

有明工業高等専門学校紀要

第 39 号

平成 15 年 1 月

Research Reports
of the
Ariake National College of Technology
No. 39
January 2003

Published by Ariake National College of Technology

Omuta, Japan

目 次

一般教育科情報化対応電子計算機システムの導入	河 村 豊 實 村 岡 良 紀	1
実態調査による学生の動向	瀬 戸 洋 三 戸 健 司	5
A Study on Some Domain in a Complex Banach Space	本 田 竜 広	15
3次元拡張ANNNTモデルのモンテカルロシミュレーション	笠 間 敏 博 島 本 知 茂 村 岡 良 紀 岡 田 邦 英 井 戸 垣 俊 弘	21
アルキルフェノール化合物のキンギョ (<i>Carassius Auratus</i>) に対する 女性ホルモン様作用	山 口 明 美 富 永 伸 明	27
廣旗八幡宮(北九州市八幡西区)社殿の建築について	松 岡 高 弘	31
プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展(3)	原 田 克 身 三 井 宜 之 畠 香 織	45
次世代省エネルギー基準に基づいた住宅の評価と温熱環境に関する調査	山 下 俊 雄 田 中 二 雄	53
機械工学科における「ものづくり」教育の充実を図るための 改修(ハード)とカリキュラム(ソフト)	松 川 真 也 明 石 刚 二 猿 渡 真 一 高 橋 将 德 坪 根 弘 明 上 原 弘 多 田 謙 秀 坂 口 誠 木 下 正 作 河 村 英 司	63
授産施設における車両用配線保護チューブ定寸切断治具の開発 —大牟田ワークショップセンターへの技術支援—	木 下 正 作 梶 原 遼 宏 川 寄 義 則	69
教育用伝熱実験システムの開発	吉 田 正 道 久 保 山 正 朗	77

誘電体内の空間電荷計測における密度検定法	内 海 通 弘 加 藤 聰	83
PI 電流制御を用いたアクティブフィルタでの補償電流検出フィルタ	泉 勝 弘	87
校内 LAN システムの増強に関する検討	松 野 良 信 山 下 巍 堀 田 孝 之 福 田 浩 人	93
知識を用いた高次元システムの低次元化と階層化制御	濱 田 伸 生	99
熱拡散法による CMOS デバイスの試作 (2) — p 型ウェルの形成について —	中 村 俊三郎 塚 本 直 樹 浅 野 稔 正	105
M 系列擬似ランダム変調 CW レーザレーダの特性解析	内 海 通 弘	111
有明高専生の英語能力の発達に関する縦断的研究 (1) — 1 年次と 2 年次の比較を中心に —	安 部 規 子	117
On Phrasal Verbs in Defoe's Non-Fictional Writings: A Preliminary Sketch	… 村 田 和 穂	125
菅原道真研究 —『菅家後集』全注釈 (六)	焼 山 廣 志	144

一般教育科情報化対応電子計算機システムの導入

河村 豊実・村岡 良紀

〈平成14年9月27日受理〉

An Introduction of Computer System for Information-oriented Education
in Department of General Education

KAWAMURA Toyomi and MURAOKA Yoshinori

In Department of General Education we introduce Computer System for information-oriented classes of basic information processing course and various subjects.

The Computer System makes Distributed Computing Environment of two server computers and 48 terminal devices which are Windows-based Terminal (WBT). It needs twice cost to administrate two servers, then we newly introduce server machine and have Primary Domain Controller (PDC) installed for unifying system management.

1. はじめに

本校一般教育科では、情報基礎教育におけるコンピュータリテラシ教育の充実および各教科における授業内容の情報化に対応することを目的に、電子計算機システムの導入を行った。

情報化対応システムは、サーバコンピュータとクライアント端末をネットワークに接続した分散処理システムである。負荷分散のために2台のホストコンピュータを設置しているが、管理に二重の手間が掛かる。そこで、新たにサーバマシンを導入しドメインコントローラを構築してシステム管理の一元化を図った。

本稿では、システムを構成するハードウェアおよびソフトウェアの特徴と、管理・運用の現状と問題点について述べる。

本研究の一部は、平成12・13年度本校校長教員経費に依っている。

2. システム構成

情報化対応システムの要件は以下の通りである。

- ・1クラス全員が同時にログオン可能であること。
- ・情報処理センタと利用環境が同じであること。
- ・管理・運用が簡素化されていること。

システムは Microsoft Windows NT Server, Terminal Server EditionTM と Windows ベースのターミナルからなるクライアントサーバシステムである。

情報化対応システムの構成を図1に示す。

(1) ハードウェア

サーバ1台とクライアント24台をツイストペアケーブルで接続して1グループとし、一般教育南棟の情報化対応スペース（以下、対応スペース）の1、2階にそれぞれ配置している。

各階のシステムを併合し、校内 LAN の一つのドメインを構成している。

サーバコンピュータの仕様を以下に示す。

FUJITSU GRANPOWER5000 モデル280	
CPU	Pentium III 500MHz ×2
メモリ	1 GB
ハードディスク	容量 9.1GB (SCSI)
CD-ROM	24倍速
インターフェース	LAN(100BASE-TX/10BASE-T)
CRT ディスプレイ	15インチ カラーモニタ

サーバコンピュータ本体は、CPUを2個備えたマルチプロセッサシステムで、メモリは最大容量の1GBに増設して処理能力を強化している。2台のサーバは一般教育科教官会議室に設置している。図中、コンピュータ名 warner と mcnair で表す。

クライアント端末の仕様を以下に示す。

WYSE Winternet	
CPU	Cyrix Media GXm 200MHz
メモリ	32 MB
インターフェース	LAN(100BASE-TX/10BASE-T)
CRT ディスプレイ	15インチ カラーモニタ

クライアント本体は、Windows CE をベースにした Windows-based Terminal (以下、WBT) である。ハードディスク (HDD)、フロッピーディスク (FDD) および CD-ROM 装置は搭載していない。図中、コンピュータ名 rams01～rams 24 と titans01～titans 24 で表す。

(2) ソフトウェア

インストール済みのソフトウェアと名称は、以下の通りである。

ソフトウェア	名称
OS	Windows NT Server 4.0 Terminal Server Edition
テキストエディタ	メモ帳
描画ソフト	ペイント
ワープロ	Microsoft Word
表計算	Microsoft Excel
プレゼンテーション	Photo Draw
Web ブラウザ	Netscape Navigator
メールソフト	Winbiff
タイプ練習ソフト	ひでばんキータッチ

Terminal Server Edition (以下、サーバ) は、その上で実行される Windows アプリケーションへのアクセスを複数のクライアントから同時に受付けるマルチセッション環境を提供する。

アプリケーションは、サーバへ設置することにより、サーバで実行して複数のクライアントから利用することが可能になる。ユーザの利用環境を情報処理センタと同じにするために同一の種類にしている。

サーバは、接続している個々のクライアント用のコンピュータ資源を確保・管理し、ログオンしているユーザーにそれぞれ独自のホームディレクトリやユーザプロファイルなどのユーザ環境を提供する。ユーザプロファイルとホームディレクトリは、サーバのディスクに格納している。

WBT は、サーバの Windows デスクトップおよび実行中のアプリケーションの画面を通して入出力の操作を行うためのクライアントである。

アプリケーションの実行処理はすべてサーバ上で行うため、WBT は HDD、FDD などの補助記憶装置を必要としない。

3. 管理・運用

(1) ユーザの設定

サーバのマルチセッション環境でアプリケーションを利用するためには、ユーザアカウントを登録する必要がある。

ユーザは、アカウントのユーザ情報に従った利用環境でサーバにログオンし使用することができる。

ユーザ名は、情報処理センタで使用している名前と同じ形式である。

xyyznn

であり、各文字の意味と記号を以下に示す。

x	学科記号	m, e, i, c, a
yy	入学期	2桁の数字
z	学科番号	1, 2, 3, 4, 5
nn	出席番号	2桁の数字

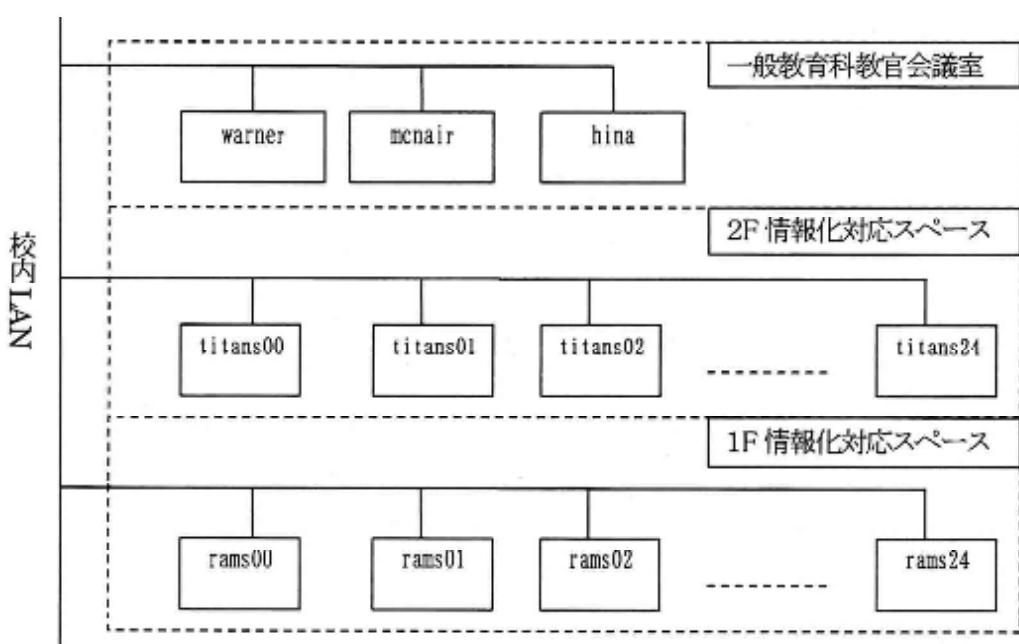


図1 情報化対応電子計算機システム

パスワードは、最初のログオン時にユーザが設定しなければならない。

登録対象は、1・2年の学生全員と一般教育科教官としている。学生の半数は毎年更新する必要がある。

(2) アプリケーションの設置

サーバをマルチセッションで使用するには、各セッションがサーバや他のセッションの動作を妨げることなくアプリケーションを実行できるようにアプリケーションを設置しなければならない。例えば、ユーザがアプリケーションを実行中に作成または設定するファイルやフォルダが、他のユーザの実行時に影響を与えないように調整しておく必要がある。

(3) システムの運用

システムの利用時間は、昼休みと放課後の午後5時までである。利用時間帯の部屋の開閉と情報機器の整備は、一般教育科の教官が交代で行っている。

授業での利用には予約制を取っている。対応スペースはWBTを24台設置した1、2階に分割した演習室である。そのため、1クラス40人一齊の演習は難しく、利用上の制約を受けている。

サーバ本体を対応スペースとは別室に置き、クライアント端末は周辺装置を持たないWBTを設置することにより、コンピュータのセキュリティ対策としている。WBTへの操作プロトコルが不完全であるため、頻繁な保守が必要になっている。

サーバ管理ツールを使うことにより、ユーザ、セッションおよびプロセスの管理・監視ができる。サーバのセッションにログオンしているユーザ名、ログオンした時間およびセッションの状態などを監視し、また、セッションからのユーザのログオフ、プロセスの終了の操作などにより、ユーザの管理を行うことが出来る。

これらの管理情報のログを取り、それらの統計情報を作成し、管理に生かしていく体制が必要がある。

4. 拡張

(1) 入出力パソコン

本システムでは、運用の簡易化のため、入出力用の周辺装置はまったく設置していない。そこで、利用者がフロッピーディスクからはデータ入出力が出来るよう、入出力専用パソコンを各階に1台ずつ配置し共用できるようにした。図中、コンピュータ名rams00とtitans00を表す。

(2) ドメインコントローラ

ユーザは、学生だけで400人を超えており、システム利用のためには、ユーザを2台のサーバへ別々に登録する必要がある。また、ユーザ登録と同時にホームディレクトリとユーザプロファイルなどのユーザ情報

がそれぞれのサーバに作成される。このため、二度のユーザ登録作業とそれぞれのサーバにユーザ情報用のディスク領域が必要である。

Samba¹⁾は、UNIX系OS上でWindows NT Server互換のファイル共有、プリンタ共有サービスを提供し、さらに、認証機能などを持っている。

本研究で、UNIX系OSのFreeBSDを搭載したUNIXマシンを導入し、これにSambaをインストールして、サーバ2台をメンバサーバとするドメインのPrimary Domain Controller (PDC: ドメインコントローラ)を構築した。図中、コンピュータ名hinaを表す。

ユーザ登録は、ドメインユーザアカウントを作成することで行う。これにより、ユーザはPDCのユーザ認証を受けて、ドメインの2台のどちらのサーバへもログオンすることが出来る。

また、ファイル共有機能によりユーザプロファイルとホームディレクトリの格納先をUNIXのホームディレクトリに設定して、UNIXマシンの増設したハードディスク(容量18GB)に割り当てている。

5. おわりに

情報化対応スペースに電子計算機システムおよび、UNIX(FreeBSD)マシンを導入し、Sambaによりドメインコントローラを構築し、ユーザ認証とファイル共有機能によりシステムの一元管理を行えるようにした。

当初、情報処理センタ教育用システムのドメインへ参加し連携利用を行う計画があつたが、ライセンスなどの問題があり断念していた。

システムの有効利用のために、学生へ利用法および利用マナーの指導が必要である。また、利用教官へは、システムの利用法だけでなく管理・監視法についての講習が必要である。

ネットワーク環境を活用するためには、Webの検索だけでなく発信も経験できるようにすべきであり、Webサーバを設置する必要がある。電子メールは、情報処理センタのメールサーバに接続して利用できる。

学内外のネットワーク環境を活用することにより、今後の情報化社会に十分対応し得る教育の実現および一般教育の新しい教育法の展開を可能とする教育用電子計算機システムを目指している。

参考文献

- [1] マイクロソフト: Windows NT Server Terminal Server Edition 4.0 管理者ガイド, 1998年
- [2] <http://www.jp.samba.org/samba/docs/>

実態調査による学生の動向

瀬戸 洋・三戸 健司

〈平成14年9月12日受理〉

Trends of the Students on the Basis of the Investigations of the Actual Conditions

SETO Hiroshi and MITO Kenji

In this paper we have inquired into trends of our students based on the investigations which have been made on the 1st-to-3rd-year students. We have taken up 25 items out of 70-to-90 items of the investigations, shown some data and made some comments. The data is from the 1st year of the Heisei period downward, when the Department of Electronics and Information Engineering was newly organized and the present system of the five departments was established. The data is the average of the 1st-to-3rd-year students.

1. はじめに

本校では以前から1・2・3年生を対象に実態調査を行なってきた。本稿ではその実態調査とともに本校学生の動向を探ってみた。調査は毎年、70~90以上の項目についてアンケートをとってきたが、ここでは、その中から25の項目を拾い出し、おのおのデータを提示して、簡単なコメントを付した。データは平成になってからのものにした。区切りが良いのがひとつ、もうひとつは、電子情報工学科が新設され、現在の5学科の体制が整ったのも平成1年度からなので、基になったデータはクラス別、学年別、学科別のデータも出しているが、ここでは1学年から3学年までの平均を挙げた。ただ、必要に応じて学科別等のデータも援用した。小数点以下は四捨五入している。元号は特別に断らないかぎり平成である。

2. 本校に入学したことについて、現在どのように考えていますか

- 1 満足している
- 2 おおむね満足している
- 3 やや不満である
- 4 不満である

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	22	27	24	24	33	31	28	24	23	25	25	25	25	25
2	49	50	47	48	43	46	48	47	49	39	37	38	39	46
3	20	17	20	20	18	16	19	21	20	24	24	25	25	20
4	8	6	10	9	7	7	5	7	8	12	13	14	10	9

「不満」は10%のラインの上下を推移し、「やや不満」は20%のラインの上下を推移している。ということは、入学生的3割は何らかの不満を持ち、残り7割はだいたい満足していることになる。文部省が10年度に全国の50高校を対象に調べたところによると、「満足」8%、「まあ満足」47%、「やや不満」33%、「不満」12%であった。これと比べると、「おおむね満足」の数値はほとんど変わらないものの、「満足」は常に20%以上を堅持していて、高校より満足している学生が10ポイントも多いということになる。入学生的なかに兄弟姉妹の姿をかなり日にするが、これは「満足」している学生が多いことを裏付けているように思われる。

3. 自宅学習の時間は1日どのくらいですか

- | | |
|-----------|-----------|
| 1 ほとんどしない | 2 1時間以内 |
| 3 1時間~2時間 | 4 2時間~3時間 |
| 5 3時間以上 | |

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	37	37	40	36	36	41	32	29	34	34	37	36	31	30
2	28	29	25	29	29	25	30	27	33	27	28	31	33	32
3	29	30	31	29	29	29	31	32	27	27	28	27	31	31
4	5	3	4	4	4	4	6	9	5	9	5	3	4	5
5	0	0	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1

2時間以上自宅学習する学生は14年間を通して10%以下である。「1~2時間」勉強する学生の動きはきわめて少ない、最低27%，最高32%の間を推移している。つまり、常に1時間から2時間勉強する学生が3割はいることになる。問題は「ほとんどしない」と回

答した学生である。それの14年間の平均が35%である。13年度の「授業評価」と対応してみよう。「予習や復習をどの程度行いましたか」という設問に対し、「行なわなかつた」と回答した学生が35%である。びたり数が一致する。「あまり予習・復習を行なわなかつた」と回答した学生は38%。13年度、「自宅学習1時間以内」と回答した33%とほぼ重なる。ちなみに、「授業評価」の平均は全学生の平均であって、1~3年生の平均ではない。参考までに、茨城県が11年度、110の県立高校を対象に実施した調査を挙げてみる。「家庭学習をしますか」というアンケートに対して、「毎日する」と回答した生徒が12%、「ときどきする」18%、「試験前はする」48%、「ほとんどしない」22%である。設問も選択肢も異なるので、比較は難しいが、自宅学習をしない学生の数は本校も高校もあまり変わらないような気がする。

4. なぜ自宅学習をしないのですか

- 1 勉強もわからず、何をしたらよいかわからないから
- 2 やる気がしないから
- 3 疲れてできないから
- 4 時間がないから
- 5 家庭の事情でできないから
- 6 その他

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	5	5	4	7	3	5	7	6	4	5	6	9	11	12
2	65	62	60	64	66	59	57	57	62	52	56	46	41	38
3	17	21	20	16	19	23	25	21	21	30	21	27	27	31
4	7	6	7	8	8	10	8	11	7	9	9	12	14	12
5	2	3	3	2	0	2	0	2	3	0	1	1	2	1
6	6	4	6	4	3	2	3	4	3	4	7	5	5	5

「家庭の事情」は14年間を通して数パーセントに過ぎず、「勉強がわからない」と「時間がない」もほとんどが10%以下、超えてわずかである。残りの約8割を占めるのが、「やる気がしない」と「疲れて」である。なかでも「やる気がしない」はここ3年間を除く11年間で5割を超えており、多いときは66%もある。しかし、この傾向にも変動が生じて、12年度からは5割を割り、14年度は38%になっている。いちばん多いときより28ポイントも低い。それに対して、「疲れて」が高くなっている。9年度以前と比較すると、10ポイント以上の差がある。なぜ最近の学生は疲れを感じているのだろう。データからひとつ言えることは、わずかではあるが、以前より睡眠時間が少ないとある。就寝時間に関する実態調査によると、ここ5年間、12

時以降に寝る学生が平均して60%いるのに、それ以前の9年間の平均は58%である。睡眠不足から来る疲労なのか、それともパソコンゲームやインターネットなどによる疲労なのか、あるいは以前の学生よりストレスに敏感になったせいか、理由は定かでないが、今の学生が以前の学生より疲れを感じているようである。

5. 実際に勉強しているかどうかは別にして、学習意欲はありますか

- 1 大いにある
- 2 まあまあある
- 3 あまりない
- 4 ほとんどない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	21	19	23	21	21	23	23	22	24	23	24	23	25	23
2	53	53	47	47	48	50	54	50	51	49	52	52	53	55
3	19	19	20	23	22	18	18	21	18	21	16	17	15	16
4	7	8	10	9	10	9	5	7	7	8	6	8	7	6

「大いにある」は19%から25%の間で推移し、「まあまあある」が47%から55%の間で推移して、変動の幅は少ないと言ってよい。当然、「あまりない」も「ほとんどない」も小幅で推移している。ということは、大雑把に言えば、7割以上の学生は常にやる気があり、2割以上の学生はあまりやる気がないということが言える。

学年別に見ると、1年生は「まあまあある」以上が8割を超える。上記設問4と照らし合わせると、やる気はあるが、実際は勉強していないというのが現状のようだ。国立教育政策研究所の13年度の調査によると、小、中、高校と学校段階があがるに従って学習意欲は低下するということである。それによると、高校生の勉強の実態は「一生懸命やっている」6%、「まあまあやっている」36%、「やる気がなく、やっていない」14%、「やろうとういう気持ちはあるが、やっていない」44%である。ちなみに、1日の勉強時間は「全然しない」が高校生28%、中学生20%、小学生5%である。昇級するほど学習意欲が減少し、勉強しなくなる実態を数字が明白に示している。これは逆が本来ではないだろうか。

6. 勉強がわからないとき、どうしますか

- 1 先生に尋ねる
- 2 友だちに尋ねる
- 3 先輩に尋ねる
- 4 教科書や参考書を見て自分で考える
- 5 そのままにしてしまう

6 その他

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	4	5	4	5	3	5	9	10	8	9	6	13	17	18
2	56	54	53	59	62	61	56	57	60	55	52	42	41	40
3	3	2	3	1	4	2	2	2	3	2	2	5	5	6
4	26	27	23	20	20	19	23	20	22	24	29	30	30	28
5	10	11	13	11	9	10	8	8	6	6	8	7	6	6
6	1	2	3	2	2	1	2	2	2	3	3	2	11	2

14年間を通してみると、「先輩に尋ねる」は数パーセント、「そのままにしておく」は10%前後、断然1位が「友だちに尋ねる」で2位が「自分で考える」、そして「先生に尋ねる」が一桁から10%台で推移している。その1位の「友だちに尋ねる」にこの数年変化が生じている。多いときは62%あった数値が、この3年間は40%までになった、その差22ポイントである。その約20ポイントを埋める形で、「先輩に尋ねる」が5ポイント、「自分で考える」が5ポイント、「先生に尋ねる」が10ポイント増えている。「先生に尋ねる」は低いときは3%しかなかったのに、14年度は18%まで伸びている。15ポイントの増加である。なぜこのような現象が生じているのかはっきりは分からぬ。あえて言えば、オフィスタイルを制度化し、補習も増やしたこと、学生が先生を以前より身近に感じるようになったのかもしれない。もしそうであれば、学校側の努力が実ったことになる。別な側面として、最近の若者はうまく人間関係が築けない、とよく言われるが、それとの関連も考えられる。もし、友だちはいるが、隔離なく質問するにはちょっとためらいがあるので、先生や先輩に尋ねるというのであれば、手放しでは喜べないような気がする。

7. 中学生のとき、学習塾へ行っていましたか

- 1 全く行かなかった
- 2 1年生ときから行った
- 3 2年生のときから行った
- 4 3年生ときから行った
- 5 その他

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	28	24	23	23	24	24	22	21	23	22	30	25	22	22
2	33	35	35	36	34	36	42	36	35	38	27	31	31	30
3	12	14	13	13	10	11	10	13	14	8	10	8	13	14
4	16	15	15	15	17	15	14	18	19	19	19	25	20	23
5	11	12	13	11	14	13	13	12	10	14	14	12	14	13

これに関しては、全ての選択肢に対して、数値にはほとんど変化がない。「全く行かなかった」は21%から

30%の間で、「1年生のときから」は30%から42%の間で、「2年生のときから」は8%から14%の間で、そして「3年生のときから」は14%から25%の間で推移している。その差がいちばん多い選択肢で12ポイントである。12ポイントが多いと見るか少ないと見るか議論の余地はあるが、14年間というスパンの中でその増減を見たとき、その動静に特別な傾向を見出すことはできない。あえて言えば、「3年生から」という学生が平成の前半より、後半に増えているということくらいであろうか。大雑把に言えば、1年生から塾通いしている学生が3割から4割、2年生からが1割前後、3年生からが2割前後、「その他」はおそらく小学生から塾に行っていることを意味していると思われる。小学生から塾通いしている学生が1割強、そして2割から3割は全く行っていないと言えるだろう。高専に入学している学生の7割以上は塾に行ったことがある学生ということになる。そして、それは14年間ほとんど変わっていない。

8. 先生や学校に何を望みますか

- 1 学生一人一人をもっと理解してほしい
- 2 えこひいきしないでほしい
- 3 やさしく話し合ってほしい
- 4 きびしく教育してほしい
- 5 学生にわかりやすい授業をしてほしい
- 6 その他

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	28	23	25	27	21	21	25	24	35	41	18	18	22	22
2	14	10	9	9	11	6	4	8	10	9	8	11	9	11
3	5	7	6	3	4	6	4	4	8	8	2	6	7	6
4	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1
5	36	46	43	41	48	51	50	50	34	18	60	54	54	54
6	15	13	15	17	14	14	15	12	13	23	10	8	6	6

「えこひいき」「話し合ってほしい」「きびしい教育」はだいたい10%以下で、要望のトップは「わかりやすい授業」次が「もっと理解してほしい」ということになる。ただ、10年度は「わかりやすい授業」が10%と極端に落ち込んでいるが、理由は分からない。11年度は一転して60%まで跳ね上がっている。この年は、校舎改修で低学年は全てまとま教室で授業を受けていない。武道場やロビーにパーテーションで開いた部屋で授業を行なったクラスもある。そういうひどい教育環境のなかでは「わかりやすい授業」という選択肢に学生の要望が集中したのだろう。1・9・10年度を除けば、毎年ほぼ1割前後が「わかりやすい授業」を望んでいるが、本校が実施している授業評価のデータ

タもこれを裏付けている。「授業をどの程度理解しているか」という設問に対して、13年度は「理解していない」「あまり理解していない」が全体の45%であった。おそらくこれらの学生が「わかりやすい授業」を望んでいるものと思われる。ところで、文部省が高校生を対象に10年度に行なった調査によると、「授業がよくわかるか」という設問に対して、「よくわかる」4%、「だいたいわかる」34%、「半分くらいわかる」40%、「わからないことが多い」17%、「ほとんどわからない」6%である。ということは高校生の場合、「半分くらいわかる」以上が約8割になることになる。選択肢が4つと5つの違いはあるものの、本校の方が授業を理解していない学生が多いようである。

9. 将来の生き方についてどんな風に考えていますか

- 1 社会のために貢献できるような人になりたい
- 2 まじめにこつこつと働く人になりたい
- 3 リーダーシップをとれるような人になりたい
- 4 わきをもうけて裕福な生活のできる人になりたい
- 5 自分の理想や趣味を楽しむ人になりたい
- 6 その他

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	7	7	8	9	8	7	6	6	6	6	8	12	14	14
2	8	9	9	7	8	8	10	12	8	11	7	12	11	12
3	5	5	8	5	5	5	4	4	2	3	6	7	8	8
4	16	14	13	13	15	13	12	10	12	11	11	16	19	19
5	56	58	57	55	58	62	60	63	65	61	61	47	42	41
6	4	7	4	7	6	4	6	5	6	7	7	5	6	5

14年間を通して他を圧倒して断然1位であった「自分の理想や趣味を楽しむ」にここ数年変化が起きていく。多いときで65%，少ないときで55%と、その差10ポイントで推移して来たものが、12年度から50%を割って、14年度は41%にまでになった。いちばん高いときより24ポイントも下がったことになる。その分を埋め合わせる形で伸びたのが「お金をうけて裕福な生活」「社会のために貢献」「リーダーシップをとれる人」である。なかでも「裕福な生活」「社会のために貢献」の伸び率が高い。このような変化の理由を一言で言おうとすれば、時代の変化ということになろう。もうひとつ理由として親の意識の変化を挙げることができるのではないだろうか。小中高の児童数が減少傾向に入ったのは約10年くらい前からである。「日本国勢図会2001」によると、2年度の高校生数約560万、12年度410万である。いわゆる団塊の世代の子弟が就学年

齢を過ぎたことによる。大雑把な言い方をすれば、平成の前半部は団塊の世代の子弟、後半部は団塊の世代の次の世代の子弟ということになるだろう。現在在学している1・2・3年生の保護者で50代の人は少ないと思う。保護者の世代交代が学生の意識の変化と関連しているのではあるまいか。ところで、「リーダーシップ」が11年度から微増していることに関連して、最近よく若い人が「しきる」という言葉を使っているのを耳にする。若い人はこの言葉をリーダーシップとほとんど同義で使っているようだ。以前は人の上に立ったり、目立つことに臆病であったのが、最近はそうでなくなったのでは、という印象を持っている。

10. 本校の生活指導についてどう思いますか

- 1 きびしすぎる
- 2 きびしいが今までよい
- 3 普通だと思う
- 4 もっときびしくてもよいと思う

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	15	7	24	19	11	7	7	9	14	16	21	25	23	22
2	7	5	7	7	8	5	5	5	8	5	8	9	9	10
3	72	81	62	68	73	78	79	73	68	68	62	60	62	58
4	5	7	7	7	8	9	10	13	10	11	9	6	6	9

「きびしいが今までよい」と「もっときびしくてもよいと思う」は14年間ほとんど横ばい状態で変動は見られない。「きびしすぎる」と「普通だと思う」が片方が増加すれば、片方が減少するという関係にある。「きびしすぎる」が20%を超えているのは3・11・12・13・14年度である。これはほぼ校門指導をきびしく行なった年度と重なっている。おそらくそれが影響しているものと思われる。ちなみに、茨城県の県立高校の場合、「あなたは校則をどう感じていますか」という設問に、「ゆるやか」12%、「ややゆるやか」11%、「適切」23%、「ややきびしい」28%、「きびしい」26%である。高校が「適切」23%に対して、本校の場合、「普通だと思う」が50%から81%の間で推移している。選択肢が異なるので、一概に比較もできないが、本校の学生が高校生より生活指導に対して不満を持っていないのは確かなようだ。

11. 図書館をよく利用しますか

- 1 よく利用する
- 2 ときどき利用する
- 3 ほとんど利用しない
- 4 全く利用しない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	10年	11年	12年	13年	14年
1	13	10	11	7	9	7	9	7	6	8	7
2	34	33	35	36	35	31	40	43	34	37	34
3	30	34	30	33	26	24	32	32	40	36	34
4	22	23	22	25	29	38	17	17	20	20	26

12-1. 教科書以外にどのくらい本を読みますか

- 1 ほとんど読まない
- 2 1日平均30分程度
- 3 1日平均30分～1時間
- 4 1日平均1時間以上
- 5 たまに読む

	1年	2年	3年	4年	5年	6年
1	50	56	53	51	24	26
2	25	27	26	29	13	10
3	15	11	13	14	10	8
4	9	6	8	6	7	7
5					46	47

12-2. あなたは1週間に平均してどの位の時間を読書にあてていますか

- 1 1時間未満
- 2 1時間～1時間30分
- 3 1時間30分～2時間
- 4 2時間～2時間30分
- 5 2時間30分～3時間
- 6 3時間以上

	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	51	59	59	54	55	65	64	65
2	20	16	17	15	16	11	15	12
3	9	8	9	8	7	7	7	7
4	6	4	3	6	6	4	3	4
5	3	1	2	2	1	2	1	2
6	10	11	10	14	15	10	9	10

設問11については7・8・9年度は、設問と選択肢が他の年度と異なるので省略した。3年度まで10%を超えていた「よく利用する」が4年度からは9%以下になり、「ときどき利用する」は30%台で推移している。ただ、10年度と11年度は40%を超えているが、これはその年、校舎改修のため、図書館に仮の教室を設置したことによるものと思われる。事実、入館者数も他の年度がほぼ7万人であるのに、この両年度は約8万人で約1万人多い。10年度は半年並みであったが、11年度は貸し出し冊数も多く、7600冊であった。ちな

みに、ここ5年間の平均貸し出し冊数は6300冊である。これは全国高専のなかで中の下くらいである。7年度から「読書感想文コンクール」を実施しているが、図書館利用には必ずしも結びついていないようである。ただ、貸し出し冊数は反対に伸びて、5年度3500冊、6年度4200冊、そして7年度6200冊である。

読書状況について、設問が異なるので、一概には言えないが、平成7年度以降の「1週間に30分以内」「ほとんど読まない」と考えると、1年度の50%から14年度の65%まで、ほぼ右肩上がりで増えていることになる。図書館協議会の調査によると、1ヶ月間1冊も本を読まなかった高校生は、2年度55%だったのが、13年度は67%になっている。これは本校の傾向・推移とほぼ同じである。よく言われる「活字離れ」が高専だけでなく全般的に確実に進行しているのが分かる。同調査によると、「朝の読書」への取り組みが盛んな小学生は、1冊も読まない人は、13年度11%で、中学生が44%，そして高校生が67%。読書習慣を定着させる難しさを感じさせるデータである。

13-1. 授業時間以外に電算室をよく利用しますか

- 1 よく利用する
- 2 ときどき利用する
- 3 ほとんど利用しない
- 4 全く利用しない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年
1	5	11	4	5	5	3
2	23	28	21	15	13	11
3	28	33	29	29	19	20
4	44	28	46	51	62	66

13-2. 授業時間以外に学校設置のパソコンを週平均どのくらい利用しますか

- 1 0～1回
- 2 2～4回
- 3 5～7回
- 4 8～10回
- 5 11回以上

	10年	11年	12年	13年	14年
1	70	78	79	73	76
2	19	15	14	19	18
3	7	4	3	5	4
4	2	2	2	2	1
5	2	0	2	1	1

設問および選択肢が年度によって異なるため、同率には論じられないが、平均して言えることは、利用度

はあまり高くない。4年度まで、「よく利用する」「ときどき利用する」が合わせて20%を超えていたが、5年度からは20%以下に落ちている。ひとつには、徐々に学科のパソコンが充実したためと思われる。10年度以降については、「週2回以上利用」が多いときで30%、少ないとときで21%と、あまり変動はない。本校でパソコンを使っての演習授業が開始されたのは昭和62年度からである。当初はパソコンを使っての自学補習(CAI)などにも利用されていた。当時はまだ小中学校などにはほとんどパソコンがない時代だったので、ものめずらしさもあって利用者が多かったのではないか。時代がさがるに従って、パソコンがどんどん普及して、最近ではほとんどの小中学校に設備されている。加えて、自分用のパソコンを所有している学生も珍しくない。パソコンがないと研究はもとより、学生の勉強もままならない時代になって来たにもかかわらず、学校のパソコン利用率が伸びないのは、広くパソコンが普及したためではあるまい。ちなみに、7・8・9年度は、設問も選択肢も異なるので省略した。

14. クラブ活動をやっていますか

- 1 大いに活動している
- 2 ときどき活動している
- 3 加入しているが、ほとんど活動していない
- 4 加入していない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	51	56	61	59	62	61	57	56	55	52	49	49	53	56
2	9	8	8	10	7	6	9	8	8	8	11	10	7	9
3	7	6	6	4	4	3	5	6	5	5	5	6	6	5
4	34	31	20	27	26	29	31	29	32	34	35	35	34	31

高専の特色として、受験勉強に煩わされることなく、自分のやりたいことができる、ということがある。その特徴がこの数字に端的に表れている。「大いに活動している」学生が常に5割から6割はいる。これを茨城県の高校と比較してみよう。11年度の同様の設問に対して「活発に活動している」22%、「ふつうに活動している」23%、「ほとんど活動していない」13%、「部に入っていない」42%である。選択肢に違いはあるものの、本校が「大いに活動」は約30ポイント多く、「加入していない」は約10ポイント少ない。高校より高専の方がクラブ活動は活発なのがよく分かる。5年度の62%がピークで、11・12年度は5割を1ポイント割り込んでいる。平成の前半部が「大いに活動」している学生が多く、後半は多少減少傾向にある。それは高専体育大会の成績にも出ているようである。例えば、全国大会優勝を見てみよう。3年には剣道、4年には

陸上400m、陸上400mR、テニス男子ダブルス、バドミントン男子・女子ダブルス、5年には陸上400m、6年にはテニスとバドミントンの女子ダブルスが共に全国大会優勝を果たしている。

15. 睡眠時間はどれくらいですか

- | | |
|---------|---------|
| 1 5時間以内 | 2 6時間位 |
| 3 7時間位 | 4 8時間位 |
| 5 9時間位 | 6 10時間以 |

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	10	10	12	12	18	11	10	14	14	23	18	15	13	12
2	34	30	35	33	34	40	43	41	44	37	40	45	44	51
3	40	42	38	36	36	39	38	35	30	29	31	30	35	30
4	12	14	12	14	14	9	7	8	9	8	8	9	7	5
5	3	3	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
6	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0

一般に睡眠時間は7・8時間が理想と言われている。14年間の推移を見ると、理想と言われる「7時間」と「8時間」は右肩下がりになっているのに対して、「5時間」と「6時間」は右肩上がりに上昇している。これは、パソコンゲームやインターネット、携帯電話の普及に起因しているのではあるまい。これらに熱中するあまりつい夜更かししていると思われる。もちろん夜遅くまでの勉強も考えられないわけではない。しかし、それはきわめて考えにくい。というのが、自宅学習を問う設問でも分かることおり、自宅学習が睡眠時間に比例するほど伸びていないからである。そして、残念ながら、睡眠時間の減少と軌を一にするように、8年度ころから急激に留年生が増えた事実がある。留年生増加の問題は、志願者の減少、それによる学生の質の問題など別のファクターも考えられないではないが、睡眠不足と無縁ではないのかもしれない。

16. 新聞を読みますか

- | | |
|------------|----------|
| 1 毎日読む | 2 ときどき読む |
| 3 ほとんど読まない | |

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	50	43	41	42	38	38	38	34	31	37	38	33	33	23
2	31	31	33	36	36	37	38	38	40	37	37	38	39	37
3	18	24	26	21	23	23	23	26	28	25	24	29	29	40

活字離れが言われるようになって久しいが、それがこのデータに顕著に表れている。「ときどき読む」は30%から40%の間で推移している。ところが、「毎日読む」は1年度の50%から14年度の23%まで、ほぼ右肩下がりで減少している。それに対して、当然のこと

ながら、「ほとんど読まない」は1年度の18%から14年度の40%へと右肩上がりになっている。これだけ新聞を読まなくなつたということは、活字離れであると同時に、社会に対する関心の薄さを示しているのかもしれない。

17. テレビは1日平均どれくらい見ますか

- 1 ほとんど見ない
- 2 1時間程度
- 3 1時間～2時間
- 4 2時間～3時間
- 5 3時間以上

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	29	29	34	29	32	32	27	27	28	27	21	21	22	24
2	17	20	18	22	16	20	18	19	15	13	17	17	16	22
3	25	24	26	25	27	23	27	27	29	23	26	23	27	22
4	18	15	12	16	14	15	17	16	16	20	18	19	18	18
5	11	12	10	8	11	10	11	10	12	17	17	19	17	13

「ほとんど見ない」が14年間を通して1位から2位であるのに対して、「3時間以上」が4位か5位である。加えて、この2つの選択肢は、わずかだが前者が減少傾向にあるのに、後者は増加傾向にある。「2～3時間」と「3時間以上」の合計が10年度から3割を超えている。以前よりテレビを長く見る学生が増えたことになる。余暇の過ごし方として、テレビを除くと、以前なら漫画か深夜放送など限られていた。今は、テレビゲームやインターネットや携帯電話など多様化しているはずだ。それにもかかわらずテレビを見る時間が増えつつあるのは意外な気がしている。なぜこのようなことが生じているのか不明である。親子関係に変化が生じて、一家でテレビを見る機会が増えたのか、それとも自分用のテレビ所有によるものなのか、確かなことは分からぬ。ところで、「ほとんど見ない」を学年別に見ると、1年生が常にトップで、学科別に見ると、建築学科がトップである。必然的に「2～3時間」や「3時間以上」も少ない。建築学科は製図等に追われて他の学科より余裕がないのかもしれない。男子がほとんどを占めるクラスと女子が多いクラスの差はあまり認められなかった。

18. ボランティア活動に参加したことがありますか

- 1 定期的に参加している
- 2 参加したことがある
- 3 参加したことがない
- 4 ないが、参加してみたい
- 5 ない、またこれからも参加したいとは思わない

	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3
2	25	30	31	40	41	40	40	44	43	43
3	72	66	66	56	54					
4						26	25	22	23	23
5						30	31	32	31	31

この設問は5年度からである。加えて、10年度から選択肢が変わっている。しかし、一貫しているのは、「定期的に参加している」が10%に満たない事である。それはそれとして、「参加したことがない」はアンケートを取り始めた5年度がいちばん多く、年度を追うごとに少なくなっている。それに呼応して「参加したことがある」は右肩上がりで増加している。学生の意識の変化あるいは社会の変化によるものと思われる。文部省の指導も大きいのかもしれない。10年度の「中学校学習指導要領」を見ると、「道徳」や「特別活動」の章にボランティアの言葉が目に付く。一例を挙げると、「特別活動」の章に「ボランティア活動など社会奉仕の精神を養う体験が得られるような活動をおこなうこと」とある。現在は本校においても学外の学習を単位として認めてよいことになっていて、それに一定のボランティア活動も含まれている。このように文部省がこの種の活動を積極的に取り入れるように指導してきたことが多少とも効を奏しているのだろう。ただ、「これからも参加したいとは思わない」と考えている学生がまだ3割いる。

19. 小遣いは月いくらくらい使いますか

- 1 5000円未満
- 2 5000円～10000円
- 3 10000円～15000円
- 4 15000円～20000円
- 5 20000円以上

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	40	47	36	35	32	34	36	40	38	37	37	38	41	45
2	29	32	36	36	36	38	41	39	41	38	37	37	36	37
3	16	14	17	18	20	17	15	12	12	13	13	13	13	9
4	7	4	5	5	6	6	4	4	4	7	6	6	4	4
5	8	3	5	6	5	4	4	5	5	6	7	7	6	5

15000円以上は、バブルの時期にあたる1年度を除けば、14年間を通してほとんど変わらない。合わせて約10%である。10000円以下が全体の約75%から80%を占める。14年度は過去最高の82%である。学生の小遣いも不況の影響を受けているのだろうか。使途についてのアンケートによると、「学業」と「クラブ活動」はほとんど変動がない。しかし、「学業」について言

えば、3年度1%だったのが、ここ数年7%と微増している。顕著な変化が見られるのは「衣服」である。3年度まで一桁であったものが、4年度からは10%を超え、10年度からは20%を堅持している。これは時代の風潮もさることながら、おそらく女子学生の増加と関連があると思われる。ところで、14年度の携帯電話の所有率は86%である。データから推測するに、携帯電話の使用料は保護者が負担しているのであろう。ちなみに、ある調査によると、高校生の携帯電話所有率は男子が68%，女子が81%である。本校の所有率はかなり高いことになる。念のため、物価の変動について記すと、「日本国勢図会2001」によると、物価指数は平成7年を100として12年は102である。むしろ総合卸売物価指数は97と下がっている。物価についてはここ10数年は変化がないと考えてよいだろう。

20. アルバイトをしたことがありますか

1 ある 2 ない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	66	65	67	67	62	63	57	52	54	50	46	48	43	38
2	34	35	32	32	36	36	41	47	46	48	51	52	57	62

このデータは非常に明白な軌跡を見せている。「アルバイトをしたことがある」が1年度から6年度まで60%台で推移して、7年度からは50%台、40%台と下降線をたどり、14年度は38%まで落ちている。それに対して当然のことながら、「アルバイトをしたことがない」が30%台から徐々に伸びていって、14年度は62%にまでなっている。そして、11年度に1位と2位に入れ替わっている。この結果は不思議な気がしている。なんとなく今の学生の多くがアルバイトをしているのではと勝手に思い込んでいたので、家庭に余裕ができたためか、学生自身がアルバイトまでしてお金を得ようという気持ちがなくなったのか、あるいは塾などで忙しく時間がないのか、理由は不明である。アルバイトと言えば、ずいぶん昔は苦学生というイメージと結びつき、それがある頃から、家庭の経済的余裕のあるなしにかかわらず、アルバイトは一種の社会勉強として奨励する風潮が高まり、それが今まで退潮傾向にあるのだろう。ところで、「ある」「なし」の差がいちばん大きい4年度と14年度について、「現在、アルバイトをしていますか」という設問を見てみると、4年度「している」21%，14年度17%とあまり差がない。ということは、定常的にアルバイトをしている学生の数はあまり変わらないということが言えるだろう。職種について言えば、両年度とも1位は「商店の手伝い」で、約40%である。

21. タバコを吸ったことがありますか

1 ある 2 ない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	38	34	35	32	34	29	32	26	29	32	34	29	26	21
2	60	64	64	66	64	70	67	71	70	64	63	71	74	79

データを見て分かるとおり、典型的な傾向を示している。「吸ったことがある」は1年度の38%がピークで、多少の増減はあるものの、14年度の21%に向けて右肩下がりで減少している。当然、「吸ったことがない」は1年度の60%から14年度の79%まで右肩上がりになっている。このような傾向は一般的にも言えるようだ。「日本国勢図会2001」によると、わが国の喫煙者率は2年37%，7年36%，12年33%と年を追うごとに減少している。未成年から大人までタバコ離れ現象が起きているようだ。それが健康志向によるものか、嗜好が変わってきたのか良くは分からないが、嗜好が多様化したのは事実であろう。ある時期からタバコの害が強く喧伝され、諸外国にならって、タバコの箱に「あなたの健康を損なうおそれがありますので吸いすぎには注意しましょう」の警告が記載されるようになった。この種のことも喫煙者が減った一因であろうか。ある調査で「害があると思うか」という設問に「ある」と答えた中高生は男子が89%，女子が93%である。明らかにタバコの害についての知識が浸透していることが分かる。特に胎児への悪影響が強く呼ばれているので、女子の方がタバコの害に対する認識は強いようである。ところで、同じ調査によると、9年度、性別喫煙経験率は中学男子35%，高校男子52%，中学女子20%，高校女子34%である。本校の場合も、クラス別のデータを見ると、「吸ったことがある」割合は、男子ばかりのクラスが女子の多いクラスより平均して10ポイントほど高い。本校の減少傾向の理由として、一般的風潮に加えて、女子学生の増加にもよると思われる。

22. 酒を飲んだことがありますか

1 ある 2 ない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	67	61	65	64	68	67	66	64	65	69	65	64	58	50
2	32	38	35	35	32	32	34	35	35	30	33	36	42	50

12年度までは「酒を飲んだことがある」学生が常に6割を超えており、平均して65%である。13年度から6割を割って、14年度はちょうど5割である。タバコに比べると、変化は少ない。12年度について、クラス別・学年別データを見てみよう。1学年で6割を超えているの

が2クラス、3クラスを5割未満である。2学年の平均が64%、3学年は80%で、学年が上になるほど酒を飲む機会が増えている。女子が多い少ないも影響があるようだ。女子があまりいない2学科の平均は68%，女子がかなりいる3学科の平均は60%である。ちなみに、茨城の高校の場合、「酒を飲んだことがある」76%、「ない」24%で、「ある」が本校より多い。「飲んだのはいつですか」という設問に対して「小学生のとき」37%、「中学生のとき」46%、「高校に入ってから」18%で、今の高校生が早くから酒を経験しているのが分かる。

23. 現在、悩みや心配ごとがありますか。 もあるならば、それは何ですか

- 1 成績・勉強のこと
- 2 クラブ活動のこと
- 3 友人・異性関係のこと
- 4 家庭のこと
- 5 性に関すること
- 6 その他

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	27	28	31	29	30	30	31	36	35	44	42	41	44	45
2	8	4	5	6	6	6	5	6	5	8	7	16	13	12
3	17	21	18	17	21	20	21	22	17	17	16	21	20	22
4	2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	4	5	4
5	3	2	4	3	2	3	1	3	3	3	3	4	4	4
6	17	12	10	13	10	13	15	14	16	20	23	14	13	12

「家庭のこと」と「性に関すること」は14年間一貫して5%以下で推移し、「友人・異性のこと」も16%から22%の間という小幅な振幅で推移している。いちばん動きが激しいのが「成績・勉強のこと」である。いちばん低いのが1年度の27%で、いちばん高いのが14年度の45%、つまり、ほぼ右肩上がりで増加している。これは留年の増加のせいではないかと思われる。8年度あたりからそれ以前に比べて留年が倍増、3倍増したことが影響しているのだろう。7年度31%だったのが10年度には44%まで増加している。留年対策なども効を奏して、13年度あたりから減少傾向にあるが、以前の低かった水準には遠く及ばない。今後とも努力して、推移を見る必要があろう。「クラブ活動のこと」が11年度まで一桁で推移して来たのに、12年度から二桁にかかったのは、12年度から設問形式を変更して、複数回答可にしたためではないかと思われる。

24. あなたは現在、性についての不安や悩みがありますか

- 1 ない

- 2 それほど深刻ではないがある
- 3 深刻な不安や悩みがある

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	67	65	66	65	62	60	62	65	63	65	66	68	68	68
2	29	27	28	30	31	34	32	29	30	28	29	26	26	26
3	4	5	5	5	6	6	6	6	7	6	5	5	6	6

13年間一貫してほとんど数値に変動がないと言って良いだろう。「深刻ではないがある」は26%から34%の間で推移し、「不安や悩みがある」が4%から7%の間で推移している。時代がさがるほど、性に関する情報はビデオや雑誌やインターネットなどで氾濫しているが、だからと言って、不安や悩みがそれに比例して増えるわけではないようだ。このような本能の根源に起因する事柄は周りの環境とはあまり関係がないのかもしれない。最近は性犯罪に関するニュースをよく目にするが、性犯罪と性の不安や悩みは別次元の問題だと思う。人は性の不安や悩みを解消するために性犯罪に走るわけではない。「深刻ではないがある」学生が3割前後いるが、成長期にある未成年者にあっては当然の数値だと思う。ところで、学科別のデータを見ると、男子が多い学科に不安や悩みを抱えている学生が多い。これまた、当然の数値ではなかろうか。また、「性教育の必要性を感じますか」という設問に対して、「強く感じる」「あってもよい」と答えた学生が例年6割前後いる。「不安や悩みはない」と回答した学生も性教育の必要性は感じているようだ。なお、この設問は2年度から開始したので、1年度のデータはない。

25. 親しい友人がいますか

- 1 同性の親しい友人がいる
- 2 异性の親しい友人がいる
- 3 同性も異性も親しい友人がいる
- 4 いない

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	61	61	57	55	59	57	58	56	58	56	55	59	56	58
2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2
3	29	32	36	37	34	36	35	35	36	36	35	33	36	36
4	6	5	5	6	4	4	3	6	4	6	6	5	4	4

全ての選択肢が横ばい状態で顕著な変動はない。これは非常に意外であった。学内で、あるいは登下校時、以前にくらべてカップルが増えたのを実感していたので、「異性の親しい友人がいる」がほとんど変わらないのが特に意外であった。実数は変わらず、交際の方法が変化して、最近は他人の目を気にしなくなったのかもしれない。「同性も異性も親しい友人がいる」は

1年度29%だったのが、2年度以降は30%台で推移し、高いときは36%に達している。もしかすると、この増えた数値の多くが異性の友人を意味しているのであるか。

26. 親についてどう思っていますか

- 1 尊敬し信頼している
- 2 尊敬や信頼の念が生じない
- 3 特に何も感じない
- 4 いざというときには頼ってしまうだろう
- 5 家族の一員という以外特に何も感じない
- 6 嫌な面を持っていると感じることが多い
- 7 その他

	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年	13年	14年
1	48	47	49	47	48	48	47	45	46	26	28	27	28	28
2	8	8	9	9	10	10	8	10	9					
3	32	36	34	32	30	31	33	32	33					
4									48	44	49	50	50	
5									12	11	8	8	8	
6									10	9	9	8	6	
7	12	9	8	11	11	10	12	13	12	4	8	7	7	8

10年度から選択肢を変更したため、同じレベルで云々することはできないが、10年度以降の選択肢「いざというときは頼ってしまうだろう」は積極的に尊敬しているわけではないが、それなりの敬意を持っていると理解してよいのではないか。そのように考えると、学生の約5割は常に親を尊敬し信頼を寄せ、敬意を感じているということが言えるだろう。それに対して、「尊敬や信頼の念が生じない」ばかりか「嫌な面を持っている」と感じている学生が常に約1割いるようだ。大難把に言えば、親を「尊敬し信頼している」学生が5割、「特に何も感じない」学生が3割、親を「尊敬も信頼もできない」と考えている学生が1割、残りの1割が「その他」という分布になっている。15歳から18歳という多感で反抗期にある学生の1割が、親を否定的に見るのはきわめて当然のような気がする。それより、「尊敬し信頼している」あるいは敬意を持っている学生の数が14年間ほとんど変わらないのが意外であった。新聞やテレビなどを見ていると、以前より、子供が親に危害を加えたというニュースを目にすることが多い。それだけから推測すると、最近は親を「尊敬し信頼している」学生が少ないのかなと感じていた。いつの時代も、本質的には親を肯定的に感じている子供、否定的に見ている子供、親に特別な感情を持っていない子供の割合はあまり変わらないのかもしれない。

27. 結び

25項目について、おおかまかに「明白な変化あり」「やや変化あり」「ほとんど変化なし」の3つに分類してみる。はっきり変化があったものとして「家庭学習をしなくなった理由」「勉強がわからないときの対応」「将来の生き方」「新聞」「アルバイト」「タバコ」の6項目を挙げることができる。「学校に何を望むか」「生活指導」「図書館利用」「読書」「睡眠時間」「テレビ」「ボランティア」の7項目については、動向の中にある傾向を認めることができた。残り12項目については、明白な変化も傾向も感じ取ることができなかった。一般に一世代は30年と言われている。14年と言えば、半世代である。25項目中、「変化があるもの」6、「やや変化があるもの」7、「ほとんど変化がないもの」12というのは、半世代の動きとしては考えられる数値ではないだろうか。現代はいろいろなことがすごいスピードで変化し、価値観も多様化している。機器の発達や普及も目をみはるものがある。早い話、14年前、学生でパソコンや携帯電話を所有している者はいなかつたろう。この14年は同じ半世代でも変化のはげしい時代ではなかつたろうか。そのように考えると、全般的には、学生の実態や意識の変化は少なかったと言えるだろう。14年度からは義務教育でも完全週休2日制が実施された。15年度からは、新しい学習指導要領に基づいて教育を受けた学生が入学してくる。少子化も激しさを増す。これから15年はこれまでよりもっと学生の実態に変化が見られるのかもしれない。もちろん、いつの時代でも変わらぬものはあると思うが。

本稿を書くにあたり、データ処理に関しては、一般教育科森田恵一技官の助言をあおぎ、資料収集については、田中由紀子図書係長の協力を得た。感謝の意を表します。

参考資料

- 「日本国勢団会2001」(国勢社)
- 「学校図書館」2001年11月号(全国学校図書館協議会)
- 「学校教育に関する意識調査」(文部省)
- 「平成11年度 県立高等学校生徒意識実態調査について」(インターネット文献)
- 「中学校学習指導要領」(平成10年12月文部省告示)
- 「1996年未満年者の喫煙行動に関する全国調査報告書」(平成9年度厚生科学研究費補助金健康増進研究事業)
- 「学習意欲調査」(国立教育政策研究所)
- 「平成13年度授業評価」(有明高専)
- 「図書館報」(有明高専)

A Study on Some Domain in a Complex Banach Space

HONDA Tatsuhiro

(Received 27 September, 2002)

Abstract

Let X be a complex Banach space, D be a convex bounded domain in X . We consider a condition whereby D is a taut domain in X .

1. Introduction

The aim of this paper is to prove the following theorem.

Main Theorem. Let X be a complex Banach space with a predual Y , D be a convex bounded domain in X . If the norm closure \bar{D} of D is compact with respect to the weak* topology $\sigma(X, Y)$, then D is taut.

The concept of tautness and tightness were introduced by Wu [15]. Let $\Delta = \{z \in C; |z| < 1\}$ be the unit disc in C . A complex Banach manifold Z endowed with a distance ρ , which induces the given topology, is said to be *tight* if $H(\Delta, Z)$ is an equicontinuous set of mappings. It is known that D is a Kobayashi-hyperbolic domain of a complex Banach space if and only if (D, K_D) is tight, where K_D is the Kobayashi pseudodistance for D .

A finite dimensional manifold N is said to be *taut* if for any complex manifold M and any sequence $\{f_n\}_n$ in $H(M, N)$, there exists a subsequence $\{f_{n_j}\}_j$ such that either $\{f_{n_j}\}_j$ uniformly converges to f in $H(M, N)$ on compact subsets of M as $j \rightarrow \infty$, or $\{f_{n_j}\}_j$ is compactly divergent, that is, $f_{n_j}(K) \cap L$ is empty for all sufficiently large j , all compact subset K of M and all compact subset L of N . Barth [1] proved the analogous result for tight domains, i.e. a complex manifold N endowed with a distance ρ which induces the given topology is tight if and only if $H(M, N)$ is an equicontinuous family of mappings for any complex manifold M . Moreover, Barth [1], Eisenman [6] and Kiernan [10] independently showed that each finite dimensional taut complex manifold N is tight for some suitable distance. In this case, Kobayashi [12] observed and Barth [1] proved that it suffices, in testing for tautness, to consider mappings with the open unit disc in C .

In the infinite dimensional case, a complex Banach manifold Z , modelled on a Banach space X , is said to be *taut* if there exists a locally convex Hausdorff topology τ on X such that each sequence $\{f_n\}_n$ in $H(\Delta, Z)$ contains either a subnet which uniformly τ -converges to some f in $H(\Delta, Z)$ on compact subsets of Δ or a compactly divergent subnet.

Kiernan [10] proved that complete Kobayashi-hyperbolic finite dimensional manifolds are taut. However, there exists an infinite dimensional Banach manifold that is complete Kobayashi-hyperbolic but not taut. It is natural to consider a condition whereby an infinite dimensional Banach manifold is taut.

2. Notation and Preliminaries

Let $(E, \|\cdot\|)$ be a complex Banach space with the norm $\|\cdot\|$ and F be a complex Banach space. Let E^* be the dual space of E . The open ball $\{x \in E; \|x\| < r\}$ is denoted by B_r , and the unit ball is abbreviated by $B_1 = B$ and let $B = \Delta$ be the unit disc if $E = C$.

We denote by $L(E, F)$ the set of all continuous linear operators from E into F with the standard operator norm $\|\cdot\|$. The letters Id will represent the identity operator.

We denote by $H(E, F)$ the set of all holomorphic mappings from E into F . It is well known that if $f \in H(E, F)$ then

$$f(y) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} D^n f(x) ((y-x)^n)$$

for all y in some neighborhood of $x \in E$, it is called the Taylor expansion of f at x , where $D^n f(x)$ is the n^{th} Fréchet derivative of f at x and for $n \geq 1$,

$$D^n f(x) ((y-x)^n) = D^n f(x)(y-x, \dots, y-x).$$

We note that $D^n f(x)$ is a bounded symmetric n -linear mapping from $\prod_{j=1}^n E$ into F .

Let D be a convex domain of a complex Banach space E . The gauge $\alpha_D(z)$ for D is defined by

$$(2.1) \quad \alpha_D(z) = \inf\{t > 0 ; z \in tD\} \text{ for } z \in E$$

We denote by $\Re(z)$ the real part of z for $z \in \mathbb{C}$.

Lemma 2.1. *Let D be a convex domain of a complex Banach space E . Then, for each boundary point $u_0 \in \partial D$ of D , there exists $\varphi \in E^*$ such that:*

- (1) $\sup_{u \in D} \Re \varphi(u) = \Re \varphi(u_0)$.
- (2) $\Re \varphi(u) < \Re \varphi(u_0)$ for all $u \in D$.

Proof. First, we suppose that D contains the origin. Let α_D be the gauge for D . Then α_D is the Minkowski functional for D . We take a boundary point $u_0 \in \partial D$ of D . We set for $\zeta \in \mathbb{R}$,

$$\varphi_0(\zeta u_0) = \zeta \alpha_D(u_0)$$

and set $L_0 = \{\zeta u_0 ; \zeta \in \mathbb{R}\}$. Then L_0 is a linear subspace of E and $\varphi_0 : L_0 \rightarrow \mathbb{R}$ is a continuous \mathbb{R} -linear mapping such that :

- (1) $\varphi_0(\zeta u_0) = \zeta$.
- (2) $\varphi_0 \leq \alpha_D$ on L_0 .

By the Hahn-Banach theorem, there exists a \mathbb{R} -linear mapping $\widetilde{\varphi}_0 : E \rightarrow \mathbb{R}$ such that :

$$(2.2) \quad (1) \quad \widetilde{\varphi}_0 = \varphi_0 \text{ on } L_0.$$

$$(2.3) \quad (2) \quad \widetilde{\varphi}_0 \leq \alpha_D \text{ on } E.$$

Since D is convex and contains the origin, α_D is continuous. So there exists $C > 0$ such that

$$\max\{\alpha_D(z), \alpha_D(-z)\} \leq C \|z\| \text{ for } z \in E.$$

From (2.3), we have

$$-\alpha_D(-z) \leq \widetilde{\varphi}_0(z) \leq \alpha_D(z)$$

for $z \in E$. Hence

$$|\widetilde{\varphi}_0(z)| \leq C \|z\|.$$

Therefore $\widetilde{\varphi}_0$ is continuous. Now we set for $z \in E$,

$$\varphi(z) = \widetilde{\varphi}_0(z) - \sqrt{-1} \widetilde{\varphi}_0(\sqrt{-1}z).$$

Then φ is \mathbb{C} -linear, i.e. $\varphi \in E^*$.

Since

$$\Re\varphi(u_0) = \widetilde{\varphi}_0(u_0) = \varphi_0(u_0) = 1$$

and

$$\Re\varphi(u) = \widetilde{\varphi}_0(u) \leq \alpha_D(u) < 1 \text{ for } u \in D,$$

φ satisfies the condition of Lemma.

If D does not contain the origin, we shall consider the domain $\tilde{D} = D - z_0$ for some $z_0 \in D$. Then \tilde{D} contains the origin. We take a boundary point $u_0 \in \partial D$ of D and set $w_0 = u_0 - z_0$. Since w_0 is a boundary point of \tilde{D} , by the above, there exists $\varphi \in E^*$ such that:

- (1) $\sup_{w \in \tilde{D}} \Re\varphi(w) = \Re\varphi(w_0)$.
- (2) $\Re\varphi(w) < \Re\varphi(w_0)$ for all $w \in \tilde{D}$.

Since $\varphi \in E^*$ is linear,

$$\begin{aligned} \sup_{u \in D} \Re\varphi(u) &= \sup_{w \in \tilde{D}} \Re\varphi(w + z_0) \\ &= \sup_{w \in \tilde{D}} \Re\varphi(w) + \Re\varphi(z_0) \\ &= \Re\varphi(w_0) + \Re\varphi(z_0) \\ &= \Re\varphi(w_0). \end{aligned}$$

This completes the proof.

Lemma 2.2. *Let D be a convex domain of a complex Banach space E . Let $f: \Delta \rightarrow E$ be a holomorphic mapping with $f(\Delta) \subset \bar{D}$. If there exists $a \in \Delta$ such that $f(a) \in D$, then $f(\Delta) \subset D$.*

Proof. We assume that $f(\Delta)$ is not contained in D . Then there exists $z_0 \in \Delta$ such that $u_0 = f(z_0) \in \bar{D} \setminus D = \partial D$. By Lemma 2.1, there exists $\varphi \in E^*$ such that:

$$(2.4) \quad (1) \Re\varphi(u) < \Re\varphi(u_0) \text{ for all } u \in D.$$

$$(2.5) \quad (2) \Re\varphi(u) \leq \Re\varphi(u_0) \text{ for all } u \in \bar{D}.$$

We set

$$g(z) = \exp(\varphi \circ f(z)).$$

Then, from (2.4), we have

$$\begin{aligned} |g(a)| &= |\exp(\varphi \circ f(a))| \\ &= \exp(\Re\varphi \circ f(a)) \\ &< \exp(\Re\varphi(u_0)) \\ &= \exp(\Re\varphi \circ f(z_0)) \\ &= |g(z_0)|. \end{aligned}$$

On the other hand, from (2.5), for every $z \in \Delta$,

$$\begin{aligned} |g(z)| &= |\exp(\varphi \circ f(z))| \\ &= \exp(\Re\varphi \circ f(z)) \\ &\leq \exp(\Re\varphi(u_0)) \\ &= \exp(\Re\varphi \circ f(z_0)) \\ &= |g(z_0)|. \end{aligned}$$

Since $g: \Delta \rightarrow \mathbb{C}$ is holomorphic, by the maximum principle, g is constant, that is,

$$g \equiv g(z_0).$$

This is a contradiction.

3. Tautness

A Banach space $(X, \|\cdot\|)$ is called a *dual Banach space* if there exists a Banach space $(Y, \|\cdot\|)$ such that

$$(X, \|\cdot\|) = (Y, \|\cdot\|)'.$$

Then we call Y a *predual* of X . The *weak* topology* on X determined by Y is the topology of pointwise convergence on points of Y . We denote by $\sigma(X, Y)$ the weak* topology, that is, $x_n \in X \rightarrow x \in X$ as $n \rightarrow \infty$ with respect to $\sigma(X, Y)$ if and only if $x_n(\phi) \rightarrow x(\phi)$ as $n \rightarrow \infty$ for all $\phi \in Y$.

Theorem 3.1. (Main Theorem) *Let X be a complex Banach space with a predual Y , D be a convex bounded domain in X . If the norm closure \bar{D} of D is $\sigma(X, Y)$ -compact, then D is taut.*

Proof. We take a sequence $\{f_n\}_n \in H(\Delta, D)$ and assume that $\{f_n\}_n$ does not contain any compactly divergent subnet. Then there exist a compact subset K_0 of Δ and a compact subset L_0 of D such that $f_{n_j}(K_0) \cap L_0$ is not empty, that is, there exists a point $z_j \in f_{n_j}(K_0) \cap L_0$ for all subnets $\{f_{n_j}\}_j$ and sufficiently large j . So, for each j , there exists a point $p_j \in K_0 \subset \Delta$ such that $f_{n_j}(p_j) = z_j$. Since Δ is transitive, we can suppose $f_{n_j}(0) = z_j$.

Let $f_{n_j}(\zeta) = \sum_{m=0}^{\infty} a_{n_j, m} \zeta^m$ be the Taylor expansion of f_{n_j} at 0. Since D is bounded, there exists $r > 0$ such that $D \subset B_r$, that is,

$$\|f_{n_j}(\zeta)\| \leq r \quad \text{for all } \zeta \in \Delta.$$

By the Cauchy inequalities, we have

$$\|a_{n_j, m}\| \leq r \quad \text{for all } j \text{ and all } m.$$

Since $\{a_{n_j, m}\}_{j, m}$ is bounded, by using a subnet of $\{a_{n_j, m}\}_j$, if necessary, we can suppose that $\{a_{n_j, m}\}_j$ converges to some $a_m \in X$ with respect to the weak* topology $\sigma(X, Y)$ as $j \rightarrow \infty$ for all m . So, for each $c > 0$ and each $m \in \mathbb{N}$, there exists $j_m \in \mathbb{N}$ such that

$$|a_{n_j, m}(\phi) - a_m(\phi)| < \varepsilon \quad \text{for all } j \geq j_m \text{ and all } \phi \in Y \text{ with } \|\phi\|=1.$$

Now we set $f(\zeta) = \sum_{m=0}^{\infty} a_m \zeta^m$. Then f is a holomorphic mapping from Δ into X . Since L_0 is compact in D , we have

$$f(0) = a_0 = \lim_j a_{n_j, 0} \in D.$$

We take an arbitrary real number δ with $0 < \delta < 1$ and choose $m_0 \in \mathbb{N}$ such that

$$r \sum_{m=m_0}^{\infty} \delta^m < \varepsilon.$$

We set $k_0 = \max\{j_1, \dots, j_{m_0-1}\}$. If $\phi \in Y$ with $\|\phi\|=1$, then

$$\begin{aligned} \sup_{|\zeta| \leq \delta} |(f_{n_j}(\zeta) - f(\zeta))(\phi)| &= \sup_{|\zeta| \leq \delta} \left| \sum_{m=0}^{\infty} (a_{n_j, m} - a_m)(\phi) \zeta^m \right| \\ &\leq \sum_{m=1}^{\infty} |(a_{n_j, m} - a_m)(\phi)| \delta^m \\ &\leq \sum_{m=1}^{m_0-1} |(a_{n_j, m} - a_m)(\phi)| \delta^m + \sum_{m=m_0}^{\infty} |a_{n_j, m}(\phi)| \delta^m + \sum_{m=m_0}^{\infty} |a_m(\phi)| \delta^m \\ &< \sum_{m=1}^{m_0-1} \varepsilon \delta^m + 2 \sum_{m=m_0}^{\infty} r \delta^m \\ &< \frac{\varepsilon \delta (1 - \delta^{m_0-1})}{1 - \delta} + 2\varepsilon \end{aligned}$$

for all $j \geq k_0$. Therefore $\{f_{n_j}\}_j$ $\sigma(X, Y)$ -uniformly converges to f on compact subsets of Δ as $j \rightarrow \infty$.

Since \overline{D} is $\sigma(X, Y)$ -compact, we have $f(\Delta) \subset \overline{D}$ and since $f(0) \in D$, by Lemma 2.2, we have

$$f(\Delta) \subset D.$$

Hence $f \in H(\Delta, D)$. It follows from this that D is taut.

Remark. Let B_X be the unit ball of a complex Banach space X . If X has the predual Y , then $(\overline{B_X}, \sigma(X, Y))$ is compact. In fact, a Banach space X has a predual if and only if it admits a Hausdorff locally convex topology τ such that B is compact.

The Banach space $H^\infty(\Delta)$ has a unique predual but it is not known if $H^\infty(\Delta \times \Delta)$ has a unique predual.

The following example shows that there exists an infinite dimensional Banach manifold that is tight but not taut.

Example. Let $c_0 = \{(x_n)_n; x_n \rightarrow 0 \text{ as } n \rightarrow \infty, x_n \in \mathbb{C} \text{ for } n \in \mathbb{N}\}$ be the space of all null sequences. We set $\|x\| = \sup_n |x_n|$ for $x = (x_n)_n \in c_0$. Then $(c_0, \|\cdot\|)$ is a complex Banach space. Let B_0 be the unit ball of c_0 . Then B_0 is not taut. In fact, let $\{e_n\}_{n=1}^\infty$ be the standard unit vector basis of c_0 . We set

$$f_n(\zeta) = \zeta \left(\sum_{m=1}^n e_m \right)$$

for $\zeta \in \Delta$ and $n \in \mathbb{N}$. Then f_n is a holomorphic mapping from Δ into B_0 and $f_n(0) = 0$ for all $n \in \mathbb{N}$. So the sequence $\{f_n\}_n$ in $H(\Delta, B_0)$ does not contain any compactly divergent subnets. Moreover, we take a point $\zeta_0 \in \Delta$ with $\zeta_0 \neq 0$. Then

$$\|f_m(\zeta_0) - f_k(\zeta_0)\| = |\zeta_0|$$

for $m > k$. It follows from this that $\{f_n\}_n$ in $H(\Delta, B_0)$ does not contain any subnets which uniformly converge in $H(\Delta, B_0)$ on the compact subset $\{\zeta_0\}$ of Δ .

However, since B_0 is a convex bounded domain in the complex Banach space c_0 , B_0 is complete Kobayashi-hyperbolic. So (B_0, K_{B_0}) is tight.

The Banach space of all null sequences, c_0 , endowed with the sup norm is an example of a Banach space which is not a dual space. If X is a reflexive complex Banach space, then the norm closure \overline{D} of a domain D in X is $\sigma(X, Y)$ -compact. By Theorem 3.1, we immediately obtain the following corollary.

Corollary 3.2. *Convex bounded domains in a reflexive complex Banach space are taut.*

References

- [1] T. J. Barth, 'Taut and tight complex manifolds', *Proc. Amer. Math. Soc.*, 24-3 (1970), 429-431.
- [2] T. J. Barth, 'The Kobayashi distance induces the standard topology', *Proc. Amer. Math. Soc.*, 35-2 (1972), 439-441.
- [3] T. J. Barth, 'Some counterexamples concerning intrinsic distances', *Proc. Amer. Math. Soc.*, 66-1 (1977), 49-53.
- [4] S. Dineen, *The Schwarz Lemma*, (Clarendon Press, Oxford, 1989).
- [5] S. Dineen, *Complex Analysis on Infinite Dimensional Spaces*, (Springer, Berlin, 1999).

- [6] D. A. Eisenman, 'Holomorphic mappings into tight manifolds', *Bull. Amer. Math. Soc.*, 76-1 (1970), 46-48.
- [7] H. Grauert and H. Reckziegel, 'Hermitesche Metriken und normale Familien holomorpher Abbildungen', *Math. Z.*, 89 (1965), 108-125.
- [8] L. A. Harris, *Schwarz-Pick systems of pseudometrics for domains in normed linear spaces*, Advances in Holomorphy, Ed. J. A. Barroso, (North Holland, Amsterdam, Mathematical Studies 34, 1979).
- [9] M. Hervé, *Analyticity in Infinite Dimensional Space*, (Walter de Gruyter, 1989).
- [10] P. J. Kiernan, 'Quasiconformal mappings and Schwarz's Lemma', *Trans. Amer. Math. Soc.*, 147 (1970), 185-197.
- [11] P. J. Kiernan, 'On the relations between taut, tight and hyperbolic manifolds', *Bull. Amer. Math. Soc.*, 76 (1970), 49-51.
- [12] S. Kobayashi, 'Invariant distances on complex manifolds and holomorphic mappings', *J. Math. Soc. Japan*, 19-4 (1967), 460-480.
- [13] S. Kobayashi, *Hyperbolic Complex Spaces*, Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, Vol. 318 (Springer, Berlin, 1998).
- [14] H. L. Royden, 'Remarks on the Kobayashi metric', Several Complex Variables II, Springer Verlag, Berlin, Lecture Notes in Math., 185 (1971), 125-137.
- [15] H. Wu, 'Normal families of holomorphic mappings', *Acta Math.*, 119 (1967), 194-233.

3次元拡張 ANNNI モデルのモンテカルロシミュレーション

笠間敏博*・島本知茂**・村岡良紀・岡田邦英**・井戸垣俊弘*

〈平成14年9月25日受理〉

Monte Carlo Simulation for Three-Dimensional Extended ANNNI Model

KASAMA Toshihiro, SHIMAMOTO Tomoshige, MURAOKA Yoshinori,
OKADA Kunihide and IDOGAKI Toshihiro

The three-dimensional axial next-nearest-neighbor Ising model which is composed of two kinds of alternately stacked ferromagnetic layers with different intralayer interactions is studied by Monte Carlo simulation. The presented partially disordered states suggested by the site-dependent molecular-field approximation are confirmed for spin structures with wave numbers $k=1/4, 1/8$ and $3/16$ by the size dependence of the sublattice magnetizations and the spin correlations along or perpendicular to the z -axis.

