

# 目 次

## 巻頭「紀要の発刊に寄せて」

学長 荒木信幸

## 論 文

水冷式油圧シリンダの開発	十朱 寧、鈴木隆太郎、橋本裕司、生田礼次	1
リチウムイオンバッテリーの経時特性測定用プログラムの開発	袴田吉朗、恩田 一	7
スマートグリッドに適した絶対時刻同期通信システムの検討	郡 武治	17
蓄電型 PV/EV 充電システム用バッテリーマネジメントシステムの開発	恩田 一、袴田吉朗、中田篤史	23
Organ- and stage-specific expression of the lectin gene in tomato	Yusuke KOUZAI and Akihiro SAITO	27
オブジェクト指向による 3D 格闘ゲームエンジンの構築	玉真昭男	35
GPU を用いた線型計算の高速化と Runge-Kutta 法への応用	幸谷智紀	43
着衣状態における触識別能力を測る	宮岡 徹	51
高顧客満足提供のためのサービスセンサの設計		
– 制御システム理論によるサービスエンカウンターシステム研究 –	三原康司	59
日本人 EFL 学習者の動機づけ, L2 自己, 国際的志向性の関連性の検証	今野勝幸	67
COMMUNICATIVE REPAIR STRATEGIES IN FOREIGN LANGUAGE CHAT ROOMS	Nami TAKASE and Adam JENKINS	77
大学生の生活習慣, 運動実施状況及びスポーツ情報への接触形態に関する調査研究	望月知徳、桑原 潤、富田寿人	83

## 研究ノート

活性化粉末を用いたガス窒化法によるアルミニウムの表面改質	吉田昌史	95
キラル二核バナジウム触媒を用いた不斉酸化反応	桐原正之、鈴木通恭、後藤 匠、石塚勇貴、滝澤 忍	101
MOVING FORWARD: USING ONLINE TECHNOLOGIES TO ADVANCE READING COMPETENCY	R.Gregg MCNABB	105
時間対称量子力学における実在と遡及因果 – 見ていないときに何が起きているのか –	榛葉 豊	109

## 技術報告及び資料

緑茶葉からの DNA 抽出	常吉俊宏	115
袋井関連人物参考資料目録 (4) ~ 名倉孝 (遠州鬼秀) 関連資料目録 (その 2) ~	小栗勝也	119
袋井関連人物参考資料目録 (5) ~ 名倉孝 (遠州鬼秀) 関連資料目録 (その 3) ~	小栗勝也	129

## 教育関連報告

教育教材としての卓上深絞り機の開発	吉田昌史、内海能亜、野崎孝志	137
電気電子工学科の情報・通信実験における PBL 項目の立ち上げ		
– H8/3069F マイコンを用いた電子回路の設計と製作 –	袴田吉朗	143
平成 24 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 –		
…… 石田隆弘、安 昭八、高橋 久、笠谷祐史、野村恵美子、金久保正明、青島偉夫、吉國博昭		153
ワン・チップ計算回路の設計・試作 [ものづくり教育]	波多野 裕、岡部恵太	167

# Contents

## P r e f a c e

President Nobuyuki ARAKI

## Original Papers

Development of Water-cooling Hydraulic Cylinder ..... Ning ZHU, Ryuutarou SUZUKI, Yuuji HASHIMOTO and Reiji SYOUDA	1
Development of a Program for Measuring Lithium Ion Batteries Time Elapsed Characteristics ..... Yoshiro HAKAMATA and Hajime ONDA	7
A Synchronization Network System with Absolute Time for a Smart Grid ..... Takeharu KOHRI	17
Development of a battery managing unit for a photo-voltaic electric power generation system ..... Hajime ONDA, Yoshiro HAKAMATA and Atsushi NAKATA	23
Organ- and stage-specific expression of the lectin gene in tomato ..... Yusuke KOUZAI and Akihiro SAITO	27
Development of an Object-Oriented Game Engine for 3D Fighting Games ..... Teruo TAMAMA	35
Acceleration of Numerical Linear Computation by Using GPU and its Application to an Efficient Implementation of Runge-Kutta Methods ..... Tomonori KOUYA	43
Measurements of distinguishing abilities of clothed buttocks ..... Tetsu MIYAOKA	51
Service Sensor for High Customer Satisfactions -The Study of Service Encounter System based on Control System Theory- ..... Koji MIHARA	59
Examining the Relationship Among Motivation, the L2 Self and International Posture of Japanese EFL Learners ..... Katsuyuki KONNO	67
COMMUNICATIVE REPAIR STRATEGIES IN FOREIGN LANGUAGE CHAT ROOMS ..... Nami TAKASE and Adam JENKINS	77
Research on Lifestyles, Sports Activities and Contact with The Sports Information in University Students .....Tomonori MOCHIZUKI, Jun KUWAHARA and Hisato TOMITA	83

## Research notes

Surface Modification of Aluminum by Gas Nitriding using Activation Powders ... Masashi YOSHIDA	95
Asymmetric oxidation catalyzed by chiral dinuclear vanadium catalysts ..... Masayuki KIRIHARA, Michitaka SUZUKI, Takumi GOTO, Yuki ISHIZUKA and Shinobu TAKIZAWA	101
MOVING FORWARD: USING ONLINE TECHNOLOGIES TO ADVANCE READING COMPETENCY ..... R.Gregg MCNABB	105
Reality and Retrocausation in Aharonov's Time Symmetric Quantum Mechanics -What happens, when I don't look it?- ..... Yutaka SHINBA	109

## Technical Report and Materials

A Simple Protocol for DNA Extraction from Green Tea Leaves .....Toshihiro TSUNEYOSHI	115
The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.4 ..... Katsuya OGURI	119
The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.5 ..... Katsuya OGURI	129

## Education -related Reports

Development of Table Top Deep Drawing Machine as Teaching Material .....	Masashi YOSHIDA, Noah UTSUMI and Takashi NOZAKI	137
Startup of a Project Based Learning subject for the Information and Communication experiment in the Department of Electrical and Electronic Engineering -Design and construction of an electronic circuit using an H8/3069F micro computer- .....	Yoshiro HAKAMATA	143
The Internship Program in 2012 For Career Education .....	Takahiro ISHIDA, Syohachi YASU, Hisashi TAKAHASHI, Hirofumi KASATANI, Emiko NOMURA, Masaaki KANAKUBO, Hideo AOSHIMA and Hiroaki YOSHIKUNI	153
An Advanced Production Activity Education: Design and Fabrication for a One-Chip Calculation Circuit .....	Hiroshi HATANO and Keita OKABE	167

# 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」についての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2013年版で、21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なり、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。

さらに、2010年度に、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、そ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。

2013年4月

# 水冷式油圧シリンダの開発

## Development of Water-cooling Hydraulic Cylinder

十朱 寧\*, 鈴木 隆太郎\*, 橋本 裕司\*\*, 生田 礼次\*\*

Ning Zhu , Ryuutarou Suzuki, Yuuji Hashimoto and Reiji Syouda

Since hydraulic cylinder used for the diet designed for manufacturing automobile parts always runs at a high temperature surrounding up to 300 degree, after s period of operation, the O-ring used inside the hydraulic cylinder is easily deteriorated, which decreased the production efficiency due to the operation of exchanging the broken O-ring. The reason of the deterioration is caused by the thermal hardening of the gum, hence it is very important to cool the surroundings of O-ring and extend its life duration. However, since O-ring is amounted inside the hydraulic cylinder and it is difficult to cool the O-ring if the conventional cylinder construction is used. In this paper, a new spiral flow path inside the cylinder for cooling the O-ring is suggested and produced. Through computer simulation and experimental verification, it was confirmed that an outstanding cooling performance was obtained. Besides, the O-ring thermal hardening effect was improved when O-ring was cooled by the new spiral flow path.

### 1. 緒言

Fig.1 に示すように、ある自動車部品製造用金型には、三つの油圧シリンダが取り付けられている。金型には、溶かしたアルミを流し込むため、油圧シリンダが置かれている環境の温度が 300℃まで達している。このことから、油圧シリンダの中で、油漏れ防止に使われる Oリングが急速に劣化し、破損に至るケースがしばしば報告されてきた。

現場では、一定の稼働時間を設け、定期的に運転を停止させて、破損状態になりかける Oリングの交換作業をおこなう。

う。このため、生産効率の向上に支障をもたらしている。

Oリングの劣化は高温環境においてはゴムの熱硬化に由来することから、Oリング回りを効率よく冷却し、Oリングの使用寿命を長くすることは重要な課題だと考えられる。しかしながら、Oリングの冷却はシリンダを冷却することにより行われるが、Oリングはシリンダの内部にあるため、従来のシリンダ構造<sup>(1,2)</sup>ではOリングの冷却効率が悪くなってしまふ。

そこで、本研究は、Oリング使用の長寿命化を研究目的とし、研究では、まず、H社で、油圧シリンダにおいて水冷式のスパイラル流路を考案・製作する。続いて、Solidworks を用いて三次元水冷式油圧シリンダモデルを作成した上、Solidworks Flow simulationによる熱解析を実施する。最後に、実証実験システムを構築し、スパイラル流路による顕著な冷却性能を確認する。さらに、冷却時と非冷却時におけるOリングへの評価実験を行い、冷却時のOリングの熱硬化度合いを調べる。

### 2. スパイラル流路の考案・製作

油圧シリンダの水冷法を考案する際に、Oリング周りの流路の設計が重要である。そのほか、伝熱工学の観点から、限られたスペースの中で、いかにして熱移動の速さを向上させる構造の設計が求められる。様々な試行錯誤を行った結果、油圧シリンダにはスパイラル流路を設けることにし

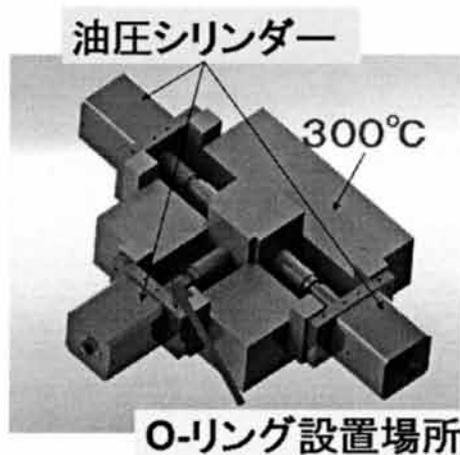


Fig.1 Die cast apparatus

2013年3月15日受理

\* 理工学部 機械工学科

\*\* 橋本エンジニアリング

た. Fig. 2 と Fig. 3 に, スパイラル流路の詳細を示す. シリンダ中の流れの様子を可視化するため, フランジと水冷カバーの一部を不可視にした. 油圧シリンダの内部には, 外側に溝を削ったブッシュをフランジ内に取り付けたものと, チューブに螺旋状の流路を削り, その上に水冷カバーをつけたものとの構造である.

冷却水はまずスパイラル流路を通過し, 油圧シリンダ下面から一旦外を経由したあと, フランジ側面から入り, そして, Oリングの周りを一周して油圧シリンダ側面から再び油圧シリンダに戻るようになっている.

従来の水冷法に比べて, スパイラル流路を導入することにより少ない流量で冷却効率の向上ができる点において評価され, 特許を取得した.

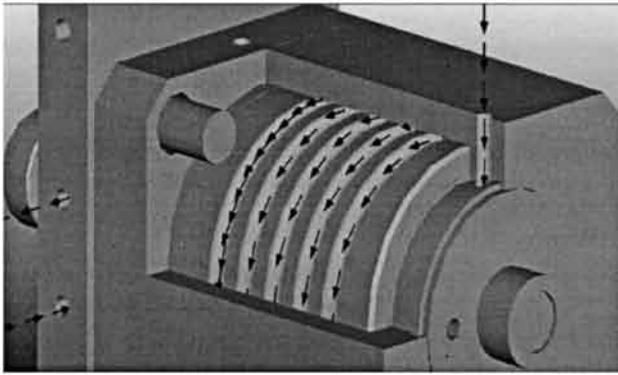


Fig.2 Structure 1 of spiral flow path

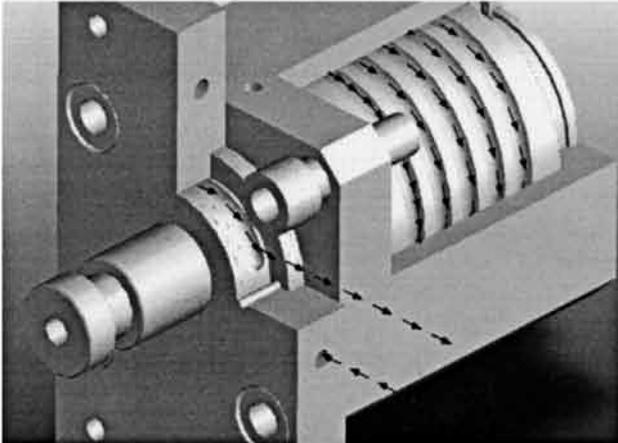


Fig.3 Structure 2 of spiral flow path

Fig. 4 に実際に製作した油圧シリンダを示す. 油圧シリンダ全体の寸法は  $140 \times 121.5 \times 90$  mm で, シリンダ本体は内径  $\phi 50$ mm, シリンダ行程 45mm, ロッド径  $\phi 26$ mm である. これらの寸法の油圧シリンダは, 作動油圧力 10MPa, ロッド最大荷重 30kN で使用される. 冷却水の流路をシリンダチューブとフランジに通すことで, 効果的に

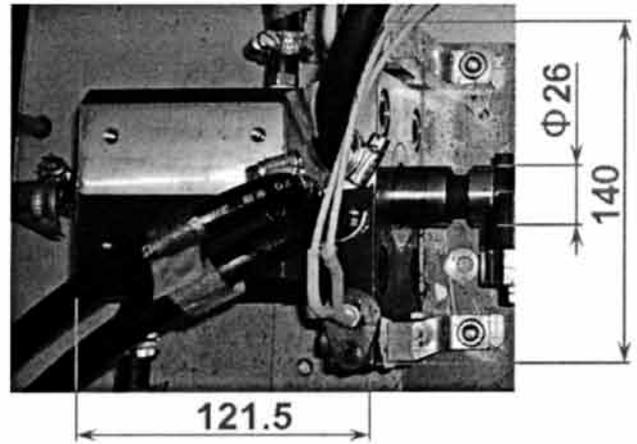
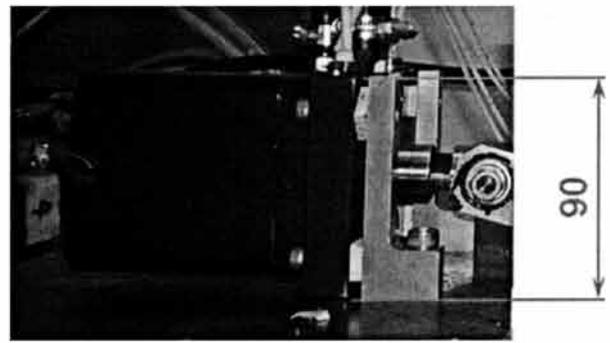


Fig.4 Manufactured hydraulic cylinder



Oリング冷却する構造となっている.

### 3. 油圧シリンダの熱解析

#### 3.1 解析条件

Fig.5 に示すように, 本研究で考案・製作した冷却シリンダ ( $85 \times 85 \times 103$ , シリンダ内径 50mm) をモデル化し, 解析ソフト Solidworks Flow simulation を用い, 熱解析を行った.

金型に使われる油圧シリンダは特にピストンとフランジが高温化に置かれるため, 実際の使用条件に合わせ, ピストンロットに 1 ヶ所, フランジに 2 ヶ所の計 3 ヶ所にヒーターを埋め込み, ヒーターの表面温度を  $300^{\circ}\text{C}$  とした. また, 油圧シリンダはピストンの稼働に循環する油が使われるため, シリンダチューブ側面とシリンダボトムの 2 ヶ所を別々に油を循環 (流量 11/min) させて行った. さらに, Fig.1 に示した冷却水流路は, ピストン内部とシリンダチューブを冷却するものとフランジとピストン外部を冷却するものに分かれ, 冷却水の流量はそれぞれ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 l/min とする. なお, 解析は乱流条件で行い, 各 부품の材質も実物と同じものを使用した.

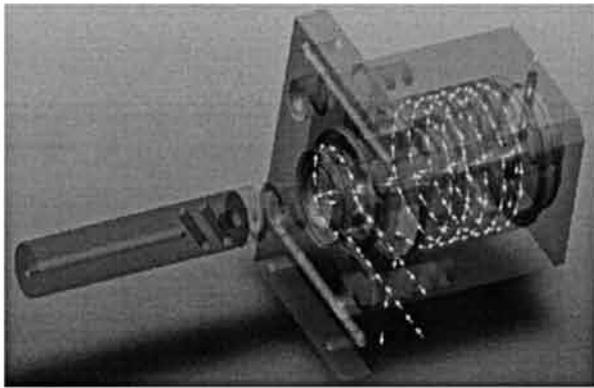


Fig.5 New cylinder model with spiral flow path

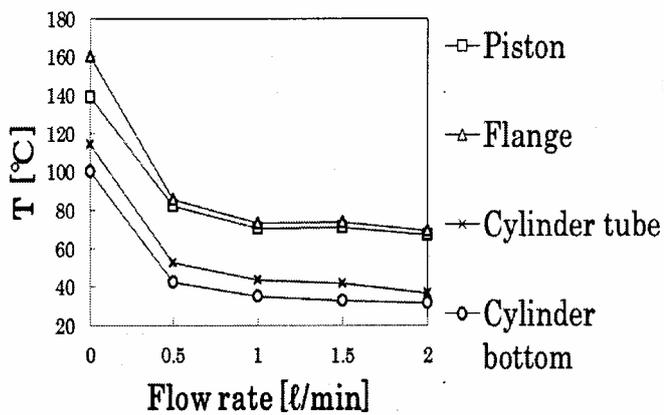


Fig.6 Temperature changes under different flow rates base on computer simulation

熱解析には使用する PC のスペックは Intel® Core(TM) i7-3770 3.4GHz である。

### 3.2 解析結果

Fig.6 に解析した各部分の様々な流量における温度変化を示す。縦軸に油圧シリンダ各部の温度、横軸に流量を取る。温度観測点はピストン、フランジ、リンダーチューブとシリンダの底とする。

図からは、冷却が行わないとき(流量が 0l/min)に、すべての観測点の温度値が 100℃を超え、Oリングが設置されたフランジでは、温度値が最も高く、170℃に達したことが分かった。

また、冷却流量が 0.5L/min のとき、各部の温度が急激に下がり、とくに、フランジの温度が 80℃まで低下したことが確認できた。

さらに、流量が増えるとともに冷却の効果が若干向上した。

一方、Fig.7 に油圧シリンダの断面における温度分布図を示す。非冷却(Up)の場合、全体の温度も高いが、特にフランジとピストンが高い温度を持つことがわかる。冷却した

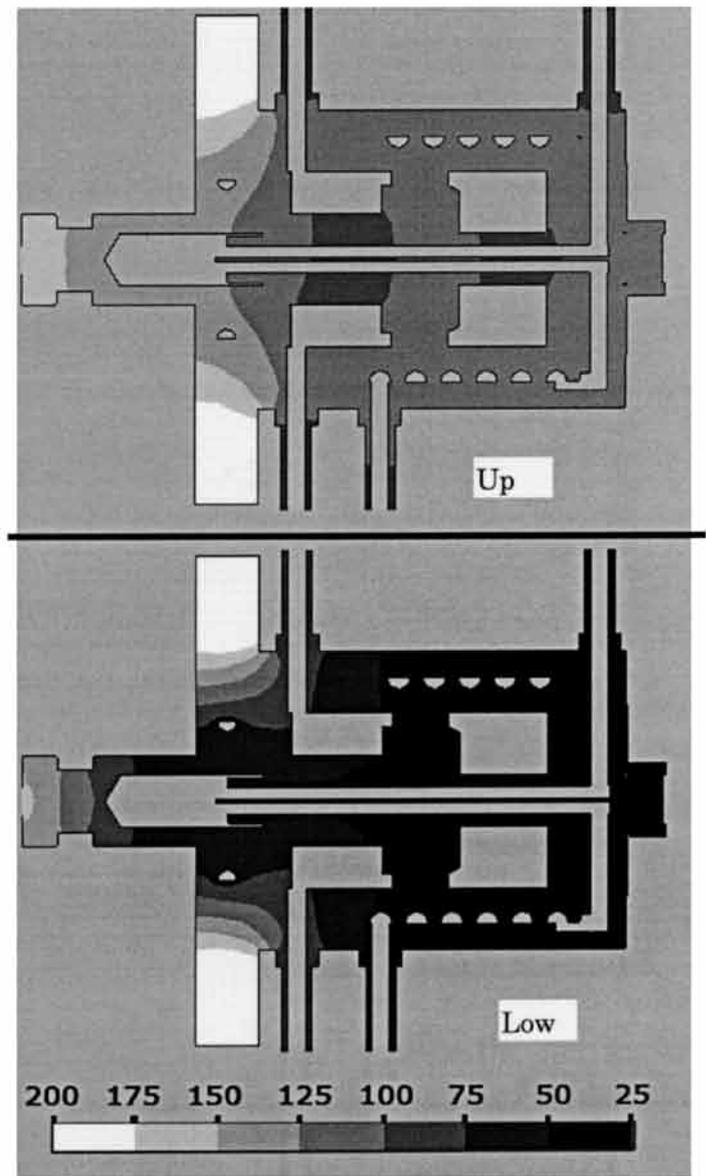


Fig.7 Temperature distribution in cylinder (up : without cooling low : with cooling)

場合(Low)、シリンダ全体の温度が低下しピストンとフランジ周辺の温度が低くなり温度の上がりやすいピストン、フランジ周辺に高い冷却効果があることがわかった。

## 4. 冷却検証実験

### 4.1 実験装置

Fig.8 に水冷式油圧シリンダ実証実験装置図を示す。この実験システムは主に油圧シリンダ駆動装置、油圧循環回路および冷却水循環流路からなる。

油圧シリンダ駆動装置では、油圧駆動の代わりに、DC サーボモーター (700W) でウォーム・クランクを稼働させる機構を設計・製作した。実験のとき、ピストンを 1Hz

で動作させた。

油圧循環回路では、投げ込み式ヒータを取り付けた油タンクにおいて、油圧駆動用油を 80°C にキープし、油圧ポンプで油圧シリンダの油圧流路を 1.5 l/min の流量で循環させる。冷却水循環回路では、水タンクから油圧シリンダに入り、スパイラル流路を通り排出する。

ヒータ (100W) はピストンに取り付けた連結棒とフランジに 2ヶ所の、計 3ヶ所に取り付け加熱し続けた。なお、温度や流量などは熱解析と同じ条件を使用し、温度測定点と温度観測点はピストン、フランジ、シリンダチューブとシリンダの底とした。

Fig.9 に、実際に製作した水冷式油圧シリンダ実証実験システムを示す。

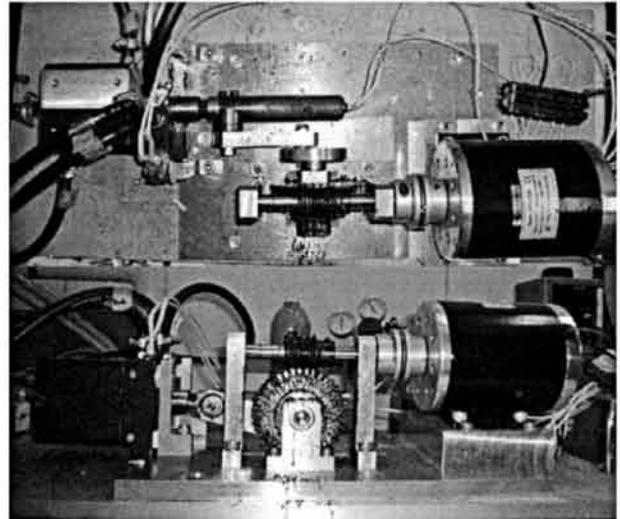


Fig.9 Verification experimental system

4.2 冷却検証実験

冷却研究実験では、まず、冷却水を流さない条件で、ヒーター、駆動モーター、油ポンプの電源を入れた後、各温度測定点の温度を測定した。次に、冷却水の流量を 0.5 l/min にして、同じく温度測定実験を行った。さらに、冷却水の流量を 1, 1.5, 2 l/min ずつまで増やし、それぞれの場合の温度を測定した。

4.3 油圧シリンダの熱耐久実験

冷却検証実験結果を踏まえ、冷却なしと冷却あり (冷却水流量 0.5 l/min) の状態で、長期間にわたり油圧シリンダを稼働させた後 Oリングの状態を調査した。なお、稼働時間は 50 [hour] とする。

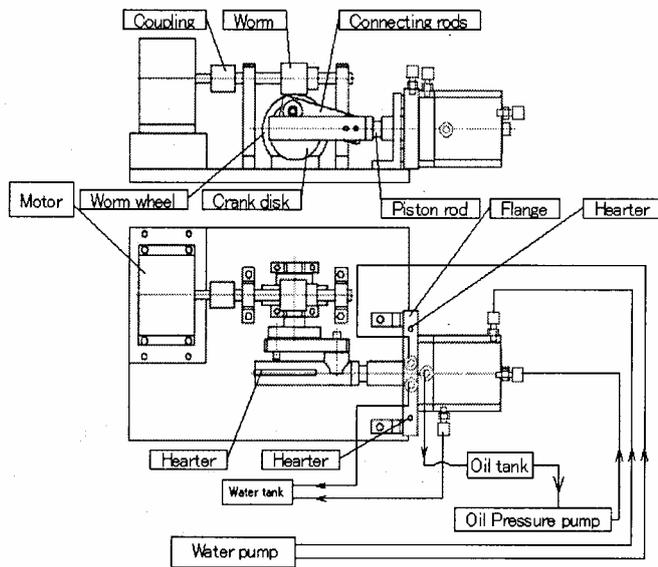


Fig.8 Experimental Apparatus

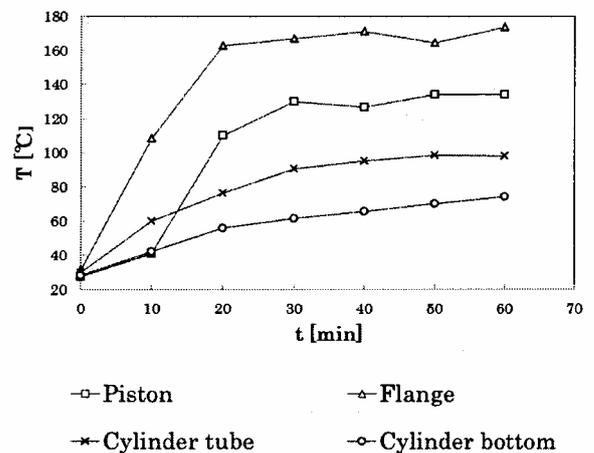


Fig.10 Temperature profiles of cylinder (without cooling)

5. 実験結果と考察

5.1 非冷却時と冷却時の温度分布

Fig.10 に冷却なし、Fig.11 に冷却あり (冷却水流量 = 0.5 l/min) の油圧シリンダの各温度測定点の温度変化を示す。

非冷却時の Fig.10 では、油圧シリンダが稼働し始めてから、各部の温度が急激に上昇し、約 20 分経過した後、それぞれの温度が落ち着くようになった。これは、環境との熱交換で熱平衡状態に達したとの結果である。また、ピストンの Oリング設置場所とフランジの Oリング周辺の温度が非常に高くなっていることが分かった。

冷却水流量 0.5 l/min で冷却を実施した場合 (Fig.11) には、冷却水で油圧シリンダの熱を移動させたため、各部の表面温度の上昇が抑えられ、20 分ほどで、各部の温度

値がほぼ一定になったが、非冷却時に比べて、油圧シリンダの表面温度がいずれ 80℃を下回っていることが確認でき、スパライル流路の放熱効果が検証された。

また、Fig. 6 の熱解析と比較した結果、実験値が解析値とおおむね一致し、約 10%の誤差を有したことが分かった。

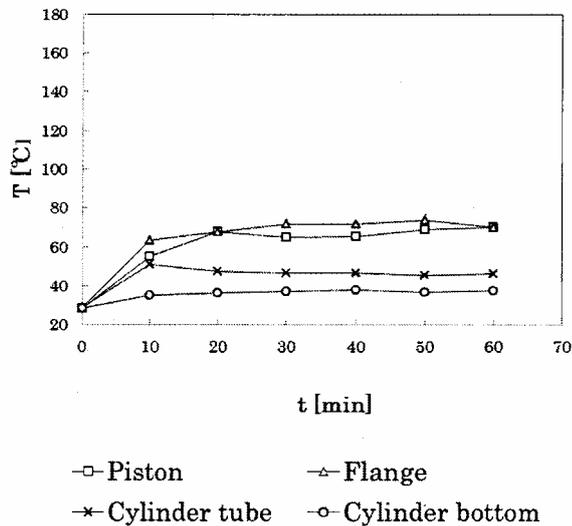


Fig.11 Temperature profiles of cylinder (with cooling)

5.2 表面温度と流量の関係

Fig. 12 に、冷却水流量と温度の関係を示す。(a)は実験値で、(b)は解析値である。図からは、冷却を行った場合、非冷却に比べて各部品の温度が期待通りにさがり、顕著な冷却効果を得たと考えられる。また、流量ごとの温まった、冷却時、冷却水の流量は 0.5l/min 以上増やしても、それほど冷却の効果が見られなかった。よって、本実験においては、最適な冷却水流量が 0.5l/min だといえる

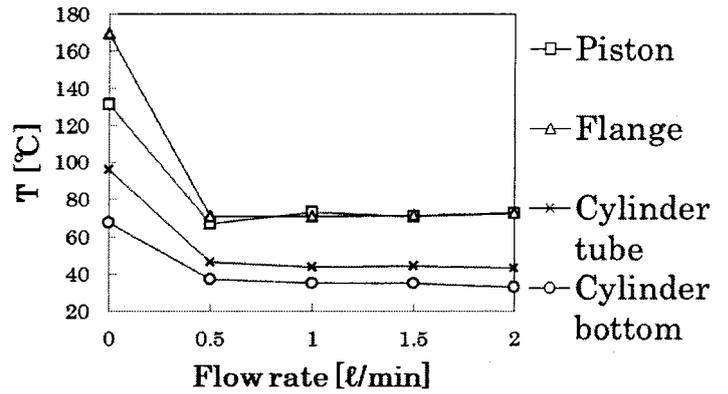
実験値を解析値と比較したところ、両者がほぼ一致したことが確認できた。

5.3 油圧シリンダの熱耐久試験

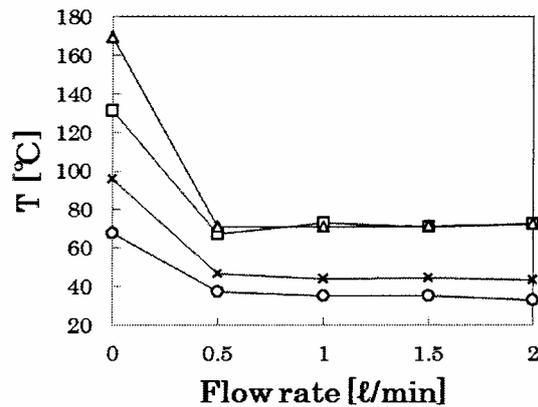
Fig. 13 に冷却時および非冷却時、油圧シリンダを 50 稼働させた後で外された O リングを示す。左側は、冷却なしで、右側は冷却ありである。冷却なしの場合、O リングは熱硬化が起り、亀裂が発生している。一方、冷却ありの場合、O リングは、熱劣化がほぼ発生しなかった。この結果、冷却による O リング耐熱性の向上が確認された。

6. 結論

冷却ありなしでの油圧シリンダの温度特性を実験および解析ソフトにより検証した結果、冷却ありの油圧

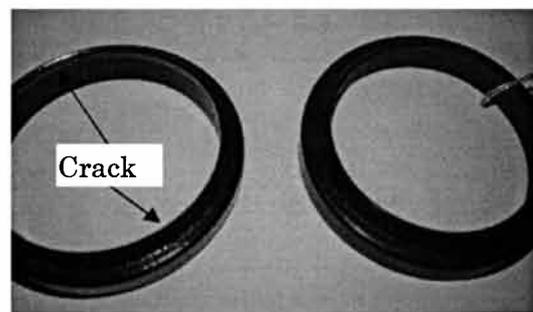


(a) Experiment



(b) Heat Analysis

Fig.12 Temperature changes under different flow rates



Left: without cooling right:with cooling

Fig.13 O-ring thermal hardening investigation

シリンダは従来の油圧シリンダに比べ、温度が著しく下がり、高い耐熱能力があることがわかった。よって、本研究で提案したスパライル流路を持つ油圧シリンダが高い放熱性能を有することが検証された。

謝辞

今回の研究は静岡県中小企業振興助成により行われたもので、ここで感謝の意を表します。また、研究の遂行に

あたり、静岡理工科大学工作センター、行平課長、河野氏より多大な支援があったことを記し感謝致します。さらに、この研究には卒研究生 鈴木康浩君、寺田太寅君の協力があったことを記す。

#### 参考文献

1. 油圧シリンダユニットの冷却装置 - 特開平 11-291014
2. 回転油圧シリンダの冷却装置, 登録番号第 3044913号

# リチウムイオンバッテリーの経時特性測定用プログラムの開発

Development of a Program for Measuring Lithium Ion Batteries Time Elapsed Characteristics

袴田 吉朗\*

恩田 一\*

Yoshiro HAKAMATA

Hajime ONDA

**Abstract:** The paper describes the design of a program for measuring Lithium Ion batteries management system time elapsed characteristics. The system consists of series connected fourteen batteries that are assumed to be charged from or discharged to a solar system constructed in the SIST campus. The program is made with Microsoft VC++6.0, and a Windows XP machine. It measures Lithium Ion batteries voltages and temperature of the batteries every two minutes. It displays data on a PC screen, and it saves data on a hard disk. These operations are also performed every two minutes. Also alarms are displayed on a screen, and based on these, relays connected to batteries are controlled to discharge batteries through relays and  $4.7\Omega$  resistors. The program confirmed to work well using the prototype system constructed on a desk. The system field test is hoped to be done in near future using the program.

## 1. はじめに

一昨年の3月11日における東日本大震災以降、原子力に代わる代替エネルギーに関する議論や実験、実用的なメガソーラーシステムの構築などが盛んに行われてきている。本学においても開学20周年記念事業の一環として太陽光発電を主体とした蓄電型太陽光発電式電気自動車（PV/EV）充電システムの構築が行われ、一部稼働を始めたところである [1]。

本検討は、このシステムの一翼を担うものでありその主眼は、ハイブリッドカーなどに使用して不要になったリチウムイオンバッテリーを、太陽光発電システムの蓄電器として再利用することにある。

本検討において筆者らが考えているシステムは、ハイブリッドカーに使用した中古のリチウムイオンバッテリーを14個直列接続し、これらを太陽光発電システムを用いて充放電する蓄電器として再利用するシステムである。このシステムを実現するためには直列に接続した各セルの電圧値を連続的に測定し、異常な（高）電圧を示すセルの有無を監視する必要がある。もしそのようなセルを検出した場合には、そのセルを強制的に放電させ、全セル電圧の平準化を図るいわゆる「バランスング」を行う必要がある。

そのために以下のようなシステムを構築し、データを取得してその状況を把握し、このようなシステムが実用に耐えられるか否かを検証することにした。

- ① 各セルの端子電圧、セルの電流およびセルの温度を連続的に測定し、データを収集する
- ② 異常に高い電圧を示すセルがある場合には、リレーを制御して抵抗を介して放電させる
- ③ システムを制御するプログラムを開発する

本資料では、開発した制御プログラムの設計および動作、システムの使用方法などを述べる。なお袴田がプログラムの設計、

開発およびプログラムの修正を行い、恩田がシステム構成の検討および机上システムを用いた実機によるデバッグを担当した。

## 2. バッテリーマネジメントシステムのハードウェア構成

### (1) 設計目標

以下を設計目標とした。

- 太陽光発電システムから充放電される14個のリチウムイオンバッテリーの電圧を連続的に監視し測定する。
- セルの温度（7カ所）も同様に連続的に監視測定する。
- 測定結果を画面に表示し、ハードディスクにセーブする。
- 測定結果を評価し、異常に高い電圧を表示するセルのアラームを発出する。
- まだデータがない状況であり、本システムでは放電の必要なセルのアラームを発出させるのみとする。実際にリレーおよび抵抗を介してセルを強制的に放電させるバランスングを行うか否かは保守者が判断するものとする。
- 2台以上の複数のセルが同時に異常に高い電圧になった場合にも正しくアラームを発出できるようにするが、同時に放電を行うセルの数は唯一つであるとする。

### (2) システムの概要

図2.1に試作したシステムの構成図を示す。

- 被測定対象は直列接続された14個のリチウムイオンバッテリーである。これらのバッテリーは双方向性DC/DCコンバータを介してHVDCに接続されており、太陽光発電システムから充放電される。
- この回路に放電用のリレー14個、メインリレーおよび電流検出用の $0.1\Omega$ 抵抗を直列接続して制御に用いる。制御部分は、データロガーGL820（AD/DA変換器）、8ポートミニリレー（2台）、放電用の $4.7\Omega$ 抵抗（14個）、熱電対（7個）、3ポートハブ、端子台、回転灯およびPCなどからなる。

2013年2月19日受理

\*理工学部 電気電子工学科

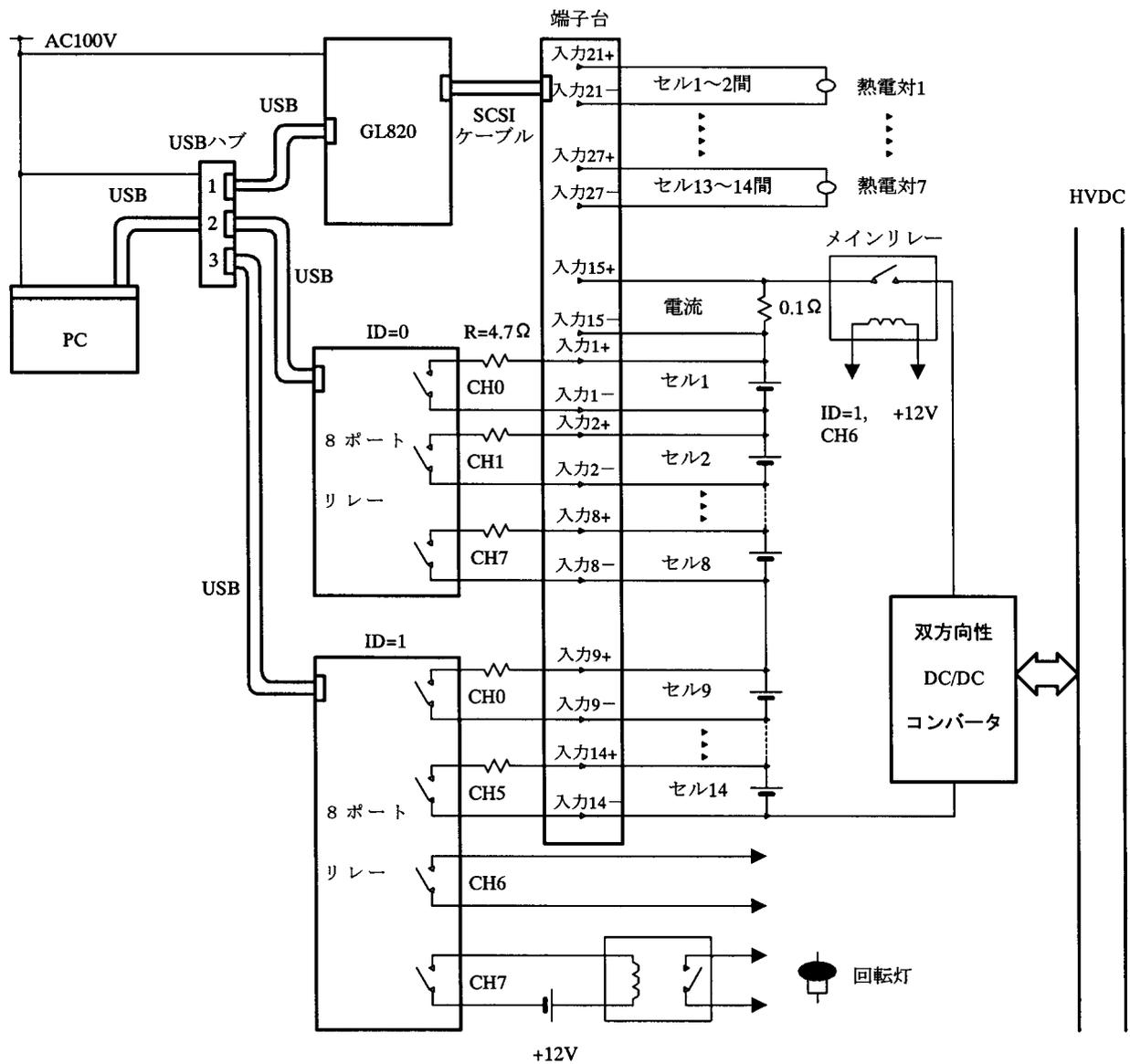


図2.1 バッテリーマネジメントシステムのハードウェア構成

3. 開発環境の構築

リレーおよびデータロガーGL820が入荷された時点で開発環境についての調査を行った。その結果

PC: WindowsXP

開発ソフトウェア: VC++6.0

を用いることにした。調査した結果を表3.1に示す。

筆者らはUSB接続に関しては今までにプログラム経験がなく、そのためUSBに関する部分はGraphtec社のサンプルプログラムを利用し、それ以外の部分を新規に設計・試作することにした。

データロガーGL820に付属しているVC++2005サンプルプログラムでは、MFCを使用する必要がある。2012年5~6月に予備的な検討を行いこの時にはフリーのVC++2010 Express Editionを使用した。しかし、VC++2010 Express EditionはMFCには対応していない。正規版のVC++2010を購入すればMFCを使用できるので予備的な検討結果をそのまま活かしたが、正規版は10万円を超える高額な商品であり、予算の都合上使用を断念した。代わりに従来から使用してきた手持のちVC++6.0を用いて開発を進めることにした。必然的にPCはWindowsXPマシンを使用することになった。

表3.1 PCおよび開発環境とUSBドライバに関する調査結果

OS	Graphtec社 USBドライバ	Turtle社 USBドライバ	VC++6.0	VC++2010 Express Edition
WindowsXP	○	○	○	△ (MFC ×)
Windows7	○	○	×	△ (MFC ×)

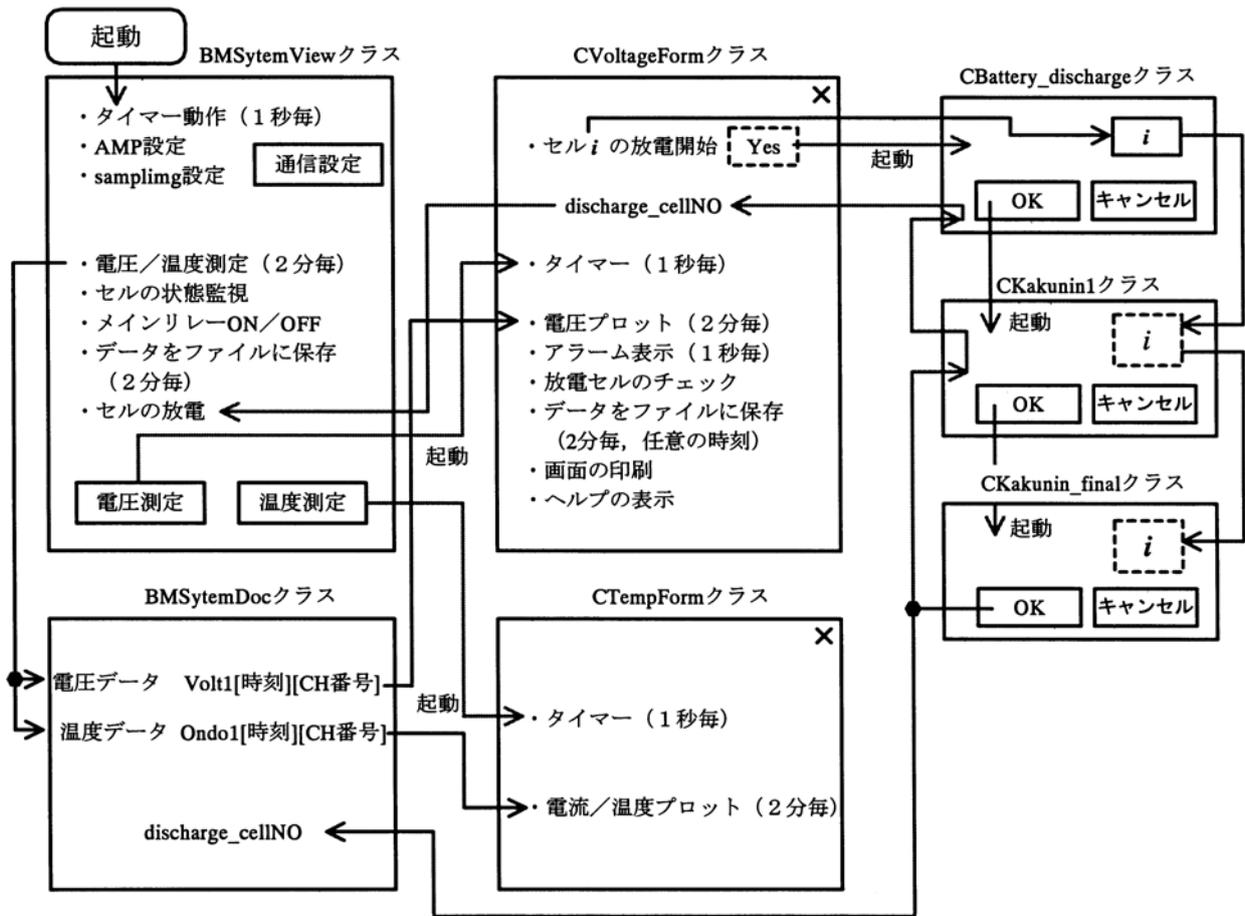


図4.1 バッテリーマネジメントシステムプログラムにおける処理の主な流れ

#### 4. バッテリーマネジメントシステムプログラムの動作

図 4.1 にバッテリーマネジメントシステムプログラムにおける処理の主な流れを示す。

##### 4.1 データロガーGL820の初期設定

スタートボタンをクリックするとプログラム (BMSystemView クラス) が起動する。このクラス中にある StartButtonThread において、データロガーに関する以下の 2 項目の初期設定を行っている。

- ① 電圧測定レンジ (フルスケール) 10V, フィルタ OFF
- ② 温度測定 K 熱電対 (TCK), フィルタ OFF

また OnInitialUpdate メンバ関数においてタイマー割り込み (OnTimer メンバ関数) の周期を 1s に設定し、測定周期 (サンプリング間隔) を設定している。

ドキュメントクラスに設定した変数 sampling\_clock を OnTimer メンバ関数においてカウントし、データを表示する 2 分毎の周期を作成して CVoltageForm クラスと同期させている。

##### 4.2 リレードライバの初期設定

Turtle 社のリレーをプログラムにより動作させるためには、

TUSBKRL.h           ヘッダファイル  
TUSBKRL.lib         ライブラリファイル

をプロジェクトに追加する必要がある。

その上で「USB インタフェース付き接点出力ユニット取り扱い説明書 [2]」の p.12 に記されているように、まず

TUSBKRL\_Load ();

を実行してドライバを呼び出す必要がある。このときリレーの準備ができるまでに時間がかかるので、待ち時間を入れなければならない。待ち時間を入れないと次の動作を実行できない。

この処理はBMSystemクラスのOnInitialUpdateメンバ関数において実行している。ドライバをロードした後、500msの待ち時間を複数個入れてリレーのステータスがOKとなるまで待つプログラムとしているが、その結果から判断して単にsleep(1000);を入れるだけでも良さそうである。

##### 4.3 電圧および電流/温度の測定

図 4.2 に測定のフローチャートを示す。

BMSystemView クラスにおいて 2 分毎にコールされる voltage\_temp\_measure メンバ関数において、データロガーから一連のデータを取得する以下のコマンドを実行し、電圧および電流/温度のデータを取得している。

```
if(pDev->SendCommand(":MEAS:OUTP:ONE?"))
    {ErrGraphtec(3);}
```

このコマンドの実行により図 4.3 に示すバイナリデータが複数個からなるデータが取得される[3]。これを以下の命令を実行してヘッダおよびデータを char 配列に読み込んでいる。

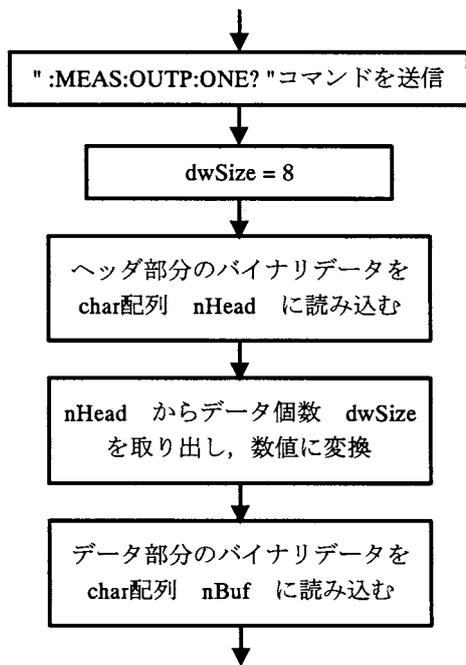


図4.2 データ測定のプロフローチャート

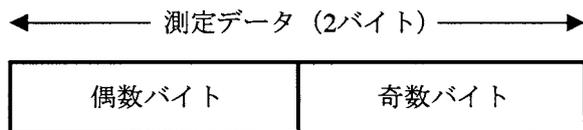


図4.3 GL820の測定データの構成

```

if(pDev->ReadBinary(nHead,dwSize,R_TIMEOUT))
    {ErrGraphtec(3);}
if(pDev->ReadBinary(nBuf,dwSize,R_TIMEOUT))
    {ErrGraphtec(3);}
  
```

ヘッダ長は8バイトであり、#6xxxxxxの形式をしている。なおバッファ nBuf は char 型の配列として定義しなければエラーになる。電圧および温度のデータは、2 バイト整数としてデー

タログからビッグエンディアン形式で送信されてくる。これを以下のように BYTE 型 (unsigned char 型) にキャストして偶数バイトが上位に、奇数バイトが下位となるように組み立てている。BYTE 型にキャストしないと下位バイトのビット7が1になる数値の場合に、下位バイトが負数と判断されて計算されるため正しく変換できない。

$$ADCVal\_WORD=(BYTE)nBuf[i*2]<<8+(BYTE)nBuf[i*2+1]; \quad (1)$$

iはセルの番号である。

なお、標準電圧発生器を使用して GL820 本体で測定した電圧値と PC に取り込んだ電圧値の関係を調べたところ、10mV の精度を達成できていることを確認した。

#### 4.4 負数の処理

電流は負になることもあるので、式(1)の ADCVal\_WORD の最上位ビットが1になった場合には負数であると判断し以下の式を用いて実際の値に変換している。

```

if( (unsigned)ADCVal_WORD > 32767)
    ADCValue = ADCVal_WORD - 65536;
else
    ADCValue = ADCVal_WORD; \quad (2)
  
```

#### 4.5 2バイト整数の実際の電圧、電流および温度への変換

電圧および電流はフルスケール10Vの設定である。このため、仕様により以下の処理を行って実際の値に変換している。

$$ADCValue \gg 1; \quad ADCValue = ADCValue / 1000; \quad (3)$$

また温度については、仕様に従って2バイト整数値を10で除して実際の温度を得ている。

### 5. リレーの制御

4章で述べたように、電圧および電流/温度の測定は2分毎に実施される。その測定直後に実行する cell\_status\_check2 メンバ関数においてリレーの状態を表すフラグ relayFlag[ ]およびアラームの表示に使用するフラグ statusFlag[ ]の設定を図5.1に示すように行っている。

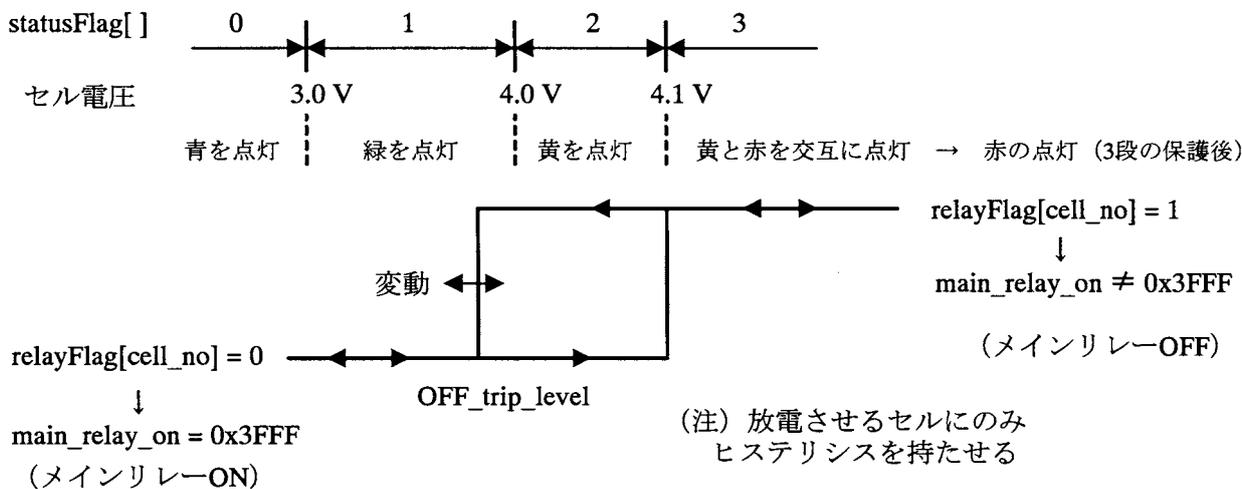


図5.1 リレーおよびアラームの制御論理

5.1 リレーフラグ relayFlag[] の制御

一旦放電を始めたセルに対しては図 5.1 に示すようにヒステリシス特性を持たせて放電を終了させる. すなわち

$$\begin{aligned} & \text{セル電圧} \geq 4.1\text{V} \cdots \cdots \text{relayFlag}[] = 1 \\ & < \text{OFF\_trip\_level} \cdots \cdots \text{relayFlag}[] = 0 \end{aligned}$$

とする. ここに OFF\_trip\_level は、放電を行っているセルを除く残り 13 個のセル電圧の平均値であり、その都度値が変動する. セルの放電が終了した場合には、全セルがほぼ同一の電圧になることが期待される.

放電を行っていないセルはヒステリシスを持たせることなく、電圧が 4.1V 未満になると即時に relayFlag[] = 0 とする.

5.2 ステータスフラグ statusFlag[] の制御

セルの状態を画面上に示すために statusFlag[] を用いており、各セルの電圧によって以下のように設定している.

- 電圧 < 3.0V ..... 低電圧アラーム    statusFlag[] = 0  
青色を点灯
- ≥ 3.0V ..... 正常状態            statusFlag[] = 1  
緑色を点灯
- ≥ 4.0V ..... アラーム発出        statusFlag[] = 2  
黄色を点灯
- ≥ 4.1V ..... 放電開始電圧        statusFlag[] = 3  
3 段の保護動作中は黄色と赤色を 1s 毎に点滅、その後赤色の点灯に移行

5.3 リレーの制御論理

リレーの制御論理を図 5.2~図 5.4 に示す.

5.3.1 relayFlag[] の 1, 0 を検査

全てのセル電圧が 4.1V 未満の場合には図 5.2 における最初の処理において変数 discharge\_cellNo=0 となり、メインリレーの状態を示すラジオボタンを ON に保ちつつ、④を通る処理が行われる. ④以降の処理は図 5.4 に示す BMSYSTEMView クラスの OnTimer メンバ関数において 1s 毎に実行され、この部分において relay\_off メンバ関数が実行され全リレーが OFF になる.

その後ドキュメントクラスの変数を cell\_relay\_ON=0 とし、リレーの OFF 動作を变化の生じた場合だけに留め、いたずらにリレーの信頼性を損なわないようにしている.

5.3.2 relayFlag[] の差分を検出

一般的に複数個のセル電圧が 4.1V を超える状況が考えられる. そのため relayFlag[] の 1, 0 の検査に続いて新旧 relay\_Flag[] の差分を取り、一つ前のサンプリング点におけるセル電圧と比べて変化があったか否かを検出し変数 res[] に保存する. 単に relay\_Flag[] = 1 を検出するだけでは複数個のセルが同時に 4.1V 以上になったか否かを検出できない.

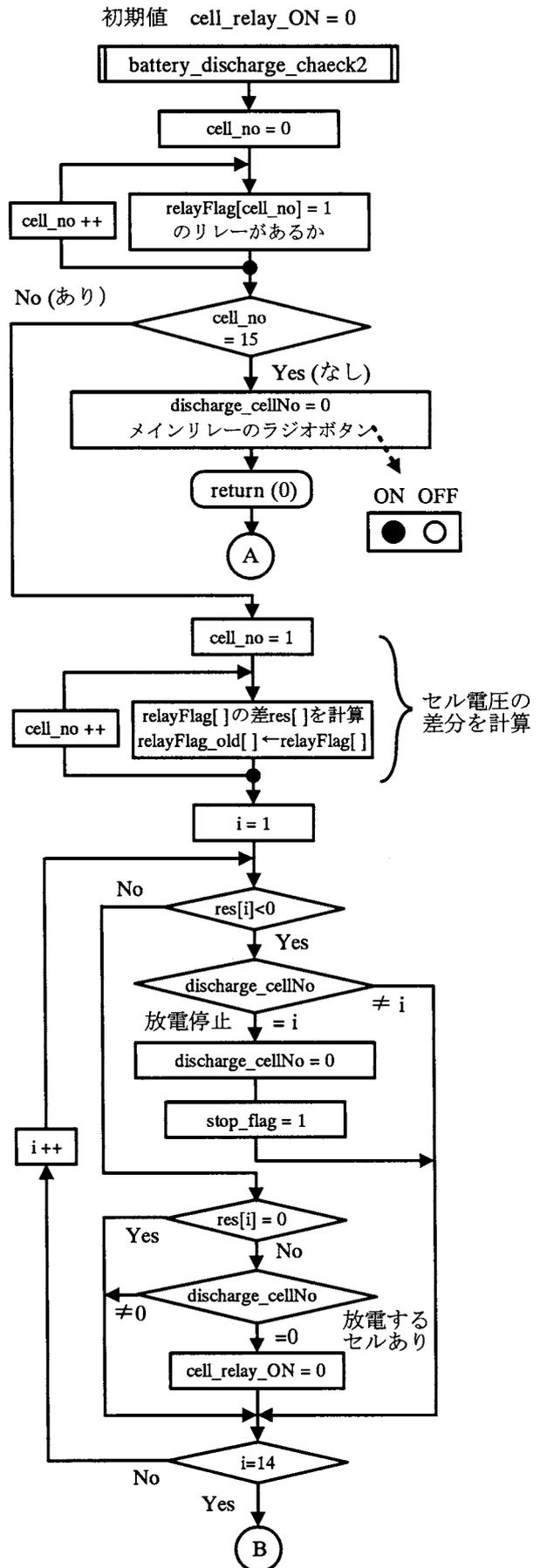


図5.2 リレーの制御論理 (その1)

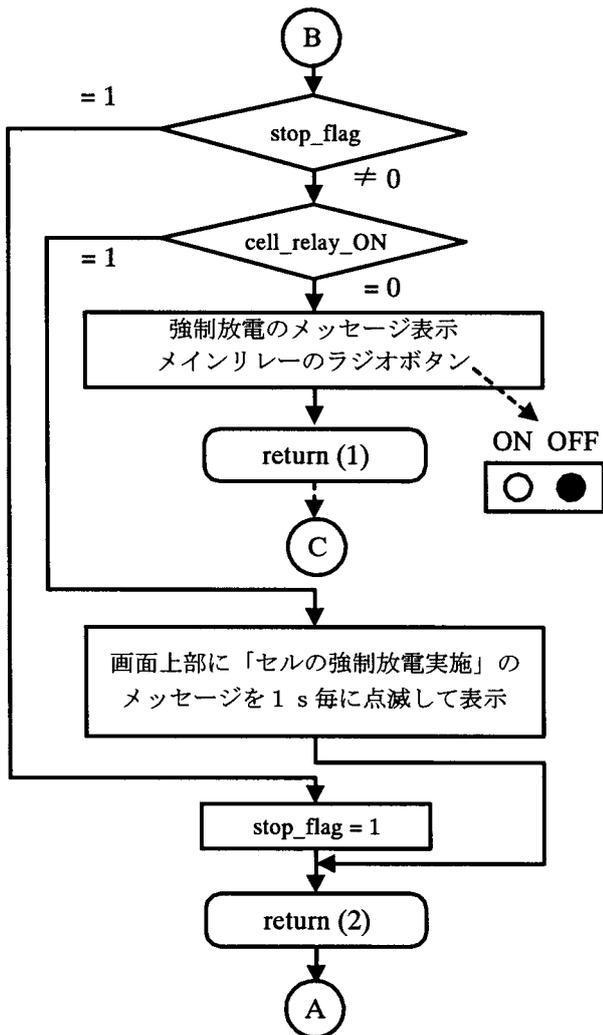


図5.3 リレーの制御論理 (その2)

5.3.3 リレーの制御

次に検出した差分  $res[i]$  に基づき以下の3つに分類する。

- ①  $res[i]=0$ ・・・状況に変化がない
- ②  $res[i]>0$ ・・・電圧が4.1V以上のセルがある。
- ③  $res[i]<0$ ・・・電圧がしきい値未満になったセル*i*がある

なお、ドキュメントクラスの変数  $discharge\_cellNo$  は以下の意味を表している。

- ・  $discharge\_cellNo \neq 0$ ・・・当該番号の唯一つのセルが放電中
- ・  $discharge\_cellNo=0$ ・・・全セルが放電停止中

以上を考慮して以下のようにリレーのON/OFFの制御を行っている。

①の場合 処理を継続する

②の場合

$discharge\_cellNo=0$  → リレーON

$discharge\_cellNo \neq 0$  → すでに放電中のセルがあるので、処理を継続 (後続セルの放電を見合わせる)

③の場合

$discharge\_cellNo=i$  (*i* はセル番号) → リレーOFF

$discharge\_cellNo \neq i$  → 放電中のセルではない、処理継続

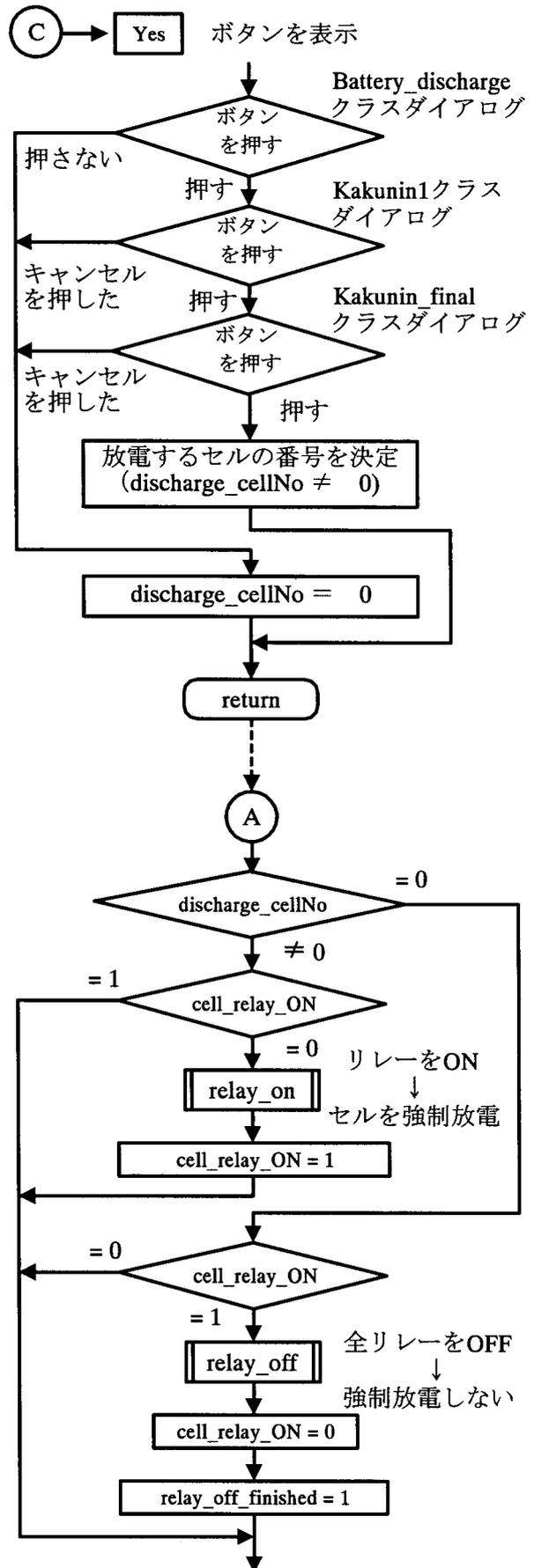


図5.4 リレーの制御論理 (その3)

### 5.4 メッセージの処理

セル電圧の値に応じて画面上に以下を表示する。

- ① 「セル*i*の強制放電を行いますか?」 (*i*はセル番号)
- ② 「セル*i*の強制放電を行っています」
- ③ メインリレーOFF時の時刻
- ④ メインリレーON/OFFを示すラジオボタン

#### (1) res[ ]>0となった場合の処理

フローに従って④を通る。この結果メインリレーのOFFをラジオボタンに表示する。また「セル*i*の放電を行いますか?」のメッセージを表示する。このメッセージには同時に年月日および時刻も表示する。しかしセルの放電を自動的に行う方法ではなく、保守者が判断して行う方法を取っている。このため一般的には放電開始のメッセージが表示された時点で直ぐ放電開始することではなく、メッセージは時間が経過してから見られる可能性が高い。この時にメッセージが発出された時刻が画面を見て分かるように表示を保持するようにした。なお図 7.1 に示すログにおいて main\_relay\_OFF\_time はこの時刻を示す。

メッセージの表示と共に「Yes」のボタンを表示する。このボタンをクリックすると放電すべきセルの番号 *i* をダイアログに表示する。念のため 3 段の保護をかけて放電するセルの番号 discharge\_cellNo を確定する。その結果が BMSSystemView クラスの OnTimer メンバ関数において 1s 毎に実行される図 5.4 の④を通る処理に渡され、この部分において relay\_on メンバ関数が実行されてセルの強制放電が行われることになる。

この過程で変数 cell\_relayON=1 となるので、④を通過して「セル*i*の強制放電実施中」のメッセージを 1s 毎に点滅して表示する。またリレーの ON は最初の 1 回だけに限定される。

#### (2) rse[ ]<0 になった場合の処理

図 5.2 において return(2)を抜ける処理である。当該セルが放電中のセルであるか否かを確認して、放電中のセルである場合にはセルの放電を停止するために discharge\_cellNo=0 とする。この結果図 5.4 において④以降の処理が行われ、全リレーが OFF となり強制放電が終了する。

一方放電中のセルでない場合には、そのまま処理を継続する。

#### (3) リングバッファの適用

メッセージキューを格納するためにバッファ数 15 (セル数+1) のリングバッファを適用した。書き込み制御は%演算子を適用した通常のリングバッファを用いている。しかしキューから抜けるのは単に放電停止によるだけでない。例えばセル電圧が 4.1V 以上となったが放電はしておらず、時間経過後何らかの原因により 4.1V 未満になるセルも想定されるので、この状況を考慮して変則的な制御を行っている。

### 5.5 メインリレーの制御

cell\_status\_check2 メンバ関数の最後の部分において relay\_Flag[ ]の否定を、セル1をビット1に、セル14をビット

14 に組み立てて変数 main\_relay\_on を作成している。この結果全セルが正常 (電圧が 4.1V 未満) の場合には

main\_relay\_on = 0x3FFF

になる。この変数の値を検査しこの値が 0x3FFF になったときにメインリレーを ON にし、双方向 DC/DC コンバータからの充放電を再開する。なおこの条件は各セルリレーを OFF とする条件でもあるが、プログラムにおいて関数を実行する順序は

メインリレーの ON → 各セルリレーの OFF

になっている。この順序ではまだセルの放電実施中にメインリレーを ON することになり不都合である。そのため図 5.4 における relay\_off メンバ関数の直後に変数 relay\_off\_finished=1 を挿入し、メインリレーの ON は relay\_off\_finished=1 を検出してから実行するようにした。これより

各セルリレーの OFF → メインリレーの ON

の順序を保証している。なおこの結果メインリレーの ON は、セルリレーの OFF 後 2 分間遅延してから行われる。

一方、main\_relay\_on≠0x3FFF の場合になるとメインリレーを OFF にセットし、また回転灯用のリレーを ON にして回転灯を点灯させる。

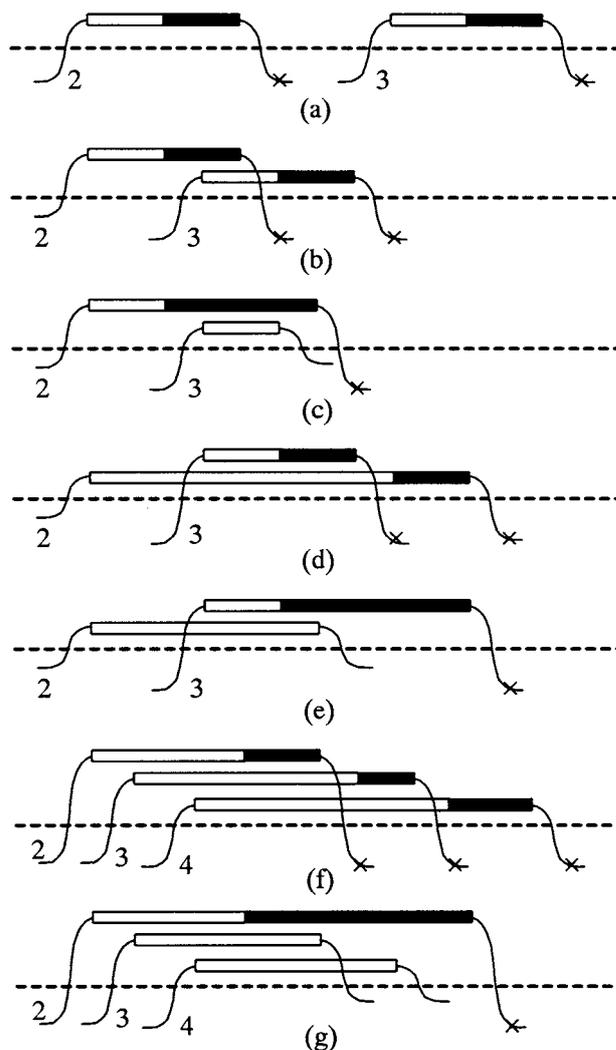


図 5.5 正常動作を確認したセル電圧経時特性のシナリオ

## 5.6 セル電圧の経時特性における想定されるシナリオ

筆者らはリチウムイオンバッテリーの経時特性のデータを現時点で何も取得しておらず、その挙動についての知見がない。そこで種々の状況にプログラムが対応できるか否かをシミュレーションおよび机上システムを用いて検証した。その結果検討した全シナリオにおいてセルリレーの動作、メインリレーの動作およびメッセージの表示が期待通りであることを確認できた。

検討したシナリオを図 5.5 に示す。横軸は時間、縦軸は電圧である。図 5.5 において以下の記号を使用している。

- セル電圧が 4.1V 以上、放電を放置
- 放電中
- × 放電を停止
- 4.1V の電圧を表す

なお数字はセル番号を表す。

図 5.5 において(a)は最も基本的な動作である。(b)および(c)はセル 2 が放電中に、セル 3 が 4.1V を越えた場合である。(d)~(g)は最も可能性の高いと考えられるシナリオである。保守者のいない夜間に複数のセルが 4.1V 以上となり、朝方に保守者がそれを認識したような場合を想定している。実際に放電させるセルは、電圧の高さ、電圧の上昇具合などを尺度として判断することになると考えており、画面に表示されている情報を見てセルの番号を選択できるようにしている。

なお、図 5.5 ではセル電圧が 4.1V 以上になる順番が若番→老番になっているが、プログラムの動作はこの順番に関係なく正しく動作することを確認している。

## 6. 測定データおよびアラームの画面への表示

### (1) 電圧の表示

電圧の表示枠を図 6.1(a)に示す。測定電圧を赤色の実線で、平均電圧を黒色の実線でプロットしている。2 分毎に測定を行っているので時間軸は 720 データ/日 である。したがって 2 分/ピクセルである。一方電圧の表示範囲は 2.5V~4.5V であり、これを 40 ピクセルで表示している。したがって電圧の分解能は 0.5V/ピクセルである。

補助線として 3.7V の横線と、6 時、12 時、18 時の縦線をプロットしている。

### (2) 電流の表示

電流の表示枠を図 6.1(b)に示す。測定電流を黒色の実線でプロットしている。時間軸は電圧と同様に 2 分/ピクセルである。電流の表示範囲は 50A~ -50A である。これを 100 ピクセルで表示しているので電流の分解能は 1A/ピクセルである。

補助線として 6 時、12 時、18 時の縦線をプロットしている。

### (3) 温度の表示

温度の表示枠を図 6.1(c)に示す。測定温度を黒色の実線でプロットしている。時間軸は電圧と同様に 2 分/ピクセルである。温度の表示範囲は 0°C~ 50°C である。これを 50 ピクセルで表

示しているので温度の分解能は 1°C/ピクセルである。

補助線として 6 時、12 時、18 時の縦線をプロットしている。

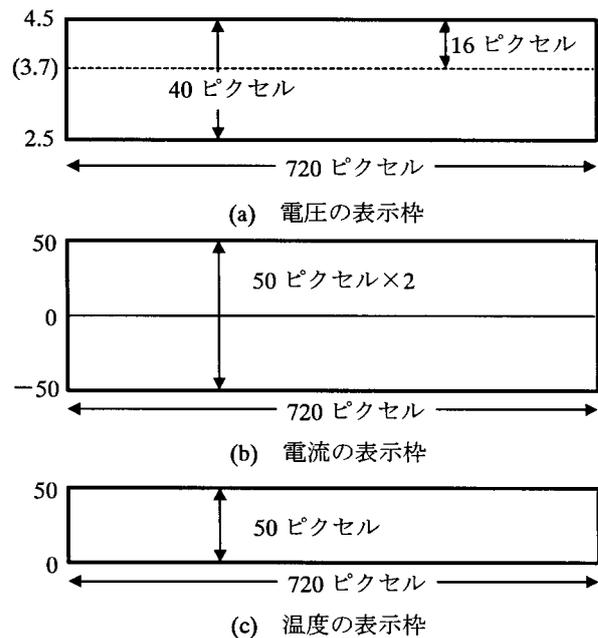


図6.1 電圧、電流および温度の表示枠

### (4) 電圧のエディットボックスへの表示

各セル電圧の値および平均電圧(放電セルのない場合には 14 個の平均値、放電セルのある場合には放電セルを除く 13 個の平均値)を表示している。測定電圧を float 型で処理しており、この値を CString 型に変換するために float\_2\_EditBox メンバ関数 float\_2\_EditBox(float source, CEdit \*m\_ed, CFont \*font)を使用している。このメンバ関数の処理を以下に示す。

#### ① 入力 of float 型変数を実数に変換

```
buf = _fcvt(source, 3, &decimal, &sign)
```

decimal および sign は int 型の変数、buf は char\* 変数である。

#### ② CString 型に組み立て ss2 を得る

```
ss1 = buf;
```

```
ss2 = ss1.Left(decimal)+"."+ss1.Mid(decimal,2);
```

#### ③ sign= -1 のときは負号(マイナス符号)を付ける

```
ss2 = "-" + ss2;
```

#### ④ SetFont(font, TRUE)関数により表示フォントを指定し、SetWindowText(ss2)関数により表示

#### ⑤ フォントを設定する

```
Font.CreatePointFont(120, "MS ゴシック");
```

## 7. ツールバーにおける処理

CVoltageForm クラスのダイアログ上に 3 個のツールバーを設定し、データのファイルへのセーブ、画面の pdf ファイルへの印刷およびヘルプの表示ができるようにしている。

### 7.1 データのファイルへのセーブ

BMSystemView クラスにおいて自動的に2分毎の電圧、電流/温度データをファイルにセーブしている。また CVoltageForm クラスにフロッピーディスクを模したツールバーのアイコンを配置しており、これをダブルクリックするとクリックした任意時刻までのデータをファイルにセーブすることができる。両者の仕様は全く同様である。

例えば2013年3月2日のデータであれば、作成されるファイルのホルダーは以下ようになる。

LOG\2013\_03

またファイル名は以下ようになる。

BMS2013\_03\_02.csv

2分毎に0時からその時刻までのデータが上書きされていき、23時58分に測定したデータが書き込まれると次の日時に移る。

LOGホルダーはあらかじめ実行ファイルの存在するディレクトリに作成しておく必要があるが、配下の年\_月\_毎のホルダーは自動的に作成される。これは

\_mkdir(path);

の命令により行っている。この命令は、既にホルダーが存在する場合にはエラーとなるが、これを無視することで対処している。なお direct.h をインクルードする必要がある。

Cの関数 fopen(filename,"w") の実行によりファイルが自動作成される。Cの関数を使用したのは単にC++の関数をうまく使用できなかったためである。

図7.1にCSVファイルに出力したデータの一例を示す。

### 7.2 画面の pdf ファイルへの印刷

CVoltageForm クラスのダイアログのツールバーアイコンにおいてプリンタのアイコンをダブルクリックすると、現在表示している画面を pdf ファイルにセーブできる。この実装は Win32API を使用した参考書である [4] に記述されているプログラムを使用させて頂いた。手順の概略を以下に示す。

- ① 画面にコンパクトなメモリデバイスコンテキストを作成する。
- ② 表示されている画面を、BitBlt 関数を使用してメモリデバ

イスコンテキストにコピーする。

- ③ CreateDC 関数を用いて、出力先を Acrobat Distiller とするデバイスコンテキストを作成する。  
CreateDC("WINSPOOL","Acrobat Distiller",NULL,NULL);
- ④ GetDIBits 関数を用いてメモリデバイスコンテキストからビットマップ情報を取り出す。
- ⑤ StretchDIBits 関数を用いて画像を拡大してプリンタに送信する。

図7.2は電圧の経時特性を表示した画面を、プリントスクリーン機能を用いてビットマップに変換したものである。丁度セル3が4.1Vを越え、セルの強制放電のメッセージが出ている状況である。pdf ファイルの場合には、ビットマップよりはかなり解像度が低下する。

### 7.3 ヘルプの組み込み

新規作成時にヘルプを組み込むためには、状況依存のヘルプにチェックを入れておけば良い。しかし今回使用したサンプルプログラムにはヘルプが組み込まれていなかった。そこで以下のようにしてヘルプを組み込んだ。

- ① 参考書 [5] に基づき winhlp32 をプロジェクト名として必要な状況依存のヘルプを作成した。
- ② CVoltageForm クラスにヘルプを示すツールバー (?) を組み込む。
- ③ ツールバーから以下のように ShellExecute 関数を実行して

ShellExecute(NULL,NULL,"WINHLP32.HLP",NULL, "%%EV\_20121128%%BMSystem%hlp",SW\_SHOWNORMAL);

ポイントは、第5引数である。この第5引数によりヘルプの存在するディレクトリをフルパスで設定すると、ファイル選択用のダイアログを表示させることなく動作させることができる。

なお第3引数に単に WINHLP32 と記述すると、ファイル選択用のダイアログが開くので処理が幾分面倒になる。

7	回数	時刻	平均	セル1	セル2	セル3	セル4	セル9	セル10	セル11	セル12	セル13	セル14	電流	main-re	セル番	main_relay	メッセ	cell_relay_ON
1	保存年月日	時刻	2013/01/30	18:32:46															
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
483	475	15:50	3.96	3.96	3.96	3.96	4.02	4.01	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	0.3FFF	0			0	0
484	476	15:52	3.96	3.96	3.95	3.95	4.02	4	3.96	3.96	3.96	3.96	3.95	0.3FFF	0	15.5222	4	0	0
485	477	15:54	3.97	3.96	3.96	3.96	4.02	4.12	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	0.3FFF	0			0	0
486	478	15:56	3.97	3.96	3.96	3.96	4.02	4.12	3.95	3.96	3.96	3.96	3.96	0.3FFF	0			0	0
487	479	15:58	3.97	3.95	3.96	3.96	4.02	4.12	3.95	3.96	3.95	3.95	3.96	0.3EFF	0			0	0
488	480	16:00	3.97	3.95	3.95	3.96	4.02	4.12	3.96	3.96	3.95	3.95	3.95	0.3EFF	0			0	0
489	481	16:02	3.97	3.96	3.95	3.95	4.02	4.12	3.96	3.96	3.96	3.95	3.95	0.3EFF	0			0	0
490	482	16:04	3.97	3.96	3.96	3.96	4.02	4.12	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	0.3EFF	0			0	1
491	483	16:06	3.98	3.96	3.96	3.96	4.12	4.12	3.95	3.96	3.96	3.96	3.96	0.01 3EFF	9			0	1
492	484	16:08	3.98	3.96	3.96	3.96	4.12	4.12	3.95	3.96	3.95	3.96	3.96	0.3EFF	9			0	1
493	485	16:10	3.98	3.96	3.96	3.96	4.12	4.12	3.96	3.96	3.95	3.95	3.96	0.3EF7	9			0	1
494	486	16:12	3.98	3.96	3.96	3.96	4.12	4.12	3.96	3.96	3.96	3.96	3.95	0.3EF7	9			0	1
495	487	16:14	3.89	3.86	3.86	3.86	4.12	4.05	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9			0	1
496	488	16:16	3.89	3.86	3.86	3.86	4.12	4.05	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9			0	1
497	489	16:18	3.89	3.86	3.86	3.86	4.12	4.05	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9			0	1
498	490	16:20	3.89	3.86	3.86	3.86	4.12	4.05	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9			0	1
499	491	16:22	3.89	3.86	3.86	3.86	4.12	4.05	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9			0	1
500	492	16:24	3.88	3.86	3.86	3.86	4.12	3.96	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9			0	1
501	493	16:26	3.88	3.86	3.86	3.86	4.12	3.96	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9			0	1
502	494	16:28	3.88	3.86	3.86	3.86	4.12	3.96	3.86	3.86	3.86	3.86	3.86	0.3EF7	9	16.2826	9	9	1

図7.1 データのCSVファイルへの出力例

8. むすび

リチウムイオンバッテリーの電圧および温度の経時特性を連続的に測定し、表示し、またデータを保存するための制御プログラムを開発した。机上のプロトタイプシステムを用いてデバッグを行い、設計目標をすべて達成することができた。

本プログラムの開発を始めたのは、USB接続に関する予備検討が2012年5月である。またリレーやデータロガーが8月中旬以降に納入されてきたので、9月以降本格的に検討を開始した。

一方測定の対象となる学内の太陽光発電システムは、不幸なことに2度に渡って落雷の被害に遇うという憂き目を見、2月中旬にやっと現状に復したと言う状況にある。

このような事情もあり、十分に時間をかけて入念なデバッグを行うことができた。机上システムを用いてデバッグを始めたのは10月下旬以降からであるが、デバッグを行うたびにバグや、検討不足の点が見つかりその都度修正を加えていくことになった。最終的にバグをフィックスできたのは、2013年1月になってからであり、結果的に設計目標に示した項目を全て達成することができた。

現時点での未検討事項を以下に示す。

- 太陽光発電システムからリチウムイオンバッテリーを充放電するシステムの電圧および温度の経時特性の測定
- ミニリレーのON/OFF時に、あらかじめステータスを検査してから動作させる方法
- アラーム発出時に保守者に対して通報する方法

【謝辞】

総合情報学部人間情報デザイン学科の菅沼義昇教授には、ド

キュメントクラスのポインタをクラスの引数として渡す場合の方法をご教授頂いた。この時期は検討に挫折しかかっていたときでもあり、ご教授を頂いた結果ボトルネックをクリアでき、検討を加速することができた。深く感謝致します。

また電気電子工学科の中田 篤史講師には、データロガーの特性を評価するための標準電圧発生器を借用させて頂いた。記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 恩田 一, “蓄電型太陽光発電システム用リチウムイオン蓄電池の調査”, 静岡理工科大学紀要, Vol.20, pp.37-40, (2012)
- 2) Turtle 社, ”USB インタフェース付き接点出力ユニット取り扱い説明書”, p.12 (2009)
- 3) グラフテック株式会社, “GL220/820 GBD ファイル仕様書”
- 4) 村上恭子, ”お絵描きソフト作りで学ぶグラフィックプログラミング入門“, pp.158~162(2007)
- 5) 山本信雄, ”プログラミング学習シリーズ VisualC++③はじめてのMFCプログラミング”, 8.2章 (2000)
- 6) 林 晴比古, “新 VisualC++プログラミング入門 シニア編”, ソフトバンクパブリッシング (2003)

【付録】最終的なプログラムの所在

本資料は約6ヶ月間にわたり検討を進めてきて、2013.1.26にデバッグを完了したプロジェクト GLSample107 に基づいて作成した。



図 7.2 机上システムにおけるセル電圧の経時特性の測定例

# スマートグリッドに適した絶対時刻同期通信システムの検討

## A Synchronization Network System with Absolute Time for a Smart Grid

郡 武治\*

Takeharu KOHRI

**Abstract :** I propose a synchronization network system with absolute time for a smart grid. Power switching and power monitoring are carried out effectively with the absolute time. By using the proposed synchronization method, it becomes possible to directly control energy. I confirmed the proposed transmission method by computer simulation. I demonstrate a smart grid in Shizuoka Institute of Science and Technology.

In this paper, I introduce a high accuracy synchronization method. The construction of synchronization network system are explained.

