬送ロボットと分析装置が組み合わせられたもので、生化学的分析なら1時間に9000検体を、血液学的検査なら4900検体<sup>(35)</sup>の自動分析が可能である。

以上の設備を有するBMLの中心検査施設・総合研究所は、単独の検査所としては世界有数の規模であり、しかも世界に例のない無人検査システムが稼動していることで注目されているという<sup>(36)</sup>。なお、同研究所は初代のフロンティアシステムを導入した翌年には、米国臨床病理医協会（CAP）の認定証を授与され、また「世界初」の高速自動検体分取分配システムが評価され、日経新聞社主催の「'92優秀先端事業所賞」も受賞している<sup>(37)</sup>。

さらに、上のシステムとは別枠であるが、従来では自動化



ロボットが検体を運ぶ「新シンフォニー」システム

が難しいとされてきた特殊検査分野においても、例えば甲状腺関連検査に全自動化学発光免疫測定装置を導入したり、微生物学的検査に菌種同定の自動化システムを導入するなどして効率化に力を入れている。特に微生物学的検査では自動同定システムの他に、業界初の鏡検データの音声入力装置も導入されており<sup>(38)</sup>、その結果、現在のBMLの微生物学的検査は1日に約7000件の処理能力を有する。これは日本どころか「世界最大級」であるという<sup>(39)</sup>。

至る所に業界初、世界的規模等の文字が躍るBMLの自動検査技術だが、それは当然、高精度化と低コスト化にも繋がる。同じ検査であるならば検査料が安い方が歓迎されるのは自然のことである。BMLが多くの検査受注を獲得し、高い業績を挙げている最大の要因はここにあると思う。

第4に、検査の守備範囲が広いことも指摘しておきたい。BMLでは上述の自動化システムによる生化学検査・血液学検査などのルーチン検査から、細胞性免疫検査・DNA検査などの特殊検査まで、臨床検査の全分野の要望に応えられる検査体制が敷かれている。検査できる項目は4千以上<sup>(40)</sup>に及ぶ。更には医療以外の食品衛生検査や環境検査等の分野にも進出し、グループ全体として積極的に検査範囲を拡大させ、幅広いニーズに応えようとしている。

第5に、検査項目の新規開発においても優れた実績を残している点である。たとえば糖尿病検査の指標として現在では欠かせないものになっている「グリコヘモグロビンA1c」の簡易検査方法を確立(昭和53年)したのはBMLである<sup>(41)</sup>。また膠原病マーカーの抗ENA抗体の新検査技術も開発しているし<sup>(42)</sup>、日本糖尿病学会で「世界初」の脳下垂体抗体ルーチン検査を発表して注目を浴びたこともある<sup>(43)</sup>。その他にも多くの研究実績がある。これらの成果はBMLが研究開発に力を注いできた証左である。BMLは業界で唯一、基礎研究部門を有している<sup>(44)</sup>企業でもある。

第6に、最近では従来の検査分野とは別に、医療分野のIT化に対応した事業にも進出している。その代表例が電子カルテ「メディカルステーション」である。BMLが独自に開発したこの電子カルテは、平成12年から販売が開始されている。厚生省が平成11年からカルテを電子媒体で保存することを認めたことで全国の病院で電子カルテの導入に弾みがついた<sup>(45)</sup>。しかし、大手の病院はオーダーメイドの電子カルテを持つ所が多く、そのためBMLの電子カルテは主に個人開業医の診療所向けに販売されている。診療所に限って見ると、2008年11月時点でBMLの電子カルテのシェアは22.3%で、日本一である<sup>(46)</sup>。

なお、このBMLの電子カルテは、米国マイクロソフト社が主催するWorld Wide Microsoft Partner Program Award 2004でFinalist(最終選考)の表彰を受けている。この時、日本企業でこれを受けたのは10社だけであるが、医療分野ではBMLのみであった<sup>(47)</sup>。

今後も電子カルテ等のIT分野に力を注ぐ路線に変わりはないようである。最近のBMLでは「バイオ&医療情報システ

ム企業」と自社をPRしており<sup>(48)</sup>、創業以来のバイオだけでなく「医療情報システム」を提供する会社でもあることを強調している。

以上、6点からBMLの特徴を紹介した。同社の優れた能力と実績は、BMLグループに関わってきた全社員の長年に亘る努力の賜物であるが、その歴史の全てにおいて、代表取締役社長・会長・最高顧問として会社をリードしてきた人物は近藤氏であった。氏の存在なくしては今日のBMLは無かったであろう。84歳になられた今でも、週に2・3回は東京の本社にいられているそうである。

#### 4. 教育的意義と補足的人物評

近藤健次氏の生い立ちとBMLを大成させた今日までの軌跡を振り返り、そこから今回の展示会及び展示会パンフレットに接した袋井市民、特に地元の児童生徒に知ってもらいたいこととして、筆者はパンフレット冒頭に次の3つのメッセージを記した。教育的効果があることを強調したいと考えたからである。

①**世界的企業を作った袋井出身者** 近藤氏が作った会社は血液検査等の臨床検査業務等を主に行っていますが、同社の自動検査システムは世界有数の規模と質を誇っており、業績においても日本でトップクラスです。近藤氏はたった一代でそれを築き上げました。その近藤氏が袋井市(旧・浅羽町)の出身であるという事実を、まずは記憶に留めて頂きたいと思います。功成り名を遂げた後も郷里を思う気持ちは強く、それ故に数度の寄付もされました。80を越える御高齢ではありますが、今でも昔のことを鮮明に覚えておられ、地元のご友人との交友も続いています。

②**七転八起の生涯** 近藤氏は少年時代から健康を害したり、誤診で就職ができなかったり、或いは大人になってからもリストラにあたり、国の方針転換で自分の会社の仕事ができなくなるなど、数々の不運に遭遇してきました。高校、大学は働きながら夜学に通いました。しかし、いつの場合も諦めることなく挑戦し続けて来ました。そのお陰で今日の氏があります<sup>(49)</sup>。

たとえ転んでも何度でも這い上がってみせるぞ、という位の強い心意気は本来誰もが持っているべきものです。児童生徒の皆さんの年代においてもそうです。少し位の壁に直面して臆しては未来は拓けてきません。皆さんが、近藤氏に負けない位の逞しい大人に成長してくれることを大いに期待しています。

③**己に厳しく他人に優しく** 近藤氏は苦労を重ねて成功を収めました。同時に周りの人には優しく接していたことが多くの人によって語られています。たとえば、少年通信兵学校時代には、厳しい訓練で疲れている仲間の洗濯を手伝ったり、しもやけの手当てまでしてあげたそうです。また、軍医学校実験室勤務時代に面倒を見て貰った室長を、

後に自分の会社に招き、その人が晩年には悠々自適の生活ができる位にまでしてあげました<sup>(50)</sup>。つまり見返しです。似たような例は他にも多くあるようです。若い皆さんも、情と恩義を大切に作る気持ちを忘れないで、他人に優しい人になって欲しいと思います。

これらの点は筆者が近藤氏に関係する資料を読んでいる時に感じたことであり、特に子供達向けのメッセージとして相応しいものを並べたものである。しかし、筆者が感じたことはこれだけではなかった。展示会用パンフレットには記していないが、以下、2点について記し、補足としておきたい。

第1に、近藤氏の負けん気の強さについてである。

恐らく生まれながらの性分と幼少期からの環境によると思われるが、近藤氏は非常に反撥心の強い性格の持ち主であると筆者は感じた。反抗的、反社会的というような悪い意味ではなく、悔しさをバネにして、少しでも見返してやろう、少しでも上に伸ばしてやろう、という強い向上心の持ち主という言い方をしてもよい。簡単な言葉で言えば、負けん気が強いということになる。

例えば、高等小学校卒業時の就職試験の際に「誤診」と判断された、あのエピソードの時のことである。一年後に健康体に戻った時の祝いの席で、近藤氏はくやし涙を流し、やがて、それは「怒り」へと変わったと述べている。そして、再び上京する際には、漠然とではあるが「同じ職に就くのなら、医療関係の仕事をしたい」<sup>(51)</sup>という気持ちを抱いていたという。誤診によって自分の人生を狂わせた許し難い敵に対して、仇討ちでもするかのような意気込みなのである。

仇討ちや復讐という言葉を使うと大袈裟であるが、それに似た意識を抱いていたことは、近藤氏自身が「同じやるなら・・・」という表現を用いている所から、それを読みとることができる。反撥心、対抗意識、負けん気の強さ等々、それをどのように表現してもよいが、そのような傾向が近藤氏に強いことは間違いなさそうである。なぜなら、同じようなことが氏の半生の中で何度も見受けられるからである。だからこれは近藤氏の性分と言ってよいと思う。

戦後、勤務していた日本製薬から退職を迫られ、自ら起業したときも、どうせやるなら、「同じ仕事をやってやろう」<sup>(52)</sup>という意識で日本製薬と同じ血液バンクをはじめている。明らかに日本製薬に対する対抗意識が彼を突き動かしている。

輸血用血液が献血に絞られ販売が禁止になり、臨床検査の仕事に転換する時は、「必ず日本一になってみせる」<sup>(53)</sup>と誓って新事業に乗り出している。他を全て凌ぐまで諦めないぞ、決して負けないぞ、という意気込みなのであった。

また、未だ今日程の売上を計上していない頃の BML が、1987年に超大型コンピュータを導入した時には、同業他社や業界関係者から「あの会社は潰れるぞ、気でも狂ったか」と噂されたそうである<sup>(54)</sup>。しかし、近藤氏はそうした声を耳にしながらも、微動だにしなかった。他から言われたくらいで簡単に取り下げられるほど軽率な判断で選択した道ではない、と自ら

の判断を信じきっているからである。米国のメトパス社がコンピュータを用いた大規模な自動化システムを既に導入しているのを見た時以来、この道に間違いないと近藤氏は確信していたという<sup>(55)</sup>。

それが必要であると考えれば、外野からの騒音は一切シャットアウトして、自らの道を進み続けるその態度の土台には、自分を「気でも狂ったか」と評した者たちを必ず見返してやるぞ、という熱い思いもあったのではないかと筆者は推測する。

また、これより前の昭和45年頃、某財閥系企業の部長が来社し、生き残りのため傘下に入るよう持ちかけられたことがあった。この時、近藤氏が要請を固辞すると、相手から「お宅だけが舟に乗り遅れてもいいのですか」という言葉まで投げつけられたという。近藤氏はそれでも動じず、バックグラウンドを持たない一匹狼でも生き残ってみせる、大資本になど負けてなるものか、という決意を新たにするのであった<sup>(56)</sup>。他から明らかに見下げた態度を示されて、それでも膝を屈して媚びへつらうことは、近藤氏の気概が許さないようである。このエピソードにも氏の人柄がよく示されていると思う。

このように、近藤氏の負けじ魂は氏の半生の中でいかに発揮されていると思われる。それが、今日の成功に繋がっているからハッピーエンドの物語として語ることが可能だが、失敗していたら、ただの笑い物になる。この世の中、成功しなければ話にならないということである。無論、近藤氏が成功した背景には、氏の並々ならぬ苦労の連続があったからであるが、それに耐えられた理由の一つとして、近藤氏の負けん気の強さが大きく影響していたのではないかと考える。

第2は、近藤氏の少年期から青年期の家庭経済環境に関する一つの疑問である。

氏が自ら語ったり著した物の中には、幼いころから貧しかった、お金がなくて苦しかった、という表現が度々出てくる。貧しいが故に苦労して努力を重ね、成功を収めたというパターンは立身出世物語の典型であるが、近藤氏の場合もそれに当てはまるかという、筆者は多少の疑問を感じている。

例えば幼少期のことだが、全体として考えると、どう見ても貧乏な家で苦労して育ったとはとても思えないのである。一時的、局所的、あるいは主観的には、貧しくて苦しかったという思いを近藤氏やその家族が感じたことはあったかもしれない。しかし、赤貧洗うが如きというような貧しさは近藤家にはなかったのではないかと、というのが筆者の率直な感想である。

例えば、高等小学校1年のとき友人が、「健ちゃんからぜんまい式の動くおもちゃを貰った思い出があります。ウルトラマンみたいな人形のおもちゃで、よくもこんなに高価なものをくれたものだと感じました。」と述懐している<sup>(57)</sup>。実際はそのおもちゃは健次の兄の持ち物で、友人には貸しただけで返してもらったというが<sup>(58)</sup>、そうであったとしても、ここから分かることは、健次の家は、他人がうらやむようなおもちゃで遊べるだけの家であったということである。

また、別の同級生の一人は、「彼が学校に持ってくる弁当の中身に羨ましい思いをしたことも。席が近かったのを見ると

はなしに見ると、いつもおかずが二、三品の仕出し風弁当。こちらとはいえば、つねに日の丸弁当なのですからね。それに当時、教材や弁当は風呂敷で包んで行くのが普通だったけれど、彼の場合はちゃんとしたカバン。何かと差をつけられていましたね。」と述べている<sup>(59)</sup>。当時の近藤家が仕出し屋もしていたことから、健次の弁当にも幾つかそのようなおかずが入っていたということらしい<sup>(60)</sup>。

昭和戦前期において、あるいは戦後直後においても、日本の田舎では、日の丸弁当、風呂敷、或いは草鞋履き、継ぎはぎだらけ穴開きだらけの衣服等々の小学生は、少しも珍しくはない。しかし近藤少年は日の丸弁当や風呂敷ではなかったのである。むしろ恵まれていた方ではなかったかと思う。

また、上京以後の近藤氏に関しても、たとえ病気になるに挫折したとしても、自宅で療養生活をさせてもらえる位の家ではあった。少なくとも普通レベルかそれ以上であったはずである。もっともこれだけでは、裕福であったと結論付けることは早計であるかもしれない。内実は火の車で、それが健次少年には隠されていた可能性もある。しかし可能性の話なら、そうでない可能性もあり得る。正確なところは、よく分からない。

確かなことは、近藤氏の述懐を見る限り、自分の療養のために親兄弟に負担をかけて申し訳ないとか、有り難くて涙が出たとか、いずれは親兄弟に恩返しをしなければという気持ちで一杯であった、というような種類の記録はないということである。これに対して、既述の通り、療養のため田舎に逼塞していることを良しとせず、東京で一旗上げたいという衝動が充満していたということは何度も語られている。人間は内側にあるもの以外のものを外に向かって話すことはできない。また、申し訳ない、有り難い、という感情があったならば、何らかの形でいつか外に出さずにはいられないのが人間の情であると思う。しかし、療養中のことに関して近藤氏が述べていることは、親兄弟に対する感情の表白ではなく、自身が勇躍できずにいることへの苛立ちのみである。

もし、近藤家が赤貧洗うが如き状態の家であったならば、しばしば自宅療養を要した健次少年の存在は困窮を増すだけの存在であったはずであるから、そのような状態の中で、上記のような述懐しか見られないということは、まずあり得ないと思う。逆に、それほど困窮した家庭ではなかったと考えるならば、これらの点は全て氷解する。大富豪のお坊ちゃんであったとは言わないが、人並み程度かそれ以上の暮らしが出来るレベルの家庭環境で育てられたというのが実態に近いのではないか、というのが筆者の推測である。

要するに、近藤氏の幼少期から青年期を考えると、彼を取り巻く環境は、貧しい、苦しい、という言葉で表現するよりは、むしろ大事に、温かく守られ続けており、恵まれていた方ではなかったかという思いがしてならないのである。無論、部分的、一時的、主観的には苦しいこともあったであろうが、記録されたものから客観的に見ると、それとは違った上のような見方もできるように思える。

ただし、以上の話は、陸軍少年通信兵学校の入学と従軍、

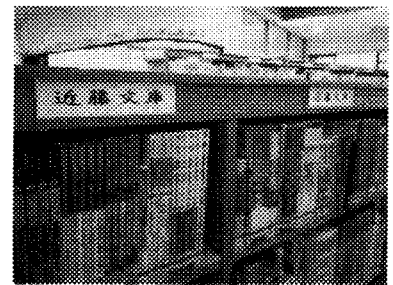
さらには戦後復興期を経て独立起業、その後も粉骨砕身の苦労を重ねたこととは、別のものである。近藤氏は確かに人一倍の苦労を重ねて成功を勝ち得た人物である。そのことは強調してもしすぎることはない。ただ、氏の半生のそのまたごく前半の部分は、苦しい貧しい等々の言葉とはそぐわない、温かで恵まれた側面も本当はあったのではないかという筆者の推測をここに記しておきたいと思うのみである。どこにも誰も指摘していないからである。

なお、さらに付言しておくが、この推測は経済的な面だけの話であり、母を早くに亡くしていることや、病気で人生が思うように運ばなかったことなど、精神的な面では少年時代から苦悩することがあったことは十分に理解できる。

補足的人物評の部分は以上で筆を置く。

## 5. 近藤文庫

平成5年と平成16年の2回に亘る近藤氏からの寄付金は、浅羽町立図書館（以下「浅羽図書館」に統一）にとっては膨大な金額であった。なにしろ、当時の同図書館



の年間資料購入費は500万円程でしかなかったのである<sup>(61)</sup>。そこに1千万円の資料購入費が突如、舞い込んで来たのである。図書館がどれほど潤ったかは想像に難くない。しかもそれが2回である。

この寄付金は全額が資料購入費に当てられ、その年度内に全てが消化された。これによって浅羽図書館が新しく購入した図書等は、平成5年度が1204冊、平成16年度が4167冊で計5371冊（視聴覚資料を含む）である。1回目は単価の高い参考資料文献等が多かったため冊数は少な目であったが、2回目は単価の安い図書が中心で冊数が多く、しかも児童向けの本が多いことが特徴である。4167冊のうち児童資料は2137冊、絵本が931冊でこの時の全体の73%に当る。当時の浅羽図書館がいかに子どもたちの読書環境を整えることに心を注いでいたかが分かる。

これらの資料は現在、浅羽図書館内全体にわたって配架されているが、外から見ただけでも他の資料と簡単に見分けることができる。蔵書ラベル中央に青色のストライプが入ったもの（平成16年度購入分）、又は蔵書ラベル下に青い丸のシールが貼付されているもの（平成5年度購入分）がそれである。但し青丸のシールがあっても一部に例外がある。該当・非該当の正確な判断は資料を実際に開いてみると確認できる。図書の裏表紙を開いた所に、近藤氏からの寄付によって整備できたことを示す寄贈シールが貼られているからである。

その中でも特に児童向けの資料等が、図書館に入っ





ぐの前方やや左の所に、何本か書棚にまとめて配架されており、その書棚全ての上部に「近藤文庫」のプレートが貼られている。狭い意味ではこれを近藤文庫と考えても良いが、上記の通り、寄贈シールが貼られた資料は館内全体に配架されているので、正確にはその全部が近藤文庫ということになる。

近藤氏の名を冠したコーナーを誰の目にも分かる形で設置しているのは、氏に対する図書館の感謝の気持ちを形に表すためである。また、同コーナー手前の柱には木製プレートを掲げ、そこに近藤氏からの寄贈図書を収蔵していることを明記している。

「近藤文庫」は平成 17 年 2 月 25 日午後から一般への貸し出しが開始された。近藤氏の 2 回目の寄付は前年の 10 月であり、それによる購入図書の選定が地元の幼稚園、小学校、中学校の教員と一般のボランティアの協力を得て行われたのが 11 月末である。それから約 3 ヶ月後に 4 千冊以上の資料が利用可能となった訳であるが、その背景には、職員が数名という小さな町の図書館の実情から考えると当時の担当者の並々ならぬ苦労が想像される。

資料を一般に利用してもらうためには蔵書登録と配架が必要だが、配架直前に、前述の寄贈シールを貼る作業があった。一つずつ手で貼らなければならないので手間がかかるし、その上に量が膨大なので簡単には済まない。この時、大いに力を発揮してくれたのが地元の中学生であった。浅羽地域唯一の中学校・浅羽中学校が、これに協力してくれることになった。

平成 17 年 2 月 16 日、19 日の 2 日間にわたり、延べ 63 人の浅羽中学の生徒がボランティアとして図書館 2 階の大きな部屋に集まり、作業を手伝ってくれた。初日にシール貼り作業を行い、2 日目には番号順に図書を並べ直す面倒な作業を行った上で、少しずつ 1 階の書棚に運んで配架する作業を行った。中学生が自分の手で書棚に本を 1 冊ずつ配置した訳である。しかも開館中なので一般の来館者が居る中を、息を殺しながら、である。

その姿を見て図書館の職員は大いに喜んだ。自分たちの仕事が減ったからではない。子どもたちが「図書館作り」に直接関わってくれたことそれ自体が嬉しいのである。当時の浅羽町立図書館長は、作業終了後のお礼の言葉の中で「皆

さんが大人になって、お父さんお母さんになって、自分の子どもと一緒に図書館に足を運んだ時に、今日のことを思い出して、お子さんに語って下さい」と述べている。中学生本人だけでなく、将来その子らが産み、育てた未来の子ども達にまで思いを馳せているその発想は、ノルマをこなすためだけに嫌々日々の仕事をしている凡庸な職員であったならば絶対に出てこないものである。浅羽図書館は、規模は小なりと言えども、職員の心意気は並ではない。

いつまでも自分たちの図書館として親しみ続けてもらえるような機会を地元の中学生、そして、まだ見ぬ未来の子どもたちにも提供できたという喜び、——これも目には見えないけれども近藤文庫が地元にもたらした産物の一つである。

このように「近藤文庫」は、地元の子どものために、子どもたち自身の手によっても作られた文庫である、という特徴を持っている。地域の後進を育てる事業に、近藤氏の寄付はしっかりと活かされていると言えよう。

この図書館で学んだ地元の子子どもたちが、近藤氏に負けない位の立派な大人として次々に成長し、社会と日本をより良くするために活躍してくれることを切に期待する次第である。

【追記】「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」に関して補足しておきたいことがある。この展示会に当っては、会場で配布するパンフレットの印刷費のみ、袋井市立浅羽図書館から支援を頂いた。決して高価なパンフレットではなく、モノクロ印刷で写真もシャープには出来ないレベルであったが、それでもこの支援がなければパンフレットの発行はできなかった。浅羽図書館には感謝申し上げる次第である。

それ以外で、パンフレットの製作や展示資料の製作・準備で要した物品や雑費については、全て新袋井フォーラム側が負担し、近藤健次氏及び棚ビー・エム・エル様、また袋井市及び浅羽図書館からは金銭的支援を全く受けていない。以上を明記して、支援を受けたから氏の紹介をした訳ではない事を断っておきたい。

実はこのとき既に新袋井フォーラムは平成 21 年度の収支が大幅な赤字であった。仕事を引き受けるに当っては、印刷費補助の話も初めは無かった。フォーラム側の担当者が全て自腹を切る覚悟でこの仕事を引き受けたのが実状である。なぜなら、新袋井フォーラム会則第 4 条には、自らが行う事業を幾つか列記しているが、その中に「故郷の誇りと自信を高めるような情報発信に関する事項」があり、これと合致する仕事であると考えたからである。これが、今回の仕事を引き受けた第一の理由である。

さらに、近藤文庫設立当時の浅羽町立図書館館長であった星野矩昭氏と、同図書館主事であった鈴木つね子氏が、現在、新袋井フォーラム事務局員として粉骨砕身の仕事ぶりを発揮して下さっている。このお二人が今回の話の仲介役であったことが今一つの、しかも有力な理由である。お二人から、図書館が困っているから助けて欲しいと言われて見捨てておけるはずがない。しかも、お二人とも今回の実務を担当するという。自らも困難を背負う覚悟での救援要請である。ここで背を向けては日本人ではない。武士は情けである。新袋井フ

オーラムとでも、規模は小なりとは言え武士は食わねど高楊枝の精神は持ち合わせている。赤字であることは断る理由にはならない（もっとも、正直な所は苦しいの一言に尽きる）。かくして今回の展示会が表現に至った次第である。

なお、資料に関しては近藤氏及び榊ビー・エム・エル様から大変にお世話になった。パンフレット及び本稿掲載の近藤氏の肖像及びBML関連の写真も同様である。また、近藤文庫整理ボランティアの中学生達の写真は星野矩昭氏からの提供である。ここに記して感謝の意を表する次第である。

また、今回の紹介展で実際に展示の実務を担当したのは、星野矩昭、鈴木つね子、浅羽美智子、村松弘子、小澤壮吉、及び筆者の6名である（敬称略。以上全て新袋井フォーラム会員。星野氏は浅羽図書館臨時職員として今もここで勤務中）。多忙な中、短期間のうちに仕事を成し遂げて下さった実務担当の各位にも感謝の意を表する次第である。

- (1)『静岡新聞』2007年7月13日の記事に、「個人の寄付としては異例の高額」とある。
- (2)『中日新聞』(中・東遠版)2008年7月25日。
- (3)袋井市『浅羽支所周辺地区/エントランス広場基本構想(案)』(平成21年8月)1頁、6~8頁。
- (4)袋井市立図書館のHPの「展示予定」ページでは、2010年1月末時点で浅羽図書館において3月3日~4月29日まで「郷土につくした人/近藤健次さん」の展示を行うことが告知されていた。市が発行する『お知らせふくろい』平成22年2月15日号6頁及び袋井市教育委員会が発行する『ふれあい(生涯学習情報誌)』平成22年2月15日号2頁でも、「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」が4月29日まで開催されることが告知されている。展示会名称の変更は筆者の判断による。以上の告知では開催末日がいずれも4月29日となっていたが、同日は祝日で図書館の休刊日となるため、浅羽図書館の判断(2月23日)で、4月28日までの開催に変更することとした。
- (5)近藤健次『七転八起—BMLとともに四十年』(平成5年3月25日、榊ビー・エム・エル発行、【近藤氏の自伝】)14頁。
- (6)同上22頁。
- (7)同上13頁。
- (8)同上20頁。
- (9)袋井市『広報ふくろい』平成19年8月1日号、3頁。近藤氏の自伝では、病気と誤診されなければ、元気に働いて自分の糊口をしのご位にはなっていたであろう、という思いが、目を追って「怒り」に変わり、元気を回復して再上京・就職を決意すると、「同じ職に就くのなら、医療関係の仕事をしたい」と漠然とながら思った、と記されている(同上、29頁)。
- (10)前掲『七転八起』33頁。
- (11)同上39~40頁。但し同199頁の年表では「十二月、前期繰上げ卒業となる予定が、病気のため卒業見送りとなる。」とあり、矛盾する。ここでは本文中の記述に従った。

- (12)同上、41頁
- (13)あさひ銀総合研究所編『ユニーク企業の経営哲学(第1巻)』(平成5年9月15日、栄光出版社)16頁。本書の冒頭に近藤氏へのインタビュー記事が掲載されている。ちなみに、近藤氏の次に掲載されているのが浜松ホトニクス社長の晝馬輝夫氏である。
- (14)前掲『七転八起』71頁
- (15)「トップインタビュー/近藤健次氏」(『あさひ銀総研レポート』2001年6月)26頁。
- (16)前掲『七転八起』16頁に、「おそらく日本一小さなブラッドバンク」とある。
- (17)「企・業・人/臨床検査で最先端を走り業界を装置産業にした男/ビー・エム・エル」(『週刊ダイヤモンド』1995年7月1日号)34頁。
- (18)注(13)に同じ。
- (19)前掲『七転八起』90~91頁。
- (20)同上91頁。
- (21)『BML創立40周年記念誌』(1995年7月1日、榊ビー・エム・エル)95~96頁。
- (22)同上104頁。前掲『七転八起』も「このシステムの完成は業界初の壮挙」と述べている(147頁)。
- (23)前掲『七転八起』147~148頁。なお拙文「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」パンフレットでは、米国メトパス社視察の後に、昭和49年の第一次コンピュータシステム導入があったと読める記述をした(4頁)が正確を欠いていた。
- (24)榊ビー・エム・エル「有価証券報告書」(2006年6月29日、EDI NET公開資料)6頁による。但し、2009年6月発行の榊ビー・エム・エルの『会社案内』(パンフレット)所載のグループ企業名(26頁)とは一部一致せず、この間に変更があったものと考えられるが、グループ企業数が21社である点は同じである。
- (25)上記『会社案内』添付の「BML COMPANY PROFILE」中の「事業所・ラボ一覧」より小栗が数えた。
- (26)前掲『BML創立40周年記念誌』19頁。そこで近藤氏は、「世界でも余り例がないと思います」とも述べている。
- (27)前掲『会社案内』6頁。
- (28)前掲『週刊ダイヤモンド』35頁、及び前掲『七転八起』177頁。但し、『週刊ダイヤモンド』は1995年、『七転八起』の該当箇所は昭和61年の近藤氏の講演記録であり、現時点から見ると15~24年前のことなので、現状は異なる可能性がある点に注意。
- (29)前掲『ユニーク企業の経営哲学(第1巻)』では「収益力では業界トップ、売上規模で第二位の地位を不動のものとし」云々の記述(15頁)があり、前掲『週刊ダイヤモンド』記事でも「売上げ第二位、利益率は第一位」と記述(35頁)している。小栗が平成22年2月に榊ビー・エム・エル経営企画部次長・仲田克己氏に問い合わせた所によると、売上第二位、利益率第一位、という表現は昔はよくしていたが、2005年7月に臨床検査業界トップのSRLが試薬メーカーの富士レボオ(ここの利益率が高い)と合併して「みらかホールディングス」が出来て以来、その臨床部門の売上データが正確に掴めなくなったため、臨床部門に関する利益率比較が困難となり、利益率が第一位か否かは確認ができないので、最近は利益率については言わなくなった、とのことである。

- (30) 前掲『週刊ダイヤモンド』35 頁。なお現在に至るまでも赤字を計上したことがない点は、前掲『BML 創立 40 周年記念誌』220～221 頁掲載のグラフ、及び『BML 創立 50 周年記念誌』(2005 年 7 月 5 日、(株)ビー・エム・エル)34～101 頁に記された創業以来の年別売上高の具体的な数値(2004 年度分まで)、(株)ビー・エム・エル『株主のみなさまへ/第 54 期中間報告書』(2008 年 11 月 13 日時点までの情報=表紙裏)8 頁掲載の財務ハイライト(05 年から 08 年=第 54 期の第 2 四半期分まで確認可)、さらには現時点で(株)ビー・エム・エルのホームページ上で公表されているデータを見れば、これを確認することができる。
- (31) (株)ビー・エム・エルの HP で公表している財務指標から確認した(2010 年 2 月)。詳しい数字を示すと、2008 年度のグループ企業の連結売上高(2009 年 3 月時点の値)は 771 億 9800 万円である。
- (32) 前掲『あさひ銀総研レポート』28 頁。なお現在では、みらかホールディングス、ファルコバイオの 2 社も東証一部上場を果たしている(前掲、仲田克己氏より)。
- (33) 上記『あさひ銀総研レポート』26 頁、及び前掲『BML 創立 40 周年記念誌』19 頁。前掲『七転八起』でも「これまで困難とされてきた検査の前処理行程の自動化を実現した」とある(158 頁)。
- (34) 平成 20 年 8 月に「新フロンティア」が完成稼動したことで、システム全体の次世代型への移行が完了した。これより先、「シンフォニー」システムでは平成 18 年 10 月に「新シンフォニーケミストリー」(生化学検査)が、翌平成 19 年 3 月に「新シンフォニーヘマトロジー」(血液検査)が稼動している(以上全て、前掲『株主のみなさまへ』2 頁)。
- (35) 以上 3 つの単位時間当りの検体数の値は、(株)ビー・エム・エルの会社紹介 DVD「バイオ&医療情報システム企業 ビー・エム・エル」(同社製作)による。この DVD は平成 22 年 2 月 5 日に、同社から筆者に提供されたものである。ただし前掲『会社案内』(2009 年)では、血液学検査の能力を「毎時 4,500 検体」と記載しており(9 頁)、DVD で紹介されている値と異なっている。ここでは DVD の方を採用した。
- (36) 同上 DVD。前掲『七転八起』でも「おそらく世界一」(158 頁)と記されており、前掲『BML 創立 40 周年記念誌』でも「世界でも初めてのケース」(20 頁)とある。以上は近藤氏自身によるものだが、前掲『七転八起』では別に汐澤隆氏が「今日、BML の装備率は業界にあって、世界随一と言われる」と述べている(134 頁)。
- (37) 前掲『BML 創立 50 周年記念誌』75 頁。共に同じ年。
- (38) 以上、前掲『会社案内』6～7 頁。
- (39) 前掲 DVD による。
- (40) 前掲『会社案内』6 頁。
- (41) 前掲『BML 創立 40 周年記念誌』108 頁。
- (42) 前掲『七転八起』155 頁。その他同じ頃に、肝炎マーカーの HBs 抗原・HBs 抗体、e 抗原・e 抗体の新検査技術なども学科で発表している(同)。
- (43) 前掲『BML 創立 40 周年記念誌』114 頁。
- (44) 前掲『BML 創立 50 周年記念誌』20 頁。
- (45) 前掲『あさひ銀総研レポート』27 頁。
- (46) 前掲、仲田氏からの情報提供。なおシエアは月刊『新医療』2008 年 9・10・11 月号掲載の数値である。
- (47) 以上、前掲『BML 創立 50 周年記念誌』102 頁。
- (48) 前掲 DVD 及び前掲『会社案内』、同社 HP 等を参照。
- (49) 前掲『七転八起』で近藤氏自身が、「私の半生の中で 1 つだけ誇れるものがあるとしたら、—それはどんなにつらい時でも決してあきらめなかったから、そのつど新しい道が見つかった」と述べている(194 頁)。
- (50) 前掲『七転八起』34 頁。
- (51) 注(9)を参照。
- (52) 前掲『あさひ銀総研レポート』26 頁
- (53) 前掲『ユニーク企業の経営哲学(第 1 巻)』17 頁。
- (54) 前掲『週刊ダイヤモンド』35 頁。
- (55) 平成 22 年 2 月 5 日、新袋井フォーラム会長の小原望氏、同副会長の下山好治氏、及び筆者の 3 人は、東京にある(株)ビー・エム・エルの本社に近藤氏を訪ね、1 時間程面談することができた。その席で筆者は、大型電算機の導入に対しては世間から冷たい目で見られたそうですが、それでもその道を止めなかった理由は何でしょうか、という質問をしたところ、氏は即座に、米国メトバス社の視察で刺激を受けて、間違いないと思った、と答えた。更に、勝算はあったのでしょうか、と質問すると、即座に、あった、と答えた。
- (56) 前掲『七転八起』129 頁。このとき独立独歩の道を進むことを改めて決意したことが、その後の BML にとってターニングポイントであったと思う、と近藤氏自身が述べている。換言すると、当時は経営的には確かに苦しかったが、横柄な財閥系企業への対抗意識から、益々努力を重ねて行ったから、今日の BML があると言うことになる。ターニングポイント云々の言葉の前に「今わが社の現況を見るにつけ」云々という前置きの言葉が置かれているので(同)、このように読む以外にない。近藤氏の勝利宣言である。
- (57) 同上 19 頁。
- (58) 同上 19～20 頁。
- (59) 同上 21 頁。
- (60) 同上 22 頁。
- (61) 以下、近藤文庫設立時の模様や数値については、当時の図書館長・星野矩昭氏、及び当時の図書館主事・鈴木つね子氏から伺った情報に基づく。

## 理工系大学2-3年生における学習の動機づけと

## 進路選択に対する自己効力感との関連

The relationship between the motives for learning and the career decision-making self-efficacy in the second-year and the third-year college students belonging to Department of Science and Technology

小杉大輔\* 手島裕詞\*\*

Daisuke KOSUGI and Yuji TESHIMA

Abstract: One hundred and eight college students (64 students in the second year and 44 students in the third year) answered a questionnaire. This questionnaire covered the motives for learning in a college and the career decision-making self-efficacy expectations. The scale of the motives for learning consisted of three subscales named intellectual curiosity, the sense of obligation, and the future perspective. Using the multiple linear regression analysis, we examined the relationship between the motives for learning and the career decision-making self-efficacy. In the case of the second year students, the sense of obligation and the future perspective had significantly direct effects on the career decision-making self-efficacy. On the other hand, in the case of the third year students, intellectual curiosity had a significantly direct effect on the career decision-making self-efficacy. Based on these results, reasons why the two groups of students showed different tendencies were discussed.

