

# 目 次

## 巻頭「紀要の発刊に寄せて」

学長 荒木信幸

## 論 文

マイコン H8/3052F と 16 × 16 緑色 LED を用いたキャラクタディスプレイ ……………	袴田吉朗	1
MIDI シーケンサと DDS による自動演奏システムの設計と試作 ……………	袴田吉朗、松永康寛、栗田貴史	11
CAN 通信による自動車内データ収集システム—モータ回転数の測定と通信の調停およびフィルタ機能の確認— ……………	小澤倫也、金原正幸、袴田吉朗	21
セニアカー駆動用簡易型パワーコントローラ 新カリ「創造・発見」対応教材の開発 ……………	恩田 一、土肥 稔	31
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 ……………	恩田 一	37
センシングと信号伝送の融合に関する研究 ……………	郡 武治	41
3D ゲーム開発のためのオブジェクト指向型ゲームエンジンの構築 ……………	玉真昭男	47
入力中のデータベースに対する訂正機能を持つ一括検索方式 ……………	工藤 司、武田由衣、石野正彦、五月女健治、片岡信弘	55
NEUROSCIENCE, PSYCHOLOGY AND THE TEACHING OF VOCABULARY ……	Adam Jenkins	65

## 研究ノート

化学物質のエストロゲン様作用評価のための蛍光標識エストロゲンの合成 ……………	桐原正之、今井暁彦、緒方智美、石塚勇貴	69
ヨウ化物イオンと過酸化水素を用いるヨードラクトン化 ……………	桐原正之、坪田昌也、野口拓也	73
示差走査熱量測定及び室温粉末 X 線回折測定によるヨウ素酸アルカリ化合物の研究 ……	笠谷祐史	77
量子ロシアンルーレット ……………	榛葉 豊	81
INSTRUCTIONS AND COMMENTARY ON THE UTILITY OF MOODLE ……	R.Gregg McNABB	87

## 技術報告及び資料

袋井関連人物参考資料目録（3）～名倉孝（遠州鬼秀）、近藤健次関連資料目録～ ……………	小栗勝也	93
---	------	----

## 教育関連報告

学生による超音速風洞実験装置の製作 ……………	安 昭八	103
平成 23 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、前川昭二、小澤哲夫、桐原正之、幸谷智紀、榛葉豊、青島偉夫、大石和典	107
平成 22 年度インターンシップ実施報告 —一貫したキャリア教育を目指して— ……………	山本司志朗、丹羽昌平、袴田吉朗、常吉俊宏、工藤 司、國持良行、青島偉夫、大石和典	119
「やらまいか教育」の平成 23 年度実施報告 … 関山秀雄、丹羽昌平、野崎孝志、土肥 稔、恩田 一、工藤 司、吉田 豊、山下博通、古屋 渚		133
Web デザイン特別プログラムのためのバックアップサーバ兼外部公開 Web サーバについて ……………	幸谷智紀、築地一樹	143

# Contents

## P r e f a c e

President Nobuyuki ARAKI

## Original Papers

Design and Trial Manufacture of a Character Display with an H8/3052F Micro Computer and 16 × 16 LED Arrays .....	Yoshiro HAKAMATA	1
Design and Trial Manufacture of a MIDI Music Player with a MIDI Sequencer and a DDS .....	Yoshiro HAKAMATA, Yasuhiro MATSUNAGA and Takafumi KURITA	11
Design and Trial Manufacture of a CAN-based prototype Vehicular Data Acquisition System .....	Michinari OZAWA, Masayuki KINPARA and Yoshiro HAKAMATA	21
Power controller for the senior car drive system Development of a teaching material for “Exercises for Creation and Invention” .....	Hajime ONDA and Minoru DOHI	31
Researches on Lithium ion battery for the use in photo-voltaic electric power generation system .....	Hajime ONDA	37
A Combining Method of Multi-Detection and Signal Transmission .....	Takeharu KOHRI	41
Development of an Object-Oriented Game Engine for Developing Specific 3D-Computer Games .....	Teruo TAMAMA	47
A Database Query Method with Correction for Batch Processing during Online Entry .....	Tsukasa KUDO, Yui TAKEDA, Masahiko ISHINO, Kenji SAOTOME and Nobuhiro KATAOKA	55
NEUROSCIENCE, PSYCHOLOGY AND THE TEACHING OF VOCABULARY .....	Adam Jenkins	65

## Research notes

The synthesis of an estrogen derivative bearing a fluorochrome for quantitative analyses of estrogen agonist activity of several chemicals .....	Masayuki KIRIHARA, Akihiko IMAI, Tomomi OGATA and Yuki ISHIZUKA	69
Iodolactonization using iodide ion and hydrogen peroxide .....	Masayuki KIRIHARA, Masaya TSUBOTA and Takuya NOGUCHI	73
Study of Alkali Iodates by DSC and Power X-ray Diffraction Measurements .....	Hirofumi KASATANI	77
Quantum Russian Roulette .....	Yutaka SHINBA	81
INSTRUCTIONS AND COMMENTARY ON THE UTILITY OF MOODLE.....	R.Gregg McNABB	87

## Technical Report and Materials

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.3 .....	Katsuya OGURI	93
---	---------------	----

## Education -related Reports

A supersonic wind tunnel for the aeronautical experiments manufactured by students .....	Shohachi YASU	103
The Internship Program in 2011, For Career Education ..... Takahiro ISHIDA, Shoji MAEKAWA, Tetsuo OZAWA, Masayuki KIRIHARA, Tomoyuki KOYA, Yutaka SHINBA, Hideo AOSHIMA and Kazunori OHISHI		107
The Internship Program in 2010, For Career Education ..... Shiro YAMASHOJI, Shohei NIWA, Yoshiro HAKAMATA, Toshihiro TSUNEYOSHI, Tsukasa KUDO, Yoshiyuki KUNIMOCCHI, Hideo AOSHIMA and Kazunori OHISHI		119
A Report on the Yaramaika Educational Program in 2011 ..... Hideo SEKIYAMA, Shohei NIWA, Takashi NOZAKI, Minoru DOHI, Hajime ONDA, Tsukasa KUDO, Yutaka YOSHIDA, Hiromichi YAMASHITA and Nagisa FURUYA		133
On the Backup and Open Access Web Server Systems for Web Design Special Program .....	Tomonori KOUYA and Kazuki TSUKIJI	143

# 紀要の発刊に寄せて

学長 荒木 信幸

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

静岡理工科大学紀要は、教員の研究成果の発表の場として、本学が開学した年度の1992年3月に創刊準備号として発刊されました。続いて、次の年の創刊号から毎年発行され、今回の2012年版で、20巻目となりました。当初は、主として、人文・社会・外国語・保健体育部門の論文を掲載し、理系教員の研究成果は、それぞれの学会誌に発表することを期待していたようです。その後、内容に検討が加えられ、理系・文系の区別なく研究成果を掲載するようにし、論文のみでなく、研究ノート、技術報告・資料、レビューなどの貴重な資料などをまとめて公表する場としました。さらに、大学院を修了した学生の修士論文概要を全員分掲載し、第8巻からは、教育関連報告と言うジャンルを設け、教育を重視する大学の姿勢を表すものとなりました。

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。

2012年4月

# マイコン H8/3052F と 16×16 緑色 LED を用いたキャラクタディスプレイ

Design and Trial Manufacture of a Character Display with an H8/3052F Micro Computer and 16×16 LED Arrays

袴田 吉朗\*

Yoshiro HAKAMATA

Abstract: The material describes the design of a Character Display that uses an H8/3052F micro computer as a controller and 16×16 green LED arrays. The controller receives ASCII codes from a Green LED transmission system via a plastic optical fiber through RS232C protocol. And it displays characters into green 16 ×16 LED matrix arrays using dynamic ON-OFF technique. A few know-how to use HEW simulator debugger is also taken into account.

## 1. はじめに

2011年3月11日に東北大地震が勃発し、東北地方の物流が一時停滞した。その結果世界の自動車の生産量が低下したが、その一因にH8マイコンの供給ができなくなったことが挙げられている。このとき初めてH8マイコンが世界の自動車産業に占めるシェアが非常に大きいことを認識したものである。

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RAM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。

折しもH23年度の後期から「マイクロプロセッサ応用」の講義を担当することになった。この講義のテキストは、H8マイコンのアセンブラを題材にしている。講義を行うためにはH8マイコンについて十分に知っておく必要がある。それにはH8マイコンを用いた回路を作ってみるのが早道であり、またマイコンを理解するにはそのマイコンのアセンブラ・プログラミングを一度は経験しておく必要があると考えている。そのため、製作するのに相応しい題材を検討してみた。

ここ数年高校生に対する電気電子への興味を喚起する目的で“動く”、“光る”、“音が出る”などの要素を含む回路を試作してきた。その一つにH21年度に試作した赤/緑色LEDを使用するWDM光通信システムがある[1]。この赤色通信系では試作した16×16LED漢字ディスプレイ[2]に受信結果を表示している。一方緑色通信系では市販の小型LEDディスプレイに表示しているだけであり、この通信系においても緑色LEDを用いたディスプレイがあればデモ効果が上がるのではないかと考えたところである。

緑色通信系は数字やアルファベットを伝送する通信系として構成している。そこでH8/3052Fを緑色通信系の送信結果を表示するキャラクタディスプレイのコントローラに適用してみることにした。H8マイコンを使用するのは全く初めてであり、以下に示すような種々のハードルを超える必要があった。

- ① シミュレータ/デバッガHEWの使用法。特にモード7におけるアドレスの設定方法
- ② モニタプログラムを用いたデバッグの方法。特に擬似割り込みを発生させる方法
- ③ タイマ割り込みとシリアル通信割り込みを混在させてモニタプログラムにより動作させる方法

7月の第1次オープンキャンパスまでに装置を完成させることを目指したが、結局8月末まで完成がずれ込んだ。その後大学祭の研究室開放において装置を実際に展示することができた。今回資料にまとめるに当たり再度プログラムを見直した。半年も立つと忘れていた部分もあり、また冷静に見てみると不要な処理や可読性の悪い処理もあった。これらの点を再考してプログラムを整備し、動作を確認した結果を整理して資料に反映させた。またHEWに関するノウハウも合わせて示した。

## 2. キャラクタディスプレイのハードウェア構成

### (1) 設計目標

以下を設計目標とした。

- ・ コントローラとしてH8/3052F(モード7)を使用する
- ・ 16×16ドットの緑色LEDマトリックスアレイを5個使用して、8ビットフォントのキャラクタ(数字、アルファベット)を10文字同時に表示する
- ・ 左シフトにより、10文字以上を表示できるようにする
- ・ 表示するキャラクタはRS232C通信により緑色通信系から受信する

### (2) 回路の外観

図2.1に試作した回路の外観を示す。中央に5個の16×16LEDディスプレイを配置している(①)。下部左の子基板がH8マイコンである(②)。LEDの下部に8ビット長のシフトレジスタ10個を細長く配置し(③)、その上にLEDの電流制限抵抗(75Ω×80個)を配置している(④)。LEDの上部には、シ

2012年3月2日受理

\*理工学部 電気電子工学科

フトレジスタ $\times 2$  (⑤), 論理反転用のバッファ (⑥), LED をドライブするダーリントン・ソース・ドライバ (⑦) を配置している。金属筐体により回路を保持している。

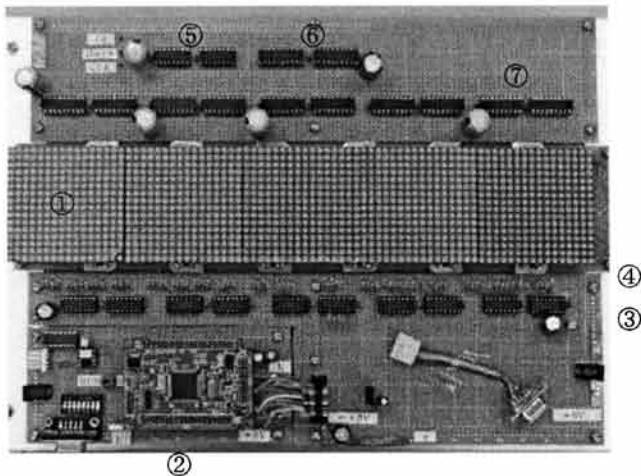


図 2.1 装置の外観写真

### (3) 回路構成

図 2.2 に LED 表示回路の回路図を、主要部品を以下に示す。

- ・ 16 $\times$ 16 LED ディスプレイ (x1)
- ・ H8/3052F マイコン (モード 7)
- ・ 25MHz 水晶振動子
- ・ 74HC4094 8 ステージ・シフトレジスタ (x2) X 軸選択
- ・ 74HC4094 8 ステージ・シフトレジスタ (x2) Y 軸選択 (行選択)
- ・ 74HC541 反転ドライバ (x2)
- ・ TD62783AP 8CH 高電圧ダーリントン・ソース・ドライバ (非反転) (x2)

回路図および上記の部品はキャラクタ 4 個分 (LED ディスプレイ 1 個分) のものである。LED ディスプレイ, X 軸選択シフトレジスタおよびドライバは、他に 4 $\times$ 4 キャラクタ分の部品が必要である。反転ドライバの出力はバス接続になっている。

X 軸のビット数は 80 ビットであるが、全シフトレジスタを直列にせず、2 個ずつに分けて 16 ビット分のデータを入力するようにした。LED の輝度が期待したほど明るくなかったので、ダーリントン・ソース・ドライバの電源電圧を 6V に増大させた。他の回路には 3 端子レギュレータにより 5V に降圧して印加した。なお H8 マイコンのデータボード上には 3 端子レギュレータが搭載されているが、この IC の入力端子を回路から取り外し、マイコンには直接 5V を印加するようにしている。

図 2.3 にマザーボードの配線図を示す。使用しているポートは、ポート 1 (P1) およびポート 2 (P2) だけである。また RUN/BOOT を切り替えるスイッチを付けている。

シリアルポート SCI はモニタ用に SCI1 を、緑色通信系の受信に SCI0 の 2 チャンネルを用いている。フォトカプラーを介して電源を分離するために緑色通信系の出力は 5V の差動出力としている。インバータを 2 段介したのは、フォトカプラーのコレクタが完全に L レベルにまで低下しなかったためであ

る。この TTL レベルの SCI0 入力を直接ポート P92 に入力している。

図 2.4 は緑色通信系における RX (受信機) との接続図である。受信機 PIC16F84A には表示器として LCD も接続しており、回路全体を作り直すには手間の面でも、時間の面でもタイトであった。そこで新たに PIC16F628A を追加し、フォトダイオードの出力を取り出して、緑色通信系のボーレート 100baud を 19.2kbaud に変換して RS232C 通信を用いてバースト伝送しディスプレイに入力するようにした。

### (4) タイミングの設計

図 2.5 にタイミングチャートを示す。1.5ms の周期はタイマ割り込みを使用して作成している。シフトレジスタの出力をハイインピーダンス状態に設定している約 0.2ms 間にシフトレジスタにクロックを送り、データをポート 1 に出力してシフトレジスタに格納する。このときのクロックの幅は 1.3 $\mu$ s、周期は約 13 $\mu$ s である。シフトレジスタで電流をシンクするために、VRAM におけるデータの反転を出力している。なおシフトレジスタの QS2 を次段の D 入力に接続しているが、これは QS2 がクロックの立ち上がりより半クロックだけ位相が遅れて出力され、次段のクロックの立ち上がりより遅くてもミスカウントすることのないように配慮して設計されているためである。

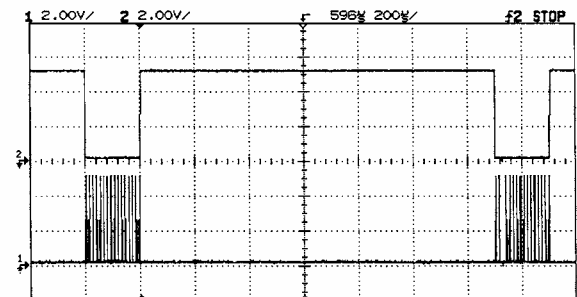


図 2.6 LED 出力波形 (OE) およびシフトクロック波形

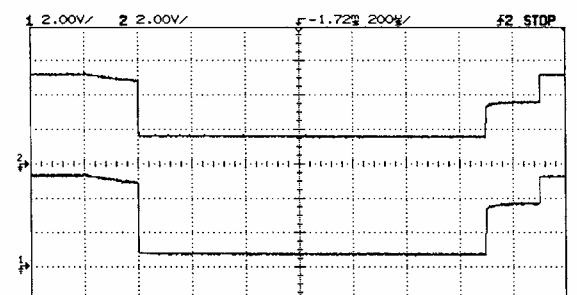


図 2.7 LED が ON 時の LED カソードの波形 (上) およびシフトレジスタの出力波形 (下)

図 2.6 の上段は、図 2.4 における LED 出力波形 (OE) である。下段はシフトクロックの観測波形である。

図 2.7 の上段は LED が点灯しているときの LED のカソード波形であり、下段はシフトレジスタの出力波形である。

### (5) 電流制限抵抗

当初期待したほど LED の輝度がなかった。そこで電流制限抵抗を 75 $\Omega$  とし、ピーク電流を 20mA にまで増大させ対処した。

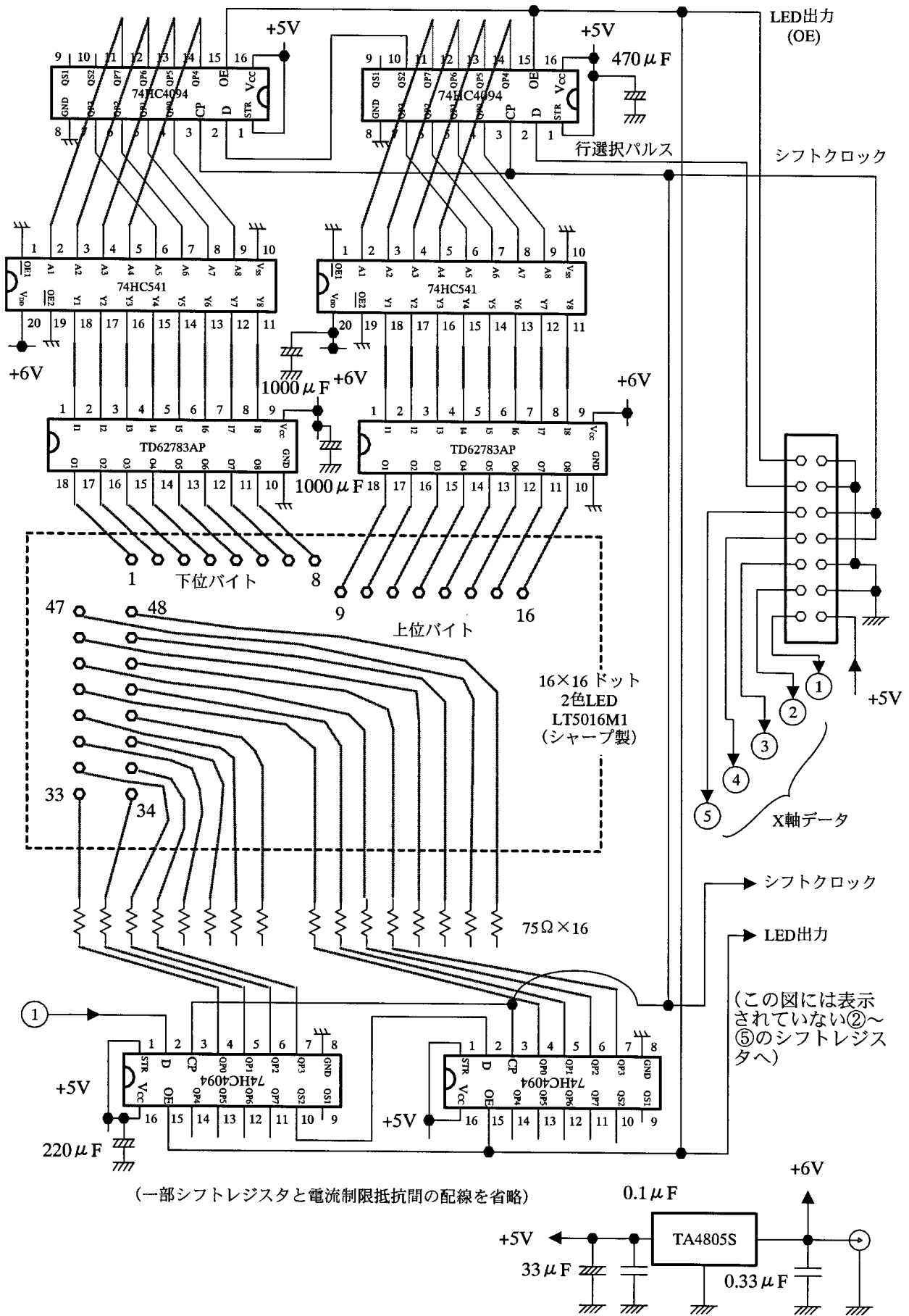


図2.2 LED表示回路ボードの配線図 (bottom view)

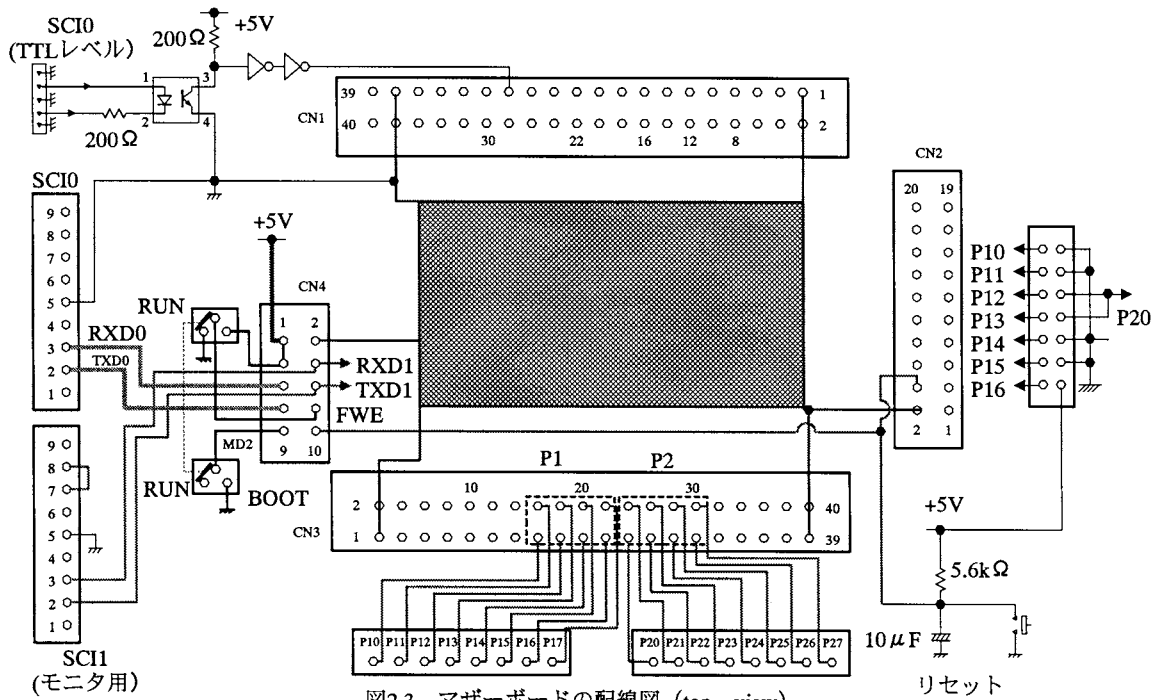


図2.3 マザーボードの配線図 (top view)

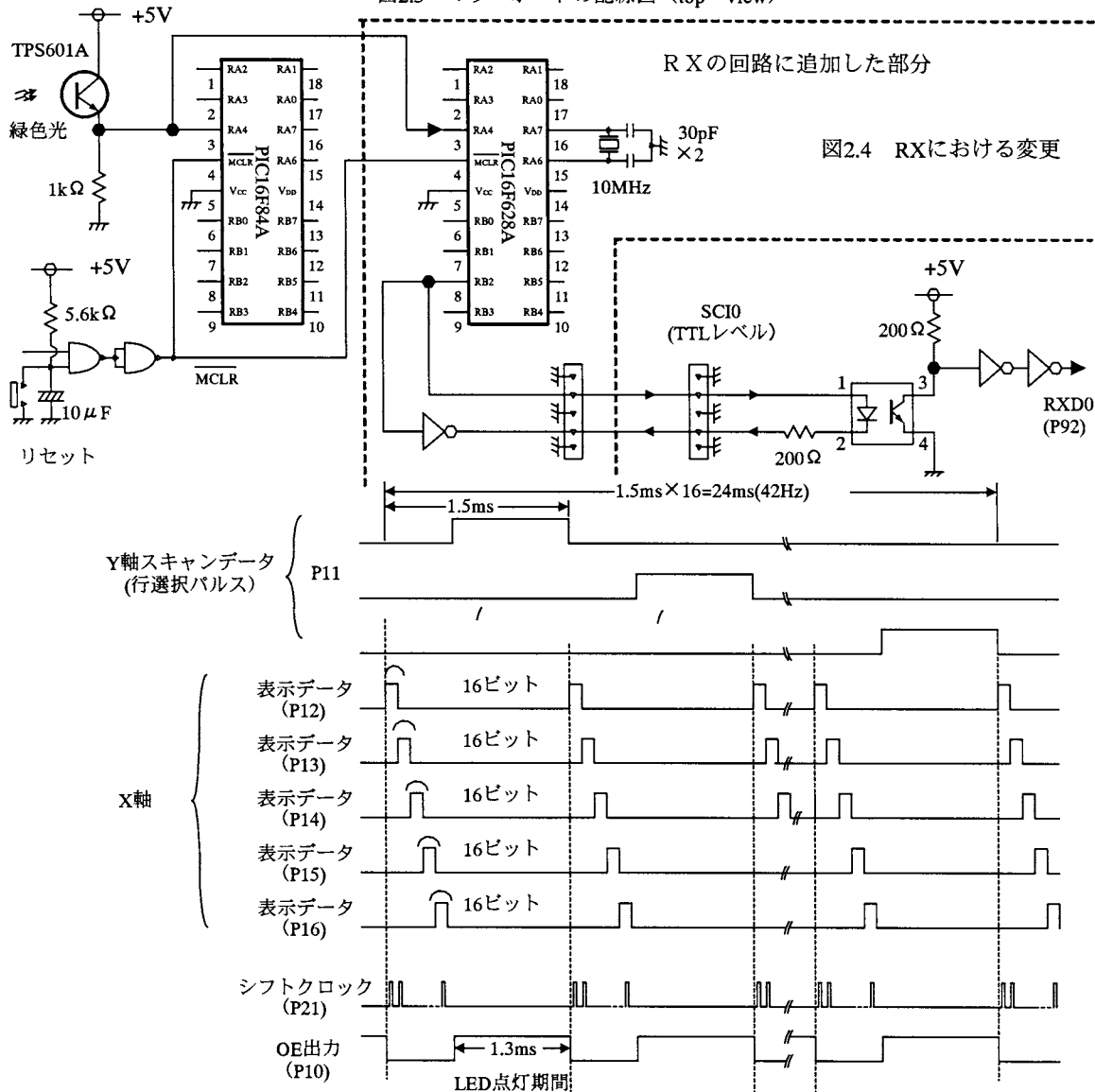


図2.5 LED点灯に関するタイムチャート



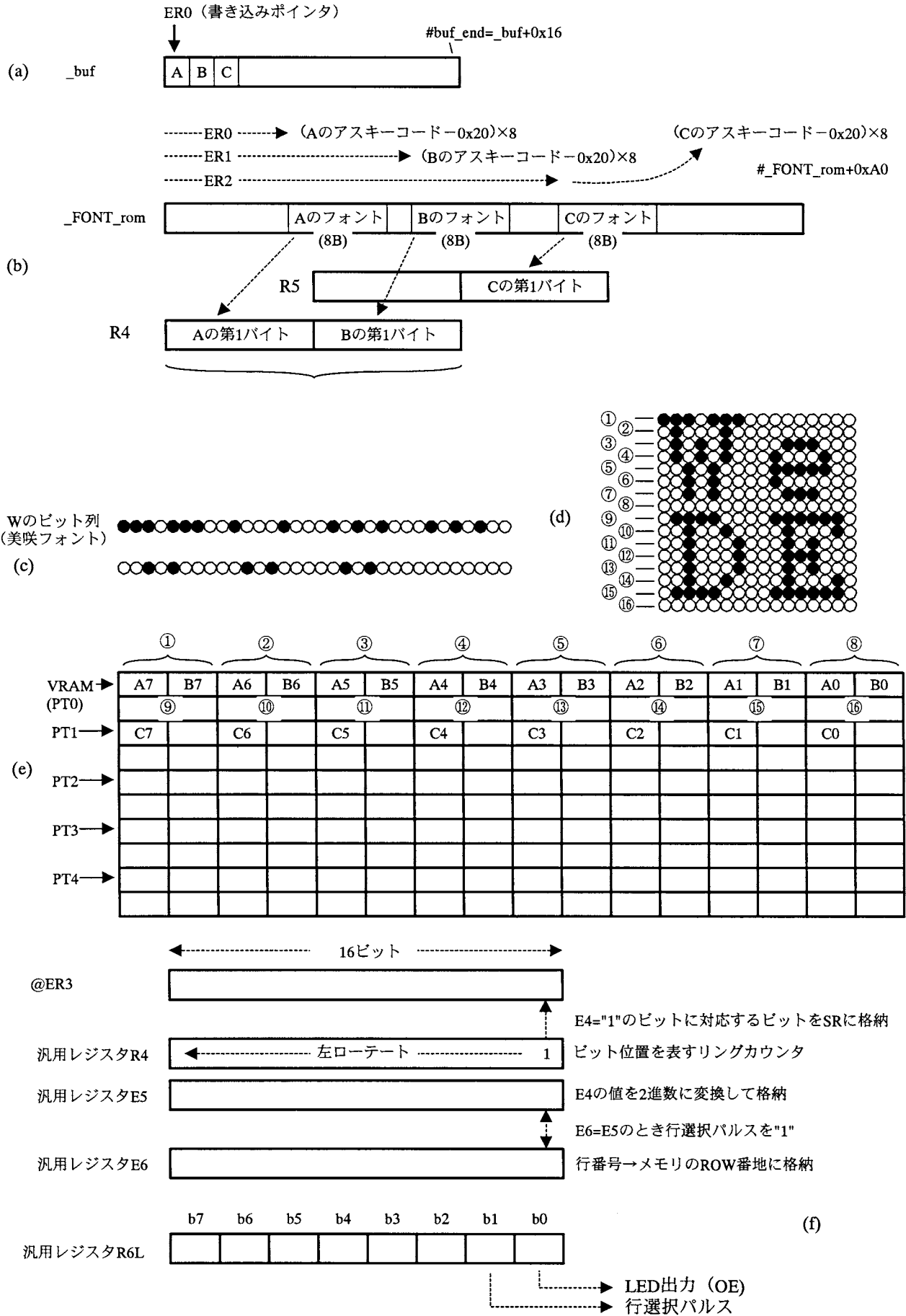


図3.1 処理の流れ

### 3. プログラムの構成

#### (1) 動作の概要

動作の概略は以下のようになる。なお図 3.1 に処理の流れをバッファやレジスタと関連づけて示した。

- ① 緑色通信系の RX から RS232C 通信によりアスキーコードを受信し、これを受信リングバッファ \_buf に書き込む。
  - ② 受信したアスキーコードを8ビットフォントの美咲フォントに変換し、リングバッファにおいて連続する3文字分をバイト単位で汎用レジスタ R4 および R5 に格納する。
  - ③ R4 および R5 を用いてビットを左に1ビットシフトし、その結果 (R4) をバッファ VRAM に格納する。
  - ④ 汎用レジスタ R4 には1を循環させている。この1のビット位置に対応するフォントデータを順番に取り出し、汎用レジスタ R6L を経由してシフトレジスタに格納する。
  - ⑤ 同様にして行選択パルスもシフトレジスタに格納する。
- 以下①～⑤を繰り返す。

#### (2) UART (RS232C 通信) によるデータの受信

図 3.2 にシリアル通信 SCI0 を用いたデータ受信サブルーチンのフローチャートを示す。最初に緑色通信系の手順に従って5個の\*を受信 (後方保護5段) してからデータの受信に移行し、順次リングバッファである \_buf に格納する。バッファ長は20バイトである。

SCI0 の割込優先レベルは53であり、タイマ割込 IMIA0 の優先レベル24よりも低い。このためタイマ割込が生成して LED のダイナミック点灯の処理が行われているときに、シリアルポートに着信があり SCI0 割込が生成した場合には、タイマ割込が終了するまで待たされてから SCI0 割込の処理が行われる。

緑色通信系では RS232C 通信を用いてボーレート 100baud のデータ伝送を行っている。これを PIC16F628A においてソフトウェア UART を作成してセンスループにより受信し (図 3.2), PIC におけるハードウェアにより 19.2kbaud にボーレートを変換してディスプレイに出力するようにしている。

#### (3) タイマ割込の処理

本ディスプレイはタイマ割込と SCI0 割込の両方を使用する多重割込を使用している。これを実現するために優先レベルの高いタイマ割込の ISR の中に関係する全処理を記述し、タイマ割込実行中に優先レベルの低い SCI0 割込が生成したときには、前述のように SCI0 割込を待ち合わせるようにしている。

図 3.3 にタイマ割込に関するフローチャートを示す。主な処理は LED のダイナミック点灯と、SCI0 受信バッファから VRAM へのデータの書き込みおよびビットシフト処理である。

#### (4) SCI0 受信バッファから VRAM へのデータの書き込み

H8 マイコンは図 3.3 におけるタイマ割込の処理を 1.5ms 毎に繰り返しながら行単位で LED をダイナミック点灯させる。この割込の回数を変数 Gamen\_cnt でカウントしており、50 回カウ

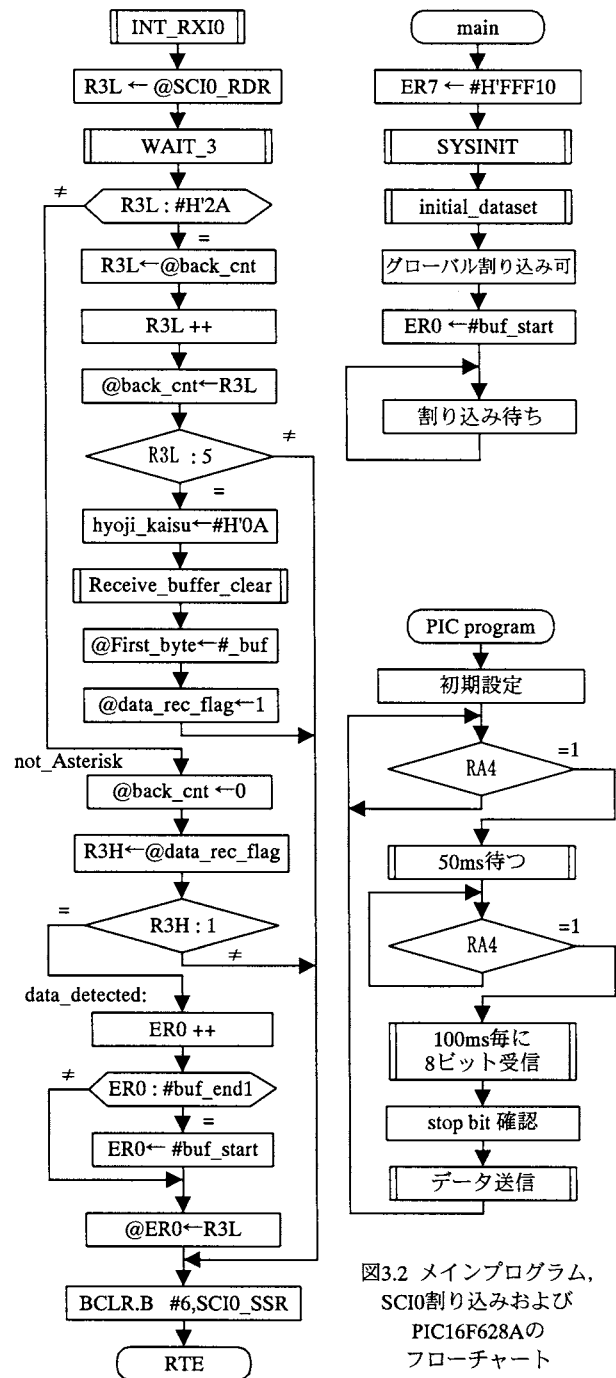


図3.2 メインプログラム、SCI0割込みおよびPIC16F628Aのフローチャート

ト後に SCI0 受信バッファからデータを読みだし、VRAM に書き込む。この処理は図 3.4 に示すサブルーチン Save\_VRAM の中の「アドレスの設定」の処理において行っている。

- このサブルーチンの処理は以下のようになる。
- ① 受信バッファから ER4 のポイントする値 (アスキーコード) を取り出し、VRAM の先頭アドレスに格納しているスペースのアスキーコード (0x20) との差を取る。
  - ② この値を8倍して\_FONT\_rom の先頭アドレスに加え、これを第1文字のアドレスとしてレジスタ ER0 に格納する。
  - ④ 第2文字についても同様に行い、取り出したアドレスをレジスタ ER1 に格納する。
  - ⑤ 第3文字についてはアドレスをレジスタ ER2 に格納する。

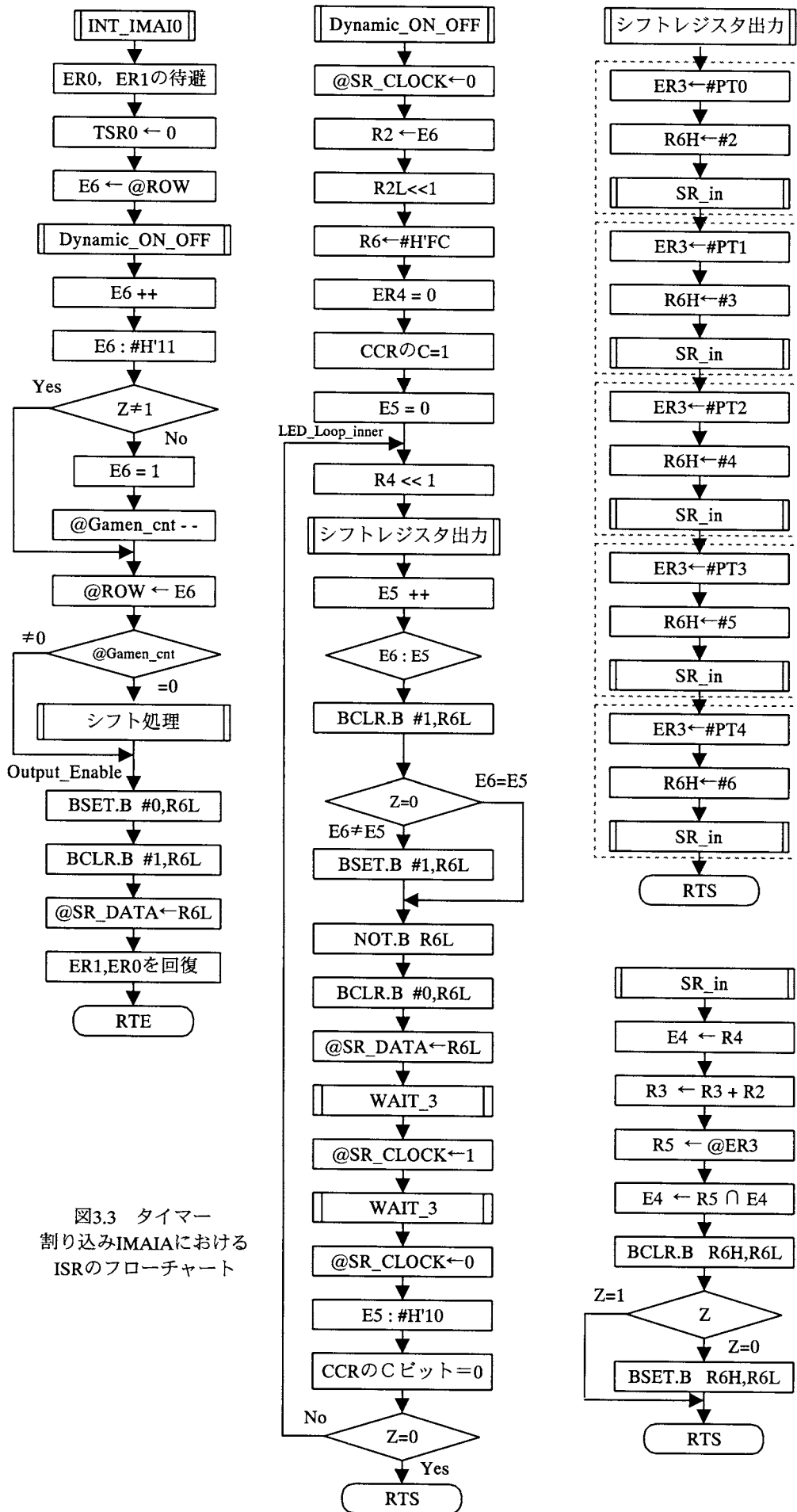


図3.3 タイマー  
割り込みIMAIAにおける  
ISRのフローチャート

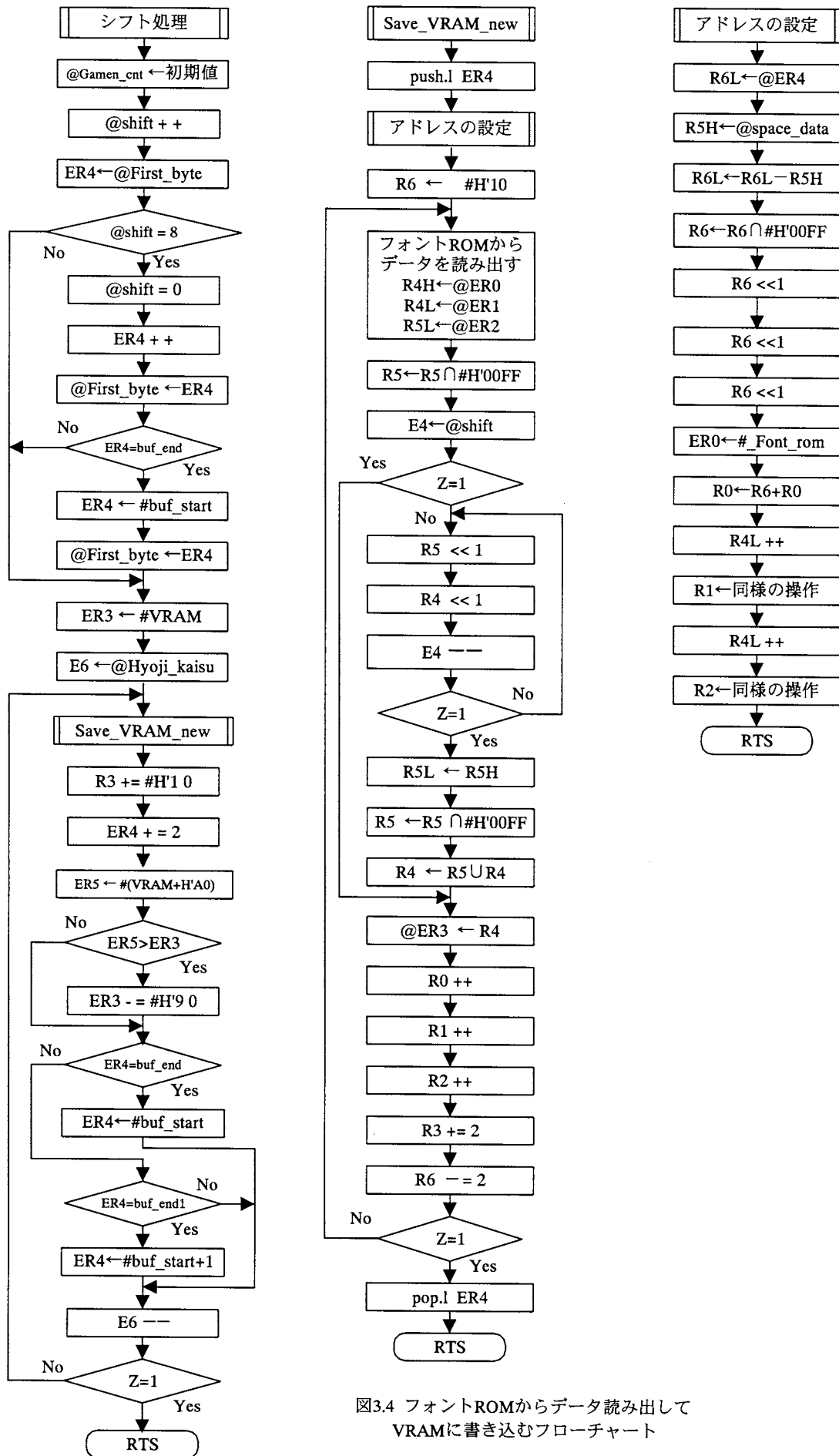


図3.4 フォントROMからデータ読み出してVRAMに書き込むフローチャート

(4)で行ったアドレスの処理に従って、サブルーチン Save\_VRAM においてフォント ROM から3文字分のデータを読み出し、レジスタ R4H に第1文字のバイト、R4L に第2文字のバイト、R5 に第3文字のバイトを格納する。

その後レジスタの内容を左に1ビットシフトし、論理和を取ることにより VRAM に書き込むためのデータを作成する。シフト回数はメモリアドレスの shift に格納しており、シフト処理が1回コールされる度に1だけインクリメントし、7回シフトすると元に戻すようにしている。

**(6) 初期画面の表示 (上半分のみのシフト)**

電源投入直後にはまだ緑色通信系からデータが入力されていない。このためデータを受信するまでは以下のように表示する。

- ① 上半分には「Waiting for DATA!!」を左シフトしながらサイクリックに表示する。
- ② 下半分には、「DENKIDENSHI」を固定的に表示する。  
この処理は以下のように行っている。

まず①は、図 3.4 におけるシフト処理のフローチャートにおいて、下半分のループの回数を決める変数 Hyoji\_kaisu により制御する。この値を5にすると上半分だけがシフトし、10にすると上下が丁度アルファベットの Z のような順序で左シフトするようになる。

②は電源投入後の初期設定において、以下のように2回に分けてデータを VRAM に書き込み実現している。

- ③ まず上半分がダミー、下半分が「DENKIDENSHI」であるデータを VRAM に書き込む。
- ④ 次に Hyoji\_kaisu に5をセットして「Waiting for DATA!!」を VRAM に書き込む。

**(7) VRAM へのデータの格納**

レジスタ R4 に格納されたビット処理の結果を VRAM の対応するアドレス (レジスタ ER3 がポイントする) に格納する。その後レジスタ R0, R1 および R2 を1だけインクリメントし、後続の処理に備える。

VRAM には2バイト単位で書き込むので、レジスタ R3 を2だけインクリメントする。

**(8) 8x8 ビットフォントおよび VRAM への格納状況**

8x8 ビットフォントにはフリーフォントである美咲フォントのうち「数字、アルファベット、スペース、! および\*」だけを抜き出して使用している。美咲フォントを使用したのは、最下行および最右行が空白になっている実質的な 7x7 フォントであり、文字が連続しても見やすいためである。図 3.1 の(c)にフォントのビット列の例 (W の場合)、図 3.1(d)に 16x16 ドット LED への表示例を示した。

(c)のようなビット列が(b)の\_FONT\_rom に書き込まれているので、これを読み出して VRAM の先頭から第1文字 (この例では W)、第2文字 (この例では e) として各々8バイト分 VRAM

に書き込む。第3文字以降は VRAM+0x20 番地以降に書き込む。また(d)における下半分の行は、VRAM+0x10 番地以降に書き込むように制御している。

**(9) LED のダイナミック点灯**

ダイナミック点灯は、図 3.3 に示すサブルーチン Dynamic\_ON\_OFF において実行している。このサブルーチン中の「シフトレジスタ出力」において LED の各行に対応する VRAM のビットを1ビットずつ順番に右端から読み出し、シフトレジスタにクロックを送って16ビット分のデータを格納して X 軸データを作成している。このデータの作成は5個のシフトレジスタ毎に行っている。クロックの幅は 0.16μs である。

全16ビットがシフトレジスタに格納されると、シフトレジスタの LED 出力 (OE) を H にして LED を点灯させる。図 2.5 に示すように、LED の点灯時間は 1.3ms である。

なお、行を選択するパルスも、X 軸データと同じような処理を行い Y 軸用のシフトレジスタに循環させて作成する。

**4. シミュレータデバッガ HEW に関するノウハウ**

今回初めて HEW4(High-performance Embedded Workshop)を使って H8 マイコンのプログラムをデバッグし開発した。しかし初心者であるが故にその使用方法において少なからず苦労を味わった。以下に有用と思われるノウハウを整理しておく。

**(1) モード7を使用した場合のアドレスの指定方法**

H8/3052F は内蔵 ROM512KB、内蔵 RAM8KB であり、この ROM、RAM の使い方により7つのモードがある。ここでは内蔵 ROM、内蔵 RAM を使用して手軽に開発ができるためモード7を使用した。モード7のアドレス空間は最大 1MB であり、アドレスは 20 ビットで表される。

H8 マイコンの教科書の例題には、通常 24 ビットアドレスで書かれており、HEW のデフォルトの設定のまま実行すると「メモリアクセスエラー」が発生して正しくシミュレーションできない。これはシミュレータデバッガに 20 ビットアドレス

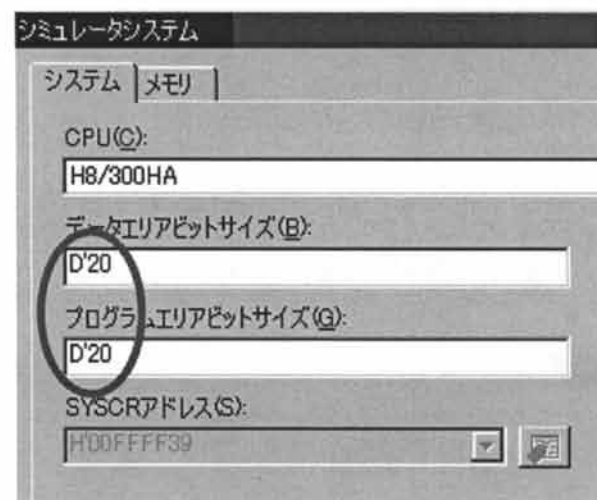


図 4.1 20 ビットアドレスの指定方法

を正しく設定していないためであるが、この20ビットアドレスを指定する方法に到達するまでかなり時間を要した。図4.1に示すようにシミュレータシステムを正しく20ビットアドレスに指定する必要がある。

### (2) モニタプログラム使用時における擬似割り込みの発生

今回開発したプログラムは割り込みを使用しているが、最初は割り込みを発生させる方法が理解できなかった。図4.2はデバッガの表示/グラフィック/GUI I/Oにより作成する擬似割り込みを発生させるボタンである。このボタンに割り込みの条件を割り付けることにより擬似的に割り込みを生成させることができる。



図4.2 擬似割り込みの発生

### (3) RAM動作時における割り込みの発生

H8マイコンのROMへの書き込み回数制限は公称100回程度と少ないらしい。そこでデバッグ時にはプログラムを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た。

図4.2のボタンを押すことによりデバッガ上では擬似的に割り込みを発生させ、デバッグを行うことができる。しかしROMで動作するプログラムを、モニタプログラムを用いてRAMにロードしても割り込み動作は実行されない。

これはユーザが生成したプログラムをRAMにロードすると、ユーザの割り込みベクタは、例えばアドレスのH'FFF30から配

```
.section      IntPRG_mon, code
.export      _PowerON_Reset_mon
.export      _INT_RXI0_mon
.export      _INT_IMIA0_mon
.import     _PowerON_Reset
.import     _INT_RXI0
.import     _INT_IMIA0
.org        H'00000
_PowerON_Reset_mon: JMP      @_PowerON_Reset
.org        H'00060
_INT_IMIA0_mon:   JMP      @_INT_IMIA0
.org        H'000D4
_INT_RXI0_mon:   JMP      @_INT_RXI0
.END
```

図4.3 仮想割り込みベクタの記述 (IntPRG\_mon.prg)

置される。しかしH8マイコンマイコンが割り込みベクタとして認識するのは0番地からの割り込みベクタであるため、H'FFF30以降を割り込みベクタとして認識しないためである。したがって本来の割り込みベクタから、ユーザの割り込みベクタにジャンプさせる中継機能が必要になる。本検討では図4.3に示す関数IntPRG\_mon.prgに、H'FFF30に書かれているユーザの割り込みベクタにジャンプさせるためのジャンプ命令を記述し、この関数をプロジェクトに追加して実現した。

### (4) タイマ割り込みとSCI0割り込みの混在

各々の処理を関係するISRの中に全て記述することにより、割り込み優先レベルの違いにより期待通りに動作したと思われる。

## 5. むすび

ここ数年高校生に対する電気電子への興味を喚起する目的で“動く”、“光る”、“音が出る”などの要素を含む回路を試作してきた。その一つにH21年度に試作した赤/緑色LEDを使用するWDM光通信システムがある。この緑色通信系におけるデモ効果を高める目的で、H8/3052Fをコントローラに適用し、16x16ドットの緑色LEDマトリクスディスプレイを用いるキャラクタディスプレイの設計法および製作結果を示した。大学祭における研究室開放において展示し、LEDの輝度が幾分低いものの、ディスプレイが設計通りに動作していることを確認した。

なお、H8マイコンを使用したのは今回が初めてであり、初心者として難儀した点で有用と思われるものをノウハウとしてまとめて示した。

### [参考文献]

- 1) 梶田吉朗, “展示用波長多重光通信システムの設計と構築”, 静岡理科大学紀要, Vol.18, pp.21-30, (2010)
- 2) 梶田吉朗, “PICマイコンと16x16LEDを用いた漢字表示電光掲示板の設計と試作”, 静岡理科大学紀要, Vol.17, pp.133-142, (2009)
- 3) HEW デバッガユーザーズマニュアル, 日立製作所, (2002)
- 4) H8S, H8/300 シリーズ シミュレータ/デバッガ, ルネサスマイクロコンピュータ開発環境システム, (2007)
- 5) H8/3052F-ZTATTM ハードウェアマニュアル, 日立製作所, (2002)
- 6) TekuRobo 工作室

### [付録] 最終的なプログラムの所在

本資料は約2ヶ月半にわたり検討を進めてきて、2011.9.8にデバッグを完了したプロジェクトled\_disp\_3052F\_monに基づいて作成した。しかしながら資料作成を進めるに当たりプログラムに若干の見直しを行う必要が生じた。このため新たにプロジェクトled\_disp\_3052F\_mon\_2012\_2\_20を作成し、このプロジェクトに修正点を反映させた。

# MIDI シーケンサと DDS による自動演奏システムの設計と試作

Design and Trial Manufacture of a MIDI Music Player with a MIDI Sequencer and a DDS

袴田 吉朗\*

松永 康寛\*\*

栗田 貴史\*\*

Yoshiro HAKAMATA

Yasuhiro MATSUNAGA

Takafumi KURITA

**Abstract:** The paper describes a MIDI sequencer program using a PIC 16F877A micro computer. The sequencer reads and analyzes MIDI data stored in an I<sup>2</sup>C-EEPROM, and it sends MIDI messages to a Direct Digital Synthesizer (DDS). The DDS was designed with VHDL and fabricated using an FPGA or a CPLD, and design concept of the DDS is also given. A trial MIDI music player system was made, and it confirmed to work well.

## 1. はじめに

電気電子回路は、多くの機能が集約化された IC が主となって構成されている。昔と違って電子装置や回路を分解しても IC が入っただけで中身が良く分からないことが多く、恐らく一般の人には興味が湧かないし、理解が難しいと思われているようである。これが高校生に対しても電気電子が人気薄になっている一つの要因になっていると言われている。しかし逆に考えれば“動く”、“光る”、“音が出る”などの直感的な要素は、電気電子に対する拒否反応を解決する一手段ではないかとも考えられる。

この観点から H20 年度には文字が“光り”ながら“動く”、という2つの要素を取り込んだ16x16 LED 漢字ディスプレイを設計、試作し [1]、いろいろな所で使用してみて効果がありそうな感触を得た。また H21 年度には、この試作した 16x16 LED 漢字ディスプレイを表示器に適用した赤/緑色 LED を使用する WDM 光通信システムを試作してオープンキャンパスなどにおいて使用してきた [2]。このシステムはプラスチック光ファイバの中を赤および緑色の“光”が点滅しながら“動き”、来学した高校生の「高校名」を伝送して LED を用いた前述の漢字ディスプレイに表示するものである。

一方“音が出る”などの要素を含む回路、装置の検討に関しては、数年前から MIDI (Musical Instrument Data Interface) に興味を持ちサーベイを行ってきたところである。その先駆けとして昨年度には卒業研究において DDS (Direct Digital Synthesizer) をとりあげ、VHDL を用いて設計し CPLD により試作してその基本的な特性を評価した。また必要になる周辺回路についても試作し、特性の評価を行った。

今年度も同一のテーマを掲げたところ、幸いにもテーマ担当を希望する学生が研究室に加わった。そこで昨年度には不備であったペロシティの処理を加えると共に、従来から検討を進めてきた「PIC マイコンを用いた MIDI シーケンサ」を完成させ自動演奏システムの構築を目指すことにした。

卒業研究の発表時点では一応音の出るシステムを実現できてはいたが、「デルタタイムの処理」の不具合に起因する「音飛

2012年3月9日受理

\*理工学部 電気電子工学科

\*\*理工学部 電気電子工学科 4年生

び」があり満足できる状況になかった。しかしその後鋭意デバッグを進め、バグをフィックスすることができた。

本論文における構成は以下のようにになっている。まず MIDI についてシステムを試作する上で必要不可欠となる部分に絞ってその概要を述べる。次に PIC マイコンを使用した MIDI シーケンサのプログラム構成、処理について説明する。最後に VHDL を用いて設計し、FPGA を用いて試作した DDS およびペロシティを処理するためのデジタル・アッテネータについて述べる。

なお、本研究は卒業研究の一環として行ったものであり袴田がシステム全体の取りまとめ及び PIC マイコンのプログラムを、松永が DDS およびデジタル・アッテネータの設計及び製作を、栗田が PIC マイコン回路の製作および周辺回路の試作評価を担当した。システムのデバッグは全員で行った。

## 2. MIDI の概要[3][4][5]

SMF (Standard MIDI Format) の全体構造を図 2.1 に示す。ヘッダチャンクと複数のトラックチャンクからなる。本検討ではフォーマット 0 (ヘッダチャンクと 1 つのトラックチャンクからなる) を取り扱っている。

図 2.2 にヘッダチャンクのフレーム構成 (14 バイト) を示す。フォーマット 0 の場合には F=0 であり、またトラック数 Tr=1 である。時間単位 delta は 4 分音符当たりのデルタタイム・チック数を表す値である。本検討で用いた「G 線上のアリア」の MIDI データでは delta=0x1E0 (480) になっている。

4D	54	68	64	00	00	00	06	00	F	Tr	delta
----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	-------

チャンクタイプ データ長 フォー トラッ 時間  
"MThd" 常に6 マットク数 単位

図2.2 ヘッダチャンクのフレーム構成

図 2.3 にトラックチャンクのフレーム構成を示す。演奏データは、MIDI メッセージにデルタタイムが前置された構成になっている。デルタタイムは図 2.4 に示すように可変長数値によ

4D	54	72	6B	00	00	0A	54	data
----	----	----	----	----	----	----	----	------

チャンクタイプ データ長 演奏データ  
"MTrk"

図2.3 トラックチャンクのフレーム構成

って表現されており、各バイトにおけるビット7が1のときは後続する下位バイトがあることを示し、0 の場合には最下位バイトを表す。

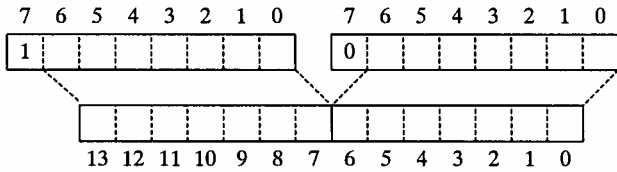


図2.4 デルタタイムやデータ長を表す可変長数値

MIDI メッセージの構成を図 2.5 に示す。第 1 バイトはステータスバイト、第 2 および第 3 バイトはデータバイトである。両者はビット 7 により区別され、ビット 7 が 1 であるバイトがステータスバイト、0 であるバイトがデータバイトである。

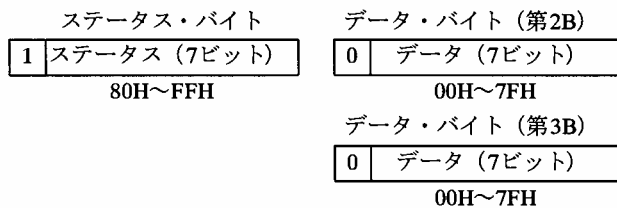


図2.5 3バイト構成のMIDIメッセージ

ステータスには複数の種類があるが、本検討ではノートオンメッセージだけを使用している。この場合のフレーム構成を図 2.6 に示す。第 2 バイトは「ノート番号」、第 3 バイトは音量に関連する「ベロシティ」である。

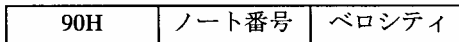


図2.6 ノートオンメッセージの構成

なおトラックチャンクにおける演奏データを挟み込むように制御用のメタメッセージが使用されている。メタメッセージのフレーム構成を図 2.7 に示す。「G 線上のアリア」の楽譜で使用されているメタメッセージを考慮して、以下のメタメッセージを読み出すようにプログラムを作成した。

- ・ タイムシグナチャー (0x58)
- ・ キーシグナチャー (0x59)
- ・ シーケンス名/トラック名 (0x03)
- ・ テンポ (0x51)
- ・ トラックマーカー (0x2F)

なお実際に処理を行っているのはトラックマーカーだけであり、他は単に読み出しているだけである。

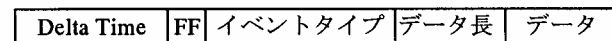


図2.7 メタイベントのフレーム構成

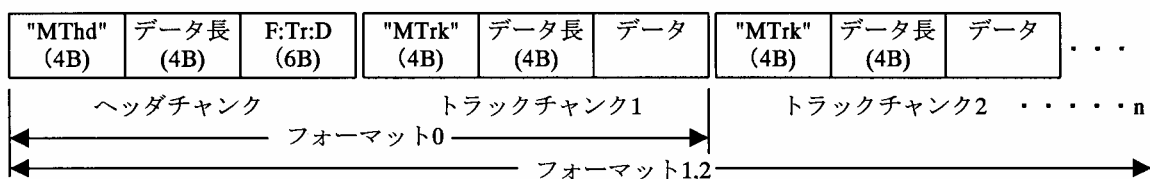


図2.1 SMFの全体構造

ADDRESS	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
00000000	HD	54	68	64	00	00	00	06	00	00	00	01	01	E0	4D	54
00000010	72	6B	00	00	0A	54	00	FF	03	00	00	FF	58	04	04	02
00000020	18	08	00	FF	51	03	07	A1	20	00	90	4C	64	A1	30	90
00000030	4C	00	30	90	51	64	81	58	90	51	00	18	90	4D	64	81
00000040	58	90	4D	00	18	90	4A	64	81	58	90	4A	00	18	90	48
00000050	64	81	58	90	48	00	18	90	47	64	81	58	90	47	00	18
00000060	90	48	64	81	58	90	48	00	18	90	48	64	81	58	90	48
00000070	00	18	90	47	64	83	30	90	47	00	30	90	45	64	81	58
00000080	90	45	00	18	90	43	64	86	60	90	43	00	60	90	4F	64
00000090	90	58	90	4F	00	18	90	4C	64	81	70	90	46	64	0C	90
000000A0	4C	00	81	4C	90	46	00	18	90	45	64	81	58	90	45	00
000000B0	18	90	4A	64	81	58	90	4A	00	18	90	49	64	81	58	90
000000C0	49	00	18	90	4F	64	81	58	90	4F	00	18	90	4D	64	81
000000D0	58	90	4D	00	18	90	4D	64	90	58	90	4D	00	18	90	4A
000000E0	64	81	58	90	4A	00	18	90	45	64	81	58	90	45	00	18
000000F0	90	43	64	81	58	90	43	00	18	90	48	64	81	58	90	48

図 2.8 G 線上のアリアのバイナリモニタによる表示

図 2.8 にバイナリモニタにより「G 線上のアリア」の MIDI データを表示した結果を示す。先頭部分のヘッダチャンク(14B)から以下が分かる。

- ・ フォーマット : フォーマット 0
- ・ トラック数 : 1
- ・ 4 分音符当たりのデルタタイム・チック数 : 0x1E0(480)

また後続するトラックチャンクのヘッダからデータ数が 0xA54=2644 バイトであることが分かる。FF で始まる 3 つのメタメッセージがあり、図 2.8 には表示されていないが最後尾にトラックマーカーを示すメタメッセージがある。

演奏データはアドレス 0x29 におけるデルタタイム=0 から始まっている。ノートオンメッセージ 0x90 に引き続きノート番号、ベロシティを出力し、デルタタイムに相当する時間が経過してからベロシティを 0 にすることによりノートオフとする構成が基本になっている。

しかしこの構成が乱れている箇所が [ ] で囲ったアドレス 0x96 以降の部分に見られる。ここではノート番号 4C をノートオンした後、デルタタイム 240 (8 分音符) だけ経過した後、まだノート番号 4C をノートオフする以前にノート番号 46 をノートオンしている。その後ノート番号 4C、ノート番号 46 の順番にノートオフしている。

今回試作した DDS は PIC から出力されるノート番号を SET 信号の立ち上がりにおいてフリップフロップに読み込んで、次に SET 信号が来るまでその対応する周波数の信号を保持して出力するようになっている。したがってノートオフ信号の有無には関係なく、SET 信号が立ち上がったときに入力されている信号が出力される。このため両者が同時に発音する和音にはならない筈であるが、まだ十分には評価できていない。しかし両者が同時にノートオンになっている時間は 0x0C=12 チックであり、例えばアドレス 0xA7 におけるデルタタイム 0x18=24 チ



ックに比べても小さいので、実際には問題にならないと思われる。

またアドレス 0x90~0x91 はデルタタイムであるが、ノートオンメッセージのステータスと同じ値 0x90 から始まっている。このためプログラムではフラグ (note) を用いて両者を区別できるようにした。

図 2.8 より抜き出したデルタタイム (可変長数値) と音符の関係を表 2.1 にまとめて示した。

表 2.1 デルタタイムの表

4分音符当たりのチック数		480	
可変長数値	16進数	10進数	4分音符換算
A130	10B0	4272	8.9
30	30	48	0.1
8158	D8	216	0.45
18	18	24	0.05
8330	1B0	432	0.9
8660	360	864	1.8
60	60	96	0.2
9058	858	2136	4.45
8170	F0	240	0.5
0C	C	12	0.025
814C	CC	204	0.425

### 3. MIDI シーケンサ

#### 3.1 PIC16F877A を用いた MIDI シーケンサの構成

MIDI シーケンサを PIC16F877A と I<sup>2</sup>C-EEPROM (24LC256) を用いて構成した。以下に諸元を示す。

- ・クロック周波数 10MHz
- ・ポート D ノート番号およびベロシティ出力
- ・RE0 ノート番号用 SET 信号
- ・RE1 ベロシティ用 SET 信号
- ・RC4 SDA (I<sup>2</sup>C のデータ)
- ・RC3 SCL (I<sup>2</sup>C のクロック)
- ・ポート B ICSP (インサーキット・シリアル・プログラミング用に使用) および演奏速度を調整するスイッチ用
- ・ポート A LED 接続用

#### 3.2 MIDI シーケンサにおける概略フローチャート

図 3.1 および図 3.2 にメインプログラムのフローチャートを示す。メインプログラムでは、MIDI データの EEPROM からの読み出しと、ノート番号、ベロシティの解析および DDS への出力、図 3.2 に示すデルタタイムの初期設定を主に行っている。

図 3.3 は割り込みサービスルーチン (ISR) のフローチャートである。ISR では 32μs 毎に生起するタイマー 0 割り込みを用いてメインプログラムにおいて設定したデルタタイムの初期値が

0 になるまで待つ処理を行っている。以下各部分毎の処理の詳細について説明する。なお当初はプログラムの作成に当たり文献 [6] を参考にさせて頂いた。

#### 3.3 MIDI データの I<sup>2</sup>C-EEPROM への保存と読み出し

シリアル I<sup>2</sup>C-EEPROM に書き込んだ MIDI の楽譜データを、PIC マイコンを用いて読み出して解析し、DDS に対してノート番号およびベロシティを出力するのが MIDI シーケンサの基本動作である。256K ビット (32K バイト) の I<sup>2</sup>C-EEPROM である 24LC256 を EEPROM として採用した。書き込みは、文献 [7] で検討した I<sup>2</sup>C シリアル EEPROM ライターを使用して行った。後から ROM の内容を見たときの便宜を考慮して、先頭の 32B にコメントを付け加えた。このため PIC マイコンで読み出すヘッダチャンクの開始アドレスは 0x20 になる。

PIC マイコン 16F877A による EEPROM の読み出しは、マイコンを I<sup>2</sup>C ハードウェアマスターに設定して行っている。読み出し速度は 10kbaud である。なお、読み出しプログラムは、文献 [8] に掲載されているプログラムを使用した。このプログラムがリロケートブル形式になっていたため、MIDI シーケンサ本体のプログラムもリロケートブル形式で作成した。

EEPROM から読み出した 16B のデータを、PIC マイコンの 0x50~0x6F 番地に設定した 32B のリングバッファに書き込み、このバッファから 1B ずつ読み出して処理を行っている。リングバッファの構成を図 3.4 に示す。

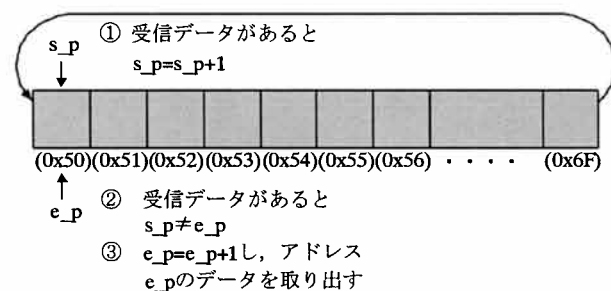


図 3.4 受信リングバッファ

#### 3.4 flags の処理

図 3.1~図 3.3 のフローチャートでは、図 3.5 に示す 3 ビットのフラグを用いて流れを制御している。

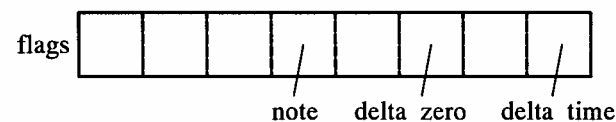


図 3.5 変数 flags によるフロー制御

各ビットの意味は以下に示すとおりである。

- delta\_time = 1 : デルタタイムを検出し、ISR において時間消費に入る
- delta\_zero = 1 : ゼロのデルタタイムを検出した
- note = 1 : デルタタイムの処理が終了したので、次はデルタタイムではない (ノート番号, その他)

3.5 デルタタイムの処理

(1) デルタタイムにおける初期値の設定

デルタタイムの初期値の設定は図 3.1 におけるメインプログラムのフローチャートにおいて、サブルーチン「デルタタイムの設定」(図 3.2) において行っている。

デルタタイムの長さが2バイトであることを想定して、以下のように処理している。

- ① 読み出したデータ (BYT\_1st) のビット7を検査する
- ② 1であれば、2バイト目を読み出しこれを BYT\_2nd に格納
- ③ キャリービットC=0の後BYT\_1stを右に1ビットシフトし、上位2ビットを0にマスクして結果を変数 DT0 に格納
- ④ キャリービットCの値を考慮して BYT\_2nd を処理し、結果を変数 DT0+1 に格納
- ⑤ ①の結果ビット7が0の場合には DT0=0 とし DT0+1 に BYT\_1st を格納する
- ⑥ flags ビットの処理はフローチャートに示すとおりである。

(2) デルタタイムに相当する時間の消費

デルタタイムに相当する時間の消費は、ISR において以下のように行っている。

- ① タイマー割り込みの周期はMIDI規格に合わせて32μsにしている。
- ② 図 3.3 のフローチャートに示したように、dt\_cnt→DT0+1→DT0 の全変数が0になるまでの時間を待つ。変数 dt\_cnt の初期値 (play\_dt) は現時点で20であり、スイッチ制御により最小10から最大40の間で変えられるようにしている。
- ③ デルタタイムに相当する待ち時間は式(1)のようになる。

$$32 \times \text{play\_dt} \times \text{デルタタイム} (\mu\text{s}) \quad (1)$$

(3) メタイイベントの処理

「G 線上のエリア」の楽譜における最後尾のデータを図 3.6 に示す。FF 2F 00 がトラックマーカである。演奏をエンドレスで行うためにはトラックマーカ検出時に、先頭のノート番号に戻る必要があるが現時点ではまだこの処理に関するデバグができていない。

ADDRESS	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0000CA80	64	8D	40	90	48	00	00	FF	2F	00						

図 3.6 トラックマーカの構成

トラックマーカ以外のメタイイベントは、単に読み出しているだけである。

(4) ノート番号およびベロシティの処理

図 3.1 におけるメインプログラム (その 1) においてノート番号を検出するとこの値を変数 NOTE\_NO に格納する。さらにすぐベロシティを読みに行き、これを変数 VELOCITY に格納する。その後 NOTE\_NO, LE\_NOTE, VELOCITY および LE\_VELOCITY を図 3.7 に示すタイミングチャートに従って順

次 DDS に出力する処理を繰り返すようにしている。

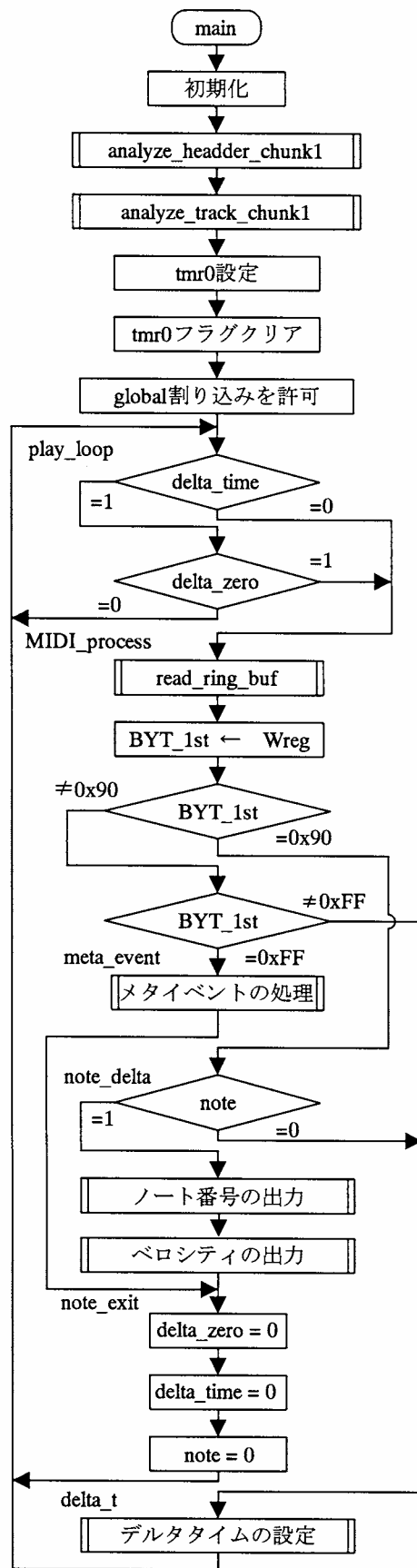


図 3.1 メインプログラムのフローチャート (その 1)

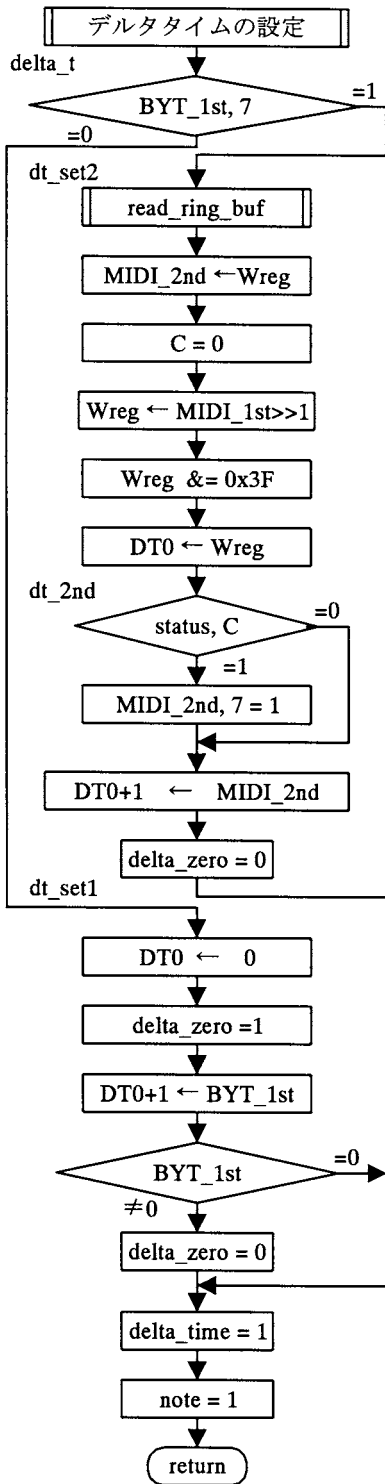


図3.2 メインプログラムのフローチャート (その2)

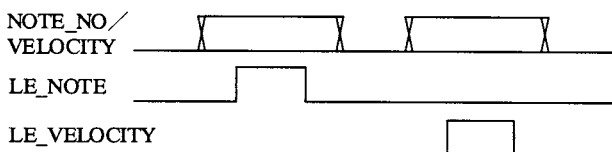


図3.7 ノート番号/ベロシティの処理

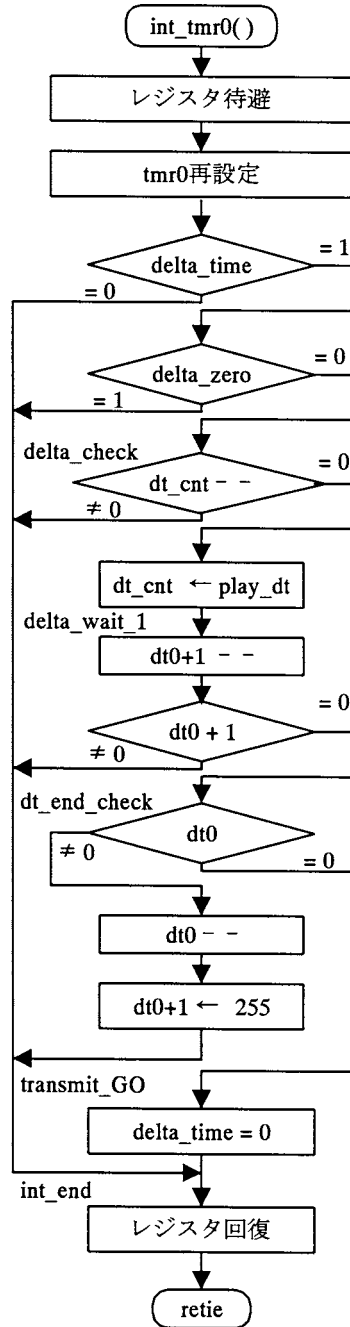


図3.3 割り込みサービスプログラムのフローチャート

ノート番号/ベロシティの立ち上がりと、SET信号の立ち上がり時間の差はPIC16F877Aの動作クロックの1クロック分(0.4 $\mu$ s)である。この値は検測に用いたCPLDあるいはFLEX10KボードにおけるFPGAのセットアップ時間20nsに対して十分に大きい。この値を100 $\mu$ sにまで大きくして動作に変化が見られるか評価してみたが、特段の変化は見られなかった。

4. DDS の設計と試作

4.1 DDS のプログラム構成

当初 DDS の設計は、サイプレス社の CPLD である CYC374i (64 マクロセル) を用いて行ってきた。しかしこの CPLD はリソースが十分でなく、DDS システムを構成するには全 3 チップを使用する必要があった。そこで今年度は、より大容量の CQ 出版社製 FLEX10K ボード (アルテラ社の EPF10K30EQC208-3 使用) を用いて DDS の検討を進めてきた。この DDS では 1 波形を 64 分割し、DDS の出力を 6 ビットで表示するようにした。

