

ISSN 0387-1150

研 究 紀 要

第 27 号

平成 3 年度

奈良工業高等専門学校

目 次

伸長粘度測定に対する画像処理の適用	小柴 孝・森 教安	1
高圧空気により駆動されるウォータージェット* (推進装置としての基本特性)	坂 本 雅 彦	7
空気とプロパンの混合比と初期圧力が球形燃焼容器内での燃焼速度におよぼす影響	中 田 敏 夫	11
改質ガスにおける Pt-TiO _x と光の照度および温度の影響について	中 田 敏 夫	15
Gysin 準同型と不動点公式	福 嶋 克 彦	19
浅底水流における流速分布の測定について	松 岡 一 起	23
液体金属の管内噴流熱伝達	矢尾 匡永・中谷 洵・鈴木健二郎	29
電流形アクティブフィルタの側波帯の抑制について	井 村 榮 仁	35
Characteristics of Solid Electrolytic Capacitor with TCNQ Complex by Ultrasonic Irradiation		
Jun KYOKANE, Yoshihiro YAMAMOTO, Ichi KIMURA and Katsumi YOSHINO		41
パーソナルコンピュータを用いた英語クローズテストシステムの作成	中 村 善 一・國 方 太 司	45
多音源フィンガープリント・パターン・キーイングの研究	土井 滋貴・山本 善啓・高橋 晴雄	49
パソコン製図ソフトの試作	島 岡 三 義	53
UNIXにおける言語教育支援システム (II)	西田 茂生・西野 貴之・小松 省吾	59
パーソナルコンピューターを利用したネットワークニュースシステム I	浅 井 文 男	63
フィジカルテスト統計解析支援データベースシステムの研究	植村 芳樹・中和田 武	65
PASCALプログラムの定量的評価の試み	工 藤 英 男	69
インテリジェント電子ディスプレイ	鈴 木 忠 二	75
人間の文字認知特性に関する諸問題	下 村 満 子	81
ハイパーテキストを用いた教材提示システムの試作	山井 成良・山崎 幸司・中村 博和	87
遺跡出土木材の超音波診断法による非破壊的研究 (V) (改良法による出土丸太材の内部構造の観測)		
	石垣 昭・井口 高行	91
高分子材料中に発生する残留応力	井口 高行・有間 淳一	97
硫酸カドミウム共存下でのエタノールのアノード触媒酸化に対する回転リング・ディスク電極による機構解析		
	泉 生一郎・大西 康幸・中西 尚美・青井 芳史・寺田 任寿	101
両性水酸化物の水酸化物イオンによる溶解反応 I	犬田 修正・末 信一郎・村上 里子	105
気泡塔によるアミガサタケの培養	河越 幹男・末 信一郎	109
遺跡出土木材中の微生物の分離, 検索	末 信一郎・石垣 昭	113
ポリ塩化ビニルを用いるウリカーゼ固定化膜	末 信一郎・竹川 弘子・犬田 修正	117
本校学生の体力・運動能力の消長について	中和田 武・植村 芳樹	123
シェイクスピアの「劇中劇」技法『夏の夜の夢』を例にして	神 澤 和 明	135
二つのキャクストン版『世界の鏡』	溝 端 清 一	143
市民社会の原理と国家の原理 ——ヘーゲル「人倫」の展開についての考察——	木 村 倫 幸	172
夏目漱石『それから』の「自然」	武 田 充 啓	180
遠藤周作『イエス・キリスト』について	細 井 誠 司	188
論文抄録		189
教官研究活動一覧表		191

伸長粘度測定に対する画像処理の適用

小柴 孝・森 教安

Application of Image Processing Technique to Elongational Viscosity Measurement

Takashi KOSHIBA・Noriyasu MORI

We introduced a image processing technique into the measurement of elongational viscosity with Spinline-Rheometer to improve the efficiency of the measurement. The accuracy of the spinline contour obtained by this system is satisfactory for estimating the stretch rate. Consequently the results of the elongational viscosity in the present measurement are consistent with those measured by a photo technique. Furthermore it is confirmed that the system developed in this work brings about a remarkable reduction in time for processing of data.

1. 緒言

高分子溶液の伸長粘度に関する研究は近年盛んに行われている。

これは、このような流体の物性値として伸長粘度を導入すれば種々の流れを解明するのに有効であると言う観点から生じたことである。

伸長粘度の測定には多くの方法が提案されているが、中でもノズルから空気中に流出した溶液にドラムの回転や負圧による吸引を利用し伸長流動を与えるスピINLINEレオメータは最も広く利用されている方法である。^{1),2)}

この方法において重要な点の一つはノズルから流出する溶液フィラメントの径の変化を容易かつ正確に測定することである。

従来この測定は溶液フィラメントを写真撮影し、そして得られた写真からデジタイザによりデータ処理をするという方法でなされていたが、この方法だと多大な時間の浪費は避けることはできない。

そこで本研究は溶液径の測定にCCDカメラによる画像処理³⁾を用い測定の能率化を図ると共にこの方法で得られた伸長粘度の結果を従来の結果と比較、検討することで画像処理による測定法の妥当性を調べた。

2. 伸長粘度の測定原理

スピINLINEレオメータによる高分子溶液の伸長粘度の測定は一般に Jones らにより提案された平均伸長粘度で評価される場合が多い。ここではその測定原理について述べる。²⁾

図1はノズル出口から流出する高分子溶液の伸長流れの模式図を示したものである。この伸長流れに対し長さLの区間で平均伸長速度 $\dot{\epsilon}$ 、平均伸長応力Tは次式で与えられる。

$$\dot{\epsilon} = \frac{4Q}{\pi L} \left(\frac{1}{D_L^2} - \frac{1}{D_0^2} \right) \quad (1)$$

$$T = \frac{4}{\pi D_{AV}^2} (F_N + F_I - F_G) \quad (2)$$

ここで Q; 体積流量, L; 測定区間距離, D_L ; $Z = L$ での溶液径, D_0 ; 溶液最大径, D_{AV} ; 溶液平均径 $(D_L + D_0) / 2$, F_N ; ノズル出口での外力である。また, F_I ; 溶液の慣性力で

$$F_I = \rho Q (V_L - V_0) \quad (3)$$

F_G ; 溶液に働く重力で、

$$F_G = \int_0^L \rho g \frac{\pi D^2}{4} dz \quad (4)$$

で求められる。

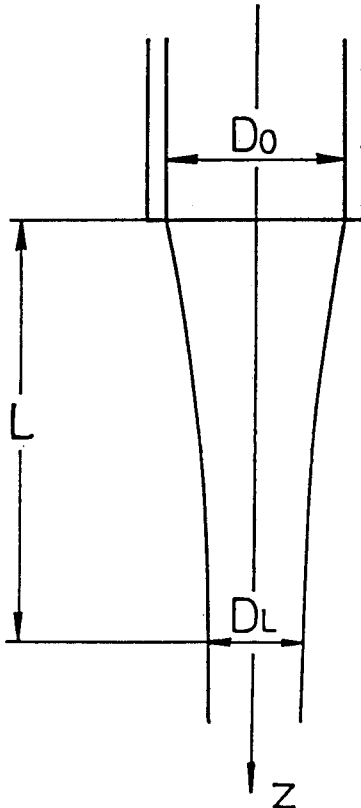


図1 伸長流れ

したがって平均伸長粘度は次式で定義される。

$$\eta_E = \frac{T}{\epsilon} \quad (5)$$

この結果、伸長粘度を求めるには次の値を測定する必要がある。

- (1) 溶液の体積流量
- (2) ノズル出口での外力
- (3) 溶液フィラメントの輪郭

3. 実験装置

図2に伸長粘度測定装置の概略を示す。一定圧力の圧縮空気を溶液タンクに供給することで試料流体は流量一定の条件を満たした状態でバルブ、ノズルを経て空气中

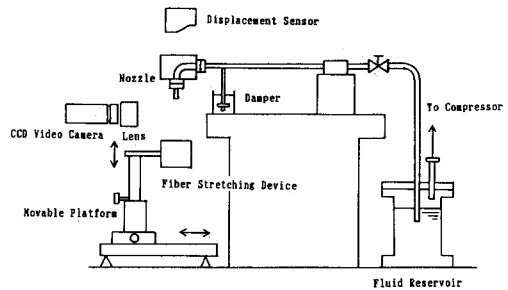


図2 伸長粘度測定装置概略図

に流出する。流出した溶液はノズル直下にある伸長流動発生機構により伸長変形を受け伸長流れを生ずる。本実験では伸長流動発生機構として巻き取りドラムによる方法と真空ポンプを用いた負圧による方法の2種類用意し、溶液の種類、濃度に応じて使い分け測定可能な伸長流れを発生させた。実験条件となる流量の調整については圧縮空気の圧力を変えることにより、また伸長力の調整については伸長流動発生機構が取り付けられている移動台の高さを変えることにより行った。伸長力の値については片持ち梁としたパイプのたわみ量を非接触の変位センサにより測定し求めることが出来る。この場合安定したたわみ量を得るのにパイプの振動を抑える目的でパイプにダンパを取り付けた。図3は本実験で用いた片持ち梁のたわみ量と伸長力の関係をまとめたものである。梁のたわみと荷重との間に良好な直線関係が得られた。

溶液フィラメントの形状については CCD カメラを用

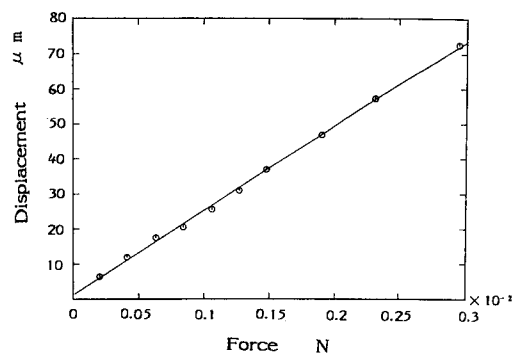


図3 梁の変化と力の関係

い、画像処理により得ることが出来る。

図4は本実験で用いた画像処理システムの構成図を示したものである。CCDカメラによって取り込まれた溶液フィラメントの映像信号は画像入力インタフェース (FRM-512) 内部のA/Dコンバータにより8ビット256階調のデジタル信号に変換され画像データとしてコン

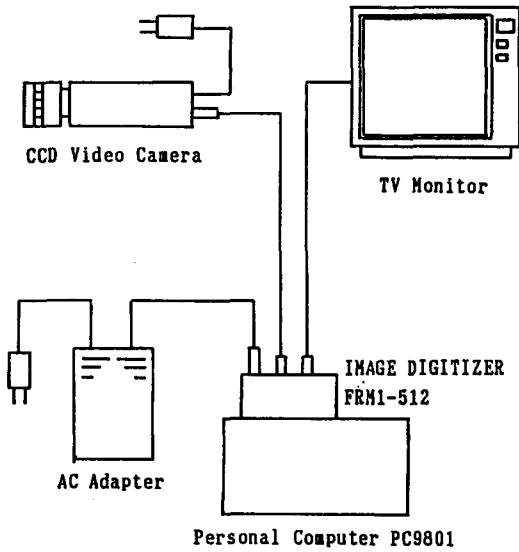


図4 画像処理システム構成図

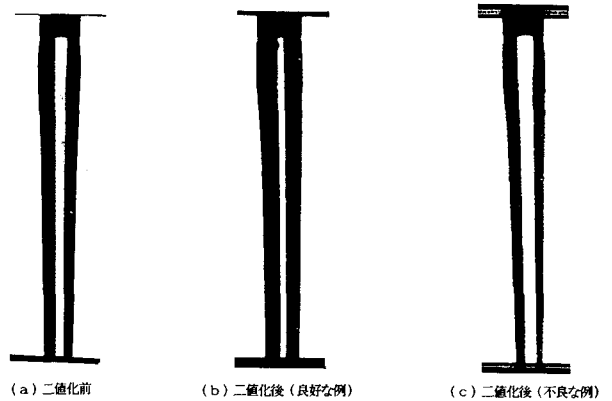


図6 二値化画像の例

ビュータに取り込まれる。しかしこの画像データは0~255の256階調の濃度を持っておりこのままでは流体画像データとバックの区別を数値的につけることができない。そのため本実験においてはこのデータを0と255の2階調濃度となるよう二値化を行った。二値化を行うに当たっては画像データに適切なしきい値を与えなければいけないが、本実験ではスピンの流れ方向(Y方向)とそれに直角な方向(X方向)の階調の変化(図5)を調べることでその値を求めた。しかしながら、しきい値の与え方により二値化後の画像データは微妙に変化するため(図6)、その値の決定については慎重に行った。

以上のようにして伸長粘度を求めるのに必要な各種データは得られるが、実際の実験にあたっては溶液の流量、伸長力、ノズルの径をパラメータとして各種溶液、各濃度について伸長粘度を求めた。

尚、本実験では試料流体に高分子溶液としてポリアクリルアミド(PAA)水溶液(濃度; 1wt%, 2wt%)を、またニュートン流体としてグリセリンを用いた。

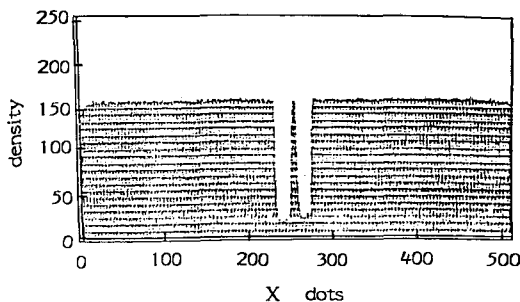


図5 画像階調の変化

4. 結果および考察

図7はグリセリンとPAA 1wt%水溶液の溶液フィラメントについて二値化前・後の画像を示したものである。

グリセリンの場合伸長力が小さいことから真空ポンプ

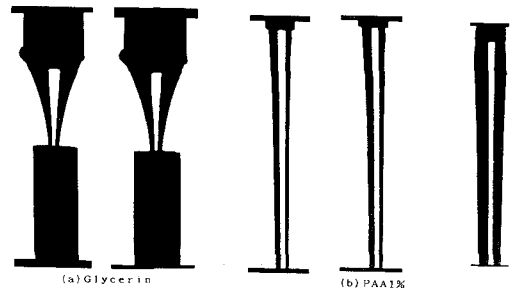


図7 溶液の輪郭

の吸い込みにより伸長流動を与えた。また、PAA水溶液の場合にはグリセリンより大きな伸長力が得られることから巻き取りドラムにより伸長流動を与えた。この図よりノズルから流出した溶液のフィラメント径は、流れ方向に対し変化しており伸長流動が得られているが、どのような伸長流動となっているかを調べるために、流れ方向の流速変化を求めた。

図8、図9はその結果を示したもので、横軸はフィラメントの最大径の位置から流れ方向に取った距離を、縦軸はその位置での平均流速を表している。図8よりグリセリンの場合ノズル出口付近では平均流速は距離に対し

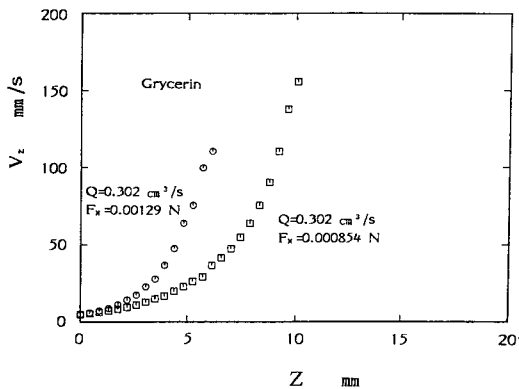


図8 流れ方向の位置と流速の関係 (Glycerin)

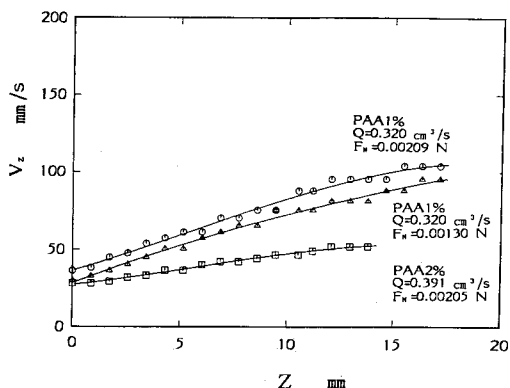


図9 流れ方向の位置と流速の関係 (PAA水溶液, $D_0=1.81\text{mm}$)

一定の傾きであるが、ノズルより離れるに従いその傾きは次第に大きくなっている。これは伸長力の大きさに関係なく同じ傾向を示している。そのためこの場合の伸長流れは一定の伸長速度になっておらず伸長粘度を算出しても大きなバラツキの原因になると考えられる。そこで本研究ではこのような場合、比較的伸長速度の変化が小さいノズル出口付近で伸長粘度を求めた。

PAA水溶液の場合(図9)どの条件でも平均流速は距離に対しほぼ直線関係にあり、測定を行ったフィラメントの長さ区間においては、ほぼ一定の伸長速度であることがわかる。

次に伸長粘度の結果を示す。図10はグリセリンの伸長速度を表したもので横軸は平均伸長速度を、縦軸は平均伸長粘度を表している。

一般にニュートン流体の伸長粘度はせん断粘度の3倍になることが、Troutonにより理論的に示されている。今回実験に用いたグリセリンのせん断粘度は $1.1\text{Pa}\cdot\text{s}$ (20°C)であり、図10より伸長粘度は約3倍になっていることが確認でき測定は妥当であることが分かる。

次にPAA 1.0wt%および2.0wt%水溶液の伸長粘度を

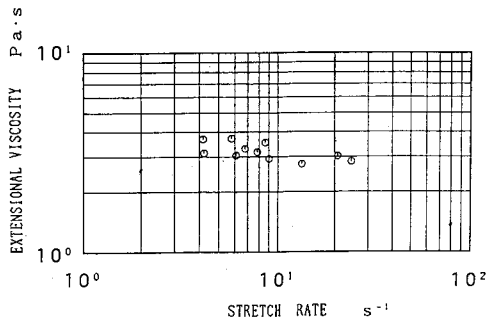


図10 伸長粘度 (Glycerin)

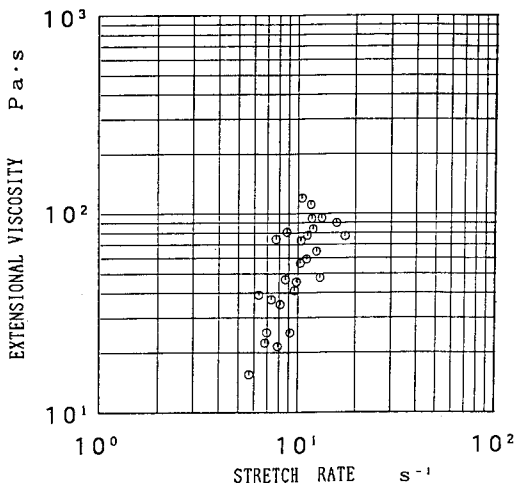


図11 伸長粘度 (PAA 1%, $D_0=1.81\text{mm}$)

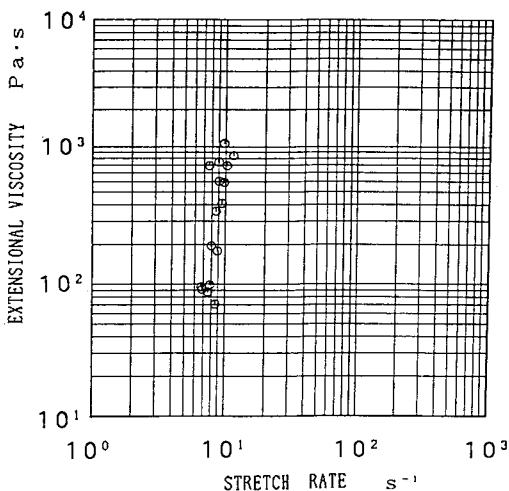


図12 伸長粘度 (PAA 2%, $D_0=1.81\text{mm}$)

図11と図12に示す。PAA水溶液については伸長速度のわずかな増加に対し伸長粘度が急激に増加するいわゆる stretch-thickening 性が見られる。またPAA水溶液の濃度が高くなれば強い stretch-thickening 性を示しており、これは従来の結果と一致している。

最後にノズル径を変えたときの結果を図13に示す。

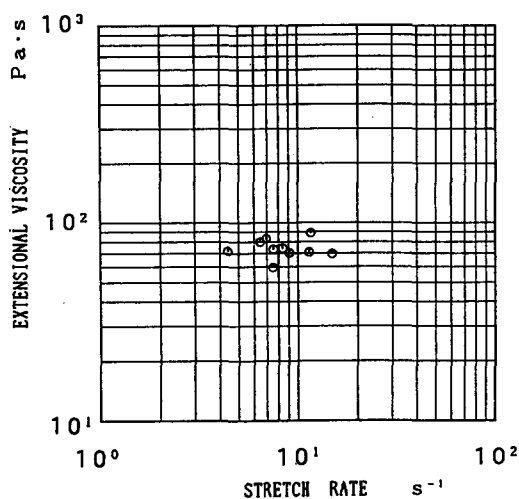


図13 伸長粘度 (PAA 1%, $D_0=2.93\text{mm}$)

この場合、溶液には PAA1wt% 水溶液を用いた。この図よりノズル径が大きくなった場合、図11で見られたような stretch-thickening 性は見られなかった。これは恐らく画像処理の問題で溶液フィラメントの長さを大きく取れなかったことが原因となっていると考えられる。

このように太いノズルでの結果はあまり良好でなかったが、比較的細い径のノズルの場合、画像処理を用いた伸長粘度の測定は十分有効であることが分かった。

5. 結 言

スピンドルレオメータによる流体の伸長粘度の測定に画像処理を適用し測定の能率化を試みた。その結果、次のことが分かった。

- ① 本実験に用いた画像処理システムでは画像取り込みに要する時間は $1/30$ 秒であったが、測定には全く問題がなかった。また照明の工夫により正確に溶液フィラメントの形状をとらえることができ伸長粘度測定の時間短縮に大いに有効であることが分かった。
- ② 本システムにより得られた伸長粘度は従来の結果とはほぼ一致した。しかしノズル径が大きい場合は異なる結果となり、溶液フィラメントの長さを十分大きく取れるようシステムの改良が必要である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり協力していただいた当時研究生であった鰐目 豊君 安原 賢君に厚く感謝いたします。

参考文献

- 1) J. Ferguson, N. E. Hudson : Journal of Physics E., vol. 8 (1975), p.p. 343-354
- 2) D. M. Jones, K. Walters, P. R. Williams : Rheologica Acta., vol. 26 (1987), p.p. 20-30
- 3) M. Moan, A. Magueur : Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics., vol. 30 (1988), p.p. 343-354

高压空気により駆動されるウォータージェット*

(推進装置としての基本特性)

坂本 雅彦

A WATER JET DRIVEN BY A HIGH-PRESSURE GAS

Masahiko SAKAMOTO

The purpose of this study is to apply a new type of nozzle which generates a two-phase high-speed water jet to the ship's propulsion device. The thrust of the nozzle are measured using a circulating water tank. The observed the thrust of the nozzle increases when the pressure of the driving gas or the volume flow rate of the water in the nozzle increases. But it decreases slightly when the uniform velocity of the water increases. Conseqently, these characteristic agree well with the ones of the turbo jet engine.

1. 緒言

近年、船舶における輸送時間の短縮や輸送コストの低減等を目的に超高速船、いわゆるジェットフォイルの開発が行われ、既に日本の各地で就航している⁽¹⁾。これら超高速船の推進装置は、ポンプ等により流体を加圧しこれをノズル出口より後方へジェットとして高速に噴出することで推進力を得ているものであり、従来の流体機械と原理的に変わるものではない。

本研究で提案する推進装置は、上述した高速のウォータージェット噴流を推力として利用するものであるが、以下の点で異なっている。すなわち、本推進装置は機械的アクチュエータを必要とせず極めて単純な構造をしている。作動流体には常温の水を利用し、ポンプ等によりその流体をあらかじめ加圧する必要がなく、このノズル単体で推進装置として機能する。これは通常のノズル内を常温の水が通過する際、スロートの下流に高压のガスを吹き込み、その膨張を利用して水を加速するもので、ノズルに不連続に注入される高压空気が、ノズル内を流

動する水に対しエネルギー源であるとともに運動量源となっている。

このようなウォータージェット推進の研究はおよそ20年前に Witte⁽²⁾により、“ウォータラムジェット”という名で研究されていたようであるが、実験的な報告については見あたらず、以後研究が行われている様子もない。また、Wijngaarden の解説⁽³⁾にもあるようにこの原理を推進装置として実用化するという試みも見あたらないのが現状である。

ここでは、試作した模型船に本ノズルを設置し走行特性実験を行い、船舶推進装置としてその適用を検討するとともに、ノズル内の流動モデルに対し数値計算を行い、その流動特性について検討を行った。

2. 実験装置および方法

試作したノズルの構造を図1に示す。ノズルはアルミニウムで製作されており、ノズルの全長は240mm、入口直径50mm、出口直径30mmであり、ノズル途中のテーパ部を除いてほぼ直管のノズル形状となっている。ノズル本体と外部ケースとは取り外しが可能となっており、それらの間に高压空気室がありリングにより機密を保っている。高压空気はコンプレッサにより圧縮され、高压空

*平成3年3月19日、日本機械学会関西支部第66期特別講演会にて一部発表

気用ホースを介してノズル内の高圧空気室に導かれた後、2mmの小孔を通してノズル内に注入される。注入孔はノズル内の周方向に4本設けられており、且つそれらの小孔はノズル中心軸に対し45°傾いている。

以下に、これらの実験方法について述べる。

2. 1 模型船による走行特性実験

模型船の構造を図2に示す。船体の軽量化と走行上の安定化を図るため、バルサ材を用いた双胴船を試作した。ノズルはこの模型船の中央やや下部に設置されており、高圧空気はコンプレッサから高圧ホースを介してノズルに供給される。

実験は2mの助走区間を設け、船体の走行速度がほぼ定常となった5mの測定区間にて、船体の抵抗をばねばかりにより測定し、その間の船体の走行時間をストップウォッチにより計測した。

2. 2 ノズル特性実験

全長が2600mm、水路幅が500mmを有する回流水槽内にノズルを設置し、ノズル推力の測定を行った。ノズル推力はノズルの上部に設置された直径10mmのステンレス棒に歪ゲージが装着されており、オシロスコープによりその歪み量を測定し、ノズルに作用する推力を求めた。その際、流れによりノズルに働く抵抗は差し引いている。

- 1. Nozzle
- 2. High-Pressure Air Chamber
- 3. Air Feeding Hole
- 4. Air Inlet
- 5. O Ring
- 6. Pressure Measurement Hole

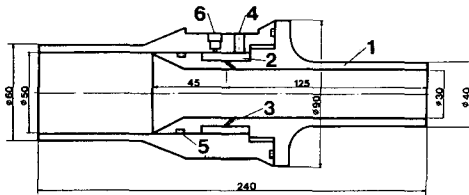


図1 ノズルの構造

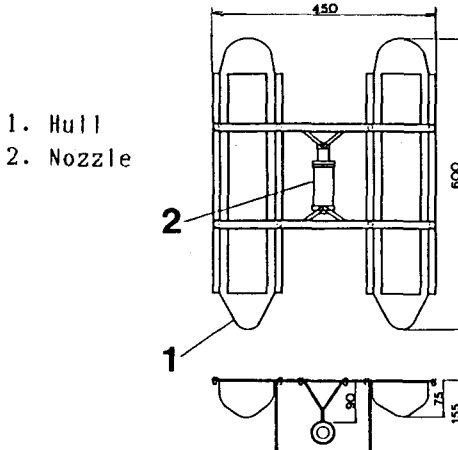


図2 ウォータージェット推進船の構造

3. 数値計算

高圧空気を水流に注入して得られる二相流ウォータージェットの流れを以下に示す簡略化したモデルに置き換え数値計算を行った。

簡略化した流動モデルは図3に示すような一次元管内流動モデルとし、管内に注入される高圧空気は一定周期で注入され、等温膨張を行いながら気泡上流の流れにのり下流へと移動する。したがって新たに管内に導入された高圧の気泡は、下流の膨張を終えた気泡より圧力が高く下流の水塊を加速し、気泡上流の水をほとんど減速することなく流入する。なお、本モデルでは水の粘性を無視した理想流体としている。

上述した仮定より、流動モデルは流入する水（水室）と空気泡（空気室）が交互に混在する管内流れとなり、空気室をばねに水室を質点とする非線形格子モデルに置き換えることが可能となる。本計算に適用した運動方程式を以下に示す。

$$m \frac{d^2 x_{n1}}{dt^2} = \frac{K}{(x_1 - x_w/2)} - \frac{K}{(x_2 - x_1 - x_w)}$$

$$m \frac{d^2 x_n}{dt^2} = \frac{K}{(x_n - x_{n-1} - x_w)} - \frac{K}{(x_{n+1} - x_n - x_w)} \tag{1}$$

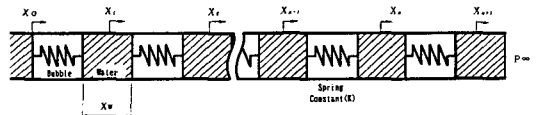
$$m \frac{d^2 x_{n+1}}{dt^2} = \frac{K}{(x_{n+1} - x_n - x_w)} - P \infty A$$

ここで、Kは気泡の膨張収縮にともなうエネルギーで気体定数と温度の積で現され、XWは各水室の長さ、XNは空気注入位置からN番目の水室までの長さ、mは水室の質量、Aは管内断面積、P∞は大気圧力を示す。計算は上述した運動方程式にRunge-Kuttaの高次（四次）解法を適用し、各水室の位置および速度を求めた。なお、管内の各空気室における圧力P_nは次式により求められる。

$$P_n = \frac{Ga \cdot R_o \cdot T}{V_n} \tag{2}$$



(a) 管内流動モデル



(b) 非線形格子モデル

図3 簡略化した流動モデル

ここで、 G_a は空気室の質量、 P_o は気体定数、 T は絶対温度、 V_n は空気室の体積である。

4. 結果および考察

模型船の走行実験結果として、船体抵抗と推進速度の関係を図4に示す。図中の実線は実験点を二次曲線で回帰したものであり、船体の抵抗が推進速度の二乗にほぼ比例している。

ノズル特性実験として、ノズル推力と推進速度の関係をノズル内高圧空気室の圧力をパラメータに図5に示す。高圧空気室の圧力が増加するにともない、ノズル推力は高くなり、それはまた推進速度の増加とともにやや減少している。この後に述べた傾向は航空機等の推進装置として用いられるターボジェットエンジン等の性能曲線に見られる関係と同様である⁽⁴⁾。したがって、本実験においても推進速度をさらに増加させ、ノズル内を通過する水流量と噴流速度を増加させることにより、推進力の向上が期待できる。

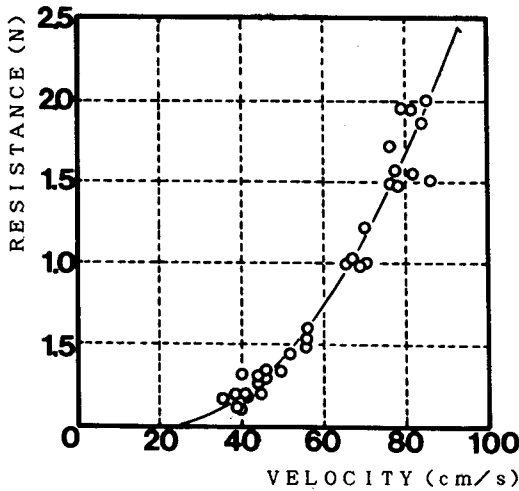


図4 船体抵抗と推進速度の関係

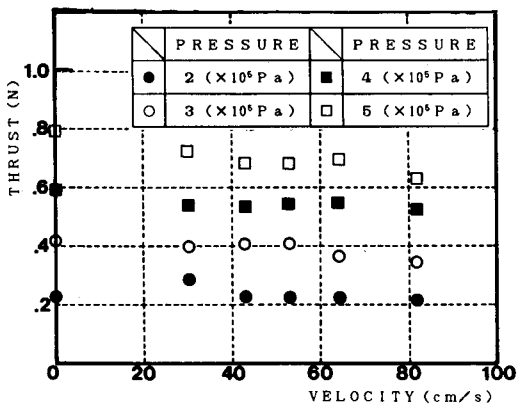


図5 推進力と推進速度の関係

上述の実験結果から、ノズルの推進効率を計算により求めた。ただし、ここでは推進効率を力学的な要素のみとし、それをノズル出力と空気の膨張による仕事との比と定義した。以下に、この計算方法について述べる。

ノズル出力 E_o (J/sec) は、測定により得られたノズル推力を用いて次式で表される。

$$E_o = F_N \cdot U_o \tag{3}$$

ここで、 F_N はノズル推力 (N)、 U_o はノズル前方の水の流速 (m/sec) である。空気の膨張によってなされる仕事率 E_A (J/sec) は、高圧空気室の空気が大気圧まで等温膨張すると仮定すると次式により表される。

$$E_A = m \cdot R \cdot T \cdot \log (P_H/P_o) \tag{4}$$

ここで、 m は空気の質量流量 (kg/sec)、 R は気体定数 (Nm/kgK)、 T はノズル内の水温 (K)、 P_H はノズル内の高圧空気室の圧力 (Pa)、 P_o は大気圧 (Pa) である。なお、ここではノズル内の空気注入孔より流出する空気の質量は小さいとし、空気の運動エネルギーを無視した。したがって、推進効率は次式で計算される。

$$\eta = E_o/E_A \tag{5}$$

計算により得られた推進効率とノズルに流入する流速の関係を高圧空気の注入圧力をパラメータとして図6に示す。結果より、全体に推進効率は極めて低下している。これは、ノズル前方の水の流速が低く且つノズルの形状も小さいため、十分な水流量が得られずノズル推力が低下していると考えられる。

ノズル内に流入する流量を増加させるため、ノズルの水の流入部に水流量増加用先振り管を設置し、ノズル推

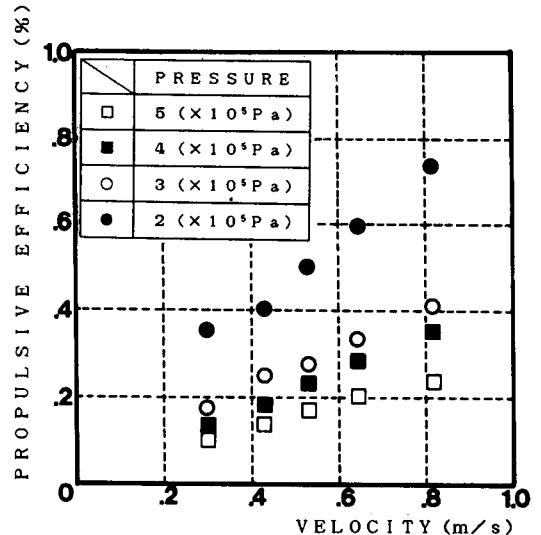


図6 推進効率と一様流速の関係

力の測定を行った。水流量増加用先抜き管は入口直径が110mm、全長100mmのプラスチックで製作されており、実質的なノズルの入口径を大きくする効果を持つ。実験結果の一例として、ノズルに流入する流速が45cm/sec時のノズル推力と高圧空気室の圧力の関係を水流量増加用先抜き管を設置していないノズルの実験結果と併せて図7に示す。水流量増加用先抜き管を取り付けたノズルは取り付けていないノズルに比べ、全流速域でおよそ15%~30%ノズル推力が増加しており、明らかにノズルに流入する水量を増加させた効果が認められる。

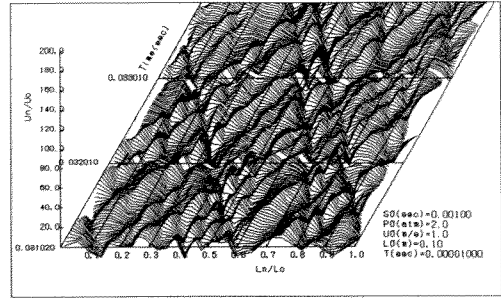


図9 管内速度ウェーブダイアグラム

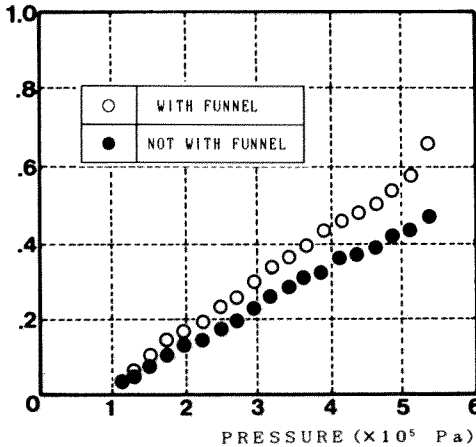


図7 ノズル推力と高圧空気圧力の関係 (一様流速45.0cm/sec)

数値計算結果の一例として、気泡の注入周期を0.001 sec、流入する水の流速を1 m/sec、高圧空気注入圧力を $2 \times 10^{13} 25 \text{ Pa}$ 、管内断面積を 0.001 m^2 とする管内出口の水室速度の時間変化を図8に、管内速度ウェーブダイアグラムを図9に示す。結果より、管内に注入された高圧空気が極めて短い時間で膨張を終えていること、この波により生じた圧縮波が波の衝突や追越し、重ね合わせなどの非線形性を伴いながら管出口に向い伝播していること等がわかる。

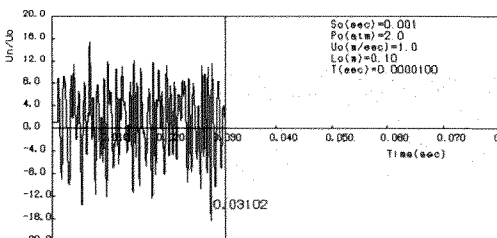


図8 管内水室端速度の時間変化

5. 結言

新しい船舶推進用推力発生機構として、高圧気泡の膨張を応用してウォータージェット発生するノズル特性について検討した。得られた結論は次の通りである。

- (1) ノズル推力は高圧空気の圧力の増加にともない増加する。
- (2) 高圧空気圧力一定のもとで、ノズル推力は上流の水の流速が増加、即ち船の走行速度の増加にともないやや減少する。
- (3) 同じ流速、即ち船の走行速度においても、ノズルを通過する水の流量を増加する事により、推力が増加する。
- (4) 推進効率はノズルに流入する水量が増加あるいは高圧空気圧力が小さいほど高くなる。

以上の結果から、本ノズルが船舶推進装置として機能することを確認した。なお、本推進装置による船舶の推進速度ならびに推進力は今回極めて低いものとなったが、これは試作した模型船の船体構造に直接起因するものと考えられ、次回の課題としたい。

文献

- (1) 丹羽誠一, 高速艇工学, (1971), 舵社
- (2) Witte. J. H., AIAA Paper No. 69-406 (1969)
- (3) Van Wijngaarden. L., Ann. Rev. Fluid Mech., Vol.4 (1972), 369.
- (4) 村山, 航空工学概説, (1974), 日刊工業新聞社

空気とプロパンの混合比と初期圧力が球形燃焼容器内での燃焼速度におよぼす影響

中 田 敏 夫

The Effect of The Combustion Rate in the Combustion Vessel with Spherical Hollow to Air-Propane Ratio and Initial Pressure.

Toshio NAKATA

エンジンの性能を向上させるには、エンジンの燃焼状態を知る必要があり、プロパンと空気の混合気の混合比・充填圧力（以下初期圧力と呼ぶ）により、燃焼速度がどのような影響をあたえられるのかを調べることにした。そのために、比較的解析の容易な層流燃焼速度について考えることにし、内径150mmの球形燃焼容器を用いて、混合比0.7~1.9, 初期圧力0.1, 0.2, 0.3, MPaについて実験を行った。その結果、燃焼速度は混合比が1.1において最大値を示し、燃焼の限界は希薄側で0.7~0.8, 過濃側で1.8~1.9であることがわかった。また、初期圧力が増せば、燃焼速度が遅くなることもわかった。

1. 緒 言

エンジンの性能向上をはかるためには、エンジンの燃焼状態を知る必要がある。燃焼状態を知る一つとして燃焼速度があり、燃焼速度は混合気の混合比、温度および圧力によって影響をおよぼされる。しかし、燃焼速度は直接求められないため、正確な値はわかっていないのが現状である。また、混合気の燃焼を大別すると、乱流燃焼と層流燃焼に分けられる。一般には、乱流燃焼が多くみられるが、解析が非常に困難であるため、ここでは比較的解析の容易な層流燃焼について考えることにする。層流燃焼速度を求める方法としては、幾何学的に単純な形状の火炎の方が求めやすく、バーナー定置火炎法と球状進行火炎法がよく用いられている。ブンゼンバーナーを用いるバーナー定置火炎法には、Michelson. により考案された火炎傾斜角による方法と、Gouy. により考案された火炎表面による方法がある。球状進行火炎法には、シャボン玉を用いた定圧燃焼法と、球状密閉容器を用いた定容燃焼法とがある⁽¹⁾。

そこで本研究では、球対称の関係から燃焼速度が得られるものについて考えた。そのため、内面に内径150mmの球状の燃焼室を有する容器を使用し、その中心部で空

気-プロパン混合気に電氣的に点火して、その容器内の圧力の変化の測定を行い、この値を用いて燃焼速度を求めたものである。このときの空気-プロパン混合気の混合比および初期圧力の変化により、それぞれの燃焼速度がどのような影響を受けるかという研究を行ったので報告する。

2. 実験装置

任意の混合比 ϕ のプロパンと空気の混合気を作る装置

- | | |
|--------------|--------------|
| a ; 混合気用容器 | b ; 純プロパンボンベ |
| c ; 真空ポンプ | d ; シリカゲル封入管 |
| e ; コンプレッサ | f ; 精密圧力計 |
| g ; 水銀マンオメータ | |

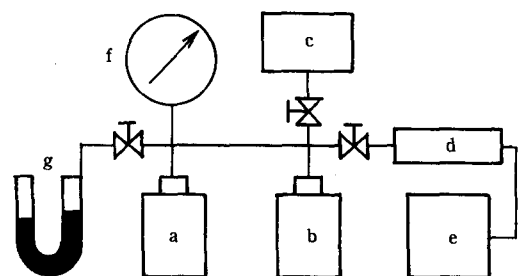


図1 混合気作成装置

の概略を図1に示す。装置は混合気用容器と純プロパンガスボンベ、真空ポンプ、コンプレッサ、大気中の空気を除湿するためのシリカゲル封入管、プロパンガスの分圧を測るための水銀マンメータおよび混合気の圧力を測るための精密圧力計により構成されている。

- | | |
|-------------|--------------|
| a ; 球形燃焼容器 | b ; バッテリー |
| c ; メインスイッチ | d ; マイクロスイッチ |
| e ; コンデンサ | f ; 点火コイル |
| g ; 真空ポンプ | h ; コンプレッサ |
| i ; 混合気用容器 | g ; 精密圧力計 |
| k ; マノメータ | l ; ひずみ式圧力計 |
| m ; 増幅器 | n ; データレコーダ |

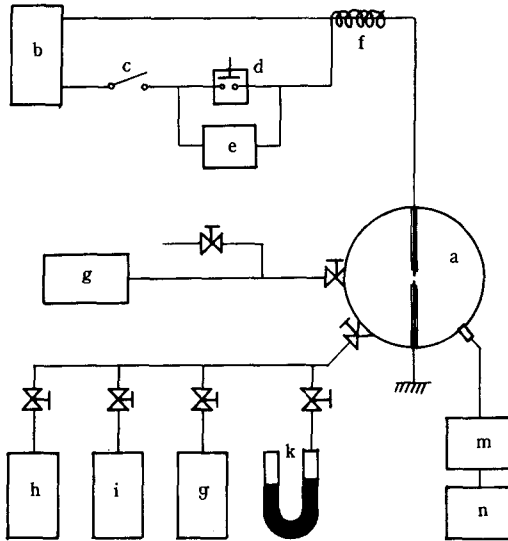


図2 燃焼速度実験装置

図2は燃焼速度の実験装置の概略を示すものである。球形燃焼容器を中心に点火装置、混合気の充填および燃焼ガスの排気装置、および圧力測定装置により構成されている。球形燃焼容器は、内面が直径150mmの球面に仕上げられており、その内面は腐食防止のためにクロームメッキが施されている。この容器には、点火用のための棒状の電極、圧力測定のためのひずみ式圧力計および吸・排気用のニードル弁が取り付けられている。ひずみ式圧力計およびニードル弁は、デッドスペースをなくするようにそれぞれの先端が球形燃焼容器内面と一致するように取り付けられている。

点火装置は、棒状電極、バッテリー、コンデンサ、点火コイル、マイクロスイッチおよびメインスイッチから成っている。電極は、市販されている自動車用プラグが改良されており、マイクロスイッチを入れることにより球形燃焼容器の中心部で、混合気に点火できるようになっている。なお両電極の間隔は1mmである。

混合気の充填および燃焼ガスの排気の装置は、真空ポンプ、水銀マンメータ、精密圧力計（測定最高圧力0.98MPa、最小目盛0.981KPa）、および混合気用容器よりなっている。

圧力測定装置は、ひずみ式圧力計、増幅器、およびデータレコーダから成っている。圧力変化は、ひずみ式圧力計により増幅器を介して、データレコーダに記録されるようになっている。記録された圧力は、トランジェントレコーダ、オシロスコープおよびX-Yレコーダにより観測できるようになっている。

図3は重錘型圧力計により、ひずみ式圧力計を検定した結果を示したものである。この圧力計の特性は良い直線性を示すことが認められた。

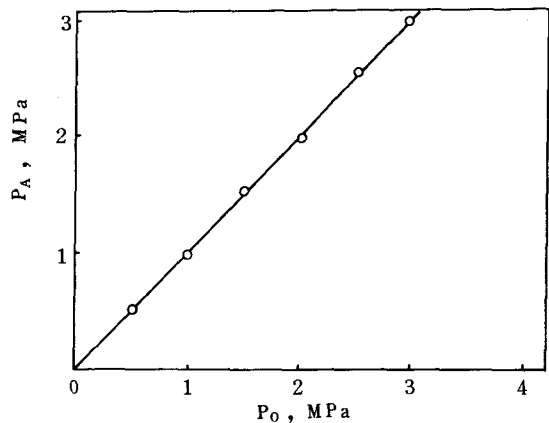


図3 ひずみ式圧力計の検定図

3. 実験方法

混合比 ϕ の混合気中のプロパンガスの分圧 H (KPa)は燃焼反応式とダルトンの法則より次式により求められる⁽²⁾。

$$H = \left(P + \frac{Z}{101} \right) \frac{\phi}{\phi + 5 \times \frac{100}{20.93}}$$

ただし、 P (KPa)は混合気の圧力、 Z (KPa)は大気圧力である。また、大気中の酸素の占める容積割合を20.93%とした。混合比 ϕ の混合気の作成方法は、混合気用容器内を真空にした後、プロパンガスの分圧 H KPaを水銀マンメータで見ながら混合気用容器にプロパンガスを充填する。そして精密圧力計を見ながら圧力 H KPaになるまで、空気を徐々に混合気用容器に充填して、一週間ほど放置する。この混合気は、混合状態をガスクロマトグラフで確認して実験に使用した。混合気の混合精度は約 $1/1000$ であった。

燃焼速度の実験は、まず球形燃焼容器内を真空ポンプ

で真空にし、上述の混合比 ϕ の均一混合気を精密圧力計を見ながら、所定の初期圧力まで球形燃焼容器に充填する。つぎに点火装置により容器中心で電気火花を発生させて、混合気に点火する。このとき燃焼による球形燃焼容器内の圧力変化をひずみ式圧力計で測定し、データレコーダに記録する。実験の条件は混合比 ϕ は0.7~1.9で、初期圧力 P_i は0.1, 0.2, 0.3 MPaについておこなった。

4. 結果および考察

データレコーダに記録された球形燃焼容器内の圧力変化を、トランジェントレコーダとX-Yレコーダで再生した測定結果の一例を示したものが図4である。最初に

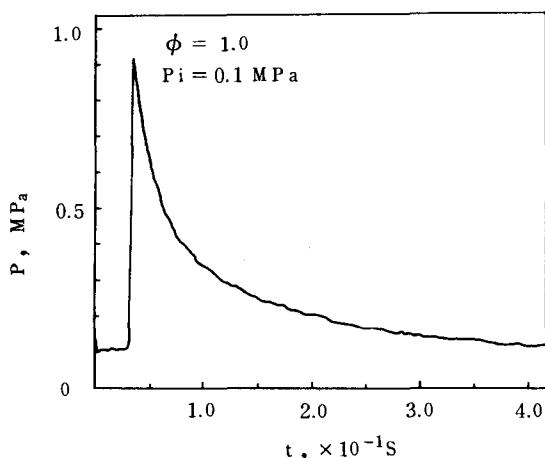


図4 球形燃焼容器内の圧力変化

圧力がはね上がっているが、これは点火ノイズによるもので、点火の時期を示している。点火後、混合気の燃焼に伴い圧力は急上昇し、最高圧力 P_e に達する。その後、球形燃焼容器壁面からの熱損失のため、圧力はゆるやかな勾配で大気圧まで低下していく様子を示している。初期圧力 P_i を一定とし、混合比 ϕ を変化させると、最高圧力 P_e の大きさにはあまり変化がなかったが、点火から最高圧力に達するまでの時間に変化が見られた。混合比 $\phi = 1.1$ で最も短く、それより希薄側および過濃側になるにしたがって長くなることがわかった。また同じ条件で行った3回の測定結果はよく一致した。

燃焼容器内のガスを燃焼部分と未燃焼部分とに分けて考え、

- ① 燃焼室内の圧力は空間的に均一である。
- ② 燃焼ガスと未燃焼ガスは不連続なものである。
- ③ 未燃焼ガスの組成は点火前のガスの組成と同一である。
- ④ 燃焼部分は各瞬間において熱力学的平衡状態にある。

- ⑤ 燃焼ガスも未燃焼ガスも状態変化は完全状態式にしたがう。
- ⑥ 燃焼ガス及び未燃焼ガスの比熱は、それぞれの温度範囲における平均値を用いて一定として取り扱う。
- ⑦ ガスの運動エネルギーは無視できる。
- ⑧ ガス漏れがない。

以上の仮定のもとで、状態式、質量保存則およびエネルギー保存則より、燃焼質量割合 n は次式のようになる。

$$\eta = \frac{(P - P_i) + \frac{\kappa_b - \kappa_u}{\kappa_u - 1} P_i \left\{ \left(\frac{P}{P_i} \right)^{\frac{\kappa_u}{\kappa_u - 1}} - 1 \right\}}{(P - P_i) + \frac{\kappa_b - \kappa_u}{\kappa_u - 1} P_i \left(\frac{P}{P_i} \right)^{\frac{\kappa_u}{\kappa_u - 1}}}$$

ただし、 P ；任意の圧力、 P_i ；初期圧力、 P_e ；最高圧力、 κ ；比熱比、 κ_u ；未燃焼ガスの比熱比、 κ_b ；既燃ガ

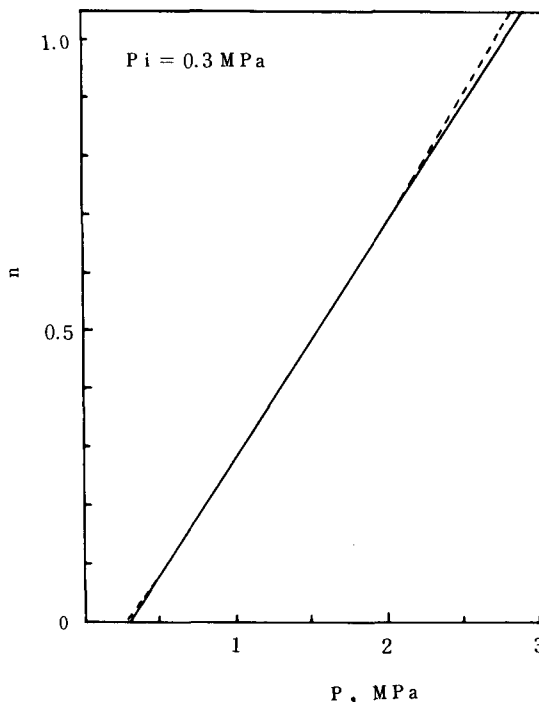


図5 燃焼質量割合-圧力線図

スの比熱比である。また $\kappa_u = \kappa_b = \kappa$ とすると、 n は近似式として

$$\eta = \frac{P - P_i}{P_e - P_i}$$

となる。実験より得られた P 、 P_i 、 P_e の値を用いて両式の n を比較したものが図5である。破線は前者の式により、一般に用いられる未燃焼ガスおよび既燃焼ガスの

比熱比をそれぞれ $\kappa_u=1.37$, $\kappa_b=1.2$ として計算したものである。実線は後者の近似式より求めたものである。図より0.5MPa以下と1.2MPa以上で n の値は少し異なるが、おおむねこの近似が正しいことがわかった。初期圧力 $P_i=0.1$ MPa, 0.2MPaにおいても同様であった。それゆえ、この近似式を用いることにした。いま燃焼質量割合 n のガスが点火以前にしていた球の半径を r_i , ガスが燃焼してしめる球の半径を r_b とすれば燃焼速度 S_u は

$$S_u = \frac{dr_i}{dt} \left(\frac{r_i}{r_b} \right)^2 \left(\frac{P_i}{P} \right)^{\frac{1}{\kappa_u}}$$

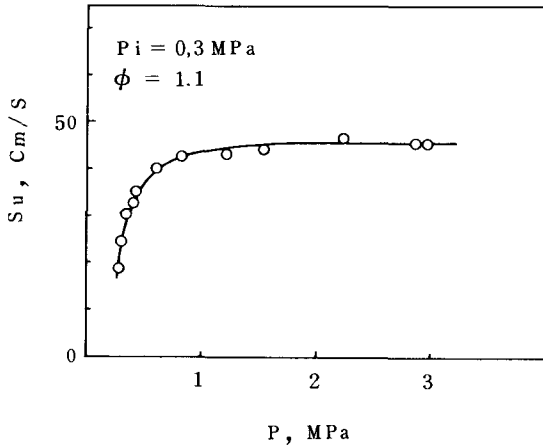


図6 S_u - P 線図

となる。この式を用いて求めた燃焼速度の一例が図6である。この図より、燃焼速度は点火直後で急激に増加し、最高点に達した後は、ほぼ安定した状態を保つことがわかる。

図7は燃焼速度 S_u と混合比 ϕ の関係を示したものである。混合比 $\phi=1.1$ 付近において燃焼速度は最大となり、これより混合比が希薄側や過濃側になるにつれて低下した。これは希薄側においては空気の過剰、過濃側では燃料の過剰が原因となり、混合気の燃焼温度の低下及び未燃焼分子の活性化が鈍り、火炎速度の進行が、低下することにより起因するものと思われる。また混合比 ϕ 0.7と1.9の実験において、点火火花の発生は確認できたが、圧力上昇が起こらなかった。すなわち火炎伝播が起こらなかった。このことにより、プロパン-空気混合気の燃焼限界は、希薄側で0.7~0.8, 過濃側で1.8~1.9の間であるといえる。

次に燃焼速度と初期圧力との関係についてみると、燃焼速度の圧力依存性はきわめて複雑で、定量的な関係は求められない^{(3), (4)}。しかし、図7より初期圧力の増加にとともに、燃焼速度は低下することが得られた。この原

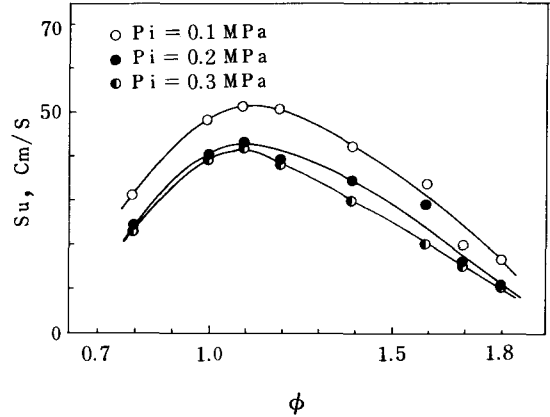


図7 S_u -中線図

因としては、混合比が同一である場合、単位時間あたりの燃焼量は一定であると仮定すると、圧力が増加することにより、未燃焼ガスの密度が高くなり、燃焼量が増加するために燃焼時間が長くなってしまったためであると考えられる。

5. 結 言

以上の結果より、プロパン-空気の混合気については、 $\kappa_u = \kappa_b = \kappa$ とした燃焼質量割合の近似式 $n = \frac{P_i - P_b}{P_i - P_a}$ が使用できる。燃焼速度 S_u は、混合比 $\phi=1.1$ において最大値を示し、これより ϕ が大きくまた小さくなるほど燃焼速度は遅くなる。また燃焼限界は、希薄側では混合比が $\phi=0.7\sim 0.8$, 過濃側では $\phi=1.8\sim 1.9$ であることが確かめられた。初期圧力 P_i については、増加するにしたがって燃焼速度は低下していくという傾向が得られた。

文 献

- (1) 熊谷, 燃焼, (昭和51), 98~128, 岩波書店
- (2) 内燃機関編集委員会編, 内燃機関の燃焼, (昭和48), 24~26, 山海堂
- (3) 水谷, 基礎燃焼学, (昭和48), 178~227, 森北出版
- (4) 飯沼, 内燃機関, (昭和50年, 2月, 14号), 5~7, 山海堂

改質ガスにおける Pt-TiO_x と光の照度 および温度の影響について

中 田 敏 夫

The Effect of Pt-TiO_x. Illuminance and Temperature
to the Production of Reformed Gas.