## はじめに

本研究は、大学生における学習の動機づけと進路選択に対する自己効力感との関係について、心理学的なアプローチによって検証するものである。

大学生が大学での学びに取り組む背景には、なぜ学ぶのかという理由づけや学習意欲つまり「やる気」の維持にかかわる心理的要因が存在すると考えられる。そして、この理由づけや学習意欲に関わるのが動機づけである。動機づけとは、行動の理由を考えるとときに用いられる大概念であり、行動を一定の方向に向けて生起させ、持続させる過程や機能の全般をさす<sup>[1]</sup>。

小杉(2008; 2009)は、先行研究をもとに、静岡理工科大学の学生を対象にした学習の動機づけを測定する尺度を作成した<sup>[2], [3]</sup>。この尺度は、知的好奇心、義務感、将来展望の3因子から構成されていた。まず、知的好奇

心因子に含まれる項目は、「好奇心が満たされるから」「学ぶこと自体がおもしろいから」「難しい内容を学ぶのが楽しいから」に代表されるように、学ぶこと自体の楽しさや理解することの喜びを表す項目であった。これらの項目に高い得点を付与した学生は、学習そのものに動機づけられており(内発的動機づけ)、学習意欲が高い状態にあると考えられる。義務感因子に含まれる項目は、「きまりのようなものだから」「今の社会ではしなければならないようになってきているから」に代表されるように、大学での学びに対する受身的な態度を表す項目であった。将来展望因子に含まれる項目は、「自分にあった職業を探したいから」「就きたい職業に必要な知識をつけたいから」に代表されるように、将来の就職、職業を目標にすえて学習しようという構えを表す項目であった。知的好奇心因子に含まれる項目が内発的動機づけに関する項目であるのに対し、義務感因子に含まれる項目と将来展望因子に含まれる項目は、外発的動機づけに関する項目であるといえる。

本研究では、この大学生の学習の動機づけ尺度と、浦

2009年11月11日受理

\*総合情報学部 人間情報デザイン学科

\*\*総合情報学部 コンピュータシステム学科

上 (1995) による進路選択に対する自己効力尺度との関係に注目した<sup>[4] [5]</sup>。自己効力とは、ある行動が自分にうまくできるかどうかという予期、つまり効力予期の認知されたものであり、進路選択に対する自己効力感とは、進路の計画や進路選択の過程で必要な行動に対する遂行可能感のことをさす。浦上によれば、理論的には、進路選択に対する自己効力の強い学生は、進路選択行動を活発におこない、努力をするが、自己効力の弱い学生は、進路選択行動を避ける、あるいは不十分な活動に終始してしまうという。

大学生における進路選択行動の中心となるのは就職活動の諸過程である。したがって、本研究では、大学における学業への動機づけの状態が就職活動にいかに影響するのかを問題にすることになる。

学生の就職活動支援が大学組織としての最重要課題の一つとして位置づけられている昨今、各大学においてこれに関連したさまざまな取り組みがなされているが、これらの取り組みは、教員による日常の講義活動や研究指導とは直接関係がなく、専門のスタッフがこの任に当たる場合が多いと言える。しかし、講義や研究活動をはじめとする大学での学業は、先の例に限らず、就職活動にさまざまな影響を与えられ考えられる。まず、大学における学業を、将来の職業のための修行、情報収集であるとする学生は多いだろう。そして、彼らは、講義や演習を通じて、職業的関心をつくりあげていくと考えられる。また、大学での学業において得られる満足度や達成感、それを通じて得られる有能感は、就職活動への自信につながると考えられる。これが事実であれば、たとえば、小杉による学習の動機づけ尺度において知的好奇心下位尺度の得点が高い学生は、進路選択に対する自己効力尺度の得点も高くなると考えられる。つまり、知的好奇心の高さは、就職活動に正の影響を与えると予想される。さらに、義務感や将来展望が就職活動にいかに影響を与えるかという点も興味深い。

本研究の調査対象は、静岡理工科大学の2年生と3年生であった。調査後のデータ分析では、まず、学習の動機づけ尺度の各下位尺度の得点および進路選択自己効力尺度の得点について、学年間で比較した。また、学習の動機づけ尺度については、小杉 (2009) における同

尺度のデータから本研究への参加者のデータを抽出し、この得点と今回の得点を比較した。次に、重回帰分析を用いて、学習の動機づけ尺度の下位尺度得点が進路選択自己効力得点に及ぼす影響について分析をおこなった。

## 方 法

### 調査対象

静岡理工科大学総合情報学部2年生64名(女性6名)と理工学部情報システム学科3年生44名(女性8名)が本研究の調査に参加した。2年生を対象にした調査は、「心理学」の講義内で2009年7月に、3年生を対象にした調査は「心の発達」の講義内で2009年9月に実施した。

### 質問項目

**学習の動機づけ尺度** 学習の動機づけ尺度 小杉 (2008; 2009) が作成した学習の動機づけ尺度を用いた。小杉 (2009) の因子分析の結果を踏まえ、第1因子の「知的好奇心」因子 (9項目)、第2因子の「義務感」因子 (10項目)、第3因子の「将来展望」因子 (7項目) を構成する26項目を用いた。

本研究では4件法を用いた。調査対象への教示として、「大学の授業や日常において、さまざまなことを学んだり、勉強したりすることについて質問します。あなたはそのような学習や勉強をどのような理由でおこなっていますか。以下のそれぞれの項目について、あてはまる(4)、ややあてはまる(3)、あまりあてはまらない(2)、あてはまらない(1)のなかで最もあてはまる数字に○をつけてください。」という文章を質問紙の冒頭に記した。

**進路選択自己効力尺度** 浦上 (1995) の進路選択に対する自己効力尺度30項目を用いた。

本研究では4件法を用いた。調査対象への教示として、「以下に30のことがらがあります。あなたはそれぞれのことがらをおこなうことに対して、どの程度自信がありますか。非常に自信がある(4)、少しは自信がある(3)、あまり自信がない(2)、まったく自信がない(1)のなかで最もあてはまる数字に○をつけてください。」という文章を質問紙の冒頭に記した。

Table 1 2年生の学習の動機づけ下位尺度得点の平均値とSDおよびt検定の結果: 2008年度の得点と2009年度の得点との比較

	2008年度		2009年度		t値 (df = 63)	p値 (両側検定)
	平均値	SD	平均値	SD		
知的好奇心	2.59	.54	2.67	.36	1.31	n.s.
義務感	2.46	.63	2.60	.45	2.14	p < .05
将来展望	3.23	.50	3.16	.28	1.19	n.s.

t値は絶対値を記述した. n.s.: 有意差なし

Table 2 3年生の学習の動機づけ下位尺度得点の平均値とSDおよびt検定の結果: 2008年度の得点と2009年度の得点との比較

	2008年度		2009年度		t値 (df = 43)	p値 (両側検定)
	平均値	SD	平均値	SD		
知的好奇心	2.52	.58	2.67	.50	2.25	p < .05
義務感	2.15	.57	2.44	.54	4.51	p < .001
将来展望	2.65	.49	3.09	.50	8.15	p < .001

t値は絶対値を記述した. n.s.: 有意差なし

## 調査の実施

調査者が講義中に質問紙を配布し、参加者に回答を求めた。表紙には、「大学での学びに関する調査」とタイトルを付し、回答の例を記した。調査の所要時間はおよそ7分であった。

## 分析

### 学習の動機づけ尺度

上述のように、学習の動機づけ尺度は、知的好奇心9項目、義務感10項目、将来展望7項目の3つの下位尺度から構成されていた。まず、各下位尺度に含まれる項目の得点を合計し、この総得点を項目数で割った値を下位尺度得点（知的好奇心得点、義務感得点、将来展望得点）とした。次に、小杉（2009）における同尺度のデータから本研究への参加者のデータを抽出し、上と同様に各下位尺度得点を算出した。そして、この得点（2008年度得点）と今回の得点（2009年度得点）をt検定によって比較した。Table 1とTable 2に学年ごとの各下位尺度得点の平均値、標準偏差、およびt値を示した（Table 1: 2年生, Table 2: 3年生）。また、2009年度の得点について、t検定によって学年間の比較をおこなった。

### 進路選択自己効力尺度

本尺度は30項目で構成されており、4件法を用いたので、得点を合計すると120点満点であった。なお、本尺度は1因子構造であることが確かめられている（浦上, 1995）。各参加者の総得点を算出し、この得点（進路選択自己効力得点と呼ぶ）について、t検定によって学年間の比較をおこなった。

### 重回帰分析

学習の動機づけ尺度の3つの下位尺度得点が進路選択自己効力得点に与える影響を検討するために重回帰分析をおこなった。この重回帰分析は、2009年度の得点について、学年ごとにおこなった。その結果をTable 3に示した。

## 結果と考察

### 学習の動機づけ尺度

各下位尺度得点について、学年ごとに2008年度得点と2009年度得点の比較をおこなった結果、2年生と3年生で異なる傾向がみられた。まず、2年生では、義務感得点において2009年度得点が2008年度得点よりも有意に高かったが、知的好奇心得点と将来展望得点ではこの差は有意にならなかった（Table 1）。次に、3年生では、

知的好奇心得点、義務感得点、将来展望得点のすべてにおいて、2009年度得点が2008年度得点よりも有意に高かった (Table 2)。

先述のように、知的好奇心得点の高さは、学習意欲の高さを反映すると考えられ、今回の結果から、3年生において、学習意欲が前年度よりも向上していたことが示唆されたといえる。また、3年生では将来展望得点も前年度から有意に上昇した。この得点は、将来の就職や職業への意識に関係した学習の動機づけの高さを反映している。本調査をおこなった時期は、3年生にとって、卒業研究に向けたより専門的な学習の開始の時期であり、就職活動の開始の時期でもある。したがって、今回の参加者もこれらに関連したさまざまな学習に動機づけられていたと考えられる。

一方、義務感得点は、2年生、3年生ともに、2009年度得点のほうが高かった。この得点は、大学での学びに対する受身的な態度 (意欲とは関係なく、やらなければならないという感じ) を反映している。実際、小杉(2009)では、義務感得点の高さは無気力感の高さと連関があることが示唆されている。したがって、この観点からは、この得点が高くなることは消極的な結果であるといえる。しかしながら、「学習はやらなければならないものである」という感じは、外発的に動機づけられた状態であるともいえ、学習意欲の維持には重要である。また、義務感下位尺度には、「まわりの人についていけなくなるのが嫌だから」「しておかないと不安だから」「後で困るのが嫌だから」のように、受身的とはいえ項目も含まれている。学生の学習への動機づけを説明する上で、義務感下位尺度のどの項目がクリティカルなのかについて、発達の、教育的な観点も踏まえて詳しく検討する必要がある。

2年生では、知的好奇心得点と将来展望得点において、2008年度得点と2009年度得点に差がみられなかった。つまり、3年生でみられたような学習の動機づけの向上がみられなかった。しかし、この結果は、2年生における学習の動機づけが3年生よりも低いということの意味するものではない。3つの下位尺度の2009年度得点について  $t$  検定を用いて学年間で比較したところ、すべての下位尺度で有意差はみられなかった ( $t_s < 1.67$ , n.s.)。

Table 3 進路選択自己効力尺度得点を従属変数にした重回帰分析の結果: 学年ごと

変数	2年生	3年生
	$\beta$	$\beta$
知的好奇心	.05	.38*
義務感	.28*	-.23
将来展望	.29*	.28
$R^2$	.15*	.37**

\*\*  $p < .01$ , \*  $p < .05$

また、Table 1 と Table 2 を比較すると、2008年度の下位尺度得点は、すべて2年生のほうが3年生よりも高くなっていた。小杉(2009)では、2008年度のデータにおいて、学年差はみられなかったと報告しているが、2009年度の調査の参加者に限定すると、2年生と3年生の間に (つまり、当時の1年生と2年生の間に)、学習の動機づけの違いがあったようである。

#### 進路選択自己効力尺度

2年生の得点 ( $M = 72.30$ ,  $SD = 10.93$ ) と3年生の得点 ( $M = 76.80$ ,  $SD = 12.71$ ) の間に、有意ではないが差のある傾向がみられた ( $t(106) = 1.97$ ,  $p < .10$ )。進路選択に対する自己効力感の高い学生は、就職活動のような進路選択行動を活発におこない、努力をされると考えられる (浦上, 1995)。上述のように、3年生に対して本調査をおこなった時期は、就職活動の開始の時期であった。したがって、3年生の得点が2年生よりも高いという傾向は妥当であり、発達の、教育的観点から望ましい結果であるといえる。

#### 重回帰分析

まず、2年生において、義務感得点と将来展望得点から進路選択自己効力得点に対する標準偏回帰係数が有意であったが、知的好奇心得点からの標準偏回帰係数は有意ではなかった (Table 3)。これは、義務感得点と将来展望得点が高いほど進路選択自己効力得点が高いことを意味する。一方、3年生においては、知的好奇心得点から進路選択自己効力得点に対する標準偏回帰係数が有意であったが、義務感得点と将来展望得点からの標準偏回帰係数は有意となる水準に届かなかった (ただし、10%有意水準で有意であった)。これは、知的好奇心得

点が高いほど進路選択自己効力得点が高いことを意味する。これらのことから、学習の動機づけが大学生の進路選択行動に影響を与える可能性が示唆されたといえる。

先に述べたように、知的好奇心得点が高い学生は内発的動機づけの状態にあると考えられ、義務感得点、将来展望得点が高い学生は外発的に動機づけられている状態にあると考えられる。したがって、2年生では、大学での学習が外発的に動機づけられている学生ほど進路選択に対する自己効力感が強いと考えられる。一方、3年生では学習すること自体に内発的に動機づけられている学生ほど進路選択に対する自己効力感が強いと考えられる。また、重回帰分析の結果をみると、義務感得点は進路選択自己効力得点に対し、2年生では正の影響を、3年生では有意ではないが負の影響を与えていた。今回の調査結果において、義務感得点の解釈は非常に難しい。2年生と3年生の間で、義務感の2009年度得点に差はみられなかったが、2年生ではこの得点が高いことがポジティブに、3年生ではネガティブにとらえられることが示唆された。

このように2年生と3年生で異なる傾向が見られたことは興味深い。今回は調査対象の数が少なく、調査結果の信頼性が高いとはいえない。上述のような学年間の違いが、たとえば大学での学びや社会的経験を通じて生じたものなのか、あるいは今回の参加者の集団にだけみられた偶発的なものなのかについて、今後データを蓄積し、より詳細に検証していく必要がある。

### 今後の課題

本研究の調査の結果、学習への動機づけの高さが大学生の進路選択自己効力感に影響を与える可能性が示唆された。これは、大学における日常の学びへの動機づけの状態が、大学生の職業選択や就職活動に影響を与えることを意味するといえる。また、重回帰分析の結果からは、この影響の与え方において、2年生と3年生の間で違いがあることが示唆された。学習の動機づけの得点の年度間での変化についても、2年生と3年生の間で違いがあることが示唆された。しかし、これらの結果は限定された調査対象からのデータに基づくものであり、信頼

性は十分でなく、今後データを蓄積し更なる検証を進める必要がある。たとえば、学習の動機づけ尺度の義務感下位尺度については、詳しく検討する必要がある。すでに述べたように、義務感下位尺度の項目には、大学での学びに対する受身的な態度や「やらされている感じ」を表す項目と、そうではなくより積極的な態度を表す項目が混在している。他の心理尺度との関係をみたり、項目ごとの得点について分析するなどして、義務感得点の意味をより明白にすべきである。また、入学してくる学生たちに年度間で集団としての違いがあることを考慮すると、学年ごとに学習の動機づけ尺度のデータについて因子分析をした場合に、得られる因子構造に違いがあっても不思議ではない。本研究では、データ数が少ないことからこのような検証はおこなわなかったが、今後の課題としたい。そのうえで、大学生生活における学習の動機づけの変化と、進路選択活動、あるいはキャリア発達との関係について検証していきたい。さらに、このような視点を日常の学習・進路指導やFD活動、カリキュラム開発に活かす方法を検討していきたい。

### 参考文献

- [1] 中島義明・安藤清志・子安増生・坂野雄二・繁樹算男・立花政夫・箱田裕司(編)、心理学辞典(有斐閣、1999)。
- [2] 小杉大輔、“理工系大学生における学習動機・授業中のつまずき・学習意欲の関連”，静岡理工科大学紀要，16(2008) 63-72。
- [3] 小杉大輔，“理工系大学1-2年生における学習の動機づけと無気力感・自己効力感・ライフスキルとの関連”，静岡理工科大学紀要，17(2009) 89-95。
- [4] 浦上昌則，“学生の進路選択に対する自己効力に関する研究”，名古屋大学教育学部紀要(教育心理学科)，42(1995) 115-126。
- [5] 浦上昌則，“女子短大生の職業選択過程についての研究—進路選択に対する自己効力，就職活動，自己概念の関連から—”，教育心理学研究，44(1996) 195-203。



## 袋井関連人物参考資料目録(1)

～鳥居信平、鳥居鉄也関連資料目録～

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.1

小栗 勝也\*

Katsuya OGURI

## 1. はじめに

2009年 は袋井市にとって新しい国際交流の芽が生まれた年であった。袋井出身の鳥居信平がそれをもたらした。彼は戦前に台湾製糖で勤務していた水利技師で、台湾・屏東県に地下ダム「二峰圳」(にほうしゅう)を建設したことで、今も現地ではよく知られている人物である。環境に優しいダムとして台湾人研究者がこれを研究し続けていることと、今もダムが機能し続けており、現地の人々から感謝されている為である。

ところが彼の郷里である袋井では、そのことは、つい最近までまったく知られていなかった。信平の息子である鳥居鉄也のことは南極観測越冬隊長を務めた人物として地元ではよく知られており、袋井図書館で紹介展が開かれたこともある。しかし信平のことは、誰も注目する人がいなかった。地元でも、日本全体でも、である。息子の鉄也自身でさえ、父が台湾でどのような仕事をしていたかを知らなかったというから、止むを得ないことではある。

そのような中であって、鳥居信平の存在をクローズアップして紹介したのは、フリージャーナリストの平野久美子女史である。既に台湾に関する著作を何冊も著している平野氏が、台湾で取材中に鳥居信平のことを知り、彼のことを調べ始めた。調査は信平の生まれ故郷である袋井市にも及んでいる。それらの調査結果をまとめて発表したのが、月刊雑誌『諸君!』2008年3月号に平野氏が書いた「感動秘話/日本・台湾=『水』の絆の物語/水利技師・鳥居信平の知られざる業績」であった。筆者もこの文書をたまたま誌上で見て、初めて鳥居信平の存在を知った。平野氏はその後、『正論』2009年2月号、『SAPIO』2009年5月27日・6月4日合併号に信平を紹介する文書を発表した。いずれも全国誌であり、平野氏の文筆活動のおかげで、鳥居信平のことが袋井市のみならず日本中に知られることとなった。さらに、それらをまとめた信平の伝記『水の奇跡を呼んだ男』(平野久美子著)が発行されたのも2009年のことである。台湾でも中国語版が発刊さ

れた。

また、台湾の実業家・許文龍氏も信平の業績に感心し、それを顕彰する意味で、自らの手で信平の胸像を2体作製した。1つは屏東県に、いま1つは袋井市に寄贈された。袋井市にそれが届いたのが、やはり2009年である。市ではこれを台座に据え付け、同年7月に袋井市の「月見の里学遊館」敷地内に設置し、除幕式を盛大に行った。式典で挨拶をした平野久美子氏は、地下ダムのお陰で台湾人と日本人との間の絆が今なお続いている、その「奇跡」は信平がもたらしたものが、今日ここに除幕式を祝うために台湾から、また袋井市内及び市外から沢山の人々が集まって来られたのは、もう1つの「奇跡」だと思います、それは皆さんが作った奇跡です、という主旨の発言をされたことが強く筆者の印象に残っている。

この時、序幕式に台湾の関係者を袋井に招いたことと、さらに同年11月に市長をはじめとする袋井市からの市民訪問団100名以上が富士山静岡空港からチャーター便で初めて台湾を訪れ、地下ダムの視察を行ったことで、袋井と台湾との間に新しい国際交流が芽生えたわけである。

なお、原田英之袋井市長は、『広報ふくろい』2009年9月1日号に寄せた文章の中で、東京で行われた同級生の集まりの席で互いが地元の自慢話をはじめた際に、市長は3人の「偉人」を取り上げ、川村驥山、鳥居信平、浅羽佐喜太郎を紹介した、と述べている。このうち鳥居信平は、一番最近になって、地元の偉人の仲間入りをしたことになる。

以上のような動きについては、新袋井フォーラム(民間有志の団体)の事務局長兼地域情報部会長である筆者も無関心ではいられないので、気が付いた時には参考になりそうな資料を逐次手元に残していた。鳥居信平だけでなく、袋井にゆかりのある他の人物に関する情報についても同様である。

ここに掲載する目録は、これまで筆者が個人的に集めてきた情報を備忘録程度のものでまとめていたものを土台にして、さらに改めて調査した情報を追加して一覧にしたものである。某る人に見せたところ、このようなリストは図書館にも

2010年3月5日受理

\* 総合情報学部人間情報デザイン学科 兼 理工学部情報システム学科

ないので、これを利用したいと思う人は他にもあるだろうから公にする価値はある、と言われた。意を強くして掲載することにした次第である。しかし、今回は鳥居信平とその息子鉄也の2名だけに限定した。紙数の都合による。その他の人物に関する情報は(2)として次回に回したい。

ただ、もともと意識的に集めようとして集めた訳ではなく、長い時間のうちに自然に集まってきた資料が土台であるから、100%完全な目録とは言えない。今回、まとめ直すに当たっては、

筆者が実見していない資料(多数有)であっても関連しそうな資料はWEB等を使って極力探し、目録としての精度を高めるべく努力はした。しかし、それでも遺漏や誤認等はあるかもしれない。利用する方には予め御寛恕を願う次第である。

同時に、本目録に未掲載の資料等をご存知の方、また目録記載情報のミス等にお気づきの場合は、是非とも筆者にお知らせ頂ければ幸いである。なお資料は原則として発行の古い順に並べてあり、不明箇所は空白のままにしている。

## 2. 鳥居信平関連資料 (とりいのぶへい 1883—1946)

※備考中の「鳥居有」は、鳥居に関する言及、紹介、または鳥居の文字が当該資料に含まれていることを示す。鳥居信平、鳥居鉄也と共に同じ。

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
1	「製糖事業が台湾に興るまで」	(記載なし)	『中外商業新報』	中外商業新報社	大正12年4月5日	二峰圳・有/神戸大学図書館・新聞記事文庫(WEB公開資料)
2	「台湾糖業政策の新傾向」	(記載なし)	『国民新聞』	国民新聞社	大正12年7月25日	二峰圳・有/同上
3	「経済予備知識/◇砂糖(十三)/台湾製糖株式会社」	(記載なし)	『国民新聞』	国民新聞社	大正13年11月20日	二峰圳・有/同上
4	「北部糖業の一転機(四)」	(記載なし)	『台湾日日新報』	台湾日々新報社	大正14年8月22日	鳥居有/同上
5	「台湾製糖の業績」	(記載なし)	『中外商業新報』	中外商業新報社	昭和2年12月23日	二峰圳・有/同上
6	「糖業界の制覇益々固き/台湾製糖株式会社」	(記載なし)	『中外商業新報』	中外商業新報社	昭和6年6月25日	二峰圳・有/同上
7	『伏流水利用に依る荒蕪地開拓～臺灣製糖株式会社萬隆農場創設並に其経過』	鳥居信平	—	(不明)	1935年	全18頁
8	『南方農業管見～計畫農業と水利問題』(東亞農業研究資料・第1輯)	中央農業協力會・編、鳥居信平・述	—	中央農業協力會	1942年	全22頁
9	「科学技術審議會/委員の顔触れ決る/民間五十五氏起用」	(記載なし)	『大阪朝日新聞』	株式会社朝日新聞社	昭和17年12月29日	鳥居有/神戸大図書館・新聞記事文庫
10	『故長谷川喜三郎氏遺稿集～山梨の史話～』	山梨町三育會編	—	山梨町三育會	昭和57年2月	73頁に鳥居有、鉄也も有/袋井図書館蔵書で確認
11	「レファレンス/台湾製糖業における『鳥居信平』氏」	村松隆代	『静岡県立中央図書館だより』No.296	静岡県立中央図書館・編集発行	平成17年5月・6月合併号	2頁
12	「感動秘話/日本・台湾＝「水」の絆の物語/水利技師・鳥居信平の知られざる業績」	平野久美子	『諸君!』	文芸春秋社	2008年3月号	188～197頁
13	「南台湾が語り継ぐ農業土木技師:鳥居信平/(コスモポリタン)」	平野久美子	『水士の知』第76巻4号	農業農村工学会誌	2008年4月	369～371頁
14	「地下ダム二峰圳を造った農業土木技師～台湾が今も語り継ぐ鳥居信平」	平野久美子	『土地改良』第46巻3号	土地改良建設協会	2008年7月	2～9頁
15	「郷土の誇り/(原田市長の散歩道)」	原田英之(袋井市長)	『広報ふくろい』	袋井市	2008年9月1日	20頁
16	「南台湾が語り継ぐ/農業土木技師・鳥居信平」	平野久美子	『会報台湾ズクラブ』第21号	台湾ズクラブ(静岡)	2008年10月21日	1～5頁
17	「父・鳥居信平を語る」	鳥居鉄也	『会報台湾ズクラブ』第21号	台湾ズクラブ(静岡)	2008年10月21日	6～7頁
18	「袋井市出身の偉大な水利技師・鳥居信平ものがたり」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成21年1月15日	7頁
19	「台湾が愛した日本人…/今甦る『鳥居信平』伝説」	平野久美子	『正論』	産経新聞社	平成21年2月号	268～277頁
20	『台日水の牽絆・識水柔情・鳥居信平的故事』	平野久美子	—	屏東県政府文化処	2009年4月	No.43の平野氏のHP内の記事を参照
21	「あの国のどこかで—この国のどこかで・特別版—/第12回 86年前、台湾南部の荒野で/日本統治時代、日本と台湾を「水の絆」で結んだある日本人技師がいた」	平野久美子	『SAPIO』	小学館	2009年5月27日・6月4日合併号	76～79頁
22	『水の奇跡を呼んだ男～日本初の環境型ダムを台湾につくった鳥居信平～』	平野久美子	—	産経新聞出版(発売は日本工業新聞社)	平成21年6月5日	全234頁

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
23	「(静岡の!? 記者が走る)/袋井の偉人鳥居信平/エコ先駆け『奇跡』のダム/再評価 台湾から胸像」	夏目貴史(袋井通信部)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2009年6月28日	第33面社会面
24	「80余年を経て 次代の緑化技術へ/日本人技師による「地下ダム」 新たな台日交流の予感」	(記載なし)	『台湾新聞』(東京発行/月刊新聞)	(有)臺灣新聞社	平成21年7月号	第1面
25	「鳥居信平氏胸像の除幕式/郷里の静岡県袋井市で開催」	(記載なし)	『台湾新聞』(東京発行/月刊新聞)	(有)臺灣新聞社	平成21年7月号	第4面
26	「日台つなぐ 環境ダム/技師の鳥居信平 たたえ 胸像あす序幕」	(記載なし)	『産経新聞』	産経新聞社	平成21年7月11日	第22面(静岡県版で確認)
27	「鳥居信平氏 胸像除幕式」(リーフレット)	袋井市	—	袋井市	平成21年7月12日	A3版用紙1枚の表裏に印刷したものを2つ折にしてA4サイズにした全4面の印刷物。
28	「『水使うたびに感謝』/鳥居信平胸像 袋井で除幕式/台湾と交流の“新芽”に」	夏目貴史(袋井通信部)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2009年7月13日	第24面社会面
29	「台湾で地下ダム建造/鳥居の功績しのぶ」	(記載なし)	『産経新聞』	産経新聞社	平成21年7月13日	第21面(静岡県版で確認)
30	(テレビ番組)「鳥居信平氏胸像序幕式/(街のビデオレポート)」「街のビデオレポート」は番組名】	—	「チャンネル・ウィンディ(浜松)」(チャンネル名)	ケーブル・ウィンディ(浜松のケーブルテレビ)	平成21年7月15日放映(但し小栗が確認したこの日時以外にも多数レポート放映されている)	約5分
31	(テレビ番組)「台湾南部を潤した日本人技師・鳥居信平」	(ゲスト解説・袖原正敬)	—	日本文化チャンネル桜(衛星放送)	平成21年7月15日放送	約26分
32	「台湾から鳥居信平の胸像/地下ダム建設の功績/(時評)」	志村史夫	『静岡新聞』(全県版)	静岡新聞社	平成21年8月11日	第5面
33	「日本統治時代、台湾と日本を水の絆で結んだ日本人が知らない「日本人」/『水の軌跡を呼んだ男』平野久美子著・産経新聞出版/「時代」の肖像/(書園倶楽部)」	評者・笹幸恵(ジャーナリスト)	『SAPIO』	小学館	2009年9月9日号	44頁
34	「(最近、面白い本読みましたか/著者インタビュー)/『水の奇跡を呼んだ男〜日本発の環境型ダムを台湾につくった鳥居信平』/平野久美子さん」	(記載なし)	『クロワッサン』第33巻第18号	マガジンハウス	2009年9月25日	114~115頁
35	「地下ダム『二峰圳』が教えてくれたこと〜台湾と袋井〜」	平野久美子	『新袋井フォーラム会報』第17号	新袋井フォーラム	2009年10月1日	1~3頁
36	「鳥居信平の農業水利遺産・地下ダム二峰圳が結ぶ日台の絆」	平野久美子	『土地改良』第47巻4号	土地改良建設協会	2009年10月	2~4頁
37	「鳥居信平氏 胸像序幕式」	(記載なし)	『会報タイワズクラブ』第22号	タイワズクラブ(静岡)	2009年10月18日	7頁
38	「鳥居信平氏胸像除幕式に『自主参加』」	小栗勝也	『会報タイワズクラブ』第22号	タイワズクラブ(静岡)	2009年10月19日	8~10頁
39	「郷土人の偉業 台湾で実感/ダム建設に尽力・鳥居信平氏/袋井市長、市民ら現地交流」	栗田秀之【屏東県(台湾南部)】	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2009年11月13日	第30面社会面
40	「訪台の様子 HP で公開/屏東県政府/袋井市長らダム視察」	(記載なし)	『中日新聞』(中・東遠版)	中日新聞社	平成21年11月14日	第15面
41	「台湾屏東県を訪ねて/(原田市長の散歩道)」	原田英之	『広報ふくろい』	袋井市	2009年12月1日	18頁
42	「水の奇跡を呼んだ男—鳥居信平氏の偉業を讃えて—」(パンフレット)	松本長平	(私家版パンフレット)	松本長平(袋井市大門3-5【パン表紙に以上の住所記載有])	(2010年1月)【注:年賀状の紹介があること、小栗が入手したのが2月初めであることから時期を推定】	全6頁
43	(WEB)「平野久美子—HIRANO KUMIKO—」(平野久美子氏自身のホームページ)	平野久美子	http://www.hilankumiko.jp/	—	(2010年1月小栗確認)	鳥居有
44	(WEB)「農学賞および日本農学賞受賞総覧」	日本農学会	http://www.ajass.jp/prize_1.html	—	(2010年1月小栗確認)	鳥居有

以上

## 3. 鳥居鉄也関連資料 (とりいてつや 1918—2008)

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
1	「乗鞍岳を中心とする地球化学的研究-1-」	鳥居鉄也・他	『温泉科学』第6巻第2号	日本温泉科学会	1954年10月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
2	「乗鞍岳を中心とする地球化学的研究-2-」	鳥居鉄也・他	『陸水学雑誌』第17巻第1号	日本陸水学会	1955年3月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
3	「オルソ・ニトロソレゾルシンモノメチルエーテルによる二価鉄の新比色定量法」	鳥居鉄也	『日本化学雑誌』第76巻第3号	日本化学会	1955年3月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
4	「オルソ・ニトロソレゾルシンモノメチルエーテルによるニッケル地金およびニッケル合金中のコバルトの定量法」	鳥居鉄也	『日本化学雑誌』第76巻第6号	日本化学会	1955年6月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
5	「鉱泉中のコバルトの分布について-1-」	鳥居鉄也	『日本化学雑誌』第76巻第6号	日本化学会	1955年6月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
6	「植物中のコバルトの分布について」	鳥居鉄也	『日本化学雑誌』第76巻第6号	日本化学会	1955年6月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
7	「e-ニトロソレゾルシンモノメチルエーテルの比色用有機試薬としての応用について」	鳥居鉄也・他	『日本化学雑誌』第76巻第7号	日本化学会	1955年7月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
8	「東オングル島池水の化学組成について」	菅原健、鳥居鉄也	『南極資料』第7号	文部省	1959年7月31日	425～427頁/同誌の頁はCiNiiの表示通り。以下同誌の論文は全てCiNii公開の本文で確認した
9	「ケープタウン・南極リュッツォウホルム湾間の海水中の栄養塩類に関する化学的調査」(英文)	鳥居鉄也、吉田栄夫、平山善吉	『南極資料』第8号	文部省	1959年10月31日	482～498頁
10	「昭和基地の装備概況～とくに繊維製品を中心として」	鳥居鉄也	『化繊月報』第14巻第10号	日本化学繊維協会	1961年7月	CiNii(国立情報学研究所の学術論文検索サイト)で確認
11	「第4次越冬隊やまと山脈調査旅行報告(予報)～I一般報告」(英文)	鳥居鉄也	『南極資料』第13号	文部省	1961年10月	1075～1076頁
12	「The Cobalt Content of Human Body」	山県登、村田貞雄、鳥居鉄也	『Journal of Radiation Research』Vol.3, No.1	The Japan Radiation Research Society	1962年3月	4～8頁/CiNiiで確認
13	「北極、南極の海洋化学/(＜特集＞海の化学)」	鳥居鉄也	『化学教育』第12巻第4号	日本化学会	1964年12月	440～447頁 CiNiiで公開有
14	「極地」第1号～第80号(通号表記を用いた。袋井市立浅羽図書館の所蔵が80号まで。以降の調査は未。編集発行人及び発行母体の理事長が鳥居のため、関係資料として掲げた。)	1～59号まで「編集兼発行人」=鳥居信平。60号以降は鳥居は発行母体の理事長。	—	財団法人日本極地研究振興会	昭和40年8月31日～平成17年3月10日(年2回発行)	浅羽図書館蔵。以下の『極地』掲載論文も同図書館所蔵資料で調査した。
15	「アメリカの水中観測室」	鳥居鉄也	『極地』第2号	財団法人日本極地研究振興会	昭和41年2月28日	44頁
16	「南極海およびインド洋海域における海水中の銅および亜鉛の含有」(英文)	鳥居鉄也・他	『日本海洋学会誌』第22巻第2号	日本海洋学会	1966年4月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
17	「南極Victoria LandのDry Valley調査報告～1. 南極Victoria LandのMiers Valleyに産するEvaporiteについて」	鳥居鉄也、村田貞雄、吉田栄夫、小坂丈子、山県登	『南極資料』第27号	国立科学博物館	1966年12月20日	2109～2120頁
18	「南極大陸の現状と将来の展望」	鳥居鉄也	『都市銀行研修会講義集・第13回』	東京銀行協会	1967年	国会図書館OPAC・和図書索引で確認
19	「南極Victoria LandのDry Valley調査報告～II. 調査の概要および湖の水溫」(英文)	鳥居鉄也、山県登、長連英	『南極資料』第28号	国立科学博物館	1967年3月31日	2225～2238頁
20	「南極Victoria LandのDry Valley調査報告～IV. 南極の菌類に関する研究～2. Vanda湖の菌類相」(英文)	杉山純多、杉山佳子、飯塚広、鳥居鉄也	『南極資料』第28号	国立科学博物館	1967年3月31日	2247～2256頁
21	「南極Victoria LandのDry Valley調査報告～V. 湖水の化学成分」(英文)	山県登、鳥居鉄也、村田貞雄	『南極資料』第29号	国立科学博物館	1967年8月31日	2339～2361頁
22	「南極Victoria LandのDry Valley調査報告～VII. Ross島とOngul島の池水の化学成分の比較」(英文)	山県登、鳥居鉄也、村田貞雄、綿抜邦彦	『南極資料』第29号	国立科学博物館	1967年8月31日	2368～2375頁

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
23	「福島紳隊員のこと」	鳥居鉄也	『極地』第7号	財団法人日本極地研究振興会	昭和43年6月30日	18~19頁
24	「第八次南極観測越冬隊記録(内陸調査)/『ふじ船上座談会』」	鳥居鉄也・他	『極地』第7号	財団法人日本極地研究振興会	昭和43年6月30日	24~27頁
25	「トピックス/プラトーにおける日米交歓パーティー」	鳥居鉄也	『極地』第7号	財団法人日本極地研究振興会	昭和43年6月30日	37頁
26	「南極隊の防寒装備」	鳥居鉄也	『化繊月報』第21巻第11号	日本化学繊維協会	1968年11月	7~14頁/CiNiiで確認
27	「昭和基地周辺に産する Evaporite ならびに黄色塩類の鉱物組成」	兼島清、鳥居鉄也、宮平勝昭	『南極資料』第33号	国立科学博物館	1968年12月28日	39~52頁
28	「第8次南極地域観測越冬隊報告~1967-1968」	鳥居鉄也	『南極資料』第33号	国立科学博物館	1968年12月28日	1~26頁
29	「極点旅行隊を迎えて」	鳥居鉄也	『極地』第8号	財団法人日本極地研究振興会	昭和44年2月28日	44~45頁
30	『南極大陸』	鳥居鉄也	—	(記載なし)	1969年3月	全40頁/ Webcat Plusで確認
31	「南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告~VIII. ドンファン池における南極石の産出—経年変化と晶出の条件」(英文)	鳥居鉄也、村田貞雄、小坂丈予、山県登	『南極資料』第37号	国立科学博物館	1970年3月10日	26~32頁
32	『南極』	鳥居鉄也編(監修・日本極地研究振興会)	—	毎日新聞社	昭和45年7月20日第1刷、同年11月30日第2刷	全205頁(図版解説共)/袋井図書館蔵書で確認
33	「新刊紹介/『南極』写真集発刊」	(記載なし)	『極地』第11号	財団法人日本極地研究振興会	昭和45年7月30日	44頁/鳥居編の本の紹介
34	『南極の氷』(科学ブックス8)	鳥居鉄也	—	共立出版	1971年1月	全160頁
35	「書架/書評/南極の氷/共立出版刊 鳥居鉄也著」	山県登	『極地』第12号	財団法人日本極地研究振興会	昭和46年1月31日	62頁
36	「南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告~IX. 1970-1971年の Dry Valley 調査—地球物理学的研究を中心とした—について(予報)」	吉田栄夫、田佐悠紀、森脇喜一、鳥居鉄也	『南極資料』第42号	国立科学博物館極地研究センター	1971年12月15日	65~87頁/ 現物にある「田佐」の表記は「由佐」の誤植と推定
37	『ペンギンのくに (科学のアルバム 18)』	鳥居鉄也	—	あかね書房	( Webcat Plus の登録情報では 1972年刊/袋井図書館蔵書には奥付に「1989年11月発行」とあるが、その下に「1972 printed in Japan」の記載も有)	全54頁/袋井図書館蔵書で確認 →恐らく72年が初版刊行で、以後再版されたものと推測する
38	「極地旅行の衣と食」	鳥居鉄也、川崎巖	朝日新聞社編『探検と冒険~朝日講座 6』	朝日新聞社	1972年	国会図書館OPAC・和図書索引で確認
39	「ドライバレー地域の深層掘削計画」	鳥居鉄也	『極地』第15号	財団法人日本極地研究振興会	昭和47年8月30日	62~63頁
40	「南極 Victoria Land の Dry Valley 調査報告~X. 1971-1972年の Vanda 湖を中心とした地球物理および地球化学的調査について(予報)」	鳥居鉄也、由佐悠紀、中尾欣四郎、橋本文夫	『南極資料』第45号	国立科学博物館極地研究センター	1972年11月21日	76~88頁
41	「南極隊が使用している装備~主として繊維製品について~/ (展望)」	鳥居鉄也	『繊維と工業』第5巻第11号	繊維学会	1972年11月	495~506頁/国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
42	『南極』	鳥居鉄也・他編	—	共立出版	1973年8月	全741頁/ Webcat Plusで確認
43	「DVDニュース」	鳥居鉄也	『極地』第17号	財団法人日本極地研究振興会	昭和48年8月30日	57~58頁
44	「うまかった南極の老魚/(ぶろむなあと)」	鳥居鉄也	『科学朝日』第34巻第3号	朝日新聞社	1974年3月	国会図書館OPAC・雑誌記事索引で確認
45	「ドライバレー掘削プロジェクト/(セミナー)」	鳥居鉄也	『学術月報』第27巻第7号	日本学術振興会	1974年10月	443~449頁 / CiNiiで確認
46	「ドライバレー掘削調 1973-74年隊報告」	鳥居鉄也、中井信之、倉沢一、吉田栄夫、綿抜邦彦、大野正一、森川日出貴、中井紘一	『南極資料』第51号	国立極地研究所	1974年12月27日	67~98頁

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
47	「南極～無騒音の世界/(講演)」	鳥居鉄也	『日本音響学会誌』第31巻第1号	日本音響学会	1975年1月1日	24～31頁
48	『Geochemical and geophysical studies of dry valleys, Victoria Land in Antarctica』	edited by Tetsuya Torii	—	National Institute of Polar Research	1975年	全89頁
49	『南極大陸』【地図資料】	鳥居鉄也編、原田美道監修	—	日本極地研究振興会	1975年	1枚/国会図書館OPAC・和図書索引で確認
50	「ドライバレー掘削プロジェクト第一回セミナー」	綿抜邦彦	『極地』第20号	財団法人日本極地研究振興会	昭和50年1月30日	40～43頁/鳥居有
51	「Haymaker 博士の憶い出」	白木博次	『極地』第21号	財団法人日本極地研究振興会	昭和50年7月30日	1頁/鳥居有
52	「南極の温泉～火山活動を中心として」	鳥居鉄也	『温泉科学』第26巻第2・3号	日本温泉科学会	1975年11月	59～73頁/ CiNiiで確認
53	「南極の資源調査はどこまで/(そこが聞きたい)」	鳥居鉄也、大町北一郎	『科学朝日』第36巻第7号	朝日新聞社	1976年7月	70～75頁/ CiNiiで確認
54	「資源を秘めた南極大陸」	鳥居鉄也	『科学朝日』第36巻第7号	朝日新聞社	1976年7月	7～15頁/ CiNiiで確認
55	「ドライバレー掘削調 1974・75 年隊報告」	神沼克伊、鳥居鉄也、倉沢一、加藤喜久雄、和栗修	『南極資料』第56号	国立極地研究所	1976年7月30日	54～69頁
56	「オーロラの下で徹夜マージャン」(講演要約)	鳥居鉄也	『ファイナンス』第12巻第5号	大蔵財務協会	1976年8月	21～25頁
57	「南極地球化学シンポジウム の話題」	倉沢一	『極地』第24号	財団法人日本極地研究振興会	昭和52年1月30日	32～37頁/鳥居有
58	「Introduction」(英文)	Tetsuya Torii & Kunihiko Watanuki	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	巻頭ii頁
59	「南極塩湖の化学的特徴」	鳥居鉄也、山県登、中谷周、村田貞雄	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	9～19頁
60	「ドライバレー地域の塩湖の栄養塩分布について」	中谷周、鳥居鉄也、山県登	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	20～31頁
61	「ぬるめ池の2層構造について」	佐野方昂、中井信之、鳥居鉄也	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	63～68頁
62	「南極オアシスにおける堆積物、水試料中の微量元素の分布に関する地球化学的研究～その1. DVD13 コア試料およびベストフォールド・ヒルズの堆積物中のRaの含有」(英文)	堀内公子、鳥居鉄也、村上悠紀雄	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	69～80頁
63	「ぬるめ池の微量元素の鉛直分布」	佐野方昂、中井信之、鳥居鉄也	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	108～115頁
64	「ドンファン湖盆の塩収支」(英文)	鳥居鉄也、山県登、小坂文子、村田貞雄	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	116～130頁
65	「昭和基地周辺に生息する生物の生体内金属分布」	三島昌夫、山県登、鳥居鉄也	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	145～153頁
66	「南極昭和基地における大気中窒素酸化物(NOx)の連続測定」(英文)	安孫子勤、鳥居鉄也	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	237～243頁
67	「南極の塩湖の同位体地球化学的研究」(要旨のみ)	松葉谷浩、酒井均、鳥居鉄也	『南極資料』第58号	国立極地研究所	1977年3月30日	276頁
68	『南極大陸～南極観測20年の歩み～南極展』	鳥居鉄也・編	—	日本極地研究振興会	1977年7月	全48頁/ Webcat Plus の表示通り
69	「1976-77年マクマード周辺調査記」	神沼克伊	『極地』第25号	財団法人日本極地研究振興会	昭和52年7月30日	12～18頁/鳥居有
70	「南極湖沼の地球化学的特徴」(英文)	綿抜邦彦、鳥居鉄也、村山治太、平林順一、佐野方昂、安孫子勤	『南極資料』第59号	国立極地研究所	1977年8月30日	18～25頁

