

ISSN 0385—6844

有明工業高等専門学校紀要

第 30 号

平成 6 年 1 月

Research Reports
of the
Ariake National College of Technology
No. 30
January 1994

Published by Ariake National College of Technology

Omuta, Japan

目 次

CAI ソフト作成支援ツール	丸 山 圭 二 田 上 立 也 松 野 了 二	1
高専における人文科学の総合化に関する一試論 —— 社会問題をテーマにしたスピーチの取り組み ——	焼 山 廣 志	7
Pseudoconvex domains containing the product set with dimension infinite	本 田 竜 広	17
VDF テロマーの相転移に関する研究	石 崎 勝 典 平 木 由紀夫 今 福 信 嘉 永 守 知 見 吉 田 郵 司 堀 内 俊 寿 松 重 和 美	23
非接触電極法による有機分子薄膜の誘電率および D-E 測定	永 守 知 見 石 崎 勝 典 吉 田 郵 司 原 一 広 堀 内 俊 寿 松 重 和 美	29
日吉神社本殿（滋賀県伊香郡高月町）の建築について	松 岡 高 弘	33
せん断力と垂直応力を受ける鉄筋コンクリートせん断面の降伏条件	上 原 修 一	51
二相二重管熱サイフォン内の流動に及ぼすサブクール度の影響	吉 田 正 道 井 村 英 昭 一法師 茂 俊 松 川 真 也	59
RC 回路実験シミュレーション	辻 一 夫 堀 田 孝 之 浜 田 伸 生	63
クレーンモデル系の適応制御	川 崎 義 則 原 楨 真 也 木 下 正 作 岩 井 善 太	67
電子回路教育へのハードウェア記述言語導入試論	瀬 々 浩 俊	73
<i>Ruth</i> 試論	品 川 尚 司	79
Some Uses of Verbs in Defoe's <i>Robinson Crusoe</i> : With Special Reference to Psychological Expressions	村 田 和 穂	91

長崎県島原市松平文庫『菅家後集』——翻刻（その二）——	焼 山 廣 志	101
研究活動概要（自1992年 9 月～至1993年 9 月）		107

CAI ソフト作成支援ツール

丸山 圭二*・田上 立也**・松野 了二

Support Software for Preparing Coursewares for CAI

This paper will describe the support software we developed that is used to prepare coursewares for CAI. The support software has the following three characteristics: the knowledge of programming is not necessary to develop coursewares, the system's configuration can be very simple for personal computers because mass storage devices such as hard disks, etc. are not necessary and the operation is easy and consistent because a mouse is used.

Keiji MARUYAMA, Tatsuya TANOUE and Ryouji MATSUNO

1. はじめに

近年、高専、大学のみでなく小中学校等にもパソコンが導入されるようになり、CAI 教育についての関心も高まってきた。しかし、CAI 教材を開発するには教科に関する知識の他にプログラミングに関する知識も必要であり、だれもが教材を開発できるというわけには行かないのが現状である。したがって、教科に関する知識さえあれば、プログラムの知識がなくても、だれでも CAI 教材を開発できるようなシステムがあればさらに充実してくるものと思われる。このようなソフトとして、Apple 社製の Macintosh シリーズには HyperCard¹⁾ と呼ばれるソフトが標準で添付され、数多い CAI ソフトが多くの人々の手で産み出されている。しかし、本校を含めほとんどの学校に導入されているパソコンは MS-DOS 系のもの（特に NEC 製 PC9800 シリーズ）が多く、添付されているソフトも BASIC がほとんどで、これだけでは CAI 教材の作成は困難である。なお、近年、市販のソフトでマルチメディア対応の CAI 教材作成用ソフト等も市販されるようになってはきたが^(注1) 高価であり、また大容量のハードディスク等を必要とするものが多い。

そこで、我々は、プログラミングの知識も必要とせず、また小中学校に多く導入されている基本的なパソコンシステム（パソコン本体 NEC 製 PC9801 とモニター）のみで動作し、大容量のハードディスク等を必要

としない CAI 教材開発支援ツールの設計を行い、実現したので報告する。なお、この支援ツールはだれでも容易に使用できるという意味をこめて“EasyCard”と名付けた。EasyCard は前述の HyperCard と比べると、機能も操作性も劣るがハードディスクも必要とせず、内部メモリも 640KB のみで動作する点、スクリプトの自動生成機能を持たせたところなど HyperCard にはない、いくつかの特徴を備えている。

2. 基本設計

我々は EasyCard を設計するに当たって以下のことを目標とした。

- ・プログラミングの知識なしで CAI 教材開発が可能とする。
- ・快適かつ一貫性のある操作性を持たせる。
- ・高速かつコンパクトなシステムとする。

以下にこれらのことについて述べる。

2.1 プログラミングの知識なしで CAI 教材開発が可能

プログラムに関する知識がまったくない人でも（勿論、パソコンの起動方法やキー操作、マウス操作は覚えてもらわなければならないが）作成できるようにするにはどうしたらいいかを検討した結果、表計算ソフト等で採用されているスクリプト自動生成方式（表計算ソフトではマクロ記録と呼ばれることが多い）を採ることにした。また、画面管理や操作を分かりやす

* 現在、日本電気㈱（平成 5 年 3 月有明高専電気工学科卒業）

** 現在、安川情報システム㈱（平成 5 年 3 月有明高専電気工学科卒業）

(注 1) 例えば マクロメディア社の AUTHOMWARE PROFESSIONAL や MACROMEDIA DIRECTOR など

くするために HyperCard と同様のカード形式とした。すなわち、利用者がグラフィック、テキスト、ボタン等をカードに貼り付けていけば、そのサイズ、位置、種類等を表すスクリプトを自動的に生成し、カード情報としてそのスクリプトを保存するようにした。スクリプトは普通は利用者には見えないのでスクリプトに関しての知識は不用である。

2.2 プログラミングの知識があれば少々複雑な教材でも作成可能

EasyCard のカード情報はテキストとして保存されている。したがって、プログラミングに慣れた人はテキストエディタを用いて直接プログラミングすることも可能である。

2.3 快適かつ一貫性のある操作性

できるだけ狭い空間でマウスを操作出来るようにポップアップメニュー形式を採用した。この方式により現在マウスカーソルがある位置付近にメニューが表示されるので無駄な動きをしなくてよい。また、ほとんどの操作をシングルクリックのみによって行えるようにした。

2.4 高速化

少しでも、応答速度を早くするために全てアセンブラで開発した。また、現在のパソコンの状況をみると Intel80386SX 以上の CPU を搭載したものがほとんどであるので高速化のために Intel80386SX 以上の CPU を持つパソコンをターゲットマシンとし、32ビットコードを用いて更なる高速化を図った。

2.5 コンパクト化

ハードディスクが安価になってきたとはいえ、現在のところ本校では学生用のパソコンはフロッピーディスクのみで、ハードディスクは付加されていない。(これは、小中学校でも同じ状況である。)このことを考慮し、EasyCard では、マウス、ディスプレイ、パソコン本体のみで動作するようにした。また、フロッピーの交換作業も不用とし、フロッピーへの読込書込作業もできるだけ少なくなるように配慮した。

3. EasyCard の構造とカードの構成

3.1 EasyCard の構造

EasyCard の構造を図 1 に示す。この図からも分かるように中心部に EasyCard のシステムがあり各カードに貼り付けられたボタンに他のカードへのリンク情報が書き込まれている。

3.2 カードの構成

カードは図 2 に示すように絵 (グラフィック)、図形、文書 (テキスト)、ボタンなどから構成されている。以下に各構成要素について示す。

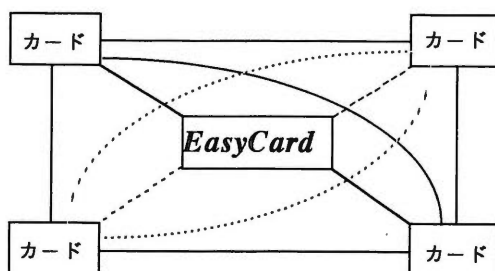


図 1 EasyCard の構造

3.2.1 絵 (グラフィック)

絵とは任意のサイズのグラフィックイメージのことである。絵のデータは各絵ごとに別々のファイルに格納しており、別のカードとの共有も可能である。絵は EasyCard の図形ツールを用いて直接描くことも可能であるが、複雑な絵を描きたい場合は他のグラフィックエディタを用いて描いた絵やスキャナーで取り込んだ写真をグラフィックコンバータで変換して利用することも可能である。

3.2.2 図形

図形とは EasyCard の図形ツールを直接用いて描いた直線、矩形、円などの簡単な図形のことを指す。絵との違いは絵は前述のように単独のファイルとして存在するが、図はカード上に直接描画される。用途としてはボタンの設定位置にボタンの絵を描いたり、重要な箇所を丸で囲んだり、様々な利用法が考えられる。

3.2.3 文書 (テキスト)

文書とは任意の長さの文字列のことである。カードに添える説明文などに用いる。絵と同様に単独のファイルとして存在するので異なるカード間で共有も可能である。これも絵と同様に EasyCard 上のテキストツールを用いて編集することも可能であるが、他のテキストエディタを用いて作成したものも利用可能である。

3.2.4 ボタン

ボタンとは任意のサイズの大きさの矩形領域であり、他カードへのリンク情報が書き込まれる。すなわち、EasyCard で作成したソフトの実行時にボタンとして設定された領域をマウスでクリックすることにより他のカードへ移動することが出来る。

例えば、図. 3(a)のように 3 匹の動物の絵があり、このうち象の絵の部分のマウスで指定すると象に関する情報のカード(b)が現れるとする。

このような処理を行わせるには、(a)において象の大きさと同じサイズのボタンを象の絵に重ねて設定し、そのボタンに(b)のカードをリンクしておけばよい。

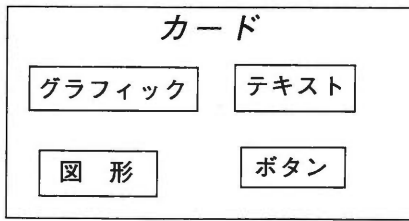


図2 カードの構造

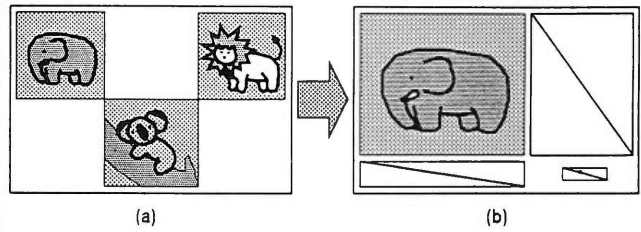


図3 ボタンとリンク

3.2.5 その他

以上述べたものの他に画面の表示方法、消去方法を設定可能である。絵や文書が増えてくると描画に時間がかかることもあるので、描画過程を見られたくないときなどに用いると効果的である。

3.3 スクリプト

スクリプトとは EasyCard 上で扱うプログラミング言語のことであり、利用者がカードに絵を貼り付ければ絵を貼り付けるスクリプト、テキストを貼り付ければテキストを貼り付けるスクリプトと、それぞれに対応したスクリプトが自動的に生成されるようになっている。EasyCard は前述のように“プログラミングの知識がない人でも CAI ソフトを作れる”ようにしているので、普段は影にかくれて見えないようにしてある。しかし、自動生成されたスクリプトでは単純な動きのあるソフトしか作成できないので、複雑な動きをさせたいときはこのスクリプトを扱う必要がある。

4. EasyCard の操作方法

EasyCard で CAI ソフトを作成するにはハードウェアとして 80386SX 以上の CPU を積んだ NEC 製 PC9800 シリーズと CRT、マウスが必要なことは前に

述べたがその他、ソフトウェアとして MS-DOS Version 5.0 以上のシステムが必要である。また、高機能なグラフィックエディタやテキストエディタ等もあれば便利がよい。以下に、EasyCard の起動から終了までを簡単に示す。

4.1 起動時の画面

図4が起動直後の画面である。メニューの“新規カード”を選択すればカード名を尋ねてくるので入力してやる。また、すでに作成済み（作成途中）のカードである“存在するカード”を選択すればそのカードが現れカードの作成画面に変わる。画面につけた番号について以下に説明する。

(1) カード名

現在作成中のカード名。実行時には非表示。

(2) マウスカーソル

現在のマウスの位置を示す。

(3) ポップアップメニュー

マウスボタンを押したときマウスカーソルに近い位置に表示される。どの階層にいるかによって表示される内容は異なる。

(4) カード

ここに、絵や文書を貼り付けて行く。EasyCard

では画面全体を一枚のカードとして取り扱う。保存や呼出もカードをひとまとめにして行われる。

4.2 EasyCard のメニュー

EasyCard におけるメニュー一覧を図5に示す。メインメニューはカード作成画面においてマウスの右ボタンをクリックすることにより現れる。図5において各矢印はメインメニューの各メニューとそれに対応する階層下のメニュー（子メニュー）の関係を表す。なお、図からも分かるように子メニューのうちいくつかはさらに階層下のメニュー（孫メニ

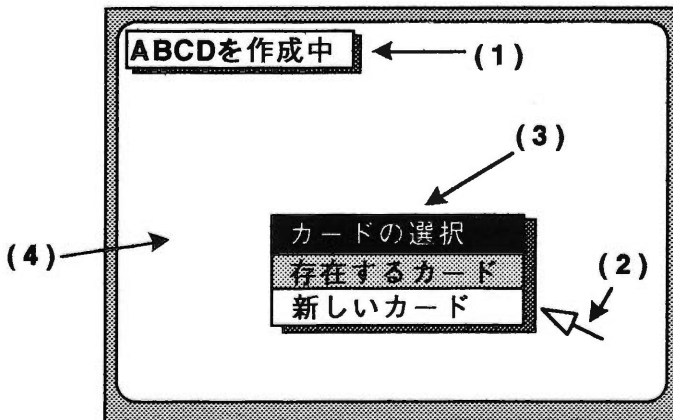


図4 起動時の画面

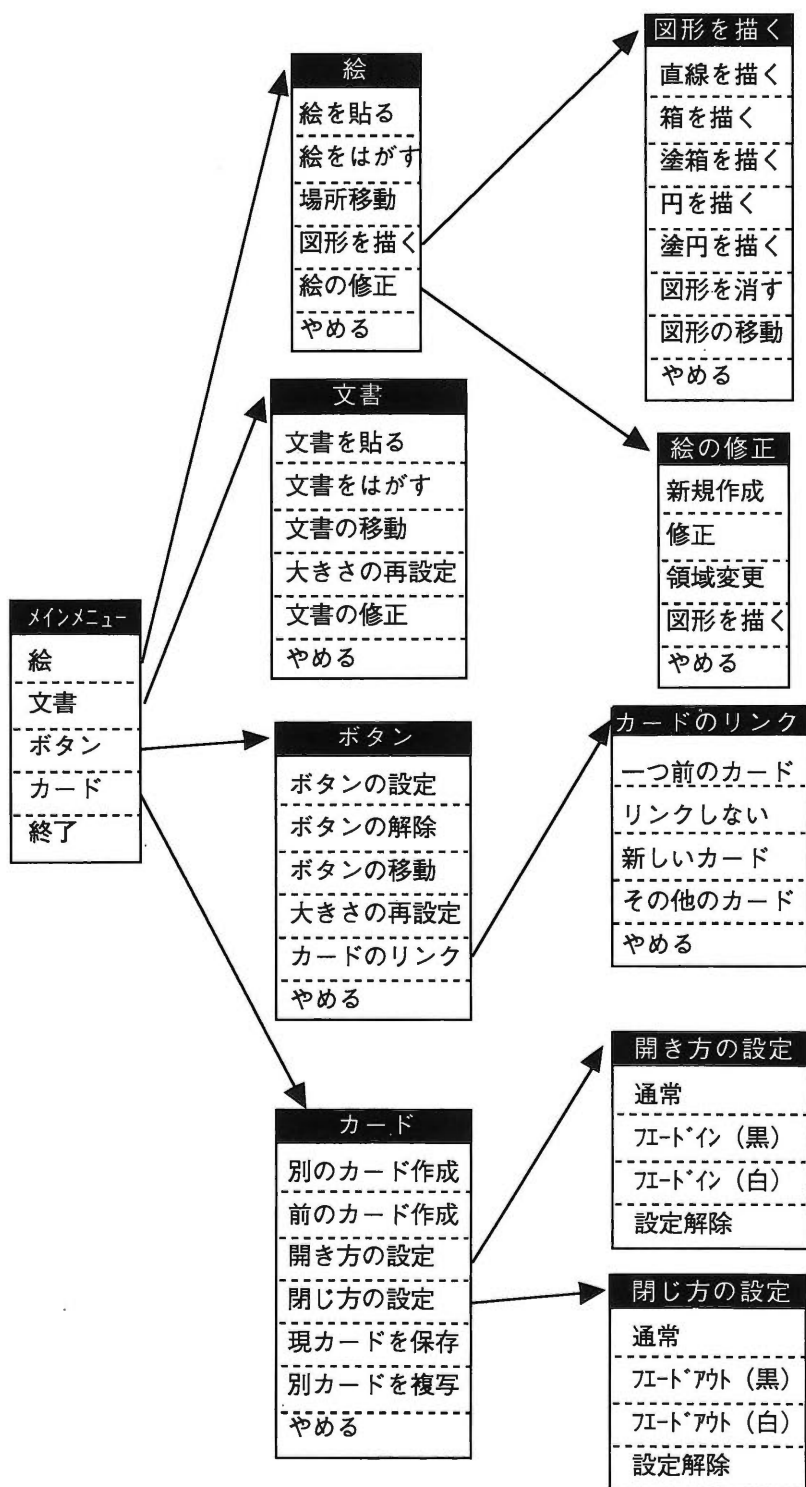


図5 メニュー一覧

ュー、ひ孫メニュー)を持っている。すなわち、メインメニューで“絵”を選択すると“絵を貼る”～“やめる”のメニューが現れ、その中で“図形を描く”を選択すれば“直線を描く”～“やめる”までのメニューが現れるようになっている。各メニューの機能についての説明は図5を見れば概略が分かるので省略する。

4.3 製作した CAI ソフトの実行

完成済みのソフトを実行するには MS-DOS のプロンプト上で

EC <最初のカード名>

と入力すればよい。前述したように各カードは独立したファイルとなっているので必要ならばカード名を指定することによりソフトの途中から実行することも可能である。

4.4 デバッグ

ソフトの開発には当然デバッグ作業が必要となる。EasyCard ではデバッグ作業はカード作成時のカードの修正メニューにより行う。

4.5 その他

4.5.1 スクリプトによるカードの作成

いままで、メニュー方式によるソフト開発法について述べてきたが前にも少し触れたように一般のテキストエディタを用いてスクリプトを記述する方法でもよい。また、メニュー方式で作成すればスクリプトが自動生成されるので大まかな作業をメニュー方式で行ったあと位置の微調整など細かな作業をテキストエディタを用いて行うことも可能である。

付録に EasyCard のスクリプト一覧を示す。

4.5.2 グラフィックコンバータ

EasyCard が備えているグラフィックエディタは機能が少なく、細かな作業が出来ない。また、イメージスキャナなどのハードウェアにも対応していないので他の高機能なグラフィックエディタを用いて作成した絵を EasyCard に流用できれば便利である。このようなことから、EasyCard は他のエディタで作成した絵を EasyCard 用に変換する機能を備えている。利用方法は、以下のようにする。

- (1) 変換したい絵をグラフィックラムに読み込む。
- (2) マウスボタンを押しながら EasyCard を起動する。
- (3) Graphic Converter というメニューが現れるので“コンバートする”を選択する。(入力待となる)
- (4) 変換したい領域を選択後保存するファイル名を指定する。

4.5.3 テキストコンバータ

EasyCard はテキストエディタも機能が少なく、長い文書を書くときには不便である。したがって、グラフィックと同様に他の高機能エディタを用いて作成したものを流用できれば便利である。EasyCard はテキストの場合は特にコンバートの必要はなく、他のエディタで作成した文書の拡張子を .TXT とすればそのまま利用できる。

5. 改良すべき点

EasyCard は一応使える状況にはなっているがまだ、改良しなければならない点が多い。以下にその点を列挙する。

・操作性の向上

メニューの階層が深いコマンドを実行するには数回のマウス操作が必要であり煩わしい。何らかのキーと組み合わせるなりして一回の操作でもよいようにするなどの工夫が必要である。

・処理速度の向上

現在の画面描画は、再描画時にも画面全体を描きなおしている。これを再描画が必要な部分のみ描きなおすようにすれば速度の向上が得られる。

・機能の向上

オブジェクトを重ねて貼り付けた場合、後から貼ったものが手前に現れる。優先順位を入れ換える機能や、グルーピング機能があればさらに便利になる。

・スクリプトの種類の増加

スクリプトは多ければいいというものでもないが、判断文程度はあった方がよい。

6. 終わりに

この EasyCard は第2回プログラミングコンテストの課題部門(CAI 部門)で優秀賞(第2位相当)を受賞した丸山、田上が第3回プログラミングコンテスト出品と卒業研究を兼ねて製作したものである。プログラミングコンテスト出品時の完成度は現時点のそれに比べて70%ぐらいであったが第2回プログラミングコンテストの作品よりはるかにすぐれたものであったのでひそかに優勝をねらっていたが残念ながら予選落ちという結果であった。審査員からの批評は

「良くできていた。説明の内容(題材)をレベルアップした方が良いのでは？」

(例) 人体解剖図 等」

というものであった。すなわち、我々は、EasyCardを用いて作成したCAI教材例として子供向けの「パソコン動物園」を提出していたが、この教材例をもう少しレベルアップしたらというご指摘であった。予選を通過した作品はどれもすばらしいものでプログラミングコンテストの参加作品の質がかなり向上しているのが予選落ちの一番の原因であったと思うが、作品を出品した側としては、EasyCardを用いて作成したものに對する批評よりも、EasyCard自体への批評をもう少しいただけたらと感じたりもした。もっとも、マニュアルの読みやすさ、正確さからプレゼンテーションまで評価の対象になることを考えるとそこまで気配りする必要があったのかも知れない。

6. 参考文献

- 1) Apple 社編：HyperCard User's Guide, Apple 社
- 2) 丸山, 田上：CAI ソフト作成支援ツールの作成,
平成5年3月, 有明高専電気工学科卒業論文

付録 — スクリプト命令一覧 —

用語説明

X カードの x 座標 (0~639)
 Y カードの y 座標 (0~399)
 FILENAME ファイル名
 co 色指定 (0~15)
 wid 線幅 (0~7)

基本命令

- 絵の表示
`graphic [start X], [start Y], [FILENAME. GRP]`
- 文章の表示
`text [start X], [start Y], [end X1], [FILENAME. TXT]`
- ボタンの設定
`button [start X], [start Y], [end X1], [end Y1], [FILENAME. CRD]`

カード開閉時の効果命令

- オープン時の設定
`open [n] n 0:通常 1:黒 2:白`
- クローズ時の設定
`open [n] n 0:通常 1:黒 2:白`

図形関係の命令

- 直線
`line [start X], [start Y], [end X1], [end Y1], [col], [wid1], [end X1], [end Y1], [col], [wid1], :`
`0,0 (直線は必ず0,0で終わらなければならない).`
- 箱
`box [start X], [start Y], [end X1], [end Y1], [col], [wid1]`
- 塗箱
`boxfull [start X], [start Y], [end X1], [end Y1], [col], [wid1]`
- 円
`circle [start X], [start Y], [end X1], [end Y1], [col], [wid1]`
- 塗円
`circlefull [start X], [start Y], [end X1], [end Y1], [col], [wid1]`

式の演算子

?[数式] 使用可能な演算子 +, -, *, /, ^, AND, OR, =
 (X, Y にはこの数式の使用可)

変数

変数名 28文字以内の英字名
 代入式 変数名=式 (例) `ab =4, ad =6* (ac =5+3* ab)` など可

注釈

; 以降行の終わりまで注釈

高専における人文科学の総合化に関する一試論 —— 社会問題をテーマにしたスピーチの取り組み ——

焼 山 廣 志

A Step towards the Unity of the Humanities in the National Colleges of Technology

Some Observations on the Speeches about Social Problems

Hiroshi YAKIYAMA

(1)

拙著の中に3年前と2年前の本校1・2年生対象に取りくんだ読書スピーチの経過報告をしたものがある。「高専における国語教育の取りくみ——スピーチ実践を通しての読書指導の一試論——」高専教育第15号(1992年2月)、「高専における国語教育の取りくみ——スピーチ実践を通しての読書指導くその2」国語フォーラム NO.66夏季号(1992年6月)その中で次のように述べた。

「本校においては、国語は1年次で3単位、2年次2単位、3年次2単位、4年次1単位、5年次1単位の計9単位を常勤2名、非常勤3名の計5名で担当している。高専の中での国語という教科は、この単位数に限ってみても同年代の在籍する普通高校等に比して随分低い位置付けになっていることを認めざるを得ない。高専の教科改革が叫ばれて久しくなるが、国語においては教科内容、時間等を大幅に改善することは、他の優先される教科等との関わりもあって余り期待できないのが現状の様である。本校においても来年度から実施される新カリキュラムの改訂にむけて討議が続けられているが、現状の9単位を維持することが精一杯の状態である。こうした事態だからこそ、逆に高専としての独自性のある国語教育とは何かを今、根本から問い直さなければならない所に立たされていることを痛感する。限られた時間数の中で学生の国語に対する興味をどうひき出して行けばよいのか、まさしく教える側の真摯な姿勢が大きく問われている時でもある。」

「高専における国語教育の取りくみ——スピーチ実践を通しての読書指導の一試論——」133頁より)

その後本校では週休2日制が導入されて2年目に入

った。新カリキュラムへの移行も順次進んでおり、ここでは、4年次・5年次の「国語」が「国文学」に科目変更された以外は現状維持で、5年間9単位という最低ラインは守られた。ところが週休2日制の導入により「国語・国文学」の科目は原則として2時間通しの100分授業に踏みきった為2年次以降は週1コマだけという事態が生じた。余程の教材の精選を行わないと国語の学力定着を学生に期待すること自体が危うくなってきたのである。試行錯誤をする中で、このスピーチの取りくみは学生に比較的好意的に受け入れられているように思う。したがって低学年においては継続して後期の時間50分を使って毎週実施してきた。そして今年4月より4年次を対象に、低学年とは別の観点からスピーチを再導入している。今回はその経過報告の一端である。

別の観点とは何かを明らかにしなければならないがここに今年8月和歌山市で実施された「平成5年度高等専門学校教員研究集会(第二班)」に出席した折、報告・討議された内容に重複する事が多く、沼津高専から発刊された「高専専門学校における人文科学・社会科学の総合化に関する研究<平成4年度文部省教育方法等改善経費>中間報告書」(平成5年3月刊)の関連箇所を引用することによりそれに替えたい。

1. 経過及び総合化の構想

(1)経過

◎プロジェクトの名称

高等専門学校における人文科学・社会科学の総合化に関する研究

◎プロジェクトの概要

高専の教育に関して平成3年2月8日付大学審議

会答申及び現場で教育に携わる教官から次のような点が指摘されている。

(中略)

3. 一般科目については、独自の目的をもった高専制度の趣旨にふさわしい効果的な教育・内容が必要であるが、必ずしもそうしたものが確立されているとは言えない。

(中略)

5. 高専卒業生の大学編入学が増大し、平成4年から専攻科が設置されたとはいえ、卒業生の8割以上が就職することを考えると、高専の完成教育としての使命は決して軽減されたとは言えない。
6. 高専の教育課程は従来から過密だと指摘があったが学校5日制の導入とともに学生生活に余裕をもたせるため過密を解消して一層効果的な教育を行う必要がある。

本プロジェクトはこうした現状を踏まえて、人文社会・外国語系の教科の共同研究によって一般教養科目の充実を図ろうとするものである。

(波線、筆者) (前著 3頁より引用)

(2)総合化の構想

(中略)

総合化には、学生自身による総合化と、教師による

教科指導上の総合化とがある。前者は、我々が目指すべき究極の教育目標であるが、そういう学力を培うための方法的手段が教師による教科指導上の総合化である。

この教師による教科指導上の総合化には、教科内総合化と教科間総合化と総合科目という三つの形態があり、(中略)この総合化の観念は、学問的体系というよりも教育効果を上げるために考え出された方法的・便宜的な手段であって、事象を有機的に関連づけてものごとの本質を理解するための教育的手法のことである。(中略)授業担当者は、目標にしたがって真に必要な教材の内容的価値を構造的に整備し、場に応じた授業戦略を企画できるようになり、学習者に興味をもたせた授業を展開することができるようになる。

(波線、筆者) (前著 11頁より引用)

長い引用になったが、今年4月より4年電気工学科の「国文学」(100分)(前期のみ)の授業で開始したスピーチの再導入の意図するものは、積極的な教科改善プロジェクトを推進されている沼津高専の中間報告書の上述の波線部分と合致するように思う。私の取り組みは上記の分類に入れるとすれば「教科内総合化」の一例になるかと思う。沼津高専をチーフとしてなされ

(資料①)

国文学(国語表現スピーチ)演習資料

*今回の「社会問題スピーチ」を導入するにあたって基礎調査をします。調査事項に出来るだけ詳しく答えてください。

4	番	(自宅生、寮生、下宿生)
---	---	--------------

●新聞について

①毎日、新聞を読んでいますか

(a) よく読んでいる。 (い) 余り読んでいない (う) 全く読まない

②平均して日にどれくらい時間を掛けて読んでいますか

(a) 60分以上 (い) 30分以上60分以内 (う) 20分位
(え) 10分位 (お) 全く読まない日が多い

③新聞のどの記事面を主に読みますか。上位3つ挙げて下さい。

(a) 政治 (い) 国際 (う) 社説・読者欄 (え) 経済
(お) 地方版 (か) スポーツ (き) TVラジオ番組
(く) その他

④日頃、読んでいる新聞名を教えてください複数読んでいる人は全て教えてください。

新聞
新聞

⑤最近新聞を読んで気になっている事を2つ挙げて下さい。

①

②

●TVについて

①TVを毎日みていますか

(a) 毎日みる (い) 余り観ない (う) ほとんど観ない

②どんな番組をよくみますか。上位3つを挙げて下さい。

(a) スポーツ (い) ドラマ (う) ニュース
(え) 映画 (お) クイズ (か) ドキュメント
(き) 音楽 (く) バラエティー (け) 教育

③現在気に入っている番組名を2つ挙げて下さい

●読書について

①本を読むことが好きですか。

(a) 好きである (い) どちらとも言えない (う) 嫌いである

②この1ヶ月で何冊、本を読みましたか

冊

③日頃よく読んでいる雑誌名を教えてください

④君の好きな作家名を1人挙げて下さい。

ているこの総合化のプロジェクトの取り組みとこの私の実践の一端を同列に論じる事自体無理があるが一試論の提示として御批判を仰ぐしだいである。

(2)

このスピーチの導入前に下記のアンケートを実施した。集計してグラフ化したのが次の頁からである。(資料①)

〔調査項目と集計グラフ〕

対象：4年電気工学科 39名

●新聞について

①毎日、新聞を読んでいますか ……〔資料A〕

- (a)よく読んでいる (b)余り読んでいない
(c)全く読まない

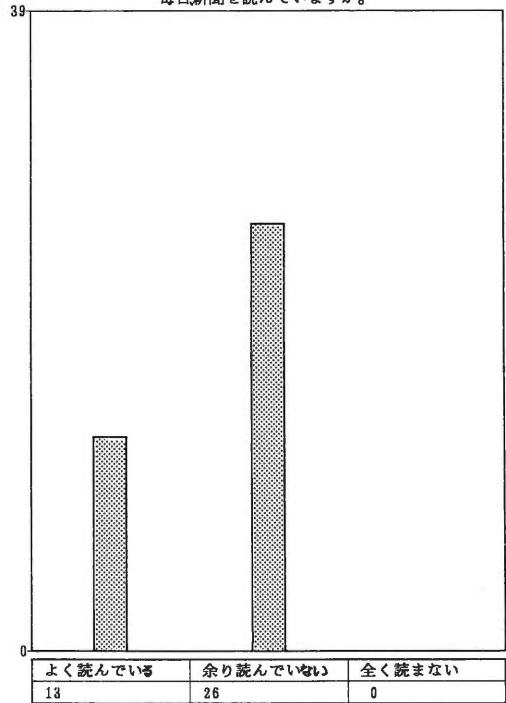
②平均して日にどれくらいの時間を掛けて読んでいますか。 ……〔資料B〕

- (a)60分以上 (b)30分以上60分以内 (c)20分位
(d)10分位 (e)全く読まない日が多い

③新聞のどの記事面を主に読みますか。上位3つ挙げて下さい。 ……〔資料C〕

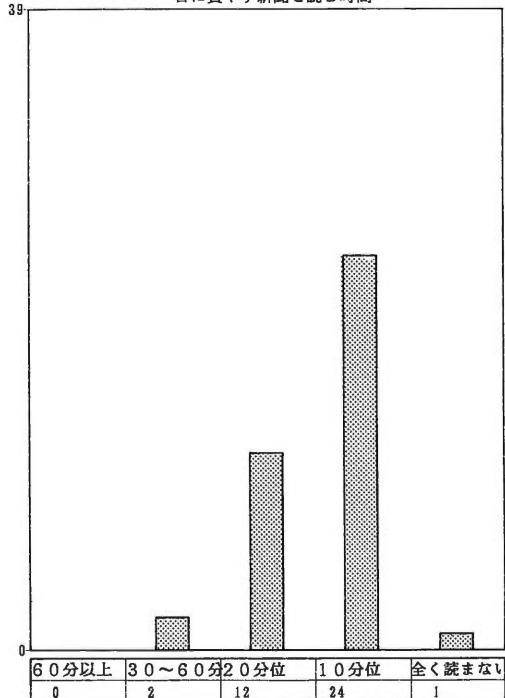
A

毎日新聞を読んでいますか。



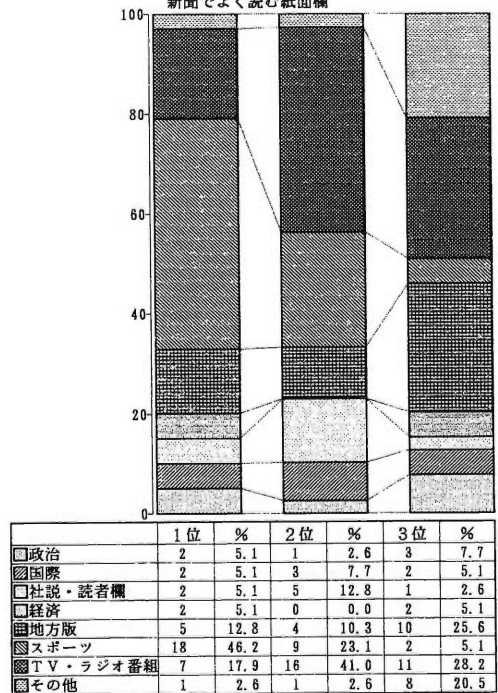
B

一日に費やす新聞を読む時間



C

新聞でよく読む紙面欄



- (㊦)政治 (㊧)国際 (㊨)社説・読者欄 (㊩)経済
 (㊪)地方版 (㊫)スポーツ (㊬)TVラジオ番組
 (㊭)その他

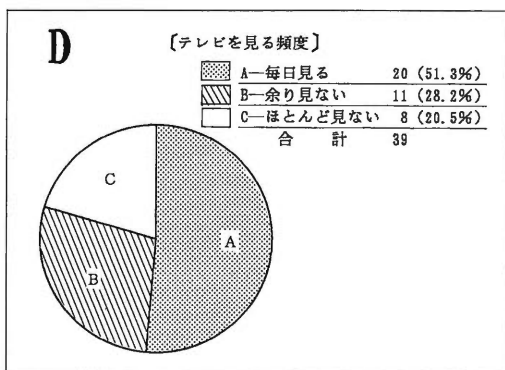
●TVについて

①TVを毎日みていますか …… [資料D]

- (㊮)毎日みる (㊯)余り観ない (㊰)ほとんど観ない

②どんな番組をよくみますか。上位3つを挙げて下さい。 …… [資料E]

- (㊱)スポーツ (㊲)ドラマ (㊳)ニュース (㊴)映画
 (㊵)クイズ (㊶)ドキュメント (㊷)音楽
 (㊸)バラエティー (㊹)教育



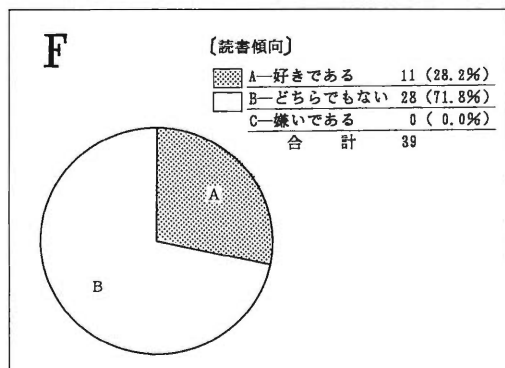
●読書について

①本を読むことが好きですか …… [資料F]

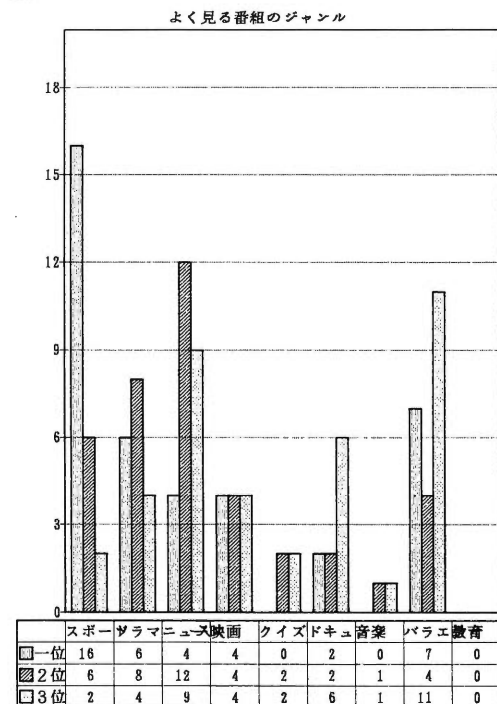
- (㊺)好きである (㊻)どちらとも言えない
 (㊼)嫌いである

②この1ヶ月で何冊、本を読みましたか …… [資料G]

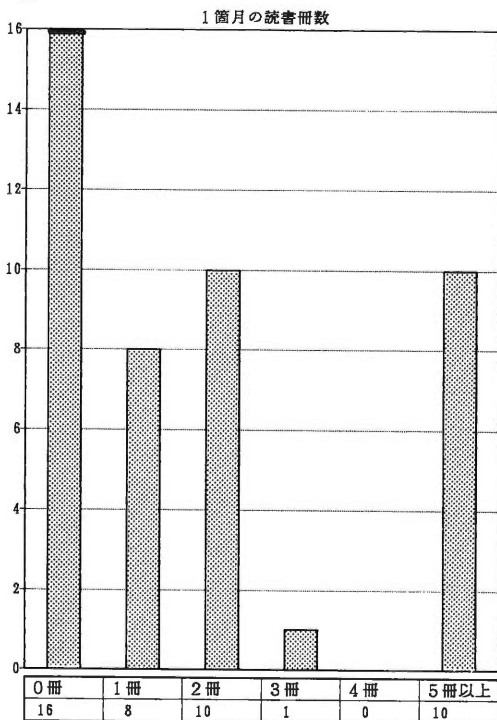
※平成5年5月19日アンケート調査日現在の冊数



E



G



報

[illegible][illegible]

原稿を発表の時に提出するよう指示をする。(清書済み
発表原稿例 資料③下参照)

④発表時の評価は「時間」「音声」「内容」「感銘」の4点で行ない、「内容」「感銘」については各10点「時間」「音声」については各5点満点で採点するものとする。それに指定した日までに発表原稿・発表資料を提出したものは「原稿」点として5点を加味する。

次にこうした要領に従い実際の授業で展開する手順を以下に紹介する。

準備

①スピーチをする順番を抽選で決めスピーチの発表原稿は指定日までに提出させる旨を学生に通知する。

②教師は発表者全員分の「記事切り抜き原稿」を発表順に通し番号をつけ、全員に配布できるよう印刷を済ませる。

授業

スピーチは100分の授業につき6人前後の発表者を指名する。発表をさせる前に発表者の「切り抜き原稿」

(資料④上)

スピーチ個人別採点表

(採点者) 焼山 廣志

○			4 E	
原稿	5	0	合 計	/ 30
音声	5.4.3			
内容	10.8.6			
感銘	5.4.3			
感 謝				

(資料④下)

採点例

スピーチ個人別採点表

(採点者) 焼山 廣志

③6	たばこの害について	4 E	14番	振渡康隆
原稿	⑤ 0	5	合 計	27/30
音声	5. ④ 3	4		
内容	1 0 8. 6	9		
感想	5. ④ 3	4		
時間	4' 40"	5		

(寸評) 落着いていて思案がでていた。先生の態度が申し分なかった。新聞の分科もしかり読得た。実験がいやら不明にやる所が最も分かった。思案がいた。スゴいといはたがうの出でた。

(資料⑤左)

[illegible]

(資料⑤右)

[illegible]

(資料⑥)

[スピーチ評価]

[感想文評価] /30

		5		5		10	10	10	40	5		5	5	5	5	5
4年 電気工学科		順 番	原 稿	時 間		音 声・ 態 度	内 容	感 銘	合 計	再 度 分 減 点	感 想 ①	感 想 ②	感 想 ③	感 想 ④	感 想 ⑤	感 想 ⑥
				時 間	評 価											
稲 岡 剛	環境問題について	8	5	4'19"	5	10	9	8	37		3	3	3	3	4	4
上津原英樹	和D-53号	33	5	3'09"	5	6	8	6	30		4	5	4	4	4	4
浦 川 強 志	ごみ問題について	17	5	4'51"	5	8	7	8	33		3	3	4	4	4	4
大 淵 健 児	見えない汚染	9	5	4'43"	5	8	8	6	32		3	3	4	4	4	4
大 淵 正 晃	資源節約運動	34	5	3'12"	5	8	7	8	33		3	5	4	3	5	3
小 幡 真 市	森林(自然)への人間の関心と対応	3	5	4'52"	5	8	9	8	38		3	4	3	3	4	4
釜 田 和 紀	P KOの実態	29	5	3'33"	5	8	8	6	32		3	4	3	3	3	3
河 野 恵 司	捕鯨問題について	13	5	6'58"	4	6	7	6	28		2	3	3	3	3	3
城 戸 幸 信	日本新党の躍進	11	5	6'24"	4	8	7	6	30		3	3	3	3	3	3
小 宮 満 明	えん罪	37	5	7'24"	4	10	8	8	35		2	3	3	4	/	/
佐 伯 孝 治	円高について	24	5	3'32"	5	6	7	6	29		2	3	3	3	3	4
坂 本 光 弘	環境汚染の現状と対策	1	5	5'42"	4	8	8	6	31		2	3	3	4	3	3
佐 藤 晃	天皇制について	27	5	3'04"	5	8	6	6	30		3	3	3	3	4	4
猿 渡 康 隆	たばこの害について	36	5	4'40"	5	8	9	8	35		3	4	4	5	5	4
志 垣 大 輔	時流	30	5	2'47"	4	8	9	10	36		3	3	3	3	3	4
高 田 敏 雄	マニュアルとは？	35	5	5'20"	4	8	8	8	33		3	2	3	3	4	4
只 隈 正 和	シンナーと少年	21	5	3'35"	5	8	7	6	31		2	2	3	3	3	3
田 村 貴 志	盗難の増大とその対策	38	5	2'31"	4	8	8	6	31		3	4	4	4	3	4
塚 本 誠 二	UNTACとボランティア	4	5	4'33"	4	6	6	6	27		2	3	3	3	3	3
堤 章 三	核と環境問題	18	5	6'27"	4	8	8	8	33		3	4	3	3	3	3
堤 晋太郎	クジラはどこへ	21	5	3'34"	5	10	8	8	*36	-5	3	4	4	4	4	4
堤 政 行	P KO	32	5	5'55"	4	8	8	6	31		/	/	3	3	3	3
津 留 浩 二	政治改革の行方	25	5	4'33"	5	8	8	8	34		4	3	3	5	3	4
内 藤 秀 和	九条規定	28	5	4'03"	5	8	7	6	31		2	3	3	3	2	3
中 司 正 輝	本当に景気は回復するのか？	39	5	3'42"	5	8	8	6	32		2	3	4	4	3	4
中 島 繁	米問題	23	5	3'41"	5	6	10	10	36		3	4	5	5	4	4
中 田 健 二	内定取り消し	2	5	3'53"	4	8	8	6	31		3	3	3	4	5	3
鍋 倉 茂 樹	自分のための英語	26	5	3'45"	5	6	8	6	30		2	3	3	3	3	3
野 口 浩 二	中小企業の役割	22	5	3'39"	5	8	8	6	32		2	3	4	3	3	3
濱 本 光 弘	宗教紛争	14	5	3'06"	5	6	7	6	29		3	4	4	3	4	4
林 孝 一	金丸信の脱税	7	5	3'26"	5	10	9	8	37		3	5	5	4	5	4
林 田 輝 治	これからの原子力	10	5	4'14"	5	8	8	8	34		4	3	3	4	4	3
原 田 成 作	ひょっとして自分も	6	5	4'49"	5	6	7	6	29		2	2	2	3	3	3
古 城 浩 介	骨髄バンクの行方	12	5	4'59"	5	8	8	6	32		4	5	4	3	4	4
松崎健太郎	熱帯雨林について	16	5	4'44"	5	6	10	8	34		3	4	4	4	4	3
光 山 悟	これからの憲法	5	5	5'43"	4	10	9	8	36		4	3	3	4	5	4
吉 岡 大 典	今の若者と日本	20	5	2'57"	5	8	8	8	34		3	4	3	4	4	3
吉 開 恵 治	世の中は紙一重	15	5	3'04"	5	8	7	6	*31	-5	3	3	4	/	5	4
吉 田 保 博	欧州の民族問題	19	5	3'35"	5	6	8	6	30		4	5	4	4	4	4

及び「スピーチ感想文」(原稿用紙400字詰)(資料⑤左参照)を全員に配布する。発表者はスピーチのテーマと氏名を板書した後、発表に移る。教師はストップウォッチを持参し、時間の測定にかかると同時に「スピーチ個人別成績票」(資料④上・下参照)の中に「音声」「内容」「感銘」「時間」の4点で記入し始める。発表中に沈黙があった時は時間のカウントを中止する。全ての発表が済んだ後30分間程で今回のスピーチ中最も印象に残った発表者についての感想を前述の「スピーチ感想文」に記述させる(資料⑤右参照)

事後作業

①前載の「スピーチ個人別採点票」の「寸評」の欄に教師が記入して評価得点も記し次回に発表者個人毎に手渡せるようにする。(資料④下参照)

②「スピーチ感想文」を回収したものを教師は1人ひとり文章に目を通し、表現力の向上につながるよう時

間の許す限り、誤字・脱字・表現の不自然な所等を指摘する添削を施し、更に「字の丁寧さ」「表記・表現」「内容」を5点満点で全員分評価し次回に返却する。返却された添削済の原稿は前期末の9月末にファイルにとじさせ各自で添削箇所を訂正したものを提出させた。

(4)

以上を総合評価して成績を出したのが(資料⑥)である。

スピーチを40点に換算し直し上述の「スピーチ感想文」を6回分合計して30点とし残りの30点を前期末の総括試験の成績(前述の「感想文レポート」の訂正分の提出分の評価も含む)で評価することにした。

この取り組みの総括については後日に再度試みる必要があるが、今回はその経過報告のみで筆を置く事にする。

(1993年9月27日了)

Pseudoconvex domains containing the product set with dimension infinite

Tatsuhiro HONDA

〈Received September 30, 1993〉

1. Introduction.

We investigate properties of pseudoconvex domains containing a product set.

H. Kazama introduces interesting properties of a pseudoconvex domain in his paper [11] that every Stein neighborhood of $C^m \times G$ in $C^m \times C^n$ is the product set of C^m and a domain of holomorphy in C^n , where G is a non-empty open and connected subset of R^n . The author [9] extended the result of H. Kazama [11] to the case of ΣC , which is countably infinite dimensional space defined as the induct limit of the finite dimensional spaces C^n , and ΠC , which is the cartesian product of complex planes C endowed with the projective limit topology of the finite dimensional spaces C^n .

In this connection, S. Ohgai-K. H. Shon [17] obtained a similar result in the case of the product space of the complex Grassman manifold and C^n . J. Kajiwara-S. Ohgai-K. H. Shon [10] showed this result in the case of the analytic fiber space whose base is a domain of holomorphy B in C^n with non-empty intersection $B \cap R^n$ and whose fiber is a homogeneous manifold L/L' , where L is a complex Lie group and L' is a complex closed subgroup of L . H. Hamada-J. Kajiwara [6] obtained a similar result in the case of a locally pseudoconvex domain in F containing the inverse image $\pi^{-1}(M)$ of a totally real and real analytic submanifold M of real n dimension in a complex manifold X of n dimension, where $\pi: F \rightarrow X$ is an analytic fiber bundle whose fiber is a homogeneous manifold L/L' .

The purpose of this thesis is to study an extension of the result of H. Kazama to every locally convex space over C such that the Levi problem is affirmatively solvable.

2. Preliminaries.

Let $E(C)$ be a locally convex Hausdorff space over C , and Ω be an open subset in $E(C)$.

A function f from Ω to C is said to be holomorphic in Ω if it has the following property.

f is continuous and for every $(a, b) \in \Omega \times (E(C) - \{0\})$, the function :
 $\lambda \rightarrow f(a + \lambda b) (\lambda \in C)$ is holomorphic and continuous on each
connected component where it is defined.

Let p be a function from Ω to $[-\infty, \infty)$. p is said to be plurisubharmonic if p is upper semi-continuous and if, for every $(a, b) \in \Omega \times (E(C) - \{0\})$, the function : $\lambda \rightarrow p(a + \lambda b) (\lambda \in C)$ is either identically $-\infty$ or subharmonic where it is defined.

DEFINITION 2. 1.

Let Ω be an open subset in $E(C)$. We denote by d_Ω the function : $\Omega \times (E(C) - \{0\}) \ni (z, z') \rightarrow d_\Omega(z, z') = \inf\{|\lambda|; z + \lambda z' \in \Omega, \lambda \in C\}$. Then Ω is said to be *pseudoconvex* if the function $-\log d_\Omega$ is plurisubharmonic on $\Omega \times (E(C) - \{0\})$.

DEFINITION 2. 2.

Let Ω be an open subset in $E(C)$. Then Ω is said to be *finitely pseudoconvex* if $\Omega \cap F$ is pseudoconvex for every finite dimensional subspace F of $E(C)$.

PROPOSITION 2. 3 (Ph. Noverraz[15]).

Let Ω be an open subset in $E(C)$. Then Ω is *pseudoconvex* if and only if Ω is finitely pseudoconvex.

DEFINITION 2. 4.

Let Ω be an open subset in $E(C)$. Ω is said to be *locally pseudoconvex* if, for every point $x \in E(C)$, there exists a neighborhood V of x in $E(C)$ such that $\Omega \cap V$ is pseudoconvex.

We denote by $H(\Omega)$ the space of all holomorphic functions on Ω .

DEFINITION 2. 5.

Ω is called a *domain of holomorphy* if there exist no connected open subsets Ω_1 and Ω_2 in $E(C)$ satisfying the following properties.