1. はじめに

イジングモデルは各格子点上に上または下のいずれかを向くイジングスピンを配置し、互いの向きを同方向（強磁性的）または反対方向（反強磁性的）に制御する相互作用をスピン間に導入したモデルである。これは統計力学的扱いが容易であることから、強い磁気異方性をもつ磁性体を始め、画像修復¹⁾やニューラルネットワーク²⁾などのモデルとして、解析に幅広く利用されている。我々が扱う3次元軸性次隣接イジング^{3,4)}(axial next-nearest-neighbor Ising : ANNNI)モデルは、最隣接スピン間の強磁性的相互作用に加え、それと競合する反強磁性的相互作用を z 軸方向の次隣接スpin間に導入したモデルであり、CeSb⁵⁾が示す逐次相転移を定性的に説明するために提案された。 z 軸方向の競合する2種類の相互作用を完全に満足するスピン配列が存在しないため、これらの相互作用比や系の温度に応じて z 軸方向に複雑な周期的スピン配列が現れる。スピン配列の周期は相互作用比や温度の変化と共に変化し、“悪魔の階段”と呼ばれる逐次相転移を起こす。CeSbから実験的に得られた磁場⁵⁾（または圧力⁶⁾-温度磁気相図における逐次相転移は ANNNI モデルによって定性的に説明されたが、部分無秩序状態 (partially disordered state : PDS) は再現できなかった。PDS とはスピンが規則的に配向

して秩序化した副格子と、全方向を等確率で向く常磁性状態にある副格子とが共存している状態で、この CeSb でその存在が初めて確認され、後にも CuFeO₂⁷⁾や CsCoCl₃⁸⁾など多くの物質で実験的に観察されている。一方で PDS に対する理論的研究はまだ少なく、詳しい解析が求められている。そこで我々は、この PDS を説明できる可能性のあるモデルとして次式のハミルトニアンで記述される積層軸にそって相互作用を交代させた拡張 ANNNI モデル（図1）を提案し、その相転移や PDS の安定性について研究している。

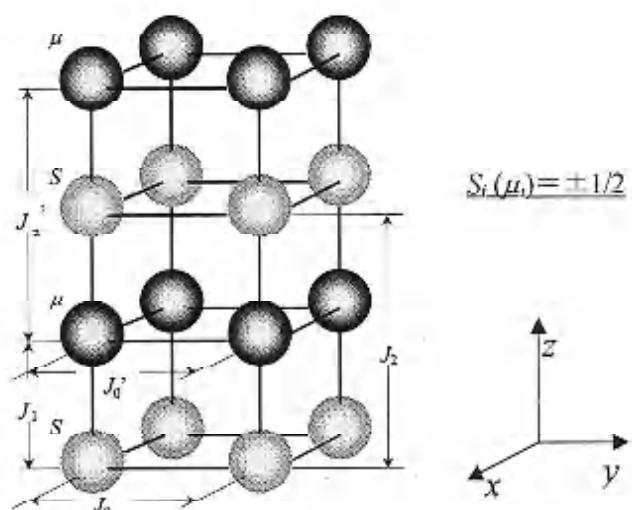


図1 3次元拡張 ANNNI モデル。強磁性相互作用 J_0, J_0' , J_1 に加えて、 J_1 と競合する反強磁性相互作用 J_2, J_2' が含まれている

*九州大学大学院工学府エネルギー量子工学専攻

**熊本大学理学部物理科学科

$$H = -J_0 \sum_{\langle ij \rangle} S_i S_j - J_0' \sum_{\langle ij \rangle} \mu_i \mu_j \\ - J_1 \sum_{\langle ij \rangle} S_i \mu_i - J_2 \sum_{\langle ij \rangle} S_i S_j \\ - J_2' \sum_{\langle ij \rangle} \mu_i \mu_j \quad (1)$$

ここで、 S_i (μ_i) は副格子 S (μ) 内の i 番目のサイトにあるスピンを表し、 $\sum_{\langle ij \rangle}$ は各相互作用がおよぶスピンペアに関する総和を意味している。また J_0 (J_0') は S (μ) 面内の最隣接スピン間相互作用、 J_1 は z 軸方向の最隣接スpin間相互作用、さらに J_2 (J_2') は z 軸方向の S - S (μ - μ) 間の次隣接スpin間相互作用を表している。

この相互作用交代型モデルで (J_0/k_B , J_0'/k_B , J_1/k_B) = (0.5, 1.0, 1.0) の場合について分子場近似を用いて計算した磁気相図⁹⁾ を図 2 に示す。ferro は強磁性相、para は常磁性相、分数は z 軸方向に沿って現れる変調構造の波数 k を表している。また、LP は強磁性相・変調構造相・常磁性相が共存する Lifshitz point, SP は常磁性相から変調構造相に入るときその変調構造の波数が $1/4$ に飽和する saturation point である。斜線部分は PDS が存在する領域を表す。 $k = 1/4$, $1/8$ および $3/16$ 相の高温側に PDS が存在していることがわかる。PDS 相のスピン配列はそれぞれ図 3 のようになっている。以前、この相互作用交代型とは別の拡張 ANNNI モデルに対して、同様に分子場近似を用いて PDS の存在が示唆された¹⁰⁾。ところがその後の転送行列法¹¹⁾ やモンテカルロ (Monte Carlo : MC) シミュレーション¹²⁾ による解析でいずれも PDS の安定性が否定されている。分子場近似は定性的な解析の上では強力な手法であるが、PDS の有無に関しては必ずしも信頼できる結果を与えていようと見えず、我々の結果も分子場近似以外の別の解析方

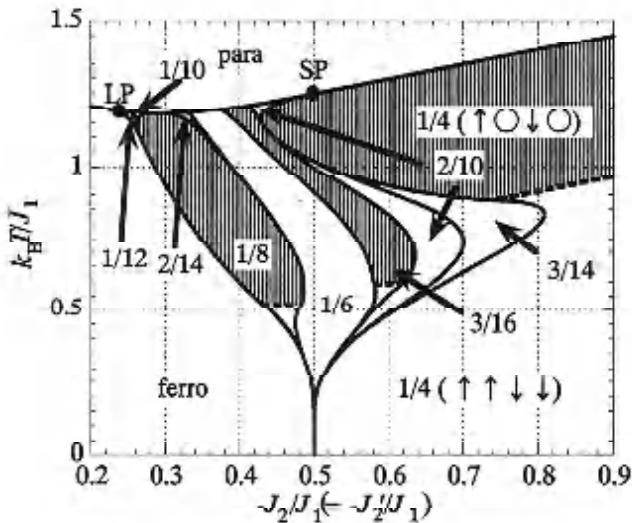


図 2 分子場近似による有限温度磁気相図

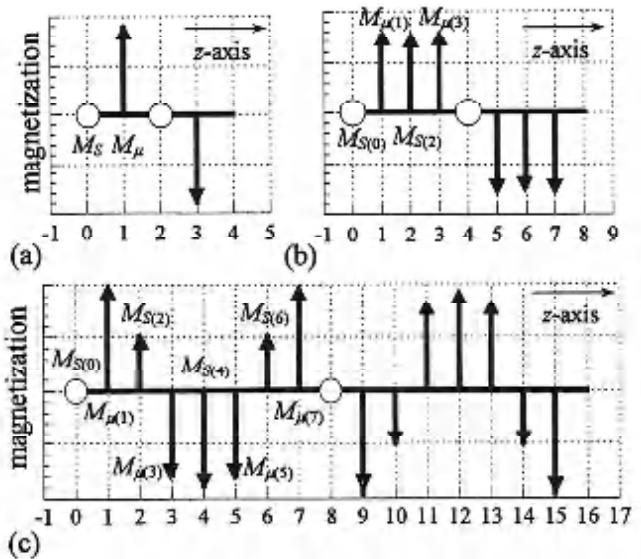


図 3 各 PDS 領域の周期的スピン構造。矢印は各副格子 (面) の磁化の向き、○は副格子 (面) の磁化が常磁性状態であることを表している。ただし、(a) $k = 1/4$ 、(b) $k = 1/8$ 、(c) $k = 3/16$

法による確認を要する。したがって本稿では MC シミュレーションにより $1/4$, $1/8$ および $3/16$ 相の PDS の安定性を確認する。

本稿の構成は次の通りである。まず第 2 節で MC シミュレーションの概要を述べる。第 3 節では磁化のサイズ依存性やスピン間相關の解析結果から PDS の安定性について議論する。第 4 節では分子場近似と MC シミュレーションの結果を総括し、今後の課題を挙げる。

2. MC シミュレーション

MC シミュレーションにおけるスピン状態の更新方法は、初期状態からの緩和が速いメトロポリスアルゴリズムに準拠した。これは、注目するスピンのアリップ確率を、現在の状態とスピンアリップした状態の Boltzmann 因子の比から計算し、擬似乱数と比較してスピン状態を更新していく解析方法である。1 スピン当たり 10^5 MC ステップ (MCS) の結果を初期スピン配列の緩和過程として捨て、その後の 10^5 MCS を解析に用いた。また、解析結果の信頼性をみるために、この 10^5 MCS を 10^2 個のサンプルに分割し、標準誤差を計算した。モデルの大きさは $L \times L \times L_z$ で、 3 軸方向にそれぞれ周期的境界条件を課し、 $L = 40 \sim 90$, $L_z = 48$ について計算を行った。PDS 状態を確認するために、相互作用 J_0/k_B , J_0'/k_B , J_1/k_B はそれぞれ 0.5, 1.0, 1.0 に固定し、分子場近似の計算結果が PDS を示した競合比 $J_2/J_1 = -0.9$ ($k = 1/4$ -PDS), -0.4 ($k = 1/8$ -PDS) および -0.6 ($k = 3/16$ -PDS) の 3 つの場合についてシミュレーションを行った。 $J_2/J_1 = -0.9$

および -0.4 についてはスピンの初期配列を $k=1/4$ または $1/8$ の飽和スピン状態にそれぞれ設定し、低温からの昇温過程を解析した。一方で、 $J_2/J_1=-0.6$ については $k=3/16$ の飽和状態を初期配列として、各温度でシミュレーションを行った。

3. 解析結果

相互作用交代型 ANNNI モデルに対する MC シミュレーションの結果を示す。以下では、 $k=1/4$, $1/8$, $3/16$ のそれぞれの PDS を生じると考えられる $J_2/J_1 = -0.9$, -0.4 , -0.6 の 3 つの条件下でそれぞれオーダーパラメーターの温度依存性を調べ、PDS が存在する温度を特定した後に、オーダーパラメーターのサイズ依存性から熱力学的極限における値を計算する。さらに無秩序状態と秩序状態の副格子の性質の違いを調べるために、 z 軸方向および z 面内のスピン間相関の距離依存性を計算する。

3.1. $k=1/4$ -PDS の確認

今後、スピンの位置はデカルト座標系で表現する。相互作用比が $J_2/J_1 = -0.9$ のとき、次式のように定義したオーダーパラメーターの温度依存性を図 4 に示す。

$$\begin{aligned} M_S &= \frac{2}{L^2 \times L_z} \sum_{z=0}^{\frac{L_z}{2}-1} \left| \sum_{y=0}^{L_y-1} \sum_{x=0}^{L_x-1} S_{(x, y, 2z)} \right|, \\ M_\mu &= \frac{2}{L^2 \times L_z} \sum_{z=0}^{\frac{L_z}{2}-1} \left| \sum_{y=0}^{L_y-1} \sum_{x=0}^{L_x-1} \mu_{(x, y, 2z+1)} \right|. \end{aligned} \quad (2)$$

有限サイズの系でのシミュレーションでは温度の増加と共に $k_B T/J_1 = 0.6875$ で M_S だけが 0 に近づき、統いて $k_B T/J_1 = 0.965$ で残りの M_μ が 0 に近くなることから、 $k_B T/J_1 = 0.6875 \sim 0.965$ では PDS が出現している

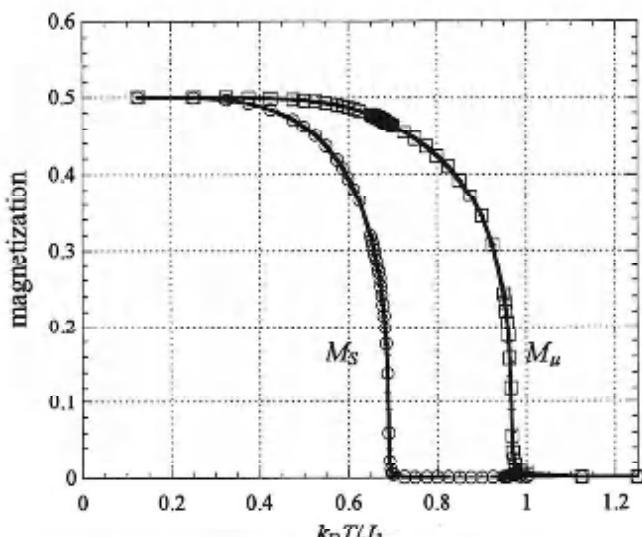


図 4 $J_2/J_1 = -0.9$ における磁化の温度依存性

ように見える。

次に $k_B T/J_1 = 0.6875 \sim 0.965$ でわずかに残る M_S が有限サイズ効果に起因することを示すため、相互作用比 $J_2/J_1 = -0.9$ 、温度 $k_B T/J_1 = 0.75$ で計算した M_S と M_μ のサイズ依存性を図 5 に表す。各々の直線は最小二乗法を適用した結果である。 M_S は $1/L$ に比例して小さくなり、各プロットの標準誤差を考慮すると $L \rightarrow \infty$ で 0 に落ちるが、その一方で M_μ にはサイズ依存性は見られず、 $L \rightarrow \infty$ で有限値をとることがわかる。したがって図 4 でわずかに残っている M_S は系の有限サイズ効果に起因するもので、実際には 0 であることがわかる。さらに、 z 軸方向および z 面内のスピン間相関を図 6 に示す。副格子 S では z 面内に 5 サイト程

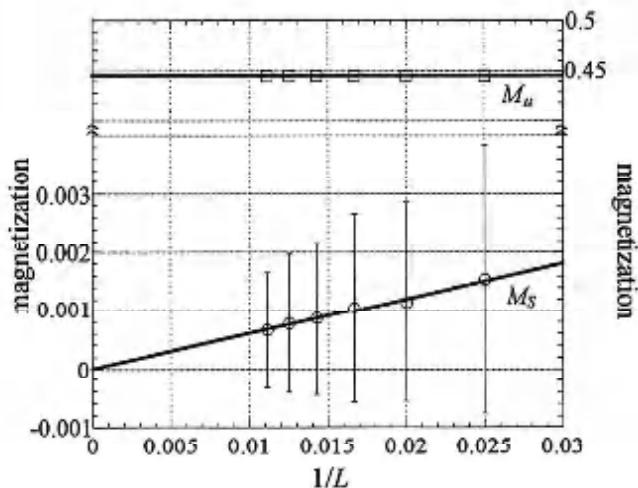


図 5 $k = 1/4$ 周期構造における副格子磁化のサイズ依存性。○は左目盛参照、□は右目盛参照

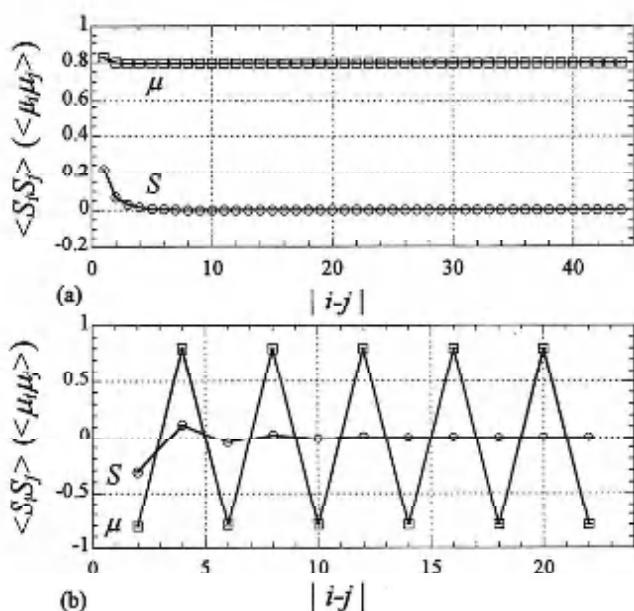


図 6 $k = 1/4$ 周期構造における (a) z 面内および (b) z 軸方向スピン間相関の距離依存性

度離れた距離で 0 になる短距離相関しか存在しないことがわかる。また、相互作用 J_2 があるにも関わらず、副格子 S 面間には相関がないことを示している。その一方で μ については z 面内の強磁性相関だけでなく、 z 軸方向にも正負の値を 2 層ごとに反復する反強磁性相関がある。図 5 および 6 の結果を総合すると、ここでは、図 3(a) の $k = 1/4$ -PDS が安定化していることがわかる。

3. 2. $k = 1/8$ -PDS の確認

$k = 1/8$ -PDS が予想される $J_2/J_1 = -0.4$ で、次式で定義した 4 つのオーダーパラメーター $M_{S(0)}$, $M_{S(2)}$, $M_{\mu(1)}$, $M_{\mu(3)}$ を各温度で計算し、PDS が存在するとと思われる温度 $k_B T/J_1 = 0.675$ を特定した。

$$M_{S(0)} = \frac{4}{L^2 \times L_z} \sum_{z=0}^{\frac{L_z}{4}-1} \left| \sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{L-1} S_{(x, y, 4z+0)} \right|, \quad (3)$$

$$M_{\mu(0)} = \frac{4}{L^2 \times L_z} \sum_{z=0}^{\frac{L_z}{4}-1} \left| \sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{L-1} \mu_{(x, y, 4z+0)} \right|.$$

温度を $k_B T/J_1 = 0.675$ に固定して計算したこれらのオーダーパラメーターのサイズ依存性を図 7 に示す。各プロットの標準誤差を考慮すると、 $M_{S(0)}$ が $L \rightarrow \infty$ で 0 に落ちる一方で、その他は系のサイズに依らず一定値であることがわかる。また、各副格子の z 面内および z 軸方向のスピン間相関の距離依存性を図 8 に示す。図 8(a) および図 8(b) は副格子 $S(0)$ が z 面内および z 軸方向に長距離秩序を持たないことを示している。しかし、その他の副格子には z 軸方向にも 4 層おきに正負が入れ替わる相関が存在することがわかる。これらの結果を総合すると、ここでは図 3(b) の $k = 1/8$ -PDS 構造が安定化していることが

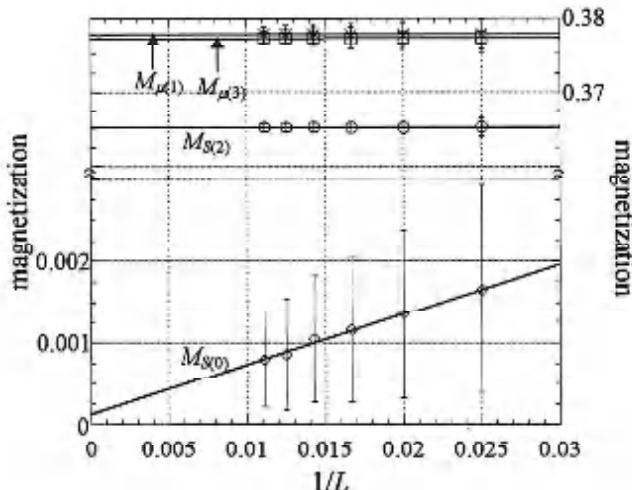


図 7 $k = 1/8$ 周期構造における副格子磁化のサイズ依存性。◇は左目盛参照。○, □, ×は右目盛参照

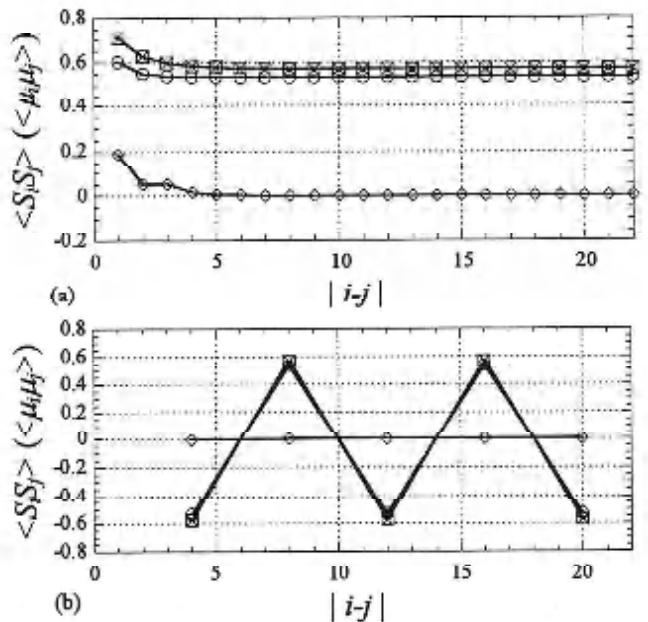


図 8 $k = 1/8$ 周期構造における (a) z 面内および (b) z 軸方向のスピン間相関の距離依存性。◇(○) は $S(0)$ ($S(2)$)、□(×) は $\mu(1)$ ($\mu(3)$) の相関をそれぞれ表す

わかる。

3. 3. $k = 3/16$ -PDS の確認

$k = 3/16$ -PDS が安定化するとと思われる $J_2/J_1 = -0.6$ で、次式で定義する 8 つのオーダーパラメーター $M_{S(i)}$ ($i = 0, 2, 4, 6$), $M_{\mu(i)}$ ($i = 1, 3, 5, 7$) を各温度で計算し、PDS が現れる温度 $k_B T/J_1 = 0.6$ を特定した。

$$M_{S(0)} = \frac{8}{L^2 \times L_z} \sum_{z=0}^{\frac{L_z}{4}-1} \left| \sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{L-1} S_{(x, y, 4z+0)} \right|, \quad (4)$$

$$M_{\mu(0)} = \frac{8}{L^2 \times L_z} \sum_{z=0}^{\frac{L_z}{4}-1} \left| \sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{L-1} \mu_{(x, y, 4z+0)} \right|.$$

温度 $k_B T/J_1 = 0.6$ で計算したこれらのオーダーパラメーターのサイズ依存性を図 9 に示す。 $M_{S(0)}$ は $L \rightarrow \infty$ で 0 に落ちるが、その他の副格子磁化にサイズ依存性はなく、一定値であることがわかる。また、図 10 に示すスピン間相関の距離依存性は、副格子 $S(0)$ が z 面内だけでなく z 軸方向にも相関が全くないことを表している。また、その他の副格子は各 z 面内で同方向に磁化が揃い、8 層おきに磁化の向きが変わっていることを表している。以上の結果より、ここでは図 3(c) の $k = 3/16$ -PDS 構造が安定に存在していることがわかる。

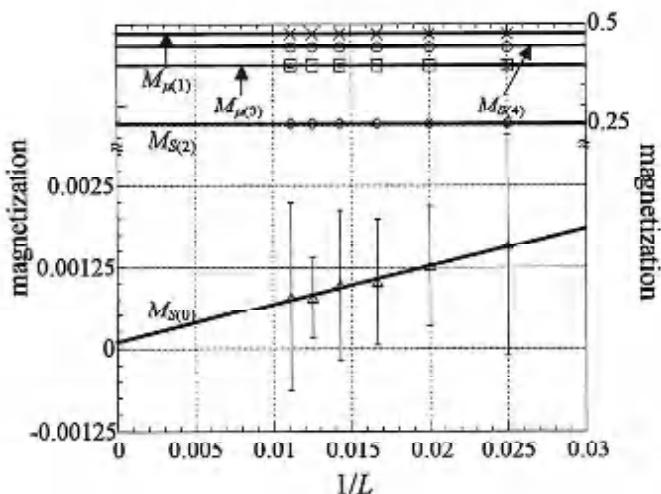


図9 $k=3/16$ 周期構造における副格子磁化のサイズ依存性。△は左目盛参照、×、○、□、◇は右目盛参照。 $M_{\mu(1)}$ と $M_{\mu(2)}$ 、 $M_{\mu(3)}$ と $M_{\mu(4)}$ 、 $M_{S(2)}$ と $M_{S(5)}$ は誤差の範囲で一致している

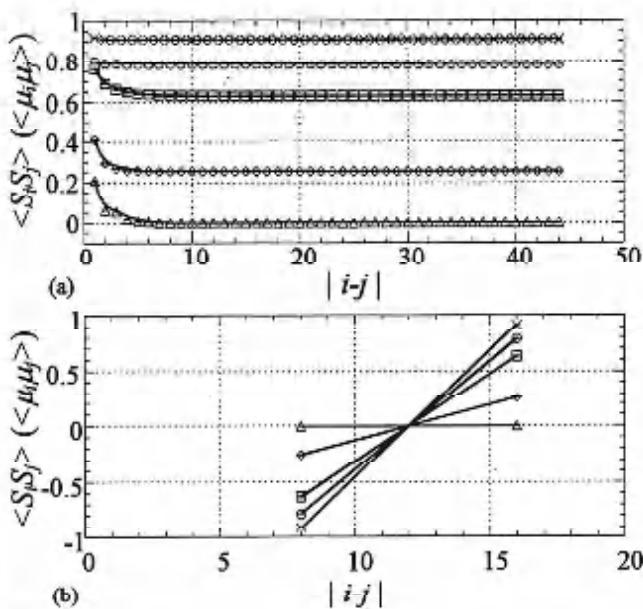


図10 $k=3/16$ 周期構造における(a)z面内および(b)z軸方向のスピン間相関の距離依存性

4.まとめ

今回の研究では、分子場近似の結果が示していた $k=1/4$ 、 $1/8$ および $3/16$ の各PDSをMCシミュレーションで調べ、これら3つの周期構造のPDSが安定に存在することが明らかになった。また、常磁性状態のS面は積層軸方向にも互いに相関がなく、完全に無秩序の振る舞いを示していることが新たにわかった。さらに、今回 $J_2/J_1=-0.9$ での磁化の温度依存性を調

べることによって、 $k=1/4$ -PDSから常磁性相への直接相転移が観察された（図4）。これは、ある相互作用比（今の場合 $J_2/J_1=-0.5$ ）以下では常磁性相から $k=1/4$ 変調構造相への直接転移が生じるという分子場近似の結果と一致しており、図2のSPの存在を支持するものである。一方、低温の飽和 $k=1/4$ 状態から $k=1/4$ -PDSへの相転移や、 $k=1/4$ -PDSから常磁性相への相転移など、PDSが関係する相転移については、相転移の次数や臨界指数からユニバーサリティクラスを決定することはこれまで全く研究されておらず、非常に重要な今後の研究課題である。これらの問題については、現在、ヒストグラム法や非平衡緩和法によるMCシミュレーションによって解析を進めている。

本稿では ANNNI モデルにおける PDS を安定化させる機構として積層軸に沿って大きさの交代する面内相互作用を議論した。この他にも、例えばスピンの大きさの異なる面が交互に積層したスピン交代型 ANNNI モデルでも同様に PDS が安定化されるのか、さらにはイジングスピングラス系においても PDS 状態が出現し得るのかといった問題は非常に興味深い。またこれらのモデルを用いて実際の物質を解析するに際しては、物質中の不純物（スピンや相互作用の大きさの局所的な乱れ）が PDS に与える影響も考慮する必要がある。

将来的には、PDS の応用として画像修復やニューラルネットワークなど磁性以外のイジングモデルを利用する研究分野への PDS 概念導入も今後の発展的な問題として考えられる。

参考文献

- 1) 例え、J. Inoue and D. M. Carlucci, Phys. Rev. E 64, 036121 (2001), T. Tadaki and J. Inoue, Phys. Rev. E 65, 016101 (2001).
- 2) 例え、S. Inawashiro, Y. Tamori, S. Miyake and J. Kuroiwa, J. Phys. A 29, 7389 (1996), S. Koyama, Phys. Rev. E 65, 016124 (2002).
- 3) W. Selke, Phys. Rep. 170, 213 (1988).
- 4) J. Yeomans, Solid State Physics (Academic, Orlando, 1988), Vol. 41, p. 151.
- 5) J. Rossat-Mignod, P. Burlet, H. Bartholin, O. Vogt and R. Lagnier, J. Phys. C 13, 6381 (1980).
- 6) J. Rossat-Mignod, J. M. Effantin, P. Burlet, T. Chatopadhyay, L.P. Regnault, H. Bartholin, C. Vettier, O. Vogt, D. Ravot and J. C. Achard, J. Magn. Magn. Mat. 52, 111 (1985).

- 7) S. Mitsuda, M. Mase, T. Uno, H. Kitazawa and H. A. Katori, J. Phys. Soc. Jpn. **69**, 33 (2000).
- 8) M. Mekata and K. Adachi, J. Phys. Soc. Jpn. **44**, 806 (1978).
- 9) Y. Muraoka, T. Kasama, T. Shimamoto, K. Okada and T. Idogaki, Phys. Rev. B **66**, 064427 (2002).
- 10) S. O. Yokoi, M. D. Coutinho-Filho and S. R. Salinas, Phys. Rev. B **24**, 4047 (1981).
- 11) K. Nakanishi, J. Phys. Soc. Jpn. **62**, 378 (1993).
- 12) F. Rotthaus and W. Selke, J. Phys. Soc. Jpn. **62**, 378 (1993).

アルキルフェノール化合物のキンギョ(*Carassius Auratus*)に対する女性ホルモン様作用

山口 明美・富永伸明

〈平成14年9月26日受理〉

Estrogenic Activity of Alkylphenol Compounds on Gold Fish (*Carassius Auratus*)

YAMAGUCHI Akemi and TOMINAGA Nobuaki

Vitellogenin (VTG) and its mRNA are believed to be an effective and sensitive biomarker to detect the effects of estrogenic chemicals on fish. In this study, we constructed a novel specific polymerase chain reaction (PCR) primers to detect VTG of gold fish (*Carassius Auratus*), and investigated *in vivo* estrogenic activity of the alkylphenol chemicals such as 4-(1-adamantyl)phenol (AdP) and 4-*t*-octylphenol (OP) using gold fish. According to the results of reverse transcription PCR (RT-PCR), the majority of gold fishes, which were exposed to AdP or OP, elevated VTGmRNA levels in liver. Especially, VTGmRNA was induced by AdP treatment significantly. These results suggested that AdP and OP may have *in vivo* estrogenic activity and AdP has more potent activity than OP.

1. はじめに

内分泌擾乱化学物質は、環境中に放出された後、ヒトだけでなく野生生物についても悪影響が危惧される物質である¹⁾。環境省の SPEED '98 に内分泌擾乱作用を疑われる優先物質が示されているが、その中にはプラスチックの材料であるビスフェノール A や界面活性剤であるアルキルフェノール化合物も含まれる²⁾。最近、環境省の調査によって、*p*-ノニルフェノールは水生生物に対して内分泌擾乱作用を示すことが確認された³⁾が、まだ多くの物質がグレイゾーンである。

ところで、内分泌擾乱作用の中でも女性ホルモン様作用が注目されているが、その作用を測る指標として魚類におけるビテロジヤニン (VTG) というタンパク質の測定が有効であるとされている。VTG は一般的に女性ホルモンの刺激により卵生生物の雌の肝臓で合成される卵黄前駆タンパク質であり、血流により卵巢に運ばれて卵に蓄積される⁴⁾。例えば、魚体に直接女性ホルモンを注射したり、女性ホルモンが入った水中で魚を飼育すると肝臓の VTG が誘導され、血中 VTG 濃度が上昇することが明らかにされていることから、血液中や肝臓の VTG 濃度を測定することで化学物質の女性ホルモン様作用が確認できると考えられている。White ら⁵⁾は、アルキルフェノール化合物が

女性ホルモン様作用を持つことをニジマスの初代培養肝細胞および組換え女性ホルモンレセプター発現培養細胞を用いて示した。また、Lech ら⁶⁾はノニルフェノールがニジマスの肝細胞において VTG の mRNA を誘導することを明らかにしている。

これまでに我々は魚類の中でも飼育等が容易なキンギョを用い、血中 VTG 濃度を指標とすることで女性ホルモン様作用が測定できること^{7, 8)}、また、餌を標準化することで高感度化がはかれる可能性があること⁹⁾を示してきた。

本論文では、アルキルフェノール化合物である 4-*t*-オクチルフェノールおよび女性ホルモンレセプターと結合活性の強い物質として最近報告された 4-アダマンチルフェノール^{10, 11)}の *in vivo* 効果を、キンギョの肝臓における VTGmRNA の誘導を指標に分子生物学的手法を用いて評価した結果について報告する。

2. 材料および方法

2.1 材料

キンギョは愛知県の養殖業者から購入した。4-*t*-オクチルフェノール、4-アダマンチルフェノールは Aldrich Chemical より購入した。エストラジオール-17 β (E₂)、ジメチルスルホキシド (DMSO)、クロロホルム、エタノール、イソプロパノール、ジエチルピロ

カーボネート(DEPC)は和光純薬より購入した。TRIzol Reagent, Oligo(dT) primer は GIBCO BRL より購入した。逆転写酵素(ReverTra Ace), 5 × buffer, 10mM dNTP, rTaq DNA Polymerase は東洋紡から購入した。

2.2 キンギョの化学物質への暴露

キンギョは購入後約二週間無給餌、それ以降は餌を与えて計一ヶ月前飼育をした後暴露試験に用いた。養殖場で与えられる餌や一般的の餌の原料には植物エストロゲンを含む大豆かすなどが使われているため、前飼育と試験期間中は、我々が以前報告したエストロゲンフリーの餌⁹を二日に一度与えた。暴露は、4-アダマンチルフェノール、4-t-オクチルフェノールとともに10 ppb, 100 ppb で行い、暴露期間は 2, 4, 7, 28 日とした。4-t-オクチルフェノール、4-アダマンチルフェノールはあらかじめ DMSO に溶解して脱塩素した水道水で希釈し、さらにソニケーターで均一に攪拌・分散させた後、水槽に加え、全量を 15 l とした。コントロールの水槽には溶媒の DMSO のみを加えた。水槽の水は三日に一度全量交換した。それぞれの暴露期間が終了するごとにコントロール群は二匹、4-t-オクチルフェノール、4-アダマンチルフェノール暴露群は三匹ずつを各槽から取り、肝臓を採取した。肝臓は液体窒素中で直ちに凍結し、-80°C で保存した。また、各個体の生殖腺重量と体重を測定し、生殖腺指数(GSI)を(生殖腺重量/体重)×100の式により算出した。

2.3 RNA の抽出

凍結保存した肝臓を凍ったまま破碎し、少量取った。肝臓の試料に対し約10倍量の TRIzol Reagent を加え、ポリトロンホモジナイザーを用いて均質化し、室温で5分間静置した。最初に加えた TRIzol Reagent 1 ml につき 200 μl のクロロホルムを加え、15秒間激しく攪拌し、2~3 分間室温で静置した。4°C, 12,000 rpm で15分間遠心分離後、上清を別の容器に移し取り、最初に使用した TRIzol Reagent 1 ml につき 500 μl のイソプロパノールを加えて激しく攪拌し、10分間室温で静置した。4°C, 12,000 rpm で10分間遠心分離し、沈殿を得た。上清を捨て、さらに沈殿を 80% エタノールで洗浄し、風乾した。乾燥した沈殿に 0.1 % DEPC 处理水を加えて溶解し、RNA とした。OD 260/280 を測定し、RNA の純度、濃度を調べ、Reverse-transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) の試料とした。

2.4 RT-PCR 法

RNA 5 μg と Oligo (dT) primer 1 μl を混合し、そこに 0.1% DEPC 处理水を総量 12 μl になるように加え、70°C で 10 分間加熱した後、氷上で急冷した。5 × Buffer 4 μl, 10 mM dNTP 2 μl, ReverTra Ace 1 μl を加え、42°C で 1 時間反応後、90°C で 10 分間熱処理し、cDNA 溶液とした。

PCR 反応は、以下のように行った。Gene Bank のデータベースを検索し、コイ VTG (Accession number : AF41442), キンギョアクチン (Accession number : D50029) の cDNA 配列を入手した。配列情報を基にそれぞれのタンパク質についてプライマー対を構築し、合成した。今回作成した VTG, アクチンプライマー対の塩基配列を表 1 に示す。

表 1 コイ VTG プライマーとキンギョアクチンプライマー

本研究で設計したプライマーの塩基配列。上段二つがコイ VTG フォワード、リバースプライマー対、下段二つがキンギョアクチンフォワード、リバースプライマー対。

VTG プライマー

Forward primer	5'-CTGCAGGAGTCTCCCCACT-3'
Reverse primer	5'-GGAAACACGCAGGAGCTGGA-3'

アクチンプライマー

Forward primer	5'-GGTGTGAATGGCGGTATGGG-3'
Reverse primer	5'-GCTGAAAGTGGACAGGGAA-3'

PCR 反応液は、東洋紡のマニュアルにしたがって調製した。反応は変性 94°C, 30 sec, アニーリング 60°C, 30 sec, 伸長反応 72°C, 1 min を 1 サイクルとして、アクチンは 25 サイクル、VTG は 30 サイクル増幅反応を行った。反応終了後、増幅試料を 1.5% アガロースゲル電気泳動で分離し、エチジウムプロミド液で染色した。トランスイルミネーター上で得られる電気泳動像を KODAK EDAS 290 システムに取り込み、画像解析を行った。同じ試料について VTG とアクチン両遺伝子の増幅を行い、VTG/アクチンの比を求め、VTG の発現量を比較した。

3. 結果と考察

3.1 RT-PCR 法

RT-PCR 法において、最も重要なことは適切なプライマーの設計である。現段階では、キンギョ VTG の遺伝子をクローニングした報告は無く、Gene Bank の遺伝子データベースを検索してもキンギョ VTG 遺伝子は全く登録されていなかった。そこで、類縁魚種の VTG 遺伝子の情報を基にプライマーを設計することとし、Gene Bank のデータベースから見つかったキンギョの原種とされるコイの VTGeDNA

情報を利用してプライマーを設計した。また、コントロールとしたハウスキーピング遺伝子であるアクチンについてはキンギョアクチン cDNA 情報に基づき、VTG 用プライマーと Tm 値がほぼ同じになるように設計した。E₂暴露キンギョ肝臓から調製した cDNA を用いて、アニーリング温度、サイクル数を変えて、キンギョ VTG、アクチンの PCR 反応の最適条件を検討した。アニーリング温度を検討した結果を図 1 に示す。

全てのレーンにおいて、VTG, アクチンそれぞれに特異的な 660 bp, 940 bp の遺伝子増幅産物が得られた(図1)。VTG プライマー(lane 1, lane 2)で得られたバンドを比較すると, lane 2 でよりはっきりしたバンドが得られ, アクチンプライマー(lane 3, lane 4)では大きな差は見られないものの, lane 4 で比較的明瞭なバンドが得られたことから、今回作成した VTG, アクチンプライマー対共にアニーリング温度は60°Cが適していた。また、ここにはデータを示していないが、増幅反応のサイクル数を検討したところ、VTG は30サイクルまで、アクチンは25サイクルまでサイクル依存的に遺伝子の増幅量の増加が観察された。次に実際にそれぞれの遺伝子増幅産物について遺伝子配列の決定を試みた。遺伝子増幅産物の部分遺伝子配列を決定し、プライマー構築に利用した Gene Bank

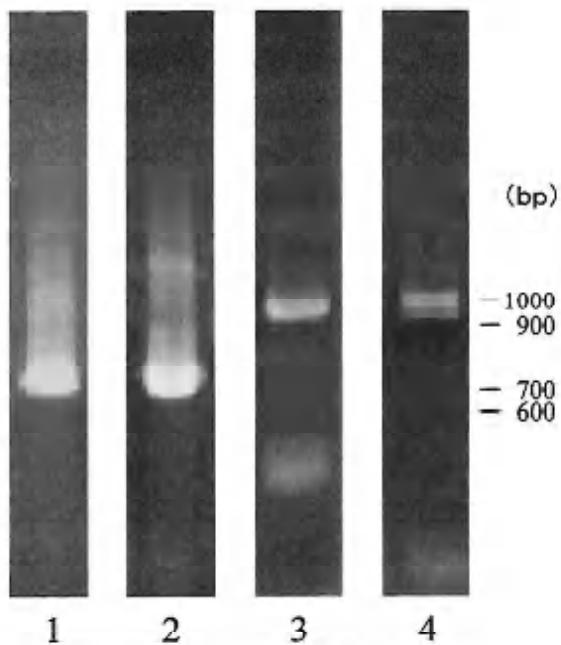


図1 RT-PCR 反応条件の検討

E_2 に暴露した金魚の肝臓のcDNAを用い、サイクル数30、アニーリング温度58°Cと60°Cの二つの条件で行ったPCR反応液を1.5%アガロースゲルで電気泳動し、エチジウムプロミドで染色した。lane 1, VTG, 58°C; lane 2, VTG-60°C; lane 3, アクチン-58°C; lane 4, アクチン-60°C。

```

29' AAACTGCAACTTACATTACATCATGAAACC GGCGGCGTCGGCTGGTGACTAATGCTGAA
***** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
661' AAACTGCAACTTACATTACATCATGAAACC -GGCGTCCGCTGGTGACTGATCACTGAA

89' CAAACAGTTGAGGAAGTGCACATCAG -TTTCACCCCTCAATGAGATOCATGGCTCTGCCCA
***** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
720' GCAGACAGTTGAGGAGATG -CATCAGTTTCACCCCTCAATGAGATCCATGGTGCTGCCCA

148' GATUGUAGCKAAAACAAAUCUUGUUTTTGUAGAGAUAGACCUUUGUUCGUAAT
***** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
779' CATCCAAACGAAACAAACAAACGCTTGGCTTTGAGATTCAGCACAAACGCCCTTGTTCTTCAAT

```

図2 キンギとコイVTG遺伝子の塩基配列の比較

キンギョ VTG 遺伝子増幅産物の部分配列と Gene Bank より得たコイ VTG 遺伝子とのホモロジー検索を行った結果の一部を示す。上段がキンギョ VTG、下段がコイ VTG 遺伝子。*印は塩基配列が同一であることを示す。

から得た遺伝子配列とのホモロジー検索を行った。

VTG 遺伝子の遺伝子増幅産物は、部分配列ではあるが、Gene Bank から得たコイ VTG 遺伝子配列とほとんど一致し、90%以上の高いホモロジーを示した(図2)。このことは、今まで報告が無かったキンギョ VTG 遺伝子と類縁種であるコイ VTG 遺伝子がほとんど同一であることを示唆するもので、今回コイの遺伝情報を基に設計したプライマーが、コイだけでなくキンギョにも十分利用できるものであることが示された。また、ここには示さなかったが、アクチニも VTG 同様高いホモロジーが観察された。

3.2 アルキルフタノール類のキンギョへの暴露実験

多くの4-アルキルフェノール化合物が微弱ながらも女性ホルモン様作用を有する可能性があることが3次元構造活性相關プログラム(3D-QSAR)¹⁰⁾および酵母Two Hybrid法¹¹⁾によって示された。最近、Yamakoshiら¹²⁾、Nikov¹³⁾らは、アルキルフェノール化合物の中でアダマンチル基を含む化合物が女性ホルモン受容体と親和性が高いことを報告した。我々は、すでにノニルフェノールが*in vivo*でキンギョ血中VTCを誘導することを明らかにし、ノニルフェノールが女性ホルモン様作用を持つことを確認した¹⁴⁾。そこで、今回は4-*t*-オクチルフェノール、4-アダマンチルフェノールの*in vivo*試験を試みた。図3に各個体で誘導されたVTGmRNA量を暴露期間ごとにまとめ、4-*t*-オクチルフェノール、4-アダマンチルフェノールの暴露期間に対するVTGmRNAの誘導率について検討した。

暴露期間と VTGmRNA の誘導率について見てみると、4-アダマンチルフェノールは、暴露直後から高いレベルの VTGmRNA の誘導が見られる個体が出現し

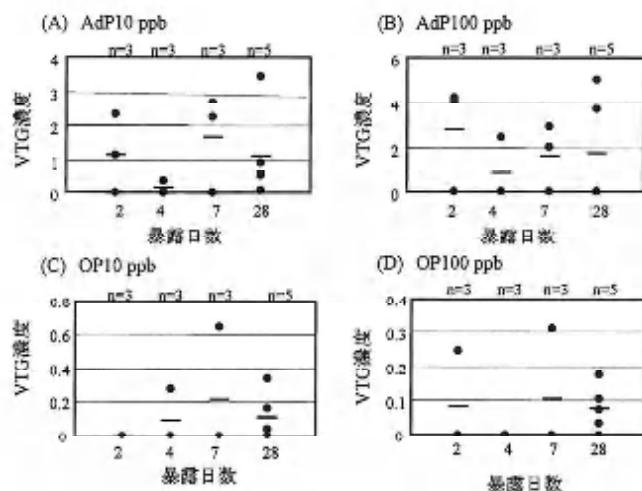


図3 アダマンチルフェノール(AdP), 4-t-オクチルフェノール(OP)暴露群におけるVTG発現量の経時的变化グラフ中の横棒、各暴露日数でのVTG発現量の平均値；n、個体数。

ており、比較的短期間の暴露でVTGmRNAが誘導される傾向が見られた。また、全暴露期間を通して約半数の個体で高いレベルのVTGmRNAが誘導されていた(図3(A), (B))。一方、4-t-オクチルフェノールは短期間の暴露ではVTGmRNAの誘導率は低いが、28日暴露群においては、誘導されたレベルは小さいものの約70%の個体でVTGmRNAの誘導が引き起こされた(図3(C), (D))。また、データは示していないが、VTGmRNAが誘導されている個体においてGSI値が高い傾向にあったこと、コントロール群においてVTGmRNAはほとんど観察されていなかったことから、これらのVTGmRNAの誘導は、飼育時に添加したアルキルフェノール化合物の効果である可能性が高いと考えられた。以上のことから、4-アダマンチルフェノールはキンギョに対して女性ホルモン作用を強く示すが、その効果に個体差が大きく、一方、4-t-オクチルフェノールの持つ女性ホルモン様作用自身は4-アダマンチルフェノールに比べ弱いが、比較的長期間の暴露では個体差が小さいことが明らかになった。このことはこれらアルキルフェノール化合物の作用機構の違いによる可能性も考えられるが、今後の検討課題である。

4. 結論

今回、キンギョを使ってアルキルフェノール化合物の女性ホルモン様作用について分子生物学的手法を用いて評価した結果、4-t-オクチルフェノール、4-アダマンチルフェノールは、*in vivo*で魚類に作用し女性ホルモン様作用を示すことが明らかになった。また、4-アダマンチルフェノールは4-t-オクチルフェノール

より強い女性ホルモン様作用を持つ可能性が高い。

謝辞

本研究は、平成12年度文部科学省科学研究費奨励研究(B)および平成13年度学内教育研究プロジェクトの助成を一部受けた。また、本研究に当たって適切な助言を頂いた熊本県立大学有菌幸司教授、石橋弘志氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) T. Colborn, D. Dumanoski and J. P. Myers, "Our Stolen Future" Dutton, New York, (1996)
- 2) 環境省「環境ホルモン戦略計画 SPEED '98」
- 3) 環境省「ノニルフェノールが魚類に与える内分泌擾乱作用の試験結果に関する報告(概要)」(2001)
- 4) A. Hara, Jpn. J. Environ. Toxicol., 2, 35(1999)
- 5) R. White, S. Jobling, S. A. Hoare, J. P. Sumpter and M. G. Parker, Endocrinology, 135, 175 (1994)
- 6) J. J. Lech, S. K. Lewis and L. Ren, Fundam. Appl. Toxicol., 30, 229 (1996)
- 7) H. Ishibashi, K. Tachibana, M. Tsuchimoto, K. Soyano, Y. Ishibashi, M. Nagae, S. Kohra, Y. Takao, N. Tomonaga and K. Arizono, J. Health Sci., 47, 213 (2001)
- 8) H. Ishibashi, M. Kobayashi, T. Koshiishi, T. Moriwaki, K. Tachibana, M. Tsuchimoto, K. Soyano, T. Iguchi, C. Mori and K. Arizono, J. Health Sci., 48 in press (2002)
- 9) H. Ishibashi, K. Tachibana, M. Tsuchimoto, K. Soyano, N. Tomonaga, A. Yamaguti, N. Matumura, Y. Tomiyasu and K. Arizono, Environ. Sci., 9, 2 & 3, 162 (2002)
- 10) C. L. Waller, T. I. Oprea, K. Chae, H-K. Park, K. S. Korach, S. C. Laws, T. E. Wiese, W. R. Kelce and L. E. Gray, Jr., Chem. Res. Toxicol., 9, 1240 (1996)
- 11) T. Nishihara, J. Nishikawa, T. Kanayama, F. Dakeyama, K. Saito, M. Imagawa, S. Takatori, Y. Kitagawa, S. Hori and H. Utsunomi, J. Health Sci., 46, 282 (2000)
- 12) Y. Yamakoshi, Y. Otani, S. Fujii and Y. Endo, Biol. Pharm. Bull., 23, 259 (2000)
- 13) G. N. Nikov, M. Eshete, R. V. Rajnarayanan and W. L. Alworth, J. Endocrinol., 170, 137 (2001)

廣旗八幡宮（北九州市八幡西区）社殿の建築について

松岡高弘

〈平成14年9月27日受理〉

On the Buildings of the Hirohata-Hachimangu Shrine

MATSUOKA Takahiro

The Hirohata-Hachimangu shrine stands in Kusuhashi, Yahatanishi Ku, Kitakyushu City, Fukuoka Prefecture. The honden, the haiden, the heiden and the watariden of the Hirohata-Hachimangu shrine were designated for historical treasure in Kitakyushu City in the fiscal 2001. The honden bears a 'Munafuda' which says that it was constructed in 1842. The haiden, the heiden and the watariden were constructed in 1848 on the other 'Munahuda'.

In this paper, I consider the architectural characteristics of the honden, the haiden, the heiden and the watariden.

The honden is 'Sangensha Nagarezukuri' building with three spans on all sides and has the largest floor space in hondens of Kitakyushu City constructed in the Edo era. The heiden is connected on the rear side of the haiden. This style is the general type in the neighborhood. But it is rare that the haiden has column, veranda and kara-hahu. It is rare that the heiden has kumimono which is put on the square column. The span of the heiden was the second largest span in heidens of Kitakyushu City constructed in the Edo era. The watariden is the only building that was built in the Edo era.

The honden, the haiden, the heiden and the watariden excel other buildings of this type in architectural quality.

1. はじめに

北九州市八幡西区楠橋所在の廣旗八幡宮の本殿、拝殿・幣殿、渡殿の3棟（写真-1）は平成13年度北九州市指定有形文化財に指定された。その際に棟札10枚も附指定された。

ところで、「福岡県宗教法人名簿」所載の神社は市内に220社ある。筆者はこれらの大部分の調査及びそれの中でも建築的に重要と考えられた65社の実測調査を実施した。その結果、当社が北九州市を代表する神社建築に相応しい遺構と認められた。

本稿では調査結果に基づいて廣旗八幡宮社殿の沿革・概要を述べて、その建築的特徴を市内の神社建築と比較しながら明らかにしていく。

2. 由緒

当社は遠賀川の右岸に開けた平地の中の小高い丘の上に約12,000m²の社地を構える。遠賀川からは東2km程離れ、南0.5kmには川陽新幹線が通る。

当社の創設は詳らかでないが、『筑前國續風土記拾



写真-1 全景

遺』（文久年間 1861～63）¹⁾には現在地に永保年中（1081～1084）に移ったという伝えを記している。「遠賀郡誌」²⁾には文和2年（1318）の棟札があること、元龟天正の頃（1570～1592）に兵火により罹災したこと、現二の鳥居には「大内義隆之臣陶尾張守晴賢建」と刻まれていることを記載している。このように中世には篤く崇敬されていた神社であったことが窺える。また、中世には本殿内に弥陀・釈迦・觀音の三像を安置して

いたことを記している。

現存する最古の棟札は慶長19年(1614)である。近世の棟札からは以下に示すように楠橋庄の中心的な神社であったことが解る。「廣旗八幡」の名は弘化5年(1848)の棟札で初めて見られる。

祭神は、「筑前國續風土記拾遺」では八幡大神・香椎大神・比賣大神・相殿氣比大神・武内大臣・北斗尊星、「筑前國續風土記附録」(寛政10年 1798)³⁾では應神天皇・仲哀天皇・神功皇后、相殿比賣大神・武内大臣・北斗星、「遠賀郡誌」では、左天照太神・豈受太神・市杵島姫命・田心姫命・清津姫命・右大国主神・高皇產靈尊・神皇靈尊・武甕槌神・經津主神・武内大臣・中殿応神天皇・仲哀天皇・神功皇后、「福岡縣神社誌」⁴⁾では、應神天皇・天照大神・仲哀天皇・宗像姫三神・大國主神・仁德天皇・神功皇后・武内大臣である。

現存する棟札と「楠橋八幡宮棟札写」⁵⁾記載の造営の内容と神社名は以下のとおりである。

上棟奉□再興八幡大菩薩	慶長19年
奉再興照八幡大菩薩	正保2年
奉再興筑前國遠賀郡楠橋庄村八幡大神宮	元禄元年
奉再興筑前國遠賀郡楠橋庄村八幡大神宮	享保2年
奉再興木夜郷之本社八幡大神宮	安永3年
奉造営八幡大神宮	天保13年
奉再興筑前州岡縣木夜郷本社楠橋庄村八幡大神宮	天保13年
奉再興筑前州岡縣木夜郷本社楠橋庄村廣旗八幡大神宮	弘化5年
奉再興產神廣旗八幡神社	明治12年
產神廣旗八幡宮	明治39年

その他、「伊藤家記二」⁶⁾の中では產神八幡宮と記されている。これらから当社が楠橋庄の中心的神社であることに変化はないだろうが、弘化で初めて廣旗の名が使われている。後述するように、現本殿は天保13年(1842)、拝殿・幣殿と渡殿は弘化5年(1848)の建立で、前身建物の建立は、本殿が享保2年(1717)、拝殿が慶長19年(1614)である。その他は修理である。

3. 沿革・建築概要

3. 1 境内

境内は三つの高低差がある敷地から成る。一の鳥居(明治30年)から緩い坂道を北に進むと10級の石段があり、その先に二の鳥居(年代不明、伝陶晴賢建立)が立つ。大きな柳が繁茂する参道を更に北へ進むと高さ3.5mの石垣が築かれ、21段の石段が中央部に通されている(写真-2、大正13年若松市佐藤慶太郎築造費寄附)。石垣上の正側面三方に瑞垣が廻され最奥に社殿が建ち、西側には社務所が建つ。

拝殿・幣殿の奥は70cm程更に高い敷地となり、三方に高さ1.6m程の石垣が築かれている。その中央部分

に両側面を玉垣(明治28年)で囲まれた渡殿・本殿が建つ。つまり当社は、拝殿・幣殿・渡殿・本殿が南北に並び立つ社殿配置である(図-1 写真-3)。尚、本殿の東北部に恵比須神社、西北部に金刀毘羅神社が配されている。拝殿の西側には一本の大樟が茂る(写真-4)。

上述の「境内正面石垣石段」と「人情周圍石垣」の築造費用として五千円を寄付した佐藤慶太郎は若松氏(当時)居住の炭鉱経営者であった。また、拝殿の東側の藤棚の石柱は昭和22年に「貝島炭礦株式會社副社長貝島太郎」が寄贈したものである。このように、炭鉱経営者による境内整備も行われている。



写真-2 境内正面



写真-3 木殿・渡殿・幣殿・拝殿(写真右から)



写真-4 正面

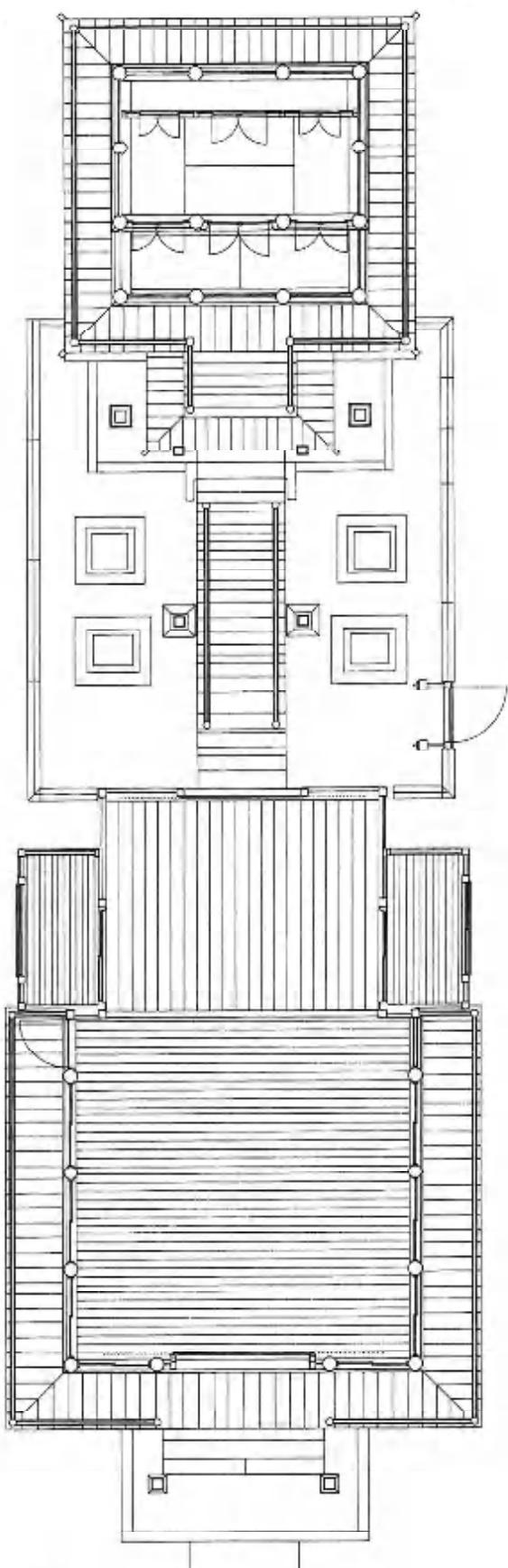


図-1 廣旗八幡宮社殿現状平面図 1/120

3.2 本殿

(1) 沿革

木殿は、棟札から天保12年8月18日に「發斧立之法」、翌13年3月12日に棟上げが行われたことが解る（写真-5・6）。また、棟札には「往昔舊廟者享保二丁酉歲十二月造營也」と記され、天保13年造営の本殿の前身建物が享保2年（1717）に建設されたことも解る。現本殿は、様式上、享保2年再興の本殿に代わって天保13年に造営されたものと考えてよからう。棟梁は「棟梁大工光長貞平」である。天保の造営棟札は2枚現存しているが、それらからは光長貞平以外の棟梁を確認することはできない。しかし、「伊藤家記二」の「楠橋村記」の「産神八幡宮」には光長以外の大工棟梁・大工等も書き留めている。

大工棟梁は、中間村行正伊七、下大隈村久枝宗七、吉永喜蔵、楠橋村長光貞平・藤津儀七、大工は、石坂清水市平、岩瀬桂源助、底井野喜多村作右工門、下大隈久枝嘉吉、楠橋長光用次郎、岩瀬為近伊三郎、木挽は、中間五郎丸善四郎、楠橋梶原仁八、石工は岩瀬祐常市、彫刻は鞍手郡金丸村古田源右工門である。このように近郷からの職人が多数関わっており、彫刻師の古田は現在の鞍手郡若宮町金丸の出である。

天保の造営は、岩瀬村大庄屋格、楠橋村入庄屋の伊藤彦六の経営努力による。即ち、「楠橋村記」の「産神八幡宮」の項には、石炭からの収益と村備金を用い、村民は「一銭切立も不仕」して造営を遂げたことを記している。棟札では庄屋助役が伊藤彦三郎である。

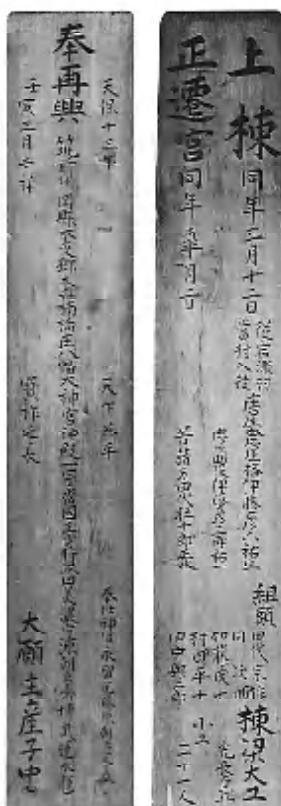
明治12年(1879)の棟札には「以茅葺替」と記され、この時から「小板」葺を変更して茅葺としたことが解る。但し、上述の「楠橋村記」では杉皮葺と記している。天保造営から37年を経過しており、この期間中に葺替が行われたとも考えられる。そうすると、杉皮から小板、そして茅へと葺材が変更されることになる。その後、明治39年に葺替があり（棟札）、昭和57年の鉱害復旧工事までに数度の葺替が行われ、この時に銅板に変更された（棟札）。また、浜縁・縁・繁垂木も新調された。

(2) 建築概要

銅板葺の本殿は、桁行3間・梁間3間の三間社流造で、正面に3間通しの庇を設ける（写真-7）。石垣上に石造亀腹を築き、土台を据え、円柱を建てる。長押を打ち、挿肘木の四手先出組で縁草を受け、中備に揆束を置く。尚、腰組の組物は左右の広がりはない（写真-8・9）。

正面に浜縁を設け、6級の木階を置き、身舎四方には擬宝珠高欄付切目縁が同高で巡らされている。

几帳面取角柱間に虹梁型頭貫を渡し、正面側の絵様



写真一五 天保13年
本殿棟札



写真一〇 天保13年
本殿棟札部分



写真-8 本殿側面



写真-7 本殿全景



写真-9 木戸腰組

は松の浮彫である。木鼻には珍しく龍を用い、西の龍は珠を握っている（写真-10・11）。中備として躍动感のある三匹の獅子を配している（写真-12）。柱上には、肘木を絵様肘木とした平三斗枓肘木を据え、身舎側では三手先出組として桁を受け、「波に牡丹」を籠彫した手挟を付ける。庇柱と身舎とは海老虹梁で繋がれるが、海老虹梁は身舎側では木鼻下から出ており、庇柱では頭貫位置で納まっている（写真-13・14）。

切目長押・内法長押・頭貫を廻し、柱上に禅宗様尾垂木付二手先出組を据え、四周に支輪を巡らす(写真-15・16)。妻節は二重虹梁幕股で、上下の虹梁間を「波に獅子」の浮彫で飾る(写真-17)。破風板の拝み



写真-10 本殿 座詳細



写真-11 本殿庇木鼻・絵様



写真-15 本殿組物



写真-12 本殿庇中備



写真-16 本殿木鼻



写真-13 本殿庇柱上部詳細



写真-17 本殿妻節



写真-14 本殿海老虹梁身舍柱側・木鼻

に鰯付薺懸魚を付け、西面の桁隠には「波に龜」の浮彫を施す。

中備には十二支の丸彫を入れる。背面中央間が子（但し、ネズミは欠失し、俵が残る）で、時計回りに配され、正面中央間が午になる（写真-18・19・20）。

内部は3間×1間の外陣と3間×2間の内陣とに別れ、内陣には3.12尺高く内々陣として神座を設ける。外陣は正側面とも蔀とし（写真-21）、内陣正面は三柱間とも両開板扉を吊り、中央間は内法長押より一長押分の5寸高く、幣袖構とする（写真-22）。内々陣正面は三柱間とも両開板扉である（写真-23）。



写真-18 本殿中備 午



写真-19 本殿中備 未



写真-20 本殿中備 戌



写真-21 本殿正面 中央間の部を取り外した状況



写真-22 本殿外陣



写真-23 本殿内陣

外陣には切目縁より5寸高く畠を敷き、柱上に出組を組んで天井桁を受け、梁行の棹縁天井を張る。内陣は外陣より2.5寸高い畠敷である。中央二本の柱には、それぞれに対応する背面の柱に頭貫の位置で梁を入れ、頭貫上端に合わせて桁行の棹縁天井を張るので、上述の梁により天井は三間に別れている。内々陣にも畠を敷き、三つの宮殿を安置する。内々陣を造る柱は3.2寸の角柱で、前述の梁下端までしか入れられず、内部の天井は内陣の棹縁天井が続いていること、内々陣は後補と考えられる。

3.3 拝殿・幣殿

(1) 沿革

『伊藤家記二』の「楠橋村記」の「産神八幡宮」では、「普請料備相立居中候得共神殿再建後及大破急再建仕候間備銭少々致不足候ニ付」とあり、本殿再建後に拝殿の再建を計画していたが、前身拝殿が大破に及んだため、急いで再建したことが解る。但し、『伊藤家記二』には建設年が記されていない。

拝殿・幣殿は、様式上、弘化5年(1848)の棟札(写真-24)にある「奉再興」時の造営と考えられる。従って、本殿の再興から6年遅れて再興されたことになる。尚、棟札裏面には定舞台も再興されたことを記している。再興に関わった庄屋・組頭は本殿再興時と同一である。庄屋は伊藤彦六で、庄屋助役は伊藤彦三郎である。尚、当棟札で初めて「廣旗八幡」が使用されている。

弘化造営以前の造営は、棟札で安永3年(1774)と慶長19年(1614)が確認される。安永再興からは74年しか経過しておらず、大破するとは考えにくい。慶長の上棟からは234年も経過しているので、この時の拝殿が再建されたと考えられる。



写真-24 弘化5年 拝殿・中殿・渡殿 棟札

幣殿に関する記録はない。弘化の棟札には拝殿と中殿（幣殿）が併記されており、両者が一体として造られている。安永と慶長の棟札には拝殿しか記されていない。慶長造営は前身再建で大工は齊藤彦左衛門である。安永造営は棟札には大工高山助古久時が記されており、屋根葺替だけではなかったことが知れ、幣殿の増築も考えられよう。

『筑前名所圖繪』（文政4年 1821）には拝殿背後に接続する形で切妻造・妻入の幣殿と見なし得る建物が描かれた神社を見ることができる⁷⁾。この形式は近世において特殊な形式ではないので、18世紀に存在していたと考えても差し支えない。

昭和57年の鉛害復旧工事により、拝殿では数本の円柱、切目縁、軒桁、正面の垂木、唐破風の輪垂木・破風板・格天井等が取り替えられている。また、正側面三方は半蔀であったがこの時にガラス戸引違いに変更された。しかし、基本的な部分には大きな変更が加えられていない。

幣殿では床を下げて拝殿と同高に張られ、垂木が取替えられ、両側面に張り出した物入が設けられた。その後、平成10年に物入の一部が修理された。

(2) 建築概要

拝殿は正面（梁間）3間・側面（桁行）4間、正面

入母屋造・背面切妻造、妻入で、正面に唐破風造の向拝を設け、棟瓦葺である。幣殿は拝殿背後に接続した切妻造・妻入、棟瓦葺で、両側面に銅板葺の物置を造る（写真-25）。

拝殿の向拝の唐破風は、几帳面取角柱間に虹梁型頭貫を架け、中備に柱間一杯に「波に龍」の彫刻を嵌め、木鼻には狛の丸彫を付ける。向拝柱上に半三斗枠肘木を据え、その肘木は絵様肘木である（写真-26）。棟木は、全体に雲を浮彫した蔓股で支持される。

向拝柱は拝殿の円柱と虹梁で繋がれ、中備えに蔓股を置く。格天井は新調されており、唐破風の組物より上部には新しい部材が多い（写真-27）。

側面3間までの側柱は円柱で、背面柱通りには角柱を用い、背後に幣殿が続く。

擬宝珠高欄付切目縁を正面三方に巡らし、切目長押・内法長押は背面柱通りまで廻し、頭貫は側面三間まで通す。但し、内法長押は正面中央間には打たず、そこに虹梁を入れる。柱上には半三斗を据え、木鼻には本殿に類似させて中央を割り貫いたものを使う（写真-28）。正面妻飾は虹梁大瓶束笠形付で、前包と虹梁との間には波の彫刻を嵌め、破風の拌みに鰐付蕪懸魚を付け（写真-29）、背面では梅鉢懸魚を付ける。

側面4本目の柱通りには3間通しの胴差を入れ、正



写真-25 拝殿・幣殿 侧面



写真-27 拝殿繋虹梁中備蔓股



写真-26 拝殿向拝柱上部詳細



写真-28 拝殿 柱上部詳細



写真-29 拝殿妻輪



写真-32 帛殿 内部



写真-30 拝殿 天井架構



写真-33 帛殿 上部



写真-31 拝殿・幣殿境

面中央2本の柱通りには奥行き方向へ3間の大梁を入れる。この大梁上に側面2本目の柱通りで天井桁を渡し、それらで開まれた中央部には格天井を張る。背面が切妻造のため正面三面は化粧屋根裏となる(写真-30)。このような天井構成は旧筑前国ではよく見られる。

側面の4柱間には天井を低く張り(写真-31)、幣殿との境の柱間には建具を入れないが、指鴨居の滑影

りから、両脇嵌殺し、中央部分引分け戸であったことが解る。

幣殿は角柱上に大斗肘木を据え、そこから棟木まで登り梁を入れ、背面の中央二本の柱位置に母屋を入れる。(写真-32・33)。妻入の拜殿の背後に幣殿が繋がる形式は、旧筑前国に比較的多く残っている。

3.4 渡殿

(1) 沿革

渡殿は、幣殿と本殿とを繋ぐ吹放しの簡素な切妻造・檜瓦葺の建物である(写真-34)。上述の拜殿・幣殿(中殿)の弘化5年の棟札に「奉再興當社渡殿一宇」と記されており、この時に拜殿・幣殿と共に建てられたことが知れる。

本殿の浜縁の前、渡殿床下に石段があるため、弘化以前には設けられていなかったと考えられる。

昭和57年の鉛害復旧工事により取り替えられた部分は多くあるが、基本的な部分に大きな変更はない。

(2) 建築概要

角柱の下部に柱根谷を付け、頭貫や足固貫等はなく、飛貫のみで角柱を繋ぐ。梁行にはアーチ形の梁を架け、頂部に舟肘木を桁行に入れて棟木を受ける(写真-35)。中央部には擬宝珠高欄付の通路があり、それは幣殿の



写真-34 渡殿



写真-35 渡殿から木殿を見る

床面より7.5寸高く床が張られている。但し、幣殿と繋がる3.45尺部分には幣殿と同高の繋ぎ部分がある。本殿浜縁の手前3尺には通路上り7.5寸高く、浜縁よりは9.5寸低い繋ぎ部分がある。

4. 建築的特徴

4.1 社殿

北九州市内で近世の本殿・拝殿・幣殿が残っているのは当社を含めても僅か7社である。当社には渡殿もあり、4棟が揃っているのは他にはない。当社は拝殿・幣殿・渡殿・本殿がセットとなって江戸末期の社殿構成を今日に伝えている貴重な遺構である。

境内には天保・弘化造営以前に寄進された燈籠・狛犬はなく、明治以降のものが多い。拝殿・幣殿に掲げられた絵馬もその造営以後のものである。古来から近郷の中心として信仰篤い神社であったが、二の鳥居を除いて弘化以前の石造物が現存していない¹⁾。従って、天保・弘化の造営は社殿だけでなく境内地も含めた近

郷の中心的神社としての体裁を整えた一大事業であったと推測される。この事業の完成は伊藤彦六の尽力による。

大正6年の『遠賀郡誌』には「今も宏壮なる神社にて地方稀に見る所の大社なり」と記されており、天保・弘化造営から連綿と整備が行われていたのであろう。

4.2 本殿

(1) 建設年代・平面規模

北九州市内には近世の三間社流造は17棟しかない²⁾。当殿の天保13年(1842)の建設年代は15番目になり、古い方ではない。1間社流造を含めると古い部類から更に外れる³⁾。

身舎の平面規模では、桁行は6番目に大きく、梁間は最も大きく、面積は最大である(表-1)。つまり、当殿は市内の近世神社本殿で最大の大きさを有していることになる(13.86尺×13.23尺)。近代まで含めると、高見神社本殿(昭和11年 1936 八幡東区)が17尺×13尺で最大である。

(2) 平面—身舎梁間3間

17棟の中で身舎梁間を3間とするのは当殿と西大野八幡神社本殿(写真-36、天保3年 1832 小倉南区)だけである。近代では莊八幡神社本殿(写真-37 明治36年 1903 小倉南区)しかない。このように身舎梁間を3間とする流造は特殊な造りであると言えよう⁴⁾。

身舎梁間3間のうち前1間と後2間とを区別して前1間を前室とする。これは上記の西大野八幡神社本殿でも同様である。前室付本殿は両社以外で岡田神社本殿(写真-38、享保3年 1718 八幡西区)があるのみである⁵⁾。近代では大正期・昭和戦前期に再建された中世の復古形式に見られる⁶⁾。従って、北九州市内の近世の三間社流造は一般的な流造と言える(写真-39、蒲生八幡神社本殿 18世紀前期 小倉南区)。同様なことは福岡市の近世本殿についても言えよう⁷⁾。

上述したように身舎梁間3間とするのは当殿と西大野八幡神社本殿の2棟しかない。西大野八幡神社本殿は当殿よりも10年早く建てられているが、縁廻り・正面側面建具・内部等、取り替え材が目につく。それに対して当殿は主要な部分での取替え材は少なく、当初の形式を良く伝えている。また、建築彫刻は西大野八幡神社では変化に乏しく、当殿に見られた多くの生き物もない。

つまり、当殿は身舎梁間3間であること、前室付本殿の平面構成を有していることで市内、更には福岡県内でも特徴的な形式であり、近世の神社建築を考察する上で貴重な形式を有していると考えられる。



写真-36 西大野八幡神社本殿



写真-37 莊八幡神社本殿



写真-38 岡田神社本殿



写真-39 潟生八幡神社本殿

表-1 北九州市内の近世3間社流造本殿寸法一覧表

社名	所在地	年代	典拠	身舎桁行			身舎架間			庇梁間	身舎+庇	円柱直径	庇柱
				前間	中央間	後間	前間	後間	中間				
				(尺)	(尺)	(尺)	(尺)	(尺)	(尺)				
森日神社	八幡西区	17世紀後期		16.90	6.00	5.45	6.00	6.00		4.25	10.25	6.20	4.40
蒲生八幡神社	小倉南区	18世紀初期		14.52	5.28	4.62	8.90	4.95	4.95	6.00	15.90	7.80	6.00
岡田神社	八幡西区	享保3(1718)	棟札	12.54	4.56	3.98	7.98	3.99	3.99	3.99	11.97	7.00	7.0(円)
和布刈神社	門司区	明和4(1767)	記録	10.88	3.99	3.42	6.84	3.42	3.42	4.56	11.40	5.80	4.80
鷹見神社	八幡西区穴生	18世紀中期		11.88	4.32	3.78	7.56	3.78	3.78	5.13	12.89	6.00	4.80
羽伏神社	北九州市	18世紀後期		11.60	4.20	3.70	6.40	3.30	3.30	4.80	11.30	6.40	5.80
高倉八幡神社	小倉南区	文化1(1804)頃	社伝	11.40	4.20	3.60	7.20	3.60	3.60	5.30	12.50	7.00	5.80
葛原八幡神社	小倉南区	文化2(1805)	棟札	14.52	5.28	4.62	8.24	4.62	4.62	5.80	15.04	6.80	7.40
東大野八幡神社	小倉南区	文化5(1808)	棟札	13.32	4.88	4.22	8.45	4.22	4.22	5.01	14.46	8.80	5.40
鷹見神社	八幡西区市齋	文政4(1821)	棟札	14.40	5.20	4.55	8.20	4.80	4.80	5.60	14.80	7.00	5.40
但馬八幡神社	門司区	文政5(1822)	社伝	13.30	4.90	4.20	8.40	4.20	4.20	5.47	14.88	8.20	6.40
鶴都天神社	小倉南区	19世紀初期		9.80	3.64	3.08	6.16	3.08	3.08	4.64	10.80	6.20	4.80
八坂神社	門司区	天保2(1831)	棟札	11.40	4.20	3.62	7.50	3.75	3.75	5.10	12.80	6.80	5.60
西大野八幡神社	小倉南区	天保3(1832)	棟札	13.75	5.00	4.38	11.85	3.75	4.06	6.60	18.48	7.80	6.80
廣旗八幡宮	八幡西区	天保13(1842)	棟札	13.86	5.04	4.41	12.23	4.41	4.41	6.95	20.81	8.40	6.80
春日神社	八幡西区	文久1(1861)	社伝	15.28	5.52	4.88	8.75	4.88	4.88	5.85	15.60	7.40	6.00
旗頭神社	八幡西区	文久2(1862)	社伝	11.78	4.34	3.72	7.44	3.72	3.72	5.27	12.71	6.80	5.20

(3) 木鼻の龍

庇柱の木鼻には獅子・象・猿を用いることが多い。当殿を除いた16棟の側面の木鼻（此柱正面には13棟木鼻を付けていない）は、猿6棟・獅子4棟・象2棟、渦・波・雲が4棟であるが、当殿では龍を用いている（写真-10、11参照）。三間社流造以外の形式の近世本

殿10棟では獅子4棟・象2棟・猿1棟、渦・波・雲3棟である。従って、市内の近世本殿27棟の中で龍を採用しているのは当殿だけであり、非常に珍しいと言えよう。

木鼻に龍を採用している本殿は近代まで広げてみてても一間社流造の多賀神社本殿（明治13年 1880 小倉南



写真-40 旗頭神社拝殿



写真-41 萩原八幡神社拝殿



写真-42 熊野神社拝殿

区)だけである。

木鼻に龍を用いることは極めて珍しいが、中備として龍の彫物を用いることは見かけることができる、装飾として龍を採用すること自体は特殊ではない。

(4) 腰組

縁を支える腰組を有する近世の本殿は当殿(写真-9参照)以外に、東大野八幡神社本殿(文化5年 1808 小倉南区)・西大野八幡神社本殿(天保3年 1832 小倉南区)・鷹見神社本殿(文政4年 1821、嘉永2年 1849修理 八幡西区市瀬)しかない。近代では榊姫神社(明治29年 1896 八幡西区)がある。

腰組ではないが持送板を用いる本殿として春日神社境内社祇園社本殿(18世紀前期 八幡西区)があり、近世の本殿では唯一である。

このように腰組を採用することは珍しく、近世においては一部の三間社流造に見られる形態である。

(5) 中備の十二支の彫物

当殿の中備は十二支の彫物である(写真-18・19・20参照)。身舎の中備に十二支を置く場合12の柱間がなくてはならないので、身舎梁間は二間必要となる。従って、当殿か西大野八幡神社本殿が該当するが、西大野八幡神社本殿では正面にのみ幕股を入れているので、十二支は当殿だけの特徴である。

(6) 海老虹梁の納まり

身舎と庇とを繋ぐ海老虹梁は、身舎側では頭貫か一手目の肘木位置から出て、庇側では桁位置で納まるのが16棟中12棟ある。当殿は身舎側では頭貫下から出て、庇側では頭貫位置で納まっており、このような納め方とするのは唯一である(写真-13・14参照)。西大野八幡神社本殿は身舎側では二手先目から出て庇側では桁位置で納する。身舎側での納まりは他に例がなく、独特である。

(7) 手挟の納まり

手挟は三斗上の実肘木上に納まるのが一般的である。当殿は二手先を組んでその位置に桁を入れ、三手目でその桁から出た手挟を受ける(写真-13参照)。恒見八幡神社本殿(文政5年 1822 門司区)も他とは異なる納め方である。

このように海老虹梁や手挟の納まりが他と異なるのは、身舎柱と庇柱の高さや両者の高さの違いであり、当殿の規模の大きさに起因すると推測される。

4.3 拝殿

市内旧筑前国に位置する近世の拝殿は当殿を含めて12棟ある。その中で入母屋造・妻入・背面切妻造が7棟、背面も入母屋造とするのが3棟、切妻造・妻人が1棟、入母屋造・平入が1棟である。向拝は正面の屋根を葺降ろしたものが最も多い(写真-40、旗頭神社拝殿 文久2年 1862 八幡西区)。このような形式は近代でも継承されている。旧豊前国における一般的な拝殿の形式は入母屋造・平入であり、地域により建築の形式が異なっていることが解る。

従って、当殿は旧筑前国における一般的な拝殿の形式と言つてもよい。しかし、幾つかに特殊な項目が見いだせる。

(1) 円柱の使用

市内で拝殿に円柱を用いている近世の遺構は当殿以外には現存しない。近代のものでも和布刈神社拝殿



(明治20年頃 1887 門司区)、春日神社拝殿(昭和9年頃 門司区)の2棟しかない。拝殿に円柱を採用することは他の地域では見かけることができるが、市内では当殿だけである。

(2) 縁の付設

当殿は正側面三方に切目縁を設けている。上述した旧筑前國の拝殿の形式では縁を設けていないので、当殿は唯一の例となる。近代になると拝殿の形式が近世とは異なるものが多く現れており、枝光八幡宮拝殿・飛幡八幡宮拝殿では縁を付設している。

旧豊前國でも上記の和布刈神社・春日神社以外に葛原八幡神社拝殿(写真-41、天明6年 1786 小倉南区)で縁を設置しているだけである。

このように、拝殿に縁を設けることは旧筑前國・旧豊前國両国では一般的でないと考えられる。

(3) 向拝の唐破風造

拝殿の向拝屋根は正面の屋根を葺きおろす場合が多いが、当殿は唐破風としている。旧筑前國には当殿の他に熊野神社拝殿(写真-42、19世紀中期 八幡西区)しかない。旧豊前國では、近世では上述の葛原八幡神社拝殿と蒲生八幡神社拝殿(19世紀中期 小倉南区)、近代では和布刈神社拝殿等で、多くはない。但し、前二者は後世の改造により付加されたものである。

当殿は、全体の形態は一般的であるが、柱・縁・唐破風に特徴が見られる。

4.4 幣殿

拝殿背後に幣殿が接続する形式は旧筑前・旧豊前両国で多く見られ、近世の遺構は当殿を含めて12棟ある(写真-43、旗頭神社幣殿 文久2年 八幡西区)。

拝殿と幣殿が離れて、幣殿が独立したものは旧豊前國にしか存在せず、しかも近世の遺構は蒲生八幡神社幣殿(19世紀前期 小倉南区)と篠崎八幡神社旧幣殿(19世紀前期 小倉北区)だけである。

従って、当殿の形式は一般的であり、本殿・拝殿の



ようには特徴を見出しつらいが、探っていくこととする。

(1) 建設年代

近世の拝殿背後に接続する幣殿12棟には18世紀の遺構は現存せず、ほとんどが19世紀中期のものである。それらの中で当殿の弘化5年(1848)は比較的古い方に属する。

(2) 規模

当殿の梁間は16.15尺であり、近世の遺構では春日神社幣殿(文久元年 八幡西区)の16.25尺に統いて規模が大きいことになる。両者の差は1寸しかないで最大の部類に属する。

内部は梁行に大梁を架け、束を立てて棟木を受け、天井を張らないのが一般的である。当殿でも天井を張らないが、登り梁を入れていることが他と異なる(写真-30参照)。

(3) 組物

当殿には柱上に大斗肘木を載せる。拝殿背後接続の幣殿に組物がある近世の遺構は他にはない。近代では枝光八幡宮(大斗肘木 大正8年 八幡東区)・飛幡八幡宮(大斗肘木 大正9年 戸畠区)等で見られる。

尚、上述の独立した幣殿には組物が用いられている(蒲生八幡神社幣殿平三斗、篠崎八幡神社旧幣殿出組)。

4.5 渡殿

渡殿は、本殿と幣殿との間隔が広い場合に設置されるであろう。多くの神社では両者が接して立っているので建築的施設としては設けず、雨が当たらないよう屋根を架けることもある。幣殿と渡廊下を区別しない神社もあるが、渡殿及び渡廊下がある主な神社は当殿以外に、蒲生八幡神社(写真-44、20世紀前半 小倉南区)・尺ノ岳神社(昭和27年 八幡西区)・天満神社(20世紀中期 小倉南区北方)・杉守神社(昭和57年 八幡西区)・六社大神社(昭和58年 小倉南区)等がある。いずれも明治以降のものであり、近世の遺構は当殿だけである。

5.まとめ

廣旗八幡宮本殿は構造形式に特徴が認められ、それは福岡県内でも特殊なものであった。それに対して、拝殿・幣殿は市内の旧筑前国において一般的な形式であるが、他との相違を有していた。渡殿はその存在 자체が特異であった。

当社に関して『遠賀郡誌』には「宏壯なる神社にて地方稀に見る所の大社なり」と記されている。このように、廣旗八幡宮の社殿は北九州市内の神社建築の中で際立った存在であることは認められよう。

また、現社殿の再建においては入土屋の伊藤彦六の働きは特筆される。

廣旗八幡宮は近郊の中心的な神社としての偉容を現在までも良く伝えており、近世の本殿・拝殿・幣殿・渡殿が揃って江戸時代末期の社殿構成を残している貴重な遺構である。そして、各社殿は他社との相違を示すことで成立している。

廣旗八幡宮をはじめとする北九州市内の神社の調査においては、北九州市教育委員会文化部保護管理課主査原英昭氏、近畿大学大学院生後藤輝元氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を表する次第である。

注

- 1) 青柳種信 校訂広瀬正利他：『筑前國續風土記拾遺』文献出版 平成5年
- 2) 遠賀郡教育会：『遠賀郡誌』 大正6年、昭和61年復刻版 臨川書店
- 3) 加藤一純・鷹取周成 校訂川添昭二他：『筑前國續風土記拾遺附録』文献出版 昭和52年
- 4) 『福岡縣神社誌』(財)大日本神祇會福岡縣支部 昭和19年、昭和63年復刻 防長出版社
- 5) 『楠橋八幡宮棟札写』(伊藤家文書)には5枚の棟札の写があるが、その中で正保2年の棟札は現存しない。元禄元年の棟札は半分しか現存せず、この棟札写で全体が解る。尚、『福岡縣神社誌』にも正保2年の棟札の存在を記している。
- 6) 『伊藤家記二』久留米市伊藤文也氏所蔵
- 7) 奥村玉蘭 校訂田坂大藏他：『筑前名所圖會』昭和

60年 文献出版

例えば、杉森社(杉守神社 八幡西区上香月)で確認できる。

- 8) 現存する石造物の中で安政2年(1855)の燈籠が古い方に属し、多くは明治以降の寄進である。絵馬は嘉永7年(1854)、安政3年(1856)が古い。
- 9) 三間社流造以外の形式の本殿で江戸時代建立は9棟ある。当社より古いのは5棟ある。

- 10) 身舎梁間を3間とする流造本殿を『福岡県の近世社寺建築』(福岡県教育委員会 昭和59年)で探すと以下の二間社5棟・五間社1棟が該当する。

北斗宮神殿	嘉穂郡嘉穂町	17世紀末
多賀神社本殿	嘉穂郡額田町	元禄14年(1701)
馬見神社神殿	嘉穂郡嘉穂町	宝永4年(1707)
杷木神社本殿	朝倉郡杷木町	宝暦10年(1760)
三柱神社本殿	山門郡三橋町	文政9年(1826)

春日神社本殿(5間社) 春日市 元禄15年(1702)『福岡県の近世社寺建築』には近世の三間社流造が61棟紹介されており、その中で上記の5棟が身舎梁間3間である。尚、『福岡県の近世社寺建築』の調査は諸条件の下で実施されているので、福岡県全体の実態を必ずしも反映していないところもあることに注意しなければならないが、身舎梁間3間は1割弱である。北九州市では17棟中2棟で1割強である。

- 11) 岡田神社本殿は正面(庇)柱を円柱とすることで廣旗八幡宮本殿と共通する。岡田神社以外では、正面の縁を庇柱まで伸ばし、側面を板壁等で画して前室風とする本殿は存在しているが、いずれも後補である。例えば、春日神社本殿(文久元年1861 八幡西区)、旗頭神社本殿(文久2年 1862 八幡西区)等がある。

- 12) 例えば、大正8年の枝光八幡宮本殿(八幡東区)では「社殿構造一覧」の中で「千方室町將軍時代様式」と記している。その他として、大正9年の飛幡八幡宮本殿(戸畠区)、昭和4年の鷹見神社本殿(八幡西区南鷹見)などがある。

- 13) 『福岡市の近世社寺建築』(福岡市教育委員会 平成2年)所載の近世本殿には前室付流造はない。

プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ 疲労き裂の発生・進展(3)

原田克身・三井宜之・畠香織**

〈平成14年9月25日受理〉

Fatigue Crack Growth Behaviors at the Toes of Fillet Welded Joints
under Programme Bending Loads (3)

HARADA Katsumi, MITSUI Yoshiyuki and HATA Kaori

The block load effect of fatigue performance was investigated on non-load-carrying fillet welded joints with 2 or 3 load ranges varying.

