

# 目 次

## 巻頭「紀要の発刊に寄せて」

学長 荒木信幸

## 論 文

n次元化によるシームレスなセンサーネットワーク	郡 武治	1
センサレス駆動ブラシレスモータの始動方法の検討	山口創太、恩田 一	7
小型ブラシレスモータの高速・センサレス駆動システム(2)	恩田 一	13
教育用仮想マイクロコンピュータの開発—LEDによる動作の可視化	袴田吉朗、村田英之	17
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	袴田吉朗、小栗宏和	27
赤外線リモコン送受信器を題材にした組込みプログラム用電子教材の開発	玉真昭男	37
交叉イトコ婚による外婚制の通時的考察	榛葉 豊	47
確率判断についてのヒューリスティックス —変形3囚人問題再論—	榛葉 豊	57

## 研究ノート

水平バッフルによるスロッシング抑制法の検討(過渡応答のシミュレーションと実験の比較)	浦田喜彦	63
Clocked Cascade Voltage Switch Logic (C <sup>2</sup> VSL) Adders	Hiroshi HATANO	69
小型人型ロボットの感情表現動作に関するWebサイトを利用した評価実験	大相弘順、村松 諭、村越太郎、小長井将人	75

## 技術報告及び資料

袋井関連人物参考資料目録(2) ～浅羽佐喜太郎、川村驥山関連資料目録～	小栗勝也	83
-------------------------------------	------	----

## 教育関連報告

ジェットエンジン教育の構築	安 昭八	93
産学連携によるモノから入る教育「航空工学実地演習」実施報告	榊田 勝、浦田喜彦、安 昭八	97
「やらまいか教育」の平成22年度実施報告	関山秀雄、丹羽昌平、野崎孝志、土肥 稔、恩田 一、中村 壘、 工藤 司、吉田 豊、山下博通、望月知徳、古屋 渚	107
協同学習スタイルによる必修英語科目の実践	亘理陽一	117

# Contents

## P r e f a c e

President Nobuyuki ARAKI

## Original Papers

A Seamless Sensor network with n Dimensional Data .....	Takeharu KOHRI	1
Study on starting method of brushless-motor with sensor-less drive system .....	Sota YAMAGUCHI and Hajime ONDA	7
Ultra-high speed and sensor-less drive system for small brushless-motor (2) .....	Hajime ONDA	13
Development of a Virtual Micro Computer for Education Use-Visualization of an Operation with LEDs .....	Yoshiro HAKAMATA and Hideyuki MURATA	17
Design and Trial Manufacture of a CAN-based prototype Vehicular Data Acquisition System .....	Yoshiro HAKAMATA and Hirokazu OGURI	27
Development of New Electronic Study Materials for Built-in-System Programming Education Based on Infra-Red Remote-Control Transceiver .....	Teruo TAMAMA	37
Diachronic Study for Exogamy System with Cross Cousin Marriage .....	Yutaka SHINBA	47
Heuristics for Evaluation of Possibility -Transformed Three Prisoners Problem Revisited- .....	Yutaka SHINBA	57

## Research notes

A Study on Sloshing Suppression Method by Horizontal Baffles (Comparison of Transient Sloshing Responses Obtained by Simulations and Experiments) .....	Yoshihiko URATA	63
Clocked Cascade Voltage Switch Logic (C <sup>2</sup> VSL) Adders .....	Hiroshi HATANO	69
Questionnaire evaluation experiment through Web site about the expression of feeling by movements of humanoid robot ... Kojune OHSUGI, Satoru MURAMATSU, Taro MURAKOSHI and Masato KONAGAI		75

## Technical Report and Materials

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.2 .....	Katsuya OGURI	83
---	---------------	----

**Education -related Reports**

The lesson plans of education for the aero gas turbine engine ..... Shohachi YASU 93  
A Report on the Educational Training Program, "Aeronautical Engineering Practice"  
under the Industrial-academic cooperation  
..... Masaru SAKAKIDA, Yoshihiko URATA and Shohachi YASU 97  
A Report on the Yaramaika Educational Program in 2010  
..... Hideo SEKIYAMA, Shohei NIWA, Takashi NOZAKI, Minoru DOHI,  
Hajime ONDA, Rui NAKAMURA, Tsukasa KUDO, Yutaka YOSHIDA,  
Hiromichi YAMASHITA, Tomonori MOCHIZUKI and Nagisa FURUYA 107  
A Report on a Required English Class through the Collaborative Approach to Learning  
..... Yoichi WATARI 117

## 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の義務であるとの位置づけが強まっていると思われます。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。

折しも本学は、本年4月をもって開学20周年を迎えることになりましたが、この開学当初より本学教員の研究成果の発表の場の一つとして、「静岡理工科大学紀要」の発行が検討され、その年度内の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2011年版で、19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。

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

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

2011年4月

# n次元化によるシームレスなセンサーネットワーク

## A Seamless Sensor network with n Dimensional Data

郡 武治

Takeharu KOHRI

### Abstract:

We have developed a novel location estimation method that is based on the Viterbi algorithm. Using this method enables us to estimate the most likely location at several 10 nsec by using past location transition and signal detection. In addition, the system implementing this method can be composed of a single LSI.

Since the Viterbi algorithm has two functions, signal detection from noisy received signal and finding a maximum likelihood sequence path, this method can be applied to location estimation. The level of the received signal is proportional to the distance between the moving terminal and the fixed node. The trellis of Viterbi decoder encoder is similar to the track of moving terminal.

We demonstrated the proposed location estimation method on the Viterbi algorithm by the field test using 8x8x8 array 3D model.

### 1. まえがき

ユビキタス時代におけるセンサーネットワークでは、温度、湿度などの環境情報、物体の位置情報などさまざまな情報が伝送される。多種のセンシング情報を転送する必要があるが、回線コストは安く抑える必要がある。

一方、ヘテロジニアス伝送システムなど多様な伝送回線を介して、情報伝送する次世代ネットワークが立ち上がりつつある。多様な伝送路を用いて、周波数資源を効率よく、使用するため、回線監視、制御は複雑になる傾向にある。

筆者は、このような伝送路において、複雑な回線管理をすることなく、かつリアルタイムにセンシング情報を転送する方法を考えた。

着目したのは、センサーネットワークで取り扱う情報（例えば温度、湿度、圧力）は時間的に冗長性をもったものが多いこと、同じ曖昧度（正規分布）を有するものが多いことである。

具体的には、センサーの付いたノードから空いた複数のヘテロジニアス伝送路へセンシング情報を一方的に送り出し、転送された側ではこれらの転送情報集め、最尤検出回路を用いて、センシング情報を再生する方法である。最尤検出回路では状態遷移の最尤パス推定により、欠落した情報を補間することができ、リアルタイムな情報転送を可能にしている。

また、複数種類のセンシング情報はn次元情報化し、1つの情報として扱い、状態遷移の推定を

行っている。

本文では、最初にセンシング情報と伝送信号を同一視したn次元情報伝送方法の原理を示す。次に計算機シミュレーションにより、実証する。最後に、LSI化するためにゲート数を見積もり、中規模のFPGAで実現可能であることを示す。

### 2. n次元化情報をヘテロジニアスなネットワークを介して伝送する方法

#### 2.1 n次元情報化

温度、湿度、圧力、明度、照度など多くの種類の情報がある。これらの情報は異種である。ここで、それぞれのセンサーの検出値を直交軸にとることにより、異種検出値を1つのユークリッド空間上にn次元化情報として表現することができる。

図1(a)は温度と湿度を同時に持つ情報を2次元平面に示したものである。次に明度を加えた情報は、図1(b)のように1次元追加し3次元で描くことができる。さらに圧力を加えると4次元で描くことができる。4次元では見ることができないので、図1(c)のように3次元的にイメージで示す。

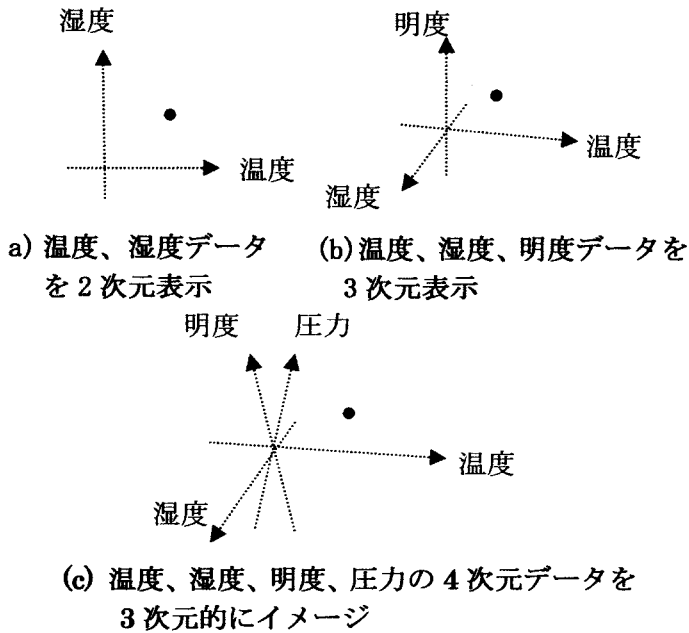


図1 n次元データの表現

2. 2 n次元化情報をヘテロジニアスなネットワークを介して伝送

n次元化情報をヘテロジニアスなネットワークを介して伝送し、転送先で元のn次元化情報を復元する基本的な伝送モデルを図2に示す。

基本的な動作は次のようになる。

- ① 2つの異なるセンサーにより、検出した情報を2次元化情報にする。
- ② 3つのヘテロジニアスなネットワーク A,B,C を介して伝送する場合、2次元化情報は検出時に伝送することが可能な伝送路で伝送される。
- ③ 各伝送路の伝送能力と伝送時の輻輳状態により、各伝送路に送るタイミングと情報は異なる。
- ④ 転送先では、各伝送路を介して伝送された2次元化情報が再び集結され、最尤検出回路において、復元される。検出データが転送されない場合は、補間される。

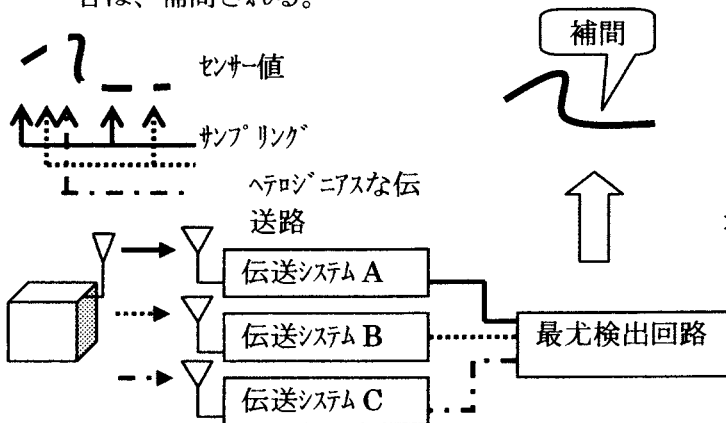


図2 n次元化情報をヘテロジニアスなネットワークを介して転送する基本的な伝送モデル

2. 3 従来のヘテロジニアスネットワーク伝送方法との比較

従来のヘテロジニアスなネットワーク伝送路を用いて伝送する方法では、リソースマネージャ等により、伝送ルートを決めて、情報が送られていた(12)-(15)。

これに比べ、本提案方法は、ヘテロジニアスな回線を制御することなく、勝手に空いている伝送路に対して伝送し、転送先で、元の情報を再生している。

このように、提案方法では複雑な無線回線監視と制御などが要らず。制御手順が単純になり、不測の回線断に対しても柔軟に対応できる。また、転送された側では、最尤検出回路により、転送されなかったn次元データが補間される。

3. 最適なn次元化情報

3. 1 曖昧度の表現

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。この曖昧度は通常正規分布する。

そこで、各センサーから出力されるアナログ信号の利得を調整、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ことが可能になる。すなわち、各センサーの誤差の標準偏差を一致させ正規化したことになる。

各センサーの曖昧度が等しくなると、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3に3次元、4次元、5次元の球を3次元イメージで示す。ここで、rは中心からの距離である。

座標(x, y, z) 座標(x, y, z, t) 座標(x, y, z, t, s)

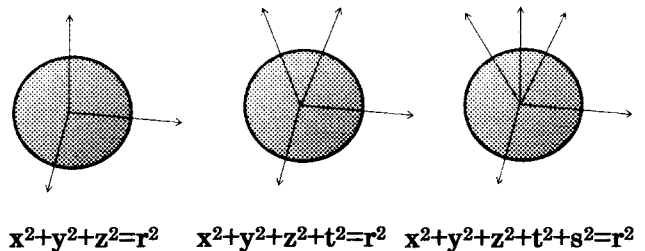


図3 n次元雑音球のイメージ

### 3. 2 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)(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。

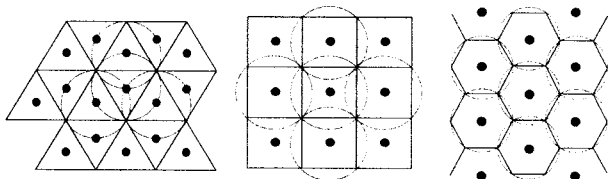
センサーの曖昧度により、正規分布する等価的な雑音を加わる。

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のである。

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 4 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 4 2次元における最適分割法  
(重なりの少ない正六角構成が最適)

#### (2) 3次元ユークリッド空間の場合

3次元ユークリッド空間の場合、立体構造になり、球の中に単位球をどのような配列で入れれば最も多く入れることができるかを解く必要がある。答えは面心立方体構造である。これは、よく知られているように、ケプラーが 400 年前に予測し、証明することができなかった数学の難問の一つで、最近 Hales により証明された (1993 年)。

図 5 に面心立方格子構造における格子の配列を示す。

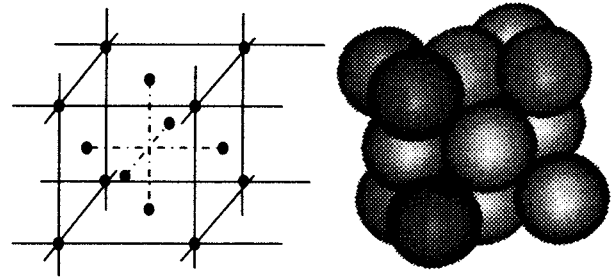


図 5 面心立方格子構造における格子の配列

#### (3) $n$ 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。しかしながら、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>(11)</sup>。

本旨と関係ないが、次元が高くなるほど、充填率の下がっていることがわかる。

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	0.74	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, Vetinkin 1980
7	E7	0.295	Blichfeldt 1934, Barnes 1957, Vetinkin 1980
8	E8	0.254	Blichfeldt 1934, Barnes 1957, Vetinkin 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。

(4) n次元ユークリッド空間の距離

3次元情報 S1,S2 の距離 r を求めると、式(1) のようになる。

3次元情報：

S1 (D11,D12,D13)

S2 (D21,D22,D23)

距離 r：

$$r = \sqrt{(D11 - D21)^2 + (D12 - D22)^2 + (D13 - D23)^2} \quad (1)$$

4. ビタビアルゴリズムを用いた n次元化情報の復元

ビタビ復号アルゴリズムは、冗長度を持った論理演算式で生成された符号化信号を送信し、受信側において、受信信号列から論理式に合った符号化信号列を最尤推定するアルゴリズムである [7][8][9]。

一般的なビタビ復号で用いられている最尤推定は、符号化信号の基となるレジスタの状態遷移をすべて検証するため、全状態について演算し、尤度を求め、比較する。最終的に得られた、尤もらしい状態遷移から、誤り訂正されたデータを算出している。図 6 に一般的なビタビ復号におけるトレリス線図を示す。

このアルゴリズムは複数センサーで検出された n次元情報の状態遷移に適用させても、同様に最尤パス選択を実行させることが可能である。

図 7 は次元球の遷移から最尤パス選択をイメージしたものである。

(1) データ補間の原理

これまでのヘテロジニアスネットワークを用いた信号伝送では、無線環境の劣化、回線輻輳などにより、検出した情報を常時連続して送ることはできなかった。このため、伝送できない時刻においては、情報を待機させる必要があった。

これに対し、提案方法では、ビタビアルゴリズムによる最尤検出回路を適用することにより、仮に n次元情報を送れなかったとしても、全ての仮想したパスの中から最尤パスを選択することから、途中の情報を推定することが可能となっている。ネットワーク上で何らかの理由で伝送できなかった欠落した情報が復元される原理を図 8 に示す。また同時に一般的なビタビ復号回路も同時に示す。

提案方法では、欠けた情報の補間ばかりでなく検出データをヘテロジニアスネットワークの回線状態に関わらず、リアルタイムに伝送できていることが分かる。

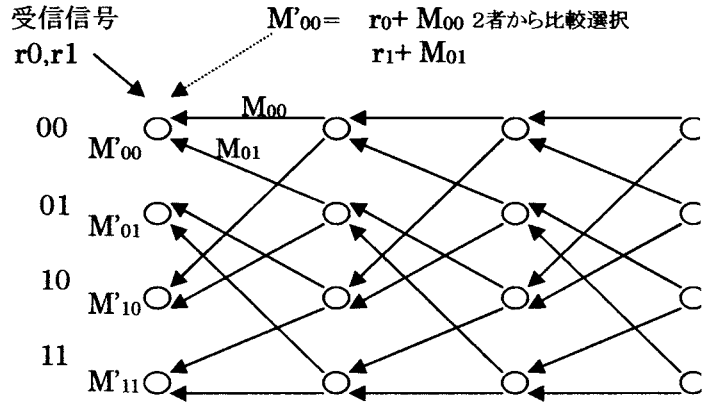


図 6 一般的なビタビ復号におけるトレリス線図

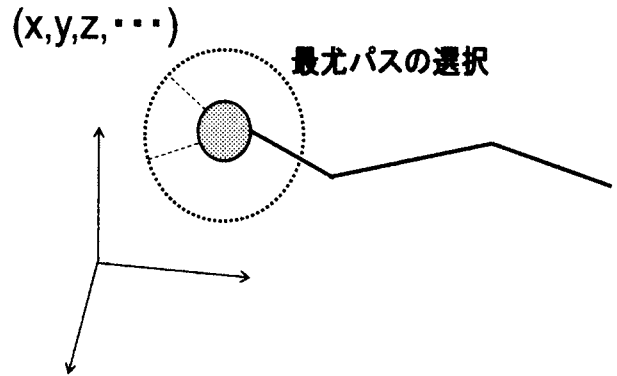
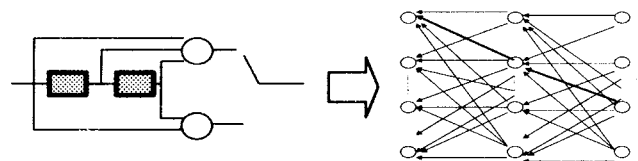
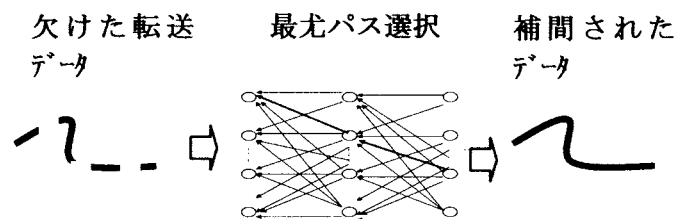


図 7 n次元球の状態遷移から最尤パスを選択



(a) 一般的なビタビ復号



(b) 最尤パス選択を用いたデータの補間

図 8 転送されなかった情報が復元される原理



5. 計算機シミュレーションによる実証

提案する伝送方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

5. 1 補間特性

図9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)はヘテロジニアス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。図9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。

5. 2 打ち切りパスメモリ数

ビタビアルゴリズムによる最尤復号回路の構成を図10に示す。

完全な最尤復号をするためには、過去の状態を記憶しているパスメモリを切ることはできない。しかし、ハードは有限であり、実質的な所で切る必要がある。通常用いられている誤り訂正回路では、拘束長の5から6倍であれば十分であるといわれている。

本提案に用いた場合におけるパスメモリ長を決めるため、どのあたりで収束するか調べてみた。

生き残りパスが選択されることにより、次第に間違った値を持つパスメモリが少なくなり、深くなると全て同じ値になる。

図11は、各状態毎にあるパスメモリの値は一定以上深くなると、同じ値になることを示したものである。

状態数は256であり、全て一致した場合、一致する数は256になる。

図より、20程度で、全てのパスメモリの値が一致することがわかる。従って、正六角形構成では、20程度のパスメモリを用意すればよいことがわかる。

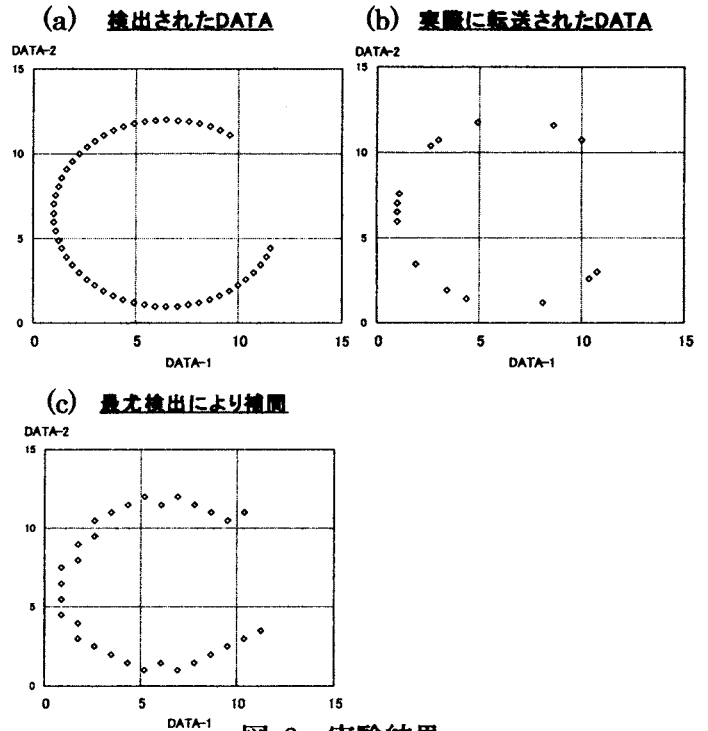


図9 実験結果

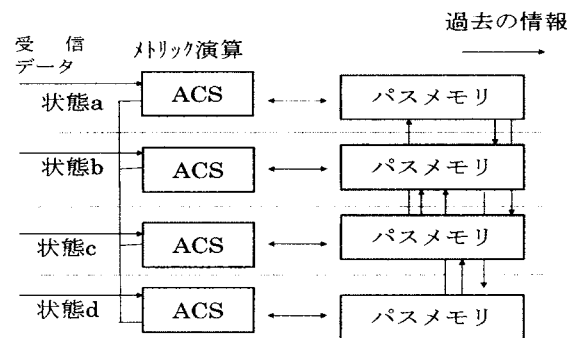


図10 ビタビ復号回路の構成

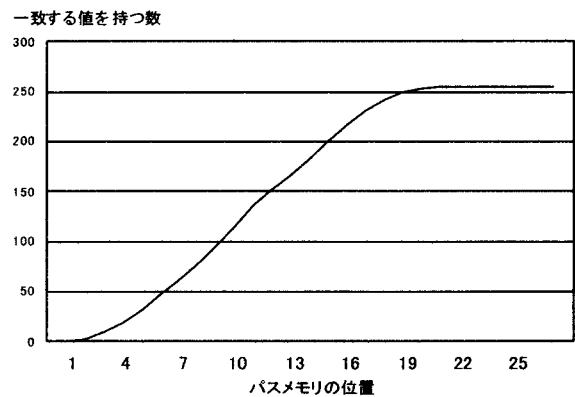


図11 同じ値を持つパスメモリ数

5. 3 回路規模の推定

回路規模を推定する。

状態数が、全固定ノード数であることから、状態数分の ACS 回路とパスメモリを作る必要がある。

この状態数は、一般的な通信において用いられている状態数と大差ない。例えば、伝送能率 1/2、拘束長 7 のビタビ復号回路では、64 状態である。固定ノード 64 の場合と同じである。

しかしながら、本提案の回路規模を大きくする要因として、一般的な通信において、パスメモリでは“0”“1”を表す 1 ビットの系列であるのに対し、常にどの状態からの遷移であるかを記憶しておく必要があるため、固定ノード 64 では、6 ビットいる。従って、1 系列あたりのパスメモリ量は 6 倍になる。また、ACS 回路においても、伝送能率 1/2 では、2 つのパスの比較でよいのに対し、正六角形構成である本例では、自身への遷移を含め 7 パスの比較を比較する必要があり、回路規模が大きくなる。

しかしながら、本例程度の状態遷移では、回路規模が大きくなっても、現在市販されている中規模 FPGA 素子 (Field Programmable Gate Array) で十分対応することが可能である。

表 2 は本モデルを実現した場合における回路規模を見積もったものである。また、表 3 に市販の FPGA の回路規模を例として示す。

表 2 は固定ノード数をパラメータとし、以下の条件で算出した。

算定条件：

- ・ ACS における 1 状態における演算回路: 比較、加算回路を合わせて 40 エレメント、
- ・ 1 記録当たりのパスメモリ bit 数 8bit (セルの番号を 8 ビットとして表現)

例えば、本例で示した固定ノード 256 のモデルでは、エレメント数 10k、メモリ 68kbit が必要となり、これは中規模 FPGA で十分実現可能であることを示している。

表 2 回路規模の推定

設計値			回路規模		
固定ノード数	状態数	パスメモリ打ち切り段数	ACS		パスメモリ
			エレメント数	メモリ数 (bit)	メモリ数 (bit)
16 (4x4)	16	10	640	128	1,280
64 (8x8)	64	16	2,560	512	8,192
256 (16x16)	256	32	10,240	2,048	65,536
1024 (32x32)	1,024	64	40,960	8,192	524,288

表 3 現在市販されている FPGA

回路規模	ロジックエレメント数	メモリー数 (bit)	デバイス名
小規模	5,136	414,000	CyclonIII EP3C5
中規模	39,600	1,134,000	CyclonIII EP3C40
大規模	119,088	3,888,000	CyclonIII EP3C120

## 6. あとがき

n 次元化情報をヘテロジニアスなネットワークを介して伝送する方法を提案した。

本伝送方法を計算機シミュレーションにより、実証した。

今後は、FPGA を用いた最尤検出回路を製作し、実証回路を試作し、フィールド試験を行う予定である。

## 文 献

- [1] 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
- [2] 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
- [3] T. Kohri, “Location Estimation Method Based on Viterbi Algorithm”, IEEE Vehicular Technology Conference, 7 D-4, 2009 Fall
- [4] 郡、服部、“n 次元ユークリッド空間を用いた変調方式”、信学技報、RCS104(20), 91-96, 2004
- [5] 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
- [6] [http://www.geocities.jp/ikuro\\_kotaro/koramu/mugenjigen3.htm](http://www.geocities.jp/ikuro_kotaro/koramu/mugenjigen3.htm)
- [7] <http://mathworld.wolfram.com/HyperspherePacking.html>
- [8] Conway, J. H. and Sloane, N. J. A. “Sphere Packings, Lattices, and Groups”, 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1993.
- [9] 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
- [10] John G. Proakis, “Digital Communications”, McGraw Hill Higher Education; 4New Ed edition, 2000
- [11] 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
- [12] 三瓶、“コグニティブ無線の動向と展開”、通信ソサエティマガジン No5, 2008
- [13] 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
- [14] 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
- [15] 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
- [16] 今井秀樹、“符号理論”、電子情報通信学会、2000
- [17] 久保田、郡、加藤、“SST(Scarce State Transition)型ビタビ復号回路”、信学会論文誌 B, Vol69B no11, 1986

# センサレス駆動ブラシレスモータの始動方法の検討

Study on starting method of brushless-motor with sensor-less drive system

山口 創太\*      恩田 一\*\*  
 Sota YAMAGUCHI      Hajime ONDA

**Abstract:** Study of starting method for brushless-motor driven with sensor-less system is described. We established a sensor-less drive system. However, an emf detection method is applied in our sensor-less drive system, which needs a starting circuit. At this study, a starting circuit was fabricated and tested. In addition, the circuit was experimented to regulate circuit constants. A starting circuit was worked well and the circuit constants affect stability of starting of the motor. **Key word;** brushless-motor, sensor-less drive, starting circuit,

## 1. はじめに

これまでの研究では、誘起電圧検出方式を用いてブラシレスモータのセンサレス駆動に成功した<sup>1)</sup>。しかし、ブラシレスモータを自動で始動させることができず、始動方法の検討が課題となっていた。

本報告は、ブラシレスモータをセンサレスで始動するための方法および具体的な回路構成について検討を行ったものである。

## 2. 始動原理

### 2.1 始動回路の必要性

本研究ではセンサレス駆動時の磁極位置検出方法として誘起電圧検出方式を採用している。これは、回転しているモータが発電機としても働くことを利用した方法であり、電機子巻線（ステータコイル）に発生する誘起電圧をモータ巻線の中性点と比べることによって磁極位置に応じた駆動信号を得ることができる。誘起電圧検出方式を用いることによって1サイクル中での検出ポイントが少なく済み、誘起電圧の波形から比較的容易に磁極位置を推定できる利点がある。

しかし、モータの停止時には誘起電圧が発生しないため、この方法では磁極位置検出ができない。したがって、最初にモータを十分な速度になるまで回転させる必要がある。この方法について一般的には、外部から磁極位置とは無関係な三相の信号を与え、強制的にモータを回転させる方法が用いられる<sup>2)</sup>。

### 2.2 始動信号波形

センサ付きのブラシレスモータを停止状態から徐々に回転数を上げていったとき、各相のホールセンサからは図1のような周波数が時間の経過と共に上昇する三相電圧が出力される。このような波形の電圧をホールセンサではなく、外部回路で作成し、始動信号として同じように入力

すればセンサのないブラシレスモータでも始動することができる。

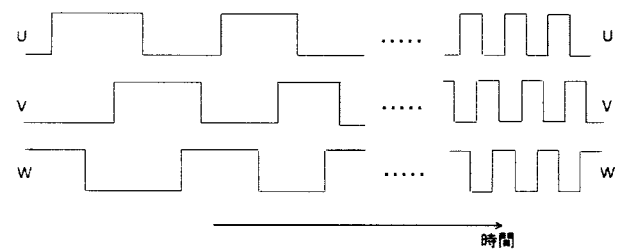


図1 回転数上昇時のホールセンサ信号

### 2.3 信号周波数の増加方法

信号周波数の増加方法を図2に示す。

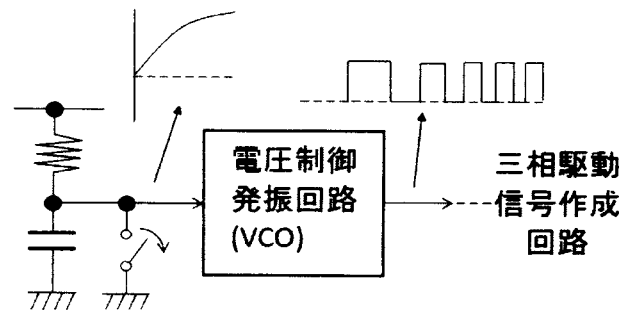


図2 信号周波数の増加方法

まず、RC回路にステップ状の電圧を加え、時間に比例して増加する電圧を作る。図中において、コンデンサとは並列にスイッチが接続されているが、これを閉じた状態から開くことによってステップ状の電圧を加えることができる。また、始動回路を構成する回路の制御タイミングはこのRC回路の出力電圧によって得るため、以下このRC回路をタイマRCと呼ぶことにする。次に、RCタイマの

2011年3月3日受理

\* 理工学部 電気電子情報工学科 学生

\*\* 理工学部 電気電子工学科

出力電圧をVCOへ加える。VCOとは後に述べるように、周波数を電圧によって変化させることができる発振回路のことである。こうして、VCO出力信号の周波数は時間の経過と共に上昇する。これを、三相駆動信号作成回路で三相分配することにより、図1のような始動信号を作ることができる。

2.4 始動回路の構成

以上より、始動回路には、RCタイマ、VCO、三相駆動信号作成回路が必要であることがわかった。さらに、定常運転へ移行するには、誘起電圧が増加し、磁極検出ができるようになったところで信号の切り替えを行う必要がある。従って、始動回路は図3のようにRCタイマ、VCO、三相駆動信号作成回路、切り替え回路で構成される。

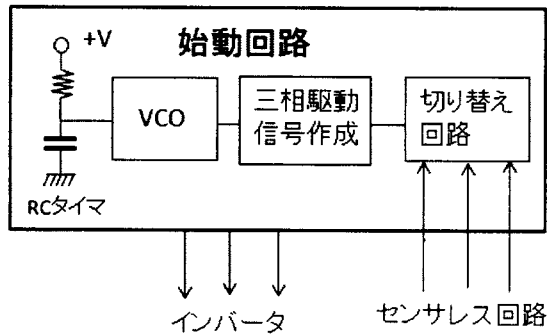


図3 始動回路の構成

3. 実験システムの構成

本研究ではまず、始動回路の動作確認を行い、続いて回路定数（始動時間、インバータのデューティ比）を変化させ、始動動作にどう影響するか実験した。使用したモータは津川製作所製のブラシレスモータで、講習会等で組み立て製作できるタイプのものであり、巻線を自分で巻いて自作したものである。

3.1 実験システムブロック図

システム全体のブロック図を図4に示す。破線で囲まれた部分が始動回路である。ここにブラシレスモータの駆動回路とセンサレス回路が接続されている。さらに、駆動回路でインバータを制御し、ブラシレスモータを駆動する。

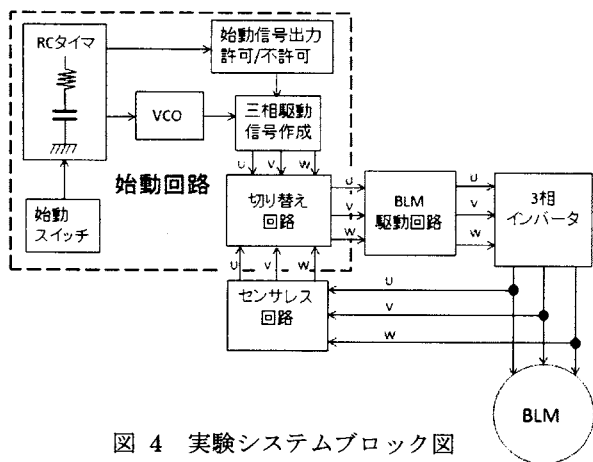


図4 実験システムブロック図

始動スイッチを投入するとRCタイマの時定数(以下タイマ時定数)で決まる時間、モータの始動を行う。しかし実際には、VCOに使われるオペアンプの基準電圧(電源電圧の1/2、本研究ではグランドから+6V)に達しなければスイッチを投入してもVCOが動作しないため、その間に異常な電圧が出力されないよう、始動信号の許可/不許可の制御回路を付け足した。以下、始動回路内の主なブロックについて説明する。

3.2 VCO

VCOとはVoltage Controlled Oscillatorの略であり、直訳すると電圧制御発振回路、すなわち、入力電圧(直流)によって周波数を制御できる発振回路である。図5に示す回路は低周波電圧制御発振回路(LF-VCO)と呼ばれ、1Hz以下の低周波信号も出力できるVCOである<sup>3)</sup>。本研究ではこの回路を採用した。1段目のオペアンプは極性切り替え回路であり、FETがオンすると利得1の反転増幅器として動作し、出力電圧 $V_{o1}$ は $-V_{in}$ となる。また、FETがオフするとフォロウとして動作し、 $V_{o1}=V_{in}$ となる。2段目はミラー積分回路で、極性切り替え回路の出力を $V_o/C_0R_0$ の傾斜で積分する。3段目はコンパレータであり、2段目の出力 $V_{o2}$ を基準電圧 $V_{ref}$ と比較し、方形波を生成すると共に、 $V_{o1}$ の極性を切り替える。なお、 $V_{ref}$ は $V_{o3}$ を2つの抵抗で分圧した値である。

最初、3段目のコンパレータの出力 $V_{o3}$ がHレベルであると仮定する。このときFETがオンし、 $V_{o1}=-V_{in}$ となるため、 $V_{o2}$ が $V_o/C_0R_0$ の傾斜で増加する。 $V_{o2}>V_{ref}$ になると、コンパレータの出力がローレベルとなり、FETがオフする。すると $V_{o1}$ の極性が変わり $V_{o1}=V_{in}$ となるため $V_{o2}$ は $-V_o/C_0R_0$ の傾斜で減少する。 $V_{o2}$ が基準電圧より低くなると $V_{o3}$ がHレベルとなり、最初の状態に戻る。発振周波数は $C_0$ の充電に要する時間で決まる。 $V_{in}$ が低いと積分回路入力電流は小さくなり、充電に要する時間が長くなるため、発振周波数は低くなる。逆に $V_{in}$ が高いと入力電流は大きくなり、充電に要する時間が短くなるため、発振周波数は高くなる。この特性を利用して、発振周波数を制御することができる。

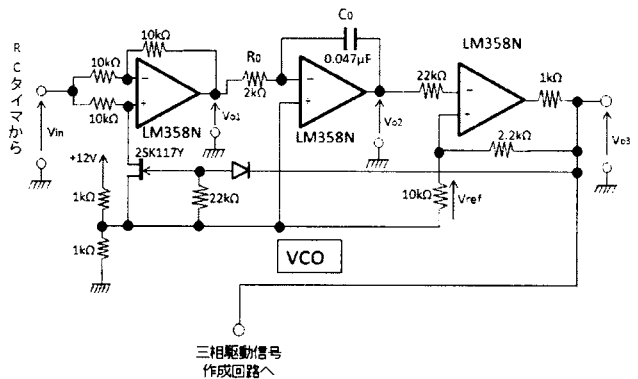


図5 電圧制御発振回路 (VCO)

3.3 三相駆動信号作成回路

三相駆動信号作成回路の構成を図6に示す。三相の信号波形を作成するには、3相分の立ち上がり、立下りのタイ

ミングを制御する必要があり、従って、信号波形1サイクルにつき6回の制御が必要となる。VCOからの信号はまず、カウンタIC(TC4520BP)へ入力され、2進数の000から101まで6ステップで計数する。カウンタICの出力をBCD-10進デコーダへ入力すると、カウント値に応じた制御タイミングを生成する。これをRS-FFへ入力すると3相の始動信号を作ることができる。信号の出力を持続させるためには、カウント値が101になったところでカウンタをクリアし、再度計数する必要があるが、クリア動作が安定になるように単安定マルチバイブレータIC(TC4538BP)を使用した。これにカウンタICの $Q_0$ 、 $Q_2$ をAND演算し、入力すると、カウンタICが101を出力し終わったタイミングでクリア動作ができる。

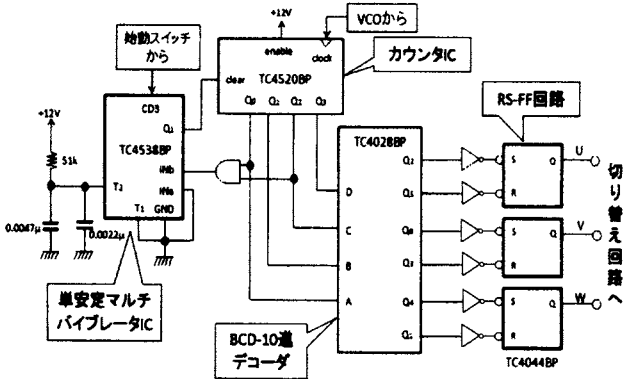


図6 三相駆動信号作成回路

3.4 切り替え回路

切り替え回路の構成を図7に示す。始動スイッチ投入直後は左側のコンパレータCMP1の出力がHであり、右側のコンパレータCMP2の出力がLとなっている。従って、左側のAND回路へHが入力され、三相駆動信号作成回路から

の始動信号が有効になる。その後、RCタイマの電圧がCMP1の基準電圧 $V_{ref1}$ を超えると、CMP1出力がLとなるため、始動信号が無効になる。そしてCMP2の出力が、間のRC回路により少し遅れてHとなり、センサレス信号が有効となる。このときの遅延によって、電機子電流を一瞬遮断し、惰性で回転させてから切り替えることで円滑な切り替えができるよう工夫した。

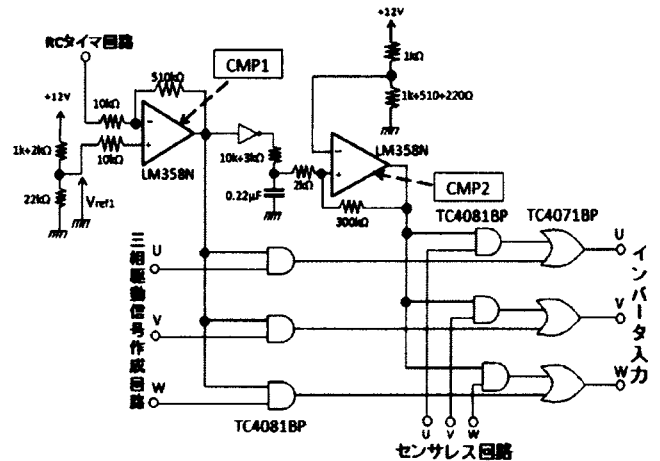


図7 切り替え回路

4.5 実験装置の構成

始動回路全体の構成図を図8に示す。これらの回路を全て1枚の基板の中に構成した。また、実験システム全体写真を図9に示す。波形の観察には図中に示す記録装置(HIOKI 8855メモリハイコーダ:日置電機)を使用した。これを使用することで10秒ほどの比較的長時間にわたって波形を取り込むことができる。

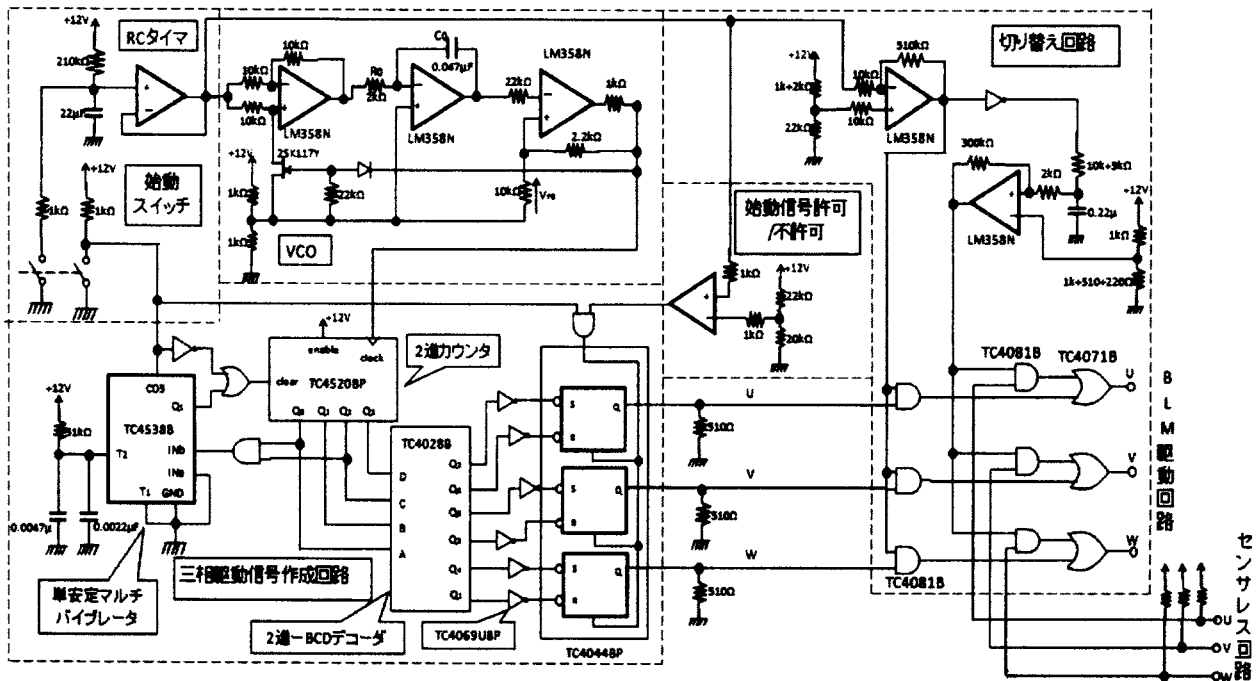


図8 BLM 始動回路

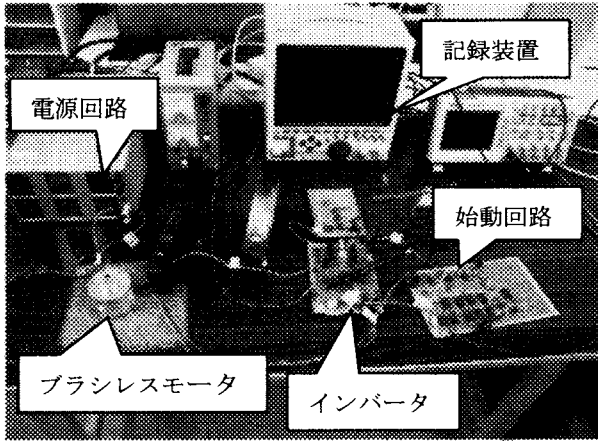


図9 実験システム全体写真

5. 実験結果

5.1 動作確認

動作確認では無負荷のブラシレスモータを実際に始動させ、動作の様子を観察し、さらに、始動信号および誘起電圧波形を観察して期待通りの動作ができるか確認した。

始動スイッチ投入後、しばらくしてモータが回転を始め、次第に回転数が上昇していく様子が見られた。数秒後、定常運転へ移行し、モータを正常に始動することができた。

回転開始直後の始動信号および誘起電圧波形を図10に示す。ただし、記録装置のチャンネル数が少なかったため、それぞれ1相分の波形について示す。

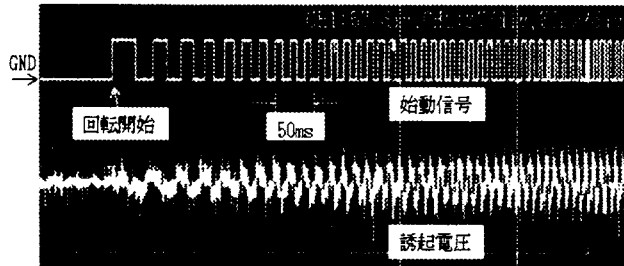


図10 回転開始時の始動信号および誘起電圧波形

図10より、始動信号は時間の経過と共に周波数が上昇していることがわかる。また、これと同時に誘起電圧の振幅が大きくなっていく様子が見られる。すなわち、始動信号と同期してモータの回転数が上昇していることがわかり、このことから、試作した始動回路でセンサの無いブラシレスモータを始動できることを確認した。

5.2 回路定数を変えて実験

この実験では、タイマ時定数やインバータのデューティ比を変え、まず、始動回路が安定して動作する回路定数の範囲を調べた。続いて、始動信号、センサレス信号、電機子電流波形を測定し、安定な場合、不安定な場合でそれぞれ比較した。なお実験の際、インバータ部分の電源電圧は24Vとした。安定な回路定数の範囲を調べた結果を表1に

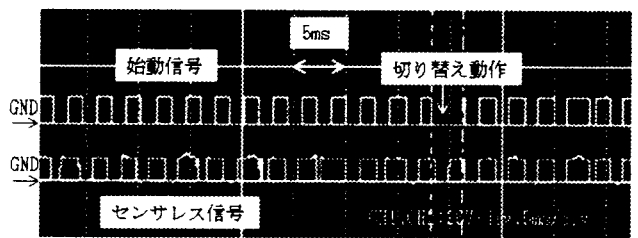
示す。

表1 安定な回路定数の範囲

	タイマ時定数[s]	デューティ比[%]
上限値	7.04	15
下限値	0.49	8
最適値	0.90	12

表1からタイマ時定数についてはかなり広い範囲で安定するのにに対し、デューティ比は数%程度の範囲でのみ安定し、わずかな変化で動作に大きな影響を与えられと考えられる。また、最適値(タイマ時定数=0.90s、デューティ比=12%)で実験したとき、実際の始動時間を測定したところ、1.24~1.34sであり、タイマ時定数とほぼ等しくなることがわかった。特に、タイマ時定数を非常に小さくした際、始動中にモータが同期外れを起こし、停止してしまうことが多かった。このときの波形を測定し、安定時のものと比較すると、センサレス信号と電機子電流波形に大きな違いが見られた。

安定な場合の一例としてタイマ時定数を0.90sとした時の測定波形を図11に示す。



(a) 始動信号およびセンサレス信号 (切り替え時点拡大)



(b) 電機子電流 (動作全体)

図11 タイマ時定数=0.90sでの測定結果

図11(a)において、センサレス信号は始動信号と周波数がほぼ一致し、両者が同期できていることがわかる。さらに、図11(b)により、回転開始から切り替え動作までの間、大きな電流が流れていることがわかる。これは、停止中のモータには誘起電圧が発生しないため、電源電圧がじかに電機子巻線に印加されることに加え、巻線の抵抗が非常に小さいためである。

タイマ時定数が極端に小さい場合の例として、0.11sにした場合の測定結果を図12に示す。

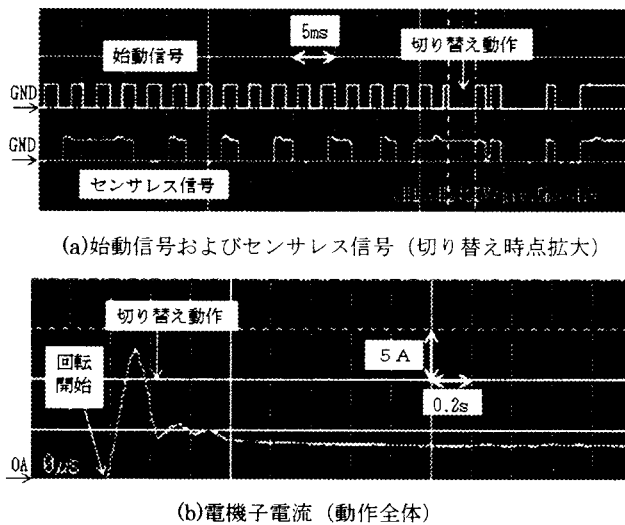


図 12 タイマ時定数=0.11s での測定結果

図 12(a)より、センサレス信号および始動信号の周期が一致していないことがわかる。始動時間を短くすると、始動信号の周波数上昇は速くなるが、あまりに早くしすぎるとロータがそれに追従できなくなり、同期外れを起こしてしまうと考えられる。また、図 12(b)を見ると、図 11(b)と同様、始動時の電流が大きくなっているが、回転開始直後の電流の立ち上がりが急峻になっている。

今回は無負荷のブラシレスモータを使用したがる、ロータ自体にも慣性モーメントがあるため、短時間で回転数を上げようとするとき大きなトルクが必要となる。すると、このときモータに流れる電流も非常に大きくなってしまふため、電源へのショックが大きくなってしまふことが考えられ、さらに、急激なトルク増加によって、モータや負荷にかかる機械的なショックも大きくなってしまふと考えられる<sup>1)</sup>。

## 6. まとめ

①試作した始動回路により、始動信号を作成することができ、この信号によってブラシレスモータを始動することができた。従って、試作した始動回路が正常に動作することを確認した。

②ブラシレスモータの始動を安定させるためには、始動時間やインバータのデューティ比を限られた範囲で設定する必要があり、また、始動時間については安定範囲が広いのに対し、デューティ比については安定範囲が非常に狭く、特に細かい調整が必要であることがわかった。

さらに、始動時間を極端に短くした場合、うまく始動できない場合がある、モータ・負荷に対する機械的な負担や電源に対する電氣的な負担が大きくなってしまふ、といった問題があり、始動を速くするには限度があることが明らかになった。

## 7. 今後の課題

①定常運転中に始動スイッチを戻した場合、センサレス信号の入力が無効になってしまうためモータが停止するという問題がある。定常運転へ切り替えた後は始動回路の状態とは無関係にインバータ側で独立した運転ができるよう、切り替え回路を改良する必要がある。

②今回、始動を安定させるためには、デューティ比を細かく設定する必要がある。また、設定は始動前に行う必要がある、始動中にデューティ比を変化させることができない。そこで、始動中にも適切にデューティ比を変化させることができればより安定した動作ができると考えられる。従って、モータの状態に応じてデューティ比を制御するための回路が必要となる。

## 参考文献

- 1) 恩田一；“小型ブラシレスモータの高速・センサレス駆動システム”，静岡理科大学紀要，18巻，(2010年)
- 2) トランジスタ技術 2000年2月号“センサレス DC モータの駆動法” CQ 出版，P221
- 3) 稲葉保著；“発振回路の完全マスター” 日本放送出版協会，P100 (1988)
- 4) 望月傳著；“イラスト・図解 機械を動かす電気の極意 自動化のしくみ” 技術評論社，(2004)
- 5) 谷腰欣司著；“ブラシレスモーターの実用技術 モーターの基礎から IC 制御回路と定速回転まで” 電波新聞社，(2005)
- 6) 谷腰欣司著；“ステッピングモーターの実用技術 モーターの基礎から駆動メカニズムまで” 電波新聞社，P93, 120(2006)
- 7) 萩野弘司著；“ブラシレス DC モータの使い方” オーム社，(2003)

## 小型ブラシレスモータの高速・センサレス駆動システム(2)

### Ultra-high speed and sensor-less drive system for small brushless-motor (2)

恩田 一\*  
Hajime ONDA

**Abstract:** Ultra-high speed and sensor-less drive system for small brushless-motor is described. Two types of motor rotors are experimented for more than 300,000 rpm rotational speed. SPM rotor is broken at nearly 200,000 rpm and IPM rotor achieved 300,000 rpm rotational speed. The cooling system is very important for this experiment. Here, forced air cooling system is used and not enough for normal operation over 300,000 rpm rotational speed. Yet, it is verified that the sensor-less drive system is very useful for this application.

**Key word;** brushless-motor, sensor-less drive, high speed

#### 1. はじめに

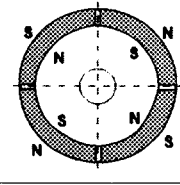
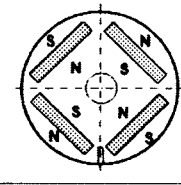
ブラシレスモータは直流モータ(ブラシ付き)の優秀な制御性能を有しながら、直流モータの弱点であるブラシ・整流子に起因する低信頼性・低保守性の欠点を除去した理想的なモータで、色々な用途に多数利用されてきている。しかし、巻線の極性切り換えのためにロータの磁極位置を検出する必要があり、半導体式のホールセンサ等をモータ内や回転軸回りに設置する必要がある。ホールセンサは半導体で熱や振動に弱い電子部品であり、モータが高速で回転する環境に取り付けるのは信頼性上の懸念がある。また、このセンサ信号を得るためには、電源線を含めて最低5本の信号線が必要で、これが不要になれば、ドライバーからモータへの電線は太くて丈夫な3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

本報告は、数百ワット程度の小型ブラシレスモータを小型・高速回転の加工機用主軸スピンドルとして応用すべく、目標 30,000 rpm の高速回転で、上記ホールセンサ等の磁極位置センサを使用しないセンサレス駆動方法を研究したものである。前報<sup>1)</sup>では、表面磁石型(SPM)モータで 20,000 rpm まで回転させることができたが、ロータの磁石が熱と遠心力で剥がれて破損し、目標とする 30,000 rpm は達成できなかった。ここでは、ロータを内部磁石型に改良し、モータ本体の放熱性能を向上させて、目標の 30,000rpm を達成したことを報告する。

#### 2. 表面磁石型(SPM)ロータと埋込磁石型(IPM)ロータ

ブラシレスモータ本体は永久磁石型同期電動機であり、ロータは永久磁石と鉄心より構成されている。ロータの永

久磁石構造には表面磁石型(SPM)と埋込磁石型(IPM)がある。図1にそれぞれのロータ構造と特徴を示す。

	SPM (SPMSM)	IPM (IPMSM)
	表面磁石型同期モータ Surface Permanent Magnet Synchronous Motor	埋込磁石型同期モータ Interior Permanent Magnet Synchronous Motor
ロータ構造		
回転力	磁石トルク	磁石トルク+リラクタンストルク
制動性能	◎	○
トルク応答性	◎	○
出力	△	◎
効率	○	◎

注) ◎△の比較は「大山知博: P.Mモータの特性比較と構造設計ソフト, 機械設計, 2007vol. 31, No. 11」を引用した。

図1 SPMモータとIPMモータの比較

SPM ロータはロータコア表面に永久磁石を張り付けた構造で、回転角度方向に磁氣的に等方なため、コギングトルクが少ない利点がある。しかし、永久磁石はコア表面に接着材で接着してあるため、モータ内部が高湿になると接着剤の強度が低下し、回転の遠心力により剥がれて破壊しやすい構造である。

一方、IPM ロータはロータコア内部に永久磁石を埋め込んだ構造で、回転角度方向には磁氣的異方性があるためコギングトルクが大きい。磁氣的異方性によるリラクタンストルクも利用できるため、出力は大きくとれる。磁石の強度はコア内に埋め込まれているので、遠心力には大変強く、高速回転型に適した構造である。

近年、電気自動車等への応用では、コギングトルクには目をつぶり、出力の大きさに注目して、IPM ロータ型ブラシレスモータ利用が多く、工作機においても同様である。

2011年3月3日受理

\* 理工学部 電気電子工学科



実際に使用したロータの写真を図2に示す。ロータの直径はφ26、長さL23である。

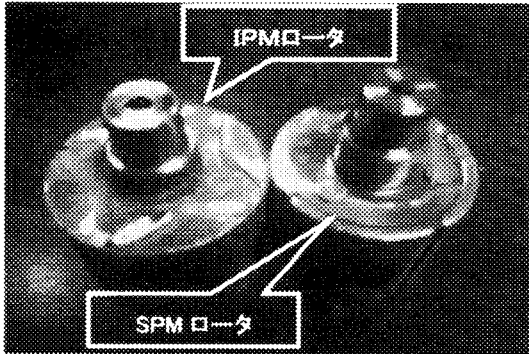


図2 SPMロータとIPMロータ

また、使用したモータの全体写真を図3に示す。

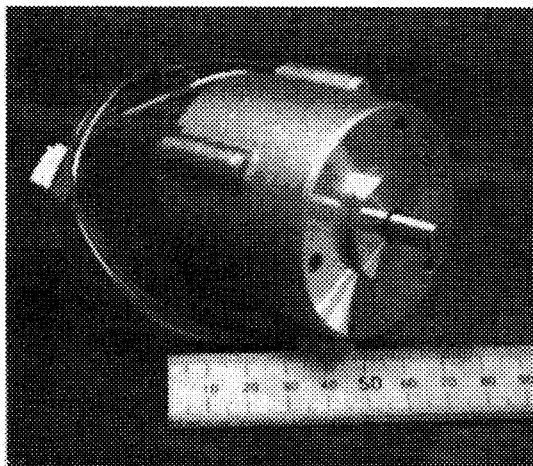


図3 モータ全体写真

3. 放熱性能向上

供試モータは図3で判るように密閉型で冷却はステータハウジングからの放熱のみである。一方、モータの発熱はステータの内周およびロータからの発熱が多く、モータ内部を冷却することが重要である。ここでは、軸方向に冷却用エアを流す強制空冷方式で冷却した。冷却構造図を図4に示す。

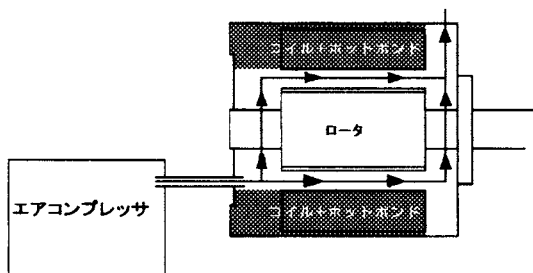


図4 モータ冷却構造

超小型エアコンプレッサからのエアはモータのステー

タとロータの間隙(エアギャップ)を通して流れるように構成した。そのため、ステータ部のコイル隙間を接着剤(ホットボンド)で埋め、空気流がエアギャップに集中して流れるよう工夫した。空気流量はおよそ20 l/minである。エア源のコンプレッサは超小型の携帯用タイヤ空気圧用のものを利用した。これでもかなりの騒音を発生するので、遮音用にコンテナBOX内に入れた。

4. 実験装置の構成

実験用駆動システムの構成を図5に示す。センサレス駆動のため、モータへの配線は3相電力線3本のみで、センサレス信号発生のための磁極検出用配線は、図5の破線内の電子回路基板内になる。

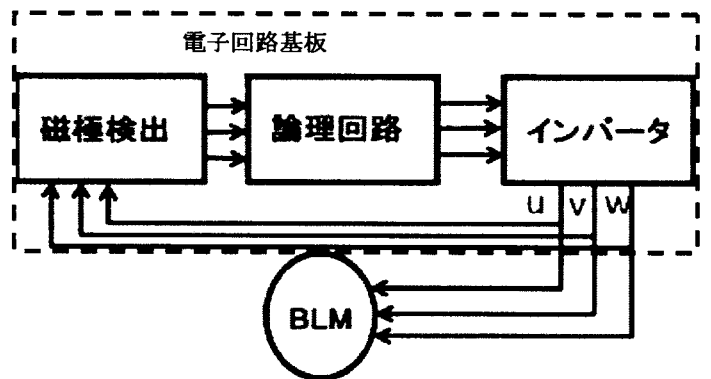


図5 センサレス駆動システム構成

インバータ回路部分を図6に示す。高速回転させるには電源電圧も上げる必要があるため、駆動用トランジスタ(パワーMOSFET)を高耐圧化し(60V)、電流量も増やした(60A)。図6のホールセンサ入力信号の箇所磁極位置検出回路からのセンサレス信号を入力する構成である。パワーMOSFETもかなり発熱するため、大きめの放熱フィンを取り付け、外部ファンによる空冷を行った。

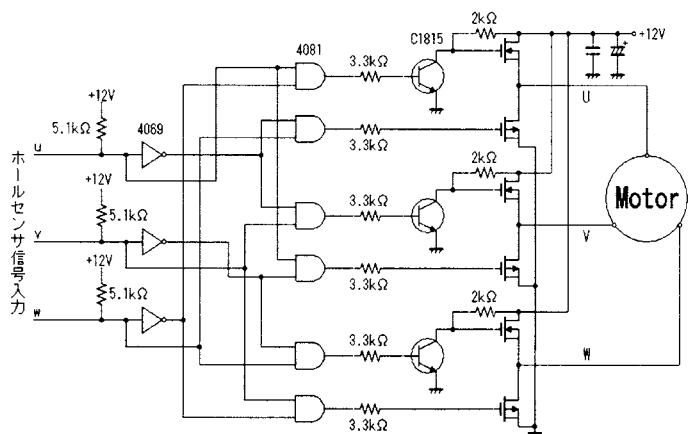


図6 インバータ回路図

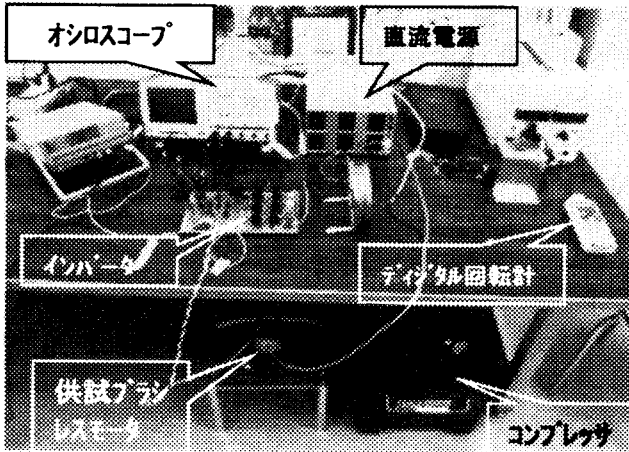


図7 実験装置構成

実験装置全体の構成写真を図7に示す。高速回転による危険性回避のため、供試モータは鉄架台に取り付け、机の下に設置した。モータの回転数測定は図7中にある光学式デジタル回転計で行い、モータの逆起電力波形の周期をオシロスコープで読み取って再確認した。