Toshio NAKATA

酢酸水溶液に TiO₂ 粉末を混合し、これに光を照射する光触媒作用により気体燃料に改質させる。この際に、TiO₂ を還元した TiO_x ($x < 2$) に Pt を担持させた Pt-TiO_x ($x < 2$)、光の照度および酢酸水溶液の温度により、酢酸水溶液の改質にどのような効果があるのかを調べた。その結果、光の照度については約 90000 Lx で効果的であり、温度については温度が高くなるほどまた Pt を担持させると、改質ガスの生成量は増すことが明らかになったので報告するものである。

1. まえがき

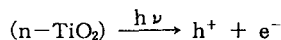
エネルギー危機に対処するための新エネルギー開発の一環として、安価である酢酸と TiO₂ を使用し、光触媒作用を利用して燃料の改質を考えるものである。前報^{(1), (2)}までに酢酸水溶液と TiO₂ の量、TiO₂ の還元および TiO₂ の還元時間と酢酸水溶液の濃度により、酢酸が改質されガス化される効果を明らかにしてきたものである。

本報では、TiO₂ を還元した TiO_x ($x < 2$) に Pt を担持させた時の効果、酢酸水溶液の温度および光の照度による特性について調べたものである。酢酸水溶液は容積パーセント 30% のものを用い、光の照度は 5500 Lx ~ 195000 Lx、温度は 30, 60, 75, 85℃ と変化させて改質ガスの発生量を測定した。また、Pt を担持させたときの効果については、TiO₂ 粉末を 400℃ の水素雰囲気中に約 10 分間還元した TiO_x ($x < 2$) (以下 TiO_x とする) とそれに Pt を担持させた Pt-TiO_x ($x < 2$) (以下 Pt-TiO_x とする) との比較を行ったものである。

2. 原理

酢酸水溶液と TiO₂ を接触させて、これに光エネルギー

($h\nu$) を与えると、図 1 に示すような反応が生じる。ただし図中の C.B., B.B., V.B., E_F はそれぞれ伝導バンド、禁止バンド、価電子バンドおよび Fermi 単位を表す。反応は価電子バンドの電子が励起され、伝導バンドへ移動する。その電子の抜けた跡に正孔が生じる。この反応を式で表すと、



となる。自由電子 e^- と正孔 h^+ はバンドの勾配に沿って接触面に移動して酢酸水溶液と反応を起こす。これを反応式で表すと、正孔は酢酸と反応して寿命の短いラジカ

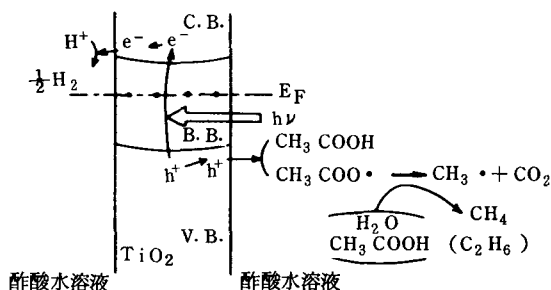
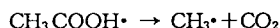
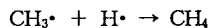


図 1 TiO₂ の光触媒作用による酢酸分解のメカニズム

ルを生じ、



$\text{CH}_3\cdot$ は水や酢酸から水素を引き抜き、

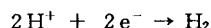


また、一部の $\text{CH}_3\cdot$ は二量化して、



となる。

自由電子も水素発生の反応をし



となる。

以上の反応により、酢酸水溶液は CH_4 、 C_2H_6 、 H_2 および CO_2 に改質される⁽³⁾。

つぎに、 TiOx 粒子上に Pt を担持した場合の酢酸水溶液との反応メカニズムを図2に示す。 TiOx 粒子は正孔の酸化力は非常に大きい、電子の還元力は十分でないため、還元触媒として Pt を TiOx 粒子上に担持して用いることが多い。 Pt は水素発生の触媒として働くため、

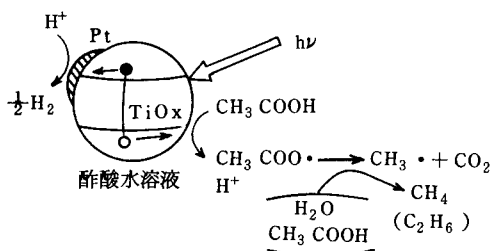
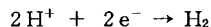


図2 Pt-TiO₂による酢酸分解のメカニズム



の反応を促進することができる。これは水素発生の反応の良し悪しを決める過電圧が低下させられるからである。この過電圧は、反応の抵抗と考えることができ、一般に Pt の過電圧は低いということが知られている。このことにより、 Pt を担持することによって、電荷分離がより活発に行われるようになり、全体的な反応が活性化されることがわかる。

また、 TiOx は酸化サイトとして働き、 Pt は還元サイトとして働くため、 Pt 無担持では活性は低く、また完全に TiOx の表面が Pt で覆われてしまえば、活性のな

いことは明かである。したがって、 TiOx 粒子上に Pt がほどよく分散しているのが良いことになるのである。

3. 実験装置

図3は改質ガスの実験装置を示すものである。装置は反応容器、攪拌および加熱装置、500W 超高压水銀灯、改質ガスの生成量測定用U字形ビュレット、改質ガス冷却器、反応容器温度測定用C-A熱電対および反応容器内の空気を脱気するためのアルゴンガスボンベから成り立っている。

反応容器は光の吸収損失を少なくするために石英ガラス製で方形（一辺46mm、高さ45mm、肉厚2mm）のものを用い、その側面より反応溶液の温度を測定するためのC-A熱電対が取り付けられており、その温接点は容器の中心に設けられている。

容器のふたには、ガラス管が3本取り付けられており、1本は実験開始時に脱気するためにアルゴンガスボンベと

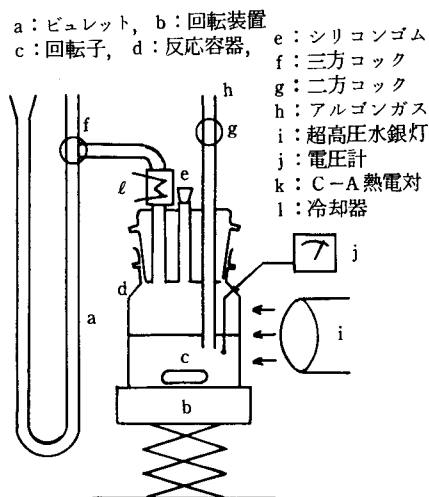


図3 実験装置

接続されてある。1本は改質されたガスの成分を調べる際のサンプリング用である。最後の1本は改質ガスの生成量測定用U字形ビュレットと接続されており、その間には改質ガスを冷却するための冷却器が取り付けられてある。U字形ビュレット（内径4mm）は最小目盛0.05ml、最大5ml、のもので、その中には改質ガスが溶け込まないように飽和食塩水が入れられている。

攪拌および加熱装置については、反応容器に回転子を入れ、これを回転させることにより酢酸水溶液と触媒を攪拌させ、本体付属の加熱温度調節装置により、酢酸水溶液の温度を変化させることができるようになっている

光の照度変化は超高圧水銀灯の絞り和水銀灯と反応容器の距離を変化させて行い、照度計により読みとった。

改質ガスの分析は、図4に示すようなカラム構成のガスクロマトグラフを用いた。キャリアガスとしてアルゴンガスを用い、流量は50ml/minでカラム温度60℃、気化室温度90℃、検出器温度100℃の設定で用いた。

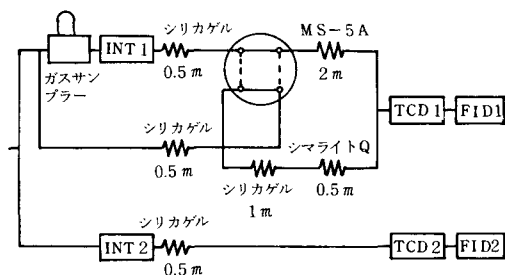


図4 カラム構成図

4. 実験方法

TiOx は前報⁽²⁾で述べたように、TiO₂粉末を内径28mm、長さ150mmのステンレス製の円管に入れて、400℃の水素を10分間通気しながら還元した。

TiOx 粉末に Pt を担持させる方法について述べる。塩化白金酸 2.0 g を 60 cc の酢酸に溶かし、2 回蒸留水で約 120 cc に希釈した溶液を炭酸ナトリウムで PH 5 ~ 6 に調整する。この溶液に TiOx 粉末を懸濁させ、攪拌しながら 30 分間窒素通気を行った後、さらに窒素通気を続けながら、1 KW の Xe ランプで上澄液が無色透明になるまで (約 24 時間) 光照射を行った。これにより得られた触媒粉末を蒸留水で十分に洗浄して吸引ろ過し、50℃で乾燥させた。

改質ガスの実験は、反応容器に濃度 30% の酢酸水溶液 15 cc と触媒 (TiOx あるいは Pt-TiOx) 0.2 g を入れ、アルゴンガスで 15 分間容器内を脱気する。脱気後、酢酸水溶液を攪拌させながら光を照射し、改質ガスの生成量を 20 分おきに測定した。改質されたガスの成分を調べるために、サンプリング部より改質ガスをマイクロシリンジで採取し、ガスクロマトグラフにより分析を行った。

なお、光の照度は 5500, 23000, 50000, 87000, 140000, 195000 Lx について、反応溶液の温度は 30, 60, 75, 85℃ について行った。

5. 結果および考察

常温時における TiOx を用いたときの改質ガスの生成量の時間的変化を図 5 に示す。改質ガスの生成量は時間

とともに増加するが、30 分以降は緩やかに増加する傾向がある。この傾向は前報⁽²⁾と同じである。しかし、照射する光の照度が高くなれば、生成量も全体に増加している様子をも表している。

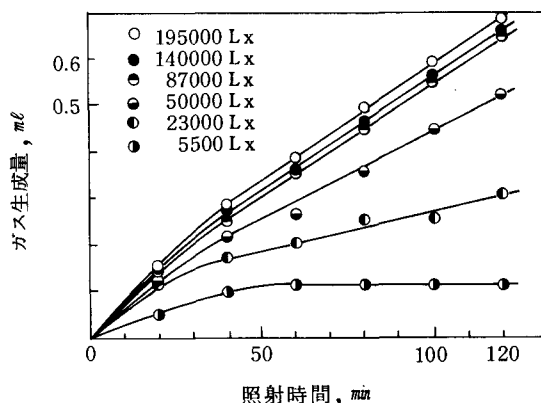


図5 TiOx のガス生成量

図 6 は Pt-TiOx における改質ガスの生成量の時間的変化を示している。TiOx と同じような傾向を示しているが、TiOx の場合よりも全体的に改質の生成量が多い。

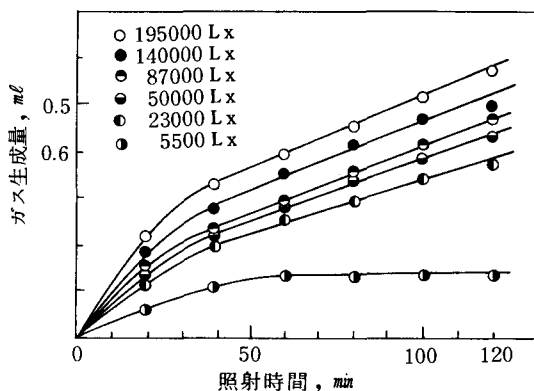


図6 Pt-TiOx のガス生成量

光の照度の影響を見るために、120 分時点での改質ガスの生成量を比較したものが図 7 である。TiOx の場合は約 30000 lx, Pt-TiOx の場合は約 90000 lx までは急激な立ち上がりを示すが、それ以上照度を増しても、あまり改質の効果が得られなかった。照度の低い範囲において、TiOx の方が改質ガスの生成量が多くみられる。これは両者とも同じ質量を用いたために、Pt-TiOx の方が Pt を担持した Pt の質量分だけの粒子数が少なかったために生じたもので、粒子数を同じにすれば、Pt-TiOx の方が TiOx よりも全般に多く改質されることが考えられる。TiOx 表面に Pt が担持している様子を観察

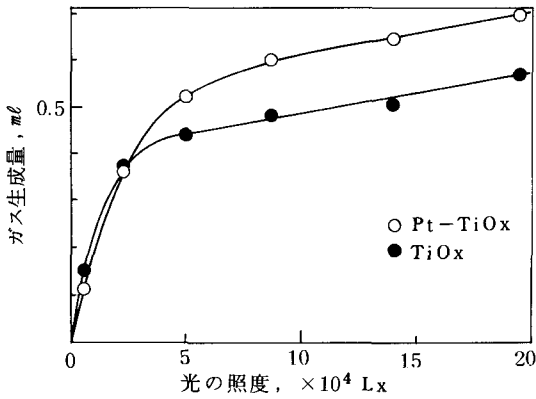


図7 光の照度によるガス生成量

しようとしたが、電子顕微鏡の倍率が低くてできなかった。しかし、川合・河合⁽³⁾により電子顕微鏡でTiO₂の表面にPtが担持している状態を表面観察されたのと同様に、TiOx表面にPtが点在して担持していると考えられる。このことより原理で述べたように、Pt自身にも触媒作用があるために、TiOxに比べさらに活性化されて、Pt-TiOxを用いた方が改質ガスの生成量が多くなったものであると考える。

Pt-TiOxを用い、酢酸溶液の温度を変化させた実験結果を図8に示す。改質ガスの生成量は約60℃付近まではほぼ直線的に増加し、それ以後は大きく増加していく傾向を示している。これは温度が上昇すると反応速度が

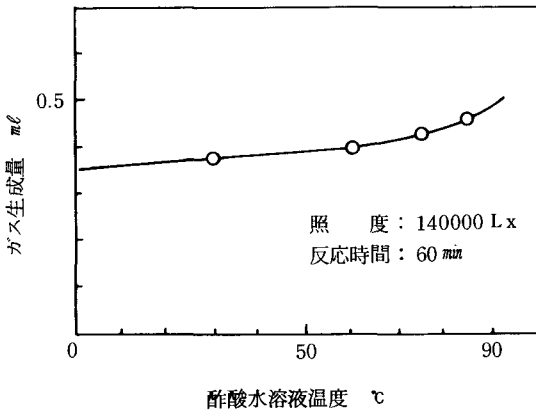


図8 酢酸水溶液温によるガス生成量

速くなるためであると考え。今回は装置の都合上液相の実験しかできなかった。しかし住吉・山口等⁽⁴⁾はCu-Ni-Cr系でアルコールを用いた300℃での蒸気相では、常温の数十倍の効果があると報告している。このことと図8の上昇傾向から、300℃の蒸気相で改質を行うと、同じような改質効果が期待できるものと考えられる。

なお、ガスクロマトグラフによる改質ガスの分析結果は、どの条件下においてもほぼ同じであり、CH₄が97%、C₂H₆が1%、H₂が2%で、CO₂は極めて微量なため測定不可能であった。

6. あとがき

光触媒作用を利用した酢酸水溶液による燃料改質の最適条件は、触媒については、TiO₂を水素雰囲気中で400℃10分間還元したTiOx (X<2)にPtを担持したもの、すなわちPt-TiOx (X<2)を用いる方がより効果的である。また酢酸水溶液の濃度は容積で30%で用いるのが効果的である。照射する光の照度については90000lxが最適であった。

また、300℃の蒸気相で改質を行えば、より効果の上がる期待もてる。

最後に本研究にあたり、終始有益な助言を賜った本校化学工学科泉生一郎教授に厚くお礼を申し上げます。

文献

- (1) 中田敏夫, 奈良高専研究紀要第20号 (1984), 37
- (2) 中田敏夫, 奈良高専研究紀要第25号 (平成元年度), 13
- (3) 川合知二, 河合七雄 DENKI KAGAKU Voi. 53, No. 1 (1985)
- (4) 住吉正治, 山口俊三, 竹内幸久, 鈴木昌彦 自動車技術会論文集 No. 17, 1979

Gysin 準同型と不動点公式

福 嶋 克 彦

Gysin Homomorphism and Fixed Point Formula

Katsuhiko FUKUSHIMA

この小論においては、微分位相幾何学的手法によって不動点公式の証明を与える。

1. はじめに

部分多様体の管状近傍が disk bundle の構造をもつことから、Thom 同型を通じて、Gysin 準同型といわれるコホモロジーの写像が得られる [2]。

多様体の変換がその不動点に関し、局所的な指数と大域的な指数の間に Lefschetz の不動点公式として知られる関係がなりたつ。Gysin 準同型を解析することにより不動点公式の証明を与えることができる。

2. 不動点公式

最初に C^∞ -Category で考えることを断っておく。コンパクトで向きづけられた n 次元連結多様体を X とし、 f を X の変換とする。 f の不動点 P ($f(P) = P$) が $\det(1 - df_p) \neq 0$ のとき、単純という。このとき不動点公式は次の形で与えられる。

定 理

不動点がすべて単純のとき、それらは有限個で、

$$L(f) = \sum_r (-1)^r t_r (f^* : H^r(x) \rightarrow H^r(x))$$

$$\nu(p) = \text{sign det}(1 - df_p)$$

として、 $L(f) = \sum_{f(p)=p} \nu(p)$ がなりたつ。但し、コホモロジーは実係数で考えている [1]。

新しい理論は既出の理論を試金石としてその再解釈を与えようとする。Atiyah-Bott [1] により楕円型複体の不動点公式の広範な理論が得られたとき、その一系として古典的な Lefschetz 不動点公式が試金石となり上述の形で例示されたのである。

ところで上の公式に限っていえば楕円型複体という解析的手法に依らず、微分位相幾何学の技法で、純幾何学的に証明を与えることができる。

3. Gysin 準同型

X の余次元 k の向きづけられたコンパクト部分多様体を V とする。予め Riemann 計量を導入しておく。Stiefel-Whitney 類を計算することにより V の法 bundle は向きづけ可能である。法 disk bundle は \exp で写されて V の管状近傍 N が得られる。それは法 disk bundle と同じ bundle 構造をもつ。 ξ とかく。

向きを与える X , V の基本ホモロジー類を

$$[X] \in H_n(X), \quad [V] \in H_{n-k}(V)$$

とし $[X]$ の $H_n(N, T)$ への制限を $[N, T]$ とする。ここに、 $T = \partial N$ 。 ξ の Thom 類 Ω_ξ は

$$P_* (\Omega_{\xi|N} [N, T]) = [V], \quad \Omega_\xi \in H^k(N, T) \quad (1)$$

となるよう定める。 $P : N \rightarrow V$ は射影である。

以上の設定の下、Gysin 準同型が

$$\begin{array}{ccc}
 \phi^* & & e^* & & j^* \\
 H_r(V) \rightarrow H^{r+k}(N, T) & \xrightarrow{\sim} & H^{r+k}(X, X - \text{int}N) & \rightarrow & H^{r+k}(X)
 \end{array}$$

により $i_! = j^*(e^*)^{-1}\phi^*$ で定義される。ここに i は包含写像 ($V \subset X$) , ϕ^* は Thom 同型で $\phi^*v = P^*v \cup \Omega_\xi$ で与えられる。 e^* は切除定理による同型。 j^* は $j : (X, \phi) \subset (X, X - \text{int}N)$ より誘導される。Gysin 準同型は Poincaré 同型と次の関係がある。証明は必要な可換図式の追跡より得られる。

命題 1.

$$\begin{array}{ccc}
 H^r(V) & \xrightarrow{i_!} & H^{r+k}(X) \\
 \downarrow n[V] & & \downarrow n[X] \\
 H_{n+r}(V) & \xrightarrow{i_*} & H_{n+r}(X) \quad : \text{可換}
 \end{array}$$

別の多様体 Y とその部分多様体 W , そして $g : X \rightarrow Y$ があって $y = g(x) \in W$ に対し

$$T_x(X) \xrightarrow{dg_x} T_y(Y) \longrightarrow T_y(Y)/T_y(W)$$

が“上へ”であることがつねになりたつとき g を W に対し横断正則的という。そうすると、陰関数定理により $V = g^{-1}(W)$ は X の部分多様体となる。 V の余次元は W の Y における余次元と一致し、それを今 k とおく。 W の管状近傍 M は disk bundle の構造をもつ、それを η とおく。 g は V の管状近傍 N の作る disk bundle ξ と η を budle map で結ぶ。 η の Thom 類 Ω_η は g によって $\Omega_\xi = g^*\Omega_\eta$ として ξ の Thom 類を誘導する。そして逆に

$$P_*(\Omega_{\xi n}[N, T]) = [V] \tag{1}$$

によって V の基本類 $[V] \in H_{n-k}(V)$ を得る。bundle map に対する自然性と可換図式の追跡により次の性質を得る。

命題 2.

$$\begin{array}{ccc}
 H^{r+k}(Y) & \xrightarrow{g^*} & H^{r+k}(X) \\
 \uparrow j_! & & \uparrow i_! \\
 H^r(W) & \xrightarrow{g^*} & H^r(V) \quad : \text{可換}
 \end{array}$$

但し、 j は包含写像 ($W \subset Y$)

$$g^* : H^0(W) \rightarrow H^0(X) \text{ で } g^*(1) = 1$$

だから

系

$$g^*j_!(1) = i_!(1)$$

不動点公式の証明の方針を与える。 X の変換 f に対し

$$\hat{f} : X \ni x \rightarrow (f(x), x) \in X \times X$$

を考えると、対角写像 $d(x) = (x, x)$ ($X \subset X \times X$) によって X は $X \times X$ の余次元 n の部分多様体とみなせる。このとき f の不動点集合は $V = \hat{f}^{-1}d(X)$ となる。各不動点が単純であるという条件は \hat{f} が $d(X)$ に対し横断正則的であるということになる。命題 2 の系より $\hat{f}^*d_!(1) = i_!(1)$, 所以 $U = d_!(1) \in H^n(X \times X)$ として上式を $[X]$ で値をとらせるとき、

$$\langle \hat{f}^*U, [X] \rangle = \langle i_!(1), [X] \rangle \tag{2}$$

(2)の左辺が大域的指数を与え、右辺が局所的指数を与える。

4. 大域的指数

Milnor [3] を参考に U を計算する。

$n = 2k + 1$ のとき、 $\{a_{r,i}\}_i$ を $H^r(X)$ の基とする ($0 \leq r \leq k$) と、これに対し Poincaré 双対定理より $H^{n-r}(X)$ の基 $\{b_{n-r,i}\}_i$ を $\langle a_{r,i} \cup b_{n-r,i}, [X] \rangle = \delta_{ij}$ とするようとることができる。

このとき

$$U = \sum_{r=0}^k \sum_i \{(-1)^r a_{r,i} \times b_{n-r,i} + (-1)^{n-r} b_{n-r,i} \times a_{r,i}\} \tag{3}$$

$n = 4k$ のとき、同様に $\{a_{r,i}\}_i, \{b_{n-r,i}\}_i$ を $\langle a_{r,i} \cup b_{n-r,i}, [X] \rangle = \delta_{ij}$ とする $H^r(X)$, $H^{n-r}(X)$ の基 ($0 \leq r \leq 2k-1$) とし、 $H^{2k}(X)$ の基 $\{U_i\}_i$ は X の Thom-Hirzebruch 指数を考慮して

$$\langle u_j \cup u_i, [X] \rangle = 0 (i \neq j),$$

$$\langle u_i \cup u_i, [X] \rangle = 1 (1 \leq i \leq P), -1 (P+1 \leq i \leq P+q)$$

とできる。指数は $(P-q)$ である。このとき

$$\begin{aligned}
 U = & \sum_{r=0}^{2k-1} \sum_i \{(-1)^r a_{r,i} \times b_{n-r,i} + b_{n-r,i} \times a_{r,i}\} + \\
 & \sum_{1 \leq i \leq P} u_i \times u_i + \sum_{P < i \leq P+q} (-1) u_i \times u_i \tag{4}
 \end{aligned}$$

$n = 4k + 2$ のとき同様に $\{a_{r,i}\}_i, \{b_{n-r,i}\}_i$ を $\langle a_{r,i} \cup b_{n-r,i}, [X] \rangle = \delta_{ij}$ とする $H^r(X)$, $H^{n-r}(X)$ の基 ($0 \leq r \leq 2k$) とする。 $H^{2k+1}(X)$ には $\langle u^U v, [X] \rangle$ で正則交代二次形式が得られるので、標準化を行う基を考えて、表現行列が

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \oplus \dots \oplus \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

となるよう基 $\{u_i, v_i\}_i$ を選ぶ。このとき、

$$U = \sum_{r=0}^{2n} \sum_i \{(-1)^r a_{r,i} \times b_{n-r,i} + b_{n-r,i} \times a_{r,i}\} + \sum_i (-u_i \times v_i + v_i \times u_i) \quad (5)$$

(3), (4), (5)は必要な形にまとめられて次の(6)を得る。

$$U = \sum_r (-1)^r \sum_i a_{r,i} \times a'_{n-r,i} \quad (6)$$

但し、 $\{a_{r,i}\}_i$ は $H^r(X)$ ($0 \leq r \leq n$) の基で、 $\{a'_{n-r,i}\}_i$ は $\langle a_{r,i} \cup a'_{n-r,i}, [X] \rangle = \delta_{ij}$ をみたす $H^{n-r}(X)$ の基。

大域的指数つまり(2)の左辺を計算しよう。

$$f^* : H^r(X) \rightarrow H^r(X) \text{ を } f^*(a_{r,i}) = \sum_j \alpha_{ij} a_{r,i}$$

とおく。

$$\hat{f} = (f \times \text{id.}) \cdot d : X \xrightarrow{d} X \times X \xrightarrow{f \times \text{id.}} X \times X$$

だから、クロス積、カップ積と d^* の関係より

$$\begin{aligned} \hat{f}^* U &= d^*(f \times \text{id.})^* \sum_r (-1)^r \sum_j a_{r,j} \times a'_{n-r,j} \\ &= \sum_r (-1)^r \sum_j f^*(a_{r,j}) \cup a'_{n-r,j} \\ &= \sum_r (-1)^r \sum_j \sum_i \alpha_{ij} a_{r,i} \cup a'_{n-r,j} \end{aligned}$$

故に

$$\begin{aligned} \langle \hat{f}^* U, [X] \rangle &= \sum_r (-1)^r \sum_{i,j} \alpha_{ij} \langle a_{r,i} \cup a'_{n-r,j}, [X] \rangle \\ &= \sum_r (-1)^r \sum_i \alpha_{ii} \\ &= \sum_r (-1)^r t_r(f) \end{aligned}$$

こうして

$$\langle \hat{f}^* U, [X] \rangle = \sum_r (-1)^r t_r(f) = L(f) \quad (7)$$

を得る。

5. 局所指数

\mathbb{R}^n には自然な向きが入っている。 f の不動点 P のまわりの向きを保つ座標近傍を (ω, x) とする。ここに ω は P の近傍で $x = (x_1, \dots, x_n)$ によって \mathbb{R}^n と位相同型で特に $x_i(P) = 0$ ($1 \leq i \leq n$)。座標 x

を使って f を \mathbb{R}^n の変換とみなしたとき、原点 0 は不動点である。仮定より $\det(1 - df) \neq 0$ 。

$X \times X$ で (P, P) のまわりの座標近傍を $(\omega \times \omega, x \times x)$ で与えることができる。 $y = x \times x = (y_1, \dots, y_{2n})$ は $(a, b) \in \omega \times \omega$ に対し

$$y_i(a, b) = x_i(a) \quad (1 \leq i \leq n), \quad x_{i+n}(b) \quad (n+1 \leq i \leq 2n)$$

である。

$$z_i(a, b) = (1/2)(y_i(a, b) + y_{n+i}(a, b))$$

$$z_{n+i}(a, b) = (1/2)(-y_i(a, b) + y_{n+i}(a, b))$$

$$(1 \leq i \leq n)$$

とおくと、 $(\omega \times \omega, z)$ は向きをかえない座標を与えている。

$\tilde{\omega} = \omega \times \omega \cap d(X)$, $\tilde{z} = (z_1, \dots, z_n)$ とおくと、 $(\tilde{\omega}, \tilde{z})$ は $d(X)$ で (P, P) のまわりの座標近傍を与える。 (P, P) での $d(X)$, $X \times X$ の接平面は

$$T_{(P,P)}(d(X)) = \{ \partial / \partial z_1, \dots, \partial / \partial z_n \}_{\mathbb{R}}$$

$$T_{(P,P)}(X \times X) = \{ \partial / \partial z_1, \dots, \partial / \partial z_{2n} \}_{\mathbb{R}}$$

だから (P, P) で

$$T(X \times X) / T(d(X)) = \{ [\partial / \partial z_{n+i}], \dots,$$

$$[\partial / \partial z_{2n}] \}_{\mathbb{R}}$$

そうすると

$$\begin{aligned} df(\partial / \partial X_i) &= (\partial / \partial y_i) \begin{pmatrix} df \\ 1 \end{pmatrix} \\ &= (\partial / \partial z_i) \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} df \\ 1 \end{pmatrix} \\ &= ((\partial / \partial z_i)(1 + df), (\partial / \partial z_{n+i})(1 - df)) \end{aligned}$$

故に

$$[d\hat{f}] : T_P(X) \rightarrow T_{(P,P)}(X \times X) / T_{(P,P)}(d(X))$$

は

$$[d\hat{f}](\partial / \partial x_i) = (\partial / \partial z_{n+i})(1 - df) \quad (8)$$

仮定 $\det(1 - df) \neq 0$ より $\text{rank}[d\hat{f}] = n$ 。これは \hat{f} が $d(X)$ に関し横断正則的であることを示している。従って f の不動点集合 $(\hat{f})^{-1}d(X)$ は X の余次元 n の部分多様体となり、自動的に有限個の孤立点集合となる。

$\mu \in H^n(X)$ は $\langle \mu, [X] \rangle = 1$ をみたす類とす

る。このとき

$$j_P^* : H^n(X, X-P) \rightarrow H^n(X) = \mathbf{R}\mu$$

だから, $j_P^* \mu_P = \mu$ となる μ_P によって $H^n(X, X-P) = \mathbf{R}\mu_P$ 。ここで点 P を X の部分多様体とみたとき, X での法 bundle で, f によって $X \times X$ における $d(X)$ の法 bundle の Thom 類から引き戻される Thom 類は $\pm \mu_P$ であるが, その符号は(8)より $\det(1 - df_P)$ の符号である。以上より $i: \{P\} \hookrightarrow X$ に対し

$$i_P!(1) = \text{signdet}(1 - df_P) \mu$$

だから

$$\langle i_P!(1), [X] \rangle = \text{signdet}(1 - df_P) = \nu(P)$$

不動点全体 V を互ることによって

$$\begin{aligned} \langle i_!(1), [X] \rangle &= \sum_{P \in V} \text{sign det}(1 - df_P) & (3) \\ &= \sum_{P \in V} \nu(P) \end{aligned}$$

(2), (7), (9)により不動点定理は証明された。

参考文献

- [1] M.F. Atiyah & R. Bott, A Lefschetz fixed point formula for elliptic complexes II, Ann. of Math. 88 (1968)
- [2] F. Hirzebruch, Topological Methods in Algebraic Geometry, Springer 1966
- [3] J. Milnor, The theory of characteristic classes, mimeographed Princeton University 1957

浅底水流における流速分布の測定について

松 岡 一 起

Measurements of Velocity Profile in a Shallow Channel Flow

Kazuoki MATSUOKA

Velocity profiles have been measured with a improved Pitot tube in a shallow channel flow. The experiments were carried out in a test section, with inclined-tube manometer.

The experimental and theoretical results have been compared, and a good agreement has been obtained for the velocity profile. For the $\alpha(z)$ profile, the numerical results obtained agreed approximately with those expected.

1. 緒 言

高速気流についての基礎研究に用いられる実験方法には、高速風洞、電気槽、浅底水槽等などがある。これらの中で装置が簡単で容易に流れ模様を観察できるものとして浅底水槽法がある。ある条件のもとで、浅底水流と高速気流が相似になることは以前からよく知られており、理論的にも示されている。^{(1) (2)}

本研究は浅底水槽における流れの解析を行なう場合に重要なファクターとなる速度分布を実験的に求めようとするものである。

高速気流の研究において最も重要な問題の一つは、衝撃波の現象である。衝撃波は気体中で音速を超える場合の流れ、つまり Mach 数が 1 以上の流れにおいて生ずる現象であることは言うまでもない。ところで、浅底水流においてもこの衝撃波の現象と類似の現象が見られるのである。すなわち、これが跳水現象と呼ばれるものである。これは浅底水流の水面が急激に変化する現象をいい、日常よく見られる例としては、水道の蛇口から出た噴流が流しの底面に当たった場合に、円形に広がって下流で水面が急激に隆起するというような現象が挙げられる。この跳水現象は、浅底水流の流速が表面波（圧力波）

の速度を超える場合に生じるのである。このことから、高速気流において Mach 数が 1 を超えたときに、衝撃波が生じて急激な温度、圧力の変化を起こすということは、浅底水流で流速が表面波の速度を超えた場合に、跳水現象によって水面が急激に変化を起こすということに対応することがわかる。ところが、この相似則には多くの仮定が含まれている。これを妨げる主な要因は 1) 水の粘性、2) 水の表面張力の影響、3) 浅底水槽の傾斜、4) 気体の比熱比の差異などがあげられる。このうち特に問題になるのは、水の粘性によって水流が流れと垂直方向に速度の変化が起こることである。したがって、本研究では浅底水流の流れのふるまいを大きく左右する流速分布を調べようとするものである。

2. 理論解析

2. 1 ビトー圧理論

図 1 に示すように流れの方向にピトー圧伝達管①が置かれており、その上流点②の底面には静圧孔が設けられている。

いま、測定箇所の流速を u とし①、②の間でベルヌーイの定理ならびに傾斜マノメータの理論を適用し整理すると

$$u = \zeta^{-1/2} \cdot (\rho_w / \rho - 1)^{1/2} \cdot 2g L \sin \theta \quad (1)$$

となる。ここで、 ζ 、 ρ 、 ρ_w 、 L 、 θ はそれぞれピトー圧伝達修正係数、水の密度、四塩化炭素の密度、傾斜マノメータの読み、マノメータ傾斜角である。

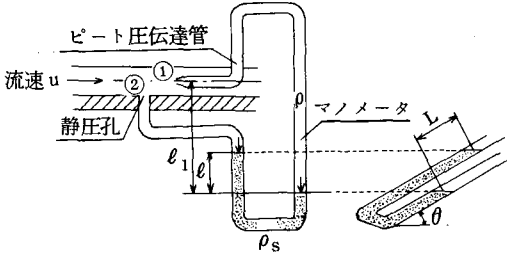


図1 ピトー圧伝達管

2. 2 流速分布

浅底水流での速度は、主として底面の摩擦の影響により図2に示すような分布になると考えられる。ここで、 i は浅底水槽の勾配を示している。

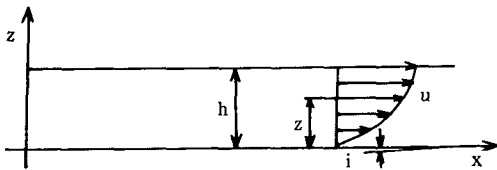


図2 流速分布

仮定として二次元で定常流、非圧縮性流体でかつ重力による体積力 g の分力が x 方向に $g \sin i \doteq g_i$ 、 z 方向に $g \cos i \doteq g$ が働いている場合の Navier-Stokes の方程式は

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = g_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (2)$$

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (3)$$

となる。ここで、 u 、 w はそれぞれ x 、 z 方向の速度である。上の式で $w = 0$ 、 $\partial / \partial x = 0$ と仮定すれば

$$\frac{d}{dz} \left(\nu \frac{du}{dz} \right) + g_i = 0 \quad (4)$$

$$\frac{dp}{dz} + \rho g = 0 \quad (5)$$

となり、流速 u 、圧力 p のみの関数で与えられる。

式(4)を解くと流速分布が得られるが、この式における動粘性係数 ν に関してはつぎのような考えで解析を行う。ニュートン流体で層流の場合、せん断応力 τ は

$$\tau = \rho \nu_0 \cdot (du/dz) \quad (6)$$

で表される。ここで、 ν_0 は流体(水)の動粘性係数を示している。これに対して乱流の場合は

$$\tau = \rho \nu_0 \cdot (du/dz) + \tau_R \quad (7)$$

のようになる。ただし、この場合の u は時間的平均流速である。第2項の τ_R はレイノルズ応力と呼ばれ、乱流の性質から現れるものである。ブジネの理論によると、このレイノルズ応力は $\tau_R = \rho \nu_1 \cdot (du/dz)$ と示されている。 ν_1 は等価動粘性係数(渦動粘性係数とも言われる)で流れが乱れるほど大きくなる性質を持ち合わせている。⁽³⁾

浅底水流における流れの様子を考えると、底面で乱れはなく水面で乱れが最も大きいと考えられるので

$$\nu_1 = \nu_1 \cdot (z/h) \quad (8)$$

と置く。ここで、 ν_1 は水面での等価動粘性係数を示している。以上から、せん断応力 τ はつぎのように整理することができる。

$$\tau = \rho \left(\nu_0 + \nu_1 \frac{z}{h} \right) \frac{du}{dz} \quad (9)$$

したがって、式(4)での ν の値を

$$\nu = \nu_0 + \nu_1 \cdot (z/h) \quad (10)$$

と考える。式(4)、(10)より

$$\frac{d}{dz} \left\{ \left(\nu_0 + \nu_1 \frac{z}{h} \right) \frac{du}{dz} \right\} + g_i = 0 \quad (11)$$

と表され、積分すると

$$\left(\nu_0 + \nu_1 \frac{z}{h} \right) \frac{du}{dz} = -giz + c_1 \quad (12)$$

となる、ここで積分定数 c_1 は、浅底水流の微小部分において、流れ方向の重力の成分と摩擦抵抗力の釣り合いより得られる次式を用いて決定する。

$$\left(\frac{du}{dz} \right)_{z=0} = gih / \nu_0 \quad (13)$$

式(13)を(12)に適用すると $c_1 = gih$ となり、式(12)は

$$\frac{du}{dz} = \frac{gi(h-z)}{\nu_o + \nu_t(z/h)} \quad (14)$$

となる、式(14)を $z=0$ で $u=0$ の境界条件を用いて整理すると、最終的に流速分布 u は

$$u = \frac{\nu_o}{\nu_t} \left\{ \left(1 + \frac{\nu_o}{\nu_t} \right) \log \left(\frac{z/h}{\nu_o/\nu_t} + 1 \right) - \frac{z}{h} \right\} \cdot \frac{gh^2}{\nu_o} i \quad (15)$$

で表される。つぎに

$$\alpha(z) = 2 \frac{\nu_o}{\nu_t} \left\{ \left(1 + \frac{\nu_o}{\nu_t} \right) \log \left(\frac{z/h}{\nu_o/\nu_t} + 1 \right) - \frac{z}{h} \right\} \quad (16)$$

とおくと、 $\alpha(z)$ は流速分布の形状を決める無次元関数であり、式(15)は

$$u = \alpha(z) \cdot gh^2 i / 2\nu_o \quad (17)$$

と書き直すことができる。

2. 3 ビトー圧伝達修正係数について

傾斜マンノメータによって2点間の圧力差を測定し、式(1)を適用して各水位での流速 u を求める場合、ビトー圧伝達修正係数 ζ の値がわからないため相対的な流速しか判らないことになる。したがって、以下 ζ の求め方について考える。

式(1)において、 $\zeta = 1$ と仮定した次式に注目する。

$$u_1 = (\rho_s/\rho - 1)^{1/2} \cdot 2gL \sin \theta \quad (18)$$

実験によってある深さ z とその時のマンノメータの読み L を測定すれば、式(18)から z と u_1 の関係が何組かのデータとして求まる。次に理論的に求めた式(15)において、等価動粘性係数 ν_t の値をこのデータと合うように選べば、 $u_1 = u_1(z)$ という具体的な関数が得られる。(ここで選んだ ν_t の値は u_1 に合うように仮定した値で、後で述べるように真の流速 u に合うように ν_t を選び直さなければならない。)

u_1 に $\zeta^{-1/2}$ を乗じると真の流速 u となり、次式で表せる。

$$u = \zeta^{-1/2} u_1(z) \quad (19)$$

三角せきで求めた流量を Q_s とし、浅底水流の水深 h ならびに幅をそれぞれ h 、 b とすると

$$Q_s = b \int_0^h u dz \quad (20)$$

という関係が成立する。式(19)を式(20)に代入すると

$$Q_s = b \int_0^h \zeta^{-1/2} u_1(z) dz \quad (21)$$

が得られる。 ζ を一定と仮定すると次式が得られる。

$$Q_s = b \zeta^{-1/2} \int_0^h u_1(z) dz \quad (22)$$

ここで、

$$Q_c = b \int_0^h u_1(z) dz \quad (23)$$

とおけば、 Q_c は数値解析的に計算可能である。したがって、 ζ は

$$\zeta = (Q_c/Q_s)^2 \quad (24)$$

で求めることができる。 ζ の値がわかれば、最初に求めた u_1 と z のデータは u と z のデータに変換できる。そして、この u と z の関係が理論式と合うように、改めて ν_t の値を決めれば流速分布の理論式が求められる。このような補正の具体的な様子を図3に示す。

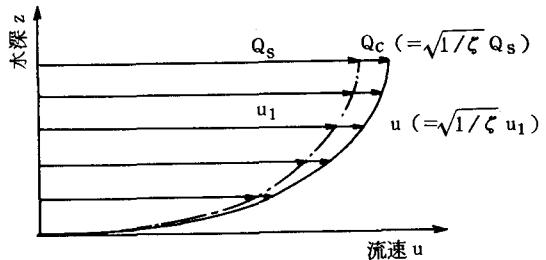


図3 流速分布の補正

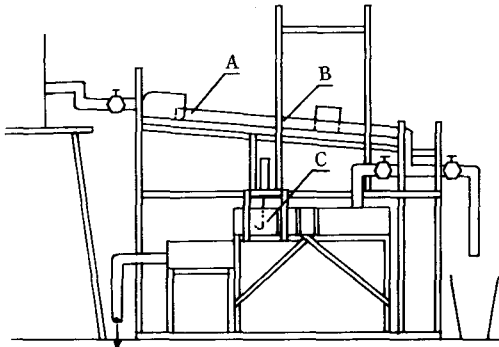
3. 実験装置

実験装置は主として整流部、浅底水槽、流量測定部から構成されている。図4に実験装置概略図を示す。

オーバフロー付きタンクより流出した水は、整流部Aを経て、浅底水槽Bの上を流れ管路を介して流量測定部Cに到る。整流部は大きさの異なる2つの円弧状整流板ならびに穴あき仕切り板二枚から成り立っている。浅底水槽の底面は長さ1500mm、幅800mmの塩化ビニル板を用い、流路幅300mmとした。また、流れ方向の勾配 i は $i = 1.88^\circ$ とした。流量測定部は、穴あき仕切り板二枚と直角三角せきならびに水位測定装置より成り立っている。

浅底水流の水深測定には、触針付きデブスゲージと検流計を用い、流速分布測定には岐点部外径1.4mmのガラス製ビトー圧伝達管装置ならびに傾斜マンノメータを併用した。また、静圧測定部は、浅底水槽の底面に直径5mm

の穴を設け、ビニールチューブで傾斜マンノメータに接続した。



A: 整流部 B: 浅底水槽 C: 流量測定部
図4 実験装置概略図

4. 測定結果ならびに考察

4. 1 ビト一圧伝達修正係数について

ビト一圧伝達管による2点間の圧力差ならびに直角三角せきより求めた流量のデータを式(1)および2. 2, 2. 3で述べた方法で補正した結果を表1に示す。

表1 修正係数 ζ と等価動粘性係数 ν_t

流量 Q (l/s)	水深 h (mm)	修正係数 ζ	等価動粘性係数 (水面) ν_t ($\times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$)
0.442	2.8	0.828	1.70
0.371	2.6	0.879	1.20
0.323	2.4	0.860	0.64
0.254	2.2	0.862	0.46

表1に示すように、修正係数は各流量とも0.8~0.9程度の値であった。これは、速度のエネルギーの80~90%がマンノメータによって圧力変換されたことを示している。また、水面における等価動粘性係数 ν_t の値も併せて示しておいた。表から、流量が多いほど ν_t の値は大きくなっていることが判る。これは、流量の増加に伴って乱れが次第に激しくなっていくことを暗に示している。

4. 2 流速分布について

図5は、式(1)に補正を行った ζ を用いて得られた実験結果および式(17)によって理論的に計算した流速分布を示

している。

この図より、等価動粘性係数 ν_t の値を適当に与えることにより、理論式を用いた計算が実験結果と比較的に良く一致していることが判る。ただ、ビト一圧伝達管の先端部の大きさの制限により、浅定水流の壁面近傍の測定結果が無いために理論の妥当性を完全に肯定できない面がある。流量を変化させた場合においても、略同じ傾向を示している。

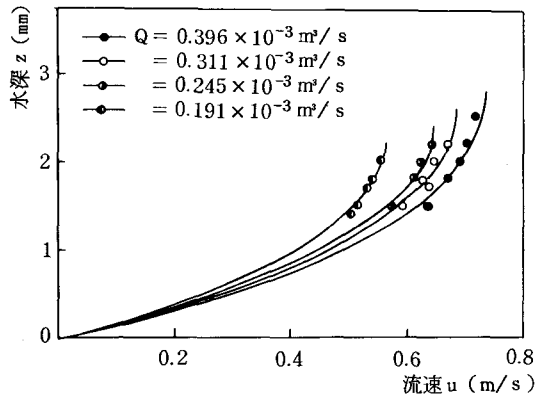


図5 流速分布

等価動粘性係数 ν_t と水の物性値としての動粘性係数 ν_0 との比 ν_t/ν_0 を種々変化させた場合の $\alpha(z)$ と z/h の関係を図6に示す。これは、式(16)を用いて計算したもので、 $\alpha(z)$ は式(17)で示すように陰に無次元速度分布を示すことから、速度分布の傾向を現している。

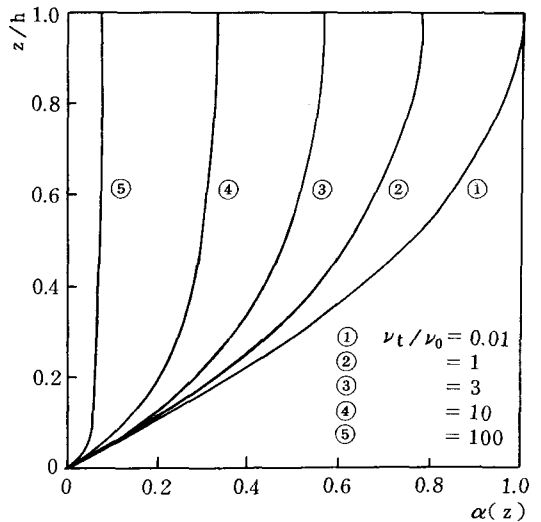


図6 無次元関数 $\alpha(z)$ と z/h の関係

この曲線が実際の流速分布の傾向を完全に示しているかどうかは今のところ推測の域を出ないが、 $\nu_t/\nu_0 \rightarrow$

0では層流境界層の特色である二次関数的な速度分布の形状を示している。また、 ν_t/ν が大きい場合には乱流境界層の代表的な $1/7$ 乗法則に従うような速度分布になっている。この結果から、等価動粘性係数 ν_t は、乱れの度合いを示すパラメータであると言える。以上のように浅底水流内の速度分布が明らかになったことで、流体の持つ運動量の厳密な計算が可能になり、跳水現象に関する様々な現象を説明する資料となり得る。

5. まとめ

本研究では、水深が2～3mm程度の浅底水流の流速分布を理論解析の結果を併用して、実験的に求めたものである。流速測定によく用いられる一般的なピトー管では、本実験のように薄い流れの層を測定することは困難であるため、ガラス製のピトー圧伝達管を使用した。伝達管先端岐点部の外径は1.4mm程度に抑えることができたので、流れの中に伝達管を入れることによる誤差は最小限に抑えたつもりである。しかし、浅底水流の流れに若干の影響を与えたことは否定できない。

つぎに問題になる点は動圧測定の感度であるが、傾斜マノメータ内に四塩化炭素（比重1.6）を注入することにより、読みの差に0～15cmもの変化を生じさせることができた。なお、ピトー圧伝達管を底面から表面に向かって移動させて測定したが、再び側面付近を測定しても先に測った結果とほとんど変動はなかった。つまり、再現性も良好であったといえる。ただ、ピトー圧伝達修正係数を流量測定結果より求めるという複雑な手法は今後検討すべき課題である。しかし、本研究で得られた結果は理論的な傾向をよく説明でき、跳水現象の詳細な解析に大いに利用できると思われる。

参考文献

- (1) 板谷松樹・富田幸雄, 浅底水流による高速気流の研究(第1報) 機械学会論文集, 第21巻 101号, (1955) .
- (2) 富田幸雄, 浅底水流による高速気流の研究(第2報) 機械学会論文集, 第21巻 101号, (1955) .
- (3) J. C. ロッタ著, 大路通雄訳, 乱流(1975), 岩波書店.

液体金属の管内噴流熱伝達

矢尾 匡永・中谷 洵・鈴木健二郎*

Liquid Metal Turbulent Heat Transfer in a Confined Jet

Masanori YAO, Makoto NAKATANI and Kenjiro SUZUKI

The liquid metal turbulent heat transfer in confined jet was numerically calculated without introducing the turbulent Prandtl number, for the case when the cylinder is heated with uniform heat flux. An algebraic Reynolds stress model of turbulence was introduced to calculate Reynolds normal and shear stresses. The distribution of turbulent heat fluxes in a thermal field was evaluated by solving simple forms of algebraic equations, which were derived from the original governing equations under the local equilibrium assumption. Discussions were given on the streamwise distributions of turbulence intensity and local Nusselt number.

1. 緒言

高い熱伝達率が容易に得られるという点において、液体金属は工業的に優れた動作流体である。具体的な用途では、原子炉・高速増殖炉の冷却、連続鋳造過程等の例が挙げられる。上記の例では、さらに性能や生産性の向上を目指して、より高い熱伝達率が要求され、対象とする流れ系がより複雑なものに向かっている。これにともなう、系の制御や製品の品質向上のために流れ場と温度場の定量的な把握が必要となっている。

熱伝達率の大きい液体金属中の乱流熱伝達では、熱伝導によって周囲に顕著に熱を失うので、乱流熱輸送は乱流運動量輸送ほど有効ではない。このため、一般流体で得られた乱流熱輸送に関する知見は液体金属の場合にそのまま適用できない。すなわち、一般流体の場合に得られた乱流運動量輸送と乱流熱輸送の比である乱流プラントル数が液体金属には適用できず、現在でも円管内乱流以外では乱流プラントル数に関する知見は不十分である。顕著の一人は、乱流プラントル数を用いないモデルを提唱し¹⁾、それを組み込んで円管内²⁾、同心環状流路内³⁾お

よび偏心環状流路内⁴⁾の液体金属中の乱流熱伝達を数値解析して成功を収めてきた。本研究は、その延長として、より複雑な流れ系である循環流を伴う管内噴流の乱流熱伝達に対する数値解析結果を報告するものである。

管内噴流は、流れ場の強い攪乱と高い熱伝達率が得られるので、伝熱促進の有効な手段の一つでもある。中心噴流の初期運動量が周囲流のそれより十分大きい場合には、壁近傍に循環流が発生する。康ら^{5),6)}は流体に空気をを用いた場合の実験と数値解析を試み、熱伝達率の分布形状が、噴流の十分下流域ではレイノルズ数に、また、管内径に較べ噴流径が十分小さい場合の循環流領域では、以下に示す Craya-Curtet 数 Ct に依存し、空間的にその中間の領域では両者に依存することを示し、極大熱伝達率を示す流れ方向の位置が循環流領域内部に存在することを明らかにした。また、須賀ら⁷⁾は、実験により循環流領域内で熱伝達率と乱れ強さに相関があることを示した。

なお、Craya-Curtet 数 Ct の定義は次のようである。

$$Ct = \frac{U_k}{\sqrt{U_d^2 - U_k^2/2}} \quad (1)$$

$$U_k = \frac{1}{A_0} \int A \cdot U dA \quad (2)$$

*京都大学工学部

$$U_d = \frac{1}{A_0} \int A (U^2 - \frac{U_f^2}{2}) dA \quad (3)$$

ただし、 A_0 はダクト流入端断面積、添字 f は周囲流の一樣流速部分を意味する。

2. 記号

a : 温度伝導率 m^2/s

C_p : 定圧比熱 kJ/kgK

Ct : Craya-Curtet数

D : 管内径 m

d : 噴流直径 m

k : 乱れ運動エネルギー m^2/s^2

L : 管長 m

Nu : 入口流体温度に基づく局所ヌセルト数
 $= qD / \lambda (\theta_w - \theta_0)$

Nu_b : 混合平均温度に基づく局所ヌセルト数
 $= qD / \lambda (\theta_w - \theta_b)$

P : 圧力 Pa

Pr : プラントル数

Pr_t : 乱流プラントル数

Pe : ペクレ数 $= Re \cdot Pr$

q : 熱流束 W/m^2

r : 半径方向座標 m

Re : レイノルズ数 $= U_i D / \nu$

U : 軸方向速度 m/s

U^* : 摩擦速度 m/s

u : 軸方向速度変動 m/s

$\overline{u^2}, \overline{V^2}$: レイノルズ法線応力 m^2/s^2

\overline{uv} : レイノルズせん断応力 m^2/s^2

$\overline{u\theta}, \overline{v\theta}$: 乱流熱流 mK/s

V : 半径方向速度 m/s

v : 半径方向速度変動 m/s

x : 軸方向座標 m

y : 壁からの距離 m

y^+ : $U^* y \rho / \mu$

ϵ : 粘性消散率 m^2/s^3

λ : 流体熱伝導率 W/mK

μ : 流体粘性係数 $Pa \cdot s$

μ_t : 流体渦粘性係数 $Pa \cdot s$

θ : 温度 K

θ : 温度変動 K

ρ : 流体密度 kg/m^3

添字

b : バルク (流体混合平均)

w : 伝熱面

0 : 流入端

— : 統計平均

3. 計算手法

3.1 支配方程式

本研究では、循環流を伴う管内噴流熱伝達を取扱う。循環流の発生条件は、研究者によって若干の差はあるが、Becker ら⁸⁾あるいは康ら⁹⁾によって推奨された $Ct \leq 0.75 \pm 0.10$ を参考にした。流体は液体金属ナトリウム ($Pr = 0.007$) で、それを物性値一定の非圧縮性ニュートン流体として取扱ひ、流体には物体力は作用せず、流体中で相変化や科学反応は生じないものとする。解析に使用する支配方程式は、連続の式、運動方程式およびエネルギー式であり、円筒座標を用いて次のように記述される。

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial rV}{\partial r} = 0 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \rho U \frac{\partial U}{\partial x} + \rho V \frac{\partial U}{\partial r} \\ & = (\mu + \mu_t) \left[\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial U}{\partial r} \right) \right] \\ & - \frac{\partial p}{\partial x} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \rho U \frac{\partial V}{\partial x} + \rho V \frac{\partial V}{\partial r} \\ & = (\mu + \mu_t) \left[\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial V}{\partial r} \right) \right] \\ & - \frac{\partial p}{\partial r} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \rho C_p U \frac{\partial \theta}{\partial x} + \rho C_p V \frac{\partial \theta}{\partial r} \\ & = \lambda \left[\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) \right] \\ & + \rho C_p \left[\frac{\partial}{\partial x} \overline{u\theta} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \overline{rv\theta} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

3.2 乱れモデル

通常の乱れモデルでは、未知量である乱流熱流束を一定の乱流プラントル数を介して、レイノルズ応力と関係付け、方程式を閉じている。しかし、乱流プラントル数は物理量でないから、その値は流れ形式や流路中の位置によって変化するので、それを一般的に定めることは難しい。前述のように、液体金属の熱伝達を扱う場合には、乱流プラントル数 Pr_t の評価が予測性能の良否を左右するので、それを使用しない計算法の採用が望ましい。このため、レイノルズ応力乱れモデルの使用が必要である。しかし、乱流伝熱の多くの問題では、特に使用すべき乱

れモデルを限定する必要はなく、むしろどの乱れモデルを使用するか選択しなければならない。鈴木ら⁹⁾は、乱れモデルの検証に適する回復性乱流の例として、円柱によってかく乱を与えた二次元乱流境界層に注目して、 $k-\epsilon$ 2方程式モデル、3方程式モデルの予測性能を比較している。その結果によると、閉じ方がより高次の乱れモデルが必ずしも予測性能上優るとはいえないとしている。そこで、本研究では、康ら⁹⁾と同様に、流れ場の乱れモデルには $k-\epsilon$ 2方程式モデルを採用した計算を行い、流れ場の情報を得た。レイノルズ応力は、流れ場の収束値より次に示す Launder-Ying の代数方程式モデル¹⁰⁾を用いて求めることにした。

$$\begin{aligned}\overline{u^2} &= C_u k \\ \overline{v^2} &= C_v k \\ \overline{uv} &= (C_b k^2 / \epsilon) \partial U / \partial r\end{aligned}$$

ただし、

$$C_u = 0.915, C_v = 0.533, C_b = 0.09$$

温度場には、鈴木によって提唱された乱流プラントル数を用いないモデル¹⁾を導入した。すなわち、乱流熱流束成分 $\overline{u\theta}$, $\overline{v\theta}$ は、その支配方程式中の拡散項および対流項を無視し、生成項、消散項および再配分項がバランスするとする、いわゆる局所平衡仮定を適用して得られた次の代数式により計算した。

$$\overline{u\theta} = \underbrace{T_{a1} \frac{\partial \theta}{\partial x}}_{\text{生成項}} + \underbrace{T_{a2} \frac{\partial \theta}{\partial r}}_{\text{拡散項}} \quad (8)$$

$$\overline{v\theta} = \underbrace{T_{a3} \frac{\partial \theta}{\partial r}}_{\text{生成項}} + \underbrace{T_{a4} \frac{\partial \theta}{\partial r}}_{\text{拡散項}} \quad (9)$$

$$T_{a1} = \left(C_2 \overline{uv} \frac{\partial U}{\partial r} - C_2 \overline{u^2} \frac{\partial V}{\partial r} + C_3 \overline{u^2} \frac{\epsilon}{k} \right) / \Delta \quad (10)$$

$$T_{a2} = \left(C_2 \overline{v^2} \frac{\partial U}{\partial r} - C_2 \overline{uv} \frac{\partial V}{\partial r} + C_3 \overline{uv} \frac{\epsilon}{k} \right) / \Delta \quad (11)$$

$$T_{a3} = \left(C_2 \overline{v^2} \frac{\partial V}{\partial x} - C_2 \overline{uv} \frac{\partial U}{\partial x} + C_3 \overline{uv} \frac{\epsilon}{k} \right) / \Delta \quad (12)$$

$$T_{a4} = \left(C_2 \overline{uv} \frac{\partial V}{\partial x} - C_2 \overline{v^2} \frac{\partial U}{\partial x} + C_3 \overline{v^2} \frac{\epsilon}{k} \right) / \Delta \quad (13)$$

$$\begin{aligned}\Delta &= C_2^2 \frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial U}{\partial r} \\ &- \left(C_2 \frac{\partial U}{\partial x} - C_3 \frac{\epsilon}{k} \right) \left(C_2 \frac{\partial V}{\partial r} - C_3 \frac{\epsilon}{k} \right)\end{aligned} \quad (14)$$

$$C_2 = C_{20} - 1 \quad (15)$$

$$C_3 = C_{30} \left(1 + \frac{1}{Pr} \right) + C_{10} \quad (16)$$

ただし、

$$C_{10} = 3.2 \quad C_{20} = 0.4 \quad C_{30} = 0.032$$

上記の局所平衡仮定は近似操作ではあるが、低プラントル数流体の直接数値シミュレーションによる平行平板間流れの乱流熱伝達に関する計算結果¹¹⁾では局所平衡仮定の妥当性を裏付ける結果が示されている。また、流れ場に適用した Launder-Ying の代数方程式モデルはレイノルズ応力の支配方程式に局所平衡仮定を適用して求められた代数式を用いるものであり、温度場に適用した乱流プラントル数を用いないモデル¹⁾と近似のレベルが合致している⁴⁾。

3.3 数値解法

式(4)~(7)を文献¹²⁾によって差分方程式に変換し、数値解析により解いた。計算は、管内噴流の軸対称性を考慮して、図1に示した領域において行った。領域の総格子点数は30×30個とした。計算に際しては、まず、流れ場の各変数 u , v , k および ϵ のそれぞれについて反復計算を実行し、得られた収束値に Launder-Ying の代数式¹⁰⁾を適用し、レイノルズ応力を求めた。次に、物性値不変の仮定より、温度場は流れ場に影響しないことを考慮して、温度場の反復計算を実行した。なお、数値解法では、式(8)および(9)に示したように乱流熱流束項をすべて生成項に充てるのではなく、一部を拡散項として解くことにより、計算の安定性が高められた。

境界条件としては、 $x=0$ で Klebanoff の実験値¹³⁾を参考にした分布を与えた。また、 $x=L$ では、各変数の流れ方向こう配を0と置いた。 $r=0$ では、中心軸が対称軸であるので、 $V=0$ 、他の変数に関しては半径方向の勾配を0とした。 $r=D/2$ では、 $V=0$ 、 $\partial \Delta p / \partial r = 0$ とし、 u , k および ϵ に対しては康らの議論に基づいて Launder-Spalding による壁関数¹⁴⁾を壁から第2番目の格子点 ($y^+ > 30$) で適用した。また、加熱は熱流束一様の条件下で行った。また、本解析では、壁温の予測には壁法則を用いずに、壁から第1番目の格子点における $Pr \cdot y^+$ 数が5以下の温度底層に配置されるよ

うに格子点を計算毎に調整し、分子熱伝導の式を利用して、第1番目の格子点の流体温度から壁温を予測した。

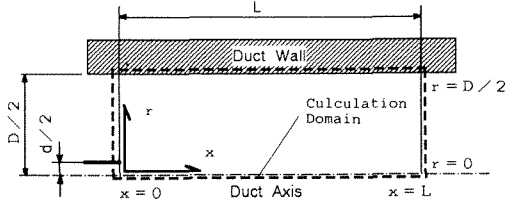


図1 計算流域と座標系

4.1 空気の管内噴流熱伝達

計算手法の妥当性を調べるために、液体金属の計算に先だって流体を空気とした場合の計算を行った。空気の計算では、Launder-Spaldingの壁関数¹⁴⁾を壁温の予測に用いた。その結果を図2に示す。図は入口空気温度で定義した局所ヌセルト数の流れ方向分布 (Re=7000)を示したものである。図中の実線は康らの計算⁶⁾を再度実行した結果であり、一点鎖線が今回の計算結果である。両者の計算手法の違いは、康らの計算では、1) 分子粘

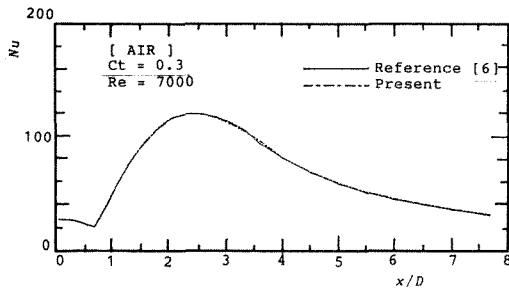


図2 空気の熱伝達率

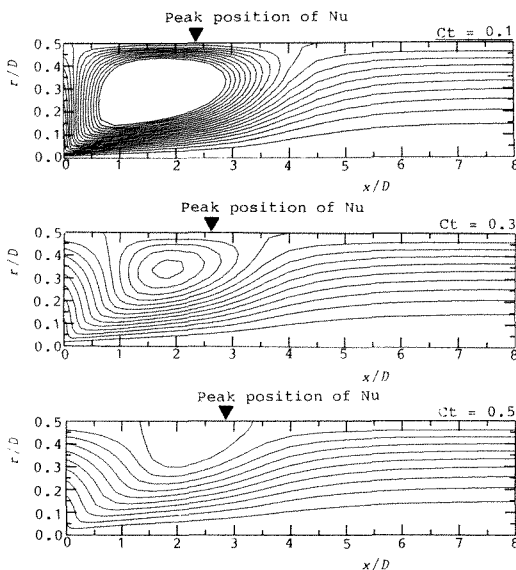


図3 流線図

性の項 (すなわち、式(1)の拡散項中の μ)は無視し、2) 乱流プラントル数を導入している点にある。図の計算結果を比較すると、両者は良く一致しており、康らの計算結果の妥当性⁶⁾から、本計算手法の妥当性が確認される。なお、図には示していないが、混合平均温度で定義した局所ヌセルト数 Nu_b は図2と同様の分布を示し、 Nu_b の極大値を示す流れ方向位置は Nu の極大値を示す流れ方向位置とほぼ一致している。

4.2 液体ナトリウムの管内噴流熱伝達

以下では、流体に液体ナトリウム (Pr=0.007)を用いた場合の結果について述べる。Ct数を0.10, 0.30および0.50に変えた場合の流線図 (図3)に注目すると、いずれの計算結果においても循環流の発生が確認された。Ct数の増加に伴い、噴流よりの巻き込み我減少し、循環流領域は小さくなる。図4にkの等値線図を示す。図では濃淡の濃い領域ほどkが大ききことを表している。図4を図3と比較すると、循環流に伴う巻き込みにより、再付着点の上流域にkの極大値が到達する。Ct数が増加するにしたがい、噴流速度が減少するため、kの極大値は小さくなり、その位置は再付着点に漸近してゆく。

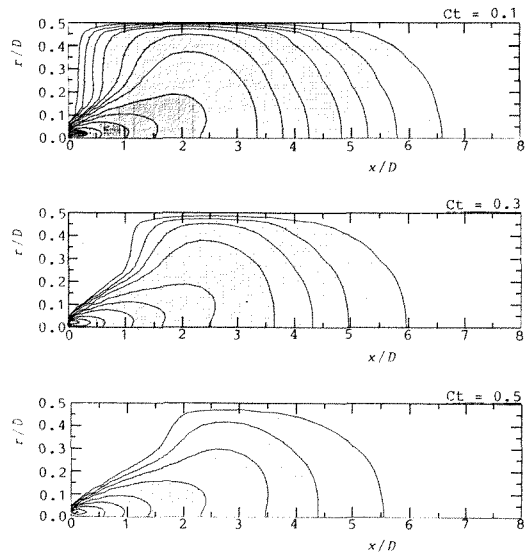


図4 kの分布

液体金属のような低プラントル数流体は粘性底層厚さに比べて温度底層厚さがはるかに厚く、流れの攪乱は一般流体より烈しく温度底層にじょう乱を与え、その効果は良好な熱伝導によって流れ方向の広い範囲にわたるものと予想される。図5に示した局所ヌセルト数 Nu の流れ方向分布では、比較的熱伝達の良好な領域が流れ方向の広い範囲 (Ct=0.1の場合に $0.3 \leq x/D \leq 5.0$)にわたり存在している。また、前述のようにkの極大値が循環流領域内部に存在するため、そこにおける熱伝達が促

進され、空気の場合と同様に k の極大値に対応して Nu 数の極大値が生じ、 Ct 数が減少するにつれて増加する傾向を示す。しかし、低プラントル数流体は、熱伝導が良好なために渦温度拡散係数の寄与は一般流体に比べて小さく、 Nu 数の極大値は $Ct=0.1$ の場合においても計算領域最下流のヌセルト数の最大 2 倍程度に抑えられている。以上示したように、金属加工プロセスの観点からすれば、 Ct 数の小さな場合ほど、広い領域で強い攪乱が生じ、相対的に高い熱伝達率が一樣に得られるため、製品の均質化と生産性の向上が期待される。なお、再付着点よりさらに下流では、 Nu 数は Ct 数によらずほぼ同じ値となり、この領域では空気と同様に液体金属においてもレイノルズ数が支配的なパラメータであることが予想される。

