

久留米工業高等専門学校
紀 要

第14卷 第1号

MEMOIRS
OF
KURUME NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 14 No. 1
SEPTEMBER 1998

平成 10 年 9 月

久留米工業高等専門学校

久留米工業高等専門学校

紀 要

第14巻 第1号
(平成10年9月)

目 次

氷蓄熱システムの研究 — 直接接触法による製氷過程 —	{ 平松 啓本 国健 男一	...	1
久留米絁緯くくり機の開発	{ 大今 淵井 良 豊一 西南 井出 博兼 傑己 奥田 里園 義美 郷規 森 中 義美 彦	...	5
半速同期式ブラシレス DC モータの特性	{ 川平 口石 武 実地 寺野 尾中 大慎 寿郎 野 中 作太	...	11
高純度ひ素の製造に関する基礎的研究	{ 重久 松 浩 気 馬 保 甚 一郎 越 越 幹 男	...	19
蓮如の「王法為本」説と戦国期社会	遠 藤 一	...	27
剣道人間形成論考(1) — 現代剣道における人間形成論的課題 —	木 寺 英 史	...	39
第6回科学技術セミナー ハイテクノロジーの現状・新素材アラカルト — 情報・液晶・フィルター・新薬開発 —	{ 鳥鎌 井田 昭 美 中加 篤藤 吉 之 加 藤 裕 秀 文	...	43
自主教材による数学の指導例	矢 谷 良 幸	...	49
インターネットを利用した英語教育(3) 久留米高専における「実践英語」の教育事例 — その2 —	米 永 正 敏	...	57
数学診断テストの年次別推移に関連した教育研究資料	{ 矢 谷 良 幸 杠 川 越 顕 一郎 田 中 坊 中 坊 義 敏 中 坊 坊 義 秋 中 坊 坊 義 秋	...	65
学位論文	中前 島田 勝道 行治	...	75 77
平成9年度中に発表した論文及び講演題目		...	79
平成9年度卒業研究題目及び専攻科研究論文題目		...	91
久留米工業高等専門学校紀要出版投稿内規		...	97

一般論文

氷蓄熱システムの研究
— 直接接触法による製氷過程 —平 簪 国 男
松 本 健 一A Study of Ice Storage System
— Ice Generation Process by Direct Contact Method —Kunio HIRAHAYA
Kenichi MATSUMOTO

Ice storage systems are classified to static types and dynamic types. To develop the dynamic ice storage system, ice generation and flow characteristics of the slurry ice were investigated experimentally. When cooling liquid refrigerant R113 which is immiscible to water, is injected into water directly, thin circular ice plates, i.e. the frazil ice, generate. Using optical observation and measurements of the temperature profiles of ice generation test vessel, following results are obtained. In cooling process of water, very smooth temperature profiles in the test vessel are observed. When degrees of under cooling of water attain about the ranges from 0.05K to 0.13K, fine ice crystals appear in the vessel and then the degree of under cooling becomes very small. The shape of frazil ice is very thin circular plate and the ratio of diameter to thickness is observed about 0.1. When the ice crystals become to clod and the water flow of the surrounding clod ice stagnate partially, the shape of ice crystals grow to dendrite.

Key Words : Dynamic Ice Storage System, Direct Contact Ice Generation, Frazil Ice, Slurry Ice

1. 緒 言

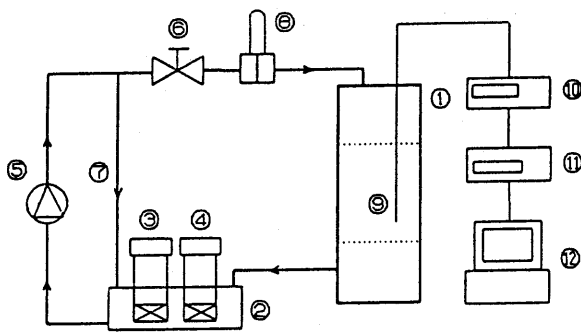
冷房負荷の増加に伴い昼夜間の電力需要の差が増大している。これを平準化すると同時に冷房設備容量の低減を計る目的で、様々な方式の氷蓄熱システムの開発が進められている。氷蓄熱システム¹⁾²⁾は製氷方式により、スタティック型とダイナミック型に大別されるが、その中で注目され、各所で開発・研究が進められているダイナミックシステムが流動性のある氷水スラリー（リキッドアイスとも呼ぶ）による冷熱貯蔵技術²⁾であり、さらに進めて氷水スラリーによる冷熱輸送技術²⁾である。氷水スラリーは生成方法の違いにより、氷の形状・性質も異なり、流動・伝熱特性も大きく異なる。これまでの開発研究において、各種の氷水スラリーの生成に成功しているが、氷晶の初生や成長過程の観察はほとんどなされておらず、その生成機構もほとんど解っていない。これは氷晶の初生や、成長過程にある氷晶の挙動の観察が困難であるためである。

渡辺³⁾、野間⁴⁾や著者らは、水と不溶性の冷媒液

を水中に注入し、氷水スラリーを生成する直接接触法による氷蓄熱システムの開発研究を行っている。この方法によると、直径数ミリメートルできわめて薄い円盤状の氷が生成され、良好な流動性を示すことが観察された。直接接触法で生成される円盤状の氷は、自然界ではフラジルアイスと呼ばれ、河川・湖沼・ダムなどに発生し、流動障害を起こす場合があるがその生成機構や流動特性はほとんど解っていない。本研究では、流動しながら成長する氷晶の観察手段を確立し、その観察手段を用いて、実験パラメータによる氷晶の初生条件や成長過程の観察を行い、その生成機構を検討する。

2. 実験装置及び実験方法

図1に実験装置概略系統図を示す。水と不溶性で水より高密度の冷媒液フロン R113は、恒温冷却槽②において冷凍機③及び伝熱ヒータ④により設定温度に調節され、マグネットポンプ⑤により流量調節バルブ⑥流量計⑧を経て、内径3mmのストレートノズルを通して試験製氷槽①へ送入される。水中で微粒化した冷媒は液液直接接触熱交換で水を冷却



- ①Ice generation test vessel
- ②Temperature regulation tank
- ③Cooler
- ④Heater
- ⑤Refrigerant circulator pump
- ⑥Flow rate regulation valve
- ⑦Bypass loop
- ⑧Flow meter
- ⑨Thermocouples
- ⑩Scanner
- ⑪Digital voltmeter
- ⑫Personal computer

図1 実験装置概略系統図

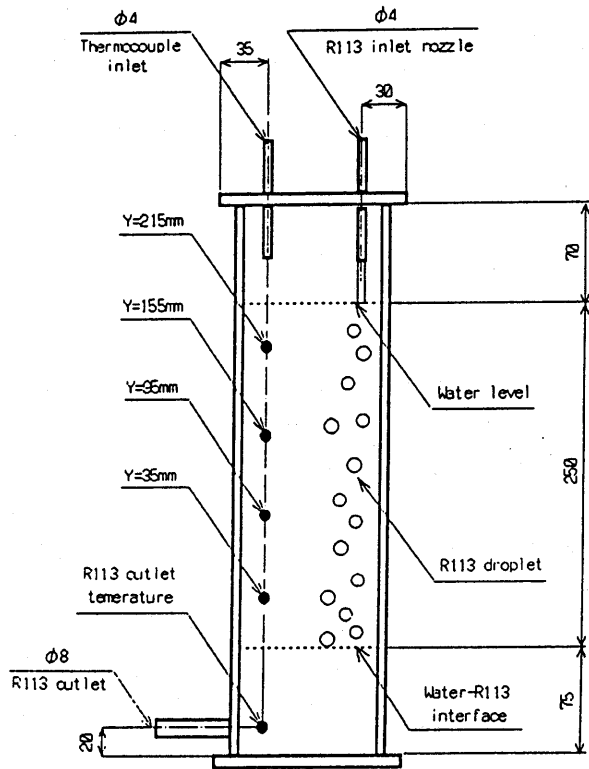


図2 製氷実験槽

しながら落下し、槽下部から流出して恒温冷却槽②へ戻り循環する。試験製氷槽は図2に示すように、内容積105×30×395mmの矩形容器であり、観察用の前後面はそれぞれ二重ガラス構造にし、その内部を真空にして断熱し結露と熱損失を防いでいる。冷媒液注入ノズル内には冷媒液注入温度測定用熱電対が挿入されている。槽上部の水面及び、槽下部の

表1 製氷槽冷却特性実験条件

Temperature T_r ℃	Flow rate Q_r l/min
-5	0.1
-5	0.3
-10	0.1
-10	0.3

表2 氷晶観察の実験条件

Temperature T_r ℃	Flow rate Q_r l/min
-3	0.2
-3	0.3
-5	0.1
-5	0.2
-5	0.3
-10	0.1
-10	0.2
-10	0.3

冷媒液と水の界面位置は実験中一定に保たれており、槽下部の液液界面からの高さ方向の距離 $y = -45, 35, 95, 155, 215\text{mm}$ の位置に温度測定用の熱電対を配置している。最下部の熱電対は冷媒液出口温度を示す。各部の温度は図1の温度測定系統、熱電対群⑨、スキャナー⑩、ボルトメーター⑪、パソコン⑫により測定記録される。観察用の光学系は微小氷晶の観察を可能とするための平行透過光源、顕微鏡を介して撮影記録用のビデオカメラで構成される。実験は、冷媒の流量 Q_r と注入温度 T_r を定常状態に設定し、表1及び表2の実験条件で行った。槽内の水量は0.79[l]一定である。

3. 実験結果

3.1 製氷槽冷却特性

図3は冷媒液の流量 $Q_r = 0.1$ [l/min]、冷媒液注入温度 $T_r = -5$ °Cにおける槽内温度分布の時間変化を示す冷却曲線である。水温の高さ方向の分布はほぼ均一で冷媒液による攪拌が十分に行われていることが分かる。また、水温は時間と共にほぼ直線的に温度降下し、0°Cよりわずかに降下して過冷却状態になった後、氷晶の発生による過冷却解除が進行し、

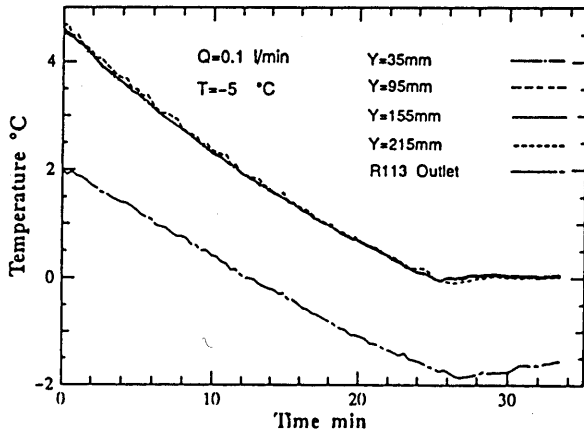


図 3 製氷槽冷却曲線

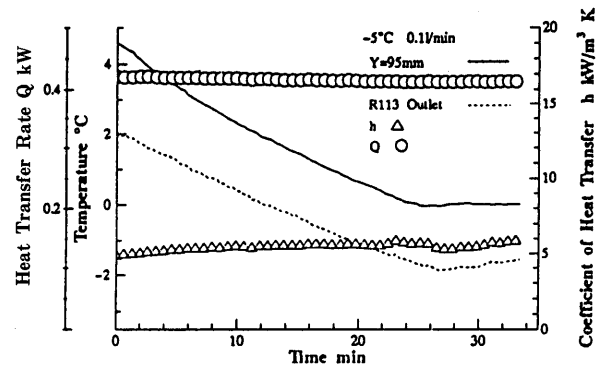
0°C に漸近する。冷媒液出口温度 T_o は常に水温より温度差で 2K 程度低くなっており、水との熱交換の余地を残している。これは冷媒液の微粒化による伝熱促進、及び落下距離を長くして水中での滞留時間を延ばすことなどで対応できると考えられる。表 1 の条件における冷却曲線を図 4 の (a), (b), (c), (d) に示す。図中には冷媒液と水の交換熱量 Q [kW] と体積基準熱伝達係数 h [kW/m³K] も同時に示す。図 4 より、冷媒流量 Q_r の増加とともに冷却曲線は急峻になり、体積基準熱伝達係数 h は増加することが分かる。これは冷媒流量の増加により、液液伝熱面積が増加するためと考えられる。同一冷媒液流量では冷媒液注入温度 T_r による h の変化は顕著ではない。

図 5 には表 1 の実験条件における槽内の各位置における水の最大過冷度を示す。図より槽内の水の最大過冷度は比較的小さく、0.02~0.13K の範囲におさまることがわかる。冷媒注入温度一定で冷媒流量を増すと過冷度は大きくなり、冷媒流量一定で冷媒注入温度を下げると過冷度は小さくなる傾向がみられる。

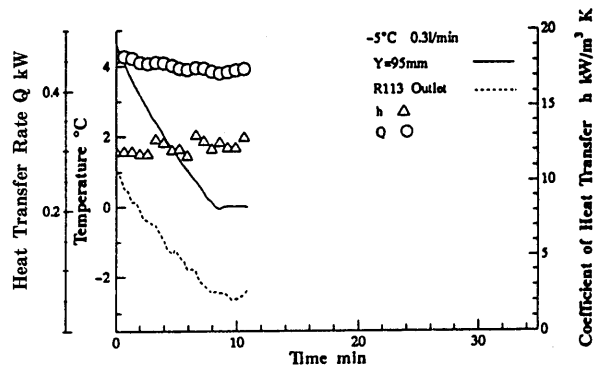
3.2 氷晶の観察結果

氷晶は図 6 (a)(b)(c)(d) に示すように、自らの浮力と冷媒液の流動による水の攪拌流により水中を激しく浮遊しつつ円盤状のフラジルアイス (図 6 (a)(b)) に成長し、相互に弱く結合・分離 (図 6 (c)) をくり返し、次第に水面付近に団塊状に (図 6 (d)) にたまってゆく。

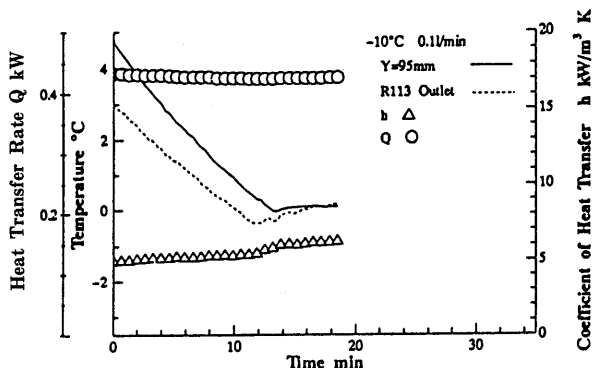
表 2 の実験条件で、顕微鏡に接続したビデオカメラを用い平行透過光による氷晶の成長過程の観察を行った。流動中の氷晶の観察は困難であるので、細線に付着した氷晶の観察を行った。図 6 (a) に典型



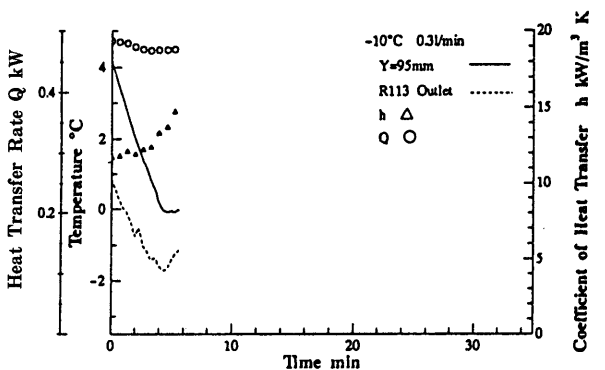
(a) $T_r = -5$ [°C], $Q_r = 0.1$ [l/min]



(b) $T_r = -5$ [°C], $Q_r = 0.3$ [l/min]



(c) $T_r = -10$ [°C], $Q_r = 0.1$ [l/min]



(d) $T_r = -10$ [°C], $Q_r = 0.3$ [l/min]

図 4 製氷槽冷却特性

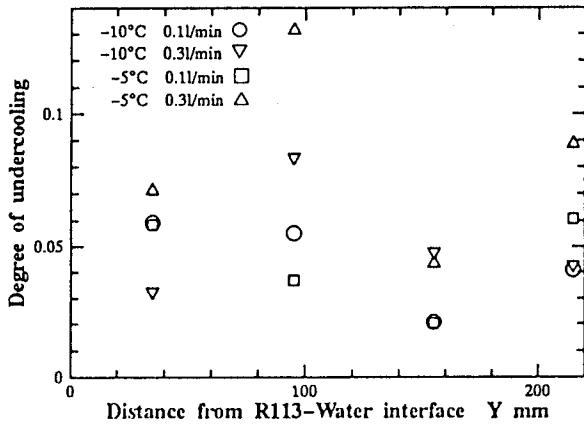
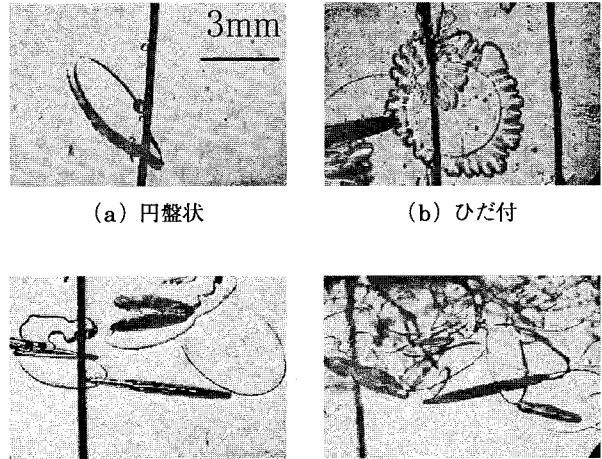


図5 製氷槽最大過冷度分布



(a) 円盤状

(b) ひだ付

(c) 氷晶の結合

(d) 団塊状の氷晶

図6 氷晶（フラジライス）の形態

的な円盤状のフラジライスの写真を示す。形成された氷晶はきわめて薄く、表面が滑らかで真円に近い円盤状に成長し、円盤の先端部は丸みをおびたテーパーがついている。円盤先端部は図6(b)のように花びら状にくびれたものも観察され、さらに樹枝状のデンドライドに変形成長するものもみられる。このような変形成長は氷晶同士が団塊となり、水の流れが停滞する位置で観察された。

図7は成長過程の氷晶の円盤の直径と厚さの測定結果を示す。円盤直径は最大3mm程度まで成長するが、円盤の厚さはその直径の10%程度であることがわかる。

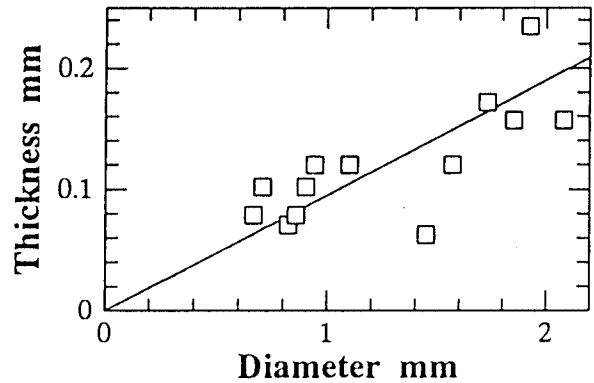


図7 氷晶の直径と厚さの関係

4. 結 言

水と不溶性の冷媒液を水中に注入し、氷水スラリーを生成する直接接触法による製氷過程の温度測定と顕微鏡ビデオカメラによる観察から以下の知見が得られた。(1)冷却過程では、冷媒液による攪拌により製氷槽内水温の高さ方向の分布はほぼ均一である。(2)槽内の水の最大過冷度は0.02~0.13Kの範囲におさまる。(3)冷媒流量 Q_r の増加とともに冷却曲線は急峻になり、体積基準熱伝達係数 h は増加する。(4)流動中の氷晶は真円の円盤状に成長するが、流れが停滞すると樹枝状デンドライドとなる。(5)

円盤直径は最大3mm程度まで成長し、円盤の厚さと直径の比は0.1程度である。

参 考 文 献

- 1) 鈴木・伊藤：エネルギー貯蔵システム，エネルギー・資源学会（1992），195-242.
- 2) 稲葉・他：冷凍，73-844（1998），2-172.
- 3) 渡辺：伝熱研究，3-4（1995），73-77.
- 4) 野間：第34回日本伝熱シンポジウム（1997），VOL III，723-724.

一般論文

久留米絣くくり機の開発

大	淵		豊
今	井	良	一
西	出		傑
南	里	博	己
奥	園	兼	郷*
田	中	義	規
森		美	彦

Development of an Automatic Weft-binding Machine for "KURUME-KASURI"

Yutaka	OBUCHI
Ryoichi	IMAI
Suguru	NISHIDE
Hiroshi	NANRI
Kanesato	OKUZONO*
Yoshiki	TANAKA
Yoshihiko	MORI

Kurume-Kasuri is textile fabrics with about two hundred years' tradition, and is loved by many people. Its elegant, natural dark blue color cannot be obtained with chemical dyes. Automatizing the weft-binding operations is studied to stabilize quality and reduce skilled hands. We have developed an automatic weft-binding machine for Kurume-Kasuri. The machine is equipped with a personal computer so that anybody can use it.

1. 緒 言

今日の社会は多分に科学文明の影響をうけて、繊維業界も染色、製造工程の能率化と化学染料の出現により大量生産の傾向をたどっているが、一方では伝統的な技法による絣（かすり）も積極的に伝統染色の技術保存につとめている。しかしながら久留米絣組合は技術者の高齢化と伝統技術の後継者難に悩んでいる。絣組合は伝統技術を機械化によって継承しようとしている。筆者等は平成6年度に国と福岡県の地場産業振興事業として久留米絣協同組合の依頼をうけて、「久留米絣製造工程の省力化」のために自動緯巻（ぬきまき）機と自動経（たて）くくり機の開発研究を行った¹⁾²⁾。このくくり機を用いて製造された絣が、平成7年の久留米絣新作発表会に展示された。平成9年度に久留米地域地場産業振興センターより「久留米絣緯（ぬき）くくり機の開発」の依頼があった。試作したくくり機は絣の図柄をイ

メージスキャナで読み込み、この画像データをパーソナルコンピュータで処理して、くくり制御データを作り出す。そのデータでサーボモータを駆動し、自動的にくくり作業をする機械の開発研究を行った。その試作機について概略を報告する。

2. 久留米絣自動くくり機

2.1 くくり工程の概要

絣は経糸（たていと）および緯糸（ぬきいと、よこいと）の防染箇所をくくり、植物染料の藍で染め、くくり糸を解いて各種の処理をした後、布に織ったもので、白と紺で表現された素朴な美しさと、渋い味わいの織物である。糸を染色する準備段階のくくり工程には手くくりと機械くくりがある。手くくりは図案をもとに、緯糸の縮み歩合を考慮して絣模様を書きなおした下絵を参考にして、緯糸の絣になる部分に墨付けをした絵糸（種糸）をつくり、絵糸の印の部分にくくり。一方、機械くくりは図案より縮み歩合等を見込んで作られた絣用の青写真を作

平成10年5月22日 受理

*前久留米高専

り、写真1に示すような青写真をくくり機のドラムに巻き付ける。このドラムの円周は絵糸幅の2倍になっていて、この青写真を見ながらくくり作業をしている。

本研究の内容は緋図柄の4色（紺、赤、白、黄）の画像情報を読み取り、その画像データから4色の色を識別し、くくりの場所、くくりの幅等のくくり制御データを作る。そのデータでサーボモータを駆動し、全自動で緯くくり作業をする装置を試作する。また、このくくり機は緯糸束を一度に最大12（本）同時にくくりすることができること、およびこの機械は全自動で作業するので、くくり糸が無くなったり、くくり糸が切れたことを検出するセンサが装備されていることが望ましい。

2.2 緋図柄の画像認識

前回報告した経くくり機は従来から受け継がれている久留米緋の作業工程を可能な限り変更しないで機械化した。この経くくり機はモータ等の制御装置にプログラマブル・コントローラを使用していたので、青写真を参考にしてくくりの制御データをコン

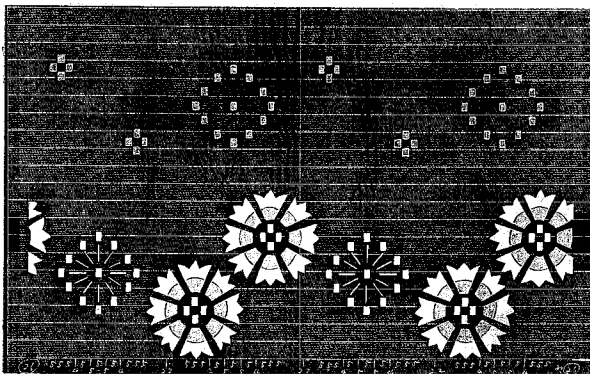


写真1 緋図柄の青写真

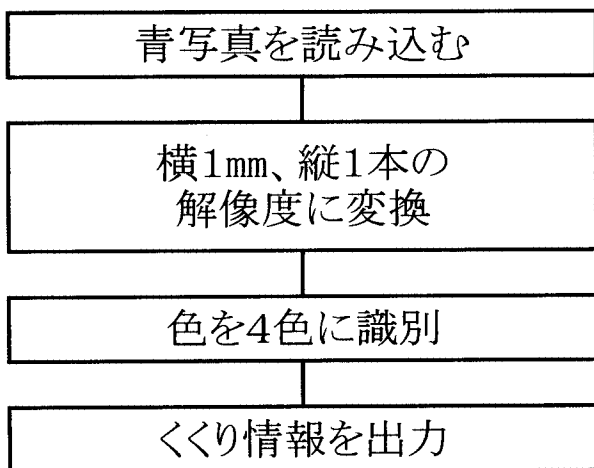


図1 画像認識系の構成

トローラに入力して運転していた。一般に、緯くくりは経くくりに比べて細かい柄が多いのでくくりの箇所が多く、柄も複雑である。例えば、柄がない部分でも、染色後の工程の緯巻（ぬきまき）のときに必要な耳（緯巻きのときの目印）を約40（cm）ごとにくくりの必要がある。よって、手作業によるデータ入力を必要としない画像入力によるくくり機を開発した。緋組合より、緋の紺、白、以外に黄、赤の柄の久留米緋を製作したいとの希望があったので、一度に最大（赤、黄、白の3箇所）3段のくくりができる機械を試作した。

この自動緯くくり機用の緋図柄は、現在の機械くくり機に使用されている青写真を用いた。この写真は緋模様の図案に緯糸の縮み割合を考慮して緋模様にかきかえたものである。この写真は普通に使用されている絵の幅が約41（cm）程度で織上幅が約35～37（cm）である。

図1にくくり制御データが作られる過程をブロック図で示す。写真1の青写真をイメージスキャナで読み込み、横1（mm）、縦1本の解像度に変換する。読み込みに用いたイメージスキャナは大きさがA4サイズで、青写真を横方向400（mm）の幅で、縦方向400（本）としてパーソナルコンピュータに入力して画像データをつくる。ここで、最大4色の久留米緋ができるように、青写真の上に塗られている4色をイメージスキャナで識別するが、人の目では同じように見える色合いと明るさであってもスキャナの出力は大きく変化するのでデータの加工が必要である。この画像データを処理して作り出されたくくり制御データはフロッピーディスクに出力される。制御用のパーソナルコンピュータはこのくくり制御データの内容をもとに各種のサーボモータを制御する。

今後はデザイナーが作成した緋の図案を直接スキャナでコンピュータに入力して、その画像データに緯糸の縮み歩合、糸の太さ等いろいろの情報をもとに計算処理をしたくくり情報データで、くくり作業をするようになると考えられる。そのときは、現在使用されている青写真の部分が不要となるであろう。また、現在使用されている機械くくり機で従来の方法でくくり作業をする場合は、コンピュータのデータをプリンタに出力し、その図柄をドラムに巻き付けてくくり作業をすることができる。このような理由で今回のくくり機には、くくりデータ製作用とくくり機構制御用の2台のコンピュータを使用した。上記のように遠隔地でくくり作業のデータを作りデ

デジタル回線でデータを送ることになると、フロッピーディスクも不要となり、繰り現場では制御用のコンピュータ1台で良いことになる。しかしながら、絣製造のいくつかの工程がブラックボックス化されることになり、絣柄のどの部分をくくっているか不明であるので、試作機は繰り工程の進捗状況を制御用のコンピュータにディスプレイすることにした。また、制御用のコンピュータは安価なノート形を使用した。

2.3 自動繰り機

図2にくくり機構を示す。2.2で作られた繰り制御データは制御用のパーソナルコンピュータから、繰り用、台車移動用および糸束送り用のモータ制御装置に送られる。また、図3に示すようにコンピュータの出力データをシリアル伝送で最も一般的なRS232Cから、制御装置用のRS422に変換し、#1、#2および#3の繰り制御装置に送る。#1、#2および#3の3台の繰り制御装置で駆動されるモータは緯糸束が赤色および黄色に染色される部分と白でなにも染められない箇所をくくる。台車には3台の繰り機構が設置されている。この台車は繰り幅に応じて繰り作業中に移動する。この台車を駆動するモータの制御装置および送り機構の制御装置もコンピュータ制御される。また、送り装置は緯糸束をモータ駆動の爪付きプーリーにより12（本）一緒に引き出す。写真2は繰り機構の外観である。一段に12台の繰り機が設置されていて1台のモータで駆動している。台車の上に（赤、黄、白）用の繰り機が3段取り付けてあり、合計36台の繰り機が3台のモータで駆動される。

図4に自動緯繰り機の概略図を示す。図のM1、M2、およびM3は上記の#1、#2、および#3の繰り機構を駆動するモータである。繰り作業は糊のついた細いくくり糸を、糊が乾燥しないうちに高速回転しながら巻き付けるので周囲に糊が飛び散る。このような環境で使用される駆動用モータは信頼性が高く、メンテナンスフリーのものが望ましい。交流サーボモータはマイクロコンピュータの採用により、可変速運転にとどまらず、ロータリエンコーダのパルス入力により位置決め制御が簡単に出来ようになった。繰り用の駆動モータM1、M2およびM3には三相200（V）、200（W）の交流サーボモータを使用した。

繰りはポビンに巻かれている繰り糸を緯糸束に巻き付ける工程である。繰り糸を糸束に巻き付ける時に、繰り糸の回転方向に糸束が捻れるの防

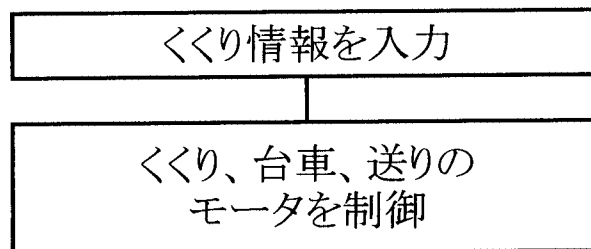


図2 モータ駆動部の構成

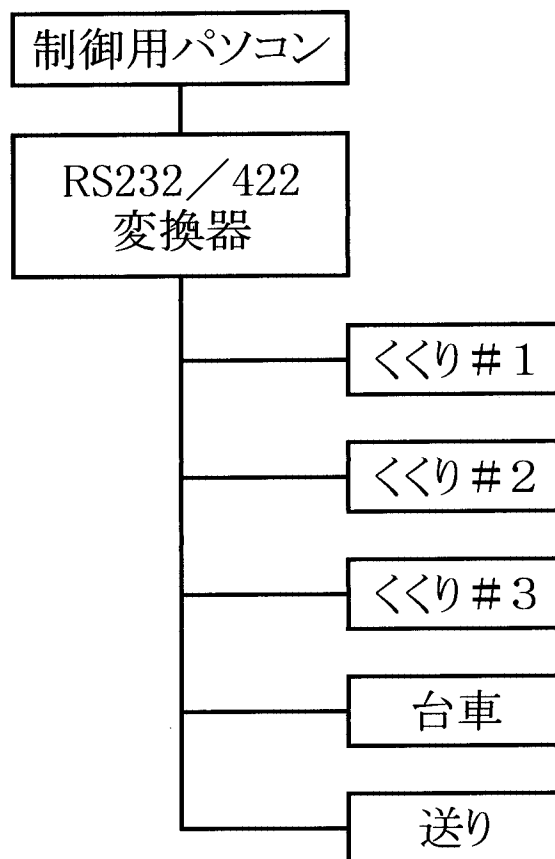


図3 パーソナルコンピュータ制御

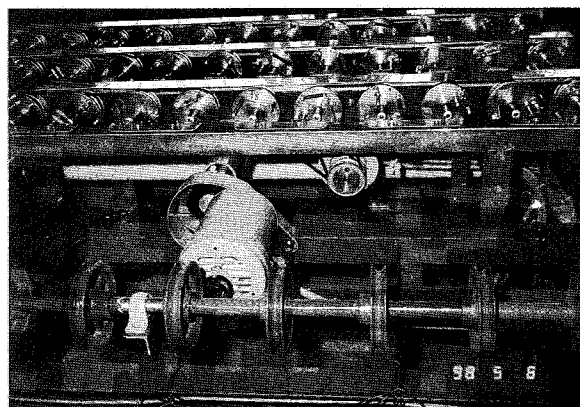


写真2 自動緯繰り機の外観

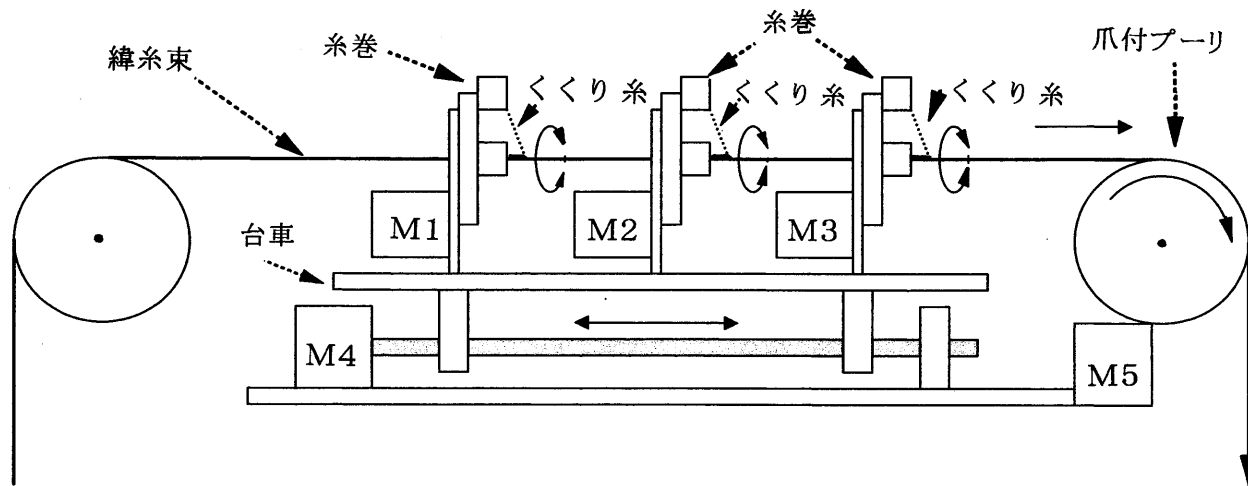


図4 自動緯くくり機の概略

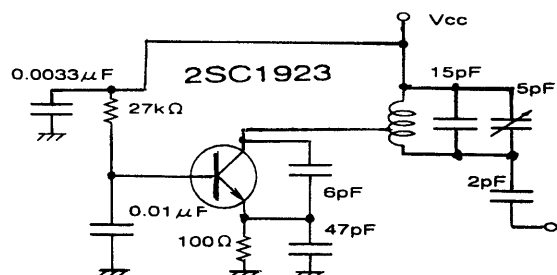


図5 発振回路

止することおよび染色後にくくり糸を解く作業があるが、このとき巻き付けた糸が簡単に解けるようにするために、くくり糸の巻き付ける方向を変えながらくる。今回はくくりの回転方向を交互に反転するだけではなく、回転数の累積がある制限値以上になるとその累積が減少する回転方向になるようにした。くくり用モータは1パルス当たり回転角 10° とした。

図のM4はくくり機構が設置された台車を駆動するモータで位置決め精度は0.1 (mm)とした。台車駆動用には三相200 (V), 200 (W)の交流サーボモータを用いた。

図のM5は糸たば送り用モータで位置決め精度は0.16 (mm)で、三相200 (V), 0.75 (KW)の交流サーボモータを使用した。

3. 糸切れ検出センサ

くくり作業中に糸束をくくり糸が切れることがよくある。糸切れが生じると、機械を直ちに停止する必要がある。しかしながら、図4に示すように、くくりは高速に回転する円盤上で糸切れは起きる。一

般に、くくり糸はポピンを出てガイドを通る所で切れやすい。この回転するポピンの停止を人の目で見つけることは非常に困難である。そのため、くくり糸がガイドを通るところにマイクロスイッチを置き、糸切れになるとこのスイッチがオンし異常信号を発生する回路を製作した。しかし、この回路は高速で回転しているので、電池駆動で無線により信号を伝達する方法を採用した。糸が切れると回転する円盤上に設置した小型電池で動作する発振器を起動させ、くくり機の制御部の近くに設置してある受信機でその高周波信号を受ける。このとき受信機より異常信号を出力してくくり機を停止させ、警報を鳴らすような糸切れ検出センサを試作した³⁾。

発振器に使用する周波数は、くくり機構には数個の可変速モータを使用しているので駆動回路等より発生するノイズや発振回路を小型化するために発振周波数をVHFの70-80 (MHz)に決めた。この周波数帯では受信装置としてFMの受信機を改造して使用できる利点がある。

図5は今回試作した発振回路でボタン電池1個で十分に動作する回路である。図6にこの回路の電源電圧に対する消費電力の特性を示す。電源電圧1.5 (V)で消費電力は約2 (mW)であった。この回路は糸が切れた時のみ動作するので、小型の電池で長時間使用する事ができる。図7はこの回路の周囲温度に対する温度特性を示す。実験の結果、電源電圧1.5 (V)以上で発振させた場合、周囲温度が5度から40度の範囲で変化したとき、発振周波数の変動は、0.3 (%)以内であった。このことより、発振回路に水晶等を用いなくても、LC発振回路で十分に使用できることが明らかになった。受信機はこの

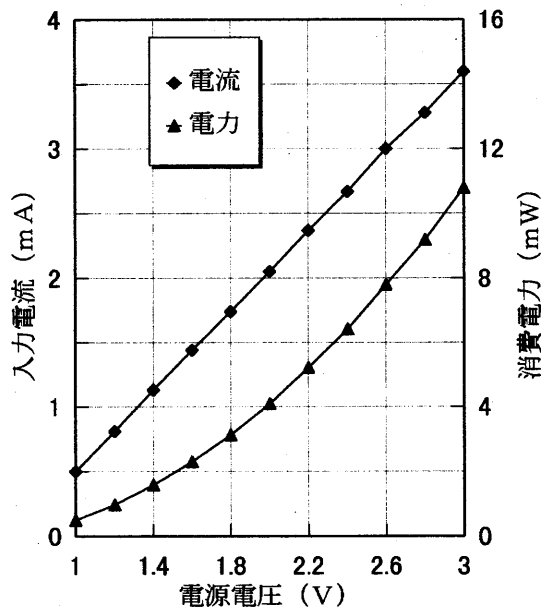


図 6 発振回路の消費電力

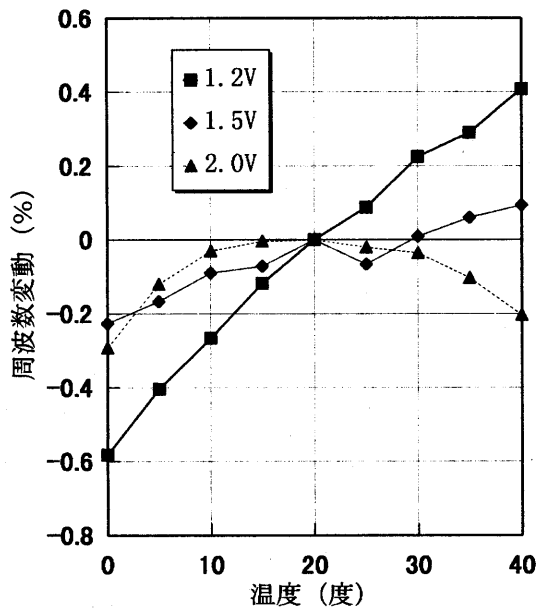


図 7 発振回路の温度特性

発振器より 1 (m) 程離れた所に設置してあり、そのアンテナの長さは 2 (cm) 程度の非常に短い物で動作することが確認された。

4. 結 言

久留米絣の青写真をもとに全自動でくくりを行う試作機を完成させることができた。

- (1) 図柄をイメージスキャナで読み込んだ画像データから 4 色の色を識別し、3 段くくり制御データをつかった。
- (2) 3 段くくり制御データで糸束 12 (本) を一度にくくりすることができる。
- (3) くくりの速度は従来の機械くくりと同程度である。
- (4) 全自動でくくりなのでくくりの進捗状況をディスプレイに表示するようにした。
- (5) 広幅の絣のくくりが自由にできる。
- (6) 糸切れ検出センサを試作した。

今後、各種の糸についてテストを繰り返し、調整をしてくくり機を使用しやすいものにした。

謝辞 本研究に関して有益な討論、ご助言をいただいた久留米地域地場産業振興センターおよび久留米絣組合の関係者に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 大淵, 他: 久留米高専紀要 第10巻, 2号 (1995).
- 2) 大淵, 他: 久留米高専紀要 第11巻, 1号 (1995).
- 3) 南里, 他: 電気関係学会九州支部連合大会 No1613, (1997).

一般論文

半速同期式ブラシレス DC モータの特性

川	口	武	実
平	石	大	地*
寺	尾	慎	寿
野	中	作	太郎**

Performance Characteristics of Half-Speed Brushless DC Motor

Takemi	KAWAGUCHI
Daichi	HIRAISHI*
Masatoshi	TERAO
Sakutaro	NONAKA**

The performance characteristics of a PWM-VSI-fed half-speed brushless dc motor which has a position feedback-loop cut in a microcomputer are described. The half-speed brushless dc motor dealt with in this paper means the closed-loop control system of a half-speed synchronous motor. On the basis of an approximate analysis of a steady state, the expressions for stator and rotor currents and also the torque are derived. In addition, the experimental results concerning both static and dynamic characteristics are given.