5. 実験結果

5.1 SPM モータ実験

SPM ロータ型ブラシレスモータでの高速回転実験結果のグラフを図8に示す。横軸はモータ回転数、縦軸はモータ誘起電圧と直流電源の電流値である。電流値は入力電力の目安である。最高回転数は20,000 rpm弱で、ロータが接触して回転停止となった。16,000 rpm程度から直流電流が急上昇しているのは、ロータの回転抵抗が増大したため、軸受部分の抵抗増大やロータが何らかの形で接触し始めたものと思われる。この最高回転数20,000 rpm弱という結果は前報で示した昨年度の結果と同様であった。前報では冷却が、今回よりも悪かったため、磁石の接着が剥がれて破損に至ったが、今回は破損までは行かなかった。実験後、分解してロータを抜き出してみると、ロータ補強

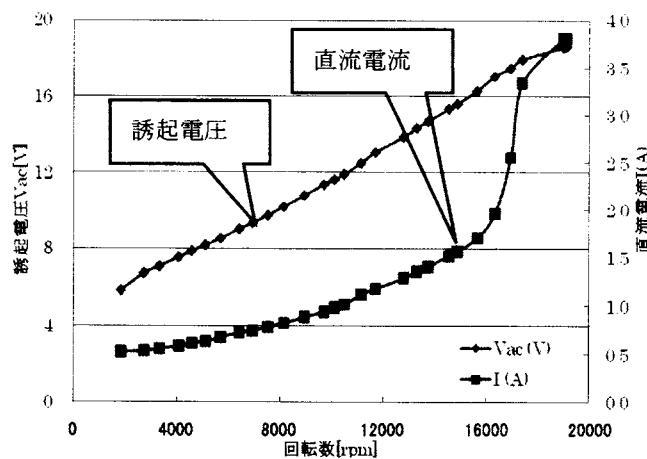


図8 SPM モータ実験結果

用の被覆材の一部が剥がれていることが確認された。磁石自体は破損していなかった。

5.2 IPM モータ実験

IPM ロータ型ブラシレスモータでの高速回転実験結果のグラフを図9に示す。回転数は30,000 rpmまで達成できた。回転数上限は電源電圧の上限で、機械的な接触や破損等は発生していないが、本実験では、これ以上電圧は上げられなかった。回転数24,000 rpm程度から、SPMの場合と同様に直流電流が増大し始め、回転抵抗が増大していることが判る。また、この電流値が最高回転数で下がり始めており、検討を要する点である。

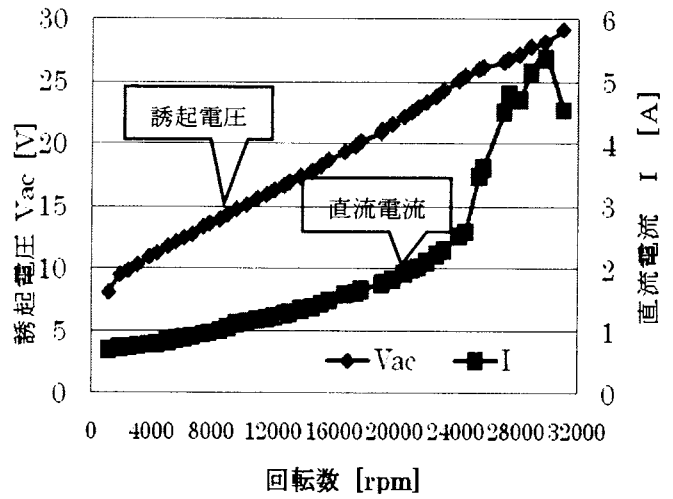


図9 IPM モータ実験結果

5.3 実験後のモータ内部の確認

IPM モータでの高速回転実験後にモータを分解して内部を調査した。実験直後はモータハウジングが高温状態で触れず、5分ほど冷却した後、分解した。その様子を図10に示す。分解直後に赤外線温度計で温度測定した結果、ロータ(軸受)部温度は82℃であった。巻き線を固定していた接着剤が溶けて流れ出ていたが、ロータや軸受の傷等は観察されなかった。軸受はグリース潤滑式の小型ボールベアリングである。実験中の内部ロータ付近の温度は相当高かったものと思われる。

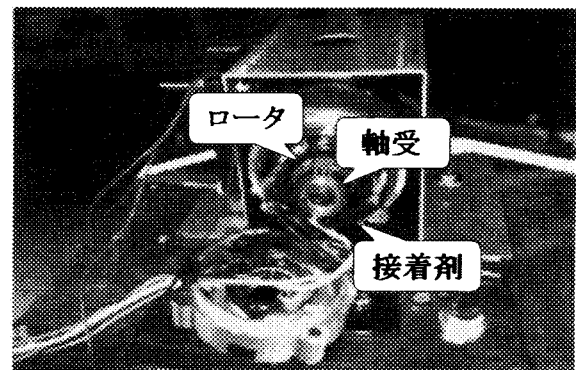


図10 IPM モータ実験後分解写真

## 5. 考察と今後の課題

ブラシレスモータのセンサレス駆動が理論どおり完成し、初期の目標であった最高回転数 30,000 rpm が達成できた。電気的な駆動系についてはパワーMOSFET の冷却向上が望まれるが、ホールセンサ式に懸念されるセンサ関連不具合等は全くない。この結果、このような用途にはセンサレス駆動方式がよく適していることが実証された。

今後の課題としてはモータ関連で下記があげられる。

- (1) 負荷状態での実験
- (2) 冷却性能の改善
- (3) 高速回転時電力増大の原因究明と対策
- (4) さらなる高速化

### (1) 負荷状態での実験

今回の実験は無負荷状態で行われた。実際の負荷状態での実験が必要である。そのためには、(2)の冷却の改善が必須である。ただ、工作機等での高速回転加工では、加工抵抗が回転数と共に低下する特性があつて、切削に必要な動力はそれ程大きくなく、ほとんどの動力がロータを高速回転させるための無負荷損（風損、摩擦損等）に消費されるため、負荷電力はそれ程大きくないと思われる。

### (2) 冷却性能の改善

現状でも冷却は不十分であり、より強力な冷却方法が必要である。対策としては①現状の内部強制空冷の空気流量の増大 ②ステータハウジングにウオータージャケットを付けて液冷（水冷）する。②の液冷は相当効果があると思われるが、真に冷却すべきはロータ部分のため、①と②の両方を併用することが有効と思われる。工作機等では加工用にクーラントを使うことが多いので、それを流用することで、②は比較的容易に実現できるものと思われる。

### (3) 高速回転時電力増大の原因究明と対策

本文中でも触れたが、高速回転になると急激に入力電流（即ち入力電力）が増大している。想定される原因としては ①高速回転と温度上昇に伴う軸受隙間や軸受潤滑など、軸受に関連する事項 ②ロータ自体の温度上昇や遠心力による膨張が考えられる。

①については、本軸受はグリース潤滑で通常DN値（D；軸受内径mm，N；回転数rpm）で100万程度可能である。ここで使用している軸受は型番608で、内径φ8のため、温度上昇の問題が無ければ数万rpm程度は十分可能と思われる。軸受以外からの温度上昇により軸受隙間が小さくなって回転トルクが増大している可能性がある。

②については、ロータの温度による膨張の他に、アンバランスによる振れ回りも懸念される。ロータ単体のバランスが必要と思われる。また、モータ発生トルクを大きくするためにロータとステータの隙間を小さく設計して

いるが、振れ周り量との関係から最適な隙間の設定が必要である。現状で隙間が不十分であるならば、ステータ内径を研磨して隙間を広げることが必要である。この際、ロータの回転バランスと共に、ステータ内径の同心度にも注意が必要である。

### (4) さらなる高速化

工作機は主軸回転数を上げるほど加工能力が向上するため、さらなる高速化が望まれる。上記(1)～(3)の課題をクリアし、さらにインバータの電圧と出力を増大して対応することになる。

本研究は榎本工業株式会社との共同研究として行われた。また、実験等は卒業研究として卒研生の尾崎翔君、福世高大君により行われた。関係各位に感謝致します。

## 参考文献

- 1) 恩田 一；“小型ブラシレスモータの高速・センサレス駆動システム”，静岡理工科大学紀要第18巻，P41（2010）。
- 2) 見城尚志，永盛重信著；“新・ブラシレスモータ”，総合電子出版，P79（2000）
- 3) トランジスタ技術 Special No.73；“ブラシレスモータのサーボ回路技術”CQ出版，P38（2001）
- 4) 荻野弘司著；“ブラシレスモータの使い方”オーム社（1995）
- 5) 市川真士他；“拡張誘起電圧モデルに基づく凸極型永久磁石同期モータのセンサレス制御”電学誌D，P1089，Vol.122，No.12（2002）
- 6) 山中建二他；“センサレス制御永久磁石同期電動機の実験特性”平成18年電気学会産業応用部門全国大会講演論文集，P I-407（2006）

# 教育用仮想マイクロコンピュータの開発—LEDによる動作の可視化

Development of a Virtual Micro Computer for Education Use – Visualization of an Operation with LEDs

袴田 吉朗\*

村田 英之\*\*

Yoshiro HAKAMATA

Hideyuki MURATA

Abstract: The material summarizes the design and manufacture of a Micro Computer System for education use. It consists of LEDs, CMOS SSIs, a CPLD for Parallel IO and a PIC micro computer. The system visualizes an operation of a Virtual Micro Computer by making LEDs On and OFF. The system hardware configuration and program configuration are precisely taken into account in the material.

## 1. はじめに

2000年度の卒業研究においてZ80, 8255APIO(パラレルIO)およびCMOS SSIを用いてマイクロコンピュータの動作を可視化する装置を試作した[1]. 試作した目的は、オープンキャンパスにおいて使用し高校生に電気・電子に興味を持って貰うことであったが、オープンキャンパスでは説明時間が十分に取れず、この装置は難しい、分からない、などと高校生にはあまり評判が良くないという結果に終わってしまった。

来年度から袴田が「マイクロコンピュータ応用」の科目を再度担当することになった。これを機会に、同装置を授業において学生に見せ、マイクロコンピュータの動作の理解を深めて貰うことを目指して同装置を棚から取り出して久しぶりに動作させてみた。残念ながら正常に動作しなかった。そこで同装置を正常に動作させるために、以下の調査を順番に進めていった。

① CPUの代わりにトグルスイッチを用いて、表示パネルにおけるLEDの点灯具合を調べた。

② 表示パネルのラッチ回路にアドレスを送出する3-8デコーダ回路の動作を調べた。

これらの回路については動作に問題がなかった。

③ 次に、Z80で作成されていたプログラムにおいてLEDの点滅制御を行っている部分のみをPIC16F648Aに部分的に移植し動作させてみた。この処置では装置は正常に動作しなかった。

④ 8255APIOについても、以前に買い求めていた残り少ない在庫品と取り換えてみた。オシロスコープを用いて入出力の波形をつぶさに観測し調査してみたが、ポートPAは正しく動作しているものの、ポートPBおよびポートPCは正しく動作していないことが判明した。

⑤ そのためゲートアレイCYC374i-100JCを用いて8255Aと同等の機能を有するPIOを試作することにした。これを適用したところ、ハードウェアの問題を解決することができた。

⑥ そこでプログラム全体をPIC16F648Aに移植してみたが、その動作はプログラムのシミュレーション結果とは全く異なる異質のものであった。冷静に調査を進めたところ、PIOの制御

プログラムに考え間違いがあること、3-8デコーダの配線にも齟齬のあることが分かった。これらの不具合を修正することにより装置を正常に動作させることができた。

なお新たに、表示できるプログラムの数を従来の7から15まで増加させること、動作の渦中にあるLEDを5回フラッシュさせることによりプログラムの流れを分かりやすくすること、などの処理を追加した。

## 2. ハードウェア構成

### 2.1 システムのブロック構成および表示パネル

図2.1にシステムのブロック構成を示す。全体で5つのブロックからなる。CPUはPIC16F648Aであり、内蔵の4MHzクロックで動作させている。PIOは8255Aのモード0との同等品をCPLDにより試作した。3-8デコーダ回路、表示パネルおよびスイッチ回路は2000年度に試作したものに一部修正を加えて使用した。図2.2に表示パネルの図を示す。背面のプリント基板上に32個のトランスベアレントラッチ74HC573、250個のLEDおよび同数の電流制限抵抗(1kΩ)を配置している。

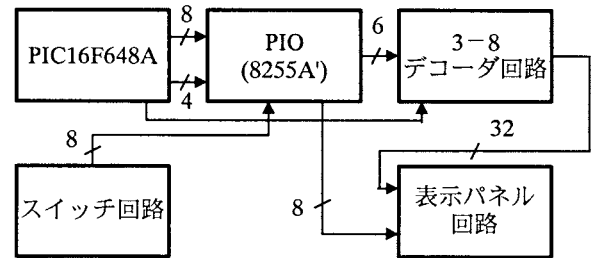


図2.1 システムのブロック構成

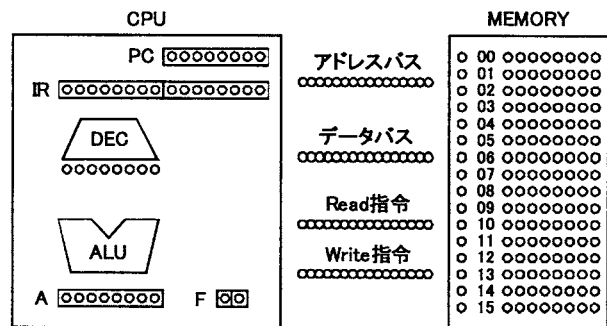


図2.2 表示パネルの図

2011年3月2日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

\*\*理工学部 電気電子情報工学科4年生

2.2 3-8 デコーダ回路および表示パネル回路

図2.3 に表示パネル回路における1ビット分の回路図を示す。スタティック点灯のため電流制限抵抗の値を 1kΩ と大きくしている。LED を点灯させるデータは、PIO のポート PA から導かれる8ビットのデータを2分岐し、非反転バッファ 74HC250 により駆動されるバスを介して16x2 個のラッチ 74HC573 のD 端子に（ほぼ同一タイミングで）伝送される。

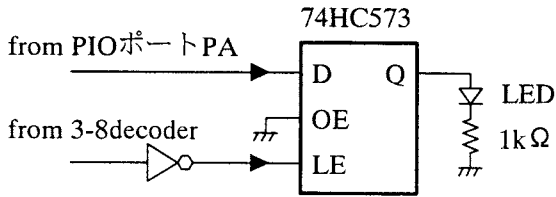


図2.3 表示パネル回路（1ビット分）

トランスペアレントラッチ 74HC573 の真理値表を表2.1 に示す。これより OUTPUT ENABLE (OE) 端子を L に固定し、一方 LATCH ENABLE (LE) 端子には後述する 3-8 デコーダ（アクティブロー）出力をインバータで反転して加えている。表2.2 に示すように 3-8 デコーダの出力は、アドレスが選択されると L になる。この間インバータ出力すなわち 74HC573 の LE は H となり、74HC573 はトランスペアレントになる。一方 LE=L になると直前のデータが保持（ラッチ）される。

なお選択されていないアドレスに対応する 74HC573 の出力は、3-8 デコーダの出力=H、インバータ出力 (LE) =L であり前のデータを保持し続ける (no change) ことになる。

表 2.1 トランスペアレントラッチ 74HC573 の真理値表

入力			出力
OUTPUT ENABLE	LATCH ENABLE	D	Q
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	×	no change
H	×	×	Z

2.3 3-8 デコーダ回路

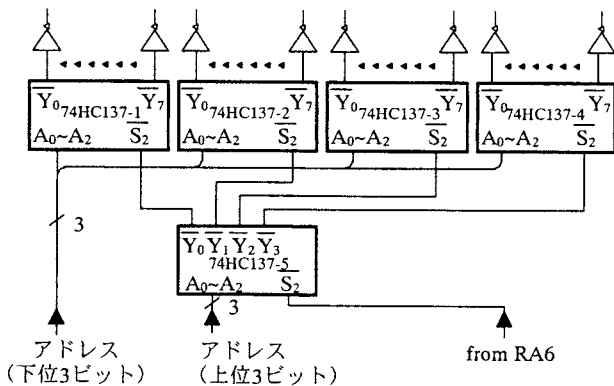


図2.4 3-8回路のブロック図

図2.4 に3-8 デコーダ回路のブロック図を示す。PIO のポー

ト PB から伝送されるアドレス信号は、5 個の 3-8 デコーダ 74HC137 からなる 3-8 デコーダ回路においてデコードされ、32 本のアドレス線のうち特定のアドレス線 1 本だけを L とし、PIO のポート PA から出力されるデータを特定の 74HC573 にラッチする働きをする。アドレス信号の下位3ビットを3-8 デコーダ1~4 に直接導き、1 個の3-8 デコーダによって8 個の 74HC573 を制御する。アドレス信号の上位3ビットにより、アクティブとなる3-8 デコーダ1~4 を選択しているが、最上位のビット2は0 に固定してある。また図に明示していない制御信号は固定的に /LE=L, S1=H である。

表 2.2 74HC137 の真理値表

/LE	S1	/S2	/Y0~/Y7
don't care	don't care	H	H
L	H	L	A0~A2 に対応する出力が L になる

表2.2 は3-8 デコーダ 74HC137 の真理値表である。2000 年度に試作した装置では /LE=L, /S2=L に固定されていたが、このままでは PIC により良好にラッチ 74HC573 を制御することができなかった。このため PIC の空きポートである RA6 を 3-8 デコーダ回路の /S2 端子に接続し、図2.5 に示すようにアドレス信号が PIO のポート PB にラッチされてから、RA6 を H→L→H と変化させて 74HC573 にアドレスを入力するようにした。これにより良好な動作を実現できるようになった。

なおアドレスされていない 74HC573 の出力は、表2.2 に示すように 3-8 デコーダの出力が H、インバータ出力 (LE) が L

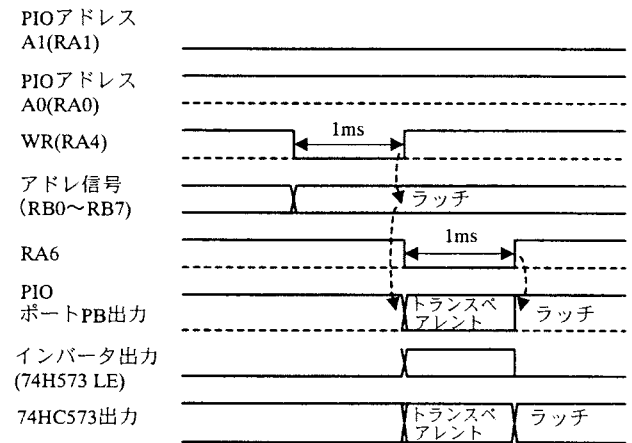


図2.5 74HC137におけるタイミングチャート（アドレスの出力）

表 2.3 アドレス信号と3-8 デコーダの動作

アドレス信号 (上位3ビット)	アクティブになる3-8 デコーダ
000	74HC137-1
001	74HC137-2
010	74HC137-3
011	74HC137-4
1xx	なし (全 74HC137 出力が H)

xx : don't care

であり前述のように前のデータを保持し続ける。

アドレス信号と3-8デコーダの動作の整理を表2.3に示す。

2.4 PIOの試作

図2.6に試作したPIOのブロック構成を示す。PIOはアドレス選択回路、ラッチおよびバッファからなる。汎用品である8255AはコントロールワードCWRを用いて各ポートの機能を必要に応じて適切に設定できるようになっている。しかし今回は単一機能を実現すれば良いので、ポートPAおよびポートPBは出力、ポートPCは入力専用とし、8255Aのモード0に相当する機能を設計しCPLD CYC374i-100JCを用いて試作した。

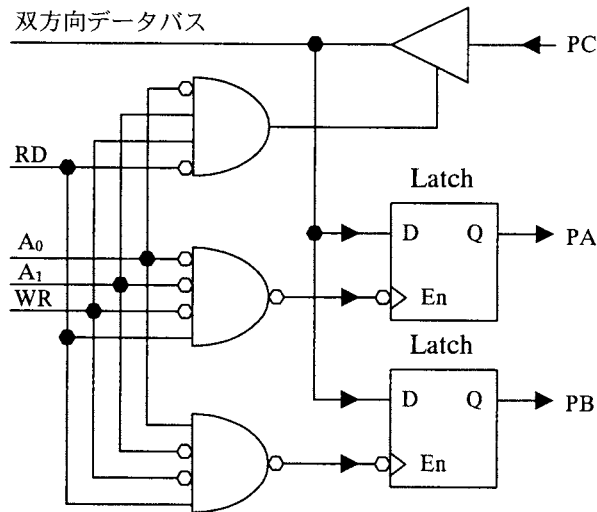


図2.6 試作PIOのブロック図 (1ビット分)

クロック周波数10MHzにおいてPIOのVHDLによるシミュレーションを行った。その結果を図2.7に示す。動作は以下の通りである。

① PICからポートPA (あるいはPB) へのデータ出力

ポートアドレスA1, A0がセットされ、かつRD=HでありWR=LのときポートPA (あるいはポートPB) はトランスバレントになる。次にWR=Hになると直前のデータがラッチされる。図2.7では、ポートPAには一例として0x01が、ポートPBには0x02が出力されラッチされている。このときにはEnC=Lであり、3ステートバッファはハイインピーダンスになっている。

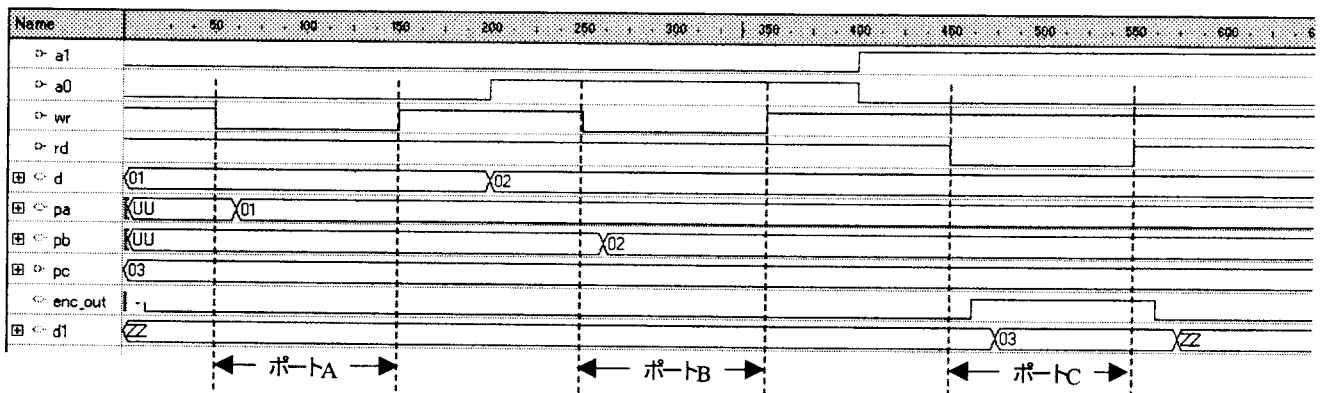


図2.7 試作したPIOのタイミングチャート

② ポートPCからPICへのデータ入力

ポートアドレスがA1=H, A0=Lにセットされ、かつWR=H, RD=LのときEnC=Hとなる。このとき3ステートバッファはアクティブとなり、ポートPCの値が双方向バッファDに出力される筈である。しかし使用したCypress社の廉価版シミュレータでは、DにPCの値(この場合には0x03)が正しく出力されず、うまくシミュレーションできなかった。

図2.7のD1は、Latch-A, Latch-Bとは無接続の双方向バス(inout指定)である。RD=LになるとPCの値が正しくバスD1に出力されるので、タイミングとしては特に問題がなく、実機においても図2.5の設計で正しく動作することを確認した。

2.5 スイッチ回路

図2.8はスイッチ回路の回路図である。プルアップ抵抗(5.6kΩ)、トグルスイッチおよび押しボタンスイッチから構成されている。このトグルスイッチの役目はプログラムの入力である。押しボタンスイッチの役目はプログラムの進行である。

PIOにおけるポートCのPC0~PC6に接続したトグルスイッチによってMEMORY部に表示するプログラムをPICに読み込み、かつLEDに表示する。PC7に接続してある押しボタンスイッチを押すとマニュアル動作となり、表示パネルに表示される処理を1ステップずつ進めることができる。またPC7と並列にトグルスイッチを接続してあり、このスイッチをON(論理のL)にするとオート動作になり自動的に処理が進む。このようにPICのプログラムを作成している。

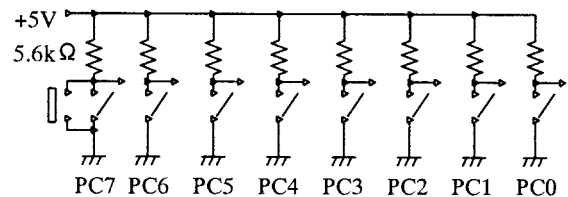


図2.8 スイッチ回路

2.6 PICマイコン

PIC16F648Aを内蔵の4MHzクロックを用いて駆動している。表2.4にポートの割り当てを示す。ポートAを各種の制御信号に割り当て、一方ポートBを双方向データバスに接続してPIOへの書き込みあるいはPIOからの読み出しを行っている。

表2.4 PIC16F648Aにおけるポートの割り当て

PICのポート	信号の割り当て
RA0	PIO のアドレス A0
RA1	PIO のアドレス A1
RA2	
RA3	PIO の READ
RA4	PIO の WRITE
RA5	
RA6	3-8デコーダにおける出力パルス後縁の制御
RA7	
RB0~RB7	データ (双方向)

3. 処理プログラムの構成

3.1 仮想マイクロコンピュータの仕様

仮想マイクロコンピュータのブロック構成を図3.1に示す。1バス構成である。仕様を表3.1に示す。命令の語長はオペコード1バイト、オペランド1バイトの2バイト構成である。1命令は、4命令サイクルからなる。命令の種類を表3.2に示す。ANDの演算命令は、現時点では未実装である。

仮想マイクロコンピュータのプログラムを、PIC16F648Aの0x0F番地~0xEF番地に RETLW 命令を用いて格納できる。

表3.1 仮想マイクロコンピュータの仕様

メモリ容量	16バイト
命令の語長	1バイト
命令サイクル	オペコードフェッチ, オペランドフェッチ 命令解読, 命令実行
レジスタ	プログラムカウンタ (@PC) オペコードレジスタ (@IROC) オペランドレジスタ (@IROL) アキュムレータ (@AREG) フラグレジスタ (@FREG)
	上位メモリ番地の表示 (@MSELU) 下位メモリ番地の表示 (@MSELD)
命令の種類	表3.2に示す

表3.2 仮想マイクロコンピュータにおける命令の種類

ニーモニック	オペコード	意味
LD A,n	0x80	Aレジスタ←リテラルn
LD (n),A	0x81	メモリのn番地←Aレジスタ
LD A,(n)	0x82	Aレジスタ←メモリのn番地
ADD A,n	0x20	A ← A + リテラルn
XORA,n	0x21	A ← A xor リテラルn
ANDA,n	0x22	A ← A and リテラルn
NOT A	0x23	A ← not A
SUB A,n	0x24	A ← A - リテラルn
JP n	0x10	メモリのn番地にジャンプ
JP Z,n	0x11	演算結果がゼロであればメモリのn番地にジャンプ

これにより ADDWF 命令を用いてデータを読み出す場合の pclath の制御を省略している。このプログラムを PIC の 0xF0~0xFF 番地 (先頭アドレスが @MEM00) に設定した 16 バイトのワークエリアを読み出し、この内容に従って PIC16F648A において実際に演算を実施し、その結果を LED において表示するようにしている。したがって格納プログラム数は最大 15 である。

3.2 仮想マイクロコンピュータを実現するための PIC プログラムの概略フローチャート

図3.3にPICプログラムにおける概略フローチャートを示す。初期設定では以下に示すPICの設定を行う。

- ① 内部クロック (4MHz) の設定

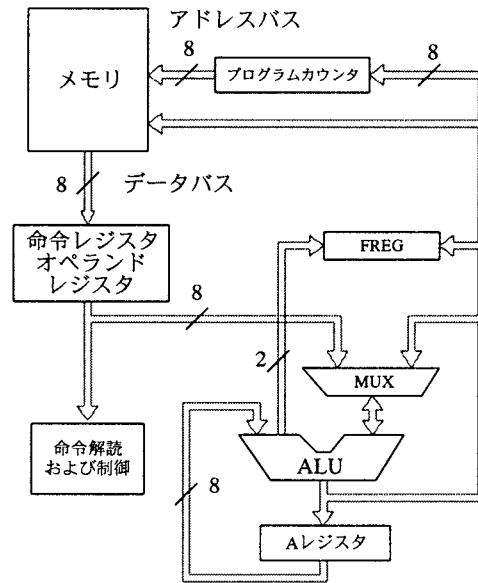


図3.1 仮想マイクロコンピュータのブロック構成

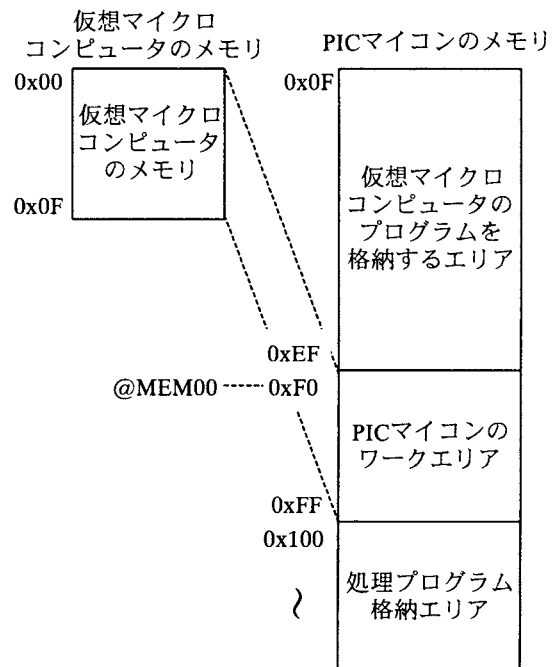


図3.2 メモリの割り当て

- ② ポートAをデジタルポートに設定 (CMCONレジスタ)
- ③ TRISレジスタの設定
- ④ ポートBをウィークプルアップに設定  
なお割り込み処理は使用していない。

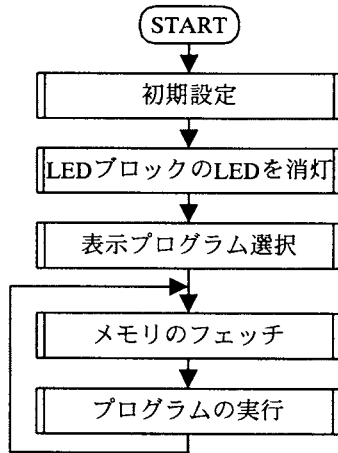


図3.3 概略フローチャート

3.3 LEDの点灯/消灯の処理

図3.4にLEDの点灯/消灯を制御するフローチャートを示す。これにより図2.5および図2.7に示したタイミングを実現している。どのLEDを点灯し、消灯するかデータ(LEDデータ)は8ビットのデータバスを介して全トランスベアレントラッチ74HC573に伝送される。このLEDデータを変数DTAに代入し、またどのラッチを動作させるかのアドレス信号を変数AR1に代入後、PIOを制御するサブルーチンOUT\_to\_PAおよびOUT\_to\_PBをコールしている。

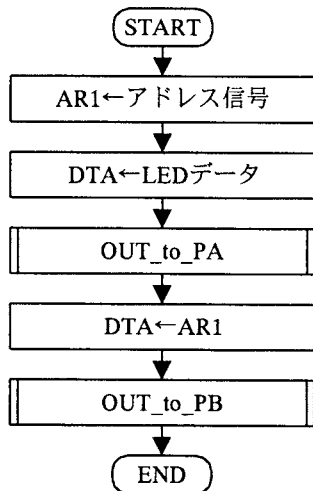


図3.4 LED点灯のフローチャート

図3.5および図3.6にサブルーチンOUT\_to\_PAおよびOUT\_to\_PBのフローチャートを示す。PIOのポートアドレスA1, A0を設定後、WRITE制御信号RA4をH→Lにした後でデータ(LEDの点灯/消灯のデータ、アドレス信号)をPORTBに出力し、最後にRA4=Hとするのは両サブルーチンにおいて共通である。

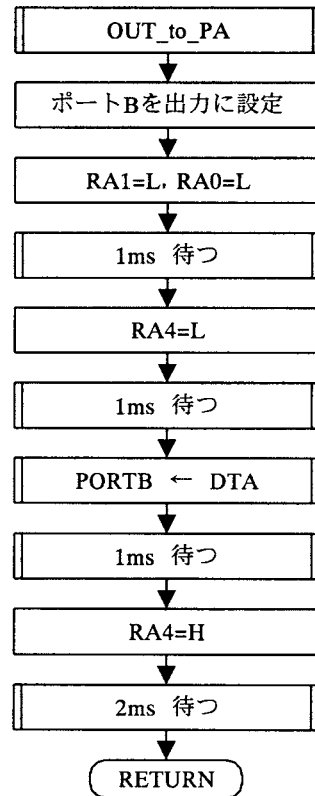


図3.5 PIOのポートPAへの出力

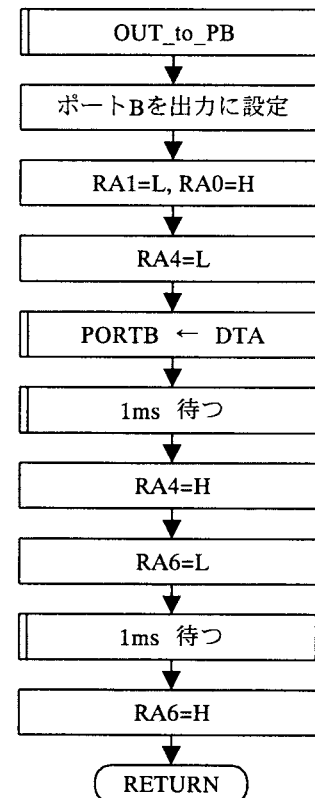


図3.6 PIOのポートPBへの出力

OUT\_to\_PBには、切り分けは良くないが、3-8デコーダ回路のラッチタイミングを制御するRA6の制御(H→L→H)を



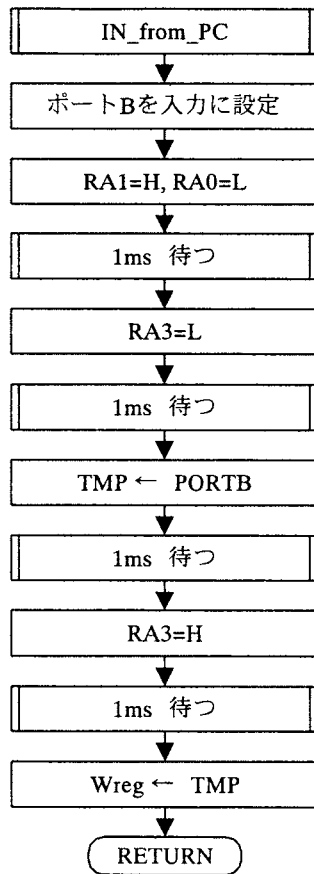


図3.7 PIOのポートPCからの入力

組み込んでいる。

図3.7はPIOを介してスイッチのON/OFFの状態を入力するためのフローチャートである。PIOのアドレスを設定後、READ制御信号RA3をLに下げ、その後PORTBからデータを一時変数TMPに取り込む。次に1ms待ってからRA3をHに戻す。最終的なデータはWregを介して受け渡すが、1ms待つサブルーチンにおいてWregを使用しているためデータを一時変数TMPに待避している。

### 3.4 メモリフェッチ

図3.8にメモリフェッチのフローチャートを示す。プログラムを格納しているワークエリアの先頭番地@MEM00からプログラムカウンタ@PCをディスプレイメントとする内容を順番に読み出し、処理を実行させる。

@PCが偶数時には読み出した内容をオペコードレジスタ@IROCに格納し、奇数時にはオペランドレジスタ@IROLに格納する。@IROCがHALT(0xFF)の場合にはプログラムをSLEEPさせている。

サブルーチンMEMSELにより、アドレスされているメモリを示すLEDを点灯する。サブルーチンAORMは、オート処理あるいはマニュアル処理の切り替え用である。AORMの前でLEDを5回点滅させるのは、処理が現在のポイントにあるかを明確に示し、理解を深めて貰うことを意図している。

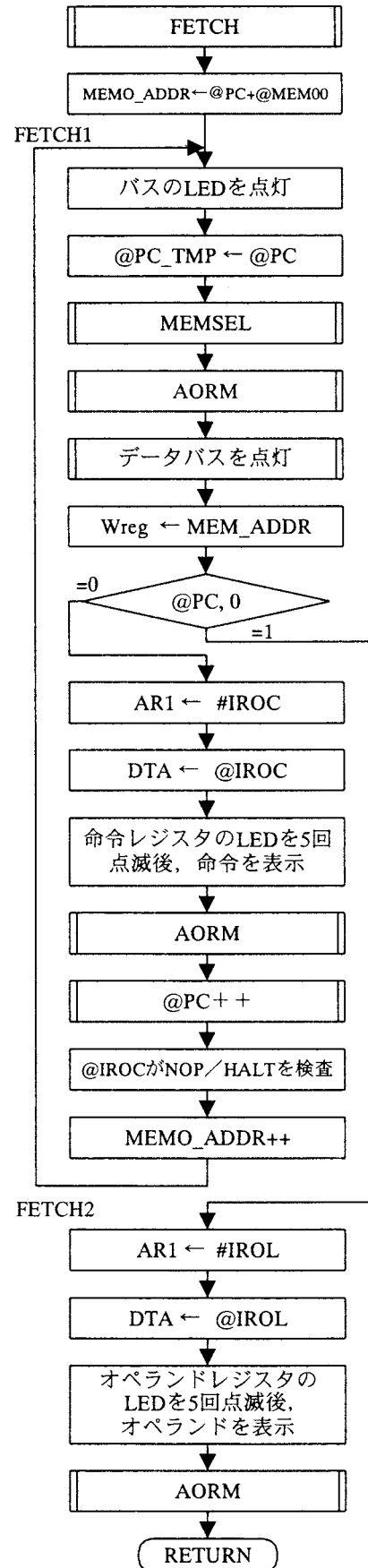


図3.8 メモリフェッチ

### 3.5 命令の解釈と実行

命令レジスタ@IROCの内容をDECと表示してある部分のLED(アドレスは定数#DECOUT)に表示後, 命令振り分けを行い, 実際にPICにおいてその命令を実行しその結果をLEDの表示に反映させる.

図3.9には一例として ADD A, n の場合のフローチャートを示した. 本仮想マイクロコンピュータはIOを持っていないので, 計算結果はAレジスタか, あるいはメモリへ出力される. 図3.9はAレジスタに出力される場合の例である.

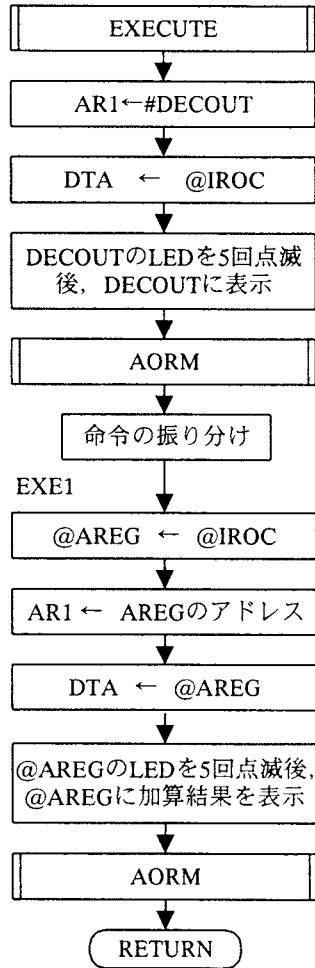


図3.9 命令解釈, 実行

### 3.6 スイッチからの入力

図3.10に処理のオート/マニュアル切り替え用を制御するサブルーチンであるAORMのフローチャートを示す. PC7に接続されたトグルスイッチをONにするとPC7=Lとなる. その後図3.10のサブルーチンSWINBにおいてスイッチのチャタリング回避のためのウェイト処理を経て, 論理が反転された後スイッチの状態が変数@swにコピーされ, そのビット7が1となる. これより図3.10において処理が800ms毎に自動的に進行する.

一方, PC7に接続されたトグルスイッチをOFFにしておくと処理は図3.10におけるMAN\_MODEに移る. すなわち図3.11のサブルーチンSWINAを実行する. SWINAの冒頭にはスイッチが押されたか/否かを判断する部分を有するので, スイッチ

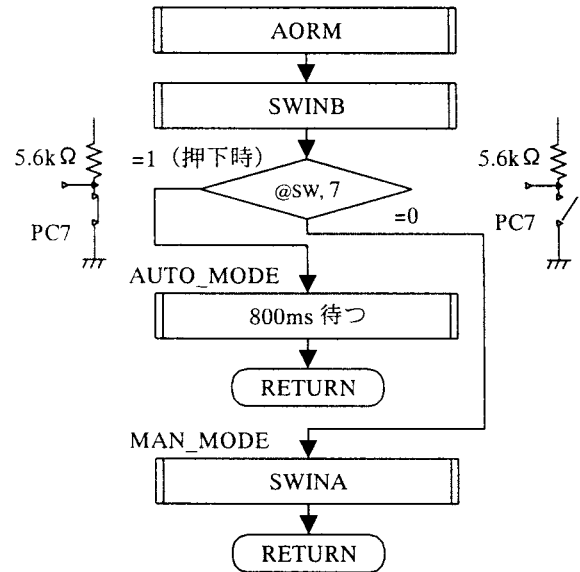


図3.10 オート/マニュアルの設定

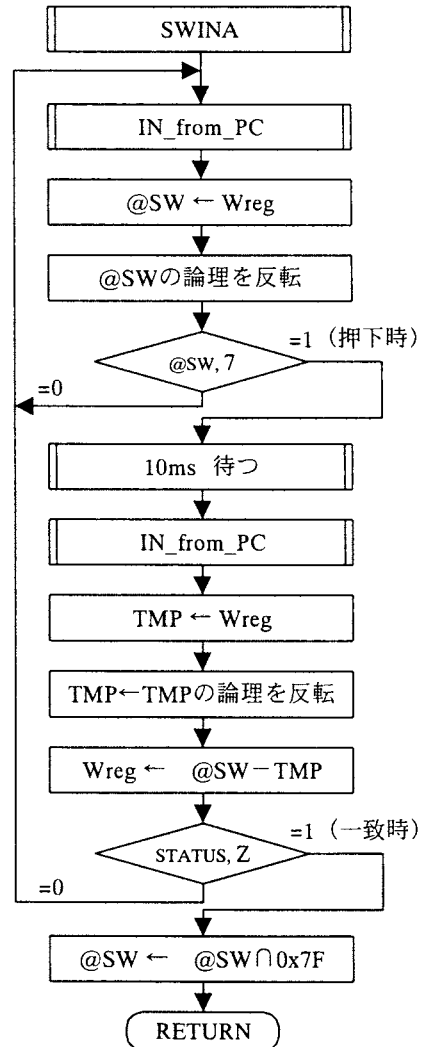


図3.11 SWINA

が押されて(その後論理が反転されて) @SW=1となるまで処理をループさせる. スイッチが押されて@SW=1になると, チャタリングがなければ次のステップに進むことになる.

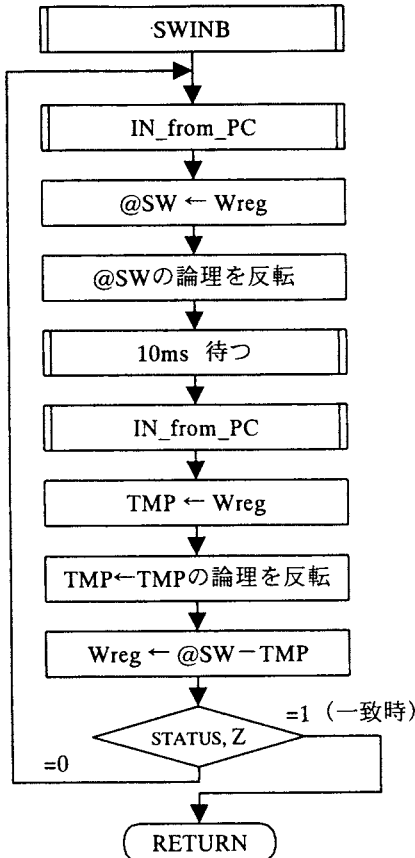


図3.12 SWINB

3.7 LED をサイクリックに点滅させる処理

デモを行うときに、アドレスバスやデータバス、メモリ番地を示す LED ブロックのうちどのブロックを介してデータが伝送されているかを明確に示すために、渦中にある LED ブロックを1ビットだけ点灯させこれをサイクリックに動かしながら2周期だけ繰り返すようにプログラムを作成した。

アドレスバスやデータバス、メモリ番地を示す LED ブロックなどは16ビット構成であり、キャリーレジスタを介した論理的な16ビットのレジスタを構成して処理を行っている。右シフトの場合のフローチャートを図3.13に示す。処理の概要は以下に示すとおりである。

- ① 8ビットのリングバッファ RING\_U および RING\_D をメモリに確保する。
- ② 両レジスタに 0xFF を代入し、1ビットずつ右にシフトする。このときシフトの順番は RING\_U → RING\_D とする。なお最初に RING\_U のシフトを行う前にキャリーフラグレジスタ C をクリアしておく必要がある。
- ③ バッファ RING\_U から溢れたデータはキャリーフラグレジスタ C に入る。
- ④ キャリーフラグレジスタ C をクリアせずに RING\_D のシフトを行えば、キャリーフラグレジスタ C の内容が RING\_D の最上位ビットに入る。
- ⑤ 結局物理的には1個しかないキャリーフラグレジスタ C を介して、論理的には図3.14に示すように16ビットのリン

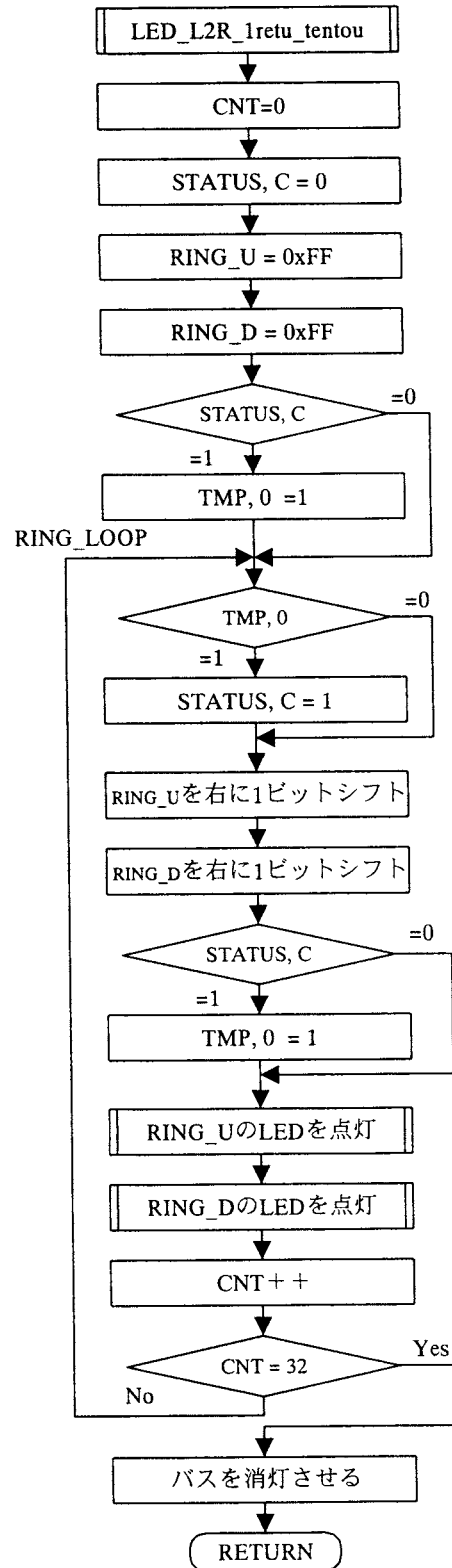


図3.13 バスの点灯フロー

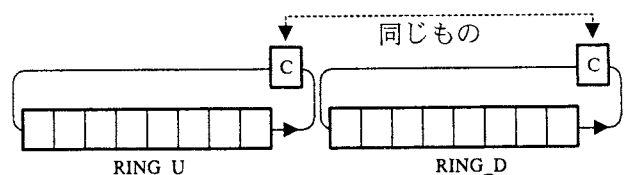


図3.14 16ビットリングバッファの構成

グバッファとして動作させることができる。

- ⑥ 左シフトの場合にはシフトの順番を RING\_D→RING\_U とする必要があるが、それ以外は全く右シフトの場合と同様に処理すれば良い。

### 3.8 フラグレジスタの処理

図3.15にフローチャートを示す。PICマイコンで行った演算結果がSTATUSレジスタのフラグに反映される。この結果のうちZフラグおよびCフラグの内容を取り出し、@FREGを点灯させる。@FREGは2ビットのレジスタであり、演算結果がゼロであることを示すZフラグをビット1に、キャリーが1であることを示すCフラグをビット0に割り当てている。

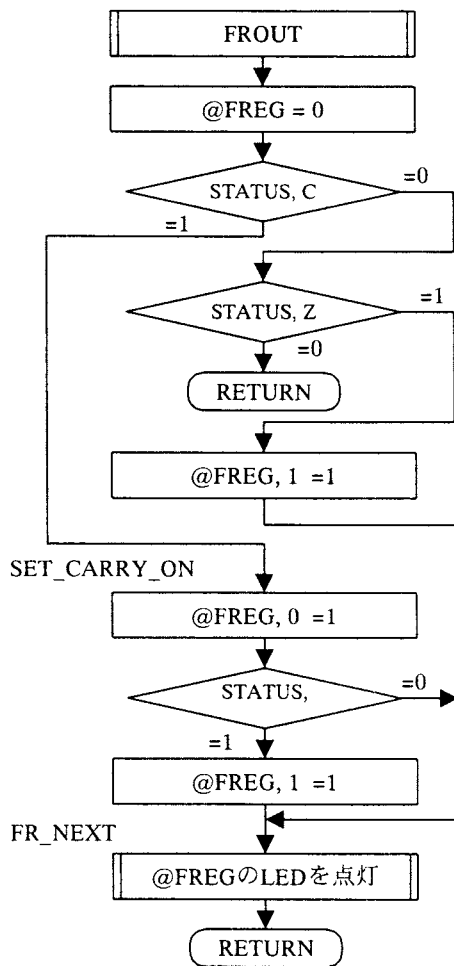


図3.15 フラグレジスタの制御

### 3.9 ジャンプ命令に対する処理

- (1) JP n

オペランド@IROLをプログラムカウンタ@PCに転送後、LEDの点灯を行うことにより単純に実現できた。

- (2) JP Z, n

仮想マイクロコンピュータにおけるフラグレジスタ@FREGのビット1(Zフラグ)を検査して、これが1であれば無条件ジャンプ命令と同じ動作を行う。

Zフラグが0の場合には、CALL ADDPCを実行し単にプロ

グラムカウンタをインCREMENTする。

### 3.10 3-8デコーダ回路の別の制御方法

図2.5に示したタイミングチャートでは、3-8デコーダ回路の制御をPIOのポートPBだけでなく、PICマイコンから導かれる制御信号RA6を併用して行っており、処理の切り分けが良くない。そこでより明快となる制御を検討した。

図2.5に示した制御の一連の流れは以下のようになっている。

- ① PIOのポートPBから74HC137-5にアドレス信号が送られ、/S2をLに設定する。これにより特定の74HC573に対してアドレス信号が送出される。
- ② 74HC573はアドレス信号を受信するとトランスペアレントになる。
- ③ その後、RA6を制御して3-8デコーダの/S2をHに設定する。この結果その3-8デコーダの出力がHにセットされ、結果的に全3-8デコーダがインアクティブになる。
- ④ それ以後74HC573は、no changeの状態になる。

ポイントは下線を引いた部分である。しかしRA6を使用しなくても、表2.3の最下行に示したようにアドレス信号の最上位ビットを1にすれば全74HC137出力をHにできるので、RA6を使用した場合と同じように制御できるようになる。ただし固定的に/S2=Lにしておく必要がある。

制御のタイミングチャートを図3.16に示す。PIOにおいてWR=LにするとPIOはトランスペアレントになる。この間にアドレス信号の上位3ビットを1xx→0xx→1xxに変化させると3-8デコーダ74HC137-5の出力も同じように変化し、74HC137-1~74HC137-4のいずれかを選択している状態からどの3-8デコーダも選択していない状態になる。その結果、全ての3-8デコーダの出力がHになる。これがインバータを介して74HC573に入力されるので、74HC573はトランスペアレント状態からラッチされた状態(no change)に移行し目的を達成できる筈であるが、まだデバッグは終了していない。

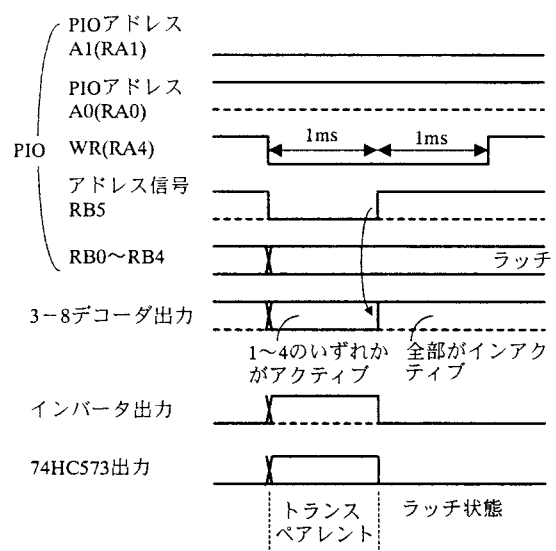


図3.16 3-8デコーダ回路の別の制御方法

### 3.11 実装したプログラムのリスト

```

;PGM0 (加算1)          ;PGM5 (メモリへの格納)
LD    A,1              LD    A,8
ADD   A,1              ADD   A,8
LD    (15), A          LD    (14), A
HALT                    LD    A, 1
                        ADD   A, 1
;PGM1 (加算2)          LD    (15), A
LD    A, 10            HALT
ADD   A, 8              ;PGM6 (条件付ジャンプ)
LD    (14), A          LD    A, 0
HALT                    ADD   A, 01000000B
;PGM2 (加算3)          JP    Z, 8
LD    A, 4              JP    2
ADD   A, 12            LD    A, 01010101B
LD    (13), A          XOR   A, 01010101B
HALT                    JP    Z, 0
                        HALT
;PGM3 (無条件ジャンプ) ;PGM7 (減算)
LD    A, 11111110B    LD    A, 1
ADD   A, 1              NOT   A
JP    2                 ADD   A, 1
HALT                    ADD   A, 2
                        SUB   A, 1
;PGM4 (無条件ジャンプ) LD    A, (15)
LD    A, 11111100B    HALT
ADD   A, 00000011B
LD    (14), A
JP    2
HALT

```

図3.17 実装したプログラムのリスト

実装したプログラムのリストを図3.17に示す。プログラムの番号は図2.8におけるスイッチ回路のPC6 (MSB)~PC0(LSB)を2進数表示した場合の番号に対応している。内容は概略以下のようにになっている。

PGM0~PGM2：加算の例。明示のない数値は10進数である。

PGM3~PGM4：無条件ジャンプ命令の使用例

PGM5：加算結果をメモリに格納する例

PGM6：条件付きジャンプ命令の使用例。またXOR命令も使用している

PGM7：2の補数計算による減算の例。メモリが少ないため最初に減数である1の補数を計算し、この値に被減数である2を加えて $2-1=1$ を計算している。その後でSUB命令を実行しその結果をメモリの15番地に格納している。

なお表2.3の命令の一覧表において、オペコード0x23：未使用→NOT、オペコード0x24：OR→SUBの変更を行った。

### 4. むすび

来年度から袴田が「マイクロコンピュータ応用」の科目を再度担当することになった。これを機会に、2000年度の卒業研究において試作した「仮想マイクロコンピュータ」装置を授業において学生に見せ、マイクロコンピュータの動作の理解を深めて貰うことを目指してこの装置を棚から取り出して久しぶりに動作させてみた。残念ながら正常に動作しなかった。そこで同装置を正常に動作させるための検討を進め、回路動作の確認を行い、またCPUをPICマイコンに変更してプログラムを移植することにより装置を完成させた。検討した内容を以下に示す。

- (1) 表示パネル回路、3-8デコーダ回路およびスイッチ回路は2000年度に試作したものをほぼそのまま使用した。
- (2) CPLD (CYC374i-100JC) を用いて8255Aのモード0相当のPIO (パラレルIO) を試作して適用した。
- (3) CPUをPIC16F648Aに変更し処理プログラムを移植した。新たに動作の渦中にあるLEDを5回フラッシュさせて流れを分かりやすくすること、表示できるプログラム数を増大させること、などの処理を追加した。

来年度の「マイクロコンピュータ応用」の授業においてこの装置を実際に使用してみて、不具合があれば更に改良を進めていく積もりである。

なお本検討は、2010年度の卒業研究の一環として行ったものであるが、袴田がPICプログラムの作成およびシミュレーション、PIOのVHDLによる設計およびシミュレーションを担当した。村田はPIC回路の製作、PIOのCPLDへの書き込み、表示パネル回路、3-8デコーダ回路およびスイッチ回路の特性の調査を行った。プログラムのデバッグは、共同で実施した。

#### [参考文献]

- 1) 瀧浪博允, “ステートマシンの試作によるマイクロコンピュータの可視化に関する研究”, 2000年度静岡理工科大学電子工学科卒業論文
- 2) PIC16F627A/628A/648A Data Sheet Flash-Based 8-Bit CMOS Micro controllers with nano Watt Technology, Microchip
- 3) 神崎康宏, “作りながら学ぶPICマイコン入門”, CQ出版社, 2007年
- 4) 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, 2007年

#### [付録] 最終的なプログラムの所在

本資料は約4ヶ月間にわたり検討を進めてきて、2010.12.23にデバッグを完了したプログラム「Z80\_648A\_final\_20101219.asm」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。この修正点については、ファイル名「Z80\_648A\_20110206.asm」に示している。またPIOのVHDLファイルは、2010.11.19作成の「PIO\_8255A\_3.vhd」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—机上モデルの設計と試作

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

袴田 吉朗\*

小栗 宏和\*\*

Yoshiro HAKAMATA

Hirokazu OGURI

**Abstract:** The paper summarizes 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. Voltage and rotation numbers of a DC motor were measured and transmitted via a CAN system correctly to a receiving node. The system hardware configuration and program configuration are precisely taken into account in the paper.