### 1. まえがき

エネルギーの発生、蓄積、消費を最適に監視制御するスマートグリッドは現在非常に注目されている<sup>[5]</sup>。

これまでは電力会社が中央集中的に大規模な発電所からの送・配電をコントロールし、全体の電力需要と発電量のバランスをとる方法で制御していた。しかしながら、自然エネルギーを利用した発電量の不安定な発電施設や、需要家自身が設置している発電施設からの余剰電力が電力網に流入することになると、電気の流れが複雑になり、中央集中型の管理だけでは負担が大きくなってしまふ。

これに対し、ローカル的なスマートグリッドでは発電・送電・配電・消費の全ての箇所で情報を双方向に共有し、エネルギーを効率的に利用して省電力化を実現できることから、環境への負担も軽減できる。

これまでは、通信は電力のモニタ、スイッチ制御、情報伝達などに間接的に使われ、電力制御の中核として直接電気エネルギーコントロールに用いられることはなかったと考える。

そこで、電力のモニタと制御を行う各ノードが高精度に同期することが可能となった場合、エネルギーの発生、蓄積、消費における電力制御コントロールをエネルギーが遷移する時間に合わせて複数の場所で同時実行することが可能となる。

筆者は、エネルギーの発生と消費をリアルタイムに監視し、最適制御する方法として、エネルギーの発生、蓄積、消費を行うノード全てに絶対時刻を保持するための時計を設け、絶対時間による

制御を実現することを考えた。

通信形態としては、無線又は有線によりマルチ接続されたノード間を飛び交う不定期なパケット信号に、常に絶対時刻によるタイムスタンプを入れることにより、すなわち、通常の情報伝送以外に時刻に関する情報交換をすることにより、絶対時間による同期を行うことを考えた。

提案方法では、常に絶対時間による同期を行なっておくことにより、次の利点が生まれる。

- あらかじめ、制御の予定を設定しておくことにより他のノードの切り替えを確認することなく独立に制御を実行できる。
- 自然災害や回線の障害等によって地域が孤立したとしても、独立してエネルギー制御を行える。
- 時刻情報の交換であり、通信メディアの種別を問わない。すなわち特別な通信回線を使う必要はなく、複数の通信回線を繋いでも実現することが可能である。

本研究では、絶対時刻を用いたスマートグリッドの構成を明らかにし、さらにネットワークを構成するノード全体の絶対時刻同期方法を確立する。

本文では、最初に高精度同期方法を紹介する。次に提案する絶対時刻の同期方法の原理とシステム構成を述べる。同期方法の実現性をシミュレーションにより確かめる。最後に実証システムを試作し、評価を行う。

## 2. スマートグリッドにおける高精度時刻の必要性

これまで、電力制御は周波数調整と電圧制御により行われてきた<sup>[1]</sup>。基本は、発電機と動力機器の制御であり、周波数調整等を行うことにより、エネルギーの流れが自動的にコントロールされたと考える。(付録1)

しかしながら、インバータの普及、多様な自然エネルギーを利用した発電量の不安定な発電施設などにより、従来の方法ではコントロールすることが難しくなりつつある。

過渡応答を含め、全体でコントロールするためには、ノード間の同期が必須になる。

### 2.1 必要なタイミング精度

電力関連の文献によると、電流や電圧の振幅と位相を数μ秒の高い精度で同期制御を行うことが必要とされている<sup>[3]</sup>。

また、新幹線では2つの交流を0.3秒±0.05秒で切り替えている。(切り替え無電圧時間)

### 2.2 必要なネットワーク

これまでの電力及び通信のインフラを考慮すると、電力網、通信網は、それぞれ独立な網になることが、現実的であると考えられる。

通信網では、次に示す多種の通信が単独又は連携して使われると予測される。

- ・ 無線 LAN (802.11)
- ・ ZigBee
- ・ PLC
- ・ 3G
- ・ WiMAX

## 3. 時刻同期

各ノードの時刻を合わせる方法として、これまで次の方法が考えられている<sup>[3][4]</sup>。

- ・ GPS、標準電波(電波時計)など同報的に通知される時報を用いて、全ノードの時計を調整する。

- ・ NTP (Network Time Protocol)

ネットに接続されたPCは、タイムサーバーに定期的に接続し、狂った時計を同期させる。

- ・ PTP (Precision Time Protocol)

IEEE1588で規定された方式で、イーサネット上でマスタ・スレーブ方式により時刻同期を行う方式では、

- ・ RBS (Reference Broadcast Synchronization),
- TPSN (Timing-sync Protocol for Sensor Networks)

- ・ FTSP (Flooding Time Synchronization Protocol)

各方法を比較すると次のようになる。

表1 時刻同期方法の比較

名称	伝送	同期精度	条件
電波時計	同報	10msec程度	屋外、窓近く
GPS	同報	数μsec	屋外
NTP	マルチ接続	数msec	屋外、室内
PTP	マルチ接続	数μsec	屋外、室内
RBS, TPSN	マルチ接続	数10μsec	屋外、室内
FTSP	マルチ接続	数μsec	屋外、室内

## 4. 提案する同期方法

### 4.1 絶対時間同期ネットワークの構成

絶対時間同期ネットワークによるスマートグリッドの構成を図1に示す。

### 4.2 絶対時間の調整

ネットワークを用いた時刻調整は通常のネットワーク信号に時計A, Bの時刻情報を入れ次に行われる。

- ① 伝送パケット信号に各ノードの絶対時刻を入れ信号伝送する。

- ② 周波数合わせ (図2(b))

時計Aのノードと時計Bのノードの時計周波数を合わせる必要がある。両ノード間の伝送路が同じであるとすると遅延時間も等しくなる。このため式(1)が成り立つように時計Bを調整すれば、時計A, Bの周波数は等しくなる。

$$T_{12}-T_{11}=T_{22}-T_{21} \quad (1)$$

- ③ 絶対時刻合わせ (図2(c))

時計Aと時計Bの周波数が合った後、式(2)のように時計Bを合わせることで、絶対時刻を合わせることが可能になる。

$$T_x=(T_{12}-T_{11})+T_{21} \quad (2)$$

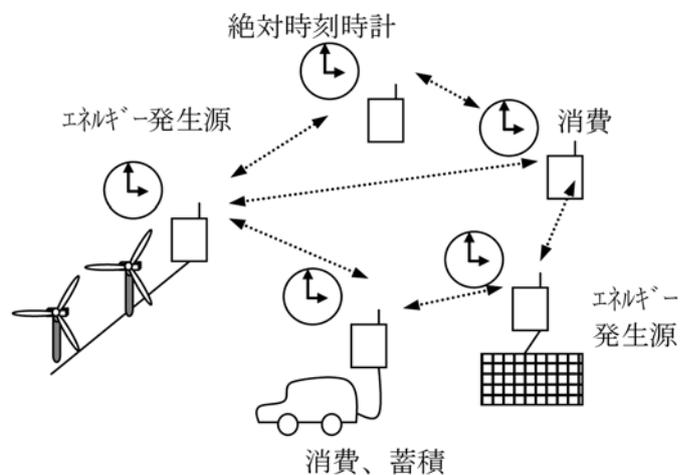


図1 絶対時間同期ネットワークによるスマートグリッド

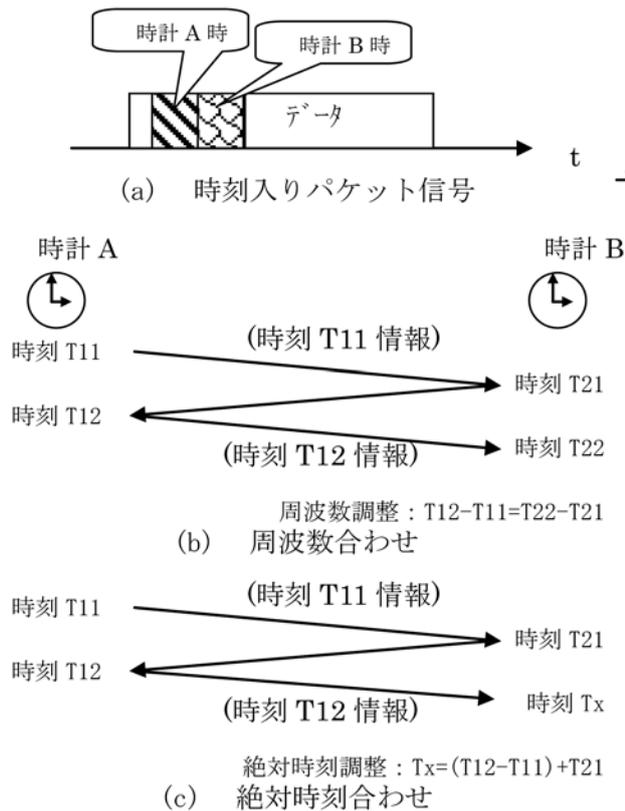


図2 時刻入りパケット信号と時刻合わせ

4.3 誤差要因

提案する絶対時間同期システムにおいて、絶対時間時計は主に次の2つの不確実性を持つ。2つの不確実性は発生原因が異なるばかりでなく、その安定度も全く異なる。

図3に2つの不確実性についてイメージで示す。

(a) ローカル発振回路（水晶振動子）の変動

要因である各ノードに用いられる水晶振動子は結晶格子の固有振動に基づくことから、常温で $10^{-6}$ 程度、恒温層に入れれば $10^{-8}\sim 10^{-10}$ まで、高安定に保つことができる。

(b) 伝送信号から得る検出タイミング（パケットのシンボル位相検出）の変動

伝送信号であるパケット信号からタイミングを検出する場合、シンボル速度が非常に遅く、一回の検出では大きな誤差を伴う。例えば、9.6kbpsの伝送速度の場合、1ビットの誤差があった場合約 $100\mu\text{sec}$ 、10度程度のタイミング検出誤差であっても、 $2.7\mu\text{sec}$ 程度の誤差になる。

全体時刻情報を送り、各ノードにおいて、絶対時刻時計の安定を保持するためには、上記の2つの変動要因を考慮して、時刻情報伝送と時計の周波数安定の両方を同時に行う必要がある。

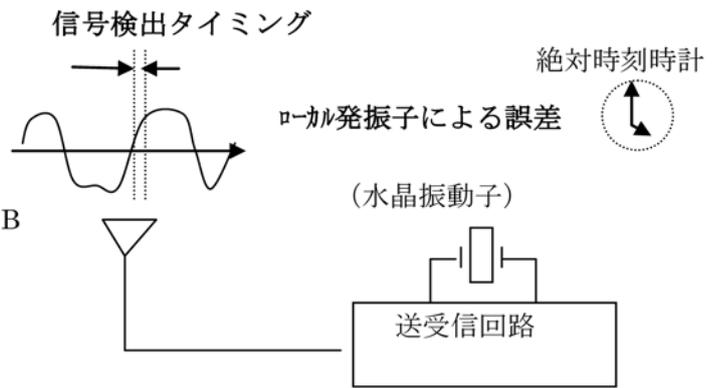


図3 2つの誤差要因が重なった絶対時間同期のイメージ

4.4 同期の安定化

提案する時刻情報伝送を用いた同期は、次の特徴を持つ。

- 安定性の全く異なる2つの変動要因を同時に安定化する必要がある。
- 定期的に行う時刻情報伝送ではない。(他の通信時において、ついでに伝送が行われる。さらに、伝送信号喪失等により、定期伝送はできない)

このような条件において、各ノードの絶対時間時計を同期させる必要がある。

(1) 安定化方法

exponential smoothing の考え方をを用いた<sup>[6]</sup>。

過去の情報と最近の情報を同じにあつかうのではなく、weighting factor をかけ、過去の情報の重みを小さく取る。

また、パケット信号が不定期であるので、一次近似式の係数を推定する方法を用いた。

時計は式(3)に示す一次式で表すことができる。

$$x = a_1 + a_2 t \tag{3}$$

- x : 絶対時刻
- a<sub>1</sub> : 初期時刻
- a<sub>2</sub> : 周波数
- t : 時間

ここで、2つの係数 a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> を推定できれば、各ノードにおいて、絶対時刻を算出することができる<sup>(1)</sup>。

exponential smoothing を行うためには重みづけβを付け以下のように定義する。

T-1 における係数をすでに定義していて、次のタイミングである T における係数を推定すると次のようになる。

初期時刻  $a_1$  の推定

$$a_{1T} = (a_{1T-1} + a_{2T-1}t) + (1 - \beta^2)(x_T - (a_{1T-1} + a_{2T-1}t))$$

周波数  $a_2$  推定

$$a_{2T} = a_{2T-1} + (1 - \beta)^2(x_T - (a_{1T-1} + a_{2T-1}t))$$

(2) シミュレーションによる評価

図 4、図 5 はシミュレーションによる評価を示したものである。

各ノードの絶対時間時計は発射するパケット信号にその時の時刻を入れる。

受信したノードでは、その時間を抽出し、exponential smoothing を用いて、重みづけ平均化と同時に自ノードの絶対時間時計を調整する、パケットの発射時刻は 1 秒間隔とする。

図は重みづけ  $\beta$  を 0.9, 0.5, 0.1 にした場合を示したものである。

シミュレーションにおいて以下のように設定し、測定を開始した。時間の経過と共にノードの時計と標準の時計の誤差が少なくなることが分かる。

- ・スタートにおいて、ノードの絶対時刻を一致させる。
- ・ノードの時計の周波数を 10% ずらし、その後の exponential smoothing により、時計のずれを保障する。

次のことが分かった。

- ・過去の重みづけを大きくすると、時計の誤差は少なくなる。
- ・過去の重みづけを小さくすると、早く時計を合わせることができるが、時計の安定度は低くなる。

$\beta$  が 0.9 の場合、パケットの受信数 100 程度でノードの時計の誤差が  $10^{-3}$  程度に改善されていることが分かる。

ただし、100 秒以内は大きく時計がずれることになる。

$\beta$  が 0.1 の場合、パケットの受信数 5 程度で、早く時計を合わせることができるが、ノードの時計の平均誤差が  $10^{-2}$  程度にしか改善されないことが分かる。

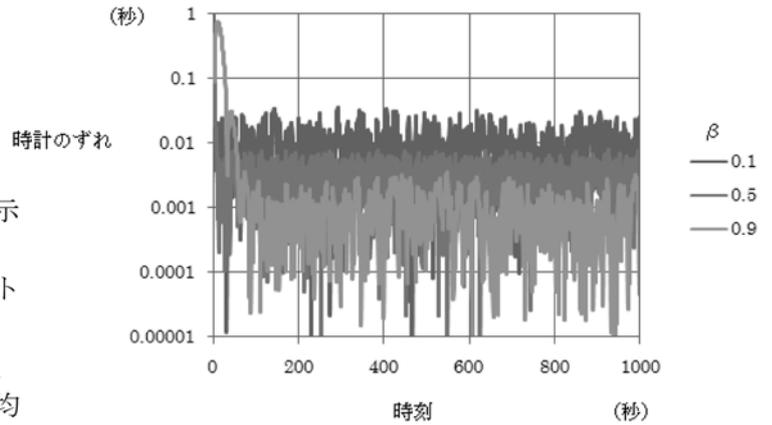


図 4 時計のずれ(1-1000 秒)

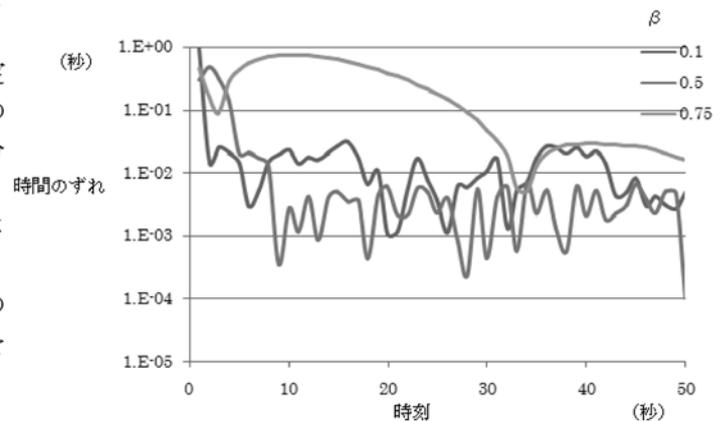


図 5 時計のずれ(1-50 秒)

5. 実証実験

スマートグリッド評価システムの構成を図 6 に示す。表 2 にシステム諸元を示す。本システムはリレー中継接続モデルとマルチ接続モデルのどちらの構成もとることが可能である。(図 7)

本システムにおいて、監視ノード、中継ノード、集計ノードは全て、絶対時刻を刻む時計を持っており、全てマルチ接続が可能になっている。また、送受信するパケット信号を図 8 に示す。

図 8 は監視ノードから発せられるパケット信号と中継ノードから発せられるパケット信号を示したものである。監視ノードから送信時刻情報の入ったパケット信号が発せられ、中継ノードでは、中継ノードの送信時刻情報と監視ノードから送信時刻情報の入ったパケット信号がすぐに折り返し送信されていることが分かる。

### 5.1 製作した無線通信ノード

ネットワークを構成するノードは制御・通信・付加機能の3つの機能を搭載した端末になっている。制御部分と通信部分は全て共通のものを使い、ノードごとに必要な付加機能部分を追加している。

図9に各ノードの外観を示す。

### 5.2 実験フィールド

図10は実験設備の位置を示す。管理棟内に集計ノード、32m坂道を下った所に中継ノード、さらに16m下った所に風車と太陽電池の発電設備のある監視ノードから構成されている。距離が異なるのは現場が坂になっており、設置しやすい所に設置した結果である。

図11は発電設備で風車と太陽電池のハイブリッドになっている。

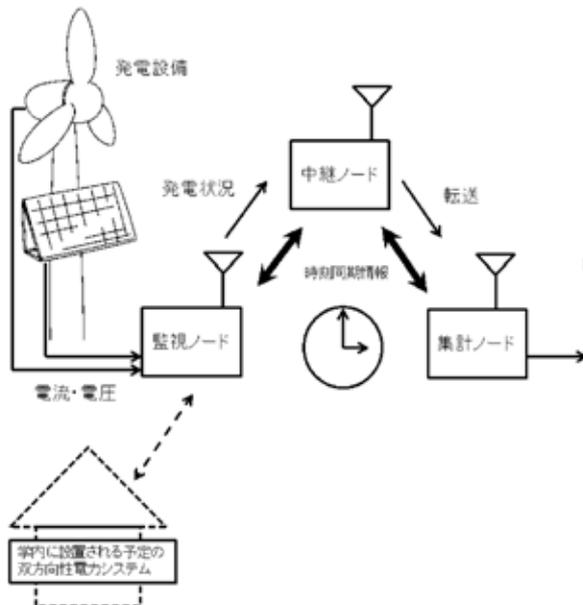


図6 スマートグリッド評価システムの構成

表2 スマートグリッド評価システムの諸元

周波数	315MHz
通信速度	9.6kbps
変調方式	FSK
通信方式	パケット通信
CRC	16bit

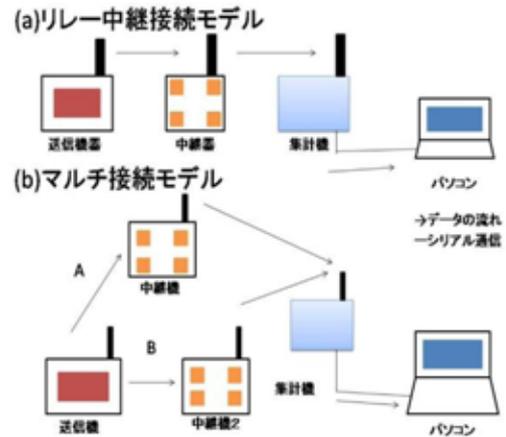
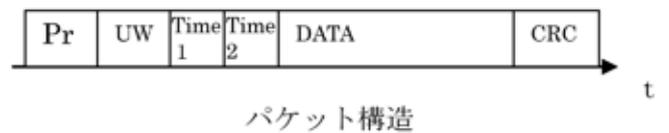


図7 接続モデル



パケット構造

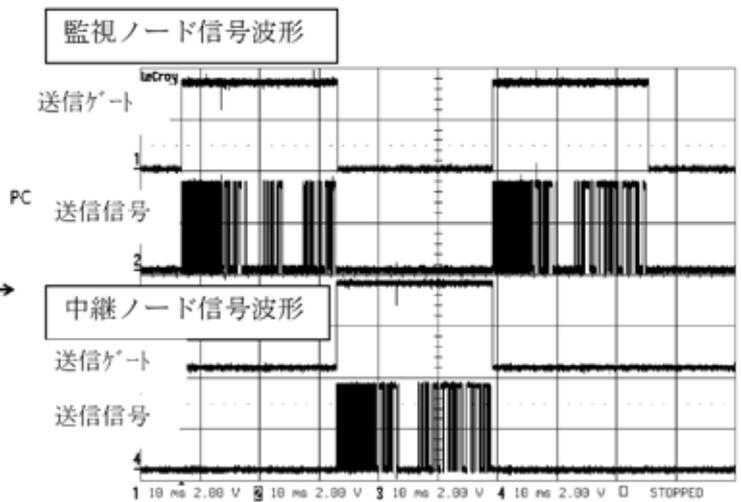


図8 パケット信号波形



(a) 監視ノード



(b) 中継ノード



(c) 集計ノード

図9 各ノードの外観

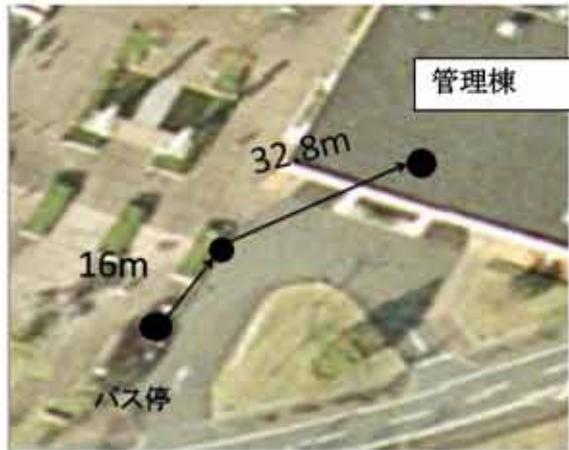


図10 実証した測定場所



図11 発電設備

## 6. あとがき

スマートグリッドに適した絶対時刻同期通信システムを提案した。提案した方法はエネルギーの発生、蓄積、消費における電力制御コントロールを行うもので、エネルギーが遷移する時間に合わせて複数の場所で同時実行することが可能となる。

今後、実用化に向けて実証実験をさらに推進する予定である。

謝辞： 本研究において、本学大学院生曾我（平成24年3月卒業）、4年生澤田（平成24年3月卒業）の協力があつた。

## 文 献

- [1] 柳父、加藤、“電力系統工学”、東京電機大学出版局、2006
- [2] 林、“スマートグリッド学 戦略・技術・方法論”、日本電気協会新聞部、2010
- [3] 藤川 冬樹、杉浦 秀昌、“電力用通信網における高精度時刻同期方式の技術動向と適用検討—IEEE1588を用いた電力用時刻同期網の基礎—”電力中央研究所報告、研究報告(通号09012) 2010.5
- [4] 鈴木 誠、“3章 センサネットワーク 3-2-3 時刻同期”、4群-5編-3章 (ver. 1/2010.6.10) 電子情報通信学会「知識ベース」
- [5] “スマートグリッド解体新書”、日刊工業新聞社、2010
- [6] 森田、“情報と予測”、共立出版、1971

### <付録1>

—電力系統における有効電力と周波数の関係—

発電機の機械入力と電気的出力はバランスしなければならない。発電機の運動方程式から、機械入力が電気出力を上回っている場合、発電機の回転数は上昇、すなわち周波数が上がり、逆の場合、周波数が下がることになる。実際には発電ユニットではガバナ制御（調速制御）が働き、負荷にも自己制御があるため、必ず安定な周波数で運転されることになる。

—連系系統における周波数—潮流特性—

周波数変化と連系線電力変化を常に検出し、各系統が自分の系統内で発生した需給アンバランス分のみを調整しようとするものである（TBC(Tie Line Power Frequency Bias Control)）。

# 蓄電型 PV/EV 充電システム用バッテリーマネジメントシステムの開発

Development of a battery managing unit for a photo-voltaic electric power generation system

恩田 一\*      袴田吉朗\*      中田篤史\*  
**Hajime ONDA, Yoshiro HAKAMATA, Atsushi NAKATA**

**Abstract:** A battery managing unit for a photo-voltaic electric power generation system is developed. As a lithium ion battery is very sensitive to the way of usage, a battery managing unit must be equipped for the safe operation. The unit has two functions; one is monitoring the voltage of all cells and cut off the charging or discharging circuit in an emergency, the other is balancing the cell voltage by discharging the over voltage cell. This paper describes the hardware construction of the developed system.

**Key word;** Lithium ion battery, battery management, cell balance,

## 1. はじめに

静岡理科大学では開学 20 周年記念事業の一環として図 1 に示す蓄電型太陽光発電式電気自動車 (PV/EV) 充電システムを構築した。その機能は太陽光発電したクリーンな電気エネルギーで電気自動車 (EV) や充電式ハイブリッド自動車 (PEV) を充電しようとするものである。自然エネルギーについて回る不安定さ (大幅な変動) を吸収するために蓄電機能を有しているのが特徴である。エネルギー収支のバランスのために商用電力と系統連系もしている。本システムの詳細構成や稼働状況等については別途報告予定である。

本システムはクリーンエネルギー応用の実証実験システムで、蓄電機能を有している点特徴的であるが、蓄電池のうち、リチウムイオン蓄電池は取り扱いが難しく航空機でのトラブル等もあって厳格な使用管理が要求されている<sup>1)</sup>。本報告はリチウムイオン蓄電池の管理システムであるバッテリーマネジメントシステムに関するものである。システム構成上独自のものを開発する必要があったことと研究的な要素もあったため、電気電子工学科内の研究プロジェクトとして申請し、開発した。本報告では基本構成とハードウェアについて報告し、計測・制御ソフトについては別途報告する<sup>2)</sup>。

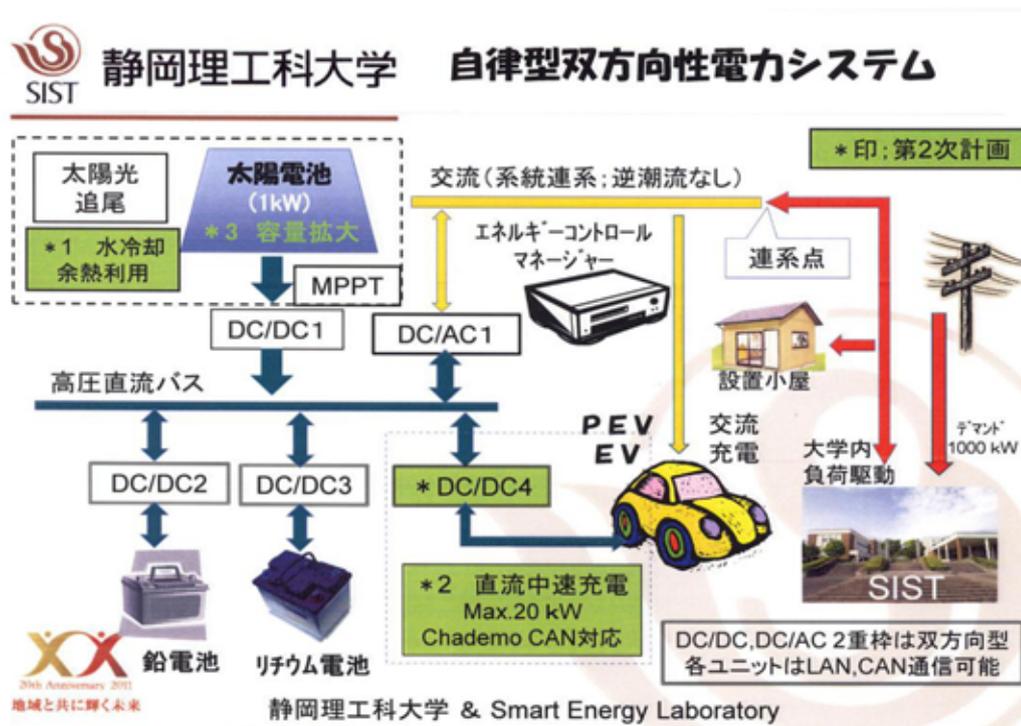


図 1 SIST 蓄電型 PV/EV 充電システム

2013 年 2 月 22 日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

2. バッテリーマネジメントシステム (BMS) とは

一般に電池やコンデンサなど可変電圧を端子間に有する電圧源を直列に接続して使用する際に、特にこのシステムに外部から充電や放電をさせるような用途では、素子に掛かる電圧が均一でなくばらつくことがある。このばらつき (アンバランス) が大きくなると特定の素子 (通常は電圧の高い素子) の負担が大きくなり、ついには破壊に至る恐れがある。リチウムイオン電池では内部の電解液が有機液体のため、素子の破壊は火災や爆発を誘起したり、人体に有害なガスの発生を伴う恐れがある。そのため、素子 (セル) 電圧を厳密に管理することが必要となる。

バッテリーマネジメントシステム (以下 BMS と略記) は各セルの電圧を検出し、それぞれの電圧が等しくなるようにバランスさせるシステムである。その基本構成を図2に示す。各素子 (セル) の電圧を検出する機能とセルを放電させてバランスさせるセルバランス回路より構成される。

セルバランスは放電用トランジスタ TrX と放電抵抗よ

り成り、放電抵抗の値によって放電電流を制御する。これらの各回路ユニットは互いに絶縁されている必要がある。

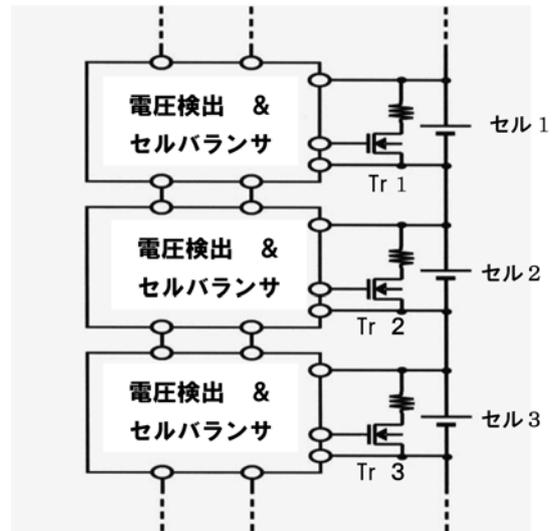


図2 バッテリーマネジメントシステムの基本構成

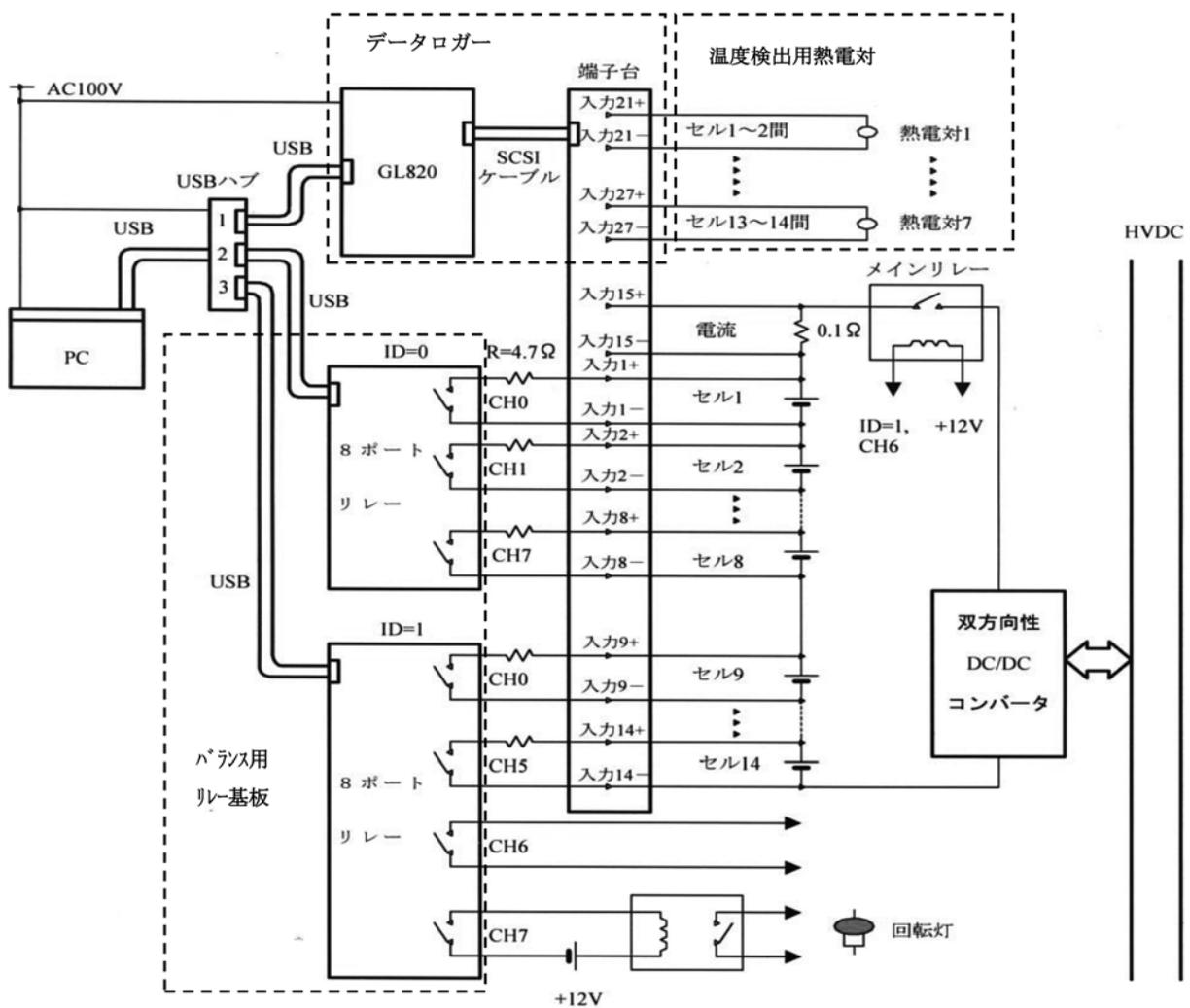


図3 バッテリーマネジメントシステムのハードウェア構成

### 3. 本システムの構成

BMSのハードウェア構成を図3に示す。絶縁型電圧検出は信頼性の観点から自作は止めて市販品のデータロガーGL820（メーカー；グラフテック）を使用した。データロガー自体はデータの蓄積と簡単な制御機能も有しているが、ここでは単に絶縁型のアナログ電圧検出とA/D変換器としてのみ使用している。

ここで使用するリチウムイオン蓄電池はトータル電圧上限値が60(V)以下という制限から14セル(Max. 57.1V)構成であり、其々の電圧(±)をデータロガーの入力端子台(CH0~CH13)に接続する。データロガーで取得された電圧データはUSBインタフェースにより制御用パソコンに取り込まれる。各セル電圧の入力端子は放電抵抗を介してバランス用リレー基板にも接続される。有接点のリレーを使用するのは絶縁型にするためである。

リレー基板はUSBインタフェース型で、ミニチュアリレー8個からなる基板2組で構成されており、それぞれID番号でID0、ID1と指定される。ミニチュアリレーの接点容量は最大1(A)で、それ程大きくは無い。バランス動作はセルを抵抗を介して短絡するために慎重に行う必要がある、その電流もあまり大きくしない方が安全である。ここでは、昼間の充電に対して、夜間中にゆっくりバランス動作させること(以下バランス放電と記す)を想定して最大0.8(A)程度としている。

データロガーでは、さらに各セルの温度も測定するようになっている。セルに異常があった場合には発熱の可能性があり、これを検出するために、背中合わせにしたセル間に熱電対を挟みこんで2セル分の温度を測定している。2セル分を同時に測定するのはデータロガーのチャンネル数を節約するためである。測定用熱電対は測定範囲と精度からK型を利用している。

充放電電流の大きさも重要なファクタであるので、検出用抵抗(0.1Ω)により電圧変換してデータロガーに取り込んでいる。

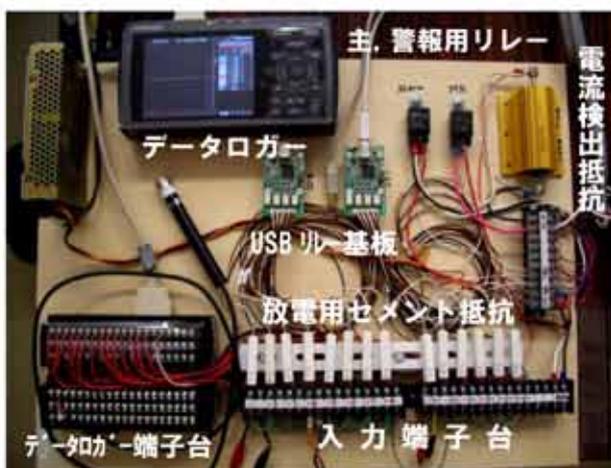


図4 BMSシステム外観写真

異常時には充放電用の双方向性DC/DCコンバータから切り離されるように、セル列に直列接続されたメインリレーを設けている。また、外部に警報も出せるように警報接点も用意されている。

図4に本システムの外観写真を示す。装置全体はメンテナンスしやすいように平板木製ベースの上に取付られている。充放電抵抗は発熱を考慮して10(W)のセメント抵抗を利用している。

対象となるリチウムイオン蓄電池は発火や有害ガス除去等の対策の観点から、図5下部に示す金属製収納容器に納められている。この容器は制御システムが設置されているミニハウスの外に強制排気されるようになっている。



図5 蓄電池収納容器

### 4. 本システムにおける異常検出・制御動作

本システムの基本的動作を説明する。

#### 4.1 セル電圧異常の場合

データロガーGL820を介して各セルの電圧を取り込む。データロガーは1秒毎にデータが更新されるが、蓄電池の充放電動作時の端子間電圧変動はそれ程速くないので、パソコン側では測定・動作のサンプリング時間は2分としている。

いずれかのセル(No. XX)電圧が4.1(V)以上の過電圧になるとメインリレーがオフされて充電又は放電を停止する。過電圧検出はノイズや誤動作除去のため3サンプリング(6分間)のデータが連続して4.1(V)を超えたとき過電圧と判定する。

この状態でパソコンはダイアログメッセージで「セルXXを放電しますか?」と問い合わせる。オペレータがOKをクリックすると再度「セルXXを放電しますか?」と問い合わせる。これをもう一回繰り返すとセルXXを放電用リレーにより放電する。

放電に際してはオペレータが介在し、操作も繰り返し問い合わせるのは、セルの放電には十分注意が必要なためで

ある。放電させる時はパソコン上で他のセルの電圧等の状態をよく確認した上で行うべきで、例えば他のセルも全て上限電圧付近になっていた場合は別途処置が必要となる。

放電している間に対象セル電圧が低下して、他のセル電圧の平均値以下になると放電を停止する。さらに次のサンプリング周期(2分後)でメインリレーをオンして通常の充放電動作にもどる。

複数個のセルが同一サンプリング周期内で 4.1 (V) 以上になった場合は、セル番号の若い方から対応するようにしてあるが、パソコン上のダイアログボックス内で、他のセルに変更できるので、動作状況をパソコン画面上で確認して、最も必要な(セル電圧の高い)セルを選んでバランス放電できるようになっている。

#### 4.2 温度異常の場合

熱電対により測定した温度が規定値以上になった場合、メインリレーをオフし、充放電動作を停止する予定である。

#### 4.3 過電流の場合

電流検出は 0.1 (Ω) の抵抗により電流/電圧変換した電圧をデータロガーに取り込み、この値を 10 倍して電流値とする。この値が規定値以上になった場合、メインリレーをオフし、充放電動作を停止する予定である。ただし、充放電電流は蓄電池を充放電する上位の双方向性 DC/DC コンバータで設定できるようになっているので、まずはそちらで最適値に設定しておくべきで、本システムでの保護動作は最終的な危険回避動作である。

### 5. 動作結果の概要

机上で本システムの模擬動作を行った結果の概要を説明する。図 6 は午前 9 時頃から夕方 6 時過ぎまでの稼働状態を表示したパソコン上の表示画面である。

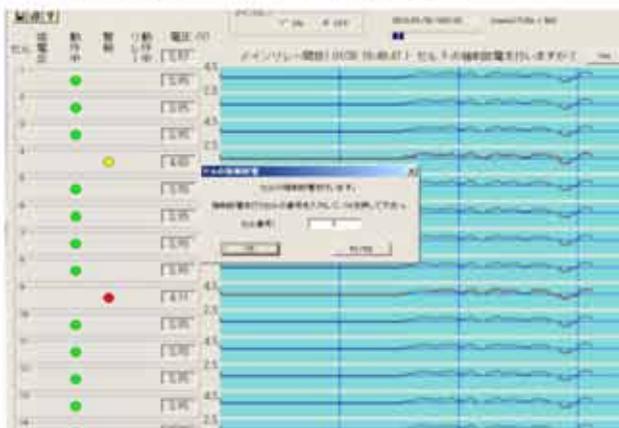


図 6 動作結果のパソコン画面表示

縦方向にセル番号 1 から 14 までを示し、横方向にそのセルの状態(低電圧、動作中、警報、バランスリレー動作)の状態表示とその時点での電圧値を示し、その右に

該当日の 0 時から 24 時までの電圧をグラフ表示している。グラフ上の縦線は 6 時、12 時、18 時を示し、各セルの横の直線は基準となる 3.70 (V) を示している。

図 6 の状態はセル 9 が 4.1 (V) 以上、メインリレーが OFF され、セル 9 をバランス放電させるかどうかを問い合わせた際に「YES」を回答して確認のダイアログボックスが表示されている状態である。動作状態表示では、セル 9 は「警報」状態で「赤色の点滅状態」である。この時セル 4 は 4.0 (V) 以上、4.1 (V) 未満であるため、黄色の「警報」状態である。他のセルは正常な 4.0 (V) 未満の「動作中」表示である。

セル電圧が 4.1 (V) 以上、メインリレーを OFF し、バランス放電を問い合わせる際には、その時刻も表示してこの事象の発生時刻を確認できるようになっている。これは、夜間等人がいない状態での対応として事後でも確認できるようにしたものである。なお、温度と電流値に関してはパソコン画面の 2 頁目に同様の表示がされている。

このようにパソコン画面上で現在の動作状態と過去の動作結果が一目瞭然と判るため、管理上の有効手段として利用が可能である。

制御ソフトウェアについては別報で詳しく報告されるが、パソコン上でのシミュレーションと共に本ハードウェアと一体化して長期にわたって詳細にデバッグされ修正された。

### 6. まとめ

本学内に設置された蓄電型 PV/EV 充電システム用リチウムイオン蓄電池のバッテリーマネジメントシステム(BMS)を開発し、詳細なデバッグを終えた。

本システムの主な機能は各セル電圧と温度および充放電電流を検出し、異常の有無を常時監視することと、異常時には充放電を停止し、過電圧のセルは放電させてセル電圧をバランスさせることである。

本論文作成時には大元の蓄電型 PV/EV 充電システムが追加工事のため未完成で実稼働はまだ出来ていないが、完成次第 BMS をつなぎ込んで実稼働させる予定である。

#### 参考文献

- 1) 恩田 一;「蓄電型太陽光発電システム用リチウムイオン電池の調査」,静岡理科大学紀要 Vol.20(2012) PP37-40
- 2) 袴田吉朗, 恩田 一;「リチウムイオンバッテリーの揭示特性測定用プログラムの開発」静岡理科大学紀要, Vol.21(2013),PP
- 3) 「燃えない Li イオン 2 次電池」日経エレクトロニクス社 NE アカデミー講習会テキスト 2011.12.21
- 4) 「蓄電デバイス開発の現状と適用例」電気学会関西支部専門講習会テキスト 2012.2.9

## Organ- and stage-specific expression of the lectin gene in tomato

Yusuke KOUZAI,\* Akihiro SAITO\*\*

### ABSTRACT

To elucidate the physiological roles of lectin in tomato (*Solanum lycopersicum*), the structure and expression of the corresponding lectin gene were investigated in a Japanese large tomato cultivar Momotaro-Yoku. The gene seemed intronless and the deduced amino acid sequence of the encoded protein was identical to that of the reported cherry tomato lectin CTL. The lectin gene was expressed more in the fruits at the mature green/orange stage than in the immature green and red stages. In a model tomato variety Micro-TOM, the tomato lectin mRNA and protein were detected only in fruit but not in leaf, stem, or root. The amount of transcript during ripening was highest at the orange stage in Micro-TOM as well. Ripening-specific gene expression provides some insight into the roles of lectin in tomato.

### INTRODUCTION

Tomato (*Solanum lycopersicum*) lectins are chitin-binding proteins that have been purified from the fruits.<sup>6,11-13,20</sup> They are used as classic tools in the study of basic and applied biology such as analyses of glycosylation of lysosomal membrane glycoproteins in sublines of human colon cancer<sup>22</sup> and the development of drug delivery systems.<sup>1</sup> In spite of their deep contribution to glycobiology, little is known about the physiological roles of lectins in tomato plants, which is cultivated in many parts of the world. In contrast to chitin-binding lectins in other plants, tomato lectin does not seem to be involved in defense against fungi and insects, because they exhibit none of the antifungal and insecticidal activities that are often observed in other chitin-binding lectins in plants.<sup>2,7</sup>

Oguri *et al.*<sup>16</sup> revealed the molecular structure and properties of the tomato lectin by cloning its corresponding cDNA from unripe cherry-tomato fruits. The encoded protein contains four hevein domains whose arrangement is distinctive from that in potato lectin.<sup>25</sup> As the first step for elucidating the biological roles of lectin in tomato, we have, in parallel with their study, investigated the structure of the genomic gene for a tomato lectin in a Japanese large tomato cultivar Momotaro-Yoku. Based on the gene structure, we were able to investigate the expression modes of the gene in Momotaro-Yoku and additionally in a model tomato variety Micro-TOM. The results clearly demon-

strate the organ- and stage-specific expression of the tomato lectin gene.

### MATERIALS AND METHODS

**Plant materials and growth conditions.** Fruits of a tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivar “Momotaro-Yoku”, which were used throughout this study, were kindly provided by Otsuka Chemical Co., Ltd, Tokushima, Japan. Seeds of a model tomato variety “Micro-TOM” were transferred from Dr. Kou Aoki at Kazusa DNA Research Institute, Chiba, Japan. Micro-TOM was cultivated and fruits were harvested as described by Iijima *et al.*<sup>3</sup> Stems, leaves, and roots of plants 40-days after flowering were used, when almost all fruits had entered into the stage of red overripe.<sup>9</sup>

**Purification of tomato lectin.** Tomato fruits (Momotaro-Yoku) were processed in a blender in the presence of phosphate buffered saline (PBS),<sup>23</sup> and centrifuged (8,000 rpm, 25 min, 4°C). Proteins in the supernatant were precipitated in 55% saturated (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, harvested by centrifugation (8,000 rpm, 25 min, 4°C), dissolved in 10 mM phosphate buffer (pH 5.9), and dialyzed against the same buffer. The desalted protein solution was subjected to a column (10 mm x 80 mm) filled with a cation-exchange resin CM-Toyopearl (Tosoh, Tokyo, Japan). Proteins were eluted in a linear NaCl gradient (0-100 mM) and subjected to SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE; see below for details). Fractions containing

Received November 5, 2012

\*Department of Nanobiology, Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

\*\*Department of Materials and Life Science, Faculty of Science and Technology

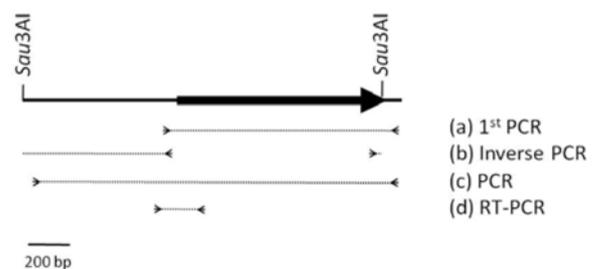
a protein of *ca.* 100 kDa, which corresponded to previously reported tomato lectin,<sup>12,13)</sup> were collected and dialyzed against 10 mM phosphate buffer (pH 5.9), and subjected to a high-resolution cation-exchange column Resource S (GE Healthcare UK Ltd., Buckinghamshire, UK) chromatography. Proteins were eluted in a linear NaCl gradient (0-100 mM). The fractions were subjected to SDS-PAGE to check for protein homogeneity.

**Protein analysis.** Protein concentration was measured by Lowry's method,<sup>10)</sup> using bovine serum albumin (BSA) as a standard protein. Proteins were separated on a 7.5% poly-acrylamide gel containing 0.1% SDS (SDS-PAGE)<sup>8)</sup> and were visualized by staining SDS-PAGEs with Coomassie Brilliant Blue (CBB) R-250. For immuno-blot analysis, tomato organs were processed in a blender in PBS and centrifuged (8,000 rpm, 25 min, 4°C). Proteins included in the supernatants were separated by SDS-PAGE and blotted onto a polyvinylidene difluoride membrane (Immobilon-P; Millipore). Tomato lectin was detected using *anti*-CTL (cherry tomato lectin) antiserum.<sup>13)</sup> To determine the N-terminal amino acid sequence, the purified protein fraction was applied to a protein sequencer PPSQ-10 (Shimadzu, Kyoto, Japan). For deglycosylation, purified tomato lectin was treated with trifluoromethanesulfonic acid (TFMS), by following the described method.<sup>13)</sup> Molecular mass of the intact and deglycosylated tomato lectins were measured using a matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight (MALDI-TOF) mass spectrometer Voyager DE-Pro (Applied Biosystems). Sinapinic acid (3,5-dimethoxy-4-hydroxycinnamic acid) was used as the matrix.

**Hemagglutination assay.** Hemagglutinin activity was assayed as reported previously.<sup>13)</sup> The activity was titrated by serially diluting the sample with PBS and then mixing it with an equal volume of a 2% suspension of rabbit erythrocytes. If necessary, *N,N,N'*-tri-acetylchitotriose, which was purchased from Seikagaku-kogyo (Tokyo, Japan), was used as a competitor.

**Cloning of genomic tomato lectin gene.** A set of oligonucleotide primers (5'-TAAGTGTTTTAT-

GTGTGGTGAC-3', 5'-TCAATCACTTGACGAACAGTCC-3') was designed based on the nucleotide sequence of two EST clones; BP876111 and AJ784504, in order to amplify a part of the tomato lectin gene (Fig. 1) using the genomic DNA of Momotaro-Yoku as the template. The PCR product (*ca.* 1 kb) was integrated into pGEM-T Easy plasmid vector (Promega, Madison, WI) and the nucleotide sequence was determined. The cloned fragment was labeled with digoxigenin and used as the probe for Southern hybridization against restriction fragments of the Momotaro-Yoku genome, by following the manufacturer's instructions (Roche Diagnostics, Basel, Switzerland). The *Sau3AI* fragments containing the *ca.* 1.8 kb hybridized fragment were self-ligated with T4 DNA ligase and applied for inverse PCR as the templates using specific primers (5'-TCTCATCCGTCATGAATCCA-3', 5'-CTATCGGCTGAGCAAGGAA-3') that were designed in this study, based on the nucleotide sequence of the 1<sup>st</sup> PCR product (Fig. 1). The product of the inverse PCR with the expected size was cloned and sequenced. The whole gene and its flanking regions were finally amplified by PCR using a distinctive set of primers (5'-CGAAATTGATTTGGTTGTTA TG-3', 5'-TCAATCACTTGACGAACAGTCC-3') that were specifically designed based on the nucleotide sequence of the product of inverse PCR (Fig. 1). The PCR product with the expected size was cloned into pGEM-T Easy. Sequence data was analyzed using Genetyx ver. 7 (Genetyx, Tokyo, Japan). The determined nucleotide sequence has been deposited in DDBJ with the accession number AB598780.



**Fig. 1. Physical map of the lectin gene and its flanking regions.**

The thick line with arrow head shows the lectin gene. Small arrow heads and dotted lines indicate the primer positions and the target regions for first amplification, respectively (a), inverse PCR (b), amplification of the lectin gene and its flanking regions (c), and RT-PCR (d).

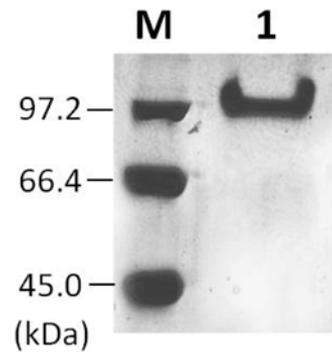
### Transcriptional analysis of tomato lectin gene.

DNA-free total RNAs were prepared from tomato fruits and other organs using an RNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Darmstadt, Germany) and an SV Total RNA Isolation System (Promega, Madison, WI) by following the manufacturers' instructions. A primer set (5'-AATGAAGGAGACCTTAATTA-3', 5'-GC GGAGCACAATAACTTTGT-3') specific for tomato lectin gene was designed to give PCR product of 257 bp (Fig. 1). Reverse transcription-PCR (RT-PCR) was done using an AccuPower RT/PCR Premix (Bioneer, Daejeon, Korea) according to the manufacturer's instructions. For PCR, the number of cycles was set to 26, avoiding saturation of PCR product formation. RT-PCR experiments without prior RT were done to ensure that no residual DNA was present in the RNA samples. As controls, transcripts of the *eflα* and *ubi3* genes were detected in Momotaro-Yoku and Micro-TOM, respectively, by following the literatures,<sup>24,26</sup> using the corresponding primer sets (5'-ATGTTGGGTTCAATGTTAAG-3' and 5'-ATC ACACTGACAGTTCAC-3' for *eflα*; 5'-AGAAGA AGACCTACACCAAGCC-3' and 5'-TCCCAAGG GTTGTCACATACATC-3' for *ubi3*).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Purification and characterization of a lectin from Momotaro-Yoku

A protein exhibiting hemagglutinating activity was purified from fruits of a horticultural variety of large tomato, Momotaro-Yoku, by two consecutive cation-exchange column chromatographies, following a reported method<sup>13</sup> with some modifications. One mg of the protein was purified from 1 kg of tomato fruits. The apparent molecular mass of the purified protein was over 97 kDa on an SDS-PAGE (Fig. 2) and the N-terminal amino acid sequence was determined to be MPLSS, which was identical with that of the cherry tomato lectin (CTL).<sup>13</sup> The hemagglutinating activity of the purified protein was inhibited by *N,N,N'*-tri-acetylchitotriose. The molecular masses of the purified protein and its deglycosylation forms were determined to be 63,355 and 32,765 Da, respectively, by MALDI-TOF/MS (data not shown). The obtained values corresponded well with those reported in the CTL.<sup>16</sup> The data also coincided with



**Fig. 2. Analyses of the purified tomato lectin by SDS-PAGE.**

Lane 1, Purified tomato lectin. Molecular size standards are shown in lane M and their molecular masses are indicated. Proteins were stained by CBB-R250.

the fact that lectin from common tomato is composed of equal amounts of protein and carbohydrate.<sup>12</sup> It was thus demonstrated that Momotaro-Yoku produced a lectin whose characteristics were very similar with those of other reported tomato lectins. The lectin was named LTL (large tomato lectin).

### Structure of tomato lectin gene of Momotaro-Yoku

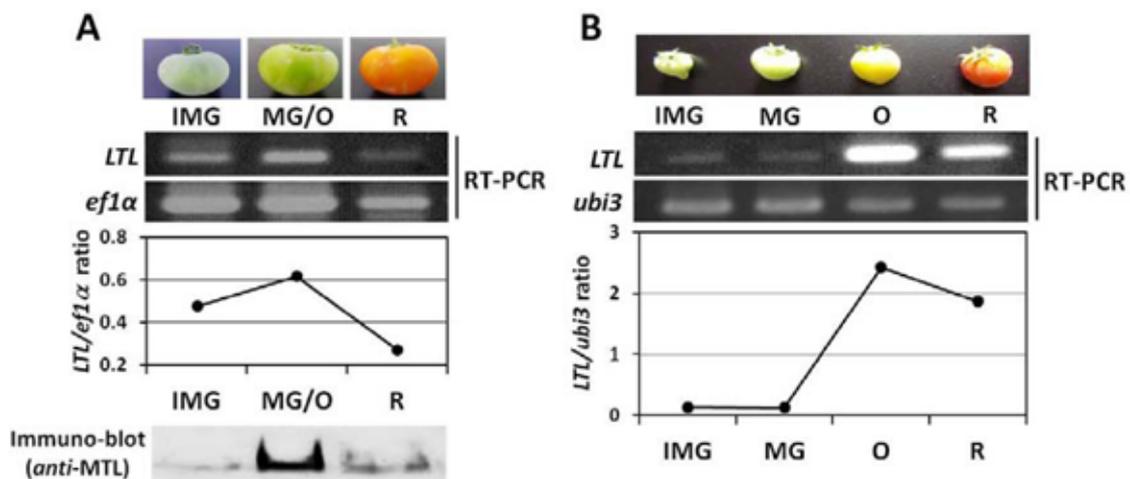
A 1220-bp fragment was successfully amplified from the genomic DNA of Momotaro-Yoku using primers which were designed based on EST clones (see "Materials and methods" for details). The amino acid sequence deduced from the nucleotide sequence was completely identical to that of the corresponding part of CTL.<sup>13</sup> By inverse PCR and normal PCR, the whole part of the *LTL* gene and its flanking regions were obtained (Fig. 1). The DNA fragment obtained (1771 bp) contained a putative gene which encoded a protein composed of 365 amino acids. The nucleotide sequence of the *LTL* gene showed 99.8% (1093/1095 nt) identity to that of the *CTL* cDNA.<sup>16</sup> The length and the deduced amino acid sequence of the encoded protein LTL were identical to those deduced from the CTL cDNA. The nucleotide sequence of the 5'-end and upstream region of *LTL* exhibited striking identity to the contig sequence SISBM\_061361\_01 in the tomato SBM (selected BAC clone mixture) data base (<http://www.kazusa.or.jp/tomato/>) at the Kazusa DNA Research Institute.

### Expression of the lectin gene during tomato fruit ripening

As tomato lectins were mostly purified from fruits,<sup>11-13,20)</sup> we first investigated the expression of the *LTL* gene in fruits of Momotaro-Yoku at distinctive ripening stages (Fig. 3). As controls, transcripts of the *ef1 $\alpha$*  and *ubi3* genes were detected in Momotaro-Yoku and Micro-TOM, respectively, by following the literatures.<sup>24, 26)</sup> Fruits of a model tomato variety Micro-TOM were also subjected to the investigation, to compare the expression pattern between large and mini tomato fruits. In Momotaro-Yoku, *LTL* transcription apparently increased from the immature green stage to the mature green/orange stage, whereas the amount of transcripts seemed decreased in red fruits. The pattern of the *LTL* transcripts amounts was similar to that of the ratio of *LTL/ef1 $\alpha$*  transcripts. In immuno-blot analysis, tomato lectin was detected a little in immature green and matured red fruits, and the amount seemed rather higher in matured red fruits than in immature green ones. Intensive level of lectin was detected in matured green/orange fruits. The data suggest that *LTL* transcription was upregulated and the corresponding protein LTL was accumulated during the initial ripening stage. The accumulated lectin might be degraded in matured fruits. Alternatively, the lectin protein in matured

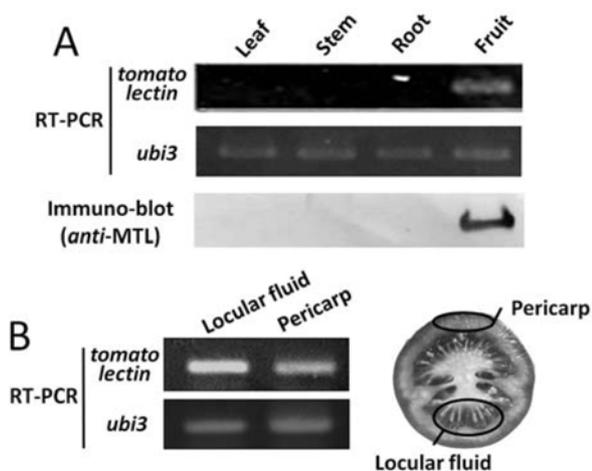
fruits might be almost undetectable by the *anti*-CTL ntiserum, possibly because of a stage-specific modification or processing of LTL. In Micro-TOM, the transcripts were scarcely detected in immature green and mature green fruits, whereas strong transcription was detected in orange fruits while the level decreased in matured red fruits. The transcription pattern of the lectin gene in Micro-TOM, thus, seemed distinctive from that in Momotaro-Yoku, although the amount of transcripts peaked in orange fruits of the both varieties. The mRNA and the product protein of the lectin gene were investigated in the leaf, stem, and root of Micro-TOM to observe the organ specificity of gene expression. The transcripts and protein were detected only in fruits, suggesting that expression was fruit-specific (Fig. 4). The transcription of the lectin gene seemed higher in locular fluid of tomato fruits than in the pericarp of Micro-TOM (Fig. 4).

In this report, we clarified the structure of the lectin gene in the Japanese large tomato cultivar Momotaro-Yoku, so that transcriptional analysis was able to be accomplished. Transcription of the tomato lectin gene was shown to be organ- and stage-specific (Fig. 3 and 4). In spite of the fruit ripening-dependent manner of the transcription, binding sites for the tomato fruit-ripening regulator RIN<sup>4)</sup> were not found upstream of the *LTL* gene.



**Fig. 3.** Expression of the lectin gene in fruits of Momotaro-Yoku (A) and Micro-TOM (B).

Fruits at immature green (IMG), mature green (MG), orange (O) and red (Red) stages, which are shown on top, were taken 40 days after flowering and used for RNA and protein preparation. The expression levels were investigated by reverse transcription (RT)-PCR and immuno-blot analyses. For RT-PCR, 0.25  $\mu$ g total RNA was used. The transcripts of the *ef1 $\alpha$*  and *ubi3* genes are shown as controls in Momotaro-Yoku and Micro-TOM, respectively. For immuno-blot analysis 4  $\mu$ g proteins were electrophoresed and tomato lectin was detected using *anti*-cherry tomato lectin (CTL) antiserum. The ratio between transcript amounts of *LTL* and *ef1 $\alpha$* /*ubi3* are also shown. The experiment was performed twice using two independent sets of tomato fruits composed of different developing stages and the result of one of the experiments is shown here as the representative.



**Fig. 4.** Expression of the lectin gene in leaves, stems, roots and fruits of Micro-TOM.

(A) Leaves, stems, roots, and fruits were sampled 40 days after seeding. 0.25  $\mu\text{g}$  total RNA and 5  $\mu\text{g}$  protein were subjected to RT-PCR and immuno-blot analysis, respectively. The *ubi3* transcripts are shown as the RT-PCR control. Immuno-blot analysis was done using the *anti-cherry tomato lectin* antiserum. (B) Transcripts of the lectin gene in pericarp and locular part of fruits. 0.25  $\mu\text{g}$  RNAs, which were prepared from those parts, were subjected to RT-PCR. Pericarp and locular parts are shown.

Cherry tomato lectin (CTL) binds high-mannose type *N*-glycans produced by plants and yeast.<sup>15)</sup> High-mannose type free *N*-glycans increase significantly in accordance with fruit ripening of tomato.<sup>14)</sup> Free *N*-glycans in the pericarp account for >1  $\mu\text{g/g}$  of the fresh weight of tomato, which further increases during the ripening process<sup>18)</sup> and blocking of *N*-glycosylation with tunicamycin delays fruit ripening.<sup>19)</sup> Because of the fruits ripening-specific expression of the lectin gene (Fig. 3 and 4) and the ability of CTL to bind *N*-glycan,<sup>15)</sup> it could be assumed that tomato lectin is involved in fruit ripening and/or the following softening. Each of the CTL<sup>16)</sup> and LTL (This study) contains a domain called extensin-like domain, which shares similar amino acid sequence with that of a cell wall protein extensin.<sup>4)</sup> Structural feature of tomato lectins, which possess a extensin-like domain flanked by four hevein-like putative sugar-binding domains,<sup>18)</sup> may imply its biological roles as a cell wall protein. It is reported that banana (*Musa acuminata*) lectin gene is also expressed in ripening stage of fruits.<sup>5)</sup> A gene for the putative tomato lectin *Lycisca*,<sup>17)</sup> whose domain arrangement was distinctive from CTL and LTL, has been reported to be expressed in a stage-specific manner in

developing tomato fruit.<sup>21)</sup> Besides the proposed defensive role of plant lectins that have anti-fungal activities, some plant lectins might be involved in fruit ripening. Knock-down and high-expression experiments of lectin genes in tomato and other plants have remained to be conducted to elucidate the involvement of lectins in fruit ripening as well as in defensive processes. By elucidating the biological roles of the lectin in tomato plants, we may be able to obtain clues to develop novel technologies for enhancing the defensive ability of plants and/or controlling the maturation process of fruits of agriculture plants including tomato.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors appreciate Otsuka Chemical Co., Ltd. and Kou Aoki at Kazusa DNA Research Institute for providing Momotaro-Yoku fruits and Micro-TOM seeds, respectively. The authors also thank Masatoshi Sonoda, Yoshiho Nagata, and Hirofumi Dohi at Chiba University for their technical supports in RNA preparation, immuno-blot analysis using *anti-CTL* antibodies, and deglycosylation reaction, respectively. This work was partly supported by a research grant from the president of Chiba University and by a grant from the Strategic Research Foundation Grant-aided Project for Private Universities from Ministry of Education, Culture, Sport, Science and Technology, Japan (MEXT), 2010-2014 (S1001032).

#### References

- 1) C. Bies, C. M. Lehr and J. F. Woodley, "Lectin-mediated drug targeting: history and applications", *Adv. Drug Deliv. Rev.*, **56** (2004) 425-435.
- 2) J. Ciopraga, O. Gozia, R. Tudor, L. Brezuaica and R. J. Doyle, "*Fusarium* sp. growth inhibition by wheat germ agglutinin", *Biochim. Biophys. Acta*, **1428** (1999) 424-432.
- 3) Y. Iijima, K. Suda, T. Suzuki, K. Aoki and D. Shibata D, "Metabolite profiling of chalcones and flavanones in tomato fruit", *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **1** (2008) 94-102.
- 4) Y. Ito, M. Kitagawa, N. Ihashi, K. Yabe, J. Kimbara, J. Yasuda, H. Ito, T. Inakuma, S. Hiroi and T. Kasumi, "DNA-binding specificity,

- transcriptional activation potential, and the *rin* mutation effect for the tomato fruit-ripening regulator RIN”, *Plant J.*, **55** (2008) 212-223.
- 5) Z. Q. Jin, D. Y. Zhang, and B. Y. Xu, “Cloning and developmental and tissue-specific expression of banana (*Musa acuminata* AAA) lectin gene”, *Yi Chuan Xue Bao.*, **31** (2004) 508-512.
  - 6) D. C. Kilpatrick, “Purification and some properties of a lectin from the fruit juice of the tomato (*Lycopersicon esculentum*)”, *Biochem. J.*, **185** (1980) 269-272.
  - 7) J. C. Koo, S. Y. Lee, H. J. Chun, Y. H. Cheong, J. S. Choi, S. Kawabata, M. Miyagi, S. Tsunasawa, K. S. Ha, D. W. Bae, C. D. Han, B. L. Lee and M. J. Cho, “Two hevein homologs isolated from the seed of *Pharbitis nil* L. exhibit potent antifungal activity”, *Biochim. Biophys. Acta*, **1382** (1998) 80-90.
  - 8) U. K. Laemmli, “Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4”, *Nature*, **227** (1970) 680-685.
  - 9) J. Leide, Hildebrandt U, Reussing K, Riederer M and Vogg G, “The development pattern of tomato fruit wax accumulation and its impact on cuticular transpiration barrier properties: effects of a deficiency in a  $\beta$ -ketoacyl-coenzyme A synthase (LeCER6)”, *Plant Physiol.*, **144** (2007) 1667-1679.
  - 10) O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall RJ, “Protein measurement with the Folin phenol reagent”, *J. Biol. Chem.*, **193** (1951) 265-275.
  - 11) R. K. Merkle and R. D. Cummings, “Tomato lectin is located predominantly in the locular fluid of ripe tomatoes”, *Plant Sci.*, **48** (1987) 71-78.
  - 12) M. S. Nachbar, J. D. Oppenheim, and J. O. Thomas, “Lectins in the U. S. diet. Isolation and characterization of a lectin from the tomato (*Lycopersicon esculentum*)”, *J. Biol. Chem.*, **255** (1980) 2056-2061.
  - 13) Y. Naito, T. Minamihara, A. Ando, T. Marutani, S. Oguri and Y. Nagata, “Domain construction of cherry-tomato lectin: relation to newly found 42-kDa protein”, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **65** (2005) 86-93.
  - 14) K. Nakamura, M. Inoue, T. Yoshiie, K. Hosoi and Y. Kimura, “Changes in structural features of free *N*-glycan and endoglycosidase activity during tomato fruit ripening”, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72** (2008) 2936-2945.
  - 15) S. Oguri, “Analysis of sugar chain-binding specificity of tomato lectin using lectin blot: recognition of high mannose-type *N*-glycans produced by plants and yeast”, *Glycoconj. J.*, **22** (2005) 453-461.
  - 16) S. Oguri, K. Amano, H. Nakashita, Y. Nagata and Y. S. Momonoki, “Molecular structure and properties of lectin from tomato fruit”, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72** (2008) 2640-2650.
  - 17) W. J. Peumans, P. Reugé and E. J. M. van Damme, “The tomato lectin consists of two homologous chitin-binding modules separated by an extensin-like linker”, *Biochem. J.*, **376** (2003) 717-724.
  - 18) B. Priem, R. Gitti, C. A. Bush and K. C. Gross, “Structure of ten free *N*-glycans in ripening tomato fruit (arabinose is a constituent of a plant *N*-glycan)”, *Plant Physiol.*, **102** (1993) 445-458.
  - 19) B. Priem and K. C. Gross, “Mannosyl and xylosyl-containing glycans promote tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit ripening”, *Plant Physiol.*, **98** (1992) 399-401.
  - 20) K. Saito, H. Yagi, K. Baba, I. J. Goldstein and A. Misaki, “Purification, properties and carbohydrate-binding specificity of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Cherry)”, *Oyo Toshitsu Kagaku (J. Appl. Glycosci.)*, **43** (1996) 331-345.
  - 21) T. Saito, C. Matsukura, Y. Ban, K. Shoji, M. Sugiyama, N. Fukuda and S. Nishimura, “Salinity stress affects assimilate metabolism at the gene-expression level during fruit development and improves fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)”, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **77** (2008) 61-68.
  - 22) O. Saitoh, W. C. Wang, R. Lotan and M. Fukuda, “Differential glycosylation and cell surface expression of lysosomal membrane glycoproteins in sublines of a human colon cancer exhibiting distinct metastatic potentials”, *J. Biol. Chem.*, **267** (1992)

5700-5711.

- 23) J. Sambrook and D. W. Russell, *Molecular Cloning: A Laboratory Manual, Third Edition* (Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, 2001).
- 24) N. Télef, "Sucrose deficiency delays lycopene accumulation in tomato fruit pericarp discs", *Plant Mol. Biol.*, **62** (2006) 453-469.
- 25) E. J. van Damme, A. Barre, P. Rouge and W. J. Peumans, "Potato lectin: an updated model of a unique chimeric plant protein", *Plant J.*, **37** (2004) 34-45.
- 26) H. Wang, B. Jones, P. Frasse, C. Delalande, F. Regad, S. Chaabouni, A. Latché, J. C. Pech and M. Bouzayen, "The tomato Aux/IAA transcription factor IAA9 is involved in fruit development and leaf morphogenesis", *Plant Cell*, **17** (2005) 2676-2692.



# オブジェクト指向による3D格闘ゲームエンジンの構築

Development of an Object-Oriented Game Engine for 3D Fighting Games

玉真昭男<sup>†</sup>

Teruo TAMAMA<sup>†</sup>

**Abstract:** In our research laboratory, students challenge to develop high-level 3D computer games using Visual C++ and DirectX. More than 20 excellent games, such as racing games, shooting games, fighting games, plant raising games, etc., have already been developed. In this article, a “game engine” which we recently developed, powerful for developing 3D fighting games, is described.

## 1. はじめに

今の子供達にとって、最も身近で誰もが一度は試したことのある遊びは「コンピュータゲーム」であろう。大学の情報処理系学科に入学してくる学生にも、このような体験からコンピュータゲームを作りたいと希望する学生は多い。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。

このような背景から、Windows用のC/C++コンパイラであるVisual C++.NETと3Dゲーム開発用ライブラリDirectXを駆使して、3Dゲーム作りを行ってきた。我々は、アルゴリズムよりはゲームシステムそのものの実現と三次元の映像表現技術に重点を置き、シューティングゲーム、レーシング、ロールプレイングゲームなど、これまでに約20種類以上の3Dゲームを開発してきた[1][2][3][4]。

さて、「ゲームエンジン」とは、様々なゲームを効率良く生成・開発出来るように設計された、ソフトウェアシステムのことである。例えば、レーシングゲームエンジンでは、3DCGモデリングソフトで車を作り、そのゲームエンジンに入れば、あらかじめ用意されたコース上をその車が走る。何もプログラムしなくてもゲームコントローラで操作でき、当たり判定も組み込まれているのでフェンスに当たれば跳ね返る。更に、モデリングソフトでコースや障害物を作りゲームエンジンに組み込めば、全くオリジナルのレーシングゲームを作ることも出来る。これがゲームエンジンである。

今回は、3Dゲームの効率的開発のため、3Dゲームの中では最も難易度の高いスキンメッシュ・アニメーションを使った格闘ゲームエンジンを開発したので報告する。

## 2. 使用したソフトウェア

開発環境としてWindows用のC/C++コンパイラVisual C++.NET 2005、3Dゲーム開発用ライブラリとしてDirectX 9.0c、モデリングソフトとしてMetasequoia Ver2.4.0、キャラクタのモーション作成にToy Studio 1.6.2.5を使用した。

DirectXは、Windows用のゲームを開発するために必要な、高速グラフィックス描画処理、3D演算、サウンド・ミュージックの再生、ネットワーク通信機能などをまとめたコンポーネントである[5][6]。

## 3. キャラクタのモデリングとモーション作成

### 3.1 キャラクタのモデリング

3DモデリングソフトMetasequoia(メタセコイア)を用いて敵キャラクタ「夜叉」のモデリングを行った。その完成図をFig. 1に示す。



Fig. 1 Metasequoiaで作成した夜叉のモデル

### 3.2 夜叉のモーションの作成

1対1の格闘シーンを売り物にするためには、自キャラクタと敵キャラクタのリアルな動きが必要になる。そこで、格闘の技にはモーションキャプチャーデータを活用することにした。

#### 3.2.1 モーションキャプチャ

モーションキャプチャとは、人物や物体の三次

2013年3月1日受理

<sup>†</sup>総合情報学部 コンピュータシステム学科

元の動きをデジタル的に記録するシステムのことである。20~30 台もの沢山のカメラを立体的に並べた、Fig. 2 のような大掛かりなスタジオで、人体の各部に多くのマーカーを装着し、これを検出するトラッカーを使って三次元的な動きを 3D モーションファイルとして取り込む技術である[7]。モーションキャプチャは「モーキャップ(mocap)」と略称される。



Fig. 2 モーションキャプチャ用スタジオ[7]

このようなスタジオを借りて、自前で格闘技のモーションキャプチャを行ったら高額の費用が掛かるが、幸いネット上に無料のデータも公開されている。今回はこれを利用することにした。

例えば、Mocapdata.com[8]というサイトは、本来は有料でモーキャップ・データを作成、販売するサイトであるが、無料のデータも数多く公開していて有り難い。有料のデータパックは数千ドル(数十万円)もする。無料版でも、「歩く」モーションで 599 個、「空手」76 個、「テニス」73 個、などが公開されている。

### 3. 2. 2 モーションの組み込み

ToyStudio[9]というソフトを使い、夜叉に空手のモーションを組み込むことにした。今回は、ToyStudio のシェアウェア版を使用した。フリーウェア版もあるが、機能が限られるためである。

夜叉に、「strong punch」という技を組み込む方法を例として示す。サイト Mocapdata.com にユーザー登録をすると、モーキャップ・データをダウンロードすることが出来る。Biovision 社のファイル形式(.bvh)で、karate-09-punch strong-yokoyama.bvh というファイルをダウンロードした。

ToyStudio の「ファイル」メニュー >> 「開く...」で、この bvh ファイルを開く。アニメーションの操作ボタンで、初期ポーズにしておく。

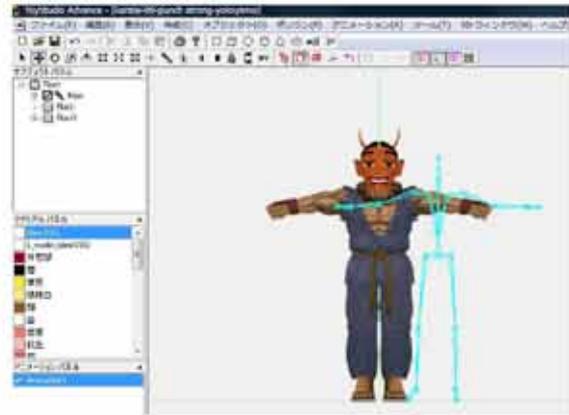


Fig. 3 ToyStudio の画面

次に、夜叉の位置を移動し、モーキャップ・データと位置合わせをする。この後、モーキャップ・データの各ボーン(骨)を動かして、夜叉の対応する部位と位置合わせする。その結果を Fig. 4 に示す。

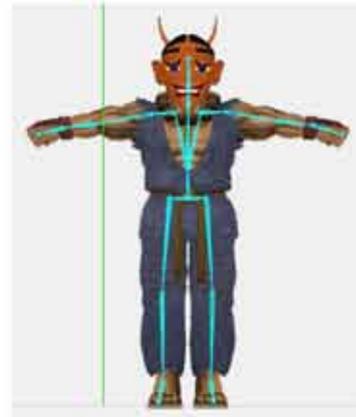


Fig. 4 夜叉の 3D モデルとボーン的位置合わせ

このあと「オブジェクト」メニュー >> 「スムーズスキニング」でスキンメッシュ化する。スキンメッシュとは 3D モデルのポリゴンデータを対応するボーンに貼り付ける操作である。これにより 3D モデルの各部位がボーンの動きに合わせて移動することになる。

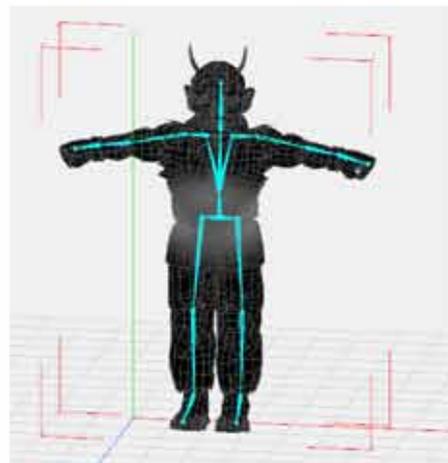


Fig. 5 3D モデルのスキンメッシュ化

### 3. 2. 3 空手「技」の組み込み

上のようにすると、夜叉にモーキャップの動きを組み込むことが出来る。アニメーションの操作ボタンを使って、動きを確認すると、以下のような動作が組み込まれていることが分かる。



Fig. 6 「強いパンチ」のモーション

## 4. プログラム構成

プロジェクトは主に 10 個のソースファイルと DXUT ライブラリからなる。DXUT ライブラリは 6 個のソースファイルからなり、スキンメッシュ・アニメーションを実行するための DirectX 関連関数一式をまとめたファイル群である。

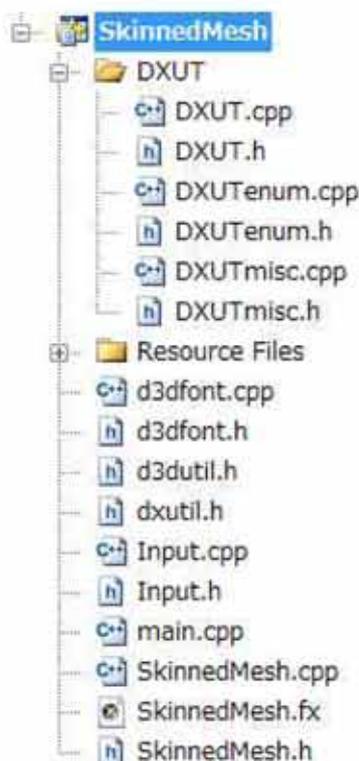


Fig. 7 ゲームエンジンのプログラム構成

## 4. 1 スキンメッシュ・アニメーション

モーション付きのオブジェクトを 3D 空間で動かすのがメッシュ・アニメーションだが、特に人間や生物などの軟質系の皮膚や衣服をまとったキャラクターのモーションをプログラムで動かすことはスキンメッシュ・アニメーションと呼ばれている。しかし、DirectX9 のマニュアルを見ても、そのチュートリアルや解説はほとんど無い。Microsoft 社関連では、わずかに Microsoft DirectX SDK\Samples\YC++\YD\Direct3D フォルダ内の SkinnedMesh というサンプルプログラムと川西裕幸氏の解説[10]があるだけである。

それ以上に詳しいのが、ハンドルネーム IKD 氏の「ゲームつくろう! DirectX 技術編」[11]である。ほとんど独学で DirectX のスキンメッシュの仕組みを解説して、解説した労作である。本稿のゲームエンジンの開発でも大いに参考にさせて頂いた。

## 4. 2 ボーン操作

ボーンとはスキンメッシュに埋め込まれた骨のことなので、この骨を動かすことにより、その回りにまわっているポリゴンがスムーズに動かすことが出来る。Fig. 5 はキャラクター「夜叉」をスキンメッシュ化したものであるが、これにより 3D モデルの各部位がボーンの動きに合わせて移動することになる。

## 4. 3 フレーム(Frame)とアニメーション

三角形ポリゴンが集まって形成されているオブジェクトの最小単位を「メッシュ(Mesh)」という。オブジェクトを構成するメッシュは 1 つの場合もあれば、複数の場合もある。そして、オブジェクトは「フレーム(Frame)」という基本単位で管理されている。

X ファイル内で Frame は FrameTransformMatrix テンプレートと Mesh テンプレートの 2 つから構成されている (Fig. 8)。



Fig. 8 フレーム構造体のメンバ構成[11]

このように、フレームはメッシュとそれを座標変換させるローカル変換行列からなる。一方、アニメーションはフレームの中には無く、フレームとは独立に AnimationKey テンプレートの中で定義されている。

## 5. プログラミングのポイント

### 5. 1 敵キャラクターの攻撃パターン

コンピュータとの対戦をゲームの遊び方の基本とすると、敵キャラクターをプログラムで自動的に動かす必要がある。そこで2つのモードを考えた。

- (1) 常に一定の間合いを取り、ヒットアンドアウェイの攻撃パターン
- (2) ある範囲を勝手に動き回っては攻撃を仕掛けてくるランダム攻撃パターン(Fig. 9)

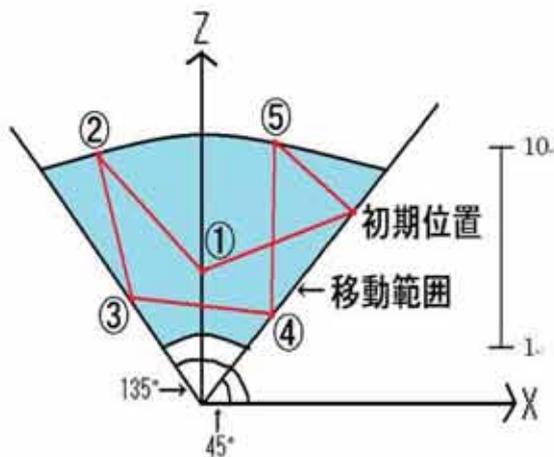


Fig. 9 敵キャラクターの移動範囲とパターン

ステージの中央を座標原点とし、そこを中心とした半径10mの円形の仮想リンクを設定する。向かい合う2つのキャラクターは、この土俵のような円形のリンク内だけを移動できるとする。但し、このリンクは表示されない。

(1)の場合、プレイヤーの自キャラクターの操作に応じて、敵キャラクターをまずは一定の「間合い」(2mとした)を保つように動かす。自キャラクターが進めば引き、戻れば前に出て攻撃する。リンクの外周、いわば土俵の依まで追い詰められたら、依に沿って横に動く。左右どちらに動くかは乱数で決める。

プレイヤーから見た場合、敵が常に一定の間合いを取るように動いたら、攻撃が当たらないことになる。そこで、間合いを取るための敵キャラクターの反応には0.1秒の遅れを入れることにした。また、土俵際まで追い詰めれば、左右にしか動けなくなるので、ヒットする可能性が高くなる。

敵キャラクターは、逃げたりかわしたりするだけでは結局は間合いを詰められ、攻撃を受けることになる。そこで、プレイヤーの動きが止まれば、直ぐに逆襲する機能も追加した。これにより、緊張感と迫力が増すゲームとなった。

(2)は、プレイヤーに敵キャラクターの動きを予測させないように、ランダムな動きと攻撃をさせるものである。Fig. 9のように、敵キャラクターは半径1~10m、角度45~135°の扇型の領域内を動くとする。ある初期位置からスタートして、①、②、③、④、⑤、…の地点をめがけて直線的に移動する。各位置の座標、その間の移動スピード、繰り出す攻撃技の3つは乱数で決める。急に

突進してきて強い技を繰り出すことがあるので、自キャラクターが攻撃を受ける可能性が高い。

(1)と(2)の動作・攻撃パターンは5~10秒間隔で変更される。この間隔も乱数で変えられるようにした。また、HP(Health Power)によっても変わる。当初、まだHPが高いときは(1)が多めとなり、攻撃が当たりHPが低くなると(2)が長めになる。

### 5. 2 モーションの変更

自キャラクター、敵キャラクターのモーションもHPによって変わるようにした。HPが50以下になるとヨタヨタした動きのモーションになり、0になると地面に倒れたモーションになって、一定時間後にゲームオーバー、またはゲームクリアになる。

各キャラクターについて約20種類のモーションを作成した。そのうち5種類はモーションキャプチャのデータを組み込み、残りの15種類は手作業で作成した。その中から、ガード、ジャンプ、弱攻撃、中攻撃、強攻撃、必殺技、グロッキー、転倒に相当するものを8モーション選び出し、自キャラクターの場合はゲームパッドの各キーに割り当てた。幾つかのモーション中の代表的なポーズをFig. 10, Fig. 11に示す。これらはいずれもモーションキャプチャのデータを実装したものである。

また、敵キャラクターの場合は、前節で述べた2つの攻撃パターンの途中で、どのモーションかを乱数で選び、自動的に繰り出されるようにした。HPが50以下ではグロッキー、0になると地面に転倒する。



(a) 中攻撃—ストレート



(b) 強攻撃—回し蹴り

Fig. 10 夜叉のモーション(1)



(a) 必殺技-後回し蹴り



(b) ダメージ→グロッキー



(c) 転倒

Fig. 11 夜叉のモーション (2)

### 5. 3 当たり判定

当たり判定はゲームにつきものであるが、シューティングゲームなどではプログラミングの単純化と処理の高速化のため、キャラクターを外接する直方体、円柱、球などに近似して判定することが多い。DirectX にはそのための関数も用意されている。例えば、D3DXComputeBoundingSphere 関数はメッシュの外接球の中心と半径を計算する関数である。この関数を使って、2つのオブジェクト(メッシュ構造)の中心座標と半径を計算し、両者の中心間の距離が2つの半径の和より小さければ「当たり」と判定する。

しかし、格闘ゲームではこの近似は使えない。突き技では手先が、蹴り技では足の先が、相手の体に当たったかどうかの判定をしないと不自然な

判定になる。そこで、Fig. 5 のボーン構成のうち、手先のボーンとつま先のボーンの座標を常に計算し、それが相手のキャラクターの外接円柱の内側に届くか否かで、「当たり判定」を行うことにした。

より正確には、キャラクターを頭、胴体、腕、足などのパーツに分け、個々のパーツとの当たり判定を行う必要があるが、それは今後の課題とした。

## 6. ゲームの構成

### 6. 1 ゲームの概要

本作品は対戦格闘を題材にした 3D 対戦格闘ゲームである。プレイヤーはフィールド上でキャラクターを操作して、対戦相手のキャラクターと勝負して、勝つことを目標とする。一人用のゲームで、対戦相手の行動はプログラムで決定される。

サンプル格闘ゲームでは、自キャラクター1体と敵キャラクター2体を用意した。

### 6. 2 操作説明

ゲームパッドは Windows OS と相性の良い Microsoft Xbox 360 用のものを使用した。

#### ゲームパッドのボタン配置(Fig. 12)

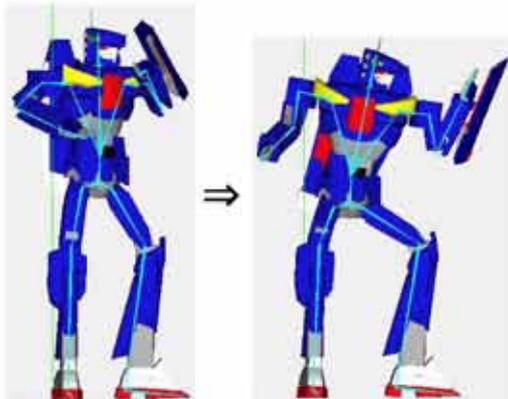
- ① 移動: 方向キーを左又は右に動かすとキャラクターが入力した方向に動くことができる。  
ステップ: 方向キーを相手方向又は反対方向に入力するとその方向にステップ
- しゃがみ: しゃがみ状態でも攻撃可能
- ② ジャンプ: ジャンプ中はガードができない。
- ③ 弱攻撃: 中攻撃より威力はないが、攻撃の出のスピードが速いのが利点である。
- ④ 中攻撃: 威力は普通であり、攻撃の出も普通である。
- ⑤ 強攻撃: 中攻撃よりも威力があるが、攻撃の出が遅い。
- ⑥ ガード: どんな攻撃にも耐える。(立ち状態だと下からの攻撃には機能しない)
- ⑦ 必殺技: 強攻撃よりも威力がある、各キャラクター固有の攻撃である。



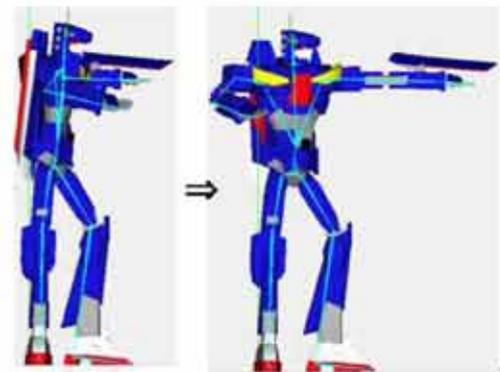
Fig. 12 ゲームパッドのボタン配置

### 6. 3 自キャラクターのアクション

自キャラクターのモーション例をFig. 13に示す。



(a) 基本動作ガード



(b) 弱攻撃

Fig. 13 自キャラクターのモーション例

### 6. 4 タイトル画面とゲームオーバー画面

タイトル画面には作成したゲームのタイトルとスタートボタンを表示する。スタートボタンを押すことでゲームをはじめることが出来る。自分が操作するキャラクターの体力(得点)HPが0になるとゲームオーバーとなる。

タイトル画面とゲームオーバー画面を Fig. 14 に示す。

### 6. 5 ステージ画面

ステージの1例を Fig. 15 に示す。

画面の表示は次のようになっている。

- ①体力ゲージ: 現在の残りの体力 HP である。このゲージがなくなると負けである。
- ②タイムカウンター: ゲームの残り時間である。残り時間が無くなった場合、残りの体力が多い方が勝ちとなる。
- ③勝利マーク: ラウンドに勝利すると、勝利マークが表示される。
- ④キャラクター: 現在使用しているキャラクターである。
- ⑤必殺技ゲージ: このゲージが満タンにたまると必殺技が使用できる。
- ⑥得点: 現在の得点が表示される。得点は攻撃をヒットさせたら増やすことが出来る。



(a) スタート画面



(b) ゲームオーバー画面

Fig. 14 タイトル画面とゲームオーバー画面



Fig. 15 制作したステージとゲーム画面の例

## 7. ゲームエンジンの意義と功罪

ゲームエンジンを使うと、あまりプログラムを書かなくても一定の3Dゲームが作成できてしまう。「プログラミング教育」という観点からすると、これは好ましくないことかも知れない。

しかし、一方で、毎年ゼロから、個人単位でゲームプログラムを書かせていると、大規模なゲームはいつになっても作れない。時には、ゲームエンジンを使って効率を高め、しかも複数の学生からなるチームに共同作業で一つのゲームを作らせれば、研究室としては大規模で、迫力のあるゲー

ムを開発することが出来る。大学祭やオープンキャンパス等で観客を驚かさずゲームを作るには有効な手段である。

要は学生の能力に応じて、あるいは研究室としてどれだけの規模のゲームを開発したいかの状況に応じて、ゲームエンジンを使うか否かを判断すれば良いと考えている。

## 8. まとめ

大学祭やオープンキャンパスなどのイベントで展示しているが、参加したお客さんに十分に楽しんで頂けるレベルのゲームを開発出来ている。

一定のモノが出来ると、次々に機能を追加して難易度を上げたくなる。その過程で、また新しい技術を習得したくなる。数学に強くない学生が、改めて三次元幾何やベクトル解析などの教科書を学び直し、絵で確認することで初めて分かったと言って喜ぶ。ゲーム開発にはそのような相乗効果、正のスパイラル効果があるので、3Dゲーム開発は単にプログラミング教育に留まらず、いろいろな関連科目の総合学習教材になっていると確信している。

また、ゲームエンジンを使うと、プログラムや数学に強くない学生にも迫力のある3Dゲーム開発体験を積ませることが出来、モノを作る楽しさや、満足感・達成感を与えることが出来る。

## 謝辞

4年生の加藤卓也氏には本格関ゲームエンジンの最初のテストユーザーになって頂いた。キャラクタモデルやステージオブジェクトの提供、モーションの組み込み、敵キャラクタの動きの調整、サンプルゲームの評価など、多大な協力を得た。ここに謹んで感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] 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).
- [2] 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.
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] 登大遊: 「DirectX9.0 3Dアクションゲーム・プログラミング」, 工学社, 2003.
- [6] 秦森桂: 「3Dゲーム制作入門」, 工学社, 2004.
- [7] <http://ja.wikipedia.org/wiki/モーションキャプチャ>
- [8] <http://mocapdata.com/index.cgi?lang=jpn>
- [9] <http://kotona.bona.jp/>
- [10] 川西裕幸: "DirectX - Cutting Edge DX9", <http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dd365147.aspx>
- [11] 「ゲームつくろう! DirectX技術編」, [http://marupeke296.com/DXG\\_No23\\_AnimationFromXFile.html](http://marupeke296.com/DXG_No23_AnimationFromXFile.html)

注) Visual C++®, DirectX, Microsoft Excel, Xbox 360 は米国 Microsoft Corporation の登録商標です。Metasequoia は O. Mizno 氏作成のソフトウェアです。本文中では®および™は省略しています。



# GPUを用いた線型計算の高速化と Runge-Kutta 法への応用

## Acceleration of Numerical Linear Computation by Using GPU and its Application to an Efficient Implementation of Runge-Kutta Methods

幸谷智紀\*

Tomonori KOUYA\*

Abstract: GPU (Graphics Processing Unit) is one of remarkable devices, which can extremely accelerate numerical linear computation. In addition to numerical computation, GPU has been providing its widely applications to various area such as big data analysis day by day. The “CUDA” of NVIDIA Corporation is the most popular GPU environment in the current world. In this paper, we firstly summarize the CUDA GPU’s architecture and functions. Secondly, we report the results of benchmarking test for some existing numerical computation libraries accelerated by NVIDIA CUDA GPU, and finally evaluate the performance of our implementation of ODE(Ordinary Differential Equations) solver based on explicit and implicit Runge-Kutta formulas by using them. We used a high-priced Tesla C2070 in CUDA GPU family throughout this paper, but added some comments of the results on a low-priced GT640.