一方新たにアルテラ社の MAXII Micro Board (EPM2210F324 CPLD デバイス) を用いて DDS システムを 1 チップで構成して評価する検討に着手した。このシステムでは 1 波形を 256 分割し、8 ビット出力とする検討を行っている。

DDS の VHDL プログラムは、① DDS 本体プログラム、② ノート番号を周波数に変換するプログラム、③ ベロシティを処理するデジタル・アッテネータのプログラムからなっている。

4.2 DDS における周波数可変の動作原理 [9]

図 4.1 に DDS のブロック構成を示す。周波数データをアダーとラッチ回路を用いて累積加算することにより ROM のアドレスを生成する。周波数データの大きさに対応して ROM のアドレスの変化する周期が増減し、その結果 ROM に蓄えられている基本波形と相似な波形でかつ周波数が変化した波形が得られる。この波形はデジタル信号であり、これを DA 変換してローパスフィルタ (LPF) に通過させることによりアナログ信号に変換する。

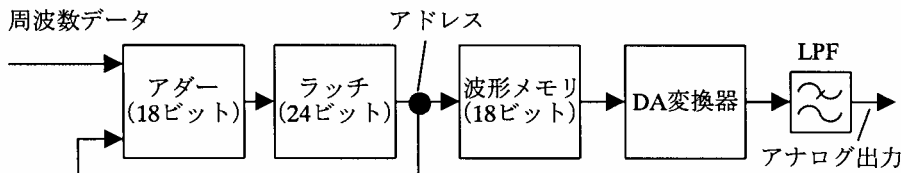


図4.1 DDSのブロック構成

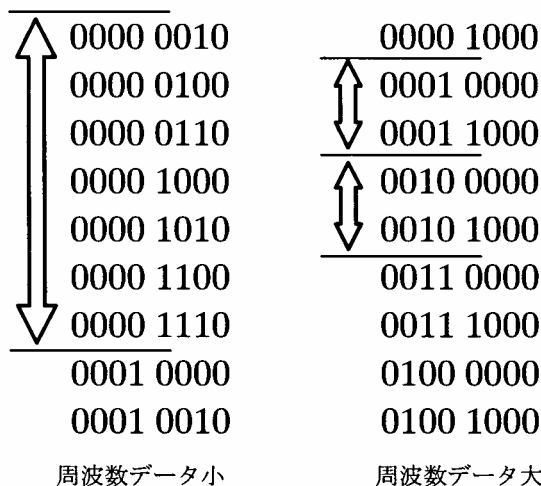


図4.2 DDSにおける周波数変更の原理

図 4.2 にビット数を縮減させた場合を例にして周波数可変の原理を示す。この例は 1 波形を 16 分割 (4 ビット出力) して取り出す例であり、周波数データが大きいほど (右側の処理) 短時間に最上位から 4 ビット目にビットの変化が現れるので、この結果として上位の 4 ビットを ROM のアドレスとして取り出せば周波数を可変できることが分かる。

DDS の出力波形はスイッチ切り替えにより正弦波/三角波を切り替えられるようにした。当初は 1 波形を 64 分割して検討を行ってきたが、最終的には 1 波形を 256 分割して ROM に格納するようにした。したがって電圧値の量子化ビット数は 8 ビットになる。

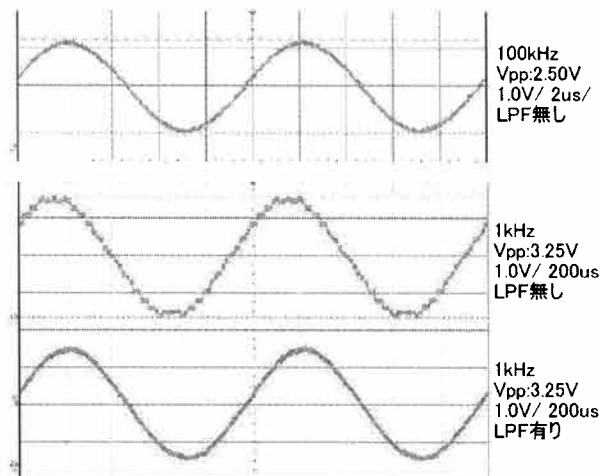


図 4.3 DDS の出力波形の測定結果

図 4.3 に DDS 出力を抵抗ラダー回路による DA 変換器を通して観測した波形を示す。使用した DDS は昨年度に検討した CPLD CYC374i 上に実現したものであり、電源電圧は 5V である。

4.3 ノート番号から周波数への変換

ノート番号から周波数への変換は、ノート番号 69 番における周波数を 440Hz とする平均律を式(1)により計算して求めた。この周波数を VHDL プログラムにおいて ROM にテーブル化し、CONV\_INTEGER 関数を用いて std\_logi\_vector を INTEGER に変換して処理に使用している。

$$\text{周波数} = 440 \times 2^{\frac{\text{NOTE\_NO} - 69}{12}} \text{ (Hz)} \quad (2)$$

ノート番号は 0~127、周波数に直すと 0Hz~12543Hz である。

4.4 クロック周波数の選択

n ビットのアダーを用いて 1Hz の周波数データを累積加算していくことを考えると、クロックを 2^n 個カウントしたときに 1s になる。すなわちクロック周波数を 2^n Hz とする必要がある。

MIDI の場合には周波数データの最大値は 12543Hz であり、これを Hz 単位の 16 進数で表すと 0x30FF となる。すなわち n は少なくとも 14 ビット必要である。さらに 1 波形を 256 分割するためには 8 ビット必要であり、アダーのビット数 n を 22 ビットとした。したがってクロック周波数は 4.194304MHz になる。

後述するように、本検討ではこのクロック信号を、CMOS インバータを用いたコルピッツ型発振器を構成して CPLD に供給している。

4.5 PIC マイコンとのインタフェース

図 3.7 で示したように PIC マイコンからはノート番号/ベロシティが同じポート D から出力され、これを 2 つの SET 信号 LE\_NOTE(RE0) および LE\_VELOCITY(RE1) で区別している。

DDS 内部ではノート番号/ベロシティ (sdata) を受信する 2 バイトのフリップフロップを用意し、入力される sdata を SET 信号の立ち上がり時点において読み込んでいる。したがってこれらのノート番号/ベロシティのデータは、新たに SET 信号が入力されるまで保持される。

4.6 ベロシティの処理

MIDI メッセージの 3 バイト目に当たるベロシティは図 2.5 に示すように 7 ビットのデータ (0~127 の値) として出力される。これを小数点以下の値が 7 桁である 8 ビット固定小数点数 (Q7 フォーマット数) と考えて処理を行うことにした。

DDS の出力は 8 ビットのオフセットバイナリ形式 (図 4.3(a)) で出力される。このため DDS 出力を図 4.3(b) に示す 2 の補数表示に変換し、Q7 フォーマットのベロシティとの積を作り、その結果を再度オフセットバイナリに変換して出力している。

これを実現するための VHDL プログラムにおけるアーキテクチャの一部を抜粋して図 4.4 に示す。まず入力データ a の符号ビットを除く下位 7 ビットと、ベロシティで表される減衰比 b (7 ビット) との積を求める。次に減衰比 b の 2 の補数を計算し、入力データにおけるビット 7 ( a(7) ) に対応して処理を行っている。なお乗算あるいは加算とも演算子 \* , + を使用している。

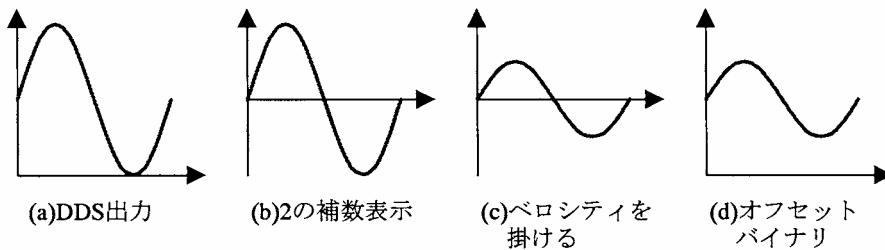


図 4.3 ベロシティの処理

Name	V...	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500
⊕ a	60							
⊕ b	40	20	10	40	20	10	00	
⊕ x	70	78	7C	80	98	8C	80	

図 4.5 デジタル・アッテネータのシミュレーション結果

```

process ( a, b) begin
    mul <= a(6 downto 0) * b(6 downto 0);
end process;
process (a, mul, not_b, ONE ) begin
    if ( a(7) = '0' ) then
        xin <= '0' & mul(13 downto 7) + not_b + "00000001";
    else
        xin <= '0' & mul(13 downto 7);
    end if;
end process;
x <= (not xin(7) ) & xin(6 downto 0);
    
```

図 4.4 デジタル・アッテネータのプログラム (抜粋)

図 4.5 はシミュレーション結果である。時間の単位は ns である。1500ns までは入力データ a が正の値であり、出力 x に正しく減衰比倍の値が出力されている。また 1500ns 以降は入力データ a が負の場合である。こちらもオフセットバイナリ形式の正しい出力が得られている。なお組み合わせ論理回路で構成しており、データが変化したときに値が確定するまでに数 10ns 程度の時間遅れがあるが実用上特に問題になる値ではない。

5. 周辺回路

5.1 クロック発振回路

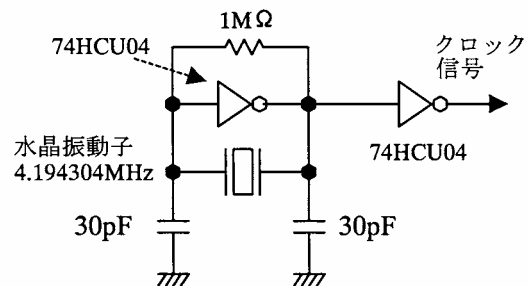


図 5.1 コルピッツ型水晶発振回路

図 5.1 に示すように CMOS インバータ IC 74HCU04AP を用いてコルピッツ型水晶発振回路を製作し、CPLD にクロックを供給するようにした。クロック周波数は前述したように 4.194304MHz である。出力バッファなしの U 型のインバータを使用したのは、バッファによる波形の鈍りを軽減するためである [10]。

5.2 R-2R ラダー回路による DA 変換

DA 変換器を原理的な R-2R 抵抗ラダー回路網により構成した。図 5.2 に回路構成を示す。出力はハイインピーダンスで受ける必要があり、オペアンプ NJM4580 を用いたボルテージフォロワを介してローパスフィルタと接続している。入力信号のビット列を a0~a7 とし、下位桁より鳳テブナンの定理を繰り返し適用すると出力 v<sub>o</sub> が式(3)により表される。したがってこの回路が DA 変換器になっていることが分かる。

$$v_o = \frac{a7}{2} + \frac{a6}{4} + \frac{a5}{8} + \frac{a4}{16} + \frac{a3}{32} + \frac{a2}{64} + \frac{a1}{128} + \frac{a0}{256} \quad (3)$$

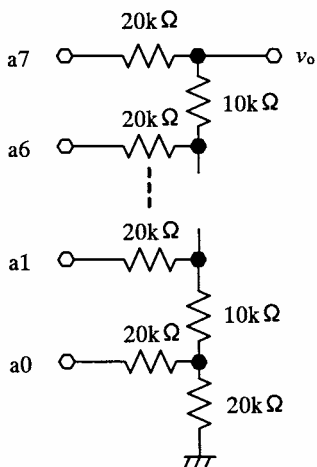


図5.2 R-2R抵抗ラダー回路によるDA変換器

5.3 2次アクティブローパスフィルタ

DA 変換器の出力はまだ滑らかにならず、種々の高調波成分を含んでいる。したがってこれを取り除くためにオペアンプ NJM4580 を用いて図 5.3 に示す 2 次のアクティブローパスフィルタを構成してボルテージフォロワに後置した。この回路の高域遮断周波数 f<sub>c</sub> および尖鋭度 Q は式(4)により表される。

$$\begin{cases} f_c = \frac{1}{2\pi R \sqrt{C_1 C_2}} \\ Q = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \end{cases} \quad (4)$$

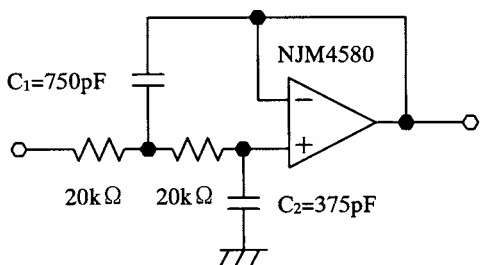


図5.3 2次アクティブフィルタ (LPF) の回路

高域遮断周波数 f<sub>c</sub> は DDS 出力の最高周波数が 12.543 kHz であり、これを考慮して 15kHz に設定した。また尖鋭度は経験に基づいて Q=0.7 とした。

図 5.4 に実測したローパスフィルタの周波数特性を示す。3dB 遮断周波数 f<sub>c</sub> の実測値は 13.9kHz であり、設計値との誤差率は -7% とほぼ妥当な値が得られた。

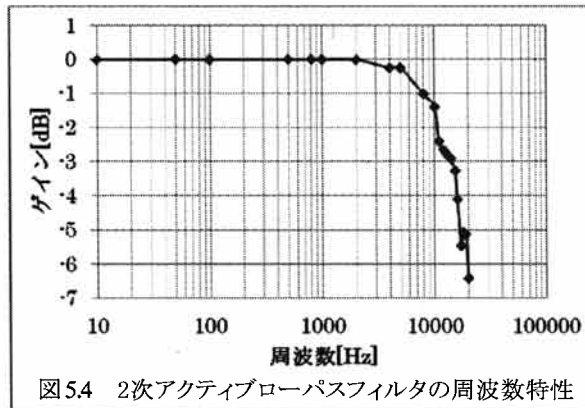


図 5.4 2次アクティブローパスフィルタの周波数特性

5.4 その他の回路

上記の他に、電力増幅用の IC として TA7275AP を使用した。また CMOS インバータ 74HC04 を用いて負電源生成回路を製作してオペアンプの負電源を生成した。インバータ 2 段によりマルチバイブレータ (発振周波数約 5kHz) を作り、この出力の波高値をダイオードにより約 0.7V にクランプした。さらにその出力をダイオードで半波整流して平滑し負電源を生成している。

6. 自動演奏システム

6.1 「G 線上のアリア」の演奏結果

PIC マイコンと DDS および周辺回路を接続して自動演奏システムを構成し、当初の目的である「G 線上のアリア」の自動演奏ができるか否かを調べた。その結果音は出るものの、音の続く間隔がデルタタイムの値と著しく異なる箇所があり、また検討の余地のあることが分かった。

ADDRESS	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
00000000	00	4D	54	68	64	00	00	06	00	00	00	01	01	E0	4D	
00000010	54	72	6B	00	00	0A	54	00	FF	03	00	00	FF	58	04	
00000020	02	18	08	00	FF	51	03	07	A1	20	00	90	3C	64	8B	
00000030	90	3C	00	18	90	3D	64	8B	5C	90	3D	00	18	90	40	
00000040	8B	5C	90	40	00	18	90	41	64	8B	5C	90	41	00	18	
00000050	40	64	8B	5C	90	40	00	18	90	3D	64	8B	5C	90	3D	
00000060	18	90	3C	64	8B	5C	90	3C	00	18	90	40	64	8B	5C	
00000070	40	00	18	90	41	64	8B	5C	90	41	00	18	90	43	64	
00000080	5C	90	43	00	18	90	45	64	8B	5C	90	45	00	18	90	
00000090	64	8B	5C	90	43	00	18	90	41	64	8B	5C	90	41	00	
000000A0	90	40	64	8B	5C	90	40	00	18	90	3C	24	8E	08	90	
000000B0	00	18	90	3C	40	8E	08	90	3C	00	18	90	3C	50	8E	
000000C0	90	3C	00	18	90	3C	64	8E	08	90	3C	00	18	90	3C	
000000D0	8E	08	90	3C	00	18	90	3C	64	8B	5C	90	3C	00	18	
000000E0	3D	64	8B	5C	90	3D	00	18	90	3D	24	8B	5C	90	3D	
000000F0	18	90	40	64	8B	5C	90	40	00	18	90	40	24	8B	5C	
00000100	40	00	18	90	41	64	8B	5C	90	41	00	18	90	41	24	
00000110	5C	90	41	00	18	90	40	64	8B	5C	90	40	00	18	90	
00000120	64	8B	5C	90	3D	00	18	90	3C	64	8B	5C	90	00	00	
00000130	FF	2F	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	

図 6.1 「蛙の唄」のバイナリモニタによる表示

6.2 「蛙の唄」の演奏結果

そこで見通しを良くするためにより演奏時間が短い「蛙の唄」のMIDIデータを作り、演奏を行ってみた。状況に特段の変化は見られなかった。図6.1にバイナリモニタを用いて表示した「蛙の唄」のMIDIデータを示す。特にデータに異常な箇所は見あたらなかった。そこでロジックアナライザを用いてPICマイコンにおけるノート番号/ベロシティの出力であるポートDを観測してみた。しかしながら、元来ノート番号/ベロシティは近接して出力されるため、様子が十分に把握できなかった。

そのためプログラムを変更してノート番号のみがポートDに出力されるようにして、再度ロジックアナライザを用いて出力を観測してみた。その結果を図6.2に示す。D<sub>0</sub>~D<sub>7</sub>はノート番号、D<sub>8</sub>はSET信号(LE\_NOTE)である。

図6.2において①は0x3Cであり、これは図6.1のデータにおける最初のノート番号である0x3Cに対応している(アドレス0x2C番地)。

次の②は0x3Dであり、これは2番目のノート番号であるアドレス0x35番地のノート番号に対応している。但しこの①-②間のデルタタイムは、0x2E~0x2F間の値から本来0.96sとなる筈であるが、実際には5.95sになっている。さらに③のノート番号は0x3Cであり、MIDIデータと符合している。しかし③-④間の時間はデルタタイムから1.3sになるところが、約7.5sになっている。

また⑤の音は、図6.1から本来0x3Cであるべき筈であるが、ノーオフされていない。したがってアドレス0x124番地の0x3Dは読み出されていず、0x130番地におけるトラックマーカーも検出できていない。

以上の結果を整理して以下の知見が得られた。

- ◎ 異常な箇所は2ヶ所ともデルタタイムである。
  - ◎ しかも図6.1においてアドレスの0E番地に位置している
- 図6.1はMIDIの楽譜データである。これがEEPROMに書き込まれて、再度読み出されてリングバッファに書き込まれるときに、ポインタs\_pの処理の関係からアドレスが1だけ大きくなる。このため図6.1のアドレス0E番地のタイミングは、次の16バイトのデータをI<sup>2</sup>C-EEPROMから読み出しに行くタイミングに相当する。この観点から図3.1および図3.2におけるサブルーチンread\_ring\_bufの動作を再度詳細に検討してみた。

6.3 サブルーチンread\_ring\_bufの詳細検討

(1) MIDIデータをプログラムメモリから読み出しデバッグ

図6.3がI<sup>2</sup>C-EEPROMのデータを読み出すフローチャートである。特段の不具合はないが、サブルーチンread\_I2CEEPROM\_write\_ring\_bufの後ろに、プログラム作成における初期の段階でデバッグに用いていたPICマイコンの内部EEPROMへの書き込みルーチンが余分についていることが分かった(図示していない)。この部分は最終的に削除した。

なお今までに行ってきたデバッグでは、サブルーチンread\_I2CEEPROM\_write\_ring\_bufの部分に来ると処理をスキップして、その代わりにデータを手入力でデバッガに入力してデバッグを行っていた。このやり方では処理を完全にデバッグしているとは言えず、また手間もかかるので、図6.3に示したフローチャートにおいて、サブルーチンread\_I2CEEPROM\_write\_ring\_bufを変更して、MIDIデータをプログラムメモリに保存しておきこれを読み出すようにしてデバッグを行ってみた。

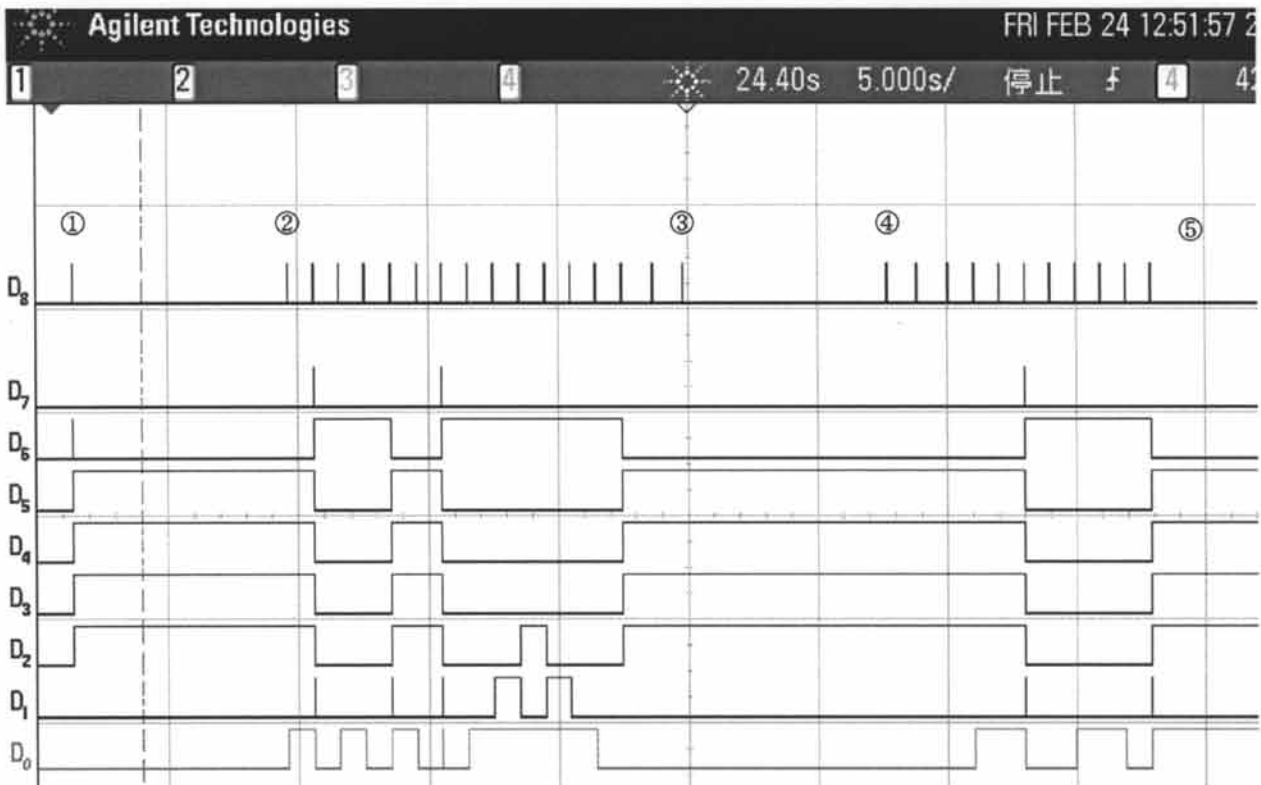


図6.2 「蛙の唄」のロジックアナライザによる観測結果

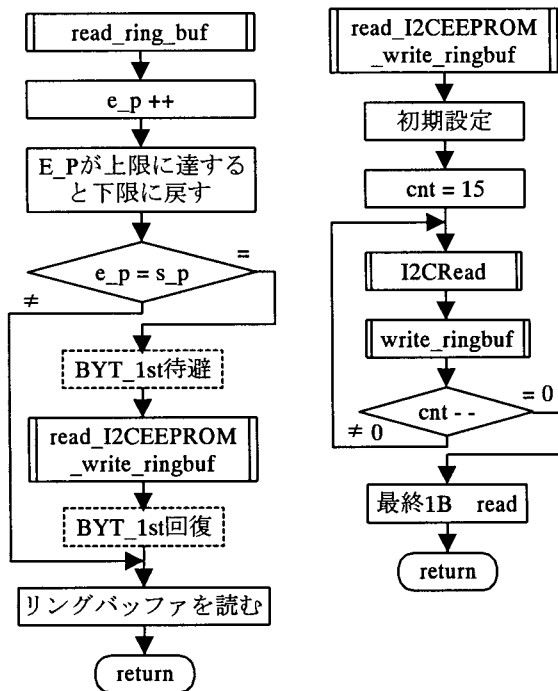


図 6.3 read\_ring\_buf のフローチャート

## (2) デバッグ結果

図 6.3 におけるフローチャートの動作を以下に示す。

- ① 図 6.3 (左側) においてポインタが  $e_p = s_p$  になると次の 16 バイトのデータをプログラムメモリから読み出し、リングバッファに格納する。
- ② ただし①の時点ではリングバッファから読み出した 15 バイト目のデータの処理はまだ行われていない。
- ③ ①が終了すると、リングバッファからまだ読み出していない 16 バイト目のデータを読み出す。
- ④ 15 バイト目のデータがデルタタイムであるとき、②の終了後デルタタイムの時間消費に入るが、このデルタタイムの処理に使われるデータが、①で読み込んだデータによって上書きされている。これが不具合の原因であった。

そこで図 6.3 において破線で示したように命令を一部追加して、サブルーチン read\_I2CEEPROM\_write\_ring\_buf の実行前に変数 BYT\_1st を待避し、実行後に回復するようにしてみた。これによりプログラムが期待通りに動作することを確認した。

しかしノートオフ時にスピーカから「ポコ」と言うような音が出ており、耳障りであるのでこの音を軽減する方法を検討する必要がある。

## 7. むすび

高校生に電気電子に対する関心を持って貰う手段として“動く”、“光る”、“音が出る”などの直感的な要素を含む装置を試作して、デモを行うことが考えられる。この観点から“音が出る”要素を含む回路として MIDI 自動演奏システムについて検討した。すなわち PIC マイコン 16F877A をコントローラとする MIDI (Musical Instrument Data Interface) シーケンサを試作し、

プログラムの詳細を示した。また音源を DDS (Direct Digital Synthesizer) により実現するために、その動作原理と VHDL により設計し FPGA あるいは CPLD により DDS を試作した結果を示した。必要となる周辺回路の設計、試作結果も合わせて示した。

これらの要素を組み合わせて MIDI 自動演奏システムのプロトタイプモデルを構成し、I<sup>2</sup>C-EEPROM に書き込んだ「G 線上のアリア」あるいは「蛙の唄」を読み出して自動演奏ができることを確認した。

なお以下のような検討課題が残った。

- 1) より複雑な MIDI データの演奏ができるようにする
- 2) ノートオフ時にスピーカから「ポコ」と言うような音が出ているが、この音を軽減する方法を検討する
- 3) 今回試作した DDS は、周波数を 1Hz~12543Hz に変化した正弦波の発音ができる。これを実際の楽器のデータに近づける方法を検討する
- 4) 演奏速度の調整法を検討する
- 5) 演奏する曲目数の増加を検討する

以上のような検討課題について今後検討を進めていく予定である。

## [参考文献]

- 1) 袴田吉朗, “PIC マイコンと 16x16LED を用いた漢字表示電光掲示板の設計と試作”, 静岡理科大学紀要, Vol.17, pp.133-142, (2009)
- 2) 袴田吉朗, “展示用波長多重光通信システムの設計と構築”, 静岡理科大学紀要, Vol.18, pp.21-30, (2010)
- 3) 中島安貴彦, “MIDI バイブル I MIDI1.0 規格基礎編”, “詳説 MIDI 規格”, <http://www.pluto.dti.ne.jp/~daiki/Midi/Midi.html>
- 4) “SMF の基礎知識”, <http://www.hikari-ongaku.com/study/smf.html>
- 5) “MIDI シーケンサ (レコーダー/プレイヤー) の作成”, [http://www.mars.dti.ne.jp/~ogura/e\\_hobby/midirec.html](http://www.mars.dti.ne.jp/~ogura/e_hobby/midirec.html)
- 6) 袴田吉朗, “I<sup>2</sup>C EEPROM ライターの設計と漢字ディスプレイへの応用”, 静岡理科大学紀要, Vol.18, pp.21-30, (2010)
- 7) “マイコンの 1 線, 2 線, 3 線インタフェース”, CQ 出版社 (2008)
- 8) 後閑哲也, “電子制御のための PIC 応用ガイドブック”, 技術評論社 (2002)
- 9) 稲葉 保, “定本発振回路の設計と応用”, CQ 出版社 (2000)

## [付録] 最終的なプログラムの所在

本資料における PIC プログラムは 2012.3.5 にデバッグを完了したプロジェクト midirec20120305 に基づいて作成した。またデジタル・アッテネータは 2012.2.29 作成の digi\_att\_adder\_new に基づいている。



# CAN 通信による自動車内データ収集システム

—モータ回転数の測定と通信の調停およびフィルタ機能の確認—

Design and Trial Manufacture of a CAN-based prototype Vehicular Data Acquisition System

小澤 倫也\*

金原 正幸\*

袴田 吉朗\*\*

Michinari OZAWA

Masayuki KINPARA

Yoshiro HAKAMATA

**Abstract:** The paper describes the design and manufacture of a CAN-based prototype vehicular data acquisition system. It consists of PIC micro computers, CAN controllers, CAN transceivers and transmission lines, resulting in several transmitting and receiving nodes. Rotation numbers of a DC motor were measured and transmitted. Arbitration and filter functions were confirmed to work well. The design and manufactured results of the system is given precisely.

## 1. はじめに

電気電子工学科ではH19年度から学科の象徴物として電気自動車を取り上げ、電気自動車に関係するプロジェクトを立ち上げて検討を行ってきた。本論文はその電気自動車プロジェクトの一環として、4年生の卒業研究におけるテーマとして検討してきたCAN通信による自動車内データ収集システムに関する検討結果をまとめたものである。一昨年度までは市販のCAN通信ボードを用いて検討を行ってきた。またCAN通信に関する理解をさらに深めることを目指して、昨年度にはPICマイコン、CANコントローラ、CANトランシーバ、LCD（液晶ディスプレイ）などを用いてCAN通信ノードを自作し、これらを用いたポイント・ツー・ポイントによるCAN通信システムの検討を行った [1]。その結果送信ノードにおいて測定した電圧を、CAN通信を用いて正しく送受信できることを確認した。さらにモータの回転数については、モータから生成される回転数測定用パルスをPICマイコンのキャプチャ機能を用いて測定し、CAN通信を用いて受信ノードに伝送できることを確認した。しかしその測定精度に検討の余地のあることが分かった。

そこで今年度は、昨年度に製作したノードに加えて新たに複数のCAN通信ノードを製作し、これらを用いて複数ノードからなるCAN通信システムを構成して検討を進めることにした。検討した内容を以下に示す。

- ・ モータ回転数をより精度高く測定する方法とCAN通信によるデータ伝送方法の検討
- ・ 受信データを振り分けるフィルタ・マスク機能の実装方法の確認
- ・ 複数ノードよりなるCAN通信システムの構築とCAN通信において発生する調停（アービトレーション）の実証確認の実施
- ・ 以上を実現するためのPICプログラムの作成と動作確認

本論文では、以上の検討結果についてその詳細を述べる。

## 2. CAN 通信の概要

### 2.1 伝送路フォーマット

CANバスの信号は、CAN-HおよびCAN-Lと呼ばれる2本の信号線により伝送される。伝送されるデータは、両信号間に電位差があるか、ないかにより決まり

- 電位差のある状態はドミナント (Dominant)・・・データの0
- 電位差のない状態はリセッシブ (Recessive)・・・データの1と呼ばれる。

CANのデータ・フレーム（標準ID）を図2.1.1に示す。またフレームの概要を以下に示す。

(1) SOF (Start of Frame), 1ビット, ドミナント

(2) アービトレーション・フィールド (12ビット)

このフィールドは11ビットのメッセージIDと最後尾1ビットのRTRフィールドからなる。ドミナントのRTRがデータ・フレームを表す。

(3) 制御フィールド (6ビット)

標準データフォーマットは最初のIDEビット (1ビット) がドミナントであることにより識別される。DLCフィールド (4ビット) は0~8バイトのデータ長を表す。

(4) データ・フィールド (最大8バイト)

(5) CRC フィールド (16ビット)

CRCフィールドは、15ビットのCRCシーケンス (生成多項式  $x^{15}+x^{14}+x^{10}+x^8+x^7+x^4+x^3+1$ ) と、1ビットのCRCデリミタからなる。

(6) アクノリッジ・フィールド (2ビット)

送信ノードは最初のACKスロットにリセッシブを送信する。エラーのないフレームを受信したノードは、このACKスロットにドミナントを入れて返送する。これにより送信ノードは、フレームが正しく受信されたことを認識する。後続するACKデリミタはリセッシブである。

(7) EOF (End of Frame), 7ビット, リセッシブ

(8) IFS (Interframe Space), 3ビット, リセッシブ

他にリモート・フレーム (RTRがリセッシブ)、エラー・フレームおよびオーバーロード・フレームがある。

なお、伝送路符号のフォーマットはNRZ (Non Return to Zero)

2012年3月9日受理

\*理工学部 電気電子工学科4年生

\*\*理工学部 電気電子工学科

フォーマットである。このため受信部における PLL がタイミング消失しないようにするために、同一信号レベルが5 ビット以上連続すると、その5 ビット後にレベルを反転したスタンプビット (SB) を強制的に1 ビット挿入し、レベルの変化を起こさせるビット・スタフingが行わる。したがって実際のフレームにおけるビットの並びは、送信されるデータの内容に依存して変化するので以上に述べたフレーム構成とは微妙に異なってくる。図 2.1.1 において SB と示してあるビットがスタンプビットである。

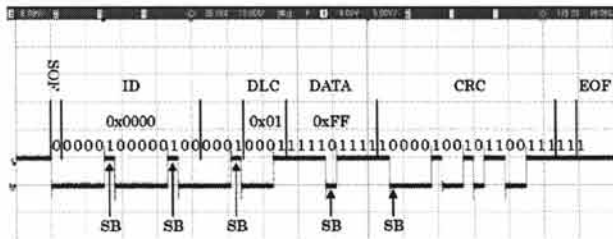


図 2.1.1 MCP2515 出力の測定例 [1]

## 2.2 CAN における伝送路アクセス制御

CAN は分散システムであり CSMA/CA 方式によって伝送路にアクセスする。具体的には、CSMA 方式+非破壊のビット単位アービトレーション (NBA 方式: Non-Destructive Bitwise Arbitration) によって信号衝突を防いでいる。

以下のような手順で伝送路にアクセスする。

- ① バスのキャリアをセンスし、バスが空いていれば、バスにつながっている全てのノードが送信を開始することができる。
- ② 複数ノードが同時に送信を開始した場合の信号衝突を回避するために、各ノードはアービトレーション・フィールドを送出する期間、バスのレベルをモニタする。
- ③ ドミナントは文字通りリセツpを上書きするので、自ノードが送信した信号と検出したバスのレベルが異なる場合には調停負けと判断し、受信動作に移るようになっている。
- ④ したがって ID 値が小さい方が高優先度になる。
- ⑤ CAN では、送信される各メッセージが、メッセージ ID によって一意に識別される。その結果、メッセージは基本的にどのノードにおいても受信でき、メッセージを受け付けるかどうかはコントローラのみによって決定される (受信側選択システム)。例えば電気自動車の場合には、モータの回転数をデータ収集ノードにおいて収集し、一方で同時に同じデータをメータに表示するような使い方ができることになる。

## 3. 試作した自動車内データ収集システムの概要

試作したシステムの構成を図 3.1 に示す。4 個の送信ノードと 1 ないし 2 個の受信ノードおよび CAN 伝送路によって構成している机上モデルである。送信ノードでは、PIC の AD 変換機能を使用して測定したモータの制御電圧に、必要な演算を行ってモータの回転数に換算したデータを CAN バスに送信している。

受信部では、CAN バスに伝送されたデータをフィルタ機能により振り分けて特定のノードから受信したデータのみを LCD

に表示させている。また PIC 内の EEPROM にデータを書き込んで、送受信データを数値として確認できるようにした。

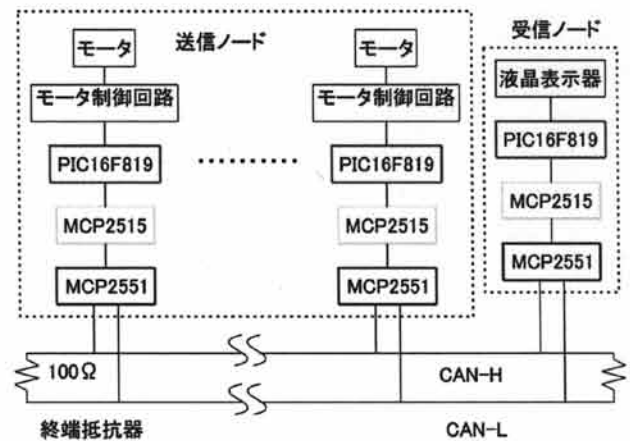


図 3.1 試作したシステムのブロック構成

システムにおける構成要素の概要を以下に示す。

- ・ PIC16F819・・・18 ピンの PIC であるが、AD 変換機能、SPI インタフェースを有するためこの PIC マイコンを採用した。測定データを MCP2515 の送信レジスタに書き込む、受信データの読み取りを行う、LCD に表示する、などの各ノードの制御を行う。
- ・ MCP2515・・・CAN コントローラ。送信データを CAN のメッセージ形式に変換して MCP2551 に送る。また、ビット・スタフingを行って受信部における PLL の動作の確実性を高める。受信部では、受信データを MCP2515 自身が持つレジスタに格納する、エラーチェックを行うなどの処理を司る。
- ・ MCP2551・・・CAN トランシーバ。MCP2515 から送信されるデータを差動信号に変換して CAN 伝送路に送出する。これにより高いノイズ耐性を得る。受信部では、CAN バスの信号を CAN のメッセージ形式に戻し、MCP2515 に転送する。
- ・ CAN 伝送路・・・約 20cm 長の 2 本のピニール線であり、両端が 100Ω の抵抗により終端されている。

## 4. 試作システムのハードウェア構成

### 4.1 PIC マイコンにおけるポートの設定

PIC マイコンには、前述したように SPI インタフェースおよび AD 変換機能を有する 18 ピンの PIC16F819 を使用している。

送信ノードにおける PIC16F819 では電圧入力 (RA0)、モータ関連の信号 (RA2, RA3, RA4)、SPI 関連の信号 (RB1, RB2, RB4, RB5) を入出力している。受信ノードでは LCD 関連の信号 (RA0 ~ RA3, RB0, RB3, RB6)、SPI 関連の信号 (RB1, RB2, RB4, RB5) を入出力している。

### 4.2 PIC マイコンにおける AD 変換の設定

PIC16F819 の AD 変換機能を使用するために、レジスタ ADCON0 および ADCON1 を以下のように設定した。

$$\begin{aligned} \text{ADCON0} &= 0xC0 \\ \text{ADCON1} &= 0x8E \end{aligned}$$

内容は以下の通りである。

- ・ AD 変換のクロック・・・内部 RC 発振による
- ・ AD 変換の結果を右詰め  
AD 変換の結果は 10 ビット長で出力され、レジス ADRESH および ADRESL の各 1 バイトのレジスタに格納される。格納方法を右詰めとし、10 ビットを結果として使用している。10 ビット使用の場合、変換結果は 0~1023 となる。
- ・アナログ入力ポートを RA0 (AN0) に設定、電圧の基準  $V_{REF+}$  を電源電圧  $V_{DD}$  (5V) に設定  
なお、ADCON0 レジスタにおけるビット 0 は、AD 変換の開始指令であり、AD 変換を開始する度に 1 に設定する。

### 4.3 MCP2515 のピン配置

MCP2515 のピン配置を図 4.3.1 に示す。ピン 8 およびピン 7 間には内部で CMOS インバータと高抵抗が接続されている。したがってここに水晶振動子とコンデンサを図のように接続し、3 点接続型のコルピッツ形発振器を構成してクロック源とした。

また、RX0BF、RX1BF にそれぞれ LED を接続し、送信完了時とエラー発生時に発光するように設定した。高輝度 LED を使用したので電流制限抵抗  $5.1k\Omega$  と大きくした。

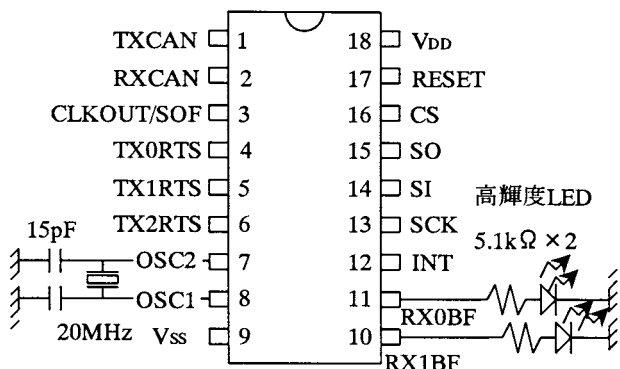


図 4.3.1 MCP2515 のピン配置 (top view)

### 4.4 CAN コントローラ MCP2515 のレジスタ

本検討で用いた CAN コントローラ MCP2515 のレジスタについて説明する。

- (1) コンフィギュレーション・レジスタ (CNF1, CNF2, CNF3)  
表 4.1~表 4.3 に示す。CAN ビット・タイムの設定、CAN フレームのボーレートの設定を行う。
- (2) コントロール・レジスタ (CANCTRL)  
MCP2515 のオペレーション・モードの設定、クロック出力ピンの設定などを行う (表 4.4)。
- (3) ステータス・レジスタ (CANSTAT)  
各種レジスタのステータスを示す。
- (4) 割り込み関係レジスタ (CANINTE, CANINTF)  
割り込み許可および割り込み要因を示すレジスタである。
- (5) 送信バッファ  
TXB0, TXB1 および TXB2 の 3 つの送信バッファがあり、

各々 14 バイトの領域を有する。送信バッファごとにコントロール・レジスタ (TXBnCTRL), メッセージの格納エリア (TXBnSIDx, TXBnEIDx), データ長レジスタ (TXBnDLC) 及びデータ本体 (TXBnD0~TXBnD7) からなる。レジスタにおける各ビットの内容を表 4.6~表 4.9 に示す。

- (6) 受信バッファ  
RXB0 および RXB1 の 2 つの受信バッファがあり、各々 14 バイトの領域を有する。受信バッファごとにコントロール・レジスタ (RXBnCTRL), メッセージの格納エリア (RXBnSIDx, RXBnEIDx), データ長レジスタ (RXBnDLC) およびデータ本体 (RXBnD0~RXBnD7) からなる。バッファの数は一つ少ないが、送信バッファと対応している。表 4.10~表 4.12 にビットの詳細を示す。
- (7) マスク、フィルタ・レジスタ  
受信バッファに関連するフィルタとマスクのレジスタがある。フィルタ・レジスタはメッセージとフィルタ値が完全に一致するメッセージだけを処理する機能、マスク・レジスタは設定することにより、フィルタ値の範囲を限定させる機能の値を設定するレジスタである。フィルタ・レジスタの内容を表 4.17, マスク・レジスタを表 4.18 に示す。
- (8) エラーフラグ  
発生したエラーの内容が判断できるレジスタであり、読み出し専用である。レジスタの内容を表 4.19 に示す。

### 4.5 MCP2515 の初期設定

MCP2515 はパワーアップ時、リセット時には自動的にコンフィギュレーション・モードに設定される。また各種コンフィギュレーション関係のレジスタを設定する際にも、このコンフィギュレーション・モードにする必要がある。したがって以下に示す設定はコンフィギュレーション・モードにおいて行った。

- (1) ボーレートの設定  
ボーレートを選択するために、以下のレジスタを設定した。  
CNF1 = 0x04  
CNF2 = 0xB1  
CNF3 = 0x05  
これより  $BRP=4$ ,  $TQ=10/F_{osc}$ ,  $PHSEG1=6$ ,  $PHSEG2=5$ ,  $PRSEG=1$  である。したがって  $TQ$  構成数=16 になる。 $F_{osc}=20MHz$  としたのでボーレートは 125 kbaud である。なお 1 ビット中におけるサンプリングは 1 回だけである。レジスタの内容を表 4.1~4.3 に示す。
- (2) フィルタの設定  
図 4.5.1 にフィルタのレジスタ構成を示す。  
ID 値とフィルタ値の比較はフィルタ 0 から順番に行われ、フィルタ 0~1 で一致した場合は受信バッファ 0 にデータが入り、フィルタ 2~5 で一致した場合は受信バッファ 1 にデータが入る。ID 値がどのフィルタ値とも一致しない場合には、そのデータは処理されない。  
また、フィルタの機能を無効にした場合、すべてのデータを

受信することになる。そのため、フィルタ機能の設定を行う場合には以下を考慮する必要がある。レジスタの内容を表4.17に示す。

- ① 受信バッファ0 (RXB0) にヒットさせる場合  
(U,V は任意の値)

RXF0~1 フィルタ 0~1 標準 ID 上位・下位フィルタレジスタ  
[アドレス:(0x00,0x01)(0x04,0x05)]の設定

RXF0SIDH = 0xUU	} フィルタ値	} ID 値が完全一致するデータを 受信バッファ 0 へ
RXF0SIDL = 0xU0		
RXF1SIDH = 0xVV		
RXF1SIDL = 0xV0		

- ② 受信バッファ1 (RXB1) にヒットさせる場合  
(W,X,Y,Z は任意の値)

RXF2~5 フィルタ 2~5 標準 ID 上位・下位フィルタレジスタ  
[アドレス:(0x08,0x09)(0x10,0x11)(0x14,0x15)(0x18,0x19)]の設定

RXF2SIDH = 0xWW	} フィルタ値	} ID 値が完全一致するデータを 受信バッファ 1 へ
RXF2SIDL = 0xW0		
RXF3SIDH = 0xXX		
RXF3SIDL = 0xX0		
RXF4SIDH = 0xYY	} フィルタ値	} ID 値が完全一致するデータを 受信バッファ 1 へ
RXF4SIDL = 0xY0		
RXF5SIDH = 0xZZ		
RXF5SIDL = 0xZ0		

なおこれだけではフィルタ機能は動作しない。(6)に示す受信バッファ0, 1のコントロール・レジスタの設定が必要である。

またマスク機能を表4.18に示す。今回、マスク機能は使用していないので説明は省略する。

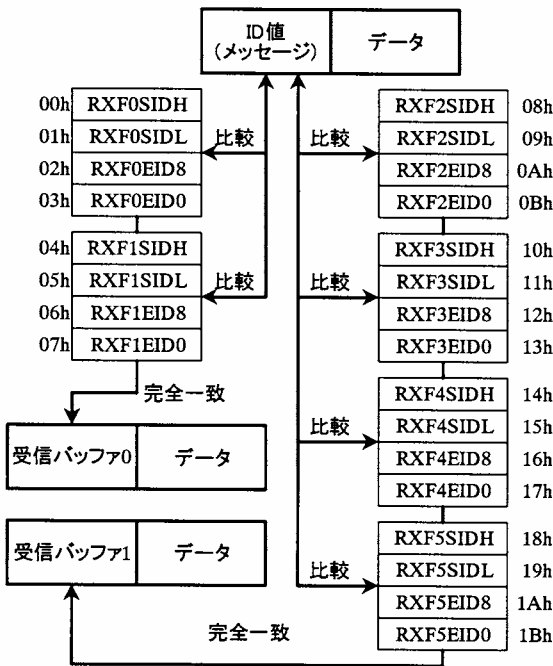


図4.5.1 フィルタのレジスタ構成

- (3) LED を点灯させるための設定

表4.16に示すレジスタを以下のように設定した。

BFPCTRL = 0x0C

- (4) モードの設定

表4.4 に示すレジスタの内容を以下のように設定した。

CANCTRL = 0x0E

これはノーマル・モード, 1回だけ送信するワンショット・モード, CLKOUTピンを使用する設定である。

これ以降は送信側と受信側で設定が分かれる。

- (5) 送信側ノードの設定

各レジスタを表4.6~4.9 に示す。

- ・ TXB0CTRL ... 送信バッファの優先度の設定 (送信ノードの優先度ではない)

- ・ TXBnSIDH, TXBnSIDL (送信ノードn標準ID)

...送信ノードの優先度の設定 (小さいほど高優先度)

この値と受信側のフィルタ値を一致させることにより処理を振り分けることが可能になる。

- ・ TXB0DLC ... データ長の設定 (0~8バイト)

- (6) 受信側ノードの設定

各レジスタを表4.10~4.12 に示す。

- ・ 標準IDのフィルタとマスクを適用するために

RXB0CTRL=0x00, RXB1CTRL=0x00

に設定した。

- ・ RXB0DLC ... 受け取るデータのデータ長の設定 (0~8バイト)

#### 4.6 LCD への表示

測定したデータを受信部において表示させるために16文字×2行のLCD (SC1602B) を4ビットモードにより用いた。このLCDの制御にはMicrochip社のライブラリLCD\_BUSY.asmを使用した。使用方法を以下に示す。

- ① LCD\_BUSY.asm をインクルード
- ② CALL LCD\_INI ; 初期化コマンド
- ③ CALL LCD\_DATA ; データを表示するコマンド
- ④ CALL LCD\_CMD ; コマンドを送信する

#### 4.7 モータにおける回転数の測定結果

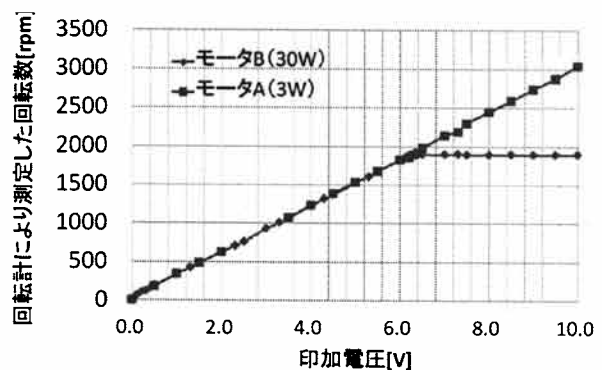


図4.7.1 モータの印加電圧と回転数の測定結果

送信ノードにおいて使用した DC モータの印加電圧と回転計を用いて測定した回転数の測定結果の関係を図 4.7.1 に示す。モータ A (3W) およびモータ B (30W) の 2 個を使用した。モータ A では印加電圧の増加に比例して回転数が増加する関係が確認できた。しかし、モータ B はある一定の印加電圧までは回転数が印加電圧に比例するが、その電圧を超えると回転数が一定になる特性を示していた。

5. 回転数の送受信に用いた処理プログラムの構成

5.1 概略フローチャート

送信部における処理プログラムの概略フローチャートを図 5.1(a)に示す。送信部では、まず SPI の設定、MCP2515 の設定および AD 変換機能の設定を行う。その後、AD 変換によるモータの印加電圧の測定およびその電圧を回転数に変換する演算を行う。また SPI コマンドを用いてデータを送信バッファに書き込み、送信要求を発行して CAN バスからデータを送信する。なおエラーの発生を検出し、エラー発生時には再送処理を行うようにプログラムを作成している。

受信部における概略フローチャートを図 5.1(b)に示す。受信部では、SPI の設定、MCP2515 の設定および LCD の設定を行った後に、SPI の受信ステータス・リード・コマンド (表 4.14) を用いて受信データの有無を確認する。受信データがあるとそのデータがどちらの受信バッファにヒットしたかをビット 6 およびビット 7 を見て判断し、LCD に表示するようにしている。

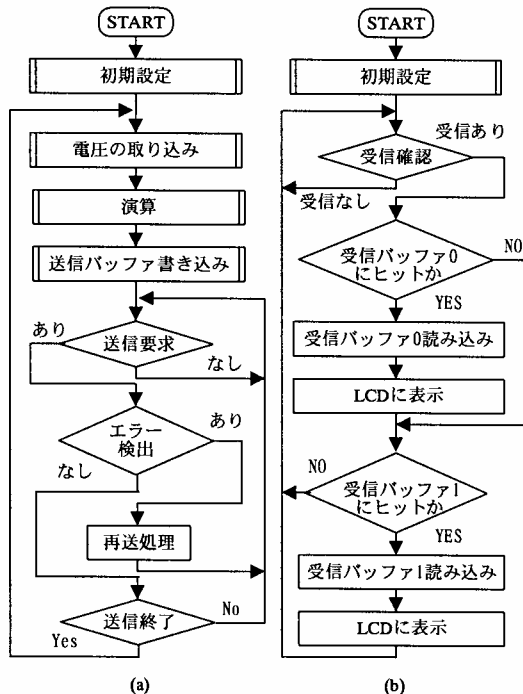


図 5.1 概略フローチャート

5.2 送信部における AD 変換出力の回転数への変換

図 4.7.1 に示したように使用したモータには、ある一定の印加電圧以下において印加電圧と回転数に比例関係があった。その

比例定数は図 4.7.1 より 300rpm/V である。これより送信ノードにおいてモータの印加電圧を回転数に変換するために、図 5.2.1 に示すプロセスを用いた。この AD 変換のプロセスは 2 バイトの処理となる。プログラムを図 5.2.2 に示す。このサブプログラムを実行すると上位バイトが UPDATA に、下位バイトが LOWDATA に得られる。この値を 3 倍するために、これらの変数を左に 2 ビットシフトし、元の値との和を求めている。

送信部 AD変換の流れ

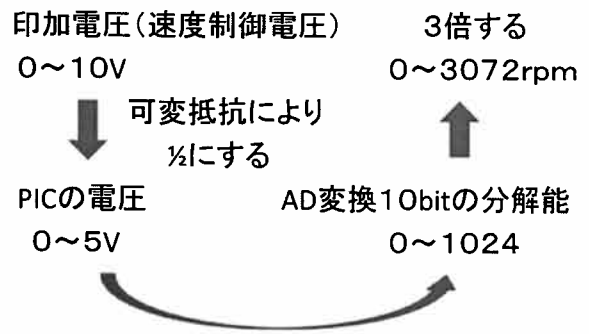


図 5.2.1 送信部における電圧から回転数への変換

```
VOLGET
MOVLW 0x81 ;設定 CH0 A/D ON
MOVWF ADCON0 ;select CH0
CALL TIME15 ;wait settling
BSF ADCON0,GO ;start A/D

WAIT
BTFSC ADCON0,GO
GOTO WAIT
MOVF ADRESH,W ;get A/D data
MOVWF UPDATA
BSF STATUS,RP0 ;バンク 1 へ切り替え
MOVF ADRESL,W
BCF STATUS,RP0 ;バンク 0 へ切り替え
MOVWF LOWDATA
BCF ADCON0,0 ;A/D off
```

図 5.2.2 送信部の PIC16F819 における AD 変換プログラム

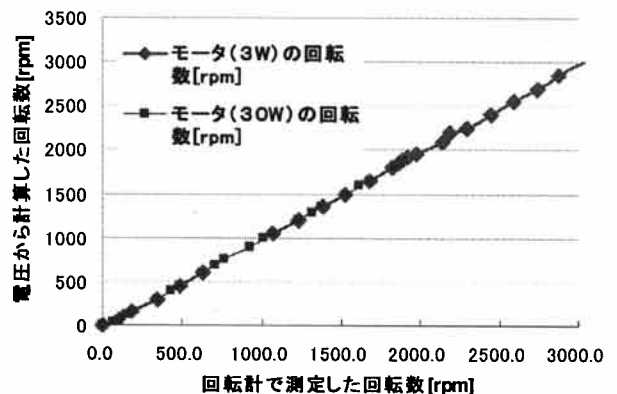


図 5.5.1 送信部で測定した回転数と受信部で確認した回転数

5.4 受信部における電圧から回転数への変換

AD 変換結果が 2 バイトのバイナリデータとして受信部に送信されてくる。これを 5 桁の 2 進数に変換して LCD に表示する。そのために Microchip 社のライブラリを使用した。使

用方法を以下に示す。

- ① ライブラリ HEX16DEC.ASM をインクルード
- ② CALL B16BCD を実行

この結果5桁の2進法10進数がb4,b3,b2,b1,b0に得られる。

### 5.5 受信部で確認した回転数の測定結果

図5.51に回転数の比較を示す。送信部の回転計で測定した回転数と、CANを通じて受信部に伝送された値から求めた回転数とは良好に一致している。誤差率は2%程度であった。

## 6. フィルタ機能の確認

送信ノード4台、受信ノード2台を用いてCAN通信を行った。最優先度のデータ [ID値:0xUUUU] を受信ノード1の受信バッファ0で、次に優先度の高いデータ [ID値:0xWWWW] を同じく受信ノード1の受信バッファ1で受信するためにそのフィルタ値をRXF0SID=0xUUUU, RXF2SID=0xWWWWに設定した。その他の送信ノードのデータは受信しないようにした。

また受信バッファ0のデータをLCDのCH1に、受信バッファ1のデータをCH2に表示した結果を図6.1に示す。



図6.1 フィルタ機能によるLCDへの表示

## 7. 調停(アービトレーション)の確認

### 7.1 調停確認用回路の構成

調停が発生する条件として以下が挙げられる。

- ・ 送信ノードが2つ以上存在する。
- ・ 送信タイミングが同時である。

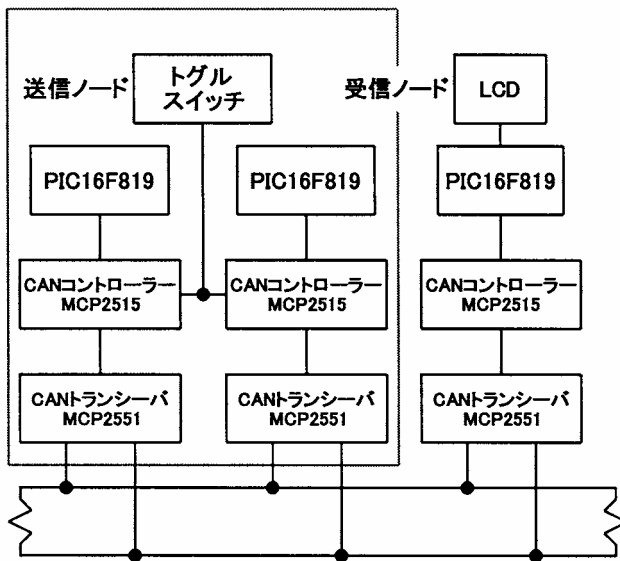


図7.1 調停確認用回路

この条件を満たす状況を作り出すために、図7.1に示すように送信ノード2台、受信ノード1台からなる調停確認用回路を1枚のボード上に製作した。また送信タイミングを同時にするために、トグルスイッチを図7.1に示したMCP2515のTX0RTS端子に接続して送信ノードに送信要求を出すようにした。なお、チャタリングの影響を除くためにシュミットトリガ付のインバータ2段を介して接続している。

処理プログラムのフローチャートは図5.1と全く同じである。ただ送信要求が外部スイッチによって行われる点が異なる。

### 7.2 外部入力により送信要求を発行する方法

プログラムでデータをバッファに書き込むまでの作業を行って送信要求を待っているの、トグルスイッチを一回押すごとに送信が行われる。しかし、トグルスイッチを離すとバスエラーが発生したので、送信波形が観測できるまで押し続けておくようにして波形を測定した。また、送信と同時にLEDが発光するように設定し、調停が発生したタイミングを計る材料とした。

MCP2515を外部入力により送信要求を発行して動作させるためには表4.15に示すTXRTSCTRLレジスタ(アドレス0x0D)に適切な値 TXRTSCTRL=0x09を設定する必要がある。

ビットで表すと以下ようになる。

- ① BORTS=1・・・スイッチオフ時に1(High)に設定
- ② BORTSM=1・・・外部入力による送信要求発行に設定

### 7.3 調停の確認波形

2台の送信部において優先度の高いメッセージ値を0x0000、優先度の低いメッセージ値を0x0F00として送信を行った。結果を図7.3.1に示す。また、調停が発生したときのオシロスコープによる観測波形を図7.3.2に、図7.3.1の左側の□で囲った部分をビット対応で書き表したものを図7.3.3に示す。優先度の高いメッセージは即時に受信部に受信されることが分かる。

一方優先度の低いメッセージは、送信したデータと受信したバスのレベルが同一である時点までは送信されているが、それ以後は送信が中断されている。これは送信したデータと受信したバスのレベルが異なる時点で調停負けが判断されたことによる。これより2.2の伝送路アクセス制御の方法に示した調停の動作を実験的にも確認することができた。

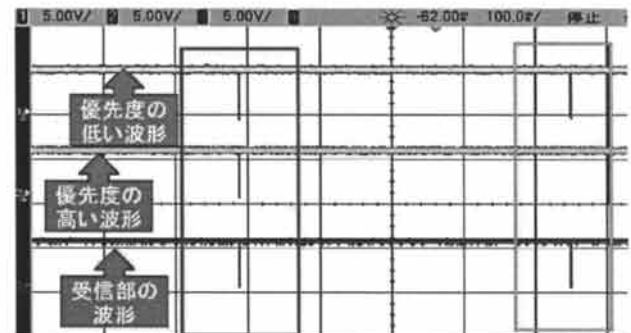


図7.3.1 調停発生時における送受信の全体像

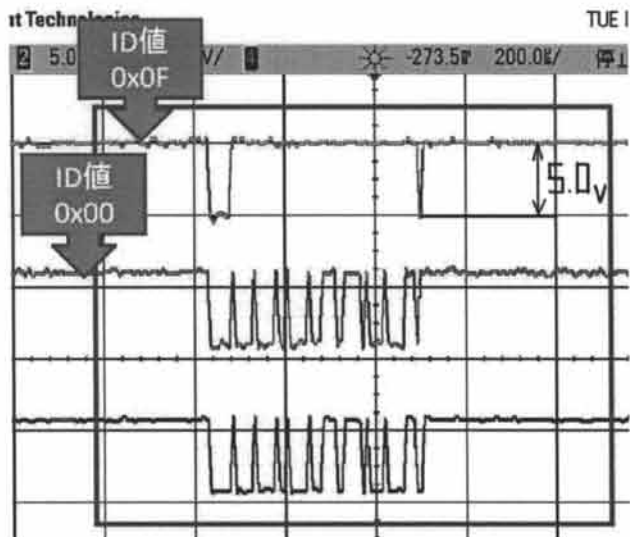


図 7.3.2 調停が発生したときの時間軸の拡大波形

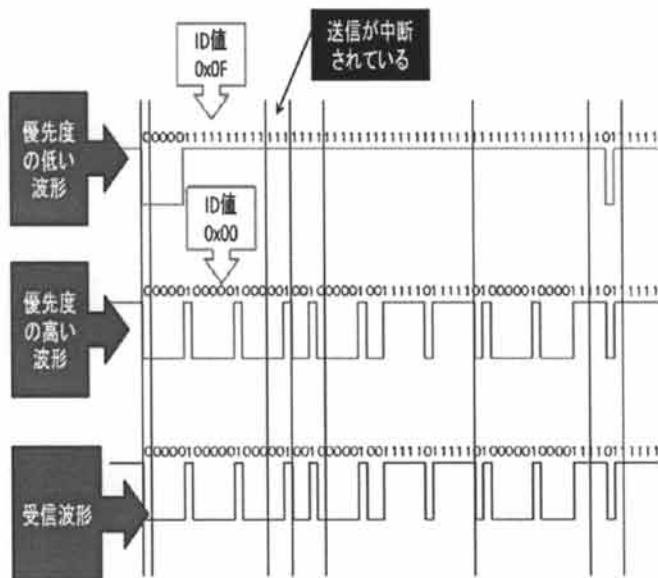


図 7.3.3 調停が発生したときの時間軸の拡大図 (その2)



図 7.3.4 再送された波形 (上: 送信波形, 下: 受信波形)

図 7.3.4 は調停負けした優先度の低いメッセージの再送処理された送信波形と受信ノードにおける受信波形である。CSMA/CA 方式を用いている CAN のアクセス制御では、CAN バスに早くアクセスしたメッセージが勝ち残る。そのため、負

けたメッセージは CAN バスが空くまで待機してから送信する必要がある。本検討では調停が発生した場合にも、負けたメッセージを失わないように再送処理を行うようにしている。

### 8. むすび

本論文では、4 台の送信ノードと 2 台の受信ノードおよび CAN 伝送路からなる CAN 通信システムの机上モデルを試作し、その設計法を示した。また雑音や干渉のない環境下においてシステムの伝送特性を測定し評価した。

これにより以下の結果が得られた。

- (1) 送信部において測定した DC モータの回転数を AD 変換し、CAN 通信により受信部に伝送し、その受信データを LCD に表示することにより実用的に問題のない結果を得ることができた。誤差率は 2% 程度であった。
- (2) 複数のノードから送信されるメッセージを、CAN コントローラ MCP2515 のフィルタ機能を用いて選択的に受信する方法を示し、実際にシステムの評価に適用した。
- (3) 2 つ以上のノードが同時に送信を試みた場合に行われる調停の確認を行うための回路を製作し、その波形をオシロスコープにより観測した。優先度は ID 値により決定し、調停が発生しても高優先度のメッセージは即時に受信されることを観測結果から確認した。また、調停負けしたメッセージの再送処理が期待通りに動作することを確認した。

今回製作したシステムは机上モデルである。実際に電気自動車に CAN 通信システムを搭載して実験を行っていくことが今後の検討課題である。

### 【謝辞】

電気電子工学科服部講師には、モータの回転計を借用させて頂いた。深く感謝いたします。

### 【参考文献】

- (1) 袴田吉朗, 小栗宏和, "CAN 通信による自動車内データ収集システム—机上モデルの設計と試作", 静岡理科大学紀要, Vol.19, pp.27-36 (2011)
- (2) MCP2515 SPI スタンドアロン CAN コントローラ, Microchip
- (3) 小川晃, "PIC CAN テクニカルガイド", Micro Application Laboratory
- (4) 中尾司, "動かして学ぶ CAN 通信", CQ 出版社
- (5) PIC16F818/819 Data Sheet 18/20-Pin Enhanced Flash Micro controllers with nano Watt Technology, Microchip
- (6) 後閑哲也, "改訂版 電子工作のための PIC16F 活用ガイドブック", 技術評論社
- (7) "ELECTRONICS SHELVES (趣味の電気工作)", <http://orange.zero.jp/electronics/>

表4.1 CNF1 (アドレス: 0x2A)

b7	SJW1	同期ジャンプ長	11=4×TQ, 10=3×TQ
b6	SJW0		01=2×TQ, 00=1×TQ
b5	BRP5	ポーレート・プリスケアラ	ポーレート・プリスケアラ値設定 $TQ=(BRP+1)/F_{osc}$
b4	BRP4		
b3	BRP3		
b2	BRP2		
b1	BRP1		
b0	BRP0		

表4.2 CNF2 (アドレス: 0x29)

b7	BTLMODE	PS2 時間長ビット	1=PS2の長さは PHSEG22~PHSEG20 で定義 0=PS2の長さは PS1 と IPT(2TQ) より大きい
b6	SAM		1=3 回サンプリング 0=1 回だけサンプリング
b5	PHSEG12	PH1 ビット長	PH1 のビット長 = (PHSEG1+1)×TQ
b4	PHSEG11		
b3	PHSEG10		
b2	PHSEG2	PropSeg ビット長	プロパゲーション・セグメントのビット長 = (PRSEG+1)×TQ
b1	PHSEG1		
b0	PHSEG0		

表4.3 CNF3 (アドレス: 0x28)

b7	SOF	SOF ビット設定	1=CLKOUT ビンを SOF ビンに設定 0=CLKOUT ビンを クロック出力に設定
b6	WAKFIL	ウェイクアップ・フィルタ	1= フィルタを有効 0= フィルタを無効
b5 ~ b3		未実装	
b2	PHSEG22	PH2 ビット長	PH2 のビット長を設定 (最小設定値 2) (PRSEG2+1)×TQ
b1	PHSEG21		
b0	PHSEG20		

表4.5 CANINTF (アドレス: 0x2C)

		割込要因	
b7	MERR	メッセージ・エラー	1=割込発生中 (ソフトでクリア必要)
b6	WAKIF	ウェイクアップ	
b5	ERRIF	エラー	1=割込未発生
b4	TX2IF	送信バッファ 2 空	
b3	TX1IF	送信バッファ 1 空	
b2	TX0IF	送信バッファ 0 空	
b1	RX1IF	送信バッファ 1 フル	
b0	RX0IF	送信バッファ 0 フル	

表4.4 CANCTRL レジスタ(アドレス: 0x×F)

b7	REQOP2	オペレーション・モード設定要求	000= ノーマル・モード
b6	REQOP1		001= スリープ・モード
b5	REQOP0		010= ループアップ 011= リスン・オンリ 100= コンフィグ・モード
b4	ABAT	全送信中断	1= すべて送信を中断 0=送信中断要求を終了
b3	OSM	ワンショット・モード	1= ワンショット・モード 0= 非ワンショット・モード
b2	CLKEN	CLKOUT ビン許可	1= CLKOUT ビン使用する 0=使用しない(HI-Z)
b1	CLKPRE1	CLKOUT ビンプリスケアラ	クロックの分周比を設定 00=Fosc/1, 01=Fosc/2 10=Fosc/4, 11=Fosc/8
b0	CLKPRE0		

表4.6 TXBnCTRL レジスタ (アドレス: 0x30, 0x40, 0x50)

b7	-	未実装	
b6	ABTF	メッセージ・アポート	1= メッセージ送信は中断 0= メッセージ送信成功
b5	MLOA	メッセージ喪失	1= 調停負け, メッセージ喪失 0= 正常に送信
b4	TXERR	転送エラー検出	1= 転送エラー発生, メッセージ保留 0= 保留中の送信なし
b3	TXREQ	メッセージ送信要求	1= メッセージ送信要求 0= 保留中の送信要求なし
b2	-	未実装	
b1	TXP1	転送バッファ優先順位	11= 優先度 (最高)~ 00= 優先度 (最低)
b0	TXP0		

表4.7 TXBnSIDH レジスタ(n=0,1,2)(アドレス: 0x31,0x41,0x51)

b7	SID10	標準 ID ビット 10
b6	SID9	標準 ID ビット 9
b5	SID8	標準 ID ビット 8
b4	SID7	標準 ID ビット 7
b3	SID6	標準 ID ビット 6
b2	SID5	標準 ID ビット 5
b1	SID4	標準 ID ビット 4
b0	SID3	標準 ID ビット 3

表4.8 TXBnSIDL レジスタ(n=0,1,2)(アドレス: 0x32,0x42,0x52)

b7	SID2	標準 ID ビット 2	
b6	SID1	標準 ID ビット 1	
b5	SID0	標準 ID ビット 0	
b4			
b3	EXIDE	拡張 ID 許可ビット	1=拡張 ID (29 ビット) 0=標準 ID (11 ビット)
b2			
b1	EID4	拡張 ID ビット 17	
b0	EID16	拡張 ID ビット 16	



表 4.9 TXBnDLC レジスタ (アドレス : n=0x35, 0x45, 0x55)

b7	-	未使用	
b6	RTR	リモート送信要求	1= リモート・フレーム 0= データ・フレーム
b5	-	未実装	
b4	-	未実装	
b3	DLC3	データ長コード(DLC)	データ・フィールドのデータ長(0-8)
b2	DLC2		
b1	DLC1		
b0	DLC0		

表 4.10 RXB0CTRL レジスタ (アドレス : 0x60)

b7	-	未実装	
b6	RXM1	オペレーション・モード	11= マスク, フィルタ未使用 10= 拡張ID, マスク, フィルタを適用 01= 標準ID, マスク, フィルタを適用 00=マスク, フィルタを適用
b5	RXM0		
b4	-	未実装	
b3	RXRTR	リモート送信要求	1=送信要求を受けた 0=送信要求は受けていない
b2	BUKT	ロールオーバー・オプション	1= ロール・オーバーを許可 0= ロール・オーバー許可せず
b1	BUKT1	リード・オンリ・コピー	MCP2515 が内部で使用するフラグ
b0	FILHIT0	フィルタ・ヒット	1= フィルタ1(RXF1)にヒット 0= フィルタ0(RXF0)にヒット

表 4.11 RXB1CTRL レジスタ (アドレス : 0x70)

b7	-	未実装	
b6	RXM1	オペレーション・モード	11= マスク, フィルタ未使用 10= 拡張ID, マスク, フィルタを適用 01= 標準ID, マスク, フィルタを適用 00=マスク, フィルタを適用
b5	RXM0		
b4	-	未実装	
b3	RXRTR	フィルタ・ヒット	101= フィルタ5にヒット
b2	FILHIT2		100= フィルタ4)にヒット
b1	FILHIT1		011= フィルタ3にヒット
b0	FILHIT0		010= フィルタ2にヒット
			001= フィルタ1にヒット
		000= フィルタ0にヒット	

表 4.12 RXBnDLC レジスタ (アドレス : n=0...0x65)

b7	-	未実装	
b6	RTR	リモート送信要求	1=リモート・フレーム 0=データ・フレーム
b5	RB1	リザーブ1	
b4	RB0	リザーブ2	
b3	DLC3	データ長コード(DLC)	データ・フィールドのデータ長(0-8)
b2	DLC2		
b1	DLC1		
b0	DLC0		

表 4.13 ステータス・リード・コマンドにおけるビット定義

bit	要因	意味
b7	TXB0CNTRL. TXREQ	送信バッファ0 送信要求
b6	TXB1CNTRL. TXREQ	送信バッファ1 送信要求
b5	TXB2CNTRL. TXREQ	送信バッファ2 送信要求
b4	CANINTF. TX2IF	送信バッファ2 「空」
b3	CANINTF. TX1IF	送信バッファ1 「空」
b2	CANINTF. TX0IF	送信バッファ0 「空」
b1	CANINTF. RX1IF	受信バッファ1 「フル」
b0	CANINTF. RX0IF	受信バッファ0 「フル」

表4.14 受信ステータス・リード・コマンド(RX STATUS)

bit	要因	意味
b7	受信メッセージ	00= 受信なし
		01= RXB0 にマッチ
b6		10= RXB1 にマッチ 11= 両バッファに受信あり
b5	未実装	未実装
b4	メッセージ・タイプ	00= スタンダード・データ・フレーム
b3		01= スタンダード・リモート・フレーム 10= 拡張データ・フレーム 11= 拡張リモート・フレーム
b2	フィルタ・マッチ	000= RXF0 にマッチ
		001= RXF1 にマッチ
		010= RXF2 にマッチ
		011= RXF3 にマッチ
		100= RXF4 にマッチ
		101= RXF5 にマッチ
b1		110= RXF0 にマッチ(RXB1 ヘロール・オーバー)
b0	111= RXF1 にマッチ(RXB1 ヘロール・オーバー)	

表4.15 TXRTSCTRL:TXnRTSピン制御レジスタ (アドレス 0x0D)

b7		なし
b6		なし
b5	B2RTS	*TX2RTS ピンステータス 0 ポート端子=0 1 ポート端子=1
b4	B1RTS	*TX1RTS ピンステータス 0 ポート端子=0 1 ポート端子=1
b3	B0RTS	*TX0RTS ピンステータス 0 ポート端子=0 1 ポート端子=1
b2	B2RTSM	*TX2RTS ピンモード指定 0 デジタル入力ポート 1 TXB2 送信スタート
b1	B1RTSM	*TX1RTS ピンモード指定 0 デジタル入力ポート 1 TXB1 送信スタート
b0	B0RTSM	*TX0RTS ピンモード指定 0 デジタル入力ポート 1 TXB0 送信スタート

表4.16 BFPCTRL:RXnBFピン制御レジスタ (アドレス:0x0C)

b7		なし
b6		なし
b5	B1BFS	RX1BF ピンステータス ポート端子=0 ポート端子=1
b4	B0BFS	RX0BF ピンステータス ポート端子=0 ポート端子=1
b3	B1BFE	RX1BF ファンクション デジタル出力ポート 1 有効
b2	B0BFE	RX0BF ファンクション デジタル出力ポート 1 有効
b1	B1BFM	RX1BF ピンモード指定 デジタル出力ポート RXB1 メッセージのロード
b0	B0BFM	RX0BF ピンモード指定 デジタル出力ポート RXB0 メッセージのロード

表 4.17 受信バッファのフィルタ・レジスタ

(a) RXFnSIDH フィルタ n 標準 ID 上位(n=0,1,2,3,4,5)  
(アドレス:0x00,0x04,0x08,0x10,0x14,0x18)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
SID10	SID9	SID8	SID7	SID6	SID5	SID4	SID3

SID10~SID3…標準 ID ビット 10~3

(b) RXFnSIDL フィルタ n 標準 ID 下位(n=0,1,2,3,4,5)  
(アドレス:0x01,0x05,0x09,0x11,0x15,0x19)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
SID2	SID1	SID0	-	EXIDE	-	EID17	EID16

SID2~SID0…標準 ID ビット 2~0  
EXIDE…拡張 ID 許可ビット

'1'=拡張 ID(29 ビット)のみに適用

'0'=拡張 ID(11 ビット)のみに適用

EID17,EID16…拡張 ID ビット 17,16

表 4.18 受信バッファのマスク・レジスタ

(a) RXMnSIDH マスク n 標準 ID 上位(n=0,1)  
(アドレス:0x20,0x24)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
SID10	SID9	SID8	SID7	SID6	SID5	SID4	SID3

SID10~SID3…標準 ID ビット 10~3

(b) RXMnSIDL マスク n 標準 ID 下位(n=0,1)  
(アドレス:0x21,0x25)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
SID2	SID1	SID0	-	-	-	EID17	EID16

SID2~SID0…標準 ID ビット 2~0  
EID17,EID16…拡張 ID ビット 17,16

表 4.19 エラーフラグ (アドレス:0x2D)

b7	MERRF	メッセージ・エラー 割り込み	1= 割り込み発生中* 0= 割り込み未発生
b6	WAKIF	ウェイクアップ 割り込み	1= 割り込み発生中* 0= 割り込み未発生
b5	ERRIF	エラー 割り込み	1= 割り込み発生中* 0= 割り込み未発生
b4	TX2IF	送信バッファ 2 空割り込み	1= 割り込み発生中* 0= 割り込み未発生
b3	TX1IF	送信バッファ 1 空割り込み	1= 割り込み発生中* 0= 割り込み未発生
b2	TX0IF	送信バッファ 0 空割り込み	1= 割り込み発生中* 0= 割り込み未発生
b1	RX1IF	受信バッファ 1 フル割り込み	1= 割り込み発生中* 0= 割り込み未発生
b0	RX0IF	受信バッファ 0 フル割り込み	1= 割り込み発生中 0= 割り込み未発生

\*:ソフトウェアでクリア必要)

# セニアカー駆動用簡易型パワーコントローラ

## 新カリ「創造・発見」対応教材の開発

Power controller for the senior car drive system

Development of a teaching material for “Exercises for Creation and Invention”

恩田 一\* 土肥 稔\*

Hajime ONDA Minoru DOHI

**Abstract:** A new type of electric power controller is applied, modified and tested for newly starting curriculum “Exercises for Creation and Invention”. The power controller is a reasonable model kit and modified to increase output power. This paper describes the features of the controller and the way of modifying it. In order to increase output, powerMOSFET is used in parallel and surge killer circuit is added for the security against switching noises. **Key word;** power controller , power MOSFET, duty factor control , DC motor

### 1. はじめに

2012年度から新カリキュラムの「創造・発見」が始まるが、これに対応した教材としてセニアカー駆動用パワーコントローラを試作・実験し、教材として利用できることを確認したので、記録として残しておくことにする。

筆者は、これまでも2, 3年生を対象とした旧カリキュラム「創造・発見」でセニアカー駆動用パワーコントローラを自作し、本体に実装して自走する授業を行ってきた<sup>1)</sup>。この授業では、駆動回路は回路パターンが無いユニバーサル基板上に自由に部品配置し、半田付けする方法をとってきた。この方法は製作の自由度はあるが、半田付けの初心者には難しすぎるくらいがあった。2012年度からの新カリキュラムでは1年生対象であるので、この従来方法は適用困難と考え、より簡易的な方法を検討した。

### 2. 対象パワーコントローラの選定

制御対象のセニアカーは直流モータ駆動である。従ってパワーコントローラもこれに対応するものであり、通称PWM方式（正式にはパルスデューティファクタ制御）と呼ばれる降圧チョップ式パワーコントローラが必要である。新方式採用の基本的な考え方として下記を重視した。