Fillet welded joints were tested under both alternating and pulsating bending.

In this paper, results of the tests are presented and discussed.

Some aspects of fatigue performance are shown in relation to the block load effect.

1. 序

本研究は、プログラム荷重の中で最も基本的なブロック荷重下におけるリブT形すみ肉溶接継手（荷重非伝達すみ肉溶接継手）の溶接止端における曲げ疲労き裂の発生・進展性状について実験的に調べたものである。本報では、はじめに疲労強度への影響が大きい溶接止端の形状寸法とそのばらつき性状を調べるとともにそれらに及ぼす溶接条件などの影響について考察した。つづいて、リブT形すみ肉溶接継手の4点曲げ（純曲げ）の片振り^[1,2]および両振り定荷重疲労試験を実施し、溶接止端における曲げ疲労き裂の発生・進展に及ぼすブロック荷重による影響を調べた。

つぎに、ブロック内応力全振幅 (S_1, S_2, S_3) を等価応力全振幅 $\Delta\sigma_{eq}$ に換算して、疲労き裂発生寿命 N_f や疲労破壊寿命 N_f ならびに疲労損傷度 D について検討した。さらに、既報^[3,4]にデータの追加を行ったのでここに報告する。

2. 試験概要

2.1 試験体

試験体の形状寸法等は図1に示す。主板はSM400A鋼板で、機械的性質と化学成分はそれぞれ、表1と表2に示す。また、リブ板は寸法12×32 mm のミガキ帶

鋼を使用した。

試験体の種類は表5に示す。先頭の1B, 2B, 3Bは定荷重、2段ブロック荷重、3段ブロック荷重を、つぎの、L, M, Sは同段ブロック荷重のブロックの大、中、小を。末尾の0, 1は応力比 ($R=0$, $R=-1$) で試験した試験体を示す。

2.2 溶接条件

試験体を切り出す前の溶接板の溶接長は、500×500 mm とし、合計7枚の溶接原板を製作し、各原板より4体づつ計28体の試験体（Aタイプ）を切り出した。

同様の方法で別に40体の試験体（Bタイプ）も製作して合計68体とした。

すみ肉の脚長はすべて10 mm 目標値とし、層数は2、層盛順序は図2に示す。

溶接方法は炭酸ガス半自動アーク溶接とした（既報^[5]の実験では、被覆アーク溶接）。溶接条件はまとめて表3に示す。

主板は溶接ひずみを防ぐため定盤上に固定したが、逆ひずみは加えてない。

2.3 溶接止端形状の測定

疲労き裂の発生箇所である各試験体の溶接止端部の形状は、シリコンゴム（S社製、二液型室内硬化型ゴム）を用いて型取りした。製作した型取りは、溶接長さに沿って、約2 mm 間隔にスライスし、すみ肉の脚長と溶接止端部の形状寸法（フランク角 θ 、切欠半径

*熊本大学工学部環境システム工学科

**有明工業高等専門学校専攻科学生

ρ_1 、図3)を万能投影器で20倍に拡大し測定した。

2.4 リブT形すみ肉溶接継手の曲げ疲労試験

載荷は既報⁶⁾の曲げ疲労試験に使用した加力装置を用い±10tonの電気油圧式サーボ疲労試験機により、4点曲げ片振り、両振りの定荷重制御とした。

応力比Rは片振(R=0)および両振(R=-1)とし、応力条件は表5に示す。

負荷波形はsin波、載荷速度は3~10Hzとし、負荷応力の大きさに応じて適宜変更した。

プログラム波発生には、S社製、プログラムファンクションジェネレータ(4048A)を使用した。

荷重プログラムは図4に示す片振(R=0)および両振(R=-1)の一定荷重、2段ブロック荷重、3段ブロック荷重の6種類とした。

片振試験の場合、ブロックの大きさ n_0 は、2段ブロック荷重では 1×10^3 回と 1×10^4 回の2種類とし、3段ブロック荷重では 1.5×10^3 回と 1.5×10^4 回の2種類とした。

両振試験の場合、ブロックの大きさ n_0 は2段ブロック荷重では 1×10^3 回と 1×10^4 回の2種類とし、3段ブロック荷重では 1.5×10^3 回、 1.5×10^4 回と 1.5×10^5 回の3種類とした。

各荷重レベルの繰返し回数(n_1 , n_2 , n_3)は、同じとした。載荷は、小さい方の荷重からスタートした。

疲労き裂の発見およびき裂進展長さの測定は溶接止端部に赤色の浸透液を塗布し、き裂開閉時に生じる泡の発生を拡大鏡で観察することにより行った。

3. 試験結果と考察

3.1 溶接止端形状の統計解析

疲労強度への影響が大きい溶接止端の形状寸法とそのばらつき性状を調べるとともにそれらに及ぼす溶接条件などの影響について考察した。

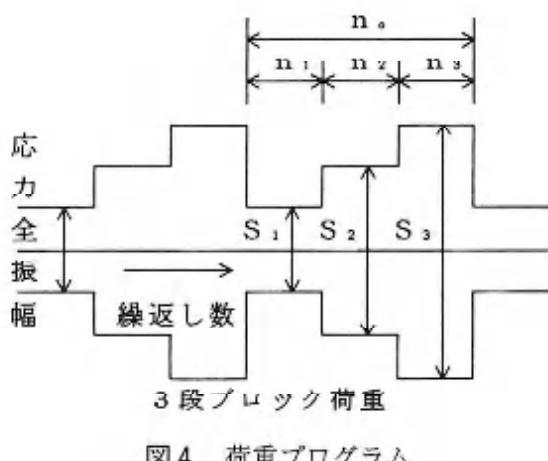


図4 荷重プログラム

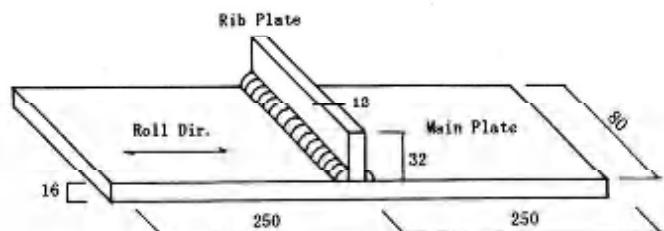


図1 試験体の形状・寸法

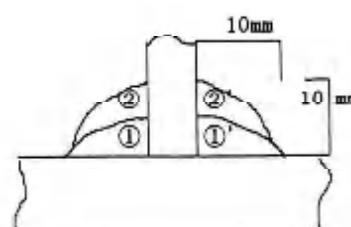


図2 層盛順序

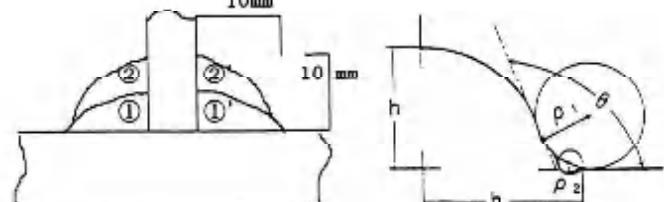


図3 止端形状

表1 素材の機械的性質

Specimen	Yield Strength σ_y (kgf/mm ²)	Tensile Strength σ_u (kgf/mm ²)	Elongation (%)
A-Type	28.27	45.73	33.30
B-Type	29.08	45.31	31.00

表2 素材の化学成分 (%)

SM400A	C	Si	Mn	P	S
A-Type	0.16	0.18	0.61	0.014	0.012
B-type	0.16	0.04	0.71	0.015	0.004

注) ミルトより抜粋

表3 溶接条件

A-Type	
Welding Method	CO ₂ -Arc Welding
Welding Rod	YM-26 φ 1.2
Welding Position	Flat
Welding Current	270~300(A)
Arc Voltage	37~38(V)
Heat Input	10.87~25.74(kJ/cm)
Inter Pass Temp.	100(°C)
Welder	JIS Z3841 SA-2F SN-2F

B-Type

B-Type	
Welding Method	CO ₂ -Arc Welding
Welding Rod	YM-26 φ 1.2
Welding Position	Flat
Welding Current	320(A)
Arc Voltage	38(V)
Heat Input	21.40(kJ/cm)
Inter Pass Temp.	100(°C)
Welder	JIS Z3841 SA-2F SN-2F

溶接部形状の測定値を統計量として、確率紙にプロットすると、既往の結果¹⁾と同様に、すみ肉脚長(h)と溶接止端のフランク角(θ)は正規分布、溶接止端の切欠半径(図3の ρ_1 のみ採用)は対数正規分布することがわかった。

次に、曲げ応力を受ける場合の溶接止端の応力集中係数(K_t)は西田²⁾がノッチ付帯板について光弾性実験より導いた下式に各試験体の測定値を代入して求めた。

$$K_t = 1 + \frac{(1 - e^{-\rho_1(T+h)/h \cdot (\pi-\theta)})}{(1 - e^{-\rho_1(T+h)/h \cdot (\pi/2)})} \times C \quad (1)$$

$$\text{ただし } C = [0.19(\rho_1/T)^{0.89} \cdot \tanh(L/T + 3\rho_1/T) \cdot \coth(1 + 3\rho_1/T) \cdot \tanh(100h/T)]$$

ここに T : 板厚 L : リブ板厚

K_t の統計的性質に関して、 $K_t - 1$ については対数正規分布することが知られている³⁾。各タイプについて、 ρ_1 、 θ 、 h と $K_t - 1$ の分布形、平均値、標準偏差をまとめて表4に示す。また、同表中には既報の結果⁴⁾(被覆アーク溶接の場合)も併せて示す。被覆アーク溶接の場合、 ρ_1 については、板厚(T)が小さくなると、増大する傾向がみられる。 $T = 12\text{ mm}$ の場合、溶接前に切削したものの ρ_1 値が溶接後切削したものより若干大きくなつた。 K_t については、 T が大きくなる程増大する傾向がある。 $T = 25\text{ mm}$ 、 12 mm の場合、ともに溶接後切削したものの K_t 値が溶接前切削したものより大きくなつた。溶接方法の違いの影響については、本報の炭酸ガスアーク溶接(Aタイプ)の場合、フランク角 θ と切欠き半径 ρ_1 については、被覆アーク溶接より切欠き半径 ρ_1 は小さくなり、フランク角 θ はやや大きくなり、 K_t 値については、前者より大きくなる傾向がみられた。

ただし、 K_t は既往の研究結果^{1), 3), 10)}に対応した値になっている。

3.2 溶接止端形状と応力集中係数に及ぼす溶接条件の影響

図5は溶接止端形状ならびに応力集中係数と溶接入熱量の関係を示す。入熱量 Q は、溶接盛①と②の入熱量の平均値をとっている。同図中には、既報の結果も合わせて示す。

図より、既報の結果と比べると、Aタイプは切欠き半径 ρ_1 は小さく、フランク角 θ は大きくなり、応力集中係数 K_t は大きくなつた。Bタイプは θ は大きくなつたが、 ρ_1 と K_t は同程度だった。実験数が少ないので正確なことは判らないが、炭酸ガス半自動アーク溶接の場合、被覆アーク溶接の場合に比べて溶接止端形状に与える溶接入熱量の影響がかなりこくなる。

3.3 曲げ疲労き裂の進展性状

試験体にはすべて主板の中央附近の溶接止端に微細な表面き裂が複数個生じ、互いに合体しながら進展した。

き裂は板厚方向にも進展し板厚の約60%に達すると急激に進展し破壊に至った。

1) 表面き裂の長さ方向進展性状

図6は $\Delta\sigma_{eq}$ 値がほぼ同程度の試験体の溶接止端における表面き裂の長さ方向進展性状を示す。図の縦軸は、試験体表面におけるき裂長さの総計 b を試験体の幅 W で除しており無次元化し、横軸は N/N_f (N と N_f はそれぞれ繰返し回数と最終繰返し回数) している。

図より、両振りの場合、片端りに比べてき裂進展速度がきわめて速いことが判る。また、ブロック数の変化に関しては、3段、2段、定応力の順に、き裂進展速度が速いことが判る。

表4 応力集中係数の統計解析結果

Welding Method	Specimen	Parameter and Distribution								Ref.	
		ρ_1 (mm)		θ (degree)		h (mm)		$K_t - 1$			
		Log-Normal		Normal		Normal		Log-Normal			
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Covered Arc	N38-Type	0.42	0.55	108.4	7.56	10.55	0.47	1.84	—	7)	
	A25-Type	0.38	0.59	108.9	7.58	10.65	0.51	1.99	—		
	B25-Type	0.39	0.64	115.9	6.14	10.45	0.41	1.89	—		
	A12-Type	0.44	0.59	111.0	7.14	10.48	0.39	1.71	—		
	B12-Type	0.55	0.70	112.9	6.86	10.64	0.52	1.46	—		
	B12'-Type	0.75	0.59	111.3	6.49	11.67	0.73	1.16	—		
CO_2 Arc	A-Type	0.29	0.67	118.8	12.6	11.52	0.89	2.24	—		
	B-Type	0.46	0.12	128.9	5.36	11.96	0.23	1.51	—		

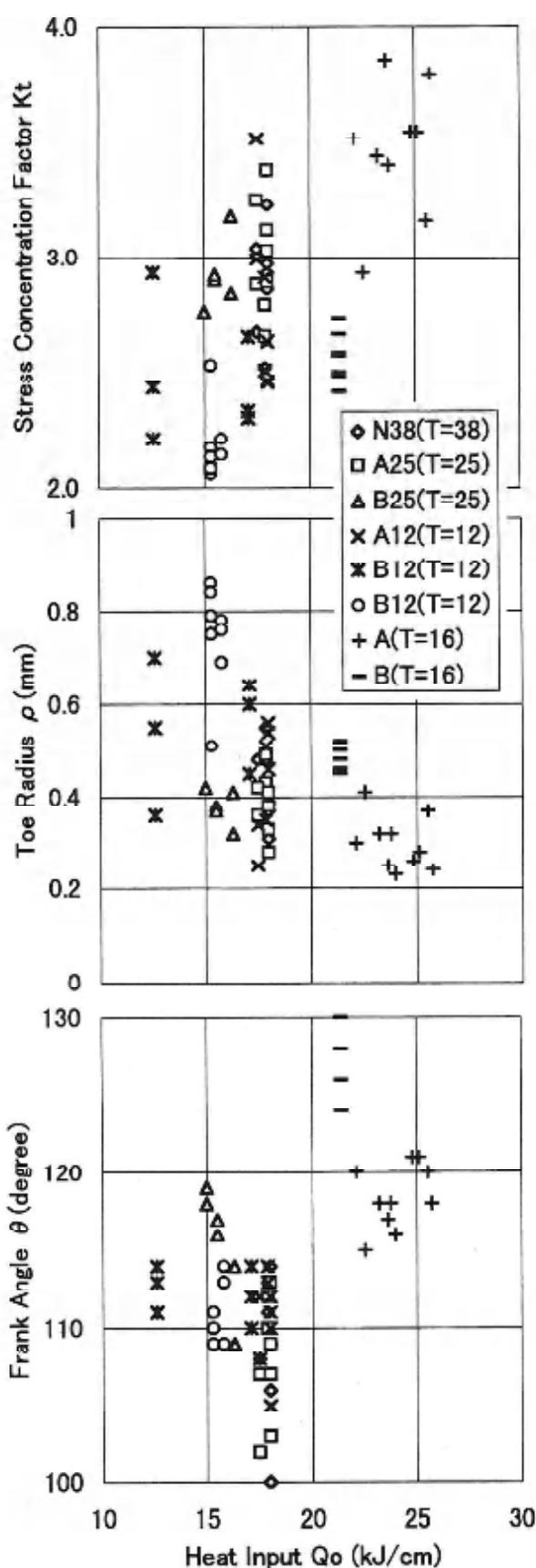


図5 溶接止端形状ならびに応力集中係数と入熱量の関係

2) 板厚方向き裂の進展性状

図7は板厚方向き裂の進展性状を示す。

縦軸は両側面における板厚方向き裂の深さ a を板厚 T で除しており、また横軸は N/N_f としている。

図より、片振りの場合、2BM0 のき裂進展速度が速く、両振りの場合、3BM1 のき裂進展速度が速いが、ブロックの段数やブロックの大小に関しては、大きな差異は認められない。

3.4 疲労き裂発生寿命 N_e と破壊寿命 N_f

試験結果は応力条件とともに表5に示す。同表中の N_e はき裂発見時までの繰返し回数（き裂長さ L_e は各試験体で異なる）を示す。 N_f は破壊寿命を示す。

$\Delta\sigma_{eq}$ は線形累積被害則 (Palmgren-Miner 則)¹²⁾ を適用し求めた等価応力全振幅を示す。また、D は破壊までの疲労損傷度を示す。

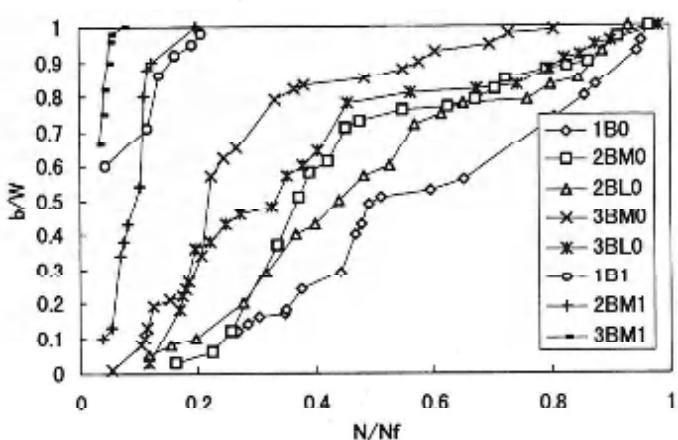


図6 表面き裂の長さ方向進展性状

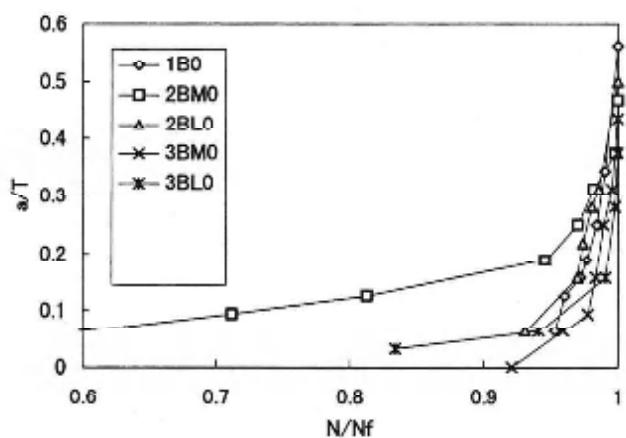


図7-1 板厚方向き裂の進展性状

表 5-1 応力条件と実験結果

Spec.	Stress Condition				Test Results					Spec.	Stress Condition				Test Results								
	Name No.	n _o (x 10 ³)	S ₁	S ₂	S ₃	Δσ _{eq}	R	N _c (x 10 ⁴)	L _c	N _r (x 10 ⁴)	D	Name No.	n _o (x 10 ³)	S ₁	S ₂	S ₃	Δσ _{eq}	R	N _c (x 10 ⁴)	L _c	N _r (x 10 ⁴)	D	
1BO (A1)	E	30.5	—	—	—	30.5	0	5.92	12	—	—	3BMO (A17)	E	1.5	25.8	30.5	35.2	31.5	0	1.37	3	15.88	0.84
	W							5.18	4	22.08	—		W		1.5	—	—	—	—	3.16	10	—	—
1BO (A2)	E	25.8	—	—	—	25.8	0	7.72	1	32.64	—		E	1.5	16.4	25.8	30.5	26.7	0	5.23	2	34.96	0.11
	W							7.72	6	—	—		W		1.5	—	—	—	—	3.05	3	—	—
1BO (A3)	E	35.2	—	—	—	35.2	0	2.52	25	9.70	—		E	1.5	25.8	30.5	35.2	31.5	0	1.50	1	—	—
	W							2.52	3	—	—		W		1.5	—	—	—	—	1.63	2	27.51	1.45
1BO (A4)	E	30.5	—	—	—	30.5	0	2.30	2	21.54	—		E	1.5	16.4	25.8	30.5	26.7	0	4.36	2	—	1.26
	W							4.43	8	—	—		W		1.5	—	—	—	—	3.90	3	52.12	—
1BO (A5')	E	35.2	—	—	—	35.2	0	2.83	4	—	—		E	15.0	16.4	25.8	30.5	26.7	0	5.29	12	40.60	0.83
	W							1.47	3	13.13	—		W		15.0	—	—	—	—	4.00	2	—	—
1BO (A2')	E	30.5	—	—	—	30.5	0	6.36	1	—	—		F	15.0	25.8	30.5	35.2	31.5	0	2.50	4	—	1.04
	W							6.36	2	33.56	—		W		15.0	—	—	—	—	3.31	6	19.75	—
1BO (A3')	E	25.8	—	—	—	25.8	0	13.42	5	—	—		E	15.0	25.8	30.5	35.2	31.5	0	4.15	7	—	1.43
	W							12.30	4	70.44	—		W		15.0	—	—	—	—	4.15	1	27.20	—
1BO (A15)	E	28.1	—	—	—	28.1	0	—	—	18.07	—		E	15.0	16.4	25.8	30.5	26.7	0	6.70	5	—	1.11
	W							—	—	—	—		W		15.0	—	—	—	—	6.70	3	57.34	—
1BO (B17)	E	25.8	—	—	—	25.8	0	20.90	50	27.29	—		E	56.2	—	—	—	-1	—	—	—	—	—
	W							—	—	—	—		W		56.2	—	—	—	-1	—	—	1.80	—
2BMO (A5)	E	1.0	25.8	35.2	—	32.0	0	2.99	3	—	1.16		E	48.2	—	—	48.2	-1	4.00	1(d)	6.25	—	
	W							3.28	3	20.25	—		W		48.2	—	—	—	—	—	—	—	—
2BMO (A6)	E	1.0	30.5	35.2	—	33.2	0	3.12	9	—	1.03		E	39.8	—	—	39.8	-1	9.16	30	—	—	
	W							2.43	1	14.56	—		W		39.8	—	—	—	—	13.74	40	19.02	—
2BMO (A7)	E	1.0	25.8	30.5	—	28.6	0	3.20	8	—	0.84		E	34.7	—	—	34.7	-1	19.39	65	—	—	
	W							3.20	2	21.55	—		W		34.7	—	—	—	—	19.39	65	22.96	—
2BMO (A8)	E	1.0	16.4	35.2	—	31.2	0	2.39	33	18.13	0.94		E	32.3	—	—	32.3	-1	19.81	30	48.76	—	
	W							2.80	2	—	—		W		32.3	—	—	—	—	1.40	60	2.90	0.71
2BMO (A9)	E	1.0	16.4	30.5	—	27.1	0	4.22	2	—	0.73		E	54.9	39.0	—	49.7	-1	1.40	60	—	—	
	W							2.34	7	33.36	—		W		54.9	39.0	—	—	—	1.40	60	—	—
2BLO (A10)	E	10.0	25.8	35.2	—	32.0	0	1.61	18	14.84	0.84		E	39.9	55.3	—	50.6	-1	1.30	10	—	0.77	
	W							1.61	2	—	—		W		39.9	55.3	—	—	—	1.30	40	2.85	—
2BLO (A11)	E	10.0	30.5	35.2	—	33.3	0	1.64	14	16.64	1.18		E	32.9	48.5	—	42.8	-1	5.85	65	7.20	0.84	
	W							2.59	12	—	—		W		32.9	48.5	—	—	—	5.85	65	—	—
2BLO (A12)	E	10.0	25.8	30.5	—	28.6	0	2.76	4	23.75	0.71		E	26.7	41.7	—	37.4	-1	10.5	2	28.40	1.35	
	W							2.76	5	—	—		W		26.7	41.7	—	—	—	—	—	—	—
2BLO (A13)	E	10.0	16.4	35.2	—	31.2	0	2.59	9	—	0.93		E	21.6	38.0	—	34.7	-1	—	—	—	0.80	
	W							1.64	4	18.71	—		W		21.6	38.0	—	—	—	—	—	—	—
2BLO (A14)	E	10.0	16.4	30.5	—	27.1	0	2.13	1	31.30	0.83		E	24.4	33.3	—	30.3	-1	—	—	—	0.60	
	W							1.93	10	—	—		W		24.4	33.3	—	—	—	32.51	80	42.15	0.71

例：ブロックの大きさ (size)

S₁, S₂, S₃: ブロック肉の応力全振幅 (kgf/mm²)

B:応力比(P_{min}/P_{max}) L: N-時のき裂長さ(mm)

R : 能力比 ($P_{\text{MT}}/\bar{P}_{\text{max}}$) L_c : N_c

N_c:き裂発見時までの繰返し数 (cyc | s)

N-破壊素子の導通・遮断(二)

N: 破壊までの繰返し数(cycle)
 D: マイナー側に上り評価した疲劳損傷度

表5-2 応力条件と実験結果

Speci. Name No.	Stress Condition	Test Results									
		n _o ($\times 10^3$)	S ₁	S ₂	S ₃	$\Delta\sigma_{eq}$	R	N _c ($\times 10^4$)	L _c	N _f ($\times 10^4$)	D
2BL1 (B35)	E							21.50	75	31.59	
	W	10.0	24.8	36.1	—	32.6	-1				0.68
2BL1 (B36)	E							7.00	30	20.00	
	W	10.0	30.4	41.2	—	37.6	-1				0.98
2BL1 (B37)	E							4.00	30	9.99	
	W	10.0	36.1	46.4	—	42.6	-1				1.01
2BL1 (B38)	E							2.00	35	5.90	
	W	10.0	41.2	48.2	—	40.0	-1				0.92
3BS1 (B45)	E							—	—	1.69	
	W	0.15	28.0	37.4	46.4	40.4	-1				0.57
3BS1 (B46)	E							53.50	5	58.83	
	W	0.15	19.2	28.1	37.0	31.7	-1				1.08
3BS1 (B47)	E							—	—	—	
	W	0.15	23.4	32.8	42.1	36.3	-1				1.04
3BS1 (B48)	E							19.23	80	25.35	
	W	0.15	33.0	46.8	54.3	46.5	-1				0.31
3BS1 (B49)	E							2.05	10	3.14	
	W	0.15	22.6	42.1	50.4	44.4	-1				0.12

n_o: ブロックの大きさ (cycle)
 S₁, S₂, S₃: 1 ブロック内の応力全振幅 (kgf/mm²)
 R: 応力比 (P_{min}/P_{max}) L_c: N_f 時のき裂長さ (mm)
 σ_{eq} : 等価応力全振幅 (kgf/mm²)
 N_c: き裂発見時までの繰返し数 (cycle)
 N_f: 破壊までの繰返し数 (cycle)
 D: マイナー則により評価した疲労損傷度

Speci. Name No.	Stress Condition	Test Results									
		n _o ($\times 10^3$)	S ₁	S ₂	S ₃	$\Delta\sigma_{eq}$	R	N _c ($\times 10^4$)	L _c	N _f ($\times 10^4$)	D
3BM1 (B18)	E							—	—	—	1.53
	W	3.0	37.7	43.5	41.2	44.1	-1	2.70	20	12.60	
3BM1 (B19)	E							11.60	40	—	1.21
	W	1.5	30.4	34.5	41.1	36.4	-1	11.60	30	28.60	
3BM1 (B21)	E							—	—	—	0.66
	W	1.5	39.1	47.0	53.9	48.3	-1	—	—	3.20	
3BM1 (B26)	E							—	—	—	0.93
	W	1.5	18.2	28.4	38.0	32.4	-1	—	—	44.36	
3BM1 (B27)	E							0.63	10	3.30	0.75
	W	1.5	34.9	44.9	55.3	49.1	-1	—	—	—	
3BM1 (B39)	E							—	—	28.52	
	W	1.5	23.4	32.8	42.2	36.3	-1	—	—	—	1.14
3BM1 (B43)	E							—	—	—	0.96
	W	1.5	33.5	42.3	49.3	43.8	-1	6.90	80	9.17	
3BL1 (B44)	E							—	—	16.46	
	W	1.5	28.5	37.5	45.8	40.0	-1	10.71	80	—	1.16
3BL1 (B31)	E							25.50	80	52.41	
	W	15.0	23.9	29.5	34.7	30.8	-1	—	—	—	0.82
3BL1 (B32)	E							5.50	40	18.00	
	W	15.0	30.4	36.1	41.2	37.1	-1	—	—	—	0.82
3BL1 (B33)	E							—	—	—	1.10
	W	15.0	36.1	41.2	46.4	42.2	-1	4.00	15	11.57	
3BL1 (B34)	E							1.00	45	6.00	
	W	15.0	41.2	46.4	48.9	46.0	-1	—	—	—	0.94

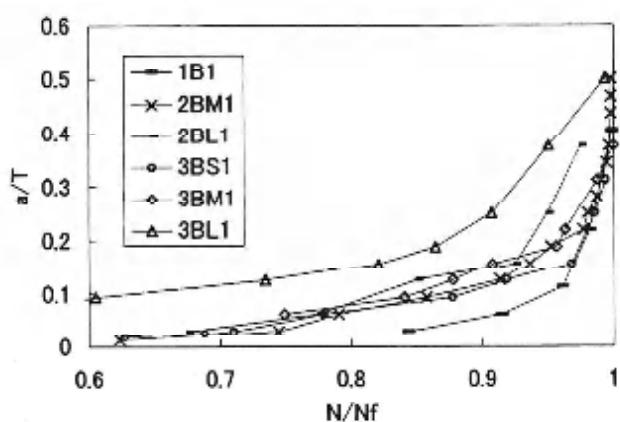


図7-2 板厚方向き裂の進展性状

S. Ratio	B. Step	Specimen	Mean	S. D.
R=0	2	2BMO	0.90	0.19
	2	2BL0	0.90	0.16
	3	3BMO	1.07	0.30
	3	3BL0	1.12	0.22
R=-1	2	2BM1	0.83	0.23
	2	2BL1	0.90	0.13
	3	3BS1	0.88	0.18
	3	3BM1	1.04	0.26
3	3BL1	0.92	0.11	

表6 疲労損傷度の統計解析結果

1) 等価応力全振幅 $\Delta\sigma_{eq}$ による評価

定応力振幅疲労曲線が次式で表されるとする。

$$N = C \cdot \Delta\sigma_b^{-m} \quad (m > 0) \quad (2)$$

本実験結果（破壊寿命 N_f ）を適用し、Cとmを求めるところ以下のようになる。

$$R=0 \text{ では } C=7.54 \times 10^{13} \quad m=5.737$$

$$R=-1 \text{ では } C=2.22 \times 10^{14} \quad m=5.737$$

次に、Palmgren-Miner 則を適用すると次式を得る。

$$Z \cdot \sum_{i=1}^k (n_i/N_i) = 1 \quad (3)$$

ここに Z: ブロック数 k: 段数

n_i : 1ブロック内の各応力の繰返し数

N_i : 各応力が作用した時の破壊寿命

式(3)より

$$Z = 1 / \sum_{i=1}^k (n_i/N_i) \quad (4)$$

破壊までの推定繰返し数を N' とすると次式を得る。

$$N' = Z \cdot n_0 \quad (5)$$

ここに n_0 : ブロックの大きさ

(4), (5) 式より

$$N' = n_0 / \sum_{i=1}^k (n_i/N_i) \quad (6)$$

(2) と (6) を等値し、 $\Delta\sigma_b = \Delta\sigma_{eq}$ とすると

$$\Delta\sigma_{eq} = \sqrt[m]{\sum_{i=1}^k (f_i \cdot \Delta\sigma_i^m)} \quad (7)$$

ここで $f_i = n_i/n_0$

σ_i : ブロック内の応力全振幅 (S_1, S_2, S_3)

図8と図9はそれぞれ疲労き裂発生寿命 N_e と破壊寿命 N_f を等価応力全振幅 $\Delta\sigma_{eq}$ に対して示す。

図より以下のことがわかる。

(a) 両振り片振り共、疲労き裂発生寿命 N_e については定応力試験のまわりに低く分布する。

(b) 両振り片振り共、疲労破壊寿命 N_f については定応力試験のまわりに分布する。

(c) N_e, N_f ともに両振り試験結果が高寿命側になる。溶接継手では、両振りの場合が片振りに比べて一般に高寿命側になるが、今回の結果は同じになった。

(d) N_e, N_f ともにブロック数の変化に関しては大きな差異は認められず、定応力試験結果と対応する。

2) 疲労損傷度D

Palmgren-Miner 則を適用すると疲労損傷度Dは、以下のように表される。

$$D = Z \cdot \sum_{i=1}^k (n_i/N_i) \quad (8)$$

N_f に対するD値の算定結果を表5に、統計解析結果を表6に示す。

また、図10は横軸に $\Delta\sigma_{eq}$ をとりD値をプロットしたものである。D値は2段ブロック荷重が小さく、3段ブロック荷重が大きいがバラツキもやや大きい。

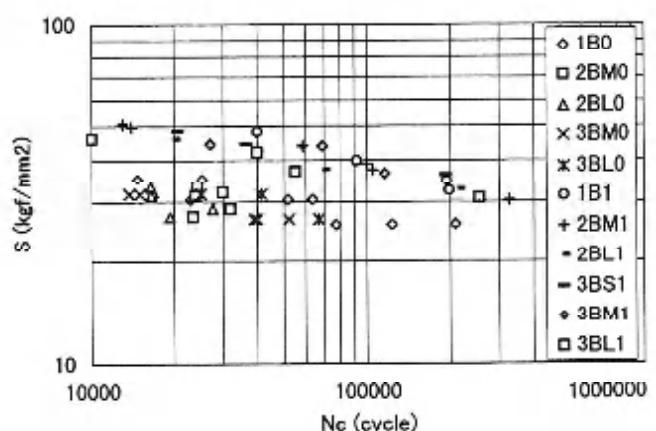


図8 $\Delta\sigma_b - N_e$ 関係

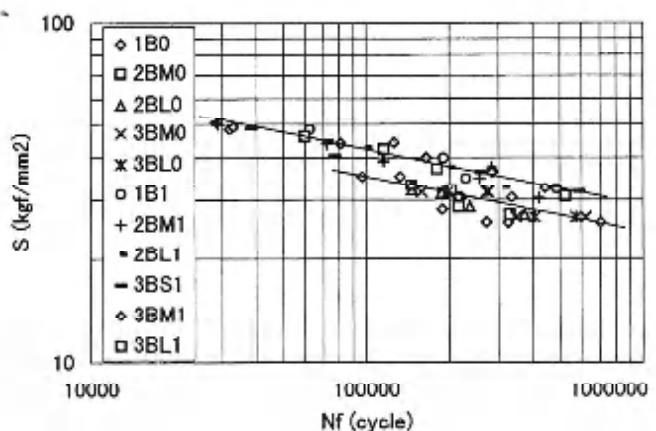


図9 $\Delta\sigma_b - N_f$ 関係

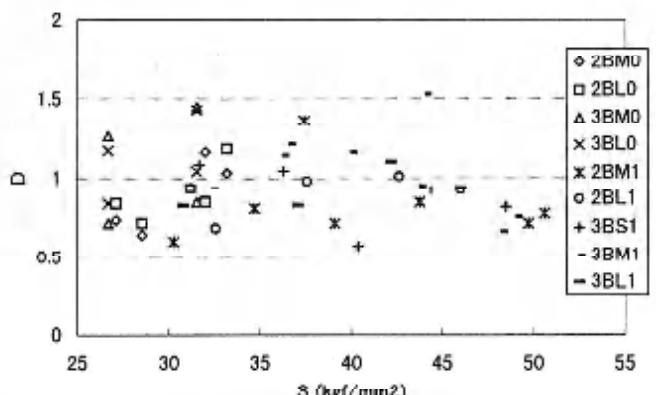


図10 D - $\Delta\sigma_{eq}$ 関係

またD値は1を中心に0.57から1.53の値の範囲でバラツイている。応力が小さいと1を中心にバラツキ、応力が大きくなれば小さくなる傾向にある。

4. 結論

リブT形すみ肉溶接継手について、溶接止端形状の測定と片振りならびに両振り定応力、2段および3段ブロック荷重曲げ疲労試験を行い、疲労き裂の発生・進展性状について検討した。

次に、ブロック内応力全振幅(S_1, S_2, S_3)を等価応力全振幅 $\Delta\sigma_{eq}$ に換算して、疲労き裂発生寿命 N_c や疲労破壊寿命 N_f ならびに疲労損傷度Dについて検討した。

得られた結果を以下に示す。

- 1) 溶接止端形状は被覆アーク溶接の場合に比べて、Aタイプでは切欠半径 ρ_1 が小さく、フランク角 θ が大きくなり、応力集中係数 K_t は大きくなつた。
- Bタイプでは θ は大きくなつたが、 ρ_1 と K_t は同程度だった。
- 2) 表面き裂の進展性状については、両振りの場合が片振りに比べてき裂進展速度が速い。ブロック数に関しては、3段、2段、定応力の順にき裂進展速度が速い。
- 3) 板厚方向き裂の進展性状については、長さ方向と異なり一部き裂進展速度の速いものがあるが、ブロックの段数やブロックの大小に関しては、大きな差異は認められない。
- 4) 両振り片振り共、疲労き裂発生寿命 N_c については定応力試験のまわりに低く分布する。
- 5) 両振り片振り共、疲労破壊寿命 N_f については定応力試験のまわりに分布する。
- 6) N_c, N_f ともに両振り試験結果が高寿命側になる。溶接継手では、両振りの場合が片振りに比べて一般に高寿命側になる。
- 7) N_c, N_f ともにブロック数の変化に関しては大きな差異は認められず、定応力試験結果と対応する。
- 8) 等価応力全振幅 $\Delta\sigma_{eq}$ を用いて結果を整理すると N_f に対する疲労損傷度Dは1を中心に0.57から1.53までバラツイている。応力が小さいと1を中心にバラツキ、応力が大きくなれば小さくなる傾向にある。

謝辞

本研究に協力頂いた有明工業高等専門学校 原田研究室の平成12、13、14年度の卒研生へ感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 三井宣之、畠中孝吉、宮崎泰治：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展(1)，日本建築学会九州支部研究報告、第31号、pp. 225-228、1989. 3
- 2) 三井宣之、畠中孝吉、宮崎泰治：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展(2)，日本建築学会九州支部研究報告、第31号、pp. 229-232、1989. 3
- 3) 三井宣之、宮崎泰治：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展(その3、3段ブロック荷重曲げ疲労試験)，日本建築学会中国・九州支部研究報告、第8号、pp. 173-176、1990. 3
- 4) 原田克身、三井宣之：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展，有明工業高等専門学校紀要、第34号、pp. 49-55、1998. 1
- 5) 原田克身、三井宣之、畠 香織：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展(2)，有明工業高等専門学校紀要、第38号、pp. 33-39、2002. 1
- 6) 原田克身、三井宣之：すみ肉溶接継手の溶接止端における曲げ疲労挙動－荷重非伝達すみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展に及ぼす板厚および残留応力の影響(第1報)－，日本建築学会構造系論文集、第488号、pp. 145-152、1996. 10
- 7) 二瓶正俊、佐々木悦男、金尾正雄、稻垣道夫：被覆アーク溶接継手の疲れ強さに及ぼす溶接止端形状および溶接条件の影響についての統計的解析、日本造船学会論文集、第146号、pp. 393-406、1979
- 8) 西田正孝：応力集中、森北出版、1967
- 9) 三井宣之、黒羽啓明、原田克身、許斐光生：すみ肉溶接継手の溶接止端における曲げ疲労き裂の発生・進展挙動－鋼すみ肉溶接継手の曲げ疲労に関する研究(第1報)－、溶接学会誌、第52巻3号、pp. 58-65、1983. 3
- 10) 三井宣之、黒羽啓明、原田克身、許斐光生：すみ肉溶接継手の曲げ疲労寿命の推定と鋼管構造溶接継手の疲労解析への適応－鋼すみ肉溶接継手の曲げ疲労に関する研究(第2報)－、溶接学会論文集、第1巻1号、pp. 70-78、1983. 5
- 11) Miner, M. A.: Cumulative damage in fatigue, J. Applied Mechanics, Trans. ASME, 12-3, 1945

次世代省エネルギー基準に基づいた住宅の評価と 温熱環境に関する調査

山下俊雄・田中三雄

(平成14年9月25日受理)

An Evaluation of Detached Houses Based on the Energy-saving Standards of Next Generation and a Research for the Thermal Environment in the Houses

YAMASHITA Toshio and TANAKA Mitsuo

The energy-saving standards of next generation was announced in 1991 in order to conserve the energy which was consumed in houses. In this paper, the various energy-saving indices of the next generation, the thermal environment and the energy consumption were investigated in six detached houses.

Main findings were as follows:

- 1) Two houses which were built after 1990 met the energy-saving standards.
- 2) The average temperatures in the living rooms of all houses were around 28°C in the evening in summer. But those in winter varied with the houses and they were 19.6~24.3°C.
- 3) The difference of the temperature between at the ceiling and at the floor in both seasons was within 2°C in only the house which was mechanically ventilated.
- 4) The temperatures in the bathrooms of all houses except the mechanically-ventilated house were too low in winter. Little attention was paid to the temperature in the bathrooms.
- 5) Energy consumptions in winter were larger than those in summer in all houses. The energy consumptions in summer were smaller than those which had been expected.
- 6) Energy consumptions per floor area were below the energy-saving standard except a traditional wooden house.

1. はじめに

わが国における昭和62年以降のエネルギー消費量は増加の一途にあり、特に住宅やビル等の民生部門における消費の増加は居住水準の向上に伴い著しい伸びを示している¹⁾。また近年、地球規模における二酸化炭素による地球温暖化が進行しつつあり、温暖化防止対策が国際的に取り組むべき緊急の課題となっている。このような状況を背景に(旧)建設省では、1980年に公表された省エネルギー基準を改定し1992年に「住宅の新省エネルギー基準と指針」²⁾を制定した。さらに、二酸化炭素の排出削減に最も効果のある化石燃料使用量の低減を図るため、1999年には「住宅の次世代省エネルギー基準と指針」³⁾を策定、告示している。これらはいずれも省エネルギー対策に伴って居住水準や建築の性能低下を招くことを避けつつ、省エネルギー化を目指したものである。

本研究では昭和60年以降の木造、プレハブ、RC造と構造の異なる住宅を対象に、建物の気密性能、室内温湿度と室内の温熱環境に関するアンケート、エネルギー消費量等について調査を行い、次世代省エネルギー基準に基づいた各住宅の評価を行うとともに、エネルギー消費量と次世代省エネルギー基準の種々の指標との関連について検討した結果を報告する。

2. 調査の概要

2.1 調査項目

各調査対象住宅において下記の調査を行った。

(1) 夏期と冬期の各一週間の室内温湿度測定

温湿度の測定場所は居間、寝室、洗面所の3室であり、居間では天井下0.1m、床上0.1m、1.5mの高さ方向の3点とし、他室では床上1.5mとした。居間では日常生活の邪魔にならないことと外壁からの輻射熱

の影響が小さいことを考え、外壁から離れた生活に支障のない間仕切壁近くで測定した。この他に著者の一人の住宅の北側で外気の温湿度を測定した。測定は夏期は2001年7～8月、冬期は2002年1～2月の間に1週間連続して行なわれた。測定間隔は10分間隔とした。温湿度計は「おんどとり RH-TR72S」を使用した。

(2) 次世代省エネルギー基準指標の測定と算出

次世代省エネルギー基準では住宅の性能を示す基準の指標として気密性能(相当隙間面積)、熱損失係数、夏期日射取得係数、暖冷房負荷をあげている。気密性能の測定には「住宅気密測定器 KNS-4000 II (コーナー札幌)」を使用し、絶対隙間面積を求めた。別に設計図書から実質延床面積と建物外皮内容積を計算し、相当隙間面積を算出した。また、熱損失係数と夏期日射取得係数は設計図書に基づいて算出した。なお、今回は暖冷房負荷の計算を行っていない。

(3) 夏期と冬期の室内温熱環境に関するアンケート

アンケートでは世帯主と同居者1名の計2名(どの住宅でも夫と妻であった)に主に使用している暖冷房機器や居間の温熱環境について回答してもらった。

(4) 1年間の電気、ガス、灯油の使用量調査

1年間のエネルギー消費量を知るために、4月から翌年の3月までの各燃料の使用量を毎月メモしてもらった。これらの使用量を二次エネルギーに変換した。

2. 調査対象住宅

調査対象住宅は表-1に示す6件である。これらの住宅は福岡県南部と熊本県北部に建つ建物である。居住者の要望で、平面図を掲載しないため、表-2に温湿度を測定した室の位置(外壁の方位)と開口部の方位を示している。表中に居間の単位床面積あたりの居間の窓面積の割合と単位床面積あたりの全窓面積も示している。以下、各住宅の概要を述べる。

表-1 対象住宅の概要

	次世代	計画換気	RC造	在来木造	プレA	プレB
建築年	2001	2000	1999	1996	1993	1985
世帯主年齢	40代	40代	40代	60代	50代	50代
家族人数(人)	3	4	5	2	6	3
冷房の種類	個別冷房 扇風機	個別冷房 扇風機	個別冷房 扇風機	個別冷房 扇風機	個別冷房 扇風機	個別冷房 扇風機
暖房の種類	個別暖房 床暖房	個別暖房 床暖房	床暖房	個別暖房 床暖房	個別暖房 床暖房	個別暖房 床暖房
1階床面積(m ²)	152.0	115.1	113.2	87.7	107.2	90.2
2階床面積(m ²)	84.0	73.8	125.8		74.2	47.0
延べ床面積(m ²)	236.0	188.9	209.0	97.7	101.4	137.2
総面積(m ²)	642.8	692.7	658.9	234.5	459.6	338.1

2. 2. 1 次世代プレハブ

次世代プレハブ住宅は軽量鉄骨系メーカーによる二階建ての次世代省エネルギー住宅である。外壁の断熱材は室内側からグラスウール100mm、空気層、グラスウールボード23mmとなっており、グラスウールの室内側は気密処理を施し、グラスウールボードをシートでくるむことで防湿透湿に対応している。一階で上階のない室の天井や二階の天井の断熱材はグラスウール100mmを2層重ねた200mmの厚さとなっている。また二階が載っている一階の室の天井にもグラスウール50mmが入っている。窓はすべて断熱アルミサッシュで遮熱断熱ペアガラスを用いている。

一、二階にそれぞれ24時間換気システムが設置されているが、常時使用されていない。

冷房については各室にエアコンを設置しており、居間では団欒時には毎日使用し、寝室ではほとんど毎日朝まで使用している。暖房も各部屋別で居間と寝室ではFF型ファンヒーターを使用している。

2. 2. 2 計画換気住宅(木造)

計画換気住宅は省エネルギーを念頭に個人設計事務所によって設計された二階建て木造住宅である。

外壁には100mmのウール断熱材が入っている。また、外壁には外気側に通気層を設け、夏期、暖められた空気を自然対流によって棟に設けられた換気スリットから排気している。また屋根で断熱をしており、垂木間に75mmのスタイルフォーム、母屋間に100mmのウール断熱材をいれた二重の断熱構造となっている。外壁や屋根の気密性を確保するために気密・透湿シートを用いられている。窓は木製気密サッシュでペアガラスを使用している。

二階の屋根までの吹き抜けをもった居間を中心に各室が配置されており、住宅内部は比較的オープンな空間構成となっている。

屋根裏に排気ファンを設け、各室に設けられた排気口からの空気を壁体内に設けた排気ホースで屋根裏に集め、約0.5回/hの換気回数で常時排気している。

冷房には各部屋に設置されたエアコンを使用しているが、通常居間のエアコンだけを常時運転している。

表-2 測定室の位置と窓の方位

	居間		寝室		洗面所		主窓面積 ÷ 全床面積	
	位置	窓 方位	窓 方位	床面積	位置	窓 方位		
次世代	1階(南)	東	2階(南)	西	1階(北)	北	0.22	
計画換気	1階(南)	東	0.19	2階(西)	西	1階(北)	東	0.25
RC造	2階(南)	南と東	0.55	2階(西)	西	2階(西)	西	0.23
在来木造	1階(東)	東	0.44	1階(南)	南	1階(西)	西	0.22
プレA	1階(南)	南	0.30	2階(西)	西	1階(北)	北	0.31
プレB	1階(南)	南	0.26	2階(南)	南と西	1階(北)	北	0.25

寝室ではエアコンを就寝前後に1~2時間使用している。また扇風機も併用されている。

暖房はセントラル床暖房である。基礎を外断熱し、床下に這わせたチューブに温水を流し、床下空気を暖めている。一階の各室の床には吸気ガラリが設けられ、自然対流により各室に床下の暖かい空気が供給されている。

2.2.3 RC造住宅

この住宅は個人工務店の設計施工による二階建てRC造の住宅である。壁やスラブの厚さは18cmで、屋根、外壁の外側に仕上げをかねた断熱材として厚さ20mmのウレタン吹き付けをしている。この他に矩計図で室内側には断熱材を確認できなかった。

各室別に設置されたエアコンで冷房を行い、扇風機も併用されている。居間では団欒時には毎日エアコンが使用され、寝室では毎日朝まで使用されている。暖房は居間では石油ファンヒーターとエアコン、寝室ではエアコンが使用されている。換気は換気扇が各室に設けられている個別換気である。

表-2に示すように居間、寝室、洗面所はともに二階にある。居間は南と東に面しており、両外壁に大きな開口部が設けられており、居間の床面積に対する開口部の面積は0.55と他の住宅と比較するとかなり大きい。

2.2.4 在来木造住宅

この住宅も個人工務店の設計施工による在来工法の平屋建て木造住宅である。天井と外壁の断熱材はともに厚さ50mmのグラスウールである。

冷房には各室ごとにエアコンが設置され、扇風機も併用されている。エアコンは居間では団欒時に毎日使用され、寝室では就寝前後に1~2時間、時々使用されている。暖房は居間、寝室、台所、洗面所に設置された温水床暖房である。その他にまれにエアコンが併用されている。床暖房は各室でそれぞれON-OFFが可能で、居間だけ朝から就寝時まで使用されている。居間の南側には開口部に連続して、ベットと植物のための6畳くらいのサンルームが後から増築され、エアコンも設置されている。

2.2.5 プレハブ住宅A

この住宅は軽量鉄骨系メーカーの二階建てプレハブ住宅である。天井と外壁の断熱材は厚さ100mmのグラスウールである。

冷房には室ごとに設置されているエアコンが使用されて、扇風機も併用されている。居間の窓は団欒時には毎日開けられていることから、主に扇風機を使用し、

エアコンは時々使用されていると思われる。寝室ではエアコンは時々朝まで使用されている。暖房は各部屋に設置された石油ファンヒーターで行われている。

2.2.5 プレハブ住宅B

この住宅も軽量鉄骨系メーカーによる二階建て住宅で、対象住宅のうち最も古い。外壁には厚さ100mm、二階の天井には50mmのグラスウールが断熱材として入っている。

エアコンは居間と老人室に設置されているだけであり、居間では夏期の団欒時は扇風機と併用されている。寝室にはエアコンは設置されておらず、窓を開け、扇風機を使用している。暖房には各部屋に設置された石油ファンヒーターが使用されているが、寝室ではほとんど使用されていない。

3. 次世代省エネルギー基準指標の比較

表-3は次世代省エネルギー基準の指標である熱損失係数、夏期日射取得係数と相当隙間面積、およびエネルギー消費量を各住宅について示したものである。エネルギー消費量は暖冷房だけでなく、炊事や風呂あるいは種々の電気製品によって消費されるエネルギーを含んでおり、次世代省エネルギー基準の暖冷房負荷とは異なるものである。表中の網掛け部分は各指標の省エネルギー基準値を満足していることを示している。

熱損失係数は建物内と外気に1°C温度差がある時に外壁や屋根天井、床、窓ガラス等から貢献によって出入りする熱量と隙間からの自然換気によって出入りする熱量の和を床面積で割ったものである。すなわち、建物の断熱性を表す指標であり、外壁や屋根・天井等の構成材料や窓枠部分の多さ、隙間の多さに影響を受ける。

夏期日射取得係数は「建物に屋根や壁による遮蔽がないと仮定したときに室内で取得できる日射熱量」に対する「実際に建物内部で取得される日射熱量」の比である。これは窓の形状や大きさ、材料、位置、窓ガラスの種類、庇の出、カーテンやブラインドの有無、断熱性能などに影響を受ける。

熱損失係数や日射取得係数は設計施工する側が種々

表-3 次世代省エネルギー基準指標

対象住宅	次世代省エネ基準指標			エネルギー消費量 GJ/m ²	
	熱損失 係数 W/m ² K	日射取 得係数	相当隙 間面積 m ² /m ²		
次世代	2001	2.30	0.031	0.39	0.474
計画換気	2000	1.64	0.037	1.01	0.516
RC造	1999	3.43	0.065	2.81	0.382
在来木造	1996	4.46	0.070	0.30	0.972
プレA	1993	4.17	0.065	5.98	0.509
プレB	1985	3.65	0.047	5.48	0.340
基準値(福岡県)		2.70	0.070	5.00	0.460

の材料の詳細なデータを持っているため、設計段階で算出しておくことが望ましい。今回、矩計図だけでは材料の詳細を把握できなかつたため、これらの値は本来の値と若干異なることが考えられる。

相当隙間面積は家全体の隙間の面積を表す総相当隙間面積を実質延床面積で除したもので、単位床面積あたりの建物の隙間の面積を表し、建物の気密性の度合いを示している。

次世代省エネルギー基準をすべて満足している住宅は次世代プレハブ住宅と計画換気住宅である。これらの住宅の熱損失係数の小さいことについては2.2調査対象住宅で述べたように、外壁や屋根天井の断熱材が厚いこと、窓にペアガラスを用いていることが考えられる。

気密性の確保には防湿・透湿シートを用いており、その施工も厳重に行われていることが考えられる。また夏期日射取得係数が小さいことの原因として、両住宅とも遮熱断熱を考えてすべての窓にペアガラスを採用していることと厚い断熱材があげられる。これらの住宅はいずれも次世代省エネルギー基準が告示された1999年以降に竣工したもので、この基準を考慮して設計施工されたものである。

RC造住宅では夏期日射取得係数と相当隙間面積は基準値を満足しているが、熱損失係数が基準値以下となっている。表-2に延床面積に対する窓面積の割合を示しているが、居間だけに限ると窓が他の住宅と比べて大きいが、全窓面積は他の住宅とはほぼ同じくらいである。熱損失係数が大きくなった原因是窓面積よりもRCの熱伝導率の大きさ($\lambda = 1.6 \text{ W/mK}$)が原因ではないかと考えられる。

プレハブ住宅Aでは外壁、天井とともに断熱材の厚さが100mmであり、プレハブ住宅Bでは外壁には100mmの断熱材、二階の天井には50mmのグラスウールが用いられている。しかし、熱損失係数はプレハブ住宅Aでプレハブ住宅Bより若干大きくなっている。プレハブ住宅Aでは筋違に平鋼が、プレハブ住宅Bでは丸鋼が使用されており、熱損失係数を計算する上でプレハブ住宅Aでは筋違をすべて熱橋として扱ったのに対して、プレハブ住宅Bでは筋違を無視したためではないかと思われる。

なお、エネルギー消費量については5.エネルギー消費量で述べる。

4. 温湿度変化

4.1 住宅ごとの1日の温湿度変化

図-1は夏期と冬期の1週間の内の1日の外気と各室の温湿度の変化を各住宅ごとに示したものである。

同一の測定日でないため、外気温がほぼ同じような変化をしている一日を選んでいる。また、計画換気住宅については床下の温度の変化も示している。在来木造住宅の夏期の寝室の温湿度については測定機器の設定ミスからデータをとることができなかった。

なお、室内の冷暖房設計温度は省エネルギーを考慮して、夏期で27~29度、冬期で20~22°Cと考えている。

4.1.1 次世代プレハブ住宅

夏期の居間の温度変化はエアコンを入れたと思われる時間帯を除けば小さい。夜の団欒時には1週間の測定日のどの日も29度前後である。寝室の温度が低いのは朝まで冷房する生活であるためであると思われる。冬期は昼間の居間では暖房を入れていると思われる時間帯の温度は25度前後とかなり高い。湿度は居間で夏期50~65%と最適であるが、冬期25~50%と冬期にかなり低い。

4.1.2 計画換気住宅

夏期の居間、寝室、洗面所の温度は27~29度の間で、変動の小さい、同じような傾向の温度変化していることがわかる。冬期の室間の温度差は夏期と比べると大きいが、居間と寝室の温度は21度前後で終日ほぼ一定の変化をしている。このように室間の温度差が小さく、また温度変化が小さいのは前述したように、終日機械換気をしており、家全体に空気の流れがあること、夏期の暖められた空気を逆気層で排気していることなどが考えられる。冬期に洗面所の温度が25~29度で他室より高いのは洗面所の床下に床下の空気を暖めるために温水を供給するボイラーが設置されているためである。湿度についても居間と寝室では夏期50~60%で変動幅の小さい変化となっている。冬期も変動幅は小さいが40%前後と若干湿度が低い。

4.1.3 RC造住宅

居間では夏期、午前中は不在のためか、32~33度と高い温度を示し、団欒時には28~30度で推移している。洗面所では終日33度前後と高い温度を示している。冬期は居間と寝室の温度差は小さいが、暖房時と非暖房時の温度差は大きい。また洗面所の温度は低い。RC造であるがこのように変化が大きいのは、居間、寝室、洗面所が共に二階にあり、屋根スラブからの輻射熱の影響が考えられること、また居間の東と南に大きな開口部が設けられており、居間の床面積に対する開口部の面積の割合が大きいことが考えられる。湿度に関しては居間では夏期30~60%と変動幅が大きい。冬期は40~60%となっている。

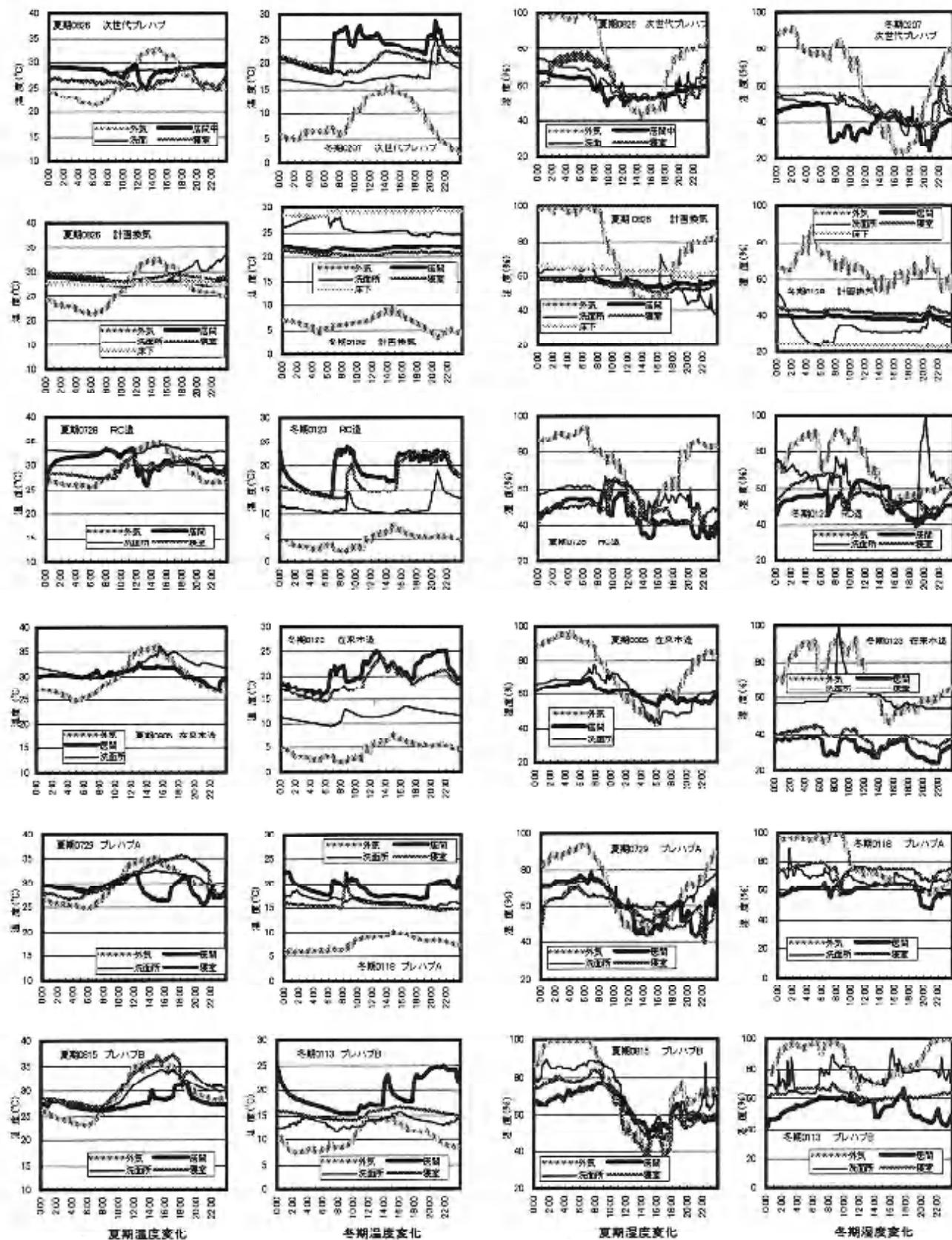


図-1 夏期と冬期の1日の温湿度変化

4.1.4 在来木造住宅

夏期の居間の温度は、サンルームの影響があるためか、若干高めの30度前後であるが、変動幅の小さい温度変化を示している。午後からは居間と洗面所の温度差が大きくなっている。洗面所の温度は外気温の変化の影響を大きく受けていることがわかる。冬期は居間と寝室では温水床暖房しているため温度差は小さく、昼間は20~25度の間で変動している。洗面所の温度は低い。温度は居間で夏期55~70%と若干高く、冬期は20~40%と低すぎるようにある。

4.1.5 プレハブ住宅 A

プレハブ住宅 A では夏期、夜中の室間の温度差は小さい。昼間の室間の温度差は大きく寝室ではほぼ外気温と同じような変化をしていることがわかる。寝室が二階にあり屋根からの輻射熱の影響であると思われる。また、居間の冷房時と非冷房時の差が大きい。冬期は室間の温度差は小さく、居間の温度も暖房時で20度前後である。夏期の温度は居間での冷房時と非冷房時の差が大きい。冬期は居間ではなく60%前後となっている。

4.1.6 プレハブ住宅 B

夏期、昼間の室間の温度差はプレハブ住宅 A と同様に大きい。二階の寝室では外気温とほぼ同じ変化をしている。屋根からの輻射熱の影響が大きい二階では天井の断熱材の厚さが50mmと薄いためと思われる。冬期は居間の暖房時と非暖房時の温度差が大きい。湿度については居間で夏期50~80%と高く、冬期は40~60%となっている。

4.2 居間の温度の比較

4.2.1 居間の床上 1.5 m の位置の温度の比較

図-2 は夏期と冬期の全測定期間中の、冷暖房を使用していると考えられる19時から深夜24時までの外気と居間の温度の最高(図中の線上部)、最低(図中の線下部)、平均(図中の△)を示したものである。同一

の住宅でも日による温度変動が考えられるため、測定期間中の全データを用いている。

全体的に見ると、夏期の居間の平均温度は27.5~28.7度であり、省エネルギーを考慮した冷房設計温度の28度前後であり、また変動の小さい温度分布となっている。しかし冬期の居間の平均温度は19.6~24.3度と暖房設計温度範囲(20~22°C)を超えている住宅もあり、また夏期よりも住宅間で差が大きく、さらに同一住宅でも冬期の温度変動のはうが夏期の変動より大きい。冬期の外気温が低いため居間の温度が外気温の影響を大きく受けていること、暖房設定温度の適切さや暖房機器の調節の困難さなどが原因ではないかと思われる。

居間で夏期、冬期ともに最も温度の変動が小さいのは計画換気住宅で、平均温度が夏期は28.2度、冬期は22.4度と快適な温度が維持されている。前述したように屋根は垂木間と母屋間それぞれ75mmと100mmの断熱材で二重に断熱され、外壁にも100mmの断熱材が入れてあること、窓に木製気密サッシュを使用していること、夏期の外壁の通気層による暖かい空気の排気や冬期の床暖房等の効果であると思われる。

次いで次世代プレハブ住宅で夏期に居間の平均温度が28.0度であり、変動も小さい。しかし冬期は平均温度が24.3度と若干高めの温度で、変動も大きくなっている。

RC 造住宅では夏期は平均28.0度、冬期は平均23.4度を中心に関季節共に大きな変動をしている。居間の単位床面積あたりの居間の窓面積が他の住宅よりも大きいことが考えられる。

在来木造住宅やプレハブ住宅 A、B は夏期、冬期ともに変動が大きい。在来木造住宅では冬期、居間では朝から就寝時まで温水床暖房が使用されているが、意外と温度の変動が大きいようである。南側のサンルームの影響を受けているのかもしれない。

4.2.2 高さ方向の温度差の比較

図-3 は全測定期間中の19~24時の床上 10 cm の温度から天井下 10 cm の位置の温度を引いた差を夏期と冬期について最大と最小と平均で示したものである。

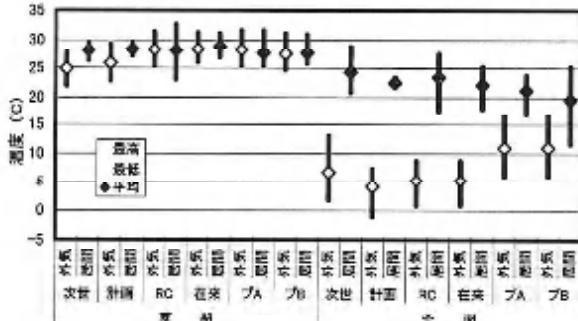


図-2 居間の床上 1.5 m における温度の比較

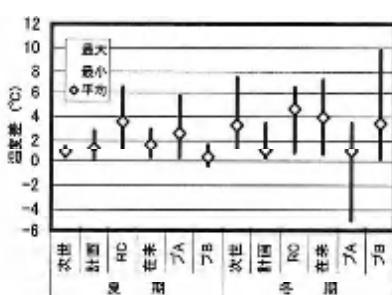


図-3 居間の天井と床での温度差の比較

どの住宅も天井下10cmの位置のほうが温度が高く、温度差の平均で夏0.3~3.5度、冬期0.9~4.6度高くなっている。床と天井の温度差が±2度以内が快適であるといわれているが、温度差の平均で夏期、冬期ともに±2度以内となっているのは、計画換気住宅であり、室内空気の循環のよさによるものと思われる。

その他に次世代プレハブ住宅とプレハブ住宅Bで温度差の平均は夏期1度以内であるが、冬期に各々3.3、3.4度と快適範囲を超えており、RC造住宅と在来木造住宅では冬期に天井下10cmの位置の温度が各自4.6、3.9度高い。FFファンヒータや石油ファンヒータを使用しているにもかかわらず、室内の空気はあまり拡散していないようである。

4.2.3 冬期の居間と外気の温度差の比較

図-4は図-1に示した冬期の測定日の前日の22時から朝の6時までの居間と外気の温度差を示したものである。外気温はこの時間帯、次世代プレハブ住宅、計画換気、住宅プレハブ住宅Aでは5~6度、RC造住宅、在来木造住宅では3~5度、プレハブ住宅Bでは8~10度であった。終日、床下セントラル暖房している計画換気住宅を除けば、その他の住宅では就寝時に居間の暖房器具をOFFにするので、このグラフから居間の開口部も含めた外壁の断熱の程度を推測することができる。

計画換気住宅では前述したように居間と外気の温度差は朝まで15~17度と床下空気による暖房の効果が見られる。在来木造住宅も各室でのON-OFFが可能な温水床暖房を備えているが、居間では就寝時にはOFFにされており、また、表-3に示したように熱損失係数と相当隙間面積は基準値を下回っているにもかかわらず、温度差は14度前後を保っている。これは(温)水の比熱が大きいため余熱による暖房効果が持続していることが考えられる。

次世代プレハブ住宅では暖房のOFF後大きな温度の低下は見られない。200mmの断熱材とペアガラスの効果であろうと思われる。RC造住宅では暖房のOFF後1時間で急速に温度が下がり、その後時間の経過とともに徐々に下がっている。表-2に示したようにこの住宅の居間の窓の大きさは他の住宅と比べるとかなり大きいため、熱容量の大きいRC造でもその効果が期待できないことがわかる。プレハブ住宅Bでは時間の変化とともに外気温に近づいており、朝の6時には温度差が8度となっている。

4.3 寝室の温度の比較

図-5は全測定期間中の寝室を使用しているであろ

う24時から早朝の6時までの寝室の温度と外気温を図-2と同様な方法で示している。

在来木造住宅について夏期の寝室の温度を得ることができなかつたが、どの住宅も夏期には寝室の温度は27.3~29.0度で、また温度の変動も図-2の居間の温度変動と比べると小さい。しかし、冬期の平均温度は15.5~20.2度で住宅によって差が見られ、次世代プレハブ住宅、計画換気住宅で約20度であるが、他の住宅では15~16度と若干低い温度となっている。次世代プレハブ住宅、RC造住宅、プレハブ住宅Bでは室温の変動が若干大きい。

4.4 洗面所の温度の比較

図-6は全測定期間中の19~24時の洗面所と居間の

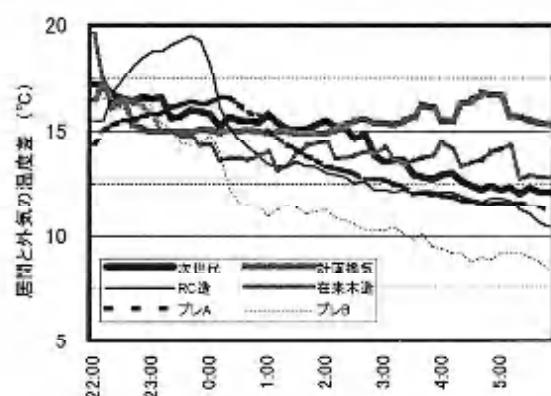


図-4 冬期の居間の大井と床での温度差の比較

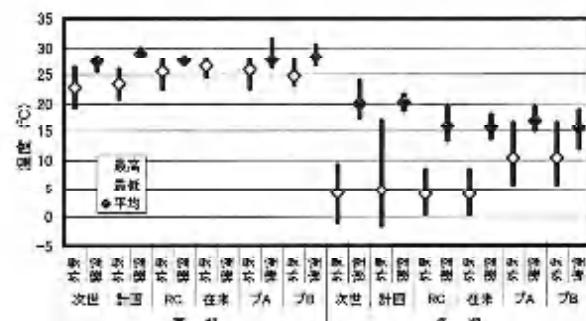


図-5 寝室の温度の比較

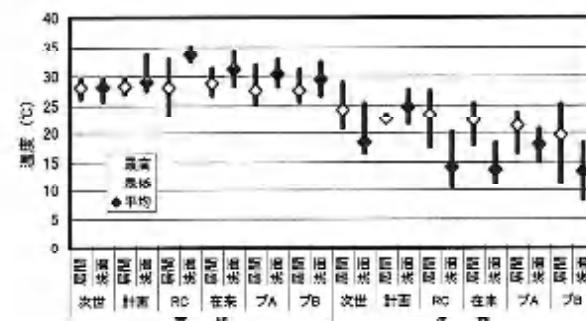


図-6 洗面所の温度の比較

温度の最高、最低、平均温度を示している。洗面所はどの住宅も入浴時の脱衣所をかねているため、冬期の寒い時期にその温度が問題となる。

計画換気住宅を除けば冬期はどの住宅でも居間より洗面所のはうが平均温度が低いことがわかる。特に居間との温度差が大きい住宅はRC造住宅9.2度、在来木造住宅8.8度である。在来木造住宅では洗面所の平均温度も13.8度と低い。洗面所にも温水床暖房が設置されているにもかかわらず洗面所の平均温度が低いのは、床暖房が日常的に使用されていないと思われる。

プレハブ住宅Bでは冬期、居間との温度差が6.2度である。居間の平均温度も全住宅中最も低く、洗面所の平均温度も13.4度と最も低い。次世代プレハブ住宅では居間の平均温度が24.3度と高いが、洗面所の平均温度は18.4度と比較的低い。

計画換気住宅では居間と洗面所の平均温度がそれぞれ22.4度、24.7度で唯一洗面所の温度が居間の温度よりも高くなっている。床下の空気を暖めるための温水ボイラーが洗面所の床下に置かれているためであるが、当然洗面所の温度を高く保つことを考えての設置であると思われる。

5. エネルギー消費量

図-7は一年間のエネルギー消費量を月別に示したものである。エネルギー消費量は各月の灯油、ガス、電気の使用量から二次エネルギーに換算した。換算には灯油:37.3 MJ/1l、都市ガス:20.1 MJ/m³、プロパンガス:100.5 MJ/m³、電気:3.6 MJ/kWhの係数を用いている。

各住宅のエネルギー消費量は冬期の暖房時に大きいことがわかる。夏期の冷房時のエネルギー消費量も大きいことが推測されたが、それほど大きくない。冬期の12月~3月では灯油の消費量が大きく、暖房に灯油が多く用いられていることが推測される。また、電気も7~9月と12~3月に大きくなっている、電気が冷房と暖房の両方に使用されているようである。

図-8は住宅ごとに年間の総エネルギー消費量と夏と冬のエネルギー消費量を示している。夏は7~9月、冬は12~2月と冷暖房を主に行う3ヶ月を表している。

年間のエネルギー消費量はプレハブ住宅Bを除き、どの住宅も80 GJ以上で次世代プレハブ住宅では110 GJとなっている。プレハブ住宅Bでは50 GJと他の住宅の6割前後と少ない。夏と冬を比較するとどの住宅も冬のエネルギー消費量が夏期のそれと比べて2~3倍と多いこと、灯油の消費量が夏より冬に非常に多いことがわかる。また、ガスの消費量はRC造住宅とプレハブ住宅Aで大きいが、調理の他に風呂もガス

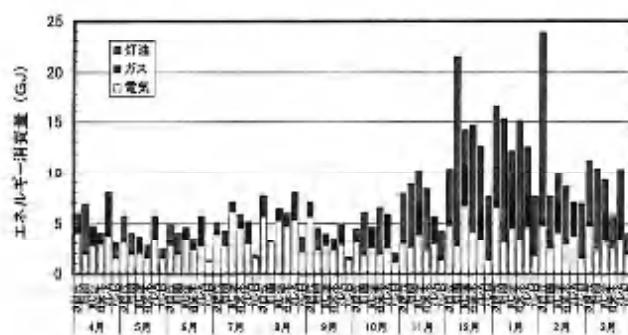


図-7 月別のエネルギー消費量

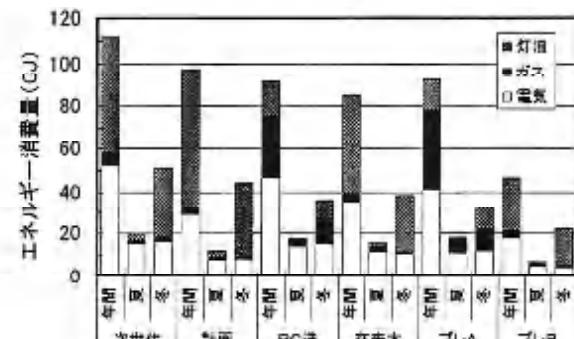


図-8 季節ごとのエネルギー消費量

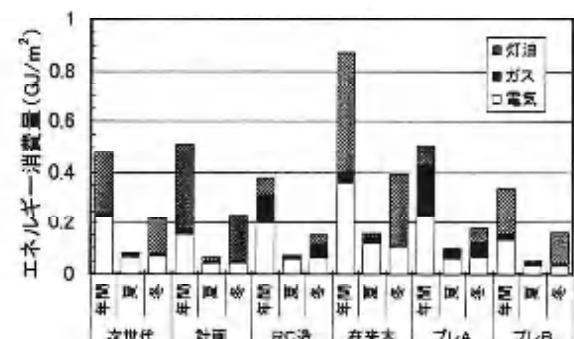


図-9 単位延床面積当たりのエネルギー消費量

によっているものと思われる。

図-9は住宅の延べ床面積に対するエネルギー消費量を表している。図-8と比べ、年間の単位面積当たりのエネルギー消費量は在来木造住宅で特に大きく約0.9 GJ/m²である。プレハブ住宅Bも総エネルギーでは小さかったが、単位面積当たりのエネルギー消費量では0.35 GJ/m²と比較的大きくなっている。

在来木造住宅では熱損失係数、夏期日射取得係数、相当隙間面積のいずれも省エネルギー基準値を下回っており、プレハブ住宅Bは日射取得係数を除き、基準値を下回っていた。すなわち、断熱性能と気密性能が低いことに上るものと思われる。これらの住宅の建築

時期が次世代省エネルギー基準告示前であり、省エネルギーについてそれほど考慮していなかったものと考えられる。

省エネルギー基準である暖冷房負荷は暖冷房に用いられるエネルギーである。本報告での夏と冬の各3ヶ月のエネルギー消費量は前述したように調理や風呂、種々の電気製品等で使用されたエネルギーで、暖冷房負荷より大きいと推測される。各住宅の夏と冬のエネルギー消費量はそれぞれ、次世代プレハブ住宅：0.30 GJ/m²、計画換気住宅：0.30 GJ/m²、RC造住宅：0.23 GJ/m²、在来木造住宅：0.55 GJ/m²、プレハブ住宅A：0.28 GJ/m²、プレハブ住宅B：0.22 GJ/m²である。福岡県や熊本県（IV地域）の暖冷房負荷の省エネルギー基準は0.46 GJ/m²であり、これと比較すると在来木造住宅で0.55 GJ/m²とこの基準値を超えていたが、他の住宅では基準以下であった。

6. 居間の団欒時の環境評価

図-10は夏期と冬期の居間の団欒時（19～22時）の環境を世帯主とその配偶者に5段階スケールで評価してもらい、その平均値を示したものである。

計画換気住宅では夏期の涼しさ感で評価が4.5となっているが、湿気、空気、音の環境には「5：満足」しており、居間の総合的な環境の評価も「5：満足」となっている。冬期の居間の環境評価ではいずれの項目についても「5：満足」であり、非常に満足度が高くなっている。また、在来木造住宅も夏期、冬期ともに評価は高い。RC造住宅も居間の評価は夏期、冬期ともに空気の清浄さを除けば評価は「5：満足」と高い。

次世代プレハブ住宅では夏期は湿気・結露を除けば評価は3～3.5と意外と低い評価となっている。物理的な住宅性能は優れていると思われるが、現在の居間環境に対する居住者の不満のあらわれであろうと考えられる。

図-8の夏期の電気の消費量をプレハブ住宅Aとプレハブ住宅Bを比較して、プレハブ住宅Aで消費量が大きいにもかかわらず夏期の評価は涼しさ感で「3：どちらともいえない」と涼しさ感に特に不満が表

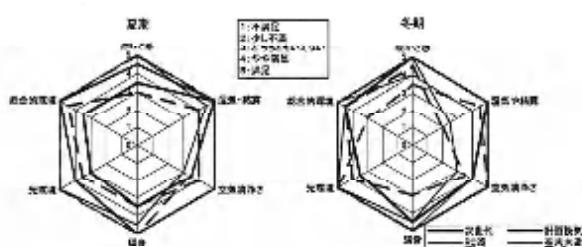


図-10 夏期と冬期の居間の環境の評価結果

れている。一方、プレハブ住宅Bでは夏期の電気の消費量が最も小さいにもかかわらず、涼しさ感は「5：満足」となっており、エネルギー消費量の多さと温冷感とは対応しないようである。また、プレハブ住宅Aでは冬期は暖かさ感の評価は高いものの湿気・結露で「2：やや不満」と不満感が高く、アンケート結果（結露の場所）より冬期の窓ガラスの結露が気になっていることが窺われる。

対象件数が少ないため、断定はできないが、住宅の物理的な性能と人間の感覚的な評価には定性的な傾向を見出すことができなかった。この原因としては、住宅に対する愛着、冷暖房のランニングコストに対する意識、省エネルギーに対する意識、経済的な余裕等々が影響しているのではないかと考えられる。

7. 省エネルギー指標の関係

図-11は相当隙間面積と熱損失係数の関係を示している。直線で回帰すると、相関係数rは約0.87と非常に高い。熱損失係数が大きいほど、すなわち断熱性能が良いほど隙間の面積が小さくなっていることがわかる。

この他に夏期日射取得係数と熱損失係数の相関が約0.78で窓などに日射遮蔽を考慮している住宅ほど熱損失も小さくなっている。夏期日射取得係数と相当隙間面積の相関は0.67と若干小さくなっている。

図-12は単位床面積当たりのエネルギー消費量と相当

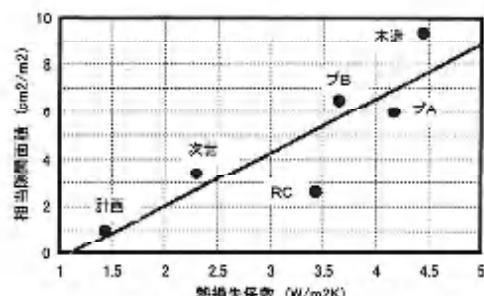


図-11 相当隙間面積と熱損失係数の関係

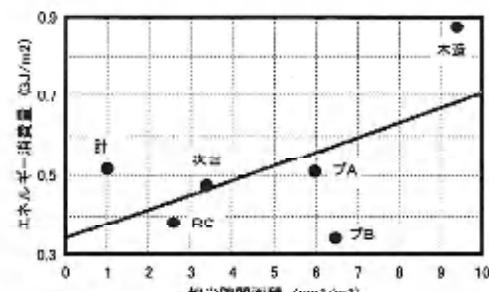


図-12 エネルギー消費量と相当隙間面積の関係

隙間面積の関係を示している。相関は0.59と上述した指標相互の相関より小さくなっている。また、単位床面積当たりのエネルギー消費量と日射取得係数や熱損失係数についてはエネルギー量そのものは物理量ではあるが、数値の相関はそれぞれ0.55、0.24である。隙間が少なく、日射もあまり入らず、断熱性がよい住宅ほどエネルギー消費量が小さいと推測されたが、それほど明確な傾向を得ることはできなかつた。対象住宅数が6軒と少ないため断定はできないが、居住者の快適な温度範囲が異なることや、冷暖房のランニングコストに対する意識の違い等の心理的要因がエネルギー消費にも影響しているためではないかと考えられる。

8.まとめ

これまで述べてきた種々の調査から以下の知見を得た。

- 1) 次世代省エネルギー指標である熱損失係数、夏期日射取得係数、相当隙間面積のいずれも満足している住宅は次世代プレハブ住宅と計画換気住宅であった。これらは次世代省エネルギー基準告示後に竣工しており、その基準を考慮して建てられた住宅であった。
- 2) 居間の一日の温度分布から、夏期はどの住宅もほぼ冷房設計温度の28度前後であるが、冬期は暖房設計温度を下回る住宅や上回る住宅があり、外気温と居間の温度差が大きく、外気温の影響を受けやすいことや暖房機器の調節が難しいことが考えられた。
- 3) 居間の高さ方向の温度分布から、夏期、冬期ともに天井下と床上の温度差が±2度に収まっていたのは計画換気住宅であった。住宅内のオープンな空間構成と24時間の強制排気による住宅内の空気の循環のよさによるものと思われた。
- 4) 冬期の居間と外気の温度差から、200mmの断熱材と窓にペアガラスを使用している次世代プレハブ住宅で、断熱効果が認められた。
- 5) 冬期の洗面所の温度に対して、計画換気住宅を除きどの住宅もあまり配慮がないようであった。
- 6) 月別のエネルギー消費量のグラフから、夏期のエ

ネルギー消費量はそれほど大きくなく、冬期の暖房に大きなエネルギーを使用していた。また、年間の単位床面積当たりのエネルギー消費量は在来木造住宅で大きかった。

7) 居間の団棟時の環境評価では、ほとんどの住宅で夏期、冬期ともに評価は高いが、省エネルギー基準を満たしている次世代プレハブ住宅での満足度は低く、定性的な傾向が見られなかった。住宅の物理的性能と人間の主観評価には種々な要因が介在するためと考えられた。

8) 省エネルギー指標間には高い相関が認められたが、エネルギー消費量と省エネルギー指標間の相関は小さかった。エネルギー消費に際しては快適な温度範囲の相違、ランニングコストに対する意識の違いなどがその原因と考えられた。

今回、対象住宅が6軒と少ないので、エネルギー消費量の構造による差やエネルギー指標との定性的な結果を得ることができなかつた。今後、対象住宅を増やし研究を継続していきたいと考えている。

【謝辞】

この研究を進めるにあたり、対象住宅の方々には大がかりな気密性能試験や長い期間にわたる温湿度測定で大変ご迷惑をおかけしました。また、住宅の設計図書を快く提供していただきました。プレハブメーカー、工務店、設計事務所の方々にも設計図書について何度も丁寧に説明をしていただきました。

ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構：住宅の次世代省エネルギー基準と指針 第2版、平成12年9月
- 2) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構：新省エネルギー基準による住宅断熱の設計から施工まで 改訂 第3版、平成11年8月

機械工学科における「ものづくり」教育の充実を図るための改修(ハード)とカリキュラム(ソフト)

松川 真也・明石剛二・猿渡真一・高橋将徳・坪根弘明
上原 弘・多田隈秀憲・坂口 誠・木下正作・河村英司

〈平成14年9月27日受理〉

Improvement on "Monodukuri" (Manufacturing) Education in the Mechanical Engineering
— From the Viewpoint of Hardware and Software —

MATSUKAWA Shinya, AKASHI Koji, SARUWATARI Shinichi, TAKAHASHI Masanori,
TSUBONE Hiroaki, UEHARA Hiroshi, TADAKUMA Hidenori, SAKAGUCHI Makoto,
KINOSHITA Shousaku and KAWAMURA Eiji

The educational system of a college of technology (Kosen) started in 1962. It is important to train up students as excellent practical engineer in the Kosen.