## 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に取り上げて進めてきた検討結果をまとめたものである。過去3年間は市販のCAN通信ボードを題材として、CAN通信とは何かから初めて、CAN通信の耐雑音特性、伝送の仕組みに関する調査、などの基本的な特性の把握に努めてきた。しかしながら市販のボードを使用している関係上、設計の細部にまで立ち入ることが難しく、なかなか検討のレベルが上がらないというのがこれまでの現状であった。

そこで今年度は原点に立ち返り、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)などを用いて自らCAN通信ノードおよびCAN通信システムを構築し、より踏み込んだ検討を行うことにした。

検討した内容を以下に示す。

- SPI (Serial Peripheral Interface) 通信を用いた PIC マイコン間のデータ通信
- 受信データの LCD への表示方法
- SPI 通信を用いた CAN コントローラ MCP2515 の制御方法
- PIC マイコン、CAN コントローラ MCP2515、CAN トランシーバ MCP2551 を用いた CAN ノードの製作と CAN 通信システムの構築
- PIC マイコンによる電圧およびモータの回転数の取り込み、CAN によるデータ伝送
- 以上を実現するための PIC プログラムの作成

本論文では、以上の検討結果について報告する。

## 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、図2.1に

示すように両信号間に電位差があるか、ないかにより決まり

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

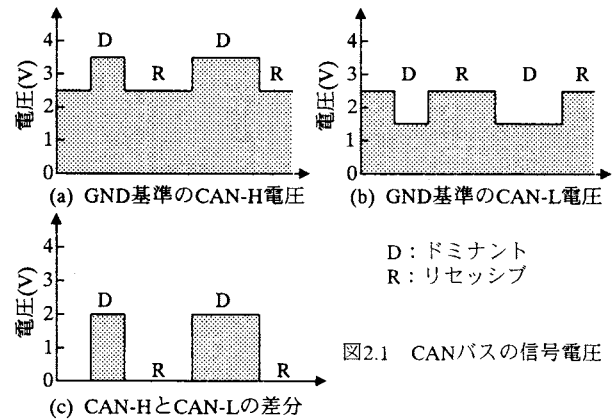


図2.1 CANバスの信号電圧

CANの標準データ・フレームは、以下のようにになっている。

(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1ビットのRTR1ビットからなる。RTRがドミナントのときデータ・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IED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。ACKデリミタはリセッシブである。

2011年3月2日受理

\* 理工学部 電気電子工学科

\*\*理工学部 電気電子情報工学科4年生

- (7) EOF(End of Frame), 7ビット, リセッパ  
 (8) IFS (Interframe Space), 3ビット, リセッパ  
 他にリモート・フレーム (RTR がリセッパ), 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) 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ビットを強制的に1ビット挿入し, レベルの変化を起こさせるビット・スタッフィングが行われる。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従って以上に述べたフレーム構成とは微妙に異なってくる。

## 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ラージョン (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ラージョン・フィールドを送出する期間, バスのレベルをモニターする。
- ③ ドミナントは文字通りリセッパを上書きするので, 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, データ収集ノードで収集し, 一方で同時に同じデータをメータに表示して使用するような使い方ができるようになる。

## 2.3 CAN 通信におけるビット構成とボーレート

CANバス上の全ノードは同一のボーレートを有することが望ましい。しかし全ノードは必ずしも同一のマスタークロックを持っている訳ではないので, 受信部は微妙に異なるクロック周波数を有するデータの受信に対応する必要がある。このためボーレートは表3.1に示したBRP (ボーレート・プリスケアラ) およびビットを構成する各セグメントのTQ (Time Quanta) を適切に設定することにより調整できるようになっている。

コントローラのクロック信号 ( $F_{osc}$ ) を分周して作成され, 送信, 受信に使用される時間単位がTQ (Time Quanta) である。CANビットの1ビットは, 図2.3に示すように4つのセグメントに分かれている。データを取り込むサンプリング点はフェーズ1とフェ

ーズ2の間にある (1点サンプリング時)。

同期セグメントSYNCは公称ビット時間NBTにおける最初のセグメントであり, ビットがアイドルからドミナントに変化するビットエッジを検出してデータの受信に移行するために使用される。このセグメントの長さは1TQ (固定) である。

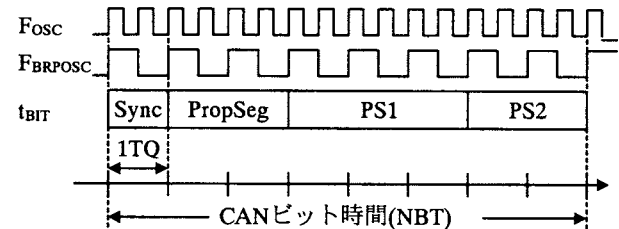


図2.2 CANにおけるビット時間

他の3つのセグメントの長さはプログラム可能である。ボーレートは式 (3.1) により表される。

$$\text{ボーレート} = \frac{F_{osc}}{2 \cdot (BRP + 1) \cdot TQ \text{構成数}} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} TQ \text{構成数} = & \text{プロパゲーションビット数}(PRSEG) \\ & + \text{フェーズ1ビット数}(PHSEG1) \\ & + \text{フェーズ2ビット数}(PHSEG2) \\ & + 1 \text{ (SYNC)} \end{aligned}$$

今回使用したパラメータは, BRP=4, PRSEG=2, PHSEG1=6, PHSEG2=5であり, TQ構成数=16である。

また受信信号と自身のクロックの位相ずれを補正する値であるSJW (Synchronized Jump Width) の値は1とした。

## 2.4 CAN コントローラ MCP2515 のレジスタ

本検討ではCANコントローラにMCP2515を使用したため, そ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3.1~表3.3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3.4)。

- (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の三つの送信バッファがあり, 各々14バイトの領域を有する。図2.3に示すように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3.6~表3.9に示す。

- (6) 受信バッファ

RXB0 およびRXB1の二つの受信バッファがあり, 各々14バ

イトの領域を有する。図 2.3 に示すように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 3.10~表 3.12 にビットの詳細を示す。

(7) その他

マスク・フィルタ・レジスタおよびエラーカウンタなどがある。

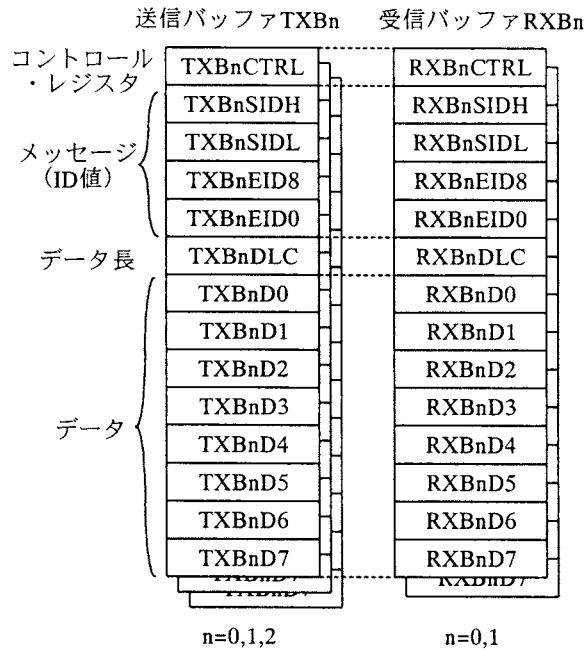


図 2.3 送受信バッファのレジスタ構成

2.5 SPI通信によるMCP2515におけるレジスタの設定

CAN通信を行うには2.4に示したレジスタを適切に設定する必要があるが、そのためにSPI通信を用いる。SPI通信では、/CSB, MOSI, MISOおよびSCLKの4本の信号線とGNDを用いてCPUと通信する。以下に示すコマンドを用いる。

(1) レジスタ・ライト・コマンド

図2.4(a)に示す。スレーブセレクト/CSBをLに下げ、マスターノードから命令0x02に引き続き、レジスタアドレス、データの順番に出力する。データ送信後/CSBをHに戻す。

(2) レジスタ・リード・コマンド

図2.4(b)に示す。スレーブセレクト/CSBをLに下げ、マスターノードから命令0x03に引き続き、レジスタアドレスを出力する。レジスタアドレスを出力後、データを入力する。データ送信後/CSBをHに戻す。

(3) ステータス・リード、受信ステータス・リード・コマンド

図2.4(c)に示す。命令コード0xA0がステータス・リード・コマンドである。その意味を表3.13に示す。命令コード0xB0は受信ステータス・リード・コマンドである(表3.14)。これは受信メッセージの有無、メッセージ・タイプおよびフィルタ・マッチの状態を調べるコマンドである。

(4) ビット・モディファイ・コマンド

指定レジスタの特定ビットのみを変更するコマンドである。割り込み関係のフラグのように、8ビットの中で特定のビットだけをセットまたはリセットするとき使用する。

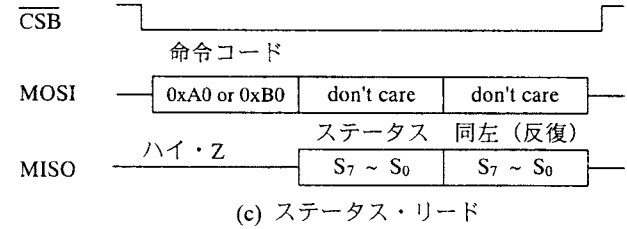
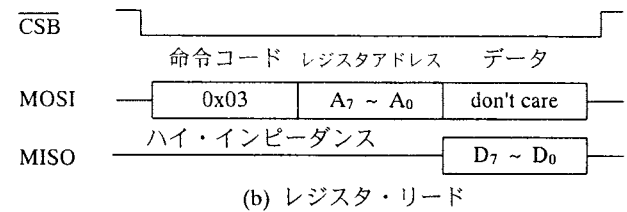
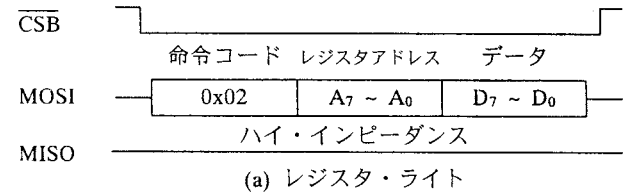


図 2.4 SPIコマンドによるレジスタのリード/ライト

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。送信部と受信部各 1 台および CAN 伝送路からなる机上モデルである。送信部では、電圧を AD 変換して PIC に取り込む回路と、DC モータを回転させ、そのモータから出力される回転数を表すパルス PIC のキャプチャ機能を用いて取り込む回路がある。これらの測定したデータを、CAN 通信を用いて受信部に伝送している。

受信部では CAN 通信によるデータを受信後、必要な演算を行った結果を LCD に表示させる。また PIC 内の EEPROM にデータを書き込むようにして、受信データを数値として確認できるようにしている。

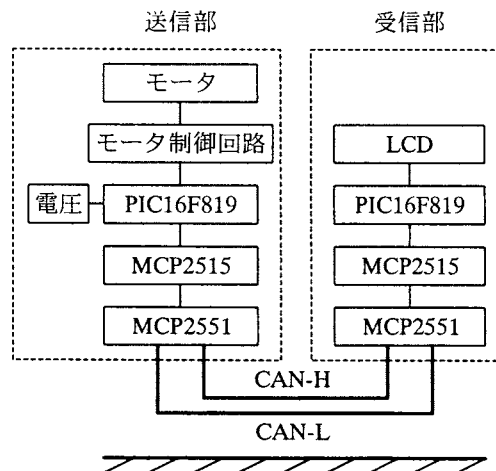


図 3.1 試作システムのブロック構成



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であり、AD変換機能、SPIインタフェースを有するため採用した。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、などのシステム全体の制御を行う。
- ・ 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・スタッフィング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、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。

表4.1にPIC16F819におけるポートの割り当てを示す。空白の欄は未使用のポートである。

表4.1 PIC16F819におけるポートの割り当て

PICのポート	送信部	受信部
RA0	電圧入力 (AD変換)	LCDのDB4
RA1		LCDのDB5
RA2	モータのF/R IN	LCDのDB6
RA3	モータのBRAKE	LCDのDB7
RA4	モータのRUN	
RA5	リセット	リセット
RA6		
RA7		
RB0		LCDのRS
RB1	MISO	MOSI
RB2	MOSI	MISO
RB3	モータの回転数入力	LCDのE(STB)
RB4	SCLK	SCLK
RB5	CSB	CSB
RB6		LCDのR/W
RB7		

##### 4.2 PICマイコンにおけるクロックの設定

内部の8MHzクロックを使用している。設定を以下に示す。

OSCCON = 0x74

##### 4.3 AD変換による電圧の収集

##### (1) AD変換の設定

1MΩの可変抵抗により電源電圧を分圧してアナログポートに入力し、その電圧の測定を行っている。

また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。

ADCON0 = 0xC1

ADCON1 = 0x4E

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変換の結果を左詰め
- ・ アナログ入力ポートをRA0 (AN0) に設定、電圧の基準V<sub>REF+</sub>を電源電圧V<sub>DD</sub> (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。

AD変換の結果は10ビット長で出力され、レジスタADRESHおよびADRESLの各1バイトのレジスタに格納される。格納方法を左詰めとし、ADRESHの8ビットのみを結果として使用している。8ビット使用の場合、変換結果は0~255となる。今回の設定では基準電圧 (最大測定電圧) V<sub>REF+</sub>をV<sub>DD</sub>に設定しており、0~5Vが0~255にAD変換されて出力される。そのため、受信部においてプログラムを用いて変換結果を5で除算し、LCDに表示する時に桁をずらして電圧値に変換した。

##### 4.4 キャプチャによるモータ回転数の取り込み

##### (1) モータの回転の制御

直流モータおよびモータドライバには日本サーボ株式会社製のSERVEX FED 8P30S-D3セットを使用した。

制御回路にPICを接続し、簡単な制御と回転数の取り込みを行った。

- ・ VS・・・10kΩの可変抵抗を接続し手で速度を制御している。
- ・ SPEED OUT・・・モータ1回転あたり48個のパルスが出力される。このパルスをPICのポートRB3に入力し、そのパルス間隔から速度を求めている。
- ・ RUN・・・プログラムでLに設定し、モータの回転開始の指示を出している。

##### (2) モータ回転数の取り込み

SPEED OUTから出力されるパルスは、回転速度が速くなるとパルスの数が増え、パルス間隔は狭まる。逆に回転速度が遅くなるとパルス数は減り、パルス間隔が広くなる。

そこでパルス間隔を測定するのに、PICのCCP (Compare/Capture/PWMの略) におけるキャプチャ機能を用いることにした。キャプチャ機能ではCCPxピン (ここではRB3) の信号をトリガにして、トリガ時点におけるタイマ1の値 (TMR1H, TMR1L) をキャプチャレジスタ (CCPRxH, CCPRxL) に記憶するようになっている。

使用したタイマ1制御用レジスタTICONおよびCCP制御レジスタCCP1CONの設定を以下に示す。

TICON = 0x31

CCP1CON = 0x07

その意味は以下の通りである。

- ・ タイマ1のプリスケール値 = 1:8
- ・ タイマ1の動作制御を行う
- ・ 16回目の立ち上がりエッジ毎にキャプチャモードを動作  
 なお、モータから出力される回転数を表すパルス (48ppr) には大きなジッタが観測された。しかしオシロスコープで観測した結果では、48パルス毎であれば同期がとれていることも確認できた。このためプログラムではPIRレジスタにおけるキャプチャフラグCCP1IFが1になったか否かを確認し、キャプチャを3回行った時 (16×3=48パルス目) のキャプチャデータを測定データとして使用するようにした。

(3) 測定データの回転数への変換

キャプチャにより測定したデータを、回転計を使用して実測したモータの回転数と比較することにより、測定データを回転数に変換する方法を検討した。回転計はレーザ光により回転対象物にパルスを照射して、その反射光を検出して回転数を測定するタイプのものである。

図4.1に回転数の実測値と測定データの平均値 (20回) との関係を示す。測定範囲はモータの速度制御可能な範囲を考慮して200rpm~1900rpmとした。

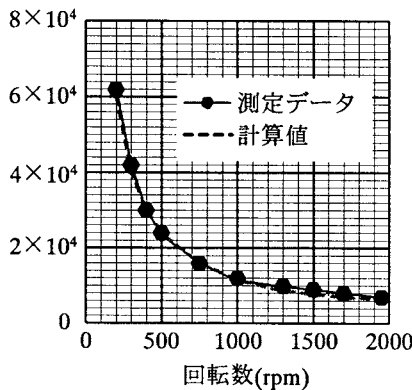


図4.1 測定したデータと回転数の関係

図4.1より測定データyは回転数xに反比例している、すなわち  $xy=a$  なる関係があると定数aを求めることにした。最小自乗法を用いて定数aの値を求め  $a=11998720$  が適していると判断した。波線は理論値である。

回転数が高くなると実測値と理論値の誤差が大きくなっている。これがシステム全体を通して考えたときに大きな誤差を発生する原因の一つになっていると考えられる。

4.5 SPI通信の設定

PIC16F819のSPIインタフェースを用いてMCP2515を制御するためのレジスタの設定を以下に示す。

SSPCON. SSPEN=1・・・シリアルポートを動作させてSCK,  
 SDO, SDI, SSをシリアルポートにする  
 SSPCON. SSPM0・・・SPIマスターに設定、クロックFosc/16  
 SSPCON. CKP・・・送信は立ち上がりエッジ、

受信は立下がりエッジ、アイドルはL  
 SSPSTAT. SMP=1・・・データはSCKの立ち上がりで送信

4.6 MCP2515の設定

2.4で示したレジスタを下記のように設定して使用した。

- ・ CNF1 = 0x04
- ・ CNF2 = 0xB1
- ・ CNF3 = 0x05

これより BRP=4, TQ=10/Fosc, PHSEG1=6, PHSEG2=5, PRSEG=1である。したがってTQ構成数=16になる。Fosc=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。

- ・ CANCTRL = 0x0E

ノーマル・モードであり、1回だけ送信するワンショット・モードである。またCLKOUTピンを使用する設定である。

- ・ TXB0CTRL = 0x03

転送バッファの優先度は最高レベルである。

- ・ TXB0DLC = 0x02

回転数データは2バイト長のため、データ長を2としている。

AD変換時にはデータ長=1である。

- ・ TXB0SIDH = 0x00
- ・ TXB0SIDL = 0x00
- ・ TXB0EIDH = 0x00
- ・ TXB0EIDL = 0x00

IDを11ビット長の標準IDに設定してある。

4.7 トランシーバMCP2551の設定

MCP2551はCAN信号とCANの伝送路レベルの差動信号を相互変換するインタフェースである。表4.2にピン配置とその機能を示す。Rsはスロープ (スルーレート) 制御であり、この端子とGND間に接続する抵抗値によってスルーレートが決まる。仕様では10kΩ時に23V/μsになっている。今回はRsをGNDに接続し、スルーレートが最大となるようにした。

表4.2 MCP2551のピン出力

番号	ピンの名前	ピンの機能
1	TXD	送信データ (入力)
2	VSS	グラウンド
3	VDD	電源電圧
4	RXD	受信データ (出力)
5	VREF	基準出力電圧 (VDD/2)
6	CAN-L	CANローレベル電圧 I/O
7	CAN-H	CANハイレベル電圧 I/O
8	Rs	スロープ制御 (入力)

4.8 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桁2行のLCD (SC1602B) を用いた。ここではこのLCDの制御方法を示す。ピン番号と信号内容を表4.3に示す。

表 4.4 LCD におけるピン番号と信号

ピン	記号	信号内容	備考
1	Vdd	電源 5V	
2	Vss	グランド	
3	Vo	コントラスト調整	
4	RS	コマンド/データ 選択	H=データ L=コマンド
5	R/W	リード/ライト選択	H=リード L=ライト
6	E(STB)	イネーブル	Hでストロープ
7	DB0	データ下位	8ビットモード で使用
8	DB1	(4ビットモード時は 使用しない、開放にす る)	
9	DB2		
10	DB3		
11	DB4	データ上位	
12	DB5	(4ビットモードで使 用する)	
13	DB6		
14	DB7		

次に、LCD 出力時における制御のタイミングチャートを図 4.3 に示す。リード/ライトをライト(L)、RS が H になっている状態で、E(STB)を H にした時のデータ(DB)の値が LCD に表示される。データは 16 進数で転送され、LCD には ASCII コードで変換されたデータが表示される。

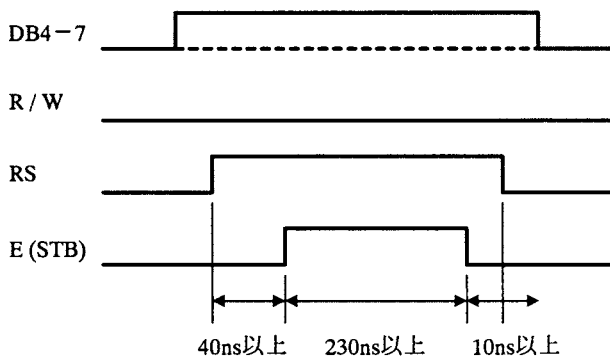


図 4.3 LCD 制御のタイミングチャート

4.7 MCP2515 のクロック回路

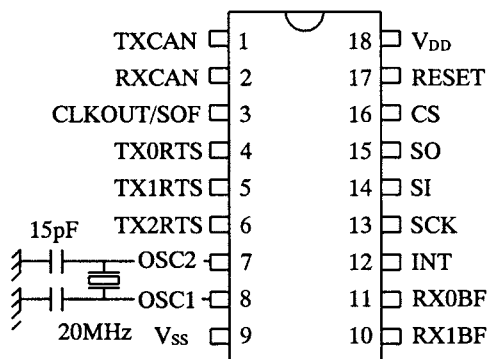


図 4.4 MCP2515 のピン配置

MCP2515 のピン配置を図 4.4 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。この回路は PIC マイコンの場合と全く同様である。

5. 処理プログラムの構成

5.1 概略フローチャート

例として回転数を測定する処理プログラムの送信部における概略フローチャートを図 5.1(a)に示す。

送信部では、SPI の設定、MCP2515 の設定およびキャプチャの設定を行った後に回転数をキャプチャし、SPI コマンドを用いてデータを送信バッファに書き込み、また送信要求を出すことにより CAN バスからデータを送信するようになっている。

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を受信バッファに読み込み、データを回転数に変換する演算を行った後、LCD に表示するようになっている。

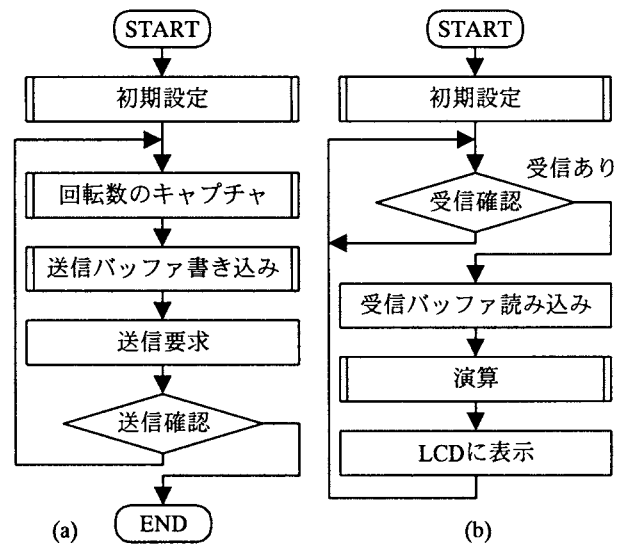


図 5.1 概略フローチャート

5.2 SPI 通信のコマンド

SPI 通信における送受信サブルーチン (送受信に共通) のプログラムを図 5.2 に示す。

W レジスタを介してバッファ SSPBUF にデータが入力され

```

SPI_TX
SPI_RX
MOVWF SSPBUF
BSF STATUS, RP0
BTFSS SSPSTAT, BF
GOTO $-1
BCF STATUS, RP0
MOVF SSPBUF, W
MOVWF RXDATA
RETURN
    
```

図 5.2 SPI 通信のコマンドのサブルーチン

てくるので、SSPBUF がフルになったか否かをバッファ SSPATAT における BF ビットの内容をセンスして監視する。BF=1 になったときに、SSPBUF の内容を W レジスタを経由して RXDATA に取り込む。

### 5.3 AD 変換

図 5.3 にプログラムを示す。4.3 に示した ADCON1 レジスタに値を設定後、図 5.3 のサブルーチンをコールして AD 変換を開始する。その後レジスタ ADCON0 における GO ビット (ビット 0) を監視して、このビットが 0 になってからデータ ADRESH を変数 TXDATA に取り込むようにしている。

```
VOLGET
    MOVLW 0xC1
    MOVWF ADCON0
    CALL TIME_100US
    BSF ADCON0, GO
    BTFSC ADCON0, GO
    GOTO $-1
    MOVF ADRESH, W
    MOVWF TXDATA
    RETURN
```

図 5.3 AD 変換のプログラム

### 5.4 回転数のキャプチャ

図 5.4 にサブルーチンを示す。4.4 に示した CCP1CON レジスタに値を設定後、割り込み処理レジスタ PIR1 におけるフラグ CCPIF を監視しキャプチャを開始するパルスを検出する。その後タイマ 1 のカウンタをリセットし、入力されるパルスを監視し続けて 16 個のパルスが入力される度にキャプチャし、これを 3 回繰り返した後に CCPR1H および CCPR1L のデータを取り込んで処理を行っている。

```
CAPTURE
    BTFSS PIR1, CCPIF
    GOTO $-1
    BCF PIR1, CCPIF;タイマリセット
    CLRF TMR1H
    CLRF TMR1L
    BTFSS PIR1, CCPIF;最初の16パルス測定
    GOTO $-1
    BCF PIR1, CCPIF
    BTFSS PIR1, CCPIF;次の16パルス測定
    GOTO $-1
    BCF PIR1, CCPIF
    BTFSS PIR1, CCPIF;次の16パルス測定
    GOTO $-1
    BCF PIR1, CCPIF
    RETURN
```

図 5.4 回転数のキャプチャを行うサブルーチン

### 5.5 LCD の制御

文献 [5] を参考にして 4 ビットモードにおけるライブラリを作成し使用した。

### 5.6 除算サブルーチン

16 バイトの整数除算のプログラムは、Microchip 社のサイトからダウンロードした Math ライブラリを使用した。電圧測定において測定データを 5 で割るために使用している。

また CAN 通信で伝送されたデータを受信部において回転数に変換するためには、32 ビットの除算を行う必要がある。このサブルーチンには、インターネットからダウンロードしたライブラリを使用させて頂いた [6]。

### 5.7 その他のプログラム

16 ビットの 16 進数を 5 桁の 10 進数に変換するために、Microchip 社のライブラリを使用した。また PIC の EEPROM にデータを書き込んで確認するためのプログラムを作成した。

## 6. データ収集結果

### 6.1 伝送路波形の測定結果

今回検討したシステムは、図 3.1 に示したように送信部および受信部が各 1 台ずつ対向している構成である。伝送路は約 20cm 長の 2 本のビニール線、終端抵抗は 100Ω である。

伝送路波形の測定例を図 6.1 に示す。CAN-H および CAN-L にはサグが観測されているが、オシロスコープの演算機能を用いて観測した差動出力 TXCAN は理想的な波形になっている。論理振幅は 2V、ボーレートは 125kbaud である。図 6.2 は図 6.1 に対応する MCP2515 出力である。電圧軸は 5V/div、時間軸は 10μs/div である。両者の対応関係は良好である。

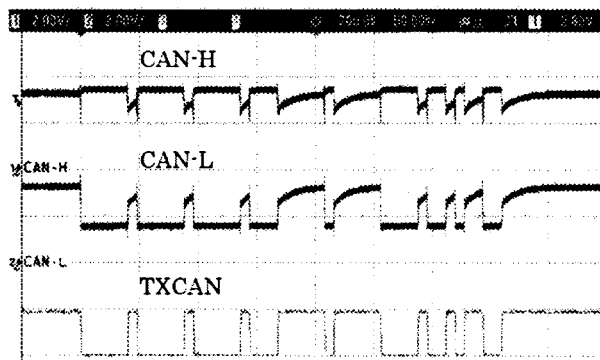


図 6.1 伝送路波形の測定例

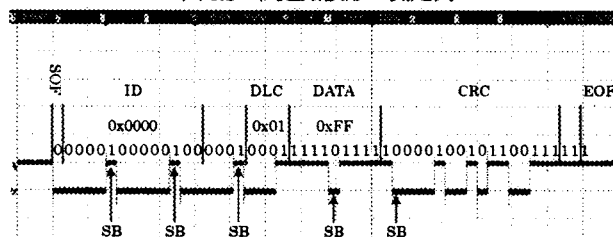


図 6.2 図 6.1 に対応する MCP2515 出力の測定例

### 6.2 CAN 通信を介した電圧の測定結果

PIC のアナログポートに入力される電圧を変化させながら、AD 変換、CAN による伝送、受信部における 5 による除算を介し受信部の LCD に表示させて結果を測定した。図 6.3 に測定結

果を示す。入力電圧、表示電圧の関係から、実用的に問題のないAD変換、CANによる伝送および表示を確認した。

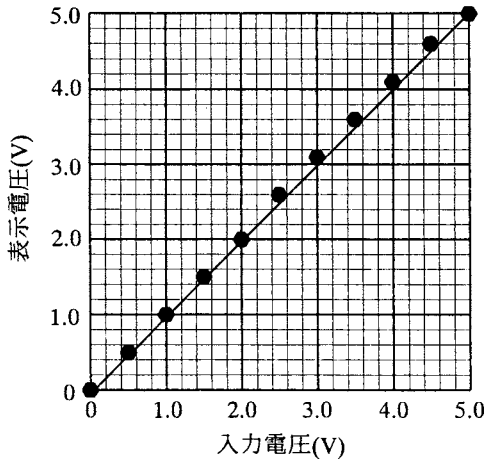


図6.3 CANを介した電圧の測定結果

6.3 CAN通信を介したモータ回転数の測定結果

電圧と同様にCANを介して測定したモータにおける回転数の測定結果を図6.4に示す。受信部のPICにおいて、定数aの値をPICでキャプチャした測定データで割ることにより回転数に変換している。破線は理論値であるが、回転数が高くなると誤差が大きくなる傾向が表れている。

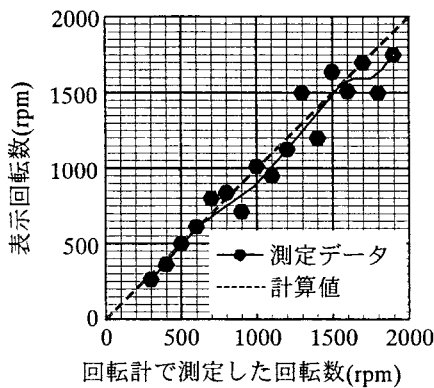


図6.4 CANを介して測定した回転数の測定結果

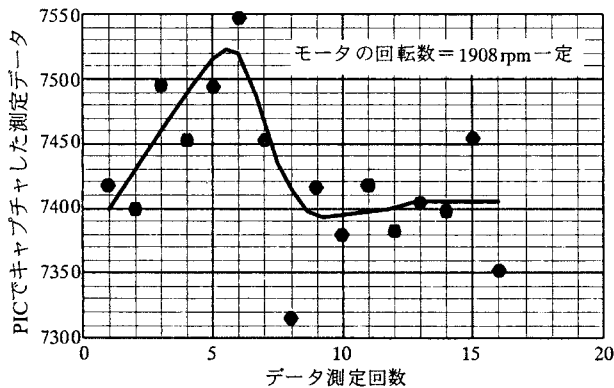


図6.5 EEPROMによるキャプチャデータの測定結果

システム全体として符号誤り率特性を測定し、定量的に評価

を行う必要はあるが、CRCエラーは発生していないので現時点でCAN通信と受信部における計算には大きな誤りがあるようには見えない。したがって誤差の原因はキャプチャ部分にあると考えられる。そこで、同一速度でモータを回転させキャプチャしたデータをEEPROMに書き込み、データの検証を行ってみた。16回連続して測定した結果を図6.5に示す。測定は回転数の最高値(1908rpm)で行った。図6.5から分かる通り、キャプチャ部分で大きな誤差が出ていた。これが図6.4の測定で発生している誤差の大きな要因になっていると思われる。この誤差の軽減が今後の課題である。

7. むすび

本論文では、CAN通信システムを構築するために必要となるCAN通信の概要や設計項目を整理し、CANコントローラMCP2515の具体的な設定項目を明らかにした。

またPICマイコンにおけるAD変換器の使用方法、パルスのキャプチャの設定方法、SPI通信の設定方法、LCDへの表示方法を示し、これに基づいて送信部と受信部各1台およびCAN伝送路からなるCAN通信を適用したシステムの机上モデルを試作した。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電圧を、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が得られた。
- (2) モータの回転数についても同様な測定を行った。しかしながらモータの回転数が高くなると、大きな誤差が発生することが分かった。その原因の一つとしてモータの回転数に対応するパルスの取り込みにバラツキがあり、この改善の必要性が明らかになった。

今回の検討ではシステムを設計・試作し、その特性の測定を行うのが精一杯であり、プログラムの細部にまで立ち入って十分に検討することができなかった。今後未検討の項目についての検討を進め、システムの完成を目指していきたい。

[謝辞]

電気電子工学科恩田教授にはDCモータを提供して頂いた。また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) MCP2515 SPI スタンドアロン CAN コントローラ, Microchip
- (2) 小川晃, "PICCAN テクニカルガイド", Micro Application Laboratory
- (3) 中尾司, "動かして学ぶCAN通信", CQ出版社, 2010年
- (4) PIC16F818/819 Data Sheet 18/20-Pin Enhanced Flash Micro controllers with nano Watt Technology, Microchip
- (5) 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, 2007年
- (6) "ELECTRONICS SHELVES (趣味の電気工作)" <http://orange.zero.jp/electronics/>

表 3.1 CNF1 (アドレス : 0x2A)

b <sub>7</sub>	SJW1	同期ジャンプ長	11=4×TQ, 10=3×TQ
b <sub>6</sub>	SJW0		01=2×TQ, 00=1×TQ
b <sub>5</sub>	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)/Fosc
b <sub>4</sub>	BRP4		
b <sub>3</sub>	BRP3		
b <sub>2</sub>	BRP2		
b <sub>1</sub>	BRP1		
b <sub>0</sub>	BRP0		

表 3.2 CNF2 (アドレス : 0x29)

b <sub>7</sub>	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
b <sub>6</sub>	SAM		1=3回サンプリング 0=1回だけサンプリング
b <sub>5</sub>	PHSEG12	PH1 ビット長	PH1のビット長 = (PHSEG1+1)×TQ
b <sub>4</sub>	PHSEG11		
b <sub>3</sub>	PHSEG10		
b <sub>2</sub>	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
b <sub>1</sub>	PHSEG1		
b <sub>0</sub>	PHSEG0		

表 3.3 CNF3 (アドレス : 0x28)

b <sub>7</sub>	SOF	SOFピン設定	1=CLKOUTピンをSOFピンに設定 0=CLKOUTピンをクロック出力に設定
b <sub>6</sub>	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
b <sub>5</sub> ~ b <sub>3</sub>		未実装	
b <sub>2</sub>	PHSEG22	PH2ビット長	PH2のビット長を設定 (最小設定値2) (PRSEG2+1)×TQ
b <sub>1</sub>	PHSEG21		
b <sub>0</sub>	PHSEG20		

表 3.5 CANINTF (アドレス : 0x2C)

		割込要因	
b <sub>7</sub>	MERR	メッセージ・エラー	1=割込発生中(ソフトでクリア必要)
b <sub>6</sub>	WAKIF	ウェイクアップ	
b <sub>5</sub>	ERRIF	エラー	1=割込未発生
b <sub>4</sub>	TX2IF	送信バッファ2空	
b <sub>3</sub>	TX1IF	送信バッファ1空	
b <sub>2</sub>	TX0IF	送信バッファ0空	
b <sub>1</sub>	RX1IF	送信バッファ1フル	
b <sub>0</sub>	RX0IF	送信バッファ0フル	

表 3.4 CANCTRL レジスタ(アドレス : 0x×F)

b <sub>7</sub>	REQOP2	オペレーション・モード 設定要求	000= ノーマル・モード
b <sub>6</sub>	REQOP1		001= スリープ・モード
b <sub>5</sub>	REQOP0		010= ループアップ 011= リスン・オンリ 100= コンフィグ・モード
b <sub>4</sub>	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
b <sub>3</sub>	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
b <sub>2</sub>	CLKEN	CLKOUTピン許可	1=CLKOUTピン使用する 0=使用しない(Hi-Z)
b <sub>1</sub>	CLKPRE1	CLKOUTピン 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
b <sub>0</sub>	CLKPRE0		

表 3.6 TXBnCTRL レジスタ (アドレス : 0x30, 0x40, 0x50)

b <sub>7</sub>	-	未実装	
b <sub>6</sub>	ABTF	メッセージ・アボート	1= メッセージ送信は中断 0= メッセージ送信成功
b <sub>5</sub>	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
b <sub>4</sub>	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
b <sub>3</sub>	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
b <sub>2</sub>	-	未実装	
b <sub>1</sub>	TXP1	転送バッファ 優先順位	11= 優先度 (最高) ~ 00= 優先度 (最低)
b <sub>0</sub>	TXP0		

表 3.7 TXBnSIDH レジスタ (アドレス : 0x31, 0x41, 0x51)

b <sub>7</sub>	SID10	標準 ID ビット 10
b <sub>6</sub>	SID9	標準 ID ビット 9
b <sub>5</sub>	SID8	標準 ID ビット 8
b <sub>4</sub>	SID7	標準 ID ビット 7
b <sub>3</sub>	SID6	標準 ID ビット 6
b <sub>2</sub>	SID5	標準 ID ビット 5
b <sub>1</sub>	SID4	標準 ID ビット 4
b <sub>0</sub>	SID3	標準 ID ビット 3

表 3.8 TXBnSIDL レジスタ (アドレス : 0x32, 0x42, 0x52)

b <sub>7</sub>	SID2	標準 ID ビット 2
b <sub>6</sub>	SID1	標準 ID ビット 1
b <sub>5</sub>	SID0	標準 ID ビット 0
b <sub>4</sub>		
b <sub>3</sub>	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)
b <sub>2</sub>		
b <sub>1</sub>	EID4	拡張 ID ビット 17
b <sub>0</sub>	EID16	拡張 ID ビット 16

表 3.9 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 3.10 RXBCTRL 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 3.11 RXBICTRL 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 3.12 RXBnDLC レジスタ (アドレス : 0x65, 0x75)

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 3.13 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 0 「空」
b3	CANINTF, TX1IF	送信バッファ 1 「空」
b2	CANINTF, TX0IF	送信バッファ 2 「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 3.14 受信ステータス・リード・コマンド(RX STATUS)

bit	要因	意味
b7 b6	受信メッセージ	00= 受信なし
		01= RXB0 にマッチ
		10= RXB1 にマッチ
b6		11= 両バッファに受信あり
b5	未実装	未実装
b4 b3	メッセージ・タイプ	00= スタンダード・データ・フレーム 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 b1 b0	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 110= RXF0 にマッチ(RXB1 ヘロール・オーバー) 111= RXF1 にマッチ(RXB1 ヘロール・オーバー)

## 赤外線リモコン送受信器を題材にした

### 組み込みプログラム用電子教材の開発

Development of New Electronic Study Materials for Built-in-System Programming Education  
Based on Infra-Red Remote-Control Transceiver

玉真昭男\*

Teruo TAMAMA\*

**Abstract:** Recently programmers for built-in-systems are badly off. Thus, fostering of those human resources at universities is urgent. New electronic study materials have been developed for built-in-system programming education based on an IR remote-control transceiver. Using those materials, students are able to learn microcomputer programming as well as soldering technique and oscilloscope operation.

#### 1. はじめに

近年、マイコンはデジタル家電、携帯電話、自動車などに数多く組み込まれているが、マイコンを動かすプログラムを開発できる組み込みプログラマの不足が深刻な問題となっており、その育成が急務となっている。2005年、経済産業省と情報処理推進機構は「組み込みソフトウェアスキル標準」を策定し、広く産業界や大学・高専に技術者・開発者の指導・育成を訴えた。組み込みスキル基準は、必要なスキルを明確化・体系化したものであり、組み込みソフトウェア開発者の人材育成・活用に有用な「ものさし」を提供する。

本学コンピュータシステム学科でも、それを受けて、H19年から組み込みプログラム（ソフトウェア）を教えるカリキュラムを検討・準備し、本22年度より「コンピュータシステム実験」の中で15週×3コマを掛けて集中的に組み込みプログラムを教えることになった。

画面の上だけのPC上のプログラムと違い、マイコンのプログラムには「モノが動く」楽しさがある。LEDが点滅し、モーターが回り、ロボットが動く。「コンピュータシステム実験～組み込みプログラム～」は

2011年3月4日受理

\* 総合情報学部 コンピュータシステム学科

3人の教員が担当し、それぞれ表示系、計測系、通信系の3つのカテゴリのプログラム課題を教えることにした。著者は通信系を担当し、赤外線リモコン送受信器とジャイロセンサーを用いた簡易Wii型リモコンの制御プログラム作成をメインテーマとした。

赤外線リモコン送受信器製作の課題は、マイコンのプログラミングが学べるだけでなく、電子部品のハンダ付けや基板の組立、オシロスコープの操作法などをしっかりと学習出来る内容になっている。その意味で、組み込みプログラムを総合的に学習出来る教材になったと自負している。本学では、これを週3コマ（90分/コマ）×5週の実験講座の中で行っている。

赤外線リモコン送受信器を教材にした「組み込みプログラム」教育は他所では行われていない。しかし、本稿に示すように、単にマイコンプログラムの演習になるだけでなく、ハンダ付けやオシロスコープの操作法を必然的にじっくりと学習することにもなるので、「組み込みプログラム」教材として好適であると考え。演習問題として「学習リモコン」のプログラミングも含んでいるので、プログラミングの課題としても高度であると考えている。



## 2. ハンダ付けの指導

本実験では、試作した赤外線リモコン送受信器のベアボードを学生に組み立てさせる。ハンダ付け未経験の学生に部品点数 25、総ピン数 124 のプリント基板一個のハンダ付けを 2 人一組でやらせて時間内に完成させさせるには、最初にコツを教え、また丁寧なマニュアルを用意するのが大切と考えた。

### 2. 1 ハンダ付けのコツ

以下のような手順書を書いた。参考のため、一部掲載する。

- ・ コテ置台の黄色いスポンジを水でぬらしておく。
- ・ 温度調節器設定 350℃
- ・ ハンダを適当な長さ(20cm 程度)に切っておく。
- ・ ハンダのコテ先をヤスリで研ぎ、金属色を出す。
- ・ そこにハンダメッキする。「光沢色(銀色)」になることを確認。
- ・ コテ先にハンダが付いて玉状になったら、コテ置台のスポンジでこすって取り去る。(作業中も頻繁に行う)
- ・ 糸ハンダの中にクリーム状のペーストが入っている。ハンダをコテに当てると金属ハンダが溶けるだけでなく、中のペーストも溶けて蒸気が上がる。
  - この「蒸気が上がっている」間にハンダ付け作業を完了することが重要！！
- ・ Fig. 1 に示すように、コテ先をパッドとリードの両方に当て、7 つ数える。その後、ハンダをコテ先かリード線のどちらか(図中の赤矢印)に当て、ハンダを溶かし、流し込む。
  - ハンダが溶けて液状になり、「水がしみ渡るようにジワーと広がって行く」感じが良い (Fig. 2)。

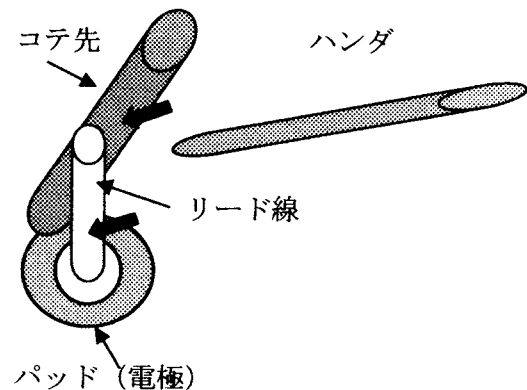


Fig. 1 ハンダ付けのコツ

「富士山型」が理想！  
→静岡県民なら「富士山型」を目指せ！

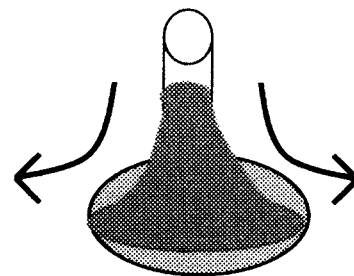


Fig. 2 富士山型についてのハンダのイメージ

- ・ 「団子型」はダメ
  - 時間を掛け過ぎるとハンダが団子状に固まり、中が「す」(空洞)になって、ちゃんと付かない。
  - 中のペーストの「蒸気が上がっている間」に作業を済ませないと「す」になり易い。

### 2. 2 ハンダ付けの練習

汎用プリント基板を使用し、2 行 5 列の 10 ピンコネクタ 1 個と抵抗 2 個 (1 個横向き、1 個縦向き) をハンダ付けする練習をさせた。その出来具合を指導教員が目視でチェックし、問題がある学生にはその箇所を指摘して、やり直しをさせた。

### 2. 3 赤外線リモコン送受信器 (IrCOM) ボードのハンダ付け手順

赤外線リモコン送受信器全体の回路図は最後の Fig. 12 に示す。部品点数 25、総ピン数 124 の赤外線リモコン送受信器 (Fig. 3) 各一個のハンダ付けを 2 人一組でやらせた。

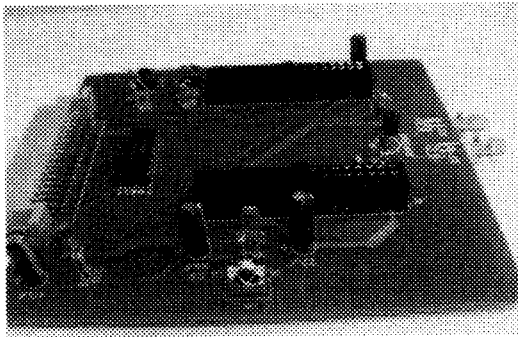


Fig. 3 試作赤外線リモコン送受信器ボード

使用するマイコンボードは北斗電子製の BB64E3687F で、この図の  $17 \times 2 = 34$  ピンコネクタ 2 個の上に搭載する。

ハンダ付けは未体験の学生がほとんどであったため、丁寧な手順書を作った。以下はその一部の抜粋である。

#### (1) IC(74HC14)

- 両側 2 列の足(ピン)をテーブルに当てるなどして、ほぼ垂直になるように曲げる。
  - ボードに無理なく入るところまで曲げる。
  - 写真に従い、向きを間違えないように注意
  - IC が落ちないように抑えてボードを逆にし、テーブルに置く。このとき IC が平らになるように注意
  - まず、両端の 2 ピンをハンダ付け →ハンダを付け過ぎないこと!
  - 次に、残りのピン全部をハンダ付け →隣のピンとショートしないように注意!

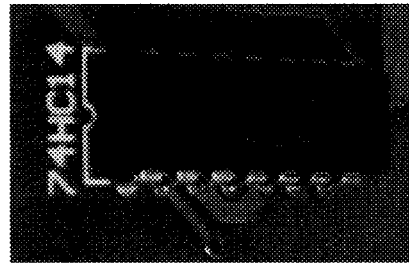


Fig. 4 IC(74HC14)のハンダ付け

#### (2) トランジスタ(2SC1815)

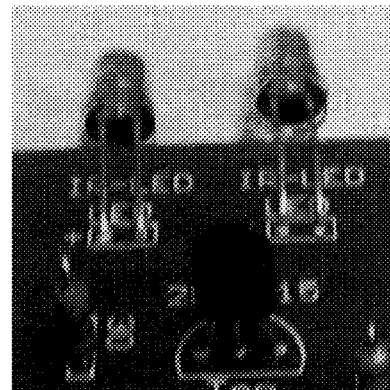


Fig. 5 2SC1815 のハンダ付け

- 写真を参考に、向きを間違えないように注意!
- 両側の 2 本の足を左右に曲げ、落ちないようにしておいて、真ん中の足をハンダ付け。
- 次に左右に曲げた足をやや真っ直ぐに戻してから、ハンダ付け
- ニッパーで足を 1.5mm 程度残して切断

実験前は、部品点数 25、総ピン数 124 のボードの組立は、ハンダ付け未体験の学生には荷が重く、「面倒くさい」「嫌だ」という感想を予想していた。実験後は、「非常に面白かった」「モノを作っている実感があり、楽しかった」という意見がほとんどで、むしろ驚いた。

実験後のアンケートに次の項目を入れた。

【①】ハンダ付けのコツは理解出来ましたか?

【②】部品点数 25、総ピン数 124 の赤外線リモコン送受信器のハンダ付けは面白かったですか?

30 人の平均値は、5 段階評価でそれぞれ 4.4、4 と高かった。

### 3. オシロスコープの操作法

電子計測器類を全く触ったことの無い学生達にオシロスコープの使い方を教えるのは厄介である。しかも、赤外線リモコンの波形を計測するためには、繰り返し現象ではなく、単発現象の計測が出来、しかもパルス幅を正確に測定できなければならない。そのため、オシロスコープの操作方法に関しても丁寧なマニュアルを用意した。なお、実験で使用したのはアジレント・テクノロジー社の DSO1002A(60MHz, 2チャンネル)である。

#### 3. 1 基本設定

オシロスコープとは時間的に変化する電子信号(電圧波形)を計測するための装置であり、これを使用するためには次の 3 つの設定をする必要がある。

- 垂直軸(電圧レベル)設定、水平軸(時間単位)設定、トリガー設定(波形をどこで捕えるか)

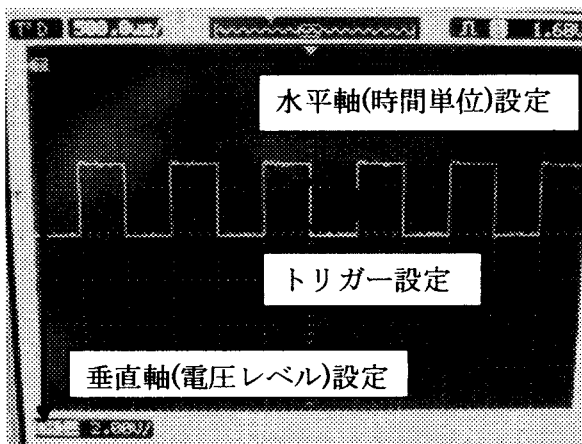


Fig. 6 オシロスコープ画面

#### 3. 2 単発波形の測定

- ・ マイコンの動作波形には 1 度しか発生しない信号が多い。
- ・ このときは Single モードで測定する。

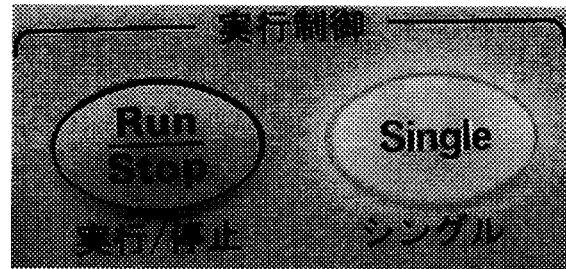


Fig. 7 Single モードボタン

- ・ 波形を捕らえると、左の「Run/Stop」ボタンが赤に点灯する。
- ・ 「7 インチ TV」用リモコンの信号を受信機で受けると、ボタン 1(CH 1)の場合、次のような波形が観測される。

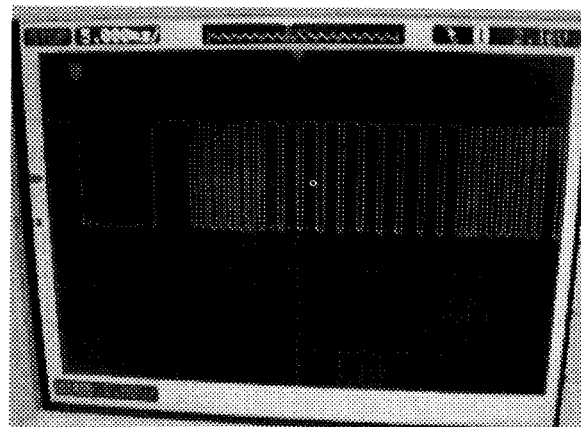


Fig. 8 CH1 の NEC 送信フォーマット

4. 2 節で述べる「赤外線リモコン送信機プログラム」のベースプログラムの場合には次のような波形が観測される。(反転: OFF)

この課題では、プログラムをいじりながら、この波形のパルス幅を何度も何度も測定することになる。完成まで、少なくとも数時間は HEW4 を使ったプログラムの変更・ビルドと、オシロスコープを使った単発波形計測、パルス幅測定と格闘することになる。2 つのツールの使い方がいつの間にか身に付く課題になっている。

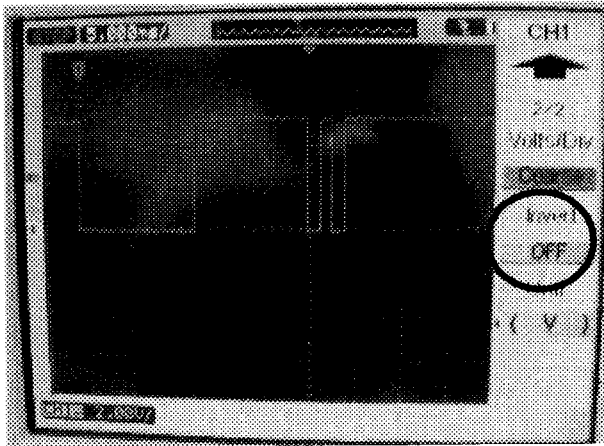


Fig. 9 サンプルプログラムの出力波形

4. 赤外線リモコン送受信器

4. 1 赤外線リモコンのデータ・フォーマット

よく使われている赤外線リモコンのデータ・フォーマットはNEC送信フォーマットと家電製品協会フォーマットである。本実験では赤外線リモコンの例として AVOX 社の7型ポータブルTV用リモコンを採用した (Fig. 10)。TV 本体が小型軽量で持ち運びに便利なので、実験向きであること、価格も安いこと、などがその理由である。

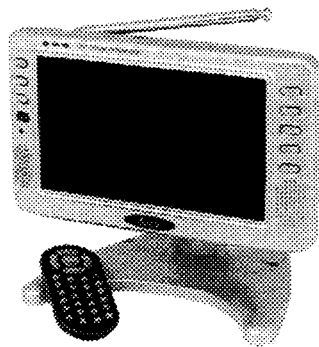


Fig. 10 7型ポータブルTV (AVOX 社)

このTVはNEC送信フォーマットを使用しているので、これについて説明する。Fig. 11のように、リーダー部とデータ部からなる。データ部はカスタムコードとデータコードから構成されている。前者は会社ごとに違った番号を使用している。後者は、制御対象機器がTVならチャンネル番号などになる。

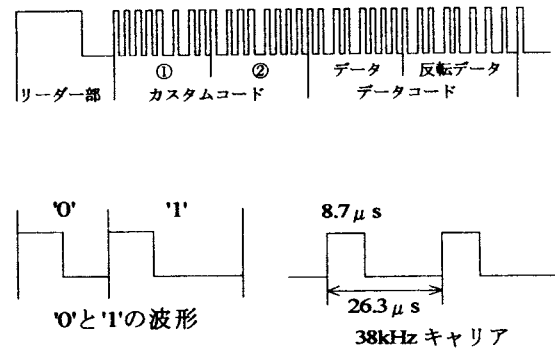


Fig.11 NEC送信フォーマット

赤外線リモコンは 38kHz で変調された光パルスで赤外線 LED から発することで通信している。この 38kHz で変調された光パルスはキャリアと呼ばれるが、消費電力を抑えるため、図のようにデューティ比は 1:3 に設定されている。

リーダー部は、本機の場合、図のように HIGH 9ms、LOW 4.5ms となっており、HIGH 時間中のみ 38kHz のキャリアが送出される。

データ部は2進数0、1の組合せで構成されており、図のようにパルス 0 とパルス 1 は次のような HIGH (キャリア ON)、LOW (キャリア OFF) 時間の組合せとなっている。

パルス 0 : HIGH 0.56ms LOW 0.56ms  
(計 1.12ms)

パルス 1 : HIGH 0.56ms LOW 1.69ms  
(計 2.25ms)

3. 2節で示した Fig. 8 は、本機のリモコンで CH1 を送った時のオシロスコープ波形 (長いために全ビットは表示されていない) である。この写真からデータ部を解析すると次のようになっていることが分かる。

カスタムコード: 0000 0001 1111 1111  
データコード: 1000 0000 0111 1111+0  
(16ビット+ストップビット)

データコードは、10進値1を2進8ビットで表したものをLSB→MSBの順に並べたもの、及びその反転データになっていることが分かる。他のチャンネル制御信号も調べたが、まさにこのルールになっていることが分かった。

#### 4. 2 赤外線リモコン送信機のプログラミング

H8マイコンプログラミング環境HEW4の操作方法に従って新規プロジェクトを作る<sup>2)</sup>。CPUを300H/3687にする。

- ・ 付録を参照してmain.cのプログラムを作成する。
  - ビルド、実行
- ・ オシロスコープと赤外線受信機の準備
  - 上のプログラムが正しく出来ていれば、SW0を押したとき、リーダー部のような波形がオシロスコープで観測されるはず
  - その後ろに、'0'の波形とストップビットも入れてある。但し、パルス幅は仮の値。
  - ①関数 ReederCode0内の待ち時間発生用繰返しルーチン(for文)を修正して、赤外線リモコンのリーダー部と同じ波形が出るように調整
  - ②関数 Send\_0( )の中の待ち時間発生用繰返しルーチン(for文)を修正して、'0'の波形が正しく出力されるようにする
  - ③Send\_0( )にならって、関数 Send\_1( )の中にコードを追加し、'1'の波形が正しく出力されるようにする
- ・ オシロスコープで読み取った「7インチTVリモコン」のボタン1の波形に従って、カスタムコード、データコードを関数 OnPressButtonSW1(void)の中に追加する。
- ・ 例えば、カスタムコードは00000001・・・、データコードは1000・・・とする

#### 5. 学習リモコンのプログラミング

NECフォーマットの赤外線リモコンの送信コードを自動的に読み込み、同じ信号を発生させる「学習リモコン」を作る。

##### ◎プログラミングのポイント

- ・ タイマーZ0割込みを使い、0.1ms=100μsごとに受光器からの入力信号(PDR6)をチェックする。
  - OnTimer0関数を使用
- ・ リーダー部では、Low Levelが約90回(9.0ms)続き、次にHigh Levelが約45回(4.5ms)続くはず。
  - 100μsごとにLow LevelとHigh Levelの連続回数を数え、それぞれ約90回、約45回と続いたら、リーダー部が来たと判定
- ・ カスタムコード部、データ部でも、100μsごとにLow LevelとHigh Levelの連続回数を数え、ビットコードの判定を行う。

##### ◎使用法

- SW0 →パラメータリセット
- リモコンのLEDをIrCOMボードの受光器に向け、どれかのCHボタンを押す。
- 赤外線LEDをTVに向け、SW1を押す。
  - ◇ これでCHが正しく変われば完成

#### 6. まとめ

赤外線リモコン送受信器を題材にした組込みプログラム用電子教材の開発を開発した。本教材は、単にマイコンプログラムの演習になるだけでなく、ハンダ付けやオシロスコープの操作法を必然的にじっくりと学習することにもなるので、「組込みプログラム」教材として好適であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) <http://www.5b.biglobe.ne.jp/~YAUSI/gallery/electronics/041219/041219.htm>.
- 2) 島田義人:「H8/Tiny マイコン完璧マニュアル」, CQ出版社, 2007.

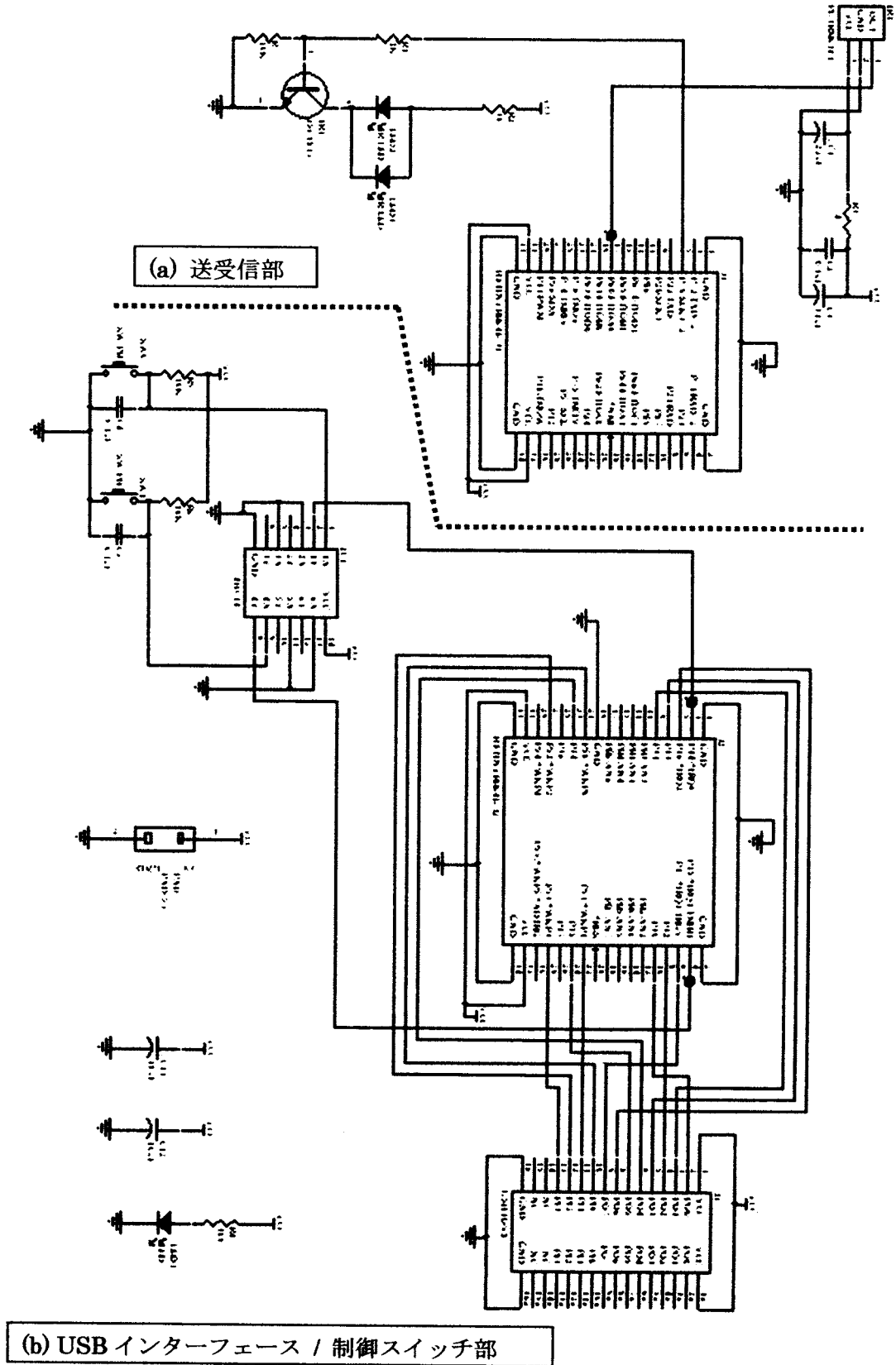


Fig. 12 赤外線リモコン送受信器全体回路図

## ◎付録 赤外線送信器のプログラム (H8/3687 用)

```

/*****
main.c (CPU TYPE : H8/3687)
*****/
#include<MACHINE.H> /*組み関数ヘッダ*/
#pragma interrupt(OnPressButtonSW1) /*IRQ0割り込み関数*/

//3687F用
#define PCR7 *((volatile unsigned char *)0xffea) /* PCR7 */
#define PDR7 *((volatile unsigned char *)0xffda) /* PDR7 */

//割り込み設定
#define PUCR1 *((volatile unsigned char*) 0xffd0) /*PUCR1*/
#define IEGR1 *((volatile unsigned char*) 0xffff2) /*IEGR1 エッジ選択*/
#define IENR1 *((volatile unsigned char*) 0xffff4) /*IENR1 割り込みイネーブル*/
#define IRR1 *((volatile unsigned char*) 0xffff6) /*IRR1 割り込みステータスフラグ*/
#define PMR1 *((volatile unsigned char*) 0xffe0) /*PMR1 モードレジスタ*/
#define PCR1 *((volatile unsigned char*) 0xffe4) /*PCR1*/

void Sleep_ho(unsigned long lTime);
void Send_1(void);
void Send_0(void);
void SendByte(unsigned char cc);
void Carrier(void);
void CarrierOff(void);
void ReaderCode(void);

void OnPressButtonSW1(void)/*IRQ0*/
{
    volatile unsigned long i;
    volatile unsigned char DataCode;

    IRR1 = IRR1 & 0xfe; /*割り込み要求フラグクリア*/

    ReaderCode();

    //Custom Code
    for(i=0;i<7; i++) Send_0(); Send_1();
    for(i=0;i<8; i++) Send_1();

    //Data Code - CH7
    DataCode=0x07;
    SendByte(DataCode);

    //Stop Bit
    Send_0();

    return;
}

#pragma section V1 /* CV1
// 仮想ベクターテーブル
void (*const VEC_TBL1[]) (void) = {
    OnPressButtonSW1 /*IRQ0
};

```

```
/******  
時間待ちループ  
*****/  
void Sleep_ho(unsigned long lTime)  
{  
    volatile unsigned long l;  
    for(l=0;l<lTime*1000;++l)  
    {  
        /*何もせずに時間稼ぎ*/  
    }  
    return;  
}  
  
void ReaderCode(void)  
{  
    volatile unsigned long i;  
    for(i=0; i<340; i++) Carrier();           //9ms  
    for(i=0; i<184; i++) CarrierOff();       //4.5ms  
    return;  
}  
  
void Send_1(void)  
{  
    volatile unsigned long i;  
    for(i=0; i<22; i++) Carrier();           //0.56ms(0.568ms)  
    for(i=0; i<67; i++) CarrierOff();       //1.69ms(Pulse Width => 2.25ms)  
    return;  
}  
  
void Send_0(void)  
{  
    volatile unsigned long i;  
    for(i=0; i<22; i++) Carrier();           //0.56ms(0.568ms)  
    for(i=0; i<22; i++) CarrierOff();       //0.56ms(Pulse Width => 1.12ms)  
    return;  
}  
  
void SendByte(unsigned char cc)  
{  
    volatile unsigned char c1;  
    volatile unsigned int k=8;  
  
    while(k>0) {  
        c1=cc & 0x01;  
  
        if(c1==1) Send_1();  
        else Send_0();  
  
        cc = cc >> 1;  
        k--;  
    }  
  
    return;  
}
```



```

// 37.88kHz, 26.4us
void Carrier(void)
{
    volatile unsigned int k;
    PDR7 = 0x01; for(k=0; k<10; k++);
    PDR7 = 0x00; for(k=0; k<9; k++);
    return;
}

// 37.88kHz, 26.4us
void CarrierOff(void)
{
    volatile unsigned int k;
    PDR7 = 0x00; for(k=0; k<19; k++);
    return;
}

void main(void)
{
    //3687F用
    PCR7 = 0xff;          /* PCR7 */
    set_imask_ccr(1);     /*割り込み不許可*/

    /*ボタンの使用 割り込みの初期設定 P14, P15使用*/
    PCR1 = 0xcf;         /*P14, 15をリードピン、残りをライトピンに明示指定*/
    PUCR1 = 0x38;        /* P14, P15のMOSプルアップをオン*/
    Sleep_ho(100);       /*51, 52番ピンの初期電圧が安定するまで念のため時間稼ぎ*/
    PMR1 = 0x30;         /*汎用ポートではなく IRQ0, IRQ1機能を選択*/
    Sleep_ho(10);        /*ハードウェアマニュアルに従い、時間稼ぎ*/
    IRR1 = IRR1 & 0x00;  /*割り込み要求フラグクリア*/
    IEGR1 = IEGR1 | 0x03; /*IRQ0, IRQ1立ち上がりエッジ検出を選択*/
    IENR1 = IENR1 | 0x03; /*IRQ0, IRQ1 イネーブル*/
    set_imask_ccr(0);    /*割り込み許可*/

    while(1)
    {
        PDR7 = 0x00;
    }

    return;
}

```

# 交叉イトコ婚による外婚制の通時的考察

Diachronic Study for Exogamy System with Cross Cousin Marriage

榛葉 豊\*

Yutaka SHINBA

Abstract: C. Levi-Strauss noticed that some ethnocultural group has very complicated rules for marriage, for example Cross Cousin Marriage, and that rules seems to hopeless to understand their meaning. Nevertheless, he had shown followings, that rules are combined with the incest taboo with the meaning which insures solidarity of crans through the exchange of woman. But his structural anthropology is synchronic in its own nature. We discuss origin and diachronic evolution of that rules of marriage, compared to the genesis of eye in the context of anti intelligent design of Dawkins. It will be an exercise for the harder problem of the origin of language and consciousness.