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
71	「1976-1977年マクマードサウンド地域国際共同観測報告」	神沼克伊、鳥居鉄也、矢内柱三、松本源喜、田中良樹	『南極資料』第60号	国立極地研究所	1977年11月30日	132~146頁
72	「南極のサムライたち」	高木四郎	『極地』第26号	財団法人日本極地研究振興会	昭和53年1月30日	30~36頁/「鳥居センセ」有
73	「南極の魚釣り」	鳥居鉄也	文化出版局編『NHK「趣味の手帳」より釣り」と私』所収	文化出版局	昭和53年3月20日	65~77頁/袋井図書館蔵書で確認
74	「乗鞍・立山・戸田訓練の思い出」	朝比奈菊雄	『極地』第27号	財団法人日本極地研究振興会	昭和53年7月15日	2~6頁/鳥居有
75	「第3回南極地質・地球物理シンポジウム」	神沼克伊	『極地』第27号	財団法人日本極地研究振興会	昭和53年7月15日	47~49頁/鳥居有
76	『南極の水』	鳥居鉄也	—	共立出版	1979年	全160頁
77	「南極地学総合シンポジウムの反省」	神沼克伊	『極地』第28号	財団法人日本極地研究振興会	昭和54年1月30日	36~39頁/鳥居有
78	「中国講演旅行」	山県登	『極地』第30号	財団法人日本極地研究振興会	昭和55年1月30日	41~42頁/鳥居有
79	「齋藤尚一氏のご寄付」	(記載なし)	『極地』第31号	財団法人日本極地研究振興会	昭和55年7月30日	39頁/鳥居有
80	「中華人民共和国国家海洋局極地考察訪日視察団」	鳥居鉄也	『極地』第31号	財団法人日本極地研究振興会	昭和55年7月30日	59~60頁
81	「うまかった南極の老魚」	鳥居鉄也	『魚~自然読本』所収	河出書房新社	1980年8月	東京都立図書館web検索で確認
82	「南極観光飛行の遭難」	鳥居鉄也	『極地』第32号	財団法人日本極地研究振興会	昭和56年1月10日	46~47頁
83	「昭和基地周辺の湖沼水のモニタリング」(英文)	村山治太、綿抜邦彦、中谷周、久保田秀紀、鳥居鉄也	『南極資料』第73号	国立極地研究所	1981年9月30日	113~123頁
84	『南極外史』	鳥居鉄也、原田美道、鈴木康・編	—	日本極地研究振興会発行(発売:丸善)	1981年11月25日	全279頁/鳥居は「福島神君のこと」「あとがき」を執筆
85	『南極外史』の刊行のお知らせ」	(記載なし)	『極地』第34号	財団法人日本極地研究振興会	昭和56年12月25日	41頁/鳥居有
86	『南極観測二十五年史』	文部省編	—	文部省発行	昭和57年1月20日	全532頁/鳥居有/袋井図書館蔵
87	『故長谷川喜三郎氏遺稿集~山梨の史話~』	山梨町三育会編	—	山梨町三育会	昭和57年2月	73頁に鳥居有、信平も有/袋井図書館蔵
88	「1980-1981年ドライバレー地域調査報告」	中谷周、鳥居鉄也、長連英、和田英太郎、松本源喜	『南極資料』第74号	国立極地研究所	1982年2月27日	324~329頁
89	「1976-77年夏期における南極マクマードオアシスの塩湖の栄養塩類」(英文)	松本源喜、田中良樹、鳥居鉄也	『南極資料』第74号	国立極地研究所	1982年2月27日	109~118頁
90	「南極バンダ湖の微量金属の分布とその起源」(英文)	増田宣泰、西村雅吉、鳥居鉄也	『南極資料』第75号	国立極地研究所	1982年3月31日	25~36頁
91	「ニュージーランドの南極観測25周年式典に参列して」	鳥居鉄也	『極地』第35号	財団法人日本極地研究振興会	昭和57年7月31日	19~20頁
92	「中国の塩湖とドライバレー」	中尾欣四郎	『極地』第35号	財団法人日本極地研究振興会	昭和57年7月31日	21~24頁/鳥居有
93	「中国科学者とドライバレーを歩く」	由佐悠紀	『極地』第35号	財団法人日本極地研究振興会	昭和57年7月31日	19~20頁/鳥居有
94	「日本人名のついた南極の地名」	楠 宏	『極地』第35号	財団法人日本極地研究振興会	昭和57年7月31日	57~59頁/鳥居にちなんだ「Torii Glacier」(トリエ氷河)の紹介有
95	「インド隊南極大陸へ上陸か」	鳥居鉄也	『極地』第35号	財団法人日本極地研究振興会	昭和57年7月31日	60~61頁
96	「ゴットランド号の遭難」	鳥居鉄也	『極地』第35号	財団法人日本極地研究振興会	昭和57年7月31日	62~63頁
97	「1981-1982年ドライバレー地域調査報告」	村井治太、由佐悠紀、松本源喜、鳥居鉄也	『南極資料』第79号	国立極地研究所	1983年9月30日	134~144頁

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
98	「ドンファン湖盆の塩類の化学成分の起源について」(英文)	富山千里、北野康、鳥居鉄也	『南極資料』第79号	国立極地研究所	1983年9月30日	11~29頁
99	「一枚一枚ペールを脱ぐ南極大陸」	(対談)鳥居鉄也、小川邦夫	『通産ジャーナル』第16巻第9号	(記載なし)	1983年12月	76~84頁/ CiNiiで確認
100	「自然に親しむ」	鳥居鉄也	「作者・二十四名」、上山義雄・編『道8 昭和の一人一話集』所収	発行所:中統教育図書(但し「非売品」)	昭和59年6月21日	121~126頁/袋井図書館蔵書で確認
101	『二十年のあゆみ』(奥付の書名は『財団法人日本極地研究振興会20年のあゆみ』)	鳥居鉄也=編集責任者	—	財団法人日本極地研究振興会	1984年10月31日(非売品)	全56頁/袋井図書館蔵
102	『日本南極地域観測隊総員集合~第1次隊から第25次隊まで』	大瀬正義=編集責任者	—	財団法人日本極地研究振興会	昭和59年11月8日	全85頁/鳥居有/袋井図書館蔵
103	「南極と静電気(静電気コンコース)」	鳥居鉄也	『静電気学会誌』第9巻第1号	静電気学会	1985年1月	6~7頁/ CiNiiで確認
104	「中国首次南大洋及び南極洲考察」	鳥居鉄也	『極地』第40号	財団法人日本極地研究振興会	昭和60年2月8日	47頁
105	『南極大陸~南極観測25年の歩み』	鳥居鉄也・他編	—	財団法人日本極地研究振興会	1985年3月	全48頁/ Webcat Plusで確認
106	「鳥居ラボオープン」	中谷周	『極地』第41号	財団法人日本極地研究振興会	昭和60年7月31日	39頁/鳥居有
107	「スコット基地の南極条約25周年式典」	鳥居鉄也	『極地』第41号	財団法人日本極地研究振興会	昭和60年7月31日	43~44頁
108	「1983-84年南極マクマードサウンド地域の地球化学的調査」	松本源喜、鳥居鉄也、川野田実夫、長連英、小畑芳春	『南極資料』第86号	国立極地研究所	1985年9月14日	108~118頁
109	「昭和基地周辺の湖沼における栄養塩およびDOCの鉛直分布」(英文)	福井深、鳥居鉄也、岡部史郎	『南極資料』第86号	国立極地研究所	1985年9月14日	28~35頁
110	「身近になった南極/(巻頭言)」	鳥居鉄也	『化学教育』第34巻第2号	日本化学会	1986年4月20日	97~98頁/ CiNiiで確認・本文公開
111	『南極海~市原基写真集』	市原基(写真)、鳥居鉄也(文)	—	岩波書店	1986年7月	Webcat Plusで確認。
112	「低温設営工学の発達」	鳥居鉄也	『鐵と鋼』第72巻第9号	日本鐵鋼協會	1986年7月1日	1255~1262頁/ CiNiiで確認
113	「それぞれの南極」	朝比奈菊雄	『極地』第43号	財団法人日本極地研究振興会	昭和61年8月30日	1頁/鳥居有
114	「南極2000」	鳥居鉄也	『極地』第46号	財団法人日本極地研究振興会	昭和62年2月10日	1頁
115	「南極パンダ湖における細菌の細胞サイズと現存量の垂直分布」	近田俊文、滝井進、福井学、楠岡泰、松本源喜、中谷周、鳥居鉄也	『南極資料』第31巻第2号(1986年から巻号表記に変更されている)	国立極地研究所	1987年7月31日	109~117頁
116	「ドライバレー地域調査報告1984-1985」	小村和久、中谷周、森本隆夫、鳥居鉄也	『南極資料』第31巻第3号	国立極地研究所	1987年11月30日	230~237頁
117	「南極南ビクトリアランドのラピルスにおける池水中の全有機炭素」(英文)	松本源喜、綿抜邦彦、鳥居鉄也	『南極資料』第31巻第3号	国立極地研究所	1987年11月30日	171~176頁
118	「瑞穂ヶ丘から南極へ」	鳥居鉄也(30回)【鳥居は八高第30回卒業生】	『わが友若き旅人よ~八高八十年祭記念誌』所収	八高創立八十年祭実行委員会編集発行	1988年10月10日	136~139頁/袋井図書館蔵書で確認
119	『広報ふくろい縮刷版(第1巻)』	地域振興課広報公聴係・編	—	袋井市役所	昭和63年5月15日	538頁に「鳥居越冬隊長の壮行会を挙げる」(『広報ふくろい』昭和41年12月1日、1頁)の記事有り/袋井図書館蔵
120	「南極南ビクトリアランドのラピルスにおける池水中の塩起因:リチウムとほう素からの考察」(英文)	高松信樹、松本源喜、中谷周、鳥居鉄也	『南極資料』第32巻第2号	国立極地研究所	1988年7月30日	103~112頁
121	「南極南ビクトリアランドのドライバレー地域における塩湖のストロンチウム」	三好登和子、今橋正征、鳥居鉄也	『南極資料』第32巻第2号	国立極地研究所	1988年7月30日	113~128頁
122	「木村健二郎先生のご逝去を悼む」	鳥居鉄也	『温泉科学』第38巻第4号	日本温泉科学会	1988年10月	巻頭2頁/ CiNiiで確認
123	「茅誠司先生の思い出」	鳥居鉄也	『極地』第48号	財団法人日本極地研究振興会	平成元年2月20日	5~7頁



No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考
124	「南極ドライバレー地域におけるエーゾルの化学成分濃度」	中谷周、増田宣泰、鳥居信也、鳥居鉄也	『南極資料』第33巻第1号	国立極地研究所	1989年3月30日	10～16頁
125	「白骨温泉地域における自然電位および土壌空気中のラドン測定による新源泉の探査」	大橋収司、村田貞雄、鳥居鉄也	『温泉科学』第40巻第3号	日本温泉科学会	1990年1月	71～79頁/ CiNiiで確認
126	『こおりのくにのペンギン』	こわせたまみ(構成・文)、太田次郎(監修)、鳥居鉄也(指導)	—	チャイルド本社	1990年2月	全26頁/東京都立図書館 web 検索で確認
127	「編集会議にまるわる思い出」	近野不二男	『極地』第50号	財団法人日本極地研究振興会	平成2年2月28日	50頁/鳥居有
128	「ロス海周辺の史跡」	鳥居鉄也	『極地』第51号	財団法人日本極地研究振興会	平成2年8月20日	2～10頁
129	「村上悠紀雄先生のご逝去を悼む」	鳥居鉄也	『温泉科学』第41巻第2号	日本温泉科学会	1991年1月	巻頭2頁/ CiNiiで確認
130	「北極・南極を語る夕べ」	楠 宏	『極地』第52号	財団法人日本極地研究振興会	平成3年3月1日	50～51頁/鳥居有
131	「日本極地研究振興会の後援事業～その1. 研究助成金制度の現況～」	鳥居鉄也	『極地』第52号	財団法人日本極地研究振興会	平成3年3月1日	67～68頁
132	「南極ロス海へのクルーズ～フロンティア・スピリット号乗船記～」	鳥居鉄也	『極地』第53号	財団法人日本極地研究振興会	平成3年8月31日	3～11頁
133	「十周年を迎えた中国の南極観測」	鳥居鉄也	『極地』第53号	財団法人日本極地研究振興会	平成3年8月31日	11頁
134	『南極～Antarctica notes』	鳥居鉄也・楠 宏	—	フロンティア・クルーズ・ジャパン	1992年	全82頁/ Webcat Plus で確認
135	「個人会費値上げの御願い」	鳥居鉄也	『極地』第56号	財団法人日本極地研究振興会	平成5年3月1日	41頁
136	「トムソン氏勲三等瑞宝章叙勲」	鳥居鉄也	『極地』第58号	財団法人日本極地研究振興会	平成6年3月1日	3～5頁
137	「食糧座談会—II～冷凍パン、冷凍パン生地と旅行食～」	鳥居鉄也・他	『極地』第58号	財団法人日本極地研究振興会	平成6年3月1日	36～42頁
138	『南極大陸～南極観測の歩み(財団法人日本極地研究振興会30周年記念)』	(記載なし。但し発行人の名義が鳥居鉄也)	—	財団法人日本極地研究振興会	1994年4月19日	全48頁/袋井図書館蔵書で確認
139	「長い苦勞と信念が天に届いた」	鳥居鉄也	白川義員『南極大陸 白川義員写真集』所収	南極大陸写真展事務局	平成6年6月16日	82～85頁/袋井図書館蔵書で確認
140	『JARE DATA REPORT No.199 (GEO-CHEMISTRY2) ～Japanese Geochemical Data in the McMurdo Dry Valleys and on Ross Island, Antarctica』	Tetsuya TORII (Editor-in-Chief)	—	NATIONAL INSTITUTE OF POLAR RESEARCH	AUGUST 1994	全294頁/袋井図書館蔵書で確認
141	「財団創立30周年記念講演会開催のお知らせ」	(記載なし)	『極地』第59号	財団法人日本極地研究振興会	平成6年8月20日	62頁
142	「山田明吉理事を偲ぶ」	鳥居鉄也	『極地』第60号	財団法人日本極地研究振興会	平成7年3月15日	4頁
143	「ドライバレー地域の地学調査を振り返る」	鳥居鉄也	『極地』第60号	財団法人日本極地研究振興会	平成7年3月15日	20～24頁
144	「日本極地研究振興会創立30周年記念パーティー」	(記載なし)	『極地』第60号	財団法人日本極地研究振興会	平成7年3月15日	58頁/鳥居有
145	「創立30周年記念講演会開催報告」	鳥居鉄也	『極地』第60号	財団法人日本極地研究振興会	平成7年3月15日	59～60頁
146	「(巻頭言)理事長就任にあたって」	鳥居鉄也	『極地』第61号	財団法人日本極地研究振興会	平成7年8月15日	1頁
147	「南極の魚釣り」	鳥居鉄也	伊藤桂一・他編『集成日本の釣り文学・第三巻・まぼろしの魚』所収	作品社	1995年10月10日	234～242頁/袋井図書館蔵書で確認
148	「(新刊紹介)北極・南極～極地の自然環境と人間の営み～」	鳥居鉄也	『極地』第63号	財団法人日本極地研究振興会	平成8年8月10日	23頁
149	『ふしぎ大陸 南極展』 (注・袋井図書館の登録情報では漢字で「不思議」と登録されているが、平仮名が正しい)	ふしぎ大陸南極展図録編集委員会・編(注・鳥居は同展示会の実行委員の一人として記載有)	(注・袋井図書館登録情報では鳥居が本書解説を担当とされているが、現物を見る限り、その事実は確認できない)	国立科学博物館	1997年	全111頁+奥付等/袋井図書館蔵所で確認

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日	掲載頁／備考
150	「極地の地球化学」	鳥居鉄也	藤原鎮男編『地球化学の発展と展望』	東海大学出版会	1997年2月	東京都立図書館web検索で確認
151	「国際北極研究センター発足の紹介」	(記載なし)	『極地』第64号	財団法人日本極地研究振興会	平成9年2月10日	19頁/鳥居宛の私信を紹介
152	「(座談会)ドームふじ観測拠点第36次越冬座談会—I～厳しい環境下での掘削をめぐって～」	鳥居鉄也・他	『極地』第64号	財団法人日本極地研究振興会	平成9年2月10日	42～49頁
153	「(座談会)ドームふじ観測拠点第36次越冬座談会—II～厳しい環境下での生活～」	鳥居鉄也・他	『極地』第65号	財団法人日本極地研究振興会	平成9年8月1日	39～49頁
154	「“南極賞”の創設と第1回受賞」	(記載なし)	『極地』第66号	財団法人日本極地研究振興会	平成10年3月10日	3～4頁/鳥居有
155	「南極の地名の話～最近の国際的課題に関連して～」	吉田栄夫	『極地』第68号	財団法人日本極地研究振興会	平成11年3月1日	55～59頁/鳥居にちなんだ「トリイ氷河」有
156	「南極の新地名に日本人科学者3名の名前が登場」	(記載なし)	『極地』第69号	財団法人日本極地研究振興会	平成11年8月10日	18頁/鳥居にちなんだ「Mount Torii(鳥居山)」有
157	『三十五年のあゆみ』(奥付の書名は『財団法人日本極地研究振興会三十五年のあゆみ』)	鳥居鉄也＝編集責任者	(『極地別冊』第35巻第2号)	財団法人日本極地研究振興会	2000年3月10日	全54頁/鳥居は「序にかえて」35年の歴史から執筆/袋井図書館蔵書で確認
158	「本号特集の編集にあたって」	鳥居鉄也	『極地』第72号	財団法人日本極地研究振興会	平成13年3月1日	64頁
159	「南極探検の先駆者・鳥居鉄也資料コーナー」(リーフレット)	袋井市立図書館	—	袋井市立図書館	平成15年【下の注記を参照】	A4版1枚の表裏に印刷したものを三つ折にしたリーフレット/No.168のファイルにも収蔵有
160	「鳥居鉄也氏寄贈資料目録」(プリント綴資料)	袋井市立図書館	—	袋井市立図書館	平成15年【同上】	全11頁/No.168のファイルにも収蔵有
161	『南極大陸(財団法人日本極地研究振興会創設40周年記念)』	(記載なし。但し発行人の名義が鳥居鉄也)	—	財団法人日本極地研究振興会	2004年7月28日	全48頁/袋井図書館蔵/No.168のファイル内に収蔵
162	「財団40年の歩みを振り返って」	鳥居鉄也	『極地』第80号	財団法人日本極地研究振興会	平成17年3月10日	3～4頁
163	「財団法人日本極地研究振興会創設40周年を祝して」	舟橋正輝	『極地』第80号	財団法人日本極地研究振興会	平成17年3月10日	5～6頁/鳥居有
164	「財団法人日本極地研究振興会創設40周年記念祝賀会」	事務局	『極地』第80号	財団法人日本極地研究振興会	平成17年3月10日	74～75頁/鳥居有
165	『南極とともに～地球科学者として』	鳥居鉄也	—	私家版(製作・岩波出版サービスセンター)	2007年7月7日	全379頁/袋井図書館蔵書で確認
166	「鳥居鉄也先生のご逝去を悼む」	井上源喜	『地球化学』第42巻第4号	日本地球化学会	2008年	巻頭v～vii頁/複写物小栗所蔵
167	「名誉会員 鳥居鉄也先生のご逝去を悼む」	由佐悠紀	『温泉科学』第58巻第3号	日本温泉科学会	2008年12月	188～190頁/複写物小栗所蔵
168	「南極資料/極地研NEWSNo.171～/極No.1～」(袋井図書館独自のファイルの名称)	袋井図書館・編	(他の収録内容→南極大陸地図2003年、No.159～161の資料)	—	2009年9月(=袋井図書館OPAC上の登録情報)	ファイル1冊/袋井図書館蔵
169	「鳥居越冬隊長への手紙」	袋井市立山名小学校	—	(未公刊の自筆手紙文)	(記載なし)	1袋/A4版大の茶封筒に児童達の手紙が多数入れられている/袋井図書館蔵

以上

(注) No.159、160の資料の発行時期について補足しておく。No.159のリーフレットは、平成17年(2005年)に袋井市立袋井図書館2階展示室で鳥居鉄也に関する展示会が開かれた際に配布されていた資料で、小栗は同年7月に会場でこれを購入した。しかしこれより2年前の平成15年(2003年)11月に「鳥居鉄也資料コーナー」が同図書館に設置されたこと(同図書館HP「沿革」参照)、またこの資料には平成17年の合併による新袋井市誕生以前の古い市章と「袋井市立図書館」(合併により現在は「袋井市立袋井図書館」に名称変更)の名前が記載されていることから、この資料は合併前、平成15年の資料コーナー設置時に作られたものと推測される。No.160の資料についても、小栗がこれを購入した経緯は上と同じ。プリントをステープラーで綴じただけの資料で、この目録にも「袋井市立図書館」の記載があることから、上と同じ時期に作られたものと推測される。ここには鳥居氏が袋井市立図書館に寄贈した南極の石や南極に関する資料の目録と鳥居のプロフィール等が掲載されている。

## 創造体験教育「創造・発見」の平成21年度実施報告

A Report on the Educational Program "Exercises for Creation and Invention" in 2009

関山 秀雄<sup>\*1</sup>, 丹羽 昌平<sup>\*2</sup>, 土屋 高志<sup>\*2</sup>, 土肥 稔<sup>\*3</sup>, 恩田 一<sup>\*3</sup>,  
中村 壘<sup>\*4</sup>, 小林 久理真<sup>\*1</sup>, 山下 博通<sup>\*5</sup>, 望月 知徳<sup>\*5</sup>

Hideo SEKIYAMA<sup>\*</sup>, Shohei NIWA, Takashi TSUCHIYA, Minoru DOHI, Hazime ONDA,  
Rui NAKAMURA, Kurima KOBAYASHI, Hiromichi YAMASHITA and Tomonori MOCHIZUKI

**Abstract:** The educational program "Exercise for Creation and Invention" has been introduced into the curricula of the Shizuoka Institute of Science and Technology since 2004. This program includes the production of electrical and mechanical devices, the making of movies and videos, the creation of works of art, research on specific subjects and student works as volunteers. The results of this program in 2009 are reported and future prospects are discussed.

## 1 はじめに

静岡理工科大学の“やらまいか教育”の目的は、「学生が新しい体験をすることにより、自分の殻を破り、日常という土壌を豊かにする」ことであり、その方法の特徴は「自主的・主体的・実践的な授業形態」にある。この“やらまいか教育”の役割を担う履修科目「創造・発見」は平成16年度にスタートしてから本年度で6年目を迎えた<sup>1-7)</sup>。開始当初は5つの分野「ものづくりと創作活動」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」、「資格取得講座」、「コンテスト参加」から構成されていたが、やらまいか教育の目的や授業科目としての妥当性等を検討の結果、「資格取得講座」は授業科目「創造・発見」から除き、「コンテスト参加」は「ものづくりと創作活動」に統合することとなった。現在、「創造・発見」は「ものづくりと創作活動」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」の3分野から構成されている。さらに来年度には、この3分野をそれぞれ独立した3科目（「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」）とし、それぞれ内容をより一層、充実することが昨年度決定した。

本報告では、まず、平成21年度における「創造・発見」の実施結果、成果、問題点を述べたのち、今後の方向性について述べる。

## 2 平成21年度「創造・発見」について

### 2.1 目的

先に述べたように、本学の“やらまいか教育”の目的は「学生が新しい体験をすることにより、自分の殻を破り、日常という土壌を豊かにする」ということにある。学生に、日頃の授業等にはない新しい体験をさせることによって学生の興味、意欲を起こさせ、勉学意欲の向上をはかると

ともに、社会人基礎力（コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力、積極性、自主性、チャレンジ精神、実行力、責任感、目的意識など）の育成をはかる教育プログラムである。平たく言えば、学生の人間としての幅を広げ、学生を元気づけ、活力をもってもらうためのプログラムとすることができる。

上記の観点から、入学後のフレッシュマンセミナーや導入教育に引き続き、卒業研究を始めるまでの期間が最も履修に適した時期と言え、2～3年次を履修時期としている。また、履修内容も学生が自分の学科の専門にかかわらず受講できる内容とし、開講時間帯も2～3年生が全学部、全学科を通じて共通の時間帯に受講できるように時間割を設定してある。

### 2.2 活動分野

「創造・発見」は、現在、3つの異なる活動分野、「ものづくりと創作活動」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」から成り立っている。以下に詳細を述べる。

#### 2.2.1 「ものづくりと創作活動」

実際に手を動かして実物に触れながら行うものづくりや創作の活動である。創作の対象はさまざまなジャンルのものであり、たとえば、機械、装置、ロボット、電子回路、ソフトウェア、アート作品、CG作品、ビデオ作品等である。製作の基礎となる事柄の講義からはじめ、設計等も体験してもらう。なお、「ものづくりと創作活動」のテーマのうち、機械や装置等のハードウェアを製作するほとんどのものが、平成19年から本学の「やらまいかエデュケーションサイト」(略称YES)の中の夢創造ハウスで行われている。

#### 2.2.2 「テーマ研究」

自然科学、工学技術、社会科学、人文科学、芸術等の

2010年3月24日受理

<sup>\*1</sup>物質生命科学科, <sup>\*2</sup>機械工学科, <sup>\*3</sup>電気電子工学科

<sup>\*4</sup>総合情報学部, <sup>\*5</sup>学務課

幅広い分野からある一つのテーマを選択して、指導者の講義、指導をうけながら研究し、その成果をまとめるものである。「ものづくりと創作活動」に比べると、かなり“座学”にちかいものであるが、決して受身のものではなく、たとえば、調査研究をしたり、コンピュータシミュレーションの技術や電子顕微鏡の装置の取り扱い技術を身に着ける等のことができるものである。また、「絵本の魅力と読み聞かせ」のように、日常、忘れ去られているようなものを思い起こし、その意義を改めて深く考え、心を豊かにし今後の人生の糧にしてくれるようなものも含まれている。

### 2.2.3 「ボランティア活動」

外部の施設に出かけて行き、ボランティア活動を行うものである。対象となる施設は、地域の小学校、養護学校等の教育施設や他のさまざまな団体の施設がある。ボランティア活動を体験することにより、地域の人たちとの触れ合いを通じて、小学校や養護学校の教育の大切さ、すばらしさ、さらに世の中の諸問題やボランティアの果たす意義、重要性等を講義といくつかの体験を通じて学びとってもらうことを目的としている。学生にとって、世の中での自分の役割をあらためて考え、自分を見つめなおし、人間としての幅を広げ、今後の人生にとって役に立つものといえる。

### 2.3 「創造・発見」の履修と単位認定

「創造・発見」は、「創造・発見1」（1単位）、「創造・発見2」（1単位）と2科目あり、ともに通年科目であり、履修期間はそれぞれ1年間となっている。4月の初回授業のときに、各指導者によるテーマ説明会を実施する。その後、学生がどのテーマを履修するか、希望調査を行う期間を設け、最終的に履修者が確定し、活動が開始されるのは、5月初旬～中旬となる。また、1月末の成績認定の前に成果報告会を行う必要がある関係上、成果報告会は12月におこなっている。したがって、正味の活動期間は5月～11月の約半年間である。指導者には、その間、最低でも7回程程度の授業を行ってもらい、学生の自主的な活動や大学祭での展示発表、成果報告会での指導も行ってもらうことにしている。単位認定については、活動期間中の活動状況や報告書の点数の合計を100点満点として点数化し、50点以上を合格、50点未満を不合格として評価を行う。

### 2.4 運営体制

「創造・発見」は、各学科から選出された1～2名の教員が運営にあっている。今年度は、合計7名が科目担当教員として、科目の運営にあたった。表1に平成21年度の各学科の科目担当教員を示す。また、異なる3分野（ものづくりと創作活動、テーマ研究、ボランティア活動）に分かれているため、7名の教員を3グループに分け、それぞれにリーダーにあたる教員を決め、科目運営をおこなっている。今年度は、個々のテーマの指導については、学内教員14名、学内技術職員3名、学外からの教育指導員12

名が指導にあたった。

表1. 「創造・発見1」、「創造・発見2」の科目担当教員。

機械工学科	丹羽 昌平 教授 <sup>*3</sup> 土屋 高志 准教授
電気電子工学科	土肥 稔 准教授 <sup>*1</sup> 恩田 一 教授
総合情報学部	中村 壘 講師 <sup>*2</sup>
物質生命科学科	小林 久理真 教授 関山 秀雄 准教授 (総括責任者)

\*1 「ものづくりと創作活動」のリーダー

\*2 「テーマ研究」のリーダー

\*3 「ボランティア活動」のリーダー

## 3 平成21年度の「創造・発見」の実施および結果

### 3.1 平成21年度の「創造・発見」のテーマ

表2に今年度開講した「創造・発見」の3分野である「ものづくりと創作活動」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」について、各テーマの概要を指導者、履修者数とともに示す。テーマ数では、「ものづくりと創作活動」が19テーマ（昨年度16テーマ）、「テーマ研究」が4テーマ（昨年度4テーマ）、「ボランティア活動」が5テーマ（4テーマ）である。昨年度に比べて、「ものづくりと創作活動」で3テーマ、「ボランティア活動」で1テーマ増えた。

### 3.2 平成20年度の履修学生の募集と活動状況

「創造・発見」の履修にあたって、学生には初回授業の4月15日（水）5時限にガイダンスと各テーマの説明会を行い、履修学生の募集を行った。今年度は、各学生に履修したいテーマを第1希望から第5希望まで書かせて、調整を行った。第1希望が殺到したテーマもいくつかあり、学生の希望の調整に苦労した。第2、第3希望に回された学生は、履修を辞退するケース（約20名ほど）もあり、最終的には履修登録者は128名（昨年：122名、一昨年：124名）であった。ここ数年は、履修登録者の数はほぼ横ばい状態である。なお、例年通り、学生が単位取得を希望しない場合でもひとつのテーマに参加して活動することも許可した。各テーマの活動は、5月初旬から開始し、大学祭での発表や報告会の準備等もあわせ12月初旬まで活動した。成績は、合格者数が115名（昨年度：98名）、不合格者数が13名（昨年度：24名）であった。

### 3.3 大学祭での展示発表と報告会(12月)の実施

昨年度と同様、今年度も、全テーマについて、大学祭（10月31日（土）、11月1日（日））の期間に、ポスター展示や実物展示を行った。発表会場は、昨年度と同様に、参観者が集まりやすい教育棟206教室で行った。また、「創造・発見」の活動が終了した時点で、12月14日（月）5時限に報告会を実施した。各テーマについて、代表1～2人による口頭発表を行った。

表2. 開講テーマ一覧.

分野	テーマ	指導者	概要	履修者数
ものづくりと創作活動	たたらを体験しよう	小林 久理真	講義2回, 砂鉄採取(通算2-3回(半日)), 実作業3日間を通して, 古代からの製鉄技術のおもしろさと難しさが理解する.	8
	模型飛行機で学ぼう飛行の原理	榊田 勝	実際の模型飛行機を設計, 製作し設計者の考えどおりの飛行ができるか検証する.	13
	熱を電気に! —太陽熱発電装置の試作—	河村 和彦	ペルチェ素子を利用して電気エネルギーに変える太陽熱発電装置の設計・試作を試みる.	3
	ロボット作り	丹羽 昌平	二足歩行ロボットを製作しコンピュータ制御による安定化や歩行の制御を実現する.	5
	精密鍛造によるアクセサリ, 指輪の製作	●落合 修二	スズ合金を鍛造し, 指輪およびアクセサリを製作する.	7
	自動車部品のモデルを作る	●大塚 哲也	鍛造品の品質, 工期, 原価を実物の製品, 製作図をもとに物づくりの基本を学ぶ.	0
	省エネカー・プロジェクト	野崎 孝志	省エネカーを製作し, 車体やエンジンの基本を実践で学びます. さらに, 燃費競技大会に出場し, 記録に挑戦します.	2
	フォーミュラカーの製作	土屋 高志	小笠山運動公園エコパでおこなわれる, 全日本学生フォーミュラ大会に参加する車輛の, 設計・製作を実施する.	4
	ハイブリッドカーの製作	土肥 稔 恩田 一 土屋 高志	フォーミュラハイブリッド競技会の規則に基づいた仕様のハイブリッドカーの設計, 製作を行う.	13
	ワンチップマイコンによる制御入門	●岡田 靖志	光センサ搭載のライトレースロボットを製作し, アセンブラで制御プログラムを作成します.	5
	スターリングエンジン車の製作	十朱 率	温度差を利用するスターリングエンジン車を設計・製作し, 動力特性を評価する.	2
	PICマイコンを用いたストップウォッチの製作	袴田 吉朗	PICマイコンを用いてストップウォッチ/24時間時計を設計し, 製作する.	0
	君も今日から建築家 —住宅をデザインする	●村松 正之	将来, 自分や自分の家族が住むことを前提にした住宅をデザインする. 建築のおもしろさ, 醍醐味を体験する.	2
	天然皮革を主素材として創作的なモノ作り	●木下 静子	製作の基本的な技術を修得する. さらに工芸的な創作物づくりを実践しながら天然皮革の更なる可能性を追求する.	7
	バイクの構造研究	●村井 義彦 ●蜂須賀 弘	2輪車の構造機能を理解すると共に工具の使い方や安全な作業の仕方も習得する.	7
	ワイヤ放電加工機取扱資格	行平 憲一	ワイヤ放電加工機を扱う技術を習得し, 製作した加工物を三次元測定機で測定することでその精度評価を行う.	2
自分の香りを創ろう (アロマセラピー)	●半田 敦子	植物の香りが人の心と身体にどのように作用するのかを学び, 自分に最適な香りを創り出していく.	4	
遠隔操縦ポートによる佐鳴湖水質調査プロジェクト	丹羽 昌平	携帯電話の無線機能を用いた遠隔操縦による無人ボートを製作する. これを用いて佐鳴湖の水質調査を実施する.	0	
パソコン組立てとサーバ構築	小嶋 卓	パソコンを部品から組み立て, OSをインストールし, http,ftpサーバを構築し, その性能などを評価する.	7	
テーマ研究	最近のクルマづくりについて	●野沢 隆二郎	今日の車の開発プロセスとなっている, コンピュータ上のバーチャルな試作車による造り込みについて解説する.	4
	絵本の魅力と読み聞かせ	●萩田 敏子	定評のある各分野の絵本を知り, 声に出して読むことの意義を考え, また本の内容を聞き手に効果的に伝える方法をさぐる.	2
	走査電子顕微鏡取扱資格	早川 一生	走査電子顕微鏡の簡単な原理説明と標準的な試料を使った取扱方法の講習を行う予定です.	5
	コンピュータ上で分子を作り, 化学反応をさせてみよう	關山 秀雄	分子の立体構造や電子の状態をコンピュータ上で調べ, また, 化学反応のシミュレーションを行なう.	1
ボランティア活動	学校教育アシスタント	友次 克子 小杉 大輔	袋井市内の小学校でさまざまな授業のアシスタントをおこなう. 子どもたちと触れ合いから, 教育の大切さ, 難しさを学ぶ.	16
	袋井市放課後子ども教室ボランティア	小杉 大輔	放課後の小学校で, 子どもたちに学習やスポーツ, 文化活動, 地域住民との交流等の機会を与える.	4
	エコバスタジアムの大型映像装置ボランティアに参加	高林 新治	エコバスタジアムの大型映像装置の操作やビデオカメラの使い方を習得し, さまざまなイベントや大会の映像の手伝いを行う.	1
	初級・中級青少年指導者養成講座	●山崎 美穂子	講義と実践からボランティアの心と障害児への対応等を身に付け, さらにリーダー性を養うことをねらいとした講座を開講する.	4
	エコバ ビオトープ事業	●原田 創史	エコバビオトープを中心に, 緑化ボランティアをしてもらう. また, Jリーグ等大規模イベントのボランティアも体験する.	0

(指導者欄の●印は学外指導者)

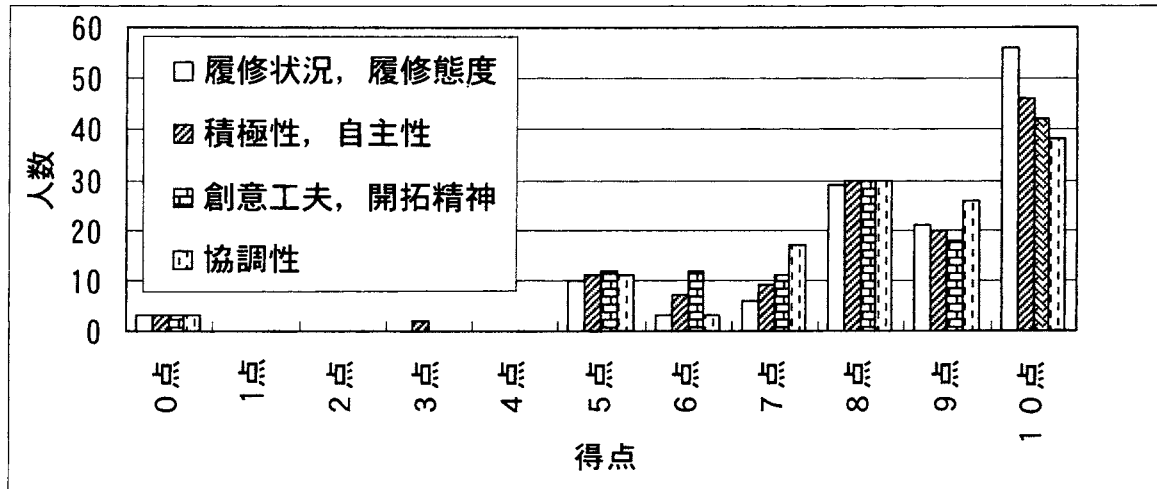


図1. 各活動状況の成績分布 (各10点満点).