1. ま え が き

パワーエレクトロニクスの進歩により、ACドライブシステムが広く使用されるようになった。同期電動機のインバータドライブシステムに回転子位置フィードバックループを付加し、界磁極に永久磁石を使用したブラシレス DC モータは、高性能永久磁石の採用で高効率化および小型化が達成され、各方面に使用実績が拡大している。

他方、固定子は普通の同期電動機と同じで、回転子に単相短絡巻線 (q 軸制動巻線) を施しただけの簡単なブラシなし構造の半速同期電動機^{1)~5)} や、本機の回転子位置をフィードバックする半速同期式ブラシレス無整流子電動機または半速同期式ブラシレス DC モータ⁶⁾ の研究も進められている。

半速同期電動機は、固定子回転磁界に静止磁界を重畳することにより、半同期速度で回転する回転子の単相短絡巻線に流れる電流がその巻線軸 (q 軸) に鎖交する磁束を打ち消すように作用するため、d, q 軸の各リアクタンスに差を生じ、リラクタンスモータと同様の原理でトルクを発生する。静止磁界を重畳するには、固定子巻線 1 相または 2 相に直列にダ

イオードを挿入したり^{3)~6)}、素子省略形インバータを用いる方法⁷⁾がある。また、野中・川口は固定子側につないだインバータをコンバータとして動作させ、そのスイッチング制御により静止磁界を重畳する可変速倍同期発電機システム⁸⁾を提案した。この方式では、外部指令による静止磁界の自由な調整が可能であり、最適値に設定することもできる。

今回、前述の静止磁界重畳方式を適用したマイコン制御の半速同期式ブラシレス DC モータを構築し、理論と実験の両面から検討を行った。本稿ではまずシステム構成を示し、次に先に提案した近似解析法⁸⁾に基づいて平均トルク式を導出する。更に、各巻線電流波形の計算結果と実測結果の比較や、速度制御実験の結果を示し、本機の静特性と動特性を明らかにする。

2. システム構成

図1に示すように、PWM インバータに固定子をつなぎ、モータ軸に取り付けた位置検出器により回転子位置をフィードバックする。回転子は単相短絡巻線のみを有する。PWM インバータのスイッチング時刻を決めるため、回転子位置フィードバックループには16ビットマイコンを組み込んでいる。本研究では円筒形回転子の場合について検討した。

平成10年5月21日 受理

*現 長岡技術科学大学大学院修士課程

**近畿大学九州工学部

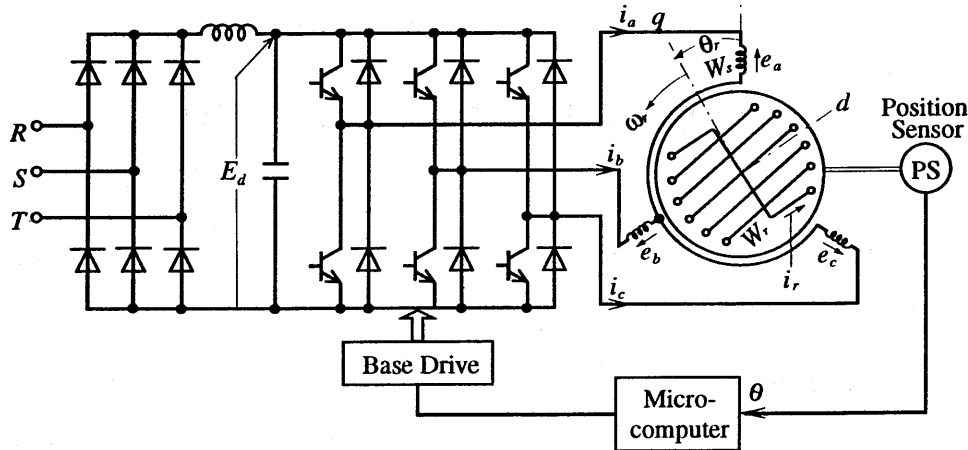
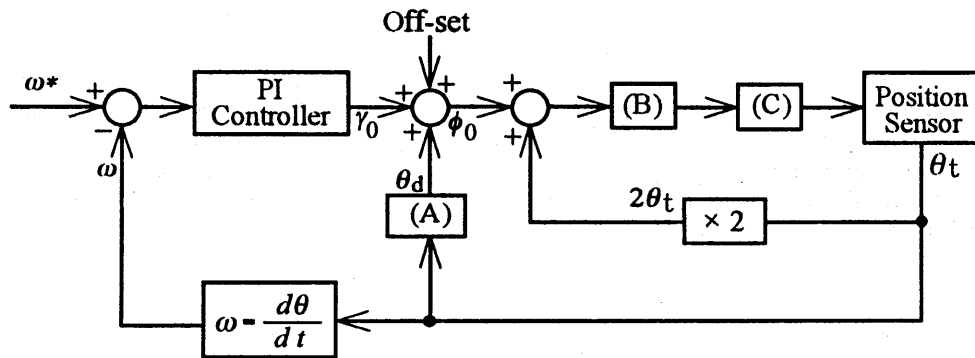


図1 半波同期式ブラシレス DC モータの構成



- (A) Calculation of the variation of θ at one interruption period.
- (B) Calculation of pulsewidth.
- (C) Inv. & Half-speed synchronous motor.

図2 デジタル制御系の構成

図2はデジタル制御系の構成を示す。本機は固定子回転磁界と回転子の速度比が1:1/2なので、回転子2回転に要する時間とインバータ出力電圧基本波周期が一致する必要がある。インバータスイッチング制御に用いる変調波は、図2に示すように検出した回転角を2倍し ($2\theta_t$)、 $\sin 2\theta_t$ で与えられる波形をベースとする。また、マイコンでは一定時間(実験では1ms)毎に回転子位置 (θ_t)を取り込み、リアルタイムでインバータ主素子のスイッチング時刻を算出するが、回転子の回転と同期するためその処理時間を常に考慮しなければならない。そこで、検出した回転子位置 θ_t に前回割り込み時間中の回転子位置変化分 (θ_d) を加えたものを再度現時刻の θ_t と読み替えている。このときマイコンは、処理結果を出力する時刻の予測回転子位置に基づいて演算を実行することになる。 θ_d に、回転子軸への検出器取り付け角度で決まる一定オフセット

角と、後述の相差角制御時の操作量である相差角 (γ_0) を加えたものが、基準変調波: $\sin 2\theta_t$ に対する制御系の設定位相角 (ϕ_0)、すなわち基本波変調波の位相角となる。

固定子回転磁界に静止磁界を重畳するため、本システムではさらに図3のように正弦波にわずかな直流分を加えたものを実際の変調波とする。各相の変調波 $M_a(\theta)$, $M_b(\theta)$, $M_c(\theta)$ は、前述の予測回転子位置 θ_t を用いて次のように表せる。

$$\begin{bmatrix} M_a(\theta) \\ M_b(\theta) \\ M_c(\theta) \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} \sin(2\theta_t + \phi_0) \\ \sin(2\theta_t + \phi_0 - 2\pi/3) \\ \sin(2\theta_t + \phi_0 - 4\pi/3) \end{bmatrix} + \beta_d \begin{bmatrix} 1 \\ -1/2 \\ -1/2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ただし、 α , β_d : 基本波と直流分の各変調率で、 β_d は実際上小さな値に設定する。

図4は、アセンブリ言語で記述した制御プログ

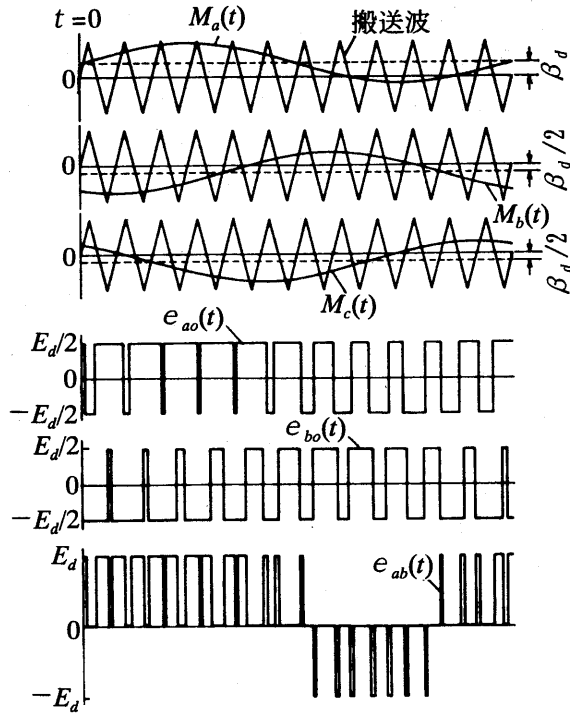


図 3 静止磁界重畳方式の変調波と出力波形

ラムのフローチャートを示す。

3. トルクの近似式

インバータの出力電圧波形は、図 3: e_{ab} のように基本波に直流分と高調波分が重畳した複雑な波形であり、正確な電流波形を計算するには、電圧方程式を d-q 変換によって定係数の微分方程式に変換したのち、状態方程式を求めて解けばよい。言うまでもなくこれは数値解であり、理論式を引き出すには他の方法によらねばならない。本節では、インバータまたはモータの端子電圧に含まれる基本波と直流分のみを考慮（したがって高調波は全て無視）し、かつ電圧の交流分に対しては全ての巻線抵抗を無視し、更に直流分に対してのみ固定子巻線抵抗を考慮した近似解法を用いて解析を行う。解析の対象は 2 極機とし、更に次の仮定を設ける。

- (i) 回転子は一定の角速度 ω_r [rad/s] で回転する。
- (ii) インバータとモータ間の配線抵抗は無視する。

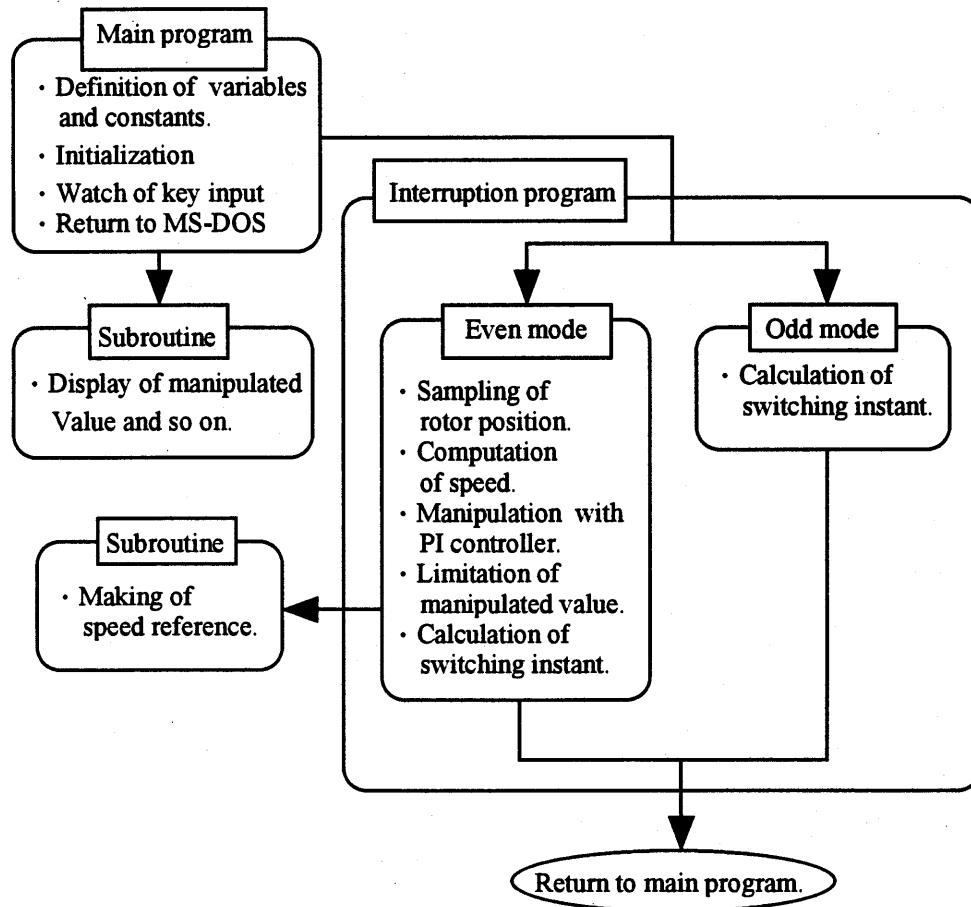


図 4 制御プログラムのフローチャート

(iii) 磁路の飽和, 空間高調波の影響は無視する。
 まず, 上記 (i)~(iii) の仮定のもとでは次の電圧方程式が成立する。

$$\begin{pmatrix} e_a(t) \\ e_b(t) \\ e_c(t) \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} l_a+L_a & -L_a/2 \\ -L_a/2 & l_a+L_a \\ -L_a/2 & -L_a/2 \\ M_{sr}\cos\theta_r & M_{sr}\cos(\theta_r-2\pi/3) \end{pmatrix} \begin{matrix} * \\ \\ \\ \end{matrix} \begin{pmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \\ i_r(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} r_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & r_s & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_s & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \\ i_r(t) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\theta_r = \omega_r t + \delta_I \quad (3)$$

ただし, $e_a(t), e_b(t), e_c(t)$: インバータ負荷各相の電圧, r_s, r_r : 固定子と回転子の巻線抵抗, l_a : 固定子巻線一相の漏れインダクタンス, L_a : 固定子巻線一相の主自己インダクタンス, M_{sr} : 固定子および回転子巻線間の相互インダクタンスの最大値, L_r : 回転子 (q) 軸巻線の主自己インダクタンス, δ_I : $t=0$ において固定子 a 相巻線軸と回転子巻線 (q) 軸の成す電気角

高調波を無視するものとすれば, インバータ負荷各相の電圧は次のように表せる。

$$\begin{pmatrix} e_a(t) \\ e_b(t) \\ e_c(t) \end{pmatrix} = \sqrt{2}E \begin{pmatrix} \sin\omega_s t \\ \sin(\omega_s t - 2\pi/3) \\ \sin(\omega_s t - 4\pi/3) \end{pmatrix} + \bar{E}_a \begin{pmatrix} 1 \\ -1/2 \\ -1/2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

ただし, E : 相電圧の基本波実効値, ω_s : 基本波の角周波数 ($=2\omega_r$), \bar{E}_a : a 相電圧に含まれる直流分

(4) 式の右辺第 2 項から, $\bar{i}_a(t) = \bar{E}_a/r_s$ (A) の電流が固定子 a 相から流れ込み, b, c 相から 1/2 ずつ流れ出ることが分かる。

次に (2) 式の第 4 番目の式において, r_r を無視し整理すると次式となる。

$$\frac{d}{dt} L_r i_r(t) = \frac{d}{dt} [-M_{sr} \{ \cos\theta_r i_a(t) + \cos(\theta_r - 2\pi/3) i_b(t) + \cos(\theta_r - 4\pi/3) i_c(t) \}] \quad (5)$$

(5) 式の左辺 $L_r i_r(t)$ は回転子電流によって作られる回転子巻線鎖交磁束数を表し, 右辺の [] 内は, 固定子各相巻線電流により作られ回転子巻線に鎖交する磁束を表す。回転子巻線電流は交流分のみを含むことから次式が成り立つ。

$$i_r(t) = -\frac{M_{sr}}{L_r} \{ \cos\theta_r i_a(t) + \cos(\theta_r - 2\pi/3) i_b(t) + \cos(\theta_r - 4\pi/3) i_c(t) \} \quad (6)$$

(2) 式の第 1~3 式において全ての巻線抵抗を無視し, かつ (6) 式と固定子巻線電流の総和は 0 の条件を用い, 更に相電圧の交流分のみに着目して線間電圧の電圧方程式を求めれば次式となる。

$$\sqrt{6}E \begin{pmatrix} \sin(\omega_s t + \pi/6) \\ \sin(\omega_s t - \pi/2) \\ \sin(\omega_s t - 5\pi/6) \end{pmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} a(t) - b(t) & 0 \\ 0 & b(t) - c(t) \\ -a(t) & 0 & c(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{pmatrix} \quad (7)$$

ここに,

$$\begin{aligned} a(t) &= (x_s + x_s')/2 - (x_s - x_s') \cos 2\theta_r \\ b(t) &= (x_s + x_s')/2 - (x_s - x_s') \cos 2(\theta_r - 2\pi/3) \\ c(t) &= (x_s + x_s')/2 - (x_s - x_s') \cos 2(\theta_r - 4\pi/3) \\ x_s &= \omega_s L_s, \quad L_s = l_a + (3/2)L_a, \quad x_s' = \sigma x_s, \\ \sigma &= 1 - (3/2)M_{sr}^2 / (L_s L_r) \end{aligned}$$

(7) 式の両辺を積分し, 再度固定子巻線電流の総和は 0 の条件を用いると, 固定子各相巻線の電流解が次のように求まる。

$$\begin{pmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{pmatrix} = -\frac{(1+\sigma)E}{\sqrt{2}\sigma x_s} \begin{pmatrix} \cos\omega_s t \\ \cos(\omega_s t - 2\pi/3) \\ \cos(\omega_s t - 4\pi/3) \end{pmatrix} + \frac{1-\sigma}{3\sigma x_s} \begin{pmatrix} \cos(\omega_s t + 2\delta_I - 4\pi/3) \bar{E}_{ca} \\ \cos(\omega_s t + 2\delta_I - 2\pi/3) \bar{E}_{ab} \\ \cos(\omega_s t + 2\delta_I) \bar{E}_{bc} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} -\cos(\omega_s t + 2\delta_I - 2\pi/3) \bar{E}_{ab} \\ -\cos(\omega_s t + 2\delta_I) \bar{E}_{bc} \\ -\cos(\omega_s t + 2\delta_I - 4\pi/3) \bar{E}_{ca} \end{pmatrix} - \frac{(1-\sigma)E}{\sqrt{2}\sigma x_s} \begin{pmatrix} \cos 2\delta_I \\ \cos(2\delta_I - 2\pi/3) \\ \cos(2\delta_I - 4\pi/3) \end{pmatrix} + \frac{1+\sigma}{6\sigma x_s} \begin{pmatrix} \bar{E}_{ab} - \bar{E}_{ca} \\ \bar{E}_{bc} - \bar{E}_{ab} \\ \bar{E}_{ca} - \bar{E}_{bc} \end{pmatrix} * \quad (8)$$

(8) 式の第 3 項と 4 項の和は固定子各相電流の直流分であることに着目し, この段階で相電圧の直流分を考慮すれば, 積分定数 $\bar{E}_{ab}, \bar{E}_{bc}, \bar{E}_{ca}$ が求まり,

各巻線電流の近似式として次式を得る。

$$\begin{pmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{pmatrix} = -\frac{2\sqrt{2}E}{(1+\sigma)x_s} \begin{pmatrix} \cos \omega_s t \\ \cos(\omega_s t - 2\pi/3) \\ \cos(\omega_s t - 4\pi/3) \end{pmatrix} + \frac{1-\sigma}{1+\sigma} \begin{pmatrix} \cos(\omega_s t + 2\sigma_I) \\ \cos(\omega_s t + 2\sigma_I - 2\pi/3) \\ \cos(\omega_s t + 2\sigma_I - 4\pi/3) \end{pmatrix} + \bar{i}_a \begin{pmatrix} 1 \\ -1/2 \\ -1/2 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$i_r = \frac{3M_{sr}}{(1+\sigma)L_r} \left\{ \frac{\sqrt{2}E}{x_s} \cos(\omega_s t/2 - \delta_I) - \bar{i}_a \cos(\omega_s t/2 + \delta_I) \right\} \quad (10)$$

以上により、平均トルク T の理論近似式は次のようになる。

$$T = 3\sqrt{2}p_a \bar{i}_a \frac{E}{\omega_s} \frac{1-\sigma}{1+\sigma} \sin 2\delta \quad (11)$$

ここに、 p_a : 極対数、 $\delta = -\delta_I$

4. 実験結果

実験には、1.5kW, 110V, 10.4A, 4 極の巻線形三相誘導電動機を使用し、スリップリングを介し回転子巻線 2 線間を短絡した。

4.1 始動

回転子位置フィードバックループを付加した場合、停止中は界磁極が存在せず自己始動はできない。しかし、最初オープンループで誘導電動機として低速で始動（ゲルゲス現象を利用）した後、適当な大きさの静止磁界を重畳し、ループを閉じれば簡単に同

期化されブラシレス DC モータとして動作する。図 5 は、そのときの無負荷運転オシログラムで、図 2 の制御系を用いて切換後は回転速度を指令値に追随させている。なお、他制運転中のインバータ出力基本波周波数：10Hz, 入力電圧 E_d ：60V, 基本波変調率： $\alpha = 0.7$ で実験を行った。

図 6 は、速度制御ループを外し、固定子静止磁界の大きさを決める固定子 a 相電流直流分 \bar{i}_a をパラメータとして他制・自制切換始動を行い、切り換える前からいろいろな値に設定しておいた後述の相差角 γ_0 に対し、最終的に落ち着く速度を測定したもの

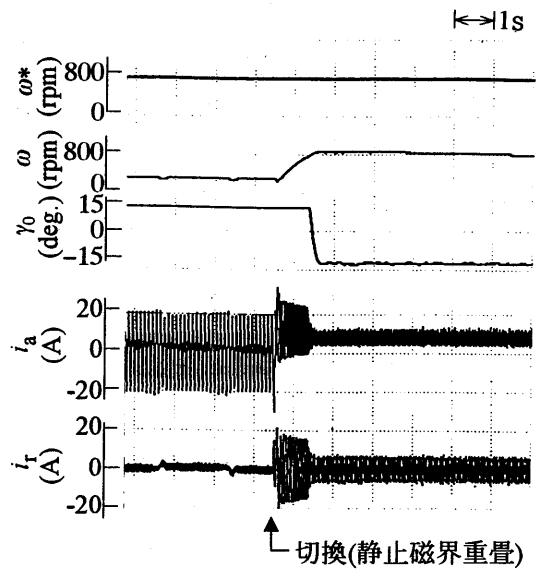


図 5 他制・自制切換運転のオシログラム

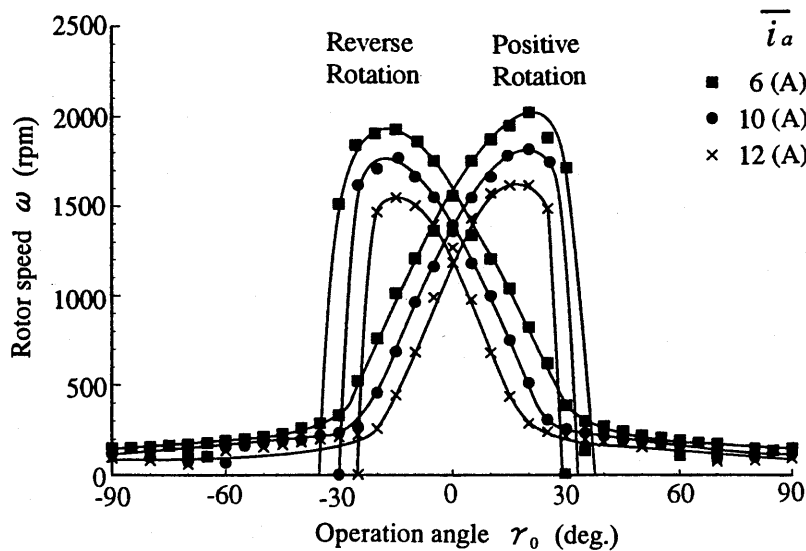


図 6 相差角 γ_0 と回転速度の関係

である。なお実験は無負荷で行い、 $E_d=60V$ 、 $\alpha = 0.7$ とした。この実験から、正転と逆転の曲線は、パラメータの大きさに依らずほぼ横軸の1点で交わることが分かる。したがって、本稿ではこの点を「相差角 γ_0 の原点」と定義することにした。前出(11)式の δ と γ_0 の関係は、実験機では次式となる。

$$\gamma_0 = \delta / 2 - 25^\circ \quad (12)$$

4.2 近似電流解の検証

実験機の定数測定を行った結果、以下の緒量が得られた。

$$L_a + l_a = 25.0\text{mH}, L_r = 122\text{mH}, M_{sr} = 52.2\text{mH}$$

したがって $\sigma = 0.107$ となる。

図7(a)に(9),(10)式より計算した波形を示す。また同(b)図にはオシログラムを示す。いずれにおいても運転条件は同じで、以下の通りである。

$$E_d = 80V, \alpha = 0.7, \bar{i}_a = 6A, \delta_I = -50^\circ (\gamma_0 = 0^\circ), \omega_s = 427\text{rad/s} (f = 68\text{Hz}, n = 1020\text{rpm})$$

(a),(b)を比較すると、各相電流の直流分や**b**,**c**相交流分振幅にやや誤差があり、また解析で高調波を無視したため計算波形にはそれが現れていないものの、その他に関しては良く一致しており、定量的にも定性的にも本研究で導出した緒近似式の妥当性が明らかになった。

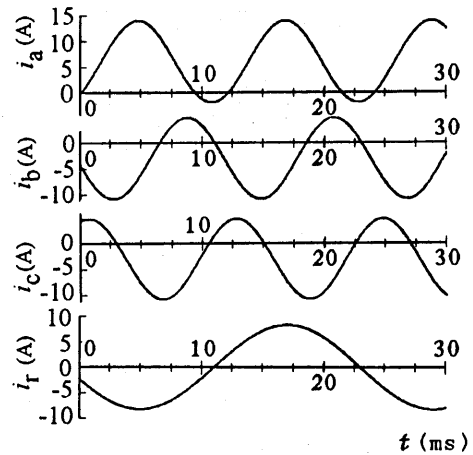
4.3 静止磁界の制御

(11)式から明らかのように、平均トルクは固定子電流直流分 \bar{i}_a (または静止磁界の大きさ)を調節しても制御できる。図8は、 \bar{i}_a をいろいろ変え、そのときの速度変化を測定したものである。この実験から直流分の最適値が存在することが分かる。なお $E_d=60V$ 、 $\alpha=0.7$ 、 $\gamma_0=0^\circ$ および無負荷の条件のもとで実験した。

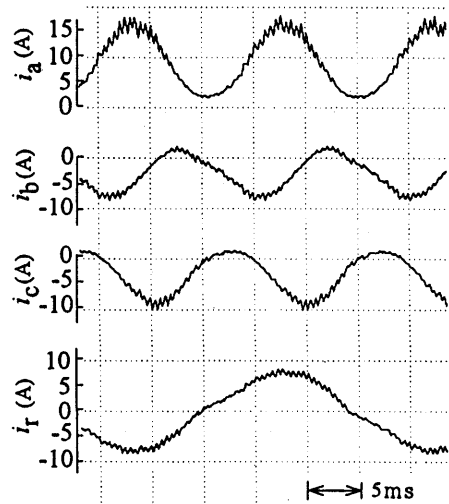
4.4 動特性

本機の動特性は静特性と傾向が異なり、 γ_0 の急激な減少により過渡的に負のトルクを発生する。更に、 γ_0 を一定として固定子**a**電流直流分 \bar{i}_a を急激に減少させてもやはり負のトルクを発生する。この理由は、操作量の急激な変化によって、端子電圧に対する固定子各相電流の位相角が瞬時に定常値に達せず、過渡的に発電機運転モードとなるためであると考えられる。このように動特性は非線形でコントローラの設計はやりにくい、単一操作量の制御のみで正負のトルクを発生させることができるので、制御系の構成は簡単になる。

図9, 10に $E_d=80V$ 、 V/f 一定としたときの無負



(a) 計算波形



(b) 実測波形

図7 計算結果と実験結果の比較

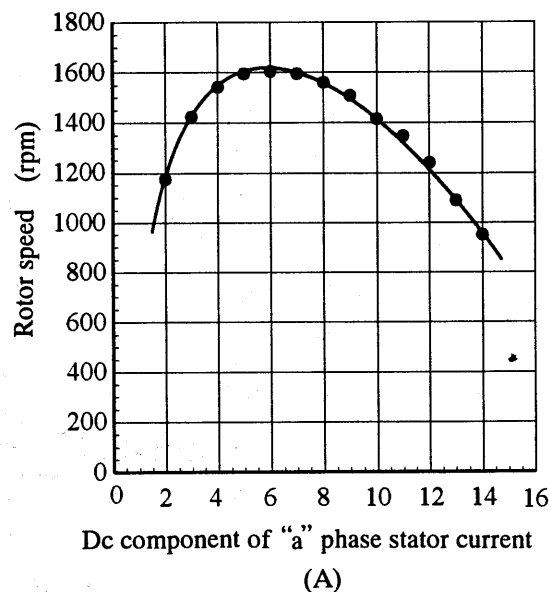


図8 静止磁界の大きさと回転速度の関係

荷でのステップ応答を示す。図9では相差角 γ_0 、図10では固定子a電流直流分 \bar{i}_a をそれぞれ操作量とした。また図9では $\bar{i}_a=6A$ 、図10では $\gamma_0=0^\circ$ に設定した。PIコントローラのゲインは、Ziegler-Nicholsの方法により、ステップ応答の立ち上がりから実験的に求めた。いずれを操作量にした場合でも、ほぼ三相誘導電動機の滑り周波数制御程度の応答が得られている。

さて、図11のような構成にして相差角制御に静止磁界調節部を付加すれば、やや応答を改善できると考えられる。このときのステップ応答を図12に示す。図8の実験結果をもとに、 \bar{i}_a は次式のように与えた。他の運転条件は図9、10と同様である。

$$\bar{i}_a = -0.178\gamma_0 + 8.67(A) \quad -30^\circ \leq \gamma_0 \leq 15^\circ \quad (13)$$

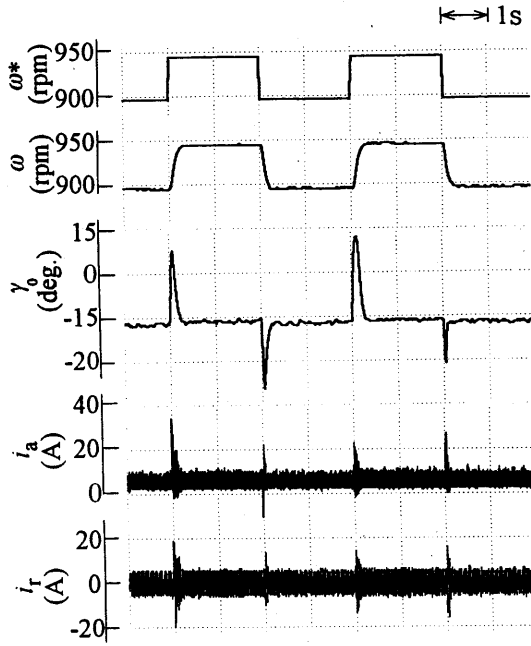


図9 ステップ応答
—相差角制御，無負荷—

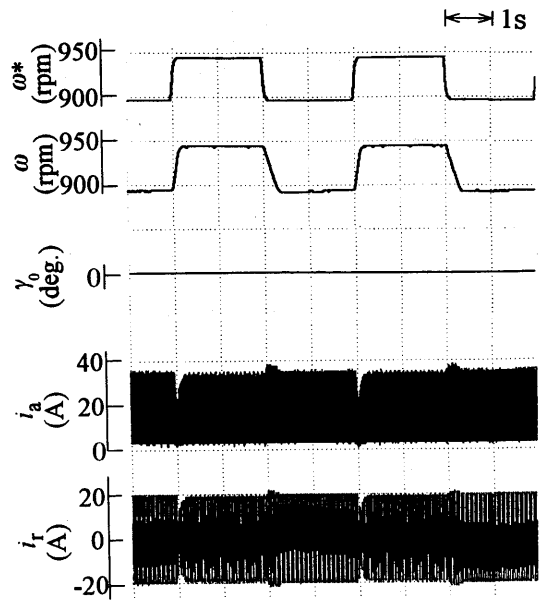
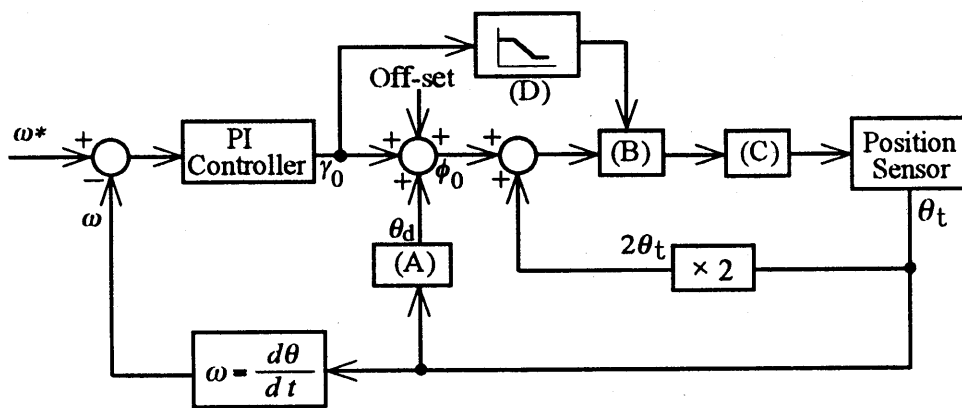


図10 ステップ応答
—静止磁界制御，無負荷—



- (A) Calculation of the variation of θ at one interruption period.
- (B) Calculation of pulsewidth.
- (C) Inv. & Half-speed synchronous motor.
- (D) Regulation of dc component of stator current.

図11 静止磁界調節部の付加

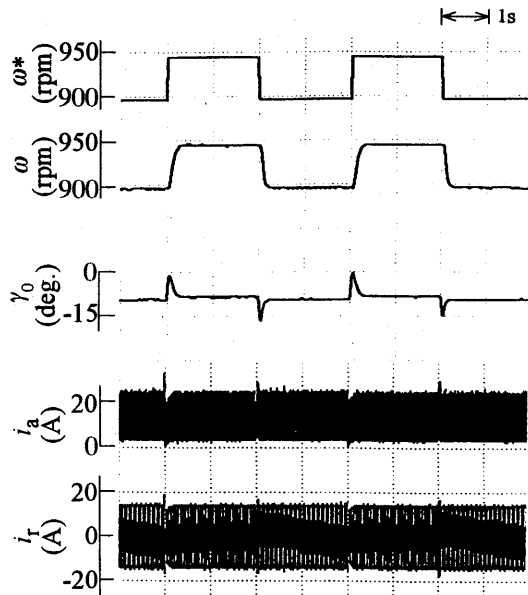


図12 ステップ応答
—静止磁界調整を加えた相差角制御, 無負荷—

5. む す び

産業の各方面において、従来から使用されてきたDCドライブシステムに代わってACドライブシステムが主流となり、更に永久磁石を使用した小形回転機も多用されている。しかし、永久磁石の難点は本来切削加工ができないことであり、また大形機には向いていない。

本稿では、回転子に単相短絡巻線を施しただけの簡単なブラシなし構造の半速同期式ブラシレスDCモータについて、近似理論と実験により静特性と動特性を明らかにした。通常メカトロニクス分野では頻繁な正逆転・停止動作が要求されるので、本機を

この分野で使用するには現時点で問題点が残る。しかし、正転動作のみでよいが比較的速い速度応答を必要とするような用途には適用の可能性があると考えられる。

なお本稿は、先に文献(8)で報告した「可変速倍同期発電機システム」において、未検討であった電動機領域での運転特性を明らかにしたもので、卒業研究として実験の一部に協力していただいた、久留米高専平成9年度卒業生平山最および松尾和俊両君に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) C. Shenfer: "Der Synchron-Induktions Motor mit Erregung im Stator" *Electrotechnik und Maschinenbau*, vol.19, pp.345-354, May 1926.
- 2) R.L. Russel and K.H. Norsworthy: "A Stator-Fed Half-Speed Synchronous Motor" *Proc. Inst. Elect. Eng.*, vol.104, pp.77-87, Feb. 1957.
- 3) 野中・小山:「サイリスタインバータによる半速同期電動機の運転」電学論 B92, 175-184, (昭47-2)
- 4) 野中・藤井・松本:「電圧形インバータ駆動ブラシレス自励形半速同期電動機の特性解析と運転特性」電学論 B102, 297-304, (昭57-5)
- 5) 野中・藤井・川口:「ブラシレス突極自励形半速同期電動機の特性」電学論 B104, 841-848, (昭59-12)
- 6) S. Nonaka and T. Kawaguchi: "Variable Speed Control of Brushless Half-Speed Synchronous Motor by Voltage Source Inverter" *IEEE Trans. Industry Applications*, Vol.IA-27, pp.545-551, May/June 1991.
- 7) 藤井・川口:「出力波形不確定方式導通角不平衡インバータによるブラシレス自励形三同期電動機の駆動」久留米工業高等専門学校研究報告, 第39号, 15-20, (昭58-3)
- 8) 野中・川口:「可変速ブラシレス倍同期発電機システムの特性」電学論, Vol.109-D, 913-920, (平成-12)

一般論文

高純度ひ素の製造に関する基礎的研究

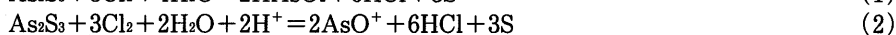
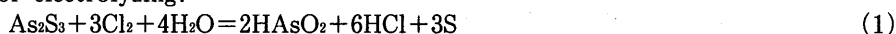
重 松 浩 気
久 保 甚 一 郎
馬 越 幹 男

Fundamental Studies on Recovery of the Arsenic
with High Purity from the Sulfide Sludge

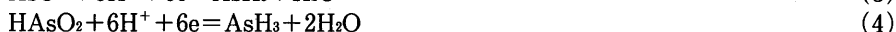
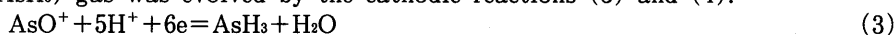
Koki SHIGEMATSU
Jinichiro KUBO
Mikio UMAKOSHI

The ores supplied for producing non-ferrous metals such as copper and zinc, always contain a small amount of arsenic. Most of arsenic is removed as an arsenic sulfide sludge in the pre-treatment processes. From the arsenic sulfide sludge, authors tried to obtain a metallic arsenic with the purity of a high level for which has been required in the field of semi-conductors technology.

The most amount of arsenic in the As_2S_3 sludge was dissolved at 60°C and for 24 hours by the following reactions (1) and (2), and the aqueous solutions containing arsenic ions as AsO^+ or $HAsO_2$ were prepared for electrolyzing.



The arsine (AsH_3) gas was evolved by the cathodic reactions (3) and (4).



The conditions for winning AsH_3 gas effectively were determined in terms of the temperature and pH of electrolytes and a current density. The electrolysis proceeded most effectively at 50°C and in the pH region from 0.5 to 2.0. The amount of AsH_3 gas evolved increased linearly with the increment of the current density of cathode within 200 mA/cm². The other ions co-existing in electrolytes such as Cu^{2+} , Sb^{3+} and Bi^{3+} lowered the AsH_3 gas formation, whereas the Fe^{2+} and Ni^{2+} ions increased the gas formation. More increased the concentration of Sb^{3+} , more decreased AsH_3 gas evolutions.

The AsH_3 gas introduced with an Ar gas to the furnace dissociates to form the amorphous arsenic according to the reaction (5).



The optimum decomposition temperature was around 350°C. The arsenic obtained from the arsenic sulfide sludge showed the purity of 99.999wt% and contained 0.9 ppm of Bi, 0.5 ppm of Sb and 1.2 ppm of S as impurities.

1. はじめに

金属の原料である鉱石には、少量ではあるがほとんどひ素が含有されている。このひ素は、脱ひ素の予備処理工程で、化学的に比較的安定な硫化ひ素 (As_2S_3) の化学形態で大半除去される。しかし、この副産物として回収された硫化ひ素を含む殿物は外部に廃棄することができないため、企業の構内に貯蔵されたまま放置されているのが実状である。現在まで As_2S_3 として有効利用される道も閉ざされてい

るので、貯蔵量は増加する一方である。

著者らは、この As_2S_3 を有効利用する目的で、 As_2S_3 から半導体産業に使用されるレベルの高純度ひ素を電気分解法を用いて製造する方法を確立するための基礎研究を行った。この基礎研究は、 As_2S_3 殿物中のひ素を水溶液中に完全に溶解させる方法の確立、ひ素を含む水溶液を電気分解しアルシン (AsH_3) ガスを陰極から発生させる方法の確立、および AsH_3 ガスを高温炉に導き熱分解させて高純度ひ素を回収する方法の確立から構成されている。特にひ素イオンを含む水溶液を電解し、陰極に粗ひ素

または AsH_3 ガスなどひ素化合物を析出させた報告はこれまで知られていない。

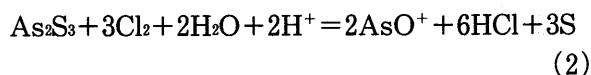
2. As_2S_3 の水への溶解

銅製錬の予備処理工程における副産物として回収された As_2S_3 殿物（光和精鉱（株）提供）の乾燥物の化学組成を表1に示す。これより分かるように、殿物中にはひ素以外の金属元素の硫化物も含有されている。さらに表中の元素の他、ニッケル、セレンやテルルなども含まれている。この殿物から電気分解法によって高純度ひ素を得るためにはまず As_2S_3 を溶解した電解液を調製しなければならない。しかし、 As_2S_3 の室温の純水に対する溶解度積¹⁾ は 4.0×10^{-28} であるからむしろ難水溶性であり、 As_2S_3 中の硫黄 (S) を酸化分離する必要がある。

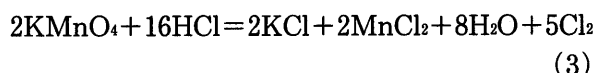
著者らは、多くの化学反応について検討した結果、塩素ガスを用いた (1) 式の反応によって As_2S_3 を水溶液にする方法が簡便で効率的であることを見出した。



また、pH が 1 以下の領域では、(2) 式に示されるように AsO^+ イオンとして溶解する場合も考えられる。



これらの予備実験に用いた実験装置を図1に示す。まず、硫化物殿物を乾燥炉中、90℃で24hr乾燥させ、その10gを500mlのビーカーに入れ純水を加えて全量を300mlとし、それを60℃に保持した恒温槽に設置する。液温が60℃を示したところで塩素ガスの吹き込みを開始した。塩素ガスは (3) 式の反応により発生させる。



塩素ガスを24hr吹き込んだ後、残留物をろ過して水溶液を調製した。

ろ液の化学分析結果を表2に示す。これより明らかなように、硫化物殿物中のひ素は完全に溶解している。したがって、このろ液を、電気分解によりひ素を回収するための電解液として用いることが出来ると予想される。しかし、銅、カドミウムあるいはビスマスなど他の金属イオンも若干溶解しており、これらのイオンが電気分解を妨害するかどうか調査する必要がある。

図2に乾燥 As_2S_3 殿物10gを25, 40, 60および80

表1 光和精鉱（株）から提供された銅製錬後の As_2S_3 殿物（乾燥）の化学組成（重量％）

As	S	Cu	Pb	Zn	Fe	Ca	Sb	Bi
43.92	42.73	2.05	0.179	0.029	0.389	0.042	0.011	0.008

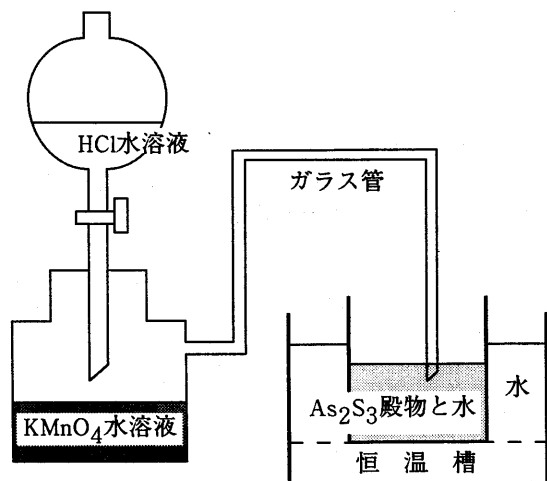


図1 As_2S_3 殿物を水に溶解させ電解液を調製するための実験装置

表2 液温60℃において塩素ガスを24hr吹き込んでリーチングした後のろ液中の元素分析結果 (As_2S_3 殿物（乾燥）10gに対する重量％)

As	S	Cu	Pb	Fe	Cd	Bi	Se	Te	Ni
44.00	0.15	0.12	0.012	0.016	0.006	0.057	n.d.	n.d.	0.0005

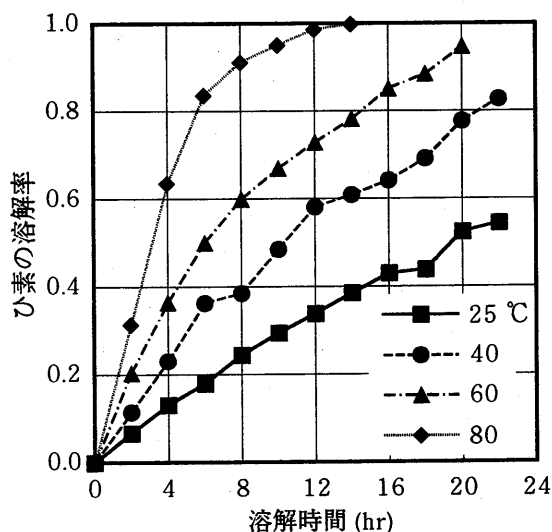


図2 As_2S_3 殿物10gを水300mlに溶解させた場合のひ素の溶解率の経時変化

℃で一定に保った水300ml中に溶解させた場合の溶解率の経時変化を示した。ここで、溶解率は(4)式と定義した。

$$\text{溶解率} = \frac{\text{溶解したひ素量(g)}}{\text{殿物10g中の全ひ素量(g)}} \quad (4)$$

水溶液中のひ素量は H₂S ガスを吹き込んで As₂S₃ 沈殿物をつくり、ろ過、乾燥後、沈殿物を秤量して求めた。図 2 より、80℃では約14hrで殿物中のひ素のほぼ100%が溶解するが、25℃では一昼夜溶解反応を進行させても殿物の半分のひ素量しか溶解しないことが分かる。溶解し始めて約 2 hr 後には水溶液の pH はどの温度でも 1 以下に急激に小さくなり、最終的には -0.5 付近を示した。