## 1. 序

構造主義の分析例としてよく取り上げられるものに、クロード・レヴィ=ストロースの婚姻規則の研究と神話の構造分析がある。そのうちの、婚姻規則の構造分析と解釈はおおよそ次のような物である。

未開部族には、一見と言うよりもどう考えてもその意味の理解が難しいような、そのうえ非常に複雑な婚姻規則を持つものがある。例えば交叉イトコ婚（次項以下で説明）などと呼ばれる規則あるいは婚姻の制限は、何のためなのか、どういう効果を持つのか、観察者のみならずその規則に従っている当の本人達にも理由がわからない。

それをレヴィ=ストロースは分析して見せて、その婚姻の規則に従った親族の体系は、代数学的にはフェリクス・クラインの4元群で記述されることを（数学者アンドレ・ヴェイユの助けを得て）示した。この婚姻体系においては、社会学者・文化人類学者マルセル・モースが「贈与論」で示したような部族間の贈与が「女性の贈与」あるいは「女性の交換」として行なわれて部族間の親和性、団結性を保っていると解釈して見せた。この贈与体系のプラットフォームになるのが外婚制を構成する部族たちである。

また、この「女性の交換」は自動的にインセスト・タブー（近親相姦禁忌）を実現していることも示された。そしてインセスト・タブーの意味について言及されている。

レヴィ=ストロースの分析はフェルディナン・ド・ソシュールに始まる構造主義が本来そうであるように、共時態

の研究であって、どのようにしてその体系が起こりえたかの謎には全く答えてくれない。

われわれは、レヴィ=ストロースの研究で扱われたような複雑精妙な体系が、どのようにして発生し得たかを社会の規則の文化進化、あるいは最近使われない用語ではあるが「ミーム」（文化をそれ自身が遺伝子であるにとらえたもの）としての進化として通時態で考察したい。

この婚姻規則の様な精妙で何かの「目的」を持ったように見える何ものか、そして漸進進化の途中に適応度の大きな峠があるように見えるものの進化については、リチャード・ドーキンスたちが精力的に「知的設計者」を否定する論を展開している。例えば眼のような精妙な器官の進化についての議論である。

しかしドーキンスの言説はやはり本来の進化論の対象である生物についての考察が主体である。もちろん文化進化を「ミーム」として捉えると言うことを推進したのも彼であるが（現在は放棄したと伝えられるが）、ミーム論で扱われる題材は、流行やちょっとした行動の様式などのようなあまり複雑ではない行動様式（ミーム）についてである。

文化進化の通時的研究の根源的な大問題として第一にそして究極的に考察されるべきものは、言語の発生であろう。そしてそれに伴う意識の発生である。印欧言語を見るまでもなく、言語はその発生した後この2~3000年を見ても、たとえば格変化や性・数などが省略単純化している。

2011年3月4日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

英語などその典型例である(単純な体系で高度な思考を記述できるというのは「改良」されているとも言えるが)、そうだとすると過去に遡ると複雑精妙な体系があるわけであり(ただし言語の「適応度」,「目的」はわかりやすいとは言えるが)それが適応進化の結果もたらされたとは考えにくいと言う判断に流れやすい。はじめから完成された形のもので「与えられた」のではある。そこからは「劣化」の歴史となる。単純な方が「優れて」いるのなら、なぜなにもないところから、複雑の極みに漸進進化してその後単純化に反転したのかである。人類にとっての世界の環境要因が数千年前に変化したということになる。ソシユールの言うように「言語は一気に出来た」のか、と言う謎である。

言語の発生という究極的難問の予備的な考究として、婚姻規則の(共時態ではなく)発生の研究とその規則の意味を考究する立場の検討のような考察は練習問題として機能するであろう。

## 2. 部族レベルでの外婚体系を実現する個人間の婚姻規則の構造とその代数的表現<sup>1~3)</sup>

扱う題材の「複雑さ」と「精妙さ」を感じ取るために、レヴィ=ストロースの研究した婚姻体系の内からキャリア型を見ておこう。

### ○キャリア型婚姻体系

婚姻クラス間の女性の限定交換

2つの双分半族の間の外婚制である。しかし表だって半族内での婚姻禁止のような、マクロな規則によるのではなく、ミクロな交叉イトコ婚奨励という現象により、マクロな外婚制が実現されるものである。

マクロな規則というのはたとえば、朝鮮族に見られる「同姓娶らず」のようなものである。

この例はオーストラリアのアボリジニ、キャリア族で観察されたものである。

まず交叉イトコの説明。

イトコとは親の兄弟姉妹の子供のことである。ここからの用語は男性中心の関係で見た記述法になるが、女性中心でももちろん記述できる。

交叉イトコとは、ある結婚しようとする男性の父親の姉妹(異性のキョウダイ)の子供のことである。男性が結婚しようとするのであるから、相手は女性であり、実際は父親の姉妹の娘である。これを FZD 婚という。Father's Sister's Daughter である。(Sister は Sun と区別するために Z を用いる)

交叉イトコは男性の母方でも考えられる。MBD 婚(Mother's Brother's Daughter)である。これは女性から見れば父方交叉イトコ FZS に他ならない。交叉とは親の異性のキョウダイの子供を意味する。

一方、平行イトコとは、父親の兄弟(同性のキョウダイ)の子供、または母親の姉妹(同性のキョウダイ)の子供である。平行とは親の同性のキョウダイの子供を意味する。

一般に世界の多くの社会では平行イトコ婚は禁止される傾向が強い。

FZD 婚と言う術語は、「FZD 婚は奨励または義務化されているが、同時に交叉イトコでも母方の交叉イトコ MBD との結婚は禁止されている」ことを言う。この見方は男性から見てのことであり、女性から見れば同じ関係が父方交叉イトコ FZD になるがこれは禁止されているのである。

母方交叉イトコ婚の部族もあるし(この場合父方交叉イトコ婚は禁止されている)、双方交叉イトコ婚(父方交叉イトコと母方交叉イトコを区別せずに、それとの結婚を奨励する)の部族もある。

ここで注意しなくてはならないのは、必ずイトコの範囲で結婚しなくてはならない、即ちイトコの結婚相手が無かったら独身で終わらなければならないと言うのではなく、それ以外の遠縁とか他人との結婚もあるのである。

また何%が交叉イトコと結婚し残りの結婚がそれ以外の結婚かなども大切な要素である。

このことは、婚姻規則が役割を演じる、結婚相手の範囲の全体集合が何かと言うことで、生物学的に子孫が作れると言うことから始まって

人類, 外国人

社会全体, 民族

クラン, 婚姻クラス

家族

のように、可能性の範囲は狭まってくるわけであるが、ここで問題になっているのは下から2つめまでの範囲である。

さて次に、マクロに観察されたキャリア族での外婚制を見てみよう。

多くの未開部族社会では、社会を2つの部分集合に分けた2項対立で象徴される双分半族と言う概念が観察される。文化人類学の重要な考察対象であるがここでは割愛するが、キャリア族は双分半族が、そのそれぞれが同様の意味で2つの婚姻クラス(婚姻に関してその集団内と集団外を何らかの意味で区別する)に分かれている。これは2値をとる添え字が2つあるようなものである。結局4つの婚姻クラスがある事になる。これらを A1, A2 と B1, B2 としよう。

キャリア族では全員がこれらのどれかに属している。A, B は母系半族(その半族に属するかどうか母系で伝わる)を表す。

キャリア外婚制の規則：  
 $A1 = B2$   
 $A2 = B1$

ここに  $=$  は結婚を表す。一方世代が変わるとき（つまりその結婚の子供の属性は）上の表の上下が入れ替わる。たとえば  $A1$  と  $B2$  の子供は、母系で半族は伝わるから、 $A1$  が母親だったら子供の婚姻クラスは  $A2$  になる。 $A2$  と  $B1$  の結婚では  $A2$  が父親だとすると、その子供の婚姻クラスは  $B2$  となる。このことは子供が息子でも娘でも同じである。

ここで母子関係にともなって世代ごとに交替する、1, 2の別は父方の居住集団を表す。言い方を変えれば、居住集団は父方であるから、父の数字を受け継ぐといっても良い。父と母は必ず居住集団が異ならないなければならないという規則であるから、母の居住集団は父の反対であり、従って父と同じと言うことは、母系半族と居住集団の変化を母に一元化して記述すれば母の居住集団の反対になるということになる。

要約すると、

- i) 「姓」と居住地が異ならねば結婚できない。 外婚制
- ii) 「姓」は母から受け継ぐ。 母系制
- iii) 妻は夫の元で居住し家族を作る。 夫方居住

となる。

レヴィ=ストロースはフランス人読者向けに次のような説明をしている。Aはデュラン家、Bはデュボン家である。両方の家系はそれぞれパリに住むものとボルドーに住むものがある。2つの町が互いの絆を強くするためにある町のある家系のものは、相手の町のしかも家系の異なるものとのみ結婚できると言う婚姻規則を作ったとしか考えれば理解し安いであろう。

この体系はクラインの4元群と同型である。クラインの4元群は位数2の巡回群の直積と同型である。この際それぞれの位数2の巡回群は、母系半族の交換と父系で伝わる父方居住集団の交換であり、それぞれの生成元は $\alpha$ と $\beta$ である。すなわちAとBの交換操作が $\alpha$ であり、1と2の交換操作が $\beta$ である。AとBも1と2も同時に交換する操作は $\gamma$ となる。

	I	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
I	I	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
$\alpha$	$\alpha$	I	$\gamma$	$\beta$
$\beta$	$\beta$	$\gamma$	I	$\gamma$
$\gamma$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	I

Fig-1 4元群の演算表

この外婚体系は双方交叉イトコ婚を行うことで実現されることがわかる。

たとえばあなたがA1の父とB2の母の間に産まれた息子であるとしよう。あなたの婚姻クラスはB1である。するとあなたが結婚できるのはA2の女性しか居ない。他の女性との結婚はタブーである。

それではA2の女性とはどう言う女性であろう。社会がある程度大きければ、近親者でなくてA2という女性はいくらでも居るであろう。しかし逆にイトコの範囲内で考えてみよう。あなたの父方交叉イトコの女性は次のようになる。あなたの父方の伯母又は叔母はA1である。従って父方交叉イトコの母系半族はAである。居住集団は父方で伝わる。すなわちオバの夫の居住集団である。オバの夫はB2であるから2という居住集団である。従って父方交叉イトコの女性はA2である。

母方交叉イトコはどうであろうか。母方のオジはB2である。その娘の母系半族はB2であるオジの結婚相手であるA1の母親の娘だからAになり、居住集団はオジの2を受け継いでA2である。

こうして双方交叉イトコはA2であり、あなたが唯一結婚できる婚姻クラスに入っている。

一方、同じイトコでも平行イトコはどうであろうか。あなたの父方のオジの娘FBDはA1であるオジの娘であるから、オジの妻B2の娘でありB1である。また母方のオバの娘MZDはB2であるオバの娘であるからB1である。

したがってあなたが父方母方問わず平行イトコと結婚することはタブーである。

ここで注意しなければならないのは、ミクロな規則である双方交叉イトコ婚とマクロな現象であるキャリア型外婚制の関係である。同じ代数構造のミクロとマクロの表現になっていると言える。しかし全く同じ必要十分条件というわけではない。2つの家族の間で交叉イトコ婚を代々続けていけばキャリア型外婚制が結果する。しかしイトコ以外と結婚することもあるから、交叉イトコ婚でない結婚をしていてもキャリア型外婚制は達成しうる。

交叉イトコ婚が行われていても、実際にイトコと結婚するものは10~30%だという。それ以外は、外婚体系の規則には合致したイトコ以外の遠縁の女性と結婚するという。

2つの家の間で双方交叉イトコ婚を代々続けていく場合、2つの家は、男性が姉妹を妻として代々交換していることになる。これをレヴィ=ストロースは「限定交換」とよんだ。その解釈については次項で考える。

2つの半族間の女性の交換というのではなく、たくさんの部族の間での、順繰りの女性の「贈与」の形となっている部族間の婚姻関係もある。これは「一般交換」と呼ばれる。詳細は割愛するが、

双方交叉イトコ婚 → 限定交換  
 父方交叉イトコ婚 → 一般交換 (短いサイクル)  
 母方交叉イトコ婚 → 一般交換 (長いサイクル)

となる。限定交換は  $A \leftrightarrow B$  の交換、短いサイクルとは  $A \Rightarrow B, B \Rightarrow A$  であり、長いサイクルとは  $A \Rightarrow B \Rightarrow C \Rightarrow \dots$  という女性の贈与である。ここで父方と母方で現象が異なるのは、基準になるのを息子にとっているからである。父方交叉イトコというのは、男女の対称性を重んじるなら「同性親方イトコ婚」と表現すべきものである。

付け加えるとキャリア型同様 4 つの婚姻クラスを持つムルンギン型婚姻体系というものも観察されているし、もっと複雑な 8 つの婚姻クラスを持つアランダ型婚姻体系も観察されている。キャリア型はそれらの中では単純な部類である。

ここで単純な疑問が起こるのであろう。親族としての距離は等しいのになぜ交叉イトコは奨励されるのに反して平行イトコだけが禁止されるのかであろうということである。またキャリア族とは別の部族で、交叉イトコの中でも父方と母方が区別され片方のみ奨励され片方はタブーである部族もある。生物学的には等距離の親族関係なのにえり好みしているかに見えるのと言う謎である。これは、そのえり好みの仕方によって、交換サイクルの種別が変わるので、適応度が異なると言うことで説明されることになるのであろう。

筆者にとっての問題は以下のようなものである。このような複雑な規則が、その意味合いが当事者にも分からないまま維持されているわけであり、しかしながらその意味が文化人類学者によって解明されていて、なにか適応度の高い規則であると思われるわけであるが、そのようなものが適者生存というような機構で漸進進化することが出来るのであろうかと言うことである。

当事者の誰かがこのような複雑なメカニズムをある目的のために発見発明して、社会の規則として強要する言うことは不可能であろう。

またいろいろな婚姻規則を試してみると言うこともあり得そうにない。そして、わずかに違う婚姻規則あるいは結婚形態が現れ淘汰されていくというのもありそうにないのではと言うことである。(交叉イトコ婚で言うと、交叉イトコ婚率は 30% ぐらいというから、そのぐらいで淘汰圧はわずかではないかとも考えられる)

淘汰によるものだとしても、ヒトが婚姻形態という様なことが問題になるようになってから、何百何千世代で変化があるものかも定量的に検討しなくてはならない。

また霊長類学などでも明らかにされているように、群れの社会構造と交配の関係であるとか、それ以外の哺乳類などでの婚姻形態の研究などからもいろいろな知見がある。哺乳類での家族の発生であるとか、近親相姦忌避の知見もある。したがってヒト以前に遡って考えることも必要かもしれない。

### 3. 女性の交換と部族の親和連帯<sup>1~5)</sup> そしてそれによる文化進化

モースはニューギニア北東方の島々の住民の間に見られる、そのもの自体はあまり価値の無いようなものを順繰りに莫大な精力を傾けて贈与していくという風習について論じた<sup>4)</sup> (クラ交換)。類似の風習は北米北西部先住民の間でも広く見られる (ポトラッチ)。但しこちらは自分の生計を危うくするような貴重品を贈与して社会の中の地位を高くする。

クラ交換は島々の住民の間で連帯を高めるためであると言われる。貸し借りを作るとも言えるが、そのもの自体に価値がないからこそ、交換の場で価値が生じ、社会の風通しを良くするとも言える。貨幣もそもそもそういうものである。貨幣は交換に使われなければ意味が無い。そのもの自体の価値があって、ある個人の所のためにため込まれたりしない方がいいのである。

レヴィ=ストロースは交叉イトコ婚を女性の交換(あるいは贈与)によって部族社会の連帯を高める効果がある婚姻形態であると説明したのである。自分の妻にしたいのを「断念して」他の部族の男に「贈与する」というのである。

そこでは、自分の妻にすると言うことが所謂近親相姦と呼ばれるものであり、それが生物学的な不利益があるかもしれないとか言う議論はないし、実際にも生物学的理由は疑わしい。このことは次項で論じる。

キャリア型双方交叉イトコ婚は、自動的に平行イトコについてのインセスト・タブーを実現している。そのことも含んで、より近親である姉妹との結婚も、妥当なことに前項での例で言えば B1 の男性にとり結婚できるのは A2 の女性であり、その姉妹は同じ B1 であるから、インセスト・タブーにかなっている。このような意味での、インセスト・タブーと外婚制の関係が一般に代数構造的に必然なのかどうか吟味しなければならない事柄ではある。

さて、女性の贈与と部族の連帯、そしてその部族の連帯がその婚姻規則を持つ部族の適応度を高めるかの問題である。ミームの立場から(通常の進化論で、遺伝を遺伝子が司り、また遺伝子が進化、淘汰を受け適応度が付与される単位である事と同様に、文化進化において淘汰を受ける文化の単位をミームという<sup>6・8)</sup>) 言えばたとえばキャリア型婚姻規則というミームが進化するためにはその適応度が他の婚姻規則より高く淘汰に生き残らなくてはならない。

進化論では目的論的な用語や概念は避けなくてはならない。しかし、以降、記述の経済のために括弧付きで用いることにする。

交叉イトコ婚は何に対して有利であるのかと言う間には、あるいは「目的」はなにかと言う間に対しては部族の連帯に対してであり、連帯した部族集団は他の部族集団より残りやすい。従ってその部族集団に担われている婚姻規則は淘汰に生き残ると言う説明になる。ミームを背負っている部族集団の間の競争である。

複雑な婚姻規則のような場合、その規則に従っている当事者は、何故その規則に従う方がいいのかの理由は分からないであろう。またその規則に「目的」があるのか、どう「有利」なのかも分からないであろう。またある禁止されるべき事項があり、その禁止を実現するために、全く関係が無いかに見えるある規則に皆が従えばいい等という事は、当事者達が考え出すことも関連性を思いつくことも出来ないであろう。

もしそうなら、その点ではネオ・ダーウィニズムの言うような微小でランダムな突然変異による変動からの淘汰選択の描像と似ていると言える。

しかし文化進化の場合は、当事者あるいは部外者が、何かの「目的」に対してどう言う規則が「適応的」結果をもたらすかを「工夫」、「考察」、「設計」して部族民に強制するとか説得、交渉する、と言う位相もあり得る。その改良案の実験が出来るのかという疑問もあろうが、実際に集団ごとに別種の改良案が出現して、それぞれの部族が別々の規則を採用し、それらの集団間の競争によって、ある規則を担っている集団が生き残ると言うことは大いにあり得る。ひいてはそのミームが生き残るのである。このような場合、漸進的なゆっくりとした進化ではなく、数世代で変化が起こる「一気に変化する」進化がおこる可能性がある。ここが、普通の進化の問題とは異なるところであろう。

これは生物の進化での「獲得形質の遺伝」に対比できるものである。その上変化の成果を評価し自身で選択できるその集団の人間が改良していけるのであるから、集団間の競争と相まって、定向進化は有りうるし、進化のスピードも速いだろう。ただし、ミームを背負った集団間の競争と、ミーム自身の競争は分けて考えなければならない。

ただし、ある「名案」の設計を相談して採用することを説得、交渉しそして実行するというのと、ランダムな「案」を採用してみてもうまくいけば取り入れ、駄目なら廃れるというのとでは、その規則の理由が後代に分からなくなっていく経緯などは違うであろう。

ところで、眼のように非常に複雑で、しかもすばらしい合理的構造を持ち、そしてそれが出来る過程を考えると適応度が低下する局面があるのではないかという器官の進化について、ドーキンス達は「知的設計者」論を排するキャンペーンをずっと行ってきた<sup>9-11)</sup>。

我々が直面している婚姻規則の進化の場合、規則が自然

発生した自然に突然変異すると言うだけではなく、「知的設計者」ならぬ当事者や外部社会からの「思考」によって変異がもたらされると言うメカニズムも考えた方がいいのではないであろうか。同じ文化進化でも、「言語の発生」はそもそも言語無しでは思考や自意識もあり得ないであろうから、全く自縄自縛になってしまうが、婚姻規則の方は「思考」は既に獲得されていたとして良いのではないだろうか。

レヴィ=ストロースは、観察したいろいろな婚姻規則の構造を比較し、前項で説明した、限定交換、短いサイクルの一般交換、長いサイクルの一般交換等の得失を、贈与をしてからの受け取りまでの時間差による投機性などの考察とともに論じている<sup>1)</sup>。

限定交換を現出する双方交叉イトコ婚は 2 集団の強固な同盟であるとか、母方交叉イトコ婚の長いサイクルの一般交換は円環をなす統合体であるとかである。父方交叉イトコ婚は相互的な交替贈与であり脆弱な同盟関係となるのかも言われる。

嫁資も含んだ投資という意味では限定交換は直接的な互酬性である。一方一般交換は直接の相手からの返酬は期待できないから、より部族間の信頼関係に基づいているとも言えるのではないであろうか。投資が返ってくるのは女性を贈与した相手からではなく、巡り巡った別の部族からなのであるから、部族集合体の安定が前提となる。

互酬性ではあまり信頼していなくても、目前の束縛条件で短期的に信頼しているような行動を起こしうる。

これらの信頼、協力、連帯の発生と言うことの考察は繰り返し型囚人のジレンマをはじめとするゲームの理論、そしてもっと広く行動経済学、実験経済学分野との協働で取り扱うべき内容であろう。

ヒトというと 100 万年前、農耕の開始とそれに伴う富の蓄積、不平等の発生などが 1 万年位前等と言うが、この程度の時間、または農耕開始以来数百世代と言う短期間に、婚姻規則の進化が起こりうるかどうかという問題を考えてみよう。

インセスト・タブーは次項で考えるようにサルやもっと下等な動物社会でも見られる現象である。すると農耕や階級や格差の成立などから後の時間に限定せずにもっと古くからのこととして考えた方がいいかもしれない。しかしその内容からして、言語の発生についてソシュールが一気に出来たと言ったように、婚姻規則の発生も一気に出来たことではないだろうか。言語の場合、世界には数え切れないほどの数の、単語や発音体系が異なるだけでなく、文法が異なる言語があるわけである。言語の違いは部族によっての婚姻規則の違いに相当する。他の部族に育てられれば当然その部族の婚姻規則が自然に思えるわけで、インセスト・タブーの範囲も育てられた環境に依存するであろう。

チョムスキーの言うような普遍文法に相当するような、生物学的な婚姻に関して社会規範に従うような傾向性は漸進進化したかもしれないが、具体的な婚姻規則は一気に出来たのではないかと思う。

ここに、池田が示す一つの例がある（『さよならダーウィニズム』<sup>12)</sup> p164）。それはニカラグアの新設の聾学校での出来事である。そこでは全く新たな「手話言語」がゼロから5年程度の時間のうちに出来てしまったという。各所から集められた、共通の手話を持たない生徒達の間で一気に自然発生したのである。いったん出来るとそれは変化しない。ピジンからちゃんとした文法体系を持つクレオールへの道を急速に歩む。（ここで注記するなら、たとえば日本語手話と日本の手話言語は全く異なる。「日本語手話」は、音声言語である日本語の pantomime。一方「日本の手話言語」は日本語とは別の文法と構造を持った言語。この事情は英語手話でも同様である。）

今後このような、急速なゼロからの規則の自然発生の事例を調べ、分析考察して行かねばとおもっている。

#### 4. インセスト・タブー<sup>15-20)</sup>

レヴィ=ストロースの婚姻規則の研究では、たとえばカリエラ型婚姻規則でも、その規則又は外婚制が自動的に包含しているインセスト・タブー（我々にはイトコ婚などはインセストではと感ぜられたりするが）については、別段深い意味合いや禁忌しなくてはならない理由があるとは分析されない。むしろ外婚制を保証するため、自分のものにしたいのを断念して他部族の男に贈与する女性と言う資源を確保するメカニズムになっていると言う説明である。インセスト・タブーの役割は連帯のための贈与と女性の原資作りという説明である。

しかし、一般的にはどのような感覚を持つ事柄であろうか。一般の知識人は次のようなインセスト・タブーの理由を挙げるであろう。

- i) 生物学的理由： 所謂「近交劣勢」、そして遺伝病が発症するなど。
- ii) 社会的、心理的理由： 近親者との性交には不快感や嫌悪感がある。家族の有り様を崩す。
- iii) 法律的理由： 相続の際などに混乱が起こる。一意的に近親度が決まらなくなったりする。

iii)は現代社会においての理由でありここで取り上げる様な事柄ではないと思われる。主体は i)であろう。もしインセスト・タブーに本当に生物学的理由があるとすれば、外婚制を通じての部族の連帯ということに対する貢献と一石二鳥ではある。

しかし文化人類学の本などには、特段の生物学的な禁忌

すべき理由はない、とある。遺伝的な病気が発症してしまうというのはもっともな理由ではあろうが、決定的に禁忌すべき理由とも思えない。「近交劣勢」の方は、近親交配で直ちにまずいことが起こるというのではなく、近親交配の方が適応度が劣る子供が出来るという事、さらには代々近親交配していくとその系統は何らかの方面での弱点を抱え込むと言うことである。

だが、近交劣勢という事実が認められたとしても、適応度ではなく、詳細は割愛するが、社会行動の進化を扱う場合の概念である「包括適応度」で考えると直ちにその系統がまずくなるというわけではなくなる。良い性質も強くであるであろうし、個体レベルで考えれば自分の遺伝子はインセストの方が強く伝わる。

更には、体質や病気という点で「近交劣勢」が有っても、近親交配の方が有利な場合もある。たとえば、通常インセストの方が、出産年齢は低い。すると早い時期から次の世代の繁殖生産に入ることが出来、子孫の数は多くなる。

近交劣勢は実際あるが、そのことは直接インセスト・タブーの理由にならないという文化人類学者の考えは、妥当であろう。インセストは人類にとって普通のことである。またタブーがあるのは、タブーとしなければいけない程度には実際に行われているという考えもあり得る。近交劣勢と他の近親交配が有利な要因の兼ね合いで、インセスト・タブーがどうなるかは変化していくのであろう。

ここでよく引き合いに出される、ヨーロッパの王室の例に触れよう。近親結婚が非常に多いのは、社会的な制限で結婚相手が王族に限られるとか、資産を分割散逸させないためとか言われる。オーストリアとスペインのハプスブルク家のことは近交劣勢の例としてよく取り上げられる。

また文化人類学でまず取り上げられるのは、古代エジプトの例である。近世ヨーロッパの例とは異なりエジプトでは王族だけではなく、庶民も近親結婚が多かった。むしろ近親結婚の方が普通だったなどと言われる。インセストの事を「畜生道」などと言うが、畜生の方がインセストは少ない等とも言われる。それが何故近代になりインセスト・タブーは強くなったのか。

とにかく、近親交配してきた集団が淘汰されてきたと言うことは考えられない。

そこで ii)の近親者との性交には、嫌悪感であるとか不快感とかを感じるから、と言う理由を取り上げてみよう。これはこの理由の妥当性を探ると言うことである。

インセストを回避するにはヒトに限らず 2 つの方法がある。一つは近親の個体を認識し、個体を感じる「嫌悪感」から意識的に避ける。

二つ目はメス（オス）が成長した後は別の集団に移る習性なら、近親者が会うことはなくなり結果インセストは回避される。いわば制度としての回避である。

二つ目の方法はサル社会などでよく見られるメカニズムであるが、ヒトの外婚制も全く同様の機構であると言える。しかし外婚制の理由として（ここでは外婚制をインセスト回避の方法と言っているわけであるが）、インセスト嫌悪を採用するのは思考方法としておかしいだろう。

外婚制 → インセスト回避される

外婚制 ← インセストは嫌悪される

インセストは嫌悪されるので何かの方法を用いて回避している、と言っているだけである。その方法が外婚制だと言うだけである。インセストは何故嫌悪されるかには全く答えていない。生物学的理由がないと言っても、構造主義人類学者の言うような贈与の原資作りのための機構というのは説得力に欠ける。

さて、一つ目の個体を認識してインセスト回避をすると言う機構にもどって考えよう。近親者を認識してもそれとの性交に嫌悪感を覚えなければ回避は成立しない。嫌悪感は生得的なものであろうか、社会の圧力であろうか。

生物学、社会学からいくつかの例を引くことが出来る。人類学に「ウェスターマーク仮説」というものがある。1891年『人類婚姻史』でウェスターマークが提出したとされる説で、親しく育った間柄では生物学的血縁がなくても性的なことに嫌悪感を覚える、と言うものである。

一緒に育つと言うことと、実際に兄弟姉妹事の差異があるか、お互いに見分けがつくかどうかの統計的研究があるかどうか筆者は知らない。

明らかに血縁はないことは分かっている場合の実際の観察例がある。台湾に「シンプア」と呼ばれる幼児婚の風習があった。嫁を幼児のうちに決めて、養子か兄妹のように貰い受けて育てるというものである。成長後の性生活がうまくいくのかななどの研究がある。

またイスラエルのキブツでの観察例がある。共同生産生活体キブツでは、子供は親からは離されて一緒に育てられる。成長後、キブツで一緒に育った仲間と結婚することが多い。離婚率や夫婦仲はどうかと言う研究である。あまりはっきりしたことは言えないようであるが、兄妹のように育っても絶対駄目というわけでもないようである。しかし普通の夫婦よりは性的魅力を感じないという傾向はあるようである。

A:「兄弟間（なじみが深い間柄）では非血縁者間よりも性的魅力が低くなる」と言う命題と、B:「これは近親婚回避の進化メカニズムであると思われる」を考える。Aは事実として認められるだろう。しかしその理由が（原因が）それ自身何のためか分からない回避のためで有ると言っているBとは言えないだろう。

交叉イトコ婚の体系自身からすれば、それを実現するためにAがある。部族の連帯 → 女性の贈与 → 交叉イトコ婚 → インセスト・タブーおよびAと言う遡及である。そうではなくてA自身の独立な説明が必要な

のではないだろうか。

ヒトは外婚制のような規則の社会の下で生まれ育ち暮らしてきたから、近親相姦がいけなく感じられてくるのだろう。家族としての感情体系による安定を「守るため」とも言える。

統計学者ロナルド・フィッシャーのランナウェイ仮説というのがある。1930年の『自然淘汰の一般理論』<sup>21)</sup>で唱えられたものである。それは、「特段の意味や有利さがなくても集団内で好まれていればそのように進化する」と言う説である。

例としては鹿の大きな角やクジャクの尾などが有る。最初は角が大きい方が雄同士の対戦で有利であるなどの性淘汰上の理由があったであろう。実際に適応度が高いのである。しかし現状はその程度を大きく行き過ぎて、生存に不利なまでになっている。本来の「目的」から逸脱している。しかしそれを雌が好むならその方向に生存できる限度まで進化する。雌の立場からすれば、そのような雄を選ばなければ不利になる。角の大きい雄を選べば、その雄の子である自分の息子の適応度は上がり、息子は多くの雌から選ばれるであろう。多きに付け、人気があるものを選ぶ、である。

これはつまり間主観的決定で、経済学者ケインズ<sup>22)</sup>の美人投票ゲームと同じ事である。美人投票では多くの人が美人と投票した人に投票した人が多くの得点を得る。それは自分が美人と思うと言うのでは無い。多くの他人が美人と投票する人である。しかしさらに言うと、単純に個々の他人が美人と考える（投票するので無く）だろう人でも無い、他人が私同様の他人の推論を推し量る推論をして投票し、集計結果として美人という世論が出来るとする人を選ばねばならない。つまり流行を推測しなくてはならない。それには、自分以外の他の全ての人の好みを推測するだけでは足りないのである。個々の人みんなが嫌っていても、ホモ・エコノミクスの行う「合理的推論」によって、歴史の偶然により「人気があり続ける」事があるのである。

これは株式投資では、実態が無く不利な公開情報ばかり伝わってくるのに値を下げないなどという状況でおなじみのことである。

なぜだか理由は（今は）無いが、みんながそうしているからインセストはタブーであるのである。そうすると、逆になぜだか知らないが、みんながそうするというのなら、本来何か非常に重要且つ致命的な理由があるのではと、無知故の恐れが生じて恐怖感、嫌悪感にロックオンされるのである。

今後の重要な課題は、婚姻規則の社会進化の初期には、インセストには適応度としてどう言うまづい点があったのかの解明である。その際、適応度として、そのミームを担っている部族（ドーキンスの言葉で言えばヴィークル）の有利不利とインセスト・タブーというミーム自身の適応度は分けて考えなくてはならない。



## 5. まとめ

構造主義人類学は、部族間のレベルでの外婚制と個人間のレベルでのインセスト・タブー、それに部族の連帯という3題話を「構造」分析して共時態で鮮やかに解きほぐし解釈して見せた。しかし何故その様な規則が出来たのか、その様な規則がゼロから生成することがどうして可能だったのかなどの疑問には答えてくれない。であるから当然文化進化のスピードなどと言う疑問にも答える気すら無くスナップショットを解明している段階である。

また、レベルの違う規則たちが、一つの代数構造の別の表現になっていることなどの指摘は鋭いが、インセストに関する考察は、現象面とその結果する社会構造の考察が主で、やはり此処でも何故その様な「おぞましい」という感情が進化したのかという疑問が残る。

猿人レベルに遡った頃からのこととして、外婚制が部族に対して有利な点は、部族の連帯、部族集合の統一等という事の他に、例えば贈与された女性に基づく異文化や外部世界の知見の獲得、部族内の行動についての刺激など考えられよう。我々がこれから行わなければならないのは以下のようなことであろう。

- ① インセスト・タブー、外婚制、交叉イトコ婚などのミームとしての適応度が高い点は何か。
- ② 文化進化のスピードの定量的見積もり。
- ③ 文化進化における獲得形質の遺伝。
- ④ インセストについて、言語の普遍文法のような生得的な何かがあるだろうか。
- ⑤ 同じ距離であるのに平行イトコと交叉イトコは何故差別されるのか。片方イトコ婚で、父方と母方は何故差別されるのか。生物学的理由との関係は。それが無いなら、部族の団結法の違いの現れに過ぎないのか。
- ⑥ 文化進化において、文化を背負った社会集団の競争と、ミーム自身の競争という視点の違いは区別して考えなくてはならない。
- ⑦ 外婚制の規則、交叉イトコ婚の規則などが、漸進的に適応進化したのか、それとも数世代のうちに一気に出来たのかの考察。また一気だとしてどのような機構でそれが可能だったか。  
これは、言語の発生から意識の誕生という難問への前哨である。

## 参考文献

- 1) C. Levi-Strauss, “*Les Structures elementaires de la parente*”, (Mouton) 1967  
邦訳：『親族の基本構造』、福井訳、青弓社、2000年
- 2) 小田亮、『レヴィ=ストロース入門』、ちくま新書、2000年
- 3) 橋爪大三郎、『はじめての構造主義』、講談社、1988年
- 4) M. Mauss, “*Essai sur le don: Forme et raison de l’échange dans les sociétés archaïques*”, ‘*Sociologie et Anthropologie*’, Universitaires de France, 1924  
邦訳：『贈与論』有地訳、勁草書房、1962、2008年
- 5) 小野田正喜、「マルクス主義と文化人類学」、『文化人類学20の理論』綾部編、弘文堂、2006年
- 6) 佐倉統、『遺伝子 vs ミーム』、廣済堂出版、2001年
- 7) S. Blackmore, “*The Meme Machine*”, Oxford University Press, 1999  
邦訳：『ミームマシンとしての私』上下、草思社、2000年
- 8) L. Cavalli-Sforza, “*Genes, Peoples and Languages*”, 1996  
邦訳：『文化インフォマティクス — 遺伝子・人種・言語』、赤木訳、産業図書、2001年
- 9) R. Dawkins, “*The Blind Watchmaker*”, 1986  
邦訳：『盲目の時計職人 — 自然淘汰は偶然か』、早川書房、1993年
- 10) R. Dawkins, “*The God Delusion*”, 2006  
邦訳：『神は妄想である — 宗教との決別』、早川書房、2007年
- 11) R. Dawkins, “*The Greatest Show on Earth*”, 2009  
邦訳：『進化の存在証明』、早川書房、2009年
- 12) 池田清彦、『さよならダーウィニズム — 構造主義進化論講義』、講談社、1997年
- 13) 池田清彦、『構造主義と進化論』、海鳴社、1989年
- 14) 池田清彦、『構造主義生物学とは何か — 多元主義による世界解釈の試み』、海鳴社、1988年
- 15) 川田順造編、『近親性交とそのタブー — 文化人類学と自然人類学の新たな地平』、藤原書店、2001年
- 16) 原田武、『インセスト幻想 — 人類最後のタブー』、人文書院、2001年
- 17) 長谷川寿一、長谷川真理子、『進化と人間行動』、東京大学出版会、2000年
- 18) R. Trivers, “*Social Evolution*”, Benjamin, 1985  
邦訳：『生物の社会進化』中島他訳、産業図書、1991年
- 19) 西田他編、『人間性の起源と進化』、昭和堂、2003年
- 20) D. Premack and A. Premack, “*Original Intelligenze — Unlocking the Mystery of Who We Are*”, 2003  
邦訳：『心の発生と進化 — チンパンジー、赤ちゃん、ヒト』、長谷川監訳、新曜社、2005年

- 2 1) R. A. Fisher, "The Genetical Theory of Natural Selection", 1930
- 2 2) J.M. Keynes, "General Theory of Employment, Interest and Money", 1936  
邦訳：『雇用，利子および貨幣の一般理論』，東洋経済新社，1995年
- 2 3) 松本編，『進化論はなぜ哲学の問題になるのか』，勁草書房，2010年
- 2 4) 西脇与作，『科学の哲学』，慶應義塾大学出版会，2004年
- 2 5) 柴谷篤弘他編，『進化論とは』，講座『進化』，東京大学出版会，1991年
- 2 6) C. Renfrew, "Prehistory", Weidfeld & Nicolson, 2007  
邦訳：『先史時代と心の進化』，講談社，2008年
- 2 7) J. Jaynes, "The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind", Mainer Books, 1990  
邦訳：『神々の沈黙 一意識の誕生と文明の興亡』，柴田訳，紀伊國屋，2005年
- 2 8) E. Neumann, "Ursprungsgeschichte des Bewusstseins", Walter, 1971  
邦訳：『意識の起源史』，紀伊國屋，2006年
- 2 9) D. Denett, "Darwin's Dangerous Idea Evolution and the Meanings of Life", Touchstone, 1996  
邦訳：『ダーウィンの危険な思想 一生命の意味と進化』，山口監訳，青土社，2000年

# 確率判断についてのヒューリスティクス

## — 変形3囚人問題再論 —

### Heuristics for Evaluation of Possibility — Transformed Three Prisoners Problem Revisited —

榛葉 豊\*

Yutaka SHINBA

**Abstract:** Three prisoners problem is a well known exercise and psychological experiment for Bayesian reasoning research. It is difficult to reach a correct answer for this problem and even in that case it will hard to reach to the correct explanation. This problem is adopted many textbooks for philosophy, probability, statistics, decision making, psychology, and economics. Nevertheless, it is rare to given appropriate explanation. Around this subject, we discuss the interpretation of probability, heuristics of evaluating probability and effect of adopted material.

#### 1. 何が問題なのか

3-囚人問題は古くからよく取り上げられる、確率の論理的推論に関する例題である。ベイズの定理に関する例題で常識や直感に非常に反する例であり、また正解率が非常に低く、その間違い方も千差万別というものである。情報とは何かという問題にも関連していて、パラドックスと言われることもある。1950年代から知られていた問題であり、次項にその詳細は説明する。

有名になったのはアメリカで30年も続く（日本でも10年ほど前にケーブルTVで放映されていた）TVショー番組「駆け引きしよう（Let's make a deal）」で、毎週行われてきたコーナー（この司会者の名前をとって、3囚人問題は「モンティホール・ジレンマ（Monty Hall dilemma）」またはこのコーナーの形式から「3つのドア問題（Tree-door problem）」と呼ばれることも多い）としてずっと続けられてきていたことからである。

そしてその解を巡って、アメリカの「マリリンに聞いてみよう」というIQ228の主婦マリリンが投稿に答えるという、雑誌「Parade」のコラムで、1990年に取り上げられたことからである。マリリンは正しいベイズ解を示したが、正解を理解できない多くの大学教授や数学の専門家達などにより中傷誹謗の嵐にさらされた。これは社会的にも大問題としてNew York Times紙上で論争になった。また

Skeptical Inquire という疑似科学的迷信を批判する雑誌でも論争となった。天才奇人数学者エルデシュも間違ったとか伝えられたりした。1992年に、数学パズルや疑似科学批判で有名なマーチン・ガードナーの論文<sup>1)</sup>で一応終息した。

3囚人問題は、現在もネット上の哲学サイトなどで、絶えず激論が交わされているテーマの一つである。

また、日本の認知心理学者により理論的また心理実験的研究<sup>2, 3)</sup>が、アメリカでの騒動に先立って1980年代半ばから90年代に精力的に行われたテーマでもある。

筆者は6年前、3囚人問題に関する論考<sup>4)</sup>を書いたが、3囚人問題は確率の解釈問題の一つの大きな手がかりであり、また情報とは何かという問題とも関連しているので、本腰を入れて考究しなくてはと思ってきた。

最近この問題自身は、行動経済学やベイジアン統計学、ベイジアンネットワーク、社会工学、リスク評価の認知心理学などの分野が立ち上げられてくるとともにあちこちで見かけるようになってきた。ところがたまたま最近この問題の解説に関する2つの事例を発見したことで、3囚人問題が何故難しいのかということ、確率の問題を解答するときのヒューリスティクスとどう関係しているのかということ、それから問題をどう言う「話」として提示するかという題材効果の面から再考しておかねばと考えた。

2011年3月8日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

2つの事例とは、2010年に出版された2冊の書籍での3囚人問題の説明である。

1つめは、物理学出身の科学哲学者が書いた、理系学生を対象とした科学哲学全般と2つの各論を収録した書籍<sup>5)</sup>である。この本は、著者自身が以前出版した20世紀の科学哲学の解説の専門書を、理系大学生向けに書き直した内容である。1990年以降の「健全な」科学哲学の線に沿って分かり易い記述で、またかなり網羅的でもあり、各理論の経緯も解説されていて良書であると思う。筆者が現時点で一般理工系大学生に科学哲学を無難に講ずるとすれば、その教科書としての第一候補である。その中に3囚人問題が取り上げられている。「確率は主観的か客観的か」という節で、答がベイズ理論と違っている。その答えを元にして、3囚人問題が確率の主観的解釈を適用すべき例としてとりあげている。勘違いと思われるが典型的な勘違い例の一つである。しかし例え間違ってもそれに続く主観解釈に関する議論の論旨への影響は無い。だが何も主観解釈の例と言うだけで、難問である3囚人問題を何故持ち出すのかと言う感はある。

この本は6月出版である。著者も夏休みにはネットのブログで<sup>6)</sup>この間違いに言及し訂正せねばと言及して、現在は訂正が与えられている。

もう一件は2010年9月、統計学の権威が出版した、偶然をどう見ればいいのかということに関する一般向けの書籍<sup>7)</sup>である。平易に書いてあるが程度は高いと聞いていと思う。著者は統計学・経済学の大御所であり、しかも実際的なことだけで無く統計学史、確率概念史にも深い関心を寄せ、フィッシャーの統計学の基礎に関する著書の翻訳などもある専門家である。科学哲学者の確率研究の言説や統計学の哲学に批判的なことが読み取れる著書であるが、「確率の意味」という章の最後に置かれたコラムで3囚人問題を扱っている。

実は、3囚人問題とモンティホール・ジレンマは全く同型というのでは無い。題材が違うだけでは無く、対応する事象の確率を問うか、排反事象に相当することが推論される事象の確率を問うかという違いはある。このコラムでは、3囚人問題と同型の問題と、分かり易くするためにとってモンティホール・ジレンマとの両方を提示するが、解答は正しい。

しかしその種明かしの説明が、ベイズ理論とは微妙に解釈の違いがある。3囚人問題を「変形3囚人問題」に変更すると、この著者のヒューリスティクスは破れてしまう。

その上、3囚人問題の問題文が十分に述べられていない感があり、一番大切なベイズ推論について本質的な条件が省略されている。この点は第一の書籍の著者も同様である。

3囚人問題では、数学者や哲学者、経済学者、統計学者などに出题するとき、この条件はデリケートなところで、ちゃんと述べていても、「騙された」「わざと注意を引かないように小さい声で言った」「出題者は確率論が分かって

いない」「問題が整理されていない」などと人間関係を損なう原因ともなる大切なポイントなのである。もし、この条件を提示しないのを「3囚人問題」だというのなら、この条件のあるなしで全く問題の様相は異なってしまい、3囚人問題は別の問題だということになってしまう。

しかし、ずっと研究され続けていて論文も多数発表されていて、現在もその条件があるという問題としてネット上でも激論が交わされている主題であるのであるから、元々の3囚人問題とは違うんですよ、とは言えない。条件を外すと大いに分かり易い問題になってしまう。(それでも非常に正答率の低い問題で、また別の哲学的、心理学的問題を提起するとはいえるのではあるが)。

単に教科書の一部としてとか、例をいくつも収録しなくてはという場合の勘違いというのでは無く、3囚人問題を間違いやすい難問であることを認め、それに対してのどう間違ふかということの説明するための解説で間違っているのではないだろうか。

3囚人問題は哲学上の難問であり、現在も激論が交わされており、心理学者の実際的な研究もよく知られているのである。またちょっとした数学パズルや推論法などの通俗所でもよく取り上げられている話である。多分それを重々承知の上で、専門家ですら何が問題なのかの認識を欠いてしまったり或いはうっかりしてしまうという難問なのである。

## 2. 3囚人問題とモンティホール・ジレンマ

それでは、3囚人問題を確認しておこう。

3囚人問題： 「3人の囚人A, B, Cがいる。1人だけ皇帝により恩赦になって後の2人は死刑である。看守は誰が死刑か知っている。Aが看守に対して「少なくともBかCのどちらかは必ず死刑である。2人の内どちらが死刑か教えてくれても私に何も情報を提供していない事になるから、どちらが死刑か教えてくれ」。そこで看守は「Cは死刑だ」と教えた。但し看守は嘘をつかず、またBとCの両方とも死刑の時には確率1/2でどちらかの名前を答えることを前提とする。」

この状況下で、Aは釈放される可能性があるのは自分かBである。看守の言うことを聞く前には助かる確率は1/3であったのに、いまでは1/2に増えたと考えた。この推論は正しいか。

ベイズの定理によって計算すれば、Aの助かる可能性は1/3のままである。

A, B, Cが恩赦になる事前確率は不充足理由率(無差別の原理)から1/3である。問題文から尤度は

$$p(\text{看守}\bar{B}|A)=1/2, \quad p(\text{看守}\bar{B}|B)=0, \quad p(\text{看守}\bar{B}|C)=1 \quad \dots$$

等となる。ただしA, Bなどは恩赦になるものを表し、B

一は死刑になるものである。これらを用いて、すなわちある仮説の下でのデータの確率の値から、あるデータが得られたときの、ある仮説が妥当である逆確率を計算するのがベイズの定理であった。その計算を言葉でいえば次のようになる。

3 囚人問題の場合、「C が死刑だ」と看守が言う場合は可能性から言って、A と B が死刑の場合ではありえない。A と C が死刑の場合、A 自身を言うわけにはいかないので必ず（尤度 1 で）「C が死刑」と言う。B と C が死刑の場合は問題文の尤度から、確率  $1/2$  で「C が死刑」ということになる。第 3 の場合で「C が死刑」ということになる確率は  $1/3 \times 1/2 = 1/6$  である。

結局、看守が「C が死刑」という順方向確率の総和は  $1/6 + 1/3 = 1/2$  である。この中で A が恩赦になる確率は B と C が死刑になる場合のみでその順方向確率は  $1/6$  である。その比は  $1/3$  である。これが、「C が処刑される」と聞いたときの A が恩赦になるという仮説の確率である。

このベイズ解の不思議さは何であろうか。今日の前の状況を考えてみる。「C は処刑される」のであり「最終的に 3 人の内 1 人は助かる」であるから、ここに残っている自分 A と B の内どちらかが処刑される。始めに持っていた助かる可能性は差別無く A も B も同じであった。それなら今も対等で  $1/2$  ずつの可能性では無いだろうか。この考えは、今の状況にいたる経緯の情報がある事を忘れていたのである。

情報の入手があったか考えてみよう。情報とは確率の変化をもたらすものである。最初と今の状況の間の違いは看守が「C が処刑される」と言ったことである。私 A にとって、B が処刑されても、C が処刑されても同じ事である。だから看守に「少なくとも B か C のどちらかは必ず死刑である。2 人の内どちらが死刑か教えてくれても私に何も情報を提供していない」と A にとって最初から分かっていることを聞くだけだと持ちかけたのであった。B または C のどちらか片方又は一方でしかも B と C は無差別というのから、その中の 1 つが指定されている。本当にこれが情報を提供していないことになるのだろうか。

もし情報を提供していないというのなら、直ちに今でも A の助かる可能性は  $1/3$  である。直前の話では情報があるかもしれないことを忘れると  $1/2$  という結論になると言ったのに話がおかしいと思われるかもしれない。しかしここにこそ、情報とは何かという本質が潜んでいるのである。

ところで排反事象の観点から考えて見るとどうなるであろうか。また、他にもいろいろな視点がありうる。「C は処刑」ということから C の恩赦になる権利の移行を考えるなどいろいろある。このことは後で論ずる。

同型問題であるモンティ・ホールジレンマ（3 つのドア問題）の方を説明しておこう。

モンティホール・ジレンマ：

開いていない 3 つのドアがあり、その中の一つには豪華車が入っている。残りの 2 つには羊が入っている。あなたは選んだドアの向こうにあるものをもらえる。ドア A, B, C のうち、あなたは A を選んだとしよう。そこで司会者が、「B と C はあなたが選ばなかったドアです。少なくともどちらか一方は外れです」といって外れである片方を開いてみせる。C を開いたとしよう。残るドアは A と B である。司会者は「自動車は A か B に入っています。あなたの選択を、A から B に変えてもいいですよ」と言う。

さて、あなたは選択を変えるべきであろうか。

なお司会者は B も C も外れの場合、尤度  $1/2$  でドアを開くものとする。

3 囚人問題と数学的構造は同じであるが、3 囚人問題では当事者 A にフォーカスが当てられているのに対して、モンティホールでは A でないものがフォーカスされていることに注意。

この問題の正解は、選択を A→B と変更することが正しい。B が当たりである事前確率は  $1/3$  である。しかし司会者の行動により B が当たりの確率は  $2/3$  に増えているのである。

B か C が当たりの確率は  $2/3$  でこれは最初から変わらないと考えると、その一方が消えた今  $2/3$  は B に集中したという考えをとれば、非常に当然のことである。しかし目の前の A と B の 2 者択一と考えてしまうと  $1/2$  とも思えてくる。

実際の心理実験では、選択を変えない人の方が多いという。これは  $1/2$  と間違った評価をした上に、 $1/2$  なら選択を変えても変えなくても同じだから変える人がでていいと考えられるのだが、「浮気はしたくない」「浮気は神様に罰せられる」「浮気した結果外れたら後悔が大きい、それに反して選択を変えなかったら外れても後悔は少ない」のように考えるのであろう。

この型の説明は、ドアが 100 個有るとしてみると、非常に分かり易いヒューリスティックスである。

私はドア 1 を選んだ。最初の当たりの確率は  $1/100$  である。その後、司会者が 98 回外れのドアを開けた。すると自分の選んだドア 1 の他に、もう一つだけドアが残っている。ここで「あなたの最初選んだドアのままでもいいです。開け残った最後の 1 つのドアに変えてもいいですよ」と言ったらほとんどの人は選択を変えるであろう。

百の可能性の場合、自分の最初の選択があたっていることはまず無いと考える。すなわち当たりは残りの 99 の中にある事はほぼ確実である。そのうちの 98 個が司会者によってつぶされているのだから、残った 1 つが当たりであるのはほぼ確実である。元に戻ってみれば  $99/100$  の

確率で選択を変えれば当たる。

百択の数を3択にしたのがモンティホール・ジレンマである。こう考えると選択を変える方が全く自然である。

この観点に立つと、情報伝達はあったのかと言うことの答が見えてくる。司会者は、あなたに98回かけて段々に情報を伝えている。すなわちあなたの選択したドア1を避けてそして当たりも避けてから99個の中に98個有る外れを選んでつぶし、次に98個残った中から97個有る外れを選びつぶし・・・と当たりのありかを教えている。

3囚人問題は、頻度解釈にはなじまないことが設定から明らかである。したがって、主観解釈を取り扱う解説によく取り上げられるのである。しかし同型のモンティホール・ジレンマの方は、繰り返し実行することが可能であり、実際毎週行われていたのである。であるから解釈問題この2つの問題は解釈問題の比較研究のいいテーマであるともいえる。

3囚人問題、モンティホールジレンマに共通であるが、尤度が明示されない場合はどうかという研究もある。次項で述べる引用文献(5,7)ではまさにこの情報が明示されていない。明示されていない方を3囚人ジレンマであると主張することもあり得ようが、有るのと無いのでは哲学的問題が全く異なる。明示されていない場合、不充足理由率から、看守がどちらか答える確率は(モンティホールで言えば、司会者がどちらかのドアを開ける確率は)  $1/2$  ずつである事になり、ベイズ解は当然同じになる。しかしこの情報を省略すると、尤度が分かっている場合の一般の問題に対応できない。尤度が不充足理由率の値から外れると、尤度が無い場合の3囚人問題より、遙かに不思議な現象が起こる。これこそ、3囚人問題の意義なのである。元々ベイズの定理は、尤度と事前確率から事後確率を計算する定理である。この大切な2つの概念のうち一方を隠すというのは、3囚人問題に被験者の尤度の推定という全く別のしかし非常に重要な大問題を混入させることであり、いたずらに事態を複雑化して別の問題に改変することであ通常心理学ではベイズの定理の理解を研究するとき、事前確率無視傾向等ということが言われ、尤度の方がベイズの定理において当たり前の概念であるという取り扱いになることが多い。もちろん、尤度を隠した問題も次のステップとしては大切な研究である。

### 3. 3囚人問題を取り上げた2書の議論

第1項で言及した2010年刊行の書籍の1冊目、科学哲学の教科書では、3囚人問題を主観確率の問題としてほぼそのまま提示している。(文献5. P164)。ただし、尤度ことは触れられていない。そして答としてAの処刑される確率は  $1/2$  に減ったとしている。

その解説として、まずは「この看守の情報は、客観的な状況を何も変えていない。ただその死刑になる者のうち1人の名前をAが知っただけである」として、情報が無いから(この理由の当否はともかくとして) 確率は  $1/3$  のまま変化しない、と正しいベイズ解の値を一時はほめかす。p165。

それなのに、ベイズ解になる解説として、情報にはなっていないが、看守の言葉を聞くことによって「しかし、あきらかにそれを知ることによってAの気分はいくらかでも楽になるはずである。なぜなら、そのことによって、自分の死刑になる「信念の度合い」が(死刑にならない信念の度合いが高くなった) からだ」として、ベイズ解で無い  $1/2$  をベイズ解であり正しいとする。

これは2重に誤解していると思われる。主観確率あるいは「信念の度合い」は、気分の程度どうにでもなると言うことと表す概念では全くないのである。それなのに解釈問題の章でその間違いを説明するために、そのようなことの題材では無い3囚人問題を選んでしまった。そしてその説明の中でどうもベイズ解を間違えて計算してしまったが、そのことに気づかずに、しかもベイズ解が正しいという話にしななければならないので、間違った値の説明として、これまた適切で無い概念を適用して正当化を試みているのではないか。著者はこの直後には、やはりベイズ推論の不思議さを表す「ブラウン氏の子供問題」という、3囚人問題同様の確率の解釈に関する有名な例題<sup>4)</sup>を持ち出している。

では、第2の書籍、統計学、経済学の権威の著書はどうであろうか。

3囚人問題を前書同様に提示している。但しここでも尤度に関する記述は省略されている。そして正しくAの確率は  $1/3$  のままであるとする。ただし、ここでは地獄行きの確率が3人とも  $1/3$  で有ったのを、地獄の獄卒から「Cは地獄に行かない」と教わるという設定なので、効用の向きが逆になってはいるが。

そしてその次に分かりにくいだろうからとして、モンティ・ホールジレンマをほぼそのままの形で示す。ここでも尤度は隠されている。

善意に解釈すれば、このコラムは必ずしもベイズの定理と主観解釈の解説では無いということなのかもしれないが。

とにかく、数学的には正しい数値を与えているが、問題なのは説明の方である。その考え方は、自分に関する確率は変わらないから、排反事象である「BまたはCが処刑される」という確率  $2/3$  も変わらない。するとCが処刑される事が分かったから、Bが助かる確率はCの分も併せて(移行して)  $2/3$  である、という趣旨のものである。

この議論は次の変形3囚人問題で破綻する。

#### 4. 変形3 囚人問題

オリジナルの3 囚人問題は引用文献7) に有るような昔から有るヒューリスティックスで正解にいたることが出来た。しかし問題で、1. 事前確率を変える。2. 看守がどう答えるかの尤度の設定を変えてみる。このように変更するととんでもない状況が起こる。

変形3 囚人問題<sup>2, 3)</sup> 例1) : 恩赦になる事前確率を A : 1/4 B:1/2 C:1/4 と変更する。看守の答える尤度は変更無く, B:1/2 C:1/2 とする。

こうすると看守の「Cは処刑される」と言う言葉で, Aが恩赦になる確率はベイズの定理より

$$1/4 \rightarrow 1/5$$

となる。この変形問題は下条信輔と市川伸一<sup>2, 3)</sup>によるものである。ここでは、看守の言うことは「初めから分かっていることを知らせているだけであるから、情報は伝えていない筈。」従って確率の変化は無い、というヒューリスティックスによる

$$1/4 \rightarrow 1/4$$

と言う説明が破綻している。

この変形問題のベイズ解で変に感じられるところは多分看守の言葉で「助かると言うこと」についてのライバルCが脱落したのに、その助かる権利が自分の助かる確率を増すのでは無く逆に減少させていることであろう。

しかし逆の観点からCが処刑されなくてはならない不幸をAも引き受けなくてはならないと考えればAが処刑される確率は  $3/4 \rightarrow 4/5$  と順当に増えていくとも考えられる。

比例配分のヒューリスティックスでは次のように考える。残ったAとBの間で、助かる確率の事前確率は  $1/4$  と  $1/2$  だったからその比は、 $1:2$ である。この比で助かる権利を比例配分すればAの助かる事後確率は  $1/3$  であるようにも思える。

$$1/4 \rightarrow 1/3$$

文献7) のオリジナルモンティホール問題の説明に戻ってみよう。効用の向きが3 囚人とは逆になっていることに注意する。3者では無く自分とその他の他者すべてと2分して、「自分以外のドアが当選する確率は不変である」からその他のドアで唯一残ったものは、最初の時点で外れるという「責任」をすべて引き受けなくてはならない。変形問題の事前確率数値にすると、BとC合わせた当たりの確率は  $3/4$  である。これが司会者の行動でCが消えたから、事後確率は全部Bが引き受けることになる。したがってAが当たる確率は  $1/4$  となる。すなわち司会者の行為がある前後で変化しないということになり、ベイズ推論と一致しなく説明は破綻する。

因みに例1) で看守がBは処刑と答えたときには、ベイズ解は

$$1/4 \rightarrow 1/3,$$

のようになり、助かる確率は増大する。このことを併せてみれば、消え去るのが強いライバルBの時には自分の助かる確率は増大し、消え去るのが弱いライバルであり残るのが強いライバルの時には、自分が助かる確率は減少するという当然の感覚とベイズ解は一致するといえる。

変形3 囚人問題 例2) こんどは、事前確率を変更してみるのでは無く、看守の答える尤度を変えてみよう。

たとえばオリジナル3 囚人問題で、看守が、BもCも処刑される時、Bが処刑だと答える確率を  $1/4$  であるとする(つまりCが死刑だと言うことの方がBだと言うより口にしやすい)

$$1/3 = 3/9 \rightarrow 3/7$$

となり変化が起こる。

これもまた文献7) の説明が破綻しているところである。

変形問題では、例1と例2の他に、事前確率と尤度の両方を、対称的な不充足理由率によるものから変更することも当然考えられる。

因みに市川は<sup>3)</sup>、変形3 囚人問題例1) において、看守が「Bが処刑される」と言う尤度がどのくらいであれば、Aの助かる事前確率  $1/4$  が変化しないかを試算している。それによると、看守Cが処刑されると言う尤度が  $1/2$  でなく  $2/3$  であればAの助かる事後確率が  $1/4$  となる。この事後確率を変化させない尤度  $2/3$  は、Cの恩赦になる事前確率  $1/4$  の排反事象の確率  $3/4$  と一致していない。したがって、「尤度を事前確率に一致させれば、事後確率は変化しない」といううまい話にはならないのである。

文献7) で用いているのは、一般にはこのような特別な場合のみ成り立つヒューリスティックスである。

#### 5. ヒューリスティックスと同型問題

ヒューリスティックという概念を提唱したのは行動経済学のプロスペクト理論で有名なトベルスキーとカーネマンである<sup>8)</sup>。「もし~ならば、~する」と言う問題に対する対処法であるが、思考経済として、うまく働くことが多いわけではあるが、メカニズムに対する理解の上での推論では無いから大失敗することもある。ヒトは自分の経験と文化進化、もしかすると遺伝子適応と言うことすら有るのかもしれないが、このような対処法を身につけている。確率的な状況下での意思決定について、経済学は規範理論である非現実的な「合理的経済人」による期待効用最大原理による決定理論を重視する。それをトベルスキー達は

人間の事態に近づけるべく大幅に改良した。ヒューリスティックもその一環の概念である。

主観確率の判定についてのフーリスティックとして次のようなものが考えられるであろう。

1) 等重率：事象を原子事象に分けて、それらを等確率とする。素朴確率論の決定法である。このヒューリスティックスでは、変形3囚人問題で確率を評価する時点で起こりうる事象はAかBの恩赦である。従ってAが恩赦になる確率は  $1/2$  となる。

2) 事前確率比例配分：Aが恩赦になる事前確率は  $1/4$ 、一方Bが恩赦になる事前確率は  $1/2$  である。その比は1:2である。従って変形3囚人問題ではAが恩赦の確率は  $1/3$  となる。このような決定は、正義論では比例的正義という。

3) 無関係対象からの独立：完全事象系から1つの事象が排除される。3囚人問題の場合「Cが恩赦」である。このとき排除する議論に登場しなかったものの確率は変化しない。したがって、排除されるのがAにとってどうでもよい「処刑されるのはBであるかCであるか」という問にはAは現れないので、事前確率のままの  $1/4$  である。

1)～3)のヒューリスティックスは  $1/2$ 、 $1/3$ 、 $1/4$  を与えるが、正解は  $1/5$  であり失敗している。

では変形3囚人問題で無く、オリジナルの3囚人問題ではどうであろうか。等重率から言うと  $1/2$  である。事前確率比例配分でも  $1/2$  である。無関係対象からの独立からは、 $1/3$  となる。正解は  $1/3$  であったから、1つのヒューリスティックスは正解を言い当てているが残りの2つは失敗している。

文献7)で正解が与えられているのは、無関係対象からの独立を用いての推論による。BかCかと言うとき、無関係なAの恩赦確率は変わらないと言う議論で、その排反事象の確率もまた変化せず、そのうちから片方が排除されると言う構造の説明である。特殊な場合にたまたま正解と一致しているに過ぎないと思われる。まさにヒューリスティックスである。

もちろん、著者はその様なことは重々承知の上で、一般読者のためにその背後にある大問題を隠したのかも知れない。また逆に尤度情報を書かないことにより、尤度も無差別の原理から決まる(無意識にほとんどの人はそうするであろう)という計算を読者にさせて、そのことが自然なのかそうでないのかという哲学上の問題を進んだ読者に気付かせようとしているのかも知れない。

文献5)の方は単純な間違いであると思われる。

心理学者はヒューリスティックスの問題の他にも、問題をどのような例え話で提示すると正答率が上がるか、また

その正答率は被験者集団の属性でどう変わるかなどと言う題材効果の研究をしているが、ここでは割愛する。またヒューリスティックスの研究も大切であるが、解の納得のしやすさは別問題である。これは主観確率の解釈問題にまでつながることである。これらの事柄については稿を改めて議論したい。

## 引用文献

- 1) M. Gardner, 'Probability paradoxes', "*Skeptical Inquirer*", **16** (1992) 129
- 2) S. Shimojo and S. Ichikawa, 'Intuitive reasoning about probability: Theoretical and experimental analysis of the "problem of three prisoners"', *Cognition*, **32** (1989) 1
- 3) 市川伸一, 『確率の理解を探る —3囚人問題とその周辺』, 共立出版, 1998年
- 4) 榛葉 豊 「信念の度合いと不充足理由率 —3囚人問題のBayes解を巡って—」, 静岡理工科大学紀要, 13巻 (2005年), 53
- 5) 森田邦久, 『理系人に役立つ 科学哲学』, 化学同人, 2010年
- 6) 森田邦久, <http://kuniph.exblog.jp/i12/2/> 猫だっていろいろ考えてるんです
- 7) 竹内啓, 『偶然とは何か — その積極的意味』 岩波書店, 2010年
- 8) A. Tversky and D. Kahnemann, 'Judgment under uncertainty: Heuristics and biases', *Science*, **185** (1973) 1124
- 9) 広田他編, 『心理学が描くリスクの世界 — 行動的意思決定入門』, 慶應義塾大学出版会, 改訂版 2006年
- 10) 友野典男, 『行動経済学 — 経済は「感情」で動いている』, 光文社, 2006年
- 11) I. Hacking, 'The Inverse Gambler's Fallacy: the Argument from Design. The Anthropic Principle applied to Wheeler Universe', *Mind* **96**(1987)

なお、校正の段階で、塩沢由典

[http://www.shiozawa.net/fukuzatsukei/monti\\_hall.html](http://www.shiozawa.net/fukuzatsukei/monti_hall.html) にて

P. Ormerod, 塩沢由典監訳, 『バタフライ・エコノミクス — 複雑系で読み解く社会と経済の動き』 早川書房, 2001年の監訳者注にあるという誤りについての記述があるのに気がつきました。本稿で取り上げた例や、この例の他にも哲学、行動経済学関係のブログに沢山の例が見られます。



## 水平バッフルによるスロッシング抑制法の検討 (過渡応答のシミュレーションと実験の比較)

### A Study on Sloshing Suppression Method by Horizontal Baffles (Comparison of Transient Sloshing Responses Obtained by Simulations and Experiments)

浦田 喜彦 \*  
Yoshihiko URATA,

**Abstract:** The cure against sloshing is a very important subject on disaster prevention. Many studies have been made on this subject so far. However, more low-cost methods of sloshing suppression are desired. The authors predicted that horizontal plates installed near surface in the liquid beside the tank wall are effective to suppress sloshing. Analytical simulation and experiments were performed about parallelepiped tanks. The collocation method is used for analytical simulations. The horizontal baffle plates obstruct up and down motion of liquid near the tank walls. As a result, sloshing becomes small. However, vortices caused by baffle plates have substantial effects on sloshing suppression, too. It is guessed that horizontal baffle plates are effective to suppress sloshing also in other shaped tank than the parallelepiped ones.