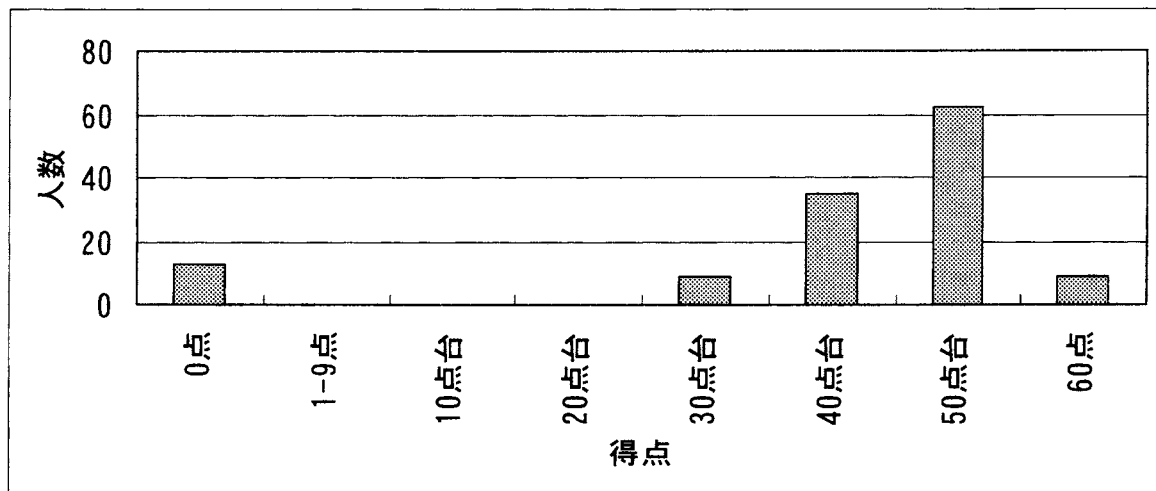


図2. 報告書の成績分布 (60点満点).

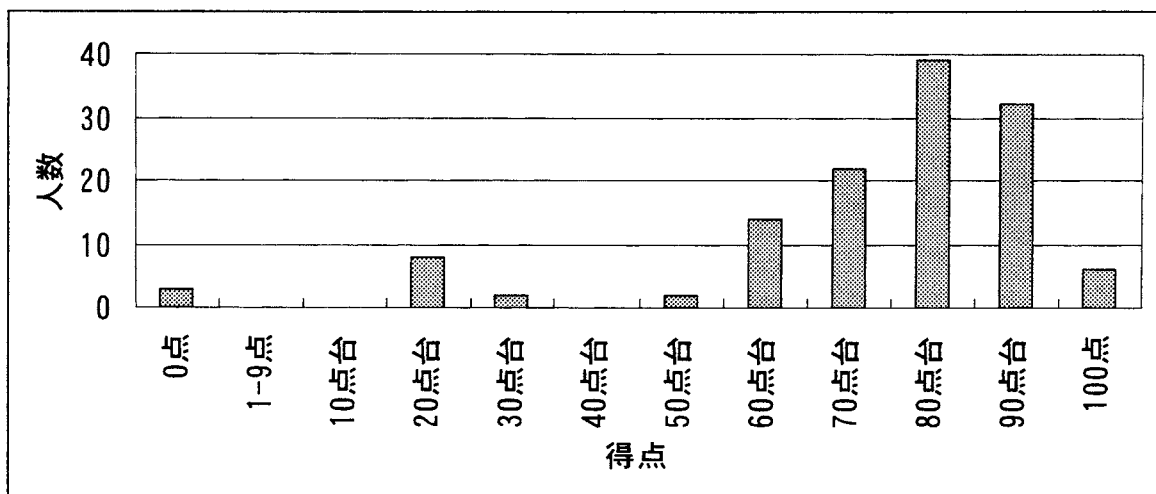


図3. 総合点の成績分布 (100点満点).

### 3.4 平成21年度の「創造・発見」の実施結果

昨年度と同様、今年度の成績評価も、JABEE 審査を考慮し、さまざまな項目を点数化することにした。総合点を100点満点とし、50点以上を合格、50点未満を不合格とした。ただし、出席回数は3分の2以上あることを必須とした。

図1～図3には、成績の分布を示した。まず、図1は、活動状況の得点分布を示した。活動状況は40点満点で、内訳は、履修状況と履修態度：10点満点、積極性と自主性10点満点、創意工夫と開拓精神：10点満点、協調性：10点満点である。また、図2には報告書の点数（60点満点）の得点分布を示した。図3には、活動状況と報告書の合点、すなわち総合点（100点満点）の得点分布を示した。図1のグラフから活動状況はおおむね良好であることがわかり、特に、履修状況、履修態度は高いが、創意工夫、開拓精神はもう少しと見ることができる。活動状況が0点の学生は、ほぼ欠席によるものである。図2のグラフから、報告書の評価であるが、全体の評価は60点満点で50点をピークとして分布している。また、報告書が0点の学生は、そのほとんどが報告書未提出によるものである。図3の総合点については、50点以上が合格、50点未満は不合格となる。先に述べたように、今年度は、128名のうち113名が合格、15名が不合格となった。不合格になった学生のほとんどは、活動はしているものの最終のレポート未提出によるものである。レポートを書くことに困難を感じている学生が多いのは、例年見られることであり、毎年、学内指導者や教育指導員の苦勞する点の一つであるといえる。また、3年生の履修者の中には、積極的に活動していても、3年後期から始まる卒研のセミナーや就職活動等のため忙しく、履修を途中で辞退する残念なケースもあった。

次に、指導者からのさまざまな意見や学生からの意見について列挙する。これは指導者や学生達からのアンケートの結果をまとめたものである。

#### 【指導者からの個別意見】

##### 「ものづくりと創作活動」

- 授業に全て出席し、また履修態度は真面目であるが、報告書が未提出のため、残念ながら不合格になる学生がいる。
- 個人毎にアイデアを提出させて企画、製作させたため、お互いの協調ができにくかった。専門的な技術強化が後回しになった。
- 学生が真面目に参加し、熱心に取り組んだ。
- 天候が関係する実験のため時間設定が難しかった。工作機械を使うため、安全確保に留意した。
- (成績、アンケート等で) 報告書類が多く、テーマ名等、何度も同じことを書かされる。要改善!
- (学生が) より一層、積極的に取り組まないと知識、学力の向上は難しい。
- 単位取得のみを目的とするような学生が増加している。学生の意欲も低下している。テーマの内容を見直したらどうか? 活動力や発表力の育成を主眼として人間力を高めることで就職の際に有利になる点をアピールしてはどうか?
- 外部の大会で好成績を出すには、授業だけの時間では少ない。今年度の学生達は、授業時間以外にも活発に活動してくれた。
- 外部の大会に参加するには、参加費、交通費、宿泊費が必要となり、1テーマあたりの4万円では不足である。
- 履修学生全員(5人)が協力し、真面目に取り組んでくれた。
- 所定の目標を達成し、プレゼンテーションもうまくできた。レポートの書き方は、まだ改善を要する。
- 思いや夢を具体的な仕掛けにするデザインやものづくりの楽しさを体験してもらったが、今後の課題として、アイデアの収集や評価のベースとなる知識や情報を獲得したり、自学自習の楽しさを体験できるプログラムをどのように実現させるか、考えたい。また、アイデアをクールに伝達する表現技術の獲得も学生の達成感や満足度を高める上で必要であり、この点も時間の制約の中で実現させたい。
- (皮工芸で) 基本工具がそろっていないため、実技指導が難しかった。
- (皮工芸で) 学生は興味をもって熱心に参加し、製作実習に励んでくれたが、作業環境があまりよくなかった。同じ部屋(夢創造ハウス1階)でいくつものテーマが同時に活動しているため、革の裁断等で音がおおきく、他に迷惑をかけたと思う。できればあいている部屋を使わせていただきたい。
- 小、中、高校で省略されがちな教科(図工、デザイン、製図、色彩等)等、忘れ物を捜す気持ちでゆっくり学習すると創作のヒントが生まれるのではないかと思う。
- 学生の更なる意欲昂揚のために海外の学生創作展にエントリーさせることをめざしたい。
- チームリーダーとして我々(指導者)と他の学生との間の連絡を密にし、大学祭や報告会のまとめもよくやってくれたベストの評価を与えられる学生がいたことは頼もしかった。
- 分解、組み立て作業に要する時間が多くかかり、技術的な説明をする時間が足りなかった。来年度はもっと改善したい。
- 授業のやりやすい場所と環境(夢創造ハウス1階)があったため、能率よく実施できた。
- 授業回数が12回であったが、もう1～2回増やして内容の濃いものにしたい。

- 学生の履修態度もよく欠席、遅刻等もなく、時間外で少々遅くなってもがんばってくれた。
- 活動期間中、工場見学にいったが、学生がよく質問し、会社の担当者からも大変よい評価を得た。
- プレゼンテーションの練習もしっかり行い、当日の発表態度や発表内容は大変よかった。
- 学生に自己表現の場を増やし、積極性を育成したかったが、時間がなくてできなかった。
- 報告書の提出が期限より遅れてしまう。
- 今年度は報告会の準備に時間をたくさん使ったため、良い口頭発表ができた。
- 来年度は学生の良さをもっと伸ばせる指導をしていきたい。

#### 「テーマ研究」

- 大学祭のポスター展示、報告会の指導の準備は、授業時間内には充分でできなかったが、学内担当者の先生が、学生に発表準備等のご指導してくれ、大変お世話になった。
- 報告会のとき、学生からあまり質問がでないのは寂しい。もう少し、活気のある報告会にするしかけが必要であると感じる。
- 発表当日、体調が悪かったが、発表をがんばってやってくれた。
- 履修人数は少なかった（2人）が、とても熱心だった。
- 報告会発表についての評価があってもよいのではないか。

#### 「ボランティア活動」

- 非常に積極的に活動していた。本人も活動を楽しみ、多くのことを学んだようである。学生が書く日々の活動の報告（日誌）についても現場の小学校の先生からの評価が高かった。
- 非常によい経験になったようで、人間的成長が感じられた。
- 教えることの難しさを実感したようで、それを克服しようと努力する姿に好感を持た。非常に積極的に活動してくれた。
- 昨年に引き続いて参加したとのことで、現場（小学校）からの信頼も厚く、非常に頼もしく感じた。

#### 【学生からの個別意見】

##### 「ものづくりと創作活動」

- 前期、後期と活動時間が長い割には、単位数が1単位と少ない。
- 夢創造ハウスでの授業で、一部の学生の私語がうるさく迷惑である。
- （自分が受けたテーマは）受講者数は5名であったが、もっと多い方がよいと思う。
- 日頃の授業ではできないことが体験できるので、

大変ためになった。

- 同じ部屋（夢創造ハウス）でいくつかの分野が同時に行われると、指導者の話が聞きづらかったり、あるいは集中力に欠けることもあるため、できれば一テーマに一部屋用意して欲しかった。
- 備品が足りず、先生（教育指導員）の私物や知り合いの方のものをお借りしていたので、少し不自由に思った。
- 「創造・発見」はテーマを増やすことよりも、現在あるテーマをもっと快適に（たとえば備品、机、作業環境の充実等）できるようにすることが良いと思う。
- 産業界で活躍した方の話は大変、面白くためになった。そのような話をこれからもどんどん聞きたい。

#### 「テーマ研究」

- 「創造・発見」のような科目は、1年生から取り組んでもよい活動である。
- 学科の内容と関連のあるテーマがもっとあって欲しい。

#### 「ボランティア活動」

- 実際の教育現場（小学校）での教えるということの難しさを体験でき、生徒たちの分かったという反応がとても嬉しく感じられた。
- 学校教育アシスタントに中学校も加えて欲しい。小学校とはまた異なる体験ができるのではないか。
- 普通に生活していたら関わりあうことが少ない人たちと出会い、そして接することができたのはとても大きいと思う。いろいろな立場でものを考え、視点を変えたり、今の自分には欠けていることを学ぶよい機会になった。
- 自分で考えて行動することや自分を表現すること、そして人を思いやることの大切さを改めて学んだ。

以上が、今年度のアンケートから出た、指導者や学生達の個別の意見である。いくつかの点について以下にコメントする。

まず、十分な活動をするための全体の授業時間が足りないとの意見が出ている。これは毎年指導者から出されていた意見であるが、この点を踏まえて、来年度から現在の最低7コマの開講から最低15コマの開講になることが決定しているため、現在よりは改善すると思われる。また、今年度からは教育指導員には必ずそれを補佐する学内担当者の制度もスタートしており、まだ必ずしも充分ではないが、活動の時間不足の点を補えると考ええる。今年度は学生の報告会の発表の準備等でも、学内担当者の補佐のおかげでかなりスムーズにいくようになったところがあることが、アンケート結果からも覗える。

次に、単位取得のみを目的とするような学生が増加して



おり、学生の意欲も年々、低下しているとの指摘がある。また、今年度は学生の履修希望調査を第1希望から第5希望までとったが、第2希望以降に回された学生は「創造・発見」の履修を辞退するケースが見受けられた。「創造・発見」は、その目的からいっても、できればすべての学生が受講して欲しいところある。自分が全く知らない世界の体験をすることで、学生達が少しでも、ものの考え方、感じ方、すなわち人間としての幅を広げて欲しいと願っている。このような目的であることを学生達に前もってダイレクトに伝える必要があると考える。

以上のような意見が、指導者から寄せられている。指導者の感想からは、かなりの学生達が真面目に熱心に活動してくれたことが覗え、徐々にではあるが成長していく姿が見て取れる。

また、学生達からの意見では、活動環境を快適にするような要望が見受けられる。現在、「創造・発見」はものづくりや創作活動の分野の中のかなりのテーマを夢創造ハウスで同じ日時に行っている。学生の指摘のように一テーマあたり一部屋が理想であるが、現状ではかなり無理な点があり、今後の検討課題である。

また、「創造・発見」のような活動を1年生から取り組んでもよいのではないかという意見が出されている。このことは、毎年、学生達から出されている。現在、2～3年生での履修であるが、特に3年生は専門科目、とりわけ学生実験、卒研セミナー、就職活動なども入り込み、中々じっくりとして活動が出来にくくなっている。より、低学年に履修時期を移動させることも今後、検討すべきことと考える。

以上が学生達から出た意見である。熱心な学生達からの感想では、「創造・発見」の科目を受講してよかったと思う感想が多かった。

### 3.5 各分野の実施結果に関する検討

#### 3.5.1 ものづくりと創作活動

今年度は、表2に示した19テーマを開講した。ただし、そのうち3テーマは受講希望者がいなかったため、不開講となった。今年度から新たに実施したテーマは、以下の5テーマ「熱を電気に！ー太陽熱発電装置の試作ー」、「スターリングエンジン車の製作」、「君も今日から建築家ー住宅をデザインするー」、「天然皮革を主素材として創作的なモノ作り」、「パソコン組み立てとサーバ構築」である。これらの中で「君も今日から建築家ー住宅をデザインするー」では、住宅をデザインするところから始まり、アイデアの収集や評価、模型作り等を行い、学生達は初めての経験であるにもかかわらず、自分のコンセプトに合った住宅作りを0から体験できたという印象を強く持ったようである。大学祭での展示では、それぞれの学生達のコンセプトに合った住宅模型の展示品がひととき目を引いた。

また、「天然皮革を主素材として創作的なモノ作り」では、27回にわたる精力的な授業で、皮工芸の基本技術を

会得させ、それぞれの学生達の発想を大切に、作品を仕上げるまでいった。天然皮革を使ってさまざまなものができ、皮工芸の無限の可能性が学生達には驚きであり、かなり活動にのめりこんでいたようである。国内、国外(イタリア)の学生創作展に出品の計画とのことである。

#### 3.5.2 テーマ研究

今年度はテーマ研究として、表2の4つを実施した。これらは、「創造・発見」開始当初から行われていたテーマであり、毎年、何人かの受講希望者がいるものである。その中で、「走査電子顕微鏡取扱資格」では、学内での電子顕微鏡の取扱資格を取得するもので、資格の口述試験、実技試験を経て、その後、各自、さまざまな資料の分析を行った。報告会では、硬貨の元素分析を行い、元素の分布について興味ある情報が得られ、ディスカッションが活発に行われた。

また、「絵本の魅力と読み聞かせ」も毎年の人気テーマであり、読み聞かせ子供の発育にどのような意味をもつか、あらためてじっくり考えるよい機会を学生達は持ったようである。

#### 3.5.3 ボランティア活動

ボランティア活動は表2に示した5つのテーマを開講したが、このうち1テーマは受講希望者がいなかったため、不開講となった。今年度は「エコパスタジアムの大型映像ボランティアに参加」が新しいテーマとして加わった。エコパスタジアムオペレーションルームでの大型映像装置のオペレーションを学び、いくつかの大会、試合での映像の映し出し操作を体験した。履修者は1名であったが、エコパサポーターズの方々の協力を得て、貴重な体験をすることができた。

また、毎年、袋井特別支援学校や袋井市内の小学校でのボランティア活動を行っており、理工科大学の学生の活躍が大変、高く評価されている。今年度も「学校教育アシスタント」として16名の学生が、また、「初級・中級青少年指導者養成講座」では、袋井特別支援学校で4名の学生達が活躍した。また、新たに「袋井市放課後こども教室ボランティア」として、放課後、小学生たちに学習、スポーツ、文化活動、地域の人たちとの触れ合いを体験させるボランティア活動がスタートし、これには4名の学生が活躍した。学生達は、これらのボランティアを通じて、ボランティアの意義、重要性、心得、さまざまな環境におかれている人たちとの接し方、社会性、リーダーシップ、等を身に付け、自分のさまざまな可能性を見出し、人間的にも成長するようである。幸いにも現場の指導者達も学生達の成長を温かく見守ってくれていることは感謝すべきことといえる。学生が地域の人たちと触れ合うことのできるまたとない機会でもあり、大学としてもこのボランティア活動を継続、発展させることが不可欠と考える。

## 4 今後の方向性

「創造・発見」には、現在は3つの分野「ものづくりと創作活動」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」があるが、1で述べたやらまいか教育の目的やこれまでの6年間の実施結果からみてもこれら3分野は不可欠なものといえる。平成22年度からはこれらの3分野は独立した3科目（「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」）になることがすでに昨年度決定した。3科目はそれぞれ2、3年次の選択科目として通年で15コマ開講にすることにより、現在の最低7コマという条件よりさらに時間をかけることにより、内容を充実させることとなる。また、前述したやらまいか教育の目的からみても、全学生がこの科目を履修することが理想であり、平成24年度からのカリキュラム改訂に合わせ、「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」の選択必修化を目指すこと、低学年からの履修を目指すことが今後の方向性として考えられる。その実施には、指導者の確保、テーマの内容の見直し、テーマの新設等、検討すべき課題が数多くある。

## 5 結論

平成16年度から実施されている「創造・発見」も今年度末で6回目を終了した。これまでの実施結果から、やらまいか教育の目的に多少なりとも貢献しているといえ、学生の教育のプログラムの中で、この科目は必要不可欠といえる。今後、どのようにこの科目を展開していくかが、大きな課題となっている。

最後に本報告をまとめるにあたって、「創造・発見」の実施に教育指導員をはじめとする多数の学外の方々、また本学教職員に多大なるご支援を賜ったことに感謝申し上げる次第である。また、科目運営の事務処理、報告書処理、成績処理等については、とりわけ学務課職員、松田三香子さんにお世話になった。ここで、あらためて御礼申し上げます。この次第である。

## 6 参考文献

- 1) 丹羽昌平 他, “静岡理科大学における創造体験教育「創造・発見」の計画と実施”, 静岡理科大学紀要, 第12巻(2004) pp.321-338.
- 2) 丹羽昌平 他, “静岡理科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成16年度実施報告”, 静岡理科大学紀要, 第13巻(2005) pp.85-94.
- 3) 丹羽昌平 他, “創造体験教育「創造・発見」の計画と実施”, 工学教育, 第53巻, 第5号(2005) pp.37-43.
- 4) 丹羽昌平 他, “静岡理科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成17年度実施報告”, 静岡理科大学紀要, 第14巻(2006) pp.145-153.
- 5) 丹羽昌平 他, “静岡理科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成18年度実施報告”, 静岡理科大学紀要, 第15巻(2007) pp.117-125.

- 6) 関山秀雄 他, “静岡理科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成19年度実施報告”, 静岡理科大学紀要, 第16巻(2008) pp.145-152.
- 7) 関山秀雄 他, “静岡理科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成20年度実施報告”, 静岡理科大学紀要, 第17巻(2009) pp.147-154.

## 「創造・発見 ものづくりと創作活動」における

## 電動カー駆動部の製作

Reconstruction of electric vehicle controller in the lecture “Exercises for creation and Invention”

恩田 一\*

Hajime ONDA

Abstract: Reconstruction of electric vehicle (which is so called Senior Car, here) controller by students in the lecture “Exercises for creation and Invention” is described. Six students joined the theme and tried to fabricate an electronic control circuit to drive a D.C.motor of the senior car. Students hesitated to start working at first, gradually work well and completed to reconstruct the controller for the senior car. The processes, results and some problems of the lecture are documented.

Key word; reconstruction, senior car, “Exercises for creation and Invention”

## 1. はじめに

本学では「モノから入る教育」をスローガンとして、ものづくり教育を重要視した教育を心掛けているが、その一貫として選択科目に「創造・発見」がある。本報告は「創造・発見」における「ものづくりと創作活動」の中のテーマとして電動車（具体的にはシニアカー）の電気駆動部を学生が設計・製作した電子制御回路により構築し、実動させることを試みた結果報告である。

このテーマは2008年度に開始した。当初は、エンジン自動車の学生フォーミュラに電気自動車関連（当時はハイブリッドカー）が参加することを前提に、これに参加できる学生の育成を目的にしていた。そのため、テーマ内容も学部1、2年生の電気電子技術の初心者を対象に、パワーエレクトロニクス技術を応用して小型モータを動作させることにより、基礎的な知識・技術を身につけることを主眼とした。その後、学生フォーミュラへの参加はハイブリッドカーではなく「電気自動車（EV）」となった。

2009年度は、この科目への参加学生も増えたので、上記EVフォーミュラを担当できる学生の育成を視野に入れつつ、基礎的教育に重心をシフトした活動を目指した。

## 2. 教材を「シニアカー」にした理由

電気電子工学科では学科象徴物としてEVカー（愛称；お理工カー（Intelligent Car））を2台所有しており、その内1台を改造用と考えている。筆者は、その電気駆動部（モータとドライバー）の改良を意図して種々検討したが、改造には非常に多くのマンパワーと、それ以上に専門の知識・技術が必要なことを痛感した。従って、学生が授業で取り組むには、もっとずっと構造が簡単で取り組みやすい

教材を対象とすべきと判断した。電動シニアカーは構造が簡単で、低速で走行するため、安全面での危険性もすくなく、本テーマの教材として適している。

## 3. シニアカーの構造と学生の取り組み範囲

## 3.1 シニアカーの解体と構造調査

本テーマへの参加学生は6名で、内訳は電気電子工学科2年生5名（内女性1名）と物質生命科学科1名（女性）である。2つのグループに分け、グループ単位で活動させた。この時、女性は同じグループを希望したので、グループ構成は2名グループと4名グループになった。

シニアカーの構造を理解させるべく、中古のシニアカー2台を購入して解体・調査させた（図1）。この時、構造のスケッチや確認用の写真撮影、主要部の電気配線図を描く等の作業により、理解を高めた。



図1 構造の調査風景

2010年3月5日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

### 3.2 シニアカーの構造と学生の担当部分

一般的なシニアカーを図2に示す。3輪または4輪の台車上に椅子とハンドルが設置されており、椅子の下のカバーされている部分にバッテリー、コントローラ、充電器が装備されている。



図2 シニアカーの全体写真

モータからの動力伝達部は、図3に示すように、モータからデファレンシャルギヤを介して直結されており、変速機等はないので取り扱いやすい。ただし、停止時にはモータがフリーランしないように常時オン（無電圧でロック）の電磁クラッチがあり、走行時には電磁クラッチに通電して、クラッチ解除する必要がある。ブレーキは手動のワイヤ（機械）式であり、コントローラとは独立である。



図3 動力伝達部

コントローラは図4に示す様にヒートシンクを兼ねたアルミダイキャストのケース内に密閉状態で収納されている。左端にあるパワートランジスタ（パワーMOSFET）の冷却タブ（ドレイン電極）はアルミ板に取り付けられて、さらにアルミケースに取り付けられ、冷却機能を持たせている。アルミケースは制御基盤を取り外した後も再利用が可能である。速度制御はパワートランジスタの通流率制御（通称PWM制御）による電圧制御である。前進と後退はパワートランジスタのHブリッジによる正負電圧制御である。



図4 製品コントローラ部

以上の調査結果から、本テーマでは下記のように取り組むことにした。

- ①モータ部分（車輪）を動作させることを主眼とする。  
従って、充電器や方向指示器等の他の電装品は取り扱わない。
- ②上記①のためのコントローラ部分を独自に設計・製作して実動させる。ただし、簡単のために前進・後退の切り換えは無し（前進のみ）とする。
- ③コントローラのケースは取り付けのこともあって、現行製品のアルミケースを再利用する。速度調整器も現行製品のもの（ハンドル部に取り付けられた可変抵抗器）を利用する。

## 4. 設計と製作

### 4.1 コントローラ回路設計

学部生2年生4月時点で、この種の回路設計は不可能のため、設計図は担当教員が作った。余分な回路は極力減らして、必須部分のみを製作することにした。回路図を図5に示す。モータ駆動部（主回路）はパワーMOSFETを用いた通流率制御チョップ回路で、パワーMOSFETの電流容量の点から2素子を並列にして電流容量を増やした。逆転（後退）の機能は有していない。通流率制御回路は、三角波と制御信号を比較して得る方法で、オペアンプを使って構成した。信号用電源を簡素化するためにオペアンプは単電源で使用できるMAX478とした。

オペアンプ等の信号源回路を動作させるために、バッテリー電圧を安定した信号源電圧にするためにDC/DCコンバータを利用している。

電磁クラッチの制御はコントローラからはしないで、コントローラへの給電用ブレーカをオンすることで電磁クラッチが解除するようにした。交流と違って直流電流は遮断し難いので、このような直流回路に使用するブレーカは特殊な直流用ブレーカを使う必要がある。

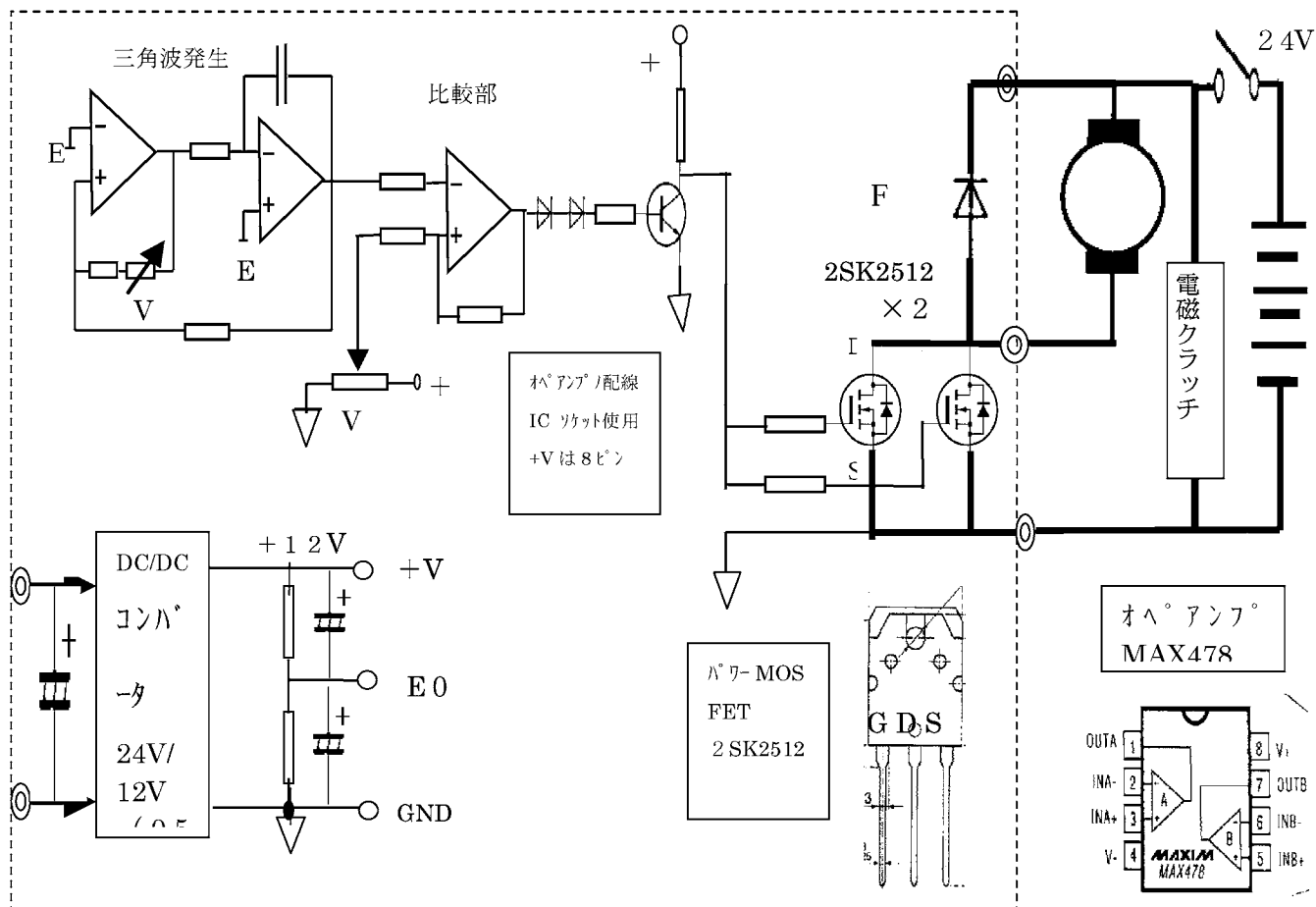


図5 コントローラ回路図

4.2 コントローラ回路製作

図5の回路図をもとに、学生に電子回路基板の製作をさせた。部品配置・回路組み立て・配線（半田付け）は夢創造ハウス2階で行った。電子回路部品の大半は夢創造ハウス2階の電子部品置き場にある物を自分で探して利用させた。2グループの内、2名のグループ員はいずれもこれまでに回路製作の経験があったため、着手も手早く、独自に回路製作を進めることができた。一方、4名のグループは全員電子回路製作未経験で、回路部品の配置さえも中々手がつけられず、スタートが随分遅れた。回路製作や半田付けは経験や技術が必要で、少しでも経験しておくことが自信につながるものがよく解かった。1枚の基盤への半田付け作業は1人のみの作業になるため、他のグループ員の役割分担を明確にして、分業させることが必要である。リーダーを決めてその役割分担を任せましたが、1グループ4名は多すぎた。特に、女性の役割分担が少なく、無駄話に走ってしまうことが少なかった。

回路製作に対しては、事前にモータ制御の基礎知識等の説明（講義）はしたものの、自分で参考書を読んで勉強する等の姿勢は見られなかった。ものづくりをやらせるとものづくりのみになってしまい、途中で講義的なものを意識して組み込む必要がある。

理解度が進み、作業が進んでくると学生も積極的に行動するようになり、個人差はあるものの、所定の講義時間以外にも自主的に作業するようになった。所定のコマ数15コマに対して25コマ程度参加した学生も少なくない。大学祭での展示や報告会に向けて真剣に取り組む様子も見られた。

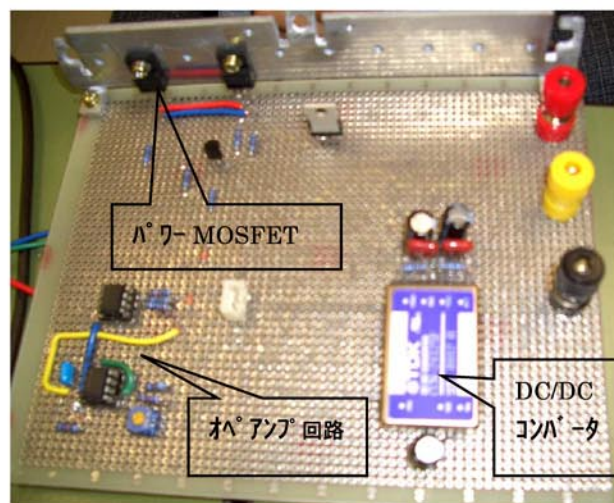


図6 学生が製作した回路基板

学生が製作したコントローラ基盤の一つを図6に示す。配線は裏面で行っているため、すっきりした基盤面になっている。上部にパワーMOSFETが基板上に半田付けされ、アルミ板放熱板が取り付けられている。主要部品はオペアンプとDC/DCコンバータで、プリント基板はかなり面積的余裕があり、半田付け作業はし易かったはずである。

基板を本体に取り付ける前に基板単体での動作試験を行った。まず、シニアカーのモータよりずっと小さい小型モータを準備し、これを回転制御させた。電子回路の動作信号波形をオシロスコープで監査し、各部の実際の動作を理解させた。このときに、何ら問題なく、うまく動作してしまうより、何らかの不具合により動作せず、その原因の追求と解決策を考えさせることが重要である。動作不良は絶好のチャンスであると認識すべきである。色々紆余曲折の上、机上での動作は終了した。この回路基板を図4のアルミケースに収納して、シニアカー本体に組み込んだ。



図7 車体に組み込んだコントローラ

学生が製作したコントローラを車体に組み込んだ様子を図7に示す。中央の白いアルミケースの中に電子回路基板が納められている。左端のつまみがついたBOXは速度調整器で、この中の可変抵抗でモータへの印加電圧を制御する信号電圧を調整するもので、もともとシニアカーに付いていたものを利用している。

次は実機での動作確認であるが、安全上からまず車体をリフトアップして、走行できない状態で動作させた。実機モータでの動作はモータの電流容量やインダクタンスの大きさが机上実験した小型モータとは比較できないほど大きいので、机上実験とは大違いであることを認識させる必要がある。机上でうまくいっても実機ではうまくいかないことが多々ある。今回もスイッチングによるスパイクサージ電圧でパワーMOSFETが壊れることがあったが、サージキラー回路を強化することにより解決した。リフトアップの空運転状態で正常な車輪の回転が確認できたら、補助具を使って車輪に少し負荷をかけ、モータ電流等を確認し

て負荷状態でも正常動作することを確認した。

組み込み、調整が完了したシニアカーを図8に示す。平地や教員駐車場西側の坂道を実際に乗車して運転しても異常なく走行できることを確認できた。報告会では乗車運転した時の動画を再生して実際の動作を披露した



図8 組み立てたシニアカー

## 5. まとめ

2年間担当した結果の第1印象は、“大変手がかかる”である。理由はまず、このような電子回路づくりのインフラ環境が不十分で、部品、工具、材料等をその都度準備（探し回る）する必要がある。ほとんどが、自分の研究室からの調達で済ませている。次に、学生が自主的に進められるようになるまで待つのに大変忍耐が要る。マニュアルを作ってそのとおりに実施させたり、手取り足取りやる方がずっと楽である。少々のアドバイスはするが、じっと我慢して待つのは大変な忍耐が必要である。

それでも今年はシニアカーを動かせるまでになり、次第に成果が目に見えてきたように思われる。動くもの、特に自分が乗って動作させ得るものは大変学生の興味を引くため、テーマとしては良いテーマである。このテーマを経験・完了した学生が次の年度のリーダーになって、もう少し上位レベルのテーマに繋げるような仕組みができると担当教員の負担も低減し得ると思われる。

## 参考文献

- 1) 恩田 一；“マイコンによる電気自動車用モータ駆動システム”，静岡理科大学紀 Vol.16,P1-6(2008年)
- 2) スズキ；“セニアカー取り扱い説明書”

## 平成21年度インターンシップ実施報告 ——貫したキャリア教育を目指して——

The Internship Program in 2009,  
For Career Education.

山庄司志朗\*1, 浦田喜彦\*2, 小川敏夫\*3, 小嶋卓\*4, 小林久理真\*5  
青島偉夫\*6, 兼子和宏\*6

Shiro YAMASHOJI, Yoshihiko URATA, Toshio OGAWA, Takashi KOJIMA, Kurima KOBAYASHI,  
Hideo AOSHIMA and Kazuhiro KANEKO

**Abstract:** Ours Internship has been introduced into the curricula of Shizuoka Institute of Science and Technology(SIST) since 1999. This report presents the discussion about the preparation, the organization and the results of the internship program conducted in 2009. Ours program has been started from 1999. In 2009, sixty-two companies in the western part of Shizuoka prefecture proposed this program by providing their own internship programs for over one hundred seventy students. Seventy-nine students participated in the programs. The results of this program over ten years are summarized and its future prospects are presented.