- ①市販品の回路パターン化された安価なキットを利用
- ②最適なものが無ければ良さそうなものを改造する。
- ③対象物は基本動作原理が判り易く、改造が易しく、その理由も明確であること。
- ④電力用素子からの発熱があるので、冷却し易い構造であること

以上の観点からいくつかのサンプルを検討し、結果として下記を選定した。

メーカー；マイコンキットドットコム

型式；MK507

仕様；入力電圧 DC12~48V

出力電流 DC 7.5 Amax

制御方式 パルスデューティ比制御（通称PWM）

価格；キット本体@2,110

選定したキットの外観写真を図1に、基板のパターン図（裏面）とシルク図（表面）を図2に示す。



図1 選定市販キット（MK507）完成品

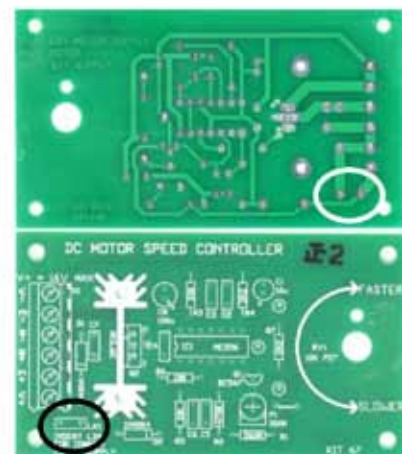


図2 基板表裏面写真

2012年3月2日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

3. パワーコントローラの構成と動作

市販キット MK507 の回路図を図 3 に示す。回路は以下の 4 部分から成り立っている。

①キャリアパルス発生部

デューティ制御用キャリアパルスの発生回路。デュアルタイマ IC 556 (図 1 中央, IC ソケット付) を利用している。

②電圧指令部

出力電圧の大きさを可変抵抗器 RV1 で設定する回路。RV 1 は図 1 の右側に配置されている。

③デューティ制御部

②からの設定電圧により出力パルス幅を生成する回路。デュアル型タイマ IC556 の半分を利用。

④電力制御部

デューティ制御されたパルスパワーMOSFET (IRF530N; メーカー IR, 図 1 左側の放熱フィンに取り付け) で電力増幅する降圧チョップ回路である。スイッチングに伴う無効電力吸収のためフライホイールダイオード D1 を必要とし、これはパワーMOSFET と同等の能力が必要。

なお、本回路を動作させるに必要な電源は制御用 (5~15V) とパワー用 (Max. 48V) を外部から供給する。両方も 12V 程度の電圧で共用する場合は“LK1”のジャンパー線を短絡して使用する。出力増大のために高電圧を利用する場合は“LK1”を開放して、信号用とパワー用の 2 つの電源を供給する。

4. 改造の必要性

本パワーコントローラを取り付けるセニアカーのモータの定格仕様は下記である。

- 電圧 24V
- 出力 360W
- 電流 15A

これから、まず電流量が不足する。そのため、下記改造が必要となる。

①パワーMOSFET 並列使用

より大容量のパワーMOSFET を使用方法もあるが、放熱器をそのまま利用するために、同一部品を 2 個、同じ放熱器に背中合わせで取り付ける方法を選択。放熱器はその表面積からみて不十分と思われるが、必要であれば、その上に同型を追加するか空冷用ファンを追加する等の対策をする。

②フライホイールダイオード D1 の強化

現行品は電流量 1 A 品であるので、高容量化した型式 P600B (100V, 6 A) に変更する。平均電流量は 6 A であるが、フライホイールダイオードとしてはその倍程度の電流量はカバー可能と判断した。これも発熱を伴うので、放熱のためにリード線を長くして基板に取り付け、放熱器として利用する。

③サージキラー (スナバー) Ds, Cs, Rs 追加

スイッチングに伴うサージ電圧を吸収するために、パワーMOSFET の両端にコンデンサ Cs と抵抗 Rs 及びダイオード Ds からなるサージキラーを追加する必要がある。これが無いと、スイッチング時にパワーMOSFET のドレイン電圧が耐圧を越して破壊される可能性がある。Cs は無極性、Ds は元々キットについていた D1 を流用。Rs は発熱するので 3 W 程度のものが必須である。

④回路パターン強化

市販品の電流量はプリント回路の配線パターンからも制約されているので、これを太い電線で強化する必要がある。強化が必要な箇所はパワー部で、図 2 上部のパターン図で右側の太いパターンが対象である。

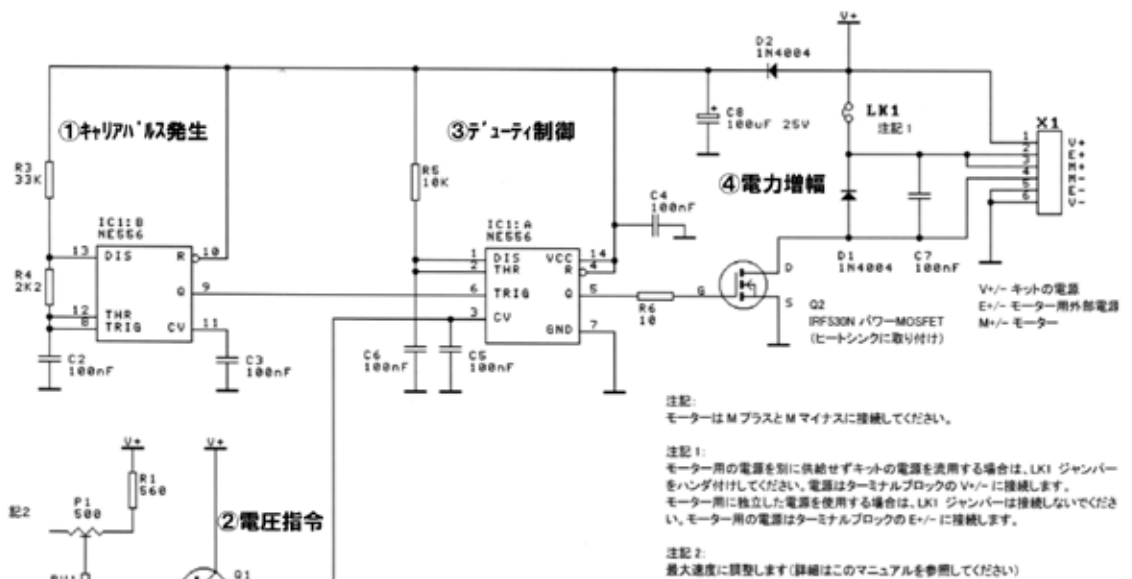


図 3 MK507 回路図

以上の改造を行った回路図を末尾の付録に、改造後のパワーコントローラ基板の表面、裏面の写真を図4に示す。

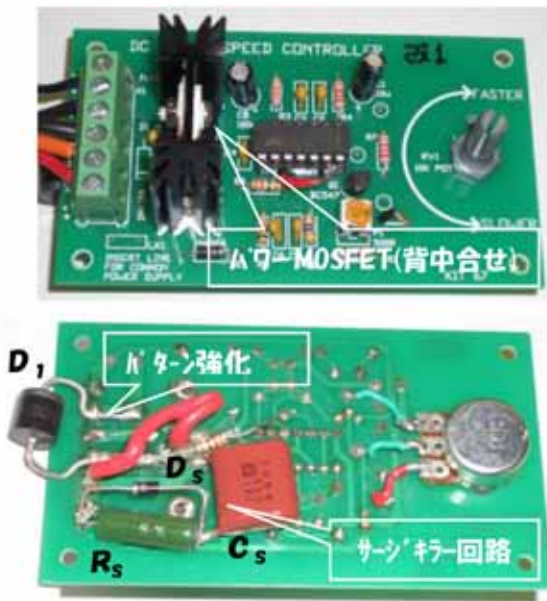


図4 改造後基板写真

図4上の写真で、パワーMOSFETは同一放熱器に背中合わせで取り付けられている。この時、3つある端子の両側（ゲート、ソース）が逆になるので注意が必要である。基板上に追加穴開けして真中の端子はそのままパターンに半田付けし、両側の端子は逆側のパターンに半田付けする。なお、両パワーMOSFETのゲートドライブは完全並列ではなく、前段のIC556から抵抗20Ωを介して別々に駆動する方式とした（付録回路図参照）。

フライホイールダイオードD1は、そのリード線をパターンの強化と放熱機能両方を兼ねて写真のように利用した。サージキラー用ダイオードDsは、元々のキットの部品D1を流用している。サージキラーは形状が大きくなるので、基板上に形よく配置する必要がある。

### 5. 制御用12V電源の供給

パワー用電源を24Vとした時、別途制御用に12V電源が必要になる。モジュール式のDC/DCコンバータをパワーコントローラの外に準備するのが標準的な方法で、旧カリキュラム創造発見では、この方法を採用していた。今回は出来るだけ簡単（安価）にすることを念頭に、3端子レギュレータICを利用する方法を採用した。

パワー電源電圧は24Vで12Vの信号用電源に降圧するために、IC2412を利用する。その使用方法と端子機能を図5に示す。端子1に24V電圧を入力し、端子3から12V電圧が出力される。基板上への取り付けは、図3の回路図で右上のV+とE+をリンクさせるLK1のジャンパー接続パターンを利用する。このパターンは図2の基板写真上の楕円で囲った部分で、この2つのホールにE+側を24V入力端子1を、V+側に12V出力端子3を半田付けする。

GND端子2はリード線を半田付けして直接V-端子に接続する。

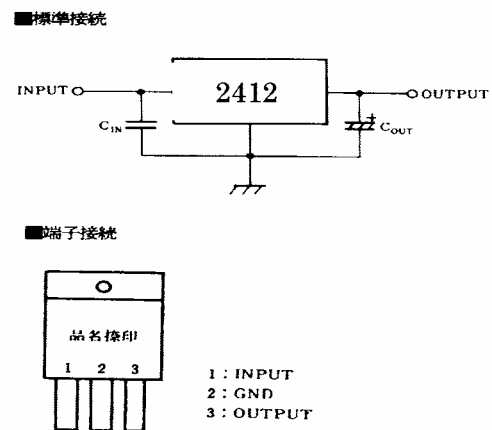


図5 3端子レギュレータ

3端子レギュレータを基板に取り付けた様子を図6に示す。これにより、24V電源のみでパワーコントローラを使用することができる。

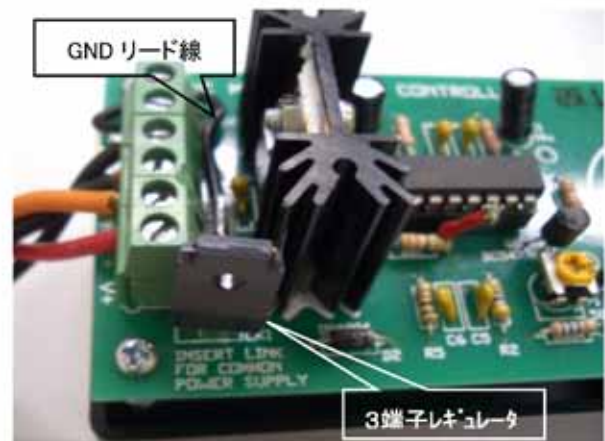


図6 3端子レギュレータの取り付け

### 6. 動作実験と各部動作波形

改造したパワーコントローラでセニアカーを動作させ、各部動作波形を確認した。波形計測のため、自走ではなく車輪を上げてカラ回転させた状態で計測した。

図7に各部動作波形のオシログラムを示す。上段の波形はパワーMOSFETのゲート電圧で、デューティ信号を示す。中段の波形は片方（付録図中のQ3）のパワーMOSFETに流れる電流波形、下段はパワーMOSFETのドレイン・ソース端子間電圧である。ほぼ理論通りの波形を示している。電流のピーク値は8Aであり、この時の直流電源からの電流平均値は2Aであった。スイッチングに伴うドレイン電圧のピーク値は45V程度で、パワーMOSFET IRF530Nの最大定格100V以下であり、フライホイールダイオードとサージキラーの効果が発揮されている事が判る。

動作中のパワーMOSFETの温度は36℃、放熱器は33℃で、車輪を上げた状態では全く問題なしであった。

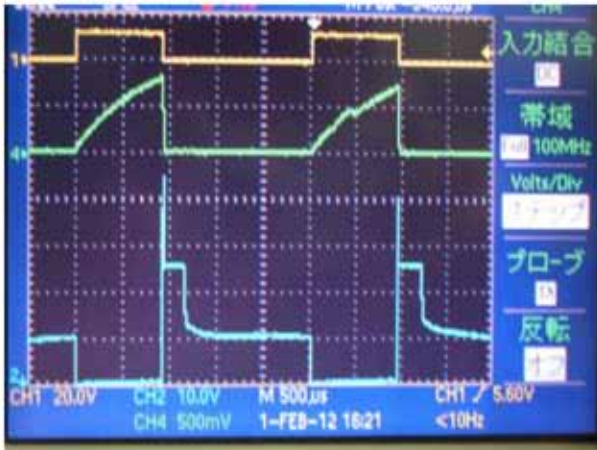


図7 各部動作波形

### 7. プリント基板のケースへの取り付け

図1に示すように、プリント基板はプラスチックケースに取り付けるようになっている。改造後のプリント基板はフライホイールダイオードが基板裏に取り付けられている。フライホイールダイオードは冷却が必要なため、ケースに直接取り付けると密閉状態になり、冷却が悪化する。対策として、プリント基板をスペーサで持ち上げて空気の出入り可能な隙間をつくることにした。完成したパワーコントローラの写真を図8に示す。



図8 ケースに取り付けたプリント基板

取付方法はケース側のビス穴をφ2.5に拡大し、M3のボルト・ナットで図8の様に固定する。基板とケースの隙間は5~10mm程度が良い。

### 8. 自走実験

完成したパワーコントローラをセニアカーに設置して自走実験を行った。D駐車場からクラブハウス横の坂道をテニスコートに向かって登坂した。走行動作は全く問題なく走行できた。平地走行ではバッテリー電流は3~4A、登坂では8A程度であった。また、縁石に乗り上げて車輪ロック状態ではバッテリー電流が20Aになったが、制御動作に異常は無かった。

パワーMOSFETの素子温度は平地走行時は15℃程度だっ

たが、テニスコートへの坂道登坂後は40℃であった。この時、外気温は3℃程度だったので、温度上昇として37度程度になる。この時は外気の風速も強く、冷却に好条件であったが、夏のように外気温の高い場合には素子温度の限度を越す可能性がある。例えば外気温30℃の場合は、素子温度が67℃程度になり、パワーMOSFETとしては限界となる。この場合は放熱器の強化や外部ファンによる空冷等を考慮する必要がある。

### 9. 冷却の検討

自走実験結果から、電氣的性能は全く問題ないがパワーMOSFETの冷却が十分でないことが判明した。そこで現状放熱器での動作性能限界と冷却の改善方法について検討する。

熱源  $P$  (W) を熱抵抗  $R_{th}$  (°C/W) の放熱器で冷却した場合の温度上昇  $\Delta T$  は(1)式で表される。

$$\Delta T = P \cdot R_{th} \text{ (°C)} \quad (1)$$

ここで、 $P$  はパワーMOSFETの損失でほとんどがオン損失と考えられ、パワーMOSFETを流れる平均電流を  $I_{DC}$  とすると(2)式で示される。

$$P = I_{DC}^2 \times R_{DS(on)} \quad (2)$$

ここで、 $R_{DS(on)}$  はパワーMOSFETのオン抵抗(ドレイン・ソース間)で、カタログ値は0.1(Ω)であるが、ここでは並列駆動のため、合成抵抗値はその1/2になる。

平均電流を10(A)とすると温度上昇は(3)式になる。

$$P = 10^2 \times 0.1 / 2 = 5.0 \text{ (W)} \\ \Delta T = P \times R_{th} = 5.0 \times 10 = 50 \text{ (°C)} \quad (3)$$

ここで、熱抵抗  $R_{th}$  の値は現在使用されている放熱器のカタログ値(10 °C/W)である。

以上の結果、パワーMOSFETに平均10Aの電流を流すと、現状の放熱器では50℃の温度上昇になる。実際の素子温度はこれに周囲温度を加算したものであり、夏の周囲温度30℃の場合は80℃に達することになる。

半導体素子の上限温度は60℃程度で、現状の回路でこの範囲に治めようとする流しうる直流電流はどの程度になるか検討する。周囲温度を30℃とすると温度上昇分は最大30度となり、(3)式より許容損失は3(W)となる。従って、

$$I_{DC}^2 < 3.0 / R_{DS(on)} = 3.0 / (0.1 / 2) = 60 \quad (4)$$

これより、許容電流  $I_{DC}$  は7.7Aとなる。

自走実験でテニスコートへの坂道登坂では8A程度の電流であったので、それが上記上限より少し上程度だったと思われる。

なお、ここではパワーMOSFETには連続して平均電流が流れるものと仮定して検討しているが、実際は図7に示すように、パワーMOSFETに流れる電流波形はデューティ制御されていて、連続流ではないことを注記しておく。平均電流10(A)とはモータに定格電流15(A)を流している時にパワーMOSFETに流れる電流の大きさを想定している。

次に、平均電流10(A)を流すために必要な放熱器について検討する。(2)式より、平均電流10(A)の時のパワーMOSFETの損失は5(W)であるので、必要な熱抵抗の大きさは下記である。

$$R_{th} < \Delta T/P = 30/5.0 = 6.0 \quad (5)$$

即ち、熱抵抗が6.0(°C/W)以下の放熱器を使用する必要がある。現状の放熱器は熱抵抗が10(°C/W)であり、これを2段重ねにすれば、熱抵抗は半分にはならないが、3割減程度は期待できるので何とか使えると思われる。さらには、外部に冷却用ファンを設けると熱抵抗は半分程度に低下するので、これも一つの方法である。

他の方法として、パワーMOSFETをよりオン抵抗の低いものに変更する方法がある。現行のIRF530Nも0.1(Ω)と低い方であるが、例えば2SK2512は $R_{DS(on)}$ が0.02(Ω)である。このパワーMOSFETはもともとスズキ製セニアカーのドライバーに使用されていたもの(基板はASTI製)で、低電圧(60V)、大電流(45A)用である。これを2個並列で使用すれば、(3)式より $P=1(W)$ 、 $\Delta T=10^{\circ}C$ となり、温度上昇を10°C程度に抑制でき、真夏での素子温度を50°C以下には出来る可能性がある。ただし、2SK2512は絶対最大電圧( $V_{DS}$ )が60(V)のため、図7に示すスイッチング時のドレイン電圧上昇が限界に近い値になる。このため、サージキラーを完璧にしておく必要がある。また、スイッチング速度がIRF530Nより1桁遅い(数百ns)ため、スイッチング損失を考慮する必要がある。概算ではスイッチング損失は0.5(W)程度になる。

## 10. まとめ

新カリキュラムの「創造・発見」授業用に市販品の安価なキットを改造し、自走可能なセニアカー駆動用パワーコントローラを試作した。プリントパターン化された回路で製作が比較的簡単であり改造も容易であるので、1年生の授業用としても適していると思われる。

また、本パワーコントローラは大学祭の電気自動車コンテストにおけるモータ駆動用にも応用が可能である。昨年には一組の学生がMK507をそのまま使用して登坂中に燃えたことがあった。これは上記の放熱が不十分だったことが原因で、上記対策をすれば利用が可能と思われる。出来るだけ沢山の場面で多数の学生に利用して頂きたい。

必要な費用は概略下記である。

(ただし、1個での購入不可のものあり)

MK507キット; @2,110

追加部品

①ダイオードP600B; @30

②パワーMOSFET IRF530N; @100

③サージキラー用コンデンサCs; @110

④サージキラー用抵抗Rs; @20

⑤3端子レギュレータIC; @100

合計; ¥2,470

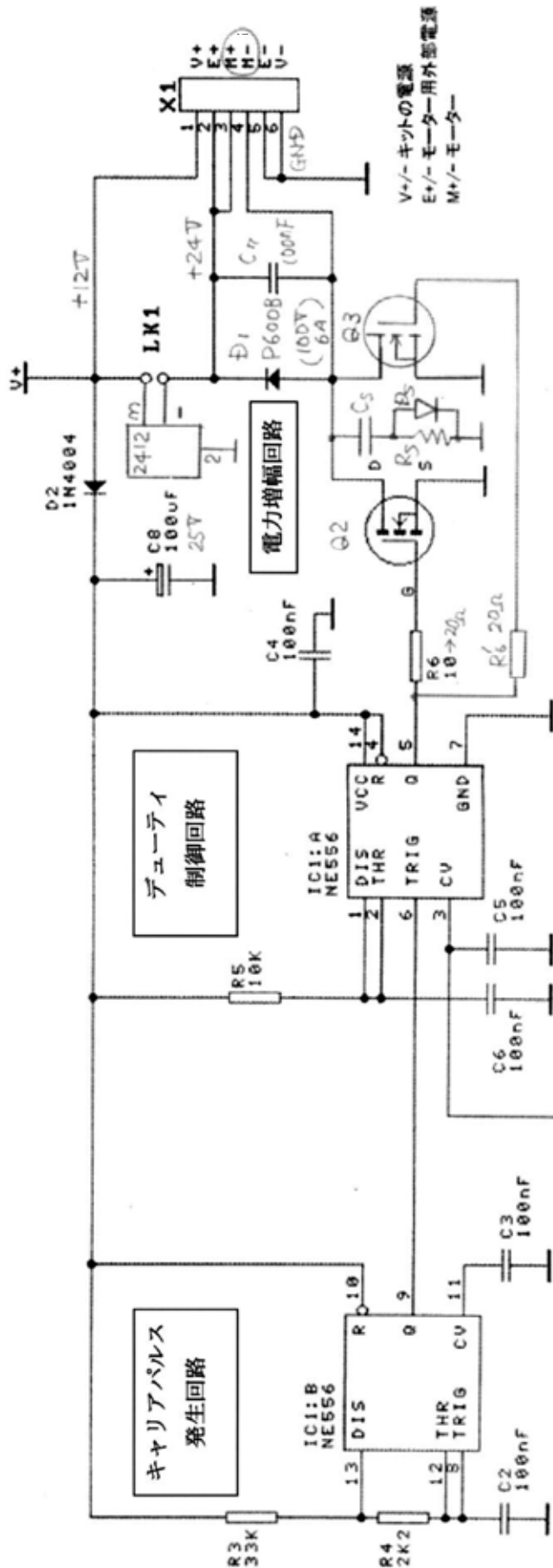
「ものづくり」教育では「うごくもの」を作ることは学生にとっても大変興味深いことであり、さらに、そのうごくものに自分が乗って運転出来ることは興味が倍増する内容であると思われる。また、マニュアル通りに製作して簡単にうごいてしまうことより、どこかで失敗して原因を探り、改良して完成させるような指導が出来ること、教育的価値はさらに上昇するものと思われる。本コントローラを利用して授業内容の向上を目指したいと思う。

## 参考文献

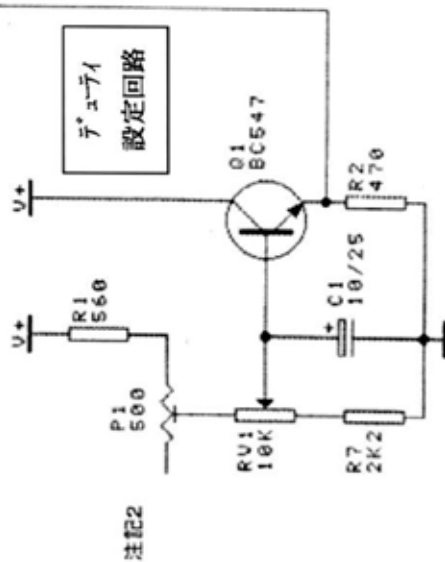
- 1) 恩田 一; “「創造・発見 ものづくりと創作活動」における電動カー駆動部の製作”, 静岡理科大学紀要第18巻, P141 (2010).
- 2) マイコンキットドットコム社; MK507組立マニュアル
- 3) IR社; IRF530N データシート
- 4) Vishay General Semiconductor 社; P600A データシート
- 5) NEC 2SK2512 データシート

付録 改良後のパワーコントローラ回路図

MK507 改1 (PWM 型大容量 DC モーターコンローラ) 回路図



信号回路電源電圧は 5 ~ 1.6 (V), 電力回路電源電圧は 4.8 Vmax)  
 電流 I<sub>dcmax</sub> = 7.5 (A) (回路ハターン強度), 1.5 (A) (回路ハターン強化後)  
 改造箇所  
 1. パワー-MOSFET 追加 (並列接続, 放熱器共用, 背中合わせ取付)  
 ゲートドライブは NE556 の 5 ピンより R6' (20Ω) を介して駆動. R6 も 20Ω に変更.  
 2. 7 脚タイラック体 D1 強化 (1N4004 → P600B). 基板裏面取付け. 放熱注意 (1 脚線長)  
 3. サージキラー回路 (Ds, Cs = 1 μF, Rs = 10 ~ 20Ω 1 ~ 2 w) 追加.  
 Ds は元 7 脚タイラック体 D1 を流用. 基板裏面取付け.  
 4. 制御用 12V 電源用 3 端子レギュレータ (IC2412) 追加. リンク用 LK ハターン利用.





## 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

Researches on Lithium ion battery for the use in photo-voltaic electric power generation system

恩田 一\*  
Hajime ONDA

**Abstract:** Lithium ion battery which is used in the SIST PV-EV charging system is researched and the results are reported. The four important subjects are reported that are ①Application for electric power storage, ②Capability of reuse, ③Safety use(Battery management) and ④Lithium ion capacitor. Lithium ion battery is becoming more and more powerful and safe by new improvement, the careful usage is necessary in every stage.

**Key word;** Lithium ion battery, reuse, recycle, battery management, cell balance, Lithium ion capacitor

### 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 に示すような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) 充電システムを構築中である。本システムは 2012 年 3 月までに構築を完了し、その後本格的な運転と関連する研究開発作業が開始される予定である。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、システム全体に関しては別途報告する予定であるが、本報ではシステムの中心的な蓄電池のうち、特性的に不明部分の多いリチウムイオン蓄電池について事前に調査・検討した結果を報告する。

### 2. 本システムの概要

図 1 に示す本システムの概略構成・構想を説明する。本システムは「クリーンな自動車である電気自動車をクリーンなエネルギーである太陽光発電で充電する」を目的とし、夜間でも充電が可能な様に蓄電装置を設け、さらに、近年のスマートグリッドやスマートハウスを志向した構成を目指している。太陽電池で発電された電気を DC/AC コンバータで交流化して電気自動車 (EV) またはプラグインハイブリッド自動車を交流充電する。余った電気は蓄電装置に蓄える。将来的には中容量の直流充電も予定している。

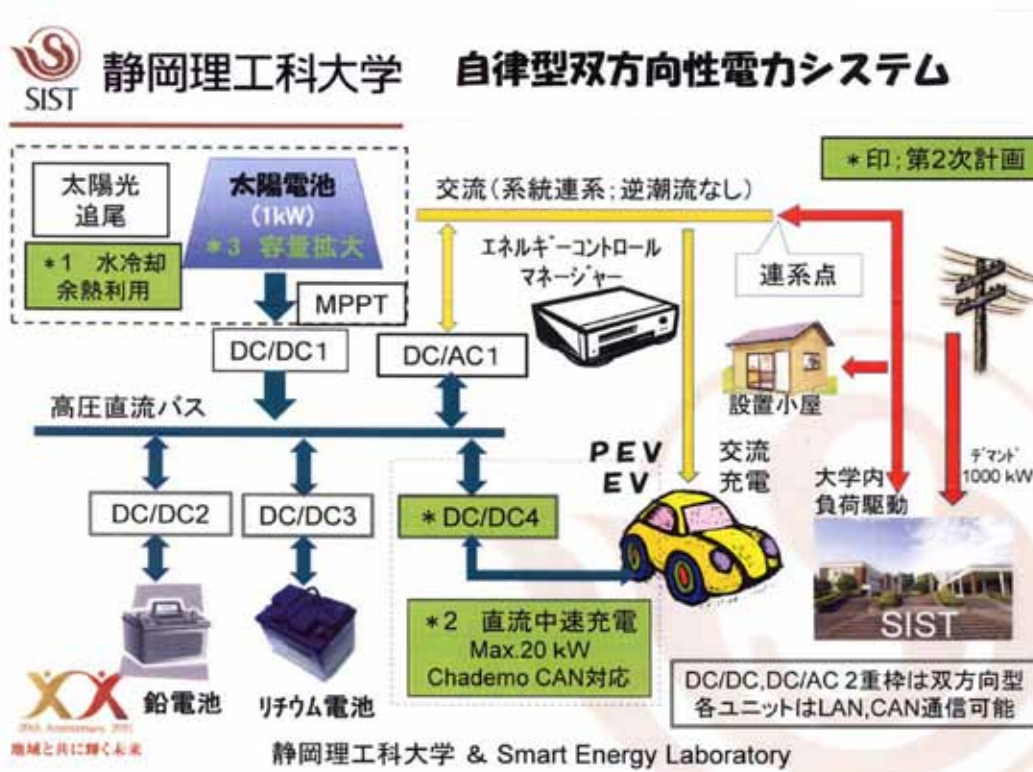


図 1 SIST 蓄電型 PV/EV 充電システム

2012年 3月 2日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

### 3. 本システムにおけるリチウムイオン電池の位置づけ

蓄電装置としては従来からの鉛蓄電池がある。鉛蓄電池は十分な実績、安全性により有効な蓄電装置であるが、エネルギー密度 (W/kg) が低いため大容量にするには広い設置場所が必要である。スマートグリッドではEVに使用されているリチウムイオン電池（以後リチウム電池と記述）を主たる装置と位置付けている。本システムでもメインの蓄電装置をリチウム電池と考え、鉛蓄電池と共存させて、その特性上の差を検討することを考慮している。また、本システムでは前述の目的と共に、EV用リチウム電池の再利用も目的の一つとしており、自動車用としては性能不足になった中古品のリチウム電池を再利用することも考慮している。

リチウム電池は一部の純電気自動車に使用されてきているが、まだ開発段階にあり、種々の技術開発中で、電池メーカーが極秘の内に開発を進めている状態である。そのため、関連する技術情報も少なく、現物の入手性も良くない。ここで使用するリチウム電池は憚スズキより借用と言う形で使用することになっている。

本報告では、リチウム電池を使用する立場から知っておくべき事項を整理する目的で、種々の情報を集め、主として次の4点について調査した。

- ①電力の蓄電用としての用途
- ②再利用の可能性
- ③安全性確保（バッテリーマネジメント）
- ④リチウムイオンキャパシタ

以下、これらについて詳述する。

### 4. 電力用蓄電装置としての用途

東日本大震災後、日本は電力不足国に陥った。計画停電や不測の停電・省エネ対策として蓄電型の機器が増えてきた。例えば、家電品として蓄電型の扇風機が発売され、電力使用の少ない時間帯の夜間電力で蓄電し、昼間の電力使用の多い時間帯に、蓄電した電力で扇風機として動作するものである。また、従来のエンジン発電機に代わって、夜間電力で充電する大型の移動式電源なども市販されてきている。

さらに、より大がかりな方法として、電気自動車に積載された大容量電池を家庭の電源として利用するシステムが提案されている。図2は昨年の東京モータショーで日産が展示した電気自動車リーフで家庭用電気を賄う、いわゆるピークル・ツー・ホーム (V2H) システムである。日産はこれを「LEAF to Home」と呼んでいた。EVからは急速充電用直流コネクタを介して車載バッテリーから直流を介して外付けのインバータ (パワーコントロールシステム; PCS) で交流化して家庭の配電盤に供給電する。リーフの電池容量は24kWhで、通常の家計では2日分使えると言っていた。日産では2階方式のモデルハウスを含むシステム全体体の販売も意図しており、モデルハウスはタイヤ

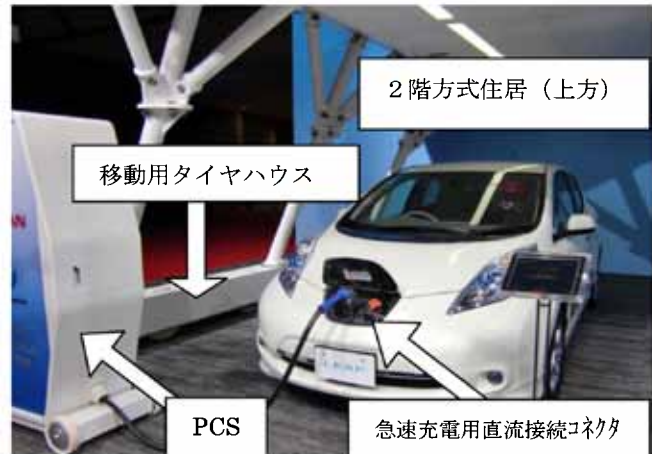


図2 日産リーフのV2H 展示

付で移動可能になっている。

また、同様に三菱自動車ブースではワゴンタイプ商用EV車から、同様に直流コネクタを介してCafé用電気機器を動作させる方式を展示していた。1500Wの電力供給が可能の由、外付けのインバータは大型スーツケース程度で20万円で販売予定との説明であった。

このように、電気を蓄えて非常時等に備えることや深夜の安い電力を有効活用する等、電力用蓄電装置としての需要は今後益々増えていくものと思われる。その中で、エネルギー密度の高いリチウム電池は、その中心を担ってゆくものと思われる。

### 5. 再利用の可能性

EV用リチウムイオン電池は車載仕様として厳しい性能を満足する必要がある。この高性能で高価なEV用リチウム電池を性能低下後に、車以外に再利用する考えがある。その筆頭は前記スマートハウスにおける蓄電設備で、電力網全体からみてもスマートグリッドの中心的な存在に位置付けられている。しかし、リチウムイオン電池は特性的に非常に使い難く、「性能低下した中古品の電池は残存寿命の推定が不可で、商品価値が見積もれない」ということが電池メーカーから言われてきている。また、「自動車用としての寿命10年後には、電池価格は現在の1/10程度になっているはずだから、現行品を再利用するより、新品を購入した方が安くて高性能」との話もある。

このような状況下で各社はどのような考えか探ってみた。三菱自動車は先のモータショーで図3のように再利用を全面に出して宣伝していた。説明員に上記内容の質問をしたところ、自動車メーカーとしては「現時点では再利用可能の視点で進めている」との回答であった。他の自動車メーカーのブースでも概ね同様の意見で、蓄電池ユーザとしての自動車メーカーとしては、現時点ではまだ、再利用可能の立場にいるようである。



図3 EV用バッテリーの再利用（三菱自動車）

6. 安全性確保

リチウム電池は電極に金属リチウムを有し、発熱により発火する可能性がある。このため、発火し難い電極材料の開発がおこなわれているが、電池性能とのトレードオフの関係があつて、現在も開発途上である。安全性に関して特段の注意が必要なのは単位セル当たりの電圧が規定値を越さないように注意することである。また、高電圧を得るために多数のリチウム電池セルを直列または並列に使用する場合、セル間に電圧のばらつきがあると、特定のセルに電力負担が掛かって発熱・発火する恐れがある。このため、多数セルを有するバッテリーシステムではセル間の電圧アンバランスを検出して、これが規定値以上になった場合は充電や放電を中止するとか、特定のセルを外部放電させてセル電圧をバランスさせる等のバッテリーマネジメント制御をしている。

バッテリーマネジメントの概要を図4に示す。各セルの電圧を検出し、全セル間のばらつきを測定する。その中で、特にセル電圧が高いセルはセル両端に抵抗を介して接続されているトランジスタで短絡して放電させ、セル電圧を下げる。このような動作を行うLSIもICメーカー数社か

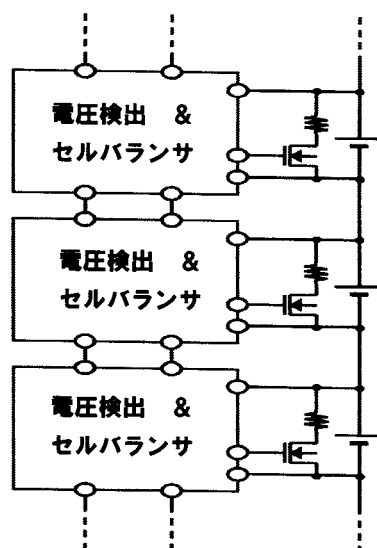


図4 バッテリーマネジメントの仕組み

ら市販されている。

パソコン用等の小電力用リチウム電池では上記セルバランスは有効であったが、EV用の大容量リチウム電池では、バランスさせるためには相当大電力を放電させる必要があり、エネルギー損失が大きく、セルの内部抵抗も考慮するとセル自体の電圧バランスはかなり困難で、「気休め」とも言われてもいる。実際、日産のEVであるリーフの解体現場を見学した際に観察すると、各セルから細い電線が配線されていた。これでは大電流でのバランス動作は不可と判断した。しかし、その後の情報では、バランス動作は遅いが、アンバランスが増大しすぎないように、小電流でのバランス動作を行っているとのことであった。

本学のシステムにおいても、リチウム電池借用先のスズキ㈱からはしっかりしたバッテリーマネジメントを行った上での使用を連絡されており、安全面については十分な対応が必要である。

7. リチウムイオンキャパシタについて

最近、「リチウムイオンキャパシタ」なる製品が出現した。これはリチウムイオン電池と電気二重層コンデンサの中間的な特徴を有するキャパシタである。ここで「キャパシタ」とはF（ファラッド；静電容量の単位）レベルの大きさを有するコンデンサの総称で、電気二重層コンデンサからなる「スーパーキャパシタ」が有名である。メーカーの一つであるFDKの関連会社AFEC社のカタログの一部を図5に示す。リチウムイオンキャパシタは電気二重層コンデンサより高電圧（最大3.8V/セル）で使用できる特徴があり、より大容量の蓄電器として利用できる。キャパシタはコンデンサであるので蓄えられるエネルギー量は少ないが、充放電が速く、リチウム電池の短所である充電時間の長さをカバーできる可能性がある。事実、浜松のEVベンチャー企業「タカヤナギ」はバッテリーの代わりにリチ

ウムイオンキャパシタをEVに搭載して走行実験をしている。その実験結果では、2分弱の充電で6 km程度走行出来た様である。ごく近所への急な外出等には便利と思われる。

キャパシタは、充放電の速さからEV等の回生制動には有効であると言われており、種々の用途に使用されつつある。本学でも電気電子工学科服部研究室において、AFEC製リチウムイオンキャパシタを借用して、電動スクータの駆動実験を行っており、それなりの特性が得られている。

しかし、それ程急激な電力移動の少ない太陽光発電等の充電用途への使用はあまり有効でないといわれているが、それでも併用するとピーク負荷をキャパシタが受け持つことにより、メインのリチウムイオン蓄電池の寿命が延びる等の効果があると言われるようになってきた。そのような観点から、本学の太陽光発電システムにおいてもリチウムイオンキャパシタの応用を検討している。

キャパシタにおいても、高耐圧を得るためにいくつかのセルを直列接続する必要があり、リチウムイオン蓄電池と同様にセルバランスを考慮する必要があるといわれている。その方法は図4に示したリチウムイオン蓄電池と同様の方法が利用される。今回借用したAFEC製のリチウムイオンキャパシタも、その機能を有しているが、メーカーから「使う必要は無い」と言われている。性能向上が図られて、使いやすくなってきている。

8. まとめ

大容量リチウムイオン蓄電池について調査した結果を報告した。リチウムイオン蓄電池は、まだまだ開発途上であり、今後も新しい種類の製品が次々と発表・発売されて来ると思われる。本学における蓄電型PV/EV充電システムも、今後の動向を見ながら適宜変更・改良を進めて行くことが必要と思われる。

参考文献

- 1) 「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
- 2) 「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
- 3) 「ハイブリッド車に向けた Li イオン・キャパシタの開発」日経エレクトロニクス 2011.6.27 P107
- 4) 旭化成 FDK エナジーデバイス(株)製品カタログ

**EneCapTen** エネキャプテン

**FDK**

大容量リチウムイオンキャパシタセル

**RoHS**

Ultra Lithium-ion Capacitor Cell

available

リチウムイオンキャパシタは、充放電サイクル寿命が長く、大電流の急速充放電が可能な蓄電デバイスです。また、高温環境下での使用が可能です。



- 特長 Features**
- > Liフレドープ型ハイブリッドキャパシタ
  - > 鉛蓄電池の300%出力性能
  - > 重金属を使用しない環境に優しい製品

**■ 仕様 Specification**

	標準 type	回生 type
電圧範囲(V)	2.2 ~ 3.8	2.2 ~ 3.8
容量	○	○
出力	○	○
高温負荷特性	◎	○
サイクル特性	○	◎
温度特性(°C)	-20 ~ 80	-20 ~ 80

	電気二重層キャパシタ	EneCapTen	鉛蓄電池	リチウムイオン電池	高出力LiB
最大電圧(V)	2.5	3.8	2.0	4.2	2.4
エネルギー容量(Wh)	△	○	◎	◎	○
出力(W)	◎	◎	×	△	○
高温信頼性	○	◎	○	△	△
サイクル寿命	◎	◎	×	△	△
温度範囲(°C)	-20~60	-20~80	-30~50	-20~60	-20~80

※ご要望に応じた最適なセル設計が可能です。

図5 リチウムイオンキャパシタ カタログ

# センシングと信号伝送の融合に関する研究 A Combining Method of Multi-Detection and Signal Transmission

郡 武治\*

Takeharu KOHRI

## Abstract:

In the ubiquitous sensor networks, the environmental information such as temperature, humidity and a variety of information will be transmitted. In heterogeneous network, it is necessary to control the optimal transmission path for transmission. Due to the propagation environment or transmission system congestion, transmission can be interrupted for hours<sup>(16)~(19)</sup>.

I propose a combining method of multi-detection and signal transmission. It is possible to detect several information with  $n$  dimensional data by using proposed combining method of multi-detection and signal transmission.

The information detected in a variety of sensing nodes treated as a single  $n$ -dimensional information transfer to multiple heterogeneous transmission line. The information gathered was forwarded, using the maximum likelihood detection circuit, and estimate the maximum likelihood path.

**Keyword** Sensor Network,  $n$  dimensional, Euclidean Space, Maximum Likelihood detection, Viterbi algorithm

## 1. まえがき

センサーネットワークでは、さまざまなセンシングが行われ、センシング情報は無線等の伝送路で伝送される。多種のセンシングデータは曖昧度を持ち、多くは正規分布する。また、情報伝送する伝送信号も受信雑音により、曖昧度を有する。両者の曖昧度は正規分布である。筆者は、このことに着目し、曖昧度の性質が同一であることを用いたセンシングと信号伝送の融合方法を考えた<sup>(1)(2)(3)</sup>。具体的な方法としては、各ノードで検知した多種のセンシング情報を1つの $n$ 次元ユークリッド空間上の情報として扱い、1ルート又は複数ルートで信号伝送した後、1カ所において、論理的に合成し、元のセンシング情報を検出する情報伝送方法が考えられる。

このようなセンシング方法の信号伝送法は、次の優れた特徴を持つ。

- ・センシングの曖昧度と信号伝送の曖昧度を合わせて一体処理による曖昧度改善ができる。
- ・同じセンシング情報が異なる複数ルートで伝送されたとしても、源情報は一つであるので、このことを用いて補正できる。
- ・センシング情報の時間的な冗長性、多種センシング情報の相関性を用いて最尤検出が可能になる。

本文では、最初に、温度、圧力、明度など多くの種類のセンシングデータの曖昧度を揃えた正規化 $n$ 次元センシングデータを定義し、伝送路において受ける受信雑音の影響を述べる。次にセンシング情報

と伝送信号の曖昧度の改善方法として、複数ルートによるシームレスなセンサーネットワークを示し、合成法による改善方法とビタビアルゴリズムを用いた改善方法を述べる。どちらも、伝送信号の誤り訂正、再送などによる改善ではなく、源情報であるセンシング情報を用いた曖昧度改善方法である。

続いて、システム構築のために必要な条件を考える。最初に解決しなければならないのは、 $n$ 次元センシングデータと信号伝送では、それぞれユークリッド距離とハミング距離で定義され、本質的な違いがあることである。これを超えて融合するためには、グレイ符号化する必要があることを説明し、具体的な伝送回路の構成を示す。最後にビタビアルゴリズムを用いた手法について、計算機シミュレーションにより、実現性を確かめた。この結果、センシング情報の時間的な冗長性を用いた品質改善ばかりでなく、転送データの欠落も補償でき、欠落が1サンプルの当たりの最大偏移の5倍程度になったとしても、十分リアルタイムに情報補間できることが分った<sup>(4)</sup>。

## 2. センシングと信号伝送を融合させたセンサーネットワークシステム

### (1) システムの構成

センシングと信号伝送を融合させたシステムの構成を図1に示す。温度、湿度、対人センサなど各種センシングデータをA/Dコンバータを用いてサンプリングし、電圧として測定し、量子化された情報を

デジタル伝送する。ここで、センシングデータと伝送信号が正規分布する曖昧度を有した場合、白色雑音の加算として統合された簡易な伝送モデルとして表すことができる。

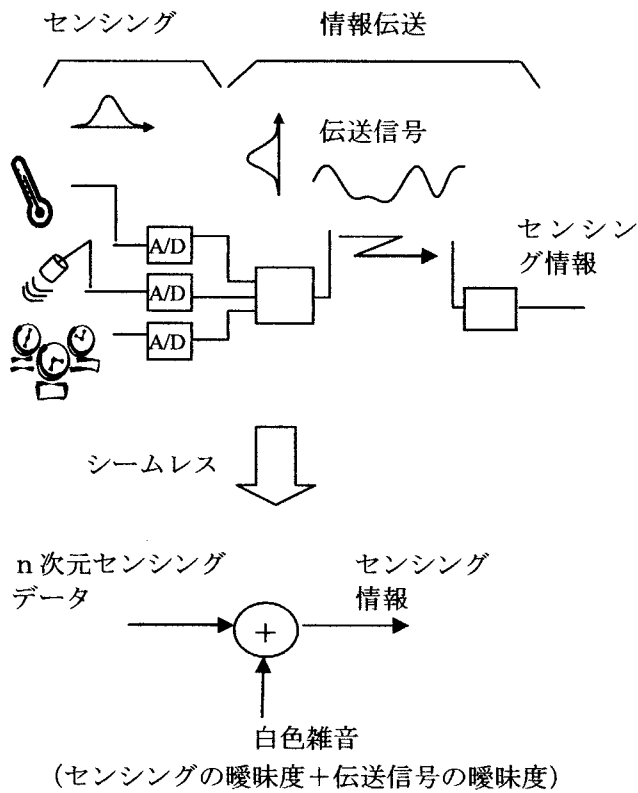


図 1 センシングと信号伝送を融合させたシステムの構成

(2) センシングデータの n 次元化

温度、湿度、圧力、明度、照度など多くの種類の情報を検出した場合、それぞれ、センサーの精度、外部じょう乱により、検出データは曖昧度を持つ。この曖昧度は正規分布する場合が多い。

図 2 に測定データの確率密度の例を示す。

各センサーから出力されるアナログ信号は正規分布であるが、曖昧度を統一する必要がある。このため増幅回路の利得を調整し、曖昧度を電圧レベルで一致させることにより、各情報を同一に扱えるようにする。すなわち、各センサーのバラつきを数値化した標準偏差が一致するように利得調整し正規化することにより、センシングデータ間の情報距離をユークリッド距離で表すことができるようになる。図 3(a) に利得調整し正規化する回路の構成、(b) にセンシングデータを n 次元ユークリッド空間上に表す。

各センサーの曖昧度が正規化され等しくなることから、n 次元情報は n 次元ユークリッド空間において、球となる。図 4 は 3 次元、4 次元、5 次元の情報を 3 次元に投影したイメージを示したものである。3

次元に投影するためには、3 次元より、高次元の直交軸の値を 0 にすることにより、得ることができる。

各センサーの量子化は、付録 1 に示す n 次元ユークリッド空間における最適マッピングになるように、各直交軸の値を決めればよいことになる。

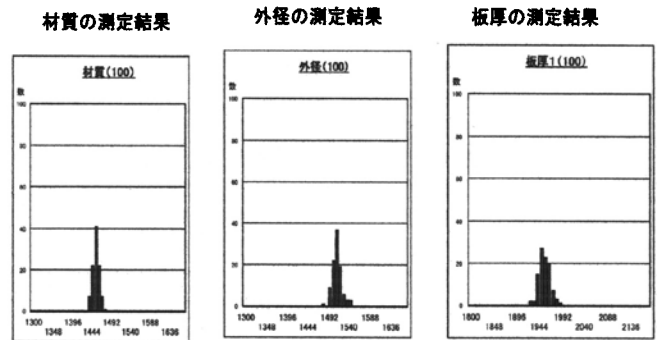
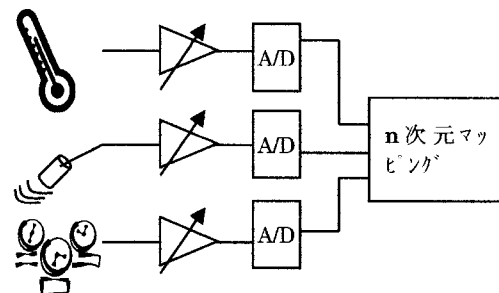
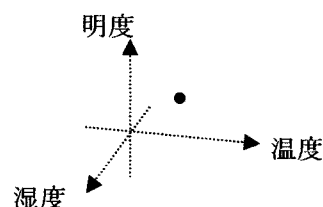


図 2 曖昧度をもつ検出情報の確率密度



(a) 利得調整し正規化 (標準偏差を統一)



(b) 温度、湿度、明度データを 3 次元表示

図 3 センシングデータの正規化と n 次元データの表現

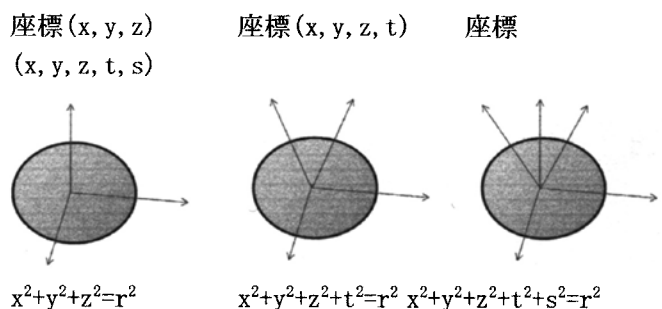


図 4 n 次元雑音球のイメージ

(3) センシングデータと伝送路雑音の関係

n次元化されたセンシングデータは伝送路を介して中継される。この時、各センサーの曖昧度により生じるn次元ユークリッド空間上における球は、伝送路において生じる雑音を加わり、球の体積が大きくなる。図5は3次元ユークリッド空間における球が伝送路雑音により大きくなっていることを示す。

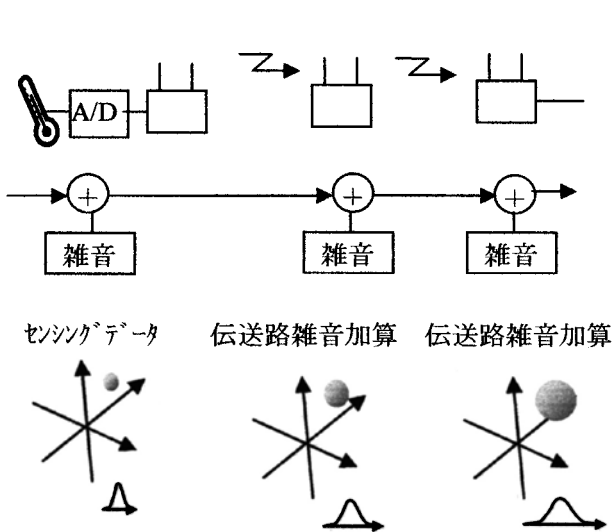


図5 n次元化されたセンシングデータの雑音球

(4) センシング情報と伝送信号の曖昧度の改善方法

①合成法による改善

加法的雑音伝送モデルを用いると次のように曖昧度を改善することが可能になる。

中継するノード数をn、合成するルート数をmとした場合、最終的に合成された信号のS/N $\gamma$ は信号が合成されることから信号電力としては同相振幅合成であるのでm<sup>2</sup>になる。総雑音電力は電力合成であるので、m・nであることから、式(1)のように表すことができる。ただし、中継ノードの送受信性能が同じで、中継利得が1であると仮定すると、能力が同じであるとする。図6にノード数をn、合成するルート数mのセンシングと伝送路を示す。初段の雑音はセンシング回路の曖昧度を等価的な雑音としている。

$$\gamma = \frac{m^2}{m \cdot n} = \frac{m}{n}$$

(1)

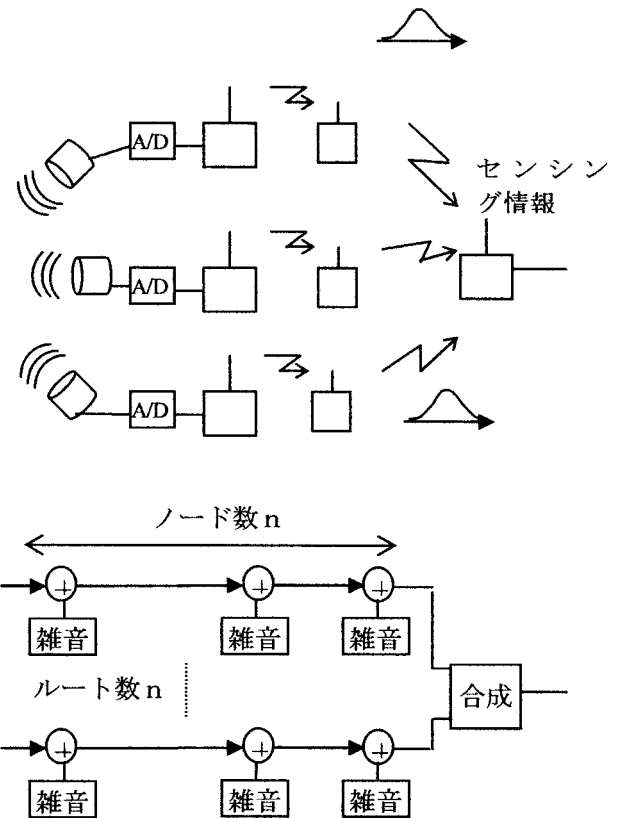


図6 合成法による曖昧度改善

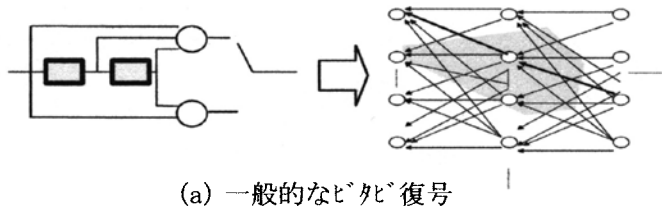
②ビタビアルゴリズムを用いた改善方法

センシング情報の時間的な冗長性、センシングデータ間相関を用いて最尤検出が可能になる。すなわち、センシングデータの変動が以下の冗長度を持つ場合、状態遷移を限ることにより、曖昧度を改善することができる。

- ・ サンプルング速度に対し、センシングデータの変動が緩やかな場合
- ・ 異種のセンシングデータ間に相関がある場合

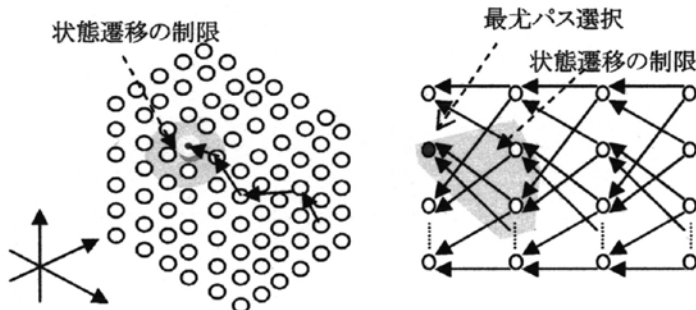
図7に提案するビタビアルゴリズムを用いた改善方法を示す。従来の誤り訂正に用いられているビタビ復号回路を比較のために示す。従来のビタビ復号は送信側の符号化回路の状態遷移を用いて生き残りパス選択による品質改善を行っている。

これに対し、提案方法では上記の制限を用いて最尤パス選択を行うことにより、曖昧度を改善する構成になっている。例えばセンシングデータの状態遷移の自由度が図のように限られた場合、最尤パスを常に選択することにより、測定誤差の改善を行うことが可能となる<sup>(5)~(9)</sup>。



間距離をハミング距離で同一化することが可能になる。情報点間の許容誤りが1ビット以内であれば、完全に統合することが可能である。

具体的な回路構成としては、A/D コンバータによりサンプルされたバイナリ符号のデータをグレイ符号化して、信号伝送し、受信側において、再びグレイ符号からバイナリ符号に変換する方法が考えられる。符号変換によりセンシングデータと信号伝送の融合したシステム構成を図10に示す。



(b) 提案する最尤n次元の状態遷移から最尤検出する方法

図7 ビタビアルゴリズムを用いた曖昧度改善方法

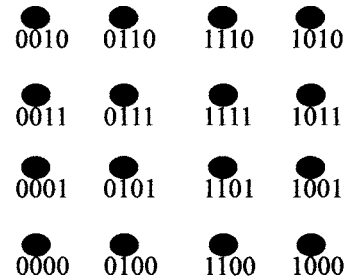


図9 グレイ符号化したマッピング (16QAM)

3. システムの設計

具体的にシステムを構築するためには、問題点として、n次元センシングデータと信号伝送では、それぞれの情報間距離の定義が異なっていることを解決する必要がある。

(1) 情報間距離

センシングにおけるn次元ユークリッド空間における情報点の情報間距離はユークリッド距離である。これに対し、ビットストリームである信号伝送はビットパターンで定義されるハミング距離である。

距離の違いを図8に示す。

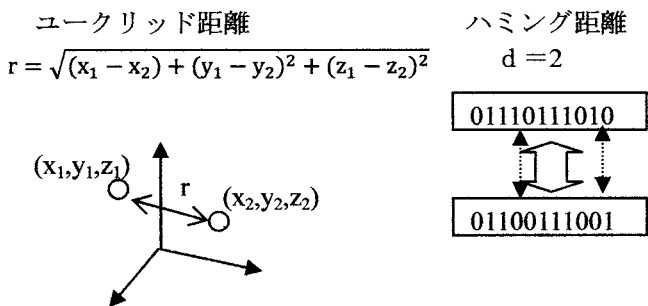


図8 ユークリッド距離とハミング距離の違い

(2) 符号変換を用いた統合

多値変調である16QAM、64QAMなどでは、信号空間ダイアグラム上で隣接する信号点間のハミング距離が最小となるようにグレイ符号を使用している。図9に16QAMの例を示す。ハミング距離が1になっていることが分かる。

同様の考え方で、n次元ユークリッド空間における情報点の符号化をグレイ符号化し、このデータをデジタル回線で伝送することにより、両者の情報

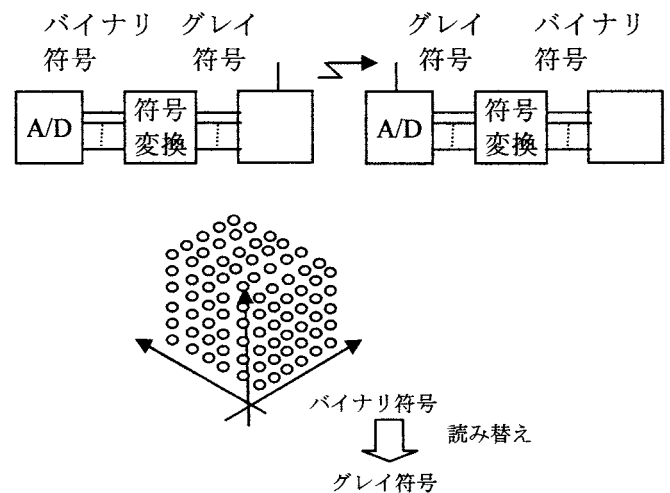


図10 符号変換によるセンシングデータと信号伝送の融合

4. 計算機シミュレーションによる実証<sup>(4)</sup>

提案する伝送法の実現性を確かめるため、計算機シミュレーションによる実証を行った。

シミュレーションの条件を以下に示す。

条件：

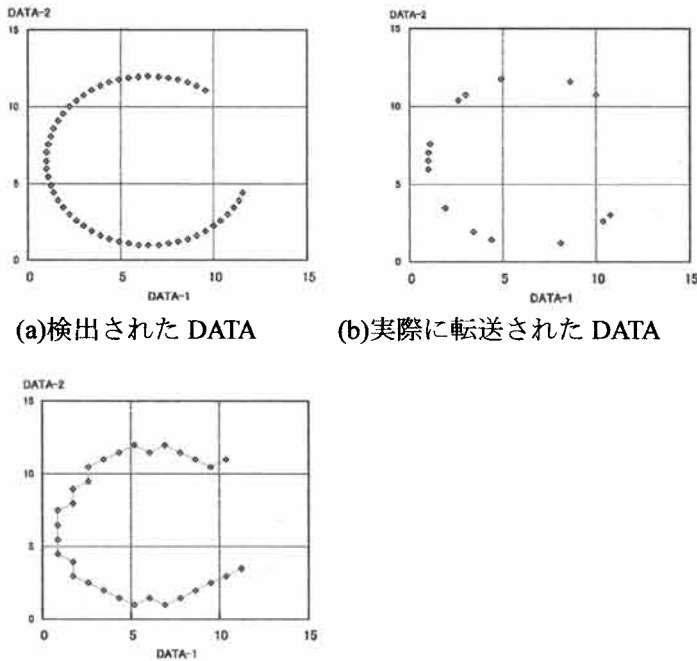
- ・ 2つのセンサーで2次元情報を検出
- ・ 量子化数16 (各センサー)
- ・ 検出タイミングにおける、最大変動値は1量子化レベル
- ・ 2次元において最適な正六角形構成による量子化

補間特性

図11に結果を示す。(a)は検出された2種類のデ



ータを2次元座標で示し、横軸は DATA1、縦軸は DATA2 である。(b)は伝送路により転送されたデータ、(c)は転送先において、ビタビアルゴリズムにより、補間されたデータである。本図より分かるように、転送できなかったデータが補償されていることが確認できる。



(a)検出された DATA (b)実際に転送された DATA  
(c)最尤検出により補間  
図 11 実験結果

5. あとがき

センシング情報を検出するセンシングと情報伝送を一体化して考える新たな情報伝送方法を考案した。

具体的にシステムを構築するためには、問題点として、 $n$ 次元センシングデータと信号伝送では、ユークリッド距離とハミング距離それぞれの情報間距離の定義が異なっている。このことを解決するため、グレイ符号化を用いる必要のあることを見つけた。

また、センシング情報の冗長度、相関を用いてビタビアルゴリズムを用いた曖昧度改善方法を提案し、計算機シミュレーションにより、実証した。

今後は、実回路による実証を行う予定である。

文 献

[1] 郡” センシング情報と伝送信号を同一視した新たな  $n$ 次元情報伝送法の検討” 信学技報、vol. 109, no. 380, MoMuC2009-69, pp. 87-92, 2010年1月  
[2] 郡”  $n$ 次元化によるシームレスなセンサーネットワークの検討” 信学技報、vol. 109, no. 441,

MoMuC2009-101, pp. 165-170, 2010年3月  
[3] 郡 “ $n$ 次元シームレスセンサーネットワークの研究ーセンシングと信号伝送の融合ー”, 信学技報、RCS2011-143, 2011  
[4] 郡 “ $n$ 次元化によるシームレスなセンサーネットワーク”, 静岡理工科大学紀要第19巻 (2011/06)  
[5] 郡” ビタビ復号アルゴリズムを用いた位置検出の検討” 信学技報、MoMuC2007-68, 2008  
[6] 郡” ビタビアルゴリズムを用いた3次元位置検出の検討” 信学技報、MoMuC2008-82, 2009  
[7] T.Kohri, “Location Estimation Method Based on Viterbi Algorithm”, IEEE Vehicular Technology Conference, 7 D-4, 2009 Fall  
[8] 郡、服部, “ $n$ 次元ユークリッド空間を用いた変調方式”, 信学技法、RCS104(20), 91-96, 2004  
[9] T.Kohri, T.Hattori, “A design of modulation with the same distance constellation in  $n$ -dimensional euclidean space”, pp. 3885-3889, IEEE, VTC, 2004 Fall  
[10] [http://www.geocities.jp/ikuro\\_kotaro/koramu/mugenjigen3.htm](http://www.geocities.jp/ikuro_kotaro/koramu/mugenjigen3.htm)  
[11] <http://mathworld.wolfram.com/HyperspherePacking.html>  
[12] Conway, J. H. and Sloane, N. J. A. "Sphere Packings, Lattices, and Groups", 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1993.  
[13] S. スタイン, J.J. ジョーンズ共著、関英男監訳, “現代の通信回線理論”, 森北出版, 1976  
[14] John G. Proakis, “Digital Communications”, McGraw Hill Higher Education, 4th New Ed edition, 2000  
[15] ジョージ・G・スピーロ著、青木薫訳『ケプラー予想』新潮社、2005年  
[16] 三瓶, “コグニティブ無線の動向と展開”, 通信ソサイエティマガジン No.5, 2008  
[17] 矢野、有吉, “ヘテロジニアスネットワークにおけるハンドオーバー技術”, 電子情報通信学会総合大会、SS-59, 2009  
[18] 竹内, “次世代ワイヤレスシステムを用いたヘテロジニアス無線ネットワーク”, 電子情報通信学会総合大会、SS-58, 2009  
[19] 中川、太田、吉川、倉掛, “無線マルチホップ・アクセスネットワークにおける経路制御及びハンドオーバー制御方式”, 電子情報通信学会論文誌 B Vol. J85-B No.12, 2002年12月  
[20] [http://www.yobology.info/text/difference\\_Gray/difference\\_Gray.htm](http://www.yobology.info/text/difference_Gray/difference_Gray.htm)

付録1

ユークリッド空間における最適マッピング

複数の情報をn次元として扱うためには、n次元空間における最適な量子化として、ユークリッド空間における最適マッピング法を考える必要がある<sup>(4)</sup><sup>(5)</sup>。

(1) 2次元ユークリッド空間の場合

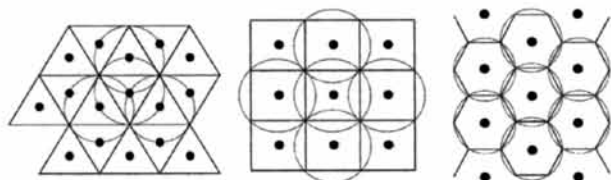
2次元ユークリッド空間は2つの直交する軸で構成される平面である。

センサーの曖昧度により、正規分布する等価的な雑音加わる。情報点は雑音による曖昧度を加えると、情報点を重心とした円で表すことができる。この円を雑音球と称する。この円を送信最大レベルの径を持つ円の中にできるだけ多く詰め、隙間を少なくする必要がある。

すなわち、最小の電力で、最大の情報伝送を行うためには、中心から一定距離の円内に、最大個数の信号点を入れる必要がある。また、情報点間は誤りを最小にするため、一定以上の距離を保つ必要がある。

この最適解として、正六角格子配列が最も隙間のないことが証明されている。

この場合の円の充填率は約0.907になる。これに対し、QAM等で用いられている形の正方格子配列における充填率は0.7854である図12にそれぞれの情報点配列を示す。



(a)正三角形構成 (b)正四角形構成 (c)正六角形構成

図12 2次元における最適分割法 (重なるの少ない正六角構成が最適)

(2) n次元ユークリッド空間の場合

4次元以上は、3次元までの世界と異なり、直感的に考えることができないが、多次元における超球の充填問題として、8次元まで、n次元球に、最も単位超球を詰めることができる最密充填構造が発見され、証明されている。表1に、次元数、充填率、発見者をまとめる<sup>(7)~(12)</sup>。

表1 n次元ユークリッド空間における最密充填構造

次元数	格子配列	充填率	発見者
2	A2	0.906	Kepler 1611, 1619; Lagrange 1773
3	A3	0.740	Kepler 1611, 1619; Gauss 1840
4	D4	0.619	Korkin and Zolotarev 1877
5	D5	0.465	Korkin and Zolotarev 1877
6	E6	0.373	Blichfeldt 1934, Barnes 1957, Vetčinkin 1980
7	E7	0.295	Blichfeldt 1934, Barnes 1957, Vetčinkin 1980
8	E8	0.254	Blichfeldt 1934, Barnes 1957, Vetčinkin 1980

充填率は球内にある単位超球の体積を球の体積で割ったものである。

付録2

n次元グレイ符号

3次元グレイ符号の例を図に示す。n次元に対しても同様に符号化することが可能である<sup>(20)</sup>。

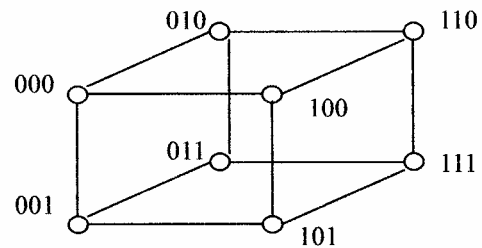


図13 3次元グレイ符号の例

## 3Dゲーム開発のための オブジェクト指向型ゲームエンジンの構築

Development of an Object-Oriented Game Engine for Developing Specific 3D-Computer 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 vertical-scroll type shooting games, popular among students, 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がある遊びは「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。

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

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]。

最近では、単なる「遊戯」の域を越えて、ゲームの社会的・実用的応用を考えさせるため、学生に「シリアスゲーム」に取り組ませている。特にF1レースゲームに於いては、物理効果の導入、フォースフィードバックの掛かる操縦席とのドッキングにより、F1カーの加速性能を体験できるレーシングシミュレータを開発した[2]。

また、運転再現モード等を追加して、運転の評価・分析が行えるシステムに拡張した。これを「全日本学生フォーミュラ大会2008」に向けたドライバーの運転練習に活用し、総合成績アップにつながる成果が得られた[3]。また、自転車競争ゲームをスピードスケート選手用のトレーニングシステムに応用した例[4]もある。

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とも、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、全くオリジナルのシューティ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とチームで大規模なゲームを開発する場合に備えて、作成希望者の多い縦スクロール・シューティングゲームに用に、5年掛かりで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. 自機や敵機のモデリング

モデリングに使用したMetasequoiaは3Dポリゴンモデラーと呼ばれる種類のソフトウェアである。ポリゴン単位で立体のオブジェクトを生成・

編集することができる。本研究において自機(Fig. 1)や敵、弾などはこのソフトウェアを使って作成した。

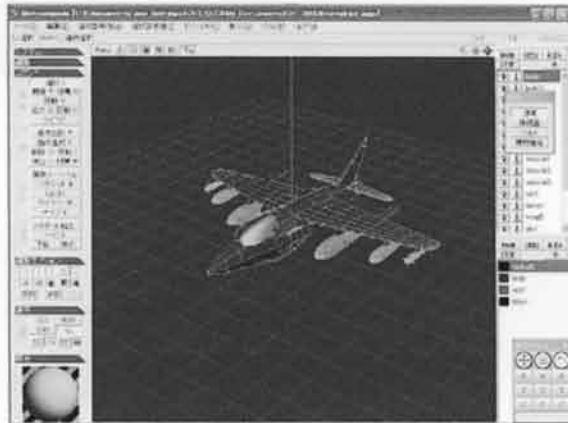


Fig. 1 自機のモデル

#### 4. 3D縦スクロール・シューティングゲームの開発

5年掛かりで、縦スクロール・シューティング用ゲームエンジンを開発してきた。その過程を振り返りつつ、構築したゲームエンジンの概要を説明する。

##### 4.1 最初の作品[8]

真上から見た状況で自機を操り、迫り来る敵を倒し、最後に出てくるボスを撃破する、という流れのゲームである。また、敵を倒すことで得点が入り、獲得点数でクリアしたときにどの程度上手くプレイすることが出来たかが判る。プログラムの開発過程は自機のモデリング、敵機の行動パターンの作成、敵機、建物の配置、ゲームシステムの作成の4つに分けられる。

モデルの作成は3Dモデラー Metasequoia を使ったためプログラムの過程には含まれず、短時間で高度なモデルの作成が可能になった。しかし、精巧なモデルが出来た反面、ポリゴン数が多く、容量も大きくなってしまい、精巧さと容量のバランスを取ることに苦労した。ゲームシステムは敵機・自機の判定、ボス撃破や逆に自機を撃墜されてしまった時の処理、自機のボタンによる攻撃の種類などを組み込んでいる。また、地上の敵も作成し、対地用の攻撃でなくては倒すことが出来ないようにしてゲームに幅を持たせた (Fig. 2)。

満足な点は、ボスの登場シーン、高低差を付けた敵の配置、自機の左右への動きにカメラも連動して動く効果などを上手くプログラミング出来た事である。

このプログラムでは、自機も敵機も、それぞれが発射する弾も全てプログラムで発生させ、制御した。従って、敵機や弾幕を増やそうとすると、その度にどのタイミングでどの敵機を出現させ、かつ、どのような動きをさせるかを一々プログラムで書かなくてはならない。これでは拡張性に限界があることは一目瞭然であった。しかし、この年は時間の関係で、それしか対応出来なかった。

今後の課題は、如何にしたら容易に敵機や敵の

弾幕の数を増やし、また、パワーアップ、追尾攻撃、ロック機能など、ゲームとしての面白さを更に追及できるようなプログラム構成に出来るかであった。



Fig. 2 ゲーム画面

##### 4.2 ゲームエンジンの開発

上の体験を基に、その後、ある卒業生の作った基本ゲーム要素[9]を全てクラス化し、シューティングゲームのベースシステムとした。後にこれを改良してゲームエンジンとした (Fig. 3)。約 9000 行のソースコードからなる。これに、必要な自分なりの機能を盛り込めるようプログラムを追加してカスタム化する。各自それを用いて、オリジナルなシューティングゲームを作成する [9][10]。

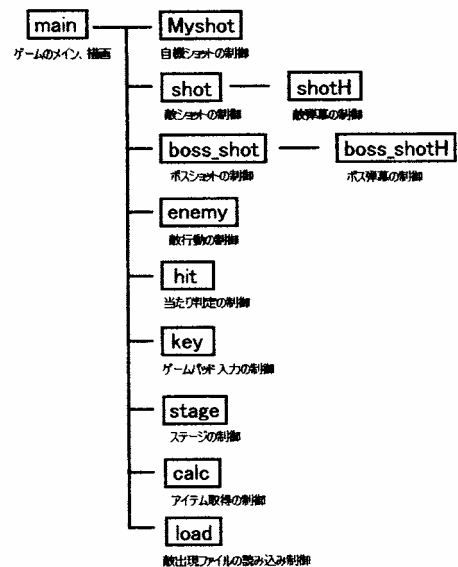


Fig. 3 ゲームエンジンのプログラム構成

### 4.3 作品例[9][10]

弾幕系のシューティングゲーム[9][10]であるので、敵機の動きと敵弾のパターンに特徴がある。90種類もの弾幕を作った例を紹介する。

#### 4.3.1 背景の動き

縦スクロールゲームにするため、背景の画像を一定のスピードで下にスクロールすることで、自機が上に向かって進んでいるように見せている。背景の模様を3パターン用意し、繰り返し表示させている。

#### 4.3.2 敵の動き

ここではゲームに出てくる敵の動きについて説明する。敵データ処理の大きな流れは次のようになっている。

- ・ ゲームカウンタがあるポイントに達した時、画面内に敵を出現させるフラグを立て、敵データを登録する。
- ・ 登録された敵データがあれば登録された移動パターンにそった敵の移動制御を行う。
- ・ 敵が画面から外れると、表示フラグを消す。まずは敵データの登録について説明する。ゲーム上には多くの敵が出てくる。その敵が持つべき情報は構造体 List 1 として管理している。

List 1 敵の構造体

```
typedef struct{
    int flag, cnt, pattern, muki, knd, hp,
        hp_max, item_n[6];
    //フラグ, カウンタ, 移動パターン, 向き, 敵の種類,
    HP最大値, 落とすアイテム
    float x, y, vx, vy, sp, ang;
    //座標, 速度x成分, 速度y成分, スピード, 角度
    int bltime, blknd, blknd2, col, state,
        wtime, wait;
    //弾幕開始時間, 弾幕の種類, 弾の種類, 色, 状態,
    弾幕待機時間, 停滞時間
} enemy_t;
```

敵を出現させるためには、いつどこで、どんな敵がどんな弾を撃ってくるのか、などの情報を指定してやらねばならない。これを全てプログラムで書いていたら手間が掛かるし、拡張性に欠ける。そこで、「敵&敵弾出現管理表」を表計算ソフト Excel を使って作り、これを csv 形式で出力する (Table 1)。

Table 1 Excel で作成した「敵&敵弾出現管理表」

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	/カウンタ	移動パター	敵の種類	x座標	y座標	スピード	発射時間	弾幕種類
2	/cnt	pattern	knd	x	y	sp	bltime	blknd
3	90	0	0	200	-20	0	120	20
4	100	0	0	200	-20	0	120	20
5	110	0	0	200	-20	0	120	20
6	120	0	0	200	-20	0	120	20
7	130	0	0	200	-20	0	120	20
8								

一番左が敵の出現する時間になっている。60fpsで動作するゲームなので 60 フレーム = 1秒になっている。上の5行は、ゲーム開始から1.5秒た

つと最初の敵が出現し、以後10カウント(フレーム) = 1/6秒ずつ遅れて4体の敵が出てくることを意味している。

このデータを敵の出現情報を入れる変数 enemy\_order に読み込む。ステージごとに分けて、敵の情報もあるので enemy\_order[ステージ数][敵データ数]という2次元配列になっている。

敵機の行動パターンは全部で32種類作成した。基本的には変更する値が違うだけで仕組みは同じなので、幾つかのパターンを上げるに留める。

- (1) 下がってきて停滞後上昇
- (2) 下がってきて左へ
- (3) 画面内をランダムにうろうろする
- (4) 左へ進み一回転
- (5) 左から右へギザギザ進む
- (6) 上から下へゆらゆら降りる

#### 4.3.3 敵弾の動き [12]

ここでは敵の撃ってくる弾の動きについて説明する。このゲームでは、敵1体が1発の弾を撃つのではなく、何発かの弾を規則的に出してくる。たくさんの弾が規則的に飛ぶ様子は、花火のような美しさがあり、このゲームの特徴になっている。

まず、弾幕の登録は敵が出現してからのカウント cnt と、設定した弾幕開始カウント bltime が一致したときに行う。弾幕のデータがどうなっているかを List 2 に示す。

List 2 弾幕を定義する構造体

```
//弾に関する構造体
typedef struct{
    //フラグ, 種類, カウンタ, 色, 状態, 少なくとも消さない時間, エフェクトの種類
    int flag, knd, cnt, col, state, till, eff,
    eff_detail;
    //座標, 角度, 速度, ベースの角度, 一時記憶スピード float x, y, z, angle, spd,
    base_angle[2],
    rem_spd[1], vx, vy;
} bullet_t;

//ショットに関する構造体
typedef struct {
    //フラグ, 種類, カウンタ, 発射された敵の番号
    int flag, knd, cnt, num;
    //ベース角度, ベーススピード
    float base_angle[2], base_spd[1];
    bullet_t bullet[SHOT_BULLET_MAX];
} shot_t;
```

弾一つ一つにスピードや角度、状態などがある。最短でも消さない弾のカウント till は、画面から消えたら消すようになっていると作れない弾幕があるためである。そこで最短でも設定した時間は弾が画面外に出ても消えないようにする必要があるので、base\_angle は弾の角度が変化するとき基準となる角度を設定する。

shot\_t という構造体は弾幕データ一つ分を管理する構造体である。弾幕一つに各変数と

SHOT\_BULLET\_MAX 個弾がある構造になっている。  
 shot\_t は敵の弾幕情報であり、敵を一度に表示する最大数と同じだけ用意することになる。

弾幕，弾は登録して使うので，登録されている情報を検索する必要がある。弾幕データの最大数までループして登録されているものを探し，登録されているデータがあれば計算させる。主なものは次の10パターンであるが，敵の動きと組み合わせると約90通りの弾幕を作成出来た。

- (1) 単発自機狙い
- (2) 3way 弾, 4way 弾 (Fig. 4)
- (3) 渦巻き弾 (Fig. 5)
- (4) 蜘蛛の巣弾 (Fig. 6)
- (5) ブラックホール (自機吸い込み弾)
- (6) 混合弾幕 (Fig. 7)
- (7) 誘導弾 (Fig. 8)
- (8) 星弾
- (9) 花火弾 (Fig. 9)
- (10) 強制回転弾幕 (Fig. 10)