**Key Words :** Sloshing, Suppression, Rectangular Tank, Baffle Plates, Collocation Method, Experiment

#### 1. 緒 言

スロッシングとは容器内の液体表面が揺動する現象を一般に指す。卑近なところでは洗面器に水を入れて揺すったときの現象がその典型である。

さて、工学的な意味でスロッシングが問題となるのはおもに2種類である。ひとつはさまざまな乗り物の燃料タンクやタンカーのような輸送用タンクなどの可動容器内での現象で、たとえば液体燃料ロケットの飛行安定性などにも関係するので NASA にも研究蓄積がかなりある<sup>(1)</sup>。スロッシングは一般には重力の影響下で起きるものと考えられているが、微小重力下で表面張力の影響の方が大きくなった場合についての報告もある。そうしたこともきちんと把握しておかないとロケットに燃料を確実に供給することはできないであろう。

もう一つは地上における各種定置型タンク内のスロッシングで、おもに地震災害との関係で重視されている。日本では 1964 年の新潟地震や 2003 年の十勝沖地震の際に石油タンクの大規模火災がスロッシングを原因として起きている。また、2006 年の中越地震の際には原子力発電所の使用済み核燃料棒の貯蔵タンクでスロッシングが発生して放射能を帯びた水がわずかであるが漏れ出したことがあった。そのほかに小規模の給水施設や薬液貯蔵用のタンクが地震時のスロッシングで損傷した例は多数ある。

以上のような状況を考えればスロッシングの防止が防災上の重要課題であることは了解されよう。実際に国内

外で古くから多くの研究がなされてきた。前述のように NASA でも研究が行われているし、比較的最近には Ibrahim によって分厚いレビュー書が出されている<sup>(2)</sup>。国立情報学研究所の CiNii というサイトで単純に「スロッシング」と入力して検索すると 2010 年末時点では 497 件が検出される状況である。大手ゼネコンや重工業系企業にとって大型タンクのスロッシング防止は事業上の重要課題なので CiNii には登録されない多くの情報が各社の企業誌に述べられているし、特許出願件数も相当な数に上る。

著者は最近までスロッシングについては関心を持ちながらも直接研究の対象とはしてこなかった。しかし、スロッシングについてのいろいろな研究結果に接しているうちに通底する基本的考え方がよく見えず、方向が定まりかねているのではないかという印象を持ち始めた<sup>(3)</sup>。

通常の機械振動に対しては減衰付与という方法が効果を発揮することが多い。スロッシングも振動ではあるので減衰を与えるという方法が多く検討されてきている。減衰が重要であることはその通りであるが、スロッシング対策としては地震動を受けても液体にエネルギーが蓄積されないような方法を考える方が近道ではないか。これは通常の構造でいえば免震という考えに他ならない。そのように考えれば意外に簡単な方法で対応できそうであるというのが最近の著者の見解である。ここでは検討の概要を報告しておく。

#### 2. 近似解析とその周辺事情

**2.1 これまでの経過** 著者はこれまで数値計算を骨格としてさまざまな研究に取り組んできた。た

2011年3月4日受理

\*理工学部機械工学科

だし、研究を始めたころの劣悪な計算環境の影響でいまでもなるべく簡単な方法を用いて近似でも現象の本質を見ることのほうが大切であるという考えに徹している。比較的最近では音響や振動のシミュレーションに解析解を用いる方法を検討している。計算力学では FEM (有限要素法) が主力ではあるが、FEM は強力ではあっても万能ではないし、問題点もあるので何らかの代替法があったほうがよいと考えて始めた研究である。定常音響問題の基礎方程式はヘルムホルツの方程式

$$\nabla^2 \varphi + k^2 \varphi = 0 \quad (1)$$

である。ここで  $k = 0$  とすればスロッシングの基礎方程式であるラプラス方程式

$$\nabla^2 \varphi = 0 \quad (2)$$

に一致する。これらの式の形を見れば音響とスロッシングは近いと考えるのは自然なことであろう。実際にある企業の技術者から社内でスロッシング対策が問題になったときに音響屋に相談しろという話になったと聞かされたことがあった。あり得ることである。しかし、実はスロッシングと音響とでは数理問題としては質的にかなり差があることが最近になってわかってきた。式 (1) は本来が波動に由来し、いろいろな座標系で書いた解は常に広い範囲に影響をするという意味の大域性を持っていると考えてよい。しかし、式 (2) では座標系を無造作に選ぶと解が局所的な性質を強く帯びようになって、通常の数値計算ではスロッシングに対して意味のある結果を得るためには有効数字の桁数が足りない場合が出現するのである。物理的にはスロッシングは波動であり、振動なのであり、解は大域性を持つ方がよい。ラプラス方程式系もヘルムホルツの方程式系と並行的な方法で解析できるはずだという思い込みがあったのでそのことに気づくのに少し手間取ってしまった。

このような事情で著者のスロッシング研究は近似計算が入り口になったが、最近はそれに実験を加えて検討している。

**2.2 近似解析の要点** 解析法の要点をまとめておく。流体運動を変位ポテンシャル  $\varphi$  で表すとラプラス方程式(2)になる。境界条件は

$$\left. \begin{aligned} \nabla \varphi \cdot \mathbf{n} &= 0 && \text{on } \Gamma_1 \\ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + g \frac{\partial \varphi}{\partial z} &= x\alpha(t) && \text{on } \Gamma_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

である。ここに  $\Gamma_1$  は容器の壁や底、バツフルに接している部分を表し、いずれの場合も壁は剛体であるとして扱う。また、 $\Gamma_2$  は自由表面を表している。さらに  $\mathbf{n}$  は境界における外向き法線方向の単位ベクトルである。自由表面の条件式の右辺の  $x$  は水平方向の座標、 $\alpha$  は水平加振の加速度である。流体変位は  $\nabla \varphi$

で計算されるが、この変位は容器に対して相対的なものである。

図1のように側壁に沿って液面下に幅  $b$  の水平な剛体板を設置することを考える。この場合のシミュレーションを選点法で行う。板と同じ高さの水平な線で部分領域 I, II に分割し、それぞれの領域の解を次のようにおく。

$$\left. \begin{aligned} \varphi_I &= \sum_{n=1}^N A_n \sin \beta_n x \cdot \cosh \beta_n y_1 \\ \varphi_{II} &= \sum_{n=1}^N \sin \beta_n x \cdot (B_n \cosh \beta_n y_2 + C_n \sinh \beta_n y_2) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$\beta_n = (2n - 1)\pi / 2a$  とすれば式(4)は底面と側面の条件を満たしているので、残る自由表面と接合面の条件を満たすようにする。接合面の条件は液体どうしが接している場合には

$$\frac{\partial \varphi_I}{\partial x} = \frac{\partial \varphi_{II}}{\partial x}, \quad \frac{\partial \varphi_I}{\partial z_1} = \frac{\partial \varphi_{II}}{\partial z_2} \quad (5)$$

剛体板 (バツフル) がある場合には

$$\frac{\partial \varphi_I}{\partial z_1} = 0, \quad \frac{\partial \varphi_{II}}{\partial z_2} = 0 \quad (6)$$

である。これらを図1に示した点でのみ条件を満たすようにすると形式的に次の形の式が得られる。

$$\begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_n \\ B_n \\ C_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (7)$$

また、式 (4) の解を式 (3) の第 2 式に代入すると

$$\begin{bmatrix} \ddot{A}_n \\ \ddot{B}_n \\ \ddot{C}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & H_{23} & H_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_n \\ B_n \\ C_n \end{Bmatrix} = \{F_n\} \quad (8)$$

が得られる。この式の右辺は式 (3) の第 2 式の右辺の強制加振に由来する項である。 $\gamma$  を任意定数として式 (7), (8) を合成すると

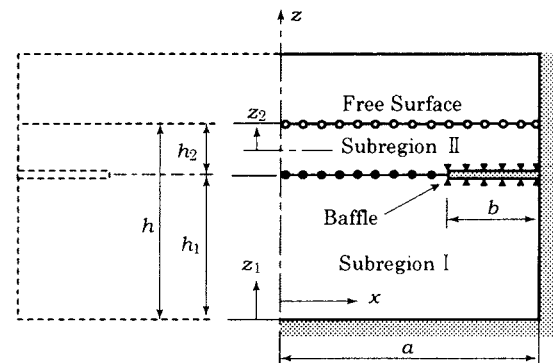


Fig.1 Configuration of Collocation Points

$$\begin{bmatrix} \gamma H_{11} & \gamma H_{12} & \gamma H_{13} \\ \gamma H_{21} & \gamma H_{22} & \gamma H_{23} \\ 0 & G_{32} & G_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{A}_n \\ \ddot{B}_n \\ \ddot{C}_n \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ 0 & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_n \\ B_n \\ C_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ F_n \end{Bmatrix} \quad (9)$$

この式は係数間の連立微分方程式でさまざまな解法が適用できるが、ここではテイラー級数に展開する方法(6階の微分項まで採用)で数値的に解いた。その際に $\gamma$ の値は1000以上と大きめにとるほうが計算が安定する。時間関数としての係数 $A_n, B_n, C_n$ が求まれば式(4)から任意の時刻、任意の点での液体の変位や速度を求めることができる。

**2.3 近似解析の問題点** 以上の計算はあくまでも近似でしかない。粘性などの散逸要因が含まれていないし、何よりも渦を考慮していないからである。それでは必要な情報が十分に得られないというネガティブな立場があることも承知しているが、簡単なモデルでも骨格情報は得られるという見方もあり得る。著者はもちろん後者の立場で検討している。

**3. 実験の方法と装置**

図2に実験装置の概略を示す。水槽は透明アクリル樹脂製で内法が幅 $2a = 500\text{mm}$ 、高さ $450\text{mm}$ 、奥行 $380\text{mm}$ の直方体である。抑制板は2個を左右対称にそれぞれを水槽のふたから直径 $6\text{mm}$ のステンレス管4本で吊るし、設置深さを可変とした。水槽はアルミ板製の加振台に固定し、それを偏心カムと戻りばねで水平方向に変位加振した。駆動はインバーターで可変速とした三相モータで行った。軸の回転変位をロータリーエンコーダーでパルスに変換してプリセットカウンターで計数し、設定値に達した時点でクラッチ・ブレーキを操作して回転の断続を行うようにした。これによって図3に示すような有限整数周期だけ切り取った正弦波が得られるが、連続加振も可能である。以下では10周期だけ加振した結果について述べる。

液体には基本的に水を用いたが、液面変位は側壁から $10\text{mm}$ の位置で静電容量型の波高計で検出し、その出力をデジタル記録装置に収めてからデータ解析を行った。

抑制板を設置しないで水深を $200\text{mm}$ 、加振振幅を $2\text{mm}$ として実測した水位変化の例を図4に示す。共振は $1.154\text{Hz}$ で起き、ここでは加振開始からほぼ直線的に振幅が増加して加振停止後は緩やかに減衰していく様子が見て取れる。ただし、非線形効果で平均水面からの上昇と下降が非対称になっている。加振振動

数が共振点より低くても高くても加振による強制振動と自由振動の重ね合わせでうなりが生じ、最大振幅は加振の途中で起きようになる。共振点以外では振幅が小さいので加振停止後は減衰が目立たず、ほぼ一定振幅の自由振動が長く続いている。

抑制板を設置すると振幅は小さくなるが、現象としては類似の結果が得られる。また、シミュレーションの結果も定性的にはこれに対応している。

**4. 計算および実験の結果と検討**

**4.1 過渡加振応答の結果** 図5に幅 $120\text{mm}$ 、厚さ $1\text{mm}$ のステンレス製の抑制板の設置深さを5通りに変えて10周期加振を行った際の最大水位と最低水位の差の加振振動数に対する変化のシミュレーションと実験の結果を比較して示す。抑制板がないときの

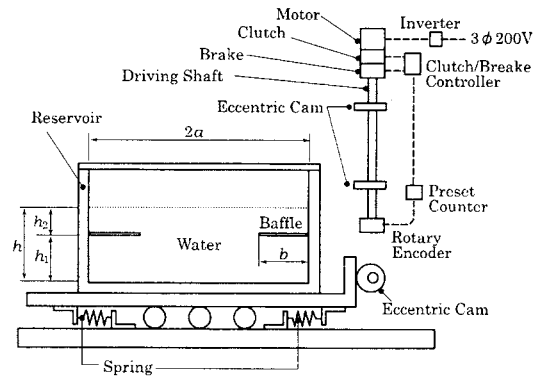


Fig.2 Experimental Setup



Fig.3 Exciting Time History

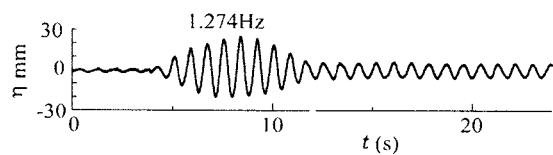
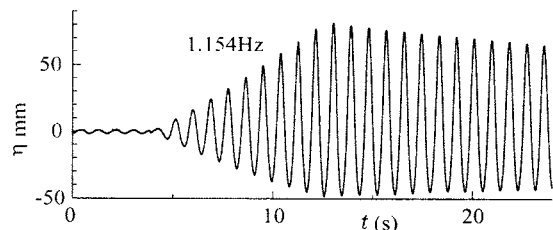
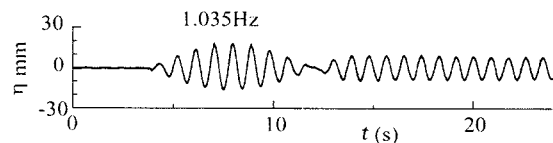


Fig.4 Examples of Observed Transient Sloshing

結果は計算と実験で非常によく一致する。しかし、抑制板を設置すると $\Delta\eta$ の最大値を与える振動数に計算と実験で大きな差はないが $\Delta\eta$ の最大値は実験の方がかなり小さくなる。ただし、抑制板が表面近くになるほど抑制効果が大きく現れることは定性的には計算でも実験でも同じである。

計算と実験の違いは計算では考慮していない効果の影響が実験で大きく現れていることを示す。考えられる要因の第一は渦であろう。抑制板先端では流れが剥離し、渦が生じることは容易に想像できるし、実際にタフトを用いた実験でその確認をしている。ただし、ここで強調しておきたいのは定量的には一致が十分ではなくても抑制板の存在によってスロッシングにポテンシャルエネルギーが蓄積していくことを妨げる効果が現れるということの予測はほぼ妥当であったということである。計算と実験の一致が十分であるということはある得ないという前提で抑制板の効果を予測して始めた研究であり、方向付けとしての意味はあったとはいえるであろう。

4.2 問題点の検討

つぎに計算と実験の一致の程度が高くない原因を検討する。前述したように渦が関与していることは間違いないと考えられるが、渦がどのようなプロセスで現象に関与しているのかを考える必要がある。仮説としてつぎの二つを考えた。

まずは渦の運動学的影響である。流体がタンク壁面に駆け上がる位相になるはずのときに渦運動の結果として駆け上がりとは逆に下向きの運動成分が生じる。このことはタフトを使った実験でも容易に確認される。この効果が液面変化の観測結果に直接反映されたのであろうというのが第一の仮説である。実際に流体の運動を観測しているところの仮説にはかなり妥当性があるという“感想”を強く抱かせるものがある。

つぎに、渦は結局のところエネルギーの散逸過程で現れるものであるから、渦が観測されるのは減衰がある証拠であると捉えて、図5では通常の振動で減衰が関与すると振幅が小さくなるという当然のことを観測しただけであるというのが第二の仮説である。振動学の立場からはこちらの方が単純で取り付きやすい。

第一の仮説を簡単に放棄しなかったのには理由がある。抑制板で水面を全部覆い尽くし、板と水との間に隙間がなければスロッシングは起きようもない。タンクと水はあたかも剛体のように一体になってふるまうであろう。この場合には減衰は一切関係がない。この研究で想定している抑制板にはここまでは極端ではないにしろ、方向としては同じような効果があると考えられるのである。

試みに図6に示す変位励振の1自由度系を用いて簡単な検討を行った。この系は強制変位が

$$u = U_0 \sin \omega t \tag{10}$$

という形で与えられれば

$$\ddot{x} + 2\zeta\omega_n\dot{x} + \omega_n^2x = U_0(2\zeta\omega_n\omega\cos\omega t + \omega_n^2\sin\omega t) \tag{11}$$

と表すことができる。この式の減衰比 $\zeta$ は無減衰であれば0であるが、あるいはスロッシングの時刻歴の記録、たとえば図4の中央の図の加振停止後の減衰の様子から求めることができる。数値計算はテイラー級数法を用いて10周期加振の最大振幅を求めた。この手順はスロッシングの過渡応答を求める際のものと同じである。

このようにして求めた結果をスロッシングの各場合と比較したのが図7である。左側の列がスロッシングで破線がシミュレーション、実線が実験で得た結果で、この

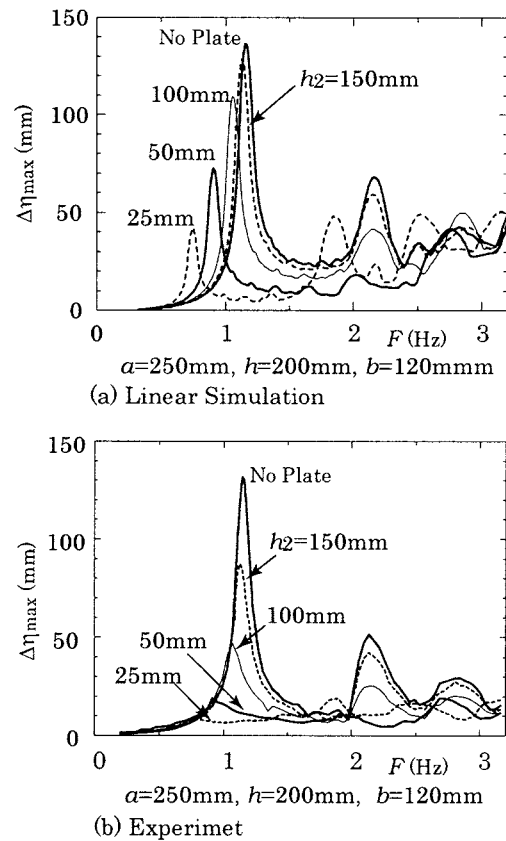


Fig.5 Results of Simulation and Experiment

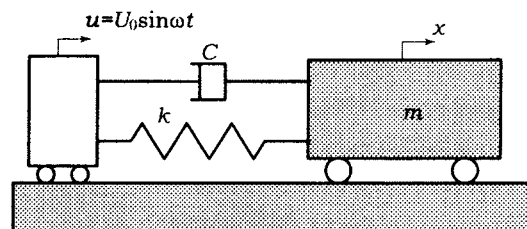


Fig.6 S-dof Model of Base Excitation

データそのものは図5を抑制板の深さ別に並べ直したものである。図7の右側の列は式(11)の1自由度系のシミュレーション結果で、左側のスロッシングの各場合に対応させてある。無減衰の場合と減衰がある場合を対比したのはスロッシングの結果と同様である。減衰比 $\zeta$ は対応するスロッシングの各場合の共振時のデータから得た値を用いた。1自由度系の無減衰の場合のピーク高さが対応するスロッシングのシミュレーションのピークに一致するように図の縮尺を調整してある。横軸は共振点を基準にした無次元振動数であるが、スロッシングの実際の現象も1Hz前後が共振なので比較はしやすい。

これらの図の1次の共振ピークを見る限りはスロッシングのシミュレーションと実験の差は減衰の有無で説明がつきそうである。

通常、渦がエネルギー散逸過程に関与することはよく知られているが、大きな規模の渦から規模の小さな渦にエネルギーが移り、そのプロセスの連鎖で分子規

模の運動までつながり、結局は熱運動に転化するというのが一般的な理解であろう。これに従う限りはスロッシングで生じた巨視的な渦の運動エネルギーが熱に変わるまでにはいくつかの過程を経る必要がある。それゆえ、渦が生じれば時間をおかずに直ちに減衰として現れるかどうかということに疑問を持ったのであるが、巨視的な渦が熱に変わる際にはいくつもの現象が並行的に進むので時間差ということを考える必要はほとんどないというのが図7の結果であろう。

以上の結果をみる限り、水平板の抑制作用はスロッシングモードにポテンシャルエネルギーが蓄積するのを妨げる効果と励起される渦の散逸効果の相乗作用とみるのが最も妥当と解釈されるのであるが、これで解決したというのは早計である。

4.3 粘性の影響

図8に水とグリセリン水溶液で行った定常加振の際の振幅変化を示す。実験装置は基本的には同じであるが、液深を  $h=250\text{mm}$ 、抑

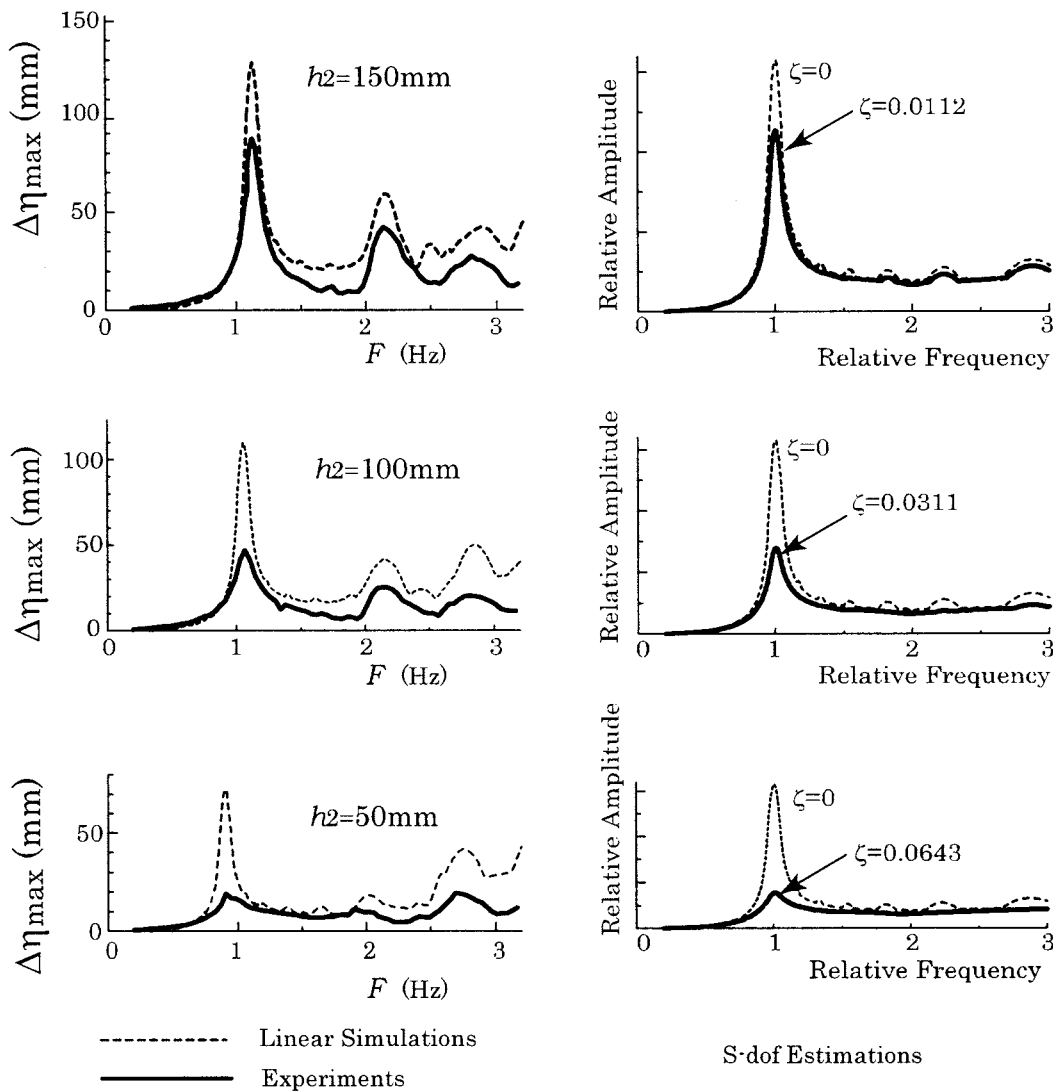


Fig.7 Comparison of Responses of Transient Sloshing and S-dof System with a Damper

制板幅を  $b=50\text{mm}$ 、抑制板には厚さ  $3\text{mm}$  のステンレス板を用いている。

抑制板を設置しない時には明確に粘性の影響が現れている。しかし、抑制板があると水とグリセリン水溶液で少なくとも1次の共振振幅には明確な差は認められない。グリセリン水溶液の粘性は水のほぼ17倍である。

前節では渦の影響があることを示すような結果が得られることを述べたが、渦は液体のせん断変形を介して散逸に関わるはずである。そうであれば粘性が寄与しないはずはない。

この意味で前節の結果とここで述べた結果は同一線上で理解することが困難である。つまりは散逸のメカニズムについては解決を見ていないということになる。

## 5. 結 言

長方形タンクにおいて水平抑制板によるスロッシング抑制の検討をしてきた。抑制のメカニズムはポテンシャルエネルギーの蓄積を妨げるといえば免震効果とエネルギー散逸、つまり減衰効果の相乗によると

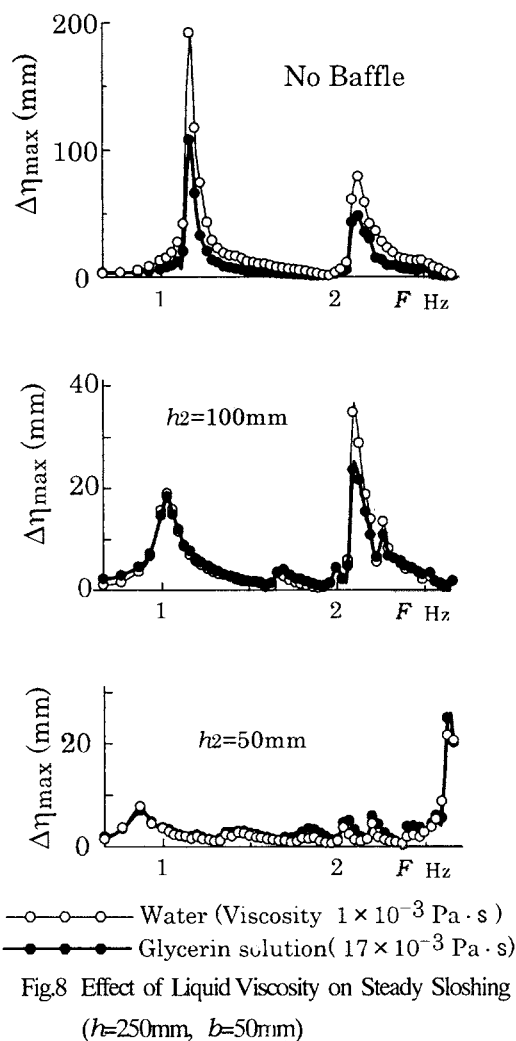


Fig.8 Effect of Liquid Viscosity on Steady Sloshing  
( $h=250\text{mm}$ ,  $b=50\text{mm}$ )

考えることは妥当である。しかしながら、散逸の機構については渦が関与していることは確かであるが、細部についてはまだ十分に理解し得たとは言いがたい状況にある。そのような状況であるにしても水平抑制板に強力なスロッシング抑制効果があることは明確なので、比較的規模の小さいタンクに対しては状況に合わせて水平抑制板を利用することを勧めたい。

一方、直径数十メートル以上の大規模石油タンクについてはここで述べた方法よりは確かな効果を持つ方法が存在すると考えている。低コストで、かつ施工がしやすいことが両立することを目標にその検討を現在進めている。

本報告の前半の実験には装置の作製を含めて2009年度卒研 西村 淳君の多大な貢献があった。また、それに先立って行われた2007年度の高氏正貴、平松直之君、2008年度の鈴木達也、室伏秀亮君らが先鞭をつけた実験結果が後半の検討に寄与している。他にも円形タンクで少し意味を変えた実験を行っているグループがいる。実験装置のほとんどを自作しながら研究に励んでくれたこれらの諸君に感謝の念を伝えたい。

スロッシングは振動現象としては特定の範囲に限られるが、装置作製を含めた研究の底に横たわる基礎知識は機械工学全般にわたる。これらの諸君が卒研を通して体験したことを技術者として成長していく際の糧にしてくれることを切に願うものである。

また、装置作製については行平憲一技術課長をはじめとする工作センターの方々に多大なご支援をいただいたことを記して感謝の意を表します。

## 文 献

- (1) Silverman, S. and Abramson H. N., Damping of Liquid Motions and Lateral Sloshing, NASA SP-106, (1966), pp.105-143, NASA.
- (2) Ibrahim, R.A., Liquid Sloshing Dynamics - Theory and Applications, (2005), Cambridge University Press, 90.
- (3) URATA, Y., A Method of Sloshing Suppression Using Horizontal Baffle Plate (A Fundamental Study on Sloshing in Rectangular Tanks), Transactions of the Japan Society Mechanical Engineers, Series C, Vol.75, No.749(2009), pp50-57.

## Clocked Cascade Voltage Switch Logic ( $C^2VSL$ ) Adders

Hiroshi HATANO\*

### ABSTRACT

A static cascade voltage switch logic (CVSL) half adder, a clocked cascade voltage switch logic ( $C^2VSL$ ) half adder and a  $C^2VSL$  full adder have been originally and successfully designed and fabricated using a double polysilicon and double metal 1.2  $\mu\text{m}$  CMOS technology. The three different adders have confirmed to function correctly by SPICE simulations. Furthermore, the fabricated three different adders have confirmed to function correctly by chip measurements.

### 1. INTRODUCTION

In the galactic cosmic ray environment typical of high altitude satellite orbits, a single event upset (SEU), which occurs when a charged particle passing through a cell deposits enough energy for the cell to change its state, should be taken into account. In order to design radiation-hardened LSIs for space applications, static cascade voltage switch logic (CVSL) circuits and clocked CVSL circuits were proposed by H. Hatano [1]-[5]. The CVSL circuit is a differential style of logic requiring both true and complement signals to gates. The CVSL has two storage nodes for each gate instead of one, resulting in higher tolerance of SET pulses than CMOS.

A static cascade voltage switch logic (CVSL) half adder, a clocked cascade voltage switch logic ( $C^2VSL$ ) half adder and a  $C^2VSL$  full adder have been designed and fabricated using a double polysilicon and double metal 1.2  $\mu\text{m}$  CMOS technology [6], [7].

### 2. CIRCUIT DESIGNS

#### 2.1 Static CVSL Half Adder

A static CVSL half adder circuit diagram is shown in Fig. 1. Fig. 2 shows the static CVSL half adder layout. Simulation results is shown in Fig. 3, indicating that the designed static CVSL half adder functions correctly.

#### 2.2 Clocked CVSL ( $C^2VSL$ ) Half Adder

A  $C^2VSL$  half adder circuit diagram is shown in

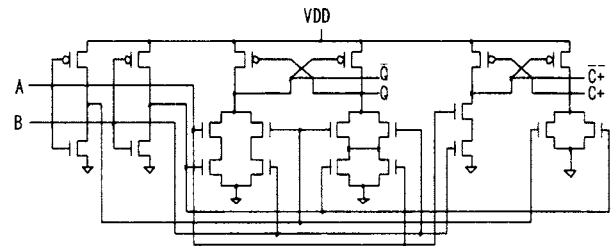


Fig. 1 Static CVSL half adder circuit diagram.

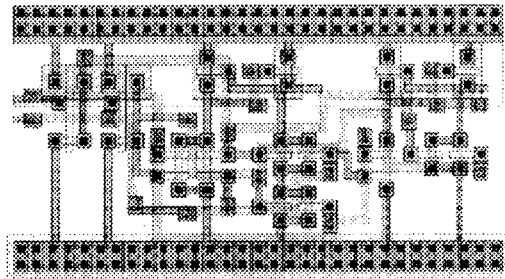


Fig. 2 Static CVSL half adder layout diagram.

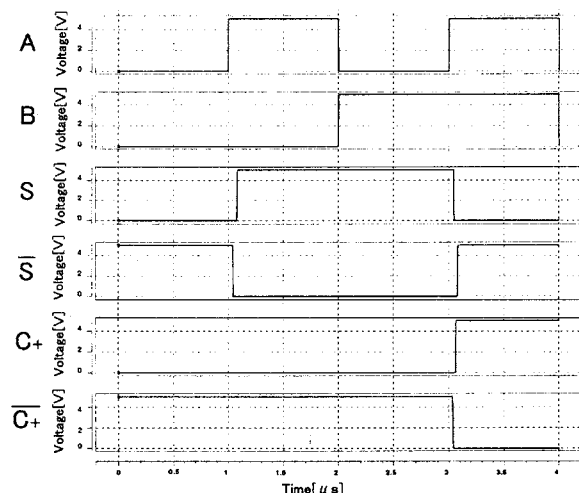


Fig. 3 Simulation waveforms of static CVSL half adder.

Received March 1, 2011.

\* Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Science and Technology, Shizuoka Institute of Science and Technology

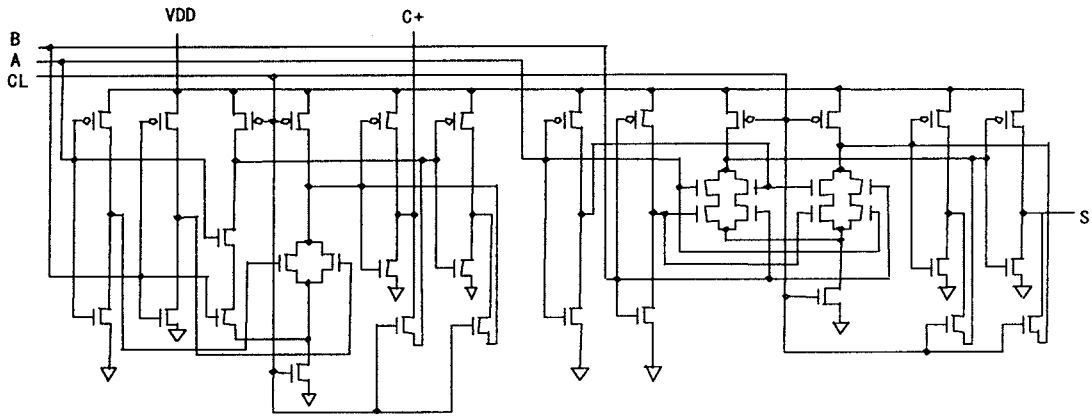


Fig. 4 C<sup>2</sup>VSL half adder circuit diagram.

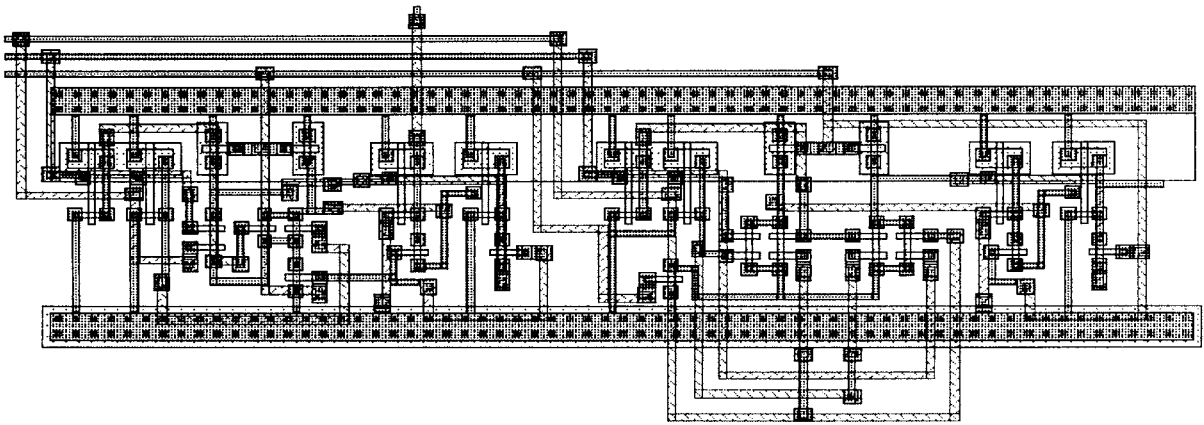


Fig. 5 C<sup>2</sup>VSL half adder layout diagram.

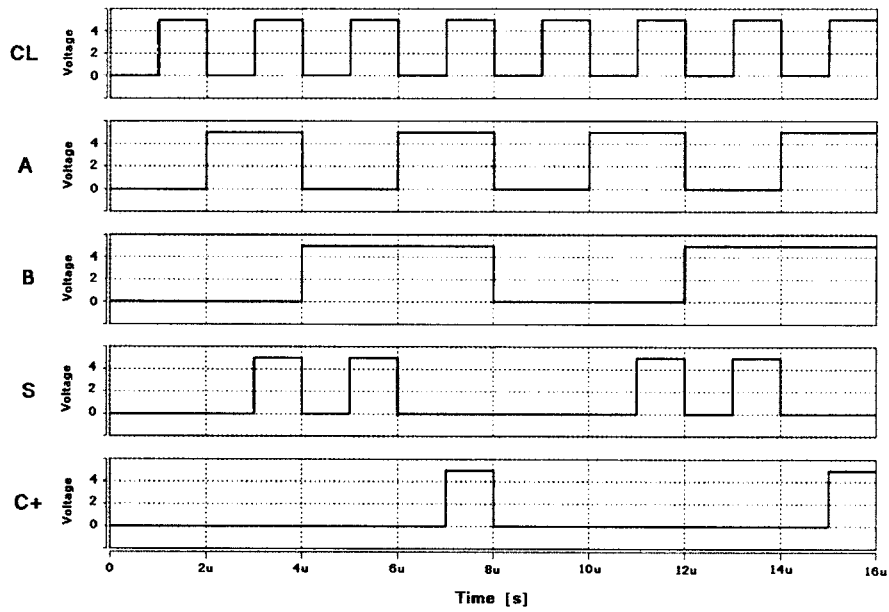


Fig. 6 Simulation waveforms of C<sup>2</sup>VSL half adder.



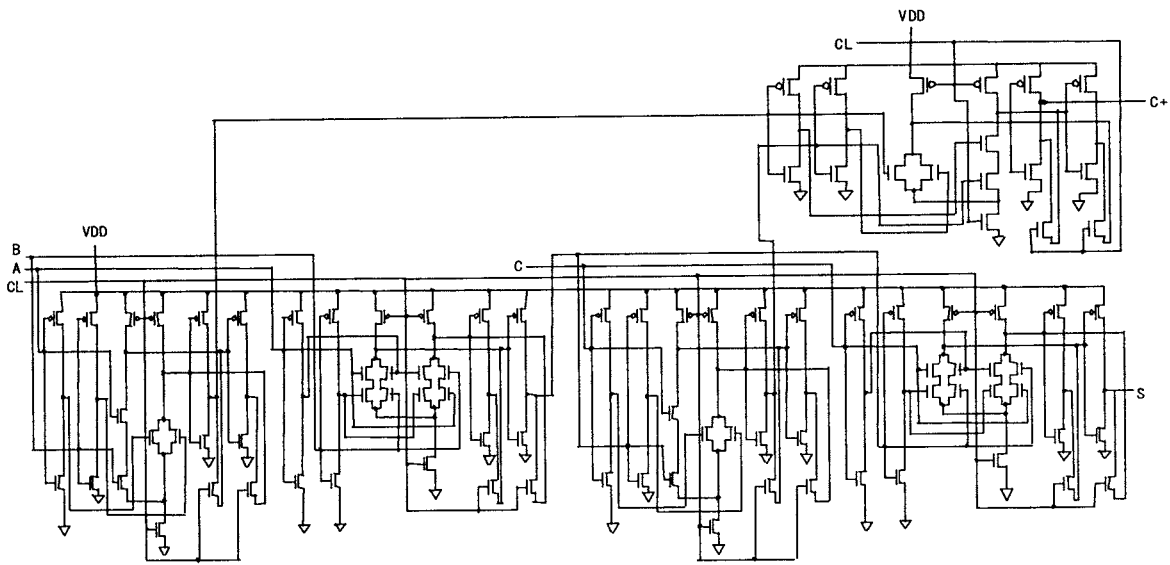


Fig. 7 C<sup>2</sup>VSL full adder circuit diagram.

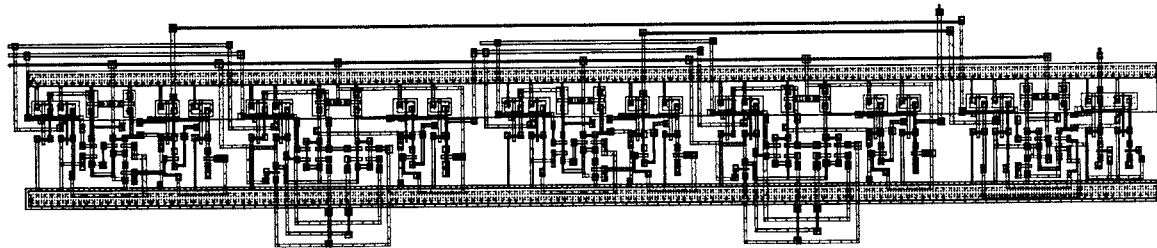


Fig. 8 C<sup>2</sup>VSL full adder layout diagram.

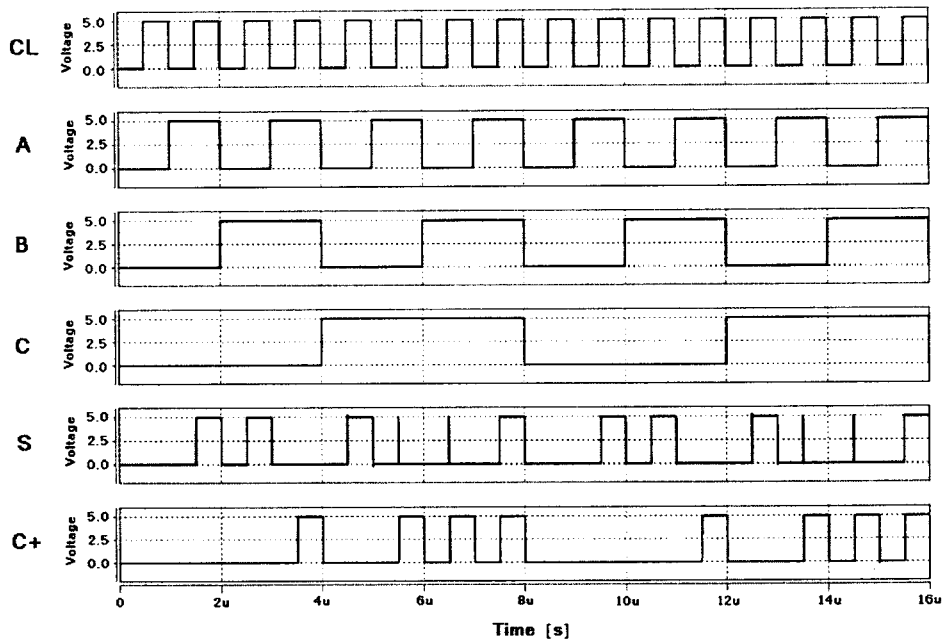


Fig. 9 Simulation waveforms of C<sup>2</sup>VSL full adder.

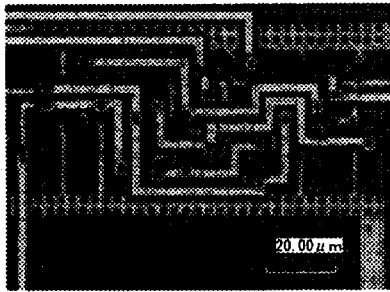


Fig. 10 Photomicrograph of fabricated static CVSL half adder.

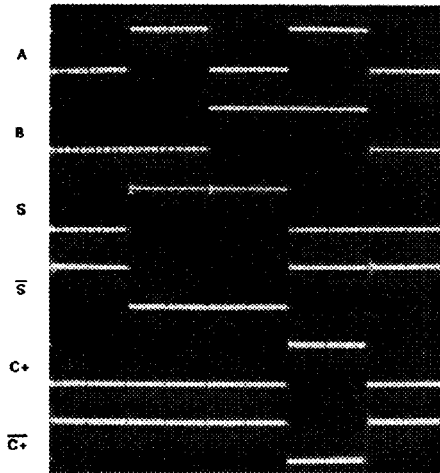


Fig. 11 Measured signal waveforms of static CVSL half adder. Horizontal axis: 5μs/div. Vertical axis: 5v/div.

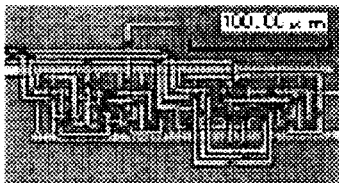


Fig. 12 Photomicrograph of fabricated C²VSL half adder.

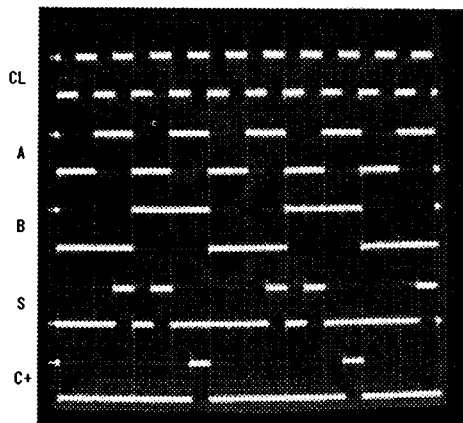


Fig. 13 Measured signal waveforms of C²VSL half adder. Horizontal axis: 40μs/div. Vertical axis: 5V/div.

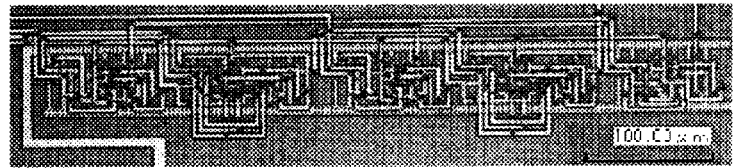


Fig. 14 Photomicrograph of fabricated C²VSL full adder.

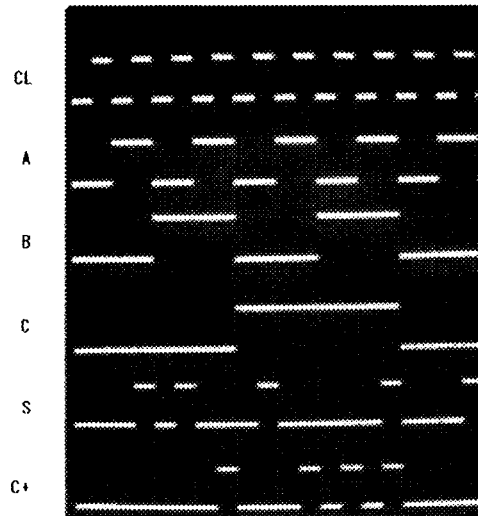


Fig. 15 Measured signal waveforms of C²VSL full adder. Horizontal axis: 40μs/div. Vertical axis: 5v/div.

Fig. 4. Fig. 5 shows the C²VSL half adder layout. Simulation results is shown in Fig. 6, indicating that the designed C²VSL half adder functions correctly.

### 2.3 Clocked CVSL (C²VSL) Full Adder

A C²VSL full adder circuit diagram is shown in Fig. 7. Fig. 8 shows the C²VSL full adder layout. Simulation results is shown in Fig. 9, indicating that the designed C²VSL full adder functions correctly.

## 3. FABRICATION RESULTS

### 3.1 Static CVSL Half Adder

Fig. 10 shows photomicrograph of the fabricated static CVSL half adder. Measured signal waveforms of the static CVSL half adder is shown in Fig. 11, indicating that the fabricated static CVSL half adder functions correctly.

### 3.2 Clocked CVSL (C²VSL) Half Adder

Fig. 12 shows photomicrograph of the fabricated C²VSL half adder. Measured signal waveforms of the C²VSL half adder is shown in Fig. 13, indicating that the fabricated C²VSL half adder functions correctly.

### 3.3 Clocked CVSL ( $C^2$ VSL) Full Adder

Fig. 14 shows photomicrograph of the fabricated  $C^2$ VSL full adder. Measured signal waveforms of the  $C^2$ VSL full adder is shown in Fig. 15, indicating that the fabricated  $C^2$ VSL full adder functions correctly.

## 4. CONCLUSION

A static cascade voltage switch logic (CVSL) half adder, a clocked cascade voltage switch logic ( $C^2$ VSL) half adder and a  $C^2$ VSL full adder have been successfully designed and fabricated using a double polysilicon and double metal 1.2  $\mu\text{m}$  CMOS technology. The three different adders have confirmed to function correctly by SPICE simulations. Furthermore, the fabricated three different adders have confirmed to function correctly by chip measurements.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported in part by Japan Society for the Promotion of Science, Grant-in-Aid for Scientific Research (C), 21560375, 2009-2013.

The author would like to thank A. Suzuki, and S. Kamio for their support in design, simulation, and measurement. The VLSI chip in this study has been fabricated in the chip fabrication program of VLSI Design and Education Center (VDEC), the University of Tokyo in collaboration with On-Semiconductor, Nippon Motorola LTD., HOYA Corporation and KYOCERA Corporation.

## REFERENCES

- [1] H. Hatano, "Single event effects on static and clocked cascade voltage switch logic (CVSL) circuits." IEEE Trans. Nuclear Science, vol. 56, no.4, pp. 1987-1991, 2009.
- [2] H. Hatano, "A single event effects on CVSL and CMOS exclusive-OR circuits." in Proc. of RADECS, pp.131-135, 2010.
- [3] H. Hatano, "A single event analysis on static CVSL exclusive-OR circuits." IEICE Trans. Electronics, vol. E93-C, no. 9, pp. 1471- 1473, 2010.
- [4] H. Hatano, "A single event effect analysis on  $C^2$ VSL circuit with gated feedback." in Proc. of RADECS, PF1, pp.1-4, 2010.
- [5] H. Hatano, "A fundamental analysis of single event effects

on  $C^2$ VSL circuits with gated feedback," IEICE Trans. Electronics, vol. E94-C, no. 6, pp. 1131-1134, 2011.

[6] S. Kamio, B.S. thesis, SIST, 2008.

[7] A. Suzuki, B.S. thesis, SIST, 2009.

# 小型人型ロボットの感情表現動作に関する

## Web サイトを利用した評価実験

Questionnaire evaluation experiment through Web site about the expression of feeling by movements of humanoid robot

大梶 弘順\*, 村松 諭\*\*, 村越 太郎\*\*, 小長井 将人\*\*

Kojune OHSUGI, Satoru MURAMATSU, Taro MURAKOSHI and Masato KONAGAI

Abstract: Recently humanoid robots have become familiar to us. In the near future, we may have one in each home. Then in such time, how will we humans think about them? What kind of feelings we will have about them? To understand this problem, as a fundamental study, we made them perform various movements. And we did the questionnaire evaluation experiment through Web site about the expression of feeling by these movements of humanoid robot. About the three feelings such as “happiness”, “sad” and “angry”, it was possible to express it clearly distinguishing. However about the three feelings such as “frightened”, “disliking” and “surprised”, it seems to be a little difficult to express it clearly distinguishing.