### 1. はじめに

本学のインターンシップは、平成11年度に試行を行い、平成12年度から授業の一貫として単位を付与して実施している。履修する学生も少しずつ増加し、企業との相互理解も深まってきている。このように、この授業は人材育成の手段として周辺企業にも理解が深まり、確実に定着しつつあると言えよう。また、本学のキャリア教育の中で重要な地位を占める事業となってきた。

本報告は、平成21年度夏期に静岡理科大学において行われたインターンシップに関して、事業計画、受入企業に対する依頼、参加学生の募集、実習内容、参加学生の成績評価、実習結果の総括など、各段階における経過および結果をまとめ、本事業によって得られた成果や問題点を明らかにし、来年度以降の実施に向けた改善に資することを目的としている。

特に、学生および受入企業からの報告書を詳細に分析し、学生がインターンシップにおいてどのような内容の実習を行い、成果として何をえたか、また、企業による学生および実習内容の評価などを検討している。さらに平成11年から平成21年までの11年間のインターンシップ実施結果の総括的なまとめおよび来年度以降のインターンシップに関する展望についても述べる。

### 2. 平成21年度インターンシップの計画

昨年度の反省点として、以下の点が挙げられた。

- ①受入企業数が過去最高の89社、受入可能実習生数は184名に達したが、参加学生数は79名であり、例年より低い参加率になった
- ②「おとなしい」、「元気がない」など積極性や会話能力のなさを指摘された学生がいた
- ③受入企業から、学生の実習内容や到達度が低かったという評価が挙げられた

2009年11月24日受理

\*1 インターンシップWGリーダー(物質生命科学科), \*2 機械工学科, \*3 キャリア支援委員会委員長(電気電子工学科), \*4 総合情報学部, \*5 物質生命科学科, \*6 キャリア支援課

平成21年度のインターンシップは、これらの問題点を改善するため、以下の事業を取り入れるようにした。

- ①企業側への受入希望調査を昨年度同様4月とした
- ②企業からの全ての申込み作業、実習報告書および評価作業などもWeb上で入力可能とした
- ③学生からの書類提出や手続きを主にキャリア支援課で取り扱い、挨拶や言葉遣いの指導を行った

これらのことから、事務的作業の効率化と簡便化を図りながら、学生の積極性の向上と意欲の喚起を目指し、より高い教育効果を得られるインターンシップの実施を目指した。

### 3. 受入企業への協力依頼

地域社会との密接な連携を特色とする本学の教育の中にあって、インターンシップは、地域産業との連携による地域に役立つ人材の育成、地域の企業や地域社会との交流の推進などの観点から、重要な役割を負っている。それ故、協力依頼企業の選定にあたっては、過去10年間の受入依頼の発送状況やこれまでの就職状況などを充分に考慮した。選考の末、4月10日には大学周辺の企業467社に対してインターンシップ事業の協力依頼を実施した。

その結果、平成21年度は、62社の企業から62の実習テーマについて、受入の申し込みがあった。これは過去5カ年で最も少ない受入数であり、昨秋から続く景気悪化の影響を顕著に受ける形となった。受入実習生の総数は110名であり、これも昨年度の60%に相当する低い数字となった。

### 4. 参加学生募集と派遣企業の決定

5月初旬、全学学生に対して、事前研修およびインターンシップ実習への参加、その後の報告書の提出と報告会および事後研修への参加なしには単位の取得ができないことを告知した。その上で、インターンシップ希望者について5月12日に第1回事前研修を行い、その後3回事前研修を実施した。実習希望学生と派遣企業の決定に当たっては、受入企業側から提示された「実習テーマ」について、学生がこの実習内容をよく検討した上で企業を選定し、それを受け決定した。しかし、希望学生が実習定員を上回った企業については、学生の意欲や専門分野と実習内容の関連等を考慮して選考を行い、派遣学生を決定した。この

ように、極力学生の希望が優先されるよう配慮した。

実習希望学生と派遣企業との間で実習内容についての調整を行ったのち、36社の企業に63名の実習生を派遣することとなった。昨年度が53社79名であったことから、いずれも昨年度比を大幅に下回った。

実習生を派遣した企業ごとの実習期間、派遣実習生の人数などの一覧を表1に示した。また、表2および表3には、学年別および学科別の実習生数の内訳および受入企業の地域別内訳を示した。

表1 実習生受入企業一覧表(企業62社、テーマ62、募集人数110名、実習学生数63名)

No.	事業所名	実習地	実習テーマ	実習期間	日数	受入人数	実習人数
1	松本印刷株式会社	吉田町	印刷工程の把握	8/24-9/4	10	2	2
2	化工機プラント環境エンジニアリング株式会社	袋井市	下水処理技術の基礎と下水処理施設維持管理の実務	8/31-9/11	10	2	2
3	株式会社キャタラー	掛川市	未定(学生の専攻により決定)	8/17-9/18	10	2	
4	株式会社コーリツ	浜松市	設計から設備保全まで幅広い職務内容を抱える中で自分の適性を計る	8/20-8/27	5	1	1
5	株式会社遠州日石	浜松市	接客ならび販売基礎		10	3	
6	アイティ・インターナショナル株式会社	静岡市	ITシステム構築、Web動画配信、動画コンテンツ企画・制作及びWeb制作	8/3-8/17 8/17-8/28	10	2	2
7	エズカ工業株式会社	磐田市	機械設計:CADによる作図、完成品検査	9/8-9/18	9	1	1
8	浜松ケーブルテレビ株式会社	浜松市	ケーブルテレビ業界への理解を深める	9/1-9/11	9	1	1
9	株式会社遠鉄百貨店	浜松市	売場実習	8/19-8/25	5	3	3
10	袋井市役所	袋井市	未定	8/17-8/28	10	3	3
11	NSKワーナー株式会社	袋井市	新たな自己の発見	9/9-9/22	10	3	2
12	株式会社エーピーアイ コーポレーション袋井工場	袋井市	微生物を用いた発酵実験	8/17-8/28	10	2	2
13	ナンヨー株式会社	磐田市	鋳鉄の材料試験業務	9/7-9/17	6	2	2
14	株式会社増田鉄工所	富士市	CADデータの作成	8/3-8/11	9	1	
15	株式会社エヌエステイ	浜松市	電子機器製作における、基本的なハンダ・圧着作業や簡単な試験業務。	8/18-8/28	9	1	
16	株式会社アイゼン	浜松市	機械加工と品質管理	9/8-9/18	7	1	1
17	株式会社メカワールド	磐田市	省力化装置の組立	9/14-9/23	10	2	
18	株式会社メルコ	磐田市	金型設計製作	8/18-8/29	10	6	
19	社会福祉法人明和会 あきは寮	袋井市	あなたの心やさしい気持を生かしてみませんか	8/10-8/14 8/24-8/28	5	3	3
20	ポーラ化成工業株式会社 袋井工場	袋井市	化粧品の品質管理	9/14-9/18	5	1	1
21	三明機工株式会社	静岡市	物づくり一連の流れ(設計から組立・ロボット制御まで)を体験下さい。	8/7-9/8	10	3	
22	株式会社タニコー	磐田市	製造効率改善をさまざまな視点から検討する。	9/14-9/23	10	2	
23	株式会社汐見製作所	新居町	治具の設計・製作	8/19-8/28	8	3	2
24	浜二ペイント株式会社	浜松市	木工用塗料の検査及び塗装	8/18-8/22	5	1	1
25	大和鍛工株式会社	掛川市	鍛造品製造工程の補助と実習体験	9/14-9/18	9	2	
26	株式会社ジャパン・ミヤキ	浜松市	機械加工および測定がどのようなものか体験をする。	9/8-9/18	9	2	
27	岡本プレス工業株式会社	浜松市	自動車ボデー関係のプレス・溶接・塗装・組立に関する生産技術		10	1	
28	ASTI株式会社	浜松市	学生さんの専攻に応じてご相談致します。	9/1-9/14	10	1	1
29	高丘電子株式会社	浜松市	手作業によるもの作りの世界 真空管の魅力	8/17-8/28	10	2	
30	大学産業株式会社	浜松市	現状では与えられた業務を楽しく行う	8/10-8/25	12	1	1
31	社会福祉法人明和会	袋井市	知的障害者との交流を通して福祉への理解を深める	9/8-9/19	12	2	3
32	羽立工業株式会社	湖西市	射出成形及び成形部材組立作業	9/8-9/23	9	2	
33	ミネベア株式会社 浜松工場	袋井市	材料元素分析	8/18-8/28	9	1	1



34	矢崎化工株式会社	静岡市	無人搬送車の組立実習・福祉介護用品の開発及び設計に関わる業務	9/14-9/25	9	1	1
35	NNP電子株式会社	磐田市	電子制御機器の試作品実験データ取り・検査	8/18-8/31	10	1	
36	株式会社オーミ	磐田市	日本を支える物づくり	9/9-9/22	10	1	
37	菊川市消防本部	菊川市	消防人としての基礎知識と技術の習得	9/8-9/10	3	1	1
38	鈴与株式会社	静岡市	物流の体感と自己の成長(仮)	8/18-8/21	4	2	2
39	富士ゼロックス静岡株式会社	静岡市	印刷物の企画作成	9/8-9/18	9	2	2
40	株式会社ドリームウェーブ静岡	静岡市	放送・インターネット事業の現場を経験	8/17-8/28	10	1	
41	コープしずおか	静岡市	コープしずおかの事業内容と学生が抱く事業イメージのアンマッチを防ぐ	8/26-8/31	5	5	3
42	株式会社小楠金属工業所	浜松市	金属を削ることに關する実習	8/24-9/4	10	2	
43	やまと興業株式会社	浜松市	商品の開発から納入までの流れを学ぶ	9/7-9/18	10	3	1
44	株式会社クリアテック	磐田市	会社を知る、会社の仕組み、仕事の流れや各業務の役割とその関連を知る。	8/18-8/31	10	2	2
45	ニチアス株式会社袋井工場	袋井市	製造と生産技術に關する業務の補助	8/24-9/18	10	2	1
46	株式会社藤田鐵工所	掛川市	浸炭焼入れを施したクランクシャフト、コンロッドの品質検査	9/7-9/14	5	3	1
47	株式会社榛葉鐵工所	掛川市	オートバイマフラーの製造工程	9/16-9/24	4	2	2
48	浜松鐵工株式会社	磐田市	部品の流れで、機械加工と品質管理の関連を身をもって習得する。	8/18-8/29	9	2	2
49	株式会社エフ・シー・シー竜洋工場	磐田市	しっかり見る。	9/7-9/11	5	2	
50	日星電氣株式会社	磐田市	回転炉の組み立てなど	8/7-9/18	10	2	
51	磐田信用金庫	磐田市	地域金融機関としての信用金庫の使命と役割	8/3-8/7	5	3	3
52	テイボー株式会社	浜松市	マーキングペン先の製造及び検査	8/24-8/28	5	2	2
53	株式会社アーレスティプリティック	浜松市	ものづくりの流れ	8/19-9/1	10	1	1
54	株式会社電業社機械製作所	三島市	風水力機械の製造	8/19-9/1	10	1	
55	株式会社アクティ森	森町	体験型観光施設において接客する中でサービス業の實際を学ぶ	8/6-8/19	14	2	
56	天方産業株式会社	浜松市	マイコンを使用したソフト作成	8/6-8/19	10	2	
57	大和染工株式会社	浜松市	製品の作られる過程を見て感じる。	8/24-8/28	5	3	3
58	株式会社ユニテック	静岡市	未定	8/17-8/21	5	1	
59	牧之原市役所	牧之原市	産業雇用支援ネットワークの会議に向けて	8/17-8/21	5	1	1
60	ヤマハ株式会社	浜松市	6月以降HPに掲載【公募】				
61	矢崎総業株式会社	裾野市	全9テーマから選択【公募】				
62	東日本旅客鐵道株式会社	東京都	就業体験コース、経営課題提言コースから選択【公募】				

表2 実習学生の学年・学科別人数

学科	1年	2年	3年	4年	計
機械	0	0	9	0	9
電子	0	3	5	1	9
情報	0	0	19	0	19
物質	0	4	22	0	26
大学院	0	0	0	0	0
計	0	7	55	1	63

表3 実習企業地域別内訳

市名	人数	市名	人数
袋井市	18	吉田町	2
浜松市	16	新居町	2
磐田市	10	牧之原市	1
静岡市	10	菊川市	1
掛川市	3		

表4 インターンシップ 事前・事後研修会 出席者状況

学科	第1回	第2回	第3回	第4回	報告会	第5回	計
機械	24	16	10	9	8	9	76
電子	19	16	15	10	8	9	77
情報	34	24	22	18	17	19	134
物質	33	33	32	29	24	26	177
大学院	0	0	0	0	0	0	0
合計	110	89	79	66	57	63	464

表5 インターンシップ実習テーマの分野別分類

<p><b>【機械設計・開発・などの分野】</b>            機械設計. CAD による作図. 受注生産機の機構・開発設計. 試作機の性能確認. 自動車部品のモーター駆動化をにらんだ先行技術開発. 図面検証→試作→評価. 製品開発の補助作業. 鍛造. 金型の設計・製作現場を学ぶ. 開発・設計現場において開発業務を体験. 3次元CADを使ったパーツモデリング. エレベータ部品の設計. 開発品の試作. 製作. 評価. 健康関連機器の開発補助.</p> <p><b>【生産・機械加工・試作・もの作りなどの分野】</b>            機械加工実習. クラッチディスク摩擦材の抄造作業. 自動車・オートバイ・農業機械の精密部品を切削加工. マシニングセンタによる製作. ワイヤ放電加工. オートバイマフラーの製造工程. 塑性加工(鍛造, 熱処理作業工程). 非鉄金属の各種加工. NC 加工汎用機の体験. 金型設計→加工→仕上げ→射出成形の体験. パイプ曲げ, ロー付け, 溶接, 出荷等. NC 旋盤, マシニングセンタ, ホブ盤. 細穴放電加工. 洗濯機の部品製造から組立作業まで.</p> <p><b>【検査・測定・実験などの分野】</b>            完成品検査. 画像処理装置. 加工条件設定のための測定分析. 試作機の性能確認. 2輪車用ショックアブソーバのテスト. エレベータ関連部品の品質調査. ショックアブソーバの試作組立, ベンチテスト. 自動車部品の性能試験. 品質管理及び試験活動のサポート. フッ素樹脂製チューブ・ウレタン製チューブの押し出し条件確立. 位置決めXYテーブルの評価実験. 自動車部品の振動特性測定. CAE による振動解析. 金属疲労分析. プレス製品の性能評価. 実験データの測定と理論値との比較.</p> <p><b>【電気・電子関係の開発・実験などの分野】</b>            工場内各種機器の電力集計及び分析. 工場内照明器具, 空調機器, 動力機器の使用電力集計及び分析. 電子制御機器の試作品実験データ収集. 超音波応用機器の開発設計. AutoCAD による電気回路の設計. 高速精密送り装置のモーター及びドライバーの特性解析. 微細認識工学系における照明の解析. 電磁部品の評価検査. 各種回路の計測制御. レーザー干渉計を使用した変位測定. 太陽光発電システムの取付実習.</p> <p><b>【物質科学関係の開発・実験などの分野】</b>            微生物応用による開発試験. 汚水浄化システムの理解. 水処理施設フローの習得と運転管理. 電子顕微鏡取扱業務. 環境計量における, 試料の前処理. 有機合成による香料分質の合成・精製. 化粧品品の品質管理. FeNi 合金の磁気特性調査. し尿の各処理工程のシステム管理と作業実習. 銅合金の透過電顕による組織観察. 緑茶カテキンの分析・整理. 水質分析.</p> <p><b>【情報関係などの分野】</b>            図書館業務全般. エレベータ電気手配自動化ソフト作成. 物流業務と情報システムの現場実習. パソコンデータ入力. IT システム管理, ユーザーサポート等. PC 機器類の</p>	<p>研究指導. インターネットを使った情報収集. ワード・エクセルなどの応用. 市内の観光スポットの写真撮影や資料収集・ホームページの作成. 3次元CADソフトと遠隔ネットワークシステムの習得. データ収集プログラムの作成. データベースソフトの作成. Linux のリアルタイム制御. 発信用ソフトのデモ用サンプル制作.</p> <p><b>【企業経営・管理などの分野】</b>            接客サービス. 本社として各支店との事務連絡業務. 接客販売. 放送・番組制作における技術部門の仕事. 現場見学, 実習(配管, リフォーム, 不動産). PR・広報等. 社会人になるための基礎教育の体験. ベンチャー企業の経営現場. 作業工程管理. 新製品のマーケティング.</p> <p><b>【福祉活動・団体活動などの分野】</b>            消火・救急訓練, 消防機材点検等. お礼や御守の授与, おみくじや護摩木のお授け補助, 参拝者観光者に対するサービス. 施設内外の整備(窓拭き, 草刈り, 押入れ掃除等), 重度障害児(者)の介助, 散歩・制作活動等の介助. 市民参加の地域福祉活動.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 5. 事前教育について

前述したように, 5月13日から4回にわたり事前研修会を開催し, 基礎的必要事項や心構えなどを説明した. 第1回事前研修ではインターンシップの概要とインターンシップに参加する上での考え方や心構え, 履修等について説明を行った. 第2回事前研修は「社会人とは—仕事・働くことの意義—」について講義を行い, インターンシップそして社会人となるための心構えを学習してもらった. 第3回目は昨年度の実習生である3名の4年生にインターンシップでどのようなことが体験できたのか, また参加する上での考え方や心構えについて話してもらった. 続いて, 本学キャリア支援課から, 業界や企業についての基礎知識について説明を行った. 第4回目は実習直前の注意事項の説明を行い, 「意欲と積極性を高める」ことに関してできるだけの注意を喚起した.

このように, 4回にわたる事前研修によって, 明確な目的意識を持った学生を実習先に送ることができたと考えている. 事前研修への参加者数を表4に示した.

また, 本年度も各事前研修をビデオに収録し, これを本学図書館のDVDライブラリーに登録した. このことで, 事前研修当日に実験実習やその他の用事によって参加できなかった学生も, 後日DVDを見て, 内容に関するレポートを提出することによって, 事前研修を受けたと認定されるようにした.

第1回事前研修参加者110名の内63名が企業実習を行うこととなった. この人数から実習参加率は57.3%となり, 昨年の42.9%, 一昨年の55.1%と比較して平均的な参加率であった.

## 6. 受入企業数と参加学生数の推移

インターンシップの実習を行うにあたって, まず本学と実習生受入企業との間で“覚え書き”を作成した. つまり,

双方の義務や責任を明らかにし、万一の場合に備えるため実習生の受入に関して大学および企業の双方が遵守すべき事項を確認するため、その上で双方が署名捺印した。

また、学生は実習に先立って、参加申込書の提出にともなって助言教員の承認をうけることになっている。これは本学教員への連絡だけでなく、学生が自分から参加の意思を示すことで、キャリア教育への参加の機会を増やすためでもある。

インターンシップ実習は、8月7日から9月23日までの本学の夏期休業期間中に各企業において行われ、滞り無く終了することができた。各事業所における実習期間中には、インターンシップに対する協力の御礼と学生の実習状況の視察を目的として、受け入れ企業に担当教員が出向いて、実習の受入担当者と面談を行った。

ここ3年間に各受入企業等において実施されたインターンシップの実習テーマについて分野別に分類したものを表5に示した。本学でインターンシップを実施した10年間の受入企業数、実際に実習を実施した企業の数、募集

学生数、参加学生数、単位取得学生数の変化を図1に示した。昨年度まで受入事業所数および募集実習生数は年々増加する傾向にあったが、本年度は企業を取り巻く不況の影響により、実習生の受入れが困難な事業所が多く、近年の状況を大幅に下回った。11年間の参加学生の累計は700名以上となった。

参加学生の学科別内訳を図2に示した。本年の傾向は、物質生命科学科の参加学生数が昨年の6名から26名へと前年の約4倍に達したことである。学生の多くは、化学系・バイオ系・食品系の実習内容を希望したため、一部の企業への応募が集中した。選考の結果、大半の学生は当初希望していなかった実習内容を行うこととなったが、それでも大半の学生が実習に参加したのは、就業体験を通じて働くことの意義を感じたいという意気込みが強かったものと考えられる。なお、実習先の業種が偏っており、希望する分野を活かせる実習を体験しなかったという意見は本年度も多く、継続して解決すべき課題となっている。

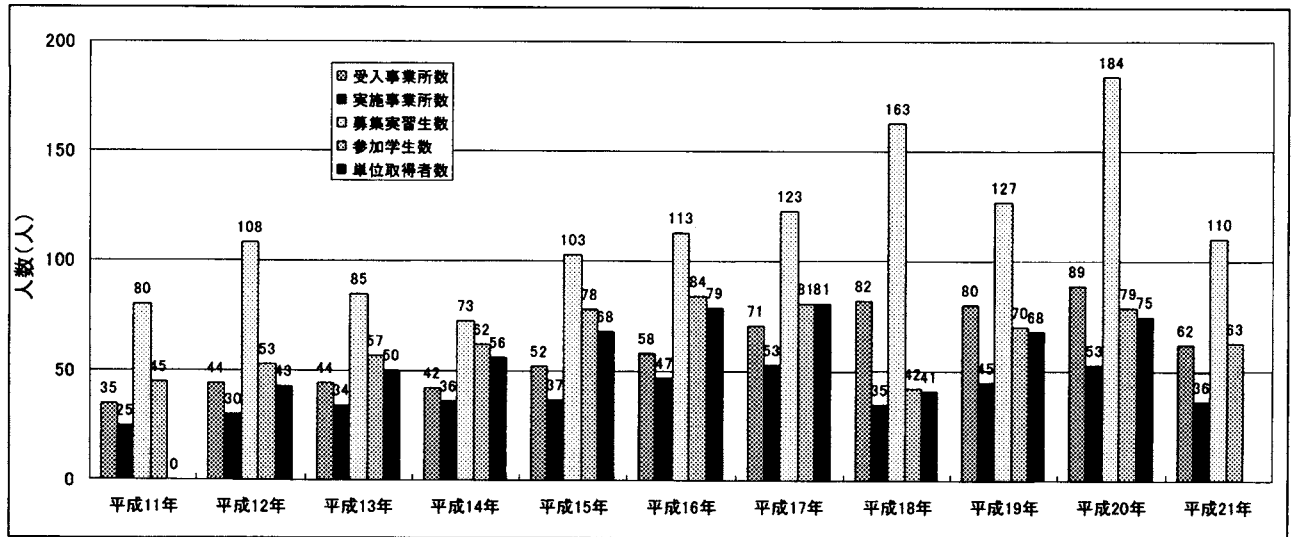


図1 受入企業等の数および参加学生数の11年間の変化

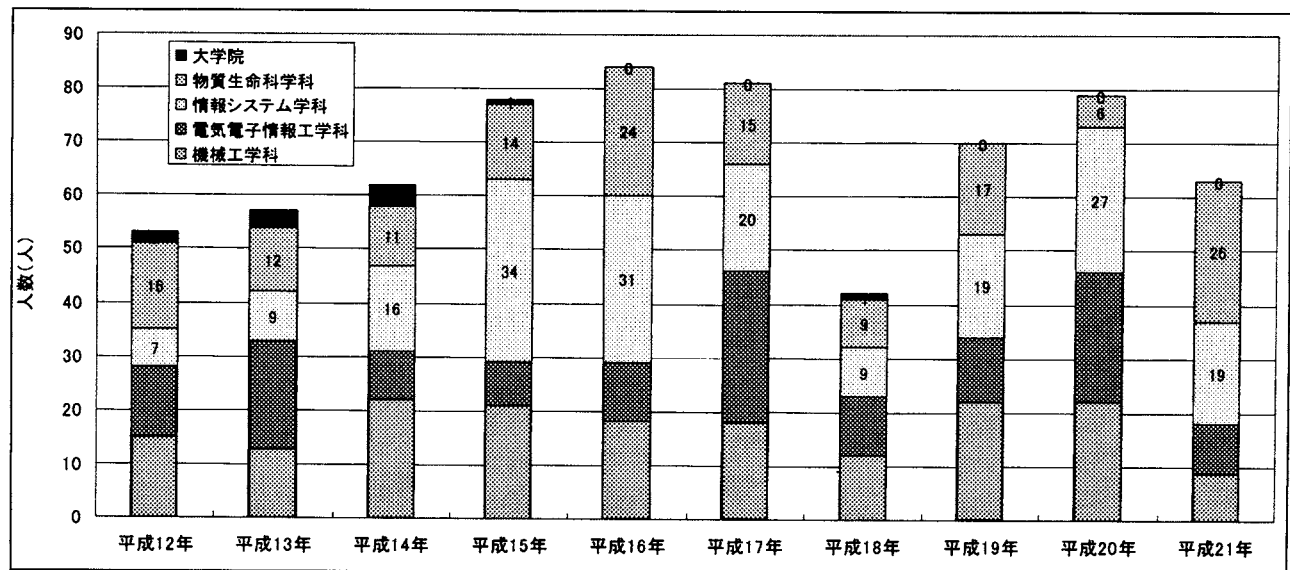


図2 参加学生数の学科別内訳(10年間の変化)

7. インターンシップで学生は何を得たか？

以下では、学生の実習報告に基づいて、実習によって得られた成果、実習を行った感想、実習に関する反省などについてまとめた結果を報告する。

7.1 実習内容

学生が実際に行った業務内容の詳細を事項別にまとめ、よく行われていた主要な業務内容を図3に示した。「製作、組立、加工」と「実験、測定、試験、分析」の項目が並んで14.8%と最も高く、次いで「営業、接客、販売」の11.5%、「福祉関連業務全般」の9.8%が続く。今年度1位の2項目は昨年度も順位が高かったが、「営業、…」と「福祉、…」の項目は昨年度の順位は高くはなかった。これは明らかに景気動向の影響により受け入れ先における製造業の比率の低下に関連した現象と見られる。このような状況がどれほど続くのかについてはキャリア支援というインターンシップ本来の目的に直接関するので注目をしていく必要がある。

7.2 実習によって得られた成果

「実習の成果」についてまとめたものが図4である。学生からみた大きな成果は「人との付き合い方、会話の重要性」と「企業や職場の雰囲気があった」が9.4%、次いで「イメージしていた業務と実際との違い」の8.8%、「慎重かつ正確な作業の重要性」、「安全問題の認識」などがあげられる。学生が体験して得た成果が多岐にわたることはこれまでどおりであるが、「人との付き合い方、…」や「イメージ…」が高順位になった背景には実習内容の変化が影響しているものと考えられる。この結果についても今後の動きを注視すべきである。

7.3 実習に関する感想

「実習に関する感想」をまとめたものが図5である。実習内容に関する感想としては「貴重な体験ができ、非常に勉強になった」が17.1%と高い割合となった。次いで「実

習期間は充実していて短く感じた」、「見聞きするものすべてが新しかった」、「充実感、達成感、終わったときの開放感」などの回答が多く、学生にとって大きな刺激となったことが伺える。自由記述の短い感想文のほとんどがこの制度や成果を非常に肯定的にみており、未体験のことへの挑戦に感動した様子である。これからインターンシップそのものがきわめて大きな意義を持つことを再確認することができる。ただし、学生の肯定的感想の先にはさらに充実させてより多くの人に参加して欲しいという注文があることも指摘しておきたい。

7.4 実習に関する反省

実習に関する反省として記載された事項を整理したものが図6である。その中で「もっと質問をするべきだった」が13.4%と最多の回答となっている。次いで「うまく話や説明ができなかった」、「基礎的、応用的な知識が足りなかった」、「自ら考えて仕事をするのができなかった」、「仕事に慣れず、周りに迷惑をかけてしまった」などの項目の順になっている。反省点の上位2項目が、コミュニケーション能力に関する内容であり、大学生活・授業も含めて学生時代を通してより自然に人との関係を作り上げていく能力を高めさせる必要性が大きいことを示している。当然のことながら、これからの就職活動や良き社会人となるために最も必要な力の一つであり、平素からコミュニケーション能力の向上に努力が必要である。それと同時にそれが自然な形でできるように大学の雰囲気を作っていく不断の努力の必要性にまでこの結果は及ぶものであろう。このように、学生が研修を通して、自分をふり返り、どんな行動をすべきであったかに気づき、今後の勉強や行動に反映されればと願う。

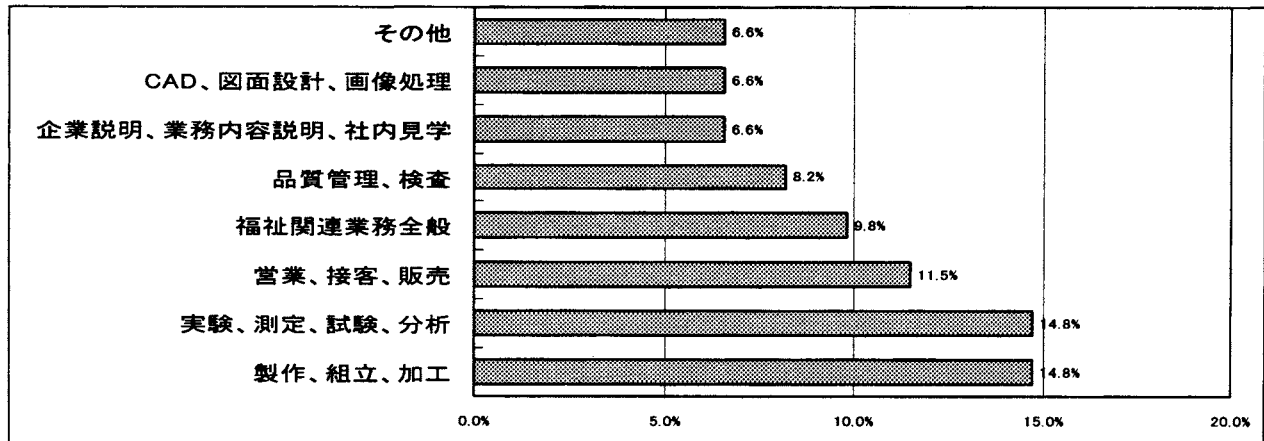


図3 実習内容の詳細

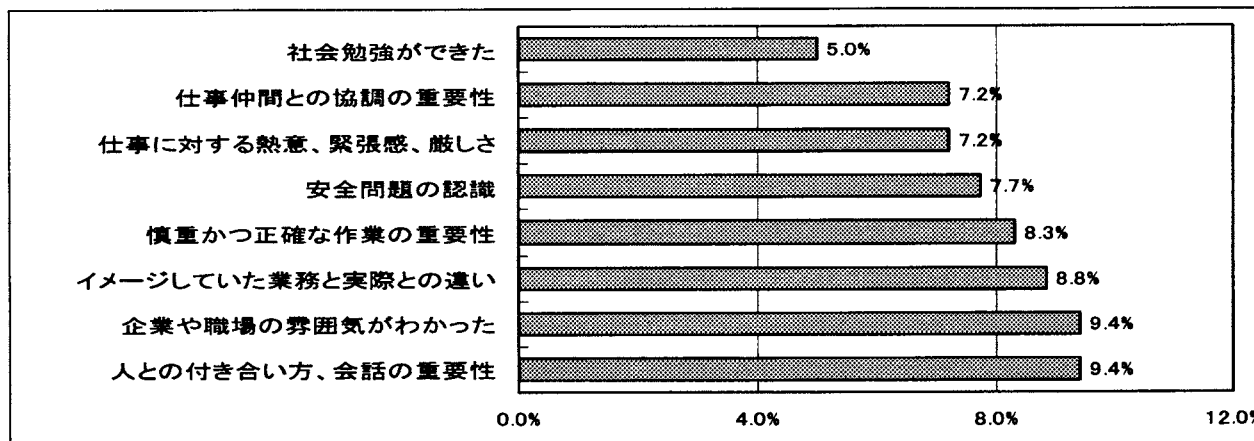


図4 実習によって得られた成果

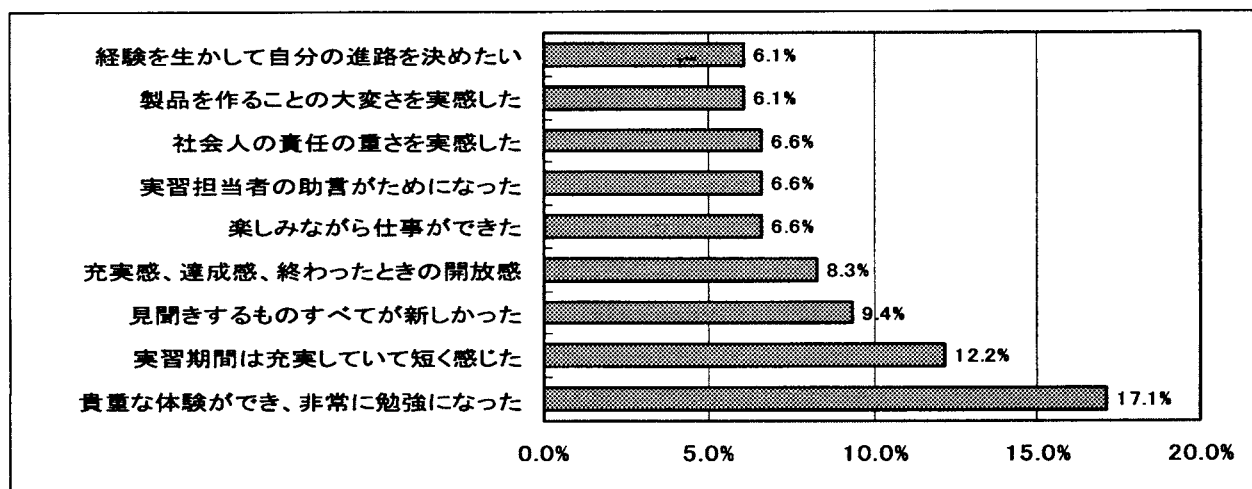


図5 実習に関する感想

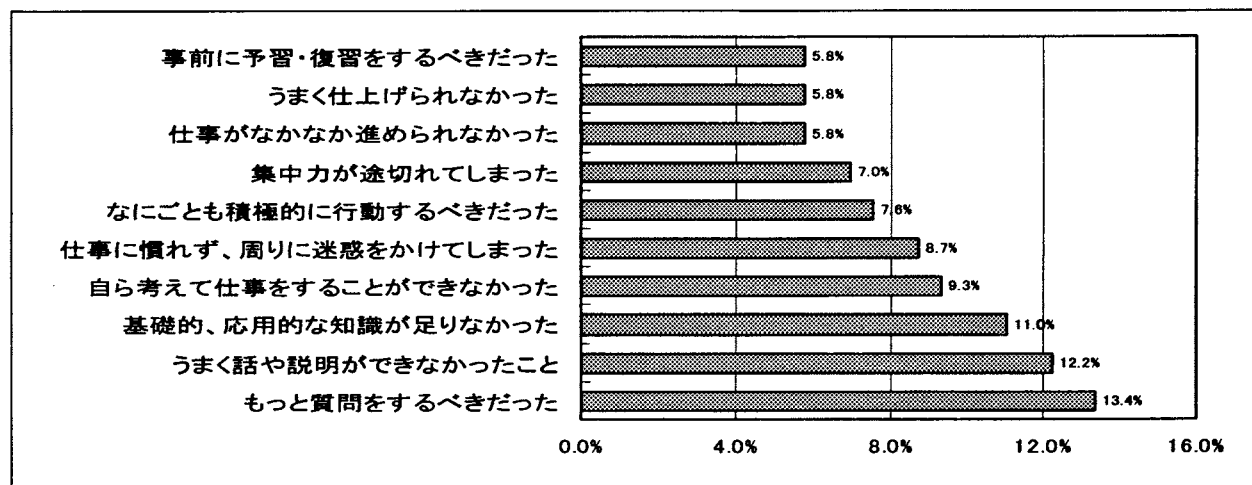


図6 実習に関する反省

8. インターンシップ実習の評価 (受入企業, 訪問教員)

インターンシップの終了後に、実施状況をできるだけ詳しく調査して問題点を把握するために、受入企業、参加学生および訪問教員を対象としたアンケート調査を実施した。その結果について以下に述べる。

8.1 受入企業による実習生の評価

単位認定のため、学生の実習状況の評価を行う必要がある。そのため企業の実習担当者に依頼して、個々の実習生の実習状況に関する評価を求めた。評価は10の評価項目

について5段階で評価するものであった。その結果(回答数 61)を表6に示す。昨年度と比較して、「積極性」の平均値が0.4下がる結果となったのが目立ち、残りの項目は「勤務態度」「協調性」が0.1上昇し、「実習内容理解」「仕事の正確さ」は0.1下がった。全体としては0.1の下降に留まった。なお、「創意工夫」の項目と「積極性」の項目で最低の「劣る」と評価された学生が1名いた。「積極性」が0.4も下がった理由は定かではないが、「勤務態度」「協調性」が上昇しているのとは逆傾向のため、様子を見守り、

一時的なものでないならば新たな改善策が必要かも知れない。

勤務状況は昨年と同じ値で、他の評価項目と比較しても特に良好（5段階で最高の「大変良い」という評価が70%以上）で、昨年同様本学のインターンシップ学生は基本的に時間の厳守などに対しては非常によく認識し実習していたことが伺える。

また、「創意工夫が見られたか」については、例年と同様であり、平均で3.6の評価に留まっている。「仕事の正確さ」、「創意工夫」、「積極性」などの評価項目に対しては、5段階で「普通」と評価された割合が高くなり、受入企業側から改善を希望する点として具体的に指摘されている。実験実習やクラブ活動の中から、観察し考えて行動する応用力を養うことが必要で、そのためにも多くの経験値が大切となってくると考える。

表7には個人別の所見として述べられた主要なものを示している。おおむね「積極的な行動」が評価されたものの、一方で「笑顔がない」、「積極的な交流をしない」、「この分野に興味がない」、「居眠りが多かった」などの指摘を受けた学生もいた。事前研修でずいぶんと指導してきたつもりであるが、一時的な指導にはやはり限界がある。4年間の学生生活をとおしての働きかけや、指導にさらなる工夫が必要であると考えられる。

#### 8.2 受入企業によるインターンシップの評価

受入企業担当者によるインターンシップに関する評価結果を図7に示した。「実習生の態度や状況について」、「インターンシップ全般に関して」のいずれの評価も、約90%の回答が適切あるいはほぼ適切という結果となった。しかし、「実習生の実習内容は満足すべきものであったか」については、やや不適切、不適切の回答が12%となっており、昨年より7%減少し改善された。しかしこの結果は依

然として注意していかなければならない。来年度に向けた反省事項である。

「インターンシップの目的」に関して、受入企業からの回答数の多かった上位3項目は、①学生の勤労観・職業観の育成、②企業と学生の相互理解、③産学連携による人材育成、であった。これは昨年と変わっていない。また、「来年以降実施にあたっての留意点、改善を要する点」に対する回答数の多かった上位3項目は、①学生の希望とのマッチング、②学生の意欲や積極性の向上、③実習内容の打ち合わせ、昨年と①と②が入れ替わった。これらを踏まえて来年度以降のインターンシップを計画していくことが必要である。

#### 8.4 実習先訪問担当教員の報告

単位認定のために、学生の実習状況を調査して大学として評価をする必要があるため、本年も各企業へ担当教員が訪問し、企業側の受け入れ担当者のほか実習生本人とも面談した。実習先企業を訪問した担当教員の報告をもとに、グラフにまとめたのが図9および図10である。昨年同様、学生がまじめに意欲的に実習に取り組んでいたという感想が高い結果となった。

一方、訪問教員による企業の実習内容、プログラム、指導状況に対する評価は、80%以上が「満足」あるいは「ほぼ満足」という結果となった（図10）。テーマの設定から、きめ細かな指導がおこなわれていることが評価されたものと考えられる。極めて少数ではあったが、実習生の受け入れに不慣れなため戸惑っている企業が見られた、あるいは実習内容がアルバイト的でインターンシップの実習としてはたして適切であるのか疑問が残る、との意見もあった。このような課題へのサポートをどのようにしていくのか検討が必要である。

表6 インターンシップ実習生に対する個人別評価（5段階評価、回答数61）

評価項目	評 点					平均値
	大変良い	やや良い	普通	やや劣る	劣る	
	5	4	3	2	1	
勤務状況(欠勤、遅刻、早退などの状況)はいかがでしたか?	42 69%	8 13%	10 16%	1 2%	0 0%	4.5
勤務態度(言葉遣い、挨拶、返事など)はいかがでしたか?	26 43%	19 31%	11 18%	5 8%	0 0%	4.1
実習内容はよく理解しましたか?	16 26%	34 56%	9 15%	2 3%	0 0%	4.0
仕事において、よく実行し、行動し、努力しましたか?	20 33%	28 46%	11 18%	2 3%	0 0%	4.1
仕事は正確で良い結果が出ましたか?	15 25%	31 51%	13 21%	2 3%	0 0%	4.0
創意工夫の姿勢は見られましたか?	7 11%	25 41%	25 41%	3 5%	1 2%	3.6
仕事に対する積極性はいかがでしたか?	15 25%	26 43%	17 28%	2 3%	1 2%	3.6
責任感を持っていましたか?	18 30%	28 46%	13 21%	2 3%	0 0%	4.0
協調性はいかがでしたか?	17 28%	29 48%	12 20%	3 5%	0 0%	4.0

全体評価	15	36	8	2	0	4.0
	25%	59%	13%	3%	0%	

表7 インターンシップ実習生に対する個人別評価の所見

<p><b>&lt;積極的な行動が評価された&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・積極的に業務に関わっており、学ぶ姿勢が良かったと思います。プレゼンテーションも良くまとまっており、発表も分かりやすく良かったと思います。</li> <li>・発言も多く、リーダー的な役割を進んで引き受けてくれました。</li> <li>・こちらが想定していなかった独創的な発想・答えをたくさん頂き、こちらは大変勉強になりました。</li> <li>・大変野生的で何事にも果敢に挑戦するタイプと感じました。</li> <li>・積極的に業務に関わり、まとめのプレゼンテーションでは、短時間で資料を作成し、プレゼンテーションの内容も良かった。</li> <li>・分からないことがあれば必ず質問し、理解した上で仕事に臨む姿勢に誠意を感じました。コミュニケーションも良くとれていました。</li> <li>・日を重ねるごとに慣れてきた様で笑顔で店頭に立って頂けました。指示した事は正確にこなせるので、簡単な仕事を一人で任せるという事もできました。お話をする時に、目を見て笑顔でいる姿勢が大変好印象でした。</li> </ul>
<p><b>&lt;問題点の指摘があった&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・言葉遣い等については直すべき点もいくつかありました（学生言葉等）。</li> <li>・研修に対する積極性がもう少しあると良かった（質問やグループワーク時）</li> <li>・仕事上の人間同士の会話で重要なことは、大きな声ではっきり話すことです。</li> <li>・緊張していたせいか、お客様に接する時笑顔があまり出なかったのが残念です。</li> <li>・本当は「何でこの仕事をしなければいけないのか」「この仕事をしていて何につながるのか」と考えながら行動してほしいなと思います。</li> <li>・分からないところは、もっと自分から聞くなりして欲しいところもあった。</li> <li>・与えた課題に対する評価としてはまだまだあまい所が多々あったので“大変良い”とは言えません。短所としては、自分で物事をよく考えるということが不足がちであった。</li> <li>・もっと仕事を遊べる大胆さがあってほしいなと思いました。</li> <li>・この分野にはあまり興味がない様でした。午後は居眠りが多かったです。笑顔もみられなかった。</li> </ul>