循環流領域内では、混合平均温度で定義した局所ヌセルト数に物理的な意義を見いだすことは困難であるが、循環流領域後縁の再付着点より下流域では熱伝達機構の解明に役立つものと考えられる。したがって、本解析では再付着点より下流域における Nu_b 数に注目する。図 6 に Nu_b 数の流れ方向分布を示す。流体に液体金属を用いた場合の円管内の発達した乱流の極限ヌセルト数は、次に示す Seban & Shimazaki の実験式¹⁵⁾によって求められ、本解析のペクレ数 $Pe (=Re \cdot Pr) = 49$ を代入す

ると、5.56 になる。図の下流側の Nu_b 数はこの値とほぼ一致しておおむね妥当な結果が得られている。 Nu_b 数の極大値は Nu 数の極大値のさらに下流側に存在し、一般流体にみられた Nu_b 数の極大値と Nu 数の極大値の流れ方向の発生位置の一致は見られない。

ここで、整理のために Nu 数および Nu_b 数の極大値および循環流領域の流れ方向位置を図 7 に示す。本解析結果の循環流領域および Nu 数の極大値を示す流れ方向位置は図には示していないが一般流体の解析結果⁶⁾のそれらと、それぞれほぼ一致している。 Nu_b 数の極大値を示す位置は、 Ct 数の増加とともに本解析範囲内では再付着点を越えて直線的に下流側へ移動してゆくことが分かる。一般流体の Nu 数の極大値位置と Nu_b 数の極大値位置が一致する理由は、熱伝達の機構が主として k によっているためである^{6),7)}。一方、 Nu_b 数の極大値位置は、周流流速の比較的小さい $Ct=0.1$ の場合に循環流域後縁の再付着点と概ね一致し、周流流の増加とともに下流へ移動していることから、 Nu_b 数の極大値は未だ十分に加熱されていない比較的低温の中心噴流が比較の厚い温度底層に到達し、これを攪乱することによって生じるものと思われる。このことから、ナトリウムの Nu_b 数の極大値の生成機構は、 k ではなく、主として良好な熱伝導によっていると考えられる。

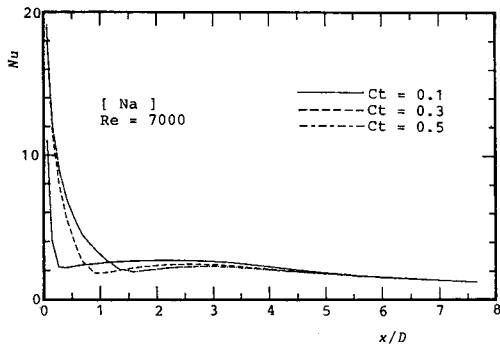


図 5 ナトリウムの熱伝達率 (Nu)

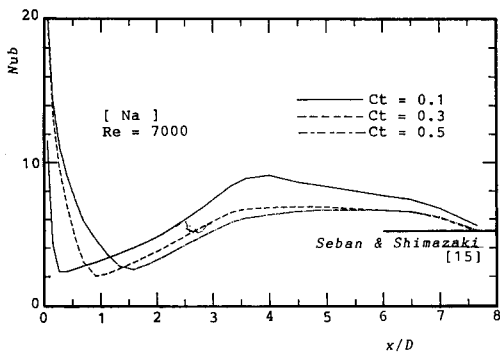


図 6 ナトリウムの熱伝達率 (Nu_b)

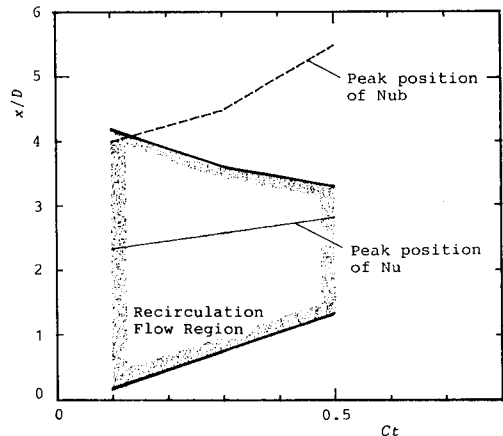


図 7 極大熱伝達率位置、循環流領域の比較

次に、図 8 に得られた結果から逆算した乱流プラントル数 Pr_t の半径方向分布を示す。再付着点下流域の円管内の発達した乱流に比較的近づいた領域 ($x/D=4.5$) における液体金属および空気の Pr_t 数は半径方向にはほぼ一樣に分布し、壁近傍でやや増加する傾向を示して、管内流に関して、これまでに知られている知見¹⁴⁾と合致する。通常の $k-\epsilon$ モデルに用いられる Pr_t 数が、一般に

$Prt=0.8\sim 0.9$ であるので、本結果はやや低めに計算されている。さきに示した空気の熱伝達率が良好に予測されている理由は計算に用いた壁関数の性能が良好であることに由来しているものと思われる。次にナトリウムの結果 ($x/D=4.5$) では、Jisha & Rieke の解析結果 ($Re=20000$) の場合、 $Prt=2.56$ ¹⁶⁾ と比べてやや低めに予測されている。これらは、計算において高レイノルズ数用乱流モデルをレイノルズ数7000の流れに適用したことおよび局所平衡仮定による近似操作のために生じているものと考えられる。循環流領域内部の $x/D=2.83$ および 1.83 では、 Prt 数は一様な分布とはならない。 Nu 数が上昇を開始する流れ方向位置近傍の $x/D=1.83$ では、循環流領域内部に Prt 数が1よりかなり小さい領域が存在し、温度乱れの寄与が増加するが、逆に、 Nu 数が極大値を示す流れ方向位置近傍の $x/D=1.83$ では、 Prt 数が大きな値を示し、温度乱れの寄与が減少する傾向を示しており、図5の Nu 数の平坦な分布が裏付けられる。

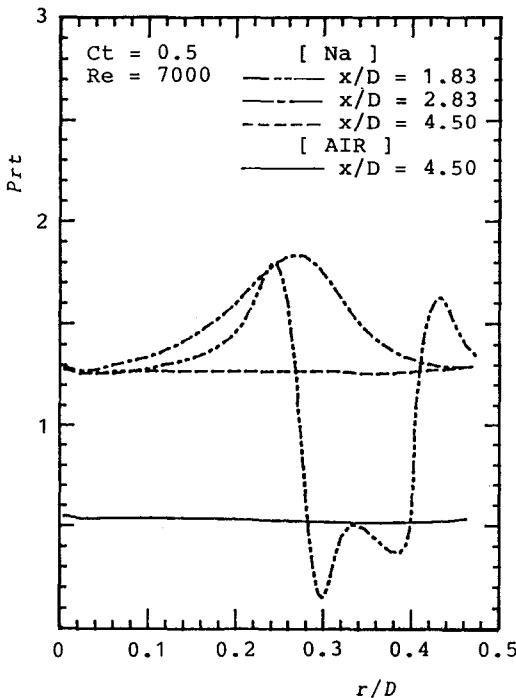


図8 乱流プラントル数の半径方向分布

以上示してきたように、液体金属では温度底層厚さが流れ場の対数領域の一部を含むほど厚く、流れ場の様子に温度場が敏感に反応することがわかった。また、複雑な流れに適用できるような汎用性のある壁関数は壁法則のみにより導くことが困難であることが推定され、管内流のように一定の Prt 数を導入する方法は不適當であり、

本解析は近似的な手法であるが、複雑な流れに対しては適切であることが確認された。

〔参考文献〕

- (1) Suzuki, K., Letters in Heat and Mass Trans., vol. 9-4 (1982), 245
- (2) Suzuki, K. and Tohkaku, A. Bu-Xuan Wuan, wang 編, Heat Transfer Sci. Technol., (1987), 261
- (3) Suzuki, K., Tohkaku, A. and Sato, T., Proc. Eighth Int. Heat Transfer Conf., 3 (1986), 969
- (4) 鈴木, Janusz, S. S., 大塚, 機講論, No. 89-0714A
- (5) 康・他4名, 機論, 45-398, B (昭54), 1473
- (6) 康, 鈴木, 機論, 48-425, B (昭57), 122
- (7) 須賀, 鈴木, 第22回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 223
- (8) Becker, H. A., Hottel, H. C. and Williams, G. C., 9th Symposium on Combustion, Academic Press, 7 (1963)
- (9) 鈴木ら, 機論, 46-408, B (昭55), 1447
- (10) Launder, B. E. and Ying, W. M., Proc. Inst. Mech. Eng., 187 (1973), 455
- (11) 大坪, 笠木, 富田, 第28回日本伝熱シンポジウム講演論文集, vol. I, 16
- (12) 鈴木 (甲藤・ほか4名編), 伝熱学特論, (1984), 269-289, 養賢堂
- (13) Klebanoff, P. S., NACA Rep., 1247 (1955)
- (14) Launder, B. E. and Spalding, D. B., Comp. Methods Appl. Mech. Eng., 3-2 (1974), 269
- (15) Seban, R. A. and Shimazaki T. T., Paper No. 50-A-128 ASMER (1950)
- (16) Jischa, M. and Rieke, H. B., Int. J. Heat Mass Transfer, 22-12 (1979), 1631

電流形アクティブフィルタの側波帯の抑制について

井村 榮 仁

Suppression of Side Band Generated In Current Type Active Filter

Shigeji IMURA

In this research, it is shown that the passive L-C filter is not necessarily effective near the interrupted electric circuit just as active filter. The current type active filter is considered as a current source containing many harmonics. By using equivalent circuit, we can design L-C filters to suppress unnecessary frequency component (side bands) which are generated in PWM operation. But in most cases, these filter can not give sufficient effect except for steady state because of the transient phenomena. The fact mentioned above is introduced by solving the current type active filter system with L-C filters.

1. まえがき

電流形アクティブフィルタは原理上応答性に優れているが、反面運転効率が低いことや側波帯の発生などの問題がある。ここではシミュレーションにより後者の抑制についての一つの試行を通じ基本的な問題提起をする。

PWMの理論によれば一般に発生すべき信号成分の周波数より低次の側波帯は出てこない。しかし、キャリア周波数が低い場合には、キャリア周波数と信号成分のそれとの差の周波数としてやはり低次の側波帯が起る。

これを避けるためにはMOSFETなどのスイッチング素子を使用することを前提として極端に高い周波数のキャリアを用いればよい。ただし、このときも側波帯の次数が高くなっただけで本質的な解決になっていない事実を忘れてはならない。

さて容量その他から本報告ではスイッチング素子としてGTOを使用することとし、従ってキャリア周波数は2(KHz)前後であるとする。アクティブフィルタを動作させて、いわゆる第5, 7, 11および13次の信号成分に対応する高調波電流を抑制しようとするれば上述のように低次の有力な側波帯が発生する。これを除去ないしは低減するための一方法を前報¹⁾で述べ、その結果はス

イッチング周波数が高くなってしまふなどの難点が生ずることを指摘した。そこで今回は新たに受動素子により、このような側波帯を吸収できないかどうかを検討することとした。

2. PWM制御時の側波帯

図1に電流形アクティブフィルタの構成を示す。各部の詳細な回路および主回路の諸元についてはやはり前報を参照されたい。ここでは必要なもののみ提示すること

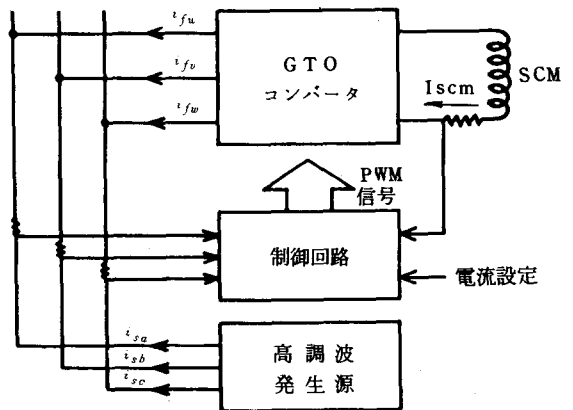


図1 アクティブフィルタの原理

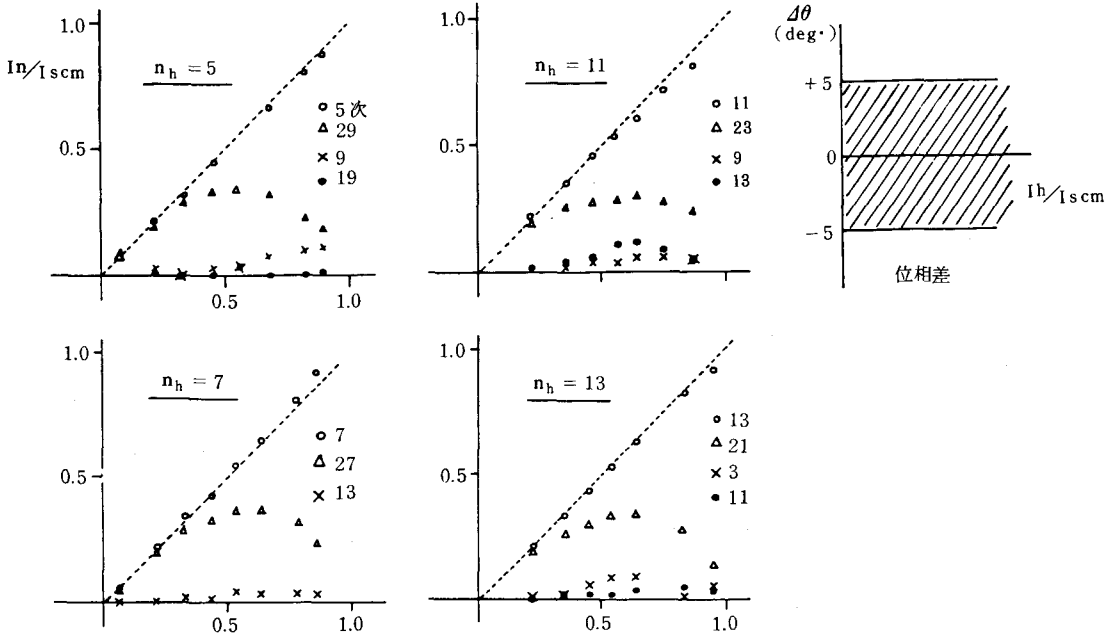


図2 出力電流に含まれる側波帯の変化と位相差

とする。簡単に本システムの動作の概要について説明する。高調波発生源から出された高調波電流信号を直流絶縁アンプを通して制御回路に入力する。ただし、図にはアンプを省略してある。また、アンプの倍率は計測するシャント抵抗値、変圧器巻数比などのシステム定数および制御回路の設計値などによって定まる或る一定値である。さて、3相電流の和は零であることを利用してa, bおよびC相のうちから任意の2つの信号をとり込み、残りの相の信号は制御回路内部で合成している。尚、この合成に先立って主回路の△-Y結線された変圧器を考慮して、制御回路の最初に△-Y変換回路を設けてある。

後述するように側波帯の振巾は、電流源であるコイル電流の大きさに対する、制御高調波の振巾の比に依存すること、正確なPWM出力を得る必要があることからコイル電流値も制御回路にフィードバックしなければならない。電流設定値は、コイル電流を任意の値に設定するためのものである。また、既述のようにコンバータ部のスイッチング素子としてGTOを用いているため、キャリア三角波の周波数は2040 (Hz) [34次相当]とした。

GTOコンバータから出力された高調波電流は、3相の△-Y変圧器を通して母線に供給され、高調波発生源からのそれらを抑制する。

さて図2にPWM制御時における側波帯の次数と振巾とを示す。また、本システムをシミュレーションにより計算した結果の一例を図3に掲げる。これら両図から知れるように電流形アクティブフィルタの長所——応答性の良さ——に対し、短所としての有力側波帯の発生

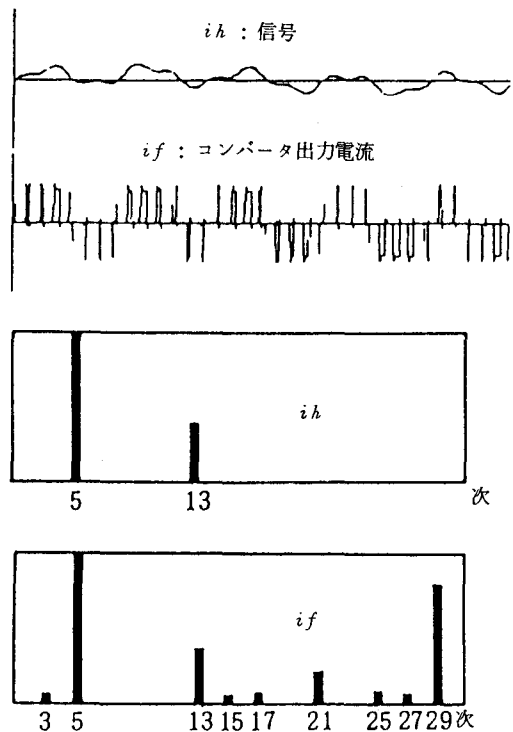


図3 側波帯 (例)

が確認される。尚、図3は信号に第5次および13次の高調波電流を含んでいる場合のシミュレーション結果である。(信号: $i_5 = 5 \text{ A}$, $i_{13} = 2 \text{ A}$ でコイル電流 $I_{scm} \doteq 17 \text{ A}$ の例である。)

3. 単相モデルによるシミュレーション

3・1 等価回路とLCフィルタの周波数特性

図4は本システム主回路部の1相あたりの等価回路であり、各定数は変圧器2次側の値である。前節で述べた破線部のフィルタを付加したシステムについて調べてみる。今、GTOコンバータ部をいくつかの高調波電流を含む電流源とみなし、コンバータから出力される電流のうち有力な側波帯成分をフィルタ部に分流させる。図よりトランス2次巻線に流れる電流を求めると

$$\dot{I}_t = \frac{\dot{Z}_t}{\dot{Z}_t + \dot{Z}_i} \cdot \dot{I}_{conv} = G(j\omega) \cdot \dot{I}_{conv} \quad (1)$$

ここに、 $G(j\omega) = \dot{Z}_T / (\dot{Z}_t + \dot{Z}_i)$ 、 $\dot{Z}_t = R_t + j\omega L_t$ 、 $\dot{Z}_i = 1 / (\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3 + \dot{Y}_4)$ 、 $\dot{Y}_1 = -j / (\omega L_1 - 1/\omega C_1)$ 、 $\dot{Y}_2 = -j / (\omega L_2 - 1/\omega C_2)$ 、 $\dot{Y}_3 = -j / (\omega L_3 - 1/\omega C_3)$ および $\dot{Y}_4 = -j / (\omega L_4 - 1/\omega C_4)$

となる。与えられた R_t 、 L_t に対し $G(j\omega)$ の振巾 $|G(j\omega)|$ が第21, 23, 27および29次において十分小さかつこれらより低次の周波数成分については $|G(j\omega)| \approx 1$ で $\angle G(j\omega) \approx 0$ となるように各 L_i 、 C_i ($i = 1 \sim 4$) を設計した。これの周波数特性を図5に与える。

この結果によるとLCフィルタを挿入することで、側波帯は大巾に軽減されるものと考えられる。

3・2 LCフィルタを有する電流形アクティブフィルタのシミュレーション

ここでLCフィルタを付加した場合のシミュレーションを行なう。図4の回路定数および各動作量の基準方向のもとで回路方程式をたてて整理すると次の状態方程式が得られる。ただし、式(2)はGTO1, 2が導通している場合、また式(3)はGTO1, 4が導通している場合であって状態変数 $X_1 \sim X_7$ には表1における回路状態 [I] の各動作量が対応する。

$$\dot{X} = A^{-1} \cdot Y \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$X =$$

($X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7; X_8, X_9, X_{10}$,

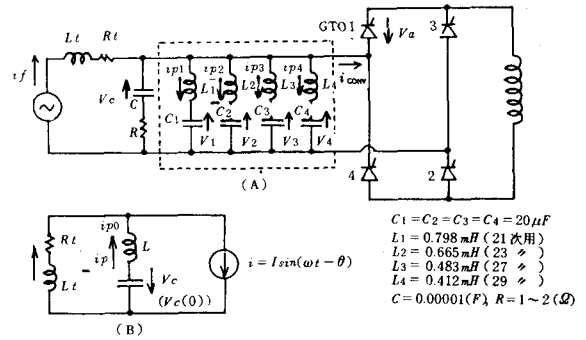


図4 アクティブフィルタ単相等価回路

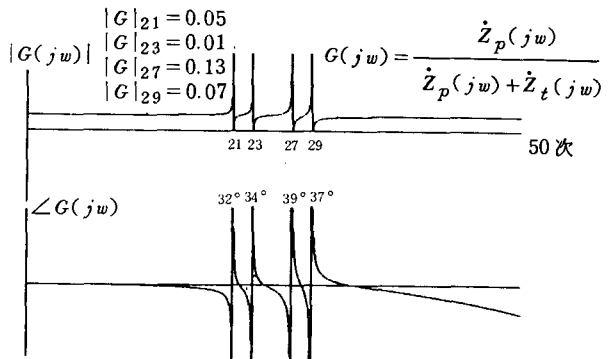


図5 周波数特性

X_{11} で $\dot{X} = (d/dt) X$ とする。また、 $A^{-1} = (a_{ij})$ 、 $i = 1 \sim 11$ 、 $j = 1 \sim 11$ において

$$a_{12} = 1/L_t, \quad a_{13} = a_{14} = a_{15} = a_{16} = -a_{12}, \quad a_{17} = -T_d/L/C$$

$$a_{21} = a_{23} = a_{24} = a_{25} = a_{26} = 1/L, \quad a_{22} = -a_{21}, \quad a_{27} = T_d/L/C$$

$$a_{33} = a_{34} = a_{35} = a_{36} = 1/L_1, \quad a_{37} = T_d/L_1/C$$

$$a_{44} = a_{45} = a_{46} = 1/L_2, \quad a_{47} = T_d/L_2/C$$

$$a_{55} = a_{56} = 1/L_3, \quad a_{57} = T_d/L_3/C, \quad a_{66} = 1/L_4, \quad a_{67} = T_d/L_4/C$$

$$a_{77} = 1/C \text{ で } a_{88} = 1/C_1, \quad a_{99} = 1/C_2, \quad a_{1010} = 1/C_3, \quad a_{1111} = 1/C_4 \text{ となり、その他の } a_{ij} \text{ すべて } 0 \text{ である。また、} T_d = CR。$$

さらに $Y = (y_1, y_2, \dots, y_{11})$ について

$$y_1 = e_M - R_t X_1 - 2v_a - R_L X_2, \quad y_2 = e_M - R_t X_1 - X_8, \quad y_3 = X_9 - X_8, \quad y_4 = X_{10} - X_9,$$

表 1

回路状態	状態変数 導通しているGTO	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	e_M
I	GTO1,2	i_t	I_{scm}	i_{p1}	i_{p2}	i_{p3}	i_{p4}	V_c	V_1	V_2	V_3	V_4	e
II	GTO3,4	$-i_t$	I_{scm}	$-i_{p1}$	$-i_{p2}$	$-i_{p3}$	$-i_{p4}$	$-V_c$	$-V_1$	$-V_2$	$-V_3$	$-V_4$	-e
III	GTO1,4または 2,3	回路状態 I と同											e

$y_5 = X_{11} - X_{10}$ および
 $y_6 = X_7 - X_{11}$, $y_7 = X_1 - X_2 - X_3 - X_4 - X_5 - X_6$
 でその他の $y_k = 0$ 。

$$X = B^{-1} \cdot Z \quad \dots\dots\dots(3)$$

X , \dot{X} については既述のとおりであるので B^{-1} , Z について記せば次のとおりである。ただし, $B^{-1} = (b_{ij})$, $i = 1 \sim 11$, $j = 1 \sim 11$, $Z = {}^t(Z_1, Z_2, \dots, Z_{11})$ とする。

$$b_{11} = 1/L_1, \quad b_{17} = -T_d/L_1/C, \quad b_{22} = 1/L_2$$

$$b_{33} = b_{34} = b_{35} = b_{36} = 1/L_3, \quad b_{37} = T_d/L_3/C$$

$$b_{44} = b_{45} = b_{46} = 1/L_4, \quad b_{47} = T_d/L_4/C$$

$$b_{55} = b_{56} = 1/L_5, \quad b_{57} = T_d/L_5/C, \quad b_{66} = 1/L_6$$

$$b_{67} = T_d/L_6/C \text{ および } b_{77} = 1/C. \text{ また, } b_{88} = 1/C_1$$

$$b_{99} = 1/C_2, \quad b_{1010} = 1/C_3 \text{ および } b_{1111} = 1/C_4$$

であって, 他のすべての $b_{ij} = 0$ となる。そして Z については

$$Z_1 = e_M - R_t X_1 - X_7, \quad Z_2 = -R_L X_2 - 2 v_a,$$

$$Z_3 = X_9 - X_8, \quad Z_4 = X_{10} - X_9, \quad Z_5 = X_{11} - X_{10},$$

$$Z_6 = X_7 - X_{11} \text{ および } Z_7 = X_1 - X_3 - X_4 - X_5 - X_6$$

もう少し詳しく説明すると, GTO コンバータが高調波電流をトランス 2 次側に出力しているモード (以下高調波発生モードと呼ぶことにする) とコイル電流が上下同アームの GTO を通じて循環するモード (以下循環モードと名付ける) という, 2 つの大きなモードが存在し, 当然両者で状態方程式は違ったものになる。尚, 厳密には高調波発生モードはさらに 2 個の異った回路状態のうちのどちらかが出現し, 表 1 に掲げるように回路ごとに状態変数の置き換えを行なうことで同一の方程式(2)を用いることができる。後者のモードについては一応 2 つの回路状態に分けられるが, 方程式としては区別する必要がない。

さてシミュレーションでは, 発生すべき高調波電流信号を三角波との比較によりどの回路状態であるかを判断し式(2)または(3)と表 1 の状態変数の置き換えを行なってルンゲクッタギル法で解いている。

アクティブフィルタが発生すべき高調波電流信号として第 5 次成分 2 (A), 7 次成分 1 (A), 11 次成分 0.5 (A) および 13 次成分 0.25 (A) の合成電流を用いる。ルンゲクッタギル法により各動作量を計算し, GTO コンバータ出力電流のうちトランス 2 次側電流 i_f の高調波分析を行った結果を図 6 (A)~(C) に示す。図 (A) は, システムが LC フィルタをを持たない場合の i_f のスペクトル, これに対しフィルタを付加した場合の第 1 周期目における i_f のスペクトルを図 (B) に, また第 30 周期目のそれを同

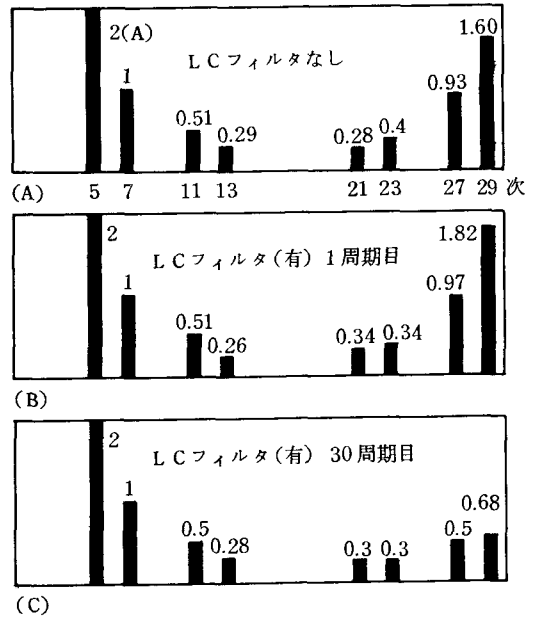


図 6 トランス 2 次側電流のスペクトル

(C) に与える。

前項 (3・1) によれば, LC フィルタを持たない場合 23, 27 および 29 次の順にそれぞれ 5%, 1%, 13% および 7% に激減するはずである。しかるに, 図 (A) と (B) との比較においては殆んど差異は認められない。それどころかこの例では第 29 次成分が一層大きくなっている。信号成分の比率や位相角を種々選んでもこの傾向は同じである。一方, 信号成分についてだけみると電流形本来の長所として振巾・位相ともほぼ正しく出力される。次に図 (C) では, 第 27, 29 次の側波帯は約 1/3 に減少している。

しかし, 大巾な抑制とはいえない。しかも, これは同じ信号が 30 回くり返した後はじめて認められる効果なのである。以下この原因について調べてみる。

3・3 過渡特性による検討

図 4 (B) は, GTO コンバータを側波帯を含むいくつかの高調波電流からなる電流源とみなしたとき, どれか一つの側波帯に注目して, この側波帯と, これに対応する LC フィルタとを取り出した回路である。ここでは, この回路を用いて側波帯が LC フィルタとトランス 2 次巻線にどのように分流するかを解析的に求める。図 4 (B) から次式を得る:

$$L_t \frac{d}{dt} i_t + R_t i_t = V_c(0) + \frac{1}{C} \int i_p dt + L \frac{d}{dt} i_p \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$i_f + i_p = I \sin(\omega t + \theta) \quad \dots\dots\dots(5)$$

これを i_p について解くと、

$$i_p(t) = \frac{Z_1}{Z_2} I \sin(\omega t + \theta - \phi_1 - \phi_2) + e^{-\alpha t} \frac{\sqrt{(Lt+L)/C}}{\sqrt{(Lt+L)/C - (R/2)^2}} \cdot \frac{Z_1}{Z_2} I \sin(\theta - \phi_1 - \phi_2) \sin(\beta t - \psi')$$

$$- e^{-\alpha t} \cdot \frac{1}{\sqrt{(Lt+L)/C - (R/2)^2}}$$

- $vc(0) + \frac{Z_1}{Z_2} I \frac{\cos(\theta - \phi_1 - \phi_2)}{\omega C}$
- $\sin \beta t + e^{-\alpha t} \cdot i_p(0) \left\{ \cos \beta t - \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sin \beta t \right\}$
\dots\dots\dots(6)

ただし、

$$Z_1 = \sqrt{R_i^2 + (\omega L_i)^2}, \quad Z_2 = \sqrt{R_i^2 + \left\{ \omega(L_i + L) - \frac{1}{\omega C} \right\}^2}$$

$$\phi_1 = \tan^{-1}(\omega L_i / R_i), \quad \phi_2 = \tan^{-1} \left[\frac{\omega(L_i + L) - 1/\omega C}{R_i} \right]$$

$$\alpha = (R/2) / (L_i + L), \quad \psi' = \tan^{-1}(\beta / \alpha)$$

$$\beta = \sqrt{1/C(L_i + L) - \{(R/2)/(L_i + L)\}^2}$$

これと式(5)から

$$i_f(t) = I \sin(\omega t - \theta) - i_p(t) \quad \dots\dots\dots(7)$$

を得る。電流源の側波帯の次数を21次として式(6)または、(7)を用いて計算した、1周期目における $i_p(t)$ の波形を図7(A)に、 $i_f(t)$ のそれを同(B)に示す。また、図(D)は十分時間が経過したときの $i_f(t)$ である。これらから明らかなように過渡状態ではL-Cフィルタの効果は殆んど認められない。

4. あとがき

応答性の良い電流形アクティブフィルタが発生する側波帯の除去ないしは抑制について検討した。

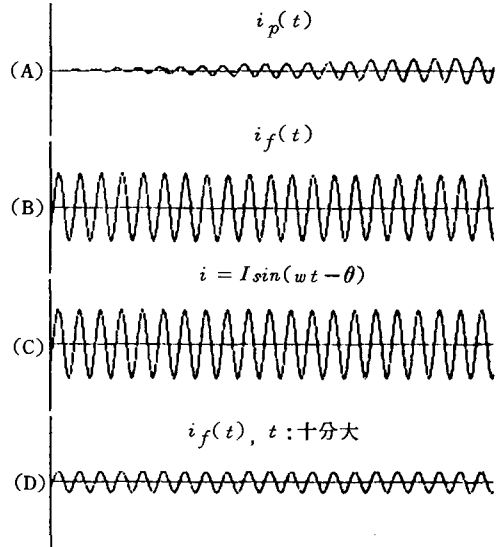


図7 過渡項の影響

半導体スイッチング素子を含む回路は、過渡状態の連続と考えられるため、高調波電流信号が瞬時々々変動する場合には注意が必要である。すなわち、二次的に発生する側波帯をLCフィルタにより吸収することが困難であることを示した。

一方、図6(C)から知れるように断続的に変化する場合でも、それが周期的に同じであるときには定常状態においてLCフィルタの効果が或る程度認められるようになる。このことは定常状態においてはPWM制御されたコンバータ出力電流を多数の高調波電流の和としての電流源とみなしてもよいことを示唆する。

そして、このときLCフィルタの周波数特性が意味をもつ。しかし、アクティブフィルタ本来の目的から言えば、時々刻々変化する高調波電流に常に追従できる必要があり、これに伴う側波帯の発生を減少させる別の方法について今後も追及してゆきたい。

文 献

- 1) 井村：奈良高専研究紀要第26号，pp 29-34，平成2年度。

Characteristics of Solid Electrolytic Capacitor with TCNQ Complex by Ultrasonic Irradiation

Jun KYOKANE, Yoshihiro YAMAMOTO,
Iichi KIMURA and Katsumi YOSHINO*

A new method utilizing ultrasonic irradiation to the substrate during evaporation under vacuum has been proposed to obtain highquality thin films. As an example, thin films have been prepared by evaporation of TCNQ complex on porous Al plates under ultrasonic irradiation. The large capacitance of condenser with a good frequency response can be fabricated utilizing thin filmsobtained by this new method.

1. Introduction

Recently both inorganic and organic thin films have been widely used as electronic elements, sensors, coatings, protecting and also lithographic layers etc. Among various methods for preparation of thin films, an evaporation technique under vacuum is one of the most simple and convenient methods. However, to obtain films of the desired quality, various modifications of this method, for examples, such as ion plating and cluster ion beam techniques have been developed. It has also been well known that the substrate and its temperature strongly influence on the property of the evaporated films. Recently, we have also confirmed that a simple method shown in Fig. 1 by combining corona discharge from needles set between the evaporation source and the substrate and acceleration by applied field gave improved quality of films. In most cases, however, when the surface of the

substrate was irregular containing steps or pores, the simple evaporation method does not give a uniformly deposited surface. It is also difficult to evaporate the material deep into pores on the surface.

Here, in this paper, we propose a new simple technique to improve quality of the evaporated thin film by giving ultrasonic irradiation to the substrate during evaporation. As an example, we show the excellent characteristics of a condenser prepared by the films of TCNQ complex obtained by this technique. That is, recently, electrolyte considers utilizing conducting charge transfer complex as a solid electrolyte have attracted much attention. However, to establish high quality condensers with a large capacitance and wide frequency response, it is important to put a sample into small pits formed on metal plates. For example, condensers utilizing a fusible TCNQ complex to penetrate in pits have been reported.

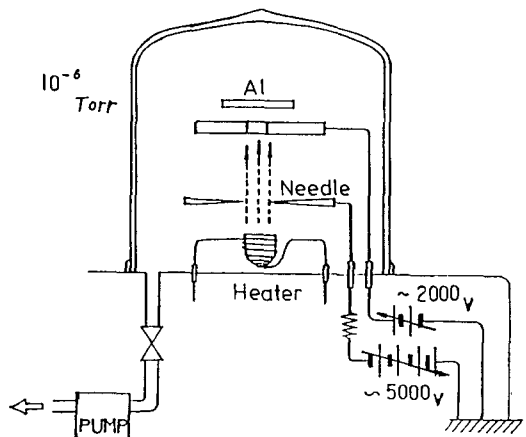


Fig 1. Schematic experimental set up of the evaporation method utilizing both corona discharge and field application.

However, a stable fusible charge transfer complex applicable for such a purpose is highly limited. On the other hand, it has not been easy to obtain such condensers utilizing the simple evaporation technique. In this study, we applied the new technique utilizing ultrasonic irradiation during the preparation of the solid electrolyte by the evaporation.

2. Fundamental Method and Experimental

The new method is very simple. This substrate is irradiated with ultrasonic waves during evaporation as schematically explained in Fig. 2. Various modes and frequencies of ultrasonic waves can be used for this method. However, here, we explain one of the most simple methods in which a substrate was put on a BaTiO₃ ultrasonic oscillator of a resonance frequency of 45.45 kHz (50mm in a diameter and 4 mm in thickness) was used. Substrate of Al with pits was put on the oscillator. The surface of Al substrate was oxidized to Al₂O₃ of 700° thickness. Two types of Al substrates with different pits radii of 1.43 μm and 2.6 μm, respectively, were used. The depth of the pores was about 100 μm. During the evaporation of the sample on the substrate, the oscillator was driven by applying a voltage between 45 V and 70 V.

The TCNQ (7,7,8,8 tetracyanoquinodimethane,

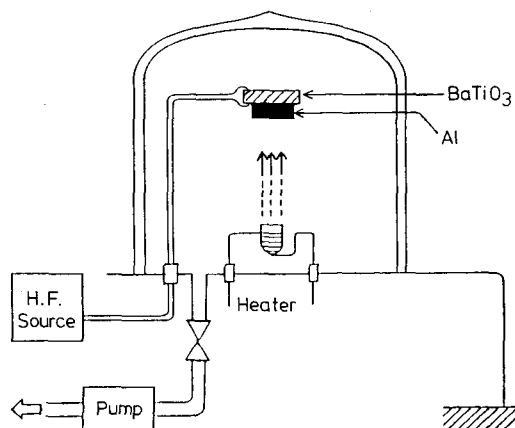


Fig 2. Schematic experimental set up of the evaporation method utilizing ultrasonic irradiation to the substrate.

Fig 3 (a)) complex was used as a simple. A charge transfer complex formed between TCNQ and various donors is known to exhibit a high electrical conductivity originating from electronic transport and can be used as an electronic solid

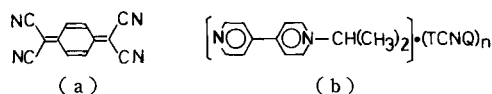


Fig 3. Molecular structures of TCNQ (a) and N-isopropyl 4,4' bipiridinium (b).

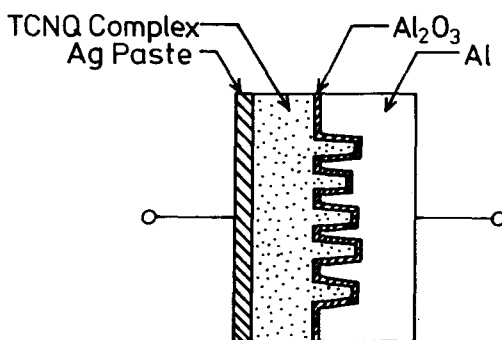


Fig 4. Structure of a condenser.

electrolyte among various donors a N-isopropyl 4, 4' bipiridinium whose molecular structure is known in Fig.3(b) was used. The N-isopropyl 4, 4' bipiridinium (TCNQ)₂ complex was evaporated by heating up to 240 ° C under vacuum on the porous

Al substrate under ultrasonic irradiation. Condensers with the structure shown in Fig. 4 were prepared utilizing the evaporated sample and characteristics were measured by the standard technique.

3. Results and Discussion

Figures 5(a) and (b) indicate the scanning electron microscope figures of the TCNQ complex film formed on an Al plate under ultrasonic irradiation and non-irradiation conditions, respectively. It is evident from this figure that the film prepared on the substrate irradiated with ultrasonic waves is much different from that of the conventional non-irradiated substrate. That is, the film by the former method (ultrasonic irradiated) looks much higher in density and uniformity of the film is improved. It was also confirmed that the TCNQ complex was even deposited on the inside surfaces of the pit contrary to the case of non-irradiated substrate in which the sample was not evaporated in the pits.

Utilizing this film on Al, condensers whose structure is Fig. 3 was constructed. Figure 6 indicates dependence of the capacitance of the condensers prepared with evaporated films on the Al plate with pits of 1.43 μm and 2.6 μm under ultrasonic irradiation on the distance between the

substrate and the source for various amount of TCNQ complex. As evident in this figure, the capacitance depends on the separation distance.

It should also be noted that the capacitance as high as 580nF/cm² was obtained, which is much higher than the capacitance constructed utilizing films without ultrasonic irradiation (60nF/cm²). These facts suggest that the TCNQ complex could be effectively deposited by evaporation in the pits of the Al substrate under ultrasonic irradiation, which enhanced the capacitance remarkably. The fact that the capacitance of the condenser constructed with the substrate of 2.1 μm pits is higher than that of 1.43 μm pits also means that the TCNQ complex is more effectively penetrated into the larger pits.

Figure 7 shows the frequency characteristics of the obtained condenser by the present method and also the conventional condenser utilizing a liquid electrolyte. As evident in this figure, the frequency dependence is much improved, which should be originated from increase of the electrical conductivity of the electronic electrolyte. In the present case, the high conductivity originated from the electronic conduction in the TCNQ complex plays a role contrary to the liquid electrolyte in which the lower ionic transport mainly contributes to conduction.

It should also be mentioned that the temperature

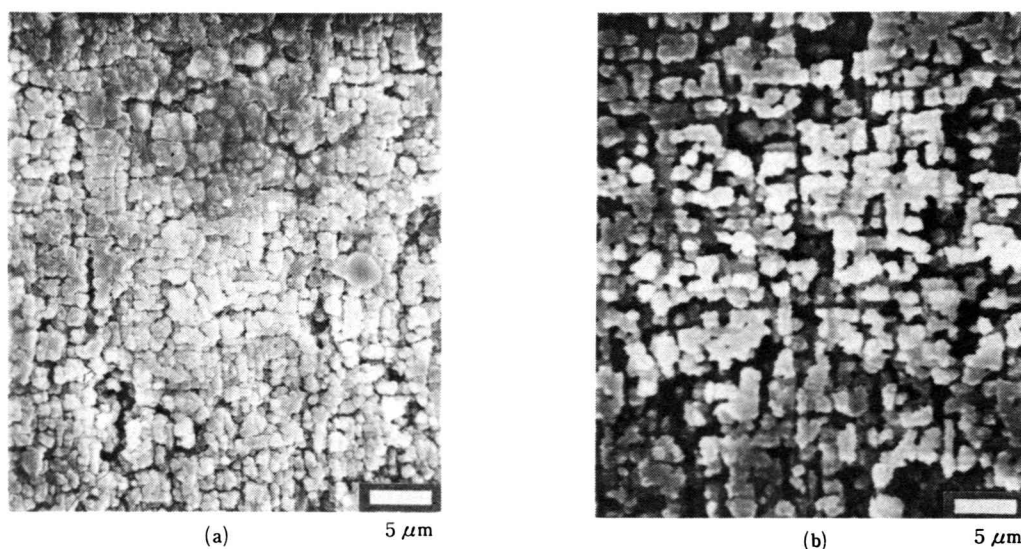


Fig 5. SEM figures of TCNQ complex under ultrasonic irradiation (a) and non-irradiation conditions (b).

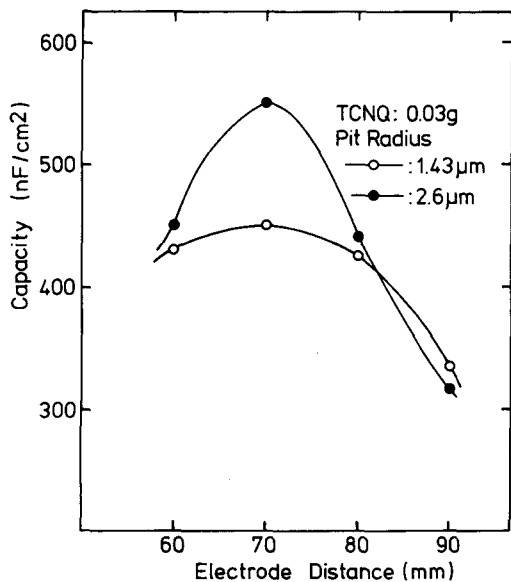


Fig 6. Dependence of the capacitance with pits of 1.43 μm and 2.6 μm on the distance between the substrate and the source.

dependence of the capacitance of the present condenser utilizing the electronic solid electrolyte was much less and the dielectric loss was also small.

This new technique utilizing ultrasonic irradiation to the substrate can be applied to other methods of film preparation such as ion plating, cluster ion beam, chemical vapor deposition (CVD), plasma CVD, etc.

4. Summary

The results of the present study are summarized as follows.

- (1) The new method utilizing ultrasonic irradiation to the substrate during evaporation was proposed.
- (2) The quality of the film of a TCNQ complex prepared by this new method was confirmed to be much improved compared with the conventional evaporation method.
- (3) Electrochemical condensers fabricated utilizing the TCNQ complex on the porous Al plate exhibited a large capacitance and wide frequency response.
- (4) This new technique utilizing ultrasonic irradiation to the substrate can be applied to various methods

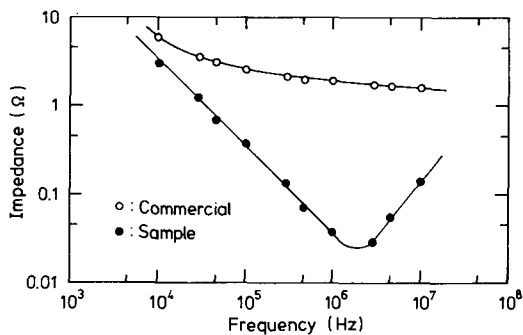


Fig 7. Frequency characteristics of the obtained condenser.

of film preparation.

Acknowledgement

The authors are very grateful to Mr. I. Isa of Central Research Laboratory, Japan Carlit Co.Ltd., for his supply of the TCNQ complex.

References

- 1) K. Inaoka, F. Matsuzaka, K. Sato and M. Okada, *Oyobutsuri* 52 (1983) 712 (in Japanese).
- 2) T. Takagi, *Thin Solid Films* 92 (1982) 1.
- 3) K. Yoshino and J. Kyokane, unpublished.
- 4) S. Niwa, *Synthetic metals* 18 (1987) 665.
- 5) I. Isa, *Nikkei New Materials* (1987) 48 (in Japanese).

パーソナルコンピュータを用いた 英語クローズテストシステムの作成

中村善一・國方太司

Implementation of an English Cloze Testing System Using a Personal Computer

Yoshikazu NAKAMURA and Takashi KUNIKATA

本論文は、英語クローズテストをパーソナルコンピュータを用いて実現するシステムについて述べたものである。本システムは、テスト作成システムと学習システムとからなる。テスト作成システムは、教師がテキストを入力することにより自動的にクローズテストを作成する。学習システムは、実際のテストと同じように画面上の空所に学習者の解答を入力する。また、学習者の要求によりヒントや採点結果を表示し、解答の履歴を出力する機能を持つ。本システムは、テストとしての利用の他に、自学自習システムとしての利用が可能である。

1. まえがき

クローズ・テストとは、readability（文章の読みやすさ）測定のためのテスト形式として提唱され、その後、被験者に文脈中の redundancy（冗長性）および expectancy grammar（予測文法）を活用させて、総合的な英語力を測定する言語テストとしても有効であるとされてきた⁽¹⁾。さらに、総合的な英語力を測定するテストであることから、必然的に4技能（「読み」「聞き」「書き」「話す」能力）の育成を生徒・教師にうながすことになり、その結果、教授法にもよい影響を与えることも期待できる。

実施方法は、テストに用いる文章から、機械的にn語（ふつう7～8語）ごとに単語を抜いて空白にし、その空白を埋めさせるものである。また、採点方法は、原文通りの語のみを正答とする方法（exact-word method）と内容的に正しいと認められる語も正答とする方法（acceptable-word method）の2通りがあるが、この両者の間には、高い相関関係が見られる。

クローズテストは機械的に問題作成ができることからコンピュータ利用が最も期待されるテストである。そこで、本稿において、コンピュータで問題作成し、生徒に

キーボードから入力させ、コンピュータによる採点、および生徒の解答履歴を記録できるシステムの作成を紹介する。

2. システムの概要

パーソナルコンピュータを用いて手軽にクローズテストを実現するため、以下のような考えに基づいてシステムを作成した。

- 教師のテスト作成の負担軽減と、コンピュータによるテスト作成の容易さことから、本システムではクローズテスト（通常7または8番目の単語を機械的に消去することにより作成されるテスト）を対象とする。
- 学習者は実際のテストと同じように、画面上の虫食い部分に解答を書き込む。また、必要に応じてヒントや正答率を得ることができる。
- 教師が学習者の学習状況を把握するため、解答の履歴がレポートできる。

本研究で作成したシステムのハードウェアはNEC PC-9801を、プログラミング言語はCを用いた。図1にシステムの構成を示す。

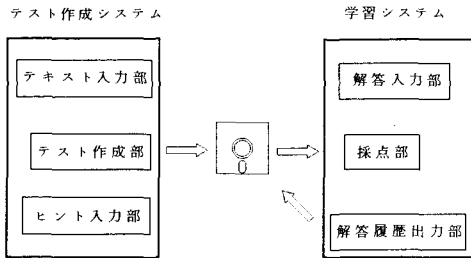


図1 システム構成

本システムは、①テスト作成システム、②学習システムとから構成される。

テスト作成システムは、教師がテキストを入力することにより自動的にクローズテストを作成する。また、必要に応じてヒントを作成する。学習システムは解答を処理し、学習者からの指示によりヒントや採点結果を表示するとともに、解答の履歴を出力する。

3. テスト作成システム

テスト作成システムは図1に示すように、①テキスト入力部、②テスト作成部、③ヒント入力部からなる。以下、各部について簡単な説明を行う。

(1) テキスト入力部

クローズテストの対象となる英文テキストを入力する。テキストの入力は、システムの指示に従って1文ずつ入力する方法と、既存のエディタで作成されたテキストファイルを直接入力する方法がある。

(2) テスト作成部

クローズテスト作成の基準、

- ①テキストの最初の何文を消去箇所としないか。
(1～5文を選択)
- ②テキストの最後の何文を消去箇所としないか。
(1～5文を選択)
- ③何単語ごとに消去箇所を設けるか。
(5～12単語を選択)

と、テキストの題名を入力することにより自動的にテストを作成する。なお、固有名詞、公式、数字などが消去箇所になった場合は、次の単語を消去箇所とする。数字については自動的に判別できるが、固有名詞等についてはテキスト入力時に対象となる単語の先頭に%を付加することにより判別している。

(3) ヒント入力部

消去箇所に対するヒント(品詞名など)を順次入力し、

学習システムにおいて学習者が利用できるようにする。

次に、テスト作成システムによるクローズテスト作成の大まかな流れを述べる。

まず、教師は目的にあったテキストを用意し、システムの指示に従って入力する。あるいは、あらかじめ使い慣れたエディタなどで作成したテキストファイル名を入力することにより、システムにテキストが読み込まれる。次に、テスト作成基準をシステムからの指示に従って入力することにより自動的にテストが作成される。作成されたテストに対して、教師は必要に応じて適切なヒントを入力し学習者の助けとすることができる。なお、作成されたテストは、指定されたファイル名(テスト名)でフロッピーディスクに出力される。

図2にテキスト入力の実行画面を、図3にヒント入力の実行画面を示す。

4. 学習システム

学習システムは図1に示すように、①解答入力部、②採点部、③解答履歴出力部からなる。以下、各部について簡単な説明を行う。

(1) 解答入力部

クローズテストの各問題(消去された単語の虫食い部分)に対する学習者の解答と、ヒントの要求を処理する。

解答の入力方法は、テスト画面上でカーソルを問題の空所の位置に移動し、キーボードより解答を入力する。カーソルは、f1キー(あるいはリターンキー)を押すことにより次の問題へ、f2キーにより前の問題へそれぞれ移動する。また、矢印キーにより任意に移動可能である。解答の訂正は、DELキー、BSキーにより1文字削除、INSキーにより上書きと挿入の切り替えが可能であり、通常のエディタと同様な感覚で行える。

学習者は必要に応じてヒントを得ることが可能であり、対象となる問題の空所中でヒントキー(f3キー)を押すことにより、ヒントメニューが表示され3種類のヒントが利用可能となる。各ヒントの内容は以下のようである。

- ① ヒント1 ヒント1を選択する度に単語の文字を1文字ずつ表示する。ただし、最後の文字は表示しない。
- ② ヒント2 単語の文字数を表示する。
- ③ ヒント3 テスト作成システムで教師が入力したヒントを表示する。

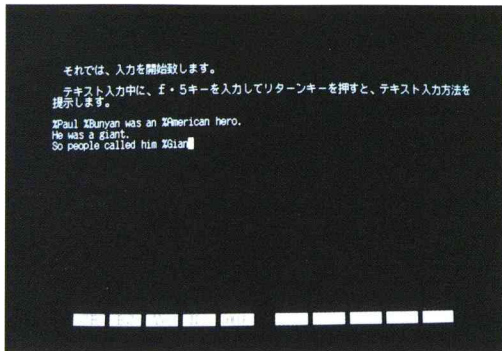


図2 テキスト入力例

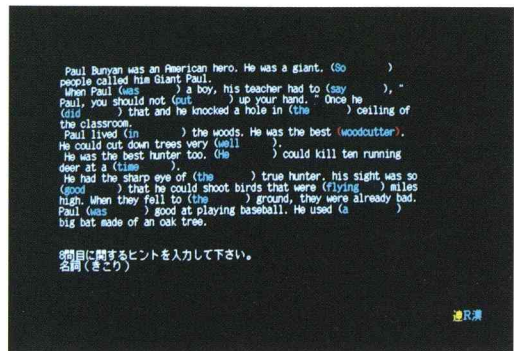


図3 ヒント入力例

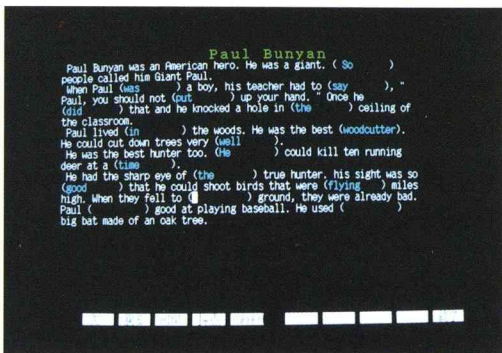


図4 解答入力例

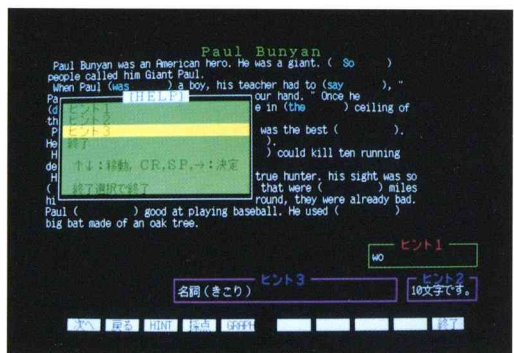


図5 ヒント使用例

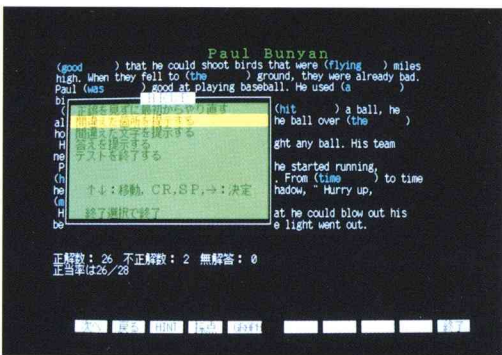


図6 採点例

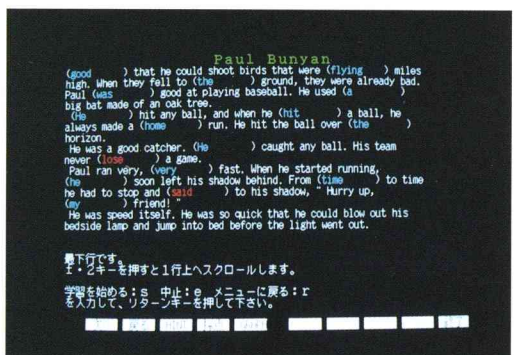


図7 誤答(赤)表示例

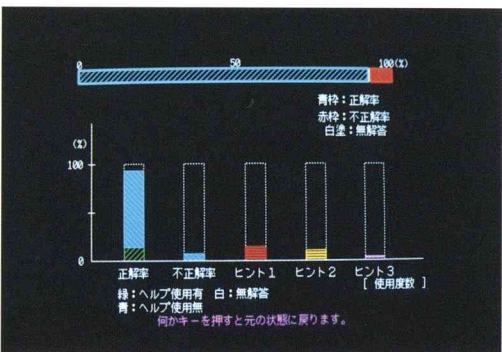


図8 グラフ表示例

1 回目 (解答終了)			
正 解 答	解 答	H I N T	
		1	2
:So	:So		
was	was		
say	say		
put	put	1	
did	did		
the	the		
in	in		
woodcutter	woodcutter	1	1
well	well		
He	He		
time	time		
the	the	1	1
good	good		
fly	fly		

図9 解答履歴出力例

(2) 採点部

採点キー（f 4 キー）を押すことにより、解答が正解かどうかチェックする。このキーは学習途中でも利用可能である。解答のチェック方法は、入力された解答と、テスト作成システムで作られた正しい答えとをマッチングすることにより行う。採点后、その正答率を表示し以下のようなメニュー選択を行う。

- ① 学習を続行する
- ② 間違えた箇所を見る。
（間違えた箇所が赤で表示される）
- ③ 間違えた文字を見る。
（間違えた文字が赤で表示される）
- ④ 正解を見る。
- ⑤ 学習を中止する。

また、グラフキー（f 5 キー）を押すことにより、正解率やヒントの使用頻度がグラフで表示できる。

(3) 解答履歴出力部

学習者の解答の履歴（各問題に対する答えと各ヒントの使用回数）を、指定されたファイルに書き込む。

次に、学習システムの大まかな流れを述べる。

学習者がシステムを起動すると、まず学習者の名前を入力し（この名前のファイルに解答履歴が出力される）、次にテスト名を入力する。システムは、テストファイルを読み込み学習がスタートする。学習者は、適宜ヒントや採点結果などを利用して学習を行う。学習が終了すると

解答履歴がフロッピーディスクに出力される。

学習システムの実行画面を図4～8に示す。図9に解答履歴の出力例を示す。

5. むすび

英語クローズテストをパーソナルコンピュータを用いて実現するシステムを作成した。

本システムは、教師によるテスト作成が容易である、学習者はヒントや採点結果を適宜参照しながら学習を進められる、解答の履歴をレポートできる、という特徴を持つ。これらの特徴を持つことにより、作成したシステムは、教師側からのテストとしての利用が可能であるとともに、テスト教材を準備することにより自学自習システムとしても十分利用できる。

今後は、教材を充実させるとともに、より使い易いシステムに改良していく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、卒業研究を通じて協力いただいた斉藤暖也氏（現 東京農工大）に感謝いたします。

参考文献

- 1) 佐藤：”クローズテストと英語教育”，南雲堂，1988

多音源フィンガープリント・パターン・キーイングの研究

土井 滋 貴・山本 善 啓・高橋 晴 雄

A study of multi-acoustic fingerprint pattern keying

Shigeki DOI, Yoshihiro YAMAMOTO and Haruo TAKAHASHI

The Authors have payed a special attention to the Scale-space filtering which is one method of signal processing utilizing the multi-scale description, and also discussed to applying the acoustic signal processing. This paper presents the transmitting method is called the multi-acoustic fingerprint pattern keying which makes the best use of the scale-space filtering. The multi-acoustic fingerprint pattern keying offers the directional data transmission conditioned by composed signals.