### 1. はじめに

将来、ロボットが人の生活空間に入り込み、ロボットと人とがより密接な関係になる状況を考慮し、小型人型ロボットにより人間の各種の感情表現動作が出来るか否かについて評価実験を行った。ここでは特に、Web 環境を利用して行った評価実験の結果について報告する。

### 2. 方法

市販の二種類の小型人型ロボット<sup>1,2)</sup>を用いて、人間の各種の感情<sup>3)</sup>を表現するような典型的な動作の制作を試みた。本研究では、「喜び(楽しみ, 幸せ)」、「悲しみ」、「怒り」、「恐れ」、「驚き」、「嫌悪」の各感情を表現すると考えられる各種動作をロボットで制作し、それらを各動作ごとに11編の短い映像にまとめた。各映像に登場するロボットについては、1体のみの場合と、2体による関わり合いを含むものなどを用意した。本大学の公式サイト内の大梶研究室のHP内に、それら動画映像を提示し、それらに対してアンケート形式の評価投票を依頼するページを作製した(図1)。

[ <http://www.sist.ac.jp/~kohsugi/robot1.php> ]

このページでは、制作した11種類のロボット動作映像それぞれについて、上記の8種類の感情に関して、例えば「恐がっているように見えますか?」というように、特定のロボットが「そのような感情を持っているように見えますか?」という問いを設定し、それぞれに対して、「全くそ

う思わない」から「どちらでもない」～「とてもそう思う」までの9段階の評価投票ボタンを用意した。各動作映像ごとに、上記の「恐怖」～「幸せ」の8種類の感情全てについて9段階評価ボタンのいずれかを全て入力した時点で投票が完了する設定とした。また感想・意見の自由記述欄も設けた。評価投票にあたり、評価者の性別及び年齢層(10才以下, 11~15才, 16~25才, 26~40才, 41~60才, 60才以上)を入力してもらうボタンも設けた。なお、

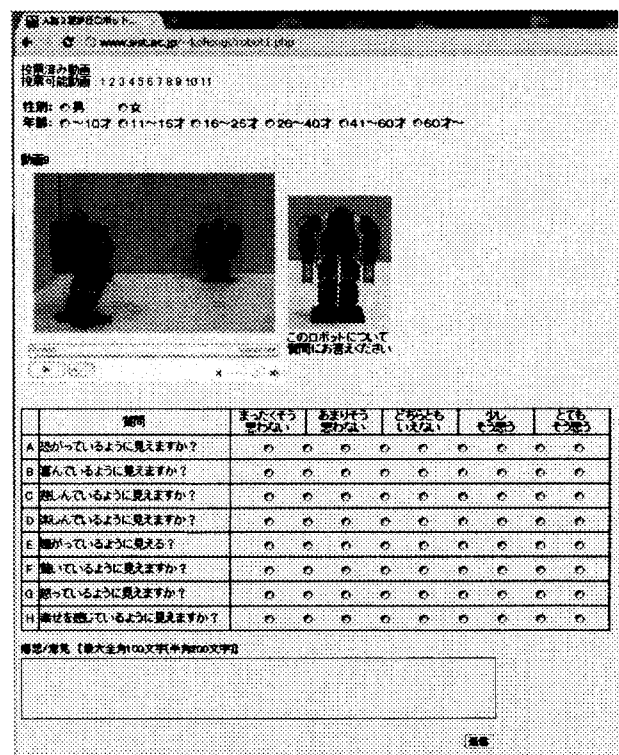


図1 投票依頼HPの一部

2011年3月3日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

\*\* 理工学部 情報システム学科 卒業生

各投票評価者には、11種類の映像全てについての評価は求めず、1つ以上、可能な限りの動作映像について投票してもらうこととした。投票する動作が特定の動作に偏らないように、ページ内に上部から表示される動画の種類がランダムになるように設定した。また、“Cookie”を削除しない限り、同一PCからは同じ映像について複数回の投票ができない設定とした。

3. 結果

2007年11月に上記ページを開設して以降、2010年11月末までの3年間に得られた評価投票結果について以下に示す。なお、これらは、評価者の性別や年齢層を含めて、全て不特定な投票者各自の入力により得られた結果である。

3.1 評価者属性及び評価者数

動作ごとの評価投票総数は531件であった。そのなかには、おそらく同一人物による自動入力などの手段によると思われる、動画映像内容との関連が低い連続入力票が55件含まれていたため、それらを無効と判断し、それらの票を除外した投票数476件を有効評価票とした。動作ごとの評価投票者の属性を集計すると、男性の投票数は318件(67%)、女性は158件(33%)であった。年齢層は10才以下が20件(4.2%)、11~15才が40件(8.4%)、16~25才が176件(37.0%)、26~40才が87件(18.3%)、41~60才が150件(31.5%)、61才以上は3件(0.6%)であった。

3.2 評価投票結果

HP上に公開した11種類の動画映像(十~数十秒)は、

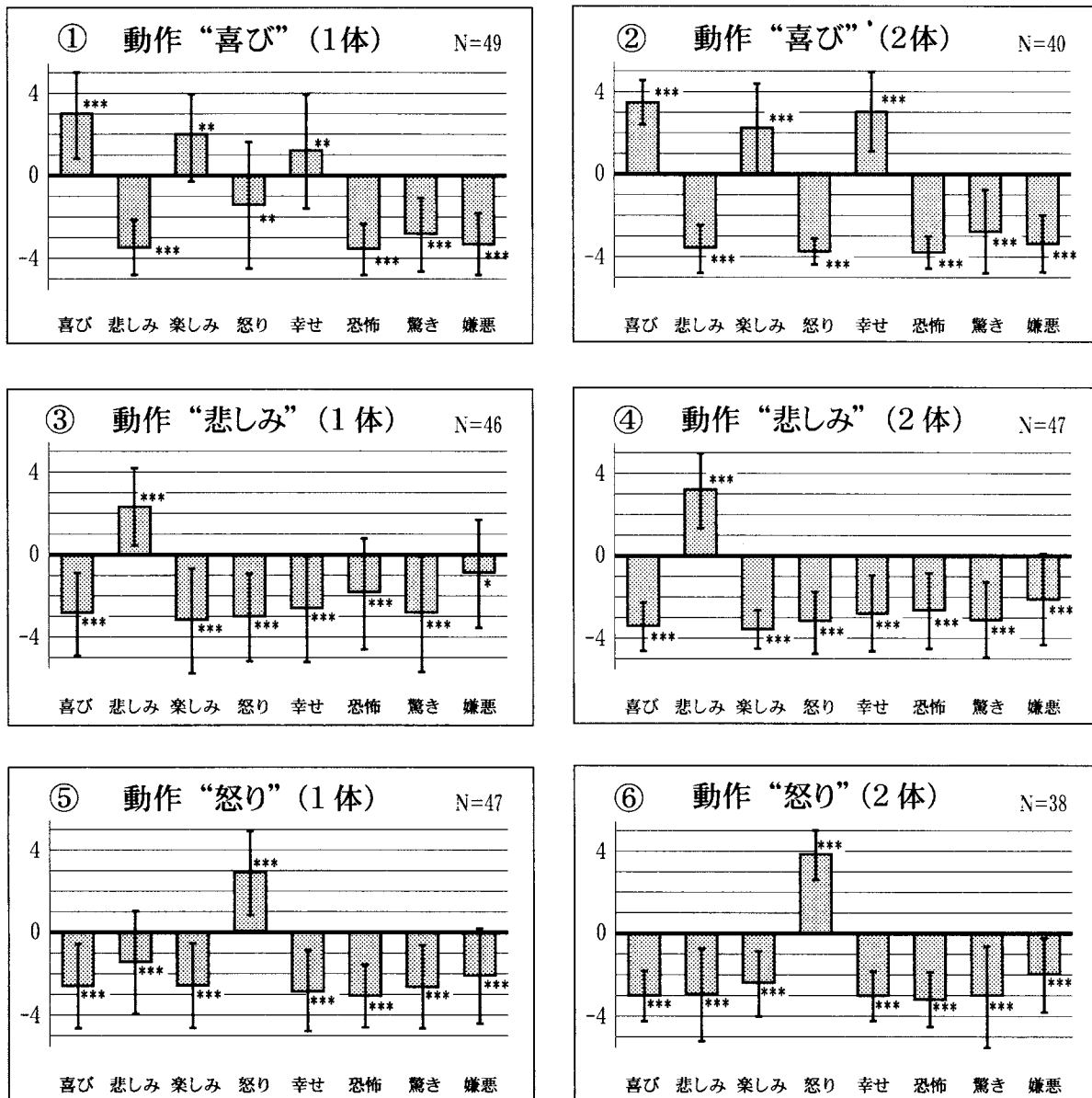


図2 評価投票結果(1)

ロボット動作制作者の意図としては、喜び、悲しみ、怒り、恐れ、嫌悪、驚きの各感情について、それらをできる限りそれぞれ個々の区別された感情として表現しようと試み、制作したものである。以下それぞれの制作した動作について簡単に説明する。なお、2体のロボットが登場する場合には、アンケート調査画面に、「評価対象ロボット」がどちらなのかについて、ロボットの写真を示し「このロボットについて質問にお答えください」と表記した(図1)。

- ①【喜び(1体)】:「よっしゃ～」とガッツポーズをとった後、万歳しながら飛び跳ねる。
- ②【喜び(2体)】:2体で万歳し、その後お互い近づき抱き合う。評価対象ロボットはその後もう1体の抱きつかれた腕のなかで飛び跳ねる。(①とは異なる動作)。
- ③【悲しみ(1体)】:その場にへたり込んで、涙を手の甲で拭くような腕の動きで泣く様子を表す。
- ④【悲しみ(2体)】:評価対象のロボット動作は③の動作と同一だが、この映像では、それに加えて「泣いている1体を慰める役」のもう1体のロボット動作を加える。
- ⑤【怒り(1体)】:その場で腕を横に開きながらやや振り下ろすと同時に、足で地面を強くふむ。
- ⑥【怒り(2体)】:⑤の動作の後に大股で相手ロボットに近づいていき、両手を相手に向けて前方に振り出し、怒りをぶつける動作を加えた。
- ⑦【恐れ(1体)】:後ずさりしてそのまま後ろに倒れ、倒れた状態でさらに後ずさりする。
- ⑧【恐れ(2体)】:⑦に対して、もう1体のロボットが威嚇するように近づく。それに対応して評価対象ロボットは⑦と同じ動作で、後ずさりしてそのまま後ろに倒れ、倒れた状態でさらに後ずさりする。
- ⑨【嫌悪(1体)】:顔を手で覆い、少し後ずさりしながら、なにか嫌なものがあるようにそれを振り払う。
- ⑩【嫌悪(2体)】:言い寄ってくるロボットの手を振り払い、その場から立ち去る。(⑨とは異なる動作)。
- ⑪【驚き(1体)】:手をぱっと上げた後、その場で腰を抜かしたように尻餅をつく。

これら各動作ごとに、喜び、悲しみ、楽しみ、怒り、幸せ、恐れ、驚き、嫌悪の各感情に関して、「どれだけそのように見えましたか?」について、「全くそう思わない」から～「どちらともいえない」～「とてもそう思う」までの9段階の評価投票結果を図2、図3に示す。結果は、「とてもそう思う」を「4」、「少しそう思う」を「2」、「どちらでもない」を「0」、「あまりそう思わない」を「-2」、「まったくそう思わない」を「-4」、またそれぞれの中間値を3, 1, -1, -3として集計し、平均値を棒グラフで、標準偏差をバーで示してある。グラフ中の「\*\*\*」、「\*\*」、「\*」は各

平均値が「どちらともいえない」の値に対して、各々、0.1%、1%、5%の有意水準で有意差があることを示す。またNは各動作ごとの評価票数を示す。

設問項目のうち「喜んでいるように見えますか?」、「楽しんでいるように見えますか?」、「幸せを感じているように見えますか?」の3つは、ほぼ同様な感情を問う項目として設定し、他の、恐れ、悲しみ、嫌悪、驚き、怒りの各項目は、各々異なる種類の感情を問う項目として設定したものである。

評価投票結果から、今回制作したロボット動作に関して、①～⑥の「喜び(楽しみ、幸せ)」、「悲しみ」、「怒り」を表現する意図で制作した動作については、それぞれ、「意図した感情」についてのみ「そう思う」との評価が得られ、同時に「それ以外の感情」については「そう思わない」という評価が得られた(図2)。例えば、動作①【喜び(1体)】と動作②【喜び(2体)】については、「喜び」、「楽しみ」、「幸せ」の設問項目について全て「そう思う」の評価が得られ、それ以外の各設問項目については全て「そう思わない」の評価が得られた。これは、動作①や②が他の感情と明確に区別されるものとして、「喜び」や「楽しみ」や「幸せ」の感情を表現していると評価されたことを示す。同様に、動作③【悲しみ(1体)】と④【悲しみ(2体)】については、他の感情と明確に区別されるものとして、「悲しみ」の感情を表現しているものと評価され、⑤【怒り(1体)】や⑥【怒り(2体)】については、他の感情と明確に区別されるものとして、「怒り」の感情を表現しているものと評価された。また、これらの動作評価について、1体の動作と2体の動作を比較した場合に、いずれの感情動作についても、2体のロボットを用いた動作の方が、意図した感情の評価平均値が高い傾向が見られた。特に、動作①(1体)と動作②(2体)の比較では、設定項目「楽しみ」と「幸せ」について、2体の場合では0.1%有意水準でも有意差が認められた。

以上から、今回制作した「喜び(楽しみ、幸せ)」、「悲しみ」、「怒り」の感情を表現する動作については、小型二足歩行人型ロボットで、言語・音声情報無しで十分にその特定感情のみを表現できることが示された。また、2体のロボットの「掛け合い」動作がより効果的である傾向も示唆された。

次に、「恐れ」、「嫌悪」、「驚き」の各感情を表現する意図で制作した動作についての評価結果を図3に示す。動作⑦と⑧の「恐れ」を意図して制作した動作の評価では、「恐怖」の評価平均点が最も高いものの、「嫌悪」や「驚き」の項目でも「そう思う」の評価結果が得られた。「恐れ」、「嫌悪」、「驚き」の3つ感情項目についてはそのように感じさせ、その他の感情項目については、「そう思わない」評価となった。1体(⑦)と2体(⑧)の動作の比較では、2体動作においては意図した「恐怖」の評価平均点が上昇

しているものの「驚き」の評価平均点も上昇しており、「恐怖」の感情を、「驚き」や「嫌悪」の感情と区別できない評価となった。

「嫌悪」を意図して制作したロボット1体による⑨の動作評価では、「嫌悪」の評価平均点が最も高く、0.1%有意水準で「そう思う」ことが示されたものの、「恐怖」についても「そう思う」評価(1%有意水準)となり、「驚き」については「どちらとも言えない」評価が得られた。他の感情項目については「そう思わない」評価が示された。また、「嫌悪」を意図して制作した2体による⑩の動作評価では、「嫌悪」の評価平均点が最も高く、0.1%有意水準で「そう思う」ことが示されたものの、「怒り」についても「そう思う」評価(1%有意水準)となった。他の感情項目については「そう思わない」評価が示された。

「驚き」を意図して制作したロボット1体による動作⑪の評価では、「驚き」については「そう思う」評価が得ら

れたものの、「恐怖」については「どちらとも言えない」という結果になった。他の感情項目については「そう思わない」評価が示された。参考として、上記各動作ごとに「感想・意見の自由記述欄」に寄せられたコメントの一部を末尾の附録に示す。

3.3 アンケート紙による調査との比較

今回、Webによる評価実験を行う為にHP上に公開したロボット動作映像の幾つかについては、2007年度の卒業研究の一環として、静岡理工科大学の学生を対象にアンケート紙による評価実験を行っている。同評価実験では、講義室のスクリーンにロボット動画映像を提示し、Web評価実験と同じ評価項目について同じ評価基準で、アンケート紙を用いた調査をおこなった。同アンケートでは、回答者の氏名記載欄も設けてあり、回答の信頼性については通常のアンケート調査と同様であると考えられる。図4に動画

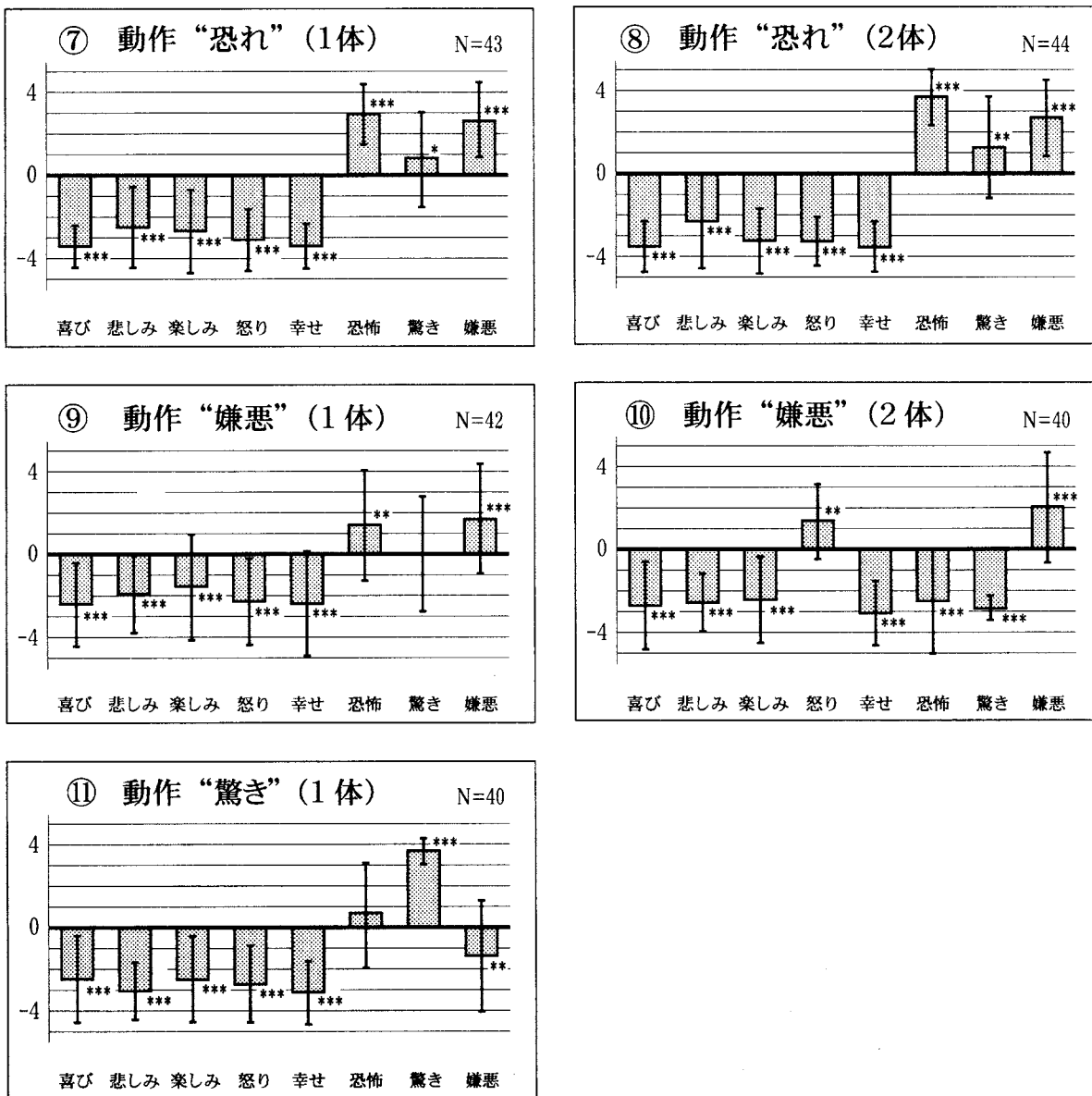


図3 評価投票結果(2)

①と⑤について、今回のWebによる評価と、同じ動画についてのアンケート紙による評価についてその結果を比較して示す。動作①は今回のWebによる調査結果で「喜び(楽しみ, 幸せ)」の感情がそれ以外の感情とは明確に区別されて評価された動作であるが、グラフのように、今回のWebによる調査結果とアンケート紙による大学生を被験者とした調査は、非常によく似た結果を示していることが分かる。また、動作⑤は今回のWebによる調査結果で「恐れ」、「嫌悪」、「驚き」の3つの感情について、それらを分離して示す評価が得られなかった動作であるが、このロボット動作についても、グラフが示すように、アンケート紙による大学生を被験者とした調査と、非常によく似た調査結果が得られたことが分かる。他の動作も含めた両調査方法の比較解析の詳細については、別の機会に報告する予定だが、両者の方法で酷似した評価結果が得られたことは、Webによる今回の調査方法が、十分に信頼性に足るものであることを示唆しているといえる。

4. まとめ

以上の評価結果から、今回、人型ロボットを用いて、音声・言語情報無しに制作した動作について、「喜び(楽しみ, 幸せ)」、「悲しみ」、「怒り」の感情を表現する動作に

ついては、それらの感情を明確に区別して表現することが可能であることが示された。一方で、「恐れ」、「嫌悪」、「驚き」の各感情を表現する動作については、それらのうちの特定の1つの感情のみを、動作で区別して表現することは、かなり困難であることが示唆された。今後の課題として、今回は同じカテゴリーとして扱った「喜び」、「楽しみ」、「幸せ」を明確に区別できるようなロボット動作の制作は可能なのか、或いは、今回は区別が困難だった「恐れ」、「嫌悪」、「驚き」を区別するにはどのような動作を制作すればよいか、などについて検討する必要がある。さらには、今回取り上げた感情、あるいは今回取り上げなかった種々の個別の感情も含め、今回とは別の動作の制作により、それらが表現できるか否かについても検討することが必要であろう。

また、今回のWebによる不特定者による評価結果と、大学生を被験者としたアンケート紙による評価結果が酷似していたことから、不特定の人を対象としたWebによる今回の調査方法も十分に信頼できるものである可能性が示された。今回報告したロボット動作の感情評価調査HPについては、現在、英語バージョンも開設しており、今後は言語や人種の違いによる評価の異同について検討することも面白いテーマと考えている。

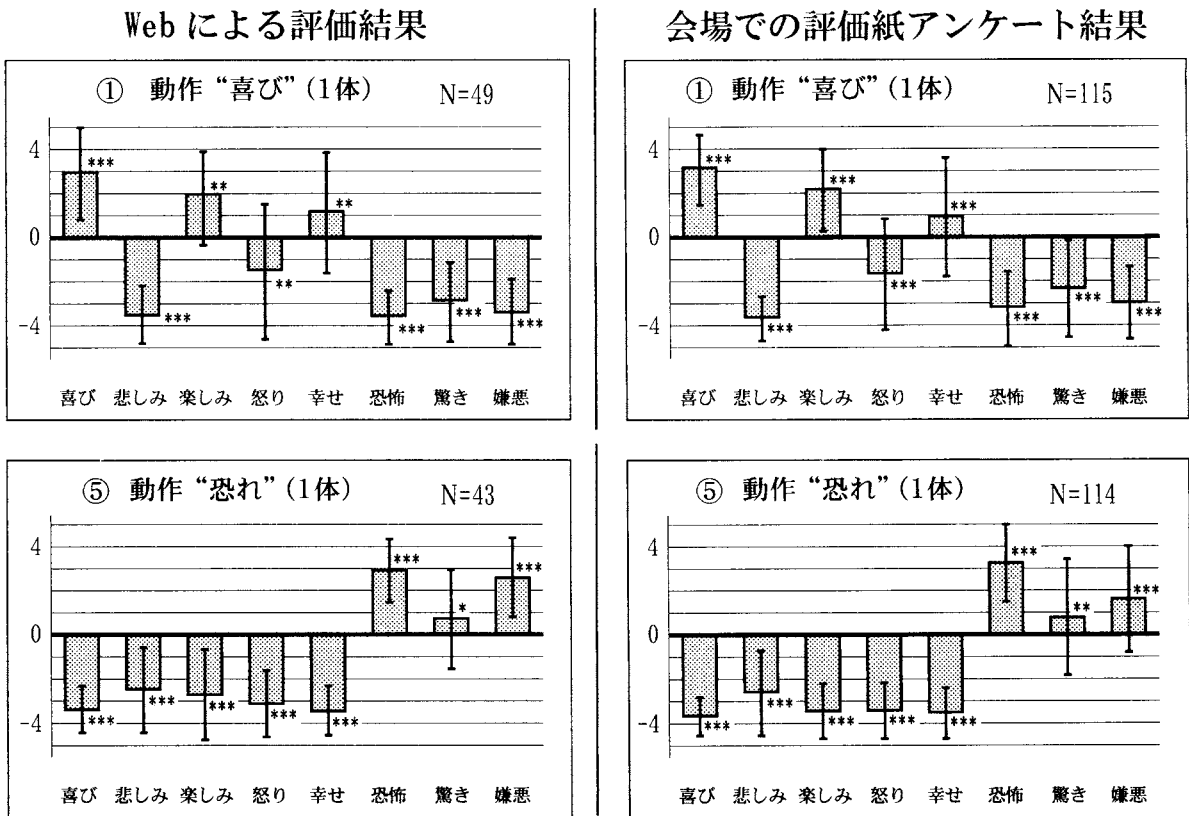


図4 Web投票による評価結果とアンケート紙による評価結果の比較



## 謝辞

本研究のアンケート調査HPにアクセスし、Webを通じてロボット動作評価実験に参加してくれた名も知らぬ多くの方々に心より謝意を示します。また、今後評価結果が得られることが期待される英語バージョンの作製には、静岡理工科大学の R. G. McNabb 准教授に大変お世話になりました。ここに謝意を表します。

## 参考

- 1) G-ROBOTS GR-001, HPI JAPAN 社製.
- 2) ROBONOVA-1, Hitec Multiplex Japan 社製.
- 3) Plutchik, R. 「情緒と人格」『現代基礎心理学 8 動機・情緒・人格』東京大学出版会 (1981 年), 145-161 頁

## 附録

「感想・意見の自由記述欄」に寄せられたコメントより。

- ①喜び (1 体) : 「ガッツポーズの後、喜びすぎな感」「手を挙げて、ぴよんぴよんと跳ねているので小さい子供が喜ぶ時と同じで喜びをとでも感じました」「途中までは喜びと怒りのどちらにも捉えられましたが、ラスト近くでぴよんぴよん飛び跳ねる様から喜びの表現だと解釈しました」
- ②喜び (2 体) : 「ホント息ぴったりですねー。見ていると何だか嬉しくなるような動きですね」「喜びと幸せを十分に表現していると思います」「嬉しさが伝わってくる」「動作が大きい分、喜びを良く表しているのが分かります。特に終わりの抱き合って G-ROBOTS がピョコピョコと跳ねてるのが子供か彼女を連想させます」
- ③悲しみ (1 体) : 「かわいそう泣いてる」「子供が駄々をこねている様に見えましたが、声が無いので嬉し泣きしている様にも見えます」「んんん・・・泣いているという印象が第一印象でしたが、見ているうちに疲れて汗を拭いているようにも見えました」「眠そうに見えます」
- ④悲しみ (2 体) : 「えーんえーんとよしよし」「慰めている G-ROBOTS がいる事によって、何かほのぼのとした気分になりました」「仕草で表情って出るものなんですね」「動き自体は③と同じなのに、慰め役の相方がいる

としゃがみ込んで泣いているとしか見えないから不思議です。」「大きいロボットなのに泣いてしまって、小さいロボットに慰められているのがおかしい。とっても悲しそうに見えた」「暑くてへばってるだけに見えん」

- ⑤怒り (1 体) : 「ロボットおこってる」「怒りのあまりに全身をワナワナと震わせ、ドンと地団駄を踏み様子が見て取れます。特に始めの腕が小刻みに震えるところは秀逸だと思います」「アニメや漫画などと同じ動作なので、怒っている様に感じてましたが、見ようによってはウウウ・ヤッタ！と嬉し泣きしてる様にも見えなくも無いです」「少し難しい判断でした。怒っているのかな・・・と」
- ⑥怒り (2 体) : 「ヒトの表情を忠実に再現した精巧なロボットの映像から飛んでこの動画をみたとき、この子達のあまりの素晴らしい「動き」に目が釘付けになりました」「のび太を発見した時のジャイアンの様でした。怒りはとても感じました」「子供がお父さんと遊んでると仮定すると楽しそうな」「怒りが爆発している感じがします。そこに若干の悲しみも感じます・・・」
- ⑦恐れ (1 体) : 「ロボットこわがってる」「一体でも芸達者です」「相手が見えないので、まるで恐怖映画のシーンの様で、恐怖感が伝わります」「怖がって後ずさりしている・・・この表現が一番ぴったりとききます」「動き自体は動画⑧と同じだと思いますが、相方なしでは受ける印象はやや弱く感じました。ただやはり後ずさりしていることから、恐怖感は十分に伝わってきます」「駄々をこねているよう」
- ⑧恐れ (2 体) : 「よくできるとびっくりしました」「こわいよう」「相手に威嚇されて、恐怖を感じている・・・そういう風に見えます」「動画⑩と比較して、こちらはまさしく恐怖のあまり腰を抜かした動作だと思います。特に尻をついてからの後ずさりやベタだけど分かり易いです」「尻餅ついてから、まだ逃げようとしてる芝居がいいですねえ。むしろ左のロボットの、腕を広げた威嚇ポーズの方に感心しちゃいましたが」「二体あるとわかりやすいですね」
- ⑨嫌悪 (1 体) : 「左手の2回動きにいぶし銀の魅力。これで嫌がっているように見える？」「むしをよけている感じがする」「終わり際のあっち行けっ！的な動作が加わる事により、嫌がっているのが良く感じられました」「他のに比べて、表現しているものが余りよく分からないです。相手が居るのかな？」「最後の手を下し

た表現の意味がわかりかねました…」 「どちらかという  
と踊っているように見えました」

⑩嫌悪 (2体) : 「お互いを不快に思っているように見え  
ます」 「嫌がって・・・というより、相手を拒絶している感  
じがする (そこに怒りがあるか悲しみがあるか分から  
なかったので、嫌がっているを選びました) 「前半のハ  
イタッチが、挨拶のようにも見えますが、その後相手  
を無視するように立ち去ることから、恐らく嫌悪で相  
手の手を振り払ったのかと思います。手を横に払えば  
もう少し分かり易いと思います」 「“あんだよ”という  
台詞が聞こえそうな」

⑪驚き (1体) : 「とても驚いた感じで見ているほうもビッ  
クリ!!」 「突然起こったことに、とても驚いてい  
る・・・そう見えます」 「怖がって、驚いているように  
見える」 「純粹に驚いている様に見えましたが、ヤッタ  
ァー!と喜んでこけた様にも見えなくも無いです」  
「驚きのあまり腰を抜かすという表現にピッタリの動  
作だと思います。倒れ込む前に腕を上げていなければ、  
恐怖のあまりにという解釈もありだと思います」

## 袋井関連人物参考資料目録(2)

## ～浅羽佐喜太郎、川村驥山関連資料目録～

The Bibliography of Persons related to Fukuroi city ; vol.2

小栗 勝也\*

Katsuya OGURI

## 1. はじめに

柴田静夫先生が2009年1月28日未明、急逝された。あと1ヶ月余で満90歳の誕生日を迎える直前であった。先生の未公刊の原稿が残されていた。この遺稿が遺族の手により、『報恩の碑 — 義侠の医師・浅羽佐喜太郎と潘佩珠』という題名の単行本として刊行されたのは約9ヶ月後の同年10月のことであった。長く教員生活を務めたあと、浅羽町史の編纂等で力を発揮された先生は、袋井・浅羽地域の歴史を最もよく知る郷土史家として誰からも認められていた。筆者も新袋井フォーラム発足(2005年)の折、そのメンバーに加わって頂けるようお願いするために先生のお宅を訪れたことがある。同時のその頃、遺稿のコピーも見ている。

浅羽佐喜太郎は現在の袋井市梅山(旧・浅羽町梅山)に生まれ、帝国大学医科大学を卒業後、現在の小田原市で浅羽医院を開業していた医師である。潘佩珠は、日露戦争での日本の勝利に鼓舞されて、フランス植民地から祖国ベトナムを独立させるべく、日本に学ぶために密航していた活動家で、ベトナム独立運動史における英雄である。佐喜太郎は一時期、この潘と仲間を経済的社会的に陰ながら支援したことがある。このことに恩義を感じた潘佩珠が後に、日本を再び

訪れた際、佐喜太郎の郷里、浅羽梅山の常林寺に石碑を建立した。この碑は日本に現存する、潘佩珠の名が刻まれた唯一の史料であると聞いている。この石碑は長らく人々に知られていなかったが、その存在を初めて世に紹介した研究者が柴田静夫先生であった<sup>(1)</sup>。

今回の目録では、この浅羽佐喜太郎に関する資料と、袋井市で新しく開発された地酒にその名が用いられたこと等から近年の袋井地域で再注目されている書家・川村驥山(袋井市・油山寺生れ)に関する資料を収録した。なお、この目録は、これまで筆者が個人的に集めてきた情報を備忘録程度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り、完璧な目録とは言えない。遺漏や誤認等も多々あると思われる。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、目録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。

(1) 拙稿「(書評と紹介)／柴田静夫『報恩の碑』」(『新袋井フォーラム会報』第18号、2010年1月1日、6～8頁)参照。

・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。なお備考欄には【 】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各自で最寄の図書館等を探すことをお勧めします。

## 2. 浅羽佐喜太郎関連資料 (あさば さきたろう 1867年～1910年 医師、ベトナム独立運動家を支援)

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	『ヴェトナム亡国史他／(東洋文庫73)』	潘佩珠・著、長岡新次郎・川本邦衛・編	—	平凡社	昭和41年8月10日	長岡・川本による「解説」有。浅羽佐喜太郎への言及は未だない。	国立国会図書館【以下、国会図書館】
2	「ベトナム独立運動の亡命者を助けた浅羽佐喜太郎／(郷土史夜話)」	柴田静夫(県文化財巡回調査員)	『警南文化』創刊号(「警南文化」編集部・編)	警南文化協会設立準備会・発行	昭和52年10月	25～27頁	袋井市立浅羽図書館【以下、浅羽図書館】
3	「ベトナム亡命人と浅羽佐喜太郎／困窮を救った熱い『アジアの精神』」	斉藤 玄(日本ベトナム友好協会常任理事)	『朝日新聞』	朝日新聞社	1980年9月26日夕刊	第5面。斉藤氏が柴田静夫氏の案内で浅羽町を訪問、調査した時の記事	国会図書館(縮刷版)
4	『明治・大正・昭和の郷土史 21 静岡県』	田村貞雄・編	—	昌平社	1981年	130～132頁に「亡命ベトナム人が建てた浅羽医師の碑」有	小栗個人蔵

2011年3月4日受理

\* 総合情報学部人間情報デザイン学科 兼 理工学部情報システム学科

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
5	「東遊(ドンズー)運動以後の日本とベトナムの関係 ―アジアの民族運動との関係において―(00432009)／昭和56年度科学研究費補助金(総合研究(A)) 研究成果報告書」	研究代表者・岡倉古志郎(中央大学商学部教授)	—	—	昭和57年3月1日	全28頁	浅羽図書館、及び本目録No.70のファイルにも保存あり
6	『のびゆく浅羽』 【右図書館登録の1984出版は誤り】	「のびゆく浅羽」編集委員会・編	—	浅羽町教育委員会・発行	昭和60年4月1日	111～115頁に「浅羽佐喜太郎」あり	浅羽図書館
7	『あさば物語／(浅羽町制施行30周年記念町勢要覧)』	静岡県浅羽町・企画	—	(静岡新聞出版局・製作)	1986年10月1日	30頁に「浅羽佐喜太郎」あり	浅羽図書館
8	「潘佩珠の国外退去をめぐって／―在日ベトナム人東遊運動の終焉(Ⅰ)」	白石昌也	『東洋史研究』第46巻第2号	東洋史研究会	1987年9月	論文全体は152～184頁。このうち173頁、183頁に、佐喜太郎の言及あり	京都大学文学研究科図書館
9	『浅羽 我が郷土の今昔』	柴田静夫	—	浅羽町農業協同組合	昭和63年2月発行	211～233頁に「義侠の人 浅羽佐喜太郎」有	浅羽図書館、小栗個人蔵
10	「ベトナム独立指導者を支えた佐喜太郎／カナダの助教授が訪れる／浅羽町」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1989年7月25日	第19面	オンラインによる「静岡新聞記データベース」サービスより【以下「静岡新聞DB」と略す】
11	『静岡県歴史人物事典』	静岡新聞社出版局・編	—	静岡新聞社	平成3年12月1日	14頁に佐喜太郎あり。同項の筆者は柴田静夫氏	浅羽図書館、小栗個人蔵
12	「ふるさとの碑⑩／浅羽佐喜太郎公記念碑」	浅羽町役場企画課・編	『広報あさば』2月のお知らせ号	浅羽町役場	1994年2月5日	1頁	浅羽図書館
13	「浅羽ゆかりの先人たち④／ベトナム独立運動を助けた 浅羽佐喜太郎」	浅羽町役場企画課・編	『広報あさば』7月のお知らせ号	浅羽町役場	1996年7月5日	1頁	浅羽図書館
14	「20世紀特派員／植民地の日々／1～23」	高山正之(産経新聞・外信部編集委員)	『産経新聞』	産経新聞社	平成9年11月18日～12月19日まで連載	連載の「10」(12月1日掲載)までがフランス植民地下のベトナムがテーマ。潘佩珠の名は第1回目から登場。ただし、全編を通して佐喜太郎の名はない。	国会図書館【マイクロフィルム版・産経新聞東京版】
15	『20世紀特派員③』	産経新聞「20世紀特派員」取材班・著	—	産経新聞ニュースサービス・発行、扶桑社・発売	1998年5月	上の連載記事が「第2章 植民地の日々」(高山正之)として収録されている	国会図書館
16	『ヴェトナム独立運動家 潘佩珠伝』	内海三八郎・著、千島英一・桜井良樹・編	—	芙蓉書房出版	1999年3月30日	133頁以下及び137頁以下に佐喜太郎に関する言及あり	浅羽図書館
17	『浅羽町史 通史編』	浅羽町史編さん委員会・編	—	浅羽町	平成12年3月31日	第5編第2章第5節に「浅羽佐喜太郎と潘佩珠」(772～791頁)あり。同節の執筆者は柴田静夫氏。	袋井市立袋井図書館【以下、袋井図書館】、浅羽図書館、小栗個人蔵
18	「平成12年度企画展 浅羽を拓いた人々 幕末・明治・大正編」 【パンフレット】	浅羽町教育委員会・浅羽町郷土資料館・編	—	浅羽町教育委員会・浅羽町郷土資料館・発行	平成12年10月(同10月21日から1年間、浅羽町郷土資料館で開催された企画展のパンフレット)	A4版全17頁。うち11～16頁に佐喜太郎あり。『浅羽町史』に柴田静夫氏が記した文章から転載したもの。	浅羽図書館、小栗個人蔵
19	「浅羽を拓いた7人を紹介／きょう、郷土資料館で企画展が開幕」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2000年10月21日	第24面	静岡新聞DB
21	『図説 浅羽町史』	浅羽町史編さん委員会・編	—	浅羽町・発行	2001年3月27日	72～73頁に「義侠の浅羽佐喜太郎」あり。この項の執筆者は柴田静夫氏(同誌末尾参照)	浅羽図書館
20	『浅羽町郷土資料館報告 第三集／碑文等調査報告書』	浅羽町郷土資料館・編	—	浅羽町教育委員会・発行	平成15年3月31日	口絵1頁目と28頁に佐喜太郎の碑文あり。調査・採録は柴田静夫ほか	袋井図書館
22	「町民の活動成果を紹介／浅羽で文化祭が開幕」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2001年10月27日	第21面。会場では佐喜太郎の紹介も有という。	静岡新聞DB
23	「ベトナム大統領が表彰／浅羽の画家・浅原さん／町が文化交流親善大使に」	—	『静岡新聞』(磐周・東遠版)	静岡新聞社	2001年11月3日	第25面	小栗個人蔵【浅原哲則氏保存資料より】
24	『わたしたちの町 浅羽／(社会科学副読本)』	浅羽町社会科学副読本編集委員会・編	—	浅羽町教育委員会・発行	平成14年4月1日	109～111頁に「◎ベトナムの人々の力になった浅羽佐喜太郎」あり	浅羽図書館
25	「ベトナム体験記など出版本を浅羽町に寄贈／森在住の田中教授」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2002年11月22日	第17面。田中致氏が佐喜太郎の功績をまとめた「DONG DU(日本に学べ)の花」他を自費出版と。同書は小栗未見。	静岡新聞DB

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
26	「浅羽佐喜太郎公記念碑建立85周年記念事業の実施について(浅羽・ベトナム友好85周年記念)」	85周年記念事業実行委員会会長・大石良介	—	—	平成15年4月の日付有	A4版1枚のプリント。同年7月27日実施の記念式典の案内状	浅羽図書館【本目録No.57のファイル内に保存あり】
27	「浅羽佐喜太郎公記念碑について」 【資料により「紀」と「記」の2種あるが、実際の石碑には「記念碑」と刻まれている。本目録は資料の表記に従った】	【無署名だが、左下余白に手書きで「大石良介著」と記されている】	—	—	—	A4版1枚のプリント。日付は無いが上の資料の次にファイルされている。セットと考えるべきか。	浅羽図書館【本目録No.57のファイル内に保存あり】
28	『ベトナムから来たもう一人のラストエンペラー』	森 達也	—	角川書店	2003年7月10日	296頁以下「エピソード」で佐喜太郎の記述あり	浅羽図書館
29	「ベトナム料理、おいしいよ／浅羽東小児童が挑戦」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2003年7月10日	第19面。碑の為にベトナムと縁が深いとの言及有	静岡新聞DB
30	「浅羽佐喜太郎碑建立85周年／記念掛け軸を公開／浅羽」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2003年7月20日	第19面。掛け軸とは碑の拓本のこと	静岡新聞DB
31	「ベトナム独立運動の英雄助ける／義侠の医師・浅羽佐喜太郎／郷里浅羽に『記念碑』」	柴田静夫(郷土史家)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2003年7月26日夕刊	第7面	浅羽図書館【本目録No.57のファイル内に保存あり】
33	「日越友情秘話、85年目の顕彰／浅羽の碑前で孫らが遺徳しのぶ／ベトナム独立運動の英雄を支援した『浅羽佐喜太郎』」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2003年7月28日	第30面。記念碑建立85周年式典開催の記事	静岡新聞DB
32	「紙弾」【短文のコラム】	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2003年7月28日夕刊	第1面。佐喜太郎の「遺徳に光」の文字あり	静岡新聞DB
34	「『ベトナムから来たもう一人のラストエンペラー』(森達也著)／浅羽町と王子、知られざる史実／(BOOK)出版物」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2003年8月3日	第11面。本の紹介記事	静岡新聞DB
35	『浅羽佐喜太郎と東遊運動／指導者ファン・ボイ・チャウと地域が伝える』	安間幸甫・編	—	浅羽佐喜太郎公記念碑建立八五周年記念事業実行委員会・発行	2003年11月20日	全78頁	浅羽図書館
36	『老いること暮らすこと』	平岩弓枝	—	講談社	2003年12月15日	158頁以下の「浅羽町にて」で講演のため浅羽町を訪れた際、安間幸甫氏から浅羽佐喜太郎関連の資料を渡されたことが記されている	浅羽図書館
37	「浅羽佐喜太郎と東遊運動」	安間幸甫(磐南文化協会)	『磐南文化』第30号	磐南文化協会・発行	平成16年3月10日	111～119頁	浅羽図書館
38	「合併控え史料収集／磐南文化協会総会事業計画など決める」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2004年5月24日	第25面。総会で碑建立記念事業が文化賞を授与されたことと記事にあり	静岡新聞DB
39	「今の日本に習う国づくり／ベトナム『東遊運動』／日露開戦から100年 第3部現場を訪ねて 14」	鈴木 真	『産経新聞』	産経新聞社	2004年6月1日	第3面(総合面)	小栗個人蔵
40	「トムソーヤ倶楽部ニュース＝浅羽出身の浅羽佐喜太郎翁(安間幸甫＝浅羽町、60歳／会員番号05-1-006)」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2004年7月4日	第6面	静岡新聞DB
41	「浅羽佐喜太郎と東遊運動／(浅羽佐喜太郎公記念碑建立85周年記念)」	安間幸甫・編	—	(安間幸甫)	2005年2月19日・一部修正、初版2003年7月27日【4頁奥付参照】	A3版1枚両面コピー2枚を袋とじにしたA4版4頁分の私製資料。但し追加資料として「浅羽で伝えられてきたこと」(追1頁)、「NHK国際放送『ベトナム語放送開局40周年記念特別番組』2001年4月2日放送のもの」(同2頁)、「浅羽佐喜太郎公記念碑と碑文」(同3頁)、及びベトナム語による解説文書計4頁分(全てA4版)のコピーと、朝日新聞2007年12月5日記事、同2005年11月4日記事、産経新聞2004年6月1日記事のコピーが付属。これらがまとめてファイリングされた資料。	小栗個人蔵【2008年1月7日、安間幸甫氏から小栗に提供された資料】
42	『歴史線描／(あさば誕生50周年記念誌)』	浅羽町役場企画課・編	—	浅羽町役場企画課・発行	(2005年3月)【原資料に発行日の記載はない。ここでは浅羽図書館で登録されている発行情報を転記】	42頁に「浅羽佐喜太郎」あり	浅羽図書館
43	「浅羽・ベトナム交流会でシンボ／きょう袋井で」	—	『中日新聞』	中日新聞社	2005年4月20日(静岡県版)	—	小栗個人蔵
44	「『ベトナムの独立を助けた男』テーマに14日、磐田で講演会」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2005年5月8日	第17面。安間幸甫氏の佐喜太郎関連講演予告	静岡新聞DB

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
45	「兼子さんらに『文化賞』／警南文化協会が総会、事業計画など決める」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2005年5月15日	第19面。総会で安間氏が佐喜太郎関連の講演	静岡新聞 DB
46	「浅羽佐喜太郎とベトナム東遊運動100周年／(「交差点」)」	太田芳春(榎全芳災リブス)	『共済と保健』第47巻第8号	共済保健研究会・編、日本共済協会・発行	2005年8月	8～11頁	日本大学経済学部図書館
47	『東遊運動』再び光／ベトナム 日本留学推進100年／邦人医師の支援に感謝／記念行事参加 静岡から／(世界発 2005)」	柴田直治(フェ(ベトナム))	『朝日新聞』	朝日新聞社	2005年11月4日	第4面(国際面)	小栗個人蔵
48	【DVD映像資料】ファン・ボー・チャウが見た二つの日本 【DVD 表面に記載され、また各種上映会でもこの題名が用いられているので、これを題名とした。しかし実際の作品本編中にはこの名称は出てこない。冒頭で表示されるタイトルは「PHAN BOI CHAU／浅羽の義に泣く／2007年2月20日」である】	脚本・撮影・編集・監督：ファン・ディン・アン・コア【ベトナムからの留学生、静岡市の「国際ことば学院」卒業生】	—	(浅羽ベトナム会) 【このDVDに発行元の情報は無いが、本目録№52及び№53の資料に「浅羽ベトナム会」の「製作」とあることから推断】	(2007年2月20日)【作品冒頭の表示からこの年月日を記した。但し、作品中には「2007年1月、東京芸術大学大学院修士終了作品」とある。作品の完成は1月で、DVDとして整ったのが2月20日と考えられる】	全37分49秒	小栗個人蔵 【安間幸甫氏から購入】
49	『わたしたちの袋井市 改訂版(小学校3・4年 社会科副読本)』	社会科副読本編集委員会・編	—	袋井市教育委員会・発行	2007年4月1日	144～145頁に佐喜太郎あり	袋井図書館
50	『日本人が勇気と自信を持つ本／朝日新聞の報道を正せば明るくなる』	高山正之	—	榎テーマス	2007年4月10日	63頁以下に潘及び佐喜太郎への言及がある。高山氏の評価は傾聴に値すると考える。	小栗個人蔵
51	「大自在」【コラム】	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年7月2日	第1面。ベトナムに関する田中政氏の話あり	静岡新聞 DB
52	「潘佩珠が見た二つの日本／～ベトナム独立を目指した革命家のドキュメンタリー～」【国際ことば学院が浅羽ベトナム会の協力を得て、12月8日に静岡市で実施した上映会の案内状】	(国際ことば学院)【文書に執筆者の署名はないが文面内容より推断】	—	(国際ことば学院)	(2007年11月) 【文書に日付はないが、同月29日付私信にて国際ことば学院外国語専門学校長高木桂蔵氏から小栗が落手したもので、11月中には各所に配布されたと推断する】	A4版1枚の案内文面。その裏に碑文の紹介他があり、またA4版2枚に両面印刷された計4頁分のベトナム語による解説文が付属している。この碑文紹介頁とベトナム語解説部分は本目録№41に付属している資料と同じものである。	小栗個人蔵
53	「(イベント情報)／ドキュメンタリー映画上映／潘佩珠が見た二つの日本／～ベトナム独立を目指した革命家～」	国際ことば学院	『地球通信』平成19年11月10日号	国際ことば学院(静岡市)	平成19年11月10日	—	小栗個人蔵
54	「ベトナムの独立を支えた交流に光／留学生が映画で紹介／来日の指導者と旧浅羽町出身の医師／8日、静岡で上映会」	吉野慶祐	『朝日新聞』	朝日新聞社	2007年12月5日(静岡・遠州版)	第35面	小栗個人蔵
55	「ベトナムの留学生ら支援、浅羽医師(袋井出身)の交流を描く／あす、静岡商議所で自主制作映画上映」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年12月7日	第24面	静岡新聞 DB
56	「浅羽ベトナム会が留学生の映画上映、革命家と医師の交流描く／葵区」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年12月9日	第21面	静岡新聞 DB
57	浅羽関係資料 (ファイル)	(浅羽図書館)	—	【浅羽図書館が市販ファイルに関係資料を適宜ファイルリングしたもの】	(2008年3月) 【但し図書館登録上の情報】	【本目録掲載の佐喜太郎関連資料が幾つか収められている】	浅羽図書館 事務室(記号K215.4ア)
58	『健康。袋井。(袋井市「市勢要覧」)』	袋井市	—	袋井市	平成20年3月	17～18頁に「郷土の偉人」として紹介されている9名の中に「浅羽佐喜太郎」あり	浅羽図書館
59	『ベトナム独立への道／浅羽佐喜太郎記念碑に秘められた東遊運動の歴史』	安間幸甫・編	—	浅羽ベトナム会(代表 安間幸甫)発行	2008年3月25日	A5版全56頁	袋井図書館、浅羽図書館、小栗個人蔵
60	「2 ファン・ボー・チャウが見た二つの日本」	—	『新袋井フォーラム会報』第11号	新袋井フォーラム	2008年4月1日	1～2頁。同年3月8日に実施(同資料には15日とあるが8日が正しい)の「フォーラムの集い」で標記のDVDが上映されたが、その際の安間幸甫氏の挨拶あり	国会図書館、静岡県立中央図書館、袋井図書館、浅羽図書館、小栗個人蔵
61	(ケーブルTVの番組) 広報ふくろい・トピックス「新袋井フォーラムの集い」	—	ケーブル・ウィンディ(ケーブルTV)の「チャンネル・ウィンディ(袋井)」(アナログ11ch)で放送の番組「広報ふくろい」	—	2008年4月(1ヶ月間連日数回リピート放送)	約10分。3月8日開催の「新袋井フォーラムの集い」の紹介。企画の一つとして本目録№48のDVDを上映したことが映像内容の一部と共に紹介されている。	小栗個人録画蔵

No.	書名又は記事題名	著者等	掲載誌名	出版社/発行元	発行年月日	掲載頁/備考	所蔵場所等
62	【WEB】「チャウと佐喜太郎の交流」	米山奨学生 グエン カン コック氏	『OSAKA - O T E M A E Rotary Club Weekly Bulletin (大阪大手前ロータリークラブ会報)』	大阪大手前ロータリークラブ	平成 20 年 7 月 11 日	(4 頁)【この資料には頁数は記載されていないが、4 枚目の頁に当該記事がある】	http://otema-e-rotary.com/1.rotary/1219.pdf
63	『世界の教科書シリーズ/ベトナムの歴史』(ベトナムの教科書の日本語訳版)	ファン・ゴク・リエン/監修	—	明石書店	2008 年 8 月	501 頁に潘佩珠あり。佐喜太郎の言及はない。	浅羽図書館
64	「郷土の誇り/(原田市長の散歩道)」	原田英之(袋井市長)	『広報ふくろい』9 月 1 日号	袋井市	2008 年 9 月 1 日	20 頁。佐喜太郎への言及あり	袋井図書館、浅羽図書館
65	【DVD 映像資料】グエン・フー・ビン駐日ベトナム大使/浅羽佐喜太郎の遺徳をしのぶ【DVD 表面に印刷された題名】	—	—	浅羽ベトナム会	平成 20 年 9 月 4 日撮影	全 13 分 27 秒。【同 4 日、ベトナム駐日大使が佐喜太郎の碑がある袋井市梅山の常林寺を訪れ、袋井市長ほか地元関係者と懇談した際の映像】	浅羽図書館(記号 DM 289 ア)
66	「浅羽佐喜太郎に感謝/ベトナム独立の英雄かくまう/駐日大使が記念碑視察/袋井常林寺」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2008 年 9 月 5 日	第 17 面	静岡新聞 DB
67	「日越交流、100 年前のドラマ/◇「脱・植民地運動」影で支えた浅羽佐喜太郎の功績広める◇」	安間幸甫	『日本経済新聞』	日本経済新聞社	2008 年 11 月 17 日	【本目録 No.57 のファイル内に、この新聞記事のコピー(A4 版 1 枚)あり】	浅羽図書館
68	【WEB】2008 年「WEB コラム」灯/浅羽佐喜太郎—アジアの中で(2)	鮫鯨	ShizuokaOnline.com	【左は静岡新聞社・静岡放送オフィシャルサイトの名称】	2009 年 1 月 3 日付【同年同月確認】	—	http://www.shizuokaonline.com/column_itto/2008/20071230134634.htm
69	「(歴史を歩く)/独立の源流 草の根交流/東遊運動(ベトナム)」	外岡秀俊(編集委員)	『朝日新聞』	朝日新聞社	2009 年 4 月 25 日	第 10 面(アジア面)	小栗個人蔵、本目録 No.70 のファイルにも有
70	浅羽佐喜太郎とファン・ボイ・チャウ関係資料(ファイル)	(袋井図書館)	—	【市販紙製 2 穴ファイル 1 冊に關係資料が適宜ファイリングされている】	(2009 年 5 月)【但し図書館登録上の情報】	【本目録掲載の関連資料が幾つか収められている】	袋井図書館 2F 郷土資料受付
71	「日越交流の逸話を紹介/あすまで袋井」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2009 年 7 月 9 日	第 18 面。【浅羽ベトナム会主催「浅羽佐喜太郎記念碑に秘められたベトナムの歴史展」の紹介】	静岡新聞 DB
72	『輝く静岡の先人』	静岡県県民部文化学術局文化政策室・編	—	静岡県・発行	2009 年 10 月	5~6 頁に「浅羽佐喜太郎」あり	浅羽図書館
73	『報恩の碑 ~義侠の医師・浅羽佐喜太郎と潘佩珠~』	柴田静夫	—	菁柿堂(ただし私家版)	2009 年 10 月 10 日	四六版全 141 頁	浅羽図書館、小栗個人蔵
74	袋井市文化財パンフレット(ファイル)	(浅羽図書館)	—	【浅羽図書館が市販ファイルに關係資料を適宜ファイリングしたもの】	(2010 年)【但し図書館登録上の情報】	【下のパンフレットが保存されている】	浅羽図書館(記号 K709 フ)
75	「袋井市指定文化財 浅羽佐喜太郎公記念碑」【パンフレット】	袋井市教育委員会	—	袋井市教育委員会	2010 年	A3 版 1 枚両面印刷物を 2 つ折りにした A4 版 4 頁分のパンフレット	浅羽図書館【本目録 No.57 及び No.74 のファイル内に保存あり】
76	「(書評と紹介)/柴田静夫『報恩の碑(いしぶみ)~義侠の医師浅羽佐喜太郎と潘佩珠』	小栗勝也	『新袋井フォーラム会報』第 18 号	新袋井フォーラム	2010 年 1 月 1 日	6~8 頁	【本目録 No.60 と同じ】
77	「遠州の偉人/浅羽佐喜太郎【医師】」	—	『ほっと通信』No.4	袋井市観光協会	2010 年 2 月 15 日	4 頁	小栗個人蔵
78	「没後 100 年『義の人』に光を/袋井出身 浅羽佐喜太郎/ベトナム独立運動の指導者を支援」	報道部・蓮野亜耶	『中日新聞』	中日新聞社	2010 年 2 月 27 日夕刊(東海版)	第 13 面	小栗個人蔵、本目録 No.70 のファイルにも有
79	『浅羽佐喜太郎』記念碑物語」	山浦英雄	『文芸袋井』第 4 号	袋井市文化協会・袋井市教育委員会・編集発行	平成 22 年 3 月 1 日	51~63 頁	袋井図書館、浅羽図書館
80	「県内の偉人 54 人紹介/森でパネル展」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010 年 3 月 19 日	第 25 面。佐喜太郎の展示もあり。	静岡新聞 DB
81	「応募 12 件を採択/協働のまちづくり事業/袋井市」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010 年 6 月 27 日	第 26 面。2010 袋井ベトナム交流会議も採択	静岡新聞 DB
82	「掛川市教委へ新著寄贈/ベトナム独立研究 森の田中さん」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010 年 7 月 10 日	第 23 面。新著とは次の No.83 のこと。	静岡新聞 DB
83	『日越ドンゾーの華/ヴェトナム独立秘史—潘佩珠と東遊(=日本に学べ)運動と浅羽佐喜太郎』	田中 夜(ホンバン大学名誉教授)	—	明成社	2010 年 7 月 20 日	全 276 頁	浅羽図書館、小栗個人蔵

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
84	袋井市関係資料 (ファイル)	(浅羽図書館)	—	【浅羽図書館が市販ファイルに関係資料を適宜ファイルリンクしたもの】	(2010年) 【但し図書館登録上の情報】	【本目録掲載の関連資料が幾つか収められている】	浅羽図書館 (記号 K 215.4フ)
85	「2010 ベトナム交流会議」【リーフレット】	2010 袋井ベトナム交流会議実行委員会	—	2010 袋井ベトナム交流会議実行委員会	(2010年9月11日実施)	B4版1枚両面印刷物を3つ折りにしたリーフレット。2010年9月11日実施の交流会議のための資料。	浅羽図書館 【本目録No.70、No.84のファイル内に保存あり】
86	「100年前の日越交流に思い／独立運動指導者支援の医師・浅羽佐喜太郎のぶ／袋井で『2010会議』」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010年9月12日	第22面	静岡新聞DB
87	「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	6頁に「6. 浅羽佐喜太郎」あり	浅羽図書館 【本目録No.84のファイル内に保存あり】
88	「恩人・佐喜太郎に感謝／ベトナム独立運動指導者を支援／袋井・常林寺来日の学生一行墓参」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010年12月1日	第21面	静岡新聞DB
89	「浅羽佐喜太郎関係資料(浅羽図書館所蔵)」	—	—	—	—	浅羽図書館が関連する蔵書リストをA4版1枚のプリントにまとめたもの	浅羽図書館 【本目録No.57のファイル内に保存あり】
90	「潘佩珠運動を支持・支援した人々と関連資料 別掲参考資料番[ママ]27/その二 中国人「里慧」と当時の潘佩珠」	—	—	—	—	A4版1枚のコピー。浅羽図書館の2010年3月の受付印が押されている。また「ホンバン大学(ホーチミン市)名誉教授・田中孜」の名刺が貼付されている。	同上
91	「潘佩珠の弟子達の面影 別掲参考資料番号19」	—	—	—	—	A4版1枚のコピー。これにも浅羽図書館の2010年3月の受付印が押印されており、上の資料とセットと考えられる。	同上
92	「浅羽ベトナム会の沿革」	—	—	—	—	A4版1枚のプリント	同上
93	「報恩の碑に込められたすがすがしい『義』のドラマ」	浅羽ベトナム会代表・安間幸甫	—	—	—	A4版1枚のプリント。上の資料の次にファイルされている。	同上
94	【WEB資料】ベトナム友好85周年記念	実行委員会事務局 安間幸甫	同上	—	【2009年1月確認】	ここをトップとして更に5つの紹介ページがある	<a href="http://www.asaba.or.jp/machiolesi/vietnam/index.htm">http://www.asaba.or.jp/machiolesi/vietnam/index.htm</a>
95	【WEB資料】2010 袋井ベトナム交流会議	2010 袋井ベトナム交流会議実行委員会	「袋井市観光協会浅羽支部」のホームページ	—	【2011年2月確認】	PDFファイルで全6頁【本目録No.85の資料と同じ内容】	<a href="http://www.asaba.or.jp/machiolesi/vietnam/85syunen2010-1.pdf">http://www.asaba.or.jp/machiolesi/vietnam/85syunen2010-1.pdf</a>

### 3. 川村 驥山 関連資料 (かわむら きざん 1882年～1969年 書家、書道界初の日本芸術院賞受賞者)

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	「出品作品に就て」	川村 驥山	『書品』第2号	東洋書道協会	昭和25年1月1日	9頁	国会図書館
2	隷書七言対聯 (川村驥山の作品)	川村 驥山	同上	同上	同上	11頁	同上
3	「明治の禅僧の書」	川村 驥山	『書品』第4号	東洋書道協会	昭和25年4月1日	34～36頁	同上
4	【表紙図版】自作の詩屏風より	川村 驥山	『墨美』第111号 【川村驥山の特集号、全50頁】	墨美社【京都市】	昭和36年10月1日	表紙	同上
5	【目次カット】自作の詩屏風より	川村 驥山	同上	同上	同上	1頁	同上
6	「書業七十五年を語る」	川村 驥山(聞き手・正村八洲、石黒久象)	同上	同上	同上	2～6頁	同上
7	【挿図】川村驥山書 孝経・出師表部分	川村 驥山	同上	同上	同上	3頁	同上
8	【挿図】川村驥山書 醉裏全天真	川村 驥山	同上	同上	同上	3頁	同上
9	【挿図】川村驥山近影	—	同上	同上	同上	5頁	同上
10	【挿図】川村驥山臨夫廟堂碑	—	同上	同上	同上	6頁	同上
11	【挿図】川村驥山書王昌齡七絶	—	同上	同上	同上	6頁	同上



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
12	【図版】川村驥山作品集	川村 驥山	『墨美』第111号	墨美社	昭和36年10月1日	7～46頁	国会図書館
13	「川村驥山年譜」	—	同上	同上	同上	47～49頁	同上
14	「校正を終えて」	子龍生	同上	同上	同上	50頁	同上
15	『驥山狂草飲中八仙歌（昭和十六人集）』	筆者・川村驥山	—	五禾書房（ごかしよぼう 東京）	昭和37年7月25日	和装の折本、1冊、箱入り、26cm	同上
16	「驥山翁米壽記念展」【パンフレット、昭和44年5月11日～6月13日開催 長野市篠ノ井 驥山館にて】	—	—	驥山館・発行	【図書館の出版登録年は「1987年」とあるが、不正確】	B5版全32頁のパンフレット	袋井図書館
17	『父 川村驥山』	佐藤 霧子【驥山の二女】	—	青蛙房（せいあぼう 東京）	昭和50年4月1日	B5版全137頁。多数の口絵と年譜も収録	袋井図書館
18	【表紙図版】69才作七言二句（部分）	川村 驥山	『墨美』第299号【「川村驥山生誕100年・驥山館開館20周年記念」の特集号、全194頁】	墨美社	昭和55年3月15日	表紙	国会図書館
19	【目次カット】月桂冠（木額、大蔵酒造蔵、83才、昭和40年）	川村 驥山	同上	同上	同上	1頁	同上
20	「川村驥山／信州書道の振興に貢献」	青山 杉雨	同上	同上	同上	2頁	同上
21	「驥山先生を想う」	小坂 奇石	同上	同上	同上	2～4頁	同上
22	「信濃路の士大夫」	中西 慶爾	同上	同上	同上	4～5頁	同上
23	「驥翁追想」	中村 素堂	同上	同上	同上	5～6頁	同上
24	「川村驥山先生追想」	春名 好重	同上	同上	同上	7～8頁	同上
25	「川村驥山先生」	日比野 五鳳	同上	同上	同上	9頁	同上
26	「驥山翁追憶」	松井 如流	同上	同上	同上	10～12頁	同上
27	「其廬庵主人驥山先生」	沢登 正斉	同上	同上	同上	12～15頁	同上
28	「書禅一如／驥山翁の境涯を偲びて」	藤本 幸邦	同上	同上	同上	16～17頁	同上
29	「驥山先生追憶」	丸山 清	同上	同上	同上	18～20頁	同上
30	「川村驥山の人と書」	吉田 猪三巳	同上	同上	同上	20～29頁	同上
31	【図版】満5才の書「大丈夫」～87才の作「雲去雲来月自如」まで計136点の川村驥山作品集	川村 驥山	同上	同上	同上	30～188頁	同上
32	「御礼にかえて」	川村佩玉【驥山の長女、驥山館初代館長、書家】	同上	同上	同上	189頁	同上
33	「昭和五十六年一月二十八日（水）午前二時」	川村 孝（龍洲）【驥山館館長、書家】	同上	同上	同上	189頁	同上
34	「再び驥山書を特集するにあたって」	森田 子竜	同上	同上	同上	190～191頁	同上
35	「川村驥山略年譜（財団法人驥山館製）」	驥山館	同上	同上	同上	192～194頁	同上
36	『静岡県 書と人』	静岡新聞社出版局・編	—	静岡新聞社・発行	昭和57年6月30日	B4版。225～228頁、347頁、304頁に言及あり	袋井図書館
37	「驥山展」【パンフレット】 【袋井市・油山寺で開催】	（主催「鳴沢の会」）	—	—	昭和63年4月16日～18日実施	B4版両面印刷物2枚を2つ折にして中綴じにしたB5版の私製パンフ	袋井図書館 【本目録No.45のファイル内に保存あり】
38	『袋井市制施行30周年記念／ふくろい』【裏表紙裏側のタイトルは「袋井市制施行30周年記念誌」】	総務部地域振興課 広報広聴係・編	—	袋井市役所・発行	昭和63年10月	A4版全96頁	袋井図書館
39	「書家『川村驥山先生』について」	兼子春治	『ふるさと袋井』第3集	袋井市地方史研究会	昭和63年11月	1～5頁	袋井図書館、 浅羽図書館、 小栗個人蔵
40	「県文化財団、昭和63年度地域文化活動奨励賞の受賞団体を発表」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1989年1月11日	第15面。受賞団体に川村驥山の顕彰活動を進めている袋井の「鳴沢の会」あり	静岡新聞DB
41	「静岡県昭和人物誌（48）文化編／書／才能集めて豊かな流れ」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1989年7月6日夕刊	第1面。川村驥山の紹介あり	静岡新聞DB
42	「袋井市高南地区のふれあい文化まつりで『明かりの民具展』」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1990年11月12日	第20面。高南文化振興会郷土史部がかつて展示した中に川村驥山の特集もあったという。	静岡新聞DB
43	『静岡県歴史人物事典』	静岡新聞社出版局・編	—	静岡新聞社	平成3年12月1日	165頁に驥山あり。この項の執筆者は松田江戸畔	浅羽図書館、 小栗個人蔵
44	『「信州の驥山」展図録』 【原資料には記載がないが、浅羽図書館の登録情報には「財団法人驥山館開館30周年記念」とある】	川村驥山・書	—	（驥山館）【記載はないが浅羽図書館の登録情報を転載】	（1992年）【記載はないが、浅羽図書館の登録情報を転載】	—	浅羽図書館