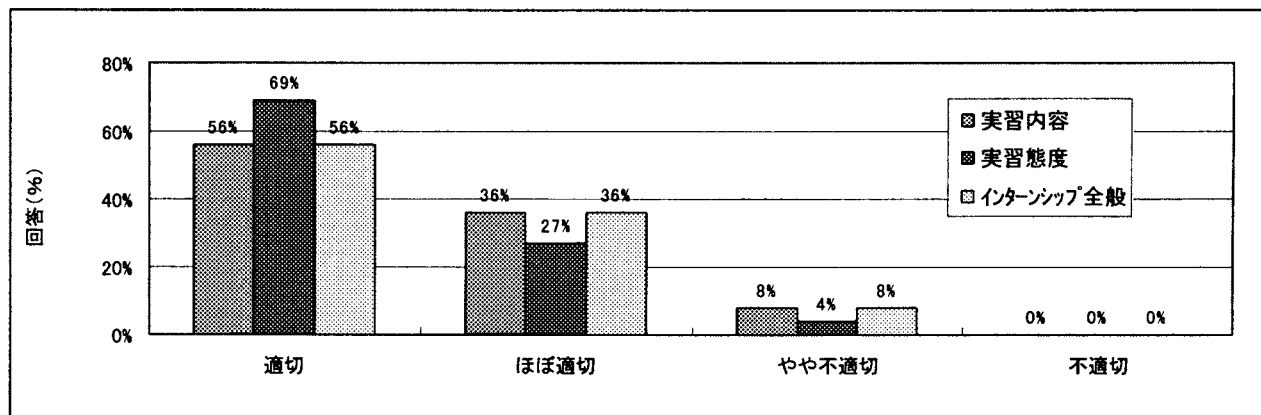


図7 受入企業担当者によるインターンシップへの評価

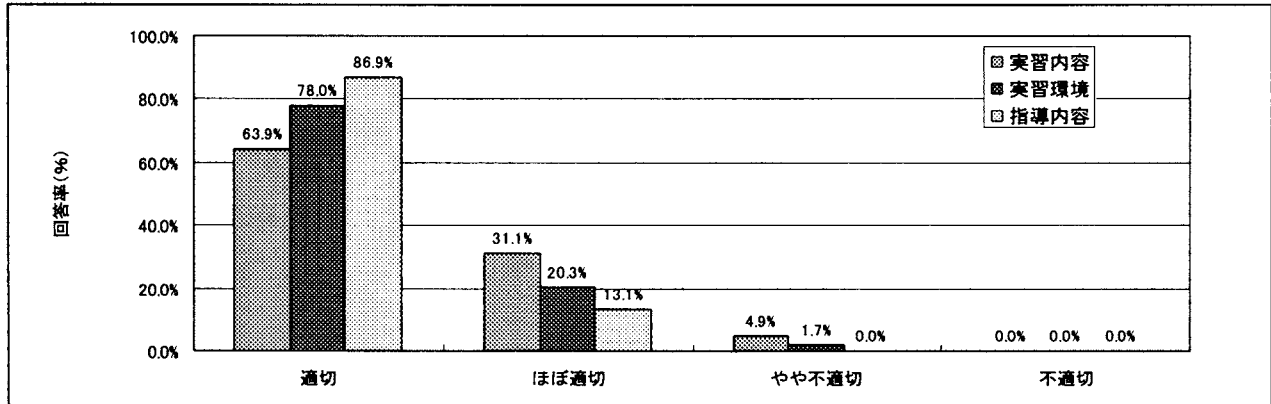


図8 参加学生による実習内容、環境、指導内容への満足度

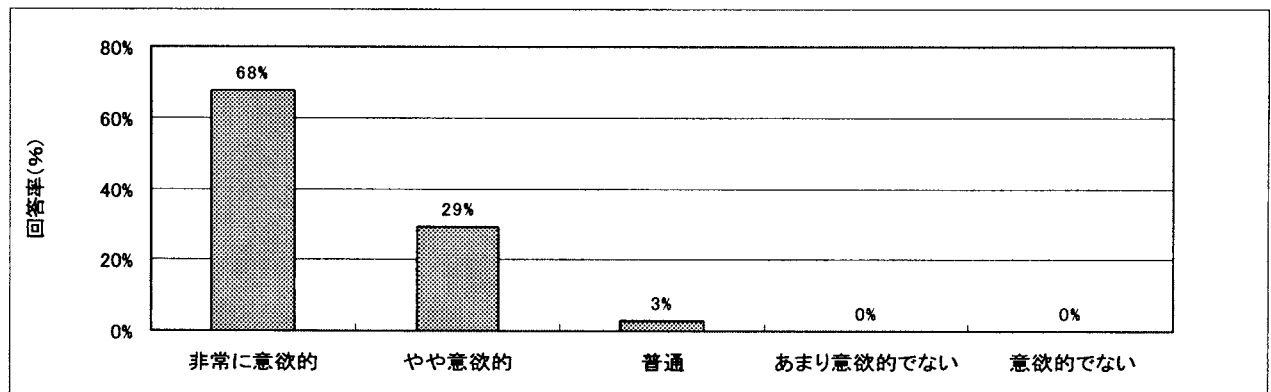
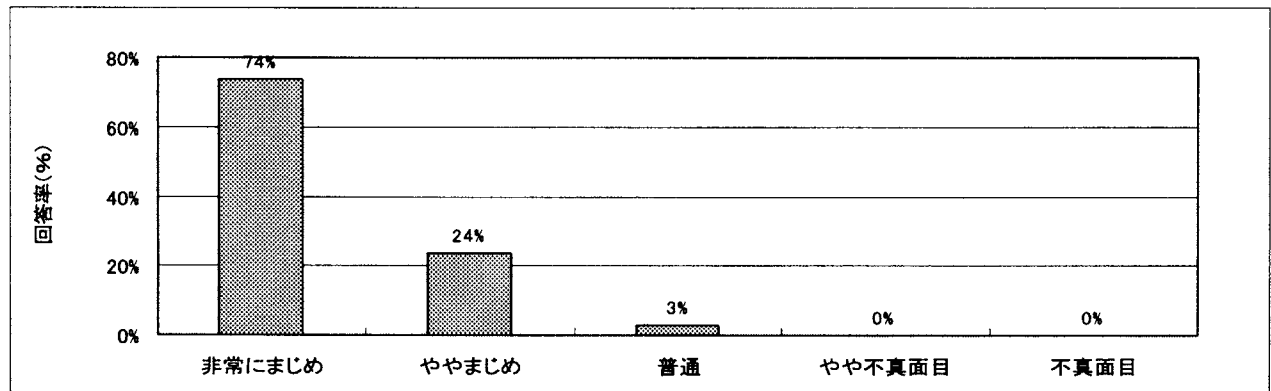


図9 実習生に対する訪問教員の評価①

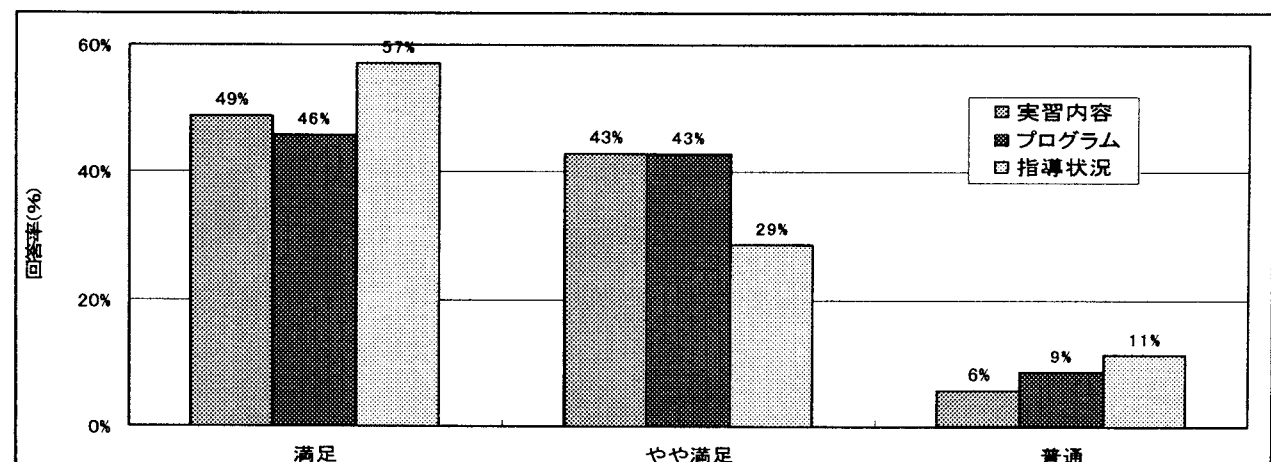


図10 訪問教員の受入事業所への評価と要望



## 9. 平成 21 年度インターンシップのまとめ

冒頭に述べた本年度インターンシップの以下の取り組みについて、検証したい。

- ①企業側への受入希望調査は昨年度同様 4 月とした
- ②企業からの全ての申し込み作業、実習報告書および評価作業などもネット上で入力可能とした
- ③学生からの提出書類を主にキャリア支援課で行い、挨拶や言葉遣いの指導を行った

の事業を取り入れた。5 月 13 日から 4 回にわたり事前研修会を開催し、基礎的必要事項や心構えなどを説明した。

### 9.1 事前研修の成果と評価

第 1 回の事前研修参加者 110 名の内 63 名が企業実習を行ったことから、実習参加率は 57.3% となり、昨年の 42.9%、一昨年の 55.1% と比較して平均的な参加率であった。従って今後の努力目標として参加率の向上に努めるべきである。

今年の大きな特色として、図 2 に示すように物質生命科学科の参加学生数が昨年の 6 名から 26 名へと前年の約 4 倍に達したことである。学生の多くは、化学系・バイオ系・食品系の実習内容を希望したため、一部の企業への応募が集中したので、これらの対策を考慮すべき時期にきていると考えられる。

本学でインターンシップを実施した 10 年間の受入企業数、実際に実習を実施した企業の数、募集学生数、参加学生数、単位取得学生数の変化を図 1 に示した。本年度は企業を取り巻く不況の影響により、実習生の受入れが困難な事業所が多く、近年の状況を大幅に下回った。

前述のように、第 1 回事前研修ではインターンシップの概要とインターンシップに参加する上での考え方や心構え、履修等についての説明、第 2 回事前研修では「社会人とは一仕事・働くことの意義」についての講義、第 3 回目は昨年度の実習生である 3 名の 4 年生による体験談を話してもらった。第 4 回目は実習直前の注意事項の説明を行い、「意欲と積極性を高める」ことに関してできるだけ注意を喚起した。

このように、4 回にわたる事前研修によって、明確な目的意識を持った学生を実習先に送ったつもりであるが、表 6 の「インターンシップ実習生に対する個人評価」では、全体評価が前年度の 4.1 から 4.0 に下がり、教育効果に問題があったと考えられる。特に一番評価の低かった「創意工夫」「積極性」は座学からでは学びきれないものがあるかもしれない。学生個人の資質に負うものがあり、短期間の研修では効果がでないと考えられるので、実習や授業などで教育効果を高める努力が必要と思われる。

また、学校生活の人間関係や授業における消極的な態度が、反省点として反映してしまったのが図 6 である。その中でも「もっと質問をするべきだった」が 13.4% と最多の回答となっている。次いで「うまく話や説明ができなかった」、「基礎的、応用的な知識が足りなかった」、「自ら考えて仕事をすることができなかった」、「仕事に慣れず、周りに迷惑をかけてしまった」などの項目の順になっている。反省点の上位 2 項目が、コミュニケーション能力に関する内容であり、大学生活・授業も含めて学生時代を通してより自然に人との関係を作り上げていく能力を高めさせる必要性が大きいことを示している。

このようにインターンシップへの取り組みに関する研修効果は、日頃の大学での生活態度に大きく依存していることから、研修による特化した効果を求めることは難しいと思われる。

### 9.2 インターンシップ実習の課題

大半の学生は当初希望していなかった実習内容を行う

こととなったが、それでも大半の学生が実習に参加したのは、就業体験を通じて働くことの意義を感じたいという意気込みが強かったものと考えられる。なお、実習先の業種が偏っており、希望する分野を活かせる実習を体験したかったという意見は本年度も多く、継続して解決すべき課題となっている。

学生のモチベーションを維持することは難しいが、毎月の就職ガイダンスやインターンシップ事前研修の量や質を考慮すると、学生自身が消化不良をおこし、集中力を欠いていると想像できる。今後は、学生への教育効果を見極める時間と評価方法を検討すべきかと思われ、学生の習熟度に合わせたガイダンスや研修の進行が求められているのではないかと考えられる。

## 10. 謝辞

本年度のインターンシップ・プログラムを実施するにあたり、ご協力をいただいた企業およびその担当者の皆さん、そして報告会で発表をご担当いただいた皆さんに心から感謝致します。

## 参考文献

- 1) 文部省編, インターンシップ・ガイドブック, インターンシップの円滑な導入と運用のために, 1998.
- 2) 丹羽昌平 他, インターンシップで学生は何を得たか?—平成 14 年度インターンシップ実施報告—, 静岡理工科大学紀要, 第 11 巻, 2003, 281—303.
- 3) 丹羽昌平 他, インターンシップ実施 5 年間のまとめとこれからの展望—平成 15 年度インターンシップ実施報告—, 静岡理工科大学紀要, 第 12 巻, 2004, 299—320.
- 4) 丹羽昌平 他, 平成 16 年度インターンシップ実施報告—インターンシップの教育効果の向上のために—, 静岡理工科大学紀要, 第 13 巻, 2005, 95—104.
- 5) 丹羽昌平 他, 地域社会との連携による実習体験教育, 工学教育, 第 53 巻第 4 号, 2005, 23—29.
- 6) 惣田昱夫 他, 平成 17 年度インターンシップ実施報告—事前教育の充実による教育効果の向上—, 静岡理工科大学紀要, 第 14 巻, 2006, 163—174.
- 7) 富田寿人 他, 平成 18 年度インターンシップ実施報告—キャリア教育メイン・プログラムを目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第 15 巻, 2007, 127—139.
- 8) 富田寿人 他, 平成 19 年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第 16 巻, 2008, 117—129.
- 9) 富田寿人 他, 平成 20 年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—, 静岡理工科大学紀要, 第 17 巻, 2009, 163—174.

# 情報系学部 1 年生におけるプログラミング学習への意識と 学習の動機づけとの関連

The relationship among attitudes toward programming learning and the motives for learning in the first-year college students belonging to department of information science.

手島 裕詞\*  
Yuji TESHIMA

**Abstract** The purpose of this research was to investigate the relationships among college students' motives for learning and their attitudes toward programming learning. One hundred and thirty-three college students answered a questionnaire for these topics. Factors for each topic were extracted by factor analysis. Then, using the multiple linear regression analysis, I examined the relations among the factors of each topic. Results showed that a kind of intellectual curiosity had a positive influence on students' attitudes toward programming learning.

## 1. はじめに

情報系の学生が学ぶ主技術の一つにプログラミングがある。プログラミングは、言語の文法にしたがって、コンピュータに処理させる命令を記述していくものであり、ソフト開発やシステム構築をおこなううえでの必須技術であるといえる。したがって、多くの情報系の大学において、プログラミング技術の習得を重要課題として位置づけ、カリキュラム上での工夫や授業内容の工夫、少人数での指導など様々な取り組みがなされている。

一方、近年、大学生の学力低下や学習意欲の低下など様々な問題が指摘されている<sup>1), 2)</sup>。特に、「なぜ大学で学ぶのか」や「大学で何を学びたいのか」などを理解せずにとりあえず講義に出席している学生が目立つようになってきた。そのような学生の多くは、講義自体も受け身的になりやすく、主体的に学ぼうという意識が低い場合がある。プログラミング教育では、講義される内容の理解や暗記だけでは十分ではなく、演習における創造性や自主性が要求される。したがって、学生の主体的な学ぶ意欲の低下の影響を強く受けてしまう。

このような背景のもと、本稿では、情報系の学生を対象として、学習の動機づけとプログラミング学習への意識との関連について質問紙調査をおこなった。まず、プログラミング学習への意識尺度を作成し、調査対象となった学生のプログラミングへの態度の測定を試みた。また、小杉(2008)で作成した学習の動機づけ尺度を併せて実施し、データ分析をおこなった。最後にこれらの尺度間の関係を分析した。これらの調査を通じ、学生のプログラミング学習に関連した動機づけや学習意欲について把握し、今後の教

育実践に生かすことを目標とした。

## 2. 方法

### 2.1 調査対象

調査対象は、静岡理工科大学総合情報学部 1 年生 133 名であった。本調査は、平成 21 年 9 月、総合情報学部の必修科目である「プログラミング入門」の初回の講義の中でおこなった。

### 2.2 質問紙

#### 2.2.1 プログラミング学習への意識尺度

教育心理学を専門とする教員とともに検討をおこない、Table 1 に示した 5 項目を作成した。調査対象への教示として、「みなさんのプログラミングに対する意識について教えて下さい。以下の項目について、あなたがどの程度そう思うか、当てはまる番号に○をつけて下さい。(5: すごく思う, 4: そう思う, 3: どちらでもない, 2: あまりそう思わない, 1: まったくそう思わない)」という文章を質問紙の冒頭に記した。

#### 2.2.2 学習の動機づけ尺度

小杉(2008)で作成した学習の動機づけ尺度をもとに 28 項目を作成した。調査対象への教示として、「大学の授業や日常において、さまざまなことを学んだり、勉強したりすることについて質問します。あなたはどのような学習や勉強をどのような理由でおこなっていますか。以下の項目について、あてはまる(5)、ややあてはまる(4)、どちらでもない(3)、あまりあてはまらない(2)、あてはま

2010 年 3 月 3 日受理

\* 総合情報学部 コンピュータシステム学科

Table 1 プログラミング学習への意識尺度

項目内容	平均値	標準偏差	肯定率
1. プログラミングは面白そうだ	3.83	1.02	.71
2. プログラミングの勉強をしたい	4.02	.90	.79
3. プログラミングについて学ぶことは自分の将来に役立つ	4.13	.93	.83
4. プログラミングの授業が楽しみだ	3.68	.95	.59
5. プログラミングを使う仕事に就きたい	3.45	1.05	.51

Table 2 学習の動機づけ尺度

項目内容	I	II	III
好奇心が満たされるから	.86	.09	-.21
内容を理解できるようになるのがうれしいから	.73	.13	-.06
知識や能力が身につくのが楽しいから	.73	-.09	.06
学ぶこと自体がおもしろいから	.66	-.08	-.14
考えたり、頭を使ったりするのが好きだから	.63	.04	.04
難しい内容を学ぶのが楽しいから	.60	-.04	.14
教材や本などがおもしろいから	.56	.14	-.06
興味のある分野を深く掘り下げたいから	.54	-.20	.29
わからなかったことがわかるようになると自信がつくから	.46	.11	.31
得意とすることを追求したいから	.44	-.12	.23
まわりの人についていけなくなるのが嫌だから	.09	.70	.11
しないと罪悪感に責められるから	.11	.67	-.15
まわりからやれと言われるから	-.04	.66	-.21
きまりのようなものだから	-.06	.65	.13
今の社会ではしなければならいようになっているから	-.19	.60	.16
課題などのやらなければならないものを与えられるから	-.04	.59	.15
まわりの人により印象をあたえたいから	.33	.52	-.02
ほかにすることがないから	.00	.50	-.25
後で困るのが嫌だから	.01	.43	.28
就職後、多くの収入・給与を得たいから	-.13	.27	.61
専門的な知識や技術を身につけたいから	.18	-.02	.55
就きたい職業に必要な知識をつけたいから	.01	-.24	.54
就職に有利だから	-.03	.17	.51
因子間相関			
I	-	-.20	.18
II	-	-	.20
III	-	-	-

らない(1)のなかで最もあてはまる数字に○をつけてください。」という文章を質問紙の冒頭に記した。

### 3. 分析と結果

#### 3.1 プログラミング学習への意識尺度の分析と結果

項目ごとのデータ 5項目に対する学生の反応はTable 1のとおりであった。肯定率とは、各項目に対し、5か4と反応した人数の割合を意味する。

まず、項目1と2が比較的高く肯定されたことから、学生がプログラミングに興味をもっていること、学習意欲も全体として高いことが示唆された。また、項目3から、学

生がプログラミングが自分の将来に役立つという展望をもっていることがわかった。情報系の学生を対象とした調査であることから、これらの項目が肯定されたということは、予測どおりであるといえる。しかし、この結果は一方で、1年生の後期開始時において、すでに2、3割の学生はプログラミング学習について関心をもっていないことを意味すると言える。これらの学生に対し、プログラミング学習への意欲を高める工夫をすることは、情報系学部としての教育上の重要な課題である。

次に、項目4と5の肯定率は高くなかった。まず、項目4から、学生のプログラミングの授業への意欲や期待がそ

Table 3 学習の動機づけ尺度の下位尺度得点の平均値, 標準偏差と下位尺度間の相関係数

	内発的動機づけ	義務感	就職志向性	平均	標準偏差
内発的動機づけ	-	-.11	.18*	3.39	.66
義務感		-	.25**	2.80	.69
就職志向性			-	4.04	.61
	* $p < .1$	** $p < .01$			

れほど高くないことがうかがい知れる。この結果は、項目1と2の結果に矛盾するようである。これらの結果は、学生は、プログラミングには興味があるが、その授業にはあまり意欲的でないことを意味する。授業改善の参考にするべきデータである。また、項目5から、学生はプログラミングを使う職業への志向性が低いことが示された。これは、項目3の結果に相反する結果である。プログラミングが自分の将来に必要なとしながらも、それを専門とする職業の厳しさやそれに至るまでの学習の難しさを考えると消極的になってしまうということであろうか。そうであるとするならば、この結果についても情報系学部としては重く受け止めるべきであり、今後の授業改善や学生指導の資料とすべきである。

**因子分析** この5項目に対し、主因子法による因子分析をおこなった。因子分析の方法については、小塩(2005)を参考にした<sup>3)</sup>。まず、固有値の減衰状況は、3.189, 0.734, 0.445, 0.395, 0.237と続いている。因子寄与率は、第1因子から順に63.77%, 14.78%, 8.90%, 7.90%, 4.75%であった。これらの観点から、因子軸の回転はおこなわない1因子解を採用するのが妥当であると考えられた。そこで、5項目の総得点(25点満点)を以後の分析の指標とし、「プログラミング意識得点」と呼ぶことにした。この得点の平均値は19.12、標準偏差は3.86であった。

### 3.2 学習の動機づけ尺度の分析と結果

因子分析の方法に関しては、まず、学習の動機づけ尺度28項目の平均値、標準偏差を算出した。そして、天井効果およびフロア効果を確認した結果、分析から除外する項目はなかった。

次に28項目に対して主因子法による因子分析を行った。固有値の変化は5.343, 5.030, 2.179, 1.594, 1.333, 1.311,・・・というものであり、3因子構造が妥当であると考えられた。そこで、再度3因子を仮定して主因子法・Promax 回転による主因子分析を行った。その結果、十分な因子負荷量を示さなかった5項目を分析から除外し、再度主因子法・Promax 回転による因子分析を行った。Promax 回転の最終的な因子パターン因子間相関をTable 2に示す。なお、回転前の3因子で23項目の全分散を説明する割合は49.25%であった。

第1因子は10項目で構成されており、「好奇心が満たされるから」、「内容を理解できるのがうれしいから」、「学ぶこと自体がおもしろいから」など、学習すること自体に

動機づけられていることを示す項目が高い負荷量を示していた。そこで「内発的動機づけ」因子と命名した。

第2因子は9項目で構成されており、「まわりの人についていけなくなるのが嫌だから」、「しないと罪悪感に責められるから」など、学習をいわば義務的にしようとしていることを表す内容の項目が高い負荷量を示していた。そこで「義務感」因子と命名した。

第3因子は、4項目で構成されており、「就職後、多くの収入・給与を得たいから」、「専門的な技術や知識を身につけたいから」など、就職を意識して学習しようという構えに関する内容の項目が高い負荷量を示していた。そこで、「就職志向性」因子と命名した。

**下位尺度間の関連** 学習の動機づけ尺度の3つの下位尺度に相当する項目の平均値を算出し、「内発的動機づけ」下位尺度得点(平均3.39、標準偏差.66)、「義務感」下位尺度得点(平均2.80、標準偏差.69)、「就職志向性」下位尺度得点(平均4.04、標準偏差.61)とした。学習の動機づけ尺度の下位尺度間相関をTable 3に示す。同表より、内発的動機づけと就職志向性、および義務感と就職志向性はともに正の相関を示していることが分かる。つまり、大学での学習そのものへの動機づけが高いほど将来の就職に敏感であると考えられる。同様に、学習に義務感を感じるほど、将来の就職に敏感であると考えられる。

また、就職志向性の得点の平均値が4.04と高い値を示していることは注目に値する。調査対象となった学生は、全体として、就職のことを意識しながら大学生活を送っていることが分かった。

### 3.3 重回帰分析

学習の動機づけ尺度の3つの下位尺度得点がプログラミング意識得点に与える影響を検討するために重回帰分析をおこなった。その結果をTable 4に示す。

Table 4より、内発的動機づけ尺度得点からプログラミング意識得点に対する標準偏回帰係数が有意であったが、

Table 4 重回帰分析の結果

変数	$\beta$
内発的動機づけ	.32**
義務感	-.10
就職志向性	.10
R <sup>2</sup>	.13**

\*\*  $p < .01$

義務感と就職志向性からの標準編回帰分析はともに有意ではなかったことが示された。この結果は、大学での学習への内発的動機づけが高い学生ほどプログラミング学習への意識も高いことを意味している。言い換えれば、学習の内発的動機づけが低い学生は、プログラミングへの意識もより低い可能性がある。私たち教員としては、全般的な学習意欲は低くとも、学部としての主要科目であり、将来に生きるであろうプログラミングには関心をもってほしいと期待していたが、そのような傾向にはならなかった。これについて、プログラミングへの意識の低い学生は入学時から同様の傾向にあったのか、それとも前期での学業生活の影響で、入学時には高かった意識が低減したのかを分析する必要がある。後者に関連して、1年前期の現行のカリキュラムが、専門科目への動機づけを高める役割を果たしていないのではないかと、あるいは逆に、興味や関心を失わせることになっていないかを十分に検討する必要があると考えている。

#### 4. 今後の課題

一年生後期の時点で、すでにプログラミングへの意識の低い学生は、学習意欲も低い可能性があり、その後の自学は望めないと考えられる。また、そのような学生にプログラミングの学習を強いても「難しい」、「分からない」という経験を重ねるだけで、いわゆる学習性無力感を引き起こす可能性もある。学習性無力感とは、主に学習の場で形成されるもので、「解決できない」という経験を重ねると、そのうち「何をやってもできない」と感じるようになり、本来なら解決できる課題でさえもやろうとしなくなり、結果的に本来の実力よりも成績が低下してしまうことである<sup>4)</sup>。そのため、教育実践の場では、「何をやっても無駄」といった意識をもたせないような配慮が必要であると言われており、また、そのような学生の学習意欲を高めることが私たち教員の役割である。そのためには、たとえば、1年生前期においてプログラミングの導入教育をおこなない、そこでは、技術的内容というよりはむしろプログラミングの楽しさを伝える工夫をするなどが考えられる。

次に、プログラミング学習について、意識の変化を半期ごとに調査、分析する継続的な取り組みも必要であると考ええる。今回は、1年生の後期の学生を調査対象としたが、プログラミング学習への意識や職業観の時系列的な変化を調べ、また、それらの変化とカリキュラムあるいは学生個人の履修状況との関係もあわせて検討していくべきであると考えている。

#### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、小杉大輔講師にご助言いただきました。深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 小杉大輔, "理工系大学生における学習動機・授業中のつまずき・学習意欲の関連", 静岡理工科大学紀要, 16 (2008), 63-72.
- 2) 溝上慎一, "大学新入生の学業生活への参入過程-学業意欲と授業意欲-", 京都大学高等教育研究第10号 (2004), 67-87.
- 3) 小塩真司, "研究事例で学ぶ SPSS と Amos による心理・調査データ解析", (東京図書, 2005).
- 4) 塩見邦雄(編), "教育実践心理学", (ナカニシヤ出版, 2008).

## PBLに基づく特別プログラム「Webデザイン」開講年度の実践成果

The Results of Special Program "Web Design" based on PBL:(First Year).

金久保正明\*, 幸谷智紀\*\*, 宮岡徹\*, 手島裕詞\*\*, 平松和可子\*\*\*, 菅沼義昇\*

Masaaki KANAKUBO, Tomonori KOUYA, Tetsu MIYAOKA, Yuji TESHIMA, Wakako HIRAMATSU and Yoshinori SUGANUMA

**Abstract:** In this paper, we reported the first year results of Special Program "Web Design" based on PBL. In this program, eleven students had tried individually to build their own original virtual shopping sites. To achieve such purpose, they studied strenuously HTML, FLASH, 3DCG, Java, PHP, database, site design, other tools, and evaluation techniques. The first class has concluded successfully, however, some problems were found for the coming year.

## 1. はじめに

本稿では、平成21年度より総合情報学部において開始した「特別プログラムⅠ、Ⅱ」(Webデザイン)の初年度教育成果報告を行う。同科目は学部2年生を対象に、前後期を通じて水曜、木曜の各3~5限を宛て(「特別プログラムⅠ(前期)」「特別プログラムⅡ(後期)」をセットで履修する)、年間168コマを費やす大型授業として構成された。PBL(Project Based Learning)<sup>1)</sup>の考え方にに基づき、授業と実習(制作等)を交互に繰返し、実践を通じて効果的な技術修得を目指す新しい科目として、大学HPや大学案内等の各種広報媒体、及び学会でも新学部の「目玉科目」として宣伝に力を入れたものである<sup>2)~5)</sup>。

内容的には、仮想ショッピングサイト(「SIST Virtual Mall」)の制作をPBLの「全体目標」に設定した。その過程で、HP制作ツール、HP制作言語(HTML, スタイルシート(CSS), JavaScript, Java, PHP等)、写真加工技術、デザインセンス、FLASH制作技術(ActionScript等)、3DCG制作技術、データベース構築技術、サイトの管理技術、サイトの科学的な評価方法等の修得を、其々「途中目標」として、高い動機付けの中で一つ一つ着実に修得出来るシラバス構成を試みた。ショッピングサイト制作で実績のあるWebデザイナー(平松)も、非常勤講師としてデザイン指導を担当した。

以下、第2章で同科目の詳しいコンセプトとシラバス構成、及び受講生の概要等、第3章で制作作品例及びデータベースの構成、第4章で制作サイトに関する心理評価結果の詳細を述べる。第5章では、開始時、前期終了時、後期終了時に、受講生に行った技術習得に関する意欲や自信等を問うアンケートの集計結果を紹介する。第6章ではまとめと今後の課題について触れる。

## 2. 「特別プログラム」(Webデザイン)の概要

## 2.1 Webデザインを選定した理由

1990年代にInternetを牽引する原動力となったWorld Wide Web(以下、Webと略記)は、現在では必要不可欠な生活・情報インフラとして全世界的に定着している。Web2.0という言葉が象徴するように、HTMLからXMLへ、静的Webコンテンツから、動画・データベースとの連携による動的コンテンツへ、表面的デザイン以上にWebを後ろから支える技術は複雑化の一途を辿っている。

HP(Webサイト)の制作と運営は、Google, Yahoo, Microsoftに代表される巨大企業が提供するblog, mail, スケジューラ等を使えば容易く出来るが、企業側が用意した枠組みの中でしか行えず、それだけでは単なるユーザとして終わってしまう。自らの意思で例えばビジネスを立ち上げ、継続して行くには、目的に応じてWebサイト全体を構築し運営していくスキルが必要で、それにはお仕着せのツールを使うだけではない、基本技術の修得が不可欠となる。Internetの重要性が年々高まる中、Webサイト制作の基礎的な技術と企画力を身に付けた者は、有望なIT技術者、ITプランナーの卵として社会からも期待される。学生の就職・キャリア支援の観点からも、Webデザインは望ましい学習課題であると考えられた。

特別プログラム導入の当初から、PBLをベースとする授業の効果、即ち、座学の後に実践を行うという大学教育に在りがちなスタイルを脱して、途中目標ごとに勉強と制作(実践)を繰り返す事で、生きた知識とノウハウを身に付ける効果を狙っていた。Webサイト全体の企画・構成から、写真や3DCG、データベース等の様々なコンテンツが有機的に繋がり、心理評価も可能なWebサイトは、多くの項目を途中目標として、大目標に至る熱意によって其々の修得の動機付けとするPBLでは、まさに打って付けの制作課題であると言える。

さらに、優れたWebサイトの制作には、単なる技術だけではなく、優れた文章やデザインのセンス、コンテンツを何にするかという企画力等、所謂、文系的な感性・教養

2010年3月5日 受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

\*\* 総合情報学部 コンピュータシステム学科

\*\*\* ウェブパレット

が重要になる。これは、総合情報学部が特長の一つとして掲げる「文理融合教育」の実現に他ならない。ここでの Web デザインとは、決して美術的な意味でのデザインに限定されるのではなく、技術的なシステムデザイン、文系的なコンテンツデザインも包含するのである。

主に以上の理由から、特別プログラムの企画の早い段階で Web デザインを行う事は決まっていた。さらに担当教員スタッフの議論により、具体的なジャンルとして、仮想ショッピングサイトを選定した。主な理由は、①実際に物を売らないショッピングサイトとする事で、未来の家電等、若者らしい夢のあるコンテンツを展開出来る、②①によって、視覚効果の高い 3DCG の魅力を引き出す事も容易となる、③ショッピングサイトには美術的デザインも重要なので、その勉強及び心理評価にも繋げやすい、④新商品を考える事で、社会人として重要な企画力を鍛えられる、⑤在庫管理や認証等も係るためデータベース技術、サイト管理技術等も組み入れやすい、⑥毎年の作品を蓄積して行く事も可能——といった諸点が挙げられる。

## 2.2 シラバスの構成と教材

年間 168 コマの授業時間はあるが、教える内容が非常に多岐に渡るため、むしろ時間が足りなくなる程で、シラバス制作は困難であった。特に効果的な項目の順番を巡り、担当者間で多くの議論を重ね、正式決定までには時間が掛かった<sup>6)</sup>。紆余曲折を経たが、最終的には Fig.1 に示す順序で行う事となった。

4月	ガイダンス	9月	Flash
	画像編集(PhotoShop)		Action Scriptによる動画作成
5月	SIST Virtual Mallの作成 (静的部分のみ)	10月	
	Flashの基礎		
	HTML & JavaScript		
6月	Webデザインの修正	11月	3層Webプログラミング データベースとPHP
	3DCGとWeb3D		
7月	Webデザインの修正	12月	Javaとデータベース
	前期報告レポート作成		Webページの心理評価 多変量解析
	中間発表		最終レポートの作成 最終発表会と全体講評
2年生前期		2年生後期	

Fig.1 開講年度の「特別プログラム」シラバス概要

画像編集 (PhotoShop) から始まるのは、まず「もの作りの楽しさ」から入るためである。サイトの静的部分の制作では、予め Web デザイナー (平松) が用意した見本サイト (フレームワークデザイン) を Web サイト制作ツールである DreamWeaver 等を使い、加工して独自のものに仕上げる方法を取った。受講生に、一から全ての設計を行わせるのは無理との判断からであった。その後、FLASH の実践を経て、HTML や JavaScript 等の言語の授業と実践

を経て或る程度の自信を持たせてから、重要コンテンツとなる 3DCG, Web3D の制作を迎える構成を取った。

後期は、FLASH 制作用言語 ActionScript による「もの作りの楽しさ」から再開し、複雑な技術である 3 層 Web プログラミング、PHP や Java によるデータベース操作へと繋げる構成を取った。制作はここで終わり、その後は制作したサイトの詳細な心理評価 (履修者同士で評価を行い、評価方法を習得する) に時間を掛けた。

前後期を通じて制作の要所にて、デザインの指導を受け、ページ修正する時間を設けた。また毎回 5 限終了時に、その日の作業内容と困難だった点、どのように解決したか、等を記載した「作業日報」の提出を義務付けた。前期、後期の最終日には、自分の制作サイトを一人 20 分程度、スライド、デモ等で説明する発表会を設け、制作レポートも提出させた。これにより、卒業研究にも役立つプレゼンテーション技術、レポート制作方法の習得も図った。

なお教員側の担当は、画像編集(PhotoShop)及び心理評価等が宮岡、HTMLとJavaScript、Javaのプログラミング等が菅沼<sup>7)</sup>、FLASHの基礎と 3DCG, Web3D等が手島、3 層 Webプログラミングとデータベース等が幸谷、ショッピングサイト構成とレイアウト、美術的なデザイン指導が平松、DreamWeaverとActionScript、受講生に対するアンケート調査等が金久保の分担であった。

教材は各担当者が適宜、マニュアル等の参考書、そのコピー、練習用サイト等を用意した。副教材として、外部に公開する Web サイトの制作上、必須の知識である著作権法やショッピングサイト関連法、Web ユーザビリティの基本事項の他、優れた Web デザインの参考となるサイトの URL 一覧、最近の Internet に関する主なトピック——等をまとめたテキストを配布した。

実施教室は、総合情報学部が「近未来創造スタジオ」として広報用にも使用する教育棟 509 室である。50 インチプラズマ TV を教室中央に配置し、教員の説明は基本的に大型 TV で行った。PC 及び各制作ソフトは 1 人 1 セットを用意し、個人で制作出来る環境を整えた。

## 2.3 受講生の概要

「特別プログラム」は成績上位者を対象とするアドバンスド・プログラムと考えられ、高度な内容の指導を十分に達成するため、履修人数は 20 人を上限とした。1 年生後期ガイダンスで概要を説明し、2008 年 12 月に学内掲示で履修者を募集したが、希望者は 11 名に留まった。希望しない学生からは、「2 年生の 1 年間、水・木の午後が潰れるので、他の講義が取れなくなる」「授業内容が難しそうで不安」といった理由も聞かれた。実際、「Web デザインコース」が設けられている人間情報デザイン学科からの応

募が3名と少なく、残り8名は技術志向の強いコンピュータシステム学科である事を考えると、高い技術スキル取得を目指したシラバス構成は、漠然とした「ホームページ作り」をイメージしていた学生には、敷居が高いと感じられたのかもしれない。

初年度受講生11名は全員男子学生で、1年終了時点のGPAは最高2.93、最低1.63であった。比較的、成績上位の意欲的な学生で占められる事となった。

授業開始時にHP関連技術の経験を尋ねるアンケートを行った。「HP制作ツールを使った事があるか？」は、全く無い6人、少しだけある2人、ある3人、「HTMLやCSSを書いた事があるか？」は、どちらも無い4人、HTMLは少しあるがCSSはない5人、どちらも少しある1人、どちらもたくさんある1人、「FLASHを作った事があるか？」は、全く無い8人、少しだけある2人、ある1人、「3DCGを作った事があるか？」は、全く無い6人、少しだけある3人、ある1人、数多くある1人、という分布だった。HTMLを除けば半数以上が全く未経験で、残りもあまり使った事が無い学生で占められていた。

### 3. 制作サイト、商品CG例とデータベース

#### 3.1 SIST Virtual Mall

受講生は1人1つのショッピングサイトを制作し、計11の仮想店舗が出来た(「SIST Virtual Mall」は受講生の店舗が並ぶ「商店街」をイメージしたネーミング)。平松が制作した見本に基づき、リンク等のナビゲーション機能を十分に備えた「トップページ」の他、「商品紹介・検索ページ」「特定商取引法表示」「プライバシーポリシー」「お問い合わせ」「サイトマップ」のページ等、ショッピングサイトとして必要なページは全て揃えている。Fig.1に受講生の一人が制作したサイトマップを示す。

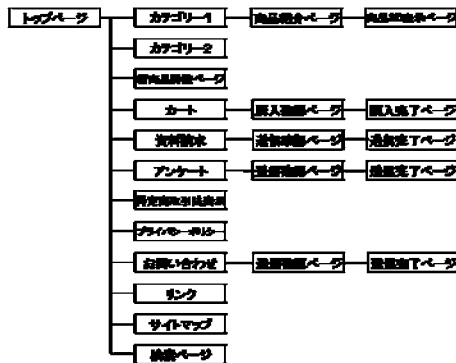


Fig.1 受講生が制作したサイトマップ

Fig.2とFig.3に、受講生が制作したショッピングサイトのトップページの例を示す。Fig.4は平松が制作した見本とFig.2の作品との対比である。実際のWeb制作業界で用いられているCSSで制作されたレイアウトを変更し、ペ

ージ構成を変え、色彩やボタンのデザイン等の細部も自家製にアレンジする事が出来ている。このような修正作業にはHTML、CSS、JavaScript、Java等の細かい知識が必要で、受講生が相当程度のプログラミング能力を身に付けた事を物語っている。



Fig.2 受講生が制作したトップページの例(1)



Fig.3 受講生が制作したトップページの例(2)



Fig.4 見本サイト(左)と受講生の作品(右)



トップページの FLASH は, ActionScript によって動きを持たせ, ゲーム化した例も見られた(Fig.5).