1. まえがき

複数のスケールによって物理的变化つまり信号をとらえる、もしくは分析する考え方をマルチスケール記述 (Multiscale Description) を用いた処理と呼ばれている¹⁾²⁾。マルチスケール記述を用いた処理は、信号の階層的な構造を捕らえるのに、興味のある振舞いをする。

筆者らはこのマルチスケール記述を用いた処理の可能性について、水中音響信号のように伝搬における非線形性の強い情報に対する処理を目標にしたいくつかの解析と検討を行ってきた。これまで、マルチスケール記述を用いた処理の1手法であるSSF (Scale Space Filtering) に着目し、その水中音響情報処理に関する基礎的な特性の検討を行った。その検討結果から、SSF処理は水中音響信号に対し、

- ・吸収減衰に強い。
- ・信号より高い周波数成分を持つ雑音には有効である。
- ・ドブラ歪みに強い。
- ・位相の変化に対しては弱い。
- ・信号に対しては条件が存在する。

等の特性が明らかになった⁴⁾。

SSF処理の持つこれらの特性は非線形歪を軽減する

のに有効であると考えられる。そこで今回は、これらの特性をいかしたFPK (Fingerprint Pattern Keying) 伝送方法を応用した多音源FPKを提案し、検討する。

2. FPK

これまでに筆者らが提案したSSF処理を用いた情報伝送方法では、SSFによるフィンガープリント生成の性質から変曲点の存在条件を満たした、2つ以上の異なる周波数の正弦波から構成される合成波を利用することになる。この場合について具体的なSSF処理に適した変調方法を考える。

ここで言うFPKはフィンガープリントのパターンマッチングを用いて、いくつかのパターンをキーとして情報伝送を行おうとする考え方である。

フィンガープリントのマッチングは次のように定義できる。

$\|V, V_r\| \leq L_{th} \rightarrow V$ は V_r とマッチする
 else where $\rightarrow V$ は V_r とマッチしない
 V 受信信号のフィンガープリントパタン
 V_r 基準フィンガープリントパタン
 L_{th} マッチング距離のしきい値
 $\|, \|$ マッチング距離

実際にはF P Kの変調は異なるフィンガープリントをもつ送信波形を組み合わせて送信信号データを構成することで行う。この場合、伝送系の特性に応じて、同じパターンをいくつか繰り返して1つのコードを表わすことや、いくつかのパターンを用いて多値のコードの伝送を行うことも可能である。

逆にF P Kの復調は入力信号をSSF処理してえられたフィンガープリントからキーとなるパターンを見つけ出す作業を行う。

3. 多音源F P K

次に、F P Kの応用として、送信音源を複数にすることにより方向性を持った情報伝送が可能になる。F P Kでは送信に用いる正弦波の合成波はあらかじめ合成しておき一点から送信していたが、これを独立した音源として送信し受信点で合成しようとする、受信点で生じる合成波の各周波数の正弦波の位相関係は各送信点と受信点との相対距離に依存する。この位相関係はそのまま合成波のフィンガープリントの形状の変化としてあらわれる。したがって、各送信点との距離が等しい受信点以外では各送信信号をそのまま合成して得られる合成波のフィンガープリントと同じフィンガープリントは得られず、信号に指向性が生じることになる。また逆に、あらかじめ位相差のあるフィンガープリントを予測しておき、それとのマッチングをとれば音源どうしの相対距離（位置関係）が求められる。このときの分解能は合成波の最高

周波数に依存する。この送信方法を用いたF P Kを多音源F P Kと呼ぶ。

4. 多音源F P Kの実験

図1で示すようなシステムで評価実験を行った。ここで用いた合成波は正弦波による3波合成波である。受信位置の違いによるフィンガープリント違いの模式図を図2に、受信波形とそのフィンガープリントと方向特性を図3に示す。この時の音源間距離505mm, 平均伝送距離1500mmである。

図3は各受信点で生じた合成波のフィンガープリントのタイプを示したものである。この結果は理論値よりかなりずれているが、原因は送信に使用したスピーカの位相特性が周波数に対してフラットでないためで、図3ではこの要素を考慮して理論値を計算しなおしたものを重ねて描いている。図3から理論値の範囲と計測結果がほぼ一致していることが分かる。

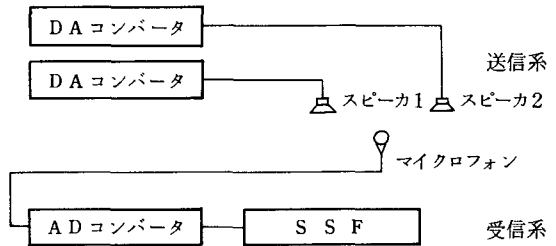
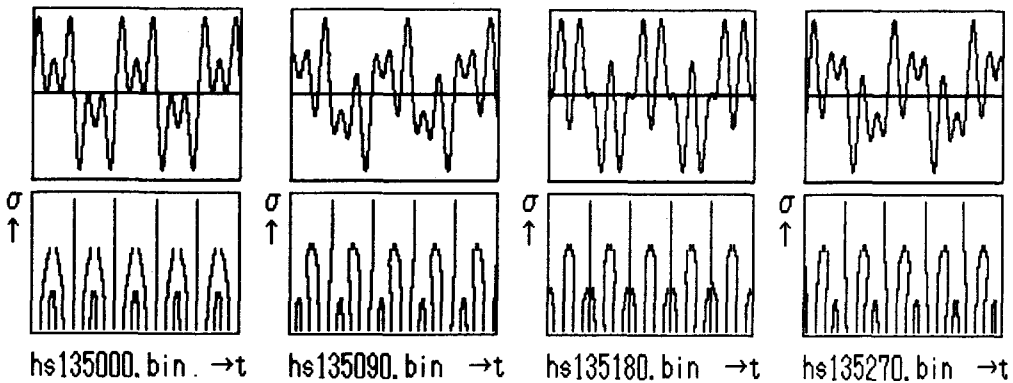


図1 多音源F P K評価システム



相対距離0 A点に対しB点が A点に対しB点が A点に対しB点が
 1/4波長近い 1/2波長近い 3/4波長近い

注) A点・sin(ωt) + sin(3ωt)、B点・sin(5ωt)

波長はB点からの波sin(5ωt)の1波長分

図2 多音源F P Kの受信位置によるフィンガープリントの違い

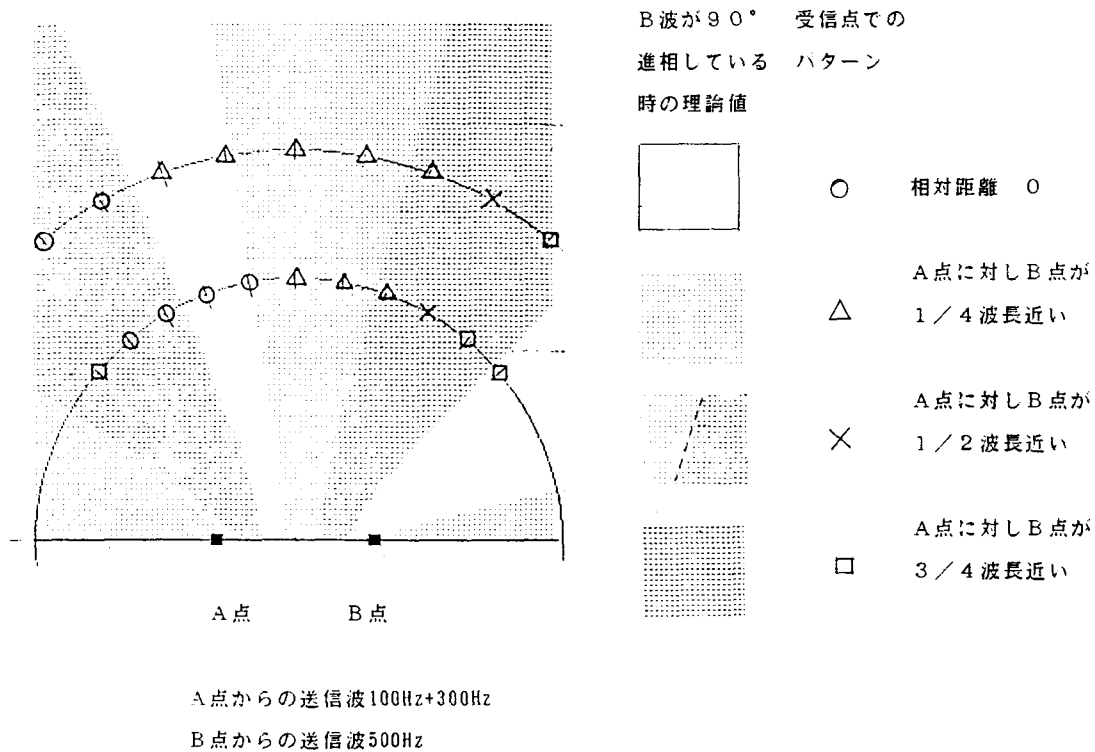


図3 多音源FPKの方向特性

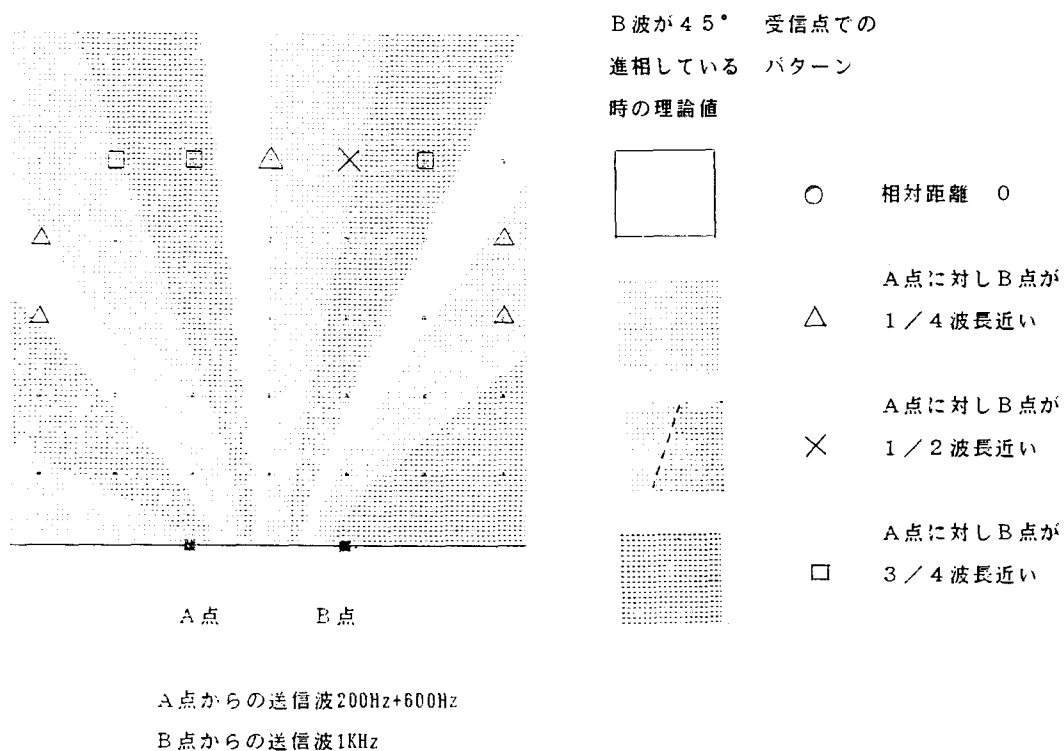


図4 多音源FPKの方向特性

同様に送信周波数を変えた実験結果を図4に示す。

5. 多音源F P Kの応用

ここまでの多音源F P Kは音源が多数個存在する場合を考えてきたが、これとは逆に音源が単一で受信点が複数のシステムも考えられる。図5に示すように複数のマイクロフォンから受信した信号を一度フィルタで分解し、異なる受信点からの信号と合成する。このことにより単一の送信点と複数の受信点との位置関係がフィンガープリントに反映される。ただしこの場合、受信系のフィルタからうける位相のずれ等の影響も直接フィンガープリントに反映されるため、実際の応用に関しては音源を多数個もうけるシステムよりその分の補正が必要になる。

6. まとめ

S S F処理に適した情報伝送方式として提案したF P Kの応用として、音源を複数個使用して合成波の合成を伝送空間内で行う多音源F P Kを提案した。実験から多音源F P Kは送信信号に方向性を与えることができた。

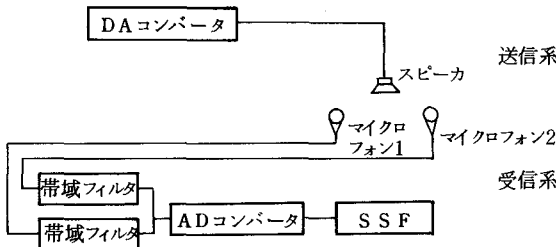


図5 受信点を複数化した多音源F P Kシステム

参考文献

1) D.Marr and E. Hildreth, "theory of edge detection," Proc. Roy. Soc. london, vol.B 207, pp.187-217, 1980

2) A.L.Yuille and T.A.Poggio, "Scaling Theorems for Zera Crossings," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-8, no.1, pp.15-25, 1986

3) J.Babaud, A.P.Witkin, M.Baudin, and R.O.Duda, "Uniqueness of the Gaussian Kernel for Scale-Space Filtering," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-8, no.1, pp.26-33, 1986

4) 土井滋貴, 志水英二, 松田稔, "水中情報伝送におけるスケール・スペース・フィルタリングに関する一考察," 海洋音響研究会誌, vol. 15, no.1, pp. 38-45, 1987

5) 土井滋貴, 志水英二, 松田稔, "水中情報伝送のための信号処理の研究その3," 昭和62年度秋季日本音響学会講演論文集, 2-4-9

6) 土井滋貴, 志水英二, 松田稔, "水中情報伝送のための信号処理の研究その4," 昭和62年度春季日本音響学会講演論文集, 1-3-22

7) 土井滋貴, 志水英二, 松田稔, "水中情報伝送のための信号処理の研究その5," 昭和63年度春季日本音響学会講演論文集, 3-P-30

8) 土井滋貴, 高橋晴雄, 松田稔, 志水英二, "マルチスケール表現を用いた信号処理," システム制御情報学会第2回シグナル・システム・コントロール・シンポジウム講演論文集, F, 1989

9) S.Do, H.Takahashi, M.Matsuda and E.Shimizu, "Scale-space filtering on the underwater in formation transmission," Ultrasonics International 89 Conference Proceedings, pp.376-381, 1989

パソコン製図ソフトの試作

島岡三義

Development of Computer Aided Drawing Software for Mechanical Engineering

Mitsuyoshi SHIMAOKA

Following the diversification of customer needs, the manufacturing system has been rationalized and CAD/CAM system has come to be used actively. A drawing software for mechanical engineering which has been performed on a 16-bits personal computer has been developed as a part of the education program for CAD/CAM system. In this software, BASIC language has been adopted in programming and the figures have been composed of drawing primitives, e. g., line, arc and circle, and the drawing operation has been performed mainly by the use of a tablet. In order to facilitate the addition of other functions, this software has been composed of the main program in charge of the general operation and some sub-programs in charge of the more practical operation.

1. はじめに

設計作業の効率を上げ、設計および生産コストの低減を図るために開発されたCAD (Computer Aided Design) システムの機能は飛躍的に発展し、特に製図作業は大幅に合理化が可能になってきている。消費者ニーズの多様化に伴い、製品の開発期間が短縮化傾向にある中で、メーカーにおいてはCADシステムなしでは存立し得ない状況にあると言えよう。

このような社会状況にあっては、学校教育現場においてもCADに関する教育を避けることができない状況になっており、多くの教育実践の報告⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾もなされている。本格的なCAD教育を実施するには莫大な設備投資が必要であることから、本校機械工学科では、昭和60年度に導入した図形処理システムを利用したコンピュータグラフィックスに関する教育、ならびに学生の卒業研究を通して、プロッタなどの周辺機器をより効率的に使用するためのソフト作成を平行して行い⁽⁵⁾⁻⁽⁹⁾、CADの一端に触れる教育を実施してきた。コンピュータハード、CADソフトの低価格化に伴い、本格的なCAD教育を実施できる環境が整いつつある。

ところで、CADソフトはパソコンおよびワークステーション

上で稼働するものはすでに200種⁽¹⁰⁾以上におよんでいるが、コンピュータハード依存型のソフトは決して少なくはなく、またベースは依然製図機能が主であり、本格的なCADシステムを構築することは必ずしも容易ではない。

コンピュータによる製図ということに限定すれば、パソコンでもそのソフト作成は可能と考え、機械製図用ソフトの開発を試みた。

2. 装置と言語

本研究では、特定の機種あるいは言語の下でしか使用できないソフトは、汎用性、拡張性において劣るものになると考え、表1に示すような、今日最も広く使用されているであろうPC-98系のコンピュータを使用することとした。メインメモリも標準装備の範囲内(640キロバイト)とし、アクセスが多少遅くなるが、ハードディスクも使用しないこととした。

また、CADシステムにおいては、プロッタが主要な出力装置であるが、ディスプレイ上で作図できることが第一であること、レーザプリンタの出現によって、画面のハードコピーによるプリンタ出力でも十分図面として採用できること、プロッタのコマンドが機種によって異

表1 使用機器とその主要仕様

メイ ン コ ン ピ ユ ー タ	セイコーエプソン (製)
	型名 PC-286VS STD
	メインメモリ 640kbyte
	CPU i-80286
クロック数 16MHz	
14 イ ン チ カ ラ ー デ ィ ス プ レ ィ	日本電気 (製)
	型名 PC-KD854n
	解像度 640×400ドット
タ ブ レ ッ ト	グラフィック (製)
	型名 KD4030
	有効読み取り範囲 380×260mm
	読み取り精度 0.1mm
レ ー ザ プ リ ン タ	Canon (製)
	型名 LBP-B406
	走査線密度 240ドット/インチ

なり、使用できるプロッタが限定されることになる恐れがあることなどを考慮して、プロッタは使用しないこととした。

入力装置としては、操作性の点ではマウスが優れているが、プログラミングの容易さからタブレットを採用し

た。

使用プログラミング言語は、デバッグが容易で、文法も比較的優しいN88-BASIC (グラフィック領域640×400ドット)とし、プログラムの修正、機能拡張が容易に行えるように配慮した。

3. 機械製図用ソフト

3.1 ソフト作成に当たっての基本姿勢

ソフトの作成に当たって、以下のようなことを念頭に置いた。

(1)BASICで図形を描く場合、この言語には基本的には直線、円・円弧、だ円を作図するコマンドが用意されているだけである。そこで、直線の場合は、水平・垂直線、平行線、傾斜線などが容易に描けること。円・円弧の場合は、その図形の定義方法 (中心と半径を指定する方法、3点を通る円を指定する方法など)が多岐にわたること。

(2)オペレーターは本ソフトの操作マニュアルを参照しなくても図形作成手順等がわかること。すなわち、画面

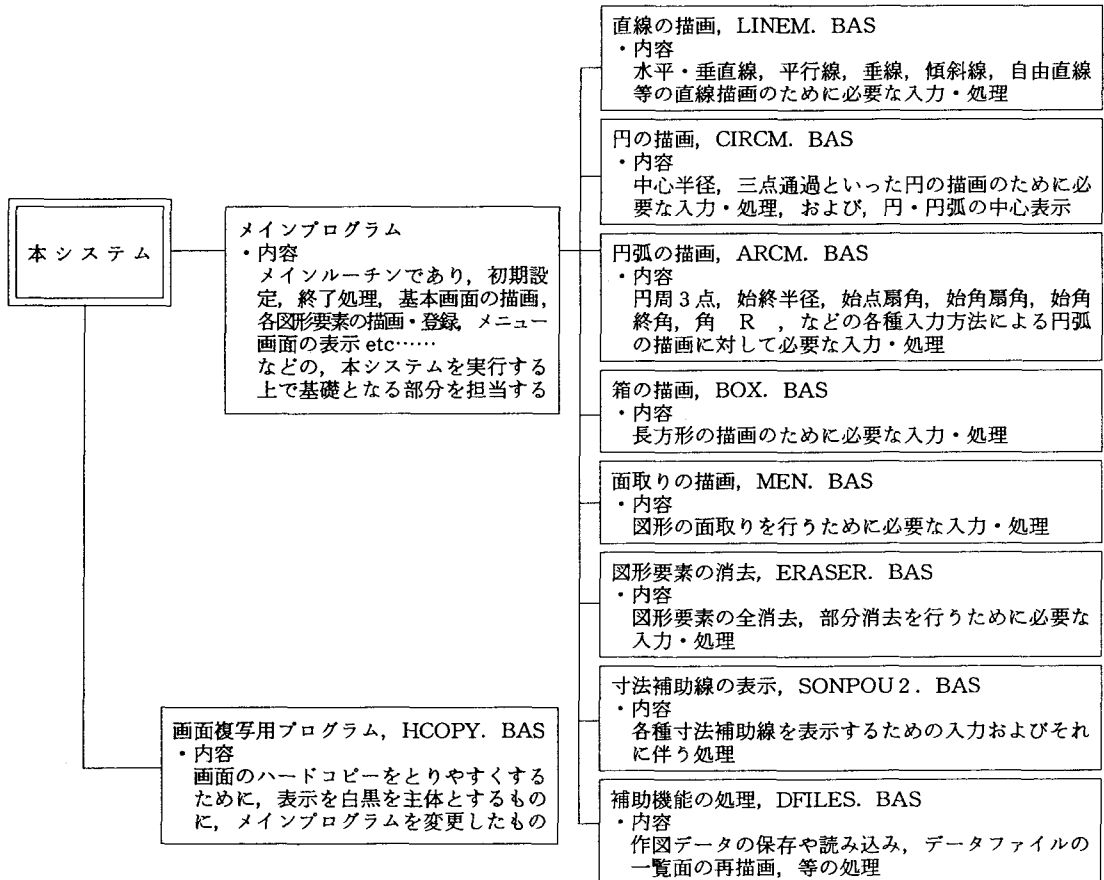


図1 プログラム構成

を見てるだけで作業が進められるように、絶えず次の作業項目が表示されていること。

(3)製作図としての機能を持たすため、少なくとも寸法記入程度の指示はできること。

(4)プログラムの機能拡張（バージョンアップ）が容易に行えるプログラム構成であること。

3. 2 プログラム構成

プログラムの拡張性を考えるとき、より实际的、具体的処理をサブルーチン化することが通常考えられる。しかし、本システムにおいては、テキストエリアが64キロバイトであり、BASICのサブルーチンがプログラムとして独立していないため、プログラムの拡張性にはおのずと限界がある。そこで本研究では、図1に示すように、具体的な処理は別プログラムに独立させることとし、メインプログラムとサブプログラムとの連結は「CHAIN-MERGE」機能を用いて行うこととした。

3. 3 本ソフトの適用限界と課題

本ソフトの基本的な処理の流れを図2に示す。

初期設定では主に出図用紙の大きさを指定する。計算上では、A1、A2およびA3の3サイズの中から指定できる。

作図開始点・終了点などのポイント指定や、既に描かれている直線や円弧などの図形要素の選択などはタブレットで行うが、指定や選択に誤りがないかどうかをその都

度「承認」手続きを踏むようにした。この段階に必要なデータが正式にメモリに記憶されることとなり、ランダムに図形要素を抽出することも可能となる。「承認」手続きを頻繁に行うことは、作図作業を複雑にするにもなるが、ミスを犯した場合の訂正をする場合、直前の処理に対してのみ行えばよく、結果的には早く作図できるものと考えている。

図3および図4は作図途上の画面表示の一例で、作図領域に処理内容の説明を付加した。画面の右側に作業メニューを表示し、この段階でどのような処理が可能なのかが一目でわかるようにした。画面左下には、出図用紙の大きさに応じて、100mmの長さが画面上ではどの程度になるかを示し、画面右下には、出図用紙の大きさとタブレットのカーソル（十字マークが常時画面に表示されている）位置のX、Y座標値を示し、作図の便宜を図っている。このカーソル座標値は1/100mm単位で表示されるが、図4に示すように、たとえば、「切捨小数」処理を実行すると、カーソル座標値の小数部が切り捨てられ、画面上のカーソルマークも小数部が切り捨てられた座標値に移動するようにし、ポイント指定などが容易となるようにした。

作図過程においては線分消去機能が不可欠である。最も簡単な消去法は、画面の背景色で上書きする方法である。しかし、この方法では画面上では消去できても、同じ線分が違う色で2本登録されることになり、データとしては消去できていないことになる。また、ある線と交差している線分を消去した場合には、残った線分が途中で切れたようになる。そこで、線分を消去するときには、画面上だけでなく、その線分を画面に表示するために登録しているデータすべてを抹消するとともに、画面の再描画機能を付加し、消去作業その他で乱れた画面を一新させるようにした。

製作図には寸法と仕上げ程度の表示が不可欠であるが、本研究ではとりあえず、基準寸法と三角記号による仕上げ程度の表示に留めた。寸法数字を画面に表示する場合、キャラクターモードでは表示位置が限定され、文字の大きさが大きすぎることから、独自に文字をグラフィックパターン化した。図5は本ソフトを使用して作成した「軸受」であるが、1文字当たりのドット数が少ないため、寸法数字には手書き以上にぎこちないところがある。本ソフトによって、パソコンでも一応の製作図を作成することが可能となった。機能拡張の点で残された課題を以下に述べる。

(1)作図作業をより効率よく進めるためには、直線や円弧といった断片的な図形要素だけでなく、ネジ、六角ボルトなど、よりまとまった図形を一つの要素として登録

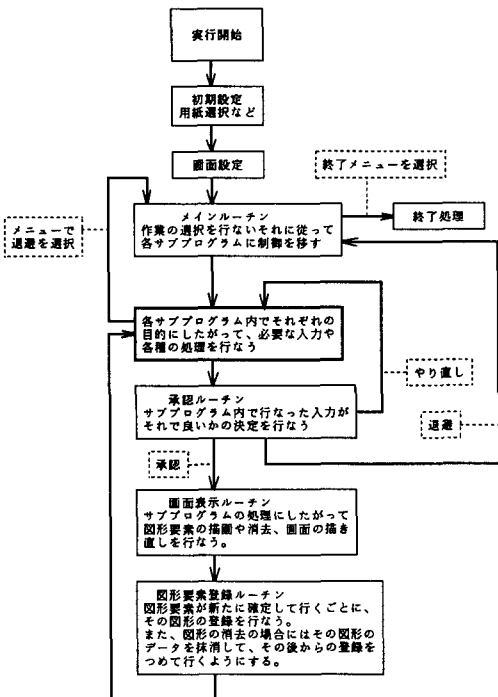


図2 本ソフトの基本的な処理の流れ

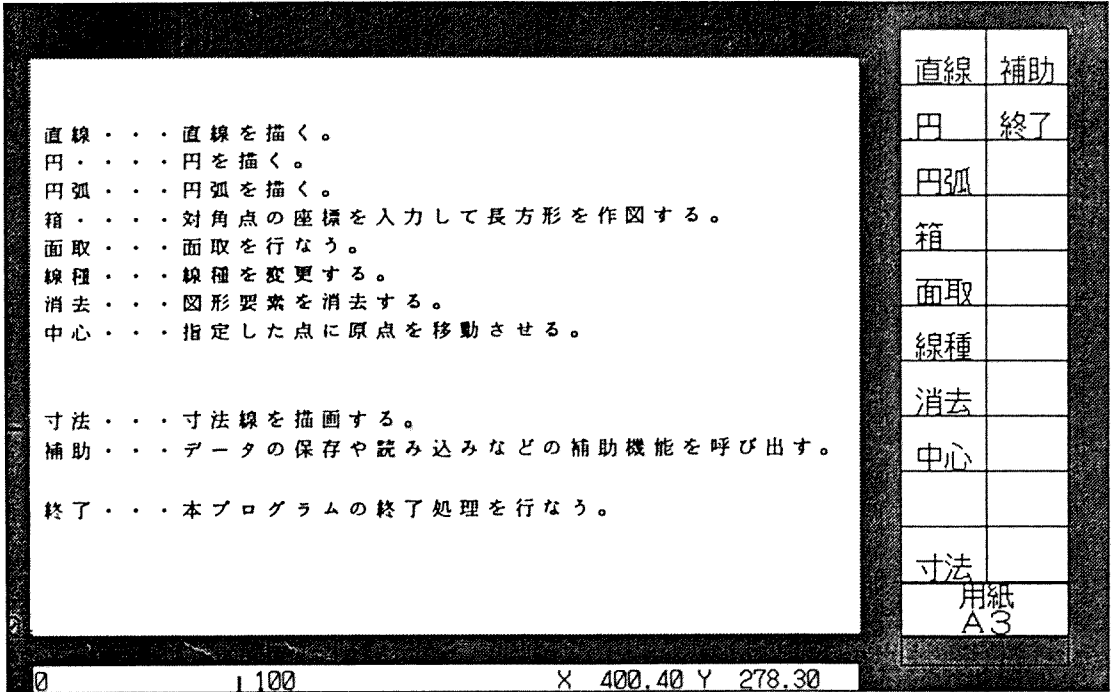


図3 「メインメニュー」画面

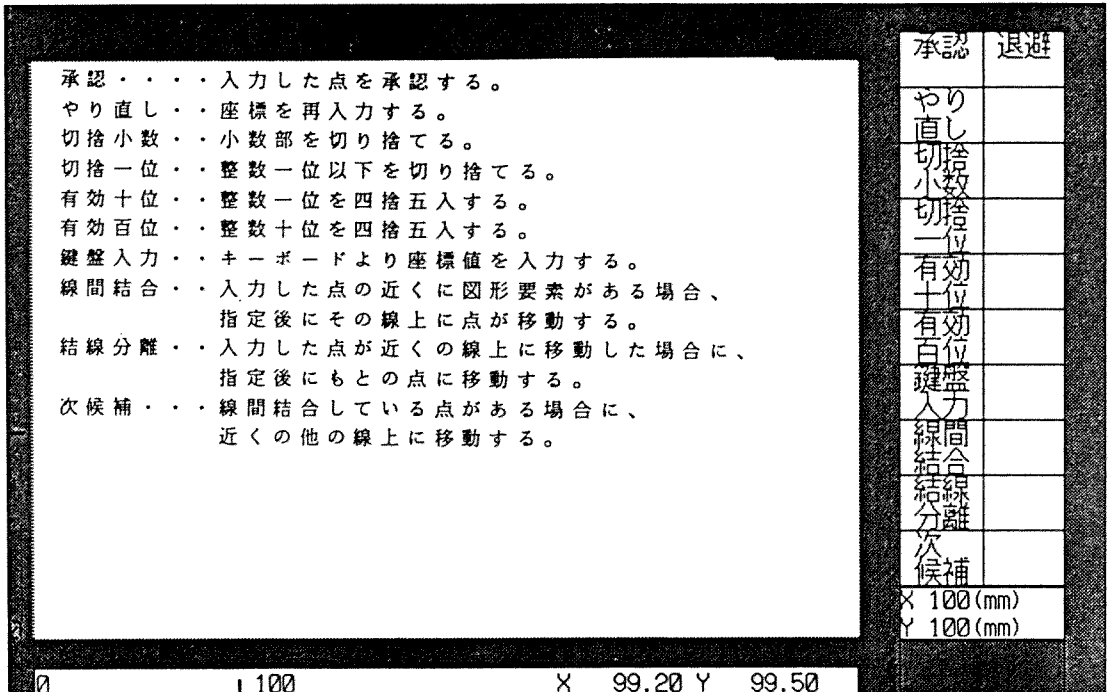


図4 「入力点の承認・変更」画面

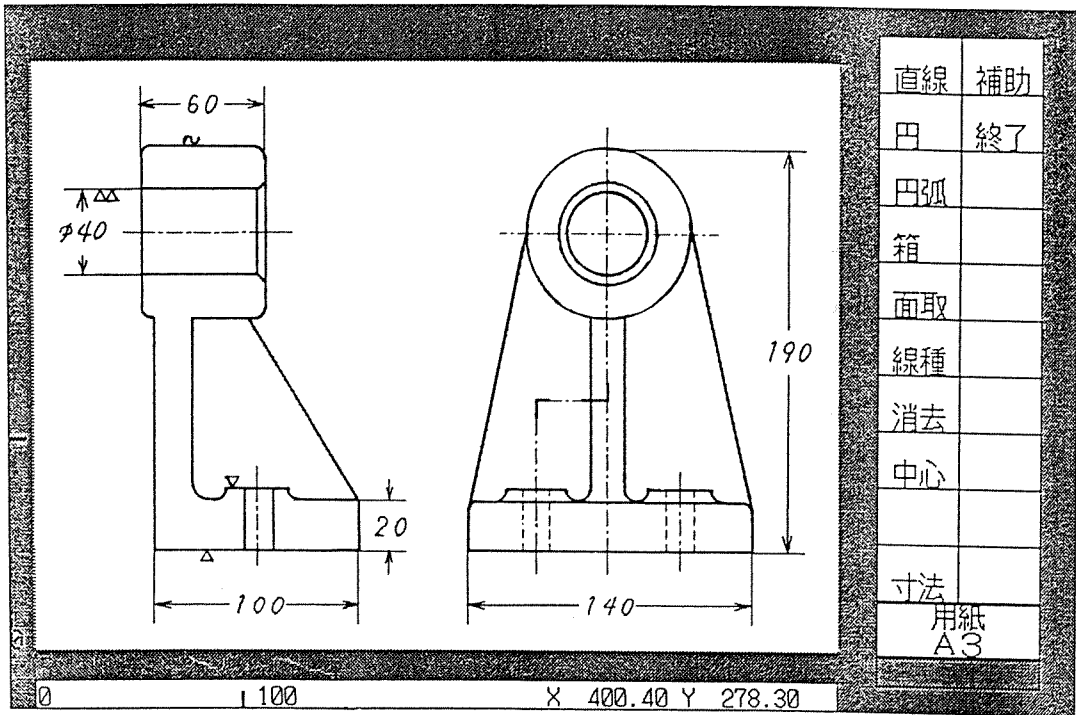


図5 「軸受」の製図例

しておき、画面への呼び出し、修正が容易に行えるようにすること。

(2)現状では画面の作図領域内からはみ出た図形を登録することはできない。ウインドウ機能やスケーリング機能を付加し、図5に示す「軸受」のような単純な部品だけでなく、組立図のような複雑なものも作成できるようにすること。

(3)寸法数字はキーボードから入力しているが、直線や円弧などの図形表示データを利用して、寸法記入の自動化を図る。また、寸法公差や幾何公差なども指示できるようにすること。

4. おわりに

CADによる設計製図が産業界では常識化し、教育現場においてもCAD教育の必要性が叫ばれている。コンピュータハード、ソフトともにその価格は低下してきているものの、CAD教育設備を整えるにはなお膨大な経費が必要であり、CAD教育も兼ね、パソコンレベルの製図ソフトの開発を試みた。

数多くの市販CADソフトの機能と比較すれば、必要最小限の機能については遜色ないものと自負している。また、ソフト開発を通して、CAD教育という点でも大

いに成果があったものと思う。今後このソフトのレベルアップを図ろうとする、意欲的な学生が現れることに期待したい。

最後に、プログラム作成にご協力いただいた元本校機械工学科卒研究生、小池洋氏（現；三菱電機エンジニアリング（株））、南部弘行氏（現；富士通ネットワークエンジニアリング（株））、小田原賢二氏（現；（株）テルモ）、穴田直弘氏（現；（株）NOK）、松岡一征氏（現；大日本スクリーン（株））および玉置肇氏（現；豊橋技科大学学生）の諸氏に記して謝意を表します。

参考文献

- (1) 今校正夫, 大恵俊一郎, 西岡一水, 藤原晴夫, 村上理一; 設計・製図, 22-11 (1987), 415.
- (2) 三上市蔵; 設計・製図, 23-6 (1988), 167.
- (3) 中島尚正; 日本機械学会誌, 91-833 (1988), 308.
- (4) 林 洋次; 設計・製図, 25-3 (1990), 86
- (5) 島岡三義; 高専情報処理教育研究発表会論文集, 8 (1988), 78.
- (6) 島岡三義, 若林敏夫; 奈良高専研究紀要, 24 (1989), 7.
- (7) 島岡三義, ; 奈良高専研究紀要, 26 (1991), 19.

- (8) 南部弘行, 小池 洋; 奈良高専機械工学科卒業研究 報告書 (1989) .
- (9) 小田原賢二, 穴田直弘; 奈良高専機械高専卒業研究 報告書 (1989) .
- (10) 岸波建史; 日経メカニカル, 330 (1990), 50.

UNIXにおける言語教育支援システム (II)

西田 茂生・西野 貴之・*小松 省吾

The Assistant System for Education of Computer Language in UNIX (II)

Shigeki NISHIDA, Takayuki NISHINO, * Shogo KOMATSU

The assistant system for education of computer language is developed in our computer center. This paper describes on the system for teachers.

The teachers can control the terminals of students with this system.

For example, we can take the information of the processes which are used by students, and kill the ones, too. At present, this system is working on a UNIX machine with 25 terminals. This system is useful for teachers.

1. はじめに

本校では、平成元年度から集中型 UNIX マシンにより、情報処理言語教育を行っている。UNIX という OS は、計算機システムや言語の学習、またプログラムの開発に適した言語ではあるが、オープン型 OS のため管理がしにくく、コマンドの種類も多く複雑であるという欠点をもつ。したがって、初学者にとっては扱いにくい OS となっている。そこでこの欠点を補うために、OS のコマンドに依存せずにプログラムが作れ、しかも管理者が利用者の使用状況をモニタすることのできる「言語教育支援システム」を開発し、学生の言語教育を行っている。集中型 UNIX マシンとしては、富士通 A-400 スーパーミニコンピュータを用い、その下に 25 台のパーソナルコンピュータ (富士通 FMR50) を端末として接続している。なお、OS は UTS (UNIX の System-V) である。本言語教育支援システムは、学生用支援システムと教官用支援システムから構成されており、学生用支援システムについては、前号で報告した。⁽¹⁾

本論文では、教官用支援システムについて述べる。

2. 教官用支援システム

教官用支援システムは、以下の仕様に基づいて開発を行った。

- (1) OS のコマンドにはできるだけ依存しないこと。
- (2) メニュー画面とカーソルキーのみでオペレートできること。
- (3) アシスト機能をもつこと。
- (4) 学生の端末使用状況が把握できること。
- (5) 各種学生用機能の利用許可・不許可の操作が行えること。
- (6) プロセスの管理が行えること。
- (7) プリンタの管理が行えること。

次に、教官用システムの構造を図 1 に示す。

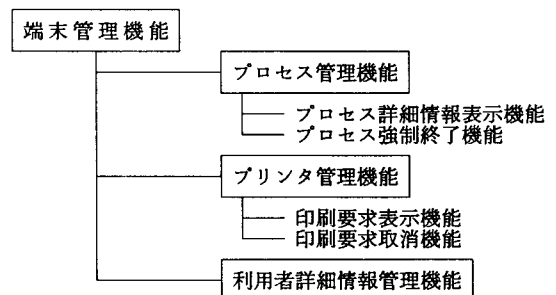


図 1 教官用システムの構造

教専用システムの主機能として、端末管理機能をおきその下に、補助機能としてプロセス管理機能、プリンタ管理機能、利用者詳細情報管理機能を位置付ける。以下に各機能についての説明を行う。

2. 1 端末管理機能

教専用システムの主機能となる端末管理機能では、画面上に端末番号 (tty No.) に対する端末利用者のログイン名、利用者名、学生用機能の利用状況、利用制限状態を表示することができる。また、各端末における学生用機能の使用許可、もしくは不許可を与えることができる。なお、利用者の名前は、"/etc/identity" ファイルから該当利用者の情報を獲得する。

端末管理機能画面の一例を図2に示す。

図2中で、端末番号 ttysoo2 の使用者は、学籍番号 "a1234" で、名前が "Nara koutaro" である。また、この利用者に許可されている学生用機能は、各機能欄の破線の右側に○印のあるものであり、×印の付いた機能は (この場合 mail, shell) 使用許可されていない。破線左側の○印の付いた機能は (この場合 edit) 現在この利用者が使用中の機能を示す。学生用機能の使用許可、不

tty No	login name	user name	mem	id	tr	so	sup	om	ex	ch	i	sh	e
ttyso01			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso01			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso02a1234	Nara Koutaro		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso03a4099	Roki Shinichi		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso05a4210	Nagahama Daiji		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso06			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso07			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso08			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso09a4049	Matsumura Hideki		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso0ap4049	Matsumura Hideki		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso0b			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso0c			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso0d-4199	Takanatsu Nobuyuki		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso0e			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ttyso0f			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



図2 端末管理機能画面の出力例

許可の操作は、カーソルと「実行」キーのみで行うことができる。

ところで、端末管理機能では、各情報はオンラインで獲得されていない。そこで、本システムでは、その時々最新の情報を得るための「再表示」機能を供えている。

2. 2 プロセス管理機能

プロセス管理機能は、現在システムで稼働しているプロセス (タスク) を管理する機能で、端末管理機能の補助機能として位置付けられる。一般にシステムで稼働し

表1 プロセスの詳細情報

タイトル	意味	説明
F	プロセスに関するフラグ	0001=アクティビティ 0002=全ページが主記憶上にある (CPUを割り当てることが可能) 0004=生成後初めてレディ状態になってまだ実行していない 0010=スワップ・アウト禁止状態 (資源獲得中) 0020=シグナルにより事象待が解除した 0040=子プロセスがストップ状態 0080=他のプロセスによりトレースされている 0100=制御端末がない 0200=深いスリープ状態 0400=プロセスがロック中 (Plockシステムコールによる) 0800=主記憶上にある全てのページが固定されている 1000=共通テキストのテキスト部のページ有効 2000=fexecで生成しようとしたプロセスのppde用ページが不足している 4000=プロセスが動的なページ・テーブルを持っていない 8000=スワップ・アウト禁止状態 (OSの空間管理の内部的情報) 上記の値が16進でORがとられる
S	状態	○=存在しない R=レディ状態 (実行中またはCPU待ち) S=事象待ち (スリープ状態) I=プロセス生成中 Z=終了処理中 (おやプロセスに通知していない) T=トレースのため停止中 (親プロセスからのコマンド待ち)
C	ペナルティ	スケジューリングのためプロセスのペナルティ
TIME	CPU累計時間	
PRIO	プライオリティ	プロセスの優先度
NI	ナイス値	pレベルのプロセスのときのナイス値 (pレベル以外の時は空白)
SZ	サイズ	プロセスの主記憶イメージでのページ数 (4KByte単位)

も考慮する必要があると思われる。

しかしながら、本支援システムを運用することによって、上記問題点による教育効果の低下もみられず、効率のよい情報処理言語教育を行うことが可能である。

4. おわりに

現在、本支援システムを用いて、機械工学科と電子制御工学科の情報処理言語教育を行っている。前述の問題点を残してはいるものの、満足いくシステムである。

なお、現在問題点等を改良し、より使い易い支援システム作りを行っている。

謝 辞

本言語教育支援システムの開発に多大なるご協力を頂いた富士通株式会社の佐藤好男氏、並びに角田淳子氏に感謝いたします。

参考文献

- (1) 成田紘一他：奈良工業高等専門学校研究紀要第26号
(1991) 49

パーソナルコンピューターを利用した ネットワークニュースシステム I

浅井文男

Network News System using Personal Computer I

Fumio ASAI

計算機ネットワーク上で運用されているネットワークニュースをパーソナルコンピューターで利用するシステムを試作した。このシステムの特徴は、ソフトウェアの構成、ニュースの処理、コマンドの体系などがワークステーションで稼働するニュースシステムと類似している点にある。よって、UNIXマシンの操作に慣れていない学生がネットワークニュースシステムの学習をする場合にも役立つものと期待される。

1. はじめに

計算機資源と各種情報の共有化を目的として、ローカルな計算機ネットワークを公衆電話回線やパケット交換網で接続した広域ネットワークが全国的な規模で、あるいは世界的な規模で構築・整備されている。これらのネットワーク上で運用されるネットワークニュース（電子ニュース）は、電子メールと並ぶ有効なコミュニケーションの手段として広範囲に利用されている¹⁾。

通常、ネットワークニュースの利用者はニュースシステム（Bnews）が稼働し、ニュースの記事がスプールされているホストマシン（一般にワークステーション）に端末からログインし、インターフェースプログラムを起動することでニュースを読み書きすることができる。しかし、この方法では利用者はホストマシンにアカウントがあり、ある程度UNIXマシンの操作を習得している者に限られる。

今回試作したニュースシステムは、パーソナルコンピューター用のフリーソフトウェアとして提供されているニュースシステムとTCP/IP通信用ソフトウェア²⁾を利用したものである。このシステムではホストマシンに接続したパーソナルコンピューターにニュースの記事がメールの形式で配送され、利用者はその記事をパソコン用のニュースリーダーで読む（記事をポストすることもでき

る）。低学年の学生でも容易に操作できるうえ、ソフトウェアの構成やニュース記事の処理、コマンドの体系などはBnewsと類似している³⁾、電子メールやネットワークニュースなどの基礎教育にも利用することが可能である。

2. ニュースシステムの構成と設定

2.1 ハードウェアの構成

図1に示すようにBnewsが稼働し、ニュースの記事がスプールされているワークステーション（ホスト名：news）にニュースの配送を受けるパーソナルコンピューター（ホスト名：sonyax）をSLIPでIP接続する。シリアルラインの伝送速度は9600bpsである。パソコンにイーサネットボードを装着すればイーサネットによる接続も可能である。

2.2 ニュースシステムの設定

(1) ワークステーション側

ニュースシステム（Bnews 2.11.17）にはニュースの記事を電子メールに変換して他のホストマシンに配送するツール（sendnews）が付属しているのでこれを利用する。sonyaxに配送するニュースグループは必要に応じて設定する。たとえばローカルなニュースグループ“labo”のニュースだけを配送したい場合は、`/usr/lib/news/sys`に

sonyax : labo : : /usr/lib/news/sendnews
rnews@sonyax と設定する。

sonyaxからポストされたニュースは rnews@news 宛のメールで news に配送されてくるが、これを受け付ける場合は Bnews に付属しているツール (uurec) を利用すればよい。すなわち、/etc/aliases に

```
rnews : " | /usr/lib/news/uurec"
```

と設定しておく。

2. 3 パソコン側の設定

sonyaxにインストールするニュースシステムは Bnews の inews, postnews, readnews (vnews) のそれぞれに対応するソフトウェアと幾つかのツールで構成される。

newsから配送されてきた rnews@sonyax 宛のメールを処理して取り出されたニュースの記事はニュースグループごとにスプールディレクトリに格納される。利用者はニュースリーダーを使用してこれらのニュースを読む。読みたいニュースグループとその順序、使用するページャーなどは自由に変更できる。

利用者がニュースライターで書いた記事やフォローアップ記事は rnews@news 宛のメールに変換され、TCP/IP 通信用ソフトウェア (net) がサポートしている SMTP によって news に配送される。これらの記事は使い慣れたエディターと日本語入力機能を使用して書けるように設定するとよい。また、メールが正しく news に送られるように SLIP による IP 接続の設定を行う。

3. む す び

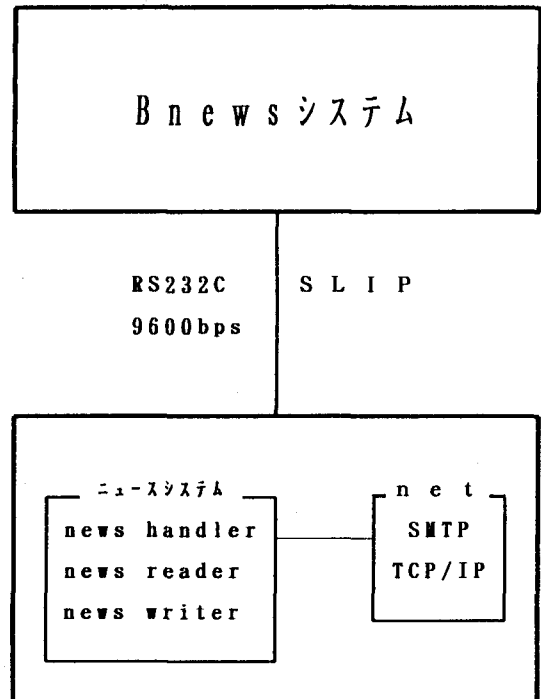
試作したニュースシステムではホストマシンに接続したパーソナルコンピューターのディスク上にニュースの記事がスプールされるので、ホストマシンにログインすることなく記事が読める。また、使い慣れたパソコン用のエディターと日本語入力機能を使用して記事をポストすることもできる。しかし、sendnews はニュースの記事を個別にメールに変換するので、配送されるニュースグループの種類を増やすと、四六時中メールが送られてくるようになり、パソコンをニュースシステム以外の目的で利用することが困難になる。また、多くのディスクスペースが必要になるという問題も生じる。

TCP/IP 通信用ソフトウェア (net) はメール配信のセッションと telnet や ftp のセッションを同時に開くことができるので、ニュースの配送を受けているときでも telnet でホストマシンにログインし、パソコンを端末として使用したり、ftp でファイルの転送を行うことが可能である。このようなマルチセッションのもとにお

いても各セッションのパフォーマンスをできるだけ維持するためには、イーサネットによる接続を採用したり、多数のニュースの記事を一つのファイルにまとめ、さらに圧縮した上でパソコン側に配送するなどの措置が必要である。

NNTPを利用すれば複数の記事を一つにまとめて圧縮し、IP接続されたホストマシン(パソコン)に配送することが容易にできる。今後、NNTPのクライアントをサポートしたnetを用いて、より実用的でパフォーマンスの高いニュースシステムを試作する予定である。このnetを使用した場合、配送されたニュースの記事はニュースグループごとのファイルにスプールされるので、それを読み出すニュースリーダーの開発が不可欠である。

ワークステーション (news)



パーソナルコンピュータ (sonyax)

図1 ニュースシステムの構成

参考文献

- 1) コンピューターネットワーク (1986), 共立出版
- 2) パケット無線ネットワーク (1990), CQ出版社
- 3) UNIXコミュニケーションズ (1991), HBJ出版局

フィジカルテスト統計解析支援データベース システムの研究

植村 芳樹・中和田 武

A Study of Data-Base System for Supporting Statistical Analysis of Physical Test

Yoshiki Uemura・Takeshi Nakawada

本システムは、パソコン上で稼働するフィジカルテスト統計解析支援データベースシステムである。まず、データベースプログラム（ランダムアクセスファイルの作成・データの入力・データの追加、削除、更新・データの検索）を開発した。

次に、上記のデータベースを有効に利用するための機能をシステムに追加した。

さらに、本校では、データベースシステムの機能から導出される指導参考資料を基にした統計的考察も行っている。現段階では、本システムを本校で運用し、体育学的見地からの考察を行っている。

1. はじめに

体育教育における指導の参考として、フィジカルテスト（身体測定及びスポーツテスト）が実施されている。これらの測定データを解析し、体育教官への指導参考資料を提供する為、本システムを開発・研究した。

まず学生に対するフィードバックを目的としたデータ解析〔8〕を行い、平成2年度から個人フィジカルテスト解析表を年度末に学生に手渡し、学生のスポーツに対する自己診断を行わせている。

さらに、測定データの多変量解析を行う機能を追加し、指導参考資料を作成することができる。〔9, 10, 11〕

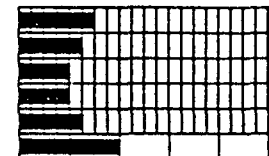
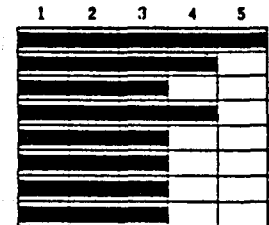
尚、本システムは、PC-9801RX上のDISK BASICで開発した。

身長	179.0 cm
体重	62.5 kg
胸囲	87.0 cm
座高	95.1 cm
ローレル指数	109.0 pts.

A:反復横跳び	48 step
B:垂直跳び	63.0 cm
C:背筋力	120.0 kg
D:握力	44.8 kg
E:上体そらし	53.0 cm
F:立位体前屈	16.5 cm
G:踏み台昇降	65.7 pts.
総合評価	25 pts.

H:50m走	7.9 sec
I:走り幅跳び	415.0 cm
J:ボール投げ	24.0 m
K:懸垂	5 step
L:持久走	381.0 sec
総合評価	24 pts.

やせぎみ



2. データ解析

2-1. 個人フィジカルテスト解析表

この解析の目的は、学生への自己診断のためのフィードバックである。

データベースより、各個人に対してフィジカルテストの解析ができる。例を図1に示す。画面の左側にデー

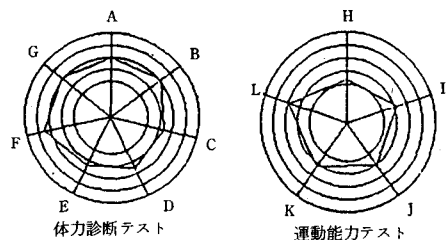


図1 個人スポーツテスト解析表

タの項目とその測定値が表示される。画面の中央には文部省体育局が発行している体育運動能力調査報告書測定値をもとに5段階評価による評価値が棒グラフにより示される。更に、体力及び運動能力の状態がTスコアによって円グラフに示される。これにより各個人の体力及び運動能力の状態を把握することができる。

2-2. その他の解析機能について

個人フィジカルテスト解析の他に各項目別のヒストグラム表示及び、平均・標準偏差・Tスコア・最大値・最小値を学年別記録集計表に表示することが出来る。

3. 統計処理

3-1. 全国データとの差異の解析

全ての項目において、全国データに対するTスコア(偏差値)を求め、ならびに平均・分散を計算しt検定(有意差)を導き出す。ここでt検定は矢印で表わされ99%の確率で優れているといえるものは↑↑, 劣っている

表1 全国平均との差異を示す記録集計表

B. 体力診断テスト							
	横跳び	縦跳び	背筋力	握力	そらし	前屈	踏み台
学校平均	48.18	62.16	142.28	45.69	55.99	15.48	63.21
標準偏差	7.91	10.51	34.41	9.38	10.48	6.84	14.67
最大値	59.00	89.00	266.00	65.00	74.00	25.00	100.00
最小値	37.00	45.00	43.00	4.00	35.00	1.00	44.70
Tスコア	49.92	49.35	51.11	47.79	47.85	52.95	49.29
t検定			↑↑	↓	↓	↑↑	↓
平均値	-0.03	-0.46	3.26	-1.41	-1.68	1.71	-0.84
全国平均	48.21	62.62	139.02	47.10	57.67	13.77	64.05
標準偏差	4.35	7.10	29.46	6.39	7.81	5.81	11.90

るとはいえるものは↓↓, 95%の確率で優れているといえるものは↑, 劣っているといえるものは↓となっている。また矢印のない項目については、記録差があっても、統計学的には優れているとも劣っているともいえないものである。

表1に例として体力診断テストの記録集計表を示す。

3-2. 過去データとの差異の解析

3-1で計算した学校平均・分散はその年度のデータとしてファイルに保存することができる。そこで3.1

表2 過去平均との差異を示す記録集計表

C. 運動能力テスト					
	50M走	幅とび	ボール投	ケンスイ	持久走
学校平均	7.08	432.66	27.71	8.35	384.74
標準偏差	1.30	84.53	20.06	4.22	88.14
最大値	8.70	550.00	55.00	21.00	646.00
最小値	6.30	330.00	2.00	1.00	278.00
Tスコア	50.89	50.69	51.47	50.11	47.82
t検定		↑↑	↑		↓↓
平均値	-0.11	6.63	0.90	0.05	21.54
過去平均	7.20	426.03	26.81	8.30	363.20
標準偏差	1.29	95.65	6.11	4.63	98.87

において、ある年度のデータをファイルから読み込むことにより過去データに対するTスコア, t検定を求めることができ、昨年や過去との有意差を調べることができる。

表2に例として運動能力テストの記録集計表を示す。

4. 多変量解析機能

4-1. 正規性の検定

この検定の目的は、フィジカルテストの各項目の測定データが正規分布に従うかどうかを調べることである。まず、ヒストグラムを作成し図表化する。このヒストグラムに基づき累積相対度数を導く。正規分布の近似展開式、及び正規分布の近似式を用いて近似確率及びパーセント点を推定し正規確率紙に測定データをプロットする。プロットデータに回帰直線をあてはめ、平均・分散の推定値を導くことができる。この平均・分散の推定値を基にカイ2乗適合度検定を行い測定データの正規性の検定を行う。

1990年度5年男子のローレル指数について正規性の検定を行った結果を図2に示す。

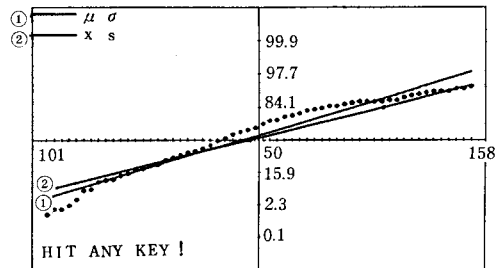


図2 正規性の検定結果

4-2. 管理図

この機能は、各身体データ(身長・体重・胸囲・座高)と、各スポーツテストとの管理状態を調べることを目的としている。まず、ヒストグラムに基づき、各身体データを小さい順にソートし、2~10ずつのグループに分ける。次にそのグループに基づいて各スポーツデータのX管理図・R管理図を各々作成することができる。これにより、各身体データと各スポーツテストデータとの管理状態を調べることができる。

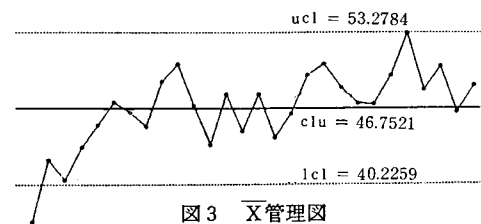


図3 X管理図

図3に体重順の握力のX管理図を示す。

4-3. 回帰分析

この機能の目的は、フィジカルテスト受験者のデータをもとに、各項目（身長・座高・走り幅跳び・握力等）の関連性を調べることである。

まず、相関関係を求め、その相関関係に対して無相関であるか、1%・5%有意水準で、検定を行う。

次に、回帰直線、回帰直線に対する95%信頼区間さらに各データに対する95%信頼区間を求める。

単回帰の例として、座高と身長との回帰を図4に示す。次に重回帰の例として、説明変数として体重・胸囲・座高を取ったときの身長に対する回帰を図5に示す。

データ名：1990年5年1組男子

$$Y = 1.47664X + 34.514$$

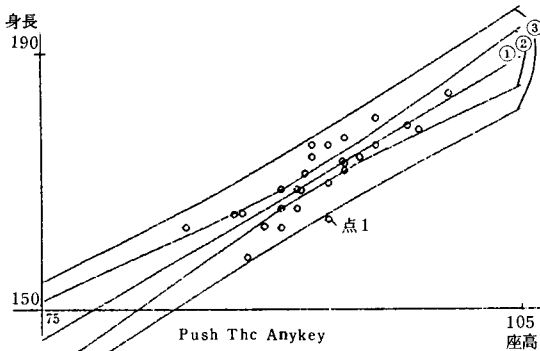


図4 単回帰の例

データ名：1990年度5年1組男子

- 1 身長
- 2 体重
- 3 座高
- 4 背筋力

変数の相関行列

1.0000	0.6451	0.8660	0.6256
0.6451	1.0000	0.5739	0.4167
0.8660	0.5739	1.0000	0.6272
0.6256	0.4167	0.6272	1.0000

赤=== 5%有位水準で相関関係あり

紫=== 1%有位水準で相関関係あり

白=== 相関関係なし

Yの種目は背筋力

Y切片 A0=-253.724

- X 1 (身長) にかかる係数 A 1 = 1.17921
- X 2 (体重) にかかる係数 A 2 = 0.0422517
- X 3 (座高) にかかる係数 A 3 = 2.13141

$$\text{背筋力} = A0 + A1 * \text{身長} + A2 * \text{体重} + A3 * \text{座高}$$

図5 重回帰の例

4-4 主成分分析

この機能の目的は、相関のある多数の変量（項目）を少数個の主成分で表し、個人データの主成分による意味

付けを行うことである。

主成分の抽出法については、累積寄与率が80%以上しめるものを選択する。また、直交回転回数については、ユーザと対話的に決定できるようになっている。

例として、図6に身長と体重を変量と選んだ場合の結果を示す。

データ名：1990年度5年1組男子

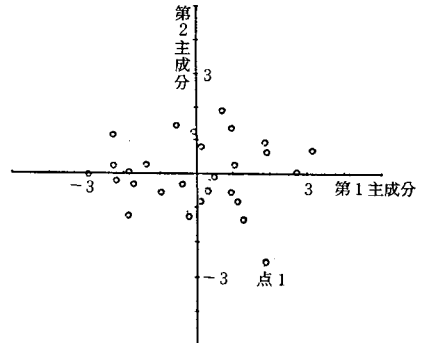


図6 主成分分析の例

4-5. 因子分析

この機能の目的は、多数の項目（最大16項目）のグループ分けに対するサポートをすることである。

セントロイド法により、因子を抽出し因子負荷量を求める。次に、抽出された因子の直交回転を行う。

例として、16項目すべてを変量として因子分析を行った結果について、因子負荷量を図7に示し、因子2を横軸、因子3を縦軸として直交回転をしたものを図7に示す。

尚、本機能ではユーザと対話しながら斜交回転も行う。

データ名：1990年度5年1組男子

【回転因子行列】

	2	3
1 身長	-0.575	0.094
2 体重	-0.440	0.553
3 胸囲	-0.259	0.572
4 座高	-0.560	0.031
5 反復跳び	0.381	0.114
6 垂直跳び	0.513	0.029
7 背筋力	-0.548	-0.036
8 握力	-0.131	-0.094
9 上体そらし	0.482	-0.503
A 立位体前屈	-0.127	-0.518
B 踏み台昇降	-0.014	-0.674
C 50m走	-0.616	0.023
D 走り幅跳び	0.503	-0.001
E ボール投げ	0.044	0.147
F 懸垂	0.598	-0.135
G 持久走	-0.480	0.449

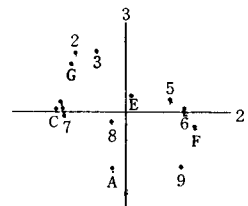


図7 因子分析の例

5. システムの用途

本システムの用途としては、下記のようなことが考えられる。

- ① フィジカルテストを実施している機関への体育指導のサポート
- ② 学生へのデータベースシステム演習教材
- ③ 学生への統計解析演習教材

6. おわりに

本論文では、データ解析、統計解析及び多変量解析に基づくフィジカルテストに対する指導参考資料を作成するシステムについて報告した。

7. 謝 辞

本研究を行うにあたり、プログラムを作成して頂いた福本・坂上両氏（現 本校5年I組）、並びに奥山・久郷・中尾・森口・林各氏（平成2年度 本校卒業生）に深謝します。

8. 参考文献

- 1) I. ガットマン・S. S. ウィルクス：工学系のための統計概論，培風館

- 2) P. G. ホーエル：初等統計学，培風館
- 3) 田坂 誠男：品質管理の基礎，朝倉書店
- 4) 中和田 武：運動部所属学生の体力・運動能力について，奈良工業高等専門学校研究紀要，第14号，pp. 71-80，昭和53年
- 5) 中和田 武：本校学生の体格・体力・運動能力の現状把握，奈良工業高等専門学校研究紀要，第14号，p. 81-90，昭和53年
- 6) 中和田 武：体力・運動能力の縦軸的考察，奈良工業高等専門学校研究紀要，第20号，pp. 131-148，昭和59年
- 7) 文部省体育局：平成元年度体力・運動能力調査報告書
- 8) 福本・坂上・植村・中和田：スポーツテストのデータ解析及び統計処理について，第6回ソフトウェアコンファレンス，pp153-p156，平成2年
- 9) 奥山・森口・植村・中和田：身体スポーツテスト統計解析データベースシステムⅠ，第7回ソフトウェアコンファレンス，pp277，平成3年
- 10) 久郷・中尾・林・植村・中和田：身体スポーツテスト統計解析データベースシステムⅡ，第7回ソフトウェアコンファレンス，pp41-p44，平成3年
- 11) 植村・中和田：フィジカルテスト統計解析支援データベースシステムの開発，CAI学会コンピュータ利用教材研究会資料，平成3年

PASCALプログラムの定量的評価の試み

工藤 英男

On Quantitative Evaluation of a PASCAL Program

Hideo KUDO

ソフトウェアの計量及び評価に関する技術は、ソフトウェア工学の重要な研究分野の一つである。中でもソフトウェアの生産性や信頼性の向上に関する計量尺度あるいは評価尺度が多数提案されている。しかし、プログラムの品質を計量及び評価についても、現在のところ標準的なものが確立されていない。また、多数のプログラムを評価し採点することは、かなりの時間と労力を要する。この評価の一部を機械化することにより、ある程度の省力化が考えられる。

そこで、本稿では、学生が作成した PASCAL プログラムを対象に定量的評価の準備段階の試みとして、評価の省力化とプログラムの良さを分かりやすさの面から考察した。

1. まえがき

ソフトウェアの計量及び評価（ソフトウェア・メトリクス）に関する技術は、ソフトウェア工学の重要な分野の一つである。中でもソフトウェアの生産性や信頼性の向上に関する計量尺度あるいは評価尺度が多数提案がされている^{2,3,9)}。しかし、プログラムの品質を計量及び評価についても、現在のところ標準的なものが確立されていないのが現状である。