### 1. 初めに

科学技術計算の土台となるスーパーコンピュータ（スパコン）は、近年、独立した PC やワークステーションとして用いられる小型デスクトップマシンを多数束ねたアーキテクチャの上に構築されるようになってきている。小型デスクトップマシンは、スパコンとは直接縁のない多数の一般ユーザによってその動向が左右される。従って、今のスパコンの高性能化は、一般レベルの支持を集めた小型デスクトップマシンの高速化と直結しているといえる。

小型デスクトップマシンの高性能化は CPU のマルチコア化と GPU の高機能化がドライブしている。動作周波数の単純な増加はリーク電流の増加を招き、消費電力の割には高速化に寄与しないという判断の元、CPU コアを複数搭載して並列性能を高める方向に、小型デスクトップマシンは進化した。その延長上に、グラフィックス性能を高めると同時に、CPU 並みの演算機能を備えた GPU の発展がある。ここ数年のスパコンのトレンドはこの GPU、特に NVIDIA 社の開発した CUDA アーキテクチャ<sup>1)</sup>を備えた Tesla カードを複数搭載するという方向にある。ゲームやアニメーションに要求されるグラフィックス性能を高め、多数存在したグラフィックスカードの競合他社を跳ね除けてトップに立った NVIDIA 社は、今や高性能計算用カードメーカーとしても注目を集めている。

本稿ではまず、NVIDIA 社が開発した GPU を用いた高性能計算性能を、現在提供されている LAPACK/BLAS 由来の線型計算ライブラリを用いて計測し、その有効性を確認する。次に、この線型計算ライブラリの応用例として、陽的・陰的 Runge-Kutta 法に基づく常微分方程式ソルバーを実装し、線型常微分方程式を用いてその性能を評価する。最後に結論と今後の課題について述べる。

### 2. GPU の機能

ここでは、今回使用した CUDA 環境選択の背景と、そのアーキテクチャ、プログラミングモデルを簡単に紹介する。詳細は CUDA Toolkit<sup>10)</sup> のドキュメントに詳しいので参照されたい。

### 2.1 GPU 登場の背景と CUDA

増大する一方の情報量を捌くため、ICT(Information and Communication Technology)を支えるハードウェアは常に情報確信と機能向上が求められている。特に処理速度の向上は至上命題であり、2000 年代に入るまで、小型デスクトップコンピュータ (Personal Computer, PC) 用の CPU は動作周波数を引き上げることでその要求に答えてきた。しかし近年は、ランニングコストの引き下げ要求も強く、動作周波数の一方的な引き上げでは消費電力の増大に比して処理速度の向上が図れないという状況に陥っている。そのため、CPU は中核となる処理部分をコア (core) として分離し、複数搭載したマルチコア化することで、並列性能向上を目指すようになり、動作周波数の向上は頭打ち状態となっている。

一方で、3次元コンピュータグラフィックス (3DCG) を多用する、ゲームをはじめとするアミューズメント方面からは、画面の高精度化と複雑化する 3DCG 表現の要求に答えるため、グラフィックス処理を高速に処理するための専用ハードウェア、即ちグラフィックスカードの高性能化の要求が強い。そのため、1990 年代は多様なグラフィックスカードを製造販売するメーカーが群雄割拠する状態となり、その中からグラフィックス処理を高速化するための中核チップ、即ち GPU(Graphics Processing Unit) が誕生した。最終的には、CPU にグラフィックス機能を搭載した Intel を除けば、GPU の主要メーカーは NVIDIA 社と AMD 社 (CPU メーカーと統合) の二強に集約され、現在に至っている。

このうち NVIDIA 社は、早くから GPU にグラフィックス以外の計算処理も行わせるためのハードウェアアーキテクチャ CUDA と開発ソフトウェア CUDA Toolkit の提供に乗り出した。2006 年 11 月に CUDA アーキテクチャの構想を発表、翌年 2007 年 6 月に CUDA Toolkit Version 1.0 を発表した。後者は CUDA C コンパイラ (後述)、PTX アセンブラ (GPU が直接処理するアセンブラ)、サンプルプログラム、ドキュメント類が同梱されたもので、CUFFT(Fast Fourier Transform) や後述する線型計算ライブラリ CUBLAS の Version 1.0 も合わせて提供されている。

現在発売されているコンシューマー向けの NVIDIA 社グラフィックスカードに用いられている GPU(GTX, Tesla, Quadro

2013 年 3 月 18 日 受理

\*総合情報学部コンピュータシステム学科

シリーズ)には全てこのCUDA機構が搭載されており、2012年10月に公開されたCUDA Toolkit 5.0はこの全てのグラフィックスカードを用いて開発・計算が可能となっている。ハードウェア以外は無償公開されており、誰でも開発に参加できるため、世界規模で急速な開発競争が行われている。

なお、Intel CPU/MIC(Many Integrated Core) コプロセッサや、AMD社のGPUであるRadeonシリーズ向けの計算処理機能を提供するOpenCL規格<sup>2)</sup>もCUDA登場後に提唱され、NVIDIA社のGPUでもこのOpenCL規格に則った機能を用いてプログラミングは可能である。しかし現状、OpenCL向けの、特に線型計算ライブラリとしてはcMAGMA<sup>8)</sup>しか存在していない状況であり、プログラミング環境もCUDA Toolkitに比べて見劣りする。今後、OpenCL規格がどのメーカーのハードウェア上でも使用でき、開発環境が整ってくれば有力な選択肢になる可能性はあるが、今回はその使用を見送った。状況が変わればまた別途調査した上で開発環境として考慮したいと考えている。

## 2.2 CUDA アーキテクチャと用語

PC用のグラフィックスカードの大半は現在PCIeバスに刺して使用するものが多い。GPUはこのカード上に搭載され、一般ユーザーからはもっぱらグラフィックス処理用として使用される。高性能計算用途に使用するには、GPUが処理可能なPTXコードを用いたプログラムが必要である。CUDA Toolkitがリリースされている現在は、同梱されているNVCCコンパイラ(CUDA C)を用いてC++言語とほぼ同等のプログラムが構築できる。しかし、性能を発揮するためには、Fig.1に示すような複雑なCUDAアーキテクチャを理解した上で、性能を発揮するようチューニングを行う必要がある。

GPUを使用するプログラムは、CPU側で動作する部分(Host側)と、GPU側で動作する部分(デバイス(Device)側)に分かれる。デバイス側で動作する部分は、大量のCUDAコアを効率よく使用するため、スレッド(Thread)単位で実行される。このスレッドはワープ(Warp)という単位でまとめて実行され、更にブロック(Block)という単位で同期させることができる。ブロックは更にグリッド(Grid)という単位で管理される。ユーザが指定できるのはブロック数と、ブロック当たりのスレッド数で、グリッドはブロック数に応じて自動的に決められる。

各スレッドはSPMD(Single Program, Multiple Data)の形式で実行される。この際、スレッドから直接操作できるデータは、ローカルメモリ(Local memory)、ブロックごとの共有メモリ(Shared memory)、全てのスレッドからアクセスできるグローバルメモリ(Global memory)で記憶してあるものだけである。これらはすべてグラフィックスカード及びGPU内部のメモリで、Host側からはPCIeバスを通じて明示的にやり取りされる。

## 2.3 CUDA プログラムの例

CUDAプログラムの例として、直接法(LU分解+前進&後退代入)を行うプログラムを下記に示す。メイン関数部分は通常のC/C++コンパイラを使用してもよい。ここでは今回実装したBNCudaライブラリにある関数(\_bncuda\_接頭詞付き関数)を用いている。

```
1:#include <stdio.h>
2:#include <cuda.h>
3:#include <cuda_device_runtime_api.h>
4:#include "bncuda.h"
```

```
5:
6:// メイン関数
7:int main()
8:{
9:  DMatrix da, db, dx; // ホスト側変数
10:  DMatrix dev_da, dev_db, dev_dx; // デバイス側変数
11:
12:  // ホスト側で行列、ベクトルを確保
13:  da = init_dmatrix(dim, dim);
14:  db = init_dvector(dim);
15:  dx = init_dvector(dim);
16:
17:  // 連立一次方程式をセット
18:  get_dproblem(da, db, dans);
19:
20:  // 行列、ベクトルをデバイス側に確保&転送
21:  dev_da = _bncuda_init_set_dmatrix_rowmajor(da);
22:  dev_db = _bncuda_init_set_dvector(db);
23:  dev_dx = _bncuda_init_dvector(dim);
24:
25:  // LU分解
26:  ret = _bncuda_DLU(dev_da);
27:
28:  // 前進&後退代入
29:  ret = _bncuda_SolveDLS(dev_dx, dev_da, dev_db);
30:
31:  // 数値解をHost側に転送
32:  _bncuda_get_dvector(dx, dev_dx);
33:
34:  // 画面表示
35:  print_dvector(dx);
36:
37:  // デバイス側変数の消去
38:  _bncuda_free_dmatrix(dev_da);
39:  _bncuda_free_dvector(dev_db);
40:  _bncuda_free_dvector(dev_dx);
41:
42:  // Host側変数の消去
43:  free_dmatrix(da);
44:  free_dvector(db);
45:  free_dvector(dx);
46:
47:  return 0;
48:}
```

このようにCPU上で通常のC/C++コンパイラだけで済むプログラムをHostプログラムと呼ぶ。後述する、CUDA上で動作する線型計算ライブラリであるCUBLASやMAGMAはHostプログラムから呼び出すだけでCUDA GPUを使用できる。

しかし、直接GPUの並列計算機能を生かそうとすると、Hostプログラムだけでは不可能な、グローバルメモリやシェアードメモリ内データの細かい操作が必要となる。そのために、カーネル(kernel)関数を実装しなければならないケースも多数存在する。

カーネル関数ではデバイス側で行うマルチスレッドの処理を細かく記述できる。接頭詞\_\_global\_\_を付加するためグローバル関数とも呼ばれる。グローバル関数を含むプログラムソースはNVCCコンパイラ(CUDA C)を用いてコンパイルする必要がある。

例えば、LU分解を倍精度で行うカーネル関数(1ブロック版\_bncu\_DLU\_pt、複数ブロック版\_bncu\_DLU\_pt2)は次のよ

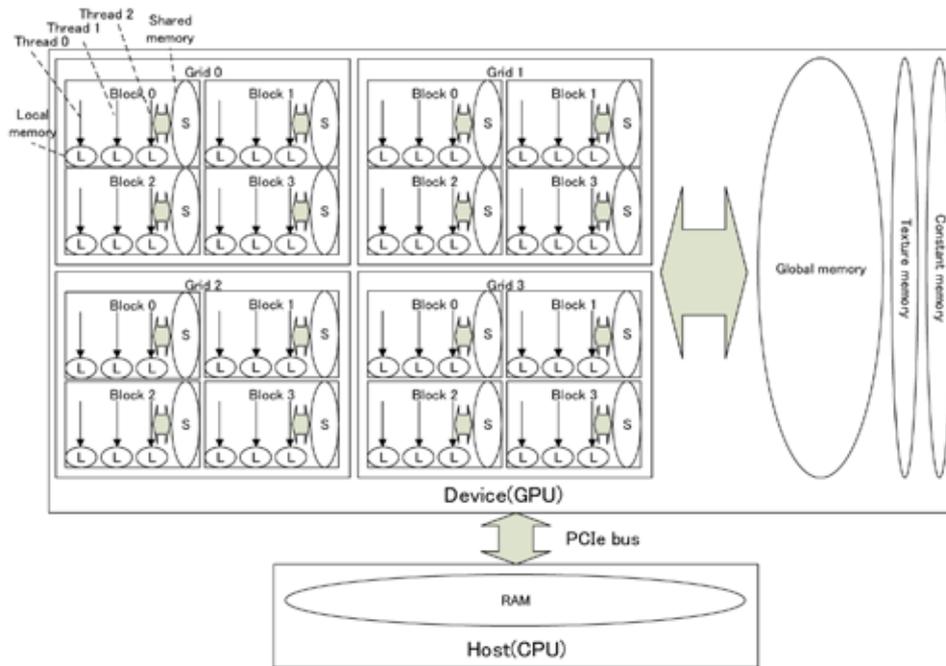


Fig. 1: CUDA GPU のアーキテクチャ

うに実装できる。

```

1:// LU 分解のカーネル関数 (1 ブロック)
2:__global__ void _bncu_DLU_pt(int *dev_ret, double *mat_element, int mat_row_dim, int mat_col_dim);
3:{
4: int thread_index = threadIdx.x + blockIdx.x * blockDim.x;
5: int stride = blockDim.x * gridDim.x;
6: int stride = blockDim.x;
7: __shared__ int i, j, k;
8: __shared__ double dtmp, dmaxii;
9:
10: for(i = 0; i < mat_row_dim; i++)
11: {
12: // LU 分解ループ (ここから)
13: dmaxii = fabs(mat_element[i * mat_row_dim + i]);
14: if(dmaxii == 0.0)
15: {
16: if(dev_ret != NULL)
17: *dev_ret = -1;
18: return;
19: }
20:
21: for(j = (i + 1 + thread_index); j < mat_row_dim; j += stride)
22: mat_element[j * mat_col_dim + i] /= mat_element[i * mat_col_dim + i];
23:
24: __syncthreads();
25:
26: for(j = (i + 1 + thread_index); j < mat_row_dim; j += stride)
27: {
28: for(k = (i + 1); k < mat_col_dim; k++)

```

```

29: mat_element[j * mat_col_dim + k] -= mat_element[j * mat_col_dim + i] * mat_element[i * mat_col_dim + k];
30: }
31: __syncthreads();
32: // LU 分解ループ (ここまで)
33: }
34:
35: if(dev_ret != NULL)
36: *dev_ret = 0;
37:
38: return;
39:}
40:
41:// LU 分解のカーネル関数 (複数ブロック)
42:__global__ void _bncu_DLU_pt2_in(int *dev_ret, double *mat_element, int mat_row_dim, int mat_col_dim, int start_i)
(略)

```

\_\_shared\_\_ 接頭詞が付加された変数はブロック単位で用意されるシェアードメモリに置くことになる。関数の引数に与えられた変数は、実行時にホストプログラムから引き渡され、特に指定しない限りグローバルメモリに置かれる。従って、ベクトルや行列要素を格納したメモリを指定するポインタはあらかじめホストプログラムから CUDA API 関数を用いて確保しておく必要がある。

カーネル関数は `_bncu_DLU_pt2<<<ブロック数, スレッド数>>>(引数リスト)` という形でホストプログラムから呼び出せる。ブロック数、スレッド数は 3 次元整数配列を用いて渡すこともできるが、今回は使用していない。

これらのカーネル関数を呼び出して実行するホストプログラム側の関数は下記のようになる。

```

1:#define MAX_NUM_THREADS 256
2:
3:// LU 分解のホスト関数
4:int _bncuda_DLU(DMatrix mat)
5:{
6:    (略)
7:    num_threads = (row_dim <= MAX_NUM_THREADS) ? row_dim : MAX_NUM_THREADS;
8:    num_blocks = (int)ceil((double)row_dim / MAX_NUM_THREADS);
9:
10: // 1ブロック使用の場合
11: if(num_blocks == 1)
12:     _bncu_DLU_pt<<<1, num_threads>>>(dev_ret, mat->element, (int)(mat->row_dim), (int)(mat->col_dim));
13: // 複数ブロック使用の場合
14: else
15: {
16:     int i;
17:     _bncuda_set_i(dev_ret, 0);
18:
19:     for(i = 0; i < mat->row_dim; i++)
20:     {
21:         _bncu_DLU_pt2_in<<<num_blocks, num_threads>>>(dev_ret, mat->element, (int)(mat->row_dim), (int)(mat->col_dim), i);
22:     }
23: }
24:
25: ret = _bncuda_get_i(dev_ret);
26:

```

これらのカーネル関数を含むプログラムは NVCC でコンパイルする。その後は NVCC でも通常の C/C++コンパイラを用いてもリンクし実行ファイルを生成することができる。

### 3. 線型計算ライブラリ CUBLAS と MAGMA

今回我々は、CUDA GPU 上で動作する既存の線型計算ライブラリである CUBLAS 5.0<sup>9)</sup> と MAGMA 1.3.0<sup>8)</sup> を用いて陽的・陰的 Runge-Kutta 法の実装を行った。この二つは CUDA を土台にした LAPACK/BLAS 互換の機能を提供している高性能なライブラリで、特に MAGMA はホストプログラムからの利用を前提としたものである。ここではその機能の紹介をした後、BLAS 性能の評価と、それらを利用した連立一次方程式の解法を実装し、その性能評価を行う。

#### 3.1 LAPACK 互換ライブラリの現状

現在のコンピュータ上における基本的な線型計算は、単精度・倍精度浮動小数点数演算を利用する限り、LAPACK(Linear Algebra Package)<sup>5)</sup> 互換の高性能なライブラリを用いることが普通になっている。特に ATLAS(Automatically Tuned Linear Algebra Software)<sup>12)</sup> や Intel Math Kernel(MKL)<sup>6)</sup> は、LAPACK の基盤となる基本線型計算を担当する BLAS(Basic Linear Algebra Subprograms)<sup>13)</sup> の部分を高速化するため、SIMD 命令やキャッシュヒット率の最適化を行って最大の性能を導き出す工夫が随所になされている。多数のユーザーから使用されていることから信頼性も高い。

従って、GPU 上でも LAPACK/BLAS 互換の機能を同様の関数 API が使用できることが望ましい。そのために、NVIDIA

社からは、CUDA Toolkit と共に CUBLAS が配布されている。また、LAPACK 開発グループからは、CUBLAS と既存の LAPACK/BLAS を利用した、大規模計算にも高性能な線型計算が可能な MAGMA(Matrix Algebra on GPU and Multicore Architectures) が配布されている。これらのソフトウェア構造を Fig.2 に示す。

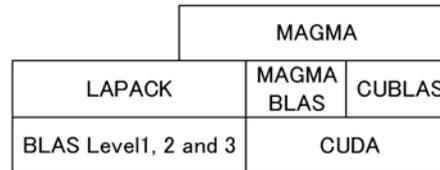


Fig. 2: LAPACK/BLAS, MAGMA, CUBLAS のソフトウェア構造

CUBLAS は一部の例外を除くと BLAS 互換の機能しか提供されておらず、ベクトル演算 (BLAS Level 1)、行列・ベクトル演算 (BLAS Level 2)、行列演算 (BLAS Level 3) しか実行できない。そのため、さらに上位の機能、たとえば連立一次方程式や固有値問題を扱うためには LAPACK の機能を備えつつある MAGMA をホストプログラムから利用する他ない。

以下では、CUBLAS と MAGMA を用いた基本的な線型計算の性能評価を行った結果について報告する。なお、第 5 節を除き、使用した計算機環境は下記の通りである。

**H/W** Intel Core i7-3930K (3.2GHz), 16GB RAM, NVIDIA Tesla C2070

**S/W** Scientific Linux 6.3 x86\_64, Intel Compiler 13.0 + Intel Math Kernel, CUDA Toolkit 5.0, MAGMA 1.3.0

#### 3.2 線型計算ライブラリの性能評価

まず、MAGMA の Testing ディレクトリの中にある CUBLAS と MAGMA BLAS の性能を比較するプログラムを用いた結果について報告する。今回 Runge-Kutta 法の実装に使用する線型計算のうち、計算時間の大部分を占めるのは BLAS Level 2 の行列・ベクトル積と、連立一次方程式の直接解法 (LU 分解+前進・後退代入) である。後者には BLAS Level 3 の行列積が使用されている。

そこで、単精度 (S, s)、倍精度 (D, d) の行列ベクトル積の性能を GFLOP/s(Giga FLOating-point operations Per second) で評価する testing\_[s,d]gemv と、行列積の性能評価する testing\_[s,d]gemm を実行した。その結果を Fig.3 に示す。

前述した CUDA アーキテクチャ(Fig.1) に示す通り、多数の軽い計算を大量に並列実行する特長を生かせる行列積の性能が最も高く、行列ベクトル積の最高性能が約 40GFLOP/s なのに比べ、約 600GFLOP/s の性能が叩き出せる。逆に、小さいサイズの計算は苦手で、PCIe バスを通じたデータ転送の時間が無視できない比率となって現れてくる。小規模な計算は CPU で計算を行った方が良い場合もあるだろう。

#### 3.3 連立一次方程式の性能評価

次に、直接法を用いた性能評価結果を示す。ここではランダムに生成した実正方行列 (密行列) を用いて、MAGMA から提供されている部分ピボット選択付き LU 分解 (LAPACK の [S,D]GETRF 関数相当) と前進・後退代入 (同 [S,D]GETRS 関数相当) を組み合わせて数値解を求め、CPU との実行結果を

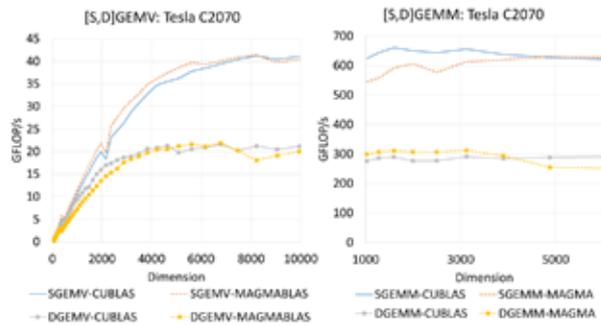


Fig. 3: CUBLAS, MAGMA BLAS の性能評価 (左: 行列・ベクトル積, 右: 行列積)

比較して計算ミスがないことを確認しながら, GFLOP/s 値を求めた. その結果を Fig.4 に示す. 比較のため, CPU 上では最高性能を発揮する MKL の結果も掲載してある.

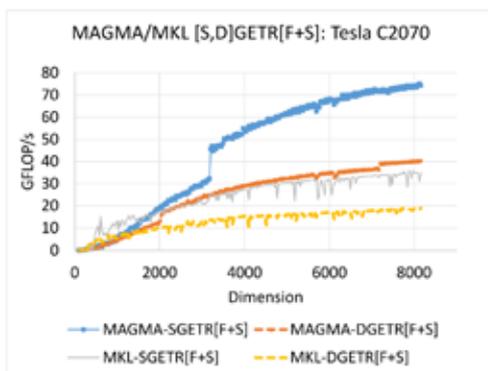


Fig. 4: LU 分解 (xGETRF)+前進・交代代入 (xGETRS) 性能評価

前述したように, 1000 次元程度の小規模な連立一次方程式は, CPU 上で計算した方が良いケースが多数存在していることがわかる. 大規模問題になればなるほど GPU 上での計算が有利で, 単精度計算, 倍精度計算どちらも CPU より 2~3 倍高速になる. 特徴的なのはある特定の次元数を超えると GPU 上の計算性能が急激にアップすることだが, これについては原因は不明である.

次に, CUBLAS を用いて実装した, 行列・ベクトル積を多用する 4 つの倍精度積型 Krylov 部分空間法 (BiCG, CGS, BiCGSTAB, GPBiCG 法) の性能評価結果について述べる. 連立一次方程式は直接法の問題と同様にランダムに倍精度密正行列を生成して導出した. その結果を Table 1 に示す. 収束に要した反復回数と計算時間 (カッコ内, 単位は秒) を掲載してある. 下線は, 収束に失敗したことを示している.

収束に成功したケースを見る限り, 全ての解法は CPU, GPU どちらも同程度の反復回数で収束していることがわかる. また, 2000 次元以上になると GPU の方が高速に計算できていることがわかる. 逆に 1000 次元以下では同程度か GPU の方が若干遅いというケースが頻出する. これは密行列の例であ

るが, 疎行列のように行列要素へのアクセス時間が多様になる場合は詳細なベンチマークが不可欠であろう.

#### 4. 陽的・陰的 Runge-Kutta 法の実装と性能評価

以上述べてきた線型計算ライブラリの応用として, 今回は陽的・陰的 Runge-Kutta 法の実装を行う. 実装に当たっては, ベースとなっている BNCpack<sup>4)</sup> の線型計算関数と互換になるよう, GPU 上で CUBLAS (BLAS Level1, 2, 3 相当の計算) と MAGMA (連立一次方程式の直接法) を用いて実行できるように書き換えを行ったホストプログラムである BNCuda ライブラリを作り, それを利用して倍精度計算のみに対応した実装を行った. しかし後述するように, ブロック行列生成の部分だけはホストプログラムだけでは実現できなかったため, この部分のみカーネル関数を実装して自前の並列化を行っている. ここでは簡単にそのアルゴリズムを述べ, 実装した ODE ソルバーの性能評価結果を示す.

##### 4.1 m 段 Runge-Kutta 法と陽的 Runge-Kutta 法

対象となる  $n$  次元常微分方程式 (ODE) の初期値問題を (1) に示す.

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = f(t, y) \\ y(t_0) = y_0 \in \mathbb{R}^n \end{cases} \quad (1)$$

この ODE の,  $t_1 = t_0 + h_0, t_2 = t_1 + h_1, \dots, t_{k+1} = t_k + h_k \dots$  における解  $y(t_{k+1})$  の近似値を求める  $m$  段 Runge-Kutta 法は次のように計算を行う.

まず下記の  $mn$  次元非線型連立方程式 (\*) を解き,  $\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \dots, \mathbf{k}_m$  を求める.

$$(*) \begin{cases} \mathbf{k}_1 = f(t_k + c_1 h_k, \mathbf{y}_k + h_k \cdot \sum_{j=1}^m a_{1j} \mathbf{k}_j) \\ \mathbf{k}_2 = f(t_k + c_2 h_k, \mathbf{y}_k + h_k \cdot \sum_{j=1}^m a_{2j} \mathbf{k}_j) \\ \vdots \\ \mathbf{k}_m = f(t_k + c_m h_k, \mathbf{y}_k + h_k \cdot \sum_{j=1}^m a_{mj} \mathbf{k}_j) \end{cases}$$

ここで,  $c_1, \dots, c_m, a_{11}, \dots, a_{mm}, b_1, \dots, b_m$  は Runge-Kutta 法を規定する定数である. 以下, 下記のように表形式で記述する.

$$\begin{array}{c|cccc} c_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ c_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_m & a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mm} \\ \hline & b_1 & b_2 & \cdots & b_m \end{array} = \frac{\mathbf{c}}{\mathbf{b}^T} \mathbf{A} \quad (2)$$

こうして求めた  $k_i (i = 1, 2, \dots, m)$  を用いて次の近似値  $\mathbf{y}_{k+1} \approx \mathbf{y}(t_{k+1})$  を

$$\mathbf{y}_{k+1} := \mathbf{y}_k + h_k \sum_{j=1}^m b_j \mathbf{k}_j \approx \mathbf{y}(t_{k+1})$$

として計算する. 近似解と真の解との理論誤差が  $O(h_k^k) (k \geq 2)$  となる時, この公式を  $m$  段  $s$  次公式と呼ぶ.

Runge-Kutta 法は係数 (2) の形式によって分類される. このうち  $A$  の対角成分が全てゼロとなる下三角行列になる公式を陽的 Runge-Kutta 法と呼ぶ. 今回はそのうち 7 段 6 次公式となる下記の係数を用いる.

Table 1: 積型 Krylov 部分空間法の性能評価: 反復回数 (秒数)

n	BiCG		CGS		BiCGSTAB		GPBiCG	
	CPU	GPU	CPU	GPU	CPU	GPU	CPU	GPU
500	406(0.15)	372(0.09)	551(0.1)	488(0.15)	249(0.05)	293(0.13)	285(0.05)	268(0.13)
1000	858(1.08)	983(0.42)	1093(0.75)	1150(0.59)	470(0.32)	471(0.3)	517(0.36)	531(0.35)
2000	1566(17.19)	1524(1.52)	3441(14.2)	2615(2.85)	921(3.8)	894(1.08)	878(3.63)	961(1.2)
3000	4777(98.67)	9000(19.46)	3993(39.2)	9000(21.73)	1244(12.19)	1118(2.82)	1332(13.12)	1379(3.54)

7 段 6 次: Butcher<sup>3)</sup>

7	1/3						
6	0	1/3					
5	1/12	1/3	-1/12				
4	-1/16	1/3	-1/16	-3/8			
3	0	1/3	-3/8	-3/4	1/2		
2	9/44	-9/11	63/44	18/11	0	-16/11	
1	11/120	0	27/40	27/40	-4/15	-4/15	11/120

陽的 Runge-Kutta 法の場合, (\*) は  $\mathbf{k}_1$  から  $\mathbf{k}_m$  まで順次求められる。そのためプログラムが簡単に構築できるというメリットがある。反面, 段数に比して次数の制限があり, 実用的な公式を作るのは手間がかかる。また, 硬い (Stiff) 方程式と呼ばれる Lipschitz 定数が大きな ODE に対しては刻み幅  $h_k$  を小さく取って計算する必要がある。

4.2 陰的 Runge-Kutta 法のアルゴリズム

陰的 Runge-Kutta 法は (2) の  $A$  の対角成分より上に非ゼロ成分がある係数を持つ。今回はフル陰的公式と呼ばれる, 3 段 6 次の Gauss 型公式を用いる。

5-√15	5	10-3√15	25-6√15
10	36	45	180
1/2	10+3√15	2	10-3√15
72	72	9	72
5+√15	25+6√15	10+3√15	5
10	180	45	36
	5	8	5
	18	18	18

この場合, 非線型連立方程式 (\*) を解く作業は簡単ではない。硬い方程式に対して実用的な時間で求めるためには, Newton 法が良いとされている。この時の反復式は下記ようになる。

初期値:  $\mathbf{k}_1^{(0)}, \dots, \mathbf{k}_m^{(0)}$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{k}_1^{(t+1)} \\ \mathbf{k}_2^{(t+1)} \\ \vdots \\ \mathbf{k}_m^{(t+1)} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} \mathbf{k}_1^{(t)} \\ \mathbf{k}_2^{(t)} \\ \vdots \\ \mathbf{k}_m^{(t)} \end{bmatrix} - J^{-1}(\mathbf{k}_1^{(t)}, \dots, \mathbf{k}_m^{(t)}) \begin{bmatrix} \mathbf{k}_1^{(t)} - \mathbf{f}(t_k + c_1 h_k, \mathbf{y}_k + h_k \sum_{j=1}^m a_{1j} \mathbf{k}_j^{(t)}) \\ \mathbf{k}_2^{(t)} - \mathbf{f}(t_k + c_2 h_k, \mathbf{y}_k + h_k \sum_{j=1}^m a_{2j} \mathbf{k}_j^{(t)}) \\ \vdots \\ \mathbf{k}_m^{(t)} - \mathbf{f}(t_k + c_m h_k, \mathbf{y}_k + h_k \sum_{j=1}^m a_{mj} \mathbf{k}_j^{(t)}) \end{bmatrix}$$

ここで,  $J(\mathbf{k}_1^{(t)}, \mathbf{k}_2^{(t)}, \dots, \mathbf{k}_m^{(t)}) \in \mathbb{R}^{m \times mn}$  は

$$J(\mathbf{k}_1^{(t)}, \mathbf{k}_2^{(t)}, \dots, \mathbf{k}_m^{(t)}) = \begin{bmatrix} I_n - J_{11} & -J_{12} & \cdots & -J_{1m} \\ -J_{21} & I_n - J_{22} & \cdots & -J_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -J_{m1} & -J_{m2} & \cdots & I_n - J_{mm} \end{bmatrix}$$

である。但し,

$$J_{pq} = h_k a_{pq} \frac{\partial}{\partial \mathbf{y}} \mathbf{f}(t_k + c_p h_k, \mathbf{y}_k + h_k \sum_{j=1}^m a_{pj} \mathbf{k}_j^{(t)}) \in \mathbb{R}^{n \times n}$$

$I_n$ :  $n$  次元単位行列

である。

実際の計算においては, Newton 法の反復計算の負荷, 特に連立一次方程式を解く手間を減らすため,  $J$  を下記のように固定した準 Newton 法を用いることが多い。

$$J(\mathbf{k}_1^{(t)}, \mathbf{k}_2^{(t)}, \dots, \mathbf{k}_m^{(t)}) = J(\mathbf{k}_1^{(0)}, \mathbf{k}_2^{(0)}, \dots, \mathbf{k}_m^{(0)})$$

前述したように, 今回はなるべくカーネル関数は記述せず, 既存の線型計算ライブラリを用いたホストプログラムとして作成するよう心がけたが, 特にこの陰的 Runge-Kutta 法の実装においてはブロック行列  $J(\mathbf{k}_1^{(0)}, \mathbf{k}_2^{(0)}, \dots, \mathbf{k}_m^{(0)})$  を構築しなければ, MAGMA の連立一次方程式ルーチンが使えないことになる。従って, この部分のみ, カーネル関数 `bncu_bigmat_dmatrix` を実装し, 並列実行して計算時間を減らすことに成功した (Fig.5)。

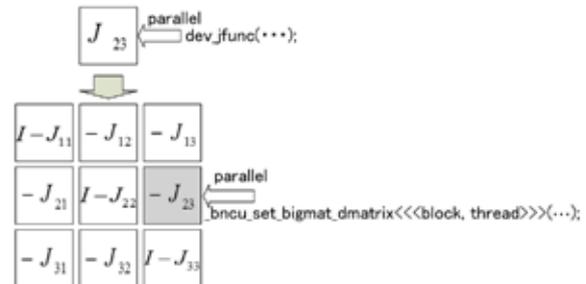


Fig. 5: 陰的 Runge-Kutta 法におけるブロック行列生成法

4.3 線型常微分方程式を用いた性能評価

一様乱数を用いて生成した正則行列  $R$  と逆行列  $R^{-1}$  を用いて

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = -(R \text{diag}(n, n-1, \dots, 1) R^{-1}) y \\ \mathbf{y}(0) = [1 \dots 1]^T \end{cases}$$

積分区間: [0, 1]

という定係数常微分方程式を作成。  $n = 50, 100, 200, 500, 1000$  とした時の性能評価を行う。今回, 陰的 Runge-Kutta 法の反復計算においては MAGMA の提供する倍精度直接法ルーチンを用いて計算を行っている。

まず、固定刻み幅  $h = 1/10$  とした時の結果を Fig.2 に示す。ERK76(陽的 7 段 6 次) と IRK36(陰的 3 段 6 次) を比較したものである。

Table 2: 7 段 6 次陽的 Runge-Kutta 法 (ERK76) と 3 段 6 次陰的 Runge-Kutta 法 (IRK36) の性能評価 (秒)

n	ERK76		IRK36	
	CPU	GPU	CPU	GPU
50	$9.0 \times 10^{-5}$	0.0046	0.08	1.13
100	0.00026	0.0051	0.64	1.23
200	0.001	0.0062	4.96	2.3
500	0.0062	0.012	79.15	6.99
1000	0.025	0.019	633.37	15.91

すでに見てきた通り、並列効果が見込めない低次元問題に対しては GPU の効果は薄い。陽的解法の場合、 $f(t, y) = Ay$  を呼び出す部分を除いてはベクトル演算のみから構成されており、1000 次元になってようやく GPU の方が高速になる。逆に陰的解法の場合は準 Newton 法の反復において必ず連立一次方程式を解く必要があり、100 次元以下では CPU の方が高速、200 次元以上では GPU の方が高速で、それ以上の次元数になると更にその差は大きくなる。

現在の実装では陰的解法の低速さが目立つ。実際、1000 次元の問題に対して GPU を用いた場合、同程度のノルム相対誤差になるように刻み幅 (刻み数) を調節して計算時間を比較してみた結果を Table 3 に示す。

Table 3: 1000 次元問題における陽的解法と陰的解法の GPU 実装の比較

	Normwise Rel.Err.	#steps	Comp.Time(s)
ERK76	$8.32 \times 10^{-3}$	352	0.68
IRK36	$6.95 \times 10^{-3}$	17	28

かなり硬い問題になっているため、陽的解法の刻み数 (#steps) は陰的解法の約 20 倍になっているが、既に Table 2 に示した通り、陰的解法は陽的解法より 1 刻みあたりの計算時間が約 1000 倍遅くなっているために、トータルの計算時間の差は約 50 倍開いたままになっている。

今回の陰的解法の実装は、Hairer の RADAU5<sup>1)</sup> や Jay の SPARK3<sup>7)</sup> に示されているような行列のリダクションは行っていない。また、混合精度反復改良法による高速化<sup>14)</sup> もなされておらず、高速化の余地は多数残っていると思われる。

### 5. GT640 における性能評価

以上、高性能な計算用 GPU である Tesla C2070 を使用した性能評価結果を示してきたが、カード一枚で 20 万円以上 (2013 年 3 月現在の実勢価格) と非常に高価である。それに対して、汎用グラフィックスカード用 GPU を搭載したグラフィックスカードは 10 万円以内で買えるものが殆どである。ここではその中でも非常に安価な GT640 (実勢価格 1 万円以内) を用いて、今まで示してきた結果と比較するための性能評価を行う。計算環境は下記の通りである。GPU のスペック以外は Tesla とほぼ同一の環境である

H/W Intel Core i7-3770 (3.4GHz), 32GB RAM, NVIDIA GT 640

S/W Scientific Linux 6.3 x86\_64, Intel Compiler 13.0 + Intel Math Kernel, CUDA Toolkit 5.0, MAGMA 1.3.0

まず、線型計算の性能評価を行った結果を Fig.6 に示す。それぞれ行列ベクトル積、行列積の結果である。

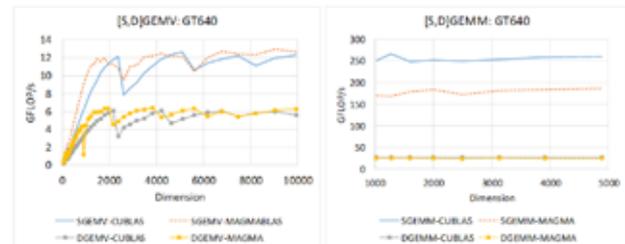


Fig. 6: GT640 の線型計算の性能評価 (左: 行列・ベクトル積, 右: 行列積)

全体的に、全ての計算性能は Tesla C2070 の半分程度になっていることが分かる。特徴的なのは、行列・ベクトル積においては性能の激しいブレ、行列積においては、特に単精度計算における CUBLAS と MAGMA の性能差の大きさである。行列積においては一般的に CUBLAS の性能が高い。

MAGMA の LU 分解、前進・後退代入のルーチンを用いた性能評価結果を Fig.7 に示す。

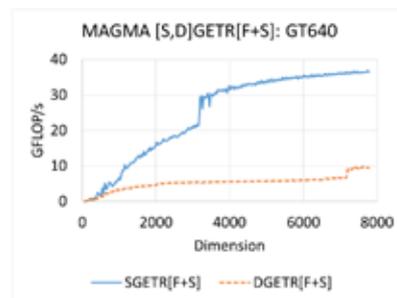


Fig. 7: GT640 の直接法の性能評価

行列ベクトル積、行列積の結果と比較して、直接法においては単精度と倍精度の落差が大きいことが分かる。

これらの結果から容易に推察できるのは、Runge-Kutta 法についても Tesla C2070 に比べて 2 倍以上の性能が落ちることである。実際にベンチマークテストを行ってみると、Table 4 に示す通り、約 2 倍~2.5 倍の性能差があることが分かる。

ベンチマーク結果には直接現れないが、メモリ保護機構のない GT640 ではグローバルメモリを不正アクセスするようなカーネル関数を記述すると途端に GPU がハングアップする。また、Tesla C2070 では現れない MAGMA の制限 (バグ?) により、規模の大きな行列の倍精度計算を行うとエラー表示を吐いてまともに実行できないことが度々あった。そのため開

Table 4: 陽的, 陰的 Runge-Kutta 法の性能評価 (秒)(Tesla C2070 と GT640)

$n$	ERK76-GPU		IRK36-GPU	
	Tesla	GT640	Tesla	GT640
50	0.0046	0.0062	1.13	0.95
100	0.0051	0.0070	1.23	1.12
200	0.0062	0.012	2.30	2.35
500	0.012	0.021	6.99	9.48
1000	0.019	0.037	15.91	42.47

発にあたっては Tesla C2070 を主として使用し, 比較用として GT640 を補助的に用いるようにした. このような実行性能以外のハードウェア環境の差も, GPU を用いた高性能計算を行う際には留意すべきである.

## 6. 結論と今後の課題

以上述べてきたように, 大規模計算になればなるほど, CPU より GPU 上での計算が有利であることが今回の性能評価の結果, 明確になった. しかし, 小規模な問題に関しては GPU へのメモリ転送等がボトルネックになり, 性能が発揮されないという問題も明らかになった.

今後は GPU 上での性能をより引き出すことを目的とした実装方法の探求を行っていききたい. 特に陰的 Runge-Kutta 法に対しては, Tesla K20, GTX Titan 以上でサポートされる Dynamic Parallelization の機能が, 特に Jacobi 行列から生成されるブロック行列の構築に対して有効に働くものと思われる. また, 前述したような高速化のための仕組みの導入も必要であると思われる. これらの機能や高速化の手法を生かした実装を行っていく予定である.

## 謝辞

本研究を実施するに当たり, 静岡理工科大学研究プロジェクト (B) の援助を受けた. 使用した Tesla C2070 はこの援助によるものである. 関係各位に厚く御礼申し上げる. また, 秋田県立大学システム科学技術学部電子情報システム学科にてサバティカル滞在中, シミュレーション工学研究室から研究環境の提供を受けた. GT640 を組み込んだマシンはここで提供されたものである. サバティカル滞在中に助力して頂いた秋田県立大学小澤一文教授, 廣田千明准教授, 中村真輔助教に感謝致します.

## 参考文献

- 1) E.Hairer. Radau5. <http://www.unige.ch/~hairer/software.html>.
- 2) Khronos Group. OpenCL. <http://www.khronos.org/ocl/>.
- 3) M. K. Jain. *Numerical Solution of Differential Equations*. Wiley Eastern Limited, second edition, 1987.
- 4) Tomonori Kouya. BNCpack. <http://na-net.jp/na/bnc/>.
- 5) LAPACK. <http://www.netlib.org/lapack/>.
- 6) Intel Math Kernel Library. <http://www.intel.com/software/products/mkl/>.
- 7) L.O.Jay. Spark3. <http://www.math.uiowa.edu/~ljay/SPARK3.html>.
- 8) MAGMA. Matrix Algebra on GPU and Multicore Architectures. <http://icl.cs.utk.edu/magma/>.
- 9) NVIDIA. CUBLAS. <https://developer.nvidia.com/cublas>.
- 10) NVIDIA. CUDA toolkit. <https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit>.
- 11) NVIDIA. What is CUDA. <https://developer.nvidia.com/what-cuda>.
- 12) ATLAS: Automatically Tuned Linear Algebra Software. <http://math-atlas.sourceforge.net/>.
- 13) BLAS: Basic Linear Algebra Subprograms. <http://www.netlib.org/blas/>.
- 14) 幸谷智紀. 倍精度と多倍長精度浮動小数点数を用いた反復改良法による連立一次方程式の高精度高速解法について. 日本応用数学会論文誌, Vol. 19, No. 3, pp. 313–328, 2009-09-25.

# 着衣状態における触識別能力を測る

## Measurements of distinguishing abilities of clothed buttocks

宮岡 徹\*

Tetsu Miyaoka

**Abstract:** False accusations have been serious problems in groper cases. Does a victim have enough tactile ability to distinguish a groper's hands from other objects? This study was conducted to examine tactile distinction abilities; for example, do clothed buttocks have the ability to distinguish between hands and bags? In an experiment a female experimenter touched the buttocks of 6 participants (3 males and 3 females) with her hands or a bag, and measured distinction abilities using the two-alternative forced-choice technique. The experimental results showed that distinguishing between the right hand and the left hand was impossible (the proportion of correct answers: 0.55). The distinction rate between the palm and the dorsum of the hand was 2/3 (the proportion of correct answers: 0.67). The distinction rates between the open hand and the fist, and between the fist and the bag were 3/4 (the proportions of correct answers: the open hand and the fist 0.76, the fist and the bag 0.74). The distinction rate between the open hand and the bag was 4/5 (the proportion of correct answers: 0.82). The results of the study showed that the acts of distinguishing between the right and left hand, and between the palm and dorsum were difficult; however, the distinguishing between the open hand and the bag was easy for the clothed buttocks.

### 1. はじめに

昨今、電車内などで痴漢行為により拘束されたというニュースをしばしば見聞きする。それとともに、冤罪を疑われるケースも増加している印象を受ける。こうした事件の裁判では、被害者の証言が重要となる。しかし、被害者がたとえば臀部を手で触られたと訴えた場合、被害者はどこまで正確に触られたときの状態を認識できているのか。痴漢事件における証言を触覚研究の立場から見る場合、いくつかの点が問題となる。まず、被害者が痴漢事件に遭遇したとき被害を受ける体部位は、通常、臀部などの皮膚有毛部である。また、被害を受ける部位は衣服に覆われている。このような状態で、被害者がどれほどの識別能力を発揮できるのか。

皮膚は無毛部と有毛部に分けられる。無毛部は、手掌、足底、口唇などの部分であり、指紋、掌紋などがあり、毛は存在しない。これに対し、有毛部はこれら以外の体表部分で、毛（あるいは、毛は目立たなくても毛穴）が存在する。皮膚無毛部は、手による触認識を含むため、極めて多くの研究がなされてきた。これに対し、皮膚有毛部はもっぱら受動的な接触の認識に使われているため、Bolanowskiら<sup>1)</sup>の研究などはあるものの、その数は非常に少ない。また、触覚研究は、皮膚に直接刺激を提示する状態で行われるため、衣服を着た場合の実験的研究はほとんどない。

本研究は、法律事務所からの問い合わせをきっかけとし

て、観察者が着衣状態で触覚的識別がどこまで可能かを調べることを目的として行われた。本研究では、4つの実験を実施した。実験1では、臀部における手および鞆の識別能力を調べた。実験2では、臀部における触2点閾を測定した。実験3では、体背部を実験部位とし、着衣と非着衣の触2点閾を比較した。実験4では、触2点閾を測定するための2種類の方法を比較した。

### 2. 実験1

#### 2.1 目的

着衣状態の臀部に手または鞆を接触させ、手の状態（「右手・左手」、「開いた手・拳」など）の識別や手と鞆の識別がどの程度可能であるか調べることを実験目的とした。

#### 2.2 方法

(1) 観察者：観察者（被験者）は、女子3名、男子3名、計6名とした。観察者の年齢は、いずれも20歳代であった。

(2) 観察者の服装：手または鞆で着衣の観察者臀部に触れ、触れた対象の識別判断を求めた。実験時には、下着の上に、女子は全員プリーツスカート、男子は全員ジーンズを着用した。

(3) 実験時の姿勢と刺激部位：実験時には、観察者は立位の状態でアイマスクをかけた。実験者は観察者の背後に立ち、観察者の左臀部に手、または鞆で触れて、判断を求めた。

(4) 実験者と刺激手段：実験者は20歳代の女子で、実験1のすべての試行で実験者を務めた（実験者が観察者と

2013年3月1日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

なるときのみ、他の女子が実験者を務めた)。観察者の臀部には、実験者の右手、左手、および鞆で触れた。鞆は布製で、大きさは縦23 cm、横40 cm、厚さ10 cmであった。鞆の中にタオルを詰めて実験に用いた。

(5) 実験手続き：実験は、提示された刺激が2つの選択肢のうちどちらであったかを判断するという方法で実施した。2肢の組み合わせは、

- ① 右手・左手
- ② 開いた手・拳
- ③ 開いた手・鞆
- ④ 拳・鞆

とした。①の「右手・左手」条件では、手を開いた状態で観察者の臀部に触れた。また、①では、補足として、触れている対象が「手掌側(手の平側)か、手背側(手の甲側)か」を問う項目も付け加えた。①～④の4種類の組み合わせのそれぞれについて、さらに、手や鞆を静止した状態で臀部に触れる「静止条件」と、動かしつつ臀部に触れる「運動条件」で判断を求めた。「運動条件」の場合、手や鞆を動かす範囲は臀部に限定した。動かす速度については特に制限を加えなかったが、手により対象を触知する通常速度の範囲内にあった。結局、4種類の組み合わせ×2条件=8実験条件で実験を実施した。各観察者に対し、8実験条件の提示順序はランダムとした。

8種類の実験条件のすべてにつき、それぞれ30回の判断を求めた。それゆえ、1人の観察者の全実験試行数は $8 \times 30 = 240$ となった。すべての試行で、刺激提示時間は3秒、刺激提示間隔は10秒以上とした。なお、実験に際しては、8実験条件すべてで練習試行を5回行った。

## 2.3 結果と考察

8実験条件(副次的な「手掌・手背」条件も考慮すると、10実験条件)ごとにすべての観察者の平均正答率を計算した。その結果をFig. 1に示す。また、これらが統計的に意味があるか否かについて2項分布に基づく度数検定を行った結果をTable 1に示す。Fig. 1, Table 1を見ると、いずれの実験条件でも正答率は0.5以上となった。しかし、「静止状態における右手・左手の区別」の正答率は0.517であり、検定の結果も5%水準で有意とはならなかった。これは、観察者には右手と左手の区別ができないことを示す結果であった。「運動状態における右手・左手の区別」については、正答率は0.578、検定結果は5%水準で有意であった。運動状態では、観察者は全く識別できていない(ランダムに回答している)とは言えないものの、正答するのが非常に難しいということがわかる。

「手掌・手背の区別」、「開いた手・拳の区別」、「開いた手・鞆の区別」、「拳・鞆の区別」については、いずれもTable 1の2項分布値が $p > 0.999$ となり、少なくとも0.1%水準で有意であった。これは、観察者が、当該の対象を区別できていることを示す。ただし、正答率は、区別する対象によりかなり異なっており、「手掌・手背」では0.66～0.68であったが、「開いた手・鞆」では0.80～0.83であった。「手掌・手背」の場合、3回の提示中2回が正答ということになるのに対し、「開いた手・鞆」では5回中4回が正答という結果が得られた。なお、上にも述べた通り、2回に1回という正答率は観察者がランダムに答えていること、すなわちまったく識別できていないことをあらわしている。つぎに、手や鞆が止まった状態で触れている場合(静

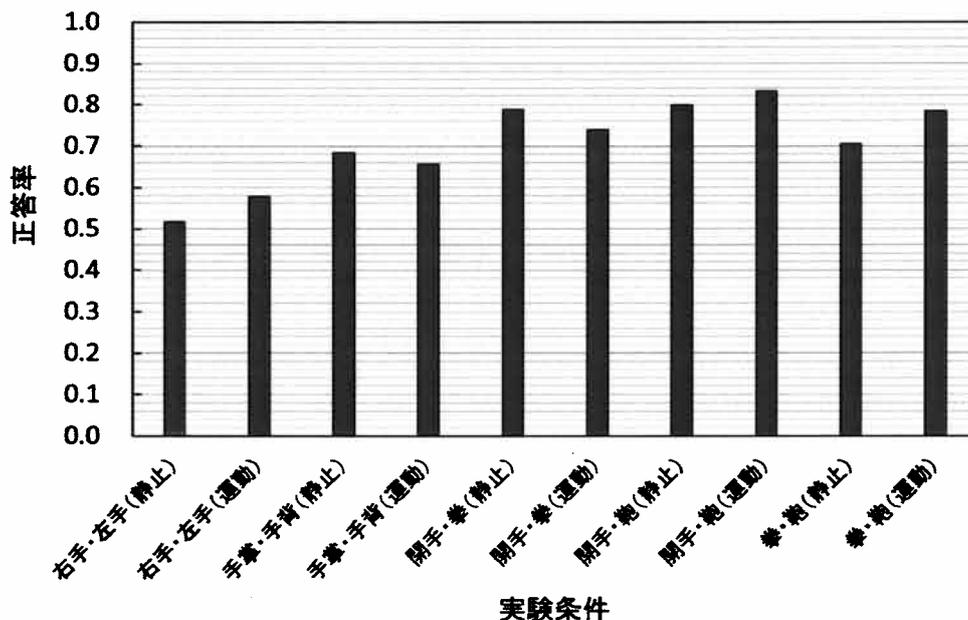


Fig. 1 実験条件ごとの正答率。2つの選択肢から1つを選んで答えるので、正答率が0.5(50%)ならランダムに答えている(たとえば「右手」か「左手」かが全く分からない)ことになる。

Table 1 6名の観察者の平均正答率を正答率の列に、そのときの2項分布累積分布関数値を2項分布値の列に示す。2項分布値が $p > 0.95$ なら、正答率は5%水準で有意、 $p > 0.999$ なら0.1%水準で有意となる。

	正答率	2項分布値
右手・左手 (静止)	0.517	0.699
右手・左手 (運動)	0.578	0.985
手掌・手背 (静止)	0.683	1.000
手掌・手背 (運動)	0.656	1.000
開手・拳 (静止)	0.789	1.000
開手・拳 (運動)	0.739	1.000
開手・靴 (静止)	0.800	1.000
開手・靴 (運動)	0.833	1.000
拳・靴 (静止)	0.706	1.000
拳・靴 (運動)	0.783	1.000

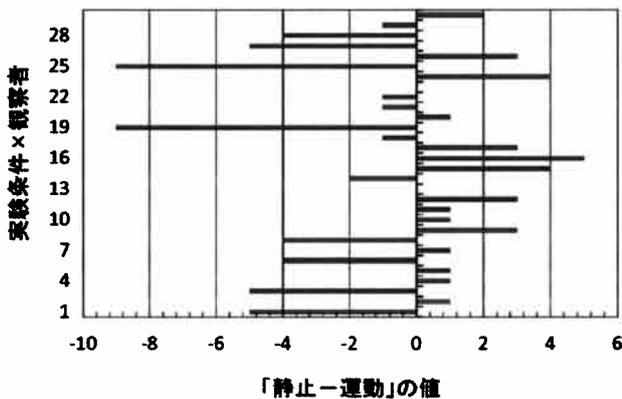


Fig. 2 「5実験条件×6名の観察者」ごとに「静止状態」での正答数から「運動状態」での正答数を引いた値。なお、5実験条件は「右手・左手」、「手掌・手背」、「開いた手・拳」、「開いた手・靴」、「拳・靴」を指す。

止状態)と動きながら触れている場合(運動状態)で、正答率に差が出るかどうかを調べた結果をFig. 2に示す。Fig. 2は、5実験条件(「手掌・手背」条件も含む)×6観察者

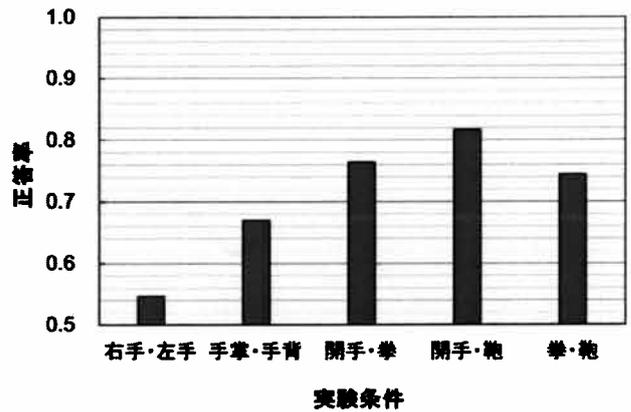


Fig. 3 実験条件ごとの正答率。Fig. 1の「静止状態」と「運動状態」をひとつのグラフにまとめた結果を示す。

=30 実験条件・観察者について、「静止状態の正答数-運動状態の正答数」の値を表示した結果である(この計算では「手掌側・手背側」の判断も1実験条件として数えている)。Fig. 2をみると、静止状態あるいは運動状態のどちらかで正答率が上昇するというはっきりした傾向は見られなかった。両者に差が存在するか否かについてt検定を行ったところ、 $t = 0.403$  ( $t_{0.05}(29) = 2.045$ )となり、有意差は無かった。結局、臀部に触れられた対象の触知能力に関しては、臀部に触れた対象が動いていても動いていなくても正答率に差はなかったことになる。

そこで、つぎに「静止状態」と「運動状態」の結果をまとめて、Fig. 1を見易くした結果をFig. 3に示す。Fig. 3から「右手と左手」、「手掌と手背」、「開いた手と拳」、「開いた手と靴」、「拳と靴」の正答率はそれぞれ0.547, 0.669, 0.764, 0.817, 0.744であることがわかった。「右手と左手」の識別は臀部ではほとんどできない(ランダムに答えている)が、「手掌と手背」の識別は3回に2回は可能である。「開いた手と拳」の識別、「拳と靴」の識別は4回中3回できる。4回中3回(0.75)という確率は、心理学の分野では刺激の弁別が可能と見なす弁別閾の確率でもある。「開いた手と靴」は5回中4回以上の正答が期待でき、観察者が刺激をかなりよく識別できているレベルと言える。各実験条件間での正答率の差についてのt検定結果を

Table 2 5つの実験条件間の差のt検定結果。\*は5%水準、\*\*は1%水準、\*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す。

	右手・左手	手掌・手背	開手・拳	開手・靴	拳・靴
右手・左手	——				
手掌・手背	2.762 *	——			
開手・拳	6.476 ***	2.237 *	——		
開手・靴	6.552 ***	4.504 ***	0.988	——	
拳・靴	4.258 **	2.215 *	0.327	3.398 **	——

Table 2に示す。この表を見ると、「右手・左手」と「開いた手・拳」、「右手・左手」と「開いた手・拳」、および「手掌・手背」と「開いた手・拳」の間には、0.1%水準で有意差があった。これらの正答率の差は偶然には生じないレベルにあり、「開いた手・拳」と「開いた手・拳」の正答率は、「右手・左手」の正答率より明らかに高かった。また、「開いた手・拳」の正答率も「手掌・手背」の正答率よりも明らかに高かった。「右手・左手」と「拳・拳」、および「開いた手・拳」と「拳・拳」の間には、正答率に関して1%水準で有意差があった。さらに、「右手・左手」と「手掌・手背」、「手掌・手背」と「開いた手・拳」、および「手掌・手背」と「拳・拳」の正答率の間にも5%水準で有意差が見られた。1%水準および5%水準の有意差は、統計学では偶然とは言えないレベルで差があるとみなされる。これらに対し、「開いた手・拳」と「開いた手・拳」、および「開いた手・拳」と「拳・拳」の正答率の差は統計的には有意ではなかった。すなわち、これらの正答率の間には差があるとは認められず、同レベルでの識別がなされていたことになる。

観察者は男子3名、女子3名であった。各実験条件の正答率に関して、男女間に正答率の差が存在するか否かを調べるため $t$ 検定を行ったところ $t = 0.777$ となり、男女間に有意差はなかった( $t_{0.05}(18) = 2.101$ )。この結果から、臀部での識別判断に関して、男子あるいは女子のどちらか一方が他方より敏感とは言えないと結論された。

### 3. 実験2

#### 3.1 目的

着衣状態で、臀部における触2点閾を測定することを実験目的とした。

#### 3.2 方法

(1) 観察者：観察者は、女子3名、男子4名、計7名とした。男子1名を除く6名は、実験1の観察者と同一であった。また、観察者の年齢はすべて20歳代であった。

(2) 観察者の服装：実験では、着衣状態の観察者の臀部をノギスで刺激し、判断を求めた。実験時には、女子は全員プリーツスカート、男子は3名がジーンズ、1名はチノ・パンツを着用した。

(3) 刺激装置、刺激部位、実験時の姿勢：観察者はアイマスクをかけ、立位の状態で実験を行った。観察者の左臀部に実験者がノギスにより刺激を与え、それが1点か2点かを観察者に判断させた。

(4) 実験手続き：触2点閾の判断には極限法を用いた。判断は、「2点」または「1点」の2件法とした。初めにノギスの長さを調節し、観察者それぞれについて確実に2点と感ずる点と確実に1点と感ずる点を定めた。その後実験を実施した。実験では、刺激する2点の間隔を次第に広げていく「上昇系列」を2回、2点の間隔を次第に狭めていく「下降系列」を2回、計4回実施した。上昇系列および下降系列の開始点は適宜変化させ、恒常誤差の混入を避けるよう努めた。また、ノギスを当てる方向については、上昇系列、下降系列とも体軸と平行な方向で1回、

体軸に直交する方向で1回の測定を行った。これら4回の測定順序は、観察者ごとにランダムに定めた。実験に先立ち、上昇系列、体軸平行方向での練習を1回実施した。

#### 3.3 結果と考察

各観察者について4回の触2点閾測定結果を平均した。その値をFig. 4に示す。この図からわかるように、触2点閾の平均値は、67.0 mmであった。触2点閾について男女間の差を $t$ 検定により調べたところ、 $t = 0.245$  ( $t_{0.05}(5) = 2.571$ )となり、有意差は認められなかった。すなわち、男子と女子の観察者の触2点閾間に差があるとは言えなかった。

極限法では、上昇系列と下降系列の間に閾値の差が見られることが多いので、実験2でも上昇系列と下降系列間の差の有無について $t$ 検定を行った。その結果、 $t = 0.0155$  ( $t_{0.05}(13) = 2.16$ )となり、両者の間には有意差はなかった。実験2では、上昇系列と下降系列による触2点閾の差はなかったことになる。

また、実験2では、体軸に対し平行方向と直交方向で触2点閾を測定した。この両者の差について $t$ 検定により検討したところ、 $t = 0.0660$  ( $t_{0.05}(13) = 2.16$ )となり、有意差は見いだされなかった。臀部では、体軸に対し、平行方向と直交方向で触2点閾の差はなかったというになる。

つぎに、着衣の状態と服を着ない状態で、触2点閾の大きさにどの程度の差があらわれるかについて、以前に発表されている論文の結果と比較検討してみた。触2点閾の測定の歴史は極めて古く、すでに19世紀前半にWeber<sup>2)</sup>がコンパス(類似の装置)を使った測定を行っている。ここでは、触2点閾測定でよく知られたWeinstein<sup>3)</sup>の測定と比較してみる。Weinsteinは臀部での測定は行っていないが、臀部に近い大腿部と腓腹部で測定しているので、その結果と本実験の結果を比較する。Weinsteinの実験で結果は、観察者が男子でも女子でも、大腿部・腓腹部の触2点閾は約45~47 mmとなった。これに対し、実験2における平均触2点閾は67.0 mmであった。本実験の結果から95%の信頼区間を求めると、

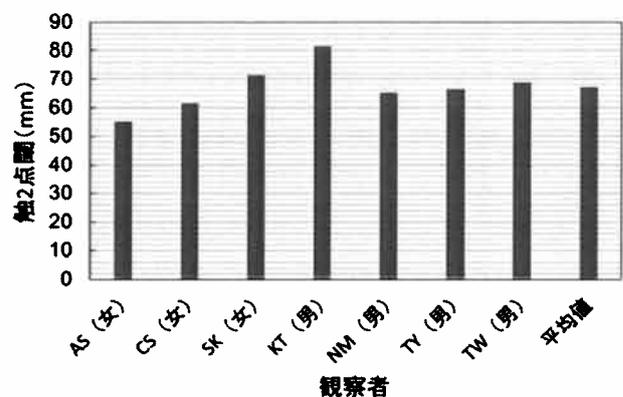


Fig. 4 各観察者につき、上昇系列2回、下降系列2回、計4回の測定の平均値を示す。縦軸は触2点閾値 (mm 単位)、横軸は各観察者、およびすべての観察者の平均値である。

$$P\left(67.0 - 2.447 \frac{8.22}{\sqrt{7}} \leq \mu \leq 67.0 + 2.447 \frac{8.22}{\sqrt{7}}\right) = 0.95$$

となった。この式から、実験2の触2点閾平均値 ( $\mu$ ) の95%信頼区間は [59.4, 74.6] であることがわかった。結局、着衣の場合、臀部の触2点閾平均値は、実験2の場合59.4 mmから74.6 mmの間にあり、Weinsteinの結果より、明らかに大きくなった。臀部の触2点閾が大腿部や腓腹部より大きいという可能性は否定できないが、実験2では観察者が服を着ているため触2点閾が大きくなったと推測する方が自然と思われる。

#### 4. 実験3

##### 4.1 目的

実験2では、着衣の状態での触2点閾について測定した。その結果、着衣の状態では非着衣の状態に比べ、触2点閾が約1.4~1.5倍程度大きくなるという結果が得られた。しかし、この結果は、非着衣状態の大腿部・腓腹部で測定された実験結果と着衣状態の臀部の結果を比較したものであり、着衣状態で直ちに触2点閾が増加することを示すものではない。そこで、われわれは同一観察者について着衣状態と非着衣状態での触2点閾測定実験を行い、それらの結果を比較検討することにした。

##### 4.2 方法

(1) 観察者：いずれも20歳代の男子10名が、観察者として実験に参加した。

(2) 刺激：実験3では、触2点閾を測定する刺激として、ノギスではなく、MDF (medium density fiber) ボードを刺激材料とした自作刺激を用いた。このボードは熱伝導率が低く、温度刺激が触2点閾に与える影響を低くすることができる。また、皮膚等に接触する部位にはやすりをかけ、滑らかにした。これにより、痛覚が実験結果に与える影響を除去できると考えた。実験3の測定条件には、非着衣条件が含まれ、皮膚を直接刺激する場合があるため、このような配慮が必要であった。

刺激材料には、上記のようにMDFボードを持用いた。このボードは厚さ5.5 mmであり、これをFig. 5に示すような形状にカットして、刺激として用いた。皮膚等を刺激する部分は5 mm×5.5 mmの矩形であった。また、2つの矩形間距離 (ギャップ) は、5 mm~90 mmで、5 mmステップで変化させた。それ故、刺激種類は18種類となった。

(3) 実験手続き：観察者は、実験時にはアイマスクをかけ、立位の状態で実験を行った。刺激位置は、観察者の体背部とし、体軸より左方に5 cm、肩より下方30 cm部分に印をつけ、刺激中心とした。実験者は、観察者の背後に位置し、当該刺激部位を、MDFボード刺激の2点で同時に刺激し、判断を求めた。

刺激提示方向は、体軸を基準として体軸と平行な方向 (縦) と体軸と直交する方向 (横) とした。また、着衣・非着衣の測定条件は、

- ① 非着衣
- ② 着衣1：Tシャツ1枚を着用
- ③ 着衣2：Tシャツ+ベスト

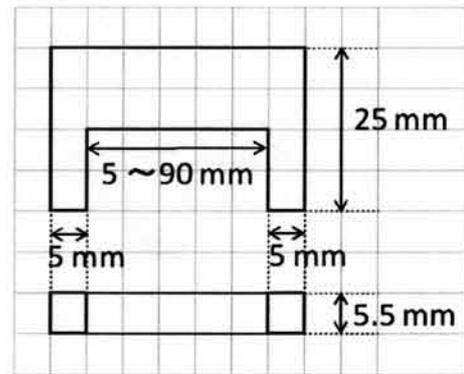


Fig. 5 MDFボードで作成した触2点閾測定用刺激。ボードの厚さは5.5 mm、刺激部位は5 mm×5.5 mmの矩形とした。また、2つの矩形間の間隔 (ギャップ幅) は5~90 mmであった。

とした。

2提示方向×3着衣・非着衣条件について、極限法により測定を行った。極限法による測定は、6実験条件すべてについて、それぞれ上昇系列5回、下降系列5回、計10回とした。結局、観察者それぞれについて、測定回数は2×3×10=60回となった。なお、上昇系列、下降系列の提示順はランダムとした。また、刺激開始点はそれが観察者に分からないように適宜変化させた。

各試行の刺激提示時間は1秒、刺激間間隔は3秒とした。実験3は非着衣条件を含むため、実験室温度を25℃以上とし、非接触温度計で測定した観察者の皮膚温度を常に33℃以上に保つようにした。

##### 4.3 結果と考察

実験3は、極限法により実施した。極限法は恒常誤差が入りやすい方法なので、まずこの点についてチェックした。極限法における恒常誤差は、上昇系列、下降系列における閾値差としてあらわれることが多い。そこで、すべての実験条件で得られたデータについて、上昇系列と下降系列における触2点閾間に差があるかどうか調べた。その結果、両者の間に統計的有意差がないことが明らかとなった ( $t=0.271$ ,  $t_{0.05}(59)=2.00$ )。また、体軸に対し、平行方向の実験条件と直交方向の実験条件の触2点閾間に差が見られるかどうかとも検討した。その結果、平行方向の2点閾平均値は41.7 mm、直交方向の平均値は34.5 mmで差があるように見えたが、観察者間の個人差が大きかったため、両者の間には統計的有意差は見いだせなかった ( $t=7.91 \times 10^{-7}$ ,  $t_{0.05}(59)=2.00$ )。

そこで、すべての観察者、すべての実験条件のデータをもとにして、触2点閾における着衣の効果について検討した。非着衣および着衣状態における触2点閾平均値をFig. 6に示す。この図を見ると、非着衣状態と着衣状態の触2点閾の間に差が見られないことが分かる。統計的に検定してみたところ、非着衣・着衣1条件間では $t=0.276$ 、非着衣・着衣2条件間では $t=0.838$ 、着衣1・着衣2条件間では $t=0.318$ となった。 $t_{0.05}(39)=2.023$ であるから、3者の間には、いずれも有意差は見られなかったことになる。

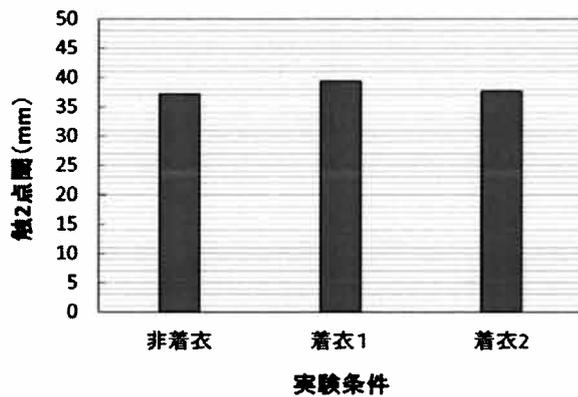


Fig. 6 非着衣, 着衣1, 着衣2の3条件で測定した触2点閾。

また, 実験3では, 着衣の厚さの効果も見られなかった。観察者は, 着衣1条件では「Tシャツ1枚」, 着衣2条件では「Tシャツ+ベスト」を着ていたが, これらの着用は, 実験結果に何ら影響を与えなかった。

非着衣・着衣条件が触2点閾の大きさになんら影響を与えなかった原因として考えられるのは, 着衣が触覚系の判断情報量低下のフィルタとしての役割を果たさなかったことである。皮膚が接触情報を受容する際は, さまざまな波長の刺激を受け取るわけであるが, 衣服を着用していると, ある一定波長以下の波長情報は, 衣服がフィルタとして作用するために, 触2点閾判断に使用することができない。

本実験結果では, 体背部の触2点閾は37.2~39.4mmとかなり大きかった。そのため, 判断に用いられた情報は, 着衣が1枚の場合も2枚の場合もフィルタを通過することができ, 非着衣, 着衣1枚, 着衣2枚の触2点閾の間に差があらわれなかったものと推定される。

## 5. 実験4

### 5.1 目的

実験2で, 先行研究における触2点閾値について言及した際, 実験2の結果をWeinsteinの測定結果と比較した。しかし, 近年, 組織的に測定された触2点閾測定結果には, 他の研究も存在する。その代表的なもののひとつとして, Stevensら<sup>4)</sup>の研究があげられる。ところが, Weinsteinの触2点閾とStevensらの触2点閾(Stevensらは, これを「ギャップ閾」と呼んでいる)の値はかなり異なっている。たとえば, たとえば, 腓腹部におけるWeinsteinの触2点閾が約47mmであったのに対し, Stevensらの触2点閾は約31mm(若者の場合)となった。触2点閾は, 足拇指のように加齢により大きく上昇する部位もある<sup>4)</sup>。しかし, Weinsteinの観察者は19~37歳であり, Stevensらの観察者(若年者)は18~28歳だったので, 年齢が両者の差の主要原因とは考えられない。結局, 両者の触2点閾の差は, 触2点閾の測定法にあると考えられる。

Weinsteinは, カリパスを用い, 極限法で触2点閾を測定した。

これに対しStevensは, スタイロフォーム(Styrofoam, 発泡スチロール類似の素材)を用い, 2肢強制選択法と上下法を組み合わせた適応法により測定を行った。一般的にStevensらの方法のほうが, より小さな触2点閾が得られるとされている。

そこで, 実験4では, 2肢強制選択法と恒常法を組み合わせた方法により, 実験3と同一観察者, 同一部位で触2点閾を測定することにした。実験3は, 典型的な極限法で測定を行ったので, 実験3と実験4の結果を比較することにより, 2肢強制選択法でどの程度精度が上がるかがわかることになる。

### 5.2 方法

(1) 観察者: 実験3と同一の10名の観察者が実験に参加した。

(2) 刺激: 実験3で用いたのと同じ, MDFボードで作成した刺激を用いた。ただし, 実験4では, MDFボードの2矩形が存在する側(ギャップ存在側; Fig. 5「コの字型刺激」の下側)だけでなく, 棒側(ギャップ非存在側; Fig. 5「コの字型刺激」の上側)も刺激として用いた。

(3) 実験手続き: 観察者は, 実験時にはアイマスクをかけ, 上半身裸, 立位の状態で実験を行った。刺激位置は, 実験3同様, 観察者の体背部とし, 体軸より左方に5cm, 肩より下方30cm部分に印をつけ, 刺激中心とした。実験者は, 観察者の背後に位置し, 当該刺激部位にMDFボード製の刺激を提示し, 判断を求めた。

刺激は, ギャップ幅が5mm~85mmで, 10mm間隔とした。よって, 刺激は9種類となった。このギャップ刺激とそれと同じ長さの棒刺激の組み合わせを1セットとした。2つ一組のセット刺激を観察者の体背部に順番に提示し, たとえば「ギャップ刺激」が提示されたのが「前」か「後」かについて, 2肢強制選択法で判断させた。実験4では恒常法実験手続きを採用した。そこで, 9刺激セットの提示順はランダムとした。

また, 実験4では, 刺激提示方向は, 体軸を基準として体軸と平行な方向(縦)と体軸と直交する方向(横)での実験を行った。そこで, 実験条件は全体で,  $9 \times 2 = 18$ となった。この18の実験条件について, 各観察者が10回ずつの判断を行ったので, 観察者の総判断回数は $18 \times 10 = 180$ となった。実験4でも, 各試行の刺激提示時間は1秒, 刺激間隔は3秒とした。

実験4では, 観察者は上半身裸で実験を行ったので, 実験室温度は26℃以上に保つようにした。実験時の観察者の皮膚温度は33℃以上とし, 非接触温度計によりチェックした。皮膚温が33℃に達しない場合は, ファンヒータ等で暖めた。

### 5.3 結果と考察

すべての観察者の恒常法データに基づき, 回帰直線を計算した。その結果をFig. 7に示す。図の横軸は刺激のギャップ幅, 縦軸はz得点をあらわす。データから計算された回帰直線は

$$y = 0.044x - 0.456$$

となった。このとき, 決定係数は $R^2 = 0.895$ であった。2肢強制選択法の場合, 触2点閾(Stevensらの用語では「ギャップ検出閾」。本稿では「触2点閾」で統一する)は $p = 0.75$ すなわち $z = 0.67$ の点とされる。Fig. 7中の回帰式から触2点閾を計算すると,

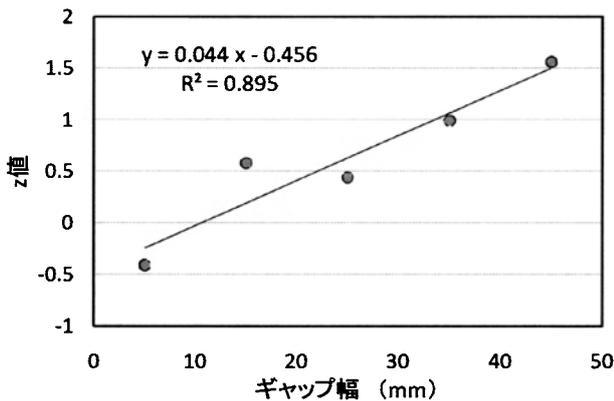


Fig. 7 2肢強制選択恒常法により求められた回帰直線.

触2点閾=25.9 mmとなった。この触2点閾を、実験3の結果と比較してみよう。実験3の非着衣時の触2点閾は37.2 mmであり、実験4の触2点閾は25.9 mmであるから、実験3の触2点閾は、実験4の触2点閾の1.44倍ということになる。この結果は検定にはかけられないが、極限法の結果と2肢強制選択恒常法の結果の間には、はっきりと違いがあらわれたと言える。

また、実験4の結果を Weinstein および Stevens らの結果と比較してみよう。Weinstein の体背部での測定では触2点閾は約40 mm、Stevens らは体背部では測定していないが、腹部で測定した触2点閾は約20 mmとなった。両者の結果と実験4の結果を直接比較することは難しいが、実験4の触2点閾は25.9 mmなので、Stevens らの結果と近いものとなった。

結局、触2点閾の大きさは測定法に依存し、伝統的な極限法による測定に比べ、2肢強制選択法を用いた測定では触2点閾がかなり小さくなる傾向が観察されたと言える。

## 6. 総合的考察

実験1の結果、臀部では、「右手と左手」の識別の場合、正答率が0.547であることがわかった。これは観察者が右手と左手をほとんど識別できないことを示す結果であった。また、「手掌と手背」では正答率は0.669となった。正答が2回に1回なら観察者はランダムに答えており、まったく識別できていないことを示す。しかし、手掌と手背の識別では3回に2回正答しているため、ややわかると言ってよい状態であった。「開いた手と拳」の識別、および「拳と靴」の識別では、正答率はそれぞれ0.764と0.744となった。心理学では0.75を閾値(弁別閾)と考えることが多いので、その考え方からすれば、「開いた手と拳」、「拳と靴」はまず識別できていることになる。また、「開いた手と靴」では正答率は0.817となった。これは5回中4回正答しているわけで、かなりよくわかっていると言ってよい。

実験2では、着衣の状態の臀部において触2点閾を測定した。その結果、触2点閾平均値は67.0 mmとなった。同じく極限法により触2点閾を測定した Weinstein は、臀部と近い触2点閾を持つと推定される腓腹部で約47 mmの触2点閾を得ている。

この値と実験2の触2点閾値を比較すると、実験2の触2点閾値は Weinstein の触2点閾の1.4倍となった。また、実験2の95%信頼区間には Weinstein の67 mmが含まれないことから、実験2の着衣状態の触2点閾は、非着衣状態の Weinstein の触2点閾より明らかに大きいと結論された。

そこで、触2点閾値への着衣の影響を調べる実験3を実施した。その結果、以外にも触2点閾値への着衣の効果はないということが判明した。なぜ、実験2と Weinstein の結果の間には差が見られ、実験3では着衣・非着衣で差が見られなかったのだろうか。この理由としては、第1に実験手法、第2に服の材質等の影響が考えられる。

実験手法については、実験2では着衣の臀部にノギスで刺激を提示したのに対し、Weinstein はカリパスで非着衣の腓腹部に刺激を提示している。刺激装置、刺激部位の相違が実験結果の相違をもたらした可能性がある。これに対し実験3では、着衣の場合も非着衣の場合も同じ部位に同じ装置で刺激を提示した。これが、着衣・非着衣で類似した触2点閾をもたらした可能性がある。

つぎに服の材質については、実験2ではスカートもジーンズも厚手で比較的硬い生地であった。実験3で用いたTシャツとベストは比較的柔らかい生地であった。このため、スカート・ジーンズとTシャツ・ベストではフィルタ特性が異なり、触刺激情報が布地を通過する際の通過波長が互いに異なっていた可能性がある。その結果、触2点閾値に相違があらわれたのではないだろうか。

Weinstein と Stevens の触2点閾が非常に異なっていたので、実験4では測定手法についても検討した。その結果、極限法では触2点閾が37.2 mm、2肢強制選択恒常法では25.9 mmとなり、極限法の触2点閾は2肢強制選択法の触2点閾の1.44倍となった。実験結果を比較する際には、実験手法についても配慮する必要があることを示す結果であった。

## 7. 結語

近年、人権意識の高まりとともに痴漢などの犯罪行為に対する対処も非常に厳しくなっている。それとともに、冤罪を疑われるケースも増加しているように見受けられる。このような事態を受けて、裁判で被害者の触識別能力が問題とされる事例も増えてきた。ところが、有毛部・着衣状態(具体的には、服を着た状態での臀部)における触覚系の識別能力を調べた例はほとんどない。そこで、本研究では、痴漢裁判における情報提供の一助となることを目指して一連の実験を行った。その結果、臀部での識別能力の一端が明らかとなった。

しかし、本研究結果には不十分な結果も残った。特に本研究における実験1、実験2は、その重要性にも関わらず実験日数、観察者数とも限られた条件の中で行われなければならなかった。データの信頼性を高めるためには、さらに多くの観察者で実験を行う必要がある。また実験1では、実験者は女子であった。倫理上致し方ないとはいえ、現実の痴漢行為はほとんどが男子によって行われるのであるから、男子が実験者となるような実

験も考えてみる必要があるかもしれない。男子と女子では平均的な手の大きさも異なっており、これが実験結果に影響を与えることも考えられる。

#### 引用文献

- 1) S. J. Bolanowski, G. A. Gescheider, and R. T. Verrillo, "Hairy Skin: Psychophysical Channels and Their Physiological Substrates", *Somatosensory and Motor Research*, 11(1994), 279.
- 2) E. H. Weber "*On the Tactile Senses 2<sup>nd</sup> Edition*", (Edited and translated by H. E. Ross and D. J. Murray, Erlbaum(UK) Taylor & Francis, 1996).
- 3) S. Weinstein, "Intensive and Extensive Aspects of Tactile Sensitivity as a Function of Body Part, Sex, and Laterality", In D. R. Kenshalo (Ed.), *The Skin Senses* (Springfield, Ill: Thomas, 1968), 195.
- 4) J. C. Stevens, and K. K. Choo, "Spatial Acuity of the Body Surface over the Life Span", *Somatosensory and Motor Research*, 13(1996), 153.

# 高顧客満足提供のためのサービスセンサの設計

## —制御システム理論によるサービスエンカウンターシステム研究—

Service Sensor for High Customer Satisfaction  
- The Study of Service Encounter System based on Control System Theory-

三原 康司\*  
Koji MIHARA

Customer's character, idea and mental issues must be recognized for the designing of service which can provide high customer satisfactions. Prior research specified that high customer satisfaction can be provided by offering the unique function which is suited to customer expectations. However there are few studies which are researching the logic and methodology of customer expectations based on system theory.

In this paper, the sensing system of service customer expectations is studied based on control system theory, human factors engineering and system designing theory. Then the design of service sensor which sense customer expectations is proposed and the type of service sensor is clarified. And then, the effectiveness of service sensor is illustrated practically by actual service system which is designed using the design of service sensor.

Key words: System Designing, Control System, Customer Expectations, Service Designing

### 1. はじめに

人が高い満足感を感じるサービスを設計するためには、その人固有の性質や考え、心理などを知る必要がある。これまで、顧客に満足してもらうために、サービスを提供する従業員が取るべき対応・態度などに関しては多くの研究例がある。しかし、どのような注意をどうやってなすべきなのかを、システム理論を基に究明している研究は見受けられない。

先行研究によって、顧客の期待に応じた機能を、各顧客別に提供することによって、顧客に高い満足を提供することができることは明らかとなっている[1]。そこで筆者は、各顧客の期待に応じた機能を提供するために、顧客の期待に関して工学的見地からアプローチした。

本稿では、サービス受益者の期待を感知する仕組みを、サービス提供者—受益者システムを制御システム、人間工学そしてシステム設計理論を基に考察する。そして、期待感知の機能としてサービスセンサの有効性を明示し、その種類と機能を明確化する。さらに、サービスセンサを用いて実際に設計したサービスシステム設計例を示し、実践的活用可能性を例証する。

### 2. システム設計におけるサービス提供者と受益者

本研究では、サービスシステムとは、インプットされる人に機能を働きかけ、価値を提供し、満足を感じさせるシ

ステムであると定義している。サービスシステムにおけるサービス提供者は、システム設計ではキャタリストとよばれ、そのとりうる属性は、人か物か情報である[2]。そしてキャタリストが、サービス受益者であるサービスシステムにインプットされる人に働きかける機能がサービスであると説明できる。一般的に、サービスシステムのキャタリストは人であると考えられがちであるが、セルフサービス、サービスの自動化、サービスロボットなどでは、キャタリストは人ではなく、物や情報である（例えば銀行のATMなど）。

本論文では、キャタリストがインプットに直接的に接する場面であるサービスエンカウンターシステムに着目し、インプットである人の期待情報を感知するシステムに関して、制御システム理論と人間工学理論を用いてアプローチする。

### 3. 期待情報感知システムの制御構造

期待情報感知システムは、人がインプットされ、キャタリストである人、物、情報が、人に機能を働きかけその反応によって人から期待情報を感知するシステムである。このシステムは連続時間動的システムであり、その制御は制御理論を用いて説明可能であると考えられる。そこで期待情報感知システムの構造を制御システムの観点から考察する。

2013年3月13日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

3.1 制御システムの構造

図1は, Bekey [3]が示した基本的な制御システムの構造である。

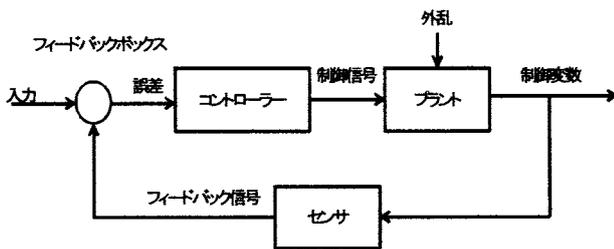


図1 基本的な制御システム

人間工学研究においては, 人間の認知の特性に関して研究されている。図2は, 人間が外界から刺激を受け, 行動を起こすまでの過程を示した認知過程の図である [4]。

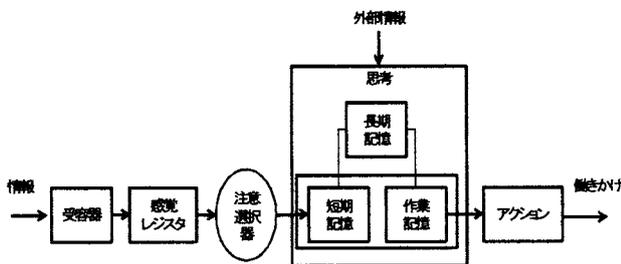


図2 人間の認知過程モデル

図2における受容器は, センサと置き換えることができる。制御システムとして示すために, 感覚レジスタはフィルターの機能に含まれると考える。思考部分をコントローラとし, 行動は駆動するプラントと表示する。認知過程モデルではフィードバックが表示されていないが, 思考が行動を制御していると考えれば, 行動後の思考, コントロールへのフィードバックが必要であると考えられる。このように考えると, 人間の認知過程モデルは, 図3のような人間の認知制御システムとして示すことができる。

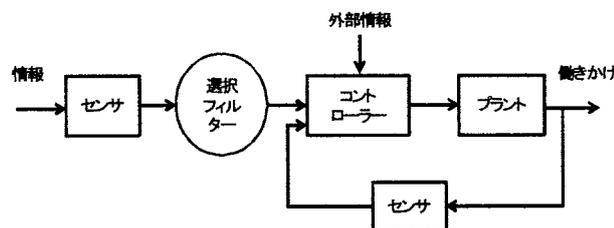


図3 人間の認知制御システム

3.2 サービスエンカウンターシステムの制御システム構造

図3のシステムが, サービスエンカウンターシステムにインプットされた人である場合に関して考えてみる。まずサービスに関する何らかの情報がセンサによって受容される。そしてフィルターによってサービス提供対象者が最も注意をひかれたことを選出し, それに関する思考を行う。思考の結果何らかの行動を起こし, その行動の記憶が

フィードバックされる。人が注意を向けたことが, サービスエンカウンターシステムとして設計されたそのものであり, それに対して思考の結果行動が起こる。そしてその行動のフィードバックから再度思考され, 修正がある場合は修正される, というシステムが理想的である。例えば, レストランで店員がランチメニューの説明をする。お客様はその説明への注意を選択し, ランチメニューのいずれかを選び注文する, といった流れである。かたや, 人が選択した注意が, キャタリストが提供しようと考えていたものではなく, サービスの提供にとってマイナスの要因だった場合, 人にとってはサービス価値の低いサービスとなる場合もある。たとえば, レストランで店員がランチメニューの説明をしている時に, 近くに大きな声で話している人たちがいたとする。人に「うるさい客がいる」という情報がフィルターによって注意喚起されたとき, その情報に関して思考され, その結果その人は店から出ていくことになってしまうかもしれない。このように, サービス提供時に人のセンサ (受容器) に入力される情報 (信号) のうち, キャタリストが提供するサービスにとって有効な注意を人が選択するようにサービス設計しなくてはならないことが分かる。

サービスエンカウンターシステムにおいて人のセンサに入ってくる情報 (信号) は, システム要素である「キャタリスト」, 「環境」, 「同時にインプットされるもの」である[2]。「キャタリスト」は人に機能を働かせるプラントを持つサービス機能を提供する主体である。「環境」は, サービス提供時の周辺環境である。「環境」は人, 物, 情報で構成されており, 例えば店の立地, 周辺の雰囲気, テーブル・椅子などの家具, 音楽, そして「その他のインプット」などの身体的・心理的效果をもたらすものが含まれる。「同時にインプットされるもの」は, そのサービスシステムのために, 人と同時にインプットされるものであり, 例えば飲食であれば食べ物や飲み物, 教育であればテキストなどである。サービスエンカウンターシステムは, サービス機能を提供するキャタリストが, サービス提供対象であるインプットの人のセンサに働きかけ, 身体的・心理的価値を得るシステムであると言える。これをキャタリストと人の制御システムとして表現すると, 図4のようになると考えられる。

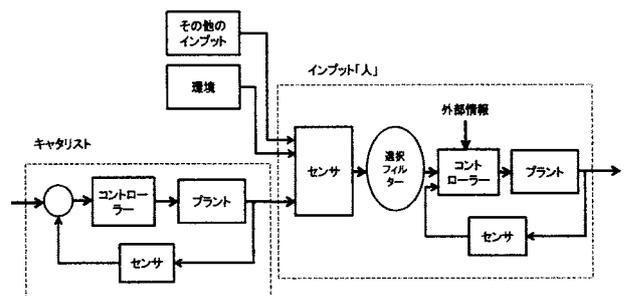


図4 サービスエンカウンターシステムの制御システム構造図

図4の制御システム構造図は、サービスエンカウンターシステムにおいてキャタリストがインプットである人に働きかける機能の最小単位となるコンポーネントの構造図である。すなわちこの構造図を設計することが、サービスシステムのコンポーネント設計に相当する。

しかしこの構造図は、サービス提供者であるキャタリストからサービス受益者であるインプットへの一方的な機能の働きかけのシステム構造図になっている。この構造図通りのサービスエンカウンターシステムでは、インプットとなるサービス受益者の期待や満足度をフィードバックするシステムになっていない。そこで、顧客の期待情報(期待レベル, 満足か不満か, など)を感知するシステムの構造を考える必要がある。

### 3.3 サービス受益者が発するフィードバック信号

高い満足感を得られるサービスを提供するためには、インプットである人の期待情報(期待レベル, 満足か不満か, など)を感知する必要がある。その期待情報を基に、その人に対する固有の機能(サービス)を提供し、高い顧客満足を与えることが可能になる。この期待情報は、インプットである人からのフィードバック信号を受け取ることによって得る事ができる。

サービス受益者(インプット)が発するフィードバック信号は、大きく2つに分類される[5]。一つは、キャタリストからインプットへの直接的働きかけにより、それに対するインプットからの反応のフィードバック信号。もう一つは、キャタリストがインプットの行動や状態を観察することによって得られるフィードバック信号である。

前者は、インプットである人の反応をフィードバック信号としてキャタリストのセンサが感知する。そしてその信号は、フィードバックボックスを経てコントローラーで処理され、次の行動を開始する。このセンサは、反応に対するセンサなので、“反応センサ”と呼ぶことにする。

この制御システム構造図を図5に示す。

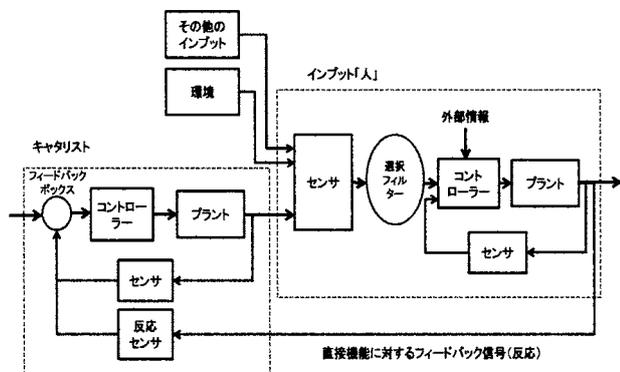


図5 反応センサが組込まれたサービスエンカウンターシステムの制御システム構造図

もう一つのフィードバック信号は、インプットである人の行動や状態を観察し、その観察から得られた情報をフィ

ードバック信号としてキャタリストのセンサで感知させる。そしてその信号を、フィードバックボックスを経てコントローラーで処理し、次の行動を開始する。これは、観察信号を感知するセンサなので、“信号感知センサ”と呼ぶことにする。

この制御システム構造図を図6に示す。

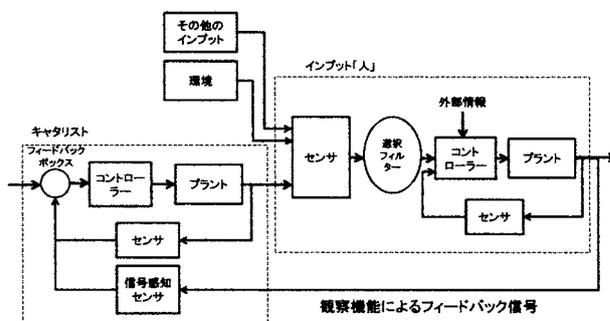


図6 信号感知センサが組込まれたサービスエンカウンターシステムの制御システム構造図

### 3.4 期待情報感知システムの制御システム構造

3.3においてサービス受益者が発するフィードバック信号とそれを感知するセンサを含んだ制御システムの構造を明らかとした。そして2つのシステムの基本構造は、サービスエンカウンターシステムの制御システム構造であり、両者ともにインプットである人からのフィードバック信号を何らかのセンサで感知し処理する構造となっている。すなわちサービスエンカウンターシステムは、この2つのセンサを持つ制御システム構造図で示される。

これら2つのフィードバック信号を感知するセンサを持つ、人の期待情報の感知システムを含んだサービスエンカウンターシステムの制御システム構造図を、図7に示す。

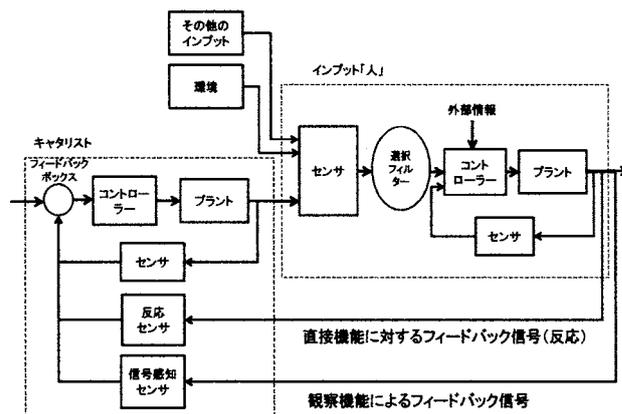


図7 期待情報感知システムを含む制御システム構造図

ここまでで、これまでの研究では示されていなかった、サービスエンカウンターシステムにおいては、フィードバック信号を検知するセンサとして、反応センサと信号感知センサを設計することが重要であることを示した。反応センサと信号感知センサを総称して、サービスセンサと呼ぶことにする。

#### 4. サービスセンサの設計

サービスエンカウンターシステムで必要とする反応センサ・信号感知センサは、インプットである人が反応し発した信号を感知するセンサであり、人が発する信号がセンサの感知対象となる。このセンサは、人の身体的・心理的状況や変化を感知するセンサである。そしてその人の反応からか、あるいは観察によって、外部から感知できる情報を感知するセンサである。その「人」の内部情報を感知するためには、何らかの検査や解析の機能が必要である。これらの機能も、人の期待を感知する機能であると考えられるが、その機能に特化したセンサを必要とするような、特殊なサービスのケースであると考えられる。例えば、視力、血圧の状態、血液の状態、アドレナリンの上昇度合いなどを感知するセンサがあるが、これらはそれ自身が検査という機能を実行するためのセンサである。そこで本稿では、人の内部的情報を取得するためのセンサは、独立した機能と考え、外部から感知できる情報を感知するセンサをサービスセンサの対象として研究を進めることにする。この前提に立ち、反応センサと信号感知センサに関して考察する。

##### 4.1 反応センサ

反応センサで感知する信号は、インプットである人がキャタリストの問いかけや質問に対して反応したフィードバック信号である。キャタリストはそのフィードバック信号を感知し、それに対する対応機能を働かせる必要がある。反応センサは、人がキャタリストの働きかけに対しての行動を起こした信号を感知するセンサといえる。これは人が自分の意思で行動する情報を感知するセンサであり、その情報は2種類考えられる。一つは、人の動きから得ることができる視覚情報、もう一つは人の発する音声情報である。

###### (1) 視覚情報を感知する反応センサ

視覚情報を感知する反応センサは、人の目に見える反応を感知するセンサであり、人の行動や状況などの目に見える情報を感知する。このセンサで感知する情報は、(1)人の視覚情報となる反応(示された絵を選ぶ、要求された動作を行う、など)、(2)人のジェスチャー(手振り、首振り、など)、の2つの情報が考えられる

###### (1) 人の視覚情報となる反応の感知

人の視覚情報となる反応では、人の反応情報をセンサに直接的に入力することができる。このセンサでは、人による、絵、写真、図、言葉、文章などの提示を感知する。例えば、メニューを示す、図を描く、言葉を紙に書く、画面の案内を選ぶ、などの反応を感知する。レストランの注文場面では、いくつかのメニューとオプションから人が選んだオプションを指さし、次の対応機能へと進む。銀行のATMでは、人は自分の要求する機能を、視覚的畫面から選択し対応機能へと進む。このセンサに利用できる既存技

術は、選択画面+選択システム、図形認識システム、文字認識システム、などが考えられる。

###### (2) 人のジェスチャーの感知

人のジェスチャーでは、首を振って断る、うなづく、手を振って呼ぶ、などの人の動きによる反応を感知する。例えば「～は必要ですか」という質問に対してうなづくことによって必要であることを回答するような場合である。このセンサに利用できる既存技術は、カメラ+動作分析ソフト、カメラ+表情認識ソフト、などが考えられる。

###### (2) 聴覚情報を感知する反応センサ

このセンサで感知する情報は、(1)人の声、(2)「人」が発した音、の2種類が可能である。

###### (1) 人の声の感知

人の声の情報は、キャタリストからの問いに対して声で反応する。声による回答をセンサで受け、音声認識・処理を行い対応機能に進むような処理が可能である。このセンサに利用できる既存技術は、音声認識システム、音声入力(文字化)システム、などが考えられる。

###### (2) 人が発した音の感知

人が発した音の情報を感知するセンサとしては、キャタリストを呼ぶために鐘などを鳴らすような、指示にしたがって音を出すような場合が考えられる。また、人の発する音量や音質の情報を感知するセンサも考えられる。このセンサに利用できる既存技術は、音質感知システム、音量感知システムなどが考えられる。

##### 4.2 信号感知センサ

観察による感知では、キャタリストは直接人に働きかけず、観察によって感知する。対象となる人が身体的・心理的に何を感じているかを、周辺環境を含めた観察による感知が必要である。観察する側(基本的にはキャタリスト)が、人に直接接することなく感知できる情報が対象となる。以下、感知する情報に関して考察する。

まず信号感知センサは、人がサービスを提供される場における自分の状況や周辺環境を快く感じているのか、不快に感じているのかを感知する必要がある。この場合にキャタリストが感知できる情報は、人を観察することから得られる情報と人を取りまく環境を観察することから得られる情報の2種類に分けられると考える。

ここで、人に満足を与える対応機能の設計に関して考えてみる。顧客満足は、顧客の期待に対して製品・サービスの知覚パフォーマンスがどれほどであったかによって得られ、パフォーマンスが期待を上回れば満足度は大きいと言われている。インプットとなる人は、サービスとしての機能そのものを知覚すると同時に、自分の状況や周辺環境を知覚する。知覚とは、人が与えられた情報を識別し、編成し、解釈し、そこから意味のある世界観を形成するというプロセスである[6]。知覚を左右するのは物理的な刺激

だけではなく、その刺激の周囲との関係や、知覚する人の状態も影響する。同じ現実に対しても、個人によって知覚は大きく異なる。例えば、同じサービス提供者や自分の置かれている環境に対してどう反応するかは人によって異なる。人は知覚する情報を五感から得る。人間の五感は、視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚である。インプットとなる人が五感からの刺激で得られる情報は、キャタリストも同様に五感への刺激として得ることができるはずである。そこで五感が、人と人の周辺環境から収集することができる情報に関して、視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚別に分析する。

#### (1) 視覚的情報を感知する信号感知センサ

##### (1) 人から感知することができる視覚的情報

キャタリストが人から感知・収集することができる視覚的情報は、「人の目の動き・鼻の動き・口の動きなどの表情」、「人の行動（身振り、手振り、その他（落ち着いているか、いないか、など）」の2種類である。神経科学、脳科学、認知科学（認知心理学）などによって、人間の表情や行動に関する生体の認知活動の研究が進んでいる。例えば表情分析の研究では、Ekman-Friesen[7]、原島[8]、米谷[9]、吉川ら[10]などが、表情と精神的変化などに関して研究を行っている。これらの研究成果を用いることにより、感知された情報から人の認知活動を分析し、顧客満足（期待度との差異）を分析することが可能であると考えられる。この分析から的確な対応機能を設計し、人に作用させることによって、満足度の高いサービスを提供できると考えられる。