Our country is in the big turning point at present in every field. In the present situation, the college is forced to take prompt measures to improvement for that dramatic change. On the other hand, it began to be apprehensive for the problem about rearing of the engineer who succeeds to the technology which has supported the Japanese economic infrastructure. Staffs of the department of mechanical engineering discussed the "Monodukuri" education from the viewpoint of Hardware and Software, and reached to make the educational program satisfactory by the improvement on the educational facilities and the curriculum.

1. はじめに

高等専門学校（高専）の制度は昭和37年にスタートした。高専の教育目標は「深く専門の学芸を教授し、職業に必要な能力を育成すること」である。すなわち、高等専門学校は実践的な技術者教育を目指し、設置された独特的な高等教育機関であるといえる。

高専が設置され、40年を迎えようとしている現在、わが国はあらゆる分野において大きな転換期に入っている。教育機関においても例外ではなく、その劇的な変化への対応が早急に必要となってきている。

一方、若者の理工系離れが年々進み、日本の基盤を支えてきた技術を継承する技術者の育成に関する問題も危惧され始めてきた。このような状況の下、ものづくりに深くかかわる実践的技術者を育成する高専においても、日々進歩を遂げている技術に対応できる人材を社会に送り込むことができるように、改めて「ものづくり」教育を中心に検討する必要がでてきている。

本校の機械工学科においても、創立以来、さまざまなカリキュラムの改定や設備の更新などが行われてきていたが、社会情勢に対応した「ものづくり」教育を改めて充実させる時期となっていた。当然、ただ単にものを製作する技術を身につけるのだけではなく、その背景にある理論を学び、さらに新たな「もの」を生み出す力（創造性）を身につけたエンジニア育成を目指していくことが第一の目的である。

このような時期に改修の機会を得ることができ、ハード面での見直しに着手することができた。

平成13年5月より10月までの約6ヶ月をかけ、機械工学科棟および機械実習工場の改修が行われた。改修にあたり、ものづくりを常に念頭において、いかに学生が利用しやすく、ものづくりへの興味が沸き、さらに自分自身の手で「もの」を作ることにより創造性を養うことができるような場にするか教官・技術職員を含め検討を重ねた。

改修に際して、問題として挙がってきた点なども含め、ハード面からみた実習工場の改修については、すでに一部を報告している¹¹⁾。

ここでは、ハード面に加え、ソフト面の充実を図るためにカリキュラム改定について、特に、ものづくりと関連の深い機械実習を主として、3年次の創造実習の内容を含め、改めて報告する。

2. 改修(ハード)

本校の機械実習工場は昭和40年に新築された。その当時の工作機械としては旋盤、フライス盤、ホブ盤、円筒研削盤などが挙げられる。

その後40年近くを過ぎた現在、新たに購入されてきた機械類などのためスペース的に狭くなってきたことや、ここ数年、各種コンテストなどへの学生の積極的参加にも対応できるようにするために、学生自身が自由にものづくりを行えるスペースの確保が重要となってきた。そのような背景のもと、ハード面の充実を目的とした改修が開始された。

2.1 改修に対するポイント

改修前に現状の機械配置などの再確認が行われた。創立当初もゾーン分けが行われていたようだが、NC工作機械類などの新規導入などで明確なゾーンがなくなりかけていた。

そこで、まず大まかにゾーン分けを行うことにした。本機械工学科では1学年の定員が40名のため、機械の有効利用を考えると、機械実習・機械工学実験および卒業研究などに使用する機械類の大部分は実習・実験および研究時に共用しなければならない。そのため、できる限り授業および研究を同時に進めることのできるようなスペース的な工夫も考慮する必要があった。

実習面からは旋盤、特殊機械、手仕上げ、溶接、塑性の各パートにゾーンを分類した。また、NC工作機械類はできる限りまとめるとした。

さらにIT関連の利用を考慮して、実習工場内に7箇所の情報コンセントを配置することとした。

また、圧縮空気はコンプレッサー運転時の騒音問題なども含んでいるため、集中配管を行い、必要箇所に弁を配置する方式とした。

今後の精密測定および研究にも対応できるように、工場内に恒温室の設置も行った。

2.2 各ゾーンにおける改修内容

図1に改修後の機械実習工場のレイアウトを示す。各ゾーンに関して、改修前に問題として検討した点や考慮した箇所などを以下に示す。

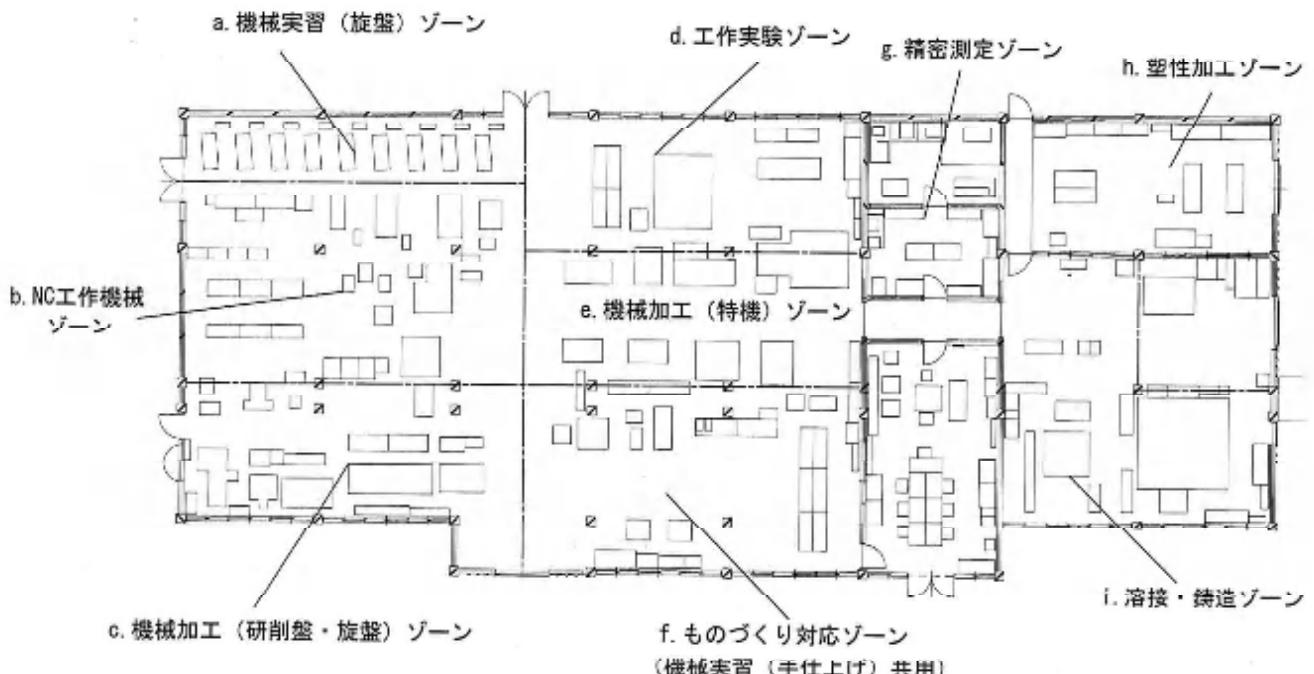


図1 機械実習工場レイアウト

a. 機械実習（旋盤）ゾーン

実習用旋盤として10台分を確保している。改修前は一列に10台の配置であったが、近年の学生の体格を考慮して、最終的には9台に配置の変更を行った。このことにより150mm程度はあるが、機械間の距離が確保でき、指導面・安全面において改善を行うことができた。図2に旋盤実習風景を示す。

b. NC工作機械ゾーン

CNC旋盤、NCワイヤ放電加工機、NCフライス盤を中心に配置を行った。

実習には2年次、3年次にNCフライス盤を使用するが、NCの基礎を学ぶため、プログラムの作成を各自で行っている。そのため、NCゾーンにおいてはプログラム作成のためのスペースを確保した。

工場内にスペースを確保できない場合は、指導者が加工実験のため、機械側に行っていても、プログラム作成状況を把握できるように、テレビカメラを用いた双方向遠隔説教方式案も浮上した。

今後さらに情報通信機器関連を積極的に用いたシステムの構築を行う必要性が残っている。

現在はプログラム作成ソフト、二次元CAD/CAMソフトを用いているが、3次元CADの導入も今後継続的に検討する必要がある。

c. 機械加工ゾーン

技術職員における製作物の加工に使用される機械類を主に配置している。

d. 工作実験ゾーン

このゾーンは工学実験および卒業研究などを行うスペースとかつていて、このゾーンの中心にはマシニングセンタが配置されており、基礎は他の部分とは分離された特殊構造となっている。

e. 機械加工（特殊機械）ゾーン

実習用特殊機械としては主にフライス盤が用いられている。1年次の実習には3台のフライス盤を同時使用しており、特に1年次であることを考慮すると、機械を横一列に配置することにより、安全性を確保した。このことにより、指導に当たる技術職員が1名であっても、常に目が行き届くようになった。

f. ものづくり対応ゾーン

（機械実習（手仕上げ）共用）

スペースおよび機械類の有効利用を考えると、手仕上げの実習スペースを「ものづくりスペース」と共用

せざるを得ないことになった。

そこで、できる限り中央部にスペースを確保し「ものづくり」を行うときのフリースペースとして有効に利用できるように考慮し、実習と共用できるようなゾーンの検討を進めた。

共用することで、作業終了後、遅くなても、整理・整頓および清掃を確実に学生自身が行うようになり、様の面でも効果が現れるという付加価値があったことには驚かされた。

g. 精密測定ゾーン

前室は、実習における測定パートにおいて使用されている。さらに温度管理の厳しい恒温室においては高学年での工学実験に使用されている。さらに、研究にも使用できるように考慮されている。

h. 塑性加工ゾーン

塑性加工のゾーンは各種条件が重なり、決定には苦慮した。塑性は実習の中でも実験的要素が多く、説明も多く、計算も当然必要となってくる。そのため、他の機械類の操作音などができるだけ少ない方が学生にとってはよいと判断した。

i. 溶接・鋳造ゾーン

溶接は排気を確実に行う必要があるため、溶接・鋳造専用のスペースを確保した。また、鋳造については平成に入り本格的な炉における作業は中止している。

ただし、灯油炉におけるアルミ鋳造は従来的に行われ、鋳造の基礎は体験している。

改修にあたり、鋳造を継続するか検討を行った。廃止案も浮上したが、やはり実体験させておくことは



図2 実習風景（旋盤作業）

今後のものづくりの基礎として必要だということで継続することにし、スペースを確保した。ただし、今後の動向をにらみ、砂場としての特殊な構造は避けた。

3. カリキュラム(ソフト)

ものづくりに深くかかわる機械実習のカリキュラムについて、改定内容を含めて示す。

機械工学科における機械実習は図3に示されるような位置付けであり、平成13年度は1年次、2年次、3年次と通年3単位の実習を行っている。

カリキュラムの改定前までは、1年次から3年次まで科目名を機械実習としており、1年次および2年次においては基礎的な実習であり、安全教育から始まり、各種機械の操作方法および加工方法を習得することが主目的となっている。3年次では実験的なテーマを加えて実施していた。

カリキュラムの改定後は1、2年次では改定前と同様に安全教育および基礎的な実習を身に付けるためのテーマが設定されている。3年次は機械創造実習として創造性の育成を主に目指したテーマを加えた。

機械基礎実習の1年次のテーマ・実習内容を図4に示す。1年次は実習を開始する前にホームルームにおいて事前の安全講習も別個に行っている。

また、図5に示すように創立当時の実習は機械1(旋盤)、機械2(特殊機械、木工)、手仕上げ、鋳造・鍛造および溶接の6テーマで構成されており、1パートにつき、6週間で実技を行っていた。基本的には現在も5パートにおいて実習を行っているが、木工および鍛造がテーマよりはずされている。

平成13年度までは3年次においても実験的なテーマを加味した内容で実習を行っていたが、平成14年度からは機械創造実習と科目名を変え、ものづくりにとって、必要不可欠な創造性を育成できる内容に改正した。

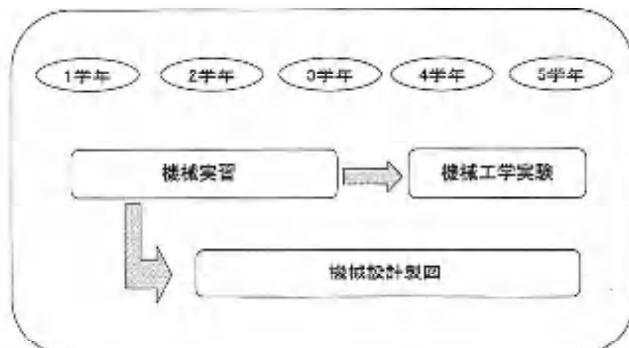
機械創造実習という科目は全国でもあまり例がなく、本校の機械工学科の特徴としていきたいと考えている。

この科目は、まず創造とは何かをはっきりさせ、学生自身でよく考え、創造性を發揮できるような能力を養える科目にすることを目的としている。

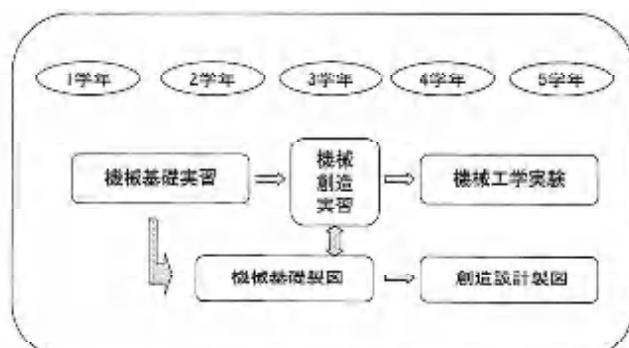
また、この実習がさらに3年次の機械基礎製図と連携し、4、5年次での創造設計製図へと生かされ、創造性を身につけた学生を社会へおくりだすことができると考えている。

創造実習においては、図6に示すように4つのテーマを挙げている。

すべてのテーマとも、各自ですべての作業を行うようになっている。すなわち、グループ作業はできるだけ排除し、各自でしっかり考えるような実習を行う予定である。



(a) カリキュラム改定前



(b) カリキュラム改定後

図3(a), (b) 実習の位置付け

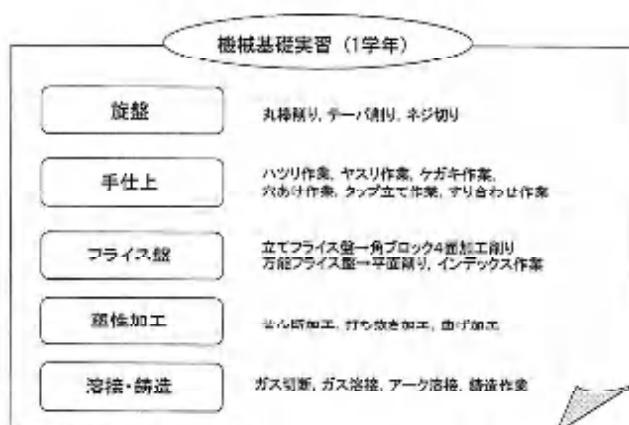


図4 実習テーマおよび内容(1年次)

a. 溶接

圧力タンクの設計・製作

所定の容積と耐圧を示し、使用する鉄板（厚さ2mm）を与える。どのような形状にし、どのような溶接を行うのかを考えさせ、図面を描かせる。製品完成後、耐圧試験を行い評価を行う。なお、圧力容器がなぜ丸いのかも気付いてもらいたい。

b. 旋盤

加工図面を与えるのみで、各自で工程を考え、製作を行い、決められた精度まで仕上げる。

ここでは、あらかじめ与えられた各種工具の使用法、各種旋削加工法が理解できているか、また安全な作業ができているかにより合否を判定する。平成14年度はクランクの製作を行う。まず加工手順を考え、手順書を作成する。チェックを受けた後、各自で製作を行う。加工手順・安全作業および製品により評価を行う。

c. 組み立て

2つの荒加工した部品を与え、それを組み立てる目的として、手仕上げにおいて調整作業を行う。はめあい作業を実体験することで、設計製図の中での公差という考え方を理解する。

d. 測定

与えられた部品の精度を測定する。部品の用途に応じて、各自で必要な測定箇所をまず定め、与えられた測定器具を有効に利用し、測定を行い、製品としての可否を示す。

本科目は学生の実態を把握し、創造性を養えるようなテーマ設定の充実を図っていくため、毎年内容の検討を行う予定にしている。

4. ものづくりの実践例

機械実習においては、毎回、実習報告書を提出させている。特に実習時における考察および質問事項も記入するように指導している。質問事項はただ単に疑問点を挙げるのではなく、自分の考え方を述べ、討論する形式で進めるよう努めている。

NHKロボットコンテストでは、4、5年生を中心に行われるアイデアを出し合い、機械工学科学生全員参加の発表会を開催している。下級生は発表会に参加することで、ものづくりの楽しさなどを上級生から学び取っている。当然1年生からもアイデアが提案されている。

毎年8月に開催される柳川ソーラーボート大会にも積極的に参加している（図7）。ソーラーボートチームは機械工学科、電気工学科、建築学科など学科・学年を超えて、自主的に製作を進めている。他学科の学生と交流し、1つのものを作り上げることで、幅広い知識や技能を身につけることができている。

さらに、本校ではロボットJリーグと題して、大平田・荒尾地区の小・中学生を対象にロボットコンテストを開催している（図8）。その指導には機械工学科4年生数名が参加している。小・中学生の独創的なアイデアを1つ1つ実現させていくことで創造性および責任感を身につけている。当然、小・中学生の理工系離れの対策の一環としても有効である。

また、平成13年度は機械設計技術者試験3級（日本機械設計工業会主催）に4年次の学生がチャレンジし、8名の合格者をだすことができた。学生にとっては、設計技術者の第一歩として、大いに自信が付いたようであり、設計への興味も増してきている。

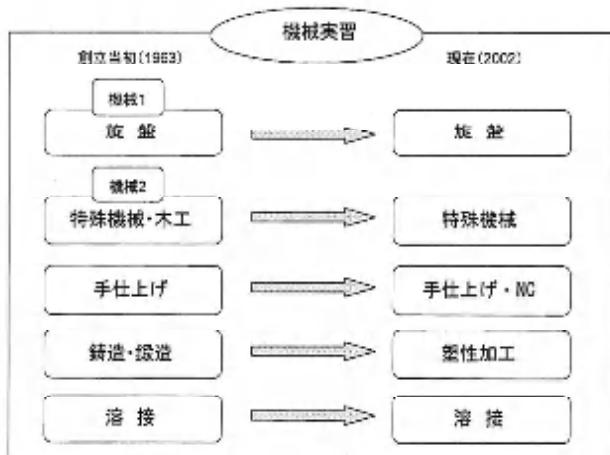


図5 実習パートの変遷

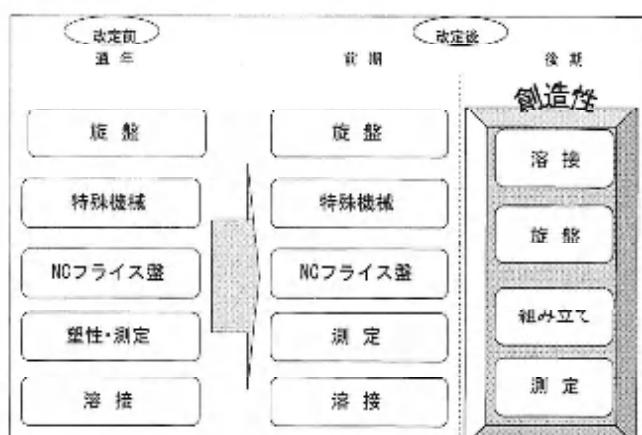


図6 機械創造実習テーマ



図7 ソーラーボート大会



図8 ロボットJリーグ

5.まとめ

ものづくりに対する教育を充実させるため、ハードおよびソフト面からの検討を行った。

その結果、「ものづくり」教育の充実を図ることができたと考えている。しかし、今後IT関連の導入をさらに積極的に考えていくべきであり、いかにして有効に取り込むかが問題として残っている。

さらに、設計センスを身につけるうえで、実習とともに重要な科目である設計・製図との融合もより充実させる必要がある。

今後も社会の要求に応えるべく、「ものづくり」教育をより充実させるため常に検討を行い、内容を充実していくことが大切である。特に、CAD・CAM教育の充実を図ることも最重要課題の1つとして挙げられる。

謝辞

本研究は、平成13年度教育研究プロジェクトの助成を頂き遂行した。ここに記して感謝の意を表します。

文献

- 1) 松川・猿渡・上原・明石、「機械工学科における「もの作り」教育の充実を図るための改修(ハード)とカリキュラム(ソフト)」、日本設計工学会九州支部第30回研究発表講演会講演論文集、p5-p8, 2002

授産施設における車両用配線保護チューブ定寸切断治具の開発 —大牟田ワークショップセンターへの技術支援—

木下正作・梶原理宏*・川崎義則

〈平成14年9月26日受理〉

Development of Cutting Jig for Wiring Protective Tubes, Vehicle's Parts at a Workshop Center
—Report on Technological Support to Ohmura Workshop Center, Ariake Home—

KINOSHITA Shousaku, KAJIWARA Masahiro and KAWASAKI Yoshinori

So far, tube cutting work operation had been rather inaccurate and unsafe at Workshop Center, Ariake Home. Therefore, with respect to the request of technological support from Workshop Center regarding the above problems, we have developed a new cutting jig. The use of this new jig has enabled workers to cut precisely many kinds of tube at specified length and to work safely.

This study was carried out as a project of graduation research at our department.

1. はじめに

ここ数年、主に県立福岡養護学校との交流を通して、知的障害児の自立性と遊び心を助長し、かつより汎用性を持たせることを設計の基本に置いた、教育的福祉機器の開発を手がけてきた。しかも、高専の地域への技術支援、および若い技術者の育成（工学教育）に福祉機器開発は最適な課題であり卒業研究の1テーマとして実践、という2つのキーワードのもとに、これらの研究は進められてきた。^{[1], [2]}

今回新たに、本校の敷地の東約1[km]に所在する成人者を対象とする知的障害者授産施設、大牟田ワークショップセンターからの技術相談を受けることになった。本報告は、著者の1人、梶原理宏がこの1年間卒業研究の課題として取り組んできた内容に関するものである。

当施設での作業内容は、豆腐などの食品製造から、陶器製作、アルミサッシュ、網戸、綿包材組み立て、自動車部品組み立てまで多岐にわたっている。施設スタッフと我々による現地調査の結果、作業安全性と加工精度において問題著しい車両用電気配線保護チューブ定寸切断作業に注目、その作業用治具の開発に着手することにした。

知的障害者授産施設における作業治具設計で、最も考慮すべきは作業の安全性は当然のこととして、作業工程の中の1つ1つの動作にメリハリ感をもたせる点である。すなわち、1つの動作が確実に終わったとい

う体感（手応え、音などによる）が得られたのち、次の動作が始まるということが強く要求される。

これは、健常者による作業と大きく異なるものであり、私共が今回の技術支援活動を行ったことで、はじめて得られた貴重な知識でもある。



写真1 有明ホームでの作業風景



写真2 刃物部(左)と位置決め部(右)

*島根大学総合理学部材料プロセス学科学生

2章以下に、治具開発の内容を詳細に示していきたい。

2. 切断作業の現状と使用治具の問題点

2.1 現状と問題点

これまで当施設で使用されているチューブ切断治具は、木製の架台に刃物部、位置決めのためのスケール、チューブガイドによって構成された簡単なもので、切断作業の安全性、また加工寸法精度においても決して良好といえる状態ではなかった。

すなわち、刃物部にはカバーをつける等の安全対策は全く行われていなかった。そのため、切断作業後の工程でチューブを取り込む際、手の甲や指がカッターに接触し縫合災害が過去に3件発生しており、作業者が安心して作業をできない状況であった。

また切断作業の状態はチューブを押しつぶし、あるいはタタキ切るという表現に近いもので、刃物の寿命低下、寸法精度はもとより切断面不良、バラツキ、不良品の発生など問題点が数多い状況であった。

2.2 切断チューブの種類・特徴と切断作業の頻度

切断作業されているチューブは以下の6種類である。
(写真3及び図1を参照)

①ビニールチューブ

- ・直径13 [mm] 以下は曲がったままの状態で保管しており、手でチューブを十分押さえて切断しないと長く切れてしまう。特に冬場はチューブがまっすぐにならない。

- ・曲がったチューブの形状のままだと切り口が斜めになりやすい。

②コルゲートチューブ

- ・長手方向にすり割りが入っており、切断の瞬間でのチューブ変形は大きく、直径が大きいほど切り口が凹凸になりやすい。

- ・後工程で微調整ができるため指定寸法より1~2 [mm] 短くなてもよい。

③耐寒チューブ

- ・直径4 [mm] 程度のチューブは伸びやすいため、結果的に短く切断される。巻きチューブから引き出せば出すほど、巻きの形状が崩れ、チューブがもつれた状態で引っ張られ、簡単に伸びることが原因である。

- ・チューブがやわらかく、まっすぐになりやすい。

④ワースチューブ

- ・チューブ内部はメッシュ状に糸が張られており、ビニールより切りにくく。

- ・正確な寸法精度が要求されている。

⑤バイゼルチューブ

- ・切れ具合がビニールと似ており、ビニールがうまく

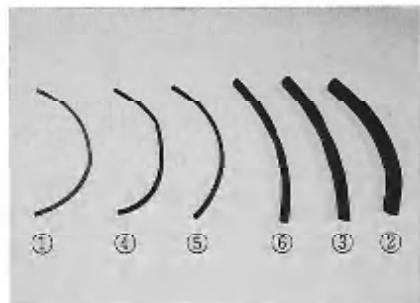


写真3 切断チューブ (6種類)

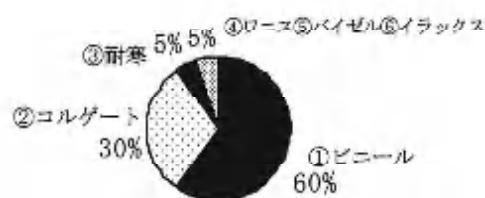


図1 チューブの切断頻度 (切断量: 1万本/日)

切れれば切れると思われる。

- ・切断頻度が少ない。
- ⑥イラックスチューブ
- ・バイゼルチューブと同じ。

3. 開発治具のポイント

2章で述べた現状の問題点を考慮したうえで本治具開発のポイントは、

- ①安全に作業ができること、
 - ②作業の1つ1つの動作において作業者にメリハリ感が得られること、
 - ③どのタイプの保護チューブも切断可能であること、
 - ④切断寸法精度が保証されること、
 - ⑤低コストであること、
 - ⑥完成数量を正確に確認できること、
- の6項目である。これらの条件を満たすチューブ定寸切断治具の構想・設計・製作、試使用、1部の手直し、そして完成を目指して開発を行った。

4. チューブ定寸切断治具の設計・製作

4.1 刃物部

刃物部は、刃物本体、カッティングマット、および刃物支え、安全カバーから構成されている。刃物部はこの治具の中核ともいえるものであり設計には十分な時間を設けて吟味し設計、修正を行ってきた部分である。(写真7参照)

当施設では従来用いられていた刃物はカッター部と刃物本体の支点とが1直線上であり、切断の際にカッターが直上からの切断であった。(図2参照)

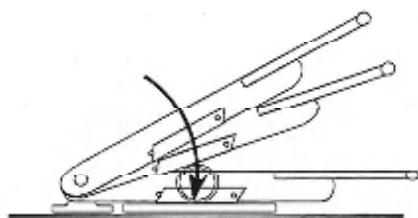


図2 従来治具の切断刃部の軌跡

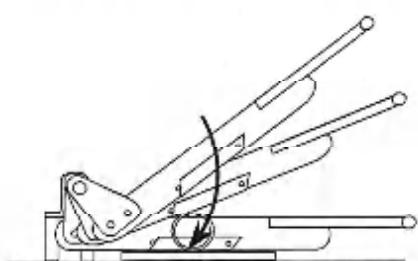


図3 新治具の切断刃部の軌跡

4.1.1 設計のポイント

- 今回考案した機構では、カッター部と刃物本体の支点をずらすことによって、切断する際に折る刃式カッター（以降はカッターと称す）がチューブを奥へと押し切る形の動作を生じさせることでスムーズに切断ができるようになった。（図3参照）
- 作業者が安全かつ効率よく作業を行うために、刃物部の使いやすさが重要で、そのためにはできるだけ切断に負荷を掛けないような設計が必要である。
- 従来の治具では刃物取り付け軸（支点）が不安定であるため、刃物の横に対する振れが発生し、刃物を真下へと振り下ろす動作が安定した形で保たれていた。
- 安全面においては、カッター部がむき出しであったために作業中の怪我が発生（これまで、指の切り傷などが3件）している現実があった。そこで、刃物カバーの設計が必要である。
- カッティングマットについては刃物を傷めず、同時に切断に耐える強いものを選定すること。

4.1.2 設計・製作

(1) 刃物本体

- 刃物本体には、S45Cを用い、カッターの刃を取り付けることから、縦15 [mm]、横110 [mm] のカッターに対応する1 [mm] の溝を加工し、カッターの穴と先端外周をM3のネジと平座金で固定した。
- ハンドル部には、軽量なφ20 [mm] のアルミニウムを使用し、切断振り下ろし時に刃物本体は重めに、ハンドルは軽めにすることで適度な慣性力がつくようにした。

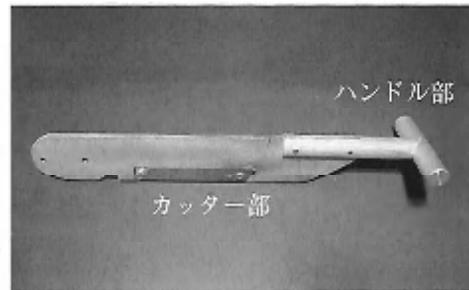


写真4 刃物本体

・刃物本体とハンドル部への接続は6角穴付ボルトを用いて、ザグリをいれることで表面への干渉を起さないようにやさしい配慮をした。（写真4参照）

(2) カッティングマット

- 切り傷に強いオレフィン系樹脂のカッティングマットを用いた。
- カッティングマットは縦200 [mm]、横20 [mm]に切断したものを、厚さ8 [mm]に加工したアルミニウムの敷板に、2隅をM4のネジで固定した。また架台板にもM4のネジで固定した。（写真5参照）

(3) 刃物支え

- 軸をしっかりと固定することによって、刃物の横振れをなくす目的からピロープロックを2個用い、両端支持方式とした。（写真6参照）
- 軸部への負荷を考慮して、前径をφ18 [mm]とした。

- 軸部とカッター取り付け部の接続板はS45Cの厚さ4.5 [mm]、幅50 [mm]とし安定感を増した。



写真5 カッティングマットと敷板



写真6 刃物本体接続板・軸(左)とピロープロック(右)

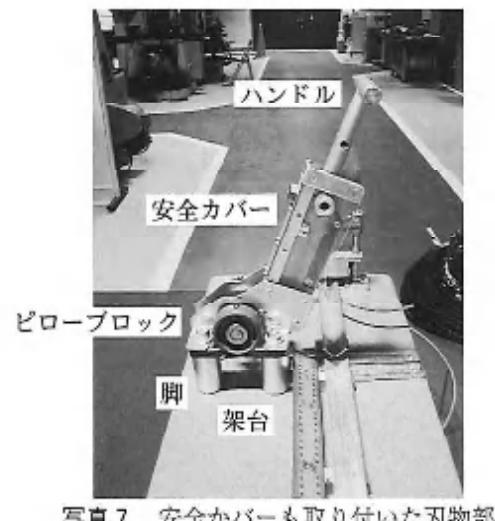


写真7 安全カバーも取り付いた刃物部

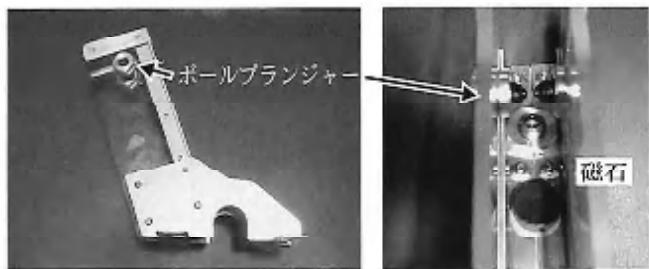


写真8 安全カバー部(左)とポールプランジャー(右)



写真9 アルミニウム製のチューブガイド部

- ・ビロープロックの固定には、直径 $\phi 30$ [mm]、高さ51.8 [mm]のアルミニウムの脚を設けM12のボルトで固定した。
- ・軸は刃物本体との接続板の穴に合わせて $\phi 18$ [mm]に加工し、ビロープロックの穴径に合わせて両端を $\phi 15$ [mm]に加工した。接続板とはM3のネジで4ヶ所固定した。

(4) 安全カバー(写真8参照)

- ・アクリル板とアルミニウム板で安全カバーを構成し、ビロープロックとともにM12ボルトで固定。
- ・カバー部は透明のアクリル板を加工したものを使用し、外から刃物の収納状態が分かるようにした。
- ・刃物本体背面と安全カバー背面に磁石を取り付け、磁力の力によりお互いを引き合わせるようにした。
- ・安全カバー背面と刃物本体が平行になるような位置で、刃物本体のくぼみとアクリル側板のM12ボルプランジャーのボルが入り込むようにして、メリハリ感をもった固定と解除が行えるようにした。
- ・上記の2項目により、2重の止め機構を使い安全性を増そうとするものである。
- ・厚さ5 [mm]のアクリル板2枚を縦70 [mm]×横200 [mm]に加工し、コの字型になるように厚さ2 [mm]のアルミニウムアングルとS35Cの厚さ3 [mm]の鋼板を用いてM3のネジで4ヶ所を固定した。なお、鋼板にはM12のボルプランジャーを取り付ける穴を加工した。

4.2 チューブガイド部

チューブの材質は主にビニール系である。従ってチューブの伸縮やたわみを考慮してチューブガイドの設計を行った。

チューブガイド部はチューブの切断時における姿勢

保持と直線保持を兼ね備えていることが重要で、等辺アルミニウムアングルを用いることでV溝にチューブの保持を行わせた。(写真9参照)

4.2.1 設計のポイント

- ・チューブを切断する長さは架台の長さに制約されるため、2000 [mm] 内での設計とした。
- ・アルミニウムアングルをVブロック台にネジで取り付けるため、ザグリを行い表面への干渉に考慮した。
- ・チューブの最大径 $\phi 28$ [mm]を考慮してアルミニウムアングルの辺の長さを決めた。

4.2.2 設計・製作

- ・刃物台を挟むようにして、チューブガイドを長さ200 [mm]および長さ2000 [mm]の25 [mm]等辺アルミニウムアングルを使用した。
- ・2000 [mm]側に11個のVブロック台を等間隔に取り付け、M3のネジを2ヶ所、合計22個取り付けた。また、200 [mm]側にもM3のネジを2ヶ所、合計4個取り付けた。
- ・Vブロック台はS35Cを用いて、架台板とはM4のネジで2ヶ所、締め付けを行った。また鋼製直尺を取り付ける板を固定するため、Vブロック台背面にM4のタップ穴を開けた。

4.3 寸法位置決め部

チューブガイドに沿った寸法位置決めの機構とし、目盛り板の読みやすさとワンタッチでの固定、解除ができるよう設計を行った。

4.3.1 設計のポイント

- ・軽い締め付けで、確実な固定が行われるような機構とした。
- ・目盛り板には正確な2000[mm]の鋼製直尺を用いた。

4.3.2 設計・製作（写真10参照）

- ・チューブガイドを固定するVブロック台に、曲げたアルミニウム板を取り付け、ガイドに沿うようにして長さ2000[mm]の鋼製直尺をM4のネジで取り付けた。
- ・位置決めにはS35Cのブロックを用いて、アルミニウムアングルを掴むようにアルミニウム板で固定した。ブロックにノブを取り付け、締め付けを行うことで、アルミニウムアングルへの固定を行った。なお、固定用ノブ先端部のM10ネジに黄銅の円筒を内蔵した。これは確実な固定とアルミニウムアングル側に傷が入らないように配慮したものである。

4.4 チューブ押さえ部

チューブを巻き上げてチューブガイドへと誘導する役割を持ち、かつチューブのたわみをなくすようなる程度の摩擦を持ち合わせていなければならぬ。チューブの径が違うので、抑えを可調整式の設計とした。

4.4.1 設計のポイント

- ・チューブの取り込みを考え門型構造とし、チューブの進路の乱れを防ぐようにした。
- ・生ゴムを上型、下型に取り付けてチューブを噛ませることで、ほどよい摩擦が得られるようにした。



写真10 見やすく正確な寸法位置決め部



写真11 門型のチューブ押さえ部



写真12 チューブ巻上げ部

- ・チューブ巻上げの際の進路確保のため、架台板に溝を作った。
- ・ばねを用いることにより、チューブを噛ませる板と板に反力を持たせた。

4.4.2 設計・製作（写真11参照）

- ・チューブを噛む上型と下型は凹凸になっており、そこにM4ネジでゴムチューブを取り付けた。
- ・2本のM12のボルトで上型と下型を噛ませるようにし、その調節はノブで行うようにした。
- ・下型はM4のボルトを用いて架台板に取り付けた。

4.5 チューブ巻き上げ部

施設では、作業時においてチューブの輪の絡まりが問題となっていた。その絡まりを防ぎ作業がスムーズに行えるような機構とした。

4.5.1 設計のポイント

- ・チューブの束は直径が600[mm]内のものが多いため、外周を700[mm]の円形とした。
- ・チューブの絡まりが多いため、シンプルな構造とした。

4.5.2 設計・製作

- ・φ9[mm]の丸棒で直径700[mm]の輪を2個つくり、その間を4本の棒でつなぎ、その中に巻かれたチューブの束が収納できるようにした。（写真12参照）

4.6 切断品置き

施設では1つの作業台で切断と本数数えの2つを行っており、切断したチューブを10本1まとめての束にして数えるスペースが確保されていた。

考案する切断品置きも10本で1束と分かるような構造とした。

4.6.1 設計のポイント

- ・切断されるチューブの長さは 500 ~ 600 [mm] までが多いことから、長さを考慮して設計した。
- ・チューブを置く溝幅は、切断チューブの直径 (20 [mm] 以下がほとんど) を考慮して決定した。
- ・本数を数えやすい配置にした。

4.6.2 設計・製作

- ・長さ 400 [mm] に切断したアルミニウムアングルを 11 本敷きつめて設置し、幅 25 [mm]、深さ 25 [mm] の溝を 10 本形成した。隅部は R 20 [mm] の面取りを施し、チューブの傷と怪我防止を考慮した。(写真13参照)

4.7 架台部

架台は 2 つに分けることができる。すなわち刃物部やチューブガイド部、位置決め部、チューブ押さえ部が取り付けてある架台板と、切断品置きが取り付けられている架台とである。これらは取り外しが可能である。

4.7.1 設計のポイント

- ・切断時の衝撃を考慮して設計した。
- ・隅を丸くしたり、着色することにより、人に優しく親しみ感が持てるような作りにした。

4.7.2 設計・製作 (写真14参照)

- ・架台板はベニヤ板を 3 枚重ね合せ、縦 2320 [mm] 横 345 [mm] に加工した。架台板が架台より出る部分については必要な部分以外はカットした。
- ・バテを架台板側面に塗付し、ヤスリをかけて丁寧に仕上げた。その後架台板は明るい職場のイメージづけから青色に塗装した。
- ・架台板にチューブガイド部を M4 のネジで V ブロック台 1 個につき 2 個、合計 26 個取り付け、カッティングマットの敷板も M4 のネジで 4 ケ所固定した。
- ・架台板と架台との取り付けは M10 で取り付けた。

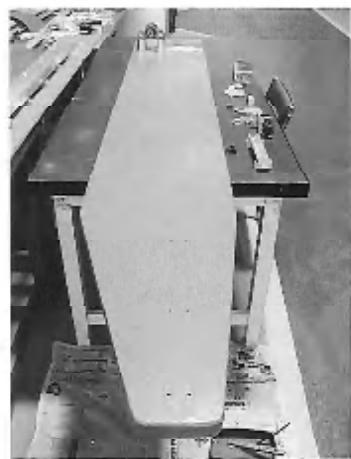


写真14 架台部

5. チューブ定寸切断治具の使用しての評価

5.1 試使用での評価

納入前に、写真15に示す開発した治具を用いて、切断作業を行ったので、その内容について示す。

このチューブ切断機で試し切断した結果、得られたことは、つぎの通りである。

- ①刃物の切れ味が格段に良くなつた。
- ②安全面へ配慮して製作した安全カバーは、ポールプランジャーと磁石を用いた固定方法が確実で安全であることが確認できた。(ポールプランジャーへの固定確認は音によりできる) なお、ポールプランジャーの締め付け強さは調整できる。
- ③刃物の横方向の振れはピローブロックと軸と刃物本体との接続板で確実に固定されているため全くなくなった。
- ④チューブガイド部は V 字アングルにしたため、チューブの直進性が改善され、また切断時のチューブの姿勢保持が行えるようになった。
- ⑤位置決め部はアルミニウムアングルとの締め付け部に黄銅を使用したため、締め付けによるアルミニウム側への傷が付きにくい。また、位置決めの面を広くしたため径の小さなチューブでも余裕をもって位置決めの面に当てることができる。
- ⑥チューブ押さえ部は可調整式になっているため、チューブ径に対応させて入り口の大きさや摩擦の調整を行うことができる。チューブガイド部を設けたことでチューブを適度な直進性を持って切断することができる。
- ⑦チューブ巻上げ部についてはガイドからのチューブの出入りが滑らかになり、丸棒とアルミニウムガイドリングだけの組み立てによりチューブの状態が分かる。またアルミニウムガイドリングを可

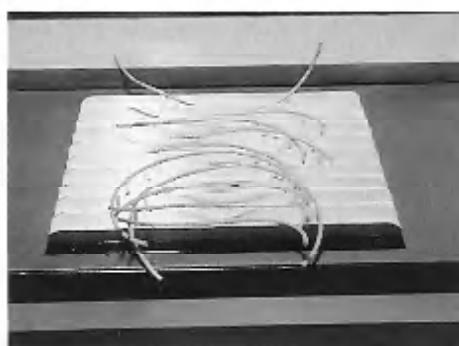


写真13 チューブ切断品置き部

調整式にすることで、作業者が自分に合った切断条件にすることが可能となった。

また、本校での施設所員による納入前の立ち会い試験の結果、ほぼ満足のいく評価が得られた。（写真16参照）

その後、施設に納入（平成14年3月28日）して、作業場の中央に設置すると、すぐにAさんが緊張しながら試し切削を行った。試し切削結果は別に問題もなく上々であった。（写真17参照）



写真16 木校での施設所員による納入前の立ち会い

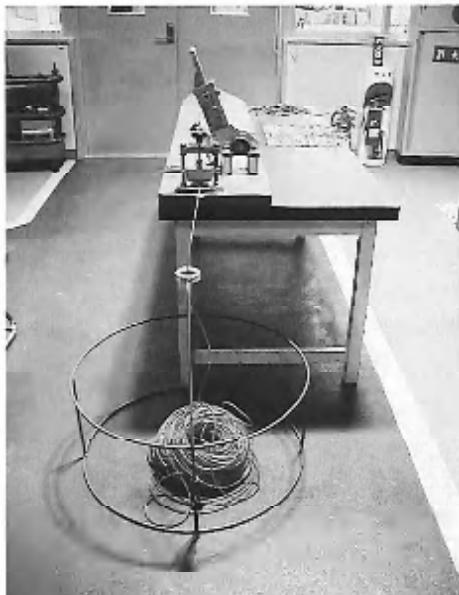


写真15 完成したチューブ定寸切断治具



写真17 施設に納入直後の作業風景

5.2 4ヶ月間施設で使用しての評価

施設において実際に4ヶ月間使用しての評価を担当者の西山岩男氏よりいただいたので紹介する。

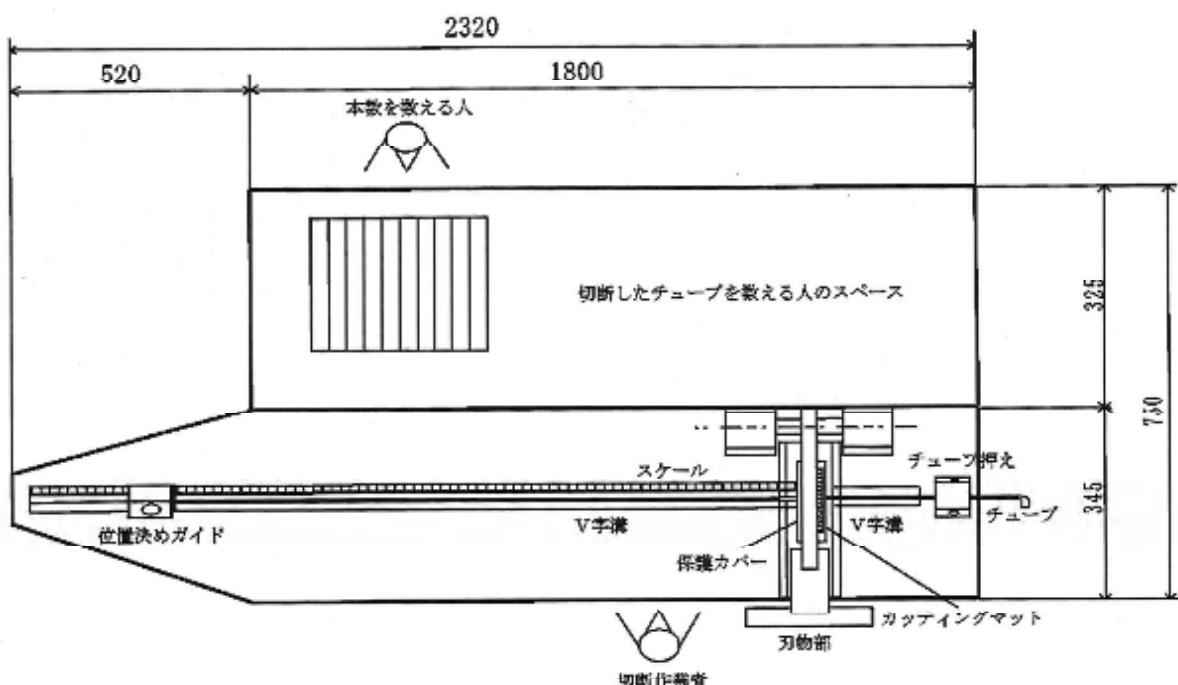


図4 完成したチューブ定寸切断治具の寸法図（チューブ巻上げ部は省略している）

(1) 質的面からの比較

①寸法精度

チューブは指示通りの寸法に切断できた。特にチューブ切断寸法の長いもの(700 [mm]以上)の切断寸法のはらつきが安定してきた点で改善がみられた。1000 [mm]程度を切断したとき、これまで、T君はチューブの曲がりに注意が足らず、3~4 [mm]長くなることがあったが、チューブガイドに沿わせることで、チューブに直進性があり、寸法のはらつきが改善されていることを目視により確認した。

②切り口

切り口は、どの種類のチューブでもきれいに切断できた。特にコルゲートチューブは硬いためか、これまで径が大きいほど切り口がギリギリになる傾向にあったのが改善された。

(2) 各部の機能について

①チューブ巻上げ部

特に問題点はなかった。チューブ(材料)の中心からチューブを引き出すという考え方では、径の小さいチューブももつれにくくなることがわかった。

②チューブ押え部

チューブの接点である押えゴムの中央が盛り上がっているため、チューブが押え部支柱の両サイド側へ毎回ぶれた。その対策として、押えを強く調整するとチューブが動かない。

コルゲートを除く径の大きいチューブでは、押えゴムをぎりぎりまで緩めても、チューブを引くときの抵抗が大きい。これは、引出し部と2点の位置でチューブが接触しているためと考えられる。

③刃物本体・ハンドル部

ハンドルを動かす途中でチューブがひつかつたりして注意力が落ちたときと安全カバーに中途半端に納めて、(ハンドルを中途半端に納めても、軽く止まるため)ハンドル落下が2回あった。

ハンドルを上げるときと下げるとき(特に上げるとき)に意識するという意味で負荷がかかり、長時間すると疲れた。

④寸法位置決め部

移動もスムーズにでき、簡単に調整でき使いやすかった。スケールの見やすさと精度はかなりよかったです。

⑤チューブガイド部

寸法精度で述べたように、チューブの直進性が改善でき、径の大きいチューブやもともと曲がりの強いバイザルチューブが固定されて切りやすくなった。

また、西山氏からは「開発されたチューブ切断治具が納入されて以来、Aさんは積極的に喜んで使い、従来のチューブ切断治具を使いたがらない」という嬉しい言葉もいただいた。

以上の評価より、1部に改善策が必要であるものの全体的にほぼ所期の目的を達成できたといえよう。

6. おわりに

本報告では、知的障害者授産施設、大牟田ワークショップセンターからの技術支援要請の1つ、車両用配線保護チューブの定寸切断治具開発について述べた。

授産施設ならではの作業用治具の必須具備条件、特に作業の安全と作業のメリハリ感の体感の2つに重点をおき開発し、1部に問題点が残るもの、概ね満足できる成果が得られた。所員からの定性的な改善内容も得られたが、今後はこれに加えて定量的な改善効果のデータも入手できることになっており、1部問題点の再設計・改良にも努力していきたいと考えている。

福祉機器開発とはいって、分野によりその要求される内容が大きく異なること、今回の研究で得られたもう1つの収穫である。

最後に、本研究を進めるうえで、知的障害者授産施設大牟田ワークショップセンターの鯨川周一所長、担当所員の西山岩男氏をはじめとするスタッフの方々には、多くの場面で暖かいご指導をいただき心よりお礼申し上げます。(写真18参照)

なお本研究は本校の平成13年度校長成績賞の助成を受けて行われたものであることを付記します。



写真18 施設所員の方々を囲んで(本校実習工場にて)

参考文献

- 1) 川喜、木下：養護学校における知的障害児の機能回復を目的とした自走車の開発、論文集「高専教育」、(2001. 3)
- 2) 川喜、木下：知的障害児の自立性と遊び心の助長を目的とした立位保持装置の開発－卒業研究テーマとしての実践報告－、論文集「高専教育」、(2002. 3)

教育用伝熱実験システムの開発

吉田正道・久保山正朗*

〈平成14年9月27日受理〉

Development of an Educational Experiment System on Heat Transfer

YOSHIDA Masamichi and KUBOYAMA Masao

Visualizing of heat transfer phenomena is an important factor for good effects in the educational experiments on heat transfer engineering. The purpose of this study is to develop the educational heat transfer experiment system with using the digital visualizing methods under steady and unsteady conditions. In this paper, the construction of the new experiment system on heat transfer through the cooling fins is described. This system has a performance to display the three dimensional figures of temperature distribution and heat flow vector diagram. It is expected that the students would perform the experiment with a good interesting and deepen their understanding of the theories on heat transfer.

1. 緒言

これまでの高等教育機関における技術者教育では、ともすれば、専門知識の習得に重点が置かれ、実践の場でその知識を応用する力の養成は不十分であったように思われる。この応用できる知識を身につけるためには、実際の工学的現象を体験し、その理論と比較・検討し、問題を見出して、自ら答えを考える機会を与えることが重要であると思われる。そのため、教育現場では、教育用工学実験を実施しており、本校機械工学科においても、座学で得た学問的知識を定着させるために学問分野別に工学実験を実施している。著者らが担当する熱工学分野ではこれまで、ディーゼルエンジンの分解・組み立てとその性能試験および蒸気原動機の熱精算実験など、熱機関工学に関する実験を行ってきた。これは、学生にとってこれらのテーマが熱工学分野で最も興味を引くものであり、また実験室での作業や、実物の可動および音響などの五感に訴える部分が多く、興味深く実験に取り組むことができるためである。しかし、熱工学にはその他にも重要な項目があり、それらに関する学生実験を実施することも、広く教育効果を上げるために大切なことだと思われる。その中で伝熱工学は熱工学の最重要分野のひとつであるが、伝熱現象そのものが目に見えず、学生実験のテーマとしては必ずしも適切なものではなかった。

そこで本研究では、様々な伝熱現象に関する実験が行えるとともに、その現象を可視化表示できる教育用伝熱実験システムの開発を目的としている。本報告では、実験対象として放熱フィンの伝熱現象をとりあげ、その実験システムを構築したので詳細を報告する。

2. 実験システムの構想

実験システムを構成するにあたって、前述した目的を達成するためにFig.1に示すような概念を基本とすることにした。実験者は実験の前にシステム内のコンピュータ（以下PC）上で伝熱工学の基礎的な理論を用いて実験対象とする伝熱現象の数値シミュレーション計算を行う。この過程で、微分方程式の導出や数値

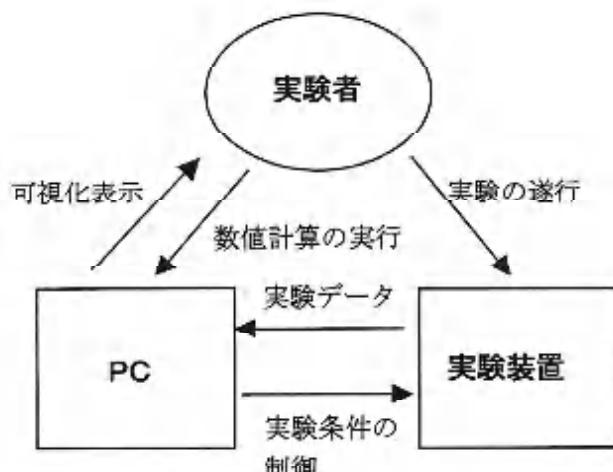


Fig. 1 実験システムの構想図

* 有明工業高等専門学校専攻科学生

計算法の適用などの実践的演習ができることになる。続いて実験を行い、その実験データはリアルタイムでPCに送られて可視化され、事前に行った理論計算値と図式的に比較される。この時点で、実験者は自らが行ったシミュレーション計算が、実際の現象を比較的忠実に再現できることを視覚的に体験する。その後、その正当性が確認されたシミュレーション計算により、実験値では表示不可能な現象の視覚的表示を行うことによって、伝熱現象をより興味深く理解することができるものと思われる。

3. 実験システムの構成

本実験システムにおいては、様々な伝熱現象（多層円管壁の熱通過、フィン付き面の伝熱あるいは垂直平板周りの自然対流など）に対応した実験およびシミュレーション計算が行えるようにするため各々の伝熱現象に対応したテストモジュールをそれぞれ製作することにし、実験目的に応じてテストモジュールを交換できるようにした。本報告は、単独四角縦フィンつき面を対象としたテストモジュールを含む伝熱実験システムに関するもので、Fig. 2にテストモジュールを含めた実験システムの概略図を示す。試験片材質には黄銅（熱伝導率： $\lambda = 88\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ）を使用し、試験片寸法はFig. 2に示しているように、フィン長さ150mm、フィン幅50mmで厚さを40mmとした。この試験片を加熱用高温流体および冷却水が循環するケース内に設置して実験モジュールとした。試験片上面には、内部温度測定のための熱電対挿入用孔（直径1.1mm、深さ：20mm）を30箇所設けた。ケース部はペークライトで製作し、上蓋は内部状況が目視観察できるようにポリカーボネイトを用いた。実験モジュールに設置した温度測定用各熱電対はデータロガーを介して、システム内に実験者的人数分用意されたPCに接続した。実験

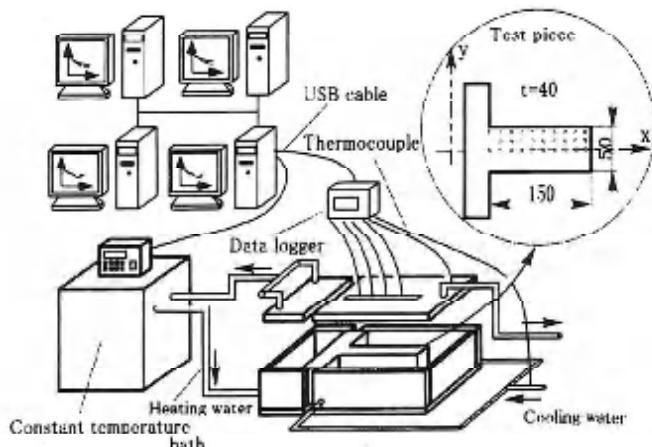


Fig. 2 実験システムの概略図

に際しては、恒温循環槽により所定温度の高温水を循環させて、試験片根元部を加熱し、フィン本体周囲には水道水を供給し冷却した。試験片内部に挿入した熱電対により試験片内部温度を30点測定する。測定されたデータはデータロガーにより集約されてPCに送られ、そのデータを用いて各実験者がPC内の自作ソフトウェア⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾を使用して各種計算やグラフ化を実施する。実験およびシミュレーション計算は以下に示す仮定に基づいて行った。

- (1) Fig. 2において、試験片の上下方向は断熱条件とし、 x , y 方向に2次元の温度場が存在する。
- (2) 試験片の根元温度は断面内で一定とする。
- (3) 热伝達率は放熱面で一定とする。
- (4) x 方向の断面積は一定とする。
- (5) 温度分布は中心線対称とする。

4. 実験システム運用法

実験システムを運用法する際のフローチャートをFig. 3に示す。まず、各実験者が先に記述した理論解析を行って定常および非定常状態での微分方程式を導出する。その導出された式を差分式に変換し、その差分式を基にしてシミュレーション計算プログラムを作成するまでの過程を実験者が実践する。その後、定常および非定常条件の下に実験を行い、試験片内部温度、冷却用低温流体の入口・出口温度を測定する。非定常については、あらかじめ定めた任意の時刻にそれぞれの値を測定する。その実験値を用いてシミュレーション計算に必要な熱伝達率を概算し、概算結果、フィン根元温度および低温流体温度を用いて定常および非定常状態のシミュレーション計算を行う。なお、低温流体の温度は入口・出口温度の平均温度を用いる。次に、任意の時刻で測定した実験値とその時刻における非定常条件下のシミュレーション計算値よりそれぞれの温



Fig. 3 システム運用フローチャート

度分布図を作成し、実験結果とシミュレーション計算結果との比較・検討を行う。その後、定常状態に至るまでの非定常状態のシミュレーション計算を行い、試験片内部温度の時々刻々の変化過程を動画により表示し、式の導出からプログラム作成までの実践的な理論的理解に加え、非定常現象を視覚的に理解する。

次に、定常実験結果と定常状態のシミュレーション計算により得られた温度場を3次元グラフにより比較表示し、両者のx, y両方向に関する温度勾配や各格子点での温度等の誤差の原因や解決策等について検討する。その後、シミュレーション計算結果に十分な信頼性があるとし、定常状態のシミュレーション計算により求められた値（試験片内部温度、フィン表面温度）を用いて定常状態での温度分布図を表示する。さらに、試験片内の熱流の大きさと方向をベクトル図で表示して、視覚的に熱流現象を理解させる。

5. 実験結果および考察

5.1 実験条件

本実験における実験条件をTable 1に示す。この表に示している熱伝達率は、実験結果を用いて求めた概算結果の誤差が大きかったため、文献¹⁴⁾より引用した。なお、シミュレーション計算における格子分割数はx方向に90分割、y方向に15分割とした。

5.2 非定常状態について

まず、任意時刻における試験片内温度の温度分布図の実験値とシミュレーション計算値との比較をFig. 4に示す。これらの図においては46[°C]から38[°C]までは1色で1[°C]の温度範囲を示し、それ未満では1色で0.5[°C]の温度範囲を示している。なお、シミュレーション計算の時間幅は $\Delta t = 0.026\text{ s}$ とした。この比較図を表示することにより、シミュレーション計算による温度分布図は比較的忠実に実際の現象を再現でき、測定値では表示しきれない詳細な部分まで表現可能であることを実験者に実感させ、シミュレーション計算の重要性および有用性を認識させることができる。

Fig. 5に非定常条件における試験片内の温度分布の

Table 1 実験条件

平均熱伝達率 $h[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	1200
フィン根元温度 $t_0[\text{°C}]$	47.5
低温流体温度(入口)[°C]	28.7
低温流体温度(出口)[°C]	29.5
低温流体平均温度 $t_a[\text{°C}]$	29.1

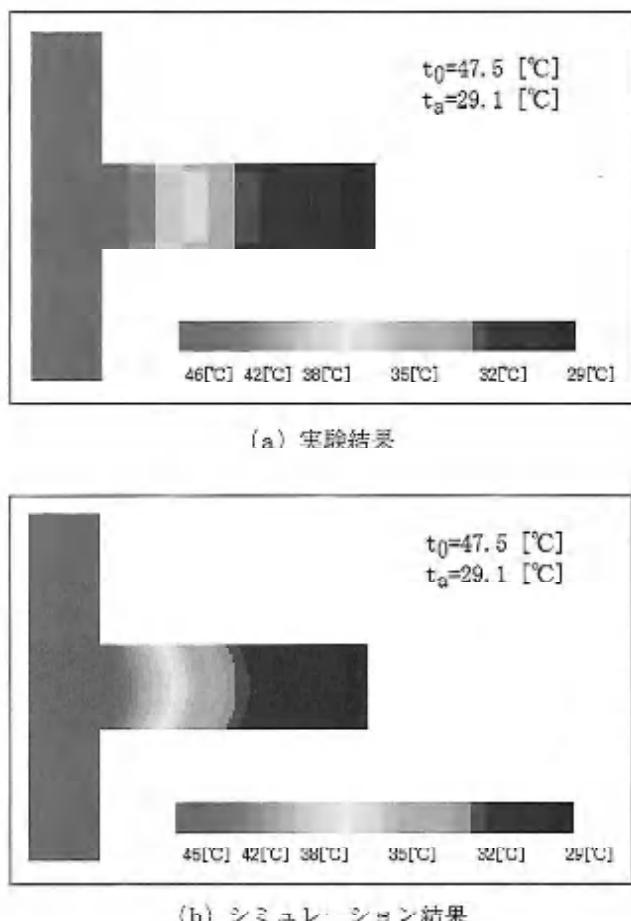
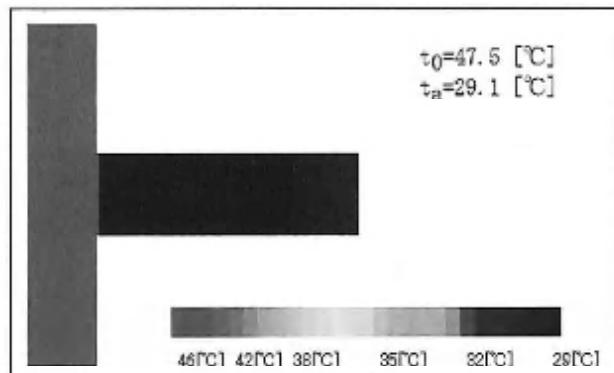


Fig. 4 温度分布の実験値とシミュレーション計算値の比較例

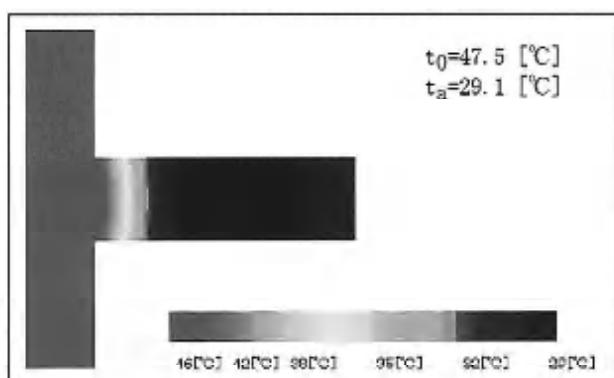
時間変化を初期状態から1分後まで示す。これらの図より試験片内温度の時間的な移り変わりを、視覚的に理解することができる。なお、システム内のディスプレイ上では、これらの時間的温度変化の様子が、定常状態に到達するまで連続的な動画で表示され、時間の経過に伴うフィン内の温度伝導速度変化の様子を観察することができる。これらの図の表示により、熱応力やサーマルショックなどの解析が行え、非定常状態における数値シミュレーションの必要性などについても理解することができると考えられる。

5.3 定常状態について

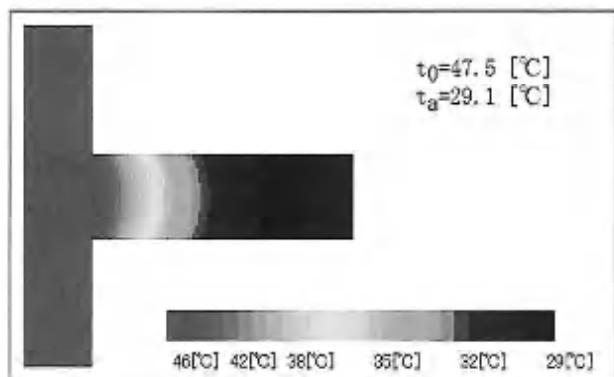
定常状態における温度場の実験およびシミュレーション計算結果の三次元グラフによる比較をFig. 6に示す。図の左側が実験値、右側がシミュレーション値であり、それぞれ試験片の左半分および右半分の温度場を示している。図より、実験値におけるy方向の温度降下が計算値と比較して大きくなっている。この傾向はフィン根元($x = 0[\text{mm}]$)に近いほど顕著に認められる。



(a) 初期状態



(b) 10秒後



(c) 1分後

Fig. 5 温度分布の時間変化

これは、両者のフィン根元温度の相違に起因するものと考えられる。すなわち、実験においては実験条件により根元温度が y 方向に減少してしまうが、計算値の場合、フィン根元温度は y 方向に一定としておりその影響が他の格子点での温度計算に及んでいるためフィン表面に近い ($y = 20$ [mm]) 温度が実験値より高めに算出されているものと考えられる。この誤差要因をシミュレーション計算において考慮に入れることは可

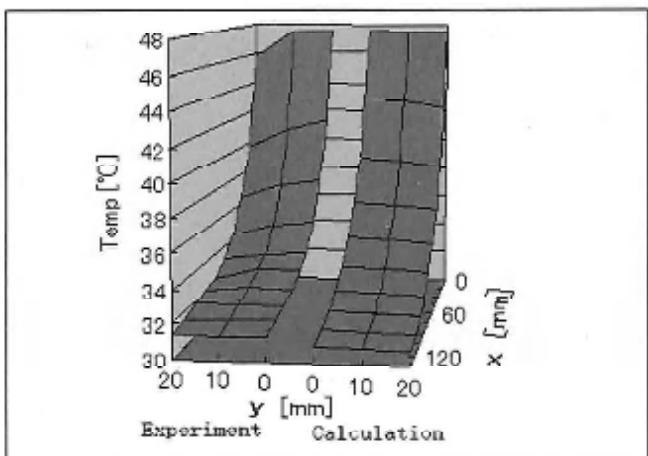


Fig. 6 温度場の三次元表示に関する実験結果とシミュレーション結果の比較

能であるが、実験者に考察させて教育効果を上げるために意識的に考慮しないことにした。また、 x 方向の場合、実験値の方が根元から先端に向かって約 60 [mm] までは計算値より早く温度降下するが、その後は逆の傾向を示しており、先端部での内部温度は計算値の方が低くなっていることがわかる。これは、計算では平均熱伝達率を用いているのに対して、実験においては冷却水温度が根元付近から先端部分にかけて不均一な温度分布になっており、局所的に熱伝達率が変化していると考えられる。また、試験片に設けた熱電対挿入用孔も誤差に影響を与えていたと考えられる。これらの誤差要因も実験者の考察を促すためにシミュレーションでは考慮しないことにした。

次にフィン内部の熱伝導の方向と伝热量の大きさを図示するために、各格子点間の温度差より各点の熱流ベクトルを計算し、熱流ベクトル図を作成させる。その一例を Fig. 7 に示す。図より放熱の大部分はフィン根元部で行われており、先端部での放熱は根元と比較すれば微少であることがわかる。また、熱の流れ方向も局所的に変化していることが理解できる。このことから、フィンによる放熱量の局所的な分布を視覚的にも説明でき適切なフィン形状の設計にこれらの計算が役立つことを理解させることができる。

4. 結言

講義で学習した伝熱工学の知識を、応用できる知識として定着させるために、理論の実践を伴うシミュレーション計算演習とその結果を使った現象の可視化表示および実験値との比較が様々な伝熱現象に対して総合的に行える教育用伝熱実験システムの開発を行った。まず、縦フィンつき面の伝熱現象に関して定常および

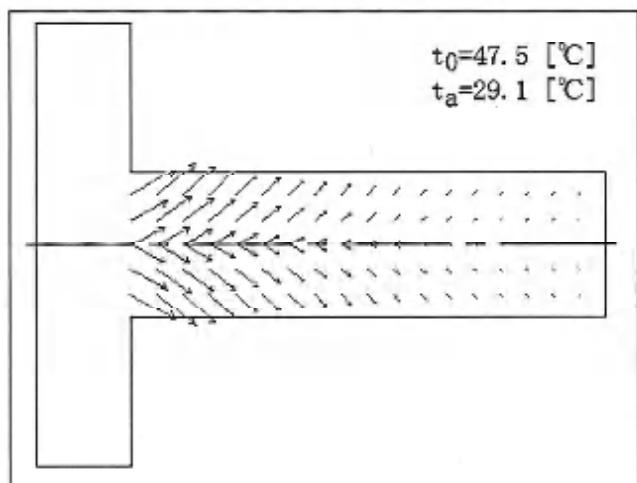


Fig. 7 シミュレーション計算による熱流ベクトル図

非定常状態における実験とシミュレーション計算を並行して行えるシステムを構築した。本実験システムを運用することで以下に示す教育効果が期待できるものと思われる。

- (1) 伝熱現象の可視化表示により、興味を持って実験に取り組める
- (2) 講義で得た理論的知識を実際の現象に適応させる実践を通して、応用力のある知識として定着できる
- (3) 実験結果とシミュレーション結果を比較し、その相違の原因を考察することにより、理論的知識をさらに深めることができる。

今後は、その他の伝熱現象に関する実験モジュールを増設し、実際の学生実験で使用しながら、さらに改良していく必要があると思われる。

参考文献

- (1) Laura Lemay and Charles L., : Java 言語入門, プレンティスホール出版
- (2) 赤間 : Java によるプログラミング入門, コロナ社
- (3) 三浦 : 初めての Java プログラミング, 朝倉書店
- (4) 日本機械学会 : 伝熱工学資料改定第3版, 日本機械学会

誘電体内の空間電荷計測における密度検定法

内海通弘・加藤聰*

〈平成14年9月27日受理〉

On Determination Procedure of the Space-Charge Density in Dielectrics
Measured by the Pulsed Electroacoustic Method

UCHIUMI Michihiro and KATO Satoshi

The PEA, pulsed electroacoustic, method has been used to examine density of space-charge in dielectrics. The determination method of the absolute density was studied in two different manners. We have been using an expression as surface charge density in C/m² to present the amount of the charge. In order to conveniently translate the large amount of our data labeled in C/m² to the other, the convert ratio deduced from the surface charge density in C/m² was compared with that from the volume charge density in C/m³.