これはプログラムの品質をどのような計量尺度や評価尺度で計量し評価するかが明確でないことに起因すると思われる。

筆者らは、いくつかのソフトウェア作成過程の活動（例えば、要求定義、問題仕様記述あるいは詳細設計を含む）において、ソフトウェアの品質向上のためには、どの段階が重要であるかを調べるための実験を行ってきた^{6,7,8)}。

ところで、良いプログラムという評価には、いろいろな評価基準が考えられるが、プログラムの内容の良さとプログラムの表現の良さに大別できる。ここでは、後者の表現の良さに注目して考察することにする。

良いプログラムは他人に分かりやすいプログラムであ

ることも重要な要因の一つである。そのことから、構造化プログラミングの考えに基づいてプログラムを表現することが言われている。例えば、プログラムの論理構造を明確にするとか、意味のある変数名を用いる、プログラムの論理構造を反映するような段付けをする。プログラムに注釈を付けて理解しやすくすることなどがあげられる。

プログラムを定量的に評価することが可能であれば、良いプログラム作成の指針になり、各学生が計算機上で容易に自分のプログラムを評価することができ、プログラミング教育に貢献できると考えられる。

そこで、本稿では、学生が作成した PASCAL プログラムを対象に定量的評価の準備段階の試みとして、評価の省力化とプログラムの分かりやすさについて考察した。その結果、良いと評価されるプログラムはモジュール化された分かりやすいプログラムであり、それに反して、最終的にバグが残存したプログラムはモジュール化が不十分であり分かり難いプログラムであることが分かった。

以下、2章では、プログラムの評価について述べる。3章では、分析の概要として、分析の目的と手順と分析の対象のデータについて述べる。4章では、統計的分析の前処理としてコード点によるグループ分けについて述べる。5章では、統計的分析として、主成分分析の適用と結果ならびに分散分析による検討と考察を述べる。最

後に6章では、今後の課題などについて簡単にまとめる。

2. プログラムの評価

2.1 分かりやすさの評価

本稿では、学部教育におけるプログラム開発を対象にPASCALプログラムを対象に定量的評価の準備段階として、プログラムの分かりやすさの評価に関する試みを行う。

分析の対象としたプログラムの分かりやすさという評価尺度は、ソフトウェア開発で最もコストが費やされるソフトウェア保守の工程で重要なものである。プログラムの分かりやすさを数値で表現できれば、保守のしやすさを示す指標にもなり得ると考える。

また、教育現場においては、プログラムの分かりやすさを定量的に把握することが可能であれば、良いプログラム作成の指針になり、各学生が計算機上で容易に自分のプログラムを評価することができ、プログラミング教育に貢献できると考えられる。

なお、Boehmら³⁾によって、ソフトウェアの品質定義のための階層的モデルが提案されている。文献(3)、(9)では、更に、品質を決定する要因として、携帯性、信頼性、効率、操作性、テスト容易性、理解性、更新性の7つがあげられている。本稿で議論する品質は、主として、理解性に関連したものである。具体的には、自己記述性、構造化、簡潔性、明瞭性に対する評価である。

また、文献(13)では、計算機マニュアルの分かりやすさの基準として、理解のしやすさ、読みやすさ、使いやすさの3つの評価基準を示している。

2.2 プログラム分析の機械化

PASCALで書かれたプログラムの評価については、例えば、文献(10)、(11)のPASCALプログラムの採点の自動化や文献(1)のPASCALプログラム計量システムがある。前者は、採点の自動化ではプログラムのスタイル(1行当りの文の長さ、名前の種類、名前の長さ等)を評価し採点する。後者は、プログラム計量システムでは制御フロー解析に基づいてプログラムの性能(空間計算量、時間計算量)を定量的に評価する。従って、いずれもプログラムの内容に立ち入った評価は十分には行っていない。

文献(8)の実験では、被験者である学生に共通課題の要求仕様を与えて、この問題に対する設計書を作成させ、その設計書に基づいてプログラムを作成させた。

プログラムの品質の評価に当たっては、人手で行った。採点者の主観による偏りを軽減するため、3人の採点者が幾つかの評価項目について独立に採点し、それら3つ

の採点に基づき偏差値を求める。プログラムに対する偏差値をコード点と呼ぶ。

多数のプログラムを評価し採点することは、かなりの時間と労力を要する。この評価の一部を機械化することにより、ある程度の省力化が考えられる。

そこで、人手によらず、プログラムを機械的に解析し、プログラムを構成しているPASCAL命令の使用データから、コード点との関係や最終プログラムにバグが残ったグループに共通な特徴などが引き出す試みの分析を行った。

3. 分析の概要

3.1 分析の目的

作成された学生のPASCALプログラムに関して、プログラム書法⁵⁾の基本的に従った良いプログラムはある共通した要因があり、最終プログラムにバグが残る場合には、ある共通した要因があるであろうことを予想して分析実験を行なった。

なお、本研究での興味の対象は学生個人(プログラムに対するコード点)ではなく、ある程度の人数の学生の集団としての傾向を見ることにある。

3.2 データの収集源

大阪大学基礎工学部情報工学科の学生に対して行われたプログラム開発過程に関する学生実験(学部2年生の45名対象)からデータを収集した。

実験では、学生の共通課題に「酒卸売販売会社の在庫管理問題」^{14, 15)}を採用し、学生に問題の要求仕様を与え、この問題に対する初期の設計書、及び、それに基づいたPASCALプログラムを作成させた。

なお、各学生は事前にPASCALによるプログラミング経験があり、構造化プログラミングやプログラム書法⁵⁾に関する講義を受けている。

3.3 分析対象のデータとその分析手順

本稿では、文献(8)で収集した4種類のデータ(d1)～(d4)の内の(d4)を中心に分析することにした。つまり、最終プログラム：学生が最終的に作成したプログラムのリストとそのファイルである。

収集したデータに対する統計的分析は、次に示す手順に従って行った。

A. 統計的分析の前処理

[ステップ1：プログラムの人手による評価]

[ステップ2：コード点の算出]

なお、ステップ1とステップ2は文献(8)に詳細に記述しているので参照されたい。

[ステップ3：コード点に基づくグループ分け]
(詳細は4.2で述べる)。

B. 統計的分析

[ステップ4：プログラムの解析]
(詳細は5.1で述べる)。

[ステップ5：主成分分析の適用と主成分]
(詳細は5.2で述べる)。

[ステップ6：主成分得点の分析]
(詳細は5.3で述べる)。

[ステップ7：平均値による分析]
(詳細は5.4で述べる)。

[ステップ8：分散分析]
(詳細は5.5で述べる)。

4. 統計的分析の前処理

4.1 コード点

現状では、プログラムの内容に関する評価は人手に頼る以外に方法がない。そのため、3人の採点者(教官1名、学部4年生2名)は下記に評価項目により、独立に、人手による評価方法を採用した⁹⁾。

- (1) 見易さ
- (2) 理解し易さ
- (3) モジュールの分け方
- (4) 名前の付け方
- (5) アルゴリズムやデータ構造の良さ
- (6) プログラムの構造

4.2 グループ分け

本研究での興味の対象は学生個人(プログラムに対するコード点)ではなく、ある程度の人数の学生の集団としての傾向を見ることにある。

そこで、学生をコード点に基づき、次の4つのグループに分けた。なお、グループD(すなわち、プログラム中にバグを残した学生)を識別するため、教官側でテストデータ3組を用意した。

グループX：コード点の良い者。

グループY：コード点の普通の者。

グループZ：コード点の悪い者。

グループD：設計点の良否にかかわらず、提出されたプログラムにバグが存在して、プログラムが正しく動作しなかった者。

なお、グループDに属する学生のプログラムは、次の2つのいずれかである。

- (1) 上述の3組のテストデータ、及び、プログラム作成時に学生に渡したテストデータを用いて動作確認をし

た結果、いずれかの場合に正しい出力が得られない。

- (2) 翻訳時エラーは無いが、テストデータを入力すると実行が中断してしまう。

分析の対象者36人の内で、グループDに属する者が6人となり、従って、グループX, Y, Zについては、コード点の上位10、次の中位10人、残りの下位10人を割当てた。

5. 統計的分析

5.1 解析方法

プログラムの評価については、例えばPASCALプログラムの採点自動化ツールが開発され実施例が報告されている¹⁰⁾。このツールではプログラムのスタイルに関する採点が主であるが、プログラムの構成しているPASCAL命令を解析する部分の中間出力を活用して、プログラムの各構成要素等の出現頻度が得られた。これらの中から意味的に重複する項目などを除き、次の13項目を選択した。

- | | |
|-----------------------|-------------|
| (1) 行数 | : プログラムの規模 |
| (2) 文字/行 | : 表現の密度 |
| (3) モジュールの大きさ | : モジュール化の規模 |
| (4) 代入文の割合 | : 逐次処理 |
| (5) while・repeat 文の割合 | : 繰返処理の構造化 |
| (6) for 文の割合 | : 繰返処理 |
| (7) if・case 文の割合 | : 分岐処理の構造化 |
| (8) goto文の割合 | : 非構造化 |
| (9) procedure 文の割合 | : モジュール化 |
| (10) function文の割合 | : モジュール化 |
| (11) 段付けの割合 | : 論理構造の明確化 |
| (12) 注釈の割合 | : 理解のしやすさ |
| (13) 空行の割合 | : 読みやすさ |

それらの項目とデータの平均値及び標準偏差を表1に示し、紙面の都合上36人の詳細なデータは割愛する。

表1 分析データの項目とその平均値及び標準偏差

分析データの項目	平均値	標準偏差
行数	240.83	63.51
文字/行	20.27	1.79
モジュールの大きさ	29.48	11.85
代入文の割合	36.96	6.45
while・repeat 文の割合	3.33	1.19
for 文の割合	1.74	1.60
if・case 文の割合	9.13	2.81
goto 文の割合	0.28	0.62
procedure 文の割合	3.31	1.24
function 文の割合	0.22	0.39
段付けの割合	94.12	5.05
注釈の割合	5.28	3.87
空行の割合	2.95	5.50

ただし、学生に与えた入出力ルーチンに関する命令文(117行: 5つの代入文, 5つのif文, 3つのcase文, 5つのgoto文, 3つのfor文, 3つのproceduce文)は含まない。また、命令文の出現頻度の値に関しては、プログラム・サイズに依存するので、空行を除いたプログラム行数で割り単位行当りの値に変換した。

5.2 主成分分析の適用と主成分

前述の13項目からなる36人分のデータをもとに主成分分析⁴⁾を行ない主成分を抽出し、それぞれの主成分得点(各主成分について、学生ごとの変量における値)を計算して、コード点との関連を調べた。

なお、主成分分析は、多くの変数の値をできるだけ情報の損失なしに、少数個の総合的指標(主成分)で代表させる方法である。

主成分分析を行なった結果について、抽出された主成分のうち、固有値が1以上の4つの主成分を表2に示し、主成分と変量との関係を表3に示す。

表2 主成分分析の結果の固有値と寄与率

変 量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
固有値	3.65448	2.58947	1.65931	1.13816
寄与率	0.28111	0.19919	0.12764	0.08755
累積寄与率	0.2811	0.48030	0.60794	0.69549

表2より、プログラムの特徴を表す4つの主成分で累積寄与率が約7割になるので、これら4つの主成分に注目すればよいと考えられる。

表3 主成分と変量との関係

変 量	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
代入文の割合	0.42749	0.15258	-0.10828	0.13145
文字/行	0.39769	0.00630	-0.08364	0.28493
for文の割合	0.34885	0.05214	0.39656	0.06990
行数	-0.34694	-0.12672	0.23792	0.10399
段付けの割合	0.34651	-0.14027	-0.31271	-0.29554
モジュールの大きさ	-0.11424	0.55934	0.08424	-0.13387
procedure文の割合	0.07218	-0.53428	-0.09499	0.20299
空行の割合	-0.25323	0.31405	-0.04340	0.05995
function文の割合	-0.11341	-0.30576	-0.30216	-0.39136
while・repeat文の割合	-0.11040	0.25149	-0.50276	-0.38346
goto文の割合	0.22416	0.01891	0.47583	-0.29697
注釈の割合	-0.25413	-0.28288	0.28109	0.44179
if・case文の割合	0.27329	0.06465	0.04613	0.39013

下線部分は、絶対値0.3以上の値を表す。

表3より、4つの主成分については、対応する変量の絶対値が0.3以上のものを主成分に対する寄与が大きいと考え、以下のように解釈する。

(1) 第1主成分の特徴: 行当りの文字数が多く、代入文・for文・段付けの割合が大きく、行数が小さいプログラムが高得点となる。第1主成分の係数は、大きくなるにつれプログラムが分り難くなると思われる。for文については配列の全ての要素について順に処理を行なう場合などはよい。しかし、配列要素の中から条件に合うものを探すような場合、ループ途中での脱出が必要になり、PASCALでは必然的にgoto文が多くなる。与えられた問題にもよるが、今回のような在庫管理問題の場合は特にfor文の多用は好ましくないと思われる。また、段付けの割合に関してはよい解釈が見当たらないが、被験者のほとんどが段付けをしていることから、ここでは無視した。

以上から、第1主成分は負の「プログラムの分りやすさ」を表す主成分といえることができよう。

(2) 第2主成分の特徴: 一般にプログラムを多くのモジュールに分けると、procedure文やfunction文の割合が多く、モジュールの大きさが小さくなるが、この第2主成分はこの逆の傾向をよく表わしている。

従って、負の「モジュール化の度合」の主成分といえることができよう。

(3) 第3主成分の特徴: for文・goto文の割合が高く、段付け・function文・while・repeat文の割合が低いので、負の「構造化の度合」を表わしている。

(4) 第4主成分の特徴: while・repeat文・注釈文・if・case文の割合が高く、function文の割合が低いので、「プログラムの複雑さ」を表わしている。

5.3 主成分得点の分布

上記で抽出された4つの主成分について、学生ごとにそれらの主成分得点を計算した。主成分得点とコード点によるグループの関係について考察する。

横軸に第1主成分を縦軸に第2主成分をとり、各学生の主成分得点の分布を図1に示す。なお、グループXの範囲を実線で示し、グループDの範囲を点線で示した。

図1より、グループXは左下の方に、バグありのグループDは右上に分布している傾向がみられる。グループXは第1主成分が低く、第2主成分も低い値である。バグありのグループDはその反対の傾向が見られる。

つまり、コード点の良いのはモジュール化された分りやすいプログラムであり、それに反して、最終のプログラムにバグが残存したのは、モジュール化が不十分であり、分り難いプログラムであることが読みとれる。

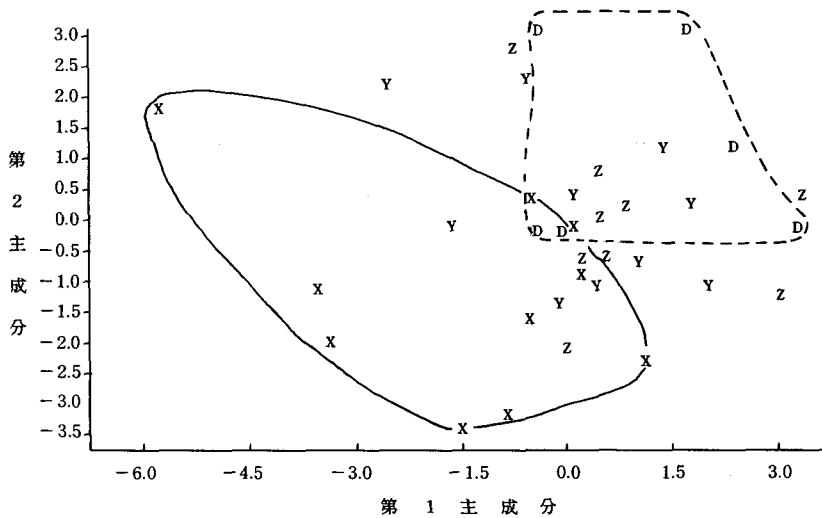


図1 第1主成分と第2主成分におけるグループの分布

5.4 平均値による分析

コード点によるグループ間の相違を比較するために、それぞれのグループの主成分得点の平均値を求め表4に示す。表4より、各主成分についてコード点の各グループの平均値をみると、次のようなグループ間の相違が認められる。

- 1) 第1主成分については、コード点の平均値の逆順になっている。また、グループDにおける第1主成分得点の平均値は他のグループと異なり大きい。
- 2) 第2主成分については、グループXの値が小さく、グループDが大きい値になっている。
- 3) 第3主成分については、グループDが他の3つグループに比較してより少ない。
- 4) 第4主成分については、グループDを除きコード点の平均値の順になっている。また、グループDはグループZに近い値になっている。

表4 グループ別の主成分得点の平均

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
グループX	-1.493	-1.156	0.049	0.202
グループY	0.167	0.300	-0.145	0.132
グループZ	0.661	0.166	0.370	-0.261
グループD	1.108	1.149	-0.457	-0.123

5.5 分散分析による検討

それぞれのグループの主成分得点の平均値の差の有意性の検定を分散分析法¹²⁾により行なった。

そこで、次の帰無仮説について、グループ間の有意差に関して、分散分析法により検定し、その結果を表5に

示す。

コード点の良否にかかわらず、[Hi]各グループの第i主成分得点は同じ分布から無作為抽出したものである(i=1~4)。

表5 分散分析の結果

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
帰無仮説	[H1]	[H2]	[H3]	[H4]
F値	3.91*	3.52*	0.55	0.38
PR>F	0.0174	0.0261	0.6503	0.7716

*:有意水準5%

表5の結果から、グループ間の相違に関し、有意水準5%未満で統計的に意味のあるのは、第1主成分と第2主成分であり、次のことが認められる。

- 1) 第1主成分得点(H1)に関して、コード点の良否がプログラムの分かり難さに影響を及ぼす
- 2) モジュール化の度合い(H2)に関しては、コード点との関係が見られる。
- 3) 帰無仮説(H3, H4)に関しては、コード点との関係は見られない。

上記から、次のことが結論できる。良いプログラムはモジュール化された分かりやすいプログラムであり、それに反して、最終のプログラムにバグが残存したのはモジュール化が不十分で分かり難いプログラムであることが伺われる。

以上、プログラムの各構成要素等の出現頻度を解析して機械的に得られたデータから主成分分析の結果、4つの主成分(「プログラムの分かりやすさ」, 「モジュール化の度合い」, 「構造化の度合い」, 「プログラムの複雑

さ)が抽出された。更に、各主成分の学生ごとの主成分得点とコード点によるグループの関係について分散分析による検討を行うと、第1・2主成分(「プログラムの分かりやすさ」,「モジュール化の度合」)のみが統計的に有効であった。

つまり、人手によるプログラムの評価(コード点)に関係している要因は「プログラムの分かりやすさ」,「モジュール化の度合」であると考えられる。

6. あとがき

PASCALを用いて作成されたプログラムの評価の試みとして、プログラムを機械的に解析したデータをもとにして、統計処理することにより妥当な結果が得られた。つまり、計算機によるプログラムの表現的な分かりやすさに対する一つの定量的な評価の可能性を提示した。しかし、人手で評価したコード点における客観的な裏付けや36人のデータでの信頼性など、更に検討を重ねる必要があることも問題点としてある。

今後の課題としては、計算機によるプログラムのコード分析ツールの充実などが考えられる。

謝辞

この研究に関して、日頃ご指導を頂く大阪大学基礎工学部の鳥居宏次教授ならびに菊野亨教授、統計解析の適用についての助言を頂いた摂南大学経営情報学部の大澤豊教授、PASCALのSTYLEプログラムを提供して頂いた九州工業大学の中山泰雄先生および評価等に協力して頂いた鳥居研究室の松本健一博士と楠本真二博士に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 有沢, 張: “制御フロー解析による PASCAL プログラム計量システム”, 情処学論, 28, 4, pp. 376-383 (1987).
- (2) 有沢 誠: “ソフトウェア工学”, 岩波書店 (1988).
- (3) B. W. Boehm, J. R. Brown and M. Lipow: “Quantitative evaluation of software quality”, Proc. 2nd ICSE, pp. 592-605 (1976).
- (4) C. Chatfield and A. J. Collins: “Introduction to Multivariate Analysis” (福場, 大沢, 田畑訳: “多変量解析入門”, 培風館 (1986)).
- (5) B.W.Kernighan and P. J. Plauger: “The Elements of Programming Style” (木村訳: “プログ

ラム書法”, 共立出版 (1981)).

- (6) 工藤, 杉山, 藤井, 鳥居: “実験に基づくプログラム設計過程の定量化の試み”, 情処学ソフトウェア工学研報, SW-58-11 (1988).
- (7) H.Kudo, Y.Sugiyama, M.Fujii. and K.Torii: “Quantifying a design process based on experiments”, The Journal of Systems and Software, No. 9, pp. 129-136 (1889).
- (8) 工藤, 菊野, 鳥居: “プログラム設計過程の定量的評価の試み—初期設計書の品質から見た評価—”, 奈良高専研究紀要, 第26号, pp. 69-76 (1991).
- (9) 宮本勲: “ソフトウェア・エンジニアリング: 現状と展望”, TBS 出版会 (1982).
- (10) 中山, 大塚, 矢鳴, 磯: “PASCAL プログラム採点の自動化”, 情処学第28回全国大会 6Q-8 (1984).
- (11) M. J. Riss: “Automatic assessment aids for Pascal programs”, ACM SIGPLAN Notice, 17, 10, pp. 33-42 (1982).
- (12) George W. Snedecor and William G. Cochran: Statistical Methods, 6th edition (畑村, 奥野, 津村訳: “スネデガー, コ克蘭統計的方法”, 岩波書店 (1972)).
- (13) 高橋, 牛島: “計算機マニュアルの分かりやすさの定量的評価法”, 情処学論, 32, 4, pp. 460-469 (1991).
- (14) 山崎利治: “共通問題によるプログラム設計技法解説”, 情報処理, 25, 9, p. 934 (1984).
- (15) 山崎利治: “共通問題によるプログラム設計技法解説(その2)”, 情報処理, 25, 11, p.1219 (1984).

インテリジェント電子ディスプレイ

鈴木 忠二

INTELLIGENT DISPLAYS

CHUJI SUZUKI

電子ディスプレイとは主として電子的表示機能を持ち、その用途によりモノクロで1文字表示用からハイビジョンTV放送用受像機に使用される大表示容量の中間調カラー動画像表示用まで、幅広い呼称に用いられてきている。そして、外観形状・表示材料や表示形態・機能に因り、その都度〔ディスプレイ〕文字に形容詞が付けられ分類されてきた。一方、情報処理技術や情報通信技術の高度化により、そのネットワーク端末装置用電子ディスプレイとして表示機能の他に情報入力処理・記憶機能や情報変換処理機能など要求される場合が徐々に増してきた。そこで、機能デバイスを複合化したもの、多機能材料やその駆動方式により情報処理機能を付加したものをインテリジェント電子ディスプレイと名付けることを提案する。

1. まえがき

元来、ディスプレイとは商品展示のことに用いられていた、また情報表示においても機械式や電子式表示装置もまだ良く見かけることがある。しかし、現在では巨大なエレクトロニクス産業の進展により、一般に電子ディスプレイのことを単にディスプレイと呼ぶ場合が多くなりつつあるが社会構造が多様化し、高度化が進むにつれて、また各専門分野でディスプレイと言う言葉がそれぞれの目的の範囲内で使用されることが予想されるので、ここでは敢えて電子ディスプレイと呼んでおく。さらに、厳密に言えば情報を電子的に表示するための道具を電子ディスプレイ「デバイス」と言わなければならない。電子計算機システムでは電子ディスプレイデバイスを用いた情報表示端末装置のことを電子ディスプレイと呼んでいる。本論文ではデバイスを論ずる立場から電子ディスプレイの呼称を用いている。次に、デバイスの立場から電子ディスプレイを分類すると表1に示すように(1)発光型ディスプレイと(2)非発光型ディスプレイに分類されてきた。また、材料や容器などから①真空(容器と電子ビーム)、②気体(ガス)放電、③個体(化合物半導体)、④液体(液晶)、などがある。機能的にはカラー(マル

チカラーおよびフルカラー)表示があり、性能的には大容量化・高輝度化や大型化などが開発競争になっている。

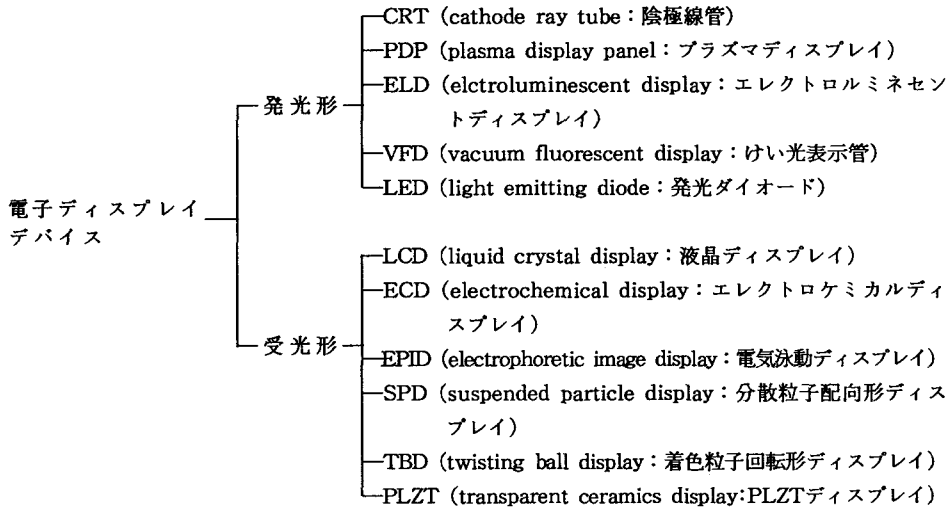
しかし、高度化情報化社会の急速な進展により情報通信ネットワーク端末装置も多機能化の要求が高まってきて特に、双方向通信端末およびパーソナル無線端末機器のディスプレイにはペン書き入力機能やメモリ機能など付加機能化が必要と思われる。これらの機能はディスプレイとは別に機能素子を組み合わせることにより実現できるが複合ディスプレイ材料や駆動方法の工夫などをモノリシック型として実現できることが望ましい。

現在までに、この方面の研究開発成果の報告もあり、不可視像の可視化デバイスや光増幅機能を付加したディスプレイなどの基礎開発例も実現されている。そこで、これらに見られる情報認識機能と処理機能を合わせ持つディスプレイをインテリジェント電子ディスプレイと定義することをここに提案する。

2. 電子ディスプレイと付加機能

電子ディスプレイにどのような機能が付加されるとインテリジェントと呼ばれるのか、その情報認識機能や情報処理機能を過去に研究された具体例をその研究報告から分類してみる。

表1 代表的な電子ディスプレイデバイス



2. 1 入力機能付加

電子ディスプレイは基本的には表示（情報出力）機能のみでよい。しかし、パーソナルユースの電子手帳など手書き文字・図形入力機能が付いたパームトップ電子手帳、すなわちタッチペン付きの機能が商品化されている。①手書き文字を活字文字に変換する機能を有している機器や②書いた線画そのままが表示される機器がある。いずれも表2に示すように、入力機能部分は表示部分と別の部品で構成されており、外部の情報認識・処理機能回路の助けを借りて表示しているの、これらを「ハイブリッド型」と仮に呼ぶことにする。一方、電子ディスプレイデバイスのみで入力機能と同時に表示機能を合わせもたせることが出来るものを「モノリシック型」と呼ぶ事に。勿論、デバイスを動作させるためには種々の駆動方式が考案されているが、ハイブリッド型と異なり外部に認識・処理機能回路を有していないことである。

また、モノリシック型でもデバイスの形態において入力機能層と表示機能層とが積層されている場合と表示機能層に入力機能を同時に持たせている場合がある。前者を仮に積層構造と呼び、後者を同一層構造と呼ぶことにする。

図1には電子手帳などで用いられている代表的なハイブリッド型入力機能付き表示装置の構成を示す。入力機能部分はタッチ型、圧力型や電磁型などがある。パネルの表面のポイント、すなわち位置情報をパネル外に取り出し、位置の認識処理および文字の認識を行い、コード化し、その情報をディスプレイに与え表示する。手書き図形そのままを表示する場合は位置情報のみを与える。

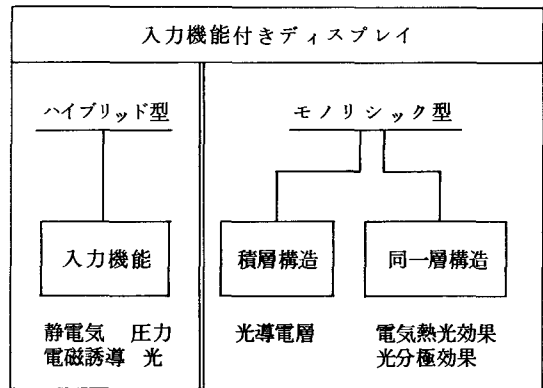


表2 入力機能付きディスプレイの分類
Table of the classifications of Display with Digitizing

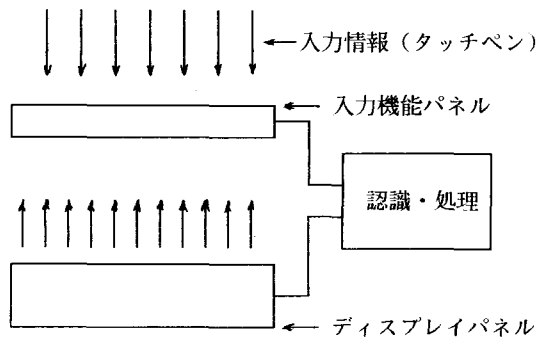


図1 ハイブリッド型入力機能付きディスプレイの構成
Schematic of the Hybrid type Display with Digitizing

積層構造をモノリシック型入力機能付きディスプレイは図2に示すように、基本的には液晶表示素子（LCD：Liquid Crystal Display）と光導電層の積層構造になる。①ガラス基板の上に②一面の透明電極を蒸着し③配向膜を付け④TN-LCDを配し、対向ガラスの代わりに⑤誘電体ミラー層を付け、さらに⑥遮光層を蒸着し、⑦光導電層を蒸着した上に②透明電極を設け、さらに⑧光学ファイバを並べたプレートが付けた構造のライトバルブが大型スクリーン用に実用化されている。図に示すように左の方から書き込み情報光を照射し、その二次元光パターンに対応した情報が光導電層上で抵抗値変化として現れ、電極にバイアス電圧を印加して置けば液晶層に印加される電圧も最初の書き込み情報パターンと同様のライトバルブとして動作することになる。

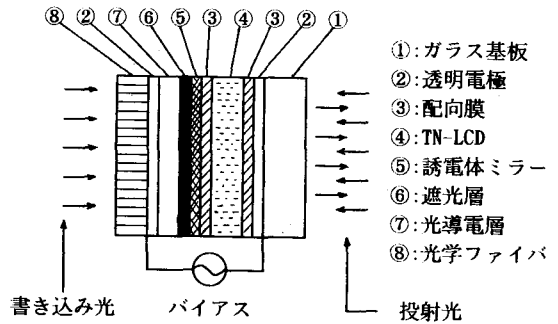


図2 LCDライトバルブの構造図
Schematic of LCD Light Valve

また、エレクトロルミネセント ディスプレイ（ELD：Electroluminescent Display）の場合も図3に示すようにEL層と光導電層との組み合わせ構造により可能となり商品化された。この場合は不可視像の可視化デバイスであり入力情報はX線や紫外光である。すなわち、①ガラス基板の上に②透明電極を蒸着し、その上に③EL層を塗布し発光層を形成し④光反射層、⑤不透光層（誘電体層）を作った上に、さらにX線または紫外光に感度をもつ⑥PC粉末層および⑦金属電極を付ける。このようにして⑦薄膜金属電極側より不可視像（X線または紫外線を入力し可視化が可能となる。

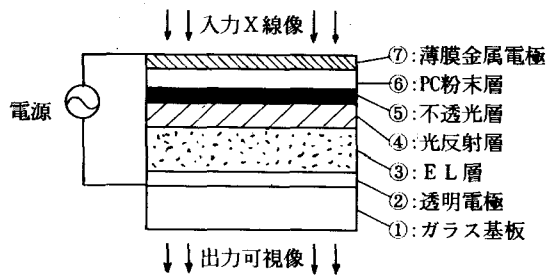


図3 分散ELの可視化パネルの構造図
Schematic of Hybrid type EL Panel

同一層構造モノリシック型入力機能付きディスプレイは特殊なLCDに見られる液晶電気熱光学効果を利用したレーザー光による書き込み機能付きディスプレイが挙げられる。すなわち、スメチック液晶の温度による分子状態変化を用いている。スメチック液晶にレーザー光を照射し、その照射時に発生する熱を速やかに取り除くと分子配列が乱れたまま残り、照射以前の状態と異なる液晶分子配列を示し、光学的には光散乱状態になる。このようにしてライトバルブとして大型ディスプレイに利用されている。また、小型の直視型LCDディスプレイにおいてもレーザー光ペンで入力し書き込み表示も可能である。

ELの場合、図4に示すように三層構造薄膜交流駆動型ELは①ガラス基板の上にストライプ状の②透明電極を蒸着し、さらに③絶縁層④EL発光層③絶縁層と、あたかもEL層を絶縁層でサンドイッチ状に挟んだ構造にしてその上に⑤背面金属電極を配し、最後に⑥シリコンオイルを封入し⑦シールガラスで湿気除去対策をした構造になっている。その特性上、駆動電圧と輝度との関係においてヒステリシス特性を示すものがあり、そこで閾値電圧をもつ維持パネルを印加し続け、その時ELパルスの表示面側から紫外光を照射するとパネルはEL発光する。

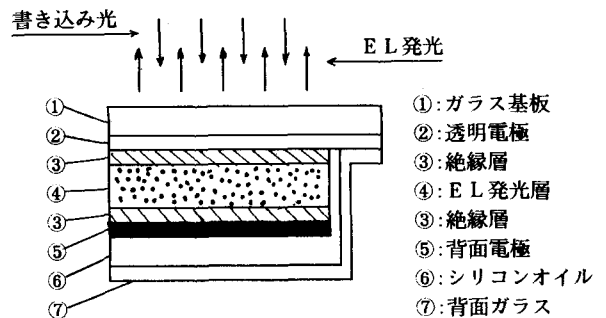


図4 三層構造薄膜ELの光入力機能パネルの構造
Schematic of Thin Film EL Panel with Digitizing

2. 2 記憶機能付加

一般に、電子ディスプレイパネルが記憶機能を持つと動画像表示などでは1フィールドの間、各画面は表示し続けることができるので、表示輝度を大きくとることができる。LCDではTFTアクティブマトリックスのみTFTにコンデンサを作り付けて置くことにより、実現している。プラズマディスプレイパネル(Plasma Display Panel:PDP)では交流駆動形PDPは放電により発生する壁電荷により記憶機能を付加させることができる。そのため大容量表示絵素(2000X2000)を持たせることが可能となっている。特に、PDPでは壁電荷の発生を発光直前の電圧をもつ維持パルスの連続印加時においてパネル全面より外部光(短時間における強い短波長光)を照射することにより実現した研究報告がある。しかし、発光が不安定なため実用化の段階には至っていない。発光ダイオードでは4層構造LED(P-N-P-N接合構造)が負性抵抗特性を示す事から、記憶機能を付加させることが可能である。ELは前述のように、交流印加電圧と発光輝度との間にヒステリシス特性をもたせることができるので、当然記憶機能付加が可能である。

次に、アナログ記憶が可能かどうかを各デバイスを比較しながら検証してみる。LCDはTFT-LCDデバイスがコンデンサを持っているため、印加電圧に比例したアナログ量の記憶ができる。すでに、カラーテレビとして実用化されている。これは蓄積電荷量に比例した時間LCDが動作しているものと見做してよい。しかし、この記憶機能(メモリ)は1フィールド間のみであり、次のフィールドでリフレッシュされる事から、1画面を長時間メモリすることは不可能である。すなわち、ここでは1フィールド間メモリと呼ぶ事にする。その理由は1フィールド画面を長時間メモリすることが可能なデバイスが存在するからである。前述のようにPDPおよびLEDはメモリ機能は有ってもデジタルメモリである。発光時間を変えることにより、輝度の変化として見えるだけである。ELは前述のように、アナログメモリが可能であり、アナログ消去も可能である。しかし、現在はヒステリシス特性の温度依存性が大きく、実用段階には至っていない。インテリジェント電子ディスプレイの要求により研究開発の速度が早められる可能性は大きい。ここで述べた記憶機能付加については2.1で述べた入力機能付加との相乗効果によりインテリジェントとなる。

表2 応用面からみたディスプレイデバイスへの要求機能一覧表

機能 応用	高輝度	多色	多階調	自己 走査	多階調メモリ		2値メモリ		多階調 の電気 的書込み	光学的		電氣的 読出し	ハード コピー
					揮発性	不揮 発性	揮発性	不揮 発性		書込み	消去		
(A) TV放送受信 ディスプレイ	◎	◎	◎	○	△	×	×	×	◎	×	×	×	×
(B) A静止画ディ スプレイ	◎	◎	◎	○	◎	×	◎	×	◎	×	×	×	×
(C) 双方向CAT Vディスプレイ 端末	◎	△	◎	○	◎	○	◎	×	◎	○	○	○	○
(D) テレビ電話	△	○	◎	○	△	×	△	×	◎	○	○	○	○
(E) 教育用ディ スプレイ	◎	○	◎	○	○	×	○	×	◎	○	○	○	○
(F) 数字・文字ディ スプレイ	○	○	×	○	×	×	△	×	×	×	×	×	×
(G) 情報処理端末 対話形ディ スプレイ	○	○	○	×	○	×	◎	○	○	◎	○	◎	○
(H) 画像処理用ディ スプレイ	○	○	◎	○	◎	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎

◎: 必要なもの ○: あったほうが良いもの △: 条件付で必要なもの ×: 不必要なもの

3. 応用分野とディスプレイ

1. まえがき、で述べた各種ディスプレイはどのような応用分野で利用され、今後利用されて行くのであろうか。表2に应用面から見たディスプレイデバイスへの要求機能を一覧表に示している。表示機能のみではインテリジェントとは呼べないので、前述のように入力機能やメモリ機能と書き込み・消去機能の組み合わせにより何らかの認識・処理機能を有することか必要条件となろう。表2で(C), (D), (G), (H)など双方向通信端末と見なせる機器への利用では、高輝度、多色多階調、機能は当然でありインテリジェントとは呼べない。多階調メモリや2値メモリ機能には揮発性と不揮発性があるが、一般には揮発性でよい。すなわち、動作時のみメモリ機能を有しておればよい。

双方向通信端末機器の中でも将来パームトップパソコンに通信機能が付加された場合、少なくともメモリ機能と入力機能付加は必要と考えられる。リアルタイムで情報を発信することが要求される。また、オフィスなどでは外部からの情報表示と同時に書いたり・消したり出来る電子黒板または電子OHPなどが必要となろう。

では、これらの応用システムを満足させるディスプレイは現存しているのか。また、開発が可能か。ここで少し考察してみる。表3には各種ディスプレイデバイスが持つ機能について、マトリックスフォーマットに纏めている。ブラウン管(Cathode Ray Tube: CRT)については特殊管を除いて、すべてカラー動画像表示用であり表3より除いた。ガス放電パネル(PDP)は光学的消去が全く出来る可能性はない。その他の機能は、すでに保有しているがメモリ機能以外は実用めどがたっていない。蛍光表示管はCRTのフラット化したデバイス見れば機能付加はないが、構造的に見て電子を蓄積させる工夫をすればメモリ機能付加の可能性はあると思われる。ELは前述のように三層構造AC駆動蒸着薄膜ELの場合には不揮発性メモリ機能を除いて、多くの機能を付加している。また、多色化についても充分とは言えない。今では紹介していないがエレクトロクロミックディスプレイは非発光素子であるが動作原理は電池に良く似ており揮発性の多階調メモリ機能が顕著に現れている。現在動作速度や寿命の点で商品化が遅れている。また、LCDに較べ消費電力も大きいので研究開発の壁に当たっている。

表3 各種ディスプレイデバイスがもつ機能一覧表

	高輝度	多色	多階調	自己走査	多階調メモリ		2値メモリ		多階調電氣的書込み	光学的		電氣的読出し	
					揮発性	不揮発性	揮発性	不揮発性		書込み	消去		
ガス放電パネル	パロースPDP	○	◎	◎	◎	○	×	△	×	◎	○紫外	×	
	イリノイPDP	○	○	○	○	×	×	◎	×	×	○紫外	×	◎
	フィリップスPDP	○	△	△	◎	○	×	○	×	◎	○紫外	×	
	狭さく放電	△	△	◎	◎	×	×	×	×	◎	×	×	
蛍光表示管													
E	LED	◎	○	◎	○	×	×	○	×	◎			
	分散型EL	×	○	◎	×	×	×	×	×	◎			
L	薄型ACEL	◎	○	◎	×	◎	×	◎	×	◎	○	○	◎
液体	LCD		○	×○	×	×	×	○	×	×	○	×	×
	ECD		△	×◎	×	◎	◎	◎	◎	◎	×	×	◎
固体	EPID		○	×△	×	×	×	○	×	×	×	×	×
固体	PLZT		△	△	×	△	△	◎	○	△			
	ボード		◎	×	×	×	×	◎	○	×			

◎：可能なもの ○：一部可能なもの △：可能性のあるもの ×：不可能なもの

4. インテリジェントディスプレイの定義

インテリジェント電子ディスプレイとは少なくとも、主機能は表示機能であって、表示するに当たって表示デバイス自身で外部の刺激を感知し、その情報をそのまま表示するか、または情報処理を行って異なった情報を表示し、他の機器との関連が持てる機能を有していることが必要条件である。その場合、ディスプレイデバイスには電源の給電は良いが情報の処理や認識機能の支援は行わないものとする。以前はインテリジェントディスプレイは情報処理機器の単なる表示装置でありながら情報処理機器が知的に巧みに表示内容をインテリジェント化していたために呼び名が付いていた。ここでは、あくまでもディスプレイデバイスの側から見てインテリジェントかどうかを判断する事にしたい。例えば不可視像の可視化などは代表的と言える。また、表示素子と別の機能素子との組み合わせによるインテリジェントディスプレイはハイブリッド形である事を明らかにする必要がある。

前述のLCDライトバルブは単に拡大表示機能を持つデバイスではあるが、情報入力を感じしその情報によりLCDに大きな電圧が印加され、より大きな光源を制御している点から見るとインテリジェントディスプレイである。

5. むすび

本論文では電子ディスプレイデバイスの持つ各種機能および性能について現在までの研究成果の報告を分類し紹介して来た。主題はあくまでもインテリジェントディスプレイデバイスの定義に基づき記述にした。今まで極めて曖昧であった言葉をここで大胆に定義して見たのでご批判を頂きたい。多くの技術者とのこのテーマに関して議論し、今後情報化社会の中で避けて通れない事柄であると思っているので、はっきりとした定義を確立させたいと願っている。

文献

- (1) 鈴木忠二, 三戸左内: “フラットディスプレイパネルの多機能化”, 昭51テレビ学全大, pp. 243-246.
- (2) 和田正信編: “印写工学V・電子ディスプレイ”, 共立出版(昭50-03)。
- (3) L. F. Weber, et al.: “Direct electrical readout from plasma display/memory panels”, IEEE Trans. Electron Devices, ED-21, 11(No

v.1971).

- (4) S. Mito and C. Suzuki: “Alpha numerical displaying G. N. D.”, Proc. 1973 Int. Sympo. of Display, pp. 165-172
- (5) C. Suzuki, et al.: “LED color display with inherent memory.”, Digest of 1974 SID Int. Symp. Tech. Papers. pp. 80-81.
- (6) C. Suzuki, et al.: “Character display using thin-film EL panel with inherent memory”, Digest of 1976 SID Int. Symp. Tech. Papers, pp. 50-51.
- (7) C. Suzuki, et al.: “Optical writing and erasing on EL graphic displays”, Digest of 1977 SID Int. Symp. Tech. papers. pp. 90-91.
- (8) C. Suzuki, et al.: “Direct electrical readout from thin-film EL panels”, Digest of 1978 SID Int. Symp. Tech. Papers, pp. 134・135.
- (9) N. Kako, et al.: “EL TV display with stop motion”, *ibid*, pp.132-133.
- (10) 鈴木忠二: “エレクトロルミネッセンスディスプレイ”, 画電学誌, 14, 4, pp. 234-239.
- (11) A. Sasaki, et al.: “Thermo-optical effects and two new liquid crystal information display devices”, Conf. Rec.1972 IEEE Conf. of Display Devices, pp. 161-165(1972).
- (12) D. Maydan, et al.: “Liquid crystal graphic displays thermally addressed by infrared laser beam”, *ibid*, pp. 166-168.
- (13) F. J. Kahn: “Ir-laser addressed thermo-optic smectic liquid crystal storage displays”, Appl. Phys. Lett, 22(3), pp. 111-111-(1973).
- (14) Y. Nagae, et al.: “Light pen and readout functions in thermally addressed smectic liquid crystal display”, Proc. of 3rd IDRC, pp. 490-493(1983).
- (15) 菊池 宏, 滝沢国治, 藤掛英夫, 岡田正勝, 宇賀隆人:

人間の文字認知特性に関する諸問題

下村 満子

The characteristics of human letter processing

Michiko SHIMOMURA

Some studies are reviewed concerning with human letter processing. Letter-detection task are often employed because it indicates which units are used in reading text by revealing which constituents are ignored by reader. It was found that letter-detection in familiar words was likely to be omitted. Two possible explanations, unitization hypothesis and redundancy hypothesis, are discussed about eight problems. That is, (1) effects of contextual information, (2) effects of word frequency, (3) syllabic unit, (4) effects of phonetic factor, (5) effects of perceptual configuration, (6) boundaries of units, (7) acquisition of units, (8) facilitation and inhibition of letter processing in word-context.

1 はじめに

本稿では、読文時の人間の文字・単語の認知過程に関するいくつかの研究を紹介する。

読文時の文字認識過程を考えると中心となる問題は、(1)読文時の処理ユニットは何か、(2)またそれはどのように処理されるかという問題である。(1)の処理ユニットとは、「いったん符合化あるいは抽象化されると、その構成要素は無視されるような単位」と定義される[1]。何が無視され何が処理されるかということ調べることによって、何がユニットかという問題に答えることができる。そこで、しばしば用いられるのが文字探索課題、すなわち、背景刺激の中から予め与えられた文字(目標刺激)を探し検出する課題である。(2)の問いは、文字探索中に文字や単語の持つ様々な情報をどのように抽出し利用しているか、という問題に言い替えることができる。

2 文字探索実験

前述の2つの問いに答えるために、いくつかの研究が行われてきた。その発端となったのが Corcoran [2]

の研究である。Corcoran は、被験者に文章中から e という文字を検出することを求める実験を行い、次の2つの結果を示した。第1に単語中の e が発音されないときに検出ミスが多いという結果、第2には the という単語中の e は特に検出ミスが多いという結果である。衆目はまず前者、すなわち読文(黙読)という視覚的な過程に音韻的な情報が関与するという結果に集まったが、10年後、Healy [3] が2番目の結果に着目したところから、一連の研究が始まった。つまり読文に音韻的な情報が関与することは否定しないにしても、それだけでは2番目の結果は説明できず、the という単語の特殊性に着目することになった。

なぜ、the に含まれる e は検出されにくいのか。Corcoran 自身は、redundancy 仮説を提案し、the のように冗長な情報を持つ単語、つまり文脈からその出現や位置を予測できる単語はスキャンされないから、単語を構成する文字の検出率が低くなると考えた。これに対して Healy らは unitization 仮説を提案した。これは、the のように非常に使用頻度の高い単語は、単語全体が処理ユニットを形成していると考えられるもので、前述のように単語がいったんユニットとして処理されると、その構成要素に対しては通常の処理は行われなくて、文字の検出ミスが多くなると考えたのである。

Healy [3] 以来行われた研究を概観すると、次の8つの問題点に関して議論されているようである。

- (1) 文脈情報の影響
 - (2) 単語の出現頻度の影響
 - (3) シラブルユニットの存在
 - (4) 音韻的情報の影響
 - (5) 形態の影響
 - (6) ユニットの境界
 - (7) ユニットの獲得
 - (8) 単語文脈による文字の処理の促進/抑制
- 以下、この8点について研究を紹介する。

2. 1 文脈情報の影響

文脈という言葉は、一般的には文章の脈絡や関連を指すが、ここでは目標刺激の周りの情報を指し、(1)通常の意味に近い文章文脈、(2)数語から成る部分文脈、(3)文字が単語中に存在しているという意味での単語文脈に分けることができる。redundancy 仮説への反証を得るために、文脈情報を操作して行われた Healy [3] の実験がその後の一連の実験の基本であるので、その実験方法について説明する。独立変数は文脈情報の有無、従属変数として目標刺激の検出ミス率をとる。具体的には、目標刺激は t、背景刺激としては通常の文章（標準条件）と文章を単語毎にランダムに並べ変えたもの（単語位置替え条件）の2条件を設けることにより、文脈情報の有無を操作した（刺激例を Appendix に示す）。被験者は100単語程度の文章を通常のスピードで読みながら目標刺激 t に丸をつけることが求められる。後戻りは許されず、また課題を気にし過ぎて読むスピードを落としたり、目標刺激を見つけようと気にし過ぎてもいけないと教示される。単語位置替え条件では、単語文脈は保持されるが文章文脈は喪失する。redundancy 仮説に従えば、文章文脈が喪失すると the の予測が不可能であるので、他の単語と同様にスキャンされ、the を構成する t の検出ミスは減少し、他の単語に含まれる t の検出との間に差はなくなると予想される。実験の結果、標準条件と単語位置替え条件で、検出ミス率に差はなく、文章文脈が喪失しても the に含まれる t の検出ミスは減少しなかった。

さらに、標準条件と文章を文字毎にランダムに並べ変えたもの（文字位置替え条件）とを比較した。文字位置替え条件は単語文脈も壊された状況で、非単語からの文字の検出が求められることになる。実験の結果、文字位置替え条件の方が標準条件よりも検出ミスが少なかった。言い換えると、単語中の文字検出の方が非単語中の文字検出よりも困難なことを示しており、word-inferiority effect と呼ばれることがある。これは、瞬間提示法によ

る Reicher タイプの実験 [4] や、1単語のみを提示した場合の文字検出実験 [5] で、文字は単語文脈中にある方が、非単語中にあるときや単独であるときよりも処理が促進される（検出率が高い、もしくは他の文字と区別されやすい）という現象、word-superiority effect と対象的である。

さらに Drewnowski & Healy [6] は、部分文脈の効果を調べるために、単語位置替え条件に部分文脈が適切な場合（例：the+名詞）と不適切な場合を設けた。その結果、部分文脈が適切な場合の方が不適切な場合よりも検出ミスが多かった。

以上の結果から、文字探索には単語文脈や部分文脈は影響するが、より高次の文章文脈は影響しないことが示され、redundancy 仮説への反証となった。

2. 2 単語の出現頻度の影響

Healy [3]、Drewnowski & Healy [6] は、高頻度語と低頻度語を比較して、文字の処理に及ぼす単語の出現頻度の影響を調べた。高頻度語 and、低頻度語 ant に含まれる n の検出率を比較する実験を行った結果、高頻度語に含まれる文字の検出ミス率は非常に高いことが示された。これは、ユニットの形成に語の出現頻度が大きく影響することを示している。the や and のような出現頻度が非常に高い単語で特に文字検出ミスが多い現象を missing-letter effect、あるいは word-frequency disadvantage と呼ぶことがある。単語の出現頻度の効果については、他の多くの実験でも高頻度語に含まれる文字は検出されにくいという一貫した結果が得られ、高頻度語が処理ユニットを形成しているという仮説を支持している。

2. 3 シラブルユニットの存在

unitization の仮説では、まず文字と単語が処理ユニットとなり得ることを仮定したが、その中間ユニット、例えばシラブルユニットは存在するだろうか。この疑問に答えるために、Drewnowski & Healy [7] は -ing と -ent という2つのシラブルを用いて実験を行った。両者を比較すると、文字列の出現する頻度 (orthographic frequency) は -ent の方が高いが、ある文字列が単語中の特定の位置に出現する頻度 (positional frequency) は -ing の方が高い。両シラブルから n を検出する実験を行った結果、単語の末尾に位置する -ing から n を検出する条件で検出ミスが多いことが示された。このことから、末尾に位置する -ing がユニットを形成していると考えられ、複数のシラブルからなる文字数の多い単語では、シラブル単位の処理も行われる可能性を

示唆している。そして、そのユニットの形成に影響を及ぼすのは、シラブルが特定の位置に出現する頻度であると考えられる。

2. 4 音韻的要因の影響

Healy [3] は、音韻的要因と出現頻度のどちらが文字探索のパフォーマンスに影響を及ぼすのかを調べるために、目標刺激となる文字の発音は同じで出現頻度は大きく異なる2つの単語、the と thy に含まれる t の検出率を比較した。発音がパフォーマンスを決定する主要な要因であるなら、検出率は2つの単語の間で差はないと予想される。実験の結果、the に含まれる t のほうが検出ミスが多く、発音よりも語の出現頻度の効果の方が大きいことが示された。

さらに Drewnowski & Healy [8] は、それ以前の実験では音韻的要因と目標刺激の位置の要因とが交絡していることに着目し、目標刺激の位置を統制して、音韻的要因の再検討を行った。その結果、目標刺激が発音される場合でもされない場合でも検出率に差はなく、音韻的要因の効果が否定された。

しかし、音韻的要因は読文過程に何らかの影響を及ぼしていると考えられる。例えば、高次の言語処理過程ではアクセントが重要な役割を果たしていることが予想される。そこで彼らはさらに、目標刺激を含むシラブルにアクセントがある場合とない場合を比較する実験を行った。その結果、目標刺激が、標準条件の高頻度語に含まれるアクセントがおかれない第3シラブルにあるときに検出ミスが多いことがわかった。この結果から、unitization 仮説と音韻情報の利用とは排反するものではなく両立し得ること、文字数が多い単語の場合、単語の初めの方の文字と後ろに位置する文字ではその処理が異なる可能性が示唆された。すなわち、アクセントは文字単位ではなくシラブル単位で機能し、その効果が第1、第2シラブルでは見られず、第3シラブルでのみ得られたということは、単語の初めの方は文字単位で分析的に処理され、後ろの方はシラブル単位で処理されていることを示していると解釈される。

その後 Read [9] は発音の典型性に着目し、f を目標刺激として実験を行った。すなわち、典型的な f の発音をする if と、例外的な発音をする of を比較した。その結果、of に含まれる f の検出は if に含まれる f よりも難しいことが示された。Read はこの結果は音韻的要因の重要性を示していると解釈した。しかし、この解釈には以下のような問題点があると思われる。まず、of は英語では the と同様に最も出現頻度が高い単語のひとつであるのに対し、if は高頻度語ではあるが、the と

比べるとかなりの差があり、頻度の要因を統制したとはいえない。さらに、of と if は function word という点では同じカテゴリーに属する単語であるが、単語の担う情報の重要性は明らかに if の方が高く、of は the 同様に冗長な単語であるといえる。つまり Read の実験は、音韻的要因と、出現頻度・冗長性の両要因とが交絡しているので、この実験からだけでは unitization 仮説、redundancy 仮説の妥当性を論議することはできないと思われる。

音韻的要因に関しては、他の仮説と対立するというよりも、何等かの形で仮説に含まれると考えるべきであり、文字探索過程あるいは読文過程のどこに音韻的要因が関与するかを特定する必要がある。

2. 5 形態の影響

Drewnowski & Healy [6] は、単語や文章の形態の効果を調べるために、単語ごと、あるいは文字ごとに大文字と小文字を交互に用いて表記した条件、文章中に使われている単語をマトリックス状のリストにして提示した条件を設けて、標準条件と比較した。その結果、通常の知覚形態を壊した条件ではいずれも標準条件よりも検出ミスが減少した。

また Healy & Drewnowski [10] は、正しい単語中の文字とミススペル (i.e., 非単語) 中の文字の検出を比較した。redundancy 仮説が正しければ、the という単語はスキャンされないで、正しい単語もミススペルでも検出率に差は生じないと予想される。実験の結果、ミススペルでは検出ミスは減少し、missing-letter effect は消失した。従って、redundancy 仮説への反証が提出されたとともに、形態が文字探索に大きな影響を与えることが確かめられた。

そこで彼らは形態の影響を更に詳しく調べるために、正しいスペルの単語とミススペルの形態類似性を操作して実験を行った。すなわち正しいスペルの単語 (the) と形態的に類似したミススペル (例: tde) と類似していないミススペル (例: tne) を作成し、t の検出率を比較した。形態類似性の指標としては、アルファベットの小文字を(1)上に突き出した文字 (例: h,d), (2)下に突き出した文字 (例: g,q), (3)どちらでもない文字 (例: n,e) の3カテゴリーに分類し、同一カテゴリーに属する文字は類似していると考えた。the の h または e を同じカテゴリーの文字と置き換えたものを形態類似条件、異なるカテゴリーの文字に置き換えたものを形態非類似条件とした。

Healy らは、ミススペルであっても形態が類似していればユニットとして処理され、正しい単語と同様の結果

が得られると予想したが、実験の結果、正しいスペルの単語に比べると形態類似条件でも検出ミスは減少した。また、形態の類似性の効果は刺激によって傾向が異なり、一貫した形態類似性の効果は得られなかった。

文字探索に形態情報が用いられていることは明らかであるが、形態類似性の効果については、しばしば自明のこととして論議されているにもかかわらず、実際には一貫したデータは得られていない。形態情報は外形情報、詳細情報、密度 (density) など様々な要素を含んでいる。Healyらは単語の外形の類似性を操作し、一貫した結果が得られなかったのであるが、この実験からだけでは、外形の類似性が効果を持たないのか、操作が不十分であったのか明らかではない。

2. 6 ユニットの境界

次にDrewnowski & Healy [10] は、ユニットの境界に着目した。単語が分かち書きされる英語では、単語間のスペースが大きな役割を果たしていると予想される。そこで、単語やシラブルが前後のスペースまで含んでユニットを形成しているかどうかを、スペースの位置に+を表示した条件とスペースのない条件とを設けて調べた。実験の結果、全体的傾向としては+条件やスペースなし条件では検出ミスが減少するが、刺激間で結果の傾向が異なることがわかった。例えば、標準条件と比較したとき、-ing は+条件ではあまり差がないがスペースをなくすと検出ミスは大きく減少する。一方、and の場合は+条件で検出ミスの減少がみられる。このことから、-ing ユニットは直後のスペースを含んでいないが、and ユニットは前後のスペースも含んでいることが示唆されるが、各論の段階に留まり、一般的な法則を見いだすには至っていない。

2. 7 ユニットの獲得

処理ユニットの存在を仮定するとき、我々はそれをいつ、どのように獲得するのかという疑問が生じる。この問題に答えるためにDrewnowski [11] は、子供 (public schoolの生徒) を対象にして文字探索の実験を行った。その結果、小学校の1年生程度の生徒では、どの条件でも文字の検出率はチャンスレベルであったが、学年が進むと成人と同じように、missing-letter effectが見られるようになることがわかった。このことは、低学年の生徒は文字レベルのユニットしか利用しないが、高学年になるとシラブルや単語をユニットとして利用できるようになることを示唆している。

2. 8 単語文脈による文字の処理の促進/抑制

これまで紹介してきた Healy を中心とした一連の実験は、unitization 仮説を支持するものであり、redundancy 仮説を支持する研究は現在ではほとんど見られないと言ってよいだろう。Healy & Drewnowski [10] は、unitization 仮説を次の5つの仮説に整理している。

1. 文字、シラブル、単語といった処理ユニットとそれに対応した処理レベルの階層を仮定。
2. 各レベルは並列に処理される。
3. ユニットの熟知性が処理を促進する。
4. 処理が完了するとユニットが同定される。
5. いったんユニットが同定されると、下位のユニットが同定されなくても、処理の対象は文章中の次の場所へ移る。

この仮説によって、一見すると矛盾した現象に見える word-superiority effect と word-inferiority effect を、ひとつの共通するメカニズムで説明することができる。

2. 1でも述べたが、word-superiority effect は、文字が単語文脈中にあることによってその処理が促進されるという現象であり、word-inferiority effect とは、文字が単語文脈中にあることにより処理が抑制されるという現象である。Healy, Oliver & McNamara [12] は、この2つの現象を生じる原因は実験手続きの違い、すなわち一度にいくつの単語を提示するかという点である考え、一度に提示する単語数を操作して実験を行った。1単語提示、4単語提示、全テキスト提示の3条件を比較した結果、一度に提示する単語数が多いほど、文字の検出ミスが多くなることが示された。

これは以下のように解釈できる。すなわち、被験者は利用できるもっとも高次のユニットを用いて処理を行い、出現頻度の高い単語の場合には単語ユニットが用いられると考えられる。しかも、unitization 仮説の5番目に仮定されているように、高次のユニットの処理が完了すると下位のユニットの処理の完了を待たずに、処理の対象が次のユニットへと移るので、単語ユニットに含まれる文字が検出されない確率が高くなる。これは通常の読文時だけでなく、一度に1単語以上提示されたときにもあてはまる。これに対して、一度に1単語だけしか提示されない場合には、高次ユニットの処理の完了後も、下位のユニットの処理が完了するまで同一の単語を処理し続けることができるので、文字の検出率が高くなると考えられる。この解釈は、あまりにも多くの仮定をおきすぎていることは否めない。また、文字単独よりも単語文脈中の文字の認知がよくなるという促進効果のメカニズムは説明してない。しかし、前述の2つの現象をひとつのメカニズムで説明しようとした初めての試みである点

で評価できよう。

2. 9 まとめ

8つの問題点について整理すると以下のようになる。

1. 文脈情報の影響

単語文脈や部分文脈は影響するが、より高次の文章文脈は影響しない。

2. 単語の出現頻度の影響

処理ユニットの形成に大きな影響を及ぼす。

3. シラブルユニットの存在

長い単語ではシラブルがユニットになり得る。その場合、特定の位置に出現する頻度が重要である。

4. 音韻的要因の影響

unitization 仮説と両立するが、単独では文字探索過程を説明するのに十分ではない。

5. 形態の影響

通常の読みの形態をこわすと、その状況で利用できるユニットを用いる。外形情報の役割については、明確な結果は得られていない。

6. ユニットの境界

スペースが重要な要因ではあるが、影響の有無は単語によって異なり、法則性は見いだされていない。

7. ユニットの獲得

低学年では、ユニットは形成されていない。

8. 単語文脈による文字の処理の促進/抑制

一度に提示する単語の数が影響し、unitization 仮説で説明できる。

3 むすび

読文時の文字や単語の認知特性、特に処理ユニット、処理レベルを調べるために文字探索課題を用いた研究を、Healy とその同僚たちの文字探索実験と unitization 仮説を中心に紹介し、8つの問題点を整理した。しかし、これらの研究の方法について批判する立場もある。例えば Rayner & Pollatsek [13] は、通常の読文と文字探索とは異なったメカニズムによるものであると主張している。彼らは、文字探索課題は、通常の読文に人工的な負荷を加えていること、読文の主たる目的は意味を理解することであるのに、文字探索課題では被験者の行動の目的が異なっていることをあげ、この課題から通常の読文過程を論じることはできないと述べている。

筆者自身は、Rayner らの意見に必ずしも賛成ではない。彼らの考え方に従えば、実験的に通常の読文過程を調べることは非常に困難である（彼らは眼球運動を指標とすることによって可能だと主張しているが）。確かに、

ひとくちに読文と言っても様々な種類の読みがある。通常の読文に含まれる中でも、新聞や雑誌の読み方と論文の精読には違いがあるかもしれないし、校正、速読などは、それぞれ目的にあった特性を備えているはずである。同時にまた、すべてに共通のメカニズムもあるはずである。通常の読文メカニズムを直接的に調べることは厳密にはむずかしいかもしれない。しかし、それぞれの読み方に共通の過程と異なる過程を区別し、さらに異なる過程を生み出す要因を明らかにすることによって、通常の読文メカニズムを予測することもできるのではないだろうか。

ここで紹介した研究はすべて英語に関するものであるが、日本語においても、横澤 [14] は 1 文字（漢字）よりも大きな処理ユニットの存在と、探索時の概形情報の重要性を示し、また概形処理と詳細処理の 2 段階文字探索過程モデルを提案している。また日本語と英語では、文字や単語の認知特性が異なっていることが報告されている (e.g., Shimomura & Yokosawa [15])。今後は、漢字と仮名が併用され、しかも分ち書きされない日本語において、読文時に何が処理ユニットを形成しているのか、英語との違いを生じる要因は何か、という問題について調べていきたい。

References

- [1] Healy, A. F. : Cognitive processes in reading text. *Cognition*, 10 (1981), 119-126.
- [2] Corcoran, D. W. J. : An acoustic factor in letter cancellation. *Nature*, 210 (1966), 658.
- [3] Healy, A. F. : Detection errors on the word *the*: Evidence for reading units larger than letters. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 2 (1976), 235-242.
- [4] Reicher, G. M. : Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*, 81 (1969), 275-280.
- [5] Krueger, L. E., & Weiss, M. : Letter search through words and nonwords : The effect of fixed, absent, or mutilated targets. *Memory & Cognition*, 4 (1976), 200-206.
- [6] Drewnowski, A., & Healy, A. F. : Detection errors on *the* and *and* : Evidence for reading units larger than the word. *Memory & Cognition*, 5 (1977), 636-547.
- [7] Drewnowski, A., & Healy, A. F. : Missing

- ing* in reading : Letter detection errors on word endings. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19 (1980), 247-262.
- [8] Drewnowski, A., & Healy, A. F. : Phonetic factors in letter detection: A reevaluation. *Memory & Cognition*, 10 (1982), 145-154.
- [9] Read, J. D. : Detection of *F*s in a single statements : The role of phonetic recording. *Memory & Cognition*, 11 (1983), 390-399.
- [10] Healy, A. F., & Drewnowski, A. : Investigating the boundaries of reading units : Letter detection in misspelled words. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 9 (1983), 413-426.
- [11] Drewnowski, A. : Detection errors on the word *the* : Evidence for the acquisition of reading levels. *Memory & Cognition*, 6 (1978), 403-409.
- [12] Healy, A. F., Oliver, W. L., & McNamara, T. P. : Detection letters in continuous text : Effects of display size. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 13 (1987), 279-290.
- [13] Rayner, K., & Pollatsek, A. : *The Psychology of reading* (1989), Prence-Hall; NJ.
- [14] 横澤一彦 : 人間の文字探索特性とそれに基づく文書検索法. 電子情報通信学会論文誌, J 73-D-II (1990), 191-199.
- [15] Shimomura, M., & Yokosawa, K. : Processing of Kanji and Kana characters within Japanese words. *Perception & Psychophysics*, 50 (1991), 19-27
- E. リスト条件
The their day
was. other boy
clothes mother wash
- F. +条件
The+boys'+mother+washed+their+clothes+
the+other+day.
- G. スペースなし条件
Theboys'motherwashedtheirclothesotheotherday.