##### (2) 周辺環境から感知することができる視覚的情報

人の周辺環境のうち視覚的に感知できる要素を、管理の可能性から分類すると、「外部環境に依存する周辺の有形な要素（管理不可能な環境要素）」、「キャタリストの関係する行動や有形な要素（管理可能な環境要素）」、「環境となるインプット（人、物、情報）とその行動（管理可能な場合も不可能な場合も考えられる環境要素）」の3つに分類できる。そして「人」との関係性を考えた場合、この3つの要素そのものからの情報と、この3つの要素が人に与える影響の情報、の2種類の情報を感知する必要がある。人と環境要素によって発生する情報の感知は、人の表情や行動などから感知することができる。先にも説明した人から収集する情報によって感知可能であると考えられる。すなわち、周辺環境の視覚的情報感知においては、外部環境に依存する周辺の有形な要素、キャタリストの関係する行動や有形な要素、環境となるインプットとその行動、の3つの要素そのものから得られる情報に対する感知を行い、3つの要素が人に与える影響の感知は、人からの情報によって感知することができる。したがって、視覚的情報感知センサとして、人の表情、「人」の行動、外部環境に依存する周辺の有形な要素、キャタリストの関係する行動

や有形な要素、環境となるインプットとその行動、そして人が各々の環境要素から受ける影響の情報に関する感知を行うセンサが必要である。

#### (2) 聴覚的情報を感知する信号感知センサ

##### (1) 人から感知することができる聴覚的情報

人から感知・収集することができる聴覚的情報は、「人の発言」、「人の発声（歌、感嘆詞、など）」、「人の行動で発する音（鼻をすする、口を開け閉めする、関節を鳴らす、机をたたく、机をゆする、など）」の3種類である。このうち発言、発声の感知に関しては、発言や発声内容そのものが顧客満足の度合いを示している場合があり、発言や発声の意味を理解するセンサが必要である。人が自分の行動で発する音から情報を得る場合、視覚的情報感知の場合と同様に、人間の行動に関する生体の認知活動の研究結果が有効であると考えられる。

##### (2) 周辺環境から感知することができる聴覚的情報

人の周辺環境のうち聴覚的に感知できる要素を管理可能性という視点から分類すると、「外部環境に依存する音声要素（管理不可能な音声）」、「キャタリストの発する音声要素（管理可能な音声）」、「環境となるインプット（人、物、情報）が発する音声要素（管理可能な場合も不可能な場合も考えられる音声）」の3つに分類できる。視覚的情報要素の場合と同様に、この3つの要素そのものからの情報と、3つの要素と人との関係性における情報の2種類の情報がある。人と環境要素によって発生する情報の感知は、人の表情や行動、発する音声などから感知することができる。先にも説明した人からの視覚的情報と聴覚的情報の収集によって感知可能であると考えられる。このように、周辺環境の聴覚的情報感知においては、先に示した3つの要素そのものから得られる情報に対する感知を行い、3つの要素と人との関係性の感知は、人からの情報によって感知することができる。すなわち、聴覚的情報感知センサとして、人の発言、「人」の発声、自分の行動で発する音、そして外部環境に依存する音声要素、キャタリストの発する音声要素、その他のインプットが発する音声要素、そして人が各々の環境要素から受ける影響の情報に関する感知を行うセンサが必要である。

#### (3) 臭覚的情報を感知する信号感知センサ

インプットである人が発する臭覚的情報から、人がサービスシステムの環境や機能に関してどのように感じているのかを感知することは難しいと考えられる。人の周辺環境のうち臭覚的に感知できる要素を管理可能性の面から分類すると、「外部環境に依存するの要素（管理不可能）」、「キャタリストの発するの要素（管理可能）」、「その他のインプット（人、物）が発するの要素（管理可能な場合も不可能な場合も考えられる音声）」の3つに分類できる。この3つの要素そのものから得られる情報と、3つの要素と人への影響の情報の2種類の情報がある。

人と環境要素によって発生する情報の感知は、人の表情や行動、発する音声などから感知することができると考えられ、人からの視覚的情報と聴覚的情報の収集によって感知可能であると考えられる。つまり3つの臭覚的環境要素の人への影響の感知は、人からの情報によって感知することができると考えられる。人からの情報は、視覚的・聴覚的情報センサによって感知されるため、臭覚的情報感知センサとしては、外部環境に依存するにの要素、キャタリストの発するにの要素、その他のインプットが発するにの要素、そして人が各々の環境要素から受ける影響の情報に関する感知を行うセンサが必要である。

#### (4) 味覚・触覚的情報を感知する信号感知センサ

味覚や触覚は感じるものと直接接することによって感じる事ができる感覚である。そのため観察だけでは情報を集めることは難しい。すなわち、人からも周辺環境からも味覚的・触覚的情報を感知することは難しいと考えられる。しかし、人が知覚した味覚的・触覚的情報を感知したい場合がある。例えば飲食の提供サービスの場合に、人の提供した味に対する知覚情報を得たい場合などがある。これらの感知は、人の発する視覚的情報と聴覚的情報から感知し判断するしかないと考えられる。

これまでに示した、反応センサ4種、信号感知センサ24種をまとめ、表1に示す。

### 4.3 サービスセンサを用いたサービスエンカウンターシステム設計

サービスセンサで感知した情報を基に、適切な対応機能の設計・実行ができれば、有形性、信頼性、対応性、確実性、共感性というサービス品質を満足させることが可能である[11]。そして、サービス提供者の、配慮不足、無礼、遅い対応などの顧客のスイッチング行動につながる要因[12]が発生しないようなサービスエンカウンターシステムの設計が可能になると考える。

サービスセンサの感知対象とその感度は、対象とするサービスシステム全体が目標とするサービスレベルによって異なる。サービスセンサの設計対象範囲は、反応センサか信号感知センサか、感知対象、感知方法、センサの感度、感知ルート、感知信号の処理方法、時期、などなどが考えられる。これらの設計はサービスの種類とサービスレベルに合わせて行われるべきものであり、どこまでをどのように進めればよいかということに関する研究は、これからの課題である。

### 5. サービスセンサの設計例

本項で、実際に施工したサービスセンサが組み込まれたサービスエンカウンターシステムの設計例を提示する。

設計対象とする機能は「顧客が送りたい荷物と輸送条件を知る」である。図8は、「顧客が送りたい荷物と輸送条件を知る」サービスシステムの全体ホッパー図である。こ

れは筆者が実際に開発し、実務に活用したシステムである。

このサービスシステムのなかのサービスセンサに関して説明する。このサービスシステムでは、S1-5で反応センサ機能による視覚情報感知センサを用いている。インターネットによるサービスでは、顧客の反応インプットはほとんどの場合、キー入力であり、それは入力データとして認識される。そして認識された入力データは顧客の行動の視覚情報感知と考えられる。

S1-5は、「一つの入力がされてから、ある一定時間内に次の入力がされない場合、サブ画面を表示し「わからないところがありますか?」というサポートを行う」というサービス機能システムであり、この機能を発揮するためには、『入力されてからの時間を計測し一定時間を経過したかどうかを感知する』反応センサが必要となる。実際の設計では、プログラム中にタイマーを組み込み、一定時間経過後にサポート表示を行う開発を行った。

これは、できる限り人以外の反応センサを用いた設計を試みた例であり、

このシステムでは、選択を促す反応センサとして、オプション選択の表示、一定時間内にそのオプション表示に対する反応がなかった場合の信号感知センサとして時間を感知しオプションの説明追加などの対応を実行した。

今回は顧客企業の事情によって定量的な判定ができなかったが、このシステムを実装後、輸送条件に関する電話による問い合わせと、輸送条件がわかりにくいというクレームが減り、顧客満足度が向上したという従業員のインタビュー結果が出た。

### 6. まとめ

これまでに示したように、高い満足を提供するサービスにおいては、顧客の期待を感知し、その顧客のための個別機能を提供するためのサービスセンサの機能を設計しておくことが有効である。従来もサービス現場において、本稿で示したサービスセンサのような機能を設置している例があり、そういった機能の研究をしている例もある。しかし、その多くは事例から帰納的に必要機能を考えたもので、抽象的であり、具体的サービス設計に利用することが難しいものであった。それに対して本稿では、システム理論から演繹的にこの問題に取り組み、サービスシステム設計におけるサービスセンサ機能の必要性とその具体的な機能と実際に設計された例を示すことができた。特に、サービスの種類によって異なる感知すべき情報を、表1のように示すことができ、これによってサービス設計時にサービスセンサの設計を確実なものとする事ができるようになる。このようなサービスの価値を判断するための感知情報をまとめた研究は少なく、学術的にも社会的にも貢献できると考える。

システム化する最も大きな利点は、経済性と信頼性の向上である。サービスをシステムとして設計する理論・方法

論を構築することにより、サービスの経済性・信頼性を向上させることができる。本稿では、これまで人の能力に頼っていたと考えられる顧客の期待感知に対して、システム理論からアプローチし、サービスセンサ設計の設計指針を示すことができた。

今回の設計例では、顧客満足の上昇に関しての定量的なデータが得られていない。今後は実践例の設計・実施、調査・分析を行うことと、既存技術で設計可能なサービスセンサの研究を行っていく必要がある。

表1 サービスセンサの感知情報

センサ種類	感知する情報と方法	感知する人の情報	具体的情報例	
反応センサ	<1> 視覚情報感知	人の視覚情報となる 反応 人のジェスチャー	絵、写真、図、言葉、文章などの提示を感知する 手振り・首振りなどのジェスチャーを感知する	
	<2> 聴覚情報感知	人が発した声 人が発した音	声による回答を感知する 音による回答(発する音量や音質の情報など)を感知する	
信号感知センサ	<1> 視覚情報感知	人からの情報	人の表情	目の動き、しわ、口元の動き、表情全体などの状況を感知する
			人の行動	首の動き、手の動き、足の動き、前身の動作などを感知する
		周辺環境からの情報	外部環境に依存する周辺の有形な要素	人に影響を与えるかも知れない、目に見える外部環境の状況を感知する
			外部環境に依存する周辺の有形な要素の人への影響	上記3で感知した、外部環境の状況の人への影響を、『人からの情報』1, 2によって感知する
			キャタリストの関係する行動や有形な要素	人に影響を与える、目に見えるキャタリストの状況や行動を感知する
			キャタリストの関係する行動や有形な要素の人への影響	上記5で感知した、キャタリストの状況や行動の人への影響を、『感知する情報』項目1, 2によって感知する
	その他インプットとその行動	人に影響を与えるかも知れない、目に見えるその他のインプットとその行動を感知する		
	その他のインプットとその行動の人への影響	上記7で感知した、その他のインプットとその行動の人への影響を、『感知する情報』項目1, 2によって感知する		
	<2> 聴覚情報感知	人からの情報	人の発言	発言内容を感知する
			人の発声	発声(歌、感嘆詞、など)の内容を感知する
			人の行動で発する音	人の発生させた音(鼻をすする、口を開け閉めする、関節を鳴らす、机をたたく、机をゆする、など)を感知する
		周辺環境からの情報	外部環境に依存する音声要素	人に影響を与えるかも知れない、音の外部環境の状況を感知する
			外部環境に依存する音声要素の人への影響	上記12で感知した、音の外部環境の状況の人への影響を、『感知する情報』項目1, 2, 9, 10, 11によって感知する
			キャタリストの発する音声要素	人に影響を与える、キャタリスト(人、物、情報)の発する音声要素を感知する
	キャタリストの発する音声要素の人への影響	上記14で感知した、キャタリストの発する音の人への影響を、『感知する情報』項目1, 2, 9, 10, 11によって感知する		
	その他のインプット(人、物、情報)が発する音声要素	人に影響を与えるかも知れない、その他のインプットが発する音声を感知する		
	その他のインプットが発する音声要素の人への影響	上記7で感知した、その他のインプットが発する音声の人への影響を、『感知する情報』項目1, 2, 9, 10, 11によって感知する		
	<3> 臭覚情報感知	人からの情報	人が発する臭覚的情報から、サービスシステムのための人の状況を感知・判断することは難しい	
		周辺環境からの情報	外部環境に依存するにおいの要素	人に影響を与えるかも知れない、においの外部環境の状況を感知する
			外部環境に依存するにおいの要素の人への影響	上記19で感知した、においの外部環境の状況の人への影響を、『感知する情報』項目1, 2, 9, 10, 11によって感知する
			キャタリストの発するにおいの要素	人に影響を与える、キャタリスト(人、物、情報)の発するにおいの要素を感知する
			キャタリストの発するにおいの要素の人への影響	上記20で感知した、キャタリストの発するにおいの人への影響を、『感知する情報』項目1, 2, 9, 10, 11によって感知する
			その他のインプット(人、物)が発するにおいの要素	人に影響を与えるかも知れない、その他のインプットが発するにおいを感知する
	その他のインプットが発するにおいの要素の人への影響	上記22で感知した、その他のインプットが発するにおいの人への影響を、『感知する情報』項目1, 2, 9, 10, 11によって感知する		
<4> 味覚・触覚情報感知	人からの情報	人が発する味覚的・触覚的情報を観察によって感知することは困難である。		
	周辺環境からの情報	周辺環境の観察によって、味覚的・触覚的情報を感知することは困難である。		
	人が知覚した情報の感知	キャタリストが提供した機能に対する人の味覚的・触覚的反応	キャタリストの働きかけによる人への味覚的・触覚的影響を、『感知する情報』項目1, 2, 9, 10, 11によって感知する	

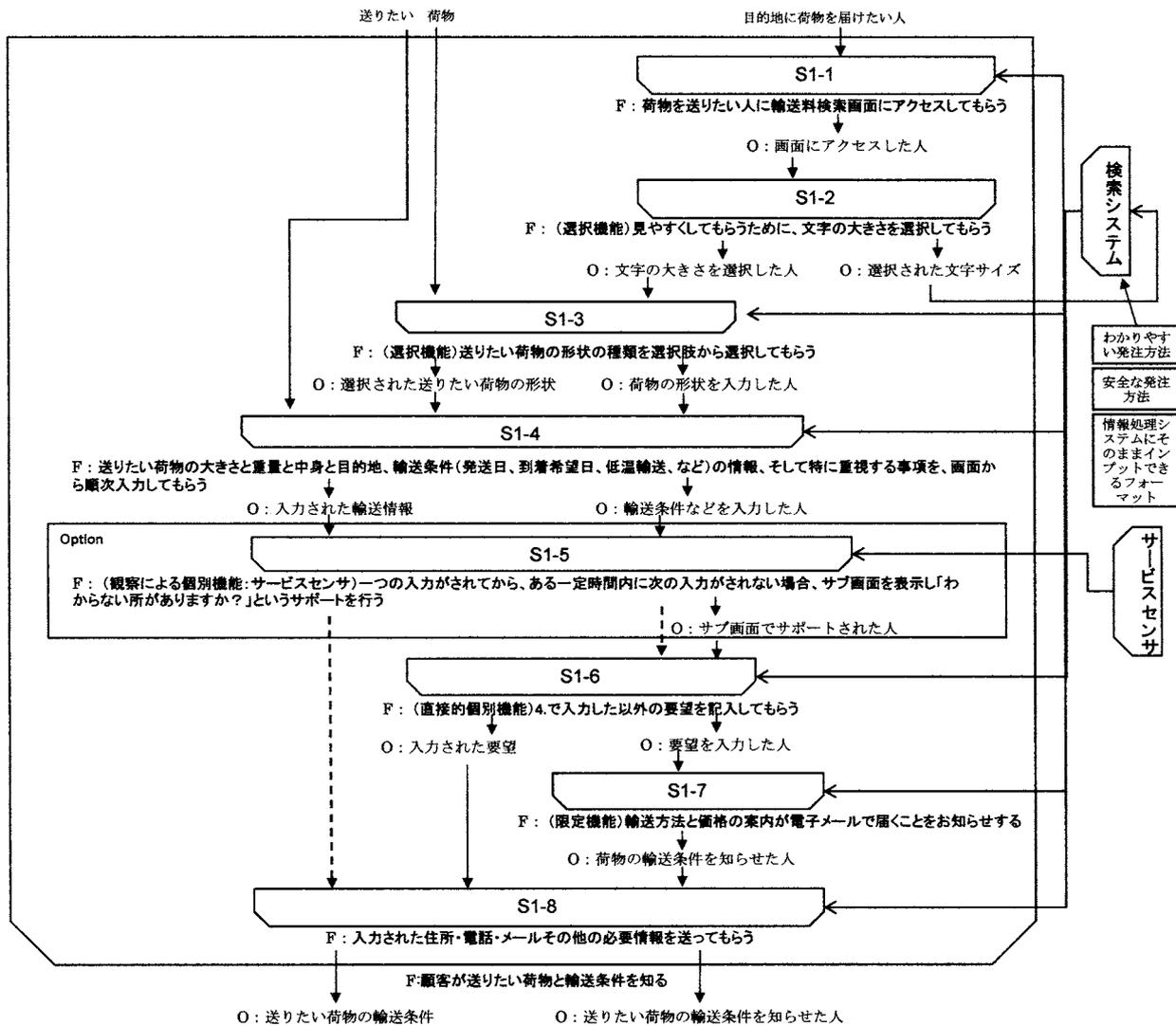


図8 サービスセンサの設計例

参考文献

[1] Kotler, Philip: "Marketing Management 12<sup>th</sup> Edition", Pearson Education (2008) (恩藏直人監修 月谷真紀訳: "マーケティング・マネジメント", ピアソン・エデュケーション (2008))

[2] 五百井清右衛門, 黒須誠治, 平野雅章: "システム思考とシステム技術", 白桃書房 (1997)

[3] Berky Bekey, George A.: "Autonomous Robots: From Bio-logical Inspiration to Implementation and Control", MIT Press (2005) (松田晃一・細部博史訳: "自律ロボット概論", 毎日コミュニケーションズ (2007))

[4] 小松原明哲: "対話型システムの認知人間工学設計", 技報堂出版 (1992)

[5] 三原康司「サービスの非事前設計機能の発現要因とシステム設計対応—高顧客価値のためのサービスシステムの設計—」, 日本経営工学会論文誌 Vol.63, No.1, pp.10-17 (2013)

[6] Berelson, Bernard and Gary A. Steiner: "Human Behavior: An Inventory of Scientific Findings", Brace

Jovanovich. (1964)

[7] Ekman, P. and W. V. Friesen: "Unmasking the face", Prentice-Hall (1975) (工藤力訳: "表情分析入門—表情に隠された意味をさぐる", 誠信書房 (1987))

[8] 原島 博: "顔学への招待", 岩波書店 (1998)

[9] 米谷淳: "日本人の表情記述法 (J-FACT) による表情研究", 信学技報, 電子情報通信学会 HCS2003-19, pp.29-32 (2003)

[10] 吉川左紀子・中村 真・益谷 真: "顔と心: 顔の心理学入門", サイエンス社 (1993)

[11] Lovelock, Christopher and Jochen Wirtz: "Service Marketing 6th edition", Pearson Education (2007) (白井義男監修 武田玲子訳: "サービス・マーケティング", ピアソン・エデュケーション (2008))

[12] Keaveney, Susan M.: "Customer Switching Behavior in Service Industries: An Exploratory Study", Journal of Marketing, Vol.59, April, pp.71-82. (1995)

# 日本人 EFL 学習者の動機づけ, L2 自己, 国際的志向性の関連性の検証

Examining the Relationship Among Motivation, the L2 Self and International Posture of Japanese EFL Learners

今野 勝幸\*

Katsuyuki KONNO

**Abstract:** The present study investigated the relationship among intrinsic and extrinsic motivation, the L2 self and international posture. In order to collect the data, the questionnaire was administered to 165 Japanese English as a Foreign Language (EFL) learners. By carrying out correlation analysis and cluster analysis, first, the study found that both of ideal and ought-to L2 selves collaboratively lead Japanese EFL learners to exert more efforts to learn English. Second, it was confirmed that not only intrinsic motivation but extrinsic motivation, especially identified regulation, is related to the L2 self and learning effort. Finally, the study suggested that a pedagogical intervention needs to be implemented in the classroom to enhance Japanese EFL learners' international posture. The study concluded that all of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and ideal and ought-to L2 selves interact to enhance Japanese EFL learners' motivation to learn English.

## 1. はじめに

### 1.1 L2 自己の研究背景

現在の日本の英語教育において, 2つのゴールが存在する。1つが短期的かつ直近の状況におけるゴールであり, 良い英語の成績やテスト得点を取り, 英語の習熟度を高めること, そしてもう1つが長期的なゴールであり, 異文化間コミュニケーションのために英語習得し, 国際社会との結びつきを強めることである (Yashima, Zenk-Nishide, & Shimizu, 2004)。前者を達成するための動機づけ研究はこれまで数多く行われてきたが, 最近では後者のゴールの達成に必要な外国語/第二言語 (L2) 学習動機づけ理論として, L2 自己 (Dörnyei, 2005; Dörnyei & Ushioda, 2009 参照) が注目されている。L2 自己は, 主に2つの自己概念によって構成されている。1つはL2理想自己であり, 将来学習者自身になりたいと思う英語使用者としての自己像を表す志向性である。L2理想自己が明確に描けているほど, 現在の自己とのギャップを埋めようと英語学習に動機づけられると想定されている。2つ目はL2義務自己であり, 外発的な理由 (両親や友人, 社会構造等) によって統制された「なるべきである」と考えている英語学習者としての

自己像である。L2理想自己に比べて積極的な志向性ではなく, 「就職に失敗したくないから英語を勉強する」等, 回避の側面が含まれることもある。

L2理想自己にはいくつかの特徴が挙げられる。まず, 理想とする英語使用者像は実に幅広いものである。「英語を流暢に話す英語の先生」や「国際学会において英語で発表する研究者」, 更には「留学先の大学で現地の友人と楽しく英語で会話する自分」など, 「なりたい英語使用者としての自分」として非常に多岐に渡る。「英語で日常会話がしたい」というように漠然としたものではなく, 上記の例のように具体的な場面でどのように英語を使用しているのかを想像することが重要だと言えよう。このように, 理想とする対象は英語のネイティブスピーカーや英語圏の場面だけに限定されないことも特徴である。また, L2理想自己は, 外的な価値観や理由を自己に取り入れ, 統合した結果である (Dörnyei, 2005)。

これまでの研究では, L2自己は外国語学習を成功させる重要な動機づけ概念であることが実証されてきた。例えば, L2理想自己は, 外国語の学習努力を予測する重要な要因である (e.g., Csizer & Kormos, 2009; Ryan, 2009; Taguchi,

Magid, & Papi, 2009). これらの研究に共通しているのは、世界中の多様な言語学習環境でL2理想自己が外国語学習を予測するモデルの妥当性を示したことである。国や地域によって社会情勢などが異なり、外国語を学習する動機も様々な中で、L2自己の枠組みでそれらの動機づけを説明できることが分かったことは非常に大きな発見であると言える。

しかし、言語習得研究において新しい概念であるが故、解決すべき課題が残っている。1点目は、L2義務自己の役割についてである。上記に挙げた先行研究の多くは、L2理想自己に主に焦点を当てている。言語習得を成功させるにはこれこそ育むべきであるが、全ての学習者が理想像のみによって言語の習得に動機づけられているわけではない。特に、日本を含むアジア圏のように英語習得に対する社会的な圧力がある場合には、ある程度の義務感が伴うと言える。Csizer and Kormos (2009) や Taguchi et al. (2009) はL2義務自己も学習努力との間に一定の関係性を示しており、特に前者はL2理想自己とL2義務自己の間にも関係性を見出している。L2義務自己は第2言語不安と関連があるとの報告もあるが(Papi, 2010), Konno (2011a) は、L2理想自己のみが高い学習者に比べ、L2理想自己と義務自己の両方が高い学習者の学習努力の方が高いという結果を示した。このことは日本人英語学習者にとって、L2義務自己の役割も無視できない可能性を示す。また、心理学の分野では、可能な自己(i.e., L2理想自己)と避けたい自己(i.e., L2義務自己)の両者のバランスが取れている時こそ、動機づけられた行動が促進されることが指摘されている(Oyserman & Markus, 1990; Ruvo & Markus, 1990; Oyserman, Markus, & Terry, 2006)。これらのことから、L2自己と動機づけの関係性を捉える場合、L2理想自己とL2義務自己の関係性を無視することができないと言える。

2点目は、L2自己をいかにして育むのか、言語教育的な観点から議論が行われていないことである。一般に、L2自己は家庭環境や社会情勢等、周囲の状況に影響されると言われている(e.g., Kim, 2009; Lamb, 2011; Taguchi, et al., 2009)。しかし、言語教育者の立場として、教育が学習者のL2自己の発達にどのように貢献できるのかを考える必要があるだろう。特に日本のような環境では、教室内での英語指導がどのように影響するのかを捉えるべきである。

ある要因を変動させる1つの方法は、その基盤となる要因や関連要因を変動させることである。L2自己の基盤となる要因としては、Deci and Ryan (1985)の自己決定理論における内発的動機づけと外発的動機づけが挙げられる。

「行動の理由が内発か外発か」を表す自己決定度により、この2つの動機づけは5つの下位概念に区別される。まずは内発的動機であるが、ある行動そのものに対する内発的な興味や楽しさによる動機を指す。行動をした先の結果ではなく、行動すること自体が原動力(動機)であるため、その行動は極めて自己決定的であると言える。次に、外発的動機づけは3つに区別される。最も自己決定度が高い外発的動機づけは同一視的調整と呼ばれ、ある行動の結果得られるもの(将来のキャリアや自己成長)に見出す価値による動機を指す。かなり自己決定的だが、動機が行動の結果得られるものであるため、外発的動機づけに分類される。2番目は取入的調整であり、ある行動に対する義務感による動機を表す。外的な圧力(両親や先生、友達、雰囲気や状況)により統制された動機であるが、「なんとなくやった方がいいと思う」など、一応はその統制を受け入れた状態である。最も非自己決定的な動機は外的調整であり、行動の結果得られる賞罰や成績、物品等のみによって統制された動機である。行動に対する内発的な側面はなく、一旦物質的な成果が得られると動機が消滅する。最後は無動機と呼ばれる動機で、行動に対して意味を見出せないことを学習してしまい、既に諦めている状態を指す。

これまでの研究では、内発的動機が重要視され、研究の中心であった(e.g., 廣森, 2006; 田中, 2010)。一方で外発的動機づけについては負の側面が報告されてきた(Ryan, 1982)。最近では、同一視的調整はある行動に対して正の影響を与えることが分かったが、やはり取入的調整はその限りでないことも示されている(Koestner & Losier, 2003)。しかし、櫻井(2009)は大人になるにつれ自分のキャリアや社会を意識するようになり、外発的な動機づけも重要な役割を果たすようになると指摘している。

自己決定とはすなわち、「外的な価値観を自分の中どの程度取り入れているのか」を示すものであり、それはL2自己の概念とも共通している(Dörnyei, 2009)。また、内発的動機づけは教室内の指導によって発達するものであることが実証されている(e.g., 田中, 2005, 2010; 廣森, 2006)。

これらの考えを基に Konno (2011a, 2011b) は L2 自己と内発的・外発的動機づけの関連性を調査した。結果、L2 自己は内発的動機づけのみならず、外発的動機づけとも深く関連しており、また、両者は共変動する可能性が示された。つまり、教室内での良質な英語学習体験を通して楽しみを覚え、英語に対する価値観を取り入れることにより、日本人英語習者の L2 自己が発達すると考えられる。

もう 1 つの重要な関連要因として、国際的志向性 (Yashima, 2000, 2002; 八島, 2004) が挙げられる。この志向性は自己と国際社会の結びつきの強さと方向性を表す概念であり、英語 (やその他の外国語) でコミュニケーションを取ろうとする意思に大きく影響する重要なものである。具体的には、外国人との接触の意思、国際的な活動や職業、出来事への関心、そして国際社会に対する意思・意見が、国際的志向性を構成する (Yashima, 2009)。L2 理想自己の発達には、自己と国際社会との関わりを強く意識する必要があり、それにより、自らが将来英語を使用している場面を想像できるようになると考えられる。逆に、L2 理想自己が発達すれば、「英語を使う自己」(八島, 2004) と国際社会との関わりを意識できるようになる可能性もある。Yashima (2009) が L2 理想自己と国際的志向性、および内発的動機づけとの高い相関を報告しているように、L2 自己の促進、および英語習得の成功には、国際的志向性の発達が欠かせないといえるだろう。しかし、これらの関係性については研究が十分とは言えないため、更なる追調査が不可欠だと思われる。

## 1.2 研究目的

前節では L2 自己における 3 つの研究課題を挙げ、それらに取り組んだ研究成果 (e.g., Konno, 2011a, 2011b; Yashima, 2009) を概観した。これらについては十分に検証されておらず、特に、L2 理想自己と L2 義務自己の関係、そして L2 自己と動機づけとの関係を実証するには、異なるデータを用いての追調査が必要である。従って、本論では L2 自己、動機づけ、国際的志向性の関係性を改めて検証することが大きな目標となる。また、Yashima (2009) では国際志向性と L2 理想自己のみの関連性を検証している。Konno の研究では、日本人英語学習者に対しては L2 義務自己も一定の意味を持つ可能性が指摘されたため、

L2 義務自己も含めた上で国際的志向性と L2 自己の関連性を調査する必要がある。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査対象者

165 名の日本人大学生英語学習者を対象とし、アンケートによりデータの収集を行った。対象者は情報系学部 ( $N=78$ )、及び理工学部 ( $N=87$ ) に所属する学生である。内訳は男性 141 名、女性 24 名、1 年生が 43 名、2 年生は 117 名、3 年生が 3 名、4 年生が 2 名であった。

### 2.2 アンケート

本研究のデータはアンケートによって収集された。L2 自己については、Ryan (2009) と Taguchi et al. (2009) を参考に L2 理想自己 (4 項目;  $\alpha = .73$ )、L2 義務自己 (4 項目;  $\alpha = .81$ )、学習努力 (4 項目;  $\alpha = .73$ ) の 3 つの尺度が用いられた。動機づけについては、Noels, Clément, & Pelletier (1999) と廣森 (2006) を参考に、内発的動機づけ (3 項目;  $\alpha = .84$ )、同一視的調整 (3 項目;  $\alpha = .79$ )、取入的調整 (3 項目;  $\alpha = .62$ )、外的調整 (3 項目;  $\alpha = .61$ )、無動機 (3 項目;  $\alpha = .64$ ) の 5 つの尺度を用いて測定された。なお、Konno (2011a) は検証的因子分析を行い、これらの L2 自己と動機づけの尺度が妥当であると示している。

国際的志向性については、異文化間接近-回避傾向、国際的職業・活動への関心、国際的なニュースへの関心、国際社会に関与する意思 4 つの尺度が想定されており、前者 2 尺度が「態度・行動の性向」、後者 2 尺度が「知的志向」という国際的志向の 2 つの下位尺度を構成する (Yashima, 2009)。本研究では、これらを 1 つに合算して「国際的志向性」とするのではなく、2 つの下位尺度を分析に含め、より詳細に関係性を検証しようと試みた。尺度の内訳は、態度・行動の性向が 8 項目 ( $\alpha = .76$ )、知的志向も 8 項目 ( $\alpha = .72$ ) である。

### 2.3 調査方法

上記の尺度を含むアンケートを各英語の授業の最終回に行い、データの収集を行った。当アンケートの結果は授業改善に用いることも視野に入れているため、参加学生にはその点に加え、アンケートの結果は成績には一切含まれ

ないこと、特定可能な個人情報は一切公開しないこと、そしてこれは義務ではないことを伝えた上で、率直に回答してもらった。なお、本研究では各尺度の項目の平均値を算出し、尺度得点により各変数を定義した。

## 2.4 分析方法

変数間の関係性を検証するために、相関分析を行った。これにより、先行研究との比較も可能となる。次に、クラスタ分析を行い、各変数の傾向ごとに学習者を分類した。クラスタ分析により、相関係数を用いた場合2つの変数の1対1の関係性に限定されるという弱点を克服し、また、非線形的な関係性もカバーできるようになる。特に前者の観点は、例えば英語学習への努力を促進するには、L2理想自己もL2義務自己も必要である、という複合的な関係性の仮説を検証する際に重要であると言えるだろう(磯田, 2006)。クラスタ化の方法にはWard法を、距離の計算には平方ユークリッド距離を用いた。

## 3. 結果と考察

### 3.1 記述統計値

表1は各変数の記述統計値を表す。全体的な傾向としては、まず、本調査に参加した学習者は外発的に動機づけられていると言える。特に外的調整が高く、自らの意志というよりは英語学習の結果得られる物質的な見返りのために学習していると言える。一方で、同一視的調整がある程度高いことから、物質的な見返りを求めると同時に、英語学習が自らの人生において価値があると信じている傾向にあると言える。また、無動機が低いことから、学習に対して諦めを抱いている学生は少ないと言えるだろう。

また、国際的志向性が著しく低く、標準偏差も他と比べて小さい傾向にある。特に国際的な態度・行動の性向が著しく低い。これは外国人との接触を避け、また、国際的な職業や活動への関心もほぼ無い傾向を示している。

最後に、L2自己についてはどれも平均的な値を示した。英語使用についての理想的な将来像や、英語学習に伴う義務感についてはあまり明確になっていない状態であると言えるだろう。しかし、Konno (2011a)の研究結果を踏まえれば、学習努力が決して低くないのはどちらか一方のL2自己のみが著しく低くないためであると言える。

表1  
各変数の記述統計値

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
L2理想自己	3.27	0.82	0.06	1.00	4.75	-0.51	0.04
L2義務自己	3.05	0.89	0.07	1.00	5.00	-0.31	-0.38
学習努力	3.02	0.82	0.06	1.00	5.00	-0.07	-0.04
内発的動機づけ	3.04	0.88	0.07	1.00	5.00	-0.31	-0.22
同一視的調整	3.50	0.85	0.07	1.00	5.00	-0.32	-0.21
取入的調整	3.36	0.81	0.06	1.00	5.00	-0.24	-0.45
外的調整	3.62	0.80	0.06	1.67	5.00	-0.19	-0.49
無動機	2.36	0.78	0.06	1.00	4.67	0.27	-0.42
態度・行動	2.45	0.67	0.05	1.00	4.50	0.25	0.23
知的傾向	2.77	0.66	0.05	1.00	4.38	-0.20	-0.18

### 3.2 各変数間の相関係数

各変数間の関係性を検証するために、相関係数を算出した(表2)。まずはL2自己に関して、L2理想自己、L2義務自己、そして学習努力の相関が全て.60以上と強い関係性が見られた。L2理想自己とL2義務自己は強く関連している、そして、日本人英語学習者の学習努力はL2理

想自己のみならず、L2義務自己とも関係する、と解釈が可能であり、Konno (2011a)の研究結果の一端を支持するものであると言える。英語習得を志す誰しもが何らかの理想を持っているのは想像に難くない。しかし、その理想像だけで英語学習を成功させるのはおそらく困難だろう。社会的な価値や自身に課す義務感等が後押しする場面は少



### 3.3 クラスタ分析による変数のパターンの比較

続いて、クラスタ分析により本研究における個人差を分析し、動機づけのパターンを検証した。本研究では全ての変数を投入し、標準化を行った上で分析を行った。理由は、標準偏差が大きい変数に分析の結果が左右されてしまう可能性があるからである(足立, 2006)。標準化により標準偏差を統制できるため、このような問題を防ぎ、公平なクラスタリングが期待できる。

デンドログラムを検証した結果、4つのクラスタが妥当であると判断された(図1)。分類の妥当性を検証するために、各変数に対して一元配置の分散分析を行った。結果、全ての変数に有意差が見られ、外的調整、L2 義務自己、

知的傾向に中程度の効果量が見られた以外、大きな効果量が得られた(内発的動機づけ;  $F(3, 161) = 38.04, p = .00, \eta^2 = 0.50$ ; 同一視的調整;  $F(3, 161) = 62.64, p = .00, \eta^2 = 0.29$ ; 取入的調整;  $F(3, 161) = 39.52, p = .00, \eta^2 = 0.18$ ; 外的調整;  $F(3, 161) = 23.83, p = .00, \eta^2 = 0.10$ ; 無動機;  $F(3, 161) = 80.25, p = .00, \eta^2 = 0.36$ ; L2 理想自己;  $F(3, 161) = 62.16, p = .00, \eta^2 = 0.29$ ; L2 義務自己;  $F(3, 161) = 29.44, p = .00, \eta^2 = 0.13$ ; 学習努力;  $F(3, 161) = 73.64, p = .00, \eta^2 = 0.34$ ; 態度・行動の傾向;  $F(3, 161) = 44.68, p = .00, \eta^2 = 0.21$ ; 知的傾向;  $F(3, 161) = 73.64, p = .00, \eta^2 = 0.09$ )。クラスタへの分類は妥当だったと言える。

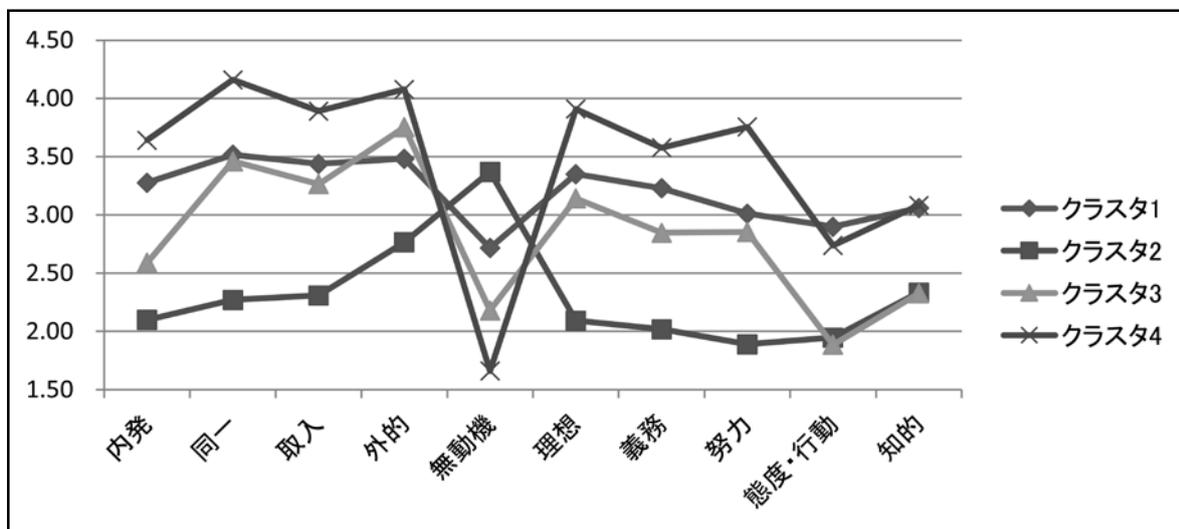


図1 各クラスタの動機づけ、L2 自己、国際的志向性のパターン

各クラスタの解釈は以下の通りである。クラスタ1 ( $N = 47$ ) は無動機を除きおよそ 3.0 から 3.5 の間に変数が位置しており、決して低くないがどれも突出してはいない。しかし内発的動機づけは最も高いクラスタ4 とほぼ同等である。そのため、クラスタ1を「内発的動機群」と名付けた。クラスタ2 ( $N = 27$ ) はどの変数も極端に低く、無動機が突出している。このグループは英語学習に希望を持たず諦めてしまっている可能性が高い。従って、この学習者群を「無動機群」とした。クラスタ3は各変数の値は内発的動機群と大きく変わらない。しかし、内発的動機づけは大幅に低く、外的調整の高さが目立つ。従って、クラスタ3を「外発的動機群」と呼ぶことにした。最後にクラス

タ4であるが、国際的志向を除く全ての変数において他のクラスタを上回っている。従って、この学習者群を「高動機群」とした。

次に、各クラスタの特徴から変数間の関係性を改めて検証した。以降のカッコ内の数値は検定の効果量を表す。まず、L2 自己について、高動機群が全てにおいて最も高い値を示した。L2 理想自己は内発的動機群 ( $d = 1.05$ )、外発的動機群 ( $d = 1.31$ ) より高く、L2 義務自己 ( $d = 0.53, 0.90$ )、学習努力 ( $d = 1.32, 1.71$ ) も同様である。学習努力は、L2 理想自己と L2 義務自己が高い時に最も高まるという Konno (2011a) と同様の結果が得られた。

次に内発的・外発的動機づけに着目すると、Konno

(2011a) が示したように, L2 自己が高い高動機群が内発的動機づけ, 外発的動機づけ共に高い値を示した。まず, 高動機群は, 内発的動機群, 外発的動機群よりも, 同一視的調整 ( $d=1.22, 1.09$ ), および取入的調整 ( $d=0.73, 1.00$ ) が有意に高く効果量も中程度以上だった。外的調整に関しては, 内発的動機群とは有意差が見られたが ( $d=0.95$ ), 外発的動機群とは差が有意ではなかった。しかし, 小さな効果量が見られたため ( $d=0.45$ ), 一定の差があったと言えるだろう。内発的動機づけについては, 高動機群は内発的動機群 ( $d=0.59$ ), 外発的動機群 ( $d=1.49$ ) よりも有意に高かった。L2 自己の比較と総合すると, 高動機群は, 全ての L2 自己要因, 及び動機要因において最も高い値を示した。つまり, L2 自己の背後には外発的動機づけが大きく存在する可能性を示した相関分析の結果を裏付ける。

一方で, 動機づけと国際的志向性の関係性のパターンは, 他の場合と比べて明確ではなかった。内発的動機や L2 自己が最も高い学習群が, 最も高い国際的志向を示す傾向にはなかったからである。まず, 高動機群と内発的動機群を比較すると, 態度・行動の性向, 及び知的傾向の両方に有意差が見られなかった。しかし, 態度・行動の性向については内発的動機群の方がわずかに高い平均値を示した ( $d=0.32$ )。また, 高動機群も内発的動機群も, 外発的動機群と無動機群と比べて, 態度・行動の性向, 及び知的傾向の両方が有意に高かった。外発的動機群と無動機群の間にはほぼ差が見られないが, 態度・行動の性向においては無動機群が, L2 自己や内発的動機づけがより高い外発的動機群をわずかに上回っている。これらのことから, 少なくとも内発的動機や L2 自己が高い学習者群は国際的志向性が相対的に高い傾向にあると言える。しかし, 今回の集団では, 態度・行動の性向の平均値が最大で 2.90, 知的傾向の最大値が 3.06 と全体的にかなり低い。これは動機づけと平行して育まれていない可能性を示す。

内発的/外発的動機づけや L2 自己は, それぞれ短期的・長期的なゴールの達成に大きく貢献する。最終的にはそれぞれの動機要因が相互に作用して 2 つのゴールが達成されると言えるが, これまでの理論から, 内発的・外発的動機づけは前者に, L2 自己や国際的志向性は後者により関係する傾向にあることが示されてきた (e.g., Noels, 2001; Dörnyei, 2009; 八島, 2004)。どちらのゴールも重要である

が, 今後は L2 自己や国際的志向性をどのように促進するのが課題となるだろう。国際的志向性とは, 自己がどの程度世界と関わっているのかを表す個人の態度や性向である (八島, 2004)。国際的志向性が高いほど動機づけが高く, 積極的に英語でコミュニケーションを図る意思も強い傾向にある (Yashima, 2002)。今回対象となった学習者が今後英語学習を成功させるには国際的志向性を育む必要があるが, 本研究の結果から, そのためには国際的志向性と相関が強い内発的動機づけや L2 理想自己を高めることが 1 つの方法であると考えられる。しかし, 国際的志向性と比較的相関が強かった L2 理想自己や L2 義務自己, そして内発的動機づけを独立変数, 態度・行動の性向, 知的傾向をそれぞれ従属変数として重回帰分析を行った結果, 前者は約 3 割 ( $R^2=.29$ ), 後者は約 2 割 ( $R^2=.16$ ) しか説明されないことがわかった。したがって, 学習者の内発的動機づけや L2 自己を促進する英語指導を行うと同時に, 「自己と世界との関わり」を見出せるような指導を展開する必要があると言える。例えば留学を体験できれば一番良いが, 全ての環境でそれが可能ではない。外国人との積極的な交流に対する抵抗感を減らすために学内の留学生との交流の機会を設けるプログラムを実施したり, 授業の中で国際的なニュース等に触れ, 話し合う機会を提供したりするなど, 具体的な教育的介入が必要だと思われる。

また, 国際的志向性の促進を図るためには, 今後は日本人学習者の L2 義務自己や取入的調整に対してどのように向き合えばよいのかを考慮することが重要であると考えられる。これら 2 つの動機づけ要因は人間の行動に対して悪影響を及ぼすものとして捉えられてきた (Koestner & Losier, 2002; Papi, 2010; Ryan & Deci, 2002)。一方で, Konno (2011a) や本研究では, 学習努力が高いグループほど L2 義務自己や取入的調整が高いことが明らかとなり, これら 2 つの動機づけ要因は日本人の英語学習に正の影響を与える可能性を示した。しかし, 本研究では, これらの動機づけ要因が高い学習者群の国際的志向性は必ずしも高くはなかった。これらのことから, L2 義務自己や取入的調整は, L2 理想自己や内発的動機づけとの相互関係のもと, どちらかといえば短期的な英語学習のゴールの達成を支えるものと推測できる。従って, L2 義務自己や取入的調整の役割については更なる検証が必要であると思われる。長期的な

ゴールを達成するには学習者が自分なりに「英語を使用する自分」を確かに意識する事が望ましい。「社会的に必要なだから」「何となくカッコいいから」という L2 義務自己や取入的調整のような動機は、「英語使用者としての理想像」を後押しするのもかもしれないが、具体的な使用場面の想像を掻き立てない可能性もある。L2 義務自己の役割については今後より踏み込んだ調査が不可欠である。

また、今回は国際的志向性を「態度・行動への性向」と「知的傾向」の二側面に区別し、他の動機づけ要因との関連性を探った。結果、態度・行動への性向の方が内発的動機や L2 自己との関係がわずかに強かった。しかし、内発的動機づけや L2 理想自己が高い学習者群でも、態度・行動への性向の平均値が低かった。従って、国際的志向性の中でも特に態度・行動への性向については、共変関係にある動機づけや L2 自己へのケアに加えて、その他の具体的な教育的な働きかけが必要だと思われる。

#### 4. 結論

本研究では内発的・外発的動機づけ、L2 自己、国際的志向性の 3 者間の関係性を検証した。結果としては、まず、L2 理想自己と L2 義務自己の両方が、学習努力と強く関係している事が示された。次に、内発的動機づけのみならず、外発的動機づけも L2 理想自己、L2 義務自己、学習努力と一定以上に関連しており、また、学習努力と同一視的調整がかなり強く関連している事が分かった。つまり、L2 義務自己や外発的動機づけも日本人の英語学習の達成に大きく貢献する可能性が示された。なお、これらの関係性は、クラスタ分析によって裏付けられたと言える。国際的志向性については、L2 理想自己、L2 義務自己、内発的動機とより強い関係にある。クラスタ分析の結果からも同様の傾向が示されたが、上記の 3 つの動機要因が高いからといって国際的志向性も高いとは限らない事も明らかとなった。本研究の結果を総合すると、最終的には内発的動機づけや外発的動機づけ、L2 理想自己や L2 義務自己が相互に作用して短期的なゴールと長期的なゴールの達成を支えていくものと考えられる。しかし、長期的なゴールを達成するには国際的志向性の向上が欠かせない。今後英語の授業内でどのように高めていくのが重要な課題となるだろう。

本研究の結果から得られた教育的示唆を簡単に述べた

い。まず、1 点目は前節で述べたように、国際的志向性を高めるために、明示的な指導が必要であると思われる。例えば、学内の留学生との交流の場を設けたり、交流そのものを授業内での活動としたりすることは有効であると思われる。また、授業の中で積極的に国際的なニュースや出来事、文化を英語の授業内に積極的に組み込む事が求められるだろう。次に、本研究における「無動機群」のような学習者に対しても、何らかの対応が必要である。既に学習する事の意味を失っている学習者に対して、急に内発的動機や L2 理想自己を高めようとしても難しい。本研究の結果から、外的調整や取入的調整も学習の動機づけになり得る事が明らかとなった。したがって、このような学習者が「あと一歩のがんばり」で成果がでるような授業作りを行い、しばらくは「成績のため」もしくは「なんとなく」英語学習に取り組める環境を設定する事は決して無駄な事ではないと言える。

限界点として 2 点挙げたい。まず、調査対象者が限られていた事である。今回対象となった学習者は、学年にこそ幅があったものの、情報学系と理工学系の学生に限られていた。例えば、英文学科系等の人文科学系の学習者や言語を専門とする学習者も対象に含める事により、異なる結果が得られる事が予想される。次に、本研究では量的分析に特化していた事が挙げられる。相関係数等により各変数間の関係性を推察する事は可能であるが、それだけではその実態をつかむ事が難しい。例えば L2 理想自己と L2 義務自己が学習者個人の中で「どのように」関連しているのかを把握する事ができない。また、これまで負の側面が強調されてきた L2 義務自己と取入的調整であるが、本研究では日本人英語学習者にとって正の側面があることが確認された。しかし、なぜそうなのかは量的な分析のみでは明らかにできない。そのため、今後は質的な分析を加える事により、これらの関係性をより詳細に検証する必要がある。

#### 参考文献

Csizer, K., & Kormos, J. (2009). Learning experiences, selves and motivated learning behavior: A comparative analysis of structural models for Hungarian secondary and university learners of English. In Z. Dörnyei & E. Ushioda

- (Eds.), *Motivation, language identity and the L2 Self* (pp. 98-119). NY: Multilingual Matters.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Dörnyei, Z. (2005). *The psychology of the language learner: Individual differences in second language acquisition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Dörnyei, Z. (2009). The L2 Motivational self system. In Z. Dörnyei & E. Ushioda (Eds.), *Motivation, language identity and the L2 Self* (pp. 9-42). NY: Multilingual Matters.
- Kim, T-Y. (2009). The sociocultural interface between ideal self and ought-to self: A case study of Two Korean Students' EFL motivation. In Z. Dörnyei & E. Ushioda (Eds.), *Motivation, language identity and the L2 Self* (pp. 274-294). NY: Multilingual Matters.
- Koestner, R., & Losier, G. F. Distinguishing three ways of being highly motivated: A closer look at introjection, identification, and intrinsic motivation. In R. Ryan & E. Deci (Eds.), *Handbook of self-determination research* (pp. 101-122). NY: The University of Rochester Press.
- Konno, K. (2011a). The relationship between L2 selves, intrinsic/extrinsic motivation and motivated behavior of Japanese EFL learners. *ARELE*, 22, 345-360.
- Konno, K. (2011b). Temporal shifts in L2 selves in the EFL classrooms. *Language Education & Technology*, 48, 23-48.
- Lamb, M. (2009). Situating the L2 self: Two Indonesian school learners of English. In Z. Dörnyei & E. Ushioda (Eds.), *Motivation, language identity and the L2 Self* (pp. 229-247). NY: Multilingual Matters.
- Noels, K. A. (2001). Learning Spanish as a second language: Learners' Orientations and perceptions of their teachers' communication style. *Language Learning*, 51, 107-144.
- Noels, K. A., Clément, R., & Pelletier, L. (1999). Perceptions of teachers' communicative style and students' intrinsic and extrinsic motivation. *Modern Language Journal*, 83, 23-34.
- Oyserman, D., Bybee, D. & Terry, K. (2006). Possible selves and academic outcomes: How and when possible selves impel action. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91, 188-204.
- Oyserman, D., & Markus, H. R. (1990). Possible selves and delinquency. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59, 112-125.
- Papi, M. (2010). The L2 motivational self system, L2 anxiety, and motivated behavior: A structural equation modeling approach. *System*, 38, 467-479.
- Ruovo, A. P., & Marcus, H. R. (1992). Possible selves and performance: The power of self-relevant imagery. *Social Cognition*, 10, 95-124.
- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 450-461.
- Ryan, S. (2009). Self and identity in L2 motivation in Japan: The ideal L2 self and Japanese learners of English. In Z. Dörnyei & E. Ushioda (Eds.), *Motivation, language identity and the L2 Self* (pp. 120-139). NY: Multilingual Matters.
- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An Extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 450-461.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2002). An overview of self-determination theory: An organismic-dialectical perspectives. In R. Ryan & E. Deci (Eds.), *Handbook of self-determination research* (pp. 3-36). NY: The University of Rochester Press.
- Taguchi, T., Magid, M., & Papi, M. (2009). The L2 motivational self system among Japanese, Chinese and Iranian learners of English: A comparative study. In Z. Dörnyei & E. Ushioda (Eds.), *Motivation, language identity and the L2 Self* (pp. 66-97). NY: Multilingual Matters.

- Yashima, T. Willingness to communicate in a second language: The Japanese EFL context. *Modern Language Journal*, 86, 54-66.
- Yashima, T., Zenuk-Nishide, L., & Shimizu, K. (2004). The influence of attitude and affect on willingness to communicate and second language communication. *Language Learning*, 54, 119-152.
- Yashima, T. (2009). International posture and the ideal L2 self in the Japanese EFL context. In Z. Dörnyei & E. Ushioda (Eds.), *Motivation, language identity and the L2 Self* (pp. 140-163). NY: Multilingual Matters.
- 足立浩平. (2006). 『多変量データ解析法 —心理・教育・社会系のための入門—』 京都：ナカニシヤ出版.
- 磯田貴道. (2006). 授業の中で捉える学習者の動機づけ：認知的評価のプロセスの検証. *JACET Bulletin*, 43, 15-28.
- 櫻井茂男. (2009). 『自ら学ぶ意欲の心理学 キャリア発達の視点を加えて』 東京：有斐閣.
- 廣森友人. (2006) 『外国語学習者の動機づけを高める理論と実践』 東京：多賀出版.
- 田中博晃. (2005). どのようにすれば学習者の動機づけは高められるのか?: 学習者の動機づけを促進する方略の効果検証. *JLTA Journal*, 7, 163-176.
- 田中博晃. (2010). 英語の授業で内発的動機づけを高める研究. *JACET Journal*, 50, 63-80.
- 八島智子. (2004). 『外国語コミュニケーションの情意と動機』 大阪：関西大学出版部.

## COMMUNICATIVE REPAIR STRATEGIES IN FOREIGN LANGUAGE CHAT ROOMS

Nami TAKASE\* and Adam JENKINS\*\*

## ABSTRACT

Technology can enhance language learning by offering more opportunities for student interaction in the L2. In text-based chat rooms the real-time nature of communication as it occurs in face-to-face conversation is preserved. One potential difference between face-to-face conversations and chat rooms is how communication is maintained through communicative repairs. In this study, we examined the communicative repairs learners use in chat rooms. In our data, students used recasts for repairs over other strategies. Additionally, we found that the repairs followed the self-initiated self-repair and other-initiated other-repair patterns. We hypothesized that questions would also be used for repairs, however the data did not support this hypothesis.

**Key words:** chat, online, language, interaction, repair

**Introduction**

Creating opportunities for students to interact in the L2 has important consequences for SLA (Long, 1981). These opportunities need not be restricted to face-to-face communication. Online settings such as text-based chat rooms can serve as additional platforms for language learning (Blake, 2008). These can provide unique opportunities for learners to interact and reflect on their discourse in the L2 as a lasting record of the interactions remains after the utterances are made. Swain and Lapkin (1995) argue that L2 output through interaction may trigger certain cognitive processes necessary for second language learning. During student interaction, communicative difficulties may arise that require the students to effect a repair. Tudini (2010) points out that such repairs provide opportunities for learners to observe their own language as the meaning is being negotiated. Repairs in interaction can help language learners to monitor and test hypotheses about the language. In other words, repairs focus learners' attention to the language

in a meaningful context and this is beneficial to language acquisition (Gass, 1997). Text-based chat rooms allow learners to view and review their utterances including communicative repairs. Therefore, knowledge of how learners effect repairs through interaction in online settings can inform language learning pedagogy.

Wong and Waring (2010, p.212) define repair practices in face-to-face interaction as "way of addressing problems in speaking, hearing, or understanding of the talk". Furthermore repair practices can be categorized into four types of repair based on who initiated the repair and who finished the repair: (1) self-initiated self-repair; (2) self-initiated other-repair; (3) other-initiated self-repaired; (4) other-initiated other-repaired (Wong and Waring, 2010). Techniques that speakers utilize to effect repairs include abandoning the started repair attempt (i.e. evasion), using repair initiators such as 'Pardon?' 'Sorry?', and Wh-interrogatives or by using repetition and recasting (i.e. asking for

---

\* Received March 1, 2013

\* Shizuoka University of Art and Culture

\*\*Center for Student Education Resource

clarification) (Wong and Waring, 2010).

Research done by Tudini (2005) found that self-initiated self-repairs are more frequent among non-native speakers (NNSs) in chat room conversations than with native speaker and NS-learners in the chat room. In addition, Tudini (2004) argued that studies conducted in group settings (e.g. Negretti, 1999) as inappropriate because the group interactions in a chat room tend to form multiple conversation threads making the task too difficult for the language learners.

Online chat room interaction shares several features with spoken interaction, such as synchronous communication, and turn-by-turn co-construction of interactions. Another characteristic that is common between chat rooms and spoken conversation is repair sequences (Tudini, 2010). Some differences can be expected. For example, as the chat room leaves a lasting record, the repetition of utterances would normally be superfluous. Moreover, referring to past utterances would also be made easier by the existence of the chat log. However, some types of repair can be expected to be common to both spoken language and the language of chat rooms. In this study, we investigated the types of repair strategies effected by NNSs of English in a chat room discussion.

## Method

### *Participants*

The 64 participants in this study were two classes of second year engineering university students in Japan. The class met once a week for 90 minutes. The class is a required English class focusing primarily on reading skills. All of the students are NNSs and their level of proficiency ranges from beginner to low intermediate. The students were not trained to use repair strategy prior to the study.

### *The Task*

The chat room discussion was conducted in the classroom using students' personal computers. Students were randomly assigned to groups of three to four members and entered the chat rooms using their actual names. One member in

each group was designated discussion leader in order to facilitate the discussion. Each group was provided with the following discussion topics: Topic 1 - What is important for university students to be healthy? (Discuss both physically and mentally), Topic 2 - If you had a lot of money and time, would you go to Vancouver? Where would you go abroad? Why would you like to go there? Topic 3 - When you buy clothes, what is the most important factor? (Material, brand, color, style, price, smell, size). Discussion leaders were instructed to facilitate and generate discussion and elicit opinions from the group members. The time allocated for the activity was 45 minutes. After the discussion, students were required to submit open-ended reports in their L1 regarding which topics were difficult or easy to discuss in online chat.

### *Text Analysis*

The chat log data was downloaded and analyzed for linguistic patterns that represented repairs. Specific patterns were selected according to criteria from Wong & Waring (2010): Wh-interrogatives, Yes / No questions, repetition, recasting ("You mean" understanding check), and evasion. Long pauses, over three minutes, were also examined for evidence of communicative difficulty. Each utterance in the chat log was counted and categorized by both authors to ensure inter-rater reliability. Learners' reports were also categorized and counted.

## Results

### *Chat Log Data*

Across the 19 chat rooms, there were a total of 1049 turns or utterances including 232 interrogative utterances. All utterances functioning as communicative repairs were found in the form of recasts. In total, 15 instances of recasting were found. Of these, nine were self-initiated self-repairs and six were other-initiated other-repair including one repair with a code-switch to the L1.

A: Why would ypu like to go there? everyone.  
A: miss. ypu→you

F: What is it good?  
G: What is healthy food?

Excerpt 2. An other-initiated recast.

Interrogatives were investigated as potential repair instances. Wh- interrogatives were found in 209 utterances and Y/N- questions in 23 utterances. However, none of these questions could be linked to instances of communicative difficulty and hence were excluded from the repair count. All of the interrogatives were found to be either further developing the topic or opening a new topic for discussion.

Repetition was found in 65 utterances. In 62 of these utterances there were no signs of communicative difficulty preceding the repeated utterance and hence were excluded from the repair count. The remaining three repeated utterances served differing communicative functions such as attracting attention and emphasizing a particular point.

11:13 H: what sports do you like to do?  
11:13 H: what sports do you like to do?  
I: I like to play tennis.

Excerpt 3. Repetition potentially from a computer error.

Overly long pauses greater than three minutes were found 63 times. The utterances immediately following these long pauses were examined for sources of communicative difficulty and communicative repair. These utterances included interrogatives in 18 cases and declaratives in 39 cases (6 other). 16 of these questions and one of the declaratives were attempts to change the topic.

09:55 E: True?  
(long pause)  
09:58 C: Mr, Txxxxxxx harry  
up  
09:58 E: ok

Excerpt 4. Chat log with long pause showing time stamp.

### *Learners' Reports*

Out of the 64 students, 35 reported having difficulties developing the conversation. 25 reported difficulty expressing themselves in

English. 10 reported that the lack of time constraints permitted the use of dictionaries and textbooks as a reference. Three reported the ability to read the text made it easier for them to respond. Other comments included it was less of a burden to exchange opinions in English in an online environment, and also that the chat room task was easier than spoken conversations because they did not have to worry about pronunciation.

### **Discussion**

Our data support the results of Tudini's (2005) study. Out of the 15 recasts, nine were self-initiated self-repairs. All of these were dealing with difficulties with spelling or word-choice. Online text chat provides more opportunity for self-initiated self-repair than other types due to the reviewable chat history making the self-monitoring and identification of language inaccuracies more salient, promoting repair initiation. The chat history is also a potential source of learner motivation from the pride in fixing one's own mistakes rather than the humiliation of having others make the corrections. The other six recasts were of the form other-initiated other-repair. There were no cases of self-initiated other-repair or other-initiated self-repair. In all cases, the repair initiator also completed the repair. This is evidence for a lack of communicative co-operation between the discussion members even though they were co-operating to complete the task.

Also the results show that learners mostly used recasts to gain mutual understanding. Recasts were used over Wh- or Yes/ No interrogatives for repairs. When faced with difficulties, learners rephrased the utterance or used question marks to point out the source of the difficulty. It is difficult to ascertain why Wh- or Yes/ No interrogatives were not utilised for repair. One possibility is that as the students were not trained in using interrogatives to check meaning before the task, recasts instead, were used as a simpler solution. Another possibility is that the repair shifted from each of the interlocutors to an external reference such as a dictionary or textbook. Unfortunately this is impossible to verify as it would not be reflected in the chat logs.

Repetition was also frequently observed but only two utterances were accepted as a repair. The majority of repetition was due to technological issues such as carelessly hitting the response key or trying to get a faster response from the computer. Although Wong and Waring (2010) include repetition techniques for repair, our results did not reflect this. This was unsurprising as the ability to continually review past utterances in the chat logs eliminates the need for repetition as a repair, although it was used for emphasis in our data.

Long pauses clearly mark areas of difficulty in a spoken conversation where there are opportunities for repairs. Long pauses over three minutes were common in the chat logs but only two could be counted as potential repair opportunities. Rather than engage in repairs the students tended to evade the difficulty by changing the topic. Moreover, interrogatives were preferred over declaratives as a mode for changing the topic. Further investigation found that majority of long pauses occurred where the conversation had stalled due to either the discussion having exhausted the topic, or linguistic difficulties in expressing ideas in English. This finding was further supported by the learners' reports, in which 35 of the students (55%) reported having difficulty developing the conversation and 25 (39%) reported difficulties in expressing ideas in English.

Finally, the participants were sensitive to the discussion leader's role in leading the discussion. In eight instances, non-discussion leaders attempted to change the topic. In three of these instances, the attempts were ignored by the other members. However, all of the five successful attempts followed long pauses greater than three minutes. In sum, long pauses predicted the successful outcome of non-discussion leaders' attempts to lead the conversation and change the topic.

### Conclusion

Among the various linguistic patterns possible for a repair in a face-to-face conversation, recasts were frequently observed in the chat

logs. In particular, self-initiated self-repairs which dealt with lexical items were found more commonly used to modify output during their interaction. On the other hand, evasion and overly long pauses mostly did not account for repair practices so much as signaling stalled discussions. The results from the learner's report supported this hypothesis. Repetition was not used as a repair because chat rooms already provide reviewability of the text.

The chat room medium offers visual, reviewable text. It increases the likelihood of learners noticing the gaps in their interlanguage through reflection. Instruction in repair strategies using chat rooms as a practice platform supports language development in some ways more effectively than in face-to-face practice due to the ability of learners to re-read and review how the conversation develops. On the other hand, repetition as a repair strategy is made redundant by the presence of the chat history. As such, instruction in using repetition as a repair strategy in online chat is inauthentic and perhaps inappropriate, though it may increase the salience of repetition use. Online chat rooms provide foreign language learners with opportunities to engage in and reflect on their language including repair practices.

### References

- 1) Blake, R. (2008). *Brave New Digital Classroom Technology and Foreign Language Learning*. Washington, D.C.: George University Press.
- 2) Gass, S. M. (1997). *Input, interaction, and the second language learner*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- 3) Long, M. H. (1981). *Input, interaction, and second-language acquisition*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 379, 259–278.
- 4) Negretti, R. (1999). *Web-based activities and SLA: A conversation analysis research approach*. *Language learning & technology*, 3, 75–87.
- 5) Swain, M., & Lapkin, S. (1995). *Problems in output and the cognitive processes they generate: A step towards second language learning*. *Applied linguistics*, 16, 371–391.

- 6) Tudini, V. (2004). *Virtual Immersion: Native Speaker Chats as a Bridge to Conversational Italian*. *Australian Review of Applied Linguistics*, 18, 63-80.
- 7) Tudini, V. (2005). *Chatlines for beginners: Negotiating conversation at a distance*. *Distance Education and Languages*, 212-229.
- 8) Tudini, V. (2010). *Online Second Language Acquisition: Conversation Analysis of Online Chat*. London: Continuum.
- 9) Wong, J., & Waring, H. Z. (2010). *Conversation analysis and second language pedagogy: A guide for ESL/EFL teachers*. New York: Routledge.



# 大学生の生活習慣, 運動実施状況及びスポーツ情報への接触形態 に関する調査研究

Research on Lifestyles, Sports Activities and Contact with The Sports Information in University Students

望月 知徳\*      桑原 潤\*\*      富田 寿人\*\*\*  
Tomonori Mochizuki      Jun Kuwahara      Hisato Tomita

The purpose of this study is to investigate the sports activities and contact with the sports information in the university students and to examine the relationship between the sports activities and contact with the sports information.

- 1) Approximately 69.5% of all students like to exercise and 73.4% of all students want to exercise. But 58% of all students are No-Exercise students.
- 2) The sports activities of university students were affected by “Environment” and “Sports carrier”.
- 3) The contact with the sports information were affected by “Favorite teams and players” and “Sports carrier”
- 4) The result of Chi-square test indicated that the activities and contact with the sports information had a high correlation.

## 1. はじめに

平成 23 年にスポーツ基本法が施行され, それを受け平成 24 年には今後の国のスポーツ施策の具体的な方向を示すものとして, スポーツ基本計画が策定された。

スポーツ基本計画において「成人の週 1 回以上のスポーツ実施率が 3 人に 2 人 (65%程度), 週 3 回以上のスポーツ実施率が 3 人に 1 人 (30%程度) となることを目標<sup>1)</sup> としている。平成 23 年の国民健康・栄養調査<sup>2)</sup> によると, 運動習慣 (1 回 30 分以上, 週 2 回以上実施) のある者は, 20 代では男性 23.2%, 女性 9.5% との報告があり健康・体力づくり事業財団<sup>3)</sup> が東京都民を対象に行った調査においても週に 1 日から 3 日以上定期的に運動を実施している者は約 50% との報告があった。こういった結果から, 運動を実施している者へのより一層の習慣化を図ると共に, 運動の未実施者に対しての様々な対応・施策が必要であると考えられている。

近年の大学生の運動実施についての先行研究<sup>4) 5) 6) 7)</sup> は, 生活習慣に関する報告や, 健康問題, 運動習慣に関する研究が多くみられる。これら先行研究から, 運動習慣と食生活には関連があり, 運動習慣があるほど望ましい食生活や睡眠の規則性が良好である者が多いことが明らかとなっている。また, 徳永<sup>7)</sup> は, 精神面に関して大学生を対象とした研究で, コミュニケーション能力の低い学生や, 対人緊張の不安を抱えた学生が増加していると報告している。このような学生は, 抑うつや孤独感が予測されるため早期の改善が必要となる。そのために, 体力面と精神面の 2 つの問題の改善策として運動が良いとされ, 運動の効果については体力づくりなど

けでなく緊張の解消, 気分転換などが可能になると考えられている。また西山<sup>8)</sup> は, グループで運動を行っている場合には協調性の亢進, 対人関係の良好さがもたらされることも述べている。このような報告もあることから, 現代の学生の現状を把握しておくことは様々な指導を行う上で意義深いものと考えられる。

一方で, 現代のスポーツはメディアとの密接な関係を築いている。テレビ・新聞・雑誌・インターネット・ラジオなどの多くのメディアが存在し, 近年より一層多様化してきた。スポーツについての情報は日常生活に溢れ, 我々は意識的に, あるいは無意識にいずれかのメディアから情報を得ているといえる。それにより近年「する」スポーツのみではなく「みる」スポーツについてもその重要性が謳われていると考える。つまり観戦したり・見たり・読んだり・スポーツの話題で会話をしたりと, スポーツの様々な楽しみ方を提供していくことが, スポーツの役割としてより一層重視されてくると考える。そしてスポーツについて高まった興味・関心を再び「する」スポーツへとその流れを発展させていくようマネジメントしていくことが今後のスポーツには必要なことであると考えられる。そのためにも, スポーツに関する情報にどの程度接触しているのかを知ることは, スポーツに対する意識を表す指標となり, スポーツの実施にも関わってくると思われる。また, たとえ運動を実施しなくても情報を持っていることは, スポーツに対する意識を自然と高めたり, 友人などと会話をするきっかけになり人間関係の形成やコミュニケーション機会の創出などの一端を担うものと思われる。しかし, 先行研究において

2013 年 3 月 1 日受理

\* 学生事務部 学務課      \*\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科 4 年

\*\*\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

大学生の運動・スポーツの現状について、運動に対する実施状況や意識について調査し、尚且つスポーツの観戦頻度やスポーツに関する情報について、どこから・どんな情報を・どの程度接触しているかなどの構造を明らかにしようとしている報告はほとんど見られない。学生が運動を実施し、健康的な生活を営む上でスポーツに関する情報を日常生活の中でどのように接触しているか知り、それが運動実施状況とどのような関係性を持っているのかを検討することは重要であると考え。

## 2. 研究目的

そこで本研究は、本学の全ての学生を対象に、生活習慣や運動習慣は勿論のこと、運動・スポーツに対する意識やスポーツ情報への接触、過去の運動・スポーツ実施経験、実施年数などについてアンケート調査を実施し、本学における運動実施状況について明らかにし、未実施者に対する施策を検討することを目的とした。また、スポーツ情報への接触に関する項目についてクラスター分析にて比較検討を実施し、その後運動・スポーツの実施状況との関連構造についても検討したい。本研究が本学での運動・スポーツの機会の創出、スポーツ環境整備の基礎的研究となればと考える。

## 3. 研究方法

### 3.1 調査対象

調査対象者は、平成24(2012)年度4月に在籍する全学生(1年396名、2年生427名、3年生359名、4年生326名、合計1508名)を対象とした。

### 3.2 調査方法

調査方法は無記名による質問紙調査法を用い、2年生から4年生については平成24年度4月履修ガイダンスにて、1年生については平成24年度6月中の「スポーツ1」(必修)の授業内において質問紙を配布し、アンケート主旨を説明後、回答してもらい回収した。回収率は86%(1301/1508名)、有効回答率99%(1297/1301名)であった。1年生に対しての6月での実施理由については大学入学後の運動習慣や、生活習慣がある程度確立されるまでの時間を確保するためであった。

### 3.3 調査項目

(1) 本研究の調査項目については、基本属性(性別・学科・学年・居住形態・友人数・交通手段・通学時間・アルバイト時間・食事回数・睡眠時間・飲酒頻度・喫煙有無)の12項目、運動・スポーツ実施状況(運動・スポーツの好き嫌い、実施意欲、得意度、応援チーム有無、応援選手有無)の5項目、運動・スポーツの実施習慣(平日及び休日の実施頻度・実施時間・所属形態・未実施理由)の5項目、スポーツ観戦及びスポーツ情報への接触頻度についての11項目、そして小・中・高・大学の各年代におけるスポーツ実施歴(種目・実施年数・所属形態)についての3項目をそれぞれ設定した。

(2) 本調査において、スポーツの定義は「楽しみを求めたり、勝敗を競ったりする目的で行われる身体運動の総称とし、

陸上競技、水上競技、球技、格闘技などの競技スポーツのほか、レクリエーションとして行われるものを含む」とした。

## 4. 結果

### 4.1 一次集計結果について

#### (1) 基本属性

調査対象者の基本属性(性別・学科・学年・居住形態・友人数・交通手段・通学時間・アルバイト時間・食事回数・睡眠時間・飲酒頻度・喫煙)について表1に示す。

表1 調査対象者基本属性(n=1297) ( )は女性の内数

	度数	%
性別		
男性	1280	98.3
女性	87	6.7
学年		
1年生	366(28)	28.2
2年生	372(24)	28.7
3年生	308(15)	23.4
4年生	256(20)	19.7
学科		
機械工学科	344(4)	26.5
電気電子工学科	267(3)	20.6
物質生命科学科	225(43)	17.3
コンピュータ科学科	164(2)	12.6
人間情報デザイン学科	170(25)	13.1
総合情報学部(1年)	127(10)	9.8
居住		
一人暮らし寮	232(13)	17.9
家族同居	1052(73)	81.1
その他	30	0.2
友人(同姓)		
0人	144(7)	11.1
1~10	1004(74)	77.4
11~20	125(9)	9.6
21~	24(0)	1.9
友人(異性)		
0人	842(33)	64.9
1~10	442(49)	34.1
11~20	9(4)	0.7
21~	4(1)	0.3
交通手段(複数回答)		
自転車	730(51)	60.9
原付バイク	370(12)	28.5
自動車	388(22)	30
公共交通機関	814(73)	62.8
徒歩	14(2)	1.1
その他	7(2)	0.5
通学時間		
~29分	297(18)	22.9
30~59	305(12)	23.5
60分以上90分未満	367(29)	28.3
90~119	243(21)	18.7
120~	84(7)	6.5
平日		
なし	735(52)	56.7
5未満	117(11)	9.1
5以上10未満	240(17)	10.1
10以上15未満	118(3)	9.1
15以上	87(4)	6.9
休日		
なし	604(35)	46.6
5未満	88(7)	6.9
5以上10未満	314(23)	24.3
10以上15未満	190(15)	14.6
15以上	99(7)	7.8
3食回数		
0日	153(10)	11.8
1~3	193(12)	14.9
4~6	482(34)	37.1
毎日	469(31)	36.2
睡眠		
5未満	73(7)	5.7
5以上6未満	276(22)	21.3
6以上7未満	452(26)	34.9
7以上8未満	308(24)	23.8
8以上	183(8)	14.2
酒/週		
0日	1024(62)	79
1~3	241(22)	18.6
4~	32(3)	2.4
喫煙		
なし	1203(81)	92.8
あり	94(6)	7.4

特徴的な基本属性について、居住形態は家族と同居 (81.1%) が最も高く、通学時間は60分以上90分未満 (28.3%) が最も高かった。友人数については同姓の友人が1~10名 (77.4%)、次いで0名が (11.1%) であった。普段使う交通手段については、公共交通機関 (62.8%)、自転車 (60.9%) であった。1週間のアルバイト時間については、0時間と回答した者が平日 (56.7%)、休日 (46.6%) と高かった。

(2) 運動・スポーツ実施の「好き嫌い」・「実施意欲」

大学生の「運動・スポーツの実施についての好き嫌い」、及び「運動・スポーツを実施したいと思うか」(実施意欲) について質問を行った。各項目は5段階評定尺度法によって評価し、対応する尺度は「1. 嫌い/思わない」「2. やや嫌い/やや思わない」「3. どちらでもない」「4. やや好き/やや思う」「5. 好き/思う」とした。回答は、3段階評価に集約し(嫌い、やや嫌い)を「嫌い」、「どちらでもない、(やや好き、好き)を「好き」とした。運動・スポーツの実施の「好き嫌い」・「実施意欲」についての結果を図1に示す。

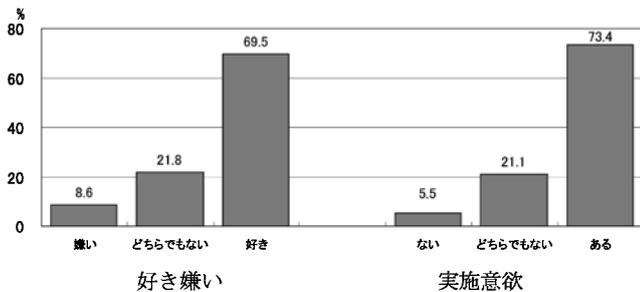


図1 スポーツ実施の好き嫌い、実施意欲 (n=1297)

運動・スポーツ実施についての好き嫌いの結果について、「嫌い」8.6%、「どちらでもない」21.8%、「好き」69.5%であった。学生の約7割が運動・スポーツの実施が「好き」であることが明らかになった。

運動・スポーツを実施したいと思うか(実施意欲)の結果について、「意欲ない」5.5%、「どちらでもない」21.1%、「意欲ある」73.4%となった。「意欲あり」の割合が7割以上であることが明らかとなった。

(3) 運動・スポーツ実施状況

大学生の1週間あたりの運動・スポーツ実施日数を図2に示す。1週間あたりの運動・スポーツ実施日数について、未実施58.0%、1-2日21.6%、3日以上20.4%であり、未実施者が約6割であることが明らかとなった。

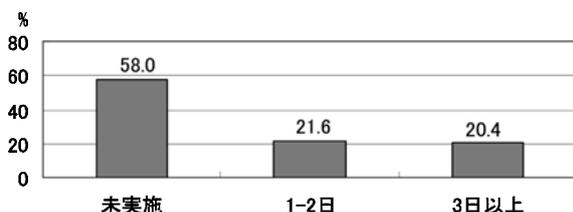


図2 スポーツ実施日数 (1週間) (n=1280)

前述の質問で、1週間に「1-2日」と「3日以上」スポーツを実施している者の1回あたりの運動・スポーツ実施時間の平均を表2に示す。

	度数 (人)	1回 (分) (SD)	
		平均	標準偏差
1-2日	276	84.9	63.4
3日以上	261	87.6	72.4

1回の平均実施時間は「1-2日」が84.9分、「3日以上」が87.6分であった。結果についてはt検定 (p<0.05) を実施し、各グループ間の1回の平均時間に有意差はみられなかった。

次にスポーツを「1-2日」及び「3日以上」実施していると回答した者の実施種目について図3に示す。

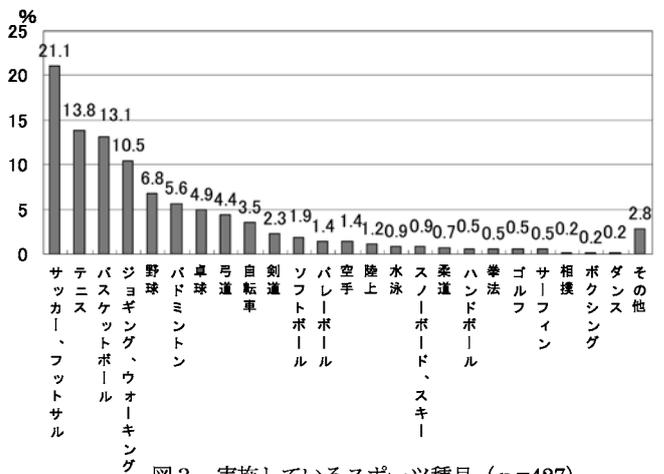


図3 実施しているスポーツ種目 (n=427)

実施種目は、サッカー・フットサル21.1%、テニス13.8%、バスケットボール13.1%、ジョギング・ウォーキング10.5%、野球6.8%、バドミントン5.6%、卓球4.9%の順に高く、本学において部活動、サークル活動として存在している種目が上位を占めた。学生がスポーツを実施するには大学内での団体や施設などの環境を利用している傾向が伺えた。

まとめると、本学の学生は運動・スポーツをすることが「好き」で、実施「したい」と前向きに捉えている学生が約7割であるが、実際には「未実施」が約6割であり、「好嫌」・「意欲」が「実施」に繋がっていないことが明らかとなった。

(4) メディアごとのスポーツ情報への接触

大学生の日常生活におけるメディアごとのスポーツ情報への接触について質問を行った。スポーツ情報については大きく以下の3つに分類した。

- ・会場観戦、TV、WEB、ラジオを情報源とするスポーツの“試合観戦”情報
- ・TV、WEB、ラジオ、新聞、雑誌・書籍を情報源とするスポーツニュースや試合結果、ハイライトシーンなどの“結果”情報
- ・会話、ポスターを情報源とするスポーツの話題や試合日程等

のスポーツ関連 “情報”

メディア毎のこれらスポーツ情報への接触頻度について、

図4に示す。

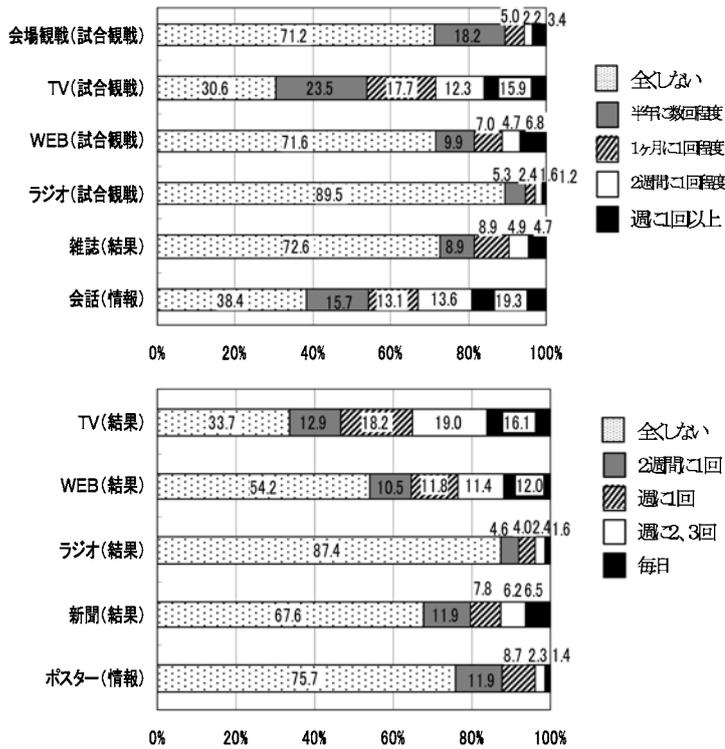


図4 メディア毎のスポーツ情報への接触頻度 (n=1271)

週1回以上の頻度の割合を見てみると、TV(結果) 53.3%、WEB(結果) 35.3%、新聞(結果) 20.5%、会話(情報) 19.3%、TV(試合) 15.9%の順であった。全体的にスポーツの(試合)より(結果)情報が重視されており、情報源はTVを中心としている傾向があった。また、週に1回以上友人とスポーツの(会話)をするのが19.3%あり、「みる」スポーツの役割の1つとして挙げられるコミュニケーション機会の創出が見受けられた。

4.2 スポーツ実施項目3変数に基づく群の抽出

(1) 「運動態度群」の抽出

一次集計結果である運動・スポーツ実施についての「好き嫌い」・「実施意欲」・「実施状況」の3変数の結果【好き・どちらでもない・嫌い】【意欲あり・なし】【実施・未実施】に基づき、二次集計として以下のI・II・III群を抽出し、これらを運動態度群とした。各群の抽出条件を表3に示す。

表3 運動態度群 (I・II・III) の抽出条件と割合

群	運動実施 好嫌	実施 意欲	運動実施 (週)	度数	割合 (%)	大学全体での 割合(%)
I	好き	あり	3日以上	221	26.3	17.0
II	好き	あり	未実施	383	45.6	29.5
III	嫌い どちらでもない	なし	未実施	235	28.1	18.1
計				839	100	64.6

抽出された各群について以下のように解釈した。

【I群について】

- ・運動・スポーツ実施が「好き」
- ・実施したい意欲が「あり」
- ・運動を週に「3日以上実施」

⇒意欲・行動ともに活発的であるIをPositive群とした。

【II群について】

- ・運動・スポーツを「好き」
- ・実施したい意欲「あり」
- ・運動を「未実施」

⇒運動・スポーツ実施について潜在的欲求を持つ集団と位置付けられるIIをPotential群とした。

【III群について】

- ・運動・スポーツの実施が「嫌い」「どちらでもない」
- ・実施したい意欲「無し」
- ・運動を「未実施」

⇒実施・意欲共にI:Positive群とは相対的に消極的なため、IIIをNegative群とした。

(2) 各群の特性

運動態度群における基本属性を表4に示す。各項目でカイ2乗検定を行い、各群間の比較を実施し有意差のあった項目について、これらから推察される各群の特性について以下に示す。なお、表4において網かけ太字は、カイ2乗検定によって有意差が認められ、他群よりも高い値について示した。他群と比べ有意差のあるものの要約や各群の特徴は以下の通りであった。これら特性に関する各群の比較検討については考察に記す。

Positive群

- ・割合は3群の中で最小規模、大学全体の2割弱、
- ・1年生中心(38.0%)、男性の割合が高い。(97.3%)
- ・交通手段は原付バイクの割合(36.7%)が3群で最も高い。
- ・3食を毎日摂る割合(46.2%)が3群で最も高い
- ・応援している「チームあり」(53.4%)「選手あり」(58.8%)が3群で最も高い
- ・過去の「運動・スポーツの実施経験あり」の割合が小学校(82.8%)中学校(95.9%)、高校(78.7%)と3群で最も高い
- ・高校において運動・スポーツを3年間続けた割合(79.4%)が3群で最も高い

表4 運動態度群ごとの基本属性

項目	大学全体 %	I :Positive群 (n=221) %	II :Potential群 (n=383) %	III :Negative群 (n=235) %	統計的検定
性別					
男性	93.3	<b>97.3</b>	93.0	92.3	*
女性	6.7	2.7	7.0	7.7	
学年					
1年生	28.2	<b>38.0</b>	21.7	29.8	***
2年生	28.7	25.8	30.5	29.8	
3年生	23.4	22.2	24.0	22.6	
4年生	19.7	14.0	<b>23.8</b>	17.9	
学科					
機械工学科	26.5	28.1	25.6	24.3	*
電気電子工学科	20.6	22.2	19.8	16.2	
物質生命科学科	17.3	19.0	16.2	17.9	
コンピュータシステム学科	12.6	6.8	14.1	14.9	
人間情報デザイン学科	13.1	12.7	16.4	11.9	
総合情報学部(1年)	9.8	11.3	7.8	<b>14.9</b>	
居住					
一人暮らし・寮	17.9	21.5	18.9	13.7	n.s
家族と同居	81.1	78.1	80.8	85.9	
その他	0.2	0.5	0.3	0.4	
友人 (同姓)					
0人	11.1	7.7	8.6	<b>17.9</b>	***
1~10	77.4	75.6	78.3	75.7	
11~20	9.6	12.7	11.2	5.5	
21~	1.9	<b>4.1</b>	1.8	0.9	
友人 (異性)					
0人	64.9	58.8	60.1	<b>80.4</b>	***
1~10	34.1	<b>39.8</b>	<b>38.4</b>	19.1	
11~20	0.7	0.9	1.0	0.4	
21~	0.3	0.5	0.5	0.0	
交通 手段 (複数 回答)					
自転車	60.9	58.8	60.1	65.5	n.s
原付・バイク	28.5	<b>38.7</b>	32.4	19.6	***
自動車	30.0	29.0	<b>34.7</b>	23.8	*
公共交通機関	62.8	55.2	60.3	<b>70.2</b>	**
徒歩	1.1	0.9	1.0	1.3	n.s
その他	0.5	0.9	0.3	0.4	n.s
通学 時間					
30分未満	22.9	26.7	23.8	19.9	***
30以上60分未満	23.5	25.3	25.4	19.6	
60分以上90分未満	28.3	29.0	28.3	25.5	
90分以上120分未満	18.7	14.5	14.4	<b>29.4</b>	
120以上	6.5	4.5	8.1	7.7	
平日 バイト 休日					
なし	56.7	59.2	49.9	<b>70.2</b>	***
5H未満	9.1	10.4	11.0	6.8	
5H以上10H未満	10.1	19.9	21.4	14.0	
10H以上15H未満	9.1	8.1	<b>10.7</b>	5.5	
15H以上	6.9	8.6	7.0	3.4	
なし	46.6	47.5	37.3	<b>63.4</b>	**
5H未満	6.9	6.3	7.6	7.2	
5H以上10H未満	24.3	25.3	25.3	18.7	
10H以上15H未満	14.6	12.7	<b>19.3</b>	6.0	
15H以上	7.8	8.1	<b>10.4</b>	4.7	
3食 日数					
0日	11.8	6.8	<b>18.7</b>	8.1	***
1~3	14.9	10.9	<b>18.0</b>	14.0	
4~6	37.1	36.2	34.2	42.1	
毎日	36.2	<b>48.2</b>	31.1	35.7	
睡眠					
5H未満	5.7	3.6	7.0	8.5	n.s
5H以上6H未満	21.3	16.7	20.6	40.9	
6H以上7H未満	34.9	40.3	36.8	33.6	
7H以上8H未満	23.8	25.8	20.1	21.3	
8H以上	14.2	13.6	15.4	15.7	
酒/1週					
0日	79.0	79.2	77.2	<b>87.2</b>	**
1~3	18.6	18.1	19.1	12.3	
4~	2.4	2.7	<b>3.7</b>	0.4	
喫煙					
なし	92.8	92.8	90.6	<b>96.6</b>	*
あり	7.2	7.2	<b>9.4</b>	3.4	
応援 チーム					
なし	64.9	46.6	64.2	89.4	***
あり	35.1	<b>53.4</b>	35.8	10.6	
応援 選手					
なし	61.5	41.2	64.5	86.4	***
あり	38.5	<b>58.8</b>	35.5	13.6	
実施歴 小学校					
なし	24.1	17.2	19.6	<b>39.1</b>	***
あり	75.9	<b>82.8</b>	<b>80.4</b>	60.9	
実施歴 中学					
なし	13.9	4.1	6.5	<b>31.9</b>	***
あり	86.1	<b>95.9</b>	<b>93.5</b>	68.1	
実施歴 高校					
なし	41.9	21.3	37.6	<b>74.0</b>	***
あり	58.1	<b>78.7</b>	<b>62.4</b>	26.0	
実施年数 小学校					
2年以下	20.8	24.4	29.5	32.6	n.s
3年以上	53.7	75.6	70.5	67.4	
実施年数 中学					
2年以下	8.0	7.2	8.8	<b>15.1</b>	*
3年	76.3	92.8	91.2	84.9	
実施年数 高校					
2年以下	20.8	20.6	28.5	<b>40.7</b>	***
3年	53.7	<b>79.4</b>	71.5	59.3	

\*\*\*p<.001, \*\*p<.01, \*p<.05

## Potential 群について

- ・3群の中で最大規模であり、大学全体でも最大規模
- ・2年生(30.5%)中心、4年生割合(23.8%)が3群で最も高い。
- ・交通手段は自転車(60.1%)、公共交通機関(60.3%)が中心。自動車(34.7%)の割合が3群で最も高い
- ・アルバイト時間で週に10時間以上の割合が平日(17.7%)、休日(29.7%)と3群で最も高い。
- ・3食摂取する日の3日間以下(34.7%)が3群で最も高い。
- ・過去の「運動・スポーツの実施経験あり」の割合が小学校(80.4%)、中学校(93.5%)はPositive群と比べ差がないが、高校(62.4%)では低い。
- ・高校時代に3年間続けた割合(71.5%)がPositive群と比べ低い。

## Negative 群について

- ・Positive群と同規模で大学全体の約2割
- ・同姓の友人0名(17.9%)、異姓の友人0名(80.4%)が3群で最も高い
- ・交通手段は公共交通機関(70.2%)の割合が3群で最も高く、原付・バイク(19.6%)、自動車(23.8%)の割合は他群より低い。
- ・通学時間が60分以上の割合が3群で最も高い(63.6%)。
- ・アルバイトをしていない割合が平日(70.2%)、休日(63.4%)で3群で最も高い
- ・お酒を飲まない(87.2%)、喫煙しない(96.6%)割合が3群で最も高い
- ・過去の「運動・スポーツの実施経験なし」の割合が、小学校(39.1%)、中学校(31.9%)、高校(74.0%)と3群で最も高い。
- ・運動・スポーツを実施していた場合、3年間続けていない割合が中学校(15.1%)、高校(40.7%)と3群で最も高い。

## 4.3 スポーツ情報への接触におけるメディアの違いからみたクラスター分析

## (1) スポーツ情報への接触

大学生がスポーツを「する」だけでなく「みる」ことについてどのような構造をしているのか明らかにすることを目的とし、運動態度群(Possible群, Potential群, Negative群)を対象(n=833)とし、スポーツ情報への接触形態の類似性という観点からグループ化するため関連項目の11変数に関してクラスター分析を実施し分類を行った。各変数は5段階評定尺度法によって評価し、対応する尺度は1.「全くしない」、2.「半年に数回(2週間に1回程度)」, 3.「1ヶ月に1回程度(週に1回程度)」, 4.「2週間に1回程度(週に3・4回程度)」, 5.「週に1回以上(毎日)」とした。( )はスポーツの「結果」や「情報」への接触頻度の場合の尺度(雑誌・書籍, 会話は除く)とした。回答は全て間隔尺度として仮定し、1点~5点までの得点化した上で分析に使用した。

クラスター間の距離の測定方法はWard法を用いた。クラス

ター数を3~6の範囲で試行し、クラスター間の差異が最も明確であった「3」とした。3つのクラスターの解釈・特性の把握にはスポーツ情報への接触頻度の平均得点の傾向及び基本属性の特徴で総合的に判断した。

スポーツ情報への接触頻度の平均得点について図5に示す。

①Cluster1 (n=117) ②Cluster2 (n=281) ③Cluster3 (n=435) --大学全体平均

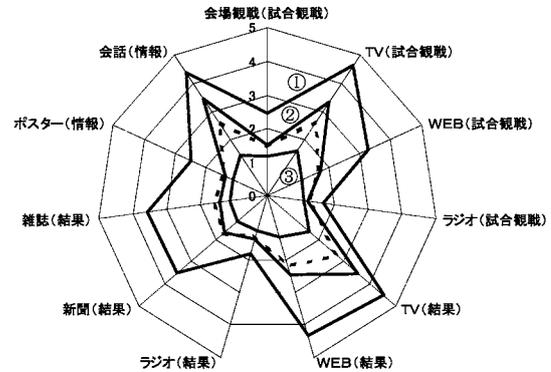


図5 クラスターごとの平均得点

## 【Cluster 1 (n=117) について】

- ・得点が大学全体平均より、全ての項目で上回っている。
- ・TVでの試合観戦(4.62)、TVでの試合結果(4.50)、会話での情報交換(4.36)、WEBでの試合結果(4.33)が主な情報源となっている。
- ・新聞(結果)(3.50)、雑誌(結果)(3.56)なども情報源として重視しており、自発的に情報に接触している可能性が高い。