1. はじめに

絶縁材料が長時間高電圧にさらされると、解離や電子の注入によって、材料内部に空間電荷が形成される。この空間電荷は、材料の絶縁破壊の引き金となるトリー(tree)の発生原因ともなっているため、ケーブルの絶縁性能に影響を与えるため、空間電荷の形成や消滅過程が盛んに研究されている。従来、空間電荷を測定する方法として、電子ビーム法、熱パルス法などがあったが、測定時に空間電荷を破壊してしまうという欠点があった⁽¹⁾。しかし、近年、パルス静電応力(Pulsed Electroacoustic: PEA)法や、レーザ誘起圧力パルス(Laser-Induced Pressure Pulse: LIPP)法⁽²⁾などの超音波を使う非破壊的な測定方法を用いて、絶縁体や誘電体に蓄積する空間電荷の計測が盛んに行われている。中でもPEA法は、高田達雄氏ら⁽³⁾を中心に開発されたもので、低コストで電気的雑音に強く、操作も簡単で、優れた信号の再現性を持っている。

測定結果において、空間電荷の表し方に2通りあり、我々は数年来面電荷密度で密度検定を行ってきた。しかしながら最近、電気学会「誘電・絶縁材料の空間電荷分布計測法と標準化」調査専門委員会は体積電荷密度で表すことを推奨している⁽⁴⁾。我々は、これまで測定データを面電荷密度で表してきたが、体積電荷密度で表す方法を試みた。これまでの我々のデータを生かすためにその換算法および正当性を示した。

2. 電荷密度の校正

2.1 面電荷密度への変換方法

これまで測定データを面電荷密度へ変換するために、以下の方法を用いていた。

まず、試料(パルク)内に空間電荷が生じないほどの低電圧Vを印加すると、両電極のみに誘導電荷が生じる。その電荷量Qは、

$$Q = CV - \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} V \quad (1)$$

となる。ただし、Sは検出電極の面積、dは試料厚、 ϵ_0 は真空中の誘電率、 ϵ_r は試料の比誘電率である。この式より、単位面積あたりの電荷量σは、

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{V}{d} \quad (2)$$

となる。

基準試料として厚さ0.5mmの低密度ポリエチレン(LDPE)を用いる。このLDPEに0~10kVまで1kVごとに電圧を印加して、PEA装置で測定した波形を図1に示す。この結果から、印加電圧に応じて試料の両面に誘導される電荷が大きくなっていることが分かる。この波形の左の接地側(前部波形)と右の電圧印加側(後部波形)の電圧のピーク値をプロットしたものが図2である。

後部波形は、試料内部を伝搬する音波の減衰・分散などの影響を受け、前部波形より小さくなっているので、校正には前部波形のデータを用いる。図2より、印加電圧1kVあたり約12.6mVのPEA装置の出力

* 有明工業高等専門学校専攻科学生

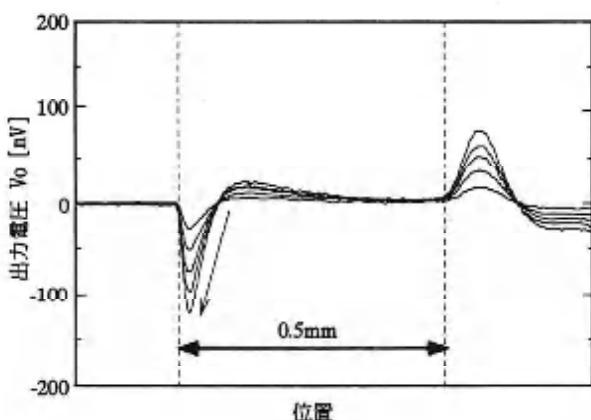


図1 基準試料のPEA波形

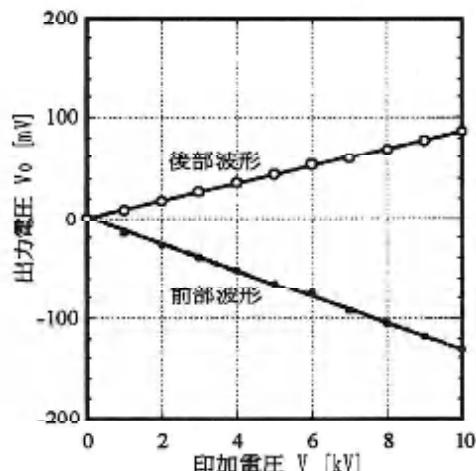


図2 ピーク値の印加電圧依存性

が得られることが分かる。一方、式(2)に $d = 0.5$ [mm], $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ [F/m], $\epsilon_r = 2.3$ を代入して、印加電圧 1 kV あたり約 $41 \mu\text{C}/\text{m}^2$ の面電荷密度となる。したがって、これをもとに、出力電圧 1 mV に対応する面電荷密度を計算すると、換算係数は $\kappa \approx 3.3 [\mu\text{C}/(\text{m}^2 \cdot \text{mV})]$ となる。

基準試料と測定試料の厚さが異なる場合は、試料の厚さの変化による印加パルス電界の補正のみを行えばよい。基準試料の厚さを d_1 、測定試料の厚さを d_2 とすれば、測定試料に対する換算係数 κ' は、

$$\kappa' = \kappa \frac{d_2}{d_1} \quad (3)$$

となる。この換算係数 κ' を測定データにかけることによって、面電荷密度に変換できる。

基準試料と測定試料の材質が異なる場合は、比誘電率が異なるため、その材質で基準試料を作り、同様な換算係数を導いておけばよい。

2.2 体積電荷密度への変換

まず、測定波形を $g(x)$ とすると、求める電荷分布 $\rho(x)$ は以下の式で表される⁽³⁾。

$$\rho(x) = \eta g(x) \quad (4)$$

ここで換算定数 η を求めるために、式(4)を用いて電界・電位分布を計算する。

本研究で取り扱っているような平行平板上の試料で、面内の電荷分布が均一な場合、ポアソンの式を1次元で表現することができ、電荷・電界・電位分布は次のような関係となる⁽³⁾。

$$E(x) = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r} \int \rho(x) dx \quad (5)$$

$$= \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r} \sum (\rho(x) \times V_{\text{samp}} \times \tau)$$

$$V(x) = \int E(x) dx = \sum (E(x) \times V_{\text{samp}} \times \tau) \quad (6)$$

ただし、 τ はサンプリング間隔、 V_{samp} 、 ϵ_r は測定試料の値である。

以上の2つの式から、空間電荷分布波形 $\rho(x)$ を厚さ方向に積分すると電界分布 $E(x)$ 、さらにもう一度、厚さ方向に積分すると電位分布 $V(x)$ が得られることが分かる(図3)。

ここで、式(4)、(5)を用いて、式(6)を変形すると、

$$V(x) = -\frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r} \iint \rho(x) dx dx \quad (7)$$

$$= -\frac{\eta}{\epsilon_0 \epsilon_r} \iint g(x) dx dx$$

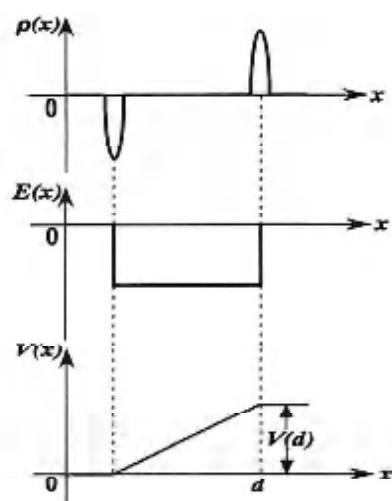


図3 電荷・電界・電位分布の関係

となる。試料に直流バイアス V_{dc} を加えている場合、内部の空間電荷分布に関わりなく、試料両面の電位差 $V(d) - V(0)$ は V_{dc} に等しくなければならぬ。このことから、 η が $V(d) = V_{dc}$ の測定条件から求められる。ここで、式(7)より $V(d)$ を求めておけば、測定条件から、

$$\eta = \frac{V_{dc}}{V(d)} \quad (8)$$

となり η が求まる。よって、式(4)から電荷分布 $\rho(x)$ が求まることになる。この変換方法を用いると、電荷分布が体積空間電荷分布で表現できる。

3. 考察

前節で、測定データの電荷密度への校正方法として、面電荷密度と体積電荷密度の2つの変換方法を示した。この2つの方法を比較するために、ポリメチルメタクリレートに直流電圧9kVを印加した場合の測定データを用いる。なお、この測定データは音波の減衰補正を行う前のものである。図4(a)には、2.1節に基づいて面電荷密度に変換した場合の結果を、同図(b)に

は、2.2節に基づいて体積電荷密度に変換した場合の結果を示す。図4(a)(b)ともに、同じ波形を用いており、縦軸の目盛りだけが異なっている。この図の点線の部分で鋭い負のピークの後にはね返り（オーバーシュート）があるのがわかる。ここで、体積電荷密度に変換する際に用いるこの試料の比誘電率は $\epsilon_r = 3.3$ とし、計算した換算係数は $\eta = 100 [C/(m^3 \cdot V)]$ であった。図4(a)は、波形のピーク値が面電荷密度を表しており、同図(b)は、波形そのものが体積電荷密度を表している。つまり、体積電荷密度で表した波形の面積が、面電荷密度で表した波形のピーク値に等しくなるはずである。このことを確かめるために、2つの変換方法を比較してみる。その比較対象として、減衰の影響をほとんど受けていないと考えられる左端の波形を用いる。まず、図4(a)の左端の波形のピーク値は、絶対値をとると $567 \mu C/m^2$ である。同図(b)の左端で観測される波形の面積を求めるために積分すると、およそ $520 \mu C/m^2$ であった。これら2つの値は大きく違わないが、誤差の原因としては、測定波形のはね返りが考えられる。理想的なデータであれば、図3のように2回積分ができる、電位 $V(d)$ が求まることで正しく換算定数 η を求めることができる。しかし、実際に測定した波形にはノイズやはね返りがあるために、2回積分した後に波形が複雑に変形する。そのため $V(d)$ に誤差を生じ、換算定数 η にもその影響が出たと考えられる。よって、測定波形のノイズ対策やはね返りをなくす方法を検討していくなければならない。

4. 講論

空間電荷の計測に用いたPEA法では、左の接地側に蓄積する電荷よりも右の電圧印加側に蓄積する電荷の方が電荷は小さく観測されるのだが、これは音波が試料内を伝搬する間に減衰するためだと考えられている。

我々は測定データの電荷密度への変換は、これまで面電荷密度で表してきたが、今回、体積電荷密度で表す方法を試みた。測定データに2つの変換方法を適用してその結果を比較して両者が評価法として一致することを示した。しかし、体積電荷密度に変換する際に、測定波形のはね返りの影響で多少の誤差があると考えられる。はね返りは、測定回路系の位相特性が関与しており、位相整合回路を付加することによって解決することが知られているが、分解能が低下する。また、その測定波形のはね返りを少なくするための方法として、測定用のパルス電界の波形を矩形波から特殊な波形に変えることにより減少させる方法が最近報告されている⁽³⁾。現在、その方法に基づいてパルスジェネレー

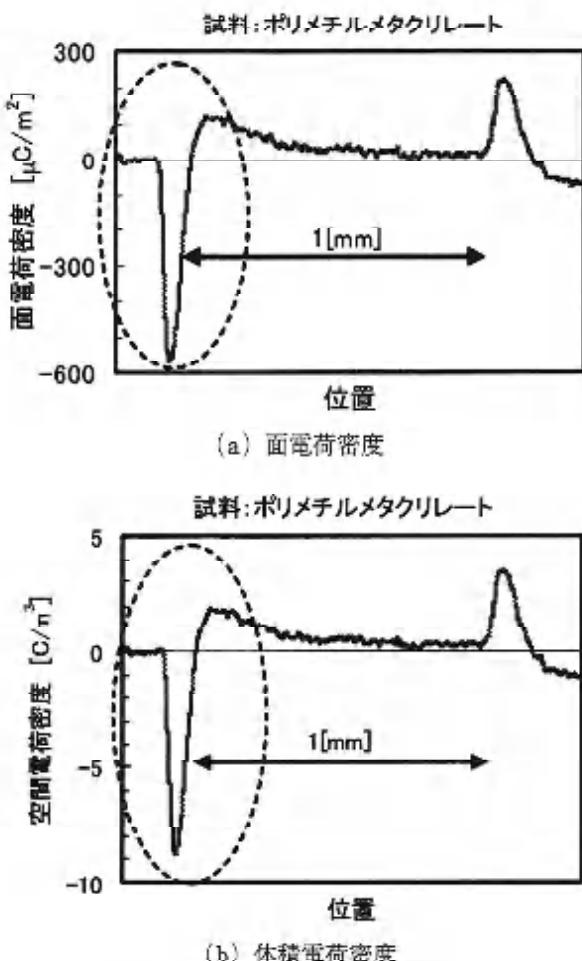


図4 電荷密度の変換方法による比較

タを改良していくことを検討している。

さらに、今回測定したデータはノイズの影響が大きかったので、フーリエ変換などを用いてノイズを除去する必要がある。

今後は、以上のような装置の改良を加えながら、多くの誘電・絶縁試料の空間電荷を測定し、絶縁破壊のメカニズムを解明していきたい。

5. まとめ

測定データの電荷密度への変換は、これまで面電荷密度で表してきたが、体積電荷密度で表す方法を試みた。測定データに2つの変換方法を適用してその結果を比較して両者が密度評価法としてはほぼ一致することを示した。

参考文献

- (1) “誘電・絶縁材料の空間電荷分布計測法と標準化”, 電気学会技術報告 第834号, pp. 5, 24-25, 28-30, 2001

- (2) Y. Suzuki, H. Muto, T. Mizutani, M. Ieda, “Investigation of Space Charge in High Density Polyethylene Using Thermal Pulse Response”, Japan J. Appl. Phys. '24, pp 604, 1985
- (3) 樹部, 前野, 高田 “パルス静電応力法を用いた誘電体中の蓄積電荷測定”, 電学論 A. 106, pp. 118, 1986
- (4) 実用電子回路ハンドブック 〈3〉, CQ 出版社, pp. 143, 144, 1978
- (5) 前野, “直読型 PEA 空間電荷分布測定装置”, 電学論 A. 122, pp. 118-122, 2002
- (6) 内海・加藤・吉武, “PEA 法による二層絶縁体界面上蓄積電荷の計測”, 2002
- (7) 光本・田中・福岡・長尾・小崎, “LDPE フィルムの絶縁破壊と空間電荷形成に及ぼすアセトフェノンの影響”, 電気学会論文誌, Vol. 118-A, No. 6, pp. 654-659, 1998

PI 電流制御を用いたアクティブフィルタでの 補償電流検出フィルタ

泉 勝 弘

〈平成14年9月27日受理〉

An Influence of the Compensation Current Detection Filter on PI Controlled Active Filter

IZUMI Katsuhiro

In this paper, the influence of the compensation current filter characteristic on the active filter control system is presented. This system is composed of a DSP, a voltage type PWM inverter, and a condenser input type three-phase rectifier. The DSP features a 32 bit floating point CPU and clock frequency is 50 MHz. A digital PLL is used for detecting the phase from the line voltage. This PLL has been achieved with the DSP program. The reference value of the compensation currents are obtained by converting with the dq transformation, and intercepting these dc components by current reference filters (HPF). It is difficult to obtain an excellent response in the digital PI control because there is one-sampled delay in the digital control system with CPU. Here, when the proportional gain is high, the characteristic is improved. However, there is an upper bound in the proportional gain for the delay. This lag is canceled by the lead of HPF. And, it is expected that the higher harmonics can be made the lowest by adjusting the cut-off frequency of HPF. Bode diagram of PI controller is used for comparing with one of HPF. The experimental results are presented and the effectiveness of this system is confirmed by THD of the current.

1. まえがき

近年、電力用半導体素子の高電圧・大容量化につれて、電力変換装置は大容量化すると共に応用分野を拡大するなどパワーエレクトロニクス技術は目覚しい発展を遂げている。これは産業分野だけではなく、テレビやステレオ等の家電製品、インバータ照明やパーソナルコンピュータといったOA機器にもその用途が広がってきており、パワーエレクトロニクス技術の発展により、日常生活における利便性、省エネ性、安全性や快適性が向上する一方、パワーエレクトロニクス機器から発生する高調波が電力系統に流入し、力率改善用コンデンサやその直列リアクトルを中心に高調波障害を引き起こしている¹⁾。

高調波の抑制対策としては、従来LCフィルタが多く用いられていた。しかし、LCフィルタは系統インピーダンスが補償効果に影響する等の問題点がある。このため、電力用アクティブフィルタの研究・開発が行われている^{2)~4)}。これは、インバータを高速制御す

ることにより高調波を抑制するもので、補償すべき高調波成分のみを発生させればよいので補償対象の数10%の装置容量ですむこと、幾つかの高調波発生負荷を一括して補償することができるなどの特徴があり、LCフィルタに比べて系統条件の影響を受けにくいという利点がある。しかし、電力用アクティブフィルタには高精度で高速電流応答が要求されるため、効率、価格に問題があり大容量化が難しい。

電力用半導体を使用した機器から発生する高調波が問題がとなっている。従来、この対策として用いられている電力用アクティブフィルタの制御はアナログ方式が主流であった。近年のDSPやASICによるPWMの普及により、全デジタル制御によるアクティブフィルタが研究されている。しかし、この方式では制御遅れによる特性の劣化がある。

本論文では、DSPを用いた全デジタルのアクティブフィルタを製作し、PIを電流制御に用いている。負荷としてコンデンサ入力形三相ダイオード整流回路を、アクティブフィルタの主回路には三相電圧形

PWMインバータを用いる。このアクティブフィルタが補償電流を負荷へ注入することによって、系統へ流出する高調波電流を抑制する。この制御演算は三相二相変換を用いて行い、このときに必要となる電源位相角の検出はデジタルPLLによって行う。アクティブフィルタの高調波検出には負荷電流検出方式を用い、補償電流検出フィルタとしてIIRバタワース形ハイパスフィルタを用いる。補償電流制御は、PIを用いて行っている。ボード線図により制御と補償電流検出用フィルタの影響を検討し、実験により効果を示している。このとき、遮断周波数を、検出フィルタ無しに相当する、0Hzまで変化させている。本論文は、文献7)をまとめたものである。

2. アクティブフィルタ

本制御系においては、内部変数はすべてdq軸上で表現している。電圧(e)、電流(i)等の変数を代表して f とし、三相量(u, v, w相とする)からdq軸量への変換を行う。三相回路において、三相三線式で電源電圧をその中性点から測定するとすれば電圧・電流の零相成分はないので、変換後は2変数で表すことができる。角度 θ を用いて、d-q軸量を次式により定義する。

$$\begin{bmatrix} f_d \\ f_q \end{bmatrix} = C(\theta) \begin{bmatrix} f_u \\ f_v \\ f_w \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、

$$C(\theta) = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \sin \theta & \sin(\theta - 2\pi/3) & \sin(\theta - 4\pi/3) \\ \cos \theta & \cos(\theta - 2\pi/3) & \cos(\theta - 4\pi/3) \end{bmatrix}$$

電源電圧を e_u, e_v, e_w 、インバータ側の電圧を v_u, v_v, v_w 、出力電流を i_u, i_v, i_w とすると、次式が成り立つ。

$$\begin{bmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{bmatrix} = (R + Lp) \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_u \\ e_v \\ e_w \end{bmatrix} \quad (2)$$

ただし、 p は微分演算子、 L は三相電源とインバータ間に挿入されたインダクタンス、 R はその巻線抵抗である。

式(1)において、電源の角周波数を ω とし $\theta = \omega t + \theta_0$ とおけば、式(2)は次式のd-q軸座標系の式に変換される。

$$p \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R/L & -\omega \\ \omega & -R/L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \frac{1}{L} \begin{bmatrix} v_d - e_d \\ v_q - e_q \end{bmatrix} \quad (3)$$

電源を三相対称と仮定すれば、 e_d, e_q は一定値となるので、これを省略して次式とおく。

$$p \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = A_c \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + B_c \begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} \quad (4)$$

上式をサンプリング周期 T_c で離散化すると次式を得る³⁾。

$$\begin{bmatrix} i_d(k+1) \\ i_q(k+1) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} i_d(k) \\ i_q(k) \end{bmatrix} + B \begin{bmatrix} v_d(k) \\ v_q(k) \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここで、

$$\begin{aligned} A &= e^{A_c T_c} = \begin{bmatrix} a_{11} & -a_{12} \\ a_{12} & a_{11} \end{bmatrix} \\ B &= \int_0^{T_c} e^{A_c \tau} d\tau B_c = \begin{bmatrix} b_{11} & -b_{12} \\ b_{12} & b_{11} \end{bmatrix} \\ a_{11} &= e^{-RT_c/L} \cos(\omega T_c) \\ a_{12} &= e^{-RT_c/L} \sin(\omega T_c) \\ b_{11} &= \frac{R - (Ra_{11} - \omega La_{12})}{R^2 + (\omega L)^2} \\ b_{12} &= \frac{\omega L - (\omega La_{11} + Ra_{12})}{R^2 + (\omega L)^2} \end{aligned}$$

図1に示す三相電圧形PWMインバータでは、電源電流 i_{su}, i_{sv}, i_{sw} を力率1の正弦波にするようにインバータを制御する。このコントローラ内部での演算は電源角速度に同期したdq座標上で考える。負荷電流 i_{Ls}, i_{Lv}, i_{Lw} をdq座標へ変換した i_{Ld}, i_{Lq} の直流成分はそれぞれ有効、無効分の基本波成分を表し、交流成分はそれぞれの高調波成分を表す。

負荷電流 i_{Ld} の直流成分は有効成分であるから、それ以外の交流成分のみをアクティブフィルタにより補償する。 i_{Lq} の場合は、基本波無効成分である直流成分と交流成分ともに補償するか、交流成分のみを補償

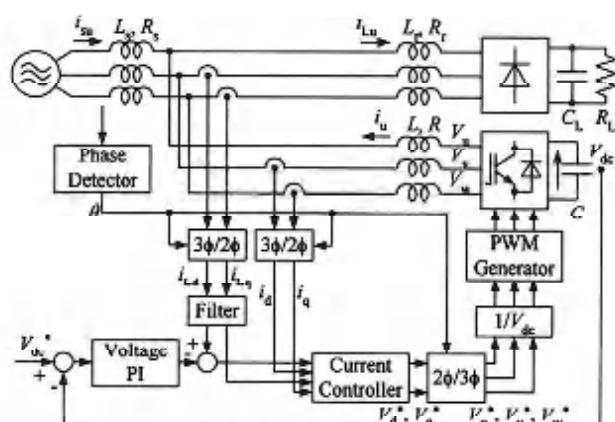


図1 制御回路構成

する。このために、HPF等のフィルタが用いられる。一方、有効電流 i_r の指令値は、直流電圧誤差に PI 演算を施すことによって次式で得られる³⁾。

$$i_r = K_{vp} \{ v_{dc}^* - v_{dc} + \frac{1}{T_{vi}} \int (v_{dc}^* - v_{dc}) dt \} \quad (6)$$

ここで、 i_{cd} を補償すべき d 軸電流指令値、 i_{cq} を補償すべき q 軸電流指令値とすれば、インバータ出力指令電流 i^* は次式のように与えられる。

$$i^* = \begin{bmatrix} i_d^* \\ i_q^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{cd} - i_r \\ i_{cq} \end{bmatrix} \quad (7)$$

この補償電流を制御する方法として、通常よく使用される PI 制御器を用いるとインバータの電圧指令値 v^* は次式で得られる。

$$v^* = K_{vp} \{ i^* - i + \frac{1}{T_{vi}} \int (i^* - i) dt \} \quad (8)$$

このインバータ電圧指令値に相当した PWM パターンを与えることによって、アクティブフィルタの電流制御が実現される。

アクティブフィルタの dq 軸上での電流制御系で、非干渉制御が完全に行われた場合には、dq 各相の離散時間 PI 制御系は図 2 で表現できる。ここでは、PI 制御 $F(z)$ は進み矩形近似を用いている。また、零次ホールドを含めた制御対象のパルス伝達関数は

$$\begin{aligned} G(z) &= z \left[\frac{1 - \exp(-sT_c)}{s} \frac{1}{R + sL} \right] \\ &= \frac{1}{R} \frac{1 - \exp(-T_c R / L)}{z - \exp(-T_c R / L)} \end{aligned} \quad (9)$$

となる。制御器の操作量出力が 1 制御周期の遅れを伴う場合、制御器と制御対象のパルス伝達関数は次式となる。

$$F(z)G(z) = K \frac{bz - 1}{z(z-1)(z-a)} \quad (10)$$

ここで、

$$a = \exp(-T_c R / L)$$

$$b = 1 + T_c / T_i$$

$$K = K_p(1-a)/R$$

であり、 $1 > a > 0$, $b > 1$, $K > 0$ の関係がある。

この伝達関数に Jury の判別法を適用して、PI 制御ゲインの限界を求める

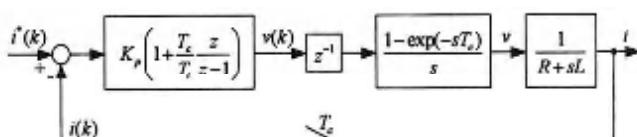


図 2 電流 PI 制御系の離散時間表現

$$K_p < \frac{R}{1-a} \quad (11)$$

となる。ここで、 $T_c \ll L/R$ ならば次式を得る。

$$K_p < \frac{L}{T} \quad (12)$$

3. 制御系の遅れ

CPU を用いたデジタル制御系では操作量の出力に 1 制御周期の遅れがある。このため、PI 制御器を用いた場合良好な応答を得ることは難しい。通常比例ゲインを大きくすれば特性は改善される。しかし、式 (11) のように 1 制御周期の遅れのために比例ゲインには上限がある。

制御系を dq 変換で構成しているため、d と q 軸電流間の非干渉制御が完全に行われていると仮定すれば、式 (10) の PI 制御系は図 3 のボード線図の応答を示す。このときの PI ゲインは安定限界より少し小さな値を用いている。このように、1 制御周期の遅れを打消すことができず、位相遅れが残ってしまう。

補償電流検出用フィルタに用いている IIR バタワース形ハイパスフィルタ (HPF) の係数は、アナログ HPF の伝達関数を双 1 次 z 変換して求めている³⁾。この伝達関数をいくつかの 2 次伝達関数の積で表現し、フィルタを図 4 に示すような継続形構成にしている。これにより、2 次、4 次、6 次のフィルタを実現している。制御プログラムでは、この係数計算をオンラインで行い、リアルタイムで HPF の遮断周波数の変更を行っている。

この 4 次の HPF には、図 5 に示すように位相進みがある。これと制御系を組み合わせることにより、PI

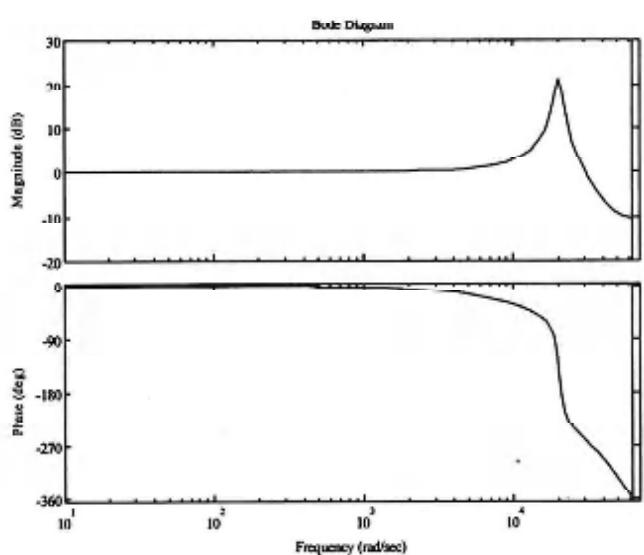


図 3 電流制御系の周波数応答

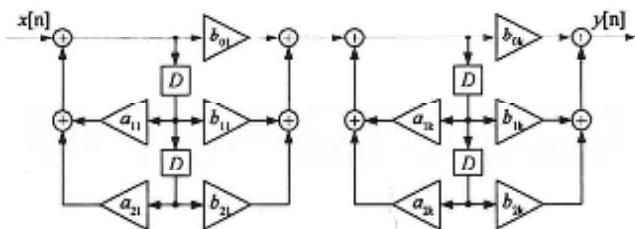
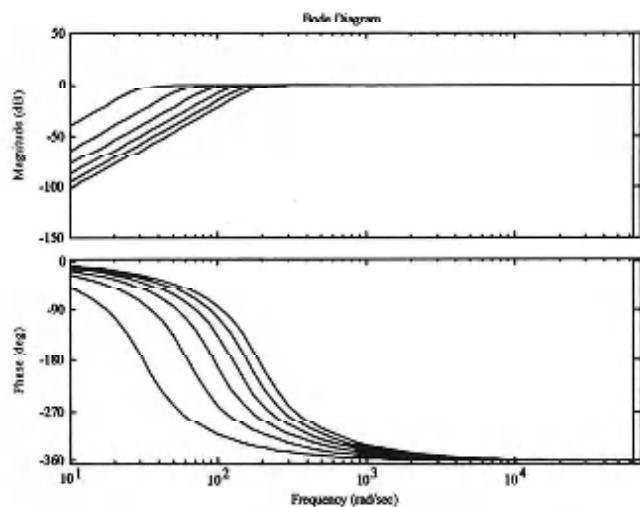


図4 IIR形デジタルフィルタ

図5 IHPFの周波数応答 ($f = 5, 10, 15, 20, 25, 30 \text{ Hz}$)

制御の遅れとHPFの進みが打ち消しあうことが期待できる。これを各次の高調波に対して評価したものと図6に示す。HPFの遮断周波数をこの図の各次高調波の曲線がゼロを横切る値に調整することにより、その高調波を最低にできることが期待される。

4. 実験結果

図7に示すアクティブフィルタは、高調波発生源に1mHのリアクトルと200V 100Wの電球20個を持つコンデンサ入力形三相整流回路を用い、アクティブフィルタ主回路には交流側に1mHのリアクトルを持つIGBTインバータを用いている。このコントロールにはTI社の50MHzのDSP TMS320C32を用いている。

インバータの状態量は、LEMモジュールによりコンデンサ電圧、補償電流および負荷電流を検出し、デジタルPLL^{10,11)}を用いて電源位相角を求めており、この位相角を用いて、補償電流と負荷電流をdq座標系に変換している。この負荷電流をフィルタに通すことにより補償すべき電流を求める。これをPI演算により制御している。本実験における総合ひずみ率や各次高調波成分は、専用のデジタル電力計による計測結果をコンピュータに取り込んで処理している。

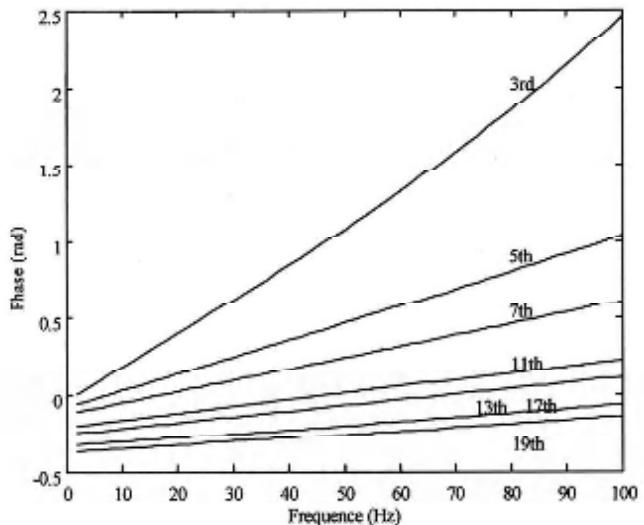


図6 高調波の位相差

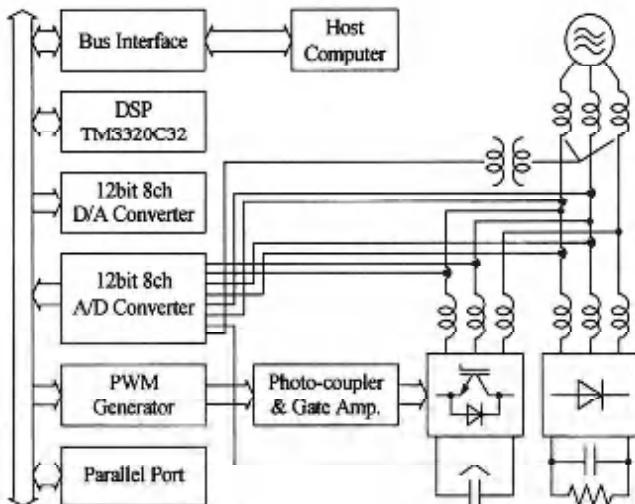


図7 実験回路の構成

補償電流制御にPI演算を用いた場合の実験による総合ひずみ率(THD)を図8に示す。この実験では、電圧PI制御ゲインを $K_{pv} = 0.1$, $T_{iv} = 0.22$ とし、電流PI制御ゲインには $K_{pi} = 10.0$, $T_{ii} = 0.01$ と $K_{pi} = 18.0$, $T_{ii} = 0.0047$ を用いている。このとき、4次のHPFの遮断周波数を0.0 [Hz] ~ 100.0 [Hz]まで5.0 [Hz]間隔で変化させた。ここで、遮断周波数0.0 [Hz]とはHPFを用いない場合である。同図より図3の応答である $K_{pi} = 18.0$, $T_{ii} = 0.0047$ のゲインでは、10から20Hzに総合ひずみ率の極小値があるが、これは図6より7次の遅れが0度となる付近である。図9の各次ごとの成分分析では、高調波の次数により、異なったHPFの遮断周波数で高調波が最小となった。しかし、HPFが無いときに、5次の高調波が最小となり、THDは最小になった。制御ゲインが $K_{pi} = 18.0$,

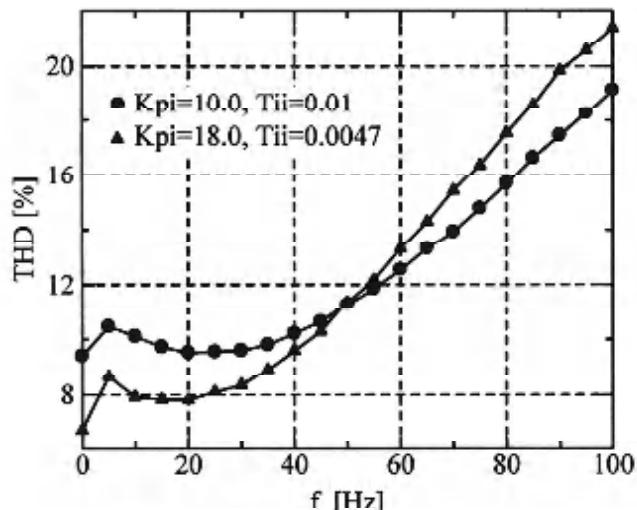


図8 総合ひずみ率

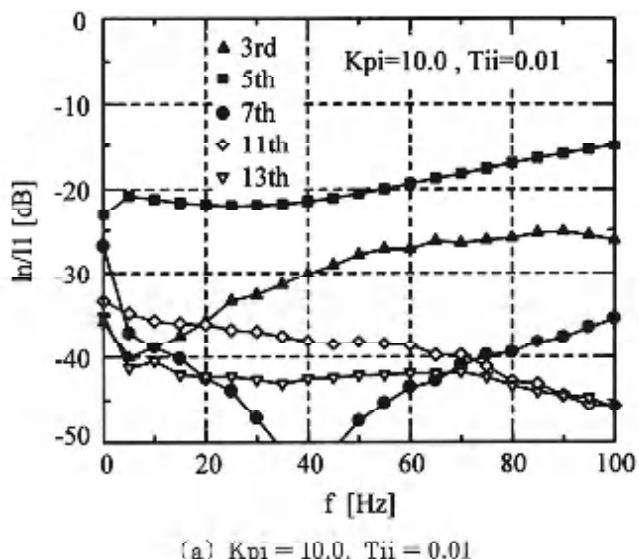
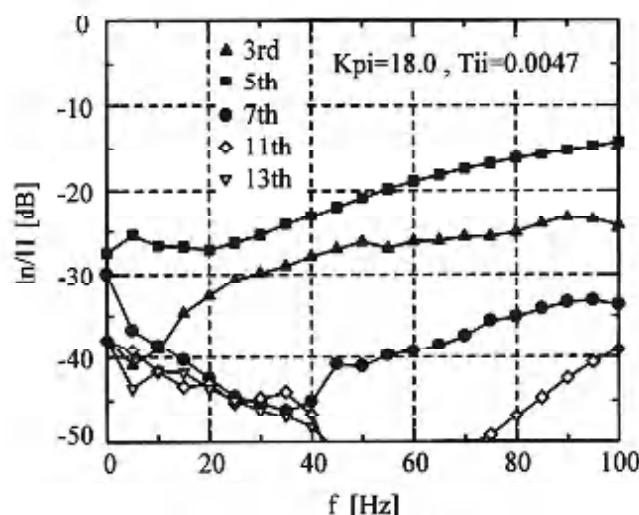
(a) $K_{pi} = 10.0, T_{ii} = 0.01$ (b) $K_{pi} = 18.0, T_{ii} = 0.0047$

図9 各次高調波成分

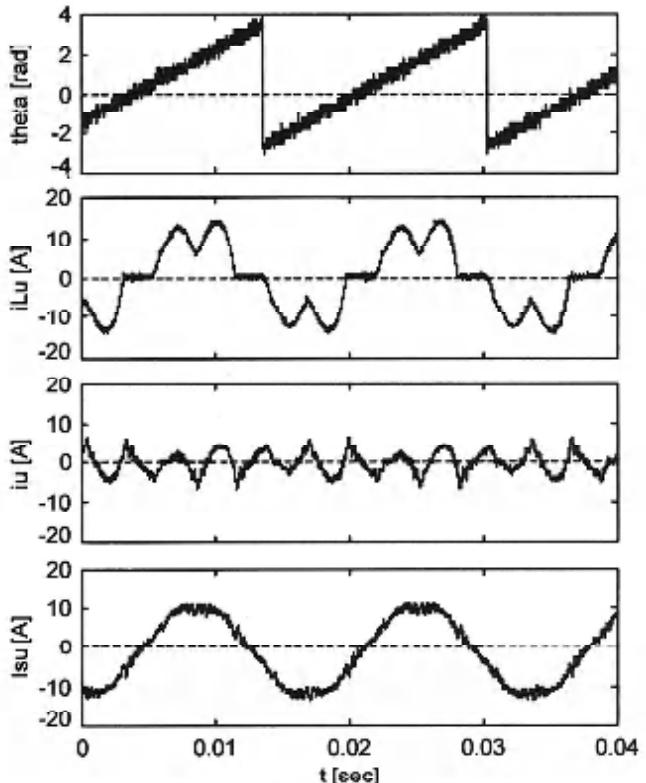


図10 実験波形

$T_{ii} = 0.0047$ で、HPF の遮断周波数が 20 Hz のときの波形を図10に示す。

5. むすび

この論文では、制御系に DSP を用いたアクティブフィルタを構成し、補償電流検出用フィルタの特性がアクティブフィルタ制御系に及ぼす影響を調べた。まず、制御系と補償電流検出 HPF のボード線図により、1 制御周期の無駄時間がある PI 制御器の遅れによる各次高調波成分は、HPF の進みによりキャンセルできることが確認できた。さらに、実験結果によりその効果を示し、良好な特性を得ることができた。

参考文献

- 1) アクティブフィルタ機能を有する高性能電力変換システム調査専門委員会：「アクティブフィルタ機能を有する電力変換回路とシステム」、電気学会技術報告第643号、(1997)
- 2) 石川：「アクティブフィルタの多機能化」、平成8年電気学会産業応用部門全国大会、S. 14-6
- 3) D. Andrews, M. T. Bishop, J. F. Wittc, "Harmonic Measurements, Analysis, and Power Factor Correction in a Modern Steel Manufacturing Facility", IEEE Trans. Ind.

- Applcat., vol. IA-32, no. 3, pp. 617-624, May 1996.
- 4) A. V. Zyl, J. H. R. Enslin, R. Spee, "A New Unified Approach to Power Quality Management", IEEE Trans. Power Electron., vol. PE-11, no. 5, pp. 691-697, Sep. 1996.
- 5) S. Bhattacharyya, A. Veltman, D. M. Divan, R. D. Lorenz, "Flux-Based Active Filter Controller", IEEE Trans. Ind. Applcat., vol. IA-32, no. 3, pp. 491-502, May 1996.
- 6) P. Verdelho, G. D. Marques, "An Active Power Filter and Unbalanced Current Compensator", IEEE Trans. Ind. Applcat., vol. IA-44, no. 3, pp. 321-476, June 1997.
- 7) 泉・辻:「電流制御に PI を用いたアクティブフィルタでの補償電流検出フィルタの影響」平成14年電気学会産業応用部門大会, No. 69, pp. 353-354, Aug. 2002.
- 8) C. L. Phillips, H. T. Nagle, "Digital Control System Analysis and Design", Prentice Hall, 1990
- 9) 山本・加藤:「PID 制御の基礎と応用」, 朝倉出版, (1997)
- 10) 三上:「デジタル信号処理入門」, CQ 出版 (1989)
- 11) 三上:「デジタル信号処理と DSP」, CQ 出版, TECHI Vol. 2 (1999)

校内 LAN システムの増強に関する検討

松野 良信・山下 巍・堀田 孝之・福田 浩人*

〈平成14年9月27日受理〉

Study of Reinforcement for the Campus LAN System

MATSUNO Yoshinobu, YAMASHITA Iwao, HORITA Takayuki and FUKUDA Hiroto

In March 2002, the campus LAN system has been reinforced at Ariake National College of Technology. The points of reinforcement are reliability of backbone network, speed of branch lines, and security system. On backbone network, we have built dual network from old single one. Branch lines have improved to 100 Mbps from 10Mbps. As improved security system, we have installed computer virus check system, renewed firewalls, and so on. Furthermore, the access line to the Internet was accelerated in May 2002. In this paper, the survey of these reinforcements and the employment situation are described.

1. はじめに

近年のコンピュータネットワーク環境の発展は目覚しく、一般の家庭でさえも通信回線が高速化し、それに併せてネットワーク上のコンテンツも高速回線を前提としたものが登場し始める等、いわゆるブロードバンド化が進んでいる。また、教育・研究および事務処理の分野においても、コンピュータシステムの利用の増加にともない、ネットワークに対する高速・大容量化と信頼性の向上の要求が急速に高まっている。

このような状況の中、有明工業高等専門学校では、2002年3月に校内 LAN システムの増強を行った。今回の増強は、ネットワーク自身に関するものとネットワークサービスに関するものに大別される。ネットワーク自身の増強に関しては、校内 LAN の幹線部分に対する Gigabit Ethernet の 2 重化と Gigabit Ethernet 部分の拡張、支線部分に対する 100 BASE-TX 化とスイッチ化、セキュリティ対策のためのサーバやファイアウォールの導入と更新を行った。また、2002年5月にはインターネットへの対外接続の高速化を行った。

本稿では、有明高専の校内 LAN システムに対するこれらの増強について報告し、現状の運用状況とともに今後について検討する。

2. 増強前の校内 LAN システムと問題点

今回の校内 LAN の増強について、計画段階における

方針の設定と増強部分の明確化のために、ここでは増強前の校内 LAN システム（以下、前システム）について紹介し、前システムの問題点等について述べる。

前システムは、1996年3月に全校に導入された ATM スイッチを幹線とする校内 LAN システム [1], [2]（以下、初期システム）を基にし、2000年3月に幹線部分を Gigabit Ethernet 化したものであった [3], [4]。また、サーバ環境については、各学科等のメールサーバを兼ねる学科サーバと、情報処理センターが管理するセンタサーバが存在していた [5], [6]。この前システムの構成の概要を図1に示す。

前システムは、初期システムにおける ATM スイッチを Gigabit Ethernet の Layer 2 スイッチに更新し、ATM と Ethernet の接点にあった ATM ルータを Gigabit Ethernet ポートを有する Layer 2 スイッチに置換したものである。これにより、幹線部分の高速化と、VLAN (Virtual LAN) の導入が可能となり、初期システムでは IP over ATM のため非常に細かく分けざるを得なかったネットワークセグメントの管理とルーティングの管理が比較的容易になった。

しかし支線部分については、初期システムおよびそれ以前の今まで残っているところが多く、校舎の改修時に更新した一部を除いて、10BASE-T の HUB や 10 BASE-5 のイエローケーブルを用いていた。したがって、PC 等の校内 LAN 上のホストが有するネットワークインターフェースが、100 BASE-TX に対応しているにもかかわらず、10 Mbps でしか動作できないという状況であった。

* 株式会社ピー・ビーシステムズ

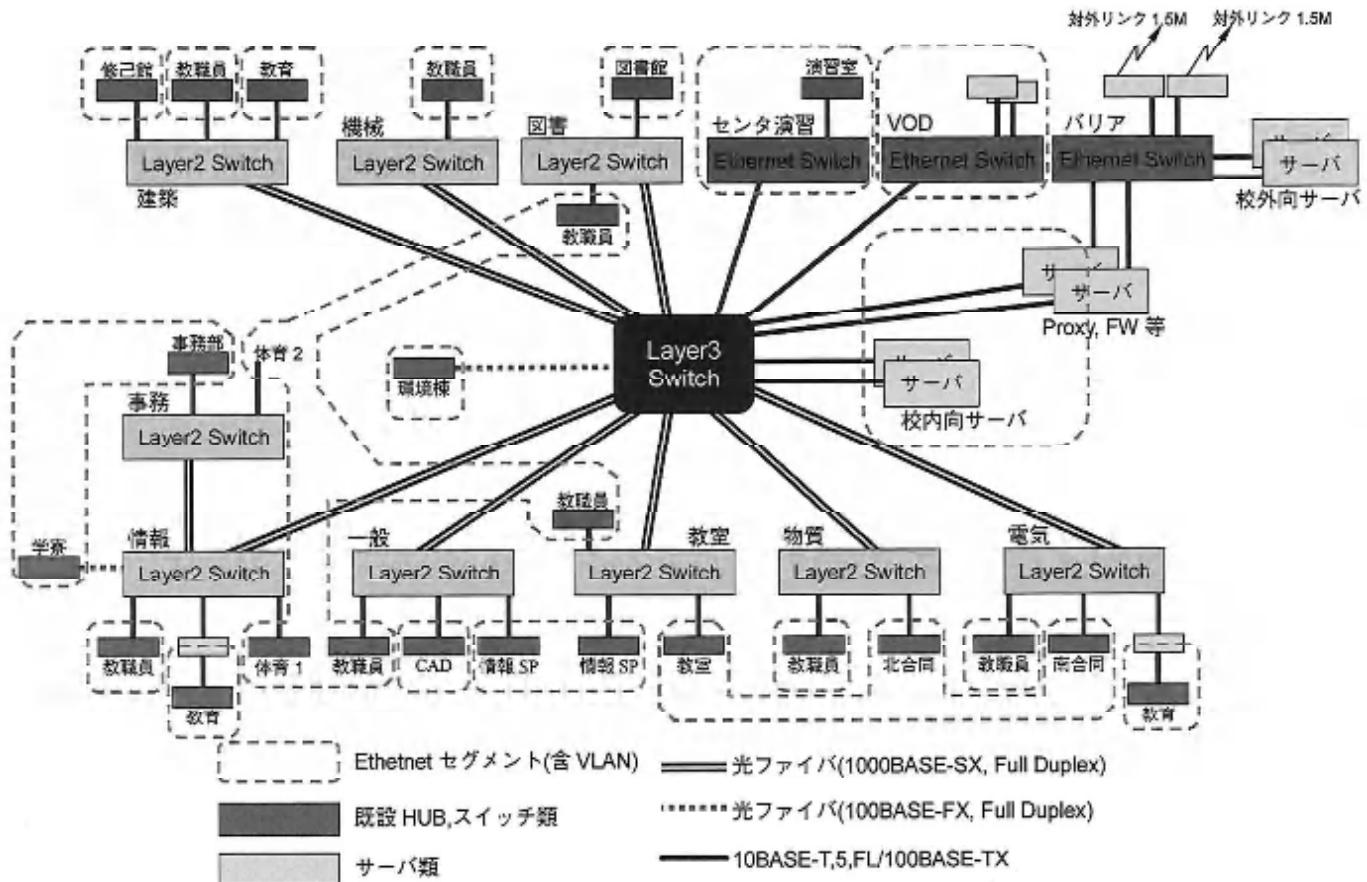


図1 前システムの構成

また、インターネットの普及・拡大により、コンピュータウイルス等の不正アクセスも増加しているが、電子メールやWWW等の通常の通信プロトコルによる不正アクセスに対しては、各ホストレベルで対策を講じるしかなかった。各ホストの管理は、それぞれの教職員が個別に行っているものがほとんどであるため、校内 LAN 上の各ホストの不正アクセス対策状況を、情報処理センタ等で集中的に把握することは困難であった。その結果、オペレーティングシステムのセキュリティ対策やウイルス対策ソフトウェアのアップデートを行っていない等の不備のあるホストが不正アクセスの標的となる状況も見られた。

これらの問題点への対策を2001年度から数年間で実施する方向で検討していたところ、2001年度の補正予算により校内 LAN の更新の措置が取られたので、一気にこれらを含む校内 LAN システムの増強を行うこととなった[7]。

3. 校内 LAN システムの増強の方針

上で述べたような問題点を解消し、ネットワークとしての能力も増強するために、増強後の校内 LAN シ

ステム（以下、新システム）を構築するにあたり、その方針を検討した。その結果、新システムの要件として、次のようなものを考えた。

- ・Gigabit Ethernet の幹線を担当する Center スイッチ、Gigabit Ethernet ⇄ 100BASE-TX の接点を担当する Front スイッチ、そして各情報コンセントを収容する Edge スイッチの3段構成とする。
- ・Center スイッチを2台用意し、Front スイッチから各 Center スイッチへの通信路を独立して用意することで、幹線部分を2重化する。
- ・3種のスイッチは、統一されたタグ VLAN 機能を有し、情報コンセント毎に VLAN の割り当てを可能にする。
- ・可能な限り既設の光ファイバ・UTP ケーブルを利用するが、2重化用の光ファイバと 10BASE-5 部分への UTP ケーブルの敷設を行う。
- ・ファイアウォールを高スループットタイプに更新する。
- ・HTTP のキャッシュサーバを更新し、ウイルスチェック機能を持たせる。
- ・電子メールの中継機能に、ウイルスチェック機能を

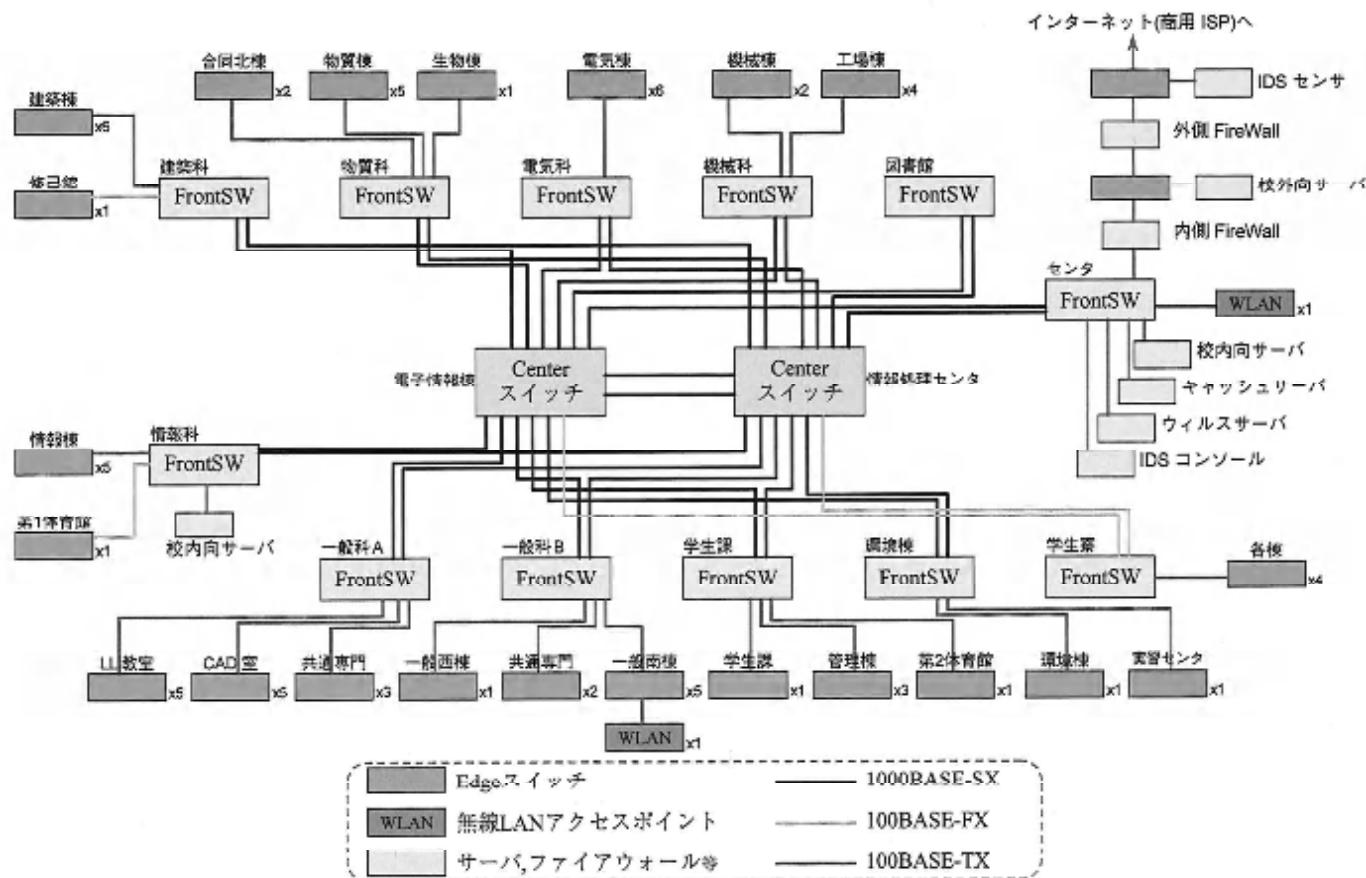


図2 新システムの構成

持たせる。

- ・PC用のウイルス対策システムを導入する。
 - ・不正アクセス検知システム(IDS)を導入する。
 - ・インターネットへの接続を高速化する。
- これらの方針に基づき、仕様を作成し、業者の選定を経て、新システムへの移行となった。

4. 新システムの導入

導入した新システムの構成の概要を図2に示す。ここでは、新システムの、ネットワーク機器・サーバ類・セキュリティ対策・对外接続のそれぞれについて概要を述べる。

4.1 ネットワーク機器

主要なネットワーク機器としては、Centerスイッチ、Frontスイッチ、Edgeスイッチ、およびファイアウォールがある。それらの機器仕様の概略については、表1に示す。

これらの機器のうち、Centerスイッチの1台は、前システムのものにモジュールを追加して利用し、Frontスイッチの10台は、前システムのものにGBIC

表1 ネットワーク機器の仕様

Centerスイッチ
Cisco Catalyst6506(2台)
バックプレーン容量: 32Gbps
GBIC用Gigabit Ethernet: 18ポート
1000BASE-SX用GBIC: 15個
100BASE-TX/10BASE-T: 48ポート
Frontスイッチ
Cisco Catalyst3512XL(12台)
GBIC用Gigabit Ethernet: 2ポート
1000BASE-SX用GBIC: 2個(1台は0個)
100BASE-TX/10BASE-T: 12ポート
Edgeスイッチ
Cisco Catalyst3512XL(29台), 3524XL(19台)
GBIC用Gigabit Ethernet: 2ポート
100BASE-TX/10BASE-T: 12, 24ポート
ファイアウォール
Cisco PIX Firewall 515(2台)
最大スループット: 170Mbps
内蔵RAM: 32MB

を追加して利用している。

2台のCenterスイッチは2002年7月現在、HSRP (Hot Standby Routing Protocol)により動作している。したがって、通常はどちらか一方のスイッチがLayer 3動作しており、他方は起動状態でスタンバイしている。そして、Frontスイッチは2台のCenterスイッチそれぞれに個別の通信回線で接続されており、動作中のCenterスイッチが停止したときには、スタンバイしていたスイッチ側で動作を開始する。これにより、幹線部分の障害時の信頼性が向上する。

また、CenterスイッチからEdgeスイッチまで、ISL (Inter-Switch Link) プロトコルによる統一したVLANの管理を実現することで、任意の情報コンセント毎に任意のVLANを割り当てることが可能となった。

ファイアウォールでは、インターネットと新システムの間で、パケットフィルタリングとアドレス変換を主に担当している。

4.2 サーバ類

サーバ類のハードウェアとしては、基本的に表2に示す1Uサーバを用いている。

新システムにあわせて導入したサーバ類は、主に校外に対するサービスを担当する校外向けサーバ、主に校内に対するサービスを担当する2台の校内向けサーバ、HTTPプロキシとキャッシングを行なうキャッシングサーバ、そしてウィルス対策ソフトウェアの管理を行うウィルスサーバ等がある。

校外・校内向けサーバの両方に、DNSサーバ・WWWサーバ・SMTPサーバ等の各機能を実装し、さらに校内向けサーバにはNTPサーバやメーリングリストサーバ機能等も実装した。キャッシングサーバにはHTTPプロキシ機能とコンテンツのキャッシング機能を、そしてウィルスサーバは、後述するWindows用の集中管理型ウィルス対策システムを導入している。

表2 サーバ類のハードウェア仕様

IBM xSeries330 8674-3AJ	
CPU	Intel PentiumIII 1.26GHz-S×2
メモリ	1GB(ECC付)
HDD	36.4GB(Ultra160 SCSI)
その他	100BASE-TX/10BASE-T×2, コンソール管理, 1U ラックマウント

4.3 セキュリティ対策

最近のコンピュータウイルスの拡散の手段の大半は、電子メールの添付ファイルとWWWアクセスと考えられる。これに対応するために、校内向けサーバのSMTPサーバ機能と、キャッシングサーバのHTTPプロキシサーバ機能にゲートウェイ型のウィルス対策ソフトウェアを組み込んだ。

また、リムーバブルメディアを経由したコンピュータウイルスへの対策としては、Windows用とMacOS用のクライアント型対策ソフトウェアのライセンスを、校内のホストに応じた数を購入し、利用者への利用を勧めている。特にWindows用では前述のように集中管理用のサーバを用意し、ネットワーク経由でのインストールと、パターン等の自動アップデートを可能としている。

さらに、コンピュータウイルス以外の不正アクセスを検出するために、インターネットと校内LANの間のトラフィックを監視する不正アクセス検知システム(IDS, Intrusion Detection System)を導入した。

4.4 対外接続

有明高専は、インターネットへの対外接続として、従来SINET(学術情報ネットワーク)と商用ISP(Internet Service Provider)のマルチホーム接続を行っていたが[8]、2001年末に地元のISPがサービスを開始し、低価格で高速化が可能になったため、2002年度に入ってから接続を変更することにした。

従来、SINETと商用ISPへそれぞれ1.5Mbpsで接続していたが、マルチホーム接続を廃止し、新規に20Mbpsの契約を行い、10倍以上の高速化を果たした。

5.まとめ

今回の校内LANシステムの増強により、ネットワーク環境としては、今後のトラフィックの増加に対して、ある程度余裕を持って対応できるものになったと考えている。また、新システムの導入から、2002年9月現在までの運用状況についても、細々した障害は多少あるが、特に大きなトラブルはなく、ほぼ順調に動作していると言ってもよいだろう。幹線部分の2重化の成果によりCenterスイッチの停止にしばらく気づかなかつたほどである。

しかし、幾つか改善の余地はある。まず、現状で2台のCenterスイッチはHSRPにより片方はスタンバイ状態で運用している。例えばPVST(Per VLAN Spanning Tree)等の他のプロトコルの使用を含めて検討し、2台のCenterスイッチへの負荷の分散による2重化された幹線の効率運用を目指したい。また、

スイッチの機能としてはダイナミック VLANにも対応可能な模様であるので、一部の情報コンセントへの適用を検討したい。

さらに、サーバに関しては、当初は新規に導入したサーバに、旧サーバの機能を統合する予定であったが、一部の機能はまだ統合が終わっておらず、旧サーバのままで運用している状態である。SMTP 中継時のウイルス対策も、学科毎にサーバを置いている関係もあり、情報処理センタを経由しないトラフィックの存在も懸念される。これらへの対応の検討が必要であると考えられる。

謝辞

今回の校内 LAN システムの増強にあたり、仕様策定委員会のメンバの諸氏、ならびに西日本電信電話株式会社、ネットワンシステムズ株式会社、株式会社 PFU の関係者の方々には、仕様の策定から導入に至るまで、大変お世話になりました。ここに深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 松野、山下，“有明高専校内 LAN の導入と問題点,” 高専情報処理教育研究発表会論文集 第16号, pp.

154-157, 1996

- [2] 松野、山下，“ATM パックボーンを採用した校内 LAN システム,” 有明工業高等専門学校紀要 第33号, pp. 115-119, 1997
- [3] 松野、山下、堀田、福田，“有明高専校内 LAN におけるパックボーンの Gigabit 化,” 高専情報処理教育研究発表会論文集 第20号, pp. 256-259, 2000
- [4] 松野、山下、堀田、福田，“校内 LAN パックボーンの Gigabit Ethernet 化,” 有明工業高等専門学校紀要 第37号, pp. 101-105, 2001
- [5] 松野、山下、堀田、福田，“有明高専情報処理センターにおけるサーバ環境の検討,” 高専情報処理教育研究発表会論文集 第21号, pp. 142-145, 2001
- [6] 松野、山下、堀田、福田，“情報処理センタにおける校内 LAN サーバ環境の検討,” 有明工業高等専門学校紀要 第38号, pp. 119-122, 2002
- [7] 松野、山下、堀田、福田，“有明高専における校内 LAN システムの増強,” 高専情報処理教育研究発表会論文集 第22号, pp. 29-32, 2002
- [8] 松野、山下、福田、堀田，“有明高専における対外接続の 2 重化,” 高専情報処理教育研究発表会論文集 第19号, pp. 167-169, 2001

知識を用いた高次元システムの低次元化と階層化制御

浜田伸生

(平成14年9月10日受理)

Transformation from the Systems of Higher Order into the Systems of Lower Order
and Hierarchy Control of the Systems by Knowledge

HAMADA Nobuo

In hierarchy control of systems, the utilization of knowledge is important. This paper deals with transformation from the systems of higher order into the systems of lower order and with the hierarchy control of the systems by the acquisition of knowledge.

1. まえがき

ロボットの制御法として主に現代制御理論によるモデルベースの手法が用いられているが、ロボットに高機能性を持たせるためにファジィやニューラルネットを用いたインテリジェント制御が注目されている。しかしインテリジェントシステムを構築するにあたっては「知識」に関する定義を行い、かつそのシステムから、どのような方法でどのような知識を獲得するかを検討し、またいかにしてこの知識をシステムの設計に利用するかという問題を検討しなければならない。本稿ではまずベクトル制御理論とも呼ばれる現代制御理論を用いて、代表的な不安定メカニカルシステムである倒立振子の安定化制御を行うにあたり、状態変数間の静的な写像に関する知識に着目し、制御系設計への活用について基礎的考察を行った。その結果からシステムは上位レベルで知識を利用した階層的な構成となることが明らかとなった。具体的には1重倒立振子の時間応答から台車に関する特性を知識として抽出し、この知識を用いて2重倒立振子の安定化制御への適用を検討したものである。

2. システムにおける知識の獲得と階層化

制御系設計における「知識」を用いた手法ではその「知識」によるシステムの低次元化が重要な役割を担っている。このシステムの低次元化モデルは用いた知識と大きな関わりを持つ。よってその知識がシステムの中で具体的にどのような役割を果たすかを明らかにしなければならない。システム設計に利用される知識は計測された情報間の関係である場合が多く、ここでは状態変数間の写像を行列表現したものと定

義する^{1,2)}。

状態変数 $\chi \in \mathbb{R}^n$ を任意のブロック $\chi_1 \in \mathbb{R}^{n_1}$, $\chi_2 \in \mathbb{R}^{n_2}$ ($n_1 + n_2 = n$) に分割するとき、状態 χ_1 から新しい状態 $\chi_m \in \mathbb{R}^{n_m}$ への写像を行うための行列表現 $M \in \mathbb{R}^{n_m \times n_1}$ を知識と呼び、 $\chi_m = M\chi_1$ と表わす。また逆に新しい状態 χ_m から元の状態 χ_1 への逆写像の行列表現 $N \in \mathbb{R}^{n_1 \times n_m}$ を知識 M の逆知識と呼ぶものとする。すなわち

$M(n_m \times n_1)$:「システムの状態変数間の線形写像」

$$\chi_m = M\chi_1, \quad M \in \mathbb{R}^{n_m \times n_1} \quad (1)$$

$N(n_1 \times n_m)$:「システムの状態変数間の線形逆写像」

$$\chi_1 = N\chi_m, \quad N \in \mathbb{R}^{n_1 \times n_m} \quad (2)$$

$$M \cdot N = I_{n_m \times n_m}, \quad N \cdot M = I_{n_1 \times n_1} \quad (3)$$

(3)式を満足する一般化逆マトリックスのうち

$N(MM^T) = (NM) M^T = M^T$ から

$$N = M^T (MM^T)^{-1} \quad (4)$$

を採用する。

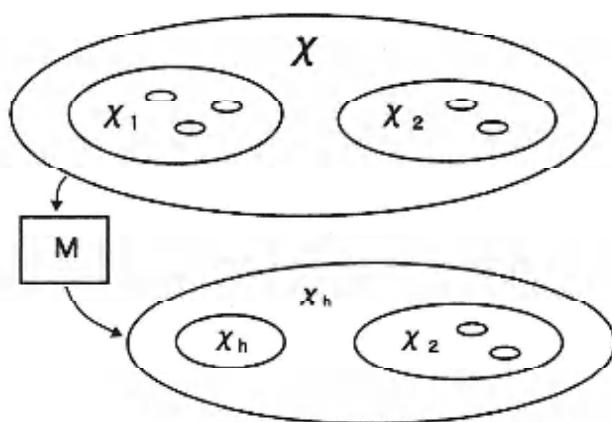
(註) (3)式を満足する一般化逆マトリックスは(4)式の N を N^* とすると $N = N^* + (I - N^* M)Z$ のように任意の Z を含む N がある。なぜなら $MN = MN^* + M(I - N^* M)Z = I + MZ - MZ = I$ となるからである。この一般化逆マトリックスのうち $Z = 0$ を採用する)

ここでつぎのような線形システム

$$\frac{d\chi}{dt} = A \cdot \chi + B \cdot u \quad (5)$$

$$y = C \cdot \chi$$

を考える。



第1図 状態変数の線形写像

(5) 式は一般性を失うことなく次の形で表現できる。

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} u \\ y &= C \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (6)$$

いま知識 M が与えられると式(6)は次のように $(n_m + n_2)$ ($\leq n$) 次に低次元化される。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} N & O \\ O & I \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_m \\ x_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A_{11}N & A_{12} \\ A_{21}N & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_m \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} u \\ y &= C \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} N x_m \\ x_2 \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} N & O \\ O & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_m \\ x_2 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (7)$$

となり、(7)式の両辺に左から

$$\begin{bmatrix} N & O \\ M & O \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} M^T (MM^T)^{-1} & O \\ O & I \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} M & O \\ O & I \end{bmatrix} \quad (8)$$

をかけることにより、次のように $(n_m + n_2)$ ($\leq n$) 次に低次元化される。

$$\begin{aligned} d\chi_b/dt &= A_b \cdot \chi_b + B_b \cdot u \\ y_b &= C_b \cdot \chi_b \end{aligned} \quad (9)$$

ただし $\chi_b = [x_m \ x_2]^T$

$$\begin{aligned} A_b &= \begin{bmatrix} MA_{11}N & MA_{12} \\ A_{21}N & A_{22} \end{bmatrix}, \quad B_b = \begin{bmatrix} MA_{12} \\ A_{22} \end{bmatrix} \\ C_b &= \begin{bmatrix} N & O \\ O & I \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (10)$$

システム (9) が可制御であれば最適レギュレータが構成可能となる。すなわち状態および入力に対する対称重み行列 Q_b , R_b を選び、つぎのリカッティ行列方

程式

$$P_b A_b + A_b^T P_b - P_b B_b R_b^{-1} B_b^T P_b + Q_b = 0 \quad (11)$$

を解いて得られる正定対称解 P_b を用いて

$$u = -R_b^{-1} B_b^T P_b \cdot \chi_b = -[f_1 \ f_2] \cdot \chi_b \quad (12)$$

の状態フィードバックを施せば、知識で低次元化および階層化されたシステムにおける最適レギュレータとなる。

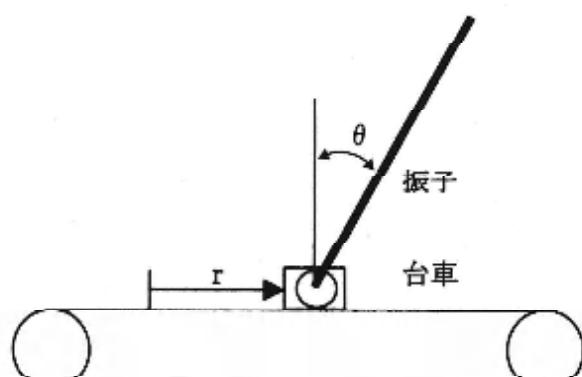
3. 1重倒立振子システムからの知識の抽出

つぎにシステムにおける知識を獲得する問題を考察する。制御対象として複雑な運動力学に支配される2重倒立振子について検討する。2重倒立振子の安定化制御則を決定するに際してどのような知識を用いるかが問題となるが、ここではその2本の振子が制御されて倒立の近傍にあるときはあたかも1本の振子のように振る舞うものと仮定する。このように仮定すると1重倒立振子の安定化制御から何らかの知識を獲得することができるであろうと予想される。

いま文献(1)で用いられた倒立振子システムは $\chi = \{ \text{台車位置 } r \ \text{台車速度 } \dot{r} \ \text{振子角度 } \theta \ \text{振子角速度 } \dot{\theta} \}$ として

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} r \\ \dot{r} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 1.000 & 0 & 0 \\ 0 & -3.612 & -0.2811 & 1.441e-3 \\ 0 & 0 & 0 & 1.000 \\ 0 & 10.71 & 29.92 & -15.34 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ \dot{r} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 0 \\ 3.381 \\ 0 \\ -10.03 \end{bmatrix} u \end{aligned} \quad (13)$$

このシステムは可制御で、望ましい制御応答を持つ最適レギュレータを構成することができる。そこで状態 $\{\chi\}$ および入力 $\{u\}$ に対する重み行列をそれぞれ

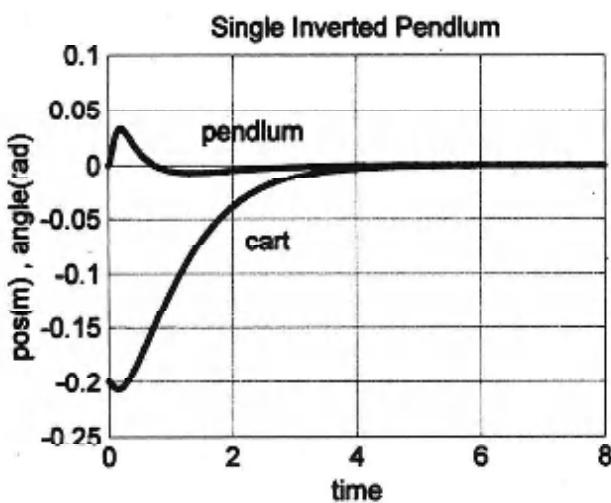


第2図 1重倒立振子

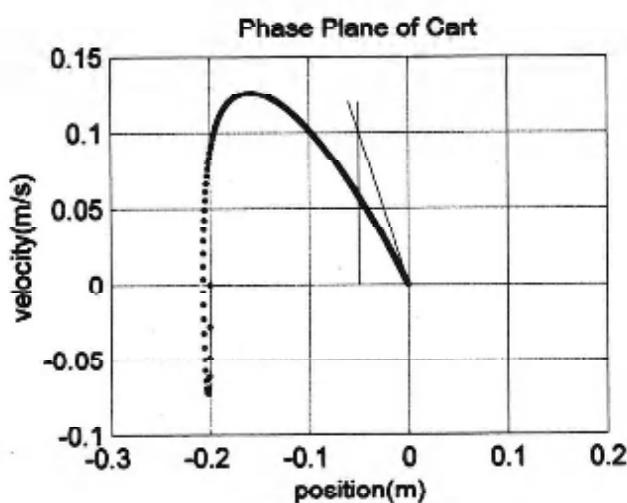
$Q = \text{Diag} \{1000 \ 300 \ 10000 \ 0\}$, $R = \{10\}$
と選ぶと、リカッティ行列方程式を解いて得られる正定対称解

$$P = \begin{bmatrix} 1.87 & 1.59 & 9.27 & 0.546 \\ 1.59 & 2.02 & 11.9 & 0.701 \\ 9.27 & 11.9 & 71.0 & 4.16 \\ 0.546 & 0.701 & 4.16 & 0.245 \end{bmatrix} \times 10^3 \quad (14)$$

を用いてフィードバックゲインベクトルは
 $f = R^{-1}B^T P = [-10.0 \ -19.7 \ -158 \ -8.96]$
 と求まる。この場合の、初期値 $\chi(0) = [-0.2 \ 0 \ 0 \ 0]^T$
 に対する時間応答のシミュレーション結果を第3図に
 また台車の位相平面を第4図に示す。同図より原点近傍における倒立振子の挙動から、位相平面上の接線の傾き $\Delta \dot{r}(t)/\Delta r(t)$ を知識として抽出し2重倒立振子に適用する。



第3図 1重倒立振子の時間応答



第4図 1重倒立振子台車の位相平面

4. 2重倒立振子システムへの適用

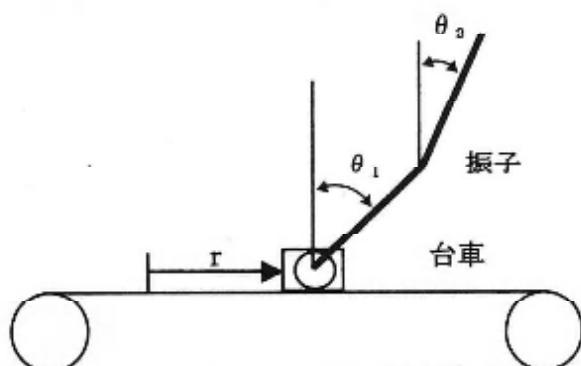
2重倒立振子の状態変数は $\chi = [台車位置 r \ 台車速度 \dot{r} \ 振子1角度 \theta_1 \ 振子1角速度 \dot{\theta}_1 \ 振子2角度 \theta_2 \ 振子2角速度 \dot{\theta}_2]^T$ であり、本研究における状態方程式は(15)式で示される。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} r \\ \dot{r} \\ \theta_1 \\ \dot{\theta}_1 \\ \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1.000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -3.607 & -0.2713 & 2.270e^{-4} & 1.718e^{-4} \\ 0 & 0 & 0 & 1.000 & 0 \\ 0 & 11.69 & 38.38 & -0.461 & -5.7325 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.781 & -60.47 & 1.979 & 58.29 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ \dot{r} \\ \theta_1 \\ \dot{\theta}_1 \\ \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -6.978e^{-4} \\ 0 \\ 0.2384 \\ 1.000 \\ -1.628 \end{bmatrix} u \quad (15)$$

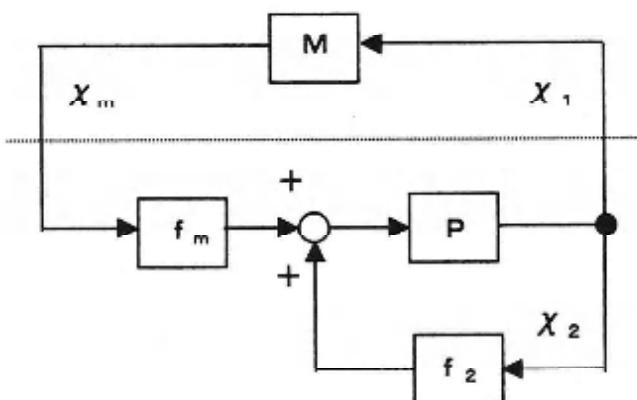
$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \chi_m \\ \theta_1 \\ \dot{\theta}_1 \\ \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2.486 & -0.1084 & 9.081e-4 \\ 0 & 0 & 1.0 \\ 23.38 & 38.35 & -0.4608 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1.562 & -60.42 & 1.979 \\ 6.868e-4 & -2.791e-4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -5.733 & 0.2384 & -10.94 \\ 0 & 1.0 & 0 \\ 58.24 & -1.628 & 0.7311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \chi_m \\ \theta_1 \\ \dot{\theta}_1 \\ \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1.351 \\ 0 \\ 0 \\ -10.94 \\ 0 \\ 0.7311 \end{bmatrix} u \quad (16)$$

このシステムを

- ①2本の振子の安定化 ($\theta_2 = \theta_1 \rightarrow 0$)
 - ②台車の原点への復帰 ($r \rightarrow 0$)
- のように階層化すれば①に対しては $\chi_2 = [\theta_1 \ \dot{\theta}_1 \ \theta_2 \ \dot{\theta}_2]^T$, ②に対しては $\chi_1 = [r \ \dot{r}]^T$ とおくことができる。ここで



第5図 2重倒立振子



第6図 知識によるシステムの階層化

知識行列 M の抽出にあたっては $M = k[r \dot{r}] = kr[1 \dot{r}/r] = a[1 b]$ とおけば、 b は台車位置 r に対する台車速度 \dot{r} の重みになっているので第4図のレギュレータの原点 (O) への収束付近における傾き $\dot{r}(t)/r(t) = 2$ を採用する。また a に関してはここでは試行錯誤的に 0, 2 として決定した。この知識 M を利用して $x_m - Mx_1 - M[r \dot{r}]^T$ とおくことにより、この 6 次のシステムは(16)式のように 5 次に低次元化、階層化されたシステムが得られる。そこでこの低次元化システムに対して、重み行列 Q としては上記の値を採用して、

$$Q = \text{Diag} \{1000 \quad 10000 \quad 0 \quad 10000 \quad 0\},$$

$$R = \{10\}$$

と選び、最適レギュレータを構成すると第6図のブロック線図が得られる。この 5 次のシステムの最適フィードバックゲインベクトルは

$$f5 = [16.6 \quad -128.3 \quad -0.56 \quad 194.4 \quad 22.89]$$

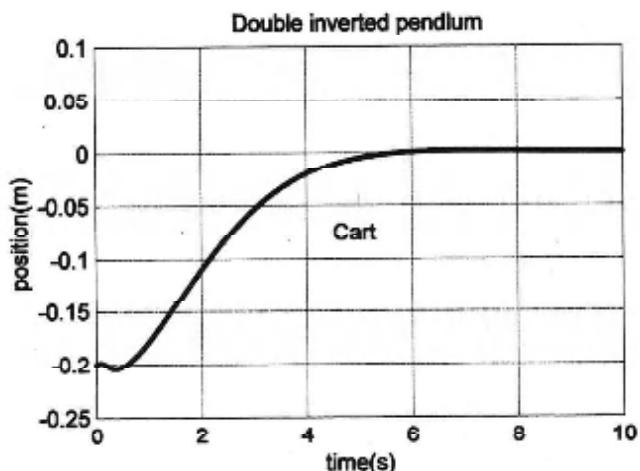
と求まり、これを $[f5(1) \mid f5(2 \sim 5)]$ とおけば

$$\begin{aligned} f6 &= [f5(1) \times M \mid f5(2 \sim 5)] \\ &= [3.22 \quad 6.44 \quad -128 \quad -0.551 \quad 194 \quad 22.9] \end{aligned} \quad (17)$$

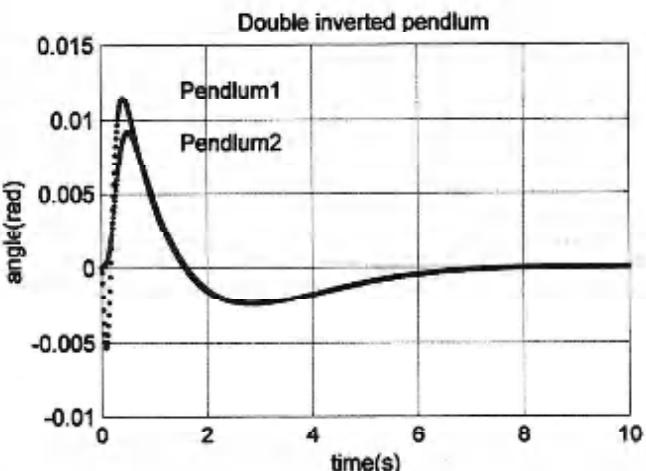
として、抽出された各 M に対して 6 次のシステムの最適フィードバックゲインベクトル $f6$ が求まる。

5. シミュレーション結果と考察

前節で求めたフィードバックゲインベクトル $f6$ を用いて 2 重倒立振子のシミュレーションを行う。その応答を第7図および第8図に示す。これらの結果からシステムの挙動はまず振子の角度 $\theta_2 \rightarrow \theta_1$ が見られ、この状態を保ちながら $\theta_1 \rightarrow 0$ 、台車位置 $r \rightarrow 0$ となることが分かる。したがって 3 節での仮定が妥当なものであることが示される。また 1 重倒立振子の挙動と比較すると台車位置 r の原点への収束に時間がかかり、したがって θ_1, θ_2 の挙動についても異なる様相を示す

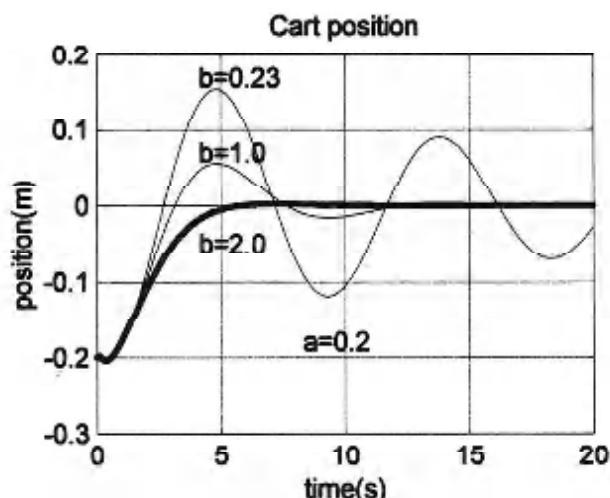


第7図 2重倒立振子台車位置の時間応答

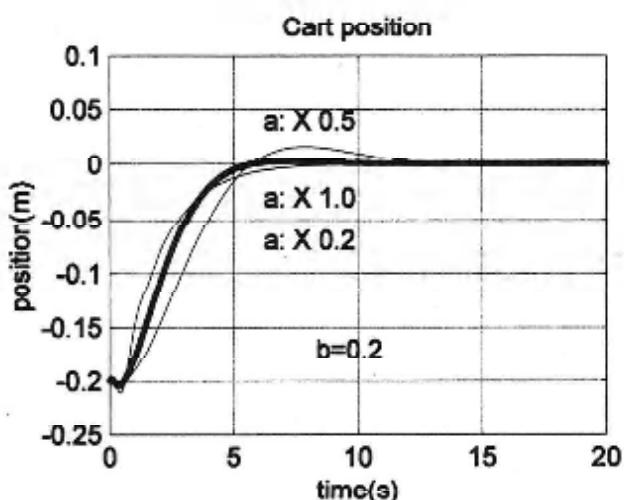


第8図 2重倒立振子角度位置の時間応答

が、原点付近での状況はよく近似している。これは知識として第4図の位相平面において原点 (O) 付近での \dot{r}/r の値を抽出していることによるもので好ましい応答と考えられる。これに対して同図 (A) 点付近での応答から知識を抽出すると $b = 1$ であり、この値を採用すると第9図に示すように台車位置 r の立ち上がりは 1 重倒立振子の応答に近くなるが、原点への収束状況は振動的となる。さらに抽出点を左に寄せると \dot{r}/r はさらに小さくなり、(B) 点付近では $b = 0.23$ で応答は振動的になり、さらにこの値より小さくなるとシステムは不安定になることが予想される。つぎに係数 a を $\times 0.5, \times 1.0, \times 1.5$ と変化させた場合の応答を第10図に示す。この範囲では大きな変化はないようと思われる。これらの結果から応答は位相平面上の \dot{r}/r に大きく関係することが分かり、応答のどの部分から知識を抽出するかがきわめて重要なことが分かる。



第9図 2重倒立振子台車応答 (b: パラメータ)



第10図 2重倒立振子台車応答 (a: パラメータ)

6.まとめ

1重倒立振子の挙動から知識を抽出し、これを用いて2重倒立振子システムを低次元化して解析を行い、逆知識を用いて2重倒立振子の制御に適用してシミュレーションにより良好な特性を得た。これらの結果から知識を用いたシステムの低次元化、階層化によるシステム設計の有効性の一例が示された。なお実験結果については今後報告の予定である。

7.あとがき

知識の獲得は階層化制御システムの構築において重要な課題であり、今後はより一般的なシステムについて検討して行きたい。なおこの小論文は平成4年度計測自動制御学会にて口頭発表した内容に検討を加えたものである。ご指導頂きました熊本大学工学部川路茂保教授ならびにオムロン研究所松永信智氏に深謝致します。

参考文献

- (1) 松永、川路 第2回制御理論シンポジウム資料 281/286
- (2) 小郷、美多「システム制御理論入門」実教出版

熱拡散法による CMOS デバイスの試作 (2)

- p 型ウェルの形成について -

中村俊三郎・塚本直樹*・浅野種正**

〈平成14年9月25日受理〉

Trial Fabrication of CMOS Devices only by a Thermal Diffusion Method in the Impurity Doping (2)
- On the Formation of p-Type Well -

NAKAMURA Shunzaburo, TSUKAMOTO Naoki and ASANO Tanemasa

The complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology is one of the major integrated circuit technologies. For education of the semiconductor engineering, development of a CMOS process was begun. It is for a characteristic of the process to make impurities doping by a thermal diffusion method not to use the expensive equipment of ion implantation. This paper is an interim report of the development. In a beginning, it was investigated whether the p-type well of CMOS structure could be formed on n-type silicon substrates. As the p-type well could be formed, it was examined whether the CMOS inverter circuit could be made. However, the CMOS inverter circuit did not work because n-channel MOS field-effect transistor (FET) could not be formed though p-channel MOSFET could be.