溶液中のひ素イオンの酸化数を調査するために、浴温60℃で3hr塩素ガスを吹き込んで処理し pH0.5 に調整した電解液に ORP 電極を入れ、0.1N のよう素酸カリウム (KIO₃) 溶液を滴加しながら電位の変化を観察した。その結果を図 3 に示すが、KIO₃ 溶液を約 1 ml 滴加したところで電位が上昇し約 400 mV の差を生じる。M. Pourbaiz²⁾ によると、AsO⁺ イオンや HAsO₂ 分子が 5 価の H₃AsO₄ に酸化される平衡電位と pH の関係はそれぞれ (5) および (6) 式で示される。

$$\text{AsO}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 : E(\text{V}) = 0.55 - 0.0887\text{pH} \quad (5)$$

$$\text{HAsO}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 : E(\text{V}) = 0.56 - 0.0591\text{pH} \quad (6)$$

(5) および (6) 式より、電解液の pH0.5 のとき平衡電位はそれぞれ AsO⁺ → H₃AsO₄ 反応では 0.505 V, HAsO₂ → H₃AsO₄ 反応では 0.530 V になる。したがって、測定された 0.4V の電位差はこれらの値よ

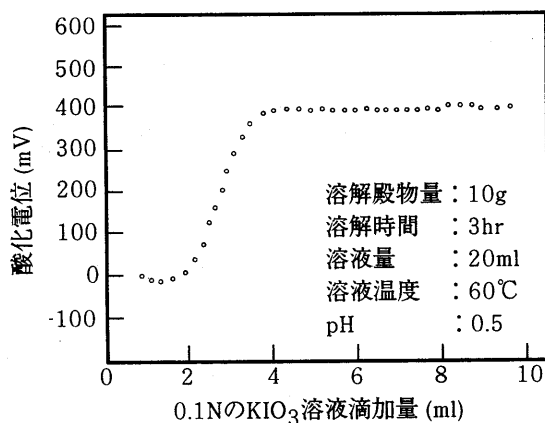


図 3 As₂S₃ 殿物を溶解した水溶液を KIO₃ 溶液で酸化した時の酸化電位の変化

りも若干小さいが、塩素ガスを吹き込むことによって水溶液中に溶解した場合のひ素は 3 価であると考えられる。しかし、本結果だけでは AsO⁺ イオンと HAsO₂ 分子のどちらが 5 価に酸化されたのか明らかではない。

3. ひ素を含む水溶液の電解

3.1 実験

まずひ素だけを含む水溶液を調製し、電気分解を行った。この水溶液はひ素濃度が 8.8g/l となるように亜ひ酸ナトリウム (NaAsO₂) 15.26g を純水 1 l に溶解し、塩酸で pH を 0.5 に調整した。同様に 4.4 と 2.2g/l のひ素濃度を持つ水溶液も調製した。

本実験で用いた電気分解の装置を図 4 に示す。電解槽 (電解液量 100ml) はガラス製で、この全体を恒温槽に入れ、電解液の温度を ± 1℃ 以内の精度で一定に保持した。陽極には不溶性金属の白金を用いたが、陰極は電解中銅イオンとして溶解しないことを確認したうえで銅電極とした。定電流装置を用いて所定の電流密度で電気分解を行った。電解時間は 0 ~ 200min とした。電解中は pH メーターを観測しながら、0.1N の塩酸を適宜加えて pH を一定に保った。

電解液の pH を塩酸で調整しているため、陽極からは塩素ガスが発生した。また、陰極からは AsH₃ ガスが発生するのを確認した。これらの両ガスがス

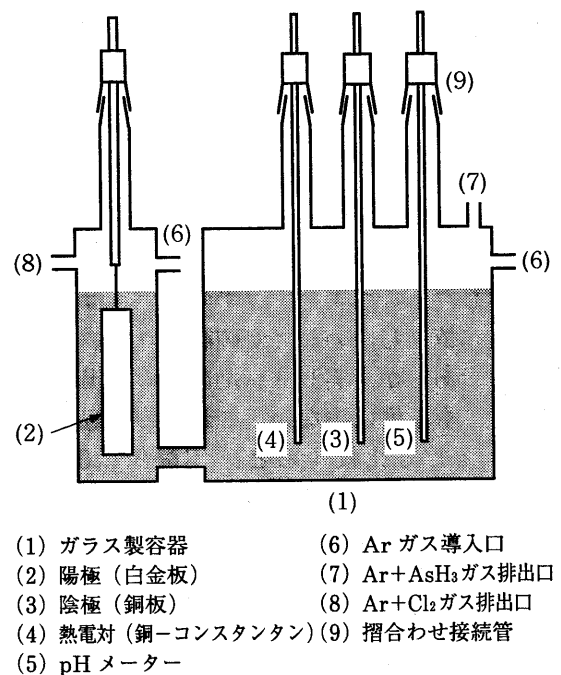


図 4 ひ素を含む水溶液の電解装置

表3 電気分解の条件

電解液：100ml	pH：0.5～3.0
電解時間：0～200min	電流密度：1.3～100mA/cm ²
ひ素濃度：8.8, 4.4, 2.2g/l	共存イオン：0.01N-Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , Fe ²⁺ , Sb ³⁺ またはBi ³⁺
電解温度：0～70℃	Sb ³⁺ イオン濃度：0.01, 0.02, 0.03N

ムーズに両極室から排気されるように、キャリアーガスとしてアルゴンガスを導入した。生成したAsH₃ガスはキャリアーガスとともに運ばれて、クロロホルム溶液（クロロホルム3ℓにジエチルカルバミン酸銀7.5gとブルシン1.5gを加えて調製したもの）に導かれ、一定時間ごとに吸光光度分析を行ってひ素の定量を行った。

以上の操作により電解に及ぼすひ素濃度、電解液の浴温、pH、共存イオンおよび電流密度の影響を調べた。これらの電解条件を表3に示すが、基本的な電解条件はひ素濃度8.8g/l、電解液の浴温40℃、pH0.5および電流密度3.5mA/cm²（電流20mA）とした。また、共存イオンの影響を調べる場合、ひ素濃度が8.8g/lの水溶液に0.01Nの不純物イオンが共存する水溶液を調製した。不純物イオンはCu²⁺, Ni²⁺, Fe²⁺, Sb³⁺またはBi³⁺とし、いずれも特級試薬の塩化物を溶解した。さらに、Sb³⁺イオンについては0.02および0.03Nの水溶液も調製した。

3.2 電解液中のひ素濃度が電解に及ぼす影響

ひ素濃度の異なる3種の水溶液に関する電解実験の結果を図5に示す。ここで、縦軸はひ素重量を示すが、3.1に述べたように電解により生成するのはAsH₃ガスであるので、これをAsH₃ガスの発生量と見なし以下の考察を行った。図5には、ファラデーの法則に従い、電流がすべてAsH₃の生成に消費されたと仮定して得られた理論析出量と時間の関係も破線で示した。これより、ひ素の析出量は電解液のひ素濃度に依存しないことが確認される。これは当然の結果であるが、実測されたひ素の析出量は理論析出量よりも極度に少ない。これらの直線の勾配を析出速度として比較すると、実験値は0.025mg/minと理論値1.55mg/minの1.6%に過ぎず、電流効率は低いことになる。

以上の結果より、陰極における電極反応は(7)および(8)式で表わされるAsH₃ガスの発生以外にも生じていると考えられる。

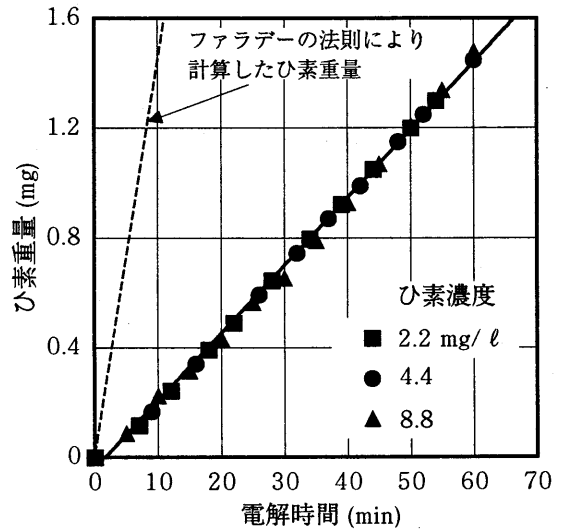
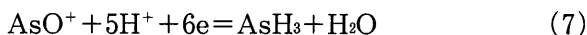
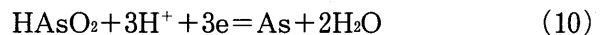
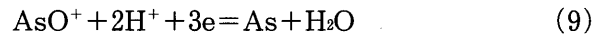


図5 AsH₃ガスの生成に及ぼす電解液中のひ素濃度の影響



実際、電気分解の終了後陰極の銅板には黒色の固形物が付着しているのが観察された。この固形物を乾燥後X線回折分析した結果、アモルファス状のひ素の単体であることが判明した。したがって、陰極では(9)および(10)式の反応も生じていると推察される。



As³⁺イオンの析出電位はH⁺イオンのそれより0.3V貴であること³⁾から、As³⁺とH⁺は同時に放電せず、ひ素が先に析出すると推測される。析出したひ素がAsH₃ガスになるためには、発生期の水素原子3個と極板表面で結合しなければならない。この時、水素原子はひ素原子と結合せず、反応2H⁺+2e=H₂によりH₂ガスのみが生成することもあり得る。したがって、(9)および(10)式の反応により電極表面に単体のひ素が析出したのであろう。

しかし、ひ素を含む水溶液の電気分解は特に陰極では多数の反応が複雑に起きているものと推察され、(7)～(10)反応が銅電極板表面でどのようなメカニズムで起きているのか、この実験だけでは判明しない。一方、白金陽極表面では反応2Cl⁻=Cl₂+2eだけが起これ塩素ガスが発生した。

3.3 電解液の浴温がAsH₃ガスの生成に及ぼす影響

浴温0～70℃の範囲で、浴温がAsH₃ガスの生成

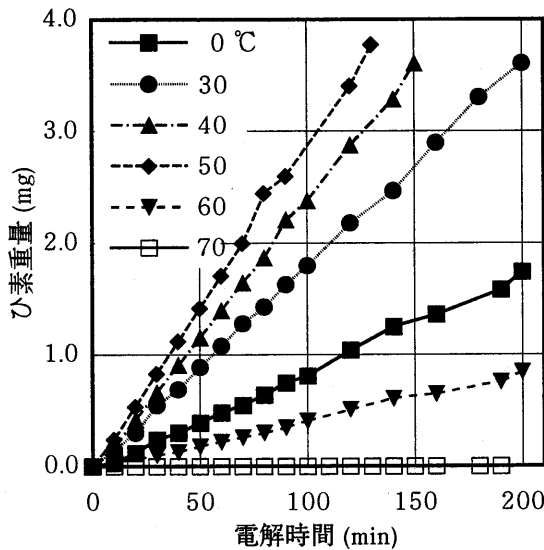


図 6 AsH_3 ガスの生成に及ぼす電解液の浴温の影響

に及ぼす影響を検討した結果を図 6 に示す。これより、0～50℃の範囲では浴温が高いほど AsH_3 の発生量は大きい、60℃では急激に減少し、70℃ではまったく AsH_3 ガスを生成しないことが分かる。

このように浴温が AsH_3 ガスの生成に及ぼす影響は大きい、0～50℃の間では電解液中の AsO^+ や HAsO_2 の易動度が温度とともに大きくなること、液抵抗が小さくなることなどが AsH_3 ガスの発生量を増加させている理由であろう。一方、60℃以上の温度で AsH_3 ガスの発生量が極端に小さくなる理由として、温度の上昇と共に銅電極表面での水素過電圧が小さくなる、つまり H^+ イオンの分極の低下が起きるので H_2 ガスが発生しやすくなるため、逆にガス境膜を形成して AsO^+ や HAsO_2 などの濃度分極を引き起こすことが挙げられる。特に浴温 70℃では、電極表面から盛んに気体の発生が観察されたが、 AsH_3 ガスの発生は認められなかった。

この実験結果から、ひ素を含む水溶液を電気分解しひ素を AsH_3 ガスとして回収する場合の電解液の温度は 50℃ 付近が最適であると言える。また、液温の上昇とともに AsH_3 ガスの発生量が増加する 0～50℃ の温度範囲において、図 6 の各直線の勾配を見かけの生成速度と見なしてアレニウスプロットした。これより見かけの活性化エネルギーを計算すると、17.9 kJ/mol の値が得られた。

3.4 電解液の pH が AsH_3 ガスの生成に及ぼす影響

次に、pH 0.5～3.0 の範囲で pH が AsH_3 ガスの生成に及ぼす影響を調査、検討した。その結果を図 7

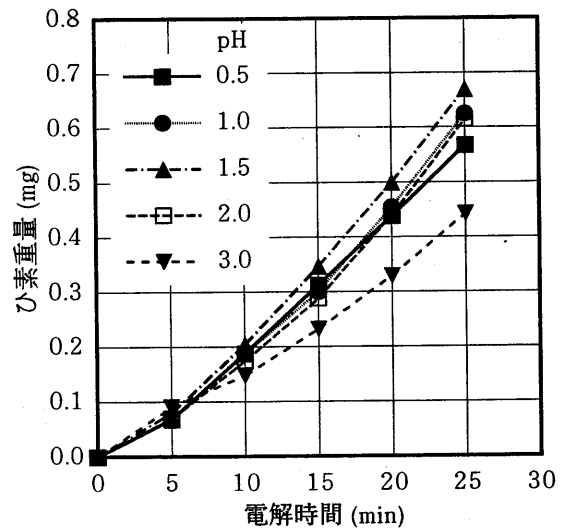


図 7 AsH_3 ガスの生成に及ぼす電解液の pH の影響

に示す。

図 7 より、pH が 0.5 から 1.5 まで上昇すると AsH_3 ガスの発生量は増加しているが、pH が 2 から 3 まででは AsH_3 ガスの発生量は減少していることが分かる。 AsH_3 ガスの生成は 3.2 に述べたように (7) と (8) 式に従うので、 H^+ イオンが多いほど、つまり pH が小さいほど、 AsH_3 ガスの発生量は大きいはずである。M. Pourbaiz²⁾ によると、電解液の平衡酸化電位を E^0 (V)、電解液中の AsO^+ イオン濃度を (AsO^+) (mol/l) とすれば、発生する AsH_3 ガスの分圧 P_{AsH_3} と電解液の pH との関係は次式で表わされる。

$$\log p_{\text{AsH}_3}(\text{atm}) = -5\text{pH} + \log(\text{AsO}^+) + 50.76E^0 - 19.17 \quad (11)$$

本電解液の E^0 は測定していないのでその値は分からないが、(11) 式から判断しても pH が小さいほど p_{AsH_3} は大きくなるはずである。pH 0.5～1.5 の範囲において本実験結果がこの傾向と異なる理由は、現在のところ明確ではないが、 H^+ イオンが多ければ電極界面で H_2 ガスの境膜が大きくなり、 AsH_3 ガスの生成が妨害されるためではないかと推察している。一方、pH 2.0 以上では pH が大きくなるほど AsH_3 ガスの生成量は小さくなったが、pH 0.5～3.0 の範囲で AsH_3 ガス生成の最適 pH はこの実験結果からだけでは判定しにくい。

3.5 電解液中の共存不純物イオンが AsH_3 ガスの生成に及ぼす影響

前述したように、鉍石中のひ素を副産物として回

収したひ素殿物中には、鉄、銅、ニッケル、アンチモンあるいはビスマスなどの不純物が含まれている。そのため、2に述べたようにこの殿物を水溶液に溶解して電解液を調製すると、電解液中には濃度は低いが多くの不純物イオンが共存することになる。そこで、これら不純物イオンがAsH₃ガスの生成に及ぼす影響を調査、検討した。その結果を図8に示す。

図8より、Ni²⁺およびFe²⁺はAsH₃ガスの生成を促進するが、Cu²⁺、Bi³⁺およびSb³⁺はその生成を抑制することが分かる。これらイオンの析出電位は、Fe²⁺ > Ni²⁺ > H⁺ > Sb³⁺ > Bi³⁺ > As³⁺ > Cu²⁺の順に小さくなるが、この電位列から判断すると析出電位が小さい元素が、AsH₃ガスの生成を抑制していることが分かる。特にCu²⁺イオンの析出電位はH⁺やAs³⁺イオンより小さいので、AsH₃ガスの発生を抑制するのは当然である。H⁺イオンより卑なFe²⁺およびNi²⁺イオンは、なんらかの理由でH₂ガスの発生またはひ素の析出を促進し、H⁺イオンより貴なSb³⁺、Bi³⁺、Cu²⁺イオンはH⁺イオンの放電を抑制すると推定される。しかし、Fe²⁺やNi²⁺イオンがAsH₃ガスの生成を促進する理由については現在のところ分からない。

次に、ひ素の析出を妨害するSb³⁺イオンの濃度(0.01, 0.02および0.03N)がAsH₃ガスの生成に及ぼす影響を調べた結果が図9である。これより、Sb³⁺イオンの濃度を増加させるとさらにAsH₃ガスの生成量が減少することが分かるが、この事実はSbH₃ガスの生成も推定させる。本論文には示さなかったが、他の妨害イオンであるCu²⁺やBi³⁺イオンについても濃度の増加によりAsH₃ガスの発生をさらに抑制する傾向が認められ、特にCu²⁺は濃度を増加させると極端にAsH₃ガス発生量を減少させることが判明した。また、0.01Nの濃度の時AsH₃ガスの生成を促進するFe²⁺やNi²⁺イオンでも濃度を増加させると抑制作用が働くようになることも判明したが、その理由は現在のところ明らかではない。

3.6 電流密度がAsH₃ガスの生成に及ぼす影響

電流密度がAsH₃ガスの生成に及ぼす影響について検討するため、電流密度1.3~15.4mA/cm²の範囲で電解実験を行った。その結果を図10に示す。明らかに電流密度の増加に伴ってAsH₃ガスの発生量も増加している。一般的に、電流密度が増加すれば、陽極に析出する物質(本実験では塩素ガス)の析出電位はより貴側に、陰極に析出する物質(本実験ではH₂、AsH₃ガスあるいはひ素)の析出電位はより

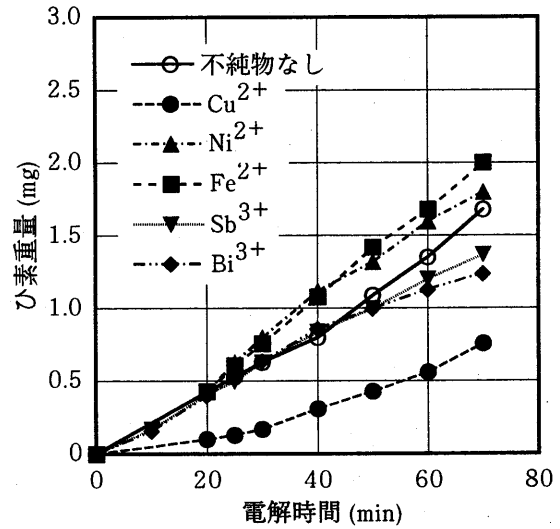


図8 AsH₃ガスの生成に及ぼす電解液中の共存不純物イオンの影響

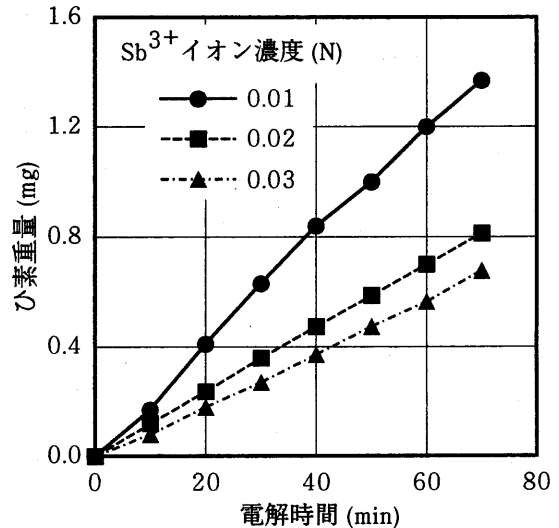


図9 AsH₃ガスの生成に及ぼす電解液中のSb³⁺イオン濃度の影響

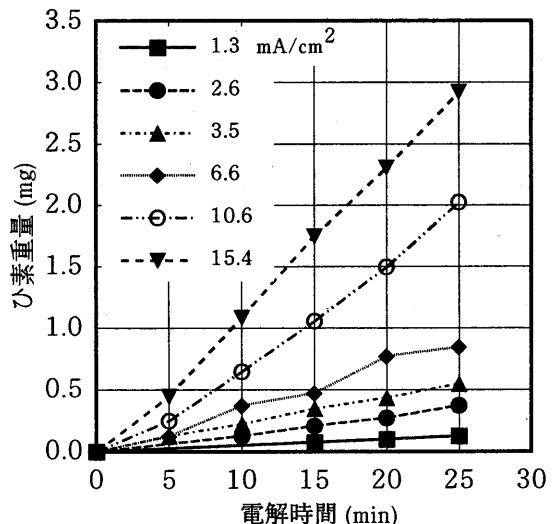


図10 AsH₃ガスの生成に及ぼす電流密度の影響

卑に変動する。特に水素の場合、電流密度の上昇により析出電位は水素過電圧のため相当卑になると予想される。そこでこれらの影響を調べるため、図10の各直線の傾きを見かけの生成速度 (mg/min) として計算し、これらの値を電流密度に対してプロットしてみた。その結果を図11に示した。図11にはその後100mA/cm²までのさらに大きい電流密度に対して得られたデータも示しているが、広い電流密度の範囲ではほぼ直線関係が満足されていることが分かる。これは、AsH₃ガスの生成が電流密度の上昇に伴う析出電位の変動に影響されないことを示している。この電流密度の範囲では、水素過電圧の増加に伴って仮に発生期の水素原子が減少しても、陰極に析出したひ素原子と結合してAsH₃ガスを生成する水素量は十分に供給されると推定される。

4. AsH₃ガスから高純度ひ素の回収

ひ素を含む水溶液を電気分解することにより発生したAsH₃ガスをアルゴンガスにより350~700℃に保持した電気炉中の透明石英反応管内に導き、(12)式により熱分解反応を進行させてひ素を回収した。



実験装置を図12に示した。電気分解により生成したAsH₃ガスはマグネシウムで脱酸されたアルゴンガスに搬送されて、塩化第一銅15%塩酸酸性溶液 (SbH₃ガスを除去)、酢酸鉛1%酸性溶液 (H₂Sガスを除去) を通過した後、図12の左側の導入管から石英反応管に入り、炉の中心部に設置したガラスウールの部分でひ素を生成し、アルゴンガスと水素ガスは排気管から排出される。アルゴンガスの流量は20 ml/minである。電気炉の温度はアルメルクロメル熱電対により測定し、±2℃の精度で一定温度に保持した。また、排ガスを直接AgDTTC-クロロホルム溶液に導き、吸光光度法によって未分解のAsH₃ガスを定量し、分解反応の進行度を推定した。

(12)式の反応は熱力学データ⁴⁾によると、分解反応でありながら66.44kJの発熱反応である。したがって、熱分解温度は低いほどひ素の回収には有利である。実験結果を図13に示すが、予想通り温度が高くなるほどAsH₃ガスの分解率が低下し、ひ素の回収率が悪くなることが分かる。350℃では未分解AsH₃ガスがほとんど無いので、この温度ではAsH₃ガスは十分分解しひ素を生成していると考えられる。しかし、AsH₃ガスは常温では気体状態で安定であ

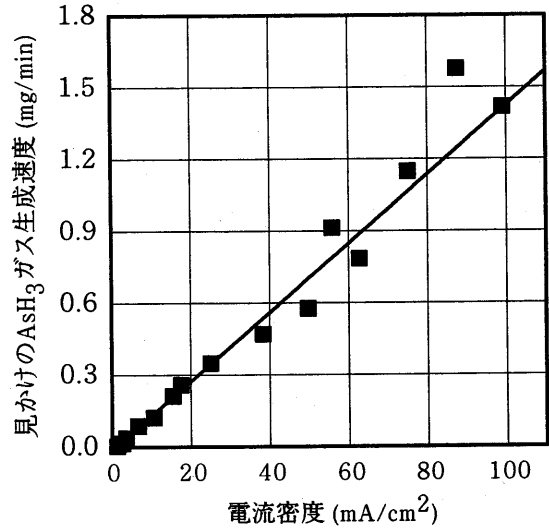


図11 見かけのAsH₃ガス生成速度に及ぼす電流密度の影響

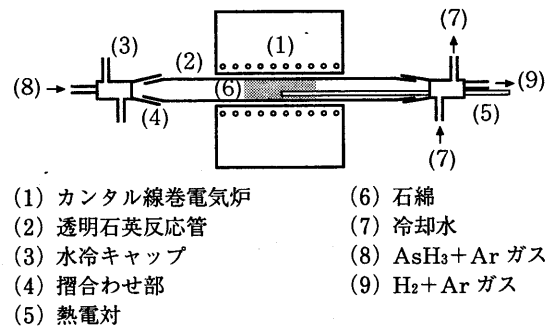
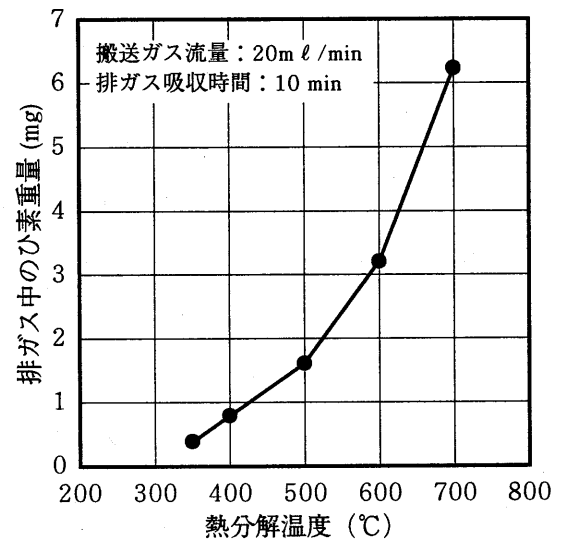


図12 AsH₃ガスの熱分解によるひ素回収の実験装置



電解条件：ひ素濃度8.8g/l, pH0.5, 電解液量100ml
浴温40℃, 電流密度43mA/cm²

図13 AsH₃ガスの熱分解に及ぼす分解温度の影響

表4 As₂S₃ 殿物の溶解, 電気分解および熱分解条件

As ₂ S ₃ 殿物の溶解条件	殿物重量 (g)	溶解温度 (°C)		溶解時間 (hr)
	10	60		24
電気分解の条件	浴温 (°C)	pH	電流密度 (mA/cm ²)	電解時間 (hr)
	40	0.5	3.5	24
熱分解条件	分解温度 (°C)	分解時間 (hr)	搬送ガス流量 (ml/min)	
	350	24	20	

表5 As₂S₃ 殿物から得られたひ素の純度 (重量%)

As	Cu	Fe	Ni	Sb	Bi	Se	Te	S
99.999	n.d.	n.d.	n.d.	0.5×10 ⁻⁴	0.9×10 ⁻⁴	n.d.	n.d.	1.2×10 ⁻⁴

るから, 常温から350°Cまでのある温度で熱分解反応が進行しなくなるはずである。そのため350°C以下のある温度以下では熱分解が遅くなると予想されるが, 本実験ではその温度を見出すことが出来なかった。また, 得られたひ素を X 線回折分析した結果, 無定形であることが判明した。

5. 実際の As₂S₃ 殿物からのひ素の回収および得られたひ素の純度

3 および 4 に述べた実験結果よりひ素イオンを含む水溶液の電解や AsH₃ ガスの熱分解温度に関する最適条件はほぼ明らかになった。そこで, 実際の As₂S₃ 殿物から 2 に述べた方法に従って電解液を調製し, 電解してみた。これによって発生した AsH₃ ガスを熱分解してひ素を得た。それぞれの実験条件を表 4 に示す。

得られたひ素の純度を表 5 に示す。これより不純物としてアンチモン, ビスマスおよび硫黄が含まれていることが分かるが, これらは電解中に AsH₃ ガスと同じように SbH₃, BiH₃ および H₂S ガスとして陰極で生成して分解炉に運ばれ, そこで熱分解しひ

素中に入ったと推定される。しかし, ひ素の純度は 99.999重量%以上で, 半導体産業のドーパ材として十分使用可能である。

6. ま と め

非鉄鉱石から予備処理工程で As₂S₃ として脱ひされた殿物を水溶液に溶解し, 電気分解を行って AsH₃ ガスを発生させ, それを熱分解して高純度ひ素を回収するための一連の実験を行い, 以下の結果を得た。

Cl₂ ガスを吹き込むと, As₂S₃ 殿物中のひ素は HAsO₂ または AsO⁺ として水溶液に溶解出来ることが分かった。

得られた水溶液の電気分解により陰極に AsH₃ ガスが発生するが, AsH₃ ガスは, 液温 50°C, 電解液の pH0.5~2.0 の範囲で陰極から最も効率良く生成した。AsH₃ ガスの発生量は, 200mA/cm² 以内の範囲で電流密度に対して直線関係を示した。電解液中に共存するイオンの内, Sb³⁺, Bi³⁺ および Cu²⁺ は AsH₃ ガスの発生を抑制し, Fe²⁺ と Ni²⁺ は促進する作用を示した。また共存イオンの濃度が増加すると抑制作用の効果が増大した。また, AsH₃ ガスは 350°C 付近で熱分解し, ひ素を生成した。

実際の As₂S₃ 殿物からこの実験で回収したひ素の純度は 99.999重量% と満足な結果を示したが, 不純物として 0.9ppm の Bi, 0.5ppm の Sb および 1.2ppm の S を含んでいた。

参 考 文 献

- 1) 阿藤 質: 分析化学, 改訂増補版, 培風館, (1975) 24.
- 2) M. Pourbaiz: Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solution, National Association of Corrosion Engineers, (1974) 518.
- 3) 矢沢 彬, 江口元徳: 湿式製錬と廃水処理, 共立出版, (1975) 31.
- 4) J.A. Dean: Lange's Handbook of Chemistry, 20th Ed., MacGraw-Hill, (1979) 9-8.

一般論文

蓮如の「王法為本」説と戦国期社会

遠藤

Rennyō's View of "The Laws of the King" (Oubō) :
The Emergence of Political Theology in Shin Buddhism

Hajime ENDOH

1. 問題の所在

研究史への不満 大桑 斉「蓮如における王法の問題」は、教えられるところの多い論考であった¹⁾。

というのは、大桑の論考を目にするまでは、私の真宗史研究プランにはこの問題は入っていなかったからである²⁾。現在、宗派史のレベルでは喧しく論議されている蓮如の「王法」問題も、およそ歴史学の問題としては立上げることができない研究素材と考えており、大桑の歴史学の問題としての見事な立上げに驚きを覚えた。

そこで、大桑の論議については、手間を省き直接に論考に当たられることをお願いするとして、ここでは大桑の論議への位置関係を明確にする形で論をすすめたい。ただ、その前に私の真宗史研究プランに蓮如の「王法」が入らなかった事情から述べていきたい。

かつて、私は蓮如の「王法」問題についての研究文献を集めたが、その際に次のような感想ともつかない違和感を持った。それは、蓮如の「王法」問題について論じること自体への違和感である。

そもそも、蓮如の「王法」問題という真宗史における研究史は、戦前にまで遡り、その際の問題の立て方が、真諦（往生浄土）と並ぶ俗諦の起源を蓮如の「王法をもて本となす」という言質にとったことに端を発する。それは、宗学者金子大栄が、「王法」と浄土往生の関連否定、「王法」は時代によって変遷があるとして、俗諦に対して疑義を表明したとしても、俗諦を天皇制に絞り込み、また、「王法」を俗諦と解釈したという点において誤差の範囲であり、「王法為本」を体制・国家への従属の論理として用立てた点については変化がない³⁾。

つまり、戦前の蓮如研究が「王法」問題を論じたのは、近代真宗学の基本的立場である真俗二諦説・

王法為本説が、親鸞・覚如・存覚・蓮如そして江戸宗学と脈脈と受け継がれてきた宗派の根幹をなす教学であるという大前提があるからであろう。特に、真俗二諦説の正当性主張として、開山とされる親鸞、中興とされる蓮如の教説の中に、その典拠が求められたわけである⁴⁾。

特に、蓮如の場合は『御文』で「王法をもておもて」とすることが、「当流にさたむるところのおきて」と明確な形で「王法為本」が説かれたために、真俗二諦説の「真諦」＝「仏法」、俗諦＝「王法」という構図に論じあげていった。これは、すでに大桑の指摘にいあるように、戦前の研究者もさすがに教学上の真理である「俗諦」を「王法」に絞り込むことには、多少の違和感を感じつつも、真俗二諦説を宗義とする時代の要請が「疑義」を生じさせるには至らなかったのである。

そして、この違和感は、蓮如の「王法」をどのように解釈するのという、いわば「俗諦」＝「王法」という構図に蓮如の「王法」を修正しながら解釈するという「式」の論議が行なわれたのである。そして、この「真諦」＝「仏法」、俗諦＝「王法」という蓮如研究の構図は、何の疑いもなく今日までの蓮如研究のプランの基底になっている。

例えば、一向一揆論として問題をたてたはずの峰岸純夫「一向一揆」でも、「世法」は村落共同体秩序、「王法」は守護・地頭＝領主権力としているが、これも大桑が整理した通りに、「王法為本」論から発想された論議で、論の当否はともかくとして、問題の立方として問題がある⁵⁾。また、黒田俊雄の「一向一揆の政治理念」も、世俗・王法と仏法の対立の中に、「仏法領」＝一向一揆のイデオロギーをみいだそうというものであるから、基本的に、「王法為本」説を前提とした論議である⁶⁾。

というわけで、些か乱暴な整理であるが、「王法為本」説とその解釈史は、近代本願寺教団の体制・

国家への従属の論理として用立てられた論議であり、そこを精算しないと歴史学としての蓮如研究のプランには組み込みにくい。ために、蓮如の「王法」を論議する際には、「王法為本」という論議の枠組みに入り込むこと自体に問題があり、議論の枠組自体から論議する必要にせまられている、というのが、私が「感じて」きた研究史への違和感である。

論議の前提 さて、本願寺教団における天皇制国家への従属の論理を中興上人である蓮如に求めるために打ち出された「王法為本」説であるが、その論議の組み立てには当初より、中世後期の言説を近代に転用したために「ギクシャク」したものになった。というのは、蓮如・本願寺が、中世後期においても一貫して、体制・国家に従順に従い行動していたことを論証しなければならない羽目に陥ったのである。

これには大問題が生じる。一向一揆の問題であり、「王法為本」説からすれば、蓮如の一揆への関与の「アリバイ」を証明しなければならなくなった。実は、戦前の研究者の多くは、「蓮如上人が、一揆の逆徒に加担するわけがない」という思い込みから、蓮如と一揆の関係などは論議の対象から外されてしまった。例えば、小山法城『御文章講義』などは、「掟」章の「守護・地頭」を警察や知事などにあてたり、「王法」を国家にあてることになんの躊躇もない⁷⁾。

ところが、一向一揆と本願寺・蓮如との関係は、中世後期の資・史料を検討すれば、関与・非関与が当然に取り沙汰されても不思議はなく、論議の対象になってよいはずであった⁸⁾。ところが、一向一揆への蓮如非関与の「アリバイ」証明という難題に、実証水準で正面から論議したのは、事実上、谷下一夢のみであった⁹⁾。谷下は、諸神諸仏・守護地頭の尊重が「王法為本」であるから、一向一揆対策で、「王法為本」は、一向一揆という下剋上の風潮のなかで教団を守っていくための方便で、真意は「仏法第一」にあったという論議を展開した。

谷下のこの論議は、蓮如の「王法」問題を一向一揆との関係で論議するという研究史の方向づけとなったわけである。そして、蓮如の「王法」問題は一向一揆との関係で論議していこうとする研究史の方向を、さらに決定づける史料紹介が佐々木求巳によりなされた⁹⁾。柳宗悦が戦前に金沢の古書店で購入したという、いわゆる「柳本御文集」である。

この「柳本御文集」の第5通は、文明6年一向一揆が「法敵打倒」の蜂起で止むなすと、蓮如が一揆

を支持する言説を行なっていることで注目を浴びた。私は、この「柳本御文集」第5通は、戦国期の写本と考えられており、また、内容的に検討しても蓮如の「御文」として信用に足ると考えた。そして、これにより、別稿で検討した通り「王法為本」の一向一揆の存在がありえるという論議にたどり着いた¹⁰⁾。

また、金龍静が紹介した「浄得寺御文集」には、第5通の異本・類本と考えられる「御文」が存在し、今のところは「偽書」説は成立しにくい¹¹⁾。

といわけで、小論において蓮如の「王法」という語の論議に当たり、「王法」を国家権力に絞り込まない、「王法為本」説を一向一揆対策という予定調和的な「見込」論議を行なわない、を前提としなければならない。

2. 文明5年11月の「定」について

「定」は教団組織＝一揆結合への「制法」というわけで、蓮如の王法を読み解く作業に当たって、今一つ、その前提となる作業を行なっておかなければならない。蓮如は文明6年2月に「王法をもてをもてとし、内心には他力の信心をふかくたくはえて、世間の仁義をもて本」とし、これが「王法」の初見例であるとされ、間違いなからう。問題なのは、「当流」の「掟」について、整然とした初見例は、前年11月に出示された「十一箇条制法」であり、小論においてはこのいわゆる「制法」が「御文」でなく、中世社会では「定」と呼ばれる証書類の文書であることを確認しながら論議をはじめたい¹²⁾。

さて問題のいわゆる「十一箇条制法」は、写本としては西宮市名塩教行寺「御文集」(以下「名塩本」)しか伝来していないので、取り扱いが慎重になされるべきであるが、書式や内容から判断して中世後期の「定」・「掟」類と考えてよさそうである¹³⁾。

まず、書式から検討していくと、「定 於真宗行者中可停止子細事」とあり、この「掟」が、真宗行者という信仰共同体に対して定められた停止事項であることがわかる。そして、この「定」が「於背此制法之儀者、堅衆中可退出者也、仍制法状如件」と、「念仏行者中」からの退座規定があり、「惣」的結合をもつ集団での「定」であることが判る¹⁴⁾。

この「定」が出された時期は、文明5(1474)年11月の日付があり判明しているが、「定」で行動を制限しようとした対象が問題となる。

文字通り読めば「於真宗行者中」であるが、これが全教団を対象としたものではなく、当時、蓮如が滞留していた吉崎坊舎の「行者中」を想定したもの

と思われる。吉崎坊舎の「行者中」ということは、「他屋坊主衆」がこれに当たり、この「定」は、蓮如と「多屋坊主衆」との関係において考えなければならぬことになる。

つまり、この「定」が「他屋坊主衆」に対するものであるとすると、この時期の「多屋衆」の行動に対して制されたものであるから、前月の「他屋衆衆議状」との関係が問題となる。「他屋衆衆議状」は、文明5年の10月に吉崎の寺辺に坊舎を構える「他屋衆」が、「牢人」が吉崎坊舎に危害を加えるような事態があれば、仏法のために一命を賭けて一戦あるべし、という衆議をおこなったというものである。

11月の「定」と、「他屋衆衆議状」が一連のものであることは、蓮如のこの年の10月に書かれた「御文」から判明する。蓮如は「御文」で、「当年正月時分よりあなちちに思案をめぐらす処に、牢人出張の儀についてそのひまなく、或は要害、或は造作」を繰り返してきたと述べ、「他屋衆」は吉崎坊舎坊主衆の一山組織への呼称であるから、教団挙げての武装化が進められていたことが解かり、こうした動向のなかで制定された「定」なのである。

つまり、11月の「定」を、吉崎坊舎と坊主衆の武装化が進行された際のものとするれば、教団組織＝一揆結合の「定」として読まなければならない、一揆の際の行動規範と読まなければならない。

蓮如教団の「掟」について さて、蓮如が吉崎の多屋坊主衆に制定した「定」は、教団＝一揆結合に対するものであるとすれば、「定」の文言は、蓮如の一方的な通告ではなく、多屋衆との談合のうえに制定されたものと思われる。というのは、10月には、吉崎の武装化に際して、蓮如も同席のうえ他屋衆の「衆議状」が作成されたわけだから、「定」が他屋衆も含め吉崎に逗留する門徒団の行動を規制する性格であり、蓮如から一方的に「定」・「掟」が下されたとは考えにくい。

とすれば、単に本願寺坊主分というだけでなく、在地でそれぞれ多様な社会身分を持つ坊主衆に、「定」・「掟」が妥当な内容を持つもので、吉崎坊舎坊主衆の一山組織のそれとして相応しいという認識をもたらすものでなければならなかった。しかも、教団組織＝一揆結合の「定」として、一揆行動の際には行動規範になるのである。

では、急速に組織が拡大し、多様な社会的身分を持つ人々が参集した本願寺教団において、一般性を持って受け入れられる「定」・「掟」とはどのような

内容であるのかが問題となる。文明5年11月の「定」の内容は、他宗・神祇にたいする念仏者の態度、守護・地頭への恭順、念仏行者中における心得といったものを、11にわたって教諭したものである。これを読めば、中世念仏社会で「制戒」・「教戒」と呼ばれた「掟」類と、時空の差からくる個々の文言の異同を除外すれば内容的に差はなく、宮崎圓蓮の指摘のように、それらの伝統を継承した「定」・「掟」として読むことが妥当だと思われる¹⁵⁾。

事実、南北朝期に東国門弟が作成した「定」・「掟」は、やはり不軽神明、他宗への振舞、講会における禁忌規定、といった共通事項がみられる。そして、注目すべき点は、弘安8年8月13日の善円「制禁」にも、「制禁」への違背に対しては「同座同席をすへからさるものなり」という退座規定があり、形式的にも共通している¹⁶⁾。

また、本願寺教団内に眼をやれば、『改邪抄』には、法然門下が元久元年に起請し7箇条にわたり、法然門弟の行状を制戒したとい「七箇条制戒」が引用されている。また、「絵系図」の、仏光寺教団が「序題」と呼ぶ「表白文」にも、条文化されていないが「掟」類の存在を想定させる衆（惣）中からの退座規定が述べられている¹⁷⁾。

このように、中世真宗教団内には、念仏同行中の行状を制戒する「掟」類が伝統化していたものと考えてよく。蓮如が、吉崎坊舎で制定した「定」もそうした「掟」類のひとつとして位置づけられる。つまり、念仏の同行組織が存在するところに、必ず「掟」ありということになるが、文明5年の10月に定めた事情は、吉崎坊舎の一山組織である他屋衆の武装化があげられるが、内容的には、中世念仏社会の「掟」類を踏まえたもので、蓮如の独創と指摘できる部分は少ないと思う。

3. 「掟」の教学とは何か

「定」・「掟」の法語化 柳本「御文」第5通は、文明6年一向一揆を「王法為本」の一揆で、室町將軍の「奉書」による加賀守護職富樫政親支援の蜂起であると位置づけた。そもそも、文明5年11月の「定」が、武装化した「他屋衆」の行動規範であるとする、「念仏者、国においては守護・地頭を専らすべし、軽んずべからず」という文言にピッタリくることになる。

そして、なによりも興味深いのは、この「定」が文明5年11月の年紀を持っているということである。蓮如は、この年の同月21日の「報恩講」から、拡大

した教団に対して、真宗の肝要を懸命に説きだし、以後の本願寺教団で重要な聖教・儀礼を行ない始めた時期である¹⁸⁾。

であるから、拙い私見ではあるが、「定」・「掟」が集中的にだされる文明5年から7年間の蓮如の行動は戦国期本願寺教団建設の方向性を決定づける時期であり、これらの「定」・「掟」もこうした蓮如の宗教運動の一環に読み込んで行かなければなるまい¹⁹⁾。ゆえに、蓮如の「定」・「掟」も、教団内で形成する一向一揆に対して、牽制するために便宜的・一時的に説かれたものなどではなく、蓮如の政治神学として読み取らなければならない。