⇒Cluster 1を「自発的接触タイプ」とした。

## 【Cluster2 (n=281) について】

- ・TVでの試合結果(3.52)、TVでの試合観戦(3.33)、会話での情報交換(3.43)が主な情報源となっている。
- ・TVからの情報が中心で、それを話題にして会話が成り立っている可能性が高い。

⇒Cluster 2を「TV傾斜タイプ」とした。

## 【Cluster3 (n=435) について】

- ・大学全体平均に対して、全ての項目で下回っている
- ・スポーツ情報について突出した情報源をもたない。
- ・スポーツ情報に対して興味を持たず、そのためスポーツ情報への接触頻度も乏しいと考えられる。

⇒Cluster 3を「他活動重視タイプ」とした。

## (2) 各タイプの特性

スポーツ情報への接触形態に関する3つのタイプの基本特性を表5に示す。カイ2乗検定を行い、各セグメント間の比較を実施し有意差のあった項目について、これらから推察される各群の特性について以下に示す。なお、表5において網かけ太字は、カイ2乗検定によって有意差が認められ、他群よりも高い傾向にある値について示した。これら各タイプの特性に関する比較検討については考察に示す。

表5 スポーツ情報接触形態タイプごとの基本属性

項目	大学全体	Cluster 1 (n=117) Cluster 2 (n=281) Cluster 3 (n=435)			統計学的検定	
		自発的接触タイプ %	TV傾斜タイプ %	他活動重視タイプ %		
性別	男性	93.3	100.0	93.2	92.6	*
	女性	6.7	0.0	6.8	7.0	
学年	1年生	28.2	24.8	29.5	28.0	n.s
	2年生	28.7	25.6	30.2	29.7	
	3年生	23.4	25.6	22.4	23.0	
	4年生	19.7	23.9	17.8	19.1	
学科	機械工学科	26.5	32.5	24.9	24.4	n.s
	電気電子工学科	20.6	18.8	21.4	18.4	
	物質生命科学科	17.3	17.1	17.1	17.9	
	コンピュータシステム学科	12.6	8.5	12.8	13.1	
	人間情報デザイン学科	13.1	16.2	12.5	14.9	
	総合情報学部(1年)	9.8	6.8	11.4	11.3	
居住	一人暮らし・寮	17.9	14.7	19.4	18.0	n.s
	家族と同居	81.1	85.3	79.9	81.8	
	その他	0.2	0.0	0.7	0.2	
友人 (同姓)	0人	11.1	8.5	7.8	13.6	n.s
	1~10	77.4	79.5	78.3	75.2	
	11~20	9.6	9.4	10.7	9.9	
	21~	1.9	2.6	3.2	1.4	
友人 (異性)	0人	64.9	55.6	59.8	71.7	**
	1~10	34.1	42.7	38.8	27.4	
	11~20	0.7	1.7	0.7	0.7	
	21~	0.3	0.0	0.7	0.2	
交通 手段 (複数 回答)	自転車	60.9	51.3	61.2	64.1	*
	原付・バイク	28.5	36.8	34.9	25.3	**
	自動車	30.0	31.6	32.0	28.3	n.s
	公共交通機関	62.8	60.7	63.3	61.6	n.s
	徒歩	1.1	0.0	0.7	1.6	n.s
	その他	0.5	0.9	0.4	0.5	n.s
通学 時間	30分未満	22.9	19.8	24.9	22.5	n.s
	30分以上60分未満	23.5	28.4	22.8	22.8	
	60分以上90分未満	28.3	31.9	28.5	26.2	
	90分以上120分未満	18.7	15.5	18.9	19.5	
	120分以上	6.5	4.3	5.0	9.0	
	なし	56.7	46.2	53.4	61.4	
平日 アルバイト	なし	56.7	46.2	53.4	61.4	*
	5H未満	9.1	10.3	9.6	9.4	
	5H以上10H未満	10.1	23.1	20.3	17.0	
	10H以上15H未満	9.1	9.4	11.0	6.4	
	15H以上	6.9	11.1	5.7	5.7	
	なし	46.6	40.2	40.9	53.6	
休日	なし	46.6	40.2	40.9	53.6	*
	5H未満	6.9	6.0	8.2	6.7	
	5H以上10H未満	24.3	24.8	26.7	21.1	
	10H以上15H未満	14.6	20.5	15.3	11.0	
	15H以上	7.8	8.5	8.9	7.6	
	なし	7.8	8.5	8.9	7.6	
3食 日数	0日	11.8	11.1	11.7	12.0	n.s
	1~3	14.9	13.7	15.7	15.2	
	4~6	37.1	36.8	34.9	38.2	
	毎日	36.2	38.5	37.7	34.7	
睡眠	5H未満	5.7	5.1	5.7	7.6	n.s
	5H以上6H未満	21.3	22.2	18.1	20.2	
	6H以上7H未満	34.9	39.3	38.8	34.5	
	7H以上8H未満	23.8	22.2	21.7	22.1	
	8H以上	14.2	11.1	15.7	15.6	
酒/1週	0日	79.0	71.8	78.9	83.9	*
	1~3	18.6	23.1	17.5	14.9	
	4~	2.4	5.1	3.6	1.1	
喫煙	なし	92.8	88.9	92.2	94.5	n.s
	あり	7.2	11.1	7.8	5.5	
応援 チーム	なし	64.9	18.8	51.6	89.4	***
	あり	35.1	81.2	48.4	10.6	
応援 選手	なし	61.5	16.2	52.0	85.5	***
	あり	38.5	83.8	48.0	14.5	
実施歴 小学校	なし	24.1	12.8	17.4	32.0	***
	あり	75.9	87.2	82.6	68.0	
実施歴 中学	なし	13.9	5.1	8.9	17.7	***
	あり	86.1	94.9	91.1	82.3	
実施歴 高校	なし	41.9	23.1	33.5	55.4	***
	あり	58.1	76.9	66.5	44.6	
実施年数 小学校	2年以下	20.8	25.7	26.3	31.4	n.s
	3年以上	53.7	74.3	73.7	68.6	
実施年数 中学	2年以下	8.0	7.4	8.7	11.3	n.s
	3年	76.3	92.6	91.3	88.7	
実施年数 高校	2年以下	20.8	19.3	27.9	30.5	n.s
	3年	53.7	80.7	72.1	69.5	

\*\*\* p < .001, \*\* p < .01, \* p < .05

### 自発的接触タイプについて

- ・男性のみ (100%)
- ・異性の友人 1~20 人の割合 (42.7%) が、大学全体平均よりも高く、3タイプで最も高い。
- ・応援している「チームあり」(81.2%) 「選手あり」(83.8%) の割合が、大学全体平均より高く、3タイプで最も高い。
- ・過去の「運動・スポーツの実施経験あり」が小学校 (87.2%) ・中学校 (94.9%) ・高校 (76.9%) と全ての年代で大学全体平均より高く、3タイプで最も高い。

### TV傾斜タイプについて

- ・アルバイトは平日 10 時間以上 15 時間未満 (11.0%) の割合が高い。
- ・応援している「チームあり」(48.4%) 「選手あり」(48.0%) の割合が大学全体平均より高いが、自発的接触タイプと比べ低い。
- ・過去の「運動・スポーツの実施経験あり」の割合が小学校 (82.6%) ・学校 (91.1%) ・高校 (66.5%) と全ての年代で大学全体平均より高いが、自発的接触タイプと比べ低い。

### 他活動重視タイプについて

- ・異性の友人 0 人の割合 (71.7%) が、大学全体平均よりも高く、3タイプの中でも相対的に高い。
- ・アルバイトは平日 0 時間 (61.4%)、休日 0 時間 (53.6%) の割合が大学全体平均よりも高く 3タイプで最も高い。
- ・応援している「チームなし」(89.4%) 「選手なし」(85.5%) の割合が、大学全体平均より高く、3タイプで最も高い。
- ・過去の「運動・スポーツの実施経験なし」が小学校 (32.0%) ・中学校 (17.7%) ・高校 (55.4%) と全ての年代で大学全体平均より高く、3タイプで最も高い。

## 5. 考察

### 5.1 一次集計結果

本研究の背景として、本学の学生を観察すると、全体的に覇気がなく、スポーツや運動部活動なども活発的ではないと考えていた。その要因の1つとして「本学の学生は運動・スポーツが嫌いであり、実施意欲もない、それによりスポーツを実施しない」ためであるという仮説を立てていた。しかし、結果では全体のうち「好き」、「意欲あり」が共に約7割あったが、運動・スポーツ実施の「未実施」が58.0%と約6割となった。これについては、様々な文献において、運動未実施率が5割程度という結果は見受けられるが、「好き」と「意欲あり」がそれぞれ7割程度存在する上での未実施率約6割という報告はほとんど見られない。しかし、これは言い換えればスポーツの実施について潜在的ニーズがあると捉えることができる。スポーツへの参加の「きっかけ」を与え、参加しやすい環境を整備していくことにより、今後運動・スポーツの実施状況を向上させていく余地があると言える。

### 5.2 運動態度群の特性について

運動・スポーツ実施に関する3変数の結果に基づき抽出した運動態度群の特性について比較検討を実施した。

#### (1) Positive 群の特性

注目すべきは過去の運動・スポーツ実施経験について小学校、中学校、高校と各年代で常にスポーツを実施してきた者が多く、且つ実施年数では特に高校において3年間続けている割合が高かった点である。最もスポーツ実施に対して積極的であり、1年生の割合が約4割と高かったことから、大学に入学し、高校時代の運動習慣がまだ大学入学後にも継続していることが考えられる。先行研究においても過去の運動実績が現在の運動・スポーツ実施に影響を与えるという報告があり同様の結果が示唆されたが、過去の実施年数との関係性について特に報告は見当たらなかった。過去の運動・スポーツの実施経験があること・実施年数で3年間続けたという「過去の運動習慣」の形成が現在の運動態度に影響を与えていると考えられる。言い換えれば、「過去の運動習慣」の形成には、各年代での運動・スポーツの実施 且つ 続けられる環境が必要であると推察される。

#### (2) Potential 群の特性

運動・スポーツ実施率の向上を目的とした場合のターゲットとなる。上級生中心で、前述のPositive群は1年生中心であることを踏まえると、入学後1年以上経過した学生の運動・スポーツの実施機会が減少したと考えられる。その要因として授業・アルバイト・就職活動などによる「環境」の変化が挙げられる。本調査結果からも、アルバイト実施率が他群と比べ高かったことから伺える。一般人を対象とした先行研究<sup>9)</sup>において、環境が運動参加率に影響を及ぼすことが報告されており、運動・スポーツの実施意欲を有する集団においても、「環境」が運動・スポーツ実施に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。

また、「過去の運動習慣」も、Positive群と比べた場合、高校が相対的に低く、高校から運動・スポーツを実施しなかった割合が多い傾向が伺える。また、実施年数についても高校での3年間の実施割合はPositive群と比べ低かった。

これら「環境」と「過去の運動習慣」が、意欲はあるが実施していない運動態度に影響を及ぼしている一要因として考えられる。

#### (3) Negative 群の特性

「過去の運動習慣」について他群と比較し、運動・スポーツ実施経験では小学校、高校と低かった。また、実施していた場合でも2年以下で辞めてしまう割合が特に高校で高かった。このような「過去の運動習慣」の形成が成されていないことが、大学入学後も実施意欲の低下に繋がっていると考えられる。

交通手段は公共交通機関を使用し、通学時間は60分以上かけて大学に通学をしている学生が多いなど平日は時間的な制約を持っている。しかし、休日ではアルバイトをしていない割

合が最も高いが、それでも未実施であることを考えると、運動・スポーツ実施について消極的であると考えられる。

では、実際の未実施理由について Potential 群と Negative 群の未実施理由を図 6、図 7 に示す。カイ 2 乗検定を実施したところ、有意差が認められた ( $P < .001$ )。

Potential 群については「忙しい」「機会（きっかけ）がない」などの時間的制約やきっかけの無さが挙げられ、この未実施理由をクリアすることが重要であると考えられる。

Negative 群については「興味がない」などの苦手意識や無関心といった理由が挙げられ、「過去の運動習慣」が形成されなかったこととの関係性が伺える。

以上のことから本調査において、現在の運動態度には「環境」と「過去の運動習慣」の形成が影響を及ぼしていることが示唆された。特に「過去の運動習慣」を形成するためには、各年代での運動・スポーツの実施 且つ 続けられる環境が重要であることが推察される。

今後、Positive 群が Potential 群へ移行していくことを防ぐことが重要であると考えられ、運動実施を継続するための「環境」面からの支援が求められると考える。実施環境を支援する施策として、部活動の活性化や指導者の確保、運動施設（スポーツトレーニング施設・雨天でもランニングなどができる施設等）の整備、ウォーキングコースの設置や整備（例：大学周辺や近隣の駅から大学までの歩道）、学内公共スペースで気軽にスポーツを実施できる器具の設置など、大学内での運動・スポーツ実施環境をより充実させることが効果的と考える。

また、Potential 群については、時間的制約の解消や機会の提供が必要であり、スポーツイベントの開催など大学内での運動・スポーツ機会の創出によりこれら問題を解消し、より身近に、より手軽にスポーツを感じられるようにすることが重要であり、運動・スポーツ実施へと行動変容を促すための環境づくりが今後の課題である。

### 5.3 スポーツ情報への接触形態に関するクラスター特性について

前項の運動態度群を対象 (n=833) としたスポーツ情報への接触形態をクラスター分析により 3 タイプに分類し、各タイプにおける特性の比較検討を実施した。

#### (1) 自発的接触タイプの特性

本研究では男性のみであったが、これは対象者の男女比率に大きな偏りがあったことが原因と考える。情報源として TV や WEB のみでなく、新聞や雑誌も高い値を示していることから、自らがスポーツ情報を求めて、様々なメディアへと接触していることが伺える。これは応援しているチーム・選手がいる「最良チーム・選手の存在」の結果が高いことが自発的な接触に繋がっていると考えられる。

また、「運動・スポーツ実施経験あり」の割合が多く、これがスポーツ情報に対しても興味・関心を持つことに繋がって



図 6 Potential 群の未実施理由

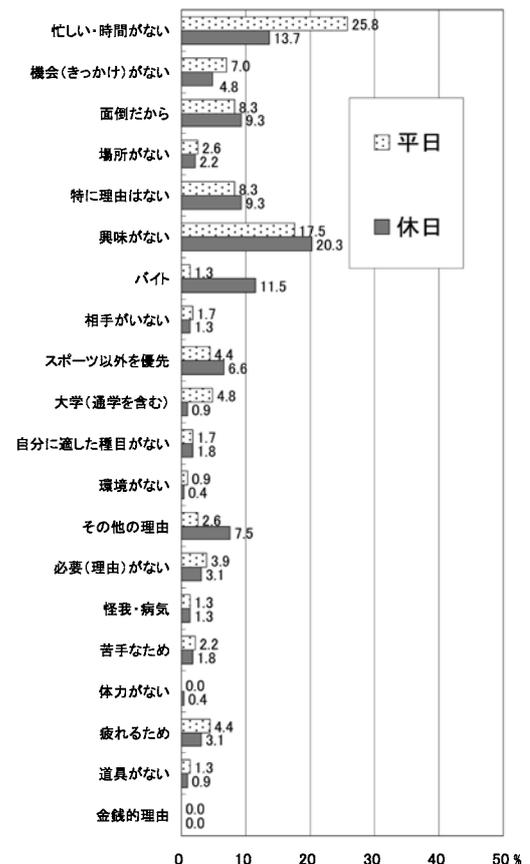


図 7 Negative 群の未実施理由

いるものと考えられる。しかし、各年代における運動年数については、今回の調査では各群間において有意な差がみられなかったため、スポーツ情報への接触について、過去の運動・スポーツ実施年数は特に影響を与えていないことが示唆された。

(2) TV傾斜タイプの特徴

情報源が主にTVとなっており、自ら接触していく必要のあるWEB、新聞、雑誌などは主な情報源としていない。「最良チーム・選手の存在」について自発的接触タイプと比べ低く-TVでスポーツ情報が放送されていた場合みる-のではと推測される。また、会話(情報)が高かったことから、TVなどにより得た情報を話題として会話をしていると考えられスポーツがコミュニケーションの創出を担っていることが伺える。過去の「運動・スポーツの実施経験あり」の割合も多く自発的接触タイプと同様の傾向が伺えた。

(3) 他活動重視タイプの特徴

スポーツ情報に関しては主な情報源を持っておらず全ての平均得点が相対的に低かった。また「最良チーム・選手の存在」も特に無く、過去の「運動・スポーツの実施経験あり」についても全ての年代で相対的に低かった。このことから、やはりスポーツ自体について興味がないと推察される。大学生の環境には、スポーツ以外にも余暇活動が多数存在し、そちらへの関心・活動が重視されているためスポーツ情報への接触が乏しいと考えられる。

以上のことから、スポーツ情報への接触形態について「最良チーム・選手の存在」と過去の「運動・スポーツの実施経験がある」ことが影響を及ぼしていることが示唆された。また過去の実施年数に関しては影響を受けないことが示唆された。

5.4 「する」スポーツと「みる」スポーツの関連構造

最後に、運動態度群ごとのスポーツ情報への接触形態タイプの比率を調べることで、「する」スポーツと「みる」スポーツの関連構造についての検討を実施した。

運動態度群ごとのスポーツ情報への接触形態タイプの比率についてカイ二乗検定を実施し有意差(P<.001)が認められ、他群よりも相対的に高い傾向にある値については図8に網かけ太字で示した。

■ 自発的接触    ▨ TV傾斜    □ 他活動重視

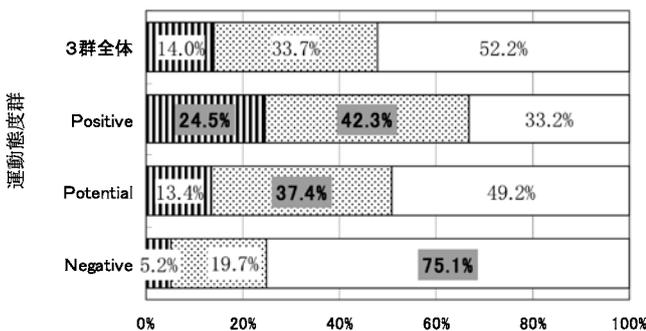


図8 運動態度群のスポーツ情報接触形態タイプ比率

Positive群では「自発的接触タイプ」(24.5%)、「TV傾斜タイプ」(42.3%)の割合が高い傾向を示した。つまりこの領域において、運動態度と情報接触とに強い関係性があることが示唆された。そして、スポーツを「する」と、スポーツを「みる」ことに高い意欲と関心を持っておりスポーツ活動全体を牽引する存在といえる。

Potential群では、「自発的接触タイプ」(13.4%)、「TV傾斜タイプ」(37.4%)を合わせると5割となる。この群は意欲はあるが実施していないため、スポーツを「みる」ことへの態度が強く出ていると考えられる。Potential群の中でも特にスポーツを実施することへの働きかけをするのであればこの領域がターゲットであると考えられる。先行研究において、林ら<sup>10)</sup>はサッカーW杯の観戦前後においてのサッカー実施について調査を行い、観戦前後では態度や行動意図が強まるとしメディアを通してスポーツに対する態度が強まることが報告されている。そのことから、この群には「きっかけ」を与える施策が必要であると先述したが、その情報を効果的に発信するためのメディアとして、両タイプの共通項のTVが有効であり、多くの人の目が届く公共スペース(食堂や学生ホール)でスポーツの情報を積極的に流すことにより、この領域に対して運動・スポーツ実施を促す施策などが有効であると考えられる。

しかし、先述の林らの報告からは最終的に実施までいたったのはごく一部であったとあり、実施にいたるまでに何らかの阻害要因があることを示唆している。その一要因が「環境」であるとすれば、ターゲット領域の態度を強めた後の運動・スポーツを実施するための環境を整えることが重要となる。

Negative群は、「他活動重視タイプ」(75.1%)の割合が高かった。余暇活動を競合しているものがスポーツ以外に存在していると考えられる。仮に過去の運動・スポーツの実施において苦手意識を持ち、スポーツ全般から興味がなくなったのであれば、「みる」ことでスポーツに興味を持ちなおすことも重要と考える。紫田ら<sup>11)</sup>はスポーツを「みる」ことが主観的健康感に影響を与え、健康増進効果を得られる可能性があることを示唆している。運動・スポーツ実施への導入として「みる」ことからスポーツへ参加していくことも重要ではないかと考える。

6. 結論

以上の考察を踏まえて、本学の学生の特性について以下の点が明らかとなった。

- ①運動・スポーツの実施について、全体のうち「好き」が69.5%、「意欲あり」が73.4%で高い値を示したが、「未実施」が58.0%となり、好嫌や意欲が実施に繋がっていなかった。
- ②スポーツ実施に関する運動態度群として3群(Potential群, Negative群)を抽出した。結果、現在の運動態度について「環境」と「過去の運動習慣」の形成

が影響を及ぼしていることが示唆された。特に「過去の運動習慣」の形成を成すためには、各年代での運動・スポーツの実施 且つ 続けられる環境の重要性が示唆された。

- ③スポーツ情報への接触におけるクラスター分析を実施し、3タイプ(自発的接触タイプ, TV傾斜タイプ, 他活動重視タイプ)に分類された。スポーツ情報への接触形態について「最良チーム・選手の存在」と過去に「運動・スポーツの実施経験がある」ことが影響を及ぼしていると示唆された。また、過去の運動・スポーツ実施年数に関しては影響を受けないことが示唆された。
- ④運動態度とスポーツ情報への接触形態とに強い関係性が示唆された。Potential 群についてはスポーツ実施への「きっかけ」となる情報をTVにて発信することが有効な手段に成り得ることが示唆された。

運動・スポーツが活発になることは大学全体の雰囲気を作るくし、周辺地域や高校生へも良い影響を与えると考えられる。考察にもあるように、そのためにどのように学生側の意欲を高めるか、未実施者を実施者へと行動変容するようにと繋げていくかというマネジメントが大切であり、この結果を生かしてスポーツ環境の整備、運動・スポーツ実施への阻害要因解消に努めていきたい。

研究課題として、今回の研究は横断的研究であるため、今後縦断的に研究を進めていくことにより、大学生活における運動態度の推移変化とスポーツ情報への接触状況との因果関係を明らかにしていくことが挙げられる。

## 7. 謝辞

本研究において御支援及び御指導を賜った人間情報デザイン学科秋山憲治教授、静岡理工科大学教務委員の先生方、事務局のみなさま方に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：「スポーツ基本計画」(2011年), 15頁.
- (2) 厚生労働省：平成 23 年国民健康・栄養調査 (2012年)
- (3) 財団法人 健康・体力づくり事業財団：運動・スポーツの阻害要因に関する調査報告書 1995
- (4) 藤丸郁代, 青石恵子, 山口知香枝, 石井英子：本学新入生における生活習慣に関する実態調査生命健康科学研究所紀要 第6号 2010
- (5) 飯干明, 奥保宏, 南貞己：大学生における運動・スポーツの実施状況と阻害要因に関する調査研究 鹿児島大学教育学部研究紀要 教育科学編 第54巻 2003
- (6) 芝木美沙子, 岡健吾, 竹下美奈子, 笹島由美：大学生の疲労自覚症状について (第1報) -運動習慣・食生活との関連- 北海道教育大学紀要 教育科学編 第59巻 第2号 2009
- (7) 徳永幹雄, 橋本公雄：「健康度・生活習慣の年代的差異及び授業前後での変化」健康科学 第24巻(2002), 57-67頁
- (8) 西山逸成, 坂本静男：「大学生のための健康科学」10 1997
- (9) 田中励子・江刺正吾「県別にみたスポーツ参加を規定する諸要因」スポーツ社会学研究, 第1巻 (1993年), 63-76頁.
- (10) 林 直也ら「W杯の観戦が日本と韓国における中学生のサッカー行動へ与える影響に関する研究-「みる」スポーツと「する」スポーツの関連に着目して-大阪体育大学紀要, 第35巻 1-13頁.
- (11) 柴田ら「する・見る・支えるスポーツ活動と主観的健康感の関連」運動疫学研究第13号 (2011) 44-50



# 活性化粉末を用いたガス窒化法によるアルミニウムの表面改質

## Surface Modification of Aluminum by Gas Nitriding using Activation Powders

吉田 昌史\*

Masashi Yoshida

**Abstract:** Surface modification of aluminums was conducted by gas nitriding using activation powders. Aluminum-50mass% magnesium alloys were used as activation powders. The aluminum nitride layer was formed on the aluminum surfaces by this process. The influence of processing parameters on the formation of the AlN layer was investigated in this study. The growth of the AlN layer was affected by nitriding time, nitriding temperature, the grain size of the filling powders, and the amount of the mixture powders.

### 1. はじめに

アルミニウム合金（以降、Al 合金と呼ぶ。）は鉄鋼と比べると強度や硬さが劣る。特に耐摩耗性に劣るため、陽極酸化処理で耐摩耗性を向上させている。陽極酸化処理は生産性が良いが、廃液をとめない環境にはあまりよくないため、Al 合金の耐摩耗性向上のための新たな表面改質法を開発することが必要となる。

Al 合金の耐摩耗性の向上方法として、高硬度および高熱伝導性を有する窒化アルミニウム（以降、AlN と呼ぶ。）を Al 合金表面に形成させる試みが古くから行われている。特にイオン窒化法による試みが多い<sup>1)~6)</sup>。イオン窒化法で得られる AlN 層の厚さは、数十時間の処理時間で数マイクロメートル程度であり、薄膜の窒化層しか得られない。また、AlN 層と Al 基材の熱膨張率の差が大きいことから、窒化アルミニウム層の亀裂および剥離が生じる問題がある。Al 合金表面に AlN 層の形成は可能であるが、厚膜で良好な密着性を有する AlN 層の形成に成功した例はほとんど見当たらない。

Al 合金の窒化に関する従来の研究結果から、融点以下の温度で Al 合金の窒化を困難にしているのは、Al の酸素に対する反応性が窒素に対するそれよりも高いため、Al 表面に既に存在する緻密な酸化膜や、雰囲気中にわずかに存在する酸素や水分などの酸化性ガスが窒化反応を妨げるためと考えられる。したがって、Al 合金の窒化を可能にする上で、この酸素の影響を除去する工夫や窒化雰囲気そのものの活性化が必要である。これまでに我々は、窒化反応を阻害する雰囲気中の酸素と表面酸化膜を効率良く除去するため、バレル研磨法とガス窒化法を組み合わせた新たなガス窒化法を考案し、Al 表面に AlN 層の形成を可能とした<sup>7)~9)</sup>。

本報告では、本窒化法における AlN 層の形成に及ぼすプロセスパラメータの影響について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 窒化装置

本実験で使用した窒化装置の概略を図 1 に示す。本窒化装置は管状炉、加熱ヒーター、サーボモーター、真空ポンプで構成されている。加熱ヒーターで管状炉を加熱するとともに、サーボモーターで管状炉を揺動運動させる構造となっている。加熱ヒーター及び窒化炉内の温度は K 熱電対で管理し、窒素ガスの導入量はマスフローコントローラで制御している。真空ポンプはロータリーポンプを使用し、窒化処理前に炉内を減圧する。窒化炉内に、ステンレス製の八角形容器を設置しており、この容器内に被処理材、活性化粉末と充填粉末の混合粉末をともに投入する。

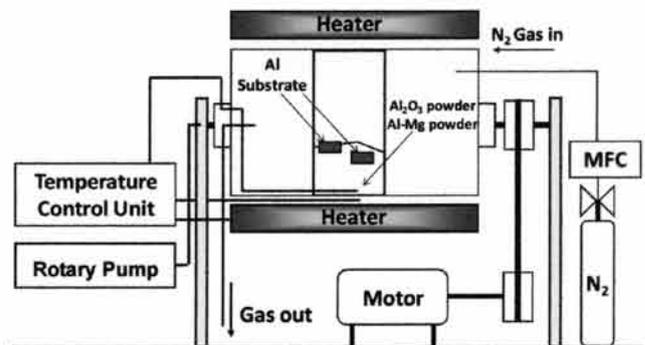


図 1 ガス窒化装置

#### 2.2 被処理材および充填・活性化粉末

被処理材には 40mm × 20mm × 5mm の純アルミニウム（JIS-A1050）を使用した。被処理材はアセトン洗浄を行った後、八角形容器に投入した。充填粉末には平均粒径 90 $\mu$ m の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末（昭和電工製）、活性化粉末には平均粒径 70 $\mu$ m の Al-50mass%Mg 粉末（関東金属製）を使用した。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末と Al-50mass%Mg 粉末の混合粉末は 75g~300g とし、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末中に Mg 粉末を 2.3% 加えた。

2013年2月28日受理

\* 理工学部 機械工学科

2.3 窒化条件

窒化炉内をロータリーポンプで 10Pa 以下まで真空引きを行った後、流量 1.5L/min で窒素を炉内に導入した。窒化炉内を窒素雰囲気とした後、窒化炉をサーボモーターで揺動運動させつつ、所定の処理温度まで加熱した。窒化炉の揺動運動は揺動角度 180°、1 回の回転角度を 90° とし、各停止位置で回転動作を 2 秒間停止させ、回転動作を継続させた。処理温度および処理時間はそれぞれ 550℃～630℃、3 時間～7 時間とした。処理後は窒素の導入と窒化炉の揺動運動を止め、室温まで炉冷した。

3. 結果および考察

3.1 窒化後の断面組織

図 2 には、処理温度 580℃、処理時間 7 時間で窒化を行った後の試料断面の光学顕微鏡観察結果である。Al 試料の表層には約 110μm の窒化層が形成され、最表層には Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粒子を含む堆積層が形成された。図 3 は改質層（窒化層 + 堆積層）に対して、X 線回折を行った結果である。AlN, Al が検出され、形成された窒化層は AlN と Al の複合組織と考えられる。また、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> も検出され、堆積層内の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

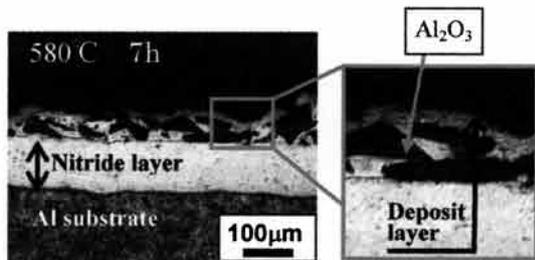


図 2 ガス窒化後の断面組織 (580℃, 7h)

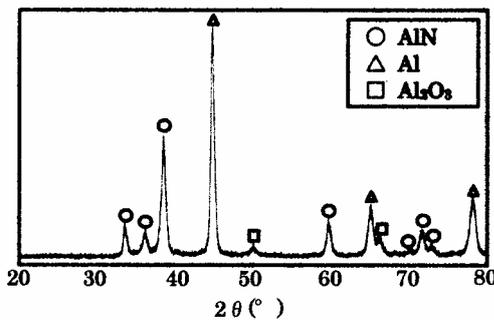


図 3 改質層の X 線回折結果

粒子から得られたものと考えられる。窒化層および堆積層のマクロ的な構造については大枠把握できたが、ミクロ的な構造については不明な点が多く、今後詳細に検討する予定である。

3.2 処理温度、処理時間の影響

図 4 は処理温度 580℃のときの窒化層の膜厚と処理時間の関係を示している。窒化層の厚さは処理時間の増加とともに増加する傾向にある。なお、窒化層形成には潜伏期間が存在しており、本窒化条件では潜伏期間は約 2.7h であった。今後、潜伏期間を短くするための処理条件を検討していく必要がある。

図 5 は処理時間 5h のときの窒化層の膜厚と処理温度の関係を示している。処理温度が高ければより厚膜の窒化層を得ることが可能である。しかし、処理温度が高くなれば堆積層も厚くなる傾向にある。図 6 は窒化温度 600℃、処理時間 5h のときの試料断面の観察結果であり、図 2 と比較して堆積層の厚さが増加している。図 7 は処理温度 580℃と 600℃、処理時間 5h のときの試料表面の状態を顕微鏡で観察した結果である。処理時間 580℃で粒状に見られるものが充填粉末の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末であり、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末が表面に付着し、表面粗さを低下させている。処理温度 600℃では Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末が全面に付着した。本研究では、Al 合金材を耐摩耗部品に適用することを目的としており、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末が表面に付着している場合は、表面粗さを低下させるだけでなく、摺動相手材を著しく損傷させる可能性がある。このため、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末の付着を低減させるとともに膜厚を増加させる処理条件を今後確立していく必要がある。

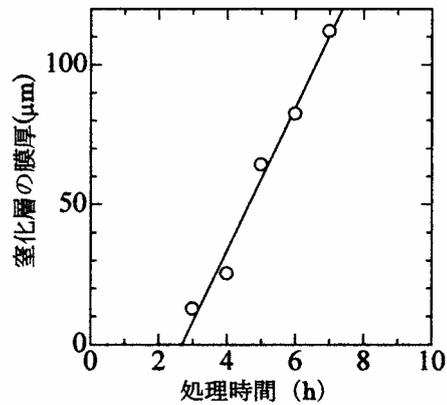


図 4 膜厚と処理時間の関係

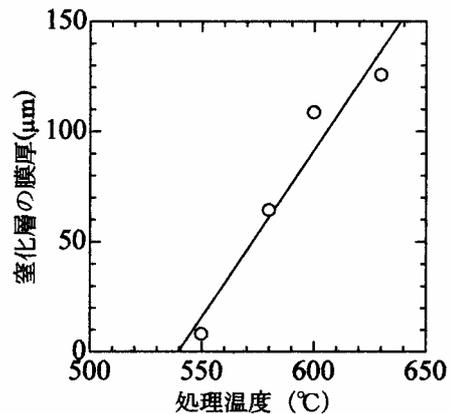


図 5 膜厚と処理温度の関係

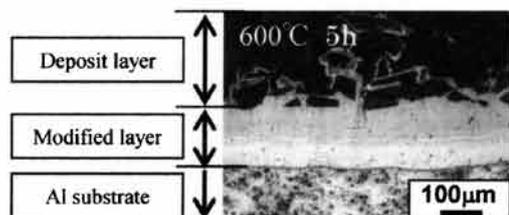


図 6 ガス窒化後の断面組織 (600℃, 5h)

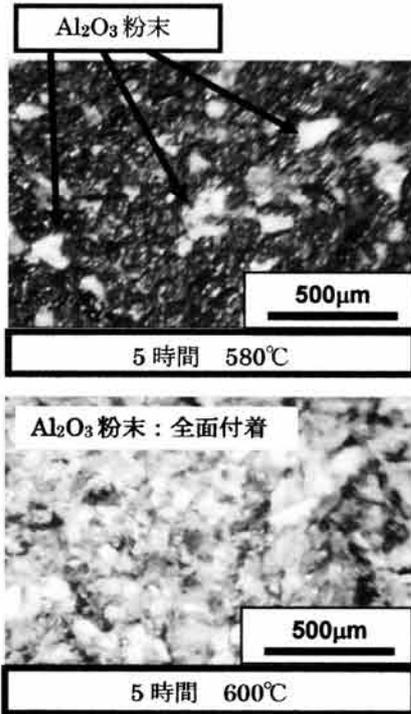


図7 ガス窒化後の表面状態

3.3 粉末粒径の影響

図8は窒化層の膜厚と炉内に充填したAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末の平均粒径の関係を示している。平均粒径の増加にともない窒化層の膜厚は低下する傾向にある。平均粒径70µmの場合は、約100µmの厚膜の窒化層が形成されたが、平均粒径120µmでは膜厚が40µmと急激に低下し、平均粒径120µm以上になると膜厚は緩やかに低下した。窒化処理で用いた活性化粉末Al-50mass%Mg粉末の平均粒径は約70µmであり、活性化粉末と充填粉末の混合状態が改質層の形成に影響を与えているものと考えられる<sup>9)</sup>。しかしながら、現段階では粉末粒径の影響について、考察を行うことができない。このため、今後、窒化炉内での粉末の混合状態の把握を行うとともに、活性化粉末と充填粉末の粒径比と改質層の厚さとの関係などを詳細に検討していく予定である。

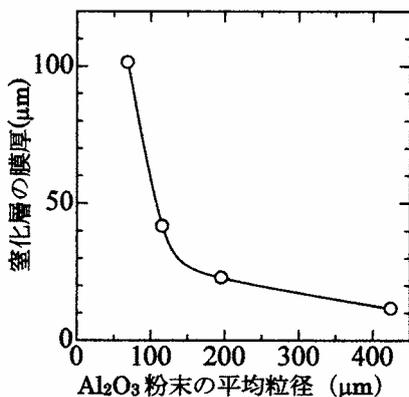


図8 膜厚とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末の平均粒径の関係

3.4 処理雰囲気の影響

炉内に残留する酸化性ガスの影響について調査するため、窒化処理前に真空ポンプで減圧をせずに窒素ガスを導入し、窒化を行った。窒化条件は、処理温度580°C、処理時間7時間とした。窒化を行った後の試料断面の光学顕微鏡観察結果が図9である。窒化処理前に真空ポンプで減圧を行わなかった場合には、改質層の膜厚は約60µmであった。図6の減圧したときの結果では、膜厚は約120µmであったが、減圧を行わなかったときは膜厚が半分となった。しかしながら、窒化前に減圧を行わなくとも厚膜の改質層が形成できることが明らかとなった。

Alの窒化はイオン窒化が多く用いられている。イオン窒化では、酸化によって窒化反応が妨げられないよう処理前に10<sup>-3</sup>Pa台まで排気しておく必要がある。また、処理中にAl試料が酸化するため、まず、アルゴンによるプレスパタリング、次に、アルゴンと窒素の混合ガスでスパタリング窒化を行ない、再酸化した表面を除去しながら窒化を行わなければいけない<sup>1,6)</sup>。このように、高真空雰囲気でないAlの窒化は不可能とされてきたが、本窒化法においては、減圧雰囲気でもAlの窒化が可能である。この理由は、活性化粉末であるMg粉末による炉内雰囲気中の微量酸素の除去、Al表面酸化膜の除去の作用によるものと考えられる。

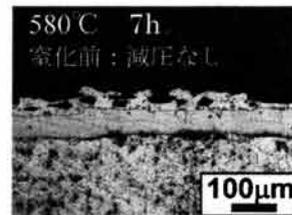


図9 ガス窒化後の断面組織 (580°C, 7h・減圧なし)

3.5 混合粉末量の影響

混合粉末量の影響について検討するため、窒化温度550°C、処理時間5h、活性化粉末2.3%とし、混合粉末量75g~300gで窒化を行った。窒化層の膜厚と混合粉末量の関係を図10に示す。75g~300gの混合粉末量では窒化膜の膜厚に大きな変化はなかった。

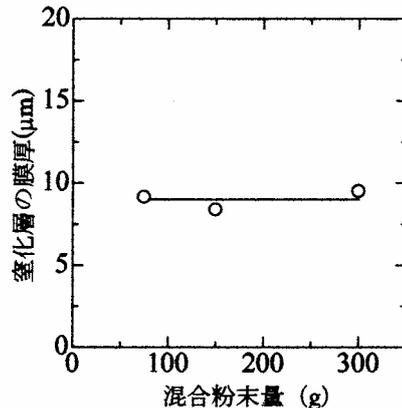


図10 膜厚と混合粉末量の関係

本窒化法では、充填粉末と活性化粉末の混合粉末を用いているが、改質層形成に及ぼす充填粉末の影響については明らかとなっていない。このため、充填粉末の影響についてより詳細に検討する必要がある。次に、試料形状がφ15×35mmのA5052を用いて、活性化粉末のみで窒化を試みた。窒化条件は580℃、処理時間5h、活性化粉末量は0.12g、0.6gとした。活性化粉末量0.12gのとき、改質層は観察されはなかったが、図11に示すように試料表面に粒状物が観察された。この粒状物に対してSEM-EDSによる定性分析を行った結果が図12である。試料の主要成分であるAl、Mg以外にCrと極微量のFeが検出された。窒化炉はステンレス鋼(SUS304)で製作している。充填粉末を使用しない場合は、窒化炉の揺動運動により、試料と窒化炉が接触してしまい、ステンレス鋼のCr、Fe元素がAl試料内に拡散侵入したと考えられる。さらに、改質層が形成されなかったことから、Cr、Fe元素は窒化阻害元素であると考えられる。

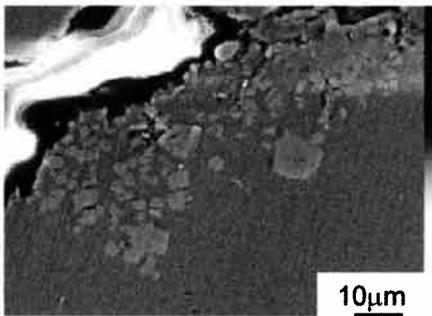


図11 試料表面に形成された粒状物(SEM像)

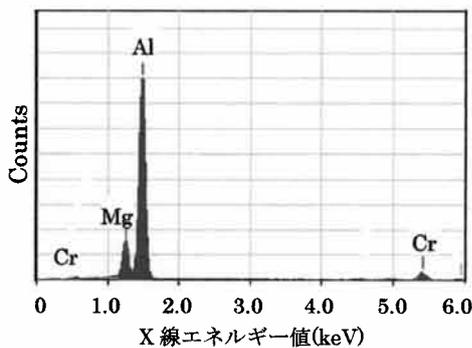


図12 定性分析結果

活性化粉末0.6gで窒化を行った場合は、窒化後の試料形状が大きく変化していた。窒化後の試料の断面観察結果を図13に示している。改質層は形成されなかったが、試料内部に粒状物、ポイドが形成された。過去の研究結果<sup>7)</sup>から、試料内部の粒状物はAlNであると考

えられる。Mg粉末とAl試料との接触により、Mg元素がAl内に拡散していく。図14のAl-Mg合金状態図に示すように、Mg元素の拡散によりAl試料表面の融点は低下する。窒化処理温度580℃では、Al試料は固相域であるが、Mg元素の拡散により5wt%Mgで固液共存域(半固溶状態)、12wt%Mgで液相域(熔融状態)となる。充填粉末を使用しない場合は、Al試料とMg粉末が接触しやすく、Mg元素の拡散が起こりやすくなるため、融点が低下しAl試料が大きく変形するとともに試料内部にAlNとポイドが形成されたと考えられる。しかしながら、試料内部のAlNとポイドの形成メカニズムは未解明であり、今後詳細に検討していく予定である。

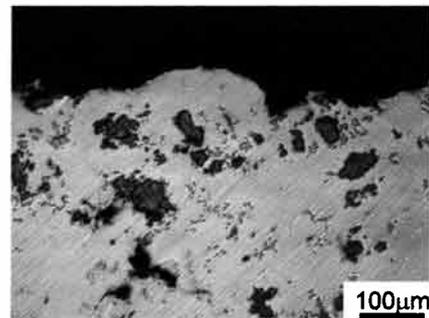


図13 ガス窒化後の断面組織(A5052)

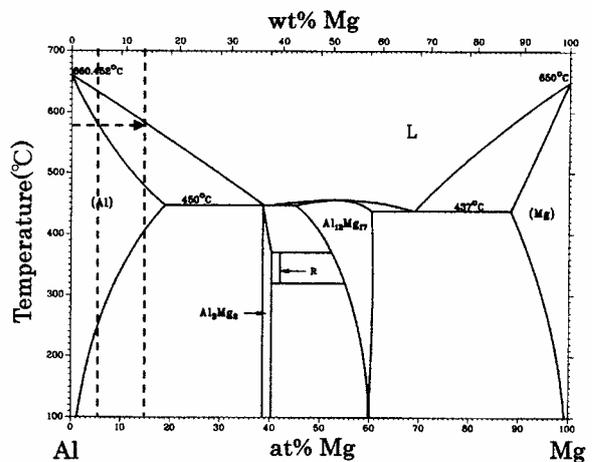


図14 Al-Mg合金の平衡状態図

4. まとめ

回転パレル槽によるガス窒化法におけるAlN層の形成に及ぼすプロセスパラメーターの影響について検討し、次の結果を得た。

- (1) 窒化層の厚さは処理時間の増加とともに増加する。なお、窒化層形成には潜伏期間が存在するため、潜伏期間を短くする方法について今後検討する必要がある。
- (2) 窒化層の厚さは処理温度の増加とともに増加するが、堆積層も増加し表面粗さが低下する。
- (3) 充填粉末の粉末粒径が大きくなると、窒化層の厚さは低下する。

(4) 窒化処理前に減圧をしなくても、窒化層の形成が可能である。

(5) 充填粉末を使用しない場合は、窒化阻害元素が試料表面に浸入し改質層の形成は困難になる。また、充填粉末を使用せず、活性化粉末量を増加させると、窒化後、試料が大きく変形する。

#### 謝辞

本研究の一部は静岡理科大学の平成 22 年度静岡理科大学提案型研究・研究プロジェクト (A)、平成 22 年度試作開発支援事業 (浜松地域テクノポリス推進機構) の助成を受けたものであることを記し、ここに謝意を表します。実験に協力頂いた元静岡理科大学の学部生の大橋徹也氏、山本健寛氏、久野貴洋氏、大橋慧治郎氏、杉田和久氏に感謝いたします。また、X 線回折、走査型電子顕微鏡は、静岡理科大学先端機器分析センターの装置を用いて測定した。センター職員の早川一生 職員、田中清高 研究員には、合わせて感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 太刀川英男, “アルミニウム合金のイオン窒化”, 豊田中央研究所 R&D レビュー, **27** (1992) 49.
- 2) 劉莉, 山本厚之, 菱田隆模, 原民夫, 庄山裕章, 山西哲司, 福本信次, 椿野晴繁, “プラズマ窒化処理した AC4C および AC9B アルミニウム合金の表面微細組織と摩耗特性” 軽金属, **56** (2006) 527.
- 3) P. Visuttipitukul, T. Aizawa, H. Kuwahara, “Advanced Plasma Nitriding for Aluminum and Aluminum Alloys”, *Materials Transactions*, **44** (2003) 2695.
- 4) M. Moradshahi, T. Tavakoli, S. Amiri, Sh. Shayeganmehr, “Plasma Nitriding of Al alloys by DC Glow Discharge”, *Surface & Coating Technology*, **201** (2006) 567.
- 5) 奥宮正洋, 恒川好樹, 馬場昭弘, 田村賢, “電子ビーム励起プラズマによるアルミニウム合金の表面窒化”, 熱処理, **46** (2005) 72.
- 6) M. Yoshida, M. Okumiya, R. Ichiki, C. Tekmen, W. Khalifa, Y. Tsunekawa, T. Hara, “A Novel Method of The Production of AlN Film High Adhesion on Al Substrate”, *J. Plasma Fusion Res. SEREIES*, **8** (2009) 1447.
- 7) T. Zhou, M. Yoshida, M. Okumiya, N. Utsumi, Y. Tsunekawa, “Surface Nitriding of Al-Mg alloys using Rotary Barrel Tank” *Key Engineering Materials*, **523-524** (2012) 1080.
- 8) M. Yoshida, M. Okumiya, R. Ichiki, W. Khalifa, C. Tekmen, Y. Tsunekawa, T. Hara, “Mechanical Properties of Aluminum Nitride Layer by Duplex Coating of Barrel Nitriding and Plasma Nitriding”, *Plasma Processes and Polymers*, **9** (2009) 310.
- 9) M. Yoshida, M. Okumiya, Y. Tsunekawa, “Influence of Magnesium on Formation and Growth of Nitride Layer on Aluminum Substrate”, *Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Aluminum alloys*, Yokohama, Japan, Sept. 5-9 (2010) 1856.



## キラル二核バナジウム触媒を用いた不斉酸化反応

Asymmetric oxidation catalyzed by chiral dinuclear vanadium catalysts

桐原正之\*、鈴木通恭\*、後藤匠\*、石塚勇貴\*、滝澤忍\*\*

Masayuki KIRIHARA, Michitaka SUZUKI, Takumi GOTO, Yuki ISHIZUKA, and Shinobu TAKIZAWA

Abstract: The kinetic resolutions of racemic  $\alpha$ -hydroxycarbonyls with chiral dinuclear vanadium complexes under  $O_2$  atmosphere were examined. Although the reaction rates were low, chiral  $\alpha$ -hydroxycarbonyls were obtained in up to 37% ee. The chiral dinuclear vanadium complexes were also found to promote the asymmetric oxidation of a sulfide using hydrogen peroxide as a co-oxidant, producing the corresponding sulfoxide in good chemical yields.

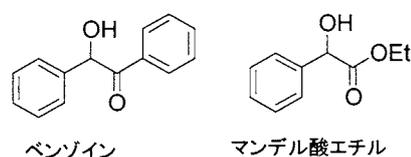
## 1. はじめに

我々は、遷移金属触媒を用いた有機化合物の環境調和型酸化反応の研究を行っており、バナジウム触媒と分子状酸素を用いた  $\alpha$ -ヒドロキシカルボニルの酸化反応<sup>1)</sup>、 $\alpha$ -ヒドロキシカルボニルの酸化的開裂反応<sup>2)</sup>、三級  $\alpha$ -ジオールの酸化的開裂反応<sup>3)</sup>、モノチオアセタールの脱保護反応<sup>4)</sup>、チオールのジスルフィドへの酸化反応<sup>5)</sup> などを見出している。またタンタル触媒やニオブ触媒と過酸化水素を用いた、スルフィドの高選択的酸化反応<sup>6)</sup> や脱ジチオアセタール化反応も見出している<sup>7)</sup>。さらに、二核バナジウム触媒と分子状酸素を用いた  $\beta$ -ナフトール類の不斉カップリングによる、機能的キラル  $\beta$ -ナフトールの合成に成功している<sup>8)</sup>。

そこで今回は、二核バナジウム触媒を用いた不斉酸化反応を、ラセミ体の  $\alpha$ -ヒドロキシカルボニルに適用し、一方のエナンチオマーのみを選択的にカルボニルへと酸化できれば、速度論的分割によってキラルアルコールに変換できる考え、検討を行った。また二核バナジウム触媒を用いた不斉酸化反応を、スルフィド酸化反応に適用すれば、キラルスルホキシドが得られると考え検討した。

2. キラルバナジウム錯体による  $\alpha$ -ヒドロキシカルボニルの不斉酸素酸化

$\alpha$ -ヒドロキシケトンとして (±)-ベンゾインを、 $\alpha$ -ヒドロキシエステルとして (±)-マンデル酸エチルを選択し (図 1)、ジクロロメタン中、酸素雰囲気下で、各種キラルバナジウム触媒 (図 2, 1~5) 1 mol% を用いた不斉酸化を検討した。原則として、反応が 50% 程度進行した時点で反応を停止させ、未反応のアルコール体を単離した後、比旋光度を測定してエナンチオ過剰率 (% ee) を算出した。



ベンゾイン マンデル酸エチル

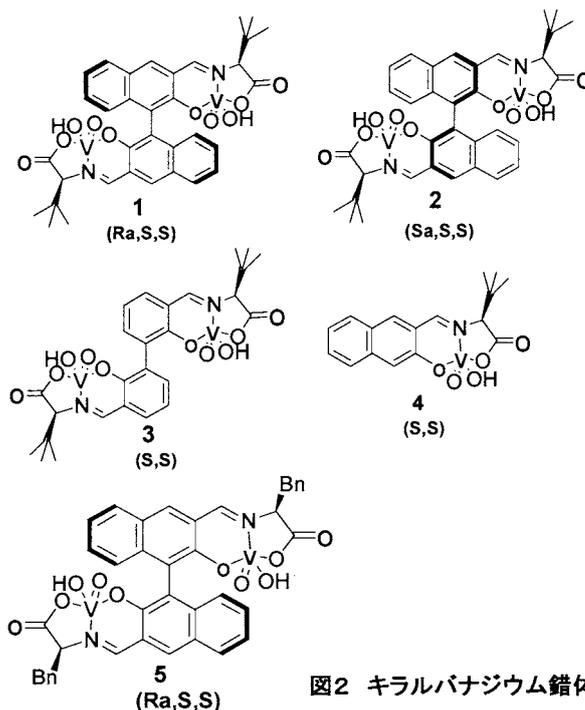
図1  $\alpha$ -ヒドロキシカルボニル

図2 キラルバナジウム錯体

ベンゾイン A を基質とした場合 (表 1)、いずれの場合も反応速度は遅く (50% 程度反応するのに 112~236 時間必要)、未反応のベンゾイン B の光学純度もあまり高くなかったものの、不斉酸化が進行することを見出した。なお、オキシ三塩化バナジウム ( $VOCl_3$ ) を用いた場合は 20 時

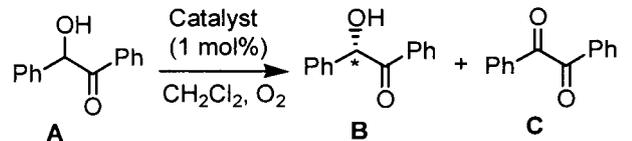
2013 年 3 月 1 日受理

\* 理工学部 物質生命科学科

\*\* 大阪大学 産業科学研究所

間程度でベンゾインは全て酸化されることを確認している<sup>2</sup>。

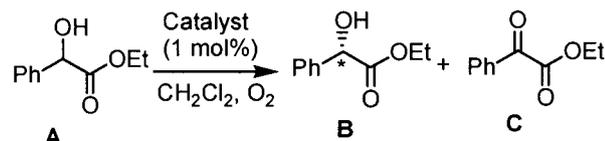
表1 ベンゾインの不斉酸素酸化



触媒	Time	%ee	B (%)	C (%)	絶対配置
1	236h	13	53	47	S
2	112h	7	57	43	R
3	165h	13	50	50	S
4	119h	3	51	49	R
5	214h	4	44	56	S

マンデル酸エチルを基質に用いた場合は、ベンゾインの場合よりもさらに反応速度が遅かったものの、触媒 **2** を用いた場合には、27% ee で目的の B が得られた (表 2)。

表2 マンデル酸エチルの不斉酸素酸化



触媒	Time	%ee	B (%)	C (%)	絶対配置
1	1189h45min	3	47	53	R
2	1886h45min	27	21	79	R
3	1586h35min	2	96	4	R
4	991h	6	43	57	R
5	887h50min	4	51	49	S

$\text{VOCl}_3$  を用いた  $\alpha$ -ヒドロキシカルボニルの酸素酸化の場合、溶媒としてジクロロメタンの代わりにアセトニトリルのような極性溶媒を用いると、反応速度が大幅に向上し、目的の  $\alpha$ -ジカルボニル化合物の収率が向上することがわかっている<sup>2</sup>。そこでアセトニトリル中で触媒 **5** を用いて、マンデル酸エチルを反応基質に検討をおこなった。その結果、期待通り反応速度が速くなり、光学純度も 37% ee まで向上した (図 3)。

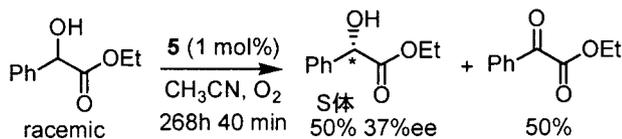


図3 5を触媒とした $\text{CH}_3\text{CN}$ 中でのマンデル酸エチルの不斉酸素酸化

マンデル酸エチルの場合に最も光学収率が高かった触媒 **2** を用いて、アセトニトリル中での反応を行った。しかしながら、反応時間は短くなったものの、光学純度は大幅に低下した (図 4)。

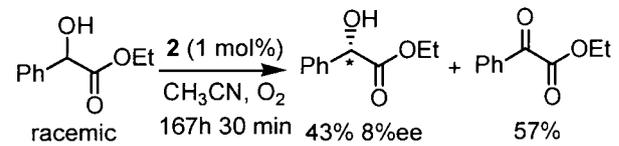


図4 2を触媒とした $\text{CH}_3\text{CN}$ 中でのマンデル酸エチルの不斉酸素酸化

$\alpha$ -ヒドロキシカルボニルの不斉酸化において速度論的光学分割を行うことができた。しかしいずれの場合も反応速度が遅く、また目的物の光学純度も不十分であった。今後はまずキラルバナジウム触媒の酸化活性を向上させるため、バナジウム原子に電子求引基を有する新規錯体を調製して、反応を検討していきたいと考えている。

### 3. キラルバナジウム錯体によるスルフィドの不斉酸化

スルフィドとしてチオアニソールを選択し、キラルバナジウム触媒 **3** を用いて、酸素雰囲気下、室温で各種溶媒中 (ジクロロメタン、アセトニトリル、酢酸エチル) での反応を検討した。しかしながら、酸素雰囲気下では、反応は全く進行せず、原料回収に終わった (図 5)。

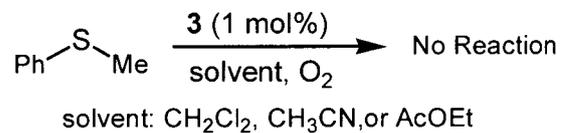


図5 チオアニソールの不斉酸素酸化検討

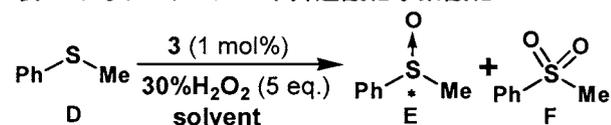
$\text{VOCl}_3$  を触媒として用いて、チオアニソールと酸素雰囲気下で攪拌しても、酸化反応は全く進行しないことから<sup>9</sup>、共酸化剤として過酸化水素を用いることにした。

チオアニソールに、1 mol%のキラルバナジウム触媒 **3** 存在下、各種有機溶媒中 (ジクロロメタン、アセトニトリル、酢酸エチル) で、5 当量の 30%過酸化水素との反応を検討した。

本反応は極めて速く、過剰酸化が確認され、スルホン F が副生成物として得られた。不斉スルホキシド体は得られたものの、光学純度は低い結果となった (表 3)。

今後は、様々なキラルバナジウム触媒を用いて検討を行うとともに、スルホンへの過剰酸化を抑え、かつ光学収率の向上を目指して、より低温下で反応を行う予定である。

表3 チオアニソールの不斉過酸化水素酸化



solvent	Time	%ee	E (%)	F (%)	絶対配置
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	10min	6	47	51	R
CH <sub>3</sub> CN	10min	1	53	33	R
EtOAc	10min	8	84	13	R

#### 4. 結論

キラル二核バナジウム触媒を用いた酸素酸化を用いれば、ラセミ体の $\alpha$ -ヒドロキシカルボニルの速度論的分割ができ、キラルアルコールへと変換できることがわかった。

また、キラル二核バナジウム触媒を用いたスルフィドの過酸化水素酸化により、キラルスルホキシドが合成できることを見出すことができた。

これらの反応のエナンチオ選択性は、まだ満足のいくものではないので、さらに選択性向上を目指して検討する必要がある。

#### 5. 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 (<sup>1</sup>H-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) および、ガスクロマトグラフィー-質量スペクトル (GC-MS) は、島津 GCMS-QP1100EX 質量分析装置を用いて測定した。旋光度は、日本分光 DIP-370 旋光計を用いて測定した。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。

#### キラルバナジウム錯体による $\alpha$ -ヒドロキシカルボニルの不斉酸素酸化

酸素雰囲気下、 $\alpha$ -ヒドロキシカルボニル (0.25 mmol) をジクロロメタン (またはアセトニトリル) (5 ml) に溶かし、キラルバナジウム錯体 (0.025 mmol) を加え、室温で攪拌した。反応液を GC-MS で分析し、反応が 50%進行した時点で、ロータリーエバポレーターを用いて溶媒を留去した。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、ジカルボニル体と  $\alpha$ -ヒドロキシカルボニル体を得た。 $\alpha$ -ヒドロキシカルボニル体の比旋光度を測定し、光学純度を算出した。ジカルボニル体と  $\alpha$ -ヒドロキシカルボニル体の構造は、IR, NMR, MS の各種スペクトルデータが、標品のものと一致したことにより、確認した。

#### キラルバナジウム錯体によるチオアニソールの不斉過酸化水素酸化

チオアニソール (62.1 mg, 0.5 mmol) を溶媒 (4 ml) に溶かし、これにキラルバナジウム錯体 (0.05 mmol) と 30%過酸化水素水 (0.20 ml, 2.5 mmol) を加え、室温で攪拌した。反応液を TLC で分析し、チオアニソールのスポットが消失した時点で、飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液を加え、ジクロロメタンで抽出した。抽出液を無水硫酸マグネシウムで乾燥させた後、ロータリーエバポレーターを用いて溶媒を留去した。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、フェニルメチルスルホキシドとフェニルメチルスルホンを得た。フェニルメチルスルホキシドの比旋光度を測定し、光学純度を算出した。フェニルメチルスルホキシドとフェニルメチルスルホニンの構造は、IR, NMR, MS の各種スペクトルデータが、標品のものと一致したことにより、確認した。

#### 謝辞

本研究の一部は、平成 22 年度物質・デバイス領域共同研究課題 (20100134) の研究費によって支援された。

#### 参考文献

- 1) M. Kirihara, Y. Ochiai, S. Takizawa, H. Takahata, H. Nemoto, *Chem. Commun.* **1999**, 1387.
- 2) M. Kirihara, S. Takizawa, T. Momose, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1* **1998**, 7.
- 3) M. Kirihara, K. Yoshida, T. Noguchi, S. Naito, N. Matsumoto, Y. Ema, M. Torii, Y. Ishizuka, I. Souta, *Tetrahedron Lett.* **2010**, 51, 3619.
- 4) M. Kirihara, Y. Ochiai, N. Arai, S. Takizawa, T. Momose, H. Nemoto, *Tetrahedron Lett.*, **1999**, 40, 9055.
- 5) M. Kirihara, K. Okubo, T. Uchiyama, Y. Kato, Y. Ochiai, S. Matushita, A. Hatano, K. Kanamori, *Chem. Pharm. Bull.* **2004**, 52, 625.
- 6) M. Kirihara, A. Itou, T. Noguchi, J. Yamamoto, *Synlett*

- 2010, 1557; M. Kirihara, J. Yamamoto, T. Noguchi, A. Itou, S. Naito, Y. Hirai, *Tetrahedron* **2009**, *65*, 10477; M. Kirihara, J. Yamamoto, T. Noguchi, Y. Hirai, *Tetrahedron Lett.* **2009**, *50*, 1180.
- 7) M. Kirihara, A. Harano, H. Tsukiji, R. Takizawa, T. Uchiyama, A. Hatano, *Tetrahedron Lett.* **2005**, *46*, 6377.
- 8) H. Somei, Y. Asano, T. Yoshida, S. Takizawa, H. Yamataka, H. Sasai, *Tetrahedron Lett.* **2004**, *45*, 1841; S. Takizawa, T. Katayama, C. Kameyama, K. Onitsuka, T. Suzuki, T. Yanagida, T. Kawai, H. Sasai, *Chem. Commun.* **2008**, 1810; S. Takizawa, T. Katayama, H. Somei, Y. Asano, T. Yoshida, C. Kameyama, D. Rajesh, K. Onitsuka, T. Suzuki, M. Mikami, H. Yamataka, D. Jayaprakash, H. Sasai, *Tetrahedron* **2008**, *64*, 3361; S. Takizawa, T. Katayama, H. Sasai, *Chem. Commun.* **2008**, 4113; S. Takizawa, *Chem. Pharm. Bull.* **2009**, *57*, 1179.
- 9) M. Kirihara, unpublished results.

## MOVING FORWARD: USING ONLINE TECHNOLOGIES TO ADVANCE READING COMPETENCY

R. Gregg MCNABB\*

### ABSTRACT

It is possible to take advantage of promising online technologies such as Spreeder, Moodle and desktop capture software such as QuickTime to help students improve their reading ability and promote autonomous learning. We can do this by creating globally accessible speed reading passages followed up with various online comprehension confirmation questions stored at a Moodle or other website. This paper addresses materials selection and then explains how to exploit them with online technologies.

**Key words:** speed reading, reading competency, online technologies, Moodle, blended learning

### INTRODUCTION

Except for the very few among us who are fortunate enough to teach gifted students in the very best universities, our students tend to be those who have had very little opportunity to experience foreign language reading. It comes as little surprise, therefore, that many of them are weak readers often requiring remediation. A perennial problem in many EFL classrooms is that due to their weakness, it limits what we, as educators, are able to offer them. Yet their weakness is not always necessarily due to a lack of ability. The problem is not receiving complete instruction in how to read efficiently and not having the means to practice regularly. In other words, inadequate time on task. As a result, we have to teach these students the mechanics of proper reading from scratch. While onerous, in fact this presents us with an opportunity to slowly introduce them to captivating authentic literature, including original, level-specific graded readers, which may result in them becoming hooked on reading. At the same time, now that we are able to integrate new technologies specific to reading, we can help them learn how to read efficiently and effectively. With some effort and planning we can initiate, innovate and enrich students' reading experiences by creating a new, blended teaching paradigm that incorporates the judicious use of technologies.

#### Selection of materials

It is always difficult to decide what materials to use with inexperienced, weak, young adult learners. Although they may appreciate the mature ideas in an engaging novel, they may lack the requisite skills to

immerse themselves in the content. Well-known novels that have been truncated and simplified in level-appropriate graded reader format are frequently opposed by some educators on the grounds that they have been largely stripped of their original genius. Now, however, there are graded readers featuring engaging original stories that have been custom written for a certain level and age group. A few EFL educators, such as this author (McNabb, 2012), have crafted short stories specifically for FL learners that can still be classified as authentic literature. In addition, we can still use some carefully selected, very short, classic short stories. The main appeal for using short stories is that they are short. Students will be less likely to be intimidated or demotivated when they can actually see it in its entirety on just one or two pages. Moreover, students usually know what to expect: there will be a beginning, middle and an end. In almost all cases, particularly with the classics, authors have paid close attention to every word and the interrelation of sentences, thus the language tends to be extremely precise. They have also carefully considered how to make their stories entertaining in a variety of ways, for example through metaphors and allusions to historical events. Because short stories are usually very well crafted, students tend to be motivated to continue reading them to the end in order to find out what happens. For EFL educators, short stories are desirable to use because there tends to be a lot of semantic and grammatical quality packed into a few pages. In addition to short stories, other suitable reading materials include myths, fables, fairy tales and detective stories due to their familiar content, form and length. With students who show a strong interest in science or engineering, instructors could also use simply written popular science articles such as those that are freely available at [scienceforkids.org](http://scienceforkids.org), [sciencenewsforkids.com](http://sciencenewsforkids.com) and [howstuffworks.com](http://howstuffworks.com).

\*Received March 1, 2013

\*Department of Human-Computer Interface Design, Faculty of Comprehensive Informatics

2013年3月1日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

Research shows that it is important for students to have an opportunity to self-select what they want to

read at least some of the time. Indeed, Lao and Krashen (2000) report that in studies where students were given opportunities to read somewhat freely by choosing from a list, in *all* cases, using literature and popular literature resulted in reading gains and positive self-assessments, especially for students who read self-selected readings along with the well-assigned readings. In their own study, in the two groups that they compared, the experimental group that was able to self-select and read freely, scored substantially higher than the comparison group that was "enrolled in a typical academic skills development course" (p. 264). In addition, the experimental group showed substantial improvement in reading speed, whereas the comparison group did not. Although this study did not track multiple cohorts over a long term, the authors still asserted that "the differences in gains between the two groups is evident..." (p. 267). In spite of some unbalance between the two groups, nevertheless the researchers seemed quite confident that their results were fair and accurate. Moreover, as in other studies, (Erkaya, 2005) the students examined by Lao and Krashen reported very strong beliefs that pleasurable reading was valuable. In contrast, the students using traditional materials in traditional ways did not believe their study had much value. It should be noted, however, that this second group, which was much smaller than the experimental group consisted of only 39 students divided into two classes. Overall, the results of this and other studies consistently confirm that pleasurable reading can be beneficial and that students at all levels are fully aware that sometimes the textbooks they are being required to read are lacking in entertainment and educational value.

#### **Advantages to using technology to improve reading ability and accessibility**

Having established the validity of using level-appropriate short stories and authentic literature, I will show how freely available technologies are a boon to instructors wanting to take students to the stage where they can independently interact with actual literature. Unfortunately, not a few educators frequently bristle at the thought of adopting technology. Many of our students are 21<sup>st</sup> century digital natives, however, and many of them expect and appreciate an online or computer-based component in their courses. Therefore, irrespective of our own teaching practices and preferences, it is increasingly necessary that we embrace technology in education. Computers and their smaller counterparts, smartphones and tablets, can all be used to great advantage. In "Introduction: technology in teaching literature and culture: some reflections," last century, Porter (1999) stated that "Technology can give students a greater degree of control over the delivery

of their learning: by using technology, students can access information, learning spaces, and other resources at times which suit their lifestyle and their other commitments." She added that "Technology-based resources can be integrated into a course of study and used to complement classroom contact."

It is very easy to find many suitable, well-known stories online such as at searchlit.org and www.short-stories.co.uk. Thus, in addition to paper books (still preferred by many), making a story accessible by putting it online has never been easier. These days most people carry a phone, an iPad or a computer most of the time. This is especially true in the case of young people. This suggests that it is *very* likely that we will be able to increase a student's contact time with the L2 by making materials available to these devices. Students are able to access our materials from their phones and tablets from just about everywhere, and, in fact they do. For skeptics, there are ample statistics at our Moodle website that fully substantiate these assertions. Even the very weakest students are able to access and do regularly access our Moodle site at university, at home and from their smart phones. In fact, we discovered in 2012 that up to 60 students regularly accessed and reaccessed materials during semester breaks. This bodes very well for teaching reading. In addition, by using online technology to improve reading competencies, we can actually better understand our own role in students' learning by observing their autonomy; this can be accomplished by reviewing the detailed usage statistics provided by online learning environments. We can know exactly what they were doing, when they were doing it and how well they did it.

#### **Taking reading materials online**

Once a level-appropriate story such as from *Fifteen Little Stories For English Language Learners* by Gregg McNabb, "The Lottery" by Shirley Jackson or Hemingway's "Old Man at the Bridge" has been found, it should be saved in a Word or other format for future use. At this point, it can be uploaded to a website as a stand alone file that students can access any time. In fact, many of us already do so. For those who do not have a website, a free one can be created in under 30 minutes by using Weebly.com. Next, go to Spreeder.com and copy/paste the selected story's text into the text box. Watch as the story appears according to the reading speed that has been set (the default setting is 300 words per minute). The speed will need to be adjusted based on the story selected. Chunk size can be set according students' levels. For example, 5-word chunks may be suitable for one story, but 6-word chunks might be better for another. 135 wpm might be appropriate for "Old Man at the Bridge" but only 100 wpm for *The Very Hungry Caterpillar*. It is possible to set the font size, colour, background, alignment, and window dimensions.

according to individual preferences. There are several, "advanced" settings, such as adding a slight pause at the end of sentences and paragraphs. Every aspect of Spreeder can be understood in under ten minutes. At this stage, we have learned how to use the Spreeder application. This means students can copy the files that have been put online in Word or other formats and use Spreeder over and over again after they have been instructed how to use it. Weak students have informed us that reading and rereading individual paragraphs, as opposed to the full story, is preferable. As homework, students can be required to read the story at least X times at X wpm. Students can be given the chance to read the same content faster if the instructor creates new files containing the same content, only read faster (refer to the last stage below). If an instructor hooks up his own computer in class, students' progress can be tracked by having them read in class from a large screen or from monitors. This is good pedagogy in that it is *the instructor* who sets the pace. Reluctant readers will be forced to read in chunks for 2-3 minutes, instead of word by word for 20 minutes. It is quite easy, and even amazing, to demonstrate to reluctant readers that they are reading multiple times faster than they do normally and that they are mostly "getting" what the chunks and the story mean. Krashen's testing in Lao and Krashen above and my own bear this out. I upload all of my comprehension questions in the form of Practice Quizzes to our Moodle site, so I can determine how well students have understood a story just by looking at overall quiz results and can even perform item analysis of individual questions. Because they are Practice Quizzes that can be attempted endlessly for a small percentage of their total grade, students tend to do them without extensive preparation. As a result, the first few attempts tend to accurately reflect their actual understanding of the story. This data would be impossible to duplicate in a traditional, low-tech classroom setting using pencil and paper quizzes. These data give me insights into what parts or aspects of a story are problematic and therefore need to be addressed or reviewed in class. Finally, with some students, instructors could introduce an element of competition by rewarding those who improve their reading speed the most by setting a very challenging wpm target, and possibly across sections where there is a large number of students reading the same materials. The main objective, however, is to try to improve students' automaticity in reading.

The last stage is to introduce an aural component. Since there is already a file of a story or stories online, print out a copy in a font size that is easy to read. Next, go to Spreeder and paste the story into the window using desired settings. Practice reading it aloud. There will be hesitations and difficulties, so being able to refer to the printed copy helps to

produce a more polished reading of the Spreeder text. When satisfied with reading fluency, pronunciation, volume and energy, use a desktop capture to record Spreeder. Most newer operating systems have this capability. If not, it is easy to download an application. For example, with a MacBook Pro with QuickTime 10.0, open "New Screen Recording" in "File" and practice reading several times for 20 to 30 seconds. Play back the file(s) and evaluate them. If the reading is smooth and otherwise suitable, the entire story can be recorded or only as much input as is appropriate for the students, for example, just two to three paragraphs. Upload this file (usually in mp4 format) to the website. Students are now able to read and listen to the story at the wpm rate that has been set. Of course they can read it silently, too, by turning down the volume. It is possible and preferable to upload several files with *different* wpm rates so that students can challenge themselves. If the files are uploaded to a Moodle site, any teacher can check when and how many times each student accessed each file. If instructors can succeed in getting students to use Spreeder often, as with other speed reading programs, there will be improvement. Students can also be asked to record their own reading to submit as e-homework adding an oral/fluency component. Such homework can be evaluated in numerous ways, although according to fluency is preferred since that is a key goal of all speed reading programs.

### Conclusion

Using these technologies, at the very minimum we can make it easier for students to read on their terms. Most likely, however, a whole new dimension will be added to teaching reading because traditional classroom practices will be reinforced when students read and listen to self-selected, interesting materials numerous times. When various types of comprehension questions, including simple listening questions made by using QuickTime or similar desktop software, are put online and can be accessed at any time, students are able to repeatedly reconfirm their understanding. Instead of spending just 90 minutes in a week in classroom reading and study, students engage with the materials more often.

### References

- Erkaya, O. R. Benefits of Using Short Stories in the EFL Context. *The Asian EFL Journal*. 8, 1-13. Retrieved from [http://www.asian-efl-journal.com/pta\\_nov\\_ore.pdf](http://www.asian-efl-journal.com/pta_nov_ore.pdf)
- Hwang, C. (2005). Effective EFL Education Through Popular Authentic Materials. *The Asian EFL Journal*. 7, 90-101. Retrieved from [http://www.asian-efl-journal.com/March\\_05\\_ch.pdf](http://www.asian-efl-journal.com/March_05_ch.pdf)

Interesting Things for ESL Students: Listening and

Reading -- online stories and various short texts. Retrieved from <http://www.manythings.org/>

Lao, C. Y., & Krashen, S. (2000). The impact of popular literature study on literacy development in EFL: more evidence for the power of reading. *System*, 28, 261-270.

Porter, S. (1999). Introduction: technology in teaching literature and culture: some reflections. *Teaching European Literature and Culture with Communication and Information Technologies*  
Retrieved from: <http://users.ox.ac.uk/~ctitext2/publish/occas/eurolit/porter.html>

# 時間対称量子力学における実在と遡及因果

## — 見ていないときに何が起きているのか —

Reality and Retrocausation in  
Aharonov's Time Symmetric Quantum Mechanics  
— What happens, when I don't look it? —

榛葉 豊\*  
Yutaka SHINBA

**Abstract :** “When we don't see it, what is its value of observable?” Bohr recommended that don't think about such a meaningless question. Nevertheless, about half century later, the conception for reality in quantum mechanics is restarted to argue seriously. Many interpretations and experiments have been proposed. Recently, in connection with execution on the experiment about the Hardy's Paradox, Aharonov's so called Time Symmetric Quantum Mechanics is paid attention. We discuss the conception of reality and backward causation, appearing Aharonov's interpretation, from among many paradoxical aspects of that interpretation.

### 1. はじめに

ゲージ理論におけるポテンシャルの実在性を含意し、その後日立製作所の外村彰のノーベル物理学賞に結びついた Aharonov-Bohm 効果で有名な Aharonov は、すでに 1964 年に量子力学の時間対称解釈<sup>1)</sup>を提出している。それは量子力学の理論が、時間反転について対称なことを用いて、通常の量子力学が、ある時刻の波動関数からその後の時刻の波動関数を Schrodinger 方程式によって導いて、それに観測過程についての von Neumann の射影公理もしくは Born の確率解経由で測定値の確率分布を得るという形式である。時間の方向自身は一方向であるのに対して、過去の状態と未来の状態の2つから、その中間の時刻での観測値について論ずるという形式になっている。ただし、過去と未来での2回の観測過程自身は、時間反転対称ではない。

この形式は Bohr が禁じた、見ていないときに物理量の値はどうだろうかということ論ずる、一つの直截な道を開いたといえる。見ていないものの実在を論ずると言う形式である。Aharonov は 1988 年には弱測定と弱値の概念<sup>2-3)</sup>を提唱し、理論形式に実際の操作を対応させた。弱測定に

よる弱値は、通常の量子力学の形式に帰着させれば、観測量の期待値に帰着するものであり、時間対称量子力学では、その実数部分が、観測量の期待値になる。しかし、弱値はたとえば、Stern-Gerlach 型測定のような有限の範囲をとる離散固有値の観測において、その固有値の範囲を超える値を予言したり、Mach-Zehnder 型干渉計を2つ組みあわせた干渉計での干渉実験（電子-陽電子干渉や光子-光子干渉）で「確率」と解釈したい量が負の値になるなどの難点もしくは特徴がある。これは 1992 年に提出された Hardy のパラドックス<sup>2)</sup>と言われる思考実験の状況であり、実際に最近の実験<sup>3)</sup>で、その状況が実証された。

本稿では、時間対称量子力学は、見ていないときの観測量の値、言い換えれば実在を記述しているといえるのか、そして未来からの因果と言いたくなるような定式化は、一般の Bayes の定理に関する、遡及因果の困難の文脈でどう考えられるべきなのかを考える。Hardy のパラドックスに現れる「負確率」（粒子数密度の弱値が負）の問題や、実在についての Bell の定理、Kochen-Specker の NG 定理がどうなるのか等々については、別の機会に論ずることとする。

2013年3月5日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

## 2. 時間対称量子力学と弱測定

### 2.1 時間対称量子力学<sup>1)</sup>

Aharonov の時間対称量子力学について、まとめておこう。通常の量子力学は、ある時刻  $t_i$  における波動関数

$|\psi(t_{initial})\rangle$  から、Schrödinger 方程式によってその後の時刻  $t$  における波動関数  $|\psi(t)\rangle = e^{-iH(t-t_{initial})}|\psi(t_{initial})\rangle$

を計算し、それに対して測定する観測量の正規完全直交系をなす固有関数系での展開を用いた Born の確率解釈と von Neumann の射影仮説で測定値と観測後の波動関数を得るという形式になっている。ということは、実験開始時に後で測定する観測量が何であるかは、わかっていないのではある。後で行う観測を決めていたとしても、遅延選択実験をする可能性を考えれば、わかっていないとするのが妥当である。とにかく時刻  $t_{initial}$  における何らかの観測相互作用によって、ある固有値が得られた場合を選別して他は捨てて、初期状態の集団として用いるわけである。それが時間発展した対象系を、時刻  $t$  においての観測でどの固有値が得られるかの確率を計算するという設定である。それはいわば2つの観測の間を結ぶ情報理論であり、実在を記述するものなどではないという立場も容認出来るのかもしれない。

それは非可逆過程である観測において、観測量  $A$  の固有値  $a_i$  が得られる条件付き確率（以下では、 $A$  には縮退は無いものとする）

$$\Pr(A = a_i | |\psi(t_{initial})\rangle) \quad (1)$$

を計算する規則なのである。(1)式の条件付き確率は Born の確率解釈によって、 $|\langle a_i | U(t-t_{initial})\psi(t_{initial}) \rangle|^2$  と

なる。ただし、 $U(t-t_{initial})$  は Schrödinger 方程式による時間発展ユニタリ作用素である。したがって観測量  $A$  の期待値は、波動関数が規格化されているとして、スペクトル分解  $A = \sum_i a_i |a_i\rangle\langle a_i|$  を用いて、

$$\langle \psi(t) | A | \psi(t) \rangle \quad (2)$$

となる。逆に言って、この期待値汎関数が与えられていればすべての観測量に関する確率は計算できるので、期待値汎関数は波動関数と等価である。

ところで、周知のように Schrödinger 方程式は時間反転に対して対称である。従って、ある時刻の波動関数からその後の時刻の波動関数を計算する代わりに、過去の波動関数を計算することが全く同様に出来る。これは Maxwell の方程式や、相対論的波動方程式である Klein-Gordon 方程式での、遅延解と先進解の関係と同様なことである。ただしこれは、数学的なことであって、物理学的な話とは単純にはいえない。1点に集中したデルタ関数から、過去に向けてガウス型の波束が広がっていく（過去から現在に向けて、1点に波束が収斂してくる）という解は、数学的には先進解として可能であるが、物理的には実現しないと考えられている。その理由を考えるのが、物理学における時間論の一つの大きなテーマである時間の矢の問題であるが、ここでは論じない。

意味については一先ず措いて、この先進解を遅延解とともに用いた数学形式を考えてみる。すなわち現在の波動関数が過去の状態と未来の状態の両方から決まっているとするのである。

$$\Pr(A = a_i | |\psi(t_{initial})\rangle \wedge |\psi(t_{final})\rangle) \quad (3)$$

という条件付き確率を計算するという形式を作ってみるのである。表式(3)の初期状態と終期状態の波動関数に関する条件の連言で結ばれた2つの命題は独立であるから、その2つのイベントがそれが起こる確率は積になり、それが全確率の中に占める割合として

$$\frac{\Pr(a_i | \psi(t_{final}))\Pr(a_i | \psi(t_{initial}))}{\sum_k \Pr(a_k | \psi(t_{final}))\Pr(a_k | \psi(t_{initial}))}$$

が得られる。分母は、すべての現時点の可能性  $k$  について和をとっている。Born の規則が、原因と結果について対称なことを考えると、 $\varphi_j$  を未来の観測における観測量の固有関数として、

$$\frac{|\langle \varphi_j(t_{final}) | U^{-1} | a_i \rangle \langle a_i | U \psi(t_{initial}) \rangle|^2}{\sum_k |\langle \varphi_j(t_{final}) | U^{-1} | a_k \rangle \langle a_k | U \psi(t_{initial}) \rangle|^2} \quad (4)$$

となる。ただし  $U$  は、時間発展のユニタリ作用素であり、 $U^{-1}$  はその逆作用素で、 $t_{final}$  という未来から

現在の  $t$  まで先進波で時間を戻しているのである。この (4) 式が (3) 式という意味を持っているというのである。

ここで必ずしも (4) 式は時間対称でないことに注意しよう。未来の波動関数は、未来に測られるであろう観測量の  $j$  という添え字を持った固有関数になっているのに、過去の波動関数は必ずしもそうなっていない。

(4) 式という「確率」のなかに未来の波動関数がどういふふうに登場してきているのかを考えてみることにしよう。通常の量子力学は、過去  $\rightarrow$  現在 という波動関数の変化を計算して、現在の非可逆な観測過程で得られる値の確率を計算するのだが、過去の波動関数というものは、つまりそのような波動関数で表現される状態にある量子力学的対象というものは、基本的には、ある観測量の観測によって得られる。それも 1 つの対象に対して観測が行われるのではなく、状態の決まっていなくさんの対象に対して観測が行われ、射影仮説で述べられているように、観測量のいずれかの固有状態になった量子力学的対象のうち、実験の初期状態として仮定されている状態のものが選別されて実験装置に送り込まれるのである。

つまり、最初の (過去の) 観測で、状態を同一の状態にフィルター (選別) した集団を用意して、それらに対して実験を行う。それらの結果を現在において観測して、量子力学の本質からして、量子力学的対象それぞれについて、異なっていてよい結果の頻度分布を問題にするのである。こう考えると、通常の量子力学は、

過去の観測  $\rightarrow$  現在の観測 ,

という状況での、現在の観測での頻度分布を問うものと言ってよい。

そうすると、時間対称量子力学では、

現在  $\leftarrow$  未来

という影響を取り入れるならば、それは未来の観測結果、未来での選別結果が、現在に遡及しているという形になるのが自然である。

現在の観測  $\leftarrow$  未来の観測 .

したがって、未来の波動関数には、未来の測定結果の添え字が入るのである。過去の方に添え字が無いのは、通常の量子力学の場合と同様である。以上の事柄を、事前選択と事後選択と呼ぶ。

## 2.2 弱値と弱測定

こうして、時間対称量子力学と実際の実験の対応は次のようになる。まず、事前選択に相当する観測が行われる。そして選別された対象のみが、実験装置に送り込まれる。相互作用をして出てきた対象に対して、観測量  $A$  の観測が行われて、 $A$  の固有値のどれかが得られる。それらの中から、(4) の添え字  $j$  に対応する値になった対象のみ

残して後は捨てる。これが事後選択である。多数回の実験の中から事後選択された、考えている終期状態が得られたイベントの集団の中での、添え字  $i$  である現在の「値」の何らかの「頻度」が (4) であるということになる。

Aharonov は次のような、複素数である、 $A$  の弱値<sup>4, 6</sup> を定義した。

$$\langle A \rangle_{weak} = \frac{\langle \varphi_j(t_{final}) | A | \psi(t_{initial}) \rangle}{\langle \varphi_j(t_{final}) | \psi(t_{initial}) \rangle} \quad (5)$$

この式は、左側、 $t_{final}$  での波動関数を  $\psi(t_{initial})$  に変えれば、通常の量子力学での (2) 式に帰着する。いろいろな未来の状態  $\varphi_j$  の集団についての (5) 式の期待値を計算してみると、

$$E_{final} [\langle A \rangle_{weak}] = \sum_j \frac{|\langle \varphi_j | \psi \rangle|^2 \langle \varphi_j | A | \psi \rangle}{\langle \varphi_j | \psi \rangle} \quad (6)$$

$$= \langle \psi | A | \psi \rangle$$

となって、通常の量子力学に一致する。特に、(5) 式の観測量  $A$  として、固有値  $a_i$  に属する固有関数への射影作用

素  $|a_i\rangle\langle a_i|$  をとれば、(6) は

$$E_{final} \langle P_{|a_i\rangle} \rangle_{weak} = |\langle a_i | \psi \rangle|^2$$

となるから、この意味で、(5) 式で定義された弱値は、(3) 式の時間対称形式での条件付き確率に関連した、なにか複素確率とでも言うべきものと考えられる。

ではその弱値とはどのようにして「測定」されるのだろうか。もし現在の時点で観測を行い、観測量  $A$  の値を得たとしたら (これを強測定と呼ぶ)、情報を得る代償と

して波動関数は射影仮説で要請されるように非可逆的に「波束の収縮」をおこしてしまう。量子コンピュータ概念の普及で、コヒーレントな時間発展の重要性は現在ではよく認識されているとおりであるが、それは全く異なった状況を引き起こしてしまう。しかし、観測過程の相互作用を非常に弱くすれば、波動関数のコヒーレンスは損なわれず、

(4) 式の状況を壊さないであろう。ここで Aharonov は弱測定という概念を持ち込んだ。この際には、1回の測定で得られる情報は非常にわずかであるが、弱測定を非常に多数回行えば、その精度は上げられる。

弱測定をするときの対象と観測装置の間の相互作用として、Von Neumann 型の観測相互作用<sup>7)</sup>を仮定して、弱値の実数部分が、弱測定で得られる値になることを Aharonov は示したのだった。こうして弱値は現実世界との対応を持てるようになるのである。ただし、弱値は通常の量子力学ではあり得ない、固有値の範囲を超えた異常な値を予言するなどの難点があるが、これらは実験でそのような結果が確認されていて、問題はそのような状況の解釈である。

### 2.3 見ていないに何が起きているのか

Bohr に導かれた量子力学の正統解釈 (Copenhagen 解釈) では、観測の間に何が起きているか、観測量は値を持っているのか、等という設問は立ててはいけぬ。そのような設問には意味がないと教えられてきた。その教えに従う立場はいろいろあるが、その教えに従うことが、物理学の発展に大いに役に立ち、先端技術を開いてきたのは周知の通りであるが、一方 Einstein をはじめとする、量子力学の建設者の何人もが、量子力学の完全性、特に実在性の記述と非局所性の問題に取り組んできたのもよく知られている。Aharonov-Bohm 効果の共著者である、D. Bohm も、その正統解釈に基づく教科書が有名であるが、それ以上に転向後の隠れた変数理論で有名である。当然それは、見ていないときの実在を記述している理論であった。

しかし、対象の実在をいつでも記述していて、かつ局所的な理論は、量子力学と矛盾する場合がある、ということが J. Bell によって示され、1980年代には、A. Aspect や H. Kleinpoppen に代表される諸実験でそれが確認された。自然は量子力学を支持し、局所的隠れた変数理論は成り立たない、ということが確証されたのだった。

それでは、時間対称量子力学はどうだというのであろうか。未来の観測において固有値  $a_i$  が得られる場合、現在

も  $a_i$  である確率は、(4) 式において未来の状態  $\varphi_j$  を  $|a_j\rangle$  に置き換えれば、

$$\Pr(a_i | a_i \text{ at future} \wedge \psi \text{ at past}) = 1$$

となる。そして、現在の状態をそれと直交する状態にとれば、その確率は 0 となる。ということは、未来において  $a_i$  という値を観測量が持つのであれば、まだ観測をしていないそれ以前から、観測量は  $a_i$  という値を持っていることになる。これは、観測していないときにも実在の要素があるということになる。

それは、Bell の定理に矛盾することにならないだろうか。ここでは詳しく論じないが、それは大丈夫なのである。Bell の定理は、遠距離に離れた過去に相互作用した 2 つの系のうち片方を観測すると、という設定であるが、時間対称量子力学では、現在には通常の測定 (強測定) は行わないのであるから、合成系の波束の収縮は起きないので、遠距離相関は発生しない。その上、時間対称形式では、測定以前から 2 つの観測対象とも、その測定値であるというのだから、もともと遠距離相関ではない。Bell の定理では、すべての観測量の値がいつでも決まっているという仮定があるが、時間対称量子力学では、未来に測定される観測量が決まっていた、そのほかの観測量は、未来において観測されることは無いのであるから、Bell の定理の仮定は満たしていない。従って Bell の定理はそのような場合についてはないも主張しないのだから、その定理には反しないのである。

未来においての測定が、あまたあり得る観測量の中から、ある特定の観測量に「決まっている」、ということの大きな効果がもう一つある。現在では立派に市民権を得ている多世界解釈<sup>8-10)</sup>にも、難点はたくさんある。最大の難点ではないが、物理的な難点として、世界はどのような観測量のスペクトル分解に対応して分岐していくのだろうか、というものがある。これについても時間対称量子力学 (と多世界解釈をなんらかの方法で組みあわせるなら) では、未来の観測でどのようなスペクトル分解がされるのかは、「既に」決まっているのであるから、もし別の観測量だったらというような問題はそもそも発生しない。

いずれにしても、実際には現在時点では (強) 測定されないという反事実性によって波束の収縮を避けていることと、未来の「原因」によって、世界を分類整理してその中で統計を取るといふ、時空を静的な織物として観ている神の視点を導入することによって困難を避けているといえるだろう。

我々は現在時点の観測量の弱値を、仮に未来においてこれこれの結果が得られるとしたらという計算で求めることが出来る。そして現在の実際の弱測定結果をたくさん繰り返して集積しておいて、未来の時点での強測定実験の結

果によって不都合な事例は捨て去り、弱値の計算と一致すると喜ぶことは出来るだろう。

しかしこの際、時間の流れの順序で世界を生きている人間には、未来にどの終状態になるのかはわからないのである。未来の状態をいろいろと仮想してみるという操作をするなら、未来の状態について平均すると言うことになって、通常の量子力学に帰着してしまう。

未来の波動関数も現在の波動関数に影響すると言ってみたと、多世界解釈を併用するにしろ、多心解釈にしろ、どの未来になる世界に自分が乗っているのかわからないのだから、問題の解決には、人間の時間に対する感覚の変革が必要になってくるであろう。

## 2.4 遡及因果

時間対称量子力学は、次のような論法であると思う。まず、量子力学の意味はわからないにしろ、世界を、観測と観測をつなぐ情報理論として記述している成功したクックブックである。世界のある部分を理論が写し取っているのである。次に、量子力学の数学形式が時間変転対称であることから、元々の量子力学の設定、つまり Born の解釈や射影仮説、それらの必然としての不可逆性などは棚上げにして、時間対称量子力学 (2 時間量子力学) を書いてみる。その性質を調べると、実在を記述しているようにも思える。それなら、現実世界との対応を考えなければならない。ということで、弱測定と弱値の概念を提唱する、というシナリオと思われる。

現在、時間対称量子力学に関わる奇妙な予言を実証する実験や、理論面でもその応用研究が行われている状況だが、そもそも実在が回復したのだろうか。そして、遡及因果と受け取れる事態を含んでいることは大丈夫なのだろうか。

(3) 式の条件付き確率は、そもそもそれ自体が議論を引き起こすような概念である。それは未来の条件の下に現在の確率を計算するという遡及因果を含んでいる記法である。時間対称量子力学の立場で言えば、それは未来の観測も終わった時点で、集計した結果の単に頻度でしかないし、Byees の定理では、確率の逆算法と言われるように、時間に対して遡及した条件付き確率を定義しているのは普通のことである。

しかし、時間対称量子力学も、過去の状態を事前選択するとき、未来の実験結果を事後選択するときには必然的に強測定するわけであり、時間の流れについて対称な訳では決していない。

量子力学での確率については、K. Popper の傾向性解釈<sup>12)</sup>が有名であるが、傾向性確率を、時制を遡っての命題に適用することには批判が多い。たとえば、ハンフリーズのパラドックスとは、次のようなものである。あるネジが A 工場で 1 日に生産された確率は、1/4 であるというそれで

は A 工場と B 生産されたネジが、全部合わせて混ぜられてあなたの目の前に持ってこられたとしよう。その中から 1 つのネジを取り上げて、「このネジが A 工場で生産された傾向性は 1/4 である」というのは変ではないだろうか。

傾向性解釈は、観測装置で起こっていることの解釈としては、妥当な点が多い。したがって、Bayes 推論一般に関する批判という意味合いからも時間対称量子力学には難点がある。

我々の通常の論理学は時制を持たない論理学である。時制については注釈的な表し方になる。古代インドでは時制を持った論理が用いられていたとも言うが、「時相論理」の観点から、時間対称量子力学を分析してみなければならぬだろう。遡及因果は物理学的にはないが、心理的にはあり得るといふ議論もある。

時間について対称というなら、デコヒーレンスの逆過程も対称に扱わねばならないだろう。そのようなことはどう考えられるのだろうか。時間対称量子力学では、事前と事後の観測での不可逆性、したがってエントロピー増大は通常の時間の向きと同一方向であって、決して対称ではない。観測過程までを時間対称にするという解釈はあり得るのであろうか。

また、現在の多世界解釈では世界の合一も扱われている。そして、宇宙論に適用したときに、たとえばビッグクランチを仮定したとして、宇宙の未来によって現在が決まっている、というとき事後選択はどういう立場の存在がするのであろうか。疑問はつきないが、確率の哲学に関する難問は、日常身辺の問題だと論点や異常性がぼけてしまいがちだが、このような量子確率の方が難題のありかと異様さをはっきりして、攻めやすいようであり、よい足場であると思う。Dummet の「曾長の踊り」<sup>14)</sup> という、遡及因果についてのパラドックスなども、時間対称量子力学の元になっている考え方で分析してみたい。

## 参考文献

- 1) Y. Aharonov, P. G. Bergmann and J. L. Lebowitz, Time Symmetry in the Quantum Process of Measurement, *Phys. Rev. B* 134, (1964)1410
- 2) L. Hardy, Quantum Mechanics, Local Realistic Theories and Lorentz-invariant Realistic Theories, *Phys. Rev. Lett.* 68(1992)2981
- 3) K. Yokota, T. Yamamoto, M. Koashi and N. Imoto, Direct Observation of Hardy's Paradox by Joint Weak Measurement with an Entangled Photon Pair, *New Journal of Phys.* A,11(2009)033011
- 4) Y. Aharonov, D. Z. Albert and Vaidman, How the Result of a Measurement of a Component of a spin-1/2

- Particle Can Turn Out to be 100, *Phys Rev Lett.*,60(1988)1351.
- 5) Y. Aharonov and L. Vaidman, Properties of a Quantum System during the Time Interval between Two Measurements, *Phys. Rev. A*, 41(1990)11
- 6) Y. Aharonov and Lev Vaidman, Complete Description of a Quantum System at a Given Time, *J. Phys. A:Gen.* 24, (1991)2315
- 7) J. von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, (Springer,1932)  
邦訳：井上他訳、『量子力学の数学的基礎』, みすず書房, 1957年
- 8) Ed. B. De Witt and N. Graham, *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*, (Princeton U.P.,1957)
- 9) 榛葉豊, 『平凡の原理と主観確率 —多世界・意識・参照集団—』, 静岡理科大学紀要, 第16巻 (2008年) 36
- 10) 榛葉豊, 『定理としての確率解釈』, 静岡理科大学紀要, 第9巻, (2001年) 365
- 11) 榛葉豊, 『遅延選択と遡及因果 —確率ほどの段階で崩壊するのか—』, 静岡理科大学紀要, 第15巻 (2007年) 47
- 12) K. Popper, *Realism and the Aim of Science*, Routledge(1992)  
邦訳:『实在論と科学の目的』, 小河原他訳, 岩波書店 (2002年)
- 13) 白井仁人他, 『量子という謎』, 勁草書房, 2012年
- 14) M. Dummet, *Truth and Other Enigmas* (1978)  
邦訳:「結果は原因より先行できるか」, 『真理という謎』, 勁草書房 (1986年)

## 緑茶葉からの DNA 抽出

### A Simple Protocol for DNA Extraction from Green Tea Leaves

常吉 俊宏\*

Toshihiro TSUNEYOSHI

**Abstract:** A simple and safe method has been developed for the DNA extraction from green tea leaves without using any toxic or dangerous reagent. About 50 g of commercially available dried green tea leaves was grinded into rough powder using a mill mixer. After mixing the powder with 300 ml of tap water, 5 g (5 ml) of table salt and 50 ml of kitchen detergent, the mixture was stirred gently and stayed still for 10 minutes. The mixture was then filtrated by the tea trainer and 100 ml of the filtrate was gently mixed with 60 ml of 2-propanol. Resulting DNA cluster was washed twice with 70% ethanol by using a glass rod, and stored in a culture tube.