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
45	袋井市の人物 1【ファイル】 【右図書館の登録情報ではファイルとは判らないので要注意】			袋井市立図書館 【現袋井図書館】	(1993年)【但し図書館の登録情報】	【市販ファイルに驥山ほかの資料が多数保存】	袋井図書館2階郷土資料受付(記号S23471)
46	「正岡子規の句碑、早く修復を／乗用車衝突で倒壊／JR袋井駅前／(交通事故)」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1993年8月13日	第17面。句碑の題字は川村驥山が手掛けたもの、とあり。	静岡新聞DB
47	「静岡の現代書／先人の足跡、系譜豊か／21世紀担う書人期待」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1995年5月1日	第8面	静岡新聞DB
48	「30日から駿府博物館で『第1回静岡県的美術家展』を開催」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1996年3月14日	第19面	静岡新聞DB
49	「静岡市の駿府博物館で30日から第1回『静岡県的美術家展』／開館25周年記念」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1996年3月23日	第19面。川村驥山の作品も展示	静岡新聞DB
50	「静岡市駿府博物館で25周年記念／第1回『静岡県的美術家展』／<本社展覧会>」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1996年3月30日夕刊	第1面。川村驥山の書「天空海潮」が展示	静岡新聞DB
51	「博物館建設目指し収集／浮世絵など資料10点展示／袋井市」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	1996年5月22日	第21面。袋井市教育委員会主催の収蔵資料展、金地屏風に描かれた驥山の「飲中八仙歌」が注目、とある。	静岡新聞DB
52	「日本書道界の第一人者『川村驥山先生』」	兼子春治(磐南文化協会員)	『磐南文化』第23号	磐南文化協会・編集発行	平成9年3月10日	9～13頁	浅羽図書館
53	「遠州ゆかりの作家を紹介／佐久間で古書画講話会」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2000年11月22日	第20面。講師の榊原保祿氏(袋井市)が所有する川村驥山一家の寄せ書き等を紹介、とあり。	静岡新聞DB
54	『「驥山・奇石・雲庭」展(財団法人驥山館開館40周年記念)』	川村驥山・書、(財)驥山館・製作	—	驥山館・発行	2001年4月24日	全63頁	浅羽図書館
55	「書のまち春日井特別展／2月25日～3月27日・春日井市」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2005年1月10日	第19面。川村驥山の作品も展示。	静岡新聞DB
56	「ふるさとへの匠51人の作品紹介／袋井」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2005年3月7日	第17面。市文化協会主催「ふるさと袋井の匠たち展」で驥山13歳の書が展示されている、と。	静岡新聞DB
57	「ブックエンド／『書 戦後六十年の軌跡』(田宮文平監修)／(読書BOOK)出版物」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2005年11月13日	第8面。出版紹介記事。川村驥山の言及もあるという『書 戦後六十年の軌跡』は小栗は未見。	静岡新聞DB
58	「袋井に新地酒『驥山』、20日から販売／商議所が推進、地元開発の米使用／由来の書家、供養祭も」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年5月14日	第14面。川村驥山生誕125年の20日から市内酒店で販売開始、と。	静岡新聞DB
59	「袋井の地酒完成／「驥山」あす発売／商議所、市長に報告」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年5月19日	第17面。川村驥山から名を取った、と。	静岡新聞DB
60	『「日展100年」、近代美術の足跡たどる／来月3日まで国立新美術館』	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年8月11日夕刊	第7面。驥山の作「静古堂剣拈語」が展示、と。	静岡新聞DB
61	『「天馬のように走れ／書聖・川村驥山物語」』	那須田 稔	—	ひくまの出版(静岡県舞阪町)	2007年11月17日	全200頁	袋井図書館、浅羽図書館、小栗個人蔵
62	「地酒の香 袋井に活気／地産地消、欠かせぬ一品／芋焼酎『幸浦』日本酒『驥山』／(地域交流プロジェクト・元気発見団!)」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年11月24日夕刊	第3面。名前の由来は川村驥山、と。	小栗個人蔵
63	「川村驥山の生涯描く／世界に誇る遠州の書聖／浜松の作家那須田さん伝記出版」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年11月25日	第23面。本目録No.61の本のこと	小栗個人蔵
64	「正月は地酒で一杯／袋井商議所開発『驥山』の新酒完成」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年12月23日	第17面。川村驥山を顕彰する意味で命名、と有	静岡新聞DB
65	「政経プラザ／高橋芳康・袋井商工会議所会頭」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2007年12月26日	第18面。驥山の顕彰も兼ねて地酒を開発した、と、述べられている。	静岡新聞DB
66	『健康。袋井。(袋井市「市勢要覧」)』	袋井市	—	袋井市	平成20年3月	17～18頁で「郷土の偉人」として紹介されている9名の中に驥山あり	浅羽図書館
67	「袋井の驥山新酒が完成／地元ブランド定着を狙う／28日に発売」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2008年4月16日	第17面。川村驥山から命名、と。	静岡新聞DB
68	「郷土の誇り／(原田市長の散歩道)」	原田英之(袋井市長)	『広報ふくろい』9月1日号	袋井市	2008年9月1日	20頁。川村驥山への言及有	袋井図書館、浅羽図書館、小栗個人蔵
69	「川村驥山(袋井市文化財パンフレット第35集)【パンフレット】」	袋井市教育委員会	—	袋井市教育委員会	(2008年9月)【原資料に発行年の記載はないが下の記事から、これがそのパンフレットだと掲載写真で確認できる。9月頃作成と推定した】	A3版1枚両面印刷物を2つ折にしたA4版4頁分のパンフレット	小栗個人蔵【2011年2月、近藤記念館にて入手】袋井図書館蔵の本目録No.45のファイル内にも保存あり
70	「川村驥山の偉業を紹介／袋井市教委がパンフレット」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2008年9月6日	第19面、「西部圏ワイド」面	小栗個人蔵

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
71	【WEB】袋井が生んだ偉人「川村驥山」！ 【書き込み記事の題名】	SOH-ZOU 堂	フリーマガジン・イロハの Blog 【ブログのサイト名】	(SOH-ZOU 堂)	2008 年 12 月 3 日の書き込み	袋井東小学校に川村驥山の看板が設置された際の様子が写真入りである。【2011 年 2 月確認】	http://irohanihoheto.hamazo.tv/e1567648.html
72	「驥山顕彰の看板設置／母校の袋井東小、校門前に」		『静岡新聞』	静岡新聞社	2008 年 12 月 5 日	第 16 面	静岡新聞 DB
73	「『驥山』の新酒、完成を祝う／墓前で供養祭も／袋井商議所地酒開発委」		『静岡新聞』	静岡新聞社	2008 年 12 月 25 日	第 14 面。油山寺の驥山の墓前で	静岡新聞 DB
74	川村驥山先生作品写真集【アルバム。表紙に「平成 21 年度袋井市協働まちづくり事業」と記載あり。同年 11 月に鳴沢の会が実施した驥山展も同事業であるから、同年度中に調査した成果物と見られる】	鳴沢の会・編		(鳴沢の会)	(2009 年)【図書館登録上の情報】	市販の写真用アルバム A4 版 1 冊。驥山の作品を各所に出向き、普通のカメラで撮影された写真(L判)を多数収録している。	袋井図書館 【本目録 No.45 のファイル内に保存あり】
75	「シティフラッシュ／書聖川村驥山を PR」	—	『広報ふくろい』1 月 1 日号	袋井市	平成 21 年 1 月 1 日	8 頁。鳴沢の会が袋井東小学校に設置した川村驥山顕彰の看板の除幕式時の写真あり	袋井図書館、 浅羽図書館、 小栗個人蔵
76	「味な地域おこし／日本酒「驥山」(袋井市)／偉大な書家の名に由来」		『静岡新聞』	静岡新聞社	2009 年 3 月 12 日夕刊	第 6 面	静岡新聞 DB
77	「“書聖”驥山知って／県内小学校に伝記／袋井商議所が寄贈」		『静岡新聞』	静岡新聞社	2009 年 4 月 17 日	第 23 面。『天馬のように走れ』を寄贈。	静岡新聞 DB
78	【WEB】『広報春日井』平成 21 年 6 月 1 日号	企画政策部広報公聴課・編	—	愛知県春日井市・発行	2009 年 6 月 1 日	裏表紙 28 頁目全面に道風記念館で 5～7 月開催の「川村驥山の書」特別展の紹介ポスターあり	【春日井市 HP より検索のこと】
79	【WEB】〈篠ノ井信里 温かな‘ふれあい、’〉 【書き込み記事の題名】	倉野立人	長野県議会議員 倉野立人です【倉野氏のブログサイト名】	(倉野立人)	2009 年 6 月 14 日の書き込み	まちおこしクラブ篠ノ井の総会で驥山に縁のある袋井市と今後交流を行うことが確認された、とある【2011 年 2 月確認】	http://kurano-t.blog.ocn.ne.jp/kurano/2009/06/post_2388.html
80	「(街の写真館)／鳴沢の会が静岡文化賞を受賞しました」	—	『広報ふくろい』7 月 1 日号	袋井市	平成 21 年 7 月 1 日	11 頁。川村驥山顕彰等の事業が評価されて	袋井図書館、 浅羽図書館、 小栗個人蔵
81	【WEB】川中島白桃をいただき‘交流’のありがたさを実感 【書き込み記事の題名】	倉野立人	長野県議会議員 倉野立人です【倉野氏のブログサイト名】	(倉野立人)	2009 年 7 月 9 日の書き込み	驥山関連の当該サイト掲載記事を見た袋井市の「鳴沢の会」兼子市議から連絡があった、という記事【2011 年 2 月確認】	http://kurano-t.blog.ocn.ne.jp/kurano/2009/07/t_bac0.html
82	「驥山の書ありませんか？／袋井で展示へ／作品情報を募集」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2009 年 7 月 29 日	第 18 面	静岡新聞 DB
83	【WEB】川村驥山の書を鑑賞 長野のまちおこしクラブがイベント	(提供: 信濃毎日新聞)	信州 Liveon【イベント観光情報等の紹介サイト名。同サイトのトピックスに当該記事あり】	(信州 Liveon)	2009 年 10 月 6 日【この日付が記載されている。新聞記事掲載日か?】	篠ノ井で 5 日に実施された驥山の書を訪ね回るイベントの紹介記事。提供: 信濃毎日新聞、とある。【2011 年 2 月確認】	http://www.shinshu-liveon.jp/www/topics/node_131075
84	「川村驥山展」【チラシ】 【浅羽郷土資料館にて開催】	—	—	—	(平成 21 年 10 月 15 日～11 月 29 日開催)	A4 版 1 枚両面印刷のチラシ	袋井図書館 【本目録 No.45 のファイル内に保存あり】
85	「(催し)／協働まちづくり事業『驥山展』」	—	『お知らせふくろい』(広報ふくろい)10 月 15 日号	袋井市	2009 年 10 月 15 日	1 頁	袋井図書館、 浅羽図書館、 小栗個人蔵
86	【11 月実施の「川村驥山没後 40 年記念」の様々な企画を紹介する記事群】 【→「驥山展」(油山寺)、「第 1 回袋井市立浅羽郷土資料館講座『川村驥山・袋井から信州へ』、「浅羽郷土資料館平成 21 年度特別展『川村驥山展』」, 大杉弘子さんによる『飲中八仙歌』によるインスタレーション展(展示、ワークショップ、トークセッション)】(月見の里学遊館)等】	袋井市教育委員会生涯学習課・編	『ふれあい(生涯学習情報誌)』No.55	袋井市教育委員会生涯学習課・発行	平成 21 年 10 月 5 日	1 頁全面に、11 月実施の企画紹介が満載。	小栗個人蔵
87	【WEB】川村驥山の書 【書き込み記事の題名】	敬天齋主人	敬天齋主人の日記帳【ブログサイトの名称】	(敬天齋主人)	2009 年 10 月 18 日の書き込み	春日井市・東風記念館 平成 21 年度特別展の図録『川村驥山の書』を驥山館から送ってもらった、と記載あり。この図録は小栗は未見。【2011 年 2 月確認】	http://blog.livedoor.jp/keiten-saishujin/archives/51328974.html
88	「“書の大家”の大作 間近に／袋井浅羽で川村驥山展／15 日に驥山館館長の講演」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2009 年 11 月 4 日	第 21 面	静岡新聞 DB
89	(WEB) まちおこしクラブ篠ノ井 (平成 21 年度・みどりの移動市長室) 【驥山関連で袋井市を訪ねる予定があるとの言及あり】	—	長野市ホームページ	長野市	(平成 21 年 11 月 11 日実施の移動市長室)	長野市 HP トップ→「市長室へようこそ」→「みどりの移動市長室」→開催実績から選択【2011 年 2 月確認】	長野市 HP→ http://www.city.nagano.nagan.o.jp/
90	「『驥山展』のご案内について」 【平成 21 年 11 月 13 日～15 日、油山寺で実施の企画案内通知】	鳴沢の会			(平成 21 年 11 月 13～15 日開催)	黄色紙 A4 版 1 枚表面のみプリントの文書	【本目録 No.45 のファイル内に保存あり】

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
91	「川村驥山／郷土の偉人／書道界初日本芸術院賞受賞」【パンフレット】	鳴沢の会・監修	—	(鳴沢の会)	【記載はないが、上のNo.90の資料の次にファイルされており、この時の資料の1つと考えられる】	A3版黄色厚紙2枚の両面印刷物を2つ折りにして中綴じした私製パンフレット。表紙+5頁分の内容。鳴沢の会長・兼子春治「日本書道界の第一人者『川村驥山』先生」の文章、川村驥山先生略年譜から成る。	袋井図書館【本目録No.45のファイル内に保存あり】、小栗個人蔵
92	「驥山展」【パンフレット】	主催・鳴沢の会	—	(鳴沢の会)	(平成21年11月13～15日開催)	A4版6頁分のパンフレット。出品一覧、鳴沢の会長・兼子春治「驥山展の開催にあたって」、油山寺山主・鈴木快光「川村驥山先生と油山寺」の文章他が掲載。	袋井図書館【本目録No.45のファイル内に保存あり。ここには「入場券」も保存あり】、小栗個人蔵
93	「大丈夫」	(驥山の作品)	—	—	【平成21年11月油山寺での展示会資料の間にファイルされている】	写真印刷物1枚のみ	袋井図書館【本目録No.45のファイル内に保存あり。】
94	「郷土の偉人／書道界初日本芸術院賞受賞／驥山展」【チラシ】 【平成21年11月油山寺での展示会案内のチラシ】	主催・鳴沢の会	【補注:「平成21年度袋井市協働まちづくり事業」と記載あり】	(鳴沢の会)	(平成21年11月13～15日開催)	A4版黄色1枚表面のみ印刷。私製チラシと思われる。	同上
95	「驥山展出品作品一覧表」	—	—	—	【上の資料の次にファイルされており、この時の資料の1つと思われる】	A4版両面印刷物1枚	同上
96	「絶筆『寿』など57点並ぶ／袋井油山寺で『驥山展』	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2009年11月14日	第22面。驥山没後40周年記念の企画、とあり	静岡新聞DB
97	「川村驥山略年譜／(郷土資料館講座『川村驥山・袋井〜信州へ』資料)」 【パンフレット】	財団法人 驥山館・編	—	袋井市教育委員会・発行	2009年11月15日	A4版全6頁	袋井図書館【本目録No.45のファイル内に保存あり。】
98	「『飲中八仙歌』独自に表現／袋井大杉弘子さん個展」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2009年11月19日	第21面。驥山没後40周年記念の企画	静岡新聞DB
99	「(この人)／兼子春治さん(袋井市)／袋井市村松の地域づくりグループ『鳴沢の会』代表」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2009年11月20日	第19面	静岡新聞DB
100	「ひとまち魅力発見伝／●郷土の偉人書聖『川村驥山』」	—	『広報ふくろい』11月1日号	袋井市	平成22年1月1日	12頁。11月に鳴沢の会が驥山展を催した、とも	袋井図書館、浅羽図書館、小栗個人蔵
101	「驥山、逸勢、子規／筆一管の醍醐味／書・文字の町で／(文化・芸術)」	大杉弘子(現代書家、袋井市在住)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010年3月8日	第5面。驥山はなぜ何度も杜甫の飲中八仙歌を書いたかを考えた論考。	小栗個人蔵
102	【WEB】 まちおこしクラブ篠ノ井が「驥山展」を開催 【書き込み記事の題名】	chiiki 【ブログのプロフィール欄の記載】	みなさんとまちづくり!【ブログ名】	(みなさんとまちづくり!)	2010年3月8日の書き込み	【トップページ冒頭に「長野市民のまちづくりに向けた、市民公益活動を紹介・支援します」とある。2011年2月確認】	<a href="http://chiikiko.ba.naganoblog.jp/e418697.html">http://chiikiko.ba.naganoblog.jp/e418697.html</a>
103	【WEB】 (川村驥山(きさん)先生の魅力を一同に「驥山展」が催される) 【書き込み記事の題名】	倉野立人	長野県議会議員倉野立人です【倉野氏のブログ名】	(倉野立人)	2010年3月12日の書き込み	昨年訪れた袋井市が市を挙げて驥山を活用して刺激を受けた、と。【2011年2月確認】	<a href="http://kuranot.blog.ocn.ne.jp/kurano/2010/03/post_5346.html">http://kuranot.blog.ocn.ne.jp/kurano/2010/03/post_5346.html</a>
104	【WEB】 まちおこし篠ノ井クラブ 驥山展 【書き込み記事の題名】	長野市市民公益活動センター・ぶらっと in もんぜんぶら座	長野市市民公益活動センター情報ブログ【ブログサイト名】	(長野市市民公益活動センター・ぶらっと in もんぜんぶら座)	2010年3月13日の書き込み	長野市立篠ノ井公民館で同年3月12～14日開催の展覧会の様子が記されている。【2011年2月確認】	<a href="http://naganos.himin.naganoblog.jp/e421501.html">http://naganos.himin.naganoblog.jp/e421501.html</a>
105	「地酒『驥山』に純米大吟醸／純米吟醸も開発／袋井商議所の委員会／あすエコパの『B級グルメ』展で発表」	—	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010年5月22日	第20面。川村驥山から名付けた、と記載あり。	静岡新聞DB
106	「(しずおか建築うんちく・21)／幕末から続いた診療所／沢野医院記念館(袋井市)」	鈴木敬雄(県建築士会、袋井市在住)	『静岡新聞』	静岡新聞社	2010年9月16日夕刊	第6面。館内に川村驥山の作品展示あり、と。	小栗個人蔵
107	「ふくろいの酒 驥山」【リーフレット】	(企画/袋井商工会議所地酒開発委員会、製造/國香酒造㈱)	—	【编者・発行元は明記はない。左の企画・製造は酒「驥山」のこと。発行元も同じと推測する】	—	A4版1枚両面印刷物を3つ折にした宣伝用のリーフレット。驥山の紹介文、鳴沢の会(財)驥山館の監修による驥山の略年譜も記載あり。	小栗個人蔵【2010年1月22日、袋井駅前の「もうひとつの家」にて入手】
108	(川村驥山の作品目録) 【題名記載のないコピー】	—	—	—	【2008～09年の資料の間に保存。そこ頃のものと推測される】	A3版1枚2つ折のコピー	袋井図書館【本目録No.45のファイル内に保存あり。】
109	『江戸川のほとりにて』	佐藤霧子	—	私家版	【不明】	【本目録資料No.61「天馬のように走れ」巻末記載の参考文献に記載あり】	【所在場所不明、小栗未見】
110	『千年の思い』	葉文玲	—	中国浙江文芸出版社	【同上】	【同上】	【同上】
111	【WEB】 驥山館 -HomePage-	驥山館	—	(驥山館)	—	【2011年2月確認】	<a href="http://park16.wakwak.com/~kizankan/">http://park16.wakwak.com/~kizankan/</a>

以上

\* 本目録掲載の情報は2011年2月末までに確認できたデータに基づく

# ジェットエンジン教育の構築

The lesson plans of education for the aero gas turbine engine

安 昭八\*  
Shohachi YASU

**Abstract:** This paper has described the lesson plans of education for the aero gas turbine engine. These lessons introduce principles of the jet engine and provide the students to see how the turbo-jet engine can be operated. Additionally, these lessons can provide exercises for disintegrating and assembling of the turbo-jet engine, problem-solving experience that incorporates the necessary elements for engineering skill.

**Key word:** lesson plans, jet engine, practice, experiment

## 1. はじめに

静岡理工科大学機械工学科航空工学コースの学生が履修する必修科目の内、ジェットエンジンに関する教育方針として、講義科目から実験科目まで一貫して学生が学ぶことができるような教育プログラムを構築し、現カリキュラム内に組込むことを計画した。構築したプログラムに沿った教育内容の充実化を図り、2010年度より航空工学コース学生を対象に実践したので、その結果について報告する。

## 2. 教育プログラム

### 2.1 カリキュラム

現行の機械工学科3年生のカリキュラムでは、表1に示すようにジェットエンジンに関する科目として、講義科目の航空原動機を前期に、実験および実習科目を後期に履修するスケジュールとなっている。

表1 ジェットエンジンに関する科目

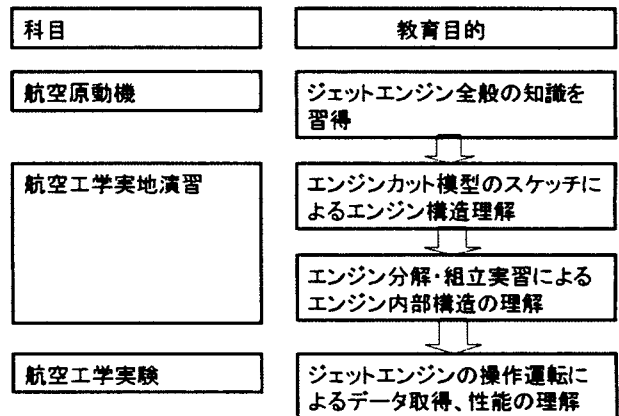
機械工学科3年生	
前期	後期
航空原動機	航空工学実験 航空工学実地演習

講義科目の航空原動機は2008年度より開講しており、ジェットエンジンの作動原理、エンジン内部の各要素の構造・特徴、開発エンジンの各種認定試験、エンジン製造方法などを動画や写真を多用してプロジェクターにより学生に説明する講義方式を採用した。本学学生にとって、ジェ

ットエンジンに関する適切な教科書が見当たらない事情もあり、講義ごとに講義資料の抜粋を学生に配布し、最新情報を紹介することに努めた。

一方、後期に開講する航空工学実験と航空工学実地演習は機械工学科航空工学コースの学生がコース専門科目として履修すべき実験と演習科目と位置付けられている。表2にジェットエンジンに関する科目と教育目的を示す。

表2 ジェットエンジン関連科目と教育目的



表より明らかなように、当該科目を履修する学生はまず講義科目においてジェットエンジン全般の知識を習得する。その後、実地演習において超小型ではあるがジェットエンジンの実物に触れエンジンの構造を理解するとともに実際のエンジン内部の部品構成や構造をより深く理解しながら分解し、再び元のエンジン形態まで組立を行う。これらの実習内容が航空工学実地演習テーマの中に組み込まれるよう2009年度末までにシラバスの改定を行った。

次に、学生達はエンジンの構造を理解した上で航空工学実験の科目において、エンジン性能実験とエンジン騒音実験を行い、エンジンの実性能データを取得しレポートにまとめる。本エンジン実験ではエンジンをより深く理解でき

2011年1月31日受理

\* 理工学部 機械工学科

るよう、学生自らが超小型ジェットエンジンを始動から高速回転運転まで操作・運転を行うプロセスにすべく計画した。なお、実験での安全を確保するため、実験手引書内に詳細な運転手順、緊急停止手順を記載した。

## 2.2 教育機材

前節の教育目的を達成するために、2009 年度末時点でジェットエンジンのカットモデルや分解組立キット等の教育機材が不足していた。そこで 2010 年度の教育予算に上記機材を申請した。その結果、2010 年度の新規教材として(1)超小型ジェットエンジン J-850 のカット模型 2 式、(2)超小型ジェットエンジンの分解・組立キット 6 式を導入することになった。当該機材は何れも日本製の小型ジェットエンジンであり、航空工学実験のエンジン性能試験やエンジン騒音試験に供する既存エンジンと同型であることから採用した。これは学生がジェットエンジンを習得する上で統一されたエンジンを扱うことにより、理解をより高めることができる効果を狙ったものである。

## 3. 教育の実施

教育目標およびそのための教育準備を 2010 年度前期までに完了させ、2010 年度後期より航空工学実地演習と航空工学実験を開始した。その結果について以下に紹介する。

### 3.1 航空工学実地演習<sup>1)</sup>

航空工学実地演習は主に坂口実験場を演習場所として実施されたが、エンジン構造に関する演習は教育機材のサイズがアタッシュケース程度であったため袋井校舎 201 実験室で行った。

2010 年度の航空工学実地演習の履修者数は機械工学科 3 年生の約半数の 37 名であったため、ガイダンス時に 1 グループ 10 名の 4 グループに分け、エンジン構造に関する演習を 1 日 2 コマ 2 グループが実施し、2 日で全グループが完了する計画とした。

すなわち 1 日に 2 グループ 20 名の学生が演習を行う。エンジンカット模型のスケッチ及び寸法計測を行うエンジン構造(その 1)とエンジン分解組立キットを使うエンジン構造(その 2)の演習を実施する学生をそれぞれ 1 グループ 1 コマ分に対応させる。前の演習が終了した時点で演習内容を入れ替え後半の 1 コマ分を未実施のエンジン構造の演習を行うことにした。その結果、エンジン構造(その 1)の演習では 1 台のエンジンカット模型を 5 名の学生がスケッチ及び寸法計測する。また、エンジン構造(その 2)の演習では、2 人一組で 1 台のエンジン分解組立キットを使用することになり当初計画した通りの教育機材の個数となった。

図 1 にエンジン構造(その 1)に使用したエンジンカット模型を示す。本模型は、実機の部品をそのまま使用しエンジン内部構造が分かるようにエンジンを半分に切断した模型である。

図 2 にエンジン構造(その 1)の演習状況を示す。演習の内容は、エンジンのカット面をスケッチし、圧縮機入口・出口径、軸間距離、燃焼器外形寸法などの計測を行い、学生がスケッチした断面を演習レポート用紙の図面欄に作図し、図面上に主要要素名と主要寸法を記入する内容である。また、圧縮機、燃焼器やタービン等の機能を記述させる欄を演習レポート用紙に設けた。これは講義科目の航空原動機で学習した内容の復習に繋がるものである。

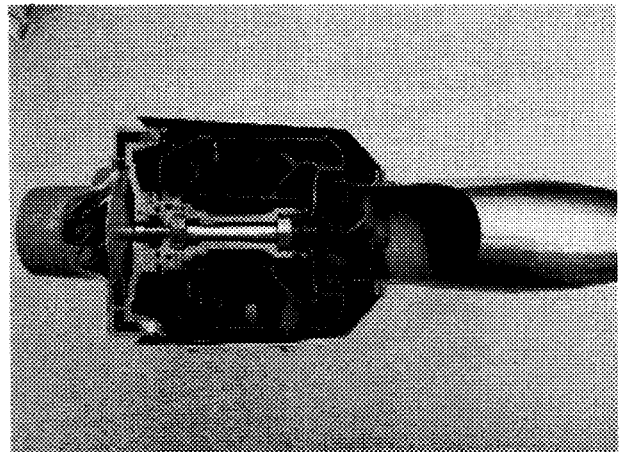


図 1 エンジン構造(その 1)の教材



図 2 エンジンカット模型の寸法計測状況

当初エンジンカット模型のスケッチの書き方等で悩んでいた学生も周りの学生に触発されて真剣にスケッチを書くようになってきたことは学生間のコミュニケーションの醸成にも繋がっているような印象を持った。

一方、グループ分けした他方のグループ 10 名は、学籍番号順に 2 人 1 組に分け、それぞれに 1 台のエンジン分解・組立キットを渡し、手順書を読みながら分解をするよう指

示し、分解作業を開始させた。ただし分解・組立上の注意点、たとえば回転系であるためネジは左ネジになっていること、工具は指定した工具以外は使用禁止、分解した部品は整理して並べて置くなどの基本的な項目をレクチャーした後、学生に自由に分解作業をさせた。

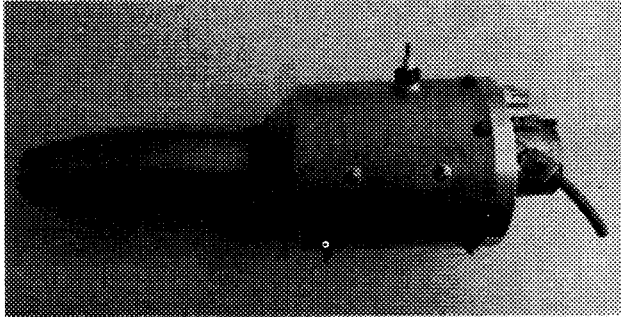


図3 エンジン分解組立キットのエンジン本体

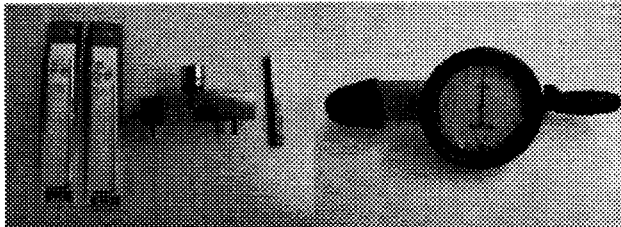


図4 工具類と組立用トルクレンチ

図3にエンジン分解に供するエンジン本体を示す。部品等は実機と同じものであるが、嵌め合い等は分解や組立を容易にするために緩めに加工を施している。また、図4にはエンジン分解・組立を行うための工具一式を示す。

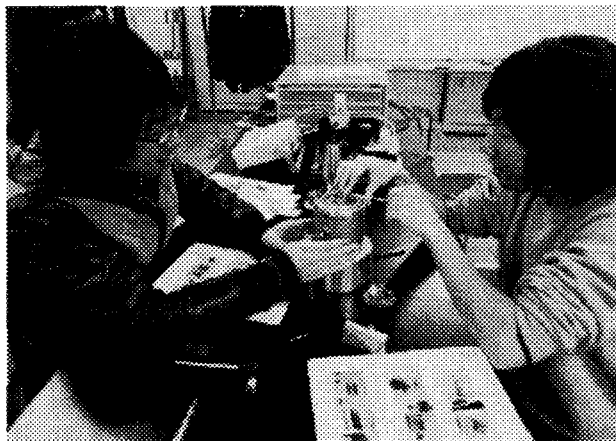


図5 エンジン分解時の状況

図5にエンジン分解・組立の手引書の手順を見ながら分解を進めている状況を示す。エンジン入口部に取り付けられている遠心圧縮機が外れ、エンジン外壁と燃焼器を分離する作業を行っているところである。

図6に図5より分解が進みエンジン外壁と燃焼器が分離出来た状況を示す。また、エンジンの分解は図7に示すよ

うに、タービン、燃焼器、圧縮機、軸受の部品が現れるまで行い、担当教員の最終判断を受けた後、組立を開始させた。

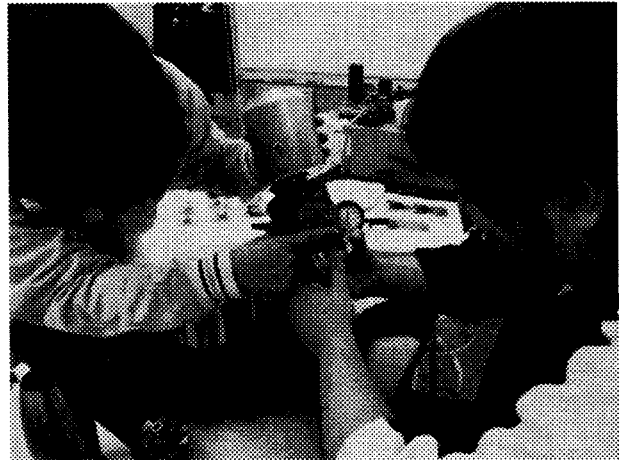


図6 エンジン外壁と燃焼器の分離

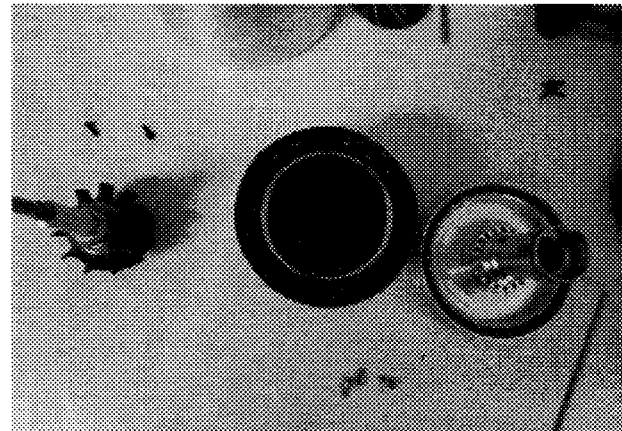


図7 エンジン分解の最終形態

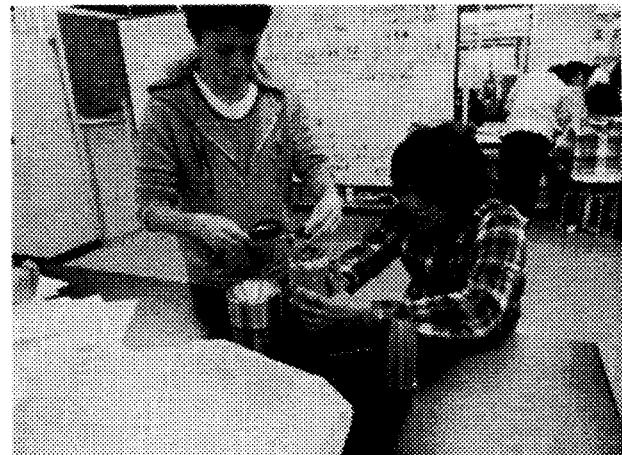


図8 エンジンの組立時の状況

図8にエンジン組立時の状況を示す。図では遠心圧縮機をタービン軸系に固縛するためのトルクレンチを使っている様子を示している。組立の最終チェックは回転軸系がスムーズに回ることを条件に付し、担当教員が最終判断を

行い、問題ない場合はエンジン分解組立キットをアタッシュケースに収納させ演習を終了させた。一方、回転がスムーズでない場合には、再度分解・組立工程を実施させ、回転がスムーズになるまで何回も同じ作業を行わせ、最終目標達成まで根気よく演習をさせた。演習を終了したグループは全員が完了するまで演習場所に残させることを徹底した。これは社会人としての基本マナーの教育にもなるものと期待しての対応である。

### 3.2 航空工学実験<sup>2)</sup>

航空工学実験のエンジン性能実験と騒音実験は、エンジン実験室で行った。

2010年度の航空工学実験履修者数は40名であったため、同時期に並行して実施された機械工学実験2のグループ編成を考慮し、40名を5班に分け、班ごと毎週異なった実験テーマを行うよう計画した。なお、エンジン性能実験とエンジン騒音実験は交互に実施するよう計画した。

120000rpmの高速で回転する実験装置を扱うため、実験に先立ち、実験装置の説明とともに緊急時のエンジン停止処置法を事前に訓練した。また実験前にグループ内で実験の役割を決めさせた。たとえば、エンジン運転を担当する学生、全体指揮を執る学生、各種計測器の読み取り担当の学生、記録係である。1日2回の実験を行えるよう計画しているため、実験ごとに役割を交代させることにした。これは社会人基礎力として企業から重視されているチームワーク力の醸成に関連するため取り入れた仕組みである。

図9にエンジン実験に供した超小型ジェットエンジンの実験装置を示す。図中窓ガラスに設置された騒音計はエンジン騒音実験でエンジンノズル形状を変化させた場合のジェット騒音レベルを求めるための計測機器である。

図10に学生がエンジン実験を実施している状況を示す。それぞれの役割を果たすべく計測器の前でエンジンの回転数が安定するまで待機しているところである。

エンジン性能実験では、エンジンの主要性能であるエンジン回数と推力の関係、エンジン吸込み流量と圧縮機出口圧の関係などを調べるための各種計測を行い、結果をレポートにまとめる。また、エンジン騒音実験では、エンジンの排気ダクト(ノズル)の終端形状を丸型からシェブロン状の形状に変更した場合の排気騒音レベルがどのように変化するかなどを実験的に明らかにするものである。

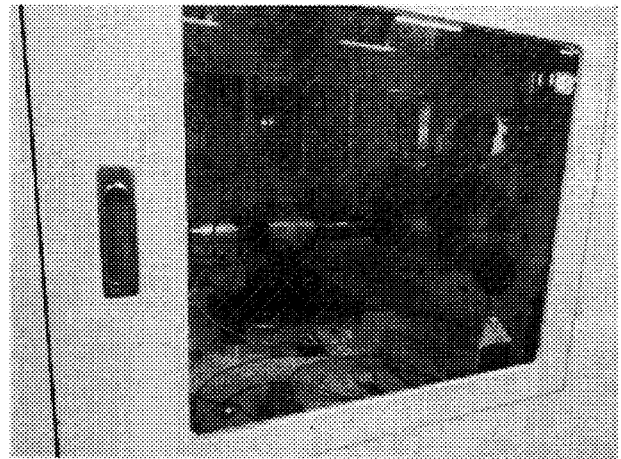


図9 超小型ジェットエンジン実験装置

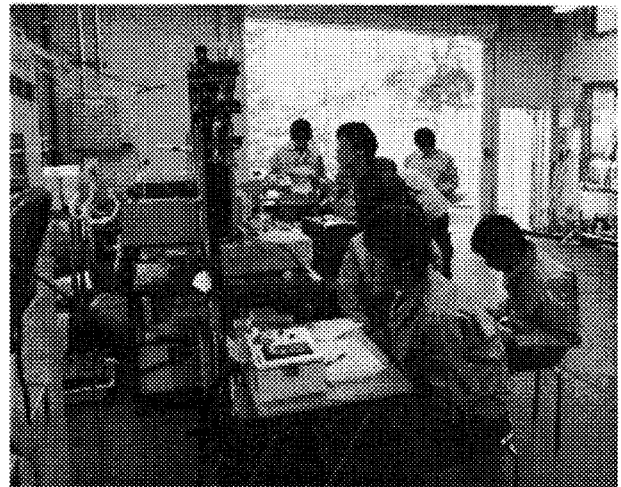


図10 エンジン性能実験の状況

## 4. まとめ

講義科目から実験科目まで一貫して学生が学ぶことができるよう教育プログラムを構築し、2010年度後期に航空工学コース学生対象に新規科目を展開してみた結果、学生のレポート等の感想文などには概ね当該内容が好評であった。また、実験や実習時に学生が活き活きと取組んでいる様子が窺え、当初予定していた教育目的が達成されつつあるとの思いである。なお、今後実習および実験内容をさらにブラッシュアップし、学生のジェットエンジンに関する理解度アップの改善をしていく予定である。

## 参考文献

- 1) 静岡理科大学, 航空工学実地演習, 2011年度発行予定
- 2) 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



# 産学連携によるモノから入る教育「航空工学実地演習」実施報告

A Report on the Educational Training Program, "Aeronautical Engineering Practice" under the Industrial-academic cooperation

榊田 勝\*, 浦田 喜彦\*, 安 昭八\*

Masaru SAKAKIDA, Yoshihiko URATA and Shohachi YASU

**Abstract:** The educational training program "Aeronautical Engineering Practice" under the industrial-academic cooperation has introduced into the curricula of the Shizuoka Institute of Science and Technology in this year. This program includes various kinds of engineering practices such as maintenance of airframe and power-plant, fundamental technique of aircraft maintenance, practices of operations in airport, piloting of full flight simulator and flight by light airplane. The results of this program are reported and future prospects are discussed.

## 1. はじめに

静岡理工科大学機械工学科は高校生により分かりやすいコース編成とすることを計画し、当時の学科長であった浦田教授の下で計画が練られた。平成 17 年 (2005 年) 当時はシステムデザインコース, 知能メカトロニクスコースであったものが, 平成 18 年 (2006 年) には生産システムコース, メカトロニクスコースおよび JABEE 認定を目的とした総合機械工学コースに再編された。平成 20 年度 (2008 年) から抜本的に新コースとすることが鋭意検討・計画され, 平成 18 年 (2006 年) から平成 19 年 (2007 年) にかけてその詳細な内容が策定された。

この新コースは本学の立地している静岡県西部地方の産業界の状況や, 当時建設が進められていた富士山静岡空港の完成, および静岡県西部地方の企業の航空関係への進出の機運を背景に, ロボットヴィークル工学コース, 航空工学コース, そして総合機械工学コースの 3 コースとすることとなった。本報告書は本学で初めて策定された航空工学コースの設立の主旨や, 特にモノから入る教育の一つとして産学連携の下で計画された航空工学実地演習について述べる。

## 2. 航空工学コース設立の主旨

静岡理工科大学は地域社会に貢献する技術者を育成することを理念としている。この理念の下で機械工学科の活動は本学近隣にある数多くの製造業, 特に自動車, また産業機械関連で活躍できる人材育成に重きがおかれていた。しかしながら, 平成 21 年に富士山静岡空港が開港することとなり, また, 静岡県西部地方の企業が従来の自動車関連事業から, 航空産業へ眼を向ける動きも出てきた。これらを勘案して機械工学の先端技術を結集する航空機を題

材として機械工学を学生にしっかりと教育することが一つの有効な方策として考えられるようになってきた。

しかしながら本学に航空に関する下地は無く, 白紙の状態からスタートすることとなった。一方, 本学を支援していただいている企業には航空関係を専門とする企業があり, それらの企業の全面的な支援をいただけることも十分に考えられた。航空工学コースの基本的なカリキュラムは他の大学のカリキュラムなども参考にして策定され, このカリキュラムに沿って教員の採用方針が決められた。一方, 他の大学にない特色を出し, また, 本学を支援していただける航空関連企業の協力を得て, 本学が標榜している「モノから入る教育」を積極的に授業に取り入れるため, 「航空工学実地演習」を授業科目の一つとすることになった。図 1 に平成 20 年 (2008 年) から始まった機械工学科の新コースの概略図を示す。なお, 機械工学科のコース分けは, 2 年生後期から行われる。

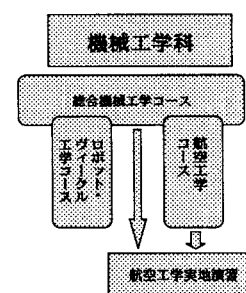


図 1 機械工学科のコース分け

## 3. 航空工学実地演習

### 3.1 開講までの準備

本学へ入学してくる学生の大部分が航空関連の勉学が

2011 年 3 月 3 日受理

\* 理工学部 機械工学科

初めてであるとの見通しから、個々の座学授業を包括する意味もあり、「航空工学実地演習」を受講することにより機械工学と航空の関連、また、航空事業全般について理解できるような構成とすることとした。

授業の内容を決めるにあたって最初に考慮したことは、①学生が興味をもって取り組めること、②航空機に関わる全般の技術と知識を「モノおよび実務を主体として」習得すること、および、③機体構造および整備に関しては、「航空機整備の基本技術」を題材として、一般機械工業で必要とされる機械技術を習得すること、である。

個々の授業の内容については航空関係のプロ集団である株式会社 JAL エアロ・コンサルティングのアドバイスを受け、さらに鈴与株式会社、株式会社フジドリームエアラインズ（以下 FDA と略す）、静岡エアコム株式会社（以下 SACC と略す）、静岡エアポートサービス株式会社（以下 SAS と略す。現在 SAS エスエーエスと改称）の産業界と調整を進め詳細を詰めていった。このように産業界の全面的な支援を得られることになり、他の大学では恐らく実施が難しい本学独自の授業を成立させることが出来るようになった。なお、この過程において、航空業界が必要とする人材の調査も同時に行ったことは言うまでも無い。

また、授業実施場所として袋井の校舎には演習を行う場

所が確保できず、試行錯誤の末、将来の発展性も考慮して富士山静岡空港に隣接した牧之原市坂口にある倉庫を借用し新しい実験場をつくることにして校舎として使用できる準備も行っていった。さらに、演習に必須である飛行機本体を入手することとし、さまざまなルートを通して探した結果、北海道のクラブチームが保有していた小型機の代表であるセスナ 172 が入手できることになった。授業の構成を図 2 に示す。

### 3. 2 授業の実施形態

授業は図 2 に示すように袋井校舎での I. ガイダンス、II. 講義、III. 新設の坂口実験場における演習、IV. 小型ジェットエンジンについての演習、V. 中間まとめ、VI. フルフライトシミュレータの体験と空港の見学、VII. 富士山静岡空港での小型機の体験飛行、および、VIII. まとめ、に分けられる。このように袋井の校舎だけで授業ができないので移動時間を考慮し、3 コマ連続の授業とし、2 コマを授業、1 コマ分を移動時間とすることとした。坂口実験場、シミュレータおよび富士山静岡空港へのアクセス時間は大学から概ね 40 分である。受講者数は最大 48 名と想定し、坂口実験場の演習受け入れ可能学生数を一度に 24 名とし、設備を整えた。また、学生の移動手段は大学のマイクロバスを使用することとし、学生全員が移動する必要がある場合は、大型バスを使用することとした。

授業の実施方法を図 3 に示す。

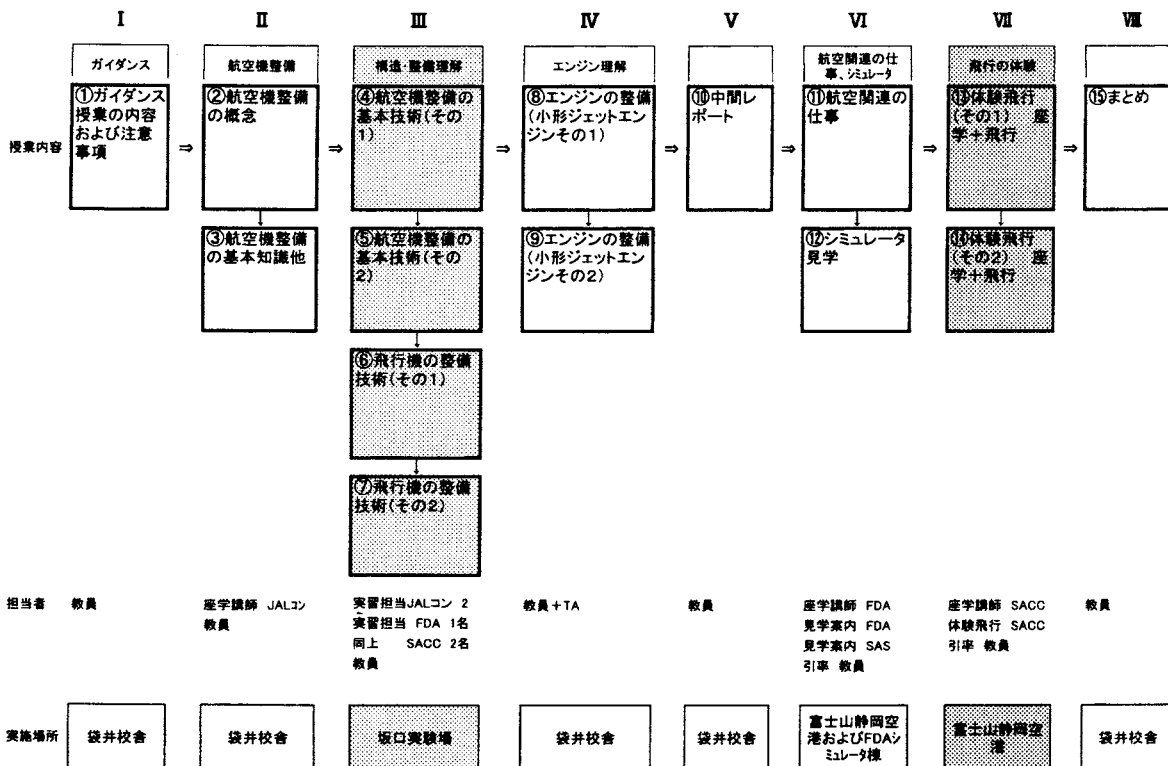


図 2 授業の構成

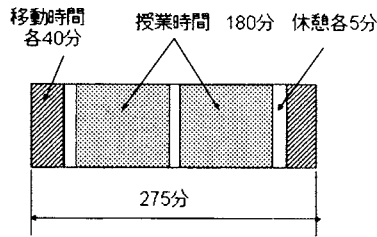


図3 授業の実施方法

3. 3 授業の状況

授業は袋井校舎で行うものと、坂口実験場で行うものなど種々あるので、学生を大きく2グループに分け、最初のガイダンス時に授業の全体像を示すとともに個々の学生がどのように授業を受けるか、詳細に説明した(図4)。学生は概ね2週に1回2コマの授業を受けることになるが、ガイダンス時に個々の学生の行動を徹底した結果、授業日時を間違えるなどの混乱は1件も発生しなかった。坂口実験場には空調設備が無く、授業が始まった9月は日によっては暑く、終了するころの10月末は寒い環境となったが、学生は余り苦痛にはならなかったようである。

3. 4 個々の授業について

個々の授業について学生の受講状況などを示す。

3. 4. 1 講義

本学と本学に入学してくる学生の状況、航空業界の状況

などを JAL コンサルティングと入念な打ち合わせを実施し、相互に理解して最初の授業として座学講義を設定した。航空を題材として機械工学を教育するとの立場から、安全をバックボーンとして講義内容を設定した。講師は JAL エアロ・コンサルティングに委託したが、航空関連の業界の状況、航空関連の必要とする人材、航空機の安全を保持するためのエンジニアの活動、ヒューマンエラーなど航空機関連だけではなく、自動車や各種産業界で必要とされる機械工学を学ぶ学生の心構えまで多岐にわたった。航空機事故などの話も交え、安全が基調になっていたので学生は講義に飽きることなく真剣に学んでいた。

3. 4. 2 坂口実験場における航空機整備を題材とした演習

富士山静岡空港の近くの FDA 本社前に坂口実験場 (24m × 37.5m, 900m<sup>2</sup>) を開設した。坂口実験場の外観を図5に示す。

当実験場において JAL エアロ・コンサルティング、FDA、SACC 整備士による航空機整備技術の演習を行った。航空機整備技術のうち整備士資格を得るために必須の「基本作業」の中から、学生の興味、機械工学との関連、予算などを勘案し2テーマ、①ボルトの締結、緩み止めを、また、②リベット締結作業を選定した。

ボルト締結作業や緩み止め作業は機械作業の基本的作業であるがなかなか普段の実験や実習では経験できないテーマである。一方、リベット締結作業は自動車や産業機

航空工学実地演習 演習日程

●航空工学実地演習: 航空工学コース必修、総合機械工学コース選択、1単位。

●履修者全員 袋井校舎から出発し、袋井に戻ります。バスは時刻通りに発車しますので、乗り遅れないよう厳重に注意してください。

作成M22.9.16 MS

課題と講義内容	授業日時	1週目	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13週目	備考
		9月29日	10月6日	10月13日	10月20日	10月27日	11月3日(土)	11月10日	11月17日(土)	11月24日	12月1日	12月8日	12月15日		
授業実施場所		袋井	袋井	坂口	坂口	坂口	袋井	坂口	袋井	袋井	袋井	袋井	袋井	袋井	
I ①ガイダンス	説明	A,B,C,D													
II ②航空機整備の目的整備の概要	講演		A,B,C,D												
③航空機整備の基本知識	講演		A,B,C,D												
III ④航空機整備の基本技術(その1)	演習			A	C	B		D							
⑤航空機整備の基本技術(その2)	演習			A	C	B		D							
⑥飛行機の整備技術(その1)	演習			B	D	A		C							
⑦飛行機の整備技術(その2)	演習			B	D	A		C							
IV ⑧エンジンの整備(その1)	演習									AB				CD	
⑨エンジンの整備(その2)	演習									AB				CD	
V ⑩中間レポート	座学								A,B,C,D						
VI ⑪航空関連の仕事、運航他	見学											A,B,C,D			
⑫シミュレータ見学(座学含む)	見学											A,B,C,D			
VII ⑬林業演習(座学含む)	演習						A1, A2+B			C1,C2+D					
⑭林業演習(座学含む)	演習						A1, A2+B			C1,C2+D					
VIII ⑮まとめ	説明													A,B,C,D	
休みのグループ				C,D	A,B	C,D	C,D	A,B	A,B			C,D		A,B	
集合場所			大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	大学五階前	
集合時刻			13:00	13:00	13:00	A1 : 9:00 A2+B : 13:30	13:00	C1 : 9:00 C1+D : 13:30					13:00		
移動手段			マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	マイクバス	大型バス	

図4 授業の詳細

械などでも使われるが、どちらかという航空機に関連が深く、学生が飛行機構造を理解するために興味を持つであろうという観点から策定した。

演習は SACC および JAL エンジニアリング出身の整備士が 6 名づつ受け持ち、たいへんキメの細かい演習が行われた。航空機の整備は安全が基調となっており、また少人数で整備のプロの方々から指導を受け、真剣な面差しで演習を行っていた。図 6 にボルト締結作業を、図 7 にリベット作業を、図 8 に基本作業に関わる演習の全体の状況を示す。



図 5 坂口実験場外観



図 6 基本作業 ボルト締結



図 7 基本作業 リベット締結



図 8 基本作業演習の全景

### 3. 4. 3 坂口実験場における飛行機を題材とした演習

また、飛行機の構造や、エンジン、操縦系統などについての理解を深めるため小型飛行機を用いたテーマを一つ設定した。小型飛行機は先述したように各方面からの情報を入手し、大学側の手続きなどを踏まえ北海道の飛行クラブが所有していたセスナ 172 型機が入手可能であるとの判断となった。同機は冬の間中雪を避けるため青森の飛行場に駐機していたが、静岡の富士川滑空場へ輸送し、分解し坂口実験場へ持ち込み再組立することとした。同年は天候不良で飛行ができず 1 ヶ月待って受け入れができた。この一連の手続きに関しては SACC に委託し、同社整備士によって作業が進められた。このように教材として入手できた飛行機は直前まで飛行していたものであり、学生に生きた教材として示すことができた。

演習テーマとしては、エンジンの構造、機体の構造、操縦系統の仕組みなど 3 人の講師（教育指導員）によって説明がされた。また、授業の最後に全員で飛行機のトーイング（飛行機を牽引すること）を行い、全員が交互に全ポジションの役割を体験した。なお、全員が一つの目的を実施するため、互いに声をだして作業を行う重要性など、当初は意図していなかった協調精神の育成にも大きく寄与できたと考えられる。図 9 にエンジンの構造についての演習を、図 10 に小型飛行機のトーイングの演習風景を示す。



図 9 エンジン構造についての演習



図 10 小型飛行機のトーイングの演習

### 3. 4. 4 フルフライトシミュレータ体験および富士山静岡空港施設見学

FDA のパイロット育成に使われているフルフライトシミュレータの見学を行った。最初航空機関連の仕事や航空事業全般について講義を受け、その後4人一組になってシミュレータの見学を行った。計画時点では空き時間がなく、外部からの見学のための予定であったが、FDAのご好意で操縦席に入れていただくことができ、1グループの二人が操縦することができた。加速度なども実機同様にかかるので、何故このようなことが地上でできるのか外部からのモーションの見学と合わせて良く理解できたようである。学生からは素晴らしい体験ができたとの感想がほとんどである。

また、富士山静岡空港の見学は、たまたま飛行機の居ない時間帯であったためターミナルからの見学であったが、富士山静岡空港の着工から完成までいろいろ環境に配慮されているなどの説明を受け、改めて感心していた。また、富士山静岡空港にくるのが初めての学生もおり、静岡県の航空産業を知ってもらいたい機会になったようである。

なお、FDA 経由で事前に申し込んでおく管制塔の見学も可能とのことで、次年度はこの方向で計画をしていきたい。図 11 にフルフライトシミュレータにおける操縦練習の状況を、図 12 にシミュレータの外観を示す。

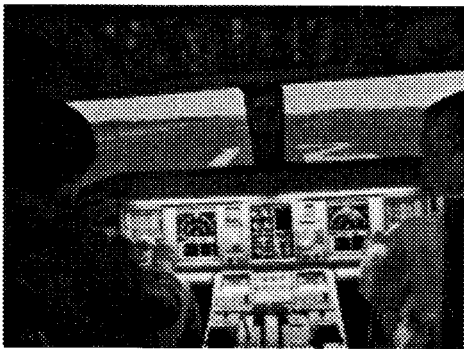


図 11 フルフライトシミュレータによる操縦演習  
(左席 本学学生 右席 FDA の教官)



図 12 シミュレータ外観

### 3. 4. 5 小型ジェットエンジン分解・組立演習

飛行機のエンジンとして往復動エンジンは坂口実験場の小型飛行機で説明がされている。一方飛行機エンジンの大部分を占めるジェットエンジンはエンジン外部から見るだけであり、内部構造は分からない。従って、本演習では小型ジェットエンジン模型の分解、組立を授業に組み入れることにした。

小型ジェットエンジンは模型飛行機用に開発されたもので全長約 300mm、推力 83.3[N] (8.5[Kgf]) のものである。圧縮機とタービンは遠心形が使われているが機能は大型ジェットエンジンと同等である。

学生は2人一組で分解・組立を行った。通常見ることができないジェットエンジンの内部構造が良く分かった、とのことである。

### 3. 4. 6 小型飛行機の体験搭乗

本演習の特筆すべきテーマは小型飛行機の体験搭乗である。本テーマについては関連企業と入念な打ち合わせの結果実現できたものである。航空工学コースを選んだ学生の中には富士山静岡空港も、飛行機に搭乗するのも初めての学生が多く、飛行機自体に親しんでもらうために計画が行われた。

授業実施に当たっては単純な遊覧飛行ではなく、飛行に関するテーマを与え、それを実機で体験するという手法を取り入れた。富士山静岡空港は小型飛行機の離発着ができる曜日と時間帯の制限があり、また、小型飛行機を提供していただける企業の都合もあり、授業は土曜日に設定した。学生を4グループに分け、2グループを同じ土曜日の午前、午後で行い、都合2週で完了した。

学生は体験搭乗前に座学で本テーマの内容を勉強し、飛行によってその内容を体感した。テーマが良く分かるように定員6名(内パイロット1名)であるが、1飛行に学生3名にした。

ベテランパイロットの操縦のもとで、様々な体験をし、民間旅客機では経験できない飛行を体験することができた。また、管制塔との交信や身近に民間旅客機の離発着を見て、飛行機を飛ばすことの実感が良く分かったようである。ほぼ全員が「貴重な体験ができた」、「講義の座学では分からないことを勉強することができた」などの感想を記している。図 13 に飛行に先立っての座学を、図 14 に体験飛行に使用したセスナ 206H を示す。

なお、体験搭乗希望者には運送約款や万一の場合の障害保険などをご家庭にも徹底し、申込書を提出してもらった。体験搭乗を希望しなかった学生には別途レポート課題を提示し体験飛行に代えた。

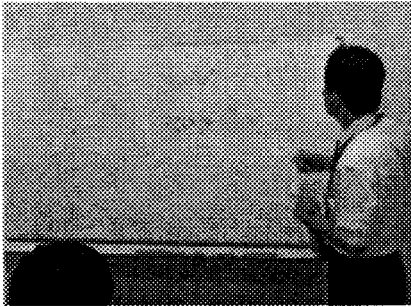


図13 体験飛行に先立っての座学



図14 体験飛行に使ったセスナ 206H (SACC 所有機)

#### 4. 単位の認定

全テーマにわたって①実施内容、②気をつけた点、および、③感想、などを記したレポートを提出させ、その内容を評価した。また、提出が1週以上遅れた場合はペナルティとして減点した。大部分の学生は減点なしである。

#### 5. 学生のアンケート結果

学生に対して行った授業についてのアンケート結果を表1～表2に、およびそれらを図示したものを図15～図16に示す。問いに対し、興味をもった、面白かった、楽しかった、役に立った、満足などを評価点5とし、興味をもてなかった、面白くなかった、楽しくなかった、役に立たない、不満などなどを評価点1とした。問Ⅱ授業の実施方法において坂口実験場への移動用バスが狭いとか、現地集合にして欲しい、などの意見があり、3から2の評価点があった。また、問Ⅲ坂口実験場の環境においても3の評価点が見られるが、問Ⅰの授業テーマについてはほぼ全員が5～4の評価点をつけており、かなり興味をもって取り組んだことが分かる。さらに、授業テーマのうち、富士山静岡空港での体験飛行およびシミュレータ見学は両者共36人中33人(92%)が評価点5をつけており、モノを見て学ぶことが学生の興味を引き起こす原点になっている可能性が見出せる。

なお、問Ⅳの授業全般については、当初授業テーマを設定した目論見通りの結果が得られたものと考えられる。ただし、座学での勉強と実際が必ずしも一致していないとも見受けられるので、次年度は個々の教材を整備し、座学で学んだことが実際に使われていることを認識させていきたい。

なお、自由意見については学生の記述をそのまま掲載した。

#### 6. まとめおよび今後の展開

本授業は大学を支援いただいているいろいろな企業との密接な連携のもとで初めて行うことができた。他の大学では実現することができない授業内容になったものと考えられる。また、航空の基本である安全を基調にして授業が進

行したことにより、学生は常に緊張感を持って授業に臨めたと考えられる。本年度の実績を基に、次年度の実施に向けて鋭意計画を練っているが、時間数などは同じであるがテーマに幅を持たせてさらに学生が興味をもつような授業構成としていきたい。特に本年度は演習テーマと講義内容を直接リンクすることは無かったが、次年度は実体と座学のつながりについて、2、3の事例を体験させる計画である。

本年度の授業は静岡新聞の全県版に2回にわたって取り上げられた。本学独自の取り組みがある程度は周知されたことと思う。

#### 謝辞

支援いただいた各企業、および実験場を開設し、また、実験設備の導入をしていただいた大学、そして学内で数多くの調整にあたっていただいた教務担当の先生、学務課、総務課の方々に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) “航空機の基本技術”, 日本航空技術協会, (2008)
- 2) “航空機の基本技術入門 基本工具編”, 日本航空技術協会, (2007)
- 3) “航空工学講座 飛行機構造”, 日本航空技術協会, (2009)

表1 アンケート結果 (I.授業テーマ ~ III.坂口実験場の環境)

I. 授業テーマについて	興味をもった 面白かった 楽しかった 役に立った 満足, など				興味をもてなかった 面白くなかった 楽しくなかった 役に立たない 不満足, など
	5	4	3	2	1
1. 最初の講義はいかがでしたか?	7	23	4	2	0
2. 坂口実験場での実習についてお聞きます.					
2.1坂口実験場での基本作業実習(リベット作業)はいかがでしたか?	22	12	2	0	0
2.2 同上 での指導員の方の指導はいかがでしたか?	26	10	0	0	0
2.3坂口実験場での基本作業実習(ボルト締結作業)はいかがでしたか?	22	12	2	0	0
2.4 同上 での指導員の方の指導はいかがでしたか?	27	7	2	0	0
2.5坂口実験場での飛行機の構造実習はいかがでしたか?	28	6	2	0	0
2.6 同上 指導員の方の指導はいかがでしたか?	30	5	1	0	0
3. 富士山静岡空港での体験飛行についてお聞きます.					
3.1富士山静岡空港での体験飛行はいかがでしたか?	33	1	2	0	0
3.2 同上 指導員の方の指導はいかがでしたか?	32	2	2	0	0
4. 富士山静岡空港およびFDAシミュレータの見学についてお聞きます.					
4.1富士山静岡空港およびFDAシミュレータの見学はいかがでしたか?	33	3	0	0	0
4.2 同上 見学に対応していただいた講師の方々の指導はいかがでしたか?	30	5	1	0	0
5. 超小型ジェットエンジンの分解・構造調査・組立実習はいかがでしたか?	23	12	1	0	0
6. 上記の授業テーマについてご意見があればお聞かせください.					

・実習よかったです.  
 ・もっと時間があればもっとやりたかったです.  
 ・とても楽しかった.  
 ・FDAシミュレータと体験飛行が楽しかった.  
 ・セサナのエンジンを実際につけたかった.  
 ・シミュレータが楽しかった.  
 ・もう少し時間があればもっといろんなことができたと思った.  
 ・FDAシミュレータの運転はとても良かったのでこれからも続けていただきたいと思います.  
 ・どの授業もとても楽しかった.  
 ・普通では体験できないことが多いのでとても貴重.  
 ・全体的によかった.

II. 授業の実施方法について

1. 坂口実験場への移動方法(学内マイクロバス)はいかがでしたか?	7	12	11	5	1
2. 3, 4, 5限通して授業を行い, 隔週休みの実施方法はいかがでしたか?	20	14	1	1	0
3. 体験飛行の土曜日実施はいかがでしたか?	13	13	9	1	0
4. 上記についてご意見があればお聞かせください.					

・バスがちょっと狭く感じました.  
 ・バスが狭い.  
 ・隔週休みというのは良かったです.  
 ・人数も少なくできて, 一人ひとりが長い時間体験できました.  
 ・バスが狭かった.  
 ・駅でおろしてほしい.  
 ・単位が1単位というのがちょっといやでした.  
 ・移動方法に関しては, 保険を適応できないことを承諾書出して, 個人でも行ってもいいようにしてもらえればいいと思います.  
 ・帰りの時間がちょっと遅い.

III. 坂口実験場の環境について

1. 坂口実験場の環境(広さ, 設備, 暑さ, 寒さなど)はいかがでしたか?	16	15	5	0	0
2. 上記についてご意見があればお聞かせください.					