文明5年11月の「定」は、中世念仏社会の「掟」類と等質な内容を持っているが、蓮如の独自性は、「惣」あるいは「講中」といった共同体における規則であった「掟」を、「法語」＝教義として説いたところにある。文明5年12月上旬の報恩講直後に出された「おさらへ」章と呼ばれる一群の「御文」である²⁰⁾。これらの「御文」群は、同月21日の「報恩講」直前に出された「御正忌」章と呼ばれる「御文」で、吉崎に群集する門弟の信心のありさまを「ただ人まねばかりの体」であると批判し、一日も早い信心の決定を呼びかける。そして、親鸞の祥月仏事を「報恩講」という名称に定着化させ、法要の意義を「信・不信の次第を分別」する場であるとし、それが「自行化他の道理」で、「聖人の御素懐には深くあひかなふ」としている。

さて、文明5年の「報恩講」の満座後12月8日に、蓮如は「おさらえ」章を認めるが、この「御文」は、9月11日の「他屋内方教化」章と連動する「御文」である。これは、「おさらへ」章が、他屋内方をはじめとした吉崎へ参詣した人々に対して出されたものであるが、大切なことは、主題が「あさましき女人のためにおこし給へる本願」と、女性の劣性（救われがたい存在であることの誇示）を示して、反対に阿弥陀如来の救済の絶対性を説いている点である。ここでの他屋内方は、「報恩講」後にも「大略信心決定」したにもかかわらず、「そのまま打ちすて候へは、信心もうせ候へし、細々に信心の溝をさらへて、弥陀の法水でなかせ」と呼びかけているのだから、信未決定の代名詞の役割を果たしている²¹⁾。

蓮如の王法を考える場合、「おさらへ」章で興味をひくのが、端書で「掟」について具体的に言及していることである。他宗振舞と不軽神明が「当流のおきて」としたうえで、「かくのこく信心のかたも、そのふるまいも、よき人をは聖人もよく心えた

る信心の行者なりと、おほせられ」た、と述べている。つまり、「掟」に示される規範が、信心決定した念仏者の姿であるとし、宗祖親鸞が示したものであるという。ここにいたって、「定」・「掟」の教学化＝信心の社会の問題として扱っていこうという姿勢が見受けられる。

「掟」の教学は蓮如の政治神学説 先に私は蓮如の「掟」は、一向一揆に代表される門徒団の反体制運動対策として、便宜的・時限的に出されたものではない旨を述べた。これは、文明5年11月の「定」は、確かに「他屋衆」との合議の上に定められた教団＝一揆結合の「制法」であるし、一揆という非常時の証書類であるとはいえる。しかし、注目しなければならないのは、「報恩講」後に「おさらへ」章として「法語」化され、門末に宗主の「教え」（教義）として説かれた事実である。それも、「掟」に示された行動規範の遵守が、宗祖親鸞が示した信心獲得後の真宗門徒の生き方の指針（生活信条）であるというのである。

しかも、「おさらへ」章は、別稿で議論したように自筆本、写本ともに異本が多数に存在し、繰り返し書写された、従って、代表的「御文」ということになる²²⁾。蓮如自筆「御文」を調査され自筆本を論議された岡村喜史は、自筆と確認できる「御文」60通のうち、門弟に授与されたと考えられる「御文」は23通、授与された可能性があるのが3点であるという²³⁾。そうすると、蓮如自身の手控や推敲に使われた残りの「御文」が本願寺から持ち出されたのは「形見分け」や「真筆信仰」であるということになるから、「御文」の流布は証判本と呼ばれる当代宗主の花押が据えられた本によるという。

この岡村氏の議論をさらに進めれば、教え（教学）としての「御文」を考える際にも、残存する自筆の検討もさることながら、書写量が多い「御文」が重要になる。また、これは蓮如自身の教学を考えるのみでなく、後世の教団の蓮如教学像を検討する素材になるのではなかろうか。

そのようにして「おさらえ」章を考えると、後に「五帖御文」が「御文」選集として定着した際に2帖目1通に据えられたこともさることながら。蓮如自筆本が2本で、2本とも花押が据えられているから、授与が目的で書かれたもの考えられる。また謹写本も一本存在し、まさに門末に言って聞かせるための「御文」であったわけである。そして、以後に信獲得後の念仏者の生き方を啓示しているわけであ

るから、世間＝社会（他宗も含めた）・政治＝支配・被支配に関わるときは、真宗念仏などということは言わずに「お上」（守護・地頭）従って生きるのが本義で、日常は後生の一大事＝永世の楽果のための「南無阿弥陀仏」の信心であるのが真宗の宗旨だ、という「政治神学」を構築したのである²⁴⁾。

4. 「王法為本」説の検討

王法為本・仁義為先・世間通途 文明6年2月17日になると、「掟」章と呼ばれる「御文」が出される。この「掟」章には念仏者の信後の振舞について、お定まりの「他宗振舞」、「可専守護・地頭」、「不軽神明」について述べ、「ことのほかには王法をもておもてとし、内心には他力の信心を深くたくはへて、世間の仁義をもて本と」せよ、という「王法為本・仁義為先」と呼ばれる文言が登場する²⁵⁾。そして、三項目の「定」と、「王法為本・仁義為先」が、当流に定められた「掟」であると締め括っている。

ここでの「王法」の用例は、「仁義」という概念と対しようされているから世間一般というような概念で使用されていることが判る。真宗門徒の政治神学として、住んでいる世界＝共同体秩序への協調・融和を説いている文言で、一種の社会有機体説にもよめる。ただ、少なくとも、ここでの「王法」の用例のみでは、国家権力への従属・翼賛を説いているようには読めない。

そこで、いま少し丁寧に、この間の本願寺教団と蓮如を取り巻く状況から、教団がどのような社会との関係を切り結ぶ教学を必要としていたかを考えてみると、くどいようであるが、それが一向一揆であることは間違いない。一向一揆と一口でいっても性格は多様で、この時期の一揆組織は、「郡」という組織が運動体を支えていた²⁶⁾。この「郡」の性格については、研究者により活発に議論されたが、いまのところ本願寺の門徒組織に収斂されない広汎な一向宗と他称されるような組織と考える説が有力で、そうでなくても、本願寺との密接な関連は否定できない状況にある²⁷⁾。

とすれば、谷下一夢以来、一向一揆との関係で「王法」を考える際に、「可専守護・地頭」という「掟」の文言から、公武の領主権力を無条件にあててきたが、一向一揆への関与に関して蓮如の「アリバイ」が崩れている以上、地域の秩序としての地域的一揆体制も視野にいれなければなるまい²⁸⁾。このこと踏まえれば、「王法」という語を、具体的な特定の権力に充てて解釈すること自体を困難にする。

私は以前に、蓮如の消極関与説の立場から、村落に生活する門徒の意識する「王法」と、仮初にも貴種僧である蓮如が意識する「王法」の差の存在を指摘したことがある。仮に「王法」を、世間一般の秩序といった意味に取った場合、蓮如が日野富子や細川政元を招いた山科坊舎に、阿弥陀堂を建立する際に、本願寺は「勅願寺」であることを宣した際の「王法」意識が門徒と同一であろうはずがない²⁹⁾。いわゆる顕密仏教の王法仏法相依説に立った論説を展開してもよさそうなものである。しかも、真宗史の中には、覚如・存覚の著述に仏法王法相依論にたった論説が展開されているのであり、教学的論拠はずでに用意されていたのである³⁰⁾。

ところが、蓮如は一貫して文明15年12月25日の「御文」でも、「世間につけ王法につけ」といった用法で、世間一般・仁義・秩序・仕来り、というような意味で「王法」という語を使用している。蓮如の「王法」の使用例には、仏法王法相依論を踏まえた用法ではないようである。

次に、世間一般・仁義・秩序・仕来りといったような用例で、「御文」のなかに類似の表現を探せば、文明8年正月27日の「御文」で「王法為本・仁義為先」の次に「世間通途の儀に順じて、当流の安心をば…」が該当する³¹⁾。それゆえ、王法＝仁義＝世間という構図が設定でき、真宗の信心以前の「掟」として世間の仕来りに従って生きていくのが真宗門徒のたしなみであると言うのである。

「仏法王法の作せる所」 世間の仕来りにしたがって生きるのが真宗門徒の「掟」であるという主張は、文明6・7年の加賀一向一揆の際に、蓮如の予想をはるかに超える事態を惹起する。この事態に蓮如は、当事者の一人として越前吉崎坊舎を緊急に待避し、畿内に活動の場を移すことを余儀なくされる。

まず、文明6年の一向一揆は、7月に本願寺門徒と高田門徒の小競り合いに端を発する³²⁾。次の段階として、高田門徒が守護方（富樫幸千代）に就く、この動きに連動して本願寺門徒は富樫政親方に就いたものと思われる。その結果、加賀は、吉崎に本拠を置く本願寺系勢力と、先年の戦闘で本拠地を追われ山内庄に退却している政親の連合軍が、北加賀に勢力を張り蓮台寺城に拠点を置く幸千代が対陣した格好になった³³⁾。

本願寺門徒が富樫政親方に参陣した事情は、本願寺という寺院が中世社会にあっては、日野一流に属する寺院であり、蓮如が足利義政・日野富子の側に

あったということである。そして、神田千里が指摘するように、順如・実如が日野重光（日野家惣量職、富子兄）の猶子であった関係を通して、本願寺と幕府を結びつけ、応仁・文明の乱における立場も明確化したものと思われる³⁴⁾。

それゆえ、文明6年一向一揆は、蓮如の住む世間の仕来りに従って加賀守護家の対立、高田門徒の行動を見通せば、当然、富樫政親方に就いた行動を取るべきであるということになる。なぜなら富樫政親は、長享元年の足利義尚が「寺社本所領回復」を掲げて、近江六角氏を攻撃した際に参陣した側近の一人であり、その富樫政親が幸千代を排除し加賀守護職に就くことは蓮如・本願寺にとって道理至極なのであった³⁵⁾。

さて、文明6年一向一揆は、『白山宮莊嚴講中記録』によれば、7月に本願寺門徒と高田門徒の小規模な戦闘から始まった。蓮如も8月26日の「真慶御房」宛書状で知られるように、刀剣の購入依頼を行なっているが、その際に加賀の百姓中の戦闘が近日中に落居するという見通し述べている³⁶⁾。

ところがこの見込みは外れ、「柳本御文集」第5通によると、高田門徒と連合した守護方が、加越国境付近で行動を取る越前牟人甲斐八郎も取り込み吉崎坊舎に攻撃を仕掛けてくる事態が発生した³⁷⁾。

この事態に蓮如は、すでに一揆形成していた吉崎「他屋衆」を中心に「郡」一揆が組織され、山内（富樫政親）方、白山衆徒・那谷寺衆徒といった勢力を結集した「一国の一揆」となった。そして、蓮如・本願寺の立場は、将軍から富樫政親支援の「奉書」がなされたので「私ならぬ次第」で一揆したという、まさに「王法為本・仁義為先・世間通途」の一向一揆なのであった。

守護をめざす富樫政親を推戴した「一国の一揆」が文明6年一向一揆であったが、その決着は、10月14日に富樫幸千代の本拠地蓮台寺城が陥落し、26日には幸千代方の主だった者が自刃した。

これが、蓮如が見て取った「王法仏法の作せる所」なのであり、この年の2月17日に出された「掟」章でいう、「王法為本・仁義為先」の中身が世間通途を意味していることは間違いなからう。つまり、一揆の時には一揆に従い、守護・地頭の前では守護・地頭に従い、自らの出自の家門を大切に生きるという生活信条（「掟」）のもとで一向一揆は成立したのである。

5. 「掟」とは何か

「永く聖人の御門徒たるべからず」富樫幸千代方を倒し、富樫政親を推戴することにより、加賀の一国支配権へ関与するに至った加賀門徒＝一揆は、各地で寺社の領知、諸免田の年貢の無沙汰といった行動にでる。これは、在地の側の論理とすれば、武士により横領された寺社本所領の回復＝本所領主による荘園直務を達成しようとしている、ということになるが、守護富樫政親との対立は避けられなくなる³⁸⁾。ついに6月に『鎌倉大日記』が伝える「土一揆」となり、結果は一向一揆側の主戦派の越中退去に終わる。

蓮如は、この事態に対して5月7日の「掟」に関する「御文」で、本願寺教団（吉崎坊舎）が存在する意義を、後生菩提のための念仏修行にあるとし、先年の富樫幸千代の吉崎発向の危機に際しては、いわれない罪科をかけられたものであるとのべる。その上で、吉崎の戦場化という危機にあたっては、他屋衆らの活躍により事態の打開はできたが、仏法の立場からすれば、まったく退屈で無意味な時間となってしまった。であるから、真宗念仏者であるならば、定め置かれた「掟」を遵守し、他力の信心を一念に聴聞し、命終の際は必ず報土への往生が約束されると、法語している³⁹⁾。

さらに、蓮如は七年一揆が敗北に終わった7月15日には、再び「掟」に関する「御文」を書く。この「御文」で注目すべきは、「もし、このむねにそむかんともからは、なかく門徒中の一列たるへからざるものなり」と、門徒中からの退座規定が加えられている点である⁴⁰⁾。つまり、蓮如の文明7年一向一揆の責任を、加賀門徒の信心の問題として扱っていることである。開山＝親鸞が定めた「掟」に従えないものは「えせ法門」であるということである。

この蓮如の法語に対し私はかつて、村落（在地）に生きる門徒と、末席なりとも京家の貴種に属する蓮如との間の「王法」・「世間」（秩序）意識の段差の存在を指摘したことがある。つまり、日野家を媒介として将軍と関係を持つ蓮如の秩序意識は、加賀門徒＝一揆が領域支配に向かうことは理解の範囲外で、文明7年一揆は大乗院尋尊風にいえば「下剋上の極」と写ったものであろう⁴¹⁾。それゆえ、加賀門徒が蓮如の「王法」意識により指示通りに動いた文明6年一揆は、「道理の至極」ということになり、門徒＝在地の「王法」意識で守護と対決した7年一揆は「聖人の御罰を蒙」った姿ということになる。

ここに至り門徒の信心の問題として「掟」が定められたということになり、「掟」の遵守は真宗念仏者であることの必須条件になる。王法・仁義・世間の秩序に従属していくことが、真宗門徒の「安心」であるというのである。ゆえに、「お叱り」御書に象徴されるように、門徒の社会的行動の「尻拭い」を、信心の問題として転化する一向一揆観がそこには読み取れるのである。

本来の蓮如の一向一揆対策 では、蓮如は文明6・7年一向一揆前後に、信心、すなわち「法語」（「御文」）化された「掟」以外に一向一揆対策を取らなかったのかといえ、そうではない。一揆の時代という15世紀後期の時代状況を睨んで、富樫政親支援の軍事行動が、それ以上の規模に発展しないクギはさしたつもりのものである。というのは、従来、あまり注目されない、というよりは、大谷大学所蔵「粟津家記録」のみに所伝する12月19日の日付の蓮如「書状（写）」の存在により、富樫政親支援の軍事行動以外は「禁制」したことが判明するからである⁴²⁾。

この「書状」で蓮如は、加賀国粟津本蓮寺御房に宛てて、加賀国中が悪行を企てている件に就いて逐条で指摘し、この件に該当する輩は「永く門徒たるべからず」と糾弾し、指示に従わない者にたいして、蓮如＝吉崎への出仕禁止のありえることを通告している。「書状」がいう、加賀の国中で企られている悪行とは、徳政・人質・堂社仏閣の破壊・無咎の寺庵への煩悶、中間狼籍・年貢の欠怠、といったものであるが、内容は徳政一揆・土一揆を「禁制」した文言に読み取れる。

ただ、この「書状」は、先にも指摘したように「粟津家記録」にしか所伝しないため、内容は十分に検討する必要があるが、いまのところ蓮如の「書状」と考えて問題ないように思う。というのは、この「書状」を文明7年夏以前のものであると考えると、高田門徒の吉崎出入禁止、「永く門徒たるべからず候、此の子細堅く成敗あるべく候」という罪科文言からしても疑う余地は少ないように思う。

とすれば、一方では「王法為本」の一向一揆の形成を促進してきた蓮如が、また一方では一向一揆を抑制していたという、奇妙な事実に出くわすことになる。私は、「柳本御文集」も「粟津家記録」所収蓮如「書状」が、ともに偽文書でないとしたら、以下のような推定が成り立つように思う。

蓮如は、文明4年8月に朝倉孝景との抗争に破れた甲斐八郎が、加賀国内に「牢人」し、吉崎坊舎周

辺で軍事行動を展開するにつけて、吉崎坊舎が争乱に巻き込まれることを懸念した⁴³⁾。というよりは、文明3年に朝倉氏が斯波義廉を見限り東軍側に寝返ったことにより、北陸にあっての蓮如の立場は、足利義政＝日野富子＝富樫政親＝朝倉孝景の側にあり、朝倉方と目される蓮如＝吉崎坊舎が甲斐方から敵視されて当然であったのである⁴⁴⁾。つまり、甲斐八郎の加賀「牢人」による吉崎坊舎への襲来に備えて、「要害」を構え始めたのである⁴⁵⁾。そして、文明6年一向一揆は、吉崎坊舎の防衛も含め、將軍の命で富樫政親へ与同する「謀反」なのであり、まさに「王法仏法の作せる所」であったのである。

次に蓮如は、文明7年一向一揆は確かに「悪行」として「永く聖人の御門徒中を放つべし」と破門の「成敗」を強調し、門徒の不法な一揆行動を否定している。「おしかり御書」がいう「悪行」「国中において乱妨」とは、無論、富樫政親方との戦闘をいうのであるが、この戦闘は金龍 静のいうように勝敗の決着は曖昧で、一揆方の主戦派の越中退去により、一応の決着した程度のものであり、一国支配権を争うというような規模ではなかった⁴⁶⁾。そして、「悪行」・「乱妨」の実態が、「粟津家記録」所収蓮如「書状」に示される内容をいうのであれば、教団・門徒による莊惣村落の領域支配の実行を禁じたものとして読まなければならなくなる。

というわけで、蓮如が「永く門徒たるべからず」と憤慨・否定する一向一揆とは、在地・門徒の「王法」たる莊惣村落領域支配の実現のための一揆ということになる。

「王法」文言のゆくえ 一般に、研究者が「御文」を読むのは刊本であり、刊行当時において真偽未定も含め、網羅的な『蓮如上人遺文』・『真宗史料集成』第2巻、『真宗聖教全書』第3、5巻といった資史料集を利用する。これらの史料集は、利用者の便宜のために編年体に組まれており、蓮如の言説の展開を読み取るのに便利である。

私も基本的にこの3本を利用しているのであるが、「王法」文言の言説の展開を追うために通読してみると意外な事実が判明するのである。「御文」の世界から、「王法」という語が文明7・8年をピークとして減少、というよりは消えていくのである。「王法為本」は蓮如の重要な教説と考えると、奇妙な現象であるが、この現象に気付き答えようとしたのが大桑 齊である⁴⁷⁾。

大桑は王法という語が、蓮如にとって極めて特殊

な状況下で説かれ、特殊な意味しか持ちえないとする。従来の蓮如研究史で「王法為本」説が、蓮如の一向一揆不関与説の決め手とされたり、アリバイが崩れだした今日においても、いまだ一向一揆予防策として説かれた便宜的・限定的言説というとらえ方まで明確に否定する。つまり、蓮如の一向一揆不関与、ないしは蓮如一向一揆期精神基盤説に立って「王法」を読み解く作業を行なったのである。

大桑の議論の詳細な紹介は端折るが、諸史料の検討から、蓮如の「王法」を登場させたのは衆議としての「掟」であるとする。そして、この衆議の主体となった門徒に、蓮如の「王法」は、人々の公界の精神＝大法なる地域・集団の慣習法として受け取られ、「王法公界」＝「在地の王法」が秩序をとる地域（仏法領）の建設という形で一向一揆の精神となったというのである。

この大桑の大胆で魅力的な論議に接し、私も興味深くは思ったが結論には、小論で蓮如の「掟」・「王法」に関して述べてきたような見地から賛同できない。ここでは、「御文」で「王法」文言が消える事情を、「王法為本」が蓮如にとって、極めて特殊な状況下で説かれ、その特殊な事情が解消した文明10年以降に説かれなくなるという見通しに対する、小論と大桑の論議の位置関係のみ示しておきたい。

さて、私が「王法」文言が消えていくと感じた理由の結論の理由は、刊本で編年された「御文」を順繰りに読んだからであると思う。というのは、刊本の繰り読みでは「御文」の流布、どの「御文」が蓮如教団の人々のなかで読まれたのが判明しないということである。つまり、岡村喜史が指摘しているように版本を代表とし、あるいは写された「御文」が蓮如の「法語」として巷間に流布したからである⁴⁸⁾。

戦国期の「御文」の写本・版本を網羅的に調査することは私の能力ではできないが、多少なりとも収集した実如・証如期・版本・写本の世界の中から「王法」の語は消えていない。確かに、宮崎圓遵が指摘するように実如期に「掟」章（「帖内2の6」）は、必ずしもすべての「版本」に入るわけではないが、「掟」・「王法」に関する「御文」は入っているようである⁴⁹⁾。従って、文明10年以降に蓮如が新たに製作した「御文」に「王法」文言が入らないから、特殊だとか、一時的だとかという論議は成立するまい。

文明10年以降の蓮如の関心は、確かに一向一揆ではなく、山科坊舎での御影堂・阿弥陀堂の再建、それにとまなう荘厳・儀礼の整備、山科とはいえ京の

隣地に坊舎を構えることに対する対権門といったように、頗る多忙であったと思われる。事実、「御文」での「法語」の主題も当然それに伴って変化している。

しかし、「掟」とそれについての「法語」は書写という形で説かれ続けたし、また、蓮如も「御文」で明らかに「掟」の遵守を法語しているのである。文明15年11月に「報恩講」へ「上洛」した門徒に対して、真宗門徒としての振舞を教諭した⁵⁰⁾。この「御文」の最後の文言は、やはり「衆中としてさだめおくところの一義ひとつとして違変あるへからず、この衆中にをいて万一相違せしむる子細あらは、永き世聖人の御門徒たるへからざるものなり」と締め繰っている。ここに至り「掟」とその「法語」に関する「御文」は、祖師の定めた聖教として本願寺教団内で取り扱われる運びとなったのである。そして、「王法為本」＝「仁義為先」＝「世間通途」は、それぞれの時空の差により内容が変化しうることを真骨頂として、真宗の法義の要として鎮座していったのである。

6. 信心為本の不思議

仏恩報謝の称名 文明7年一揆の結果、蓮如は以後、一向一揆を一貫して否定しているように見え、この印象はある意味では正しいのであるが、本願寺教団自体の武装を放棄しているわけではない点である。このことは、一向一揆＝教団の武装化の肯定と否定が同時に存在するという、蓮如の説く「信心」とどのように整合的に関わるのであろうか。例をあげて考えてみよう。

延徳2年、蓮如は山科坊舎での本寺再建後に「番衆」へ「御文」を書く⁵¹⁾。

「番衆」は、「本福寺跡書」に寛正の法難の際に東山大谷の警備を、近江野州・栗太から上山した「番衆」が当たったとあり、蓮如教団の開幕期より本願寺に武装した門徒組織が存在したことがわかる⁵²⁾。そして、蓮如が吉崎を経て、出口から山科で本寺の再興がなされたわけであるが、山科坊舎で本格的に「番衆」が編成されたと思われる⁵³⁾。

後に大坂本願寺で再整備された際に、山科でのそれが先例とされたことがわかっているからであるが、「番衆」は、「三十日番」に代表される直参坊主衆の宗教役と、「弓持・槍持・荷持」の「番衆」と区分される坊主衆・門徒衆の宗教・軍事役負担に大きく分けうるように思う⁵⁴⁾。この坊主衆・門徒衆の「番衆」で注目しなければならないのは、大坂において、

番衆の区分が軍装によってなされ、本願寺の警備を基本とするが、対領主間抗争や寺内支配に対しては暴力装置と機能していたということである。

さて、蓮如の「番衆」に対しての「法語」であるが、人間の存在は夢幻ような住処であって、人はひとへに「後生」を心にかけて、極楽往生が約束される身となるのが最上の人生であると論ず。その上で、本願寺に勤番する番衆を「この在所に番衆にさたまること、あなかに世間世上の奉公なんとのやうにおもひてはあさましきことなり、そのゆへは、すてに番衆にくわゝるによりて、仏法の次第を聴聞するは、ありかたき宿縁なり」と法語するのである。つまり、「番衆」への勤番は仏法聴聞への縁であり、この縁を世間の奉公のようには考えてはならないというのである。

この「番衆」に宛てた「御文」で興味深いのは、「番衆」への勤番を、世間のことではなく仏法聴聞のためであると位置づけた点である。つまり、あくまで「番衆」という勤仕については、仏恩への「報謝」行といった位置づけを行なうわけではない。そして、この「御文」の締め括りは「この信心決定ののちの念仏をは仏恩報謝の称名とならふところなり」と、称名念仏のみが「報謝行」と述べ、場合によっては落命を覚悟しなければならない「番衆」勤仕も信心決定のための「機」にすぎないのである⁵⁶⁾。

この世＝現世を信心獲得のための「機」ととらえ、信獲得後の「報謝」を「念仏」のみとする考え方は、蓮如の一貫した主張なのである。例えば、文明6年一向一揆を仏法王法の道理のなせる結果とみていた同年7月5日の「御文」では、「あら殊勝の弥陀如来の御恩をは、いかゝして報すたてまつるべきそれなれば、たゝねてもさめても南無阿弥陀仏南無阿弥陀仏となへて、かの弥陀如来の仏恩を報すべきなり」としている⁵⁶⁾。

また、翌年5月28日の「御文」では、親鸞の月忌に際し、真実信心を得ることが聖人の御意にあった「報謝」であると述べ、なかなか真実信心をえることができないものは「宿善のもよほしにあつからぬ身とおもふへし、もし宿善開発の機にても、われらなくは、むなしく今度の往生は不定」などと教諭している⁵⁷⁾。そして、「他力信心にもとつかん人は、真実に聖人の御意にいあひかなふへし、教聖人の報謝の御こゝろさしにもあひそなはりつへこものなり」と結んでいる。

このように、一揆行動の是認・否定の如何に関わらず蓮如は、真宗信心における「報謝」を、信未決

定の門徒は信の決定、信決定の門徒は「称名念仏」と繰り返し訴えていたのである。そして、蓮如が繰り返し説く信心とは、「後生の一大事」の約束のために一心の弥陀への帰命と、信後の生活は「掟」の遵守という「王法為本・仁義為先・世間通途」の生活を行ない、余暇が生じた際に「報謝行」として「称名念仏」せよ、というものである。であるから、それぞれの世俗の身分に従い、合戦があるときは合戦を行ない、寺・道場では念仏申す、という、一見すれば二律背反する主張と行為が「掟」の教学（政治神学）により何の矛盾もなく成立するのである⁵⁸⁾。

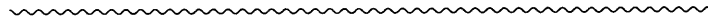
これが、「御文」を読みすすめながら小論がたどり着いた蓮如の「王法」論に関する感想文である。では、蓮如が構築した政治神学である「掟」の教学＝「王法為本・仁義為先・世間通途」論が、どのような信仰構造から生まれてきたのかという、旧く、新しい研究課題については、今は論議の準備が存在することのみ表明し稿を終えたい。

注

- 1) 浄土真宗教学研究所・本願寺史料研究所編『講座 蓮如』第1巻（平凡社 1996年）。
また、小論の直接の執筆動機になったのは、満井秀城「蓮如上人の王法為本について」（光蓮寺仏教研究会編『蓮如への誤解の誤解』1996年 探究社）、同「蓮如上人の“王法為本”の歴史的背景について」（『龍谷教学』No.25, 1990年）に触れたことによる。
- 2) 私は、蓮如の「王法為本」を論じなかったわけではない、一向一揆との関連から、蓮如の「王法」問題を取り上げたが、研究史に引き摺られ問題が多い論考になった。「本願寺教権と一向一揆」（『戦国期真宗の歴史像』1991年 永田文昌堂 初出は1981年）、「文明6.7年一向一揆と蓮如」（光華会編『統親鸞と人間』1992年 永田文昌堂）。
- 3) 『真宗の教義及其歴史』（平楽寺書店 1915年）。
- 4) 『真俗二諦』論における蓮如の位置については、赤松徹真「近代の蓮如像の位相」（龍谷大学『仏教文化研究所紀要』No.30, 1991年）。
- 5) 『岩波講座 日本歴史8 中世4』（1977年 岩波書店）。
- 6) 黒田俊雄「仏法領について」（『黒田俊雄著作集第4巻』1995年 法蔵館、ただし初出は1959年）。
- 7) 1960年、百華苑。
- 8) 「宗教一揆」（戦前版『岩波講座 日本歴史』1935年）において、長沼は、蓮如の一揆関与を認めながら、『御文』の言説や蓮如自身の思想には「一揆」を扇動するようなものはないとする。また、長沼が1913年に『史学雑誌』24巻に「蓮如上人について」を連載しているが、蓮如と一向一揆について子細に検討した画期的論考であるが、その論証過程で蓮如の思想を「王法為本」説と位置づけてはいない。（後に「蓮如上人と一揆運動」と解題し、『日本宗教史研究』1928年 教育研究会。）小論は、『日本宗教史研究』を参照した。
- 9) 谷下一夢『真宗史の研究』（1941年 平楽寺書店、初出は1929年）。
- 10) 遠藤 一「蓮如と文明6.7年一向一揆」（『統・親鸞と人間』）。

- 11) 金龍 静「浄得寺御文集」(『蓮師教学研究』No.2 1993年)。
- 12) 「諸文集」(40)(『真宗史料集成』第2巻 蓮如とその教団 1977年 同朋舎出版)。
- 13) 教行寺蔵「名塩本御文」集については、書写時期は、江戸前期で数筆で行なわれたものと考えられる。
- 14) 他屋衆「衆議状」については、遠藤 一「蓮如と文明6.7年一向一揆」(『統・親鸞と人間』)。
- 15) 宮崎圓達「初期真宗の門徒制条一斑」(『真宗史の研究』上 1987年 永田文昌堂、初出は1978年)。
- 16) 『真宗史料集成』第1巻。(親鸞とその集団, 1975年 同朋舎出版)。
- 17) 『真宗史料集成』第4巻(真宗諸派 1983年 同朋舎出版), 『日本思想体系 法然・一遍』(1972年 岩波書店)。
- 18) 遠藤 一「本願寺報恩講確立と蓮如の宗教活動」(『講座 蓮如』第3巻)。
- 19) 遠藤 一「戦国期本願寺の開幕と蓮如の宗教活動」(『講座 蓮如』第3巻)。
- 20) 『真宗史料集成』第2巻。
- 21) 奥本武裕「蓮如の女人往生論」(『講座 蓮如』第1巻)。
- 22) 遠藤 一「御文の史料化をめざして」(福岡光超先生還暦記念会編『真宗史論輯』1994年 永田文昌堂)。
岡村喜史氏から、前稿で蓮如自筆と考えた「行徳寺御文」集が、自筆ではなく、薄地の鳥子紙を自筆本に直に透かして謄写された本であり、その筆跡が道宗本に酷似しているというご教示を得た。私も、再度「写真」版ではあるが確認を行ない、岡村氏のご説が至当であると考えに至った。また、岡村氏は「西光寺御文」集についても、蓮崇本の「奥書」は、謄写ではなく蓮如自筆であり、蓮崇が書写した「御文」に蓮如が奥書を加えた本であるという。また、蓮崇書写本にも蓮如による書き込みが相当量存在するというご教示もあわせて得た。いずれかの機会に、前稿の誤謬と論旨の訂正を行ない岡村氏に謝意を表わしたい。
- 23) 岡村喜史「蓮如自筆御文と御文流布の意義」(『講座 蓮如』第2巻 1997年 平凡社)。
- 24) ここでいう政治神学とは、ある宗教思想による国家秩序・政治体制の建設をめざす教会的営為をいうのではない。近代真宗教学が創り上げた「真俗二諦」説に象徴される、俗諦を国家=天皇制と規定して、それへの従属・翼賛を真宗の本義と考えるような社会性をもった政治神学をいうのである。であるから、どのような社会性を持った「信心」なのかということである。たとえば、仮初のこの世の中は仕来りに従い生き、凡夫を浄土へと導いてくださる阿弥陀様の仏徳讃嘆の念仏の声に満たすのが、真宗者の真の姿である、といった類の論議も、立派な政治神学なのである。
- 25) 『真宗史料集成』第2巻。
- 26) 「郡」については、峰岸純夫編『本願寺・一向一揆の研究』(1985年 吉川弘文館)、ならびに、木越祐馨「文明・長享期の加賀における『郡』について」(『講座 蓮如』)。
- 27) 神田千里『一向一揆と真宗信仰』(1992年 吉川弘文館)、木越祐馨「文明・長享期の加賀における『郡』について」(『講座 蓮如』第1巻)。
- 28) 宮嶋敬一「地域の一向一揆体制について」(『歴史学研究別冊』1974年度大会報告集)。
- 29) 『真宗史料集成』第2巻。
- 30) 『破邪顕正抄』、『六要抄』(『真宗聖教全書』第3巻, 2巻 1942年 興教書院)。
- 31) 『真宗史料集成』第2巻。
- 32) 文明6・7年一向一揆の経過については、木越祐馨「文明・長享期の加賀における『郡』について」(『講座 蓮如』第1巻)。
- 33) 今後、「郡」の成立を考えるに当たって、高田門徒の一揆組織の存在も想定されることから、本願寺・守護との関係を機軸にして論議するのみならず、1470年代の加賀の権力構造の中に「郡」を位置づける作業も重要となる。この意味において、今一度、井上鋭夫が加賀における応仁・文明の乱の過程に一向一揆の形成を位置づけようとした作業を読み直さなければならない。(『一向一揆の研究』1968年 吉川弘文館)。
- 34) 神田千里『一向一揆と真宗信仰』
- 35) 『蔭涼軒日録』長享元年11月朔日条。
- 36) 『真宗史料集成』第2巻。
- 37) 木越祐馨「文明・長享期の加賀における『郡』について」は、文明5年秋に蓮如が一時的に吉崎坊舎を待避し、越前藤島超勝寺や山中温泉に逗留した理由について、吉崎坊舎への「牢人出張」の「牢人」を富樫政親と解釈してきたのは誤読であり、この時期の吉崎周辺で軍事行動をとっていたのは越前牢人甲斐八郎であり、しかも、甲斐は富樫幸千代方であるから、「牢人」は甲斐八郎と指摘している。
- 38) 運動体として「郡」一揆が目指した方向は、一国支配権の奪取というよりは、荘惣村落の収納システムの掌握といった領域支配の実現であると考えている。遠藤 一「加賀一向一揆の成立」(『戦国期真宗の歴史像』)。
- 39) 『真宗史料集成』第2巻。
この「御文」の意味と解釈については、遠藤 一「聖人の御罰ということ」
- 40) 『真宗史料集成』第2巻。
「永く聖人の門徒たるへからず」という文言については、遠藤 一「『可放聖人之門徒中』について」(『戦国期真宗の歴史像』)。
- 41) 『大乘院寺社雑事記』正長元年。
- 42) 『真宗史料集成』第2巻。
- 43) 神田千里『一向一揆と真宗信仰』に詳しい。
- 44) 北西 弘は、蓮如の第3室如勝を甲斐氏の出身とみている。(『蓮如上人展』展観図録 1991年 高岡博物館美術館)。
- 45) 吉崎坊舎武装化については、「蓮如と一向一揆の関連について」
- 46) 金龍 静「文明七年一向一揆」(『福井県史』通史編2 中世 1994年)。
- 47) 大桑 齊「蓮如における王法の問題」。(『講座 蓮如』第1巻)。
- 48) 岡村喜史「蓮如自筆御文と御文流布の意義」(『講座 蓮如』第2巻)。
- 49) 宮崎圓達「初期真宗の門徒制条一斑」(『真宗史の研究』上)。
- 50) 『真宗史料集成』第2巻。
- 51) 『真宗史料集成』第2巻。
- 52) 『真宗史料集成』第2巻。
- 53) 吉崎坊舎で「番衆」という呼称がとられなかった理由は、今一つははっきりしないが、「根本之御影」と呼ばれる親鸞「御影」が、大津近松であったためであろう。
- 54) 「番衆」の一揆的性格については、遠藤 一「戦国期真宗の歴史像」。
- 55) 金龍 静は、蓮如の門弟らの一揆行動を、非日常的法的に対する軍事行動も「報謝行」とみるが、私は蓮如の思想からそのような「報謝行」といった論理は所有していない

- と考えている。金龍 静「宗教一揆論」（『日本通史』中世4）。
- 56) 『真宗史料集成』第2巻。
- 57) 『真宗史料集成』第2巻。
- 58) 政治神学としての「王法為本」説の実定化についての論議は、遠藤 一「いわゆる「王法為本」説と戦国期社会」（未発表）。



総合論文

剣道人間形成論考(1)
— 現代剣道における人間形成論的課題 —

木 寺 英 史

What is human development in KENDO (1)
— Analysis of aspects of human development in Modern KENDO —

Eishi KIDERA

はじめに

青少年を中心とした剣道人口の減少傾向が、深刻な問題としてとらえられるようになって久しい。全国高等学校体育連盟の調査によれば、全国の高等学校における剣道部の部員数が最も多かったのは男子は昭和59年、女子は同61年であり、その後男女とも減少を続け、男子はその後9年間で19.2%、女子は7年間で27.0%減少している¹⁾。そして、これは高等学校生徒の自然人口減のみが原因ではなく、剣道人口独自の減少傾向であるという指摘がなされている。この剣道人口の減少問題については、これらの傾向に歯止めをかける具体的方策は未だに見いだされてはおらず、このまま剣道人口の減少傾向が加速するようなことがあれば、将来剣道自体の存続をも危ぶまれる事態が訪れるといっても過言ではない。

さて、剣道人口の減少問題についてほとんど検討されていない課題がある。それは、昭和40年代の剣道人口の増加についてである。現在の剣道人口の減少問題は、長期間一定に保たれていた剣道人口、または全人口に対する剣道人口の割合が急激に減少しているのではなく、昭和40年代に爆発的に増加した青少年の剣道人口が、ブーム以前の状態に戻るともとらえられる。よって、現在の剣道人口の減少問題は昭和40年代の増加傾向を検討することによってさらに明確にされる。そこで、当時の剣道人口の増加、いわゆる剣道ブームについて概観してみたい。当時のブームは、剣道に対する子供達の自発的な欲求から生じたものではなく、そこには「心身ともにたくましく、礼節、マナーをわきまえたのびやかな子供として成長して欲しい²⁾」というような当時の親の切実な願いがその根底にあったと考えられる。

これらの期待を担ったのが剣道であるとすれば、社会が剣道に期待したものは、スポーツにはない「人間形成」としての教育的機能である。

そして、さらに我々が試みるべきは、剣道人口の増加から減少までの時系列的な考察である。剣道ブームの始まりが昭和40年代初頭であるとし、先の調査のように青少年剣道人口の減少が昭和60年で始まっていると仮定すれば、増加傾向と減少傾向の発現に約20年間を要している。この約20年間が意味するところは頗る深刻である。つまり、剣道ブームを経験し、またそれに接してきた世代が自らの子供に剣道を実践させることを躊躇しているということである。剣道経験の有無に関わらず、当時のブームを体験した大人たちが剣道の「人間形成」としての教育力を評価しなかったと言えるのではないのか。社会全体が剣道の教育的価値を否定したことになる。つまり、現在の剣道人口の減少傾向は、剣道が「人間形成」としての教育力への期待を裏切ったことに対する社会の評価の表われともとらえられる。よって、今こそ我々は、剣道における「人間形成」についての課題を真剣に問い直さなければならない。

そこで本稿では、剣道における「人間形成」を検討するための基礎研究として、剣道における「人間形成」の考え方、つまり剣道の「人間形成論」を考察するための視点を整理し今後の「人間形成論」研究の方向性を明確にしたい。

1. 「体育」における「人間形成」

「人間形成」または「人間形成論」という用語を考察すればそれらの語句が明確な概念を有していないことがわかる。「人間形成」という用語は、日常的に広く用いられているとは言い難く、その多くは教育学の範疇で用いられている。「身体」と「教育」

の複合語である「体育」でも、よく「人間形成」が取り上げられるが、「体育」では他の教科に比してその中心課題として据えられることが多い。教育とは知識（事実）や技能をある主体が別の主体に教授することによって成立するとするならば、教育の主目的とも考えられる「人間形成」も知識（事実）や技能というような何らかの「媒体」が教授されることによって成し遂げられるといえる。この場合の「体育」における「媒体」とは何であろうか。「体育」において教授される「媒体」とは多岐におよんでいる。例えば、それぞれの競技の歴史やルールというような「知識」、その競技の「技術」・「技能」、また、その「技能」の卓越、「技術」や「技能」の卓越の過程により出現する「身体」・「体力」、また「社会性」、「道徳性」などがあげられる。しかし、これら「媒体」のいずれの要素を教授することによって「人間形成」がなされると考えられているのであろうか。その全てか、それとも一部であるのか。体育全般として「人間形成」が語られる場合、その「媒体」は明確にされておらずそれぞれの場面で様々なとらえ方がなされている。

2. 現代剣道における「人間形成」

さて、「体育」では漠然としている「人間形成」も剣道では多少その意味が狭められる。戦後、剣道は民主的スポーツとして再出発した。しかしながら、それは剣道を復活させるための方便であり、剣道にはスポーツにない独自の特性があるという見解は現在でも根強いものがある。そこで本章では、現代剣道で取り上げられている「人間形成」とはいかなる事象であるのかを考察する。ここでは、昭和50年に全日本剣道連盟（全剣連）が発表した「剣道の理念」と学校剣道の「格技」から「武道」への改称問題を取り上げその中から現代剣道における「人間形成」について検討してみたい。

(1) 「剣道の理念」

剣道ではよく「人間形成」という語句が用いられる。これが剣道界で頻繁に用いられるようになったのは昭和50年に全剣連が「剣道の理念」を発表してからである。そこで、この「剣道の理念」とまた同時に発表された「剣道修行の心構え」について考察したい。「剣道の理念」の内容は「剣道は剣の理法の修練による人間形成の道である」³⁾ というものである。別稿で論じたようにこの理念は大きく2点の内容が述べられている。第一点目は現在実施されて

いる剣道は日本刀の合理的な操法の修練であるとしていることである。第二点目は、剣道の目的とは「人間形成」であると断定していることである。しかし、これだけでは具体性が乏しい。剣道での「人間形成」とはどのようなものであるのか。身体的要素を包含するのか否か。それらは、同時に発表された「剣道修行の心構え」によって多少なりとも具体的に示されている。

「剣道修行の心構え」の内容は次のとおりである。

剣道を正しく真剣に学び
心身を錬磨して
旺盛なる気力を養い
剣道の特性を通じて
礼節をとうとび
信義を重んじ
誠を尽くして
常に自己の修養につとめ
以って
国家、社会を愛して
広く人類の平和、繁栄に
寄与せんとするものである⁴⁾。

ここに、「礼節」・「信義」・「誠」というような語句がある。これらはその解釈に多様性はあるが、「武士道」または「武士道的な精神性」として伝承されてきた徳目である。「全剣連」は明らかにそのような徳目を備えた人間像を理想の剣道人の姿としているのであろう。さらにいえば、剣道の修練によつてそのような武士道的な人格が習得されるのが望ましいと考えられているのである。

(2) 格技から武道へ

次に、学校体育における剣道の「人間形成」の課題について検討を試みる。戦後の学校体育の剣道は「格技」として再出発したことは周知のとおりである。戦前の剣道に内在した「精神性」を廃したスポーツとしての再出発であったとすれば、当初「格技」は「剣道の理念」や「剣道修行の心構え」で示唆しているような、「武士道」または「武士道的な精神性」を排除したものであったといえる。

しかしながら、平成元年（1989）文部省は学習指導要領の改定にあたり、「格技」から「武道」への名称変更に踏み切った。この改称問題を契機に「武道」と「スポーツ」の課題が再度浮き彫りにされることとなった。「武道」とは何かというような概念

規定は現在でも明確にはなされていないが、改称肯定論の根拠となるものは、単に「格技」の名称を「武道」へ変更するというにとどまらない。つまり、「武道館」・「武道学会」というように「武道」という用語自体が一般社会に受け入れられているとするだけでなく、剣道に他のスポーツとは異なる「特性」を見出している。「格技」というスポーツとしての範疇で取り扱われる剣道ではなく、スポーツにはない「特性」を有する「武道」としての剣道が強調されている。この改称問題が表面化する以前から、