#### 1. はじめに

本報告にまとめた緑茶葉からの DNA 抽出法は、2003 年に「遺伝」に掲載された島根大学の中村宗一郎による、タマネギからの簡易・大量の DNA 抽出実験の報告<sup>1)</sup> からヒントを得て、静岡県の最も代表的な特産物の緑茶に応用できないかと種々検討した結果、比較的スムーズに大量の DNA 抽出ができたものである。この手法については 2004 年頃から学内や県内高校での出前を含めた高校生対象の実験講義、物質生命科学概論の新入生導入実験講義、オープンキャンパスでのデモ実験・体験実験などに活用し、DNA の塊の出現を肉眼で観察・体験させて「生命科学への誘い」をおこなってきた。最近では事務局の依頼を受けて小・中学生や一般の方々にも対象を拡大しつつある。さらに 5 年前頃からは、抽出した DNA の塊を 2 ml のミニチューブに小さく小分けしてケータイ用のストラップを付け、オープンキャンパスなどに訪れて来てくれた高校生や保護者におみやげプレゼントとして配布してきた。毎年好評で 200 本ほどが出ていくため、合計でそろそろ 1000 本を越えてきたと思われる。なお 2003 年度には当遺伝子工学研究室の卒業研究生の実験テーマとして本手法の最適化の試みを行わせた<sup>2)</sup>。緑茶葉についての大量 DNA 抽出の試みは、県内を含めて他には報告が見られていないようであるので、卒研のデータも含めて、本報告で当該手法を記述しておくこととした。

#### 2. 実験

##### 2.1 実験材料

市販中級煎茶の乾燥茶葉：約 50 g (体積で 100 ml ビーカー約 1 杯分)

##### 2.2 試薬

台所用洗剤、食卓塩、  
2-プロパノール (「イソプロピルアルコール」99%)、  
エタノール (「エチルアルコール」99.5%)

##### 2.3 器具・装置

電動お茶すり器 (ミキサー)、  
各容量のビーカー (500 ml×2, 300 ml×2, 100 ml×2)、  
メスシリンダー (100 ml×2)、  
計量スプーン (大(15 ml)×1, 中(5 ml)×1)、  
茶こし×4, ガラス棒, ピンセット, はさみ, スポイド,  
カルチャーチューブ (50 ml) または、ミニチューブ (2 ml)

##### 2.4 実験操作手順

- (1) 市販緑茶葉約 50 g を 100 ml ビーカー1 杯に秤り取り、必要ならば何回かに分けて、お茶すり器で粉砕する。
- (2) 500 ml ビーカーに、台所用洗剤を計量スプーンの大さじ (15 ml) で約 3 杯分入れる。続いて食卓塩を計量スプーンの中さじ (5 ml) で 1 杯分すなわち約 5 g 入れる。つぎに水道水をビーカーの大まかな目盛りで 300 ml の目盛りまで注ぎ込む。最後にガラス棒などでよく攪拌する。
- (3) (2)のビーカーに(1)の緑茶葉粉末を全量投入し、ガラス棒などでゆっくりよく攪拌したのちに、10 分ほど待つ。
- (4) (3)のビーカーの茶抽出物を改めてゆっくり大

2013 年 2 月 26 日受理

\* 理工学部 物質生命科学科

きく攪拌したあと、茶こしを用いて、新しい500 ml ビーカーや300 ml ビーカー、100 ml ビーカーにろ過する。この時、茶の粉末自体ができる限り茶こしを透過しないように、ろ過初期は別の容器に液を入れるようにすると良い。さらに中盤から終盤にかけてのろ液は緑茶粉末の混入が比較的少ないので別の容器に入れるのがさらに良い。

- (5) なるべく後半、最も良いのは終盤のろ液を中心に、なるべく底に沈殿している緑茶粉末を移さないようにしながら、1つの容器にまとめ、100 ml のメスシリンダーに100 ml まで移す。
- (6) (5)のろ液100 ml を新しい300 ml のビーカーに移す。
- (7) (6)で空になったメスシリンダーを洗わずに2-プロパノールを、ろ液体積100 ml の0.6倍量すなわち60 ml、注ぎ入れる。この時、順調にDNA抽出が成功しつつあれば、メスシリンダー底部にDNAの糸くず状の沈殿が確認できるはずである。
- (8) (6)のビーカーに2-プロパノール60 ml 全量を穏やかに注ぎ入れ、15分ほど待つ。順調に進めば数分で混合液表面にDNAの塊が浮かび上がってくるはずである。
- (9) 100 ml ビーカーに30 ml の水道水と70 ml のエタノールを注ぎ、ガラス棒などで混合しメスシリンダーで50 ml ずつ半分に分け、100 ml ビーカー2つに「70%エタノール溶液」それぞれを入れる。
- (10) DNAの塊が成長したら、ガラス棒を用いて塊りだけを70%エタノール溶液に入れ、ガラス棒を用いて塊を洗浄する。充分洗浄後、もう一度ガラス棒を用いてもう一つの70%エタノール溶液に入れて同じように洗浄する。
- (11) 通常は(10)の最後のビーカーの内容物をそのまま50 ml のカルチャーチューブに入れて保存するが、場合によってはDNAの大きな塊をほぐして小さくし、ミニチューブに少量移し、70%エタノール溶液も入れて保存する。

### 3. 結果および考察

本実験で使用した材料、試薬、器具、装置などの概観写真を図1に示した。2-プロパノール(99%)やエタノール(99.5%)は通信販売でも購入が可能であるので、家庭でも簡単に実験ができると思われる。お茶すり器は専用の装置でなくても各種ミキサーで数十mlの容量のカップをつけられれば適用可能と考えられる。このようにして一般に市販されている乾燥緑茶葉を粉末にしDNA抽出を可能にすることにより、中村

の報告の生野菜でのDNA抽出法を乾燥茶葉へ応用できた。ただし抽出時間として約10分を要する。DNA抽出には細胞膜の分解のために通常の実験で用いる強力な界面活性剤のドデシル硫酸ナトリウム(SDS)の代わりに、本実験では家庭用洗剤を用いているが、特に問題は見られない。また、通常はタンパク質分解酵素のプロテナーゼKを添加するが、これについても本実験では使用していない。このため抽出したDNAは一旦水溶液にすると、日数を経て比較的短期間でDNA分解酵素等により分解が進むと考えられる。



図1 緑茶葉のDNA抽出に用いた材料、試薬、器具、装置など



図2 実験操作(7)でメスシリンダー中に出現するDNAの糸くず

図2には実験操作(7)でメスシリンダー中に出現するDNAの糸くずの様子の写真を示した。この写真は平成24年8月7日(火)に行われた夏休み小学生理科実験講座「お茶の葉からDNAを取り出そう」で袋井市内と近隣の小学4~6年生が参加して行ったものであるが、緑茶粉末の除去があまり良くなくメスシリンダーに注いだ60 mlの2-プロパノールの液面にDNAの糸くずが緑茶粉末を巻き込んでいるため緑色をした塊状になって浮遊している。ただ小学生たちのこの実験ではDNA抽出操作は試薬の入れ忘れなどがなく順調に推移しているということがこの時点で確認できる。

次に図3には実験操作(8)で60 mlの2-プロパノールをろ液に注ぎ込んでDNAの塊が成長し始めた様子の写真



図3 実験操作(8)でビーカー液面に出現するDNAの塊(右上)

を示す。写真右上のメスシリンダーの隣のビーカーの液面に緑茶の黄緑色がかったDNAの大きな塊が浮遊しているのがわかると思う。図4には卒業研究で緑茶粉末を極力

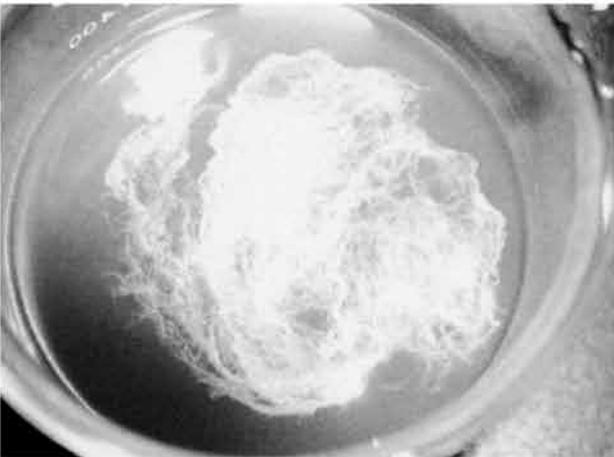


図4 実験操作(8)でビーカー液面に出現するDNAの塊。緑茶粉末を極力排除すれば白い糸くずの塊が得られる。

排除したDNA塊を示す。

この塊をガラス棒で回収し、乾燥させて重量を測定したところ、約50-60 mgとなった。すなわち、50 gの乾燥茶葉からほぼ1000分の1、約0.1%強のDNAが得られたことになる。なお、260 nmと280 nmの吸光度の比率は1.70~1.80の値をとったため、純度はかなり良いと考えられる。

図5には、上記のDNA塊を液中の黄緑色が抜けるまで70%エタノールで数回洗浄して、50 mlカルチャーチューブあるいはストラップ付きの2 mlミニチューブ中に同じ70%エタノール中の標本として保存したものを示した。いずれもチューブの底に白いDNAの塊や糸くずが見える。

#### 4. まとめ

静岡県を代表する特産物で生産高日本一の緑茶から、簡易で安全、大量にDNAを抽出することに成功した。小・中学生から高校生・大学生はもちろん、一般あるいは高齢者

まで、あらゆる世代の人々に、生命科学への導入口として、静岡県特産の緑茶を材料にして、本物のDNAの出現を手と肉眼で楽しんでもらえる手法を記述した。県内の各教育機関で生命科学への誘いの導入手段として活用して頂ければ幸いである。

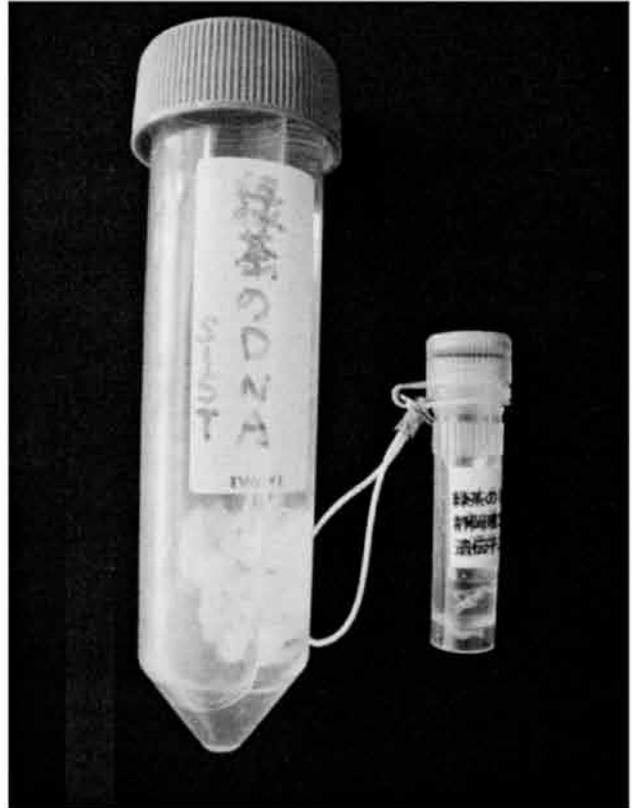


図5 DNA塊を保存した70%エタノール入りカルチャーチューブおよびストラップ付きミニチューブ

#### 謝辞

本手法の最適化を卒業研究として遂行いただいた2003年度卒業生の坪内功氏に深く感謝する。

#### 参考文献

- 1) 中村宗一郎, “実験・観察のページ(299)タマネギからDNAを抽出し食べてみよう--家庭科室でのDNA実験”, 遺伝, 57(2003) 14.
- 2) 坪内功, “簡易・大量・高純度の緑茶DNA抽出方法の検討”, 静岡理科大学理工学部物質科学科・2003年度卒業研究論文.



## 袋井関連人物参考資料目録(4)

### ～名倉孝(遠州鬼秀)関連資料目録(その2)～

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.4

小栗 勝也\*

Katsuya OGURI

#### 1. はじめに

名倉孝氏(昭和9年2月生、「現代の名工」に認定された鬼板師、四代目遠州鬼秀)に関する資料目録の続きを以下に記す。本誌前号収録の目録完成後に、名倉孝氏から自宅に保存されていた多数の資料を新たに閲覧させて頂く機会を得た。ダンボール箱にして都合4箱分、大型スクラップブック3冊に及ぶ分量があり、氏の父・三代目鬼秀こと名倉秀三氏に関するものも含めて、筆者が初めて見るものが多数あった。それらの資料を含めて、前回収録できなかった資料をまとめたものが今回の目録である。

便宜上、前回の目録に付した資料番号に続く形で今回の資料番号を付してある。但し、それは今回の目録上だけで通用する番号ということになるのでご注意願いたい。即ち、今回の番号が数字の上で若いものであっても、前回目録の資料より古い資料である場合が多々ある。今回と前回の資料が時期的に重複しているためである。いずれ機会を得て前回分も含めたすべてを合体した完成版を別途作成する必要があると考えている。

また、今回の目録には前回目録に収録済みのNo.8、48、67、

68の資料を、前回と同番号で冒頭に置いていることを予めお断りしておく。これは他の資料を説明する際に今回以下でも必要なためである。今回の新規番号は70からとなる。

なお、本目録は、これまでと同様に、筆者が個人的に集めてきた情報を土台に、名倉氏から便宜を受けて閲覧させて頂いた多数の資料を加えて一覧にしたものであるが、決して完璧な目録とは言えない。従って遺漏や誤認等が残されている可能性はある。ご利用頂く方には予めご寛恕の程をお願い申し上げる次第である。同時に、本目録未掲載の資料等をご存知の方、或いは本目録記載情報のミス等にお気づきの方は、是非とも筆者にお知らせ頂ければ幸いである。

資料調査に際してお世話になった名倉孝氏と奥様のひろ子様、5代目鬼秀の元久様に感謝の意を表する次第である。

#### 【凡例】

- ・資料は原則として発行の古い順に並べてある。Noは本目録の便宜上の連番。
- ・『』は刊行物全体の題名を、「」はその中の記事題名やパンフレット等の簡易資料名を、何も無いものは、その他の資料であることを示す。【】は小栗の注記を示す。資料名の前に【】が付いている場合は紙媒体以外の資料を示す。また備考欄他に【】を付さないで多くの注記をしている。
- ・年の西暦・元号表記の区別は、現物の誌紙が優先している表記に従った。
- ・所蔵場所は小栗が確認した所のみ記した。他に所蔵する所もあるので、実物を見たい場合は先ず各自で最寄りの図書館等を探すことをお勧めします。

#### 2. 名倉孝関連資料(その2)(なぐら たかし 1934年～「現代の名工」認定の鬼板師、4代目遠州鬼秀)

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日等	掲載頁/備考	所蔵場所等
8	「袋井市パンフレット」【本目録掲載の名倉氏関連のパンフ等が収録されている】	袋井市教育委員会・編集 【但し図書館に登録されている情報】	—	—	(1987年) 【但し図書館に登録されている年】	市販A4サイズのクワイアファイル1冊に各種パンフレット等が収録されている。ファイル背表紙に「袋井市パンフレット」と記載あり	袋井図書館(郷土資料・請求記号 S234フ、資料番号 110414489)
48	「平成13年度/厚生労働大臣表彰(卓越技能者)/推薦資料/鬼瓦職種/静岡県袋井市堀越1丁目1番地の7/名倉孝」【綴込表紙・綴り紐で綴じられた手製の資料・非公刊物】	(記載なし。この中に「推薦書」もあるが執筆者の記載はない)	—	—	(記載なく詳細不明だが、平成13年に同表彰を受ける直前に作られたものと推定)	A4版用紙で履歴書、調書、推薦書、資料等が多数綴られている	名倉孝氏蔵
67	『鬼瓦・瓦屋根再考』	日本鬼師の会・企画編集	—	日本鬼師の会	2005年11月12日	A4版520頁	名倉孝氏蔵/小栗蔵

2013年3月1日受理

\* 総合情報学部人間情報デザイン学科

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
68	「袋井市関係資料(ファイル)」 【本目録掲載の名倉氏関連のパンフ等が収録されている】	袋井市立図書館編【但し図書館に登録されている情報】	—	—	(2005年)【但し図書館に登録されている年】	市販のA4版クリアファイル1冊に各種パンフ等が収録されている。	袋井図書館 (郷土資料・請求記号S234フ)
70	「磨かれた年輪／手作り一筋半世紀／日本建築の美を守る／鬼瓦(森の名倉さん)」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和50年1月1日朝刊	名倉孝氏の父・秀三氏の紹介記事。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
71	「道ひとすじ／鬼瓦づくり50年／静岡・森町／日本建築の伝統美支える」	(記載なし)	『今週の日本』(週刊新聞)	今週の日本(東京)	昭和50年6月22日号	秀三氏の紹介記事。写真有。「トヨタオート浜松」の広告記事。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
72	「郷土の名人をたずねて／鬼瓦作り日本一／鬼板師 名倉秀三さん」	(記載なし)	『樹苑』第12号(森高等学校生徒会)	静岡県立森高等学校生徒会	昭和51年2月15日	36～39頁。秀三氏のインタビュー記事。写真3枚有。同誌表紙にも秀三氏の作品写真掲載。孝氏の名はないが、38頁に「長男に後をやらせています」とある。	名倉孝氏蔵
73	「郷土の伝承工芸家シリーズ②／燃えるいのちの火・訪ねて／鬼板師／堂堂鬼板師／名倉秀三さん(68)周智郡森町」	吉田知子(芥川賞作家)(撮影●鈴木広道)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和52年3月6日朝刊	秀三氏の紹介記事。写真有。「トヨタオート浜松」の広告記事。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
74	「[今月の表紙]／鬼板師＝周智郡森町」	(記載なし)	『こいと』(社内報)第190号	㈱小糸製作所(清水市)	昭和52年4月号	表紙に秀三氏の写真があり、それを紹介する記事。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
75	「[現代の名工]に19氏／「森山焼」の中村陶吉さん(森町)ら／県、25日に表彰」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和52年11月22日朝刊	県優秀技能者に選ばれた一人として「[鬼板制作技能]名倉秀三」氏が記載されている。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
76	「「県の名工」に19人／日本一などズバリ／25日に表彰式」	(記載なし)	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	昭和52年11月22日朝刊	同上。秀三氏の顔写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
77	「現代の名工／全国から99人／あす大臣表彰／県下から二氏／「技術の年輪」この腕に／鬼瓦づくり50余年／名倉秀三さん(六九)」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和53年11月8日朝刊	同上。詳しい紹介記事。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
78	「「現代の名工」／晴れの大臣表彰／伝統美を創作／鬼瓦づくり／後継者を育成する名倉秀三さん」	(記載なし)	『毎日新聞』(静岡県版)	毎日新聞社	昭和53年11月8日朝刊	同上。顔写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
79	「「現代の名工」／本県からも2人／鬼板師の名倉さん／鬼瓦一筋に55年／池上本門寺にも名作が」	(記載なし)	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	昭和53年11月8日朝刊	同上。写真有。「十年ほど前、家業は一応、長男孝さん(四二)に譲ったが」の記述有。	名倉孝氏蔵
80	「この人と…(番外編)／名工／満足したら終わり／鬼板師 周智郡森町森／名倉秀三さん(69)」	(記載なし)	『朝日新聞』(静岡県版)	朝日新聞社	昭和53年11月8日朝刊	同上。21頁「第2静岡」紙面。写真有。「一長男の孝さん(四四)、四代目ですね、『うれしいですね。【以下略】」の記述有。	名倉孝氏蔵
81	「経の巻菊水の大瓦／近く桐生の大蔵院へ」	(記載なし)	『日本屋根経済新聞』第219号(旬刊のタブロイド紙)	日本屋根経済新聞社	昭和54年9月28日	秀三氏作の鬼瓦紹介記事。「息子も跡をやってくれているので」との記述有。	名倉孝氏蔵
82	「ジャンボ鬼ガワラ／現代の名工制作／森町の名倉さん」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和55年2月19日朝刊	3頁。秀三氏の紹介記事。写真3枚有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
83	「日本建築の美を守る鬼板師の心意気／明朝(7・15)／★SBSテレビ／もうひとつのふるさと」 【テレビ番組紹介記事】	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和55年12月6日夕刊	秀三氏を取り上げた地元のSBSテレビの番組紹介記事。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵 【番組は録画保存されていない】
84	「新職人風土記②／鬼板師 名倉孝氏／四代目、父親を目標に三十年」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和56年1月25日朝刊	名倉孝氏の紹介記事。写真有。	名倉孝氏蔵
85	「この腕一本 職人氣質／周智郡森町森／堂堂鬼板師 名倉秀三さん(73歳)／日本の伝統を守る屋根の上の芸術家。」	(記載なし)	『こんにちは「静岡」』(読売新聞読売家庭版・別冊)No.29 1982年5月号	読売新聞販売所	昭和57年5月1日	秀三氏の紹介記事。写真3枚有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
86	「腕に生きる／「遠州の職人展」の顔(2)／神社仏閣中心／作品は全国に／【鬼板師】名倉秀三さん(73)」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	昭和 57 年 5 月 8 日朝刊	12 頁。同月 13～18 日に浜松市の松菱百貨店で開催の「現代に生きる遠州の職人展」に参加する職人を紹介するシリーズ記事の第 2 回目で、秀三氏の紹介あり。顔写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
87	「技の“粋”、一堂に／現代に生きる遠州の職人展／伝統継ぎ育む人々＝下＝“技”は指先一つ＝鬼板師＝名倉秀三」	(記載なし)	『中日ショッパー』(中日新聞系のフリーペーパー)	中日ショッパー社	昭和 57 年 5 月 13 日	同上の職人展に参加の職人を紹介する記事。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
88	「◆ふるさと紀行／「長江から 一日本文化の源流を探る・瓦」／【東海テレビ=前 11・30】【テレビ番組紹介記事】	(記載なし)	『中日スポーツ』	中日新聞社	昭和 57 年 10 月 16 日	秀三氏が紹介されたテレビ番組の紹介記事。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵 【番組は録画保存されていない】
89	「大鬼ガワラが鎮座／本堂修理でお役ご免に／袋井・可睡斎」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和 58 年 4 月 27 日朝刊	鬼瓦の写真有。この鬼瓦にある葵の紋だけは、名倉秀三氏の作による、との記述有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
90	「くらしに生きる匠の技⑥／図案が一番重要です【中部電力の広告記事】	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和 58 年 10 月 29 日朝刊	11 頁最下段全部。写真有。地元森町の主婦が秀三氏を訪ねて話を聞く形式の記事。「幸い息子が四代目を継いでくれていますので、半分隠居みたいな身ですが」と孝氏への言及有。	名倉孝氏蔵
91	「わが町わが駅／鬼瓦と歴史の道／遠州森駅／89 の社寺集まる “小京都”」	文・荒川昌三、写真・佐藤均	『中日新聞』	中日新聞社	昭和 59 年 9 月 30 日朝刊	「町の主産業の一つ」の遠州瓦と秀三氏の紹介有。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
92	「“小京都”に息づく手仕事／森町祭りで秋本番／際物師、鬼板師…陶芸」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和 59 年 10 月 26 日朝刊	森町大門で「隠居生活をおくる」秀三氏の紹介あり。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
93	【TV 番組名】「しずおかの技」、【サブタイトル】「鬼瓦 名倉孝」	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	昭和 60 年 4 月 13 日放送	1 分半程。ナレーションでの紹介のみ。	名倉孝氏蔵 VHS
94	「遠州文化人脈記／名工／鬼瓦の名倉ら多彩」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和 60 年 6 月 8 日朝刊	39 頁全面「プレスター完工記念特集」紙面。小さな顔写真と共に秀三氏の紹介有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
95	「健在、“名工”の腕／1 日から松菱百貨店で／現代に生きる／遠州の職人展／『後世に残るものを』／鬼瓦／名倉秀三さん(七六)」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	昭和 60 年 7 月 29 日朝刊	13 頁全面。職人展の直前に参加する職人 27 人を紹介する記事中に有。写真有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
96	「きょうから松菱で／遠州の職人展」	(記載なし／主催はテレビ静岡・中日新聞東海本社・中日ショッパー・FM静岡)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	昭和 60 年 8 月 1 日朝刊	8 月 1～6 日に浜松市の松菱百貨店で開催の「現代に生きる遠州の職人展」の紹介記事。文中には「鬼瓦」の文字しかなく、掲載写真のキャプションにも記載は無いが、その写真は、自分の作品を手にした名倉秀三氏の姿。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
97	「現代に生きる／遠州の職人展」	(同上)	『中日ショッパー』	中日ショッパー社	昭和 60 年 8 月 1 日	同上展の特大的広告記事。「鬼瓦 名倉秀三」は 1 日 3 日 4 日に即売と実演を行うことが分かる。孝氏の記述なし	名倉孝氏蔵
98	「現代に生きる／遠州の職人展」【リーフレット】	(同上)	—	松菱	(開催期間は昭和 60 年 8 月 1 日～6 日)	B4版1枚の両面印刷物を2つ折りにしたB5版のリーフレット。中に「鬼瓦／名倉秀三」の紹介枠有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
99	「おはようございます。／Matsubishi／現代に生きる／遠州の職人展」【新聞折込チラシ】	松菱	—	松菱	開催初日の昭和 60 年 8 月 1 日、地元新聞朝刊に折り込まれたものと推断	チラシ 1 枚。「鬼瓦／名倉秀三」の写真入り紹介枠有。孝氏の記述なし。	名倉孝氏蔵
100	「かわらから能面まで／磨き抜かれた技披露／静岡でふるさと職人展」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和 60 年 10 月 11 日朝刊	10 月 10～15 日に静岡市の伊勢丹百貨店で開催の企画紹介記事。「鬼板師、名倉秀三さん」が実演している写真有。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
101	【TV番組名】「ニュース イブニング静岡」	けんみんテレビ (静岡県民放送。 現在の静岡朝日 テレビ)	けんみんテレビ (静岡県民放送。 現在の静岡朝日 テレビ)	けんみんテレビ (静岡県民放送。 現在の静岡朝日 テレビ)	昭和 60 年 11 月 5 日夕方放 送	番組中約5分強の生 中継で名倉孝氏の工 房の様子を紹介。	名倉孝氏蔵 VHS
102	「遠州・駿河・伊豆 大職人展から ／24 日～29 日／松菱百貨店/ ①」	(記載なし)	『中日新聞』(静 岡県版)	中日新聞社	昭和 61 年 7 月 19 日朝刊	浜松市の松菱百貨店で 開催の職人展直前に参 加する 28 人の職人を紹 介する特集の 1 回目。 「鬼瓦／名倉孝さん 52」 の紹介有。写真有。	名倉孝氏蔵
103	「おはようございます。/ Matsubishi／現代に生きる/ 遠州、駿河、伊豆の大職人展」 【新聞折込チラシ】	(記載なし／主催 はテレビ静岡・中 日新聞東海本 社・中日ショッパ ー・FM静岡)	—	松菱	開催初日の 1986 年 7 月 24 日、地元新聞 朝刊に折り込ま れたものと推断	A2版弱の紙 1 枚両面印 刷物を 2 つ折りにした新 聞折込チラシ。「鬼瓦/ 名倉孝(袋井市)」が写 真入りで紹介。全期間即 売と実演を実施。	名倉孝氏蔵
104	「現代に生きる／遠州、駿河、伊 豆の／大職人展」【リーフレット】	(同上)	—	松菱	(開催期間は昭 和 61 年 7 月 24 ～29 日)	B4版 1 枚両面印刷物を 二つ折りにしたB5版のリ ーフレット。中に「鬼瓦/ 名倉孝」の紹介枠有。顔 写真有。	名倉孝氏蔵
105	【TV番組名】「ホットライン」、【コ ーナー名】「出番ですよ」	TBS	静岡県内では SBS(静岡放送) で放送	TBS	昭和 62 年 3 月 16 日朝 7 時～8 時放 送の番組(名倉氏 の中継は 7 時 26 分から 5 分間程)	SBSの野田靖博氏が名 倉氏宅と工房を訪れ、生 中継で全国に放送。名 倉氏の奥様もキッチンで コメント。	名倉孝氏蔵 VHS
106	『静岡県地場産品 手づくり遠州 見て歩記(あるき)』	朝比奈改三	—	遠州パブリシテ イ	昭和 62 年 8 月 10 日	B6版全 223 頁の書籍。 138 頁に「鬼秀の鬼瓦」 が紹介され、「三代目鬼 秀 名倉秀三／四代目 孝」とある。掲載写真は 秀三氏で、文も秀三氏の 紹介だが、「いまは四代 目に任せ」との記述有。	名倉孝氏蔵
107	『職人列伝 一静岡県の伝統工 芸一』	写真・望月康、 解説・土屋晃一	—	発行者・望月康 【非売品・私家 版か】	昭和 63 年 6 月 15 日	B5版強の全 159 頁の書 籍。126～129 頁に「鬼瓦 一名倉秀三さん●森町 大門」が収録。文中に「ご 子息が四代目を継がれ た」との記述がある。	名倉孝氏蔵
108	「三河・遠州・駿河 大職人展から ／27 日～8月2日／松菱百貨店 ／②」	(記載なし)	『中日新聞』(静 岡県版)	中日新聞社	昭和 63 年 7 月 27 日朝刊	17 頁。浜松市の松菱百 貨店で開催の職人展開 催直前に、参加する職人 25 人を紹介する特集の 2 回目。「鬼瓦／名倉孝さ ん(五四)」の紹介枠有。 写真有。	名倉孝氏蔵
109	「現代に生きる 三河、遠州、駿 河の／大職人展」【リーフレット】	(記載なし／主催 はテレビ静岡・中 日新聞東海本 社・中日ショッパ ー・FM静岡)	—	松菱	(開催期間は昭 和 63 年 7 月 27 ～8 月 2 日)	B4版 1 枚両面印刷物を 2 つ折りにしたB5版のリ ーフレット。中に「鬼瓦/ 名倉孝」の紹介枠有。顔 写真有。実演を 27 日 30 日 31 日に行うとある。	名倉孝氏蔵
110	「'88住まい博／第 24 回静岡県 住宅展」	(記載なし／主催 は静岡県住宅振 興協議会と静岡 新聞社・SBS 静 岡放送)	『静岡新聞』	静岡新聞社	昭和 63 年 10 月 7 日朝刊	25～28 頁。全面PR特集 紙面。同年 10 月 8～11 日、静岡産業館で開催。 記事中に名倉孝氏及び 鬼秀の文字はないが、25 頁に「名工が鬼瓦をつ くる実演コーナーなどが設 けられ」とあり、また 27 頁 の「楽しいイベント」欄に 「▽実演コーナー＝名工 がつくる鬼瓦」とある。	名倉孝氏蔵 (名倉氏宅に保 存されている新 聞原紙の上部 には手書き文 字で「孝実演参 加」とある。)
111	「ONI LEGEND FESTIVAL／全 国鬼師の鬼瓦 “これが鬼だ、 展／現代建築と鬼瓦 “私の鬼 瓦、展”【チラシ】	主催:日本の鬼 の里京都府大 江町・日本の鬼 瓦を保存する 会	—	事務局:大江町 役場企画調整 課	「とき」は平成 2 年 8 月 3 日～と記 載。(会場は、北 近畿タンゴ鉄道 宮福線大江駅前 の鬼瓦公園)	A4版 1 枚のチラシ。表面 の写真にある「私の鬼 瓦」出展品の下に、「(東 京)高木敦子設計／鬼 秀作」と孝氏の奥様ひろ 子様の手書き文字が書 き込まれている。裏面の 「現代建築と鬼瓦 参画 者」中の「手づくり鬼師」 の中に「名倉孝(静岡 県)」の名が、また「建築 家(造形作家)」の中に 「高木敦子(東京都)」の 名が記載されている。	名倉孝氏蔵
112	「袋井に住む鬼板師四代目鬼秀 名倉孝さん」	(記載なし)	『NEOぱんぷき ん』No.121 【「遠 州シティ情報」を 扱うタウン誌】	(南)ぱんぷきん 出版	平成 2 年 10 月 1 日発行	18 頁。4～20 頁の「 90 袋井特集」の中 にある紹介記事。写真 2 枚有。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
113	「「鬼師の会」発足／会長に小林氏／「平成の鬼瓦」追求」	(記載なし)	『日本屋根経済新聞』	日本屋根経済新聞社	1991年2月28日	1頁。2月9～10日に京都府大江町で開催の「鬼師サミット一九九一」で結成。記事で、同サミットにおいて、名倉孝氏が「現代の鬼瓦作りに活路を見いだそう」と発言したとの記述あり。また、日本鬼師の会の役員として「名倉孝(静岡)」の名が「理事」の中にある。	名倉孝氏蔵
114	『鬼・景観』 【1頁では「写真集」と自称】 【前年開催の「全国鬼師の鬼瓦 これが鬼かわらだ展」及び同時開催の「現代建築と鬼瓦 私の鬼瓦展」の出品紹介集】	責任編集／山田脩二	—	発行／日本の鬼瓦を保存する会、大江町	1991年3月発行	A4版全22頁の冊子。「私の鬼瓦展」に出品している「高木敦子」氏の「建築家略歴」欄の中に、同氏の今回の作品は「製作鬼師 名倉孝(静岡県袋井市)」であると明記されている(16頁)。	名倉孝氏蔵
115	「参加体験型の新観光拠点／「アクティ森」オープン／森町／地域活性化に期待／手仕事の魅力たっぷり」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成3年5月19日朝刊	工房棟に「遠州鬼瓦」の工房があるとの記載あり。ここでの指導は名倉秀三氏・孝氏が担当していたが、記事には両氏の名も鬼秀の文字もない。	名倉孝氏蔵
116	「(あんぐる)／遠州鬼を制作指導／地域活性化事業で鬼秀が」	(記載なし)	『日本屋根経済新聞』	日本屋根経済新聞社	1991年8月8日	「アクティ森」で名倉孝氏が鬼瓦体験の指導をしていることを紹介する記事。写真有。	名倉孝氏蔵
117	【TV番組名】「敏感!エコノクエスト」(第24回、テーマ:米)	制作:テレビマシオンユニオン、毎日放送	TBS系で放送(静岡県ではSBS)	TBS	1991年9月26日放送	何を作っているかの早押しクイズで、名倉孝氏が作る鬼瓦が出題された。その部分は約2分半のみ。	名倉孝氏蔵 VHS
118	「焼き物に親子熱中／若草幼稚園で卒園記念／怪獣など思い思いに／袋井市」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成3年11月28日朝刊	名倉孝氏が指導。写真有。	名倉孝氏蔵
119	「粘土こねこね／お皿や動物／袋井、若草幼稚園／親子で焼き物作り」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	1992年11月28日朝刊	同上	名倉孝氏蔵
120	「Devils, Dragons and Daruma / Takashi Nagura - Onigawara Maker」	John Paterson (／translator Yuka Sawai)	『NAGOYA AVENUES (ナゴヤアベニューズ)』No.50	ナゴヤアベニューズ	1993年5月1日発行	英文雑誌。5～7頁。名倉孝氏を紹介する英文記事。写真6枚有。	名倉孝氏蔵
121	【TV番組名】「遠くへ行きたい」【サブタイトル】「#171 遠州灘今昔紀行 -静岡県袋井市～大須賀町一」、【旅する人 渡辺文雄】	制作:よみうりテレビ、テレビマシオンユニオン	日本テレビ系で放送(静岡県では静岡第一テレビ)	読売テレビ	1993年11月7日午前7時30分～8時放送	番組中、鬼秀の工房を訪れ、名倉孝氏の仕事を紹介する部分あり。	名倉孝氏蔵 VHS
122	「家具製造の杉本氏(沼津)ら／県優秀技能者に26人／24日に表彰」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成5年11月20日朝刊	平成5年度の県優秀技能者として選ばれた人々の紹介記事で、「名倉孝(袋井市、鬼瓦製造)」がある。顔写真有。	名倉孝氏蔵
123	「技キラリ 県の名工26人／高部さん(浜松)ら あす表彰」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1993年11月23日朝刊	16頁、「県内版」紙面。同上。顔写真有。	名倉孝氏蔵
124	「市民登場 No.5/4代目「鬼秀」／名倉孝さん(59)／機械でものを作れば／京都・奈良の日本の伝統美は失われる」	(記載なし)	『広報ふくろい』698号	袋井市	1994年1月1日号	7頁。県知事優秀技能者受賞の名倉孝氏を紹介するインタビュー記事。写真有。	名倉孝氏蔵 袋井図書館
125	「光る匠の技／鬼板師／名倉孝氏」【巻頭写真】	(記載なし)	『建通新聞(静岡)』第5924号	建通新聞社静岡支社	平成6年1月5日	「新年号5部」の1頁。上半分全面掲載の写真と見出しのみ。	名倉孝氏蔵
126	「名工名匠/JIAが認めた／鬼板師 名倉孝氏／「職人」は一生が修業」	(記載なし)	同上(上記No.125の記事コピーの裏にコピーされて保存されているので、「同上」と推定した)	同上	同上	頁は不明。名倉氏の紹介特集記事。写真有。題名にあるJIAの意味は、93年のJIA(日本建築家協会)東海支部静岡部会会長賞を名倉氏が受賞しているため。	名倉孝氏蔵
127	「(●)知っておきたい東海道●／静岡 22 宿探訪／シリーズ⑩／袋井宿の巻／東海道と真ん中の宿は／静かなたたずまい。」	企画・制作:静岡新聞社営業局、協力:シュー・クリエイト	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成6年3月6日朝刊	11頁(PRのページ)上半分を用いた特集記事。この中に、囲み記事として「「江戸」を伝える人」の題で名倉孝氏の紹介がある。写真有。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
128	「遠州の小京都・森町アクティ森は／楽しみいっぱい／和紙やかから作り／歴史古い神社仏閣も」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成6年3月17日朝刊	7頁。記事中に「遠州鬼がわら」の制作が体験できることの紹介はあるが、鬼秀や名倉孝氏の名はない。	名倉孝氏蔵
129	「重さ170キロ／巨大鬼瓦／アクティ森／受講者ら合作」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県：中・東遠版)	中日新聞社	1994年4月16日朝刊	25頁「中・東遠」紙面。名倉孝氏が指導し、「遠州鬼瓦研究会」メンバーが作成した鬼瓦の紹介記事。写真有。	名倉孝氏蔵
130	「アクティ森の新たな名物／大鬼瓦に名前を／3尺四方で／見る者威圧／(マイタウン'94／秋葉道・塩の道 磐周7市町村。／移動編集局)」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成6年4月19日夕刊	6頁「夕刊 西部」紙面。上記の記事とほぼ同じ内容。写真有。	名倉孝氏蔵
131	「大鬼瓦 その名は／遠州森の鬼太郎／森町のアクティ森／重さ170キロ 受講者の力作／施設展示の名物に／黒野さん(磐田)らの愛称採用」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県：中・東遠版)	中日新聞社	1994年5月17日朝刊	23頁「中・東遠」紙面。「名倉孝さんの指導」による大鬼瓦に名称がついたことを紹介する記事。作品の写真有。	名倉孝氏蔵
132	「愛称は「遠州森の鬼太郎」／アクティ森の大鬼瓦／432通から命名／磐田の黒野さんら 名付け親招き除幕」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成6年5月17日朝刊	21頁(西部・掛川版)紙面。上記と同じ内容。作品の写真有。	名倉孝氏蔵
133	「遠州・駿河・三河・南信濃の大職人展」	(記載なし／主催：中日新聞東海本社、テレビ静岡、中日ショッパー)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1994年7月31日朝刊	27頁の上3分の2程の特集記事。8月3～9日に浜松市の松菱百貨店で開催の同展に参加する職人を紹介。その中に「鬼瓦／名倉孝(袋井)」の紹介記事がある。	名倉孝氏蔵
134	「遠州森の鬼太郎」 【A4版 20頁余の手製冊子。寄せ書きが主。名簿や型紙、実測図等も収録】	編集者：遠州鬼瓦研究会会員、吉田貞雄・吉沢里美・柴田克己	—	森町体験の里・アクティ森、遠州鬼瓦研究会	平成6年9月吉日発行	冒頭口絵写真に「遠州森の鬼太郎」の写真があり、そこに「構図・設計 鬼秀四代目 名倉孝」とある。また、名倉孝氏が寄せた文章の頁もある。	名倉孝氏蔵
135	「県郷土工芸品に指定／名倉孝さんの「遠州鬼瓦」／手作りの信念 46年／袋井「3代目の父に近づけた」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成7年4月1日朝刊	写真有。	名倉孝氏蔵
136	「「遠州鬼瓦」を郷土工芸品に／県指定 袋井の名倉さん制作」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1995年4月5日朝刊	写真有。	名倉孝氏蔵
137	「この人に聞く 四代目鬼秀 名倉孝さん／伝統ある遠州瓦を今に残す名工／「鬼秀」	(記載なし)	『ときめきネットワーク』No.32 '95年6月号	遠州中央農業協同組合(JA遠州中央)	1995年6月	2～3頁。写真多数あり。同誌の表紙(1頁目)にも名倉氏の写真がほぼ全面大で掲載。	名倉孝氏蔵
138	「(とっておきの静岡県)／ひと／平成の『笑鬼』(4代目鬼秀)／鬼師 名倉孝さん(61)／(袋井市)」	(記載なし)	『県民だより』No.447、平成7年6月号	静岡県広報課編集・発行	平成7年6月1日	6頁。写真有。	名倉孝氏蔵／袋井図書館
139	【TV番組名】「めざましテレビ」、【コーナー名】「朝からあげます!!／まさか!の一品」 【鬼秀工房から生中継。この番組のために名倉孝氏が特別に制作した片目のみ笑っているウイंक鬼瓦が視聴者プレゼントに。】	フジテレビ	フジテレビ系で放送(静岡県ではテレビ静岡)	フジテレビ	平成7年9月12日午前5時55分から8時まで放送の番組	当該コーナーは6時16～21分に放送。7時55分に「めざましジャンケン」で再び名倉孝氏が登場。午前8時直前のエンディングでもワイブ画面で名倉氏が映っている。	名倉孝氏蔵 VHS
140	「「遠州鬼瓦」制作に挑戦／袋井・名倉さんが指導／高校生が工房入門」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成7年11月26日朝刊	県教委「教育ルネサンス21」の一環として実施の「一日工房入門」の1つ。写真有。	名倉孝氏蔵
141	【TV番組名】「めざましテレビ」、【コーナー名】「追跡レポート／まさか!のその後／ウイंक鬼瓦」	フジテレビ	フジテレビ系で放送(静岡県ではテレビ静岡)	フジテレビ	平成7年12月15日朝に放送	当該コーナーは6時16～18分まで放送。名倉孝氏作のウイंकした鬼瓦は宮城県の上(ゆりあげ)中学校PTA役員に贈呈、同校で展示披露されたことが紹介。	名倉孝氏蔵 VHS
142	【TV番組名は不明】、【コーナー名】「ネットしずおか／春野町」	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	平成7年12月26日放送 【放送時間は保存されているVHSテープや、録画本編にも記録がなく、不明】	NHK浜松支局からの中継で、春野町役場職員から、勝坂神楽の里に設置する瓦製モニュメントを、名倉孝氏と遠州鬼瓦研究会の人々が製作中と紹介するニュース。	名倉孝氏蔵 VHS
143	「本物を見る目を養い／物を作る喜びを伝えることが大切／名工・建築家座談会」	(記載なし)	『建通新聞』(静岡県)第6224号	建通新聞社静岡支社	平成8年1月3日	「新年号5部」の2～3頁。名倉孝氏らによる座談会の記録。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
144	「(ルポ'96)／日本一の神楽獅子像／瓦製で最大／春野町に4月登場／「勝坂の里」の目玉／遠州鬼瓦の伝統生かし」	松本良一	『産経新聞』(静岡県版)	産経新聞社	平成8年1月14日朝刊	名倉孝氏が制作中のモニュメント紹介記事。写真有。	名倉孝氏蔵
145	「(私の健康法)／禁酒禁煙で調子回復／毎朝、犬の散歩で運動」	鬼瓦制作「鬼秀」4代目 名倉孝さん(61)	『産経新聞』(静岡県版)	産経新聞社	平成8年1月16日朝刊	名倉氏の投稿形式の記事。	名倉孝氏蔵
146	「東海道これぞ職人！／…／あす19日・第7回／鬼板師(鬼秀四代目) 名倉孝さん／瓦葺師塚本勇人さん」【テレビ番組広告記事】	(広告主は SBS 静岡放送)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成8年5月18日朝刊	名倉孝氏他を紹介するテレビ番組の広告。顔写真有。 【名倉氏保存の資料には発行日付の情報が無かったが、記事中に「あす19日」とあるので前日18日の新聞と判断した。】	名倉孝氏蔵
147	「(きょうのハイライト)／鬼瓦にかける／職人の思い／前10・0／★SBS テレビ／東海道これぞ職人！」【テレビ番組紹介記事】	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成8年5月19日朝刊	名倉孝氏を紹介するテレビ番組の紹介記事。写真有。	名倉孝氏蔵
148	「【TV番組名】「東海道 これぞ職人！」、【副題】「#7 鬼板師 名倉孝さん／瓦葺師 塚本勇人さん」	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	1996年5月19日午前10時～10時30分放送	名倉氏宅の保存テープは、冒頭に制作クレジット画面があり、CMもカットされているので局から提供されたものと推測される。	名倉孝氏蔵 VHS
149	「春野勝坂／「神楽の里」に巨大獅子像／瓦製「日本一」／480時間焼き完成／30日に落成式」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成8年5月28日朝刊	「名倉孝さん」ら制作のモニュメントの落成記念式典の予定を伝える記事。写真有。	名倉孝氏蔵
150	「春野「勝坂神楽の里」／瓦製のモニュメント完成／木下忠司さんも出席／舞など披露し祝典」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成8年5月31日朝刊	上記記念式典を伝える記事。写真有。	名倉孝氏蔵
151	「地域振興のシンボル／獅子の大モニュメント／春野で除幕」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1996年5月31日朝刊	同上。写真有。	名倉孝氏蔵
152	「巨大獅子頭／瓦製で日本一／一春野」	(記載なし)	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	1996年5月31日朝刊	「地域ニュース」紙面。同上記事だが像の紹介が主。写真有。	名倉孝氏蔵
153	「(わがまち自慢)／遠州瓦の獅子像登場！／勝坂神楽の里／春野町」	(記載なし)	『県民だより』No.460、平成8年7月号	静岡県広報課編集・発行	平成8年7月1日	8頁。「名倉孝さん」らが約1年がかりで制作との記述有。写真有。	袋井図書館／名倉孝氏蔵
154	「予告／現代に生きる。／遠州、駿河、三河、南信濃の／大職人展」【広告記事】	(広告主は松菱)(職人展の主催は中日新聞東海本社、テレビ静岡、中日ショッピング)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1996年8月8日朝刊	24頁全面。8月8～13日に浜松市の松菱百貨店で開催。「鬼瓦／名倉孝」が顔写真入りで紹介。8日10日11日に「美演」とある。	名倉孝氏蔵
155	「「一日工房」で伝統の技体験／「へら難しい」／鬼瓦作りに挑戦／袋井」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成8年8月10日朝刊	「名倉孝さん」の工房に5名の高校生が訪れ、瓦作りを体験。写真有。	名倉孝氏蔵
156	「【TV番組名】「東海道 これぞ職人！」、【副題】「#26 最終回スペシャル 職人50の技をもう一度！」」	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	1996年9月29日10時～10時53分に放送	総集編。第7回で紹介された名倉孝氏も短く再登場。名倉氏宅の保存テープは、冒頭に制作クレジット画面があり、CMもないので局から提供されたものと推測される。	名倉孝氏蔵 VHS
157	「【TV番組名】「土曜特集 てれびアイ」、【コーナー名】「にんげん賛歌 ～いぶし銀の魅力・遠州鬼瓦～」	静岡第一テレビ	静岡第一テレビ	静岡第一テレビ	平成8年11月30日夕方放送	名倉氏紹介部分だけで20分程。	名倉孝氏蔵 VHS
158	「(名人・名物さん大集合！／こだわり静岡アラカルト)／「どんな偉い人でも見上げるよ、僕の鬼瓦」／鬼瓦を作る鬼板師・名倉孝さん／自分の窯で作製／県西部の主な寺院手がける」	構成・芹沢貴之	『報知新聞』(静岡県版)【正しくは『スポーツ報知』か。名倉氏保存の資料には「報知新聞」の横タイトルが貼り付けてあるが、当時はその名では刊行されていないはず。】	報知新聞社	1996年12月3日	19頁。写真有。	名倉孝氏蔵
159	「(匠の世界)／「遠州鬼瓦」(袋井市)／建物の風格醸す勇壮美／鈍色の輝きに魅力」	高田真之(浜松支局)	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	1996年12月7日朝刊	33頁、「しずおか第3県版」紙面。名倉孝氏の紹介特集記事。写真2葉有。	名倉孝氏蔵
160	「ダイナミックな鬼瓦／清水・フェルケル博物館／名倉孝さんの作品展」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成9年1月27日朝刊	企画展「鬼板師」の紹介記事。名倉氏の個展。作品の写真有。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
161	「鬼板師《名倉孝》／一駿河職人シリーズ／(今月の話題)」	(記載なし)	『NEOばんぶきん』No.197	(株)ばんぶきん出版	平成9年2月1日発行	6頁。旧・清水市の「フェルケール博物館」で2月23日まで開催の作品展の紹介記事。	名倉孝氏蔵
162	「春野町に迫力満点の獅子像／つられてニーツ」	写真・文 斉藤直純	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1997年2月15日夕刊	勝坂神楽の里に設置された名倉孝氏ら作の獅子像紹介記事。写真多数有。	名倉孝氏蔵
163	「(ツアー TEMP)／森の石松ゆかりの／静岡県森町「鬼瓦」作り」	ライター・渋谷英紀	『週刊新潮』	新潮社	1997年6月26日号	132頁。名倉孝氏の工房を訪れての紹介記事有。写真有。	名倉孝氏蔵
164	「(SHOT ひと わざ)／鬼板師名倉孝さん 63 (袋井市堀越)／手作りの鬼瓦に魂注ぐ／職人気質学んだ父／乗り越える心意気」	写真と文・古市幸雄	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	1997年11月4日朝刊	33頁「しずおか第3県版」紙面の上半分を用いた名倉孝氏の特集記事。写真4枚有。	名倉孝氏蔵
165	「(私のイメージ／建築家／かわり 期待 役割 人間性 要望)／名倉孝さんに聞く／「棟梁」求められる統率力／木造建築の魅力 再認識を・共に日本の伝統守り育てて」	(記載なし)	『建通新聞』(静岡県)	建通新聞社	平成9年11月21日	18頁、下段広告以外の全面記事。平成5年の第2回 JIA 静岡「現代の名工」の表彰を受けた名倉孝さんへのインタビュー記事。写真3枚有。	名倉孝氏蔵
166	【TV番組名】「発見！感動！／アジアときめき海道 第5話」、【副題】「伝説の鬼瓦 韓国に追う」	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	1997年11月25日 夜8時～8時54分に放送	SBS の上田アナと名倉孝氏が韓国を旅行し、鬼瓦のルーツを探る番組。	名倉孝氏蔵 VHS
167	「(アジアときめき海道)／第五話／伝説の鬼瓦／韓国に追う／～鬼板師 名倉孝・心と技の旅～」【番組広告記事】	SBSテレビ	『静岡新聞』全県版	静岡新聞社	平成9年11月25日朝刊	8頁下段全部の広告。全面写真で名倉氏も掲載。この日の夜8時から放送。	名倉孝氏蔵
168	『いわたけいさつだより』No.97	磐田警察署ほか発行	—	磐田警察署ほか発行	平成9年12月10日	表紙写真に「家内安全・交通安全の願いを鬼瓦に込めて(袋井市)」のキャプションと共に、自宅前の笑う鬼瓦のポストを眺める名倉孝氏と警察官の写真が掲載。但し、鬼秀または名倉氏の名は本誌のどこにもない。	名倉孝氏蔵
169	「鬼瓦展 一鬼瓦・薨(いらか)による工芸品一」【チラシ】	(記載なし)	—	(会場の袋井市立図書館によるチラシ)	(期間は平成10年2月7日～3月1日)	A4版1枚黄色紙両面印刷。名倉孝氏の作品展等展示会の紹介用	名倉孝氏蔵
170	「笑顔もステキ『鬼瓦』／製作工程／歴史紹介／名倉さん作品展／袋井市」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県：中・東遠州版)	中日新聞社	1998年2月22日朝刊	上記特別展の紹介記事。3代目の作品も展示との記述有。	名倉孝氏蔵
171	「楠木細工など3千点／伝統工芸品と職人技を紹介／きょうまで第9回匠展」	(記載なし)	『デーリー熱海』か。【名倉氏保存資料には手書きで「デーリー熱海」と記されている。但し同紙の存在は未確認。】	(不明)	平成10年3月4日	熱海商工会議所婦人会主催「第九回匠展」に「初めて遠州鬼瓦」が参加。「遠州鬼瓦の名倉孝さんの説明を聞く第一小の児童ら」のキャプション付きで写真有。	名倉孝氏蔵
172	「県内の伝統工芸 3000点／きょうまで匠展／楠家具組合の製品も」	(記載なし)	『熱海新聞』	伊豆新聞本社	(不明)【名倉氏保存資料には日付の記録がない】	同上展の記事。「特別出展者」の中に「遠州鬼瓦」の文字はあるが、鬼秀や名倉孝氏の記述はない。	名倉孝氏蔵
173	「伝統の工芸品 3000点並ぶ／きょうまで／岡本ホテルで「匠展」」	(記載なし)	『伊豆毎日』か。【名倉氏保存資料には手書きで「伊豆毎日」と記入有。しかし同紙の存在は未確認。「伊豆毎日」の間違いか。】	(不明)	平成10年3月4日 【名倉氏保存資料には日付の記録がないが、右の記述から推断。】	きょう4日まで、「同展初お目見えの遠州鬼瓦など」が展示中、との記述はあるが、それ以外には鬼秀や名倉孝氏の記述はない。	名倉孝氏蔵
174	「県内伝統工芸品を紹介／◆熱海◆」	(記載なし)	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	平成10年3月4日 【日付の記録はないが、「今日4日まで開催」の記述があることから推断。】	「匠展」で展示された遠州鬼瓦の写真があり、そこに名倉孝氏が写っている。但し、キャプションにも記事文中にも、鬼秀や名倉孝氏の文字はない。	名倉孝氏蔵
175	「伝統工芸品と技を紹介／熱海で匠展／遠州鬼瓦など出品」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	(不明)【名倉氏保存資料には日付の記録がない】	同上展の記事。2日から4日まで開催。「展示準備する遠州鬼瓦の名倉孝さん」のキャプション付きで写真あるが、他に記述はない。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
176	「現代に生きる。／遠州・駿河・三河・南信濃の／大職人展」【広告記事】	(記載なし／催しの主催は中日新聞当会本社・テレビ静岡・中日ショッパー)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1998年7月29日朝刊	7頁、全面広告記事。7月30日～8月4日に浜松の松菱百貨店で開催。「鬼瓦 名倉孝(袋井市)」も全期間中、実演と、写真入りで紹介。	名倉孝氏蔵
177	「静岡県の伝統的工芸品展」【案内はがき】	(主催は静岡県ほか)	—	(主催は静岡県ほか)	(期間は平成10年10月23日～11月4日) 【会場は東京都港区青山の「全国伝統的工芸品センター」】	印刷葉書1枚。東京麹町局の料金別納郵便扱い。会期中の催しとして10月23日～25日まで「遠州鬼瓦」の名倉孝氏が「実演」を行うとの記載がある。	名倉孝氏蔵
178	「市制40周年 盛大に記念式典／袋井市／『健康文化』さらに推進／2002年W杯など成功も決意」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1998年11月4日朝刊	14頁、「県内版」紙面。同式典で名倉孝氏は産業功労の感謝状を授与されている。	名倉孝氏蔵
179	「袋井・若草幼稚園年長組園児／粘土で思い出作り／鬼板師・名倉さんと／81人が卒業記念製作」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県：中・東遠版)	中日新聞社	1998年11月21日朝刊	名倉孝氏の指導で実施された行事の紹介記事。写真有。	名倉孝氏蔵
180	「ピカチュウ作っちゃった／袋井の幼稚園／鬼瓦師を先生に卒園制作」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成10年11月22日朝刊	同上、若草幼稚園の記事。写真有。	名倉孝氏蔵
181	「僕ら友達 一緒にかわら作り／袋井市／養護学校生と小学生交流」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県：中・東遠版)	中日新聞社	1998年12月13日朝刊	袋井市社会福祉協議会主催の青少年ふれあい交流会で、名倉氏が鬼がわら製作体験を指導。写真有。	名倉孝氏蔵
182	「ふるさと知名人チャリティー色紙展／19日から開幕／芸術、文化、芸能…／研ナオコさんら103人」【】	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	1998年12月26日朝刊	静岡県ゆかりの著名人の自作色紙展覧会の紹介記事。色紙寄贈者リストの中に、「陶芸家」の1人として名倉孝(袋井市)氏の名がある。	名倉孝氏蔵
183	「『ごろすけ ほうほう』と鳴くのは／森の賢者ふくろう」	(記載なし)	『紗知子のたより』第37号(Ⅲ期-13)	袋井市議会議員寺井紗知子講演会	1999年2月	1頁。記事中に「名倉孝さんが制作」の「ふくろう」が写真で紹介されている。	名倉孝氏蔵
184	「4代目鬼秀に孫が弟子入り／遠州鬼瓦作り…オレを越えてくれ／('99けんこうの街／袋井・掛川移動編集局)」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成11年5月22日夕刊	18歳の元久氏が名倉孝氏に弟子入りしたことを紹介する記事。写真有。	名倉孝氏蔵
185	『ふじのくに／しずおかの郷土工芸品』【但し背文字は「しずおかの郷土工芸品」、奥付は「しずおかけんの郷土工芸品」とある。】	企画・編集：静岡県郷土工芸品振興会	—	静岡県郷土工芸品振興会	平成11年9月発行	A4版全48頁の冊子。46～47頁に名倉孝氏の「遠州鬼瓦」の紹介有。写真3枚有。	名倉孝氏蔵
186	「しずおかの郷土工芸品」【リーフレット】	静岡県郷土工芸品振興会	—	静岡県郷土工芸品振興会	(記載はないが、裏表紙右下に小さく「99.10 CHUBU P.」とある。1999年10月に印刷されたと推定。)	A3版用紙両面印刷物を2つ折りにしたA4版のリーフレット。遠州鬼瓦・名倉孝が掲載されている。	名倉孝氏蔵
187	「鬼秀さんありがとう」	6年 永田結子	『北公民館だより』第50号	袋井北公民館	平成12年1月1日発行	10頁。ペン立て作りを体験した袋井北小学校の児童の作文。「鬼秀さんの指導教室」のキャプション付きで写真も掲載。	名倉孝氏蔵
188	「地域のボランティア／鬼秀さんこと名倉孝さん」	(記載なし)	『いしづえ』【袋井北小学校PTA文化部が年3回発行しているPTA新聞】	袋井北小学校PTA	平成12年3月1日発行	同小児童に鬼瓦作りの指導をしている名倉氏に対するインタビュー記事。	名倉孝氏蔵
189	「ふくろい 夢咲き案内／心の中を遠い昔の夢が旅をする……」【パンフレット】	袋井市建設経済部商工課	—	袋井市建設経済部商工課	平成12年5月【現物に記載はないが、本目録資料No.48中の「掲載資料」に、上の発行年月がある】	A4版のパンフ。13頁に「遠州鬼瓦」の紹介あり。	名倉孝氏蔵
190	「名倉孝さんが知事褒章を受章／(CITY FLASH)」	(記載なし)	『広報ふくろい』No.855	袋井市	2000年7月15日発行	5頁。写真有。	名倉孝氏蔵
191	【TV番組名】「認定しずおか遺産／お宝発見！東海道」【サブタイトル】「第20回 袋井の巻」	制作著作：SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	平成12年8月13日10時～10時30分に放送	番組中、名倉氏紹介部分は約10分。	名倉孝氏蔵 VHS
192	【TV番組名】「東海道 これぞ職人！」、「【鬼板師 名倉孝さん／瓦葺師 塚本勇人さん】の回」	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	SBS(静岡放送)	平成12年11月26日午前6時～6時30分	1996年5月放送の番組の再放送	名倉孝氏蔵 VHS

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
193	『美術資料 1～3年用(静岡県資料付)』 【表紙には「静岡県資料付 美術資料」とのみ刻印、背文字は「美術資料 静岡県」とあり、裏表紙裏付には「美術資料 1～3年用」とある】	編集:京都芸大美術教育研究会・日本文教出版編集部	—	秀学社	(記載なし/但し本誌裏表紙に名倉孝氏の奥様ひろ子氏の手書き文字で「H13年4月送られてきた」とある。)	A4版全165頁+静岡8頁の中学生用教科書。冒頭に静岡県向けの「静岡の美術」が8頁分(静-1～8)収録されており、その「静-6」頁に「遠州鬼瓦(袋井市)」の写像がある。但し、鬼秀や名倉孝氏の文字はない。	名倉孝氏蔵
194	「袋井の人/笑鬼庵庵主 名倉ひろ子さん」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	2001年5月1日発行	8頁全面。名倉孝氏の奥様ひろ子さんの紹介。写真有。	名倉孝氏蔵
195	「「大鬼瓦」見て大志抱け/磐田の静岡産業大経営学部設置/袋井の三代目鬼秀さん制作/物づくりの原点心に」	(記載なし)	『静岡新聞』(県内総合紙面)	静岡新聞社	平成13年6月4日朝刊	名倉孝三氏作の鬼瓦を孝氏が同大学に寄贈。写真有。	名倉孝氏蔵
196	「紙弾」【コラム記事】	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成13年6月4日夕刊	1頁。同上記事を受けたコラム文。名倉孝氏の名はないが、「大鬼瓦、磐田の大学で第2のお勤め」等の記述あり。	名倉孝氏蔵
197	『自遊自感(じゆうじかん)』第15号【静岡県しんきん年金友の会事務誌】	静岡県しんきん年金友の会事務局	—	静岡県しんきん年金友の会事務局	2001年9月1日発行	14頁の袋井市略地図に「鬼秀ギャラリー・笑鬼庵」の紹介有。	名倉孝氏蔵
198	「現代の名工に149人/きょう表彰式」	(記載なし)	『奈良新聞』	奈良新聞社	平成13年11月22日朝刊	2頁。名倉孝氏の名も記載あり。	名倉孝氏蔵
199	「『現代の名工』/本年度は149名/厚労省が発表」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2001年11月22日朝刊	同上	名倉孝氏蔵
200	「技術継承、親子2代で名工に/静岡県袋井市/鬼板師の名倉孝さん/「笑う鬼がわら」を製作」	(記載なし)	『中部経済新聞』	中部経済新聞社	2001年11月22日	名倉氏が選ばれたことを伝える記事。写真有。	名倉孝氏蔵
201	「江間さん(浜松)ら表彰/現代の名工 県内は5人」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2001年11月23日朝刊	名倉孝氏も顔写真入りで紹介。	名倉孝氏蔵
202	「卓越した技 顕彰/現代の名工に県内から5人/(しずおか ニュースと話題)」	(記載なし)	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	2001年11月23日朝刊	29頁「地域ニュース」紙面。名倉孝氏も顔写真入りで紹介。	名倉孝氏蔵
203	「『現代の名工』決まる/近藤氏、名倉氏が受賞/本県建築関係」	(記載なし)	『建通新聞』(静岡県)第7106号	建通新聞社静岡支社	平成13年11月23日発行	1頁。名倉孝氏も顔写真入りで紹介。	名倉孝氏蔵
204	「『現代の名工』受賞報告/「鬼秀」名倉さん、袋井市長表敬」	(記載なし)	『静岡新聞』		平成13年11月27日朝刊	夫妻で市長を訪問し報告。写真有。	名倉孝氏蔵
205	「名倉孝さんが「卓越した技能者」も選ばれました」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成13年12月1日号	顔写真入りで紹介。	名倉孝氏蔵
206	「現代の名工に2氏/県の優秀技能者表彰も」	(記載なし)	『日本屋根経済新聞』第998号	日本屋根経済新聞社	2001年12月18日発行	2頁。岐阜県関市の屋根工事業・川治正一氏と名倉孝氏を紹介。題名中の「県の優秀技能者」は愛知県のことと名倉氏とは関係ない。	名倉孝氏蔵
207	【TV番組】「レディス4」、【コーナー名】「特集/寺社仏閣 鬼瓦一筋に生きる 名工の技」	テレビ東京	テレビ東京	テレビ東京	2002年2月21日午後4時～5時に放送	名倉孝氏夫婦がスタジオに招かれ、特集で紹介。	名倉孝氏蔵 VHS
208	「威風堂々/完成建物見学会」【広告記事】	(広告主は川根町の有限会社坂下建築店)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成14年3月1日朝刊	紙面の下半分全部を用いた広告記事。3月2日～3日に島田市中河で行われる某邸宅の見学会の広告。「卓越技能者 厚生労働大臣賞/鬼秀瓦使用」との記載がある。	名倉孝氏蔵
209	「CDHギャラリー(39)/～鬼瓦の魅力に惹かれて10年～」	浜松支部 調査部 高木保則	『ネーブル』(協会報)2002年3月号 No.384	財団法人中部電気保安協会	平成14年3月発行	裏表紙全面。名倉孝氏の紹記事。写真4枚有。	名倉孝氏蔵
210	「上を向いて笑おう。」【全面広告記事】	(広告主・三井不動産)	『読売新聞』	読売新聞社	2002年7月26日夕刊	8頁。8～9頁の見開き両面全部は翌日開催の「第25回隅田川花火大会」の広告で、8頁に題名の文字と共に、名倉孝氏作の「笑鬼」の写像が紙面下半分の大きさで掲載。	名倉孝氏蔵
211	「袋井市地域文化活動奨励賞受賞候補者推薦書」【非公刊資料、名倉孝氏を推薦する文書】	袋井市立袋井北小学校校長 加藤敷三	—	—	平成14年7月30日付	A4版1枚のコピー。名倉孝氏が北小の子供達を指導したことが「受賞に該当すると認められる事業」と記載されている。	本目録資料 No.8 (袋井図書館蔵)内に収録

名倉孝関連資料目録(その2)は以上。以下(その3)に続く。 (\*本目録掲載の情報は2013年2月末までに小栗が確認できたものに基づく)

## 袋井関連人物参考資料目録(5)

### ～名倉孝(遠州鬼秀)関連資料目録(その3)～

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.5

小栗 勝也\*

Katsuya OGURI

#### 1. はじめに

名倉孝氏(昭和9年2月生、「現代の名工」に認定された鬼板師、四代目遠州鬼秀)に関する資料目録の続きは紙数の都合で分割することになった。(その3)を以下に記す。

(その2)に続く資料番号で整理している。この資料番号の注意点、及び、No.8、48、67、68の資料を冒頭に置いている理由、その他の説明については、(その2)及び前年の(その1)の「はじめに」の文章を参照のこと。本目録の新規番号は

212 からとなる。調査にあたりお世話になった名倉孝氏御夫妻、五代目・元久氏に改めて感謝の意を表する次第である。

#### 【凡例】

- ・資料は原則として発行の古い順に並べてある。Noは本目録の便宜上の連番。
- ・『』は刊行物全体の題名を、「」はその中の記事題名やパンフレット等の簡易資料名を、何もないものは、その他の資料であることを示す。【】は小栗の注記を示す。資料名の前に【】が付いている場合は紙媒体以外の資料を示す。また備考欄他に【】を付さないで多くの注記をしている。
- ・年の西暦・元号表記の区別は、現物の誌紙が優先している表記に従った。
- ・所蔵場所は小栗が確認した所のみ記した。他に所蔵する所もあるので、実物を見たい場合は先ず各自で最寄りの図書館等を探すことをお勧めします。

#### 2. 名倉孝関連資料(その3)(なぐら たかし 1934年～「現代の名工」認定の鬼板師、4代目遠州鬼秀)

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日等	掲載頁/備考	所蔵場所等
8	「袋井市パンフレット」【本目録掲載の名倉氏関連のパンフ等が収録されている】	袋井市教育委員会・編集 【但し図書館に登録されている情報】	—	—	(1987年) 【但し図書館に登録されている年】	市販A4サイズのクワイアファイル1冊に各種パンフ等が収録されている。ファイル背表紙に「袋井市パンフレット」と記載あり	袋井図書館(郷土資料・請求記号 S234フ、資料番号 110414489)
48	「平成13年度/厚生労働大臣表彰(卓越技能者)/推薦資料/鬼瓦職種/静岡県袋井市堀越1丁目1番地の7/名倉孝」【綴込表紙・綴り紐で綴じられた手製の資料・非公刊物】	(記載なし。この中に「推薦書」もあるが執筆者の記載はない)	—	—	(記載なく詳細不明だが、平成13年に同表彰を受ける直前に作られたものと推定)	A4版用紙で履歴書、調書、推薦書、資料等が多数綴られている	名倉孝氏蔵
67	「鬼瓦・瓦屋根再考」	日本鬼師の会・企画編集	—	日本鬼師の会	2005年11月12日	A4版520頁	名倉孝氏蔵/小栗蔵
68	「袋井市関係資料(ファイル)」【本目録掲載の名倉氏関連のパンフ等が収録されている】	袋井市立図書館編【但し図書館に登録されている情報】	—	—	(2005年)【但し図書館に登録されている年】	市販のA4版クワイアファイル1冊に各種パンフ等が収録されている。	袋井図書館(郷土資料・請求記号 S234フ)
212	「マナーを守ってね/袋井駅前に公共トイレ完成」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2002年10月12日朝刊	当該トイレの近くに、名倉孝氏作のフクロウのモニュメントが設置される予定、とあり。	名倉孝氏蔵
213	「JR袋井駅前に/公共トイレ新設/袋井市 住民の要望受け」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2002年10月12日朝刊	外壁に名倉氏のフクロウを設置と記載有。	名倉孝氏蔵
214	「匠の技/鬼瓦 静岡県袋井市/品良く強く 両にらみ」	編集委員・牧内岩夫(写真・尾城徹雄)	『日本経済新聞』	日本経済新聞社	2002年10月12日夕刊	5頁。紙面上半分全部を用いた「写真特集」紙面。	名倉孝氏蔵
215	「トイレに袋井の"鳥"/フクロウのモニュメント/駅前」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2002年10月30日朝刊	モニュメント前で撮影された名倉孝氏の写真有。	名倉孝氏蔵