(10) の強制回転弾幕は敵から休みなく撃たれる弾によって，強制的に敵の周りを回転しなければならない弾幕である。発射角度が少しずつ変わるので，それに合わせて自機を動かさなければならない。

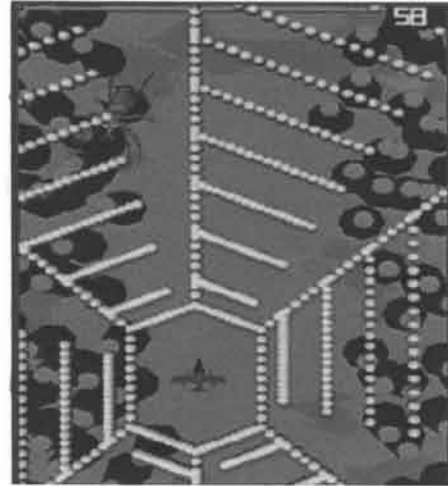


Fig. 6 蜘蛛の巣弾



Fig. 7 混合弾幕



Fig. 4 4way 弾



Fig. 5 渦巻き弾

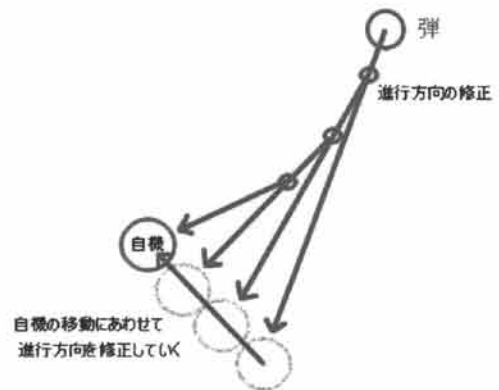


Fig. 8 誘導弾 (自機を自動追尾する弾)



Fig. 9 花火弾

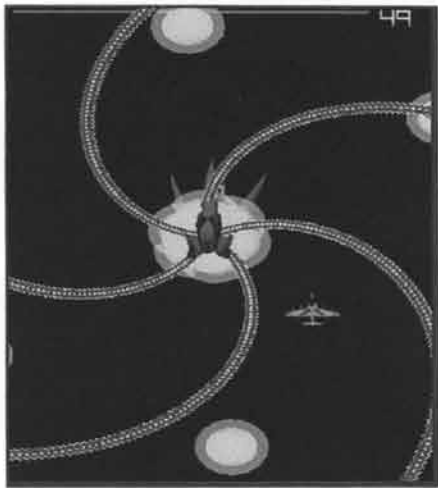


Fig. 10 強制回転弾

## 5. ボス

### 5. 1 ボスの構成

ステージの最後にはボスが登場する。ボスは通常の敵と違い耐久値が高く、幾つかの攻撃パターンがある。本作品ではステージ4のボスまで作成した。ステージ1のボス(Fig. 11)は本体コア、本体の土台、色違いの小さなコア×3、小さなコアの土台×3の8つのキャラクターで構成している。これらはCBossクラスを基本クラスとして継承している。

### 5. 2 ボスの移動

ステージ1のボスの本体は登場する時以外は動かない。代わりに、本体周りの小さなコア達が動く(Fig. 11)。小さなコアの動きは、一度本体から離れて一定時間が経つまで反時計回りに本体の周りを回転する。そして、本体へ合体する。この時、本体コアは自分の前にある小さなコアの色と同じ色に変わる。小さなコアが移動中の時はボスの状態は無敵である。本体コアは小さなコアが全て破壊されないと当たり判定の判定がされないためダメージを受けない。本体コアが破壊されたらステージクリアとなる。

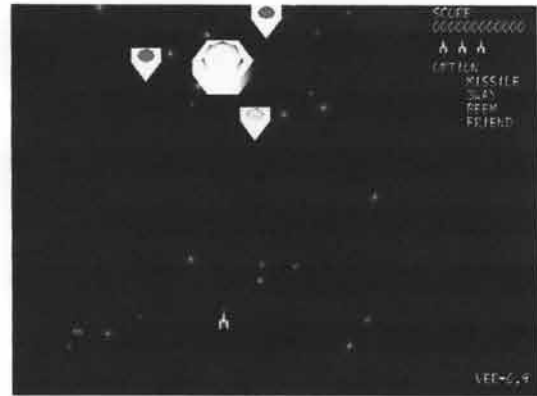


Fig. 11 小さなコアの動き

### 5. 3 ボスの攻撃

本体コアの色によって攻撃パターンが変わる。本体コアの色が赤い時は、小さなコアからNWay弾が発射される。この時は本体前のコア以外は自機を狙って撃ってくる(Fig. 12)。青い時は、小さなコアからそれぞれ違う角度で直線に分裂弾を発射する。分裂した弾は進行方向に対して垂直に交わる方向へ移動する(Fig. 13)。分裂する時間は乱数によって決めている。黄色の時は、小さなコアから停止と移動を繰り返して自機を狙う弾が発射される。本体前のコアからはNWay弾も発射され、残り2つのコアからは一定時間ごとに停止と移動を繰り返して自機を狙う弾が追加される(Fig. 14)。



Fig. 12 攻撃(赤)

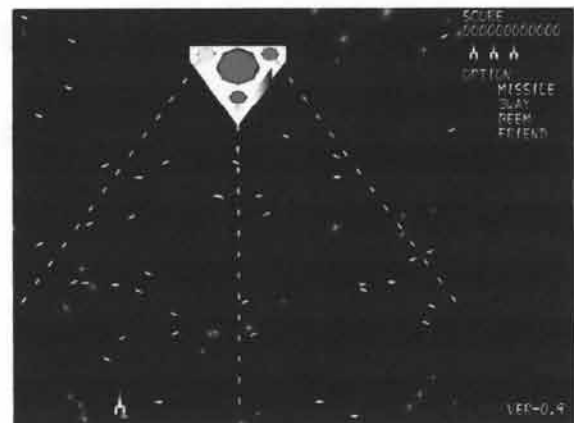


Fig. 13 攻撃(青)

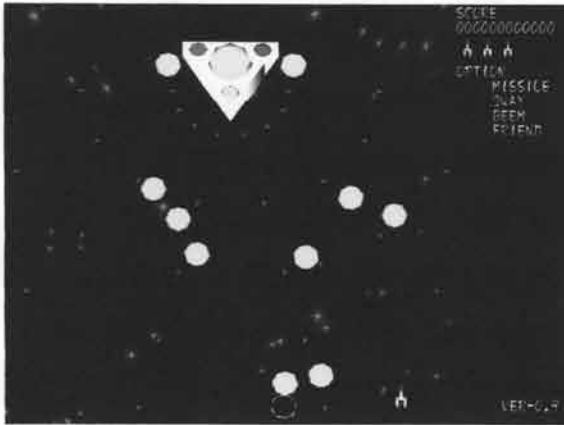


Fig. 14 攻撃(黄)

どこかのコアが破壊されている場合は、破壊された分だけ攻撃が緩くなるため安全地帯が出来てしまう。安全地帯を潰す為に破壊箇所からは NWay 弾を発射する (Fig. 15)。

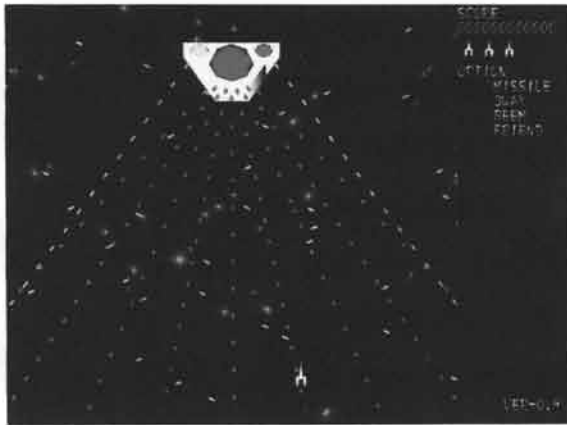


Fig. 15 破壊箇所からの攻撃

全ての小さなコアが破壊されると本体が攻撃を開始する。弾速の違う NWay 弾を時計回りに発射していく。一ヶ所だけでは避けやすいので四ヶ所からこの攻撃を行う (Fig. 16)。

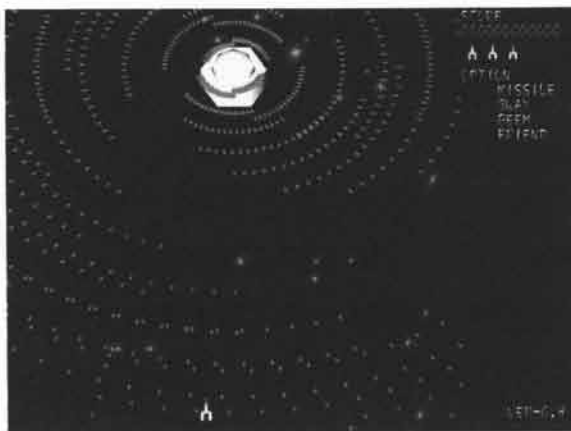


Fig. 16 本体攻撃

## 6. 自機の攻撃パターン

このゲームでは自機からまっすぐ飛ぶメインショットの他にサブショットがある (Fig. 17)。サブショットは敵を追うホーミング弾になっている。

自機から一番近い敵を検索し、その敵の方向に飛んでいく弾を定期的に飛ばす。

2つ目は縦方向に伸びるレーザービームを出す攻撃である (Fig. 18)。この攻撃はボタンを押したときの自機の位置に設置される。ビーム部分に敵弾が触れると敵弾を破壊し、敵自身が触れると敵にダメージを与えるようになっている。



Fig. 17 サブショット

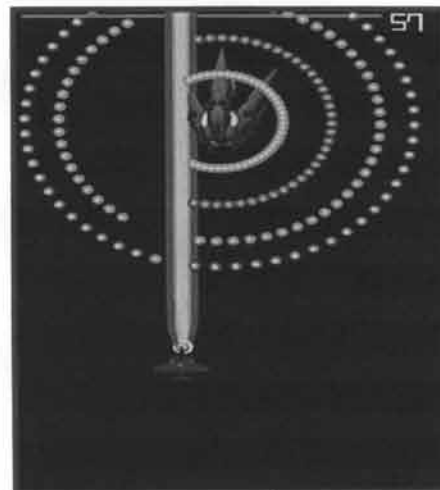


Fig. 18 レーザービーム

## 7. ゲームの流れと操作説明

このゲームは4ステージで構成されており、各ステージ内は雑魚敵、中ボス、雑魚敵、ステージボスという流れになっている。雑魚敵を倒すとアイテムが出てきて、アイテムを取得すれば自機がパワーアップし、攻撃が強くなるようになっている。

ゲームを起動するとタイトル画面が出てくる。タイトル画面では、ゲームスタート、練習モード、ゲームの終了を選ぶことが出来る。練習モードでは全4ステージの内、好きなステージを遊ぶことが出来る。

コントローラは Xbox 360 用のものを用いた。Microsoft 社の製品で、Windows PC と相性が良いためである。ゲーム中で使うボタンの配置を Fig. 19 に示す。タイトル画面では十字キーで選択をして、メインショットのボタンで決定をする。





Fig. 19 Xbox 360 コントローラーのボタン配置

ゲームを開始すると表示される右側のボードの表示について説明する (Fig. 20) . 上から順に, ハイスコア, 現在のスコア, 残りの自機数, メインショットのパワー, サブショットのパワーとなっている。

最終ステージ4のボス戦に入ると, 画面内から雑魚敵が消え, 雑魚敵の撃っていた弾も消える。ボスの体力が表示され, 制限時間も隣に表示される。体力を0にするか, 制限時間が0になると弾幕が終了し, 次の弾幕へと移る。すべての弾幕が終わるとボスを倒したことになる, ステージクリアとなる。ステージ4のボスを倒すことでゲームクリアとなる。



Fig. 20 最終ステージ4のボス戦

## 8. 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す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。

## 9. 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いくなる。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。

学生からは, 「ゲーム制作を通して, ゲーム開発がいかに難しいか, どのような技術が必要であるのかが良く分かった。分からないところを調べ, 試していくことでプログラミングの技術を向上させることができた。弾の動きや当たり判定などのシステムを考えながら実装していくことで, 楽しみながら, 多くの貴重な経験を積むことができた。」といった感想が述べられている。

## 謝辞

本原稿の作成に当たっては, 本学2005年度卒業生藤田克英氏, 2009年度卒業生瀧尾浩志氏, 2010年度卒業生有ヶ谷直希氏の卒業論文を参考にしています。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 (静岡芸文大): 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) 全日本学生フォーミュラ大会ホームページ, <http://www.jsae.or.jp/formula/jp/>, 2008.
- 8) 藤田克英: Visual C++ .NETとDirectX9.0によるシューティングゲームの作成, 静岡理科大学情報システム学科卒業論文, 2005年度.
- 9) 瀧尾浩志: 縦スクロール・シューティングゲーム「THE BARRAGE」の制作, 静岡理科大学情報システム学科卒業論文, 2009年度.
- 10) 有ヶ谷直希: 3D縦スクロール・シューティングゲーム「Space War」の制作, 静岡理科大学情報システム学科卒業論文, 2010年度.
- 11) 松浦健一郎/司ゆき: 「シューティングゲームプロ

グラミング」, ソフトバンククリエイティブ株式会社.

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.

# 入力中のデータベースに対する訂正機能を持つ一括検索方式

A Database Query Method with Correction for Batch Processing during Online Entry

工藤 司\*, 武田 由衣\*\*, 石野 正彦\*\*\*, 五月女 健治\*\*\*\*, 片岡 信弘\*\*\*\*\*

Tsukasa KUDO, Yui TAKEDA, Masahiko ISHINO, Kenji SAOTOME and Nobuhiro KATAOKA

**Abstract:** In many mission-critical systems, online entry data are accumulated in their databases and regularly processed by batch processing. So, for the efficient system operations, the both have to be executed concurrently. And, previous studies have proposed the various kinds of methods to maintain the integrity of the query result in batch processing even during online entry. However, in the actual system operations, there is incorrect entry data that takes time by being entered. And, it brings up the problem that the integrity of query results can't be maintained by the conventional query methods. This paper proposes a query method, by which the snapshot of the designated time reflects the corrections entered after the time. And, we show that the query result, which has integrity and reflects the correction of error data, can be queried by this method, even while online entry. Moreover, we applied it to an actual mission-critical system and confirmed its effect.

## 1. はじめに

小売、金融、製造などの基幹系システムでは、多数のオンライン端末から同時にデータが入力（以下、オンライン入力と略記）されるため、トランザクション処理による同時実行制御がおこなわれる<sup>1)</sup>。一方で、入力されたデータの定期的な集計などはバッチ処理<sup>1)</sup>で実行される。例えば、小売システムでは店舗の販売情報はトランザクション処理により即時にデータベースに反映され、一方で日々あるいは定期の決算はバッチ処理によって行われる。ここで、バッチ処理は大量のデータを一括して処理するために長時間データベースを占有する必要があるため、オンライン入力の時間帯を避けて夜間に行われてきた。しかし、近年ではインターネットビジネスの進展などによりオンライン入力時間帯が延長されバッチ処理時間の制限が必要になっている。このため、バッチ処理が所定の時間内に完了しないという、いわゆる「突き抜け」が問題になってきた<sup>2)</sup>。

これに対し、オンライン入力中にも、バッチ処理により一貫性のあるデータベース検索結果を得るための方式が実用化されている。たとえば、特定時刻現在のデータベースの状態を検索する場合、データベースの版管理を行うマルチバージョン同時実行制御が広く使用されている<sup>3)</sup>。また、筆者らは時間の経過に伴うデータの履歴を管理する時制データベース<sup>4-6)</sup>のうち、データが実世界で有効だった有効時間と、データベース内で有効だったトランザクション時間を管理するバイテンポラルデータベース<sup>7,8)</sup>により、

実世界の特定時間のデータを検索する際に、データの誤り訂正を反映した結果を検索できることを示した<sup>9)</sup>。

ところが、決算などの処理では指定された締切り時刻までにオンライン入力されたデータ、すなわち特定時刻現在のデータベースの状態を対象とし、誤りがあればこれを訂正した上で処理が行われる。この場合には、特定の時刻現在のデータに、それ以降の訂正を反映する必要があるためマルチバージョン同時実行制御では対応できない。さらに、バイテンポラルデータベースでも、実世界の状態がデータベースに反映されるまでに時間を要するシステムでは対応できないという課題がある。

本研究では、このような場合でもオンライン入力と並行してバッチ処理を実行するための方式として、訂正検索方式を提案する。本方式では、トランザクション時間を管理するトランザクション時間データベース<sup>4)</sup>において、締切り時刻現在の状態に、検索を行う時刻までに発生した訂正を反映する。これにより、オンライン入力の影響を受けずに、訂正を反映したデータベースの状態を検索できることを示す。さらに、これを基幹系システムに実装し、夜間のバッチ処理を削減できるというシステム運用上の効果を確認した。

本論文の構成は以下の通りである。2節で本論文の解決しようとする課題を述べ、3節で課題を解決するための検索方式を示す。4節で基幹系システムにおける適用事例を述べ、5節で適用結果を評価し、6節で考察する。

## 2. バッチ処理におけるデータベース検索上の課題

### 2.1 基幹系システムにおけるバッチ処理の構成

基幹系システムでは、データベースにおけるトランザクション処理の一貫性制御や、業務プログラムによるデータのチェック機能により、オンライン入力されたデータに対する一貫性制約が維持される。しかし、大量のデータ検索

2012年3月2日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

\*\* 三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社

\*\*\* 福井工業大学 経営情報学科

\*\*\*\* 法政大学大学院 情報科学研究科

\*\*\*\*\* 東海大学 情報通信学部

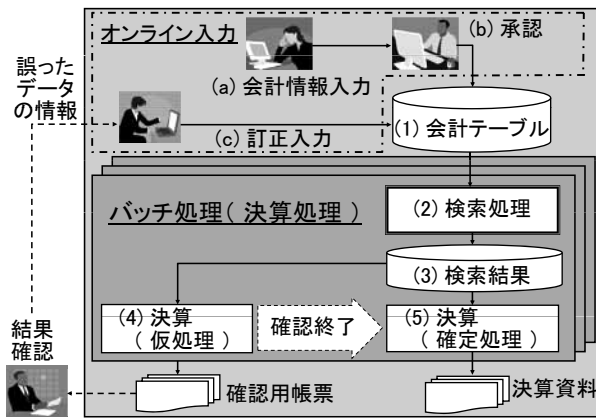


図1 バッチ処理の構成事例

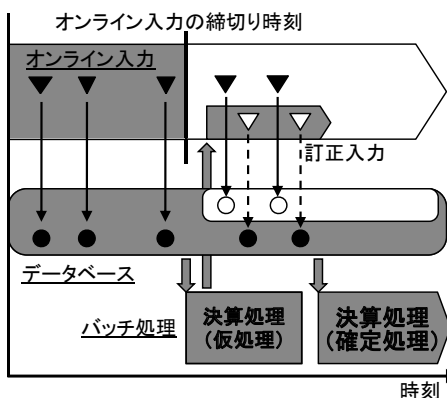


図2 決算における会計データの時系列の推移

を必要とする確認処理、例えば、実際の現金や現品と照合するための集計処理や、複数テーブル間の整合性の確認などをオンライン入力の都度行うことは効率上の課題がある。すなわち、データベースが対象とする実世界の状態を正しく反映している、という定義<sup>10-11)</sup>における一貫性の維持は困難である。従って、バッチ処理では、最初にデータベースの一貫性確認が行われる。

図1に会計システムにおける決算処理のデータフローの例を示す。会計情報入力(a)で、支払依頼や入金などの様々な会計データがオンライン入力され、承認(b)を経て会計テーブル(1)に蓄積される。これらの入力・承認は常時行われるため、月次、期、年度の決算処理では締切り時刻が設定され、検索処理締切り時刻までに入力されたデータを対象にして検索処理(2)が行われて検索結果(3)が抽出される。次いで、検索結果に対して仮の決算処理(4)で確認作業が行われ、データ誤りが検出された場合には訂正入力(c)が行われて、処理(2)、(4)が再実行される。こうして確認が完了した後に、確定処理(5)により決算資料の作成が行われる。

ここで、このバッチ処理をオンライン入力と並行して実施するためには、図1のバッチ処理における検索処理(以下、バッチ検索処理と記載)をオンライン入力の影響を受けずに実行できることが必要になる。すなわち、訂正入力

(1) 即時入力の場合の検索対象データ

ID	Va	Vd	Ta	Td	金額	検索対象
001	4/19	4/20	4/20	4/21	1,000	
001	4/19	4/20	4/21	now	1,500	●
002	4/20	4/21	4/21	now	3,000	

(2) 入力遅れのある場合の検索対象データ

ID	Va	Vd	Ta	Td	金額	検索対象
001	4/19	4/20	4/21	now	1,500	●
002	4/19	4/20	4/21	now	3,000	●

図3 バイテンポラルデータベースにおける訂正の検索

が行われた場合であってもバッチ検索処理において、業務で発生するオンライン入力データと、訂正で発生するオンライン入力データを識別し、締切り時刻以降は訂正データのみを検索対象とする必要がある。

図2に、図1の決算処理におけるデータの状態を時系列で示す。決算処理では図2の締切り時刻までに入力されたデータを対象に、仮処理としてデータの確認が行われ、データ誤りの訂正後に決算処理の確定処理が行われる。ここで、図2で「▼」は通常の業務入力を、「▽」は訂正入力を示す。また、「●」、「○」はデータベースに蓄積されたデータであり、このうち、●が締切り時刻以前の業務入力および、それに対する訂正入力データを示す。締切り時刻以降に入力されたデータについては、締切り時刻前に入力されたデータの訂正入力のみを抽出し、締切り時刻現在のデータベースの状態に反映した検索結果が決算処理の対象となる。すなわち、図2の事例では、データベースのデータのうち、●のデータが確定処理の対象になる。

## 2.2 従来のデータベース検索方式における課題

従来のマルチバージョン同時実行制御では時刻の推移によってデータベースの版が管理される。従って、データの訂正を伴うバッチ検索処理へ適用した場合には、締切り時刻以降の入力に対して通常の業務入力と訂正入力が区分されない。すなわち、図2において○で示される、締切り時刻以降の業務入力データも検索対象になってしまうという課題がある。

この課題に対し、我々はバイテンポラルデータベースを実際の基幹系システムに適用することにより、業務システムのオンライン入力中であっても、訂正のみを反映したバッチ検索処理が可能であることを示した<sup>9)</sup>。バイテンポラルデータベースでは有効時間とトランザクション時間の双方の時間が管理され、一度追加されたデータは履歴として残される。すなわち、データベース内と実世界の双方の履歴が蓄積される<sup>5,6)</sup>。これらの時刻は、例えば企業の人事管理システムであれば有効時間は該当職位に在職した時間、トランザクション時間はそれがデータベース内で有効であった時間となる。なお、これらの時間を、いずれも管理しないデータベースは、スナップショットデータベースと呼ばれる<sup>12)</sup>。

図3に、会計システムの旅費精算においてバイテンポラ

ルデータベースを適用し、締切り時刻を4月20日として訂正データを検索した例を示す。図で、 $[V_a, V_d]$ は有効時間の時区間、すなわち出張期間を、 $[T_a, T_d]$ はトランザクション時間の時区間、すなわちこの伝票がシステムに存在した時区間を示す。なお、時刻は1日単位としている。4月20日にID=001のデータが入力され、4月21日にこのデータの金額訂正と、新たにID=002のデータの入力が行われた。ここで、旅費精算データの集合を $D = \{d\}$ とし、有効時間 $t_v$ とトランザクション時間 $t_t$ を指定したとき、

$$D1 = \{d | d \in D \wedge t_v \in [d[V_a], d[V_d]] \wedge t_t \in [d[T_a], d[T_d]]\} \quad (1)$$

なるデータが指定した時間のスナップショットとして検索される。ここで、 $d[V_a]$ 、 $d[T_a]$ は各々データ $d$ における属性 $V_a$ 、 $T_a$ の値を、「[ ]」は時間の半开区間を示す。

従って、図3の(1)に示すように、 $t_v = 4$ 月19日、 $t_t = 4$ 月21日を指定することにより、訂正後のID=001のデータが検索され、ID=002のデータは検索対象外となる。ここで、「now」<sup>13,14)</sup>は時間の推移と共に変化する現在時刻を示す。従って、 $d[T_d] = now$ の場合、現在時点でデータは有効となる。

ところが、実際の業務では実世界の状態は必ずしも即時にデータベースに反映されるとは限らない。図3の(2)に、(1)のID=002の出張の有効時間が[4/19, 4/20]であり、旅費精算の入力が遅れて4月21日に入力された場合を示す。この場合には、式(1)の条件に合致してしまい、締切り時刻以降の業務による入力であるにもかかわらず検索対象になってしまうという課題がある。さらに、対象とする業務によっては有効時間を管理する必要がないものがある。例えば、ペーパーレスの流れの中では会計システムにおける購入や支払の伝票はシステムで管理され、実世界における伝票、すなわち帳票としての伝票の運用は少なくなる。従って、伝票の有効時間を管理するバイテンポラルデータベースの適用は非効率である、という課題がある。

### 3. データ訂正を反映した検索方式の提案

本節では、オンライン入力中であっても、指定時刻までに入力されたデータに対する訂正を反映した結果を得るための検索方式として、訂正検索を提案する。

#### 3.1 訂正検索

訂正検索はトランザクション時間を管理するデータベース、すなわちトランザクション時間データベースを対象とする。トランザクション時間データベースのリレーション $R$ は

$$R(K, T, A) \quad (2)$$

で表現される<sup>11)</sup>。各々の属性を以下に示す。

$$\bullet K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$$

指定したトランザクション時間のスナップショット

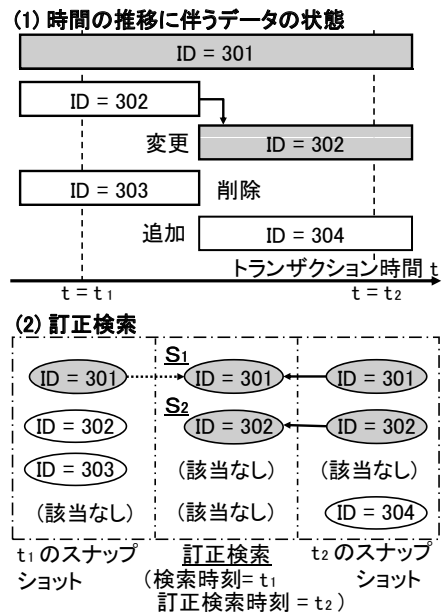


図4 訂正検索による検索事例

における主キー属性集合を示す。

$$\bullet T = \{T_a, T_d\}$$

トランザクション時間の時区間属性で、ユーザには公開されない。 $T_a$ は該当データがデータベースに追加された追加時刻、 $T_d$ はデータが論理的に削除された削除時刻を示す。データが削除されていない場合には $T_d$ の属性値はnowで表現される。

$$\bullet A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$$

その他の属性集合を示す。

トランザクション時間データベースでは、過去の任意の時刻におけるスナップショット、すなわちデータベースの状態を検索できる。指定時刻を $t$ としたとき、このスナップショットのデータの集合 $Q(t)$ は以下の式で表現される。

$$Q(t) = \{q | q \in R \wedge q[T_a] \leq t \wedge t < q[T_d]\} \quad (3)$$

ここで、 $q[T_a]$ は $q$ の属性 $T_a$ の属性値集合を示す。訂正検索は締切り時刻 $t = t_1$ のスナップショットに加え、データ訂正後の時刻 $t_2$ を指定して検索を行い、 $t_1$ のスナップショットに対し $t = t_2$ までに行われた訂正を反映したものを検索結果とする。以下で、 $t_1$ を検索時刻、 $t_2$ を訂正検索時刻と呼ぶ。なお、上記の前提から、 $t_1 < t_2$ となる。

$R$ の訂正検索のリレーションは、下記の $S_1$ 、 $S_2$ の和集合 $S = S_1 \cup S_2$ で表現される。

$$\bullet S_1 : t_1 \text{ から } t_2 \text{ までに変更・削除されていないデータ}$$

$S_1$ に属するデータに対しては、 $t_1$ におけるスナップショットのデータを、そのまま訂正検索の対象にする。すなわち、該当データは時刻 $t_1$ と $t_2$ のいずれにも存在するため、以下で表現される。

$$S_1 = \{s | s \in Q(t_1) \wedge s \in Q(t_2)\} \quad (4)$$

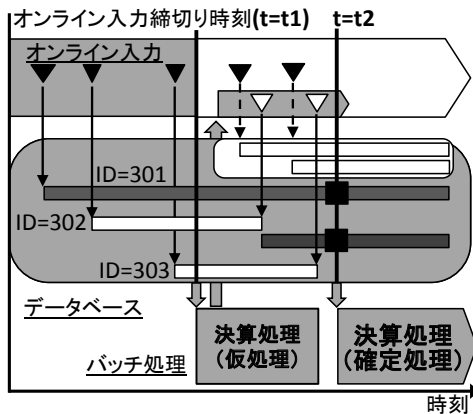


図5 訂正検索の決算処理への適用事例

・  $S_2$  :  $t_1$  から  $t_2$  までに変更されたデータ  
 変更後のデータを訂正検索の対象にする。変更前後のデータは主キー属性値集合  $r[K]$  と  $s[K]$  で対応付けられるため、該当データは式(4)で表現される。この定義から  $t_2$  までに削除されたデータは検索対象外になる。

$$S_2 = \{s | s \notin Q(t_1) \wedge s \in Q(t_2) \wedge \exists r \in Q(t_1); r[K] = s[K]\} \quad (5)$$

なお、訂正検索結果のデータはスナップショット  $Q(t_2)$  の部分集合で、通常のトランザクションによる更新結果であり、データの一貫性制約は維持されている。

訂正検索による検索の例を図4に示す。図4で、トランザクション時間  $t = t_1$  が検索時刻、 $t = t_2$  が訂正検索時刻であり、図の(1)に示すように入力されていたデータ  $ID = 301, 302, 303$  のうち、 $t_2$  までに  $ID = 302$  が変更、 $ID = 303$  が削除され、新たに  $ID = 304$  が追加される。図の(2)にこれらのデータに対する訂正検索の結果を示す。まず、式(4)により  $ID = 301$  が、また、式(5)により変更後の  $ID = 302$  が検索され、削除された  $ID = 303$ 、および新たに追加された  $ID = 304$  は検索対象外となる。

### 3.2 訂正検索の効果

訂正検索により 2.2 節の課題が解決できることを示す。図5に、図2に示した決算処理に訂正検索を適用した事例を示す。ここで、データベースのデータは図4と同様に時系列での変化を示し、また、オンライン入力の表記  $\nabla$ 、 $\blacktriangledown$  は図2と同様である。締切り時刻前に入力されたデータに対して決算の仮処理が行われ、データ確認の結果  $ID = 302$  の変更、 $ID = 303$  の削除の訂正入力が行われる。一方で、締切り時刻以降も業務データのオンライン入力は継続される。

これに対して、締切り時刻  $t = t_1$  を検索時刻、決算処理開始時刻  $t = t_2$  を訂正検索時刻として訂正検索を行った場合の検索対象データは、図の「■」時点のデータが該当する。すなわち、締切り時刻以前に入力されたデータは訂

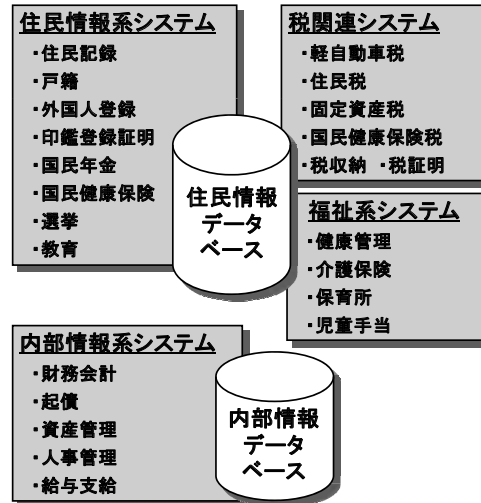


図6 自治体システムの構成

正の反映された状態が検索対象となり、締切り時刻以降に入力された業務データは検索対象とはならない。従って、オンライン入力中であっても、オンライン入力の影響を受けずに締切り時刻現在のデータベースに訂正を反映した結果を検索することができる。

## 4. 基幹系システムへの適用

訂正検索を基幹系システムである自治体システムに適用し、実際に運用した結果を示す。

### 4.1 自治体システムの概要

自治体システムは地方自治体の行政事務処理を支援するシステムであり、図6に示す様に各種の業務システムから構成される。大きくは以下の様に区分される。

- (a) 住民情報系システム：住民票、印鑑登録証明などの住民の台帳管理、証明書発行業務
- (b) 税関連システム：自治体管掌地方税の課税、徴収事務および税証明の発行業務
- (c) 福祉系システム：保育所、児童手当などの資格管理、徴収、支給事務などの福祉行政業務
- (d) 内部情報系システム：人事管理、給与支給、財務会計事務などの、自治体内部業務

各業務システムでは届出や申告が窓口で受け付けられてオンライン入力され、データベースに蓄積される。また、大量のデータ検索を伴う処理は、定期、あるいは随時のバッチ処理として処理される。

### 4.2 バッチ処理の運用事例

適用システムにおけるバッチ処理の運用事例として、4.1 節 (b) に示した税関連システムの軽自動車税における修正を事例として以下に示す。軽自動車税は、住民が所有する軽自動車に対する税であり、住民の申告に基づき 4 月 1 日を基準日として一定期間後に課税が行われる。修

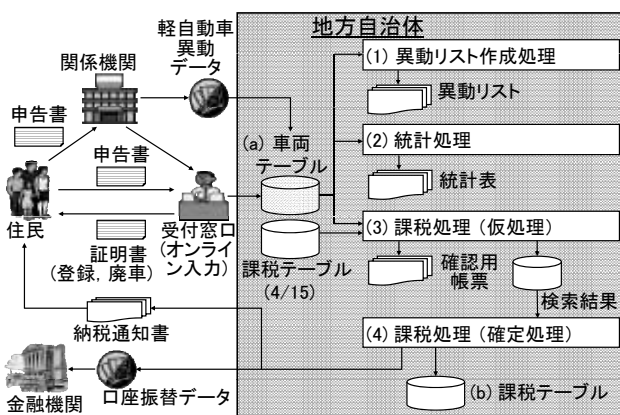


図7 軽自動車税の修正業務

(a) 車両テーブルのデータ (4/15)

ID	異動日	所有者	異動事由	Ta	Td
001	1/1	軽自太郎	新規登録	1/10	now
002	1/1	廃車次郎	新規登録	1/10	now
003	1/1	譲渡三郎	新規登録	1/10	now

(b) 車両テーブルのデータ (5/16)

ID	異動日	所有者	異動事由	Ta	Td	(A)	(1)	(2)	備考
001	1/1	軽自太郎	新規登録	1/10	now	*	*		
002	1/1	廃車次郎	新規登録	1/10	now	*	*		
002	3/31	廃車次郎	廃車	4/20	5/16				訂正前
002	4/1	廃車次郎	廃車	5/16	now		*	*	訂正後
003	1/1	譲渡三郎	新規登録	1/10	now	*	*		
003	4/1	購入四郎	購入	4/20	5/16				購入一取消
004	4/1	新規五郎	新規登録	4/20	now		*	*	
005	4/1	追加六郎	新規登録	5/16	now				締切り後

図8 異動リスト作成処理における訂正検索

ID	異動日	所有者	異動事由	Ta	Td	(A)	(B)	(1)	(2)
001	1/1	軽自太郎	新規登録	1/10	5/16	*			
002	1/1	廃車次郎	新規登録	1/10	now	*	*	*	
002	3/31	廃車次郎	廃車	4/20	5/16				
002	4/1	廃車次郎	廃車	5/16	now			*	*
003	1/1	譲渡三郎	新規登録	1/10	5/16	*			
003	1/1	購入四郎	新規登録	5/16	now		*	*	
003	4/1	購入四郎	購入	4/20	5/16				
004	4/1	新規五郎	新規登録	4/20	now			*	*
005	4/1	追加六郎	新規登録	5/16	now				

図9 統計処理における訂正検索

更生業務は、その後の免除申請、申告遅れなどに伴う税額の修正や、課税誤りに対する訂正を行うものであり、軽自動車税では月次で行われる。

図7に軽自動車税の修正業務のデータフローを示す。軽自動車の所有に関する異動の申告は、取得が15日以内、廃車、譲渡が30日以内に行うことが定められており、自治体の窓口で受け付けられる他、軽自動車協会、陸運局、商店（以下、関係機関と記載）でも受け付けられて自治体に送付される。従って、実世界の異動は車両テーブル(a)に即時には反映されない。このため、修正は設定された締切り時刻までに入力された申告データを対象に行われた。ここで、自治体の窓口では、申告内容を反映した標識交付証明書や、廃車申告受付書を即時に発行する必要があり、業務時間中はオンライン入力を停止できない。従って、効率的なシステム運用には、オンライン入力中にバッチ処理を

実行できることが必要であった。

以下に4月15日の課税に対する修正について、図7に示した各々の処理におけるバッチ検索処理を示す。なお、以下の説明では、修正の締切り時刻を5月15日、バッチ処理の時刻を5月16日としている。

#### 4.2.1 異動リストの作成処理

図7(1)の異動リスト作成処理では、申告データが正しく入力されていることを確認するために異動リストを出力する。軽自動車税のオンライン入力は、申告による異動と、入力などの誤りに対する訂正に分けられた。図8の(a)に4月15日現在、(b)に5月16日までの申告による異動、および訂正を入力した車両テーブルの状態を示す。車両テーブルでは、式(2)のトランザクション時間以外の主キー属性集合は、 $K = \{\text{車両番号}, \text{異動日}, \text{所有者}\}$ となる。なお、車両番号は図では「ID」で示し、トランザクション時間 $T_a$ 、 $T_d$ は月日のみを示している。

申告に基づくオンライン入力として、車両番号002の廃車（異動日：3月31日）、003の譲渡に伴う購入、004、005の新規登録が入力されている。一方、訂正はシステム内の操作であるため、削除の場合には終了時刻 $T_d$ に削除された時刻が追加され、変更の場合には、さらに訂正後のデータが追加される。図では、5月16日に訂正によりID=002の異動日の変更、ID=003の譲渡の削除が行われている。

異動リストは4月16日から5月15日までの申告による異動を記載した帳票である。従って、検索するデータは訂正を反映した4月16日から5月15日までの異動となる。図8(b)の(A)欄に4月15日のスナップショット、(1)欄に検索時刻が5月15日で訂正検索時刻が5月16日の訂正検索結果の該当データを示す。また、(2)欄に(1)欄の該当データのうち4月16日以降の追加分のデータを示す。(2)欄ではID=002,003に対する5月16日の訂正が反映され、かつ5月16日に入力された異動ID=005は反映されない。

すなわち、訂正検索により、異動リストに掲載すべき訂正を反映した4月16日から5月15日までに入力された異動データが検索できた。

#### 4.2.2 統計処理

図7(2)の統計処理では、5月15日現在の登録車両台数の統計表を出力する。この時、4月15日の統計表との差異が4.2.1節の異動リストと整合するか確認することで、データの誤りを検出する。しかし、4月15日以前の入力データに対する訂正が発生した場合には、これらが整合しなくなる。

図9に、図8に示す状態から、さらに4月1日に入力済であったデータの訂正としてID=001の削除、ID=003の変更を行った例を示す。(A)、(1)、(2)欄は図8と同様の項目であるが(1)欄は上記の訂正の入力後の状態となる。(B)欄は検索時刻が4月15日、訂正検索時刻

が5月16日の訂正検索の該当データを示す。4月15日のスナップショットの(A)欄と5月15日の訂正検索結果(1)欄の差異は、異動リストの(2)欄と整合しない。しかし、4月15日の訂正検索結果である(B)欄を使用することにより、(B)欄と(1)欄の差異ID = 002, 004を異動リストの(2)欄に整合させることができた。

#### 4.2.3 課税処理

課税処理では5月15日時点の税額を計算し、4月15日の課税処理の税額から減額されている場合には還付を、増額されている場合には追加徴収を行う。手順としては、図7(3)の課税処理(仮処理)による確認を行った上で、(4)の課税処理(確定処理)で課税テーブル(b)の更新、および住民へ送付する納税通知書と金融機関へ送付する口座振替データを出力する。

図9の例では、修正の対象は(A)欄の4月15日現在の状態と、(1)欄の5月15日の訂正検索結果の差異になる。すなわち、ID = 001は課税取消しによる還付、ID = 002は基準日(4月1日)で廃車されていることによる還付、ID = 003は所有者訂正により旧所有者への還付、新所有者の追加徴収、ID = 004は申告遅れによる追加徴収が行われた。

すなわち、基準日における訂正を反映しないスナップショットと、修正時点の訂正検索結果の差異を使用することにより、追加徴収、還付の対象を把握することができた。

#### 4.3 訂正検索の実装

3.1節に示したように、訂正検索はトランザクション時間データベースを対象とする。トランザクション時間データベースは、商用のリレーショナルデータベースを使用して、テーブル毎に業務における必要性に応じて追加時刻、削除時刻を付加し構成した。ここで、トランザクション時間の単位はデータベース上の主キー属性となるため、データの更新頻度から設定する必要がある。本システムでは画面からのデータ入力に数秒を要することから、1秒単位とした。なお、トランザクション時間や、これに伴うデータ

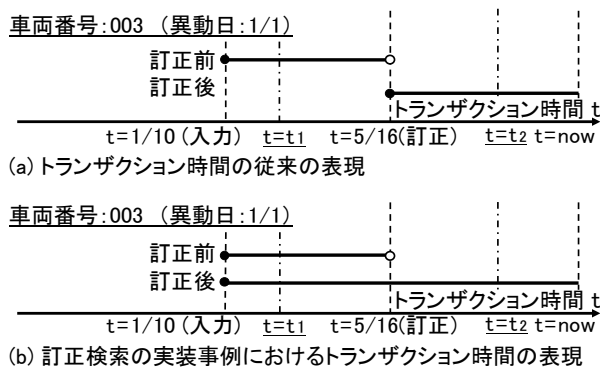


図10 トランザクション時間の実装

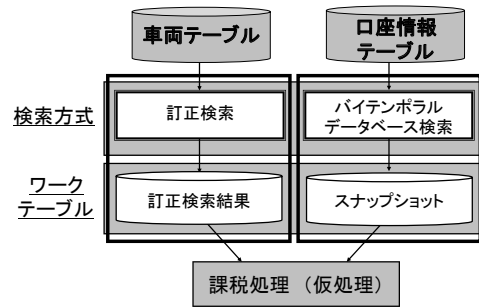


図11 他の検索方式との併用

の履歴はユーザには非公開とし、ユーザからは検索時点の最新の状態のみが検索できる構成にした。

なお、軽自動車税の業務では関係機関からの送付データはオンライン入力の他に、媒体での一括入力も併用した。この場合には、入力データの追加時刻は媒体毎に同一時刻としてデータベースに追加する方式とした。これは、データベースへの個々のデータの挿入に関するコミットを一括して行ったことによる。

トランザクション時間によりデータの変更履歴を表現する場合、従来は図10の(a)に示すように変更後のデータは変更時刻を追加時刻としていた。訂正検索の実装では訂正前後のデータを対応付ける必要があり、従来の表現では検索が複雑化する。この問題に対しては、図10の(b)に示すように、変更前のデータの追加時刻をそのまま変更後のデータの追加時刻とする形式の表現で実装した。

なお、トランザクション時間データベースでは履歴を管理するため、トランザクション時間をテーブルの主キー属性に追加する必要がある。この属性は、いずれの表現においても削除時刻 $T_d$ を使用した。これは、新規に追加されるデータは全てが $T_d = now$ であるため、キー制約を利用して重複データの入力を抑止する機能を容易に実装できることによる。

また、実際の業務システムでは、さまざまな条件でのデータベースの検索が必要になる。例えば、軽自動車税の納税は納税通知書あるいは口座振替によって行われるが、口座振替に関する口座情報、およびその口座の使用期間は住民の依頼に基づく。すなわち、例えば4月からの口座振替開始が車両登録の際などに事前に依頼されるため、繁忙期の入力を避けるためには依頼時点で登録しておく必要がある。これは実世界の有効期間情報であるため、図3に示すバイテンポラルデータベースの構成で実装する必要があった。また、時系列にデータを管理する必要のないマスターデータは、スナップショットデータベースの構成とし、マルチバージョン同時実行制御により検索した。このように、業務によりテーブルの構成が異なるため、さまざまな検索結果を統合し、帳票などの最終的な成果物を作成する必要があった。

このため、適用システムではバッチ処理の中間ファイルはデータベースのワークテーブルで構築し、データベース



(1) 従来のバッチ処理の運用

処理の区分	業務時間	夜間	業務時間	夜間
オンライン入力	→		→	
バッチ処理1	→		→	
バッチ処理2	→		→	
バッチ処理3 (*)		→		→
バッチ処理4 (*)		→		→

(2) 訂正検索を付加したバッチ処理の運用

処理の区分	業務時間	夜間	業務時間	夜間
オンライン入力	→		→	
バッチ処理1	→		→	
バッチ処理2	→		→	
バッチ処理3 (*)		→		→
バッチ処理4 (*)		→		→

(\*) は入力遅延のあるデータを対象にするバッチ処理

図 12 訂正検索処理による夜間バッチの削減

(1) 従来のバッチ処理の運用

処理の区分	業務時間		
オンライン入力	入力1	入力2	入力3
バッチ処理 (入力1)	→		
バッチ処理 (入力2)		→	
バッチ処理 (入力3)			→

(2) 訂正検索を付加したバッチ処理の運用

処理の区分	業務時間		
オンライン入力	入力1	入力2	入力3
バッチ処理 (入力1)	→		
バッチ処理 (入力2)		→	
バッチ処理 (入力3)			→

図 13 連続オンライン入力における作業時間短縮

の検索処理だけでなく、それ以降の処理でもデータベースの検索機能を使用して効率的な処理を行う構成にした。例えば、上記の軽自動車税の納税通知書については、図 11 に示すように、車両テーブルは訂正検索で、口座情報はバイテンポラルデータベースのスナップショットで個別に検索し、仮処理でデータベースの検索機能を利用してこれらの検索結果を結合する構成とした。

5. 評価

5.1 バッチ処理の運用の評価

実際のシステム運用においても、訂正検索により 2.2 節に示した課題が解決できた。図 2 のオンライン入力中のデータ訂正に関しては、訂正検索により修正処理で必要になった以下の訂正と再検索を全て行うことができた。

- 異動リスト作成処理：訂正を反映した、前回の締切り時刻から今回の締切り時刻までの入力データの再検索。
- 統計処理：訂正を反映した、前回締切り時刻での再検索と今回締切り時刻での再検索。
- 修正処理：前回締切り時刻での再検索と、訂正を反映した今回締切り時刻での再検索。

また、申告の遅れや、関係機関を経由した申告により、入力の遅れるデータが発生したが、訂正検索は締切り時刻までに入力されたデータを検索対象とする方式のため、入力の遅れはバッチ検索処理の問題にはならなかった。

適用システムでは図 7 に示すように、業務時間中は窓口

で受付けた情報をオンライン入力し、即時に証明書などが発行される。従って、業務中はオンライン入力を停止できない。一方で訂正を伴うバッチ処理は、入力遅れのデータがある場合には従来はオンライン入力中に実行できないため、オンライン入力の時間帯を避けて実行する必要があった。このようなバッチ処理は、図 12 の(1) に示すように、業務時間終了後に夜間バッチとして実行されていた。適用システムでは図 12 の(2) に示すように、訂正検索により翌日以降の業務時間内に実行する運用が可能になったため、夜間バッチを削減できた。

さらに、業務によっては特定の期間に大量のデータ入力が発生する。例えば、軽自動車税では課税前の 2 月から 3 月に関係機関や住民の申告が行われ、システムへの入力作業のピークになる。業務としては、オンライン入力とバッチ処理による確認が繰り返されるが、従来は図 13 の(1) に示すようにバッチ処理完了後に次の入力を行う必要があった。訂正検索により、図 13 の(2) に示すようにオンライン入力を中断することなく、トランザクション時間により入力された期間を指定してバッチ処理を行うことが可能になった。この結果、オンライン入力とバッチ処理を並行して実行し、作業時間を短縮することができた。

5.2 実装に関する評価

訂正検索は、図 4 に示すように検索処理に実装されるため、テーブルやオンライン入力処理の変更は不要だった。さらに、トランザクション時間を図 10 の形式で実装した結果、訂正検索の機能を容易に実装できた。例えば、図 9 の訂正検索は、式(6)に示す SQL で容易に検索できた。このような実装により訂正検索による性能上の問題は発生しなかった。

`select * from 車両テーブル`

`where r[Ta] < 5/16 and r[Ta] = now` (6)

また、実際の業務運用では、業務によりさまざまな条件でデータベースを検索する必要がある。これに対しては、ワークテーブルによる実装により、図 11 に示すように業務の必要に応じてテーブル毎に適切な検索方法を選択することができた。

5.3 適用に関する評価

適用システムにおいて、訂正検索を適用したテーブル件数、および適用割合を表 1 に示す。トランザクション時間による履歴管理を行う必要があるテーブルには追加時刻 T<sub>a</sub> を付加し、このうち訂正の発生するものに削除時刻 T<sub>d</sub> を付加した。従って、表 1 の T<sub>d</sub> 欄が訂正検索の適用割合になる。ここで、行番号は 4.1 節の業務区分に対応している。なお、以下のテーブルは除いている。

- パラメータ、コードなどを格納したマスタ・テーブル
- 一時的なデータを保存したワークテーブル

表1 訂正検索の適用割合

No	業務区分	テーブル数	Ta	Td
(a)	住民情報系	36	32 (89%)	18 (50%)
(b)	税関連	72	58 (81%)	31 (43%)
(c)	福祉系	40	37 (93%)	24 (60%)
(d)	内部情報系	63	42 (67%)	8 (13%)
	総計	211	169 (80%)	81 (38%)

・ 集計結果などの導出データのテーブル

追加時刻を持つテーブルは全体の80%であり、訂正検索の適用割合は38%、すなわち履歴管理を行うテーブルの約半数が対象になった。また、適用割合は業務の区分により大きく異なり、内部情報系システム以外では43%から60%のテーブルに適用されたが、(d)の内部情報系システムでは13%に留まった。

4.4節に示したように、実際のシステム運用ではさまざまな条件での検索が発生する。時間軸に関する検索条件に対する検索方式の評価を表2に示す。表2で、「○」は指定された条件でオンライン入力中に一貫性のある検索ができることを示す。また、「×」は一貫性のある検索ができない場合があることを示す。時間を管理しないスナップショットデータベースで指定時刻現在のデータを検索するためには、マルチバージョン同時実行制御が必要になる。ただし、訂正を伴うバッチ処理を行うためには、トランザクション時間データベース、あるいはバイテンポラルデータベースの時間属性を付加し、他の検索方式で検索する必要がある。また、指定された有効時間に関する検索にはバイテンポラルデータベースが必要になるが、図3に示すように、データの入力に遅れがある場合にはスナップショットだけでは、指定されたトランザクション時間における訂正を反映した検索ができないという課題がある。

提案した訂正検索により、この課題が解決できた。ここで、バイテンポラルデータベースにおいてもトランザクション時間を管理しているため、これらのテーブルに対しても訂正検索を適用することができた。また、有効時間はユーザが管理する必要があるため業務によって要否が決定されるのに対し、トランザクション時間はユーザには公開されない。従って、スナップショットデータベースに対しても、システム運用上の必要性に応じて実装できた。

## 6. 考察

訂正検索によって、指定時刻現在のデータベースを、それ以降の訂正を反映した状態で検索できる。これを実際のシステムに適用した結果、締切り時刻までに入力されたデータを対象とするバッチ検索処理において夜間バッチを削減する効果を確認できた。なお、従来のシステムで行われていた夜間バッチの処理時間は、例えば4万人規模の自治体で1日平均1時間半程度であった。近年は、電子申請、電子商取引などの進展で、利用者が直接オンライン入力し、かつノンストップでサービスを行う運用が拡大している。このため、バッチ処理は従来の夜間バッチからオンライン入力中への実行という運用形態に移行していく必要がある。従って、オンライン入力を停止することなくバッチ処理を実行できる訂正検索は有効であると考えられる。

さらに、ノンストップ・サービスにおけるバッチ処理では、指定された時刻までにオンライン入力されたデータを対象として処理を行う必要がある。この時、誤ったデータに対しては訂正入力を行った上で再処理を行うため、業務による入力データと、誤り訂正による入力データを分けて管理する必要がある。訂正検索では訂正のみを検索結果に反映するため、締切り時刻までに入力された業務の異動データを対象として、訂正入力とバッチ検索処理による確認を繰り返し行う運用が可能になった。

また、訂正検索はトランザクション時間を管理するテーブルに適用できる。従って、バイテンポラルデータベースによって訂正を反映した検索を行う方式に比較した場合、有効時間を管理する必要がないため、より広い範囲に適用可能であると考えられる。さらに、適用システムの運用では実世界の状態が即時にシステムに入力されないだけでなく、他システムから受領したデータの入力で、バッチ処理による一括入力も併用された。訂正検索は、このようなデータ入力の運用にも適用できることが分かった。

実際の業務システムでは、業務の内容によりさまざまなデータ管理、およびデータに対する検索が必要になる。従って、個々の処理の中でも複数の方式による検索結果を統合し、最終的な出力結果を得られることが重要になる。特に、履歴を含むデータベースに対しては検索処理が複雑化するため、個々の検索を単純化した上で、これらの検索結果を統合した処理を行う必要があった。この点で、トラン

表2 検索条件による適用の評価

データベースの区分	検索方式	オンライン入力中の検索結果		
		指定時刻の検索結果	指定有効時間での訂正を反映した検索	指定トランザクション時間での訂正を反映した検索
スナップショットデータベース	マルチバージョン同時実行制御	○	×	×
バイテンポラルデータベース	スナップショット	○	○	×
トランザクション時間データベース	訂正検索	○	×	○

ザクション時間の追加時刻を最初の追加時刻とした実装や、中間ファイルをワークテーブルとしてデータベースの機能を活用しながら段階的にデータを処理していく方式は有効であると考えられる。

テーブル毎の訂正検索の要否は、表 1 に示すように業務の区分によって大きく異なった。内部情報系システム以外では、軽自動車税に示すように実世界の申告書に基づくデータを扱うため、申告書の入力による異動と入力誤りなどの訂正を分けて管理する必要があった。一方、内部情報系システムでは社内業務のため両者を分けておらず、例えば、一旦決裁された伝票に対しては、新たな伝票発行による精算によって訂正する運用が行われた。すなわち、訂正検索は実世界の異動と、内部処理の訂正を分けて管理する必要がある場合に有効であると考えられる。

## 7. むすび

インターネットの進展によるノンストップ・サービスの広がりにより、指定時刻までに入力されたデータを対象としてバッチ処理を行う運用が広く行われている。しかし、データの訂正が発生する場合には、従来のマルチバージョン同時実行制御や、バイテンポラルデータベースのスナップショットによる検索では、バッチ検索処理で一貫性のある結果を得られない場合があった。

本論文では、指定時刻までに入力されたデータに対して、指定時刻現在の検索結果に、それ以降の訂正を反映する訂正検索を提案した。さらに、これを基幹系システムに適用し、実際のシステム運用でも夜間バッチ処理を削減する効果があることを確認した。

今後の課題としては、オンライン入力とバッチ処理による大量のデータ更新を同時に実行し、データ更新に伴う夜間バッチ処理を削減するための更新方式の実現がある。

## 参考文献

- 1) 喜連川優 (監訳), J. Gray and A. Reuter (著), *トランザクション処理 - 概念と技法 - (上)* (日経 BP 社, 東京, 2001), pp. 262.
- 2) 大和田尚孝, 渡辺 享靖, 小原 忍, “解体! レガシー・バッチ”, *日経コンピュータ*, No. 659 (2006), pp.32-47.
- 3) P. A. Bernstein and N. Goodman, “Multiversion Concurrency Control-Theory and Algorithms”, *ACM Trans. on Database Sys.*, Vol. 8, No. 4 (1983), pp. 465-483.
- 4) C. S. Jensen and R. T. Snodgrass, “Temporal Data Management”, *IEEE Trans. knowledge and Data Eng.*, Vol. 11, No. 1 (1999), pp. 36-44.
- 5) C.S. Jensen, C.E. Dyreson and et al. “The Consensus Glossary of Temporal Database Concept – February 1998 Version”, *Temporal Database: Research and Practice, Lecture Notes in Computer Science 1399* (Springer-Verlag, 1998), pp. 367-405.
- 6) R. Snodgrass and I. Ahn, “Temporal Databases”, *IEEE COMPUTER*, Vol. 19, No. 9 (1986), pp. 35-42.
- 7) N. Edelweiss, P. N. Hübler, M. M.Moro and G.Demartini: “A Temporal Database Management System Implemented on top of a Conventional Database”, *Proc. XX International Conference of the Chilean Computer Science Society*, (2000), pp. 58–67.
- 8) G. Özsoyoğlu and R. T. Snodgrass, “Temporal and Real-Time Databases: A survey”, *IEEE Trans. knowledge and Data Eng.*, Vol. 7, No. 4 (1995), pp. 513-532.
- 9) T. Kudou, M. Ishino, K. Saotome, N. Kataoka and T.Mizuno, “Implementation of Integrity Maintenance Method of Query Result by Bitemporal Database”, *International Journal of Infomatics Society*, Vol. 1, No.1, (2009), pp. 16-26.
- 10) A. Motro, “Integrity = validity + completeness”, *ACM Trans. on Database Sys.*, Vol. 14, No. 4 (1989), pp. 480-502.
- 11) 増永良文, *リレーショナルデータベース入門 - データモデル・SQL・管理システム -* (共立出版, 東京, 2003), pp. 26, 39.
- 12) L. Shrira and H. Xu: x SNAP, “Efficient Snapshots for Backin-Time Execution”, *Proc. 21st International Conference on Data Eng.*, (2005), pp. 434-445.
- 13) L. Bækgaard and L. Mark, “Incremental Computation of Time-Varying Query Expressions”, *IEEE Trans. Knowledge and Data Eng.*, Vol. 7, No. 4 (1995-8), pp. 583-590.
- 14) B. Stantic, J. Thornton and A. Sattar, “A Novel Approach to Model NOW in Temporal Databases”, *Proc. 10th International Symposium on Temporal Representation and Reasoning and Fourth International Conference on Temporal Logic*, (2003), pp. 174-180.



**NEUROSCIENCE, PSYCHOLOGY AND THE TEACHING OF VOCABULARY**

Adam Jenkins\*

**ABSTRACT**

The field of cognitive neuroscience has advanced to the stage where inferences can be made as to how vocabulary knowledge is stored in semantic networks in the brain. This paper is a demonstration of how research from the fields of psychology and cognitive neuroscience can be applied to language teaching pedagogy and in particular, vocabulary.

脳の中のセマンティックネットワークに、語彙知識がどのように蓄えられていくのかが、認知神経科学の分野において推測出来るようになった。この論文では認知神経科学や心理学の研究成果を語学教育、特に語彙分野に応用する方法を実証する。

**Key words:** vocabulary, psychology, language, teaching, neuroscience

The brain has been called “the most complex system in the universe” (Başar & Karakaş, 2006, p. 194). Indeed, most of the ways in which our brains give rise to mental life remain unknown. One question of particular interest revolves around how the brain is able to process language. Recent improvements in technology are beginning to allow us new insights into its workings (Dörnyei, 2009). Research from several fields of study is uncovering how language and vocabulary are stored. This research has implications for second language acquisition and language teaching in the analysis and critical evaluation of language learning and teaching strategies. This paper is intended as a brief exploration of the concept of semantic networks drawing on research from the domains of psychology, linguistics and cognitive neuroscience with a view to applying it to the critical evaluation of methods used to teach vocabulary in EFL contexts.

**Vocabulary in the brain**

The human brain is a highly connected and

tightly packed body of cells that are responsible for the storage and processing of information. Exactly how the brain does this, for the most part remains a mystery. However, several advances have been made towards understanding how the brain works. As Gazzaniga, Ivry and Mangun describe, “The gray matter forms a continuous cortical sheath enshrouding a seemingly homogeneous mass of white matter” (2002, p. 64). This crude anatomical observation can be taken a step further when considering the difference between gray and white matter. The gray matter appears to be more responsible for information storage with white matter engaged in information transmission. This shows that at least two operations are critical to the brain functioning, the storage and transmission of information.

In his analysis, Caramazza (1996) describes a model of vocabulary in the brain organised by a series of interconnected nodes. He describes these nodes on three level. The “semantic features” level holds the conceptual features of the word, the “lexical nodes” hold the lexical

---

\* Received March 2, 2012

\*Center for Student Education Resource

items (i.e., the words), and the “phonological segments” level where the word is linked to its respective phonology (Caramazza, 1996, p. 485). This node-based model is misleading in that the concept of a *node* suggests a discrete set of neurons dedicated to the storage of a particular vocabulary item. In reality there appear to be no physical boundaries between words although words with similar attributes can be found in close proximity in the brain (Damasio, Grabowski, Tranel, Hichwa, & Damasio, 1996). Although there appear to be no discrete nodes that relate to single lexical items, on a larger scale, it appears that the neural representations of the mental lexicon are organised in a logical way. Evidence for this comes from both studies in patients with brain lesions and brain imaging studies (Damasio et al., 1996). One study found that some concrete vocabulary items are stored in various parts of the temporal pole and inferior temporal lobe. Patients who had lesions to these areas presented symptoms of anomia that was limited to a specific category: either the names of persons, animals, or tools (Damasio et al., 1996). The neural requisites for the naming of the stimuli presented was further supported in the same study by Positron Emission Tomography (PET) scan data from individuals who had no brain lesions. Furthermore, although the patients with lesions could not name the stimuli, they were able to provide functional descriptions of the stimuli presented. This shows that the patients did possess knowledge of what they were perceiving despite their inability to assign a word to the stimulus (Damasio et al., 1996).

Further evidence supports the view that vocabulary is stored in the brain in a semantic network. In a study by Deese (1959), subjects were presented with a list of words and later asked to recall as many words as they could. Deese (1959) recorded regularity in verbal intrusions when asking subjects to recall words from the test list. If several words were of a similar semantic category, during recall, subjects reported words that did not appear on the test list but were semantically related to words that did appear on the test list (Deese, 1959). Another study found that by giving subjects a test list filled with word associates to

a particular target word, subjects incorrectly recalled the target word as being on the list (Roediger & McDermott, 1995). These studies suggest that in the semantic network of these subjects, words are stored in close proximity. For example, the words *meow*, *fur*, *tail*, and *paw*; would be stored in close proximity to the word *cat*. If you were to present any one of these words, you would have a small chance of eliciting the target word. However, in the study by Roediger and McDermott (1995), multiple words were used with each word activating the semantic network a little, but with the cumulative effect being the activation of the neural representation of the target word to the degree that it was recalled as a false memory. The reason that this phenomenon is possible is because of the spreading activation across the semantic network. Although the words in the lists may not sound similar, there are several shared semantic elements in each of them. This evidence suggests that vocabulary is stored in the brain in an organised way, sharing semantic assets with other vocabulary items.

Some other links present in the mental lexicon relate to how vocabulary items are used to produce language. Levelt (1993) has suggested that the mental lexicon has grammatical features embedded in the representations of words. For example, whether a word is a verb or a noun would be a label assigned to the vocabulary item. It is beyond the scope of this paper to go into lengthy discussion about the grammatical aspects of vocabulary, however it is important to note that the connections of vocabulary items to both meaning and the mechanisms for explicit communication (reception and production) are also important aspects for consideration in any model of the mental lexicon.

It is also important to recognise the differences between first and second language learners' acquisition of vocabulary. The main difference is that whereas first language learners are building their semantic networks from a zero starting point, second language learners already possess a functioning set of semantic networks from their first language. For the purposes of this discussion, the important consideration is that new vocabulary will to some degree

become mapped onto the existing semantic networks resulting in the observable phenomenon of L1 transfer.

### **Implications for language education**

The discussion thus far has several implications for language teaching. First, there is the notion that vocabulary teaching methods should attempt to expand the learner's semantic network building associations between the words and their meanings and contexts. Pedagogically, this supports the teaching of vocabulary in lexical sets organised by meaning. Language courses that have lessons with themes and a topic for that lesson are an attempt to achieve this goal and such organization is commonplace in modern textbooks. The second notion is that vocabulary should not be stored in the brain as an outlying branch of the L1 semantic network. The implication is that simply associating an L2 vocabulary item to a corresponding L1 word will not be sufficient for second language acquisition. Such learners would be able to translate words well but could be expected to fail at tasks requiring deeper processing of the semantic features of the L2 vocabulary.

It is not my intention to propose a new brain-based method for the teaching of vocabulary. Instead, I would like to focus on the critical evaluation of existing methods from a non-traditional viewpoint. Alferink & Farmer-Dougan (2010) have argued against assertions that neuroscience will lead to a new *neuroscientific* pedagogy and that evidence from the neurosciences support existing teaching practices. The analysis below is an attempt to evaluate two existing methods of vocabulary instruction based on evidence from the neurosciences regarding the development of the L2 learners' semantic networks. First, the use of vocabulary lists/flashcards will be analyzed. Following this, the vastly different approach of extensive reading will be examined and the claim that extensive reading is beneficial to vocabulary acquisition, explored.

### **Word lists/Flashcards and Extensive Reading**

Word lists link the meaning of a target word in the L2 to a reference word in the L1. In a word

list there are usually several words presented with their L1 correlates. Flashcards work on a similar principle with the target and reference words appearing on opposite sides of the same card. If the target-reference word link is the only link made, then the target word will be attached to the semantic network as an outlying branch. This can be the beginning of the process of learning the target item however, without the L1 word as a stimulus, we can expect that target word recall will be difficult. However, there are ways in which the effectiveness of word lists and flashcards can be enhanced, such as arranging the words into lexical sets. Lexical sets promote the development of a semantic network by allowing connections to be made between these words. Additionally, if there is semantically deeper processing, this may also facilitate associations between the word sets and the shared semantic assets or nodes as Caramazza (1996) termed them. Such deeper processing can be achieved by incorporating on each flashcard one or two model sentences of how the word is used. This could be further improved if the model sentences contained another word from the same flashcard set.

Extensive reading is another method of vocabulary acquisition. Extensive reading involves the learner reading copious amounts of text containing language that is just below or at his current ability. The implications for vocabulary acquisition lie in the belief that as the learner reads more and more, his understanding of vocabulary items will improve and moreover, the learner's ability to make meaningful inferences about unknown vocabulary items will also improve (Day & Bamford, 1998). The advantages of extensive reading stem from the contextual information supplied in the readings. Words are presented in a variety of authentic contexts allowing the semantic network to grow with each occurrence of the target words adding contextual and nuanced information to the semantic network. This information is often different from the translated *equivalents* of the target word. Multiple meanings and usages will also be explored incidentally throughout the reading process and the words will be learned more completely. This can be contrasted with word

lists and flashcards where many words are learned to a lesser degree. In sum, extensive reading serves as an effective way to extend the semantic network of words that are already partially known but not fully developed.

### Conclusion

Research from fields outside of linguistics such as cognitive neuroscience and psychology, contributes greatly to our understanding of how language is represented in the brain. Insights gained from this research provide new tools that allow language teachers to evaluate language teaching pedagogy more effectively. Although language teaching professionals may already have an intuitive sense of what works, the knowledge gained from neuroscience research allows these intuitions to be placed under scientific scrutiny. In the example analyses given above, it can be concluded that differing methods contribute to vocabulary acquisition in different ways. The question of which method of vocabulary acquisition is better, is a question of quality versus quantity. Word lists and flashcards may provide more vocabulary items in a short period of time (quantity) where extensive reading enhances the understanding of each word (quality). Used in conjunction, word lists and flashcards may provide the vocabulary frame upon which extensive reading can then elaborate into a vast and complex understanding of the target word. As technology continues to develop, research will continue to provide new insights into how the brain processes language and vocabulary.

### References

- 1) Alferink, L. A., & Farmer-Dougan, V. (2010). Brain-(not) Based Education: Dangers of Misunderstanding and Misapplication of Neuroscience Research. *Exceptionality*, 18(1), 42–52. doi:10.1080/09362830903462573
- 2) Başar, E., & Karakaş, S. (2006). Neuroscience is awaiting for a breakthrough: An essay bridging the concepts of Descartes, Einstein, Heisenberg, Hebb and Hayek with the explanatory formulations in this special issue. *International Journal of Psychophysiology*, 60(2), 194–201. doi:10.1016/j.ijpsycho.2005.12.010
- 3) Caramazza, A. (1996). The brain's dictionary. *Nature*, 380(6574), 485–486. doi:10.1038/380485a0
- 4) Damasio, H., Grabowski, T. J., Tranel, D., Hichwa, R. D., & Damasio, A. R. (1996). A neural basis for lexical retrieval. *Nature*, 380(6574), 499–505.
- 5) Day, R. R., & Bamford, J. (1998). *Extensive reading in the second language classroom*. Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press.
- 6) Deese, J. (1959). On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology*, 58(1), 17–22. doi:10.1037/h0046671
- 7) Dörnyei, Z. (2009). *The psychology of second language acquisition*. Oxford: Oxford University Press.
- 8) Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2002). *Cognitive neuroscience : the biology of the mind*. New York: Norton.
- 9) Levelt, W. J. M. (1993). *Speaking: From intention to articulation*. the MIT press.
- 10) Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(4), 803–814. doi:10.1037/0278-7393.21.4.803



# 化学物質のエストロゲン様作用評価のための 蛍光標識エストロゲンの合成

The synthesis of an estrogen derivative bearing a fluorochrome for quantitative analyses of estrogen agonist activity of several chemicals

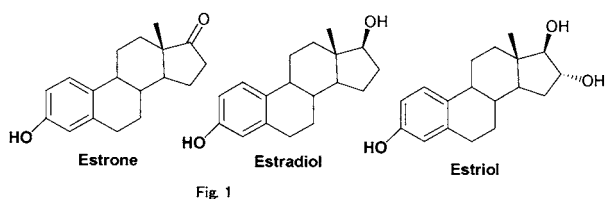
桐原 正之\*、今井 暁彦\*\*、緒方 智美\*\*\*、石塚 勇貴\*\*\*

Masayuki KIRIHARA, Akihiko IMAI, Tomomi OGATA and Yuki ISHIZUKA

Abstract: An estradiol derivatives having a fluorochrome at its C-17 position was synthesized to develop a fluorescent indicator for quantitative analyses of estrogen agonist activity of several compounds. The reaction of 3-azidodansylpropylamine with ethynylestradiol in the presence of catalytic amounts of copper sulfate and sodium ascorbate produced the desired estrogen derivatives bearing a fluorochrome in 40% yield.

## 1. はじめに

エストロゲンとはステロイドホルモンの一種で、一般的にエストロン、エストラジオール、エストリオールの3種類があり、ステロイド骨格を有している (Fig. 1)。これらはエストロゲン受容体と結合し、女性ホルモンとして働く。<sup>1</sup>



エストロゲン以外にもエストロゲン受容体と結合し、女性ホルモン作用を示す物質がある。これらの物質のように、各種ホルモン受容体と結合して、間違った情報を送ることにより、生体内で攪乱作用をおこす化合物は、内分泌攪乱物質 (環境ホルモン) と呼ばれている。<sup>2</sup> 内分泌攪乱作用を持っているのではないかと疑われている物質は、多数あり、それらの構造式からだけでは、内分泌攪乱作用 (エストロゲン様作用) の有無を判断するのは困難である。<sup>2</sup>

そこで我々は、各種化学物質がエストロゲン様作用を有するかどうかを、簡便に分析するための手法の開発を行うことにした。

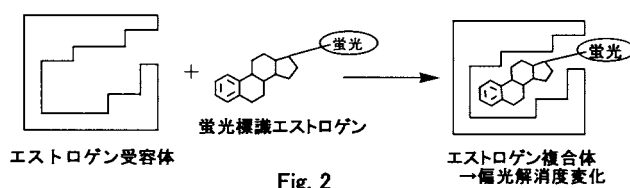
## 2. 分析法の原理

化学物質がエストロゲン様作用をひきおこすためには、まずエストロゲン受容体と結合する必要がある。そこで、

ある化学物質がどの程度エストロゲン受容体と結合することができるかを定量分析することができれば、エストロゲン様作用の有無も推測できる。

我々は、エストロゲン受容体に対する、蛍光標識エストロゲン誘導体と、エストロゲン様作用の有無を調べたい物質との競合的結合実験を行えば、分析したい化合物のエストロゲン受容体への結合能力の強さを調べることができるのではないかと考えた。分析原理の詳細を以下に述べる。

エストロゲン受容体に対して、蛍光標識エストロゲンと作用させると、受容体に蛍光標識エストロゲン分子が取り込まれて結合する。この場合、蛍光標識エストロゲン誘導体分子の分子運動の自由度が減るため、偏光解消度が変化すると考えられる (Fig. 2)。



しかし、エストロゲン様作用を持つ物質 (内分泌攪乱物質) と蛍光標識エストロゲンが共存していると、一部の受容体には内分泌攪乱物質が先に結合するため、蛍光標識エストロゲンは結合することができず、偏光解消度の変化の度合いが低下する (Fig. 3)。

そこで、エストロゲン様作用評価したい化合物の非存在下および存在下に、蛍光標識エストロゲンをエストロゲン受容体に作用させて偏光解消度を比べれば、その物質のエ

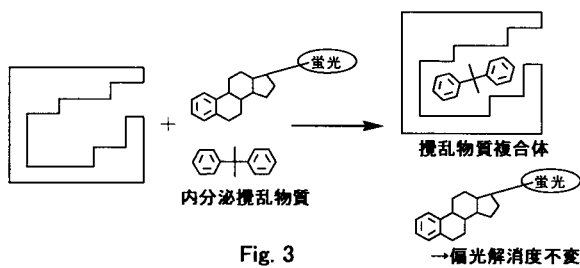
2012年3月1日受理

\* 理工学部 物質生命科学科

\*\* 理工学部 物質生命科学科 4年生

\*\*\* 大学院理工学研究科 大学院生

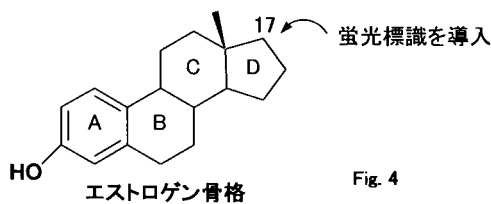
ストロゲン様作用の強さを定量分析できることになる。



### 3. 蛍光標識エストロゲン誘導体の合成

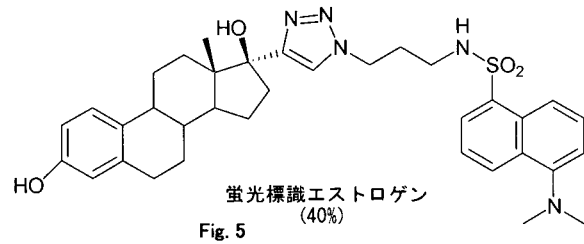
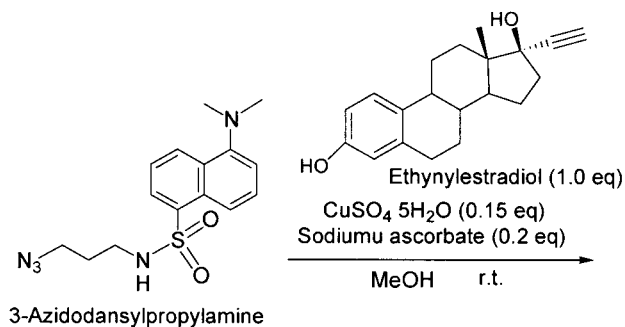
蛍光標識されたエストロゲン誘導体はいくつか合成されている<sup>3</sup>。しかしながら、それらの合成法はあまり簡便なものではなかった。そこで今回我々は蛍光標識エストロゲン誘導体の簡便合成を計画した。

エストロゲンは、A環部からエストロゲン受容体に入力して結合することがわかっている<sup>4</sup>ので、A環部から最も遠いD環部の17位炭素であれば、蛍光標識を導入しても受容体への結合を妨げることはないと考えた (Fig. 4)。



そこで、エチニルエストラジオール (医薬品として市販されているので入手容易) のアルキン部位と、3-azidodansylpropylamine (市販の蛍光物質である dansyl chloride からの合成法が報告されている<sup>5</sup>) のアジド基部分を、クリックケミストリー (Huisgen 反応)<sup>6</sup> を用いて結合させることを検討した。

3-Azidodansylpropylamine に対してメタノール中、硫酸銅・5水和物 (0.15 当量) およびアスコルビン酸ナトリウム (0.2 当量) 存在下、エチニルエストラジオール (1.0 当量) を室温下にて反応させると、3-azidodansylpropylamine のアジド基とエチニルエストラジオールのアルキン部位が[3+2]付加環化することにより、1,2,3 トリアゾール環が生成し、目的の蛍光標識エストロゲンを収率 40% で合成することに成功した (Fig. 5)。



### 4. まとめ

今回我々は、クリックケミストリーを用いることにより、エストロゲンの D 環部 17 位に蛍光標識を導入した化合物を合成することに成功した。本化合物は各種化学物質のエストロゲン様作用評価に応用されることが期待できる。

### 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。核磁気共鳴スペクトル (NMR) は、JEOL JNM-EX400 または JEOLCX40 核磁気共鳴装置を用い、内部標準物質として、テトラメチルシラン (TMS) を用いて測定した。質量スペクトル (MS) は、島津 GCMS-QP1100EX 質量分析装置を用いて測定した。シリカゲルカラムクロマトグラフィーは、関東化学 Silica Gel 60N (spherical, neutral) を用いて行った。薄層クロマトグラフィー (TLC) 分析は、メルク (株) TLC アルミニウムシート 20 x 20 cm シリカゲル 60 F254 を用いて行った。

#### 3-Dansyl[4-(3,17-dihydroxy-13-methyl-7,8,9,11,12,13,14,15,16,17-decahydro-6H-cyclopenta[a]phenanthren-17-yl)]1,2,3-triazol-1-yl]propylamine (蛍光標識エストロゲン誘導体)

文献<sup>5</sup>に従って合成した 3-azidodansylpropylamine (72.2 mg, 0.2 mmol) を MeOH (10 ml) に溶解し、エチニルエストラジオール (60.1 mg, 0.2 mmol) を加えた。さらに硫酸銅・5水和物 (5.2 mg, 0.04 mmol) とアスコルビン酸ナトリウム (8.5 mg, 0.03 mmol) を加え、室温にて 3 日間反応させた。水 5 ml を加え攪拌し、酢酸エチルで抽出した。有機層を飽和食塩水で洗浄した後、無水硫酸ナトリウムで乾燥し、溶媒を溜去することにより、粗生成物を得た。これをショートカラムクロマトグラフィー [カラム管径 2.5 cm、展開溶媒 (Hexane : EtOAc = 3 : 1 ~ 2 : 1)、シリカゲル (粒径 40-100 μm : 粒径 40-50 μm = 1 : 1) 12 g] で精製することにより、蛍光標識エストロゲンを無色結晶 (49.8 mg, 40%) として得た。

融点 : 127°C

IR (neat)  $\text{cm}^{-1}$  : 3020, 1215, 763, 671.

$^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$  : 8.56 (1H, d,  $J = 5.6$  Hz), 8.25 (2H, dd,  $J = 11.6$  and 5 Hz), 7.52 (3H, m), 7.20 (1H, s), 7.17 (1H, d,  $J =$

8.0Hz), 6.64 (2H, dd, J= 11.6 and 8.0 Hz), 6.56 (1H, d, J= 3.0 Hz), 4.57 (1H, brs), 4.11 (3H, q, J= 7.0 Hz), 4.08 (2H, t, J= 7.0 Hz), 3.27 (2H, t, J= 7.0 Hz), 2.97 (2H, dd, J= 12.8 and 6.4 Hz), 2.89 (6H, s), 2.30 (5H, m), 2.06 (1H, s), 1.65 (2H, m), 1.26 (5H, t, J= 7.0 Hz), 0.93 (3H, t, J= 7.0 Hz).