- (1) Ω_1 is not contained in Ω and $\Omega \cap \Omega_1 \supset \Omega_2 \neq \phi$.
- (2) For each $f \in H(\Omega)$, there exists a holomorphic function $f_1 \in H(\Omega_1)$ such that $f_1 = f$ on Ω_2 .

THEOREM 2. 6 (H. Kazama [11]).

Let G be a non-empty domain in R^n . Then D is a pseudoconvex domain containing $C^m \times G$ in $C^m \times C^n$ if and only if there exists a domain of holomorphy V in C^n such that $D = C^m \times V$.

THEOREM 2. 7 (T. Honda [9]).

Let G be a non-empty open and connected subset in $R^n (1 \leq n \leq \infty)$.

Then D is a pseudoconvex domain which contains the product set $G \times C^{N-n}$ if and only if there exists a pseudoconvex domain V in C^n containing G such that $D = V \times C^{N-n}$, where N is an arbitrary set.

THEOREM 2. 8 (T. Honda [9]).

Let G be a non-empty open and connected subset of ΣR . Then D is a pseudoconvex domain containing the product set $G \times \Sigma C$ in $\Sigma C \times \Sigma C$ if and only if there exists a pseudoconvex domain V containing G in ΣC such that $D = V \times \Sigma C$.

3. The property of pseudoconvex domains containing the product set.

Let $E(R)$ be a locally convex Hausdorff space over R .

For every $(a,b), (c,d) \in E(R) \times E(R)$ and $\lambda = \alpha + \sqrt{-1}\beta \in C$, we define

$$(a,b) + (c,d) = (a+c, b+d)$$

$$\lambda \cdot (a,b) = (\alpha a - \beta b, \beta a + \alpha b).$$

Thus $E(R) \times E(R)$ can be turned into a vector space over C . If B is a fundamental system of O -neighborhoods of $E(R)$ consisting of convex balanced sets, then the family $B(C) = \{A(V_1, V_2; V_1, V_2 \in B)\}$, where $A(V_1, V_2)$ is the set $\{\lambda \cdot (x, y); x \in V_1, y \in V_2, |\lambda| \leq 1\}$, forms a fundamental system of O -neighborhoods of $E(R) \times E(R)$ consisting of convex balanced sets. We denote by $E(C)$ the vector space $E(R) \times E(R)$ possessed of the topology defined by $B(C)$. $E(C)$ is called the complexification of $E(R)$ and consequently $E(C)$ is a locally convex Hausdorff space over C . We write $a + \sqrt{-1}b$ for $(a,b) \in E(C)$.

We denote by $L(E(K), K)$ the family of all K -linear finite dimensional subspaces of $E(K)$, where K is R or C .

EXAMPLES 3. 1.

We give some examples such that the Levi problem is affirmatively solvable.

- (1) The product space C^N of complex plans where N is an arbitrary set.

(V. Aurich [1], A. Hirschowitz [7], M. C. Matos [12])

- (2) Locally convex spaces with the finite open topology.

- (S. Dineen [3], L. Gruman [4])
- (3) Separable Banach spaces with the bounded approximation property.
(Ph. Noverraz [15],[16], L. Gruman [4], L. Gruman-C. O. Kiselman [5])
- (4) Hereditary Lindelöf locally convex spaces with a finite dimensional Schauder decomposition.
(M. Schottenloher [18],[19])
- (5) DFN spaces.
(J. F. Colombeau-J. Mujica [2])
- (6) (E', τ_0) , E' is the dual space of a separable Fréchet space E with the approximation property and τ_0 is the compact uniform convergence topology.
(J. Mujica [13])

LEMMA 3. 2 (M. Nishihara-K. H. Shon-N. Sugawara [14]).

For every $F \in L(E(C), C)$ there exists $F' \in L(E(C), C)$ such that $F' \supset F$ and F' is the complexification of $F' \cap E(R) \in L(E(R), R)$.

PROOF.

Let F be an n dimensional subspace with basis $\{a_i + \sqrt{-1}b_i; 1 \leq i \leq n\}$ for $a_i, b_i \in E(R)$.

We put $F' = \{\sum_{i=1}^n (\lambda_i a_i + \mu_i b_i); \lambda_i, \mu_i \in C, 1 \leq i \leq n\}$.

Then F' belongs to $L(E(C), C)$ and the following equality holds:

$$F \cap E(R) = \{\sum_{i=1}^n (x_i a_i + y_i b_i); x_i, y_i \in R, 1 \leq i \leq n\}.$$

Therefore F' is the complexification of $F' \cap E(R)$, and $F' \supset F$ holds.

(Q. E. D.)

THEOREM 3. 3.

Let $E(C)$ be a locally convex Hausdorff space over C , and $F(C)$ be a finite dimensional vector space over R , and $F(C)$ be the complexification of $F(R)$. Let G be a non-empty open and connected subset of $F(R)$, then D is a locally pseudoconvex domain containing $E(C) \times G$ in $E(C) \times F(C)$ if and only if there exists a domain of holomorphy V in $F(C)$ such that $D = E(C) \times V$.

PROOF.

For any $F_1 \in L(E(C), C)$, we put $D_1 = D \cap (F_1 \times F(C))$. Since D contains $E(C) \times G$, we have $D_1 \supset F_1 \times G$. Let $\bigcup_{\lambda \in \Lambda} D_{1\lambda}$ be the decomposition into connected components of D_1 . Then there uniquely exists $\lambda(1) \in \Lambda$ such that $D_{1\lambda(1)}$ is an open neighborhood of $F_1 \times G$ in $F_1 \times F(C)$. By Theorem 3. 2 there exists a domain of holomorphy $V(F_1)$ in $F(C)$ such that $D_{1\lambda(1)} = F_1 \times V(F_1)$. We have $D = \bigcup_{F \in L(E(C), C)} F \times V(F)$. First we show $D = \bigcup_{F \in L(E(C), C)} F \times V(F)$.

Let $z_0 \in D$. Since D is connected and contains $E(C) \times G$, there exists a point $z_1 \in E(C) \times G$ such that z_0 and z_1 can be joined by a broken line in D . We take points $z_0 = a_0, a_1, a_2, \dots, a_n = z_1$ so that the set

$$\{z \in E(C) \times F(C); z = t_i a_i + (1 - t_i) a_{i+1}, 0 \leq t_i \leq 1, i = 0, 1, 2, \dots, n\} \text{ is contained in } D.$$

Choose $\tilde{F} \in L(E(C), C)$ so that $\tilde{F} \supset \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$, then there exists $F_0 \in L(E(C), C)$ such that $F_0 \times F(C) \supset \tilde{F}$. Let $D_{0\lambda(0)}$ be the connected component of $D \cap (F_0 \times F(C))$ containing $F_0 \times G$, then there exists a domain of holomorphy $V(F_0)$ in $F(C)$ such that $D_{0\lambda(0)} = F_0 \times V(F_0)$. Since the set $F_0 \times V(F_0)$ is connected, $F_0 \times V(F_0)$ contains z_0 . Therefore we obtain $D = \bigcup_{F \in L(E(C), C)} F \times V(F)$.

We put $V = \bigcup_{F \in L(E(C), C)} (F)$. And next we prove the following equality:

$$\bigcup_{F \in L(E(C), C)} F \times V(F) = E(C) \times V.$$

For every $z_0 = (z_0^1, z_0^2) \in E(C) \times V$, there exist $F_1, F_2 \in L(E(C), C)$ such that $z_0^1 \in F_1$ and $z_0^2 \in V(F_2)$. Take $F_3 \in L(E(C), C)$ so that $F_3 \supset F_1 \cup F_2$. Then $F_3 \times V(F_3)$ contains (z_0^1, z_0^2) . Therefore we obtain the equality $\bigcup_{F \in L(E(C), C)} F \times V(F) = E(C) \times V$. So $D = E(C) \times V$.

Since D is locally pseudoconvex, V is a domain of holomorphy.

(Q. E. D.)

Next theorem is the main theorem in this paper.

THEOREM 3. 4.

Let $E_1(C)$ be a locally convex Hausdorff space over C , and $E_2(R)$ be a locally convex space over R such that the Levi problem is affirmatively solvable in the complexification $E_2(C)$ of $E_2(R)$. If G is a non-empty open and connected subset of $E_2(R)$, then D is a locally pseudoconvex domain containing $E_1(C) \times G$ in $E_1(C) \times E_2(C)$ if and only if there exists a domain of holomorphy V in $E_2(C)$ such that $D = E_1(C) \times V$.

PROOF.

For every $F_2 \in L(E_2(C), C)$, we choose a space $F'_2 \in L(E_2(C), C)$ as in Lemma 3. 2. Let $\bigcup_{\lambda \in \Lambda} D_\lambda$ be the decomposition into connected components of $D \cap (E_1(C) \times F'_2)$ and $\bigcup_{\mu \in M} G_\mu$ be that of $G \cap F'_2$. For every $\mu \in M$, there exists $\lambda(\mu) \in \Lambda$ such that $D_{\lambda(\mu)} \supset E_1(C) \times G_\mu$.

By Theorem 3. 3, there exists a domain of holomorphy $V_{\lambda(\mu)}$ in F'_2 such that $D_{\lambda(\mu)} = E_1(C) \times V_{\lambda(\mu)}$.

We put $V(F_2) = (\bigcup_{\mu \in M} V_{\lambda(\mu)}) \cap F_2$ and $V = \bigcup_{F \in L(E_2(C), C)} V(F)$. Then we can prove this theorem similarly to the proof of Theorem 3. 3.

(Q. E. D.)

References.

- [1] V. Aurich, The spectrum as envelope of holomorphy of a domain over an arbitrary product of lines, *Proceedings of Infinite Dimensional Holomorphy*, Ed. T. L. Hayden and T. J. Suffridge, Springer-Verlag Lecture Notes in Math., 364 (1974), 109-122.
- [2] J. F. Colombeau and J. Mujica, The Levi problem in nuclear Silva spaces, *Arkiv für Math.*, 18, 1(1973), 155-185.
- [3] S. Dineen, Sheaves of holomorphic functions on infinite dimensional spaces, *Math. Ann.*, 122(1973), 337-345.
- [4] L. Gruman, The Levi problem in certain infinite dimensional vector spaces, III, *J. Math.*, 18(1974), 20-26.
- [5] L. Gruman and C. O. Kiselman, Le problème de Levi dans les espaces de Banach à base, *C. R. A. Sc. Paris*, 274(1972), 1296-1298.
- [6] H. Hamada and J. Kajiwara, Ensembles totalement réels et domaines pseudoconvexes, *Mem. Fac. Sci. Kyusyu Univ.*, 39, No. 2(1985), 243-247.
- [7] A. Hirschowitz, Remarques sur les ouverts d'holomorphie d'un produit dénombrable de droites, *Ann. Inst. Fourier*, 19, 1(1969), 219-229.
- [8] T. Honda and J. Kajiwara, Sur un théorème de type d'Akio Kodama, *Mem. Fac. Sci. Kyusyu Univ.*, 44, No. 1(1990), 61-66.
- [9] T. Honda, Pseudoconvex domains in some infinite dimensional spaces, *Research Report of the Ariake College of Technology* No. 29(1993), 13-17.
- [10] J. Kajiwara, S. Ohgai and K. H. Shon, Groupes de Lie complexes et fonctions holomorphes, *Mem. Fac. Sci. Kyusyu Univ.*, 39, No. 1(1985), 127-132.
- [11] H. Kazama, Note on Stein neighborhoods of $C^k \times R^1$, *Math. Rep. College Gen. Educ. Kyushu Univ.*, 14, No. 1(1983), 47-55.
- [12] M. C. Matos, Sur l'enveloppe d'holomorphie des domaines Riemann sur un produit dénombrable de droites, *C. R. A. Sc. Paris*, 271(1970), 727-728.
- [13] J. Mujica, Domains of holomorphy in DFC spaces, *Functional Analysis, Holomorphy and Approximation Theory*, Ed. S. Machado, Springer-Verlag Lecture Notes in Math., 843(1981), 500-533.
- [14] M. Nishihara, K. H. Shon and N. Sugawara, On pseudoconvex neighborhoods of real subspaces in some locally convex spaces over C , *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. A*, 39, No. 1(1985), 85-93.

- [15] Ph. Noverraz, Pseudo-convexité, Convexité Polynomial et Domaines d'Holomorphie en Dimension Infinite, North-Holland Math. Studies, 3(1973).
- [16] Ph. Noverraz, Approximation of holomorphic or plurisubharmonic functions in certain Banach spaces, Proceedings on Infinite Dimensional Holomorphy. Ed. T. L. Hayden and T. J. Suffridge, Springer-Verlag Lecture Notes in Math., 364(1974), 178-185.
- [17] S. Ohgai and K. H. Shon, Stein neighborhoods of real axis, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., 38(1984), 199-202.
- [18] M. Schottenloher, Das Levi-Problem in unendlich dimensionalen Räumen mit Schauderzerlegung, Habilitationsschrift, Munich, 1974.
- [19] M. Schottenloher, The Levi problem for domains spread over locally convex spaces with a finite dimensional Schauder decomposition, Ann. Inst. Fourier, 26(1976), 207-237.
- [20] K. H. Shon, Stein neighborhood bases for product sets of polydiscs and open intervals, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. A, 41, No. 1(1987), 45-80.

VDF テロマーの相転移に関する研究

石崎 勝典・平木由紀夫*・今福 信嘉**・永守 知見
吉田 郵司***・堀内 俊寿****・松重 和美****

Study on Phase Transition in Vinylidene Fluoride Telomer

Differential scanning calorimetry(DSC), X-ray diffraction method and Fourier transform IR(FT-IR) measurements were conducted on evaporated thin films and bulk samples of vinylidene fluoride telomer(VDF telomer) in order to evaluate the phase transition.

It was revealed that the VDF telomer has solid-solid phase transition, consisting of form II with TGTG' conformation to form III with T3GT3G' in the evaporated films, while form III to form II, form I(?) in bulk sample.

Katsunori ISHIZAKI, Yukio HIRAKI*, Nobuyoshi IMAFUKU**, Tomomi NAGAMORI,
Yuji YOSHIDA***, Toshihisa HORIUCHI**** and Kazumi MATSUSHIGE****

1. はじめに

VDF テロマー($(\text{CF}_3)_2\text{CF}(\text{CH}_2\text{CF}_2)_n$ -I はポリフッ化ビニリデン (PVDF) : $(-\text{CH}_2\text{CF}_2-)_n$ の直鎖状ポリマー重合法の一方法である連鎖移動反応に用いられるオリゴマーである。PVDF およびその三フッ化エチレン (TrFE) との共重合体 (P(VDF/TrFE)), は各方面への実用高分子材料として有望で、特に機能性高分子材料として新しい応用分野を構築してきている。

本報告では PVDF および共重合体についての基本的な事柄を説明した上で、まだ解明されていない点を明らかにする目的で PVDF の基本的構造体である PVDF テロマーについて DSC, 全反射 X 線回折, およびフーリエ変換赤外分光光度計測定を行いその転移機構について考察をした。

まず始めに、簡単に PVDF について記述したい、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)は、フッ化ビニリデンの重合体でフッ素を59.4%含有する半結晶質ポリマーで、1944年デュポンによって初めて合成された。その後、機械的強度や耐久性に優れていることから、多くの高分子と同様、まずコーティングや被覆用の材料と

して利用された。1960年代にはいと、誘電率が高いことや結晶構造が複雑であることから、特異なポリマーとしてしだいに研究者の関心を集めるようになった。1969年に PVDF を一軸延伸後ポーリング処理を行うと大きな圧電性を示すことが河合平司によって報告された^{1,2)}。それ以来、応用研究として、圧電性や焦電性の機構に関する基礎研究も盛んに行われた。これらの研究から、まず、電界により X 線回折や赤外吸収のパターンが変化することや、200MV/m 以上の高電界を印加すると、ガラス転移点以下でもヒステリシス曲線を示すことが明らかにされた。さらに、詳細な研究から、分極反転が結晶中で個々の分子鎖が180°回転によって起こり、分極反転のダイナミクス測定より、極めて高い分極反転が結晶中で数 μ 秒の高速で起こることが示され、PVDF が強誘電性ポリマーであることは疑いの余地のないものになった。強誘電体であるとする、キュリー点が存在することが期待されるが、PVDF には明瞭なキュリー点は観察されなかった。しかし、各モル分率のフッ化ビニリデン (VDF) 共重合体を合成し、その特性を調べたところ、三フッ化エチレン (TrFE) 共重合体 (VDF 分率が50~80mol%) のものが融点以下に新しい転移を示すことが見つけられ、強誘電相から常誘電相への転移によるキュリー一点の存在が証明された。さらに、その分極機構が密接に関係する結晶構造については単一相 (single phase) モデル^{3,4)} と混合相 (mixed phase) モデル⁵⁻⁹⁾ が提案され

* 福岡酸素㈱ (平成5年3月工業化学科卒業)

** 佐賀大学理工学部 (平成5年3月工業化学科卒業)

*** 九州大学工学部応用理学教室

**** 京都大学工学部電子工学教室

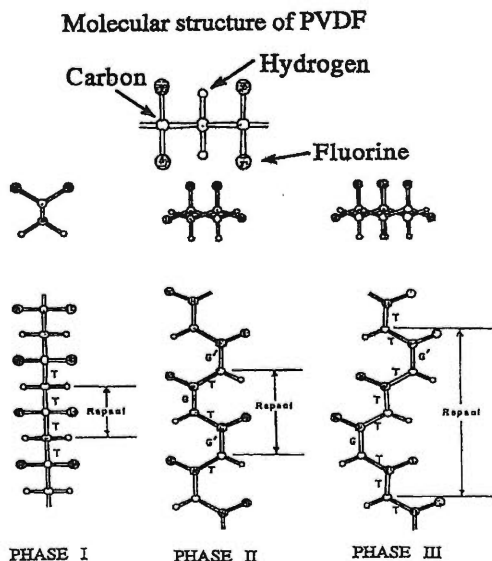
ているがまだ決定されていない。正しい構造の解明は、学問上は勿論のこと、分極構造のさらなる理解に不可欠である。

これらの構造（分極、結晶）をより理解するために我々は PVDF, VDF/TrFE の蒸着膜について一連の研究を行ってきた。しかし、蒸着時の熱分解等で広い分子量分布、末端の不確定構造などのために結果の説明に困難を生じている。VDF テロマー試料の使用により、これらの問題点をクリアーし、新たな情報が期待できる。

2. PVDF の多結晶構造について

PVDF の特徴の 1 つとして、結晶が種々の構造をとることがあげられる。これは、分子鎖が種々の形態をとり、それらが違った仕方でもパッキングすることによる。PVDF が多くの結晶型をとる理由の一つとして、それぞれの結晶型のエネルギーがあまり変わらないことがあげられる。I 型と II 型結晶の計算結果から、安定化の主因はいずれもクーロン相互作用ではなくファンデルワールス相互作用であることが、推測されている¹⁰⁾。特に I 型ではクーロン相互作用では、むしろ不安定化の方向にある。

分子鎖の形態には、図-1¹¹⁾に示すように全トランスの平面ジグザグ鎖トランス (TT) とゴーシュ (GG') が交互につながった TGTG' 鎖、その中間の T₃GT₃G'



From M. A. Bachmann and J. L. Koenig,
J. Chem. Phys., **74**, 5896 (1981)

図1 PVDF のコンホメーション

鎖の 3 種類があり、これらの分子鎖から構成される I 型, II 型, III 型結晶が報告されている¹²⁾。これらの分子鎖が平行あるいは反平行にパッキングするかによって、全部で 6 種類の結晶型ができる。このうち、全トランス鎖が反平行パッキングしたもの (IV 型) を除く 5 種類の結晶型が確認されている。

PVDF では種々の充填の仕方が可能で、それぞれに少し不安定性の要因がある。たとえば、TT 型の分子形態をとった場合、フッ素原子の直径 (0.270nm) が骨格炭素鎖の繊維周期 (0.256nm) よりわずかに大きいので、隣接モノマーのフッ素原子間の立体反発が起き、そのため実際には完全な平面ジグザグ構造から若干左右にねじれた構造をとっている。より安定とされている TGTG' 鎖においても、3 つ先の炭素についた水素とフッ素原子間の反発のため、ゴーシュ結合の内部回転は標準的な 60° ではなく 45° に近い値をとり、不安定な傾向がみられる。このように PVDF は、構成原子の大きさが原因で、種々の結晶型がそれぞれ不安定性を内在しており、このことが強誘電性とも密接な関係を持っている。

3. 実験方法

DSC (示差走査熱量) 測定 (理化学電気 TAS100) では、 α -アルミナを標準試料として昇温速度 5°C/min で 120°C まで測定した後、自然冷却で室温まで測定を行った。これを 1st Run とする。また、室温まで降温してから、再び 1st Run と同じ条件で測定を行った、これを 2nd Run とする。

FT-IR (フーリエ変換赤外分光法) 測定は、Nicolet710 を使い、透過法によった。VDF テロマーと KBr を 1 : 100 の割合で混合し、型板で KBr 錠剤を作製した。KBr 錠剤を FT-IR の測定部にセットし、昇温速度約 1°C/min で室温から一度 120°C まで加熱し試料内の成形に伴う分子配向をなくし、自然冷却時も測定を行った。これを 1st Run とする。室温まで徐冷した後、昇温速度約 1°C/min で 40°C から 120°C まで加熱しながら測定を行い自然冷却時も測定した。これを 2nd Run とする。

真空蒸着膜の試料作製条件は、NaCl の単結晶を壁開した基板上に VDF テロマーを真空蒸着装置で真空度を 1×10^{-5} Pa で水晶振動子膜厚計でモニターしながら蒸着速度を 0.10nm/s、基板温度を 20°C として、膜厚を 100nm に成膜した。FT-IR 測定は昇温速度約 1°C/min で 40°C から融点前の 80°C まで加熱しながら行い、自然冷却時も測定した。また、40°C まで降温してから再び 80°C まで同じ条件で測定した。鎖状分子の FT-IR による相転移および分子配向評価については、以前

の研究においてその有効性が確かめられている¹³⁾。

X線回折測定で用いた薄膜の作製条件は、真空度を 1.3×10^{-4} Pa で厚みを 100 nm, 蒸着速度を 3.4 nm/s, 試料と基板との距離を 18 cm とした。測定は、昇温は各温度が一定のもとで、常温から 130°C まで積算時間 800 sec で行った。

誘電率測定では、空気中で、40°C から 130°C まで測定を行った。ただし、昇温過程は高温へ行くほど、遅くなる。降温過程は、自然冷却で行った。

4. 結果及び考察

VDF テロマーのパルク試料を DSC で測定した 1st Run の結果を図 2 に示す。

吸熱ピークが 92°C, 100°C 付近に見られ、降温過程では 99°C に結晶化による発熱ピークが確認された。

FT-IR 測定を行った結果、波数と温度の関係が一番顕著にあらわれた 1182 cm⁻¹ 付近のピークに注目し、そ

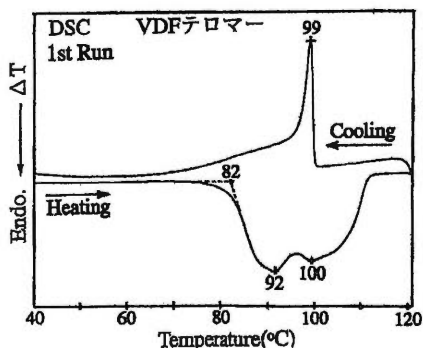


図 2 VDF テロマーのパルクの DSC 曲線(1st Run)

の波数の温度変化を図 3 に示す。1182 cm⁻¹ は、CF₂ の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CF}_2)$] と CH₂ のひねり振動 [$t(\text{CH}_2)$] の結合振動モードでありこの時、82°C 付近から波数が増加し始め融点以上では 1188 cm⁻¹ と一定になる。降温過程では昇温時と重なるように波数が減少し、1178 cm⁻¹ まで下がった。これを図 2 と見比べると 100°C では一致する。しかし、FT-IR 測定では昇温時 82°C から波数の大きな変化が見られた。自然冷却時も測定したが、99°C に結晶化による顕著な波数の変化は観測されなかった。DSC の結果では、ベースラインとピークの最大傾斜の交点が 82°C 付近に存在する。また、100°C は融点と考えられる。

2nd Run の結果を図 4 に示す。90°C, 106°C に吸熱ピークが見られた。また、降温過程では 1st Run と同様に 99°C に結晶化による発熱ピークが確認された。1st Run と異なるところは、融点と思われる 106°C 付近にピークが認められる。

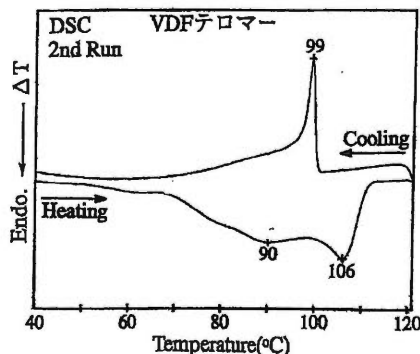


図 4 VDF テロマーのパルクの DSC 曲線(2nd Run)

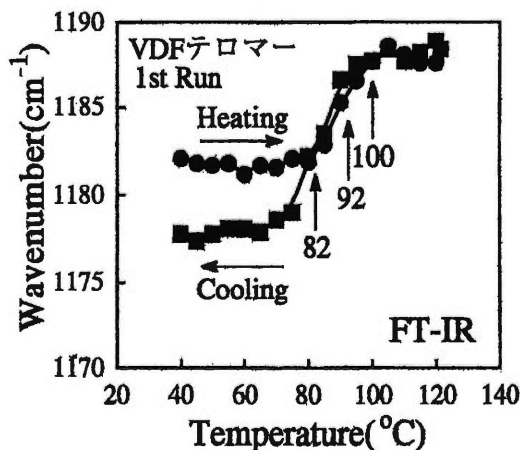


図 3 VDF テロマーのパルクの 1180 cm⁻¹ 付近波数の温度変化(1st Run)

FT-IR 測定のパンドは 1175 cm⁻¹ に注目し、その波数の温度変化を図 5 に示す。60°C から波数が増加し始め、融点以上で 1187 cm⁻¹ になる。DSC の結果と見比べると、60°C, 106°C は一致するし、106°C は融点と思われる。2nd Run では分子構造の変化により、融点が高温側にシフトしたものと思われる。

VDF テロマーのパルク粉末試料の X 線回折の結果を図 6 に示す。縦軸に観測された特徴的な X 線回折ピークの積分強度、横軸に温度をとった。この測定は、1st Run なので DSC および FT-IR の結果 (図 2, 3) と見比べると、80°C 位から積分強度が減少し始め、100°C 付近でゼロになっている。また、降温過程では試料の蒸発等により昇温過程より積分強度が少し減少している。

誘電率測定の結果を図 7 に示す。縦軸に誘電率の大

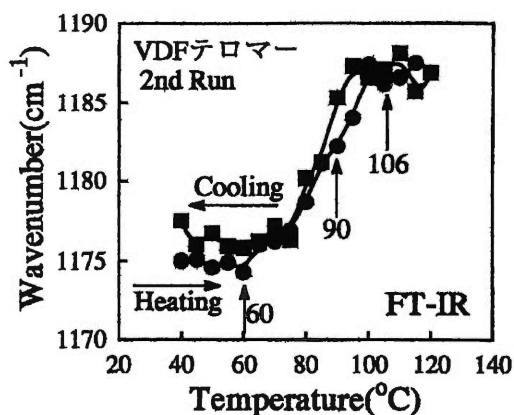
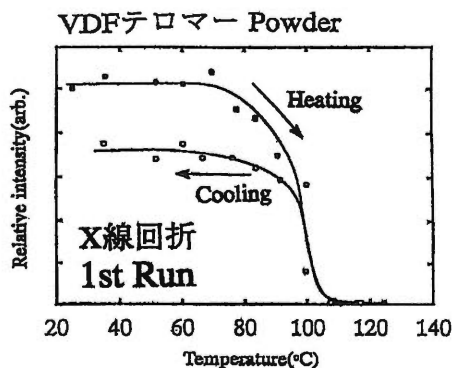


図5 VDF テロマーのバルクの1180cm⁻¹付近波数の温度変化(2nd Run)



Temperature variations of relative intensity for a characteristic peak; VDFテロマー($d=0.446\text{nm}$)

図6 VDF テロマーのバルク粉末試料のX線の強さと温度の関係

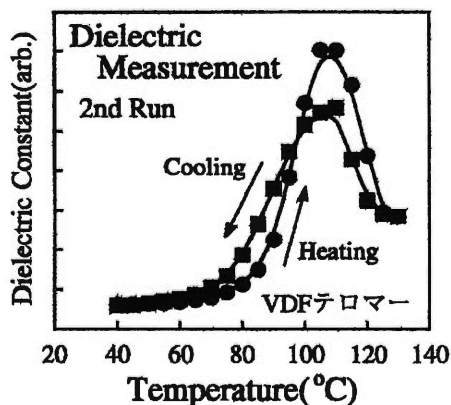


図7 VDF テロマーの誘電率の大きさと温度の関係

きさ、横軸に温度をとった。この測定は、2nd RunなのでDSC及びFT-IRの結果(図4, 5)と見比べると、60°C付近から徐々に誘電率の大きさが大きくなり始め、110°C前後で最も大きくなっている。このことは、2nd RunのDSC, FT-IR測定の結果と良く一致している。この測定結果により、VDF テロマーは強誘電・常誘電相転移を示していることが考えられる。今後、D(電気変位)-E(電界)測定を行うことによって、その強誘電性を確かめる必要があると思われる。

VDF テロマーのIRバンドの帰属を推定するため、I型であるVDF/TrFE, II型であるPVDFおよびVDF テロマーのそれぞれのFT-IRの測定を行い、40°Cでのプロファイルと比較したものを図8に示す。

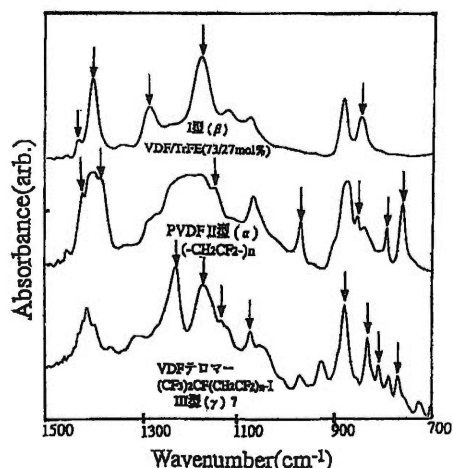


図8 VDF/TrFE, PVDF および VDF テロマーのバルクのFT-IR スペクトル

FT-IR測定は、次のような要領で行った。PVDFフィルムをKBr粉末に挟み込み、プレスしてKBr錠剤を作製した。このKBr錠剤をFT-IRの測定部にセットし、一度200°Cまで加熱処理して、試料内の成形に伴う分子配向を無くした。室温まで徐冷した後、昇温速度約2°C/minで200°Cまで加熱しながら測定を行い、自然冷却時も測定した。

VDF テロマーの試料作製は、KBr粉末とVDF テロマーを混合し、KBr錠剤を作製した。KBr錠剤をFT-IRの測定部にセットして、一度120°Cまで加熱処理して試料内の成形に伴う分子配向を無くした。室温まで徐冷した後、昇温速度約1°C/minで40°Cから120°Cまで加熱しながら測定を行い、自然冷却時も測定した。

VDF/TrFE (73/27mol%)はI型の特有なピークを、またPVDFはII型特有のピークをVDF テロマーにはI型、II型と異なったピークすなわちIII型特有のピークが認められた。VDF テロマーのピークについて

同定すると, 1233, 1175, 1134, 1073, 880, 833, 811, 771 cm^{-1} の 8 本のピークがIII型に特有なものである。次に, 帰属を示す。1233 cm^{-1} は CF_2 の逆対称伸縮振動 [$\nu_a(\text{CF}_2)$] および CH_2 のひねり振動 [$t(\text{CH}_2)$] の結合振動モード, 1175 cm^{-1} は CF_2 の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CF}_2)$] および CH_2 のひねり振動 [$t(\text{CH}_2)$] の結合振動モード, 1134 cm^{-1} は CF_2 の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CF}_2)$], 逆対称伸縮振動 [$\nu_a(\text{CF}_2)$] および CF_2 の縦揺れ振動 [$w(\text{CF}_2)$] の結合振動モード, 1073 cm^{-1} は CF_2 の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CF}_2)$] と CH_2 の縦揺れ振動 [$w(\text{CH}_2)$] の結合振動モード, 880 cm^{-1} は CF_2 の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CF}_2)$] と骨格 CC の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CC})$] の結合振動モード, 833 cm^{-1} は CH_2 の横揺れ振動 [$r(\text{CH}_2)$] と CF_2 の逆対称伸縮振動 [$\nu_a(\text{CF}_2)$] の結合振動モード, 811 cm^{-1} は CH_2 の横揺れ振動 [$r(\text{CH}_2)$] と CF_2 の縦揺れ振動 [$w(\text{CF}_2)$] の結合振動モードである。

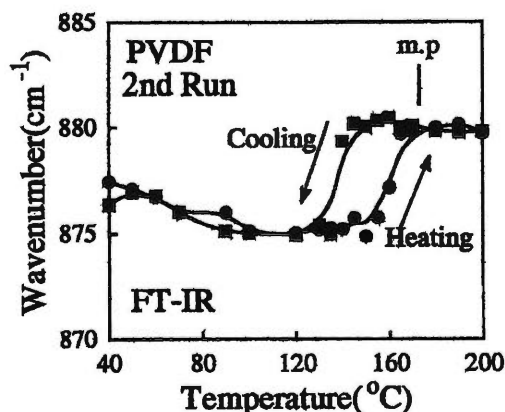


図9 PVDF のバルクの877 cm^{-1} の FT-IR バンドにおける波数の温度変化

以上の結果を参考にして, 測定結果の考察を行った。波数と温度の関係が一番顕著にあらわれた880 cm^{-1} の温度変化をそれぞれ図9, 10に示す。図9の波数の変化は, 160 $^{\circ}\text{C}$ 以下ではほとんどなく, 160 $^{\circ}\text{C}$ を過ぎると波数の急激な上昇が見られる。このことは文献¹⁴⁾ などから PVDF は, 普通II型の結晶構造をしていて, 昇温すると160 $^{\circ}\text{C}$ から170 $^{\circ}\text{C}$ の間で $\text{T}_3\text{GT}_3\text{G}'$ 鎖が平行パッキングしたIII (γ) 型になることが分かっている。875 cm^{-1} はII型特有の波数である。また, III型に構造変化したときの波数は880 cm^{-1} であることがわかる。これに対して VDF テロマーのバルク試料はIII型である。

図10の波数の変化は80 $^{\circ}\text{C}$ 以下ではほとんど無く, 90 $^{\circ}\text{C}$ から徐々に増加し始めた。40 $^{\circ}\text{C}$ の時の波数は880 cm^{-1} で, これは PVDF の結果と見比べるとIII型構造

の結晶構造をしていると考えられる。また, 融点で一定になった時の波数は882 cm^{-1} であり, この波数はI型の結晶構造であるとも考えられるが, まだ疑問の余地がある。

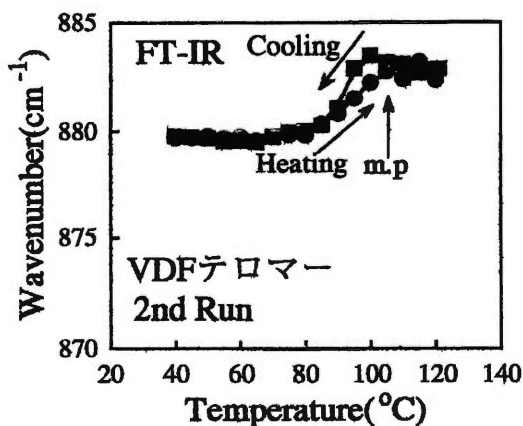


図10 VDF テロマーのバルクの880 cm^{-1} の FT-IR バンドにおける波数の温度変化

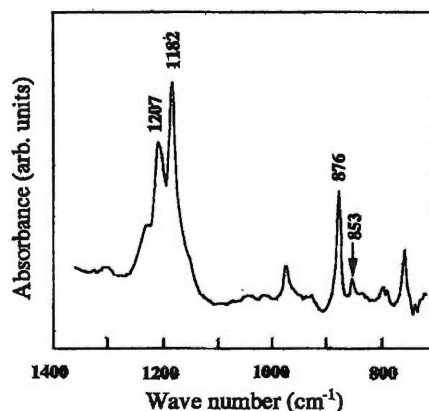


図11 NaCl 基板上的 VDF テロマー蒸着膜の透過 FT-IR スペクトル

次に, 蒸着膜の透過法 FT-IR 測定を行うため, NaCl 基板に膜厚100nm 蒸着したものをを用いた。図11に蒸着膜試料からの透過スペクトルを示すがバルク試料とは明らかに異なるスペクトルが見られた。蒸着膜では, 1207, 1182, 876, 853 cm^{-1} のバルク試料には見られない新たな赤外吸収ピークが観測された。これらの帰属は PVDF のII型結晶(TGTG')のものと同じとした。

1207 cm^{-1} は, CF_2 の逆対称伸縮振動 [$\nu_a(\text{CF}_2)$] および CH_2 の縦揺れ振動 [$w(\text{CH}_2)$] の結合振動モード, 1182 cm^{-1} は CF_2 の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CF}_2)$] と

CH₂のひねり振動 [$t(\text{CH}_2)$] の結合振動モード, 876 cm^{-1} は, 骨格 CC の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CC})$] と CF₂ の対称伸縮振動 [$\nu_s(\text{CF}_2)$] の結合振動モード, 853 cm^{-1} は, CH₂の横揺れ振動 [$r(\text{CH}_2)$] の振動モードと同定される。したがって, 蒸着膜中で分子は TGTG' のセグメントを形成し, 蒸着膜は II 型であることが明らかになった。

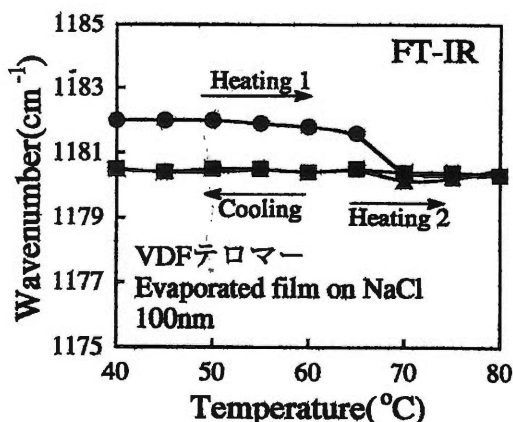


図12 VDF テロマーの真空蒸着薄膜の波数の温度変化

VDF テロマーの蒸着膜を FT-IR で測定した結果, 波数と温度の関係が図 5 の VDF パルク試料の場合と同様一番顕著にあらわれた 1180 cm^{-1} 付近のピークに注目し, その波数の温度変化を図 12 に示す。

1 回目の昇温過程において, 波数は 70°C までは 1182 cm^{-1} であり 70°C で 1180 cm^{-1} に減少した。徐冷後, 2 回目の昇温過程でも, 波数は 1180 cm^{-1} で変化を示さず, パルクとはまったく違った挙動を示した。これらが, どのような結晶構造になっているかわからない。

5. ま と め

PVDF, VDF/TrFE 共重合体の分極機構の詳しい解明を目的として VDF テロマーのパルク, および蒸着試料を用いて, DSC, X 線回折, フーリエ変換赤外分光測定を行った。その結果, 次の新しい事実が明らかになった。

- (1) VDF テロマーは温度変化による固相-固相転移挙動を示す。パルク試料では, 1st Run で II 型 → I 型 (?) → melt, 2nd Run で III 型 → II 型 → I 型 (?) → melt と変化する。一方, 蒸着膜では II 型が室温では安定相であることが明らかになった。
- (2) パルク試料の 2nd Run の誘電率測定は強誘電性

の可能性を示し, FT-IR の結果と一致 (III 型) している。

(3) パルク試料の 1st Run と 2nd Run の昇温過程における異なる融点はコンフォメーションの違いを示している。II 型が安定で III 型 → II 型へのリラクゼーションが示唆される。

これらの結果は, PVDF 系ポリマーの分極機構のいまだ未解明の諸問題に有力な情報を与えるものと考えられる。

謝 辞

試料を提供していただいたダイキン工業株式会社に感謝いたします。また, 本研究は文部省科学研究補助金の援助を受けた。記して感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 宮田清蔵, 古川猛夫, 高分子新素材 One Point-14 “強誘電ポリマー” 高分子学会編, 共立出版, 東京 (1988)
- 2) H. Kawai, Jpn. J. Appl. Phys, 8, 975(1969)
- 3) K. Tashiro, K. Tanaka, M. Kobayashi and H. Tadokoro, Ppolymer, 25, 195(1984)
- 4) K. Tashiro, K. Tanaka, M. Kobayashi and H. Tadokoro, Ferroelectrics 57, 297(1984)
- 5) A. J. Lovinger, G. T. Davis, T. Furukawa and M. G. Broadhurst, Macromolecules, 15, 323(1982)
- 6) G. T. Davis, A. J. Lovinger, T. Furukawa and M. G. Broadhurst, Macromolecules, 15, 329(1982)
- 7) A. J. Lovinger, T. Furukawa, G. T. Davis and M. G. Broadhurst, Polymer, 24, 1225(1983)
- 8) A. J. Lovinger, T. Furukawa, G. T. Davis and M. G. Broadhurst, Polymer, 24, 1233(1983)
- 9) T. Horiuchi, K. Matsushige and T. Takemura, Jpn. J. Appl. Phys., 25, L465(1986)
- 10) R. Hasegawa, Y. Takahashi, Y. Chatani, H. Tadokoro, Polym. J., 3, 600(1972)
- 11) M. A. Bachmann and J. L. Koenig, J. Chem. Phys., 74, 5896(1981)
- 12) K. Tashiro and M. Kobayashi, Phase Transitions, 18, 213(1989)
- 13) 石崎勝典, 堀内俊寿, 松重和美, 九州大学工学集報, 66, 9 (1993)
- 14) R. Hasegawa, Y. Takahashi, Y. Chatani, H. Tadokoro, Polym. J., 3, 591(1972)

非接触電極法による有機分子薄膜の誘電率およびD-E測定

永守知見・石崎勝典・*吉田郵司

*原一広・**堀内俊寿・**松重和美

Dielectric and Ferroelectric Hysteresis loop Measurements for Thin Organic Films by Non-contact Electrode Method

Dielectric and ferroelectric hysteresis loop (D-E) measurements were conducted for evaporated organic thin films by utilizing a newly developed sample cell with non-contact electrode, showing the structure of the cell. The performance was confirmed for the spin coated film sample of vinyliden fluoride-trifluoroethylene (VDF/TrFE) copolymer. Then, for evaporated thin films of VDF/TrFE copolymer, the characteristics were investigated, exhibiting a ferroelectric nature in dielectric measurement and a hysteresis loop in D-E measurement when an electric field of 30 MV/m was applied during the evaporation process. Moreover, evaporated films of newly synthesized VDF telomer for using in polymerization of PVDF also were measured.

Tomomi NAGAMORI, Katsunori ISHIZAKI, * Yuji YOSHIDA,

* Kazuhiro HARA, ** Toshihisa HORIUCHI and ** Kazumi MATSUSHIGE

1. はじめに

物質を薄膜化すると、物質の表面の性質が顕在化され、種々の新しい機能を持つ新物質や画期的な性能を有する電子デバイスの作成が期待される。これは、最近のエレクトロニクス産業の著しい発展が示すとおりである。特に、有機分子の薄膜化は分子素子概念の実現に最も近い分野として注目されている。そこで、分子の持つ特性を最大限に引出し、目的とする機能性・高性能材料を創製するためには分子構造はもちろんのこと分子配列制御・評価技術の確立が急務となっている。

有機超薄膜の作製法としての真空蒸着法では、既に基板の温度・種類、蒸着速度などを制御することにより、 n -パラフィン等の無極性低分子では分子レベルでの配向制御が可能であることが判っている。一方、極性物質ではその機能を発現させるためには分子配向および双極子配向が必須である。既に、強誘電性のPVDFを試料に用いた実験では、無電界条件下では無極性の α (II) 型結晶が生成されるのに対して、電界

の印加により極性の β (I) 型結晶が結晶化することが超薄膜X線構造解析の結果、定性的には確かめられている¹⁾。

今回は、極性物質において、その機能を発現させるために必要な双極子（これは分子鎖に垂直方向に存在するが）配向を蒸着時に高電界を印加することにより制御することを試みた。試料として、明確な強誘電性の実証された高分子であるVDFとTrFEの共重合体、P (VDF/TrFE) を用い、その真空蒸着膜を作製した。強誘電性を含む電気物性の測定は線形誘電率の温度変化およびD-E測定により行った。

本研究の目的は、有極性超薄膜の分子配向制御の手法の確立、さらには、非接触型の電極を用いた超薄膜の電子物性の基礎データを提供することにある。

2. 実験方法

2.1 非接触型電極構造

蒸着膜を試料として実験する場合、フィルム試料と同じように試料の上から金属電極を蒸着する従来の方法では、次のような欠点がある。試料が蒸着膜のように数十nm厚と薄くなると、蒸着時に分子鎖切断等で構造的にも不安定で強度も低下した超薄膜試料上に、さらに電極用金属を蒸着すれば、その熱のために試料

* 九州大学工学部応用理学教室

** 京都大学工学部電子工学教室

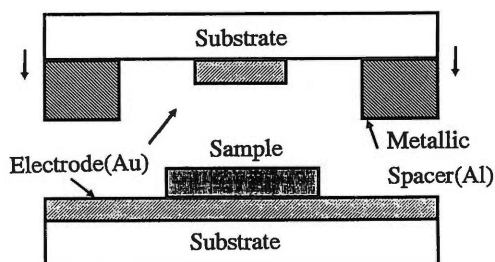


図-1 蒸着膜用電極構造

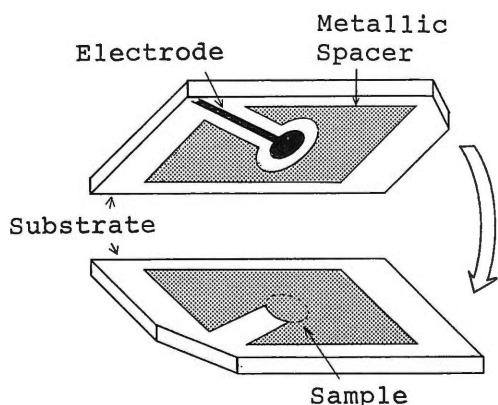


図-2 蒸着膜用電極概略図

が破壊されて電界を加えるとショートを起こしやすく、また薄膜試料中の有機分子の動きは制約され動きにくくなる。一方、単に上から接触させた電極構造では、電極と試料との接触面の平行性が確保できない。そこで今回使用した電極構造の断面図と概略図を図1および図2に示す。30×50mmの二枚の石英ガラスに電極およびスペイサーを蒸着後、最後に試料を蒸着する。電極にはAu蒸着膜、スペイサーにはAl蒸着膜を用いた。Alを使用したこの電極構造では上部電極が試料に対して一定の位置関係を保つことが可能となった。

2.2 高電界下真空蒸着装置

極性物質ではその機能を発現させるためには、分子配向および双極子配向が必須である。具体的には、強誘電性のP(VDF/TrFE)を試料に図3に示す蒸着セルを用い、基板に到着直後でまだ不安定な分子に直流高電界を蒸着時に印加した。電極および試料の蒸着には、蒸着装置としてターボ分子ポンプを備えた高真空蒸着装置を使用した。下方より試料を加熱して上方に固定した石英ガラス基板上に蒸着した。試料のVDF/TrFE共重合体(54/46, 73/27mol%)はダイキン工業㈱に提供していただいたものである。また、光学研磨

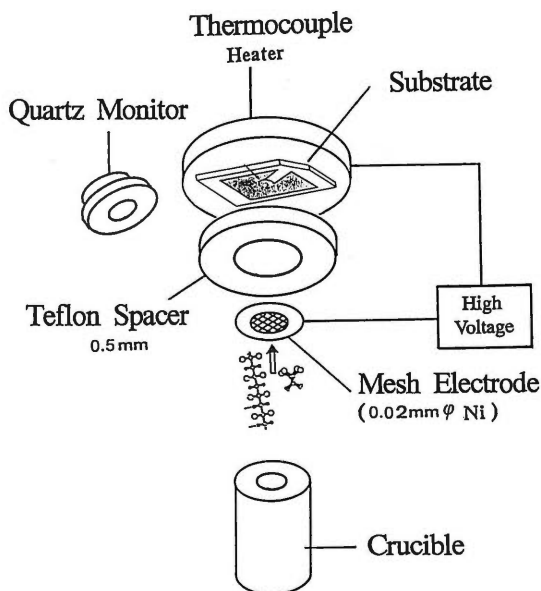


図-3 高電界下真空蒸着装置図

したSiO₂ガラス基板上にAuを蒸着し電極とした。その上に、膜厚が200~500nm、蒸着時の真空度は最高で 1×10^{-5} Pa、蒸着速度は0.02nm/secで、15kV(30MV/m)の電界を印加し、薄膜試料を作製した。

3. 実験結果

3.1 D-E ヒステリシス曲線

D-E ヒステリシスを観測するための回路として、2個のオペアンプLF356, AD515を使った回路を用いた。²⁾ AD515は超低入力バイアス電流のオペアンプで今回のような微小電荷の測定に適している。まずフィルム試料と蒸着膜試料の比較をするために、P(VDF/TrFE)のフィルム試料(73mol%, 25μm)の両面に金属電極を蒸着した、いわゆる接触型の電極構造を有する試料を使った実験を行なった。結果を4図に示す。60nmのAu電極を両面に蒸着した試料を、120°Cで1時間熱処理した後、0.1Hzの三角波を印加したときの変化を示している。一方、非接触型の電極構造で蒸着膜試料の実験を行なった結果が図5のような履歴曲線が得られた。

蒸着時に電界を印加しない場合の測定結果は、前回までの紀要³⁾⁴⁾において報告したが、薄膜化により多少のばらつきはあるものの、ヒステリシス特有の曲線は観察されなかった。一方、今回の電界下で蒸着した試料では図5に示すように、かなり明瞭なヒステリシス曲線が得られた⁵⁾。ここで、座標軸がD-EではなくQ-Vになっているのは、試料と電極の間に空気の隙間

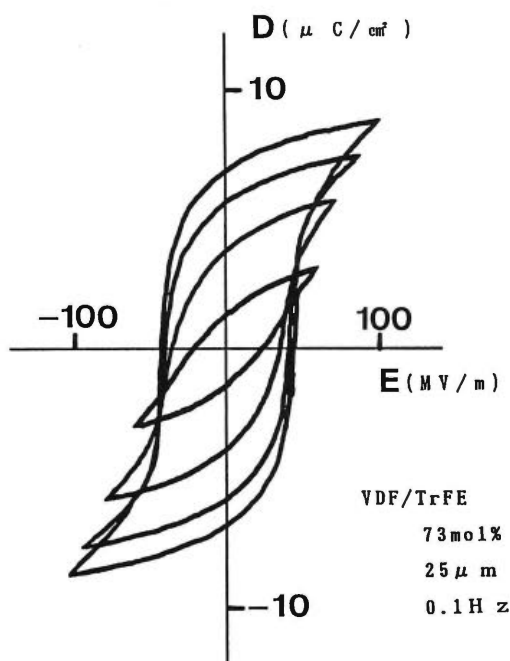


図-4 フィルム試料のD-E履歴曲線

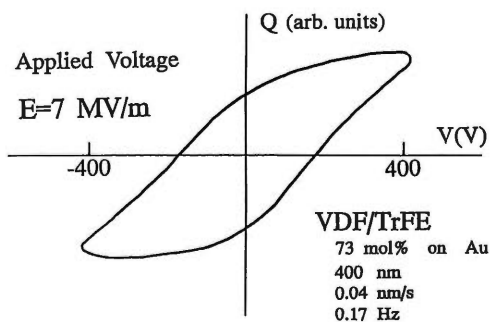


図-5 高電界下蒸着膜のD-E履歴曲線

がないように計算して実験したにもかかわらず、実際に電圧を印加していくとVの値が非常に大きくなったため、D-Eと相対的な関係にあるQ-Vを座標軸とした。これは空気中の水分やほこり、試料-電極間の平行性に問題があり、試料と空気がコンデンサの直列回路を形成し、実際に試料に印加される電圧ではなく空気の間隙の分の電圧も含まれているため大きくなっているものと思われる。