1. はじめに

集積回路 (Integrated Circuit: IC) は、日常生活を便利にする携帯電話などの通信機器を始め、情報化社会を支えるコンピュータなどの情報機器や生産性を向上させるロボットなどの制御機器など、社会のいろいろな分野で使用されている電子機器の中に組み込まれている人変重要な電子部品である。この IC は、その用途によってアナログ IC やデジタル IC、また、その構成要素によってバイポーラ IC や MOS IC など、たくさんの種類がある。そして、デジタル ICにおいて、近年、多く用いられている回路様式が、Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS) と呼ばれる様式である。

本校、電子情報工学科のカリキュラムについては前報¹⁾で詳しく述べたが、その卒業研究の中で MOS Field-Effect Transistor (MOSFET) やそれによって構成される簡単なゲート回路をシリコン (Si) ウェー

ハ上に製作し、その性能評価を行なっている。MOSFET を主体に卒業研究を行なっている理由は、MOS 技術が半導体技術の中で将来も引き続き重要な位置を占めていくと考えられるからである。

これまでの卒業研究では、当初は MOSFET を製作するため MOS キャバシタや pn 接合を製作した。その後、p チャネルおよび n チャネルの MOSFET (NMOS および PMOS) が製作できることを確認し、インバータ回路や NAND ゲートなどの簡単な回路が製作できるようになった²⁾。

これらの FET 製作におけるソースおよびドレイン形成のための不純物導入は、不純物拡散剤を塗布して加熱する熱拡散法を用いて行なっている。不純物導入の方法には、他にイオン注入法があり、不純物濃度や不純物導入深さの制御性において、熱拡散法よりも優れており、工業的には普通に使用されている。しかしながら、イオン注入装置は非常に高価であり、スペース的にも当学科に設置することは難しい。

一方、はじめの方で述べた CMOS の回路様式は、消費電力が少なく高集成度の IC が実現できることから、デジタル IC において現在広く用いられている。

* 有明工業高等専門学校専攻科学生

** 九州工業大学マイクロ化総合技術センター

したがって、半導体工学教育の場で小規模の IC である、実際に CMOS IC を製作できるようにすることは、重要であると考えられる。

本研究の目的は、不純物導入工程を熱拡散法のみを用いて行なう CMOS IC の製作プロセスを見いだすことである。前報¹¹で述べた計画にしたがって p 型ウェルの形成テストと IC の最も基本的な回路要素であるインバータ回路の試作を行なった。しかしながら、インバータ回路を構成する NMOS と PMOS の 2 つの FET のうち NMOS の方が動作せず、インバータ回路は製作できなかった。

本論文では、中間報告として p 型ウェルの形成テストとインバータ回路の試作結果について述べる。

2. p 型ウェルの形成テスト

2.1 試料の設計と製作

本研究で製作しようとしているインバータ回路の断面模式図を図 1 に示す。このように、CMOS インバータ回路は、NMOS (左側) と PMOS (右側) によって構成されている。これまでの研究で p 型 Si ウェル上に NMOS を製作できること、および n 型 Si ウェル上に PMOS を製作できることは確認できているので、本研究では、p 型ウェルの形成とそのウェル上に NMOS を製作できるかどうかが課題となる。そのため、図 2 と図 3 に示すような 2 種類のテスト領域を持つ試料を設計した。

図 2 は、p 型ウェルが形成できるかどうかを調べる領域 (テスト領域 1) である。p 型の拡散領域がウェルに相当し、基板との間の pn 接合が、図 1 における pn 接合①に相当する。その p 領域上に 4 つの端子と別に拡散形成した 2 つの n⁺ 領域にそれぞれ端子を設ける。この n⁻ 領域は、基板とのオーミック接触を得るためにものである。p 領域上の 4 つの端子の内の 2 つと n⁺ 領域の 2 つの端子を用いて、4 端子法で電流-電圧特性 (I-V 特性) を測定することによって、p 領域と基板との間に pn 接合が形成されているかどうか

を調べることができる。また、p 領域の 4 端子で抵抗測定を行なうことによって、そのシート抵抗を測定することができる。この抵抗値は、p 領域のアセヒブク濃度および分布を反映した値となるため、NMOS のしきい値電圧が適切な値になるかどうかの目安となる。

図 3 は、ウェル上に NMOS のソース・ドレインが形成できるかどうかを調べる領域 (テスト領域 2) である。ウェルに相当する p 領域上に n⁺ 領域を 2 つ形成したものである。p 領域に 2 つの端子を設け、2 つの n⁻ 領域にそれぞれ 4 つと 1 つの端子を設ける。p 領域の 2 つの端子と n⁺ 領域の 2 つの端子を使って、4 端子法で I-V 特性を測定する。この測定によって図 1 における pn 接合②に相当する接合を形成できるかどうかを調べる。n⁻ 領域の 4 端子では、そのシート抵抗を測定する。また、2 つの n⁻ 領域は、NMOS のソース・ドレイン形成を確かめるもので、その間隔は 50 μm である。この間隔は、予定している NMOS のゲート長と同じ長さである。これら 2 つの領域間で導通がほとんどないことが、NMOS を形成できる必要条件になる。

これらの 2 種類のテスト領域を持つ試料の製作プロセスを図 4 に示す。p 領域と n⁻ 領域を形成する拡散剤には、それ PBF と OCD (どちらも東京応化工業製) を用いた。NMOS のしきい値電圧を制御する

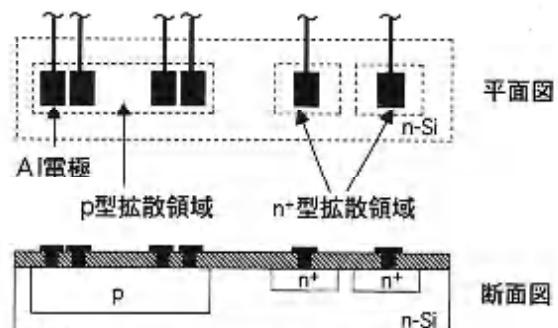


図 2 テスト領域 1 の設計図

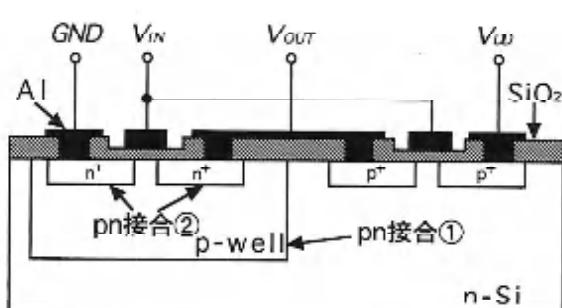


図 1 CMOS インバータ回路の断面模式図

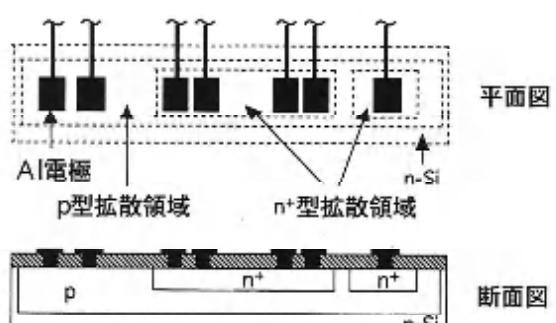


図 3 テスト領域 2 の設計図

ためには、ウェル形成条件とシート抵抗の関係を把握しておく必要がある。それで、いろいろなシート抵抗のp領域を形成するために、拡散にはPBFの原液および希釈液(3, 10, 30, 100倍)を用いることを計画した。p領域形成の拡散熱処理は、1050°Cで6時間行なった。また、CMOS製作を模擬して、PMOSのソース・ドレイン形成のためのフィールド酸化工程を入れた。

製作した試料の写真を図5に示す。PBFの希釈度については上述したように、原液を含めて5種類の試料で製作を始めたが、製作できたのは原液と100倍希釈液を使用した2種類であった。他の希釈度の試料が

製作できなかった理由は、PBFを拡散してフィールド酸化膜を除去した後、フォトマスクの合わせマークおよび拡散窓の痕跡が、ともに識別できなくなつたためである。

2.2 測定結果

PBF原液使用の試料における、テスト領域1のpn接合のI-V特性を図6に示す。良好なpn接合の特性が得られていることが分かる。PBFの100倍希釈液を使用した試料についても同様な特性が得られた。また、p領域のシート抵抗の測定値とアクセプタ濃度およびNMOSのしきい値電圧の計算値を表1に示す。しきい値電圧の計算に必要なアクセプタ濃度の値は、PBFの技術資料を参考にして拡散深さを3.1μm(後工程の酸化膜除去による拡散深さの減少を考慮した推定値)とし、濃度分布を無視して計算した値を用いた。計算で濃度分布を無視したことにより、しきい値電圧の計算値は低めの値になるとされる。しきい値電圧の目標値は2V程度なので、PBF原液では濃度が高すぎ、100倍希釈液では低すぎると推測できる。

PBF原液使用の試料における、テスト領域2のpn接合のI-V特性を図7に示す。逆バイアス時に-6V

表1 PBF濃度の違いによるシート抵抗とNMOSの予想しきい値電圧

PBF濃度	シート抵抗 (Ω/□)	しきい値電圧 (V)
原液	1.2×10^2	7.3
100倍希釈液	3.0×10^4	-0.28

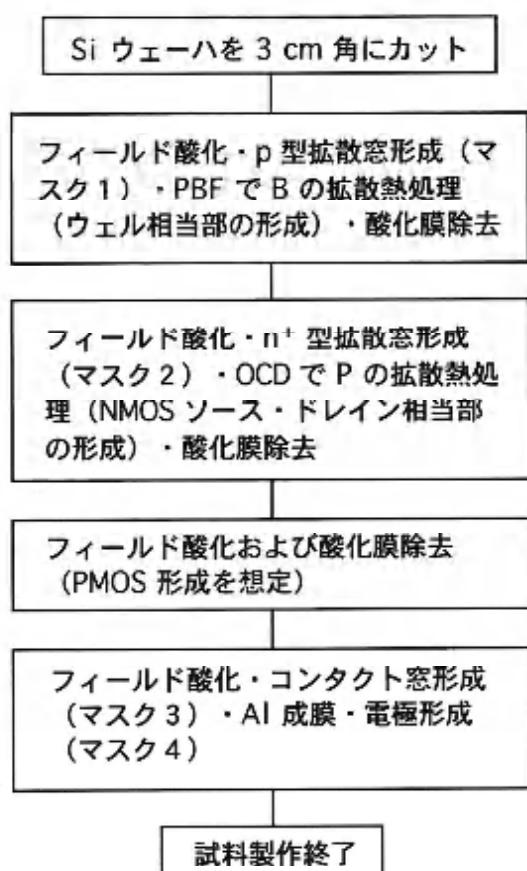


図4 ウェル形成テスト試料の製作フローチャート

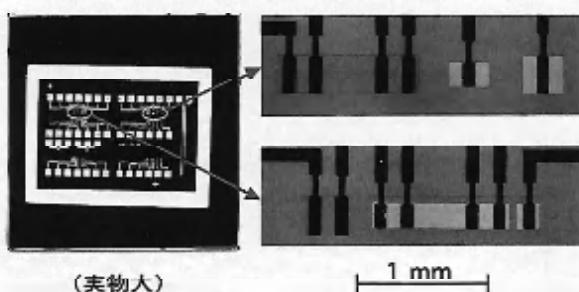


図5 チップ写真と各テスト領域の顕微鏡写真

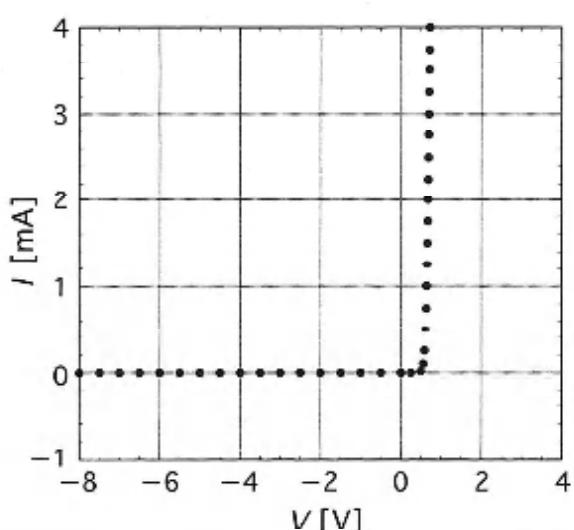


図6 テスト領域1におけるpn接合のI-V特性

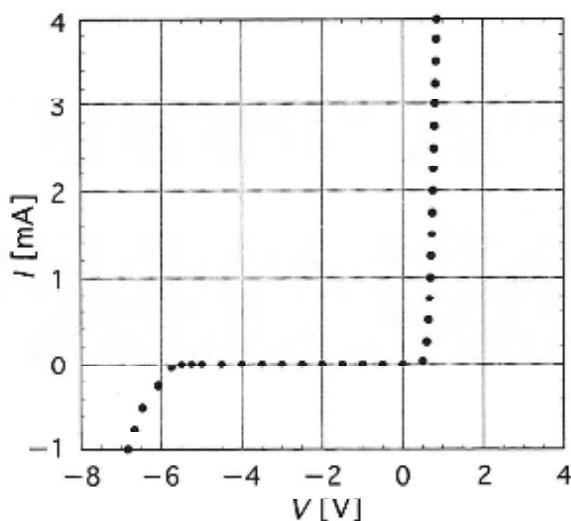


図7 テスト領域2におけるpn接合のI-V特性

付近から降伏現象が生じているが、CMOS回路を電源電圧5Vで動作させることを考えると、概ね良好なpn接合が形成されていると言える。PBF100倍希釈液を使用した試料についても、ほぼ同様の結果であった。また、2つのn⁺領域間の抵抗は、2種類の試料ともに、5Vにおいて500kΩ程度であった。

3. CMOSインバータ回路の試作

3.1 試料の設計と製作プロセス

ウェル形成テストの結果は十分な結果とは言えないが、CMOSデバイスの最も基本的回路要素であるインバータ回路が製作できる見通しを与えるものと考えられたので、次のステップとして、その回路を試作することにした。設計したインバータ回路の平面図を図8に示す。回路が占有する平面形状の縦横比が1に近くなるよう、NMOSとPMOSを並列に配置している³⁾。直線状に展開した断面予想図は図1の様になる。このインバータ回路を2つとNMOS、PMOS、ウェルのシート抵抗測定領域を個別に配置した試料を設計した。

製作プロセスのフローチャートを図9に示す。まず、抵抗率 $1.5 \times 10^{-2} \Omega\text{m}$ のn型Siウェーハを約3cm角に切断し、フィールド酸化して、マスク1でウェル拡散の窓を開けを行なった。その後、PBFを塗布し拡散熱処理を行なった。ウェル形成は、ウェル形成テストの結果を検討して、拡散条件の見直しを行なった。PBFは、原液および4倍と10倍の希釈液を用い、熱処理は1050°Cで16時間行なった。次のフィールド酸化膜除去工程もウェル形成テストの結果を考慮して、合わせマークを残すフォトリソグラフィを追加し、マスク

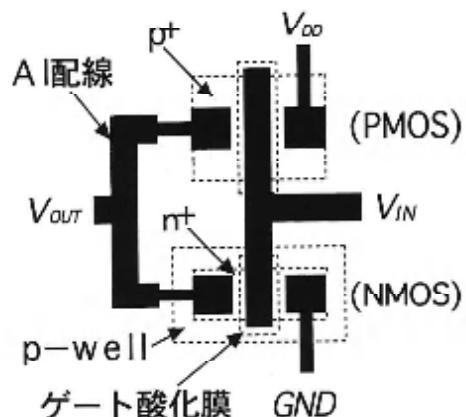


図8 インバータ回路の設計図

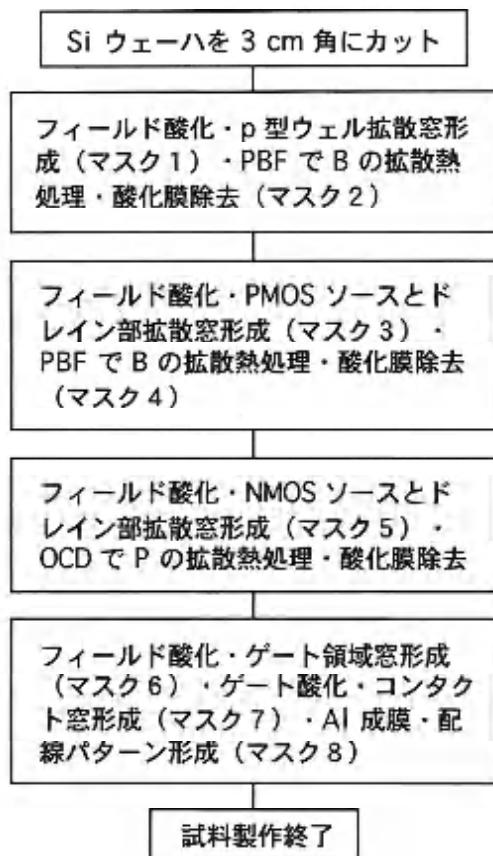


図9 インバータ回路製作のフローチャート

マスク2でそれを行なった。その後、フィールド酸化を行ない、マスク3でPMOSのソース・ドレイン形成のための窓を開けを行ない、PBFで拡散熱処理を行なった。マスク4で合わせマークを残すフォトリソグラフィを行なった後、フィールド酸化膜を除去した。次にフィールド酸化後、マスク5でNMOSのソース・ドレイン形成のための窓を開けを行ない、OCDによる拡散熱処理を行なった。フィールド酸化を再度行ない、マスク

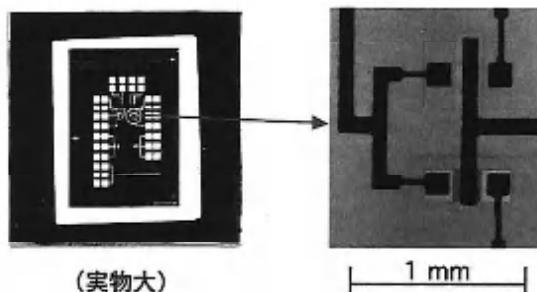


図10 チップ写真とインバータ回路の顕微鏡写真

6でゲート領域の窓開けを行なった後、ゲート酸化膜を形成した。マスク7でコンタクト窓を開け、アルミ(AI)膜をスパッタで成膜し、マスク8で回路パターンの形成を行ない、試料を製作した。完成した試料の写真を図10に示す。

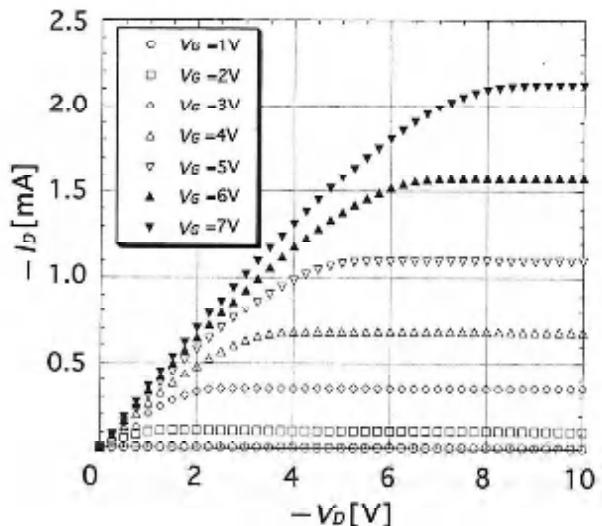
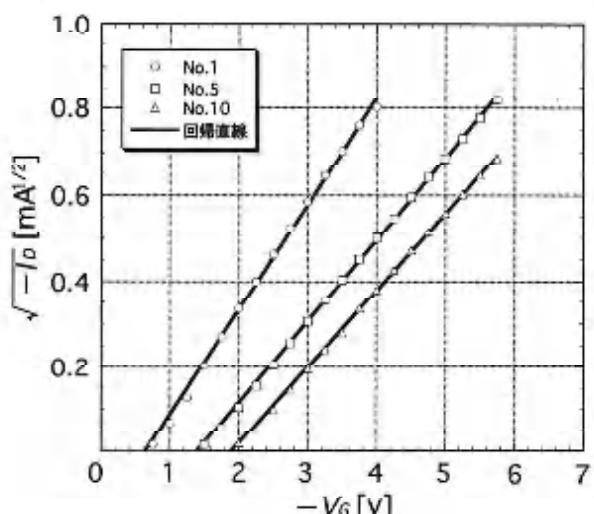
3.1 測定結果

まず、インバータ回路の動作を調べたが、残念ながら、正常な動作は得られなかった。電源電圧5Vを印加して、入力電圧を0~5Vまで変化させると、出力電圧は1.5から1.8Vまでわずかに減少するのみであった。その原因を調べるために、個別に形成したテスト領域でウェルのシート抵抗、NMOSおよびPMOSの特性を測定した。

ウェルのシート抵抗測定領域において、AI端子とのオーミック接触が形成されていたのは、ウェル形成にPBF原液を使用した試料のみで、希釈液を使用した試料は2種類ともショットキー接觸になっていると考えられ、電流を流すことができず、抵抗測定ができなかった。PBF原液を使用した試料について、抵抗値は2.3kΩであった。拡散深さの推定値は5.8μmで、アクセプタ濃度分布を無視すると、シート抵抗値は約690Ω/□であった。

NMOSは、FETとしての特性を示さなかった。ゲート電圧(V_G)を変化させてもドレイン電流(I_D)は変化せず、ドレイン電圧(V_D)を変化させると I_D は完全にオーミックに変化した。そして、ソースとドレイン間は、試料によって1.0~1.1kΩの一定の抵抗値を示した。

PMOSは、ウェル拡散のPBF濃度が異なる3種類の試料すべてが、FETとしての特性を示した。PBF原液を使用した試料の I_D-V_D 特性を図11に示す。また、3種類の試料の $\sqrt{I_D}-V_G$ 特性を図12に示す。この図から分かるように、PBF原液と4倍および10倍希釈液を使用した試料について、しきい値電圧は、それぞれ-0.65V、-1.4V、-1.9Vになった。

図11 PMOSの I_D-V_D 特性図12 PMOSの $\sqrt{I_D}-V_G$ 特性 ($V_D = 5.0$ V)

4. 検討

これまで述べたように、今回の製作ではCMOSインバータ回路すなわち同一Si基板上にPMOSとNMOSを構成することはできなかった。しかしながら、PMOSの方は、正常に形成できていたと考えられる。PMOSの V_T は、ほぼ予想通りの値を示したことから、不純物濃度に関してSiウェーハの選択は適切であったと考えられる。また、PMOSのソース・ドレインを形成した後、NMOSを形成するプロセスを行なっても、PMOSが製作できることが確認できた。ただ、PMOSの V_T に注目すると、ウェル形成で

使用したPBFの希釈度が大きい程、 V_T の絶対値が大きくなっている。ウェル形成のための最初のフィールド酸化時間は、PBFによるPの熱拡散をマスキングできる膜厚を考慮して決めたが⁴¹、ウェル形成の熱処理中にPがソイールド酸化膜を通して、わずかにSi部分まで拡散していたとも考えられる。

ウェル形成テストを行なった後、製作条件を少し修正してインバータ回路の製作を行なった。NMOSが製作できなかった原因としては、ウェル形成あるいはNMOSのソース・ドレイン形成の不純物拡散を考えていたとおりに行なわれなかつたことが挙げられる。

ウェル形成テストとインバータ回路製作におけるウェル形成の熱処理時間は、それぞれ、6時間と16時間である。インバータ回路製作で拡散時間を長くしたのは、NMOSのソース・ドレインのn型領域が、ウェルを貫通して基板まで拡散することがないようウェルをより深く形成するためであった。拡散時間をこのように長くすると、PBFの技術資料から拡散深さは4μmから6.5μm(拡散処理直後の推定値)と深くなるが、シート抵抗はほとんど変化しないと予想された。しかし、インバータ回路におけるウェルのシート抵抗は、ウェル形成テストの時に比べ、PBF原液使用の場合で5倍以上大きな値になった。また、ウェル形成テストではPBFの100倍希釈液を使用してもAl端子とオーミック・コンタクトが得られたにもかかわらず、インバータ回路の試料においては、4倍希釈液ですでにオーミック・コンタクトが得られていない。したがって、なんらかの原因で、インバータ回路製作におけるウェル形成時のBの拡散量が、ウェル形成テストの時と比べてかなり少なかったのではないかと考えられる。

インバータ回路製作におけるNMOSのソース・ドレイン形成のためのPの拡散についてもウェルとの間にpn接合が形成されていないので、拡散そのものに問題があったとも考えらる。しかしながら、NMOS部で端子とのオーミック・コンタクトが得られていること、また、良好なウェルが形成されていない可能性が高いことを考えると、pn接合が形成されていないことが、Pの拡散に問題があったとは言えない。

5.まとめ

不純物導入工程を熱拡散法のみを用いて行なうCMOS ICの製作法を見いだすために、ウェル形成テストとICの最も基本的回路要素であるインバータ回路の製作を試みた。インバータ回路におけるPMOSは形成できていたが、NMOSの方が形成できず、結果的には、回路が製作できなかつた。しかしながら、今回の実験で、大掛かりな設備を用いなくても教育用CMOS回路形成の可能性が見いだされた。今後、プロセスを再検討し、再度、製作を試みる予定である。

最後に、本研究は、平成13、14年度科学的研究補助金「基盤研究(C)」を受けて行なっている。

参考文献

- 1) 中村俊三郎、塚本直樹、浅野種正、有明高専紀要 38 (2002) 123.
- 2) 中村俊三郎、浅野種正、日工教 工学・工業教育講演会講演論文集 (2002) 121.
- 3) 國枝博昭、集積回路設計入門、コロナ社 (1996).
- 4) S. M. Sze, *Semiconductor Devices, Physics and Technology*, John Wiley & Sons, New York (1985).

M系列擬似ランダム変調CWレーザーレーダの特性解析

内海通弘

〈平成14年9月27日受理〉

An Analysis on Performance of a Lidar with a Continuous Wave Laser
Pseudorandomly Modulated by the Maximum Shift Register Sequence

UCHIUMI Michihiro

The performance of the m-sequence pseudorandom modulation continuous wave laser radar, RM-CW lidar, is theoretically analyzed. Although many absorption lines of atmospheric gases which can be used to measure the concentrations of the atmospheric gases exist in the near-infrared wavelength region, RM-CW lidar has not been extended yet to the near-infrared region. The advantages and limitations of near-infrared region lidar using the pseudorandom modulation technique in comparison with visible region lidar are discussed.

1. はじめに

レーザーレーダ（ライダー）は大気中の物質の分布を遠隔的に測定するための装置である。反射体として、空気とエアロゾルを利用するため、連続的に対象物質の密度等を計測することができる。反射体として、地形物、建物、鏡等を利用する場合は、一定点に反射点があるため、光源と反射対の間の領域の平均的な密度を計測することになる。これは、DOAS (long path differential optical absorption spectroscopy) と呼ばれている^[1]。通常ライダーは高出力のパルスレーザが光源として使われるが、装置が大型化し、ライダーの普及を妨げる原因となっている。そこでコンパクトで安価なライダー光源としてCWレーザを使用する擬似ランダム変調CWライダー（RM-CWライダー）が提案されている^{[2][3]}。我々は、この技術を赤外DIALに拡張するため近赤外ライダーの設計シミュレーションを行ったので報告する。

RM-CWライダーは、竹内らによって提案され試作され、初期データが得られている^[4]。その後、彼らは、詳細なシミュレーション^[5]、M系列応答特性^[6]についての研究を進めている。都立大の阿保らはM系に代わってA1, A2系列を提案し、ノイズの処理に効果を上げている^[7]。しかしながら、RM-CWライダーはパルスライダーに比べ信号対雑音比が劣ることが指摘され^[8]、A1, A2系列の手法にも適用限界があることが指摘されている^[9]。これらを解決するため、ヘテロダイイン検

波法と組み合わせた方法が提案され^[10]、中赤外波長の8 μmに拡張した例^[11]が報告された。結果的に、このような改良をしていくとランダム性がなくなっていくことが指摘された^[12]。しかしながら、本論文が目標としている近赤外から赤外波長の0.8~3 μmに拡張したRM-CWライダーの例は報告されていない。

レーザーレーダ（ライダー）は距離分解能を持たせるため通常パルスレーザを光源とする場合が多い。しかし、パルスレーザは1千万円程度と高価であり高専などでは入手しがたい面がある。そこで、1万円程度の安価な半導体レーザをライダー光源にできれば、高専でも実用化研究が可能であり、ライダーの普及にもつながると考えられる。また、航空機、衛星に搭載する場合、全固体レーザが望ましいといわれている点でも利用価値がある。ただし、半導体レーザの駆動回路、電流制御、温度制御回路の価格も考えるとそれほど安価とも言いがたいが、それらの製作はそれほど困難ではない。しかし、パワーの面で圧倒的に劣る半導体レーザを大気計測のような大規模な現象計測に役立てるためには、それなりの工夫が必要である。半導体レーザなどの連続光源をライダーに組み込むためには、距離分解能を持たせるため、パルス化しなければならない。その仕方として、擬似ランダム変調法が竹内らによって開発されている。これまでの研究により、同じ平均パワーを持つパルスレーザと連続レーザを比較した場合、得られたデータの信号対雑音比で約5倍程度の違いがあり、パルスレーザのほうが有利である。比較的

に容易に高出力が得られる可視域ではパルスレーザの方が有利である。たとえばパルス幅5 ns、繰り返し10 Hzのパルス当たり出力エネルギーが100 mJのYAG レーザは価格は別にして小型で信頼性が高く、入手しやすいレーザである。これは平均パワーで考えると1 Wであり、同じ信号対雑音比のデータを得るために、連続レーザでは約5倍の5 Wが必要であり⁽⁵⁾、5 Wの半導体レーザの入手は困難である。しかし、赤外域のある波長では1 mJのパルス出力も困難であるが、50 mWの半導体レーザは比較的入手しやすいと考えられる。実際面から考えるとこのように波長により、ケースバイケースでどちらが有利かは一概に言えない。

2. 測定原理

図1に近赤外DIALのCWランダム変調レーザレーダシステムを示す。レーザレーダ応答測定法は小パワーのレーザー光源でS/N比のよい測定ができる。CWレーザで距離分解能を持たせるため、CWレーザに変調を加えるが、その際の変調法としてM系列（Maximum Length Sequence）を利用する。その原理は文献(2)～(4)によったが、最近M系列に代わるA2系列⁽⁵⁾が提案されている。図2にM系列の生成方法を示す。ここでは簡単のために、4桁のシフトレジスタを考えてみる。最初にこのシフトレジスタ全部に1を入力しておく。次に1ステップだけ時間がたつと、シフトレジスタは値を一桁左に移し、あふれた値が出力される。また、1桁目と2桁目の値の排他的論理和を取って、4桁目にあらたに入力する。このようにして、簡単に0, 1のランダムな値が得られる。この値をレーザのon, offに対応させて送信するのが、RM-CWライダーである。図3にランダム変調CWライダーの原理を示す。

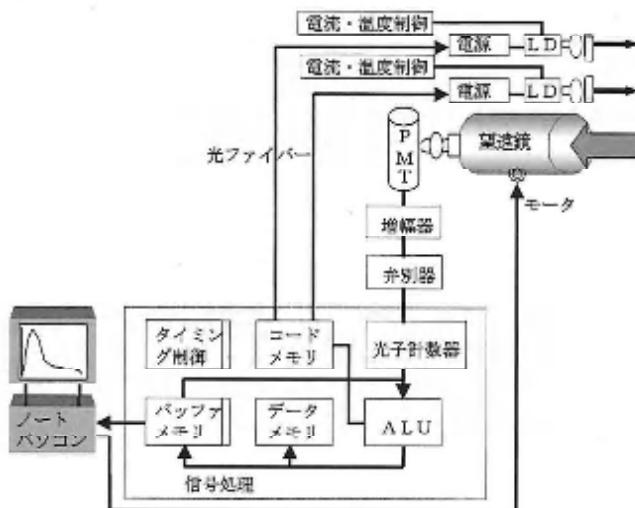


図1 差分吸収ライダー装置の全体図

す。図中のAはM系列のコードを示し、このコードで“1”的時、時間幅 Δt の矩形波でレーザを送出し、“0”的ときレーザは時間幅 Δt の間、休止している。一つの矩形波G1を送出したとき、大気から帰ってくるエコーはAスコープと呼ばれるA字形をしたG2のようになる。矩形波G1をAのM系列のコードに従って、重ね合わせて大気に送出すると、帰ってきたエコーから背景光ノイズを取り除いたグラフがBである。M系列コードの1, 0を1と-1に変換して逆に並べたフィルタをH0とする。また、H0から最初のコードを一番後ろにまわしてひとつづつずらしたフィルタをH1とし、同様にずらしてH2, H3, H4, ..., Hk, ..., HN-1とする。これらのフィルタとBを/ Δt ごとに区切ったものにかけることにより、S1, S2, S3, S4, ..., Sk, ..., SN-1が得られ、大気からの平均エコーが求められる。

応答関数はライダー方程式と考えられ、次式で与えられる。

$$G_i = \eta \frac{c\Delta t}{2} \frac{A_i \beta_i T_i^2 Y_i}{R_j^2} \quad (1)$$

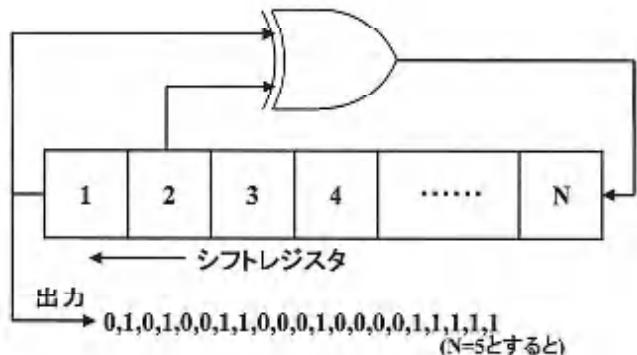


図2 M系列の生成方法

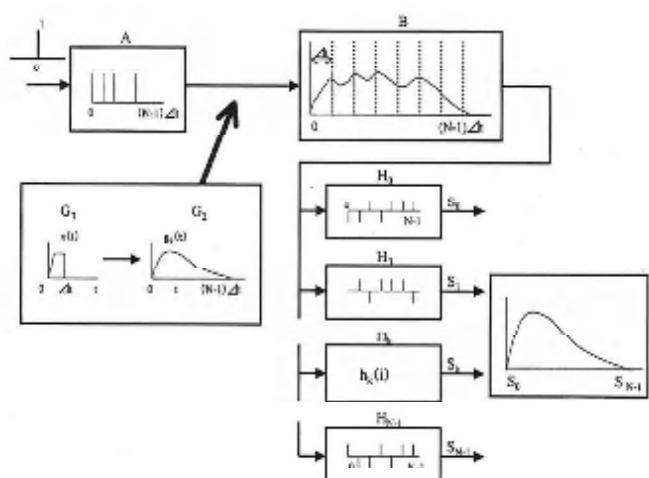


図3 RM-CWライダーの原理

ここで、 η 、 c 、 Δt 、 A_r 、 β_j 、 T_j 、 Y_j はそれぞれ望遠鏡を含む全光学系の効率、光速度、時間分解能、望遠鏡の受光面積、距離 R_j からの微分後方散乱係数、距離 R_j までの片道の透過率、距離 R_j でのレーザビームの望遠鏡の視野に含まれる割合である。本研究では $\eta=0.1$ 、 $T_j=1$ 、 $Y_j=1$ を仮定した。本来 β_j は、距離 R_j の関数であるが、水平にレーザを照射すれば大気は水平には一様とみなせる。微分後方散乱係数 β_j は、大気の特性できまり、空気による Reileigh 散乱と空気中の埃であるエアロゾルによる Mie 散乱により与えられる。Reileigh 散乱は波長の 4 乗に逆比例するが、Mie 散乱は波長の 0.5 ~ 1 乗に逆比例している。また、 \bar{G} は応答関数 G_i の平均であり、

$$\bar{G} = \frac{1}{N_M} \sum_{j=1}^{N_M} G_j \quad (2)$$

で与えられる。

ここでシミュレーションに用いた標準大気は U.S. 標準大気モデル (1976)、水蒸気密度は夏期中緯度モデルを採用した。 $\beta(z)$ を大気のトータルの体積後方散乱係数とすると、 $\beta(z)$ はエアロゾルを除く大気分子の体積後方散乱係数 $\beta_{mol}(z)$ とエアロゾルの体積後方散乱係数 $\beta_{aer}(z)$ との和で表現される。すなわち、

$$\beta(z) = \beta_{mol}(z) + \beta_{aer}(z) \quad (3)$$

また、エアロゾルを除く大気分子の消光係数 $\alpha_{mol} [m^{-1}]$ は

$$\alpha_{mol} = 9.807 \times 10^{-23} \left(\frac{273}{T} \right) \left(\frac{1}{\lambda^{4.0117}} \right) \left(\frac{P}{1013.0} \right) \quad (4)$$

$T [K]$: 大気温度

$P [mbar]$: 大気圧

$\lambda [cm]$: 波長

と書ける。

$$\beta_{mol}(z) = \frac{3}{8\pi} \alpha_{mol} \quad (5)$$

の関係があるので、これより $\beta_{mol}(z)$ を計算することができる。

エアロゾルの体積後方散乱係数 $\beta_{aer}(z)$ とエアロゾル後方散乱比 S_1 には次の関係がある。

$$S_1 = \frac{\beta_{aer}(z)}{\beta_{mol}(z)} \quad (6)$$

また $\beta_{aer}(z)$ とエアロゾルの消光係数 α_{aer} の関係式は

$$\alpha_{aer} = \frac{1}{P_\pi} \beta_{aer}(z) \quad (7)$$

となるのでこれらの式から $\beta_{aer}(z)$ を求めることができる。但し S_1 はエアロゾルの量などに依存するパ

ラメータであり、マックラッチャーが示す値を仮定した。これは視程 23 km 清浄モデルと呼ばれるもので比較的大気が透明で、きれいなときの状態を表している。シミュレーションでは上述したエアロゾルの補正を考慮している。また P_π はエアロゾルの後方散乱位相関数でエアロゾルに関するパラメータで海上で 0.05 から都市部で 0.015 まで変化する。ここでは $P_\pi = 0.023 \text{sr}^{-1}$ に選んでいる。ライダーの測定の信号対雑音比 (signal to noise ratio) S/N は、次式で与えられる。

$$S/N = \frac{\bar{S}_t}{\sqrt{V[S_t]}} = \frac{\sqrt{M} \xi P_0 (N_M + 1) G_t / 2}{\sqrt{N_M} \sqrt{\xi} \mu (P_0 (N_M + 1) G / 2 + b) + (\Delta p)^2 / 12} \quad (8)$$

ここで、 S_t : 相関、 $V[S_t]$: S_t の分散、 N_M : M 系列の周期、M : 周期の繰返し数、 P_0 : 光出力量、 G_t : 応答関数、 $\xi = \eta_0 \Delta t / h\nu$ 、 η_0 : 検出器の量子効率、 ν : レーザ周波数、 $\mu = 2$: 雜音指数、 Δp : 光電子数、 h : プランク定数である。背景光強度 b は、単位波長当たり単位立体角当たり単位面積当たり、 $b = 8 \times 10^{-2} \text{W/m}^2/\text{sr}/\text{nm}$ を仮定した。AD 変換の際の最小刻み (LSB) を Δq とすると、光電面における光子数 Δq と次式の関係がある。

$$\Delta q = \Delta p \frac{e}{\Delta t} R_t M_{PMT} M_{AMP} \quad (9)$$

ただし、 e 、 Δt 、 R_t 、 $M_{PMT} = 2 \times 10^5$ 、 $M_{AMP} = 20 \text{dB}$ は、それぞれ電子の電荷、時間分解能、PMT の負荷抵抗値、PMT および増幅器の増倍率である。表 1 に計算で仮定したパラメータの値を示す。検出器系の性能 η_0 、 M_{PMT} 、 M_{AMP} は波長依存性が大きい。

3. 計算結果

最近では高出力な LD が出回っているので、50mW を仮定した。また $S/N = 10$ を仮定した。これは、雑音にたいし信号が 10 倍であり、測定誤差が 10% であることを意味している。表 1 のパラメータを仮定してシミュレーションを行った結果を図 4、5、6 に示す。これらの図では誤差が 10% 以内となる計測時間（積算時間）が示されている。図 4 は望遠鏡の直径を 20cm、25cm、30cm、50cm と変化させ、他のパラメータを一定にしたときの計算結果を示す。望遠鏡の大きさは価格の割にはそれほど大きくきいてこないことがわかる。図 5 はレーザ出力を 1 mW、10 mW、20 mW、50 mW、500 mW と変化させ、他のパラメータを一定にしたときの計算結果を示す。レーザ出力は大きく結果に関与することがわかる。安価であればできるだけ高出力化したほうがよいことがわかる。図 6 はレーザ波長を

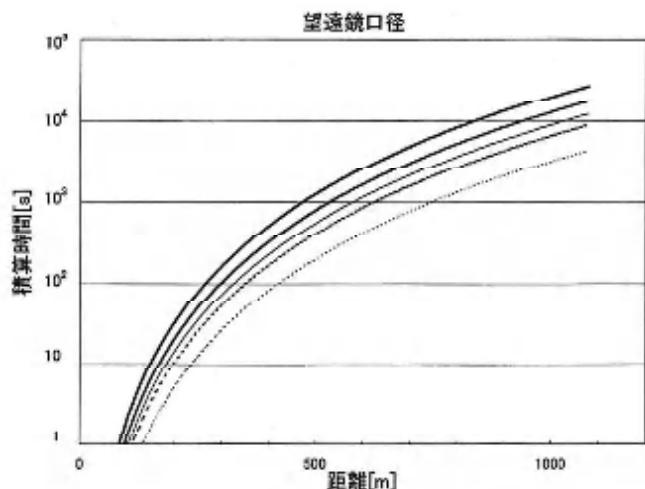


図4 積算時間の望遠鏡の口径依存性。上から順に望遠鏡の直径を20cm, 25cm, 30cm, 40cm, 50cmと変化させ、他のパラメータを一定にしたときの計算結果

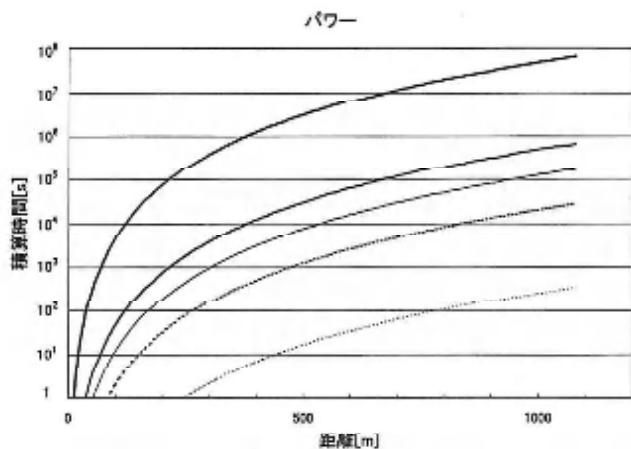


図5 積算時間の出力変化。上から順にレーザ出力を1mW, 10mW, 20mW, 50mW, 500mWと変化させ、他のパラメータを一定にしたときの計算結果

表1 仮定したライダーパラメータ

送 信 系	レーザ	波長	778nm
		パワー	50mW
		電流	80mA
M系列の周期	4095		
	M系列のサンプリング時間	60ns	
受 信 系	望遠鏡	口径	20cm
		焦点距離	40cm
		視野	2mrad
検出器(PMT)		増倍率	2×10^5
		量子効率	10%

400nm, 500nm, 600nm, 778nm, 1000nmと変化させ、他のパラメータを一定にしたときの計算結果を示す。検出器の性能、大気の性質は波長によっておおきく変化する。短い波長ほど性能がよいことがわかる。

図4の結果から望遠鏡の直径を20cm、波長778nmで距離分解能9m, S/N=10で、夜間に0~500m程度のエアロゾル測定を行うためには10秒が必要であることがわる。本方式はパルスレーザ方式に比べ測定レンジが短いのでコンパクトで近場測定用に限定される。この方法を差分吸収ライダーに適用するためには、On-Offの2波長計測にそれぞれ10秒が必要であるが、大気の擾乱を考えるとOn-Offの2波長の切替え時間1秒程度が望ましいので、切替え法を検討する必要がある。

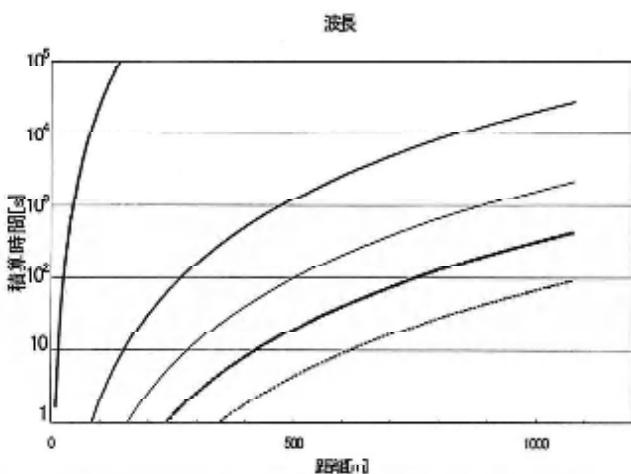


図6 積算時間の波長変化。下から順にレーザ波長を400nm, 500nm, 600nm, 778nm, 1000nmと変化させ、他のパラメータを一定にしたときの計算結果

4. 考察とまとめ

以上の計算により近赤外の波長778nmで50mW級LDにより500m程度の測定レンジで人気中のエアロゾルを測定ができることがわかった。また近赤外の波長1000nmでは、検出感度が悪く、計測時間が非常に長く必要であることがわかった。波長1000nmでは、ごく近距離計測にしか利用できないことがわかった。

これまで、我々はTi:サファイアレーザの誘導ラマン散乱による波長変換による可変波長光源を開発した^{[11]-[14]}。このレーザは、Nd:YAGレーザ励起光とするもので、Ti:サファイア結晶3本を用い自作したものである。2段アンプ方式で線幅10pm、最大出力70mJを得た。このシステムにより、差分吸収ライダー

では初めて自然界のレベルの濃度の二酸化炭素の濃度空間分布の計測に成功した。この研究成果により、赤外域の差分吸収ライダーでは、観測時間1分で測定レンジを0~1.5kmとすることができますが判明した。

しかしながら、Nd:YAGレーザ第2高調波励起Ti:サファイアレーザの誘導ラマン散乱を用いる方法は、現在の技術ではスペクトルの安定性の問題、また同調域の拡大が $4\mu\text{m}$ までは難しいなどの欠点があることが分かった。また、Nd:YAGレーザに1J級のものを用いても、フィールドでの使用条件では、フマン出力の第2ストークス線で、1mJ程度であった。近距離ライダーとして、規制対象に選ばれた主要3温暖化分子を測定するためだけであれば、パルスレーザよりもCWレーザに方々コスト面で有利との見解に至った。最近、高出力の半導体レーザが出現り、安価になってきた。また、CWレーザは、波長同調が簡単で、波長の安定性もよいことから、実用化の見通しを考えるとCWレーザの利用が考えられる。出力1mJ、繰り返し10Hzのパルスレーザの平均パワーは10mWであり、CWレーザでは50mW相当の出力で同程度の精度が達成できるとすれば、コストパフォーマンスの点で優れているといえる。

今後はPMTの使えない赤外域で水蒸気、二酸化炭素、メタンなどの差分吸収CW擬似ランダム変調レーザーレーダを拡張可能であるか検討する予定である⁽¹¹⁾⁻⁽¹⁴⁾。

謝辞

C言語によりシミュレーション計算を手伝っていた有明高等工業専門学校生産情報システム工学専攻専攻科生1年の市木祥平君、同電子情報工学科5年学生の林美沙君に感謝する。本研究は文部省の科学研究費基盤研究費(C)によって行われた。

参考文献

- (1) R. A. Baumgartner and R. L. Byer, *Appl. Opt.* 17, pp. 3555-3561, 1978.
- (2) 竹内延夫、杉本信夫、他：レーザー研究11(1983)763.
- (3) 竹内延夫、馬場浩司、桜井捷海、他：レーザー研究13(1985)353.
- (4) 上野敏行、竹内延夫、他：レーザー研究16(1988)101.
- (5) 阿保真、長澤親生、内野修：レーザー研究18(1990)341.
- (6) J. L. Machol: *Applied Optics*, 36, 24, 6021-6023, 1997
- (7) Emery and Flesia: *Applied Optics*, 1998
- (8) Asaka et al, *Optics Review*, 1998
- (9) Gittins et al., *Optics Letters*, 2000
- (10) Rybaltowskie and Taflove, *Optics Express*, 2001
- (11) K. Ikuta, N. Yoshikane, N. Vasa, Y. Oki, M. Maeda, M. Uchiumi, Y. Tsumura, J. Nakagawa and N. Kawada, Differential Absorption Lidar at 1.67 μm for Remote Sensing of Methane Leakage, *Jpn. J. Appl. Phys.* 38, Part 1, 1A, 110-114 (1999)
- (12) M. Uchiumi, K. Muraoka, T. Tanaka, M. Maeda, O. Uchino, DIAL and LPAL Measurement of CH₄, CO₂, CO and N₂O Using a Tunable IR Laser, *Proceedings of the 7th Int'l Symposium on Laser Aided Plasma Diagnostics*, 325-330 (1995)
- (13) 内海通弘、前田三男、地球温暖化に関する大気中微量成分計測用差分吸収ライダー、レーザー研究 第22巻 第6号、448-459 (1994)
- (14) M. Uchiumi, K. Muraoka, O. Uchino, O. C. Chee, M. Maeda, DIAL Measurement of CH₄, CO₂, CO and N₂O using a Tunable IR Source Based on the Ti: Sapphire Laser, *Proceedings of the 17 th Int'l Laser Radar Conference*, 25C2, 31-32, (1994)

有明高専生の英語能力の発達に関する縦断的研究(1)

—1年次と2年次の比較を中心にして—

安部規子

〈平成14年9月24日受理〉

The Development of English Abilities of the Students of Ariake National College of Technology:
A Longitudinal Study (1)

—With a Focus on the Improvements from the 1st Year to the 2nd Year—

ABE Noriko

In this paper, the development of English abilities of the students of Ariake National College of Technology is investigated. Seventy four students took the same English exams twice, in 2001 and 2002, and their test scores were examined by *t*-test. The result shows that the differences of test scores in English listening, reading, cloze-test, vocabulary are significant, while those in English word recognition and grammar are not significant.

1. はじめに

JABEEの認定をめぐり、高専の英語教育に対する期待はますます高まっている。本校の英語教育の改善のためには、高専の学生たちが5年間を通してどのように英語能力を発達させていっているかを理解することは大変重要である。

本研究では、平成13年度の1年次での英語教育について振り返り、その教育効果を検証するために、本校学生74名の1年次と2年次の英語能力の変化を調査した。

2. 目的

本研究の目的は、本校での1年間のリーディングとリスニングを中心とした英語授業を経て、本校学生のどの英語能力が向上しているかを明らかにすることである。

3. 授業の構造

3.1 授業科目

英語Ⅱ

本校では6単位である1学年の英語を3単位ずつ英語Ⅰと英語Ⅱにわける。そしてさらに英語Ⅱでは、リーディング中心の授業とリスニング中心の授業を2:1の割合で行なう。

3.2 単位数

3単位

リーディングを中心とする授業2単位、リスニングを中心とする授業1単位とする。

3.3

授業目標

21世紀の国際社会を生きるエンジニアにふさわしい英語力の基礎を身につける、英語を理解し、英語で表現する能力を養い、英語で積極的にコミュニケーションを図ろうとする態度を育てるとともに、言語や文化に対する関心を高め、国際理解を深める。

3.4 教科書

SUNSHINE ENGLISH COURSE I

(土屋澄男他著 関隆堂)

LISTEN TO AMERICA LL ENGLISH COURSE

(岡秀夫他著 大修館)

3.5 授業計画

英語Ⅱのリーディング中心の授業では、表1、2の通り、*SUNSHINE ENGLISH COURSE I*の偶数課(2, 4, 6, 8, 10課)及び、Reading 3を学習する。

表1 リーディング中心の授業計画(前期)

課の内容	言語材料
Lesson 2 The Beginning of Writing (文字の起源)	<p>文法項目 (1) 不定詞の用法 (2) 動名詞の用法 (3) 関係副詞節の働き (4) 過去分詞による形容詞句</p> <p>語彙 the Middle East / historical / pictograph / Sumerian / probable / tilt / clay / curve / straight / symbol / golf / tee / design / cuneiform</p>
Lesson 4 My Shirt Is for Church (国會議員となつた日系アメリカ人の学生時代)	<p>文法項目 (1) S+V+O+O (that clause) (2) 強調構文 (3) 疑問詞+do you think</p> <p>語彙 pretend / regardless / recommend / honor / society / interview / council / senior / serious / banker / whenever / tie / schoolwork / denim / pants / bare / disappointment / neighborhood / delinquent / sudden / anger / hey / trade / humiliate / blame / themselves / explanation / reject / racial / prejudice / ancestry / particular / determination / elect / congressman / Senator / overcome / prove / measure</p>
Lesson 6 Computer and Common Sense (人間の脳について)	<p>文法項目 (1) S+V(be)+C (that clause) (2) S+(be)V+C(形容詞) (3) 前置詞+関係代名詞 (4) 仮定法過去</p> <p>語彙 sense / ambiguous / context / interpret / noun / verb / definition / addition / expression / individual / depend / dinnertime / arrow / recognize / major / challenge / proud / refer / alter / ability / present / seek / action / response / account / artificial / intelligence / research / grant / vocabulary / calculate / absorb / environment / behave / according / surrounding / aware / apply / base / total / experience / basic / define</p>

表2 リーディング中心の授業計画(後期)

課の内容	言語材料
Lesson 8 A Wonder Boy (スティービー・ワンダーの人生)	<p>文法項目 (1) S+seem+不定詞 (2) It seems that clause (3) 関係副詞 (4) S+V(tell/ask)+O+to do の受身</p> <p>語彙 handicap / normal / pray / faith / healer / cure / blindness / regard / disease / balance / tend / develop / band / drummer / fascinate / drum / lap / toy / immediate / instrument / harmonica / Detroit / system / Braille / choir / service / porch / Horton / confident / shock / spread / rock'n'roll / blues / jazz / imitate / Ray Charles / soul / idol / attract / attitude</p>
Lesson 10 A Mysterious Sense of Direction (鳥の方向感覚)	<p>文法事項 (1) It+be 動詞+that clause (2) S+V(get / seem) +C(過去分) (3) 分詞構文 (4) 無生物主語</p> <p>語彙 compass / Gustav Kramer / conduct / experiment / starling / outdoor / migrate / restless / beneath / track / movement / northeast / view / suggest / determine / Franz Sauer / suspect / warbler / songbird / laboratory / approach / flutter / nearby / planetarium / pattern / ceiling / imaginary / conclude / researcher / radar / transmitter / clue / method / frost / contact / lens / homing pigeon / directly / release / certainty / sensitive / magnetic field / attach / magnet / sunny / bother / remove / regain / migration / affair / apparent /</p>
Reading 3 A Young A-Bomb Victim (大江健三郎のヒロシマ・ノートからの一節)	<p>語彙 A-bomb / victim / atomic / war / suffer / cause / expose / leukemia / misery / photo / wound / injure / narrow / teen / white blood cell / remain / opportunity / brave / worker / engage / nausea / violent / terrible / joint / fiancée / door / display / overdose / pill / buck / doc</p>

リスニング中心の授業では、表3、4の通り、*Listen to America LL English Course* の Lesson 1～Lesson 9 (Lesson 4 ははずす。) を学習する。

表3 リスニング中心の授業の計画(前期)

Lesson	学習内容
Lesson 1 Interview in America	(1)英語のインタビューの聞き取り (2)英語の母音の識別
Lesson 2 Introducing the Zoo	(1)大きさや色を表す英語の聞き取り (2)英語の母音の識別
Lesson 3 Animal Words	(1)英語でのクロスワードパズル (2)英語の子音の識別
Lesson 5 A Teenage Couple	(1)アメリカの若者の生活 (2)英語の子音の識別

表4 リスニング中心の授業の計画(後期)

Lesson	学習内容
Lesson 6 On a Date	(1)アメリカのディーンの男女交際 (2)英語の音の連結
Lesson 7 School Life	(1)学校生活に関する英語の聞き取り (2)英語の音の同化
Lesson 8 Slumber Party	(1)「パジャマ・パーティ」について。 (2)英語の音の同化
Lesson 9 Who Is Your Hero?	(1)多民族国家としてのアメリカ (2)英語の音の脱落

3.6 授業の実際

3.6.1 リーディング中心の授業について

入学当初は、予習の仕方、英和辞典の引き方、ノートの作り方など、英語学習への基礎的な取り組みを習慣化させることに主眼をおいた。

各課に予習プリントを準備し、授業は予習を前提として行なった。

授業中は、各課の内容理解と、語彙、慣用表現や文法事項等の言語材料の理解を目標として、授業が単調にならないように、聞く、話す、読む、書くの4技能の活動を取り入れるよう心がけた。

各单元終了後に、復習の練習問題のプリントと単語・熟語のテストを行ったが、学生は単語のつづりを鉛筆で紙に書いて覚えるという習慣がなかったので、復習の練習問題のプリントには「単語練習スペース」もつけるなど工夫した。

テストの結果、必要に応じて再テストや補習も行うなど、学生の到達度に応じて指導した。

また、教材のテーマに対する理解を深めるために、Lesson 8 では、スティーピー・ワンダーの歌の聞き取りを行なった他、鳥の方向感覚を扱った Lesson 8 A Mysterious Sense of Direction では映画「グース」の一部をビデオで視聴した。Reading 3 は大江健三郎の『ヒロシマ・ノート』の一節であったが、学生の多くは大江健三郎を全く知らなかつたので、大江健三郎が中学生向けに最近行なつた「世界はピンチだ!」という講演のビデオを視聴した。

3.6.2 リスニング中心の授業について

使用したテキストは、アメリカの高校生の生活を取り上げた題材が多く、学生の興味関心を引きつけた。

授業中は、テキストにそってストーリーの把握やディクテーション、個別の音の識別練習をすると同時に、テキストに取り上げられたインタビューやショッピングの場面を参考にして、学生がペアになって英語のダイアローグを作り、クラスに発表した。学生には自分たち以外のペアの発表を評価し、コメントを書かせた。学生同士で評価しあうことによって、発表態度も感情がよりこもるなど向上し、自分の発表が終わつた後も他の学生の発表を真剣に聞いた。

3.7 成績の評価方法について

成績は、リーディング中心の授業70%、リスニング中心の授業30%で定期考査の得点を基に、小テスト、授業への参加意欲などにより総合的に判断した。成績が振るわない学生については、個別に指導を行なつた。

3.8 授業以外の英語学習

3.8.1 長期休暇中の課題について

英語に限らず、高専生の学力向上を妨げる要因のひとつに長期休暇中の勉強不足が考えられる。学期中はある程度理解し身についた学習内容が、長期休暇中に復習されないままになり、休暇明けにはすっかり忘れられているという状態の繰り返しである。そのため、

休暇中もある程度英語学習を継続し、既習内容の復習になるように、実践的な問題を課題にしている。この課題を休暇明けに行なわれる「課題試験」の範囲としたため、学生は非常に真剣に取り組んだ。

課題は表5の通り、実用英語検定準2級と工業英語検定の4級の問題を改作して作成した。学生はこの課題に対して、試験問題を解き自己採点するだけでなく、知らないかった単語やイディオムを辞書で調べたり、1つ1つの文の意味を考え、丁寧に取り組んだ。

表5 長期休業中の課題内容

1年次 夏季休暇	実用英語検定 平成13年度第1回 準2級問題改作 工業英検 平成13年度4級問題改作
1年次 冬季休暇	実用英語検定 平成13年度第2回 準2級問題改作
2年次 春季休暇	実用英語検定 平成13年度第3回 準2級問題改作

3.8.2 工業英検について

高専では普通高校とは違い、「大学受験のため」という英語学習の動機はないが、専門教科の学習及び将来の職業において、英語の能力は重要である。本校の学生の特色である工業英語にも関心を持たせるために工業英語検定の受験を勧めている。本校では工業英検4級取得は、専門科目の1単位に認定される。1年生には最も基礎的なレベルである4級の受験を奨励した。

9月に4級レベルの単語集を1年生に配付し、自学を促した。11月に実施される検定試験に向けて、英語IIの授業でも過去の問題を3回分解いた。その結果、被調査者74名の内50名が工業英検4級を取得した。このような資格は英語学習に目標と自信を与えるよいきっかけになったと考えている。

3.8.3 実用英検について

実用英検の準2級は、本校では一般科目の2単位に認定される。2年次6月の段階では、被調査者の中には合格者はまだ数名しかいないが、今後合格者の増加が期待される。

3.9 授業の特徴

これまで述べたような1年間の英語IIの授業実践で特に強調したのは、次のような点である。

(1) タスク中心の英語学習

英語能力は教師の講義を聞いただけで向上するものではない。学生自身による英語の活動を通して英語が身につくよう、作業中心の英語学習を行なった。

(2) 目標をもった英語学習

1年生のレベルにあった目標を設定し、それに向かって努力させ、「わかった」「できた」という達成感を持たせるよう努めた。小さな目標とは、例えば各課の単語・熟語のテストであり、次には課題テスト、定期テスト、さらに英語検定などの合格である。

(3) 中断のない英語学習

英語学習にブランクがあかないよう、長期休暇や連休、また週末にも課題を与え、学習が継続するようにした。

以上のような1年間の英語学習の結果、英語の能力が向上したかどうかを次のような方法で調査した。

4. 成果の吟味と評価

4.1 被調査者

有明高専生74名

(転校、留年、退学のために1年から2年に進級しなかった学生のデータは除いてある。)

4.2 調査手順

以下の時期に以下の項目のテストを実施した。

調査時期

1年次は平成13年6月、2年次は平成14年6月に、それぞれ1週間以内で行なった。

調査項目

- (1) 英語リスニングテスト (40問20分)
- (2) 英単語聴覚認知テスト (50問15分)
- (3) 英語リーディングテスト (16問30分)
- (4) 英語クローズテスト (20問20分)
- (5) 英語語彙テスト (25問15分)
- (6) 英語文法テスト (25問15分)

次にそれぞれのテストとについて述べる。

(1) の英語リスニングテストは、ペネッセコーポレーションの英語コミュニケーション能力テスト Basic タイプ第3回問題を使った。

(2) 英語の単語聴覚認知テストの問題は、未知語がないように中学レベルの単語を『中学英単語である1200』(根岸(編) 東進ブックス1999) から選んだ。

付属CDの音声を聞かせ、各英単語の意味を解答用紙に日本語で記入させた。

(3) の英語リーディングテストの問題は、ペネッセコーポレーション英語コミュニケーションテスト第3回問題の中の長文2題を改作した。

(4) の英語クローズテストの問題は、*Look and Try ① Elementary* (桐原書店1998) のLesson 2 Hello Kittyの本文を用いて作成した。最初の2文を与えた後、7語目を自動的に抜いていき、20問を作った。採点方法は、原文どおりの答のみ正答とする方法をとった。被調査者はクローズテストの経験がなかったので、練習問題を事前にを行い、テストの形式に慣れさせた。

(5) 語彙力テストと(6) 文法力テストは *Word Power 1500, Word Power 3000* (L. A. Hill, Oxford University Press, 1982.) の問題の中から選んだ。

4.3 分析手順

各テストの1年次の得点と、2年次の得点を出し、1年次と2年次では差があるかどうかを調べるためにt検定を行なった。用いた解析ソフトはSPSSである。

4.4 結果と考察

各テストの結果は表6、7の通りである。

2年次の得点は、1年次の得点を全てのテストで上回っている。次にt検定でその差が有意なものかどうか調べた。その結果が表8である。

上の結果から、2年次の結果は、1年次の結果と比較して有意な差があるものは、6つのテストのうち、英語リスニング、英語リーディング、英語クローズ、英語語彙の4つであった。英単語聴覚認知との英語文

表8 1年次と2年次のテストの差の検定結果

	df	t	p
英語リスニング	73	6.674	0.000 ***
英単語聴覚認知	73	1.180	0.242
英語リーディング	73	4.165	0.000 ***
英語クローズ	73	3.251	0.002 ***
英語語彙	73	5.466	0.000 ***
英語文法	73	1.327	0.189

*= $p < .05$ **= $p < .01$ ***= $p < .005$

法では有意な差はみられなかった。

次に、各テスト結果について考察する。

(1) の英語リスニングが向上したことは、1年間のLLの授業の成果であるが、英語リスニングは英語音声にあれたからというだけで向上するものではない。英語リスニングには、英語読解力、語彙力、文法力などの英語の他の技能や、メタ認知能力が関わっていると考えられている。実際、単語の聴き取り能力については有意な差が見られなかっただが、それでも英語リスニング能力が向上しているのは、英語リーディング能力や語彙力が大いに貢献しているためであるし、その他、今回は調査されていないが、日本語能力やメタ認知能力の発達が関わっていると推察される。

2年次のリスニングの授業では、JABEE認定の要件となるTOEIC対策として、TOEIC形式のリスニングテキスト *STEPS TO SUCCESS IN TOEIC LISTENING 400* (Shohakusha, 2002.) を採用し、さらにリスニング能力の向上を図っている。

(2) 英単語聴覚認知の能力について有意な差は見られなかった。母音や子音の識別練習はテキストにも取り上げられており、ある程度行なったが不充分であった可能性がある。英語学習初級者では英単語をすばやく処理することが重要であるとされている。特にリスニングの下位者にはこのような訓練が今後必要かもしれない。

(3) の英語リーディング能力の向上には有意な差が見られた。これは、英語IIの授業で行なっている読解や、英検問題を題材にした休暇中の課題への取り組みが効果をあげたと考えられる。

(4) 英語クローズテストで測定された能力は総合的な英語能力を表している。英語クローズテストの結果に有意な差があったということは、被調査者の語彙、文法、読解等を含む総合的な英語能力が向上したということを表している。

(5) 英語語彙テストの結果には有意な差がみられた。これは、教科書に出た語彙が習得されたことに加え、自学用の単語集や工業英単語集を活用した成果であろう。

表6 2年次のテスト結果

2年	満点	最高	最低	平均	標準偏差
英語リスニング	40	34	14	24.9	4.52
英単語聴覚認知	50	37	15	24.3	4.677
英語リーディング	16	14	4	7.76	2.369
英語クローズ	20	15	4	9.09	2.639
英語語彙	25	18	7	13.2	2.625
英語文法	25	21	5	13.7	3.574

表7 1年次のテスト結果

1年	満点	最高	最低	平均	標準偏差
英語リスニング	40	31	14	21.7	3.596
英単語聴覚認知	50	34	12	23.8	4.501
英語リーディング	16	13	3	6.54	2.301
英語クローズ	20	15	4	8.18	2.173
英語語彙	25	16	7	11.2	2.377
英語文法	25	17	5	13.2	2.584

(6) 文法の能力については有意な差がみられず、文法能力が向上したとは言えない。その理由として、文法問題に特に焦点を当てたドリルを重ねる時間がなく、教科書に出てきたものをその場でだけ扱っているため、すぐに忘れてしまい定着していないためと考えられる。また、英語IとIIの分け方も影響しているのではないかだろうか。奇数課、偶数課と分けていることで、進度がばらついた場合、学生の立場では、必ずしも1課、2課、3課と順番に習っているわけではないため、文法事項を体系的に教授できていない可能性がある。

以上のような結果から、英語リスニング、英語リーディング、英語語彙、英語の総合力という面では、2年次では1年次よりも英語能力は向上しているが、英単語の聞き取りや文法能力では向上したとは言えないと推察される。

5.まとめと今後の課題

今回の調査では、本校生74名に6種類の同一の英語テスト問題を1年おきに2回解答させ、その点数の差を検定することにより、英語能力の向上を調べた。その結果、6つのテストのうち、英単語聴覚認知と英語文法能力以外の4つの技能では有意な差が見られ、この技能での英語能力の発達が明らかになった。もちろん、この向上は英語IIの授業のみの成果ではなく、英語Iの授業の成果でもある。

今後は、今回の調査では差が見られなかった2つの技能についてこれまでの実践を反省し対策を講じるとともに、これからさらに1年間の学習を経て、同じ被調査者に3年次にはどのような発達が見られるか調査する予定である。

最後に、平成14年度のテストの実施にあたってご協力いただいた本校英語科の村田和穂先生と山崎英司先生に感謝申し上げる。

参考文献

- 小池生夫(1994)『第二言語習得に基づく最新の英語教育』大修館書店
- 門田修平(2002)『英語の書きことばと話しことばはいかに関係しているか』くろしお出版
- 門田修平・野呂忠司(2001)『英語リーディングの認知メカニズム』くろしお出版
- 武井昭江(2002)『英語リスニング論』河源社
- 竹蓋幸生(1984)『ヒアリングの行動科学』研究社出版

付録

実施したテストのサンプル問題

(1) 英語リスニングテスト

Part A (10問) このパートの問題には、イラストが1枚ずつあります。そして、そのイラストについてA～Cの3つの英文が読られます。その中から、イラストの内容に最も合っているものをひとつ選び、解答用紙の正しい答の文字をマークしなさい。英文はそれぞれ一回だけ読みます。

Question 1

- [A] Judy and her father are having breakfast together in their kitchen.
- [B] Judy is making tea for her father to drink.
- [C] Judy and her father are drinking tea in a restaurant

(2) 英単語聴覚認知テスト

これから聞こえてくる単語の意味を日本語で解答欄に書きなさい。

スクリプト

- (1) potato (2) program (3) camp (4) science
- (5) race (6) bike (7) host (8) telephone
- (9) rose (10) communicate (11) British
- (12) pal (13) shuttle (14) Europe (15) activity
- (16) field (17) bookstore (18) goal
- (19) abroad (20) wrong

(3) 英語リーディングテスト

次の英文を読み、下の設問の答えとして最も適切なものを1つ選び、記号をマークしなさい。

Snowboarding is one of the fastest-growing sports in the world. People started snowboarding thirty years ago. It is surfing in the sea, skiing, and skateboarding. To go snowboarding, one needs a snowboard, special shoes, a way to make the shoes stay on the snowboard, and warm clothes. A snowboard is made from pieces of wood glued together and looks alike a skateboard without wheels. Some snowboards are wider and longer than others. Clothes should be warm and should be able to keep the snowboarder dry.