$^{13}\text{C-NMR}(\text{CDCl}_3)$   $\delta$ : 171.23, 153.46, 152.22, 138.34, 134.36, 132.64, 131.86, 130.75, 130.01, 129.95, 129.60, 128.62, 126.65, 123.31, 118.54, 115.36, 115.33, 112.77, 101.24, 87.57, 64.52, 60.56, 45.51, 43.59, 40.91, 39.47, 39.03, 32.80, 30.82, 30.72, 29.71, 28.88, 27.27, 22.89, 14.29, 12.77.

MS (m/z): 271 ( $\text{M}^+ - \text{C}_{17}\text{H}_{20}\text{SO}_2\text{N}_5$ ), 234 ( $\text{M}^+ - \text{C}_{23}\text{H}_{31}\text{O}_2\text{N}_4$ ), 124 ( $\text{M}^+ - \text{C}_{30}\text{H}_{35}\text{NO}_4\text{S}$ ).

#### 謝辞

本研究の一部は、平成 22~26 年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 (S1001032) の研究費によって支援された。

#### 参考文献

- 1) 秋久俊博, 長田洋子編, *生体分子化学* (共立出版, 東京, 2005).
- 2) 東京都立衛生研究所編, *内分泌かく乱作用が疑われる化学物質の生体影響 データ集* (東京都立衛生研究所, 東京, 1999).
- 3) J. Reine, J. Kool, and N. P. E. Vermeulen, "Reversed-phase liquid chromatography coupled on-line to estrogen receptor bioaffinity detection based on fluorescence polarization" *Anal. Bioanal. Chem.*, **390** (2008) 1987; M. N. Dunkle, J. K. Herrmann, H. Colon, C. Pennington, and L. A. Colon, "Evaluation of a fluorescein-labeled estradiol derivative for use in affinity capillary electrophoresis" *Microchem. J.*, **82** (2006) 100; J. R. Lee, J. Choi, and M. J. Choi, "Fluorescein labeling of estrogen for application of fluorescence polarization binding assays for antibody and receptor" *Microchem. J.*, **70** (2001) 229.
- 4) K.-J. Hwang, K. E. Carlson, G. M. Anstead, and J. A. Katzenellenbogen, "Donor-Acceptor Tetrahydrochrysenes, Inherently Fluorescent, High-Affinity Ligands for the Estrogen Receptor: Binding and Fluorescence Characteristics and Fluorometric Assay of Receptor" *Biochemistry*, **31** (1992) 11536.
- 5) W. G. Lewis, F. G. Magallon, V. V. Fokin, and M. G. Finn, "Discovery and Characterization of Catalysts for Azide-Alkyne Cycloaddition by Fluorescence Quenching", *J. Am. Chem. Soc.*, **126** (2004) 9152.
- 6) H. C. Kolb, M. G. Finn, and K. B. Sharpless, "Click Chemistry: Diverse Chemical Function from a Few Good Reactions", *Angew. Chem. Int. Ed.*, **40** (2001) 2004; V. V. Rostovtsev, L. G. Green, V. V. Fokin, and K. B. Sharpless, "A Stepwise Huisgen Cycloaddition Process: Copper(I)-Catalyzed Regioselective "Ligation" of Azides and Terminal Alkynes", *Angew. Chem. Int. Ed.*, **41** (2002) 2596.



## ヨウ化物イオンと過酸化水素を用いるヨードラクトン化

Iodolactonization using iodide ion and hydrogen peroxide

桐原 正之\*、坪田 昌也\*\*、野口 拓也\*\*\*

Masayuki KIRIHARA, Masaya TSUBOTA and Takuya NOGUCHI

Abstract: The reaction of pent-4-enoic acids with sodium iodide and 30% hydrogen peroxide in 1 N hydrochloric acid caused iodolactonization to produce  $\gamma$ -lactones in high yields in relatively shorter reaction time.

## 1. はじめに

環状化合物の中で、環の一部にエステル結合を持つものはラクトンと呼ばれている。特に5員環ラクトン ( $\gamma$ -ラクトン) や、6員環ラクトン ( $\delta$ -ラクトン) を部分構造に持つ天然物は数多く存在するため、これらのラクトンの合成反応は有機合成化学上重要である。

ラクトンの合成法として、共役していない不飽和カルボン酸のヨードラクトン化がある<sup>1)</sup>。この反応は、特に5員環ラクトン合成で優れた結果を与える。ヨードラクトン化は、炭酸水素ナトリウムのような弱塩基水溶液中、ヨウ素 ( $I_2$ ) を用いて不飽和カルボン酸を反応させるのが一般であった (Fig. 1)。

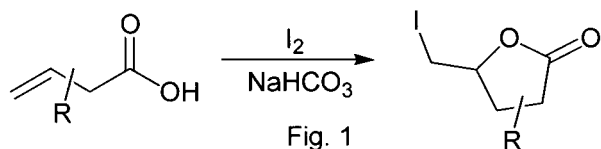


Fig. 1

しかし、ヨウ素を単体として用いるため、その使用と保存が問題になる。またこの反応条件では、反応時間が長くなるという問題点もあった。

我々は既に、4-ペンテン酸に対してヨウ化ナトリウム (10 当量) と 30% 過酸化水素水 (4 当量) を、五塩化タンタル触媒 (0.1 当量) 存在下に、クロロホルム-水溶媒中、室温で反応させると、ヨウ化物イオンが酸化されてヨウ素イオン等価体が生成し、これがアルケン部位と反応することにより、ヨードラクトン化が進行することを見出している (Fig. 2)<sup>2)</sup>。

しかしながら、この反応は反応時間が長く、触媒の五塩化タンタルが比較的高価であり、溶媒として含塩素溶媒であるクロロホルムを用いているため、環境に対する負荷が大きいなどの問題点があった。

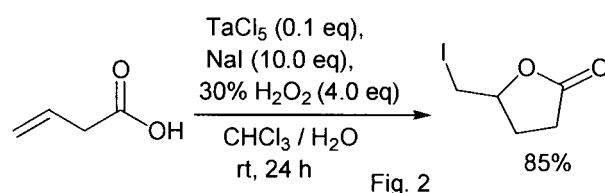


Fig. 2

そこで我々は、これらの問題点を解決した、効率的なヨードラクトン化を開発すべく研究を行った。

## 2. 酸性条件下での反応検討と反応溶媒の検討

我々は、臭化物イオンと過酸化水素を五塩化タンタル触媒存在下で活性メチレンと反応させると、臭化物イオンが酸化されて臭素イオン等価体となり、活性メチレン部位が臭素化されるという反応を見出している<sup>3)</sup>。この反応をさらに検討したところ、反応溶媒としては環境負荷の小さいトルエンを用いることもでき、酸性条件にすれば、五塩化タンタル触媒を用いなくても、効率よく反応が進行することを見出していた (Fig. 3)<sup>4)</sup>。

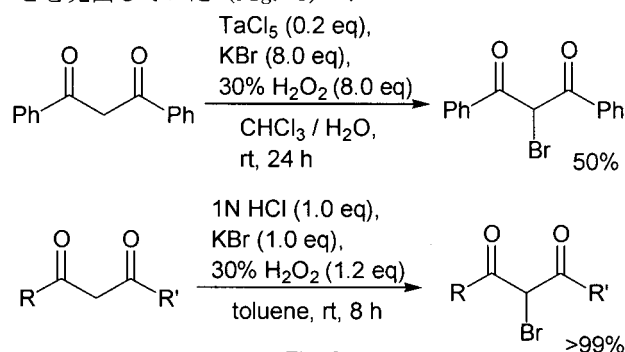


Fig. 3

この反応も、臭化物イオン (臭素陰イオン) が過酸化水素によって酸化され、臭素イオン (臭素陽イオン) 等価体

2012年3月1日受理

\* 理工学部 物質生命科学科

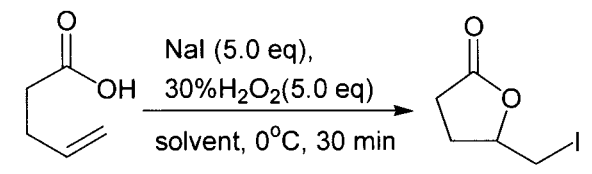
\*\* 理工学部 物質生命科学科 4年生

\*\*\* 大学院理工学研究科 研究生

になって反応していると考えられる。そこで酸性条件であれば、五塩化タンタル触媒を用いなくてもヨードラクトン化が進行するのではないかと予想し、検討を行った。

4-ペンテン酸を基質として、各種溶媒中、ヨウ化ナトリウム (5 当量)、5 当量の 1N 塩酸、および 30% 過酸化水素水 (5 当量) を加え、0°C で反応を行った。溶媒には環境負荷の小さい、アセトニトリル、水、または酢酸エチルを用いた。また、それぞれの溶媒に対して、塩酸を加えない条件でも検討を行った (Table 1)。

Table 1



Run	Solvent	Yield (%)
1	CH <sub>3</sub> CN	43
2	CH <sub>3</sub> CN / 1N HCl (5.0 eq.)	quant.
3	H <sub>2</sub> O	66
4	1N HCl	quant.
5	AcOEt	complex mix.
6	AcOEt / 1N HCl (5.0 eq.)	complex mix.

塩酸を加えないと、水やアセトニトリル溶媒中では反応が十分に進行しなかったが、アセトニトリルに 1N 塩酸を加えた場合や、1N 塩酸そのものを溶媒として用いた場合には、素早く反応が進行し、定量的に目的物が得られた。酢酸エチルを溶媒に用いた場合は、1N 塩酸を加えても、加えなくても複雑な混合物を与えた。

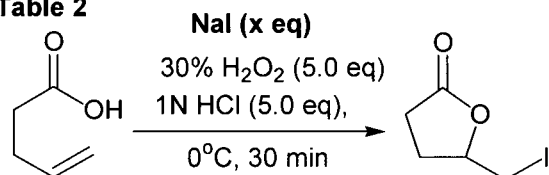
そこで、以降の検討には 1N 塩酸を単独で溶媒として用いることにした。

### 3. 反応条件の検討

4-ペンテン酸を基質として、ヨウ化ナトリウムの使用量 (Table 2)、過酸化水素の使用量 (Table 3)、1N 塩酸の使用量 (Table 4) の検討をおこなった。

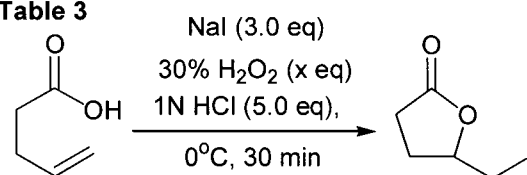
その結果、ヨウ化ナトリウムを 3 当量、過酸化水素を 5 当量、1N 塩酸を 2 当量用いる条件が最も良いことが判った。

Table 2



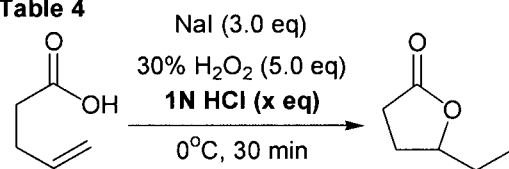
Run	NaI (eq.)	Yield (%)
1	5.0	quant
2	4.0	quant
3	3.0	quant
4	2.0	91
5	1.0	74

Table 3



Run	30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (eq)	Yield (%)
1	6.0	quant.
2	5.0	quant.
3	4.0	93
4	3.0	88
5	2.0	85

Table 4

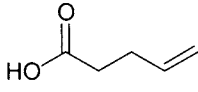
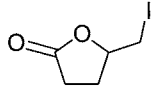
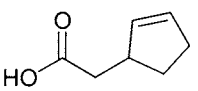
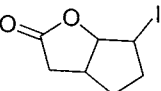
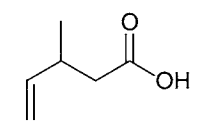
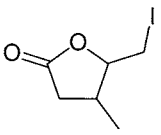
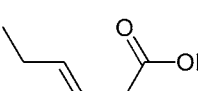
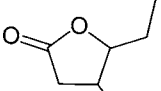
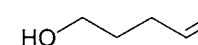
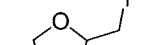


Run	1N HCl (eq)	Yield (%)
1	6.0	quant.
2	5.0	quant.
3	4.0	quant.
4	3.0	quant.
5	2.0	quant.
6	1.0	86

### 4. 各種 4-ペンテン酸類の反応

前述の最適反応条件下で、各種の 4-ペンテン酸類縁体を用いて、ヨードラクトン化を検討した。その結果、いずれの場合も短時間・高収率で、目的のヨードラクトン体を得ることができた (Table 5)。また、4-ペンテン-1-オールを用いた場合も、ヨードエーテル化が進行し、対応する環状エーテルが収率良く得られた (entry 5)。

Table 5

Starting Material		Nal (3.0 eq) 30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (5.0 eq) 1N HCl (2.0 eq) 0°C, 30 min		Product
Entry	Starting Material	Product	Yield(%)	
1			quant.	
2			quant.	
3			90	
4			70	
5			77	

## 5. 反応機構

本反応の反応機構は、以下のように考えている (Fig. 4). まず、塩酸から発生した水素イオンが過酸化水素に付加して、過酸化水素の求電子性を高める。これに対してヨウ化物イオン (ヨウ素陰イオン) が求核攻撃して、次亜ヨウ素酸と水が生成する。次亜ヨウ素酸はヨウ素イオン (ヨウ素陽イオン) 等価体として働くことができる。これがアルケンを求電子攻撃することにより、ヨードニウムイオン中間体が生成し、これに対してカルボキシル基が求核攻撃することによってヨードラクトン化が終了する。

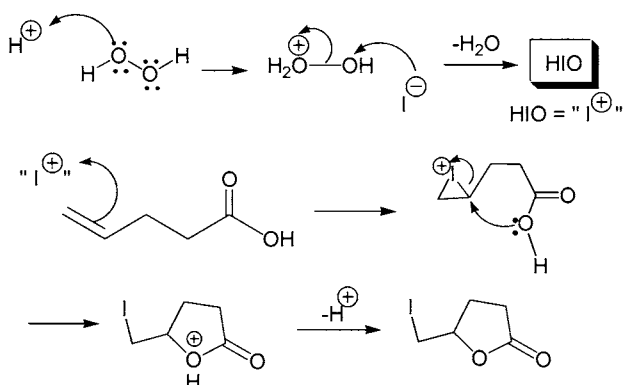


Fig. 4

弱塩基性条件下で I<sub>2</sub> を用いる従来法の場合よりも反応が速く進行するのは、より反応性の高いヨウ素カチオン等価体が生成するためであると考えられる。

## 6. まとめ

4-ペンテン酸類縁体に対して、1N 塩酸 (2.0 当量) 中で、ヨウ化ナトリウム (3.0 当量) と 30% 過酸化水素水 (5.0 当量) を反応させると、ヨードラクトン化がすみやかに進行し、目的のヨードラクトン体が高収率で得られることを見出すことができた。

## 7. 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。核磁気共鳴スペクトル (NMR) は、JEOL JNM-EX400 核磁気共鳴装置を用い、内部標準物質として、テトラメチルシラン (TMS) を用いて測定した。質量スペクトル (MS) は、島津 GCMS-QP1100EX 質量分析装置を用いて測定した。シリカゲルカラムクロマトグラフィーは、関東化学 Silica Gel 60N (spherical, neutral) を用いて行った。薄層クロマトグラフィー (TLC) 分析は、メルク (株) TLC アルミニウムシート 20 x 20 cm シリカゲル 60 F254 を用いて行った。

## 5-Iodomethyltetrahydrofuran-2-one

0°C 下、4-pentenoic acid (2 mmol, 200.1 mg) を 4 ml の 1N 塩酸に溶かし、ヨウ化ナトリウム (6 mmol, 899.3 mg)、30% 過酸化水素 (10 mmol, 1.1 ml) を加え 0.5 時間攪拌した。飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液を 30 ml 加え反応を停止させ酢酸+チルで抽出した (50 ml × 2 回)。有機層を飽和食塩水で洗浄 (50 ml × 2 回) し、無水硫酸マグネシウムを加え乾燥後、溶媒を留去し粗生成物 (449.2 mg) を得た。シリカゲルカラムクロマトグラフィー (ヘキサン : 酢酸エチル = 2 : 1) により精製し無色の油状物 (444.9 mg, 98%) を得た。

<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ : 1.96-2.05 (1H, m), 2.46-2.70 (3H, m), 3.27-3.33 (1H, m), 3.41-3.44 (1H, m), 4.53-4.60 (1H, m).

MS (m/z) : 226 (M<sup>+</sup>)

IR (KBr) cm<sup>-1</sup> : 3530, 3020, 2959, 2439, 2068, 1795, 1509, 1458, 1418, 1337, 1300, 1179, 1073, 1023, 915, 874, 773, 667.

## Hexahydro-6-iodocyclopenta[b]furan-2-one

0°C 下、2-cyclopenten-1-acetic acid (2 mmol, 252.3 mg) を 4 ml の 1N 塩酸に溶かし、ヨウ化ナトリウム (6 mmol, 899.3 mg)、30% 過酸化水素 (10 mmol, 1.1 ml) を加え 0.5 時間攪拌した。飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液を 30 ml 加え反応を停止させ酢酸エチルで抽出した (50 ml × 2 回)。有機層を飽和食塩水で洗浄 (50 ml × 2 回) し、無水硫酸マグネシウムを加え乾燥後、溶媒を留去し粗生成物 (497.0 mg) を得た。シリカゲルカラムクロマトグラフィー (ヘキサン : 酢酸エチル = 2 : 1) により精製し無色の油状物 (495.9 mg, 98%) を得た。

<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ : 1.57-1.62 (1H, m), 2.04-2.17 (2H, m), 2.35-2.46 (2H, m), 2.86-2.93 (1H, m), 3.13-3.17 (1H, m), 4.48

(1H, d, J = 5.8 Hz), 5.20 (1H, d, J = 5.8 Hz).

MS (m/z) : 252 (M<sup>+</sup>)

IR (KBr) cm<sup>-1</sup> : 3529, 2978, 2497, 2312, 2175, 2017, 1795, 1461, 1185, 757.

#### Dihydro-5-(iodomethyl)-4-methylfuran-2(3H)-one

0 °C下, 3-methyl-4-pentenoic acid (2 mmol, 228.3 mg) を 4 ml の 1N 塩酸に溶かし, ヨウ化ナトリウム (6 mmol, 899.3 mg), 30%過酸化水素 (10 mmol, 1.1ml) を加え 0.5 時間攪拌した. 飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液を 30 ml 加え反応を停止させ酢酸エチルで抽出した (50 ml×2 回). 有機層を飽和食塩水で洗浄 (50 ml×2 回) し, 無水硫酸マグネシウムを加え乾燥後, 溶媒を留去し粗生成物 (459.4 mg) を得た. シリカゲルカラムクロマトグラフィー (ヘキサン: 酢酸エチル=2:1) により精製し無色の油状物 (431.6 mg, 90 %) を得た.

<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ : 1.07 (3H, d, J = 7.3 Hz), 2.23-2.38 (3H, m), 3.14-3.19 (1H, m), 3.32-3.43 (1H, m), 4.65-4.70 (1H, m).

MS (m/z) : 240 (M<sup>+</sup>)

IR (KBr) cm<sup>-1</sup> : 3534, 2974, 2298, 1794, 1422, 1186, 896, 796, 726, 698.

#### 5-Ethyldihydro-4-iodofuran-2(3H)-one

0 °C下, *trans*-3-hexenoic acid (2 mmol, 228.3 mg) を 4 ml の 1N 塩酸に溶かし, ヨウ化ナトリウム (6 mmol, 899.3 mg), 30%過酸化水素 (10 mmol, 1.1ml) を加え 0.5 時間攪拌した. 飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液を 30 ml 加え反応を停止させ酢酸エチルで抽出した (50 ml×2 回). 有機層を飽和食塩水で洗浄 (50 ml×2 回) し, 無水硫酸マグネシウムを加え乾燥後, 溶媒を留去し粗生成物 (355.3 mg) を得た. シリカゲルカラムクロマトグラフィー (ヘキサン: 酢酸エチル=2:1) により精製し無色の油状物 (336.5 mg, 70 %) を得た.

<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ : 1.09 (3H, t, J = 7.3 Hz), 1.63-1.71 (2H, m), 2.90-2.97 (1H, m), 3.13-3.20 (1H, m), 4.03-4.10 (1H, m), 4.61-4.66 (1H, m).

MS (m/z) : 240 (M<sup>+</sup>)

IR (KBr) cm<sup>-1</sup> : 3545, 2974, 2303, 1800, 1462, 1413, 1388, 1347, 1256, 1216, 1092, 1051, 1022, 973, 884, 849, 780, 726, 671.

#### Tetrahydro-2-(iodomethyl)furan

0 °C下, 4-penten-1-ol (2 mmol, 172.3 mg) を 4 ml の 1N 塩酸に溶かし, ヨウ化ナトリウム (6 mmol, 899.3 mg), 30%過酸化水素 (10 mmol, 1.1ml) を加え 0.5 時間攪拌した. 飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液を 30 ml 加え反応を停止させ酢酸エチルで抽出した (50 ml×2 回). 有機層を飽和食塩水で洗浄 (50 ml×2 回) し, 無水硫酸マグネシウムを加え乾燥後, 溶媒を留去し粗生成物 (344.8 mg) を得た. シリカゲルカラムクロマトグラフィー (ヘキサン: 酢酸エチル=2:1) により精製し無色の油状物 (328.2 mg, 77 %) を得た.

<sup>1</sup>H-NMR (CDCl<sub>3</sub>) δ : 1.64-1.71 (1H, m), 1.92-2.00 (2H, m), 2.07-2.13 (1H, m), 3.19-3.28 (2H, m), 3.81-3.86 (1H, m), 3.95-4.01 (2H, m).

MS (m/z) : 212 (M<sup>+</sup>)

IR (KBr) cm<sup>-1</sup> : 3542, 2969, 1790, 1459, 1417, 1387, 1325, 1293, 1178, 1055, 971, 935, 867, 787.

#### 参考文献

- 1) M. S. Laya, A. K. Banerjee, and E. V. Cabrera, "Iodolactonization. Past and present examples", *Current Org. Chem.*, **13** (2009) 720.
- 2) 桐原正之, 大久保久美子, 幡野明彦, "タンタル触媒-過酸化水素によるヨウ素陰イオンのヨウ素陽イオン等価体への酸化反応: ヨードラクトン化への応用", *静岡理工科大学紀要*, **13**(2005) 65.
- 3) M. Kirihara, K. Okubo, T. Koshiyama, Y. Kato, A. Hatano, "Electrophilic Brominations of Organic Compounds by Employing Tantalum(V) Catalyzed Oxidation of Bromide Ion by Hydrogen Peroxide", *ITE Lett.*, **5**(2004) 279.
- 4) M. Kirihara, S. Ogawa, T. Noguchi, K. Okubo, Y. Monma, I. Shimizu, R. Shimosaki, A. Hatano, Y. Hirai, "Chemoselective Bromination of Active Methylene and Methyne Compounds by Potassium Bromide, Hydrochloric Acid and Hydrogen Peroxide", *Synlett*, (2006) 2287.



# 示差走査熱量測定及び室温粉末X線回折測定による ヨウ素酸アルカリ化合物の研究

Study of Alkali Iodates by DSC and Powder X-ray Diffraction Measurements

笠谷 祐史\*

Hirofumi KASATANI

DSC and powder X-ray diffraction measurements of alkali iodates mixed crystals,  $K_{1-x}Rb_xIO_3$ ,  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  and  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$ , were carried out in order to clarify the mechanism of phase transition. The frame of all these mixed crystals was taken by  $IO_3$ -ion network. The structure change by the concentration of alkali atom or ammonium molecule was confirmed by the change of X-ray diffraction profiles. It was observed by DSC measurement that the temperature of ferroelectric phase transition in both  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  and  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  shifted to low temperature with the decrease of ammonium concentration and disappeared at ammonium concentration  $x=0.6$ .

## 1. はじめに

強誘電体は、圧電性や焦電性などの特性も合わせて、現在不揮発性メモリやセンサー等、我々の周りで種々応用されており、より高性能な特性を有する材料開発が現在も行われている。しかし、強誘電性の発現機構等の基礎科学に関する面では、まだ十分に解明されておらず、物性学の面からも非常に興味深い物質である。化学式  $AIO_3$  ( $A=K, Rb, Cs, NH_4, H$  等) で表されるヨウ素酸アルカリ化合物に属する  $KIO_3$  で強誘電性が発見されたのは、約 50 年前の 1961 年<sup>1)</sup>である。その後、 $NH_4IO_3$  や  $KIO_3 \cdot HIO_3$  にも分極反転や強誘電性の可能性が報告され、 $KIO_3$ -family として 1960 年代から 1970 年代にかけて、物性測定など多くの研究報告がされている<sup>2)</sup>。当時は、化学式  $AIO_3$  からペロブスカイト型強誘電体との関連や、非線形光学特性の応用等が注目されていた。

$KIO_3$  は、温度降下と共に I 相(常誘電相, 菱面体晶系, 空間群  $R3m$  または  $R3$ )から  $212^\circ\text{C}$  で II 相(強誘電相, 単斜晶系, 空間群  $Cm$ )に強誘電性相転移し、さらに  $70^\circ\text{C}$  で III 相(強誘電相, 三斜晶系, 空間群  $P1$ )に、降温過程では  $-18^\circ\text{C}$  (昇温過程では  $-10^\circ\text{C}$ ) で IV 相(強誘電相, 三斜晶系, 空間群  $P1$ )へと対称性不変の構造相転移をし、最後に  $-190^\circ\text{C}$  (または、 $-163^\circ\text{C}$  との報告もある) で V 相(三斜晶系, 空間群  $P1$ )へ再度対称性不変の相転移をする、室温で強誘電性を示す強誘電体で、自発分極の温度変化は図 1<sup>2)</sup>に示すように、非常に興味深い温度変化をすることが報告されている。最近、Maeda ら<sup>3)</sup>により誘電率や弾性的および圧電的性質が、単結晶を用いて測定され、 $-240^\circ\text{C}$  に新たな配向ガラス相転移の存在も示唆されている。 $NH_4IO_3$  は I 相(立方晶系)から、約  $115^\circ\text{C}$  で II 相(斜方晶系)に相転移し、 $82^\circ\text{C}$  で III 相(斜方晶系)に強誘電性相転移をし、 $-170^\circ\text{C}$

でさらに低温相に相転移する。強誘電性相転移温度は、 $95^\circ\text{C}$  との報告もあり、試料に依存する<sup>2)</sup>。 $KIO_3 \cdot HIO_3$  は、 $223^\circ\text{C}$  で I 相(単斜晶系: 常誘電相)から II 相(単斜晶系)に相転移する。II 相は、強誘電性の可能性があるとして報告されているが、まだ確立されていない<sup>2)</sup>。

これら三物質は、化学式  $AIO_3$  を持ちながら、全く異なった相系列を示す。これはイオン半径の違い及び水素結合の有無や結合の異方性等が原因であると考えられるが、詳細は明らかになっていない。

一方、 $KIO_3$  のカリウム原子を同族元素(アルカリ金属元素)のルビジウム原子に置換した  $RbIO_3$  には、強誘電性相転移はおろか、(少なくとも、我々が調べた限りでは)構造相転移の存在も報告されていない。これは、非常に不思議でもある。我々の知る限り、強誘電体のある原子を同族原子で置換した

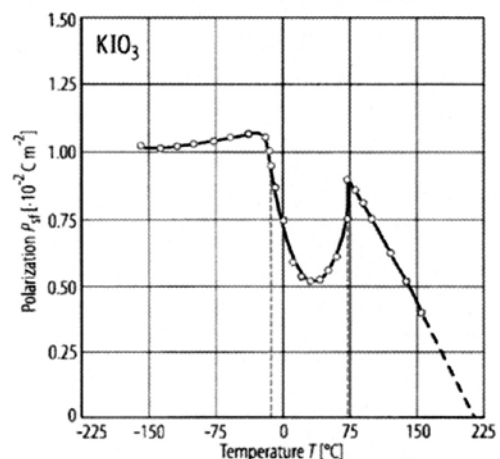


図 1.  $KIO_3$  の自発分極<sup>2)</sup>

2012 年 2 月 29 日受理

\* 理工学部 物質生命科学科

場合、強誘電性相転移温度の変化や相転移の種類の変化(例えば、強弾性相転移や配向ガラス相転移などへの変化)等はあるが、構造相転移が全くなくなる物質は非常にまれである。相転移機構の解明において、このような同族元素で置換した相転移をしない(相転移が消えた?)物質を調べることは、逆の面から相転移機構の解明に重要であるとも考えられる。

そこで、 $KIO_3$  や  $NH_4IO_3$  の強誘電性相転移機構の解明と、 $RbIO_3$  で構造相転移が存在しない理由を明らかにするため、手始めにこれら三物質の混晶  $K_{1-x}Rb_xIO_3$ ,  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$ ,  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  を作成し、DSC 測定と簡易室温粉末X線回折測定を行い、相転移及び室温結晶構造を明らかにすることを目的とした。研究は今も継続して行っているが、現時点での結果をまとめて今回研究ノートとして報告する。

## 2. 実験

$KIO_3$ (Wako, 99.7%)と $NH_4IO_3$ (Johnson Matthey Alfa Products, 99%)はともに市販品を使用した。 $RbIO_3$  は、市販の $Rb_2CO_3$ (Wako)と $HIO_3$ (Wako, 99.0%)を1:2のモル比で溶解させた水溶液から、蒸発法で作成した。 $K_{1-x}Rb_xIO_3$ ,  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$ ,  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の各混晶は、 $KIO_3$  と  $RbIO_3$  及び  $NH_4IO_3$  の3つの物質を、それぞれ  $x=0.1\sim 0.9$  まで0.1ずつの各モル比で溶解させた水溶液より、蒸発法で作成した。

室温粉末X線回折データは、本学先端機器分析センターのMiniFlex(Rigaku 製)を用いて測定した。測定条件は、X線源: Cu(30kV-15mA, Ni-filter), 検出器: シンチレーションカウンター, 測定モード:  $2\theta/\theta$  連続スキャン, スキャンスピード:  $0.20^\circ$  /分, サンプリング幅:  $0.01^\circ$ , スリット系: 可変発散スリット,  $4.2^\circ$  散乱スリット,  $0.3\text{mm}$  受光スリットである。測定試料は、メノー乳鉢でよくすりつぶしたものを、標準的なガラスホルダーに詰めて測定した。

$Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の DSC 測定は、本学先端機器分析センターの熱流束示差走査熱量計(DSC-50: 島津製作所)で行った。測定温度は室温 $\sim 150^\circ\text{C}$ , 温度変化は  $5^\circ\text{C}/\text{分}$ , 昇温過程1回の測定を行った。 $K_{1-x}Rb_xIO_3$  と  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の DSC 測定は、本学先端機器分析センターの入力補償型示差走査カロリメータ(Pyris-1: Perkin Elmer)で行った。測定温度 $-60^\circ\text{C}\sim 130^\circ\text{C}$ を温度変化  $5^\circ\text{C}/\text{分}$ で、昇温降温過程を3サイクル測定した。測定試料はおおよそ十数 mg で、すべて簡易室温粉末X線回折で測定した試料を用いた。

## 3. 結果と考察

$K_{1-x}Rb_xIO_3$ ,  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$ ,  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  各混晶の室温粉末X線回折データは参考文献 4-5)で報告した。全ての混晶試料で明瞭な Bragg 反射が測定され、各エンドメンバー同士の回折線の重ね合わせでなかったことから、これらの混晶は単一相の結晶として存在することが明らかになった。さらに、主要な回折線の回折角度が、各アルカリイオン濃度  $x$  に対し大きな変化を示していないことより、これら3つの混晶の骨格は  $IO_3$  分子が主として担っていると考えられる。それぞれ

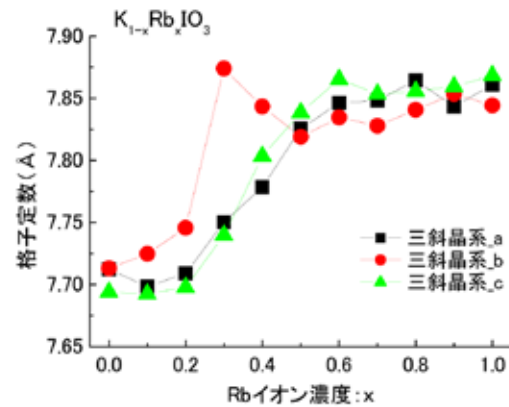


図 2(a). 三斜晶系を仮定した  $K_{1-x}Rb_xIO_3$  の格子定数 a, b, c

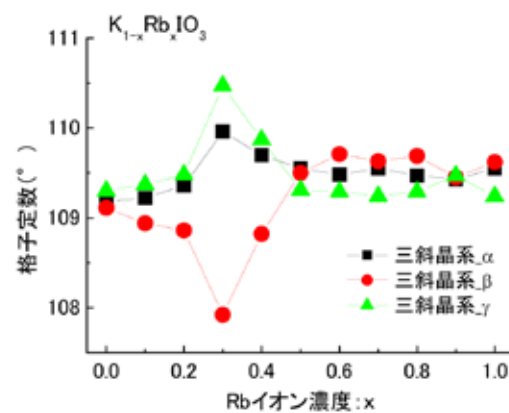


図 2(b). 三斜晶系を仮定した  $K_{1-x}Rb_xIO_3$  の格子定数  $\alpha, \beta, \gamma$

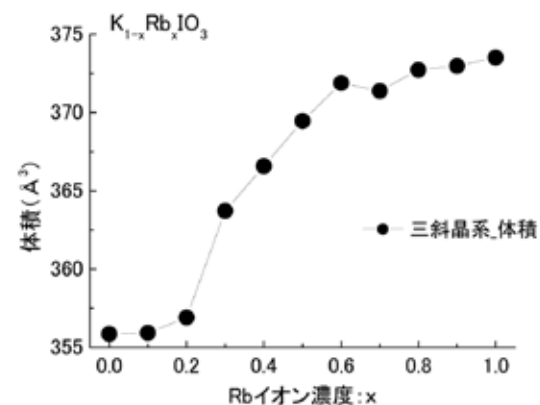


図 2(c). 三斜晶系を仮定した  $K_{1-x}Rb_xIO_3$  の単位格子の体積

$KIO_3$  と  $RbIO_3$  及び  $NH_4IO_3$  の回折線は、文献値の格子定数<sup>2)</sup>を用いて全て指数付できた。各回折線プロファイルの詳細を見ると、アルカリイオン濃度と共に、シングルピーク・ダブルピーク・トリプルピーク等への変化が確認された。図 2(a)-(f)

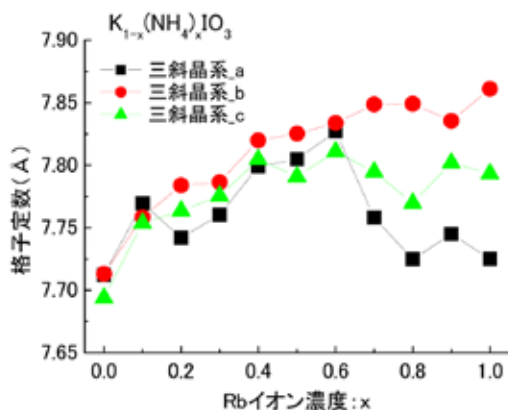


図 2(d). 三斜晶系を仮定した  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の格子定数 a,b,c

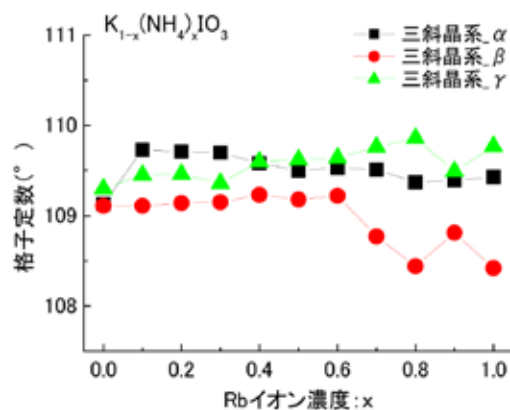


図 2(e). 三斜晶系を仮定した  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の格子定数  $\alpha, \beta, \gamma$

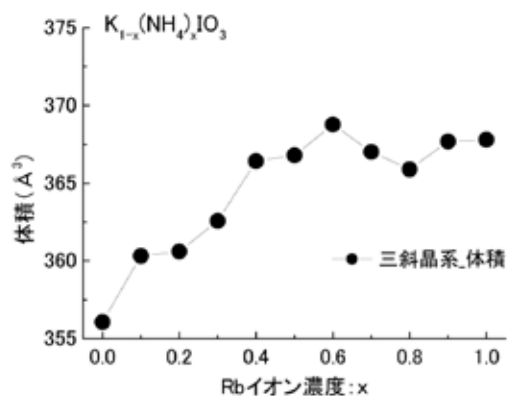


図 2(f). 三斜晶系を仮定した  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の単位格子の体積

に  $KIO_3$  の室温構造である三方晶系を仮定して求めた、 $K_{1-x}Rb_xIO_3$  と  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の格子定数と単位格子の体積を示す。図中の線に意味はなく、変化の様子を分かりやすくするため描いた。図 2(a)-(c)から  $K_{1-x}Rb_xIO_3$  では、Rb イオン濃度の増加と共に  $x=0.5$  までは格子が膨張しているが、 $x=0.5$  以上で格子の膨張はほぼ収まっていることが分かった。このことは、イオン半径の大きい同族元素との置換により、Rb イオンの置換量が半分近くになるまでは Rb が格子を押し広げるが、置換量が半分近くになった後は、イオン半径の大きい Rb イオンが格子サイズに対し支配的となり、以降の格子の膨張がおさまったと考えられる。なお、格子定数の角度値が  $x=0.3$  付近で大きく変化している点も興味深いだが、原因はまだわからない。一方、図 2(d)-(f)の  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  では、 $NH_4$  イオン濃度の増加と共に  $x=0.6$  まで格子は一般的な膨張を示したが、これ以降  $b$  軸が伸び  $a$  軸と  $c$  軸は収縮しており、格子定数の角度値も  $\beta$  のみ小さくなっている。単位格子の体積変化は、 $x=0.6$  まで膨張した後、膨張は収まっていることがわかる。 $NH_4$  イオンのイオン半径は Cs イオンと同等と言われており、

Rb イオンより大きい。ところが、単位格子の体積は  $RbIO_3$  が  $NH_4IO_3$  より大きい。これは、 $NH_4$  イオンが四面体構造をしており、さらに水素結合が存在する為、Rb イオンのような等方的なイオン結合ではなく、強い異方性を持った結合が存在することに関連していると推測される。このことが、 $K_{1-x}Rb_xIO_3$  と  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の格子定数の変化の違いに大きく寄与しているものと考えている。一方、 $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  に関しては、各エンドメンバー( $RbIO_3$  :  $R3m$  と  $NH_4IO_3$  :  $Pna2_1$ )の構造モデルでのリートベルト解析を行った。詳細は参考文献 4) で述べてあり、 $x=0.3\sim 0.7$  で R 因子が大きくなり、やはり混晶による結晶構造の変化が明らかになった。今後、より詳細な結晶構造(平均構造及び局所構造)の解析を行い、構造変化の詳細を明らかにしたいと考えている。

DSC 測定の結果、 $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  と  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  で  $x=0.7\sim 1.0$  の試料に、相転移を示唆する熱異常が観測された。この相転移は、熱異常が観測された温度から  $NH_4IO_3$  の  $82^\circ C$  における II-III 相転移(強誘電性相転移)であると考えられる。図 3 は、相転移温度をアンモニウムイオン濃度  $x$  に対してプロットしたものである。 $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の昇温過程と降温過程で相転移温度に約  $4^\circ C$  の温度履歴が確認され、この相転移が一次相転移であることが明らかとなった。この熱異常は、 $x$  の減少と共にブロードになり、 $x=0.6$  以降では観測できなかった。もし相転移が消滅したとすれば、不思議な現象であり、ガラス相転移等の可能性も含め今後の検討が必要と考えている。なお、熱異常の値より転移エントロピーを求めた結果を表 1 に示す。この転移エントロピーの値は、典型的な秩序無秩序型の強誘電性相転移をする  $NaNO_2$  の  $2.9J/(mol \cdot K)$  と同程度もしくは 2 倍ほどの値であり、このことより  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  と  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の強誘電性相転移も、秩序無秩序型であると考えている。そうすると、双極子モーメントに寄与する原子に、常誘電相で乱れ構造が予想され、この確認も今後の課題である。一方  $K_{1-x}Rb_xIO_3$  では、今回の測定温度範囲で、相転移を示唆する明瞭な熱異常は観測されなかった。これは、 $KIO_3$  で

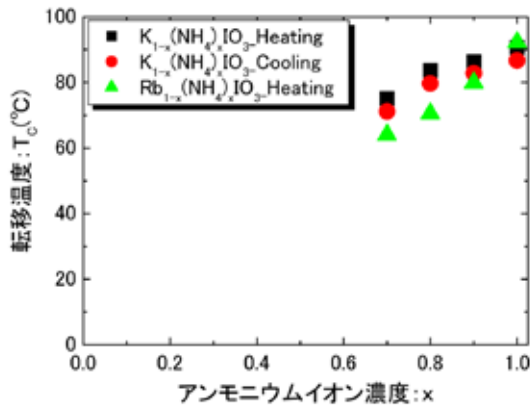


図3.  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  と  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の  $x=0.7\sim 1.0$  の相転移温度

表1.  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  と  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  の  $x=0.7\sim 1.0$  試料の転移エントロピー(J/mol/K)

アンモニウムイオン濃度 : x		0.7	0.8	0.9	1.0
$K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$	昇温	1.07	2.24	5.93	5.93
	降温	0.65	4.50	6.00	6.12
$Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$	昇温	1.01	5.65	6.93	7.13

報告されている 70°C の II-III 相転移が単斜晶系から三斜晶系へと対称性の変化を伴う相転移であるが、構造変化(原子変位)が小さく、むしろ強誘電相から強誘電相への相転移であることによる寄与が大きいと考えているが、詳細は不明である。また、昇温過程での -10°C (降温過程では -18°C) における III-IV 相転移は、対称性不変の強誘電相同士の相転移であるため、構造変化がより小さいと考えられる。これらを確認する為にも、詳細な結晶構造解析が今後必要と考えている。

#### 4. まとめ

強誘電性相転移を含む逐次相転移を示す  $KIO_3$  と  $NH_4IO_3$  及び相転移が報告されていない  $RbIO_3$  の混晶  $K_{1-x}Rb_xIO_3$ ,  $K_{1-x}(NH_4)_xIO_3$ ,  $Rb_{1-x}(NH_4)_xIO_3$  を作成し、簡易室温粉末 X 線回折測定と DSC 測定を行った。その結果、X 線回折データよりこれら 3 つの混晶ともアルカリイオン濃度の変化に伴い、結晶構造が変化していることが確認された。また、DSC 測定より  $NH_4IO_3$  の II-III 相転移である強誘電性相転移は、一次の相転移であり、秩序無秩序型であることが明らかとなった。さらに、アンモニウムイオン濃度の減少と共にこの相転移が消滅したことより、 $NH_4$  イオンがこの強誘電性相転移を支配している可能性が非常に大きいことが明らかとなった。今後、より広い温度領域での DSC 測定や詳細な結晶構造解析を行い、原子レベルからヨウ素酸アルカリ化合物の相転移機構の解明を行う予定である。

#### 謝辞

本研究の内容は、著者の研究室の学生であった大塩潤(2010年度静岡理科大学大学院修了)、田代進(2010年度静岡理科大学卒業)、榎幸広・鹿間千広・曾根田浩崇・望月翔平・森上琴絵(2011年度静岡理科大学卒業)との共同研究であり、それぞれの修士論文および卒業論文をまとめたものである。ここに感謝の意を表します。

また、簡易室温粉末 X 線回折測定及び DSC 測定は、静岡理科大学先端機器分析センター(旧: 機器センター)の装置を用いて測定した。センター職員の早川一生技術職員には、合わせて感謝の意を表します。

最後に、本研究の一部は静岡理科大学の平成 23 年度研究プロジェクト(B)「ヨウ素酸アルカリ化合物における相転移の研究」として採択され、その助成のもと行われた。

#### 参考文献

- 1) F. Herlach, "Kernquadrupolresonanzen, Phasenumwandlungen und Ferroelektrizität der Alkalijodate", *Helv. Phys. Acta* **34** (1961) 305.
- 2) Editor in Chief: W. Martienssen, *Landolt-Börnstein, New Series, III-36-B1*. (Springer, New York, 2001)
- 3) M. Maeda, M. Takagi and I. Suzuki, "Temperature Dependences of Dielectric, Elastic and Piezoelectric Properties of  $KIO_3$  Single Crystals Associated with the Successive Phase Transitions", *J. Phys. Soc. Jpn.*, **69** (2000) 267.
- 4) 大塩潤, "ヨウ素酸ルビジウムアンモニウム混晶の室温結晶構造と相図" 2010 年度修士論文, 及び静岡理科大学紀要, 19(2011)135, 及び 2010 年度静岡理科大学先端機器分析センター報告書, 1(2011)36.
- 5) 笠谷祐史, 2011 年度静岡理科大学先端機器分析センター報告書, 2(2012)30.

# 量子ロシアンルーレット

## Quantum Russian Roulette

榎葉 豊\*

Yutaka SHINBA

**Abstract :** Recently, it has been discussed that Gedankenexperiment of Quantum Russian Roulette may work as a crucial experiment about the Many Worlds Interpretation of Quantum Mechanics. We examine this idea under the conception of effect of selection by the observation.

### 1. はじめに

量子力学の解釈問題は、現在でも統一的な見解ができていない、世界観に係わる基本的な難問である。量子力学成立後、1930年代にはいわゆる伝統解釈とかコペンハーゲン解釈と呼ばれる難解な解釈が、ボーアの強力な指導力のもとに成立した。それを受け入れていけば、通常科学としての原子物理学をはじめとする、素粒子論、物性論に始まり化学、生物物理学、電子工学などのミクロの世界を記述する研究活動に何の支障もなくやって来ることができた。しかし、宇宙論を量子力学的に扱おうと、コペンハーゲン解釈ではうまくいかない点があり、イギリスの宇宙論者達を主たる嚆矢として、多世界解釈を採用する研究者が多くなっていった。現在では、日本でこそまだ奇異の目で見られることがあるが、世界的に見れば、多世界解釈は市民権を得ている普通の解釈の一つ言って良いであろう。コペンハーゲン解釈の特権的地位は既に失われているのである。

多世界解釈にもいろいろのヴァリエーションがあるが、まともな解釈ならば、量子力学の理論的予測と矛盾してはならないわけであるから、解釈の優劣、当否の判別は難しい。解釈の単純さ、優美さなどが、どの解釈を採用するかという場合の基準になっているともいえる。

しかし、まったく同じ物理的予測をする解釈の間で、決定実験のようなことが出来るという主張がされたことがある。たとえば、量子コンピュータがうまく作動すれば、多世界解釈の信憑性が高まると言ったのは、量子コンピュータ研究の提唱者であった、ドイッチュであった。

21世紀に入るところから、量子ロシアンルーレットとか量子自殺という思考実験が取りざたされ、それが多世界解

釈の決定実験になっていると言う主張がなされている。それは観測選択効果とベイズ推論を組み合わせたものであるが、量子ロシアンルーレットが成功することが、多世界解釈の蓋然性を高めるのかどうかを考えたい。

### 2. 多世界解釈<sup>1-4)</sup>

多世界解釈は、宇宙全体の量子論のために、観測者無し of 観測理論として、エヴェレット三世の相対状態解釈として生まれたものである。現在ではいろいろなヴァリエーションがあるが、その中から、デ・ウィットなどの主流派の解釈<sup>4)</sup>を概観しよう。

多世界解釈では、観測に当たる相互作用が行われたとき、世界はその観測量のそれぞれの固有値に対応する固有関数で記述されるそれぞれの世界に分岐していく、と言う解釈である。従って波動関数の収縮と言うことは最初から理論に存在しない。重ね合わせ状態が、たくさんの、それぞれの固有状態で表現される世界に分岐するのである。

世界の一部である観測者は、分岐したどの世界にも一人ずついるのだが、その固有値の値を認識している観測者の分身はその世界の観測者だけで、他の分岐した世界との相互作用はない。

ボルンの確率公理はコペンハーゲン解釈のように、外から与えられた公理ではなくて、多世界解釈においては定理として解釈の形式自身から導かれる。問題にする物理系の多数のコピーからなる集団を考え、その集団全体として分岐した無数の世界の中で、ボルンの確率解釈に合うコピーの固有値分布をしている世界の数が圧倒的に多数派になる。

2012年3月21日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

多世界解釈の難点は、どのような相互作用の時に世界が分岐するのかという問題や、推古方向にも分岐するのかという問題などいろいろあり、それらを巡っているいろいろな変種解釈が存在する。

### 3. 量子ロシアンルーレット

#### 3.1 シュレディンガーの猫

有名な思考実験である、シュレディンガーの猫を思い出して頂きたい。

猫を箱に閉じ込める。その箱の中には放射性物質とガイガーカウンターがあって、ガイガーカウンターが作動すると、連動して青酸ガスの入った瓶が割られる。この箱を量子力学的に取り扱おうとどうなるであろうか。放射性物質が崩壊するかどうかは、観測する前には量子力学的に重ね合わせとして変化する。ガイガーカウンターの状態、瓶が割れるか割れないか、そして猫の生と死の状態までも重ね合わせ状態だと言うことになる。

箱を開いて猫の生死を観測するまでは、猫の状態は生の状態でも死の状態でも無い、重ね合わせである。死んでいる状態と生きている状態の確率的な混合では無い、というあれである。

シュレディンガーの主旨がどこにあったかは議論があるところであるが、現在、この思考実験はいろいろなところで使われている。

猫の代わりに、観察記憶、報告能力ととりわけ自意識がある人間を観測装置にしたバージョンもあって、ウィグナーの友人の思考実験と呼ばれている。ただし、友人が青酸ガスで殺されるのでは無く、友人はガイガーカウンターを観測して、電話でウィグナーに報告する役目であった。

波動関数が収縮するのはウィグナーが報告を聞いた時点で、それ以前には友人の状態は重ね合わせなのだろうか。それとも、友人は自省能力を持った存在なのであるから、ウィグナーに報告しなくても、ガイガーカウンターを見れば、その時点で波動関数は収縮しているのでは無いただろうか。

ここで観測装置代わりにするのを、ウィグナーの友人というような、意識を持つてはいるが、観測者にとっては他者だというのではなく、観測者自身を検出装置にしてみよう。すると、コペンハーゲン解釈と多世界解釈の決定実験が出来るという主張が、量子ロシアンルーレットの思考実験である。

#### 3.2 量子ロシアンルーレット

「シュレディンガーの猫」の、猫の代わりに観測者自身を入れるという設定にしてみる。放射性物質の時間発展は重ね合わせで進み、そして、どこかの段階で観測過程に当たる相互作用が起こって、その結果、起きてしまった現象

として崩壊が起これば（確認されれば）あなたは死ぬ。これが量子ロシアンルーレットまたは量子自殺と呼ばれる思考実験の設定である。1987年にハンス・モラヴェック<sup>6)</sup>が言い出したとされるが、その後多くの論者が取り上げ、特にマックス・テグマーク<sup>6)</sup>が発展させた問題である。

ロシアンルーレットという呼び名は、その思考実験の要件として、死すべきイベントが起こった場合に、死ぬことが分かってから段々と死ぬのでは無く、何も分からないうちに即死することが必要だからである。

それでは、この思考実験を三浦に従って提示してみよう<sup>7)</sup>。

「あなたは、量子力学的観測過程の結果として50%の確率で弾が出るピストルをこめかみに当てている。量子力学的引き金をひいて、もし弾が出ればあなたは即死する。引き金を100回引いてみよう。その結果、あなたはまだ生きていたとする。何が結論されるのだろうか」

多世界解釈によれば、量子力学的な引き金を引くたびに世界は「弾が出てあなたが死んだ世界」と「弾は出ず、あなたは生きている世界」の2つに分裂する。100回繰り返してみよう。弾は発射されず、あなたは生きていたとしよう。このことは、多世界説を支持するだろうか。

### 4. 観測選択効果

通常確率の計算によって、あなたが死ぬ確率はほぼ1であり、あなたが生き残っている確率は約 $1/2^{100}$ である。

この計算によれば、あなたが生きているということにたいしては、奇跡が起こったか、もしくはルーレットは不正である可能性が高いという説明がされるだろう。確かに箱の外の観測者に対比される、量子ロシアンルーレット決定実験を見守る立会人達から見ればそうであろう。

しかし、今回は観測装置であるあなた自身が観測者なのである。あなたの視点、もっと言えばあなたの意識から見れば事態はどういうことになるであろうか。

あなたは、「自分は100回引き金を引いたが、まだ自分はこうして生きている。なぜだろう。考えがたい幸運が起こったのだろうか」、と考えているのである。もしあなたが、100回の試行のうちのどこかで死んでいれば、そのようにして奇跡に思いを巡らしているあなたはこの世には存在しないのである。即死することが設定であるから、「アア弾が出ちゃうんだ。もうすぐ死ななくては成らない」とか、「痛い、痛いよう。馬鹿なことしちゃったよう」と考える暇、状態は無いのである。

多世界説で考えれば、殆どの分岐世界において生きていて考え感じているあなたは存在しない。ただ一つの世界であなたは生きており、そこでは、あなたが奇跡だと思っているのである。あなたが生き残っていて、奇跡が起こったなどと思うと言う事態は、観測選択効果によれば、必ず起

ることである。

あなたという観測者の立場を考えれば、そのような事態は必然的にあなたが生き残った世界で観測される。一方その他の殆どの世界には、観測者であるあなたは存在せず（あなたの無惨な死体は存在するが）、ロシアンルーレットの成功についての考察などなされないのである。ロシアンルーレットの成功について議論・考察がされていると言うこと自体が、成功を含意しているのである。

この説明の仕方は、宇宙のファインチューニング（われわれの宇宙は、あまりにも奇跡的な物理定数の「調整」の上に成り立っている。もしちょっとでもずれていたら、高等生物は存在できなかったろうし、そもそも地球や太陽系などと言う系や安定な物質も生成されることは不可能だった。このことをどう説明するのかという問題）に対する人間原理による説明<sup>8, 9)</sup>と同じである。

もし1回量子引き金を引くたびに $2^n$ 倍の配当金を受け取れる賭として量子ロシアンルーレットに臨めば、あなたは必ず生き残って莫大な賭け金を受け取れるというのである。

とにかく、あなたは生きていて自分を発見するだろうし、試行回数が多ければ多いほど、その結果としてあなたが生きていてという観測事実は、バイズ主義的に言って、多世界仮説の信憑性を増大させるのだ、という筋書きになるわけである。つまり、量子ロシアンルーレットをあなたが行って、生きていたら、多世界解釈の信憑度が上がるというわけである。

他方、量子ロシアンルーレットに臨むあなたを観察している立会人達にとっては、あなたはほぼ確実に死ぬことを見ることになる。したがって、多世界説を立会人に納得させることは出来ない。

もしコペンハーゲン解釈を信奉していたらどうなるであろうか。コペンハーゲン解釈に従うなら、世界は常の一つである。観測過程で増えていくことは無い。観測のたびに、どれかの観測前は潜在的であった固有状態に対応した世界が生成されるのである。観測者の立場は、必ず量子力学的な系の外に置かなければならないのが、最も普通のコペンハーゲン解釈であるから、そもそも観測者自身を量子過程に入れてしまう量子ロシアンルーレットの思考実験とはなじまないともいえる。

しかし、強いて言えば、世界は一つで、その上での量子力学的に確率が決まるような確率過程で記述されるという描像であろうから、殆ど確実にあなたは死ぬ。あなたが生きていたら、それは非常に珍しい奇跡的と言って良いことが起きただけだ、というだけである。

**5. 転送機問題<sup>5, 10-12)</sup>との類似点と相違点:「必ず即死しなくては思考実験が成立しない」をめぐって**

ここで、転送機問題と言われる人格の同一性についての

思考実験との類似点を指摘しておこう。

転送機問題とは、アメリカのTVシリーズ「スタートレック」などで取り上げられはじめた宇宙空間移動の方法である。そのメカニズムの説明は別にして、人格の同一性や権利義務の問題としての思考実験<sup>11)</sup>は次のようなものである。

「私は転送機の中に入る。私は起こると言われていたことを思い出す。私がボタンを押すと、私は意識を失い、そして目を覚ますが、ほんの一瞬の事と感じるだろう。装置は私の身体に関する全ての細胞情報をスキャンし記録しながら、細胞を破壊していく。その情報は別の惑星に電波で伝えられる。別の惑星の装置はこの情報に基づき、私の身体の完全な複製をつくる。別の惑星で目覚めた私は地球でボタンを押す瞬間までの記憶をもっている。これは、私が瞬時に地球から別の惑星に移動したのだと考えられるだろう。なぜなら、地球にいた私と別の惑星で生成された私は記憶がまったく同じであり心理的な連続性が保たれているからであるからである。そして地球にいた私はもういないのである。」

この思考実験は、転送途中での事故で、転送元と転送先の両方に「まったく同じ」人物が出来てしまったとき、どちらがその人なのだろうか、などという問を巡るものである。人格の記憶説と物理的連続説を対比させて考えさせるのである。いろいろな設定をして、考察を深めるのであるが、そのなかに次のような物がある。

「転送の際、あなたの肉体は瞬時に消滅するはずでしたが、手違いで、しばらくの間、あなたは消去されませんでした」

この設定で、もうすぐ消去される転送元の「あなた」の絶望と、そして転送先の物質で新に構成された「あなた」の地位はなにか等を議論するのである。

ここまでくると、量子ロシアンルーレットとの類似点が理解できる。転送問題では、単純にうまくいっている転送過程では、転送元の「あなた」は、いわば即死である。量子ロシアンルーレットでも、弾が出る場合はあなたは何も分からないうちに即死しなくてはならない。

どちらの思考実験でも、即死で無い場合には、問題が複雑になるのである。

量子ロシアンルーレットでは、観測選択効果が発動してこそ必ず成功するという事になるのだから、死ぬときは即死で無いと奇跡が必然的に起こると言う事ができなくなる。弾が出てしまった分岐世界で、即死でなく苦しんでいるあなたも、量子ロシアンルーレットに参加してしまったことを悔やんでいるであろう。この問題での、「量子ロシアンルーレットについて考えている人」という参照集団は、

奇跡の世界の 1 人と残りの莫大な数の世界で苦しんで居るあなたの分身をあわせたものである。即死で無いと、奇跡の確率は本当に奇跡的に小さくなってしまふ。

一方、転送機問題では、転送機が宇宙空間での移動手段として役に立たないことになる。というのは、転送元のあなたと転送先のあなたの、どちらが（あるいは両方が）あなたなのかという問題が発生するのであった。転送元のあなたは、直前まであなたと全く同じ人格であって、今も同じ記憶と、性癖、能力などを共有している転送先の分身のことを「自分」とは思えないであろう。分身があなたの代わりに生き続けてくれると感じて、肅然と死んでいくことは出来ないだろう。

2つの思考実験の間の違いは、量子ロシアルーレットでは多世界解釈での沢山の並行した相互作用の無い分岐世界間での問題であるのに対し、転送機問題では、一つの現実世界の中での 2 人（転送元のあなたと転送先のあなた）の間の問題で、原理的には 2 人は相互作用することが出来るということである。

2つの思考実験の間で共通するのは、分岐したあなたの片方は即死で無いと、複雑な問題が起こってしまうことであり、そして、むしろその複雑な困難の中にこそ、人格の同一性問題や多世界解釈の理解につながる種が有るのである。

## 6. 遍在転生世界観

渡辺恒夫は「遍在転生世界観<sup>13)</sup>」を標榜して「いま、ここ問題」とか「くわたくし>の問題」とよばれる、意識の超難問に取り組んでいる。それは、なぜ私はかけがえのないくわたくし>なのだろうか。なぜ私の肉体の眼球を通して世界は開けているのだろうか。他の肉体（例えば転送問題での転送先の私）をつねっても、私は痛くも何ともないのはなぜであろうか。なぜ「今」は 2012 年であって、紀元元年とか 2090 年では無いのだろうか等を問う問題である。

それに対して、転生世界観では（いろいろなバージョンがあるが）、同時代の人類全ては私（私であったかも知れない）なのだとするのである。もちろん記憶の連続も、性格や能力の類似も無いとする。これは、生まれ変わりなどと言う宗教的思想でも同じであろう。生まれ変わると基本的には前世のことは忘れると言うのが通常の設定であろう。

つまり、私であったかも知れない人類のうち、これこれの割合で、ある事象が起こるなどと言う確率評価の基礎になるのである。この場合、犬やバクテリアは、自分とは何かなどと言うことを考えないであろうから、私であったかも知れない候補にはなり得ない。同じ人類であっても、知的程度によっては、私であったかも知れない候補にはなり得ない場合もある。

こうしてみると転生世界観は、通常確率論における、

参照集団としての可能世界集合を、人格の立場で規定しているのだといえそうである。そうだとすると、やはり私であったかも知れない人格を、私であるといつて良いのかと言う基本的問題に戻ってしまうのでは無いだろうか。

## 7. 量子ロシアルーレット思考実験の難点

量子ロシアルーレットの思考実験は、人間原理の宇宙論と同様の観測選択効果の考え、それと量子力学の多世界解釈を結合すれば、必ずあなたは生き残ると言う主張である。そして、もし実際に決定実験をしてみたらあなたが生き残れば、（観測選択効果を認めるならば）その事実が多世界解釈の信憑性をベイズ改訂して高めるのだという主張である。そして、あなたとは何なのかという問題も含んでいるのである。

しかし、この思考実験には大きな難点がある。まず「量子」といいながら、それが関与するのは、「観測過程で世界が固有状態に対応する複数の世界に分岐する」という多世界解釈の要請の部分だけである。そのほかには量子力学的干渉の効果は用いられていないことである。

多世界解釈自身についても、ここで用いられている「観測の時」という概念は、じつは大きな難点なのである。どういふときに世界が分岐するかという判定条件に、「観測過程」という判断基準が曖昧な条件が含まれている。観測過程は固有状態へのスペクトル分解と、不可逆的な非干渉化の過程が含まれる。このうちスペクトル分解は明確に定義し判断できるが、非干渉化こそが、観測過程の核心なのである。

またスペクトル分解は一意では無く、いろいろな分解が出来る。どのスペクトル分解かは観測装置が、測定する量に関与して明確に構成されていれば、分かりやすいが、自然界では必ずしもそうは成っていないであろう。非干渉化が完全では無い、波動関数の不完全収縮と言う事例も知られているのである。

このような多世界解釈自体が持つ難点を量子ロシアルーレットも持っているといえるだろう。そして、量子引き金を引くとき、その結果が得られるまでは状態は重ね合わせであるという、量子力学の本質的性質が直接的には考察されていない。このことが不満に思われる。また、多世界解釈も、他の解釈の多くと同様、時間対称性を破っている難点がある。つまり過去へ向かつては世界は分岐しない（逆に言えば多世界は観測過程によって融合して 1 つの世界になることは無い）というのが通常多世界解釈の立場である。このことも整合性を保持して考えなければならぬ。

筆者はこれらの問題をさらに取り上げていこうと考えている。2006 年公開の映画「プレステージ」は、人格や人生そのものについて考えさせる、対立する 2 人のマジシャンを主人公とする映画であった。その中の一つの題材として、まさに転送機を取り上げている。その設定は「マジ



ックの舞台での転送の結果、人物は2人に別れるが、一方は水槽に落ちておぼれ死ぬ」というものである。分岐した2人のうち死ななかつた方はマジシャンとしての名声を、その舞台を繰り返すごとに、どんどん得ていくようになっている。つまり、即死しない不完全な量子ロシアンルーレットなのである(必ずしも引き金は量子力学的では無いようにも見えるが)。この映画についての考察はあまりされていないようである。

筆者は、映画「プレステージ」の哲学的分析と、ここでは割愛したが「量子不死」と言う思考実験も含め、量子ロシアンルーレットという重大な複数の要素を絡み合わせて持つ問題の分析を進める途上である。脳の中の過程は量子力学的な要素が重大かも知れないということも考え合わせると、日常の眠って起きると言う行為なども、考察の範囲に含まれてくるはずである。

『自我体験と独我論的世界観』、北大路書房、(2009年)

#### 参考文献

- 1) 榛葉豊、『定理としての確率解釈』, 静岡理工科大学紀要 9 (2001年)
- 2) 和田純夫, 「量子力学の多世界解釈」, 『現代物理学最前線6』 共立出版 (2002年)
- 3) H. Everett III: ““Relative State” Formulation of Quantum Mechanics”, *Rev. Mod. Phys.* , 29, 454(1957)
- 4) B. DeWitt and N. Graham ed. ,”*The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*”, Princeton U.P.(1973)
- 5) H. Moravec, “*Mind Children* “, Harvard(1988)  
邦訳:「電脳生物」岩波 (1988)
- 6) M. Tegmark, “*The Interpretation of Quantum Mechanics: Many Worlds or Many Words?*”,(1997) arXiv.org/abs/quant-ph/9709032/
- 7) 三浦俊彦, 『観念的世界観の物理主義的基礎』, 日本科学哲学会 2011 年度年会, 於日本大学文理学部
- 8) 榛葉豊, 『平凡の原理と主観確率 — 多世界・意識・参照集団 — 』, 静岡理工科大学紀要 16, (2008年)
- 9) 榛葉豊, 『人間中心原理と確率の本性 — 確率過程量子化のために — 』, 静岡理工科大学紀要 12, (2004年)
- 10) 榛葉豊, 仮題『歴史に残る思考実験』, 2012年6月出版予定
- 11) D. Perfit, “*Reasons and Person*”, Oxford(1984)  
邦訳:『理由と人格』, 勁草書房 (1998年)
- 12) D. Denett et. al. ed., “*Minds Eye*”,  
邦訳:『マインズ・アイ』, TBSブリタニカ (1992年)
- 13) 渡辺恒夫, 『輪廻転生世界観』, 第3~5回人文死生学研究会 (2004~2007), 於明治大学駿河台校舎



## INSTRUCTIONS AND COMMENTARY ON THE UTILITY OF MOODLE

R. Gregg McNABB\*

### ABSTRACT

Moodle (modular object-oriented dynamic learning environment) is a powerful online Learning Management System (LMS) that is normally used in addition to regular classroom practices, potentially offering students many more learning opportunities and which allows educators, at the least, to gain greater insights into students' study habits. This paper explains Moodle's basic functions and provides some basic commentary.

Moodle は、通常の教室で行われる教育の効果をあげるために使われている有効なオンライン学習マネジメントシステムである。学生により多く学習できる場を提供し、教師は学生の学習習慣を知ることができる。この論文ではMoodleの基本的な機能と授業での有益な使い方を説明する。

**Key words:** Moodle, e-learning, measurement, simplicity, testing

### INTRODUCTION

Moodle is a powerful, versatile, open source e-learning course creation LMS. The brainchild of Martin Dougiamas, it was originally devised to promote educational collaboration. In addition to enabling instructors to be able to create and upload a plethora of different materials and courses online, it lets them organise, observe and measure students' online course performance. From the student perspective, with Moodle their learning opportunities will expand beyond what often tends to be a primarily teacher-fronted, textbook-based classroom. They can benefit from "blended learning," which involves doing independent study online at their convenience as well as participating in regular classes.

Moodle can be used for a variety of purposes and subjects, such as mathematics, geography and history, not merely language learning. And of course Moodle accommodates any language, not just English. Since its inception, it has been growing at an exponential rate, and as of this writing, according to the statistics at [www.moodle.org](http://www.moodle.org), a phenomenal 5,866,088 courses have been put online at over 66,077 sites, which is, when compared to statistics cited by McNabb and Jenkins (2010), an increase of over 2,100,000 courses

and almost 16,000 more registered sites over a span of approximately 1.5 years. Course creators have already made over 112,600,000 quiz questions for just under 57,000,000 users in 218 countries. That's twice as many questions as in 2010, suggesting that existing educators are substantially adding to their courses. In spite of these staggering statistics, regularly updated website data shows that Moodle continues to be comparatively under-utilized in Japan, Korea and China, especially so in Korea where there are only 167 registered sites. It would seem, therefore, that Moodle is a resource that modern Asian educators could familiarize themselves with in order to become better attuned to the needs of their students who are indeed "digital natives."

#### The case for blended-learning

The primary reasons for Moodle's increasing popularity are its intuitive simplicity, its increasing number of useful features and the fact that it is completely free. Once a server has been set up, non-technically inclined instructors can be shown or can learn how to use it with a reasonable degree of proficiency after about an hour and can then begin to create or upload course content. This is equally true for students; its ease of use (in Japanese, English, Korean, Chinese, etc.) allows them to be interacting

\*Received March 2, 2012

\*Department of Human-Computer Interface Design, Faculty of Comprehensive Informatics

within minutes. Beyond its straightforward design, Moodle is extremely comprehensive, versatile and designed for cross-platform use. Developers have endeavoured to limit incompatibility issues, therefore most users will not be disadvantaged by using operating systems and browsers other than Microsoft Windows and Internet Explorer. In actual fact, there are some bugs with Moodle 1.9 with certain question types when using some versions of IE. Also, because Moodle is a cooperative, ongoing project, it's constantly being improved. There are dedicated forums and the Tracker database where course creators can communicate with developers in order to produce enhancements and upgrades. In short, Moodle makes it extremely easy for non-technically minded educators to initiate blended learning for the benefit of their students, many of whom expect and enjoy online study and learning.

Educationally, using Moodle enhances the learning environment, extending the classroom by ensuring that many elements of lessons are accessible online and by increasing the possibility that learner interaction with materials will be longer and more complete. Both of these serve to promote learner autonomy. In traditional classrooms, input, feedback, and collaboration with classmates often ends at the classroom door, whereas in the blended-learning environment, teachers can provide extra content via the course website, use forums to keep in touch with students and allow peer-teaching. Furthermore, quizzes and online lessons can enable students to test their knowledge and receive instantaneous feedback on their performance. Instead of having just one opportunity to examine course content, students are free to reexamine all content including slideshow presentations given in class and even full lectures as much as they need. All of this extra support is available to students at anytime so they can choose what to study, when to study and how to study, thus providing highly collaborative, interactive and autonomous learning opportunities.

#### **The usability of basic Moodle modules**

It is outside the purview of this brief paper to detail point by point each of the multifarious uses of

Moodle, therefore interested readers may wish to examine the moodle.org site to confirm which, on its ever-expanding list of features, are suitable for their needs. However, some of the more common, useful features will be described below.

After installation, Moodle becomes a comprehensive website for teachers where they can augment and manage their courses using their preferred web browser. The website requires a login but, when allowed, users can log in as guests. This "open door" feature has implications for local, national or even worldwide collaborations since content can easily be shared with anyone, although in general most users will want to maintain a secure site to protect personal information. After login, the website presents a list of courses that are divided according to institutional or individual preferences. Courses themselves are usually organised in a weekly or topic-based format where beginning and ending dates can be set. Each week/topic contains the materials to be studied. Each week or topic can be displayed or hidden according to instructor preference. In effect, at the bare minimum, it constitutes a multimedia online "syllabus," and at the maximum, a complete interactive course. In our case, we have over 20 courses with everything from music, podcasts and quiz questions using sound files, to slideshow presentations, interactive glossaries and course handouts. Our resources, forums, quizzes and other activities for each course are inserted into each weekly/topic heading. There is almost no limit to the amount or types of resources that can be used. By way of illustration, some common resources and activities include: adding course notes as a pdf file, graphs as jpeg files, making instant url links, exporting office suite presentations as swf files, having the ability to create webpages or text files within Moodle, plus being able to make mindmaps, glossaries, chats, forums, surveys, Wiki entries, as well as audio and video recordings and quizzes that are automatically graded. Course creators and Teachers can directly import YouTube videos and add podcasts. Using Blocks, checklists and a variety of self assessment tools, students can track their progress and develop their autonomy. Moreover, as Moodle is modular, it is easy to install extra, custom modules for more specific

purposes such as Moodle math or LaTeX plugins to display mathematical formulas. Because materials within any given week or topic can be hidden from students' view, the teacher can control pacing by defining when specific resources will become available. It is evident, then, that this LMS is a powerful and valuable, if not essential, complement to classroom education.

Potential can appreciate just how simple Moodle is. Consider the steps required to create several of the most common activities and resources. For example, to add an image, choose "Link to a file or website" from the "Add a resource" drop-down box. A new page will appear. Provide a suitable title for the

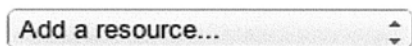


Fig. 1 Resource drop-down box

image. For an image on the web, simply input the url. Then click "Save and return to course." The url link will appear in whichever week in your course you have chosen. When uploading an image from your computer, use "Choose or Upload File" and follow instructions in the pop-up window. Once the file has been uploaded, click "Choose." Once again, be sure to give the image an appropriate name. To create a text file within Moodle is just as easy. Simply choose "Compose a text page" from the "Add a resource" drop-down box. Give the document a good title. Then compose your text or cut and paste from any pre-existing document. Choose the "Moodle auto-format" for most situations. Finally, click "Save and return to course." The text page link will appear in your chosen



Fig. 2 Available resources

week. To be sure, uploading videos makes any course

more exciting, but they should be used judiciously. Choose "Insert a label" from the "Add a resource" drop-down box. Insert the video url in the white box. Highlight the url by double-clicking.

Choose the "Insert Web Link" icon. Insert the url and a suitable title. Click "OK." Click "Save and return to course." The YouTube or other video will appear in a given week. I have clearly demonstrated that adding basic online content to satisfy the needs of digital natives can be easily accomplished in just a few mouse clicks without training or frustrating trial and error.

### Comprehensive testing with Moodle

Because quizzes and question-making are so frequently used, the procedures for their design deserve in-depth explanation. Without question, two of the most labour-saving features of Moodle are its impressive assessment and measurement capabilities. Teachers can create and deploy quizzes that are marked automatically and have the results inserted directly into the course gradebook. If item analysis (see below) proves that certain items or even entire tests are problematic, it is easy to reconfigure the weighting in a variety of ways until a fair outcome is achieved. If there are a number of instructors teaching a common course or in Japan where hundreds or even thousands of teachers use the same MEXT approved textbook, it is possible to create numerous tests that could be used by all. It is actually quite surprising, even unfortunate, that MEXT, publishers and boards of education have not promoted Moodle for this purpose.

Although this explanation of testing may seem lengthy and somewhat cumbersome because it is in print, in point of fact, everything is entered on a single page using various drop-down boxes and fields. It is completely intuitive, requiring no special training whatsoever. Setting up an empty quiz takes about a minute. The first thing to do is to create an empty quiz. In effect it is the quiz framework. After this has been done, questions are added to a question bank.

1) **Quiz:** To create a quiz, choose "Quiz" from the

"Add an activity" drop-down box. Add a suitable title.

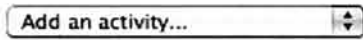


Fig. 3 Activity drop-down box

2) **Settings and attempts:** Next, set the parameters: date(s) and time (e.g., May 3 1:15 to May 6 5:45) and then the test duration (e.g., 20 min.). You can decide whether or not you want to randomize the quiz by shuffling questions and/or answers. Then fix the number of attempts -- practice quizzes could have unlimited attempts to make sure that students master the content. By restricting when the quiz can be taken and for how long, fixing the number of attempts allowed, and automatically shuffling questions and answers, it makes it extremely difficult for anyone to cheat. Indeed, with shuffling, while one student is viewing his question 7, it is different and the choices are in a different order from the question 7 of the student sitting next to him. In a quiz with 20 questions, almost all students' questions and choices will be completely different from other students'. Once students realise this, they will know they have no choice but to study. Depending on the composition of given groups of students, the shuffling option will have greater or lesser value.

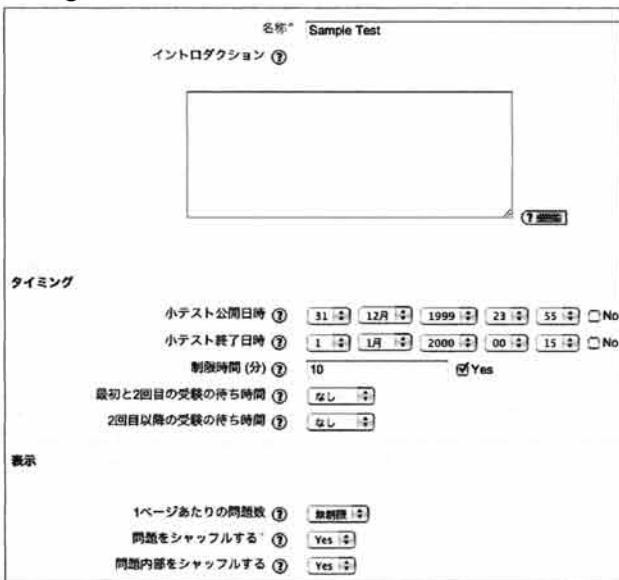


Fig. 4 Setting test parameters

3) **Grading:** The next step is to determine the way the quiz will be graded -- according to the highest score,

the average of all attempts or the first attempt.

4) **Feedback:** Choose whether or not to offer overall feedback. You can provide hints and encouragement according to your students and course.

5) **Security:** Choose the level of security. For practice quizzes it may not be needed at all, but for real, in-class (English) tests, it can be important, because in some versions of IE, when the cursor is passed over a

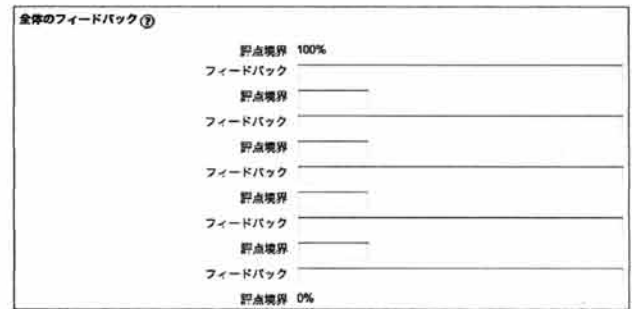


Fig. 5 Grade range and feedback settings

word, a Japanese translation is produced. Also in at least one version of IE, the secure setting sometimes creates viewing troubles but this is easily fixed by turning off the pop-up blocker.



Fig. 6 Test question types

6) **Making questions:** Once all of the parameters have been set and the framework of the empty test has been made, the next stage is to import or create questions for the question bank and then "fill" the empty test. There are all sorts of weighting possibilities and the ability to override answers or manually regrade in the

event of teacher error, excessive difficulty or some type of glitch. With paper tests, instructors would have to manually regrade and adjust scores one by one in their gradebook, but with Moodle, these sorts of issues can be resolved in a few clicks. To add questions, make sure that "Editing" is turned on. Then click on the empty quiz you've just made and begin to add questions. With colleagues teaching the same course, you can develop a cooperative question bank and use the "Add random questions" function as well. In the case of these writers, three colleagues shared the workload and created a full question bank for several units of a common course in about an hour. It is worth noting that because different people bring different notions of what's important to test for, this makes for greater variety, which is certainly preferable to one person acting alone. With Moodle it is much easier to instill variety into testing. There are numerous question types: matching, multiple choice, cloze, short answer, advanced ordering, essay, true or false and more. Some question types allow for awarding partial points for some answers. If you already have questions, you can create tests quickly by cutting and pasting from opened files. Using "Aiken format," it is possible to directly import multiple choice questions made in standard word processing software with considerable ease. For example, if you have files of with hundreds of carefully constructed questions used for paper-based placement tests, you can upload all of them at a go. If you do not have any existing files to draw from, begin making questions just as you would for any paper quiz. It only takes slightly more time which is paid back by not having to collect and grade papers.

Using online (practice) quizzes, instructors can offer *students* the freedom to choose their own timing to attempt a quiz, which affords them the opportunity to put forth their best effort. They can do their own practice quiz wherever and whenever they want, which actually may not be a minor consideration for students who have to commute three hours a day. As previously indicated, by permitting this, it gives the teacher insight regarding study patterns. For students who miss an actual test, it is possible to have them do it at home (you can reset the parameters and easily

confirm i.p. address) or from another designated place. For example, for students who miss our placement tests, we offer another supervised opportunity in our Languages Centre and restrict test-taking to a specific i.p. address range. Additionally, having students do practice quizzes online at home frees up classroom time for more learning, and as Moodle does all the marking, teachers have more time to plan their next lesson or relax and come to school with more energy.