3.2 誘電率の測定

LCZ メータにより、測定をおこなった。54mol%のP (VDF/TrFE) フィルム試料両面に金属電極を蒸着

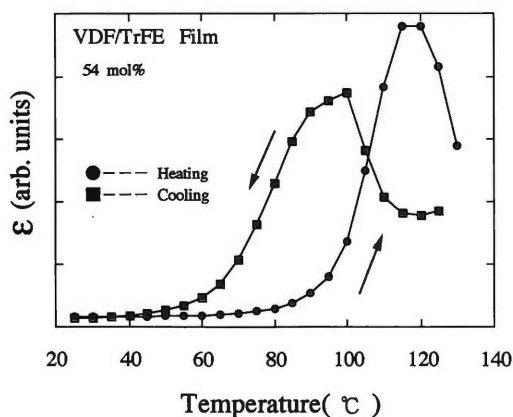


図-6 フィルム試料の誘電率の温度変化

した、いわゆる接触型の電極構造を有する試料を使った測定結果を図6に示す。

蒸着膜試料の実験では、73mol%のP (VDF/TrFE) の場合相転移点(110°C付近)より低温域で融解が起こり、ピークの観察ができなかったため、転移点温度の低い54mol%の試料を用いて実験を行った。蒸着時に電界を印加した場合としていない場合を比較しながら実験を行った。蒸着時に電界を印加していない場合、温度が変化してもほとんど変化が見られなかったのに対して、同じ電界を印加した試料では分子配向および双極子が増すにつれて、安定したピークが観察された。さらに電界を30MV/mと強めた場合の誘電率とtanδの温度変化を図7に示す。無電界の場合の結果と比べて電場による分子配向ならびに双極子配向が明らかである。相転移はフィルム試料と比べてほぼ同じ温度で観察された。

また蒸着膜の実験では、高分子の蒸着が熱分解に伴う分子鎖の切断を生じ、結晶性の高い蒸着膜が得られなかったためとも思われるので、低分子量分子であるオリゴマーの一種であり、その蒸着膜は高い結晶性が期待される新規合成のVDF テロマー (ダイキン工業株式会社提供) を使った実験を行なってみた。参考として、非接触電極を用いた蒸着膜の誘電率の測定結果を図8に示す。この結果はDSCやフーリエ赤外分光 (FT-IR) の結果と一致している。また、この試料はX線回折およびFT-IRにより実験を行ない、バルク試料においては、強誘電性を示すPVDFのIII型結晶と同じ構造をとり、蒸着膜ではII型結晶を形成し、基板に対して分子鎖が垂直の分子配向を示唆する実験結果が得られている⁶⁾。

現在、この試料を使い蒸着時に基板を冷却するなどの方法を取り、分子配向の実験にとりかかっている。

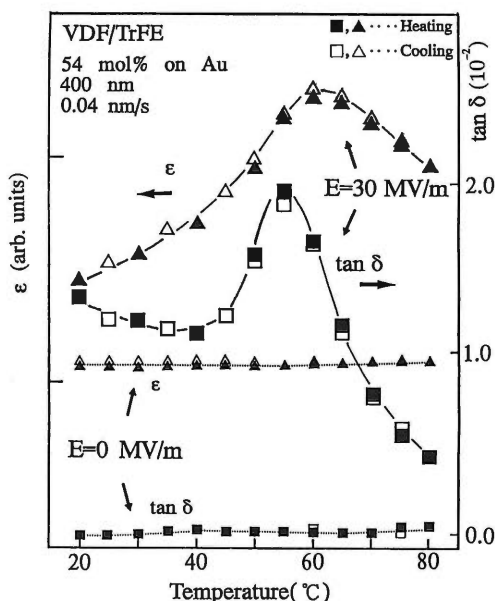


図7 高電界下蒸着膜試料の誘電率, $\tan \delta$ の温度変化

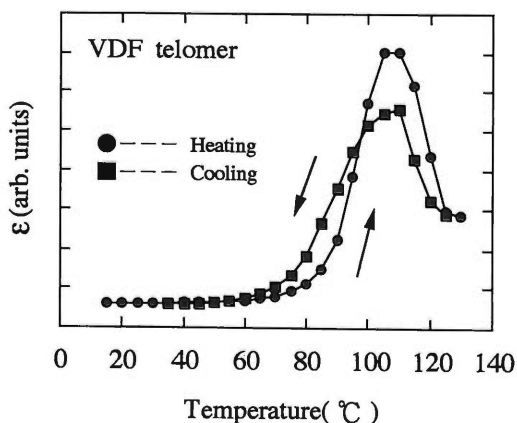


図-8 VDF テロマー蒸着膜の誘電率の温度変化

5. ま と め

強誘電性有機蒸着膜の構造制御法確立を目的とした今回の実験から得られた結果をまとめると次のようになる。

(1) 高電界を印加した蒸着法により強誘電性の超薄膜が得られた。

(2) 実験に使用した非接触電極を用いた測定セルでは、定量的なデータの提供はできなかったものの、D-E測定や誘電率の測定などのような強誘電の電気物性を調べる有効な手段となることが確かめられた。

得られた結果から、今回の実験で蒸着した試料はAu電極に対して分子鎖がほぼ垂直にスタッキングしており、双極子モーメントが小さく、フィルムと同様の残留分極を得るためには、分子鎖が基板に対して、平行配列にすることが必要でもっと強く配向させるために蒸着セルの改良を含めて電界を強くすることを検討中である。また、高い結晶性が期待される新規合成のVDF テロマーを使ったD-E測定についても実験を行なう予定である。

(2)については電極と試料の間の隙間があれば、空気中の水分の影響が大きく、直接D-E曲線は観測や誘電率の絶対値を求めることが出来なかったものと思われる。このため現在は、微小面積で直接接触した状態から、正確に距離を離していきその相関を調べ、印加されている電圧などを求め、D-Eの関係に直したり誘電率の絶対値を求めるための実験を準備中である。

謝 辞

試料を提供していただいたダイキン工業株式会社に感謝いたします。また、本研究は文部省科学研究補助金の援助を受けた。記して感謝の意を表したい。

文 献

- 1) Y. Yoshida, T. Horiuchi and K. Matsushige, Jpn. J. Appl. Phys. **32** 1250 (1993)
- 2) 永守知見, 堀内俊寿, 松重和美: 有明工業高等専門学校紀要第26号, p. 31
- 3) 永守知見, 堀内俊寿, 松重和美: 有明工業高等専門学校紀要第27号, p. 93
- 4) 永守知見, 堀内俊寿, 原 一広, 松重和美: 有明工業高等専門学校紀要第28号, p. 23
- 5) T. Nagamori, T. Horiuchi and K. Matsushige, Jpn. J. Appl. Phys. **31** 1407 (1992)
- 6) 吉田郵司, 石崎勝典, 堀内俊寿, 松重和美: 九州大学工学集報第66巻第4号, p. 199

日吉神社本殿(滋賀県伊香郡高月町)の建築について

松 岡 高 弘

On the Building of the Main Shinto Shrine in the Hiyoshijinja Shrine

The Hiyoshijinja Shrine stands in Inoguchi, Takatsuki Town, Ika County, Shiga Prefecture. The main shinto shrine in the Hiyoshijinja was designated for Shiga Prefecture's historical treasure in the fiscal 1990. It bears a 'Munafuda' which says that it was constructed in 1738 by calling for subscriptions on the neighboring villages.

In this report I explain the characteristics of the building.

The shrine is a 'Ho-sanken' building with three spans on all sides. The reed thatched roof is a gambrel style with a 'Kohai' roof stretching out, so that we can worship the god safely under it. There are no wall and fittings in the front space, where the spans between the posts are left bare.

This style of construction can be seen both in the main hall of Buddhist temples and in the main shinto shrines in the neighborhood.

The main shinto shrine in the Hiyoshijinja excels other buildings of this type in architectural quality.

Takahiro MATSUOKA

1. はじめに

滋賀県伊香郡高月町大字井口に所在する日吉神社本殿(写真-1)は平成2年度に滋賀県指定有形文化財に指定された。筆者はその指定に伴う調査を行い、その概要を指定説明の中で述べた。但し指定説明という性格上、当殿に関する詳細な説明ができなかったり、調査の際に収集した資料の十分な分析に至らなかった部分がある。

当殿に関する概要は『滋賀県の近世社寺建築』¹⁾で既に述べられている。また詳細な報告は、後年行われるであろう保存修理工事における報告書を待てばよいであろう。しかし、その時までこのまま資料を埋もらせておくことは遺憾であり、何らかの形で公表することは調査を行った者の責務であると考え、そしてこのことによって地域の文化財を広く世間に紹介でき、調査研究に役立つと考えられる。

さて、当殿は方3間の入母屋造で、正面1間通りを吹放しとした特徴的な形式である。この形式は各地の『近世社寺建築緊急調査報告書』などから、広島・岡山・鹿児島・福岡の筑後地方等で確認されている²⁾。

筆者はこの形式を有する本殿に関心を持っており、本稿で日吉神社本殿に関して詳述することは、今後研



写真-1 日吉神社本殿全景

究を進める上で有益であると思われる。そこで、本稿は諸記録に依拠しつつ当殿の建築形式や造営状況等について述べ、最後に筆者が実見したこの形式を有するいくつかの本殿を紹介しようと思う。

2. 創立・沿革

日吉神社は、高時川が山間から平坦地に入った流域に広がる集落の一つ井口に所在する(図-1)。境内の西側横を北国脇往還道が通り、それに突き当たる形で町道が境内を分断して通っている。その町道に面して

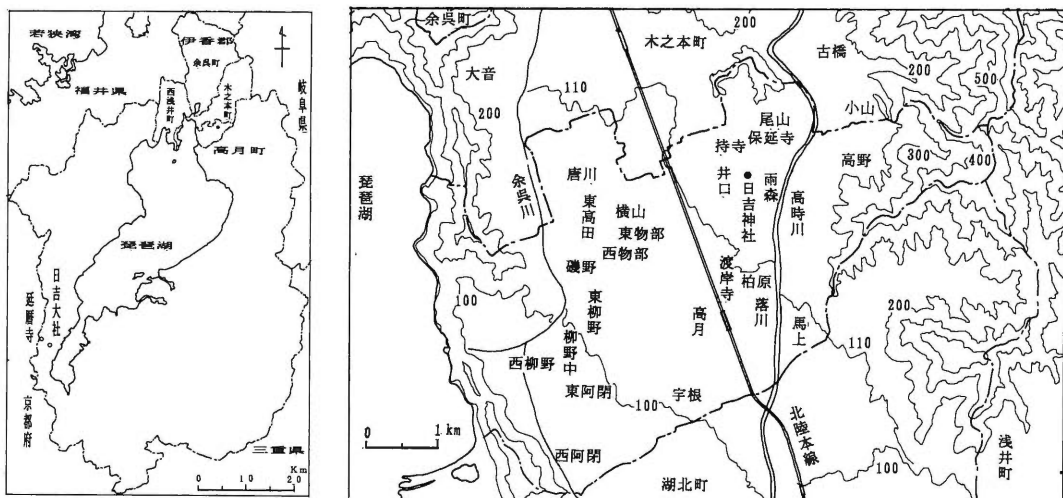


図-1 所在地図

鳥居が建ち、その奥に拝殿・中門・本殿がほぼ一直線に上に、東南を正面として並ぶ³⁾。

本殿と中門は境内地より一段高い石垣積の上に建ち、中門の左右に取り付いた透塀は本殿の両側面を画し、背面は形式を代えて板塀で閉じる。本殿の右奥に井神社、左奥に天満宮・稲荷社を配し、本殿の右横に円満寺が建つ⁴⁾。町道を隔てて南側に神池が広がり、その傍らに鐘楼が建つ⁵⁾。

当社には大山咋命を祀るが、その草創については詳らかでない。社伝によれば、文永7年(1270)蒲生郡渡江淵に大蛇が出現し夜ごと人を害したので近江守護佐々木頼綱とその一族東条経方がこれを射殺したが、翌8年近江国の大早魃時大蛇の霊を祀れば潤雨ありとの夢告により、頼綱は国中の井頭に神霊(井口大明神と号す)を祀らせ、当社はその随一で、経方に当社を守護させて、子孫は井口姓を称したという⁶⁾。

ところが「慶長九年霜月吉旦」銘の「山王社由緒次第紀」には社伝のようなことには触れておらず、次の

ように由緒を述べている(写真-2)。

伊香郡柏原郷富永荘井口邑の山王社は日吉大宮と同じ大己貴神を祀る。56代清和天皇の元慶4年(880)に神祇大副厚代一男雅楽頭厚行が神座所を草創し、貞永元年(1232)沙弥教西が円満寺の所に護法鎮神を仰いだ。当社は井口尾山両村の土産神で、この度社殿が大破し神罰を恐れここに再興し、後代の為に棟札一面を「謹誌納置」した。その棟札には慶長9年9月16日に彦坂九兵衛尉光政が再興したことを記した。正遷宮は10月15日に執行された。当社は国土安泰五穀満作賞罰観面の霊神である。欽んで神縁を誌し神庫に納め奉る。そして最後に「本願彦坂九兵衛尉光政所述、別當代圓満院阿弥陀堂上座和尚釈慶圓奉」と記す。

当社が所在する井口は、中世における山門(延暦寺)領富永庄の一つであった⁷⁾。富永庄は山門聖供領であり、井口は高時川からの水を近郷に分配するのに適当な位置にあって富永庄の中心であった。この井口の井頭を守護するために、ここに山門を守護する坂本の日

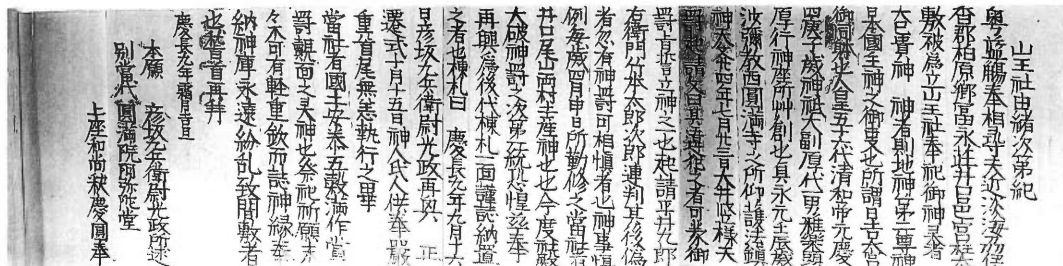


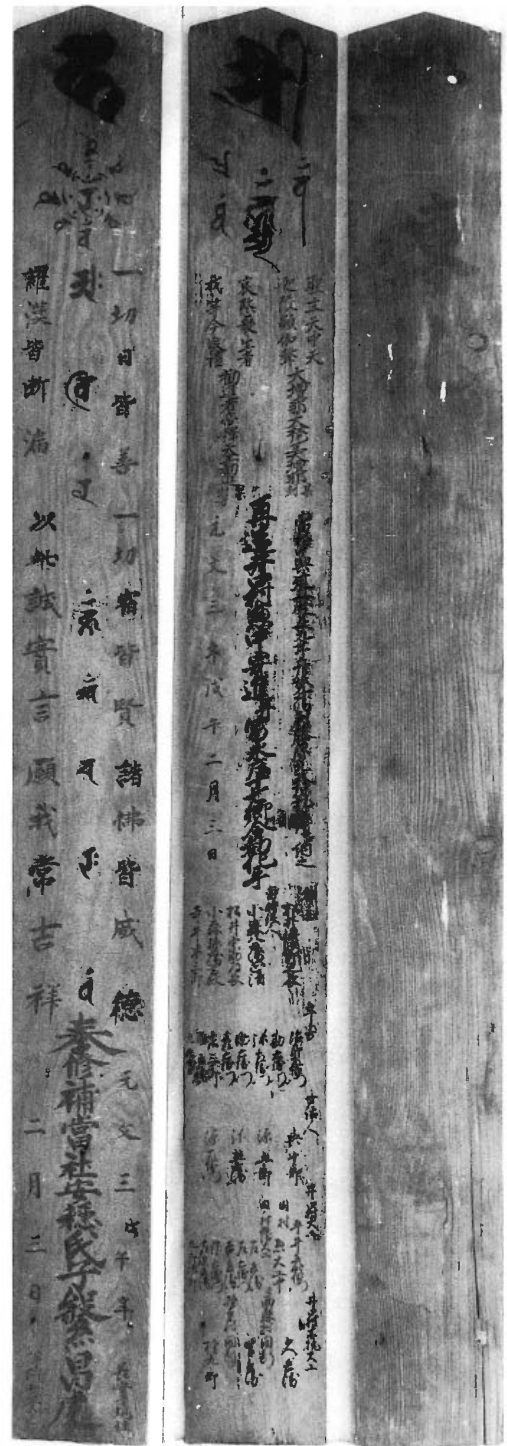
写真-2 山王社由緒次第紀 慶長9年

吉社（大津市坂本五丁目）より勧請して当社が創立されたと考えられている。社蔵の諸記録から鎌倉時代には新日吉社と見え、この頃には既に富永庄の中心的神社であったと考えられる⁹⁾。その後、中世において山王新日吉・井口山王権現等と称されている⁹⁾。

「山王社由緒次第紀」中の「謹誌納置」された棟札¹⁰⁾は現存している（写真－3）。慶長九年久月十六日銘で、「當社建立 彦坂九兵衛藤原光政」と中央に書き、



写真－3 慶長9年棟札（裏・表・箱）



写真－4 元文3年棟札（裏・表・表板）

その下に井口大工彦四郎他7名、鍛冶大工次衛門他4名、栖大工又衛門他4名、そして葺石田又右衛門の工匠を記す。遷宮における導師は井口住人の高野山發光院秀普である。

元文3年の棟札¹¹⁾(写真-4)には「當社中興建立慶長九年彦坂九兵衛尉藤原光政棟札社壇江納之」と記されており、現本殿は慶長9年の前身本殿に代わって再建されたものである。

再建後、寛延3年(1750)・安永7年(1778)・万延元年(1860)・明治7年(1874)・大正9年(1920)・昭和56年に屋根替等の修理が行われていることは文書等で明らかである。

3. 建立の経緯

本殿は棟札により元文3年(1738)の再建と考えられている。棟札には「再造井口村惣中寄進并富永庄十七郷令勤化乎」と記され、また棟札の3年前の享保20年(1735)の『卯年山王様奉加帳』¹²⁾(写真-5)では再建に際して近郷に奉加を求めていることが分かる。この『卯年山王様奉加帳』には神主松井傳治郎や棟札に「當時役人」と記された小森八兵衛・松井宗助・小森孫兵衛・半三郎をはじめとして井口村の住人125人(1人は大坂小森十郎左衛門)、正善寺・利覚院をはじめとして7ヶ寺から奉加を受けている。それには、

一 檜五本 神主松井傳治郎

内

杓本

長サ三間

廻り四尺五寸

杓本

長サ貳間半

廻り五尺

(略)

一 檜杓本 小森八兵衛

長サ三間

廻り四尺六寸

一 銀三十拾匁 同人

(略)

下柱

一 檜杓本 松井半助

長サ

廻り

一 銀貳拾匁 同人

(略)

一 銀貳拾五匁 正善寺

(略)

惣銀合

杓貳百六拾六匁八分五厘

木合

七拾三本

内訳

四拾五本 檜

貳拾八本 松

と記されている。

但し奉加帳に記載された木材を数えると、檜46本・松27本となり、その他、杉・栗1本を記す。各木材には「長サ」「廻り」の寸法が記入され、松には「小屋ノ木」「引太」(大引と根太の意味か)・「石ツキ棒」といった用途を記したものがあり、檜には「いがミ有」・「下柱」・「本柱」などの質を記入したものもある。後述するが当殿の大部分は檜を用いて檜ではない。

近郷は、持寺村・雨森村・保延寺村・柏原村・渡岸寺・東物部村・西物部村・唐川村・横山村・磯野村・柳野村・落川村・高月村・宇根村・洞戸村・尾山村の16ヶ村で、奉加は以下のものである。

一 檜木一本 持寺村

廻り六尺五寸

長サ三間半

一 同杓本 同村

廻り三尺

長サ三間

一 銀六匁貳分五厘 同村

右ハ申ノ年貳拾五匁にて受納

一 銀三百目 雨森村

一 銀百拾匁 保延寺村

(略)

ここに記載されたものを合計すると、銀2貫85匁1分5厘、銀2枚、米10俵、檜2本となる。

ところで、奉加は享保20年が初めてではなく、正徳6年(1716)正月の『山王様奉加留銀元帳』¹³⁾がある。享保20年の『卯年山王様奉加帳』に、持寺村では申の年に25匁を納めたことを記している。正徳6年は申年に当たり、正徳6年には既に造営のための奉加を求めていることを確認しうる。

『山王宮御普請ニ付村々見舞帳并棟上ケ』¹⁴⁾(写真-6)には元文2年後11月24日から29日までの間に持寺

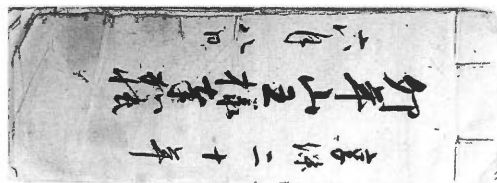


写真-5 卯年山王様奉加帳 享保20年

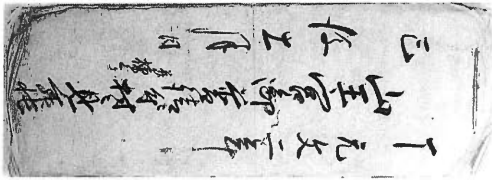


写真-6 山王宮御普譜ニ付村々見舞帳并棟上ケ 元文2年

村・雨森村・尾山村・保延寺村・大音村・小山村・高野村・馬上村・柏原村・宇根村・下六ヶ村・古橋村の近郷の村々が酒・人足、金・銀など負担したものを記している（下六ヶ村は東物部・西物部・横山・唐川・磯野・東柳野をさす）。

元文3年2月3日の棟上に際し、「棟上ケ祝義」として金や銀、酒などを贈っている。

元文三年午二月

棟上ケ祝義

一文金壹両	下井組
酒貳斗	落川村
	高月村
	宇根村
一文金壹歩	大井組
酒壹斗	下六ヶ村
一文金壹歩	高田村
一文銀拾匁	雨森村
酒貳升	
一文銀四拾三匁	大見村
	下丹生村
	上丹生村
	菅並村

(略)

この見舞帳に記された村々は享保20年の奉加帳よりも多く、現在の高月町だけでなく、大見・大音・小山・古橋の木之本町、下丹生・上丹生・菅並・今市・中之郷の余呉町が含まれている。これらの村には高時川の上流に位置しているものもあり、富永庄の領域を越えた広範囲の信仰圏が形成されていたと考えられる。

造営に携わった工匠は棟札から、棟梁井口村大工平井彦右衛門、井口村惣大工中、井口村鍛冶大工6名、木挽大工として井口村・雨森村・持寺村から各1名が分かる¹⁵⁾。

ところで、当社には延享3年(1746)の「奉再營當社一字 井口惣中寄進」の棟札が残っている¹⁶⁾。この棟札には建物名を記していないが、日吉神社本殿の棟札と考えられている¹⁷⁾。この棟札と同大の板に「天満宮棟札」と墨書されており、棟札には「井口惣中寄進」と

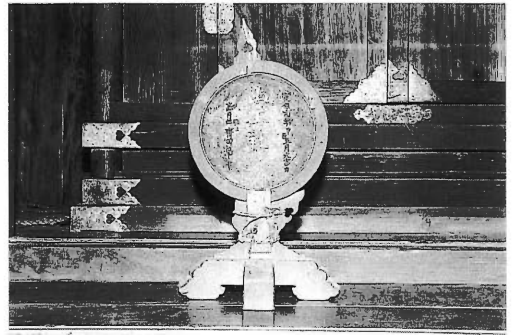


写真-7 神鏡 寛保元年 (背後は宮殿)

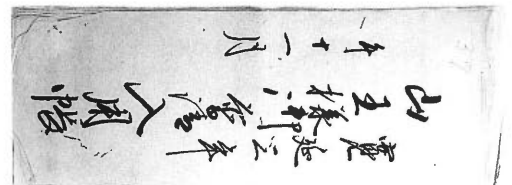


写真-8 山王様御普請入用帳 寛延3年

あって日吉神社本殿の棟札のように富永庄の各郷にまで寄進を募っていない。したがってこの棟札は日吉神社本殿のものと考えにくく、延享3年の天満宮再建時のものと推定しうる。

内陣の造り付けの厨子の中には、寛保元年(1741)辛酉五月大吉日の願主高月住齊田茂十郎が奉納した神鏡がある¹⁸⁾(写真-7)。そこで、この時には日吉神社本殿の造営は完了していたと考えられる。

元文3年から12年後の寛延3年(1750)にも『山王様御普請入用帳』¹⁹⁾(写真-8)がある。それに記された総額は1貫67匁8分4厘で、612匁6分を「山王様御拂分」に当てている。総額のうち300目(匁)を吉兵衛、139匁2分6厘を五兵衛が出し、300目(匁)斗を借り入れている。入用物の内、木代として148匁7分5厘、大工の31日分の作料として93匁、銅代として320匁などが金額の張るものである。元文度の造営とは関係のない内容と考えられ、寛延3年に修理が行われたと推察される。

4. 後世の修理

建立後、江戸時代では上述の寛延3年(1750)、安永7年(1778)、万延元年(1860)の3度、それ以降では明治7年・大正9年・昭和56年の3度の修理が記録から確認される²⁰⁾。屋根は葺草なのでこれら以外にも屋根葺替の修理が行われたと考えられる。

さてここでは記録が多く残り、比較的大きな修理で

あった安永度の状況について述べていくこととする。

安永度修理

この修理では山王宮と天満宮の両社の修理を行っている。

安永6年銘の『山王様諸入用覚帳』²¹⁾(写真-9)には酉年(安永6年)と戌年(同7年)のそれぞれの入用物を書いている。多少長くなるが主なものを以下に書き記していく。

- 一 五拾八匁 古橋
- 木代 孫九郎
- 一 四拾匁
- ひの木代 小山
- 三右衛門

寄進

- 一 三拾壹匁五分 小森八兵衛
- ひの木
- 一 小山
- 木代 勘介

米壹表半代

- 一 四拾壹匁分五厘 弥次兵衛

大工作料

- 一 百匁 彦左エ門
- (略)

メ 四百五匁四分六厘

内、金七両 請取

代 四百四拾壹匁

又 三拾五匁式分三厘

合 四百七拾六匁式分三厘受取

右拂引銭金壹両

銭六百八十四文

太良兵衛

弥二兵衛

取り

酉極月

戌年

拾六匁 小森八兵衛

檜式本但シ八寸角長サ九尺

- 一 百拾五匁 長浜

檜板四枚 次兵衛

- 一 八十五匁三分八リ 茂兵衛

品上木代

(略)

石代 長浜

- 一 百五匁 九兵衛

御すし高欄作料八百六拾匁之内

□□十四日

- 一 六百三拾匁 孫右衛門渡ス

大工さく里やう

箱棟諸舞

- 一 作料

金物代 国友

- 一 壹貫貳百九拾 弥兵衛

式匁五分

内

金四両貳歩二月廿四日渡ス

又 拾匁 六月廿五日渡ス

(略)

葭代 松井五兵衛拂

- 一 百六拾三匁壹厘

よし百貳拾四束

- 一 松井五兵衛

(略)

酉年左□木代

- 一 五拾八匁 小森八兵衛拂

檜木壹本

- 一 三拾壹匁五分 右同人寄附

小山

- 一 四百四拾壹匁 甚助

けや木代

此金七両

内 三両 八兵衛出

四両 孫兵衛出

(略)

この『山王様諸入用覚帳』で注目すべき点は檜木と「御すし」の作料が記されていることである。

檜木は享保20年の奉加帳には記載されていない木材であり、後述するが、檜木が用いられているのは造り付けの厨子と宮殿だけである。したがってこの檜木を用いて安永度に厨子と宮殿を造ったものと思われる。

安永7年8月5日銘の『山王宮上棟役割』²²⁾(写真-10)にはまず、

當役 年番 神主

松井惣助 松井五兵衛

小森孫兵衛 小森仲西□

と記し、次に年番として太兵衛・甚助など9名、両社建立之節世話人として源左衛門・弥惣次など5名、御厨子高欄當世話人として太兵衛・新七・弥次兵衛・喜左衛門の4名を書き連ねる。その次に、「大工役割之留」を山王宮・天満宮のそれぞれについて記している。

山王宮では棟梁大工彦左衛門・脇棟梁役孫右衛門の他17名を、天満宮では棟梁役孫右衛門・脇棟梁役喜左衛門の他16名を役割毎に記し、両社とも木挽孫四郎が幣持として仕えている(表-1)。

その他、山王宮世話・天満宮世話・両社御神前魚酒

等世話・山王宮槌打後世話番・天満宮槌打後世話番など村方の名を記す。また神主五兵衛のもてなしとして、

五兵衛方振舞

一 大工拾八人

木挽 𠂔人

大工助 甚衛門 次右衛門

甚左衛門 茂兵エ

棟梁

待𠂔人

家来𠂔人

惣大工 家来七人

と記されている。この大工は上述の者で、木挽は孫四郎、棟梁は彦左衛門であろう(表-1参照)。惣大工という職名は初めて現れ、誰を指しているのか不明である。

『山王宮天満宮上棟一件』(写真-11)²³⁾は裏表紙に「村々祝儀物覚」と記している。8月3日に「赤飯配り左之通但庄屋江一組宛」として、赤飯を持寺村・保延寺村・雨森村などの近郷29村に計43組配っている。これらの村々は先に見た元文度の見舞帳よりも多く、当社の信仰圏の広がりを示している。

同日に、山王宮・天満宮両社に餅俵24表・御鏡餅10重、天満宮下遷宮及び上遷宮において観音様へそれぞ

れ御鏡餅4重、山王宮の倆に対して阿弥陀様へ御鏡餅4重、天満宮は観音様へ1重、井大明神へ1重、大工18人へ18重を当てている。

5日には、両社の積米24表の代を山王宮棟梁彦左衛門と天満宮棟梁役孫衛門にそれぞれ1000疋、両社の棟飾銭12貫文を両者に出している。そして祝儀として、山王宮棟梁大工彦左衛門に金子500疋、脇棟梁役孫右衛門に同200疋、大工17人に同4両1分、前ノ大工茂兵衛・甚右衛門・利兵衛・甚左衛門・利衛門の5人に同1両1分、木挽孫四郎に銀7匁5分、前ノ木挽の久兵衛・拾九良・半兵衛の3人に同12匁9分を与えている。天満宮では、棟梁役孫右衛門に金300疋、大工17人に同4両1分に配る。これらを合わせると金12両1分、銀20匁4分に及ぶ。

天満宮は安永7年8月朔日夜に円満寺の北の方に下



写真-9 山王様諸入用覚帳 安永6年

表-1 安永度棟上式役割表

	山 王 宮	天 満 宮
棟 梁	彦左衛門	
棟 梁 役		孫右衛門
脇棟梁役	孫右衛門	喜左衛門
清 匁	茂左衛門	茂左衛門
槌	喜左衛門 久左衛門 九左衛門 次衛門 小兵衛	九左衛門 久左衛門 茂衛門 小兵衛 次右衛門
真綿椀酒	九左衛門	九左衛門
随 身	喜兵衛 孫左衛門	儀右衛門 彦左衛門
□ 懸	茂衛門 儀衛門	孫左衛門 喜兵衛
綱 渡	十左衛門	十左衛門
給 仕 人	半衛門 次兵衛 孫次郎 拾次 団次	半衛門 次右衛門 孫次郎 団次 拾次
幣 持	木挽孫四郎	木挽孫四郎

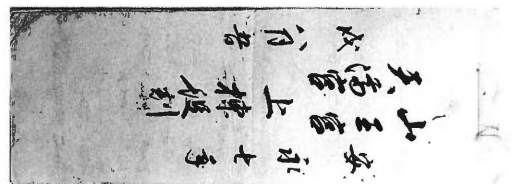


写真-10 山王宮天満宮上棟役割 安永7年

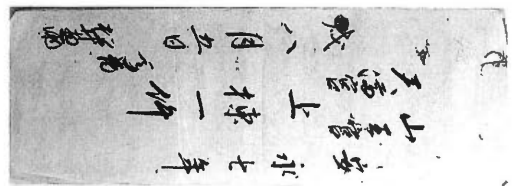


写真-11 山王宮天満宮上棟一件 安永7年

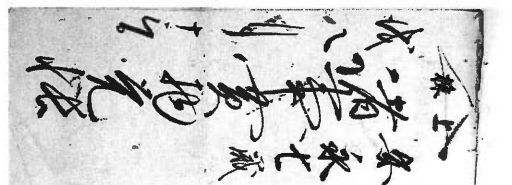


写真-12 上棟諸事買物覚帳 安永7年

遷宮を、11日夜に上遷宮を行った。その導師として栄喜法印が勤めている。『山王宮上棟一件』には天満宮下遷宮礼、上遷宮礼として理覚院に金100疋と白(帛か)5斤、伴僧に8匁6分を納めている。山王宮に関しては記述がなく不明である。

8月13日銘の『上棟諸事買物覚帳』(写真-12)²⁴⁾には屋根葺に必要であった小竹・竹・なわ・よし・割木・松木や銭、白米・米・餅米などの品々、代金、納入した者を列挙している。

以上述べたように安永度の修理には山王宮に大工19

人が従事し、屋根の葺替だけでなく、内陣の造り付けの厨子と宮殿を造る大規模な修理であった。この修理で現在の形が完成したと言えるであろう。

5. 建築概要

本殿は、桁行3間・梁間3間、入母屋造、向拝1間で、葺葺で向拝まで葺きおろしている。正面1間通りを吹放しの外陣とし、奥2間を内陣として扱う(写真-13・14)。桁行は中央間18枝・脇間14枝の計46枝、梁行は内陣12枝、吹放し部分は広めにとって脇間と同じ14

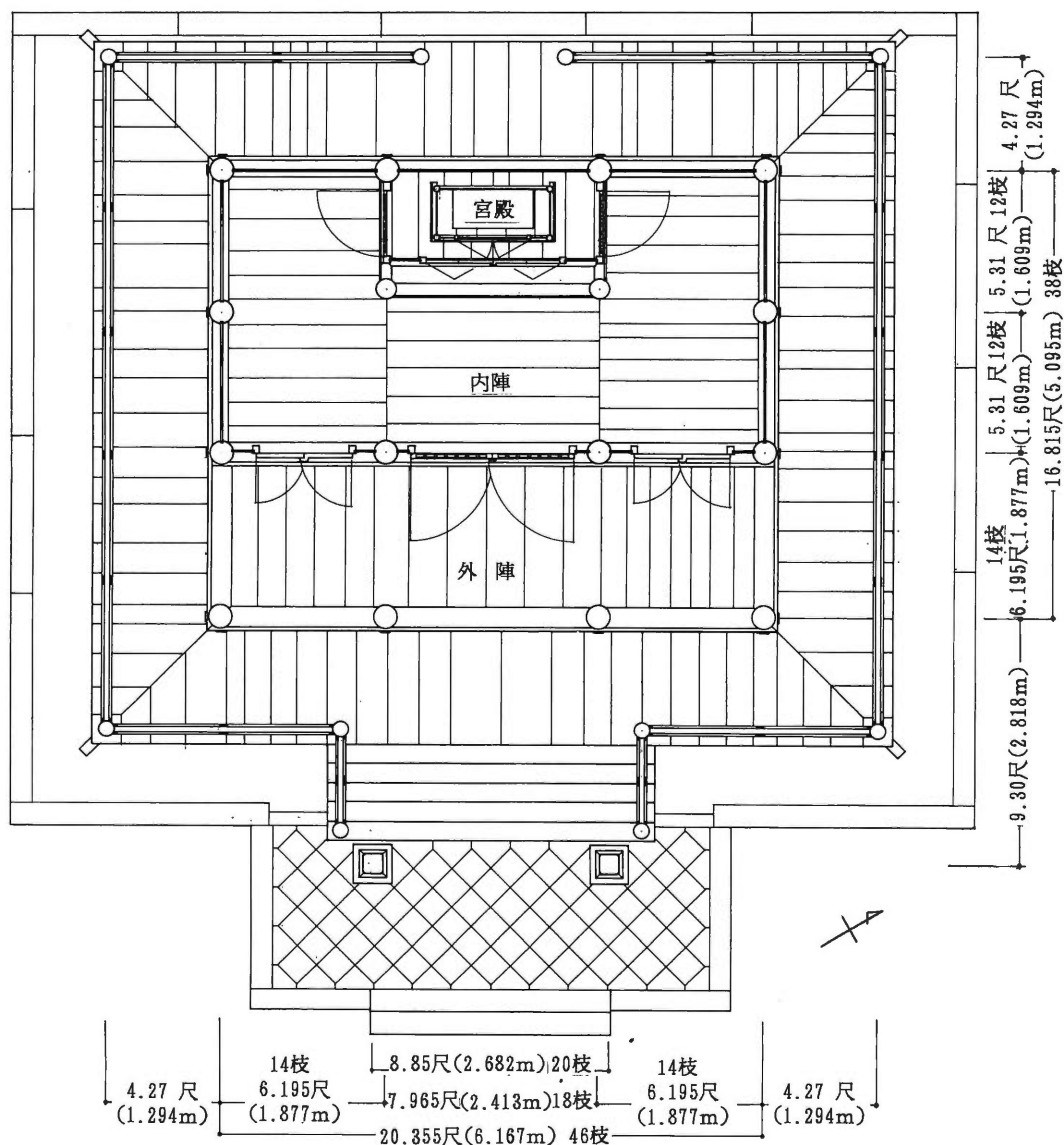


図-2 日吉神社本殿平面図

枝とする計38枝で、桁行が8枝分梁間より広い。向拝は中央間より2枝広い20枝とする。尚、1枝寸法は4.425寸である（図-2）。

本殿周囲に雨落葛石を廻し、四角形に荒く形とられた自然石礎石上に現在は別石を重ねて、柱を建てる。柱は総て粽付きの円柱で、腰貫・内法貫・虹梁型頭貫を入れ、切目長押・内法長押を廻し、柱上に台輪を置く。頭貫の木鼻は四隅の柱だけでなく平の柱にも付ける（写真-15）。

組物は出組で、側廻りでは丸桁に支輪を渡す。肘木は下角を丸めている。拳鼻は隅の組物にのみ用い、平には用いない（写真-16）。

中備えは各柱間に脚元を若葉とした臺股を入れ、その中には動物を主とした彫刻をはめる。

軒は二軒繁垂木で、地・飛檐垂木とも金具で吊っており、隅木は地・飛檐を一木で造る（写真-17）。妻飾は虹梁大瓶束で、前包と虹梁の間に臺股を置き、大瓶束上の出組で化粧棟木を受ける。破風の拌みに簷付蕨懸魚を付ける（写真-18）。

縁は、擬宝珠高欄付き切目縁を四方に廻すが、背面中央間は高欄が切れており、擬宝珠柱を立てる（写真-19）。縁束は、円束で延石上に建ち、頭貫・地覆で固め。挿肘木を用いて縁葛を一手外に出して斗・絵様肘木で受ける（写真-20）。正面には木階5級を設け、擬宝珠付登高欄が取り付けく。

柱間装置は、内外陣境の中央間を棧唐戸両開きとし、その上半分は格子として内陣を拝観できる。両脇間は板戸両開きとする（写真-21）。両側面・背面の三方は横嵌板張とする。

床は、吹放しの外陣では縁より切目長押・無目敷居分高く（7.8寸）、梁間方向の拭板張りとし、内陣は更に長押分高く（5.4寸）、桁方向の拭板張りとする。

天井は吹放しの外陣と内陣ともに出組で天井桁を受け、格天井を張る。内陣・外陣の天井の高さは等しい。内陣・外陣では出組に秤肘木をのせず、巻斗に実肘木を置いて天井桁を受けている（写真-22・23）。

小屋組は太い梁に束を立て、しっかりと組んでいる（写真-24）。

向拝柱は几帳面取り角柱とし、方形切石礎石・方形石製礎盤の上に建ち、頂部を虹梁型頭貫で繋ぎ、木鼻を獲とし、中備えに臺股を飾る。柱頂に連三斗を据え実肘木で向拝桁を受け、打越垂木を架ける。手挟には鳳凰を彫刻する（写真-25）。木階下には石を四半敷とした浜床を設ける。

内陣内部には桁行中央間に側面中央の柱筋より2枝後方にずらして円柱をたて、この柱より後方を祭壇とする。祭壇は内陣床から2.25尺上がっている。そこに



写真-13 正面面



写真-14 側面



写真-15 木鼻



写真-16 拳鼻

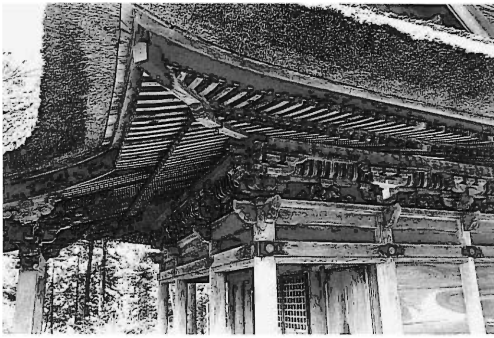


写真-17 軒廻り詳細

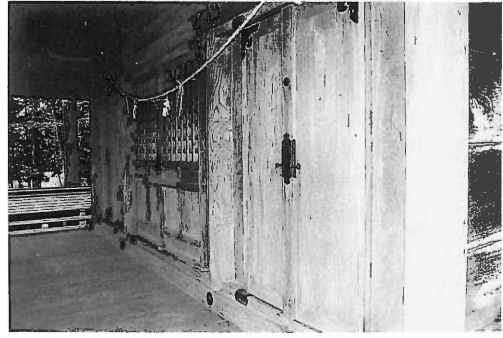


写真-21 内陣正面



写真-18 妻



写真-22 正面1間吹き放し部分の天井



写真-19 背側面(背面中央間の高欄が切れている)



写真-23 内陣天井



写真-20 縁組物

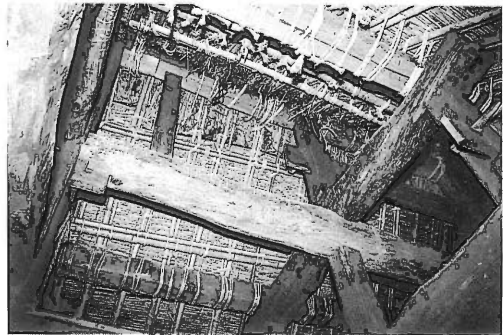


写真-24 小屋組(棟木を見上げる)



写真-25 向拝詳細



写真-28 内陣柱上部



写真-26 内部祭壇



写真-27 宮殿正面

造り付けの厨子を設けて神座とする(写真-26)。

内陣内の柱間にも虹梁型頭貫を架け、その下端に錫杖彫を施し、頭貫上に台輪を廻し、中備えに墓股を配し、出組を据え格天井の桁を受けている。この柱と背面通りの柱との間は直材の頭貫とし、中備えはない。

造り付けの厨子は、円柱より約1.1尺後方に2.5寸角の柱を立て、正面に両折戸を開き、両側面に片開きの堅舞良戸を設ける。その中に梁間1.28m、桁行0.55mの方一間、切妻造・妻入の宮殿(写真-27)を安置する。宮殿は正面に両開き板戸を設け、総高7.5尺で、土台上に円柱をたて、地・腰・内法長押を廻し、柱上に直接梁・桁を載せ、一軒・繁垂木、背面の傍軒を省略した簡素な素木造りで、妻の虹梁上に墓股を置き、破風の拌みに蕪懸魚、桁隠し瑞雲を彫り、木の鬼板を置く。内部には厚5寸の縹緋縁の畳を置き、天井は鏡天井とする。

当宮殿は、妻梁の絵様、墓股の意匠や材種から本殿建立当初のものではない。上述したように諸記録から安永7年修理時のものと考えられる。

本殿は柱・頭貫など大部分が檜で造られている。その他の材種としては軒桁・垂木・天井桁などに榎(化粧隅木は檜)を、天井板に杉を用い、小屋組の大部分は松で、束の一部に檜を用いている。上述した享保20年の奉加帳に記載された檜は使われていない。

内陣の柱・虹梁型頭貫、組物木鼻・框は檜を用いるが、造り付けの厨子及び宮殿は檜木を用いる。

内陣の組物木鼻・墓股・虹梁型頭貫の絵様は側廻のそれと年代の差を認めがたく、建立当初のものであろう(写真-28)。そこで元文度は内陣に柱を立てて祭壇を構えていたが、安永度に厨子を造り、宮殿を安置したと考えられる。

6. 細部・装飾

本殿の側廻りと内外陣境、内陣、向拝の各柱間の中

備えに足元を若葉とした墓股をいれ、計17の墓股がはいりそれらの内部彫刻がすべて異なり、動物を主体として竹、紅葉、波、雲などを彫刻している(図-3)。

側廻りでは正面右端から時計回りを見ていくと、雲に麒麟・雲に龍・竹に虎・波に兎・紅葉に鹿・波に鼠・竹に虎・波に麒麟・松に馬・雲に獾・枝に牛・雲に龍馬となっている²⁵⁾(写真-29・1~8)。内外陣境は3柱とも猿(写真-30)、内陣は竹に猪である(写真-

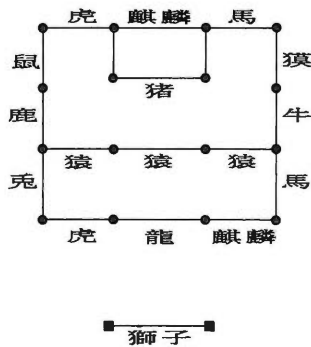


図-3 墓股内彫物図



写真-29・3 左側面中間墓股(紅葉に鹿)



写真-29・4 左側面後間墓股(波に鼠)

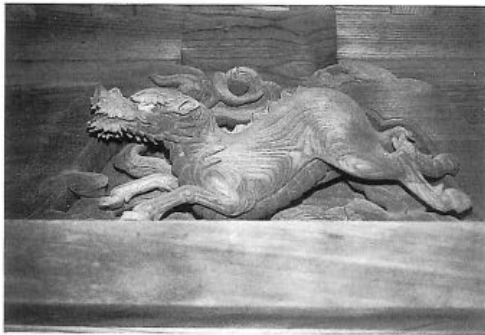


写真-29・1 正面右脇間墓股(雲に麒麟)



写真-29・5 背面右脇間墓股(竹に虎)



写真-29・2 正面中央間墓股(雲に龍)



写真-29・6 背面中央間墓股(波に麒麟)

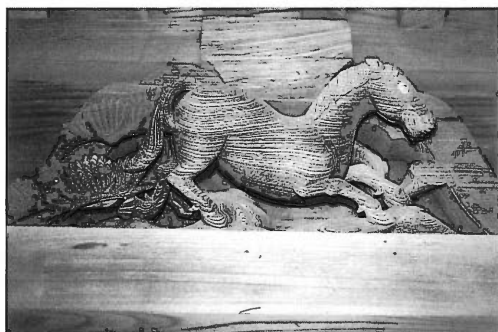


写真-29・7 背面左脇間墓股（松に馬）



写真-32 向拝墓股（2匹の獅子）



写真-29・8 右側面後間墓股（雲に猿）



写真-33 妻の墓股



写真-30 内外陣境左脇間墓股（猿）

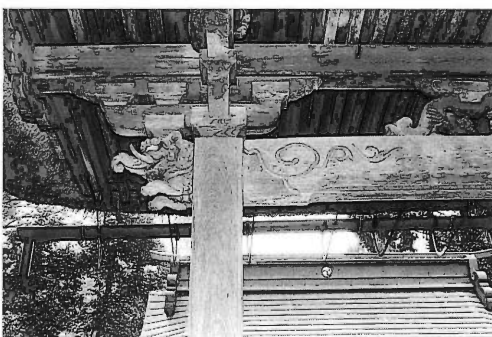


写真-34 向拝詳細 木鼻猿・虹梁絵様



写真-31 内陣墓股（竹に猪）

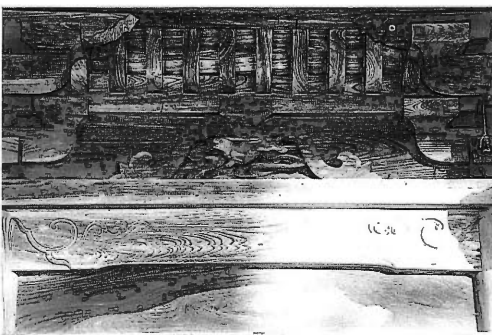


写真-35 左側面前間（墓股内は波に兎）



写真-36 内外陣境右脇間



写真-37 妻梁絵様(右端)

木目を活かした簡素な造りである。

7. 特 色

近世における入母屋造本殿は滋賀県下では優勢でないが、湖北地域には比較的多く見られる。しかし当日吉神社本殿のように正面1間通りを吹放しとした形式は少ない。この形式を有する本殿は、当社と同じ高月町では東柳野の売比多神社本殿(江戸後期)(写真-38・39)や他にも見られ、『滋賀県の近世社寺建築』にはびわ町富町の八幡神社本殿(江戸後期)が掲載されている。

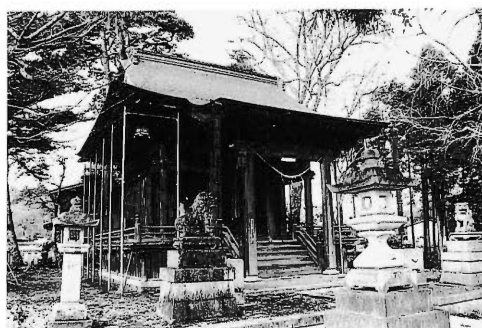


写真-38 売比多神社本殿(高月町東柳野)

31)。向拝は2匹の獅子で、その獅子が墓股の脚に巻き付く(写真-32)。

猿は、日吉大社の神の使いが猿なので、その影響と思われる。

妻の虹梁と前包の間の墓股も同様に足元を若葉とするが、耳を付け、中に動物をいれず、若葉が巻き込む(写真-33)。

手挟には鳳凰を彫刻するが、その輪郭は粹肘木際から上方に反転曲線・2つの円弧・反転曲線・2つの円弧となり(写真-25参照)、近世において特徴的な木鼻の輪郭をつくらず複雑でない²⁶⁾。木鼻には猿を飾る(写真-34)。