2013年3月1日受理

\* 総合情報学部人間情報デザイン学科

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
216	「秋の褒章／県内 21 人 喜びの受章／(黄綬 業務精励／名倉孝さん／鬼がわらと歩む 50 年)」	(記載なし)	『静岡新聞』(全県版共通)	静岡新聞社	平成 14 年 11 月 2 日朝刊	6頁。顔写真入り。	名倉孝氏蔵
217	「秋の褒章受賞者」	(記載なし)	『日本経済新聞』	日本経済新聞社	平成 14 年 11 月 2 日朝刊	34頁。全国受賞者紹介紙面。「中部〔静岡〕▽黄綬」に「名倉孝 68 れんが瓦類成形」と記載あり。	名倉孝氏蔵
218	「秋の褒章 県内から 21 人／(名倉孝さん 68／鬼瓦を平成の芸術に)」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版共通)	中日新聞社	2002 年 11 月 2 日朝刊	20 頁。受賞者リスト以外に、顔写真入りで名倉孝氏を紹介。	名倉孝氏蔵
219	「秋の褒章／県内から 21 人 いま輝く／(黄綬褒章 名倉孝さん／鬼瓦職人継ぎ良かった)」	(記載なし)	『朝日新聞』(静岡県版)	朝日新聞社	2002 年 11 月 2 日朝刊	受賞者リスト以外に、写真入りで名倉孝氏を紹介。	名倉孝氏蔵
220	【TV番組名】「FNNスピーク」【フジテレビ系の昼のニュース番組】	フジテレビ(テレビ静岡)	フジテレビ(テレビ静岡)	フジテレビ(テレビ静岡)	2002 年 11 月 2 日午前 11 時 45 分～12 時まで放送	同番組の静岡県内ニュースの枠で黄綬褒章受賞者 9 人中 2 人を紹介。その筆頭に名倉孝氏が 1 分弱で紹介されている。	名倉孝氏蔵 VHS
221	【TV番組名】「FNN テレビ静岡スーパーニュース」【フジテレビ系の夕方ニュース番組「FNNスーパーニュース」の地方枠】	同上	同上	同上	2002 年 11 月 2 日 17 時 30 分～19 時まで放送	同上ニュースと全く同じものがここでも放送された。	名倉孝氏蔵 VHS
222	「平成十四年 秋／黄綬褒章 藍綬褒章 受章者名簿」【パンフレット／非公刊資料／受賞者に配布された資料の 1 つと推断】	厚生労働省	—	厚生労働省	(平成十四年十一月三日付発令)	14 頁に名倉孝氏の名がある。	名倉孝氏蔵
223	「黄綬褒章／業務精励(れんが・かわら類成形業)／名倉 孝氏」	(記載なし)	『建通新聞(静岡)』	建通新聞社静岡支社	平成 14 年 11 月 6 日発行	名倉氏の事績と喜びの音が掲載。	名倉孝氏蔵
224	「『瓦の伝統伝えたい』／秋の褒章受賞／名倉さん市長に報告／袋井」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県：中・東遠版)	中日新聞社	2002 年 11 月 15 日朝刊	市長に報告する名倉孝氏夫妻の写真有。	名倉孝氏蔵
225	「黄綬褒章受賞の名倉さん／賞状広げ、市長に喜び／袋井」	記載なし	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成 14 年 11 月 16 日朝刊	同上	名倉孝氏蔵
226	【TV番組名】「ふれあい見つけ旅」、第 483 回 【サブタイトル】「静岡／旬の甘柿と鬼瓦の里／遠州路巡り」	制作：マイ・プラン、制作・著作：東海テレビ、映像協力：テレビ静岡、提供：JR東海	東海テレビ	東海テレビ	2002 年 11 月 24 日午前 9 時～9 時 30 分放送	番組中、旅人・川野太郎が鬼秀工房を訪れ名倉氏を紹介。その部分は 4 分弱程。	名倉孝氏蔵 VHS (制作側から提供されたもの)
227	「名倉孝さんが「地域文化活動奨励賞」を受賞」	(記載なし)	『広報ふくろい』第 912 号	袋井市	2002 年 12 月 1 日発行	顔写真有	名倉孝氏蔵
228	「歴史と伝統の町、袋井を訪ねて…⑩／「立川流」鬼瓦ひとすじ四代…190 年／こつこつと鬼瓦を守り続ける名倉孝さん」	小林佳弘 【小林氏は本誌の編集人】	『NEO ばんぶき』Vol. 267、第 23 巻第 12 号通巻 267 号	(街)ばんぶきん出版	平成 14 年 12 月 1 日	22～23 頁。写真 2 枚有。【この頃の『NEO ばんぶきん』は「静岡県下の文化情報誌」と自称。】	名倉孝氏蔵
229	「秋の叙勲、当所から 2 名受賞」	(記載なし)	『ふくろい会議所だより』	袋井商工会議所	平成 14 年 12 月 5 日発行	2 頁。市長に挨拶する名倉夫妻の写真有。但し、記事では名倉氏の受賞が「紫綬褒章」と誤記。	名倉孝氏蔵
230	「秋の叙勲・褒章と県知事表彰を受けた方をご紹介します」	(記載なし)	『広報ふくろい』第 913 号	袋井市	2002 年 12 月 15 日発行	「黄綬褒章(業務精励)」として名倉孝氏が写真入りで紹介。	名倉孝氏蔵
231	【Web】「私的小京都森町 1／笑う鬼瓦」	(詳細不明)	http://www2.tokai.or.jp/yinnh/lk-onikawara.html	サイト「森のカフェ」(http://www2.tokai.or.jp/yinnh/)内の記事	(詳細不明だが Copyright のクレジットに「2003」とあるので同年に開設のサイトと推断)	「尊敬する遠州鬼秀(名倉さん)」の作品として静岡県森町の文化会館壁面にある笑う鬼瓦を写真入りで紹介している。	WEB公開情報
232	「遠州鬼秀四代目黄綬褒章受賞祝賀会／記念写真／平成 15 年 1 月 5 日／於 浜松名鉄ホテル」【手製の写真集・非公刊】	撮影：高木保則、八木一嘉、編集：八木一嘉	—	—	(祝賀会は平成 15 年 1 月 5 日)	A4 版全 6 頁、モノクロ写真集の手製冊子。	名倉孝氏蔵
233	「人と技の元気ステージ 静岡県西部地域技能者・技術者紹介」	静岡県西部県行政センター	—	静岡県西部県行政センター	(記載なし。但し 4 頁に本書の情報は「平成 15 年 2 月末」と記載あり。)	A5 版全 130 頁の書籍。87 頁に「名倉孝」の紹介あり。写真有。	名倉孝氏蔵
234	「どまん中茶屋(袋井)に 12 支モニュメント／円花壇内に、方角示す／「鬼瓦の名工」名倉さん制作」	記載なし	『中日新聞』(静岡県：中・東遠版)	中日新聞社	2003 年 4 月 29 日朝刊	どまん中茶屋の写真あり。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
235	「新シンボル誕生／袋井・東海道どまん中茶屋／方角す干支瓦」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成 15 年 4 月 30 日朝刊	名倉孝氏が干支の瓦モニュメントを寄贈。	名倉孝氏蔵
236	「平成 14 年度総会において新体制決まる!!／会長に山本信彦氏」	(記載なし)	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第16号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成 15 年 6 月 3 日	『鬼瓦・瓦屋根再考』509頁。副会長の筆頭に名倉孝氏の名がある。	名倉孝氏蔵／小栗蔵
237	「名倉孝副会長／黄綬褒章の荣誉に／～よるこびの言葉～」	(署名はないが内容から名倉孝氏の挨拶文と判る)	同上	同上	同上	同上、512頁。	同上
238	「"ちょいと一服"さらに好評／袋井「東海道どまん中茶屋」3年目のリニューアル／名物おばあちゃん／笑顔でおもてなし／(静岡特報／くらしと健康)」	袋井通信部・夏目貴史	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2003 年 9 月 2 日朝刊	名倉孝氏制作の12支モニュメントの言及と、どまん中茶屋の写真有。	名倉孝氏蔵
239	「自分たちの手で『卒業記念』制作／袋井北小6年／瓦用粘土でペン立て」	夏目貴史	『中日新聞』(静岡県：中・東遠版)	中日新聞社	2003 年 11 月 30 日朝刊	名倉孝氏と5代目の元久氏が指導。指導する元久氏の写真有	名倉孝氏蔵
240	「櫛川村小中校に／「瓦の校章」を制作／袋井の鬼板師名倉さん」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成 15 年 12 月 24 日朝刊	袋井市の姉妹都市・長野県櫛川村(現塩尻市)の学校の校章を名倉孝氏が瓦で制作。写真有。	名倉孝氏蔵
241	「鬼秀さんと鬼瓦を作ったよ！」	(記載なし)	『広報ふくろい』第 938 号	袋井市	2004 年 1 月 1 日発行	9 頁。袋井北小学校で指導する名倉孝氏の紹介。写真3枚有。	名倉孝氏蔵
242	『仕事の原点 —渡辺文雄の職人紀行— 対談集』	ライター：渡辺慶司	—	中央職業能力開発協会	平成 16 年 2 月	B6版全 310 頁の書籍。167～185 頁に「その九／鬼が屋根で笑っている／鬼板師 名倉孝さん」が収録。	名倉孝氏蔵／小栗蔵
243	「花で”ミニ袋井市”／花博出展へ試作」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成 16 年 3 月 7 日朝刊	浜名湖花博に出展する袋井市のグループが試作した花壇に「笑う鬼瓦」が配置されていると紹介。但し名倉氏の名は記載なし。花壇の写真有。	名倉孝氏蔵 切り抜き
244	「浜名湖花博／3 日から「風水の庭」／文化創造館が模様替え」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成 16 年 5 月 27 日朝刊	名倉孝氏も花器製造で参加、と記載あり	名倉孝氏蔵
245	【Web】「庭文化創造館」	(記載なし)	<a href="http://www9.wind.ne.jp/imai-a-a/a/hanahaku/index.html">http://www9.wind.ne.jp/imai-a-a/a/hanahaku/index.html</a>	サイト「imai-a-a」( http://www9.wind.ne.jp/imai-a-a/)のトップにリンクあり。風水研究家の今井雅晴が代表を務めるサイト。今井氏は「風水の庭」のテーマディレクターの1人であった。	(詳細不明。名倉氏にオブジェを製作して頂く「予定」とある。しかし、実際に名倉氏が作ったオブジェの写真も掲載されている。花博の企画後に書かれたものを纏めた資料と推測される。)	2004 年開催の浜名湖花博の際に庭文化創造館で行われたイベント「風水の庭」で、名倉孝氏製作の波のオブジェに華道家の假屋崎省吾氏が生け花を飾る作品が展示された。そのイベントの紹介と名倉氏等参加クリエイターの紹介が記載されている。	WEB公開情報
246	「中国四〇〇〇年の神秘に学ぶ、ハッピー・カムカム・ガーデン／花・緑×運勢 風水の庭」【チラシ】	(庭文化創造館が期間中に用いた案内チラシ)	—	(庭文化創造館)	(期間は 2004 年 6 月 3 日～6 月 30 日)	B4 版強1枚に両面印刷されたチラシ。「遠州鬼瓦鬼板師 四代目鬼秀／名倉孝さん」の紹介欄で「オリジナル花器を製作していただきます」と記載あり。顔写真あり。	名倉孝氏蔵
247	「遠州瓦用いオブジェ作り／袋井の名倉さん」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2004 年 6 月 3 日朝刊	18 頁。浜名湖花博の展示準備中の紹介。	名倉孝氏蔵
248	「富士山(浜名湖花博)遠州灘が「主役」、假屋崎さん庭造り実演」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成 16 年 6 月 3 日朝刊	21 頁。假屋崎氏と名倉孝氏の写真あり。	名倉孝氏蔵
249	『「風水の庭」お披露目／假屋崎さん 制作のポイント解説』	記載なし	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成 16 年 6 月 9 日朝刊	21 頁。8 日夕方に開催のお披露目会。名倉孝氏の名もある。	名倉孝氏蔵
250	「雑感」	日本鬼師の会副会長 名倉孝	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第17号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成 16 年 7 月 20 日	『鬼瓦・瓦屋根再考』514頁。浜名湖花博で袋井市出展の花壇に「平成の笑鬼プレート」(写真有)を、また庭創造館で「瓦のオブジェ」を、それぞれ制作出展したと紹介。	名倉孝氏蔵／小栗蔵
251	『中経連』通巻第 161 号	中部経済連合会	—	中部経済連合会	2004 年 11 月 1 日発行	表紙に名倉孝氏の絵(落款は「中原けんじ」)が、表紙裏に「表紙：モノ物部・中部 匠の技 遠州鬼瓦(静岡県袋井市)」と題した紹介記事が掲載。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
252	【TV番組名】「晴れたらイイねッ! Let's コミ隊」、【サブタイトル】「福を呼ぶ旅! #517 静岡県遠州地方」	制作協力:テレコムスタッフ、制作著作:フジテレビ	フジテレビ系で放送(静岡県内はテレビ静岡)	フジテレビ	2004年12月5日午前7時~7時30分に放送	フジテレビの女子アナ等が鬼秀工房を訪れ制作体験も。名倉氏紹介部分は約4分。	名倉孝氏蔵 VHS(制作側から提供されたもの)
253	「瓦で表現 “遠州灘” / 袋井市役所に展示」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成16年12月31日朝刊	14頁、「西部圏ワイド」紙面。花博で展示された彼のオブジェが市役所正面に置かれたことの紹介記事。文中、オブジェは飯屋崎省吾氏と名倉氏の「共作」とあるのは間違い。名倉氏が制作。	名倉孝氏蔵
254	【TV番組名】「静岡〇ごとワイド!」、【コーナー名】「〇ごと今日の特集/節分といえば鬼!」	静岡第一テレビ	静岡第一テレビ	静岡第一テレビ	平成17年2月2日夕方放送	名倉孝氏の紹介は午後5時06分~11分までの約4分。	名倉孝氏蔵 VHS
255	「ふるさと袋井の匠たち展」【案内葉書】	(主催・袋井市文化協会)	—	(主催・袋井市文化協会)	(期間は2005年3月6日~8日)	印刷された葉書1枚。名倉氏の記載はないが、氏も参加した企画	名倉孝氏蔵
256	「目録/ふるさと袋井の匠たち展」【リーフレット】	同上	—	同上	同上 【会場は袋井市総合センター4階】	黄色のA3版厚紙を2つに折ったA4版のリーフレット。出品目録の中に「工芸」として名倉孝氏の「平成の笑い鬼瓦」がある。	本目録資料 No.68 袋井図書館蔵)内に収録
257	「“笑い鬼” / 福呼び込んで / 袋井北小に鬼瓦 / 職人・鬼秀さんが寄贈」	夏目貴史	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2005年3月10日朝刊	同上展に出品の作品を名倉孝氏が北小学校に寄贈。写真有。	名倉孝氏蔵
258	「地元小学校へ / 鬼瓦を寄贈 / 袋井の名倉さん」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2005年3月10日朝刊	同上。写真有。	名倉孝氏蔵
259	「新市への期待新た / 歩み振り返り功労者表彰 / 磐田、袋井、豊岡で閉市、閉村式 / (和太鼓、合唱で式に”花” / 袋井)」	正木徹、間淵文隆、夏目貴史【うち袋井の記事は夏目氏によると推断】	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2005年3月28日朝刊	袋井市の閉市式で表彰された中に、「功労表彰」で名倉孝氏の名がある。	名倉孝氏蔵
260	「「古里」の歩み 心に刻み / 閉市式 / 46年の歴史振り返る / 袋井 合唱やビデオ上映も」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2005年3月28日朝刊	同上。「産業功労」で名倉孝氏は表彰されている。	名倉孝氏蔵
261	「袋井市閉市式表彰者(3月27日)」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成17年4月1日号	13頁。「功労表彰(産業)」の受賞者に名倉氏の記載あり。	袋井図書館蔵 / 小栗蔵
262	「文化出前講座 / 「本物力」現場で好評 / 達人らが教室指導 / 小中高対象、実施は少数 / (現場から / 教育はいま)」	高木忍	『朝日新聞』(静岡県版)	朝日新聞社	2005年6月3日朝刊	31頁。「静岡遠州」紙面。県教委が実施の「文化出前講座」で、名倉孝氏による鬼瓦作りが袋井北小学校で行われていることを紹介。写真有。	名倉孝氏蔵
263	「表情豊かに 鬼瓦作り / 袋井北小 / 5年生128人、世界に一つの名作 / 地元名工、名倉さんの指導受け」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成17年6月3日朝刊	「西部圏」紙面。同上、名倉孝氏の指導を紹介する記事。	名倉孝氏蔵
264	「新しい袋井市の「魅」「力」をちょっと紹介…」	記載なし	『NEO ばんぶきん』Vol.298、第26巻第7号、通巻298号	(旬)ばんぶきん出版	平成17年7月1日	61頁。遠州鬼瓦の紹介あり。但し「平成の笑い鬼」とキャプションがある写真は笑った鬼ではない。	名倉孝氏蔵
265	「新袋井市誕生を開市記念式典で祝いました」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成17年7月15日号	2~3頁。記事中に名倉氏又は鬼秀等の文字はないが、3頁掲載の「会場隣のホールで開催された袋井の匠展」の写真に、名倉氏出品の鬼瓦が写っている。	名倉孝氏蔵
266	「一言」	日本鬼師の会副会長 名倉孝	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第18号(No.67の「鬼瓦・瓦屋根再考」に収録。同誌収録はこの第18号まで。)	日本鬼師の会	平成17年8月18日	『鬼瓦・瓦屋根再考』520頁。花博で袋井市が出展した花壇に「平成の笑い鬼プレート」(写真有)を、庭創造館で「瓦のオブジェ」を、それぞれ制作出展したことの紹介も。	名倉孝氏蔵 / 小栗蔵
267	【Web】「静岡県郷土工芸品指定 / 現代の名工展 / 四代目 鬼秀 名倉孝」	NPO 靱彦・沐芳会(ゆきひこもくほうかい)	(該当ページは現在では不在。現在の同会HPはhttp://npo-yukimoku.net/)	NPO 靱彦・沐芳会	(期間は平成17年9月17日~10月27日)	静岡県伊豆市修善寺町の新井旅館で開催された名倉孝氏の作品展の紹介ページ。計7頁程の分量で氏と作品を紹介。	WEB公開情報
268	「27日まで遠州鬼瓦展示 / 伊豆修善寺の新井旅館 / 「鬼秀」4代目名倉さんの作品」	記載なし	『伊豆日日新聞』	伊豆日日新聞社(伊豆新聞グループ)	平成17年10月13日朝刊	同上展の記事。作品展の写真有。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
269	「喜怒哀楽豊か／遠州鬼瓦 30点／「現代の名工展」	記載なし	『東京新聞』(静岡県版)	中日新聞東京本社	平成 17 年 10 月 13 日朝刊	23 頁。同上展の記事。写真有。	名倉孝氏蔵
270	「風格漂う鬼瓦並ぶ／修善寺で展示会」	(記載なし)	『静岡新聞』(静岡県:伊豆・東部版)	静岡新聞社	2005 年 10 月 23 日朝刊	同上展の記事。写真有。	小栗コピー蔵／名倉孝氏蔵
271	「森町合併 50 周年記念式典【パンフレット。当日参加者に配られたもの】	森町	—	森町	(式典は平成 17 年 11 月 13 日)	式典で表彰された善行表彰者の中に名倉孝氏(袋井市)が有。	名倉孝氏蔵
272	「市民らがフォーラム結成／新「袋井市」の魅力 全国にアピール」	(記載なし)	『朝日新聞』(静岡県版)	朝日新聞社	2005 年 11 月 18 日朝刊	新袋井フォーラムで名倉孝氏らを紹介する本の出版計画があると記述があり、それは実現できていない。	小栗コピー蔵
273	「「鬼秀」が優しく指導／袋井北小でペン立て作り」	(記載なし)	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	2005 年 11 月 18 日朝刊	県指定の「芸術文化体験講座」として実施。写真有。	名倉孝氏蔵
274	「祖父の技 継承し発展／鬼瓦職人 名倉元久さん(25)／次々新商品「成長楽しみ」／(ことし上向き! ②)」	今泉有美子	『産経新聞』(静岡県版)	産経新聞社	平成 18 年 1 月 5 日朝刊	名倉孝氏から指導を受ける 5 代目元久氏の紹介。写真有。	名倉孝氏蔵
275	「鬼瓦制作に挑戦／森・三倉小で瓦職人鬼秀さん招き学習会」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2006 年 1 月 29 日朝刊	写真有。	名倉孝氏蔵
276	「(ひと紀行@商店街 23 袋井駅前商店街(袋井市))／フクロウで福呼ぶ／7 体目の像完成／歴史と文化を魅力に」	磯部洵資	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	2006 年 2 月 8 日朝刊	の名倉孝氏作フクロウの像第 1 号「開運」(駅前駐輪場壁面に設置)の写真有。	名倉孝氏蔵
277	「流浪の鬼板師の技とその伝播」【三州出身の鬼板師・谷野栄吉に関する論考。大正期に谷野が浜松の名倉紋太郎(孝氏の祖父)の家に逗留し(93 頁)、当時の図画が名倉孝氏の元に保存されていること(94 頁)、本論考のために名倉孝氏に取材をしていること(105 頁)等が記されている。】	高木文夫	『埼玉民族』第 31 号	埼玉民族の会	平成 18 年 3 月 31 日	92～105 頁。ほかに、谷野が紋太郎家を去る時に息子・秀三(孝氏の父)と一緒に修業に行くよう誘われたが断ったこと(94 頁)、谷野の技が紋太郎・秀三・孝氏にも影響を与えていること(103 頁)も記されている。	名倉孝氏蔵
278	「「袋井との友好未永く」／米オレゴンの姉妹都市／市長らが表敬訪問」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2006 年 4 月 13 日朝刊	ヒルズボロ市長らが袋井市訪問時に「鬼瓦工房」を視察したことの記載あり。他に名倉孝氏の記述はない。	名倉孝氏蔵
279	「島田瓦物語」	日本鬼師の会副会長 名倉孝	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報) 第 19 号(同号以下は原紙にて確認)	日本鬼師の会	平成 18 年 6 月 1 日発行	1 枚紙を 2 つ折にしたタブloid版 4 頁分(頁は付されていない)の印刷物。4 頁目相当の箇所に掲載。	名倉孝氏蔵
280	「しずおか 大人もはまる 社会見学」	静岡新聞社	—	静岡新聞社	2006 年 7 月 25 日	A5 版全 144 頁の書籍。12～13 頁の見開きで「茶房「笑鬼庵」& ギャラリー「遠州鬼瓦」が掲載。	名倉孝氏蔵
281	「ありがとう」	名倉孝	『やまぼうし』第 20 号	袋井自然に親しむ会	平成 18 年 8 月 1 日	3 頁。会で足柄峠へ行った時の感想文。	名倉孝氏蔵
282	「焼き物作り 思い思いに／袋井の若草幼稚園／卒園記念で置物など」	伊東秀生	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2006 年 10 月 21 日朝刊	21 頁。指導する名倉孝氏の写真有。	名倉孝氏蔵
283	「初代の県技能マイスター／造園の市川さん(浜松)ら 11 人／県商工労働部発表」	古庄英輔	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2006 年 11 月 12 日朝刊	「しずおかの匠」11 名の中に名倉孝氏も。写真入りで紹介。	名倉孝氏蔵
284	「技能五輪まであと 1 年、職人ら美技披露 プレ行事、マイスター 11 人認定」	(記載なし)	『朝日新聞』(静岡県版)	朝日新聞社	2006 年 11 月 15 日朝刊	第 1 回「県技能マイスター」に選定された 11 名の中に鬼瓦師の名倉氏あり。	朝日新聞データベース「開蔵」
285	「遠州の匠／遠州鬼秀 四代目 名倉孝さん」	(記載なし)	『ほっと通信』No.1	袋井市観光協会発行	2006 年 11 月 15 日	4 頁	本目録資料 No.299(袋井市立浅羽図書館蔵)内に収録／名倉孝氏蔵
286	「世界にひとつだけの卒園記念品」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成 18 年 11 月 15 日号	6 頁。袋井市の若草幼稚園で名倉氏が焼き物作り指導。写真有	名倉孝氏蔵
287	「県技能マイスター認定／市長に喜びの報告／袋井 鬼瓦職人の名倉さん」	夏目貴史	『中日新聞』(静岡県:中・東遠版)	中日新聞社	2006 年 11 月 17 日朝刊	原田市長に報告する名倉夫妻の写真有。	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
288	『The 2nd Decorated Terra-cotta Concours 第2回飾り瓦コンクール応募作品集』	飾り瓦コンクール実行委員会	—	飾り瓦コンクール実行委員会	(期間は平成19年2月27日～3月4日) 【会場は、高浜市やきもの里かわら美術館】	A4版全12頁の冊子。5代目名倉元久氏の作品「33 荒目花器」が「日本屋根経済新聞社賞」を受賞(12頁)。作品の写真は4頁に掲載。名倉孝氏に関する記載はない。	名倉孝氏蔵
289	『磐南の暮らしを支えた文化財』	編集・磐南文化協会	—	発行・磐田市教育委員会	平成19年3月26日	A4版本編180頁+巻末資料の書籍。写真主体。138頁、「技能」の部の筆頭に「遠州鬼秀四代目・名倉孝氏」の写真入り紹介記事がある。	名倉孝氏蔵
290	『伝統工芸の『わざ』の伝承 一師弟相伝の新たな可能性— 【第3章に「1.1 遠州鬼瓦製造の鬼秀4代目」(22～26頁)が収録されている他、随所に名倉孝氏及び5代目元久氏からの聞き取り調査の結果を用いた言及がある。】	林部敬吉・雨宮正彦【共に静岡大学教授】	—	酒井書店	2007年3月30日	161頁以下には鬼瓦製造工程をバーチャルリアリティで表示するシステムの紹介あり。なお、22頁の「電気炉」は「ガス窯」の誤り。23頁の「図3.2 笑う鬼瓦」の写真も笑った鬼瓦ではなく普通の鬼瓦の写真になっている。	名倉孝氏蔵／小栗蔵
291	【TV番組名】「たっぷり静岡」、【コーナー名】「頑張れ！ものづくり」、【サブタイトル】「守り伝える伝統の鬼瓦」	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	平成19年5月10日夕方放送	午後6時31分～38分の約7分間、鬼秀工房から中継で紹介された。	名倉孝氏蔵VHS(制作側から提供されたもの1本、個人録画1本)
292	「ものづくりの伝統継承／「人材の育成 急務」／「職人さん」ら知事とトーク」	飯田時生	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2007年6月29日朝刊	県浜松総合庁舎で開催の「遠州はつらつトーク」で8人の職人らが参加。掲載写真に5代目元久氏が写っている。但し、記事本文には何も記載がない。孝氏は関与なし	名倉孝氏蔵
293	【TV番組名】「FNN テレビ静岡スーパーニュース」【フジテレビ系の夕方ニュース番組「FNNスーパーニュース」の地方枠】	フジテレビ(テレビ静岡)	フジテレビ(テレビ静岡)	フジテレビ(テレビ静岡)	2007年9月7日夕方放送	「技能マイスター」の紹介部分で、名倉孝氏を取り上げられ、1分強、紹介された。	名倉孝氏蔵VHS(テレビ静岡から提供されたもの)
294	「「世界に一つ」／完成楽しみ／袋井・若葉幼稚園年長児ら57人／粘土に自分の手形／焼き物作りに挑戦」	夏目貴史	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2007年10月19日朝刊	名倉孝氏が指導。写真有。	名倉孝氏蔵
295	「静岡の工芸／写真クイズ」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞社	2008年1月1日朝刊	元旦朝刊第4部12～13頁に両面見開きで新年の写真クイズ(静岡の工芸品12品)があり、その中に「遠州鬼瓦」がある名倉氏の名は記載なし。	名倉孝氏蔵
296	【TV番組名】「情報戦隊 Wind-E」【コーナー名】「ふるさと歴史発見!」、【タイトル】「ロマン 10/日本の屋根から暮らしを見つめる遠州鬼瓦」	ケーブル・ウィンディ(浜松市に本社を置くケーブルテレビ)	—	ケーブル・ウィンディ	(後掲2011年3月1日放送の同局別番組【資料No.316】中に、これが「2008.4 放送」とテロップで紹介されているのでここに置いた。)	「情報戦隊 Wind-E」(30分)の番組中、約8分間。名倉孝氏のインタビュー含む。	名倉孝氏蔵DVD(但し、2009年2月放送分=資料No.301に同じ)
297	「表札づくりにチャレンジ／(まちかどトピックス)」	(記載なし)	『広報ふくろい』No.89	袋井市	平成20年12月1日号	11頁。名倉孝氏が袋井北小学校6年生の卒業制作を指導。	名倉孝氏蔵
298	「名倉孝さん(鬼瓦師)／～“本物がわかる人”にほめられるような人になりたい～」	(記載なし)	『人づくりニュースレター 意味ある人』2008 vol.6	編集・発行：静岡県県民部文化学術局大学室(人づくりスタッフ)	平成21年1月5日	1頁目。本誌には頁は付されていない。	本日録資料No.299(袋井市立浅羽図書館蔵)内に収録／名倉孝氏蔵／小栗蔵
299	袋井市関係資料(ファイル) 【本日録掲載の名倉氏関連の資料他が収録されているファイル】	(袋井市立図書館・編)【但し図書館に登録されている情報】	—	—	(2009年2月) 【但し図書館に登録されている年月】	市販A4サイズの2穴チューブファイル1冊。	袋井市立浅羽図書館蔵(事務局内・郷土資料・請求記号 K215.4フ、資料番号 10072938)
300	『PROGRAM GUIDE／ケーブル・ウィンディ 番組案内』2009年2月号=第167号	編集・発行／浜松ケーブルテレビ	—	編集・発行／浜松ケーブルテレビ	2009年2月1日発行	3頁に、番組「情報戦隊 Wind-E」中の「ふるさと歴史発見!」で名倉孝氏を取り上げた「日本の屋根から／暮らしを見つめる遠州鬼瓦」が、2日からリピート放送開始と記載有	名倉孝氏蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
301	【TV番組名】「情報戦隊 Wind-E」【コーナー名】「ふるさと歴史発見!」、【タイトル】「ロマン 10/日本の屋根から暮らしを見つめる遠州鬼瓦」	ケーブル・ウィンディ(浜松市に本社を置くケーブルテレビ)	—	ケーブル・ウィンディ	2009年2月2日から放送(上記No.300より)。同番組は何回もリピート放送されている。	内容は資料No.296と同じ。2008年4月が初放送なら、ここは再放送ということになる。詳細は不明。	名倉孝氏蔵DVD
302	「ものづくりの魅力発信／浜松で技能祭」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成21年3月2日朝刊	15頁。「浜松テクノカレッジ技能祭2009」に県技能マスターの1人として名倉孝氏は表札作り体験指導で参加。写真有。	名倉孝氏蔵／小栗研究室記事データベース収蔵
303	「笑う鬼」	袋井市教育委員会編	『ふるさと袋井に生きる』【市内小中学生用の道徳補助教材】	袋井市教育委員会発行	平成21年4月1日発行	3～8頁。本書筆頭に置かれた名倉孝氏の紹介記事。写真3枚有。	袋井図書館／名倉孝氏蔵／小栗蔵
304	「ふるさとの名人教材に／袋井市教委 作製費は市民の寄付」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2009年4月5日朝刊	17頁。上記書籍の紹介記事。「鬼瓦製作の名人名倉孝さん」らが紹介されていると記載	小栗研究室記事データベース収蔵
305	【TV番組】「たっぷり静岡」、【コーナー名】「しずおかの匠／第1回／鬼に命を吹き込む」	NHK総合テレビ(静岡)／(報告・浦井洋カメラマン)	NHK総合テレビ(静岡)	NHK総合テレビ(静岡)	平成21年4月9日午後6時10分～7時に放送の番組	番組中約8分間放送。名倉孝氏のインタビュー含む。	名倉孝氏蔵DVD
306	【Web】「第一回 4月9日放送 遠州鬼瓦／しずおかの匠」	NHK総合テレビ(静岡)／(担当・浦井洋カメラマン)	<a href="http://www.nhk.or.jp/shizuoka/program/tappuri/takumi/09/0001.html">http://www.nhk.or.jp/shizuoka/program/tappuri/takumi/09/0001.html</a>	NHK静岡放送局(総合テレビ)	平成21年4月9日放送分の紹介ページ	同上番組の紹介ページ。	WEB公開情報
307	「遠州瓦／秋葉街道(54)／古道を歩く／土と炎の美 脈々と」	文・鈴木寛一郎、写真・塚原勝二	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成21年6月8日朝刊	28頁上半分の特集。記事中に名倉孝氏の紹介あり。写真有。	名倉孝氏蔵
308	「すずらんの里山」	名倉孝	『やまぼうし』第23号	袋井自然に親しむ会	平成21年8月1日発行	1～2頁。名倉氏が参加した同会の旅行の感想文。	名倉孝氏蔵
309	「戦国夢街道／秋葉街道(61)／古道を歩く／時空引き寄せる静寂」	文・鈴木寛一郎、写真・塚原勝二	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成21年8月10日朝刊	5頁上半分の特集。森町・乙丸の神明神社にあるウサギと月の瓦が、名倉孝氏の若き日の作品であると紹介。写真有。	名倉孝氏蔵
310	「新役員体制(任期:平成20年10月19日総会～)」	(記載なし)	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第22号	日本鬼師の会	平成21年9月15日発行	1頁目相当に掲載。「理事」の筆頭に「名倉孝(静岡)」がある。	名倉孝氏蔵
311	「鬼瓦職人からは粘土細工学び／「上手にできた!!」／地域の「名人」とふれあい／袋井で園児ら」	夏目貴史	『中日新聞』(静岡県:中・東速版)	中日新聞社	2009年10月28日朝刊	14頁。若草幼稚園で名倉孝氏が粘土細工指導。写真有。	名倉孝氏蔵
312	『しずおか 静岡県 体験・産業観光ガイドブック』【パンフレット】	社団法人静岡県観光協会	—	社団法人静岡県観光協会	(記載なし。但し、裏表紙の静岡空港からの発着便紹介に「2010年4月現在」とあり、それ以降の発行と推定される)	A4版全22頁。16頁の県西部地区体験学習先リストの「工場見学」受け入れ先として、「鬼秀」が記載されている。	名倉孝氏蔵
313	「技／～静岡の伝統工芸品⑤～／遠州鬼瓦」	(記載なし)	『互助新聞』第500号	静岡県教職員互助組合発行	平成22年5月1日	11頁	名倉孝氏蔵
314	『市子連だより みらい』【子ども役員への情報誌】	袋井市子ども会育成連合会	—	袋井市子ども会育成連合会	平成22年9月1日発行	A4版全14頁の冊子。2～4頁の本編は子ども会活動に適した団体等を紹介する内容で、4頁に「7.粘土細工」として「遠州鬼秀／名倉孝」の項目がある。但し、掲載写真は5代目元久氏。	名倉孝氏蔵
315	【Web】「鬼瓦師／名倉孝／【立川流 鬼秀 4代目】(静岡県ものづくり人材図鑑)」	(静岡県ものづくり人材図鑑)	<a href="http://www.s-syokunin.com/craftsmen.php?id=39&amp;ref=http%3A%2F%2Fwww.s-syokunin.com%2Fcraftsmen%2Fmaster.php%3Fjobs%3D3">http://www.s-syokunin.com/craftsmen.php?id=39&amp;ref=http%3A%2F%2Fwww.s-syokunin.com%2Fcraftsmen%2Fmaster.php%3Fjobs%3D3</a>	「静岡県ものづくり人材図鑑」( <a href="http://www.s-syokunin.com/index.php">http://www.s-syokunin.com/index.php</a> )トップページより検索を。	(詳細不明だが、Copyrightのクレジットに「2011」とあり、サイトは2011年に作られたことが分かる。)	「静岡県ものづくり人材図鑑」は、静岡県内で、ものづくりに携わる技能者等を紹介するサイト。県の委託事業として㈱レイラインが管理運営。	WEB公開情報
316	【TV番組名】「ドラ町っく／堀越(袋井市)」	ケーブル・ウィンディ	ケーブル・ウィンディ	ケーブル・ウィンディ	2011年3月1日午後9時30分～45分	番組中、キャスター2人が工房を訪れ、名倉孝氏の作業と作品を紹介する部分が4分弱ある。	小栗個人録画蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日等	掲載頁／備考	所蔵場所等
317	「名工に習い 瓦づくり」	寺田久美子	『読売新聞』(静岡県版)	読売新聞社	2011年3月3日朝刊	袋井北小学校の児童に名倉孝氏・元久氏が指導。写真有。	名倉孝氏蔵
318	「雨季の旅」	名倉 孝	『やまぼうし』第25号	袋井自然に親しむ会	平成23年8月1日	2頁	小栗個人蔵
319	『Sure シュアー 静岡県土地家屋調査士会だより』 Vol.20 【A4版全6頁分(表裏表紙別)の刊行物。頁は付されていない。】	静岡県土地家屋調査士会	—	静岡県土地家屋調査士会	2011年11月1日発行	表紙全面に遠州鬼瓦の写真あり。また、5～6頁に相当する見開き部分に「日本の屋根の／伝統と美を守る／遠州鬼瓦」と題して名倉孝氏の紹介あり。写真多数。	名倉孝氏蔵
320	【Web】「ふくろう」	(詳細不明／プロフィール欄には「石垣屋敷」とある。)	http://mino.hama1.jp/e935176.html	ブログサイト「博物館森 in 遠州国」(http://mino.hama1.jp/)内の記事。	2011年11月25日の記載日あり	「袋井市が生んだ著名な芸術家陶芸作家、鬼秀さんの作品」として袋井駅前の「ふくろう」を紹介。このブログ著者は、名倉氏の友人であると自ら記載	WEB 公開情報
321	【Web】『「笑う鬼」で切り拓いた未来への道すじ／いぶし銀に、伝統をつなぐ思いを込める／名倉 孝／鬼秀 4代目(ふじのくに・ささえるチカラ)』	(ふじのくに ささえるチカラ)	http://sasaeruchikara.jp/?post_type=parsons&p=681	「ふじのくに ささえるチカラ」(http://sasaeruchikara.jp/)トップページより検索を。	(「取材日:2011.12.16」と記載あり)	「ふじのくに ささえるチカラ」は県の文化活動を支援し、次世代の育成に尽力する人材・団体を取材し、発信するために、静岡県が始めたプロジェクトで、㈱レ・サンクが委託を受けて実施。	WEB 公開情報
322	「暮らしを彩る手作りの逸品／SHIZUOKA CRAFTS 静岡県の郷土工芸品」【リーフレット】	静岡県・静岡県郷土工芸品振興会	—	静岡県・静岡県郷土工芸品振興会	平成24年2月発行	3つ折にしてB4版になるリーフレット。遠州鬼瓦の紹介あり。	名倉孝氏蔵／小栗蔵
323	『静岡県地場産業ガイドブック 魅力あるものづくり県しずおか』	企画・編集:SB Sメディアサービス(株)	—	発行:静岡県経済産業部商工業局地域産業課	平成24年3月発行し	A4版全79頁の書籍。74頁に「遠州鬼瓦」の紹介あり。連絡先として「鬼秀 名倉孝」の電話番号が記載。	名倉孝氏蔵
324	「新役員体制について」(任期:平成23年5月18日理事会～)	(記載なし)	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報) 第24号	日本鬼師の会	平成24年3月27日発行	1頁相当に掲載。「名誉顧問」の中に「名倉孝(静岡)」がある。	名倉孝氏蔵
325	「新袋井フォーラム講座」	(記載なし)	『お知らせふくろい』	袋井市	平成24年8月15日号	3頁。9月8日に名倉孝氏の講座「この道、ひと筋」が開催されることの告知記事。	袋井図書館・浅羽図書館蔵／小栗個人蔵
326	「平成24年度第2回(通算第9回目)「新袋井フォーラム講座」の記録」【新袋井フォーラムと市教育委員会共催による「講座」】	(記載なし)	『新袋井フォーラム会報』 第29号	新袋井フォーラム	2012年10月1日発行	5～8頁。同上名倉孝氏の講座「この道、ひと筋～「現代の名工」が語る人生論～」の講演要旨が掲載。	袋井図書館・浅羽図書館蔵／小栗個人蔵
327	【TV番組名】「ふじのくにケンミン(AI)」	企画制作・静岡県広報課、制作協力・SDTエンタープライズ	静岡第一テレビ	静岡第一テレビ	2012年10月18日午後9時54分～10時放送	全約4分。久保ひとみキャスターが工房を訪れ、名倉孝氏と5代目元久氏を紹介。	小栗個人録画蔵
328	【TV番組名】「ニュースしずおか845」、【ニュース名】「小学生制作の遠州鬼瓦が完成」	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	NHK 総合テレビ(静岡)	2013年1月17日午後8時45分～9時放送	1分強。袋井北小児童が焼き上がった卒業制作の鬼瓦を、鬼秀の窯から受け取る様子を紹介。	小栗個人録画蔵

以上

(\*本目録掲載の情報は2013年2月末までに小栗が確認できたものに基づく)

## 教育教材としての卓上深絞り機の開発

### Development of Table Top Deep Drawing Machine as Teaching Material

吉田 昌史\*, 内海能亜\*\*, 野崎孝志\*

Masashi Yoshida, Noah Utsumi, Takashi Nozaki

**Abstract:** A table top deep drawing machine for understanding plastic working was developed in this study. It was light enough to be moved around easily, dismantled and re-assembled, and safe to carry out the deep drawing press on a desk in class. Deep drawing press of pure aluminum foils was also conducted to evaluate the formability of this machine. Effect of lubricant on the formability was investigated using our machine. We can observe the defects such as the cracking and the wrinkling during the forming. Critical blank-holding force in deep drawing of the foils were estimated using Siebel's equation, and the blank-holding force required for the elimination of wrinkling was confirmed through the experimental results.

#### 1. はじめに

塑性加工とは塑性を利用して材料を永久変形させ、目的に応じた寸法や形を得る加工法である。この加工は切屑が出ないため、材料の無駄が少なく、製品を大量生産でき、加工によって材料の機械的性質を改善できるなどの利点を持つ。塑性加工品は、自動車、建築物、台所用品、文房具や硬貨までに及んでおり、ものづくりを行う上で塑性加工は重要な役割を果たしている。このため、高等教育機関では、これに関する教育が以前から行われてきた。しかし、近年においては実習・実験科目、先端科目が多くなり、塑性加工に関する内容を学ぶ授業時間が削減されている。本学機械工学科においては、2年前期の半期で「材料加工学」が開講されており、15回中5回だけ塑性加工についての授業が行われている。3年前期に塑性加工に関する実験が行われているが、一つの実験装置に対し8人～10人の学生が配置するような形であるため、塑性加工の利点・特徴などを十分に理解することは難しいと思われる。一方、除去加工である機械加工については、座学講義は勿論のこと、旋盤・フライス盤を利用した機械工作に関する実習が行われている。本学機械工学を卒業した学生のほとんどが加工に関する企業に就職するが、塑性加工に触れたことのある学生はほとんどおらず、塑性加工の利点、特徴、重要性について十分に理解せず卒業している。このため、機械工作実習のように塑性加工実習を行う必要があると思われるが、塑性加工装置は高価、大型設備であるため、高等教育機関であっても簡単に導入することはできない。

これまでに、我々は小型プレス機械を製作し、塑性加工の原理や各種加工法によって製品が完成するまでの行程が学べる小中学生対象の教育プログラムを検討し、小型加工機を使用すれば、小中学生でも塑性加工の意義を十分に

理解することができるということが分かった<sup>1-2)</sup>。これらの結果を生せば、小型プレス機を用いれば工学部学生らも塑性加工に関する意義を十分に理解させることが出来ると思われる。このため、我々は第一段階として座学講義内で加工の体験をすることができる卓上加工機の開発を目的としている。なお、工学系の大学だけでなく、工業高校、普通科高校、小・中学校でも加工教育が実施できるよう、主にCNC卓上加工機(オリジナルマインド社製)を使用し、加工機の製作を行うこととし、大型加工機は用いないようにした。比較的安価なCNC卓上加工機を用いれば、切削加工の教育、CAM教育にもつながる可能性があり、本加工機を広く展開することが出来ると思われる。今回の報告では、卓上深絞り機を製作するとともに、製作した加工機を用いて加工実験を行ったので、この結果を報告する。

#### 2. 卓上深絞り機の製作

##### 2.1 素板

素板には純アルミニウム(ニラコ株式会社製)を使用した。形状は $\phi 20 \times 0.1$  mmであり、処理温度400℃、加熱保持時間1hとし、大気中で焼きなましを行ったものを使用した。金属箔の深絞り成形においては、板厚の薄板化にともない破断限界が低下するとともに、しわが発生しやすくなることが知られている<sup>3)</sup>。しわ発生の抑制には、大きなしわ押え力が必要となり、限界しわ押え力の評価には、E. Siebelの式が広く用いられている<sup>4)</sup>。図1はSiebelの式から見積もったときの限界しわ押え力と板厚との関係を示しており、板厚が薄くなるとともに限界しわ押え力が徐々に増加し、板厚0.3mmでは急激な増加を示している。しわ押え力の増加により、しわ押えと素板との接触面における摩擦抵抗力が増加し、成形性が著しく低下する。板厚

2013年2月28日受理

\* 理工学部 機械工学科

\*\* 埼玉大学 教育学部 技術教育講座

を大きくすれば加工は容易になるが、成形荷重が増加するため加工機の小型化が困難となる。卓上で利用できる加工機の製作を目的としているため、今回は素板に純アルミニウム箔を用いることにした。なお、高精度加工は求めず、深絞り加工の概略が理解できるような構造となるよう、加工機的设计・製作を行うようにした。

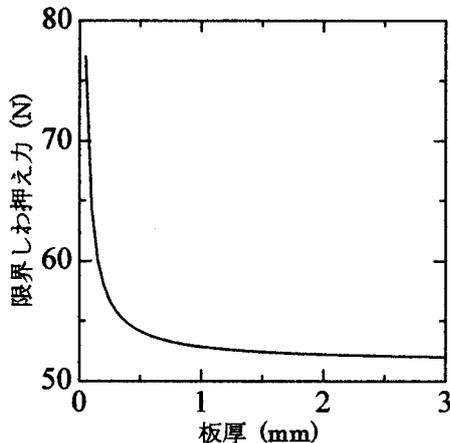


図1 限界しわ押え力と板厚との関係

2.2 卓上深絞り加工機の概略

材料・部品などは入手しやすいよう、ミスミ株式会社で購入することとし、加工機的设计製作を行った。製作した加工機の外観を図2に示している。加工機の部品点数は23点、製作費は15,000円であった。パンチ、ダイス、ボルト類、バネ類、プッシュが金属製であり、それ以外はメタクリル樹脂(アクリル樹脂)で製作している。加工機の重量は520gと非常に軽量であり、持ち運びも可能である。また、分解・組み立てもできるため、学生らは加工機の構造などを理解することが容易であると考えられる。

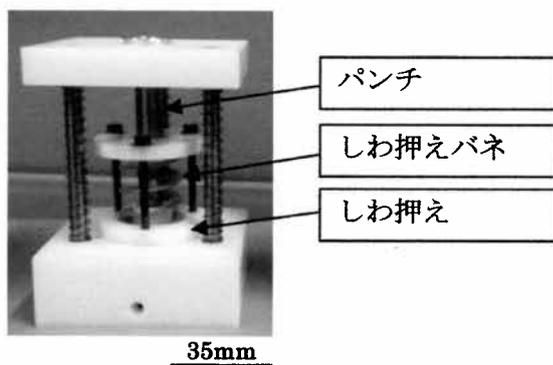


図2 製作した加工機の外観

2.3 パンチおよびダイス

図3に示すような材質SKD11のパンチおよびダイスを使用した。パンチとダイスのクリアランスは0.5mmとし、パンチ直径dに対する素板直径Dの比D/d(絞り比)は2.2である。

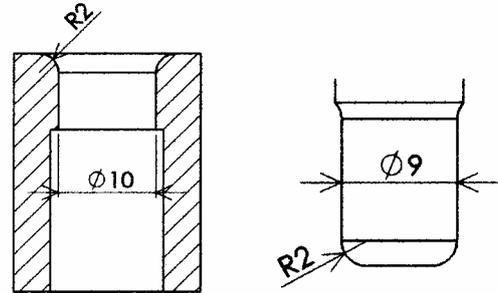


図3 パンチ、ダイスの形状

2.4 しわ押え

薄板を円筒状に絞る場合、フランジ部では半径方向に引張応力、円周方向に圧縮応力が生じ、フランジしわが発生する。このしわは、板が座屈することにより起こる現象で、板厚が薄く、変形量大きいほどおこりやすい。このため、しわ押えを用いてしわの発生を抑える必要がある。また、しわ押え板の表面粗さは一般に数 $\mu\text{m}$ 程度以下にするのが好ましいとされている<sup>5)</sup>。製作したしわ押えの概略を図4に示す。これらは卓上CNC加工機(オリジナルマインド社製)を用いて製作を行った。材質は摩擦力低減のためメタクリル樹脂を使用し、しわ押え面の表面粗さRaは0.017であった。

しわ押え方法は、図5に示すように3本のボルトを締付けることでしわ押え力を管理することとした。しわ押え力が素板に均等にかかるようにする必要である。このため、ステンレス製管を予め所定の長さで切っておき、管にボルトを通し、3本のボルトの締付け量を管理することにした。なお、しわ押え用バネはバネ定数5.35 N/mのものを使用した。

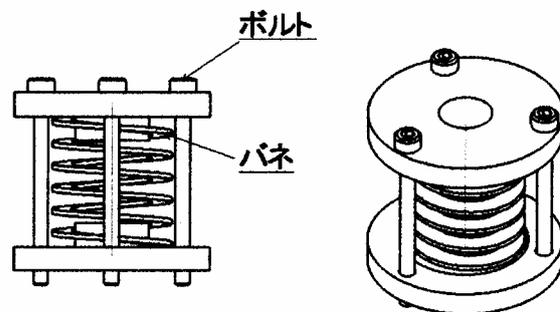


図4 しわ押えの概略図

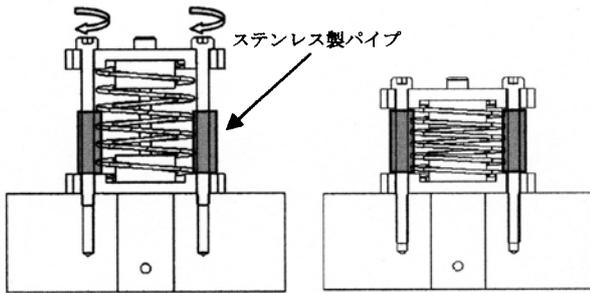


図5 しわ押え方法の概略

3. 実験方法

図6に示すような縦型手動計測スタンド(株式会社イマダ製, SVH-1000, 許容荷重 1000 N)に加工機を設置し, 加工実験を行った. 計測スタンドにデジタルフォースゲージ, ダイアルゲージを取り付け, 荷重, パンチ行程を計測した.

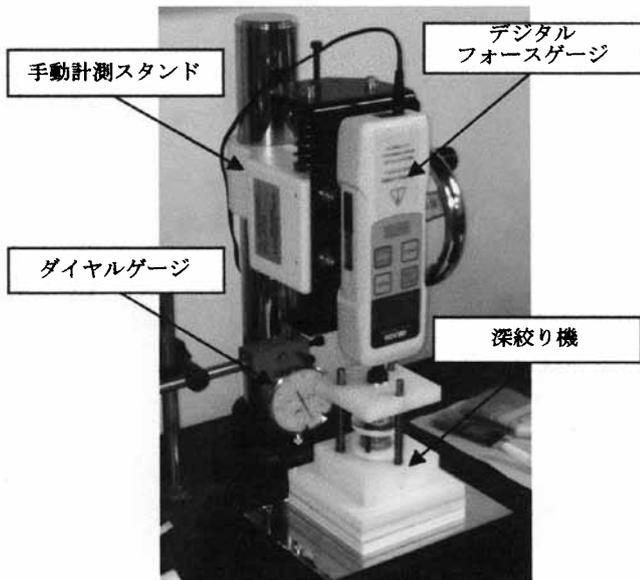


図6 加工実験機の外観

4. 結果および考察

4.1 潤滑剤の影響

潤滑条件は,  $t=0.008$  mm のポリエチレンフィルム (以降, PE フィルムと呼ぶ), 二硫化モリブデン, 無潤滑とし, しわ押え力 65 N とした. 加工実験は素板が破断, もしくは絞り終わるまで行い, 荷重とパンチ行程の関係を調査し, 各潤滑条件で3回の試験を行った. 図7は各潤滑条件で行ったときの荷重とパンチ行程の関係の結果であり,  $\nabla$ マークは破断位置を示している. 無潤滑では, パンチ行程 3mm で破断した. 3回の加工実験で成形荷重とパンチ行程の關係にばらつきがなく, 再現性の良い結果が得られた. 二硫化モリブデンを用いたときは無潤滑のときよりも深く絞

ることができ, パンチ行程 4~5mm で破断した. 無潤滑のときに比べ破断位置にばらつきがある. これは, 二硫化モリブデンの塗布量が一定でなかったことが主な原因として考えられる. 次に, PE フィルムを用いたときの結果に着目すると, パンチ行程 6mm まで荷重が増加していき, 6mm 以降は荷重が低下し, 破断することなく加工することができた. 成形荷重とパンチ行程の關係, 加工終了位置もほぼ一致している.

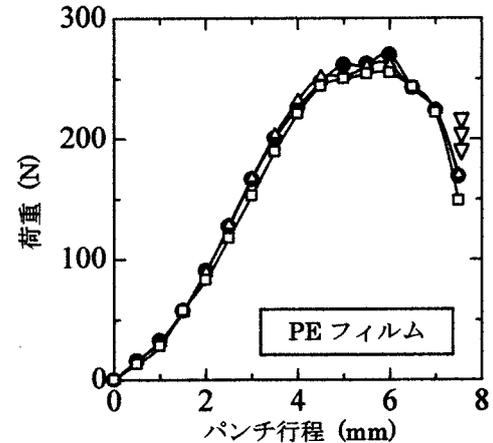
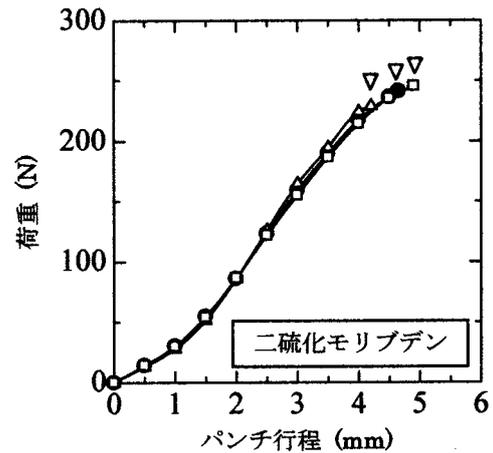
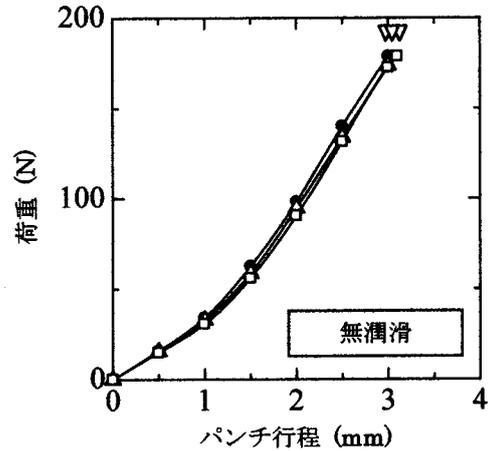


図7 各潤滑剤での荷重とストローク量の関係

図8は図7の結果を各潤滑条件でそれぞれ平均化し、一つのグラフにまとめたものである。無潤滑の場合は、二硫化モリブデン、PE フィルムのときよりも僅かであるが成形荷重が高くなっている。本加工機を用いて、潤滑剤の影響についての実験を行えば、潤滑剤の効果について知ることが出来るとともに、固体潤滑剤、液体潤滑剤の特徴についても学ぶことが出来ると思われる。

図9は、各潤滑条件で加工を行った後の供試材の外観である。無潤滑、二硫化モリブデンを用いたときの供試材料の破断位置は、パンチ肩部で起こっている。PE フィルムを用いたとき、最も深く絞ることができたが、フランジ部でしわの発生が認められた。成形品の外観を観察することで、深絞り加工での典型的な割れ、しわなどの不良を十分に確認することができる。

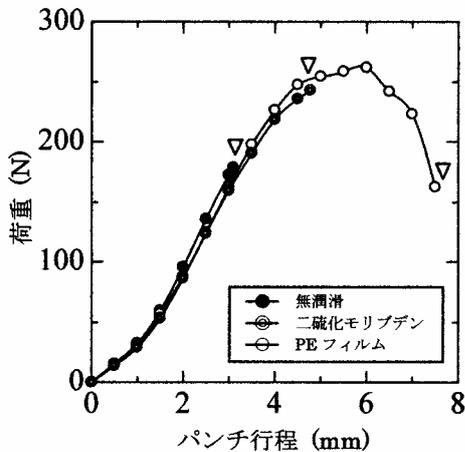


図8 潤滑剤の影響

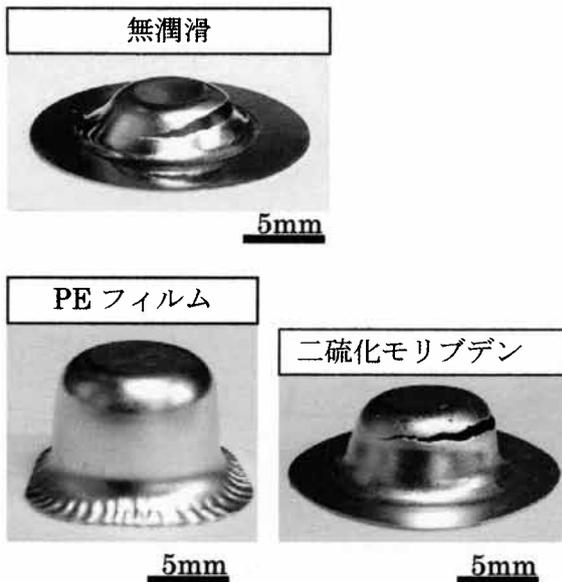


図9 成形後の供試材の外観

#### 4.2 限界しわ押え力

パンチ行程を2.5mm一定とし、しわ押え力38N~65Nで加工を行い、荷重としわ押え力の関係を明らかにするとともに、各しわ押え力におけるしわの発生の有無を調べた。なお、潤滑条件は無潤滑とした。図10は成形荷重としわ押え力との関係であり、しわ押え力の増加により、成形荷重が増加していることがわかる。成形品の外観からしわ発生の有無を肉眼で確認した結果、しわ押え力が38N~62Nの範囲ではしわの発生が確認でき、65Nではしわの発生がほぼ抑制されていた。図11はしわ発生の有無の一例として、しわ押え力58N、65Nのときの成形品の外観を示している。Siebelの式から限界しわ押え力を見積もった結果、52N~78Nであった。実験により得られたしわ押え力とSiebelの式から見積もった限界しわ押え力とを比較すると、実験により得られたしわ押え力は、見積もった限界しわ押え力の範囲内であったが、実験ではしわ押え力65N以下でも、しわが発生していた。この原因は、供試材にしわ押え力が均等にかかっていないこと、加工機の剛性不足、金属箔の場合のしわ発生の評価式の不適合などが挙げられる。今回の実験では、しわ押え力65Nが限界であったが、バネ定数が大きいバネを用いるなどして、しわ押え力65N以上で加工を行い、しわ発生の有無、しわ押え力と限界しわ押え力との関係を明らかにするとともに、金属箔の場合のしわ押え力の適当な評価式を検討する必要がある。

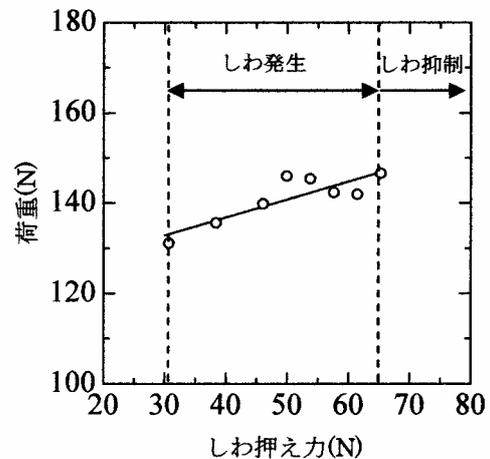


図10 荷重としわ押え力の関係

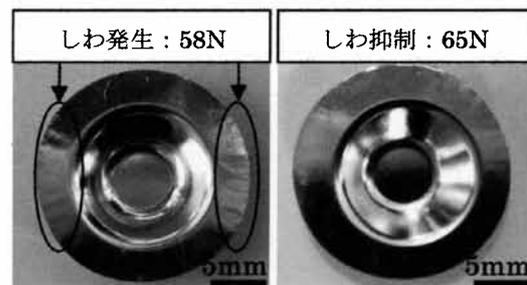


図11 成形後のしわ

### 4.3 成形後の肉厚変化

PEフィルムで加工を行った後の成形品(図8)の肉厚変化を調査した。肉厚の測定には、両球面マイクロメーターを使用し、図12に示すように成形品の側壁部、パンチ底部のみを測定した。深絞り加工では、パンチの下降とともに素板の外形が縮み、フランジ部では半径方向に引張応力、円周方向に圧縮応力が生じる。その後、ダイス肩部では、半径方向の引張変形が進む中で、円周方向の縮み変形と半径方向の曲げ変形を同時に受け、板厚を減少させながら側壁部を形成する。ダイス側壁部の材料は、引張と圧縮変形等が作用し、最終的にパンチ底部では面内のいずれの方向でも引張変形を受け、2軸引張状態となる<sup>6)</sup>。このため、一般に側壁部、パンチ底部の肉厚は素板よりも薄くなる。成形品の側壁部の厚さは約0.095mm、パンチ底部の厚さは約0.088mmであり、素板の厚さ0.1mmよりも薄くなっていた。成形品の側壁、パンチ底部の肉厚の減少を確認できるため、学生らに、深絞り加工における側壁部、パンチ底部の応力状態を考えさせるきっかけを与えることができると思われる。

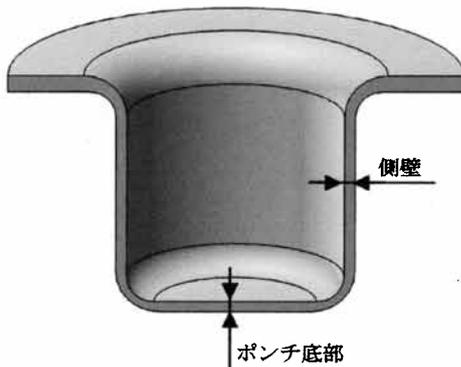


図12 肉厚の測定箇所

### 4.4 座学講義内での本加工機の適用について

計測スタンド、デジタルフォールゲージは比較的高価なものであるため、一台で講義を実施できるよう検討していく必要がある。今後、曲げ、引抜き、押し出し、鍛造、圧延などの基本的な加工が体験できる卓上加工機をそれぞれ製作し、これらを用いた加工教育プログラムを構築する予定である。

### 5. まとめ

卓上深絞り機を製作するとともに、加工実験を行い、次の結果を得た。

- (1) 軽量、持ち運びができ、構造を理解することができる卓上深絞り加工機を製作することができた。
- (2) 潤滑剤の影響について検討した。この結果、PEフィルムが最も深く絞ることができ、潤滑剤の効果を体験することが可能であるといえる。また、固体潤滑剤、液体潤滑剤の特徴についても学べるようになった。
- (3) 成形品の外観から、深絞り製品の不良を肉眼で確認することができることが分かった。
- (4) 成形品の肉厚減少を確認することができた。学生らに、深絞り加工における各部の応力状態を考えさせるきっかけを与えることができると思われる。

### 謝辞

本研究の一部は静岡理科大学の平成24年度静岡理科大学提案型教育プロジェクト(B)の助成を受けたものであることを記し、ここに謝意を表します。実験に協力頂いた静岡理科大学の学部生の杉村瑞貴氏、高岡和浩氏に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 内海能亜、吉田昌史、“教材としてのミニチュアロール曲げ加工機の開発”，日本産業技術教育学会学会誌，**54**(2012)29.
- 2) 内海能亜、吉田昌史，“塑性加工を学ぶ教材としての小型プレス機械の開発”工学教育，**60**(2012)92.
- 3) 古閑伸裕、R. Paisarn、管之揚，“マグネシウム箔のプレス成形”，塑性と加工，**47**(2006)627.
- 4) E. Siebel, H. Beisswanger, *Tiefziehen* (Carl Hanser Verlag, München, 1955).
- 5) 古閑伸裕 他，塑性加工入門(日本塑性加工学会，2007).
- 6) 三浦秀士，JSMEテキストシリーズ，機械材料学(日本機械学会，2008).



## 電気電子工学科の情報・通信実験における PBL 項目の立ち上げ

### —H8/3069F マイコンを用いた電子回路の設計と製作—

Startup of a Project Based Learning subject for the Information and Communication experiment  
in the Department of Electrical and Electronic Engineering

—Design and construction of an electronic circuit using an H8/3069F micro computer—

袴田 吉朗\*

Yoshiro HAKAMATA

**Abstract:** The material outlines a newly settled experimental subject in the Information and Communication experiment in the Department of Electrical and Electronic Engineering. The subject intends a Project Based Learning. Students are ought to use an H8/3069F micro computer as an engine for making an electronic circuit in the subject. Without this, students can freely make electronic circuits. The results of the PBL are outlined in the material. Also given is the knowhow how to use H8/3069F micro computers.

#### 1. はじめに

電気電子工学科の3年生科目である情報・通信実験においては、従来から「負帰還増幅器の設計と製作」および「マルチパイプレータの設計と製作」という2つのPBLに準ずる実験項目を学生に行かせてきた。これらの項目では「製作」と名前を冠している通り、この製作の過程を通じて学生が自らの考えに基づいて主体的に製作・実験を行うことができるようになってきている。しかしながら製作する回路はあらかじめ決められており、PBL項目であるとは必ずしも言えない部分もある。

そこで今年度から「H8マイコンを用いた電子回路の設計と製作」の項目を新設し、学生が主体的に考えて

- ・ マイコンのポートにどのような電子回路、回路素子、センサあるいはモータなどを接続し、
- ・ その接続した回路をどのように制御するかを自分で考え、あるいは図書館で調べたりして
- ・ マイコンにより制御される電子回路を設計し、
- ・ またその回路を動作させる制御プログラムを設計し、マイコンで動作する電子回路を製作して評価する

本格的なPBL項目を実施することにした。

回路の中心的存在、言わばエンジンとして H8 マイコンを選んだが、それは以下の理由からである。筆者は数年来 DSP や PIC マイコンを使用して電子回路の開発を行ってきた。特に PIC マイコンは、形状が小さく通常の IC と同様に実装場所を選ばない特徴がある。この点に大きな魅力を感じ種々の回路の製作に適用してきた。一方市販の H8 マイコンは通常ドータボードに搭載されており(搭載せざるを得ず)、これをマザーボードに乗せて使用するため、どうしても形状が大型化する。この点で使用するのにためらいがあった。しかし 18 ピンの PIC マイコンは語長が短く、またメモリ容量が小さいためページ切り替えや、

バンク切り替えなどに余分な注意を払う必要がある。この点に不満を感じていたことも事実である。一方 H8 マイコンは、フラッシュ ROM へ書き込みできる回数が少ないことや、C 言語を用いるときにメモリ容量が不足勝ちになることへの不満はあるが、アセンブリ言語を用いる場合にはリソースの点では特に問題は少ないように思える。またメモリ容量に関しては外付けの RAM で対応することも可能である。

H8 マイコン以外にも種々のマイコンが開発されており、身の回りを見ても、液晶テレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機、CD ラジカセなどなどの家電製品から、自動車の制御に至るまでいろいろな所でマイコンが電子回路のエンジンとして使用されている。特に自動車に関しては、電気自動車はもとより、ハイブリッド・カーや通常の自動車に至るまで、多くのマイコンが使用されるようになってきており、マイコン無しでは自動車は動くことすらできないと言うような現状がある。H8 マイコンが全世界における自動車に占める割合が40%にも達しているという事情も仄聞している。

以上のような事情を考慮して本項目の中心的存在部品、すなわちエンジンとして H8/3069F (2MB の外付け DRAM 搭載) を使用するマイコンボードを選択することにした。

本資料では、今年度の実施結果をとりまとめ、次年度に向けての参考になるようにした。また H8/3069F マイコンを使用するときのノウハウを整理した。

#### 2. 実験の日程

情報・通信実験は9月の第4週から開始し、リソースの関係から毎週グループ毎に異なる実験を行わせ、最終的に全項目を終えるように計画して実施してきた。しかしながらマイコンの実験は、教員にとっても学生にとっても初めての経験であり、全員が同時に行った方が何かと都合が良いであろうと判断した。当初 H8 マイコンの実験には2週間分(コマ数にして6コマ)を割り当てることを予定していたが、これではまだ時間的に十

2013年2月19日受理

\*理工学部 電気電子工学科

分ではないであろうとの観測もあった。

そこで予備日等も使用することになる可能性も考慮して、極力終わりの方の日程に組み込むことにした。また設計の過程で必要になった部品を調達する時間的な余裕も考えると、連続した2週間に2回の実験を行う日程では無理があり、最低でも1週間は空ける必要があると考えた。これに基づき2案のスケジュールを学生に提示し選択して貰ったところ賛成多数により

- ・ 1回目・・・11月29日
- ・ 2回目・・・12月20日

(12月6日, 12月13日は他の実験項目を実施) という日程に決定した。なお実際には1月9日の予備日にも第3回目の実験(特にプログラムの作成, マイコンを使ってプログラムを動作させる作業)を行った。

**2.1 学生の選んだテーマと実施結果**

マイコンボードの数量の関係で、グループ単位(3~4人)で1つの回路を製作して貰うことにした。全8グループの学生達が選定したテーマと、第3回目の時間の最後に教員, TA および学生全員で行った作品コンテストの評価結果を表2.1に示す。

表2.1 実施したテーマおよびコンテストの結果

班名	テーマ	コンテスト結果
1	4×4×4 LED キューブ	A
2	ドットマトリクス LED(1個)	C
3	スイッチによる点滅LEDの制御	B
4	LEDの点滅	C
5	ドットマトリクス LED(2個)	C
6	LEDの点滅	C
7	圧電ブザーによる音の発生	B
8	LEDの点滅	B

実験実施時点において、マイクロプロセッサ応用の講義を受講している学生はいたものの、H8マイコンに関してはまだ十分に勉強している訳ではなく未熟であった。またこの講義を受講していない学生も多数いた。そのため実験テキストに例題として記載しておいたLED点滅のテーマを無難に(換言すれば安易に)選んだグループが半数を占めたものと思われる。

反面1班の「4×4×4 LED キューブ」は秀逸であった。特に配線および半田付けは非常に美しくできており、その見事さは賞賛に値した。プログラムの動作も問題なく、青色LEDをプログラム制御により点滅させる訴求力のある作品にできあがっていた。コンテストの結果でも多くの支持を得ており、また羨望の眼を注がれていたものと思われる。

マトリクスLEDを用いた文字(アルファベット)の表示回路には、2つの班がチャレンジした。もし実現できていれば製作した学生達も大きな達成感を味わうことができ、また他の学生達にも興味を喚起できたものと思われる。しかし残念なことに完成には至らなかった。実験終了後に筆者が配線を確認したところ、数ヶ所の配線ミスが見つかった。事前の配線図のチェック、半田付けを行った部分をマーカーペンでなぞらせてミスを

なくす、などをより徹底させる必要性を感じた。

7班の圧電ブザーによる音の発生は、3音の発生はできたものの、ドレミファソラシドの音階を発生させるまでには至らなかった。学生達に周波数や周期に関する知識が十分にあるのか否かの懸念が頭をよぎった。

3班の、点滅させるLEDをスイッチ入力により変更する回路は、コンテスト開始時間ギリギリであったが完成させることができた。

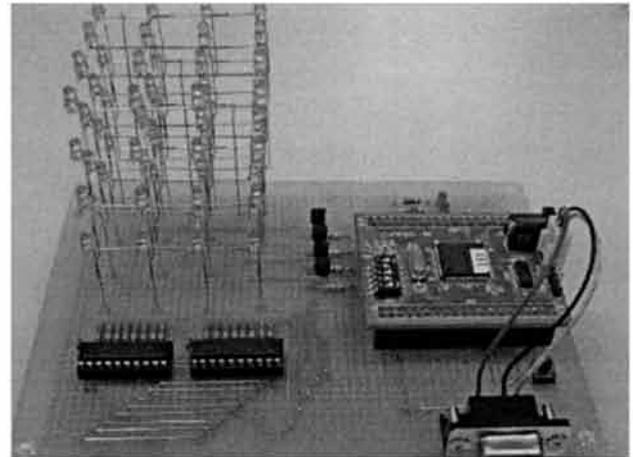


図2.1 4×4×4 LED キューブ

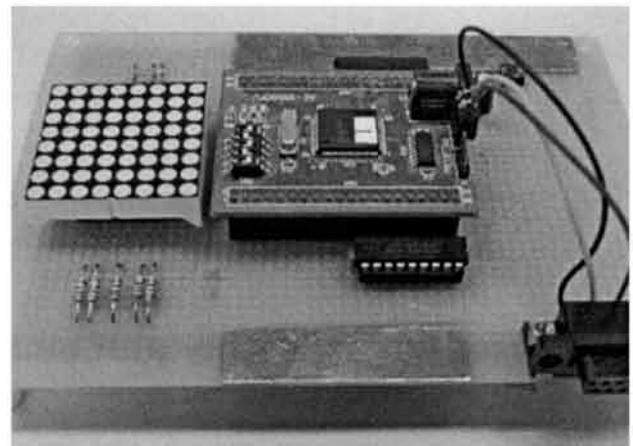


図2.2 ドットマトリクス LED (1個)

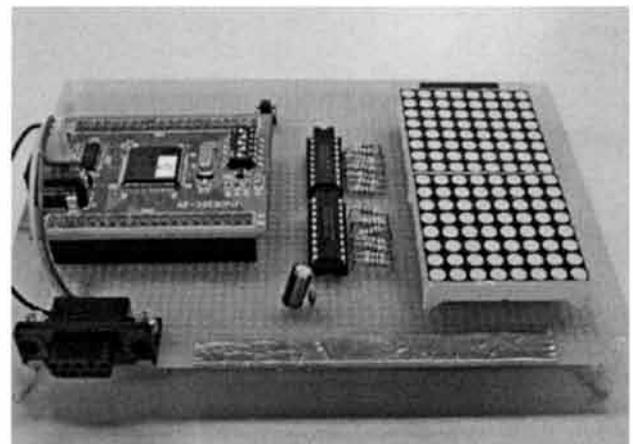


図2.3 ドットマトリクス LED (2個)

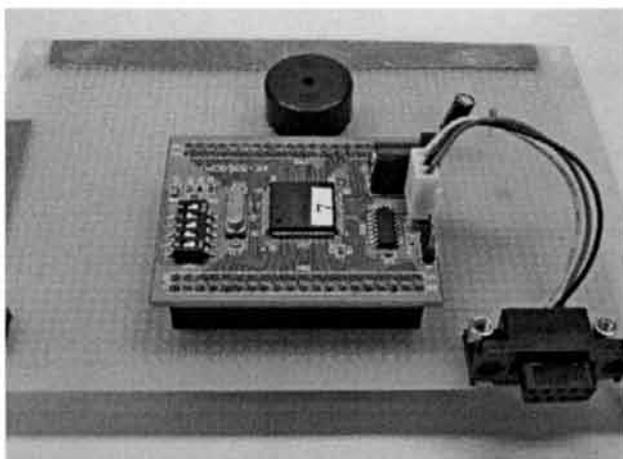


図 2.4 圧電ブザーによる音の発生

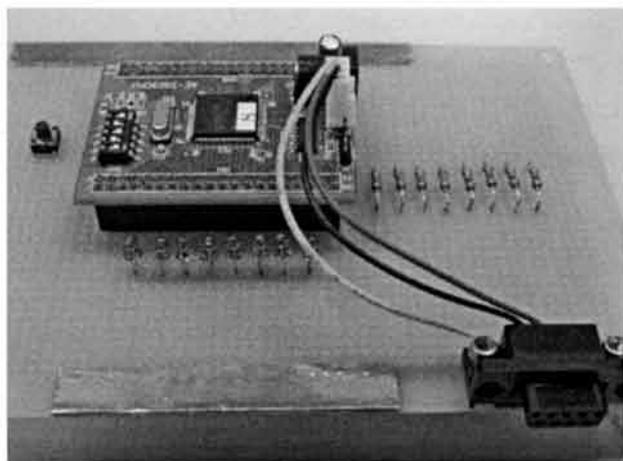


図 2.5 LED の点滅 (8 班)

## 2.2 本 PBL 項目を実施したことにより得られた知見

① 第 1 回目の「何を作るのかを決める」、「回路図を作成する」、「部品表を作成する」ための時間には当初 3 コマ (合計 5 時間) を配分した。また時刻を 16 時までと限定して「何を作るのか」を提出するように促したが、あらかじめ準備をしていたと思われるグループを除きなかなかテーマが決まらないようであった。

② 回路の製作が遅い

3~4 名の班員で 1 つの回路を作成するため、作業がタイムシリアルとなり製作を完了させるまでに多くの時間がかかる傾向が見られた。回路製作とプログラムの作成などを分担して行っているグループもあったが、なかなかそのようにはうまく行かないグループも見られた。

レポートの感想には、作業を分担しない学生は手持ちぶさたになり、不公平であるとの意見も書かれていた。

③ 恐らく大半の学生が、H8 マイコンのアセンブラはもとより、C 言語のプログラム経験も少ない (あるいは全く経験がない) ため、なかなかプログラムができないように見受けられた。

④ 本実験ではマイコンの ROM へのプログラム書き込み回数を減少させるため、RAM にプログラムを読み込んで動作させてデバッグを行う RAM エミュレーションを使用した。

そのためまずモニタプログラムを H8 マイコンに書き込む必要があった。しかしこれがなかなかできなかった。これは必ずしも学生の未熟さだけが原因ではなく、マイコンと PC を接続する RS232C コネクタにルーズコンタクトがあったのではないかと推察される蓋然性があった。

⑤ 11 月 22 日にそれまでに実験した項目に関する発表会を実施した。その際に終わりの約 1 時間を割いて「H8 マイコンのいろは」に関する資料を配り、ガイダンスを実施した。しかし実際に PBL を行った時点においては殆どその内容を理解していないか、あるいは記憶していなかった。

⑥ 但し、分からないことでも実験テキストに書かれている内容を見て自分たちで苦闘してみたり、あるいはそれでも分からないことは教員に積極的に質問してきたりしたので、PBL の目的は達成できていたものと思える。

今年度は、実験テキストを作成したのが 8 月の夏休み中であり、そのときには PC に WindowsXP マシンを使用した。現 3 年生の PC が Windows7 であることから、10 月になってから急速動作の確認を行ってみた。その結果不幸なことにテキストに記述した内容ではうまくいかないことが判明した。そこでかねてからルネサス社の担当者と親交があると聞いていた電気電子工学科の高橋教授に相談した結果、ルネサス社から Windows7 マシンで動作する HEW 接続シリアルモニタの提供を受けることができた。またモニタを学生に開示する承諾も貰えたので急速資料を作成し、11 月 22 日にガイダンスを行った経緯がある。

来年度は必要な資料を全て実験テキストに記載することができるので、よりよい結果になることを期待したい。

## 3. H8/3069F (2MB 外部 DRAM 付き) の使用方法

### 3.1 回路図および I/O ポートの機能

図 3.1 にマイコンボードの回路図を示す。電源は図左上にあるコネクタ (J1) を介して供給する。3 端子レギュレータが使用されているが、ホット側のピンを、メッキ線を用いて半田付けし、3 端子レギュレータを使用しないで、直接 5V の安定化電源パックから電源を供給するようにしている。なおクロック周波数は 25MHz である。

マイコンのリセット端子は 63 番ピンであるが、本ドータボードには配線されていない。しかし電源を抜くことによりリセットを代替することができる。HEW 接続シリアルモニタの説明書 (readme.htm) には NMI 端子 (64 番ピン) にスイッチを接続して L に落とし、NMI 割り込みを掛けてリセットを代替する方法が示されている。これは単に CPU ボードの電源を切っただけでは HEW は停止せず、結局タスクマネージャでキルしなければならぬからである。本実験でもこの方法を使用した。

### 3.2 使用できるポート

表 3.1 は各 I/O ポートの機能を整理した表である。マイコンには多くの機能が集約されており、マイコンのピンも各種の信号で共用されている。どのようにマイコンを動作させるか、ど

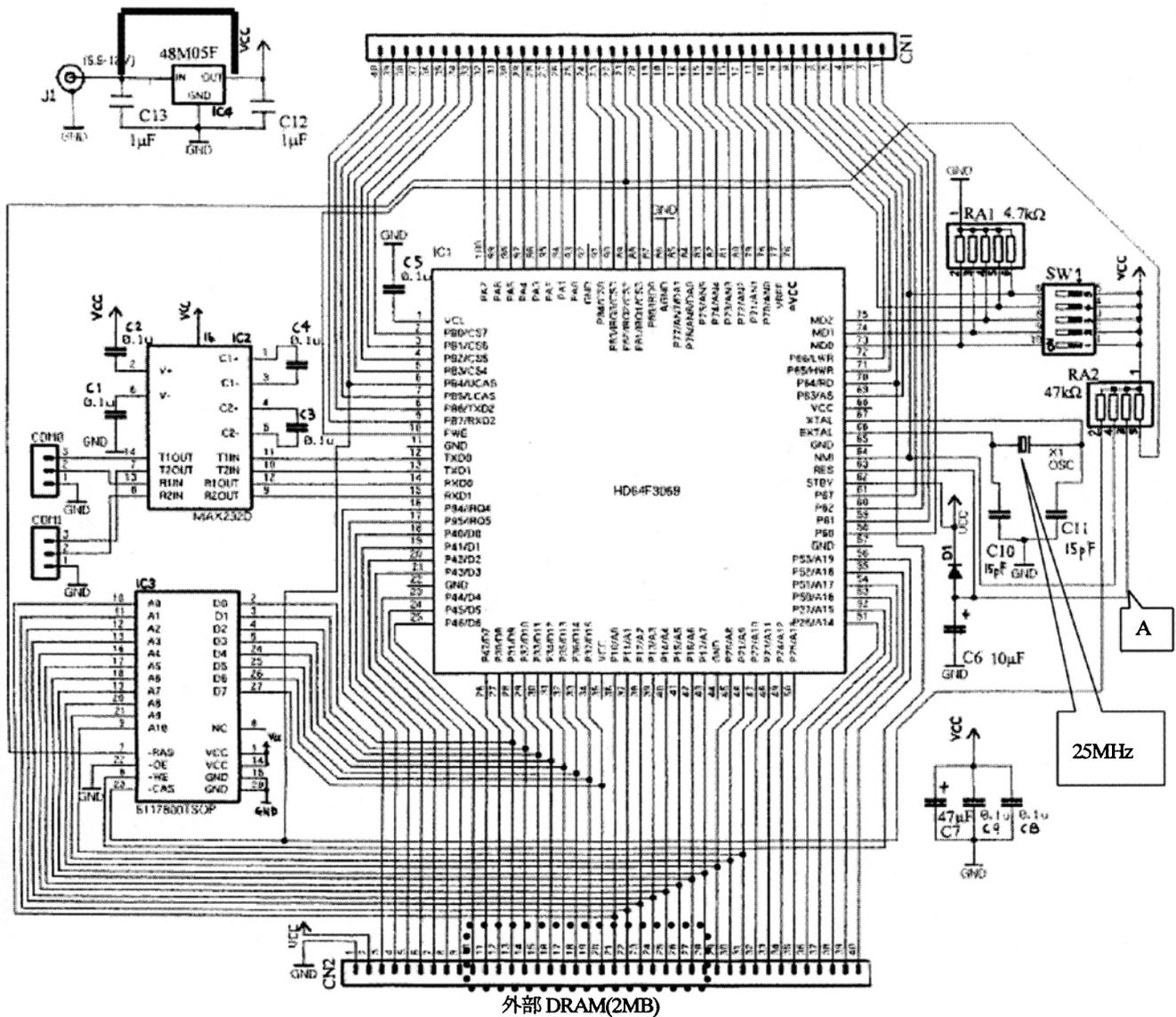


図 3.1 H8/3069F マイコンボードの全体回路図

表 3.1 H8/3069F マイコンの I/O ポートの機能

		DRAM 用	入力 ポート	出力 ポート	内蔵周辺 機器			DRAM 用	入力 ポート	出力 ポート	内蔵周辺 機器
ポート1	P1 <sub>7</sub> ~P1 <sub>0</sub>	○	×	×	—	ポート8	P8 <sub>7</sub> ~P8 <sub>3</sub>	—	○	×	CS 端子, IRQ <sub>2</sub>
ポート2	P2 <sub>2</sub> ~P2 <sub>0</sub>	○	×	×	—		P8 <sub>2</sub>	○	×	×	(CS <sub>2</sub> , IRQ <sub>2</sub> )
	P2 <sub>7</sub> ~P2 <sub>3</sub>	—	○	×	—		P8 <sub>1</sub>	—	○	×	CS 端子, IRQ <sub>1</sub>
ポート3	P3 <sub>7</sub> ~P3 <sub>0</sub>	○	×	×	—	P8 <sub>0</sub>	—	○	○	CS 端子, IRQ <sub>0</sub>	
ポート4	P4 <sub>7</sub> ~P4 <sub>0</sub>	—	○	○	—	ポート9	P9 <sub>9</sub> ~P9 <sub>0</sub>	—	○	×	SCIO, SCII
ポート5	P5 <sub>3</sub> ~P5 <sub>0</sub>	—	○	×	—	ポートA	PA <sub>7</sub> ~PA <sub>0</sub>	—	○	○	TPC, タイマ
ポート6	P6 <sub>2</sub> ~P6 <sub>0</sub>	—	○	○	バス制御	ポートB	PB <sub>7</sub> ~PB <sub>6</sub>	—	○	○	TPC, タイマ, DMA
	P6 <sub>7</sub> ~P6 <sub>3</sub>	—	×	×	バス制御		PB <sub>5</sub>	○	—	—	/LCAS
ポート7	P7 <sub>5</sub> ~P7 <sub>0</sub>	—	○	×	A/D		PB <sub>4</sub>	○	—	—	/UCAS
	P7 <sub>7</sub> ~P7 <sub>6</sub>	—	○	○	A/D, D/A						

のピンにどんな信号が出力されるのか(あるいは入力すべきか)を適切に判断して処理を行う必要がある。詳細は「H8/3069 F-ZIATIM ハードウェアマニュアル」の P.285~P.350 に書かれ

ている。

表 3.1 において DRAM 用に○がついているポートは、既に外部 DRAM に接続されており、ユーザが使用できないポートで

ある。ユーザは DRAM 用がーになっているポートを使用できるが、入力ポート、出力ポートあるいは内蔵周辺機器でポートを共用しているため、それらが競合しないように適切に使用する必要がある。

これより、入力ポートとして使えるポートの数は多いものの、逆に LED の点灯に使えるような単なる出力ポートとして使えるポートはあまり多くないことが分かる。なお、「H8/3069 F-ZIATIM ハードウェアマニュアル」の P.792 に書かれているように、ポート 1, 2 および 5 以外のポートでは、各ポートに流せるシンク電流、ソース電流の最大許容値が **2mA と小さい**。したがってマイコンで直接 LED を駆動するときにはこの許容電流を超えないように電流制限抵抗を大きめに設計するか、あるいはダーリントンシンクドライバ(あるいはソースドライバ)を介して駆動するようにする必要がある。

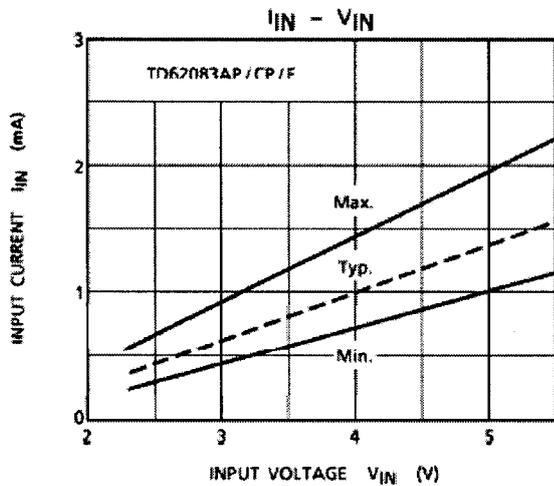


図 3.2 シンクドライバ TD62083APG の入力特性

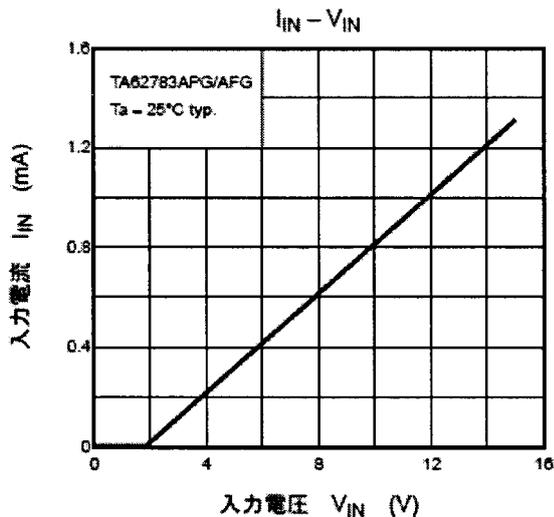


図 3.3 ソースドライバ TD62783APG の入力特性

本実験ではダーリントンシンクドライバ TD62083APG およびダーリントンソースドライバ TD62783APG を使用した。図 3.2 および図 3.3 はカタログから抜粋した両ドライバの入力電圧-

入力電流の特性である。これより 5V 入力時のソースドライバの入力電流は 0.3mA であり、H8 マイコンと直結しても良さそうである。しかしシンクドライバの場合には入力電流の MAX 時約 2mA となり直結は好ましくないとと思われる。先の「H8/3069 F-ZIATIM ハードウェアマニュアル」には 2kΩ の抵抗を挿入するようにと記載されている。

実際にこれらのドライバを使用したのは、LED マトリクスアレイの回路である。正常な動作ができていないのは、直結したことによりマイコンを破壊した恐れがあるが、現時点ではまだ確認ができていない。

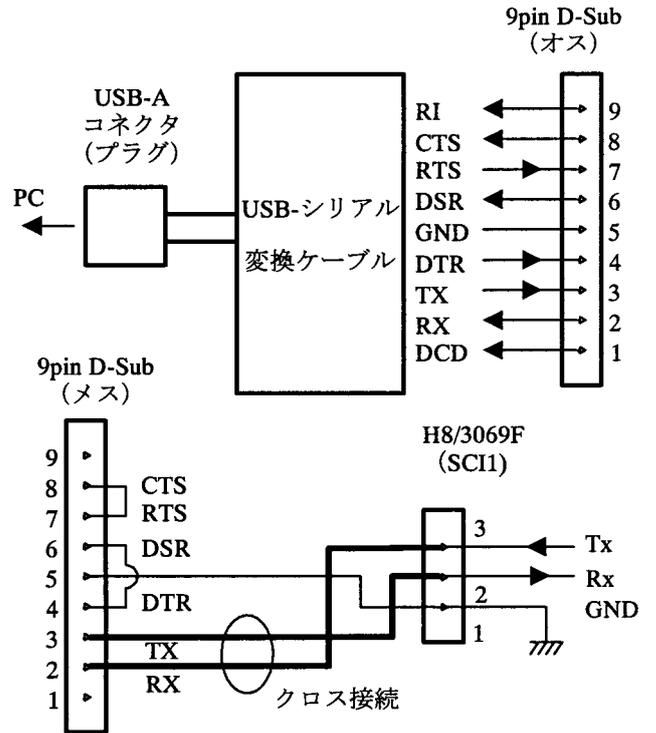


図 3.4 USB-シリアル変換ケーブルを用いた PC と H8 マイコンの接続

### 3.3 PC との接続

実験で使用するマイコンボードは 3 チャンネルのシリアル通信チャンネル (SCI ポート) を有している。そのうち SCI0 (COM0) および SCI1 (COM1) の 2 チャンネルはマイコンのドータボード上のヘッダピンに配線されており、信号を外部に取り出せるようになっている。ユーザの開発したプログラムを PC からマイコンの ROM に書き込むためには、SCI1 (COM1、電源端子に近い側のコネクタ) を使用する。また後述するように、プログラムのデバッグも SCI1 (COM1) を介して PC と通信しながら行うことになる。

旧来の PC には COM ポートがついているものが多かった(今ではレガシーインタフェースと呼ばれている)が、最近ではこの COM ポートがついていない PC の方が多くなってきており、学生が使用する PC にも COM ポートはついていない。そこで図 3.4 に示す USB-シリアル変換ケーブルを使用して接続した。

参考のために RS232C コネクタ (プラグ) の形状を図 3.5 に示しておく。

なおそのままストレートに接続すると通信ができないので、TX 線 (2 番ピン) と RX 線 (3 番ピン) が接続されるように、H8 マイコンを搭載するマザーボード上でクロスさせて配線しておく必要がある (図 3.4 の太線で示した部分)。また周知のようにフロー制御のための信号である RTS-CTS および DSR-DTR は配線により短絡しておき、PC から送信した信号がそのまま返送されるようにしておく。

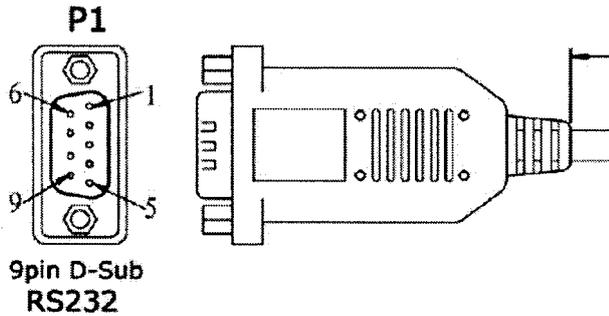


図 3.5 RS232C コネクタ (プラグ) の形状

3.4 H8/3089F (2MB 外部 DRAM つき) の物理メモリ

H8/3069F マイコンの物理メモリの具体的な配置 (外部 DRAM 容量 2MB, モード 5) は図 3.6 に示す通りである。H8 マイコンの ROM への書き込み回数制限は公称 100 回程度と言われており、これが事実とすれば非常に少ない。そこで通常デバッグ時には、モニタプログラムを用いてユーザプログラムを RAM にロードして動作させるようにし、極力 ROM への書き込み回数を減少させるようにして開発を行う方法が用いられる。本実験でもこの方法を用いた。

HEW 接続シリアルモニタモニタの説明書 (readme.htm) に書かれているように、モニタが内蔵 RAM の一部領域 (4KB) をワークエリアとして使用するので、ユーザの使用できる内蔵 RAM の領域は約 12KB になる。

逆に 0~0xFF 番地は実際には ROM 領域であるが、ユーザが割り込みベクタを設定することができるようになっている。

4. モニタプログラムの作成方法

ダウンロードし展開したホルダー-Renesas Hterm の中にある readme.htm (HEW 接続組み込み型モニタのカスタマイズ方法) に従ってモニタプログラムをカスタマイズする。

4.1 スタートアップモジュール HardwareSetup.c の作成

H8/3069F (2MB 外部 DRAM 付き) 用のスタートアップモジュールの作成結果を図 4.1 の HardwareSetup.c に示す。

以下に各設定の説明を示す。なお [ ] 内に示してある数字は H8/3069F-ZTAT1M ハードウェアマニュアルにおけるページ数である。

H'000000	割り込みベクタ	
H'0000FF		
H'000100	モニタ本体	H8の内蔵ROM (512KB)
H'005FFF		
H'006000	未使用	
H'07FFFF		
H'080000	*	エリア 0 (1536KB)
H'1FFFFFFF		
H'200000	*	エリア 1 (2048KB)
H'3FFFFFFF		
H'400000	ユーザプログラム	外付けDRAM エリア 2 (2048KB)
H'5FFFFFFF	*	
H'FEE000	H8のI/O(1)	H8のI/O(1) (256B)
H'FEE0FF		
	*	
H'FFBF20	ユーザプログラム	H8の内蔵RAM (8416B)
H'FFDFFF		
H'FFF700	モニタ用ワークエリア(4096B)	
H'FFFA1F		
H'FFF000	ユーザプログラム	H8の内蔵RAM (3872B)
	スタックエリア	
H'FFFF00	ユーザプログラム	
H'FFFF20	H8のI/O(2)	H8のI/O(2) (202B)
H'FFFFE9		
H'FFFFEA	*	エリア 7 (22B)
H'FFFFFF		

図3.6 HEW接続シリアルモニタを用いて RAM動作をさせる場合のメモリマップ

① ABWCR (バス幅コントロールレジスタ) [p.134]

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	ABW7	ABW6	ABW5	ABW4	ABW3	ABW2	ABW1	ABW0

各ビットがエリア 0~エリア 7 のバス幅を決める。1 のとき 8 ビットアクセス, 0 にすると 16 ビットアクセスになる。本実験で使用する DRAM は 8 ビットアクセス空間を用いる。モード 5 では、リセット時に ABWCR は H'FF にイニシャライズされ、全エリアが 8 ビットアクセス空間になるので、特に設定する必要はない。

② RTCOR (リフレッシュタイマコントロールレジス) [p.154]

リフレッシュカウンタ RTCNT に、システムクロック φ を

RITMCSR で設定した値に分周したクロックが入力され、RITCNTの値が RTCOR と比較され、一致したときにリフレッシュサイクルが起動される。なお DRCRB の RCYCE を 1 に設定しておく必要がある。

③ RITMCSR (リフレッシュタイマコントロール/ステータスレジスタ)

[p.152]

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	CME	CMIE	CKS2	CKS1	CKS0	(1)	(1)	(1)

割り込みを使用しないので CME=CMIE=0 (初期値) にしておく。CKS2~CKS0 の値でシステムクロック ( $\phi=25\text{MHz}$ ) を何分周して、リフレッシュカウンタ RITCNT (アップカウンタであり、PLL ではない) に供給するかを設定する。

搭載されている DRAM は M5117805F-60TK(OKI)である。この DRAM のデータシートを入手できなかったが類似品 (MSM5117805F) のデータシートによれば、リフレッシュレートは 2048 回/32ms、すなわち 64kHz である。したがってこれを満足するように RITCOL および RITMCSR における CKS の値を選ぶ。システムクロックの値を  $\phi(=25\text{MHz})$  とすると RITCNT に入力されるクロックは CKS の値により以下ようになる。

CKS

0	カウントなし
1	$\phi/2$ (=12.5MHz)
2	$\phi/8$ (=3.125MHz)
3	$\phi/32$ (=78.1kHz)
4	$\phi/128$ (=19.5kHz)
5	$\phi/512$ (=48.8kHz)
6	$\phi/2048$ (=12.2kHz)
7	$\phi/4096$ (=6.1kHz)

アップカウンタ RITCNT を用いて 64kHz のクロックを作成するためには、CKS を 1~3 とする必要がある。自由度の多さを考えて CKS=1、すなわち  $\phi/2$  (RITMCSR = H'0F) を選ぶものとすれば、リフレッシュレートは以下ようになる。

- ・ RITCOL=195 で約 64kHz のリフレッシュ
- ・ RITCOL=125 で 100kHz のリフレッシュ

④ DRCRB (DRAM コントロールレジスタ B) [同, p.149]

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	MXC1	MXC0	CSEL	RCYCE	(1)	TPC	RCW	RLW

エリア 2 を使用するが、①で述べたように本実験で使用するマイコンではエリア 2 は 8 ビットアクセス空間になっている。

- ・ MXC はカラムアドレスのビット数を指定する。

MXC

0	8ビット
1	9ビット
2	10ビット

になっている。

本実験で使用するDRAMは

- ・ カラムアドレス10ビットのもの MXC=2
  - ・ CSELはUCAS, LCASの出力端子の設定である。PB4およびPB5を使用する CSEL=0
  - ・ RCYCEはCASビフォアRAS (CBS) リフレッシュの使用を許可する RCYCE=1
  - ・ TPCはプリチャージサイクルを1ステート挿入する TPC=0
  - ・ RCWはリード/ライト時にRAS, CAS間へのウェイト挿入を禁止する RCW=0
  - ・ RLWはリフレッシュ時にRAS, CAS間へのウェイト挿入を禁止する RLW=0
- 以上より DRCRB=B'1001 1000=H'98 とする。

⑤ DRCRA (DRAM コントロールレジスタ A) [p.147]

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	DRAS2	DRAS1	DRAS0	(1)	BE	RDM	SRFMD	RFSHE

DRASAはエリア2~5のそれぞれをDRAMで使うのかSRAMで使うのかを設定する。

DRAS DRAMを使う空間

- 0 DRAMは使わない
- 1 エリア2 (CS2) のみ
- 2 エリア2 (CS2), エリア3 (CS3)
- 3 エリア2, エリア3をCS2だけで4MBの空間として使う
- 4 エリア2 (CS2), エリア3 (CS3), エリア (CS4)
- 5 エリア2 (CS2), エリア3 (CS3), エリア (CS4), エリア5 (CS5)
- 6 エリア2, エリア3をCS2, エリア4, エリア5をCS4で使う
- 7 エリア2~エリア5をCS2で使う

エリア 2 に DRAM が増設されているので、DRAS=1 (DRAS2=DRAS1=0, DRAS0=1) に設定する。

- ・ DRAMが高速ページモードを使える場合には BE=1 に設定すると、連続でメモリを読む場合には早くなる。このDRAMは高速ページモードを使えるので BE=1 とする。
- ・ RDMは高速ページモード時におけるバーストアクセス時に、RASアップモードを使うか、RASダウンモードを使うかの設定である。今回はRASダウンモードを選択し RDM=1 とする。
- ・ SRFMDはセルフリフレッシュをするか否かの設定である。対応していないので SRFMD=0 とする。
- ・ RFSHEはRFSH端子 (P80) から外部にリフレッシュ信号を出すか否かの設定である。必要ないので RFSHE=0とする。RFSHE=0のときポートP80は入出力ポートとして使用できる。

以上より DRCRA=B'0011 1000=H'38

とする。

⑥ ポートディレクションレジスタの設定 [p.290, p.293, p.315]

外部 DRAM の容量は 2MB である。また 8 ビットアクセスであり、 $2^{11}=2048$  であるから 11 本のアドレス線 (A0~A10) が必要になる。表 3.1 に示したように、これらのアドレスはポート 1 (P10~P17) およびポート 2 の一部 (P20~P22) と共用になっている。DDR レジスタを出力に設定するとアドレス線として使用できるので、まずポート 1 およびポート 2 における前記の DDR レジスタのビットを 1 にしている。ポート 8 (5 ビットのポート) に関しては、チップセレクト信号の出力端子として使用するためエリア 2 (CS2) に対応するビット 2 を DDR=1 に設定する。上位 3 ビットは don't care である。

P1DDR=H'FF          アドレス A0~A7  
 P2DDR=H'07          アドレス A8~A10  
 P8DDR=H'04          エリア 2 (CS2) のみ使用

⑦ WCRH, WCRL (ウェイトコントロールレジスタ) [p.136]

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
WCRH	W71	W70	W61	W60	W51	W50	W41	W40
WCRL	W31	W30	W21	W20	W11	W10	W01	W00

W7~W0 はそれぞれの外部 DRAM エリアのウェイトステータを決める。外部 DRAM をエリア 2 に接続しており、W21 および W20 に設定した値によりウェイトステータが決まる。デフォルトでは 11 になっており 3 ステータのウェイトになっている。

H8/3069F のクロックは 25MHz であり、1 クロック時間は 40ns である。使用している DRAM において、CAS からのアクセス時間 ( $t_{CAS}$ ) は最大 15ns である。したがって DRAM を接続したエリア CS2 のウェイトステータを 0 (W21=W20=0) とし、DRAM アクセス時のウェイトを 0 とする。

よって WCRH=B'1111 1111=H'FF,  
 WCRL=B'1100 1111=H'CF とする。

なお内蔵メモリおよび内部 I/O レジスタに対するアクセスステータ数は WCRH、WCRL の設定値にかかわらず固定である。

⑧ ASTCR(アクセスステータコントロールレジスタ) [p.135]

ビット	7	6	5	4	3	2	1	0
	AST7	AST6	AST5	AST4	AST3	AST2	AST1	AST0

それぞれのエリアのアクセスステータ数を決める。DRAM は高速でありアクセスステータ数=2 とする。

よって ASTCR=B'1111 1011=H'FB とする。

⑨ wait80us (8 リフレッシュサイクル分の wait を入れる)

DRAM の説明書によれば、「電源投入後  $V_{CC}$  が規定の電圧に到達してから 200 $\mu$ s 以上のポーズをとり、その後 8 回以上のリフレッシュサイクル (CAS ビフォア RAS リフレッシュサイクル時) を加えて下さい」と注記されている。

DRAM のリフレッシュレートが 2048/32ms=64kHz であるから、8 サイクルでは 125 $\mu$ s の遅延時間になる。この遅延時間を

プログラムでは NOP 命令を使って作成している。refresh\_loop は 1 回で 20 ステータであり、これを 25MHz クロックで実行すると 0.8 $\mu$ s になる。したがってループ回数は計算上 156.25 回となる。これを多めに見積もって 250 回としている。

以上の結果をまとめたものが図 4.1 の結果である。なお BSC は DRAM やバス関連のレジスタを束ねる上位概念であるが、ハードウェアマニュアルには明示的な記載はない。しかし 3069s.h には記載されている。

```

1  #include "iodefine.h"
2
3  void wait_80u(void)
4  {
5      volatile int t= 250;
6      while(t--);
7  }
8
9  void HardwareSetup(void)
10 {
11     BSC.RTCOR           = 125;
12     BSC.RTMCSR.BYTE    = 0x0F;
13     BSC.DRCRB.BYTE     = 0x98;
14     BSC.DRCRA.BYTE     = 0x38;
15
16     P1DDR              = 0xFF;
17     P2DDR              = 0x07;
18     P8DDR              = 0x04;
19
20     BSC.WCR.BYTE.H     = 0xFF;
21     BSC.WCR.BYTE.L     = 0xCF;
22
23     BSC.ASTCR.BYTE     = 0xFB;
24
25     wait_80u();
26 }
```

図 4.1 スタートアップモジュール HardwareSetup.c の作成結果

4.2 シリアルチャネルにおけるボーレートの設定

WindowXP+Hterm の環境下ではリンクージュコマンドファイルを用いて行っていた設定が、HEW 接続シリアルモニタでは直接モニタのタブにより設定できるようになった。一部シリアルモニタのボーレートについては計算式を示したおいた方が後々の参考になると思われるので以下に示しておく。

readme.htm には計算式が示されていないが、H8/3069F-ZTATIM ハードウェアマニュアルによれば次式で表される。

$$N = \frac{\phi \times 10^6}{64 \times 2^{n-1} \times B} - 1$$

但し： $\phi$ ・・・システムクロック (=25MHz)  
 $n$ ・・・分周比

$B$ ・・・SCI チャネルのボーレート

$n=0, B=38400$ baud とすれば、 $N=19$  (10 進数, 16 進数では 13)  
 $n=0, B=19200$ baud とすれば、 $N=40$  (10 進数, 16 進数では 28)  
 $n=0, B=9600$ baud とすれば、 $N=80$  (10 進数, 16 進数では 50) となる。

ボーレートは早いほうが良いが、正しく通信できなければ意味がない。試してみて文字化けのしない最速のボーレートに設

定する。WindowXP+Hterm の環境下では、モニタを書き込むときには38400kbaud で良いが、ユーザプログラムの読み込み時には9600baud までボーレートを下げる必要があった。

HEW 接続シリアルモニタの場合には両方とも38400kbaud に設定すれば良い。逆にHterm の場合と違いユーザプログラムの読み込み時に9600baud までボーレートを下げると動作しない。

### 5. C 言語を用いたプログラム例

ポート6 に接続したLED を、タイマー割り込みを用いて1s 間隔で点滅させるプログラムを図5.1 に示した。以下このプログラムを例にとり説明する。

```
#include "3069s.h"
int cnt;
void int_imia0(void)
{
    ITU.TISRA.BIT.IMFA0 = 0;
    cnt -= 1;
    if( cnt == 0)
    {
        P6DR.BYTE ^= 0xFF;
        cnt = 50;
    }
}
void main(void)
{
    P6DDR = 0xFF;
    P6DR.BYTE = 0x00;
    ITU0.TCR.BIT.CCLR = 1;
    ITU0.TCR.BIT.TPSC = 3;
    ITU0.GRA = 62499;
    ITU.TISRA.BIT.IMIEA0 = 1;
    ITU.TSTR.BIT.STRO = 1;
    cnt = 50;
    while(1);
}
```

図5.1 割り込みによるLED点滅プログラム

プログラムあるいはデータをメモリに配置して管理するのはリンカの役目であり、ユーザがHEW のビルド/H8\_300 Standard Tool Chain/最適化リンカ/セクション の部分において設定する。

「H8S、H8/300シリーズ C/C++コンパイラ、アセンブラ、最適化リンカージェディタ」のp.184, 表9.1に詳細が示されているが、代表的なセクションとそれを配置するメモリ種別を表5.1に示す。

#### 5.1 プログラムをROM に書き込んで動作させる場合

最終的にはプログラムをマイコンのROM に書き込んで動作させる。HEW を用いてC 言語のプログラムを作成しビルド/H8\_300 Standard Tool Chain/最適化リンカ/セクション を開くとデフォルトで図5.2 のようになっている。

PRresetPRG~D のセクションはROM に配置されている。セクションB, R およびS はRAM に配置されている。この例では外部DRAM には何も配置されていない。プログラムが大きくなるとセクションP が大きくなるので、表5.1の原則を守りつつプログラムが収容できるように境界を調節する必要がある。

なお図5.2 には示されていないが、実際には0~0xFF 番地に

は割り込みベクタが配置されている。ベクタテーブルはintprg.c において、例えばタイマー割り込みの場合には

```
_interrupt(vect=24) void INT_IMIA0(void) { /* sleep(); */
```

と言うように<割り込みベクタ番号> (vect=24) を記述することによって自動的に生成される。

表5.1 代表的なセクション

領域	セクション			
	名称	属性	メモリ	
1	プログラム領域	P	code	ROM
2	定数領域	C	data	ROM
3	初期化データ領域	D	data	ROM
4	未初期化データ領域	B	data	RAM
5	初期化データセクションのアドレス領域	C\$DSEC	data	ROM
6	未初期化データセクションのアドレス領域	C\$BSEC	data	ROM
7	スタック領域	S	stack	RAM



図5.2 ROM動作時のメモリ配置

### 5.2 デバッグにおける設定

#### (1) HEW のシミュレータを用いたシミュレーション

H8マイコンはROM への書き込み回数の最大値が100 回程度と少ないようである。従ってデバッグを行うには、まずPC 上でシミュレーションを行い、その後にPC とパソコンを接続してプログラムをRAM に読み込んでエミュレーションを行う方法が適していると考えられる。これによりROM への書き込み回数の低減が図れる。

この場合には表5.1 および図5.2 においてROM に配置されたセクションをRAM に移動させる必要がある。図5.3 にメモリ配置の一例を示す。



図5.3 RAM動作時のメモリ配置の例

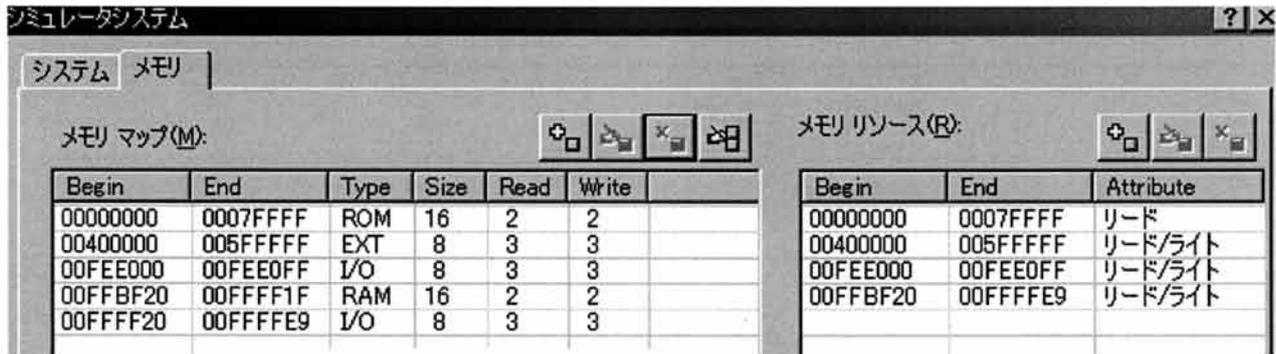


図 5.4 シミュレータシステムの設定

シミュレータシステムにおけるメモリの設定を図5.4に示す。図3.6の物理メモリの配置を設定すれば良い。図5.4を正しく設定しないと「メモリアクセスエラー」が発生する。

(2) HEW 接続シリアルモニタを用いたエミュレーション

PCとマイコンを接続し、HEWの「デバッグの設定」において「H8/300H Serial Monitor」を選択するとシミュレータを使用する場合と全く同様にしてエミュレーションによりデバッグを行うことができる。セクションの設定は図5.3と全く同様で良い。シリアルモニタ使用時には割り込みベクタを本来はROM領域である0~0xFF番地に設定できるようになっている。したがってintprg.cにおける設定は変更する必要がなく、図5.3のメモリを全てRAM領域に配置すれば良い。この場合にリセット直後に表示した割り込みベクタ領域におけるメモリ内容を図5.5に示す。

またRAMのメモリ配置を先頭アドレスが0xFFBF20となるように変更した場合を図5.6に示す。実際にはRAM領域にマッピングされるが、表面上ROMの内容が書き換えられているように見えている。