To do all of this initially requires some set up time (not an onerous amount), but if the course or courses are going to be taught for several semesters or used by many teachers and students, it is a worthwhile initial investment. For busy, mid-career university professors and teachers who have many students coupled with interminable committee and administrative responsibilities, the hours gained by not having to mark papers alone is definitely worth having Moodle. Furthermore, it reduces paper clutter in one's office and is environmentally friendly.

In Moodle, instantaneous item analysis allows us to quickly or thoroughly compare different students and class sections, graphically display grading in order to have an immediate sense of our students' achievement and provides an abundance of useful statistical data that would normally require considerable time spent on calculations. After a quiz, or even during one, item analysis can be performed. We can analyze a fifty-question placement test taken by 350 students mere minutes after the fact and can get an immediate global impression of a cohort while verifying at the same time if there were any unsuitable questions. We can confirm whether certain discrete grammar points will need to be addressed or not. In a unit test, through item analysis if we determine that most students couldn't answer a particular question, then we may need to revisit that subject matter or simply award points because the question wasn't properly framed. While we would be able to find out this information by grading manually, it would take much longer. It is evident, then, that Moodle's item analysis features give educators greater awareness about testing and allows them to conduct analysis with greater efficiency.

### Administration and observation

From an administrative standpoint, Moodle is a godsend. Once students register using their name, student number and e-mail address, permanent ordered name and grade lists are created. As a result, the teacher can send group messages with a single click. While teachers can see the entire gradebook, students are restricted to viewing their own results. At any time, teachers can export all their grades to a spreadsheet or text file should they wish to print them out or send them to others.

Students can subscribe to forums and other updates from the Moodle site as well as send and receive messages via the Moodle site to the teacher or other students. This means that students have the ability to communicate with one another at will about their classes, homework, and so forth. Because Moodle maintains course contents 24 hours a day, it definitely assists students in autonomous and collaborative learning. Its online calendar is highlighted and provides a link to any test, activity or homework where a date parameter has been specified so students should always be able to know about tests and assignments. Privacy is easily controlled. E-mail addresses are visible to other course members by default, however this can be changed.

Using Moodle, teachers have access to a variety of tools that enable them to immediately and accurately quantify the study routines and performance of their students. There are several reports that teachers can access to obtain data related to student participation in a given course. When students do any kind of online task, it is tracked. Therefore teachers can see when each student logged in, with some accuracy what the student did while logged in and for how long the student was logged in, even for how long specific files within a course were likely used. There are certain "tricks" such as creating a webpage within Moodle that permit better tracking. All of these logs can be compiled into statistical reports that let the teacher know when students are using Moodle, and how often each activity, resource or forum has been accessed, thereby providing insights into the study habits of the class and of course individual students. Armed with

these statistics, course coordinators and others may be able to make better decisions after several semesters. Most teachers, however, will simply view the available data as cues about how to interact with students in the next lesson(s). In short, this allows for superior one-to-one instruction that simply cannot be replicated in the traditional classroom. Before the teacher comes to the next class, s/he will have a much better idea of what to teach or reteach and for how long. In large classes, from the logs, instructors can actually know the names of students who may need special attention, be it enrichment or remediation, whereas without these records, teachers might have to wait weeks or even months for initial test results.

### Conclusion

It has been adequately established that Moodle is a powerful, dynamic and versatile e-learning platform whose simplicity should prove to be a boon to a wide range of educators lacking computer expertise but who recognise the need to diversify their pedagogy by blending captivating and functional aspects of e-learning with the traditional classroom experience. I have suggested that through Moodle, a professional collaborative environment is possible. Before we begin any blended learning Moodle project, however, we must first truly grasp the underlying, crucial point which is that students in the 21<sup>st</sup> century *expect* a degree of online education, hence it is absolutely incumbent upon us to catch up, if need be, to enrich their learning experiences.

### References

R. G. McNabb and A. Jenkins. "Managing and measuring your students' coursework by utilizing Moodle." *Proceedings of the 2010 Academic Forum between Jiliang University and Shizuoka Institute of Science and Technology*. Hangzhou: Jiliang University Press. (2010). p. 15-17.

Moodle.org. Retrieved February 27, 2012, from [http://moodle.org]



## 袋井関連人物参考資料目録(3)

～名倉孝(遠州鬼秀)、近藤健次関連資料目録～

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.3

小栗 勝也\*

Katsuya OGURI

## 1. はじめに

名倉孝氏(昭和9年2月生、現在78歳)は「現代の名工」に認定された鬼板師(鬼師とも呼ばれる。鬼瓦職人のこと)である。袋井市に工房を構えている。

静岡県地域はかつて駿府城築城の際に、著名な瓦の産地である三河地域の職人が移住したことから瓦産業が盛んになったと言われる。袋井地域を流れる太田川流域でも良質の粘土がとれたため「遠州瓦」「遠州鬼瓦」と呼ばれる瓦が作られてきた。遠州鬼瓦の製造所は、戦後の最盛期には10軒以上あったそうだが、今では「鬼秀」の屋号を持つ工房のみとなった<sup>(1)</sup>。遠州地域の名を冠して「遠州鬼秀」と称することもある。この鬼秀が名倉孝氏の工房である。

氏は父である3代目鬼秀・名倉秀三(ひでぞう)のもとで鬼板師としての修行を積み、4代目鬼秀として袋井の地で工房を護り続けている。「鬼秀」の「秀」は秀三の名から取ったものである。秀三が3代目であるというのは、瓦に関係する仕事をするようになった名倉家として3代目ということであって、「2代目鬼秀」という呼び名は存在しない。

2代目名倉紋太郎は「鬼紋」と称した<sup>(2)</sup>。初代名倉勇八は鬼瓦を専門に扱った訳ではないので「鬼」の文字を用いて名乗ることはなかった。2代目3代目の例にならって、4代目の孝氏も自らの名を取って「鬼孝」と称しても不思議ではないのだが、「鬼孝(おにたか)」では音が良くないので父の屋号をそのまま継承したと、ご本人は述べる<sup>(3)</sup>。

遠州鬼秀の鬼瓦は、技法としては社寺建築における伝統的木工彫刻の流派で江戸後期に栄えた立川流の流れを汲む。鬼瓦製法における立川流は、2代目鬼紋らの努力で栄えたと言われる<sup>(4)</sup>。4代目も「立川流」を看板に掲げている。

地元袋井近辺の田圃の床土を用いて作られる遠州鬼秀の鬼瓦は、独特のいぶし銀の光沢と、なめらかな風合いで知られてきた。但し、現在では主に三河の土を用いているという。地元の土を用いて作っていると今でも紹介されることがあるが、

この書き方は現在では間違いになるそうである<sup>(5)</sup>。

父秀三氏も幾多の賞に輝いた名工であったが、名倉孝氏も立派な業績を上げている。平成13年に厚生労働大臣より卓越技能章の表彰を受け「現代の名工」に認定されたほか、平成18年には「静岡県技能マイスター(しずおかの匠)」に認定された。更に平成14年には黄綬褒章も受賞している。

長い伝統の裏付けと確かな技術によって、このように高い評価を得ているのが鬼秀の鬼瓦である。そのため地元袋井市民の中には「街の誇り」<sup>(6)</sup>であると評する人もいる。

名倉孝氏は単に伝統的な鬼瓦を製造することだけにとどまらず、鬼瓦の鬼を笑顔にするというユニークなアイデアを実行に移す斬新さも兼ね備えている。名倉氏が独自に開発した「平成の笑鬼(しょうき)」がそれである。その第1作目は袋井の北に位置する森町の「アクティ森・体験の里」の当時の所長の依頼によって作られることになったもので、完成後は森町の駐在所の屋根に置かれた<sup>(7)</sup>。名倉氏はこの笑う鬼を鬼瓦としてだけでなく鬼面付の表札にも用い、今では氏の工房に注文が入る表札の半分は笑う鬼だそうである<sup>(8)</sup>。

また、鬼瓦製造の技法を用いて各種のモニュメント等の作品も手がけている。例えば平成16年開催の浜名湖花博では、名倉氏が作成したオブジェと華道家の假屋崎省吾氏による蘭の活け花がコラボレーションして展示作品になったこともある。現在、袋井市役所の正面玄関脇に設置されている波をイメージしたモニュメントが、その時の名倉氏の作品である。

加えて、地元の子も達にも遠州鬼瓦の伝統を広く伝えたいとの思いから、平成元年から袋



名倉 孝氏

2012年3月2日受理

\* 総合情報学部人間情報デザイン学科

井市内の小学校中学校等で粘土細工の体験学習等の指導も行っており、これは今も続いている。

氏は業界でも広く知られた人物で、平成 3 年に全国の鬼師が結集して発足した「日本鬼師の会」では創立時からこれに参画し、平成 8 年から平成23年まで同会の副会長職を務めた。現在は名誉顧問である。また、現在は無くなってしまったとのことであるが<sup>(9)</sup>、「遠州鬼瓦研究会」(森町の「アクティ森」に事務局を置いていた)の顧問も務めていた。

このように現在も第一線で活躍中の「現代の名工」が名倉孝氏である。筆者とは、平成 17 年に新しい町づくりを考える民間団体「新袋井フォーラム」が設立された際に、氏もこれに参加して下さったことから知り合いとなり、以来懇意にさせて頂いている。現在の鬼秀の工房では、名倉孝氏の御令孫にあたる名倉元久氏が「5代目鬼秀」として祖父と2人で仕事に当たっておられる。鬼秀のホームページを管理運営しているのも5代目だそうである<sup>(10)</sup>。

近藤健次氏(大正 15 年1月生、現在 86 歳)は袋井市(旧幸浦村大野、後の浅野町大野)の出身で、臨床検査業界で日本トップクラスの会社、(株)ビー・エム・エルを創業した方である。袋井市には氏の名を冠した近藤記念館(平成 22 年完成)が作られている<sup>(11)</sup>。近藤氏については既に本誌上で筆者が紹介したものがあるので<sup>(12)</sup>、ここでは割愛する。

今回の目録では以上2名に関する資料を収録した。

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備忘録程度に記していたものを土台に、改めて調査した情報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。従って本目録には遺漏や誤認等が残されている可能性がある。ご利用頂く方には予め御寛恕の程をお願い申し上げる次第である。同時に、本目録に未掲載の資料等をご存知の方、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。

名倉氏関連の資料については、氏の御協力を得て御自宅に保存されている資料をお借りし調査させて頂いた。感謝の意を表する次第である。なお同氏宅には表彰状の写しや表彰手続き上で作られた各種



笑う鬼瓦

の下書き文書、また写真や私的文書なども多数保存されているが、本目録では公開資料や公文書資料を優先し、これらは割愛した。また、本誌掲載紙数の制限から今回、名倉氏関連の資料を全て収録できなかったのも、残りは次号の掲載に回すことをお断りしておきたい。

- (1) 以上、(Web)「ふじのくに・ささえるチカラ」([http://sasaeruchikara.jp/?post\\_type=parsons&p=681](http://sasaeruchikara.jp/?post_type=parsons&p=681))内の記事より。
- (2) 『静岡県の職人衆』(本目録No.6)参照。
- (3) (5) (9) (10) 以上、2012年3月名倉孝氏談(聴き手小栗)。
- (4) 「第1回全国立川流鬼瓦展開催にあたって」(本目録No.13)参照。
- (5) 例えば「じえらーと・げんき〜地域紹介」(本目録No.2)等。
- (6) 名倉孝「平成の笑鬼」(本目録No.18)。
- (7) 注(1)、及び2012年3月名倉孝氏談(聴き手小栗)。
- (8) 注(1)、及び2012年3月名倉孝氏談(聴き手小栗)。
- (9) 袋井市にある個人名が付いた公的施設は、澤野医院記念館と近藤記念館の2つのみである。袋井市の公共施設は市のHP内サイト(<http://www.city.fukuroi.shizuoka.jp/kbn/02200030/02200030.html>)に一覧がある。
- (10) 拙稿「袋井出身の起業家・近藤健次氏について」(本目録No.46)。

【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。
- ・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1) (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	掲載頁/備考	所蔵場所等
1	【Web】「遠州鬼秀」	「鬼秀」(名倉氏自身によるHP。5代目鬼秀が管理運営)	<a href="http://www2.bweb-arena.com/onihide/">http://www2.bweb-arena.com/onihide/</a>	鬼秀	(不明)	当該HPトップから「製品案内」「施工実績」「郷土工芸品」「コメント」「プロフィール」「ご案内」「mail」「リンク」の情報に進める。	WEB 公開情報
2	【Web】「じえらーと・げんき〜地域紹介」	じえらーと・げんき	<a href="http://www.genki-jp.com/area.html">http://www.genki-jp.com/area.html</a>	「じえらーと・げんき」( <a href="http://www.genki-jp.com/index.html">http://www.genki-jp.com/index.html</a> )のトップから「地域紹介」を。	(不明)	「鬼秀」を「街の誇り」の一つとして紹介している。同店は袋井市にある禅寺・可睡斎の門前にあるジェラート店。	WEB 公開情報
3	【Web】「遠州鬼瓦」(しずおかの郷土工芸品/工芸品紹介)	静岡県郷土工芸品振興会	<a href="http://www.shizuoka-kougei.jp/011.html">http://www.shizuoka-kougei.jp/011.html</a>	「しずおかの郷土工芸品」( <a href="http://www.shizuoka-kougei.jp/">http://www.shizuoka-kougei.jp/</a> )トップから「遠州鬼瓦」を選択。	(不明)	トップページの「静岡県伝統工芸品らいぶらりい」で検索すると、遠州鬼瓦の商品8品の詳細案内、価格、発売元情報も分かる。	WEB 公開情報

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日	掲載頁／備考	所蔵場所等
4	「丹精込めた手作りの鬼瓦を提供／父に追いつけ追い越せの気概持ち」	鬼板師 名倉孝 鬼秀	『エコノミックジャーナル』第14巻第19号	日本経済通信社	昭和52年10月5日	43頁。若き日の名倉孝氏の写真あり。	名倉孝氏蔵
5	「名人登場／鬼板師／鬼がわらづくり／周智郡森町 名倉秀三さん」	イラスト・文林 トミ夫	『母と生活』第21巻第9号(静岡県出版文化会「母と生活」編集部編)	静岡教育出版社	昭和53年9月1日	82～87頁。息子さんが四代目鬼秀を継いで名倉さんも一安心、という記述もある。	名倉孝氏蔵
6	『静岡県の職人衆』	杉山 正	—	静岡新聞社	昭和59年6月12日	145～152頁に「鬼板師／名倉秀三さん」あり。口絵にも名倉秀三氏の写真あり。森町の名倉秀三と紹介されている。	袋井図書館蔵
7	「よみがえれ”ふるさと”の心技”伝 統一作家シリーズ②／東海職人列伝／三代目”鬼秀”／堂宮鬼板師 名倉秀三さん(周智郡森町)」	(記載なし)	『素敵な街角』1985年9・10月合併号通巻11号	(株)コンセプトバンク(浜松市)	昭和60年10月1日	10頁。四代目鬼秀作の家紋手彫瓦の誌上頒布記事もあり。	名倉孝氏蔵
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】【下の脚注を参照のこと】	袋井市教育委員会・編集	—	—	(1987年)【但し図書館に登録されている年】	市販 A4 サイズのクワイヤーファイル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)
9	「現代のたくみ／遠州鬼瓦」	(記載なし)	『コンセンサス』1991年5月号	NEC 日本電気(株)情報処理営業支援本部内コンセンサス編集部	1991年5月	10～11頁	名倉孝氏蔵
10	「遠州森町 鬼工房だより」	名倉 孝	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)創刊号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成3年7月10日	『鬼瓦・瓦屋根再考』452頁	名倉孝氏蔵／小栗蔵
11	「遠州森町 体験の里だより」	(記載なし)	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第3号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成4年10月15日	『鬼瓦・瓦屋根再考』458頁。名倉氏の工房とそれがあつたアクティビティ森の紹介記事。	名倉孝氏蔵／小栗蔵
12	「伝工芸品／鬼(手作り)瓦」／鬼秀三代目名倉秀三／四代目名倉孝【リーフレット。鬼秀自身による製品紹介カタログ】	鬼秀	—	鬼秀	(裏表紙に当たる部分に「主な作品」リストがあり、そこに平成5年現在とあることから、その頃に作られたものと推定する)	横長の1枚の用紙両面に印刷されたものを四つ折にしたもの。3代目の父の写真と共に若き日の名倉氏の写真もある。	本目録資料 No.8 及び No.68 内に収録されている
13	「第一回全国立川流鬼瓦展開催にあたって」	富岡 昭	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第4号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成5年4月20日	『鬼瓦・瓦屋根再考』464頁。名倉氏の父・3代目鬼秀・名倉秀三氏の名が紹介されている。	名倉孝氏蔵／小栗蔵
14	『Shizuoka S・A・I・K・O Design Exhibition (静岡”さ・い・こ・う”デザイン展)／(ユーザーズプロポザル報告書)』	ユーザーズプロポザル委員会	—	(静岡県デザインセンター)【資料中には記載はないが本資料と共に保存されていた文書に同センター長名で報告書完成報告と謝辞があることから、実施主体はここであると推定】	(平成5年6月)【左記文書が6月25日付けであることから推定。なお、このデザイン展は平成4年10月に行われている】	名倉氏の鬼瓦を氷見義治氏(15～16頁)と安藤兼郷氏(21～22頁)が推薦している。また、展示会での「人気投票」の結果、鬼瓦が総得票数第1位を獲得している(5頁)。	名倉孝氏蔵

【注】資料No.8に関連して次のことを注記しておきたい。袋井図書館で「鬼秀」を検索するとNo.8と同一名で、似た請求記号の資料が今一つヒットする。「請求記号 S234 ハ、資料番号 110451796」と示されるその資料の詳細情報には「S234 フ」と同じデータが記入されている。しかし、この「S234 ハ」の「袋井市パンフレット」は、石黒館長以下職員に探してもらったが(2012年3月)、同館では見つからなかった。

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日	掲載頁／備考	所蔵場所等
15	「第1回立川流／鬼瓦展／写真集(抜粋)」【パンフレット】	第1回立川流鬼瓦展実行委員会	—	第1回立川流鬼瓦展実行委員会	平成5年7月発行【展示会は同年4月28日～5月23日まで埼玉伝統工芸会館にて実施】	B5版全14頁のパンフ。名倉家2代目～3代目及び鎌田勢治氏の作品写真の掲載あり。鎌田氏は名倉孝氏の御令室の実弟で、4代目鬼秀の工房で働いていた方。	名倉孝氏蔵
16	「袋井ゆかりの芸術家による／美術展」【パンフレット】	袋井市教育委員会社会教育課学習文化推進係	—	(主催・袋井市、袋井市教育委員会)	(開催:平成5年11月2日～7日/場所:袋井市総合センター)	出品作家紹介として「工芸」の中に名倉孝氏の写真と出展「作品名」が1頁分で記載。	本目録資料No.8内に収録されている/名倉孝氏蔵
17	「『技』がさえる／鬼瓦(おにがわら)」	記載なし	『東海道中夢万歳(まんざい)』創刊号(建設省浜松工事事務所広報誌)	建設省中部地方建設局浜松工事事務所監修、中部建設協会発行	平成6年1月【当該資料自体に発行時期の記載はないが、本目録資料No.48の中にある「掲載資料」(ここには「…夢乃歳」と誤記されている)に平成6年1月と記されていることから推断した。】	2頁。B3用紙1枚両面印刷物を2つ折にし、B4サイズ全4頁の形にした大型発行物。袋井の特集号。	名倉孝氏蔵
18	「平成の笑鬼」	遠州鬼秀 名倉孝	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第6号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成6年7月1日	『鬼瓦・瓦屋根再考』471頁	名倉孝氏蔵/小栗蔵
19	『大江山シンボル創造事業／平成の大鬼・青海波唐破風』	日本鬼師の会編集	—	日本鬼師の会発行	1994年11月	2頁の協力参加者一覧に名倉孝氏の名があるが、収録の制作記録・報告には名倉氏の名は出てこない。	名倉孝氏蔵
20	「伝工芸品／遠州鬼瓦／鬼秀—四代目●名倉孝」【リーフレット、鬼秀自身による工房紹介カタログ】	鬼秀	—	鬼秀	(静岡県郷土工芸品指定と記載されており、鬼秀が同指定を受けた平成7年以降のものとは推測される)	A4版1枚用紙の両面印刷物を三つ折にしたもの。	本目録資料No.69内に収録されている
21	「静岡の美／美術展」【小型パンフ、袋井市教育委員会主催の同展示会用パンフレット】	(主催・袋井市教育委員会)	—	(主催・袋井市教育委員会)	(開催:平成7年9月30日～10月8日/場所:袋井市総合センター)	12頁に、「鬼瓦」として名倉氏出展の4作品名と、氏の略歴・主な作品がある寺社名リストが記載されている。	本目録資料No.68内に収録されている
22	「役員体制」	(記載なし)	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第8号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成8年5月1日	『鬼瓦・瓦屋根再考』477頁。副会長の1人として名倉孝氏の名が記載されている	名倉孝氏蔵(原紙も蔵)/小栗蔵
23	「大きな獅子で神楽舞う 春野・勝坂神楽の里」	(記載なし)	『朝日新聞』(静岡県版)	朝日新聞社	1996年6月2日朝刊	名倉氏が製作した巨大な神楽獅子2体が完成したのを記念した催しの記事。	朝日新聞データベース「聞蔵」より
24	「魅鬼倶楽部『技術の伝承』【平成7年10月に愛知県高浜市で行われた日本鬼師の会第5回全国研修会の記録】	日本鬼師の会	—	日本鬼師の会	1996年10月発行	出展作品紹介部分に名倉孝氏の「鯨」(73頁)と鎌田勢治氏の「鯨」(71頁)が写真入りで紹介されている。	名倉孝氏蔵
25	『世界鬼学会会報 第2号』	世界鬼学会	—	世界鬼学会【京都府の日本の鬼交流博物館内に同学会事務局がある】	1996年12月7日	62頁の会員名簿の箇所に「鬼秀(名倉孝)【袋井市】」あり。	名倉孝氏蔵
26	「<企画展>鬼板師—駿河職人尽シリーズ」【パンフレット、名倉孝氏の個展】	(主催:財団法人清水港湾博物館=フェルケール博物館)	—	(主催:財団法人清水港湾博物館=フェルケール博物館)	(開催:平成9年1月25日～2月23日/場所:フェルケール博物館)	A4版全14頁+表裏表紙の本格パンフ。3～5頁に出展作品が写真入りで紹介。「瓦の歴史」が年表形式で7～14頁に掲載。	本目録資料No.69内に収録されている/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	掲載頁／備考	所蔵場所等
27	「<企画展>鬼板師一駿河職人 尽シリーズ」【チラシ、同上個 展のチラシ。入館料1割引券を兼 ねている】	同上	—	同上	同上	B5版1枚刷のチラシ。 上記パンフ表紙と同じ 写真を用いているが、 パンフがモノクロ印刷 であるのに対して、こ ちらは赤単色刷。	本目録資料 No.69 内に収 録されている
28	「企画展『鬼板師』を終えて」	遠州 名倉 孝	『魅鬼倶楽部』 (日本鬼師の会 会報)第9号 (No.67の『鬼瓦・ 瓦屋根再考』に 収録)	日本鬼師の会	平成9年5月 28日	『鬼瓦・瓦屋根再考』 484頁	名倉孝氏蔵 ／小栗蔵
29	「全国鬼師の飾り瓦カタログ」【カ タログ】、及び、添付の「飾り瓦価 格表」【カタログには作者名の 記載がないが価格表にはそれが あり、これによりカタログ記載の④ 手作り鬼面灰皿、⑤ミニ鬼面ペン 立て、⑥手作りカッパ、⑦尺本格 鬼面又木、⑧ネクタイピン、が名 倉孝氏の作品であることが判明 する】	日本鬼師の会 事務局	—	日本鬼師の会 事務局	カタログ内容は 「平成9年10 月現在のもの」 と記載あり	カタログはA4サイ ズで紹介写真誌面5頁 分、価格表はA4サイ ズ1枚。	名倉孝氏蔵 (カタログ及 び価格表等 が1つの封筒 に保存)
30	【Web】「静岡再発見/WNN-C 発／匠／第8回／鬼板師 名倉 孝さん／福は内。鬼も内。」	WNN-C Shizu oka【copyright のクレジット表 記】	http://www.shi zuoka.ntt.co.jp /wnn-c/saihak ken/nagura/ind ex.html【但し 現在は存在し ないサイト】	NTT	(copyright のク レジット表記に 「1998」と記載さ れていることか ら、その頃のも のと推測)	名倉氏宅にプリント アウト(A4版で10枚分) が保存されており、そ れで内容を確認でき た。	名倉孝氏プリ ントアウト蔵
31	「世界に一枚／(スクールレポ ート)」	(文末に(ワ)と 記載あるのみ)	『ふぁみりす』 第5巻第10号 (静岡県出版文 化会編)	静岡教育出版 社	平成10年2月 1日	60～61頁。袋井北小 学校で表札作りの指 導をする名倉孝氏の 紹介グラビア。	名倉孝氏蔵
32	「静岡／9寸鬼面一文字／名倉 孝」【平成9年10月に島根県江 津市で開催された日本鬼師の会 第7回全国研修大会で、開催地・ 石州の粘土で作成した鬼瓦を展 示する「記念創作展」が開催された】	(出典作品写 真)	『魅鬼倶楽部』 (日本鬼師の会 会報)第10号 (No.67の『鬼瓦・ 瓦屋根再考』に 収録)	日本鬼師の会	平成10年2月 10日	『鬼瓦・瓦屋根再考』 487頁。名倉氏の出 展作品の写真。鎌田 勢治氏の展覧作品も 紹介されている。	名倉孝氏蔵 ／小栗蔵
33	『「鬼師の活動」紹介欄】	遠州四代目鬼 秀 名倉 孝	同上	同上	同上	同上誌488頁。地元 の小学校で名倉氏が 鬼瓦作りを指導して いることを紹介。	同上
34	「(グラビア)創る／日本の風景の 根底を製造する／鬼師…名倉 孝」	月尾嘉男(東京 大学教授)	『交流』No.47	中部電力(株)	1998年5月25 日	18～21頁	名倉孝氏蔵
35	「袋井市制施行40周年記念式典 ／平成10年11月3日／袋井市」 【パンフレット】	袋井市	—	袋井市	平成10年11 月3日式典実 施	A4版10頁のパンフ。 7頁の「感謝状贈呈 者」「産業功労」の部 の1人として名倉孝氏 の紹介あり。	名倉孝氏蔵
36	「新世紀教育計画推進シリーズ8 ／平成10年度教育ルネッサンス 21『触れる木』／伝統工芸体験 教室」	義務教育課	『教育広報』 No.459	静岡県教育委 員会発行、生 涯学習課編集	平成10年11 月13日	4頁。遠州鬼瓦の体 験教室に参加した子 供の感想文1つと指 導する名倉氏の写真 が掲載。	名倉孝氏蔵
37	「市制施行40周年表彰・感謝状 の贈呈」	(記載なし)	『広報ふくろい』 No.816	袋井市	1998年12月1 日	13頁。感謝状贈呈 者・産業功労の中に 名倉孝氏の名あり。	名倉孝氏蔵
38	『平成10年度／教育ルネッサ ンス21「体験の森」／触れる木／伝 統工芸体験教室』	教育ルネッサ ンス21「体験 の森」実行委 員会事務局(静 岡県教育委員 会義務教育課 内)編集	—	同事務局発行	平成11年2月	70～76頁に名倉氏 の下で鬼瓦作りの体 験をした小中学生16 人分の感想文が掲載。 写真も多数あり。	名倉孝氏蔵
39	「鬼瓦教室」	静岡 名倉 孝	『魅鬼倶楽部』 (日本鬼師の会 会報)第12号 (No.67の『鬼瓦・ 瓦屋根再考』に 収録)	日本鬼師の会	平成11年3月 15日	『鬼瓦・瓦屋根再考』 495頁。平成10年12 月に地元の小学生と 障害児60名余を対 象に名倉氏が鬼瓦教 室を行ったことの紹介 記事。	名倉孝氏蔵 ／小栗蔵

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	掲載頁／備考	所蔵場所等	
40	「青少年ふれあい交流事業」	(記載なし)	『社協ふくろい』第93号	袋井市社会福祉協議会編集・発行	平成11年3月15日	5頁。ハンディをもった子ども達の交流企画に名倉氏が協力したこと紹介記事。	名倉孝氏蔵	
41	「⑩『菊水鬼瓦』／静岡県袋井市／遠州鬼秀／名倉孝」【平成11年に江戸東京博物館で開催された展示会記念限定出版物における「鬼秀」展作品の写真紹介】	(右の書は日本鬼師の会+山田脩二の企画・編集)	『鬼文化江戸東京物語展』(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	鬼伝説の町京都府大江町・発行	『鬼文化江戸東京物語展』1999年11月9日発行	『鬼瓦・瓦屋根再考』155頁。同頁に鎌田勢治氏の作品も紹介されている。	名倉孝氏蔵／小栗蔵	
42	「粘土こねこね鬼瓦作り／袋井北小 名倉孝さんが訪れ指導」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞東海本社	1999年11月27日朝刊	【中日新聞袋井森下専売店提供のラミネート処理された切り抜き記事】	名倉孝氏蔵	
43	「日本の伝統技術にふれる／ギャラリー「遠州鬼瓦」茶某「笑鬼庵」	(記載なし)	『心ゆたかに』第26号	憐天峰	平成12年3月1日	1頁。名倉夫妻の写真あり。A3版1枚を2つ折にし、A4版全4頁の形にしたもの。	名倉孝氏蔵	
44	「遠州の技／鬼瓦工房を訪ねて／福を呼ぶ鬼瓦」	(記載なし)	『遠州森の茶通信』No.1	石川園	平成12年4月	【当該資料自体に発行時期の記載はないが、本目録資料No.48の中にある「掲載資料」に記載されている情報から断定】	2頁	名倉孝氏蔵
45	「ブラブラウオッチング／拝見！名人のお仕事／名倉孝さん 66歳(袋井市)／遠州鬼瓦」	(記載なし)	『ファミリス』第8巻第7号(静岡県出版文化会編集)	静岡教育出版社	平成12年11月1日	30～31頁	名倉孝氏蔵	
46	「Photo Document 生きる⑩／遠州・鬼板師／名倉孝さん／静岡県袋井市在住」	写真・文 田邊順一	『晨』(あした)第19巻第12号通巻218号	編集・発行 憐ぎょうせい	2000年12月1日	巻頭グラビア3～7頁	名倉孝氏蔵／CiNii	
47	「技を極める／遠州鬼瓦／良いもの見て、眼力利かせなけりゃあ／鬼秀四代目 鬼板師 名倉孝(静岡県袋井市堀越)」	撮影・二宮英兒	『沙羅双樹』(KSD広報誌)VOL. 343	KSD 中小企業経営者福祉事業団監修	2001年1月1日	58～59頁	名倉孝氏蔵	
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される)	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	
49	「鬼瓦ひと筋に生きる／一オリジナル「平成の笑鬼」が屋根の美を作る～鬼板師・名倉孝さん～」	村松鈴恵	『さんらいふ』(読者をつくる朝日新聞の系列タウン紙)No.199(西部版)	静岡県朝日会発行	2001年5月20日号	1頁。タブロイド版の資料。	名倉孝氏蔵	
50	「静産大に大鬼瓦／150人出席除幕式」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞東海本社	2001年6月4日朝刊	3代目鬼秀が約50年前に制作し名倉孝氏も手伝った大鬼瓦が、静岡産業大学に寄贈されたことを紹介する記事。名倉氏と大坪学長の写真あり。	名倉孝氏蔵【中日新聞袋井森下専売店提供のラミネート処理された切り抜き記事】	
51	「十年を振り返る」	静岡県 名倉孝	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第14号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成13年7月9日	『鬼瓦・瓦屋根再考』502頁	名倉孝氏蔵／小栗蔵	
52	「鬼秀ギャラリー・笑鬼庵／(しずおかトラベラーズ紀行／[寄り道スポット])」	(記載なし)	『自由自感』(静岡県しんきん年金友の会会報誌)第15号【小型冊子】	静岡県しんきん年金友の会事務局企画・発行	2001年9月1日	13頁に紹介記事、14頁に地図案内が掲載。「笑鬼庵」は名倉氏の御令室ひろ子さん(茶道家・華道家)の茶室のこと。	名倉孝氏蔵	
53	「遠州鬼瓦／(和ざ紀行)」	(記載なし)	『いきいき中部』通巻第172号	中部建設協会編集発行	平成13年9月15日	4～7頁。巻頭に置かれた特集グラビアで紹介。	名倉孝氏蔵	
54	【TV番組】「ときの探訪／遠州鬼瓦／静岡県袋井市(JR東海道線・袋井駅)」	CBC(中部日本放送)テレビ(JR東海・提供)	—	CBC(中部日本放送)テレビ(JR東海・提供)	2001年9月18日午後7時54分～8時放送	—	名倉孝氏VHS蔵、WEB「http://hicbc.com/tv/tanbou/」にも紹介あり。	

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社／発行元	発行年月日	掲載頁／備考	所蔵場所等
55	「●特集●平成13年度「卓越した技能者」	(記載なし)	『職業能力開発ジャーナル』第43巻第11号通巻第515号	厚生労働省職業能力開発局総務課編集、労務行政研究所発行	平成13年11月1日	13頁に名倉孝氏の写真入り紹介あり。この受賞のとき名倉氏の肩書きは全て「れんが・かわら類成形工」となっている。	名倉孝氏蔵
56	『平成13年度卓越技能者の横顔／名工との出会い』	中央職業能力開発協会・編	—	中央職業能力開発協会・発行	平成13年11月	75頁に名倉氏の紹介あり	名倉孝氏蔵
57	『鬼板師の名倉さん(袋井)ら／『現代の名工』／全国149人 県内から5人／「名倉さん『父に追い付いた』」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	平成13年11月22日朝刊	【名倉氏蔵の記事コピーには年の記載がないが、受賞した平成13年と判断した】	名倉孝氏コピー蔵
58	『匠の技 後世へ／『現代の名工』149人決まる／鬼板師／名倉孝さん(67)／「仕事の鬼」が編みだした笑鬼』	(記載なし)	『産経新聞』(静岡県版)	産経新聞社	平成13年11月22日朝刊	同上	同上
59	『『現代の名工』149人選出／県内からは5人／厚生労働省／『笑う鬼がわら』生んだ仕事の鬼／袋井の名倉さん』	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞東海本社	平成13年11月22日朝刊	同上	同上
60	『鬼板師の名倉さん／袋井市長に受賞報告／本年度の『現代の名工』』	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県版)	中日新聞東海本社	2001年11月27日朝刊	原田市長に報告する名倉夫妻の写真あり。【中日新聞袋井森下専売店提供のラミネート処理された切り抜き記事】	名倉孝氏蔵
61	『鬼秀四代目名倉孝／『卓越技能章厚生労働大臣表彰』受賞記念祝賀会／平成十三年十二月九日／於 葛城北の丸』【当日配布の席次表・非公刊資料】	—	—	—	(平成13年12月9日実施)	黄色の三つ折のリーフレット。本資料収蔵の白色の大型封筒には本人の挨拶文他、当日の関連資料数点も同封あり。	名倉孝氏蔵
62	『現代の名工に2氏』	(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	業界から名倉孝氏他の2氏が選ばれたことを紹介する記事	名倉孝氏コピー蔵
63	【Web】「人と技の元気ステージ／遠州鬼瓦職人／名倉孝」	(静岡県西部行政センターによる情報の転載)	http://www.ast.gr.jp/ret/stage/takasi-nagura.html	「静岡県西部地域技能者技術紹介・人と技の元気ステージ」(http://www.ast.gr.jp/ret/stage/genki_index.html)のサイト入りページから当該ページへ	(静岡県西部行政センターが2002年に発行した「人と技の元気ステージ」に記載された情報を紹介する旨の記述があり、2002年時点の情報と推断)	当該サイトはNPO法人アクション・シニア・タンク事務局が管理運営	WEB公開情報
64	『東海道五十三次／どまん中／袋井宿／観光ガイドブック』【リーフレット】	(記載なし)【但し問合せ先として袋井市役所商工課と袋井市観光協会の名が記載】	—	—	記載なし【但しFIFA・W杯がエコパで開催予定との記事があることから開催の2002年より前のものであることは確実】	遠州鬼瓦の紹介あり。三つ折にしてA4大となるリーフレット。	名倉孝氏蔵
65	『(グラビア) 技を支える—(103)／呵呵大笑、平成の笑鬼の獨創性／遠州瓦の鬼板師『四代目鬼秀』名倉孝さん(67歳)』【但し103の数字は現物では○で囲まれた数字】	撮影・福田栄夫、取材・吉田孝一	『エルダー』(高齢者雇用のための月刊誌)第24巻第4号通巻270号	高齢者雇用開発協会	平成14年4月1日	1～4頁(巻頭グラビア)	名倉孝氏蔵／CiNi／国会図書館雑誌記事索引
66	『名倉孝氏(日本鬼師の会副会長)／卓越技能章厚生労働大臣表彰を受賞』	事務局	『魅鬼倶楽部』(日本鬼師の会会報)第15号(No.67の『鬼瓦・瓦屋根再考』に収録)	日本鬼師の会	平成14年5月25日	『鬼瓦・瓦屋根再考』506頁／平成13年の受賞報告記事	名倉孝氏蔵(原紙も蔵)／小栗蔵
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版クイヤーファイル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)
69	『袋井市パンフレット②』【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【但し図書館に登録されている情報】	—	—	(2006年)【但し図書館に登録されている年】	市販のA4版クイヤーファイル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2、資料番号112149778)

(名倉氏資料は次号に続く)

## 3. 近藤健次関連資料 (こんどう けんじ 1926年～(株)ビー・エム・エル創業者)

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考	所蔵場所等
1	『七転八起 ～BMLとともに四十年』	近藤健次	—	(株)ビー・エム・エル	平成5年3月25日	全223頁。近藤氏の自伝	浅羽図書館
2	「事業拡大のカギは“創意と工夫” / 株式会社ビー・エム・エル会長 近藤健次氏」(トップインタビュー)	近藤健次	あさひ銀総合研究所・編『ユニーク企業の経営哲学(第1巻)』	栄光出版社	平成5年9月15日	15～21頁に近藤氏のインタビュー記事	浅羽図書館
3	『BML創立40周年記念誌』	創立40周年記念誌編集委員会・編	—	(株)ビー・エム・エル	1995年7月1日	(株)ビー・エム・エルより提供	小栗蔵
4	「起・業・人 / 臨床検査で最先端を走り業界を装置産業にした男 / ビー・エム・エル」	湯谷昇羊	『週刊ダイヤモンド』	ダイヤモンド社	1995年7月1日号	34～35頁	小栗コピー蔵
5	「春の叙勲 受賞した人たち / 東京」	(記載なし)	『朝日新聞』	朝日新聞社	1997年4月29日朝刊	「勲五等瑞宝章」受章者に近藤氏の名あり	朝日新聞データベース「聞蔵」より
6	「「ひと」「いのち」を見つめる医療情報システム企業へ / トップインタビュー / 株式会社ビー・エム・エル代表取締役会長 近藤健次氏」	近藤健次、聞き手・小林栄一郎	『あさひ銀総研レポート』第10巻第6号	あさひ銀総合研究所	2001年6月	25～28頁	小栗コピー蔵
7	「すごいぞ!『電子カルテ』」【(株)ビー・エム・エルの全面広告】	(株)ビー・エム・エル	『朝日新聞』	朝日新聞社	2001年11月28日朝刊	全面広告	(株)ビー・エム・エル / 小栗コピー蔵
8	「健康世紀へ、医療が変わる。」【(株)ビー・エム・エルの全面広告】	(株)ビー・エム・エル	『日本経済新聞』	日本経済新聞社	2002年5月27日朝刊	全面広告	(株)ビー・エム・エル / 小栗コピー蔵
9	「グランドデザインが医療を変える!」【(株)ビー・エム・エルの全面広告】	(株)ビー・エム・エル	『朝日新聞』	朝日新聞社	2002年7月17日朝刊	全面広告	(株)ビー・エム・エル / 小栗コピー蔵
10	『会社案内』【パンフレット】	(株)ビー・エム・エル	—	(株)ビー・エム・エル	2004年11月	(株)ビー・エム・エルより提供	小栗蔵
11	「善意をありがとうございます」	(記載なし)	『広報あさば』	浅羽町	2005年2月号	21頁	小栗コピー蔵
12	「図書館の本を充実させて / 近藤健次氏から1千万円の寄附」	(記載なし)	『あさば議会だより』第68号	浅羽町議会	平成17年2月4日	3頁	小栗コピー蔵
13	「図書館への本寄贈に大感謝」	織田美樹(主婦29 浅羽)	『中日新聞』	中日新聞社	平成17年3月13日朝刊	読者投稿欄	小栗コピー蔵
14	「浅羽誕生50周年記念式典(閉町式)表彰者(3月19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。「善行功労表彰」に近藤健次氏の記載あり。	袋井図書館蔵 / 小栗蔵
15	『BML創立50周年記念誌』	創立50周年記念誌編集委員会・編	—	(株)ビー・エム・エル	2005年7月5日	(株)ビー・エム・エルより提供	袋井図書館 / 浅羽図書館 / 小栗蔵
16	【Web】「有価証券報告書」(株式会社ビー・エム・エル)	株式会社ビー・エム・エル	EDINET(金融商品取引法に基づく有価証券報告書等の開示書類に関する電子開示システム)上での公開資料	—	2006年6月30日提出	全87頁。なお現在のEDINET( <a href="http://info.edinet-fsa.go.jp/">http://info.edinet-fsa.go.jp/</a> )からは、左記資料より後の最新版のものしか閲覧できない。	WEB公開資料
17	「株主のみなさまへ 第52期報告書」	(株)ビー・エム・エル	—	(株)ビー・エム・エル	(2006年4月1日～2007年3月31日分の報告)	表紙裏表紙を含め全12頁分のパンフレット	(株)ビー・エム・エル / 小栗蔵
18	【Web】「株式会社ビー・エム・エル様」【NEC製のビジネスPC・システムの導入事例として紹介された記事】	NEC	<a href="http://www.nec.co.jp/products/bizpc/promotion/jirai/bml/index.shtml">http://www.nec.co.jp/products/bizpc/promotion/jirai/bml/index.shtml</a> 【現在このページは不在】	NEC	(2007年6月)【掲載ページに記載の年月】	—	WEB公開資料【不在となる前に確認済】
19	「近藤健次様 / 歓迎・感謝の集い」【非公刊印刷物】	(記載なし)【但し裏表紙に袋井市の市章があり、市の作成によるものと推定される】	—	—	(集いの日時「平成19年7月12日(木)午後5時00分」の記載が表紙にあり)	袋井市大野の「三富士」を会場に行われた集いで参加者に配布された印刷物。A3用紙1枚を2つ折りにしたものに近藤氏の略歴や新聞記事が印刷され、これにA3用紙1枚に席次表が印刷されたもので構成。市長・議長・市議ほか参加。	近藤氏の友人である小杉信雄さんが所蔵 / 小栗コピー蔵



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	掲載頁／備考	所蔵場所等
20	「公園整備に 3 億円寄付／袋井出身近藤さん／故郷へ強い思い入れ」	(記載なし)	『中日新聞』	中日新聞社	2007 年 7 月 13 日朝刊	—	小栗コピー蔵
21	「3 億円、故郷へ思い大きく／企業顧問の近藤さん、袋井市に寄付／市『公園整備に活用』」	(記載なし)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007 年 7 月 13 日	第 29 面(全县共通紙面)	小栗コピー蔵
22	「故郷・袋井市に 3 億円を寄付／東証 1 部上場企業創業者」	(記載なし)	『朝日新聞』(静岡県版)	朝日新聞社	2007 年 7 月 14 日朝刊	—	朝日新聞データベース「聞蔵」より
23	「対談／郷土を語る」	近藤健次、原田英之・袋井市長	『広報ふくろい』	袋井市	2007 年 8 月 1 日	2～3 頁	袋井図書館／小栗蔵
24	「株主のみなさまへ 第 53 期中間報告書」	㈱ビー・エム・エル	—	㈱ビー・エム・エル	(2007 年 4 月 1 日～2007 年 9 月 31 日分の報告)	表紙裏表紙を含め全 12 頁分のパンフレット	㈱ビー・エム・エル／小栗蔵
25	「平成 19 年(2007 年)市政重大ニュース」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成 19 年 12 月 15 日号	3 頁。近藤氏からの 3 億円寄付の記事あり	袋井図書館／小栗蔵
26	「袋井市に 3 億円寄付／近藤さんに市政功労賞／原田市長らが贈る」	(記載なし)	『中日新聞』(静岡県、中・東遠版)	中日新聞社	平成 20 年 7 月 25 日朝刊	第 16 面	小栗コピー蔵
27	「袋井への寄付に感謝／昨夏 3 億円 近藤さんに市功労表彰贈る」	(記載なし)	『静岡新聞』(西部・掛川版)	静岡新聞社	2008 年 7 月 26 日朝刊	第 20 面(中東遠ワイド紙面)	小栗研究室内データベース保存
28	「市政功労賞を贈呈しました」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成 20 年 8 月 15 日号	12 頁。近藤氏表彰の記事	袋井図書館／小栗蔵
29	「株主のみなさまへ 第 54 期中間報告書」	㈱ビー・エム・エル	—	㈱ビー・エム・エル	(2008 年 4 月 1 日～2008 年 9 月 30 日分の報告)	表紙裏表紙を含め全 12 頁分のパンフレット	㈱ビー・エム・エル／小栗蔵
30	「平成 20 年(2008 年)市政重大ニュース」	(記載なし)	『広報ふくろい』	袋井市	平成 20 年 12 月 15 日号	2 頁。近藤氏に市政功労賞贈呈の記事	袋井図書館／小栗蔵
31	「『会社案内』【パンフレット】」	㈱ビー・エム・エル	—	㈱ビー・エム・エル	2009 年 6 月	㈱ビー・エム・エルより提供	浅羽図書館／小栗蔵
32	【Web】「浅羽支所周辺のまちづくりに向けて」	浅羽支所地域建設課	<a href="http://www.city.fukuroi.shizuoka.jp/kbn/Files/1/24200100/attach/asabasi_syosyuhennomataidukurini_1.pdf">http://www.city.fukuroi.shizuoka.jp/kbn/Files/1/24200100/attach/asabasi_syosyuhennomataidukurini_1.pdf</a>	袋井市 HP( <a href="http://www.city.fukuroi.shizuoka.jp/kbn/24200100/24200100.html">http://www.city.fukuroi.shizuoka.jp/kbn/24200100/24200100.html</a> )から入手可	平成 21 年 6 月	PDF で A4 版全 6 枚分。「(仮称)近藤記念館」を含む周辺地区の整備構想を記した市のダイジェスト版資料。	WEB 公開資料
33	【Web】「浅羽支所周辺地区/エントランス広場基本構想(案)」	袋井市	<a href="http://www.melowplaza.com/ayumi/017_2009_11.pdf">http://www.melowplaza.com/ayumi/017_2009_11.pdf</a>	袋井市	平成 21 年 8 月	A4 版全 10 頁(PDF ファイルは表紙目次を入れて 12 枚)。「(仮称)近藤記念館」を含む周辺地区の整備構想を記した市の資料。	WEB 公開資料
34	「近藤健次さんを御存知ですか」	(記載なし)	『なんきんはぜ』(袋井市立浅羽図書館通信)	袋井市立浅羽図書館	平成 21 年 9 月号	1 頁	小栗蔵
35	「浅羽に記念館構想／近藤さん寄付 3 億円 袋井市が活用」	(記載なし)	『静岡新聞』(西部・掛川版)		2009 年 10 月 2 日朝刊	第 20 面(中東遠ワイド紙面)	小栗研究室原紙保存
36	【Web】「袋井市・近藤記念館の設計をエスパッド」	(記載なし)	<a href="http://www.kentsu.co.jp/shizuoka/news/p02537.html">http://www.kentsu.co.jp/shizuoka/news/p02537.html</a>	建通新聞社のサイト「建設業界ニュース静岡版」に掲載	2009 年 12 月 7 日	—	WEB 公開資料
37	「展示・イベント情報」【「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」の案内あり】	袋井市教育委員会	『ふれあい』(生涯学習情報紙) No.59	袋井教育委員会	平成 22 年 2 月 15 日号	2 頁	小栗蔵
38	「3 月の行事予定カレンダー」【「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」の案内あり】	(記載なし)	『お知らせふくろい』	袋井市	平成 22 年 2 月 15 日号	6 頁	小栗蔵
39	「3 月の展示／近藤健次氏と近藤文庫」	(記載なし)	『なんきんはぜ』(袋井市立浅羽図書館通信)	袋井市立浅羽図書館	平成 22 年 3 月号	1 頁	小栗蔵
40	「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」【パンフレット】	小栗勝也(資料協力:㈱ビー・エム・エル、ほか)	—	新袋井フォーラム(発行協力:袋井市立浅羽図書館)	平成 22 年 3 月 3 日	全 8 頁	本目録資料 No.47、48 内に収録／小栗蔵
41	「市政功労章受賞の起業家の功績紹介／袋井市の浅羽図書館」	(記載なし)	『中日新聞』(中・東遠版)	中日新聞社	2010 年 3 月 21 日朝刊	第 19 面	小栗コピー蔵

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	掲載頁／備考	所蔵場所等
42	「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」	(記載なし)	『新袋井フォーラム会報』第19号	新袋井フォーラム	平成22年4月1日	1～2頁	国会図書館／浅羽図書館／小栗蔵
43	「小学校時代の思い出」	小杉信雄	同上	同上	同上	2～3頁。近藤氏と小学校の同級生であった小杉氏の回想記	同上
44	「近藤健次氏から小杉信雄氏への手紙より」	近藤健次	同上	同上	同上	3頁	同上
45	【TV番組】「ドラ町つく／浅名(袋井市)」	ケーブル・ウィンディ(浜松に本社のあるケーブルテレビ)	同TV局のチャンネル「チャンネル・ウィンディ」にて放送	ケーブル・ウィンディ	2010年4月26日～5月2日まで1日4回放送。15分間。	浅羽図書館で行われていた「近藤健次氏と近藤文庫紹介展」が紹介されている。	小栗個人録画DVD蔵
46	「袋井出身の起業家・近藤健次氏について～日本トップクラスの臨床検査会社BMLと近藤文庫～」	小栗勝也	『静岡理科大学紀要』第18巻	静岡理科大学	2010年6月1日	107～116頁	静岡理科大学附属図書館／袋井図書館／浅羽図書館
47	「近藤健次氏関連資料(ファイル)【本目録掲載の近藤氏関連パンフ等が収録されている】」	—	—	袋井市立袋井図書館【但し図書館に登録されている情報】	(2010年10月)【但し図書館に登録されている年月】	市販のA4版の青色のクリアファイル1冊。	袋井図書2F受付(郷土資料、請求記号S289コ)
48	「近藤健次氏関連資料(ファイル)【本目録掲載の近藤氏関連パンフ等が収録されている】」	—	—	袋井市立浅羽図書館【但し図書館に登録されている情報】	(2010年10月)【但し図書館に登録されている年月】	市販のA4版の緑色のクリアファイル1冊。	浅羽図書館(郷土資料、請求記号K289.1コ)
49	「近藤記念館／11月10日OPEN」【チラシ】	(記載ないが、袋井市によるものと推測)	—	(記載ないが、袋井市によるものと推測)	(OPEN＝平成22年11月10日)	A4版1枚のチラシ。裏面に市の「第1回郷土の発展に尽くした人々パネル展」と「袋井の文化財展」の予告記事あり。	本目録資料No.48内に収められている
50	「袋井市立浅羽郷土資料館／近藤記念館」【近藤記念館の紹介リーフレット】	袋井市教育委員会	—	袋井市教育委員会	平成22年11月10日	A4版用紙1枚を三つ折にしたリーフレット	近藤記念館／本目録資料No.47、48内にも収録／小栗蔵
51	「第1回郷土の発展に尽くした人々パネル展—近藤記念館開館記念企画展・資料—」【パンフレット】	袋井市教育委員会編	—	袋井市立浅羽郷土資料館発行	平成22年11月10日	全11頁。近藤記念館で行われた展示会のパンフ。浅羽佐喜太郎ほか計10名の紹介記事あり。但し近藤氏の紹介記事はない。	近藤記念館／小栗蔵
52	「近藤記念館オープン!!」	(記載なし)	『ふれあい』(生涯学習情報紙)No.63	袋井教育委員会	平成22年11月15日号	2～3頁。近藤記念館、近藤文庫、近藤氏の紹介あり。	本目録資料No.48内に収録／小栗蔵
53	「善意でできた学習施設／袋井にオープン 憩いの場に」	(記載なし)	『産経新聞』(静岡県版)	産経新聞社	平成22年11月23日朝刊	近藤記念館開館記念式典の記事	小栗蔵
54	「文献紹介～鳥居信平・鳥居鉄也・近藤健次～」	(記載なし)	『新袋井フォーラム会報』第22号	新袋井フォーラム	平成23年1月1日	5～6頁。本目録資料No.46の紹介記事。	国会図書館／浅羽図書館／小栗蔵
55	「郷土の再発見と歴史を学ぶ楽しさが生まれます。／袋井市郷土資料館・近藤記念館／浅羽記念公園／袋井市歴史文化館」【これらの施設の紹介リーフレット】	袋井市教育委員会	—	袋井市教育委員会	(浅羽記念公園・歴史文化館がオープンした2011年11月頃に作成と推定)	A3版1枚用紙を4つ折りにしたリーフレット	近藤記念館／小栗蔵
56	【DVD】「バイオ&医療情報システム企業 ビー・エム・エル」【会社紹介のDVD。浅羽図書館収蔵の「CD」(DVDが正しい)で「BML 会社案内」の名で登録されているものがこれに当る。請求記号K289.1コ、資料番号13002005。なぜか本目録資料No.48内に入っていた。】	(株)ビー・エム・エル	—	(株)ビー・エム・エル	—	①全編13分25秒、②全編(PCL除く)12分54秒、③総研・品質・関連事業編11分38秒、④総研・関連事業編10分21秒の4部で構成。【2010年2月に同社より提供を受けた資料】	(株)ビー・エム・エル／浅羽図書館／小栗蔵
57	【Web】株ビー・エム・エルのホームページ	—	<a href="http://www.bml.co.jp/index.j.html">http://www.bml.co.jp/index.j.html</a>	—	—	近藤健次氏が創業した会社のHP	WEB公開資料
58	【Web】有馬・近藤記念医学財団のホームページ	—	<a href="http://www.akmf.jp/">http://www.akmf.jp/</a>	—	—	近藤健次氏が現在理事長を務める、公衆衛生の向上に寄与することを目的とした財団法人のHP	WEB公開資料

以上

\* 本目録掲載の情報は2012年3月初めまでに確認できたデータに基づく

## 学生による超音速風洞実験装置の製作

A supersonic wind tunnel for the aeronautical experiments manufactured by students

安 昭八\*

Shohachi YASU

**Abstract:** This paper has described a supersonic wind tunnel for the aeronautical experiments manufactured by students. Students have completed a supersonic wind tunnel of blow down type which can be blown the maximum Mach number 1.8 in duration time 4 seconds. In addition, this process can provide exercises for designing a system and machining of the element of wind tunnel apparatus to meet desired needs within realistic constraints such as economic and safety, problem-solving experience that incorporates the necessary elements for engineering skill.

**Key word:** supersonic wind tunnel, engineering design, practice, experiment

### 1. はじめに

静岡理科大学機械工学科航空工学コースの学生が履修する航空工学実験は、コース開設に伴い新規に開講された実験科目である。そのため、実験のテーマにより新たに実験装置を設計・製作する必要があった。特に、高速で飛行する航空機周りやジェットエンジンの翼間の流れ場は衝撃波を伴う高速気流であるため、航空工学コースの学生にとって圧縮性流体の特性を理解することは重要である。本稿では、学生達が自ら設計・製作および改良を行い、学生実験装置としてのブローダウン型超音速風洞実験装置を完成させたので、その工程と使用状況について報告する。

### 2. 風洞の基本設計

#### 2.1 設計条件

航空工学コースの学生実験に供する風洞で、かつ学生が製作できるレベルの超音速風洞であることを念頭に入れ以下に示す条件を満たすものとした。

- ① 学生が実験装置を自ら操作でき安全であること
- ② 低コストで製作出来ること
- ③ 既存の機材を可能な限り流用すること
- ④ 超音速流れの計測と解析ができる実験装置とする

#### 2.2 基本設計

前項の条件を満たすための超音速風洞の基本設計方針として次のように設定した。

- ① 真空タンクを設けて大気空気を吸込むブローダウン式風洞とした。これは高压空気を使った噴出し式超音速風洞に比べ安価に製作でき、かつ安全であることから学生が実験装置を自主的に操作できるメリットがある。

- ② 真空タンクは使用しなくなったドラム缶を加工すれば高々 1 気圧の差圧に耐えられる構造に改造することが可能で、かつ学生が安価に製作できる。また、作動流体の圧力が大気圧以下であることから風洞の配管は安価な塩ビ管やビニール製フレキシブルチューブが使える学生にも加工ができる。
- ③ 真空ポンプは機械工学科で使用しなくなった実験装置の機材として保管されていたので流用することにした。学生達が当該真空ポンプの土台製作や配線・配管の製作ができる。
- ④ 超音速風洞実験装置として 2 次元のラバールノズル形状となるよう測定部の設計を行い、ノズル壁面静圧が計測できるよう圧力孔を設ける構造とし、スロート幅を変更できる構造とする。また、ラバールノズル内の流れを可視化できるよう測定部の両面はガラス製にする。

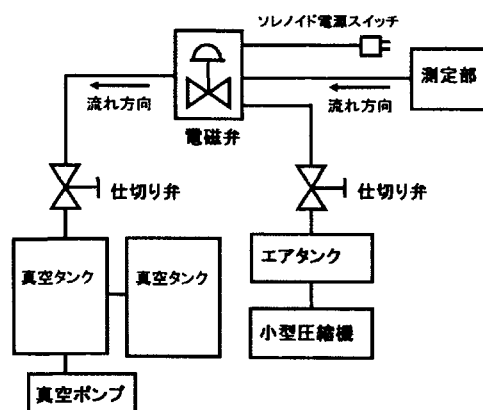


図 1 超音速風洞装置の構成図

これらの設計方針の下、超音速風洞の基本設計を行った結果、当該実験装置は図1に示すような構成となった。

### 3. 風洞装置の製作

超音速風洞の主要構成部品の製作工程等を以下に述べる。

#### 3.1 真空タンク

真空タンクは廃棄ドラム缶を流用することとし、大気圧との差圧に耐えられるよう学生達が設計・製作を行った。2010年度卒研生の製作した真空タンクは図2に示すようにドラム缶の内径に近い自転車のタイヤ付車輪をドラム缶内に設置しドラム缶円筒強度を増したが車輪本数が少なかったこととドラム缶本体の経年変化による強度劣化のため風洞実験を繰り返している内にドラム缶が変形、小さな亀裂が発生した。



図2 ドラム缶内部構造 (2010年度製作)

2011年度の卒研生は前年度の問題点を改良すべくドラム缶補強構造として図3に示すような内部構造に変更した。板厚2cmのベニヤ板を使った補強構造としている。



図3 ドラム缶内部構造 (2011年度)

この改造の結果、十数回の風洞実験においてもドラム缶の変形等は見られず数年に亘る超音速実験の真空タンク

として供することが出来る見込みである。

#### 3.2 配管加工

測定部から真空タンクまでの配管には、40Aの規格品ストップバルブ、塩ビ管、フレキシブルチューブを用い、学生達が基本設計図を元に配管加工を行った。図4に学生が加工した電磁バルブのフランジ下流の配管の様子を示す。

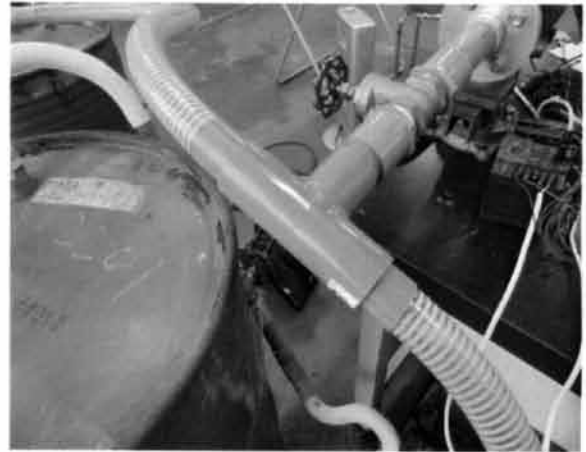


図4 配管 (2009年度製作)

#### 3.3 測定部

二次元の超音速流れを実現するために、上下対称の二次元ラバールノズル形状を製作し、それぞれが数mm上下に平行移動できる構造とした。これはノズルのスロート幅を変更した場合における超音速流れの持続時間の変化を体験させるための工夫である。図5に両面ガラスで囲まれた測定部とその下流にある電磁バルブの写真を示す。



図5 測定部と電磁バルブ (2009年度製作)

図中、テフロンチューブが接続されている上部ノズルの壁面には静圧孔が設けられており、この静圧の測定結果からラバールノズル各位置におけるマッハ数の分布を計算しグラフ化することが超音速風洞実験テーマの主要課題となっている。

ブローダウン式風洞の特徴として時々刻々測定部内の

圧力が変化するため、ラバールノズルの各壁面静圧の時間変化を記録する必要がある。そのための非定常圧力センサー（キーエンス社製 AP-44）がテフロンチューブ先端に取り付けられている。

また測定部下流の電磁バルブ（SMC 社製 VNB611-40F-1D）はメーカーより調達し、本バルブを駆動するために必要な高圧空気は図6に示す既存の小型圧縮機と図7の調圧バルブ付きタンクを流用した。電磁バルブのトリガー用ソレノイド電源のスイッチは100V 電源の ON/OFF で行った。



図6 小型圧縮機                      図7 空気タンク

学生達はこれらの装置周りの配線・配管を行った。

### 3.4 非定常圧力計測システム

前述のように、測定部内の圧力は時々刻々変化する風洞であるためラバールノズル内のマッハ数を求めるためには非定常圧力計測を行う必要がある。図8に非定常圧力計測システム図を示す。

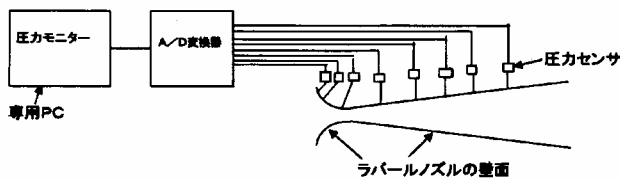


図8 非定常圧力計測システム（2010年度導入）

本システムは2010年度の大型設備として申請・許可され導入したものであり、非定常圧力センサーからの信号は図9の圧力表示装置（キーエンス社製 AP-C40）経由で図10のAD変換器（キーエンス社製 KV5000）によりデジタル化され専用パソコンに取込まれるシステムである。



図9 圧力表示装置                      図10 AD変換器

図10のAD変換器は8チャンネル分の圧力を同時に取込むことができ、かつサンプリングタイムは専用パソコンの指示により変更ができる仕組みとなっている。

図11に計測システム全体を示す。

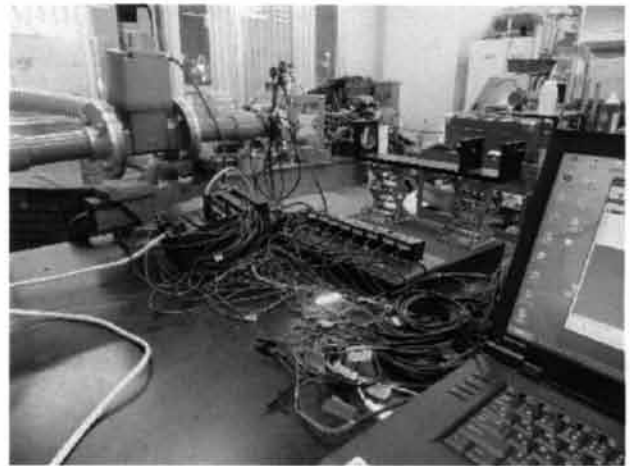


図11 非定常圧計測システム

なお、本システムの構築には学生達が指示書に従い結線や配線および表示装置の組立て・固定化を行って自分達が取り扱い易くなるよう工夫をしたものである。

ラバールノズル内に発生する衝撃波等の流れの可視化を行うために、ネオアーク社より貸与していただいた出力30mW、ビーム径1.5mmのヘリウムネオンレーザを光源とし45mm径の平行ビームに変換するレンズシステムによるシャドウグラフ法を用いた。実験室の広さに制約があることからシステムが簡単でかつ学生にも光軸調整が容易であることから本方式を採用した。

図12に完成した超音速風洞実験装置の全体図を示す。



図12 超音速風洞実験装置の全体写真

図より明らかなように全実験装置が約1.2m×2.5mの作業台上に搭載できるものとなり、直径0.8mのドラム缶2個を作業台近くに設置すれば済むコンパクトな実験装置が完成した。低コストで製作するとの当初方針も達成し、市販の約1/10程度の予算で実験装置を製作することができた。これは学生達の「ものづくり」の実践による効果であり教育的観点から言ってもよい事例と思われる。

4. 超音速風洞実験の状況

超音速風洞の完成に伴い航空工学実験の超音速風洞実験に供することが可能か風洞の特性を調査したのでその結果を以下に述べる。

4.1 試運転

2010 年度後期の航空工学実験に間に合わせるよう風洞の整備を行い、学生実験に供する状況になった。超音速風洞実験では学生がラバールノズル壁面静圧を計測し、そのデータよりマッハ数を求めることを主課題としているので風洞内の各静圧孔位置におけるマッハ数の時系列変化を確かめる必要がある。

図 13 にラバールノズル壁面マッハ数の時系列変化を示す。図より明らかなようにノズル最下流部のマッハ数は風洞始動から約 0.5 秒後に最大マッハ数 1.6 となり時間とともにマッハ数が減少していく様子が判る。これは真空タンク内の圧力が風洞始動後上昇していくため、その位置の静圧とノズル入口の大気圧との圧力比が増加するためマッハ数が低下していくことを意味し、圧縮性流れの特徴を示している。

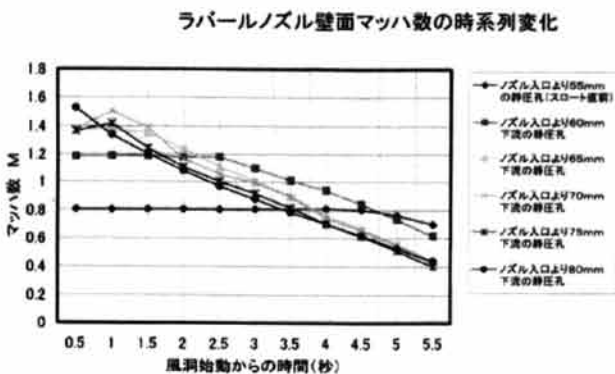


図 13 ラバールノズル壁面マッハ数 (試運転時)

また、風洞始動後約 4 秒程度は超音速流れ場が実現していることも明らかになり学生実験に供することができることを実証した。

4.2 航空工学実験<sup>1)</sup>

航空工学実験は 2010 年度後期より開講した科目である。2010 年度の当該科目履修者数は 40 名で 5 グループに分け、各実験テーマを実施した。1 グループ 8 名であったので、超音速風洞実験では 4 名の 2 班に分け、超音速実験を 2 回行った。1 回目はスロート幅 4mm の場合、2 回目はスロート幅 3mm として学生自ら非定常圧力計測システムを操作して壁面静圧データを取得する実験を行った。実験ではノズル内流れの可視化も並行して実施したため班の中で担当を決めて可視化を行った。2011 年度の当該科目履修者数は 30 名であったが前年と同様に 5 グループに分け、各実

験テーマを実施した。実施方法は同様である。

図 14 に 2011 年度の本実験テーマの学生レポートから抜粋した壁面マッハ数分布の結果の一例を示す。

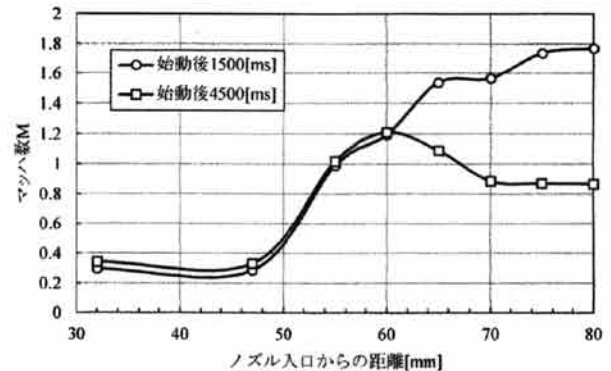


図 14 ラバールノズル壁面マッハ数 (レポート抜粋)



図 15 学生実験の状況

図 15 に超音速風洞実験の様子を示す。狭いスペースでも学生達は実験に真剣に臨んでいることが判る。

5. まとめ

学生達が自ら設計・製作および改良を行い、学生実験装置としてのブローダウン型超音速風洞実験装置を完成させた。その結果、学生のレポート等の感想文などには学生による学生のための実験装置であることに驚きと先輩への尊敬の念が記述されていることから、当初目論んでいた「ものづくり」教育の実践を今回のように学生実験に使われる実験装置の製作に適用した意義は大きかったと思われる。

参考文献

- 1) 静岡理科大学, 機械工学実験 1 機械工学実験 2 航空工学実験, 2011 年度版

# 平成 23 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 2011  
For Career Education

石田隆弘\*1, 前川昭二\*2, 小澤哲夫\*3, 桐原正之\*4

幸谷智紀\*5, 榛葉豊\*5, 青島偉夫\*6, 大石和典\*6

Takahiro ISHIDA, Shoji MAEKAWA, Tetsuo OZAWA, Masayuki KIRIHARA,  
Tomoyuki KOYA, Yutaka SHINBA, Hideo AOSHIMA, Kazunori OHISHI

**Abstract:** Ours Internship has been introduced into the curricula of Shizuoka Institute of Science and Technology (SIST) since 1999. This report presents the discussion about the preparation, the organization and the results of the internship program conducted in 2011. Ours program has been started from 1999. In 2011, 60 companies in Shizuoka prefecture proposed this program by providing their own internship programs for 107 students. 60 students participated in the programs. The results of this program over ten years are summarized and its future prospects are presented.