剣道の身体的特長は紙面の都合上省略せざるを得ないが、剣道が今の世に尚かつ謳歌されるゆえんのもの、実にその精神的側面にあることを強く認識しなければならない。昔から武に七徳あり、剣に五徳ありと言われているように、剣道では特に精神陶冶を重視し、正義を尊び、廉恥を重んじ、更には礼節を重んずるなど、さまざまな徳性が謳われているが、これ等の剣道的徳性を無視没却しては、剣道の存在価値はゼロである⁵⁾。

というような、剣道の精神的側面を重視すべきであるという意見は剣道界内外に根強いものがあつた。そして、この改称に関して当時文部省体育局長主任体育官であった杉山氏は、

21世紀を目指す教育の在り方として取り上げられた「国際理解を深め、我が国の文化伝統尊重する態度の育成を重視する」ことに関連で、国民が諸外国に誇れる我が国の固有の文化として、歴史と伝統のもとに培われてきた「武道」を取り上げ、「我が国の文化としての特性を生かした指導ができるようにする」ことを強調したものである⁶⁾。

と述べている。さらに、武道とスポーツが非常に共通した性格であるとしながらも、武道には武道独自の内容を明らかにする必要があるとしている。その特性として「格闘技の妙味を競い合う楽しさ」、「形から入る技能習得のプロセス」、「道を求める態度」を取り上げている。さらに注目されるのは

格技が運動の技術的な形式に着目しているのに対して、武道は、運動の技術的な形式だけでなく、それに「道」の考え方が加えられているとみることができる⁷⁾。

というように、剣道の特性の中心を「道」の考え方とし、それは剣道の技術性とは直接関係しないとしていることである。そして、その「道」の考え方の表れとして「礼」をとりあげている。

全剣連は剣道とは「人間形成」であるとし、その内容として「礼節」・「信義」・「誠」というような「武士道的精神性」を示唆した。そして、文部省は「格技」から「武道」への改称に当たり、「武道」は「人間形成」を担う特性を有しており、その態度の現われが「礼」に代表される「伝統的な行動の仕方」であるとしている。そして、そのような「道」の考え方を武道から取り除いてしまえば、武道は単なる格闘技の一種目でしかないとしている。このように全剣連も文部省も剣道の特性は「人間形成」にあるとし、それは、運動の技能構造とは異なるところに存するとしているのである。

「人間形成」という用語が曖昧であることは前述したが、剣道における「人間形成」はかなり具体性を持ったものであるといえよう。整理すれば、剣道における「人間形成」の内容とは、「武士道」や「武士道的精神性」から受け継いだものであり、それらは現在「伝統的な行動の仕方」という位置づけもなされている。さらに、それらは剣道の技術性とは相即しないととらえられている。これら現代剣道の「人間形成」を獲得する「媒体」と考えられている要素を「道徳的精神性および行動規範」として論を進めたい。

むすび(現代剣道における人間形成論的課題)

さて、ここまで論述したところで剣道における人間形成論的課題を明確にしたい。

まず、「人間形成論」においては、相反する二つの論理を念頭において考察しなければならない。一つは剣道を実践することによって「人間形成がなされる」とするものであり、他方は「人間形成がなされるべきである」とするものである。剣道の「人間形成」について語られる場合、これら逆説的な二つの解釈を明確にして論じられることは希である。それは、これまで剣道における「人間形成」に関して深い論議がなされていないこととともに、剣道の「人間形成」の内容が明確にされてはこなかったことによる。剣道における「人間形成」とはいかなるものが形成されるのかという明確な見解がなされないまま「人間形成」という不確かな概念のみでこの課題が語られてきたということだ。

しかしながら、前章で考察したように全剣連や文

部省は剣道における「人間形成」について「礼節」・「信義」・「誠」というような武士道的な徳目を示唆したり、「伝統的な行動の仕方」というような「行動規範」を取り上げている。剣道における「人間形成」とは、そのような「道徳的精神性及び行動規範」の獲得によってなされるとしている。ここで現代剣道の「人間形成論」における最も着目すべき事項が浮かび上がってくる。それは、先に触れたように「道徳的精神性及び行動規範」の獲得は剣道の技術構造とは関係のない事項であるということである。つまり、剣道の対人的な運動そのものの過程からは、剣道における「人間形成」は成し得ないということだ。ここから、剣道における「人間形成論」は剣道の実践において「人間形成がなされるべきだ」または「人間形成がなされるべきことが望ましい」とする逆説的解釈により論を進める必要がある。

さらに、剣道における「人間形成」が目的として論じられていることにも注目すべきである。現代における運動文化の機能を考察すれば、それには多様な目的が存することが明らかになる。そして、その目的はその運動を実施する個人に委ねられるべきである。これは、戦後のスポーツ・体育界における一環した見解であったとして異論はなかろう。しかし、全剣連や文部省は剣道の目的を「人間形成」であるとしている。体育全般で用いられているような多様性を「人間形成」ととらえるならば認知もできるが、剣道における「人間形成」は明らかにその中の偏狭な要素を規定したものである。本来各自が判断すべき剣道実践の目的を組織や国家が規定できるのだろうか。何のために剣道をやるのかは個人の生活や人生に照らし合わせ、その個人が選択する、もしくは実践の中から見出して行くべきものではなかろうか。

最後に剣道における「人間形成」についての研究の方向性を整理しておきたい。これまでの考察から今後明確にされるべき論点があきらかになる。剣道における人間形成論での中心課題は、「道徳的精神性および行動規範」とは何かを論ずることと同義である。まず、現代剣道を構成する要素を把握する必要性に迫られる。このことは技術性論的にも、精神性論的にも剣道が持つその文化的複雑性を多少なりとも分析することが必要不可欠であるからだ。剣道の技術はその時代の「媒介」と「修行方法」を受け継ぐことにより、現在では他のスポーツや武道に比して非常に複雑なものとなっている。精神性についても同様である。それら、技術的・精神的要素を整理し、さらにそれらの要素がいかに関連しているのかを検討しなければならない。その中で「人間形成論」の課題は、「道徳的精神性および行動規範」が技術性およびその他精神性の要素といかに関連しているのかということである。これが明確にされない限り剣道の「道徳的精神性および行動規範」を人間形成的特性とする論の進展はありえない。

注

- 1) 岡村忠典「剣道人口の減少・高等学校の実態と問題点」『月刊武道』日本武道館 p.100-102, 1995, 2月号。
- 2) 中林信二『武道のすすめ』中林信二先生遺作集刊行会 1988 p.133-134。
- 3) 全日本剣道連盟通達—全剣連第56号 1975。
- 4) 同上。
- 5) 井上正孝『なぜ「武道」ではいけないか』「新体育」新体育社 1979, 10月号, p.16-17。
- 6) 杉山重利「武道の教育的価値」『体育科教育』大修館書店 1993, 12月号, p.32。
- 7) 同上 p.34。

教育研究報告

第6回科学技術セミナー
 ハイテクノロジーの現状・新素材アラカルト
 — 情報・液晶・フィルター・新薬開発 —

鳥 井 昭 美
 鎌 田 吉 之 助
 中 畷 裕 之
 加 藤 秀 文

The 6th Seminar of Science and Technology
 The Current Trends in High Technology, New Materials
 — Information, Liquid Crystal, Filter, Development of New Medicine —

Akiyoshi TORII
 Kichinosuke KAMATA
 Hiroyuki NAKASHIMA
 Hidefumi KATOH

1. はじめに

佐賀県地域産業支援センターの共催で毎年開催されている本科学技術セミナーは、隣接している関係で久留米高専も寄与して第6回を迎えた。主に企業の方々を講師として様々な立場からの技術開発、アイデアについて御報告頂いた。特に第4回はリサイクル、省エネルギーにおける各企業の工夫・技術開発について、第5回はゴム・ガラス・プラスチックの各分野での新素材の研究開発についての講演であり、環境問題解決を再考するのにふさわしいテーマであった。このため、佐賀県を中心とした企業、公設試験研究機関、教育機関等の常に100名程度の参加者があった。今回の第6回は、前回に引き続き情報・液晶・フィルター及び新薬の分野での新素材のテーマであったが、何れの講演も久留米工業高等専門学校を卒業された卒業生の方々を講師にお迎えした点でも意義あるセミナーとなった。テーマの設定および講師の交渉等は久留米工業高等専門学校の鳥井と鎌田が担当した。

2. プログラム

日時：平成9年9月19日（金）
 会場：マリトピア（佐賀市鍋島町）
 主催：国立久留米工業高等専門学校
 （財）佐賀県地域産業支援センター

プログラム

- 13:00 開会挨拶
 13:10-14:00
 講演Ⅰ「当社の情報システム」
 講師 (株) 光栄
 専務取締役 江藤 弘之
 〈座長〉久留米工業高等専門学校
 教授 鎌田吉之助
 14:00-14:50
 講演Ⅱ「有機合成分子と生体分子の相互作用：
 体の中で分子は分子を見分けている」
 講師 静岡大学工学部
 助教授 田中 康隆
 〈座長〉久留米工業高等専門学校
 助教授 辻 豊
 14:50-15:00 〈休憩〉



写真 1 主催者として開会挨拶をする久留米高専
鳥井



写真 2 講演中の光栄株式会社 江藤氏

15:00-15:50

講演Ⅲ「最先端半導体関連工場におけるフィルトレーションの役割と将来の技術動向について」

講師 日本ミリポア (株)
ケミカル・エレクトロニクス事業部アプリケーションエンジニアリング課長

平田 秋好

〈座長〉久留米工業高等専門学校
助教授 中島 裕之

15:50-16:40

講演Ⅳ「液晶表示体の進歩と材料技術：液晶表示体生産技術から見た素材への期待」

講師 セイコーエプソン (株)
液晶表示体事業部
LD 生産技術グループ課長

荒木 敏彦

〈座長〉久留米工業高等専門学校
教授 加藤 秀文

16:40 閉会挨拶

3. セミナーの紹介

上記講演について簡単に概要を述べる。

講演Ⅰ「当社の情報システム」

(株) 光栄

専務取締役 江藤 弘之

(株) 光栄は、ゲームソフトをはじめ、3D モデリングソフトを開発・販売しており、また子会社のエルゴソフト社も日本語ワープロ (EGWORD) 等パッケージソフトで有名である。

同社における情報システムは管理系システムと情報系システムから構成されている。管理系としては、

ホストに UNIX を、データベース (DB) には Informix を使用して会計や販売、在庫管理等をリアルタイムで行っている。一方、情報系は更に、販売データと開発に関する情報を経営情報にまとめるシステム、社内の情報共有と連絡のための一般情報システム及びインターネットの 3 グループに分類される。経営情報システムは変化に対応できる柔軟な情報提供を可能にすることを目指し、管理系への影響を最小限に抑え、情報加工の柔軟性と処理量、データ処理プログラム開発工数を考慮して管理系と別のホスト DB を用いていると同時に、各アプリケーションの特性を十分に発揮させるように各種ソフトを平行して使用している。一般情報システムは業務連絡の手段であり、E-mail と電子掲示板が主な機能である。社内システムの場合、重要になるのが職位や分掌の複雑な絡まりのためのアクセス管理であり、これらをスムーズに行うために Lotus ノーツを使用している。同システムには社内規定、人事情報、技術情報、開発状況、市場調査報告書等種々の情報が含まれている。最後にインターネットであるが、この基本的な機能は、ウェブページ、電子メール、ニュースグループである。情報交換のツールとしては強力であるが、ホスト台数の過剰な拡大による IP アドレス不足、回線容量不足、ドメイン名をめぐるトラブル等の発生があり、使用には注意を要する。

以上のようなコンピューター化のメリットは、一度の環境整備による情報入手 (整理) のコスト低減である。すなわちコンピューターは省力化のツールなのであり、コンピューター化とは一つの環境なのである。今後は情報システムをコンピューター化することの意味を考え、企業目標達成に貢献するための利用方法を十分に検討する必要があると結ばれた。

講演Ⅱ「有機合成分子と生体分子の相互作用：
体の中で分子は分子を見分けている」

講 師 静岡大学工学部

助教授 田中 康隆

生体内での分子認識は、酵素に対する基質、薬剤、免疫過程における抗体に対する抗原、金属イオンなどがあげられる。これらは位置特異的、立体特異的な反応を基質に対して行っている。このような分子を見分けるための弱い相互作用が、人工の化合物を用いて実社会で利用されている例を紹介された。

シクロデキストリンは 6~10 個のグルコースが環状に連結した分子であり、極性の高い水酸基(-OH)を分子の外側に向けた構造であることから水溶性である。また、形成された空孔は極性の低い炭化水素の壁であることからここに他の炭化水素等の分子を包接することが可能である。これらの性質を利用して、香料分子を取り込ませ、食品に加えることで徐々に香りを放出し、香りや味を長続きさせ得る(徐放性)。また、化粧品に不快なにおいの元であるイオウ系化合物の大きさに合ったシクロデキストリンを加えておくことにより不快臭を包接することができる。このように無害で且つ分子認識のできる化合物が実社会で利用されている。次いで、研究例を挙げられた。細胞膜は脂質二分子膜構造を形成しており、この中にイオンチャンネルと呼ばれる膜内外のイオン移動を司るタンパク質が存在している。このタンパク質が膜中に安定して存在し、膜を貫通した構造を持ち、一定の直径を持った筒状分子であるという推測から合成を試みた結果、カリウムイオンのみを選択的に通過させる人工イオンチャンネルの合成に成功した。さらに、同物質は生体膜を構成している両親媒性分子と同様に親水性官能基と疎水性官能基とを両端に有するため、この物質の

みで二分子膜を形成する可能性があるとして仮定して水中分散させたところ、直径 50-200 Å のベシクル(球体)を生成した。このベシクルは細胞のモデル及び薬剤の体内への輸送物質として応用が可能である。

今回の分子による分子認識を応用した脂質二分子膜の合成は、その特定のイオンのみを透過させる性質を利用した「創薬」への応用が可能であると力説された。

講演Ⅲ「最先端半導体関連工場におけるフィルトレーションの役割と将来の技術動向について」

講 師 日本ミリポア(株)

ケミカル・エレクトロニクス事業部

アプリケーションエンジニアリング課長

平田 秋好

本講演では、フィルターに関する知識と使用に関する最適化を深める目的で、半導体関連の量産工場における使われ方を中心に説明された。

半導体素子の工場ではウェーハ上にトランジスタ等を形成する殆どすべての行程の装置でフィルターが用いられている。これは微細な加工上必ず異物の問題が付きまとうからである。通常フィルターの孔径は、ウェーハ上に形成されるパターンの 1/5 程度のもので用いられる。例えば、64MDRAM の最小パターンサイズは 0.25 ミクロンであるので孔径は 0.05 ミクロンとなる。具体的に使用されるフォトリソ行程および WET 装置での使用例を紹介する。まず前行程は、感光剤を含んだレジストに g 線や i 線あるいはエキシマといわれる光でウェーハ上にパターンを形成するものであるが、この行程でフィルターは、コーター(レジスト塗布装置)、フォトレジスト、ARC(反射防止膜)、リンス液、デベロッパ(現像装置)、現像液、リンス液(純水)等で使用される。また、WET 装置は、薬液を用いて成膜されたものに対して、その上の形成されたレジストのパターン通りに成膜面をエッチングしたり、ウェーハ表面をクリーニングするものであるが、ここで使用される 4 種類の薬液の粒子汚染を最小限とするために循環濾過が行われている。

以上、使用過程について述べたが、この際の問題例は、以下の通りである。まず、レジストにおける濡れ性である。レジスト用フィルターの PTFE 膜の臨界面張力 18.5 dyn/cm であり、シンナーが成分の大部分であるレジストの表面張力 30 dyn/cm 以下であるためフィルターを通した後でも完全にフィルターが濡れていないことによる気泡の問題が生じ



写真 3 講演中の静岡大学 田中助教授

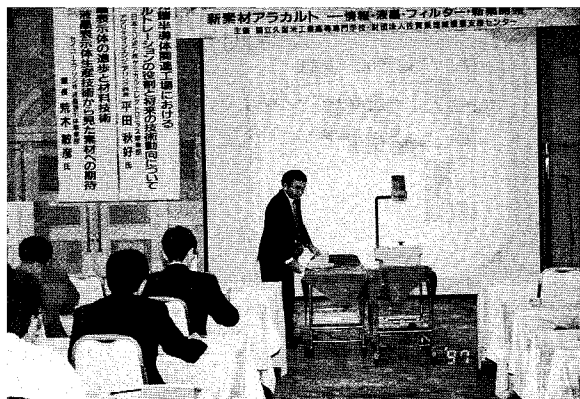


写真 4 講演中の日本ミリポア株式会社 平田氏



写真 5 講演中のセイコーエプソン株式会社 荒木氏

る。そこでアメリカのミリポアコーポレーション開発の UPE (Ultra High Molecular Weight Polyethylene) 膜をレジストに用いることにより容易に濡れることが確認された。同膜は濡れ性以外にも PTFE に比べ、1) 粒子除去率で優れている、2) ストリエーション防止対策として、レジストにわずかに添加されているフロロカーボン系界面活性剤に対する吸着が非常に少ない等の優れた特性が実証された。また、処理が容易な点で環境問題に対しても優れていた。また、ウェーハ処理後の槽内薬液の循環濾過用フィルターの乾燥を防ぐために Quick Change フィルターを導入した。同時に、循環濾過の効率に大きな影響を及ぼす循環流量とタクトタイムのマッチングを最適にする「完全混合モデル」シュミレーション技術を用いている。

上述のように約20年間のフィルター開発を経てきたが、粒子除去を対象とした Filtration から不純物除去を包含した Purification へと向かって究極を極めていく必要性があると結ばれた。

講演Ⅳ「液晶表示体の進歩と材料技術：液晶表示体生産技術から見た素材への期待」

講師 セイコーエプソン (株) 液晶表示体事業部 LD 生産技術グループ課長 荒木 敏彦

近年の高度情報化への発展は目覚ましく、文字・画像などの情報表示デバイスとしての液晶表示体への期待が大きく、液晶関連産業の売上は2,000年には2兆円、2,005年には4兆円を越えると予測される。10型以上の液晶表示体を持つ大画面ディスプレイが最近量産化され始めたプラズマディスプレイと競合しながらも平面表示体の主流を占める一方で、7型級以下の中小型ディスプレイは携帯情報機器・ツールの PDA 用途向けの高成長が見込まれ、コス

トや小型軽量・低消費電力・高画質をターゲットとして開発や量産ライン整備が活発に行われていくと思われる。これら液晶表示体生産技術の一部であるパネルアッセンブル工程における進歩と材料との関わり及び今後の期待について述べられた。

セイコーエプソンは、諏訪精工舎であった1973年から液晶表示体を用いた時計の製造を開始し、現在では大きく3つのカテゴリーすなわち「PLD」、「MIM」、「TFT」に分けて事業を展開している。「PLD」(パッシブマトリクス液晶)の分野では時計やゲーム用の一般的な TN 方式液晶表示体、携帯電話等の小型情報機器向けの STN モジュール、カメラのデートモジュール(日付)向け光バルブ、プラスチック基板のフィルム液晶などを製造しているが、0.55mm や0.4mm 厚のガラス基板を用いて小型軽量薄型の液晶表示体为目标にさらに高速応答・カラー化・高精細化に向けて技術開発を行っている。「MIM」アクティブマトリクス液晶の一方式である MIM (メタル/インスレーター/メタル) 素子をスイッチング素子として使用した液晶表示体の分野で、デジタルスチルカメラ・ナビゲーション・ポケットテレビ・パチンコ等の製品に供給されている。自社開発の駆動回路と LSI および液晶パネル設計の工夫により、アクティブマトリクス主流の TFT に匹敵する画質を確保しており、また高開口率設計の可能性から明るいカラー液晶を提供することができるため今後低消費電力ディスプレイの必要な用途に精力を上げていく予定である。

「TFT」は高温ポリ SiTFT をスイッチング素子として使用した液晶表示体の分野で、データプロジェクター及びビデオテープレコーダーのビューファインダーが主な対象製品である。世界初の液晶カラーテレビがセイコーエプソンの高温ポリ SiTFT 技術

で始まったように開発への取り組み及び生産技術においては高レベルである。また、データプロジェクターでも業界第一の地位で製品開発と生産技術の発展を更に目指している。次いで、液晶表示体の具体的な進歩を述べられた。液晶材料はシッフベースが使用されていたが、湿気による分解の難点からそのシール材料の分子配向技術に斜め蒸着というフッ化マグネシウムや一酸化珪素等を用いた耐熱性の高い技術が開発された。以後、液晶材料の開発により生産性の高いシーリング技術・分子配向技術をプロセスに導入可能になった。主要材料の開発は以下の通りである。まず、液晶はシッフベース類の弱点を補うべくアゾキシタイプ、エステル類・ビフェニル液晶などが合成された。液晶は液晶単成分と電気光学的特性を付与するための添加物との混合物である。この混合物の純度が液晶の耐久信頼性や性能に影響を及ぼすため、高純度かつ高均一性が重要である。液晶を挟むガラスの間隙を一様にし、液晶の電気光学的特性を均一に維持するためガラス間隙にはスペーサーが入っている。このスペーサーレベルの向上のため、液晶セル内に樹脂ボール・シリカボールが、シール材にガラスファイバーが混入される。しかし、セイコーエプソンではスペーサーによる表示品質の劣化を防ぐため、「スペーサーレス」のセルアッセンブル工程を開発し量産化している。シール材においてはこれまでのエポキシ接着剤に代わり、紫外線で硬化するUVシール技術を導入し、セルギャップの高精度化と量産ラインのタクトタイム短

縮・生産性向上を達成しつつある。配向剤としては今日ポリイミド系が多く使用されており、さらに同剤の開発が重要となると思われる。液晶表示体一つについても上記のような開発要素が多数あるが、材料メーカーとの情報交換を密にすることにより均一・高精度・高生産性を求められるのではないかと結ばれた。

4. おわりに

今回の第6回科学技術セミナーの講師は全て久留米高専の卒業生であり、聴衆にも多数の卒業生の姿が見受けられた。他の出席者は従来同様佐賀県内の企業、大学・高校・中学などの教育機関並びに工業技術センター・農業試験研究センター等公設試験研究機関を中心とした多岐にわたる分野の方々であり、100名を越える人数であった。講演内容は、新しい素材としての液晶、フィルターから情報システムとしての開発、生体内における分子の有機化学的な合成の試みについてであり、それぞれの分野での今後の発展が期待されるものばかりであった。また、これらの講演が久留米高専卒の方々でなされたことから、卒業生が様々な分野で活躍されていることを知り得た点でも有意義なセミナーであったものと思われる。

最後に本セミナーを開催するにあたり、会場その他の設定に御尽力下さった佐賀県地域産業支援センターの皆様方に厚く御礼申し上げます。

教育研究報告

自主教材による数学の指導例

矢 谷 良 幸

An Example of Teaching Mathematics with Self-made Textbooks

Yoshiyuki YATANI

These several years I have taught mathematics using textbooks of my own making. I did so in the first year classes of Mechanical and Electrical Engineering Departments last year too. In this paper I report about it.

1. 初めに

数年前から大部分の授業を、自分で作った教材を用いて行っている。もちろん、必要に応じて教科書も参照させながらであるが。昨年度の機械工学科と電気工学科の一年生でもそうした。それについて述べようと思う。

2. 教材を作った動機

筆者は30数年前に高校の教師になったが、その頃から教える内容が多く、全国的に、生徒が授業について行けないと言われるようになった。教科書も雑多な内容の詰め込みだという批判がされていた。それで、内容を精選して、自分で教材を作って教えようという教師達があちこちに現れた。筆者も時々、自分で作った教材で教え出したが、この作業はなかなか大変なので、大がかりなものにはできなかった。

しかし、後に高専に来て、一層多くの内容を教えるなければならなくなり、大量の落伍者が出るのを見て、何とかしなければならぬと感じていた。その後高専でも内容が少し減り、わかり易いように工夫された教科書も出てきた。前より教え易くなったと思う。しかし充分ではない。大事な事をすっきりした形で述べてあり、興味を持って勉強を進めたいような教科書は多くない。

もともとどんなに好い教科書でも、実際に教える場合、何か所かやりにくい所は出て来るだろう。使う者にも個性があるから当然である。従って本当は、教える者が受け持つ学生の力も考えて、自分が一番好いと思うものを作るべきではないか。こう考えて数年前から実行に移した。現在、一年生は殆どを教

材で教え、二、三年生もかなりの部分をそうしている。

3. 教材の大まかな特徴

教材は「わかり易さ」はかなり実現したが、「精選」の方はできていない。むしろ非常に長いものになった。

わかり易くしようと思えば説明が長くなり、例も多く出し、練習も沢山させなければならない。更に、中学校までに学んだ事を少し高い立場から復習した。また、なぜそうなるのかという説明をできるだけするようにした。つまり、体系化と論証を重視したが、その結果どうしても長くなってしまった。

数学が面白くなるのは、まず、小学校や中学校で計算のやり方を覚えて、沢山問題が解けることから始まるだろう。見よう見まねでやり方がわかって、どんどん計算ができるようになると確かに面白い。しかし、そのうち、なぜそうなるのか、なぜそれだよいかという疑問が解明されると、計算とは違った面白さを知ることになる。ある意味では計算よりもっと大きい感銘を受けることになり、それが次の新しい問題に突き進む原動力になる。

もちろん発達段階に応じてやるのが大切で、大学の数学科でやるような厳密さを高校生年代の者に押しつけるわけにはいかない。できるだけ具体的な例でよく事柄を掴ませ、それを無理のないように一般化、抽象化し、厳密なものにしていくことが必要である。

ともかくこうして、系統性や論証を重視するとともに、具体的な計算練習も充分させることを目標とした。

4. 教材の具体的な特徴

昨年度の一年生用に作った4冊の教材の個々の特徴を述べてみよう。

第1巻 数と式

- ① 式の計算は数の性質と結びつけて教える。整式の加、減、乗法は整数のそれと、また、整式の割り算は自然数のそれと、更に分数式の四則は有理数のそれと結びつけて説明する。

少し程度が高いが、

$$a-b=a+(-b), \quad (-a)b=-ab$$

などの証明も書いておく。ただし、程度の高い所には印を付けておき、できれば読むとよいが、わからなくても気にしないでよいとしておく。

- ② 整式はその文字(不定元)に数を代入すれば数を表すが、そうしないときは形式的な記号であって値はない。従って、数とは違う新しい概念であるから、二つの整式が等しいとはどういうことか、あるいは整式の和や積などを定義する必要があることを述べる。
- ③ 展開公式や因数分解、分数式や無理数などの計算は重要である。あまり複雑でこった問題は必要でないが、基本的な練習は充分させる。
- ④ 整式の約数、倍数の前に整数のそれを復習する。「素数」や「互いに素」ということの定義くらいは言えるようにする。整数の最大公約数や最小公倍数の求め方も、中学校できちんとやっていない所があるから、改めて練習させる。そして互除法も教える。

程度は高いが、

整数 a, b の最大公約数を g とすると、
 $am+bn=g$ を満たす整数 m, n がある。

という命題なども出し、

互いに素な整数 m, n の公倍数は積 mn の倍数である

ことなどの証明も付けておく。

- ⑤ これも少し程度が高いが、整式が等しくなる条件、たとえば、文字 X の二次以下の二つの整式が、 X に異なる三つの数を代入したとき等しければ、両者の対応する係数はまったく一致し、整式として等しくなるということも証明しておく。
- ⑥ 実数の所で不等式の基本的な性質を述べ、証明も付ける。なお、不等式を解くのは第2巻で行う。
- ⑦ 小数について、有限小数は有理数の所で、無限小数は実数の所で述べる。

有限小数や循環小数になるのは有理数で、循環しない無限小数になるのは無理数であることを示

す。

- ⑧ 指数を自然数から整数、更に有理数、実数と拡張しても指数法則が成り立つことをそのつど述べ、有理数まではできるだけきちんと証明する。一部は問題として証明させる。
- ⑨ 命題や集合等についてはまとめて論じるのではなく、必要に応じて少しづつ出していく。問題を解かせて一度に覚えさせるのではなく、何度も出てくるうちに、次第にわからせていく。
- ⑩ 各巻とも本文の中に多くの問を入れている。また、各§の終わりに練習問題をおいている。その中の問題は難易度によって [A], [B], [C] に分けている。

第2巻 方程式と不等式

- ① 方程式を解くということは、その方程式と同値な関係にある未知数の値を求めることだ、ということ強調する。
- ② 方程式の実例、すなわち文章題を重視する。
- ③ 複素数の導入においては、「 $i^2=-1$ を満たす数を考え、 $a+bi$ (a, b は実数) の形の数を複素数という。」とするのは余りに不十分である。なぜそういうものがあるとしてよいのかという疑問が出る。かといって、大学で学ぶように、「二つの実数の対 (a, b) を考えて」として、完全な論証をするのは無理であるが、それに近い説明をする。
- ④ 連立方程式は二元一次のものから始める。そして二次の行列式を用いた解の公式も教える。
- ⑤ 少し程度が高いが、複素数の平方根、複素係数の二次方程式、更に、一般の三次方程式の解の公式などについても述べる。もちろん、前に述べたように、印を付けておいて、できるなら読めばよいとしておく。
- ⑥ 不等式を解くのは分数不等式までやる。無理不等式は第4巻の無理関数のグラフの所で出す。
- ⑦ 絶対不等式では、相加平均と相乗平均の関係やシュヴァルツの不等式、絶対値についての三角不等式なども出す。

第3巻 平面の図形

- ① 第1章に平面の幾何学をおいた。これは高専の教科書にはまったくない所である。

平面幾何は一応中学校で教えるが、不十分である。我々の頃は、中学校では三角形や四角形の合同とか相似といった、ごく基礎的な事だけを習い、後は高校で二年間位かけてじっくりと学んだ。こんなに詳しくやる必要はないが、中学校だけでは

無理である。第一、背理法さえ使わないのであるから、たとえば

二直線に第三の直線が交わってなす錯角が等しければ、初めの二直線は平行である。

という基本的な命題の証明もわからないだろう。

更に、その逆が平行線公理を用いて初めて示されることなど、なおさらである。大体、仮定と結論の区別をはっきり意識し、ある命題とその逆をきちんと区別することは、高校生の年代にとってこそ、学習の大切な部分である。ピタゴラスの定理の証明を学んだ上で、その逆も証明が必要だというようなことがよく理解できないといけない。このようなわけで、ここで平面幾何の基本的な部分をやるのは意義のある事だと思う。

- ② 第3巻の最初に、公理、定理、無定義用語等について説明した。これらは数学を学ぶ上で、いつか知っておかなくてはいけないものだが、幾何学はそれにふさわしいだろう。
- ③ 平行移動によって、線分は線分に移り、長さは変わらず、両者は平行であること、また、回転によって、線分は線分に移り、長さは変わらず、両者のなす角は回転角に等しいこと、更に、対称移動によって、線分は線分に移り、長さは変わらないことなどを示した。

なお、平行移動の説明にベクトルを用いた。

- ④ 相似についても、線分と相似な図形は線分であり、相似比はそれらの長さの比に等しいこと、相似な図形の対応する角は等しいこと、多角形と相似な図形は同じ辺数の多角形であること、同じ辺数の多角形が相似になる必要十分条件は、すべての角が等しく、対応する辺の比が等しいことなども示した。
- ⑤ 第2章の直線の傾きを定義するために、一つの直線上に二点 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) をとるとき、 $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ は点によらない定数であることを示したが、すっきりとはできなかった。ベクトルの定数倍や成分まで使ってやったが、もっと簡単にする必要はある。
- ⑥ 直線の方程式に続いて、放物線などの二次曲線の方程式を出した。放物線は平面上で、一つの直線とその上にない一点からの距離が等しい点の軌跡と定義し、座標を使うと、 x , y の一方が他方の二次式になることを示した。平行移動による方程式の変形についても述べた。
- 多くの教科書では、二次関数のグラフとして放

物線を出し、その他の関数のグラフを学んだ上で、座標や直線の方程式が出て来る。しかし、グラフを考えるには、まず、座標がわかっていないといけないし、二次関数より、もっと簡単な一次関数である直線の方程式を先に学ぶべきである。

- ⑦ 楕円の方程式で、二点からの距離の和が一定な点 (x, y) は $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ を満たすことを示すとともに、逆に、これを満たす点 (x, y) については初めの二点からの距離の和が一定であることにも注意を向けて、一部分を問題に出している。双曲線でも同様。

第4巻 関数とグラフ

- ① 放物線のかき方は第3巻でやっているから、二次関数は主として最大、最小問題になる。
- 同様に、直角双曲線もやっているから、分数関数についても記述は短い。
- ② 前に述べたように、無理関数のグラフによって無理不等式を解く。
- ③ 関数が等しいとき、恒等的に等しいともいうことを述べ、整式から作られる関数については、整式の所でやった事から、恒等的に等しいことと、整式として等しいこととが同値であることをいう。
- ④ 二次関数の最大、最小の問題、常用対数、三角比などは実際問題（文章題）を多く出す。
- ⑤ 三角関数については、初め $2\angle R$ までの角についてだけ述べて、三角形への応用に使う本がよくあるが、そうせず、三角比から一般角の三角関数へと続ける。
- ⑥ 加法定理の応用として、単振動の合成を出す。

5. 問題点と課題

教材のよい点は自分が納得するやり方ができることである。こういうふうにしたが、果たして学生はよく理解してくれるだろうか、毎時間が楽しみである。うまくいかなかったときはがっかりするが、それならこんなふうにしてみようということで、また希望が湧いて来る。アンケートによると、学生も教材の内容を大体わかってきて、教材中心の授業でよいといっている。しかし、問題点もある。

やはり、長過ぎる、詳しすぎるという批判はあり得よう。その結果、授業が遅れて、一年生の教科書の終わりに当たる部分が残ってしまう。他の学科にも影響が出る。たとえば、対数やるのが遅いため、化学の pH の勉強に間に合わないことがある。また、三角関数も年度末までに途中までしかいけないこと

が多く、春休みに補習をやっているが、全員参加とはできず、身に付かないまま二年になる。そのため、物理等の授業に差し支える。また、一年でやるべき事が残ると、二年の数学の担当者にも迷惑がかかる。それで毎年、内容の削られる所は極力削っているし、授業の進め方もかなり速くしているが、充分ではない。よくわかるようにしようという前提があるから、どうしても詳しくなって、なかなか短くならない。

この点では反論もある。我々の高校時代は、一年の初めのかかなりの部分が中学校で学んだ事の復習であった。また、化学は二年で、物理は三年であった。もしこのようになっていけば、筆者の教材でゆっくりやっても充分間に合う。高専は五年間で、高校と大学工学部を合わせた内容をやるのだが、これは色々な点で無理を起こすことは確かである。また、教材では、初めの方で中学校の復習をして、教科書より随分長い記述になっているが、先に進むとその差は小さくなっていく。従って、三年間続ければ、高校の内容は充分消化され、それ以上の事ができると思う。

もう一つの問題点は、教え込む形になっていて、何かを探求して発見させるというふうになっていないことである。問題を提起して、学生に考えさせ、解決に導いていくようにすると、非常によい教育効果を生み出すが、この点が弱い。これらは将来考えていくべき課題である。

6. 資料 教材の目次

資料として、1年生用に作った4冊の教材の目次を書いて、大体的内容を知っていただくことにする。

第1巻 数と式

第1章 整数と整式

§1. 整数と加, 減, 乗法

1. 自然数と加法, 乗法
2. 整数と加, 減, 乗法
3. 符号のついた数の計算
4. 指数法則

5. 命題

6. 同値な変形

練習問題1

§2. 整式の加, 減, 乗法

1. 整式
2. 整式の加, 減, 乗法の計算
3. 展開公式

練習問題2

§3. 整除

1. 約数, 倍数
2. 自然数の割り算
3. 自然数の表し方と四則
4. 整式の割り算
5. 剰余定理

練習問題3

§4. 素数, 因数分解

1. 素数
2. 整式の因数分解
3. 因数定理による因数分解

練習問題4

§5. 公約数と公倍数

1. 整数の公約数
2. 互除法
3. 整数の公倍数
4. 最大公約数と最小公倍数の関係
5. 整式の公約数, 公倍数

練習問題5

§6. 整式としての等式

1. 整式としての等式
2. 整式が等しくなる条件

練習問題6

第2章 有理数と分数式

§1. 有理数と四則

1. 有理数
2. 除法の計算法則
3. 有限小数
4. 指数の拡張 (整数の指数)

練習問題7

§2. 分数式

1. 分数式の計算
2. 分数式の変形

練習問題8

§3. 比例式

練習問題9

第3章 実数

§1. 実数の性質

1. 無理数
2. 対偶
3. 大小の関係
4. 大小の関係 (続き)
5. 実数の平方
6. 絶対値
7. 最大, 最小
8. 無限小数

練習問題10

§2. 平方根の計算

1. 平方根
2. 平方根の近似値
3. 分母の有理化
4. 二重根号

練習問題11

§3. 累乗根

1. 立方根
2. n 乗根
3. 指数の拡張(有理数の指数)

練習問題12

第2巻 方程式と不等式

第1章 方程式

§1. 方程式

1. 方程式
2. 方程式を解くということ
3. 必要条件と十分条件
4. 一元一次方程式

練習問題1

§2. 一元二次方程式

1. 一元二次方程式の解き方
2. 複素数
3. 実数の平方根
4. 実係数二次方程式の解(根)の公式

練習問題2

§3. 二次方程式の解(根)の性質

1. 判別式
2. 解(根)と係数の関係
3. 二次式の因数分解など
4. 完全平方式

練習問題3

§4. 高次方程式

1. 高次方程式
2. 立方根など
3. 三次方程式の解(根)と係数の関係
4. 相反方程式

練習問題4

§5. 分数方程式と無理方程式

1. 分数方程式
2. 無理方程式

練習問題5

§6. 連立方程式

1. 連立一次方程式
2. 解が一通りでない方程式
3. 連立二次方程式

練習問題6

§7. 複素係数二次方程式, 一般の三次方程式など

1. 複素係数二次方程式
2. 一般の三次方程式
3. 一般の四次以上の方程式

練習問題7

第2章 不等式

§1. 一次不等式

練習問題8

§2. 二次不等式

1. 二次不等式
2. 二次不等式の応用

練習問題9

§3. 色々な不等式

1. 高次不等式
2. 分数不等式

練習問題10

§4. 不等式の証明

1. 簡単な不等式の証明
2. 相加平均と相乗平均
3. シュヴァルツの不等式など
4. 大小の比較

練習問題11

第3巻 平面の図形

第1章 平面の幾何学

§1. 多角形と合同

1. 数学における論証
2. 点と直線
3. 三角形
4. 四角形
5. 多角形
6. 平行移動
7. 回転と対称移動
8. 距離
9. 軌跡

練習問題1

§2. 相似, 面積

1. 平行線と比例
2. 相似
3. 内分, 外分
4. 面積
5. 相似形の面積
6. ピタゴラスの定理

練習問題2

§3. 円

1. 円の基本的な性質

- 2. 円と直線
- 3. 三角形の五心
- 4. 二つの円
- 5. 円周角
- 6. 円に内接する四角形, 方べきの定理
- 7. 円周, 円の面積

練習問題 3

第2章 平面の座標と図形の方程式

§1. 座標

- 1. 直線上の点の座標
- 2. 平面の座標
- 3. 二点間の距離
- 4. 内分点, 外分点の座標

練習問題 4

§2. 直線の方程式

- 1. 直線の方程式
- 2. 直線の方程式 (続き)
- 3. 二直線の関係
- 4. 点と直線との距離
- 5. 絶対値記号のついた方程式が表す折れ線

練習問題 5

§3. 放物線

- 1. 二次曲線
- 2. 放物線の方程式
- 3. 平行移動後の方程式
- 4. 放物線と直線, 二つの放物線
- 5. 放物線と二次方程式, 二次不等式
- 6. 対称移動後の方程式

練習問題 6

§4. 円の方程式

- 1. 円の方程式
- 2. 円と直線, 円と円

練習問題 7

§5. 楕円と双曲線

- 1. 楕円の方程式
- 2. 双曲線の方程式
- 3. 直角双曲線
- 4. 楕円, 双曲線と直線
- 5. 離心率と準線

練習問題 8

§6. 不等式が表す集合

- 1. 不等式が表す集合
- 2. 連立不等式が表す集合

練習問題 9

第4巻 関数とグラフ

第1章 色々な関数

§1. 二次関数など

- 1. 関数の意味
- 2. 一次関数と二次関数
- 3. 関数の増減と最大, 最小
- 4. 様々な最大, 最小問題

練習問題 1

§2. 色々な関数

- 1. べき関数
- 2. 分数関数
- 3. 無理関数
- 4. 無理不等式
- 5. 合成関数と逆関数
- 6. 恒等式

練習問題 2

第2章 指数関数と対数関数

§1. 指数関数

- 1. 実数の指数
- 2. 指数関数
- 3. 指数方程式, 指数不等式

練習問題 3

§2. 対数関数

- 1. 対数
- 2. 対数関数
- 3. 対数方程式, 対数不等式

練習問題 4

§3. 対数の応用

- 1. 常用対数
- 2. 対数の応用

練習問題 5

第3章 三角関数

§1. 三角比など

- 1. 三角比
- 2. 一般角
- 3. 弧度法

練習問題 6

§2. 三角関数

- 1. 一般角の正弦, 余弦
- 2. 一般角の正接など
- 3. 三角関数相互の関係
- 4. 色々な公式

練習問題 7

§3. 三角方程式, 三角不等式, グラフ

- 1. 三角方程式, 三角不等式
- 2. 三角関数のグラフ

3. 周期

練習問題 8

§4. 三角形と三角関数

1. 正弦定理

2. 余弦定理

3. 三角形の面積

練習問題 9

§5. 加法定理と倍角公式

1. 加法定理

2. 倍角公式, 半角公式

練習問題10

§6. 加法定理の色々な応用

1. 積を和に, 和を積になおす公式

2. 単振動の合成

練習問題11



教育研究報告

インターネットを利用した英語教育(3)
久留米高専における「実践英語」の教育事例—その2—

米 永 正 敏

English Education Utilizing the Internet (3)

Masatoshi YONENAGA

This case study is the second of two reports on utilizing the Internet in English education for the 5th grade students of the 1997 class of the material science course at Kurume National College of Technology. In this class, titled "Practical English", the author has put his educational target to the improvement of presentation skills with English. That is because the graduates of college of technology are highly expected to work abroad or under the English-speaking circumstances at the offices or the factories, even in Japan. It can be said that English has become a MUST for the students of tomorrow.

Taking into consideration of the today's situation of English as the international standard language, every language teacher should make an effort to innovate his/her class with state-of-art techniques such as the Internet and translation softwares, so that he/she does not need to enforce the students with ineffective repetitious pattern practices of the old style.

In the first report, the author has mentioned the tremendous possibilities of the Internet in the educational scene. In this second report, therefore, he reviews the students' learning activities of the second term, and at the same time, he shows how effectively the students could utilize the Internet as a great tool for their presentation.

The author promotes the utilization of the Internet in the language learning sector, because of its enormous capabilities, and he also gives the suggestions that our teaching staff should work hard together to find the effective way to practice both English and computers for the future of the students.