Appendix (背景刺激の例)

- A. 標準条件
The boys' mother washed their clothes the
other day.
- B. 単語位置変え条件
The was mother day their wash clothes other
the and.
- C. 文字位置変え条件
Tob hemw' sotred ysaher thieh dretaos tlic
yteoh hee.
- D. 大文字/小文字混在
ThE bOys' MoThEr WaShEd ThEiR cLoThEs
ThE oThEr DaY.

ハイパーテキストを用いた教材提示システムの試作

山井 成良・山崎 幸司*・中村 博和**

Design and Implementation of Teaching Material Presentation System with Hyper Text

Nariyoshi YAMAI, Kouji YAMAZAKI and Hirokazu NAKAMURA

講義や研究発表などにおいて教材・資料等を提示する場合、従来から OHP が頻繁に用いられている。しかし、OHP ではシートの枚数が多くなるとかさばってしまい、特に講義のように臨機応変に教材を提示しなければならないときには不便である。本稿ではこのような問題点を解決するために我々が試作した教材提示システムについて述べる。本システムでは、多くの教材をハイパーテキストを用いて管理しているため、関連する教材をリンクを用いて結合して必要な教材を素早く取り出すことができる。また、本システムでは LAN を活用することにより、他のコンピュータに大量の教材を管理・格納したり、複数のシステム間で教材を共有したりできる。更に、簡単な視覚的効果を用いて、より効果的に教材を提示することも可能である。

1. はじめに

講義や研究発表などにおいて教材・資料等を提示する場合、従来から OHP、スライド、あるいはビデオ等の視覚機器がよく利用されている。このうち、特に OHP は教材の作成が比較的容易であり、また機器の取り扱いが簡単であるなどの利点があるため頻繁に用いられている。しかし、OHP ではシートの枚数が多くなるとかさばってしまい、必要なものを素早く取り出すことが困難となる。このため、特に講義のように臨機応変に教材を提示しなければならないときには不便である。

一方、最近では建物のインテリジェント化が進み、多くの部屋で VTR や TV 等のビデオ機器が備えられるようになり、また LAN が敷設されている部屋も増えつつある。

そこで本稿では、これらのビデオ機器や LAN を活用し、OHP で見られた問題点を解決するために我々が試作した教材提示システムについて報告する。本システムはハイパーテキストシステムを用いて構築しており、教

材をリンクにより有機的に結合することによって必要な教材を素早く選択し、ビデオ機器や他のコンピュータに出力することができる。また、本システムでは LAN を活用することにより、大容量の 2 次記憶装置を持つ他のコンピュータに大量の教材を管理・格納したり、複数のシステムを LAN で接続してシステム間で教材を共有したりできる。更に、本システムでは従来の OHP では不可能である視覚的効果を与えることができ、より効果的に教材を提示することも可能である。

2. 教材提示システム

一般に教材は文字、図形だけでなく画像、音声など種々の表現手段が使われる。このため、教材提示システムの中核となるコンピュータはこれらの種々の表現手段、すなわちマルチメディアを扱うことのできるものでなければならない。また、教材提示システムが使われる状況を考慮すると、コンピュータの操作性が大きな問題となる。

そこで、試作した教材提示システムでは、コンピュータとしてこれらの面で優れていると思われる Macintosh II cx を採用した。また、ソフトウェアにはハイパーテキストシステムの一つで複数のウィンドウを操作できる SuperCard を用いた。これは、ハイパーテキストシ

* 富士通ネットワークエンジニアリング

** 三菱電機

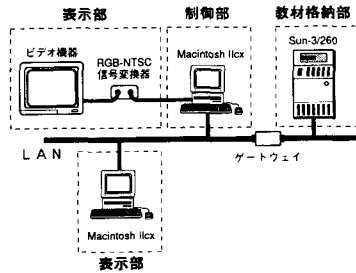


図1 試作した教材提示システムの構成

テムでは教材をリンクにより有機的に結合でき、これにより指定された教材を素早く取り出すことが可能となるためである。

2. 1 システムの構成

本システムは図1に示すように表示部、制御部、教材格納部の3つの部分から構成されている。以下に各部について説明する。

(1) 表示部

表示部は、制御部で指定された教材をビデオ機器に表示する機能を持つ部分で、本システムではVTRやTV等のビデオ機器やLANに接続された他のコンピュータに相当する。ビデオ機器を用いる場合には、コンピュータからのRGB信号をビデオ機器用のNTSC信号に変換する信号変換器が必要である。また、他のコンピュータに出力する場合には、画面共有ソフトウェアであるTimbuktuを用いる。

(2) 制御部

制御部はコンピュータに相当し、先に述べたソフトウェアSuperCardを用いて実現されている。この部分は主にユーザインターフェイスを受け持ち、マウスを用いて教材を選択し、それを表示部に送る役割を果たす。

なお、制御部は表示部とは独立した画面を持っており、教材を選択する操作が聴衆からは見えないようになっている。

(3) 教材格納部

教材格納部はコンピュータの2次記憶装置に相当し、文字どおり教材を格納する部分である。

この部分は制御部のコンピュータに内蔵されている2次記憶装置を用いるのが普通であるが、例えば画像データなど、教材の格納には一般的にかなり大きな記憶領域を必要とするため、それだけでは多くの教材を格納することができない。そこで、今回試作したシステムでは、他のMacintoshやUNIXシステム(Sun-3/260他)と制御部のコンピュータをLANで接続し、

これらの2次記憶装置に教材を格納できるようにした。これにより記憶領域の問題を解決できるだけでなく、複数のシステムで教材を共有することもできる。

2. 2 教材の作成

本システムでは、各々の教材はSuperCardにおける表示単位である「カード」として扱われる。1枚のカードは複数の図形や文字、あるいは他のカードへのリンクを持つ「ボタン」などから構成されており、専用の編集用プログラムSuperEditを用いることで、これらを自由に配置して教材を手軽に作成することができる。基本的には本システムにおける教材作成はOHPシートの原図を作成する作業とほぼ同じであり、OHPにおける原図の出力やシートへの転写の手間を考慮すると、むしろ本システムの方が少ない労力で教材を作成できると言える。

また、Macintoshではアプリケーションプログラム間のデータの互換性に優れているため、他のプログラムで作成した図形ゲータ(例えばイメージスキャナで読み込んだ画像データ)などを教材として利用することも容易に行える。更に、SuperCardではランタイムエディタを備えているため、教材の簡単な修正・編集等は教材提示時でも行うことができる。これらの点も本システムの利用率を高める要因になっている。

2. 3 ユーザインターフェース

本システムの制御は図2に示すような画面上で行う。この画面は教材確認用ウインドウ、教材順次選択用ボタン群、教材表示ボタン、視覚的效果選択メニュー、教材編集メニューなどから構成されている。

教材を選択する方法は、教材順次選択用ボタン群を用いる方法とカード内のリンク参照用ボタンを用いる方法の2つに大別できる。このうち、前者は教材を1つずつ順番に選択・表示する場合に適しており、後者は現在のもとの関連が深い教材を素早く選択・表示する場合に用いる。いずれの場合でも、カードの選択はカーソルを希望するボタン上に移動させてマウスのボタンを押すこと(この一連の動作を「ボタンをクリックする」という)により行い、引き続いて教材表示ボタンをクリックすると、選択したカードが表示部に送られる。

なお、本システムには現在のカードを記憶するためのスタックが備えられており、教材順次選択用ボタン群中のプッシュカードボタン(下矢印)を用いると現在のカードをスタックに記憶でき、ポップカードボタン(カギ付き左矢印)を用いてスタックに記憶したカードを呼び出すことができるなど、教材カードのより高度な選択が可能である。

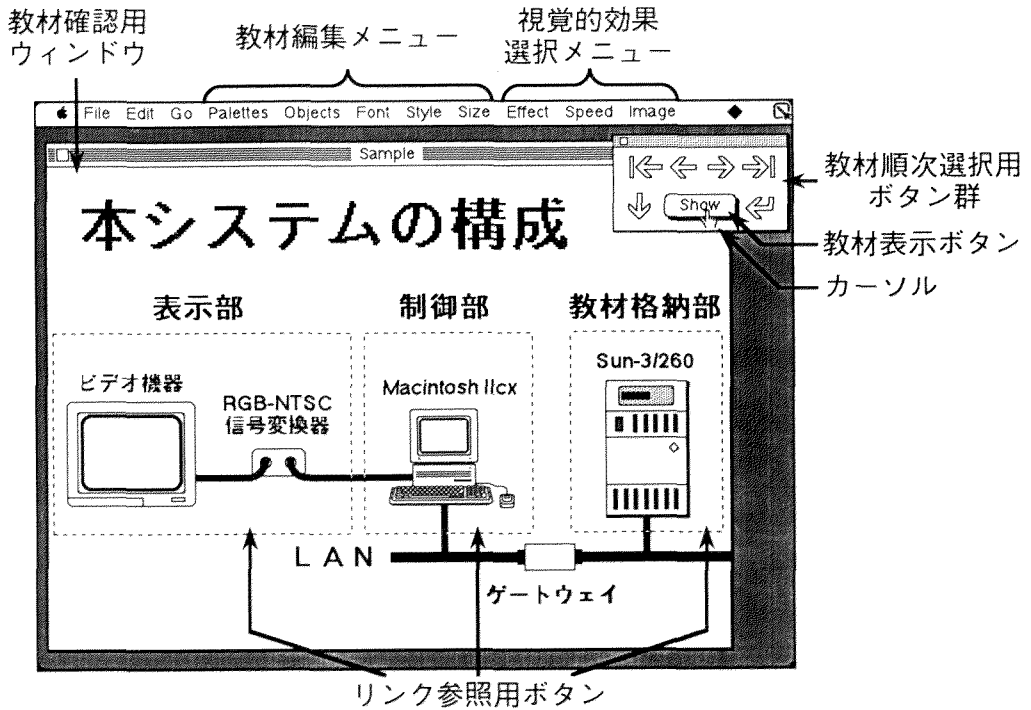


図2 試作した教材提示システムの制御用画面

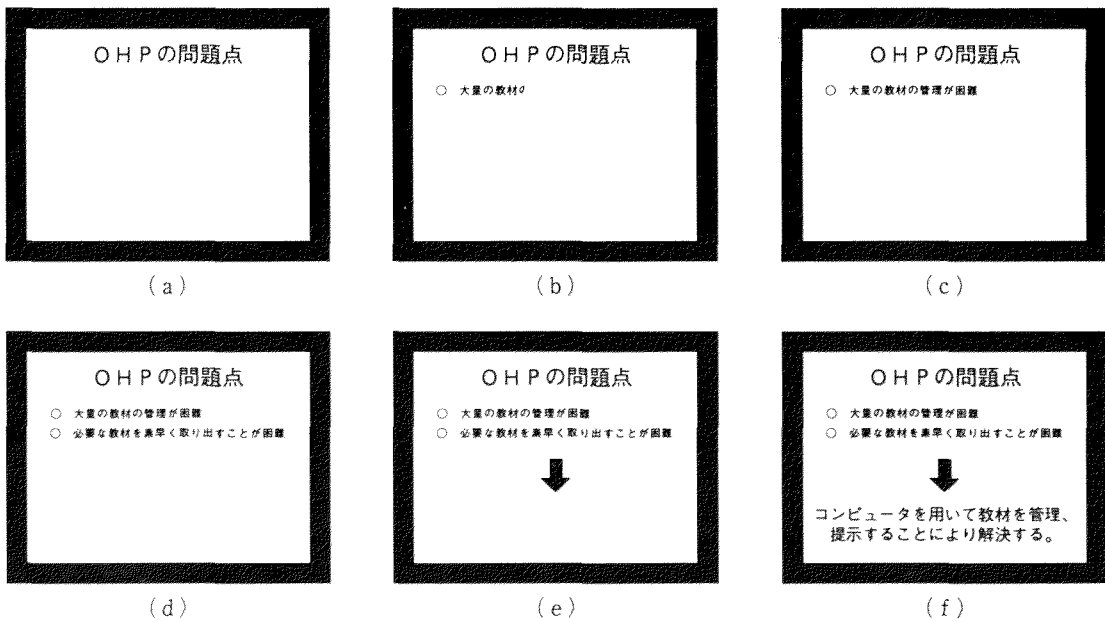


図3 視覚的効果の1例。(a)~(c)は右方向, (d)~(f)は下方向へのワイプ。
(b)と(e)は切り替え途中の画面で, 他の4枚はカード自身の表示画面である。

画面上部はプルダウンメニューになっており、適切な視覚的効果を選択したり、教材をその場で修正・編集したりするとき用いる。

2. 4 視覚的効果

SuperCardでは、教材作成時における簡単な設定や教材提示時におけるプルダウンメニューの操作により、カードの表示切り替えの際にワイプやフェードイン・フェードアウト効果など多彩な視覚的効果（Visual Effect）を用いることができる。本システムではこれを利用して類似したカードを切り替えて表示することにより、図3に示すように教材をより効果的に提示することが可能となる。このような効果はOHPやスライドでは不可能であり、本システムの利点の1つになっている。

また、提示画面の拡大・縮小はコンピュータ本体のビデオボードの機能として用意されており、キーボード操作で任意の部分に対して瞬時に作用させることができる。

なお、他のコンピュータに出力する場合には、画面共有ソフトウェアTimbuktuの制限により一部利用できない機能がある。

3. 試作システムの評価

試作した教材提示システムは完成してから日が浅いため、まだ講義で実際に使われた実績はないが、著者の一人が卒業研究の発表に使用したので、以下ではそのときに判明した問題点などについて述べる。

3. 1 教材作成における評価

教材作成時における問題点として、まず、視覚的効果を用いた教材を修正する場合、比較的手間がかかることが挙げられる。視覚的効果を用いた教材は図3のように類似した複数のカードを用いるが、これらを修正する場合は通常は全てのカードに影響が及ぶ。これについては、複数のカードを用いず例えば図形や文字などに付属する可視／不可視属性を制御する方法が考えられ、現在検討中である。

リンク参照ボタンの設定に関しても次のような問題がある。多くのユーザは教材作成時にボタンの設定をあまり行わず、教材を提示するときに初めてボタン設定の必要性に気付くことが多い。しかし、利用する可能性のある全てのボタンを事前に見落としなく設定するのは困難であり相当の手間も必要である。これに対しては、本における目次や索引に相当する内容一覧カードを一連の教材カードの最初あるいは最後に必ず置くようにする方法が有効であろう。また、教材の数が多くなると、教材を

分類して階層的に選択できるようなカードも必要となると思われる。

3. 2 教材提示における評価

教材提示時における最も大きな問題点は動作速度の遅さである。OHPにおいてもシートの取り替えにかなりの時間を要するため、致命的ではないが、特に視覚的効果を用いた教材では操作が多くなるため、速度の遅さは無視することができない。この原因は第1にSuperCard自身の処理の複雑さにあると思われるが、ディスク装置へのアクセスも教材の選択・表示操作の度に行われるため、RAMディスクなど高速記憶装置の利用も検討したい。

そのほかの問題点として、ビットマップフォントを用いているため文字の品質が悪い、あるいはボタンの位置がわかりにくいなどが挙げられるが、これらはいずれもOSやSuperCard自身の問題であり、近々改良される予定であるので省略する。

4. むすび

本稿では、我々が試作したコンピュータとビデオ機器を併用した教材提示システムについて報告した。

本システムは、卒業研究の発表に用いた以外は実際の講義などで使われた実績はないが、早い機会に教材を整備して実際に運用を行い、改良を重ねていきたいと考えている。また、今後の課題として、3章で述べた問題点に対する対策の他、動画像の表示・作成やビデオ画像の処理、あるいはビデオ機器の制御など、より多くのメディアを扱えるシステムへの拡張を目指したい。

参考文献

- (1) 西林瑞夫：Macintosh (1988)，〔共立出版〕
- (2) Silicon Beach Software Inc.：SuperCard User Manual (1989)
- (3) Silicon Beach Software Inc.：SuperCard Language Manual (1989)
- (4) RasterOps Co.：RasterOps 8S/24S Owner's Manual (1990)
- (5) RasterOps Co.：RasterOps Video Expander Owner's Manual (1990)

遺跡出土木材の超音波診断法による非破壊的研究 (V) (改良法による出土丸太材の内部構造の観測)

石垣 昭・井口 高行

Non-Destructive Investigation on the Internal Structures of Waterlogged
Archaeological Woods by Ultrasound Echography (V)
(Non-destructive Observation of Internal Structure of a Waterlogged Wood
Log by Advanced Method)

Akira ISHIGAKI and Takayuki IGUCHI

A method of non-destructive survey on the distribution of deteriorated region in a waterlogged wood log was investigated by ultrasound echography.

In a previous paper we found that the undeteriorated hard region in the waterlogged woods reveals remarkable ultrasound absorptions. And also found that the intensity of the ultrasound absorption closely relates hollocellulose content in the region. Further, in this paper we found that a total image in the waterlogged wood log was able to obtain non-destructively.

Therefore, many useful informations may be obtained by the ultrasound echography for conservation on the waterlogged wooden objects.

1. 緒言

著者らは水浸出土木材の内部構造を非破壊的に調査する一つの方法として、現在医療分野で汎用されている超音波診断装置を用いて一連の研究を行ってきた。

これまでの研究によって針葉樹、広葉樹の各種出土材についての研究の結果、内部の割れの発生状態等の物理的状態¹⁾²⁾のほか、従来から非破壊調査に汎用されているX線法では判定が困難な内部のホロセルロースの残存状態等の材質的な問題に関しても貴重な情報が得られる見通しを得た³⁾。また、内部の構造的強度や腐食状態の分布についても非破壊的に調査可能であることを実験的に裏付け、前報に報告した⁴⁾。今回は超音波診断法によって出土した丸太の劣化状態について非破壊的、かつ総合的に調査した事例について報告する。

今回の研究では前報までの研究で採用してきた測定法(以下直接法と称する)の課題であった超音波の照射方法を再検討し、より迅速、より正確に出土木材資料の目的とする断面の非破壊的観測ができる方法への改良を試

みた。今回はこの改良法(以下間接法と称する)を応用して、比較的完全な形で出土した丸太の木質遺物を超音波法で診断する技術の実用化に向けての研究成果について報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

出土木材試料として奈良国立文化財研究所より提供を受けた各種の出土木材の中から長さ約55cm、最大直径約9cmの丸太を選び使用した。この丸太の樹種は木口、柾目、板目の3方向の木材組織の顕微鏡観察⁵⁾によって広葉樹散孔材であると推定した。

2.2 超音波診断装置と画像処理法

リニア電子走査超音波診断装置(島津製作所 SDE-15 0型)を使用しBモード法で測定した。超音波装置より得られた信号を画像処理システム¹⁾に取込み、断面の上下二方向から観測データをもとにコンピュータで合成して断層図³⁾を作成し、画像処理を行うこれまでの方法を用いて吸収強度の分布を明確にした。今回の研究ではこの吸収強度を層別し、断面における相対的に吸収強度が大きい劣化の少ない部分の面積の断面積に対する割合を

求め劣化度の指標とする試みを行った。

2. 3 測定方法

これまでの研究に採用した測定方法（直接法）は、水中に出土木材試料を浸漬し、静置し、水面から探触子を水中に挿入して測定する方式によっている¹⁾。（図1参照）

今回、改良を試みた測定方式（間接法）は図2にならびに写真に示すように、探触子を水面に直接触れさせないで間接的にプラスチック容器の外部側面に接触させて測定する方法である。この際、探触子と容器の表面との間に空気が入らないように医療現場で人体の超音波診断に使用するスキヤングゲルを塗っておく必要がある。

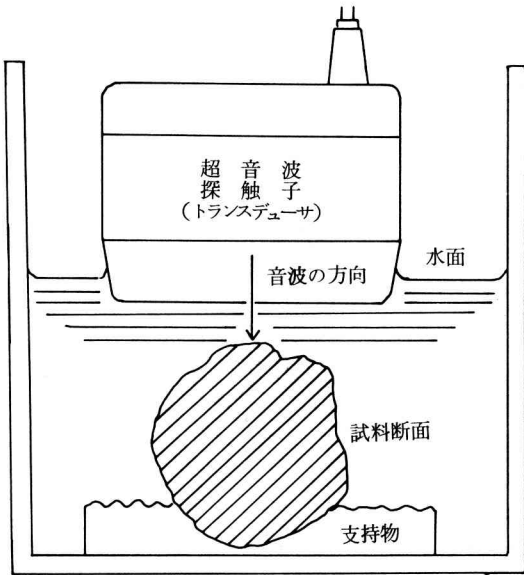


図1 直接法による出土木材の超音波診断

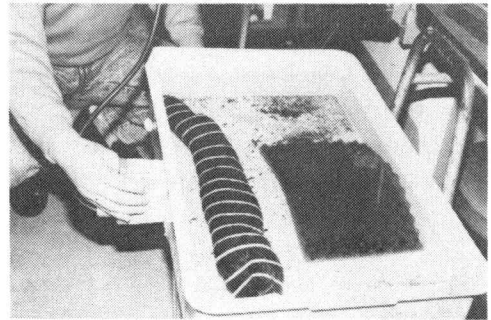


写真 出土木材の間接法による測定

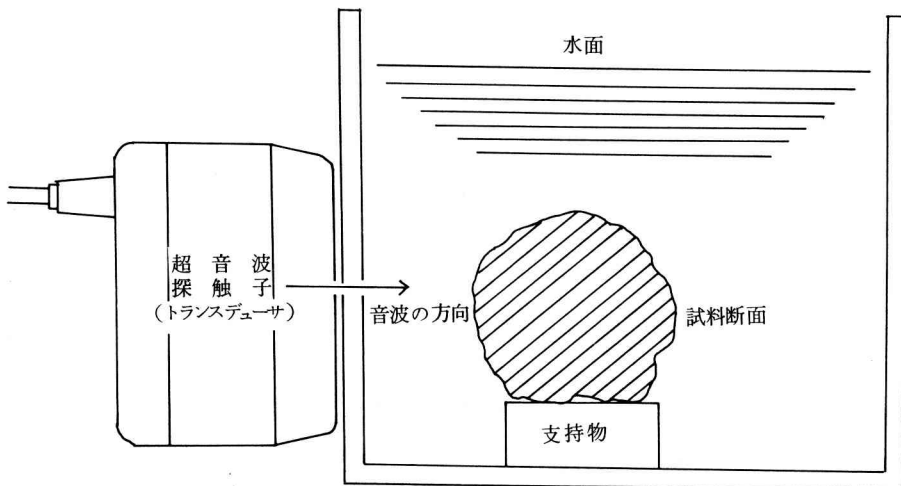


図2 間接法による出土木材の超音波診断

3. 結果と考察

3.1 直接法と間接法の比較検討結果

これまでの研究に採用した直接法(図1)は、これまでの研究結果から容器の底からの音波の反射による影響を受けやすく正確な診断が出来にくい難点があった。また、水面から探触子を水中にわずかに挿入し、手で支持しながら測定する関係上、探触子を同じ位置と一定の方向に長時間保持することが困難で、試料の同一断面を同じ角度から何回も再現性良く測定するには相当な熟練を要した。また、水に探触子を長時間触れさせることで内部の電子回路が絶縁不良を起す恐れがあった。

今回、検討した間接法(図2)では、ポリプロピレン製の容器を使用した場合、超音波を良く透過するので水面から直接測定する直接法と遜色のない測定結果が得られることが判明した。さらに、この方式では幅の広い容器を使用すれば音波の反射による影響を全くなくして測定することが可能で精度も一段と向上する。また、試料木材を水中に固定しておけば、測定すべき断面の位置は容器の側面の探触子の位置との対応関係から再現性よく決定することが出来、断面の測定角度も容器表面の探触子の接触角度を変化させることによって容易に設定できる。また、この方式では高価な探触子が水で濡れることがないため絶縁不良で故障する心配は全くない。

このように間接法が実用化に適していることが裏付けられたので、この間接法を用いて比較的大型の出土丸太材全体について各部位の劣化状態の診断を試みた。

3.2 間接法による出土丸太材の全体構造の診断

これまでの研究では各種の針葉樹と広葉樹の出土木材を切断した試料片を対象として超音波診断法の基礎的成果を積み重ねてきた。今回、信頼性の高い新しい診断方式の開発を期に、出土木材の非破壊検査の実用化に向けて、ほぼ原形に近い状態の切断されていない丸太出土材の全体像についての総合的な非破壊診断の可能性を検討することにした。

出土丸太材は外観が黒褐色の均一な色調をおび、測定する位置の目安が得られにくいので、位置を明確にするため、ほぼ等間隔に輪ゴムをはめて測定の際の目安とした。(写真ならびに図3参照)。

図3に示す試料の丸太の各位置(Na1からNa18)に対応する断面について断層図形を作成しこの試料全体の劣化状態を総合的に調査した。各断面の断層図を図4と図6に示す。今回適用した画像処理では断層図の白い部分が腐食の少ない、構造的強度が比較的残っている部分に

相当する。例えば、図6のNa10の断層図では腐食の状態が不均一で白い部分が左下に偏っているが、表面から針の侵入度で堅さを調査した結果、あきらかに白い部分が多い左下のほうが左上の部分より相対的に堅いことが裏付けられた。

また、図5は各断面の腐食状態を各画像の腐食の程度がすくない白い部分を除く腐食の進行した部分の面積が全断面積に占める比率(%)を画像の濃度ヒストグラムから計算した結果を示す。これは各部分の劣化の程度を示す指標となるものである。これから丸太の断面の形状や断面積の大きさの腐食に及ぼす影響等についても興味有る知見が得られた。例えば、図5からNa1やNa18の断層図のような比較的断面積の小さい部分はNa10からNa12のような比較的断面積の大きな部分に比べて腐食された部分が多く劣化が進行している。しかし腐食の状態は隣接する部分と相互に関連を持っているものの、必ずしも太い部分が腐食が少ないとはいえない。例えば、Na14とNa15の付近は枝を払った節の部分で刃物で削って平滑に細工した後があるが、この部分は同じ太さの削っていない部分より腐食の進行が早い。また、Na11の例に見られるように柁目に沿った方向の割れ目からの腐食の進行は予想したよりも小規模に留まっていることも興味有る知見である。

今回の研究によって出土木材を丸太のまま内部の劣化状態を超音波で総合的に診断する場合、超音波吸収強度を層別化し劣化度の指標を求める方法の開発についても見通しを得た。

4. 結言

これまで切断して調査するしか方法がなかった水浸出土木材内部の劣化状態を非破壊的により正確に調べるための測定方法の改良を試みた。改良の方針として、従来方法で最大の難点であった、探触子を水面に接触させ、水中に静置した試料を測定する際の底面からの音波の反射によるゴーストの影響の除去、さらに従来法で熟練を要した照射方向設定法の改良がある。今回開発した容器の外部壁面に探触子を接触させて測定する間接法ではこれまでの難点を殆ど解決することが出来、極めて簡単に再現性よく出土木材の超音波診断が出来るようになった。

今回、この改良法によって丸太全体の総合的な診断を実施することが出来た。この結果、これまでの一連の研究によって水浸出土木材内部の構造的強度や腐食の程度等の劣化状態についての情報を保存処理現場で超音波診断法によって非破壊的に簡便に得る実用化技術の開発について見通しを得た。

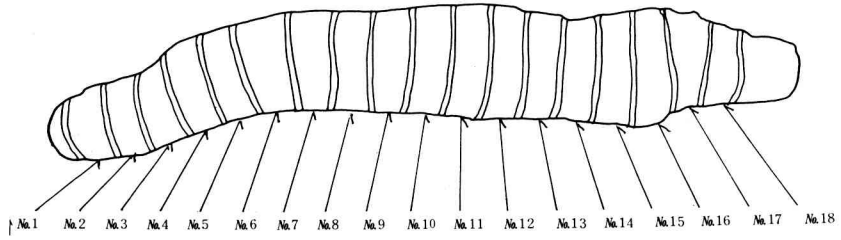


図3 出土木材丸太断面の測定位置

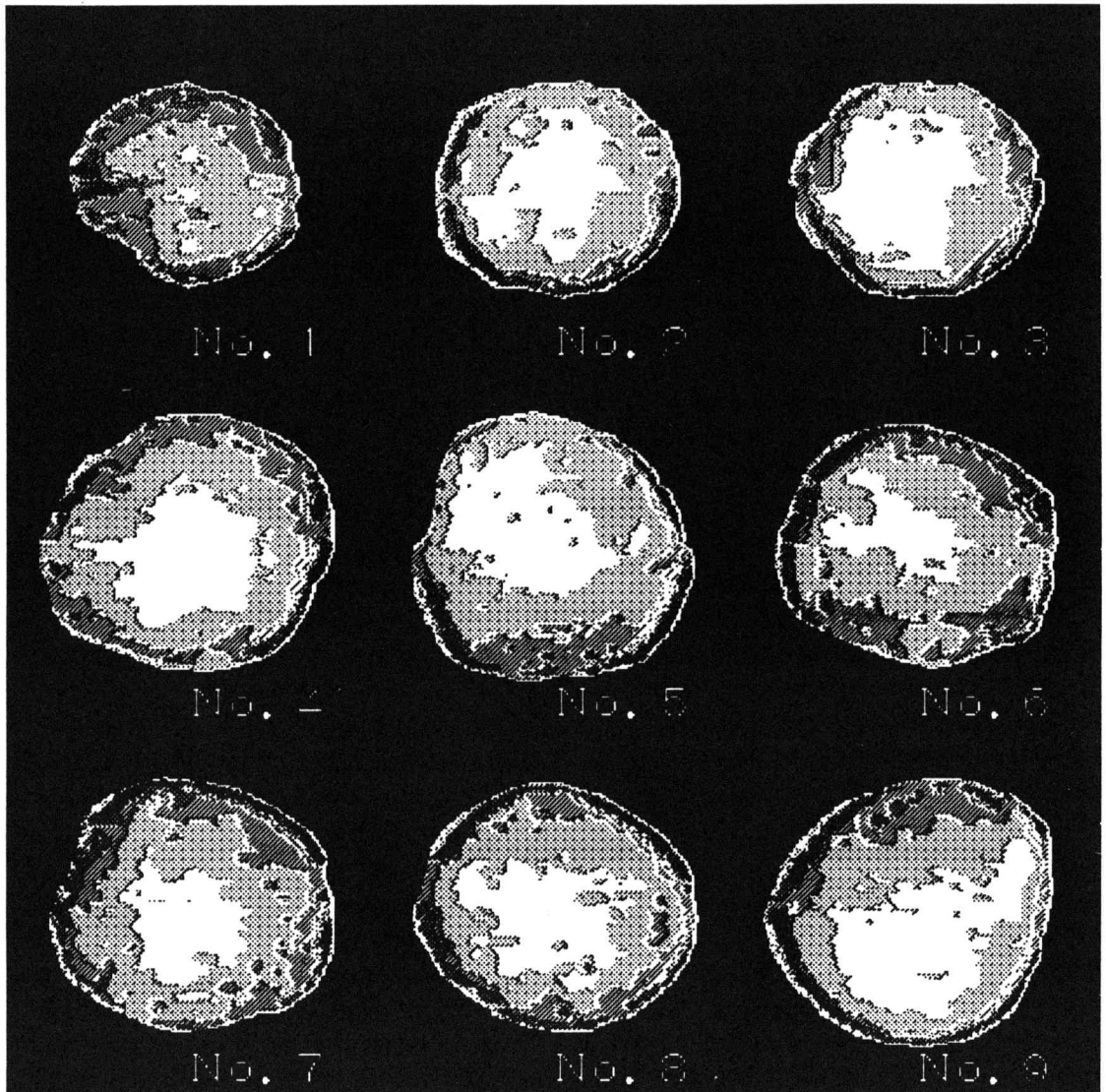


図4 出土木材丸太断面No.1～No.9の断層図

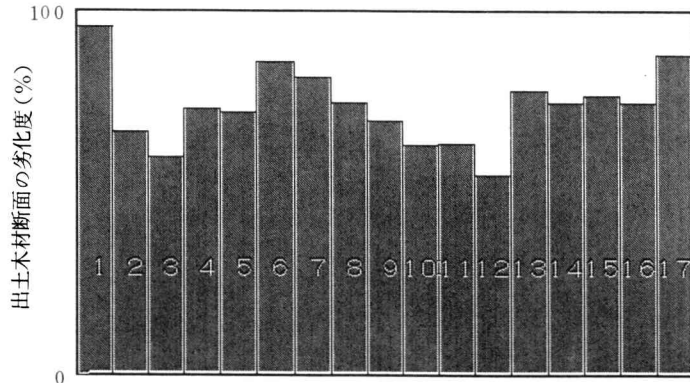


図5 出土木材丸太断面の位置と劣化度

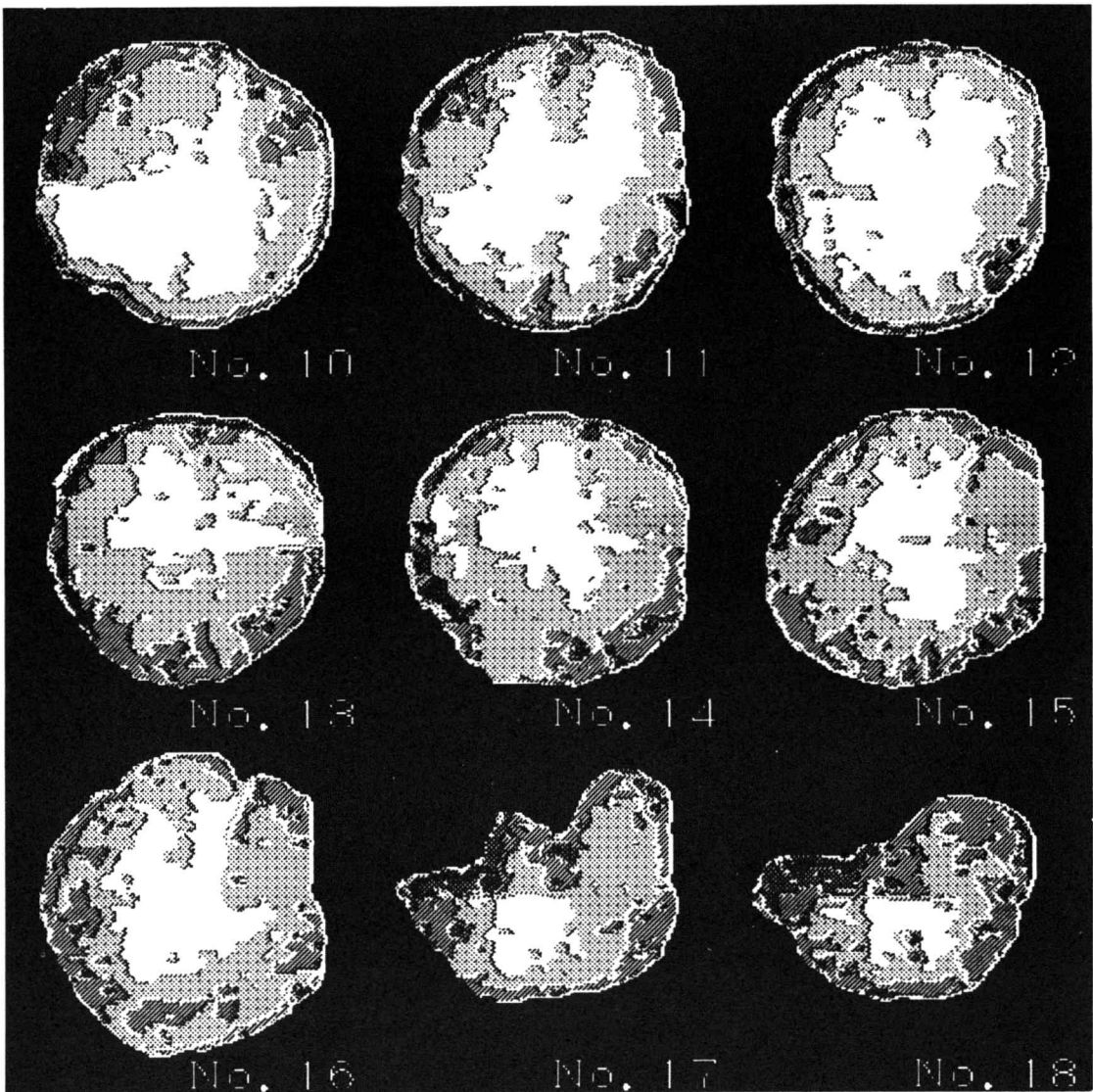


図6 出土木材丸太断面No.10~No.18の断層図

謝 辞

この研究を遂行するにあたり、貴重な出土木材試料を提供して頂いた奈良国立文化財研究所の関係者の皆様、さらに出土木材に関する貴重な文献やご意見を頂戴した元興寺文化財研究所の増沢文武氏をはじめ関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

この研究は平成2年度より3年間にわたり文部省科学研究補助金試験研究B(2)の助成を受けて継続して行っている研究成果に基づいている。ここに付記して深く感謝する。また、この研究に卒業研究を通じて協力を得た岩越洋子、衣川浩嗣の両君に感謝する。

文 献

- 1) 石垣 昭, 上田勝彦: 奈良高専研究紀要, 第24号 (1988) 71
- 2) 石垣 昭, 上田勝彦: 奈良高専研究紀要, 第24号 (1988) 77
- 3) 石垣 昭: 奈良高専研究紀要, 第25号 (1989) 71
- 4) 石垣 昭, 井口高行: 奈良高専研究紀要, 第26号 (1990) 89
- 5) 島地 謙, 伊東隆夫: 日本の出土木製品総覧 (1988) 雄山閣出版, p.p.41-43

高分子材料中に発生する残留応力

井口 高行・有間 淳一

Internal stress residued in polymers

Takayuki IGUCHI and Junichi ARIMA

Internal stress induced in plastic-metal composites was measured by the bimetal method. And it was discussed how to reduce this stress.

The residual stress was caused by shrinkage of thermosetting plastics in the period of curing. In order to reduce this stress, it was most effective to fill the glass cloth in resin, also effective to fill the glass mat or glass flake.

The internal stress generated in thermoplastics composited with metal as inserts according to the change of temperature. From our observation it was suggested that the reduction of this stress was possible by slow cooling after processing.

1. 緒言

高分子材料の膨張・収縮は高分子材料が単体で用いられる場合には特に問題にならない場合が多いが、塗装、接着、積層、半導体の封止等異種材料と複合される場合には高分子材料の収縮によって内部応力を発生し、亀裂発生、剝離その他の欠陥となりやすい。これに関しては、殆どの場合エポキシ樹脂を対象に研究が行われてきたが、これはエポキシ樹脂が本来硬化収縮が少ないことも関連する。もちろん他の熱硬化性樹脂でも硬化時の収縮によって発生した残留応力が欠陥の原因となり、また熱可塑性樹脂でも例えば成型時に金属部品をインサートする場合には冷却固定時の収縮によって内部応力が残り、後に割れの原因となることもある。

本研究では熱硬化性樹脂としてビニルエステル樹脂を選びステンレスと複合した場合に残留する応力に与える硬化条件の影響と充てん材の添加による応力の発生の抑制効果について調べ、また熱可塑性樹脂としてポリエチレン樹脂を取り上げてステンレスと接合した場合に残留する応力を測定した。内部応力の測定には光弾性法、ストレーンゲージ法などが試みられているが、本研究では温度変化が大きいこと、結晶性高分子を取り扱うことを

考慮してバイメタル法を用いた。

2. 測定原理

高分子材料と複合する板（この実験ではステンレス板）に高分子材料薄板を接合した試験片について、高分子材料に膨張・収縮が発生するとバイメタルとして Fig. 1 のように変形する。このたわみ量 q を測定することによって曲率半径 r を求める。この曲率半径と樹脂部に発生する内部応力 S の関係は次式が導かれている¹⁾。

$$S = \frac{E_2 h_2 F(m, n)}{12 r n (n+1)}$$

$$F(m, n) = \left[(1 - mn^2)^3 (1 - m) + \{ mn(n+2) + 1 \}^3 + m(mn^2 + 2n + 1)^3 \right] / (1 + mn)^3$$

ここで、 $m = E_1 / E_2$ 、 $n = h_1 / h_2$ 、 E は板の弾性率、

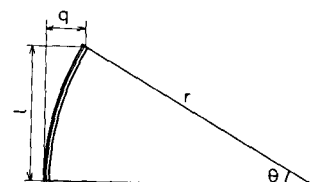


Fig. 1 Bending by expansion or shrinking of plastics

hは板の厚さ、添字1, 2はそれぞれ高分子, ステンレスを表す。E₂=20400kg/mm²を用いた。

3. 実験方法

熱硬化性樹脂板として使用したビニルエステル板はリポキシR-806を用い、樹脂100部に対して促進剤8%ナフテン酸コバルト0.375部、硬化剤MEKPOを1部添加し、注型によって厚さ2mmに成型した。硬化温度はほぼ25℃であった。ガラスマット、クロスを充填する場合はいずれも2枚使用した。マット、クロス含量は重量で12, 20%であった。またガラスフレーク20%についても試験を行なった。これらの樹脂板をTable1に示す3種の条件、すなわち25℃で硬化したまま、40℃24時間後硬化を行なったもの、さらに80℃2時間後硬化を行なったものについて、長さ170mm、幅10mm、厚さ2mmのステンレス板にあわせて切り出したものをエポキシ接着剤で貼りあわせて試験片とした。これらを表に示した残留応力測定の変温条件のもとでたわみ量を読み取り顕微鏡を用いて1/100mmまで測定した。また残留応力すなわち冷却時に発生した応力を計算するうえで必要な弾性率はそれぞれの材料に応じて、残留応力測定と同じ熱履歴の材料の最終冷却温度で3点曲げ試験を行なって求めた。

熱可塑性樹脂であるポリエチレンフィルムをステンレス薄板に融着した試験片の冷却時に発生する応力も測定した。ステンレス薄板の厚さは0.07mmで、前処理として塩酸、硝酸洗浄を行なった。ポリエチレンフィルムの厚さは0.15mmで、予備実験の結果155℃付近でうまく融着することが明かとなった。残留応力測定のための冷却速度は1℃/min.と急冷について行なった。ポリエチレンフィルムを25℃で2mm/min.で引っ張り試験を行ない弾性率を求めた。

4. 実験結果および考察

25℃で硬化したままの樹脂を40℃に上げるとFig.2に示すように一時膨張するが直ちに硬化が進み始め、徐々に収縮するのがたわみ測定結果から明かとなった。24時間後80℃に上げると逆向きにたわみ樹脂が膨張するが、まもなく硬化が進行して大きく収縮する。1時間後25℃の室温に戻すと熱収縮で内部応力はさらに大きくなる。このたわみ量から計算した残留応力は13.67MPaであった。この温度変化はこの樹脂の標準的な硬化条件であり、通常行なわれている硬化ではこの程度の残留応力が存在することが明かとなった。

以降の残留応力測定のための温度変化条件は25℃から

80℃に上げて1時間保って硬化収縮の程度を調べ、さらに0℃に下げた時の熱収縮を測定することによって発生

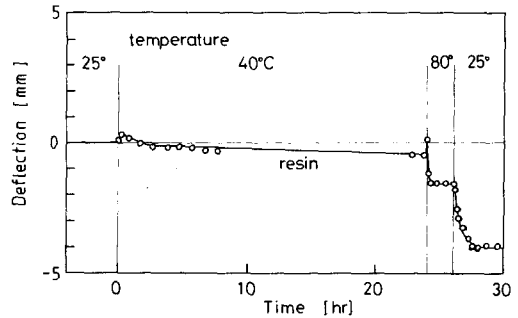


Fig. 2 Deflection curve obtained under practical curing temperature condition

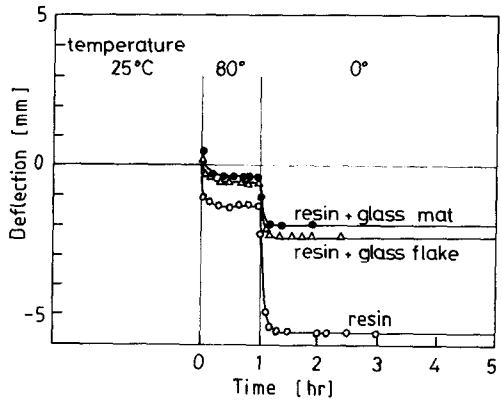


Fig. 3 Deflection curves of specimens cured at 25°C

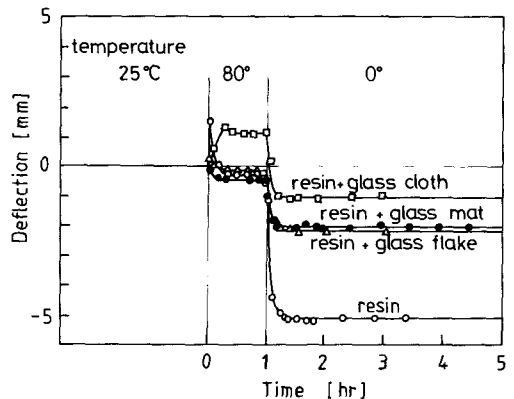


Fig. 4 Deflection curves of specimens cured at 25°C + 40°C, 24hr

Table 1 List of testing conditions and testing results

材 料	樹 脂	樹 脂	樹 脂 +	樹 脂 +
			ガラスマット	ガラスフレック
試験片硬化条件	室温硬化 (25℃)			
残留応力測定 温度変化条件	25℃ ↓ 40℃, 24hr ↓ 80℃, 2 hr ↓ 25℃徐冷		25℃ ↓ 80℃, 1 hr ↓ 0℃ (急冷)	
弾 性 率 $\times 10^4$ (kg/cm ²)	3.18 (25℃)	1.69	5.21 (0℃)	3.65
たわみ曲線	Fig. 2		Fig. 3	
試験片厚さ (mm)	2.0	2.0	1.89	2.03
冷却時に発生 した 応 力 (MPa)	13.67	16.83	7.26	8.17

材 料	樹 脂	樹 脂 +	樹 脂 +	樹 脂 +	樹 脂
		ガラスマット	ガラスクロス	ガラスフレック	
試験片硬化条件	室温硬化 (25℃) +				室温硬化 + (25℃)
	40℃, 24hr				40℃, 24hr +
	80℃, 2 hr				80℃, 2 hr
残留応力測定 温度変化条件		25℃ ↓ 80℃, 1 hr ↓ 0℃ (急冷)			25℃ ↓ 80℃, 1 hr ↓ 0℃ (急冷)
弾 性 率 $\times 10^4$ (kg/cm ²)	3.18	5.43	4.09	3.65	3.18
	(0℃)				(0℃)
たわみ曲線	Fig. 4				Fig. 5
試験片厚さ (mm)	1.98	1.89	2.04	2.04	2.62
冷却時に発生 した 応 力 (MPa)	16.86	7.36	3.38	7.18	5.34

する内部応力を求めた。またこの内部応力を抑制するためにガラスマット、ガラスフレック、ガラスクロスの充てん効果について検討した。

Fig. 3 に示すように25℃から80℃に温度を上げると樹脂だけでは直ちに収縮を開始し、0℃に温度を下げると熱収縮のために大きな内部応力を残す。一方ガラスマッ

ト、ガラスフレークを充填すると、たわみ量は大幅に減少し、残留応力が低下していることは明らかである。ガラスマット、ガラスフレークの残留応力低下に及ぼす効果は同程度であった。

ステンレスに接合する前に樹脂の硬化を進行させて後に接合すると発生する応力を低下できると考えられる。Fig. 4 はステンレスと接合する前に40℃24時間硬化を行った結果である。しかしFig. 3と比較してもたわみ量は低下せず、Table 1の冷却時に発生した応力もほとんど同じで、接合前の硬化の効果は期待されたほどではなかった。この場合もガラスマットとガラスフレークの内部応力抑制効果は同程度で、樹脂だけの場合の半分程度に低下できた。特にガラスクロスを充てんとすると内部応力を1/5程度まで低下できることが明かとなった。事前の硬化をさらに80℃2時間追加すると、Fig. 5のように残留応力を低下できた。

熱可塑性樹脂であるポリエチレンを155℃でステンレス板に融着し、室温まで低下する間のたわみ量から残留応力を求めた。このときの冷却曲線をFig. 6に示した。たわみ量は急冷の場合の方が大きく、発生した応力は急冷の場合が10.9MP a、一定速度で冷却した徐冷の場合が7.06MP aと速やかに冷却すると残留応力が大きくなった。計算に用いたポリエチレンの弾性率の測定値は $2.37 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ であった。より急速に冷却した例では14MP a程度の残留応力を発生した。残留応力を低下させるには冷却速度を遅くすると効果のあることが明かとなった。この理由は徐冷中に内部に発生した応力が緩和されることに依存している。

5. 結 言

高分子材料中に発生する残留応力に関する知見を得るべく、熱硬化性樹脂であるビニルエステルとステンレスの複合をモデルにした検討では次の結論を得た。樹脂だけでは13MP a以上の残留応力が発生するが、ガラスマット、フレークを充填すると約1/2、クロスを用いると約1/5に残留応力が低減した。また樹脂の硬化が進行した状態で接合すると残留応力を低下できた。

熱可塑性樹脂ポリエチレンとステンレスの複合をモデルにした検討では、冷却速度が残留応力に大きな影響を与え、徐冷が残留応力抑制に効果があった。

引用文献

1) 井上, 小島, 工化誌, 61, 1108 (1958)

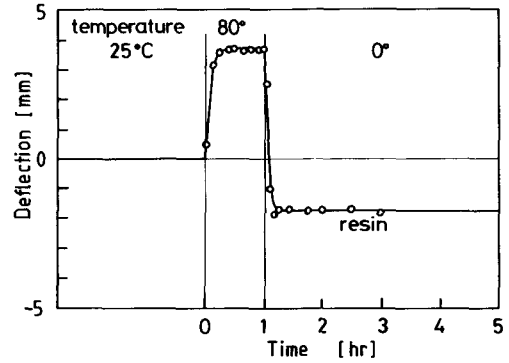


Fig. 5 Deflection curve of specimens cured at 25°C+40°C, 24hr+80°C, 2 hr

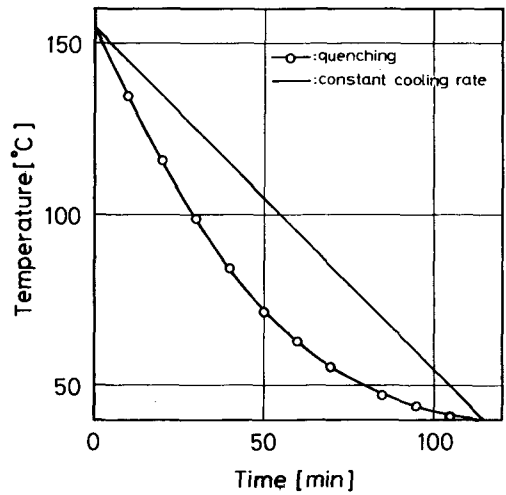


Fig. 6 Cooling curves of polyethylene specimens

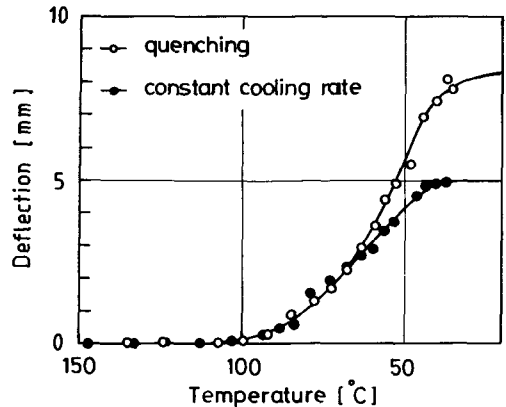


Fig. 7 Deflection curves of polyethylene specimens

硫酸カドミウム共存下でのエタノールの アノード触媒酸化に対する回転リング・ ディスク電極による機構解析

泉 生一郎・大西 康幸・中西 尚美・青井 芳史・寺田 任寿

Study of the electrocatalytic oxidation mechanism of ethanol in the presence
of CdSO₄ by RRDE technique

Ikuichiro IZUMI, Yasuyuki OHNISHI, Naomi NAKANISHI, Yoshihumi AOI
and Hidetoshi TERADA

The enhancement effect of Cd ad-atoms on the electrocatalytic oxidation of ethanol has been investigated in acid medium by RRDE technique. Mechanistic considerations give support to the oxidative desorption mechanism of strongly bound poisoning organic intermediates with univalent Cd⁺ originated from Cd ad-atoms.