以上述べた墓股と木鼻の動物の目は胡粉で白く塗られている。

虹梁型頭貫の絵様は渦と若葉である。柱間の左端の渦の巻き方を見ると、側廻りでは半時計廻りで(写真-35)、内外陣境及び内陣では時計廻りとなる(写真-36)。向拝では半時計廻りで木瓜がつく(写真-34参照)。但し側廻りの内陣部では若葉が省略されて渦のみである。妻梁は時計廻りとするが円弧が流れている(写真-37)。

墓股・手挟・木鼻以外に際立った装飾はなく、樺の



写真-39 売比多神社本殿正面1間吹放し部分

仏堂にもこの形式を採用しているものがある。『滋賀県の近世社寺建築』には木之本町千田の東光寺薬師堂（寛延3年1750）と年代は新しいが湖北町今西の比伎多理神社観音堂（明治26年）が載っている。それには記載されていないものでは、高月町持寺の白山神社境内の薬師堂（江戸末期）などがある。

湖北地域に現存するこれらの建物は18世紀以降のものであり、当形式は本殿・仏堂に関係なく採用された建築形式である。当殿はこれらのなかで建築年代が古く、質的に高く、しかも今日まで葺葺の屋根を伝えており、貴重な建物である。また、外観・内部とも仏堂風の形式を用いており、滋賀県における神社建築の中で特異な存在と言える。

以上日吉神社本殿について述べてきたが、当殿のような形式を有する本殿は他の地方でも散見される。しかしそれらは一様でなくいろいろな違いがある。そこで最後に筆者が実見した幾つかなの本殿を紹介して、その違いの幾つかをみていくことにする。

現存最古の本殿は、永正4年（1507）建立の鹿児島県大口市にある八幡神社本殿である。（以下大口八幡と略記する）。当殿は同じ高さで四方に縁を廻し、吹放し部分の床を縁と同じ高さに張る。正面の柱を角柱として、向拝に浜縁を付ける（図-4）。但し向拝部分は元和2年（1616）の後補である²⁷⁾。同県吉田町の八幡神社本殿（以下吉田八幡と略記する）は元禄5年（1692）の建立で、正面の柱を角柱とし、吹放し部分の床は縁より1長押分高く張られている。向拝は当初からのもの

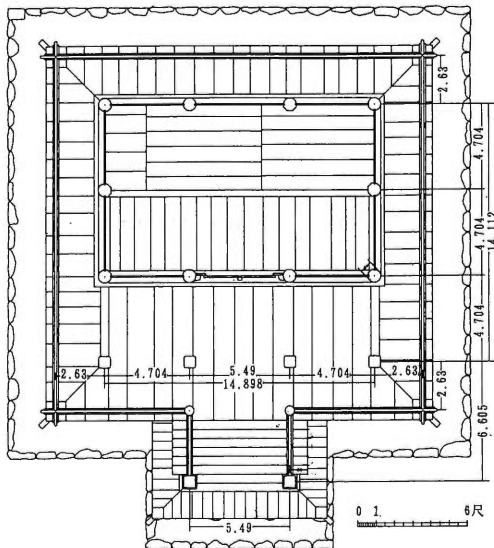


図-4 八幡神社本殿（大口市）平面図 修理工事報告書より 単位 尺

のであろう。

大口八幡・吉田八幡両社の吹放し部分の床高に注目すると、大口八幡では縁と同高で、縁との区別が明確でなく、縁の一部とも受け取れるが、吉田八幡では床高をかえて、縁とは異なる場であることを表現し、大口八幡より整理された形式であると推測される。

正面の吹放し部分が向拝であることを示すものがある。福岡県筑後市の尾島天満神社本殿（以下尾島天満と略記する）は天明9年（1789）の建築であるが、正面の柱を角柱とし、正面1間通りに木階を組入れた形となっており、奥2間の前に向拝を付け、それらを1つの入母屋屋根で覆った形態と理解しうる。したがって向拝はつけない（写真-40、図-5）²⁸⁾。

以上例にあげた大口八幡・吉田八幡・尾島天満の3社は、正面を角柱、奥2間を円柱とした柱の区別から、大口八幡と尾島天満の正面1間の床の構成から、正面1間の吹放し部分と建具や板壁で囲われた奥2間とは異なる場であることが表現されていると考えられる。

大口八幡と吉田八幡の平面は身舎と庇（前室）からなる前室付流造に似ており、尾島天満の平面は一般的

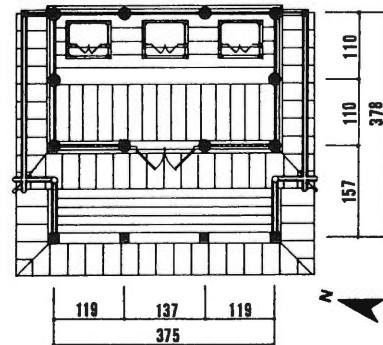


図-5 尾島天満神社本殿（筑後市）平面図 近世社寺報告書より 単位 cm



写真-40 尾島天満神社本殿

な流造に似ている。これら3社は平面だけみれば特に珍しいことはないが、身舎と庇(大口八幡では前室、尾島天満では向拝)という機能の異なる場をくっつけてその上を入母屋の屋根で覆った点に特色がある。

ところが日吉神社本殿の場合、柱は総て円柱として柱による区別をせず、正面1間と奥2間とが異なる場合であるという意識が薄いと思われ、上記のような身舎と庇という別の機能を1つにして入母屋の屋根をかぶせたとは理解しにくい(但し庇の柱を円柱とする前室付流造も存在するが、一般的ではない²⁹⁾)。したがって、梁間3間を正面1間と奥2間に分化した形態といえるであろう。

正面の柱及び正面1間の床の構成に注目してみると、正面1間の吹放し部分と奥2間との組み合わせには、付加と分化の2通りあると考えられる。その他、平入り妻入りの違い、向拝の有無による違い等が考えられる。今後各地の建物を調査してその形式の成立の背景等を探っていききたい。

注

- 1) 滋賀県教育委員会：昭和61年3月
- 2) 岡山県文化財保護協会：『岡山県の近世社寺建築』昭和53年3月
広島県教育委員会：『広島県の近世社寺建築』昭和57年3月
福岡県教育委員会：『福岡県の近世社寺建築』昭和59年3月
鹿児島県教育委員会：『鹿児島県の近世社寺建築』昭和63年3月
- 3) 拝殿は大正3年に改築され、大正14年に本殿寄りに移転された。中門・透塀は皇紀二千年を記念して昭和15年に建立された。
- 4) 円満寺は己高山円満寺と称し、己高山観音寺の五別院の一つで、阿弥陀如来を本尊とし、その他観音菩薩・地藏菩薩を祀る。かつて日吉神社境内外に在ったが、現在では本殿横に小堂が建つのみである。
- 5) 鐘楼は江戸時代後期の建立であるが(『山王鐘楼堂再建諸入用帳』文化11年)、梵鐘は寛喜3年(1231)の銘を有し、
寛喜参年^辛参月四日^庚
於富永御庄圓満寺鑄之
本願主沙弥教西
等とあり、重要文化財に指定されている。
- 6) 富田八右衛門編纂：『近江伊香郡志』上巻 昭和27年 江本図書館
滋賀県神社庁伊香支部編：『伊香郡神社史』昭和56年
- 7) 富永庄は鎌倉時代から資料に現れる荘園で、その領域は現在の高月町のほぼ全域と木之本町の一部が想定されている(『角川日本地名大辞典 滋賀県』昭和54年)。木之本町の一部とは、石道・小山・田部をさす(『日本歴史地名体系第25巻 滋賀県の地名』平成3年 平凡社)。当社には山門領富永庄に関する中世文書が多数保管されている。これらの文書については、福田榮次郎：「山門領近江国富永荘史料―『近江日吉神社文書』について―」(『駿台史学』58号 昭和58年)に詳しい。
- 8) 社蔵の梵鐘銘写に
奉懸南閭浮提大日本國中江劔
伊香郡富永庄御鎮守新日吉
社鐘 文永五年^戊辰三月廿七日^戊寅
鑄□
大工左馬允丹治國割
願主比叡山延曆寺東塔
南谷妙光房住旬
御庄奉行人仲原景經
御庄氏人等有結縁衆
とあり、「富永庄御鎮守新日吉社」と記されていることから富永庄の中心的神社であったと考えられる。
- 9) 例えば、社蔵文書のうち永正六年(1509)銘の文書に「賣渡申井口山王權現御下地之事」と見え、永禄三年(1560)銘の文書に「奉 山王新日吉十一月一日神□」と見える。
- 10) 尖頭形、総高137.3cm、肩高135.0cm、幅14.8cm、厚1.0cm、檜。尚、棟札は「山王宮中興建立棟札^{慶長九年}久月十六日^庚壹枚」と墨書された木箱に納められている。
「井口大工」として彦四郎の他、二兵衛・田介・孫九良・彦兵衛・孫太郎・平六・孫三、「鍛冶大工」として次衛門の他、左兵衛門・左兵九良・左兵四良・三次、「柶大工」として又衛門の他、又兵衛・九良衛門・源三良・源藤次、「葺」として石田の又右衛門の名が記されている。
- 11) 附指定、尖頭形、総高172.1cm、肩高168.8cm、上幅17.6cm、下幅15.9cm、厚1.7cm、檜。尚棟札は同大の板で表裏から挟まれており、表の板には「棟札」と墨書されている。
- 12) 附指定、縦33.6cm・横12.1cm、横帳、紙数44紙
- 13) 『近江伊香郡志』上巻
- 14) 附指定、縦41.4cm、横14.5cm、横帳、紙数3枚
- 15) 18世紀前半の井口大工として、伊香郡木之本町赤尾にある重要文化財西徳寺本堂の正徳3年(1713)

の墨書に大工井口村長兵衛・茂太夫・茂左衛門・久左衛門・重右衛門が見られる（『重要文化財西徳寺本堂修理工事報告書』平成5年2月）。

- 16) 尖頭形，総高85.0cm，肩高83.9cm，幅11.8cm，厚2.4cm，楯
工匠として大工井口村大工中，木挽雨森村半兵衛を記す。
- 17) 例えば，奈良国立文化財研究所：『近世社寺建築工匠名一覧1』昭和63年11月
- 18) 神鏡は径6寸
- 19) 附指定，縦40.1cm，横13.9cm，横帳，紙数4枚
- 20) 修理の記録には以下のものがある。
万延元年（1860）：『山王宮屋ねふき扣帳』（附指定，縦36.1cm，横13.8cm，横帳，紙数4枚）（写真-41）

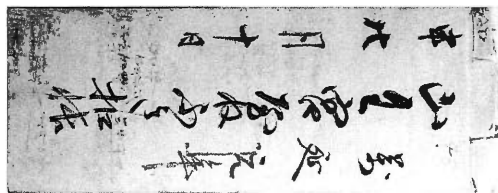


写真-41 山王宮屋ねふき扣帳 万延元年

明治7年：『御宮屋根葺ニ付買物扣』、『日吉大明神屋根葺諸入用拂方覚帳』

大正9年：「大正九年四月廿五日棟巻 箱棟修繕四方刺屋根」の墨書（杉板，厚9mm）。墨書では

伊香郡東柳野の旧藤右エ門組の川島豊松・同四郎吉・弓削秀八・弓削惣次郎が屋根修理に携わっていたことが知れる。

昭和56年：「奉為社殿屋根葺替透塀西側再建銅板葺替修復」の棟札。棟札裏面には昭和56年1月の豪雪により「本殿北側崩落透塀西側倒壊」し，本殿屋根総葺替，透塀西側再建・総銅板葺替工事をを行い，7月に工事は終了した旨を記している。尚棟札は，総高171.8cm，肩高169.2cm，上幅15.6cm，下幅13.3cm，厚1.4cm，檜

- 21) 附指定，縦39.7cm，横14.1cm，横帳，紙数7枚
- 22) 附指定，縦40.9cm，横14.5cm，横帳，紙数10枚
- 23) 附指定，縦40.3cm，横14.2cm，横帳，紙数10枚
- 24) 附指定，縦32.9cm，横12.0cm，横帳，紙数7枚
- 25) 墓股内の彫刻の題材については八日市市在住の彫師北村隆史氏の御教示を得た。
- 26) 松岡高弘：「滋賀県における中世本殿の手挾について」『有明工業高等専門学校紀要』第28号 平成4年1月
- 27) 重要文化財八幡神社本殿修理工事委員会：『重要文化財建造物八幡神社本殿（鹿児島県）修理工事報告書』 昭和30年3月
- 28) この形式として『佐賀県の近世社寺建築』（佐賀県教育委員会 昭和60年3月）には鹿児島市の享保2年（1717）の松山神社本殿が載っている。
- 29) 前室の柱を円柱とする本殿として文明12年（1480）の桂浜神社本殿（広島県）がある。

せん断力と垂直応力を受ける鉄筋コンクリートせん断面の降伏条件

上 原 修 一

Yield Criterion of Reinforced Concrete Shear Plane Subjected to In-Plane Shear and Normal Stresses

Yield criterion of reinforced concrete shear plane having reinforcement at an angle to the plane is proposed. The criterion is obtained using limit analysis theory and addition theory. And it is proved that both theories give the same result. The criterion is compared with experimental values and the proposed criterion gives reasonably good agreements with them. It seems possible to use the criterion to analyze plane stress problems of reinforced concrete structures, especially when discrete crack model is used in discrete methods like RBSM (Rigid Bodies-Spring Model) method proposed by Kawai and finite element method. And the criterion can also be used to estimate strength of connections in precast concrete structures.

Shuichi UEHARA

1 はじめに

離散化した極限解析法として、剛体ばねモデル法がある[1]。この方法では、有限要素法と同様に構造物をメッシュ分割する。さらに、要素の接合面に平行(接線)方向のばね、垂直方向のばねを配し、それらのばねの応力状態から、降伏の進展を追跡する。さて、この解析法を耐震壁等の RC 造面部材などに適用するには、要素間のばねの降伏条件を定めなければならない。これらの要素はコンクリートと鉄筋より連結されているが、これをモデル化する方法として、材料ごとに降伏条件を定める方法と、2つの材料を合わせた RC としての降伏条件を定めることが考えられる。後者のように、鉄筋とコンクリートを一つのばねに集約し、RC 要素として簡単な降伏条件にまとめれば、パーソナル・コンピュータなどの身近な計算機により、面部材を含む平面架構や構造物全体の解析が可能になり、直接設計に利用できることが期待される。

したがって、本論文では剛体ばねモデル法での使用を想定し、RC 面部材の要素間の界面、つまりせん断力と垂直応力を受ける RC せん断面の降伏条件について検討した。

2 RC せん断面降伏条件の誘導

2.1 概要

Mattock は、せん断面と任意の角度を有する鉄筋を

配した、RC せん断面の強度計算式を提案している[2]。しかしながら、コンクリートの引張強度を考慮しているため、算定法が複雑であり、圧壊まで含めた、統一的で簡単な降伏条件とはなり難い。一方、Jensen は、極限解析理論を用い、鉄筋が断面に直交する場合の RC せん断面の降伏条件を示している[3]。しかし、剛体ばねモデルにおいて、壁板を要素分割すると鉄筋は要素界面(せん断面)に対し、一般にある角度をもつて交わる。したがって、せん断面に対し、鉄筋が任意の角度をもつ場合の降伏条件を誘導する必要がある。ここでは、その導出方法として、(1) Jensen と同様に、上界定理による方法と、(2)コンクリートと鉄筋の降伏条件の累加による方法について示す。さらに、両者が一致することを確認する。

なお、ここでは2方向配筋を想定しているが、3方向以上についても容易に拡張可能である。

2.2 誘導にあたっての仮定および記号一覧

次の仮定をおいている。

(1)コンクリートの引張強度を無視する。

鉄筋が極めて少ない場合、強度を過少評価する可能性があるが、そういった場合、一般に部材はひび割れ発生と同時に脆性的に破壊すると考えられ、極限解析になじまない。一般の RC 構造物は適度に補強されていることおよび計算の簡便さを考えれば、この仮定は妥当なものとする。

(2)鉄筋の Dowel Action を無視する。

鉄筋の Dowel Action の影響についての検討は重要であるが、当面ここでは、Nielsen[5]らにならい無視することとした。

ここで、用いる記号は次のとおりである（図-1参照）。

t : 板の長さ h : 断面のせい v : 隣接要素の相対変位 α : せん断面に対する v の角度 f'_c : コンクリートの圧縮強度 A_{s1} : 鉄筋①の断面積 f_{y1} : 鉄筋①の降伏点 θ_1 : せん断面に対する鉄筋①の角度 A_{s2} : 鉄筋②の断面積 f_{y2} : 鉄筋②の降伏点 θ_2 : せん断面に対する鉄筋②の角度 ν : コンクリート圧縮強度有効係数

さらに、次の記号を導入している。

$$q = P / (h \cdot t \cdot f'_c)$$

$$n = N / (h \cdot t \cdot f'_c)$$

$$\phi_1 = A_{s1} \cdot f_{y1} / (h \cdot \sin \theta_1 \cdot t \cdot f'_c)$$

$$\phi_2 = A_{s2} \cdot f_{y2} / (h \cdot \sin \theta_2 \cdot t \cdot f'_c)$$

$n_0 \sim n_5$: 鉄筋の応力状態が変化するときの n （図-4参照）

n' , q' : 鉄筋方向座標系での n , q

2.3 上界定理による方法

鉄筋の応力（引張降伏，弾性，圧縮降伏）は，図-1に示すように， v の方向に応じて変動する。したがって， α の範囲を定めて降伏強度を求める。ここでは，まず $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$ に限定して考える。

Case 1: 鉄筋①および鉄筋②が引張降伏する場合
 $(\pi/2 \geq \alpha \geq \theta_2 - \pi/2)$ （図-1参照，図-4 AB 区間）
 外圧仕事 W_E は

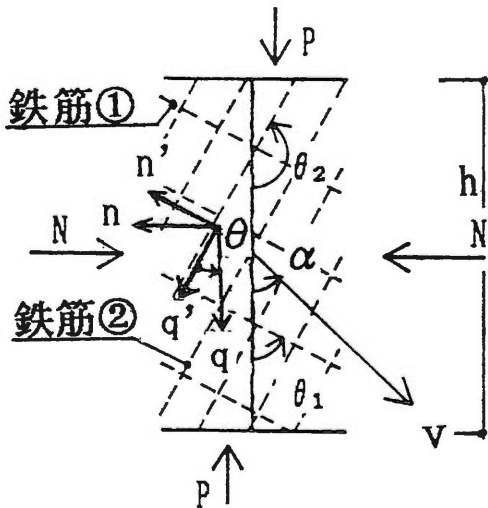


図-1 RCせん断面の破壊

$$W_E = P \cdot v \cdot \cos \alpha - N \cdot v \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

コンクリート内力仕事 W_{IC} は，引張強度を無視すると明らかに（文献[4]の式（7.48）参照），

$$W_{IC} = v \cdot 1/2 \cdot (1 - \sin \alpha) \cdot \nu \cdot f'_c \cdot t \cdot h \quad (2)$$

鉄筋の内力仕事 W_{IR} は

$$W_{IR} = A_{s1} \cdot f_{y1} \cdot v \cdot \cos(\theta_1 - \alpha) + A_{s2} \cdot f_{y2} \cdot v \cdot \cos(\theta_2 - \alpha) \quad (3)$$

次に， $W_E = W_{IC} + W_{IR}$ において，

$$\begin{aligned} q = & \nu \cdot (1 - \sin \alpha) / (2 \cdot \cos \alpha) + \phi_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_1 \\ & + \phi_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cos \theta_2 + (\phi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 \\ & + \phi_2 \cdot \sin^2 \theta_2 + n) \cdot \tan \alpha \end{aligned} \quad (4)$$

ここで，次の記号を導入する。

$$\phi_{tt} = \phi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 + \phi_2 \cdot \sin^2 \theta_2 + n \quad (5)$$

文献[4]の（7.60）式および（7.61）式に従えば，最小値は次のように求められる。

$$\begin{aligned} q = & \sqrt{\phi_{tt} \cdot (\nu - \phi_{tt})} + \phi_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_1 \\ & + \phi_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cos \theta_2 \end{aligned} \quad (6)$$

このとき， α は次式となる。

$$\sin \alpha = 1 - 2 \cdot \phi_{tt} / \nu \quad (7)$$

α の範囲および(7)式により，(6)式が支配する範囲は次式のようになる。

$$n_0 \leq n \leq n_1 \quad (8)$$

ここで

$$n_0 = -(\phi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 + \phi_2 \cdot \sin^2 \theta_2) \quad (9)$$

$$\begin{aligned} n_1 = & \nu \cdot (1 + \cos \theta_2) / 2 - (\phi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 \\ & + \phi_2 \cdot \sin^2 \theta_2) \end{aligned} \quad (10)$$

Case 2: 鉄筋①が引張降伏し，鉄筋②が圧縮降伏する場合 $(\theta_2 - \pi/2 \geq \alpha \geq \theta_1 - \pi/2)$ （図-1参照，図-4 CD 区間）

Case 1 と同様にして，

$$\begin{aligned} q = & \sqrt{\phi_{tc} \cdot (\nu - \phi_{tc})} + \phi_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_1 \\ & - \phi_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cos \theta_2 \end{aligned} \quad (11)$$

ここで，

$$\phi_{tc} = \phi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 - \phi_2 \cdot \sin^2 \theta_2 + n \quad (12)$$

このときの α は

$$\sin \alpha = 1 - 2 \cdot \psi_{tc} / \nu \quad (13)$$

α の範囲および (13) 式により, (11) 式が支配する範囲は次式となる.

$$n_2 \leq n \leq n_3 \quad (14)$$

ここで

$$n_2 = \nu \cdot (1 + \cos \theta_2) / 2 - (\psi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 - \psi_2 \cdot \sin^2 \theta_2) \quad (15)$$

$$n_3 = \nu \cdot (1 + \cos \theta_1) / 2 - (\psi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 - \psi_2 \cdot \sin^2 \theta_2) \quad (16)$$

Case 3 : 鉄筋①および鉄筋②がともに圧縮降伏する場合 ($\theta_1 - \pi/2 \leq \alpha \leq -\pi/2$) (図-1 参照, 図-4 EF 区間)

前と同様に,

$$q = \sqrt{\psi_{cc} \cdot (\nu - \psi_{cc})} - (\psi_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_1 + \psi_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cos \theta_2) \quad (17)$$

ここで

$$\psi_{cc} = -(\psi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 + \psi_2 \cdot \sin^2 \theta_2) + n \quad (18)$$

α は次式となる.

$$\sin \alpha = 1 - 2 \cdot \psi_{cc} / \nu \quad (19)$$

同様に, (17) 式の支配する範囲は, 次式となる.

$$n_4 \leq n \leq n_5 \quad (20)$$

ここで

$$n_4 = \nu \cdot (1 + \cos \theta_1) / 2 + (\psi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 + \psi_2 \cdot \sin^2 \theta_2) \quad (21)$$

$$n_5 = \nu + (\psi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 + \psi_2 \cdot \sin^2 \theta_2) \quad (22)$$

Case 4 : 鉄筋①が引張降伏し, 鉄筋②が弾性的の場合 (図-1 参照, 図-4 BC 区間)

外力仕事, コンクリート内力仕事は, それぞれ (1) 式, (2) 式と同じになる. 鉄筋の内力仕事は (3) 式に, 鉄筋②が弾性である条件 $\alpha = \theta_2 - \pi/2$ を代入し, さらに $W_E = W_{IC} + W_{IR}$ において,

$$q = \nu \cdot (1 - \sin \alpha) / (2 \cdot \cos \alpha) + \psi_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_1 + (\psi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 + n) \cdot \tan \alpha \quad (23)$$

この式に, $\alpha = \theta_2 - \pi/2$ より,

$$\sin \alpha = -\cos \theta_2$$

$$\cos \alpha = \sin \theta_2$$

$$\tan \alpha = -\cot \theta_2$$

の関係式をそれぞれ代入すると次式を得る.

$$q = a \cdot n + b \quad (24)$$

ここで

$$a = -\cot \theta_2 \quad (25)$$

$$b = \nu \cdot (1 + \cos \theta_2) / (2 \cdot \sin \theta_2) + \psi_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_1 - \psi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 \cdot \cot \theta_2$$

この式の支配する範囲は次式となることは明らかである.

$$n_1 \leq n \leq n_2$$

Case 5 : 鉄筋①が弾性で鉄筋②が圧縮降伏する場合 (図-1 参照, 図-4 DE 区間)

Case 4 と同様にして,

$$q = a \cdot n + b \quad (26)$$

ここで

$$a = -\cot \theta_1 \quad (27)$$

$$b = \nu \cdot (1 + \cos \theta_1) / (2 \cdot \sin \theta_1) - \psi_2 \cdot \sin \theta_2 \cdot \cos \theta_2 + \psi_2 \cdot \sin^2 \theta_2 \cdot \cot \theta_1$$

この式の支配する範囲は次式となることは明らかである.

$$n_3 \leq n \leq n_4$$

α が $\pi/2 \leq \alpha \leq 3 \cdot \pi/2$ の範囲の強度式も同様にして求められる. 以上を図示すると図-4 となる (例は直交配筋).

2.4 コンクリートと鉄筋の降伏条件の累加による方法

(1) コンクリートの降伏条件

コンクリートの降伏条件は, 引張強度を無視し, 図-2 のように仮定する.

(2) 鉄筋の降伏条件

鉄筋①の応力に関する, 鉄筋方向の局所座標系 (n' - q') から全体座標系 (n - q) への座標変換は次式で示される (図-1 参照).

$$\begin{Bmatrix} n \\ q \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta & \sin \theta \cdot \cos \theta \\ -\sin \theta \cdot \cos \theta & \cos^2 \theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} n' \\ q' \end{Bmatrix} \quad (28)$$

ここで, $n' = \psi_1$, $q' = 0$, $\theta = \pi/2 - \theta_1$ を代入すると,

2. 3で求めた解は上界の解であったが, 2. 4の結果より, 明らかに降伏条件を満足していることから, この解は正しい解といえる。

3 Mattock による実験との比較

Mattock は図-6および図-7中に示すように, 鉄筋の方向を実験変数とした直接せん断面実験を行った[2]. 図-5(1)から図5(7)は実験値と降伏条件を示す。ここでは, コンクリート圧縮強度有効係数 $\nu=0.7$ としている。実験値と計算値(降伏条件)は比較的良好一致している。

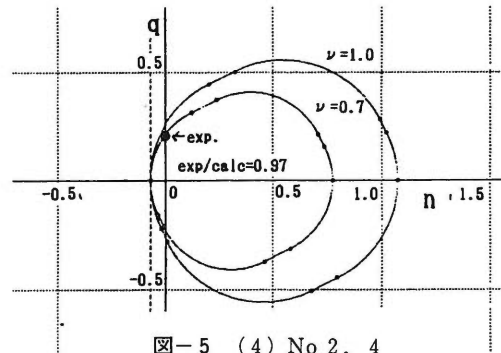


図-5 (4) No 2. 4

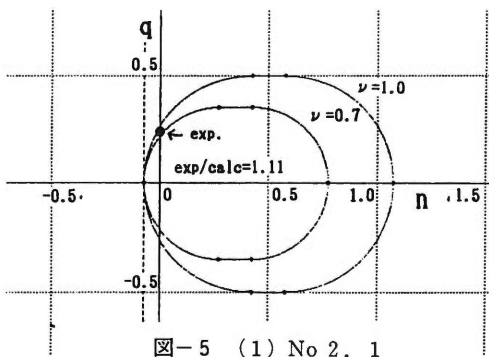


図-5 (1) No 2. 1

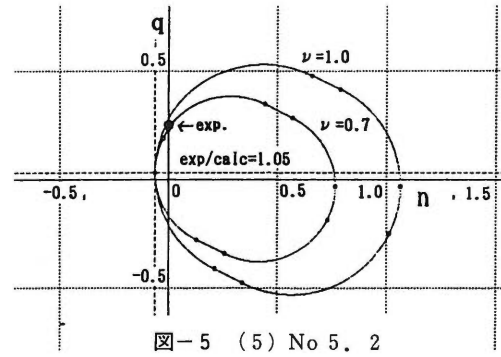


図-5 (5) No 5. 2

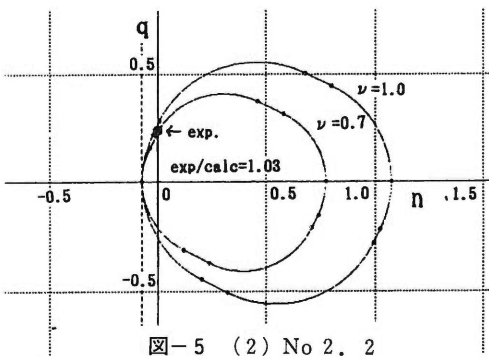


図-5 (2) No 2. 2

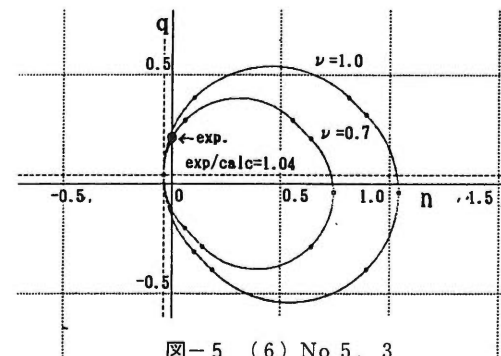


図-5 (6) No 5. 3

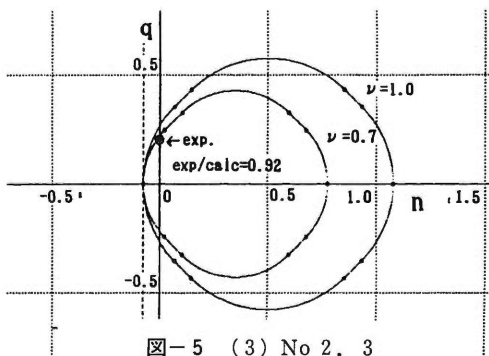


図-5 (3) No 2. 3

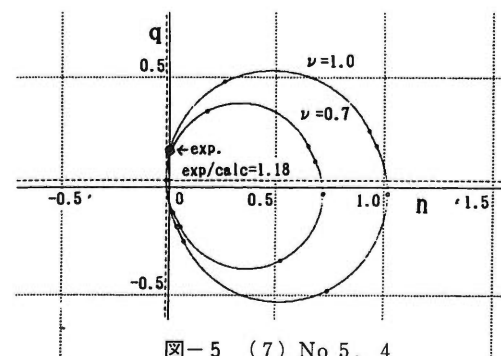


図-5 (7) No 5. 4

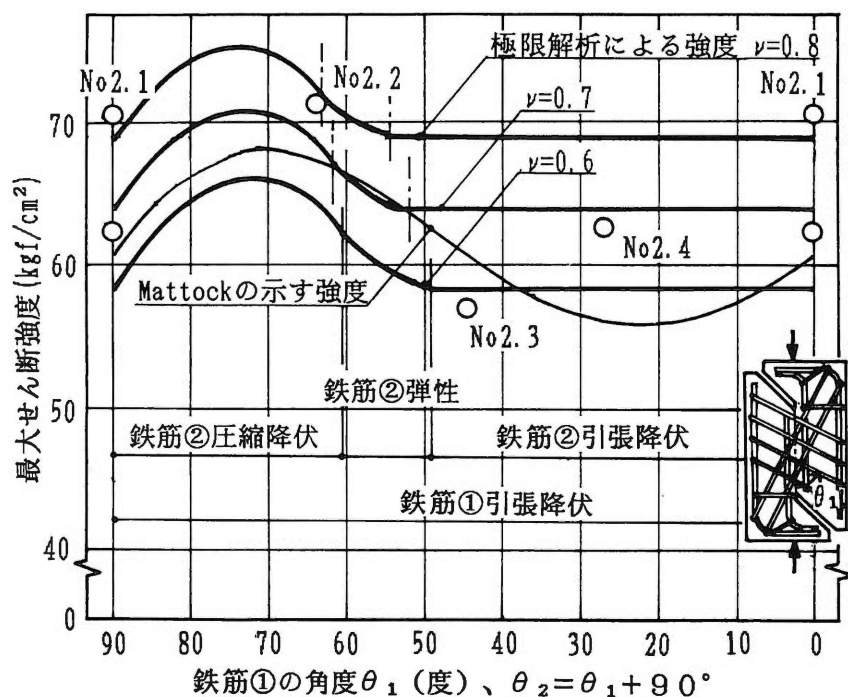


図-6 配筋方向と強度の関係 (等方配筋)

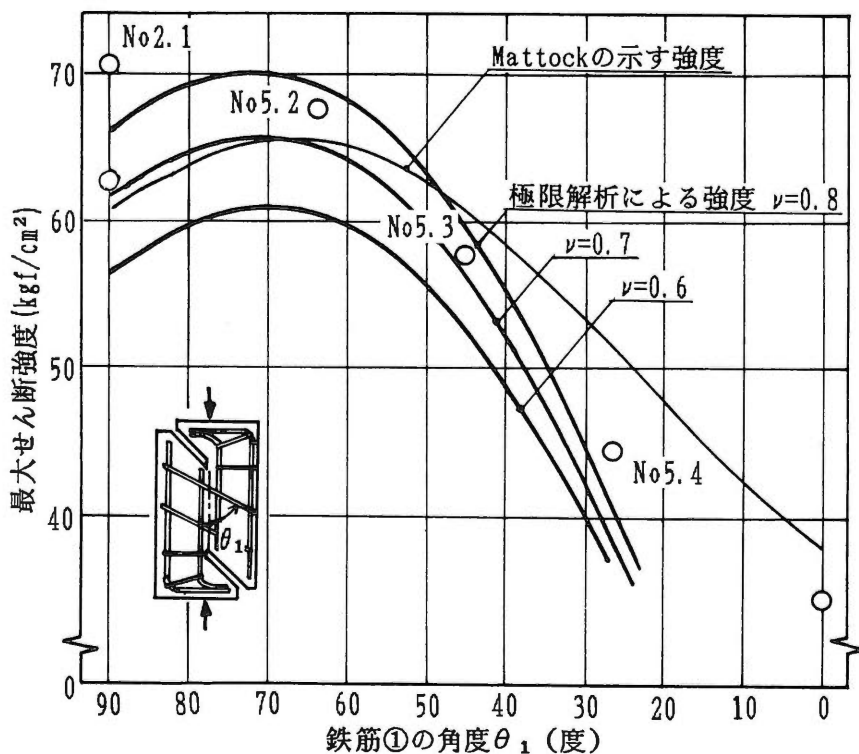


図-7 配筋方向と強度の関係 (一方向配筋)

試験体 No. 2.2 と No. 2.3 の鉄筋②の定性的挙動も実験値と一致した。つまり、図-5(2)および図-5(3)に示す各々の降伏曲面上で、No. 2.2 は圧縮応力状態であり、No. 2.3 は引張応力状態であるが、実験においても同様であったと報告されている。

図-6 および図-7 は配筋方向と強度の関係を示す。Mattock の図に、ここで求めた極限解析による強度を加筆した。強度と θ_1 との関係式を次に示す。

2 方向配筋の場合

Case 1 : 鉄筋①, ②とも引張降伏する場合

$$q = \sqrt{\phi_1 \cdot (\nu - \phi_1)} \quad (30)$$

ここで、 $n=0$, $\phi_1 = \phi_2$ としている (Case 2, 3 についても同じ)。また、 α の制限 $\alpha > \theta_2 - \pi/2$ より、(30) 式の支配する θ_1 の範囲は次のように求められる。

$$0 \leq \theta_1 \leq \sin^{-1}(1 - 2 \cdot \phi_1 / \nu) \quad (31)$$

Case 2 : 鉄筋①が引張降伏し、鉄筋②が圧縮降伏する場合

$$q = \sqrt{\phi_{tc}(\nu - \phi_{tc})} + \phi_1 \cdot \sin 2\theta_1 \quad (32)$$

α の制限 $\theta_2 - \pi/2 > \alpha$ より、(32) 式の支配する θ_1 の範囲は次のように求められる。

$$\sin^{-1}(1 - 2 \cdot \phi_{tc} / \nu) \leq \theta_1 \leq \pi/2 \quad (33)$$

Case 3 : 鉄筋①が引張降伏し、鉄筋②が弾性の場合

$$q = 1 / (2 \cdot \cos \theta_1) \cdot \{ \nu (1 - \sin \theta_1) + 2 \phi_1 \cdot \sin \theta_1 \} \quad (34)$$

Case 1, 2 の結果より、(34) 式の支配する θ_1 の範囲は次のようになる。

$$\sin^{-1}(1 - 2 \cdot \phi_1 / \nu) \leq \theta_1 \leq \sin^{-1}(1 - 2 \cdot \phi_{tc} / \nu) \quad (35)$$

1 方向配筋の場合

$$q = \sqrt{\phi_1 \cdot \sin^2 \theta_1 \nu - \phi_1 \cdot \sin^2 \theta_1} + \phi_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_1 \quad (36)$$

これらの強度式による計算値は、Mattock の示す強度式と同程度の強度を示すことがわかる。ただし、図-7 で θ_1 が小さい範囲では、無筋コンクリートの状態に近くなり、コンクリートの引張強度が大きく影響することから、極限解析による値は Mattock の強度式から離れている。

4 ま と め

剛体ばねモデル法での使用を想定し、せん断力と垂直応力度を受ける RC せん断面の降伏条件を誘導した。この降伏条件は、鉄筋がせん断面に対し任意の角度で交わる場合に適用できる。限られた試験体との照合であるが、実験との対応は良好であった。

今後は、降伏曲面と塑性変位増分の直交性、圧縮強度有効係数 ν について検討する予定である。

謝 辞

ご意見を頂いた、Purdue 大学 (米国 Indiana 州) 教授 W. F. Chen 先生、九州大学工学部教授崎野健治先生、琉球大学工学部助教授山川哲雄先生、九州共立大学教授江崎文也先生に謝意を表します。

参考文献

- 1) 川井忠彦：コンピュータによる極限解析法シリーズ 1 離散化極限解析法概論，培風館，1991
- 2) Mattock, A. H.: Shear Transfer in Concrete Having Reinforcement at an Angle to the Shear Plane, Shear in Reinforced Concrete, SP-42, American Concrete Institute, Detroit, 1974, PP. 17-42.
- 3) Jensen, B. C.: Lines of Discontinuity for Displacements in the Theory of Plasticity of Plain and Reinforced concrete, Mag. Concr. Res., vol. 27, no. 92, September, pp. 143-150.
- 4) Chen, W. F.: Plasticity in Reinforced Concrete, McGraw-Hill, 1982.
- 5) Nielsen, M. P.: Limit Analysis and Concrete Plasticity, Prentice-Hall, 1984.

二相二重管熱サイフォン内の流動に及ぼす サブクール度の影響

吉 田 正 道 ・ 井 村 英 昭*
一法師 茂 俊* ・ 松 川 真 也

The Effect of Subcooling on the Flow in a Two-Phase Double-Tube Thermosyphon

An experimental study was performed to investigate the effect of subcooling on the flow characteristics in a two-phase double-tube thermosyphon with a T-shaped top-end inner tube using water as the working fluid. The relation between the circulation mass velocity and the heat flux was obtained. The experimental results of water were compared with those of Freon 113 and ethanol which were experimentally obtained before.

As a result, for water, the re-increase in the circulation mass velocity at a certain heat flux, which was observed in the experiments using Freon 113 and ethanol, did not appear. The mass velocity increased with the increasing heat flux and then decreased after reaching the peak for saturated boiling. For subcooled boiling, this curve was sifted to a larger heat flux direction as the degree of subcooling increased. However, the peak of the mass velocity could not be reached because of limitations of a heater output capacity.

Masamichi YOSHIDA, Hideaki IMURA
Shigetoshi Ippooshi and Sinya MATSUKAWA

1. 結 言

熱サイフォンとは制限された流路内に注入された作動流体が外部より加熱および冷却されることにより伝熱管内に密度分布が生じ、それに起因する浮力が駆動力になって流体の循環が起こり、体積力場（重力、遠心力など）において、ポンプ動力などの外力を用いずに熱を輸送する伝熱装置である。

伝熱管が単一の管で構成されている従来の単管形熱サイフォンにおいては、上昇蒸気流と下降流体との相互干渉により比較的低い熱流束で伝熱限界に達することが報告されている¹⁾。そこで、伝熱管内にもう一つの管（内管）を同心状に挿入し上昇流と下降流を分離して伝熱限界を増大させた二重管熱サイフォンが提案され、その内部流動および熱伝達特性に関して多くの研究が報告されている^{2)~6)}。

著者らも開放形二相二重管熱サイフォンに関してそ

の流動および熱伝達特性に及ぼす作動流体、内管上端部形状およびサブクール度の影響を詳細に調べ、広範囲な基礎的知見を得ている^{7)~9)}。その中で、これまで行われていなかった管内循環流量の実験的な測定を作動流体としてフロン R113 およびエタノールを用いて行い、サブクール度の影響を検討したが⁹⁾、その後、新たに水を作動流体として同様の実験を行ったので、その結果を既報⁹⁾⁹⁾の内容も含めて本報でまとめて示す。

2. 記 号

A: 断面積	m ²
G: 質量速度	kg/(m ² ・s)
g: 重力加速度	m/s ²
Δh_m : マノメータのヘッド差	m
q: 熱流束	W/m ²
R: 内管の半径	m
r: 半径座標	m
T _{sat} : 貯槽内液体飽和温度	°C
T _{in} : 内管入口液体温度	°C

* 熊本大学工学部

ΔT_{sub} : サブクール度 ($T_{\text{sat}} - T_{\text{in}}$)	°C
u : 流速	m/s
y : 壁からの距離	m
ρ : 密度	kg/m ³
添 字	
i : 内管	
l : 液体	
max : 最大値	
o : 環状部	

3. 実験装置と方法

図1に実験装置の概略を示す。加熱管(Heated tube ②)は外径28mm, 内径22mm, 長さ800mmの黄銅管で、軸方向に8等分し、各部分に加熱用ニクロムヒータ帯(幅1.6mm, 厚さ0.14mm)を巻いた。各ヒータにはそれぞれ独立して電力供給が可能であり、個々に加熱量を制御できるようにしたが、本実験においては、各部分とも同加熱量(等熱流束条件)とした。内管(Inner tube ①)はT字形の上端部を有するD.T形を使用した。この内管の外径は16mm, 内径は14mmであり、したがって、外管内径と内管外径の間の環状流路の隙間は3mmである。D.T形内管は内管上端部において、発生する上昇蒸気流による液体の内管への流入阻害を防止する効果が大きく伝熱限界は単管形に比較して約4倍に増大する⁷⁾。また、貯槽(Reservoir ④)は直径280mm, 深さ250mmの黄銅製で、貯槽内液体温度を任意の値に設定するために内部に加熱用ヒータ(Reservoir heater ⑤)および冷却コイル(Cooling coil ⑥)を設けた。貯槽上部には凝縮器(Condenser ⑩)を設置しその上端は大気開放した。また、循環流量測定のため、内管下端部に内管内の静圧および動圧測定用の導管を取り付けた。

図2に加熱管下端部の詳細図を示す。動圧測定用導管①(外径1.6mm, 内径1.0mm)を内管の中心線上に設置し、静圧測定用導管②(外径1.0mm, 内径0.7mm)を内管壁に埋め込んで直径0.7mmの穴で内管内と連通させた。それぞれの導管は図1に示すようにマノメータ(Manometer ⑫)にテフロンチューブで接続されている。

実験は作動流体を貯槽深さの約70%まで注入し、マノメータ内の液位に差がないことを確認した後、変圧器により加熱量を所定の値に設定した。次に内管入口温度を所定のサブクール度(ΔT_{sub})が得られる値に設定するために貯槽内ヒータの電力量および冷却コイルの流量を調節し、各部温度が定常になるのを待って各部温度、加熱量およびマノメータのヘッド差を測定した。その後、加熱量を段階的に増加させて測定を繰り返した。

表1に流量測定に関する実験条件を示す。

4. 流量算法

マノメータのヘッド差 Δh_m は内管の軸中心における動圧に等しいのでこの圧力差から(1)式により内管中心の流速 $u_{i, \text{max}}$ が得られる。

$$u_{i, \text{max}} = (2g\Delta h_m)^{0.5} \quad (1)$$

本実験においては内管内のレイノルズ数は $8.3 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^5$ の範囲にあり、したがって乱流における1/7乗則の速度分布式を内管流路断面に対し積分して(2)式により平均流速 u_i を求める。

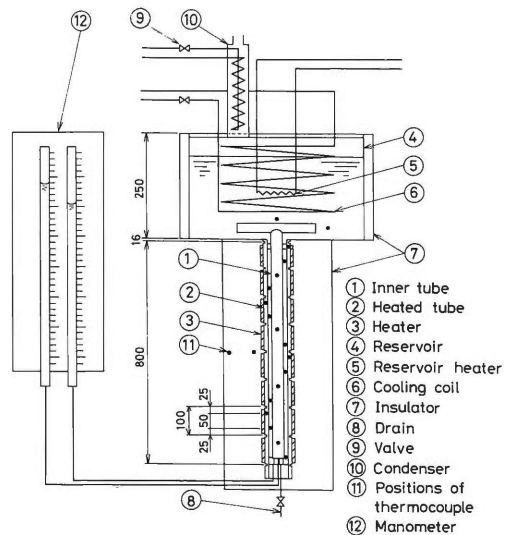


図1 実験装置の概略

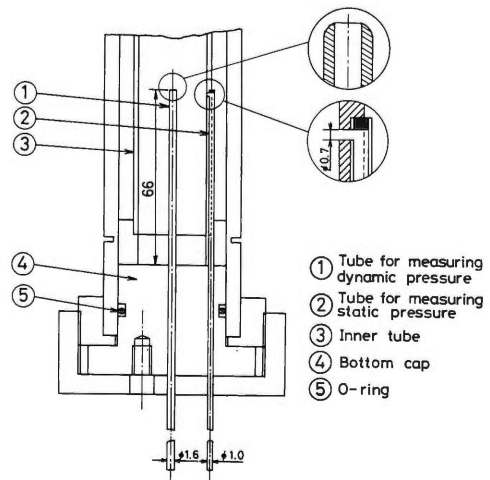


図2 動圧および静圧測定部の詳細

$$u_i = \{1/(\pi R^2)\} \int_0^R (y/R)^{1/7} u_{i, \max} 2\pi r dr \\ = 0.817 u_{i, \max} \quad (2)$$

これより環状部質量速度 G_o を次式により算出した。

$$G_o = (A_i/A_o) G_i = (A_i/A_o) \rho_i u_i \quad (3)$$

なお、R113およびエタノールの場合、高熱流束域においてマノメータ内の液柱が振動する場合があったが、ヘッド差の最大値と最小値の平均値をその熱流束における平均ヘッド差とした。水の場合はこの液柱の振動は認められなかった。

5. 実験結果と考察

図3 (a)～(c) に G_o の実験結果と熱流束 q の関係を、サブクール度をパラメータとして作動流体別に示す。R113およびエタノールの場合 (図3 (a) および図3 (b))、飽和沸騰 (●印) を含めいづれのサブクール度に対しても特定の熱流束で流量の再増加が起っている。この再増加の原因および G_o と q の関係に及ぼすサブクール度の影響については既報⁸⁾⁹⁾ に詳述しているので本報では省略する。一方、水の場合 (図3 (c)) は G_o の再増加は本実験範囲内で認められず、飽和沸騰においては q の増加とともに増加した後単調に減少する傾向を示す。これは、熱流束の増加にともなって発生蒸気量が増加し、その結果浮力が増大して G_o が増加するが、さらに q が増加すると二相流の流速の増大による摩擦損失が増加し、 G_o が減少するためである⁸⁾。サブクール沸騰の場合はサブクール度の増加とともに発生蒸気量が減少するため、浮力による循環駆

動力も減少し、同じ熱流束ではサブクール度が大きくなるほど、 G_o の値は減少している。また、 G_o のピーク点はサブクール度の増加とともに高熱流束側へ移行し、サブクール度が大きい場合はピーク値が認められないが、さらに高熱流束の実験を行えば飽和沸騰の場合と同様にピーク値に達した後減少すると考えられる。

図4 (a) および図4 (b) は本実験と同一条件における加熱管中部付近の流動様式観察実験結果 (フローマップ) を示している¹⁰⁾。図4 (a) はエタノールの場合であるが、飽和沸騰を含めたすべてのサブクール度に対して特定の熱流束で流量の再増加の原因と考えられる不安定流動様式 (様式V) への遷移が認められる。図4 (b) の水の場合、本実験範囲では不安定流動様式

表 1 実験条件

Working fluid	Type	Heat flux q (W/m ²)	ΔT_{sub} (K)
Ethanol	D. T	0.27~9.4×10 ⁴	0
		0.26~8.6	5
		0.26~7.8	10
		0.26~8.6	15
		0.27~8.6	20
R113	D. T	0.28~5.8	0
		0.26~5.9	5
		0.27~6.1	10
		0.41~4.1	15
Water	D. T	0.26~9.4	0
		0.27~7.3	5
		0.27~7.3	10
		0.27~8.6	15
		0.27~7.3	20

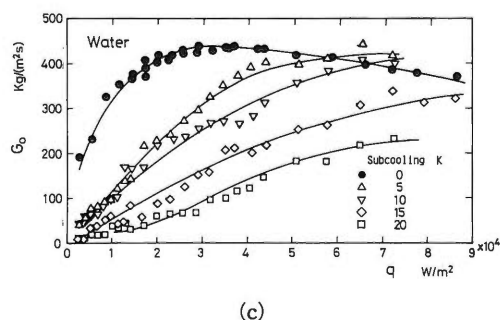
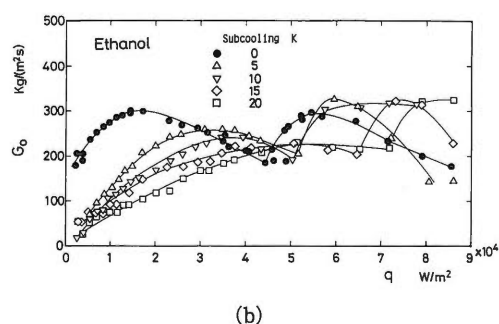
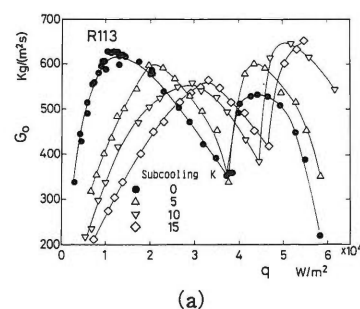
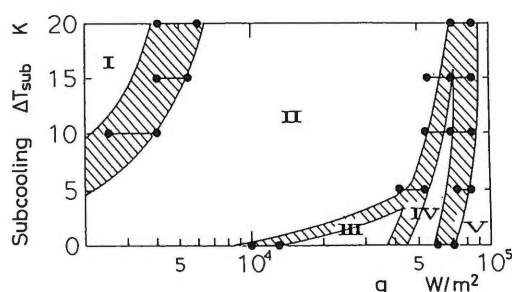
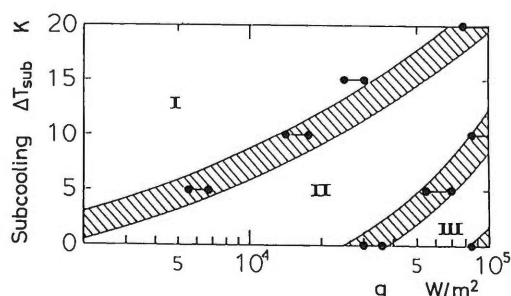


図3 質量速度と熱流束の関係に及ぼすサブクール度の影響



(a) Ethanol



(b) Water

- | | |
|----------------|-------------|
| I 液单相 | V 不安定流 |
| II 気泡流 | → 実験における遷移域 |
| III チャーン(スラグ)流 | ↔ 遷移域 |
| IV 環状流 | |

図4 フローマップ

は現れておらず、そのため流量の再増加が起こらなかったものと考えられる。これは、水の場合、環状流路において合体泡が出現し易く、スラグ流領域で比較的大きな合体泡を含んだ流動様式へ移行し、不安定流動の原因である高熱流束域での管下端部における間欠的な合体泡の出現がないためである。したがって、本実験範囲以上に熱流束を増加させた場合においても不安定流動様式へは移行せず、流量の再増加も起こらないものと考えられる。

しかし、この結果は前述のように、環状流路の隙間が3mmの場合の結果であり、隙間が離脱気泡直径以上に大きくなった場合はR113およびエタノールの場合と同様に、質量速度の再増加が起こることも考えられる。

合と同様に、質量速度の再増加が起こることも考えられる。

6. 結 論

二相二重管熱サイフォンに関し、作動流体として水を用いた管内循環流量の実験的測定を行い、前に使用した作動流体(R113およびエタノール)の結果と比較検討を行った。以下に主な結果を示す。

- (1) 水の場合はすべてのサブクール度に対して流量の再増加は認められなかった。
- (2) サブクール度の増加にともなって流量が最大値を示す熱流束が高熱流束側へ移動し、本実験範囲においてはサブクール度の大きい場合、流量は熱流束の増加とともに単調に増加する。しかし、さらに高熱流束域の実験を行えば、飽和沸騰の場合と同様に最大値に達した後単調に減少するものと思われる。

参考文献

- 1) Imura, H., ほか 3 名, Int. J. Heat & Mass Transf., 26-8 (1983), 1181.
- 2) 河部・ほか 2 名, 日本冷凍協会論文集, 8-2 (1991), 103.
- 3) Seki, N., Fukusako, S. and Koguchi, K., Wärme- und Stoffübertragung, 14 (1980), 189.
- 4) Seki, N., Fukusako, S. and Koguchi, K., Trans. ASME, J. Heat Transf., 103 (1981), 472.
- 5) 河部・ほか 2 名, 日本冷凍協会論文集, 9-2 (1992), 117.
- 6) 福田・ほか 5 名, 日本機械学会論文集, (B 編), 57-534 (1991), 687.
- 7) 井村・吉田, 日本機械学会論文集, (B 編), 56-532 (1990), 3816.
- 8) 吉田・井村・一法師, 日本機械学会論文集, (B 編), 57-536 (1991), 1428.
- 9) 吉田・井村・一法師, 日本機械学会論文集, (B 編), 59-557 (1993), 191.
- 10) Imura, H., Yoshida, M. and Ippohshi, S., Proc. 8th Int. Heat Pipe Conf., Beijing, China, (1992-9), 20.