Address	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+A	+B	+C	+D	+E	+F
000000	00	00	00	00	7D	1E	EF	F0	5A	18	10	10	F7	C8	F3	9B
000010	E8	12	C4	C8	76	D7	D7	37	44	42	90	B8	00	40	00	18
000020	00	40	00	18	00	40	00	1A	00	40	00	1C	00	40	00	1E
000030	00	40	00	20	00	40	00	22	00	40	00	24	00	40	00	28
000040	00	40	00	28	00	40	00	2A	83	88	0D	0E	EB	2B	EF	2F
000050	00	40	00	2C	00	40	00	2E	A4	28	48	01	00	40	00	30
000060	00	40	00	32	00	40	00	48	00	40	00	4A	C8	E4	48	D8
000070	00	40	00	4C	00	40	00	4E	00	40	00	50	CD	33	D0	E8
000080	00	40	00	52	00	40	00	54	00	40	00	56	D7	B9	FE	DF
000090	00	40	00	58	00	40	00	5A	00	40	00	5C	00	40	00	5E
0000A0	00	40	00	60	00	40	00	62	00	40	00	64	00	40	00	66
0000B0	00	40	00	68	00	40	00	6A	00	40	00	6C	00	40	00	6E
0000C0	60	F7	4D	00	25	D3	6D	58	00	11	43	26	E6	2E	A0	2B
0000D0	00	40	00	70	00	40	00	72	00	40	00	74	00	40	00	76
0000E0	00	40	00	78	00	40	00	7A	00	40	00	7C	00	40	00	7E

図 5.5 RAM 動作時における割り込みベクタ

Address	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+A	+B	+C	+D	+E	+F
000000	00	FF	BF	20	7D	1E	EF	F0	5A	18	10	10	F7	C8	F3	9B
000010	00	00	11	70	00	00	11	C8	00	00	12	1C	00	FF	BF	38
000020	00	FF	BF	38	00	FF	BF	3A	00	FF	BF	3C	00	FF	BF	3E
000030	00	FF	BF	40	00	FF	BF	42	00	FF	BF	44	00	FF	BF	46
000040	00	FF	BF	48	00	FF	BF	4A	83	88	0D	0E	EB	2B	EF	2F
000050	00	FF	BF	4C	00	FF	BF	4E	A4	28	48	01	00	FF	BF	50
000060	00	FF	BF	52	00	FF	BF	68	00	FF	BF	6A	C8	E4	48	D8
000070	00	FF	BF	6C	00	FF	BF	6E	00	FF	BF	70	CD	33	D0	E8
000080	00	FF	BF	72	00	FF	BF	74	00	FF	BF	76	D7	B9	FE	DF
000090	00	FF	BF	78	00	FF	BF	7A	00	FF	BF	7C	00	FF	BF	7E
0000A0	00	FF	BF	80	00	FF	BF	82	00	FF	BF	84	00	FF	BF	86
0000B0	00	FF	BF	88	00	FF	BF	8A	00	FF	BF	8C	00	FF	BF	8E
0000C0	60	F7	4D	00	25	D3	6D	58	00	11	43	26	E6	2E	A0	2B
0000D0	00	FF	BF	90	00	FF	BF	92	00	FF	BF	94	00	FF	BF	96
0000E0	00	FF	BF	98	00	FF	BF	9A	00	FF	BF	9C	00	FF	BF	9E
0000F0	00	FF	BF	AO	00	FF	BF	A2	00	FF	BF	A4	00	FF	BF	A6

図 5.6 メモリ配置を変更した場合の割り込みベクタ

6. むすび

電気電子工学科3年生の実験科目である情報・通信実験において今年度から新設し、実施したPBL項目である「H8/3069Fマイコンを使用した電子回路の設計と製作」の立ち上げおよび実施結果について報告した。また回路の中心的な役割を担うH8/3069Fマイコンを使用する上でのノウハウを整理した。

今年度初めて実施したので数々の不測の事態や、課題が見つかり、また結果として多くの知見が得られた。来年度は、これらの結果をベースにしてより良い方向に持って行けるものと期待している。

【謝辞】

電気電子工学科の高橋 久教授にはHEW接続シリアルモニタの件でいろいろとお骨折りを頂いた。深く感謝致します。またルネサスエレクトロニクス株式会社の鹿取 祐二氏には同モニタをご提供して頂いた上に、当方の回路、プログラムのチェックまでして頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) ルネサス社, “H8/3069F-ZIATIM ハードウェアマニュアル”
- 2) ルネサス社, “HEW 接続組み込み型モニタのカスタマイズ方法 readme.htm”
- 3) OKI 電気, “M5117805F データシート”
- 4) ルネサス社, “H8S, H8/300 シリーズ C/C++コンパイラ、アセンブラ、最適化リンカージェネディタ”
- 5) H8-MON@YTomO. WEB, “Renesas 組み込みモニタ構築 [H8,Win] ”

# 平成 24 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 —

The Internship Program in 2012  
For Career Education

石田隆弘\*1, 安昭八\*2, 高橋久\*3, 笠谷祐史\*4  
野村恵美子\*5, 金久保正明\*5, 青島偉夫\*6, 吉國博昭\*6  
Takahiro ISHIDA, Syohachi YASU, Hisashi TAKAHASHI, Hirofumi KASATANI,  
Emiko NOMURA, Masaaki KANAKUBO, Hideo AOSHIMA, Hiroaki YOSHIKUNI

**Abstract:** Ours Internship has been introduced into the curricula of Shizuoka Institute of Science and Technology (SIST) since 1999. In 2012, 55 companies in Shizuoka prefecture and 87 students participated in the internship programs. This report presents the discussion about the preparation, the organization and the results of the internship program conducted in 2012. 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。本制度も開始から 10 年を経過し、企業との相互理解も深まってきている。このように、本授業は人材育成の手段として、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 24 年夏期に静岡理工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、成果として何を得たか、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 年度から平成 24 年度までの 14 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。

また、今年度初の取り組みとして、平成 25 年春期に試行された春期インターンシップについても、その取り組みについて述べる。

## 2. 平成 24 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 本学のキャリア支援教育が学生に広まってきたことにより、インターンシップへの関心も高まり、今後学生の応募数が増加することが見込まれる。このことから、従来の受け入れ企業との関係を深めると共に、さらに新規受け入れ企業の開拓が必須である。
- ② 実習生の態度や状況について、企業からの評価が低下傾向にあり、来年度以降、事前研修を通して基本的なビジネスマナーを身につけさせる必要があると思われる。
- ③ 春期インターンシップ開催の可否について検討する必

要がある。また、開催の可能性がある場合には、試行の実施が望まれる。

平成 24 年度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た。

- ① 新規インターンシップ受け入れ企業開拓に取り組んだ。
- ② 企業側への受入希望調査を昨年度同様 4 月に開始した。
- ③ 企業からの全ての提出物を昨年度同様 Web 上で入力できるようにし、インターンシップ受け入れ申込み、実習報告および評価作業などの効率化を図り、企業側への負担を軽減した。
- ④ 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、同時に挨拶や言葉遣いの指導も行った。
- ⑤ 春期インターンシップを試行した。

上記施策により、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図り、より高い教育効果が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つて、インターンシップ制度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。協力依頼企業の選定にあたっては、過去 13 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十分に考慮し、以下の条件で依頼状送付企業の選定を行った。

- ① 昨年まで依頼状を送付したが返事の全くない企業、インターンシップ不可の返事をいただいた企業を削除。
- ② 平成 23 年度卒業生の就職先企業のうち、通勤可能な地域の企業を追加。
- ③ 春期インターンシップに関する企業アンケートにおいて、夏期インターンシップ受け入れが可能と解答のあった企業、インターンシップに前向きな企業を追加。
- ④ 求人ナビ登録企業の中で、インターンシップ受け入れが可能で、通勤可能な地域の企業を追加。

上記条件で選考の結果、インターンシップ受け入れの可能性のない約 330 社を削除、新たに 130 社を追加し、4 月 19 日に、394 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 24 年度においては、76 社・133 名分の実習テーマ受入申し込みがあった。現在も続いている景気低迷や円高の影響、また東日本大震災等の影響が多方面に残っているにもかかわらず、受け入れ企業数、実習テーマ数に関してはここ数年より増加した。これは本学のインタ

2013 年 2 月 19 日受理

\*1 インターンシップWG リーダー、\*2 機械工学科、\*3 電気電子工学科、\*4 物質生命科学科、\*5 総合情報学部、\*6 キャリア支援課

ンシップ制度への地元企業の理解が広まってきた事と、依頼企業の選択に関して、事務局職員の多大なる努力の成果であると言える。

#### 4. 参加学生募集と派遣企業の決定

4月の履修ガイダンスなどを利用し、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要請を行った。また、報告書の提出と報告会および事後研修全てに参加しなくては単位の取得ができないことを告知した。その上で、インターンシップ参加希望者には4月10日の第1回の事前研修をはじめとして、全3回の事前研修を実施した。参加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」をもとに、学生が実

習内容をよく検討した上で希望企業を選定し、第5希望までの受付を行った。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った。また、学生の通勤の可能性についても検討し、通勤が危うそうな学生については個別に確認を行い、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、55社に87名の実習生を派遣することができた。

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 実習先受入企業一覧表(受入回答企業76社、募集人数133名、実習実施企業55社、実習学生87名)

No.	会社名	実習地	テーマ	期間	日数	受入人数	実習人数
1	株式会社アーティス	浜松市中区	ウェブサイト制作に関わる業務を理解する	9/3-14	10	1	1
2	株式会社アイ・エス・ジェイ	愛知県豊橋市	CAD操作習得と組立図から部品図作成	9/3-14	10	1	0
3	株式会社アイ・エス・ジェイ	愛知県豊橋市	3D CADを使い製品図面作成	9/3-14	10	1	0
4	株式会社アイゼン	浜松市南区	専用機によるミクロン単位の製品製作、および専用工作機械の製作等が体験できます	8/30-9/19	15	2	1
5	アイティ・インターナショナル株式会社	静岡市葵区	映像クリエイター・webクリエイター・ITシステムエンジニア・プログラマーとしての実務	-	5	2	0
6	アイパルス株式会社	浜松市北区	チップマウンターの組立作業の一部を習得する	9/3-14	10	1	1
7	株式会社赤堀技研	袋井市	機械加工	8/20-9/14	15	2	2
8	ASTI株式会社	浜松市南区	車載電装品、又は制御機器の設計評価、生産技術	9/3-14	10	1	1
9	天方産業株式会社	浜松市中区	サーバとネットワークについて	9/3-14	10	1	1
10	天方産業株式会社	浜松市中区	マイコンを使用したソフト作成	9/3-14	10	1	1
11	磐田信用金庫	磐田市	信用金庫の役割、業務内容、当庫の先進的取り組み	8/6-10	5	3	3
12	株式会社クイン・ターバン 小麦市場	焼津市	顧客満足を創造する	9/5-9	5	2	2
13	株式会社クイン・ターバン	静岡市駿河区	顧客満足を創造する	9/5-9	5	2	2
14	株式会社エーピーコーポレーション 袋井工場	袋井市	微生物を用いた発酵実験及び発酵液からの有用物精製実験	8/6-10	5	2	2
15	エズカ工業株式会社	磐田市	機械組立補助、検査補助、工具使用による作業	8/21-9/19	10	2	0
16	株式会社エヌエステイ	浜松市北区	電子機器製作における基本的な作業や簡単な検査業務	8/20-31	10	1	1
17	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	9/3-14	10	1	1
18	株式会社エフ・シー・シー	磐田市	自動車・オートバイ用クラッチの製造	9/5-18	10	3	3
19	遠州鉄道株式会社	浜松市中区	営業・IT業務を体験する	9/4-10	5	1	1
20	遠藤科学株式会社	静岡市駿河区	科学機器商社の主要な業務内容全般と客先訪問	9/3-7	5	1	0
21	株式会社オートベル	沼津市		-	5	2	0
22	株式会社小楠金属工業所	浜松市西区	精密機能部品の切削加工と生産技術	9/3-14	10	2	0
23	株式会社かきこや	浜松市中区	明るく、元気な接客	9/3-16	10	2	2
24	化工機プラント環境エッジン株式会社 袋井事業所	袋井市	下水処理施設の運転・維持管理	8/6-10	5	1	1
25	川崎工業株式会社	菊川市	機械技術の習得	9/3-14	10	2	1

No.	会社名	実習地	テーマ	期間	日数	受入人数	実習人数
26	株式会社カンセツ	浜松市東区	生産設備の自動化	9/3-14	10	1	1
27	株式会社木村鋳造所	清水町	CAD/CAM を用いた鋳物用模型の製作及び鋳物工	8/27-9/10	10	2	0
28	株式会社コーリツ	磐田市	各種生産設備の保全業務を体験	8/6-11	6	1	1
29	株式会社コバテック袋井工場	袋井市	小型減速機の設計から加工、組立の実習	9/6-19	10	1	0
30	株式会社小林製作所	富士市	手抄き紙の作成および紙試験	-	5	2	0
31	株式会社佐塚工業所	島田市	製造業での実戦体験	9/3-14	10	2	0
32	佐藤農園	山梨県山梨市	生産:モモ、ブドウの収穫、販売、イベントの準備、運営、片付け	8/29-9/9	5	3	3
33	CDS株式会社	愛知県名古屋	各種ソフトを使用した製作実習	8/27-31	5	2	2
34	静岡ガス株式会社	富士市	ガスタービン・ガスエンジン・コージェネの日常点検作業や運転管理の見学および演習。	9/3-7	5	2	0
35	静岡県サッカー協会グループ エコパハウス	袋井市	運動公園のウラカタを見よう!	8/17-9/6	10	3	3
36	静岡県中小企業家同友会	静岡県葵区	県内の中小企業(会員)への訪問、事務サポート、会合出席	9/3-7	5	1	1
37	株式会社静鉄ストア	静岡市葵区	接客・販売・製造・清掃・荷出し等	8/4-31	10	2	2
38	シブヤ精機株式会社	浜松市東区	農業用選果・選別システムの設計実習	9/3-14	10	2	2
39	ショードテクトロン株式会社	浜松市西区	CAD を使用して、図面の作図を行う	9/3-14	10	1	0
40	株式会社ショーワ二輪サス開発部	袋井市	二輪用ショックアブソーバの開発業務	9/3-14	10	3	1
41	株式会社榛葉鉄工所	掛川市	マフラー製造工程の実習とエクセルを使った管理資料作成	9/3-14	10	2	1
42	鈴与システムテクノロジー株式会社	静岡市清水区	チームで協力してひとつの仕事を完成する・システム開発を経験する	9/10-14	5	3	1
43	社会福祉法人大乗会特別養護老人ホーム御寿園	三島市	共に笑い、共に泣き、共に感動する	9/3-14	10	2	0
44	株式会社大進堂	磐田市	DTP ワークを中心に印刷物製作の基礎を学ぶ	8/20-29	8	1	1
45	ダイハツ沼津販売株式会社	沼津市	店舗総合営業活動	7/21-9/16	10	3	0
46	高松電機株式会社	浜松市東区	自動制御盤の製作現場を見て体験する	9/3-14	10	2	0
47	竹原産業株式会社	袋井市	家周りのレイアウト	8/4-8	5	1	1
48	株式会社田子重	焼津市	販売員・商品管理	8/4-20	10	3	3
49	株式会社ダスキン富士宮	富士市	レタリング営業同行により、実際にお客様とコミュニケーションをとり、対話の中から、営業に対する基本的な知識とスキルを学ぶ	9/3-7	5	1	1
50	農事組合法人 茶夢茶夢ランド 菅山園	牧之原市	農業をしながら食の大切さ、ありがたさを肌で実感し、お客様に喜ばれる茶・いちごを出荷する。	9/3-7	5	4	2
51	東海テクノ株式会社	静岡市清水区	設計技術計算と CAD による作図	8/6-17	10	1	0
52	有限会社巴川加工所	静岡市清水区	地域産業との連携による地域に役立つ人材の育成	9/10-14	5	2	2
53	豊川信用金庫	愛知県豊川市	信用金庫法に基づく金融業務	8/13-17	5	3	0
54	豊橋市役所	愛知県豊橋市	子供たちの成長の機会を提供	8/10-21	10	1	1
55	ニチアス株式会社袋井工場	袋井市	生産技術開発及び製造業務の補助	9/10-14	5	1	0
56	日星電気株式会社	浜松市西区	モノづくり体験	8/1-31	10	1	0
57	浜二ペイント株式会社	浜松市南区	木工用塗料の検査及び塗装	9/3-7	5	1	1
58	浜松ケーブルテレビ株式会社	浜松市中区	番組制作	9/10-21	9	1	1

No.	会社名	実習地	テーマ	期間	日数	受入人数	実習人数
59	浜松鉄工株式会社	磐田市	測定器具を使用したの部品検査、熱処理業務の理解と実作業～検査	8/21-31	10	2	2
60	株式会社早川製作所	袋井市	非鉄金属(アルミ、シンチュウ)の量産工場における加工技術	9/3-14	10	1	1
61	袋井市 月見の里学遊館	袋井市	月見の里学遊館の事業や施設運営についての実習	8/4-25	10	2	2
62	袋井市役所	袋井市	市役所業務(資料作成・行事参加など)を体験	8/13-31	10	3	3
63	不二工機製造株式会社	浜松市中区	工程設計(ST)作成	9/3-7	5	1	1
64	富士ロックス静岡株式会社 浜松支店 ODP	浜松市中区	望まれるものを、高い品質で はやく創り上げる	9/3-14	10	2	2
65	ポラ化成工業株式会社 袋井工場	袋井市	製品品質検査(受入れ～出荷)	9/3-7	5	1	1
66	株式会社ホテル銀水荘	賀茂郡 東伊豆町	日本旅館でのおもてなしを学ぼう	8/4-9/19	14	2	0
67	ホテル玄	浜松市 東区	ホテル業務の実習	9/8-13	5	3	3
68	株式会社ホンダカーズ静岡西	浜松市 北区	自動車販売の最前線と本部業務	8/17-21	5	1	1
69	松本印刷株式会社	吉田町	営業、製作、仕上加工、総務まで	9/3-7	5	1	1
70	株式会社メカワールド	磐田市	現場体験に基づく職業観の育成と進路選択肢の拡張	9/3-14	10	1	1
71	株式会社森町体験の里 アクティ森	森町	接客を通してサービス業を学んで頂きます。	8/7-20	14	2	2
72	山崎工業株式会社	静岡市 駿河区	国内需要にフレキシブルに対応する中小企業の生産努力を体感する。	9/3-7	5	2	2
73	やまと興業株式会社	浜松市 浜北区	商品開発から納入までの流れを学ぶ	9/6-19	9	3	3
74	ユニクラフトナグラ株式会社	湖西市	ロボットシステムの組み付け作業	9/3-14	10	2	1
75	株式会社吉和田浜松	浜松市 東区	当地大手製造業の現状と産業用機器商社の実務を学ぶ	9/10-14	5	1	1
76	株式会社ロジック	浜松市 中区	プログラミング実習(自習形式が主になります)	9/10-14	5	2	2

実習人数が「0」となっている企業は、二次・三次募集で追加した企業のうち、実習申し込みがなかったもの  
 期間・日数等が「-」となっているものは、詳細が未定だったもの

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		2	14		16
電気電子			14		14
物質生命		2	9		11
コンピュータ		2	24		26
人間情報		2	18		20
計	0	8	79	0	87

表3 実習企業地域別内訳

市名	人数	市名	人数	市名	人数
浜松市	20	掛川市	1	湖西市	1
袋井市	10	菊川市	1	富士市	1
磐田市	7	森町	1	豊橋市	1
静岡市	6	牧之原市	1	名古屋市	1
焼津市	2	吉田町	1	山梨市	1

表4 インターンシップ事前・事後研修会、報告会 出席者状況

学科	第1回	第2回	第3回	報告会	事後研修
機械	44	21	16	15	16
電気電子	59	24	16	17	15
物質生命	65	19	11	10	10
コンピュータ	53	34	27	26	25
人間情報	47	28	21	21	21
計	268	126	91	89	87

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→射出成形の体験. パイプ曲げ, ロウ付け, 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解との比較.</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.</p>	<p>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, 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, 4月10日から3回にわたり事前研修会を開催し, インターンシップを受けるにあたり, 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への関心が高まったためか, 268名の参加があり, 急遽教室を増やし, 2教室でのガイダンス開催となった. 第1回事前研修の内容は, 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回事前研修では, 先輩体験報告および, 実習先決定報告書や履歴書等の作成についての説明を行った. 第3回事前研修では, 実習に向向くにあたっての諸注意事項, 報告書類等提出物の説明をおこなった.

今年度はキャリア支援教育がカリキュラムに組み込まれ, 十分なキャリア教育が行われているため, 昨年同様事前研修は3回とした. 事前研修に関しては3回で十分であると思われる.

このように, 3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, 各事前研修はビデオに収録し, 事前研修当日に実験・実習やその他の理由により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り, 事前研修の補講を受けることができるよう配慮した. また, 春期インターンシップの事前研修にも利用した.

第1回事前研修には268名参加者があった. 学生の希望により調整を行った結果87名が企業実習を行うこととな

った. 実習参加率は32.4%となり, 昨年の38.7%よりは参加率が下がったが, 参加人数は増加することができた.

## 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. これは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であり, 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い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4日から9月19日まで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き, 実習受入担当者と面談を行った.

過去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. 昨年度は企業を取り巻く不況の影響により受入事業所数は横ばい状態であったが, 今年度は受け入れ企業・実施

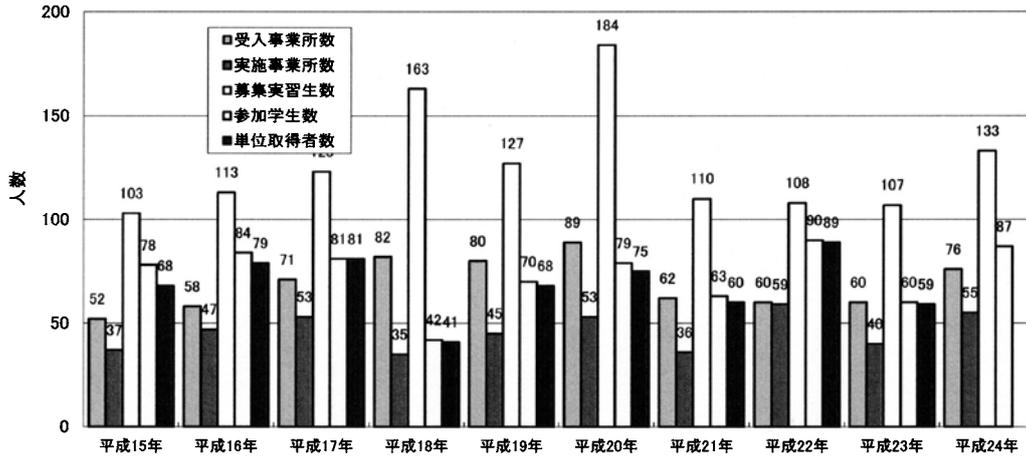


図1 受入企業等の数および参加学生数(10年間の変化)

事業所数とも増加した。また、参加学生数も減少傾向にあったが、キャリア支援教育の成果が現れ、今年度は一昨年並に回復した。10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。本年の特徴は、総合情報学部参加人数が急増したことである。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。

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に示す。「製作、組立、加工」が1位で31%、「営業、接客、販売」は21%で2位であった。昨年度は、1位「製作、組立、加工」、2位は「営業、接客、販売」と「実験、測定、試験、分析」

の順であった。昨年と比較して特筆すべきこととしては製造業と営業活動部門である「製作、組立、加工」および「営業、接客、販売」の割合が、昨年度の2倍程度増加しており、製造部門の景気回復の兆しを表しているようにも思われる。

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。1位の「企業や職場の雰囲気がわかった」が29%で全体の1/3弱を占めており、2位の「企業の現場を見ることができた」は17%で共に昨年度の約3倍である。3位の「仕事に対する熱意、緊張感、厳しさ」は16.6%で昨年度の約2.5倍である。

「人との付き合い方、会話の重要性」についても、昨年度の9.1%から15.8%になり約1.7倍の増加を示している。

「企業や職場の雰囲気がわかった」と「企業の現場を見ることができた」が昨年度より3倍程度増加しており、内にこもり、外の情報を知らない学生が増えているように思われる。また、「人との付き合い方、会話の重要性」についても昨年度の1.7倍に増加しており、コミュニケーション能力の低下が現れていると考えられる。

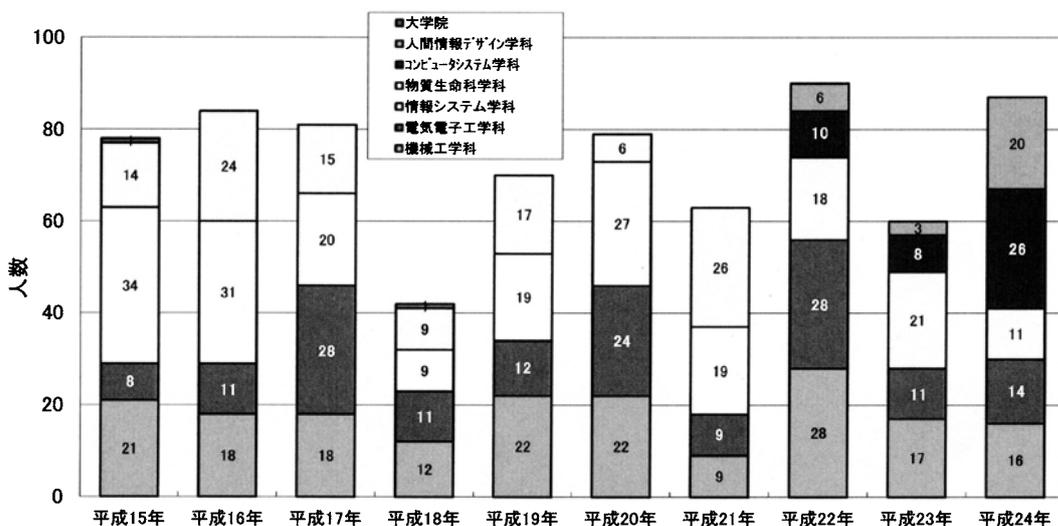


図2 参加学生数の学科別内訳 (10年間の変化)

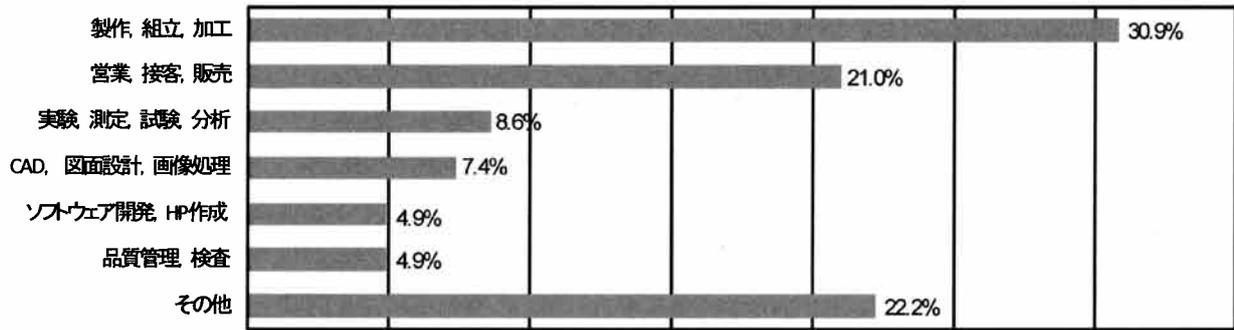


図 3 実習内容の詳細

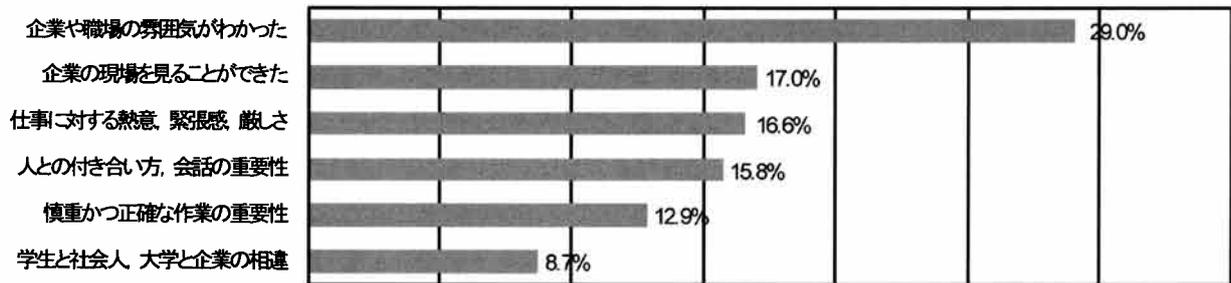


図 4 実習によって得られた成果

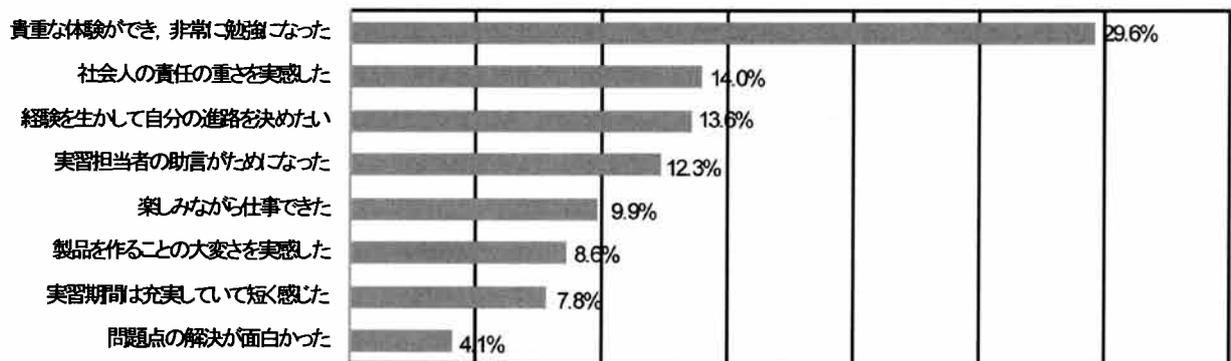


図 5 実習に関する感想



図 6 実習に関する反省

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 87)

評価項目	評点					平均点
	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?	59 67.8%	9 10.3%	17 19.5%	2 2.3%	0 0.0%	4.4
勤務態度(言葉遣い、挨拶、返事など)はいかがでしたか?	28 32.2%	30 34.5%	25 28.7%	4 4.6%	0 0.0%	3.9
実習内容はよく理解できていましたか?	27 31.0%	43 49.4%	15 17.2%	2 2.3%	0 0.0%	4.1
仕事に対し、よく実行・行動・努力していましたか?	25 28.7%	40 46.0%	16 18.4%	6 6.9%	0 0.0%	4.0
仕事は正確で良い結果を出していましたか?	27 31.0%	36 41.4%	21 24.1%	3 3.4%	0 0.0%	4.0
創意工夫の姿勢は見られましたか?	12 13.8%	28 32.2%	40 46.0%	6 6.9%	1 1.1%	3.5
仕事に対する積極性はいかがでしたか?	15 17.2%	37 42.5%	30 34.5%	4 4.6%	1 1.1%	3.7
責任感を持てていましたか?	29 33.3%	36 41.4%	22 25.3%	0 0.0%	0 0.0%	4.1
協調性はいかがでしたか?	19 22.1%	38 44.2%	25 29.1%	2 2.3%	2 2.3%	3.8
全体評価	23 26.4%	44 50.6%	16 18.4%	4 4.6%	0 0.0%	4.0

### 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、「貴重な体験ができて、非常に勉強になった」という感想が26.9%で1位であり、昨年度と比較して2倍弱増加している。2位は「社会人の責任の重さを実感した」であり、昨年度の9%から14%に上昇している。3位の「経験を活かして自分の進路を決めたい」も、昨年度の6.8%から13.6%に2倍増している。

一方、「問題点の解決が面白かった」は4.1%であり、昨年度の半分以下である。その他の感想は、昨年度とほぼ同様であった。

これらの結果から、インターンシップは、現実の厳しさを知り、自分の進路を決めるためのトリガを与える貴重な機会を提供しており、重要な実習の一つであると思われる。今後も、多くの学生をインターンシップに参加させる方策を検討していく必要がある。

### 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を図6に示す。その中で1位は「うまく話や説明ができなかった」であり、昨年の10%に対し18%であった。2位は「自ら考えて仕事をすることができなかった」が、昨年の6.5%から14%と2倍以上増加している。その他は昨年度とほぼ同様な結果であった。

この結果から、学生のコミュニケーション能力の不足がより深刻になってきていることが伺える。キャリア支援活動の中にコミュニケーション能力の向上を目的としたプログラムを積極的に取り入れる必要がある。また、自ら考えて仕事ができるようにするには、学生に考えさせ、創造できる能力を付与するようなカリキュラムを展開していく必要がある。

### 8. インターンシップ実習の評価(受入企業、訪問教員)

インターンシップ終了後、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とした。その結果(回答数87)を表6に示した。評価の平均値は昨年と比べ若干低下傾向にあった。「勤務態度」が0.2、「内容理解」が0.1上昇したが、「勤務状況」・「実行・行動・努力」・「正確」・「責任感」・「協調性」で0.1下がり、「積極性」では0.4下がった。「創意工夫」に関しては昨年度と同じ値であり、「全体評価」は0.1下がった。「創意工夫」・「積極性」で1名、「協調性」に関して2名が「劣る」の評価を受けた。「積極性」に関しては、一昨年度にその前年より0.4下がり、昨年度に0.5と回復し、今年度再び0.4下がった。ここ数年他の項目に比べて年度による変動が大きくなっている。

評価値が若干下がり気味であったのは、昨年と比べて参加者が1.4倍程度あり、参加した学生層が膨らんだことが理由として考えられる。問題点は「創意工夫」の値が3.5と昨年同様に低く、他の項目に比べても低いことである。本年度は「積極性」の項も同程度に低い。これら項目の評価点を上げるためには、入学当初から対策していくことが必要で、インターンシップの事前研修で強調する程度では不十分であろう。「創意工夫」の欠如を本学学生の欠点として全教職員が認識し、やらまいかプログラムやPBL教育手法を講義の中に積極的に導入し、普段から観察し考えて行動する応用力を養うように指導していく必要があると

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

＜積極的な行動が評価された＞

- ・挨拶は明るく、また実験中の操作は丁寧でした。今回の実習内容では実験結果に対する考察が複雑でしたが、分からないところは質問して積極的に理解しようとする姿勢が見られました。
- ・全体的には良い印象でしたが、質問に対して適切な受け答えができない場面がありました。ただこれも経験を積み重ねれば克服できることと理解していますので、本人の今後の成長に期待したいと思います。
- ・特に受け答えがしっかりしていました。決して饒舌ではないのですが、相手に伝わる内容のある表現をすることができます。
- ・人見知りのようで最初はグループメンバーと積極的にコミュニケーションを取っていないようで心配しました。しかし日が経つにつれてメンバーと馴染んでようである安心しました。
- ・礼儀をわきまえており、また、依頼した業務も正確かつ迅速に処理されました。行政に対する関心も高く、自分自身の知識として吸収しようとする姿が見受けられました。
- ・リーダーの指示に従い、着実に業務を実行しました。もう一步前にできることを期待いたします。就職活動は、仲良し3人組でなく、1人で行うように指導をお願い申し上げます。
- ・例年になく猛暑の中、頑張って真面目に仕事をされました。
- ・コミュニケーションをとる中で やや戸惑う場面もありましたが、実習そのものは意欲的に取り組んでいました。分からないことは積極的に質問し、改善案も出してくれました。
- ・リーダーの指示に従い、業務を着実に実行したことを評価いたします。また、献身的な行動も多くみられ、業務を安心して任せることができました。今後は、一步前にするような行動をすることを期待いたします。就職活動は、仲良し3人組でなく、1人で行うように指導をお願いいたします。
- ・元気で明るい第一印象を相手に与えるよう、自分の魅力を引き出す努力をさらに高めていってほしいと思います。
- ・真面目で、受け応えも大変良い。ただ、本当に解ったのかなと思うところもある。「はやのみこみ」で失敗しないかな？との心配も多少あります。確実に理解してから次の行動に移ることで、すばらしくなるでしょう。
- ・理解力にすぐれており、目的をあきらかにして行動する習慣がついていると思われま。
- ・インターンシップ学生の受け入れは2回目ですが、実習内容が学生の求めている内容とあっているか考えさせられます。北米に出荷の設備準備に忙しく細部にわたり説明ができませんでしたが、大変よく頑張ってくれました。
- ・協調性があり、作業も落ち着いてしっかりできていました。今後も意欲的な活動を心がけてください。
- ・挨拶は明るく、言葉遣いも丁寧でした。今回の実習内容では実験結果に対する考察が複雑でしたが、分からないところは質問して積極的に理解しようとする姿勢が見られました。
- ・慣れない環境の中で自分から積極的に溶け込もうとしたり、意見や質問をする姿には感心しました。また、大変個性的な面もあると思いますので、公務員だけに拘らずに、個性を十分活かせる職を探してみるのも良いと思います。環境イベントの準備、当日の従事も積極的に動き、また、参加者への声掛けなどががんばっている姿が、印象的でした。不法投棄のごみの回収でも「きれいな」仕事ではなかったにもかかわらず、フットワークが軽く、素直に忠実に動いていただけて感謝しています。また、市民に接する態度も優しく、細やかで言葉遣いも丁寧でした。社会人として立派に対応出来ると感じました。多くの選択肢（可能性）の中から自分にあった職業を見つけられるようこれからもがんばっていただきたいと思います。
- ・緊張していたように感じます。もう少し元気に伸び伸び動いて頂いて良かったのですがおとなしい印象が残ります。それが優しい雰囲気として表れていて、お客様は癒されたかも知れません。頑張ってくれていたのは良く分かります。ありがとうございました。
- ・一週間という短い期間で評価するのは難しいですが、知識・技術共にすぐに使えるものを持っており、感心させられました。真夏の暑さで後半少しスタミナ切れのように見えました。
- ・リーダーの役割を果たし、佐藤農園の売上に貢献したことを評価いたします。今回の経験を活かし、自信を持って何事にも望んでください。就職活動はなかよし3人組でなく、1人で行うように指導をお願いいたします。
- ・難しい課題を与えたと思うがよく頑張った。
- ・気づきが多く、良く動いて下さって助かりました。コミュニケーション能力に優れ、職員からもお客様からも好印象でした。忙しいなかでもいつも良い雰囲気を出してくれて前向きに取り組んで頂き、有り難かったです。
- ・真面目に、努力するタイプであると思います。今回は、創意工夫には????がりにくい実習内容ではあったが、より積極的になることと、工夫することを併せて考えていけば、これからもっと伸びていける要素を持っていると思います。頑張ってください。
- ・実習で学んだことを、今後に活かすことを期待します。

- ・ 定型的な事務から、子育て支援センターでの実習まで多岐に亘る業務にご協力いただき当方としても大変助かりました。ありがとうございました。
- ・ 大変意欲的に就業をしていただきました。他の従業員とのコミュニケーションもしっかりとられパート社員の評価も大変良かったようです。
- ・ 毎日7時前ごろ来社する姿勢は好感が持てた。
- ・ 返事は良いのですが、ミスが目立ちました。発表では一番大きな声で発表することができました。
- ・ 事前の確認から終了時まで、大変しっかりしたまじめな態度で勤務いただきました。指導に対する飲み込みはよく、ポイントを掴むことができていました。ただ短期間でもある為、職場の雰囲気慣れた頃には終了となるため、創意工夫を求めるにはかなり無理があると思います。
- ・ よく頑張りました。指示を受けるときは良く理解し自分のものにしてから実行するようにすれば社会で力を発揮するでしょう。
- ・ 仕事には真面目な姿勢で取り組んでいたと感じました。
- ・ リーダーシップを発揮してがんばりました。
- ・ グループワークでは、他大学の学生とも活発にコミュニケーションをし、自身の考えを伝えようとする姿が印象的でした。
- ・ WSにおいては、参加者に声をかけるなど、積極性が見られました。与えられた課題（WSの企画）に対しても熱心に取り組み、来年度実施できそうな企画が提案されました。
- ・ 夏の炎天下に野外作業もありましたが、気持ちよく業務していただけました。また、日々問題意識を持ち従事できました。周りに伝わるぐらい積極性が全面に出るとさらに良いと思います。
- ・ 研修を担当した社員から、理解は早かったと報告を受けております。また、研修態度も良く、お客様との対応も笑顔で出来ていました。前向きな姿勢と素直な性格で研修中も周囲からも好かれていました。

#### <問題点の指摘があった>

- ・ 実習時に指摘すればよかったのですが、敬語の使い方を間違えていることが時々ありました。これでは気になって会話に集中できません。また、考えながら話すことに慣れていないのか、言い回しが理屈っぽくなる傾向があります。状況を正確に伝えることも大切ですが、言い訳と受け取られることも多いので特に面接等では要注意です。「相手」を意識したコミュニケーションを心掛けて、本人のまっすぐで誠実な性格がうまく伝わることを願います。
- ・ 元気がない。声が小さい。人の話を良く聞こうとすることからか、メモを取るなどに手が回らなかった。事前打合せの際も「メモを取らなくてもよいの?」とってから取り始めるなど臨機応変さが足りないかを感じる。
- ・ 来社に先立ち、社長の名前や業務内容等もう少し真剣に事前学習をしてきてもらいたかった。
- ・ 少し積極性が足りない面もあり、自分から発言することも今後アドバイスして頂ければと思います。
- ・ 真面目・おとなしい
- ・ 社会に出ると一番大切なのはコミュニケーション能力となります。自分の意思を相手に伝えるのは、とても難しい事ですが会話がすべてとなりますので、人との係りを大切にしてください。
- ・ 非常にまじめですが、おとなし過ぎた感が有ります。休み時間など、自分の趣味の話でも構わないので、積極的に会話できると今後の社会生活も楽しく豊かなものとなります。
- ・ おとなしい性格ですね。社会ではもっと積極的に行動をした方が、いい印象を持ってもらえますよ。これからも頑張ってください。
- ・ 発言する時に声が小さかったのもう少し大きい声で発言すると良いと思います。
- ・ 作業は問題ないのですが、態度からあまりやる気は感じられませんでした。
- ・ 送付いただいた履歴書から、プログラミングが得意と受け取りましたが、本人との会話の中では、プログラミングへの強い関心が感じられませんでした。コミュニケーション能力の不足を感じました。プログラミングに限らず、自信が持てるものを何か1つ見つけるか、自信が持てるまで自己研鑽することでコミュニケーション能力の向上が図れるのではないかと思います。
- ・ もう少し大きな声で元気よく対応できたら良かったと思います。やや積極性に欠ける部分はありましたが、職務については、責任をもって取り組みました。
- ・ マイペースで困りました自覚が足りません。

考えられる。

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た。「明るく元気があるか」、「応答がよいか」、「はっきりとわかるように発言できるか」等のコミュニケーション

ンに関する基本的な振る舞いで評価が分かれていると思われる。教育的立場からは、これらの点で評価が低い(真面目だがおとなしい等)学生への指導が課題になるのであるが、方法論を見出しにくい課題であると思われる。

「明るく挨拶ができる」、「礼儀正しい」等の前向きな評価の一方で、「敬語の使い方の間違えが気になる」との指摘もあった。敬語の用法に不慣れな世代であるとも言えるが、集中的に学習する機会が必要と考える。また、本人の希望と実力のギャップが実習の場面で顕在化してしまったケースもあり、実習先の割当に配慮が必要であると考えられる。その他、インターンシップの実習として適切な内容であったかどうか考えあぐねている企業も一社あり、インターンシップの意義等の事前説明をより強調して行う必要があるかもしれない。

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。いずれの項目も、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。ただ、昨年度と比べて「適切」より「ほぼ適切」の割合が増加しており、8.1の実習生に対する評価が下がり気味であることと合わせ、事前指導をより充実させる必要があるかもしれない。

8.3 学生によるインターンシップの評価

学生達自身によるインターンシップに対する評価結果を図8に示した。指導や指導内容への満足度の高さが確認できる。卒業を1年以上あとに控え、現場に就業に出る貴重な機会に、的確な指導を受けて自らの学ぶべき、あるいは工夫すべきポイントを痛感し、その後の勉強・生活にフィードバックできるのは、他では得難い貴重な経験となっていることが見て取れる。是非この制度を継続改良発展していくことが望まれる。

8.4 実習先訪問担当教員の報告

単位認定のために、インターンシップ先での本学学生の実習状況を調査して評価をする必要がある。このため本年度も各派遣先企業に担当教員が訪問し、各企業の受け入れ担当者および実習学生本人と面談して聞き取り調査を行った。その実習先訪問担当教員の訪問報告をもとに、学生の実習への「取り組み」をグラフにまとめたのが図9である。また、実習生の「意欲」をまとめたのが図10である。「取り組み」では全教員が肯定的評価を下し、殆ど

の学生が意欲的に取り組んでいた事を伺わせるグラフとなっている。

訪問教員による企業での実習内容が教育的であったか、実習プログラムは充実していたか、指導状況は良好かという項目に対する評価は、3つの質問項目とも5段階評価で5または4の好意的評価が75%以上であった。充実度のみ3が23%あったが、概ね良い評価だった。また実習学生に対して指導困難な様子が伺えたかという質問に対しては、「そう思う」「ややそう思う」が合わせて27%程あり、指導困難な状況が無視できない割合で起こっていた事を伺わせる。これらの結果を図11に示す。

自由記述欄の内容では、次のような肯定的な意見が見られた。

- ・営業への同行等、学生が体験した事のない業務が多く充実している
- ・工作機械を用いた実務のかつ学生でも可能な難易度
- ・大変丁寧に御指導くださっている様子が伺えた
- ・新しい商品提案などを実習生同士で検討し、プレゼンテーションを行なっている
- ・大学で学んだ知識を現場の応用に生かした実習になっていると感じた
- ・接客態度等に対して教育的だった
- ・実習生は遅刻もせず（当然だが）、髪も黒く染め直し意欲が感じられた

一方で、企業側が業務秘密の観点から学生に仕事をさせず、自習のみさせた事例、アルバイトと同程度の仕事内容、学生に積極性が多少欠けている気配が感じられた、有機溶媒の蒸気が充満していて、インターンシップ先として疑問、といった否定的な所見もあった。

企業から訪問教員が聞いた意見として「理工科大の学生はよくやってくれる」という肯定的評価の一方、営業希望ではない学生が来て、同時期に他大学から来た営業志望の学生とのやる気の差が感じられた、学生がおとなし過ぎ会社にとってはもっと元気が必要である、といった辛口のコメントもあったという。毎年学生が取れる訳ではないとの理由で少し距離を置いている感じの企業もあった。学生の更なる士気向上も必要であるし、派遣先企業とのマッチングを考慮する事が来年以降の課題と言える。

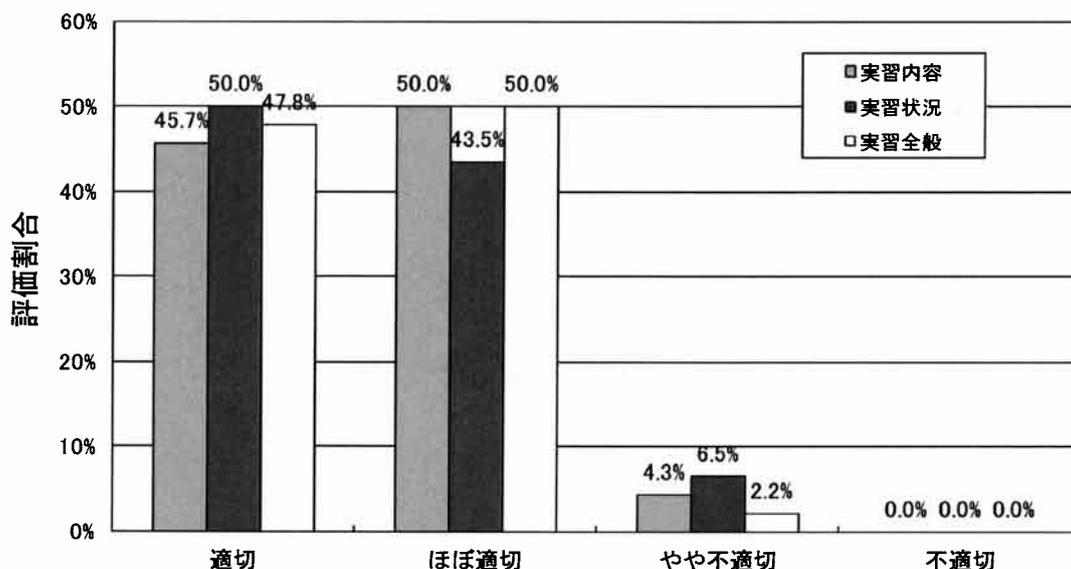


図7 受入企業担当者によるインターンシップへの評価

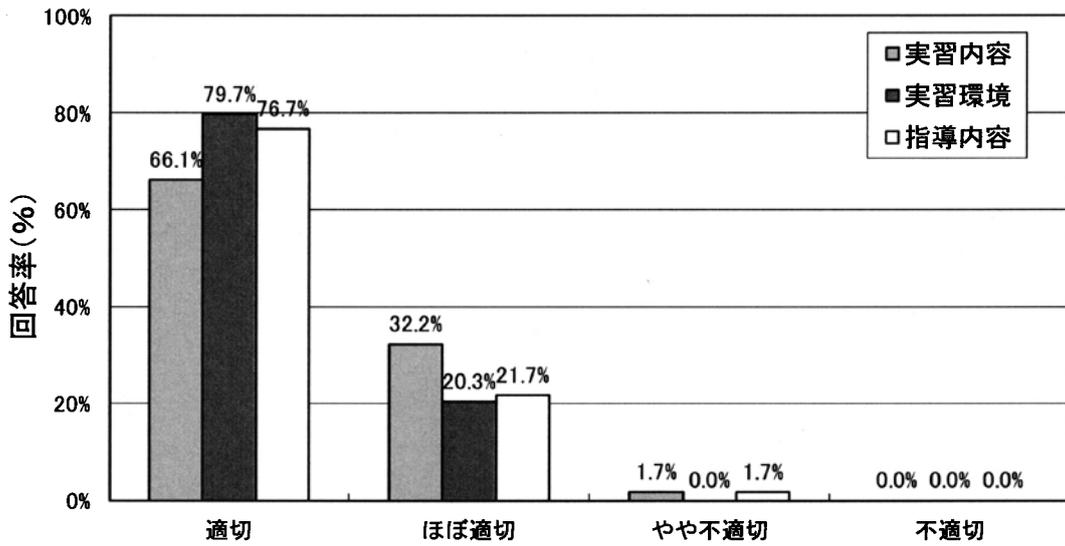


図 8 参加学生による実習内容、環境、指導内容への満足度

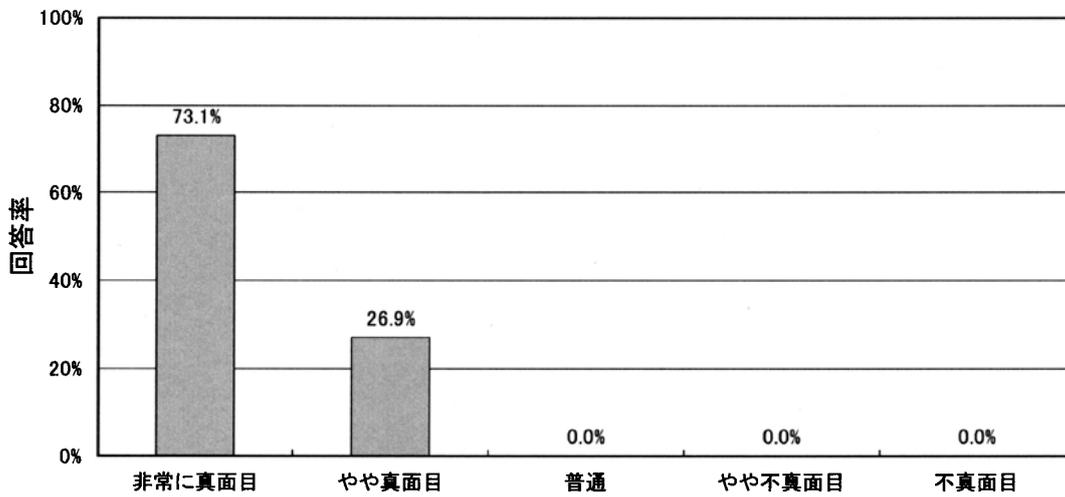


図 9 実習学生の取り組みに対する訪問教員の評価

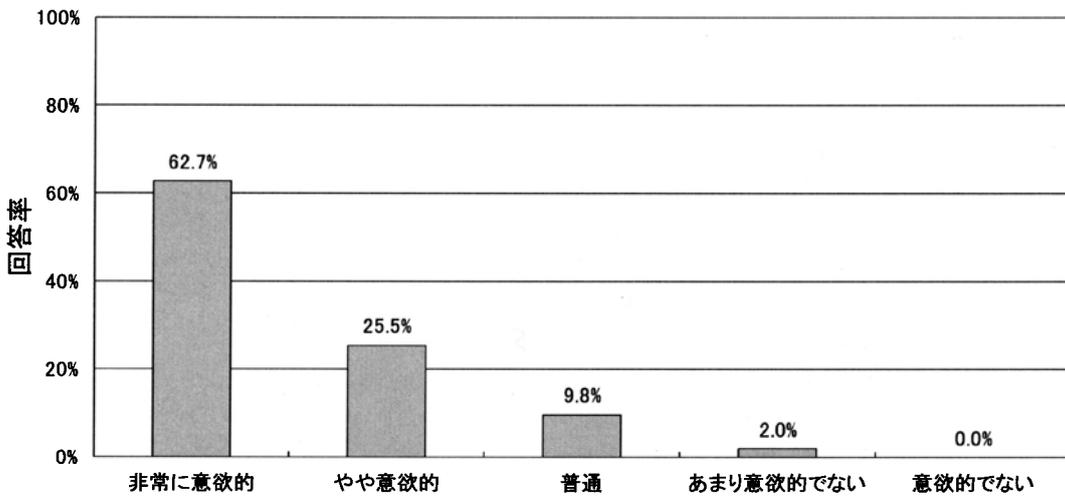


図 10 実習生の意欲に対する訪問教員の評価

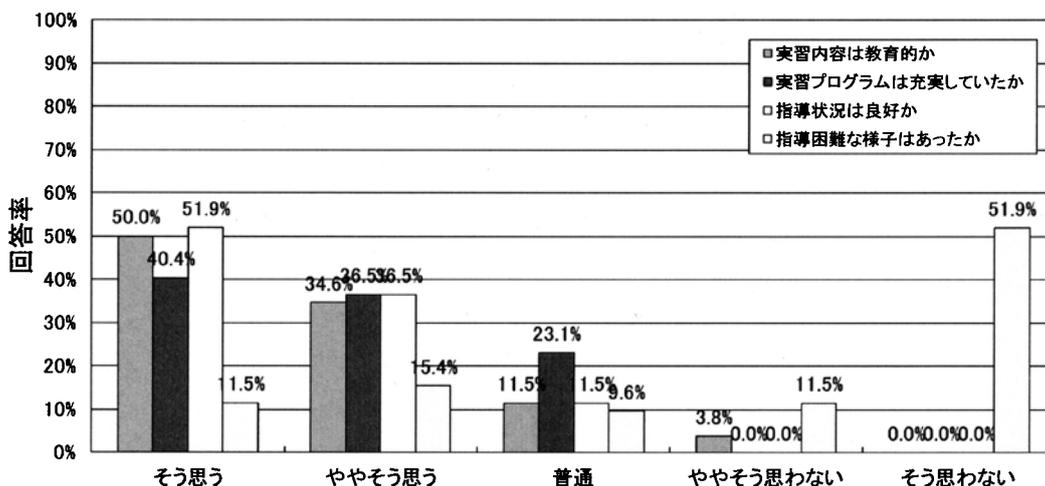


図 11 訪問教員の受入事業所への評価と要望

9. 平成 24 年度インターンシップのまとめ

本年度のインターンシップの取り組みを振り返り、以下のようにまとめる。

9.1 事前研修について

今年度も事前研修は 3 回とした。キャリア支援教育も進んでいることから、今後も 3 回の事前研修で十分であると考えられる。

今年度は第 1 回事前研修への参加者が予想以上に多かった。他の学内行事と重なり 300 講義室が確保できなかったため、第 1 回事前研修が急遽 2 会場での開催となった。来年度以降はさらに参加者が増える可能性を配慮し、第 1 回事前研修会は 300 講義室で行う必要があると考えられる。

9.2 実習受け入れ企業数について

今年度は依頼企業の状況を分析し、受け入れの可能性のある企業に絞って依頼を行った。また、卒業生の就職先の中からもインターンシップ受け入れの可能性のある企業を選別し、計 394 社に依頼を行った。この結果、76 社、133 名分の実習テーマ受入申し込みがあった。

今後もインターンシップ受講者の増加が見込まれるため、より一層の実習先企業開拓が望まれる。

9.3 インターンシップ実習の評価

受け入れ企業および学生自身の評価において、「積極性」、「コミュニケーション能力」などの不足が指摘されている。これらは学生個人による差が大きい、本学学生の特徴とも捕らえることができる。これらの能力はインターンシップ事前研修だけで解決することは困難であり、入学時からのキャリア教育全般や、各講義での地道な指導が必要となると考えられる。大学全体としての問題ととらえ、改善に取り組む必要があろう。

9.4 春期インターンシップについて

今年度初の試みとして、春期インターンシップを試行した。今年度は 22 社からの受け入れ申し込みがあったが、実習を行う予定の学生は 4 名のみとなった。

第 1 回事前説明会には 27 名の参加があったが、実際に実習を行ったのは 4 名のみであった。これは、企業の決算期でもあることから受け入れ企業数が多く確保できなかった点、これにより学生の希望職種にマッチする企業が非

常に少なく、また学生の自宅から実習場所への通勤の可能性などを考慮すると実習可能となる企業がほとんどないことなどが原因である。

来年度以降、今年度の結果を踏まえ、実施方法等を再考しながら春期インターンシップの開催について検討を行っていただきたい。

9.5 その他

例年インターンシップ報告会を 12 月に開催してきたが、実習終了からの期間が開きすぎているため、今年度は 11 月に開催した。報告会はできるだけ学生および企業担当者双方の印象に残っている間に開催することが望まれる。このため、来年度は報告会を 10 月に開催することとし、さらに開催時期を早めることとした。

大きな事故ではないが、ここ 2 年間、実習先での怪我が発生していた。幸い今年度は事故の報告はなかったが、来年度以降も事前研修等を通じ、事故発生防止の指導を行っていただきたい。

今年度、企業からのクレームが 2 件あった。

1 件は学生の希望職種と企業側の受け入れ職種のミスマッチである。受け入れ企業への事前の説明と、学生への指導を進めることにより、可能な限りミスマッチが起らないような体制作りが必要となるかも知れない。

もう 1 件は企業からの意見の中に、「研修期間中に指導教諭が来社したが、事前アポの取り方が横柄でした。大学のイメージが悪くなります。」(原文のまま)とのコメントがあった。企業からは学生の実習態度のみならず、教員の姿勢も評価されている。一人の教員のみのもことではあるが、一教員の態度が大学全体の印象および評価を下げることとなる。教員が訪問する際にも十分な配慮が必要であり、来年度以降、教員訪問時の対応に十分配慮されたい。

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担当者の皆さま、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.
  - 10) 山庄司志朗 他, 平成21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18巻, 2010, 145-155.
  - 11) 山庄司志朗 他, 平成22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20巻, 2012, 119-131.
  - 12) 石田隆弘 他, 平成23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20巻, 2012, 107-118.

# ワン・チップ計算回路の設計・試作 [ものづくり教育]

An Advanced Production Activity Education: Design and Fabrication for a One-Chip Calculation Circuit

波多野 裕\*、岡部 恵太\*\*  
**Hiroshi HATANO and Keita OKABE**

**Abstract :** A one-chip calculation circuit which consists of an encoder circuit, register circuits, an adder circuit, a multiplexer circuit and a control circuit has been originally and successfully designed and fabricated using a double polysilicon and double metal 1.2  $\mu\text{m}$  CMOS technology, in collaboration with VDEC. The one-chip calculation circuit has confirmed to function correctly by SPICE simulations.

## 1. 緒言

2011年3月11日の大震災が契機となり、VDEC(東京大学大規模集積システム設計教育研究センター)発足以前のテストランから続いてきたオンセミ社1.2  $\mu\text{m}$  CMOSプロセスによるチップ試作が2011年9月の設計を最後に幕を閉じた。本報告は試作終了間近に設計・試作したワン・チップ計算回路に関する報告である。

1.2  $\mu\text{m}$  CMOSプロセスは筆頭著者が基本設計を行った宇宙ステーションで使用されているゲートアレイ<sup>1)</sup>とほぼ同程度のデザインルールである。(ゲートアレイは半導体メーカーがトランジスタ・レベルから基本設計を行い、ユーザがパーソナライズ、即ち個別回路化する設計方式である。FPGAのGAもゲートアレイである。) 枯れた技術ではあるが、コスト的には本学の学生1人の卒研費程度でLSI回路の設計・試作が可能であるため、設計経験を持つ適切な指導者のもとで有効な「ものづくり教育」を実施することができる<sup>2) 3)</sup>。1年の空白の後、2012年9月から後継プロセスのテストランが開始された。光栄なことに、当研究室は多数のチップ試作を行ってきた実績(附録参照)が認められVDECから無料試作テストランへの参加打診を受けた<sup>4)</sup>。

第2章ではエンコーダ回路、D-FF回路を用いたレジスタ回路、4bit加算回路、マルチプレクサ回路、計算回路の動作を制御する制御回路からなる1チップの計算回路の全体構成を説明する。第3章以降では計算回路を構成する各回路について記述する。また、シミュレーション結果と試作結果を示す。更に、このワン・チップ回路を、市販ICの74シリーズにより構成した場合と比較する。

## 2. 全体回路の構成

設計した計算回路は、0から9までの10進数で入力される入力データ(被加数・加数)を2進数データへ変換するエンコーダ回路、4個のD-FF回路で構成するレジスタ2個、4bit加算回路、入力されたデータと4bit加算回路の計算結果のどちらかを選択出力するマルチプレクサ回路、計算回路全体の各キー入力に応じたレジスタの制御、マルチプレクサの信号切り替え、エラー表示などを行う制御回路から構成した。計算回路全体のブロック回路図を1に示す。

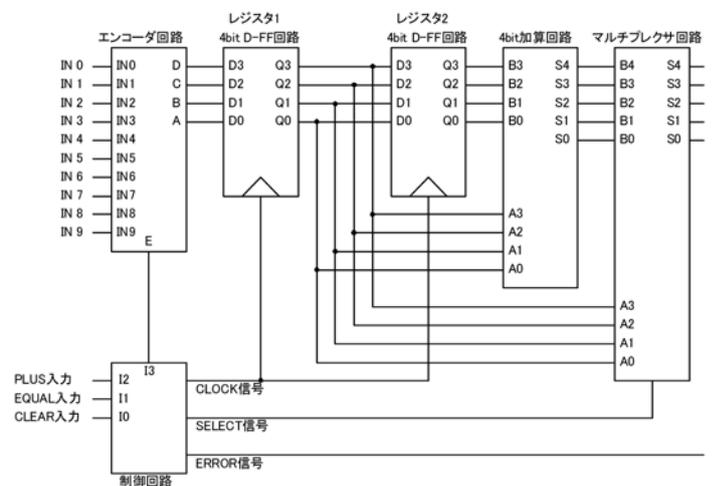


図1 設計・試作した計算回路のブロック図

## 3. エンコーダ回路

エンコーダ回路の計算回路全体での役割は10進数で入力される入力データ(被加数・加数)を2進数データへ変換する回路である。トランジスタ回路図を図2に示す。

2013年1月10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 (2011年3月最優秀卒業研究発表賞受賞)

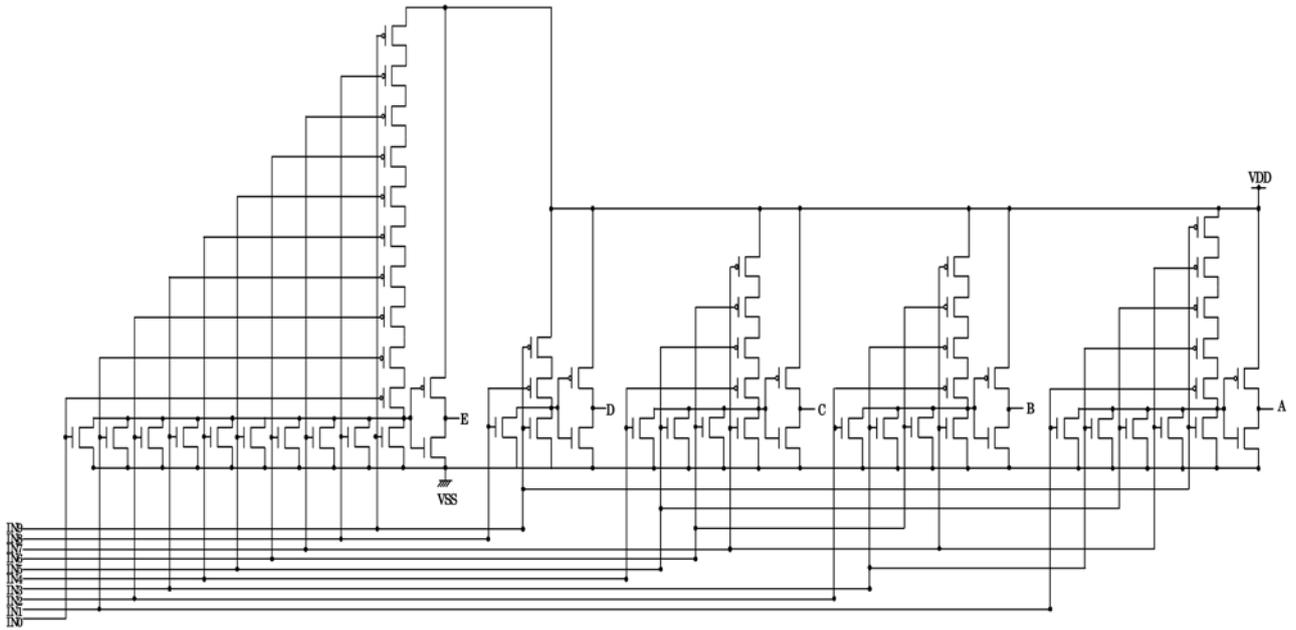


図2 エンコーダ回路のトランジスタ回路図

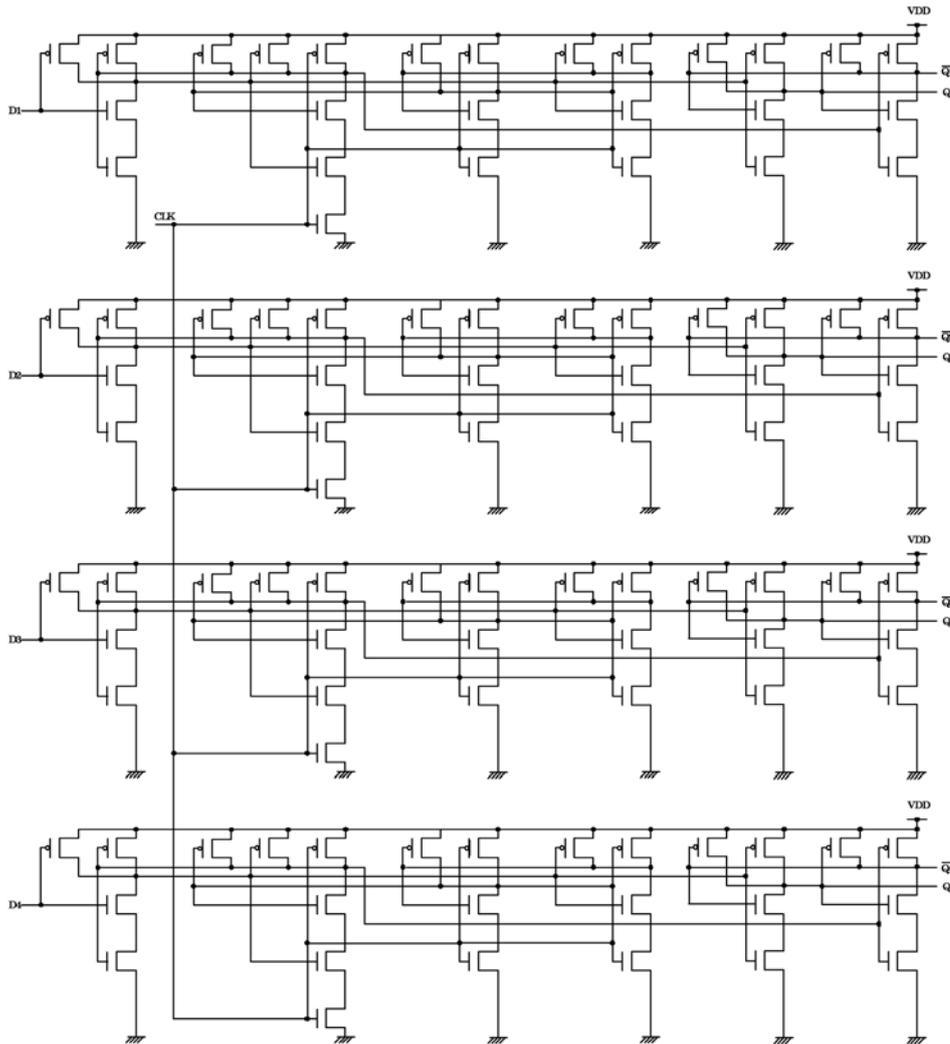


図3 レジスタ回路のトランジスタ回路図

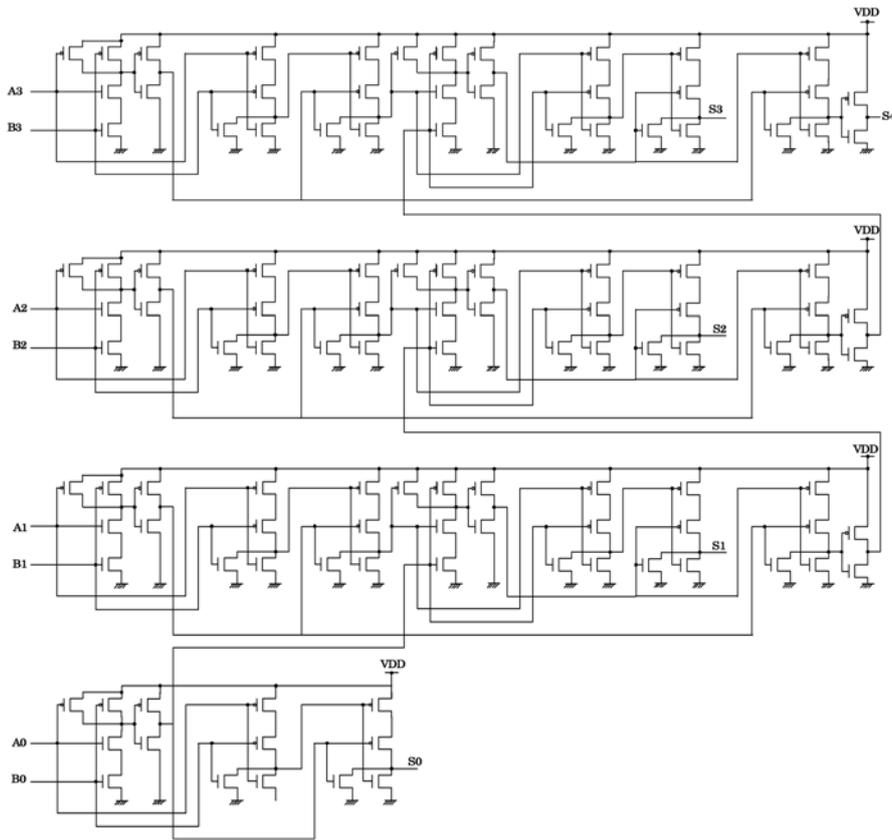


図4 4bit 加算回路のトランジスタ回路図

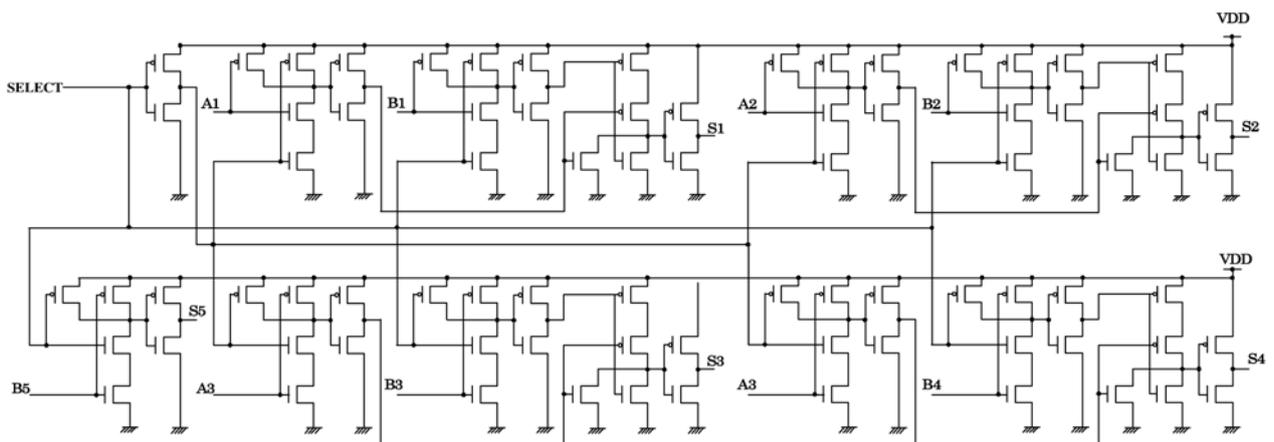


図5 マルチプレクサ回路のトランジスタ回路図

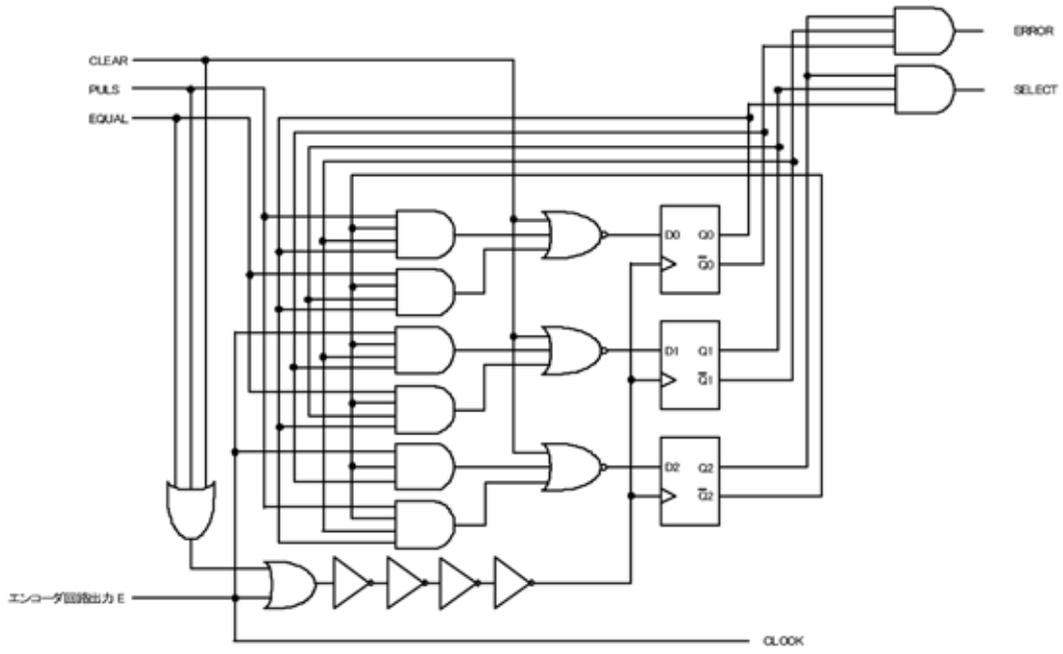


図 6 制御回路の論理回路図

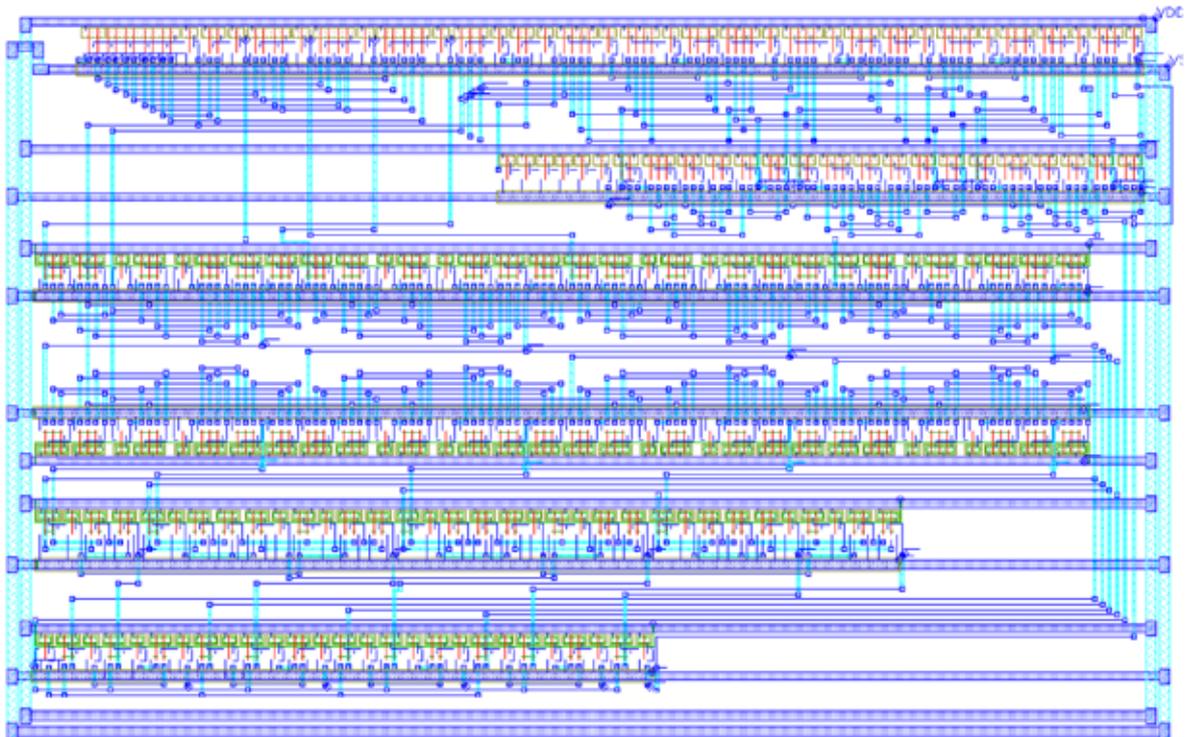


図 7 計算回路全体のレイアウト図

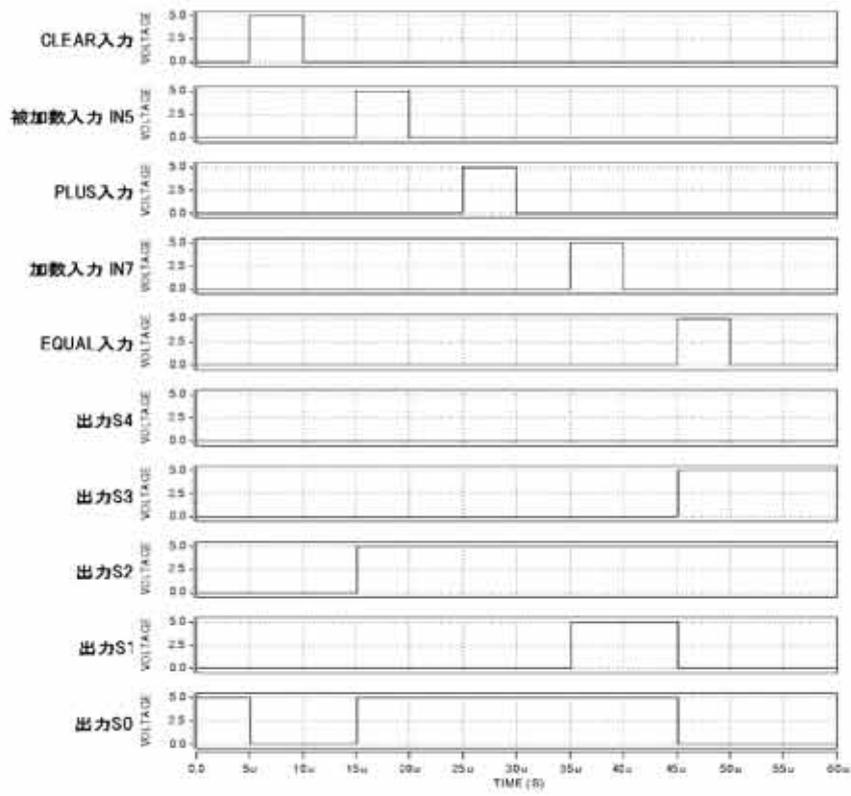


図8 計算回路全体のシミュレーション結果

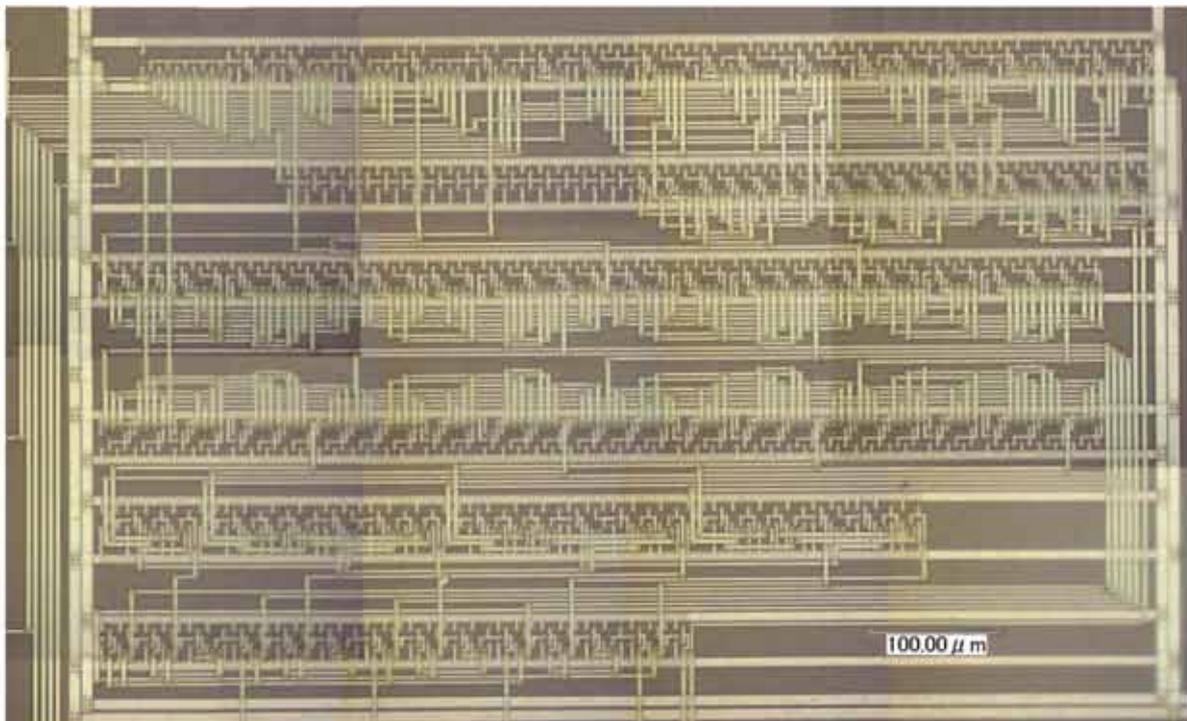


図9 試作回路の顕微鏡写真

#### 4. D-FF 型レジスタ回路

D-FF 型レジスタ回路の計算回路全体での役割は、入力された 2 進数データの記憶をする回路である。レジスタ回路は、4 個のポジティブエッジ型 D-FF 回路で構成している。トランジスタ回路図を図 3 に示す。

#### 5. 4bit 加算回路

4bit 加算回路の計算回路全体での役割は、入力データの加算計算する回路である。4bit 加算回路は半加算回路 1 個と全加算回路 3 個で構成している。トランジスタ回路図を図 4 に示す。

#### 6. マルチプレクサ回路

マルチプレクサ回路の計算回路全体での役割は、入力されたデータ(被加数・加数)と 4bit 加算回路の計算結果のどちらかを SELECT 信号に対応して出力する回路である。トランジスタ回路図を図 5 に示す。

#### 7. 制御回路

制御回路の計算回路全体での役割は、計算回路全体の各キー入力の種類に対応したレジスタの動作、マルチプレクサの出力切り替えや誤動作のエラー表示などを行う回路である。論理回路図を図 6 に示す。

#### 8. レイアウト設計

図 1 のブロック回路図を基にレイアウト設計を行った。図 7 に計算回路のレイアウト図を示す。総トランジスタ数は、772 個、レイアウト面積は、0.86[mm]×0.64[mm]である。レイアウトパターンから抽出した入力ファイルを用いて、SPICE により回路シミュレーションを行った。

#### 9. 計算回路の動作

図 8 に計算回路のシミュレーション波形を示す。5 + 7 = 12 について説明する。まず、CLEAR 入力で計算回路の初期化を行い、被加数 5 入力、PLUS 入力、加数 7 入力、最後に EQUAL を入力して計算結果を出力した。IN0 から IN9 の入力のうち IN5 と IN7 以外は 0[V]なので省略した。マルチプレクサ回路は、被加数、加数、計算結果の 3 つのデータを制御回路からの制御信号で表示切り替えを行う。図 8 より、45[μs]から 50[μs]の間で S4=0、S3=1、S2=1、S1=0、S0=0 なので、計算回路が正しく動作していることが確認できた。

#### 10. 試作結果

2 層ポリシリコン 2 層アルミ 1.2μm CMOS プロセス (NMOS 実効チャネル長 0.9μm、PMOS 実効チャネル長 0.8μm) を用いてチップを試作した。図 9 に試作回路の顕微鏡写真を示す。

#### 11. ワン・チップ化の効果

設計した計算回路を、市販 IC の 74 シリーズ (1.2μm CMOS) で実現しようとする表 1 に示すように、IC が 18 個必要である。74 シリーズ IC パッケージのサイズは 19.75[mm]×7.8[mm]で、総面積は、2779.9[mm<sup>2</sup>]となる。それに対して、試作したチップのパッケージ面積は、14[mm]×14[mm]であるため、1 チップ化することにより、市販 IC チップで回路を設計した場合と比較すると基板上面積を 1/14 にすることができた。

更に、パッケージ間配線の削減による高速化、部品点数削減による高信頼化などは言うまでも無い。

表 1 計算回路を 74 シリーズ IC で構成した場合のチップ数、面積

IC 名	機能	搭載 回路 数	必要 IC 数	パッケージ 縦寸法 [mm]	パッケージ 横寸法 [mm]	合計 面積 [mm <sup>2</sup> ]
TC74HC32AF	2 入力 OR	4	4	7.8	19.75	616.4
TC74HC4075AF	3 入力 OR	3	2	7.8	19.75	308.2
TC74HC27AF	3 入力 NOR	3	1	7.8	19.75	154.1
TC74HC08AF	2 入力 AND	4	3	7.8	19.75	462.3
TC74HC11AF	3 入力 AND	3	1	7.8	19.75	154.1
TC74HC21AF	4 入力 AND	2	3	7.8	19.75	462.3
TC74HC04AF	NOT	6	1	7.8	19.75	154.1
TC74HC174AF	D-FF	6	2	7.8	19.75	308.2
TC74HC283AF	4bit 加算回路	1	1	7.8	19.75	154.1
総計			18			2779.9

## 12. 結 言

エンコーダ回路、D-FF 回路を用いたレジスタ回路、4bit 加算回路、マルチプレクサ回路、計算回路の動作を制御する制御回路を組み合わせて計算回路の設計を、2層ポリシリコン2層アルミ1.2 $\mu\text{m}$  CMOSプロセスで行った。回路全体のシミュレーションにより正常に動作していることが確認できた。74シリーズICと比較して1チップ化により基板上面積を1/14にすることに成功した。

なお、上記1.2 $\mu\text{m}$  CMOSプロセスの終了を踏まえて、当研究室は0.18 $\mu\text{m}$  CMOSプロセスによる設計技術を修得して、2012年2月に0.18 $\mu\text{m}$  CMOSプロセスによるテスト回路設計を行い、2012年7月に試作チップ実測により、テスト回路動作を確認し、先端的CMOS技術による「ものづくり教育」を継続発展させている。

## 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(VDEC)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) H. Hatano, I. Yoshii, M. Shibuya, S. Takatuka, T. Shinohara, T. Noguchi, K. Yamamoto, H. Fuji, and R. Abe, "A radiation-hardened 10k-gate CMOS gate array", IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. NS-36, no.6, pp.2435-2438, 1989.
- 2) 波多野 裕, "学部学生のための集積回路CAD教育の試み," 静岡理工科大学紀要, vol. 2, pp. 27 - 42, 1993.
- 3) 波多野 裕, 林 良平, 袴田尚吾, 石川貴幸, "中計に基づく学生実験用測定評価デバイスの設計試作", 静岡理工科大学紀要, vol.16, pp.111-115, 2008.
- 4) 池田誠, "VDECの新たなチップ試作 0.8 $\mu\text{m}$  CMOS (オンセミ-SANYO) テストランへのご協力のお祝い", 2012. 5. 30. (筆頭筆者あて電子メール)

## 附 録 : VDEC 年報チップ試作レポート一覧

- (1) 波多野, 神尾, 吉山, "CVSL 基本論理回路群と CMOS 基本論理回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 94, 2010.
- (2) 波多野, 鈴木, 藤田, 馬淵, 加藤, "CVSL 基本論理回路群と CMOS 基本論理回路群及び SEE 検出回路などの設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 99, 2010.
- (3) 波多野, 鈴木, 内田, 原, 吉山, "CVSL 基本論理回路群と CMOS 基本論理回路群、FF 回路群、及び比較回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 123, 2009.
- (4) 波多野, 神尾, 吉田, "CVSL 基本論理回路群と CMOS 基本論理回路群、FF 回路群、及び比較回路群の設

計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 122, 2009.

- (5) 波多野, 横井, 袴田, "大小比較回路群、10進デジタル計数回路群、及び学生実験用測定評価デバイスの設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 119, 2009.
- (6) 波多野, 横井, 久保田, 袴田, "学生実験用測定評価デバイス、及び比較器、ダイナミック論理回路、順序論理回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 106, 2008.
- (7) 波多野, 加藤, 林, 石川, "学生実験用測定評価デバイス、及び比較器、ダイナミック論理回路、順序論理回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 107, 2008.
- (8) 波多野, 鈴木, 成島, 内田, 天野, "カスケード電圧スイッチ論理回路及び10進デジタル計数回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 102, 2008.
- (9) 波多野, 鈴木, 隈部, 山口, "カスケード電圧スイッチ論理回路、桁上げ伝搬加算回路、及び順序論理回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 99, 2007.
- (10) 波多野, 成島, 福島, 加治, "カスケード電圧スイッチ論理回路、桁上げ伝搬加算回路、及び順序論理回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 99, 2007.
- (11) 波多野, 加治, 岡本, 杉山, "カスケード電圧スイッチ論理回路、桁上げ伝搬加算回路、及び順序論理回路群の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 99, 2007.
- (12) 波多野, 鈴木, 森, 田力, 芝田, "計数回路、メモリレジスタ、および10進加算回路の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 93, 2007.
- (13) 波多野, 鈴木, 森, 芝田, 田力, "計数回路、メモリレジスタ、および10進加算回路の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 93, 2007.
- (14) 波多野, 鈴木, 森, 田力, 芝田, "基本論理ゲート速度評価回路と加算回路、計数回路、メモリレジスタの設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 146, 2006.
- (15) 波多野, 田力, 鈴木, 森, 芝田, "基本論理ゲート速度評価回路と加算回路、計数回路、メモリレジスタの設計試作", 東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 146, 2006.
- (16) 波多野, 磯部, 小林, 里中, 水口, 村松, 山本, "10進デジタル回路およびニューロンMOS回路の設計試作", 東大大規模集積システム設計教育

- 研究センター年報, p. 140, 2006.
- (17) 波多野、山本、磯部、小林、里中、水口、村松、“高信頼順序論理回路、10進デジタル回路、及びデジタル要素回路の設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 58, 2005.
- (18) 波多野、磯部、小林、里中、水口、村松、山本、“高信頼順序論理回路、10進デジタル回路、及びデジタル要素回路の設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 59, 2005.
- (19) 波多野、村松、水口、小林、里中、磯部、山本、“高信頼順序論理回路、10進デジタル回路、及びデジタル要素回路の設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 59, 2005.
- (20) 波多野、渋谷、縣、北村、永野、村松、望月、“NOR論理ゲート速度性能評価回路とマイクロプロセッサの設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 51, 2005.
- (21) 波多野、渋谷、縣、北村、永野、村松、望月、“NAND論理ゲート速度性能評価回路とマイクロプロセッサの設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 51, 2004.
- (22) 縣、北村、永野、村松、望月、波多野、“4ビットマイクロプロセッサの設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 50, 2003.
- (23) 村松、縣、北村、永野、望月、波多野、“マイクロプロセッサ検討用回路の設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 69, 2002.
- (24) 増田、笹ヶ瀬、田中、山田、落合、波多野、“4ビットマイクロプロセッサとニューロンMOS回路”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 78, 2001.
- (25) 河原崎、伊藤、小松原、竹下、仲本、石倉、波多野、“マイクロプロセッサ回路の設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 79, 1999.
- (26) 中西、古橋、山本、落合、波多野、“ニューロンMOS回路の設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 80, 1999.
- (27) 石倉、落合、波多野、“2ビットマイクロプロセッサとニューロンMOS回路の設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 80, 1999.
- (28) 落合、石倉、伊藤、河原崎、竹下、仲本、波多野、“ニューロンMOS回路群と2ビットマイクロプロセッサの試作”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 131, 1999.
- (29) 落合、波多野、“ニューロンMOSマクロモデル検証用の試作回路”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 66, 1999.
- (30) 石倉、波多野、“マクロセルライブラリを用いた2ビットマイクロプロセッサの設計”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 67, 1999.
- (31) 落合、石倉、山本、西田、光岡、波多野、“CMOSマクロセル群とニューロンMOSマクロモデルの検証”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 55, 1998.
- (32) 石倉、山田、藤元、西浦、波多野、“CMOS VLSI高性能化の検討のためのテスト回路の設計と実測結果”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 60, 1997.
- (33) 鈴木、山田、石倉、鈴木、波多野、“フルカスタム設計CMOS回路の性能比較”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 70, 1997.
- (34) 鈴木、高崎、山本、波多野、“0.5ミクロンCMOS回路と1.2ミクロンCMOS回路の性能比較”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 89, 1997.
- (35) 藤元、山田、西浦、波多野、“MOS VLSI設計方式及び高性能化の検討のためのテスト回路の設計と評価結果”、東大大規模集積システム設計教育研究センター年報, p. 20, 1996.