## 1. はじめに

本学のインターンシップは、平成 11 年度に試行を行い、平成 12 年度から授業の一貫として単位を付与して実施している。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 23 年度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 23 年度までの 13 年間のインターンシップ実施結果の総括的なまとめ、および来年度以降のインターンシップに関する展望についても述べる。

## 2. 平成 23 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低迷した経済状態が今年度も続き、昨年度よりも厳しい経済環境が静岡県西部地区を中心に広がったことにより受け入れ企業数が減少し、平成 22 年度は 60 社まで減少した。
- ②厳しい雇用環境を感じ取った学生が就職活動を有利にするため、インターンシップの必要性を認知し、申込が昨年よりも多くなった。
- ③そのため受け入れ企業数よりも参加希望学生数が上回り、参加意欲の高い学生のみを選別せざるを得なかった。
- ④このことにより、希望する企業でインターンシップを行

えない学生が出る事態が生じた。これはインターンシップの主旨から外れることになり、改善を早急に行う必要がある。

平成 23 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同様 Web 上で入力可能とし、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。
- 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って、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。それ故、協力依頼企業の選定にあたっては、過去 12 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た。選考の末、4 月 26 日に大学周辺の企業を中心に 579 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。また、一部学科では、卒業生を中心に勤務先でのインターンシップ受け入れの可能性を問い合わせ、新たな受け入れ先の開拓も行った。

その結果、平成 23 年度は、60 社から 107 名分の実習テーマについて受入の申し込みがあった。現在も続いている景気低迷や円高の影響、また本年 3 月に発生した東日本大震災等の影響が多方面に出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とほぼ同数となった。これは本学のインターンシップ制度への地元企業の理解が広まってきた事によるものと考えている。

## 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て、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に全て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 27 日に

2012 年 3 月 14 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

行った第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、40社に60名の実習生を派遣することとなった。

実習生を派遣した企業ごとの実習期間、派遣実習生の人数などの一覧を表1に示した。また、表2および表3には、学年別および学科別の実習生数の内訳および受入企業の地域別内訳を示した。

表1 実習先受入企業一覧表(受入回答企業60社募集人数106名、実習実施企業40社、実習学生60名)

No.	会社名	実習地	テーマ	期間	日数	受入人数	実習人数
1	ダイハツ沼津販売㈱	沼津市	ダイハツ沼津が取り組む店舗総合営業活動の実習。お出迎え～お見送りまで	9/3-9/14	10	4	1
2	㈱島山製作所	沼津市	3Dモデルの作成(トレース)	8/22-9/21	10	1	0
3	㈱三鮮商事	御殿場市	介護	-	-	1	0
4	㈱木村铸造所	清水町	CAD/CAMを用いた铸造用模型の製作	8/30-9/10	10	2	0
5	㈱コーヨー化成	富士市	製品がお客様の手に渡るまで、どのような工程を踏むかを体系的に理解する。	8/8-8/26	10	2	1
6	㈱小林製作所	富上市	製紙機械、産業機械について	8/8-8/12	5	2	0
7	生活協同組合コープしずおか	静岡市	就業体験内容:自己分析、キャリア開発の考え方、店舗・宅配での実務作業、組合員活動、まとめ	9/12-9/16	5	2	2
8	アイティ・インターナショナル㈱	静岡市	Web制作、映像制作、及び企画を製作用PCなどを使い実習から学ぶ。	9/15-9/22	5	2	2
9	先生精機㈱	静岡市	製作機械が出来上がるまでの各工程を学ぶ	9/5-9/16	10	2	0
10	松本印刷㈱	吉田町	職業体験	8/22-8/26	5	1	1
11	㈱ふじかわコーポレーション	富士市	新入社員研修を行い、社会人としての心構えを習得する。製造業として、ものづくりを通じて、社会に貢献することを体感する。	8/17-8/23	6	2	2
12	遠藤科学㈱	静岡市	科学機器商社の主要な業務内容全般と客先訪問を体験する。	9/5-9/9	5	1	1
13	三明機工㈱	静岡市	3D CADによる機械設計。製造(溶接、機械加工、組立)。ロボットティーチング(制御)	9/5-9/9	5	3	3
14	静岡市役所清水港振興課	静岡市	静岡市シティープロモーションである「清水港マグルまつり2011」の開催に伴うイベント当日の補助、事前準備等事務局補助	8/10-10/9	8	1	1
15	㈱大井産業機械	島田市	設計をし、先輩方の手伝いをする。加工、組立工場で製造過程を見て、設計と加工・組立・制御設計とのつながりを学ぶ。	9/5-9/16	10	2	2
16	㈱ワイケーデザインリンク	島田市	CAD(Solid Works)操作トレーニングと自動車用メータ・室内ランプ等、構造の勉強	9/5-9/16	10	1	0
17	富士ゼロックス静岡㈱	浜松市	PCを操作してデジタル・プリプレスの体験、大型高速コピー機での印刷業務体験、製本作業体験など。	9/5-9/16	10	2	2
18	㈱アーティス	浜松市	ウェブサイト制作に関する業務を理解する	9/5-9/16	10	1	1
19	ショーダテクトロン㈱	浜松市	設計図を基に機械部品や制御機器を組み合わせ、産業機械を組み立てる。	9/5-9/16	10	1	1
20	㈱エヌエスティー	浜松市	電子機器製作における基本的なハンダ・圧着作業の体験を通して電子機器の構造や仕組みを理解し、簡単な試験業務を体験する。	8/22-8/26	5	1	1
21	アイパルス㈱	浜松市	産業用ロボットの電子部品表面実装機(マウンター)の製造実習です。部品の組立・調整を行う。	9/5-9/16	10	2	2
22	浜二ペイント㈱	浜松市	木工用塗料の検査及び塗装	9/5-9/9	5	1	1
23	天方産業㈱	浜松市	サーバ及びネットワークの設計、構築、運用のサポートを体験。ルネサス(R8C)マイコンを使用してプログラムを作成、動作確認。	8/22-9/2	10	2	2
24	㈱小楠金属工業所	浜松市	切削加工に関する実習	8/29-9/9	10	2	0
25	ASTI㈱	浜松市	技術開発部 車載電装品又は制御機器の評価、解析 / 生産技術部 生産ライン又は設備機器の改善	8/29-9/9	10	2	2



No.	会社名	実習地	テーマ	期間	日数	受入人数	実習人数
26	㈱浜松生花地方卸売市場	浜松市	花きの流通について学ぶ	9/5-9/16	10	2	0
27	㈱アイゼン	浜松市	機械加工を通して品質の重要性を知る	8/21-8/30	8	1	1
28	やまと興業㈱	浜松市	商品開発ミーティングに参加し、商品の受入から納入までの作業の流れを学ぶ。ものづくり作業としてパイプ加工全般を学ぶ。	9/5-9/16	8	2	2
29	シブヤ精機㈱ 浜松本社	浜松市	製品からのCADによる設計作業(予定)	9/5-9/9	5	2	2
30	㈱かきこや	浜松市	食品の管理・販売。異なる年代の人たちと協力して働く。	9/5-9/16	10	2	1
31	ユニクラフトナグラ㈱	浜松市	ものづくり体験	-	-	-	0
32	㈱ティーケーワン	浜松市	地域資源を活用した観光情報発信事業	8/6-9/21	10	2	0
33	川崎工業㈱	菊川市	自動車部品製造に関わる機械技術の習得	9/5-9/16	10	2	0
34	㈱榎葉鉄工所	掛川市	安全教育。オートバイマフラーの作り始めから完成までを実習しながら学んでいただきます。	8/4-8/24	10	1	1
35	㈱キャタラー	掛川市	設備設計・工程設計、触媒等の研究開発、システム化など	8/22-8/26	5	1	0
36	㈱コバテック	袋井市	減速機部品のCAD設計、NC旋盤やホブ盤を用いた機械加工、減速機の組立作業、と一連の作業を実習。	9/10-9/21	10	1	1
37	㈱赤堀技研	袋井市	当社実習にて加工技術を学びながら 社会人としての体験をしていただきます	8/17-9/7	17	1	1
38	ニチアス㈱袋井工場	袋井市	社員の指導の元、製品の試作業等を行って頂きます。NC 旋盤・マシニングセンターなどを操作し部品を加工する。	9/5-9/10	5	1	1
39	静岡県サッカー協会グループ エコパハウス	袋井市	来園されるお客様に気持ちよく施設をつかっていただくよう、整備していきます。園内の除草作業や雑木の除去など。	8/8-9/21	10	3	3
40	化工機プラント環境エンジニア㈱袋井事業所	袋井市	流入水・処理水の水質分析。下水処理設備の点検・保守・メンテナンス。処理場全体の景観の維持・清掃・整備	8/8-8/12	5	1	1
41	㈱エービーアイコーポレーション袋井工場	袋井市	微生物の発酵生産実験及び発酵液から目的物の回収実験を通して発酵での物作りを体験する	8/17-8/26	8	2	2
42	袋井市月見の里 学遊館	袋井市	運営スタッフとしては、当日の準備作業、開催中のサポート、後片付けを通して、参加者との交流を深めて戴きます。	8/21-8/27	5	2	1
43	㈱アクティ森	森町	体験指導員の補助として、接客、案内、清掃、体験作品の梱包作業から販売迄、アクティ森の社員の一人として働く。	8/9-8/23	15	4	1
44	㈱ショーワ 浅羽工場	袋井市	・開発製品の性能解析、調査、検査 ・開発試作品の組立、検査	9/5-9/14	8	2	1
45	㈱村松研磨工業	袋井市	研磨作業は手作業で行うことが多く、研磨後の面粗度等のデータ取り	8/22-8/27	7	1	1
46	袋井市役所	袋井市	情報公開、社会教育、環境施策、農林畜産の振興、観光振興など、地方自治に関する業務の学習	8/15-9/15	10	5	5
47	ポークラ化成工業㈱袋井工場	袋井市	品質管理	8/22-8/26	5	1	1
48	NNP電子㈱	磐田市	当社開発の試作品について設計仕様に基づいた動作確認作業及び実験、データ取り又は製作補助	8/18-8/31	10	1	1
49	磐田信用金庫	磐田市	信用金庫の業務内容 預金・融資・為替業務の内容 営業店体験	8/9-8/11	3	3	0
50	㈱磐田グランドホテル	磐田市	接客、顧客満足度向上。ビアガーデン接客。	8/11-9/17	5	2	1
51	㈱大進堂	磐田市	印刷物作製の流れ、デザインワークの基本	9/5-9/14	10	1	0
52	㈱赤松電気	磐田市	工場内の電気設備工事により、現場の実情を自分で見る。	8/30-9/2	4	1	1
53	エズカ工業㈱	磐田市	一品者の機械や部品の製造に携わる	8/23-9/21	5	1	0
54	㈱クリアテック	磐田市	人事の仕事体験	8/22-9/2	10	2	0
55	㈱メルコ	磐田市	プラスチック。ダイカスト金型の、機械・工作機械による切削方法、仕上げ、組み付け、調整、製品完成までの体験。	9/5-9/14	7	1	1

No.	会社名	実習地	テーマ	期間	日数	受入人数	実習人数
56	浜松鉄工㈱	磐田市	二輪車・四輪車等の製造工程・製造方法を学ぶ。品質保証・測定具の使い方、機械加工・熱処理工程の理解。	8/20-8/28	8	2	2
57	ガステックサービス㈱ ホテルアークリッシュ豊橋	愛知県豊橋市	婚礼、宴会の会場設営、お客様への料理サービス	9/5-9/16	12	1	0
58	㈱アイ・エス・ジェイ	豊橋市	設備又は部品の機能理解とCADによる作図	9/3-9/14	10	1	0
59	豊川信用金庫	豊川市	本店での講義及び営業店職場実習	8/15-8/19	5	3	0
60	CDS㈱	岡崎市	テクニカルイラスト、3DCAD設計演習	-	-	2	0

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			17		17
電気電子			11		11
物質生命			21		21
コンピュータ			8		8
人間情報			3		3
計	0	0	60	0	60

表3 実習企業地域別内訳

市名	人数	市名	人数
浜松市	18	島田市	2
磐田市	6	吉田町	1
袋井市	18	静岡市	9
森町	1	富士市	3
掛川市	1	沼津市	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	36	19	14	16	16
電気電子	37	19	10	10	10
物質生命	55	36	21	20	20
コンピュータ	11	6	6	7	7
人間情報	16	3	2	3	3
計	155	83	53	56	58

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</p>	<p>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。AutoCADによる電気回路の設計。高速精密送り装置のモータ及びドライバの特性解析。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>
--	--

**【情報関係などの分野】**

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。

**【企業経営・管理などの分野】**

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。

**【福祉活動・団体活動などの分野】**

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。

**5. 事前教育について**

前述したように、4月27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、アルバイトタイムス社の協力を得て、実習にあたってのマナーや挨拶、電話のかけ方等について講習を行った。第3回目は昨年度の実習生である3名の4年生にインターンシップでどのようなことが体験できたのか、また参加する上での考え方や心構えについて話してもらった。続いて本学キャリア支援課から、業界や企業についての基礎知識について説明を行った。

例年は4回目の事前研修として「意欲と積極性を高める」をテーマに、実習直前に注意事項の説明を行ってきた。しかしながら、昨年のインターンシップWG会議で、事前研修が多すぎるため1回減らすことが検討されていたこと、および上記内容はキャリア支援講座等で十分指導されていることから、今年度は4回目の事前研修を省略し、全3回の事前研修とした。事前研修を1回減らしたことに

ては、特に不都合は生じなかった。

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、本年度も各事前研修をビデオに収録し、これを本学図書館のDVDライブラリーに登録した。これにより、事前研修当日に実験・実習やその他の理由によって参加できなかった学生も、後日DVDを見て内容に関するレポートを提出することにより、事前研修を受けたと認定するよう配慮した。

第1回事前研修参加者155名の内60名が企業実習を行うこととなった。この人数から実習参加率は38.7%となり、昨年の35.0%よりも参加率が上がった。

**6. 受入企業数と参加学生数の推移**

インターンシップの実習を行うにあたって、まず本学と実習生受入企業との間で“覚え書き”を作成した。つまり、双方の義務や責任を明らかにし、万一の場合に備えるため実習生の受入に関して大学および企業の双方が遵守すべき事項を確認するため、その上で双方が署名捺印した。

また、学生は実習に先立って、参加申込書の提出にともなって助言教員の承認をうけることになっている。これは本学教員への連絡だけでなく、学生が自分から参加の意思を示すことで、キャリア教育への参加の機会を増やすためでもある。

インターンシップ実習は、1件を除き8月8日から9月22日までの本学の夏期休業期間中に各企業において行われ、滞り無く終了することができた。各事業所における実習期間中には、インターンシップに対する協力の御礼と学生の実習状況の視察を目的として、受け入れ企業に担当教員が出向き、実習の受入担当者と面談を行った。

ここ3年間に各受入企業等において実施されたインターンシップの実習テーマについて分野別に分類したものを表5に示した。本学でインターンシップを実施した10年間の受入企業数、実際に実習を実施した企業の数、募集学生数、参加学生数、単位取得学生数の変化を図1に示した。当初は受入事業所数および募集実習生数は年々増加する傾向にあったが、近年は企業を取り巻く不況の影響により、実習生受入れ事業所数および受け入れ人数はほぼ横ばいの状態である。10年間の参加学生の累計は700名以上となった。

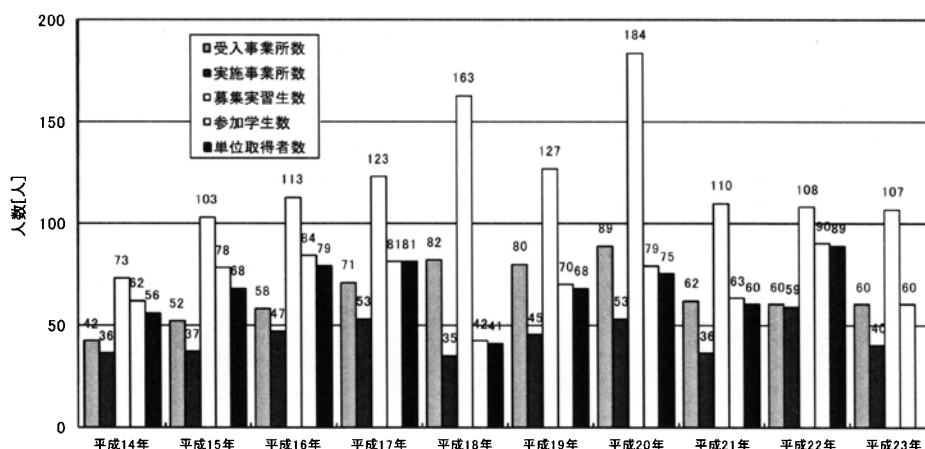


図1 受入企業等の数および参加学生数(10年間の変化)

参加学生の学科別内訳を図2に示した。本年の傾向は、全体に参加人数が減少した中で、物質生命科学科の人数がわずかながら増加したことである。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たかったという意見は本年度も多く、継続して解決すべき課題となっている。

7. インターンシップで学生は何を得たか？

以下では、学生の実習報告に基づいて、実習によって得られた成果、実習を行った感想、実習に関する反省などについてまとめた結果を報告する。

7.1 実習内容

学生が実際に行った業務内容の詳細を事項別にまとめ、よく行われていた主要な業務内容を図3に示した。1位の「製作、組立、加工」が16%、同率2位の「実験、測定、試験、分析」と「営業、接客、販売」は10.2%であった。昨年度は、1位「製作、組立、加工」、2位「生産ライン業務全般」、3位「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「営業、接客、販売」が順位と比率をあげ、昨年上位であった「生産ライン業務全般」は順位を下げた。この結果は、製造業に対する景気悪化の影響を示唆するものかもしれない。

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あった」は10.2%、2位の「慎重かつ正確な作業の重要性」は9.1%、3位の「人との付き合い方、会話の重要性」は8.0%であった。昨年度は「慎重かつ正確な作業の重要性」、「仕事仲間との協調性の重要性」が上位を占めていたことから傾向は良く似ており、慎重かつ正確な作業、コミュニケーション力の不足を再確認できているのではないと思われる。

7.3 実習に関する感想

「実習に関する感想」をまとめたものが図5である。実習内容に関する感想としては、「貴重な体験ができ、非常に勉強になった」との感想が大きく増加した。研修の実があがったと考えられる。以下、2位「実習期間は充実して短く感じた」、同率3位の「問題点の解決が面白かった」、「実習担当者の助言がためになった」、「社会人の責任

の重さを実感した」、「製品を作ることの大変さを実感した」が例年同様に高い比率であった。

これらの結果から、インターンシップはアルバイトとは異なる現場の大きな刺激を得る貴重な機会として、重要であることが伺える。昨年に比べて参加人数が減少する中、就業力育成の観点からは、多くの学生に参加させる方策が必要なのかもしれない。

7.4 実習に関する反省

実習に関する反省として記載された事項を整理したものが図6である。その中で「もっと質問をするべきだった」が昨年同様に最多の回答となった。その他は「基礎的、応用的な知識が足りなかった」、「うまく話や説明ができなかった」、「なにごとにも積極的に行動するべきだった」など、昨年同様である。学生のコミュニケーション力の不足が表れた典型的な結果である。キャリア支援活動の中に就業場でコミュニケーション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と言える。

8. インターンシップ実習の評価（受入企業、訪問教員）

インターンシップの終了後に、実施状況をできるだけ詳しく調査して問題点を把握するために、受入企業、参加学生および訪問教員を対象としたアンケート調査を実施した。その結果について以下に述べる。

8.1 受入企業による実習生の評価

単位認定のため、学生の実習状況の評価を行う必要がある。そのため企業の実習担当者に依頼して、個々の実習生の実習状況に関する評価を求めた。評価は10項目の評価事項について各々5段階で評価するものとした。その結果(回答数59)を表6に示した。昨年度に比べて、「積極性」の平均値が0.5上がったことが目立ち、「責任感」が0.2、「正確」が0.1上昇した。一方、「創意工夫」と「協調性」が0.1下がった。「勤務状況」、「勤務態度」、「内容理解」に関しては昨年度と同じ値であった。「全体評価」は0.1上昇した。「劣る1」の評価はほとんど無かったが、「協調性」に関して1名「劣る1」と評価された学生がいた。「積極性」に関しては昨年度が一昨年度よりも0.4と大幅に下がっていたので、例年の値に戻ったと考えられる。昨年度に「積極性」の項目が下がったのは一過性の現象であろう。

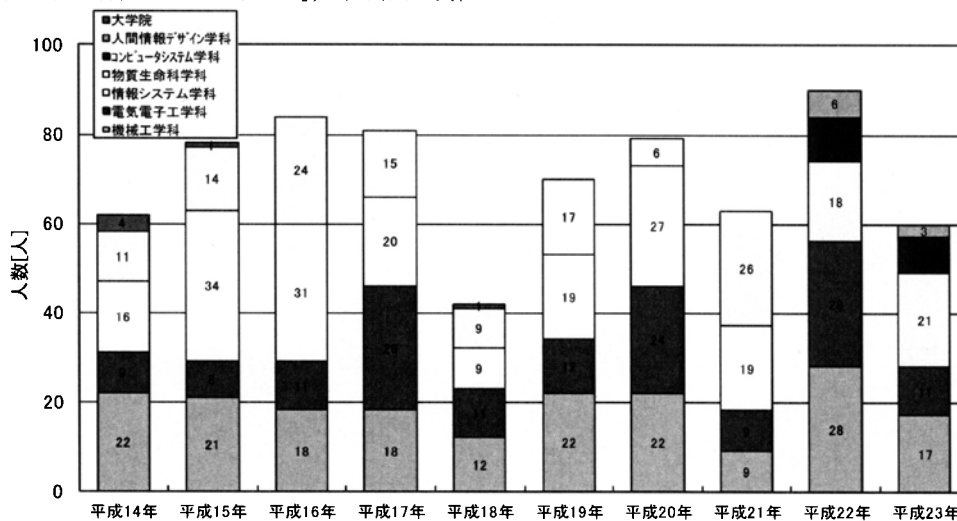


図2 参加学生数の学科別内訳 (10年間の変化)

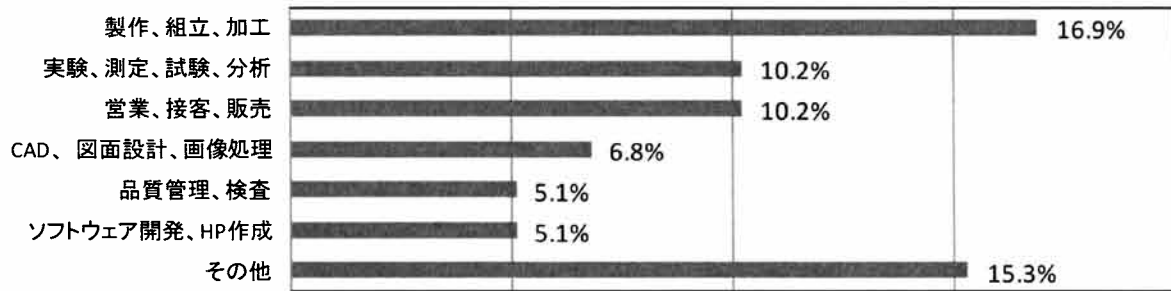


図3 実習内容の詳細

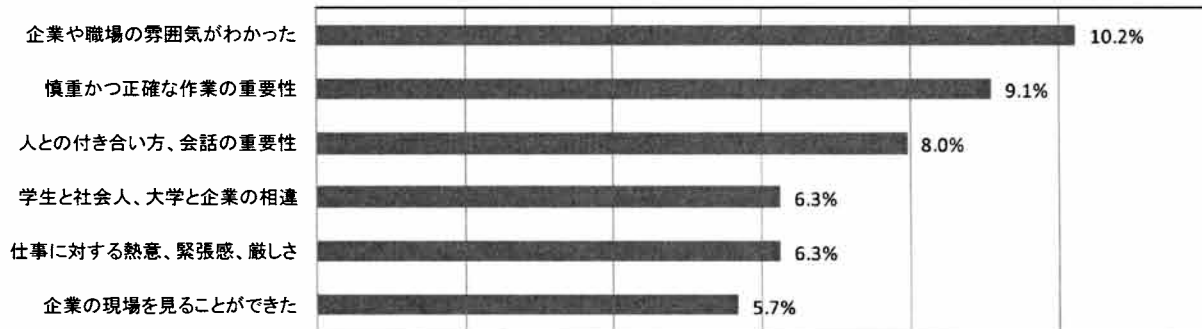


図4 実習によって得られた成果

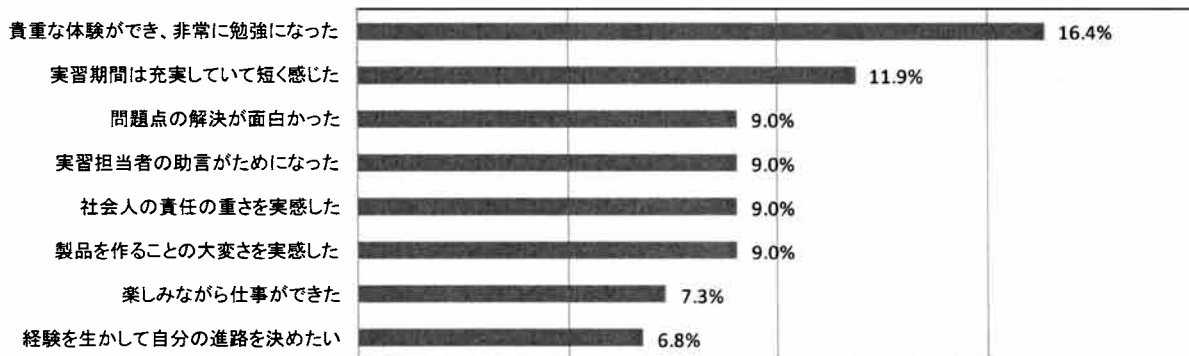


図5 実習に関する感想

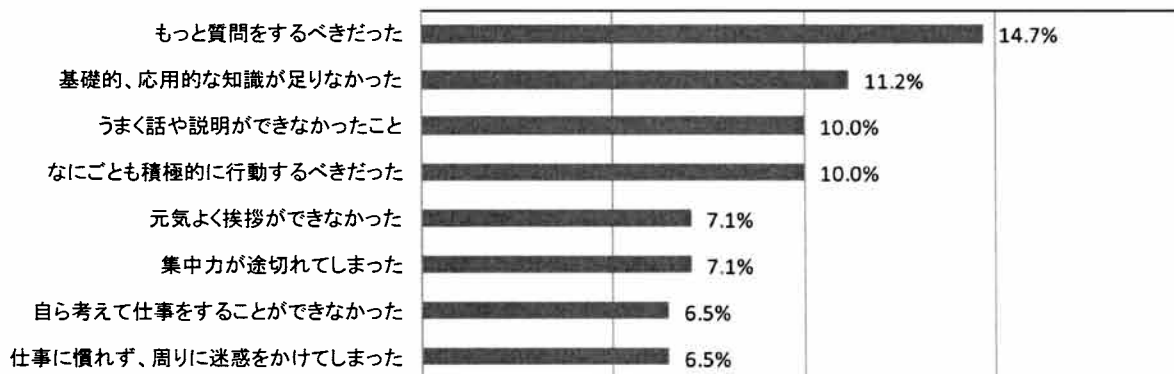


図6 実習に関する反省

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 59)

評価項目	評点					平均値
	大変良い	やや良い	普通	やや劣る	劣る	
	5	4	3	2	1	
勤務状況(欠勤、遅刻、早退などの状況)はいかがでしたか?	43 72.9%	7 11.9%	7 11.9%	2 3.4%	0 0.0%	4.5
勤務態度(言葉遣い、挨拶、返事など)はいかがでしたか?	25 42.4%	19 32.2%	11 18.6%	4 6.8%	0 0.0%	4.1
実習内容はよく理解しましたか?	17 28.8%	27 45.8%	14 23.7%	1 1.7%	0 0.0%	4.0
仕事において、よく実行し、行動し、努力しましたか?	20 33.9%	27 45.8%	10 16.9%	2 3.4%	0 0.0%	4.1
仕事は正確で良い結果が出ましたか?	19 32.8%	29 50.0%	4 6.9%	6 10.3%	0 0.0%	4.1
創意工夫の姿勢は見られましたか?	7 11.9%	22 37.3%	25 42.4%	5 8.5%	0 0.0%	3.5
仕事に対する積極性はいかがでしたか?	23 39.0%	20 33.9%	13 22.0%	3 5.1%	0 0.0%	4.1
責任感を持っていましたか?	24 40.7%	24 40.7%	9 15.3%	2 3.4%	0 0.0%	4.2
協調性はいかがでしたか?	21 35.6%	17 28.8%	19 32.2%	1 1.7%	1 1.7%	3.9
全体評価	20 33.9%	26 44.1%	10 16.9%	3 5.1%	0 0.0%	4.1

ほぼ全ての項目に関して例年と同様の値であったことから、本学学生の特徴がこのアンケート結果から読み取ることができる。問題点は「創意工夫」の値が3.5であり、他の項目に比べて低いことである。この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」の欠如を本学学生への欠点として全教職員に周知徹底し、普段の実験実習やクラブ・サークル活動等で、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。おおむね「積極的な行動」、「明るさ」、「真面目」、「元気」が評価され、一方で「積極性の不足」、「元気がない」、「コミュニケーション能力不足」、「遅刻」などが問題点として指摘された。また本年度の新たな意見として、「メモをこまめにとっていた」ことが評価され、逆に「ノートを取る姿がなかった」ことが問題点として指摘されていた。この点は事前研修で強調する必要がある。また本年度初めてインターンシップを受け入れた1社から、企業側の受け入れ体制の不備が反省点として述べられていた。初めての企業に関しては、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。「実習生の実習内容は満足すべきものであったか」、「インターンシップ全般に関して」に関しては、適切と回答した割合が大幅に増え、やや不適切と不適切の回答は昨年度とほぼ同じであっ

たことから、改善されたと考えられる。これに対して「実習生の態度や状況について」は適切が大幅に減少し、ほぼ適切が大幅に増加し、やや不適切も増加していた。企業側の実習生の態度に対する評価が大きく低下している。しかしながら前述のように、実習生に対する個人別評価は昨年に比べてほとんど変化していない。おそらく、本学実習生に対する評価が低い、「創意工夫」等を重視する企業側担当者が多かったのではないかと考えられる。

## 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認められる。卒業を1年以上後に控え、現場で就業体験できる貴重な機会に的確な指導を受け、自らの学ぶべきあるいは工夫すべきポイントを痛感し、その後の勉学・生活にフィードバックできるのは他に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ゆくことが望まれる。

## 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。このために本年度も各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生本人とも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、学生の実習に臨む様子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グラフにまとめたのが図10である。昨年同様、学生がまじめに、また意欲的に実習に取り組んでいた様子が読み取れるグラフとなっている。

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>**

- ・いつも元気で作業が出来ました。他のインターンシップ生のムードメーカーとして楽しく作業が出来ていたと思います。
- ・実習内容として与えた課題に真剣に取り組む姿勢は良かったと思いました。
- ・業務の理解も良く、適切な作業が出来ていた。会話をしているも落ち着きがあり安心感を持った。
- ・しっかりした文章も書いていました。
- ・受け答えもしっかりしていました。
- ・こまめにメモをとり、知識を吸収しようという姿勢が感じられました。
- ・積極的に実習に取り組んでくれました。
- ・真面目に仕事に取り組む姿勢が感じられました。
- ・もっといろんな事を学びたいとか、学校の授業に対しても、実習や機械に関するサークルを増やして欲しい等々積極性が伺える。
- ・インターンシップ実施の目標を持ち、真面目に一生懸命取り組んでおり、好感が持てた。
- ・挨拶や時間を守ること、という基本的なことがしっかり出来ていました。
- ・温和で協調性にとみ、素直で物怖じせずに仕事に取り組んでくれました。
- ・接客のアルバイトもしているということで、お客さんへの対応もスムーズでした。初対面も好印象でした。
- ・最終日に総括として実習した事にかんするプレゼンをしていただいたのですが、弊社参列者全員がスタンディングオベーションで賞賛しました。実習内容の纏め方・発表の仕方全てに置いて満点でした。
- ・職場に溶け込む姿勢は良くどの職場でも素早く対応できる能力を持っていると思われます。
- ・あいさつが良く好印象を受けました。
- ・実習を重ねるごとに、信頼が増し、安心して仕事を任せられるようになった。また、与えた仕事について自ら、時間調整をし、合間の時間で処理をすることができた。協調性があり、職場に溶け込むことも出来ていた。

**<問題点の指摘があった>**

- ・始業開始10分前の出勤を指示しましたが、間に合わない日何日かありました。
- ・もう少し積極的に職員や他の学生とコミュニケーションできると良かったと思います。
- ・質問があまりなくノートを取る姿を見ることが出来なかったことは残念です。
- ・もう少し元気良く取り組んでくれれば、なお良かったように感じます。
- ・行動を起こす前に周りを一度見るによりコミュニケーションが取れると思います。元気・覇気があれば人に与える印象がさらによくなる。
- ・協調性に少し欠けると思います。
- ・遅刻があったので気をつけましょう。
- ・各部署では説明を受ける時間が多く、創意工夫の姿勢を見せるのは難しかったかもしれません。ただ比較的受身の学生さんでしたので、もっと自己アピールする力をつけると社会に出てから、より伸びると思いました。
- ・元気が少し足りないような印象を受けました。
- ・仕事というものに対して、もう少し積極的に質問を投げかける等があってもよかったですかと思えます。
- ・もう少し元気よく取り組む姿勢があるとよいと思います。
- ・今年、初めて受け入れをさせていただき、正直、弊社での受け入れ態勢がなくなって、学生さん（二人とも）をお客様として受け入れてしまい、いわゆる、インターンシップとしての意味を成さなかったと、反省しております。
- ・もう少し覇気があればとは思いました。
- ・声が小さい もう少し存在感をアピールできるとよい。
- ・もう少し笑顔が出れば満点です。
- ・実習に臨む姿勢は、非常に良いものを持っています。欲を言うならば「自分から考えて行動する」という点でしょうか。

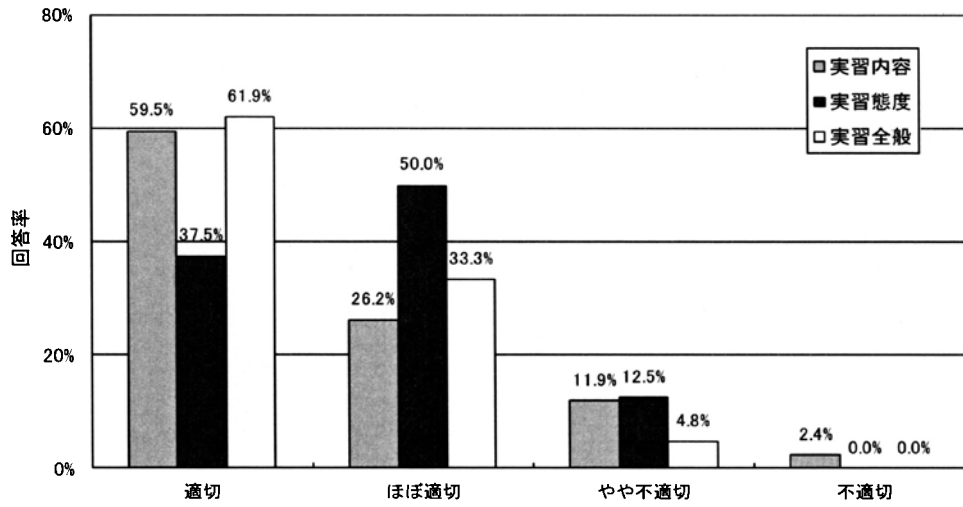


図7 受入企業担当者によるインターンシップへの評価

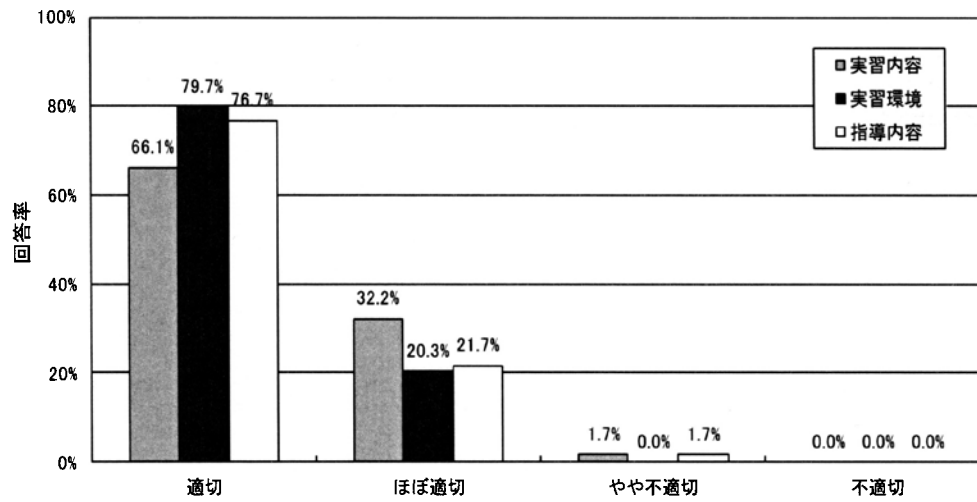
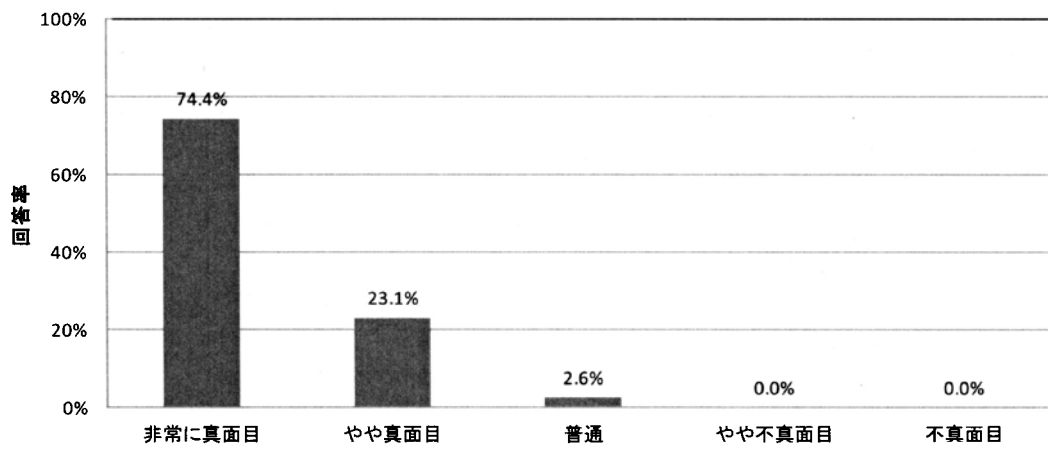


図8 参加学生による実習内容、環境、指導内容への満足度





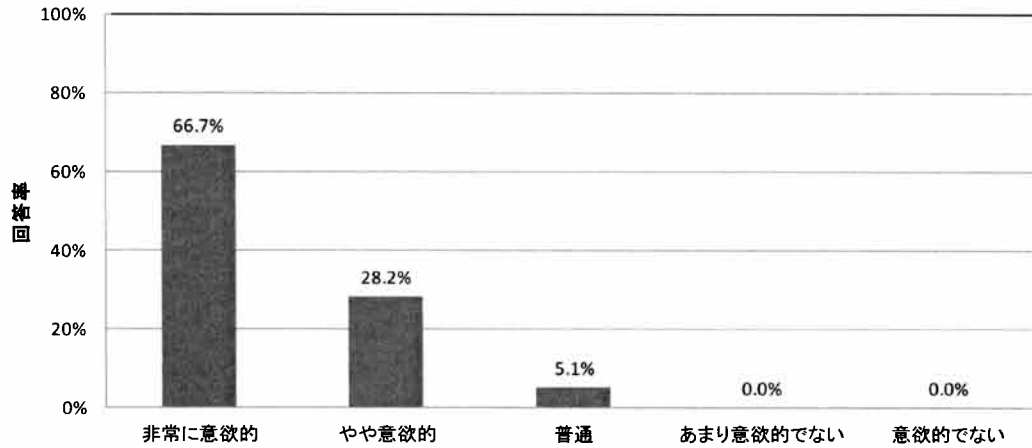


図 10 実習生の意欲に対する訪問教員の評価

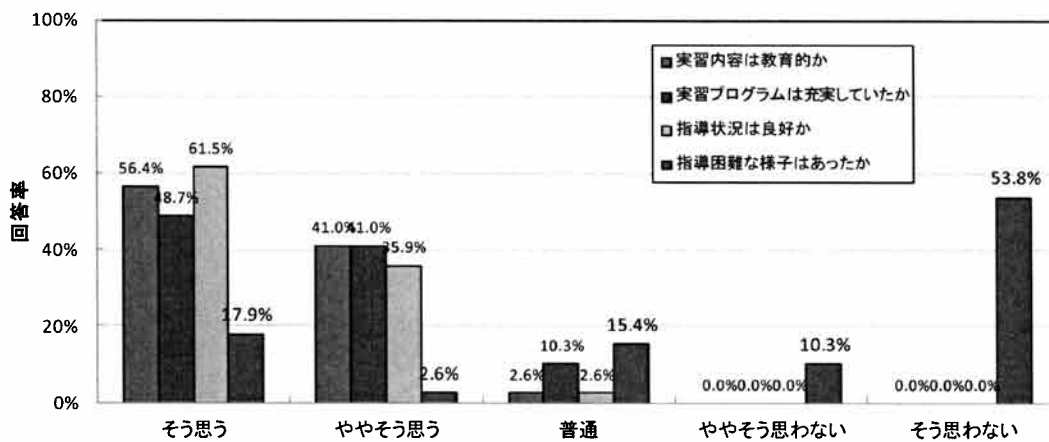


図 11 訪問教員の受入事業所への評価と要望

一方、訪問教員による企業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事項に対する評価は、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90%以上であった。また実習学生に対して指導困難な様子があるかという質問に対しては、「と思う」、「ややそう思う」が合わせて20%を超えていて、指導困難な状況が無視できない割合で起こっていたことをうかがわせる。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。

- ・よく計画されたプログラムに基づいて行われていた
- ・とってもいい実践経験
- ・指導員が付ききりで実習に対応していただいた。
- ・授業では経験できない、現場ならではの空気に触れることができた
- ・学生の学科に見合った課題を与えていただいた
- ・自動化の必要性を痛感するきっかけ、作業者の気持ちや不良の発生を考える契機
- ・社会生活における考え方を中心としたきわめて教育的な内容

また、同じ企業にインターンに来ている他大学の学生との交流が有益であったという見解もいくつか見られた。しかしその一方で最終日に実習の講評のようなものがなかったのが残念であったと言うような意見もあった。それから企業からの意見として、他大学からのインターン生と比

較されて本学学生に対する厳しい評価をされたという報告もあった。

基本的には、学生に対しても受け入れ企業に対しても訪問教員の評価は良好であったが、指導困難な状況が見られたり、本学学生の身なりや態度に残念な点があった例も見られたことなど考えなければならないこともあった。また他大学学生とインターンシップ先で一緒になると言うことは、学生本人にとって、企業を見るということ以外にも本学以外の世界を実感するいい機会であるとともに、企業の側から本学と他大学の比較をわずかの例でされてしまうと言う厳しい面もあるので、インターンに向かう学生に対し万遍ない志気向上が求められる。

### 9. 平成23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

昨年度までは事前研修を4回行っていたが、昨年度のインターンシップWGにおいて、事前研修が多すぎるため1回減らすことが検討された。また、本年度からキャリア支援講座が開講され、これまで該当回事前研修で行っていた内容についてはキャリア支援講座で十分指導されていることもあり、本年度は事前研修を3回とした。企業アンケートおよび学生アンケート、訪問教員のアンケート結果からも事前研修を減らしたことによる不都合は特に認め

られない事から、事前研修は3回で十分であったと言える。来年度以降も事前研修は今年度同様、3回の実施で十分であるものと考ええる。

また、本年度初の試みとして、第2回事前研修においてアルバイトタイムス社の協力を得て、「実習にあたってのマナーや挨拶の仕方、電話のかけ方等」についての講習を行った。講習では、挨拶や電話のかけ方等のシミュレーションを行い、学生にとって非常に役立ったと思われる。企業アンケートにおいて、ビジネスマナーの不足が指摘されている点もあり、来年度以降も是非続けていくことができればと考える。

#### 9.2 実習受け入れ企業数について

景気低迷や円高の影響、本年3月に発生した東日本大震災等の影響があったにもかかわらず、今年度の受け入れ企業数、実習テーマ数に関してはここ数年とほぼ同数となった。これは本学のインターンシップ制度への地元企業の理解が広まってきた事と、キャリア支援課および教員の新規企業開拓の成果とも言える。

特に電気電子工学科では、受け入れの可能性がありそうな近隣企業、以前インターンシップの受け入れがあったが近年受け入れがない企業の中から、卒業生が就職している企業をリストアップし、卒業研究担当教員が個別に卒業生と連絡を取り、インターンシップ受け入れの可能性および担当者の連絡先を調査した。また、教員が個人的に付き合いのある企業についても受け入れの可能性を調査・リストアップし、新規企業の開拓を行った。

今後何らかの対策を取らない限り、インターンシップ受け入れ企業の急増は望めないこと、およびインターンシップ受講生の増加が予測されることから、来年度以降についても従来の受け入れ企業との関係を深めると共に、新規企業の開拓は必須であると考ええる。

#### 9.3 インターンシップ実習の評価

受け入れ企業による実習生の評価結果では、「積極性」、「明るさ」、「真面目」、「元気」が評価された。その一方で、「積極性の不足」、「元気がない」、「コミュニケーション不足」などが指摘されている。これらは、学生個人による差が大きいことを表している。また、「遅刻」を指摘された学生もおり、学生気分のまま実習に望んでいる学生もいることが伺える。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。

#### 9.4 春期インターンシップについて

春期インターンシップ開催の可能性について、今年度は企業へのアンケート調査を行った。調査結果はまだまとまっていないが、来年度はこの調査結果を基に、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。

#### 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) 山本司志朗 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.

# 平成 22 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 2010,  
For Career Education.

山庄司志朗\*1, 丹羽昌平\*2, 袴田吉朗\*3, 常吉俊宏\*4  
工藤司\*5, 國持良行\*5, 青島偉夫\*6, 大石和典\*6

Shiro YAMASHOJI, Shohei NIWA, Yoshiro HAKAMATA, Toshihiro TSUNEYOSHI  
Tsukasa KUDO, Yoshiyuki KUNIMOUCHI, Hideo AOSHIMA, Kazunori OHISHI

**Abstract:** Ours Internship has been introduced into the curricula of Shizuoka Institute of Science and Technology(SIST) since 1999. This report presents the discussion about the preparation, the organization and the results of the internship program conducted in 2010. Ours program has been started from 1999. In 2010, fifty-nine companies in the western part of Shizuoka prefecture proposed this program by providing their own internship programs for one hundred students. Ninety students participated in the programs. The results of this program over ten years are summarized and its future prospects are presented.

## 1. はじめに

本学のインターンシップは、平成 11 年度に試行を行い、平成 12 年度から授業の一貫として単位を付与して実施している。履修する学生も少しずつ増加し、企業との相互理解も深まってきている。このように、この授業は人材育成の手段として周辺企業にも理解が深まり、確実に定着しつつあると言えよう。また、本学のキャリア教育の中で重要な地位を占める事業となってきた。

本報告は、平成 22 年度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 年から平成 22 年までの 12 年間のインターンシップ実施結果の総括的なまとめおよび来年度以降のインターンシップに関する展望についても述べる。

## 2. 平成 22 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昨年度の受入企業数は 62 社となり、過去 5 年間で最低の状況に陥った。
- ②「おとなしい」、「元気がない」など積極性や会話能力のなさを指摘された学生がいた。
- ③受入企業から、学生の実習内容や到達度が低かったという評価が今年度も挙げられた。

平成 22 年度の実習内容は、これらの問題点を改善するため、以下の事業を取り入れるようにした。

- ①企業側への受入希望調査を昨年度同様 4 月とした。
- ②企業からの全ての申込み作業、実習報告書および評価作

業なども Web 上で入力可能とした。

- ③学生からの書類提出や手続きを主にキャリア支援課で取り扱い、挨拶や言葉遣いの指導を行った。

これらのことから、事務的作業の効率化と簡便化を図りながら、学生の積極性の向上と意欲の喚起を目指し、より高い教育効果を得られるインターンシップの実施を目指した。

## 3. 受入企業への協力依頼

地域社会との密接な連携を特色とする本学の教育の中にあつて、インターンシップは、地域産業との連携による地域に役立つ人材の育成、地域の企業や地域社会との交流の推進などの観点から、重要な役割を負っている。それ故、協力依頼企業の選定にあたっては、過去 11 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た。選考の末、4 月 20 日には大学周辺の企業 500 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 22 年度は、59 社の企業から 60 の実習テーマについて、受入の申し込みがあつた。これは過去 5 ヶ年で最も少ない受入数であり、一昨年の秋から続く景気悪化の影響を顕著に受ける形となつた。受入実習生の総数も 90 名に減少、一部の学生が参加を断念する異常な事態になつた。

## 4. 参加学生募集と派遣企業の決定

5 月初旬、全学学生に対して、事前研修およびインターンシップ実習への参加、その後の報告書の提出と報告会および事後研修への参加なしには単位の取得ができないことを告知した。その上で、インターンシップ希望者について 4 月 27 日に第 1 回事前研修を行い、その後 3 回事前研修を実施した。実習希望学生と派遣企業の決定に当たっては、受入企業側から提示された「実習テーマ」について、学生がこの実習内容をよく検討した上で企業を選定し、それを受け決定した。しかし、希望学生が実習定員を上回った企業については、学生の意欲や専門分野と実習内容の関連等を考慮して選考を行い、派遣学生を決定した。このように、極力学生の希望が優先されるよう配慮した。

実習希望学生と派遣企業との間で実習内容についての調整を行ったのち、59 社の企業に 90 名の実習生を派遣することとなつた。

2012 年 3 月 2 日受理

\*1 インターンシップ WG リーダー(物質生命科学科), \*2 機械工学科, \*3 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

実習生を派遣した企業ごとの実習期間、派遣実習生の人数などの一覧を表1に示した。また、表2および表3には、学年別および学科別の実習生数の内訳および受入企業の地域別内訳を示した。

表1 実習生受入企業一覧表(企業59社,テーマ60,募集人数108名,実習学生90名)

No.	会社名	実習地	テーマ	日数	受入人数	実習人数
1	(株)コーヨー化成	富士市	ウェットティッシュ製品の製造工程に関わることでものづくりの根本を体験することと,社会人としての重みを理解すること。	9/13-9/17	5	1
2	アイティ・インターナショナル(株)	静岡市	ITシステム構築(Web系),コンテンツ制作(映像,Web)	9/6-9/17	10	2
3	生活協同組合コープしずおか	静岡市	体験し,話を聞くことで自分にとって働くことの意味や意義を考えよう。	8/25-8/30	5	2
4	(有)内山精工	静岡市	3次元グラフィックモデリング,加工データ作成。	8/23-8/27	5	1
5	松本印刷(株)	吉田町	印刷工程の把握。	8/23-9/3	10	1
6	日本軽金属(株)	静岡市	アルミ電解コンデンサーの陽極箔化成プロセスにおける電力原単位の削減をテーマとした現状調査・改善。	8/18-8/31	10	1
7	静岡市 日本平動物園【公募】	静岡市	動物の飼育実習。	10/9-10/11	3	1
8	山崎工業(株)	静岡市	品質安定と生産効率。	9/6-9/17	10	1
9	矢崎化工(株)	静岡市	無人搬送車の組立実習・福祉介護用品の開発及び設計に関わる業務。	8/16-8/20	5	1
10	三明機工(株)	静岡市	ものづくり,開発設計の楽しさを感じてください。	8/23-8/27	10	3
11	鈴与システムテクノロジー(株)	静岡市	グループワークによる開発演習を中心とした実習。	8/16-8/20	5	2
12	鈴与(株)	静岡市	港や倉庫などの見学を通じて「鈴与」を理解しよう。	8/16-8/19	4	2
13	富士ゼロックス静岡(株)	浜松市	印刷物の製作・各種加工。	9/6-9/17	10	2
14	(株)アーティス	浜松市	ウェブサイト制作に関する業務を理解する。	9/6-9/17	10	1
15	(株)小楠金属工業所	浜松市	金属を削ることに関する実習。	9/6-9/17	10	2
16	羽立工業(株)	湖西市	射出成形及び成形部材組立作業。	9/6-9/10	5	2
17	ショーダテクトロン(株)	浜松市	次期製品となりえる装置の仕様および構想設計。	9/6-9/17	10	1
18	リゾートトラスト(株)グランドエクシブ浜名湖	浜松市	接客の基本である笑顔,立ち居振る舞い。	8/11-8/25	14	5
19	(株)エヌエスティ	浜松市	電子機器製作における,基本的なハンダ・圧着作業や簡単な試験業務。	8/23-8/27	5	1
20	浜二ペイント(株)	浜松市	木工塗装の体験と塗料の性能評価。	9/6-9/10	5	1
21	(株)ジャパン・ミヤキ	浜松市	モノづくりとは何であるかを体験する。	9/6-9/17	10	3
22	日星電気(株)	浜松市	光ファイバ関連製品の開発,製造,試験	8/16-8/27	10	1
23	浜松ケーブルテレビ(株)	浜松市	ケーブルテレビ,ケーブルインターネット事業に関する業務全般の流れを理解する。	9/6-9/10	5	1
24	天方産業(株)	浜松市	サーバとネットワークについて。	8/23-9/3	10	1
25	天方産業(株)	浜松市	マイコンを使用したソフト作成。	8/16-8/27	10	1
26	ASTI(株)	浜松市	ものづくりとエアコンパネルの評価。	9/6-9/17	12	1
27	(株)アイゼン	浜松市	機械加工と品質管理。	9/7-9/17	9	1
28	やまと興業(株)	浜松市	商品の開発から納入までの流れを学ぶ。	9/7-9/21	10	3
29	(株)コーリツ	浜松市	機械保全から設計まで実習を通して業務の大切さと流れをつかむ。	8/25-8/31	5	2
30	静岡シブヤ精機(株)	浜松市	図面のトレース等。	9/8-9/22	10	2
31	(株)榛葉鉄工所	掛川市	職業体験。	8/16-8/27	3	2
32	(株)藤田鉄工所	掛川市	製造の体験学習。	8/16-8/27	10	2
33	大和鍛工(株)	掛川市	鍛造品製造工程の補助と実習体験。	9/13-9/23	5	2
34	(株)スギノマシン 掛川事業所	掛川市	金属加工,仕上作業及び製造現場での安全衛生。	9/18-9/23	5	1
35	(株)赤堀技研	袋井市	機械加工(切削など)の加工技術の研修。	8/16-9/3	15	2
36	(株)コバテック	袋井市	工作機械実習と小型減速機の設計。	9/6-9/17	10	1
37	(社福)明和会 袋井学園	袋井市	知的障害者との交流を通して,福祉への理解を深める	8/11-8/21	10	1

38	ニチアス(株)袋井工場	袋井市	ふっ素樹脂または、自動車部品の製造と生産技術に関する業務補助。	9/6-9/10	5	2	1
39	化工機プラント環境エンジニア(株)袋井事業所	袋井市	下水処理技術の基礎と下水処理施設維持管理の実務。	8/16-8/27	10	2	2
40	(社福)明和会 障害者支援施設 あきは寮	袋井市	あなたの心やさしい気持を生かしてみませんか。	9/6-9/17	10	3	2
41	(株)アクティ森	森町	体験型観光施設における接客・サービス。	8/11-8/24	14	2	2
42	ミネベア(株)浜松工場	袋井市	材料元素分析。	8/23-9/3	10	1	1
43	静岡製機(株)	袋井市	穀物乾燥機の初乾燥試験,米粉粉碎機の粉碎試験、色彩選別機の評価試験など。	9/6-9/17	10	2	2
44	NSKワーナー(株)	袋井市	インターンシップ生の学科を鑑み決定。	9/6-9/17	10	1	1
45	袋井市役所	袋井市	まちづくりや福祉,生涯学習など地方自治に関する業務の実習。	8/16-8/27 他	15	5	5
46	ポーラ化成工業(株)袋井工場	袋井市	化粧品の製造及び品質管理。	8/23-8/27	5	1	1
47	(株)エーピーアイコーポレーション袋井工場	袋井市	微生物を用いた発酵実験及び発酵液からの有用物精製実験。	8/16-8/27	10	2	2
48	NNP電子(株)	磐田市	電子制御機器の試作品実験データ取り,検査。	8/18-8/31	10	1	1
49	(株)オーミ	磐田市	一つの物を生み出すまでの面白さと苦しさ。	8/19-8/31	8	2	2
50	(株)メカワールド	磐田市	省力化装置の組立。	9/6-9/17	10	2	1
51	(株)大進堂	磐田市	印刷物の作製。	9/6-9/15	10	1	1
52	(株)赤松電気	磐田市	現場の実情を自分で見る。	8/30-9/3	5	1	1
53	磐田信用金庫	磐田市	地域金融機関の役割と金融の基礎。	8/16-8/20	5	3	3
54	(株)ロック・フィールド 静岡ファクトリー	磐田市	サラダ・惣菜などを作る。	9/7-9/15	7	5	1
55	(株)メルコ	磐田市	金型の製造と設計。	8/17-8/28	10	2	1
56	(株)エフ・シー・シー 竜洋工場	磐田市	検具および目視での検査。	8/23-8/27	5	2	1
57	浜松鉄工(株)	磐田市	二輪車・四輪車部品の製造工程・製造方法を知る。	8/18-8/30	10	2	1
58	(株)小出製作所	磐田市	ものづくり(鑄造)の理解を深める金型設計・製作。	9/6-9/10	5	2	2
59	NTN(株)磐田製作所	磐田市	働くことの意味を知り,今後の就職活動に活かす。	9/6-9/17	10	3	3
60	川崎工業(株)	菊川市	シーケンサを使用した回路の体験学習。	8/17-8/27	9	2	2

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			28		28
電子			28		28
物質			18		18
コン			10		10
人間			6		6
計	0	0	90	0	90

表3 実習企業地域別内訳

市名	人数	市名	人数
浜松市	17	富士市	1
袋井市	12	菊川市	1
磐田市	12	湖西市	1
静岡市	10	吉田町	1
掛川市	4	森町	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	第4回	報告会	第5回	計
機械	51	49	45	33			178
電気電子	63	58	42	32			195
情報システム	1	0	0	23			24
物質生命	48	47	29	13			137
コンピュータ	38	29	25	6			98
人間情報	11	9	8	3			31
院材料科学	1	1					2
計	213	193	149	110	0	0	665

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. 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. 微細認識用工学系における照明の解析. 電磁部品の評価検査. 各種回路の計測制御. レーザー干渉計を使用した変位測定. 太陽光発電システムの取付実習.</p> <p><b>【物質科学関係の開発・実験・などの分野】</b>          微生物応用による開発試験. 汚水浄化システムの理解. 水処理施設フローの習得と運転管理. 電子顕微鏡取扱業務. 環境計量における. 試料の前処理. 有機合成による香料分質の合成・精製. 化粧品品の品質管理. FeNi 合金の磁気特性調査. し尿の各処理工程のシステム管理と作業実習. 銅合金の透過電顕による組織観察. 緑茶カテキンの分析・整理. 水質分析.</p> <p><b>【情報関係などの分野】</b>          図書館業務全般. エレベータ電気手配自動化ソフト作成. 物流業務と情報システムの現場実習. パソコンデータ入力. IT システム管理. ユーザーサポート等. PC 機器類の研究指導. 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</p>	<p>現場. 作業工程管理. 新製品のマーケティング.</p> <p><b>【福祉活動・団体活動などの分野】</b>          消火・救急訓練, 消防機材点検等. お札や御守の授与, おみくじや護摩木のお授け補助, 参拝者観光者に対するサービス. 施設内外の整備(窓拭き, 草刈り, 押入れ掃除等), 重度障害児(者)の介助, 散歩・制作活動等の介助. 市民参加の地域福祉活動.</p>
--	---

## 5. 事前教育について

前述したように, 4月27日から4回にわたり事前研修会を開催し, 基礎的必要事項や心構えなどを説明した. 第1回事前研修ではインターンシップの概要とインターンシップに参加する上での考え方や心構え, 履修等について説明を行った. 第2回事前研修は「社会人とは一仕事・働くことの意義」について講義を行い, インターンシップそして社会人となるための心構えを学習してもらった. 第3回目は昨年度の実習生である3名の4年生にインターンシップでどのようなことが体験できたのか, また参加する上での考え方や心構えについて話してもらった. 続いて, 本学キャリア支援課から, 業界や企業についての基礎知識について説明を行った. 第4回目は実習直前の注意事項の説明を行い, 「意欲と積極性を高める」ことに関してできるだけの注意を喚起した.

このように, 4回にわたる事前研修によって, 明確な目的意識を持った学生を実習先に送ることができたと考えている. 事前研修への参加者数を表4に示した.

また, 本年度も各事前研修をビデオに収録し, これを本学図書館のDVDライブラリーに登録した. このことで, 事前研修当日に実験実習やその他の用事によって参加できなかった学生も, 後日DVDを見て, 内容に関するレポートを提出することによって, 事前研修を受けたと認定されるようにした.

第1回事前研修参加者213名の内75名が企業実習を行うこととなった. この人数から実習参加率は35.0%となり, 昨年の57.3%, 一昨年の42.9%と比較すると参加率が大きく減少した.

## 6. 受入企業数と参加学生数の推移

インターンシップの実習を行うにあたって, まず本学と実習生受入企業との間で“覚え書き”を作成した. つまり, 双方の義務や責任を明らかにし, 万一の場合に備えるため実習生の受入に関して大学および企業の双方が遵守すべき事項を確認するため, その上で双方が署名捺印した.

また, 学生は実習に先立って, 参加申込書の提出にともなって助言教員の承認をうけることになっている. これは本学教員への連絡だけでなく, 学生が自分から参加の意思を示すことで, キャリア教育への参加の機会を増やすためでもある.

インターンシップ実習は, 8月11日から9月23日までの本学の夏期休業期間中に各企業において行われ, 滞り無く終了することができた. 各事業所における実習期間中には, インターンシップに対する協力の御礼と学生の実習状況の視察を目的として, 受け入れ企業に担当教員が出向いて, 実習の受入担当者と面談を行った.

ここ3年間に各受入企業等において実施されたインターンシップの実習テーマについて分野別に分類したものを表5に示した. 本学でインターンシップを実施した10年間の受入企業数, 実際に実習を実施した企業の数, 募集学生数, 参加学生数, 単位取得学生数の変化を図1に示した. 昨年度まで受入事業所数および募集実習生数は年々増加する傾向にあったが, 本年度は企業を取り巻く不況の影

響により、実習生の受入れが困難な事業所が多く、近年の状況を大幅に下回った。11年間の参加学生の累計は700名以上となった。

参加学生の学科別内訳を図2に示した。本年の傾向は、機械工学科と電気電子工学科の参加学生数が今年のそれぞれ9名から28名へと前年の約3倍に達したことである。学生の多くは、輸送用機器、電機電子部品製造の実習内容を

を希望した。これは就業体験を通じて働くことの意義を感じたいという意気込みが強かったものと考えられる。なお、実習先の業種が偏っており、希望する分野を活かせる実習を体験しなかったという意見は本年度も多く、継続して解決すべき課題となっている。

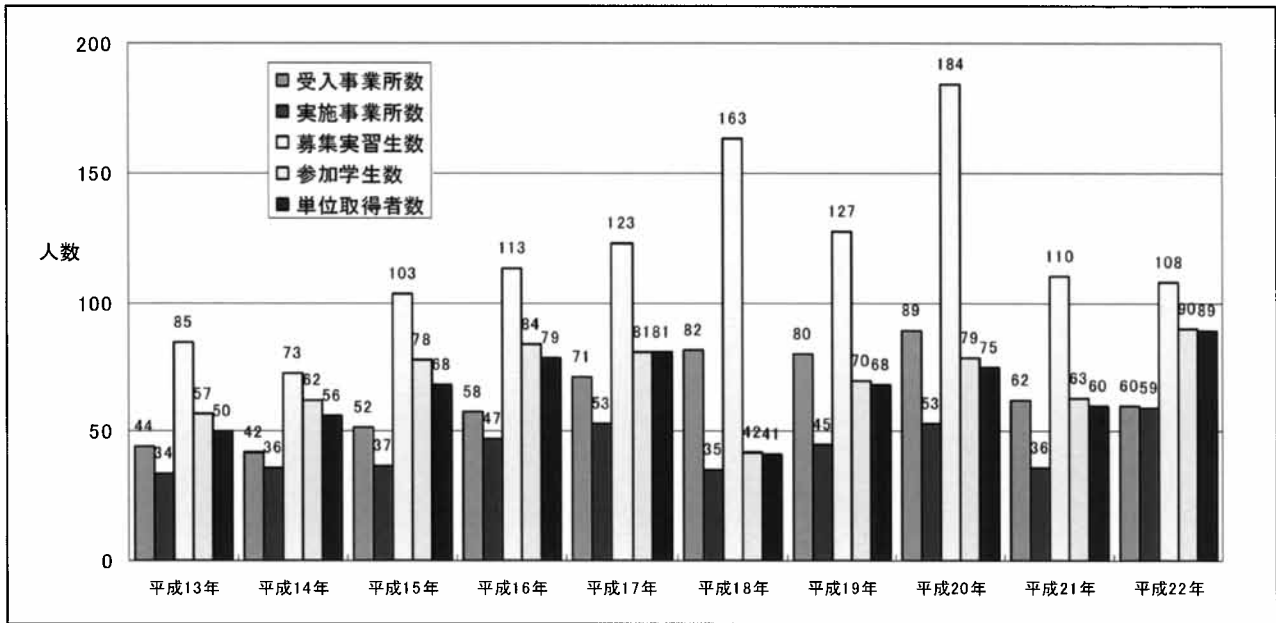


図1 受入企業等の数および参加学生数の10年間の変化

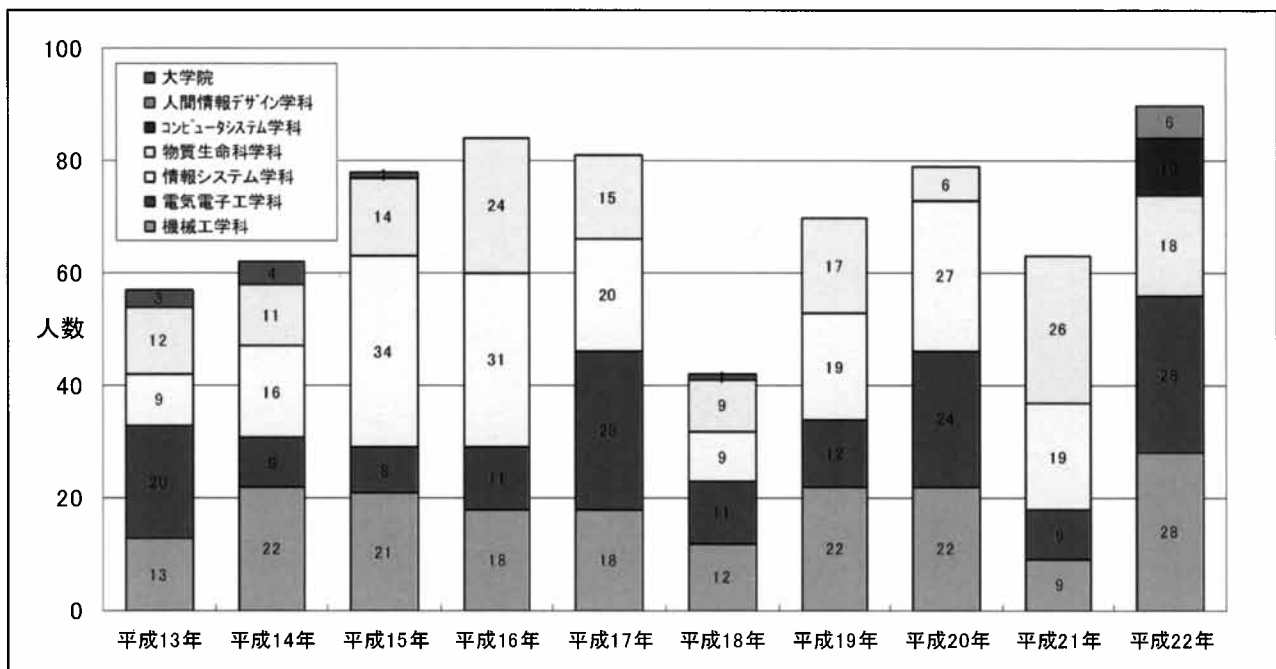


図2 参加学生数の学科別内訳(10年間の変化)

7. インターンシップで学生は何を得たか？

以下では、学生の実習報告に基づいて、実習によって得られた成果、実習を行った感想、実習に関する反省などについてまとめた結果を報告する。

7.1 実習内容

学生が実際に行った業務内容の詳細を事項別にまとめ、よく行われていた主要な業務内容を図3に示した。「製作、組立、加工」が24%と2位の「生産ライン業務全般」の12%の倍とずば抜けて高い。3位の「実験、測定、試験、分析」の10%までが多い項目で1・3位の項目は例年と同様の高比率となった。それ以下の項目については余り差がない状態であった。昨年と比較して特筆すべきこととしては「営業、接客、販売」、「福祉関連業務全般」が順位と比率を下げ、ほぼ半減となったことがあげられる。このあたりは昨年の流れから推測すると景気回復の影響を示唆するものかもしれない。

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。「慎重かつ正確な作業の重要性」の比率が20%越えと倍以上の大幅な伸びとなった。好ましい方向と考えたい。また「仕事仲間との協調性の重要性」が10%を越えてきた。これについては昨今の就活の想像を超えた厳しさと対照的に、自らを省みた際に昨年同様のコミュニケーション力の不足を認識した、学生の意識変化ではないかと考えられる。

7.3 実習に関する感想

「実習に関する感想」をまとめたものが図5である。実習内容に関する感想としては、「実習担当者の助言がためになった」との感想が大きく増加した。研修の実があがったと考えられる。以下、「見聞きするものすべてが新しかった」17%、「貴重な体験ができ、非常に勉強になった」14%、「実習期間は充実していて短く感じた」13%が例年同様高率であった。

学生にとってやはりインターンシップは現場の大きな刺激を得る貴重な機会として重要であることが伺える。産業界の流れとしてインターンシップ期間の短縮、特に1日インターンシップなどという動きもあるようであるが、形式に終わることが危惧される。むしろ是非長期間の就業体験を実施できる機会を増やす方向で検討して頂きたい。

7.4 実習に関する反省

実習に関する反省として記載された事項を整理したものが図6である。その中で「もっと質問をするべきだった」が昨年の13%をはるかに超えて21%と最多の回答となった。その他は「うまく話や説明ができなかった」、「自ら考えて仕事をする事ができなかった」、「インターンシップ前の調査が足らなかった」など、昨年同様である。近年の学生のコミュニケーション力の不足が表れた典型的な感想であろう。逆にこの機会に具体的な現場の就業場面でコミュニケーション力の必要を痛感させることができるのはインターンシップの貴重な価値であると考えられる。

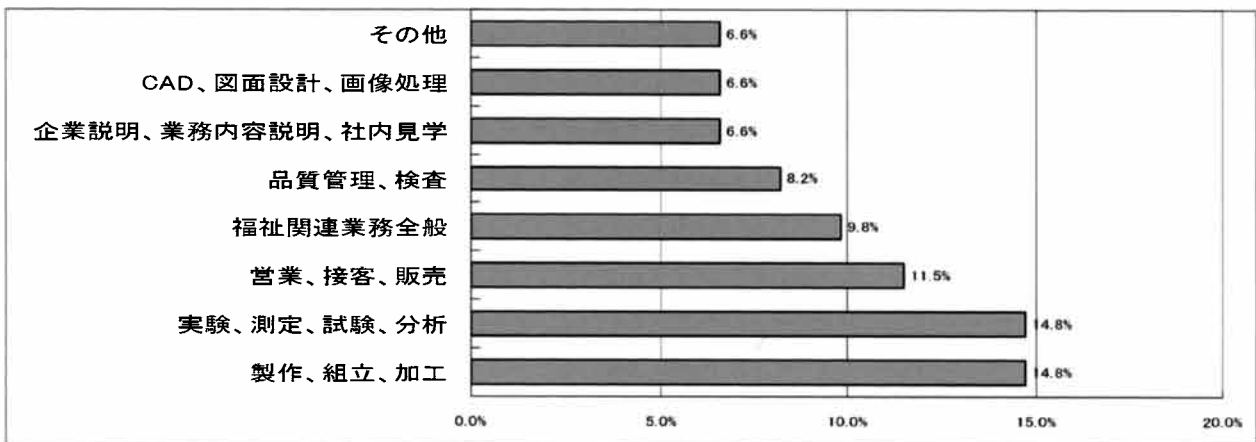


図3 実習内容の詳細

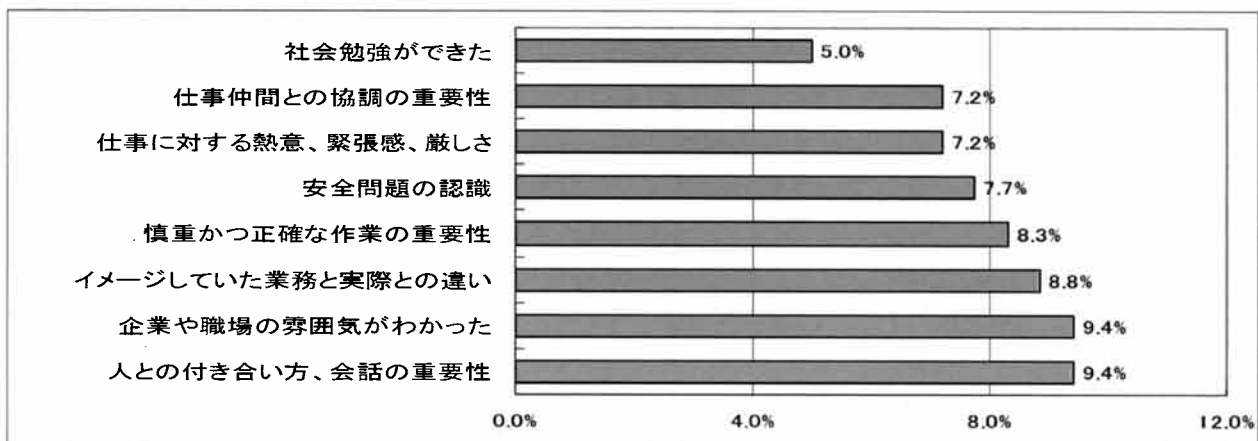


図4 実習によって得られた成果



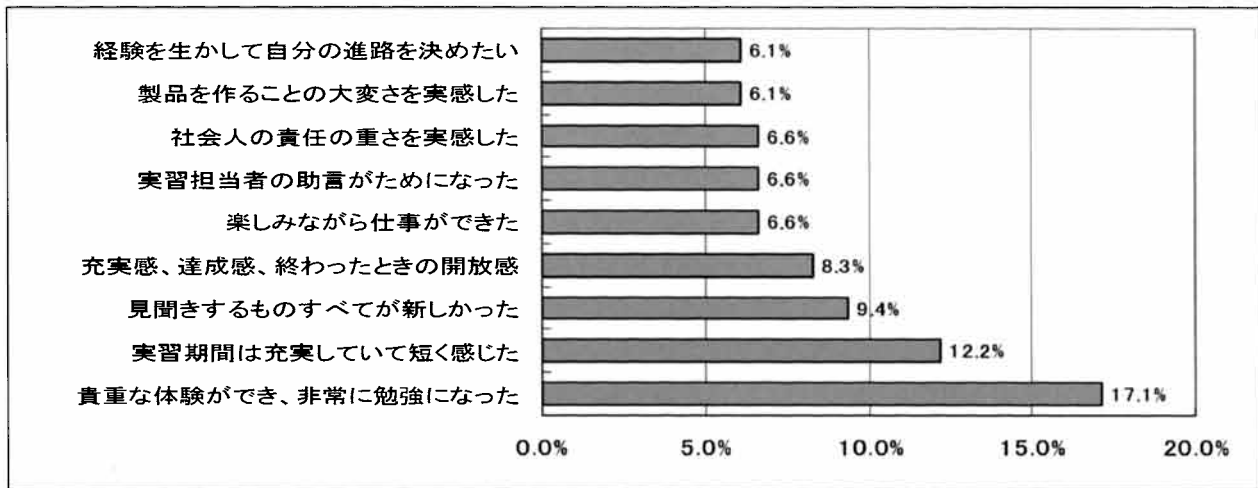


図5 実習に関する感想

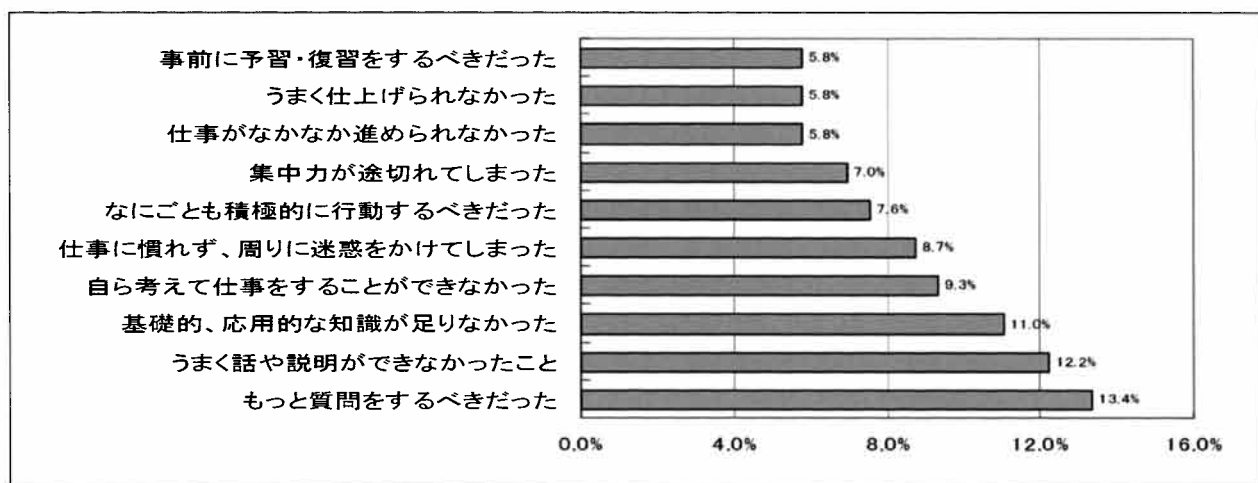


図6 実習に関する反省

## 8. インターンシップ実習の評価（受入企業、訪問教員）

### 8.1 受入企業による実習生の個人別評価と所見

単位認定のため、学生の実習状況の評価を行う必要がある。そのため企業の実習担当者に依頼して、個々の実習生の実習状況に関する評価を求めた。評価は10の評価項目について5段階で評価するものであった。その結果(回答数 85)を表6に示す。「創意工夫」の評価項目に対する平均値が3.7となった以外は評価の平均値はすべて4.0以上となっており、実習生は概ね良い評価を受けたと考えられる。「創意工夫」および「積極性」の評価項目に対する平均値がやや低いのは例年の傾向であり、「仕事の正確さ」、「創意工夫」、「積極性」などの評価項目に対しては、5段階で「普通」と評価された割合が高くなり、例年、受入企業側から改善を希望する点として具体的に指摘されている。

今年度は「仕事の正確さ」および「積極性」については比較的高い評価を受けている。これは事前研修における指導が効果をあげたものと考えたい。勤務状況は、他の評価項目と比較しても特に良好(5段階で最高の「大変良い」という評価が80%以上)で、昨年同様本学のインターンシップ学生は基本的に時間の厳守などに対しては非常によく認識し実習していたことが伺える。

次に、評価と並んで受入企業の担当者によって述べられた所見について、内容別に整理したものを個人別評価の一覧表の後にまとめた。良い評価を受けたものから、さまざまの指摘を

受けたものまでであるが、個々の実習生の活動の状況が良く分かって興味深い。

インターンシップの終了後に、実施状況をできるだけ詳しく調査して問題点を把握するために、受入企業、参加学生および訪問教員を対象としたアンケート調査を実施した。その結果について以下述べる。

### 8.2 受入企業によるインターンシップの評価

53 企業からの回答があった。受入企業担当者によるインターンシップに関する評価結果を図7に示した。「実習生の実習内容は満足すべきものであったか」の評価は14%がやや不適切または不適切という結果であった。不適切という回答が一件あったが「もう少し、もの作りを肌で感じられるお仕事をさせてあげたかった」というコメントが付いていた。実習内容と学生の希望や専門性とのミスマッチを心配した意見が多かった。「実習生の態度や状況について」「インターンシップ全般に関して」の評価は、それぞれ96%と92%の回答が適切またはほぼ適切であった。「来年以降のインターンシップ受け入れ」に関しては、積極的に受け入れたい15件、受け入れたい13件、受け入れは可能14件、不可能ではないが検討を要す8件、無回答3件であった。

「インターンシップの目的」(複数回答可)には合計で163件の回答があった。回答数の多かった上位3項目は、①学生の勤労観・職業観の育成(46件)、②企業と学生の相互

理解 (27 件), ③産学連携による人材育成 (24 件), であった。この結果は 3 年連続で変わらない。また, 「来年以降実施にあたっての留意点, 改善を要する点」(複数回答可)には合計で 101 件の回答があった。回答数の多かった上位 3 項目は, ①学生の希望とのマッチング (34 件), ②学生の意欲や積極性の向上 (28 件), ③実習内容の打ち合わせ (13 件) である。これらを踏まえて来年度以降のインターンシップを計画していくことが必要である。

### 8.3 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。昨年同様あるいはそれ以上に指導や指導内容への満足度の高さが認められる。特に指導についてはほぼ 9 割と極めて高い満足度が示された。卒業を 1 年以上あとに控えて, 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, その後の勉学・生活にフィードバックできるのは, 他に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ゆくことが望まれる。

### 8.4 実習先訪問担当教員の報告

単位を認定するために, 学生の実習状況を調査して大学として評価をする必要がある。このため本年も各企業へ担当教員が訪問し, 企業側の受け入れ担当者のほか実習生本人とも面談し聞き取り調査を行った。実習先企業を訪問した担当教員の報告をもとに, 学生の実習にのぞむ様子, および実習に対する意欲をグラフにまとめたのが図 9 であ

る。昨年同様, 学生がまじめに, また意欲的に実習に取り組んでいた, という感想が高い結果となった。

一方, 訪問教員による企業の実習内容, プログラム, 指導状況に対する評価は, 70%以上が「満足」あるいは「ほぼ満足」という結果となった (図 10)。自由記述欄の内容から以下のような肯定的な意見が見られた。

・作業全体に自身が責任を持たなければならず大変に教育的である

・大学では経験できない実習ができた

・大学では知りえない内容を多く学ぼう

・生産現場での貴重な体験ができた

・肌でものつくりを体験できた

・実習プログラムが明確に作成されていた

・限定された条件の中でのそれなりに有効な就業体験ができた

一方で極めて少数ではあるが, 実習生の受け入れに不慣れなため戸惑っている企業が見られた, あるいは実習内容がアルバイト的でインターンシップの実習としてはたして適切であるのか疑問が残る, 比較的仕事量の少ない職場であり少し物足りなさを感じた, 意欲的に取り組んでいるか否かがやや心配である, というような意見もあった。また通勤時における学生の交通事故が 1 件, 労働災害 (左薬指先端骨折) という気の毒な事故も 1 件あった。このような課題へのサポートをどのようにしていくのか今後の検討が必要である。

表 6 インターンシップ実習生に対する個人別評価 (5段階評価, 回答数 85)

評価項目	評点					平均値
	大変良い 5	やや良い 4	普通 3	やや劣る 2	劣る 1	
1. 勤務状況(欠勤, 遅刻, 早退, などの状況)はいかがでしたか?	70 82%	10 12%	5 6%	0 0%	0 0%	4.8
2. 勤務態度(言葉遣い, 挨拶, 返事など)はいかがでしたか?	38 45%	32 38%	10 12%	4 5%	1 1%	4.2
3. 実習内容はよく理解しましたか?	33 39%	39 46%	12 14%	1 1%	0 0%	4.2
4. 仕事において, よく実行し, 行動し, 努力しましたか?	36 42%	38 45%	9 11%	2 2%	0 0%	4.3
5. 仕事は正確で良い結果が出ましたか?	26 31%	42 49%	14 16%	1 1%	2 2%	4.0
6. 創意工夫の姿勢は見られましたか?	15 18%	35 41%	32 38%	3 4%	0 0%	3.7
7. 仕事に対する積極性はいかがでしたか?	34 40%	28 33%	21 25%	2 2%	0 0%	4.1
8. 責任感を持っていましたか?	33 39%	35 41%	16 19%	1 1%	0 0%	4.2
9. 協調性はいかがでしたか?	36 42%	33 39%	12 14%	3 4%	1 1%	4.2
10. 全体評価	43 51%	30 35%	8 9%	4 5%	0 0%	4.3

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

＜積極的な活動が高く評価された。全体として良い評価を得た。＞

- 覚えるまでに時間は掛かるが、身につけると確実に丁寧な仕事をするので、任せることができる。
- 真剣に黙々と仕事に取り組んでくれました。
- 仕事に対し理解力があり、短時間で仕事をこなしていました。
- 飲み込みが速く僅かな時間で実際の作業につくことができ周囲の作業者とも協調していた。
- 積極的に質問し疑問点を明確にして作業に取り組む姿勢が窺えた。
- 実習では積極的に質問したり、サンプル作成を熱心におこなう等、知識や技術を習得しようとする姿勢に好感を持ちました。
- 明るくハキハキしていて、当社従業員と一緒に実習を行った他大学生との挨拶、コミュニケーションもしっかりできていました。
- 不法投棄ゴミの処理や、野焼きの苦情対応など人の嫌がる業務を進んで行ってくれました。
- まじめに実習に取り組み、判らないことも積極的に質問する姿勢がありました。
- 作業を積極的に行う事が出来ました。他のインターンのまとめ役として、良く働きました。
- 作業内容を良く理解し、積極的に改善しながら作業ができました。
- ミスが出ないように、責任を持って、落ち着いて作業することが出来ました。
- 挨拶、態度などとてもよかったですと思います。
- 疑問点を積極的に質問をした事が、良かったと思います。
- 最終日のプレゼンでは堂々と発表していました。
- チームメンバーの考え、意見を聞き、吸収しようとする姿勢が見られました。
- 短期間で、普段使った事のない計測器を使用しての実験等とまどいが多くあったと思いますが、持っている力を最大限出してくれたと思います。
- 挨拶や仕事に取り組む姿勢は、我々も見習わなくてはならない程しっかりできており、社員とのコミュニケーションも自ら積極的に取っている姿が見られた。全体を通して非常に前向きな姿勢が見られ、成果も申し分ありません。
- 疑問に思ったことは、積極的に聞いてきました。なかなかできることではなく、彼の良い所だと感じました。
- CAD 実習では学校で使用している機種とは違う CAD ソフトであったが半日程度の操作指導で十分操作できるようになりました。実際に手書図面を CAD データ化する作業もしてもらいました。分からないところは積極的に質問等もあり、一生懸命頑張っておりました。
- インターンシップの目的をしっかり持っていたことが良いです。高校や大学で学んだことが実社会でどのように活かされているか理解しようと努力していました。
- 名刺の作成でも色々工夫のあとが見られました。
- 積極的に質問する姿勢に好感が持てました。
- とても暑い中外作業、室内作業等頑張っていたと思います。福祉の事は解らないが、利用者の方とも積極的にコミュニケーションを取る事が出来ていました。
- 朗らかで仕事に積極的に取り組み、好感が持てました。
- 実習ではありますが、現場からは貴重な戦力であったと評価されています。
- 今まで当事業所で受け入れたインターン生のなかでも特によくがんばってくれたと思います。
- 安全に関する注意事項を良く守り、確実に実習をこなしました。また猛暑の中、場内整備を行っていただき、大変助かりました。
- 今まで当事業所で受け入れたインターン生のなかでも特によくがんばってくれたと思います。
- 安全に関する注意事項を良く守り、確実に実習をこなしました。また猛暑の中、場内整備を行っていただき、大変助かりました。
- 真面目に、積極的に取り組んだ。また、改善点に積極的に取り組む姿勢があった。
- プレゼン資料を作る際にはグループの中で大活躍してくれました。
- 仕事内容に興味を持って、真面目に取り組んでおりました。
- 大変優秀な方だと思います。本人にもよろしくお伝えください。

- 元気が良く、とても好印象でした。(2件)
- 責任感を持って研修に取り組みました。接客の基本である挨拶、笑顔も時間を追ってよくなりました。体力も必要な仕事で集中力を切らさずよくがんばっていました。
- 行動力・協調性に優れていました。
- 検討内容の理解に優れていました。
- 実習に関して、不明な点は積極的に質問をして来る等意欲的に取り組む姿勢が感じられた。
- 専門外の内容にもかかわらず、よく努力、研鑽し、頑張っておられました。
- 機械の説明などを行っている時など反応がよく、的を得ている質問もたくさんしてくれたので教え甲斐がありました。
- 業務内容にも興味を持ってきていたようなのでこちらも楽しく仕事が出来ました。
- 金型製造の過程で鏡面磨きという工程があります。こちらもなかなか筋が良かったです。手が空いたときモップがけなど自ら清掃の申し出があり一週間集中して現場の人間になりきっていました。文句なしです。