RC 回路実験シミュレーション

辻 一夫・堀田孝之・浜田伸生

Simulation of RC-Circuit Experiment

This paper presents the simulator of RC-Circuit experiment that is developed by Hyper Card. It includes the water tank system which analogies RC-circuits, and where the water levels of the tank correspond to the capacitor voltages. Students can experiment the response of RC-Circuits by personal computer, observing the water levels of the tank.

Kazuo TSUJI, Takayuki HORITA and Nobuo HAMADA

まえがき

現在、電気工学科では電気電子工学実験の見直しを進めているが、その中にパソコンによるシミュレーション実験がある。パソコンによる実験では、実験器具の配置配線や測定器具の選定などが省略されるため実験としては不十分であるという誹りは免れぬものの実験内容の理解には大変有効であると考えている。また、非常に高価な実験器具を要するような実験とか、事前にやっておけば有効であると思われるような予備実験としても役に立つ。

筆者らは以上の観点からキャパシタの充放電実験シミュレーションを手始めに取り上げ、Hyper Cardを用いてプログラム作成を行った。回路としては独立閉路2の簡単な回路を想定し、まず、水槽系で電気回路を模擬することにより水槽の水位の変化率が管路抵抗と水槽の容量にどのように関係するか確かめたうえで電気回路のシミュレーション実験を行うようにしている。

CR 充放電模擬実験カードの使用について

このカードではキャパシタに水槽、抵抗に管路抵抗を対応させることにより電気回路を水槽系で模擬して実験を行えるように工夫している。

この模擬において管路を流れる水量は管路が大きい場合圧力差の0.5乗に比例するが、管路に抵抗を持たせて流量は圧力差に比例すると仮定している。

1. 初期状態について

このカードを開くと水槽の水位は0、管路の抵抗はそれぞれ1に設定される。また、2つのバルブの開閉時間は以前に設定されたままである。

2. バルブ開閉時間設定と管路抵抗の設定について
“バルブ開閉時間設定”ボタンをクリックすると以前に設定されていた値は無効となる。開閉時間は秒単位で設定出来るが所定時間を越えた時間は設定出来ないようにしている。

管路抵抗はそれぞれ1または2の2通りしか選べない。設定がすめば“OK”ボタンをクリックする。

3. 水位の変化とそのグラフについて

“START”ボタンをクリックすると時間設定された通りにバルブが開閉され水位の変化を観察出来る。また、同時に水位変化の時間応答を画面右上に表示する。このグラフ上でマウスをクリックすると水位と時間の値が表示されるようになっている。グラフ表示が不要になった時は“ERASE”ボタンをクリックすればグラフは消去される。

4. その他

所定時間(19秒)がくると2つのバルブは閉じて水槽に水が残っているとその値が次ぎの実験の初期値となる。先生ボタンをクリックすると実験目的、理論、実験方法を記したスクロールフィールドが現れる。高専ボタンはレポート提出上の諸注意フィールドがでるようになっている。

CR 充放電実験カードの使用手法

このカードはキャパシタ、抵抗、キャパシタの初期電氣量を設定し、キャパシタの両端に発生する電圧の過渡的な変化を捉えられるものである。

中央のスライドスイッチを設定し、右上の“Start”ボタンをクリックするとスイッチの設定に従い、VCの過渡応答をグラフに表わす。

①初期状態について

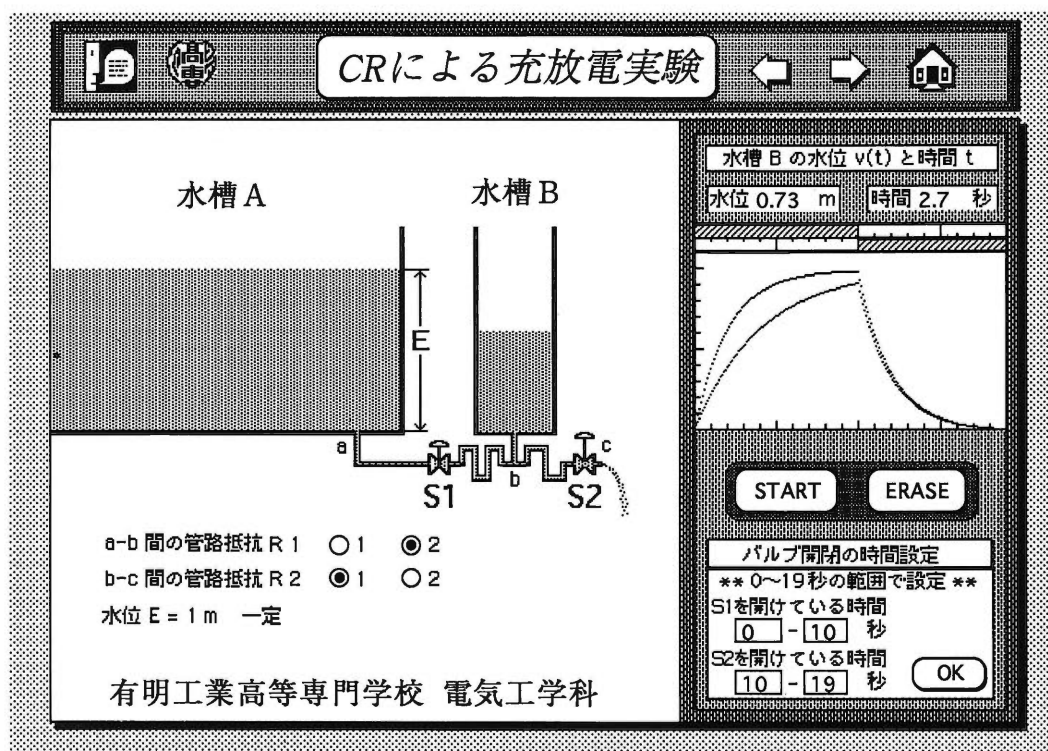


図 1

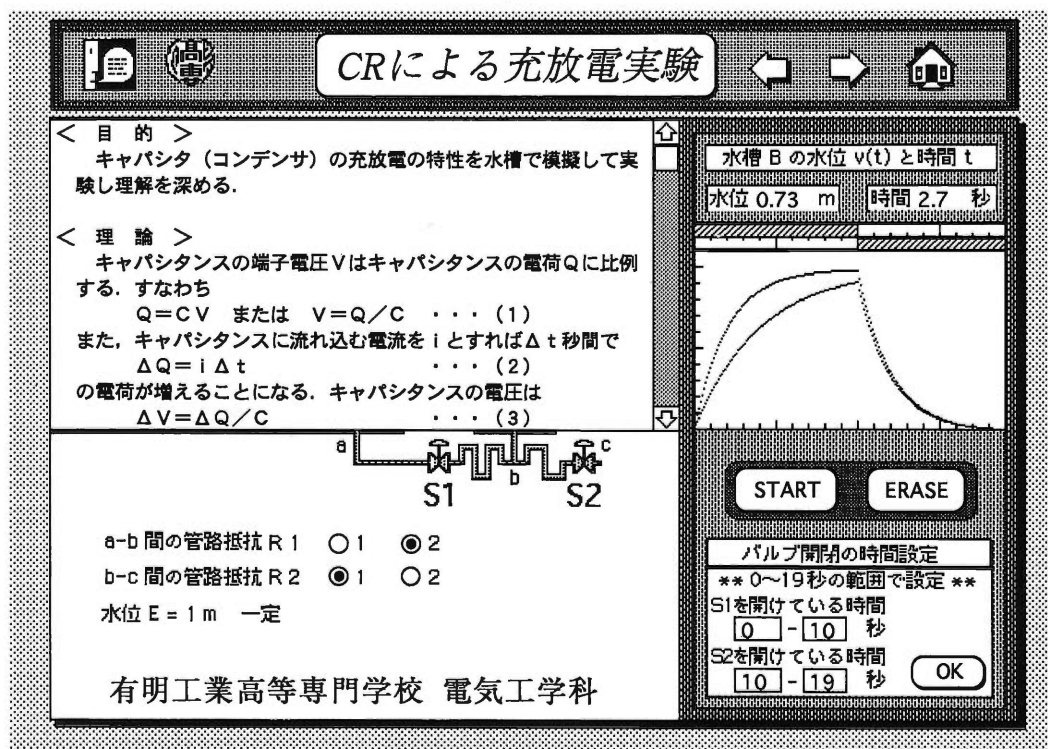


図 2

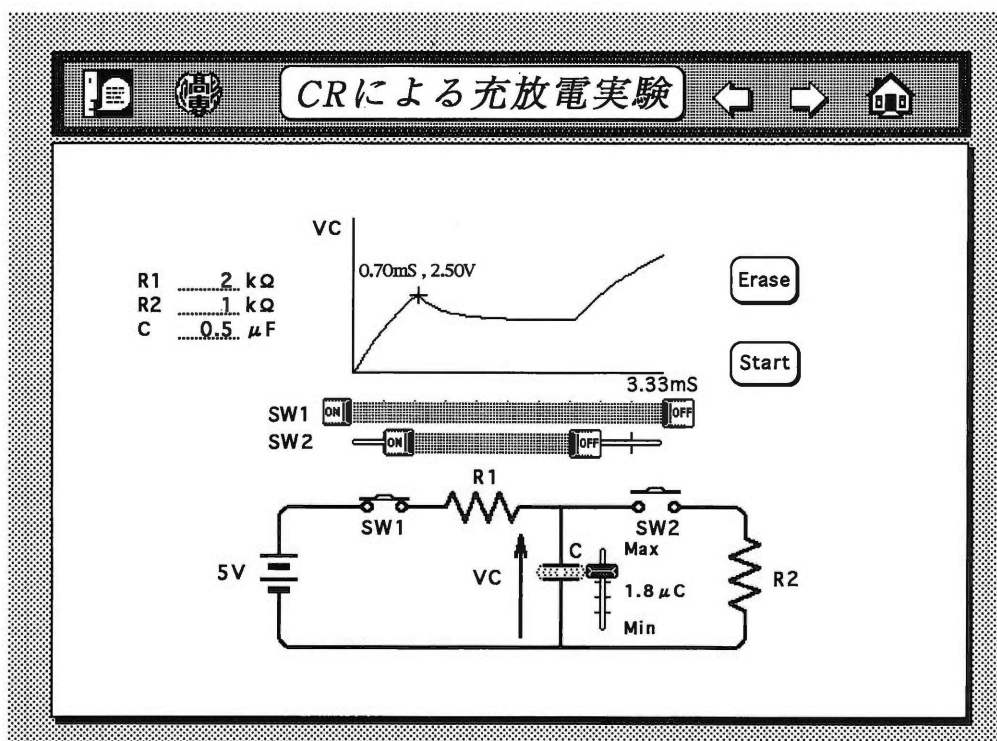


図 3

CR 充放電実験カードの使用について

このカードではキャパシタと抵抗の値を設定し、キャパシタの両端に発生する電圧の過渡的な変化を捉えられるものです。

中央のスライドスイッチを設定し、右上の"Start" ボタンをクリックすると VC の過渡応答をグラフに表わします。

- 初期状態について
SW1・・・OFF
SW2・・・OFF
C の電気量・・・0 [C]
- 設定値について
R1, R2, C を設定できます。あらかじめ値が入力してありますから必要なければそのまま使用可能です。
- スイッチの操作について
回路中のスイッチをクリックすることにより切り換えられます。SW1, SW2 を設定する時には中央のスライドスイッチをドラッグして設定して下さい。また、キャパシタ横のスライドスイッチは初期電気量を設定するものです。
- グラフについて
"Start" ボタンをクリックするとキャパシタの電圧の過渡変化を中央上の領域に描画します。また、描画終了後は、その領域にマウスを入るとカーソルが "+" に変化し、グラフの任意の点での時間、電圧を表示します。グラフ表示が不要なときは、"Erase" ボタンを押せば、グラフを消去できます。
- キャパシタの電気量について
キャパシタの電気量の変化にともないキャパシタの表示が 8 段階に変化します。カーソルをキャパ

図 4

SW1・・・OFF

SW2・・・OFF

キャパシタの電気量・・・0 [C]

②設定値について

R1, R2, C, キャパシタ初期電気量を利用者が設定可。

③スイッチの操作について

回路中のスイッチをクリックすることにより切り換えられる。SW1, SW2を設定する場合、中央の横方向のスライドスイッチをドラッグして設定する。

キャパシタ横のスライドスイッチは初期電気量を決めるものである。必要の場合は上記同様ドラッグして設定する。なお、設定値はすぐ横に表示される。

④グラフについて

“Start” ボタンをクリックするとキャパシタ初期電気量と、スイッチ切り換えにしたがって、キャパシタ電圧の過渡変化を画面中央、上の領域に描画する。

このグラフ上でマウスをクリックするとカーソルは“+”に変化し、グラフの任意の点での時間、電圧を表示する。

グラフ表示が不要な場合、“Erase” ボタンをクリックすると消去する。

⑤キャパシタの電気量について

キャパシタの電気量の変化にともないキャパシタの表示が8段階に変化し、横のスライドスイッチもグラフ描画終了時の電気量に比例して移動する。また、カーソルをキャパシタに重ねると、グラフ表示終了時の電気量を数値表示する。

⑥その他

先生ボタンをクリックすることによりカードの使用方法等が表示される。再度クリックすると非表示となる。

あ と が き

RC 回路の応答は電気工学科の学生には是非理解しておいて欲しい事項の1つである。筆者らは

- (1) 現象の理解
- (2) 時定数の理解
- (3) 初期値の理解

を念頭において RC 回路応答実験シミュレーションを作成した。そこで、水槽の水位変化とかキャパシタ電極間の電界の変化の様子を描画するようにしている。また、実験結果は印刷出来るようにしていたが、結果は各自グラフから値を読み取るように変更した。今後学生の意見を聴きながら他のシミュレーション実験を開発していく予定である。

クレーンモデル系の適応制御

川崎義則・原 槇 真也

木下正作・岩井善太*

〈平成 5 年 9 月 29 日受理〉

Adaptive Control of A Crane Model System

This paper is concerned with an adaptive control of a crane model system. Simple adaptive control (SAC) method used here is a sort of robust adaptive control techniques with simple controller structure and high control performance. In this paper, simple adaptive control design method is applied to a crane model system, and the effectiveness of this method is confirmed through experiments in the anti-sway control of crane model system.

Yoshinori KAWASAKI, Shinya HARAMAKI,

Syosaku KINOSHITA and Zenta IWAI*

1. 緒 言

工場、港湾等で使用される走行クレーンの走行中や、着荷点での運搬物の揺れの問題は、省力化、自動化の重要なネックとなるため、昔から取り上げられてきた古くて新しい問題である¹⁾。クレーン系の運転条件・環境条件が一定であれば、一度設定した制御方式による自動運転が可能であるが、実際には、クレーン系のパラメータ同定誤差や変動、ワークの荷重の大小、形状の多様さ、ロープの長短、および運動する各部の摩擦変動、さらには、屋外施設の場合の風の影響等、多くの不確定要素が考えられる。この場合、構造の固定した従来の制御方式では、十分な制御性能を期待できないであろう。プラントの運転・環境条件の変動に対応できる有効な制御手法の一つとして、適応制御があげられる。適応制御の理論的研究の発展にはめざましいものがあり、現在その基本的な体系化は完了したとも言われている。それにも拘らず、その実在系への応用例が少ない理由の一つは、適応制御アルゴリズムの複雑さと、そのための信頼性の低下にあるといわれている。

このような状況のなか、単純適応制御²⁾ (Simple Adaptive Control: SAC) が提案され注目されている。SAC は従来の適応制御アルゴリズムに比べて極めて簡単な構造をもち、かつ外乱、寄生要素にもロバ

ス性を有するもので、その制御性能の有効性は、これまでの研究で、DC サーボ系³⁾、3 軸ロボット系⁴⁾、能動的制振系⁵⁾、および無人搬送車系⁶⁾ 等において多数確認されている。

本報告は、SAC アルゴリズムを 2 方向移動天井走行タイプクレーンモデルに適用し、その有効性を実験系により確認したものである。

2. 2 方向移動クレーン系の数学モデル

考察の対象とするクレーンモデルは、図 1 に示すよ

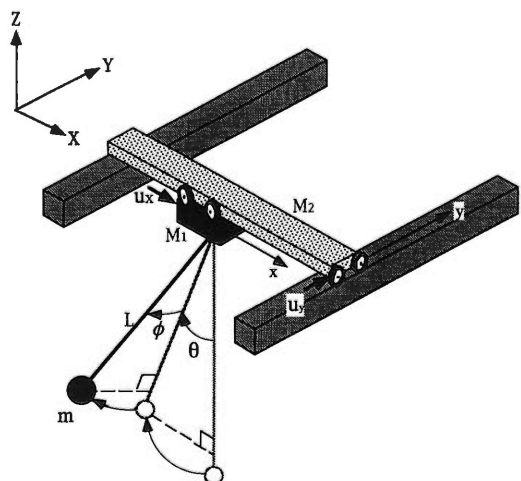


図 1 クレーンモデル系

* 工博 熊本大学工学部 教授

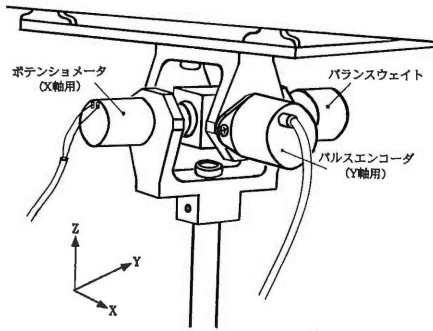


図2 振れ角検出器

うに、ワークが、それぞれのサーボモータによりワイヤを介して x 軸、 y 軸両方向に移動されるような構造となっている。ワークの振れ角については図2のような自在継手タイプの検出器が考案され、これにより角度検出がなされた。なお、 x 軸用ポテンショメータとのバランスをとるためからバランスウェイトが付けられている。

図に示す諸量は、以下の通りである。

- x : x 軸方向の台車の位置 [m]
- y : y 軸方向の台車の位置 [m]
- x_p : x 軸方向のワークの位置 [m]
- y_p : y 軸方向のワークの位置 [m]
- θ : x 軸方向のクレーンの垂直からの傾き角 [rad]
- ϕ : y 軸方向のクレーンの垂直からの傾き角 [rad]
- m : ワークの質量 [kg]
- g : 重力の加速度 [m/s²]
- u_x : x 軸方向の操作量 [N]
- u_y : y 軸方向の操作量 [N]
- M_1 : 台車の質量 [kg]
- M_2 : けたの質量 [kg]
- L : 支点よりワーク重心位置までのワイヤー長さ [m]
- d_1 : x 軸方向のクレーンの支点にかかる粘性抵抗係数 [N・m・s/rad]
- d_2 : y 軸方向のクレーンの支点にかかる粘性抵抗係数 [N・m・s/rad]
- D_1 : x 軸方向の台車にかかる粘性抵抗係数 [N・s/m]
- D_2 : y 軸方向の台車にかかる粘性抵抗係数 [N・s/m]

いま、一般化座標を x, θ, y, ϕ に選び、Lagrange の方程式を用いると、つぎの4式が得られる。

式中では $S_\theta = \sin \theta$, $C_\theta = \cos \theta$, $S_\phi = \sin \phi$, $C_\phi = \cos \phi$ としている。

$$(M_1 + m) \cdot \ddot{x} + mL(C_\phi S_\theta \cdot \dot{\phi}^2 + S_\phi S_\theta \cdot \dot{\theta}^2 + 2S_\phi C_\theta \cdot \dot{\phi} \dot{\theta} + C_\phi S_\theta \cdot \ddot{\theta} - C_\phi S_\theta \cdot \ddot{\theta}) + D_1 \cdot \dot{x} = u_x \quad (2.1.a)$$

$$mL^2(C_\phi^2 \cdot \ddot{\theta} - 2C_\phi S_\phi \cdot \dot{\phi} \dot{\theta}) - mL C_\phi C_\theta \cdot \ddot{x} + mgL C_\phi S_\theta + d_1 \cdot \dot{\theta} = 0 \quad (2.1.b)$$

$$(M_1 + M_2 + m) \cdot \ddot{y} + mL S_\phi \cdot \dot{\phi}^2 - mL C_\phi \cdot \ddot{\phi} + D_2 \cdot \dot{y} = u_y \quad (2.1.c)$$

$$mL^2(\ddot{\phi} - 2S_\phi C_\phi \cdot \dot{\phi}^2 + S_\phi C_\phi \cdot \dot{\theta}^2) + mL(S_\phi S_\theta \cdot \ddot{x} - C_\phi \cdot \ddot{y}) + mgL S_\phi C_\theta + d_2 \cdot \dot{\phi} = 0 \quad (2.1.d)$$

ただし、ワイヤーの質量およびワークに対する空気抵抗等はすべて無視する。また、本座標系は考察した角度検出器（センサ）に合わせたセンサー座標系ともいべきものに基づいており、一般の極座標系とは異なることに注意しておく。

このとき、クレーンの垂直から傾く角度 θ, ϕ が、1 [rad] に比べて十分小さい ($\theta \ll 1$ [rad], $\phi \ll 1$ [rad]) と仮定して、線形近似を行うと、(2.1)式はそれぞれ

$$(M_1 + m) \cdot \ddot{x} - mL \cdot \theta + D_1 \cdot \dot{x} = u_x \quad (2.2.a)$$

$$-mL \cdot \ddot{x} + mL^2 \cdot \ddot{\theta} + d_1 \cdot \dot{\theta} + mgL \cdot \theta = 0 \quad (2.2.b)$$

$$(M_1 + M_2 + m) \cdot \ddot{y} + D_2 \cdot \dot{y} - mL \cdot \ddot{\phi} = u_y \quad (2.2.c)$$

$$-mL \cdot \ddot{y} + mL^2 \cdot \ddot{\phi} + d_2 \cdot \dot{\phi} + mgL \cdot \phi = 0 \quad (2.2.d)$$

となる。

いま、この系の状態量、操作量、出力量をそれぞれ、

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_8]^T = [x, \dot{x}, \theta, \dot{\theta}, y, \dot{y}, \phi, \dot{\phi}]^T,$$

$$\mathbf{u} = [u_1, u_2]^T = [u_x, u_y]^T,$$

$$\mathbf{y} = [y_1, y_2]^T = [x_p, y_p]^T$$

とおき出力量として、ワークの重心位置をとるものとする。すなわち

$$y_1 = x_p = x - L \cos \phi \sin \theta \cong x - L \theta \quad (2.3.a)$$

$$y_2 = y_p = y - L \sin \phi \cong y - L \phi \quad (2.3.b)$$

なることを考慮すれば、状態方程式、出力方程式：

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{B} \mathbf{u} \quad (2.4.a)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C} \mathbf{x} \quad (2.4.b)$$

が得られる。ここに、 $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ は

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{D_1}{M_1} & -\frac{mg}{M_1} & -\frac{d_1}{M_1 L} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{D_1}{M_1 L} & -\frac{(M_1 + m)g}{M_1 L} & -\frac{(M_1 + m)d_1}{m M_1 L^2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -\frac{D_2}{M_1+M_2} & -\frac{mg}{M_1+M_2} & -\frac{d_2}{(M_1+M_2)L} \\ 0 & 0 & 1 \\ -\frac{d_2}{(M_1+M_2)L} & -\frac{(M_1+M_2+m)g}{(M_1+M_2)L} & -\frac{(M_1+M_2+m)}{m(M_1+M_2)L^2} \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 10-L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10-L & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{1}{M_1} & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{1}{M_1 L} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{M_1+M_2} \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{(M_1+M_2)L} \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 10-L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10-L & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

である。

u_1, u_2 を入力, y_1, y_2 を出力する 2 入力 2 出力系 (2.4) は, このように線形近似後, 入出力間について相互干渉のないシステムとなる。すなわち, u_1 と y_1, u_2 と y_2 間の伝達関数をそれぞれ, $G_{xp}(s), G_{yp}(s)$ とすれば,

$$G_{xp}(s) = \frac{X_p(s)}{U_x(s)} = \frac{Y_1(s)}{U_1(s)}, \quad G_{yp}(s) = \frac{Y_p(s)}{U_y(s)} = \frac{Y_2(s)}{U_2(s)} \quad (2 \cdot 5)$$

となる。ここで,

$$X_p(s) = (b_1 - Lb_2)s^2 + (a_2b_2 - a_4b_1 + La_1b_2 - La_3b_1)s - a_{10}b_1 + a_9b_2$$

$$U_x(s) = s^4 + (-a_1 - a_4)s^3 + (a_1a_4 - a_{10} - a_2a_3)s^2 + (a_1a_{10} - a_9a_3)s$$

$$Y_p(s) = (b_3 - Lb_4)s^2 + (a_6b_4 - a_8b_3 + La_5b_5 - La_7b_3)s - a_{12}a_3 + a_{11}b_4$$

$$U_y(s) = s^4 + (-a_5 - a_8)s^3 + (a_5a_8 - a_{12} - a_6a_7)s^2 + (a_5a_{12} - a_7a_{11})s$$

$$a_1 = -\frac{D_1}{M_1}, \quad a_2 = -\frac{d_1}{M_1 L}, \quad a_3 = -\frac{D_1}{M_1 L},$$

$$a_4 = -\frac{(M_1+m)d_1}{mM_1 L^2}, \quad a_5 = -\frac{D_2}{M_1+M_2},$$

$$a_6 = -\frac{d_2}{(M_1+M_2)L}, \quad a_7 = -\frac{D_2}{(M_1+M_2)L},$$

$$a_8 = -\frac{(M_1+M_2+m)d_1}{m(M_1+M_2)L^2}, \quad a_9 = -\frac{mg}{M_1},$$

$$a_{10} = -\frac{(M_1+m)g}{M_1 L}, \quad a_{11} = -\frac{mg}{M_1+M_2},$$

$$a_{12} = -\frac{(M_1+M_2+m)g}{(M_1+M_2)L},$$

$$b_1 = -\frac{1}{M_1}, \quad b_2 = \frac{1}{M_1 L},$$

$$b_3 = \frac{1}{M_1+M_2}, \quad b_4 = \frac{1}{(M_1+M_2)L}$$

である。

3. 適応制御系の構成

さて, このようにして得られたクレーンモデル系の運転・環境条件が一定あるいは若干の変動をする場合に対しては通常の制御則の適用で十分の制御効果が得られるであろう。しかしながら, 実際には, ワークの質量の大小, ロープの長短をはじめ, 走行部の摩擦等, 多くの変動を伴う要素の存在が考えられる。そこで, 本報告では, このような状況での制御として有効な一手法である適応制御手法を用いることにする。数多くの手法の中で, ここでは, その構成の単純さと, 外乱, 寄生素素等へのロバスト性を合わせもつ点で最近注目されている単純適応制御 (SAC) を採用するものとする。

ところで, 得られた 2 入力 2 出力系は相互干渉を有しないため 2 つの 1 入出力系に対して, それぞれ適応制御系を構成すればよいことになる。なお実際には運動部の摩擦等により, 入出力間に相互干渉が発生することが考えられるが, これらは適応制御の効果により干渉除去が図られるものとする。

図 3 にクレーン系全体の制御系を示すが, その中の黒塗部分が適応制御系を示している。図中 U_{xm}, U_{ym} は規範入力, R.M. は規範モデル (reference model), X_m, Y_m は規範モデルの出力で, プラントの出力 X_p, Y_p が追従すべき規範入力をそれぞれ示している。

また, A. A. L. は適応入力 U_x, U_y を構成するための

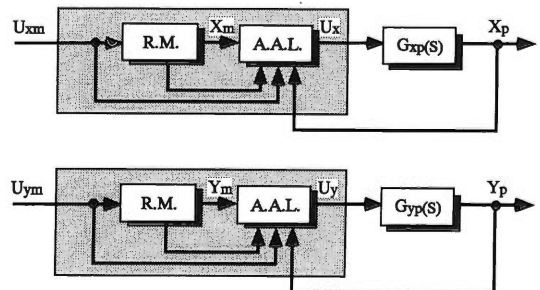


図 3 クレーン系とその適応制御系

適応調整則 (adaptive adjusting law) である。ここでの適応制御手法として、SACを構成している。SACの一般的構成を図4に示している。

さて、SACを適用するとき、つぎの条件が満足されていなければならない。

- 1) プラントが ASPR (Almost Strictly Positive Real) であること。
- 2) 規範モデル追従可能であること。

条件1)については Bar-Kana によれば、(2.5)式の $G_{xp}(s)$, $G_{yp}(s)$ が i) 最小位相, ii) 相対次数が0または1, iii) 分子の最高位係数が正であれば ASPR であるといわれている⁷⁾。

また条件2)については

$$\text{rank} \begin{bmatrix} AB \\ C0 \end{bmatrix} = 10$$

であればよい。

これらの条件の判定については、ここでは、クレーン系のパラメータ基準値を用いて行っている。条件2)については満足されているが、条件1)についてはそ

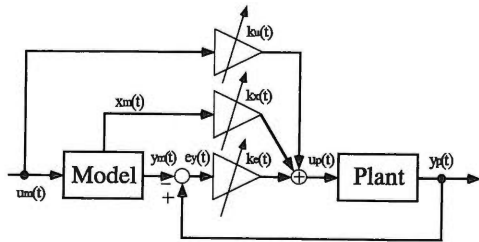


図4 SAC系の構成

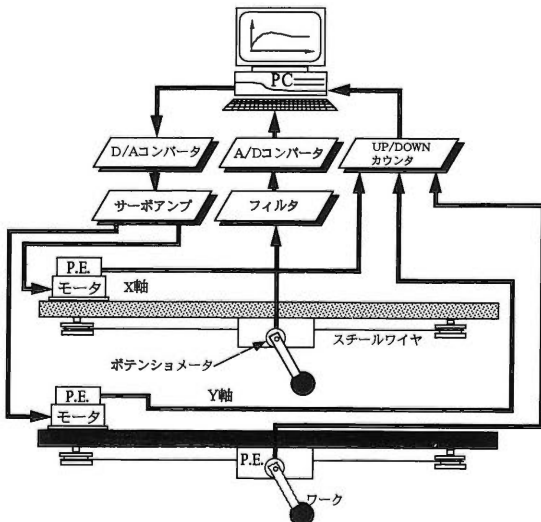


図5 実験系の構成

のままでは成立しないため、実際にはフィードフォワード補償を用いる方法⁸⁾で対応し ASPR 化を図っている。

4. 実験結果

実験系の実際の構成を図5に示している。台車の位置検出にはx軸、y軸ともパルスエンコーダが用いられ、その検出能力はそれぞれ20340, 20922 [pulse/m]である。また、ワークの振れ角の検出はx軸方向にポテンショメータ、y軸方向にパルスエンコーダが用いられている。本来は同一のセンサを用いる予定のところ、センサー納入の関係上別々となったがその使用の本質的な意味は全くない。なお、その検出能力はそれぞれ1.20 [v/rad], 326 [pulse/rad]である。ポテンショメータからの検出信号にはノイズが含まれているため、アクティブフィルタを介してA/Dコンバータに接続され、コンピュータに取り込まれる。制御プログラムについてはC言語及びアセンブラで記述されており、サンプリングタイム20 [ms]で実行されている。

以下、いくつかの実験結果について示すものとする。なおSAC構成における各種設計パラメータの値については、ここでは省略するが、実験系の諸物理量については以下の通りである。

$$\begin{aligned} m &= 0.221[\text{kg}], & D_1 &= 0.45[\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}] \\ M_1 &= 0.8[\text{kg}], & D_2 &= 0.45[\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}] \\ M_2 &= 2.8[\text{kg}], & d_1 &= 4.92 \times 10^{-3}[\text{Nm}\cdot\text{s}/\text{rad}] \\ L &= 1[\text{m}], & d_2 &= 4.92 \times 10^{-3}[\text{Nm}\cdot\text{s}/\text{rad}] \end{aligned}$$

ワークの質量 $m=0.221[\text{kg}]$ 、ロープ長さ $L=1[\text{m}]$ を基準値として、以下の実験を行った。

まず、x軸方向へのみ0.15[m]移動させた場合を図6に示す。x軸方向へ規範モデルの出力 x_m に追従して、クレーンの出力 x_p が得られており、 y_p に影響が表れていない（干渉がない）ことがわかる。図中の曲線は、すべて規範出力 x_m , y_m 、実際の出力 x_p , y_p および、操作量（適応入力） u_x , u_y を示している。なお、規範モデルの出力は、以下の実験すべてにおいて2次系で与えられている。（ $\zeta=1.0$ ）

同様にy軸方向のみに0.3[m]だけ移動した場合の応答を図7に示している。非干渉が実現されていることがわかる。つぎにx軸方向へ0.15[m]、y軸方向へ0.3[m]同時に移動させた場合を図8に示すが、良好な応答が得られていることがわかる。

つぎに、図8の制御構成に対して、故意にプラントのパラメータを変動させた場合を図9～図11に示している。図9は m を $0.221[\text{kg}] \rightarrow 0.037[\text{kg}]$ に、図10は L を $1[\text{m}] \rightarrow 0.5[\text{m}]$ に 図11は $m=0.221[\text{kg}] \rightarrow$

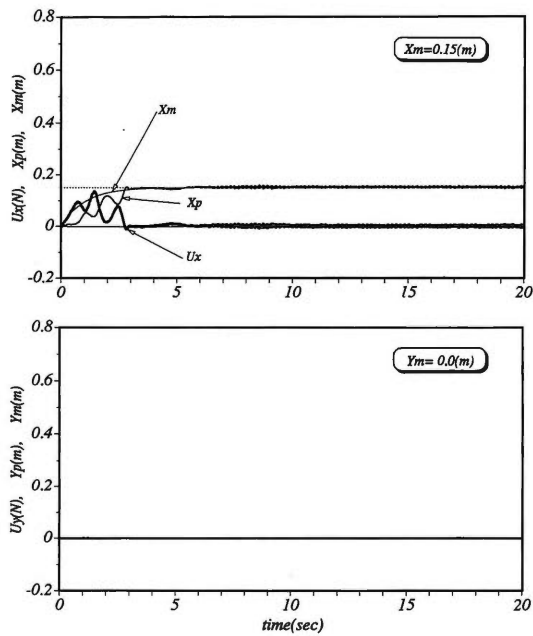


図 6 実験結果 (条件: $m=0.221$ [kg], $L=1$ [m])

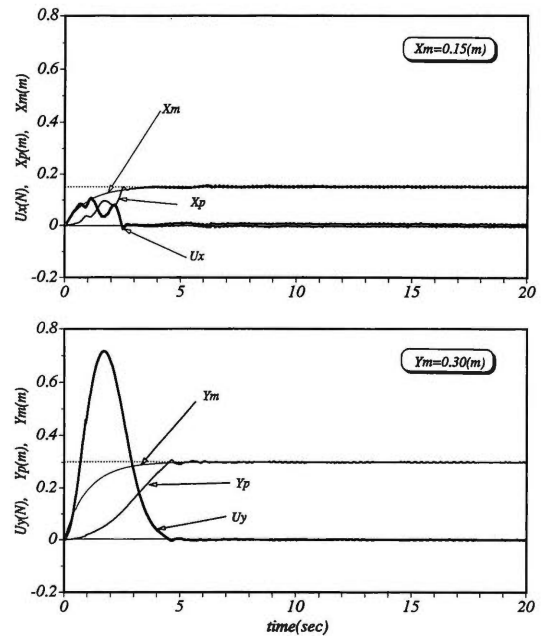


図 8 実験結果 (条件: $m=0.221$ [kg], $L=1$ [m])

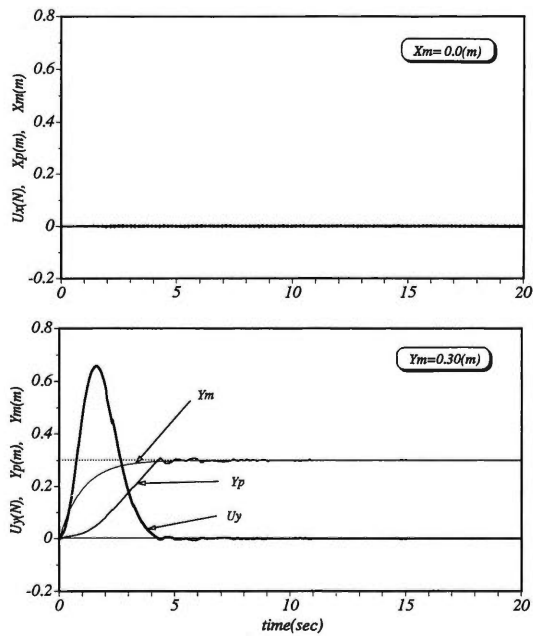


図 7 実験結果 (条件: $m=0.221$ [kg], $L=1$ [m])

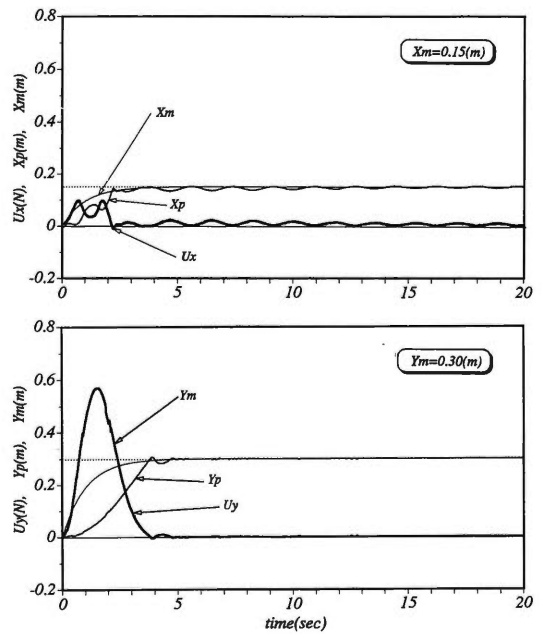


図 9 実験結果 (条件: $m=0.037$ [kg], $L=1$ [m])

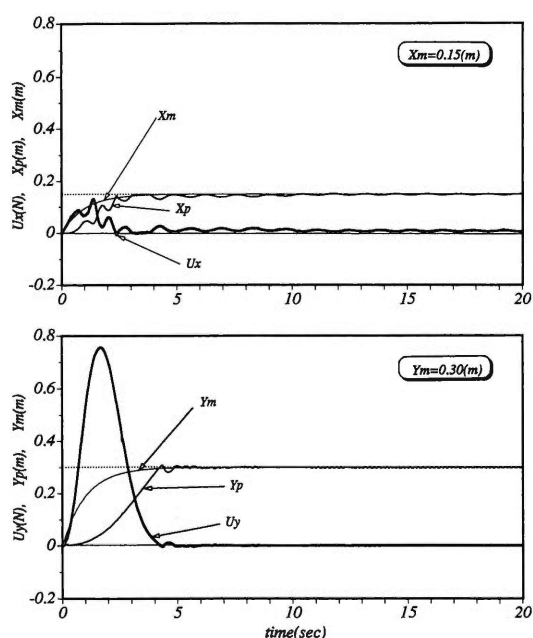


図10 実験結果 (条件: $m=0.221$ [kg]、 $L=0.5$ [m])

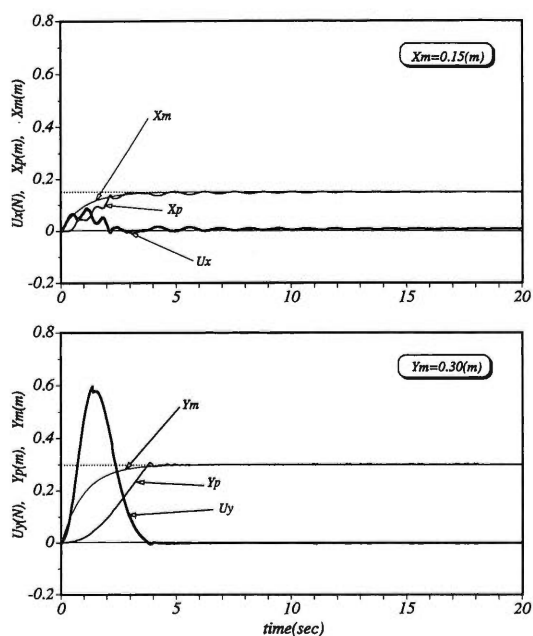


図11 実験結果 (条件: $m=0.037$ [kg]、 $L=0.5$ [m])

0.037[kg] かつ $L=1[m] \rightarrow 0.5[m]$ に、それぞれ変動させた場合を想定した実験結果である。いずれも、ほぼ満足のいく応答結果が得られている。

5. 結 言

本報告では、X, Y 軸 2 方向に移動する天井走行型クレーンモデルを考察の対象とし、各種未知・変動パラメータをはじめとする不確実要素に対応する方策として適応制御系を構成し、その有効性を実験系により検証した。ここで用いた SAC は、従来の適応制御方式と比べて構造が極めて単純で、外乱等に対してもロバスト性を有する実用性の観点から優れたものである。なお、同じ実験系を用いた倒立振り子の適応制御についても検討中である。

参考文献

- 1) 井口, 機構論, 195, (1968), 125
- 2) 岩井: 適応制御の実用に向けての新しい動向—単純適応制御 (SAC) 法, システム/制御/情報, 37-5, 277/283 (1993)
- 3) 岩井, 大友, 水本: 構造の簡単なロバスト適応制御系, 計自論, 27-3, (1991), 306
- 4) 柴田, 丸岡, 藤中: 簡易型適応制御の 3 軸ロボットへの応用, 第31回 SICE 学術講演会, (1992), 374
- 5) 日野, 岩井, 福島, 若宮: 単純適応制御法による能動制振, 機論 (C), 58-548, (1992), 1034
- 6) 川崎, 岩井, 原楨: 無経路誘導方式に基づく全方向移動可能な無人搬送車の非干渉ロバスト適応制御, 機論 (C), 57-544, (1991), 3825
- 7) Bar-Kana I., J. Franklin Inst., 328-4, (1991), 403
- 8) Iwai Z. and Mizumoto I., Int. J. Cont., 55-6, (1992), 1453

電子回路教育へのハードウェア記述言語導入試論

瀬 々 浩 俊

An Attempt to use a Hardware Description Language for Education of Electronic Circuits

We are trying to educate students a part of electronic circuits by use of a hardware description language. We describe problems of electronic circuit education, hardware description languages and the PARTHENON system, an example designed by use of the PARTHENON system for education and after plan.