1. はじめに

国際社会では、今後ますます言葉で相手を納得させることが必要となる。日本が国際社会で活躍するには、言葉を使うことについての十分な認識と心構えを持っていなければならない。それは外国語を流暢に話すことも大切だが、その前に自分の言葉を使って考え、意見を組み立て、論理的に話せるようにすることである。与えられたものを暗記する教育が幅をきかせているかぎり、そのような能力を養うのはむづかしい。

(森嶋瑤子「英国コミュニティ・ライフ」岩波書店)

母国語のボキャブラリーですら、環境によって制限を受けている。ボキャブラリーや表現を豊かにするには、言葉にふれる環境(読書も含めて)も豊かでなければならない。

(森嶋瑤子「英国コミュニティ・ライフ」岩波書店)

2. 教育事例

(1) 教育目標設定

高専の最終学年に配当されている選択科目としての「実践英語」の教育目標を、次のように設定した。「教科書の中だけの英語ではなく、現実の社会で実際に使用されている英語に接することにより生きた英語を理解する。かつ英語を使って自らの意見を構築かつ発表できる技能の習得を目標とした英語教育である」

(2) 段階毎の到達目標

「環境問題についてインターネットを利用しての研究成果を英語で発表する」という最終目標を示す一方で、そこに至るまでの各段階での到達目標を設定し、年間学習計画を明確にして、学生の努力を促した。

段階1及び段階2については、「インターネットを利用した英語教育(2)、久留米高専における「実践英語」の教育事例—その1—」(久留米高専紀要

第13巻第2号, 1998年3月)に, 到達目標, 学生の学習活動記録, 授業評価等について詳細を報告しているのを, 参考にして欲しい。

段階1

期間: 4月から6月初旬の前期中間考査まで。

到達目標: 英文読解及び内容理解, インターネットでの調査方法の習得する。

段階2

期間: 6月中旬から10月上旬の前期末考査まで。

到達目標: 英語読解, インターネットでの調査結果の発表する。

段階3

期間: 後期。

到達目標: テーマに基づいての調査研究結果を英語で発表する。

3. 学生の学習活動事例と授業評価

(1) 段階毎の学習活動

段階1: 教科書「*Green Issues*」¹⁾は環境問題という統一テーマの下で, 各章は酸性雨, 地球温暖化, オゾン層破壊, 熱帯雨林破壊, 大気汚染, 水質汚染, 公害病, ゴミ処理問題, 砂漠化, 自然環境保護などのテーマ毎に環境問題を扱っている。14名の学生は4つのグループに別れ, 本文の和訳と基本的文法事項の説明を行い, 将来のプレゼンテーションの準備とした。プレゼンテーションの資料作成にあたっては, ワードプロ使用を義務づけ 同時に, 次の段階に備えて, インターネットの解説テキスト²⁾を読み, 実際にインターネットを経験させ, 検索ソフトの利用方法についても指導した。この段階では, キーワードをタイプして, ヒットさせるまでを経験させた。

段階2: 学生は, ワードプロで和訳の作成や文法事項説明に加えて, 各章のテーマをキーワードにしてインターネット上で検索エンジンを駆使して調査した結果を, プリントアウトして添付資料とし, 各章の英文の内容を説明した。

段階3: 学生は, 各自が一つの環境問題のテーマを選択し, そのテーマについて全て英語を用いて, インターネット上で検索, 調査, 資料収集, 原稿作成, 最後に英語による研究成果のプレゼンテーションを行った。

(2) 段階毎の授業評価

段階1&2: 従来の英文和訳という単語の置き換えに留まらず, 要約発表しなければならない。更にワードプロやインターネットを利用して, 資料作成, 発表

ということで, 学生にとっては厳しい課題であったが, 「読む」ということが, 単に英語から日本語への単語の置き換えでは済まされないことを理解しただけでも, 十分教育的効果があったと評価する。

段階3: 英語によるプレゼンテーションを次の4点から評価してみる。

(a) 目標設定の妥当性

最高学年とはいえ高専の学生にとって, 英語によるプレゼンテーションは相当厳しい課題である。しかし, 高専の卒業生は, 今後ますます世界で活躍することが期待されている。そればかりか, 最近では, 国内の企業においてさえも英語が職場での公用語となるケースもあり, 英語を用いて研究成果を発表する機会も増えている。こうした現状を考えると, 学生にとっては高度な目標であるが, 「実践英語」に相応しい教育目標であると思われる。プレゼンテーションの経験は, 将来必ず参考になると信じる。

(b) 英語力について

高専の学生に限らず, 一般に日本人の英語力は低いと言われているが, これは, 従来の英語教育が, 英文和訳と英文法問題演習に重点を置き, 英語をコミュニケーションの手段として利用する訓練が疎かにしてきたが故に, 意思疎通が上手く出来ない, 従って日本人は英語ができないという評価につながるものと推測される。国際化する社会状況を考えると, 「英語によるコミュニケーション能力の育成」を大きな目標として, 人前で英語を話す訓練を, 入門期から継続する一貫した英語教育が必要とされている。

学生の中には, 翻訳ソフトを利用して英文原稿を作成した者もいた。残念ながら成功したとはいえない。が, 今後はますます外国語学習支援ソフトが発達し, 通常の外国語学習にも浸透してくることが十分予想される。翻訳ソフトも利用次第では, 外国語習得に有効であるので, 如何に授業に活用していくのかも, 今後検討が要される問題である。

今回の授業では, 学生の英語の欠陥を指摘するのではなく, 英語で自分の意見を述べるのが目的であるので, 発表に際しては, 内容を重視し, スピーチの論理的構成, 意見の明確さを重点的に評価し, 発音やアクセントについては, 聴衆が理解しやすい英語であれば可という基準をもって評価した。(資料3: プレゼンテーション評価シートを参照)

英文原稿作成にあたって, 参考書(参考文献(4)(5)(6))を紹介したが, どの学生も同じような表現を用いて, 画一的な出来映えであり, もう少し各自の工夫が欲しかった。

(c) プレゼンテーション・スキル

プレゼンテーションのスキルとしては、ジェスチャー、アイコンタクト(視線, 目配り)など注意点があるが、発表直前まで英文原稿作成に時間を取られ、リハーサルなどの余裕が無かったため、原稿の棒読みという典型的な日本人のプレゼンテーションになってしまったのは残念であった。

当初の授業計画では、冬休み中に英文原稿完成、一月中にリハーサルを行い、ビデオに録画した発表を基に、指導していく予定であった。しかし、卒業研究発表の時期と重なり、締め切り間際まで英文原稿作成に追われていたため、事前の指導が出来なかったことは、今後の授業計画立案にあたって反省すべき点である。しかし若干名の学生は、事前にスピーチの指導を受けていたことを付記しておく。

(d) プレゼンテーション・ツール

英語の授業以外でも、プレゼンテーションの機会があるせいか、OHPの利用は慣れていたが、一枚のOHPシートに、数種類ものグラフやイラストを盛り込んで、極めて視認性の低いOHPとなった。聴衆に理解してもらうには、どのような工夫が必要なのか、まるで配慮がなかったのは残念である。将来は、パワーポイントのようなプレゼンテーション専用のソフトウェアを利用して研究発表する学生が現れてくるのを期待したい。

4. 結 論

以上、材料工学科5年生を対象とした実践英語の科目において、平成9年度後期の講義では、各自が環境問題の一つのテーマを選択し、それについてインターネットで調査したものを英語で発表するという、高度なレベルに挑戦させた。

学生は、従来の英語教育では、英文和訳で十分であったのに対して、筆者の「実践英語」では、英文和訳、内容理解、要約発表を経て、更に、学生自身が研究テーマを選び、それについて英語で研究成果を発表しなくてはならない。高度な課題が要求されることに不満の声もあるようだが、外国語教育に対する筆者の考えを述べて、それに対する答えとしよう。

文部省の英語教育に対する指針が、従来の「読み書き」中心から、「話す聞く」を重視する「意思疎通能力の育成」=コミュニケーション能力の育成を目指すように方向転換して既に数年が経過している。

しかしながら、基本的な問題として、「英語を話せる」ようになれば、日本人のコミュニケーション能力が向上するのだろうか、と疑問がある。

英語であろうと日本語であろうと、言葉によって「何を話すか」が肝心である。まず、自分の考えをまとめ、表現しようという姿勢がなければならない。伝えたい中身が乏しければ、言葉は出てくるはずはなく、積極的な自己表現の欠如は、英語の授業だけの問題ではない。教育が全体として学生の問題意識を育て、自分で考えさせる方向へと代わらなければ、「英語で話せる」若者も育つわけがない、と考えるのである。

筆者は、現在もコンピュータやインターネットを利用するなど、英語教育においていろいろな試みを行っているが、今回の教育実践事例報告が、久留米高専のみならず日本の教育機関における英語教育改善への打開策を見つける手段になれば幸いである。

謝 辞

学生が、実験室や研究室に設置してあるコンピュータを利用することを快く許可してくださった、材料工学科の諸先生方、並びにインターネットでの検索方法やコンピュータの操作方法など、技術上の問題を抱えていた筆者にいつも助言を戴いた本校電算機室のスタッフの皆様に対し、改めまして謝辞を申し上げます。

注

- 1) 岡島成行, Stewart Hartley, *Green Issues* (環境問題入門), 1993, 桐原書店
- 2) Christopher Anderson 著, 早野勝巳編, *The Internet* (インターネット), 1997, 弓プレス

参 考 文 献

- 1) 「久留米工業高等専門学校における英語教育に関する報告—久留米高専学生に対するアンケート調査から—」, 久留米高専紀要第10巻第1号, 1994年9月
- 2) 「インターネットを利用した英語教育」, 久留米高専紀要第12巻第1号, 1996年9月
- 3) 「インターネットと英語教育」英語教育'96年11月号別冊, 大修館
- 4) 岩村圭南, 「大学院留学 The スピーカーズマニュアル—スピーチ構成法からプレゼンテーション技術まで」, 1995, アルク
- 5) 鳥居次好, 「英語論文とレポートの書き方」, 1993, 英潮社
- 6) 崎村耕二, 「英語論文によく使う表現」, 1991, 創元社
- 7) 「インターネットを利用した英語教育(2)」, 久留米高専における「実践英語」の教育事例—その1—, 久留米高専紀要第13巻第2号, 1998年3月

資料 1 学生の研究発表テーマ一覧

- | | | | |
|-------|------------|------|--------|
| 岩切道義 | 地球温暖化 | 樋口 徹 | 大気汚染 |
| 内野茂雄 | 酸性雨 | 姫野唯史 | 大気汚染 |
| 黒岩 純 | オゾン層破壊 | 平島智恵 | 地球温暖化 |
| 島添修司 | アルミ缶のリサイクル | 宮原準弥 | 酸性雨 |
| 徳永慎介 | 水質汚染 | 迎 祐輔 | 酸性雨 |
| 西原麻千子 | 熱帯雨林 | 村上恵介 | 熱帯雨林 |
| 濱田大二郎 | 地球温暖化 | 弓場 猛 | ゴミ処理問題 |

資料 2 プレゼンテーションにあたっての注意事項プリント

英語プレゼンテーションにあたって

発表：1998年1月27日(火) 3、4時限目、5年材料工学科教室

発表について：

- 時間：5分～10分間
- 大きな声で、はっきりと、ゆっくり話す
- 原稿の読み上げではなく、聴衆に向かって会話を
- 教科書や資料の英語をコピーしてはならない
- 参考資料「英語プレゼンテーションのスキル」の内容を十分活用する
- 黒板、OHP、パネル、配布資料などのツールを利用する
- 質疑応答も英語で行う

原稿の保存・提出について：

- 発表内容はすべて、英語で作成する
- 発表後、以下の要領で原稿を提出する
- プリントアウトした原稿及びFD（フロッピーディスク）
- インターネットで収録した資料も全てプリントアウトする
- インターネットの資料はURLを必ず明記すること
- 紙のサイズ：A4判縦
- 原稿：横書き
- 行数/ページ：50行以内
- ポイント：本文は12ポイント、見出し等は自由
- 保存及び提出：媒体：2HDFD（Macintoshフォーマット）
- 形式：テキストファイル形式

提出された原稿は、ファイルを結合し研究成果として印刷製本の予定

評価について：

- 内容について
 - スピーチの論理的な構成
 - 発表者の意見、論点を明確に述べる
- 英語について
 - 声の大きさ、話すスピード
 - 発音、アクセント、イントネーション、流暢さ、
 - 文法の正確さ
 - スピーチのマナー（ジェスチャー、アイコンタクト）

プレゼンテーションの内容によって、成績を評価する

資料 3 プレゼンテーション評価シート

JUDGING SHEET Date: 98 / 2 / 3

Standards of Judgment

- 1: Contents内容 logical論理的構成 opinions意見の明確さ
- 2: English英語 pronunciation発音 accentsアクセント fluency流暢さ grammar文法の正確さ gestureジェスチャー eye-contact目線 utilization of tools ツール利用
- 3: Skillsプレゼン技術

Each presenter is judged by three standards above, marked A, B, C and F.

No.	Presenter	Contents	English	Skills	Total
05	Iwakiri				
06	Uchino				
11	Kuroiwa				
13	Shimazoe				
18	Tokunaga				
21	Nishihara				
23	Hamada				
24	Higuchi				
25	Himeno				
26	Hirashima				
27	Miyahara				
28	Mukae				
29	Murakami				
30	Yumiba				

Judged by: _____

資料 4 プレゼンテーション原稿抜粋

Global Warming

Michitoshi Iwakiri

Today I would like to talk about global warming. Did you ever wonder about global warming? Why is global warming generated?

First, I explain the mechanism of global warming.

Earth surface are warmed by a sunbeam. An earth surface sets the infrared rays and will get cold. When the sunbeam disappeared, temperature should fall if there are no exchange of heat except for this matter. But atmosphere has absorbed infrared rays given off from an earth surface and then has heat up. There are some gases to absorb infrared rays in atmosphere. A creature can be alive by this moderate balance. However, the density of greenhouse effect is in the atmosphere holds a rise by expansion of human activities.

In this account, it is increasing in heats remained in the atmosphere and the surface. Therefore, temperature on the ground rises, and then the earth is warming.

The greenhouse effect gases is known to be carbon dioxide (CO₂), ethane, nitrous suboxide and CFC which is said to destroy the ozone layer. In particular, carbon dioxide is the largest ratio, and mostly affects warming in these gases. It is drained from fossil fuel such as coal and oil in large amount. As a result, temperature will rise by 2 centi-degrees 100 years later. If temperature rise by 2 centi-degrees, how will the earth grow? At first water of the sea will expand, and the arctic ice will be partially melted. It is therefore said that the sea level rises. Islands of the south area will sink, and encounter with the image of high tide is promising. And also there is the fear that a forest disappears by a change in climate, and precious plants and animals become extinct. There will be the area where the natural disaster of floods increases because of an increase in rainfall. Adversely, there will be the area that rainfall increases adversely, and the ground become a desert. On the contrary, starvation and refugees will increase in poverty area of the subtropical zone the tropical zone else, because food production does decrease. Moreover a contagious disease of malaria is spreading, and cause fear of bad influence to health.

Kyoto conference was held on the other day in order to prevent these things. Japan decided to reduce 5% of the greenhouse effect gas given off at the conference. This reduction ratio cannot achieve the aim only by an effort of government. You must know that efforts of companies and people are required. And I say that we cannot prevent global warming even if this reduction aim would be achieved. This aim is a first step to prevent global warming in the long term. It is currently difficult for us to foresee technological innovations, energy

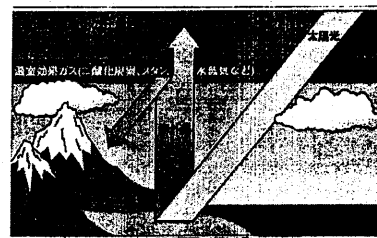


Fig.1 Mechanism of global warming

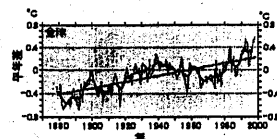


Fig.2 Change of temperature

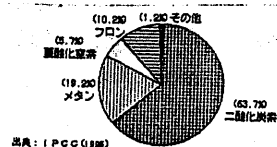


Fig.3 Ratio of greenhouse effect gas

資料 4 プレゼンテーション原稿抜粋

Rainforest

Machiko Nishihara

Condition of the Rainforests

Through this century the rainforests of 40% in Africa and 50% in central and south America and Asia already disappeared. The Fig.1 shows the findings on decrease in the rainforests. And the forests of 16,800,000 hectares which is equal 3/4 of Japanese mainland is destroyed every year. In this situation the rainforests has been exterminated in 100 years.

Main Cause of Decrease in the Rainforests

1) The slash and burn agriculture

There is about 300,000,000 people to do it in the world now. The soil of the rainforests is strictly sterile. By a lot of microorganisms inhabiting the forest floor, wastes of creatures are immediately processed. And their nourishment absorbed by plants which grow up to high. Besides, a lot of rain washes the surface of the soil and cleanses it. So only 0.1% of the nourishment is seep to depth accumulated of 5 cm or more on the face of the soil. Of course, if forests is burnt down, cultivate grasses and the crops can nourish with the ashes for two or three years. But the nourishment is used and carried out, and the soil horribly eroded. rainwater is abundant. Reproduction of that is difficult, and need the some centuries.

2) The Commercial Felling

There are many cases that felling traders doing commercial felling is concerned with the forests management. They are going to get woods and usually to look for the forests of high productivity. But as soon as volume of production of the place decreases, they go to look for a new site. The rainforests cannot expect natural afforestation of themself. The Fig.2 shows that most of countries exporting tropical woods are located in developing countries. These governments measure increase of the expect of woods for the interest payment and debt return of loan. This promotes the commercial felling more.

Suggestion to Protect the Rainforests

Efforts to maintain the rainforests have so far failed. It is a cause that its methods weren't compatible with respect of countries with the rainforests. So some international organizations are going to develop a new maintenance method, which change a part of the international debt in countries with rainforests for setting the maintenance area of forests. Those people who suggest another maintenance method, in which pay the amount of money equal to benefit by tropical woods for international agencies such as the United Nations except profit

countries which import tropical woods. It will be many difficult problems to realized these systems.

But it can be considered to expect considerable effect when enforced. It is important for the rainforests not only to be conserved but also to be reproduced. Calculating from the planting cost of 80,000 yen per 1 hectare, the cost is estimated 1,344bil. yen only to reproduce the forests which is destroyed in one year. So it is proposed that high custom duty is imposed on cheap woods from developing countries and then is devoted to reproduction of the forests.

4. What Are Things to Do Now?

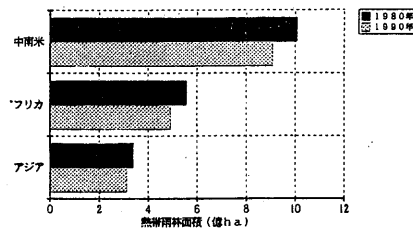
Japan is the largest country which damages to the forests indirectly. The Fig.3 shows the countries which import tropical woods in the world. As you can see, Japan is the largest country which damages to the forests indirectly. We are careful for these things, the situation surrounding the rainforest will be better.

- Use a recycled paper
- Stop using of a disposable product such as paper cups and chopsticks
- Refuse the direct mail which is not needed

>>>

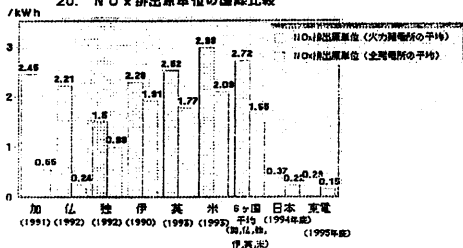
Fig.1

地域別の熱帯雨林面積の変化



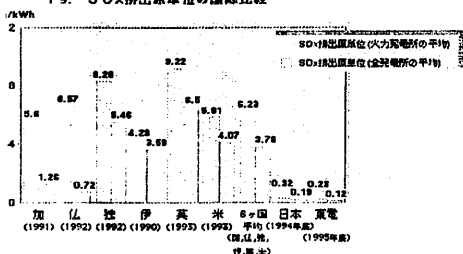
このままの速度で減少し続けると、熱帯雨林は今後100年程度で全滅する。

20. NOx排出原単位の国際比較



出典: OECD ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 1995 および ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 1992-1993より試算。日本は電気事業連合会調べ。

19. SOx排出原単位の国際比較



出典: OECD ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 1995 および ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 1992-1993より試算。日本は電気事業連合会調べ。

Fig.6

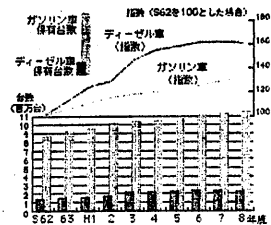


Fig.7



Fig.8

資料

数学診断テストの年次別推移に関連した教育研究資料

矢	谷	良	幸
杠		顕	一郎
川	越	茂	敏
田	中	義	秋
中	坊	滋	一

On the Results of Achievement Tests in Mathematics for the Freshmen at Kurume National College of Technology

Yoshiyuki	YATANI
Kenichirou	YUZURIHA
Shigetoshi	KAWAGOE
Yoshiaki	TANAKA
Shigekazu	NAKABO

Since 1981, the standard achievement tests in mathematics have been given annually to the 200 freshmen of Kurume National College of Technology (KNCT) at the very beginning of the academic year. The main purposes of this test are to make clear how high the students' capabilities are and to make use of the tests' results for the mathematics education at KNCT. This report analyzes the data from several points of view such as (1) the relationship between the entrance examination competition ratio and the levels of the newly coming students, (2) the relationship between the scores of this test and the grades after a year passed and (3) the transition of the scores in each type of the problems.

After deep considerations about the data, we conclude that the most significant factor for the students' academic development is their own efforts toward each objective.

1. はじめに

高専における数学教育は、レベル的に高校と大学の1, 2年次のそれとよく比較される。ところが、高専における一般数学は、高校の理数科課程より少ない実時間数で、大学1, 2年程度の数学教材までを取り扱っている。高専の数学教育関係者は、それぞれ有効適切な教材の精選と授業の工夫及び学力の養成に苦心し、不断の努力をしているところである。その意味でも、1) 高専入学時の出発点における数学力の実態を診断・把握し、以後の数学教育に役立てること、2) 入試倍率では必ずしも計りにくい新入学生の学力水準の把握及び、その年次毎のテスト成績の推移を観て、必要な入試関連対策の参考資料とすること、等を主な目的として、1981年から現在まで毎年同一問題で、数学診断テストを行ってきた。なお、このテストは入学式の翌日のオリエンテーションのプログラムの中に60分の時間を組込

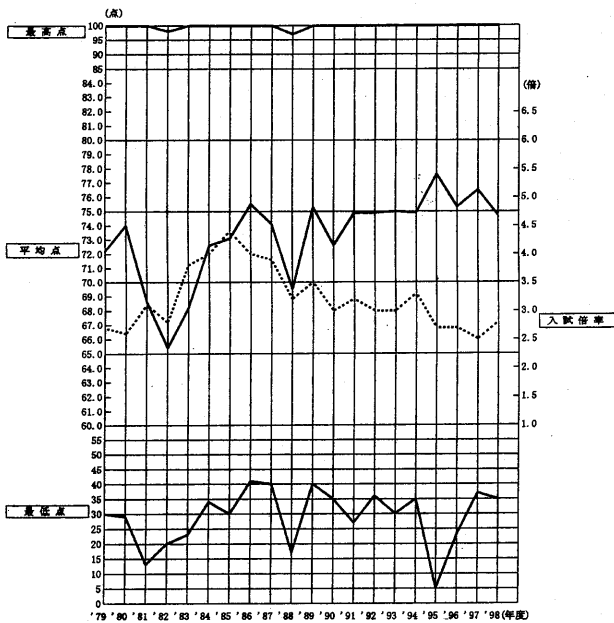
み実施している。このテストは、1979年に第1回目を実施、その2年後に一部の問題をつくり変えて現在に至るので今年で早20回の継続実施になる。これまでの結果は、数学教官はじめ学校関係者の、教育・指導に有効に役立つ資料になってきたと考える。調査分析の結果は、本論の調査研究資料の中で述べるが、特にこのテストを通して、改めて強く印象づけられたことの1つは、入学時の診断テストの得点を入学後の成績と比較すると、一部の問題を除いて非常に相関が少ないことである。その要因は、中学時代の学習塾での他律的学習の影響もあると考えるが、要は、入学後のしっかりした目的意識に基づく学業への取り組みが、学生の内的成長の大きなカギになっていることを数学教官一同再認識しているところである。

2. 診断テストの得点分布の年次別推移

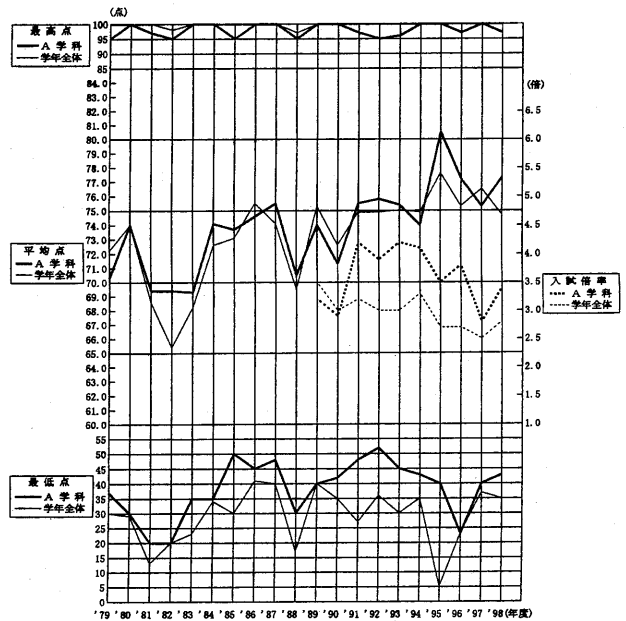
1979年より毎年実施してきた数学診断テストの得点分布を、表1(a)~(f)に示す。表には、最高

学科 点	学年全体	A学科	B学科	C学科	D学科	E学科
100	3名					
90~99	42名					
80~89	48名					
70~79	50名					
60~69	34名					
50~59	21名					
40~49	13名					
30~39	2名					
20~29						
10~19						
0~9						
受験者数	211名	43名	42名	44名	41名	41名
平均点	74.7	77.3	75.2	78.5	71.7	70.3

図 1 得点分布 (1998年度)



(a) 学年全体

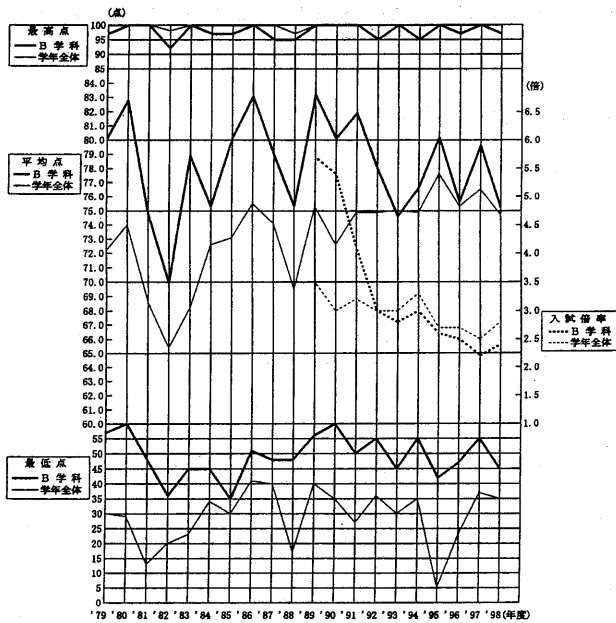


(b) A学科

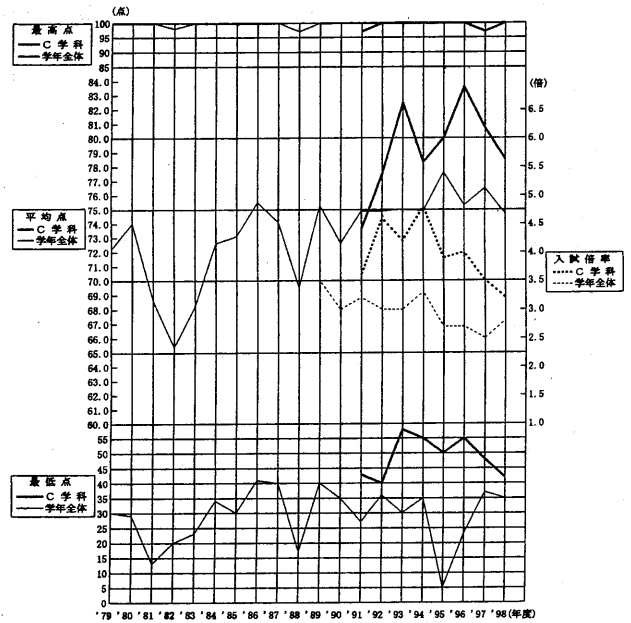
図 2 平均点, 最高点, 最低点および入試倍率の推移

点, 最低点, 平均点および入試倍率を示している。表 1 (a) は, 1 学年全員 (定員 200 名) の結果, (b) ~ (f) は本高専 5 学科それぞれの結果である (学科 A が 90 年度までは 2 学級 (80 名) であったが, 91 年度より 1 学級を学科 C に改組し, 以後, 5 学科制となった)。得点分布の一例 (たとえば 98 年度) を図 1 に示す (留年者も受験するよう指導)。図より, 学年全体の得点分布は, 分布の山がわずかではあるが, 高得点側に片寄った傾向を示している。さ

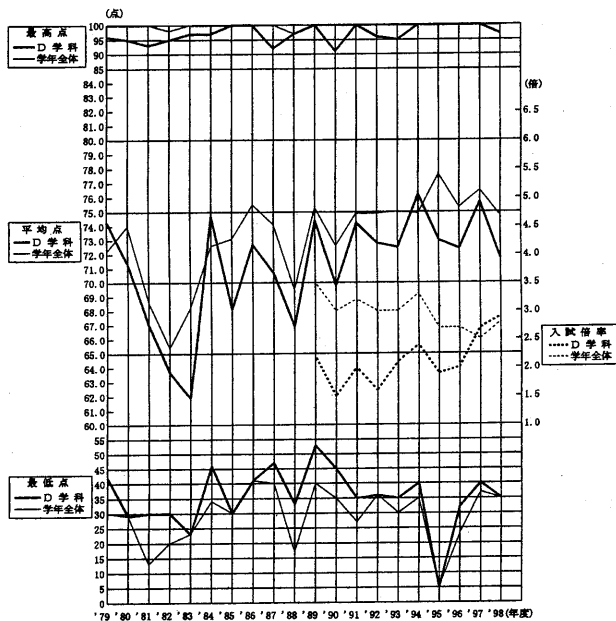
らに, 各学科の得点分布から, 平均点が比較的高い学科の場合, 得点分布の形状は, 分布の山の高得点側への片寄りが一層顕著になり, 良い学力状態を示し, 分布の幅も小さい。一方, 平均点が低い学科では, 平均点を中心とした比較的得点の幅の大きい分布となっているのがわかる。これらについては, 例年ほぼ同様の傾向が見られる。



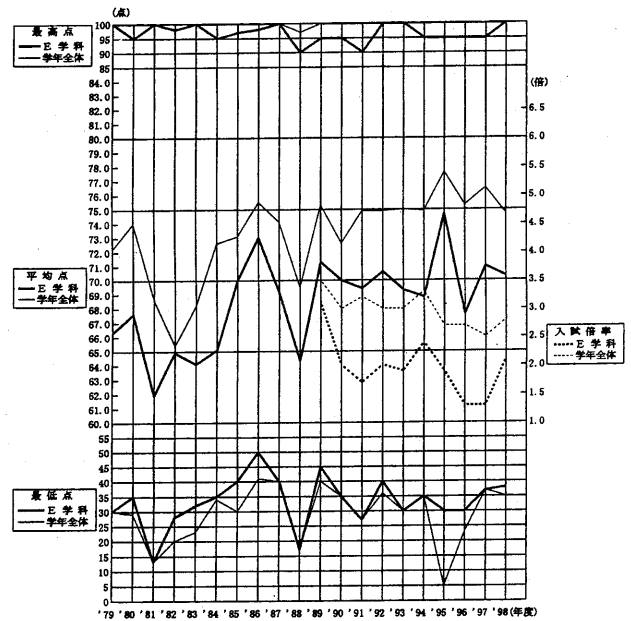
(c) B 学科



(d) C 学科



(e) D 学科



(f) E 学科

図 2

3. 診断テストの得点と入試倍率の年次別推移

表 1 に示している最高点、平均点、最低点および入試倍率の過去 20 年間の推移を図 2 (a) ~ (f) に示す。図の横軸は、79 年度からの年度で、図 2 (a) は学年全体に対する結果を、図 (b) ~ (f) は各学科に対する結果を示している。図 (a) より、入試倍率は、85 年の約 4.4 倍をピークに減少を続けているが、診断テストの平均点の変化は、75 点を中心に推移しており、診断テストから判断すると、入試倍

率が減少しても、毎年入学してくる学生の数学の力に大きな変化は見られないことがわかる。

図 (b) ~ (f) において、図中の太い実線は、当該学科の結果で、図には学年全体の結果も細い実線で示している。これらの図より、それぞれの学科の学年全体に対する変化の様子が分かる。

4. 問題別正解率

診断テストの問題別正解率を学科 A と E の 2 学

表1 診断テストの最高点、最低点、平均点、入試倍率および得点分布の推移（1981年度以降共通問題、留年生を含む）

(a) 【学年全体】

Table with 20 columns (years '79-'98) and 12 rows (highest, lowest, average scores, admission ratio, and score distribution).

(b) 【A学科】

Table with 20 columns (years '79-'98) and 12 rows (highest, lowest, average scores, admission ratio, and score distribution).

(c) 【B学科】

Table with 20 columns (years '79-'98) and 12 rows (highest, lowest, average scores, admission ratio, and score distribution).

(d) 【C学科】

Table with 20 columns (years '79-'98) and 12 rows (highest, lowest, average scores, admission ratio, and score distribution).

(e) 【D 学科】

年 度	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	
最 高 点	96	95	93	95	97	97	100	100	92	97	100	91	100	96	95	100	100	100	100	97	
最 低 点	42	29	30	30	23	46	30	41	47	33	53	45	35	36	35	40	5	32	40	35	
平 均 点	74.3	71.3	67.0	63.7	61.9	74.7	68.1	72.7	70.7	66.9	74.4	69.8	74.2	72.8	72.5	76.6	73.0	72.4	75.7	71.7	
入 試 倍 率											2.2	1.5	2.0	1.6	2.1	2.4	1.9	2.0	2.7	2.9	
得 点 分 布 (人)	100(点)						1	1			1		1			1	1	1	2		
	90~99	9	5	2	1	1	7	1	6	4	2	3	2	6	4	5	11	3	7	11	6
	80~89	8	9	8	8	4	10	6	9	6	7	10	11	14	11	9	8	14	9	9	8
	70~79	8	9	10	6	8	11	14	11	12	9	15	7	10	13	13	11	14	7	9	10
	60~69	10	11	9	9	12	7	5	6	12	15	11	14	12	13	14	8	2	10	9	7
	50~59	5	3	8	7	6	5	11	7	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	5	7
	40~49	1		2	8	7	1	1	3	1	3		4	1	1	1	2	4	3	2	2
	30~39		1	2	2	1		1			2			2	1	1			1		1
	20~29		1			1															
	10~19																				
0~9																	1				

(f) 【E 学科】

年 度	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	
最 高 点	100	95	100	98	100	95	97	98	100	90	95	95	90	100	100	95	95	95	95	100	
最 低 点	30	35	13	28	32	35	40	50	40	17	45	35	27	40	30	35	30	30	37	38	
平 均 点	66.3	67.6	61.9	64.9	64.1	65.1	70.0	73.0	69.1	64.3	71.3	70.0	69.4	70.6	69.3	68.8	74.7	67.6	71.0	70.3	
入 試 倍 率											3.1	2.0	1.7	2.0	1.9	2.4	1.9	1.3	1.3	2.1	
得 点 分 布 (人)	100(点)	1		1		1				1				1	1					1	
	90~99	1	3	1	2	1	5	4	2	1	4	7	1	3	3	5	9	3	6	3	
	80~89	5	11	5	8	7	2	5	11	7	9	10	5	9	5	5	11	8	8	9	
	70~79	12	2	11	7	4	7	16	15	10	12	15	11	17	15	9	12	7	11	10	9
	60~69	11	11	6	6	14	10	11	8	10	5	12	10	10	10	11	7	6	8	7	10
	50~59	4	8	4	8	8	5	5	7	4	9	7	6	3	7	5	7	5	7	8	2
	40~49	2	2	7	4	6	6			3	6	1		3	3	2	3	1	4	1	6
	30~39	3	2	3	2	2	2				2		1			2	1	1	2	1	1
	20~29			1	1									1							
	10~19			1							1										
0~9																					

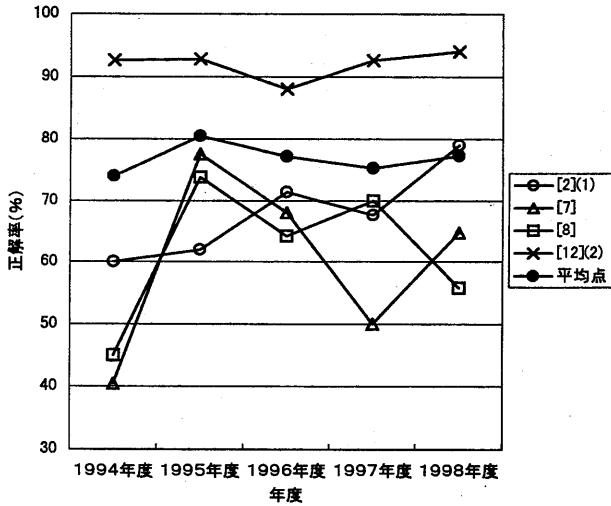
表2 診断テストの問題別正解率 (%)

(a) 【A 学科】

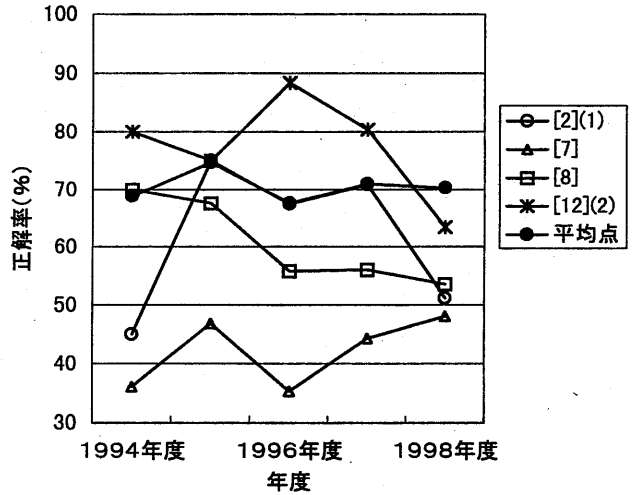
問題 年度	[1]			[2]		[3]		[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]		[10]	[11]	[12]			平均点 (点)
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(1)	(2)						(1)	(2)			(1)	(2)	(3)	
'94	57.6	81.0	75.0	60.0	97.6	87.6	87.6	67.6	80.0	84.0	40.4	45.0	95.0	49.0	75.4	77.6	97.6	92.6	69.0	74.0
'95	64.2	90.4	83.4	62.0	92.8	92.8	95.2	66.6	85.8	88.0	77.6	73.8	100.0	64.2	73.8	73.8	97.6	92.8	54.8	80.5
'96	64.2	91.4	71.4	71.4	93.8	90.4	92.8	62.0	75.2	85.2	68.0	64.2	95.2	50.4	72.0	83.4	90.4	88.0	63.4	77.2
'97	60.0	78.6	80.0	67.6	98.6	81.0	85.0	57.6	77.6	75.6	50.0	70.0	95.0	47.6	85.4	80.0	97.6	92.6	59.0	75.3
'98	60.4	95.4	79.0	79.0	90.6	88.4	93.0	60.4	88.8	72.0	64.7	55.8	97.6	43.8	80.5	65.2	97.6	94.0	68.0	77.3

(b) 【E 学科】

問題 年度	[1]			[2]		[3]		[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]		[10]	[11]	[12]			平均点 (点)
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(1)	(2)						(1)	(2)			(1)	(2)	(3)	
'94	50.0	77.6	72.6	45.0	85.0	92.6	90.0	37.6	90.0	77.6	36.1	70.0	97.6	42.6	68.5	52.6	100.0	80.0	55.0	68.8
'95	68.6	83.6	77.6	75.0	94.6	100.0	87.6	50.0	87.6	77.0	46.9	67.6	95.0	35.0	78.8	72.6	95.0	75.0	58.0	74.7
'96	52.0	83.8	60.4	67.4	88.4	88.4	88.4	39.6	74.4	69.4	35.3	55.8	88.4	33.0	70.6	72.0	95.4	88.4	44.6	67.6
'97	70.8	81.4	78.0	70.8	93.6	92.6	95.2	45.4	78.0	75.2	44.3	56.0	95.2	42.4	66.1	61.0	92.6	80.4	45.4	71.0
'98	65.8	90.2	58.6	51.2	91.2	95.2	95.2	41.4	87.8	78.6	48.1	53.6	97.6	39.0	68.9	65.8	92.6	63.4	61.0	70.3

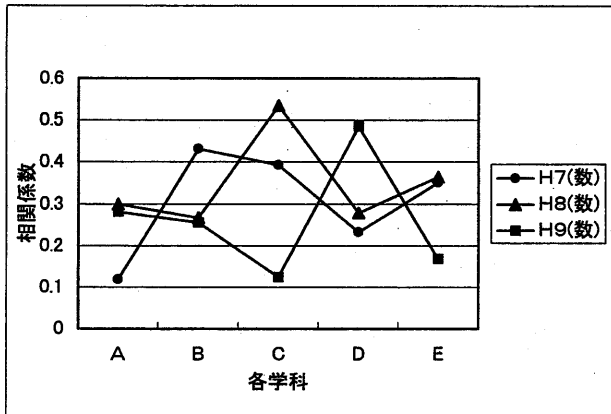


(a) 学科 A

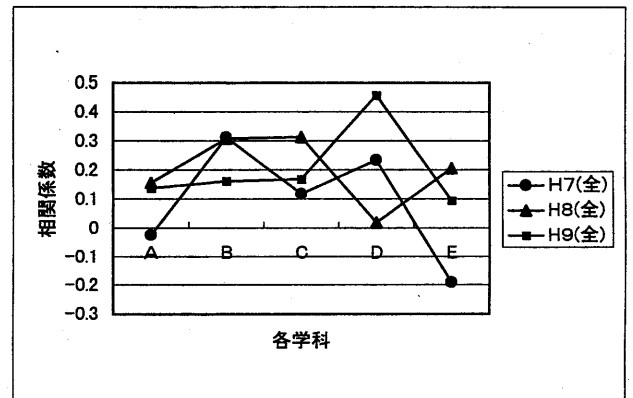


(b) 学科 E

図3 診断テストの問題別正解率



(a) 数学の成績との相関



(b) 全教科の総合成績との相関

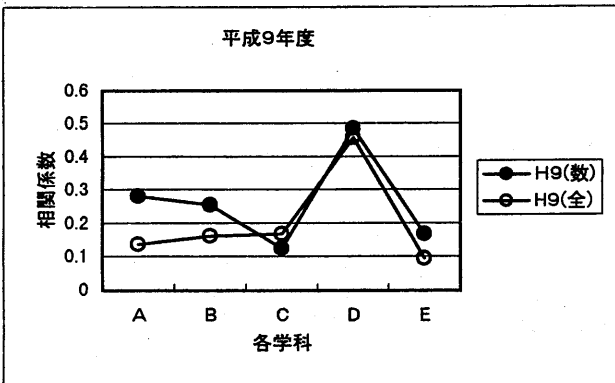
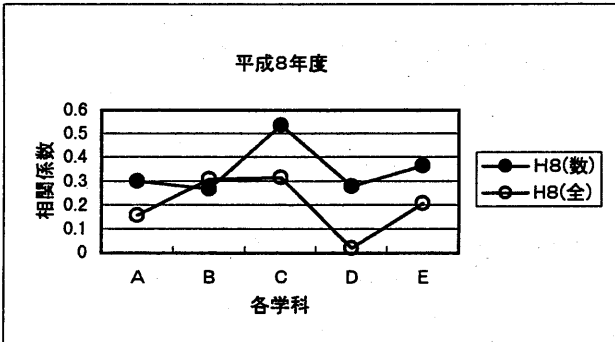
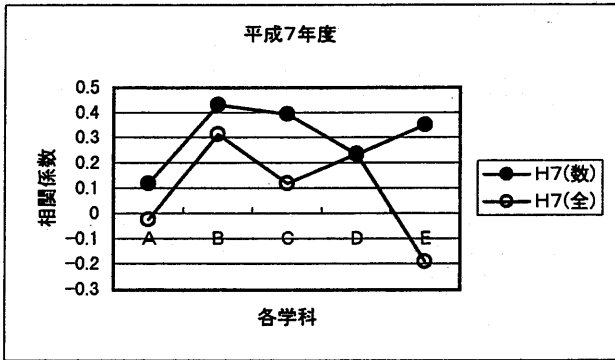
図4 診断テストと数学および全教科の総合成績との相関係数