1 緒言

金属アドミアトムにより電極反応の過電圧が低下したり反応速度が増大することについてはすでによく知られており¹⁾, ギ酸^{2,3)}, ホルムアルデヒド²⁾, メタノール^{2)~4)}, エタノール^{4)~6)}, グリオキザール^{7,8)}などのほか, エチレングリコールを始め二価アルコール^{9)~11)}についても活発な研究が行われている。このような金属アドミアトムによる触媒活性の発現を説明するモデルとして, (1)アドミアトムによりH₂O₂の存在が抑えられ, 中間生成物との反応で強吸着種 (poison) の生成が抑えられるとする説¹²⁾, (2)アドミアトムにより poison の多点吸着を許すような隣接白金原子の集合サイト (colony) を減少させ, 結果的に活性増加をもたらすという "third body effect"¹³⁾, (3)アドミアトムが白金よりも容易に酸素を吸着し, それが白金上に吸着した有機種と反応して活性増加の原因となるとする "bifunctional 機構" など, これまでにいくつかの提案がなされている。

筆者らは既報^{4)~6,9)}で, 低級アルコールおよび二価アルコールのアノード酸化にたいする添加金属塩の影響について調べ, 主としてCdSO₄について顕著な触媒効果を見出している。これらのいずれについてもCd⁺がア

ルコール酸化の中間生成物の酸化脱離を促すという, 上記(1)に類似の触媒機構を提示してきた。

本研究では, 回転リング・ディスク電極 (RRDEと略す) を用いてさらに検討を加え, さきに提案したCd⁺が介在するエタノール酸化の触媒機構を支持する結果を得たのでここに報告する。

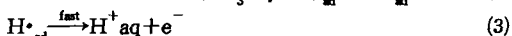
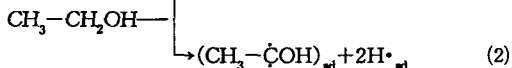
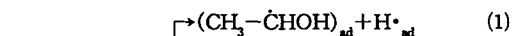
2 実験

回転リング・ディスク電極による測定には, 電極を回転させるための回転制御装置 (日厚計測, SC-5) のほかデュアルポテンシオガルバナスタット (日厚計測, DPGS-1), ファンクションジェネレーター (北斗電気, HB-105) を用い, 電位走査速度100mV・s⁻¹で走査の繰り返しによるディスク電流-ディスク電極電位曲線と, 一定電位にリング電極電位を保持した状態でのリング電流-ディスク電極電位曲線をX-Y-Yレコーダー (Graphtec, WX2400) で記録することによって行った。電極には作用極としてリング, ディスク両極ともに白金電極を用い, 対極には電極面積の十分大きな白金線電極を使用した。参照電極は飽和カロメル電極 (SCE) で, セルには電極直径の5倍程度の口径をもつ装置付属のものを用いて, 窒素雰囲気下, 20±0.2℃で測定した。

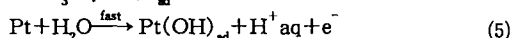
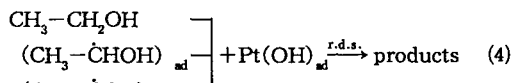
また、サイクリックボルタンメトリーによる電流-電位曲線の測定は既報⁴⁾に従って実施した。実験に供した試薬はすべて市販特級品で、2回蒸留水を用いて調製した。

3 結果と考察

硫酸水溶液中、白金電極でのエタノールの電流-電位特性をFig. 1の破線で示したが、これまでの研究¹⁴⁾¹⁵⁾では、電気二重層領域から立ち上がりを見せる低電位でのアノード酸化電流はエタノールの解離吸着 ((1)~(3)式)に起因し、また白金酸化層領域でのアノード酸化電流は



エタノールおよびその解離吸着で生じた中間生成物の白金酸化層との反応 ((4), (5)式) によって生じるとされている。



ここで、添字 (ad) は電極表面での吸着状態を、添字 (aq) は溶液中での存在を表している。

1 mol · dm⁻³ エタノール溶液に 10 mmol · dm⁻³ CdSO₄ を添加すると、Fig. 1の実線で見られるように、電気二重層領域でのアノード酸化電流の立ち上がりが著しく大きくなった。この電位領域においてエタノールを含まない同一濃度の CdSO₄ 溶液との電流-電位特性を比較すれば、酸化電流の増大は単に Cd_{ad} から Cd²⁺ への酸化反応によらないことは明白であった。しかし、Cd_{ad} の酸化が起こるおよそ 0.3 V 付近でエタノール酸化に対する CdSO₄ 添加の著しい影響がみられるので、Cd_{ad} が何らかの形で重要な役割を担っていることは間違いなさそうである。

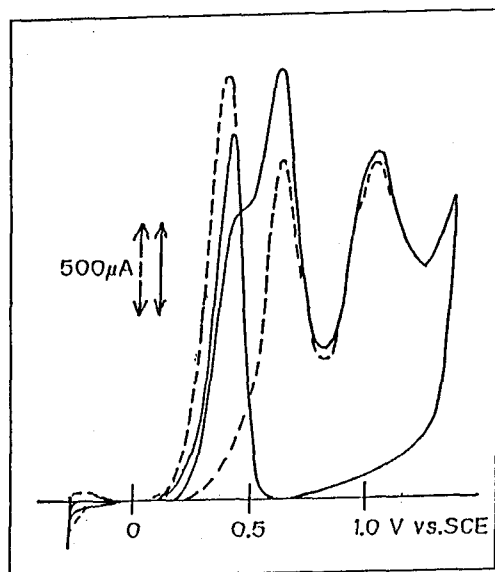


Fig. 1 Current-potential curves of 1 mol · dm⁻³ ethanol in 0.5 mol · dm⁻³ H₂SO₄ on smooth platinum electrode at 60.6 mV · s⁻¹
 — : with 10 mmol · dm⁻³ CdSO₄,
 ····· : without CdSO₄

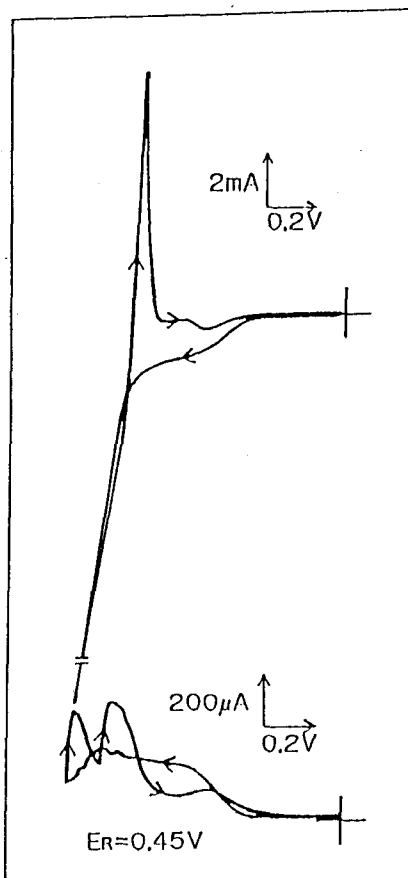
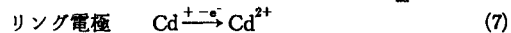
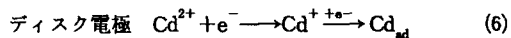


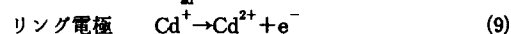
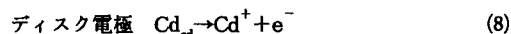
Fig. 2 Current-potential curves of 10 mmol · dm⁻³ CdSO₄ in 0.5 mol · dm⁻³ H₂SO₄ on RRDE (1000 r.p.m.) under N₂
 scan rate : 100 mV · s⁻¹

このエタノール酸化に対する CdSO_4 添加による触媒効果の機構を明らかにするため、まずリング、ディスクともに白金電極の RRDE を使い、硫酸溶液中でのカドミウムの電極挙動を調べた。この場合、リング電極電位 (E_R) は 0.2V から 0.5V までの範囲の 6 種の電位にそれぞれ設定したうえで、ディスク電極電位 (E_D) について -1.1V ~ -0.001V の範囲で電位走査を行った。Fig. 2 は捕捉率が比較的高い値を示す条件として回転数 1000r.p.m., リング電極電位 0.45V に保持してディスク電極を電位走査することによって得られた電流-電位曲線である。この図の上の方はディスク電極についてのディスク電流-ディスク電極電位曲線 (i_D-E_D 曲線) で、下の方はリング電極についてのリング電流-ディスク電極電位曲線 (i_R-E_D 曲線) である。 i_D-E_D 曲線で明らかなように、ディスク電極電位が -0.4V 付近から Cd^{2+} の還元に基づくと考えられるプラトー電流と、-0.8V より卑な電位では急激な還元電流の増加が観察された。ここで興味を引くのは、ディスク電極でのプラトー還元電流に対応して、リング電極での i_R-E_D 曲線でアノード酸化電流が大きくなっていることである。また、リング電極電位を硫酸溶液中でのカドミウムの redox 電位である約 0.3V よりもやや貴な電位に保持することによって、Fig. 2 と同様な電流-電位曲線を得ることが

できた。 i_R-E_D 曲線で見出されたアノード酸化電流は、次式のようにディスク電極上で Cd^{2+} が還元されて Cd^+ のような中間体生成を示唆するもので、 Cd_{ad} への直接 2 電子還元では見出しえないものである。



さらに、ディスク電極のアノード走査時において、リング電極上では水素の酸化に続いて Cd_{ad} からの中間体に起因すると思われる鋭い酸化電流ピークが観察された。これらの実験結果から、 Cd_{ad} の酸化過程においても Cd^{2+} の還元過程と同種の中間体が関与しているものと考えられた。



次に、 $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ エタノールを含む硫酸溶液中でのカドミウムの電極挙動について、やはり RRDE を用いて検討を加えた。この場合、リング電極電位を 0.2V ~ 0.8V の間で一定電位に保持し、ディスク電極を -0.305V から 1.30V の範囲で電位走査を行ったが、Fig. 3 には一例としてリング電極電位を 0.35V に保持して得られた電流-電位曲線を示した。図で明らかなように、ディスク電極をカソード方向に電位走査することによって、0.5V 付近からエタノール酸化による陽電流ピークが観

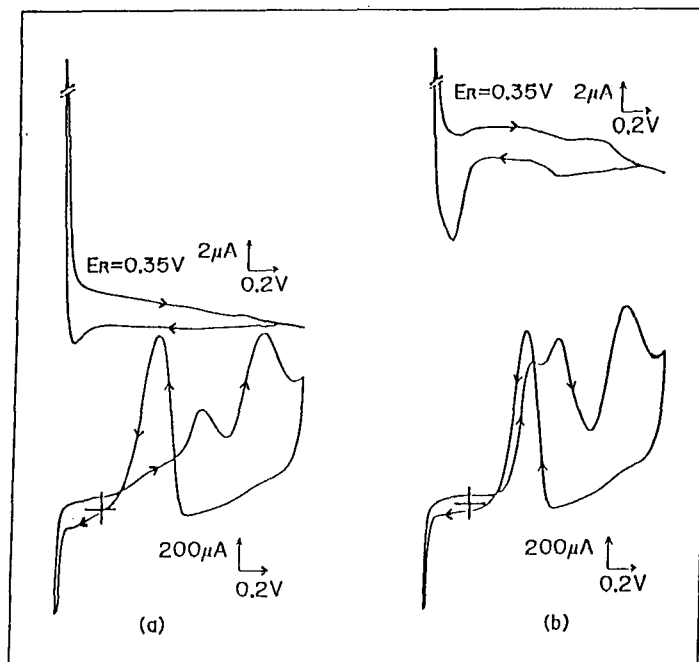
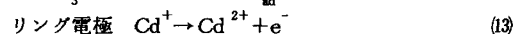
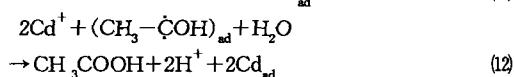
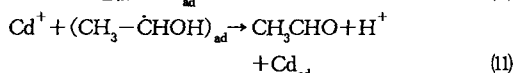
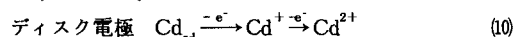


Fig. 3 Current-potential curves of $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ethanol in $0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ H_2SO_4 on RRDE (1000r.p.m.) under N_2
 scan rate : $100 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$
 a) : without CdSO_4
 b) : with $10 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{CdSO}_4$

察され、それに対応してリング電流が増大した。またディスク電極のアノード電位走査でも、エタノール酸化による電流ピークが現れる電位領域でリング電流が増大した。なお、図中リング電流が常時陽電流となっているのは、リング電極の設定電位 (0.35 V) がエタノール酸化の進行している電位域にあるためである。以上のようにRRDEによる実験から、ディスク電極でのエタノールのアノード酸化に対する CdSO_4 添加の顕著な触媒効果が、同時にリング電極での中間体捕獲による酸化電流の増大として観察され、しかもその電位領域がカドミウムの redox 電位付近に限られていることなどから、 CdSO_4 添加によるエタノール酸化の触媒反応はこれまで提示してきた Cd^+ が介在する機構に従うとするのが妥当と思われる。すなわち、ディスク電極では 0.3 V よりやや貴な電位で Cd_{ad} は Cd^+ を生じ、次式のように、エタノールのアノード酸化による中間生成物を酸化脱離させるものと考えられた。



ただし、ディスク電極電位が 0.6 V より貴な電位では、 Cd^+ は存在せずに Cd^{2+} となっているので、また 0.3 V より卑な電位では Cd_{ad} にまで還元されているので、これらの電位領域では CdSO_4 添加によるエタノールのアノード酸化に対する触媒効果は見出されなかった。

4 結 言

酸性溶液中、白金電極でのエタノールのアノード酸化に対する CdSO_4 添加による触媒活性の増大について、主として RRDE 法を用いて検討を加え、概略以下の結論を得た。

- (1) 硫酸水溶液中、白金電極でのサイクリックボルタノメトリーによる電流-電位特性から、 CdSO_4 の添加により、カドミウムの redox 電位にあたるおよそ 0.3 V 付近でエタノールのアノード酸化電流が顕著に増大し、 Cd_{ad} が何らかの形で添加効果に重要な役割を担っていることは明らかであった。
- (2) RRDE を用いて硫酸水溶液中でのカドミウムの酸化還元過程を調べた結果、ディスク電極上で Cd^{2+} から Cd^+ を経由する 2 段階のカソード還元電流が観察され、しかも第 1 段のプラトー電流に対応して、 Cd^+ の酸化に起因すると考えられるリング電流が見出された。

また、ディスク電極上での Cd_{ad} のアノード酸化に対応して、やはりリング電極上でも Cd^+ の Cd^{2+} への酸化によるとみられる電流ピークを生じた。

- (3) エタノールを含む硫酸水溶液中でのカドミウムの RRDE 挙動からは、ディスク電極上でのエタノールのアノード酸化に対する CdSO_4 添加による触媒的な酸化電流の増大に対応して、リング電極では Cd^+ の酸化に起因すると考えられる電流増加が見出された。この電位領域がカドミウムの redox 電位付近に限られていることから、触媒活性の増大には Cd^+ の関与が強く示唆された。
- (4) 以上の実験結果は、筆者らが既報で提案してきた触媒機構を支持するもので、0.3 V よりやや貴な電位において Cd_{ad} は Cd^+ を生じ、エタノールのアノード酸化の中間生成物である強吸着種 (poison) を酸化脱離させることによって、エタノール酸化の触媒活性の増大に寄与するものと考えられた。

参考文献

- 1) 渡辺政広, 電気化学および工業物理化学 53, 671 (1985).
- 2) 嶋津克明, 喜多英明, *ibid.* 53, 652, 754, 854 (1985).
- 3) R. R. Adzic, W. E. O' Grady and S. Srinivasan, *J. Electrochem. Soc.* 128, 1913 (1981).
- 4) 泉 生一郎, 大西康幸, 電気化学および工業物理化学 50, 413 (1982).
- 5) 泉 生一郎, 日本化学会誌 1982, 873 (1982).
- 6) 泉 生一郎, 奈良高専研究紀要 17, 59 (1981).
- 7) G. Pierre, M. EL Kordi and G. Cauquis, *Electrochim Acta* 30, 1227 (1985).
- 8) G. Pierre, A. Ziade and M. EL Kordi, *ibid.* 32, 601 (1987).
- 9) 泉 生一郎, 大西康幸, 奈良高専研究紀要 24, 67 (1988).
- 10) P. Ocon, B. Beden, H. Huser and C. Lamy, *Electrochim. Acta* 32, 387 (1987).
- 11) P. Ocon, B. Beden and C. Lamy, *Electrochim. Acta* 32, 1095 (1987).
- 12) K. Jüttner and W. J. Lorenz, *ibid.* 21, 117 (1976).
- 13) H. Bort, K. Jüttner and W. J. Lorenz, *J. Electroanal. Chem.* 90, 413 (1978).
- 14) E. Sokolova, *Electrochim. Acta* 20, 323 (1975).
- 15) 泉 生一郎, 奈良高専研究紀要 16, 61 (1980).

両性水酸化物の水酸化物イオンによる溶解反応 I

犬田 修正・末 信一朗・村上 里子*

Kinetics of the dissolution reaction of the amphoteric hydroxide in the alkaline solution. I

Shusei INUTA, Shin-ichiro SUYE and Satoko MURAKAMI

An amphoteric electrolyte is slowly dissolved in the presence of an excess of an alkaline solution.

In this paper, the dissolution rate of lead hydroxide by use of calcium hydroxide was discussed and it was well confirmed by the experimental results that this dissolution reaction was controlled by the first-order reversible reaction relating to hydroxide ion concentration.

1. 緒言

両性水酸化物の過剰アルカリに対する溶解反応については、他の無機化合物の反応に比べ、かなり遅いことが知られているが、速度論的な立場からの詳細な検討がなされてこなかった。

そこで著者らは排水処理の観点より、化学的処理の1つである中和沈澱法によるクロム(Ⅲ)イオンの除去にともなう水酸化クロム(Ⅲ)の溶解反応について検討し、その溶解反応が可逆1次反応であること、および正逆反応速度定数の他、本反応に関する熱力学的データを求め、すでに発表した¹⁾。

その後、他の両性水酸化物が過剰アルカリに対し、どのような挙動をとるかについても検討を重ねてきたが、今回は水酸化鉛に対する過剰アルカリによる溶解反応について研究した結果について報告することとした。

2. 実験方法および結果

2. 1. 試薬の調製

2. 1. 1 試料溶液の調製

鉛イオン試料溶液の調製にあたっては、硝酸鉛の特級試薬を用い、これの約1.6gを水で溶かし1ℓとし、その正確な鉛イオンの濃度はキレート滴定法によって求め、その濃度が 5.2×10^{-3} M溶液であることを確認した。

2. 1. 2 アルカリ溶液の調製

水酸化カルシウムを容器に適量とり、蒸留水に溶かし、マグネチックスターラーを用いて、25℃に設定された恒温槽中で十分攪拌した後、2日間静置し、グラスフィルター付吸引ろ過器を用いて上澄液をろ別して水酸化カルシウムの飽和溶液をつくり実験に用いた。なお、25℃における飽和水酸化カルシウム溶液のpHは12.4である²⁾。

2. 2 鉛イオン溶液のアルカリ溶液による滴定曲線

5.2×10^{-3} Mに調製した硝酸鉛溶液200mlをビーカーにとり、マグネチックスターラーを用いて攪拌しながら、ビュレットに入れた水酸化カルシウムを用いて滴定曲線

(脚註) * 新田セラチン(株)

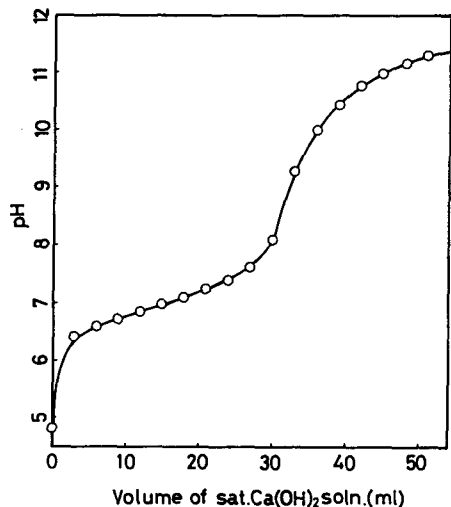


Fig. 1 Variation of pH-value in the solution added sat. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ soln. to 5.2×10^{-3} mol / 1 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ soln. 200 ml

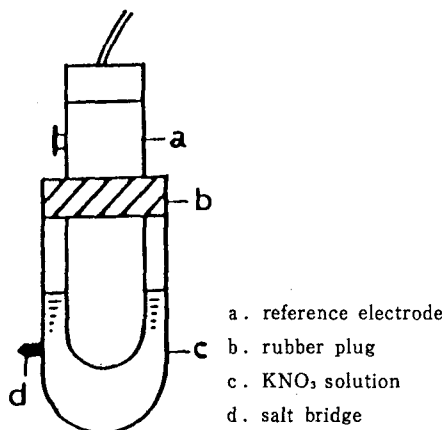


Fig. 2 Reference Electrode

を求めた。その結果をFig. 1に示す。測定にあたっては恒温槽を用い、温度は常に25℃に設定し一定とした。また、pHの測定は日立-堀場M-5型pHメータを用いて行った。ここで、アルカリの滴下量に対するpHの値は水酸化鉛生成後の溶解領域では、混合溶液の反応初期の値である。この反応系では試料溶液中に鉛イオンが存在するためpH測定系に含まれる比較電極、 Ag/AgCl 、3.33 N KCl をそのまま用いると液絡部において PbCl_2 が生成し、pHが正確に測れず、測定不能となった。そこでFig. 2に示す硝酸カリウムを寒天で固めた塩橋を工夫し、本問題を解消した。

Fig. 1に示した滴定曲線より、水酸化鉛の生成はpH7.8

付近で完了し、pH約8を越えると水酸化鉛の溶解反応が進行し、溶解するものと推定される。

2. 3 水酸化鉛の過剰アルカリ溶液による溶解反応

過剰アルカリ存在下での水酸化鉛の溶解反応を調べるために、 5.2×10^{-3} M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 200mlに対し、飽和水酸化カルシウム37mlおよび、40mlを加えてそれぞれ混合し、攪拌しながら、それぞれについて、pHの時間的变化を測定した。それらの実験結果を、Fig. 3に示す。これらの実験結果より、飽和水酸化カルシウム溶液を37ml加えた場合には、アルカリ溶液添加後、約400分で平衡に達し、その時のpHは約8.5であり、40ml加えた場合には、アルカリ溶液添加後、約200分で平衡に達し、その時のpHは約8.8であることがわかった。

なお、本実験でのpHの経時変化の中に水酸化カルシ

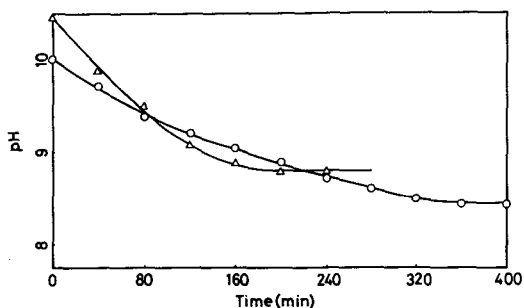


Fig. 3 Variation of pH in the soln. with time

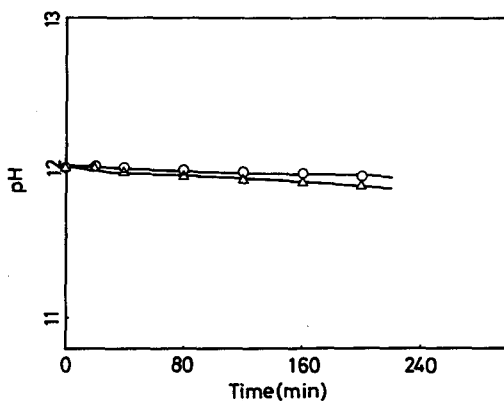


Fig. 4 Variation of pH in the soln. with time

ウム溶液自体の空気中の二酸化炭素による影響が含まれる恐れがあるので、それを調べるために、純水200mlに飽和水酸化カルシウム溶液37mlおよび40mlを加えて混合した溶液をそれぞれつくり、それら混合溶液のpHの経時変化を調べた。Fig. 4はそれらの結果を示す。本実験の範囲では、pHの変化量は、0.1以内と考えられ、本実験に対する空気中の二酸化炭素の影響は無視できることがわかった。

3. 考察

鉛イオンが水酸化物イオンと反応して沈殿となり、さらに過剰の水酸化物イオンにより溶解する反応は次式のように進行するものとする。



水酸化鉛が水酸化物イオンに比べて十分存在すれば(2)式の反応速度は水酸化物イオンの濃度だけに依存するものと考えられる。従って、この溶解反応が1次可逆反応であると仮定すると、量論式および速度式は、



$$-\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_R \quad (4)$$

である。ここで、AおよびC_Aは水酸化物イオンおよびその濃度で、RおよびC_Rはテトラヒドロオキソ亜鉛酸イオンおよびその濃度であり、また、k₁およびk₂はそれぞれ正および逆方向の反応速度定数である。

量論関係より、次の2式が成立する。

$$C_A = C_{A0}(1 - X_A) \quad (5)$$

$$C_R = C_{R0} + \frac{1}{2} C_{A0} X_A \quad (6)$$

ここで、C_{A0}およびC_{R0}はそれぞれ、水酸化物イオンおよびテトラヒドロオキソ亜鉛酸イオンの初濃度で、X_Aは水酸化物イオンの転化率である。

いま、C_{R0}=0なる条件下で(4)に(5)(6)を代入すると

$$\begin{aligned} \frac{dX_A}{dt} &= k_1(1 - X_A) - \frac{1}{2} k_2 X_A \\ &= k_1 - (k_1 + \frac{1}{2} k_2) X_A \end{aligned} \quad (7)$$

一方、平衡時においては(7)式は

$$\left. \frac{dX_A}{dt} \right|_{X_A=X_{Ae}} = 0 = k_1 - (k_1 + \frac{1}{2} k_2) X_{Ae} \quad (8)$$

ここで、X_{Ae}は、平衡時の水酸化物イオンの転化率である。

(7), (8)式より

$$\frac{dX_A}{dt} = -(k_1 + \frac{1}{2} k_2) (X_A - X_{Ae}) \quad (9)$$

となり、これより

$$\ln \left(\frac{X_{Ae} - X_A}{X_{Ae}} \right) = -(k_1 + \frac{1}{2} k_2) t \quad (10)$$

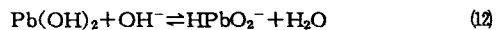
$$- \ln \left(\frac{C_A - C_{Ae}}{C_{A0} - C_{Ae}} \right) = (k_1 + \frac{1}{2} k_2) t \quad (11)$$

が得られる。

上記(3)式を2分子型2次可逆反応として解いた場合、この積分形は若干複雑化する。

Fig. 3に示すpHの経時変化により、アルカリ溶液37mlおよび40mlの場合について(11)式に関連させてデータを整理するとTable 1および2が得られ、これより、縦軸に $-\ln \{(C_A - C_{Ae}) / (C_{A0} - C_{Ae})\}$ 、横軸に時間をとり、これらをプロットすると、Fig. 5およびFig. 6に示すように良好な直線関係が得られる。従って、量論式(3)は形式上は2次可逆反応であるが、実質的には1次可逆反応が反応速度を支配していると考えざるを得ない。

一般には、鉛イオンがアルカリにより、水酸化鉛の沈殿を生じ、これがさらに過剰のアルカリにより溶解する反応は、前述の(2)式および次の



が考えられているが、(2)式にしても(12)式を經過して、最終的に、テトラヒドロオキソ亜鉛酸イオンになるものと考えられることより、本溶解反応を支配しているのは〔OH⁻〕に関する可逆1次反応であって、最初の仮定は妥当なものであると考えられる。

Table 1 Fig.3 よりの計算 (アルカリ剤 37ml)

Time (min.)	pH	[OH ⁻] (×10 ⁵)	C _A - C _{Ae} (×10 ⁵)	$-\ln \left(\frac{C_A - C_{Ae}}{C_{A0} - C_{Ae}} \right)$
0	10.01	10.23=C _{A0}	9.95	0.000
40	9.70	5.01	4.73	0.744
80	9.42	2.63	2.35	1.443
120	9.20	1.58	1.30	2.035
160	9.03	1.07	0.79	2.533
200	8.87	0.74	0.46	3.074
240	8.73	0.54	0.26	3.645
280	8.60	0.40	0.12	4.418
320	8.50	0.32	0.04	5.516
360	8.44	0.28=C _{Ae}	0.00	∞

Table 2 Fig. 3 よりの計算 (アルカリ剤 40ml)

Time (min.)	pH	[OH ⁻] (×10 ³)	C _A -C _{As} (×10 ³)	-ln($\frac{C_A-C_{As}}{C_{A0}-C_{As}}$)
0	10.23	16.98=C _{As}	16.35	0.000
40	9.92	8.32	7.69	0.754
80	9.44	2.75	2.12	2.043
120	9.08	1.20	0.57	3.356
160	8.87	0.74	0.11	5.002
200	8.80	0.63=C _{As}	0.00	∞

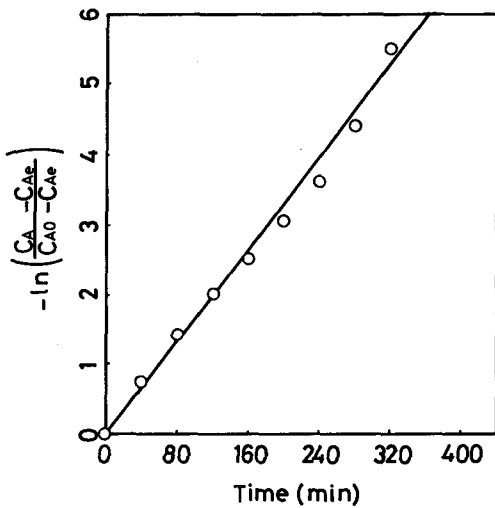
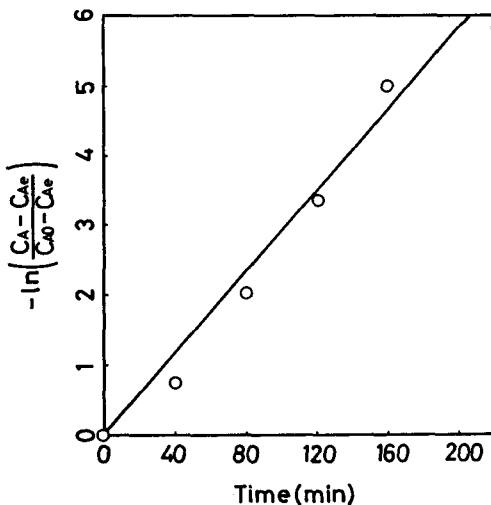
一方, 上記のデータから C_{Re} および, C_{As} を求め, この反応の平衡定数を求めると約18という値が得られた。

4. 結 言

両性水酸化物として水酸化鉛をとりあげ, これが過剰のアルカリ溶液に溶解する反応について検討した結果, 本実験の条件下では, この溶解反応の速度は, 水酸化物イオン濃度に関する可逆1次反応によって支配されること, およびこの反応の平衡定数はおよそ18であることを確認した。

文 献

- 1) 犬田修正, 松井多嘉夫, 大川和伸, 日本化学会第36春季年会, 講演要旨集 I p. 116 (1977)
- 2) 山下 熙, pH測定, コロナ社, p. 130 (1963)

Fig. 5 Plot of $-\ln\left(\frac{C_A-C_{As}}{C_{A0}-C_{As}}\right)$ vs. timeFig. 6 Plot of $-\ln\left(\frac{C_A-C_{As}}{C_{A0}-C_{As}}\right)$ vs. time

気泡塔によるアミガサタケの培養

河越 幹男・末 信一郎

Submerged Culture of Morel Mushroom Mycelium in a Bubble Column

Mikio KAWAGOE and Shin-ichiro SUYE

Morel mushroom (*Morchella esculenta* me-1) was cultivated using a bubble column. Flow pattern and shape of pellets of morel mushroom in the bubble column were investigated. Cultivations in shake flasks were also carried out for comparison with results of the bubble column. Further, effects of components in the cultivation media were also investigated.

It was found that the growth rate of morel mushrooms in the bubble column is greater than that in the shake flasks. Shape and growth rate of morel mushroom depended on the kind of culture medium. Mycelium pellets grew in spherical for complex medium, while it grew in disk-like for synthetic medium.

緒言

アミガサタケは、高さ8~20cmの子実体を形成する食用茸であり⁵⁾、人間に有用な有機酸やタンパク質を作る。このアミガサタケを食品や飼料として工業生産することが試みられている^{1,4)}。

深層培養槽は、攪拌翼を有する攪拌槽と機械的の可動部分を持たない通気槽に大別できる。通気槽は、さらに槽高が直径と同程度或はそれ以下の槽型と、高さが直径よりも十分大きい(通常10倍以上)塔型に分類される。アミガサタケの培養に関しては、攪拌槽と通気槽(槽形)を用いた結果が報告されている¹⁾。攪拌槽の場合には攪拌翼の回りに無定形の菌糸塊が形成され、攪拌が阻害されて酸素の供給が不十分になり、満足すべき結果が得られないようである。一方、通気槽の場合、球状の菌糸塊が形成され、酸素の供給も十分に行え、比較的良好な結果が得られることが明らかにされている。

本研究では、槽型よりも酸素吸収速度が大きく、かつ混合特性も良好な塔型培養槽(気泡塔)によるアミガサタケ(*Morchella esculenta* me-1)の深層培養を試み、培地条件及び菌体の培養形態について検討した。気泡塔は、塔の底からガスを気泡として分散させるだけの簡単な構造であ

るため、雑菌汚染が起こりにくく、大型化が容易であり、バイオリクターとして優れた特性を備えている^{2,3)}。

1. 実験

1・1 実験装置

用いた装置のフローシートをFig. 1に示した。塔は

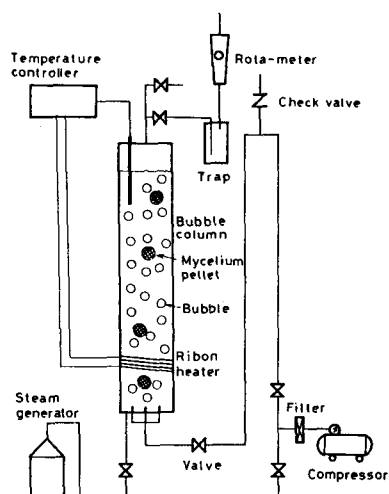


Fig.1 Experimental setup

内径10cm, 高さ150cmのガラス製円筒であり, 塔底にはガス分散のためのノズル(孔径1mm)を7個取り付け付けた。ノズルの先端部分は、滅菌を容易にするため, 取り外し可能になっている。配管は, 蒸気殺菌を行うため, 全て内径8mmの銅管を用いた。

コンプレッサーから送られた空気は, 途中に設置したフィルター(孔径0.45 μ m)により除菌し, 気泡塔に供給した。塔頂から出てきたガスはロータメータによって計量された後, 大気中に放出された。

気泡塔による培養の基礎データを得るため, フラスコによる振蕩培養も行った。

1・2 実験方法

(1) 培地 培地は, 天然培地として Potato Dextrose (PD) 培地, 合成培地として茸菌糸培養用培地の二種類を用いた。また, 種菌の保存には Potato Dextrose Agar (PDA) 培地の試験管培地を用いた。

PD培地は次のようにして作成した。以下の数値は培地1dm³当りの値である。まず, 馬鈴薯200gの皮をむき, 1cm角に切る。これに0.8dm³の水を添加し, 20分間煮沸する。煮沸後, ガーゼ布で濾す。濾液にグルコースを20g添加した後, 蒸留水を加え, pHを5.6に調整し, 全量を1dm³にする。これがPD培地である。PDA培地はこの培地に寒天を加えたものである。

合成培地の組成を Table 1 に示した。pHは5.8である。この培地は炭素源としてグルコースとフマル酸, 窒素源として酒石酸, 及び数種の微量栄養素を含んでいる。

(2) フラスコ培養 担子菌の場合, 培養によって形成される菌体ペレットが大きいため, 均一溶液のように一部の液を採取して菌体濃度を測定することはできないので, 次のようにしてフラスコの全量を測定した。まず, 上述の2種類の培地(PD培地, 合成培地)を6個のフラスコ(500cm³)に100cm³づつ分注し, オートクレーブで120℃で15分間殺菌処理した後, 保存用菌株の一部を試験管培地から取り出して植菌した。この6個のフラスコを振蕩機にセットし, 温度25℃, 回転数140rpmで培養した。所定時間毎に1個ずつフラスコを取り出し, 遠心分離機で上澄と菌体を分離した。上澄液を用いてpH, グルコース濃度を測定した。グルコース濃度はグルコースCテストキットによって505nmでの吸光度を測定して求めた。分離した菌体については, その乾燥菌体量を測定した。本測定法は, 各フラスコによって初期状態に多少の差が生ずることが避けられないので, 各培養時間における測定値にはこの影響が含まれていることを考慮しなければならない。

(3) シード培養 試験管培地から菌を3個のフラスコにとり, 145時間振蕩培養(シード培養)して種菌を得た。

これを気泡塔に植菌し, 培養した。

(4) 塔及び配管の滅菌 本実験では, 塔が大型でガラス製であるため, 安全性を考慮して, 125℃で行う加圧滅菌の代わりに, 1日1回30分間100℃に加熱し, これを3日間繰り返す常圧滅菌法を用いた。加熱は, 蒸気発生器からの飽和水蒸気を塔, 配管, バルブ等の全てに通すことによって行った。

(5) 培地の滅菌および植菌 培地はオートクレーブにより125℃で加圧滅菌した。冷却した後, 培地貯蔵容器を無菌空気で加圧して培地を圧送し, 火災カーテンを巡らした塔頂注入口から気泡塔に注入した。その際, 雑菌の侵入を防ぐため, 気泡塔内に無菌空気を流して陽圧にした。

気泡塔内の培地温度が25℃程度になった後, 予め三角フラスコで振蕩培養した種菌を, 培地注入の場合と同様に火災カーテンを通して植菌した。

(6) 気泡塔による培養 培養温度は25℃であり, 塔壁に巻き付けたリボンヒーターをON・OFF制御して一定温度に保った。

一定時間毎に塔底に設けたサンプリング口から試料液のみ(菌体は含まず)を約50cm³採取し, pH, グルコース濃度, 粘度を測定した。粘度の測定は回転粘度計で行った。同時に写真撮影も行った。培養終了後, 全菌体を取り出し, その乾燥菌体量を測定した。また, 培地の一部をメチレンブルー染色し, 顕微鏡によって観察した。

2. 実験結果及び検討

2・1 フラスコ培養

PD培地で培養された菌体は白い球状ペレットを形成するのに対し, 合成培地の場合には褐色の真中が凹んだ円盤状のペレットを形成した。Fig. 2 に PD 培地と合成培地における培養曲線を示した。乾燥菌体量の変化から, 誘導期間は, PD 培地の場合には約70時間, 合成培地の場合には約120時間であることが分かる。また, 最終乾

Table 1 Components in Synthetic medium used

Components	Conc. [mg/L]	Components	Conc. [mg/L]
Glucose	20,000	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8.8
Fumaric acid	1,320	FeSO ₄ ·7H ₂ O	9.9
Ammonium tartrate	2,000	MnSO ₄ ·5H ₂ O	8.0
KH ₂ PO ₄	1,000	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.16
MgSO ₄ ·7H ₂ O	500	Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0.1
Na ₂ CO ₃	1,120	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.05
		Thiamine Hydrochloride	0.1
		L-Ascorbic acid	0.125

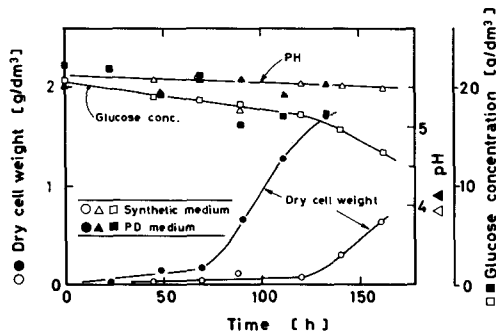


Fig.2 Variations of dry weight of morel mushroom, glucose concentration and pH with time for flask cultivation

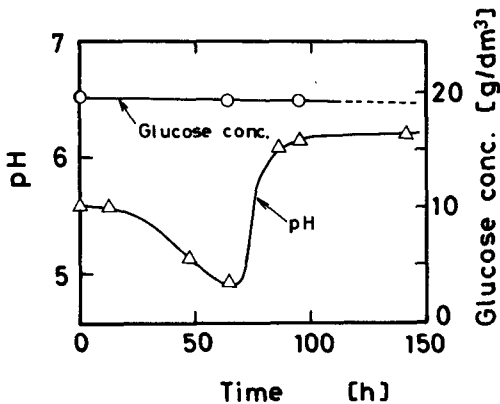


Fig.3 Variations of glucose concentration and pH with time in the bubble column

乾燥菌体量はPD培地の170mgに対し、合成培地のそれは63mgである。すなわち、PD培地の方が誘導期間が短く、かつ最終菌体量も多く、合成培地に比べ菌体の生育が格段に良いことが分かる。

グルコース濃度は、PD、合成の両方の培地において多少減少する傾向が認められる。しかし、何れにしてもグルコース消費量は少なく、グルコースは主たる炭素源ではない。今のところ、アミガサタケに対する炭素原が何であるかは不明である。

2・2 気泡塔による培養

(1) 培養経過 Fig.3に、PD培地を用いた場合のpHとグルコース濃度の経時変化を示した。フラスコ培養の結果から予想された通り、グルコース濃度は殆ど変化しなかった。pHは培養時間の経過と共に減少し、70時間前後で最小値を示すが、これを過ぎると急激に上昇している。Litchfieldら¹⁾によっても、pHが最小値を示すこの挙動は認められている。

Fig.4にPD培地の場合の各培養時間における気泡塔内の状態を模式的に示した。

(a)は植菌直後の様子である。直径2～5mm程度の白色の菌体ペレットが分散していた。中に、シード培養で用いたフラスコの壁面で成長した薄片状の菌体も2～3片混入していた。ガス流速は0.29cm/sとした。

(b)は植菌後12時間経過した時の状態である。ペレットから放射状に細長い白い菌糸が伸びており、直径もかなり大きくなっていった。ペレット全体として柔らかさそうであり、白色である。菌体の分散を良くするため、ガス流速を0.43cm/sに上げた。

(c)は29時間後の様子である。菌体ペレットはさらに大きくなり、その形態は鞠藻のようであった。細長い菌体はちぎれて、各々が楕円状のペレットに成長していた。ペレット表面の菌糸の色は白色であるが、中心核は茶色を呈していた。

53時間後には(d)のような状態になった。大きなペレットに混ざってちぎれた菌体から成長した小さいペレットも見られ、ペレットの個数が増えた。ペレットの菌糸の色は依然として白色である。この時の写真をFig.5に示した。塔径が10cmであるので、この写真から菌体ペレットの直径は2～3cmであることが分かる。pHの値は、Fig.3に示したように、この付近で最小になる。

培養時間が77時間になると、(e)に示したようにペレットは塔内に充満し、塔の反対側が見えない程であるが、液の循環流に追随して緩やかに流動していた。液の色は濁りのない透明な褐色になり、ペレットも茶色になった。ペレットのサイズも多少大きくなっていった。また、ちぎれた菌糸から成長した小さなペレットが見られた。pHは、Fig.3に示したように急激に上昇した。この時点で、ペレットが塔底に堆積するのを防ぐため、ガス流速を0.88cm/sに上げた。

時間の経過と共に液及びペレットの色は益々濃くなり、ついに120時間経過すると菌体ペレットの密度が大きくなり過ぎ、ガス流速を1.1cm/sに上げてでもペレットが塔底に堆積し始めた。これが(f)の状態である。この状態ではかなりの量のちぎれた菌糸が液中を浮遊していた。

(f)の状態で培養を止め、塔内の菌体を取り出して乾燥菌体量を測定した。乾燥菌体量は80.5gであった。培養液の粘度は1.2mPa・sで水と殆ど変わらなかった。

フラスコ培養の場合には、前述のように100cm³の培地から170mgの菌体が得られた。従って、10dm³に換算すると17gとなり、気泡塔はフラスコ培養に比べ、最終菌体量は4.7倍多くなることが分かる。

(2) 菌体ペレット内の状態 鞠藻状の菌体ペレットから中心を通る面を剃刀で薄く切り取り、メチレンブルーで染色し、顕微鏡で観察した(倍率600倍)。メチレンブルーで染色すると、死滅細胞は青く染まるが、生菌は染色さ

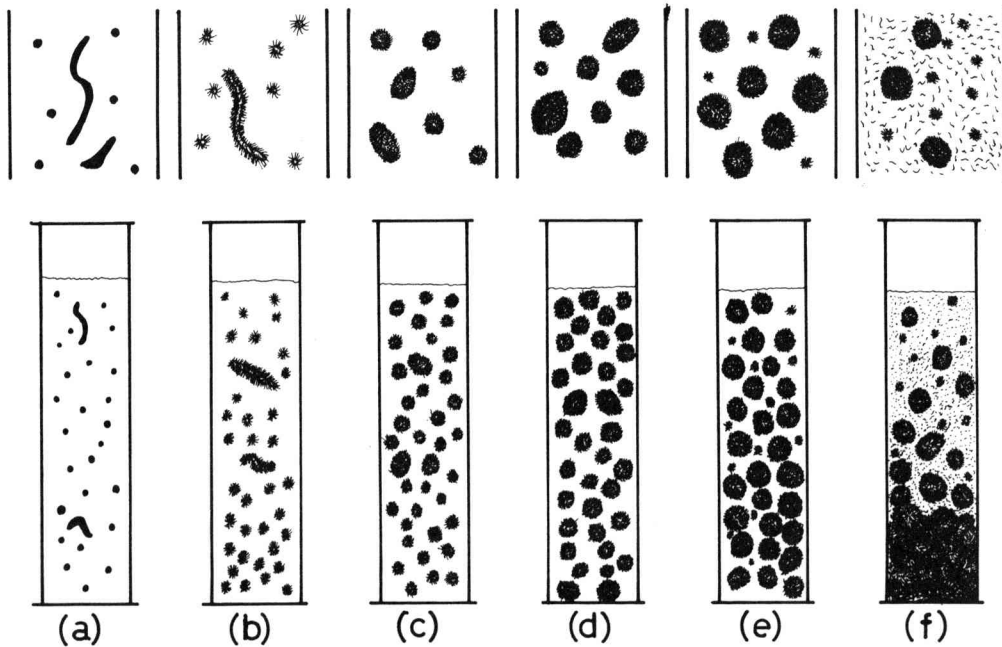


Fig.4 Change in shape of pellets in the bubble column with time

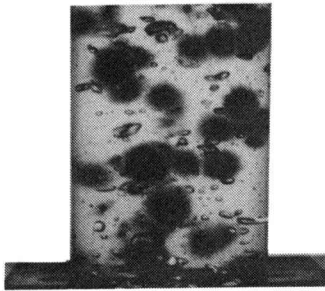


Fig.5 Photograph at cultivation time of 53 h

れない。観察は全体の色が白色のペレットと茶色のペレットの2種類について行った。

白色ペレットの場合、ペレットの表面部分、中心部分の何れにおいても、死滅細胞は1%程であり、殆どの細胞は生きていた。一方、茶色ペレットの場合、表面部分は30%程度の細胞が死滅し、中心部分では、酸素および栄養物の供給が不十分なため、90%近くの細胞が死滅していた。

結 言

気泡塔によるアミガサタケの培養を行った。鞠藻状の球形菌体ペレットが形成され、最終的には直径2~3cm

にまで増殖した。振蕩培養に比べ、増殖速度が非常に早く、気泡塔がアミガサタケの培養に適していることが分かった。さらに、アミガサタケは炭素源としてグルコースを利用していないことを見出した。

〔謝辞〕 本研究には山村晃君（現大阪大学基礎工学部）及び柳楽行宏君（現ニコン工学株式会社）の協力を得ました。また、本研究には平成2年度文部省特定研究費の補助を受けました。ここに記し、深謝いたします。

文 献

- 1) Litchfield, J.H., R.C. Overbeck and R.S. Davidson: *Agricultural and Food Chemistry*, **11**, 158 (1963)
- 2) Muroyama, K and L.-S. Fan: *AIChE Journal*, **31**, 1 (1985)
- 3) Shah, Y, T., B.G. Kelkar, S.P. Godbole and W.-D. Deckwer: *AIChE Journal*, **28**, 353 (1982)
- 4) Takao, S. and M. Tanida: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 277 (1982)
- 5) 宇田川俊一・椿 啓介・堀江義一・三浦宏一郎・箕浦久兵衛・山崎幹夫・横山竜夫・渡辺昌平: *菌類図鑑*, 講談社 (1978)

遺跡出土木材中の微生物の分離, 検索

末 信一郎・石垣 昭

Screening and isolation of microorganisms from waterlogged archaeological woods

Shin-ichiro SUYE and Akira ISHIGAKI

Microorganisms were screened and isolated from waterlogged archaeological woods. 17 strains of mold and 27 strains of bacteria were obtained. Several strains of mold were anaerobics and the mycelium extended into media. Most of molds had extracellular type of cellulase and assimilated 1-butanol, cellulose, cellobiose and polyethylene glycol. These results suggest that the isolated strains should be affect to chemical compounds treatment of waterlogged archaeological wood.

1. 緒 言

文化財の保存中に発生する着色汚染や損傷は主にカビなどの発生が原因であり, 乾燥状態での保存中に文化財に発生するカビによる劣化や微生物の培養的性質の検討が行われてきた^{1,2)}。

一方, 埋蔵文化財には多くの木製品が含まれるが, これらの木製品は土中に長期間, 嫌気状態で埋没しており発掘されると急激な酸化や崩壊を避けるため水中で保存され, 栄養学的見地からも微生物にとっては極めて特殊な環境にあると言える。しかし, このような出土木材中に微生物が生育していることが示唆されており, 例えば出土木材の崩壊を防ぐ方法としてポリエチレングリコールや t -ブチルアルコールなどの保存薬品を出土材に含浸させ, その原形を保存する方法があるが³⁾, この様な文化財の薬品処理の過程で出土材内に生育する微生物によると見られる処理薬剤の変質などの現象が見られている。

このような微生物の存在は, 木簡などの遺跡出土木材の保存処理の他や, 埋蔵中や保存中の劣化など多くの影響があると思われる。前述のように書籍, 絵画などの文化財に発生するカビについては *Aspergillus* 属などが得ら

れており劣化の原因の一つとされている。しかし, 埋蔵文化財に発生する微生物については十分な知見は得られていない。そこで, 筆者らは遺跡出土木材中に生育する微生物の知見を得る目的で針葉樹出土材について微生物の分離を行い, 得られた菌株の性質を検討すると共に保存処理への影響を考察した。

2. 実験方法

2.1 試 薬

ペプトンはミクニ化学産業製, 乾燥麦芽エキスはディ

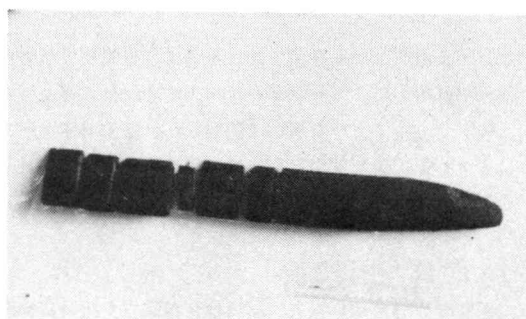


Fig. 1 External appearance of waterlogged archaeological wood sample (severed)

Table 1 Morphological characteristics of isolated strains from waterlogged archaeological wood.

Strains	Cultural characteristics (plate culture)					Origin (media)
	Shape	Protuberance	Edge	Surface	Color	
MA-1	circular	umbilicate	undulate	rough	white	MY agar
MA-2	circular	flat	filamentous	rough	white	MY agar
MA-3	punctiform	raised	entire	radially rugose	green	MY agar
MB-3	circular	umbilicate	undulate	rough	white	MY agar
MB-4	circular	flat	undulate	rough	white	MY agar
MA-6	circular	flat	undulate	rough	white	MY agar
MA-1	circular	flat	undulate	rough	white	MY agar
MC-6	circular	flat	undulate	radially rugose	light green	MY agar
BB-2	circular	umbilicate	undulate	rough	white	nutrient agar
BB-3	circular	flat	undulate	radially rugose	white	nutrient agar
BC-2	circular	umbonate	undulate	rough	white	nutrient agar
CD-1	circular	flat	auriculate	rough	white	corn meal agar
CB-1	circular	flat	filamentous	smooth	white	corn meal agar
CD-2	circular	flat	filamentous	granular	white	corn meal agar
AC-2	filamentous	flat	lacerate	smooth	white	aspartate agar
AC-1	filamentous	flat	lacerate	smooth	white	aspartate agar
AC-2	circular	flat	repand	granular	light green	aspartate agar

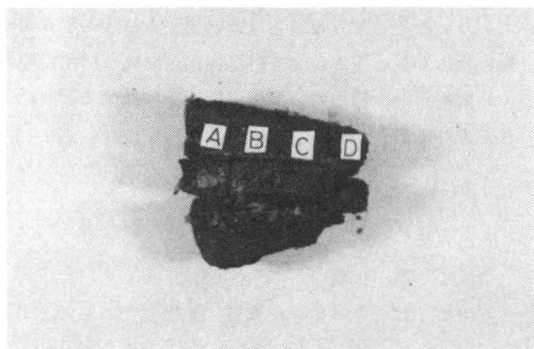


Fig. 2 The cross section of sample

フコ・ラボラトリー社製、肉エキスは極東製薬工業製をそれぞれ用いた。コーンミール寒天培地は日水製薬製のコーンミールアガーを用いて調製した。粉末セルロースはミツ化工業製を使用した。その他の試薬は、特級試薬を用いた。

2. 2 試料

菌株の分離に用いられた試料は奈良国立文化財研究所より提供を受けた弥生時代の杭と思われる針葉樹出土材 (Fig.1) を使用した。

2. 3 菌株の分離

分離用培地としてMY (麦芽エキス, 酵母エキス) 寒天培地, ブイヨン培地, ポテトデキストロース寒天 (PDA) 培地, コーンミール寒天培地, アスパラギン培地を用いた。分離用試料を無菌的に切断し, 木材断面より切片を切り出した。菌株の分離はこの切片を直接平板培地に接種する方法と, この切片を無菌水に懸濁し懸濁液の上清を平板培地上に移す二つの方法を用いた。培養は, MY 培地は25℃でおこない, 他の培地は30℃で行った。培養後, 発生したコロニーを斜面培地に移して純粋分離した。

2. 4 資化性

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2g/l, KH_2PO_4 1g/l, $CaCl_2$ 0.1g/l, KCl 0.3g/lの基本培地に各種炭素原を20g/lとなるように加え、(但し1-ブタノールは20g/l以外に5g/lについても検討した。)30℃, 140rpmで1週間振とう培養した。乾燥菌体重量は, 培養液を10,000g, 10分間遠心分離を行い集菌し洗浄後, 得られた菌体を80℃で乾燥, 秤量して求めた。

Table 2 Plating medium of growth

Sample	Medium(*)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M A -1	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M A -2	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
M A -3	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M B -3	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M B -4	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M B -6	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
M (A) -1	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M (A) -6	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B (B) -2	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
B (B) -3	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B (C) -2	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
C D -1	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C (B) -1	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
C (B) -2	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
A C -2	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
A (C) -1	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
A (C) -2	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ : growth - : not growth

(*)

- A: Cellulose-soil
- B: YpSs
- C: Oatmeal (for mold)
- D: Potato-dextrose
- E: Oatmeal (for actinomycetes) pH 4
- F: Oatmeal (for actinomycetes) pH 5
- G: Oatmeal (for actinomycetes) pH 7
- H: Oatmeal (for actinomycetes) pH 8
- I: Oatmeal (for actinomycetes) pH 9
- J: Oatmeal (for actinomycetes) pH 10
- K: Oatmeal (for actinomycetes) pH 11

2. 5 酵素活性の測定

2. 5. 1 セルラーゼ活性

セルラーゼ活性の測定は以下に従い行った。セルラーゼ生産培地はG P A培地(KH₂PO₄ 1g/l, KCl 0.5g/l, MgSO₄ · 7 H₂O 0.2g/l, CaCl₂ 0.1g/l, 結晶性粉末セルロース20g/l, ペプトン 75g/l)⁴⁾を用いた。上記培地で30℃, 4-16日間, 140 rpm 振トウ培養し得られた培養液は10,000g, 10分間遠心分離を行い, 上清を粗酵素液とした。50 mM リン酸緩衝液 (pH6.0) 2.0ml, 粉末セルロース0.022gを混合攪拌し粗酵素液0.2mlを添加し, 24時間振トウし反応遊離した全糖類をフェノール硫酸法⁵⁾で測定することによってセルラーゼ活性を求めた。

2. 5. 2 ラッカーゼ活性

MY培地で30℃, 6-17日間, 振トウ培養を行い得られた培養液は10,000g, 10分間遠心分離を行い, 上清を粗酵素液とした。ラッカーゼ活性は, 300 mM リン酸緩衝液 (pH7.0) 1.0 ml, 24.6 mM 4-アミノアンチピリン0.1 ml, 240 units/ml パーオキシダーゼ0.1 ml, 蒸留水1.6 mlを混合攪拌し, これに粗酵素液0.1 mlを添加し, 30℃で反応させ500 nmでの吸光度の増大より生成するキノノイミン色素を測定することにより求めた。

Table 4 Concentration of free sugars

Sample	Culture time(hr)	Concentration of free sugars(M)
M A -1	275.6	3.84 × 10 ⁻⁴
M A -2	371.2	1.60 × 10 ⁻⁵
M A -3	190.2	0
M B -3	371.2	4.02 × 10 ⁻⁵
M B -4	275.6	7.36 × 10 ⁻⁵
M B -6	275.6	1.46 × 10 ⁻⁴
M (A) -1	371.2	4.08 × 10 ⁻⁵
M (A) -6	371.2	1.34 × 10 ⁻⁵
B (B) -2	371.2	3.26 × 10 ⁻⁴
B (B) -3	371.2	9.17 × 10 ⁻⁷
B (C) -2	322.6	3.46 × 10 ⁻⁴
C D -1	275.6	2.14 × 10 ⁻⁴
C (B) -1	371.2	1.53 × 10 ⁻⁴
C (B) -2	275.6	1.63 × 10 ⁻⁴
A C -2	371.2	1.34 × 10 ⁻⁴
A (C) -1	371.2	1.57 × 10 ⁻⁴
A (C) -2	322.6	1.74 × 10 ⁻⁴

Table 3 Assimilation of carbon source (g)

Sample	Source(*)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
M A -1	0.009	0.042	0.039	0.004	-	-	-	0.397
M A -2	0.005	0.001	-	-	-	-	-	-
M A -3	-	-	-	-	-	-	-	-
M B -3	0.026	0.006	0.035	0.002	0.010	-	0.083	0.484
M B -4	0.011	0.001	-	-	0.002	-	0.023	0.432
M B -6	0.041	0.009	0.007	0.001	0.014	-	0.140	0.501
M (A) -1	0.037	0.002	0.020	0.003	0.001	-	-	0.427
M (A) -6	0.009	0.043	-	-	-	-	-	-
B (B) -2	-	0.002	0.025	-	-	-	-	-
B (B) -3	-	-	-	-	-	-	-	0.506
C D -1	-	-	-	-	-	-	-	-
C (B) -1	0.010	-	-	-	-	-	-	-
C (B) -2	0.018	-	-	-	-	-	-	-
A C -2	-	-	-	-	0.005	-	-	-
A (C) -1	-	-	-	-	-	-	-	-
A (C) -2	-	-	-	-	-	-	-	-

- : not assimilated

(*)

- A: glucose
- B: cellobiose
- C: arabinose
- D: polyethylene glycol
- E: galactose
- F: 1-butanol (20g/l)
- G: lactose
- H: 1-butanol (5g/l)

3. 結果と考察

3. 1 菌株の分離

分離に用いた切片はFig. 2に示すように出土木材試料のはぼ中央部を切断しさらにA-Dの4つの部分に分けた。これら4つの試料より合計44株の菌株が得られた。これらは平板培地での培養形態から17株は細菌, 27株はカビと推定された。これらの菌株が当初より出土木材中に生育していたものか, 試料保存用の水など外部からのものか明確な判断はできない。しかし, 特に木材深部での生育や栄養状況などを考慮すると主にカビ類が試料から由来したものでないかと思われる。そこで, 今回はカビ類に着目して以後の検討を行った。

得られた菌株の形態学的性質を Table 1 に示す。この中でも CB-1, CD-2, AC-1, AC-2 の4株は、平板培地で長期間培養を行うと菌糸を培地中に伸ばして生育するような嫌気的条件下を好む特異的性質を有していた。また、各培地での生育状況を Table 2 に示すが、大部分の菌株で生育 pH が4.0から11.0までと広い領域に渡っていた。また、媒気性を示した4つの菌株はMY寒天培地で培養を行うと菌糸は培地内部に伸長せずに培地表面に広がり好気的な生育を示した。これは酸素分圧のみならず栄養状態によって生育状態が変化する可能性もあると考えられた。

3. 2 分離菌株の資化性

分離菌株の糖およびアルコールに対する資化性を検討した。各炭素原にて培養後、得られた菌体乾燥重量を Table 3 に示すが、グルコース、アラビノースなどを始めとする一般的な炭素源以外にポリエチレングリコールや1-ブタノールなども資化しており、これら化合物を用いて出土木材保存処理を行うと、化合物の代謝、変換の可能性もあるといえる。

3. 3 分離菌株の酵素活性

分離した菌株の菌体外セルラーゼおよびラッカーゼ活性を測定したがラッカーゼ活性については見いだされなかった。しかし、Table 4 に示すように MA-3 株を除く全菌株でセルロースの資化が見られ、何らかのかたちでセルロースを分解しているものと思われる。生成物をグルコースCテストワコーを用いる酵素法や薄層クロマトグラフィーにて確認したがグルコースやセロビオースの存在は認められなかった。グルコースやセロビオースなどよりも大きな単位でセルロースを分解しているか、または生じた小糖類を速やかに代謝しているのではないかと考えられる。更に、粗酵素液の濾紙崩壊活性も⁶⁾、検討したが顕著な活性は見られなかった。今後は、セルラーゼ反応液の高速液体クロマトグラフィーによる反応生成物の正確な分析、定量が必要である。

以上のように分離した菌株の資化性や酵素活性を検討したところ、これら微生物が少なくとも出土木材の保存などに影響を及ぼすことが示唆された。また、これら微生物が出土木材が土中に埋もれている間に木材内で生育することによる影響も少なからずあるものと思われる。これらを、更に解明するには分離菌株の各種木材試料へ

の接種試験⁷⁾などの他、各種木材保存薬品の資化性および代謝産物の分析が必要であろう。また、出土木材への微生物の影響を除去するには例えば熱処理、抗菌物質処理などが考えられるが、このためにはこれら菌株の同定を含めた諸性質を明らかにしなければならない。

また、本研究では分離された細菌類について論じていないが、Whiteら⁸⁾は雨に濡れた布や土の上におかれた布などの劣化に細菌が関与していることを報告しており、細菌類が出土材の劣化や保存に影響を及ぼしていることも考えられる。今後、分離した細菌類の酵素活性や資化性についても、検討する予定である。

謝 辞

本研究は文部省科学補助金(試験研究B)の助成を受けて行った研究成果に基づいている。ここに付記して感謝する。本研究を遂行するにあたり、貴重な出土木材試料を提供して頂いた奈良国立文化財研究所の関係者の方々に深く感謝いたします。また、この研究に卒業研究を通じて多大な貢献をして頂いた三木 茂君(現、塩野義製薬株式会社医科学研究所)、吉川武君(現、武田薬品工業株式会社発酵生理研究所)に感謝する。

文 献

1. 河越幹男, 石垣 昭, 奈良工業高等専門学校研究紀要, 24, 83 (1989) .
2. G. G. Meynell and R. J. Newsam, Nature, 274, 466 (1978) .
3. 大槻虎男, 日本菌学会報, 23, 165 (1982) .
4. T. Morinaga, Trans, Mycol. Soc. Japan, 31, 55 (1990) .
5. 東京大学農学部農芸化学教室編, 実験農芸化学 下, 朝倉書店 p. 129 (1978) .
6. L. Li, R. M. Flora and K. W. King, J. Ferment. Technol., 41, 98 (1963) .
7. Y. Kohdzuma, S. Itakura, K. Minato, Y. Katayama and K. Okamura, Mokuzai Gakkaishi, 36, 389 (1990) .
8. W. L. White, R. T. Darty, G. M. Stechert and K. Sanderson, Mycologia, 40, 34, 1948.

ポリ塩化ビニルを用いるウリカーゼ固定化膜

末 信一朗・竹川 弘子*・犬田 修正

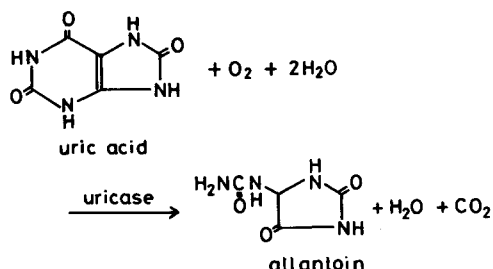
Immobilized Uricase Using Porous Polyvinylchloride Membrane

Shin-ichiro SUYE, Hiroko TAKEGAWA and Shusei INUTA

Uricase [EC 3.5.1.5] was immobilized by crosslinking of hexametylenediamine with glutaraldehyde onto a porous polyvinylchloride (PVC) membrane. The properties of immobilized uricase membrane were examined and compared with the native enzyme. The stability of the uricase was improved with immobilization. The immobilized uricase was stable from pH 5.0 to 10.0 on 1 hr incubation at 30 °C and stable at below 65 °C. The pore dimensions of PVC membrane were from 1 to 5 μm, determined by SEM photographs.