Hirotoishi SESE

1. はじめに

電子回路の設計に CAD が使用され始めてからかなり経過したが、日本の現状では図形エディタとシミュレーションを組み合わせたものが主体である。即ち、回路図をエディタを用いて作成し、動作を計算機シミュレーションで確認し、プリンタやプロッタで清書された回路図を得るものである。また、この回路図データをもとに計算機を使用して、プリント基板の原版を作成したり、IC のマスクパターンを作成している。最近、電子回路の設計にハードウェア記述言語を使用し、それを計算機処理で回路図に変換する方法が実用化され、日本でも急速に普及の兆しがある。高専の電子回路教育は設備の関係で従来方法の CAD 教育もままならない状況であるが、すでにハードウェア記述言語を使用して計算機アーキテクチャ教育を始めたところがある。電子情報工学科でも昨年度からどんなものか検討を始めているところであるが、新設学科でまだ CAD に使える設備もなく、学年進行中のこともあり、今年度（第 1 回生）の卒業研究学生課題の一部にハードウェア記述言語の使用を含ませているところである。ハードウェア記述言語には VHDL などがあるが、処理系入手の問題があり、NTT で開発された PARTHENON システムで使用されている SFL 言語を使用している。

ここでは、電子回路教育での問題点、ハードウェア記述言語と PARTHENON システム、例題シーケンス、今後の予定を述べる。

2. 電子回路教育での問題点

当学科の現在の電子回路教育の問題点は実験共通の問題を含めて下記である。

- (a)講義と実験が密接に連携されていない。
- (b)実験が設備の関係で同一テーマを並行して進められない。
- (c)サンプル回路の特性試験に終わっている。
- (d)ディジタル回路の複雑性を扱っていない。
- (e)CAD など計算機を援用した最新の教育が少ない。

(a)の問題点では、講義の学年進行と実験の学年進行が合わせにくい。講義担当の教官と実験担当の教官が別になっていることも並行進行させにくい問題である。また、実験が電気回路、電子回路、計算機などの科目を含めた実験になっているので単純に対応させにくい。(b)の問題点では、これは全く設備だけの問題であるが、現状では殆ど解決を期待出来ない。(c)の問題点では、初期段階の実験では、簡単なサンプル回路の特性試験でも良いが、簡単でも良いから自分で設計させ、組み立てさせ、試験させることが重要である。これも実験時間の関係もあり、簡単ではない。(d)これは特にディジタル回路の問題であるが重要な概念であり、実際に体験をさせたいが、時間的に困難である。(e)の問題点は設備の関係と教官の体制の問題が大きい。即ち、CAD を動かせる設備(ソフトウェアの費用の問題を含む)が得られない。また、この為あつて教官が最新の CAD に触れる機会が殆どない。

こうした問題をディジタル回路を例にして、ハードウェア記述言語を取り入れることで一部解決したいと

表1 代表的なハードウェア記述言語

項目 種類	UDL/I	VHDL	SFL	Verilog HDL
(1)開発	電子協 (日本)	DOD (アメリカ)	NTT (日本)	CDS (アメリカ)
(2)標準化		IEEE 標準		IEEE 標準
(3)特徴	- レジスタ転送レベルと構造記述に絞る - 同期回路, 非同期回路が可能	- 仕様記述言語的側面 - 非同期回路, 同期回路をサポート - システム全体の動作と構造から論理ゲートレベルまで記述可能 - アナログ回路記述のための拡張を検討中	- 全ての記述を手続きの中で行う - 同期回路に限定 - 言語, 評価系, 合成系が一組織で開発したので完結性が高い	- シミュレータ入力言語として開発 - アーキテクチャ, アルゴリズム, レジスタ転送, ゲート, スイッチの各レベルで記述可能 - 状態記述に制限
(4)処理系の取り扱い	京都高度技術研究所	各種処理系が商用で発売	NTTデータ通信	CDS社

言うのが以下である。

3. ハードウェア記述言語 SFL と PARTHENON システム

ハードウェア記述言語の現状を含めて一般的なことを述べると、

- 今実用化されているのはデジタル回路であるが、アナログ回路でも将来利用可能となりそうである。
- 設計の抽象化レベルが1段あがり、設計手法としてのトップダウン設計が容易となる。
- 言語記述化されることで計算機処理が容易となり、再利用がしやすくなる。
- ハードウェアとソフトウェアを含めた統合設計が将来的にできそうである。

主要なハードウェア記述言語として、UDL/I, VHDL, SFL, Verilog HDLがある。これらの簡単な比較表を表1に示す。これらの言語の特徴、特性を詳細に比較したものは雑誌「情報処理」に特集号で紹介されているのでここでは触れない。ハードウェア記述言語の統一の問題はあるが、結局は、ソフトウェアのプログラミング言語同様に各種のものが使われることになる。ここでは処理系入手の容易さから SFL 言語を使用した PARTHENON システムで検討した。このシステムはマスタースレーブ同期回路を使用すると制限はあるが、通常の複雑な回路は同期回路で構成されることで実用性は問題なく、また、処理系形の完成度も高く、“パルテノン研究会”が出来て普及活動もなされているなど普及も期待出来る。

ここで少し PARTHENON システムについて述べる。NTT で開発されたハードウェア記述言語 SFL を

使用する処理系で、その処理フローを図1に示す。Sun のワークステーションを使用した場合のシステム構成例を表2に示す。

デジタル論理回路設計の立場からすれば、仕様の自然言語での記述、ハードウェア記述言語での記述、シミュレーションとシミュレーション結果の表示、ディレイタイムの評価と修正、回路図の出力、ハードウェアの製作、実際に動かしての評価が必要である。ハードウェアの製作のところでは IC まで持ってゆくか、もしくはプリント基板を製作し標準 IC を使用して実際の回路を作成すること、などが考えられる。しかし、高専教育の立場からすればそこまでやりたいが、設備、費用と時間の制約があつて難しい。当面、仕様作成と言語記述、シミュレーション、回路図作成までが良いところであろう。この場合、論理の構成までに徹し、ディレイタイムの評価と修正は省略されることになる。しかし、従来、等閑視されて来た仕様作成、動作記述に重点がゆくという長所が期待できる。

ここでワークステーションの設備がある程度確保されれば、課題をグループ単位で割り付けることで、2. で述べた問題の一部解決が出来る。即ち、デジタル回路に関して、

- 講義と実験の連携処理
- 同一テーマの並行教育
- 特性試験 (解析) だけでなく設計作業 (合成)
- 複雑性の理解とその解決のための一段階上のレベルに抽象化・簡単化しての処理
- 最新の CAD 教育

ができる。

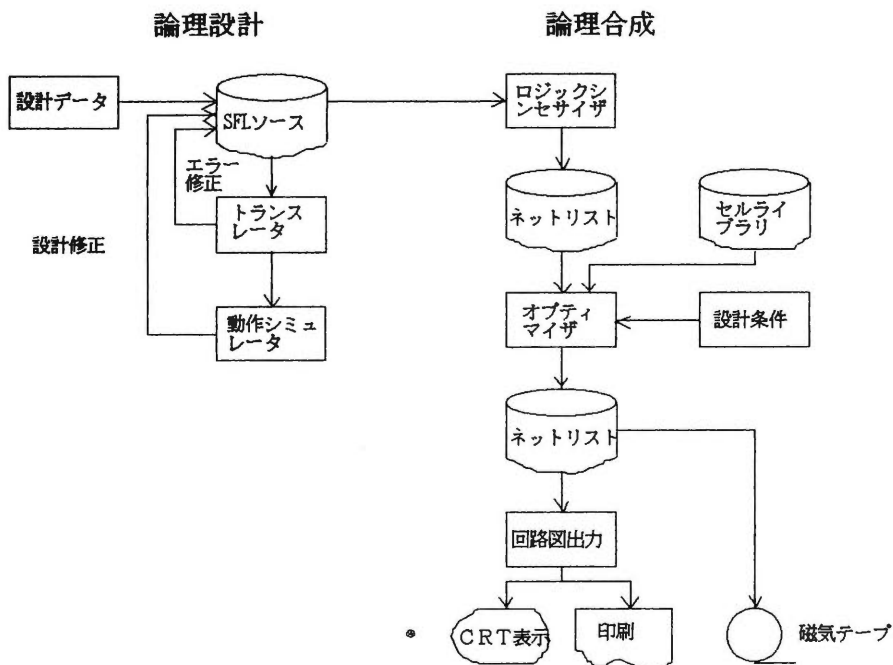


図1 PARTHENON システム処理フロー

表2 システム構成例

CPU	: S-4/IPX (16MB)
HD	: 400MB+300MB
OS	: SunOS4.1.2
	Openwindows2.0.1
プリンタ	: SP-10PS (リコー)
	(Postscript Printer)

4. 例題シーケンサの設計

教育における例題は非常に重要で、これの善し悪しが結果を左右すると言っても過言ではない。今年度卒業研究で与えているテーマの一つがシーケンサの設計である。

シーケンサを取り上げたのはデータが1ビット構成で、配線は比較的少ないが論理的には適当に複雑であり、結果を人間が追跡出来、また、実際に製作するにしても製作費が少なくすむからである。ここに示したものは、学生に例題として与えるために PARTHENON システムでテスト用として使用予定のものである。

シーケンサの仕様を表3に示す。また、参考のために7セグメントデコーダをSFL言語で記述したものを付録1に記す。

5. 今後の予定

今年度は卒研学生の研究テーマの中の一部で従来の回路図設計と並行してSFL言語による設計を行わせる予定で進んでいる。

来年度には学生用ワークステーションが使用出来る可能性があるのも、もし可能になればそれを活用して授業の一部で実施してみたい。

また、機会をみて、SFL言語で設計し、回路図化したものを実際に学生に作らせて動かしたい。本来はIC化までしたいところであるが設備的、費用的には出来そうにないので、とりあえず通常のゲートICで構成することになる。PARTHENONでもFPGA(Field Programmable Gate Array)との接続が検討されており、これが使えれば実回路を作り、実際に動かすことも可能になる。

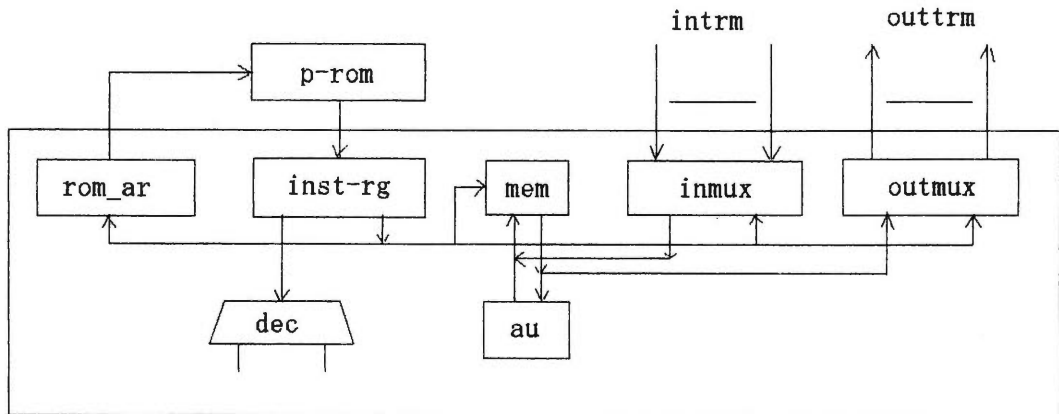
また、他のハードウェア記述言語についても検討をしてみる予定である。

6. あとがき

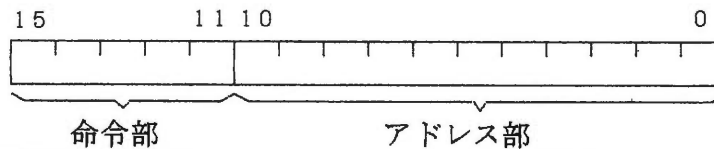
ハードウェア記述言語の教育も今後は重要になると考えられる。豊田高専での実施例はあるが、まだ他高専での実施例は聞いていない。今後、実施例が増えることが期待される。デジタル回路ではハードウェア

表 3 シーケンサ仕様

語長 : プログラム 16 ビット、データ 1 ビット
 命令 : 基本 11 種 (複合命令で 20 種)
 プログラムメモリ : 最大 2 kw
 データメモリ : 最大 256 w
 入力 : 16 点
 出力 : 16 点



語の構成：



記号	操作コード					内容
	15	14	13	12	11	
NOP	0	0	0	0	-	no operation
TIN (TINC)	0	0	1	0	X	IN→AR ($\overline{\text{IN}} \rightarrow \text{AR}$)
TOT (TOTC)	0	0	1	1	X	(AR)→OUT ($\overline{(\text{AR})} \rightarrow \text{OUT}$)
LD (LDC)	0	1	0	0	X	(AR)→AU ($\overline{(\text{AR})} \rightarrow \text{AU}$)
T (TC)	0	1	0	1	X	(AU)→AR ($\overline{(\text{AU})} \rightarrow \text{AR}$)
AND (ANDC)	0	1	1	0	X	(AR) ∧ (AU)→AU ($\overline{(\text{AR})} \wedge (\text{AU}) \rightarrow \text{AU}$)
OR (ORC)	0	1	1	1	X	(AR) ∨ (AU)→AU ($\overline{(\text{AR})} \vee (\text{AU}) \rightarrow \text{AU}$)
SZ (SNZ)	1	0	0	0	X	if (AU)=0 ((AU)=1), 1→AR
RZ (RNZ)	1	0	0	1	X	if (AU)=0 ((AU)=1), 0→AR
JUMP	1	0	1	0	0	(AR)→ROM_AR
JZ (JNZ)	1	0	1	1	X	if (AU)=0 ((AR)≠0), (AR)→ROM_AR
NOP	1	1	1	1	-	no operation

記述言語に比重を移しても良いが、アナログ回路のことも有り、従来の回路図教育との比重をどうするかも考えて置く必要があろう。動作を人間に説明するうえでは回路図は解りやすい。アナログ回路もハードウェア記述言語化され、アナログ、デジタルを統合した設計方法が出来上がると電子回路設計の世界も様が変わることになろう。しかし、まだ相当の時間がかかりそうだ。

参考文献

- 1) パルテノン研究会研究討論会資料集1993年 4 月
パルテノン研究会事務局
- 2) 特集 ハードウェア記述言語「情報処理」VOL. 33

NO.11 情報処理学会

- 3) PARTHENON User's Manual NTT データ通信
- 4) PARTHENON Reference Manual NTT データ通信

謝 辞

PARTHENON システムを紹介して頂いた豊橋科学技術大学の今井正治助教授, PARTHENON システムの貸与の労をとって頂いた NTT コミュニケーション科学研究所中村宏行氏, PARTHENON システムを貸与頂いた NTT データ通信システム㈱に感謝します。

付表 1

```
module seven_seg {
  instrin start;
  input  bcd<4>;
  output a, b, c, d, e, f, g;
  tmp    cnv<7>;
  instruct start par {
    any {
      ^bcd<3> & ^bcd<2> & ^bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b1111110;
      ^bcd<3> & ^bcd<2> & ^bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b1100000;
      ^bcd<3> & ^bcd<2> & bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b1011011;
      ^bcd<3> & ^bcd<2> & bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b1110011;
      ^bcd<3> & bcd<2> & ^bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b1100101;
      ^bcd<3> & bcd<2> & ^bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b0110111;
      ^bcd<3> & bcd<2> & bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b0111111;
      ^bcd<3> & bcd<2> & bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b1100010;
      bcd<3> & ^bcd<2> & ^bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b1111111;
      bcd<3> & ^bcd<2> & ^bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b1110111;
      bcd<3> & ^bcd<2> & bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b1101111;
      bcd<3> & ^bcd<2> & bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b0111101;
      bcd<3> & bcd<2> & ^bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b0011001;
      bcd<3> & bcd<2> & ^bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b1111001;
      bcd<3> & bcd<2> & bcd<1> & ^bcd<0> : cnv = 0b0011111;
      bcd<3> & bcd<2> & bcd<1> & bcd<0> : cnv = 0b0001111;
    }
    a = cnv<6>;
    b = cnv<5>;
    c = cnv<4>;
    d = cnv<3>;
    e = cnv<2>;
    f = cnv<1>;
    g = cnv<0>;
  }
}
```


Ruth 試論

品 川 尚 司

An Essay on *Ruth*

As is pointed out by G. D. Sanders and other critics, *Ruth* has faults and Mrs. Gaskell betrayed her ignorance of technique as a novelist. But there is in *Ruth* something that we are not to disregard. The problems in morality dealt with in this novel are related to what we face even today. So we will see Ruth's ways of living and thinking in reference to three families, the Bellinghams, the Bensons, and the Bradshaws. This will show that service in silence is one of the most precious virtues.

Hisashi Shinagawa

1.

Ruth は1853年1月, *Mary Barton* の発表後5年を経て, Chapman & Hall から出た Mrs. Gaskell の長編小説第2作である。彼女は, 第1作 *Mary Barton* では, 当時の Manchester を舞台にして, Barton 父娘を中心に, working class が真摯に生きる姿を, 牧師の妻として経験したことを資にして忠実に描き, 人々に深い感銘を与えた。そこでその第2作が期待されていたが, 待望の作品が *Ruth* であった。

この作品が発表されると, 雑誌等に相次いで賛否両論が掲載され, 反響の大きさを窺うことができる。例えば, 1853年1月15日の *Spectator* は *Ruth* を an illustration of the story of Jesus Christ and Mary Magdalen, 即ち有名な聖書物語の絵解きものと云い, *Ruth* の物語は an extreme and exceptional case で, 有難い空念仏が繰りひろげられていて, 真実性に欠け, Mrs. Gaskell の作家の資質とは合わぬものだ⁽¹⁾と厳しい評価を下した。一方1853年1月22日の *the Examiner* は Never did we read one in which upon the whole a clearer balance is held between the false and true, in which a more reverent homage is paid to virtue, in which narrow truths and short-sighted charities are put in more instructive contrast with the very faith they profess to rest upon, or in which the transitory shames of life are so purified by thoughts of nature and eternity⁽²⁾と述べ, この作品が道徳的宗教的な意味に於いて優れたものであることを評価した。

Charlotte Brontë は, 同じ作家の立場から, *Ruth* の

死に疑問を提しつつ, この物語の美しさを褒め, 一部の批評家が Benson の世を欺く行為を非難するのに作者は余り取合わぬがよい, と如何にも友人らしい助言を添えた⁽³⁾。

George Eliot は小説技法について, Mrs. Gaskell は *Ruth* の中で劇的效果に重きを置き過ぎ, 鋭い対照法を使っただけに, 現実の生活や人物の描写が真実味をなくしたことを指摘し, この作品の古典的価値を否定している⁽⁴⁾。

因みに, George Eliot の夫 George Henry Lewes は *Ruth* を a new mine に譬え, この作品が過去に見られぬ新しい試みがなされたもの, 即ち It is a story of seduction — a subject of the most delicate nature that can well be taken up; being one which has rarely if ever been looked fairly in the face; and one on which, of all others, it is the rarest to hear a rational word spoken⁽⁵⁾と云い, さらに it is the old and ever-renewing struggle between Truth and Truth-seeming, virtue and convention, good deeds and bad names, the trials and sorrows of a beautiful soul, . . .⁽⁶⁾と, この作品の内容の核心的な所について述べている。

下って現代の評価についてみると, Gerald DeWitt Sanders はこの作品を Mrs. Gaskell の初期の作品の失敗作の筆頭に挙げ, その理由として, 物語の中に因果関係に無理があること, 偶然性に頼り過ぎる話題事件が目立つことを指摘しながら, 登場人物の面白さと物語の道徳的宗教的意味を評価している⁽⁷⁾。

Arthur Pollard も G. D. Sanders と同様の見解を示しながら, *Ruth* を始め各主要人物とその折々の事件

を通して作者が意図するものについて簡潔に論じ、そこにキリスト教に基づく道徳的教訓がお説教風にならずに語られていることを評価し、Bellinghamの誘惑に負けるまでのRuthの描き方不足がこの作品の欠点である⁽⁸⁾とする。

W. A. Craikは、既に指摘通りの失敗作であることと、今や殆んどが顧みられぬ作品であることは認めた上で、Mrs. Gaskellが、誘惑に負け私生児の母親となったRuthの短い女の一生と、その子Leonardの成長の過程を取って描いた意味を考える。要約すれば、社会道徳に背き、その罪を背負って女が、母親として目覚めた時、道徳的というよりむしろ宗教的に誠実に生きたその精神の遍歴の過程こそ、この作品の精髓なのだ⁽⁹⁾と言う。

指摘される幾つかの欠点がRuthの文学作品としての価値を低くしている事は否定出来ないが、Ruthが母親として慎ましく、健気に自立の道を歩む姿は、今日も尚読者に感動を与える。

そこでRuthの30歳迄の短い生涯と深い関りがある三つの家族を背景にして、彼女の悲劇的な“女の一生”について考察することが本稿の目的である。Mrs. Gaskell自身は良妻賢母の誉高く生涯を送ったが、この作品が発表された当時、unmarried motherは、社会の邪魔者扱いされ、新天地を国外に求めざるを得なかったと云われる⁽¹⁰⁾。Mrs. Gaskellの作家としての良心はこの女性問題を放置出来なかった。

2.

Mrs. GaskellがThe Bellinghams, the Bensons, the Bradshawsの三つ家族をRuthの一生を描く背景とした理由を説明する前にfamilyの定義について一言。

familyとは、同じ屋根の下で、経済的に協力し合い、再生産するという性格の社会的な人間集団で、家族の構成員は社会的に認められた夫婦関係を結ぶ成年男女一組と、直系又は養子縁組の子供が最低1人いるものである。

つまりfamilyの定義は、結婚、血縁、養子という紐帯でまとまった人間集団で一つの家を作り、夫婦、父母、息子・娘、兄弟姉妹という立場で相互作用を営みつつ、家風を作り上げ、それを維持してもの、となる。familyとhouseholdが混同される理由は、後者も一つの家を作っているからであるが、householdの構成員は下宿人や間借人等同じ屋根の下で生活する者で、householdはいわゆるfamilyとは性格を異にするものである⁽¹¹⁾。

さて、Ruthは身寄りのない16歳の娘として物語に

登場するが、彼女の家族について作者は簡単に説明するだけである。母親(Mrs. Hilton)はNorfolkの貧しい牧師の娘で、若い頃母親が死に孤独の身となるが、可成り年上の農夫と結婚したことを有難く思っていたと云う。結婚生活は、続出する災難のため、坂道を転がる様に破局に至る。その原因はMrs. Hiltonが病身のため、農夫の妻として失格者であったこと、その上不作、家畜の死、火事と不幸の追打ちに会い、遂にはMrs. Hiltonは皆が畑に出ている間に急死する。Mr. Hiltonは、妻を亡くすと急に生活意欲を喪失し、金銭感覚が麻痺し負債を残して死ぬ。かねてRuthの後見役を頼まれていた男は、財産の整理を済ませると、追い立てる様にRuthをMrs. Masonの店にお針子として送り込んだ。

故郷喪失、天涯孤独、そして不慣れなお針子として住込み生活にはいったRuthは、Jennyという病身の先輩が唯一の話し相手で、外の景色や星空を見て空想に浸り、夜は母親の夢に慰みを見出している。

“I thought I saw mamma by the side of the bed, coming as she used to do, to see if I were asleep and comfortable; and when I tried to take hold of her she went away and left me alone⁽¹²⁾.”

Mrs. GaskellはCranfordで自作農Frederickという興味深い男性を描いた。彼はMattyに熱を上げるが、所謂中流意識の結婚観に妨害され、失恋の苦しみを味う。以後、独身を貫き晴耕雨読の自由な生き方に独自の道を見出す。彼は朴訥、しかも詩心を忘れぬ独特の魅力を持った男性である。Ruthの父親は、このFrederickの対極に位置する人物で、父親としての認識が欠落した無責任な破滅型の男性である。

この様な父親の急死をRuthがどの様に受け止め、理解したのか、その点について作者は少しも触れないのが不満だが、Ruthは、父の死後、突如としてお針子として世間の冷い風の中に抛り出されて悲運に沈み、先にも触れた通り、母親の慈愛に満ちた姿を夢に見て、現実の苦しみを慰める。Ruthの心に父親の姿はなく、脆弱な自律性のない父親に対する批判もないのは何故か。

美しい自然の佇まいの中で、農家の嫁失格の母親(a fine delicate lady)の手に育てられ、山野の緑、素朴な野の花、空に舞う胡蝶に魅せられて少女時代を過した16歳の田舎娘Ruthに、Mary Bartonの社会的自覚と認識を期待してはいけないのだ。ましてや現代の眼でRuthの素朴さと無知を笑えない。Joan Evansは当

時の女性を Tennyson の詩を通して紹介してるが、Ruth はまさに時代の子である。

Man for the field and woman for the hearth ;
 Man for the sword and for the needle she ;
 Man with the head and woman with the heart ;
 Man to command and woman to obey ;
 All else confusion⁽¹³⁾.

つまり、Women don't consider themselves as human beings at all. There is absolutely no God, no country, no duty to them at all except family...⁽¹⁴⁾.

ところで Ruth の悲劇の発端は家庭の不幸にあるが、作者は Sally の言葉を通して、美貌は女の一生を損うという皮肉な事実を眼を向けさせる。“...Beauty is deceitful and favour a snare. I'm thankful the Lord has spared me from such man-traps and spring-guns⁽¹⁵⁾.”

絢を競い虚飾に退屈を紛らわす社交界の夫人を顧客にする Mrs. Mason は、舞踏会の不測の事故に備えてお針子 4 人を会場に待機させる。見栄えを重視する彼女はその中に美しい Ruth を入れた。そしてそれは雇主 Mrs. Mason の虚栄心を充たし、同時に Ruth の生涯の悲劇の端緒となる。

Bellingham の家庭は母と息子一人の家庭である。先に紹介した Tennyson の詩の一行をこの親子の関係に借用すると、Mother to command and son to obey となる。

Bellingham は 23 歳、地方の名門資産家の息子だが、精神的には年齢相応に成長していない青年である。

The unevenness of discipline to which only children are subjected; the thwarting, resulting from over-anxiety; the indiscreet indulgence, arising from a love centered all in one object-has been exaggerated in his education, probably from the circumstance that his mother (his only surviving parent) had been similarly situated to himself,...and her income gave her the means of indulging or controlling him, after he had grown to man's estate, as her wayward disposition and her love of power prompted her.⁽¹⁶⁾

息子を甘言で引き寄せ独占し思い通りに操り、自己愛と母性本能を満足させ、感情的な充足感に浸る母親

が息子に教えたことは、母親も後悔する程に人を人とも思わぬ非道の仕打ちである。

... although he felt the warmest affection for her, the regardlessness which she had taught him (by example, perhaps, more than by precept) of the feelings of others, was continually prompting him to do things that she, for the time being, resented as mortal affronts⁽¹⁷⁾.

Bellingham 母子の独善的排他性を知る筈はなく、舞踏会での Bellingham の男振りに夢見心地であった Ruth は、何時の間にか母親の代りに Bellingham の姿を夢見るようになっていて、Ruth の故郷の家の老管理人 Old Thomas の杞憂が現実性を帯びて行くのである。Ruth は Bellingham の本心を分からないのだ。他愛のない二人の逢引の場面を見てみよう。

They sauntered out for a walk, ... The speedwell grew in the shallowest water of the pool, and all around its margin, but the flowers were hardly seen at first, so deep was the green shadow cast by the trees. In the very middle of the pond the sky was mirrored clear and dark, a blue which looked as if a black void lay behind.

“Oh, there are water-lilies!” said Ruth, her eye catching on the farther site. “I must go and get some.”

“No; I will get them for you. ...

He went round, and she waited quietly for his return. When he came back he took off her bonnet, without speaking, and began to place his flowers in her hair. She was quite still while he arranged her coronet, ...

She knew that he was pleased with his manner, which had the joyousness of a child playing with a new toy⁽¹⁸⁾, ...

Bellingham には Miss Duncomb という母親お気に入りの花嫁候補者がいるのだが、彼女にはない Ruth の無邪気な美しさに Bellingham は魅せられているのである。

先に Bellingham 母子の独善的排他性に言及したが、その実例はこうなる。

Ruth は Bellingham と逢引きを楽しんでいると、雇い主の Mrs. Mason とばったり出会う。Mrs. Mason

は有閑夫人相手の商売で、Mrs. Bellingham も大切な顧客の一人である。その上得意先の息子が Ruth と親しくしている現場を見た時、彼女は一方的に Ruth を責め、店の品位を汚す者は容赦しないという姿勢を示す。これが引金となり Bellingham は Ruth と恋の道行きの真似事をするのだが、旅先の息子の急病を聞くと、Mrs. Bellingham は、二人がいる現場に乗り込み、Ruth を完全に無視して息子と引き揚げて行く。

息子が仕立屋のお針子を相手に現をぬかしていたとなると、Bellingham 家の名誉が汚れると思った Mrs. Bellingham は、息子の正直な事情説明を無視して、一方的に罪を Ruth になすりつけ、50ポンドを手切れ金として送り付け、彼女に感化院入りをすすめる。

Mrs. Gaskell はこの作品では Mrs. Bellingham を通して Victoria 時代の富裕階級の独善的排他性、傲慢さ、似非道徳家の実態を描き、息子の Bellingham によって、この様な家で育った紳士然とした俗物男、即ち自制心に欠け、欲望に溺れたために社会的制裁を受ける危険を感じると、その難を逃れる為にはすると身をおろす卑劣な男を描き、Ruth の様な世間知らずの女性への警鐘としている。

さて、この Bellingham 家には所謂 Victoria 朝の専制君主的父親は存在しない。その代わりそこには自己中心的で自己完結性の強い母性本能と自己愛とが融合していて、排他性の強い硬直した一種の家父長権の変形が幅を利かせている。

従って、ここには一見道徳性の高い家風が支配しているかに見えて、その実体は空疎な偽善性と自己愛と金銭力に頼る唯物的考えが渦巻いているのである。

Ruth は、Bellingham 家に象徴される Victoria 朝の一見道徳的に思える家族に手もなく騙された、人の世を疑うことを知らぬ女である。

3.

Mrs. Gaskell が the Bensons を描いた意図は勿論前章の俗物性丸出しの the Bellinghams と対照的な世界で Ruth を考えることにある。the Bellinghams と Ruth の関係は、自己中心的な三者が三様に振舞った結果、各自、相応の自己満足を味わいお互の関係に共感を覚えたかの如く、その実態は錯覚に過ぎぬもので、ここには、尊敬、信頼、慈愛という美徳の輝きはない。

さて、作者は、Bellingham を相手に天涯孤独の Ruth が、変則的な形であるにせよ、夫婦、つまり家族の基本となる人間関係を擬似体験した様子を描いた訳だが、その結果、Ruth は、自分を裏切った男性の子供を妊するという皮肉な運命を背負ってしまう。そして

the Bensons 即ち Dissenting minister の Thurstan Benson (以下 Benson と記す) と姉 Faith Benson (以下 Miss Benson と記す)、そして召使いの老女 Sally の三人の家族に救われる。

家族の形から云えば、the Bensons には、姉弟関係しか存在しないので、通常の家族構成を成してはいないけれど、彼等が the Bellinghams と根本的に異なる点は、the Bensons の家族は父なる神が支配し給う家である。

Benson と Ruth が知り合ったのは、Bellingham から見捨てられ、自殺も考えた Ruth が山野をさまよう或る日のことで、hunchback の Benson が転倒した時、偶然 Ruth の助けを借りたことが発端である。

作者はここでも批評家が一様に指摘する事故を用いて物語の転換をはかる。そしてこれもよく作者が用いる描き方の一つ、所謂皮肉な運命の巡り合せ、が物語の鍵となる。実は塞ぎ込んだ Ruth の唯ならぬ様子を心配していたのは Benson だが、結果は逆に、Ruth が Benson の助け役となるという具合に、彼等の出会いの場面は主客転倒したかに描かれる。

この様にして Ruth は the Bensons と知り合いになり、生涯の救いの手を差しのべられることになる。

the Bensons と Ruth との関係には altruism つまり自己犠牲と奉仕の世界がある。Benson は Dissenting minister としてキリスト教の教えに忠実に生きているので、彼が altruism を旨として生きているのは至極当然のこととしても、Ruth はそれをどの様にして体得したのか。

さて Ruth には元来こんな性格がある。

It was one of the faults of her nature to be ready to make any sacrifices for those who loved her, and to value affection almost above its price.⁽¹⁹⁾

愛情を注ぐ者に対する自発的犠牲的行為は、自己愛が報恩へと昇華したものと考えてよい。これは人間の善意と良心の作用であるが、Ruth はその傾向が強いという性格があった。これは、先に述べた様に、Bellingham を相手にしては見事に裏切られたが、Benson と出会い Ruth は初めて敬虔で活達で自由な新しい生活にはいつて行く。

作者は Benson の家を次の様に説明する。彼等は暗黙のうちに各自の分際を自覚し、良心的で清らかな毎日を過ごしている。勿論神ならぬ身、神の御心に添う努力はしても過ちは犯すのだ。ただ彼等の場合、一人の失敗は単なる失敗に終らず必ず以後に生かされるよ

うにお互が共鳴し、助け合い、失敗の後はさらに心豊かな平安と調和の中で生きているのだ⁽²⁰⁾。

Sally の人生はまさにこの様な Benson の家風を反映している。彼女は Benson の守りをしている時、ふとした弾みで彼を取落とし、それが因で彼は hunchback になったと思っているので、生涯を彼のために捧げる決心をした女性である。では彼女はもの静かで控え目な女性かと云えば決してそうではなく、人を見る眼は確かに適確な判断力と積極的な実行力を持ち、適時辛辣な冗談を飛ばす油断ならぬ痛切な老女なのだ。例えば自分より10歳も若い Miss Benson が白髪を気にすると、すかさず

“You’ll be taking to painting your cheeks next, now you’ve once thought of dyeing your hair.” “Beauty’s deceitful and favour a snare⁽²¹⁾.”

と鋭い警句が彼女の口を突いて出て来るのだ。彼女は Benson の為に、つまり彼が Dissenting minister として生きる助けとなるように、進んで自分を犠牲にして生きているが、彼女の身边に偽善の影はなく、また Ruth に対しても甘い顔を見せぬばかりか、多少手荒と云える歓迎振りを見せた。

Miss Benson も Sally とよく似た所がある女性である。彼女も Benson の良き理解者、協力者なのだ。

Benson が絶望的な Ruth に出合ったのは Mrs. Hughes の家に滞在中の出来事であった。生きる望みを失いかけた女性を救おうとして、Benson は転倒し背中を痛め、逆に Ruth のお蔭で急場を救われ、寄宿先に担ぎ込まれる結果となる。ところが、今度は Ruth が精神的苦悩のために倒れ、Benson は急遽 Miss Benson の應援を求め、二人は協力して Ruth の再生の為に最善を盡すのだが、その間、医者診断の結果、Ruth は既に Bellingham の子供を妊っていることが分る。

そのことを知らされた時、Ruth は神に感謝して、次の様に云う。“Oh, my God. I thank thee! Oh, I will be so good⁽²²⁾!”

Ruth のこの言葉の解釈について Benson 姉弟は意見が分れる。Miss Benson は、かつて Thomas Wilkins が私生児であることを悩み苦しみ、遂に投身自殺をしたという苦い記憶があるので、Ruth は、どこ迄自分が犯した過ちの罪の重さを認識しているのかを測りかねて、彼女の宗教的な目覚めに驚き、“She is not seeing the thing in a moral light, as I should have expected⁽²³⁾.”と言う。

Miss Benson の主張は、生まれてくる子供が

Thomas Wilkins と同様に親が犯した罪を一身に背負い、私生児という屈辱の運命にどこ迄苦しまねばないかという問題を、Ruth がどれ程深刻に考えているかを疑い、彼女の現実認識の甘さ、道徳観念の不足を批判することにある。これに対して Benson は、Ruth の言葉を the burst of nature from her heart⁽²⁴⁾ と聞き、“I will be so good⁽²⁵⁾.”といった Ruth は、修道院で神と共に生きる心境なのだと解釈した。そしてここ迄に至る Ruth の人生は、self-seeking and wickedly thoughtless⁽²⁶⁾ であったかも知れないが、今こそ“here is the very instrument to make her forget herself, and be thoughtful for another⁽²⁷⁾.”と云い、胎内に宿る子供が Ruth を神へと誘ったのだと解釈する。

Benson は、神は、女性を自己犠牲の認識へと導くために、母の座を用意するのだ、だから Ruth は本能的体験的に他者のために生きる意味を自覚したと考える。

彼は、本来書斎で思索にふけることが好きな性格に加えて、神に忠実に生きる聖職者なので

“The more I think, the more I believe I am right. No one “...” can have a greater recoil from profligacy than I have. You yourself have not greater sorrow over this young creature’s sin than I have; the difference is this, you confuse the consequences with sin.⁽²⁸⁾”

と考えるのだ。

Miss Benson は、“...I cannot stand much romance; I always distrust it.” “...don’t try my patience too much; you know I have no great stock⁽²⁹⁾.”と云う通り、非理曲直のはっきりした、現実直視型の良心的行動派なので、Ruth についての問題解決の具体的方法に苦慮する。

思索派の Benson は直観的判断力に優れてはいるが、慎重過ぎて行動の汐時を逃し、結局問題解決に失敗する傾向があるので、それを Miss Benson と Sally が補い、彼等は決定的な失策を犯かさないのである。

しかし今度は、Ruth と Leonard を迎え、the Bensons は、Wilkins の悲劇から Leonard を守ることを Ruth の再生の布石として、彼女を Mrs. Denbigh に仕立てることを考え出す。

この筋書きがこの作品の骨格をなしていて、作者はここに幾つかの問題を提示していると考えられる。その1、聖職者は私生児の母が信仰を得て贖罪の人生を歩もうとする時は、世を欺いてその母を救うべきか、その2、私生児の将来のために母親は世を欺くことが許されるか、その3、信仰を得るということは現世の

幸福と直結することか、という問題である。

もつとも Miss Benson の着想の背景には、Ruth が犯した過ちは悪意に根ざした反社会的な愚行ではないという認識がある。世間一般の常識的立場から見れば、この認識にも問題があり、別の解釈が可能であるので、作者はそこに問題を移して考えるために the Bradshaws を登場させる。

4.

Miss Benson の計略で Mrs. Denbigh になりすました Ruth は、彼女の過去を知る者を驚かす変貌振りを見せる。Eccleston という町の有力者 Bradshaw は Benson の教会の主要人物であるが、日曜礼拝に出ている Ruth の並はずれた気品のある美しさに注目する。

Miss Benson の考えに素直に従い、Leonard の将来のために虚構の人物として生きると決心した Ruth は、精神的に吹き切れたため、それが彼女の表情に現われたと解釈すべきかどうか、Ruth は、Bradshaw との関係を深めながら、社会と交る度合を深めて行き、遂には短い悲劇的な女の一生を終ることになる。この両者の関連について考えるために、先ず the Bradshaws の説明をする必要がある。

Bradshaw は、先に紹介した通り、Eccleston の新興実業家で、家族ぐるみで Benson と親しくしている。妻の Mrs. Bradshaw は夫に従順な典型的な時代の女で、彼等夫婦には 4 人の子供 — Jemima, Richard, Mary, Elizabeth — がいる。Jemima は固い道徳観をふりかざす父に反抗的な気の強い娘で、父と取引のある 40 歳位の Mr. Farquhar という結婚相手がいる。独り息子 Richard は独身で父の会社で修業中の身、そして下の二人は社交界に出るまでまだ家庭教師が必要な年頃の娘である。

作者が The Bradshaws を登場させた意味は明らかである。この家族に冒頭近くで説明した family の形をなすものが初めて描かれることになる。

Bradshaw は典型的な Victoria 時代の紳士として登場する。彼は、Eccleston の町で、自分の家庭が宗教、道徳、教育いづれの分野でも最も優れていると自負している。自負と誇りが独断と偏見、自己満足と無縁ならばよい。しかしそれはあるものに対する劣等感の変形であったり、ある権威を後楯にした虚勢の表現であったりする。作者は Bradshaw の自負をその様に描いている様に思われる。

Benson が行う日曜礼拝で讃美歌合唱が始まると、Bradshaw は、居並ぶ会衆は眼中にないかの様に、胸間声を張り上げて歌う。一見信心深い地方有力者の面目躍如という風情である。

His powerful voice was like an organ very badly played, and very much out of tune ; but as he had no ear, and no diffidence, it pleased him very much to hear the fine loud sound. He was a tall, large-boned, iron man ; stern, powerful, and authoritative in appearance ; dressed in clothes of the finest broadcloth, and scrupulously ill-made, as if to show that he was indifferent to all outward things⁽³⁰⁾.

そして、会衆の中に新顔の美人 Ruth を見つけ、彼女が Benson の親戚で外科医の末亡人と聞くと、近づきのしるしに早速 muslin の生地を送り届ける。これは父親も知らずやがて生まれる胎児を抱えた悲運の末亡人を労わる慈愛を込めた贈物である。贈られた方の Ruth は、その意味を理解出来ず、受け取りを拒むので、Benson 家ではそれが話題となるが、この様にして Bradshaw は次第に Ruth との関り合いを深めて行く。特に長女 Jemima は初対面の時から、自分より少し年上の Ruth の美貌に魅了され、強い関心を寄せるうちに、その優れた人柄にも引かれて行く。

Bradshaw の教育的関心の高さは次の様に現われる。彼は日頃、Jemima に妹達の養育の役割を委ねていたが、Farquhar と Jemima の結婚を願う父親の立場から、娘の生活範囲が家庭内に集中し、外の空気に触れる機会が乏しいことを心配している。これを改善するには Jemima の代役が必要となり、彼はその役目を Ruth に頼むことにした。Ruth 自身は、人を養育する資格はない、とその役につく事を躊躇するけれども、Benson のすすめもあって引受けることになる。Bradshaw の Ruth 起用は見事に当り、末娘 Elizabeth は転地療養の条件に、Ruth の付添いを求める程であった。

この様に、教会活動と家庭教育に熱心な Bradshaw には別の一面、即ち豊かさを誇示する傾向がある。それは家具調度品の揃え方や娘の転地のため Amberth に家を求めたことに示されているが、これには次の様な事情もからんでいる。

Eccleston には代々 Tory 党に属する有力者 Cranworth がいる。彼は新興実業家で Dissenter の Bradshaw など眼中にない傲慢な態度を示す。Bradshaw は Cranworth からこの様に軽くあしらわれて来た屈辱を晴らす機会を窺っている、それには選挙で Cranworth に勝たねばならず、その為に Liberal candidate として Mr. Donne (Bellingham) の登場を画策する。自分の怨念を晴らす為には、Cranworth に匹敵する名門の出を担ぎ出し、勝つためには買収工作も何でもござれというのが Bradshaw の戦術である。

さて、この名前を変えての Bellingham の再登場は Ruth の悲劇的な死のために用意されたものであろうが、これも唐突な筋書きの変化である。しかも、あの無責任で見識もない Bellingham が、如何なる経緯で下院議員候補になるのか我々は理解出来ない。しかし当時の英国では、識見、人格はどうであれ、血筋がよく資力さえあれば誰でも下院議員選挙に立候補出来たという事実を作者が皮肉を込めて利用したと解釈すると、これは一興である。

5.

Bradshaw の家族の中で最も興味深い人物は、長女 Jemima である。先述の通り、彼女は Ruth よりやや若い二十歳の娘で、前章で紹介した父親の支配に激しく反撥して毎日を過ごしている。父親に面従腹背の狡猾な弟 Richard は軽蔑の対稱にしかならず、父親が結婚を望む Farquhar も優柔不断で信頼に値しないのも彼女の苛立ちを助長する。

母親は、先述の通り、夫に絶対服従の家庭の主婦なので、Jemima の援軍には程遠く、彼女は精神的閉塞情況に陥っている時に、Ruth が養育係として Bradshaw 家の仲間入りをするのだ。

Leonard の母親、つまり Mrs. Denbigh という仮面を被り Bradshaw 家に登場した Ruth は辛口の Sally も賞賛する見事な女性に成長している。

The increase of dignity in her face had been imparted to her form. I do not know if she had grown taller since the birth of her child, but she looked as if she had. And although she had lived in a very humble home, yet there was something about either it or her, or the people amongst whom she had been thrown during the last few years, which had so changed her, that whereas, six or seven years ago, you would have perceived that she was not altogether a lady by birth and education, yet now she might have been placed among the highest in the land, and would have been taken by the most critical judge for their equal, although ignorant of their conventional etiquette⁽³¹⁾...

普通の人ならば自然に身につけている社交的作法に欠けるところはあっても、立派な知識を身につけ、知的な威厳を備えた女性、それが Ruth の姿なのだ。

Jemima は、妹 Elizabeth が純心な子供の眼で見透しているところでは、心中密かに Farquhar に魅かれ

るところがあるのだが、Ruth が登場してから Farquhar の心が Ruth に傾いていることを敏感に感じて、Ruth に嫉妬する様になっている。又 Jemima は Ruth が、父の頼みで、Farquhar に対する彼女の気持を探る役目を負っていることを知らず、Bradshaw を中に Farquhar と Ruth がいるという構図を見て、彼女の心は揺れるのである。

しかし、彼女は我儘で激しい気性の持主でありながら鋭い観察眼を持ち、外見だけで人間を評価する危険性を弁えている。それは彼女の Mr. Donne 評を見れば分る。

Mrs. Bradshaw は何不自由なく育った Mr. Donne の女性に優しい社交性に感心してしまうのだが、Jemima には彼は競走馬としか思えない。

“Brutes are sometimes very beautiful, mamma. I am sure I should think it a compliment to be likened to a racehorse, such as the one we saw. But the thing in which they are alike, is the sort of repressed eagerness in both⁽³²⁾.”

Mr. Donne は、Cranworth に対する Bradshaw の積年の恨みを晴らす為に、他人の意のままに操られている男に過ぎぬことを Jemima は見抜いている。

Farquhar は、Ruth に理想の女性像を見て、激情的な Jemima から離れ、父親は、取り得のない候補者を担いで選挙に臨み、買収という汚い手を使って世間の評判を落すという配分で、Jemima がいやが上にも苛立ちを募らせるのを見て、Mrs. Bradshaw は娘に帽子を買い与えて、気持を和らげることを考える。

母の使いで帽子店を訪ねた Jemima は、女主人との会話で、青天の霹靂とも云うべき Ruth の過去を知るのである。

ところで、何気なく小耳にはさむ話が以外な事件に発展することは現実に起り勝ちなこととは云え、ここで、Ruth が、5 年以上も前に、しばらくお針子として働いた店の女主人 Mrs. Mason の妹 Mrs. Pearson が突如として物語に登場し、Bellingham でさえもその変り様に驚いた Ruth を見て、過去の記憶を呼び起こすという話で物語が急転するのは如何にも不自然である。

さて、この様な事件を機に、Ruth と the Bensons にとって最大の危機が迫って来る。ここで作者は、Ruth の意外な過去の過ちを誰よりも早く知った Jemima に重要な役割を与える。Jemima は、既に紹介した通り、鼻柱が強く、直情径行的な性格の持主で、自尊心

の強い娘である。しかし Ruth には厚い信頼と尊敬の念を抱き、羨望の眼差しを以って彼女に接して来たのも事実である。つまり、彼女は容姿、知性、人柄のどれを取っても Ruth には絶対敵わぬと思っていた。その偶像視していた女性が、私生児の母という恥ずべき過去を隠して生きていた事実を知った時、Jemima はどの様に行動するのか。つまりこの事件に対する彼女の身の処し方を通して作者は精神的に自立した時代の新しい女性の姿を描いたように思われる。

Jemima は Ruth の過去を知り哀れみの感情に包まれる。同時に彼女は Benson は Ruth の過去を知りながら、彼女を nursery governess として Bradshaw 家に送り込んだのか、そして Ruth 自身も世間を欺き、人の善意につけ込んだのかという疑問を持った。Ruth に抱いていた嫉妬心は薄れ始めるが、矢張 Ruth と Farquhar の間は気になるし、Ruth の暗い過去を自分の心にだけ収めておく自信もないし、今や Ruth の運命は自分の手の中にあると思うと、Jemima は

the more she (Jemima) thought of the struggles that the wrongdoer must have made to extricate herself, the more she felt how cruel it would be to baffle all by revealing what had been. But for her sisters' sake she had a duty to perform; she must watch Ruth⁽³³⁾.

彼女は Ruth の秘密に対して感情的に反応したり、軽挙妄動することを慎み、以後 Ruth の日常を冷静に観察することとし、自ら確認した事実に基づいて自分の判断を下すことにした。即ち個人の良心と責任と自覚ある行動に終始するのである。

一方 Ruth の過去を知った時の Bradshaw の態度は娘とは対照的に描かれる。Bradshaw は Ruth が過去の過ちを隠し、純真な娘の養育係になりすまし、親子と世間を欺き、子供の心に悪影響を及ぼした罪は許し難い、と猛り狂った様に非難する。

この Bradshaw の態度に Jemima は足許から異議を唱える。この Bradshaw 父娘の激論は、the Bensons が Ruth 再生のため真剣に議論した場合と対稱的な関係にあるものだが、この二つに共通する点は、Ruth の二度の危機に際して、彼女のために精力的に努力し、現実的効果的な役割を果たすのは、いずれも女性であるということだ。

Jemima は、Ruth のために、逆る真情をこの様に語る。少し長くなるが引用してみる。

“Father! I will speak. I will not keep silence.

I will bear witness to Ruth. I have hated her — so keenly, may God forgive me! but you may know, from that, that my witness is true. I have hated her, and my hatred was only quenched into contempt — not contempt now, dear Ruth — dear Ruth” — ... “I heard what you have learnt now, father, weeks and weeks ago — a year it may be, all time of late has been so long; and I shuddered up from her and from her sin; and I might have spoken of it, and told it there and then, if I had not been afraid that it was from no good motive I should act in so doing, but to gain a way to the desire of my own jealous heart. Yes, father, to show you what a witness I am for Ruth, I will own that I was stabbed to the heart with jealousy; some one — some one cared for Ruth that — oh father! spare me saying all.”...

“I watched her, and I watched her with my wild-beast eyes. If I had seen one paltering with duty — if I had witnessed one flickering shadow of untruth in word or action — if, more than all things, my woman's instinct had ever been conscious of the faintest speck of impurity in thought, or word, or look, my old hate would have flamed out with the flame of hell! my contempt would have turned to loathing disgust, instead of my being full of pity, and the stirrings of new-awakened love, and most true respect. Father, I have borne my witness⁽³⁴⁾!”

Jemima の視点は現実にある。彼女は、相手に一寸でも隙があれば血祭りに上げようとする野獣の様なきつい眼で、注意深く、Ruth の日常生活を観察し監視した。その結果、改めて彼女に対する憐憫の情と愛しさが胸に溢れて、心底から彼女の立派な人柄を再確認することになったと云うのだ。

つまり、現在の Ruth は過去の罪を償って余りある立派な人生を生きているのだから、過去の罪状を暴いて、それを常識的・道徳律に照して断罪しても無意味である、と云うのだ。強権的な父親の支配に疑問を持ち続けた Jemima の問題意識が基調をなして、対称は何であれ、誰であれ、疑問があれば自ら考え、常識又は時代の権威として定着しているものに妥協盲従して生きる愚かしさに彼女は気付いた。つまり彼女は個々の意識に目覚めかけた新しいタイプの女性なのだ。

娘は自分の良心と信念に従って行動し、父親の強権に屈服しないという Bradshaw の父娘の対立の構図は Bellingham 母子の関係と対称の位置にあると考えてよからう。前者は発展向上する親と子の対立の構図ならば、後者は対立するかに見えて、利己的な妥協を繰り返している感情的なれ合いの構図にしかすぎない。

6.

Bradshaw の独り息子 Richard は、先述の通り、姉の Jemima とは正反対の性格で、子供の頃から素直に自分の過ちを認め謝罪出来ぬ所があり、父親の厳しい態度を和らげるために、面従腹背の狡猾さを身につけた男の風上にも置けぬ人物である。

この様な表面だけを取繕った息子の態度に幻惑されて、物事の本質を見極める能力のない父親の空疎な自負心は、皮肉にもその足許から崩壊する。息子の見下げ果てた実態に気付かぬ Bradshaw は、Ruth の過去の罪を厳しく裁き、Bradshaw 家から Ruth を締め出すばかりか、Benson の教会からも脱会する。これは Bradshaw の自負と誇りから出た行為で、彼は宗教的良心を貫き、社会正義と道徳に忠実に従ったと思っている。ところが彼が大上段に振り上げた懲罰の刃が、彼の胸につきつけられる。

Bradshaw の脱会により教会の経済面が苦しくなった Benson は金銭上の疑問に突き当たり、調査を進めた結果、Richard の文書偽造横領の事実を発見するのだ。Bradshaw の誇りは、実態のないものを基礎にした偏見と独断と、皮相的な観察による判断と認識の甘さによるもので、自己分析と認識の甘さは虚構に立つ自負心の温床となるだけであることを表している。

以上、the Bradshaws を一通り紹介したが、この家族は当時の新興階級の見本と考えてよいのではないか。他人に厳しいが我が子には甘く足許をすくわれる一見道徳家風の父親。そんな父親の独善的家族経営に感覚的に反発しながら、次第に自我に目覚め、人生観察と人間理解を深くする、新しい時代の自立した女性に成長してゆく長女 Jemima、欲望を充たすためには牧師の懷も狙う才覚だけは身につけ、父親の前では良い子ぶる小悪党 Richard、家父長権を存分に揮るう自稱紳士に絶対服従の貞淑で感情的で子供に優しいだけの Mrs. Bradshaw、そして所謂新興階級の無邪気な娘達からなる the Bradshaws は市民社会の一つの縮図でもある。そしてここに見られる宗教性は、教会の中で自分の社会的地位や経済力を誇示することに等しく、またこの家族には正邪、善悪が共存していて、人間は矛盾に満ちた存在であることを証明する例に事欠かない。

7.

Ruth の社会生活は Benson の教会の日曜礼拝出席から始まる。ここでも、Sally の言葉通り、Ruth は抜群の美貌故に、早速 Bradshaw が注目するところとなり、それが後日の muslin の贈物へと発展することは前に触れた通りである。

Ruth はこの贈物の受け取りを拒否するので、the Bensons と多少の意見のやりとりがあるが、Ruth の考えは、Bradshaw には Ruth に贈物をする正当性はなく、彼女にその贈物を受領する必然性はない、というのである。Ruth は Bellingham との関りの中で貴重な経験と学習をしていた。Mrs. Bellingham が、息子を Ruth から離すために 50 ポンドを送金し、事件の収拾を計ったことから、Ruth は、世間には自分の都合、利益のために、金品の力に頼る人がいることを知った。Bradshaw の場合は、特に卑劣な下心が隠されていたわけではないので、Benson の忠告で、事は善意の贈物として、常識的に収められたが、それはそれとして、Ruth がここで初めて自己主張をしたことに注目したい。

彼女は、Bellingham を相手に無邪気な独り相撲の夢を見、地方名家の独善と誇りと傲慢さの前に、50 ポンドの食い扶持をつけて見捨てられ、死の淵を見る苦しみの中にいる時に、神の下僕 Benson に救われ、神の愛に導かれ、息子 Leonard の為に生きる希望を与えられた。しかしここに至る Ruth は、例えば Jemima の様に自立的に行動したのではなく、相手に誘われ、手引きをされ、受動的に生きて来たのだ。

しかし Leonard の母親として子供の将来のために生きることを自覚した時、Ruth は自己主張を始め、家の外へ出て行く。それは Bradshaw の娘達の養育係として働く姿に象徴的に表われる。

She had yet to learn the lesson, that it is more blessed to love than to be loved⁽⁸⁵⁾; ...

the Bensons の計略は成功し、Ruth は Mrs. Denbigh として Bradshaw の娘達に敬慕され、Ruth の人生は順風に乗るかと思えるが、作者は先に触れた通り、Bradshaw を Cranworth との関りに於いて Bellingham を Mr. Donne という名前で突如として登場させ、Bellingham と Ruth の再会の情景を描く。

これは過去の二人の未熟で無知な愛の形が、10 年余りの歳月を経た後で、どの様に変化したのかを、つまり時の経過と愛情の係わりを考えようとするものである。

そこで先ず Bellingham について見てみると、彼が Bradshaw の目の上の瘤のような Cranworth に対抗し得る名門の生まれであることは明らかになるが、あの無責任で定見もない若い Bellingham が、国政に参加出来る見識を備え、今は Eccleston の人々の敬愛を集める程に成長した Ruth を魅了する人品を身につけた形跡は何もない。10年余りの歳月が Bellingham に授けたものは、かつて Mrs. Bellingham が見せた地位を利用した威圧的な態度と、Ruth の弱みにつけ込み、彼女を意のままに操ろうとする態度に他ならず、過去に Ruth を弊履の様に捨てたことについて Bellingham には罪の意識は何処にもない。

一方、Ruth は、既に見て来た通り、懐妊の報せに神の意志を受容する心境に達しているのです。最早 Bellingham の思惑通りになる筈もなく、彼に捨てられた後のことを次の様に云う。

The time that has pressed down my life like brands of hot iron, and scarred me for ever, has been nothing to you. You have talked of it with no sound of moaning in your voice — no shadow over the brightness of your face; it has left no sense of sin on your conscience, while me it haunts and haunts; and yet I might plead that I was an ignorant child — only I will not plead anything, for God knows all — But this is only one piece of our great difference⁽³⁶⁾.

Bellingham は、Ruth との間に価値の認識において相当の乖離があることを全く理解出来ぬ無様な姿を暴露して、次の様に云う。

... Come, don't let any morbid, over strained conscientiousness interfere with substantial happiness — both to you and to me — for I am sure I can make you happy — ay, and make you love me, too, in spite of your pretty defiance⁽³⁷⁾.