・秋くらいだったのでちょうどよかった.  
 ・寒く感じたことが多くありました.  
 ・学校へ行くより直接行った方が近い人もいるので, なにかしら考えてもらえればよいと思う.  
 ・夏は暑すぎました.  
 ・夏の暑さをなんとかできればなと思いました.  
 ・休み時間がもう少し欲しかったです.  
 ・自販機も欲しかったです.

表2 アンケート結果 (IV.授業全般 ~ V.授業についての自由な意見)

IV. 授業全般について

1. この授業から学べたことは何ですか？該当する項目に丸印をつけてください。	人数
・時間を守ること.	6
・座学で勉強したことが実際に使われていること.	14
・プロとしての仕事の厳しさ.	17
・モノを体験してから原理などを理解することの楽しさ.	17
・航空関連の仕事および就職に関する知識、情報.	17
・実践的勉強の有用性.	18
・仕事(作業)に対する真剣さ.	20
・機械工学で大事な4つの力学(流体力学、材料力学、熱力学、機械力学)を習得することの大事さ.	20
・航空業界全般についての知識.	24
・安全に対する考え.	31

## 2. 上記についてご意見があればお聞かせください。

- ・すべての分野をバランスよく学べてよかったです.
- ・多くのことを学ぶことができました.
- ・楽しみながら学べた.
- ・仕事に真剣に取り組む大切さが分かりました.
- ・モノを体験しているときは、正直時間や座学はあまり気にしていなかった.

V. この授業について自由なご意見をお聞かせください。

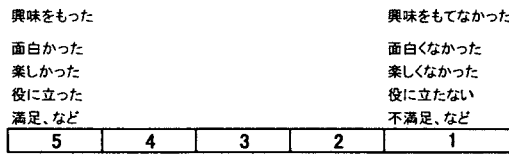
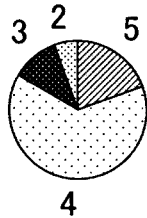
- ・とても楽しかったです.
- ・いい体験になりました.
- ・楽しく授業ができたのでよかったです.
- ・一般人は入れない所も見せてもらい、一生の思い出になりました.
- ・体験飛行はこれからもやるべきだと思った.
- ・リベット作業が面白かった.
- ・4年の時にもこのような実地演習をしたいと思います.
- ・全体的にみて授業として非常に充実していたと思います。ただ、FDAのフライトシミュレータ体験では全員が操縦できるようになればさらによくなると思います.
- ・初めて飛行機に乗れてうれしかった.
- ・実際に機体を見て学べたのがよかった.
- ・とても勉強になった.
- ・シミュレータと体験飛行がすごく楽しかった.
- ・後期の授業で一番楽しい授業でした.
- ・もっと多くの実習をやりたかったです.
- ・全体的に時間が少し足りなかったかなという気はあるけれど、普通では体験できないことを体験できて面白かった.
- ・坂口やFDAの方にはこれからも協力してもらって、実地演習を続けていただけたらいいと思いました.
- ・大きいジェットエンジンの中身を見てみたかった.
- ・実際小型飛行機に乗れてとても楽しかった.
- ・楽しく授業が受けられて良かったです.
- ・セスナ最高でした.
- ・実際にセスナに乗れたのがすごく楽しかった.
- ・航空工学コースの1期生としてこの授業を受けましたが、全体的に非常によかったし、自分のためにもなったと思います.
- ・演習は楽しくすべて勉強になりました.
- ・体験飛行は毎年行ってほしい.
- ・シミュレータ見学は一人ずつ体験させてほしい.
- ・来年も実習中心でやれば学生は楽しく授業をできると思います.
- ・面白かった。です.
- ・普通の授業ではまず体験できないことが多く、貴重な授業だった.
- ・体験飛行やシミュレータ体験などはとても良い体験になった.
- ・よかったと思う.



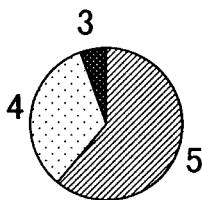
航空工学実地演習 アンケート結果(36人から回答)

I. 授業テーマについて

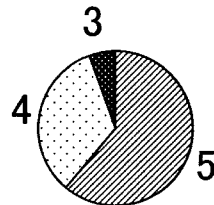
1. 最初の講義はいかがでしたか？



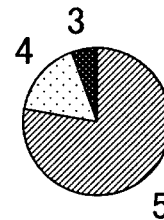
2.1 坂口実験場での基本作業実習 (リベット作業)はいかがでしたか？



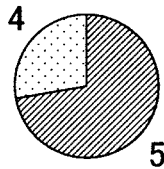
2.3 坂口実験場での基本作業実習 (ボルト締結作業)はいかがでしたか？



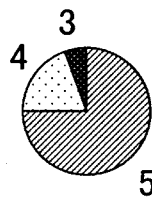
2.5 坂口実験場での飛行機の構造実習は はいかがでしたか？



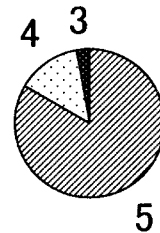
2.2 同上 での指導員の方の指導は はいかがでしたか？



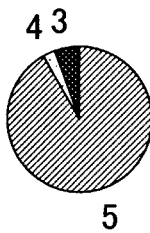
2.4 同上 での指導員の方の指導は はいかがでしたか？



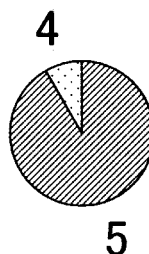
2.6 同上 指導員の方の指導は はいかがでしたか？



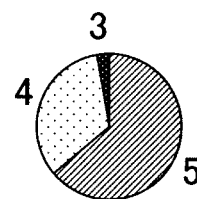
3.1 富士山静岡空港での体験飛行は はいかがでしたか？



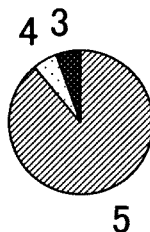
4.1 富士山静岡空港およびFDAシミュレータの 見学ははいかがでしたか？



5. 超小型ジェットエンジンの分解・構造調査 ・組立実習 はいかがでしたか？



3.2 同上 指導員の方の指導は はいかが でしたか？



4.2 同上 見学に対応していただいた講師の 方々の指導は はいかがでしたか？

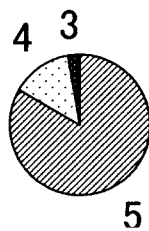
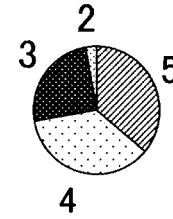
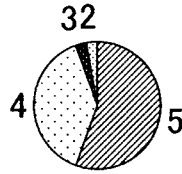
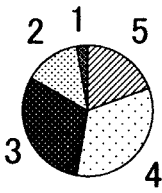


図15 アンケート結果 (I. 授業テーマ)

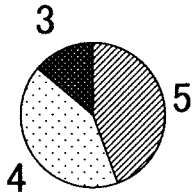
II. 授業の実施方法について

1. 坂口実験場への移動方法 (学内マイクロバス)はいかがでしたか？
2. 3, 4, 5限通して授業を行い、隔週休みの実施方法はいかがでしたか？
3. 体験飛行の土曜日実施はいかがでしたか？



III. 坂口実験場の環境について

1. 坂口実験場の環境 (広さ、設備、暑さ、寒さなど)はいかがでしたか？



IV. 授業全般について

1. この授業から学べたことは何ですか？ 該当する項目に丸印をつけてください。

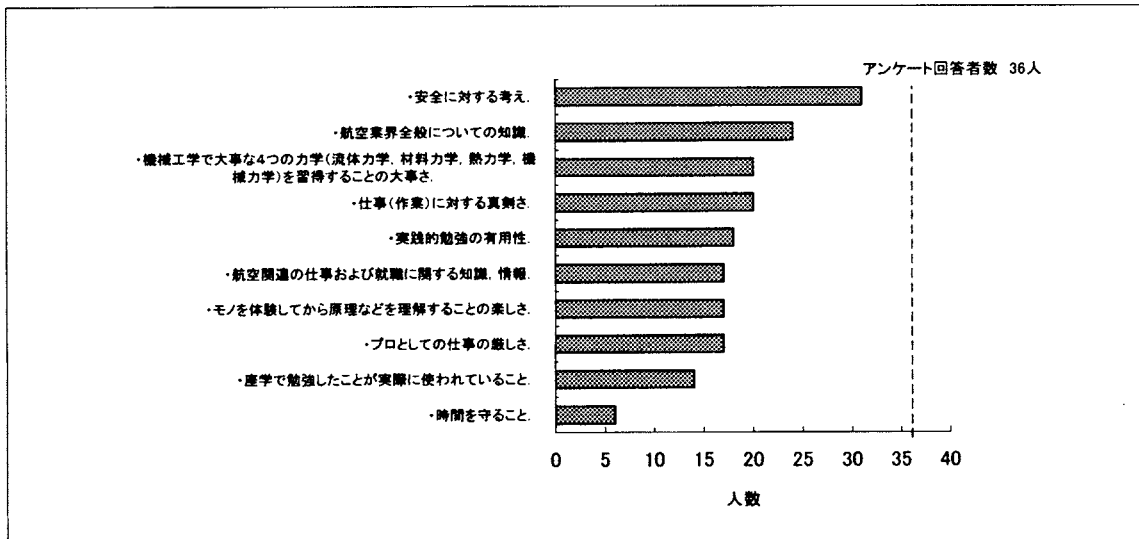


図16 アンケート結果 (II.授業の実施方法 ~ IV.授業全般)

# 「やらまいか教育」の平成22年度実施報告

A Report on the Yaramaika Educational Program in 2010

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>,  
中村 壘<sup>\*4</sup>, 工藤 司<sup>\*4</sup>, 吉田 豊<sup>\*1</sup>, 山下 博通<sup>\*5</sup>, 望月 知徳<sup>\*5</sup>, 古屋 渚<sup>\*5</sup>

**Hideo SEKIYAMA\*, Shohei NIWA, Takashi NOZAKI, Minoru DOHI, Hajime ONDA, Rui NAKAMURA, Tsukasa KUDO, Yutaka YOSHIDA, Hiromichi YAMASHITA, Tomonori MOCHIZUKI and Nagisa FURUYA**

**Abstract:** The Yaramaika educational program has been introduced into the curricula of the Shizuoka Institute of Science and Technology since 2004. This program includes the production of electrical and mechanical devices, the making of movies and videos, the creation of works of art, research on specific subjects and student works as volunteers. The results of this program in 2010 are reported and future prospects are discussed.

## 1 はじめに

静岡理工科大学の“やらまいか教育”の目的は、「学生が新しい体験をすることにより、自分の殻を破り、日常という土壌を豊かにすること」であり、その方法の特徴は「自主的・主体的・実践的な授業形態」にある。この“やらまいか教育”の役割を担う履修科目「創造・発見1, 2」は平成16年度にスタートしてから本年度で7年目を迎えた<sup>1-9)</sup>。昨年まで「創造・発見1, 2」はそれぞれ「ものづくりと創作活動」、「テーマ研究」、[ボランティア活動]の3分野から構成されていたが、3分野はそれぞれ目的や実施形態がことなり、将来的には各分野の内容をさらに充実したものとする必要があるため、今年度からはこの3分野をそれぞれ独立した3科目、「創造・発見」(旧「創造・発見1, 2」の“ものづくりと創作活動”)、「テーマ研究」(旧「創造・発見1, 2」のテーマ研究)、「ボランティア活動」(旧「創造・発見1, 2」のボランティア活動)とした。これらの3科目を総称して「やらまいか科目」と名づけることとする。

本報告では、まず、平成22年度における「やらまいか科目」の実施結果、成果、問題点を述べたのち、平成24年度からの選択必修化を前提とした今後の方向性について議論する。

## 2 平成22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こと」にある。学生に、日頃の授業等にはない新しい体験をさせることによって学生の興味、意欲を起こさせ、勉学意欲の向上をはかると

ともに、社会人基礎力(コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力、積極性、自主性、チャレンジ精神、実行力、責任感、目的意識など)の育成をはかる教育プログラムである。これは、学生が就職し世の中に出て活躍するためにも必要不可欠な事柄として、近年、認識されていることである。

このような観点から、入学後のフレッシュマンセミナーや導入教育に引き続き、卒業研究を始めるまでの期間である2~3年次を履修時期としてきた。また、履修内容も学生が自分の学科の専門にかかわらず受講できる内容とし、開講時間帯も2~3年生が全学部、全学科を通じて共通の時間帯に受講することにより他学科間の学生の交流もできるように時間帯を設定した。

### 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」

実際に手を動かして実物に触れながら行うものづくりや創作の活動を行う科目である。創作の対象はさまざまなジャンルのものがあり、たとえば、機械、装置、ロボット、電子回路、ソフトウェア、アート作品、CG作品、ビデオ作品等である。それぞれの製作の基礎となる事柄の講義からはじめ、設計等も行い、最終的にはひとつの作品を完成させるまでを体験する。この中で、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

2011年3月4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

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、ものづくりの能力を身につけ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つくテーマがある。

### 2.2.3 「ボランティア活動」

外部の施設に出かけて行き、ボランティア活動を行うものである。対象となる施設は、地域の小学校、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。教育施設の授業やイベントのボランティア、エコパの大会運営のボランティア活動、環境保全活動ボランティア活動等を体験することにより、地域の人たちとの触れ合いを通じて、小学校や特別支援学校の教育の大切さ、すばらしさ、さらに世の中の諸問題やボランティアの果たす意義、重要性等を講義といくつかの体験を通じて学びとってもらうことを目的としている。学生にとって、地域の中での活動を通じて、世の中での自分の役割をあらためて考え、自分を見つめなおし、人間としての幅を広げることができるまたとない機会といえる。

### 2.3 「やらまいか科目」の履修と単位認定

2009年度カリキュラムでは、「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科目あり、ともに通年科目であり、履修期間はそれぞれ1年間となる。これ以前のカリキュラムでは、「創造・発見1」（1単位）、「創造・発見2」（1単位）と2科目となっていた。今年度は、カリキュラムの移行期にあたり、今年度の履修生は、2009年度カリキュラムにあたる2年生に対しては、「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」の3科目を開講、2009年度以前のカリキュラムにあたる3年生に対しては「創造・発見1」（1単位）、「創造・発見2」（1単位）を開講することとなる。これまでと同様の4月の初回授業のときに、各指導者によるテーマ説明会を実施する。その後、学生がどのテーマを履修するか、希望調査を行う期間を設け、最終的に履修者が確定し、活動が開始されるのは、5月初旬～中旬となる。また、1月末の成績認定の前に成果報告会を行う必要がある関係上、成果報告会は12月におこなっている。したがって、正味の活動期間は5月～11月の約半年間である。指導者には、その間、最低でも7回程度の授業を行ってもらい、学生の自主的な活動や大学祭での展示発表、成果報告会での指導も行ってもらうことにしている。単位認定については、活動期間中の活動状況や報告書の点数の合計を100点満点として点数化した。評価は、2009年度カリキュラムの「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）、2009年度以前のカリキュラム「創造・発見1」、「創造・発見2」については、昨年までと同様の「合格」、「不合格」とした。

## 2.4 運営体制

「やらまいか科目」は、各学科から選出された2名の教員が運営にあっている。今年度は、合計8名が科目担当教員として、科目の運営にあたった。表1に平成22年度の各学科の科目担当教員を示す。また、異なる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、8名の教員を3グループに分け、それぞれにリーダーにあたる教員を決め、科目運営をおこなっている。今年度は、個々のテーマの指導者は、学内教員11名、学内技術職員3名、学外からの教育指導員14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 <sup>*4</sup> 野崎 孝志 講師
電気電子工学科	土肥 稔 准教授 <sup>*2</sup> 恩田 一 教授
物質生命工学科	吉田 豊 教授 関山 秀雄 准教授 <sup>*1</sup>
総合情報学部	中村 壘 講師 <sup>*3</sup> 工藤 司 教授

\*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22年度の「やらまいか科目」の実施および結果

### 3.1 平成22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、各テーマの概要を指導者、履修者数とともに示す。テーマ数では、「創造・発見」が9テーマ（昨年度19テーマ）、「テーマ研究」が12テーマ（昨年度4テーマ）、「ボランティア活動」が7テーマ（5テーマ）である。昨年度に比べて、「創造・発見」で10テーマ減少、テーマ研究で8テーマ増加、「ボランティア活動」で2テーマ増加した。昨年度に比べると「創造・発見」のテーマ数が極端に減少し、「テーマ研究」のテーマ数が極端に増加しているように見えるが、これは、昨年の「創造・発見」のテーマの中には、テーマ研究の色彩がかなり濃いものがあり、今年度はこれらを「創造・発見」から「テーマ研究」に移動したことが主な理由であり、両者の合計はほとんど変わらない。

### 3.2 平成22年度の履修学生の募集と活動状況

各科目の履修にあたって、学生には初回授業の4月14日（水）5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、各学生に履修したいテーマを第1希望から第5希望まで書かせて、調整を行っ

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.	16
ロボット作り	丹羽 昌平	種々のロボットを製作し、コンピュータ制御による安定化や歩行の制御を実現する.	8
精密鑄造におけるタイピン、ブローチ、ネックレス、置物の製作	●落合 修二	スズ合金を鑄造法を会得し、タイピン、ブローチ、ネックレス、置物等を製作する.	10
天然素材(皮革)を活用し想像力の向上	●石川 利江子	革の魅力である造形技法の応用が個々の想像力表現力の育成につながり、ものづくりの可能性は無限にあることを体得する.	0
省エネカー・プロジェクト(省エネカー製作と燃費競技大会への出場)	野崎 孝志	省エネカーを製作し、車体やエンジンの基本を実践で学ぶ。さらに、燃費競技大会に出場し、記録に挑戦する.	1
フォーミュラカーの製作	土屋 高志	小笠山運動公園エコパでおこなわれる全日本学生フォーミュラ大会に参加する車輛の、設計・製作を実施する.	5
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.	2
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.	7
コンデンサーで走る電気スクーター	土肥 稔	電気二重層コンデンサを搭載した電気スクーターを製作し、走行時間、走行距離などを測定する.	3

(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	●村井 義彦 ●蜂須賀 弘	2輪車の構造機能を理解すると共に工具の使い方や安全な作業の仕方も習得する.	14
ワイヤ放電加工機取扱資格	行平 憲一	ワイヤ放電加工機を扱う技術を習得し、製作した加工物を三次元測定機で測定することでその精度評価を行う.	4
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.	4
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び、自分に最適な香りを創り出していく.	12
絵本の魅力と読み聞かせ	●萩田 敏子	絵本は創作のひとつの表現手段になっている気がする。各分野の代表的な絵本を鑑賞しながら、その魅力を体感する.	2
パソコン組立てとサーバ構築	小嶋 卓	パソコンを組み立て、最新のLinuxをインストールし、ネットワーク等の設定、さらにライブ映像をWebで配信できるようにする.	8
進化していくクルマづくり	●野沢 隆二郎	日本の代表的な自動車会社の発展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ぶ.	4
技術者のための経理・入門の入門	●木内 寛之	技術者として、一個人として知っておくべき経理知識を、分かり易く説明します。技術者として必要な経済基盤を作る.	4
今後の自動車はどうなるか(日米自動車戦争と電気自動車を理解し就職に勝ち抜こう)	●河村 彰弘	日米自動車戦争を理解する。世界各国の電気自動車についてインターネットで調べた結果を発表し、プレゼン能力を磨く.	1
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.	8
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	会社経営の現場の声を踏まえ、①新社会人に求められる基本的素養、及び、②“使う”英語の初歩を学習する.	6

(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。	9
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
初級・中級青少年指導者養成講座	●山崎 美穂子	講義と実践からボランティアの心と障害児への対応等を身に付け、さらにリーダー性を養うことをねらいとした講座を開講する。	2
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。	0
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。	6
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。	1
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。	3

(指導者欄の●印は学外指導者)

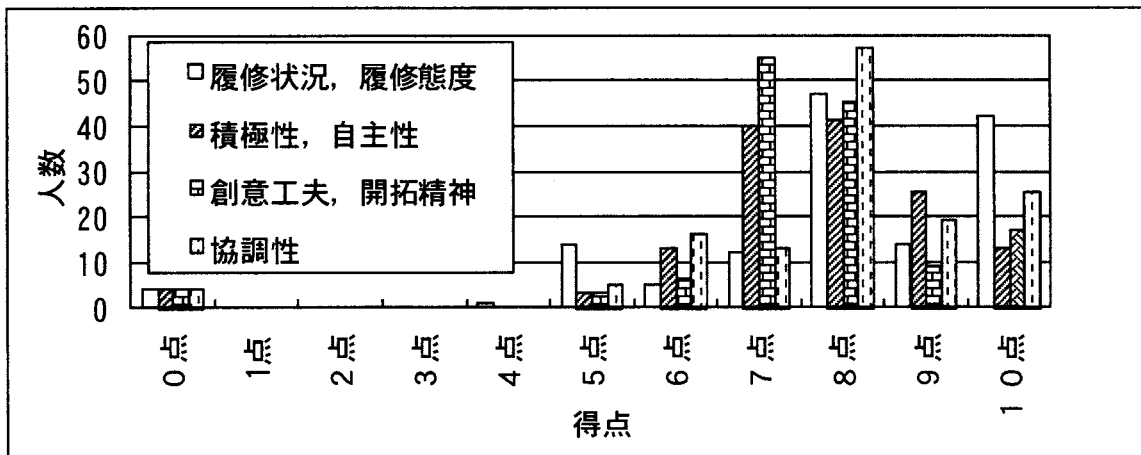


図1. 各活動状況の成績分布 (各10点満点).

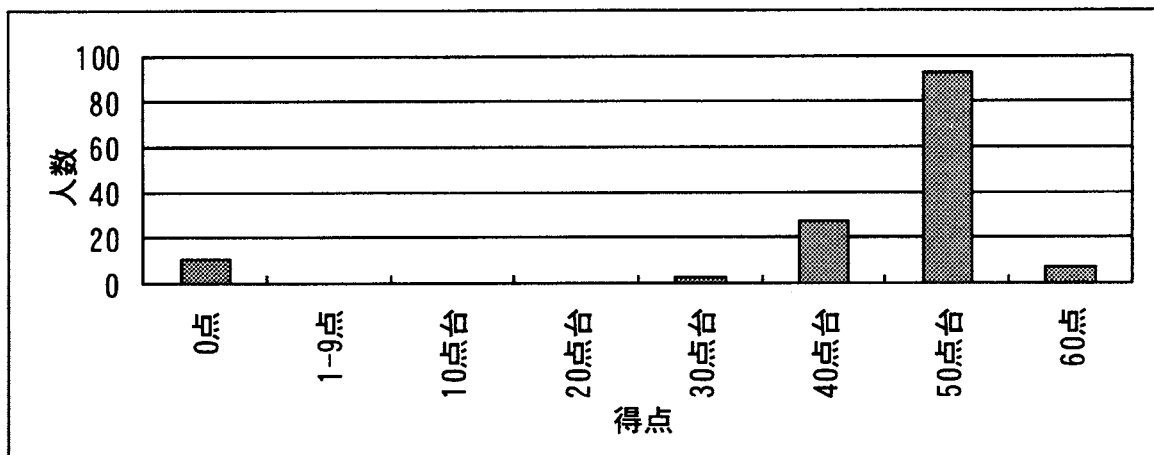


図2. 報告書の成績分布 (60点満点).

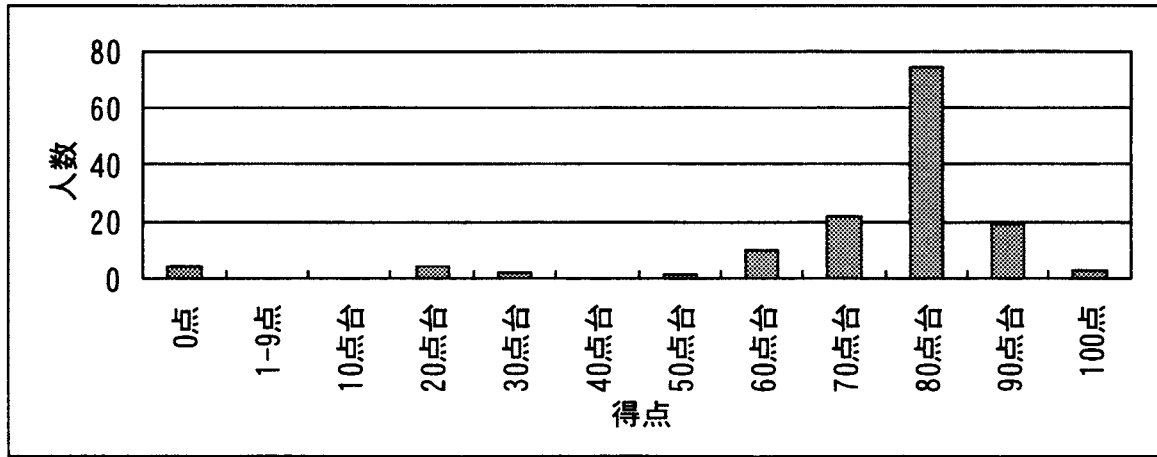


図3. 総合点の成績分布（100点満点）.

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。昨年までは、割り振りは無作為に近い状態でおこなっていたが、今回は成績を基準に行ったことは、学生にとって納得のいくやりかたであったようである。最終的には履修登録者は139名（昨年：128名、一昨年：122名）であった。例年よりも履修者の数がやや増加した。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。今年度は3人であった。なお、この3名は先ほどの履修登録者数139名の中にカウントしていない。各テーマの活動は、5月初旬から開始し、大学祭での発表や報告会の準備等もあわせ12月初旬まで活動した。成績は、合格者数が129名（昨年度：115名）、不合格者数が10名（昨年度：13名）であった。

3.3 大学祭での展示発表と報告会(12月)の実施

昨年度と同様、今年度も、全テーマについて、大学祭（10月23日（土）、24日（日））の期間に、ポスター展示や実物展示を行った。発表会場は例年通り、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で、12月13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行った。今年度は昨年よりテーマ数が多く、4会場に分かれて報告会を行った。

3.4 平成22年度の「やらまいか科目」の実施結果

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、2009年度カリキュラムの「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）、2009年度以前のカリキュラム「創造・発見1」、「創造・発見2」については、「合格」、「不合格」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、成績の分布を示した。まず、図1は、活動状況の得点分布を示した。活動状況は40点満点で、内訳は、履修状況と履修態度：10点満点、積極性と自主性10点満点、創意工夫と開拓精神：10点満点、協調性：10点満点である。また、図2には報告書の点数（60点満点）の得点分布を示した。図3には、活動状況と報告書の合点、すなわち総合点（100点満点）の得点分布を示した。図1の活動状況の結果で、今年度は7～8点代にピークが見られるが、昨年は10点代にピークが見られ、8点代にその次のピークがあるという状況であった。昨年よりも活動状況が振るわなかったことを示している。今年度の結果を詳しく見ると、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が、創意工夫、開拓精神および積極性、自主性については今一步、努力の必要性が感じられる結果が出ている。また、活動状況が0点の学生は、履修を放棄し、ほぼ欠席によるものである。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、先に述べたように50点以上が単位取得でき、50点未満は不合格または不可となる。不合格になった学生のほとんどは、履修を放棄したか、あるいは活動はしているものの最終のレポート未提出によるものである。

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」

- 履修希望者が多いテーマについては、いくつかのグループに分けて成果を競わせるような形で、複数の教員やTA, SAをつけて対応することが必要である。

そのための予算は別枠で取る必要がある。

- 「創造・発見」の教育効果を明らかにするための取り組みが必要である。
- 指示待ち状態の学生が多く、積極性に欠ける点が見された。
- 皆、真面目によく取り組んだ。
- 率先してやる学生と、見ている側に回る学生が明確になってくる。
- 同じミスを何度もするが、こういう中で身につけていくと思う。
- 大学祭当日に2台の実車走行ができ、また特に3年生は前進、後退運転を可能にしたのは、立派であった。
- テーマの内容が、2年生では講義を受けていない技術が多く、よく理解されていない点があった。
- 夢創造ハウスの1F、2Fの使い方ルールを定めておくべきではないか。特に1Fは物置として使われており、実習の際にスペースがなく安全面で不安がある。1F付近がバイクに駐輪場になっており、2Fへの通路をふさいでいるので、駐輪禁止にすべきである。
- 関連性のあるテーマを複数用意し、1回目、2回目とステップアップできるようなテーマ設定が望ましい。
- テーマ実施中に“5S”等の安全面の教育もやっていく必要がある。
- 受講生が多すぎ、5名程度に絞りたい。
- 工具、部品類、消耗品の保管ロッカーが必要である。
- 今後に大きな可能性を持つ学生諸君の何かのきっかけの一助となれば幸いと、来年度もがんばって指導したい。
- より技術的内容が理解しやすい説明に努力したい。

#### 「テーマ研究」

- 本来の機械の目的を知るために民間の工場を見学し、現場の人たちに学生が質問し、それに関してものづくりの苦勞などを交えて回答してもらったり、種々の意見交換する機会を設けている。このような場を提供してくれた会社の社長はじめ社員の方々に大変感謝している。
- 報告会のプレゼンテーションの準備では、学生間のまとまりもよく、発表内容が大変、よかったと思う。
- 学内資格取得講座は、実際に今後、機械をしようしなければ忘れるので、機会があれば授業や卒業研究で機械を使ってもらいたい。
- 平成24年度からの新カリキュラムでは、必修になるときいているが、今度新しく導入する機械(三次元CAD/CAM)は是非使ってほしい。
- 報告会の指導をもっと強化すべきである。
- 報告会の発表の評価をおこなうべきである。
- 授業に集中できない学生がおり、それらの学生を容認してしまったこともあり、授業の質として反省点が多くある。ただ、そのような学生でも感性にすぐれた点があった。
- 遅刻、私語が多い学生がいた。製作以外、説明等の授業に興味、関心を示さない。
- 受講者は2名と少なかったが、とてもよい学生で授業に充実感があった。
- 昨年度の学生より積極性や理解力が低下したようだ。
- 学内担当者の方に毎回出席して、サポートしていただいた。特に、展示会の資料、報告会のパワーポイントの作成には多大なご協力をいただいた。厚く御礼申し上げる。
- 学生たちに自主的に調査し考えさせたいと思っているが、予備知識が乏しく、こちらが一方向的に解説するだけになっている。来年からは、内容を絞りたい。
- 社会人として最低限知っておくべき知識(経理関連)をできる限り多くの学生に教えることの必要性を痛感した。是非、来年度も続けたい。
- テーマをうまく選び、英語でヒアリングでき理解できることを試してみたい。
- 5時限という最終の時間帯に頭を使う授業を受講するのは、受講生にとって大変ではないか。
- 大学祭の発表準備、報告会の指導に時間を費やし、当初の予定の3分の1くらいで終わってしまった。講義コマ数を増やすことは可能か。

#### 「ボランティア活動」

- 小学校での実習期間が夏休み中となり、他のテーマに比較して時間数も多い。交通費の一部を補助できる仕組みにして欲しい。
- 受け入れ小学校では、教職課程でない学生に対して何をやってもらうか、戸惑いもある。
- 学生はその場での活動をこなすことが精一杯であり、そこに達成感を見出している。
- 平成24年度からの選択必修化に際しては、ボランティア活動の受講者の選出や評価方法に留意が必要である。
- 大学側でのボランティア関連の講座内容の毎年の積み上げがないので、毎年ボランティア活動に参加している学生にとって有用感、達成感を感じられるものにしたい。
- 学外での活動が主であったため大変な面があったが、現場の指導者の方が温かく見守ってご指導いただけただけなので、本人にとって貴重な体験をしたと思う。
- 活動を通じて、学生のコミュニケーション力がよく



なってきた。

- 受講生が一人のテーマであったため、他の方との協力という場面があまりなかった。
- 学生は当初は何となく参加したようだったが、受け入れ側の温かさ、熱意に動かされ、しだいに積極的になっていった。指導者としてはやりがいを感じた。
- 受け入れ側は学生の参加を喜んでおり単年度ではまもなく継続的な参加を望んでいる。この要望にいかにかたえていくか、工夫・努力が必要である。
- ボランティア活動それ自体に教育的意味があるが、理工科大としての特色を付加できないだろうか。今年度はホームページの作成を行ったが、他にもいろいろと考えられると思う。
- この種の試みはマスコミ等の関心も高く、継続・拡大することによって理工科大学の特色に育っていく可能性を感じる。

#### 【学生からの個別意見】

##### 「創造・発見」

- 先生と楽しく活動することができた。
- 活動時間の割には、単位数が1単位と少ない。(2件)
- 創作活動はよかったが、大会に参加できなかったのが残念である。
- 自分が受講したテーマの人数が3人であったが、5人くらいの方がよいのでは、と思う。
- 一つのテーマに2年間くらいかけてとりくめば、かなり充実してことができると思う。
- 創造・発見のテーマの中に、芸術関連の創作をいれてもよいのでは、と思う。
- 創造・発見は、自分の興味あるテーマを選択して受講する性格のものなので、もっと講義にないようなテーマを増やすべきで、そうすれば受講者数の増加に繋がると思います。
- 夢創造ハウスにイスが足りない。

##### 「テーマ研究」

- 与えられたテーマではなく、学生がテーマを決めて研究できるようにしてほしい。
- 活動時間に比べて単位数1単位は少ない。(2件)
- 学科を問わず、簡単な実験(高校でもやるような)をみんなでやる機会があると楽しいのではないか。
- 発表の準備が足りなかった。これは、自分自身の責任である。
- 履修態度のよくない学生がいる。GPA2.0以上の学生にしかテーマ研究を受講させない方がよいのではないか。
- 作業だけでなく、コマンドの説明をしてほしかった。
- 装置の組み立てだけで、学生の創意工夫する部分が

なかった。

- 先を読んで行動、決定することの重要性を学ぶことができた。
- 授業時間帯に他の授業が平行しており、受けられないのは、何とかしてほしい。
- なんのために「テーマ研究」があるのかわからない。大学の他の通常の講義も同じで何のためにやっているのかわからない。
- ひとつのテーマにもっとたくさんの学生が受講できるようにしてほしい。

##### 「ボランティア活動」

- 活動時間の割には単位数が1単位と少ない。(2件)
- 内容に大変興味があり受講したいと考えているのに、同じ時間に教職課程の講義があり受講できない学生が複数いた。授業時間割を考え直してほしい。
- 静岡県西部地域だけでなく、中部地域のボランティアもテーマとして開講して欲しい。

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、熱心な学生がいる半面、授業に集中できない、履修態度がよくない等の学生が昨年に比べるとやや目立つようである。現在は2年生の約3分の1の学生と3年生がわずかに受講しているが、平成24年度からの必修選択化にあたっては、受講生が約3倍増える。全学生を対象としたとき、どのようなテーマでどのような指導方法にするかは今後の重要な検討課題と言える。4~5人の少人数を対象により丁寧な教育をする方向に持っていかなければならないと考える。

また、「創造・発見」で主として使用している夢創造ハウスの使用方法についても安全面を含めて検討の時期に来ている。現在、同時時間帯に同じ場所でたくさんのテーマが同時進行する使い方であり、平成24年度からの必修選択化に際しては、当然スペースが足りない等の問題が生じることは明らかである。そのようなテーマでどのような形態で行うか、現在、必修選択化に際してのカリキュラムの詳細検討が始まったところである。

次に12月に行った報告会であるが、以前に比べると平均的には発表内容のレベルが向上していることは、かなり喜ばしいところではあるが、テーマによっては、プレゼンテーションの準備が不十分であったり、明らかに学生の理解度が不足しているものもあり、これらの点の改善の必要性を感じた。

また、指導者からは「やрмаいか科目」の教育効果を明らかにするための取り組みが必要との意見が出されている。冒頭に述べたように「やрмаいか教育」の目的は、社会人基礎力の育成にある関連で、来年度から本学が行う就業力育成支援事業GPの中のひとつの取り組み項目になっ

ている。来年度は指導者、学生がそれぞれに履修状況、履修態度、積極性、自主性、創意工夫、開拓精神、協調性、プレゼンテーション能力を履修前と履修後で評価してもらい、教育効果がどの程度あるか、検討することとしている。

また、学生から出た意見の中に、活動時間に比べて1単位は少ないとの指摘が多数、見受けられた。現在、どのテーマも1年間で15コマ程度は行っているものの、テーマによっては課外の時間を使いそれ以上の回数を行っているところも多々ある。また、ボランティア活動では実質かなりの時間の活動になる場合があり、この点は平成24年度からの選択必修化に際して、単位数と実活動時間の関連を見直すこととしている。

### 3.5 各分野の実施結果について

#### 3.5.1 創造・発見

今年度は、表2に示した合計9テーマを開講した。ただし、そのうち1テーマは受講希望者がいなかったため、不開講となった。今年度から新たに「自作回路で駆動するセニアカー」、「コンデンサーで走る電気スクーター」が加わった。以前からのテーマである「省エネカープロジェクト」や「フォーミュラカー」では、今年もそれぞれ「燃費競技大会」や「全日本学生フォーミュラ大会」に出場し、学生が活躍した。

#### 3.5.2 テーマ研究

今年度はテーマ研究として、表3の12のテーマを開講した。今年度から新たに「技術者のための経理・入門の入門」、「仕事でもプライベートでも役立つ心理学」、「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」が加わった。これらは昨年まではなかった分野のテーマであり、学生が就職活動をするまでに、あるいは社会に出てからも直接役立つことと関連しており、この時期に履修するにはうってつけのテーマといえる。学生にとっても単なる就職ガイダンスとは違い、新鮮な内容に感じられたとのことである。

#### 3.5.3 ボランティア活動

ボランティア活動は表3に示した7つのテーマを開講したが、このうち2テーマは受講希望者がいなかったため、不開講となった。今年度は「中学校・高等学校 部活動支援ボランティアに参加」と「自然環境保全に係る地域づくりに学ぶ」が新しいテーマとして加わった。「自然環境保全に係る地域づくりに学ぶ」は磐田市のひょうたん池での環境保全活動ボランティアで、地元の「ひょうたん池自然を考えよう会」の人たちと学生が協力して池の整備作業（藻取り、草刈り、座礁づくりなど）やイベント運営のサポートを行った。学生は最初は何気なく参加していたが、しだいに地元の人の熱意に動かされ積極的に活動したとのことで、地元からは学生の継続的な参加を望まれている。

## 4 今後の方向性

現在、やらまいか科目は「創造・発見」、「テーマ研究」、「ボランティア活動」の3科目である。このうち、「創造・発見」と「テーマ研究」の中の個別のテーマは、その性格上どちらに属するか判断しにくいものが多々ある。したがって、平成24年度からの新カリキュラムでは、これらをまとめて「創造・発見」とすることがすでに決定している。したがって、平成24年度からは、やらまいか科目は「創造・発見」、「ボランティア活動」の2科目となり、これらのうちどちらか一つを必ず履修するという、いわゆる選択必修化が始まる。また、開講時期は1年次後期となる。その実施にあたって、どのようなテーマでどのような形態でおこなうか、指導者の確保、テーマの内容の見直し、テーマの新設等、検討すべき課題が数多くある。現在、カリキュラム詳細の検討が始まっている。

## 5 結論

平成16年度から実施されている「やらまいか教育」も今年度末で7回目を終了した。これまでの実施結果から、「やらまいか教育」の目的に多少なりとも貢献しているといえ、学生の教育のプログラムの中で、この科目は必要不可欠といえる。ただ、学生も年々変わりつつあり、平成24年度からの選択必修化に際して、どのようにこの科目を展開していくかが、大きな課題となっている。

最後に本報告をまとめるにあたって、「やらまいか教育」の実施に教育指導員をはじめとする多数の学外の方々、また本学教職員に多大なるご支援、ご助言を賜ったことに感謝申し上げる次第である。

## 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 卷 (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 卷 (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 卷 (2010) pp.141-144.

## 協同学習スタイルによる必修英語科目の実践

## A Report on a Required English Class through the Collaborative Approach to Learning

亙理 陽一\*

Yoichi WATARI

**Abstract:** The purpose of this article is to describe an attempt to organize a required English class in a collaborative manner and evaluate it according to various types of outcomes. Each lesson was designed with a view to: 1) increasing the amount of time spent studying inside and outside the class, 2) getting the students to relearn the basic rules and principles of English grammar in a way suited to their communicative needs and abilities, and 3) arranging the entire process of the tasks and activities with everyone enthusiastically involved.

## 1. はじめに

亙理 (2009) および亙理 (2010) では、現行の I 類英語カリキュラムの妥当性を吟味し必要な改善の検討資料とすべく、静岡理工科大学の必修の英語科目を受講する 1・2 年生に、当該の授業に対する感想と今後の授業・学習に関する要望に関するアンケートを実施し、分析を行った<sup>1)</sup>。いずれも大勢としては語彙の不足を自覚し、授業での日本語による文法の説明を望んでいることが量的に示され、この結果をもとに英語教育小委員会において共通授業シラバスの部分的改訂を実施した。

本報告の目的は、「平成 22 年度ベストティーチャー」候補に選定された必修英語科目において、協同的な学習スタイルの下で全員の知識・技能を高めるために取り組んだ工夫を詳述し、評価を加えることである。学生から一定の評価を得た授業実践について省察を行い、知見を積み重ねるによって、次期カリキュラム以降の授業計画の立案にも一定の示唆を与え得るものとする。

## 2. 科目のねらいと授業計画

一年次対象の前期「英語 1」と後期「英語 2」はいずれも、「読む技能を伸ばし、語彙を増やすこと」(To improve your reading skills and increase your vocabulary) を基本的なねらい、つまり方向目標としている。さらに、各レベルに

対して、基礎的な知識・技能、あるいはいわゆる 4 技能について具体的な到達目標が掲げられており、「英語 2」の上位クラスについては以下の目標が示されている。

- ・読む：300 words の英文を 20 分以下で読める。
- ・書く：従属節を含む英文が書ける。
- ・聴く：文 3 つ程度の長さの英語が聞き取れる。
- ・話す：簡単な英語の対話が 1 分間続けられる。

使用した教科書は、*Reading Explorer 1* (HEINLE Cengage Learning) で、*National Geographic* の記事と写真・映像を基に作られている。全体は、12 の Units と 4 つの Reviews (語彙の確認問題、および世界遺産を紹介する記事) からなる。各 Unit は 2 つの Lessons からなり、各 Lesson は Before You Read (背景知識・単語の確認、活性化) / Reading Passage (本文) / Reading Comprehension (読解問題) / Vocabulary Practice (語彙問題) という形式で構成されている。また、各 Unit の最後には Explore More (関連映像と要約問題) が設けられている。

*Reading Explorer 1* は 2009 年度からの両科目の共通教科書である。授業計画は、いずれの学科・レベルにおいても、「英語 1」は Unit 1 から Unit 5 まで、「英語 2」では Review 2 から Unit 11 までを取り上げるよう組まれている。ただし、下位クラスが各 Unit の前半の Lesson のみを学ぶことになっているのに対して、上位クラスは両 Lessons を学ぶ

2011 年 3 月 4 日受理

\* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

ことになっている。

### 3. 授業構成・展開の工夫

上記の科目を担当するにあたって心がけたことは、「授業外の学習時間を増やす」、「コミュニケーションと結びつけた活動を取り入れながら、基礎を高い次元で学び直せるようにする」、「全員が参加できるようにする」の3点にまとめられる。

#### 3.1 学習時間を増加させること

目的の多様性や関わる要因の複雑さもあり、外国語を身につけるのに必要な接触ないしは学習時間について定説はない。一説には5000時間以上が必要とも言われるが、いずれにせよ現状として、大学入学以前の6年間に授業で英語を学ぶ時間は、現行の学習指導要領のもとでは550～950時間しかなく、2年間の必修英語科目は90時間をそれに上乗せすることとまる。

したがって、限られた時間でねらい・目標を達成するためにも、生涯にわたる外国語使用者という観点から、彼らを自律的学習者へと成長させるためにも、学習方法の幅と授業外の学習時間を増やすことが欠かせない。

本授業では次の3点を授業の軸とすることで学習サイクルを形成し、授業外の学習が授業時間の密度を濃いものとし、「授業に集中して臨むことが授業外の学習を助ける」ことを学生自身が自覚することをねらった。

- ・ Unit ごとの語彙小テスト
- ・ 和訳課題・教師役担当
- ・ 復習課題としての付属 CD-ROM 教材

以下、それぞれの具体的な取り組みについて詳述する。

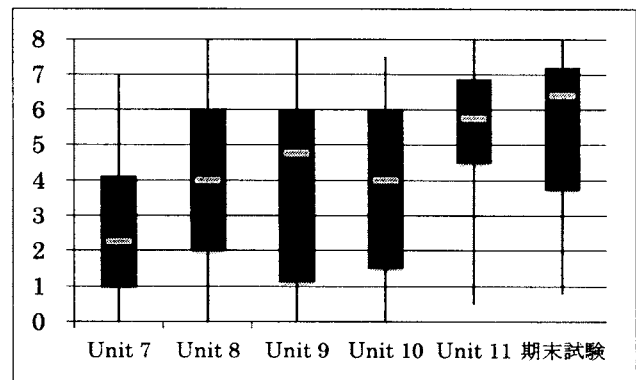
##### 3.1.1 Unit ごとの語彙小テスト

学習中の Unit の Vocabulary Practice セクションから抜粋または新たに作成した問題による語彙小テストを5回実施した。2週に一度、約20の語句から毎回8問が出題された。この得点が成績評価全体の20%を占める。また、期末の試験においても同じ範囲100の語句から25問(100点満点中30点)が出題された。

語彙小テストの結果を Fig.1 に示す(8点満点として表示)。最右列には期末試験の結果も換算して加えてある。

Unit ごとの語彙や問題の難易度のバラつきは当然ながらあったにせよ、Unit が進むにつれて分散が小さくなり、中央値(グラフ中の横線)が徐々に上昇し、期末試験において最も高い値を残したという結果は確認できる。語彙の定着に一定の効果があったと言ってよいだろう。

Fig.1 語彙小テストの得点分布 (n=33)



##### 3.1.2 和訳課題

Unit ごとに、Reading Comprehension セクションを詳しく扱う前の週に、Before You Read セクションで読み取るべき情報のある程度方向づけた上で、10分間を測って2つの Lessons の Reading Passages を速読してもらう。早い学生は8, 9分で2つの Reading Passages に目を通してしまいが、学生によっては当然ながら10分でも読み終わらない。しかし、この作業を重ねる内に、scanning (情報検索読み) や skimming (大意把握読み) といった読み方の習熟が促され、読み終わった時間の記録によって速く読めるようになってきたことが実感できる。

このプロセスの後、次回の授業の前までに指示範囲の和訳を提出することを課題とした。課されるのは語彙小テストと同様2週に一度で、例えば Lesson A は第一段落、Lesson B は各段落の一文目といったように読解のポイントとなる部分、各回150～200程度なので、それほど負担ではない(参考として各回の課題提出率を Fig.3 に示す)。半期に取り上げた5つの Units について、教師役担当(後述)の回を除き、4回の提出が求められた。この得点が成績評価全体の20%を占める。

課題提出は紙媒体ないしはメールで受け付け、それぞれにコメントを付して返却した。また、復習用に毎回、Fig.2 のようなポイントを解説したフィードバック・プリントを

作成し、授業の最後に配布した。さらにその中で、個人名を挙げずに「優秀和訳」を数点選出し、どこが優れていて、どこが誤っているのかコメントを加えた。選出されても成績には反映されないが、選ばれた者は自分の和訳の出来と授業に貢献したことを確認でき、選ばれなかった者も自分の和訳と比較することでポイントや誤りの確認が容易になる。

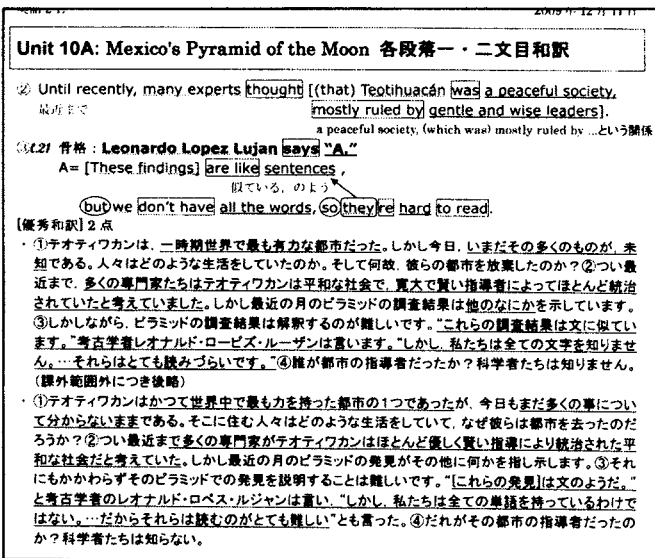
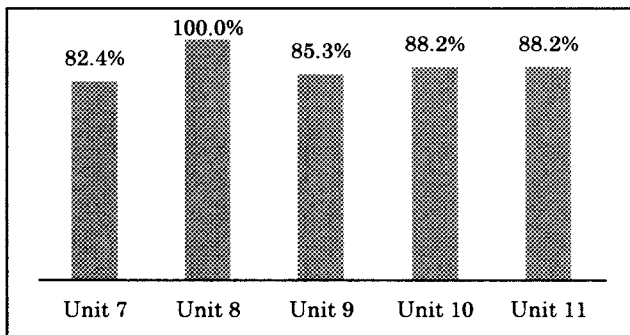


Fig. 2 和訳課題フィードバック・プリント

Fig. 3 和訳課題提出率 (n=33)



3.1.3 教師役担当

クラスを4人(ないしは5人)ずつのグループに分け、各グループに担当 Lesson を割り当てた。「教師役」というのは、担当の回に、グループのメンバーと協同で、Reading Comprehension セクションの出題・解説を務めることによる。その際、教科書と同じ四択形式の英問英答オリジナル問題を、メンバーそれぞれ1問ずつ作成することが要求され、いずれかの問題が授業の中で他のグループに対して出題された。事前の準備と当日のパフォーマンスが、成績評

価全体の15%を占める。

回を重ねて慣れるにつれ、学生たちは、他のグループを悩ませるような面白いオリジナル問題作成を意識するようになる。そのためには教科書の Reading Passage や Reading Comprehension セクションを読み込むことが欠かせず、事前の相談・英文添削を積極的に求めるようになる。結果としてそういう動機づけされた writing は、問題の形まで具体化されていれば言い表したいことは比較的明確で、こちらも添削を行いやすい。

授業中に出题する問題は、内容の重複や難易度を考慮して提出されたものの中から事前に選んだが、上述のフィードバック・プリントに、Fig.4 のように全員分の問題を、最初の提出された英文と添削結果、コメントを併記して掲載した。形として残すことでグループ全員が授業への参加・貢献を感じることができ、後に担当する者の参考にもなると考えた。

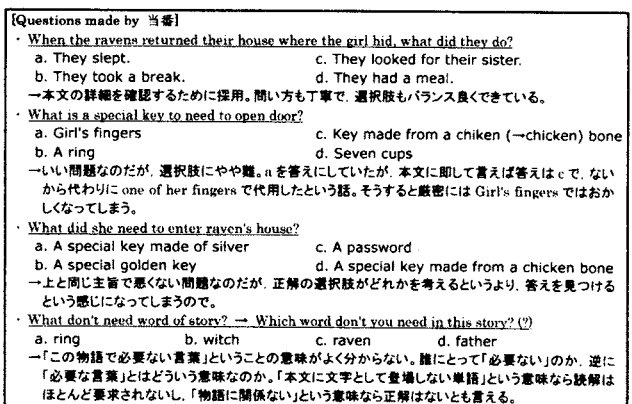


Fig. 4 オリジナル問題フィードバック・プリント

3.1.3 復習課題としての付属 CD-ROM 教材

Reading Explorer 1には、音声・映像や教科書本体とは別の語彙・読解問題を含む CD-ROM 教材が付属しており、自動採点と学習履歴(試行回数、正答・誤答数、解答時間等)の蓄積が可能となっている。そこで、期末試験対策を兼ね、成績評価全体の20%を占める復習課題としてこの付属教材を利用し、学期末までに学習履歴を提出するよう求めた。

3.2 基礎の高い次元での学び直し

上位クラスとは言え、学期の初め、クラスの大半は単語の発音もままならない状態にある。例えば声に出して読む

際, 'city'は発音できても, 'especially'になると覚束ない者が増え, 'ancient'になると多くが止まってしまう。一方で教科書には, 'ancient'にとどまらず'circling', 'medicine', 'exercise', 'electricity'と, 彼らが発音できずに止まってしまう単語が次々に登場する。

いずれも, 以下に示す'c/g'の発音に関する同じ規則に従っているのだが, 体系的理解を欠くために, 「何度も見聞きして知っている単語は読めるが, 知らない単語は読めない」という状態から脱することができずにいることが分かる。耳で聴く音と綴りととの対応関係が構築されておらず, 未知語習得の大きな足枷になっている。

・ Hard 'c/g': 'c'+ 'a, o, u' = /k/; 'g'+ 'a, o, u' = /g/

・ Soft 'c/g': 'c'+ 'e, i, y' = /s/; 'g'+ 'e, i, y' = /dʒ/

ただ, こういったルールを暗記しただけで区別して発音できるようになるとは考えにくく, 中学生にするような説明を繰り返すだけではやる気を損なうだけであろう。そこで本授業では, 各 Unit に入る前に時間を割き, Fig.5 のような簡単な作業を課すプリントでのペア/グループ・ワークを通じて法則性について議論・発見させる, というやり方を採用した。直接的な解答としてルールを引き出すというよりは, メタ的に考えることを促し, 気付いた点を共有するのが目的である。その後, Fig.6 のような phonics 教材を用いてルールに習熟させ, Fig.7 のような聴解・会話, 推論による深い読解と結びつけた活動の中でルールを適用させた<sup>3)</sup>。

この理解・習熟・応用のサイクルを通じて, 半期を通じて, 「英語らしい発音/リズムの原則の学習」から「発音とつづりの関係の学習」を経て, 「脱落(elision)・同化(assimilation)・連結(linking)<sup>4)</sup>のパターンの学習」まで至るカリキュラムを教科書を通じた学習の前後に組み込んだ。

### 3.3 全員の参加の下での授業展開

当該クラスの 34 人という履修者数 (1 名は欠席超過により不可) は, 例年や他学科クラスの平均と比べれば多いとは言えないが, 外国語を学ぶクラス・サイズとしては依然として大きく, 個々人に割ける時間は決して多くない。また, 学科全体を 2 クラスに分けたクラス編成であるから, 英語に関する知識・技能のバラつきが大きく, 初期状態として, どこかに焦点を合わせると, 退屈さ・「置いてきぼ

#### 【作業&問題 2】

① 2 人組で作業してください。上から順番に, 自分のプリントに書かれている単語を, 相手に聞こえるように声に出して読んでください。

ア) cake(ケーキ), computer(コンピュータ),  
customize(カスタマイズする), scanner(スキャナー),  
locomotion(移動力), document(文書)

#### 【作業&問題 2】

① 2 人組で作業してください。上から順番に, 自分のプリントに書かれている単語を, 相手に聞こえるように声に出して読んでください。

ア) \_\_\_\_\_ (ケーキ), \_\_\_\_\_ (コンピュータ),  
\_\_\_\_\_ (カスタマイズする), \_\_\_\_\_ (スキャナー),  
\_\_\_\_\_ (移動力), \_\_\_\_\_ (文書)

イ) game(ゲーム), goal(目標), gun(銃), organize(整理・組織する), hexagon(六角形), tongue(舌)

ウ) \_\_\_\_\_ (映画館), \_\_\_\_\_ (中心), \_\_\_\_\_ (サイクリング),  
\_\_\_\_\_ (能力), \_\_\_\_\_ (コース, 源), \_\_\_\_\_ (政策, 方針)

エ) gesture(身ぶり), giant(巨大な), gym(体育館), college  
((単科)大学), Luigi((レイジー)マリオの敵), energy(エネルギー)

② 空欄の部分について, 日本語の意味が当てはまる場所に相手が発音した単語を記入してください。

③ ア)~エ)の単語の発音には, ある【秘密】があります。それはどういうものだと思いますか, ペアで話し合って, 秘密を見つけてください。  
ヒント: ア)とウ), イ)とエ)の単語にはどういった違いがありますか。

#### ・【秘密 4】

Fig. 5 発音と綴りの法則を考えるための作業プリント例



Fig. 6 ルールに習熟するための Phonics 教材例

Read the conversation and answer the questions.

A: When did this happen?  
B: \_\_\_\_\_

A: Can you move it at all?  
B: \_\_\_\_\_

A: Can you walk on it?  
B: \_\_\_\_\_

A: I think we'll have to take an X-ray.  
B: \_\_\_\_\_

A: I'm afraid not.

1. Where are these people?  
\_\_\_\_\_

2. Who are they?  
A is \_\_\_\_\_  
B is \_\_\_\_\_

3. What are they talking about?

Read the conversation and answer the questions.

A: \_\_\_\_\_  
B: Yesterday, I was playing soccer and I fell down.  
A: \_\_\_\_\_  
B: Only a little.  
A: \_\_\_\_\_  
B: No. It hurts too much.  
A: \_\_\_\_\_  
B: Will I be able to play in the game tomorrow?  
A: \_\_\_\_\_

1. Where are these people?  
\_\_\_\_\_

2. Who are they?  
A is \_\_\_\_\_  
B is \_\_\_\_\_

3. What are they talking about?

Fig. 7 推論を求める対話課題の教材例 (ただし Fig.5 の作業を通じて学ぶ発音規則に対応したものではない)

り」を生むという問題を抱えている。

他の授業においても各教員がそれぞれに対策を講じていることではあるが、この状況に対して本授業が試みた対策の一つは、これまで述べてきた 10 分間での速読・和訳課題・語彙小テストなどを通じて、段階的に共通土台を準備することである。それぞれの作業・活動は切り離されて存在するのではなく、それぞれに取り組んでいる際の学生の自覚の程度はともかく、後に進むに従って自然に足場が用意されているという状態を理想として授業を構想・展開した。

本授業で試みた対策のもう一つは、協同的な学習スタイルを積極的に活用することである。上述の基礎の学び直しのための活動もそうだが、特に、教師役のグループを中心に Reading Comprehension セクションの問題に取り組む 5 回のグループ対抗戦がこれに該当する。

具体的には、教師役のグループ以外には Reading Comprehension セクションの予習を求めず、和訳課題と Reading Passage を再読して得た情報を手掛かりに、一人ひとりが 5 分程度の間の問題の予想を立てる。次に、問題ごとにグループ内で予想を出し合わせ、話し合いを経て、一斉にグループとしての解答を発表する。教師役のグルー

プは交代でその進行役を務め、自分たちの予想の理由を述べ、正解発表後に本文・問題の解説を行う。ただし彼らも正解は知らないで、予想が間違っていることもある。Fig.6 に囲みで示されるように、先生役が間違えると他のグループにボーナス・ポイントが入ってしまう。したがって、教師役のグループには入念な準備が求められる。一方、オリジナル問題 (Fig.8 では 6 問目と 12 問目) で彼らが間違えることはないで、他のグループを悩ませるような問題を作ることができればポイントで差をつけることができる。

	1	2	2'	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
グループ A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
グループ B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
グループ C	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
グループ D	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
グループ E	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
グループ F	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
グループ G	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
グループ H	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fig. 8 グループ対抗戦の得点集計例



こういった授業展開はゲーム的で、当該科目の内容を学習する上で欠くべからざる要素とまでは言えないが、少なくとも退屈さや「置いてきぼり」を生むことはなく、全員に「出番」を用意することができる。亙理（2010）でも述べたように、全体に向けて解説をしたり、各自の予想について説得を試みる機会を用意することで、授業に対する貢献の意識が高まり、担当範囲を十分に予習しておこうと思うと同時に、グループ内の話し合いが活性化され、他のグループのパフォーマンスにも敬意を持って接するようになることが期待できると考えている<sup>2)</sup>。実際、授業評価アンケートの自由記述欄には、「当番のシステムはいままでにはなくとてもよかった」、「独特の授業のやり方で楽しく学ぶことができた」、「今までの英語の授業の中で一番おもしろかった」といった記述が寄せられており、学生が本授業のような学習スタイルを肯定的に受け止めていることが窺える。

もちろん、全員が参加したからと言って、全員が到達目標に至ったとは言い難い。Fig.9 にプレイメント・テストの結果（100点満点に換算して表示）と、期末試験の得点、それに全てを総合した評定点の分布を示した。これを見る限り、期末試験の中央値は50を下回る一方で、評定点で50を下回ったものはいない。ある意味でこれまで述べてきた本授業の多面的な評価（Fig.10）に救われているとも言えるし、静的なテストで測りきれないところで優れたパフォーマンスを見せたとも言い得る。方向目標および動機づけについては概ね納得の行く結果を残したと言えるが、全員を到達目標へ導く内容・方法についての更なる考察は今後の課題としたい。

Fig.9 プレイメント・テスト得点と、試験・評定結果 (n=33)

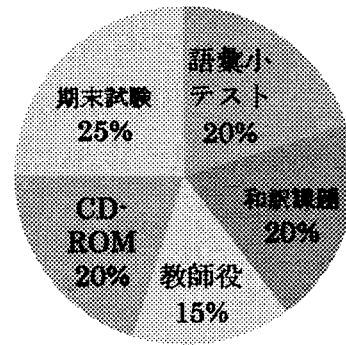
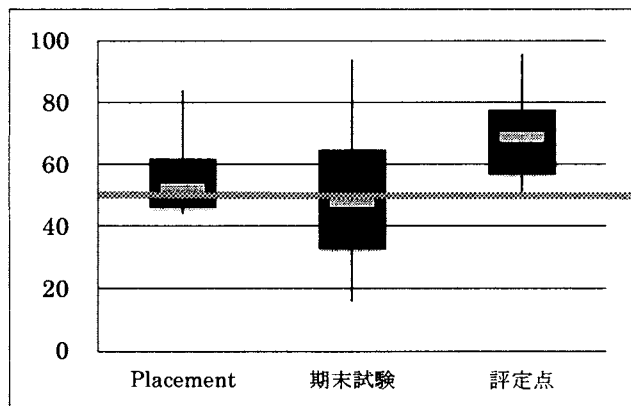


Fig.10 成績評価項目と構成割合

註および参考文献

- 1) 亙理陽一（2009）「学生要望調査結果に基づく英語カリキュラムの現状と課題についての一考察」『静岡理工科大学紀要』 Vol. 17: 185-92.
- 2) 亙理陽一（2010）「学生要望調査の比較に基づく英語カリキュラムの改善効果と課題」『静岡理工科大学紀要』 Vol. 18: 171-177.
- 3) 作成した教材は、Mikulecky, B. S. & Jeffries, L. (2005). *Reading Power (3rd ed.)*. White Plains: Pearson Education. および松香洋子・宮清子（2001）『Active Phonics』松香フォニックス研究所に基づく。
- 4) 隣接する音の影響により発音が変化する、その仕方を指す。例えば「連結」について言えば、“He’s got a lot of money.”という文は、通常で話される場合、「ヒーズ ゴット ア ロット オブ マネー」ではなく「ヒズ ガタラタ マネ」と聞こえる。本授業では、静哲人（2009）『絶対発音力』ジャパンタイムズなどを参考に、英語に特有の脱落・同化・連結のパターンの内、主要なものを扱った。