科について調べた。その結果を表2に示す。なお、診断テストの問題は後に掲げる。比較的正解率の高い問題は、分数式の計算：[1](2)、因数分解：2、2次方程式：[3](1)、1次不等式：[3](2)、直線の方程式：[9](1)、相似な3角形：[12](1)などである。また、正解率が低い問題は、分数の乗除：1、演算の定義に従って方程式を解く：[4]、連立方程式をたてて解く：[7]、面積を等分する直線を求める：[9](2)、円に関する幾何：[12](3)などである。各問題ごとの正解率の年度による推移は、一般には学科によらず同様な推移をすると観られるが、問題によっては学科で異なった推移をするものがある。それを学科AとEについて図3(a)、(b)に示す。図に示した問題は、[2](1)：2変数 x, y を含む式の展開、[7]：連立方程式を立

てて解く、[8]：直線の方程式 ($ax+by+c=0$) のグラフ、[12](2)：相似な3角形で、学科または問題によっては、正解率にかなり大きな変動がある。例えば学科Aの場合、問題[7]、[8]、学科Eの場合、問題[2](1)、[12](2)である。なお、図中の黒丸印を結んだ線は、平均点(%)の推移を示している。

5. 数学診断テストと入学後の成績との各種の相関係数

数学診断テストの結果と、1学年の数学の総合成績、および全教科の総合成績との相関を調べた。その結果を図4(a)~(c)に示す。図の横軸はそれぞれの学科を示し、縦軸は相関係数で、図には平成7年度、8年度、および9年度の結果が示してある。



(c) 各年度

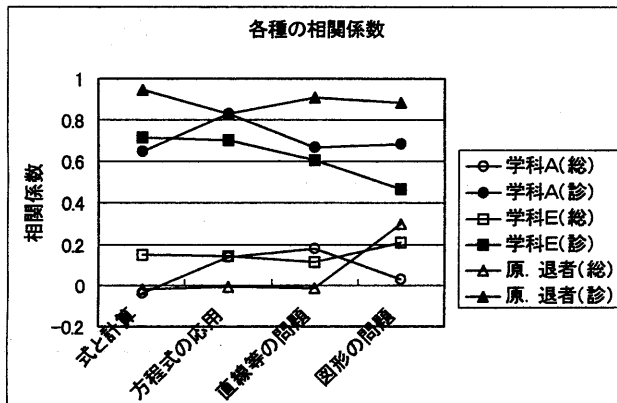
図4

図4 (a) は、診断テストと1学年を通じた数学の成績との相関をとったもので、年度と学科によって高い値の相関を示しているものもあるが(学科Cの平成7年、8年度、学科Bの7年度、学科Dの平成9年度)、ほとんどの学科や年度においては、目立った相関は観察されない。図4 (b) は、全教科の総合成績との相関をとったもので、学科Dの平成9年度の値は、高い相関を示しているが、他は強い相関は見られない。

図(c) は、各年度における診断テストに対する数学の成績、および全教科の総合成績との相関を比較したもので、平成8年度の学科Bのように、総合成績の方が数学の成績より高い相関を示す例もあるが、いずれの年度および学科においても、数学の成績との相関のほうが高い値を示している。

次に、診断テストの問題の内容を領域別に「式と計算」、「方程式の応用」、「直線・放物線の問題」、および「図形の問題」に分け、各領域における得点と診断テストの成績との相関、および全教科の総合成績との相関を、平成7年度入学の学科AとEについて求めた。その結果を図5に示す。図の黒印が各領域と診断テストの相関、白印が総合成績との相関を示す。図には、平成7年度に入学した学生のうち、平成9年度までに原級や退学をした学生に対する結果も示してある。

図より、領域別の得点と診断テストの相関はかなり高くその値は0.5~0.9の範囲に分布しており、この値の大小から、診断テストの得点のうち、どの領域で高得点を挙げたかを見て取ることができる。しかし領域別の得点と総合成績との相関は0~0.2程度でかなり低く、ほとんど相関はないといえる。こ



式と計算 : 診断テスト問題 [1] ~ [3]
 方程式の応用 : " [4] ~ [7]
 直線の問題 : " [8] [9] [11]
 図形の問題 : " [10] [12]

図5 各種の相関係数

数学学力診断テスト (問題)

<注意> 答が分数になるときは、既約分数のままでよい。

[1] 次の計算をせよ。

(1) $\frac{4}{3} \times \left(-1\frac{1}{8}\right)^2 + \left(-1\frac{1}{2}\right)^3$

答 _____

(2) $\frac{3x-5y}{4} - \frac{5x-12y}{6}$

答 _____

(3) $\frac{\sqrt{16}-\sqrt{18}}{\sqrt{2}} + (1-\sqrt{2})^2$

答 _____

[2] 次の (1) を展開し、(2) を因数分解せよ。

(1) $[x+(2y-3)][x-(2y-3)]$

答 _____

(2) $2a^2-32$

答 _____

[3] 次の方程式と不等式を解け。

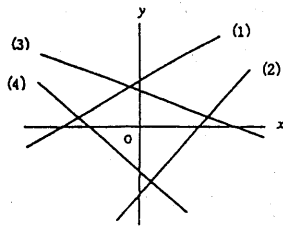
(1) $3x^2-12x-36=0$

答 _____

(2) $\frac{2x+5}{3} \geq \frac{3x-5}{2}$

答 _____

[8] 直線 $ax+by+c=0$ の定数 a, b, c が $a>0, b<0, c>0$ を満たすとき、そのグラフは右図の (1) ~ (4) のどれか。



答 _____

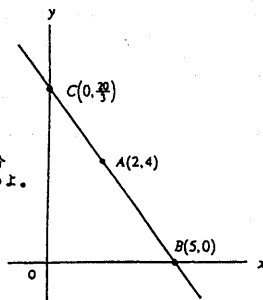
[9] 図のように、1直線上に3点 $A(2,4), B(5,0), C(0,\frac{3}{2})$ がある。

(1) 点Aを通り、傾きが $\frac{3}{2}$ の直線の式を求めよ。

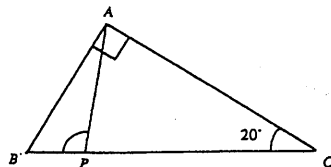
答 _____

(2) 点Aを通り、 $\triangle OBC$ の面積を2等分する直線と x 軸との交点の座標を求めよ。

答 _____



[10] $\angle A=90^\circ, \angle C=20^\circ$ である $\triangle ABC$ の辺 BC 上を点 P が動くとき、 $\triangle ABP$ が二等辺三角形になる場合が何回ある。そのときの $\angle APB$ の大きさ (角度) をすべて求めよ。



答 _____

[4] 2つの数 a, b について、 $a \cdot b$ は $ab+a$ を表すものとする。次の式を満たす数 x を求めよ。
 $x \cdot (x-3) = 4$

答 _____

[5] 次の方程式が解 $x=3$ を持つとき、 a の値はいくらか。

$\frac{ax}{5} = \frac{2a-x+1}{6} + 1$

答 $a =$ _____

[6] 4% の濃さの食塩水が300gある。これに水 x g を加えたら2.4% の濃さになった。 x についての方程式をつくり、 x の値を求めよ。

方程式 _____

答 $x =$ _____

[7] y は、 x に比例する式と x に反比例する式との和で、 $x=1$ のとき $y=5$ 、 $x=3$ のとき $y=7$ である。 比例、反比例の定数をそれぞれ a, b として a, b についての連立方程式をつくり、 y の式を求めよ。

連立方程式 $\left\{ \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \end{array} \right.$

答 $y =$ _____

[11] 2次関数 $y=ax^2$ において、 x の値が -3 から -2 まで増加するとき、 y の値は6減少する。 定数 a の値を求めよ。

答 $a =$ _____

[12] 図のように、円に内接する $\triangle ABC$ を作り、 $\angle A=45^\circ, DE \parallel BC, AD=3\text{cm}, DB=4\text{cm}, BC=5\text{cm}$ とする。

(1) DE の長さを求めよ。

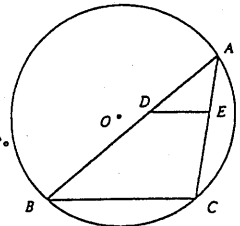
答 $DE =$ _____ cm

(2) $\triangle ABC$ の面積は $\triangle ADE$ の面積の何倍か。

答 _____ 倍

(3) 円 O の半径を求めよ。

答 _____ cm



の傾向は、原級および退学者の場合について同様であった。

6. 結 び

1979年より新1年生に対して毎年行ってきた数学診断テストについて、種々の調査資料を示した。また、診断テストの成績と、入学後の学業成績との関係についても調べた。調査は、必ずしも系統立てて行ったものではないが、これらの調査結果から以下のことがわかった。

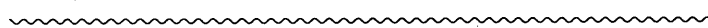
(1) 過去20年間の診断テストの成績の推移を見ると、89年までの10年間は入試倍率と診断テストの成績の間にほぼ類似した傾向が見られるが、それ以降の10年間は、入試倍率の減少に関係せず、新入生の数学力は、入試倍率が3.5倍以上のときの水準をほぼ維持していることがわかる。この10年間の傾向は、中学校側が本高専への合格者の学力をかなり正確に把握した上で行った適切な進路指導の結果であると

思われる。

(2) 診断テストの成績と入学後の学業成績との相関を、問題内容別、学科別、そして年度別等に分けていろいろな観点から調べているが、いくつかの年度や問題の種別によってはある程度の相関が見られるが、普遍的な相関は近年のデータには余りないといえる。その主な要因は、学習塾の普及による入試準備の影響が考えられるが、基本的には、入学後の各自の目的意識に基づく学業への取り組みが学力向上の大きなカギになっていることが再認識される。

今後更に資料の詳細な分析を続け、より有効な情報を引き出すべく研究調査を続ける予定である。

なお、本報告を閉じるに当たり、診断テスト実施当初から、問題の作成や成績の推移等に関心を持って、学生の教育指導に当たってこられた角名誉教授に感謝の意を表します。



学 位 論 文

氏名(本籍) 中島勝行(福岡)
学位記番号 大阪大学
第13428号
学位授与の日付 平成9年10月24日
学位論文題目 2値化画像からの図形形状パラ
メータ抽出の高速化に関する研
究

論文調査委員

(主査) 大阪大学 教授 井上勝敬
(副査) 〃 〃 荒井栄司
〃 〃 〃 仲田周次

論文内容の要旨

画像信号は音声信号あるいは工業計測の際に現れる信号に比し、単位時間当たりの情報密度が極めて大きい。この信号をデジタル計算機を用いて平均化、微分、フーリエ変換等の処理を行い、その画像特徴パラメータを抽出する作業には多くの時間を要する。この処理の高速化を追求してDSP(デジタルシグナルプロセッサ)などが用いられることもある。DSPではデータバスの並列化、命令の多重先読み等の技術が取り入れられ、スループットの大幅な向上が図られているが、これとて処理の手順はROM化されたプログラムとして記憶されており、ノイマン型計算機の基本的な考え方から脱却していない。

本論文ではこの実行速度の問題を、処理の特定の内容に対応した専用のハードウェアを用意することにより解決を図った。専用ハードウェア上では、複数の処理が同時に実行できること、順次処理部分のパイプライン化が可能なことを最大限に活用し、実時間での画像パラメータの抽出を実現している。処理の目的をハードウェア上で実現するためには相応の新しいアルゴリズムが用意されなければならない。本論文では、このための新アルゴリズムをいくつか開発提案した。これらは実際の装置に組み込まれ、実用装置として稼働している。

本論文は全12章から構成されている。その内容の要旨を章を追って以下に記す。

第1章ではこの分野での従来からの研究成果を概観し、本論文の研究内容の位置づけを行った。また画像処理という言葉で代表される広い研究分野の中で、本論文ではデジタル測長の問題と、直線検出

に用いられている Hough 変換の問題を取り扱うことを記した。また本論文で対象とする画像が明/暗の2値に変換された2値化画像データであることを述べた。

第2章では本研究の主たる成果の一つである“隣接2線走査法”及び“スキップ2線走査法”について、その両者に取り入れられている、測長精度向上と処理の高速化の基本的な思想を定性的な面から考察した。上記の測長法はいずれも画像平面を構成する画素の形状を縦長に採るということが共通する重要な点である。このことによって画像フィールドの左上隅から始めて、いわゆるラスタースキャンニング方式による撮像と同期して測長を行う際の、垂直方向成分の誤差が減少する。縦長画素を実現するには水平方向分解能を上げるか、垂直方向分解能を下げるかの2つの方法がある。前者は撮像ハードウェアそのものの変更を伴う。しかしラインイメージセンサを利用することにより多くの実際面での応用の用途がある。後者は従来からある正方形画素で取り込んだ画像データをそのまま利用できる長所がある。

2章の後半では直線輪郭及び円弧の輪郭について様々な角度の直線、半径の異なる円弧が撮像装置によって捉えられる際、どのような2値化パターンに変換されるかを理論的に考察した。

3章では隣接2線走査法のアルゴリズムを図を用いて詳細に述べた。それが直線エッジ、円弧エッジに適用される場合の理論的な誤差も導出したが、これには前章での図形の2値化パターン生成過程の分析結果を利用した。その理由はイメージスキャナ等から得られた2値化データは多少ともノイズを含み、理論値の計算には不適當だからである。またCCDカメラを用いた実際の装置を制作し、アルゴリズム自体の検証と縦長画素の採用による測長精度改善の効果を確認した。

4章ではスキップ2線走査法のアルゴリズムを述べた。これは縦長画素の実現のために撮像装置から入力データから1~2走査線分のバッファを利用し、飛び越しを行った走査線間で部分長の累積を行うものである。ここでも同じく直線、円弧輪郭について2章後半で述べた2値化の手順により作成したメモリイメージを対象とした。そして飛び越す走査線の数に測長精度改善の最適値が存在することを示し、その値が1であることを確認した。

5章では撮像装置としてラインイメージセンサを用い、ベルトコンベア上を移動する物体の画像パラメータを連続的に抽出可能なことを示した。

第6章以降では Hough 変換の高速化について検討した。6章では Hough 変換による直線位置同定の基本原理を示し、その処理過程に莫大な回数の正弦関数計算が含まれること、そのために直線同定性能が優れている割には実用化が困難なことを述べた。またその過程を3つのステップに整理し、それぞれにどのような問題点が内在するかを明らかにした。Hough 変換は対ノイズ性能が高く、前記の問題がクリアされれば搬送車、自動車の自動運転など広範な用途がある。

第7章では上記の内の第一のステップである Hough 変換演算の高速化のため“極座標型表参照方式”と“分割縮小化表参照方式”を提案した。それぞれについてコンピュータシミュレーションを行うとともに実際に装置を試作しその性能を比較検討した結果、十分実用に耐えうることを確認した。

第8章では連立漸化式を用いた Hough 変換について述べた。これは正弦関数を使用することなしに Hough 変換演算を連立漸化式を用いて逐次演算するもので、従来提案されていた式に改良を加え、よりハードウェア化が容易になっている。計算に用いる数値はハードウェア化の容易さ、製造コストを考慮すると符号及び小数部付きの固定小数点データであることが望ましい。ここでは θ - ρ 平面の軸分割数に対応した角度の微少変位の値と漸化式によって求められる ρ 値の精度について固定小数点データの小数部桁数を変化させて検討している。また上記の連立漸化式は角度の微少変位に正負の限定がないことを利用し四重並列に ρ 値の生成が可能であることを示した。これは現在特許申請中である。

第9章では Hough 変換の2番目のステップである度数累積の高速化について検討を加えた。これは CCD イメージセンサが電荷を累積積分する性質を最大限に利用し、高速な ρ - θ 平面の度数積算を行うものである。実験では正弦関数発生器とブラウン管オシログラフ及び光学系を用いてその性能確認を行ったが LCD を用いて全個体化する方法を示した。これについては既に特許（特許第303477号）が成立している。

第10章では Hough 変換の応用例として溶接部開先形状の測定と運転者から見た道路上センターラインの検出の例を取り上げた。いずれも十分な精度で直線位置を検出しておりその有効性が確認できた。

第11章では高速デジタル測長と Hough 変換の2つを総合的に応用した例を示した。対象は養殖海苔の製品形状確認検査である。民間の研究期間と

の共同研究で実用化する事が可能となった。この装置では本文冒頭で述べたデジタル測長と高速 Hough 変換に関する研究成果をそれぞれの特長を活かしながら電子回路部に組み込み、自動化した。その結果従来人手で行っていた作業を1/3の時間で処理することが可能となった。

第12章では以上の研究成果を総括して述べた。

論文調査の要旨

コンピュータの性能が向上するにつれて工業計測、実時間音声信号処理、実時間画像処理とその応用分野は拡大している。本論文は図形の形状パラメータの計測、Hough 変換の高速化及びその実用化の研究から成っている。一般にこの分野の研究は実験例はあるものの実用化がかなり困難な領域であった。著者はまず図形の基本的なパラメータである重心、水平垂直方向位置の検出、デジタル測長を応用した周囲長、更には形状計数の測定の高速化の問題を新しいアルゴリズムを考案することによって解決に導いている。工場での製品の搬送にはベルトコンベアが頻繁に使われることが多いが筆者が提案している隣接2線走査法は被検査対象である製品を一時停止させることなく連続的にその形状情報を得るためのまことに巧妙な方法である。もう一つのスキップ2線走査法は粉体の組成分析で、写真撮影などで得られた画像データから粒度などを能率よく測定可能な手法である。

また Hough 変換については従来からある漸化式による計算方法を発展させ、実時間での直線位置同定が可能となるようなアルゴリズムを工夫している。その過程では三角関数の加法定理から ρ 値計算連立漸化式への巧妙な変換手法が駆使され、斬新な研究成果を上げている。これらの成果は実用の装置に実装され稼働しており、我が国産業界、学会の発展に大きく寄与していると認めることができる。またこの研究に関連して特許2件を取得（一つは審査中）している。よって本論文は博士（工学）の学位論文に値すると認める。

氏名(本籍) 前田道治(鹿児島)
 学位記番号 鹿児島大学(工)
 工研第25号
 学位授与の日付 平成10年9月11日
 学位論文題目 神経回路網の自己組織化に関する研究

論文審査委員

(主査) 鹿児島大学 教授 村島定行
 (副査) " " 長澤庸二
 " " 行田尚義
 " " 宮島廣美

論文内容の要旨

近年、線形から非線形に至るまで、多くの工学的問題が異なる形態で増加している。それらは、システム同定、画像処理、パワーエレクトロニクス、および組合せ最適化問題などである。それらに対する解法として、数値解析的手法はあるけれども、必ずしも十分な結果は得られない。また、巡回セールスマン問題や部品配置問題などのような非線形問題の最適解法は未だ見つかっていない。それゆえ、今日、神経回路網、遺伝的アルゴリズム、ファジィ理論、およびカオスシステムなどのソフトコンピューティング法は、非線形問題に対して、近似解を得る一手法として発展している。特に、神経回路網に関して、多くの研究が理論から応用まで幅広くなされている。

神経回路網には、階層型回路網、相互結合型回路網、および自己組織化回路網がある。階層型回路網は、誤差伝搬アルゴリズムを用いることによって、システム同定やパターン認識に対して有効である。Hopfield回路網のような相互結合型回路網は、組合せ最適化問題へ適用でき、良好な近似解を得ることができる。自己組織化回路網は、教師なし学習を行なうことによって、データ間に内包する関係を回路網に反映する。

自己組織化に関して、GrossbergやWillshaw & von der Malsburgは、神経細胞の側抑制の機構を用い、局所的な位相的秩序を持った回路網を実現した。更に、近傍の入力に対して、常に近傍の神経細胞が応答するようになる。つまり、明白に局在した入力に対して、出力側の応答も局在化したものとなる。従って、自己組織化では、膨大な情報を局在化して表現でき、その表現は位相的秩序を持つ配列が形成される。

自己組織化の適用例として、組合せ最適化問題、パターン認識、ベクトル量子化、画像処理、および

クラスタリングなどがある。しかし、これらは入力データに冗長性が存在するときに役立つ。冗長性がなければ、データの中に特定のパターンや特徴を見出すことはできない。従って、様々な自己組織化モデルはあるが、適用できる分野が異なってくる。

本論文では、自己組織化のベクトル量子化に観点をおき、神経細胞どうしを結ぶシナプス荷重の生成と削除に基づいた、新たなアルゴリズムを提案している。莫大な情報を局在化し、歪み誤差(平均二乗誤差)と時間計算量の評価基準で議論を展開している。考察の結果、両方の評価基準を総合して、提案手法が有効であると結論づけられる。以下に、各章の概要を述べる。

1章では、神経回路網の自己組織化に関する工学的背景とともに、本研究の目的と意義について述べている。そして、各章での概略を述べている。

2章では、神経回路網の自己組織化について、荷重の順序づけおよび収束性について説明している。さらに、自己組織化によるベクトル量子化に関して記述し、従来のアルゴリズムを与えている。

3章では、荷重の削除の手法を用いた、神経回路網の自己組織化を提案している。本章での目的は、荷重の初期値にほとんど依存しない新たな手法を与えることである。精度的には、従来手法と同等もしくはそれ以上の結果が得られている。

4章では、荷重の生成および削除機構による神経回路網の自己組織化を提案している。生成機構により初期学習を行ない、続いて、改良した削除機構により学習を行なう。結果として両方の利点が反映され、従来手法より精度の面で有効であるということを示している。

5章では、本研究により得られた結果を要約し、今後の課題を述べている。

論文調査の要旨

本博士論文において、神経回路網の自己組織化アルゴリズムのベクトル量子化機能に着目して、初期分布に依存しない、歪みの少ないアルゴリズムを提案している。論文は5章から構成され、1章と2章は神経回路網の自己組織化アルゴリズム、ベクトル量子化技術等に関するこれまでの研究経過、この分野の研究の工学的意義などの説明に当てられている。3, 4章で神経回路網の自己組織化アルゴリズムのベクトル量子化機能に関する以下二つの提案が行なわれ、5章では全体のまとめが行なわれている。

1. 第3章では適応的学習と自己削除機能をもつ

神経回路網を提案し、ベクトル量子化アルゴリズムとして代表的な LBG アルゴリズム、Kohonen の特徴抽出自己組織化アルゴリズム及び Martinetz により1994年に提案されたニューロンガスのアルゴリズム等との比較を通して、提案手法はより歪みが少なく、荷重ベクトルの初期分布に依存しないベクトル量子化になることを数値実験で明らかにし、階調画像の非可逆圧縮への応用例とともに以下の論文にまとめている。

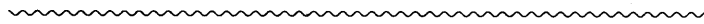
- 著者名 : M. Maeda, H. Miyajima, and S. Murashima
- 題 目 : An adaptive learning and self-deleting neural network for vector quantization
- 雑誌名 : IEICE Trans. Fundamentals, vol. E79-A, pp.1886-1893, 1996

2. 第4章では3章の提案アルゴリズムを発展させて、荷重ベクトルの自己削除機能の他に、自己生成機能も有する神経回路網により、さらに歪みの少

ないベクトル量子化が出来ることを示している。荷重ベクトルの生成則には Choi の自己生成型神経回路網 (SCONN) のアルゴリズムを利用し、生成後、荷重ベクトルを決められた数まで削除していく方法である。荷重ベクトルを生成し、最大数に達した後、削除する荷重ベクトルの数は大き過ぎても小さ過ぎてもベクトル量子化性能が悪くなる事実など、多くの有益な知見をまとめて以下に発表している。

- 著者名 : 前田道治, 宮島廣美, 村島定行
- 題 目 : ベクトル量子化のための自己組織化アルゴリズムの構成
- 雑誌名 : 電気学会論文誌 C, vol.117-C, no.8, pp.1084-1091, 1997

以上、本論文は神経回路網の自己組織化アルゴリズムのベクトル量子化機能に関して、有効なアルゴリズムを提案しており、この論文の成果は貴重な情報を提供すると考える。以上の結果により、学位(博士)論文として価値あるものとして認める。



平成9年度中に発表した論文及び講演題目

論文題目	氏名	発表した誌名, 巻・号(年・月)
Mechanism of Thermal Decomposition of Vinyl Azides	Kazuaki Isomura Kenji Takehara Makoto Ichiki Hiroshi Taniguchi	Research Report of Kitakyushu National College of Technology Vol.31, 103-110 (1998)
疎水鎖末端に水酸基を有する両親媒性ピラジン化合物による非対称累積膜の作製	竹原健司 磯村計明 山田憲二 井手俊輔 原谷口秀宏	北九州工業高等専門学校研究報告, 第31号, 135-140 (1998)

講演題目	氏名	発表した学会・講演会名(年・月)
複素環を含むLB膜(35)疎水鎖末端の極性基によるZ型累積	竹原健司 磯村計明 原谷口秀宏	日本化学会第72春季年会(1997)
Preparation of Non-centrosymmetric LB Film Used Amphiphilic Pyrazine Compounds Having Hydroxy Group at the End of Hydrophobic Chain	Kenji Takehara Kazuaki Isomura Hiroshi Taniguchi	The 7th Kyushu International Symposium on Physical Organic Chemistry (1997)
複素環を含むLB膜(36)疎水鎖末端に水酸基を有する両親媒性化合物とその混合系のZ型累積	竹原健司 磯村計明 原谷口秀宏	日本化学会第74春季年会(1998)

機 械 工 学 科

論文題目	氏名	発表した誌名, 巻・号(年・月)
転位仕上ホブの研究	永野喜三郎 米倉将隆 杉本武治(久留米工業大学) 野中宏*	日本機械学会論文集C編, 63巻609号(平成9年5月)
A Direct Measuring Method of Bridging Stress for Polycrystalline Ceramics	Kazuya Mori Ryoichi Imai	JSME International Journal Series A, Vol.40, No.3(平成9年7月)
Inverse Analysis Method of Bridging Stress Based on the Bending Test of a Deep-Notched Specimen	Kazuya Mori Shinji Hashimura Ryoichi Imai	Proceedings of Fifth JAPAN International SAMPE Symposium & Exhibition(平成9年10月)
Fatigue Crack Propagation Characteristics of Polycrystalline Ceramics	Hiroshi Noguchi(Kyushu Univ.) Kazuya Mori Ryoichi Imai	Proceedings of Fifth JAPAN International SAMPE Symposium & Exhibition(平成9年10月)
A Direct Method of Measuring Bridging Stresses	Kazuya Mori Shinji Hashimura	Journal of the American Ceramic Society, Vol.81, No.3(平成10年3月)

講演題目	氏名	発表した学会・講演会名(年・月)
油を含む冷媒の水平蒸発管内熱伝達係数の予測式	松永崇 吉田駿(九大工)	第34回日本伝熱シンポジウム(平成9年5月)
An Application of Probability Distribution of Fracture Toughness to Evaluation of Fracture Probability for Ceramics	Kazuya Mori Hiroshi Noguchi(Kyushu Univ.)	The American Ceramics Society 1997 Annual Meeting & Exposition(平成9年5月)
高周波焼入歯車の仕上げホブ切り	米倉将隆 永野喜三郎	日本機械学会創立100周年記念講演会, No.97-14(平成9年7月)

*専攻科学生, 現 昭和鉄工(株)

歯車の高効率加工に関する研究	米倉 隆 永野 喜三郎 櫻木 原功也* 梁原 龍達也** 藤嶋 也**	日本機械学会創立100周年記念講演会, No.97-14 (平成9年7月)
深い切欠きを有する試験片の曲げとその逆解析によるブリッジング特性の評価	森橋 和也 今村 真治 田井 良一 秋中山 昭彦 (ノリタケダイヤ) 山智彦 (ノリタケダイヤ)	日本機械学会第5回機械材料・材料加工技術講演会 (平成9年7月)
多結晶セラミックスの疲労き裂伝ば特性について	野口 博司 (九州大学) 森井 和也 今井 良一	日本機械学会創立100周年・九州支部創立50周年記念講演会 (平成9年10月)
セラミックスのブリッジング特性に基づくR曲線の評価	森橋 和也 今村 真治 井良一	日本機械学会創立100周年・九州支部創立50周年記念講演会 (平成9年10月)
多結晶セラミックスにおける破壊靱性値の分布による安定き裂成長	森野 和也 口博司 (九州大学)	日本機械学会九州支部第51期総会・講演会 (平成10年3月)
窒化珪素セラミックスのブリッジング特性	森橋 和也 今村 真治 西村 初彦***	日本機械学会第75期通常総会講演会 (平成10年3月)

電 気 工 学 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
パワー NIC による双方向通信装置	高松 政利 中島 勝行	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻1号 (1997年9月)
Two-photon Laser-induced Fluorescence Technique for Detection of Hydrogen Atoms in Silane Plasmas	K. Miyazaki Y. Mishiro (Kyushu Univ.) A. Matsukuma (Kyushu Univ.) T. Kajiwara (Kyushu Univ.) K. Uchino (Kyushu Univ.) K. Muraoka (Kyushu Univ.) T. Okada (Kyushu Univ.) M. Maeda (Kyushu Univ.)	Proceedings of the 8th International Symposium on Laser-Aided Plasma Diagnostics, The Netherlands (September, 1997)
High-Speed, High-Accuracy Hough Transform Using Simultaneous Recurrence Formula	K. Nakashima Y. Obuchi H. Yakabe K. Inoue	System and Computers in Japan, Vol.28, No.3, March 1997 SCRIPTA TECHNICA, INC.
4元連立漸化式による Hough 変換	中島 勝行 大淵 豊	大阪大学接合科学研究所共同研究報告, (1997年度)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
LCフィルタを負性ジャイレータにより変換した回路の抵抗感度について	石川 弘文 (佐賀大学) 深井 澄夫 (佐賀大学) 原卓 伸	電気学会電子回路研究会 (1997年6月)
自己学習型の聴能訓練システムの検討	池田 隆章 (熊本大学) 日野 亮市 (熊本大学) 上田 裕 (熊本大学)	日本音響学会平成9年度秋季研究発表会 (平成9年9月)
単共振分解方式実用型デジタル補聴器の開発	池田 隆弘**** 高橋 典典*** 飯塚 祐光 日渡 野章 (熊本大学) 渡邊 亮 (熊本大学)	平成9年度電気関係学会九州支部連合大会 (平成9年10月)

*専攻科学生, 現 山九(株)
**専攻科学生, 現 オーレック(株)
***専攻科学生
****専攻科学生, 現 長岡技科大

Teaching Methodology on Industrial Control Electronics	Yutaka Obuchi	5 th 3 Country Course on Electronic Engineering Education, at EEPIS Surabaya, INDONESIA (Oct.8 1997)
Review on Electronics Devices	Yutaka Obuchi	5 th 3 Country Course on Electronic Engineering Education, at EEPIS Surabaya, INDONESIA (Oct.9 1997)
二光子励起レーザー蛍光法を用いたシランプラズマ中の水素原子計測	松宮 哲 律 (九州大学) 梶内 浩一 (九州大学) 益村 野光 (九州大学) 岡田 岡克龍 (九州大学) 前田 田三 (九州大学)	電気関係学会九州支部第50回記念連合大会 (平成9年10月)
マイクロ波電子管によるマイクロ波一直流逆変換	大上 田 秀 穂* 大崎 田 裕 人** 大杉 崎 邦 倫	1997年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会 (B-9) (1997年10月)
二光子励起レーザー蛍光法によるプロセッシングプラズマ中の水素原子計測Ⅷ	宮崎 浩 一 (九州大学) 梶内 野光 (九州大学) 益村 岡克龍 (九州大学) 前田 田三 (九州大学)	第45回応用物理学関係連合講演会 (平成10年3月)
SPS システム用 RF-DC エネルギー変換管	上田 裕 人** 大崎 田 秀 穂* 大杉 崎 邦 倫	1998年電子情報通信学会総合大会 (B-9-5) (1998年3月)
訓練用音声・画像を記録したCD-ROMによる聴能訓練システム	池田 光 隆 (熊本大学) 日野 邊 章 (熊本大学) 渡上 田 裕 亮 (熊本大学)	日本音響学会平成10年度春季研究発表会 (平成10年3月)
久留米餅くくり機の糸切れ検出センサ	南 里 博 己 高 松 政 利	電気関係学会九州支部第50回記念連合大会 (平成9年10月)

制 御 情 報 工 学 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
A Self-Tuning Method of Fuzzy Modeling with Learning Vector Quantization	K. Kishida (Kagoshima Univ.) M. Maeda H. Miyajima (Kagoshima Univ.) S. Murashima (Kagoshima Univ.)	IEEE Proc. Int. Conf. Fuzzy Systems, Vol.6 (1997, Jul.)
ベクトル量子化のための自己組織化アルゴリズムの構成	前田 道 治 (鹿児島大学) 宮島 廣 美 (鹿児島大学) 村島 定 行 (鹿児島大学)	電学論, Vol.117-C (1997年8月)
Destructive Fuzzy Modeling Using Neural Gas Network	K. Kishida (Kagoshima Univ.) H. Miyajima (Kagoshima Univ.) M. Maeda	IEICE Trans, Fundamentals, Vol.E80-A (1997, Sep.)
Creative and Competitive Learning Methods for Vector Quantization	M. Maeda H. Miyajima (Kagoshima Univ.) T. Takahashi	IEICE Proc. Int. Symp. Nonlinear Theory and its Applications, Vol.2 (1997, Dec.)
メカトロサーボ系の指令時間間隔ごとの定常的速度変動の発生と特性解析	江頭 成 人 (佐賀大学) 中村 政 俊 (近畿大学) 久良 修 郭 (近畿大学)	日本ロボット学会誌, 16巻, 1号 (1998. 1)
制御工学用教材装置の開発	江崎 昇 二	高専教育, 21号 (1998年3月)

*専攻科学生, 現 大分大学大学院

**専攻科学生

久留米高専のインターネットと久留米地区
学術系 NOC について

江頭 成人
淵本 健一
馬場 隆男
佐塚 秀人 (久留米工業大学)

久留米工業高等専門学校紀要, 13巻,
2号 (1998. 3)

講演題目	氏名	発表した学会・講演会名(年・月)
ベクトル量子化によるファジィモデルの生 成的構築法	岸田 一也 (鹿児島大学) 宮島 廣美 (鹿児島大学) 前田 道治 (鹿児島大学) 福元 伸也 (鹿児島大学)	日本ファジィ学会ファジィシステムシ ンポジウム (1997年6月)
超硬ホブ切りに関する切削性能の評価法 —特に歯車材の被削性について—	桜米 木倉 功隆 角 将昌 興 (カ ツ フ ジ)	日本機械学会機素潤滑設計部門講演会 (IMPT-100) (平成9年7月)
ニューラルガスネットワークを用いたクラ スタリングモデル	山崎 隆徳 (鹿児島大学) 宮島 廣美 (鹿児島大学) 前田 道治	情報処理学会九州支部 (1997年8月)
弾性並進関節を有する水平関節型ロボッ トの適応制御	高木 章二 (豊橋技術科学大学) 江崎 昇直 (ア ス モ) 広内 山直 樹 (豊橋技術科学大学)	日本機械学会創立100周年記念東海支 部講演会 (1997年9月)
生成型競合学習に関する一考察	前田 道治 (鹿児島大学) 宮島 廣美 (鹿児島大学) 高村 雄行 (鹿児島大学)	電気関係学会九州支部連合大会 (1997 年10月)
メカトロサーボ系における電流応答特性の 把握とサーボパラメータの決定	江中 頭 成人 久 村 俊 (佐賀大学) 久 良 修 郭 (近畿大学)	第16回計測自動制御学会九州支部学術 講演会 (1997年11月)
An Appropriate Parameter Selection of Designing Motor and Servo Con- troller of Robot Manipulator to Achieve Precise Contour Control	N. Egashira M. Nakamura (Saga Univ.) S. Goto (Saga Univ.) N. Kyura (Kinki Univ.)	Proceedings of the Third Interna- tional Symposium on Artificial Life and Robotics (1998. 1)
超硬ホブ用材種の切削性能の評価法	桜米 木倉 功隆 津村 将恭 一 (カ ツ フ ジ) 角朝 倉 俊 (不 二 越)	日本機械学会九州支部第51期総会講演 会 (平成10年3月)
超硬多糸ホブ切りに関する研究 (特に切れ 刃のチッピング対策について)	桜米 木倉 功隆 角 将昌 興 (カ ツ フ ジ)	日本機械学会第75期通常総会講演会 (平成10年3月)
非線形摩擦を有する機械システムの適応制 御	高木 章二 (豊橋技術科学大学) 江崎 昇直 (豊橋技術科学大学) 内山 山田 哲 (豊橋技術科学大学)	日本機械学会東海支部講演会 (1998年 3月)

工業化学科

論文題目	氏名	発表した誌名, 巻・号(年・月)
ゴムの加硫過程の電氣的即時測定	権藤 豊彦 (福岡クロス) 江松 聖子* 藤岡 友貴 藤森 道治 岡井 哲夫 井大三郎 (九州ゴム機材(株))	高分子論文集, 54巻5号 (1997年5月)
Solvent Extraction of Cadmium by Dioleoylphosphoric Acid.	梶野 隆彦 (九州大学) 友藤 由記子 (九州大学) 後藤 雅宏 (九州大学) 龍中 運弘 (東和大学) 中 塩 文行 (熊本工業大学)	Solv. Extr. Res. Dev. Japan, 第4 巻 (1997年5月)
7-アリアルインデノ[1, 2-b]-1, 2, 5-オキ サジアゾロ[3, 4-d]ピリジン類のスペクト ルと色変化	五郎丸 英貴 (九州大学) 又賀 駿太郎 (九州大学) 高橋 和文 (島根大学) 鳥井 昭美	Electronic Conference on Hetero- cyclic Chemistry 論文集 (平成9年6 月)

*専攻科学生, 現 JSR

Soluble Polyimides Based on 2, 3, 5-Tricarboxy-Cyclipentyl Acetic Dianhydrides.	{ Y. Tsuda Y. Tanaka (Mitsubishi heavy Industries, Ltd.) K. Kamata N. Hiyoshi (Ushizu Farmacy) S. Mataka (Kyushu Univ.) Y. Matsuki (JSR) M. Nishikawa (JSR) S. Kawamura (JSR) N. Bessho (JSR)	Polymer Journal, Vol.29, No.7 (1997, July)
Self-Assembly of Helical Chiral Aromatics in The Solid State.	{ Y. Tanaka (Shizuoka Univ.) A. Sekita (Shizuoka Univ.) H. Suzuki (Shizuoka Univ.) M. Yamashita (Shizuoka Univ.) T. Oshikawa (Shizuoka Univ.) A. Torii	3° Congrso Nazionale di Chimica Supramolecolare 1997 (平成 9 年 7 月)
Separation of Palladium and Silver from a Nitric Acid Solution by Liquid Surfactant Membranes.	{ 梶 隆 彦 後 藤 雅 宏 (九州大学) 中 塩 文 行 (熊本工業大学)	Sep. Sci. Technol., 第32巻第 8 号 (1997年 7 月)
九州地区高専フォーラムの現状と展望	{ 鳥 井 昭 美 鎌 田 吉 之 助 谷 口 計 宏 (北九州高専) 磯 村 計 明 (都城高専) 占 部 正 義 (有明高専) 吉 武 紀 道	工学・工業教育研究講演会講演論文集 (平成 9 年 8 月)
第 5 回科学技術セミナー “新素材の開発と展望”	{ 鳥 井 昭 美 鎌 田 吉 之 助 中 嶋 裕 之 三 杉 野 紀 三	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第 1 号 (平成 9 年 9 月)
ハイテクノロジーの現状 新素材アラカルト—情報・液晶・フィルター・新薬開発—	{ 鳥 井 昭 美	第 6 回科学技術セミナー (平成 9 年 9 月)
Liquid-liquid Equilibria of Ternary Systems Containing Alkane, Methanol, and Ether.	{ H. Higashiuchi T. Watanabe (Ariake Nat. Coll. Tech.) Y. Arai (Kyushu Univ.)	Fluid Phase Equilibria., Vol.136, 141-146 (Dec. 1997)
可溶性ポリイミド (1) —可溶性ポリイミドの合成—	{ 津 田 祐 輔 日 吉 紀 彦 (津 製 業)	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第 1 号 (平成 9 年 9 月)
可溶性ポリイミド (2) —長鎖アルキル基を有する芳香族ジアミンモノマーの合成—	{ 津 田 祐 輔 河 内 岳 大 (大阪大学) 古 川 龍 太 郎 (九州大学)	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第 1 号 (平成 9 年 9 月)
Electric in-situ Measurement of Vulcanization of Rubber.	{ T. Mori S. Etoh (Fukuoka croth) Y. Matsuoka (JSR) T. Gondoh M. Toh D. Okai (Kyushu Rubber Co.)	Full Texts of International Rubber Conference 1997, Malaysia (1997年10月)
Mixing Characteristics of an Internal Mixer.	{ M. Toh T. Gondoh T. Mori H. Satoh (Sumitomo Heavy Industries Ltd) M. Kuratsu (Sumitomo Heavy Industries Ltd) M. Mishima (Sumitomo Heavy Industries Ltd)	Full Texts of International Rubber Conference 1997, Malaysia (1997年10月)
海水中の有価金属を高度に認識する抽出試薬—カリックスアレーン化合物—	{ 梶 隆 彦 後 藤 雅 宏 (九州大学)	日本海水学会誌, 第51巻第 5 号 (1997 年10月)
液膜技術の新展開と実用化への課題	{ 後 藤 雅 宏 (九州大学) 梶 隆 彦	ケミカルエンジニアリング, 第42巻第 10号 (1997年10月)
脂肪族骨格を有する可溶性ポリイミド	{ 津 田 祐 輔	九州大学機能物質科学研究所報告, 第 11巻第 2 号 (平成 9 年12月)
Extraction of Rare-earth Metals by Liquid Surfactant Membranes Containing a Novel Cyclic Carrier.	{ 梶 隆 彦 西 依 孝 行* (九州大学) 大 島 達 也 (九州大学) 久 保 田 富 生 子 (九州大学) 後 藤 雅 宏 (九州大学) 新 海 征 治 (九州大学) 中 塩 文 行 (熊本工業大学)	J. Membrane Sci., 第136巻第1-2号 (1997年12月)

*現 日揮

Alkyl-Substituted Benzo [1, 2-d: 3, 4-d'] Diimidazoles Prepatation and Annular Tautomerism.	S. Mataka (Kyushu Univ.) K. Isomura (Kyushu Univ.) T. Sawada (Kyushu Univ.) T. Tsukinoki (Kyushu Univ.) M. Tashiro (Kyushu Univ.) K. Takahashi (Shimane Univ.) A. Torii	Heterocycles, Vol.48, No.1, 1998 (平成10年1月)
O/W/O型乳化液膜を用いる高度不飽和脂肪酸族の抽出分離	梶浦 隆彦 (九州大学) 地亜樹* (九州大学) 久保田 富生子 (九州大学) 後藤 雅宏 (九州大学) 中藤 文行 (熊本工業大学) 松山 秀人 (岡山大学) 寺本 正明 (京都工繊大学)	化学工学シンポジウムシリーズ, 63 (1998年2月)
Soluble Copolyimides Based on 2, 3, 5-Tricarboxy-Cyclopentyl Acetic Dianhydride and Conventional Aromatic Tetracarboxylic Dianhydrides.	Y. Tsuda K. Etoh N. Hiyoshi M. Nishikawa (JSR) Y. Matsuki (JSR) N. Bessho (JSR)	Polymer Journal, Vol.30, No.3 (1998 March)
Synergistic Extraction of Nickel by Liquid Surfactant Membranes.	山下 勝志 (九州大学) 梶浦 隆彦 (九州大学) 小坂 博史** (九州大学) 後藤 雅宏 (九州大学) 中藤 文行 (熊本工業大学)	Sep. Sci. Technol., 第33巻第3号 (1998年3月)