生真面目過ぎる女性の抵抗も、物質的に豊かで享樂的な生活に浸ると萎えてしまう、と高をくくる Bellingham の低俗な女性観に Ruth は失望し、Leonard の父親失格という烙印代りに、この様に云い放つ。

I would rather see him (Leonard) working on the roadside than leading such a life — being such a one as you are⁽³⁸⁾.

10年余りの歳月は二人を全く別の世界に誘っていたことをお互に確認したのである。

Leonard (私生児) の父親 Bellingham への愛情は消え失せ、輕蔑の念しか湧かなくなった時、Ruth は、私生児の母親として如何に生きたかというのが、この作品の後半の後半の主題となっていることは Sanders が指摘する通りだが、作者は Ruth を“woman”から“mother”つまり“The stern guardian of the child”にして、彼女の悲劇的生涯の終幕を描く。この様に云えば、Ruth は全てを Leonard に捧げたのかと云えば、そうではなくて、母性愛に根差す Ruth の自己犠牲と奉仕の精神は社会性を帯びるまでに発展しているのだ。

8.

過去の過ちを隠して Ruth の再生を計った the Bensons の工夫は失敗し、Ruth の過去は世間に知れ渡り、彼女には世の中が一変した様に映る。そして彼女が最も恐れていたことが起る。即ち Leonard が私生児の汚名を着せられ、母親の過去の愚行の付けを背負い込むことになる。Ruth は深い悔恨の情を込めて息子に告白する。

Leonard! when I was very young, I did very wrong. I think God, who knows all, will judge me more tenderly than men — but I did wrong in a way which you cannot understand yet! ... “in a way people never forget, never forgive....”

“The punishment of pumshments lies awaiting me still. It is to see you suffer from my wrong doing⁽³⁹⁾...”

この過ちが世間に知れ渡った時、彼女の周囲の人々の反応の一部は、Bradshaw について見た際に言及したが、更に補足すると、例えば Benson は、彼女の過ちは slight venial errors である。その証拠に Ruth の心に一点の曇りも、奔放さもなく、彼女の自覚に何一つ不足はないと云い、

“Now I wish God would give me power to speak out convincingly what I believe to be His truth, that not every woman who has fallen is depraved⁽⁴⁰⁾! ...

Benson は、社会秩序を支える道徳が硬直化すると、Ruth の様に些細な罪を犯した未熟な女と娼婦が同類項でくられてしまい、贖罪と再起の機会も与えず、

彼女を邪魔者扱いする社会に異議を唱える。そして Ruth を Mrs. Denbigh に仕立て、世を欺いた行為について、We have all been cowards hitherto. God helps us to be so no longer⁽⁴¹⁾。と Ruth と Leonard 母子のために臆病なまでに用心したことを反省し、神の意志に忠実に従うことは現世の幸福利益に直接つながぬことを確認する。因みに Ruth が Mrs. Denbigh に化けたことについて、Miss Benson と Jemima は、あれは決して間違った行為ではないと云い、特に Miss Benson は同一条件の事態が再発したら、同じ決断をすると言いつける。

この様に Ruth の周辺の人々は、それぞれが自らの判断で反応したが、常に宗教者の良心に従って行動する Benson を筆頭にして、Miss Benson、Jemima は、Ruth と Leonard の将来のために、最善を盡す善人達である。

一方 Ruth 自身に目を移すと、作者は Ruth を Leonard の為に自己犠牲をいとわぬ母親としてばかりか、社会に眼を向け、名もない悩める人のために奉仕する人物として描いている。

Ruth は Benson の教会の財政事情が窮屈なこともあり parish doctor, Mr. Wynne の世話で sick nurse の仕事を始める。Ruth が sick nurse になるについて Jemima は彼女の知性は別の所で生かすべきとの考えから、この仕事に反対する立場を取るが、作者が Ruth を sick nurse にした意味は Jemima のような Ruth の能力と適性の問題を越えた所にあるのである。sick nurse として働く Ruth は、熱病に喘ぐ Bellingham を看病に行き、その為に悲劇的な死を遂げるという物語の伏線になっていることは措くとして、その修道女の様な働き振りこそ Ruth 自身が神に罪の許しを乞う姿である。

作者は Ruth の sick nurse 姿をこの様に描く。

She allowed herself no nervous haste of movement or touch that should hurt the feelings of the poorest, most friendless creature, who ever lay a victim to disease... The poor patients themselves were unconsciously gratified and soothed by her harmony and refinement of manner, voice and gesture, ... that arose from its being the true expression of a kind, modest, and humble spirit. By degrees her reputation as a nurse spread upwards, and many sought her good offices who could well afford to pay for them, ... She went wherever her services were first called for...

Her ways were very quiet ; she never spoke much, ... And yet Ruth's silence was not like reserve ; it was too gentle and tender for that. It had more the effect of a hush of all loud or disturbing emotions, and out of the deep calm the words that came forth had a beautiful power. She did not talk much about religion ; but those who noticed her knew that it was the unseen banner which she was following. The low-breathed sentences which she spoke into the ear of the sufferer and the dying carried them upwards to God⁽⁴²⁾.

the Bensons に救われた Ruth は、the Bradshaws と関わる間に、Mrs. Gaskell が物語の中に用意した問題、即ち 1. 無知故に犯した罪の重み、2. 人は罪人を罰する正当な権利があるか、3. 年月は罪を浄化するか、4. 親の罪は子供にどこ迄つきまとうものか、5. 罪は相対的に重みが増して行くか⁽⁴³⁾ 等々の問題に無意識のうちに關つて行くのだが、彼女は Leonard の母として耐え難い苦悩を背負って生きて来た時、直観的に次の様な覚悟に辿りついていた。

Her true instincts told her that it was not right to disturb others with many expressions of her remorse ; that the holiest repentance consisted in a quiet and daily sacrifice⁽⁴⁴⁾.

Ruth 物語はここで終ってよい。

Bellingham と Bradshaw のような人物が中心となつて社会は動いて行くのが現実である。正邪、清濁混然として人生は展開する。道徳、教育に配慮し、讚美歌を高唱し、破邪顕正に奮い立つかと思えば、自らの利益のためには汚れた金を使う人物が指導的な役割を演じている社会、独善と正統とを混同した自己主張の盛んな時代に、多くを語らず弁明を慎しみ、ただ黙々と人のために奉仕することに生きる意味を求めようとする Ruth. この彼女の姿を自己主張の放棄と見ることは出来ない。

Mrs. Gaskell は、Jemima に正直に自己主張をし、自ら考え自我に目覚めた新しい時代の女性像を描き、Sally に、自らの分際をわきまえ、自らの責任と義務に忠実で、しかも人間理解に透徹した眼を持つ、魅力的な老女の姿を描き、そして Ruth に、青春の礎の罪、即ち私生児の母という運命を背負い、苦悩の果てに神の愛を見るに至った女性の姿を描いた。

冒頭に紹介した Sanders の批評通り、Ruth は文学

作品としてまさに失敗作と言える。George Eliot の批評⁽⁴⁵⁾ も正鵠を射たもので、Authur Pollard が云う通り、*Ruth* is a *fable* of seduction and illegitimacy and of society's attitude towards the unmarried mother⁽⁴⁶⁾。であり、too much contrivance, coincidence and unnecessary sufferings⁽⁴⁷⁾ が物語の reality をそぐことは確かだが、As long as *Ruth* is read it will stand as a monument to the faith and charity of a good woman who found in Christian religion an ideal and a standard for the principles upon which society exists⁽⁴⁸⁾。

そして繰り返して云う。声高に自我を主張し、権利の拡張運動が澎湃として起った時代は、安定と喧騒と混沌の共存時代であり、自由は奔放さを宿して人間は科学技術の発達に益々自信と希望を抱き、それは過信の危険さえ招きかねない勢であった。

この時勢の流れに敢えて棹さして、Mrs. Gaskell が無言の奉仕を *Ruth* の悲劇的な人生の姿に託した意味は重く、これを人の傲りへの静かな抗議と読む。

注

- 1) *Elizabeth Gaskell: The Critical Heritage* p. 212 edited by Angus Easson (Routledge 1991)
- 2) *Ibid.*, p. 219
- 3) *Ibid.*, p. 201
- 4) *Ibid.*, p. 231
- 5) *Ibid.*, p. 265
- 6) *Ibid.*, p. 215
- 7) Gerald DeWitt Sanders: *Elizabeth Gaskell* (Yale University Press 1929) p. 50
- 8) Arthur Pollard: *Mrs. Gaskell Novelist & Biographer* (Manchester University Press 1965) pp. 106-107
- 9) W. A. Craik: *Elizabeth Gaskell and the English Provincial Novel* (London: Methuen & Co. Ltd 1975) pp. 48-49
- 10) Winifred Gérin: *Elizabeth Gaskell A Biography* (Clarendon Press 1976) p. 127
- 11) *Encyclopaedia Britannica* Vol. 9. p. 54
- 12) Elizabeth Gaskell: *The Works of Mrs. Gaskell* Vol. 3 (Knutsford Edition: New York AMS Press 1972) p. 9 (本稿のテキストとしてこの版を用いた)
- 13) Joan Evans: *The Victorians* (Cambridge University Press 1966) p. 111
- 14) *Ibid.*, p. 112
- 15) Elizabeth Gaskell: *op. cit.* p. 206
- 16) *Ibid.*, p. 31
- 17) *Ibid.*, p. 32
- 18) *Ibid.*, pp. 72-73
- 19) *Ibid.*, p. 246
- 20) *Ibid.*, p. 141
- 21) *Ibid.*, p. 205
- 22) *Ibid.*, p. 117
- 23) *Loc. cit.*
- 24) *Ibid.*, p. 118
- 25) *Ibid.*, p. 117
- 26) *Loc. cit.*
- 27) *Loc. cit.*
- 28) *Ibid.*, p. 120
- 29) *Ibid.*, p. 111
- 30) *Ibid.*, p. 152
- 31) *Ibid.*, p. 207
- 32) *Ibid.*, p. 261
- 33) *Ibid.*, p. 324
- 34) *Ibid.*, p. 335
- 35) *Ibid.*, p. 246
- 36) *Ibid.*, p. 300
- 37) *Loc. cit.*
- 38) *Loc. cit.*
- 39) *Ibid.*, p. 340
- 40) *Ibid.*, p. 347
- 41) *Ibid.*, p. 354
- 42) *Ibid.*, pp. 387-388
- 43) W. A. Craik: *op. cit.* p. 50
- 44) *Ibid.*, p. 364
- 45) 注 4 参照
- 46) Arthur Pollard: *op. cit.* p. 87
- 47) *Ibid.*, p. 88
- 48) G. D. Sanders: *op. cit.* p. 50

Some Uses of Verbs in Defoe's *Robinson Crusoe* : With Special Reference to Psychological Expressions*

Kazuho MURATA

Introduction

Seen in the light of the rise of the English novel, Defoe's prose works no doubt hold an important position in the history of English language and literature. Among other critics, Ian Watt in *The Rise of the Novel*, discussing Defoe, Richardson and Fielding as originators of the novel, mentions that in particular Defoe and Richardson broke "the accepted canons of prose style" and achieved an "immediacy and closeness of the text to what is being described." Moreover, "with Defoe this closeness is mainly physical, with Richardson mainly emotional."¹ It may be convincing that the essence of Defoe's prose as viewed mainly in this point is closely linked with physical descriptions. This is not to say that Defoe does not make emotional descriptions. In fact, we are continually confronted with mental or psychological expressions of the heroes or heroines in Defoe's works, even though they may not be called emotional. In observing those expressions linguistically, we are inclined to pay our special attention to Defoe's employment of verbs as indicative of characters' state of mind, or "mind-style."² As a preliminary step to an exhaustive study of the language of Defoe's novels, therefore, the aim of the present article is to examine how verbs in psychological expressions appear and work in his best-known novel *Robinson Crusoe* (1719).³ Yet, verbs focused on here will be chiefly verbs of motion; that is, collocations of such verbs with nouns, prepositions or adverbs in the same context build up sort of verb phrases which suggest psychological elements of characters. Accordingly, verbs whose primary meaning has a

psychological nuance, e. g. *think*, *imagine*, *fancy*, *consider*, etc. are not to be dealt with here.

In the following pages, we shall take notice of several typical instances and look into their similar or synonymous expressions with respect to form or pattern. Furthermore, our text has a double aspect which might be called thematic: the contrast that Crusoe, the hero, lives passively under many restrictions on the uninhabited island but at the same time he carves actively a way for himself through them. Our analysis of psychological verbal expressions may reveal such a contrastive feature somehow.

1. To start with, we shall discuss instances where intransitive verbs, which are mostly verbs of motion, collocate with a preposition and a noun indicative of mentality: the phrase "come into mind" is a typical instance. Reading our text closely and sensitively, we cannot help noticing a variety of such expressions. Let us see the following two instances:

all the good counsel of my parents, my father's tears and my mother's entreaties *came* now fresh *into my mind*; (31)

And:

the good advice of my father *came to my mind*, (105)

The above instances, though in different scenes, appear in the context where Crusoe, who went to sea in spite of his parents' opposition, is in despair. Although there might be a slight difference in nuance between both the italicized expressions, we can in fact regard them as

synonymous. The verb "come" in such a usage often collocates not only with "mind" but alternatively with "thought (s)" or "head" after the preposition, such as:

it *came into my thoughts* one day, that all this might be a meer chimera of my own, (156)

Or:

The difficulty of launching my boat *came* often *into my head*. (137)

As the similar expression with the above instances, the uses of the verb "occur"⁴ are discussed. The following instances show that "occur" is combined with "thought(s)" or "mind" as in the instances of "come":

at last it *occur'd to my thoughts*, that I had shook a bag of chickens' meat out in that place, (95)

it *occurred to my thought*, that the Brasilians take no physick but their tobacco for almost all distempers; (108)

it *occurred to my mind* that I pored so much upon my deliverance from the main affliction. (110)

However, in our text the verb "occur" collocates more frequently with the pronoun "me" than with nouns expressive of mentality, as for example:

it immediately *occurred to me* how I should be laughed at among the neighbours. (38)

These expressions including the verbs "come" and "occur" suggest spontaneous movements of Crusoe's mind. Although they might be rather common and formulaic in such contexts, instances of the verb "dart" are noticeable:

(In the scene where Crusoe who was captured by Moors takes the chance to run away)

This moment my former notions of deliverance *darted into my thoughts*, (43)

And:

(In the context where Crusoe suddenly wonder if the thunder may hit the powder near himself) a thought which *darted into my mind* as swift as lightning it self: (78)

In the description of Crusoe's state of mind, the verb "dart" appears twice in our text. These two italicized expressions, which seem to be used with the association of the primary meaning of the verb "dart," are closely connected with each context; consequently, they may give a sort of immediacy or strength of meaning to their context. Next, let us see how the verb "run" is employed in similar patterns:

This thought *run long in my head*, (115)

the words (of the Bible) . . . *ran* seriously *in my thought*. (110)

the howling of wolves *run much in my head*; (291)

According to *OED2*, the sense of "run" in such uses with the preposition "in" is defined as "to revolve."⁵ The combination of "run" with the preposition "through" appears only once⁶:

a secret joy *run through* every part of *my soul*. (222)

Similarly, the verbs "roll," "whirl," "lie," "cling" and "enter" are instanced as follows:

while these reflections were *rowling upon my mind*, (163)

the innumerable crowd of thoughts that *whirled through that great thorow-fare of the brain*, the memory, in this night's time: (200)

the dread and terror of falling into the hands of savages and canibals *lay so upon my spirits*. (170)

this thought *clung so to my heart*, (194)

there were thoughts which very seldom *entered into my head*. (104)

Two further verbs used in similar patterns, though not verbs of motion, are worthy of note. The first is “remain”:

the impression (of the horrors) that *remained upon my mind*. (103)

The second is “struggle”:

(In the context where Crusoe is worried about killing the savages, the cannibals, for his deliverance)
all these arguments one way and another *struggled in my head* a long time, (203)

The verb “struggle” is closely related to the context and its use makes us associate its primary meaning as the use of “dart” does.

2. In this section, we shall treat intransitive verbs in relation to their grammatical subjects. As different from the previous section, a noun indicative of mentality does not occur after a preposition. Instead, the pronoun “me” is sometimes substituted. Many such expressions have “heart” as their subjects. First, some instances of the verb “sink” come:

O my powder! My very *heart sunk within me* when I thought. (78)

my heart sunk within me. (210)

my spirits began to *sink* under the burthen of a strong distemper. (105)

Other verbs which collocate with “heart” are “shrink,” “tremble” and “die”:

my very heart would *shrink*, (152)

my heart trembled at the thoughts of shedding so much blood. (203)

(the captain said) “*my heart trembles*, for fear they [the enemies] have seen us,” (253)

At that very word, *my heart*, as I thought, *died within me*. (35)

my very heart would *die within me*, to think of the woods, the mountains, the deserts I was in; (125)

In the pattern under discussion, apart from “heart,” nouns expressive of mentality—say, “mind,” “head,” and “soul” which are often seen in the previous section—rarely occur as subjects of intransitive verbs. However, the noun “spirits,” cited above in the instance of “sink,” is sometimes so employed as in this example:

my spirits began to *revive*, (97)

Next, let us see the uses of the verb “return” which does not always collocate with a subject indicative of mentality:

something always *returned* swift upon me to check these thoughts. (80)

my former thoughts *returning*, (232)

the *thought* of my design *returned* with the fair weather; (230)

3. Here our chief concern will be with the uses of transitive verbs which co-occur in the passive with grammatical subjects expressive of mentality. In this case, their instances often accompany such nouns as “thoughts” after a preposition. See the following:

my head began to be *filled* very early with *rambling thoughts*. (27)

I went frequently to the place it self, . . . while *my mind* was thus *filled with thoughts* of revenge, (176)

but *my unlucky head*, . . . was all this two years

filled with projects and designs. (198)

As a different instance to these, the following might be worth citing for reference :

I was so filled with indignation at the sight, (189)

Next, the instances of "bend" come :

my thoughts were so entirely *bent* upon seeing the world, (30)

but my *mind was* wholly *bent* upon the notion of passing over in my boat to the main land. (201)

As for this verb "bend," we can see one instance in which it collocates with "I" in the active voice :

which [a good design] *I* had once *bent* my *thoughts* too much upon ; (174)

The use of the active voice here might suggest a difference in Crusoe's mental attitude, as being more lively or positive. The instance of another verb is given below :

My thoughts were now wholly *employed* about securing my self against either savages . . , or wild beasts, (76)

4 . The present section will confine itself to the type where a transitive verb without any implication of motion is combined with an abstract noun suggestive of mentality as a subject, and a pronoun "me" [i. e. Crusoe] as an object. The following is a case in point :

(In the context where Crusoe asks God why he is tormented alone in the desert island)
Why has God done this to me ? What have I done to be thus used ? My *conscience* presently *checked me* in that enquiry, as if I had blasphemed, and methought it spoke to me like a voice : "WRETCH! dost thou ask what thou

hast done?" (107)

In the above passage, the question within the quotation marks is direct speech by Crusoe's conscience ; conscience is, as it were, personified. Examining the italicized part in such a context, we find that the combination of the verb "check" with "conscience" and "me" shows a psychological aspect of Crusoe : in effect a spontaneous movement of the hero's mind. There are other instances of this pattern, as the following show :

sometimes I was for making another voyage to the wreck, though *my reason told me* that there was nothing left there worth the hazard of my voyage ; (198)

my heart began to *fail me* ; (194)

my inclination to this *led me* so strongly against the will. (27)

This *confusion* of my thoughts *kept me* waking all night. (167)

my apprehensions of them had *made me* cautious. (180)

These *reflections made me* very sensible of the goodness of providence. (141)

There are also two similar examples where the verbs imply something psychological themselves :

hope of furnishing my self with necessities *encouraged me* to go beyond what I should have been able to have done upon another occasion. (68)

the *apprehension* of the return of my distemper *terrify'd me* very much. (108)

Further, we can find instances where the subject does not indicate mental state, such as :

their *firing* of guns for help *filled me* with many thoughts, (191)

Or :

the *noise* of the falling of the rock *filled me* with horror. (96)

Next, we shall treat the uses of intransitive verbs in the similar type. For example :

[then] *reason* as it were *expostulated with me* :
Well, you are in a desolate condition, 'tis true,
but pray remember, where are the rest of you?
(80)

This passage, like the instance "conscience checked me," again includes direct speech by Crusoe's reason; "you" stands for Crusoe. Another instance comes in the following :

the *anguish* of my soul at my condition would
break out upon me on a sudden, ... (125)

5. In our text, Defoe employs a variety of psychological expressions in which the pronoun "I" functions as a grammatical subject. However, as already mentioned in the introduction, such examples as "I think," "I imagine," etc. are not to be discussed here. Our attention in this section will be turned to the instances where the combination of a transitive verb, whose primary meaning does not express mentality, with an adverb indicates Crusoe's psychological movement; accordingly, they are apt to co-occur with nouns indicative of mentality. Let us see the uses of the verbs "lift" and "work" :

I forgot not to *lift up my heart* in thankfulness to Heaven; (269)

And :

With these reflections I *worked my mind up*,
not only to resignation to the will of God ...
but even to a sincere thankfulness ... (142)

According to OED2, the instances of the verb-adverb combination "lift up"⁸ or "work

up"⁹ make a set phrase and often collocates with such nouns as "heart" or "mind." They are both in the context where Crusoe, after he came to read earnestly the Bible, relies spiritually on God and consequently tries to encourage himself. Thus considered, the italicized parts, in contrast with the instances in the previous sections which show the hero's spontaneous or involuntary movement of mind, seem to suggest his intentional or deliberate mental act. Similar instances are the following :

plucking up my courage, I took up a great firebrand, (183)

But still *plucking up my spirits* as well as I could, and encouraging my self a little with considering that the power and presence of God was every where, (183)

In these instances, the spatial meaning of the adverb "up" is contrastive with particularly such expressions as "heart sinks." The following includes the instance of an intransitive verb :

at last I quite *lay'd aside the thoughts* of it,
(38)

I *looked back* with some horror *upon the thoughts* of what my condition would have been, (180)

As for the verb phrase "look back,"¹⁰ the instance which does not collocate with a noun indicative of mentality is given below :

(In the scene where Crusoe, trying to get himself out of his desert island by boat, is prevented by the strong current and finds himself in difficulty)

Now I *looked back* upon my desolate solitary island as the most pleasant place in the world,
(149)

6. Defoe's usages of reflexive pronoun in our text seem to be, to say the least, linguistically

one of the most characteristic features.¹¹ Here we shall look into the type where a verb, a preposition and a reflexive pronoun (i. e. "myself") co-occur with "I" as the grammatical subject; the verb in this combination can be both transitive and intransitive. First, let us see instances of transitive verbs:

I debated this [what Crusoe should do against savages] very often *with my self* thus: How do I know what God Himself judges in this particular case? (177)

Apart from the primary meaning of the verb "debate" as in "I debate this with him," the expression "I debated this with my self" seems to reflect the hero's mentality. The use of the verb "argue" in this pattern is of similar nature:

I argued with my self, that this really was the way not to deliver my self, but entirely to ruin and destroy my self; (179)

The following instance is typical:

I only said to my self often, that I was an unfortunate dog, and born to be always miserable. (104)

As this sentence shows, the instances of the "verb—preposition—reflexive pronoun" combination are apt to be semantically connected with our hero's emotional statement as "I was an unfortunate dog." Let us see the instances of intransitive verbs:

(In the scene where Crusoe, entering into the wreck and looking for something useful for the life on the desert island, finds the money)

I smiled to my self at the sight of this money. "O drug!" said I aloud, "what art thou good for?" (75)

Although the verb "smile" itself has a favourable nuance in sense, the combined expression in this passage is closely related to Crusoe's cry

of "O drug!" and might suggest an ironical implication. Another instance is:

sometimes *I would expostulate with my self*, why Providence should thus compleatly ruine its creatures, (80)

7. Our approach to the usage of verbs in this section might be slightly different from those which have been already made. That is, a variety of verbal expressions which describe vividly characters' gestures, as seen in the drama, are focused on. Some of such expressions, closely connected to their contexts, seem to reflect characters' state of mind; though they might be rather conventional. The following is a case in point:

(In the context where Crusoe realizes that he has to live solitarily in the desert island and loses all hope for his future)

recovering my self a little, I ran about the shore, *wringing my hand* and *beating my head and face*, exclaiming at my misery, (86)

In the two italicized phrases, the hero's sorrow is shown by concrete actions. In particular, the verb phrase "wring one's hand(s)" appears in the context of distress, as follows:

this [such a thought as why I have to be prisoner in an uninhabited island] would break out upon me like a storm, and make me *wring my hands* and weep like a child. (125)

Let us examine the following case:

(In the scene where Crusoe, after the ship foundered, drifts ashore and finds himself safe)

I walked about on the shore, *lifting up my hands*, and my whole being, as I may say, wrapt up in the contemplation of my deliverance ... (66)

When the noun "hands" occurs with the verb phrase "lift up," we notice that this gestural phrase is the linguistic presentation of the hero's

joy or delight. Let us consider the use of the verb “look,” which is less dynamic than the expressions including “hands” :

I would immediately sit down and sigh, and *look upon the ground* for an hour or two together ; (125)

The italicized phrase “look upon the ground,” semantically connected with “sigh,” has the connotation of Crusoe’s sorrow or despair. Another instance of “look” is here :

and then recovering my self, I *looked up* with the utmost affection of my soul, and with a flood of tears in my eyes, gave God thanks ... (172)

The verb phrase “look up” is closely related to “the utmost affection of my soul,” “a flood of tears” and “gave God thanks.” Thus, the phrase connotes the hero’s delight as well as his piety. In the context of piety, such instances as the following naturally occur :

I *kneeled down* and gave God thanks aloud for my recovery ... (110)

I *fell on my knees* and gave God thanks for my deliverance ... (151)

The examination of such verbal expressions might enable us to recognize the state of mind about other characters than Crusoe. The following is the description about Friday :

(After Crusoe rescued Friday from the savages)
he came to me, and then he *kneeled down* again, *kissed the ground*, and *laid his head upon the ground* ... (207)

The series of the italicized verb phrases, all expressing concrete actions, suggest Friday’s gratitude and obedience to Crusoe. Among these phrases, the use of “kneel down,” which has already appeared in Crusoe’s piety, might

lead us to suppose that Friday takes him to be God or the like ; for Crusoe killed the enemies by a gun, which is beyond Friday’s comprehension. The next is also taken from the description of Friday :

(In the scene where the captive whom Crusoe and Friday saved from the enemies finds to be Friday’s father)

it would have moved any one to tears, to have seen how Friday *kissed* him [his father], *embraced* him, *hugged* him, *cry’d*, *laughed*, *hollowed*, *jumped about*, *danced*, *sung*, and then *cry’d* again, *wrung his hands*, *beat his own face and head*, and then *sung* and *jumped about* again, like a distracted creature. (237-38)

All the italicized verbs and verb phrases show vividly Friday’s delight. What engages our attention among them are the two verb phrases “wring his hands” and “beat his face and head.” These phrases, having been discussed as appearing in scenes of sorrow or distress, are contrastively employed in the context of joy. In the description of the character except Crusoe and Friday, we come across the appropriate instance :

(In the scene where Crusoe appears before three captives in order to rescue)

“He [Crusoe] must be sent directly from heaven then,” said one of them very gravely to me, and *pulling off his hat* at the same time to me, (252)

Next, we shall deal with some instances of the tears, which might be more visual and concrete expressions than such ones as “I cry” or “I weep.” They occur in both contexts of sorrow and joy, as follows :

[sorrow]

(In the context where Crusoe insists on going to sea in spite of his parents’ objection)

I observed the *tears run down* his [father’s] face very plentifully, (29)

Other instances which describes Crusoe's despair are here :

the *tears* would *run* plentifully *down* my face
... (80)/the *tears burst* out of my eyes, and I
could say no more for a good while. (105)

The noun "tears" as a grammatical subject collocates with the dynamic verb or verb phrase "run, down" or "burst." Examples in the context of joy are :

[joy]
this [what I saw barley grow in an unsuitable climate for corn] touched my heart a little, and *brought tears* out of my eyes, (94)/(In the description of the captain who was saved by Crusoe) the *tears ran down* his face, and he could not speak a word more, (256)

As the instance shows, we can find that "tears" as a grammatical object is used in the collocation with the transitive verb "bring."

Final Remarks

The above survey, though tentative and limited, shows to some extent how psychological expressions in *Robinson Crusoe* depend upon the uses of verbs. Our analysis of the verbs, most of which are of motion and are not indicative of mentality in their primary meaning, is closely related to their collocations with other words and also to the contexts in which these verbs appear. Thus considered, it might be better to say that in this paper we observed verb phrases or clauses rather than verbs themselves. However, various usages of verbs which represent vividly the hero's individual mental self in different scenes or situations seem to reflect both emotional and physical closeness of this novel. Our next task, in order to elucidate the significance of Defoe's language within a historical perspective, will be to investigate linguistically other novels by Defoe, say, *Moll Flanders* (1722)¹², *Roxana* (1724), etc.. Moreover, considering the movement of English

prose in the eighteenth century, we must attempt to compare Defoe's language with that of such prose works as Addison and Steele's *The Spectator* (1711-14) in the preceding age or as Swift's *Gulliver's Travels* (1726) in the following age.

Notes

- * I would like to thank Professor Hiroyuki Ito of Fukuoka Women's University for reading the draft of this paper carefully and making a number of helpful suggestions.
- 1 Ian Watt, *The Rise of the Novel* (London : Chatto & Windus, 1967) p. 29.
- 2 According to Fowler, the term "mind-style" refers to "any distinctive linguistic presentation of an individual mental self." Roger Fowler, *Linguistics and the Novel* (London : Methuen, 1977), p. 103.
- 3 The text is based on Angus Ross ed. *The Life and Adventures of Robinson Crusoe* (Harmondsworth : Penguin Books, 1985) All the italics in the quotations from the text are mine and the figure in parentheses placed after the quotation is the page in the Penguin edition.
- 4 *OED2* gives the verb "occur" the following definition : "to present itself to thought, *come into one's mind*." (italics are mine.) *OED2* s. v. Occur, 2. b.
- 5 *OED2* s. v. Run, 18. a.
- 6 In terms of the different uses of the verb "run" which is employed in the psychological expression, we can find the set phrase "run upon." When this phrase occurs in the text, the nouns expressive of mentality are used as the grammatical subject in the following :

My *head run* mightily *upon* the thoughts of getting over to the shore. (136)/my *thoughts run* exceedingly *upon* this scripture ... (109)/my *thoughts run* many times *upon* the prospect of land ... (135)

Although *OED2* give this verb phrase the definition "to dwell upon, be occupied with (a subject) in thought or discourse," their usages, when collocating with intensive adverbs "mightily" and "excessively" and moreover

"many times," seem to have the implication of dynamic movement in these psychological depictions in this novel. *OED2* s. v. Run, 70. c.

- 7 The verb "sink" sometimes appears as transitive verb in the following :

this *sunk* my very soul within me a second time, (96)/The thought of this sometimes *sunk* my very soul within me, (180)/(the sight would) *sink* his *spirits*. (200)

Interestingly, in the uses of this verb as transitive, other nouns than "heart" function as the grammatical object.

- 8 *OED2* s. v. Lift, 5. d. ("lift up one's heart, mind, soul" is idiomatic phrase, and this instance of our text is the last citation of *OED2*.)
- 9 *OED2* s. v. Work, 40. k.
- 10 *OED2* give the phrase "look back" the following definition : "to direct the mind to something that is past." *OED2* s. v. Look, 32. b.
- 11 We discussed and examined the transitive verb-reflexive pronoun combination in another article. Cf. my article "Some Observation on Verbs with Reflexive Pronouns in Defoe's *Robinson Crusoe*" in *Kurokami Review* No. 15
- 12 For comparison, here is a passage from Defoe's *Moll Flanders* (1722) :

(In the context where the heroine, Moll, serving the house where two brothers live, is kissed and seduced by an elder brother) His [an elder brother's] *Words* I must confess *fir'd my Blood* ; all my *spirits flew about my heart*, and put me into Disorder enough, which he might easily have seen in my Face : He repeated it afterwards several times, that he was in Love with me, and my *heart spoke* as plain as a Voice, that I lik'd it ; nay, when ever he said, I am in Love with you, my *blushes plainly reply'd*, would you were Sir. (60)

When we examine psychological expressions in this novel, the four italicized parts given above might be of great interest. Among them, in particular, the expression "blushes . . . reply'd" suggests the heroine's innocent modesty ; but

she afterwards ruins herself. In this respect, such an expression, as never seen in *Robinson Crusoe*, seems to be characteristic of the language of a woman. Moreover, as Ian Watt says that [*Moll Flanders*] "is richer in feeling than *Robinson Crusoe*," the analysis of the heroine's mentality may lead us to notable peculiarities in the language of *Moll Flanders*. The text of *Moll Flanders* is the Penguin edition by David Blewett, and Watt's comment is from the article "Defoe as Novelist" in *From Dryden to Johnson* edited by Boris Ford. (London : Cassell, 1957) p. 203.

References

- Fowler, R. (1977) *Linguistics and the Novel*. London : Methuen.
- Ito, H. (1993) *Some Aspects of Eighteenth-Century English*. Tokyo : Eicyosha.
- Lannert, G. L. (1910) *An Investigation into the Language of Robinson Crusoe with that of Other 18th century Works*. Uppsala : Almqvist & Wiksells.
- Leech, G. N. (1971) *Meaning and the English Verb*. London : Longman. 2nd edn. 1987.
- _____. (1974) *Semantics*. Harmondsworth : Penguin. 2nd edn. 1981.
- McIntosh, C. (1977) "A Matter of Style : Stative and Dynamic Predicates." *PMLA* 92, 1. 110-21.
- Murata, K. (1992) "Some Observations on Verbs with Reflexive Pronouns in Defoe's *Robinson Crusoe*." *Kurokami Review* No. 15 (The Society of Foreign Literature of the Graduate Course, Kumamoto University) 39-51.
- Quirk, R, S. Greenbaum, G. Leech, J. Svartvik (1985) *A Comprehensive Grammar of the English Language*. London : Longman.
- Watt, I. (1957) *The Rise of the Novel*. London : Chatto & Windus.
- _____. (1957) "Defoe as Novelist." *From Dryden to Johnson : A Guide to English Literature* Vol. 4. (ed. by Boris Ford) London : Cassel.

之至修狀以聞臣某誠惶誠恐頓首頓首死罪死罪

謹言

昌泰三年十月十日正三位守右大臣兼行右近衛大將菅原朝臣○上

菅家後草卷第十三

示勅使^{21表}

忽驚朝使披荊刺官品高加拜感成雖悅仁恩覃遠宿但差存沒左遷名

無序 正曆六年贈左大臣勅使散位菅原幹正參安樂寺

廟院讀宣命文此間案上縹紙書自然化出驚怪見之

表二首 處有件絶句一首可謂神異仍副府解進官其後重

贈太政大臣此詩于今安置外記局

獻家集表

辭大將表

贈太政大臣詔巨爲時作

天承元年八月八日進納

北野聖廟以宮寺權上座勝暹令觸留守政所^{21表}

圓眞大法師矣

朝散大夫 藤廣兼 ○○○○^{下不見 22表}

○ (付記)

平安朝の漢詩人として著名な菅原道真の漢詩集に『菅家文章』のほか『菅家後集』一巻が現存している。その伝本の一つが長崎県島原市の松平文庫に所蔵されていることが知られて久しくなる。

今回はこの未だ活字化されていない『松平文庫本菅家後集』の全文の翻刻を前回(前半部二十首、拙稿「長崎県島原市松平文庫蔵『菅家後集』」――翻刻その一――)にひき続いて後半部全文について試みた。

『菅家後集』の翻刻をお許しいただいた島原市松平文庫及び島原市教育委員会の皆様方の御厚意に対しまして深謝申し上げます。

674 獻家集狀

合二十八卷

菅家集六卷 祖父清公集

菅家文章十二卷 道一集

右臣某伏惟○○陛下始御○○東宮有令求臣讀州客

中之詩臣寫取兩軸啓集既訖登極之後侍臣或人

勸臣令獻文章多少臣蒙或人之勸搜覓元慶以往18裏

草臣先在讀州之間書齋漏濕典籍皆損就中損之

甚者臣文章也或舉軸黏腐舒之如粉或篇中破缺

數字消滅其詞不足誦之人亦不載于口無由尋得

默然而已或人告云賀州別駕平有直雖非詩人文士

好寫天下詩賦雜文疑是汝草同在篋中歟臣忽（忽字、疑忽字）

然大悅招取有直以或人語殷勤請託有直一諾歸

去經數日乃寫贈文筆數百首＊瓦礫之報金玉甚輕數日乃寫贈文筆數百首瓦礫之報金玉甚輕破顔19表

謝之合眼感之其猶所缺者就腐殘之半邊餘點叩

會首尾屋補之綴之恐往々背前人意見之伏勸昌

泰三年內宴應制以上詩并先後雜文等且成十有

二卷臣十五歲加冠而後二十六對策以前垂帷閉

戸涉獵經典雖有風月花鳥蓋言詩之日尠焉秀才

＊見せ消。「帝」を消して右に「筆」とある。

登科則不經幾年爲戸部侍郎戸部主務尊榮案牘

遷吏部之年兼文章博士令講後漢書講書之煩亦

妨詩興今之所集多是仁和年中讀州客意寬平以

降應製雜詠而已客意者以敍微臣之失道也應製

者以遇天子之好文也觸物之感不覺滋多詩人之

興推而可量臣伏惟臣家爲儒林文苑尙矣臣之位

登三品官至丞相豈非父祖餘慶之所延及乎既賴

餘慶何掩舊文爲人孫不可爲不順之孫焉爲人子不

可爲不孝之子矣故今獻臣草之次副以奉進之伏

願○○陛下曲垂照覽臣某不勝感歎之至誠惶誠恐

頓首頓首死罪死罪謹言20表

昌泰三年八月十六日正三位守右大臣兼行右近衛大將菅原朝臣某上

重請罷右近衛大將狀

右臣某去二月六日陳寫懇誠請罷大將明日○天使

從五位上行式部少輔兼文章博士備中權介藤原

朝臣菅根至傳以勅旨不聽愚歎臣畏違王命曲以

從之自夏涉秋心胸如結臣伏惟去寬平九年夏季

當○○陛下之欲受禪入道太上天皇以臣之備＊官不嫌儒學枉忝爪牙當時有謗之聲喧聒雖切聖慮20裏

非常之寄戰兢不辭方今在位公卿堪將帥者五六許

輩衆庶所推伏願○○陛下特賜優裕罷臣武官俾臣

永含箝弓馬之談俾臣專供奉花月之席不勝丹悃

＊判読不能字（虫喰）

郭中不得避諠譁 秋雨濕庭潮落地 此時傲吏思莊與 依病扶持藜舊杖 食支月俸 ^{16表} 恩無極 忘却是身偏用意	遇境幽閑自足誇 暮煙榮屋潤深家 隨處空王事釋迦 且啼吟詠菊殘花 衣苦風寒分有涯 優於諠舍在長沙	505秋晚題白菊 涼秋月盡早霜初 老眼愁看何妄想	殘菊 [*] 白花雪不如 王弘酒使便留居	506晚望東山遠寺 秋日閑因反照看 微々寄送鐘風響 不得香花親供養 佛無來去無前後	華堂插著白雲端 略々分張塔露盤 偏將水月 ^{16裏} 空觀 唯願拔除我障難	507風雨 朝々風氣勁 老僕要綿切 不愁茅屋破 自有年豐稔	夜々雨聲寒 荒村買炭難 偏惜菊花殘 都無計口珍	燈滅二絶 七言	508脂膏先盡不因風 難得灰心兼晦跡	殊恨光無一夜通 寒窓起就月明中	509秋天未雪地無螢 燈滅拋書淚暗零
	遷客悲秋陰夜 ^{17表} 倍	510問秋月 度春度夏只今秋 爲問未曾告終始	7言	511代月答 莫發桂芳半且圓 天廻玄鑑雲將霽	7言	512九月盡 今日二年九月盡 思量何事中庭立	7言	513偶作 病迫衰老到 此賊逃無處	5言	※514謫居春雪 盈城溢郭幾梅花 雁足黏將疑繫帛	7言
	冥々理欲訴冥々	如鏡如環本是鉤 被浮雲掩向西流	三千世界一周天 唯是西行不左遷	此身五十八廻秋 黃菊殘花白髮頭	愁趁謫居來 觀音念一廻	※頭注に「延喜三年 二月二十五日薨。年 五十九」					

奏狀^{18表}

奏狀^{18表}

※496奉哭吏部王 七言

配處蒼天最極西
去年眞跡多霑潤
元老應無朝位立
世間自此琴聲斷

※497種菊。 七言

青膚小葉白牙根
將布買來嬌婦宅
未曾種處思元亮
不計悲愁何日死

※498山僧贈杖、有感題之 七言

昔思靈壽助衰羸
節日合將空送老
扶持無處遊花月
萬一開眉何事在

499二月十九日 七言

郭西路北買人聲
自入春來五十日

無柳無花不聽鶯
未知一事動春情^{14表}

500夜雨古調十四韻 五言

春夜漏非長
自然多愁者
心寒雨又寒
失膏槁我骨

春雨氣應暖
時令如乖悞
不眠夜不短
添淚滋五眼

※頭注に「式部卿本康親王

延喜元年十二月十
四日薨」とある。

※頭注に「扶十五」とある。

※頭注に「扶十」とある。

脚氣與瘡癰

不啻取諸身

架上濕衣裳

況復厨兒訴

農夫喜有餘

懣懣結胸腸

飲了未消磨

此治遂無驗

且念瑠璃光

天道之運人

垂陰身遍滿

屋漏無蓋板

篋中損書簡

竈頭爨煙斷

遷客甚煩懣

起飲茶○坑^{14表}

燒石溫胃管

強傾酒半盞

念々投丹款

不一其半坦^{15表}

501題竹牀子 進事李彥環所送 七言

彥環贈與竹承牀
應是商人留別去
空心舊爲遙踰海
不費一金得唐物

甚好施來在草堂
自今遷客著相將
落淚新如昔橫湘^{14表}
寄身偏愛憤風霜

※502傷野大夫 古調七言五韻

我今遠傷野大夫
聞昔老農歎農廢
沈思雖非入神妙
紀相公應煩劇務

不親不疎不門徒
詩人亦歎道荒蕪
如大夫者二三無
自餘時輩忽鴻儒

況復眞行^{15表}草書勢

絕而不繼痛哉乎

※頭注に「大内記小野美材
延喜二年卒」とある。

503秋夜 七言

床頭展轉夜深更
早雁寒蛩聞一種

背壁微燈夢不成
唯無童子讀書聲

童子小男幼字、近會失亡

504官舍幽趣

六韻七言

〔凡例〕

- 一 丁変わりを「^{1表}」のように記す。
- 二 底本の異体・略字体の類は原則として本字ないし通用の旧字体に改めた。
- 三 校合の便をはかる為、岩波古典文学大系本に倣って作品番号を付した。
- 四 原文は全てベタ書きになっているが、韻文は詩型に応じて適宜、改行を施し、散文については原文通りの改行とした。
- 五 頭注の付されている箇所には※印を作品の上につけ、下欄にそれを記した。
- 六 〇印は欠字をあらわす。

488 讀家書 七言

消息寂寥三月餘
西門樹被人移去
紙裏生薑稱藥種
不言妻子飢寒苦

便風吹著一封書
北地園教客寄居
竹籠昆布記齋儲
爲是還愁懷惱余

※489 白微霰

如碎如黏取貌難
鑾牙米簸聲々脆^{12表}
念佛山僧驚舍利
袖中收拾慙慙見

被風吹結雪相搏
龍領珠投顆々寒
名醫道士怪銀丸
應是爲水淚未乾

※頭注に「扶一」とある。

490 雪夜思家竹

自我忽遷去
西府與東籬
非唯地乖限
惘惘不能眠
近看白屋埋

五言古調十二韻

此君遠離別
關山消息絕
遭逢天慘烈
紛々專夜雪
遙知碧鮮折

家僕早逃散

抱直自低迷

長者好漁竿

短者宜書簡

提簡且垂竿

千萬言無効

縱不得扶持

凌寒誰歸撤

含貞空破裂

悔不早裁截

妬不先編列

吾生堪以悅^{12表}

漣洏亦嗚咽

其奈後凋節

491 聽寺鐘聲

欲識撻鐘報五更
大奇春夏秋冬盡

三塗八難一時驚
爲我終無拔苦聲

※492 元年立春。十二月十九日。七言。

※頭注に「扶二」とある

天慙長寒万物凋

淺深何水冰猶結

根拔樹應花思折^{*}

偏憑延喜開新曆

晚冬催立早春朝

高卑無山雪不消

骨傷魚豈浪情搖

東北廻頭拜斗杓^{13表}

*見せ消。「斷」を消して右に「折」とある。

493 南館夜聞都府禮佛懺悔

人慙地獄幽冥理
佛号遙聞知不得

我泣天涯放逐辜
發心北向只南無^{*}

*見せ消。「向北」を消して右に「北向」とある。

※494 歲日感懷。五言

※頭注に「延喜二年」とある。

故人尋寺去

髮倍春初雪

齋盤青葉菜

合掌觀音念

新歲突門來

心添臘後灰

香案白花梅

屠蘇不把盃

495 梅花 七言

宣風坊北新栽處^{13表}
人是同人梅異樹

仁壽殿西曲宴時
知花獨咲我多悲

長崎県島原市松平文庫蔵 『菅家後集』——翻刻(その二)——

焼 山 廣 志

Kankehōshū, an anthology of Chinese poetry written by Sugawara Michizane, which is stored
in Matsudaira Library in Shimabara City, Nagasaki Prefecture

—— a translated version (2) ——

Hiroshi YAKIYAMA

研 究 活 動 概 要

発表した論文・著書及び講演題目

(自1992年9月～至1993年9月)

論文題目又は著書名	著 者		発表した誌名	(巻号・年月)
ダリウス形横流水車のランナ形状と回転損失トルクの低減に関する実験	(古川明徳) (瀬尾直樹)	(大熊九州男) 高松康生	九州大学工学集報66巻 7号	平成5年1月
曲がり穴の測定法・装置の開発	田口 紘一 松野了二 明石剛二	近藤誠四郎 原 楓 真也	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
管内気泡流の流動パラメータに及ぼす気泡のかく乱効果	猿 渡 真 一	(佐藤泰生)	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
Si ₃ N ₄ のX線応力定数の測定	大 山 司 朗		有明高専紀要 第29号	平成5年1月
Flow and Heat Transfer in a Two-Phase Double-Tube Thermosyphon	(H.Imura)	M.Yoshida	Proceedings of 4th International Symposium on Transport Phenomena in Heat and Mass Transfer 1992-12	平成4年12月
二相二重管熱サイフォン内の流動と熱伝達(入口サブクール度の影響)	吉田正道 (一法師茂俊)	(井村英昭)	日本機械学会論文集B編 第59巻第557号	平成5年1月
二相二重管熱サイフォンの流動と熱伝達に関する研究	吉田正道		熊本大学博士論文	平成5年3月
Development of the RealTime CAM System Based on Parallel Processing and the Inverse Offset Method	(H.Suzuki) (H.Koresawa)	S.Haramaki (M.Sakamoto)	Trasnsaction of NAMURI/SME Vol. XXI,	1993. 5
エンジニアリングワークステーションを用いたアセンブリ言語教育システム(2)―CASL モジュールの追加―	松野了二 (岡 秀 樹)	(引島 晃) (山下真二)	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
電子情報工学科内 LAN と学内 LAN の構想と現状	瀬々 浩 俊 山下 巖	堤 豊 松野了二	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
ハイパーカードを用いた留学生のための専門用語辞書システム	松野了二	辻 一 夫	高専教育第16号	平成5年3月
色による電気絶縁材料の劣化判定について (III)	塚本俊介	(須藤修一)	有明高専紀要 第29号	平成5年1月

渦と衝撃波の相互作用	簗田登世子	衝撃波シンポジウム講演論文集	1993年1月
多孔質大型セルロース球状粒子の開発	松本和秋	機能材料12巻11号	1992. 11
ポリウレタンの熱分解に関する研究 第16報 PyHRGC-FTIR による α, γ -ジ フェニル iso-プロピルアロハナートの 熱分解生成物の同定	吉武紀道 (古川睦久)	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
二次電池用正極活物質の γ 形 CMD か らの合成とその特性	宮本信明 (平田光司) (石橋友加)	電気化学, 第60巻 第10号	平成4年10月
二価マンガン塩を出発物質としたりチウ ム二次電池用正極活物質の合成とその特 性	宮本信明 (堀内晋市) (野澤智司)	電気化学, 第61巻 第39号	平成5年9月
Evaluation Methods for Thermal Spray Coatings	R. Kawase	Thermal Spray Coatings: Reserch, Design and Applications, 1993	平成5年6月
Miscibility of Poly (4-hydroxystyrene) with Poly (4-acetoxystyrene)	S. Himuro (S. Arichi) (N. Sakamoto)	Rept. Progr. Polym. Phys. Japan Vol. 35	平成4年11月
Phase Behaviour of Poly (4-hydroxy- styrene) Solution	S. Himuro	Rept. Progr. Polym. Phys. Japan Vol. 35	平成4年11月
Miscibility Behavior of Poly(4- hydroxystyrene) with Poly (4- acetoxystyrene)	S. Himuro (S. Arichi) (N. Sakamoto)	Polymer Journal Vol. 24 No 12	平成4年12月
分子間相互作用力の異なるポリスチレン 誘導体の熱力学的特性に関する研究	氷室昭三	九州大学博士(工学)論文	平成5年4月
高分子膜型界面活性剤電極の開発とその 応用に関する研究	正留隆	九州大学博士論文	平成5年2月
ヨーロッパの医療と病院建築を訪ねて その3 イギリス	新谷肇一	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
北海道と九州における道路交通騒音に関 する社会調査(道路交通騒音に対する社 会反応の地域比較研究 I)	(泉清人) (矢野隆) 山下俊雄	日本建築学会計画系論文報告集 No. 442	1992年12月