Snowboarders fall often and need to learn how to fall. Most injuries happen in the first two days of snowboarding. These injuries are usually to wrists or fingers and happen when

the person is trying to stop a fall.

The best way to start is to take lessons from a person who has become a good snowboarder. First one learns the stance, or way to stand on the snowboard. The person must choose to put either the right or left foot in front and the other foot in the back. Snowboards move the same way as the rider's body. For example, if the rider's body goes toward the right, the snowboard turns right. If the rider's body goes forward, the snowboard makes a forward turn. New snowboarders should practice the easy moves first.

1. What kind of sport is snowboarding?
- [A] Only people over thirty years old can start it.
 [B] You can enjoy the fastest speed in the world.
 [C] It takes people thirty years to master it.
 [D] It has been becoming more and more popular recently.

(4) 英語クローズテスト

次の英文の空欄に当てはまる英語1語を答えなさい。
 It is said that we are having a Kitty boom in Japan. Look around. Quite a few students and young (1) carry some Kitty goods. For example, (2) are kitty bags, Kitty notebooks, Kitty (3), Kitty PHS, Kitty omamori and even (4) shiitake!

(5) 英語語彙テスト

次の英文に適当な語を選び、マークシートの番号をマークしなさい。

- (1) I'm hungry. Do we have any [1. feed 2. feet 3. food 4. foot] in the house?
- (2) I've bought some postcards. I'm going to [1. second 2. send 3. set 4. sing] them to my friends.

(6) 英語文法テスト

次の英文に適当な語を選び、マークシートの番号をマークしなさい。

- (1) I live in Tokyo. And [1. what 2. when 3. where 4. who] do you live?
- (2) Is John here? — No, he isn't here [1. just 2. still 3. till 4. yet]. We're expecting him later.

On Phrasal Verbs in Defoe's Non-Fictional Writings: A Preliminary Sketch*

MURATA Kazuho

〈Received 27 September, 2002〉

1. Introduction

The aim of this paper is to describe some characteristics of phrasal verbs in Defoe's non-fictional writings, including political essays or pamphlets. Many of such writings had been issued long before he wrote fictional works (or what some refer to as "novels"); e.g. *Robinson Crusoe* (1719), his first fiction. Watt (1957: 103-104) points out that Defoe's early experience as a journalist is closely related to his later novel-writing career:

The nature of Defoe's journalistic experience had been particularly well adapted to further his later career as a novelist ... To journalism we can also attribute much of the responsibility for what is probably Defoe's supreme gift—his readability.

It seems, however, that a linguistic comparison between Defoe's fiction and non-fiction has not yet been thoroughly made.

My previous studies (2000, 2001, 2002) on Defoe's phrasal verbs observe that phrasal verbs in his fictional works are quite versatile, in both their syntactic and semantic aspects. In the present paper, I would like to consider phrasal verbs in Defoe's non-fiction. For example, it would be intriguing to see if phrasal verbs in the non-fiction were more frequent than those in the fiction, or otherwise. As Nevalainen (1999: 423) mentions, the phrasal verb "largely belongs to the colloquial idiom in Early Modern English,"¹ so it seems important to examine to what extent such colloquialism is seen in genres other than fiction in Defoe. Thus, a comparative research of phrasal verbs between two genres, throwing the language of fiction into relief (or *vice versa*), will lead us to an awareness of the change or growth of Defoe's language throughout the course of his writing career. This current research is a preliminary step to such an exhaustive study.

2. The Frequencies of Seven Particles: A Comparison between Fiction and Non-Fiction

My approach to phrasal verbs, as discussed in two previous studies (2001, 2002), depends upon Hiltunen (1994); the seven adverbial particles are focused on,² and their collocations with verbs are treated as "phrasal verbs."³

Before going into further detail, it may be necessary to take a general view of phrasal verbs in the period (around 1700) when Defoe was engaged in writing. To establish a norm or standard in the usage of those verbs in this period, I shall take advantage of "The Century of Prose Corpus" (COPC) compiled by Milic in 1992, which is a corpus of British English of the period 1680-1780.⁴ The following Table shows the frequencies of the seven particles, according to ten genres, in the first-half (1680-1730) of this corpus; the genres selected are: A: Biography (10,063 words), B: Periodicals (10,109), D: Education (10,200), E: Essays (10,129), F: Fiction (10,449), G: History (10,079), H: Letters and Memoirs (10,085), K: Polemics (10,183), N: Science (10,106), Q: Travel (10,374):

Table 1

	A	B	D	E	F	G	H	K	N	Q	total
up	9	8	6	6	10	8	11	5	14	10	87(2)
out	6	12	6	8	13	6	10	6	11	10	88(1)
away	4	0	2	0	8	2	1	0	1	1	19(5)
off	3	2	1	1	7	2	4	1	4	5	30(3)
down	5	2	0	1	2	4	2	3	0	1	20(4)
back	1	2	2	1	3	0	0	0	0	1	10(7)
forth	5	0	1	0	0	0	0	4	0	1	11(6)
total	33	26	18	17	43	22	28	19	30	29	
per 1000 words	3.27	2.57	1.76	1.67	4.11	2.18	2.77	1.86	2.96	2.79	

Note that the seven particles occur most frequently in "Fiction" (4.11 times per 1000 words) and least frequently in "Essays" (1.67 times). Needless to say, the number of the particles can be considered as directly reflecting the occurrence of phrasal verbs. As far as this result is concerned, phrasal verbs in this period seem to be most closely associated with the language of fiction.

Next come the particle frequencies in the four fictional works by Defoe: *Robinson Crusoe* = *RC* (122,086 words), *Captain Singleton* = *Single* (111,334), *Moll Flanders* = *MF* (137,074), and *Roxana* = *Rox* (133,861), which were published in the year 1719, 1720, 1722, and 1724, respectively.⁵

Table 2

	<i>RC</i>	<i>Single</i>	<i>MF</i>	<i>Rox</i>
up	358	242	235	258
out	250	159	215	217
away	148	175	138	128
off	114	108	141	129
down	180	95	85	80
back	80	74	94	88
forth	0	4	1	1
total	1130	857	909	901
per 1000 words	0.25	7.60	6.63	6.73

As the corpora are not of equal size, it is not possible to compare these frequencies directly. A comparison between rates of occurrences-per-1000-words, however, shows that Defoe's use of particles in any of his four major works is much more frequent than that in the "Fiction" in COPC; especially, *Robinson Crusoe* is notable. If the data from Milic's corpus can be regarded as a norm of the period 1680-1780, we can appreciate Defoe's highly frequent use of phrasal verbs, to some extent.

Now, let us turn to the phrasal verbs in his non-fictional writings. The works (or "tracts" may be a more appropriate term) selected here are the following: *An Essay upon Projects* (1697); *The Shortest Way with the Dissenters* (1702); *Giving Alms No Charity* (1704).⁶ And their abbreviations and the total words are: *Projects* (18,546 words); *Dissenters* (5,412 words); *Charity* (10,035 words). *Projects*, though the largest among them, is actually an excerpt by the Penguin editors. It is very difficult to classify these three tracts into any one of Milic's ten genres; *An Essay upon Projects*, advocating a social reform, does not always belong to the "Essays" genre. In any case, it appears safe to say that these three tracts are far from the "Fiction" genre. The frequencies of the particles in the texts are:

Table 3

	<i>Projects</i>	<i>Dissenters</i>	<i>Charity</i>
up	26	9	10
out	25	9	13
away	10	1	5
off	7	5	3
down	2	3	4
back	4	0	1
forth	1	0	0
total	75	27	36
per 1000 words	4.04	4.98	3.58

In comparison with the data in Table 2 (Defoe's fiction), the frequencies of the particles in the three tracts are much lower, but they are still higher than any of Milic's genres other than "Fiction"; the rate in *Dissenters* (4.98 per 1000 words) is higher than that of "Fiction" (4.11).

The corpus of Defoe's non-fiction must be hereafter enlarged, in order to increase the accuracy of the data. Nonetheless, a careful glance at the above three Tables might enable us to outline the following tendencies or characteristics in Defoe's use of phrasal verbs:

1. Defoe prefers phrasal verbs from his early career.
2. He makes more prevalent use of these verbs in his later fictional works.
3. "Up" and "out" are the most remarkable among the seven particles in non-fiction as well as in fiction; the same tendency as shown in COPC's data.
4. "Forth" is hardly used in either genre. This particle does not occur frequently in COPC, either. However, it seems worth paying special attention to Defoe's rare or exceptional use of this particle, because later novelists use "forth" much more frequently. For instance, Fielding uses this particle ninety-nine times in *Tom Jones* (1749), which contains about 350,000 words. Note that "forth" appears only six times in the approximately 500,000 words in the total of the four fictional works in Table 2. Thus, we might infer that Defoe tends to avoid this particle.

3. Lexical Analysis

In this section, apart from *Projects* (the excerpt), the other two shorter tracts are observed from a lexical point of view. The following list shows the verbs which collocate with the seven particles in each tract; the number in parentheses indicates the frequency:

Dissenters (27)

- up (9): set (2), build, bring, lift, preach, pull, take, swallow (1)
- out (9): root (4), turn (2), bear, cry, send (1)
- away (1): send
- off (5): come, take (2), buy (1)
- down (3): bring, melt, tamper (1)
- back (0)
- forth (0)

Charity (36)

- up (10): bring, lay, set (2), come, look, send, take (1)

out (13): find (6), make (4), carry, parcel, seek (1)
 away (5): come, drink, dwindle, idle, take (1)
 off (3): carry, go, leave (1)
 down (5): lay (2), bring, carry (1)
 back (1): bring
 forth (0)

When comparing the verbs in both tracts, we may notice the differences rather than the similarities. Especially, with "out," there is no verb in common to both texts. Probably this results from the difference of the subject matter in both tracts.⁷ *Dissenters* is aimed at Defoe's "fellow Dissenters, whom he was very happy to enrage" while "a good idea of his general theory on trade, ... can be gained from the tract entitled *Giving Alms No Charity*" (Furbank & Owens 1997: xix, xxii). Thus, the choice of phrasal verbs between texts by the same writer can be quite variable and different depending on the subject matter.

As Table 3 shows, phrasal verbs occur at a higher rate in *Dissenters* than in *Charity*. In this connection, the use of phrasal verbs in *Dissenters* seems much more unique. Here, let us focus on the most recurrent phrasal verb in each text, "root out" in *Dissenters* and "find out" in *Charity*; the former occurs four times,⁸ while the latter six times. Here are the instances:

[root out]

"You had an Opportunity to root out this cursed race from the World, ..." (140)/the contagion will be rooted out.(142)/This obstinacy must be rooted out, with the profession of it! (144)/the posterity of the sons of error may be rooted out from the face of this land, for ever! (144)

[find out]

she thereby found out the way how every family might live upon their own labour, (238) /unless the makers of these bays can at the same time find out a trade or consumption for more bays than were made before, (241)/If these worthy gentlemen, ... will find out some new trade, (241)/and putting his diligence on the tenters to find out some other work to maintain his family. (242)/If this Honourable House can find out a remedy for this part of the mischief; (252)/you will find out ways and means to set this matter in a clearer light, and on a right foot. (252)

Since both types of phrasal verbs are in transitive use, their grammatical objects (or subjects in passive) need to be observed. "Root out" has the objects with a negative implication such as "the cursed race," "the contagion," "obstinacy," "(the sons of) error," while the objects of "find out" are "the way," "a trade or consumption," "some new trade," "some other work," "a remedy," "ways and means," all of which suggest something neutral rather than favorable or negative. Thus, through the use of these two phrasal verbs, we can appreciate the difference in tone between the two tracts, in particular a more satirical or ironical tone in *Dissenters*.

Further, let us continue looking into phrasal verbs in *Dissenters*. With "root out" back again, we notice that the collocation of this phrasal verb with abstract nouns with a negative implication is in a sort of figurative or metaphorical use. That is, the literal meaning of "To pull, dig, or take out by the roots" (*OED2* s.v. root, v. 7. a.) is transferred into the sense of "to extirpate, exterminate, destroy" (*OED2* s.v. root, v. 7. a. fig.). Such use of "root out" is closely connected with the following instance:

This is the time to pull up this heretical weed of sedition, that has so long disturbed the peace of our Church, and poisoned the good corn. (139)

Here, the abstract noun "sedition" is compared clearly to the plant "(this heretical) weed." Though we find no such metaphorical instance of phrasal verbs in *Charity, Dissenters* contains other instances, as follows:

when our Church shall be swallowed up in schism, faction, enthusiasm, and confusion; (140)/the dignity of religion shall be bought off for five shillings: (141)/till the spirit of Whiggism, faction, and schism is melted down like the old money! (138)/There (in Scotland), they made entire conquest of the Church, trampled down the sacred orders and suppressed the Episcopal government, with an absolute, and, as they supposed, irretrievable victory, (136), etc.

A concentration of such figurative instances in one of Defoe's early works might be worthy of special mention. All these instances, evoking concrete or dynamic images, may contribute to the "readability" as cited in the introduction.

4. Syntactic Analysis

This section will examine syntactic patterns where phrasal verbs occur in our three texts. It is dangerous to generalize the syntax of phrasal verbs in Defoe's non-fiction when dealing with such a small corpus, because a certain syntactic pattern, even though unseen in the three tracts, may appear frequently in his other non-fictional works. This examination, therefore, must be made carefully in connection with the patterns common in Defoe's fiction.

4.1 The Initial Position of the Particle: The Type "Away she comes" Type

In Defoe's fiction, in the case where intransitive verbs of motion, like "go" or "come," co-occur with adverbial particles (especially, "away"), the particle often precedes its verb; the subject-verb inversion occurs where the subject are not a pronoun. *Moll Flanders* (1722), for example, contains twenty-two instances where "away" (which occurs totally 138 times) precedes the verb. On the other hand, *A Journal of the Plague Year* (1722) published in the same year has only one instance of this type, as far as the seven particles are concerned (Murata 2001: n159). This linguistic differentiation perhaps reflects the difference in genres; the latter work can be regarded as a "Journal" or reportage, as the title suggests, rather than genuine fiction. In this respect, it can be admitted that the "Away she comes" type is quite peculiar to a fictional style.⁹

In our present material of non-fiction, this pattern occurs only once:

If the bankrupt be a merchant, no statute can reach his effects beyond the seas; so that he has nothing to secure but his books, and away he goes into the Friars. (*Projects* 198)

I would like to emphasize the fact that this pattern, in spite of only one instance, does occur in the non-fictional texts; this suggests that a fictional style might play an important part in Defoe's non-fictional writings.

4.2 The Position of the Object in Transitive Use: "They turned on the light" or "They turned the light on"

As for "transitive" phrasal verbs, Quirk *et al.* (1985: 1153-54) state that "the particle can either

precede or follow the direct object": They *turned on* the light (SVAO). (or) They *turned* the light *on* (SVOA). This statement mainly refers to the case where the object is not a pronoun; a pronoun as an object usually takes the pattern SVOA, like "They turned it on." They continue, "Bearing in mind the adverbial status of the particle, we would indeed expect the latter (SVOA) order to be the more usual, ..." Moreover, "The particle tends to precede the object if the object is long, or if the intention is that the object should receive end-focus."

At about what time did such usage establish itself among the users (i.e. writers) of phrasal verbs, historically? Hiltunen (1994: 133), with reference to this pattern in the period 1500-1710, mentions: "As regards the variation in the position of the object in transitive constructions, the pattern Verb + Particle + Object is the predominant one if the object is nominal."

In Defoe's fiction, the predominance in SVAO does not change; *Robinson Crusoe* has 211 SVAO instances (82.5%) and 45 SVOA ones (17.5%); *Captain Singleton* 153 SVAO (78.5%) and 42 SVOA (21.5%); *Moll Flanders* 144 SVAO (79.6%) and 37 SVOA (20.4%).¹⁰ How about in Defoe's non-fictional texts around 1700? Of the totals found in the three tracts, we find 49 SVAO instances (83.1%) and 10 SVOA ones (16.9%); *Projects* has 23 SVAO instances (76.7%) and 7 SVOA ones (23.3%); *Dissenters* 9 SVAO (81.9%) and 2 SVOA (18.1%); *Charity* 17 SVAO (94.5%) and 1 SVOA (5.5%). The irregularity in distribution of SVAO and SVOA among the tracts may be, more or less, related to the difference of subject matter of each individual text. But, importantly, when the combined totals of the tracts are compared to each of the fictional works totals, there seems to be no striking difference between the non-fiction and fiction percentages. Let us examine the instances of SVOA:

"Well," says the first, "come, don't be concerned, you have got a good parcel of goods away I promise you, ..." (*Projects* 198)/while a sort of people who defy justice, and violently resist the law, shall be suffered to carry men's estates away before their faces, (206)/but then it spins wars out to a greater length; (217)/ I think it is plain in the present war that it is not he who has the longest sword, so much as he who has the longest purse, will hold the war out best, (217)/There is no question but the French may hold the war out several years longer; (217)/ it is my opinion there needs no other care to prevent intriguing than to keep the men effectually away. (223)/ "... But keep the question off, you keep the saint." (224)/T'was the ruin of that excellent Prince, King Charles I. Had King James sent all the Puritans in England away to the West Indies; (*Dissenters* 134)/devour the patrimony of the Church, and divide the spoil, by sharing the Church lands among their soldiers, and turning her Clergy out to starve! (134)/And first I humbly crave leave to lay these heads down as fundamental maxims, (*Charity* 235)

These instances contain relatively "long" objects such as "you have got a good parcel of goods away" or "Had King James sent all the Puritans in England away to the West Indies." Thus, the choice between SVAO and SVOA is, though a matter of rhythm or euphony cannot be denied, not always optional or arbitrary but rather seems to be bound up with "semantic focus" as Bolinger (1971: 54) points out.¹¹

4.3 The Gerundive Use: The "in the bringing forth" Type

A Journal of the Plague Year (A Journal), tinged with some non-fictional flavour, contains numerous instances of phrasal verbs as gerund, namely a nominal use in the form of the present participle. For instance, Murata (2001: 156-157) observes that the nominal use of "shut up," which occurs in the form of gerund 34 times (28%) among the total of its 123 examples, is syntactically quite versatile. Such a linguistic phenomenon can never be observed in other fictional works. How about

in our non-fictional corpus? Here are the typical instances:

besides the innumerable conceptions, which die in the bringing forth, (*Projects* 187)/A college for breeding up of artists in the useful practice of all military exercises; (*Projects* 218) /'Tis high time, then, for the friends of the Church of England to think of building up and establishing her in such a manner, (*Dissenters* 143)

The following cases can be taken as gerund:

there is a kind of honesty a man owes to himself and to his family that prohibits him throwing away his estate in impracticable, improbable adventures; (*Projects* 191)/The persons concern'd removing and carrying out our people to teach that unpolish'd nation the improvements they are capable of. (*Charity* 246)

The present material, which has totally 138 instances of phrasal verbs, contains only five gerundive ones (3.6%). With gerund itself, we find not a few instances like "If the bringing the Flemings to England brought with them their manufacture and trade," (*Charity* 246). Thus, it seems necessary to find out whether Defoe rarely employs phrasal verbs as gerund in this period or not, or if *A Journal* is the exceptional case, or not.¹²

5. Final Remarks

The above survey, though tentative and limited, suggests that a close and detailed study of phrasal verbs in Defoe's non-fiction can be quite useful or essential for discovering the characteristics of those verbs in his fiction. That is, Defoe seems to make frequent and effective use of phrasal verbs even in short tracts or pamphlets, as the instances in *Dissenters* show. Of course, he does not always make exclusive use of phrasal verbs. For example, "root out" as a figurative instance in *Dissenters*, as already mentioned in the third section, is defined as "to extirpate, exterminate, destroy" by the *OED2*. On the basis of this definition, these three Latin-based verbs can be taken as synonyms of "root out." Interestingly, two of them, "extirpate" and "destroy" are employed in this same tract, as follows: "we had, once, an opportunity to serve the Church of England, by extirpating her implacable enemies" (138), and "I answer, 'tis cruelty to kill a snake or a toad in cold blood, but the poison of their nature makes it a charity to our neighbours, to destroy those creatures" (139). Here is a matter of variation: the more colloquial and concrete use of "root out" and the more formal and abstract one of "extirpate." Thus, these synonyms seem to be carefully differentiated with shades of meaning. Such linguistic feature might lead to the following comment by Watt (1957: 103):

Defoe, as a journalist, wrote for the largest audience of all, and his concessions to its capacities were therefore much greater.

In order to point out further significant aspects concerning the shift or development in Defoe's use of phrasal verbs, the next task is to enlarge the non-fiction corpus and provide a qualitative and quantitative analysis of these verbs in both genres. Moreover, the syntax of phrasal verbs in Defoe needs to be investigated in connection with his unique sentence structure.¹³ Finally, my study of these verbs will be made from a historical perspective, with special reference to the first half of the eighteenth century.

Notes

* I am grateful to Dr. Richard Gilbert of Kumamoto University, who suggested stylistic improvements and gave me helpful comments.

¹ In Nevalainen (1999), "Early Modern English" refers to the English of the years 1476-1776, as seen in the title of the book to which he contributes.

² As "typical in the sense that they belong to the most productive elements forming phrasal verbs in contemporary English" (Hiltunen 1994: 129), the following particles are confined: *away, back, down, forth, off, out* and *up*. My treatment of these "adverbial" particles is the same with that in the previous studies; I completely exclude the cases where particles function as a preposition. See Murata (2002: 88-90) for details.

³ Quirk *et al.* (1985: 1150) classify the construction of a verb plus a particle into the following three types: phrasal verbs (e.g. *set up*), prepositional verbs (e.g. *look after*), and phrasal prepositional verbs (e.g. *put up with*). On this point, "prepositional verbs" are completely excluded from our discussion, but "phrasal prepositional verbs" are discussed as in the case where a phrasal verb is combined with a preposition, such as "*put up + with*." As for the phrasal verbs, Quirk *et al.* refer to those combinations which "behave as a single unit" (*ibid.*), and distinguish such verbs from "free combinations in which the verb and the adverb have distinct meanings on the other" (1985: 1152). In this study, not paying undue attention to such a distinction, I shall call verb-adverb(ial particle) combinations "phrasal verbs."

⁴ This corpus consists of two parts. "Part A" mainly comprises non-fiction works by the best known authors in this period, such as Addison, Swift or Johnson. According to Milic (1995: 329), "Part B, on the other hand, consists of one hundred selections of 2000 running words each from second tier writers from each decade between 1680-1780 in each of ten genres." As for authors and titles, see Milic (1995). My aim may be relevant to the first half of Part B (i.e. fifty selections between 1680-1730). The comparison between Milic's COPC and Defoe's fiction (i.e. Tables 1 and 2) has already been made in Murata (2002: n107-108).

⁵ The texts used are: J. Donald Crowley ed. *Robinson Crusoe* (Oxford World's Classics, 1983), Shiv K. Kumar ed. *Captain Singleton* (Oxford World's Classics, 1990), Louis Landa ed. *A Journal of the Plague Year* (Oxford World's Classics, 1998), David Blewett ed. *Moll Flanders* (Penguin Classics, 1989), and David Blewett ed. *Roxana* (Penguin Classics, 1987).

⁶ All the texts are from *The True-Born Englishman and Other Writings* edited by P. N. Furbank and W. R. Owens (Penguin Books). Page numbers follow each quotation and the underlinings are mine.

⁷ Hiltunen (1994: 135), mentioning "text-specific features that influence the frequencies" of phrasal verbs, remarks as follows: "one and the same combination may be repeated several times in succession. Usually this is due to the subject matter of the text, ..."

⁸ The verb "root" is also employed without "out" in this tract: "Had he so rooted the Puritans from the face of the land, which he had an opportunity early to have done; (135)" / "but I doubt not the Government will find effectual methods for the rooting of the contagion from the face of this land. (137)." On this point, "out" might be intensive rather than absolutely essential. Further, the instance "They are to be rooted out of this nation, if ever we will live in peace!" (144) is excluded from the counting.

⁹ Hiltunen (1994: 138) also remarks that in 1500-1710 a "notable characteristic in the fictional texts is the frequency of the pattern Particle + Verb + Subject (i.e. the type out comes Jack), not found in the other categories."

¹⁰ Needless to say, the passive use of transitive phrasal verbs is not out of consideration here.

¹¹ According to Bolinger (1971: 82), "Though the phrasal verb embodies both the action and the result, the position of the particle tends to make one or the other paramount. With transitive verbs, when the particle is postposed it tends to modify the noun; when it stands next to the verb it behaves more like a verbal affix." This interesting analysis might not be applicable to all the cases in Defoe's phrasal verbs. However, the following instances of SVAO and SVOA from *Roxana* (1724), which appear in the same passage, suggests the differences of semantic focus in these two patterns: "he call'd his Gentleman again, to take away the Table, who, at first, only took the Cloth, and the Remains of what was to Eat, away;" (98).

¹² In the five instances of gerund in non-ficiton, the verb and the particle always cling together, but the case where the particle is separated from the verb can be seen in *A Journal or Roxana*: "I mention'd above shutting of houses up;" (*A Journal* 36)/"the first breaking of it [i.e. the distemper] out in a House in Long-Acre," (*ibid.* 194)/"any of the people that had the breeding of them [children] up," (*Rox* 230). Such a syntactic pattern seems to be also related to "semantic focus" discussed in 4.2.

¹³ McIntosh (1998: 78) states: "Colloquial language is often assumed to be loose because the usual strategy of informal talk is to say what occurs and then add phrases and clauses for clarification, not to save up one's most important message for last. Defoe is widely acknowledged as a master of the loose sentence." In considering the syntax of phrasal verbs, we must not neglect this statement.

References:

- Bolinger, D. (1971) *The Phrasal Verb in English*. Massachusetts: Harvard University Press.
- Furbank, P. N. and W. R. Owens (1999) "Introduction" (to *The True-Born Englishman and Other Writings*). Penguin Books. vii-xxvi.
- Hiltunen, R. (1994) "On Phrasal Verbs in Early Modern English: Notes on Lexis and Style." *Studies in Early Modern English* (ed. Dieter Kastovsky). Mouton de Gruyter. 129-140.
- Kennedy, A. G. (1967 [1920]) *The Modern English Verb-Adverb Combination*. Palo: Stanford University Press. Rpt., New York: AMS Press.
- Lannert, G. L. (1910) *An Investigation into the Language of Robinson Crusoe*. Uppsala.
- McIntosh, C. (1998) *The Evolution of English Prose, 1700-1800*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Milic, L. T. (1995) "The Century of Prose Corpus: A Half-Million Word Historical Data Base." *Computers and the Humanities* 29. 327-337.
- Murata, K. (2000) "On the Verb-Adverb Combination in Defoe's *Captain Singleton*: With Special Reference to Nautical Terms." *The Research Reports of Ariake National College of Technology*, Vol. 36. 151-160.
- Murata, K. (2001) "Some Observations on Phrasal Verbs in Defoe's *A Journal of the Plague Year*." *The Research Reports of Ariake National College of Technology*, Vol. 37. 153-160.
- Murata, K. (2002) "Some Syntactic and Semantic Observations on Defoe's phrasal Verbs." *Kumamoto Studies in English Language and Literature*, 45. 87-112.
- Nevalainen, T. (1999) "Early Modern English Lexis and Semantics." *The Cambridge History of the English Language, Vol. III 1476-1776* (ed. Roger Lass). Cambridge: Cambridge University Press. 232-458.
- Palmer, F. R. (1987) *The English Verb* (2nd. ed.). London: Longman.
- Quirk, R. et al. (1985) *A Comprehensive Grammar of the English Language*. London: Longman.
- Smith, L. P. (1948) *Words and Idioms: Studies in the English Language* (5th ed.). London: Constable.
- Watt, I. (1957) *The Rise of the Novel: Studies in Defoe, Richardson and Fielding*. London: Chatto & Windus.

識的にそうしようとする「則天去私」とも言うべき、心情に裏うちされた詠作姿勢が見られる点である。
こうした傾向を含有する作品の先駆としてこの「御歳口感懷」を位置付けたい。

- 注1 拙稿「菅原道真研究 - 「菅家後集」全注釈(5)」(「国語国文学研究」第三十七号)
 - 注2 拙稿「『菅家後集』編纂事情の一考察 - 卷尾の詩「謫居春雪」の解釈を通して」
 - 注3 川口久雄校注「日本古典文学大系」「菅家文草・菅家後集」四九〇補注(八)七三六頁
 - 注4 後藤昭雄「菅原道真の詠竹詩について」(「平安朝文人志」)
 - 注5 後藤昭雄「菅原道真の詠竹詩について」(「平安朝文人志」)一三〇 - 一三二頁
 - 注6 金子彦二郎著「平安朝文學と白氏文集 - 道眞の文學研究叢書第二冊」(三九七頁)
 - 注7 拙稿「菅原道真研究 - 「菅家後集」全注釈(3)」(「九州大谷情報文化」第二十九号)
- ※(注) 今回、新たに、写本の校合として「参考館本」を加えた。閲覧を快く許可していただいた水戸徳川博物館、参考館文庫の皆様に厚く御礼申し上げます。

(二〇〇一年九月二十三日 執筆了)

「桑麻」の例が見える。

(補説)

・長齋終不破　長き齋は終に破らし

(傍線筆者)

◎三・四句目「鬢倍春初雪／心添臘後灰」の表現について
既に金子彦一郎氏より指摘されている(注6)事だが、この表現には次の「白氏文集」からの投影が濃厚である。

114冬至夜

冬至の夜

老去襟懷常漫落　老い去りて襟懷常に漫落
病來鬚髮轉蒼浪　病い來りて鬚髮轉蒼浪
心灰不及爐中火　心灰　爐中の火に及ばず
餐雪多於砌下霜　餐雪　廻下の霜より多し
三峽南竇城最遠　三峽南竇城最も遠し
一年冬至夜偏長　一年冬至夜偏へに長
今宵始覺房櫨冷　今宵始めて覺ゆ房櫨の冷ましなるを
坐索寒衣記孟光　坐るに寒衣を索めて孟光に記す

(本文は、「白居易集箋校」朱金城箋校に拠る。訓は「續國譯漢文大成白樂天詩集」に概ね従い、一部筆者が試読。傍線筆者)

この白居易の作品は元和十四年(ハ一九)四十八歳時。忠州刺史時代に詠まれたもので、冬至の夜長を今の地方住まいの心境とあわせて淡々と叙述をしていると思われる。道真はこの白詩の三・四句を詩意と切り離し、抄句として利用している表現だと考えられる。

◎七・八句目「合掌觀音念／屠蘇不把盃」の表現について

川口久雄氏は岩波古典文学大系本の頭注で「歳旦には、歳日酒即ち屠蘇酒をいわって邪氣をはらうのが道教的習俗であるが、仏道に専念帰依した私は屠蘇のことを思い出して杯を手にとらせない。四八一に九月九日の菊酒も長齋のために調えなかつたことが見える」(五一一页)と指摘されていることと、重複するが、以下に「首家後集」「四九月九日口号」を以下に引用してみる。

481九月九日口号　五言

一朝逢九日　一朝九日に逢ふ
合眼獨愁臥　眼を合わせて獨り愁臥す
菊酒爲誰調　菊酒は誰が為に調へむ

この作品については、筆者は既に注釈を施したものを作った。(注7) 詳細な考査は(注7)では割愛するが、傍線を付した箇所は、川口久雄氏が指摘されているように「災厄を払い、長寿を祈る道教的習俗の菊酒を飲むことをしりぞけ、専ら、仏教に帰依する姿勢を買こう」とする詩内容は、そのまま、この「歳旦感懷」の七・八句「合掌して觀世音菩薩を念ずるのみで、殊更、屠蘇酒を設け、盃を把り(長寿を祈念する)気持ちになれない」の詩内容と重なる。同時に、「四九月九日口号」が詠まれて四箇月弱経つたこの詩「四歳日感懷」とは、道真の詠作時的心境に微妙な変化が生じていることも見逃してはならないと思う。それは「四九月九日口号」の二句目「眼を合わせて獨り愁臥す」の「愁臥」及び四句目の「長き齋は終に破らじ」の「終不破」の表現である。「愁臥」に込められている道真の心境は、突如として京から人宰寺に左遷され、謫居生活を始めてから半年余、その間今の不運を何とか自分なりに乗り越えようと焦れば焦るほど、自分の不運が皮肉にも際立つてくる苦惱を詩作の中で綴つて来た流れがこの時点でも途切れていることを示している。一方で、そうした心情をたち切らんが爲に仏道に帰依しようとする決意が「終不破」に込められていくようを感じる。裏をかえせば、仏道に専念できるだけの心の余裕が今はないことを物語っている。一方「四歳日感懷」に目を移すと、道真の心境に気負いが消えつつあることに気がつく。四句目の「心は添ふ鬚後灰」と詠む心情と言ひ、七・八句目の「合掌して觀音を念ず　屠蘇盃を把らず」の表現中には、心静かに仏に帰依しようとする道真の姿が我々読者の目に容易に浮かぶ。二詩の傍線を付した箇所が発想的に同一と思われるだけに、その前後の句内容の差異が印象に残る。

道真はこの「四歳日感懷」の詠作された延喜二年(九〇二)春より、亡くなるまでの一年余、それまでの詩の詩情と異なる作品が詠作されていくことを筆者は既に論じた。(注2)その中で次のように論じた。

この期の作品群の特質として次の二点を指摘したい。その一つは「仏教への傾倒」である。死期の近い事を悟りつつある道真にとって死後の世界に心の安泰を求めるようと仏教に心の支えを得んとする姿勢がより鮮明になり、仏教用語が詩語として多用されているのがこの期の作品の特徴とうつる。そして二点目は一点目と深く関わるが、死期の近い事を自覚しつつ我が日々の諸居生活に何の好軒も見出せないことから来る諦念、もしくは意

【菅家文草】「318庚申夜、述所懷」に「故人詩友苦相思、霜月臨空獨詠時」の句が、「319感白菊花、奉言尚言平右丞」に「故人知我多芳意、所以孤叢望貴禮」の句が、又「258殘菊下自詠」に「天下涼陰花下冷、主人外吏故人稀」の句が見える。紀長谷雄の漢詩文「75九月盡日、惜殘菊應製」に「不下降席而明四海內之心、故人皆送秋、所以賜送秋之宴」の例が見える。「凌雲集」「22錢右親衛少將軍朝嘉通奉仕慰無關東探得臣」に「鄉心杳杳切歸想、客路悠悠稀故人」の用例が見える。

○新歲……新しい年。新年。「宋之間・新年作詩」に「鄉心新歲切、天畔獨潸然」の句がある。「漢語大詞典」では「猶新年」と説明する。

○髮……びん。耳際の髪の毛。耳のあたりの頭髪。双鬟。霜鬟。

○倍……ますます。いよいよ。今までに倍して。倍。勧増。益。

○臘……①くれ。年の暮れ。十二月。

【臘月】陰曆十二月の異称。臘は陰曆十一月の祭の名。獸を獵して以て先祖を祭るからいう。【史記】「秦記」に「惠文君十二年、初臘（注）正義曰、臘、十一月臘日也。秦惠文王、始效中國爲之故云、初臘、猶禽獸、以歲終祭先祖、因立此日也」の一文がある。

○灰……ここでは二義の意をかける。一義は「古、律管に蓼草の灰を入れておき、その変化で気候を測定したもの」つまり【葭灰】を指す。「葭灰」とは「大漢和辞典」に「○あしの灰。あしの幹の中の薄いまくをやいて作った灰。この灰を樂器の律管の中に置いて気候を占う。冬至節に律が黄鐘の管に中れば黄鐘管の葭灰が飛昇するの類」と説明があり、「漢書」「天文志」の「候氣之法、竹爲管、葭草爲灰」の記事を引く。同じく「後漢書」「律曆志」の「候氣之法、爲室三重、布綻縫、木爲案、從其方位、内庫外高、加律其上、以草莖灰、抑其内端、接律候之、氣至者灰去」の記事を載せる。ここでは「時節」「時候」の意として一義的に使つていていると考えられる。

【菅家後集】「486卷一百韻」の、一二九句にある「灰飛推律候、灰飛んで

加律其上、以草莖灰、抑其内端、接律候之、氣至者灰去」の用例がまさにこれである。次に二義は「灰になる」「活気がなくなる」の用法で、「灰心」の「灰」の意である。

【灰心】冷灰のように心が非常に平静なこと。無心の態。【莊子】「齊物論」の「形固可使如槁木、而心固可使如死灰乎」の二文を典拠とする語。【漢語大詞典】には「謂悟道之心、不為外界所動、枯寂如死灰。語本『莊子』語人詞典」には「謂悟道之心、不為外界所動、枯寂如死灰。語本『莊子』齊物論。形固可使如槁木、而心固可使如死灰乎」と説明する。【白氏文集】

「84渭村退居。寄龍山崔侍郎、翰林錢舍人詩一百韻」中の「泥尾休搖掉、

灰心罷激昂（龜のよう）に尾を泥の中に曳き、心は死灰のようにして激昂せず」の用例がこれを指すと思われる。【菅家文草】にある「215早春閑望」の「早起灰心坐、冥冥是夢魂」の用例も同様の使われ方である。▶補説 参照

○齋……ものいみをする。飲食動作をつづ込んで清潔謹慎を守り思慮意念をつづしんで專一精明にとどまること。

○盤……はち。さら。物を盛る器。【正字通】に「盤盛物器、或木或錫銅爲之、大小淺深方員不一」とある。（漢和大辞典）

○香案……香爐・燭臺等をのせる机。香机。【漢語大詞典】では「放置香炉燭台的条卓」と説明し、「唐元帳《連昌宮詞》」の「乾出燕巢盤門拱、茵生香案正當倚」の句を載せる。

○觀音……【觀世音】[Avalokitesvara]の漢訳。世音を觀する、の意。觀自在菩薩の名称。世の人びとの音声を觀して、苦悩を解脱せしめるので、こう称する。【觀世音菩薩】觀世音は[Avalokitesvara]の漢訳。この原語は阿彌陀佛・低溫伐羅と音写される。漢訳は旧訳で、光世音・觀世音（略して觀音）、新訳で、觀自在、觀世自在。別名では救世菩薩、施無畏者、蓮華手菩薩など。觀世音とは世間（の衆生）が救いを求めるのを聞くと、直ちに救済する、という意。觀自在とは、一切諸法の觀察と同様に衆生の救済も自在である、の意。救いを求める者のすぐたに応じて大慈悲を行ずるから千変万化の相となるという。勢至菩薩とともに阿弥陀仏の脇侍となり、胎藏界の曼荼羅中台八葉院の西北にあり、また迦葉部院の土尊である。

【広説 佛教語大辭典】中村元著上・二二九頁）【菅家後集】「519偶作」に「此賊逃無處、觀音念一廻」の句が見える。

○屠蘇……○薬の名。肉桂・山椒・白朮・桔梗・防風等を調合したもの。

正月元日に此の薬を酒に浸して飲めば病を除くといい、飲む時には年少者からはじめる。此の風俗は唐代に始まる。【荆楚歲時記】に「正月一日、是三元之日也、（中略）長幼悉正衣冠、以次拜賀進椒柏酒、飲桃湯、進屠蘇酒、董助云、正月飲酒、先小者、以小者得歲先酒賀之、老者失歲、故後與酒」の記事が見える。（大漢和辞典引用文）【漢語大詞典】では、「（5）亦作屠肝、藥酒名。古代風俗、于農曆正月初一飲屠蘇酒」と説明し、

【把酒】【把盞】酒杯を手に持つこと。「孟浩然・過故人莊詩」に「把酒話南斯・梁宗慎《荊楚歲時記》」（正月一日）長幼悉正衣冠、以次拜賀進椒柏酒、飲桃湯、進屠蘇酒……次第從小起」の二文を載せる。【菅家文草】「280元日戲諸小郎」に「不須多勸屠蘇酒、其奈家君白髮新」の句が見える。

○把……とる。手を持つ。にぎる。つかむ。

【把酒】【把盞】酒杯を手に持つこと。「孟浩然・過故人莊詩」に「把酒話

にこそ」といひたるをもみて「いざいざ、これまづ、殿上にいきて語らむ」とて式部卿の官の源中将・六位など、ありけるは云ぬ。頭弁は、とまりたまへり。(新潮日本古典集成「枕草子上」萩谷朴校注)(傍線筆者)

▼【本朝文粹】卷第十一に「初冬夜す庚申、同賦修竹冬青、応數

藤篠茂に「晉騎兵參軍王子欽、種而稱此君」、唐太子賓客白樂天、愛而為我友の句が見える。この句は次の『和漢朗詠集』にも載せる。

▼【和漢朗詠集】卷下「竹」

晉の騎兵參軍王子欽
裁ゑて此の君と称す

唐の太子賓客白樂天
愛して吾が友と為す

晉騎兵參軍王子欽
裁稱此君

唐太子賓客白樂天
愛為吾友

馬茂

日本古典文学全集「和漢朗詠集」菅野禮行校注・訳

◎三句目「西府與東籬」の「東籬」について

この語は、既に【語釈】の項で触れたが、典拠とする作品を以下に引く。

「飲酒」一五 陶潛

結廬在人境 而無車馬喧
問君何能爾 心遠地自偏

偏なり

采菊東籬下 悠然月南山
山氣日夕佳 飛鳥相與還

偏なり

此中有真味 欲辨已忘言
忘る

(漢詩大系5 古詩源下) 星川清孝著
(傍線筆者)

（傍線筆者）

◎十五・十七句目「長者好漁竿」「短者宜書簡」の表現について

「白氏文集」「劉蕡竹」の十三・十四句目に次のような句がある。

小者載魚竿 小なるものは魚竿に載り
大者編茅屋 大なるものは茅屋に編め

(傍線筆者)

の自家の竹が、寄生しているのを見兼ねて疎にしたことを叙した作品である。作品全般からの投影は見られず、道真はこの作品の一匁を抄句としてここでは使っているものと考えられる。

●「雪夜思家竹」の詩全般について

この詩は、太宰府謫居時代の道真の詩風の変遷を見る上で重要な位置を占める作品だと考えられる。筆者は別稿(注2)で太宰府時代の作品を詩風の変遷という視点から三期に分けてみた。その中でこの詩は「太宰府謫居二期」の作品群の特質の一つとして取り挙げた次の点の好例として取り上げることが出来る。

「太宰府謫居一期」時に詠まれている作品群に比して道真自身が精神的に或る種の安定が見られるようになったことが大きいと思われるが「自然の事物」を「事物」として見つめることができるようになり、その「事物」に「自己」の感情移入」をはかる作品が目立つようになる点

この「霜雪夜思家竹」では、謫居での雪を日のあたりにし、京の自家の竹の様を想い起こし、十三・十四句で「抱直百低迷/含貞空破裂」と詠み二十三・二十四句で「縱不得扶持/其奈後凋節」と詠む詩句には道真自身の姿が重ねられているのは自明である。

こうした指摘は、既に川口久雄氏の「悲運におしひしがれて、なわかつ忠節を貫こうとしている道真の心を竹に感情移入している」(注3)があるが、筆者には、とりわけ道真の「詠竹詩」について詳細な分析と考察を行なされている後藤昭雄氏の学恩に拠る所が大きい。(注4)この「霜雪夜思家竹」を取り挙げられ考察されている一文を引用が長くなるが以下に紹介する。

竹を「此君」「碧鮮」の語でいうことと、その属性を「直」「貞」「後凋節」などの語でいうこと、あるいは切つて釣竿としようという発想、それらはこれまでに指摘してきたように換るところがある。そうした措辞はもとより用いるが、「雪が埋もれて「碧鮮折る」また竹が「低れ迷う」「空しく破れ裂く」というイメージは、従来の詠竹詩にはたえて見いだしえなかつたものである。(中略) 霜雪に逢つても、衆草に異なり、ひとりこの詩句は白居易が、太子少傅分司時代(六十七歳)(八三八年)洛陽

の用例を探る。

○直……まつすぐ。正しい。公平無私な。素直である。

○貞……節義を守って変えない。誠・真心・眞のもの。

○低迷……頭を垂れてさまよう様。「漢語大詞典」では「③低迷、指

情感」と説明する。

○破裂……やぶれきける。勢い強くはじける。「後漢書」「光武紀」に「天

時寒面皆破裂、至呼沱河」の用例が見える。

○漁竿……釣竿。「漢語大詞典」には「釣魚的竹竿。多作垂釣隱居的象征」と説明があり、「唐·岑參《初授官廳高冠草堂》詩」の「祇緣五斗米、孤負一漁竿」の用例を探る。

【晉家文草】「41於亭歲曰、招客同飲」に「欲知倒載非陽醉、舟櫓漁竿遺置廻」の句が見える。又、紀長谷雄の漢詩文「4山

家秋歌」に「忘老至、計身安、乘閑空把一漁竿」の句が見える。

補説

○編列……編みつらねる。

○提……手に下げる。手に持つ。

○垂竿……竿をたれる。魚を釣る。「謝朓《始出尚書省》詩」に「乘此終

蕭散、垂竿深洞底」の例が見える。「漢語大詞典」では「垂釣」と説明し、「韓愈·獨釣》詩之二」「侯家林館勝、偶入得垂竿」の句を載せる。

【晉家文草】「178園池晚晴」にも「波江自謁垂竿處、國老相知種藥時」の句が見える。

○千万……千たび万たび行う。

○連涙……なみだを流してさめざめと泣くさま。「王粲·贈蔡子篤詩」に「中心孔憇、涕淚灑澑。(注) 潤日、涕淚如波澑也、澑、亦涙流也」とある。

○嗚咽……むせび悲しむ。むせび泣く。「陸機·弔魏武帝文」に「氣衝襟以鳴咽、涕垂睫而汎瀾」の例が見える。「漢語大詞典」には「①低声哭泣、亦指悲泣声」と説明があり、「漢蔡琰《悲憤》詩之二」の「觀者皆歔欷、行路亦嗚咽」の句を載せる。

○縦……たとい。かりに;としても。(譲歩を示す。)

○扶持……助け合う。助けあう。「漢語大詞典」では「②支持、帮助」と説明し、「管子」「形勢解」に「道者、扶持衆物、使得生育、而各終其性命者也」の例を引く。「晉家文草」「60殘燈、風韻」に「餘光不力扶持舉、競

下蘆葦恐見風」の句が、同じく「360懷中書懷詩」に「早起呼童子、扶持殘菊花」の句が見え、「晉家後集」「48山僧贈杖、有感題之」に「扶持無處遊花月、拋棄有時倚竹籬」の句が、同じく「304官舍幽趣」に「依病扶持藜杖、忘愁吟詠菊殘花」の句が見える。

○後凋……しづみ後れる。なえ後れる。あとまでしづみに残っている。君子の晩節のあるさまをいう。「漢語大詞典」では「後彫」の説明として「亦作「後凋。」とした上で次の例をひく。【論語】「子罕」に「6歲寒然後知松柏之後彫也。何晏集解:「喻凡人處治世，亦能自脩整，與君子同在漢世，然後知君子之正不苟容也。后因以「後彫」比喩守正不苟而有晚節」

紀長谷雄の漢詩文「69九日後朝侍宴朱雀院、同賦秋思入寒松應太上皇製」に「夫子旦云、歲寒然後知松柏之後凋、古人之言，在今可驗」の例が見える。

【晉家文草】「20早霜」に「寒心旅客雖樗散、含得後凋欲守貞」の句が、又、「33賦葉落庭柯空」に「暮塵先落柳、絕凋後凋松」の句が見える。

○其……助) ①それの言ひ出しの語。特に訳出す必要はない。【漢辞海】「其」は方法や処置を問う動詞で、ふつうは疑問の代詞「何」を後にともない「奈何」の形になることが多い。「奈」を単独で用いた場合は「いかん」「いかんセン」と読んで、「どのように対処する」「いかに処置する」と訳す(【漢辞海】)

○節……竹の「節」と「節義」の「節」を掛ける語。

【節義】……道義をかたくとり守るみさお。節操があつて、行いが道義にかなつていること。【漢語大詞典】には「亦作「節韻」、謂節操與義行」と説明があり、「管子」「君臣上」の「是以上之人務德、而下之人守節義」の例を載せる。

補説

○一句目「此君遠離別」の「此君」について

【語訳】

で述べた「晋の王徽之が竹を指して「何ぞ一日も此君無かるべけん」と言つた故事とは次の二文を指す。

【晉書】王徽之傳

嘗、寄居空宅中、便令種竹、或問其故、但肅咏指竹口、何可一日無此君

▼【枕草子】「五月ばかり、月もなう、いと暗きに」(第百二十段)にこの故事を踏まえた次の二文を見出すことが出来る。

五月ばかり、月もなう、いと暗きに、「女房やさぶらひたまふ」と声々していへば、「出でて見よ。例ならずいふは、誰ぞとよ」と仰せらるれば、「は誰ぞ。いとおどろおどろしう、きはやかなるは」といふ。ものはいはで、御簾をもたげて、そよろとさし入るる、吳竹なりけり。「おい。此の君

たとえ、私という主人がなく、誰もあの雪に折れた竹を支えてやることは出来なくても、松柏とともに洞み後れる竹であるお前の貞節な心は（曲りがどうであろうと、主人がいよいよがいまいが）どう出来よう。（きっと）いつまでも不变であり続けるはずである。

語釈

○忽……たちまち。にわか。突然。

○遷去……罪を得て遠方へ流されること。左遷流謫されること。

○此君……竹の異名。晉の王徽之が竹を指して「何ぞ」口も此君無かるべけん」と言つた故事に基づく。補説 参照。【漢語大詞典】では、「唐、岑參『苑公叢竹歌』」「此君託根幸得地、桓來幾時間」の用例、及び

【唐白居易・東樓竹詩】「樓上夜不歸、此君留我宿」の用例を載せる。【菅家文草】には「¹⁵⁷疎竹」に「此君何處植、閑在了歎難」の例が、「¹⁸¹新竹」に「此君分種菅家根、二年來最小園」の例が、「²⁶⁸思家竹」に「子欽一日猶馳戀、豈敢涉年無此君」の例が、「²⁶⁹奉謝源納言移種家竹」に「吟嘯此君口棄瀆、豈堪移去入朱欄」の例が見える。

○西府……鎮西の府・太宰府の事。【菅家後集】「¹⁴⁸綱意一百韻」に「職豈圖西府、名何替左遷」の句が見える。

○東籬……東のまがき。東側のかきね。陶潛の「飲酒詩」の詩句を典拠とする語。補説 参照。【漢語大詞典】には「陶潛〈飲酒〉詩之五」

「採菊東籬下、悠然見南山」。后因指种菊之處、菊圃。の説明を載せ、又、「唐楊炯、庭蘭賦」「憑南軒以長嘯、坐東籬而盈把」の例を引く。【菅家文草】「³⁸⁶擬中書懷詩」に「暮繞東籬下、洗拂竹橫斜」の句が見える。

○關山……郷里の四境をめぐる山。転じてあること。「徐陵、關山月詩」に「關山三五月、客子憶秦川」の例が見える。【漢語大詞典】には「關山山嶺」と説明し、「樂府詩集・橫吹曲評五・木蘭詩」の「萬里赴戎機、關山度若飛」の例を探る。

○消息……音信。たより。手紙。「杜甫・袁江頌詩」に「浩滔東流劍閣深、去往彼此無消息」の用例が見える。【漢語大詞典】では「⑦音信・信息」と説明し、「漢・蔡琰・悲憤詩」の「迎問其消息、輒復非鄉里」の用例を採る。【菅家文草】「³⁸⁷庚中夜、述所懷」に「邊前反覆家消息、酒後平高世

煖夷」の例が、又「菅家後集」「⁴⁸⁸讀家書」に「消息寂寥三月餘、便風吹著一封書」の例が見える。

○參列……さびしくはげしい。甚だしくむごい。酷烈。「張衡・西京賦」に「雨雪飄飄、冰霜慘烈。(注) 純日、慘烈、寒也」の例が見える。【漢語大詞典】では「③十分悲痛或悽惨」と説明する。

○沉默……裏えて物を言わぬさま。「江淹・哀千里賦」に「情怡成憂、憫默自憐」の例が見える。

○紛紛……○みだれるさま、まじり乱れる様。「李白・前有樽酒行」に「落花紛紛稍覺多」の句が見える。【漢語大詞典】では「④亂貌」と説明し、「管子」・「板」の「紛紛乎若亂絲、遺遺乎若有從治」の用例を引く。又

【紛紛揚揚】の項では「亦作、紛紛洋洋」。形容雪花或似雪花般散片細物紛乱飄揚」と説明する。【菅家文草】「¹⁴⁹臨別送鞍具總州春別駕」に「淚落分見知老繁陌頭垂」の句が見える。【田氏家集】にも「⁵乞紙贈隣舍」に「滿臉秋懷落以雲、唯因無紙鬱紛紛」の句が見える。

○專夜……夜とおし。「菅家文草」「¹⁵⁰臨別送鞍具總州春別駕」に「淚落分見知老繁陌頭垂」の句が見える。紀長谷雄の漢詩文にも「⁸⁷寛平八年閏正月、雲林院行幸記」に「從來勝境屬風情、專夜相思夢不成」の例を見出せる。

○白屋……貧しい者の住むところ。「漢書」「王莽傳」に「開門延士、下及白屋」(注)師古曰、白屋、謂庶民以白茅、覆屋者也」とある。【漢語大詞典】には「①指不施采色、露出木材的房屋、一說指以白茅覆蓋的房屋、為古代平民所居」と説明する。【白屋之士】の項には「指貧寒的士人」と説明する。

○碧鱗……竹の異名。中国、晉の左思が「吳都賦」で、竹のみどりのあざやかなさまを「塘樂婢娟、玉潤碧鱗」(注)向日、玉潤、碧鱗言竹色、如玉碧之鮮賦」に「塘樂婢娟、玉潤碧鱗」とうたつたことから、「左思」「吳都賦」に「塘樂婢娟、玉潤碧鱗」(注)向日、玉潤、碧鱗言竹色、如玉碧之鮮潤、碧而玉也」とあるに基づく。【漢語大詞典】には「②語出「左思」「吳都賦」塘樂婢娟、玉潤碧鱗。原用以形容竹的色澤、后因以“碧鱗”為竹的別名」と説明する。

○家僕……しかも。下男。「禮記」「禮運」に「仕於公曰臣、仕於家曰僕」の例が見える。

○逃散……逃げ散る。「唐書」「禮樂志」に「黃巢之亂、樂工逃散」の例がある。

○凌寒……寒さをしのぐ。「白氏文集」「風雪中作詩」に「陽凍侵夜行、凌寒未明起」の例が見える。【漢語大詞典】では「冒寒、嚴寒」と説明し、

【梁書】「到溉傳」の「魏世重變丁、晉朝稱「陸、如何今兩列、復以凌寒竹」の例が見える。

○撤：歸（松平）
○貞：頭注「貞作哀」（大島）
○生：「生」右に「性イ」傍注（尊一）（尊四）
○万：「萬」（太長）（太一）（太二）
○效：「効」（尊三）（尊四）（大島）（参考）（太一）（太二）（松平）
○刊本：全本

●（内二）：頭注「千万言以下」「十字は『雪夜思家竹』の断簡にして後頁にある。『東山小言』より『雪夜思家竹』までの詩を千万言の前に移すべき者也。直しく後葉を参照すべき也。

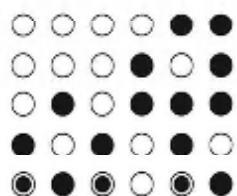
通釈

其れ、洞み後なる節を奈せん

私が晴天の華麗のように左遷の命を受けてから
(宣風坊の家の庭に植えてあつた) 竹とも遠く離れてしまつた。
鎮西のこの左遷された土地と我が京都の家の東籬とは
(はるかに幾重の閑所、山々に隔てられて) 家からの消息も絶えてしまつた。
ただ單に地理的・物理的に隔絶さやられているだけでなく、
(精神的にも) 天候の酷烈な寒気に遭遇し、
憂えもだえる日々が続き、夜は少しも心して休むことが出来ない。
しんしんと、夜の間中、雪が降り積もり、
(朝になり) 近くの家々が雪で白く覆まつているのを目にする
はるか彼方の京都の我が家が家の竹もこの雪の重みで折れていることだらうと心配になつてくる。
(主人もいなくなつて、家を守つてくれるはずの) 家僕も、とつくに逃げ散つてゐるに違ひない。(竹の管理なども誰もかえりみるものはいない) あるう。
いつたい、この寒い中をおして誰が竹に降り積もつた雪を掃き捨ててくれてゐるだろうか。
竹は、まつすぐに伸びる真直な心を抱きつつも自ら(雪の重みで) 低く地に倒れ伏している。
竹はひたぶるな貞節な心を抱きつつ、(雪の重みで) 二つに割れてしまつてゐる。
竹の長いものは、漁竿にしておけば良かつたものを
早くこうなる前に裁断しておかなかつたことが悔やまれる。
竹の短いものは、昔簡にしておけば良かつたものを
こうなる前に早く切つて編みつらねなかつたことが惜しまれる。
屋内では竹箇を提げ、屋外では釣竿を垂れることの出来る日々が送られれば、
私の生涯は、この上なく幸せであつたはずなのに
こんな様り言を何千何万回と口にしようど、今となつては何の効き田もない。
ただ涙がとめどなく流れ来て、一人寂しくむせび泣くのみである。

我忽ち 遷去しより
此の君に遠く離別す
・ 西府と東籬と
・ 關山 消息絶ゆ
・ 唯、地の乖限せらるのみに非ず
・ 天の慘烈なるに遭ひ遂ふ
・ 憨然して眠ること能はず
・ 紛紛たり 専夜の雪
・ 近く 白屋の埋るるを見る
・ 遙に 碧鮮の折るるを知る
・ 家僕は早く逃散す
・ 寒さを凌きて誰か掃撤せん
・ 直を抱きて自ら低迷す
・ 貞を含みて空しく破裂す
・ 長き者は漁竿に好かりしに
・ 悔ゆらくは早く裁ち截らざりしことを
・ 短き者は昔簡に宜かりしに
・ 姉まらくは先づ編列せざりし」とを
・ 簡を提げ、且つ竿を垂るれば
・ 吾が生、悦しむるに堪へん
・ 千万言ふとも効なからん
・ 運面としてまた嗚咽す
・ 縱ひ 扶持すること得ずとも

・自我忽遷
・此君遠離
・遭逢天慘
・關山非唯
・西府天限
・東府地限
・別離天限
・去別離天限



490 * 雪夜思家竹

本文

校異

○題字「雪夜思家竹」注「五言古調十二韻」：（内一）（大島）（松平）

頭注「無五言古調四字」：（大島）
 ●（内一）：題字「雪夜思家竹」から二十一句「吾生堪以悅」まで「487東

（太一）（太二）（刊本）全本
 ●（尊四）：題「雪夜思家竹」から二十一句「吾生堪以悅」まで欠落。

○○○○○限：恨（尊二）
 ○○○憊：頭注「憊作惱」（加越能）
 專：頭注「專作守」（大島）
 守（尊四）

490 * 雪夜思家竹

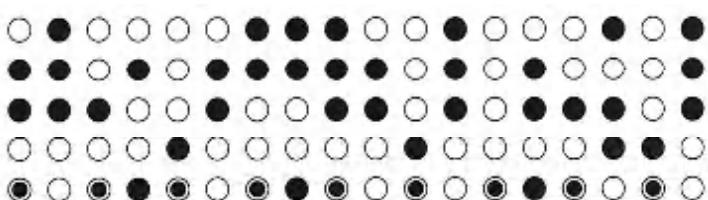
二

平仄

（京都大）	京都大学所蔵本
（筑波大）	筑波大学所蔵本
（東北大）	東北大学所蔵本
（東洋大）	東洋大学所蔵本
（書綴部）	書綴部所蔵本
（舞鶴）	舞鶴中央図書館所蔵本
（錦鹿）	鈴鹿文庫本
（住吉一）	住吉大社所蔵本（一）
（住吉二）	住吉大社所蔵本（二）
（多和）	多和文庫本
（三手）	三手今井所蔵本
（島根大）	島根大学所蔵本
（内閣二）	内閣文庫本（二）
（内閣三）	内閣文庫本（三）
（内閣四）	内閣文庫本（四）
（川口）	石川県立図書館川口文庫本

一、平仄の表記には、平声に○、仄声に●、韻字に◎を用いた。
 二、語彙等で主に利用した辞典は諸橋轍次編『大漢和辞典』及び、漢語大

五言古詩 脚韻は入声の肩韻である。韻字は「別」「絶」「烈」「雪」「折」
 撒「裂」「裁」「列」「悦」「咽」「節」である。



菅原道真研究—『菅家後集』全注釈(六)

焼山廣志

(平成十四年九月二十四日発行)

A Study of Sugawara Michizane

YAKIYAMA Hiroshi

Explanatory notes on all the poems of *Kankokoshu* (Private edition of Sugawara Michizane's poetry in Chinese written in the Dazaifu period) ---- Section VI

1

前回(注1)に引き続いで「菅家後集」の全注釈を試みた。今回は調査・考察を済ませた「菅家後集」「柳雪夜思家竹」及び「44歳口感懷」の「」首を1章以下取り挙げてみる。

注釈を進める上での「凡例」を次に示して本論に入りたい。

凡例

- 1、底本には川口久雄氏が岩波古典大系本に採られてゐる「前田家尊經閣所蔵本」を用いた。
- 2、原詩のみ止字で載せ、語釈・通釈等は現代かなづかいを用いた。
- 3、注釈にあたり、菅原道真的「菅家後集」の作品番号は、川口久雄校注、岩波日本古典文学大系本のそれにならい、参考として引用した嶋田忠臣の「田氏家集」の作品番号は、内田順子編「田氏家集索引」に掲り、紀長谷雄の漢詩文の作品番号は、三木雅博編「紀長谷雄漢詩文集並びに漢字索引」に掲った。又、白居易の「白氏文集」の作品番号は花房英樹著「白氏文集の批判的研究」のそれにならつた。
- 4、校異に用いた諸本は以下のように略号で示す。順不同。

写本		《底本》									
(尊一)	尊經閣所蔵本	(1)	一冊								
(尊二)	尊經閣所蔵本	(11)	一冊								
(尊四)	尊經閣所蔵本	(II)	一冊								
(静嘉)	静嘉堂所蔵本	(四)	一冊								
(彰考)	彰考館所蔵本		一冊								
(大島)	金沢大島文庫本		一冊								
(加越)	金沢加越能文庫本		一冊								
(内一)	内閣文庫本(一)		一冊								
(太一)	太宰府天満宮所蔵本	(一)	一冊								
(太二)	太宰府天満宮所蔵本	(II)	一冊								
(松平)	島原松平文庫本		一冊								
刊本		※(注)	一冊								
(金沢大)	金沢大学所蔵本		一冊								
(中之島)	大阪府立中之島図書館所蔵本		一冊								
(九州大)	九州大学所蔵本		一冊								

研究活動概要

発表した論文・著書及び講演題目

(自 2001年10月～至 2002年9月)

論文題目又は著書名	著 者	掲載誌名・巻号	年 月
知的障害児の自立性と遊び心の助長を目的とした立位保持装置の開発－卒業研究テーマとしての実践報告－	川嶋義則 木下正作	論文集高専教育、第25号	平成14年3月
窒化処理を施した熱間鍛造金型の熱軟化予測に関する研究	南 明宏	研究概要報告書・国際交流報告書、第14号	平成14年2月
熱間鍛造における型表面層の塑性変形抵抗に及ぼす熱負荷の影響に関する研究	南 明宏	熊本大学学位請求論文	平成14年3月
An Adaptive Tracking Control System Based on Switching Compensators	Takahashi, M. (D.E. Seborg) (Mizumoto,I.) (Iwai, Z.)	Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control (CDC),	平成13年12月
Adaptive Control of a Clutch Actuator	(G.O.Kaasa) Takahashi,M.	Proceedings of the International Symposium on Advanced Control of Industrial Processes,	平成14年6月
垂直細管内空気-磁性流体二相流の流動特性	坪根弘明 (川原頸磨呂) (佐田富道雄) (成安弘樹)	日本混相流学会誌、第1 5巻第4号	平成13年12月
Effects of Liquid Viscosity and Tube Diameter on Two-Phase Flow in Vertical Small Diameter Tubes	Tsubone, H. (Nariyasu,H.) (Kawahara,A.) (Sadatomi,M.)	Memoirs of the Faculty of Engineering Kumamoto University, Vol. 46, No. 2	平成13年12月
高専における物づくりについての一考察 －環境・福祉機器開発に関する地域への技術支援の実践を通して－	木下正作	有明工業高等専門学校紀要、第38号	平成14年1月
A Simplified MRAS based Sensorless Vector Control Method of Induction Motor	(辻 峰男) (梅崎洋介) (中山 実) 泉 勝弘	Proceedings of PCC-OSAKA 2002	平成14年4月
鉄損を考慮した誘導電動機ベクトル制御の一方式	(辻 峰男) (本城 隆) 泉 勝弘 (山田英二)	電気学会論文誌D、第 122卷第5号	平成14年5月
鉄損を考慮した誘導モータの数学モデルとベクトル制御	(辻 峰男) (本城 隆) 泉 勝弘	長崎大学工学部研究報告、 第32卷第59号	平成14年7月

例外処理に伴うプログラムコード錯雑化問題を解決する構文を用いた並行例外処理	尋木信一 (吉田隆一)	(小田謙太郎) 情報処理学会論文誌, 第43卷第2号	平成14年2月	
分散オブジェクト指向計算環境における並行例外処理	尋木信一	九州工業大学学位請求論文	平成14年3月	
ステレオ・シャドウグラフ法による高速渦輸と物体の相互作用観測	蓑田登世子	高速度撮影とフォトニクスに関する総合シンポジウム2001講演論文集	平成13年12月	
高速渦輪流れと立方体の相互作用による流れ場	蓑田登世子	衝撃波シンポジウム講演論文集	平成14年3月	
Shock formation through the interaction of a solid sphere and a vortex ring	Minota, T.	Proc. 29rd Int. Symp. On Shock Waves, No. 3190	平成14年7月	
熱拡散法によるCMOSデバイスの試作(1) —試作プロセスの検討—	中村俊三郎 (浅野種正)	(塙本直樹) 有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月	
Development of a Differential Absorption Lidar Systems for Monitoring Greenhouse-effect Gases	(藤原誠) (Nilesh JVASA) 内海通弘 (内野修)	(吉岡昌男) (横山茂) (前田三男)	九州大学電離気体実験施設報告, 第11号	平成13年9月
Observations on a Laser-Induced Plasma in inducing an Impulse Discharge	Uchiumi,M. (Kinoshita,F.) (Akazaki,M.) (Tanaka,T.)	(Honda, C.) (Muraoka,K.) (Ueda, K.)	Proceedings of 2001 Japan-Korea Symposium on Electrical Discharge and High Voltage Engineering,	平成13年11月
二酸化炭素計測用レーザーレーダの交互発振制御部の開発	内海通弘 (奥雄司)	(Nilesh JVASA) (前田三男)	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
PEA法による二層絶縁体界面上蓄積空間電荷の計測	内海通弘 吉武紀道	(加藤聯)	電気学会放電・絶縁材料研究会資料論文, ED02-5, DEI-02-03, HV-02-05	平成14年1月
情報処理センタにおける校内LANサーバ環境の検討	松野良信 堀田孝之	山下巖 (福田浩人)	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
UNIXとWindowsを連携させた電子情報工学科教育用計算機システムの概要	松野良信 羽根由恵 荻島真澄	山崎直子 池上勝也	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
Reconfiguration procedures for multihop WDM packet networks with non-negligible propagation delay	Kato, M. (Oie, Y.)	Proc. of IEEE GLOBECOM 2001, Vol. 4	平成13年11月	

認知心理学を用いたソフトウェアの理解容易性計量に関する研究	山崎直子	佐賀大学学位請求論文	平成14年3月
ポリウレタンの熱分解に関する研究（第17報）連続昇温FTIRによるピクレット架橋ポリウレタンゴムの熱劣化の追跡	吉武紀道（古川暉久）	有明工業高等専門学校紀要、第37号	平成13年1月
酢酸マンガンとペルオキソ二硫酸アンモニウムからのリチウム一次電池用二酸化マンガンの合成	宮本信明（高田祐一） (三浦志穂)	電気化学、第70巻第5号	平成14年5月
混相流におけるマイクロパブル技術の役割	(大成博文) (島崎正好) 水室昭三 (赤対秀明)	混相流、第16巻第2号	平成14年6月
Flow injection spectrophotometric determination of anionic polyelectrolytes using the cationic dyes	Masadome,T.	Analytical Letters. Vol. 34	平成13年
Response of surface-plasmon resonance sensor based on gold surfaces modified by self-assembled monolayer to anionic surfactants	Masadome,T. (Imato,T.)	Analytical Sciences, Vol. 17 (Supplement)	平成13年
Response mechanism of additive salt effects of potassium-selective neutral carrier based electrode using their liquid membrane based ion-sensitive field-effect transistors	(Wakida,S.) Masadome,T. (Imato,T.) (Kurosawa,S.) (Shibutani,Y.)	Analytical Sciences, Vol. 17 (Supplement)	平成13年
Development of a high performance surfactant-selective electrode and its analytical applications	Masadome,T. (Imato,T.)	Recent Research Development in Pure and Applied Analytical Chemistry, Vol. 4	平成14年
Measurement of aroma of soup using potentiometric gas sensor	(Kaneki,N.) (Tanaka,H.) (Shimada,K.) (Asano,Y.) Masadome,T. (Hachiya,H.) (Hara,H.)	Sensors and Materials, Vol. 14	平成14年
Preparation of refractive index matching polymer film alternative to oil for use in a portable surface-plasmon resonance phenomenon-based chemical sensor method	Masadome,T. (Asano,Y.) (Imato, T.) (Ohkubo,S.) (Tobita, T.) (Tabei,H.) (Iwasaki,Y.) (Niwa,O.) (Fushinuki, Y.)	Analytical and Bioanalytical Chemistry, Vol. 373	平成14年
C. elegans as a tool of environmental toxicology	(Arizono,K.) (Ura, K.) Tominaga,N. (Kai, T.) (Kohara,Y.) (Iguchi, T.)	Proceeding of Toxicogenomics International Forum 2001	平成13年10月

Analysis of endocrine disrupting chemicals using <i>C. elegans</i> cDNA microarray	(Ura, K.) (Uesugi, H.) (Sakata, S.) (Miyahara, M.) (Iguchi, T.)	Tominaga, N. (Sonoda, R.) (Kai, T.) (Kohara, Y.) (Arizono, K.)	Proceeding of Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Asia Pacific Symposium 2001	平成13年11月
Observation of diet action and oxygen consumption in Nematode (<i>Caenorhabditis elegans</i>) exposed to bisphenol A	(Kohra, S.) (Honda, E.) (Shidoka, Y.) (Arizono, K.)	(Kuwahara, K.) (Tomoeda, M.) (Takao, Y.) (Mitsui, Y.) Tominaga, N.	Proceeding of Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Asia Pacific Symposium 2001	平成13年11月
The biological effects of alkylphenol compounds on <i>C. elegans</i> evaluated with multiple endpoints	Tominaga, N. (Sakamoto, Y.) (Kai, T.) (Kohra, S.)	(Matsushita, H.) (Tomoeda, M.) (Arizono, K.)	Proceeding of Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Asia Pacific Symposium 2001	平成13年11月
Effect of Bisphenol A on the feeding behavior of <i>Caenorhabditis elegans</i> .	(Kohra, S.) (Takao, Y.) (Ho Chul Lee) Tominaga, N.	(Kuwahara, K.) (Ishibashi, Y.) (Arizono, K.)	J. Health Science, Vol. 48, No. 1	平成14年3月
A rapid respiratory toxicity test using <i>Caenorhabditis elegans</i> with an oxygen electrode system	(Kohra, S.) (Takao, Y.) (Ishibashi, Y.) (Arizono, K.)	Tominaga, N. (Nagae, M.) (Ueda, K.)	J. Health Science, Vol. 48, No. 3	平成14年5月
プラスチック溶射粒子の偏平形態と密着強度の関係	田中康徳 (川内美奈子)	川瀬良一 (福本昌宏)	高温学会誌、第27巻 Supplement	平成13年11月
Influence of solidification and wetting on flattening behavior of plasma sprayed ceramic particles	Tanaka, Y.	(Fukumoto, M.)	Int. J. Materials and Product Technology, Special Issue, SPM1	平成13年12月
工業用三大材料溶射粒子の偏平凝固挙動に対する包括的把握	田中康徳		豊橋技術科学大学学位請求論文	平成14年3月
基材温度上昇に伴う基材表面状態変化と溶射粒子偏平挙動に対する影響	田中康徳 (福本昌宏)	(中島政也)	溶接学会論文集、第20巻 第2号	平成14年5月
レバートリー・グリッド発展手法による居住環境の快適性の因果構造に関する研究	山下俊雄		有明工業高等専門学校紀要、第38号	平成14年1月
プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展—その2 両振りブロック荷重曲げ疲労試験—	原田克身 (畠香織)	(三井宣之)	有明工業高等専門学校紀要、第38号	平成14年1月
大牟田市における在宅介護高齢者の生活環境に関する研究	新谷肇一	田中三雄	有明工業高等専門学校紀要、第38号	平成14年1月

大牟田市における施設入所要援護高齢者の生活環境に関する研究	田中三雄 新谷肇一	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
地域公共図書館の開架フロアにおけるコーナーの利用人数と必要座席数の算定	北岡敏郎	日本建築学会計画系論文集, 第548号	平成13年10月
学生の「授業評価」アンケートによる建築教育の改善方策について	北岡敏郎 岩下勉	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
地域公共図書館の相互利用型ネットワークにおけるネットワークの型の規定性と〈域内・外〉利用型の図書館利用	北岡敏郎	日本建築学会建築計画委員会地域施設計画小委員会地域施設計画研究シンポジウム, 第20回	平成14年7月
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論によるRC柱既往試験体の水平耐力の解析	(久保田真次) 上原修一	コンクリート工学年次論文集, 第24巻第2号	平成14年
筑後の洋風建築－三井港俱楽部と大川市清力美術館(旧清力酒造事務所)－	松岡高弘	建築士ふくおか, 冬号	平成13年11月
炭鉱における従業員用慰安娯楽施設について－三井山野・三井三池を中心として－	松岡高弘 (川上秀人)	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
登録有形文化財旧蔵内家住宅調査報告書	松岡高弘 森山恵香	築城町	平成14年3月
筑豊における昭和期の炭鉱住宅について	松岡高弘 (川上秀人)	近畿大学九州工学部図書館	平成14年9月
Identification of seismic damage to structural buildings using quasi-Newton method	Ono, S. (Tachibana, E.)	Proceeding of SPIE's 9th Annual International Symposium on Smart Structures and Materials	平成14年3月
Identification of seismic damage to structural buildings by using minimization techniques in nonlinear programming problem (Part 1) Definition of target function and their efficiency	Ono, S. (Tachibana, E.)	日本建築学会大会(北陸) 学術講演梗概集・構造I	平成14年8月
Identification of seismic damage to structural buildings by using minimization techniques in nonlinear programming problem (Part 2.) On evaluation of accuracy of identification	(Tachibana, E.) Ono, S.	日本建築学会大会(北陸) 学術講演梗概集・構造I	平成14年8月

滑り型免震支承部の動特性に関する実験的研究（その1）摩擦係数の推定	(川井由佳) (池内邦江) 小野聰子 (橋英三郎)	日本建築学会大会（北陸） 学術講演梗概集・構造II	平成14年8月
滑り型免震支承部の動特性に関する実験的研究（その2）上下動入力が摩擦係数に及ぼす影響	(池内邦江) 小野聰子 (川井由佳) (橋英三郎)	日本建築学会大会（北陸） 学術講演梗概集・構造II	平成14年8月
System identification of buildings structural using quasi-Newton method	Ono, S. (Tachibana,E.)	Proceeding of International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research	平成14年8月
Experimental study on sliding base-isolators of buildings subjected to vertical vibration	(Ikeuchi,K.) Ono, S. (Kawai,Y.) (H. Ma) (Tachibana,E.)	Proceeding of International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research	平成14年8月
実地震観測記録を用いた2棟の免震建物動特性の同定	(古川忠穂) (伊藤雅史) 小野聰子 (橋英三郎)	日本建築学会構造系論文集, 第558号	平成14年8月
北部九州における炭鉱主住宅の平面構成について	森山恵香 松岡高弘 (川上秀人) (北野 隆)	玉川大学出版部	平成12年11月
菅原道真研究～『菅家後集』全注釈(4)～	焼山廣志	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
菅原道真研究～『菅家後集』全注釈(5)～	焼山廣志	国語・国文研究, 第37号	平成14年2月
紀長谷雄・漢詩の交流	焼山廣志	国文学解釈と鑑賞, 第67卷第4号	平成14年3月
堀辰雄「風立ちぬ」の方法—〈四季派〉とリルケ	岩本晃代	国語国文学研究, 第37号	平成14年2月
昭和詩の抒情—〈四季派〉・丸山薫を中心	岩本晃代	九州大学学位請求論文	平成14年3月
に—			
リルケ関係文献目録（戦前編）	岩本晃代	敍説, II-04	平成14年8月
Some syntactic and semantic observations on Defoe's phrasal verbs	Murata,K.	熊本大学英語英文学, 第45号	平成14年3月
DefoeにおけるPhrasal Verbの問題点—“take off the skin”と“take the skin off”—	村田利穂	英語史研究会会報, 第7号	平成14年6月