Fig.5 トップページにゲーム FLASH を置いた例

### 3.2 アイデア商品の 3DCG 化

開始時アンケートでは, 「どんなショッピングサイトを作りたいか?」に対し, 8 人が「イメージが湧かない」と回答した. そこで「興味のある商品」「その不便な点」「その欠点の解消手段」「商品に付随させたい機能」「それを実現する構造」等を考える, 順を追った発想トレーニングを行った. 技術的実現性は厳密に考慮せず, 「こんな商品が欲しい」という夢に基づき, SF 的から現実的なものまで, バリエティに富んだ商品が発想された. 3DCG 制作に要する時間を考慮して, 各学生は 1 人につき 2~3 のアイデア商品を制作した. アイデア商品を 3DCG 化した作品例を以下に示す. なお, これらの作品は 3D モデリングソフトでモデリングを行った後, Web3D 編集ソフトでアニメーションやマウス操作を組み込んだものである.



ペイズリンク 自動髪切りマシーン  
Professor Lens 新型エレキギター

Fig.6 アイデア商品を 3DCG にした作品例

「ペイズリンク」は, ペアとなった指輪の宝石上部のボタンを押すともう一つの指輪のある方向を示す, カップル用の指輪. 「自動髪切りマシーン」は, 切る長さや髪形を入力すると, 自動的に髪を切ってくれる未来型の散髪システム. 「Professor Lens」は, 英文を見たら和文に変換してくれる等の多機能コンタクトレンズ. 「新型エレキギター」は, 備え付けのスクリーンに楽譜が表示され, 音がはずれていないか表示してくれる——等で, 学生自らの要求や趣味を反映した楽しい商品群となっている.

また, Fig.7 に或る受講生が 3DCG で描いた商品 (リラックスしながら PC が使える「WorkRestPremium」と名付けた椅子) のアニメーションの様子や様々な視点から見た様子を示す.



Fig.7 「WorkRestPremium」を様々な角度から見る

このように 3DCG で描かれた商品を, 閲覧者が画面上でアニメーションさせたり, 様々な視点から見る事が出来る機能を受講生達が発装した. 3DCG の作品として, かなり高いレベルを達成したものと言える.

### 3.3 商品検索データベース

制作の最終段階では, PHP とデータベース・プログラミングを学習した. この期間は, 担当教員(幸谷)の他に, 本学卒業生の竹口友大氏((株)わいにじ)が, 学外 TA として参加した.

既に各受講生のサイトの商品紹介ページには, 自分だけではなく, 他の受講生が制作した商品の 3DCG 画像も合わせて, カテゴリー分けをして並べた一覧がある(Fig.8 に一例を示す). 商品検索データベースの段階では, この 3DCG 画像群を対象に検索機能を持たせる事を目標とした.



学籍番号(氏名)公開URL	作業URL	HPのスクリーンショット
0816073 田中 雄也	http://132.88.160.114/0816073/	<a href="#">View</a>
0816085 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816085/	<a href="#">View</a>
0817019 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0817019/	<a href="#">View</a>
0816004 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816004/	<a href="#">View</a>
0816020 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816020/	<a href="#">View</a>
0816049 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816049/	<a href="#">View</a>
0816013 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816013/	<a href="#">View</a>
0816012 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816012/	<a href="#">View</a>
0817020 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0817020/	<a href="#">View</a>
0816024 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816024/	<a href="#">View</a>
0816040 藤田 聖也	http://132.88.160.114/0816040/	<a href="#">View</a>

Fig.12 学内 CentOSWeb サーバの成果物リスト画面

#### 4. 制作したショッピングサイトの評価

最終段階(12月~1月)では、これまで制作した各受講生のショッピングサイト(以下、HP)を評価する授業を実施した。まず、心理評価の基本となる心理物理学と多変量解析を含む統計学的手法について講義し、その後、受講生が相互にHPの評価を行った。評価結果は、受講生作品の出来栄、特色を示すものでもあるので詳細に報告する。

受講生は、まずマグニチュード推定法(magnitude estimation)により、相互にHPを評価した。その評価を参考にしてHPの手直しを行った後に、SD法(semantic differential)による評価を実施した。

##### 4.1 マグニチュード推定法による評価

マグニチュード推定法は、Stevensが提案した尺度構成法である<sup>10),11)</sup>。当初は、音をはじめとする感覚系について刺激強度と感覚量の間になり立つ関係を調べる方法として用いられた。その場合、観察者は提示された刺激によって引き起こされた感覚の大きさを数値であらわす。マグニチュード推定法が提案された当時は、マグニチュード推定の対象となる刺激の水準は比尺度(ratio scale)とされていた。その後、マグニチュード推定法が社会心理学などの分野でも用いられるようになると、刺激水準は名義尺度(nominal scale)でも可能と考えられるようになった<sup>12)</sup>。

マグニチュード推定法では、評価者の作業は刺激についての評価を数値で表現することだけなので、簡便に相当量の情報を収集できる。HPの評価では、HPの出来栄について、HPを制作した学生たちが互いのHPの評価を行った。

##### (1) 方法

**評価者:** HPを制作した学生11名が、評価者としてマグニチュード推定実験に参加した。評価者はすべて男子学生で、年齢は20歳前後であった。

**評価手続き:** 各評価者は、デスクトップコンピュータの液晶ディスプレイ上で、自分を除く10名のHPを評価した。

HPを細部にわたってチェックしつつ評価したので、10名すべてを評価する時間は、合計60分程度となった。

「HPの美しさ」、「HPの使い勝手の良さ」、「HPの面白さ」の3項目について、それぞれマグニチュード推定法により評価した。その際、各HPを見比べて、平均的な出来のHPを100とし、その2倍の出来なら200、1/2の出来なら50と評価するように指示した(モジュラス100)。

##### (2) 結果と考察

各HP、評価3項目それぞれについて、10個ずつの評価が集まった。そこで、これらの評価値を、通常のマグニチュード推定データ処理手続きに従い幾何平均した。その結

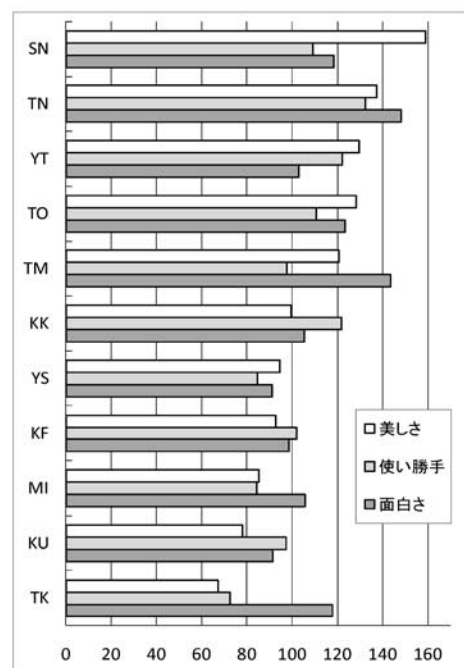


Fig.13 マグニチュード推定法によるHPの評価結果

果をFig.13に示す。Fig.13は「HPの美しさ」の評価順序に従って表示してある。図の横軸はマグニチュード推定値をあらわす。縦軸のアルファベットはHP制作者のイニシャルである。また図中の棒グラフは、各HP制作者の各項目についての平均評価得点をあらわす。

「HPの美しさ」についてみると、最高得点はSNの159.1であるのに対し、最低得点はTKの67.3であり、両者の比は2.36となった。次に「HPの使い勝手の良さ」についてみると、最高得点はTNの132.5、最低得点はTKの72.5であり、両者の比は1.83となった。さらに、「HPの面白さ」では、最高得点はTNの148.2、最低得点はYSの91.1であり、両者の比は1.63となった。また、各項目間の評価類似度を相関係数でみると、「美しさ」と「使い勝手」の間の相関は0.694、「美しさ」と「面白さ」の間の相関は0.528、「使い勝手」と「面白さ」の間の相関は0.335となった。

HP の最高得点と最低得点の比は、「美しさ」、「使い勝手」、「面白さ」のそれぞれについて、2.36, 1.83, 1.63 となり、各 HP の出来の良さにかかなりの差のあることがわかった。特に「美しさ」に関して開きが大きく、HP を作るときの美的センスの違いといった面が表れたようである。また、「美しさ」と「使い勝手」の相関は 0.694 と高く、美しい HP は使い勝手もよく、使い勝手のよい HP は美しいと評価されていることがわかる。これに対し、「使い勝手」と「面白さ」の相関は 0.335 で、「使い勝手」と「面白さ」では評価基準が違うことが分かる。たとえば、TN は、「使い勝手」も「面白さ」もともに評価が高い。これに対して、TM や TK は「使い勝手」の評価は低いが「面白い」と判断されている。

#### 4.2 SD 法による評価

HP 制作者は、マグニチュード推定法の評価結果を参考にして各自の HP の修正を行った。その後、SD 法により再度 HP の評価を実施した。

SD法はOsgoodにより提唱された感性評価手法<sup>13)</sup>で、「美しい-醜い」、「派手な-地味な」など反対の意味を持つ形容詞対を評価項目として選び、測定対象の評価を行う。その際、たとえば「美しい-醜い」の間を7段階に分け、「非常に美しい(3)」、「かなり美しい(2)」、「やや美しい(1)」、「どちらでもない(0)」、「やや醜い(-1)」、「かなり醜い(-2)」、「非常に醜い(-3)」のように評価する<sup>14),15)</sup>。形容詞対は、通常20対程度用意する。本研究では、よく用いられる形容詞対を中心に、HP評価に適切と思われるもの22対を選んだ。

##### (1) 方法

**評価者:** HPを制作した学生11名が、評価者としてSD法実験に参加した。評価者は、マグニチュード推定実験の場合と同一であった。

**評価手続き:** 各評価者は、デスクトップコンピュータの液晶ディスプレイ上で、自分を除く10名のHPをSD法により評価した。マグニチュード実験の場合と同様にHPを細部にわたってチェックしつつ評価したので、10名すべての評価に要した時間は合計80分程度となった。

##### (2) 結果と考察

11名の評価者が、10個のHPそれぞれについて22対の評価項目で評価したので、評価項目ごとに110個、合計2420個のデータが集まった。それらのデータをHALBAU (high quality analysis libraries for business and academic users)<sup>16)</sup>により因子分析した。因子分析の際には、まず主因子法で因子を抽出した。3因子の累積因子寄与率が62.3%となったので、この3因子についてバリマックス回転を行った。その結果をTable.1に示す。

Table.1 の第1列は22個の評価項目である。第2~4列は、各因子への各評価項目の因子負荷量を示す。各因子について、絶対値が0.6を超えた因子負荷量を太枠で囲んで示す。

Table.1 SD法評価の因子分析結果

形容詞対	因子1	因子2	因子3
1)美しい-醜い	0.7952	0.4186	0.1457
2)下品な-上品な	-0.8039	-0.3296	-0.0417
3)高級な-低級な	0.7289	0.207	0.1318
4)やわらかい-かたい	0.373	0.6279	0.1545
5)厳しい-優しい	-0.3212	-0.7539	-0.0466
6)繊細な-粗野な	0.6869	0.2596	0.1934
7)恐ろしい-安らぐ	-0.56	-0.6599	-0.0422
8)清潔な-不潔な	0.6456	0.4243	0.226
9)派手な-地味な	0.1001	0.0688	0.8639
10)個性的な-ありふれた	0.1565	0.0151	0.6245
11)若々しい-年寄りじみた	0.2599	0.2123	0.7256
12)陽気な-陰気な	0.2679	0.5725	0.6319
13)暗い-明るい	-0.212	-0.5524	-0.547
14)重い-軽い	-0.0778	-0.5334	-0.39
15)女っぽい-男っぽい	0.4648	0.4553	0.1301
16)活発な-おとなしい	-0.0487	0.0667	0.665
17)遅い-速い	-0.2256	-0.0769	-0.2478
18)自身のない-自信のある	-0.6112	-0.0858	-0.468
19)危険な-安全な	-0.5224	-0.6919	0.0019
20)感じのよい-感じの悪い	0.7716	0.4024	0.0936
21)病的な-健康的な	-0.5135	-0.6616	-0.2349
22)魅力的な-魅力のない	0.7967	0.2354	0.2308
因子負荷量の2乗和	5.889	4.2985	3.5268
因子の寄与率(%)	26.7682	19.5387	16.0309
累積寄与率(%)	26.7682	46.3069	62.3378

第1因子についてみると、「上品な-下品な」、「魅力的な-魅力のない」、「美しい-醜い」、「感じのよい-感じの悪い」などの評価項目が(絶対値で)高い因子負荷量を示した。この因子は、評価者にとってHPの魅力度をあらわすものと考えられるので、「魅力度因子」と名付けた。

第2因子には、「厳しい-優しい」、「危険な-安全な」、「病的な-健康的な」、「恐ろしい-安らぐ」などの項目が高い因子負荷量を示した。この因子にプラスの高い因子負荷量を持つと、厳しく、危険で、恐ろしいことをあらわす。SD法における評価項目は双極性であり、どちらの極について命名することも可能なので、この因子を「安全性因子」と名付けた。

第3因子には、「派手な-地味な」、「若々しい-年寄りじみた」、「活発な-おとなしい」、「陽気な-陰気な」などの項目が高い因子負荷量を示した。この因子は、動きに関連する因子と考えられるので、「活動性因子」と名付けた。

Osgoodらによれば、多くの場合SD法で抽出される主要因子は3因子で、それぞれ評価因子(E因子)、力量性因子(P因子)、活動性因子(A因子)と呼ばれる。HP評価においても、SD法で見られる3因子と同一あるいは類似した因子が発見された。HP評価で採用した項目でみれ

ば、E 因子、P 因子、A 因子をあらわす代表的な形容詞対は、それぞれ「美しい-醜い」、「重い-軽い」、「活発な-おとなしい」である。Table 1 から、第 1 因子が E 因子、第 3 因子が A 因子であることが分かる。第 2 因子には、「重い-軽い」、「暗い-明るい」が絶対値 0.53~0.55 で負荷しており、傾向としては P 因子に近いものの、「厳しい-優しい」、「安全な-危険な」などが高い因子負荷量を示したので、P 因子とは重点がやや異なる因子と推定した。

次に、各因子について代表的な評価項目を 4 つずつ選び、合計 12 項目について、HP 制作者ごとに評価平均値を棒グラフにあらわした (Fig. 14)。項目は、上 4 つが「魅力度因子 (因子 1)」、中 4 つが「安全性因子 (因子 2)」、下 4 つが「活動性因子 (因子 3)」への負荷量が高い項目である。なお、評価項目は、そのままでは項目の極性 (例えば評価のどちらの方向を+とするか) がそろっていないので、Fig. 14 では極性がそろるように修正して表示してある。また、HP 制作者の表示順序については、「上品な-下品な」の評価順に並べた。図中の凡例は HP 制作者のイニシャルである。

図を見ると、因子 1 をあらわす項目間では評価順序は比較的似ていた。いずれの項目でも TM または SN がトップとなり、TK の得点が 4 項目中 3 項目で最下位となった。また、因子 2 では、HP の順序に入れ替えはあるものの、大幅な入れ替えはなかった。因子 1 の「上品な-下品な」と因子 2 の「優しい-厳しい」の相関係数を計算すると、0.697 となった。これに対し、因子 3 では評価の入れ替えが大幅に起こった。たとえば、棒グラフ中の 7 番目の KF は、因子 3 に負荷する項目ではいずれも最高得点を得た。KF の HP は、「魅力度」と「安全性」では中位であったが、非常に「活動的」ということになる。因子 1 の「上品な-下品な」と因子 3 の「派手な-地味な」の相関係数は 0.211 であった。

### 4.3 評価結果の総合考察

マグニチュード推定法により HP 評価を実施し、その結果に基づいて HP を修正した。その後、SD 法により再度 HP を評価した。その結果について、たとえばマグニチュード推定法の「美しさ」評定と SD 法の「美しい-醜い」を比較すると、相関係数は 0.908 となった。マグニチュード推定実験と SD 法実験の間には、冬休みを挟んで 20 日ほどの期間があったが、1 年間近くかけて作り上げた HP の基本的評価は変化することはなかった。

特別プログラムで制作した HP をみると、単に制作者の技術レベルだけでなく、「美しい」か「派手」かなど、HP 制作者の感性が色濃く反映されていることがわかった。

来年度以降は、評価手続きをさらに洗練させ、適確な

HP 評価ができるよう工夫していくつもりである。

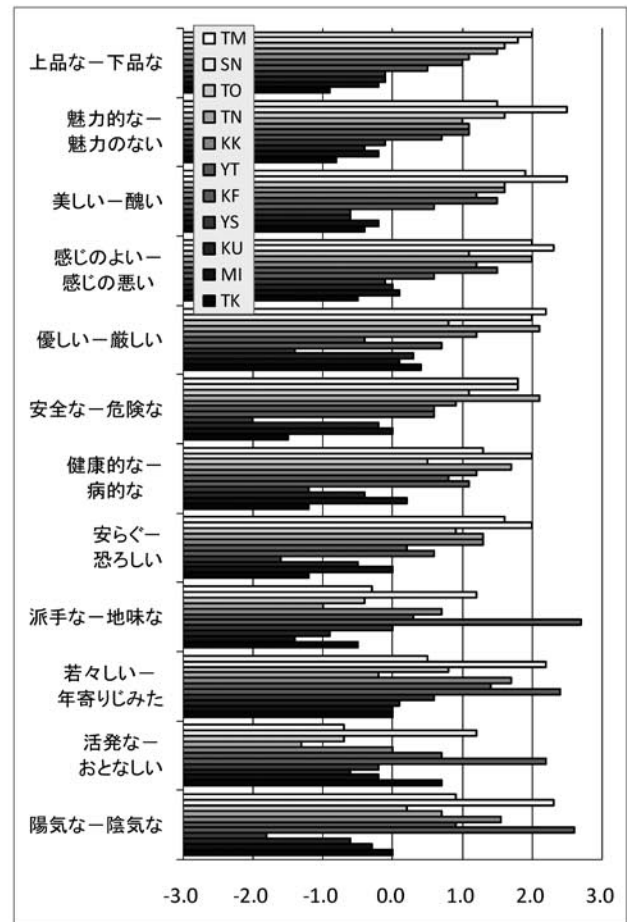


Fig. 14 SD 法主要項目における評価結果

## 5. 受講生に対するアンケート調査

授業開始時と前期終了時、後期終了時の 3 回、受講生全員を対象にアンケートを行った。内容は、HP 制作に関する意欲や興味を問う設問群、其々の制作技術に関する自信や興味 (開始時は興味のみ) を問う設問群等から成る。ActionScript とデータベース、Java を除き、制作技術は前期で多くの項目を終えているため、ここではまず、前期終了時点のアンケート結果を紹介する。

### 5.1 前期終了時での技術的な自信の変化

2.3 で紹介したように、開始時の受講生のスキルは、HTML を除けば半数以上が全く未経験で、残りもあまり使った事が無い状況であった。

このような受講生に対して前期終了時のアンケートで各制作技術に対し、特別プログラムを通じて、自信が付いたかを聞いた。その結果を Fig.15 に示す。これは自信があるか否かを 5 段階に分類した人数分布である。ここで、0 段階は自信が全く無い又は殆ど身に付いていない、1 段階は自信が少しだけある又はやや身に付いた、2 段階は自信がある又はそれなりに身に付いた、3 段階は自信がやや

多くある又は比較的多く身に付いた、4段階は自信が多くある又は多く身に付いた、を示す。

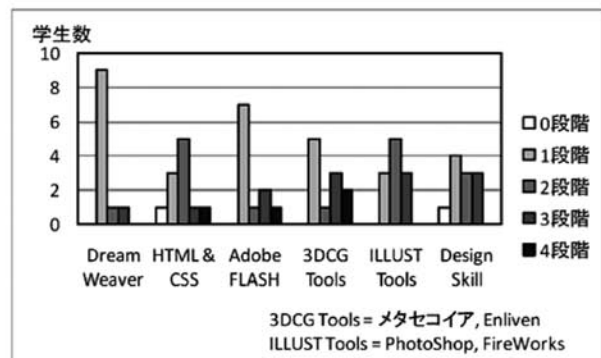


Fig.15 技術的自信を問う前期終了後アンケート結果

その結果、HTML と CSS を除けば、自信の度合いはまだ全般的には低い、全く自信が無いという回答は1例を除き、殆ど見られなかった。技術的に難しい 3DCG に於いても、約半数(5人)が3段階以上の自信を示している。画像加工ソフトの「PhotoShop や Fireworks に自信があるか？」は少しだけある3人、ある5人、やや多くある3人(全く無い皆無)で十分な自信が示された。「画面を美しく見せるデザインが身に付いたか？」は、殆ど身に付いていない1人に対し、やや身に付いた4人、それなりに身に付いた3人、比較的多く身に付いた3人、と自信を持った受講生が多かった事が伺える。

### 5.2 後期終了時のアンケート結果

後期終了時には、後期で初めて学習した項目に関する設問も行った。「データベースや SQL の知識は身に付いたか？」に対し、殆ど付いていない0人、やや付いた4人、それなりに付いた4人、比較的多く付いた3人、という結果だった。「SD 法等の心理評価の考え方は身に付いたか？」に対しては、殆ど付いていない0人、やや付いた2人、それなりに付いた8人、比較的多く付いた1人、であった。これら5段階の選択肢について、最高を4点、最低を0点として平均値を取ると双方ともに1.91点、後期の難しい項目でありながら、「やや身に付いた」と感じるレベルに到達していた事が分かる。

また、「Adobe FLASH に自信が付いたか？」の上記平均点も、前期終了段階で既に1.73点だったが、ActionScript も学習した後期終了段階では2.0点と、若干の伸びがみられた。

### 5.3 前後期を通じた興味、関心の変化

開始時、前期終了時、後期終了時の各アンケートに於いてHTML、プログラミング、デザイン、写真加工、FLASH、3DCG、データベースの7つの技術項目から興味のある項

目を3つまで選んで貰うアンケートを行った。開始時と前期終了時では大きな関心の差はなかったが、FLASH だけは丸を付けた学生が1人から6人へ急増した。後期終了時では、新たに習ったデータベースが6人と関心を集め、他にはデザイン(6人)、写真加工(5人)、FLASH(5人)の関心が高かった。

「HP を制作する事は楽しいと思うか？」(開始時は「楽しいと期待出来るか?」)を、思わない0点、あまり思わない1点、思う2点、やや強く思う3点、強く思う4点とした場合の開始時、前期終了時、後期終了時の全受講生の平均点推移は2.27点、2.36点、2.82点と上昇傾向が見られた(但し、t検定( $p < 0.05$ )では有意差無し)。強い自信にまで至らなくても、特別プログラムの受講を終えてHP制作を楽しみと感ずる気持ちが育って行ったのではないかと期待出来る結果であった。

### 5.4 受講生達の感想

後期に完成した制作レポートは各受講生とも A4 約 20 頁程度の分量で、画像を多用した詳しい自作サイトの紹介及び今後の課題、開発環境、学習上困難を感じた点や、自分が進歩したと思う点等の感想をまとめた。感想の一部を紹介する。

「毎回の課題は大変だったが、次第に力が付いて来るのが感じられた」「インプットだけの授業でなく、アウトプットしながら学ぶので力が付いた」「だんだん自信が付き、ソフトも使えるようになった。これは作業を繰り返してやる授業の成果と思う」「検索して調べてトラブルを解決する技術も向上したと思う」「評価によって自分のサイトを客観的に見られたのが良かった」等、PBL に基づく特別プログラムの効果を多くが指摘した。

「今まではペイントだったが、PhotoShop で画像編集の楽しさが理解出来た。さらにその画像を使ってFLASHを制作出来たのが楽しかった」「自己流で作っていたが、プロのデザイナーの方の技術やお話を聞く事でより知識が深まった」「これは出来そうにないなどと愚痴を言う前にどんなに汚いソースでもいいから書いてみる事が大切だと思った」等、充実した授業内容により自分が変わった事を強調するコメントも多く見られた。

さらに、「PHP 等の言語をもっと勉強してみたい」「一からサイトを作れるようになりたい」「トップページのFLASHがいまひとつサイト全体の雰囲気合っていない。だから作り変える」「制作サイトについて閲覧者からアンケートを取るページも追加したい」「ネットショップに必要なSEO対策や文章の書き方、携帯サイトも学んでみたい」等、授業終了後も自発的にWebサイトに関する学習に取り組む意欲を示すコメントも多くみられた。

## 6. まとめと今後の課題

特別プログラム開講年度とあって、全てが未知数の中のスタートであったが、既に紹介した通り、学生達は熱心に課題に取り組み、学生の作品としてはかなり高いレベルのショッピングサイト制作に成功したと言える。アンケート結果によっても、授業前後での学生達の Web サイト制作に対する意欲が高まり、PBL という授業形態に対しても概ね肯定的な評価が為されたと考えられる。

教員側の努力の他、受講生のレベルが高く、意欲的であった事が大きな要因である。分からない所は自分でマニュアルを読み、Internet で調べる、といった自立的な取り組みが多くみられた。欠席も新型インフルエンザ等の止むを得ない病気や怪我で1~2回休んだ学生がいたのみで、それ以外は皆勤であった。作業日報も全員が毎回提出していた。教員による作品の定量的評価は今後の課題であるが、技術の習得度、作品の完成度は本学に於いて明らかに高いレベルと考えられ、前後期とも、全員に A 判定が下された。受講生の作品のうち特に優れたものは、著作権の問題が無い事を確認した後、学外にも公開する予定である(本物のショッピングサイトではない事を明示する)。

しかし、次年度以降の課題も明らかになった。これは実際に授業を行い、初めて分かったところもある。

第1にレイアウト制作の手順である。本年度は、Webデザイナーである平松がフレームワークを用意し、学生がそれを作り変える方法を取った。学生が一から設計するのは困難との判断からだったが、学生側からは「プロが作った完成度の高いサイトを変更するのは難しい」という意見も聞かれ、大幅な変更は避ける傾向があった。次年度からは、レイアウト自体を平松が指導し、学生に作らせる事とした。即ち、画像加工ソフト FireWorks で学生にラフデザインを描かせ、その後に DreamWeaver で HTML 化する手順を取る。これは実際のプロの制作手順により近づくもので、さらに高度な学習が実現される事になる。

第2に商品の 3DCG 化の順番である。今年度はフレームワークに基づき、DreamWeaver でまずトップページのレイアウトや色調等を決めてから、そこで紹介する商品の 3DCG 化を行った。しかし、学生から「ページのデザインを決めるのが難しかった。最初にコンテンツを作っておけばもう少し楽だったかもしれない」という意見も出たように、3DCG をページに合わせて作る事になる。これは平松からも「順序が逆」と指摘された。ショッピングサイトは、まず扱う商品を決めてから、ページデザインを決めるべきなのである。来年度からは、先に商品の決定と 3DCG 化を行い、その後にラフデザインを行う事とする。

他にも、リンクを絶対パスで書いたため、アップロード時に混乱したので来年度からは相対パスで書く、アイデア

商品をなかなか考えられない学生もいたので、来年度からは家具等の商品候補を教員から提供する、等の様々な改善案がある。本原稿執筆時点(3月初旬)で、1年生の来年度受講希望者が26名も出ている。GPA や「プログラミング入門」等の成績を勘案して受講者を選抜し、来年度はさらにレベルの高い“特別”プログラムを目指したい。

## 謝辞

本特別プログラムの実施に当たり、平成20年度大型施設設備予算等により50インチTV、人数分のPC、各種制作ソフト等を購入した。関係各位に深謝致します。

## 引用文献

- 1) 任和子, “McMaster 大学における Problem Based Learning(PBL)と日本の看護教育の適用について”, 京都大学医療技術短期大学部紀要別冊健康人間学 11, pp.41-45, 1999.
- 2) [http://www.sist.ac.jp/dep\\_g/prog.html#prog01](http://www.sist.ac.jp/dep_g/prog.html#prog01)
- 3) <http://ex-cs.sist.ac.jp/~suganuma/dep/PBL/PBL.html>
- 4) <http://www.sist.ac.jp/~teshima/webdp/top.html>
- 5) 幸谷智紀, 金久保正明, 菅沼義昇, 手島裕詞, 宮岡徹, 平松和可子, “静岡理工科大学における「Web デザイン特別プログラム」の実践について”, 平成21年度情報教育研究集会講演論文集, pp.219-222, 2009.
- 6) 幸谷智紀, 金久保正明, 菅沼義昇, 手島裕詞, 宮岡徹, “Web デザイン特別プログラムのためのシラバス設計について”, 平成20年度情報教育研究集会論文集, pp.223-226, 2008.
- 7) <http://www.sist.ac.jp/~suganuma/home/home.htm>
- 8) <http://www.apachefriends.org/jp/xampp-windows.html>
- 9) <http://www.sist.ac.jp/~tkouya/webdesign/>
- 10) S. S. Stevens, “On the psychophysical law”, *Psychological Review*, **64**(1957)153.
- 11) S. S. Stevens, “*Psychophysics*”, John Wiley & Sons, New York, 1975.
- 12) G. A. Gescheider, “*Psychophysics: the fundamentals (3rd Ed.)*”, Lawrence Erlbaum Associates, 1997. 宮岡徹(監訳), “心理物理学 方法・理論・応用(上下巻)”, 北大路書房, 2002, 2003.
- 13) C. E. Osgood, “The nature and measurement of meaning”, *Psychological Bulletin*, **49**(1952)197.
- 14) 岡本安晴, “計量心理学 一心の科学的表現を目指して—”, 培風館, 2006.
- 15) 田中靖政, “記号行動論 一意味の科学—”, 共立出版, 1967.
- 16) 高木廣文, “HALBAU7によるデータ解析 マニュアル”, シミック株式会社, 2006.

## 学生要望調査の比較に基づく英語カリキュラムの改善効果と課題

## A Consideration on the Improvement Effect and Remaining Issues of Our English Curriculum Based on Comparisons between Two Student Needs Surveys

亙理 陽一\*

Youichi WATARI

Abstract: The purpose of this article is to compare the student survey we have conducted in July 2009 with the previous survey in 2008 in order to assess the improvement effect and draw implications for our English curriculum. One hundred and nineteen lower-division course students answered the same questionnaire as the previous survey about their English classes, their aims of learning English, requests for their teachers, and the English-related abilities they consider themselves lacking. It was quantitatively analyzed with factor and multiple linear regression analyses, and showed the similar tendency. According to the result, the new textbook for first-year grade is significantly more interesting to them than other textbooks, and is seemingly effective to increase the average study time per week. Meanwhile, it also indicated that the ill-balanced class size in some department still remains as an unsolved issue.

## 1. はじめに

亙理 (2009) では、現行の I 類英語カリキュラムの妥当性を吟味し必要な改善の検討資料とすべく、静岡理科大学の必修の英語科目を受講する 1・2 年生 571 人に、当該の授業に対する感想と今後の授業・学習に関する要望に関するアンケートを実施した<sup>1)</sup>。この回答に対して因子分析・重回帰分析を行い、実用志向・自学タイプ、少人数・基礎的能力要望タイプ、学習動機欠落・英語忌避タイプという学生の類型とその構成を素描し、いずれも大勢としては語彙の不足を自覚し、授業での日本語による文法の説明を望んでいることを量的に示した。亙理 (2009) ではさらに、この結果をもとに共通授業シラバスの部分的改訂を実施し、クラス編成法に関する改善を提言した。

本報告は、限定された範囲ではあるが、2009 年度に実施した同一アンケートの結果と分析、および前回調査との比較に基づき、部分的改訂の効果を検証し、I 類英語カリキュラムの改善に対して更なる示唆を与えることを目的とするものである。

## 2. 調査の対象と方法

## 2.1 調査対象

静岡理科大学 1 年生 73 名 (2 クラス)、2 年生 52 名 (1 クラス) を対象とし、有効解答者 119 名 (95.2%) のデータを得た。

## 2.2 質問項目

前回調査と同一項目 (その科目全体を振り返った授業に対する感想 5 項目 (4 件法)・英語を使う目的とその予想 9 項目 (複数回答法、以下同様)・自分に必要だと思う英語能力 10 項目・英語教員に増やしてほしいもの 10 項目・自由記述欄) からなる無記名式の質問紙を使用した (詳細は亙理 (2009) 末尾資料を参照されたい)。前回調査と同様、質問紙の冒頭に「このアンケートは、英語の授業をより良くする目的で行うものです。みなさんの率直な感想・意見を聞かせてください。みなさんの成績とは無関係です。名前・学籍番号を書く必要もありません」という参加者への教示を記載し、無記名式で実施した。

2010 年 3 月 5 日受理

\* 教育開発センター



### 2.3 調査方法

2009年7月に、当該クラスを担当する教員が、講義中にB4一枚からなる質問紙を配布して実施した。調査の所要時間は一クラスにつき10～15分である。

## 3. 結果と分析

「授業に対する感想」項目についての学年・使用教科書・レベル別の記述統計と、「英語を使う目的とその予想」・「自分に必要だと思う英語能力」・「英語教員に増やしてほしいもの」、つまり今後の授業・学習についての質問項目の概要をTable 1～Table 3に示す。各表には比較のために前回調査の結果を併記し、Table 1には特に、前回調査の同一教員担当クラスの結果に加えて、対象者全体および同一教科書クラス全体の結果を合わせて示している。

### 3.1 2カ年の比較

「授業の進め方」が最もはやいと判断されているのは、2008年度の*General Science* (南雲堂) 使用・下位レベル・クラスである。その逆で、「最もおそい」というよりは平均がほぼ中央値に位置しているのが、2009年度の*Guided Reading 2* (Cave Books) 使用・上位レベル・クラスである。「授業の進め方」の評定は、「教科書の内容(難しさ)」の評定とかなりの負の相関がある ( $r=-.49, p<.000$ )。

「クラスの人数」が最も多いと感じられているのは2009年度の*Reading Explorer 1* (HEINLE Cengage Learning) 使用・上位レベル・クラス ( $n=44$ ) で、逆にどちらかと言えば少ないと感じられているのは2008年度の*Information Technology* (Oxford Univ. Pr.) 使用・下位レベル ( $n=24$ ) と*Guided Reading 1* (Cave Books) 使用・下位レベル・クラス ( $n=21$ ) である。

「教科書の内容」はどれもどちらかと言えば難しいと感じられているが、中でも最も難しいと判断されているのは*General Science* (下位レベル・クラス) で、最も面白いと判断されているのは*Reading Explorer 1* である。「教科書の内容」の評定は、難しさ・面白さともに、「授業外の勉強時間(週あたり)」の評定とやや相関がある(それぞれ  $r=.29, p<.000$ ,  $r=.22, p<.001$ )。「授業外の勉強時間(週あたり)」が最も多いのは*Reading Explorer 1* 使用・上位レベル・クラスで、最も少ないのは*General Science* 使用・下

位レベル・クラスである。

*Reading Explorer 1* の「教科書の内容(面白さ)」の評定がレベルによらず比較的高いことは、Table 2 の回答内訳の変動——「つまらない」と答えた者がいなくなり、「面白い」と答えた者が大きく増えていること——でも確認できる。 $t$  検定により他の教科書との差の検討を行うと、*General Science* ( $t(145)=3.75, p<.000$ ) と *Guided Reading 2* ( $t(97)=2.27, p<.05$ ) に対して *Reading Explorer 1* のほうが有意に高い評定を示していた。一方、*Guided Reading 1* については有意傾向を示すに留まり、*Information Technology* (Oxford Univ. Pr.) については有意な評定差はみられなかった。ただし、*Guided Reading 1* 使用クラス全体 ( $t(132)=4.37, p<.000$ ) および *Information Technology* 使用クラス全体 ( $t(162)=6.82, p<.000$ ) との比較では有意であった。

Table 2・3からは、今回の調査の範囲が限られたものであるにもかかわらず、その結果が前回調査全体と同じ傾向を示していることが分かる。「英語を使う目的とその予想」に関して最も多く選択されたのは、両調査とも「仕事」であり、「自分に必要だと思う英語能力」として最も多く選択されたのは「単語」・「文法」であり、最も「英語教員に増やしてほしいもの」は「日本語による文法の説明」である。それ以外の選択率の順序もほぼ同じだが、一年生では「使う機会は全くない」と答える者が減り、二年生では「日本での外国人とのコミュニケーション」という使用目的や「英語による指示・説明」に対する要望が微増している。両学年とも「視聴覚教材の利用」や「コンピュータを使った学習」に対する要望は前回調査に比べて減っている。

### 3.2 因子分析

亙理(2009)と同様に、今後の英語の授業・学習についての質問29項目に対して主因子法による因子分析を実施した。分析に用いたのは、今回の調査に前回調査の同一教員担当クラスを加えた245のデータである。5因子を仮定して主因子法・Varimax回転による因子分析を行い、十分な因子負荷量を示さなかった7項目を分析から除外した上で、残りの22項目に対し、再度主因子法・Varimax回転による因子分析を実施した。Varimax回転後の最終的な因子パターンをTable 4に示す。ただし、回転前の5因子で22項目の全分散を説明する割合は29.07%にとどまる。