- | | | | |
|--|---------------------------------|---|--------------|
| 北海道と九州における道路交通騒音に対する社会反応の多変量解析（道路交通騒音に対する社会反応の地域比較研究II） | 山下 俊雄（矢野 隆）
（泉 清人） | 日本建築学会計画系論文報告集 No. 451 | 1993年 9月 |
| 道路交通騒音に関する社会調査（北海道と九州における社会反応の比較） | （矢野 隆） 山下 俊雄
（泉 清人） | 熊本大学工学部研究報告 第41巻 第2号 | 平成 4年 9月 |
| 園城寺境内諸堂宇の造営に関わった工匠について | 松岡 高弘 | 有明高専紀要 第29号 | 平成 5年 1月 |
| 明正寺本堂の建築について | 松岡 高弘 | 有明高専紀要 第29号 | 平成 5年 1月 |
| 福岡アメリカン・センターの建造物（『福岡アメリカン・センター40年』所収） | 松岡 高弘（土田 充義） | 海鳥社 | 平成 5年 7月 |
| FT-IR による有機蒸着薄膜の構造評価に関する研究第2報（VDF/TrFE [73/27mol%] 共重合体蒸着薄膜の強誘電性相転移および分子配向に関する研究） | 石崎 勝典（堀内 俊寿）
（松重 和美） | 九州大学工学集報第66巻 第1号 | 平成 5年 1月 |
| ピニリデンフルオライドテロマー蒸着膜の分子配向及び相転移挙動に関する研究 | （吉田 郵司） 石崎 勝典
（堀内 俊寿）（松重 和美） | 九州大学工学集報第66巻 第4号 | 平成 5年 8月 |
| 流れパターンの可視化像のパソコン処理の一工夫 | 山下 巖 | 有明高専紀要 第29号 | 平成 5年 1月 |
| 固溶強化と分散強化が複合した合金の高温における変形応力の予測法 | 宮川 英明（中島 英治）
（吉永日出男） | 日本金属学会誌 第57巻 第1号 | 平成 5年 1月 |
| On the Dirichlet Problem for Second Order Degenerate Quasilinear Elliptic Systems | M. Araki | Memoirs of the Faculty of General Education Kumamoto University Natural Sciences No. 28 | January 1993 |
| ON THE HÖLDER CONTINUOUS NON-NEGATIVE WEAK SOLUTIONS OF THE DIRICHLET PROBLEM FOR A DEGENERATE QUASILINEAR ELLIPTIC SYSTEM | M. Araki | Memoirs of the Faculty of Science Kochi University Series a Mathematics Vol. 14 | March 1993 |
| 第一次大戦前イギリスにおける「国家的社会政策」の展開と社会行政機構 | 高田 実 | 『熊本歴史科学研究会会報』第44・45号 | 平成 5年 9月 |
| 長崎県島原市松平文庫蔵『菅家後集』—翻刻（その1）— | 焼山 廣志 | 有明高専紀要 第29号 | 平成 5年 1月 |

長崎県島原市松平文庫蔵『田氏家集』 一翻刻（その2）一	焼山 廣 志	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
Gauss Maps of nearly minimal surfaces	(J.Kajiwara) (Lin Li) F. Sakanishi	Complex Variables	投稿受理
開発とサンゴ礁地域の変容一山原を例にして	中 島 洋 典	日本のサンゴ礁地域2 熱い心の島一サンゴ礁 の風土誌 古今書院	平成4年10月
高次のスピン間相互作用を含む軸性次隣 接イジングモデルの磁気相図	(落 合 道 夫) 村 岡 良 紀 (井戸垣俊弘)	九州大学工学集報 第65巻 第5号	平成4年10月
軸性次隣接イジングモデルのマルチフェ イズ点近傍の磁気相図	(落 合 道 夫) 村 岡 良 紀 (井戸垣俊弘)	九州大学工学集報 第66巻 第3号	平成5年6月
S=1 axial next-nearest neighbour Ising (ANNNI) model with higher order spin interaction	Y.Muraoka (M. Ochiai) (T. Idogaki) (N. Uryu)	Journal of Physics A Vol. 26 No. 8	1993
わが英語教室の一断面	中 本 潔	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
ハーディ「日蔭者デユード」試論	中 本 潔	有明高専紀要 第29号	平成5年1月
Pseudoconvex domains in Some infi- nite dimensional Spaces	T. Honda	有明高専紀要 第29巻	平成5年1月
Some Observation on Verbs with Reflexive Pronouns in Defoe's <u>Robin- son Crusoe</u>	K. Murata	Kurokami Review No. 15	平成4年11月

(注)・氏名欄()は学外者を示す

講演題目	氏 名	発表した学会・講演会名	年・月
固定ヨーメータによる遠心羽根車出口で の翼間流れ分布の測定について	(高 原 久 定) 高 松 康 生 (篠 崎 千 能) (古 川 明 徳)	日本機械学会 第70期 通常講演会	平成5年3月
単純適応制御方式(SAC)に基づく倒立 振子の制御	川 崎 義 則 (水 本 郁 朗) (若 宮 龍 市) (岩 井 善 太)	日本機械学会, 機械力 学・計測制御講演会 (D & D '93)	平成5年7月
2方向移動クレーンモデルの適応制御	川 崎 義 則 原 慎 真 也 木 下 正 作 (岩 井 善 太)	第3回全国工業高等専 門学校パワーエレクト ロニクスセミナー	平成5年7月

CAM 内蔵型 CNC の開発—スプライン関数発生について—	(鈴木 裕) (稲田 崇) 原 慎 真 也	精密工学会春季大会学術講演会	平成 5 年 3 月
非接触オンマシン測定システムの開発—形状測定器の特性—	(鈴木 裕) (上田 久雄) 原 慎 真 也	精密工学会春季大会学術講演会	平成 5 年 3 月
制御系における知識獲得と階層化	浜田 伸 生 (松永 信智) (川路 茂保)	第11回計測自動制御学会九州支部学術講演会	平成 4 年11月
蒸着時電場印加による強誘電性高分子 P (VDF/TrFE) 蒸着膜の製造	(吉田 郵司) 永守 知見 (堀内 俊寿) (松重 和美)	第53回応用物理学会学術講演会	平成 4 年 9 月
制御機器におけるノイズ対策	石井康太郎	久留米・鳥栖テクノポリス技術者研修講座メカトロコース	平成 4 年11月
渦の再結合と放射音	簗田登世子 (高岡 正憲) (神部 勉)	日本物理学会	1992年 9 月
衝撃波と渦の干渉	簗田登世子	応用物理学九州支部講演会	1992年12月
斜め衝突する渦輪の運動とその放射音	簗田登世子	流力騒音シンポジウム	1992年12月
渦と衝撃波の相互作用	簗田登世子	衝撃波シンポジウム	1993年 1 月
Interaction of a Shock Wave with a Vortex Ring	T. Minota	19th Int. Symp. on Shock Waves	1993年 7 月
球面衝撃波と 2 つの渦輪の相互干渉	簗田登世子	流体科学講演会	1993年 8 月
オキシランアクリル粒子固定化ウリカーゼ充填カラムを用いた尿酸の分析	永田 良 一 (権藤晋一郎)	化学工学会第58年会講演要旨集	平成 5 年 3 月
ポリウレタンゴムの光音響法 FT-IR による熱劣化現象の追跡	吉武 紀 道 (古川 睦久) (横山 哲夫)	日本化学会九州支部中国四国支部合同大会	平成 4 年10月
PyGC-FTIR の高分子分析への応用	吉武 紀 道 (古川 睦久)	第 2 回 熱分解ガスクロマトグラフィー研究会	平成 5 年 3 月
連続昇温 FT-IR によるポリウレタンエラストマーの熱分解過程の検討	吉武 紀 道 (古川 睦久) (横山 哲夫)	日本ゴム協会1993年年次大会	平成 5 年 5 月
Evaluation Methods for Thermal Spray Coatings	R. Kawase	National Thermal Spray Conference	1993年

ポリ(4-ヒドロキシスチレン)の溶液におけるエキサイマーの形成	氷室昭三 (坂本範行)	(有地鎮雄)	第42回高分子学会年次大会	平成5年5月
ポリ(4-ヒドロキシスチレン)の上部および下部臨界共溶温度	氷室昭三		高専教官と長岡技大教官による化学に関する研究交流集会	平成5年8月
三井三池炭鉱における一救護隊員の足跡—三川鉱炭塵爆発・CO中毒災害を中心として—	辻直孝		第25回安全工学研究発表会講演予稿集	1992年12月
ニュートラルキャリアー型イオン電極の応答機構のISFETによる検討	正留隆 (脇田慎一) (石橋信彦)	(今任稔彦) (川畑祐司)	日本化学会九州支部・中国四国支部合同大会	平成4年10月
半導体イオンセンサーによる有害化学物質の計測	(脇田慎一) (山根昌隆) (川原昭宣)	正留隆 (竹田さほり) (東国茂)	通産省工業技術院環境技術研究総合推進会議水環境委員会第1回研究発表会	平成4年12月
金属イオンと非イオン性界面活性剤の錯形成能のイオン電極/FIA法による評価	正留隆	(今任稔彦)	日本分析化学会分離化学関連研究懇談会連合発表会	平成5年5月
交換体無添加可塑化PVC膜型電極の陽イオン性界面活性剤に対する応答性	正留隆	(今任稔彦)	第30回化学関連支部合同九州大会	平成5年7月
騒音のうるささの評定尺度について—その3	山下俊雄 (新名雅文)	(矢野隆) (小林朝人)	日本建築学会中国・九州支部研究報告第9号・2	1993年3月
道路交通騒音に対する住民反応について(その3熊本における電話法による社会調査)	(矢野隆) (新名雅文) (黒澤和隆)	山下俊雄 (泉清人) (小林朝人)	日本建築学会中国・九州支部研究報告第9号・2	1993年3月
道路近傍の交通騒音減衰量の予測方法と暴露—反応関係	(矢野隆) (新名雅文) (黒澤和隆)	山下俊雄 (泉清人) (小林朝人)	日本建築学会中国・四国支部研究報告第9号・2	1993年3月
Cross-regional Comparison of Community Response to Road Traffic Noise in Hokkaido and Kyushu, Japan	(T. Yano) T. Yamashita (K. Kurosawa)	(K. Izumi) (Wut Dankittikul)	Proceedings of the 6th International Congress, on Noise as a Public Health Problem, 1993 Nice 5-9	

Cross-cultural Comparison of Community Response to Road Traffic Noise in Japan and Thailand	(Wut Dankittikul) (T. Yano) T. Yamashita	(K. Izumi) (K. Kurosawa)	Proceedings of the 6th International Congress, on Noise as a Public Health Problem, 1993 Nice 5-9
北海道と熊本における道路交通騒音に関する社会調査- 3 (熊本市での電話法調査の概要)	(新 名 雅 文) (矢 野 隆) (黒 澤 和 隆)	山 下 俊 雄 (泉 清 人) (小 林 朝 人)	日本建築学会大会学術講演梗概集 1993年 9 月
北海道と熊本における道路交通騒音に関する社会調査- 4 (電話法による熊本データの多変量解析)	山 下 俊 雄 (泉 清 人) (小 林 朝 人)	(矢 野 隆) (黒 澤 和 隆)	日本建築学会大会学術講演梗概集 1993年 9 月
日本とタイ国における道路交通騒音の住民反応に関する国際比較	(中 野 年 司) (山 口 智 道) 山 下 俊 雄	(泉 清 人) (Wut Dankittikul) (黒 澤 和 隆)	日本建築学会大会学術講演梗概集 1993年 9 月
騒音のうるささの評定尺度に関する実験的研究	(矢 野 隆) (小 林 朝 人)	山 下 俊 雄	日本建築学会大会学術講演梗概集 1993年 9 月
RC せん断面降伏曲線とせん断面変位の直交性に関する検討	上 原 修 一		日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東) 1993年 9 月
寛文度造営出雲大社の社殿配置について 一大社造の建築的研究 その10ー	松 岡 高 弘		日本建築学会中国・九州支部研究報告 平成 5 年 3 月
園城寺と私――建築史学徒の場合――	松 岡 高 弘		園城寺 第81号 平成 4 年11月
パーフルオロアルカンの DSC および FT-IR による相転移の研究	(今 福 信 嘉) 永 守 知 見 石 崎 勝 典 (堀 内 俊 寿)	(平木由紀夫) (木 佐 木 尚) (吉 田 郵 司) (松 重 和 美)	平成 4 年度応用物理学 平成 4 年12月 会九州支部講演会
VDF テロマーの DSC および FT-IR による相転移の研究	(平木由紀夫) 永 守 知 見 石 崎 勝 典 (堀 内 俊 寿)	(今 福 信 嘉) (木 佐 木 尚) (吉 田 郵 司) (松 重 和 美)	平成 4 年度応用物理学 平成 4 年12月 会九州支部講演会
VDF テロマーの蒸着膜の分子配向特性	(吉 田 郵 司) 石 崎 勝 典 (松 重 和 美)	永 守 知 見 (堀 内 俊 寿)	第40回応用物理学関係 平成 5 年 3 月 連合講演会
ビニリデンフルオリドテロマー蒸着膜の分子配向と相転移挙動	(吉 田 郵 司) (堀 内 俊 寿)	石 崎 勝 典	第30回化学関連支部合同九州大会 平成 5 年 7 月

Molecular orientation of polar organic vacuum-deposited films and effect of electric field during deposition	(Y. Yoshida) (K. Matsushige) K. Ishizaki	(T. Horiuchi) T. Nagamori	The 3RD IUMRS INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS	平成5年8月
高専情報処理の基礎教育について(小中学校の情報処理教育導入をうけて)	山下 巖		平成5年高専情報処理教育研究発表会	1993年8月
高温における固溶硬化と分散強化が複合した合金の変形応力の経路依存性とその予測	宮川 英明 (吉永日出男)	(中島 英治)	日本金属学会 秋季第111回全国大会	平成4年10月
Fe-3.5at%Mo 固溶硬化合金における高温変形応力の変形履歴依存性とその予測	(森川 龍成) 宮川 英明 (吉永日出男)	(岡崎 俊宏) (中島 英治)	日本鉄鋼協会秋季第124回全国大会	平成4年10月
固溶硬化合金の高温変形における応力指数遷移に対する変形挙動予測法を用いた検討	宮川 英明 (吉永日出男)	(中島 英治)	日本金属学会 春季第112回全国大会	平成5年4月
表生成系におけるユーザインタフェースに関する一考察	河村 豊実 (牛島 和夫)	(古川 善吾)	平成4年度電気関係学会九州支部連合大会	平成4年10月
退化する非線型楕円型境界値問題のHölder連続な解について	荒木 真		京都大学数理解析研究所 研究集会変分問題・非線形楕円型方程式の諸問題	1993年1月
第一次大戦前イギリスにおける「国家的社会政策」の展開と社会行政機構	高田 実		熊本歴史科学研究会例会	1993年4月
『菅家文草』巻四所載の詩「江上晩秋」の解釈をめぐって	焼山 廣志		熊本大学黒髪古典研究会	平成5年7月 (1993年)
藤本の定理の一般化について	坂西 文俊		日本数学会九州支部秋季例会	平成4年10月
ガラス写像の擬等角性について	坂西 文俊		多変数複素関数論シンポジウム	平成4年12月
沖永良部島におけるサンゴ礁礁原の形成過程と寸づまり現象の発生	(菅 浩伸) 中島 洋典	(堀 信行) (市川 清士)	日本地理学会予稿集	1993年4月
REDUCED REEF-FLAT OUT-BREAKS IN A HIGH-LATITUDE FRINGING REEF	(Kan, H) Y. Nakashima	(N, Hori) (K. Ichikawa)	V II Pacific Science Inter-Congress Abstracts	June 1993

ANNNI モデルのモンテカルロシミュレーションII	村岡良紀 (井戸垣俊弘)	(落合道夫) (瓜生典清)	日本物理学会秋の分科会	1992年9月
高次のスピン間相互作用を含むANNNIモデルの磁気相図II	(落合道夫) (井戸垣俊弘)	村岡良紀	日本物理学会秋の分科会	1992年9月
三次元ANNNIモデルの擬二次元的振舞について	村岡良紀 (井戸垣俊弘)	(落合道夫) (瓜生典清)	第98回日本物理学会九州支部例会	1992年11月
ANNNIモデルのマルチフェイズ点近傍の磁気相図	(落合道夫) 村岡良紀	(井戸垣俊弘)	第98回日本物理学会九州支部例会	1992年11月
ANNNIモデルのマルチフェイズ点近傍の磁気相図II	村岡良紀 (井戸垣俊弘)	(落合道夫)	日本物理学会第48回年会	1993年3月
Hilbert 空間と Hilbert-Schmid 型写像の列の極限空間の領域に対する核関数について	T. Honda (Jing, Jim Kim) (M. Nishihara)	(J. Kajiwara) (Lin Li)	日本数学会例会	1992年10月
The first Cousin Problem on a Pseudo-convex domain of infinite dimensional Projective spaces.	(S. Ohgai) T. Honda	(W. Sugawara)	The first korean-Japanese Colloquium on Finite or infinite Dimensional Complex Analysis	1993年7月

(注)・氏名欄 () は学外者を示す

【文部省在外研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	留学先
平成 4 年度	高機能溶射皮膜と評価法に関する研究	工業化学科	川 瀬 良 一	アメリカ・ニューヨーク州立大学

【内地・外地研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	留学先
平成 4 年度	有界正則関数の境界挙動及び双正則写像の接続に関する研究	一般科目	坂 西 文 俊	九州大学理学部

【特定研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成 4 年度	無経路誘導方式に基づく全方向移動無人搬送車の開発に関する研究	機械工学科 電気工学科	川 崎 義 則 原 槇 真 也 近藤誠四郎	3,900,000

【科学研究費】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成 5 年度	二次元レーザスキャンによる形状計測の研究	機械工学科	原 槇 真 也	800,000
〃	非接触電極法による有機分子薄膜の誘電率および D-E 測定	電気工学科	永 守 知 見	500,000
〃	乱流の素過程として見た渦線の再結合と音の放射	電子情報工学科	簗田登世子	1,500,000

【奨学寄付金】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金額	寄付者名
平成 4 年度	可塑化ポリ塩化ビニル膜型界面活性剤イオンセンサーの応答機構の解明とその流れ分析への応用	工業化学科	正 留 隆	1,000,000	勸吉田学術教育振興会
平成 5 年度	表面改質法に関する基礎的研究	工業化学科	川 瀬 良 一	300,000	東海塗装㈱

【各種委員】

平成 5 年度	1993 年 JSME/ASME 動力エネルギー国際会議組織委員会委員	校 長	高 松 康 生
---------	-------------------------------------	-----	---------

平成2年度～	RIST (Reserch for Intelligent System Technology in Kumamoto 熊本知能システム技術研究会) 知能制御システムグループ研究協力者	機械工学科	川崎 義 則	熊本テクノポリス財団
平成5年度～10年	先端材料技術交流会 先端材料技術第156委員会委員	機械工学科	南 明 宏	
平成5年度	日本機械学会連絡委員	機械工学科	南 明 宏	
平成5年度	パソコン通信検討会 (大牟田商工会議所・企画情報委員会)	電子情報工学科	瀬々 浩 俊	
平成5年度	マテリアルライフ学会編集委員	工業化学科	吉 武 紀 道	
平成4年度	日本化学会九州支部高専幹事	工業化学科	吉 武 紀 道	
平成5年度	駛馬地区公民館建設基本構想に関する調査・研究	建築学科	研究代表者 新 谷 肇 一	
平成5年度	大牟田市都市計画審議会委員	建築学科	新 谷 肇 一	
平成4年度	大牟田市地域住宅計画 (HOPE 計画) 運営協議会委員長	建築学科	新 谷 肇 一	
平成4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	
	日本材料学会X線材料強度部門委員会委員	共通専門	宮 川 英 明	
平成5年度	和漢比較文学会研究文献目録委員	一般科目	焼 山 廣 志	
平成5年度	大牟田市生涯学習まちづくり推進本部委員	一般科目	焼 山 廣 志	

【卒業研究】

機械工学科

	研 究 題 目	指導教官	学 生 名
平成4年度	金属における高温変形応力の変形経路依存性と その予測に関する研究	宮 川 英 明	大河 文 護・柴田 幸 治
	セラミックス－軟鋼の拡散接合に関する研究	大 山 司 朗	武田 真 一・松尾 慶 介 山 本 和 也

温・熱間鍛造用金型に関する研究	南 明 宏	品 川 崇・渡 部 和 雄
レーザ加工に関する基礎的研究	南 明 宏	北 原 正 揮・角 清 隆
二相二重管熱サイホン内の流動と熱伝達に及ぼすサブクール度の影響	吉 田 正 道	江 口 隆 二・川 原 大 介 松 尾 光 泰
CAD の効果的教育法の開発と研究 (CAD 操作マニュアルの作成)	吉 田 正 道	吉 開 貴 徳・吉 山 満
真円軸受の油膜圧力分布に関する研究	倉 橋 完 充	玉 崎 智・富 吉 徹 也
二円弧軸受の潤滑特性	倉 橋 完 充	太 田 黒 剛・永 淵 昌 彦
30°Y形管における気液二相流の研究	猿 渡 眞 一	徳 永 直・野 口 和 広 山 口 剛
複合流路におけるサブチャンネル間の乱流混合	猿 渡 眞 一	中 島 隆・中 村 敏 孝
回転系孤立渦の挙動に関する研究	山 下 巖	富 安 秀 利・長 沼 公 記
無人搬送車の開発に関する研究	川 崎 義 則・原 榎 真 也	平 田 和 久・松 岡 博 典
2 方向走行クレーンの適応制御	川 崎 義 則・原 榎 真 也	上 瀧 純・高 江 大 暢
自由曲面仕上加工の効率向上の研究	原 榎 真 也・川 崎 義 則	茨 木 宏 峰・甲 斐 田 潔 志
並列処理を用いた CAD システムの研究	原 榎 真 也・川 崎 義 則	三 浦 健 司・宮 原 正 剛
深穴加工における曲がり制御についての研究	田 口 紘 一・明 石 剛 二	石 橋 信 也・富 重 将 司
深穴加工における多角形発生時の工具先端運動の測定と制御についての研究	田 口 紘 一・明 石 剛 二	川 野 悦 史・島 秀 之
曲がり制御深穴カウンタボーリングについての研究	田 口 紘 一・明 石 剛 二	内 田 知 洋・松 本 康 男
新型ドリルの開発に関する研究	貝 田 正 実・明 石 剛 二 田 口 紘 一	蛭 子 隆 志・高 橋 朋 視
高感度切削動力計の試作研究	田 口 紘 一	進 藤 俊 喜・松 田 直 幸

電気工学科

プログラマブルコントローラによるシーケンス制御の研究	須 藤 修 一	猿 渡 裕・塚 本 豊
----------------------------	---------	-------------

PWM インバータ	須藤 修一	神原 幸治・寺尾 祐司
ハイパーカードを用いた専門用語辞書の作成— ション	辻 一夫	岡山 昌雄・福原 和夫
コンパニオン回路による回路解析プログラムの 作成	辻 一夫	寺本 和生・西村 勝久
パソコンによるロジック IC テスタの製作	近藤誠四郎	川部 正重・高村 喜威
GP-IB 計測システムの研究	近藤誠四郎	小平 祐司・牟田 理
アモルファス磁歪線における励振および検出	小沢 賢治	古賀 雅治・長岡 信行
磁歪線における信号解析	小沢 賢治	稲田 誠司・立野 勝巳
モデルタンク内の電界電位計算	浜田 伸生	諫山 正剛・河野 将樹
針対針形除電器のコロナ放電特性	浜田 伸生	石川 淳也・兼武 徹治 中川 功
EWS を用いたアセンブリ言語教育支援シス テムの作成	松野 了二	岡 秀樹・引島 晃 山下 真司
パソコンを用いたアセンブリ言語教育支援シ ステムの作成	松野 了二	森田 真吾・吉村 隆
強誘電体薄膜蒸着膜の D-E 特性	永守 知見	河野 雅一・後藤 誠也 森嶋 清敏
強誘電体蒸着膜の誘電率の測定	永守 知見	田尻 雅大・辻 淳也
C++による数値演算ライブラリの作成	中原 正俊	河野 光貴・前川 圭祐
スイッチングコンバータの大振幅応答解析	中原 正俊	岡村 尚幸・堀切 正人
測色法による電気機器絶縁診断の研究	塚本 俊介	坂 典行・森 克之

(注：電気工学科のみ平成3年度のものです。平成4年度については第29号に掲載済)

工業化学科

シリコンオイルによるシリカの変性	木佐木 尚	秋山 武彦
シリコンオイル及びシランカップリング剤に よる沈殿シリカの表面変性—FT-IR による定 量分析—	木佐木 尚	石橋佳奈恵

シリカの表面変性—加熱処理の影響—	木佐木 尚	坂井紀子
アルコールによる沈殿シリカの変性	木佐木 尚	前田 豊
シリコンオイルによるシリカの表面変性	木佐木 尚	山本理央
オキシランアクリル粒子固定化アスコルビン酸 オキシダーゼの活性低下	永田良一	植田佳代子
固定化アスコルビン酸オキシダーゼを用いたア スコルビン酸の分析	永田良一	大橋匡典
シリカゲルによる酵素の固定化	永田良一	倉田治彦
固定化ウリカーゼ充填カラムを用いた尿酸の分 析	永田良一	古賀敏広
酵母または固定化酵母によるエタノールの生産	永田良一	西村慶一
FT-IR によるいくつかの電気絶縁性樹脂の熱 劣化の追跡(1)—セルロース樹脂とポリカーボネ ート樹脂について—	吉武紀道	井上さおり
FT-IR によるいくつかの電気絶縁性樹脂の熱 劣化の追跡(2)—ナイロン樹脂と芳香族ポリエス テル樹脂について—	吉武紀道	中尾美咲
アロハナート架橋ポリウレタンゴムの光音影響 法 FT-IR による熱劣化現象の追跡	吉武紀道	塚本琢磨
ビュレット架橋ポリウレタンゴムの光音影響 法 FT-IR による熱劣化現象の追跡	吉武紀道	福田秀雄
ポリウレタンゴムの連続昇温加熱測定による熱 劣化過程の FT-IR による追跡	吉武紀道	松村英明
ポリウレタンフォームの FT-IR による連続昇 温過程における熱劣化の追跡	吉武紀道	神田清宏
粉末セルロースを原料としたセルロースゲルの 調製	松本和秋	鐘ヶ江良太
N, N-ジメチルアクリルアミドとメタクリル酸 グリシジルとの懸濁共重合による多孔質ゲルの 製造	松本和秋	木村広樹
アガロース親水性ゲルの調製	松本和秋	児玉敬志

ヘチマを原料としたセルロースゲルの調製	松本 和 秋	土 山 希
酪酸酢酸セルロースからのセルロースゲルの調製	松本 和 秋	西 山 繁 行
セルロースプロピオネートからの親水性ゲルの調製	松本 和 秋	日 巻 英 展
低圧における気液平衡関係の測定および熱力学的健全性の検討	渡 辺 徹	江 崎 和 博・大久保大亮
コットレルポンプによる低圧下の気液平衡測定と熱力学的健全性の検討	渡 辺 徹	廣 田 茂 樹・馬 渡 厚 徳
乾式酸化法による γ 形 CMD からのリチウム二次電池用正極活物質の電池特性	宮 本 信 明	石 橋 卓 也
4 V 級リチウム二次電池用正極活物質としての $\text{LiCo}_x\text{M}_{n2-x}\text{O}_4$ の合成	宮 本 信 明	内 田 勝 介
4 V 級リチウム二次電池用正極活物質としての $\text{Li}_1\text{V}_x\text{M}_{n2-x}\text{O}_4$ または $\text{Li}_1\text{W}_x\text{M}_{n2-x}\text{O}_4$ の合成と電池特性	宮 本 信 明	浦 田 吉 康
$\text{LiCo}_x\text{M}_{n2-x}\text{O}_4$ のリチウム二次電池特性	宮 本 信 明	藤 巻 要
乾式酸化法による γ 形 CMD からのリチウム二次電池用正極活物質の合成	宮 本 信 明	森 田 誠
ポリ (N-アセチルデヒドロアラニン) 希薄水溶液の物性	氷 室 昭 三	上 藤 史 子
ポリ (4-ヒドロキシシステレン) の良溶媒における溶液物性	氷 室 昭 三	葉玉豊一朗
ポリ (4-ヒドロキシシステレン) の貧溶媒による溶液物性	氷 室 昭 三	今 田 千 春
ポリ (4-ヒドロキシシステレン) とポリ (4-ビニルピリジン) 及びポリ (2-ビニルピリジン) ブレンドの相溶性に関する研究	氷 室 昭 三	福 田 将 延
FT-IR によるポリ (4-ヒドロキシシステレン) ポリ (4-ビニルピリジン) ブレンドの相溶性に関する研究	氷 室 昭 三	福 山 能 成
イオン交換樹脂の直列型複合膜のイオン透過性	正 留 隆	石 橋 直 子

可塑化ポリ塩化ビニル膜型電極の陽イオン性界面活性剤などに対する応答性 正 留 隆

矢野 博一

パーフルオロアルカンの DSC および FT-IR による相転移の研究 石 崎 勝 典

今 福 信 嘉

VDF テロマーの DSC および FT-IR による相転移の研究 石 崎 勝 典

平木由紀夫

建築学科

道路交通騒音に対する住民反応に関する社会調査研究 山 下 俊 雄

上 田 修 一・山 田 健 治
山 本 純 子

鉄筋コンクリートせん断面の降伏条件の簡略化に関する研究 上 原 修 一

斎 藤 理 子

剛体ばねモデル法による鉄筋コンクリート造骨組み解析のための降伏条件に関する検討 上 原 修 一

松本真紀子

鋼材の疲労強度に関する研究一繰返し速度比による疲労強度 (STK55) 一 原 田 克 身

永 田 昭 男・矢 瀧 攝
雪 野 智 行・米 田 慎 司

炭素繊維補強コンクリートの耐熱性に関する研究 吉 岡 義 雄

小 宮 優 一・杉 和 政

パソコンによる離散化極限解析プログラムの開発 上 原 修 一

田 口 剛 政・広 井 武 志

吊屋根構造物の励振発生メカニズムの実験的研究一片流れ屋根の空力弾性応答特性一 三 宅 昭 春

石 井 達 哉・江 口 裕 章
中 村 秀 樹・待 鳥 昌 一
横 田 誠

公営住宅団地における高齢者の住まい方に関する研究一大牟田市営住宅について一 北 岡 敏 郎

藤 崎 敏 行・藤 岡 祐 一

大牟田市における浄土真宗寺院本殿の研究 松 岡 高 弘

緒 方 伸 也

鉄筋コンクリート造 R20 型試験体による動的曲げせん断挙動に関する実験的研究 玉 野 實

内 田 一 成・鎌 田 章 一
北 原 健・辻 佳 宏
安 川 睦

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一ストレス・ケア・センターの新しい試みについて一 新 谷 肇 一

井 上 貴 明・増 田 成 政
毛 利 展 之

大牟田市に分布する石祠の研究

松 岡 高 弘

境 武 志

大牟田市における高齢者の医療施設利用に関する研究 新谷 肇 一

坂本美鈴・末吉陽子
松永千津子

道路近傍の交通騒音の減衰量の予測式に関する 山下 俊 雄
研究

柿原千佳・田栗靖子

地方都市における公共図書館設置計画に関する 北岡 敏 郎
研究—新大牟田市立図書館の利用について—

中村吉晴・渡辺 郁 也

鉄筋コンクリートせん断面の降伏条件に関する 上原 修 一
研究

佐藤一政・吉田一広

学位記番号 熊本大学乙博第十三号
平成五年三月二十六日 授与

氏 名 吉 田 正 道

学位論文題目

二相二重管熱サイフォン内の流動と熱伝達に関する研究

論文内容の要旨

二相熱サイフォンは作動液体を加熱することによって発生する蒸気と液体の密度差によって浮力が生じ、その浮力が駆動力となって、制限された流路内で二相流体の循環が起こり、体積力場（重力、遠心力等）においてポンプ等の外力を用いずに熱を輸送する伝熱装置である。しかし、従来の二相単管熱サイフォンの場合、フラiddiingが発生するために、プール沸騰に比較してかなり低い熱流束で伝熱限界に至ることが知られており、高熱流束域での応用に問題がある。二相二重管熱サイフォンは単管形における伝熱限界の原因である上昇蒸気流による下降液膜の不安定（フラiddiing）を回避するためにサイフォン管内にもう一つの管（内管）を挿入し、作動流体の上昇流路と下降流路を分離させたもので、管内に円滑な循環流が形成されるため単管形に比較してかなり大きな伝熱限界を有し、タービン動翼の冷却および地熱抽出などに応用が考えられる有望な伝熱装置である。これまで二相二重管熱サイフォン内の伝熱特性に関してはいくつかの研究が行われているが、作動流体の物性値、内管上端部形状およびサブクール度が伝熱特性および管内流動に及ぼす影響は十分に解明されていない。また、内部循環流量は伝熱特性と密接に関連すると思われるが、これまでまったく調べられておらず、その実験的な計測および詳細な理論解析は行われていない。

以上のように、二相二重管熱サイフォンに関しては、系統的な基礎研究が十分になされておらず、その伝熱特性および内部流動に関しては不明な点が多い。そこで本研究では開放形二相二重管熱サイフォンを対象として、3種類の作動流体を用い、単管形を含めて4種類のサイフォン管に関してその伝熱特性を詳細に調べ、内部循環流量の測定および目視観察実験を行い、さらに内部流動に関する理論解析を行って広範囲な基礎的知見を得ることを目的とする。また、サブクール度および作動流体の物性値を考慮した熱伝達係数の実験整理式を提出する。最後に、二相二重管熱サイフォンを地熱抽出に応用した場合の伝熱特性および内部流動に関して理論解析を行い、限界抽出熱量の予測を行う。

第1章では、二重管熱サイフォンの定義と分類および作動原理について述べた。さらに従来行われてきた二重管熱サイフォンに関する研究および応用について概説した後、本研究の目的を示し、最後に本論文の構成と概要について述べた。

第2章では飽和沸騰の場合の伝熱特性に関して論じた。作動流体として用いた水、エタノールおよびフロン113 (R113) のそれぞれに対して単管形熱サイフォンと3種類の二重管熱サイフォンを用いて熱伝達実験を行い、熱伝達係数と熱流束の関係および限界熱流束に及ぼす作動流体の物性値および内管上端部形状の影響を調べた。その結果、いずれの作動流体においても、直管状の上端部を有する内管を用いた場合 (D. S 形)、熱伝達係数および限界熱流束は、内管を挿入しない場合の単管形 (S 形) とほぼ同じ値を示した。また、内管上端部にフランジ状の円盤を取り付けた場合 (D. P 形) および上端部がT字管状の内管を用いた場合 (D. T 形)、限界熱流束に関しては内管挿入の効果が顕著に現れ、R113 の場合、単管形の約4倍の限界熱流束値が得られた。熱伝達係数は水の場合の高熱流束域で単管形よりも大きな値となったが、その他の場合は単管形に比較して小さい値を示した。また、この場合、エタノールおよびR113に対して特定の熱流束で熱伝達係数が不連続に増加する特異な現象が現れた。次に、本実験で得られた熱伝達係数の値を他の研究者の熱伝達係数整理式と比較検討した。エタノールおよびR113の場合、熱伝達係数と熱流束の関係においてD. S 形を除く二重管形 (D. P 形およびD. T 形) のデータは、Stephan-Abdelsalamの式とよく一致した。しかし、水の場合、実験データの傾向はStephan-Abdelsalamの式と一致したが、実験値自体は大きな値を示した。単管形の場合はいずれの作動流体においても楠田・井村の式とよい一致を示した。

第3章では飽和沸騰における流動と熱伝達の関係について実験および解析を行い、詳細に検討した。第2章で用

いた3種類の作動流体に対しT字形内管(D.T形)を用いた場合の管内循環流量および熱伝達係数を同時に測定した。循環流量は熱流束の増加とともに増加しその後減少するが、エタノールおよびR113の場合、特定の熱流束で再び増加した。この熱流束は第2章で述べた熱伝達係数の不連続な増加が認められた熱流束と一致した。また、水の場合は流量の再増加は認められなかった。流量測定実験と同じ条件で流動様式の目視観察実験を行った結果、エタノールおよびR113の場合、特定の熱流束でサイフォン管全長にわたって不安定流動様式への遷移が認められ、この熱流束は前述した熱伝達係数の不連続な増加および循環流量の再増加が認められた熱流束と一致した。循環流量に関する理論計算結果は水の場合、実験値とよい一致を示した。しかし、エタノールおよびR113の場合、不安定流動への遷移と循環流量の再増加の因果関係が明らかでないため、流動様式の変化を考慮に入れられず、理論計算値は実験値の再増加に追従できなかったが、ほぼ平均的な値を示した。

第4章では貯槽内液体がサブクールされている場合について、内管入口サブクール度が加熱壁温分布、熱伝達係数、限界熱流束および管内循環流量に及ぼす影響を明らかにするために、前述した3種類の作動流体および4種類のサイフォン管に対して実験的に検討した。壁温分布へのサブクール度の影響は低熱流束域の場合、すべての作動流体に対して単管形と二重管形(D.T形)ではその内部流動状態の相違のために大きく異なり、いずれのサイフォン管の場合もサブクール度の影響が顕著に現れた。しかし、高熱流束域では、サイフォン管の種類にかかわらず、壁温分布へのサブクール度の影響はほとんど認められなかった。限界熱流束はいずれの作動流体の場合も、各内管形状に対してサブクール度の増加とともにわずかに増加したが、単管形に比較して二重管形の増加割合が大きかった。また、単管形の実験データはサブクール度を考慮した楠田・井村の限界熱流束の実験整理式とよい一致を示した。次に飽和沸騰のデータを除いた熱伝達係数の全実験データを整理する実験整理式を提出した。作動流体の物性値およびサブクール度を考慮した本実験整理式は、実験データを±30%の範囲で整理できた。循環流量に関してはエタノールおよびR113を用いて実験を行った。循環流量と熱流束の関係はいずれの作動流体においても飽和沸騰の場合と同様の傾向を示したが、サブクール度の増加とともに流量曲線は高熱流束側へ移行した。さらに、流動様式の目視観察実験を行い、出現した流動様式を五つに分類してサブクール度と流動様式の関係を示す流動様式線図を作成した。その結果、入口サブクール度が増加するにつれてそれらの流動様式が高熱流束側へ移行する様子が明らかになった。

第5章ではT字形内管を有する長尺の二相二重管熱サイフォンを地熱抽出に応用した場合の理論的検討を行った。第3章で使用した理論解析法を若干修正し、3種類の外管内径($d_{21}=0.1, 0.15$ および 0.2m)に対して内管と外管の最適管径比、循環流量および限界抽出熱量に及ぼす貯槽内液体温度(T_s)および環状部から内管内への熱通過係数(U)の影響を調べた。最適管径比は、いずれの外管内径に対しても0.5程度になった。また、限界抽出熱量はいずれの熱通過係数においても貯槽内液体温度が低い場合は音速限界によって決まり、貯槽内液体温度が比較的高い場合は甲藤の限界熱流束の式から得られる熱流束によって制限されることが示された。また、本計算によれば、それぞれの外管内径に対する限界抽出熱量 $Q_{\max}$ の値は、 $T_s=150^\circ\text{C}$ 、 $U=2000\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ の場合、 $2.5\text{MW}(d_{21}=0.1\text{m})$ 、 $7.4\text{MW}(d_{21}=0.15\text{m})$ および $18\text{MW}(d_{21}=0.2\text{m})$ 程度となった。さらに、サイフォン管内の流体温度、圧力および乾き度の軸方向分布、および加熱部における熱伝達係数および壁温分布を示した。

最後に、第6章では本研究で得られた結果を総括した。

学位記番号 九州大学工博乙第一〇一五号
平成五年四月二十三日

氏 名 氷 室 昭 三

主論文の題名

分子間相互作用力の異なるポリスチレン誘導体の 熱力学的特性に関する研究

主論文の要旨

高分子鎖上の官能基が水素結合する能力をもつ高分子は、いわゆる機能性高分子の一つであり、新素材として工学分野において注目を集めている。また、特異な相互作用をもつという観点から理論的にも興味ある対象である。しかしながら、水素結合のような強い相互作用が支配的な高分子—溶媒系および高分子—高分子系の熱力学的特性に関する基礎的研究の報告は少ない。本研究は、水素結合が支配的であるような高分子の溶解性と溶液中での形態および高分子—高分子系の相溶性に関する熱力学的特性を、相互作用を異にするポリスチレン (PS) 誘導体と比較し、明らかにすることを目的とした。

そのモデル高分子として、分子間相互作用力の異なる2種の高分子を選んだ。一つは分子内にアセトキシル基を有するポリ(4-アセトキシスチレン) (PAS) で、もう一つは分子内にフェノール性の水酸基を有するポリ(4-ヒドロキシスチレン) (PHS) である。とくに、PHS は、その水酸基から生じる特有の性質に基づき、エポキシ樹脂硬化剤、プリント配線基盤、フォトレジスト、金属表面処理剤、難燃性接着剤等に適用され、工業的にも注目を集め、その応用が展開されつつある。

本論文は PAS と PHS について溶液中での高分子鎖の分子形態におよぼす置換基の効果を、すでに報告されている PS やその誘導体と比較検討することで明らかにし、さらに溶解性、相分離挙動に対する置換基の効果を明らかにしたものである。また、PAS と PHS の相溶性における水素結合の役割について考察した。

本論文は次の7章より構成される。

第1章では、本研究の目的、研究背景および本論文の構成について述べた。

第2章では、PAS と PHS の各種溶媒への溶解性について検討し、3種の実験法と3種の計算法を用いそれぞれの溶解度パラメータを決定した。PAS、PHS とも溶解度パラメータの値は、他の直鎖状高分子に比べかなり大きい。溶解度パラメータを3成分に分けると、分散力の寄与は他の直鎖状高分子と同程度であり、極性力の寄与も、ポリ(酢酸ビニル)やポリ(メタクリル酸メチル)と同程度である。大きい溶解度パラメータ値は水素結合の寄与によるが、PHS ではこの寄与は著しく大きく、分子構造とよく対応した。

第3章では、PAS の θ 溶媒として酢酸イソプロピルと酢酸ブチルを見だし、 θ 温度を決定した。THF、ジオキサン、酢酸イソプロピル、酢酸ブチルを溶媒として、極限粘度数—分子量関係式を決定した。また主鎖の束縛回転の尺度を表す σ 値を決定し、4-アセトキシフェニル基については、置換基体積の効果に基づいての値と解釈した。極限粘度数の温度依存性から、PAS—溶媒間相互作用を表す熱力学的パラメータをいくつかの溶媒系について決定し、PAS がこれらに対しすべて吸熱的に溶解していることを示した。

第4章では、高分子の理想配位および溶液の熱力学的性質に対する水酸基の影響を調べた。PHS についてジオキサン、THF、酢酸イソプロピル、プロピオン酸エチルを溶媒として、極限粘度数—分子量関係式を決定した。PHS の σ 値へは、4-ヒドロキシフェニルの置換基体積だけではなく、双極子能率も影響した。一方、極限粘度数の温度依存性から求めた PHS—溶媒間相互作用は、調べたすべての溶媒系について発熱的であることを明らかにし、それに基づき室温付近に下限臨界共溶温度 (LCST) を示す溶媒系を見出した。

第5章では、PHS の溶液における高分子鎖の広がりを蛍光法と粘度法を用いて検討した。PHS の蛍光スペクトルには、308nm の吸収スペクトルと鏡像関係をなすモノマー発光帯と356nm のエキサイマー発光帯が認められた。蛍光スペクトル強度比と極限粘度数の温度依存性から、メタノール中において PHS の高分子鎖コイルは温度上昇とともに収縮すること、また水素結合の切断による効果と、束縛回転におよぼす温度効果とにより、これらの温度依存性にクロスオーバーが35°C から40°C 近傍に起こることを明らかにした。

第6章では、高分子-高分子系の相溶性について検討した。PHSのガラス転移温度(T_g)は、水酸基が分子間あるいは分子内で水素結合を形成するため、PSやPASの T_g と比べかなり高い。室温で調製したPHS-PASブレンド試料は、DSC測定から相溶していると判断した。ブレンド組成と T_g の関係は、Gordon-Taylor式において負のずれを示した。この要因を、FT-IR測定によるPHSの水酸基とPASのカルボニル基間の相互作用に基づいて解釈した。また、高温処理物のDSC測定よりPAS-PHSブレンド系はLCST型の相図を有することを示した。

第7章は、各章をまとめて総括とした。

学位記番号 九大工博乙第一〇〇〇号
平成五年二月二十二日 授与

氏 名 正 留 隆

学位論文の題名

高分子膜型界面活性剤電極の開発とその応用に関する研究

学位論文の要旨

界面活性剤は、環境水中の汚染物質としてよく知られているがその消費量の増大にともない環境に与える影響が益々大きくなっている。このため迅速で高感度な定量法の開発が急務とされている。現在種々の界面活性剤イオン電極が報告されているが、目的の界面活性剤とそれと反対電荷のイオン交換体とのイオン対を感応物質とする液膜型あるいは可塑化ポリ塩化ビニル (PVC) 膜型電極が用いられており、電位の安定性、直線応答濃度範囲、寿命などに問題を残している。

本研究では、イオン交換体を加えない可塑化 PVC 膜型界面活性剤電極を開発し、従来の電極より優れた性能をもつことを実証した。本論文はこれらの研究成果をまとめたもので、以下の 7 章からなる。

第 1 章は序論で、界面活性剤の定量法及び界面活性剤電極に関するこれまでの研究動向をまとめると共に、本研究の意義及び目的を明らかにした。

第 2 章ではオルトニトロフェニルオクチルエーテル (o-NPOE) を可塑剤とする PVC 感応膜電極を作製し、その性能を検討した。その結果、この電極は陽イオン性界面活性剤のみならず陰イオン性界面活性剤にもネルンスト的に応答することを見いだした。この電極が、界面活性剤イオンに対して高い選択性をもっており、応答速度が数秒程度であることを明らかにした。またこの電極が陰イオン性界面活性剤の臨界ミセル濃度決定に利用できることも示した。

第 3 章では、イオン性界面活性剤に対する本電極の応答機構について検討した。この電極のイオン性界面活性剤に対する応答が可塑剤と PVC のいずれに起因するかを明らかにするため、可塑剤のみを感応膜とする電界効果トランジスターを用い、イオン性界面活性剤に対する応答を調べた。o-NPOE の誘導体を感応膜とした場合には、陽及び陰イオン性界面活性剤にネルンスト的応答を示さなかった。これに対して、これらの可塑剤を用いる PVC 膜電極は、陽及び陰イオン性界面活性剤に対してネルンスト的応答を示した。これらのことから、可塑化 PVC 膜型電極のイオン性界面活性剤に対する応答は、PVC 中の不純物のイオン交換体 (アニオン及びカチオンサイト) の存在によるものであると結論した。

次に、種々の陰イオンに対するこの電極の応答特性について調べた。この電極がアルキル鎖の炭素数が 10 以上のアルキル硫酸イオンなど感応膜に分配性の高い陰イオンに反応することを示した。したがって、この電極のイオン性界面活性剤に対する応答には、イオンの分配性すなわちイオンの疎水性が大きく関与していることがわかった。

以上より、PVC 中には不純物としてカチオンサイトとアニオンサイトが含まれており、これらサイトとイオン性界面活性剤とのイオン交換により、この電極がイオン性界面活性剤に対して反応していることを明らかにした。

第 4 章では、2 章で開発した電極を界面活性剤のフローインジェクション分析 (FIA) 並びに高速液体クロマトグラフ (HPLC) の検出器として用いるため、基礎的検討を行った。陰イオン性界面活性剤に対する選択性を低下させることなく、キャリアー液中のメタノールを 30% まで増加させて本電極が使用できることを確認した。そこでメタノール水溶液を移動相とする ODS カラムで各種界面活性剤を分離し、本電極で検出する方式について検討したところ、 10^{-4} M 程度のアルキル硫酸イオンの分析が可能であった。

第 5 章では、2 章で開発した電極を検出器とする陽イオン性界面活性剤の FIA を検討した。ベースライン支持電解質溶液 (BLSS) の pH を塩基性側にすることによって、ベースライン電位を低下させることができ、陽イオン性界面活性剤を 10^{-8} M 程度まで検出可能であることを見いだした。FIA 系に陰イオン交換樹脂カラムを組み込むことによって、陽イオン性界面活性剤に対して 100 倍程度過剰に共存する陰イオン性界面活性剤の妨害を除去できた。さらに BLSS 中の金属イオンを Li^+ イオンとすることによって、陽イオン性界面活性剤に対して 100 倍程度過剰に共

存する非イオン性界面活性剤の妨害も除去できることを明らかにした。またこの方法が、河川水中の陽イオン性界面活性剤の定量に有用であることも示した。

第6章では、非イオン性界面活性剤が金属イオンと結合し錯陽イオンを形成する性質を利用して、本電極を検出器とする非イオン性界面活性剤のFIAを検討した。その結果、トリトンX-100及びそれ以外の非イオン性界面活性剤に対してサブネルンスト的応答を示すことを明らかにした。BLSS中の金属イオンとして Ba^{2+} イオンを用いることにより、非イオン性界面活性剤の定量に対して1000倍程度過剰の金属イオンの妨害を完全に除去できることを示した。またFIA系に陽、陰イオン交換樹脂カラムを組み込むことによって、イオン性界面活性剤の存在を100倍程度過剰まで許容できることを示した。さらに本法が洗剤中の非イオン性界面活性剤の定量に有用であることを明らかにした。

第7章では各章で得られた結果を総括した。

平成5年度 編集委員

委員長 瀬戸 洋 (教務主事)
委員 川 崙 義 則 (機 械)
〃 小 沢 賢 治 (電 気)
〃 石 井 康太郎 (電子情報)
〃 松 本 和 秋 (化 学)
〃 新 谷 肇 一 (建 築)
〃 宮 川 英 明 (一 般)
〃 村 田 和 穂 (〃)

有明工業高等専門学校紀要

第 30 号 (1994)

平成 6 年 1 月 31 日 発行

編 集 有明工業高等専門学校紀要委員会

発 行 有 明 工 業 高 等 専 門 学 校
大牟田市東萩尾町 1 5 0
電話 大牟田 (0944) 631011

印 刷 下 田 印 刷
熊本県熊本市南熊本 3 丁目 1 -3
電話 熊本 096-362-7171

CONTENTS

Support Software for Preparing Coursewares for CAI	Keiji Maruyama, Tatsuya Tanoue..... Ryouji Matsuno	1
A Step towards the Unity of Humanities in the National Colleges of Technology	Hiroshi Yakiyama.....	7
Pseudoconvex domains containing the product set with dimension infinite.....	Tatsuhiro Honda.....	17
Study on Phase Transition in Vinylidene Fluoride Telomer	Katsunori Ishizaki, Yukio Hiraki Nobuyoshi Imafuku, Tomomi Nagamori Yuji Yoshida, Toshihisa Horiuchi Kazumi Matsushige	23
Dielectric and Ferroelectric Hysteresis loop Measurements for Thin Organic Films by Non-contact Electrode Method	Tomomi Nagamori, Katsunori Ishizaki Yuji Yoshida, Kazuhiro Hara Toshihisa Horiuchi, Kazumi Matsushige	29
On the Building of the Main Shinto Shrine in the Hiyoshijinja Shrine.....	Takahiro Matsuoka.....	33
Yield Criterion of Reinforced Concrets Shear Plane Subjected to In-Plane Shear and Normal Stresses ...	Shuichi Uehara.....	51
The Effect of Subcooling on the Flow in a Two-Phase Double-Tube Thermosyphon	Masamichi Yoshida, Hideaki Imura Shigetoshi Ippohshi, Sinya Matsukawa	59
Simulation of RC-Circuit Experiment	Kazuo Tsuji, Takayuki Horita..... Nobuo Hamada	63
Adaptive Control of A Crane Model System	Yoshinori Kawasaki, Shinya Haramaki..... Syosaku Kinoshita, Zenta Iwai	67
An Attempt to use a Hardware description Language for Education of Electronic Circuits	Hirotoishi Sese.....	73
An Essay on <i>Ruth</i>	Hisashi Shinagawa.....	79
Some Uses of Verbs in Defoe's <i>Robinson Crusoe</i> : With Specia Reference to Psychological Expressions	Kazuho Murata.....	91
Kankekoshu, an anthology of Chinese poetry written by Sugawara Michizane, Which is stred in Matsudaira Library in Shimabara City, Nagasaki Prefecture — a Translated Version(2) —	Hiroshi Yakiyama.....	101