高校生の英語リスニング能力と日本語能力との関係	安部 規子	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月
Effect of a three-site four-spin interaction on the $S = 1$ axial third-nearest-neighbor Ising model: Application to the magnetic phase diagrams of UNi_4Si_2	Muraoka,Y.	Physical Review B, Vol. 64	平成13年10月
The growth theorem and Schwarz lemma on infinite dimensional domains	Honda, T.	Math. Nachr., No. 233-234	平成14年
情報リテラシー入門	山下 嶽 (室賀進也)	コロナ社	平成14年7月
情報処理基礎教育の教育内容に関する検討	河村 豊実	有明工業高等専門学校紀要, 第38号	平成14年1月

(注) 氏名欄()は学外者を示す

講演題目	講演者名	発表した学会・講演会名	年月	
旋回クレーン系に対する切り換え型振れ止め適応制御の実験的検討	(原田博士) 木下正作 川喜義則 (岩井善太)	日本機械学会九州・中国四国支部合同講演会	平成13年10月	
先人の知恵を学び発展させる技術教育ー有明高専における卒業研究での実践紹介ー	川喜義則	木下正作	日本機械学会公開講演会, 技術と社会の関連を巡って	平成13年11月
旋回クレーン系に対する切り換え型振れ止め適応制御とその実験的検証	川喜義則 (岩井善太)	木下正作	計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会 S I 2001	平成13年12月
熱間鍛造型の塑性変形抵抗に及ぼす熱負荷の影響	南 明宏 (済木弘行) (丸茂康男) (高濱康弘)	第52回塑性加工連合講演会	平成13年10月	
トールボット干渉法を用いたコリメーションの高精度化	原植真也 (横関俊介) (鈴木裕)	日本光学会・Optics Japan 2001	平成13年11月	
トールボット干渉法を用いたコリメーションの高精度化に関する研究	原植真也 (横関俊介) (鈴木裕)	高速度撮影とフォトニクスに関する総合シンポジウム2001	平成13年12月	
トールボット干渉法によるコリメーションの自動化	原植真也 (横関俊介) (鈴木裕)	精密工学会・春季大会学術講演会	平成14年3月	

群機械モデルによる多自由度機械の軌跡制御	原 槟 真也 (山森 勝 裕)	(林 朗 弘)	精密工学会・春季大会学術講演会	平成14年3月
Current Topics on Simple Adaptive Control	Takahashi,M.		Special Lecture on Adaptive Control at Telemark University	平成13年9月
垂直細管内気液二相流における液体粘度の影響（第二報、摩擦損失と界面摩擦力）	坪根 弘明 (川原頭磨呂)	(佐田富道雄) (岡野信介)	日本機械学会九州支部熊本地方講演会講演論文集	平成13年10月
垂直細管内気液二相流におけるボイド率への管内径(5~16mm)の影響	坪根 弘明 (川原頭磨呂)	(成安弘樹) (佐田富道雄)	日本混相流学会年会講演会2002	平成14年7月
障害児の自立性と遊び心の助長を目的とした立位保持装置の開発	木下 正作	川喜義則	第17回リハ工学カンファレンス	平成14年8月
電圧形インバータを用いたアクティブフィルタのPWM過変調の影響	泉 勝弘 (辻 峰男)	(山下 勉) (山田英二)	平成13年度電気関係学会九州支部連合大会	平成13年10月
鉄損を考慮した誘導モータベクトル制御の一方式	(辻 峰男) 泉 勝弘	(本城 隆) (山田英二)	平成13年度電気関係学会九州支部連合大会	平成13年10月
位相遅れ電流制御を用いた誘導電動機ベクトル制御系のパラメータ同定	(辻 峰男) 泉 勝弘	(友永謙一郎) (山田英二)	平成13年度電気関係学会九州支部連合大会	平成13年10月
MRAS理論に基づく誘導電動機速度センサレスベクトル制御の新方式(そのⅢ)	(辻 峰男) 泉 勝弘	(梅崎洋介) (山田英二)	平成13年度電気関係学会九州支部連合大会	平成13年10月
q軸磁束を用いた誘導電動機速度センサレスベクトル制御の回生運転の安定化	(辻 峰男) 泉 勝弘 (陳 傾)	(大岡洋之) (山田英二)	平成13年度電気関係学会九州支部連合大会	平成13年10月
瞬時無効電力を用いた誘導モータの速度センサレスベクトル制御	(辻 峰男) (湯浅吉隆) (陳 傾)	(柱野竜臣) (泉 勝弘)	第20回計測自動制御学会九州支部学術講演会	平成13年12月
Stabilization of Flux Observer Based Speed Sensorless Vector Control System	(辻 峰男) 泉 勝弘	(大岡洋之) (陳 傾)	The 7th Joint Symposium of Nagasaki University and Cheju National University on Science and Technology	平成14年5月
電流制御にPIを用いたアクティブフィルタでの補償電流検出フィルタの影響	泉 勝弘	(辻 峰男)	平成14年電気学会産業応用部門大会	平成14年6月
パルスパワーを用いた電気刺激によるシタケの増産効果	塙本俊介 (秋山秀典) (池田元吉)	(小湊祐樹) (前田貴昭)	平成14年電気学会全国大会	平成14年3月

幅広い工学教育への挑戦－混合学級と工学基礎教育－	塚本俊介 石丸智士	永守知見	電気学会教育フロンティア研究会	平成14年9月
電着法による酸化タンゲステン-酸化チタン複合光触媒の調製とその触媒活性	(中野佑紀) 石丸智士 (野上曉一)	(釜田康次) (白土竜一)	第39回化学関連支部合同九州大会	平成14年7月
Photocatalytic Activity of TiO_2-WO_3 Films Prepared by Electrodeposition	Ishimaru,S. (Nogami,G.)	(Shiratsuchi,R.)	14th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy	平成14年8月
The Development of New Shocks Induced by Interactions between a Body and a Vortex Flow	Minota,T.		The 4th Int. Wrokshop on shock/vortex interaction	平成13年10月
ステレオ・シャドウグラフ法による高速渦輪と物体の相互作用観測	箕田登世子		高速度撮影とフォトニクスに関する総合シンポジウム2001	平成13年12月
高速渦輪流れと立方体の相互作用による流れ場	箕田登世子		平成13年度衝撃波シンポジウム	平成14年3月
渦輪流れと小物体の干渉	箕田登世子		日本流体力学会	平成14年7月
高専の卒業研究における半導体集積回路分野への導入教育－pn接合の形成からnMOS リングオシレータの試作まで－	中村俊三郎	(浅野種正)	日本工学教育協会第50回年次大会工学・工業教育講演会	平成14年7月
CO ₂ ガス測定用赤外DIALシステムの開発	(藤原誠) (Nilesh J.Vasa) 内海通弘 (内野修)	(吉岡昌男) (横山茂) (前田三男)	平成13年度 電気関係学会九州支部連合大会(第52回連合大会)	平成13年10月
地球温暖化分子計測用DIALシステムの開発	内海通弘 (Nilesh J.Vasa) (内野修)	(吉岡昌男) (前田三男)	レーザセンシングシンポジウム	平成13年11月
Observations on a Laser-Induced Plasma in Inducing an Impulse Discharge	Uchiumi,M. (Kinoshita,F.) (Akazaki,M.) (Tanaka,T.)	(Honda,C.) (Murakoshi,K.) (Ueda, K.)	2001 Japan-Korea Symposium on Electrical Discharge and High Voltage Engineering	平成13年11月
地球温暖化分子排出監視用レーザーレーダの開発	内海通弘		環境・リサイクルテクノフェア2001・リサイクル技術展	平成13年12月
PEA法による二層絶縁体界面上蓄積空間電荷の計測	内海通弘 吉武紀道	(加藤聰)	電気学会放電・絶縁材料研究会	平成14年1月

コンパクト可搬型二酸化炭素濃度計測装置の開発	内海通弘	吉田学術教育振興会奨励金受賞発表会	平成14年3月
CO ₂ ガス測定用赤外DIALシステムに適用するレーザ波長の検討	(藤原 誠) (吉岡昌男) (Nilesh J.Vasa) (横山 茂) 内海通弘 (前田三男) (内野 修)	第49回応用物理学関係連合講演会	平成14年3月
Development of a Tunable Laser Source for Dial Measurements of the Atmospheric CO ₂ and CH ₄	(Fujiwara,M.) (Nilesh J.Vasa) (Yokoyama,S.) Uchiumi,M. (Maeda,M.) (Uchino,O.)	The third Asian Pacific Laser Symposium	平成14年9月
Expansion of a Protection Cone of a Lightning Rod by a Laser-Induced Plasma channel	Uchiumi,M. (Ueda,K.) (Tanaka,T.) (Kinoshita,F.) (Muraoka,K.) (Akazaki,M.)	The third Asian Pacific Laser Symposium	平成14年9月
M系列擬似フンダム変調近赤外レーザーダの開発	(市木祥平)	内海通弘	平成14年度電気関係学会九州支部連合大会(第53回連合大会)
誘電体内の蓄積空間電荷のPEA計測	(加藤 聰) 内海通弘 吉武紀道	平成14年度電気関係学会九州支部連合大会(第53回連合大会)	平成14年9月
地球温暖化分子計測用差分吸収ライダーの開発	内海通弘 (藤原 誠) (Vasa Nilesh) (奥 雄司) (前田三男) (内野 修)	平成14年度電気関係学会九州支部連合大会(第53回連合大会)	平成14年9月
遺伝子発現パターンによる化学センシング	松野哲也	電気関係学会九州支部連合大会	平成13年10月
有明高専における校内LANシステムの増強	松野良信 堀田孝之	山下巖 (福田浩人)	第22回高等専門学校情報処理教育研究発表会
マルチホップWDM網の再構成—アルゴリズムの改良とその評価	嘉藤 学 (田中まゆみ)	(古賀大吾) (尾家祐二)	電気関係学会九州支部連合大会
Reconfiguration Procedures for Multihop WDM Packet Networks with Non-negligible Propagation Delay	Kato, M.	(Oie, Y.)	IEEE International Conference on Global Telecommunications 2001
トラヒックエンジニアリングのためのフロー配置アルゴリズム	嘉藤 学 (川原憲治)	(桶田博信) (尾家祐二)	電子情報通信学会情報ネットワーク研究会
JTBを用いたOOP構造理解コスト計量ツールの設計	山崎直子	(掛下哲郎)	電気関係学会九州支部連合大会
屋外暴露ポリウレタンの劣化解析	吉武紀道 (藤本尊文)	(井上研作) (古川睦久)	日本化学会中国四国支部・同九州支部合同大会
			平成12年10月

熱分解 GC 法によるポリウレタンゴムの熱分解生成物及び熱分解機構の検討	吉武紀道 (吉住明寛) (古川睦久)	第5回高分子分析討論会	平成12年11月
ポリウレタンゴムの熱分解に及ぼす触媒の影響	吉武紀道 (下川将広) (古川睦久)	第6回高専シンポジウム	平成13年1月
Characterization of SBR Exposed in Outdoor by Pyrolysis Gas Chromatography	Yoshitake,N. (Nagano,E.)	14 th International Symposium on Polymer Analysis and Characterization	平成13年6月
長期使用におけるポリウレタンーアミドおよびポリウレタンーアミドの寿命温度予測	吉武紀道 (久保幸一) (古川睦久)	第12回マテリアルライフ学会年会	平成13年6月
Analysis of Raw Materials of Polyurethanes by Pyrolysis GC Method	Yoshitake,N. (Furukawa,M.)	International Symposium on Analytical Pyrolysis of Polymers	平成14年1月
熱分解 GC-MS を用いたポリウレタンーアミドおよびポリウレタンーアミドの熱分解機構	吉武紀道 (田中康太) (古川睦久)	第7回高専シンポジウム	平成14年1月
熱分析法による屋外暴露ポリウレタンの劣化解析	吉武紀道 (鳥越裕嗣) (古川睦久)	第13回マテリアルライフ学会年会	平成14年6月
Thermal Decomposition Mechanism of Polyurethane-amide and Polyurethane-imide	Yoshitake,N. (Furukawa,M.)	15th International symposium on Analytical and Applied Pyrolysis	平成14年9月
Thermal Decomposition Mechanism of Polyurethaneurea-imide	Yoshitake,N. (Furukawa,M.)	15th International symposium on Analytical and Applied Pyrolysis	平成14年9月
ポリビニルアルコールイオン交換体によるタンパク質の分離	(山田佳代)	松本和秋	第39回化学関連支部合同九州大会
アーチ溶射現象と皮膜性能	川瀬良一	日本溶射協会溶射技術研究会	平成14年3月
有明高専における産学官連携活動の現状	川瀬良一	全国高専産学官連携活動推進会議	平成14年7月
洗剤を使用しない新しい洗浄法	水室昭三 (内村亮一)	第12回産学交流ユースフォーラム	平成13年10月
アルコールマイクロバブルの物理化学的特性	水室昭三	第2回マイクロバブル研究フォーラム	平成13年11月

有明高専の新しい教育プログラム	水室 昭三	日本機械学会公開研究会・講演会	平成13年11月	
有明高専の教育改革について	水室 昭三	日本高専学会大阪シンポジウム	平成13年12月	
高専のための効果的教育法	水室 昭三	第2回高専・短大・専門学校十木シンポジウム	平成14年1月	
高等教育の問題点と改善の方策	水室 昭三	日本高専学会木更津シンポジウム	平成14年2月	
マイクロバブルを含む流体の高機能性	(大成 博文) 水室 昭三	(高橋 正好) (赤対 秀明)	第30回境界層遷移の解明と制御研究会	平成14年3月
外因性内分泌攪乱化学物質とアミノ酸の相互作用	水室 昭三	(原口 典子)	第10回水環境技術研究会	平成14年3月
マイクロバブルのアルコール水溶液に及ぼす影響	水室 昭三	(内村 亮一)	第10回水環境技術研究会	平成14年3月
導入教育における創造教育	水室 昭三		日本高専学会第8回総会	平成14年8月
大牟田市の環境基本計画	水室 昭三		日本高専学会第8回総会	平成14年8月
長鎖アルキン基をもつ自己組織化単分子膜で修飾した表面プラズモンセンサの陰イオン性界面活性剤に対する応答特性の検討	正留 隆 (浅野 泰一)	(今任 稔彦)	日本分析化学会第50年会	平成13年11月
ジェットリングセルを備えたシークエンシャルインジェクション分析法によるビテロジエニンの迅速測定	(西山 英志) (今任 稔彦) (浅野 泰一) (黒川 陽一)	(城之園恵子) 正留 隆 (田部井久男)	日本分析化学会第50年会	平成13年11月
SPRセンサーによる法規制関連化合物分析法の検討	(伏賀 義十) (田部井久男) (浅野 泰一)	(濱崎 信也) 正留 隆 (谷口 功)	日本分析化学会第50年会	平成13年11月
界面活性剤並びに高分子電解質の電位差分析法の開発	正留 隆		長岡技術科学大学化学系分析化学講演会	平成13年11月
Spectrophotometric Sequential Injection Determination of Vitellogenin by Using Microbeads Immobilized with Antibody	(Nishiyama,H.) Masadome,T. (Kurosawa,Y.) (Imato, T.)	(Soh,N.) (Asano,Y.) (Tabei,H.) (Niwa, O.)	The 11th International Conference on Flow Injection Analysis	平成13年12月
Development of Surface Plasmon Resonance Immunosensor for Organohalides by Using Gold-binding Polypeptide	(Imato,T.) (Mishima,K.) (Asano, Y.)	(Tokuda,T.) Masadome,T. (Niwa, O.)	Pittcon 2002	平成14年3月

ニュートラルキャリヤー型ナトリウムイオンセンサにおける添加塩効果の検討	正留 隆 (脇田慎一) (今任稔彦)	第39回化学関連支部合同 九州大会	平成14年7月
ジェットリングセルを備えたビーズインジェクション分析法によるビテロジェニンの高感度測定法の開発とその実試料への応用	(西山英志) (宗伸明) (今任稔彦) 正留 隆 (浅野泰一) (田部井久男) (黒川陽一)	日本分析化学会第51年会	平成14年9月
C. elegans as a Tool of Environmental Toxicology	(Arizono,K.) (Ura, K.) Tominaga,N. (Kai, T.) (Kohara,Y.) (Iguchi, T.)	Toxicogenomics International Forum 2001	平成13年10月
C. elegans cDNAマイクロアレイを用いたステロイドホルモン応答遺伝子の検索	(園田理紗) (浦和寛) 富永伸明 (上杉裕子) (宮原真紀) (小原雄治) (井口泰泉) (有菌幸司)	日本生化学会大会	平成13年10月
多目的酸素電極装置 DOX-96 を利用した線虫の酸素消費の観察	(高良真也) (高尾雄二) (桑原和子) (本田絵美) (友枝峰子) (志戸岡豊) 富永伸明	日本薬学会フォーラム 2001 環境トキシコロジー シンポジウム	平成13年11月
アルキルフェノール類のキンギョ血漿中ビテロジェニン及び代謝系に及ぼす影響	(石橋弘志) (植本六良) (橋勝康) 富永伸明 山口明美 (鍼迫典久) (松村尚美) (富安由紀) (有菌幸司)	日本薬学会フォーラム 2001 環境トキシコロジー シンポジウム	平成13年11月
ビスフェノール A曝露線虫における食餌行動の観察	(高良真也) (桑原和子) (高尾雄二) (李虎哲) 富永伸明 (有菌幸司)	日本薬学会フォーラム 2001 環境トキシコロジー シンポジウム	平成13年11月
アルキルフェノール化合物の線虫を用いた多角的な生物学的影响評価	富永伸明 (松下洋和) (坂本有佳子) (友枝峰子) (甲斐利典) (有菌幸司) (高良真也)	日本薬学会フォーラム 2001 環境トキシコロジー シンポジウム	平成13年11月
The Biological Effects of Alkylphenol Compounds on C. elegans Evaluated with Multiple Endpoints.	Tominaga,N. (Matsushita,H.) (Sakamoto,Y.) (Tomoeda,M.) (Kai, T.) (Arizono,K.) (Kohra, S.)	Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Asia Pacific Symposium 2001	平成13年11月
Observation of Diet Action and Oxygen Consumption in Nematode (Caenorhabditis elegans) Exposed to Bisphenol A.	(Kohra,S.) (Kuwahara,K.) (Honda,E.) (Tomoeda,M.) (Shidooaka,Y.) (Takao,Y.) (Arizono,K.) (Mitsui,Y.) Tominaga,N.	Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Asia Pacific Symposium 2001	平成13年11月

Analysis of Endocrine Disrupting Chemicals Using C. elegans cDNA Microarray	(Ura, K.) (Uesugi, H.) (Sakata, S.) (Miyahara, M.) (Iguchi, T.)	Tominaga, N. (Sonoda, R.) (Kai, T.) (Kohara, Y.) (Arizono, K.)	Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Asia Pacific Symposium 2001	平成13年11月
C. elegans cDNAマイクロアレイを用いたテストステロン応答遺伝子の検索	(園田理紗) (浦和寛) (小原雄治) (有園幸司)	松野哲也 (上杉裕子) (井口泰泉) 富永伸明	日本環境ホルモン学会第4回研究発表会	平成13年12月
内分泌かく乱物質の線虫の発生に及ぼす影響	(浦和寛) (坂田幸子) (園田理紗) (小原雄治) (有園幸司)	(甲斐利典) 富永伸明 (上杉裕子) (井口泰泉)	日本環境ホルモン学会第4回研究発表会	平成13年12月
線虫 C. elegans を用いたカドミウム曝露による生体影響の解析	(甲斐利典) (坂田幸子) (園田理紗) (小原雄治) (有園幸司)	(浦和寛) 富永伸明 (上杉裕子) (井口泰泉)	日本環境ホルモン学会第4回研究発表会	平成13年12月
アルキルフェノール類がキンギョ内分泌系に及ぼす影響	(石橋弘志) (橘勝康) 富永伸明 (松村尚美) (有園幸司)	(植本六良) (矢野清) 山口明美 (富安由紀)	日本環境ホルモン学会第4回研究発表会	平成13年12月
C. elegans cDNAマイクロアレイを用いたアンドロジェン応答遺伝子の検索	富永伸明	松野哲也	文部省科学研究費特定領域研究(A)「内分泌搅乱物質の環境リスク」研究会	平成14年1月
粒子偏平凝固挙動に対する基材表面吸着物質の影響	田中康徳 (椎葉昌洋)	(鍛冶浩史) (福本昌宏)	日本溶射協会平成13年度秋季全国講演大会	平成13年11月
大麦糖の無蒸煮アルコール発酵による紫色素生産 Hordeumin の四塩化炭素誘起肝障害ラットへの影響-	出口智昭 (大庭理一郎) (鈴木公)	(山口奈々子) (白浜瞳)	日本食品科学工学会第49回大会	平成14年8月
大麦穀および小麦ふすまの無蒸煮アルコール発酵により生成する色素の比較	出口智昭 (三枝敬明)	(山口奈々子) (大庭理一郎)	日本農芸化学会西日本支部大会	平成14年9月
児童養護施設の建築計画に関する研究ー全国児童養護施設の現況調査	(村田直高) (高瀬正次)	新谷肇一	日本建築学会九州支部研究報告会	平成14年3月
児童養護施設における児童の生活構成と空間利用に関する研究～大牟田市の児童養護施設甘木山学園を対象として～	新谷肇一 (高瀬正次)	(村田直高)	日本建築学会九州支部研究報告会	平成14年3月

児童養護施設における保育士の業務と平面構成に関する研究－大牟田市の児童養護施設甘木山学園を対象として－	(高瀬正次) (村田直高)	新谷肇一	日本建築学会九州支部研究報告会	平成14年3月
高齢社会の住環境整備のあり方	北岡敏郎		第2回介護保険推進全国サミット in 加賀第4分科会	平成13年11月
地域公共図書館における開架フロアのゾーニング手法に関する研究 その1 ポビュラーライブライエリア創出の可能性	北岡敏郎 (福澤祥子)		日本建築学会九州支部研究報告第41号	平成14年3月
地域公共図書館における開架フロアのゾーニング手法に関する研究 その2 貴店の配架実態からみたポビュラーライブライエリアの資料構成	(福澤祥子)	北岡敏郎	日本建築学会九州支部研究報告第41号	平成14年3月
ポビュラーライブライエリア創出の可能性 地域公共図書館における開架フロアのゾーニング手法に関する研究(1)	北岡敏郎 (福澤祥子)		日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)	平成14年8月
大牟田市における住宅改修とサポートのシステム形成について 高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究(1)	(奥藤加奈子)	北岡敏郎	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)	平成14年8月
書店の配架実態からみたポビュラーフィブライエリアの資料構成 地域公共図書館における開架フロアのゾーニング手法に関する研究(2)	(福澤祥子)	北岡敏郎	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)	平成14年8月
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論によるRC柱既往試験体の水平耐力の解析	(久保田真次)	上原修一	日本建築学会研究報告九州支部第41号・1構造系	平成14年3月
在来軸組構法実在木造住宅の一方向水平加力実験	上原修一		日本建築学会研究報告九州支部第41号・1構造系	平成14年3月
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論によるRC柱既往試験体の水平耐力の解析	(久保田真次)	上原修一	日本建築学会2002年度大会(北陸)	平成14年8月
めり込み機構に基づくRC柱梁接合部の解析法に関する研究	上原修一		日本建築学会2002年度大会(北陸)	平成14年8月
旧三菱飯塚炭礦の職員社宅について	松岡高弘 (藤田智子)	(川上秀人)	日本建築学会九州支部研究報告 第41号	平成14年3月
Identification of Seismic Damage to Structural Buildings Using quasi-Newton Method	Ono, S. (Tachibana,E.)	(Furukawa,T.)	Proceeding of SPIE's 9th Annual International Symposium on Smart Structures and Materials	平成14年3月

Identification of Seismic Damage to Structural Buildings by Using Minimization Techniques in Nonlinear Programming Problem (Part 1) Definition of Target Function and Their Efficiency	Ono, S. (Tachibana,R.)	日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	平成14年8月	
Identification of Seismic Damage to Structural Buildings by Using Minimization Techniques in Nonlinear Programming Problem (Part 2) On Evaluation of Accuracy of Identification	(Tachibana,E.) Ono, S.	日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	平成14年8月	
滑り型免震支承部の動特性に関する実験的研究(その1)摩擦係数の推定	(川井由佳) 小野聰子	(池内邦江) (橘英三郎)	日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	平成14年8月
滑り型免震支承部の動特性に関する実験的研究(その2)上下動入力が摩擦係数に及ぼす影響	(池内邦江) (川井由佳)	小野聰子 (橘英三郎)	日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	平成14年8月
System Identification of Buildings Structural Using quasi-Newton Method	Ono, S. (Tachibana,E.)	International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research	平成14年8月	
Experimental Study on Sliding Base-Isolators of Buildings Subjected to Vertical Vibration	(Ikeuchi,K.) (Kawai,Y.) (Tachibana,E.)	Ono,S. (H. Ma)	International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research	平成14年8月
溶接始終端部から発生する脆性破壊の実験的研究(その3. 変形能力に関する考察)	岩下勉 (黒羽啓明)	(東康二) (牧野雄二)	日本建築学会九州支部研究報告第41号	平成14年3月
Brittle Fracture from Ends of CJP Groove Welded Joints	Iwashita,T. (Kurobane,Y.)	(Azuma,K.) (Makino,Y.)	The Proceedings of 12th International Offshore and Polar Engineering	平成14年5月
形状の異なる欠陥を有する溶接始終端部の脆性破壊に関する研究(その1. 実験概要と実験結果)	(東康二) (黒羽啓明)	岩下勉 (牧野雄二)	日本建築学会大会学術講演梗概集構造Ⅲ	平成14年8月
形状の異なる欠陥を有する溶接始終端部の脆性破壊に関する研究(その2. 欠陥タイプの検討)	岩下勉 (黒羽啓明)	(東康二) (牧野雄二)	日本建築学会大会学術講演梗概集構造Ⅲ	平成14年8月
北部九州における炭鉱主住宅の接客部分の変遷について	森山忠香 (川上秀人)	松岡高弘	日本建築学会九州支部研究報告	平成14年3月

北部九州における炭鉱主の住宅の建築に関する研究	森山恵香	日本建築学会九州支部歴史・意匠系教師と学生の研究交流会	平成14年6月
日本人の心中国人の心	浅山廣志	大牟田市民大学講座	平成13年11月
菅原道真の漢詩鑑賞(1)	焼山廣志	大牟田市自主婦人学級 「合歓の会」文学講座	平成14年3月
菅原道真の漢詩鑑賞(2)	焼山廣志	大牟田市自主婦人学級 「合歓の会」文学講座	平成14年3月
熊本の文学——詩人・蔵原伸二郎	岩本晃代	生涯学習活動567の会	平成14年4月
昭和詩の抒情——〈四季派〉・丸山薫を中心	岩本晃代	熊本近代文学研究会	平成14年7月
高校1年生の英語リスニング能力とその他の言語能力との関係	安部規子	日本教科教育学会第27回全国大会(福岡大会)	平成13年11月
3次元 ANNNI モデルの部分無秩序相におけるモンテカルロシミュレーション	(笠間敏博) (島本知茂) 村岡良紀 (岡田邦英) (井戸垣俊弘)	第107回日本物理学会九州支部例会	平成13年12月
3次元 ANNNI モデルのモンテカルロシミュレーション	村岡良紀	第107回日本物理学会九州支部例会	平成13年12月
3次元 Ising モデルの部分無秩序状態への相転移	(笠間敏博) (島本知茂) 村岡良紀 (岡田邦英) (井戸垣俊弘)	日本物理学会第57回年会	平成14年3月
Partially Disordered States of the Three-Dimensional ANNNI Model	(Kasama,T.) (Shimamoto,T.) Muraoka,Y. (Okada,K.) (Idogaki,T.)	XXIII International Conference on Low Temperature Physics	平成14年8月
The Growth Theorem for Holomorphic Mappings into Some Special Domains	Honda, T.	The 10th International Conference on Finite or Infinite Dimensional Complex Analysis and Applications	平成14年7月
Holomorphic Mappings into Some Domain in a Normed Space	Honda, T.	Infinite Dimensional Function Theory	平成14年8月
有明高専における校内 LAN システムの増強	山下 義 堀田孝之	高等専門学校情報処理教育研究委員会第22回研究発表会	平成14年8月

(注) 氏名欄()は学外者を示す

【特許】

発明の名称	発明者	特許番号	取得年月日
屈折率整合透明フィルム及び屈折率整合透明フィルムを利用したセル	浅野泰一・正留 隆 今任稔彦・伏賀義十 田部井久男・飛田達也	特開2002-214133	平成14年7月31日
表面プラズモン共鳴現象測定装置	浅野泰一・正留 隆 今任稔彦・伏賀義十 岩崎 弦・丹羽 修 田部井久男・飛田達也	特開2002-214131	平成14年7月31日
SPP測定用試料セルおよびセルホルダ	浅野泰一・正留 隆 今任稔彦・伏賀義十 岩崎 弦・丹羽 修 田部井久男・飛田達也	特開2002-214134	平成14年7月31日

【表彰等】

受賞名	学 科	受賞者名	受賞年月
武田研究奨励賞優秀研究賞	物質工学科	正留 隆	平成13年12月

【文部省在外研究員／内地研究員】

期 間	研 究 題 目	学 科	研究者名	留学先
平成14年5月 ～	外力により制御されたCo/Cu磁気多層膜 の大磁気抵抗効果に及ぼす層間相互作用	一般教育科	酒井 健	デュイスブル ク大学
平成15年2月	と界面の影響に関する研究			

【長期研修】

期 間	研 究 題 目	学 科	研究者名	留学先
平成14年4月 ～	「水中におけるエネルギー蓄積と絶縁破壊 現象に関する研究」及び「広範囲の電気パ	電気工学科	河野 晋	オールドミニ オン大学
平成15年3月	ルスによる生物細胞への影響に関する研究」			

【基盤研究（B）】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者	金 領
平成14年度	固相検出法による内分泌かく乱物質の迅速・高感度簡易計測法の開発	物質工学科	正留 隆	2,100,000

【基盤研究（C）】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者	金 領
平成14年度	レーザープレージョンで生成した衝撃波と強い渦輪、物体間干渉による圧縮性乱流の研究	電子情報工学科	蓑田登世子	300,000
平成14年度	熱拡散法による CMOS デバイスの試作	電子情報工学科	中村俊三郎	500,000
平成14年度	地球温暖化分子計測用ランダム変調 CW ライダーの開発	電子情報工学科	内海通弘	2,100,000
平成14年度	食肉の品質安全管理のための電位計測式食肉鮮度センサの開発	物質工学科	正留 隆	500,000
平成14年度	内分泌搅乱物質の経代影響評価法の開発	物質工学科	富永伸明	1,100,000
平成14年度	地域公共図書館における開架フロアのゾーニング手法に関する研究	建築学科	北岡敏郎	500,000
平成14年度	組み合わせ応力の相関を考慮した RC 部材の終局時変形解析モデル	建築学科	上原修一	600,000

【萌芽的研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者	金 領
平成14年度	ナノバブルおよびマイクロバブル水溶液の物理化学的性質	物質工学科	氷室昭三	1,700,000

【若手研究（B）】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者	金 額
平成14年度	トラヒックエンジニアリングに基づく動的経路選択アルゴリズムの提案とその性能評価	電子情報工学科	嘉 藤 學	2,300,000
平成14年度	環境浄化型 TiO ₂ / プラスチック複合溶射皮膜の創製	物質工学科	田 中 康 徳	2,400,000

【奨励研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者	金 額
平成14年度	知的障害児が操作する介助車用汎用型牽引ロボットの開発	機械工学科	木 下 正 作	230,000

【特定領域研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者	金 額
平成14年度	線虫 cDNA マイクロアレイを用いた内分泌かく乱物質評価法に関する研究	物質工学科	富 永 伸 明	2,200,000

【奨学寄付金】

年 度	学 科	研究者名	金 額	寄付者名
平成14年度	機械工学科	川 喜 義 則	300,000	㈱バドル
平成13年度	機械工学科	高 橋 将 德	155,000	財三豊科学技術振興協会
平成14年度	機械工学科	高 橋 将 德	500,000	株式会社 九建
平成14年度	電子情報工学科	内 海 通 弘	1,000,000	財吉田学術教育振興会

【受託研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額	受託者名
平成14年度	旧住友忠隈礦業所長社宅の建築的研究	建築学科	松岡高弘	246,750	福岡県教育委員会
平成14年度	志免町における志免鉱業所の職員住宅に関する建築的研究	建築学科	松岡高弘	499,800	志免町教育委員会

【各種委員会委員等】

年 度	委 員 会 名 等	学 科	研究者名
平成14年度	工業プロセスにおける先端制御に関する国際会議(AdCONIP'02) 実行委員会委員	機械工学科	川寄義則
平成14年度	先端材料技術交流会先端材料第156委員会委員	機械工学科	南明宏
平成14年度	工業プロセスにおける先端制御に関する国際会議(AdCONIP'02) 実行委員会委員	機械工学科	高橋将徳
平成14年度	電気学会感性ヒューマンセンシング調査専門委員会委員	電気工学科	永守知見
平成14年度	電気学会ケミカルセンサ技術委員会1号委員	電気工学科	永守知見
平成14年度	電気学会九州支部支部長推薦協議員	電気工学科	永守知見
平成14年度	電子情報通信学会論文誌臨時査読委員	電子情報工学科	嘉藤学
平成14年度	高専シンポジウム九州地区代表世話人	物質工学科	吉武紀道
平成14年度	日本化学会九州支部幹事	物質工学科	宮本信明
平成14年度	高温学会溶射部会幹事、総合討論会表彰委員長	物質工学科	川瀬良一
平成14年度	日本溶射協会理事、会誌編集委員	物質工学科	川瀬良一
平成14年度	大牟田市環境審議会委員	物質工学科	水室昭三
平成14年度	日本高専学会副会長	物質工学科	水室昭三
平成14年度	水・環境技術研究会会长	物質工学科	水室昭三
平成14年度	日本分析化学会50回記念大会実行委員	物質工学科	正留隆
平成14年度	日本建築学会九州支部構造委員会委員	建築学科	原田克身
平成14年度	日本建築学会九州支部建築計画委員会委員	建築学科	新谷肇一
平成14年度	大牟田市都市計画審議会会长	建築学科	新谷肇一
平成14年度	大牟田市建築審査会会长	建築学科	新谷肇一
平成14年度	大牟田市環境審議会委員	建築学科	新谷肇一

平成14年度	大牟田市保健福祉ネットワーク協議会委員	建築学科	新谷 肇一
平成14年度	大牟田市保健福祉ネットワーク協議会あんしん介護創造部会長	建築学科	新谷 肇一
平成14年度	大牟田市介護サービス評価委員会委員長	建築学科	新谷 肇一
平成14年度	大牟田市町界町名整理審議会会长	建築学科	新谷 肇一
平成14年度	大牟田市交通バリアフリー基本構想策定協議会会长	建築学科	新谷 肇一
平成14年度	大牟田市高齢者福祉施設評定委員会委員長	建築学科	新谷 肇一
平成14年度	日本建築学会九州支部建築計画委員会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	荒尾市都市計画審議会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	大牟田市都市計画マスター・プラン策定協議会副委員長	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	大牟田市商業近代化推進協議会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	大牟田市中心市街地まちづくり協議会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	大牟田市緑の推進会議副委員長	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	大牟田住まい・まちづくりネットワーク委員長	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	おおむたバリアフリー住宅士連絡協議会顧問	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	社会福祉法人キリスト者奉仕会第三者委員	建築学科	北岡 敏郎
平成13年度	国土交通省「低・未利用地有効活用促進臨時緊急調査」大牟田西港地区個別調査会議座長	建築学科	北岡 敏郎
平成13年度	多良見町複合型図書館建設設計者選定審査員	建築学科	北岡 敏郎
平成14年度	日本建築学会九州支部歴史意匠委員会委員	建築学科	松岡 高弘
平成14年度	柳川市史専門研究員	建築学科	松岡 高弘
平成14年度	久留米市伝統的町並み保存審議会委員	建築学科	松岡 高弘
平成14年度	九州大学石炭研究資料センター学外研究員	建築学科	松岡 高弘
平成14年度	大分県指定有形文化財長福寺本堂保存修理工事専門委員	建築学科	松岡 高弘
平成14年度	長崎県近代和風建築総合調査委員	建築学科	松岡 高弘
平成14年度	瀬高町文化財専門委員会委員	建築学科	松岡 高弘
平成14年度	日本建築学会九州支部構造委員会委員	建築学科	小野 聰子
平成14年度	日本鉄鋼連盟構造九州地区サブネットワーク委員	建築学科	小野 聰子
平成14年度	日本建築学会九州支部材料施工委員会委員	建築学科	岩下 勉
平成14年度	地域情報化研究会(大牟田市・荒尾市・高田町)委員	共通専門	山下 譲
平成14年度	大牟田市地域情報化推進協議会委員	共通専門	山下 哲

【卒業研究】(平成13年度)

機械工学科

研究題目	指導教官	学生名
能動消音による消音効果の研究	石崎勝典	武田大樹・龍 貞憲
アルミナセラミックスの研削加工における残留応力および強度低下について	大山司朗	浦崎文香・高井良祐美
X線応力測定装置の精度について	大山司朗	古川静香・豊増和哉
熱間鍛造における型表面層の熱負荷解析	南 明宏	堤 一起・水原秀樹
有限要素法を用いた型温度及び塑性変形解析に関する研究	南 明宏	甲斐隆嗣
旋回型クレーン系の振れ止め制御	川寄義則	志賀 崇・宮崎義章
授産施設における車両用配線保護チューブ定寸切断治具の開発	川寄義則	梶原理宏
大型搬送車の適応トラッキング制御	高橋 将徳	柳迫しのぶ
携帯電話を利用した実験教材の研究	高橋 将徳	森下真奈
複合流路内気液二相流に及ぼす流動障害物の影響	猿渡真一	松本和仁・山口賢次郎
断面積が急変化する流路における気液二相流の研究	猿渡真一	中田 邦・西村仁孝
磁性流体-空気二相流における流動特性の予測に関する研究	坪根弘明	水田義之
教材用スターリングエンジン模型の製作	吉田正道	ナゲイブ
可視化手法を導入した新熱伝達実験装置の開発	吉田正道	今任 渉
非平行光トールボット効果シミュレーション	原植真也	田上晋也・満永順一
多軸工作機械の軌道制御に関する研究	原植真也	井寺 亨・瀬戸俊史
深穴加工に関する研究	明石剛二、田口紘一	新開隆史・三井洋一
低剛性部品の精密加工についての研究	田口紘一、明石剛二	田中優至・原田浩二
セミドライBTA方式深穴加工法の開発	明石剛二、田口紘一	大津山晃久・田原大作
ボトルボーリング加工装置の設計製作	田口紘一、明石剛二	今井雄輝

電気工学科

研究題目	指導教官	学生名
電気回路問題への表計算の適用（1）	辻 一夫	石橋洋輔・古関康朗
電気回路問題への表計算の適用（2）	辻 一夫	坂中秀作・吉岡裕樹
ソノナップマイコンの応用（1）	近藤誠四郎	中村 勝・近藤靖泰
ワンチップマイコンの応用（2）	近藤誠四郎	田中秀樹・飛田 浩
電圧共振型コンバータに関する研究	小澤賢治	中島 司・深町尚貴
電流共振型コンバータに関する研究	小澤賢治	久保山新太郎・白石剛之
味覚センサを用いたアミノ酸の味質の測定（1）	永守知見	池上元樹・福山祐佳
味覚センサを用いたアミノ酸の味質の測定（2）	永守知見	田中正也
パルスパワーを用いた排ガス処理	塚本俊介	井上義章 ハレム・ビン・サレ
パルスアーク放電を用いた医療用 NO の生成	塚本俊介	砂川武史・中村 武
制御系設計支援のための SP の開発	濱田伸生	岩男高正・新庄信博 森 正宣
開閉制御型直流電源の研究	濱田伸生	古賀隼平・古江陽光
酸化物半導体光触媒に関する研究	石丸智士	釜田康次
酸化チタン薄膜の光電気化学	石丸智士	豊永佳隆・永野裕己
高電圧パルス発生装置の製作と応用	河野 晋	石田貴人・近藤洋平
パルスパワーの水中生物に対する影響	河野 晋	徳永寛之・西山宏之
電子メールを利用した連絡システムの構築	福田 浩人	大佐吉勝司・橋口 正
脂質膜センサにおける過渡応答計測システムの開発	高松竜二	瀬戸達也
味覚センサにおける苦味の識別能向上	高松竜二	川口健介

電子情報工学科

研究題目	指導教官	学生名
P E A法による高分子材料中空間電荷計測	内海通弘	牛島瑞恵
P S Dによるレーザダイオードの波長制御システム	内海通弘	武末 彰
P L Lを利用したスペクトル計測装置の開発	内海通弘	豊田麻梨子
インターネットにおける WWW ミラーサーバ配置について	嘉藤 学	西原正揮
グラフアルゴリズムの研究	河村 豊實	古賀賢志・森 厚
教育用移動ロボットの研究（2） ～ロボットの遠隔操作プログラム～	瀬々 浩俊	猿渡久史・竹内雄大 藤丸大輔
nMOS リングオシレータの試作	中村俊三郎	田中修吾・松田智恵
D Cモータドライブ制御シミュレータの作成	堀切淳一	市木祥平・中村 寛 百田 優
遺伝子発現パターンの解析	松野哲也	竹祐一・渡邊宣之
染色体における塩基配列と高次構造の相関	松野哲也	山鹿敏臣
IP アドレス管理支援ツールの検討 ～Edison : Easy DNS Interface System over Networks の試作～	松野良信	小林達矢
協調型サーバ管理ツールの検討 ～EASE : Enhanced Administration System with E-mail の試作～	松野良信	田代亜衣・山附琴里 ラハトカビル
物体に衝突する渦輪流れのシャドウグラフ法による観測	篠田登世子	平河俊行・堀川英樹 光安克洋
3 次元データのアニメーション化プログラム 'N-Magic' の開発 ～gnuplot 形式データの描画～	森 紳太朗	河内優作・中山憲征 福永一成
Java プログラムを対象とした複雑度メトリクス自動計量ツールの開発	山崎直子	馬場敬尚・安永和広

物質工学科

研究題目	指導教官	学生名
流動床造粒法による複合粉末の作製とその溶射皮膜の性能評価 ～結合剤（ポリビニルアルコール）の配合率の影響～	川瀬良一	奥村孝太

流動床造粒法による複合粉末の作製とその溶射皮膜の性能評価 —結合剤（ポリビニルアルコール）の重合度とけん化度の影響—	川瀬 良一	大津奈緒子
流動床造粒法による複合粉末の作製とその溶射皮膜の性能評価 —結合剤としてエチルセルロースを用いた複合粉末と複合溶射皮膜—	川瀬 良一	水間 歩
模擬溶射装置を用いた PE 溶射粒子の偏平挙動における関与因子の検討	川瀬 良一, 田中康徳	西田訓宰
二価マンガン塩とペルオキソ二硫酸アンモニウムからの二酸化マンガンの合成	宮本信明	高田祐一
マンガンゲルとペルオキソ二硫酸アンモニウムからの二酸化マンガンの合成	宮本信明	二浦志穂
MTBE + メタノール + イソオクタン三成分系の液液平衡測定と ASOG による相関	渡辺 徹	田中大輔
MTBE + メタノール + ヘプタン三成分系の液液平衡測定と ASOG による相関	渡辺 徹	紺井幹升
大腸菌 DH5 α による 17- β -エストラジオールの代謝について	富永伸明	正住隆行
ステロイドホルモンによる線虫 C. elegans のタンパク質リン酸化レベルの変動	富永伸明	田中真由美
C. elegans を用いた化学物質の毒性評価法	富永伸明	坂本有佳子
アルキルフェノール系化学物質の急性毒性評価	富永伸明	松下洋和
陽イオン性色素を指示薬として用いる陽イオン性高分子電解質の光度滴定	正留 隆	河口貞由美
ニュートラルキャリアー型ナトリウムイオンセンサにおける添加塩の効果	正留 隆	野瀬幸信
モバイル型表面プラズモンセンサの開発のための基礎的検討	正留 隆	森島孝臣
陽イオン性界面活性剤分析用表面プラズモンセンサの試作	正留 隆	高森貴浩
アルギン酸ナトリウム水溶液の液滴からのゲル粒子形成における滴径とゲル粒子径の比較	永田 良一	金子 新
α アミラーゼによるデンプンの加水分解実験の簡易実験法についての検討	永田 良一	葛城卓史

バラコッカス脱窒細菌による水中の硝酸性窒素の除去過程の反応解析	永田 良一	谷川欣伺朗
屋外暴露ポリウレタンの劣化解析	吉武 紀道	鳥越 裕嗣
ポリウレタンウレアイミドエラストマーの熱分解生成物と熱分解機構	吉武 紀道	永田 照美
ポリウレタンウレアイミドエラストマーの耐熱性と寿命温度予測	吉武 紀道	古賀 勝
外因性内分泌擾乱化学物質とアミノ酸の相互作用	水室 昭三	原口 典子
高分子ブレンドに及ぼす分子量効果	水室 昭三	広松 孝浩
機能性高分子の分子間相互作用	水室 昭三	池田 鍾政
マイクロバブルのアルコール水溶液へ及ぼす影響	水室 昭三	内村 亮一
細胞融合のためのプロトプラスト作出	星 良和	松尾 保洋
絶滅危惧植物の核内ゲノム塩基配列解析	星 良和	古庄 和美
高等植物における細胞同調培養の研究	星 良和	奥村 恵
大粒子径セルロースイオン交換体の調製	松本 和秋	梅原 幸
木蟻の脱色に関する研究	松本 和秋	武田 俊介
セルロースプロビオネットからの多孔質セルロースゲルの調製	松本 和秋	平野 浩一

建築学科

研究題目	指導教官	学生名
高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究	北岡 敏郎	今村 晶子・奥蔵加奈子
公共図書館の規模計画に関する研究 - 1日の貸出冊数の算定について -	北岡 敏郎	笠間健太郎・久留見友治
公共図書館の計画プロセスに関する研究	北岡 敏郎	丸山陽子
プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展	原田 克身	大橋景子・永元亮太
筋かい金物の補強効果について	原田 克身	古賀美啓・松永絵里

炭素繊維シートを接着した鋼材の疲労き裂進展性状	原田克身	中島俊浩・古川秀一
児童養護施設における児童の生活と空間構成に関する研究 —全国児童養護施設の現況調査と熊本市の愛児園の実態調査—	新谷肇一	神谷晋太郎・近藤 薫
大牟田市における一般高齢者の生活環境に関する研究	新谷肇一	中司智子・原口舞子
精神的ストレスを解放する建築空間デザインの手法に関する研究 —不知火病院・海の病棟の空間構成の評価（退院時の患者を対象として）—	新谷肇一	タギザデ シャルミン
居住環境の快適性に関する調査研究	山下俊雄	鬼丸恵介・西田朋美
住宅の温熱環境とエネルギー消費量に関する調査研究	山下俊雄	野村もとみ・吉見牧子
振動台実験による木造構造物の耐震性に関する研究 —筋かいの向きの影響についての地震波を用いた検討—	上原修一	田川裕生・山田留美加
曲げモーメント・軸力・せん断力を受けるRC柱部材のせん断ひび割れ発生強度解析法の開発	上原修一	原繁由樹
降伏線理論に基づくコンクリート系部材の極限解析 —付着強度を考慮したRC柱梁十字形接合部の解析について—	上原修一	藤井陽介
インターネットによる利用を考えた構造力学CAIの開発	上原修一	安永聖美
佐賀県東部における淨土真宗寺院本堂に関する研究	松岡高弘	志垣牛野
旧柳川藩における神社本殿形式に関する研究 —大川市・柳川市を中心として—	松岡高弘	山崎万里子
糸島半島における遺跡の立地推定に関する研究	中野浩志	澤村奈保子
都市のオープンスペースにおける飲食休憩空間に関する研究	中野浩志	前田圭子
水空間のイメージ形成に関する研究	中野浩志	宮本聖子・吉積志帆
通しダイアフラム形式の柱梁接合部における溶接終端部の破裂に関する実験的研究 —変形能力による考察—	岩下勉	野間口志織・前田尚子 宮崎凌

【学位論文】

学位記番号 熊本大学博工第一七九号

授与年月日 平成十四年三月二十二日

氏名 南 明宏

学位論文題目

熱間鍛造における型表面層の塑性変形抵抗に及ぼす熱負荷の影響に関する研究

論文要旨

塑性加工においては、加工性の向上、複合加工による製品精度向上、機械的性質向上等の高度な要求が課せられ、温・熱間鍛造加工が広範囲に利用されている。部品を塑性加工する代表の一つである鍛造において、歯形鍛造や複雑形状の精密熱間鍛造型は、厳しい熱負荷にさらされる。したがって、精度向上およびコスト低減に対して、型寿命の改善が成否の鍵を握る。型は、摩耗、塑性変形および熱劣化を起点とする割れによって寿命に至る。型寿命を改善するには、型と高温素材との接触時間および摩擦滑りを極力低減し、型冷却を効果的に達成できる工程設計、作業条件の最適化が求められている。また、選択される工具材質および表面被膜構造条件によって熱負荷限界が異なるので、これを正しく評価することも大事となってくる。

本研究の目的は型寿命の評価および型寿命改善策に対する効果的な指針を与えることにある。温・熱間鍛造加工において、自作したモデル鍛造試験機を用いた鍛造実験によって、モデル型材が受ける温度履歴や熱負荷を受けた型材の熱軟化情報を先ず得ることである。そして、得られた温度履歴や実測硬度を基にして非定常温度解析を行うことで接触熱抵抗、強制冷却熱伝達等を評価することおよび熱軟化評価式を提案することである。

また、有限要素法を用いた温度場および塑性変形抵抗解析等を効率よく行うために、型寿命が到達する、あるいは熱負荷が大きくなる部位の型温度を短い計算時間で解析できる簡易温度場見積もり法も合わせて提案する。さらに、硬質被膜処理を施した型の塑性変形抵抗および摩耗抵抗が摩擦すべり仕事および加工速度等によってどのように影響するのかを明確にすることである。

まず、第2章では、1サイクル時間、接触時間、冷却時間、型と鍛造材料との接触面圧、鍛造材料温度等の各種鍛造パラメータを(実機鍛造に近い条件で)変更してモデル鍛造試験を行い、それにより得られる型温度履歴や型軟化情報について述べた。実験による温度履歴を利用して有限要素法による準定常温度解析を試み、型と鍛造材料との接触熱コンダクタンスおよび冷却時の熱伝達係数を評価した。また、静的(一定温度で一定時間焼き戻す)な焼き戻し軟化試験を行い、焼き戻し母曲線を基にして軟化式を作成する方法とその評価も行った。その際に、本研究で提案した焼き戻しパラメータRを従来から用いられている焼き戻しパラメータAやSと比較しながら議論し、利便性を明らかにした。

さらに、焼き戻し軟化式を温度解析プログラム中に組み込み、実測硬度値と評価値を比較した結果、良好な精度で一致した。

第3章では、温度場の一次元解析解を基に、型形状因子を導入できるよう修正した形の簡易温度場解析法を新たに提案した。この解析法のプログラムでは初期入力として温度場に大きく影響を及ぼすパラメータとして作業条件因子および型形状因子が選ばれる。

作業条件因子では、時間パラメータ(鍛造サイクルタイム、鍛造実加工時間等)、接触や型冷却を支配するパラメータ(接触熱コンダクタンス、型冷却の熱伝達係数)、型および被加工材料物性パラメータ(熱伝導率、密度、比熱、温度伝導率)、初期温度および加工熱・摩擦熱パラメータ(型と被加工材料の初期温度条件、加工ひずみ、摩擦せん断係数、すべり速度)を入力する。

また、型形状因子では、据込み鍛造アンビル、後方押出しの軸対称ポンチ、軸対称前方押し出しダイス、彫り込みの浅い一般型を対象として、工具形状パラメータ(型角部の形状補正として角部熱負荷体積比率Vrを適用する)を入力する。その他には、サイクル平均の熱流束初期値qや対象となる型および材料の形状(直径、高さ、断面減少率等)のデータも入力する。

据込み型、押出しポンチ、リング状突起のある閉塞型の型寿命が問題になる部位についてFEM解析結果と本

簡易見積り法による評価温度場誤差は±2.5%（温度差では±20℃）と良好な結果が得られることが分かった。

第4章では、後方押出しポンチを解析モデルとして選び、ポンチ面上の相対滑り速度、摩擦せん断係数等を変化させた時のポンチ温度およびポンチの変形抵抗解析を行った結果を示している。ポンチ半径は9mm、ポンチ角部には2mmの面取りを施している。温度解析時のポンチと被加工材料との摩擦せん断係数 m_m は0~0.9まで0.1刻みで、変形解析時の摩擦せん断係数 m_h は0~0.225までを0.025刻みでそれぞれ設定した。加工サイクルタイムは3.5秒と一定とし、実加工時間（接触時間）を0.08秒、0.12秒および0.15秒と変化させた。

その結果、 m_m および滑り速度が大きくなるほど型の最高温度は増加した。

また、最高温度が高く、 m_h も大きい程、工具の受ける最大相当ひずみも大きく、型の変形抵抗が減少することが分かった。

第5章は、本研究の結論であり、各章の結果をもとに本論文の総括を行っている。

型の温度場は、型と被加工材料との接触時間、接触熱コンダクタンス、型(工具)と被加工材料間の摩擦せん断係数、摩擦すべり速度、そして硬質被膜材や被膜の厚さ等が大きく影響するが、それを実鍛造に近い条件で考慮し定量的に評価できるようにした。これによって、型寿命を改善する手法を提案できるようにした。

型寿命を延ばすためには、熱および熱劣化によって型が軟化するが、表層を硬質被膜厚さ δ_h で覆う場合、熱軟化層が δ_h の1~2倍程度に抑えるような熱負荷条件で鍛造することが重要である。 δ_h 層の厚さは、熱負荷に対応させる必要があり、熱影響層（軟化層）が被膜の5倍程度厚くなる条件の場合には、その層の抵抗が母材のそれの8割程度までの軟化であれば、ひずみ集中や変形抵抗の低下を小さく抑えることができる。また、硬質層は摩耗抵抗を低下するだけでなく摩擦せん断係数を小さくして塑性変形抵抗を高める役目も果たす。

さらに、接触時間が長く、接触熱コンダクタンスも大きくなるような熱負荷が厳しい場合には摩擦せん断係数を0.2程度以下に制御することが重要であることが明らかになった。

学位記番号 佐賀大学甲第一八六号
 授与年月日 平成十四年三月二十二日
 氏名 山崎直子
 学位論文題目

認知心理学を用いたソフトウェアの理解容易性計量に関する研究

論文要旨

大規模なソフトウェアでは、ソフトウェアライフサイクルコストの約90%が保守作業に費やされている。また、保守作業の約50%がソフトウェアの内容を理解してバグの場所や仕様変更に伴う改良場所を特定することに費やされる。したがって、ソフトウェアライフサイクルコストを削減するには、理解の容易なソフトウェアを開発する必要がある。そのためには理解容易性を客観的に計量しなければならない。

理解容易性などのソフトウェアの特性を客観的に計量するためには、尺度（ソフトウェアメトリクス）が必要である。理解容易性には人間によるソフトウェアの理解過程が影響する。しかし、人間の理解特性を考慮したメトリクスは知られていない。

本論文ではソフトウェアの理解容易性を計量するためのメトリクスを提案する。提案したメトリクスを理解コストと呼ぶ。理解コストには人間によるソフトウェアの理解過程を考慮する。そのため、理解コストを定義する際、チャンクや体制化といった認知心理学の概念を活用する。

理解コストは次の利点を持つ。(1)構造化技法やオブジェクト指向技法といった異なるパラダイムのソフトウェアに適用できる。(2)設計レベルと実装レベルの両方に適用できる。(3)ソフトウェアの中で理解が難しい部分を特定でき、保守が容易なソフトウェアへの改良の指針を示せる。また、改良の効果も計量できる。

本論文は以下の6章から構成されている。

第1章では、ソフトウェアの理解容易性計量の必要性および既存のソフトウェアメトリクスの問題点、本研究の目的を述べている。

第2章では、まず認知心理学の基本的な事項について説明し、それを基に理解コストの定義を行う。理解コストは理解過程モデルとコスト式から構成される。理解過程モデルは人間によるソフトウェアの理解過程をモデル化したものである。理解過程モデルは木構造で表される。木構造の節点はチャンクに対応する。チャンクとは何らかの意味で单一のまとまりを示す情報ことで、トークン、文、関数、クラスなどのソフトウェアのさまざまな構成要素に対応する。木構造の枝は体制化に対応する。体制化とは下位レベルの節点（チャンク）の集合を一つ上のレベルの節点（高水準チャンク）としてまとめて理解することである。体制化の過程は人間の理解過程に対応する。一方、コスト式は理解過程モデルから理解コストを求める計算式である。コスト式は1回の体制化に要する理解コストを求める式として定義されている。 n 個のチャンクで構成される高水準チャンクの理解コストは、 $n \leq 7$ において $O(n)$ であり、 $n > 7$ では $O(n^2)$ となる。なお、ソフトウェア全体の理解コストの値は、理解過程モデル中の体制化ごとにコスト式を繰り返し適用することで求められる。

コスト式はパラダイムに依存しない。そのため、理解コストの値を求める際、異なるパラダイムのソフトウェアでも同一の計算式で計量できる。一方、理解過程モデルはパラダイムごとに定義される。そのため、各種パラダイムごとに理解過程モデルを構築する必要がある。

第3章では、構造化プログラムの理解過程モデルを構築する。また、このモデルを利用した理解コスト計量法の有効性を示すために評価実験を行う。実験では、さ生ざまなプログラミング経験を持つ被験者に複数のCプログラムの理解容易性を評価させ、その評価値と理解コストとの相関分析を行った。その結果、理解コストは各被験者の評価に対して高い相関を示した。主要な誤差は被験者の知識レベルに起因することがわかった。また、前述のプログラムに対する既存メトリクス（LOC、閉路数複雑度、CCM）のメトリクス値と評価値との相関は、理解コストの場合に比べて低かった。さらに、これらの既存メトリクスはプログラミングスタイルによる理解容易性の評価値の変動を説明できないが、理解コストはその変動を説明できることが証明された。

第4章では、静的なオブジェクト指向プログラム（OOP）の理解過程モデルを構築する。静的なOOPを一般的（動的な）OOPと比較すると、プログラム実行中にインスタンスの生成／削除が行われないという制約がある。

理解過程モデルを構築するにあたり、まず、OOP の理解容易性を計量するにはクラスだけでなくインスタンスの計量が必要か検証する。そのために、インスタンス数の異なる静的な OOP（評価対象プログラム）に対し、被験者がその理解容易性を評価する実験を行った。実験の結果、理解容易性はインスタンス数に依存することがわかった。次に、クラスのみを計量対象とした Chidamber メトリクスで理解容易性を計量できるか検証した。評価対象プログラムの Chidamber メトリクス値を求め、被験者が求めた理解容易性の評価値との相関を調べた。その結果、両者の間には相関関係が認められなかった。よって、クラスのみの計量では理解容易性を計量できないことがわかった。以上の検討をもとにして、インスタンス計量を考慮した静的な OOP の理解過程モデルを構築する。また、このモデルを利用した理解コスト計量法が理解容易性を計量できることを検証する。評価対象プログラムの理解コストを求め、評価値との相関を調べた結果、これらに相関があることがわかった。よって、理解コストは、Chidamber メトリクスよりも、インスタンス数の違いに対する理解容易性の評価値の変動を的確に説明できる。

第 5 章では、動的な OOP の理解過程モデルと前提知識を考慮した理解コスト計量法について考察する。前者では、第 4 章で構築した静的な OOP の理解過程モデルを拡張して動的な OOP のモデルを構築する。動的な OOP ではプログラム実行中でもインスタンスの生成／削除が行われるため、理解過程モデルは複雑になる。そこで、この理解過程モデルを系統的に構築するために、プログラムの状態変化を示す振舞いグラフも提案する。後者では、あらかじめソフトウェア開発者が知っている知識（前提知識）が人間の理解過程に及ぼす影響を検討し、前提知識を持つ場合にも対応できるように理解コスト計量法を改良する。

第 6 章では、本論文の総括を述べている。

学位記番号 九州工業大学情工博甲第九六号

授与年月日 平成十四年三月二十五日

氏名尋木信一

学位論文題目

分散オブジェクト指向計算環境における並行例外処理

論文要旨

プログラムの実行中に発生した誤りや障害からの実行時における回復処理を行なう目的で、例外処理機構が用いられる。特にロバストで信頼性のあるアプリケーションの開発には、例外処理機構が不可欠である。つまり、異常状態に陥っても通常状態へと回復するためのコードを、アプリケーションプログラムにプログラマが予め組み込んでおく必要がある。しかし、例外処理はアプリケーション本来のアルゴリズムとは無関係であるので、例外処理のためのコーディングがプログラマの余分な負担となる。更に、そのような例外処理コードがアプリケーションプログラムに散在するので、プログラムの可読性が低下するという問題が生じる。

また、分散オブジェクト指向計算環境においては、オブジェクト間に潜在的に並行性が存在する。従って、複数のオブジェクトが並行実行中である場合、複数の例外が並行して発生する可能性がある。つまり、例外処理の対象が複数存在することになるため、常に例外処理の対象が1つですむ单一の計算環境における例外処理と比べて、より複雑な処理機構が必要となる。そこで、分散オブジェクト指向計算環境に適した並行例外に対する例外処理を表現可能な記述モデルと、その実行モデルが必要となる。

本論文の目的は次の2つである。まず、第一にプログラムの可読性を損なわず、尚且つ並行例外の取り扱いが可能な例外処理記述モデルを提案することである。そして、第二に分散オブジェクト指向計算環境に必要となる並行実行中のオブジェクト（以降、並行オブジェクトとする）に対する例外処理を考慮した並行例外処理実行モデルを提案することである。

本論文では、例外処理記述モデルとして、例外処理を通常のプログラムとは別ファイルに分離して記述する例外ハンドラクラスとして定義する方法を提案した。従って、アプリケーションプログラム中に例外処理コードが散在することは無く、例外処理の記述に起因するプログラム可読性低下の問題は解消されたと言える。更に、例外処理コードを例外ハンドラクラスにモジュール化し独立して記述できることから、例外処理コードそのものの再利用が可能となった。

また、本論文では次に挙げる2つの並行例外処理実行モデルを提案した。1つは、全ての並行オブジェクトからの返答を待った後、例外が発生していれば例外処理へと制御を移行するモデルである。もう1つは、プログラム全体の実行効率を優先して、並行オブジェクトが1つでも例外状態に陥った場合、直ちに例外処理を行なうモデルである。前者の場合、結果として複数のオブジェクトが例外状態に陥っている可能性がある。そこで、そのような複数発生する例外に対する例外処理の戦略をプログラマが言語から表現する手段が必要となる。本研究では、そのような複数例外に対してそれぞれ個別に、或いは幾つかまとめて1つの例外状態とみなして統合的な例外処理を行なうという2つの方法をプログラマに提供する。このように、プログラマに選択肢を提供することで、より柔軟な例外処理の記述が可能となった。

更に、1つの適用例として現研究室で開発を進めている分散オブジェクト指向計算環境Juiceへ本論文で提案したモデルを導入し、提案モデルの有効性を検討した。Juiceは、プログラミング言語、トランスレータ、実行時環境から構成され、オブジェクト指向言語Javaによって実装されている。Javaは独自の例外処理機構を持っており、そのJavaの例外処理機構を低レベルな部分で利用することで提案モデルの実装を行なった。実験として、Javaと提案モデルを導入したJuiceにおいて、各々の例外処理に掛かる実行時間の測定を行なった。その結果、Javaと比べると、通常処理と例外処理間の制御の移行に掛かる実行時間が数十μsから数百μsへと約10倍遅くなかった。例外処理全体の実行時間の内、制御の移行に掛かる時間は、実際の例外処理内容の実行時間に比べて非常に小さい。従って、この10倍の遅延時間は、実際の例外処理内容の実行時間に吸収され、例外処理全体の実行遅延としては問題無いくらい小さくなると言える。

本論文で提案した例外処理記述モデルを用いた場合、記述量が少なくて済む、例外処理内容の変更および修正

が容易である、例外処理コードそのものの再利用が可能である、などの利点がある。また、一般的に例外の発生が頻繁に起こることはなく、今回の実装による例外が発生しない場合の実行時間への影響も無い。従って、提案モデルの実装による実行時間への影響は問題無いということがわかつた。

学位記番号 農橋技術科学大学論博第一五五号

授与年月日 平成十四年三月六日

氏名 田中康徳

学位論文題目

工業用三大材料溶射粒子の偏平凝固挙動に対する包括的把握

論文要旨

材料表面に高機能性を付与する表面改質法の一つとしてあらゆる材料の製膜が可能な溶射法が注目されている。しかしながら現在の溶射皮膜作製条件適正化プロセスは極めて経験的である。これに対し溶射粒子の素過程における影響因子の解明が有効とされている。このような溶射粒子の素過程の研究は各研究機関で金属やセラミックス単独を対象としており、同様の素過程を経て製膜が行われるにもかかわらず金属・セラミックス・プラスチックの3大材料を統合した研究は行われていない。本研究は、溶射粒子の素過程の1つである基材上の偏平凝固挙動に着目し、これまで検討されてきた金属溶射粒子の偏平凝固挙動を基に、セラミックスおよびプラスチックにまで溶射材料を拡大し、溶射粒子の偏平凝固挙動に対するこれら材料物性の寄与、ならびに材料によらない偏平凝固挙動に対する影響因子を解明することを目的とする。

第1章は本研究における背景と目的について述べた。

第2章は飛行粒子の温度および速度計測と各種材料の溶射粒子の捕集方法について述べた。

第3章はセラミックス粒子に関して飛行中の溶射粒子の速度および温度を計測し、偏平凝固挙動との関係を調査した。各セラミックス粒子においても金属粒子と同様なスプラット形態の遷移現象が観察された。また、飛行中の粒子温度および速度の計測を行った結果、溶射距離の増大に伴い粒子速度および温度は粒子の材質を問わず溶射距離の増加により低下することが明らかとなった。さらに、溶射距離が短い場合セラミックスでは中心部が未溶融のスプラットが観察されることから、溶射距離が短く粒径が大きい場合には粒子内部まで溶融しないため、粒子の見かけの粘性が高く、スラッシュ発生が抑制され、遷移温度が高くなると考えられる。

第4章はセラミックス溶射粒子における粒子/基材界面におけるぬれおよび凝固の影響についての検討を行った。種々の粒子の遷移温度は基材熱伝導率や粒子熱伝導率の差異に起因した凝固環境および粒子/基材界面のぬれに影響をうけるが、セラミック溶射粒子のスラッシュ発生に対し初期凝固の形成は必ずしも必要ではなく、また粒子偏平においては、凝固よりもぬれがより支配的な因子として作用していると考えられる。

第5章はプラスチック溶射粒子に関して捕集粒子の観察および偏平形態と皮膜密着性との関係を明らかにした。プラスチック粒子においても基材温度の上昇に伴う偏平形態の遷移現象が観察された。また、基材温度が低い場合スプラット裏面には多数の気孔が観察され、金属やセラミックスと同様の傾向を示した。しかしながら皮膜付着力と偏平形態との相関性は小さく、むしろスプラットの偏平率と高い相関性を示した。

第6章は、基材に着目し、温度上昇および表面吸着物質による表面状態変化について検討し、さらにぬれを主因子として金属、セラミックス、およびプラスチックスの偏平凝固挙動を推定した。基材加熱に伴う表面粗さはいかなる材質においても増加し、この表面粗さの増大はスラッシュ発生を促進させることができた。また基材温度上昇に伴うスプラット裏面の気孔の存在割合は減少し、より緻密な組織になることが確かめられた。さらに減圧下では基材温度が低い場合であってもスプラット形態はディスク状に近くなることが分かった。これらのことから粒子偏平形態遷移現象に対する基材表面吸着物質の影響が推察された。以上の結果から、いずれの材料においても、偏平凝固挙動に対する支配的な影響因子は粒子/基材界面のぬれであると考えられる。ぬれは基材おおよび粒子材質の組み合わせによる化学的ぬれはもちろん、基材温度や表面粗さに依存する物理的ぬれ、および基材表面の吸着物質に左右される。溶射粒子の材質を問わず基材温度上昇あるいは溶射雰囲気圧力の低下によるぬれの改善により、粒子/基材間の接触が向上し、基材に衝突した粒子溶融部の温度低下ならびに粘性の上昇を経て凝固し、ディスク状粒子の形成に至ると推定される。

第7章は、得られた結果を基に機能性皮膜作製への溶射法の応用として、熱電皮膜の作製を行った。 β -FeSi₂およびSiGe系において熱電皮膜作製を行った結果、熱処理あるいは傾斜化などの後処理を施すことによりバルク材と同等の特性を持つ皮膜が得られ、溶射法が熱電皮膜の作製法として有効であることが確かめられた。

第8章は、得られた結果の総括である。

学位記番号 九州大学比文博甲第三一号

授与年月日 平成十四年三月二十五日

氏名 岩本晃代

学位論文題目

昭和詩の抒情—〈四季派〉・丸山薫を中心に—

論文要旨

昭和九年に発刊された『四季』(第二次)は、急進的なモダニズム運動の後、「主知的抒情詩の雑誌として、詩壇の主流的な存在」(丸山薫「『四季』発足の頃など」「『四季』復刻版 別冊解説」日本近代文学館 昭四二・一)となった同人雑誌である。堀辰雄の雑誌として知られるが、堀辰雄・丸山薫・三好達治の共同編輯によるもので、その実務の中心は丸山薫であった。昭和前期における抒情詩の研究は、萩原朔太郎を源流とする三好達治や立原道造、津村信夫など一部の研究対象にはば限られており、そこに〈四季派〉研究の土台が築かれ、丸山薫や藏原伴一郎は、『四季』同人でありながらも〈四季派〉とは異質な詩人として片付けられてきた。安藤靖彦は〈四季派〉研究の問題を「四季派各個の詩人のありようないし詩風と、集合体としての『四季』全体もつ気圈的様態との相関がうまくとらえられない」(『四季派研究はほぼ到達点に来たか、それとも豊かな可能性がのこされているか』『国文学』第四五卷一号 昭五五・一)点にあると指摘したが、それは現在も課題として残されたままである。萩原朔太郎の系譜は〈四季派〉の太い水脈として認められるものの、それだけでは〈四季派〉の本質は見えてこない。『四季』は、イズムを掲げて運動を展開するような急進性を持たず、ゆるやかな気圈の中で抒情の回復を目指した雑誌であった。安藤靖彦の指摘にもあるように、『四季』と〈四季派〉の関係は、同人三十二名のそれぞれの詩世界をとおして明らかになっていくはずである。本論は、詩史上重要な詩人と言われながら研究対象とされてこなかった丸山薫の詩世界の特質を明らかにすることによって、これまでの研究史における萩原朔太郎中心の抒情の系譜を問い合わせるものである。

戸原伸一郎は丸山薫を「昭和におけるもつともすぐれた象徴詩人の一人」(『現代詩の解説と咏ひ方』端穂出版 昭四二・六)と高く評価したが、「象徴詩人」という呼称は、『物象詩集』(昭一六)の「序」に書き付けられた〈物象への或るもどかしい追求欲とそれへの郷愁の情緒〉という丸山薫の詩精神と深く関わっている。その詩精神の根源を追究するために、まず第一章で、〈象徴〉を視点に、明治大正期の詩論について検証した。そこから本論の中核となる視点、表現主体と客体との関係における詩人の意識の問題を提出し、この問題をふまえながら音楽的な萩原朔太郎と絵画的な西脇順三郎の詩法を比較検討した。

第二章では、『四季』発刊までの詩壇の状況について『詩と詩論』を手がかりに検討した。錯綜したモダニズム運動の中でとくにリルケの文学思想、表現主義、新即物主義等のドイツ文学思潮の移入について検証し、次に〈四季派〉という呼称のもつ問題を視野に入れながら『四季』が果たしたリルケ移入を考察。研究史上、堀辰雄と立原道造にはば限定されてきたリルケ受容について、堀辰雄作『風立ちぬ』を分析することによって影響の方向性を検証した。

第三章は、本論の中心となる章である。第一節では、丸山薫の暗示的な詩世界の特質を、初期の詩篇を収めた『幼年』(昭一〇・六)の構造を分析することによって明らかにし、同時集に意識的なシミリーについて西脇順三郎の詩論からの影響を指摘した。第二節では、丸山薫の詩業にリルケの『形象詩集』『新詩集』及び芸術論からの強い影響を指摘。これは堀辰雄や立原道造の『マルテの手記』以後を主としたリルケ受容とは別の側面からの受容であり、「砲星」(『帆・ランプ・鶲』昭七・一二)、「水の精神」(『鶴の葬式』昭一〇・五))には、それが見事に結実している。「砲星」では、不可視のもどかしさによる存在の不安が擬人法によって絵画的に象徴され、「水の精神」では、〈水〉という〈物象〉と、主体である詩人が、一体化と分離を反復することによって音楽が演奏されている。それは萩原朔太郎の唱えたりズムによるものとは異なった新しい音楽の方法である。丸山薫の詩世界の奥には、人間の視覚への深い懷疑と、近代的自我の意識に関連する主体と客体の問題が内在しており、明治末期から大正期における移入された〈象徴〉という方法意識が、丸山薫という昭和の詩人に上って哲学的な詩想を基盤に展開していく過程を追究した。さらに第三節では、立原道造、田中冬二、三好達治等〈四季派〉詩人と丸山薫の詩世界を比較し、同時空間における抒情のそれぞれの特質について明らかにした。第四節では、

戦時下の抒情の問題について考えてみた。『物象詩集』（昭一六・二）には、既刊の四詩集に新しく《日本の空》と題した一章が加えられている。『鶴の葬式』にまで顯著な〈物象への或るもどかしい追求欲とそれへの鄉愁の情緒〉は、『一日集』（昭一一・九）を焼にして急速に変容していった。その推移について本論の視点である主体と客体の距離をはかりながら検討し、昭和詩の抱える問題を提出した。

第四章においては、〈四季派〉の抱える抒情の問題と昭和詩の抒情の系譜について追究した。主客一体というリルケ的な発想が、丸山薫だけではなく、『四季』の同人であった藏原伸二郎や伊東静雄にも見られることによって、方法意識の同時代性について考察。そこから大岡信がいう「自己を孤立した主体としてとらえ、同時にそれを、主体の消滅し去ったのちの荒涼たる外部世界としてとらえるというこの不条理な認識形式」（『文学』昭四〇・一一）に胚胎する昭和詩の抒情の問題を検討した。これは前章で指摘した丸山薫の哲学的な世界と重なるものであり、また《日本の空》章の問題とも深く関わるものである。〈四季派〉の一部に見られる共通の発想についてフッサールの現象学の影響をふまえながら考察した。

丸山薫が〈四季派〉の中で「異質」とされてきたのは、その哲学的な詩想と絵画的なイメージの世界が、他の〈四季派〉詩人達のように萩原朔太郎を源流とする音楽を基盤とした詩世界とは大きく異なっていたからである。丸山薫のメタフィジックな詩世界は、西脇順三郎に学んだ主知的なレトリックによる抒情が、リルケや現象学の影響を受けて開花したものである。これまでの研究では西脇順三郎と〈四季派〉との関係はほとんど注目されていなかった。

本論は、丸山薫を中心に、〈四季派〉における西脇順三郎の系譜を浮かび上がらせ、昭和の抒情詩研究に新しい側面をきりひらいたものである。

平成14年度 編集委員

委員長 宮川英明 (教務主事)
委員 潤戸洋 (図書館長)
田口紘一 (機械)
濱田伸生 (電気)
中村俊三郎 (電子情報)
松本和秋 (物質)
松岡高弘 (建築)
村田和穂 (一般教育)
本田竜広 (一般教育)

有明工業高等専門学校紀要

第39号 (2003)

平成15年1月31日発行

編集 有明工業高等専門学校紀要編集委員会
発行 有明工業高等専門学校
大牟田市東萩尾町150
電話 大牟田(0944) 53-8613

CONTENTS

An Introduction of Computer System for Information-oriented Education in Department of General Education	KAWAMURA Toyomi MURAOKA Yoshinori	1
Trends of the Students on the Basis of the Investigations of the Actual Conditions	SETO Hiroshi MITO Kenji	5
A Study on Some Domain in a Complex Banach Space	HONDA Tatsuhiro	15
Monte Carlo Simulation for Three-Dimensional Extended ANNNI Model	KASAMA Toshihiro SHIMAMOTO Tomoshige MURAOKA Yoshinori OKADA Kunihide IDOGAKI Toshihiro	21
Estrogenic Activity of Alkyphenol Compounds on Gold Fish (<i>Carassius Auratus</i>)	YAMAGUCHI Akemi TOMINAGA Nobuaki	27
On the Buildings of the Hirohata-Hachimangu Shrine	MATSUOKA Takahiro	31
Fatigue Crack Growth Behaviors at the Toes of Fillet Welded Joints under Programme Bending Loads (3)	HARADA Katsumi MITSUI Yoshiyuki HATA Kaori	45
An Evaluation of Detached Houses Based on the Energy-saving Standards of Next Generation and a Research for the Thermal Environment in the Houses	YAMASHITA Toshio TANAKA Mitsuo	53
Improvement on "Monodukuri" (Manufacturing) Education in the Mechanical Engineering — From the Viewpoint of Hardware and Software —	MATSUKAWA Shinya AKASHI Koji SARUWATARI Shinichi TAKAHASHI Masanori TSUBONE Hiroaki UEHARA Hiroshi TADAKUMA Hidenori SAKAGUCHI Makoto KINOSHITA Shousaku KAWAMURA Eiji	63
Development of Cutting Jig for Wiring Protective Tubes, Vehicle's Parts at a Workshop Center — Report on Technological Support to Ohmura Workshop Center, Ariake Home —	KINOSHITA Shousaku KAIJIWARA Masahiro KAWASAKI Yoshinori	69
Development of an Educational Experiment System on Heat Transfer	VOSHIDA Masamichi KUBOYAMA Masao	77
On Determination Procedure of the Space-Charge Density in Dielectrics Measured by the Pulsed Electroacoustic Method	UCHIUMI Michihiro KATO Satoshi	83
An Influence of the Compensation Current Detection Filter on PI Controlled Active Filter	IZUMI Katsuhiro	87
Study of Reinforcement for the Campus LAN System	MATSUNO Yoshinobu YAMASHITA Iwao HORITA Takayuki FUKUDA Hiroto	93
Transformation from the Systems of Higher Order into the Systems of Lower Order and Hierachy Control of the Systems by Knowledge	HAMADA Nobuo	99
Trial Fabrication of CMOS Devices only by a Thermal Diffusion Method in the Impurity Doping (2) — On the Formation of p-Type Well —	NAKAMURA Shunzaburo TSUKAMOTO Naoki ASANO Tanemasa	105
An Analysis on Performance of a Lidar with a Continuous Wave Laser Pseudorandomly Modulated by the Maximum Shift Register Sequence	UCHIUMI Michihiro	111
The Development of English Abilities of the Students of Ariake National College of Technology: A Longitudinal Study (1) — With a Focus on the Improvements from the 1st Year to the 2nd Year —	ABE Noriko	117
On Phrasal Verbs in Defoe's Non-Fictional Writings: A Preliminary Sketch	MURATA Kazuho	125
A Study of Sugawara Michizane	YAKIYAMA Hiroshi	144