<ほぼ好評であったが一部に改善すべき点もあった>

- とてもまじめであり、勤務態度は非常に良かった。治具付けという工程を実習して頂いたが、覚えが早く数量をよくこなしていた。疑問点を聞くなど、積極的な姿勢があればなお良い。最終日に提出して頂いたレポートも工程を理解しまとめていた。
- 毎朝、メモ帳を持って作業内容を聞きに来るなど、仕事に対する姿勢に好感を持ってました。人前に立つのは苦手なようなので、社会に出て慣れをしていく事で、より魅力のある社会人に成長できると思います。
- 笑顔と元気な声が印象的であった。細かな事に気がつき、行動が先に出るなど、探究心も旺盛で積極性を感じた反面、雑なところも垣間見えた。物事を理解すると大きな力を発揮できる。
- 実習内容として与えた課題に真剣に取り組む姿勢は、大変良かったと思いました。その反面、コミュニケーション能力が無いと言う訳では有りませんが、もう少しコミュニケーションを積極的に取ろうとする意欲が見られればもっと良かったと思います。
- 全般的に一生懸命取り組んでいただきましたが、「声」が小さかったため、理解されにくい要素がありました。
- パソコンを使用する業務については手際よく処理してくれました。様々な業務に効率性、有効性を含めた創意工夫を積極的に行い、見やすい資料づくりができると良いと思います。
- CADの作業を研修したが、教えたことへの理解力はかなりあり作業も早かった。物静かで黙々と作業をいていたが、受け答えや挨拶はもう少し声を大きくはっきりするともっと良かった。
- 始業の約1時間前に入社し準備をしてやる気が伺えた。わからないことについては理解しようと何度も聞く姿勢があった。挨拶もしっかりできていたが、もう少し声が大きくと良かった。
- 実習中、元気良く作業が出来ました。多少ミスをしてしまう事がありましたが、周りの人と協力して、フォローする事が出来ました。
- 若干大人しい性格であるものの、真面目であり、堅実に課題をこなす姿勢は評価できます。緊張している様子であったので、これからは程よく肩の力を抜いて、ときにはチームの潤滑油となるコミュニケーションを図る努力も必要です。いずれにしても2週間、指導者の指示をしっかり聞いて、安全に作業に取り組んでくれました。ありがとうございました。
- インターンシップの参加理由が「人とのコミュニケーションが苦手なため克服したい。スーパーなどでも自分の適性があるか知りたい」とのことでした。その課題を意識してか、他大学の学生も一緒のグループワークでは、進行役を買って出るなどの努力が見受けられました。話をしても視線を合わせないことが多く見受けられたので、今後どのような職業に就くにしてもコミュニケーションの原点である会話がスムーズに出来るよう努力が必要と思われます。

<問題点の指摘があった>

- ・福祉の仕事を少し甘く考えている傾向に有るかと思ひます。福祉は、利用者の方が中心で無ければならないが、その利用者との接し方かなり問題があるかと思ひます。正直で思ったままの行動を取られる方なのかも知れませんね。社会経験を積み重ね、社会人としての資質アップ期待します。
- 積極的にメモをとる姿勢があると良いです。研修の中盤以降はメモを取っていましたが、特に初日の講義ではあまり取っていませんでした。後々の研修で必要なことを講義したので、できればメモして研修に生かして欲しかった。

たです。

- 分からないところは、もっと自分から聞くなりして欲しいところもあった。実習全体、真面目に一生懸命やってくれました。しかし、居眠りすることが多々あり（病気か？）、本人も医師の診断を受けたいと言っておりました。
- 短期間のうえ開発技術業務の関係上、実習出来る範囲が少なかった為、評価があてはまるか否かは難しいところです。内容を説明した時に理解をしたのか否かが、彼の返答（反応）を見る限りこちらが分かりにくかったです。結果的には理解していたようでした。(6) (7) (9) についての判断は難しいのですが、あえて私の立場からいいます。自分の考え（意見）を出してみるとか、折角のチャンスですし、いろいろ質問してもらいたかったです。
- 利用者呼び捨てにしたり、勝手に指示を出す。（支援員より注意を受ける）
- 事前に説明してあったのにもかかわらず、自閉症の人たちに必要以上に言葉かけをする。注意するが、理解できなかった。
- 話し好きで、利用者さんに言葉かけを沢山して下さったのは良かった。
- 高校生、中学生のインターンシップの方と比較してレベルが高いとは言えず、大学生として評価をさせていただいた点において、辛口に採点させて頂きました。

<その他>

- 社会人として何が必要かも勉強していただけたと思います。
- 怪我をさせてしまい、申し訳ありませんでした。作業指導者の指示した手順を守らないという事は想定外で、当社でも反省し、設備に対し安全対策を追加しました。今後ケガをさせることのないように安全教育を見直します。
- 暑い中での農作業という非常に厳しい内容でしたがよく頑張ってくださいました。今回の経験を今後の学業、就職活動に活かして頂きたいと思います。
- 実習期間を通じて、『会社というところ』について、多くのことを学んだと思います。本人へは、特に大きく2つ、①専門知識の面、②人間性の面から、これからの課題が心の中に浮かんできたのではないかと思うので、ぜひ今日より、一步一步でもよいから、その課題への取り組みを開始するよう、アドバイス致しました。（2件）
- 知らない世界で緊張したと思います、そんな中、周りとのコミュニケーションをとる努力もされていたので、良い経験になったと思います。是非、自分にとって良い未来の選択が出来ることを願っています。

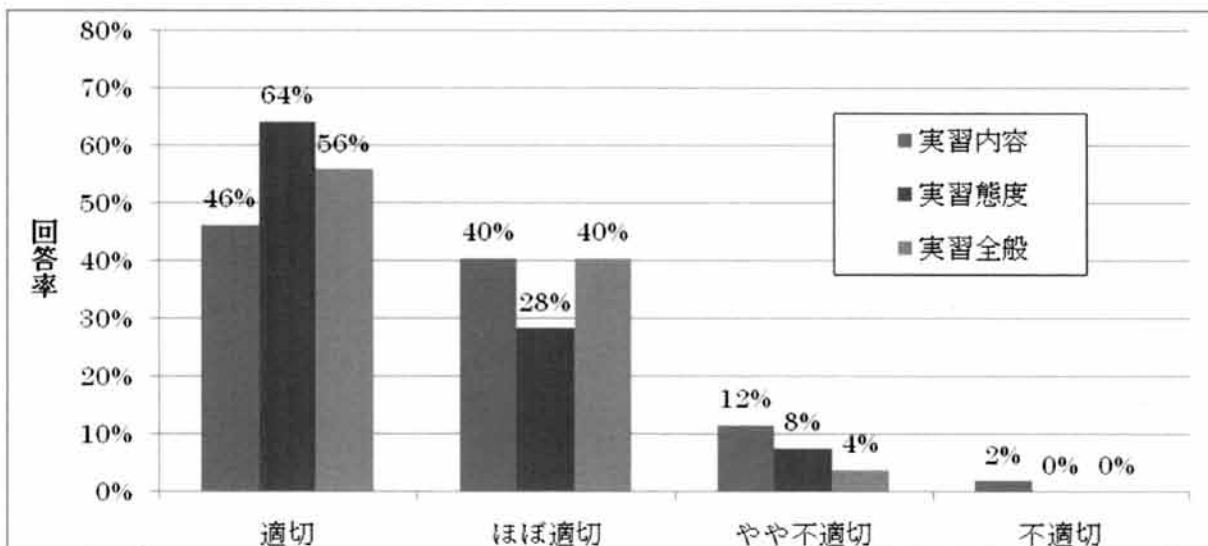


図7 受入企業担当者によるインターンシップへの評価

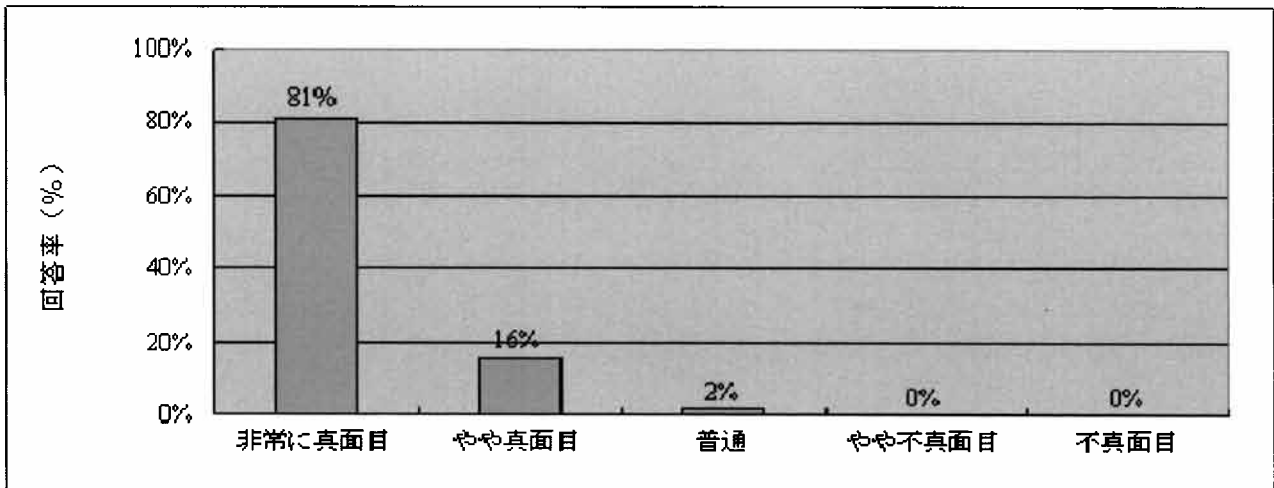


図8 実習生に対する訪問教員の評価①

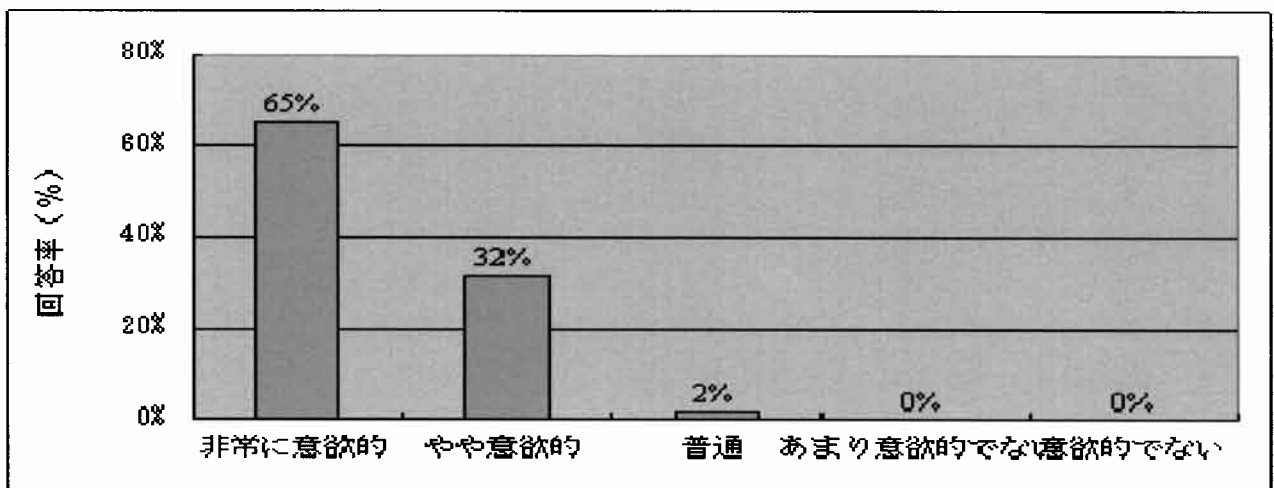


図9 実習生に対する訪問教員の評価②

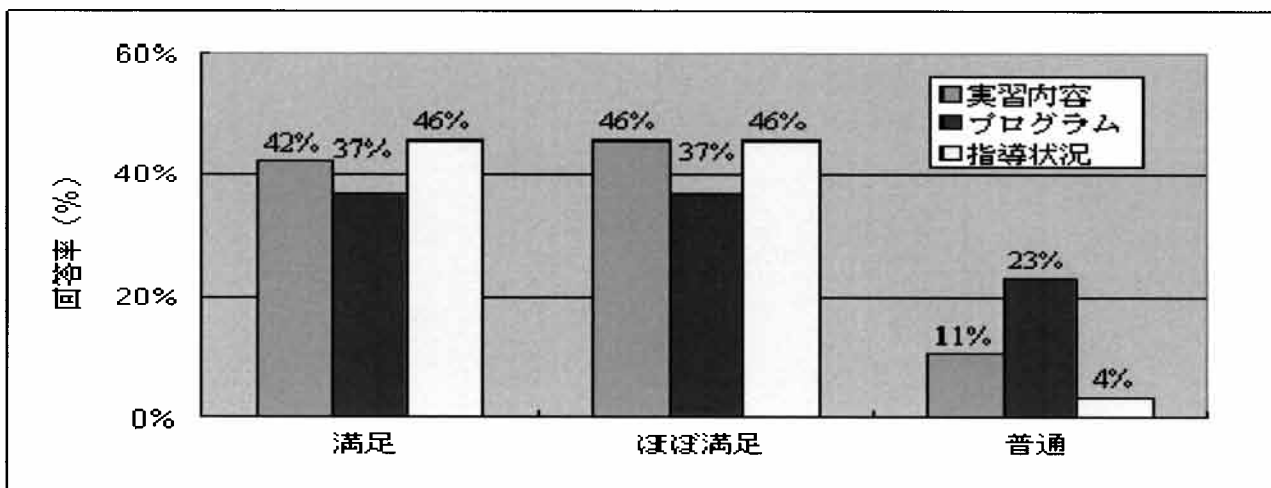


図10 訪問教員の受入事業所への評価と要望

## 9. 平成 22 年度インターンシップのまとめ

本年度インターンシップを取り巻く経済環境と、インターンシップの取り組みの限界と反省点は下記ようになる。

- ①低迷した経済状態が今年度も続き、昨年度よりも厳しい経済環境が西部地区を中心に広がり、受け入れ企業数が減少した。昨年度は、過去最悪として62社の企業が参加したと評価したが、今年度はさらに59社にまで減少してしまっただ。
- ②厳しい雇用環境を感じ取った学生が、就職活動を有利にするために、インターンシップの必要性を認知し、申込が昨年よりも多くなった。
- ③そのため、受け入れ企業よりも参加希望学生数が上回り、参加意欲の高い学生のみを選別せざるを得なかった。
- ④このことにより、希望する企業でインターンシップを行えない事態が生じた。この事態は、インターンシップの主旨から外れることになり、この改善を早急に行う必要がある。

このような状況で本年度のインターンシップが実行されたが、一部のミスマッチによるクレーム以外は円滑に行われ、学生と受け入れ企業は共に満足な結果に終わったといえる。ミスマッチとは、福祉関連の受け入れ施設でインターンシップが行われ、学生には不本意な配属先であったこと、受け入れ施設にとっても関心のない学生を受け入れざるを得なかったことである。

このような問題を解決今後は、理工科大学の学生の専門性が活かせる配属先を広げる必要がある。この点に関しては、各学科の新たなインターンシップ受け入れ企業の開拓がもめられる。

例年どおり、インターンシップの内容は、生産ライン関連が主流であり、その次が品質管理関連の実験や分析が続いた。これらの作業を通じて、慎重かつ正確な作業が必要であることを学生たちは認識できたようである。ただし、受け入れ企業からの評価としては、積極性が乏しいとか、創意工夫が足りないなどの指摘があった。これらの評価は例年通りであった。この点に関しても、本学で積極性や創意工夫を培う授業や実験を行う必要がある。

このような反省をもとに、本学は今年度の「就業力育成支援事業」に応募し、採択された。この取り組みは、「しなやかな専門性をもつ幅広い職業人の育成」を目的とし、1年次からキャリア形成教育を始め、3年生のインターンシップは、自己の就業力を試す機会になる。これまでのインターンシップは社会参加型でやや受け身的なものであったが、「就業力育成支援事業」では自己の成長を試す機会になる。

また、「就業力育成支援事業」の進行とともに、インターンシップ前に、企業から技術者を招き、技術者に求められる社会人基礎力や知識・技能を講義してもらうので、これまでのような外部講師による一般的な心構えの講義よりも、よりリアルなものになり、インターンシップに臨む意識や学習意欲がこれまでのものよりも向上すると期待される。

このように、これまでのインターンシップへの取り組みに関する研修効果は、日頃の大学での生活態度に大きく依存していることから、研修による特化した効果を求めることは難しいと思われたが、「就業力育成支援事業」で改善されると期待される。

## 10. インターンシップ実習の課題

大半の学生は当初希望していなかった実習内容を行うこととなったが、それでも大半の学生が実習に参加したの

は、就業体験を通じて働くことの意義を感じたいという意気込みが強かったものと考えられる。なお、実習先の業種が偏っており、希望する分野を活かせる実習を体験したかったという意見は本年度も多く、継続して解決すべき課題となっている。

学生のモチベーションを維持することは難しいが、毎月の就職ガイダンスやインターンシップ事前研修の量や質を考慮すると、学生自身が消化不良をおこし、集中力を欠いていると想像できる。

今後は、「就業力育成支援事業」で学生への教育効果を見極める時間と評価方法が増え、学生の習熟度に合わせたガイダンスや研修が行えると期待される。

この報告書を作成中に、3月11日に東日本大震災が発生し、広範囲の農水産業を中心に産業界に深刻な経済悪化を引き起こした。福島第一原発からの放射能漏れ、計画停電などでこれまで経験しなかった事態が発生し、更なる経済悪化の長期化が懸念される。これによる学生の雇用条件も一段と厳しくなると想定される。

## 11. 謝辞

本年度のインターンシップ・プログラムを実施するにあたり、ご協力をいただいた企業およびその担当者の皆さん、そして報告会で発表をご担当いただいた皆さんに心から感謝致します。

## 参考文献

- 1) 文部省編、インターンシップ・ガイドブック、インターンシップの円滑な導入と運用のために、1998。
- 2) 丹羽昌平 他、インターンシップで学生は何を得たか？—平成14年度インターンシップ実施報告—、静岡理工科大学紀要、第11巻、2003、281-303。
- 3) 丹羽昌平 他、インターンシップ実施5年間のまとめとこれからの展望—平成15年度インターンシップ実施報告—、静岡理工科大学紀要、第12巻、2004、299-320。
- 4) 丹羽昌平 他、平成16年度インターンシップ実施報告—インターンシップの教育効果の向上のために—、静岡理工科大学紀要、第13巻、2005、95-104。
- 5) 丹羽昌平 他、地域社会との連携による実習体験教育、工学教育、第53巻第4号、2005、23-29。
- 6) 惣田昱夫 他、平成17年度インターンシップ実施報告—事前教育の充実による教育効果の向上—、静岡理工科大学紀要、第14巻、2006、163-174。
- 7) 富田寿人 他、平成18年度インターンシップ実施報告—キャリア教育メイン・プログラムを目指して—、静岡理工科大学紀要、第15巻、2007、127-139。
- 8) 富田寿人 他、平成19年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—、静岡理工科大学紀要、第16巻、2008、117-129。
- 9) 富田寿人 他、平成20年度インターンシップ実施報告—参加学生の増加を目指して—、静岡理工科大学紀要、第17巻、2009、163-174。
- 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17巻、2009、1-11。





# 「やらまいか教育」の平成23年度実施報告

A Report on the Yaramaika Educational Program in 2011

関山 秀雄<sup>\*1</sup>, 丹羽 昌平<sup>\*2</sup>, 野崎 孝志<sup>\*2</sup>, 土肥 稔<sup>\*3</sup>, 恩田 一<sup>\*3</sup>,  
工藤 司<sup>\*4</sup>, 吉田 豊<sup>\*1</sup>, 山下 博通<sup>\*5</sup>, 古屋 渚<sup>\*5</sup>

**Hideo SEKIYAMA\*, Shohei NIWA, Takashi NOZAKI, Minoru DOHI, Hajime ONDA,  
Tsukasa KUDO, Yutaka YOSHIDA, Hiromichi YAMASHITA and Nagisa FURUYA**

**Abstract:** The Yaramaika educational program which has encourages the creative ability of students has been introduced into the curricula of the Shizuoka Institute of Science and Technology since 2004. This program includes the production of various kinds of electrical and mechanical devices, the creation of works of art, research on specific subjects and student works as volunteers. The results of this program in 2011 are reported and future prospects are discussed.

## 1 はじめに

遠州地方の“やらまいか”という言葉は、この地方のチャレンジ精神の気質をあらわす言葉としてよく使われる。静岡理工科大学では、平成16年度から“やらまいか教育”を実施してきた<sup>1-10)</sup>。その教育の目的は、「学生が新しい体験をすることにより、自分の殻を破り、日常という土壌を豊かにする」ことであり、また、教育の方法としては、自主的・主体的・実践的な授業形態をとる。この“やらまいか教育”の根幹となる科目は、現在、2、3年次の選択科目である「創造・発見」、「テーマ研究」、[ボランティア活動]の3科目である。これらの3科目を総称してここでは「やらまいか科目」と称することとする。

本報告では、平成23年度における「やらまいか科目」の実施結果、成果、問題点等を述べる。また、平成24年度からは、1年次後期の選択必修科目としてより強化した形で再スタートすることになっており、今後の課題等についても議論する。

## 2 平成23年度「やらまいか科目」について

### 2.1 目的

本学の“やらまいか教育”の目的は、先に述べたように「学生が新しい体験をすることにより、自分の殻を破り、日常という土壌を豊かにする」ということにある。学生に、日頃の授業等にはない新しい体験をさせることによって学生の興味、意欲を起こさせ、勉強意欲の向上をはかるとともに、社会人基礎力（コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力、積極性、自主性、チャレンジ精神、実行力、責任感、目的意識など）の育成をはかる教育プログ

ラムである。一方、平成22年度から、本学は文科省の「就業力育成支援事業」<sup>11)</sup>に採択され、学生が在学中の4年間を通じて、社会にでるためのさまざまな能力をスキルアップさせるいくつかの取り組みをカリキュラムに組み込んだ。この“やらまいか教育”も「就業力育成支援事業」の中での重要な取り組みの一つと位置付けられている。

### 2.2 科目の詳細

以下に、やらまいか科目「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」の詳細を述べる。

#### 2.2.1 「創造・発見」

ものづくりや創作の活動を行う科目である。創作の対象は、さまざまなジャンルのもので、機械、装置、ロボット、電子回路、ソフトウェア、アート作品、CG作品、ビデオ作品等、である。ものづくりや創作の基礎を学び、ひとつの作品を完成させるまでのプロセスを実際に手を動かして体験する。この「創造・発見」のいくつかのテーマのうち、機械や装置等のハードウェアを製作するほとんどのテーマは「やらまいかエデュケーションサイト」(略称YES)の中の夢創造ハウスで行われている。

#### 2.2.2 「テーマ研究」

自然科学、工学技術、社会科学、人文科学、芸術等の幅広い分野からある一つのテーマを選択して、指導者の講義、指導をうけながら研究し、その成果をまとめるものである。この中には、“ものづくり”を実施するための調査研究テーマや“心の豊かさをアップ”するもの、さらに“社会人基礎力”や“就職力”に直接結び付くテーマがある。講義一辺倒の座学ではなく、実際に研究しながら”ものづ

2012年3月2日受理

<sup>\*1</sup> 物質生命科学科, <sup>\*2</sup> 機械工学科, <sup>\*3</sup> 電気電子工学科

<sup>\*4</sup> 総合情報学部, <sup>\*5</sup> 学務課

くり”を体験したり、また、調査研究の中ではPBL(Projected Based Learning)的な教育方法も行うこともある。

### 2.2.3 「ボランティア活動」

外部の施設に出かけて行き、社会貢献活動を行うことを目的とする。活動場所は、地域の小学校、特別支援学校等の教育施設や他のさまざまな団体の施設がある。地域の人たちとの触れ合いを通じて、教育の大切さ、すばらしさ、さらに世の中の諸問題や社会貢献活動の果たす意義、重要性等を講義やいくつかの体験を通じて学びとってもらう。この体験を通じて、学生が自分の役割をあらためて考え、自分を見つめなおし、人間としての幅を広げることができる。また、大学が学生を通じて地域との繋がりを持つ一つの場といえる。

### 2.3 「やらまいか科目」の履修と単位認定

「やらまいか科目」は「創造・発見」（1単位）、「テーマ研究」（1単位）、「ボランティア活動」（1単位）と3科目で、すべて通年の集中科目である。4月のはじめに各指導者によるテーマ説明会を実施する。その後、学生に希望調査を行い、各テーマの受講学生を決定する。活動開始は、5月初旬となる。11月末くらいまで活動し、12月の初旬に成果報告会を行う。したがって、学生の実質的活動期間は5月～11月の約半年間である。この間、指導者は最低15回は授業を実施することになっており、また、その間学生の自主的な活動や大学祭での展示発表、成果報告会での指導も同時に行う。単位認定については、活動期間中の活動状況や報告書の点数の合計を100点満点として点数化する。評価は「優」（100点～80点）、「良」（79点～65点）、「可」（64点～50点）、「不可」（50点未満）、である。

### 2.4 運営体制

「やらまいか科目」は、各学科1～2名の教員(表1参照)が運営にあたった。また、異なる分野の3科目(創造・発見、テーマ研究、ボランティア活動)に分かれているため、7名の教員を3グループに分け、それぞれにリーダーにあたる教員(表1参照)を決め、科目運営を行った。

今年度のテーマの指導者は、学内教員14名、学内技術職員4名、学外からの教育指導員13名であった。

表1. 「やらまいか科目」の科目担当教員。

機械工学科	丹羽 昌平 教授*4 野崎 孝志 講師
電気電子工学科	土肥 稔 准教授*2 恩田 一 客員教授
物質生命工学科	関山 秀雄 教授*1 吉田 豊 教授
総合情報学部	工藤 司 教授*3

\*1 総括責任者

\*2 「創造・発見」のリーダー

\*3 「テーマ研究」のリーダー

\*4 「ボランティア活動」のリーダー

## 3 平成23年度の「やらまいか科目」の実施および結果

### 3.1 平成23年度「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」の開講テーマ

表2～表4にそれぞれ「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」について、各テーマのタイトル、概要、指導者、履修者数をそれぞれ示す。テーマ数では、「創造・発見」が11テーマ(昨年度9テーマ)、「テーマ研究」が12テーマ(昨年度12テーマ)、「ボランティア活動」が7テーマ(7テーマ)であり、昨年度<sup>10)</sup>とほぼ同数であった。

### 3.2 平成23年度の履修学生の募集と活動状況

学生には前期の授業開始直前の4月6日(水)3時限目にガイダンスと各テーマの説明会を行い、履修学生の募集を行った。今年度は、学生に受講したいテーマを第1希望から第5希望まで書かせて、調整を行った。調整は、学生の成績(GPAの値)を基準に行い、成績のよい学生から第1希望に配属した。最終的には履修登録者は120名(昨年:139名、一昨年:128名)<sup>8,10)</sup>であった。昨年よりも履修者の数がやや減少した。また、例年通り、学生が単位取得を希望しない場合でもひとつのテーマに参加して活動することも許可した。今年度2名(昨年度:3名)<sup>10)</sup>であった。なお、この2名は先ほどの履修登録者数120名の中には含めていない。成績は、合格者数が114名(昨年度:129名)<sup>10)</sup>、不合格者数が6名(昨年度:10名)<sup>10)</sup>であった。

### 3.3 大学祭での展示発表と報告会(12月)の実施

例年どおり、全テーマについて、大学祭(10月29日(土)、30日(日))の期間に、ポスター展示や実物展示を行った。発表会場も例年通り、参観者が集まりやすい教育棟206教室で行った。また、活動がほぼ終了した時点の授業日、12月12日(月)5時限に報告会を実施した。各テーマについて、代表1～3人による口頭発表を4会場に分かれて行った。

### 3.4 実施結果

成績評価は、JABEE審査を考慮し、後に述べる5項目を点数化している。それらの総合点を100点満点とし、「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」の3科目に対しては、「優」（100点～80点）、「良」（79点～65点）、「可」（64点～50点）、「不可」（50点未満）とした。また、出席回数については、出席率が3分の2以上あることを単位取得のための必要条件とした。

図1～図3には、成績の分布を示す。まず、図1は、活動状況の得点分布を示した。活動状況は40点満点で、内訳は、履修状況と履修態度:10点満点、積極性と自主性:10点満点、創意工夫と開拓精神:10点満点、協調性:10点満点である。また、図2には報告書の点数(60点満点)の得点分布を示す。図3には、活動状況と報告書の合点、すなわち総合点(100点満点)の得点分布を示す。図1の活動状況の結果は、各項目とも10点代と8点代に

表2. 「創造・発見」開講テーマ一覧.

テーマ	指導者	概要	履修者数
模型飛行機で学ぼう飛行の原理	丹羽 昌平	実際の模型飛行機を設計, 製作し設計者の考えどおりの飛行ができるか検証する.	2
サッカーロボットの製作	益田 正 鹿内 佳人	ロボットによるサッカー競技のロボカップを題材とし, ロボットの製作や移動・行動制御を実現させる.	0
精密鋳造法と粉末冶金法によるアクセサリーの製法	●落合 修二	ロウを成形して原型をつくり, スズ合成を鋳造する. シリコンゴムで量産型をつくり, 銀粘土で成形, 加熱焼結, 仕上げを行う.	6
皮革(天然素材)を活用したモノづくり	●石川 利江子	皮革を使い, 基本技法で制作出来る作品を作る. さらに, 自由選択により, オリジナリティーのある作品を制作する.	3
「やらまいか精神」で, 新しいもの造りしよう	武藤 一夫	3DCAD/CAMを使って, もの造りをする. 3次元モデルや工具軌跡の作成, さらに自分でモデリングしたモデルを加工する.	8
NC基礎講座 ~MCによる加工体験~	河野 厚志	NCプログラミングやMC操作方法の習得, 独自の加工物の製作を通してNCプログラミングから加工までの流れを体験する.	0
フォーミュラカーの製作	土屋 高志	毎年9月に小笠山運動公園エコパでおこなわれる, 全日本学生フォーミュラ大会に参加する車輛の, 設計・製作を実施する.	8
スターリングエンジン車の製作	十朱 寧	温度差を動力源とするスターリングエンジンを搭載した模型エンジン車両を設計・製作し, その性能を分析する.	3
自作回路で駆動するセニアカー	恩田 一	電動式セニアカーの電気駆動部(ドライバー&コントローラ)を設計・製作・組み立てし, 自走出来る装置に仕上げる.	1
コンデンサーで走る電気スクーター	土肥 稔	電気スクーターに電気二重層コンデンサを搭載し, 走行時間, 走行距離などを測定する.	4
電動レーシングカート(ERK)を作る	山本 健司	電動レーシングカートの仕組みを知り, 安全に走行させる整備をして, 実際に走行させます.	8

(指導者欄の●印は学外指導者)

表3. 「テーマ研究」開講テーマ一覧.

テーマ	指導者	概要	履修者数
バイクの構造研究	●蜂須賀 弘	2輪車に関する基礎自動車工学を学び, 実機やパーツを利用して2輪車各部の構造と機能や最新の技術動向も学ぶ.	3
ワイヤ放電加工機取扱資格	行平 憲一	ワイヤ放電加工放電加工の基礎的な技術を習得する. また, 加工物を三次元測定機で測定することでその精度評価を行う.	3
走査電子顕微鏡取扱資格	早川 一生	走査電子顕微鏡の簡単な原理説明と標準的な試料を使った取扱方法の講習を行う.	1
パソコン組立てとサーバ構築	小嶋 卓	パソコンの組み立て, 構造を学ぶ, ネットワーク等の設定. さらにUVCカメラを接続し, ライブ映像をWebで配信できるようにする.	7
コンピュータ上で分子を作り, 化学反応をさせてみよう	関山 秀雄	分子の立体構造や電子の状態をコンピュータ上で調べ, また, 化学反応のシミュレーションを行なう.	3
自分の香りを創ろう (アロマセラピー)	●半田 敦子	植物の香りが人の心と身体にどのように作用するのかを学ぶ. 心身ともに健やかで充実したライフスタイルのヒントにする.	11
絵本の魅力と読み聞かせ	●萩田 敏子	各分野の絵本の魅力に触れてもらう. 一冊の絵本をとおして経験を共有し感動を分かち合う読み聞かせを体験する.	2
進化していくクルマづくり	●野沢 隆二郎	クルマづくりの歴史をたどりながら, クルマづくりがどのように進化してきたかを学び, これからのモノづくりについて考察する.	2
社会人として必要なお金の基礎知識	●木内 寛之	社会の中でのお金の動きやその役割を見つめ, どのようにお金と付き合えば良いか, 今からできることは, を考える.	14
今後の電気自動車はどうなるか	●河村 彰弘	何故電気自動車が出てきたのか, 世界各国の電気自動車はどうなるのかを知る. Youtubeを利用して動画で電気自動車をみる.	5
仕事でもプライベートでも役立つ心理学	●中村 真	大手企業が積極的に取り入れている管理手法であるリードマネジメントの基礎理論「選択理論」という最新の心理学を学ぶ.	12
内外の会社経営の現場に見る社会人としての基本的心得	●鈴木 康雄	会社経営の現場を踏まえ, ①社会人としての基本的素養, ②日々のあり方, ③“使う”英語の初歩を学習する.	8

(指導者欄の●印は学外指導者)

表4. 「ボランティア活動」開講テーマ一覧.

テーマ	指導者	概要	履修者数
学校教育アシスタント	友次 克子	袋井市内の小学校で、さまざまな授業のアシスタントをおこなう。子どもたちと触れ合いから、教育の大切さ、難しさを学ぶ。	3
袋井市放課後子ども教室ボランティア	富田 寿人	放課後の小学校で、子どもたちに学習やスポーツ、文化活動、地域住民との交流等の機会を与える。	0
特別支援学校におけるボランティア活動	●山崎 美穂子	新しい障害観や自立観について、講義を受けて理解します。また、体験実習を通して、自分達にできることは何かを考えます。	1
中学校・高等学校 部活動支援ボランティアに参加	沼倉 昇	中学校や高等学校の部活動に指導補助者として参加し、部活動の支援を行う。指導することの難しさや重要性について学ぶ。	1
エコパスタジアムの大型映像装置ボランティアに参加	高林 新治	エコパスタジアムの大型映像装置の操作やビデオカメラの使い方を習得し、見学ツアーやサッカー大会の映像の手伝いを行う。	0
エコパでの大規模イベントの運営補助と利用者促進の創造	●原田 創史	エコパでは日頃どんなことが開催されているか？ エコパとはどんな施設でどういったことに活用されているか、実際に体験する。	0
自然環境保全に係る地域づくりに学ぶ	●鈴木 望	磐田市東部にあるひょうたん池では、地元住民の環境保全活動に参加し、地域づくり、組織運営のありかた等々を学ぶ。	1

(指導者欄の●印は学外指導者)

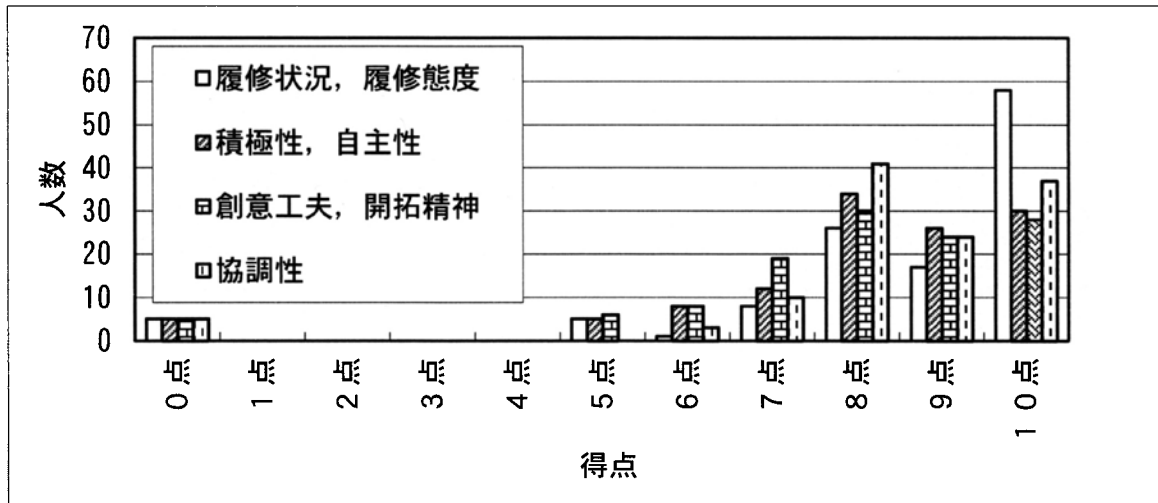


図1. 各活動状況の成績分布 (各10点満点).

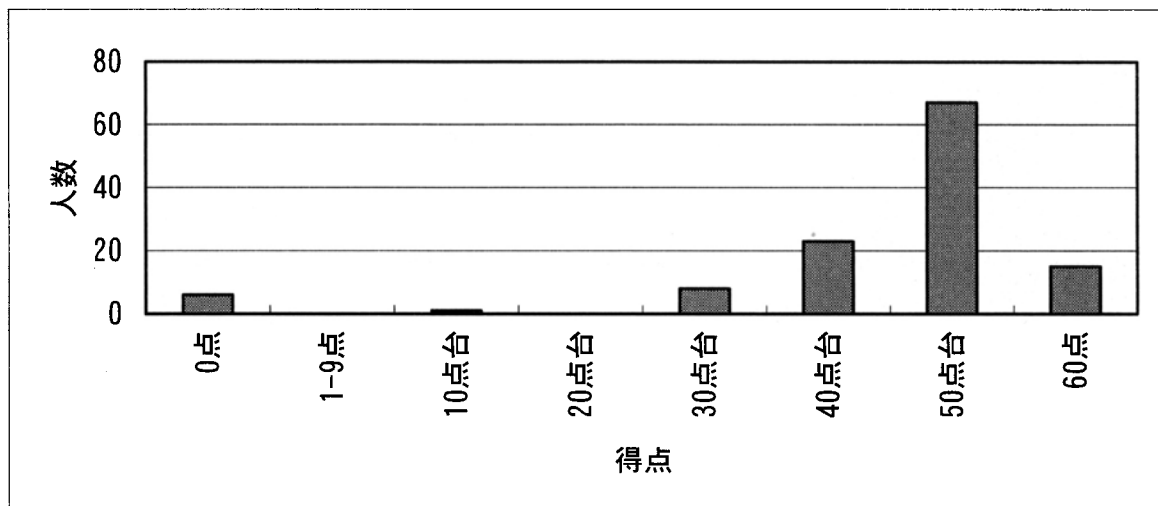


図2. 報告書の成績分布 (60点満点).

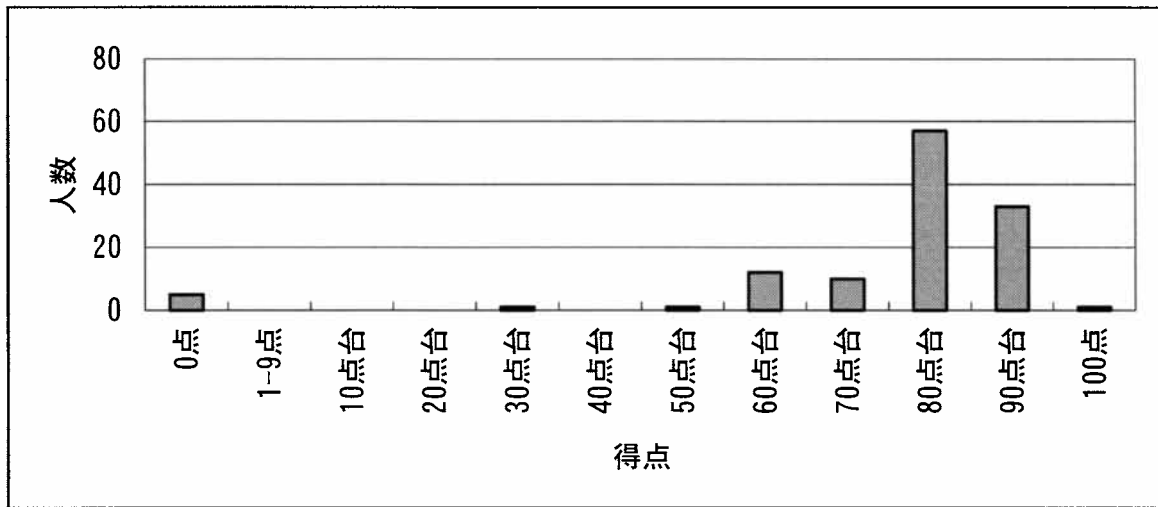


図3. 総合点の成績分布 (100点満点)。

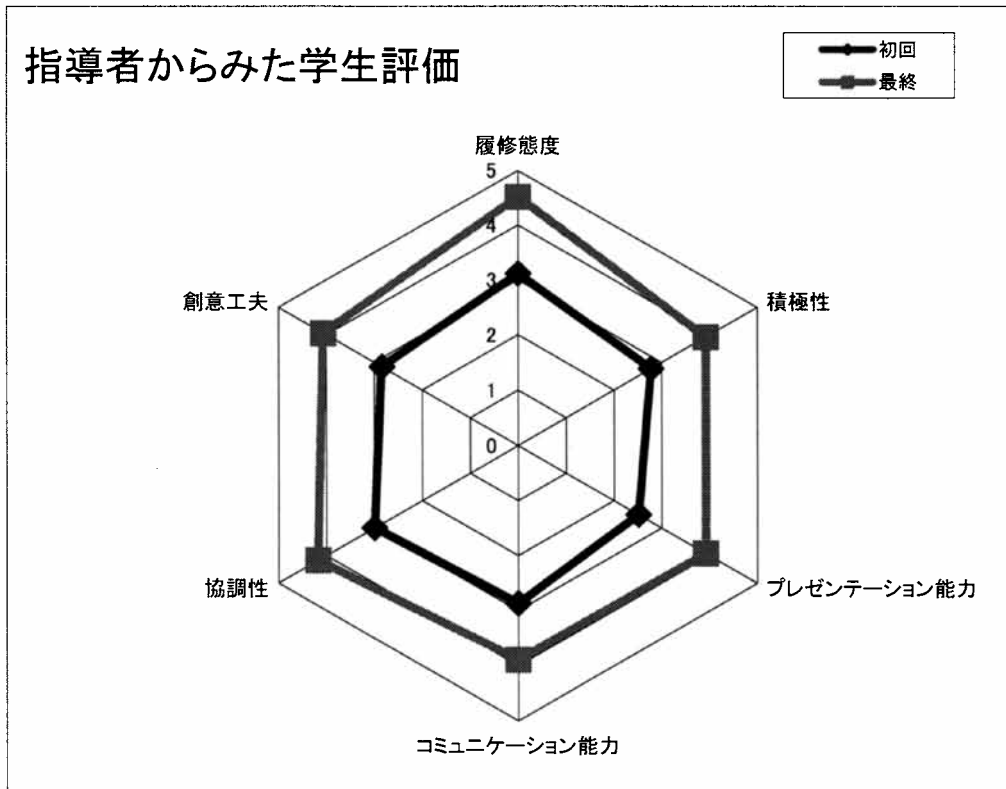


図4. 指導者から見た学生の評価 (1点: かなり劣っている, 2点: 劣っている, 3点: 普通, 4点: やや優れている, 5点: かなり優れている)。

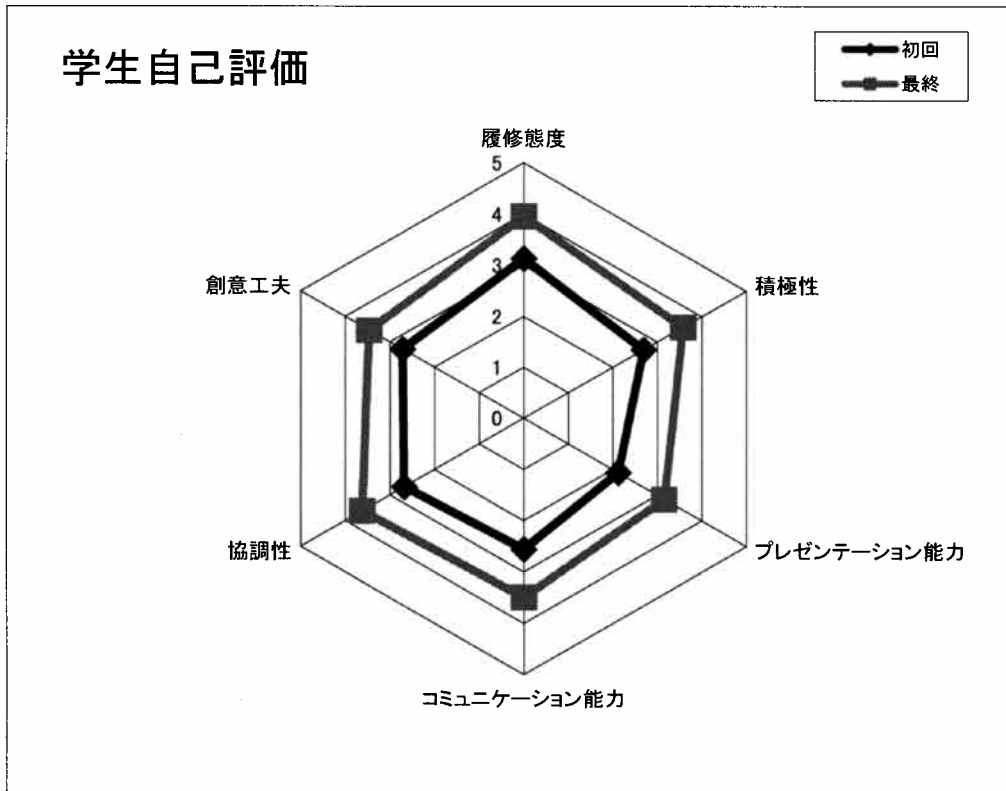


図5. 学生の自己評価（1点：かなり劣っている，2点：劣っている，3点：普通，4点：やや優れている，5点：かなり優れている）。

ピークが見られる。活動状況がよい学生とあまりよくない学生といった2極化の傾向が若干見られるようである。特に、積極性と自主性，創意工夫と開拓精神，協調性にその傾向が強いようである。これに比べて履修状況と履修態度は比較的点数が高くおおむね良好であることがわかる。図2のグラフから、報告書の点数は、60点満点で50点をピークとして分布している。図3の総合点については、80点代をピークとして分布しており、50点未満で不合格になった6名の学生は、途中で履修を放棄したものがほとんどある。

次に、「やрмаいか科目」を履修して学生がどのように向上していったか、教育効果がどのようにみられたか、今回、次のような形で調査した。まず、活動がスタートした時点（初回授業のころ）と活動がすべて終了した時点（最終授業のころ）で、「履修状況，履修態度」，「積極性，自主性」，「創意工夫，開拓精神」，「協調性」，「コミュニケーション能力」，「プレゼンテーション能力」の6項目について指導者の学生に対する評価および学生の自己評価をそれぞれの項目について行った。図4には指導者から見た評価の平均値，図5には学生の自己評価の平均値を示してある。どの項目も初回授業のときは，指導者側からみても学生側からみてもほぼ3点前後と評価されているが，すなわちプレゼンテーション能力については，点数が低くなっており，2年生の学生はプレゼンテーションの経験があまりないことを反映していると考えられる。しかし，授業を通

じて，指導者から見たとき学生はどの評価項目に関しても向上していると見ることができ，また，学生の方も自分がしだいに進歩しているという実感を持っていることがうかがえ，「やрмаい科目」の教育効果がある程度あったものと評価できる。

次に，指導者からのさまざまな意見や学生からの意見について列挙する。これは指導者や学生からのアンケートの結果を列挙したものである。

【指導者からの個別意見】

「創造・発見」

- 学生は，楽しいことに関しては創造力が豊富である。充実した授業を行うことができた。
- 初回授業から回数を重ねるごとに，積極性が出てきた。学生が製作実習に取り組む表情から，創意工夫，表現力の面白さを見出したように感じられた。
- 「工芸のさまざまな可能性を体験して驚きだった。この授業を通じてものの見方が変わった」という学生の感想があった。理系だから，文系だからというのではなく，バランスのよい社会人となるためのプログラムとして，この体験はとても有意義だと思う。
- 受講者が1名だったので進めやすかった。マンツーマンでやりにくい面もあったが，学生はよく対応してくれた。
- 未経験者に困難な作業（フリー基板への半田付け等）

は、受講生が少ないと対応できるが、多数いた場合はどのようにするのか。

- 作業場所を確保できて感謝している。しかし、創造・発見の教材を保管する場所が、夢創造ハウスにあれば、望ましい。
- 「テーマ研究」**
- 学生の熱心な受講姿勢に背中を押される思いであった。毎年、受講生が多数（10名以上）であったが、今回は少なかった（3名）ためか、学生一人一人の理解度を把握しながら、授業を進めることができた。
  - 12月の報告会では、発表者が質問に十分、答えられない場面が多かったように思う。
  - モノづくりフェスタでの一般見学者に対する説明体験は学生にとって有益である。
  - 報告会での聴衆による発表の評価を行った方がよい。
  - （パソコン関連のテーマで）情報学部以外の受講生が多く、学科混成チームとなった。そのために理解力が低下しているということは、特になかった。
  - 学生の理解力が全般的に低下している。学生が自発的にできるレベルまでには、至らなかった。
  - 従来なら、簡単に理解できるような事柄も、今日の学生のレベルでは、理解させることが難しくなってきた。
  - 勉学意欲の低い学生が年々増えている。来年度からの創造・発見では全員が必修ということで、何らかの対策が必要である。
  - 学生たちは明るく積極的に授業に取り組み、大学祭や報告会の準備も意欲的だった。学生たちは、自分を顧み感性を磨く機会を得たと思う。心優しく、他人を思いやることのできる学生達が集い、とても有意義な授業をすることができた。
  - 实际的、実用的な勉強とは違うテーマであるが、自分を見つめなおすきっかけになったと思う。保育園での実習では、学生たちがこどもたちとの関わり合いを通じて、貴重な体験をしたことが伝わってきた。レポートには、授業で教えた以上に学んでくれたことがうれしく思った。
  - 学生たちは、コミュニケーション能力やプレゼンテーション能力が劣っているようである。それらを向上させるように努力した。急に改善できることではないが、この授業の経験がそのきっかけになればよいと思う。
  - 「創造・発見」のプログラムは、学生が社会人（外部の教育指導員）と触れ合うことのできるよいプログラムであると思う。
  - 学生はとても熱心に一生懸命勉強してくれた。授業も比較的自由にでき、感謝している。
  - スタンフォード大学の卒業スピーチのビデオ（英語）

を見せたら、学生の目の色が変わった。スピーチの内容から、何で大学で学ばなければならないかを理解したようだった。

- 学生の受講姿勢は、静かで受身的である。双方向的な講義を行おうとしたが、限界があった。企業訪問については、意欲的な学生もいた。
- 中国人の留学生が2名おり、まだ日本語の習得過程にあり、大変なようであったが、最後までがんばってくれた。

#### 「ボランティア活動」

- 問題のある学生が参加することにならないようにあらかじめ配慮が必要である。
- 大学祭における展示発表と12月の報告会があるが、いずれか一回で十分ではないか。12月の報告会では、学生名が入ったプログラムが掲示されず、聴衆も少なかった。他の学生の活動を知る機会をもたせるためにもイベント数を減らして参加者を増やす工夫をした方がよい。
- 受講生は一人であったが、以前に受講した先輩の大学院生が参加してくれたため、先輩から学ぶことができ、よい雰囲気であった。
- 「ボランティア活動」は、経験を積んでいくことで心が育っていくものである。履修する学年を決めずに、高学年や大学院の学生にも募集をかけてみてはよいのではないか。
- 学生が社会への適応能力や社会の中で自己を伸ばしていく能力を身につけることは極めて重要であり、教育カリキュラムの中にこのような要素を組み込んでいく取り組みは高く評価できる。
- 評価の困難さを痛感した。評価は合格、不合格の2段階とし、基準は出席率と参加態度とした方がよいのではないか。
- 指導者が学生を個別指導する要素を高めてはどうか。

#### 【学生からの個別意見】

##### 「創造・発見」

- 各テーマの参加人数がもっと増えるような宣伝が必要である。
- 精密機械や化学薬品に関するものなど、理工系のテーマを増やして欲しい。
- 一つのテーマをもっと長い期間で深くほりさげてみたい。
- 4月のテーマ説明会は、3科目「創造・発見」、「テーマ研究」、[ボランティア活動]がそれぞれ別会場で行われ、全部聴くことができない。何とかしてほしい。
- 現行のままでよいと思う。
- 後期に入ってからの授業開始日と場所を掲示して

欲しい。

- 受講生がひとりでも実施してくれるテーマがあるとよい。

#### 「テーマ研究」

- 15回の授業では少ないと思う。
- 授業の中で外部の企業を見学した。このような機会をもっと増やして欲しい。
- 現状のままでよい。
- もっと短い期間に集中的にやるか、あるいは、もっと長い期間じっくりやるか、活動期間についての要望である。
- パソコン関連のテーマをもっと多くして欲しい。
- また、同じテーマを受講したい。
- 受講したテーマは受講生が1～2名と極めて少なかった。もっと増やして欲しい。
- 1テーマあたりの人数枠を増やして欲しい。
- 自分でものを作ってみたい。
- 起業する方法や集団で討論する、英語で討論するようなテーマがあっても面白い。
- 太陽光発電や風力発電など自分で電気を起こす装置を開発してみたい。
- グループで調べたり、討論しながら作品を作りたい。
- プログラミングしてアプリケーションの製作をしてみたい。
- 文系の内容のテーマであったが、実際にやってみると面白く視野が広がったと思う。文系のテーマを増やして欲しい。
- 企業の方が講師であり、実践的な話が聞けてよかった。
- 就職活動に関するテーマがあって欲しい。
- (自分が受講した)このテーマをもっとたくさんの学生に受講してほしい。大学祭などでもっとテーマの内容などをPRすべきではないだろうか。
- 来年以降も是非、このプログラムで普段できない体験ができる授業を行ってほしい。

#### 「ボランティア活動」

- もう少し早い段階で、実習先での具体的な実習内容等が聞ける場を設けて欲しい。
- 教えることの大変さを知った。
- 地域の環境保全ボランティア活動に参加したが、もともと年配の方が多く、若者の参加が望まれている。もっと多くの学生が参加した方がよい。

以上が、今年度のアンケート結果である。いくつかの点について以下にコメントする。

まず、学生達が、日頃の授業にはないことを経験したことに対する感動のようなものがあつたことが、指導者ならびに学生達の感想の中に見られる。「やらまいか教育」の

目的である「学生が新しい体験をすることにより、自分の殻を破り、日常という土壌を豊かにする」ことがある程度、達成されていると考える。学生達には是非、これらの授業の体験をもとに、視野を広げていって欲しいと考える。

また、熱心で積極的な学生がいる反面、学生の理解力の低下、受身的な受講姿勢等も指摘されており、さまざまなタイプの学生に対して、どのような授業のやり方をするか、今後の検討課題である。

また、テーマによって学生の希望がかたより、実際の授業では、多いところで十数名、少ないところで1名の学生で開講しているのが現状である。また、まったく希望者がなく不開講になったテーマも「創造・発見」で2テーマ、「ボランティア活動」で3テーマであった。学生の好みが偏るのは、ある程度はやむを得ないことであるが、「やらまいか教育」が新しいことの体験ということであるので、学生には、好き嫌いを問わず、さまざまなことに挑戦して欲しいと考える。また、指導者や学生からの指摘もあるが、テーマの内容について学生への事前の詳細なPRも何らかの形で必要な時期になってきている。それには、大学祭での展示会や12月の報告会には、低学年の学生に対しても必ず聴けるような機会を設ける対策も必要と考える。

#### 4 今後の方向性

平成24年度の新カリキュラムでは、やらまいか科目は1年次後期の選択必修科目となり、学生は「創造・発見」(これまでの「創造・発見」と「テーマ研究」を統合したもの)と「ボランティア活動」の2科目のうち、いずれか一つを必ず履修することになる。この選択必修化に伴い、履修者の数は、従来の約3倍となり、指導者ひとりあたりの履修者の数は、ほぼ10名あるいはそれ若干上回る人数と予想される。履修学生の低学年化や履修者数の増加にともない、指導方法、テーマ内容、難易度等、学生のテーマ選択方法等についてもいくつかの試行錯誤を重ねた検討が必要となるのは必須といえる。このうちテーマ内容については、指導者や学生の感想からもあるように、理工系のみならず幅広い分野の中から選択させ、また、学生があまり経験しない分野を履修させる方が、やらまいか科目の本来の教育効果があるものと考えられる。

#### 5 結論

平成16年度から開始した「やらまいか教育」も今年度末で8回目を終了した。今年度の調査結果から、「やらまいか科目」の目的である「積極性、自主性」、「創意工夫、開拓精神」等の能力の向上が見られることが、指導者側からも学生側からも、今回、はじめて確認された。したがって、「やらまいか科目」が学生の社会人基礎力向上にいくぶんかの寄与しているようである。

来年度、平成24年度からの選択必修化によって、全学生に対して、うまく機能する形で展開していくことが望ま



れる。

## 6 参考文献

- 1) 丹羽昌平 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の計画と実施”, 静岡理工科大学紀要, 第12巻 (2004) pp.321-338.
- 2) 丹羽昌平 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成16年度実施報告”, 静岡理工科大学紀要, 第13巻 (2005) pp.85-94.
- 3) 丹羽昌平 他, “創造体験教育「創造・発見」の計画と実施”, 工学教育, 第53巻, 第5号 (2005) pp.37-43.
- 4) 丹羽昌平 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成17年度実施報告”, 静岡理工科大学紀要, 第14巻 (2006) pp.145-153.
- 5) 丹羽昌平 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成18年度実施報告”, 静岡理工科大学紀要, 第15巻 (2007) pp.117-125.
- 6) 関山秀雄 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成19年度実施報告”, 静岡理工科大学紀要, 第16巻 (2008) pp.145-152.
- 7) 関山秀雄 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成20年度実施報告”, 静岡理工科大学紀要, 第17巻 (2009) pp.147-154.
- 8) 関山秀雄 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成21年度実施報告”, 静岡理工科大学紀要, 第18巻 (2010) pp.133-140.
- 9) 恩田一, “「創造・発見 ものづくりと創作活動」における電動カー駆動部の製作”, 静岡理工科大学紀要, 第18巻 (2010) pp.141-144.
- 10) 関山秀雄 他, “静岡理工科大学における創造体験教育「創造・発見」の平成22年度実施報告”, 静岡理工科大学紀要, 第19巻 (2011) pp.107-115.
- 11) 静岡理工科大学ホームページ, キャリア形成プログラム, 就業力育成支援事業  
URL : <http://www.sist.ac.jp/career/car01.html>



# Web デザイン特別プログラムのためのバックアップサーバ兼外部公開 Web サーバについて

On the Backup and Open Access Web Server Systems for Web Design Special Program

幸谷智紀\* 築地一樹\*

Tomonori KOUYA\* and Kazuki TSUKIJI\*

Abstract: Web Design Special Program as one of project-based learning(PBL) classes has been running since 2008. In the PBL class, open public Web server and Relational Database Management System(RDBMS) must be necessary because of publicity and development of the students' Web contents. In addition, this server system must be prepared as backup server to recover their developing contents. In this paper, we firstly describe the structure of the currently running Web, RDBMS and backup server in room 443. Secondly, we describe the experimental server running on virtual machine(VM) as one of substitutes for the current server. Finally, we evaluate the performance of these servers for comparison.

## 1. 初めに

2008 年度から、静岡理工科大学総合情報学部では「Web デザイン特別プログラム」<sup>9)</sup> (以下「特別プログラム」と略記) を PBL 形式で行っている。1 年生時の成績に基づき約 20 名程度を選抜し、2 年生の 1 年間、毎週 6 コマ、合計 180 コマかけて Web に関する技術習得を実習形式で行うもので、2011 年度に 3 年目を迎える。

内容は、「SIST バーチャルモール」という架空の商品を扱うショッピングサイトをスクラッチから構築するというものである。最低限満たすべき Web サイト構成の概略は教員から示すが、それ以外の商品のコンセプト設計、デザイン、3D 画像、Web サイトデザイン、ショッピングシステムの構築まで、全て受講生が一人で担うことになる。必要な技術要素は非常勤を含む 6 名の教員が交代で教育する。

特別プログラムのシラバス設計時には、Web サーバ周りのネットワーク技術についても一通り教育する予定もあったが、「一つの Web サイトを一年かけて構築する」という方針が固まる際には、本筋の内容ではなかったため削除された。従って、特別プログラムの受講生はもっぱらローカル PC での Web サイト構築がメインとなり、外部に対して公開を前提としたリンクテスト等、細部の詰めについては甘くなりがちである。また、ショッピングシステムには不可欠の RDBMS との接続は通常 PHP 等のサーバ側で実行される言語環境が必須であるため、Web サーバなしの環境では実装が難しい。

加えて、前後期通じて、かならず作成途中の Web サイトのバックアップを逐次取ることを習慣化させることが教育上必要である。しかし、受講生が各自の USB メモリにバックアップを取ることはセキュリティ保護の面から好ましいことではない。実際、ウイルス対策ソフトのアップデートが間に合わず、一部実習マシンにウイルスが感染したこともある。しかし数百 MB ものデータをバックアップできるファイルサーバは大学では用意していない。

そこで、公開用 Web サーバ兼バックアップシステムを CentOS<sup>4)</sup> を用いて構築し、併せて学外からも公開した Web サイトの閲覧が出来るように環境を整えることにした。初年度導入したシステムは旧式のマシンを転用した結果、2 年目で使用不能

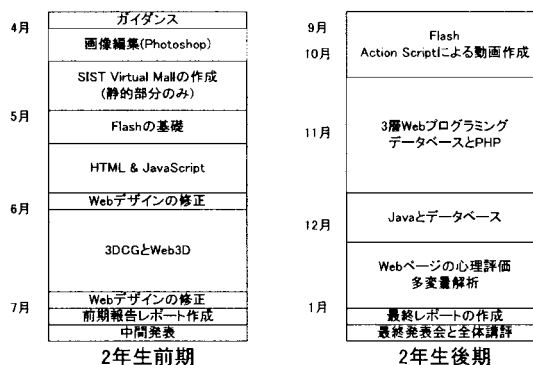


Fig. 1: Web デザイン特別プログラムのシラバス

となったため、3 年目からは新しいマシンを導入してサーバマシンの能力アップを行い、2012 年 3 月現在も学外、学内からアクセスが可能な状態になっている。

本稿ではまずこの特別プログラム向けに、2010 年後半に導入したバックアップサーバ兼 Web サーバシステムについて述べる。次に、このサーバの代替として、2011 年度卒業研究の一環として構築した仮想環境を用いた CentOS 構成について述べる。最後にこの二つのパフォーマンスを評価し、ファイル転送速度と TCP 速度について比較を行った結果について述べる。

## 2. Web デザイン特別プログラムに求められるサーバ構成

Fig.1 に特別プログラムのスケジュールを示す。受講生はこの順に、自分自身が企画した「SIST バーチャルモール」を 1 年間、毎週 6 コマ、全 180 コマかけて構築していく。

前期は静的コンテンツの構築、後期に動的な部分を組み込んでいく、という流れになる。この際、特に前期の段階で、ローカル PC において HTML や JavaScript、画像を扱うことになる。そのため、受講生が気づかないうちに、オーサリングツール (Adobe Dreamweaver) が本来行うべき絶対パスから相対パスへの変換がされていないリンクが多数紛れ込み、その修正に多大な時間を費やしたということが特別プログラム初年度

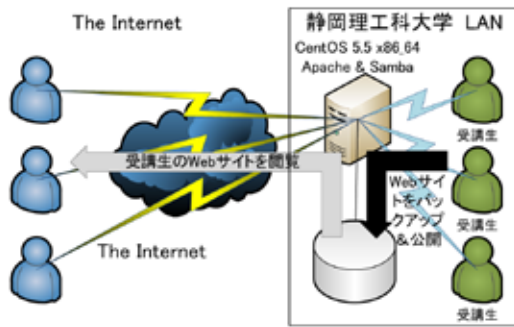


Fig. 2: Web デザイン特別プログラムに必要なサーバの機能と役割

に起こった。それをなるべく早期に発見するため、2年目以降は、最低でも前期終了前には全員 Web サーバに製作途中のサイトをアップロードさせ、リンクのチェックを行うようにした。副次的な効果として、アップロードした Web サイトは、後期最後に行う受講生相互の心理評価の際には必須の資料として活用できるようにもなった。

特別プログラム開始初年度の Web サーバは、古い Pentium IV マシンを流用し CentOS を搭載したもので、これを 509 教室に設置して利用した。従って受講生の成果物である Web サイトは学内 LAN からしか閲覧できない状態になっていた。その分、成果物のアップロードは、製作物のバックアップも簡単にできるように設定した Samba による共有フォルダを使って行えるようにした。これにより、ドラッグ&ドロップだけでバックアップもファイルアップロードも完了できるシステムとなった。この仕組みにより、受講生が頻繁にバックアップを取る癖を身につける効果が期待できる。

こうして構築した共有フォルダ経由のアップロード&バックアップが可能な Web サーバシステムは、

- リンクミスのチェック
- Web サイト相互評価
- バックアップ&アップロード作業の簡素化

を可能にしたという点で、特別プログラムでは不可欠のシステムとなっている。

加えて、アップロードした受講生の Web サイトを大学内部だけでなく、外部へも公開できることが望ましい。これによって例えば大学広報の生きた資料としても、産学連携のための話し合いの材料としても有効に使える。

以上の理由から、外部公開可能なバックアップサーバ兼 Web サーバの構成 (Fig.2) は特別プログラムには不可欠の存在である。

但し、今まで綴々述べてきた理由により、特別プログラムのバックアップサーバ兼 Web サーバの設置場所は次の条件を満足することが必須である。

1. ファイルコピーの時間を最小化するため、設置場所は学内 LAN 内ではなければならない
2. ユーザごとに異なるホームディレクトリを割り当て、受講生作業用 Windows マシンから共有フォルダとして閲覧できなければならない
3. RDBMS & Web サーバとして動作しなくてはならない

4. Web サーバは外部公開が可能なネットワークと接続されていなければならない

これらの制約を受けて設置したサーバマシンは新たに研究実験棟の 443 実験室に設置され、現在も稼働中である。構成については次の節で解説する。

### 3. 実装したサーバ構成について

前述したように、特別プログラムで必要となる機能をすべて搭載したサーバは、カリキュラム開始時には存在していなかったため、当初は古いマシン (Intel Pentium IV 2.8GHz) を流用し、RedHat Enterprise Linux (RHEL) 系列の Linux ディストリビューションである CentOS を用いて構築した。しかし、初年度終了時点で、データベースをフルに使った結果、通常利用に適さないほど動作が重くなってしまった。止む無く静岡理科大学教育開発支援費の助力を得て Core i7 マシンを導入し、443 実験室に冗長性を考慮した 4 台構成の PC クラスタを構築、他の講義と共用しつつ 2012 年 3 月現在も運用中である。ここではまずこの 443 実験室で運用している現行サーバマシンの構成について解説し、次にその代替となり得る仮想マシン構成のサーバについて述べる。

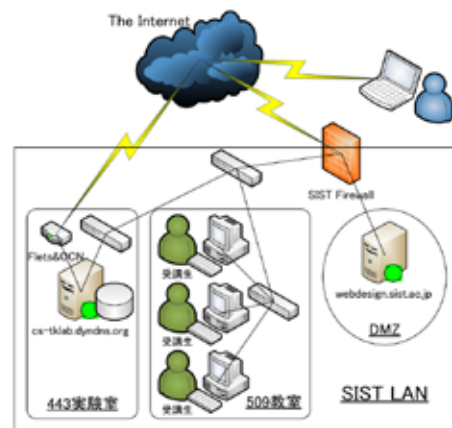


Fig. 3: 現行の 443 実験室 Web サーバ構成

#### 3.1 443 実験室におけるサーバ構成

特別プログラムで必要となる 1~4 の条件をクリアするため、現状では CentOS の環境が最適と判断してそれを用いて構築した。509 教室に準備されている実習マシンが Windows 環境であることを考えると、Windows Server という選択肢も考えられるが、実習環境として無料で使える RDBMS である XAMPP(MySQL)<sup>2)</sup> を利用している時点で選択肢からは外れた。

前述したように、初年度設置した実験的なサーバも CentOS に MySQL をインストールした構成で設置&運用した結果、問題なく使用できた。しかしハードウェアが古く、非常に動作が重くなったため、2年目以降は新規に Core i7 920 のマシン (メインマシンのホスト名: cs-hera) を用意すると同時に、4 の条件をクリアするため、大学の Firewall を経由しない OCN の回線を用意し、DynamicDNS を契約して FQDN(cs-tklab.dyndns.org) を割り当てた。

さらに、このバックアップサーバ兼 Web サーバを他の実習用 PC クラスタに組み込み、NFS 共有したクラスタマシン間で相互にバックアップを行うようにした。数日おきに他の 3

台のマシに受講生のホームディレクトリをクラスタマシンそれぞれにコピーし、常にどこかのマシンに受講生のバックアップファイルが存在する、という状態にしてある。

この構成で3年目となる特別プログラムの受講生を迎え、いくつかの細かいトラブルを除いては問題なく運用を行っている。

3.2 VMware を用いたサーバ構成

特別プログラムで必要となる機能をすべて備えたサーバ構成については、現状の通り CentOS を使い続ける限り、現行の cs-hera をそのまま踏襲すればよい。受講生の作品のバックアップも、サーバを4重にクラスタ化し、互いにホームディレクトリのファイルコピーを持ち合うようにしたことから、今のところ致命的なトラブルもない。

しかし、本システムを長期にわたって使い続けることを考えると、ハードウェア構成が変わるたびに CentOS をインストールしなおす必要があるのは望ましいことではない。現在の Linux は最新のハードウェアを必ずしもサポートしているとは言えず、標準的には Windows のみ動作可、ということが多い。実際、新規に低コストな PC を発注する際にはメーカー側から「Linux での動作は補償対象外」と宣言されることも少なくない。

そこで、ハードウェアを選ばずに使用できる Windows をホスト OS とする仮想環境上で現サーバ構成を再現したものを構築した。ハードウェアは現 cs-hera 同様 Core i7 を用い、ホスト名は Prime509 とした。Prime509 の構成図を Fig.4 に示す。

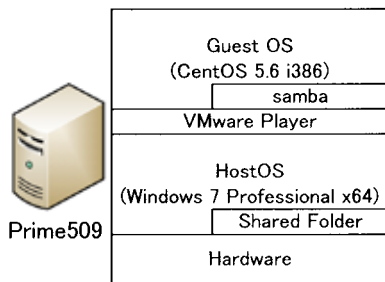


Fig. 4: 509 教室に設置した Web サーバ構成

仮想化ソフトウェアには無料で使用可能な VMware Player<sup>3)</sup> を使用し、その上に現行 cs-hera と同じ CentOS のサーバを載せている。この構成を取ることによって、ホームディレクトリだけでなく、サーバシステム全体のバックアップを定期的にとることができる。ハードウェアに問題が生じて、新しいマシンに Windows と VMware をインストールし、バックアップしておいた仮想 OS を載せるだけで同じ構成・同じホームディレクトリのサーバを復帰させることも容易い。

難点は、ホスト OS が必要な仮想環境の上に構築したため、特に I/O 周りのパフォーマンスのスローダウンが懸念されることである。ことにハードディスクへホスト OS と仮想 OS が同時にアクセスすると、リソースの競合が起って読み書きの速度が極端に遅くなると思われる。

仮想環境を導入したことによる冗長性の確保という長所と、I/O の速度低下という短所を持ったこの実験サーバ環境 Prime509 の実用性を評価するには、今後、長期にわたるロードテストが必要である。

4. ベンチマークテスト

現在動作しているネイティブ CentOS 環境 (cs-hera) と、仮想環境における CentOS 環境 (Prime509) のパフォーマンスの違いを短期間のベンチマークテストで全て明らかにすることは難しい。そこで、現状の程度本学ネットワークを介してのファイルコピーに時間がかかっているのか、という程度のベンチマークテストを行い、一つの性能指標として考えることにする。

ここでは現状のファイルコピー速度を、いくつかの経路を通じて計測した結果を示す。調査したネットワーク経路とファイル転送に使用したソフトウェア階層を Fig.5 に示す。

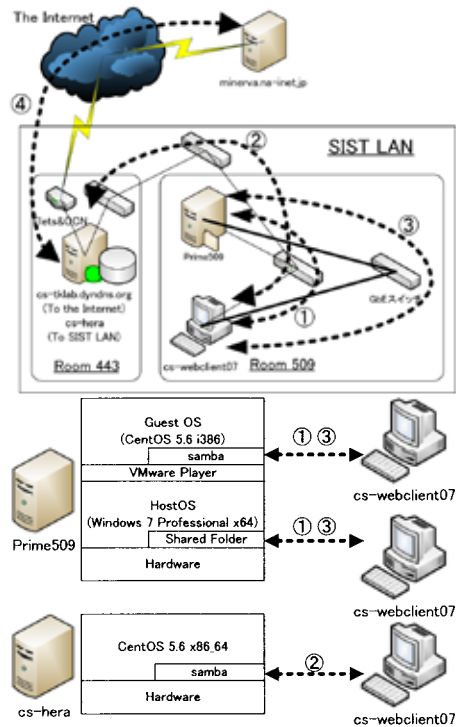


Fig. 5: ベンチマークを行ったネットワーク図(上)とソフトウェア階層との対応(下)

本学 LAN システムは末端部分が 100BASE の Ethernet であるため、本学 LAN を通じたネットワーク上のパフォーマンスに関しては相当問題があると予想される。比較のために①と同じ 509 教室内のネットワーク経路で、1000BASE-T(GbE) に交換して計測した結果(③)についても示す。ファイルコピーは 509 教室の実習用マシン (cs-webclient07) からコマンドプロンプトの copy コマンドを用いて行った。コピーしたのは CentOS 6.2 の DVD イメージ (CentOS-6.2-x86\_64-LiveDVD.iso, 1695547392 Bytes) である。ファイル転送は 5 回行い、平均転送時間を求めた。

この計測結果を Fig.6 に示す。ここではファイル転送時間から算出した Mbps (Mega bits per second) をグラフにしている。

学内 LAN を通じて、509 教室のみでも、100BASE の環境の転送速度はほぼ 9 割、90Mbps 程度で揃っている。100BASE を使い続ける以上、これ以上の転送速度は望めない。GbE を用いた場合と比べて 5~6 倍は遅くなってしまっている。現在のように高速な CPU と I/O を搭載した PC を用いた環境では 100BASE は完全にパフォーマンスのボトルネックになって

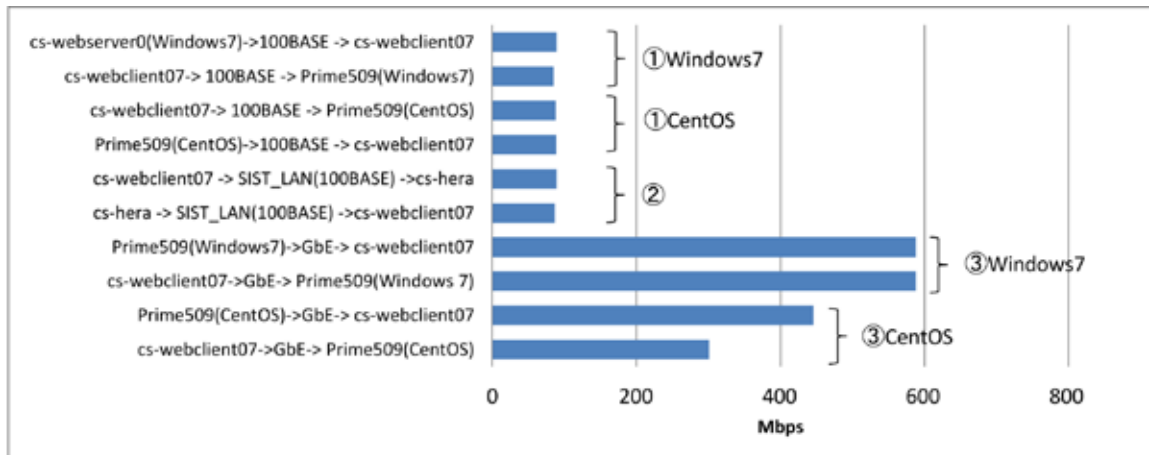


Fig. 6: ファイルコピーによるベンチマーク結果

いることが分かる。

GbE を用いたケースでは、ネイティブ Windows(③Windows) と仮想 CentOS(③CentOS) との違いが明確となった。特に仮想 CentOS とのファイル転送においてはファイルコピーにかかる時間のばらつきが大きく、当初の懸念通り、I/O の干渉が問題になりそうである。

では、TCP パケットレベルのミクロな通信性能はどの程度違うのか？ NetPIPE Ver.3.7.1<sup>9)</sup> を用いて各ネットワーク経路ごとに、互いにサーバとクライアント側を交換して 2 回転送実験を行った。その結果を Fig.7 に示す。

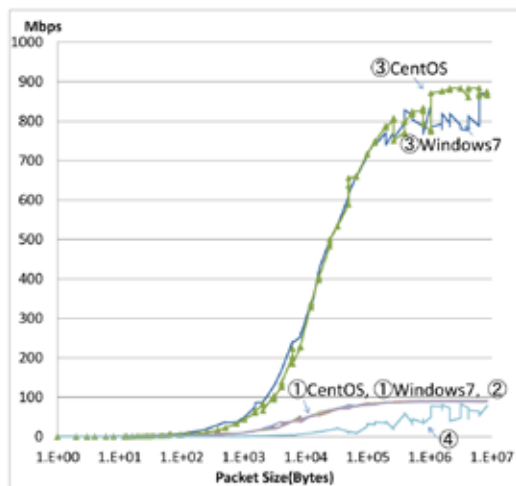


Fig. 7: NetPIPE によるベンチマーク結果

パケットレベルでみる限り、100BASE 環境の違いは全く分からないぐらい揃っている。GbE についてもネイティブ Windows と仮想 CentOS の差はあまりないことが分かる。

このことから、TCP 通信性能上では仮想環境とネイティブ環境との差はごく小さく、ディスク等の低速 I/O デバイスにおける性能低下の影響が大きいと推察できる。

5. 結論と今後の課題

443 教室で運用中のネイティブ CentOS(cs-hera) クラスタを本格運用して本年度で 2 年目となる。現状ではバックアップ

ファイルが年々大きくなっていることを除けば、特に運用上の問題は起こっていないが、今後の長期にわたる運用を考えると、今回構築した仮想環境上のサーバシステムの導入も視野に入れる必要がある。

とはいえ、ホスト OS の上に構築した仮想環境では I/O 上のボトルネックが思いのほか大きいと思われることが今回のベンチマーク結果から判明した以上は、もう少しパフォーマンスに影響の与えない仮想環境の導入も考える必要がある。コスト的には難しい点も多いが、機会があれば VMware vSphere や Xen<sup>7)</sup> のような、ホスト OS を必要としないハイパーバイザタイプの仮想システムとの比較検討も行っていきたい。

謝辞

本サーバシステムを導入するにあたり、特別プログラム担当教員のご協力と静岡理工科大学教育開発費の援助を受けた。ここで厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 幸谷智紀, Web デザイン特別プログラムにおけるバックアップ兼 Web サーバシステムについて, 平成 23 年度教育改革 ICT 戦略大会, 2011.9.8.
- 2) XAMPP for Windows, <http://www.apachefriends.org/jp/xampp-windows.html>
- 3) VMware Inc., <http://www.vmware.com/>
- 4) CentOS, <http://www.centos.org/>
- 5) A Network Protocol Independent Performance Evaluator, <http://bitspjoule.org/netpipe/>
- 6) NetPIPE for Windows, <http://na-inet.jp/na/netpipe/>
- 7) Xen, <http://xen.org/>
- 8) Web デザイン特別プログラムの紹介, <http://ex-cs.sist.ac.jp/~suganuma/dep/PBL/PBL.html>
- 9) 幸谷智紀・金久保正明・菅沼義昇・手島裕司・宮岡徹, Web デザイン特別プログラムのためのシラバス設計について, 平成 20 年度情報教育研究会論文集, pp. 223-226, 2008.