講演題目	氏名	発表した学会・講演会名(年・月)
粉末ゴムを用いたNR-シリカ系複合材料に関する研究	重松 由希子*** 藤 道治彦 森 豊彦 竹下 剛 (東和コーポレーション)	日本ゴム協会1997年年次大会 (1997年5月)
ゴムの加硫反応の電氣的即時測定 (5)	松岡 友貴子**** 江頭 聖二 (福岡クロス) 森 哲夫彦 権 道治 藤 井 大三郎 (九州ゴム機材株)	日本ゴム協会1997年年次大会 (1997年5月)
長鎖アルキルで置換されたベンゾフェノン骨格を有する可溶性ポリイミドの合成と物性	津田 祐輔	第46回高分子学会年次大会 (平成9年5月)
Synthesis and Properties of Soluble Polyimides.	Y. Tsuda	Proceedings of the First Joint Seminar (Kurume National College of Technology, Keimyung University) (1997, July)
カリックスアレーン誘導体による金属イオンの抽出挙動	梶浦 隆彦 (九州大学) 藤 俊和***** (九州大学) 後藤 雅宏 (九州大学) 中藤 文行 (熊本工業大学)	化学工学会岡山大会 (1997年7月)
カリックスアレーン誘導体を用いる希土類金属の乳化液膜抽出	大西 島達也 (九州大学) 依孝行***** (九州大学) 梶浦 隆彦 (九州大学) 後藤 雅宏 (九州大学) 中藤 文行 (熊本工業大学)	化学工学会岡山大会 (1997年7月)
ゴムの混合	藤 道治	エラストマー技術研究会 (1997年8月)
ゴムの架橋反応の進行状態の電氣的即時測定法の開発	森 哲夫	エラストマー技術研究会 (1997年8月)

*現 久留米市役所
**現 富士通九州システムエンジニアリング
***専攻科学生, 現 東和コーポレーション
****専攻科学生, 現 JSR
*****現 三菱化学
*****現 日揮

密閉型二軸ゴム混合機の消費動力と混合挙動	藤権 道 治 森倉 津 豊 彦 三島 正 夫 三島 守 守 (住友重機械(株)) (住友重機械(株))	化学工学会第30年秋季大会 (1997年9月)
粉末ゴムを用いたNR/無機化合物複合材料に関する研究	重藤 由希子* 藤権 道 治 森竹 豊 彦 下 剛 (備前コーポレーション)	第28回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 (1997年10月)
低速型二軸サンドミルに関する研究	土持 克 仁** 藤権 道 治 森飯 豊 彦 岡 正 勝 (アシザワ(株))	第28回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 (1997年10月)
Electric in-situ Measurement of Vulcanization of Rubber.	T. Mori S. Etoh (Fukuoka croth) Y. Matsuoka T. Gondoh M. Toh D. Okai (Kyushu Rubber Co.)	International Rubber Conference 1997, Malaysia (1997年10月)
Mixing Characteristics of an Internal Mixer.	M. Toh T. Gondoh T. Mori H. Satoh (Sumitomo Heavy Industries) M. Kuratsu (Sumitomo Heavy Industries) M. Mishima (Sumitomo Heavy Industries)	International Rubber Conference 1997, Malaysia (1997年10月)
天然ゴム廃液中に含まれるピフィズス菌生育因子	笈 木 宏 和	ゴム協会事例発表会 (1997年10月)
密閉型二軸混合機の特性	藤権 道 治 藤 豊 彦	ゴム技術事例発表会 (1997年11月)
久留米高専生物応用化学科の現状および研究内容	中 篤 裕 之	豊橋技術科学大学物質工学系主催教育研究集会 (平成9年11月)
アクリジン類縁化合物の合成と反応	鳥井 昭 美 鎌田 吉之助 辻 豊	第8回産学交流ユースフォーラム (平成9年12月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第69報) 13, 14-ジアルキル置換-5, 8-ジアザペントフェン類の合成 (その2)	鳥井 昭 美*** 渡野 正 三 杉野 紀 裕 中 篤 裕 之 鎌田 吉之助 田 康 隆 (静 岡 大 学)	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第70報) 13, 14位環状-5, 8-ジアザペントフェン類の合成 (その3)	鳥井 昭 美**** 佐木 貴 三 杉野 紀 裕 中 篤 裕 之 鎌田 吉之助 田 輝 幸 (三井東圧化学KK)	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第71報) 13, 14-ジアルキル-5, 8-ジアザペントセンと芳香族ニトロソ化合物との反応	鳥井 昭 美**** 松野 貴 三 杉野 紀 裕 中 篤 裕 之 鎌田 吉之助 米 光 直 志 (九州産業大学)	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)

*専攻科学生, 現 東和コーポレーション
 **専攻科学生, 現 ニシヨリ
 ***専攻科学生
 ****本学科学生, 現 九州大

アクリジン関連化合物に関する研究 (第72報) 9置換アクリジン類の金属錯体について	鳥田 井 昭 美 田 島 健 太 杉 中 野 郎 中 野 裕 治 辻 野 紀 三 鎌 野 裕 之 副 田 吉 助 田 田 眞 日 止 (新日鐵化学 KK)	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第73報) 9置換アクリジンのラネー合金を用いた還元反応 (その2)	鎌 田 吉 之 助 富 永 洋 一 辻 永 裕 之 美 中 鳥 井 裕 昭 深 田 剛 毅 又 賀 駿 太 郎 (東 亞 大 学 九 州 大 学)	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第74報) アクリドン類の蛍光特性	鎌 田 吉 之 助 甲 木 明 日 香 富 永 洋 一 辻 鳥 井 裕 之 美 中 鳥 井 裕 昭	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第75報) アクリジンのラネー合金を用いた還元反応	鎌 田 吉 之 助 熊 辻 主 豊 辻 鳥 井 裕 之 美 中 鳥 井 裕 昭 又 賀 駿 太 郎 (九 州 大 学)	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
アクリジン関連化合物に関する研究 (第76報) 9置換芳香族化合物の蛍光特性	鎌 田 吉 之 助 富 永 清 洋 一 辻 鳥 井 裕 之 美 中 鳥 井 裕 昭	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
SN1ソルボリシスにおける元系復帰過程の立体化学に関する研究	辻 口 幸 太 山 田 吉 之 助 鎌 永 洋 裕 一 富 鳥 井 裕 之 美 中 鳥 井 裕 昭	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
醤油酵母の増殖に影響を及ぼす諸要因について (V)	中 鳥 井 裕 之 美 鳥 崎 研 昭	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
醤油酵母の遺伝学的研究	中 鳥 井 裕 之 美 片 山 井 昭	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
地衣植物の遺伝的解析 (II)	中 鳥 井 裕 之 美 内 川 脇 知 博 宮 鳥 井 昭	第3回高専シンポジウム (平成10年1月) (佐 賀 大 学)
天然ゴム廃液処理のための微生物のスクリーニング	鶴 田 真 紀 子 筭 木 村 和 宣 田 森 裕 夫 藤 藤 哲 道 治	第3回高専シンポジウム (平成10年1月) (九 州 工 業 大 学)
光反応性溶媒可溶型ポリイミド	津 田 祐 輔	文部省科研費重点研究・新高分子ナノ組織体第4回公開シンポジウム (平成10年1月)

*本学科学生, 現 豊橋技科大
 **本学科学生, 現 関西大
 ***本学科学生, 現 BPA
 ****本学科学生, 現 専攻科学生
 *****本学科学生, 現 熊本大
 *****専攻科学生
 *****専攻科学生, 現 久光製薬

4, 7位に複素環を導入した蛍光性オキサジアゾロ[3, 4-d]ピリジン誘導体の合成とスペクトル	五郎丸 英 貴 (九州 大 学) 澤田 剛 (九州 大 学) Theman Thies (九州 大 学) 又賀 駿太郎 (九州 大 学) 高橋 和文 (鳥根 大 学) 鳥井 昭美 (鳥根 大 学)	日本化学会第74春季年会 (平成10年3月)
分子のねじれによる不斉を有するN-複素環化合物の一段階合成法—光学分割および結晶構造—	田中 康 隆 (静岡 大 学) 関明 美 (静岡 大 学) 鈴木 浩司 (静岡 大 学) 山下 光司 (静岡 大 学) 山押 達男 (静岡 大 学) 鳥井 昭美 (静岡 大 学)	日本化学会第74春季年会 (平成10年3月)
蛍光性2, 1, 3-ベンゾチアジアゾール誘導体及びその金属錯体の合成	佐伯 真 邦 (九大 総 理 工 学) 畝 英 之助 (東 和 大 学) 鎌 吉 駿太郎 (九州 大 学) 又賀 駿太郎 (九州 大 学)	日本化学会第74春季年会 (平成10年3月)
アミノ酸の分子認識試薬としてのカリックスアレーン誘導体の抽出特性	大橋 達 也 (九州 大 学) 後藤 隆彦 (九州 大 学) 古藤 雅宏 (九州 大 学) 中崎 新太郎 (九州 大 学) 塩文 行 (熊本工業大 学)	化学工学会第63年会 (1998年3月)
乳化液膜によるホウ素の抽出	後藤 隆彦 (九州 大 学) 古藤 雅宏 (九州 大 学) 中崎 新太郎 (九州 大 学) 塩文 行 (熊本工業大 学)	化学工学会第63年会 (1998年3月)
ゴム分解微生物のスクリーニング	江藤 藤 晃 嗣* 伊藤 木 宏 和志** 藤森 藤 友 志治夫	日本農芸化学会1998年度大会 (1998年3月)
ゴム廃液分解能を有する微生物のスクリーニング	笈 木 宏 和 鶴田 田 真 紀子* 本 田 友 男*** 田 村 裕 宣治夫 藤 森 道 哲 (九州工業大 学)	日本農芸化学会1998年度大会 (1998年3月)

材 料 工 学 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
プラズマ溶射 WC-12%Co 皮膜の特性に及ぼすプラズマ出力の影響	中 村 良 三 岩永 健一郎**** 田 中 俊 明 (ラ サ 工 業)	溶射, 第34巻, 第2号 (平成9年6月)
Joining of Cast Iron and Steel by Applying Isothermal Solidification	N. Sasaguri Y. Matsubara K. Ogi (Kyushu Univ.) M. Hashimoto (Nippon Steel Co.)	Proc. 4th Decennial International Conf. on Solidification Processing (July 1997)
Age-Hardening Behavior and Mechanical Properties of Al-2.5Cu-0.23Sc Alloy	M. Nakayama	Proc. KCT-Keimyung Univ., Korea First Joint Seminar (July 1997)
Effect of Carbon Content on Microstructure and Amount of Austenite in As-Cast and Heat-Treated Multi-Component White Cast Iron	Yu Sung-Kon (Keimyung Univ.) N. Sasaguri Y. Matsubara	5th AFC Proceedings (Sept. 1997)
Fracture Toughness of 26% Chromium White Cast Iron	Y. Honda Y. Matsubara	5th AFC Proceedings (Sept. 1997)
Precipitation of Al ₃ Sc in Al-0.23mass %Sc Alloy	M. Nakayama A. Furuta (Kyushu Univ.) Y. Miura (Kyushu Univ.)	Materials Trans. JIM, Vol.38, No.10 (Oct. 1997)
Analysis of Local Lattice Strains Around Plate-Like Oxygen Precipitates in Czochralski-Silicon Wafers by Convergent-Beam Electron Diffraction	T. Okuyama M. Nakayama S. Sadamitsu (Sumitomo Sitix Co.) J. Nakashima (Sharp Fukuyama) Y. Tomokiyo (Kyushu Univ.)	Japan J. Appl. Phys., Vol.36, No.10 (Oct. 1997)

*専攻科学生
 **本学科学生, 現 広島大
 ***本学科学生, 現 佐賀大
 ****専攻科学生, 現 三浦工業

多合金系白鑄鉄の実用状態図	武橋 宏 強 (エ ノ モ ト) 橋本 栗 生 (新 日 鐵) 笹原 信 安	鑄造工学, 第69巻 (平成9年11月)
Laser Cladding of TiC Dispersed Ni-Cr Composite Layer on Carbon Steel	Y. Honda K. Nakata (Osaka Univ.) H. Nagakura (I.R.I. of Saga) S. Tomida (I.R.I. of Toyama)	Trans. JWRI, Vol.26, No.2 (Nov. 1997)
プラズマ溶射 WC-12%Co 皮膜の特性に及ぼすプラズマ出力の影響	中村 良 三 (ラ サ 工 業) 皆田 良 征 夫 (ラ サ 工 業) 田中 俊 明 (ラ サ 工 業)	溶射, 第34巻, 第4号 (平成9年12月)

講 演 題 目	氏 名	発表した学会・講演会名 (年・月)
多合金系白鑄鉄の乾式アブレーション摩耗特性	横溝 雄 三 (日本セメント) 笹原 栗 也 南条 信 潔 松原 安 宏	日本鑄造工学会第130回全国講演大会 (平成9年5月)
プラズマ溶射 WC-Co 皮膜の特性に及ぼす溶射条件の影響	中村 良 三 (ラ サ 工 業) 皆田 良 征 夫 (ラ サ 工 業) 田中 俊 明 (ラ サ 工 業)	日本溶射協会第65回全国講演大会 (平成9年6月)
マルテンサイト変態を利用した Ti-Cu 合金の析出硬化	生野 潤 一* 中奥 山 哲 也	日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部第93回合同学術講演会 (平成9年6月)
線爆溶射法による SUS304/Ni-P 複合皮膜の作製とその皮膜特性	金栗 行 隆** 中奥 山 哲 勝 中山 村 良 也	日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部第93回合同学術講演会 (平成9年6月)
融液 Ge/Si 基板接触下での界面近傍に発生した生成物の構造解析	古賀 三 井*** 奥山 山 哲 勝	日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部第93回合同学術講演会 (平成9年6月)
メカニカルアロイングおよび焼結法による Si _{1-x} Ge _x 混晶半導体の作製	石見 知 由**** 奥山 山 哲 勝	日本金属学会・日本鉄鋼協会九州支部第93回合同学術講演会 (平成9年6月)
CoAs ₂ および CoAs ₃ 化合物の熱分解平衡蒸気圧の測定	重松 浩 気 久保 甚 一郎	資源素材学会九州支部平成9年度春期例会 (平成9年6月)
ブレース法による鑄鉄と鋼の接合	笹栗 信 也 松原 安 宏 大城 桂 作 (九 州 大 学)	日本鑄造工学会第131回全国講演大会 (平成9年10月)
黄銅, 鉄-クロムおよびステンレス鋼線の放電爆発による微粉体の作製と評価	山本 仁* 吉富 俊 之 馬越 幹 男 重松 浩 気	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)
導線放電爆発法により作製した酸化銅および酸化ニッケル微粉体の水素ガス還元	岩永 健 一郎***** 吉富 俊 之 馬越 幹 男 久保 甚 一郎 重松 浩 気	第3回高専シンポジウム (平成10年1月)

一 般 理 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
(数 学) Spinor Analysis Calculation of the Spin Correlation of the Two-Dimensional Ising Model	Y. Tanaka	J. Phys. Soc. Japan, 66巻9号 (1997年9月)
Spinor Analysis for the Partition Function and Spin Correlations of the Ising Model on the Helical Lattice	田 中 義 秋	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第1号 (平成9年9月)

*専攻科学生, 現 三井三池製作所
 **専攻科学生, 現 サンウエーブ工業
 ***専攻科学生, 現 九州大学大学院総合理工学研究科
 ****専攻科学生
 *****専攻科学生, 現 三浦工業

- L-operators for the Six-Vertex Model and Vassiliev Invariants of Plane Curves
(物 理) 中 坊 滋 一 久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻 第2号 (平成10年3月)
- A Modulation of Pc 3 Amplitude and Associated Auroral Precipitation. O. Saka (Kyushu Univ.)
M. Shinohara (Kyushu Univ.)
N. Sato (Nat. Inst. of Polar Research)
H. Yamagishi (Nat. Inst. of Polar Research)
A. Kadokura (Nat. Inst. of Polar Research)
G.D. Reeves (Los Alamos Nat. Lab.) Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., Vol.10 (1997)
- Particle Injection Events during Auroral Break-up's as observed by off-Midnight Satellite. O. Watanabe (Kyushu Univ.)
O. Saka
D.N. Baker (Univ. Colorado) Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., Vol.10 (1997)
- Pi 2-associated Particle Flux and Magnetic Field Modulations in Geosynchronous Altitudes. O. Saka (Kyushu Univ.)
K. Okada (Kyushu Univ.)
O. Watanabe (Kyushu Univ.)
D.N. Baker (Univ. Colorado)
G.D. Reeves (Los Alamos Nat. Lab.)
R.D. Belian (Los Alamos Nat. Lab.) J. Geophys. Res., Vol.102 (1997)
- Earth Induction Effect for Pc 5 Pulsations observed by Unmanned Magnetometer Network near Syowa Station, Antarctica. O. Saka
M. Shimoizumi (Kitakyushu Polytechnique College)
N. Sato (Nat. Inst. of Polar Research) J. Geomag. Geoelectr., Vol.49 (1997)
- Wave Characteristics of Daytime and Nighttime Pi2 Pulsations at the Equatorial and Low Latitudes. M. Shinohara (Kyushu Univ.)
K. Yumoto (Kyushu Univ.)
A. Yoshikawa (Kyushu Univ.)
O. Saka
N.B. Trivedi (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)
J.M. Da Costa (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) Geophys. Res. Lett., Vol.24 (1997)
- Correlation Between Pi 2 at Nightside Geosynchronous Orbit and Auroral Modulation. K. Okada (Kyushu Univ.)
O. Saka
O. Watanabe (Kyushu Univ.) Proc. NIPR Symp. Upper Atmos. Phys., Vol.11 (1998)
- Formation of Magnesium Oxide Thin Films by Reactive Ion Beam Sputtering K. Irie Proceeding of the First Joint Seminar on Materials Science and Engineering (Jul. 1997)

- | 講 演 題 目 | 氏 名 | 発表した学会・講演会名 (年・月) |
|---|-------------------|--|
| (数 学) | | |
| Vassiliev Invariants of Links in a Solid Torus Derived from the Quantum L-operators | 中 坊 滋 一 | 九州大学大学院数理学研究科トポロジー・金曜セミナー (平成10年1月) |
| ある Hopf 代数に値をもつ Solid Torus 内の結び目の Vassiliev 不変量について | 中 坊 滋 一 | 【結び目理論】研究集会 (平成10年1月) |
| Kähler C-空間上のベクトル束のあるクラスについて | 高 橋 正 郎*(筑 波 大 学) | 日本数学会年会 (平成9年4月) |
| コンパクト等質 Kähler 多様体上の正則ベクトル束のあるクラスについて | 高 橋 正 郎*(筑 波 大 学) | 第44回幾何学シンポジウム (平成9年8月) |
| Isotropic Grassmannian Manifold 上の正則ベクトル束のあるクラスについて | 高 橋 正 郎*(筑 波 大 学) | 筑波大学微分幾何学研究集会【Riemann 多様体と幾何学的諸構造】 (平成9年12月) |
| (物 理) | | |
| An Auroral Break-up: Slow Mode Onset in the Midnight Magnetosphere | 坂 翁 介 | 地球惑星科学関連学会 (1997年4月) |
| Pi 2 and Auroral Breakup | 坂 翁 介 | 地球惑星科学関連学会 (1997年4月) |
| Global Characteristics of Pi 2 Pulsations along the 210 Magnetic Meridian | 坂 翁 介 | 地球惑星科学関連学会 (1997年4月) |
| A Longitudinal Extent of Particle Injection Region associated with a Ground | 坂 翁 介 | 第102回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 (1997年10月) |

*現 久留米高専

The Equatorial Counter Electrojet (CEJ) as a Signature of Magnetospheric Storms	O. Saka	宇宙天気シンポジウム (1997年10月)		
DP2を含む赤道ジェット電流 (EEJ) の Non-diurnal 変化について	坂 翁 介	磁気圏・電離圏・熱圏グローバル構造のモデリング (1997年12月)		
A Possible Cause of Magnetic Field Disturbances at Nightside Geosynchronous Altitudes at Pi2 Onset as seen from the Dip-Equator	O. Saka	International Conference on Substorms-4 (1998年3月)		
ULF Fluctuations in Substorm Manifestations	O. Saka	International Conference on Substorms-4 (1998年3月)		
Formation of Magnesium Oxide Thin Films by Reactive Sputtering	{ K. Irie S. Ishibashi (Dai Nippon Printing Co, Ltd) T. Nishimura (Token Thermotech Co, Ltd) H. Fujii (Daiden Co., Ltd. R & D Dep.) S. Muraji (Daiden Co., Ltd. R & D Dep.) Y. Shima (Kurume Institute of Technology) H. Hasuyama (Kurume Institute of Technology)	International Symposium on Novel Synthesis and Processing of Ceramics (1997年10月)		
		(化 学)		
		Applied Enzyme Study for Diagnostic Reagent and Protein Characterization	S. Ogushi	Proceedings of the First Joint Seminar (1997. July)

一 般 文 科

論 文 題 目	氏 名	発表した誌名, 巻・号 (年・月)
(外国語)		
インターネットを利用した英語教育 (2) 久留米高専における「実践英語」の教育事例—その1—	米 永 正 敏	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第2号 (平成10年3月)
(国語・人文)		
周濂溪と二程	平 元 道 雄	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第2号 (平成10年3月)
ハンナ・アーレントの「行為」概念 (二)	東 島 光 雄	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第2号 (平成10年3月)
蓮如教団と身分・差別「法名」の起源	遠 藤 一	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第1号 (平成9年9月)
「坊守」論の現在—歴史に見る「坊守」の地位と役割—	遠 藤 一	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第2号 (平成10年3月)
(体 育)		
バドミントンのスマッシュ・ストローク (1) —動作分析—	龍 頭 信 二	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第2号
近代における剣道理念の多様化—脱刀令・廃刀令が剣道に与えた影響について—	木 寺 英 史	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第1号
剣道段位称号論—現代剣道における段位称号制の課題とその機能—	木 寺 英 史	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第2号
現代剣道技術論序説—しない打ち剣道の技術的特性について—	木 寺 英 史	月刊剣道日本 (スキージャーナル社) 1997年8月号 (第22巻第8号)
現代剣道の技術特性とは何か—「芸術的結果技術論」概説—	木 寺 英 史	月刊剣道日本 (スキージャーナル社) 1998年3月号 (第23巻第3号)
久留米高専学生の形態・体力の変化	{ 龍 頭 信 二 鳥 越 正 稔 木 寺 英 史	久留米工業高等専門学校紀要, 第13巻第1号

平成9年度卒業研究題目及び専攻科研究論文題目

機 械 工 学 科

題 目	氏 名
パソコンCAD用支援ソフトの開発	{ 百合野 健 ザハルディン・アブドラー
三次元CAMの研究	{ 清水 浩 洋 福原 義 也
ジャーナル軸受の油膜挙動に関する研究	{ 寺崎 登希規 仁田原 康 宏
フレッチング損傷に関する研究	{ 川上 伸一郎 溝田 芳 成
真空中における金属の疲労下限界特性	石井 賢 士
窒化珪素セラミックスのブリッジング応力特性	大内田 章
各種材料のブリッジング応力特性	小串 久 宣
ボルト締付け力の簡易評価法	黒田 祥
アルミナセラミックスの静疲労下限特性	{ 中川 幾太郎 吉田 和 弘
セラミックスの破壊靱性試験における負荷速度依存性	井上 真 一
機械工学科インターネットホームページの作成	神山 拓
ヒートポンプを用いた河川水の熱エネルギー回収技術に関する研究	{ 国分 淳 松田 陽 介
河川水を利用したマイクロ水力発電所ダリウス水車に関する研究	{ 大河 西内 明光 東石 丸 義隆彦
自然エネルギーを利用した新型自然排気口の開発	{ 篠原 賢太郎 永嶋 太 潔
掻取り式熱交換器に関する研究	{ 比向 嘉井 一 人俊 北坂 園田 貴 士平
直接接触式蒸発器の研究	{ 富松 裕 幸隆 豊 和 香 成健
氷蓄熱装置の開発	{ 野中 和香 横溝 孝
小モジュール高硬度歯車の歯面仕上げに関する研究	小嶋 孝
大モジュール高硬度歯車の歯面仕上げに関する研究	{ 鶴田 豊 ハルミズイ・イブラヒム
歯車の切削向上に関する研究	{ 猪口 洋 平崇 米倉 崇 智二
自動車用量産歯車の仕上げホブ切りに関する研究 (1)	{ 栗原 幸
自動車用量産歯車の仕上げホブ切りに関する研究 (2)	

電 気 工 学 科

題 目	氏 名
電界・磁界暴露下の生体行動に関する研究	{ 青木 崇彰 猪久保 義信 郎彦 大田 村 友二
産業ロボットの姿勢制御および応用に関する基礎研究 (続き)	{ 笠井 義洋 溝上 裕 文
画像認識 (形状および4色カラー) の一方式に関する基礎研究 (新設)	{ 下永 吉尾 親英誠 萩平 井

宇宙発電に関する基礎研究 (太陽光発電試作)

宇宙発電における RF-DC 変換方式の研究

SF6ガス中における雷インパルス浴面放電特性

スイッチング電源の力率改善

久留米餅括り機の自動化

負性インピーダンス変換器を用いた双方向通信装置

マイクロコンピュータ Z80 の研究

ステップモータの速度プロファイル制御 (続き)

円周率 π の多桁高精度計算 (100万桁)

疑似 Unix OS の開発・制作

電話用単共振分解型補聴器の小形化に関する研究

CAD を用いた計測信号処理実験装置の試作研究

DSP を用いた計測制御システムの構成に関する研究

プラズマ診断とシミュレーションによる低温プラズマ中の粒子挙動に関する研究

移動通信用線形電力増幅器の歪み補償

{	田吉	中村	真一	郎朗
	小徳	林久	尚尚	みゆき
	川萩	津尾	友豪	樹樹
	篠山	原口	龍健	一志
	岩木	隈村	潤勇	二雄
	磯谷	山尾	英吉	二郎
	桑平	野	康智	一千
	大前	坪田	宜真	嗣也
	中船	田津	篤真	史一
	佐々	木包	知茂	育育
	甲斐	田藤	陽寛	平信
	三森	塩田	善茂	寛利
	堀本	田武	篤真	寛也
	國後	藤昭	龍昭	彦夫
	田村	中岡	信	尚聡
	山	下		

制 御 情 報 工 学 科

題 目

氏 名

プロコン競技部門用システムの設計と制作

{ 竹寺 下崎 伸幸

ロボコンマシンの設計と製作

{ 中平 原田 修一

ソーラーボートの製作と改良

{ 山山 山田 健之

ソーラーエネルギーの有効利用に関する基礎研究

{ 杉中 山下 博一

ソーラーボートおよびソーラーカーの試作

{ 寺村 田博 文政

自動形ブラシレスモータによる搬送車駆動システムの特性改善

{ 寺溝 田友 武則

半速同期式自動形ブラシレスモータ駆動系のアセンブリ言語による構成

{ 小河 田波 史男

大容量二重層コンデンサの応用に関する調査と基礎実験

{ 平松 山尾 最俊

パソコン3次元CADによる設計製図

{ 笠山 本岳 志幸

ワークステーションによる CAD/CAM システムの開発

{ 大杉 塚麻 美子

産業用ロボットによる5軸制御加工

{ 松幹 尾真 太郎

CNC ホブ盤を用による高硬度歯車の高能率加工

{ 内柴 田あ ゆみ

{ 末平 崎直 樹康

MC による超硬ホブ切りに関する基礎研究

伝達剛性係数法を用いた振動解析ソフトウェアの開発

伝達剛性係数法による閉ループをもった構造物の振動解析

摩擦を利用した推進機構

空気圧シリンダー系の特性計測

車輪走行型倒立ロボットの安定化制御

WWW で利用可能なリモコンカメラの製作

ジャイロコプターの制御に関する研究

ファジィ理論による学習アルゴリズムの構成

遺伝的アルゴリズムを用いた探索システム

人工生命による仮想コンピュータ

デジタルボロノイ図の作成に関する研究

亀森	井田	巨新
高田	丘部	知雅
今権	村藤	安博
岡佐々	本木	直浩
竹西	邊崎	圭
谷吉	川留	一裕
梅松	野延	悟郎
草向	野井	達
亀	石	尚輝
川	添	康司
高	場	洋平
中	塚	健吾

工業化学科

題 目

NBR の加硫反応の電氣的即時測定

ゴム分解菌の最適培養条件の検討

微生物の代謝による各種のヘテロ原子を含む複素環化合物の変遷について2

ポリイミドに用いる新規なジアミンモノマーの合成

[16]および[18]アヌレンの合成と物性

低速型二軸サンドミルの分散特性に関する研究

脱水素酵素に対する溶媒効果

アクリジン及びハロゲンアクリジンの Raney 合金を用いた還元反応

ジアミノアルキルフェニルエーテルを用いる可溶性ポリイミド

フラン環, チオフェン環を内在したシス-ジアルデヒド体の合成

アリアル酢酸類の反応挙動

—p-メトキシフェニル酢酸の反応—

長鎖アルキル基を有するジアミノフェニルエーテル類を用いる可溶性ポリイミドの合成

醤油酵母の耐塩性機構に関する研究

9-メチルアクリタン類のハロゲン化反応

エチレングリコール-エーテル系相互溶解度の測定と相関

アクリジンの9-位以外にメチル基を有するアクリジン誘導体の合成と反応

9-置換, 2-ヒドロキシ-4-メチル-4, 6-ジメチル-および4, 5, 7-トリメチル-アクリジン誘導体の合成とその NMR スペクトルについて

3成分系液液平衡の測定と相関

アクリジン類縁化合物の太陽光照射による光化学反応

新規ゴム分解菌のスクリーニング

EPDM の過酸化物架橋反応の電氣的即時測定

氏 名

石田	卓哉
伊藤	武志
井中	智彦
今大	永智
牛嶋	景子
福山	智美
梅崎	美佐
緒方	康弘
大前	谷光
甲熊	木明日
鐘江	添主
川丸	畑山
草野	匠慈
古賀	岳夫
権辻	藤隼
榊	清子
坂口	雄一郎
松田	欣幸
佐々木	貴俊
田島	健太郎
田中	信人
安武	良裕
田中	裕治
垂井	淳子
堤	広樹

2-ヒドロキシ-3-(2-ピリジル)キノリジン誘導体の合成と蛍光特性
塩感受性株の抽出

粉末ゴムを用いた複合材料に関する研究

密閉型二軸混合機の混合特性に関する研究

微生物を用いたゴム工場廃液の分解処理

G6P のヘキソキナーゼ阻害機構

5, 8-ジアザ-13, 14-環状および8, 14-ジアザ-5, 13-ジメチルペンタフェン類の合成と反応
可溶性ポリイミドの環境分析

α -フェネチルトシラートのソルポリシスにおけるイオン対詳細機構の検討

5, 8-ジアザ-13, 14-ジメチルペンタフェンの光学分割およびX線解析と
13, 14位非対称置換基を有するペンタフェン類の合成に関する試み

中尾 貫 治
中 垣 優
原 智香子
平 島 崇 裕
原 雅 史
溝 口 静
本 田 友 男
前 田 博文子
山 田 圭
松 田 貴 暁
真 野 優 子
山 口 幸 太
渡 辺 正 敬

材 料 工 学 科

題 目	氏 名
プラズマ溶射 WC-12%Co 皮膜の特性に及ぼす WC 粒径の影響	安藤 文 惠 中川原 大 介
多元系白鑄鉄の変態特性に関する研究	石 井 基 子
プラズマ溶射 WC-12%Co 皮膜の特性に及ぼす粉末粒度の影響	井 上 泰 訓
水酸化アルミニウムを主成分とするスラッジと水ガラスの焼結	岩 切 道 義
Al 及び Al ₃ Ti 粉末を用いた Al ₆₅ Cr ₇ Ti ₂₈ の作製	内 野 茂 雄
線爆溶射法による Ni-P 合金と SUS304 の複合皮膜特性	内 野 陽 介
Ni-P 合金を溶浸した線爆溶射 WC-6.5%Co 皮膜の特性	緒 方 克 臣
Ni 基高温耐食耐摩耗合金の凝固組織に関する研究	小原 勇 樹 関 優 一
多合金系白鑄鉄の焼もどし特性	熊 丸 博 樹
放電爆発法により作製した酸化銅および酸化ニッケル微粉体の水素ガス還元	黒 岩 純
メカニカルアロイング法による過飽和合金粉末を用いた Al ₆₅ Cr ₇ Ti ₂₈ の作製	佐久間 弘
レーザーによる高クロム鑄鉄の表面改質	鳥 添 修 司 八 田 洋 介
鉄合金線の放電爆発による微粉体の作製	高 田 洋 平
DMO 法による Al ₂ O ₃ /Al 合金複合体の合成とその性質	田 中 隆 宏
Co 基耐熱耐摩耗合金の凝固組織に関する研究	堤 信 也 村 上 惠 介
高クロム鑄鉄の焼もどし過程における残留 γ の分解挙動	徳 永 慎 介
放電爆発法モリブデンおよびタングステン微粉体中の球状粒子の性質評価	中 川 卓 洋
Al-Cu-Sc 合金の Al ₃ Sc と θ' -Al ₂ Cu 時効析出物の成長過程における相互作用	西 原 麻 千 子
Al-Cu-Sc 時効合金の高温強度	濱 田 大 二 郎
Ti-5mass%Cu 焼結合金の Ti ₂ Cu 析出物とマトリックスとの結晶学的方位関係	樋 口 徹
タンタル線の放電爆発による微粉体の作製	姫 野 唯 史
As ₂ S ₃ カルコゲナイトガラスの研究	平 島 智 惠
ヒ素化合物からのヒ素の平衡蒸気圧測定	宮 原 準 弥
Cu-Mn 合金フィラによる高クロム鑄鉄と鋼の接合	迎 祐 輔
多元系白鑄鉄の酸化特性に関する研究	弓 場 猛

機 械 ・ 電 気 シ ス テ ム 工 学 専 攻

題 目	氏 名
金属疲労の真空中における下限界特性	中 川 喜 博
深い切欠きを有する試験片の曲げ試験に基づいたブリッジング応力の逆解析法	高 野 義 規

ホブの作用すくい角に関する研究
 超硬ホブ切りに関する基礎研究
 高速ホブ切りに関する研究
 圧電フィルムを用いたエネルギー回収に関する予備研究
 伝達剛性係数法による振動解析アルゴリズムの開発
 摩擦を利用した多自由度振動系の推進メカニズム
 PID 制御と適応制御の制御性能の比較
 カルマンフィルタを用いた倒立振子の安定化制御
 DSP を用いた補聴信号処理に関する研究
 宇宙発電 (SPS) に関する基礎的研究
 画像処理システムの構築及び Hough 変換への応用
 半速同期式自動形ブラシレス DC モータの研究
 反応性スパッタリング法による MgO 傾斜膜の作製
 河川水を利用したマイクロ水力発電用水車に関する研究
 ヒートポンプによる河川水の熱エネルギー回収技術に関する研究
 氷蓄熱によるエネルギー有効利用の研究
 生物体の凍結・解凍に関する研究

田 中 誠
 津久田 豪
 藤 島 達也
 戸部田 良輔
 平 川 淳一
 大 町 朋裕
 原 浩一
 石 川 恒一
 高 橋 弘
 大 田 秀穂
 真 崎 康平
 平 石 大地
 森 田 真一
 酒 井 大樹
 久保山 雅弘
 吉 武 浩一
 熊 本 修作

物質工学専攻

題 目
 Na β -Al₂O₃ 固体電解質を用いた酸素濃淡電池の特性
 放電爆発法により作製した酸化銅および酸化ニッケル微粉体の水素ガス還元
 線爆溶射法による SUS304/Ni-P 複合皮膜の作製とその皮膜特性
 線爆溶射タングステンおよびモリブデン皮膜の特性に関する研究
 Si-Ge 接合部の界面構造に関する研究
 黄銅、鉄-クロムおよびステンレス鋼線の放電爆発による微粉体の作製と評価
 地衣類 DNA の抽出およびその解析
 酵素活性と溶媒についての研究
 3-(2-ピリジル)-キノリジン-2, 4-ジオンの合成と物性
 粉末ゴムを用いた NR/シリカ系複合材料に関する研究
 低速型二軸サンドミルに関する研究
 ゴムの加硫反応の電氣的即時測定

氏 名
 赤 坂 直 寿
 岩 永 健一郎
 金 栗 行 隆
 久木原 孝之
 古 賀 三 井
 山 本 仁
 内 川 知 美
 品 川 修 也
 白 石 英 行
 重 松 由希子
 土 持 克 仁
 松 岡 友貴子

久留米工業高等専門学校紀要出版投稿内規

1. 総 則

1・1 掲載する事項の種類と内容

「論文」、「教育研究報告」及び「その他」の3種類とし、論文及び教育研究報告については著者の原著で、未発表のものに限る。

- (1) 「論文」とは一般論文、総合論文、寄書などである。

[一般論文]: 独創的な結果、考察、結論を記述したもの。

[総合論文]: 一つの主題についての総合的な解説で、主として著者自身の研究又は考え方を反映したもの。

[寄 書]: (a)研究内容が独創的かつ重要な結論を含み、これを実証するために必要な実験あるいは根拠を備えているもの。

(b)他の論文に対する討論または考察。

- (2) 「教育研究報告」とは、教育活動あるいは研究活動に関する報告である。

- (3) 「その他」とは資料、特許紹介、年間発表の論文及び講演題目、卒業研究題目、学位論文紹介などである。

[資 料]

(a)研究資料

一つの主題について断片的な解説、データの集積及び解析、分析法及び実験法などの内容をもつもので、設計参考データ、計算図表、試験報告、統計などを含む。

(b)教育資料

高専教育の主題について教育方法の問題点、施行結果、改善策、統計などを主としたもので、高専教育に有用な内容をもつもの。

1・2 投稿手続及び原稿の採否決定

- (1) 投稿手続: 紀要投稿申込書、紀要投稿原稿目録・原稿を著者所属学科の委員に提出し、委員会がこれらを受理する。

- (2) 原稿の採否決定: 投稿責任者は委員会において原稿内容を説明し、この説明及び原稿に基づき委員会は原稿採否の決定を行う。

1・3 印刷校正

- (1) 校正は3校までとする。

- (2) 校正は必ず赤字書きで行う。

- (3) 校正は活字の誤植、誤字及び欠字の修正のみで、表現内容及び行数の変更はできない。

1・4 原稿受理年月日と著者の所属機関

- (1) 原稿受理年月日: 紀要投稿原稿目録記載の受理年月日を脚注に掲載する。

- (2) 著者の所属機関: 本校教職員以外の共著者についてのみ、その所属機関を脚注に掲載する。

2. 原稿作成要領

下記要領や委員会の指示に従って原稿を作成する。

- (1) 原稿の本文は、原則として横書きとする。

和文の場合、手書きによる作成は所定の原稿用紙に黒、青インキ書きとする。ワードプロセッサによる作成は、白紙を用い書式は所定の原稿用紙のものと同じとする。

欧文の場合は、ワードプロセッサにより作成する。この場合刷り上りの1頁は100字×44行を基準とする。

- (2) 論文は、できるだけ次の順序に従って書く。題名、概要、緒言、本論(実験)、結果及び考察等。このうち不必要な項目は、省いても差しつかえない。

概要を記載する場合は、英文とし、目的、特徴及び結果などを200語以内に要約する。なお、英文題名、ローマ字の著者名 (Full name) を添える。ただし、ドイツ語及びドイツ文学に関する論文に限り、題名及び概要は独文で書くことができる。

- (3) 文章は、原則として当用漢字、現代かなづかいにより簡潔、明確に書き、ローマ字、ギリシャ文字、特殊文字はすべて活字体で正確に記入する。

数式などで、独立したものは、 $\frac{a}{b}$ 、 $\frac{a+b}{c+d}$ のように、文中に出てくるものは、 a/b 、 $(a+b)/(c+d)$ のように書く。

量記号などについては、大文字、小文字の区別をして正確に書くこと。

下例のように

例：オー ゼロ アール ガンマー ケイ カッパー
 O 0 r γ K κ

などは、はっきり区別する。

- (4) 原稿における本文の区分は、できるだけポイントシステムによる記号を用いて大見出し、中見出し、小見出しなどを明確にする。

例1) 1 1.1 1.1.1 例2) 1 1.1 (1) (a)

大見出しは二行分に、小見出しは一行に書く。

- (5) 機器、材料、薬品などの名称は、現在慣用されているものを原則として日本文字 (仮名も含む) で書く。なお、これらに用いる用語は、各専門分野の使用基準 (便覧、学術用語集などでの例) を参考にする。

諸記号や符号などは、国際的・専門的に慣用されているものを用いる。

- (6) 注および参考文献は、原則として、それぞれ通し番号を付し本文の末尾に一括して記載する。表示は投稿者の所属する学会の規定を準用する。

- (7) 句読点、カッコ、ハイフンなどは、原稿用紙の一コマに書き、新しい行の始めは一コマあける。

- (8) 図の用紙は、所定の図面原稿用紙を用いる。

- (9) 図、表、写真の番号は、図1、図2……表1、表2……写真1、写真2……のように記入する。

- (10) 図は、ていねいに墨あるいはロットリング書きし、図中の文字を活字にしたいものは、その旨鉛筆で別紙トレーシングペーパーに記入する。図の片隅に投稿責任者名を記入する。

- (11) 表の説明は表の上に、図、写真の説明はその下に書く。

- (12) 図、表、写真の刷り上がりの大きさは、最大1ページとする。

- (13) 図、表、写真の大きさは、刷り上がりの2倍程度とする。

- (14) 図、表、写真の挿入希望箇所は、原稿右欄外に記入する。

- (15) 原稿1頁目の脚注に、平成 年 月 日受理並びに共著者 (本校教職員でない者) の所属機関名を記入する。

- (16) 刷り上がりが6ページ以内になるよう、原稿 (本文、図、表、写真を含む) の総調整をする。ただし、論文の特殊性により編集委員会の議を経て5ページまで超過を認めることができる。

- (17) 年間発表の論文及び講演題目の作成要領は別に定める。

平成10年度 編集委員

委員長	谷口	宏	校長
副委員長	川口	武実	教授(制御情報)
	平	濬	国男教授(機械)
委員	大	淵	豊教授(電気)
	中	寫	裕之助教授(工化・応化)
	馬	越	幹男助教授(材料)
	中	坊	滋一助教授(数学)
	越	地	尚宏助教授(物理・化学)
	坂	元	宏志教授(外国語)
	東	島	光雄助教授(国語・人文)
	木	寺	英史助教授(体育)

平成10年9月25日 印刷

平成10年9月30日 発行

紀 要 第14卷 第1号

〒830-8555 久留米市小森野町1232番地

編集兼
発行者

久留米工業高等専門学校

TEL 0942-35-9300

〒815-0035 福岡市南区向野2丁目13-29

印刷所

秀巧社印刷株式会社

MEMOIRS
OF
KURUME NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 14 No. 1
(SEPTEMBER 1998)

CONTENTS

A Study of Ice Storage System — Ice Generation Process by Direct Contact Method —	{Kunio HIRAHAYA Kenichi MATSUMOTO ...	1
Development of an Automatic Weft-binding Machine for "KURUME-KASURI"	{Yutaka OBUCHI Ryoichi IMAI Suguru NISHIDE Hiromi NANRI ... Kanesato OKUZONO Yoshiki TANAKA Yoshihiko MORI	5
Performance Characteristics of Half-Speed Brushless DC Motor	{Takemi KAWAGUCHI Daichi HIRAISHI ... Masatoshi TERAO Sakutarō NONAKA	11
Fundamental Studies on Recovery of the Arsenic with High Purity from the Sulfide Sludge	{Koki SHIGEMATSU Jinichiro KUBO ... Mikio UMAKOSHI	19
Rennyō's View of "The Laws of the King" (Oubō) : The Emergence of Political Theology in Shin Buddhism	{Hajime ENDOH ...	27
What is human development in KENDO (1) — Analysis of aspects of human development in Modern KENDO —	{Eishi KIDERA ...	39
The 6th Seminar of Science and Technology The Current Trends in High Technology, New Materials — Information, Liquid Crystal, Filter, Development of New Medicine —	{Akiyoshi TORII Kichinosuke KAMATA ... Hiroyuki NAKASHIMA Hidefumi KATO	43
An Example of Teaching Mathematics with Self-made Textbooks	{Yoshiyuki YATANI ...	49
English Education Utilizing the Internet (3)	{Masatoshi YONENAGA ...	57
On the Results of Achievement Tests in Mathematics for the Freshmen at Kurume National College of Technology	{Yoshiyuki YATANI Kenichirou YUZURIHA Shigetoshi KAWAGOE ... Yoshiaki TANAKA Shigekazu NAKABO	65