Table 1 教科書・学科（レベル）別記述統計

		授業の進め方		クラスの人数		教科書の内容 (難しさ)		教科書の内容 (面白さ)		授業外勉強時間 (週当たり)		N
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
<b>一年生</b>	<b>学科(レベル)</b>											
<i>General Science</i>	6 クラス総合	2.62	0.59	2.32	0.50	2.25	0.70	2.59	0.73	1.55	0.82	208
2008 年度	機械(下位)	3.00	0.41	2.17	0.38	1.87	0.67	2.74	0.76	1.38	0.67	47
	電子(上位)	2.76	0.55	2.26	0.50	2.24	0.73	2.71	0.67	1.94	1.03	34
<i>Information Technology</i>	4 クラス総合	2.68	0.56	2.40	0.49	2.04	0.69	2.40	0.83	1.64	0.84	121
2008 年度	情報(下位)	2.67	0.55	2.67	0.47	2.04	0.68	2.88	0.83	1.83	0.85	24
<i>Reading Explorer</i>	2 クラス総合	2.76	0.46	2.21	0.40	2.10	0.62	3.16	0.68	2.06	0.89	68
2009 年度	機械(上位)	2.77	0.47	2.09	0.29	2.18	0.65	3.16	0.71	2.20	0.92	44
	情報(下位)	2.75	0.43	2.42	0.49	1.96	0.54	3.17	0.62	1.79	0.76	24
<b>二年生</b>	<b>学科(レベル)</b>											
<i>Guided Reading 1</i>	7 クラス総合	2.57	0.54	2.67	0.49	2.30	0.59	2.72	0.72	1.77	0.81	163
2008 年度	物質(下位)	2.67	0.56	2.67	0.47	2.29	0.55	2.90	0.53	2.00	0.93	21
<i>Guided Reading 2</i>	1 クラス総合	2.53	0.50	2.29	0.46	2.04	0.62	2.84	0.80	1.75	0.76	51
2009 年度	機械(上位)	2.53	0.50	2.29	0.46	2.04	0.62	2.84	0.80	1.75	0.76	51
全体総合 2008 年度		2.61	0.57	2.45	0.52	2.23	0.67	2.57	0.77	1.71	0.87	571
全体総合 2009 年度		2.66	0.49	2.24	0.43	2.08	0.62	3.03	0.75	1.92	0.85	119

Table 2 授業に対する感想項目の回答内訳(割合)

	一年生 総合								二年生 総合							
	08	09	08	09	08	09	08	09	08	09	08	09	08	09	08	09
評定	1		2		3		4		1		2		3		4	
授業の進め方	遅すぎる 1%	遅い 0%	遅い 39%	遅い 25%	はやい 56%	はやい 74%	はやすぎる 5%	はやすぎる 1%	遅すぎる 1%	遅すぎる 0%	遅い 43%	遅い 47%	はやい 55%	はやい 53%	はやすぎる 2%	はやすぎる 0%
クラスの人数	多すぎる 1%	多すぎる 0%	多い 64%	多い 79%	少ない 35%	少ない 21%	少なすぎる 0%	少なすぎる 0%	多すぎる 1%	多すぎる 0%	多い 39%	多い 71%	少ない 60%	少ない 29%	少なすぎる 0%	少なすぎる 0%
教科書の難しさ	難すぎる 16%	難すぎる 13%	難しい 52%	難しい 65%	やさしい 30%	やさしい 21%	やさすぎる 2%	やさすぎる 1%	難すぎる 7%	難すぎる 18%	難しい 55%	難しい 61%	やさしい 37%	やさしい 22%	やさすぎる 1%	やさすぎる 0%
教科書の面白さ	つまらない 10%	つまらない 0%	ちょっとつまらない 36%	ちょっとつまらない 16%	ちょっと面白い 47%	ちょっと面白い 51%	面白い 8%	面白い 32%	つまらない 7%	つまらない 2%	ちょっとつまらない 33%	ちょっとつまらない 35%	ちょっと面白い 50%	ちょっと面白い 39%	面白い 10%	面白い 24%
勉強時間/週	テストのみ 60%	テストのみ 32%	30分以内 25%	30分以内 34%	30分~1時間 12%	30分~1時間 29%	1時間以上 4%	1時間以上 4%	テストのみ 42%	テストのみ 45%	30分以内 33%	30分以内 35%	30分~1時間 20%	30分~1時間 20%	1時間以上 5%	1時間以上 0%

Table 3 今後の英語の授業・学習についての質問項目の概要（選択率）

【英語を使う目的とその予想】					【自分に必要だと思う英語能力】				
項目	一年全体		二年全体		項目	一年全体		二年全体	
	2008	2009	2008	2009		2008	2009	2008	2009
仕事	49.4%	60.3%	56.8%	57.7%	発音	54.2%	54.8%	47.5%	48.1%
論文・本を読んだり 訳したりすること	35.5%	41.1%	39.0%	42.3%	単語	76.3%	83.6%	73.7%	71.2%
TOEIC・TOEFL 受験	15.1%	15.1%	15.4%	17.3%	文法	72.3%	72.6%	63.3%	65.4%
留学・海外生活	14.0%	11.0%	12.7%	13.5%	英文和訳	64.0%	65.8%	52.9%	46.2%
日本での外国人との コミュニケーション	37.4%	39.7%	41.3%	50.0%	英作文	55.6%	61.6%	55.6%	65.4%
英語のホームページ を見ること	29.1%	30.1%	34.0%	30.8%	段落・文章の内容の 把握	39.4%	34.2%	31.3%	44.2%
海外旅行	43.0%	50.7%	41.7%	46.2%	コミュニケーション	55.0%	53.4%	53.3%	61.5%
その他	3.1%	1.4%	3.1%	7.7%	英語圏の文化的背景	17.3%	20.5%	21.6%	28.8%
使う機会は全くない	14.8%	5.5%	10.8%	13.5%	TOEIC・TOEFL などの 知識・情報・テクニック	20.7%	23.3%	15.8%	28.8%
					その他	1.4%	2.7%	2.3%	0%
【英語教員に増やしてほしいもの】									
項目	一年全体		二年全体						
	2008	2009	2008	2009					
英語による指示・説明	15.1%	12.3%	15.1%	25.0%					
視聴覚教材の利用	30.4%	15.1%	31.3%	23.1%					
コンピュータを 使った学習	22.1%	17.8%	18.1%	7.7%					
学生が発表する活動	5.9%	6.8%	6.6%	0.0%					
ペア・ワーク(二人 一組での作業)	10.3%	8.2%	7.3%	5.8%					
グループ・ワーク	17.3%	16.4%	17.0%	7.7%					
ゲーム(パズルや クイズなど)	40.5%	34.2%	34.7%	26.9%					
日本語による 文法の説明	50.8%	53.4%	53.3%	44.2%					
日本語による 指示・説明	36.6%	35.6%	41.3%	25.0%					
その他	2.8%	4.1%	1.5%	1.9%					

Table 4 因子分析表

項目内容	I	II	III	IV	V
使う機会は全くない	.63	-.03	-.02	-.12	.07
論文・本を読む・訳す	-.34	-.03	-.07	-.13	-.16
留学・海外生活	-.37	.08	-.05	.10	-.03
海外旅行	-.49	.00	.02	.14	.13
外国人とのコミュニケーション	-.51	-.01	.02	.10	.08
仕事	-.53	.06	-.02	-.12	-.06
英文和訳	.03	.55	.00	-.03	.01
段落・文章の内容の把握	.10	.53	.11	.03	-.03
文法	-.08	.50	.08	.04	.12
単語	-.05	.46	.03	-.14	.18
英作文	-.07	.44	.00	.08	.06
英語圏の文化的背景	-.14	.32	.08	.22	.01
グループ・ワーク	.10	.04	.63	.06	.08
ゲーム(パズルやクイズなど)	.02	.06	.60	-.01	-.11
ペア・ワーク	.12	.06	.54	.03	.03
視聴覚教材の利用	-.07	.00	.44	.00	.01
コンピュータを使った学習	-.10	.16	.33	-.14	-.21
英検・TOEIC・TOEFL などに役立つ知識・情報・テクニック	.02	.13	-.04	.63	-.09
TOEIC・TOEFL 受験	-.14	-.25	-.06	.50	-.07
実際に英語を使う活動	-.17	.18	.14	.40	.15
日本語による文法の説明	-.04	.10	-.06	-.05	.58
日本語による指示・説明	.09	.17	.01	-.02	.57
因子間相関					
I	—	-.03	.02	-.07	.02
II		—	.07	.01	.11
III			—	.01	-.03
IV				—	-.01
V					—

各因子を構成する項目を見ると、それぞれ順に、亙理(2009)の分析で導き出された「英語忌避」因子・「英語基礎能力」因子・「参加型授業」因子・「実用志向」因子・「日本語使用希望」因子に概ね対応すると言える。ただし、第2因子には「単語」から「英語圏の文化的背景」に至るまで幅広い項目が含まれることから、今回の分析では、「英語基礎能力」というよりも、学習に必要な知識・技能や学習内容に対する要望全般を表しているとも考えられる。さらに第3因子には、必ずしも参加型授業を意味しない、「視聴覚教材の利用」や「コンピュータを使った学習」が含まれることから、(日本語の使用を除く)学

習方法全般に対する要望を表していると考えられる。第4因子は、TOEIC・TOEFL等に関する項目が中心となっており、「実用志向」の意味合いが前回とはやや異なっている。

### 3.3 重回帰分析

各因子が授業に対する感想に与える影響を検討するために、重回帰分析を実施した (Table 5)。

Table 5 重回帰分析の結果

	授業の 進め方	クラスの 人数	教科書の 難しさ	教科書の 面白さ	授業外勉強 時間/週
	$\beta$	$\beta$	$\beta$	$\beta$	$\beta$
英語忌避	.13*	.06	-.24**	-.06	-.19**
英語基礎能力	.14*	.00	-.21**	.02	-.16*
参加型授業	.05	.07	-.06	.01	-.10
実用志向	-.18**	-.13*	.16**	.06	.11
日本語使用希望	.17**	.02	-.12*	.10	-.12
R <sup>2</sup>	.11***	.03	.16***	.02	.10***

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$   $\beta$ : 標準偏回帰係数

いずれも相関はそれほど強いものではないが、亙理(2009)の分析と同様、結果はおおよそ次のようにまとめられる。

- ・ 英語忌避の傾向が強いほど、教科書の内容を難しいと感じ、授業外の勉強時間は減少する。
- ・ 英語基礎能力を欲する学生ほど、教科書の内容を難しいと感じている。
- ・ 実用志向が高いほど、授業の進め方を遅いと感じ、教科書の内容が簡単だと感じている。
- ・ 日本語の使用を希望する学生ほど、授業の進め方が早いと感じ、教科書の内容を難しいと感じている。

4 要因ともに教科書の内容の難しさの判断に影響を与えているが、「難しさ」が持つ意味とその因果関係とはそれぞれ異なると考えられる。

## 4. 考察

### 4.1 学習者の多様性に応じたクラス編成・シラバス編

## 成の必要性

前回調査の結果も踏まえ、2009年度は必修英語のテキストの完全共通化が図られた。*Guided Reading* は、亙理(2009)での分析通り「進み方」や「面白さ」の評定は安定しているものの、*Guided Reading 2*は上位クラスでも難しいと感じられている。前回調査時に使用していたのは *Guided Reading 1* であり、それよりも上級の学習者向けである *Guided Reading 2* に関しては、クラス・サイズや、学科間の、あるいは「上位レベル」とひと括りにしている集団内の学習者の多様性を考慮したシラバスが必要かもしれない。

*Guided Reading 2*に限らず、「クラスの人数」項目の結果は、亙理(2009)でも指摘したように、学科間のクラス・サイズのバラつきに問題があること、特に機械工学科の学生が年度・レベル・学年を問わず一クラスの人数が多いと感じていることを示している。改善策として亙理(2009)で提案したのは、学科ごとの編成を止め、全学ないしは理工学部3学科横断のクラス編成を行うことである。現行と同じクラス数でも、学生数の変動の影響を最小限にしつつ、35人程度の均等なクラス編成が可能となるからである。あるいは、現行の2クラス編成を3クラス編成にする、学生の実態・要望に合わせた少人数の「英語基礎」クラスを学科横断で2クラス程度設けるなどの対応もあり得るだろう。いずれの手段によるにせよ、同一シラバスでクラス・サイズが大きく異なる状況は可能な限り速やかに解消する必要があると考える。

## 4.2 シラバス部分的改訂の評価

一年生の使用教科書を *Reading Explorer 1* に変更するシラバス改訂は概ね成功だったと言える。3.1 で見たように、レベルにかかわらず教科書の内容が面白いと判断されており、クラス・サイズの問題を除けば、他の評定にも目立って悪いものはない。教科書の内容はどちらかと言えば難しいとも感じられているが、8割以上の学生が「ちょっと面白い」ないしは「面白い」と判断している(一方で、「つまらない」を選んだ学生はいない)ということから判断して、この場合の難しさにはむしろ「やりがい」・「歯応え」としてプラスに評価できる部分もあるだろう。

面白さの評価の要因には、授業方法の工夫もあると考

える。特に当該クラスでは、全体を4~5人のグループに分け、各グループに担当を割り振り、その範囲での授業の進行と本文・演習問題の解説、オリジナル問題の作成の役目を分担して担わせている。こうした言わば教師の役を務めることで授業に対する貢献の意識が高まり、担当範囲を十分に予習しておこうと思うと同時に、グループ内の話し合いが活性化され、他のグループのパフォーマンスにも敬意を持って接するようになることが期待できる。とりわけ、他のグループを悩ませるような面白いオリジナル問題を作るには、教科書の本文や問題を読み込むことが欠かせず、そのような動機づけされた **writing** に対しては教員も添削やフィードバックを与えやすい。学習者がこうした工夫も含めて教科書の内容の面白さを判断しているとすれば、単純な使用教科書やシラバスの別を超えて、そこでの具体的な「仕かけ」にまで踏み込んだ分析が必要となるだろう。

今回の調査で「視聴覚教材の利用」に対する要望が減っていたことにも、その「仕かけ」が関与していると思われる。当該クラスでは、毎回の授業でプリントと **MS・Power Point** のスライド資料を併用し、*Reading Explorer 1* 付属の **CD-ROM** も含めて、昨年度以上に関連する映像資料を活用して授業を構成していたからである。このような授業内容・方法により学生の「視聴覚教材の利用」に対する要望はある程度満たされ、それが結果に表れたのだと言える。

## 4.3 今後の課題

依然として残る課題は、授業外の自発的な学習時間がどうしたら増えるかということである。

*Reading Explorer 1* 使用の上位クラスに関しては、「授業外勉強時間」も他と比べて高い評定を得ているが、これがこの集団に固有のものなのか、上位クラス一般やこの教科書を用いたクラス一般に認められる傾向なのかは分からない。上位クラスと下位クラスの違いに関して一つ指摘できるのは、両者のシラバス、具体的には講義中に扱う教科書の範囲が異なるということである。*Reading Explorer 1* は、各 **Unit** がテーマを同じくする二つの **Lessons** から成り、前半の **Lesson** だけを比較的丁寧に取り扱うことで各 **Unit** の内容理解や語彙習得を目指す下位クラスに対して、上位クラスは二つともを扱って読みを深めさらなる習熟を図ろうとするため、自ずと求められる課題や予習・復習

の分量は多くなる。

興味・意欲が損なわれない限りにおいては、このようなカリキュラム・レベルでの改善によって学習時間を増やそうとすることも有効だと思われるが、やはり各教員の教育内容・教材の工夫こそが決定的契機だと思われる。時代・環境が変わろうと、その時点での学習者の知識・技能の状態がどこにあると、自発的に学んで「分かった」・「使えた」という経験が持てれば楽しく、楽しければさらに「分かろう」、「使おう」と思っていっそう学びへの意欲は喚起されることに変わりはない。

今回は前回調査との比較を優先して同一アンケートを使用した。学生調査でそのような肯定的循環に資する示唆を得るには、調査項目を検討し、学生の現状についてより説明力の高い質的・量的データを得ることが必要である。同時に、各教員の「仕かけ」の評価・改善を可能にするような、授業研究のプロセスも開発・共有していく必要があると考えるが、この点については今後の課題としたい。

#### 註および参考文献

- 1) 亙理陽一 (2009) 「学生要望調査結果に基づく英語カリキュラムの現状と課題についての一考察」『静岡理科大学紀要』 Vol. 17: 185-92.

#### 謝辞

調査の実施に協力していただいたみなさんに改めて感謝申し上げます。

## 重回帰分析における抑制変数と多重共線性

## — 相関と予測力 —

Suppressor Variable and Multi-collinearity in Multiple Linear Regression Analysis  
— Correlation and Explanation Power —

榛葉 豊\*

Yutaka SHINBA

**Abstract :** Multiple linear regression analysis is well known and easy to conceive its image of work. However, when we inquire the interpretation of explanation and prediction power of explanation variables, paradoxical aspect happens. We consider such examples, namely, occurring suppressor variable and multicollinearity. Multidimensional vector representation for sample state is discussed.

## 1. はじめに

来年度から数学教職科目として「多変量解析」を開講することになった。講義の構成を考える中で、数理統計学よりの、公式などの導出を含んだ構成にするか、統計ソフトを使い、実際の分析を主としたやり方か、分析の意味とか、分析結果の読み方、判断の仕方に重点を置くかなどを思いをめぐらせていた。色々の教科書を調べてみると、入門的な物は、ソフトの使い方主体のものが多く、統計的な物事の見方、推論の仕方、誤りに陥りやすい点などを分かりやすく書いてあるものはほとんど無かった。そこで、実際の分析の時、その解釈を誤りやすい事項を検討していた。

重回帰分析は、多変量解析の代表的な手法であり、そしていろいろな手法の中では意味が比較的わかりやすく、実際にもよく利用されている分析法である。しかし最近では、種々の統計パッケージ、たとえば SPSS や S-PLUS などが PC でも手軽に利用できるようになってきて、その数学的意味の理解は勿論のこと、何をやっているのかの意味すらわからなくても、データを入力すると何らかの「分析結果」が出てしまう。簡単な回帰分析ならエクセルですら出来るのである。

目的変数をひとつの説明変数から説明、予測する単回帰分析であれば、解釈の困難はあまりないのであるが、2つ以上の説明変数を取り扱う重回帰分析では、非常に奇妙な

事態や、解釈不能なことが起こる。それは「因果と相関」などという、帰納法の哲学の深刻な問題ではなく、もっと身近な、説明変数の中の相関が問題を引き起こすと言うような事である。それは主に数値的分析の不安定を引き起こすということであるが、意味合いの上での不思議さも引き起こす。

これらの困難は、単回帰分析と違って重回帰分析では相関の種類が何種類にもなることが引き起こしている。それに関する学習上の困難は、微分学の学習において、2変数以上の微分学で、偏微分が導入されるということを上回っていると思う。微分学でも全微分であるとか、斜交座標系での偏微分係数であるとか、ベクトルの共変成分、反変成分であるとか難しい。この事情と似てはいるが、重回帰分析では単なる多変数関数を扱うのではなく、理論で言えば多説明変数による目的変数の確率密度分布を、そして現実の分析ではその離散標本分布を扱うのである。多変数関数の場合の、多次元空間内の曲面ではなく、(重回帰分析では平面ではあるが)それからばらついて離散データのあらかず散布図を思い描かなくてはならないからである。

本稿では、重回帰分析の教科書に注意点としてほとんど説明なく対処法のみ書かれている場合が多い多重共線性と、あまり触れられることはない抑制変数について、その解釈を論ずる。

2010年3月11日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

意思決定理論や確率の認知心理学の領域では、相関と説明力の関係についての「主観的定理」として取り上げられることがある。その例題として、認知心理学者、市川伸一の挙げる例<sup>1)</sup>等を考察してみる。

## 2. 重回帰分析における直感に反する状況

**2.1 抑制変数** : 目的変数との単相関係数が正であるのに、偏回帰係数が負であるという説明変数

仮想的な例<sup>1)</sup>を(改変してある)見てみよう。ある理科大学で、数学と国語の入学試験の成績、それに対象受験生達の、入学後の成績を調べた。目的は、次年度の入学試験で、入学後の成績がよいであろうと予測される受験生を選別するには、どの科目の点数を重視したらよいかを考察するためであるという。

問 1 「入試の数学得点と入学後の総合成績の相関は正、入試の国語得点と入学後の総合成績の相関も正である。しかし、重回帰分析を行ったら、国語の成績の偏回帰係数が負になってしまった。数学の得点と同じ受験生がいた場合、国語の点が悪い方を入学させた方がよいのであろうか」

相関が正であるという事は、数学が出来た方が入学後の成績が良い傾向があり、また国語が良い方が入学後も良い傾向があるという事になる。しかし、偏回帰係数が負と言う事は、重回帰分析で得られた重回帰方程式、すなわち目的変数を予測する超平面を規定する式である1次式で、その説明変数の係数が負であるという事である。これは偏微分係数と同じである。偏微分係数のときよりも、線形形式そのものに限っているのであるから、むしろ簡単ともいえる。

説明変数のうち他の変数の値が同じ個体同志なら、その説明変数の値が小さい方が良いと言う事になる。

重回帰方程式は、たとえばこの例では

$$\text{入学後成績} = 7.03 \times \text{数学の点} - 6.97 \times \text{国語の点} \quad (1.1)$$

である。国語の偏回帰係数は、 $-6.97$  である。しかし、入学後生成と国語の成績の相関係数は 正 であるというのである。

このような事態を、国語は「抑制変数になっている」という。しかしこれは 単に 重回帰方程式において国語の偏回帰係数が負であれば抑制変数であるというのではない。重回帰方程式の係数が負で、しかも目的変数との相関係数が 正 である場合にのみ「抑制変数」というのである。重回帰方程式の係数だけなら、変数の値の正負を付け替えれば良いだけの事である。

さて、この事態は数学的には何も不思議な事はない。し

かし、例の状況での感覚的不思議さと、論理的不思議さがある。

数学の点と同じ受験生が2人いたとき、国語が出来ない受験生を入学させて、国語の出来る学生は落第させよ、と言う納得できなさである。

もうひとつは、国語が出来ない方を優先せよということと、国語が出来た方が単相関からは優先されるという事の関係である。

前者には、以下のような説明がされることが多い。「数学の成績には、国語の能力も含まれている。従って数学の点と同じなら、国語力に助けられないでその数学の点を達成した者の方が、数学の独自能力は高い。理科大学にはその方が向いている」。数学を生物に、国語を化学と置き換えてみれば、感覚的にもっと納得できるであろう。

## 2.2 偏相関係数と直接的相関、間接的相関

後者の疑問は次のように説明できるであろう。それは、偏相関係数という概念を用いればよい。相関係数は

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.1)$$

である。ここにバーが付いているのは平均値である。 $N$  はサンプル数である。

ここで、変数  $X, Y$  に対し相関を持っている変数  $Z$  が有るとする。その変数の分布を通して、 $X$  と  $Y$  の間に相関が出てきてしまうとする。そうすると、純粹に  $X$  と  $Y$  の間の相関関係で、 $Z$  の分布の影響を取り除いたのは、偏相関係数で、

$$r_{x,y;z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{1-r_{xz}^2} \sqrt{1-r_{yz}^2}} \quad (2.2)$$

で、定義される。(この式は次項で述べるベクトル図による表現で、ベクトル  $\bar{x}$  と  $\bar{y}$  の角度のコサインが相関係数であるのに対し、 $\bar{z}$  の影響を取り除くため、 $\bar{z}$  方向成分を引き去ったもの同志の角度のコサインである)。

抑制変数という事態が起こっている場合でも、すなわち、国語と入学後の成績の相関が正であってそれなのに偏回帰係数が負である場合でも、この偏相関係数は  $X, Y, Z$  をそれぞれ、国語、入学後、数学として、負になりうる。偏相関係数が負で、偏回帰係数も負と言うことになる。これなら納得できるであろう。

本来、2つの変数を持つ相関と、仮に2つの変数の間に



本質的な相関関係が無くても、別の事情により相関を持ってしまった場合である。後者は、メカニズム的には関係ない変数なのに、偶然相関があるようなサンプルになってしまったというのではなく、その2つの変数とは別の第3の変数との相関を通して関係が出来てしまったという場合である。

直接的相関と間接的相関を考えてみる。変数間の相関のうち、1つの説明変数だけを変化させて、他の説明変数を固定した場合の相関が直接的な相関である。一方1つの説明変数を変化させた場合、別の説明変数の値も変化させた説明変数と相関していれば変わってしまう。この別の説明変数と目的変数が相関していれば、それを通しての目的変数の変化が起こる。これが間接的な相関である。偏相関係数は、前者のことであり、一方普通の相関係数は、直接的な相関と間接的な相関を足し併せたものである。

問1の状況を考えるために、3次元の散布図を思い描いてみよう。市川は個体データの例とその散布図を全く示さない<sup>1)</sup>。そしてすぐに、次項で述べるベクトル図に逃げてしまう。この問題の散布図を想像する事は3次元の問題であって、その上どの角度で見ても見にくい点の分布になり、少し難しい。しかし、筆者が知るかぎり示されるのを見た事がない3次元散布図は、この問題の理解のために、ベクトル図と同等以上に重要であると考え、それは以下のようになるであろう。

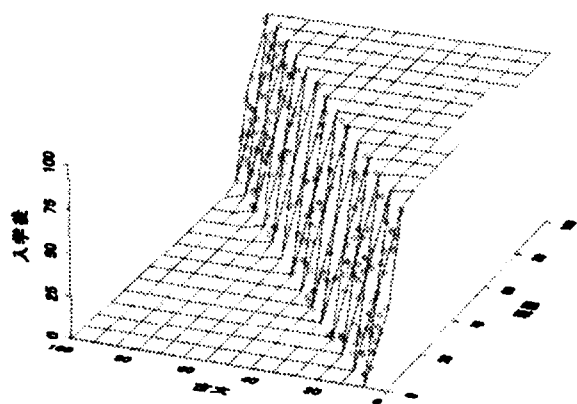


Fig-1 3次元散布図

この問1の状況は、数学と国語を水平面の直角座標で表し、縦軸で入学後の成績を表した散布図で表される。数学と国語は正の相関であるから、Fig-1の手前右から左上方向の直線に沿って散布点の射影がばらついている。その上方に個体の散布点があるわけである。重回帰平面は直前に述べた斜めの線から数学の軸の方に倒れるような形で存

在する。図の崖状の面である。この面の傾きだと、数学の偏回帰係数は正、国語の偏回帰係数は負になる。

それでは、この3次元散布図を念頭に入学後と国語の間の相関係数と偏相関係数の符号が違いうるという事を理解してみよう。偏相関係数は、第3の変数(数学)との相関がなければ単相関係数に一致する。これは重回帰平面近傍に一樣に点がばらまかれているような場合である。第3の変数との相関があるときには、重回帰平面上の水平面で見ると放射方向に散布点が分布している。それは数学—入学後平面への射影で見ても、国語—入学後平面への射影で見ても同様である。

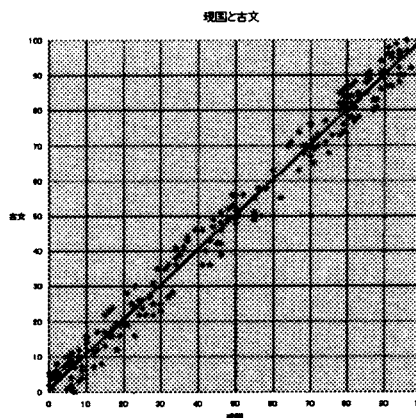


Fig-2 説明変数平面への射影

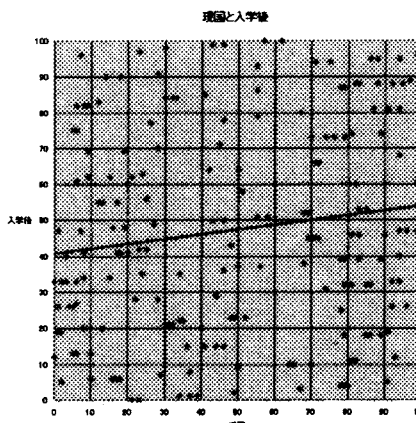


Fig-3 国語—入学後平面への射影

ここで、国語—入学後平面への射影、すなわち2次元散布図で見れば相関が正なのに、なぜ偏相関係数が負に成るのかという事が問題である。これは一言で言えば数学の点数をある一定値に固定した数学の軸に直交するFig-3の面に平行な平面で考えるという事を、その固定する値を色々変えた平面群で考えれば理解できる。数学の値を固定した垂直な平面と重回帰平面の交線は、国語の点が増すと入学後が下がるという傾きになっている。これが、偏相関係数が負だという意味である。(Fig-3に書かれている右上がりの直線は、単回帰直線である。)この事は、数学の固定す

る値が何点であろうと同じ事情である。

言葉を改めて述べよう。数学の点を特定しないで全体としてみれば、国語の点が高い方が入学後の点も高い。Fig-3の単回帰直線である。

しかし、個別に数学の点と同じ2人でという比較になると、統計学の言葉で言えば層別の比較という事になる。ここでは国語の点が低い方が入学後の成績は高いという事になるのである。

国語 — 入学後の2次元散布図で、数学の得点の層別に散布点を色分けしてみればすぐ納得がいくであろう。

違う例で述べてみよう。コーラAとBの都市ごとの売り上げを考えよう。ある都市でのAの売り上げとBの売り上げを1個体のデータとする。すると、全国の都市の統計では右上がりの正の相関になったという。しかし、人口別に層化して、例えば中規模都市のなかでの統計では、AとBは相関係数が負で反相関していたという。これは都市の規模で、コーラ全体の売り上げは大体決まっっていて、A+Bはほぼ一定であったためである。この層別相関と全体での相関の関係と似た事情である。

2.3 多次元ベクトル図

市川は、このような事態をはじめ、変数間関係を考えるのに、多次元ベクトル図の使用を薦めている<sup>1)</sup>。

例えば2変数の重回帰分析で言えば、散布図は3次元である。そこに、サンプル数N個の散布点がばらまかれているわけである。これを、統計力学の位相空間と同じ考えで表現してみる。3次元空間の散布の状態は、3個の変数の値をN個並べたもので表される。すなわち

$$\begin{pmatrix} x_1, y_1, z_1 \\ \dots \\ x_N, y_N, z_N \end{pmatrix} \tag{2.3}$$

である。これを縦方向に読んでN次元空間の3つのベクトル

$$\begin{aligned} \bar{x} &= (x_1, x_2, \dots, x_N) \\ \bar{y} &= (y_1, y_2, \dots, y_N) \\ \bar{z} &= (z_1, z_2, \dots, z_N) \end{aligned} \tag{2.4}$$

で表す。特に生データではなくて、その変数の平均値からの偏差

$$\bar{x}' = ((x_1 - \bar{x}), (x_2 - \bar{x}), \dots, (x_N - \bar{x})) \tag{2.5}$$

を用いるとなお便利になる(以下プライムは省略する)。こうすると、相関係数(2.1)はN次元空間の内積で表

される。

$$r_{xy} = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y}}{\|\bar{x}\| \|\bar{y}\|} \tag{2.6}$$

すなわち、N次元空間での $\bar{x}$ と $\bar{y}$ の「角度」 $\theta$ のコサインが相関係数である事になる。

$$\bar{x} \cdot \bar{y} = \|\bar{x}\| \|\bar{y}\| \cos \theta \tag{2.7}$$

ベクトル図では変数の状態がベクトルで表されその角度が相関係数になっている。またベクトルのノルムを $\sqrt{N}$ で割ったものはその変数の標準偏差になっている。

$$\sigma_x = \frac{1}{\sqrt{N}} \|\bar{x}\| \tag{2.8}$$

重回帰分析とは目的変数 $\bar{z}$ を説明変数 $\bar{x}$ と $\bar{y}$ の線形結合で予測しようとする事である。言い換えると、 $\bar{x}$ と $\bar{y}$ で張られる面への、 $\bar{z}$ の射影を求める事である。

多次元ベクトル図で抑制変数を考えてみると次のようになる。

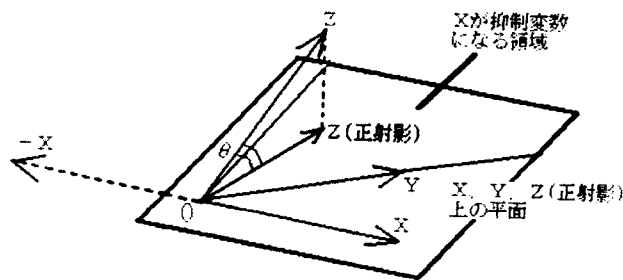


Fig-4 多次元ベクトル図

数学Yと国語Xのベクトルが張る平面上で数学と国語のベクトルは90度以内の角で交わっている(相関が正である)。一方目的変数である入学後のベクトルZは、一般にはその平面から浮いているが、その先端のこの平面への正射影が重回帰方程式に対応する。Xが抑制変数という事態では、国語Xの偏回帰係数が負なのであるから、この射影が、数学と国語がつくる狭角の中に落ちないで、外に落ちるという事である。しかし、国語の軸の負の方向側には落ちない。なぜなら、国語の軸の負の方向の反平面になると、国語と入学後のベクトルの角度が90度以上と成って、相関係数が負になってしまうからである。

つまり、先の数学と国語がつくる角の外で、国語の軸と直交する直線との間の領域でのみ、抑制変数という事態が

起こるのである。

重回帰分析を行う際の注意点として、いくつかの教科書に書かれているのは、(後述の)多重共線性(複数の説明変数間に高い相関がある事)という事態であり、それはこの抑制変数と一体のように書かれている。しかしこの2つは独立な現象である。この点を間違えている教科書がある。ただ、多重共線性が起こっている場合には、この数学と国語の角が非常に小さくなるという事だから、抑制変数が起こりやすいとはいえる。

#### 2.4 目的変数と相関がない変数は予測の役に立たないか

次の問は、普通の変数解析の教科書でも比較的良好に取り上げられている。

問2「目的変数との単相関がゼロの説明変数は、予測の役に立たないと言って良いか」

数学と入学後の相関はゼロ、物理と入学後の相関は正であるとしよう。説明変数間の内部相関があれば、目的変数との直接の相関がゼロであっても、目的変数と相関を持つ他の説明変数を通して、影響力を持てるのである。2.2項で述べた間接的な相関である。偏相関係数は有限の値を持ちうるし、他の説明変数と組み合わせれば、その他の変数だけの場合の予測力を向上させる事が出来る。数学と入学後は相関していなくて、数学—入学後平面への射影が傾向を持たなくても、数学と物理に正の相関があれば数学が出来る物理が出来る傾向があり、従って入学後の成績はよいであろうとなる。

ベクトル図で考えてみよう。入学後のベクトルは数学のベクトルと直交している。入学後のベクトルと数学—国語平面との角度は、入学後のベクトルと国語のベクトルとのなす角より、一般には小さくなりうる。と言う事は国語だけを説明変数にした単回帰分析での予測より、数学を加えた重回帰分析の方が、相関係数が高くなりうるのである。

#### 2.5 多重共線性

前項の拡張になっているが、重相関係数が非常に大きい場合を考えてみる。

問3「入試の数学と入学後の成績の単相関係数 0.14

入試の国語と入学後の成績の単相関係数 0.0

入試の数学と国語の単相関係数 0.99

であったという。

このとき重相関係数はどのぐらいと思うか」

問題文を、直感に従って考えてみる。説明変数と目的変

数の間の相関係数からは、「数学は余り役に立たない変数」、「国語は全く役に立たない変数」である。しかも数学と国語は「ほとんど同じ」変数であり、片方で良いと思われる。従って、ほとんど同じ役に立たない変数からは、ほとんど目的変数の予測は出来ない。重相関係数はゼロに近いと推測出来るだろう。

ところが驚くべき事に、重回帰分析すると、重相関係数は 0.992 すなわちほとんど完全に予測できる、と言う事が起こっているというのである。

市川はここでも個体データと散布図を示さない。しかしこの状況を Fig-1 の3次元散布図で考えてみよう。それは、2.2項で考えた散布状況で、重相関係数がほとんど1であるから、散布点が重回帰平面にへばり付いている様子を想像すればよい。これは2変数関数(それも線形の関数の)微分学とほとんど同じである。その上で問3の相関係数を考えてみると次のようになる。

入学後—数学平面への3次元散布図からの散布点の正射影には傾向がない。同様に入学後—国語平面への正射影も全く傾向がない(Fig-3)。一方、実はこの問題での重回帰方程式は、式 1.1 なのである。すると Fig-2 の斜めの線の上側から立ち上がった重回帰平面にへばり付いた散布点は、垂直に近いのであるから数学—国語平面上への正射影の分布で考えて、放射方向の直線からほとんど外れていない(Fig-2)。なぜなら、数学と国語の単相関は 0.99 だからである。

このような状況では、データのわずかな変化で、重回帰平面が敏感に大きく変動したりする。この現象を多重共線性という。説明変数間に高い相関が見られる場合である。多重共線性はどの本にも書いてあって、その様な変数を用いた重回帰分析はそのままではいけないと書かれている。

一般に多重共線性の発生している状況では、重回帰平面の傾きが極端に大きかったり、重相関係数がほとんど1になったりする。そして、重回帰平面は非常に不安定である。

この多重共線性の状態を多次元ベクトル図で言えば、数学と国語の方向がほとんど同じな場合である。問3では重相関係数も1に近いので、その状況に更に加えて、入学後ベクトルも、数学—国語平面に低く張り付いている。(数学、国語の両ベクトルとの角度は必ずしも小さくはない)。

今の状況を考えると、数学の点と国語の点の差で入学後の点が決まっているという状況である。従って、数学と国語という2つの変数で考えるより、

数学—国語

という新しい説明変数を考えた方がよい。主成分分析の第1主成分と同じ事である。このとき第2主成分に相当するのは

### 数学 + 国語

である。しかしそうしても、非常に不安定なことは変わりがないから、それ以上の分析はやはり避けた方がよい。現実には問3のような状況は起こりにくいと思われる。

### 3. まとめ

重回帰分析は、説明変数の持つ説明力を吟味したりする幾つかの多変量解析の手法のうちでも比較的分かりやすい手法であろう。しかし、それでも直感に反するような事例が起こる。相関係数が持つ意味合いや、多変量である事から来る、影響力のネットワークなどの分かりにくさもある。

特に相関という事が、直接の変数本来の相関の他に、第3の変数を通しての間接的な相関という事態もあるということが分かりにくいだろう。これは微分学でも見られた事である。可微分決定論的モデルで  $z = f(x, y)$  において  $y = g(x)$  であるとすると、これは、相関係数の値が1に近いときの、2つの説明変数間の内部相関を近似的に表している。すると、

$$\frac{dz}{dx} = \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} \frac{dy}{dx} \quad (3.1)$$

である。たとえ、 $\partial z / \partial x$  がゼロ、すなわち目的変数と説明変数  $x$  の相関がゼロにあたる、としても、第2項で表される説明変数間の内部相関を通しての相関が有り得るのである。この事の理解は逆に多変数の微分学の理解にも役立つのではないであろうか。

また、多次元ベクトル図による理解も、数学的には自明な事であるのに、なぜか相関を扱う局面での、多変量解析

の入門的教科書では説明にあまり用いられていない。多次元ベクトル図は積極的に援用されるべきであろう。

但し多次元ベクトル図は、変数自体の性質を表現しているのではなく、「変数の値がとるサンプル」を表すベクトルの関係図である。すなわちそこに書き込まれているのは、点数空間の状態ベクトルである。これを忘れると理解が難しくなる事に注意しなくてはならないだろう。

因果と相関という難問はさておいても、相関という事はどういう事かよく理解しなければならない。また回帰係数と相関係数の変数の持つ説明力という事に関する意味の違い、回帰の片方向性（相関は2変数間の対称な関係である）ということも忘れてはならない。

### 謝辞

本研究に関連した図を作成してくれた、静岡理工科大学の小林真一氏に感謝します。

### 参考文献

- 1) 市川伸一、「決定における規範的理論と直感的推論」、小橋康章 著『決定を支援する』、東京大学出版会（1988年）
- 2) 柳井晴夫、岩坪秀一、『複雑さに挑む科学』、講談社（1976年）
- 3) 君山由良、『重回帰分析の利用法』、データ分析研究所（2004年）