1. 緒言

血清や尿中の尿酸の分析，定量は痛風，腎疾患，白血病，悪性腫瘍などを知るうえで臨床診断における重要な測定項目のひとつである^{1,2)}。現在，尿酸はウリカーゼを用いて均相系で定量されている³⁾。尿酸は，ウリカーゼ (EC 3.5.1.5) の触媒作用により次のように分解される。



一般に尿酸の分析は，上記の酵素反応に伴う尿酸の減少を250 nmにおける吸光度の減少を測定することによって求められる。また，ウリカーゼを固定化し酸素電極，過酸化水素電極，二酸化炭素電極と組み合わせることに

よって酵素反応に伴う溶存酸素の減少や生成する過酸化水素，二酸化炭素を測定することにより尿酸を定量する尿酸センサーも報告されており，臨床検査などの分野で迅速，簡便な測定が期待されている。これら各種電極に用いるウリカーゼ固定化膜には，グルタルアルデヒド-アルブミン架橋化法^{3,4)}，コラーゲン包括固定化法^{5,6)}，ヒドロキシエチルセルロース固定化法⁷⁾などが報告されている。

しかし，ウリカーゼは非常に安定性が低く固定化しても失活しやすいことや比活性が低いことからセンサーとして用いるには実用上困難であり⁸⁻¹⁰⁾，尿酸センサーの実用化にはより安定であり，高活性となるような固定化方法の検討が課題である。

そこでわれわれは，多孔質状のポリ塩化ビニルを担体として^{11,12)}ジアミノ化合物をグルタルアルデヒドで架橋高分子化させさらに再びグルタルアルデヒドを用い酵素と共有結合させ固定化した膜について検討を行いセンサーに用いる膜としての機能評価を行った。

2. 実験方法

2.1 試薬

ウリカーゼは，*Candida* sp. 由来の東洋紡製グレード

*現在 三洋化成株式会社 (京都市東山区)

II (約4.0 units/mg-solid) を10 mMホウ酸緩衝液 (pH 8.0) に溶解して用いた。ポリ塩化ビニルは、和光純薬製、1級 (分子量1100) (以下PVCと略す) を用いた。グルタルアルデヒドは電子顕微鏡用特製試薬25%水溶液、ナカライテスク製を用いた。その他の試薬は、特級試薬を用いた。

2. 2 ウリカーゼ固定化膜の酵素活性測定

ウリカーゼ固定化膜の酵素活性は以下の条件で行った。0.125 mM尿酸10 mMホウ酸緩衝液溶液 (pH 8.0) 2.0 ml, 蒸留水0.5 mlを混合し, あらかじめ25 °Cで加温したのち酵素膜 (10×10 mm) を添加し25 °Cで5分間反応させた。酵素反応は酵素固定化膜をとりぞくことにより停止させ, 290 nmにおける吸光度から, 減少する尿酸量を測定した。尿酸の分子吸光係数 ϵ は12.2 ml/ μ mol cmを用いた。ウリカーゼ酵素活性は, 上記の条件で1分間に1 μ molの尿酸を酸化する量を1 unitとし, ウリカーゼ固定化膜1 cm²あたりの活性 (unit/cm²) で表した。

2. 3 ウリカーゼ固定化膜の調製

PVCとN, N-ジメチルホルムアミド (以下DMFと略す) を4:96 (W/W) の比で混合溶解しヘキサメチレンジアミンを混合溶解しガラス板上に流延, 展開し3%グルタルアルデヒド水溶液に30分間浸漬し膜を形成した。ついでこの膜をメタノール, 2-プロパノール, 50% 2-プロパノール水溶液, 蒸留水に順次浸漬洗浄し多孔質状の膜を得た。これを1 cm四方に切断し, 3%グルタルアルデヒド緩衝液中に2時間浸漬処理を行ったのち5 °Cでウリカーゼ溶液に1日浸漬することによって酵素のアミノ基と架橋高分子化されたヘキサメチレンジアミンのアミノ基をグルタルアルデヒドと共有結合することによりウリカーゼ固定化膜を得た。得られた固定化膜は50 mMリン酸緩衝液 (pH 7.5) で数回洗浄し同緩衝液中に5 °Cで保存した。

3. 結果と考察

3. 1 ウリカーゼの固定化

得られたPVC膜は透明でなく白色であり, 膜表面が多孔質状となっているものと思われる。また, ヘキサメチレンジアミンを添加した膜は淡い赤色となっておりヘキサメチレンジアミンがグルタルアルデヒドにより架橋高分子化しているものと推察される。

PVC-DMF溶液に対するヘキサメチレンジアミンの濃度を検討した結果をTable 1に示す。ヘキサメチレ

Table 1 The effect of hexamethylenediamine concentration on the amounts of immobilized uricase

Hexamethylenediamine concentration (%)	Amounts of immobilized uricase (units/cm ² membrane)
None	0.014
0.2	0.020
1.0	0.020
2.0	0.023

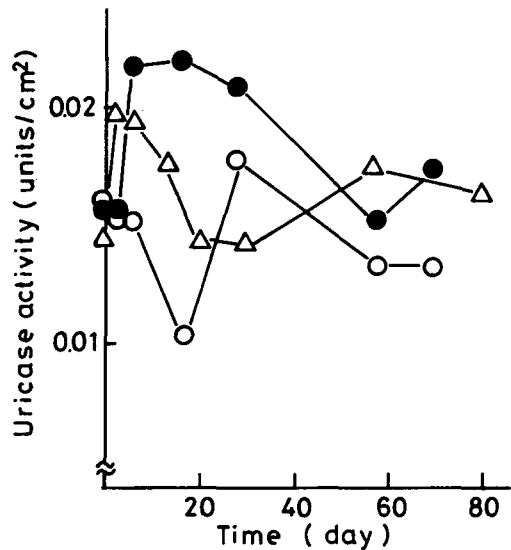


Fig. 1 The storage stability of immobilized uricase membrane. The membrane was stored at 5 °C in 50 mM phosphate buffer (pH 7.0). Symbols: ●, 2% hexamethylenediamine; △, 1% hexamethylenediamine; ○, 0.2% hexamethylenediamine.

ンジアミン無添加のPVC膜の場合は多孔質状のPVC担体と酵素は共有結合ではなく吸着固定化したのみであるが若干の活性がみられた。しかし, ウリカーゼの酵素タンパク質あたりの比活性が一般の酵素と比較して極めて低いため1枚当りの膜に固定される酵素量も低いものとなり共有結合による固定化膜と比較して活性は約10%程度であった。更に, この膜では固定化した量の倍量の酵素 (0.03 units) が漏出していた。一方, 共有結合による膜ではヘキサメチレンジアミンの添加量による膜の活性の明確な差は認められなかったが, 5 °Cにおける保存長期安定性を検討したところ (Fig. 1), 30日の間, 膜の活性は上下の変動が見られるものの70日を過ぎても当初とはほぼ同一の活性を維持していた。長期間安定性についてもヘキサメチレンジアミンの添加量によるはっきりした差が認められないがヘキサメチレンジアミン添加量が0.2%の場合は若干長期保存時の活性が低くなって

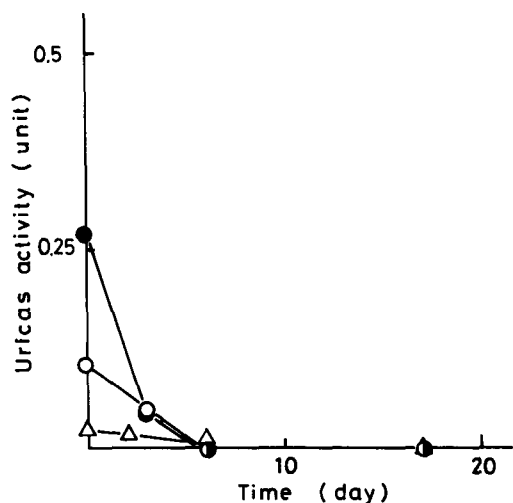


Fig. 2 The leakage of uricase activity from the immobilized uricase membrane during the storage. The experimental conditions were the same as those of Fig. 1.

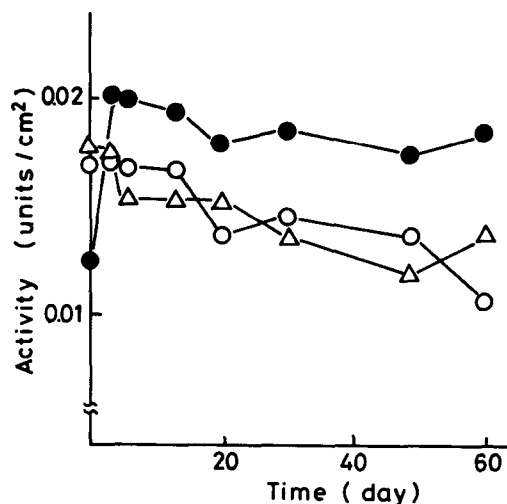


Fig. 3 The effect of buffer solution on storage stability of immobilized uricase membrane. The experimental conditions were the same as those of Fig.1 except for the buffer solution. Symbols: ○, 50 mM phosphate buffer (pH 7.0); △, 50 mM phosphate buffer (pH 8.5); ●, 50 mM borate buffer (pH 8.5).

いた。しかし、ヘキサメチレンジアミンの濃度が増すと膜の強度が低くなるためヘキサメチレンジアミンの添加量は1%が適当であることがわかった。ウリカーゼ固定膜からの酵素の漏出の経時の変化を検討した結果を Fig. 2 に示す。吸着固定化を行った膜のみならず、ヘキサメチレンジアミンによる共有結合による固定化を行った膜でも保存初期に酵素活性の漏出がみられる。これは、ウリカーゼが共有結合だけでなく膜の表面や細孔部に吸着

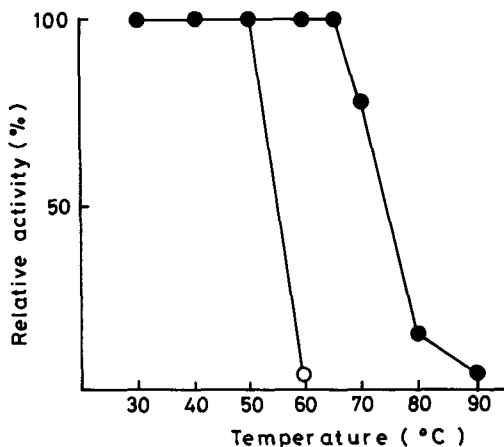


Fig. 4 The effect of temperature on stability of uricase and immobilized uricase membrane. The enzyme solution and membrane were subjected to heat treatment for 15 min in 40 mM phosphate buffer (pH 8.5). The enzyme solution and membrane were then cooled and the activity remaining were assayed.

固定している酵素が保存中に脱離して酵素の漏出がみられるものと思われる。漏出は14日を過ぎると見られなくなった。

以上からウリカーゼ固定化におけるヘキサメチレンジアミンの濃度は1.0%が最適であり以下の実験はこの条件で固定化を行った。

ウリカーゼ固定化膜の保存時における酵素活性と酵素の漏出に対する緩衝液およびその pH の影響を検討した。Fig. 3 に示すようにホウ酸緩衝液 (pH 8.5) で保存した場合に活性の低下が見られなかったが、他の緩衝液でも活性の著しい低下は見られなかった。安定性が増しているとはいえ固定化酵素膜でも遊離のウリカーゼと同様にホウ酸緩衝液 (pH 8.5) で保存する方が望ましいと言える。

3. 3 ウリカーゼ固定化膜の性質

遊離のウリカーゼとウリカーゼ固定化膜の温度および pH に対する安定性について比較検討をそれぞれ行った。この結果を Fig. 4, Fig. 5 に示す。熱安定性は遊離の酵素が 50℃以下まで安定なのに対して固定化酵素では 65℃までとなっており 15℃以上も安定性が向上している。また、固定化酵素は 75℃で約 60%、80℃でも 14%の残

Table 2 Comparison of native uricase and immobilized uricase membrane

	Immobilized	Native
Thermal stability	below 65 °C	below 50 °C
Thermal stability at 60 °C	100 %	7.4 %
pH stability	6.0-10.0	8.0-10.0
Long-term stability*	80 %	63 %

*Samples were stored for 15 day at 30 °C. The remaining uricase activity was measured at standard conditions.

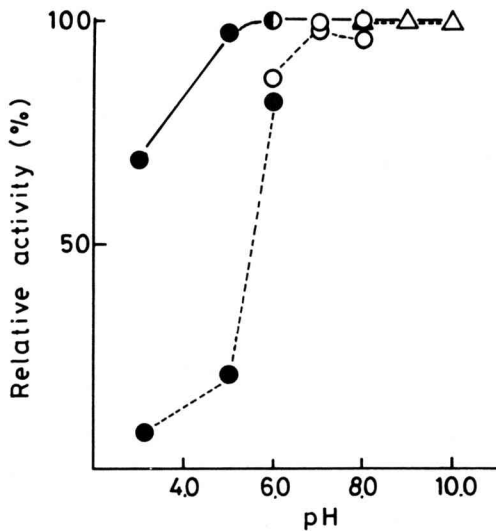


Fig. 5 The effect of pH on stability of native uricase (·····) and immobilized uricase membrane (—). The enzyme solution and membrane were subjected to heat treatment for 1 hr at 30 °C in various pH buffers. The enzyme solution and membrane were then cooled and the activity remaining were assayed. Symbols: ●, 100 mM acetate buffer; △, 50 mM phosphate buffer; ○, 50 mM borate butter.

存活性が見られ耐熱性が飛躍的に向上していた。pH安定性についても塩基性領域での変化は両者共にみられないものの酸性領域では、遊離酵素が pH 7.0まで安定なのに対して固定化膜では pH 6.0までとなっており、pH 5.0では95%、pH 3.0でも70%の残存活性を有しており、pH安定領域は広がっていることがわかった。ウリカーゼ固定化膜と遊離のウリカーゼの安定性について Table 2にまとめたが、すべての条件に対してウリカーゼ固定化膜の安定性が優れていることがわかる。

このような固定化による安定性の向上は一般的に見られる現象であるが^{11,13-15)}、ここでも遊離のウリカーゼと比較して熱や pH に対して大幅な安定性の向上が見られ

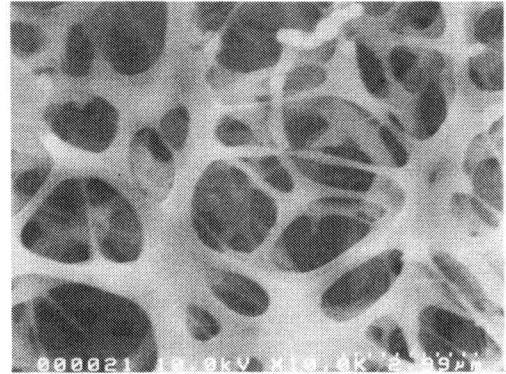


Fig. 6 SEM photograph of porous polyvinylchloride membrane.

た。これは特に本法が共有結合を用いた固定化法であり、共有結合によりウリカーゼ酵素分子の高次構造が保持されているためと考えられた。更に、ウリカーゼはPVC膜の表面のみならず多孔質の中にも固定化されていると考えられ、このためこの部分の酵素は熱や pHの影響を受けにくくなっているものと思われる。

3. 4 ウリカーゼ固定化膜の構造

ウリカーゼ固定化PVC膜を電子顕微鏡にて撮影した結果を Fig. 6に示す。この様に実際に多くの細孔が膜表面に空いていることがわかる。これらの細孔の直径はおよそ1-5 μmであり、空隙は膜の深部まで網目状に広がっていることから、膜の表面積が増大しウリカーゼ固定化量も大きくなっているものと思われる。また、この様な構造は膜の物質透過性が良く、センサーに用いるのに適している。

4. 結 言

多孔性のPVC膜を担体にヘキサメチレンジアミンをグルタルアルデヒドを用いて架橋高分子化させ、これとウリカーゼを共有結合させたウリカーゼ固定化膜を得た。ウリカーゼ固定化膜は遊離のウリカーゼと比較して安定性が増大していた。本膜の細孔の孔径は1-5 μmであり物質透過性に優れているものと思われる。今後は、過酸化水素電極と組み合わせて本膜の評価を行う予定である。

謝 辞

本研究を行うあたり種々御助言を賜りました本校化学工学科石垣 昭教授に深く感謝します。また御支援、御

協力を頂きましたダイキン工業株式会社ならびにPVC膜の電子顕微鏡写真を撮影して頂きました同、MEC研究所 片山秀夫氏および種々御助言を頂きました同、電子技術研究所主席研究員 中野仁寿氏、広安浩二氏に深く感謝いたします。

文 献

1. 馬場茂明, 奥田 清編, 医化学実験法講座第3巻B 臨床化学II, p.94, 中山書店 (1973) .
2. 山口 功 編, 生化学要説, p. 210, 建帛社(1987).
3. G. Broun, D.Thomas, G. Gelf, D. Domurado, A. M. Berjonneau, and C. Guillon, *Biotechnol. Bioeng.*, **15**, 359 (1973).
4. M. Nanjo and G. G. Guilbault, *Anal. Chem.*, **46**, 1769 (1974).
5. 相沢益男, 鈴木周一, *電気化学*, **44**, 279 (1976).
6. 河嶋拓治, 有馬亜矢子, 畠山直子, 富永直友, 安藤 實, *日化誌*, **1980**, 1542
7. T. Kawashima and G. A. Rechnitz, *Anal. Chim. Acta*, **83**, 9 (1976).
8. 東稔節治, 山本浩司, 中村忠久, *化学工学論文集*, **14**, 361 (1988).
9. 永田良一, *化学工学論文集* **11**, 217 (1985).
10. M. Aizawa and S. Suzuki, *DENKIKAGAKU*, **44**, 279 (1976).
11. S. Hirose, M. Hayashi, and N. Tamura, *J. Mol. Cat.*, **6**, 251 (1979).
12. S. Hirose and E. Yasukawa, *J. Appl. Poly. Sci.*, **26**, 1039 (1981).
13. G. G. Guilbault and G. Lubrano, *Anal. Chim. Acta*, **60**, 254. (1972).
14. M. Aizawa, M. Koyama, Y. Sato, and S. Suzuki, *ibid*, **116**, 307 (1980).
15. T. Tsuchide and K. Yoda, *Enzyme Microb. Technol.*, **3**, 326 (1981).

本校学生の体力・運動能力の消長について

中和田 武・植村 芳樹

A Rise and Fall in Our College Students' Fitness and Motor Abilities

Takeshi NAKAWADA・Yoshiki UEMURA

本校学生の体格・体力・運動能力は、平均値において全国よりも劣位にあるが、成長率においては全国よりもすぐれているとの仮説を基に、13年間の変化の考察を試みた。

その結果、13年間の変化についてみると体格は、本校、全国とも身長、体重において向上がみられるが、胸囲は低下の傾向にある。特に本校17才が各項目においてかなりの低下現象がみられた。体力で本校、全国とも向上したのは背筋力、踏台昇降運動、低下したのは垂直とび、握力、伏臥上体そらしてであった。本校は一部の年令を除き、反復横とび、立位体前屈、踏台昇降運動で、全国より低い傾向がみられ、垂直とび、握力は全国よりも向上がみられた。運動能力は本校、全国とも低下しているのはハンドボール投げ、懸垂腕屈伸、全国のみ低下しているのは走り幅とび、持久走（1500m走）、50m走の15、16、19才であった。本校のみ低下しているのは50m走の18、19才と持久走の15、18、19才であった。また全国よりも本校が向上したのは50m走、17才を除く走り幅とび、15才を除く持久走であった。本校が全国より低下したのはハンドボール投げと15、17、18才の懸垂腕屈伸であった。

体力、運動能力のトータルな消長では、1989年は本校、全国とも1976年より低下現象がみられた。その中でも本校15、16才は全国より向上を示している。18才は全国より体力がすぐれ、運動能力が劣っている。19才は体力が全国より劣っていた。特に注目すべきは、17才が全国より大巾に低下していることである。

緒 言

文部省体育局の平成元年度体力・運動能力調査報告書によると、青少年（12～29才）の体力は、男女とも19才ごろにピークを向え、ピークまでの体力の向上は、男女とも顕著であり、運動能力のピーク年令は男子で21～22才ごろと考えられ、17才ごろまで急激に向上すると報告されている。

このような青少年の発達傾向の中心に位置する本校学生の体格、体力、運動能力は、これまでの研究において全国平均値を下まわり、運動部所属学生でやっと全国レベルに位置する低い状況にあることが明らかになっている。最近では、さらにその巾が劣位に拡大していると思われる傾向もみうけられる。

そこで今回、われわれは、フィジカルテスト統計解

析支援データベースシステムの開発を機に、本校学生が平均値において全国平均より劣位にあるが、成長率においては本校が全国よりもすぐれているのではないかを手がかりに、1976年と1989年の比較検討を通して13年間の変化について考察を試みた。

研究方法

1. 測定時間

1976年、1989年とも4月中旬～5月初旬にかけて測定を実施した。

2. 調査対象

本校学生で、全15項目を測定できた男子を対象とし、1項目でも欠落した学生は除外した。対象となった被検者数は次の通りである。

	15才	16才	17才	18才	19才
1976年	138名	110名	107名	120名	90名
1989年	170名	171名	176名	167名	159名

(注) 年令の算定は4月1日現在の満年令になる。

3. 測定項目

測定項目は、体格・体力・運動能力の領域より15項目である。

(1) 体格の項目

身長, 体重, 胸囲

(2) 体力の項目

- ① 敏しょう性——反復横とび
- ② 瞬発力——垂直とび
- ③ 筋力——背筋力, 握力
- ④ 持久性——踏台昇降運動
- ⑤ 柔軟性——伏臥上体そらし, 立位体前屈

(3) 運動能力の項目

- ① 走力——50m走
- ② 跳力——走り幅とび
- ③ 投力——ハンドボール投げ
- ④ 筋持久力——懸垂腕屈伸

⑤ 全身持久性——持久走(1500m走)

4. 測定方法

体格の3項目は、定期健康診断の身体計測結果を利用し、体力・運動能力に関する12項目は、すべて文部省「スポーツテスト」の実施項目に従って実施した。

5. 比較の対象

1976年, 1989年の全国全日制高校(15~17才)と全国高専(18, 19才)を対象とした。

6. 計算処理方法

平均値, 標準偏差, その他の算出は, 1986年に開発したフィジカルテスト統計解析支援データベースシステムを利用した。

結果と考察

1. 体格について

身長, 体重, 胸囲について, 年令別に平均値および標準偏差を求めると表-1の通りであり, それらをグラフで表わしたのが図-1である。この結果をもとに体格の特徴を考察するため, 項目ごとに平均値の差をT検定した。その結果は表-4の如くである。

表-1 体格の平均値と標準偏差

項目	区分	15才			16才			17才			18才			19才				
		N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD		
身長 (cm)	76	本	138	168.1	6.68	110	169.4	5.41	107	169.3	5.82	120	169.3	5.87	90	169.4	6.33	
		全	569	166.3	6.00	515	168.2	5.37	587	168.7	5.56	475	169.3	5.59	486	169.2	5.48	
	89	本	170	168.8	4.51	171	170.2	5.60	176	169.9	4.91	167	171.7	4.99	159	170.5	5.76	
		全	921	168.5	5.87	918	169.2	5.76	925	170.4	5.69	586	171.2	5.62	591	171.0	5.66	
	体重 (kg)	76	本	138	54.7	8.41	110	58.4	6.81	107	60.3	7.28	120	60.7	8.64	90	60.2	6.45
			全	569	55.4	7.11	515	57.8	6.37	587	58.6	6.45	475	60.1	6.51	486	60.1	6.53
89		本	170	57.5	10.51	171	59.2	8.58	176	60.8	7.38	167	62.7	9.37	159	63.0	8.39	
		全	916	58.3	9.26	916	60.0	9.17	922	61.5	8.40	583	62.4	7.60	590	62.4	7.41	
胸囲 (cm)		76	本	138	81.3	6.11	110	83.4	4.79	107	84.9	4.46	120	85.6	5.57	90	87.3	4.26
			全	569	82.1	5.27	514	83.9	4.58	584	85.2	4.83	475	86.2	4.39	485	86.9	4.32
	89	本	170	80.7	7.06	171	81.5	3.79	176	82.6	8.59	167	84.3	5.94	159	85.8	6.26	
		全	892	82.6	5.82	904	83.7	6.85	906	85.9	5.59	572	86.5	4.73	580	86.7	4.58	

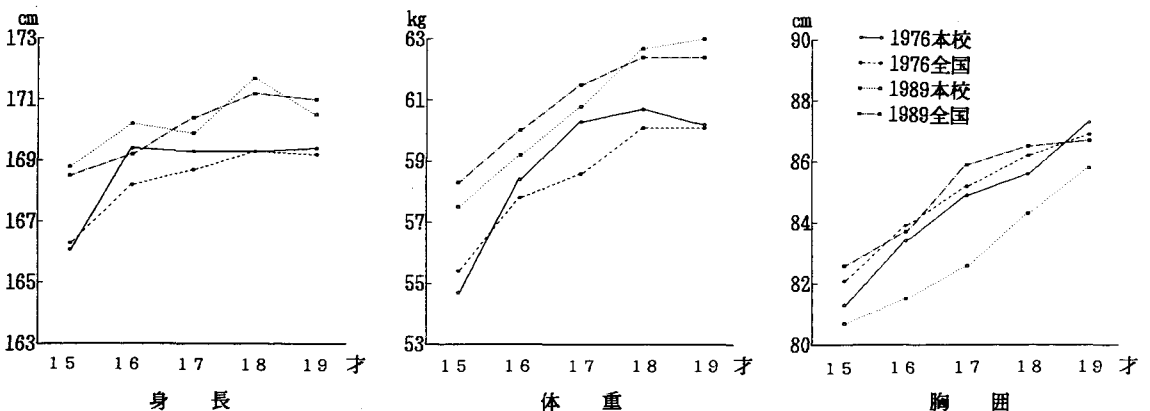


図-1 体格の項目別平均値の比較

全国全日制高校・全国高専（以下「全国」という）と比較すると、身長は1976年の15才、1989年の17、19才で本校が劣っており、その他の年令では僅かにすぐれている。特に1976、1989年の16才において1.0cm以上の優位な差が認められた。13年間の変化をみると、本校、全国とも各年令において向上がみられ、特に15、18才では2.0cm以上の向上が認められた。

体重は、1976年の15才、1989年の15、16、17才で本校が劣っており、その他においては僅かにすぐれた傾向がみられ、特に1976年の17才では1.7cmの差が認められた。13年間の変化をみると、本校、全国とも向上しており、本校の15、18、19才および全国の各年令において、2.0kg以上の向上が認められた。

胸囲は、1976年の19才を除いてすべての年令で本校が劣っている。特に1989年の16、17、18才では2.0cm以上の差がみられた。13年間の変化をみると、本校は各年令において低下しており16、17才の低下はいちじるしい。全国は16、19才で僅かに低下しているほかはやや向上している。

全体を通してみると、身長、体重とも大きな差は認められなかったが、胸囲において本校は、両年ともに全般的に劣っている。特に13年間の変化では、胸囲において本校がいちじるしい低下を示していることは見逃すことができない問題である。

2. 体力について

体力の7項目についての測定結果は表-2の通りであり、それを項目ごとにグラフで表わしたのが図-2である。項目ごとに平均値の差をT検定した結果は表-5の通りである。

全国と比較すると、反復横とびは1976年において15才を除き各年令とも本校がすぐれており、1989年は逆に15才を除いて劣っている。13年間の変化をみると、本校は15才の向上を除いて大巾に低下し、全国は16、17才を除いて低下の傾向が認められた。

垂直とびは、1976年の各年令、1989年の15、17、19才で大巾に本校が劣っている。13年間の変化をみると、本校は15、16、19才で向上がみられるが17、19才は低下しており、特に19才の-4.1cm差は大きな値である。全国は各年令とも僅かに低下している。

背筋力は、1976年の本校が各年令とも大巾に劣っている。しかしこの測定値は他の項目に比べあまりにも極端な差が生じたことから、信頼できる測定値ではないと思われる。1989年は18才を除いて本校が劣っている。特に17才の-15.3kg差はあまりにも大きすぎる値である。13年間の変化をみると本校・全国ともに向上している。なかでも全国の18、19才の向上は一際めだつ値である。

握力は、1976年の各年令、1989年の16、17、19才で本校が劣っている。特に1989年19才の-7.8kg差はあまり

表-2 体力の平均値と標準偏差

項目	年令	区分	15才			16才			17才			18才			19才			
			N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	
反復横とび (点)	76	本	138	43.4	3.48	110	47.8	3.90	107	47.9	3.80	120	49.0	3.75	90	50.1	2.83	
		全	568	44.8	4.75	514	45.6	4.29	586	46.3	4.70	476	49.0	3.81	487	48.8	4.23	
	89	本	170	47.8	3.91	171	45.3	12.36	176	43.2	15.61	167	47.6	12.56	159	47.8	12.40	
		全	922	44.1	4.97	919	45.6	5.17	926	47.0	4.96	586	48.2	4.31	592	47.9	4.00	
	垂直とび (cm)	76	本	138	56.3	8.46	110	57.4	6.72	197	58.4	6.69	120	58.3	7.31	90	58.0	5.54
			全	568	58.6	7.71	514	61.1	7.48	586	63.0	7.38	476	63.0	7.20	487	64.0	7.07
89		本	170	58.5	6.30	171	61.0	7.35	176	56.9	13.01	167	63.1	7.42	159	53.9	23.40	
		全	921	57.7	7.51	917	60.4	7.82	952	62.3	7.30	585	62.6	6.63	592	62.2	6.98	
背筋力 (kg)		76	本	138	84.3	23.73	110	99.5	20.51	107	103.1	20.31	120	104.9	22.39	90	113.5	25.27
			全	568	122.7	22.16	514	132.3	22.60	586	136.5	22.50	476	135.6	25.47	487	139.6	27.08
	89	本	170	116.8	27.88	171	123.5	23.50	176	124.6	33.54	167	145.4	30.22	159	126.6	55.61	
		全	922	124.0	25.19	915	132.8	25.39	923	139.9	27.53	586	141.6	24.69	592	145.3	24.68	
	握力 (kg)	76	本	138	40.5	5.24	110	42.6	5.78	107	44.1	5.16	120	44.8	5.56	90	44.9	4.52
			全	568	41.8	6.74	514	44.4	6.04	586	45.1	6.77	476	47.0	5.90	487	47.0	7.18
89		本	170	41.4	6.81	171	43.1	5.55	176	44.9	5.88	167	47.0	8.00	159	38.9	16.42	
		全	917	41.2	6.46	916	43.2	6.29	925	45.4	6.58	583	46.7	6.46	590	46.7	6.64	
伏臥上体 そらし (cm)		76	本	138	52.1	8.46	110	58.6	7.84	107	56.8	8.21	120	56.6	7.03	90	59.2	6.28
			全	567	55.6	8.30	514	58.4	7.79	586	60.4	7.08	476	59.8	7.53	487	60.5	7.82
	89	本	170	53.0	8.54	171	56.1	6.63	176	56.0	12.66	167	62.0	12.70	159	50.4	22.24	
		全	922	53.9	8.98	919	56.2	8.50	928	56.9	8.56	586	56.9	8.07	591	57.8	7.96	
	立位前屈 (cm)	76	本	138	15.3	4.79	110	17.4	5.55	107	17.3	5.97	120	17.4	5.14	90	17.3	5.65
			全	568	14.2	5.36	512	15.8	5.28	585	16.3	5.12	476	16.4	5.05	486	16.3	5.06
89		本	170	7.9	7.04	171	13.8	5.49	176	13.9	6.26	167	13.2	7.99	159	13.0	7.86	
		全	922	10.6	6.28	918	11.6	6.79	926	12.7	7.03	583	13.5	5.80	592	13.1	5.87	
踏み台昇 降運動 (指数)		76	本	138	80.5	10.56	110	59.0	10.55	107	61.5	10.33	120	60.3	10.89	90	58.2	9.92
			全	569	64.6	12.10	515	65.9	12.75	589	66.1	13.24	476	63.3	11.35	487	63.7	11.99
	89	本	170	59.8	12.17	171	62.8	18.88	176	59.2	23.87	167	64.1	19.23	159	60.8	18.86	
		全	734	69.1	11.86	769	71.3	13.05	770	70.5	12.95	579	65.0	11.82	589	62.5	11.03	

にも大きい値である。13年間の変化をみると、本校は19才の-6.0kg差を除いて僅かに向上している。全国は17才を除いて各年令で低下の傾向がみられた。

伏臥上体そらしは、1976年の各年令とも本校が劣っており15, 17才では平均値差-3.5cmとなっている。1989年は15, 18才で本校がすぐれており、なかでも18才は5.1cm差すぐれている。その他は劣っており19才の-3.8差は大きい値である。13年間の変化をみると、本校は15, 18才で向上がみられるがその他は低下している。特に19才の低下はいちじるしい。全国は各年令とも大巾な低下

の傾向がみられた。

立位体前屈は、1976年の各年令とも本校が平均値差1.0cm以上ですぐれている。1989年は本校が16, 17才ですぐれているが、その他は劣っている。特に15才の平均値差-2.7cmは大きい値である。13年間の変化をみると、本校全国とも大巾に低下しており、なかでも本校15才の低下がいちじるしい。

踏台昇降運動は、1976, 1989年とも各年令において本校が劣っている。特に1989年17才の平均値差-11.3は大きい値である。13年間の変化をみると、本校15, 17才全国

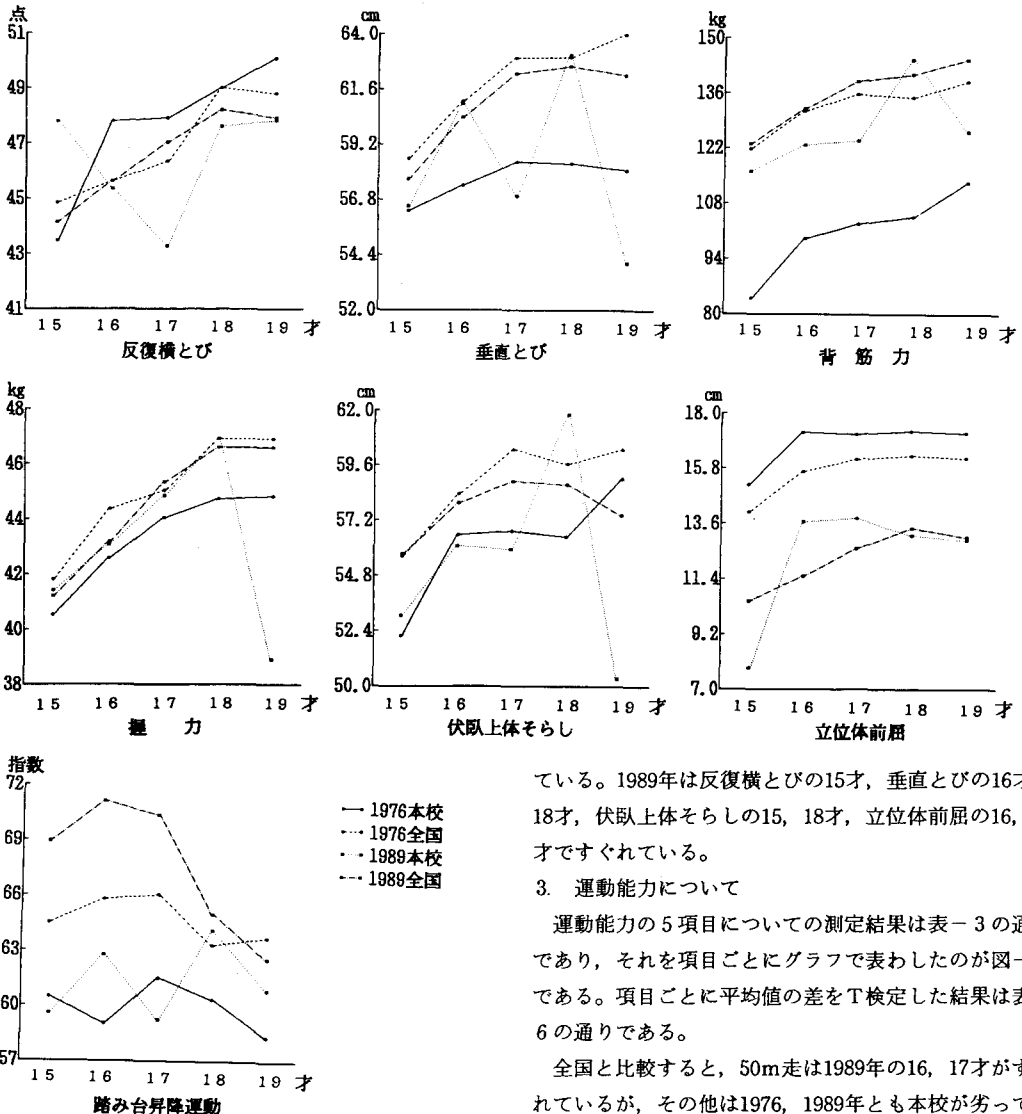


図-2 体力の項目別平均値の比較

19才を除いて向上がみとめられる。

全体を通してみると、本校は1976年の15才を除く反復横とび、立位体前屈ですぐれており、その他は大巾に劣っ

ている。1989年は反復横とびの15才、垂直とびの16才、18才、伏臥上体そらしの15, 18才、立位体前屈の16, 17才ですぐれている。

3. 運動能力について

運動能力の5項目についての測定結果は表-3の通りであり、それを項目ごとにグラフで表わしたのが図-3である。項目ごとに平均値の差をT検定した結果は表-6の通りである。

全国と比較すると、50m走は1989年の16, 17才がすぐれているが、その他は1976, 1989年とも本校が劣っている。13年間の変化をみると、本校は18, 19才で低下、他の年令は停滞または向上している。全国は17, 18才で向上がみられる以外は低下の傾向にある。

走り幅とびは、1989年の15, 16才で本校がすぐれてい

るが、その他は1976、1989年とも大巾に劣っている。特に1976年、18才の-39.6cm差、1989年17才の-63.9cm差は大きい。13年間の変化をみると、本校は15、16才で向上がみられるが、その他は低下している。全国はすべての年令において低下の傾向がみられた。

ハンドボール投げは、1976年の15、16才、1989年の各年令において本校が劣っている。13年間の変化をみると

本校、全国ともに低下しており、特に本校17才の低下は一際めだつ値である。

懸垂腕屈伸は、1976年の各年令、1989年の15、17、18才で本校が劣っている。特に1989年17才の平均値差-2.5回は大きな差である。13年間の変化をみると、本校は各年令において低下、全国は17才を除いて低下している。

持久走は、1989年の16、17才を除き1976、1989年とも

表-3 運動能力の平均値と標準偏差

項目	年令	区分	15才			16才			17才			18才			19才			
			N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	
50m走 (秒)	76	本	138	7.5	0.48	110	7.4	0.40	107	7.2	0.40	120	7.3	0.37	90	7.1	0.29	
		全	568	7.3	0.50	514	7.2	0.46	587	7.1	0.40	478	7.2	0.30	487	7.1	0.29	
	89	本	170	7.5	0.38	171	7.0	1.39	176	6.7	2.45	167	9.5	15.35	159	7.2	0.44	
		全	920	7.4	0.57	920	7.3	0.50	923	7.1	0.50	586	7.2	0.43	591	7.2	0.44	
	走り幅 び(m)	76	本	138	415.3	42.35	110	438.6	40.07	107	439.8	38.62	120	425.6	37.43	90	455.8	37.93
			全	568	441.3	44.81	515	454.6	41.17	588	465.9	44.39	478	465.2	39.08	487	473.2	40.85
89		本	170	438.1	40.78	171	443.2	91.90	178	382.7	44.71	167	413.1	40.47	159	441.7	54.86	
		全	922	421.5	50.52	920	434.7	53.93	927	446.6	52.85	586	448.0	45.28	592	451.7	44.04	
ハンドボ ール投げ (m)		76	本	138	27.1	4.51	110	31.2	4.62	107	30.9	5.36	120	28.3	4.03	90	32.1	4.26
			全	568	27.6	4.95	513	28.6	4.56	581	29.1	4.43	474	29.5	4.33	487	30.2	4.14
	89	本	170	23.5	3.45	171	23.6	6.25	176	20.3	8.17	167	26.6	6.38	159	26.7	4.92	
		全	920	26.0	4.92	920	27.6	5.15	924	28.9	5.82	586	27.9	4.67	592	27.9	4.41	
	懸垂腕 屈伸 (回)	76	本	138	5.5	3.38	110	8.0	3.67	107	8.0	3.57	120	8.2	3.81	90	8.4	3.53
			全	567	7.4	3.62	515	8.7	3.86	587	8.8	3.90	476	9.4	3.83	487	10.0	4.43
89		本	170	4.1	2.84	171	7.8	5.52	176	6.4	4.11	167	6.7	4.18	159	8.2	4.93	
		全	897	8.0	3.57	907	7.7	4.50	904	8.9	5.91	582	8.3	4.34	585	8.1	4.36	
持久走 (1,500m) (秒)		76	本	138	380.5	38.29	110	375.0	41.38	107	385.8	38.08	120	370.2	35.41	90	371.9	37.12
			全	587	355.1	30.29	515	352.2	29.23	584	356.0	34.36	470	360.1	34.49	485	359.3	35.49
	89	本	170	381.2	83.63	171	354.8	25.59	176	342.7	26.48	167	394.1	50.99	159	382.0	51.65	
		全	899	373.6	40.21	911	366.8	41.83	915	365.6	42.72	582	370.2	39.41	584	375.4	39.33	

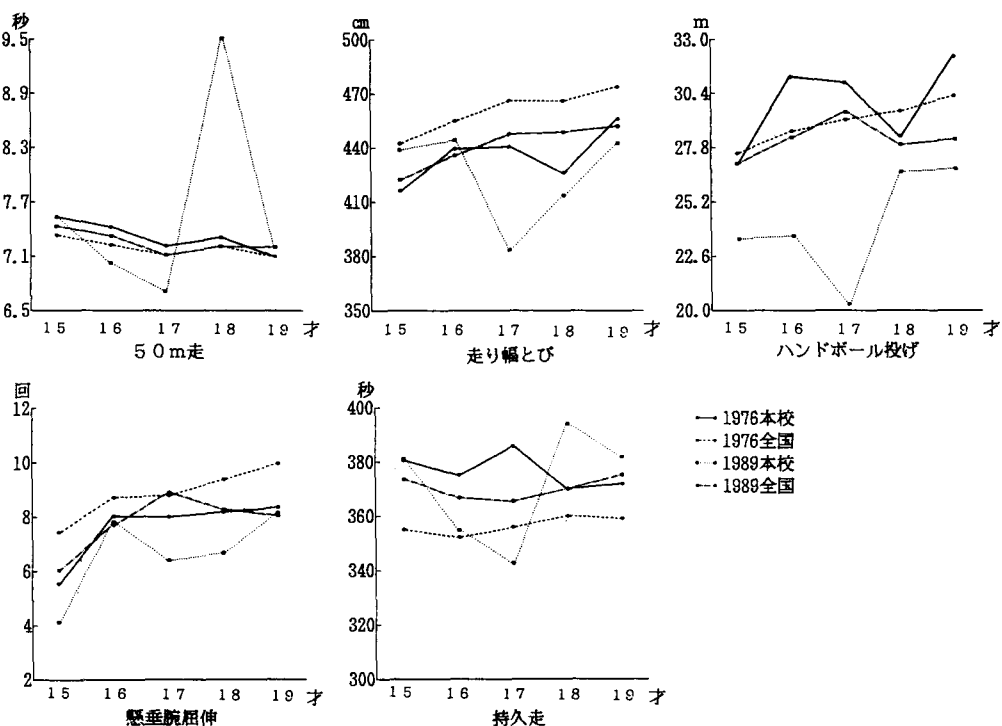


図-3 運動能力の項目別平均値の比較

本校が劣っている。特に1976年の15, 17才が劣っており1989年の18才では平均値差-23.9秒と大巾に劣っている。13年間の変化をみると、本校は16, 17才で向上がみられるが、その他は低下している。全国は各年令において低下の傾向がみられた。

全体を通してみると、1976年は本校のハンドボール投げが17, 18, 19才ですぐれているほかは、すべての項目で劣っている。1989年は50m走の16, 17才、走り幅とびの15, 16才、懸垂腕屈伸の16, 19才、持久走の16, 17才で本校がすぐれているほかは劣っている。

13年間の変化についてみると、15才は本校が50m走、走り幅とびで向上しているほかは、本校、全国とも低下している。16才では、本校が50m走、走り幅とび、持久走で向上しているほかは、本校・全国とも低下している。17才では、本校が50m走、持久走、全国が50m走、懸垂腕屈伸で向上しているほかは、すべて低下している。18, 19才では、本校・全国とも1976年より低下している。

4. 体格・体力・運動能力の13年間の変化について

1976年全国を100とした時の1976年本校の指数値(A) 1989年全国を100とした時の1989年本校の指数値(B), 13年前(1976年)の本校を100とした時の1989年本校の指数値(C), 13年前(1976年)の全国を100とした時の1989年全国の指数値(D), (以下「(A), (B), (C), (D)」とよぶ)および(A), (B), (C), (D)の平均値の有意性は、表-4, 5, 6の通りであり、それを項目ごとにグラフで表わしたのが図-4, 5, 6である。

(イ) 体格の消長

身長は本校、全国とも各年令で向上を示している。特に本校の15, 18才は0.3全国を上まわっている。

体重は、身長同様の向上を示しており、本校が15, 18, 19才で3.2以上、全国では各年令とも3.8以上の向上がみられる。しかし全国の向上に比して本校は、15, 19才を除いて全般的に低い向上となっている。なかでも17才では-4.1の差が認められた。

胸囲は、本校の各年令とも低下を示しており、なかでも16, 17才の低下はいちじるしい。全国は16, 19才を除く年令で僅かに向上がみられる。本校と全国の差は大きく本校の低下が危惧される。特に本校17才の-3.6差は大きな指数値である。

全体を通してみると、身長、体重は本校、全国とも向上が示されているが、胸囲は全国の16, 19才を除いて低下を示している。特に注目すべきは、本校の17才が各項目において、全国に比してかなりの低下傾向がみられることである。

(ロ) 体力の消長

反復横とびは、本校15才、全国17才で向上が示されているが、その他は低下の傾向がみられる。特に本校16, 17, 19才の低下がいちじるしく17才では-11.4の差がみとめられた。本校は15才を除いて全国より低下がはげしい。

垂直とびは、本校17, 19才を除いて向上を示しており16, 18才では6.4, 8.2と高い向上がみられる。全国は各年令とも低下傾向を示している。特に本校、全国とも19

表-4 体格の13年間の変化

身長		(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
		①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15才		-0.2	99.9	-0.352		0.3	100.1	0.869		2.7	101.6	5.183	***	2.2	101.3	6.965	***
16才		1.2	100.7	2.326	*	1.0	100.5	2.335	*	0.8	100.4	1.180		1.2	100.7	3.874	***
17才		0.6	100.4	1.066		-0.5	99.7	-1.350		0.6	100.3	0.925		1.7	101.0	5.707	***
18才		0	100.0	0		0.5	100.2	1.294		2.4	101.4	3.717	***	1.9	101.1	5.484	***
19才		0.2	100.1	0.299		-0.5	99.7	-1.094		1.1	100.6	1.390		1.8	101.0	5.272	***

体重		(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
		①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15才		-0.7	98.7	-0.978		-0.8	98.6	-0.992		2.8	105.1	2.530	*	2.9	105.2	6.393	***
16才		0.6	101.0	0.824		-0.8	98.6	-1.594		0.8	101.3	0.878		2.2	103.8	4.829	***
17才		1.7	102.9	0.738		-0.7	98.8	-1.258		0.5	100.8	0.553		2.9	104.9	7.132	***
18才		0.6	100.9	0.219		0.3	100.4	0.413		2.0	103.2	1.835		2.3	103.8	5.219	***
19才		0.1	100.1	0.147		0.6	100.9	0.901		2.8	104.6	2.728	***	2.3	103.8	5.341	***

胸囲		(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
		①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15才		-0.8	99.0	-1.538		-1.9	97.6	-3.508	***	-0.6	99.2	-0.784		0.5	100.6	1.669	
16才		-0.5	99.4	-1.094		-2.2	97.3	-7.590	***	-1.9	97.7	-3.680	***	-0.2	99.7	-0.592	
17才		-0.3	99.6	-0.695		-3.3	96.1	-5.096	***	-2.3	97.2	-2.558	*	0.7	100.8	2.495	*
18才		-0.6	99.3	-1.180		-2.2	97.4	-4.786	***	-1.3	98.4	-1.870		0.3	100.3	1.060	
19才		0.4	100.4	0.890		-0.9	98.9	-1.812		-1.5	98.2	-2.015	*	-0.2	99.7	-0.730	

(注) *は5%水準で、***は1%水準で有意差があることを示す。

才の低下が気になるところである。全国に比して本校は、17、19才で低位にあるが、その他の年齢では全国を上まわっている。特に16才の7.4、18才の8.9差は良好である。

背筋力は、本校、全国とも向上している。本校の大巾な向上は1976年の測定値の信頼性に関係しており、本校は全国よりも低い向上と推測してよい。

握力は、本校が19才を除いて向上を示しており、全国は17才を除いて低下を示している。なかでも19才は本校、全国ともに低下し、本校の低下は-12.7差といちじるしい。本校は19才を除いて全国を上まわる向上を示している。

伏臥上体そらしは、本校15、18才で向上がみられ、18才の9.5の向上は顕著である。全国は各年齢とも低下を示している。全体的には19才を除き、本校が全国より向上していることがわかる。

立位体前屈は、本校、全国とも大巾な低下をしめており15、18、19才では本校がより低い傾向にある。特に15才は全国と比べ-23.0差が認められた。

踏台昇降運動は、本校の15、17才、全国の19才を除き向上している。全国との比較では、全国を上まわっているのは18、19才であり、その他の年齢では低位にある。

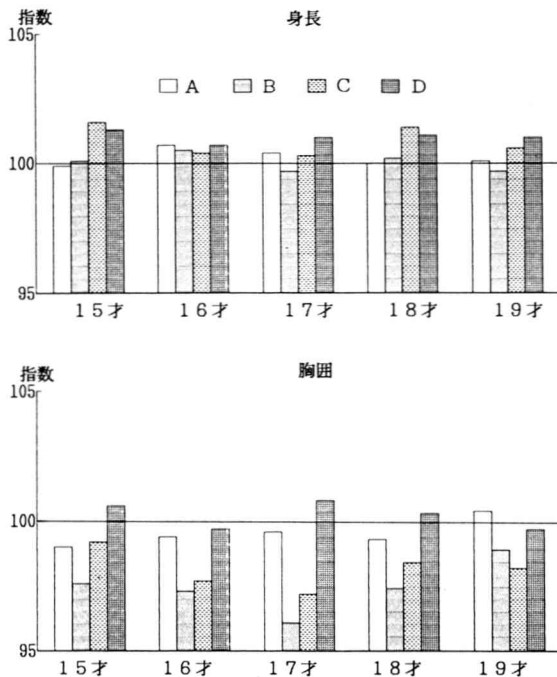
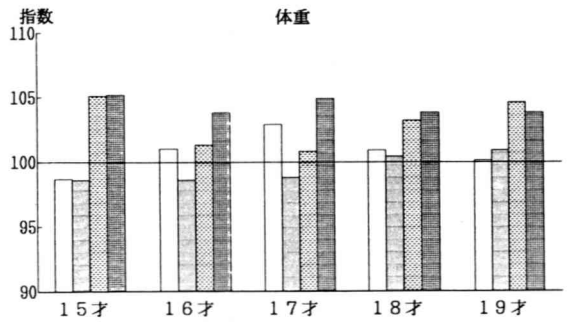


図-4 体格の項目別比較



特に15才の-8.4差、17才の-10.4差は大きい。

全体を通してみると、本校、全国ともに向上がみられるのは背筋力、踏台昇降運動であり、低下しているのは反復横とび、立位体前屈である。本校が向上し全国が低下の傾向にあるのは垂直とび、握力、伏臥上体そらしである。本校は一部の年齢を除いて、反復横とび、立位体前屈、踏台昇降運動において全国より低い傾向を示しており、垂直とび、握力においては全国より向上が認められた。

(イ) 運動能力の消長

50m走は、本校では18、19才を除いて向上を示してい

表-5 体力の13年間の変化

	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性
15才	-1.4	96.8	4.727	**	3.7	108.3	12.338	**	4.4	110.1	10.281	**	-0.7	98.4	-2.883	**
16才	2.2	104.8	5.917	**	-0.3	99.3	-0.317		-2.5	94.7	-2.049	*	0	100.0	0	
17才	1.6	103.4	4.353	**	-3.8	91.9	-3.229	**	-4.7	90.1	-3.049	**	0.7	101.5	2.725	**
18才	0	100.0	0		-0.6	98.7	-0.617		-1.4	97.1	-1.179		-0.8	98.3	-3.164	**
19才	1.3	102.6	4.359	**	-0.1	99.7	-0.101		-2.3	95.4	-1.727		-0.9	98.1	-3.578	**

	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性
15才	-2.3	96.0	3.194	**	-1.2	97.9	-2.483	*	0.2	100.3	0.236		-0.9	98.4	-2.208	*
16才	-3.7	93.9	5.775	**	0.6	100.9	1.067		3.6	106.2	4.128	**	-0.7	98.8	-1.649	
17才	-4.6	92.6	7.109	**	-5.4	91.3	-5.06	**	-1.5	97.4	-1.103		-0.7	98.8	-1.807	
18才	-4.7	92.5	7.040	**	0.5	100.7	0.870		4.8	108.2	5.420	**	-0.4	99.3	0.939	
19才	-6.0	90.6	10.277	**	-8.3	86.6	-4.472	**	-4.1	92.9	-1.629		-1.8	97.1	-4.185	**

背筋力

	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15 才	-38.4	68.7	19.013	***	-7.2	94.1	-3.387	***	32.5	138.5	10.831	***	2.7	101.0	2.100	*
16 才	-32.7	75.2	16.822	***	-9.3	92.9	-5.175	***	24.0	124.1	8.743	***	0.5	100.3	0.371	
17 才	-33.4	75.5	17.000	***	-15.3	89.0	-6.051	***	21.5	120.8	5.9754	***	3.4	102.4	2.504	*
18 才	-30.7	77.3	15.010	***	3.8	102.6	1.624		40.5	138.6	12.389	***	6.0	104.4	3.879	***
19 才	-26.1	81.3	9.801	***	-18.7	87.1	-4.240	***	13.1	111.5	2.106	*	5.7	104.0	3.608	***

腰力

	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15 才	-1.3	96.8	2.915	***	0.2	100.4	0.382		0.9	102.2	1.271		-0.6	98.5	-1.711	
16 才	-1.8	95.9	3.266	***	-0.1	99.7	-0.235		0.5	101.1	0.722		-1.2	97.2	-3.510	***
17 才	-1.0	97.7	2.000	*	-0.5	98.8	-1.128		0.8	101.8	1.157		0.3	100.6	0.853	
18 才	-2.2	95.3	4.332	***	0.3	100.6	0.484		2.2	104.9	2.586	*	-0.3	99.3	-0.781	
19 才	-2.1	95.5	4.409	***	-7.8	83.2	-5.989	***	-6.0	86.6	-0.338		-0.3	99.3	-0.710	

伏臥上体そらし

	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15 才	-3.5	93.7	6.366	***	0.9	98.3	1.374		0.9	101.7	1.019		-1.7	96.9	-3.646	***
16 才	-1.8	96.9	2.408	*	-0.1	99.8	-0.197		-0.5	99.1	-0.571		-2.2	96.2	-4.835	***
17 才	-3.6	94.0	4.533	***	-0.9	98.4	-0.943		-0.8	98.5	-0.581		-3.5	94.2	-8.261	***
18 才	-3.2	94.6	4.984	***	5.1	108.9	5.189	***	5.4	109.5	4.202	***	-2.9	95.1	-5.985	***
19 才	-1.3	97.8	1.964		-3.8	93.4	-2.154	*	-5.2	91.1	-2.161	*	-2.7	95.5	-5.581	***

立位体前屈

	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15 才	1.1	107.7	2.698	***	-2.7	74.5	-5.000	***	-7.4	51.6	-10.484	***	-3.6	74.6	-11.340	***
16 才	1.6	110.1	3.024	***	2.2	118.9	5.240	***	-3.6	79.3	-5.323	***	-4.2	73.4	-12.087	***
17 才	1.0	106.1	1.731		1.2	109.4	2.543	*	-3.4	80.3	-4.483	***	-3.6	77.9	-10.710	***
18 才	1.0	106.0	2.130	*	-0.3	97.7	-0.485		-4.2	75.8	-5.038	***	-2.9	82.3	-8.485	***
19 才	1.0	106.1	1.679		-0.1	99.2	-0.160		-4.3	75.1	-4.547	***	-3.2	80.3	-9.478	***

踏み台昇降運動

	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性	①-②	指数 ①/②	t.	有意性
15 才	-4.1	93.6	4.562	***	-9.5	86.2	-10.177	***	-0.9	98.5	-0.682		4.5	106.9	7.008	***
16 才	-6.9	89.5	6.860	***	-8.5	88.0	-5.887	***	3.8	106.4	1.919		5.4	108.1	7.579	***
17 才	-4.6	93.0	4.604	***	-11.3	83.9	-6.280	***	-2.3	96.2	-0.941		4.4	106.6	6.372	***
18 才	-3.0	95.2	3.016	***	-0.9	98.6	-0.604		3.8	106.3	1.944		1.7	102.6	2.359	*
19 才	-5.5	91.3	5.261	***	-1.7	97.2	-1.136		2.6	104.4	1.211		-1.2	98.1	-1.707	

(注) *は5%水準で、***は1%水準で有意であることを示す。

る。特に16, 17才は7.0以上の向上がみられ、逆に18才では-23.2といちじるしい低下がみられる。全国は17, 18才を除いて低下を示している。全国と比較すると、本校は18才を除いて、同等あるいはより高い向上が認められた。

走り幅とびは、本校の15, 16才で向上がみられる以外は、全国も含めて低下を示している。全国より本校がすぐれた向上がみられるのは15, 16, 18, 19才であり、17才は-8.8差で全国より大巾に低下を示している。

ハンドボール投げは、本校・全国とも各年令において低下を示している。特に18才を除く本校の低下がいちじるしい。全国と比較すると、各年令とも本校が低位であり、特に17才の-33.7差の低下はいちじるしい。

懸垂腕屈伸は、全国の17才を除き本校、全国ともすべての年令で低下を示している。特に本校15才の-25.5の低下はいちじるしい。全国と比較すると、16, 19才で本

校が向上を示しているが、他の年令では劣位にある。特に本校17才の-21.2差は大巾な低下である。

持久走は、本校の16, 17才で向上を示しているほかは本校、全国とも低下を示している。全国と比較すると18才で劣位にある他は、本校が向上を示している。

全体を通してみると、本校、全国とも低下を示しているのは、ハンドボール投げ、懸垂腕屈伸である。全国のみ低下しているのは、走り幅とび、持久走、50m走の15, 16, 19才である。本校のみ低下を示しているのは、50m走の18, 19才、持久走の15, 18, 19才である。全国より本校が向上を示しているのは、50m走と17才を除いた走り幅とび、15才を除いた持久走である。本校が全国より低下を示しているのは、ハンドボール投げと15, 17, 18才の懸垂腕屈伸であった。

5. 体力、運動能力のトータルな消長

次に総合的な面から体力と運動能力の変化についてみ

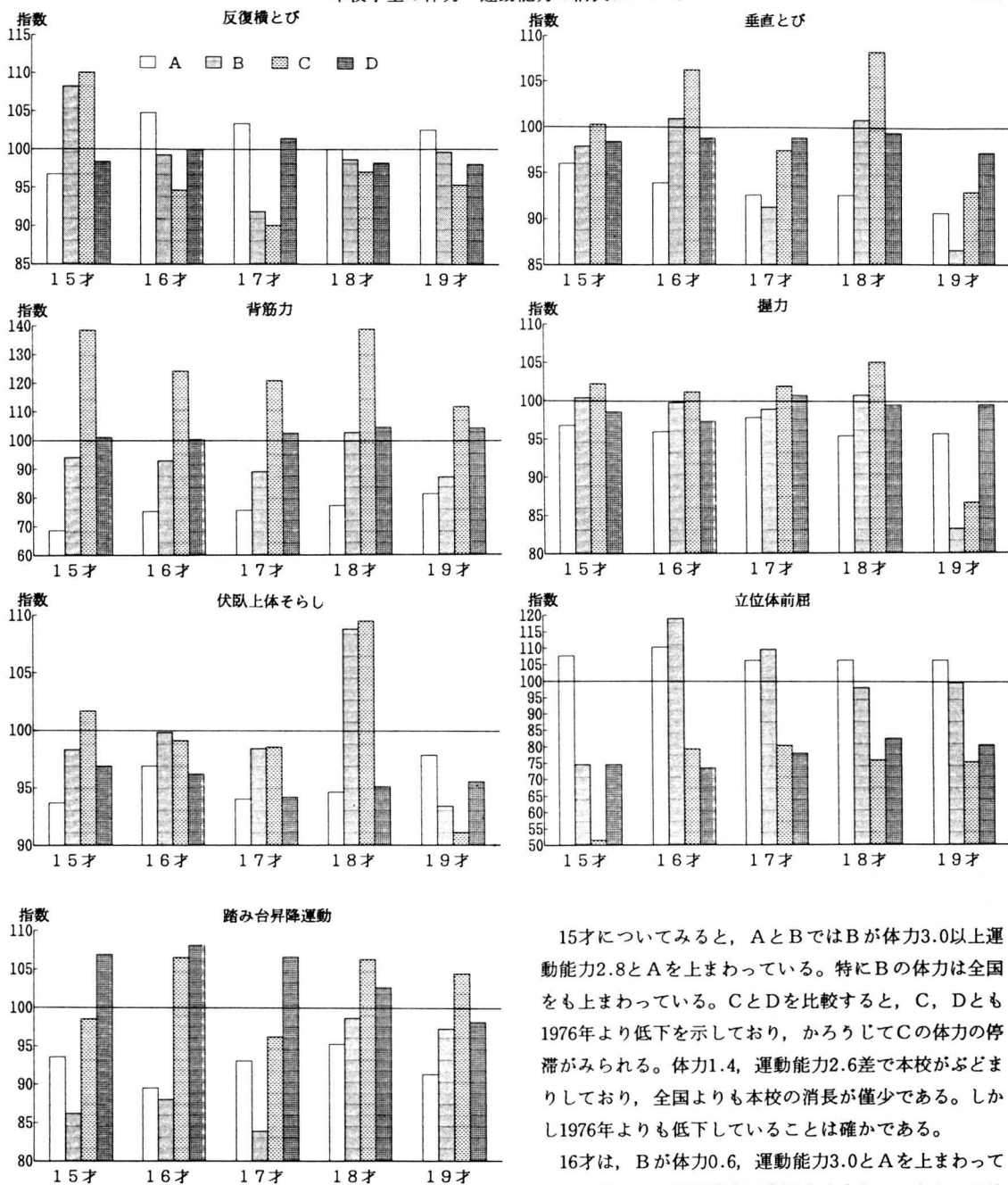


図-5 体力の項目別比較

たのが、図-7である。縦軸に体力、横軸に運動能力を表わしている。この数値は体力、運動能力における各項目のTスコア値をトータルし、平均した値である。(A)と(B)は全国平均値を基準として算出したTスコアであるから、全国平均は体力、運動能力とも50点の位置である。(C)と(D)は、1976年の本校、全国平均値を基準に算出したTスコアであるから、1976年の平均は体力・運動能力とも50点の位置である。

15才についてみると、AとBではBが体力3.0以上運動能力2.8とAを上まわっている。特にBの体力は全国をも上まわっている。CとDを比較すると、C、Dとも1976年より低下を示しており、かろうじてCの体力の停滞がみられる。体力1.4、運動能力2.6差で本校がぶどまりしており、全国よりも本校の消長が僅少である。しかし1976年よりも低下していることは確かである。

16才は、Bが体力0.6、運動能力3.0とAを上まわっている。特にBの運動能力は全国を上まわっており、Bはほぼ全国と同位にあるとみてよい。CとDを比較すると、C、Dとも1976年より劣位にあり、かろうじてCの運動能力が1976年に近い位置にある。体力1.0、運動能力3.0差でCの向上が顕著であり、本校の消長は15才同様の傾向を示している。

17才は、体力でAが2.0、運動でBが0.4すぐれている。しかしA、Bとも全国よりも大巾に劣位にある。CとDを比較すると、1989年はC、Dとも1976年よりも大巾に低下している。本校は体力3.8、運動能力3.0程度、全国

表-6 運動能力の13年間の比較

50m走																
	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性
15才	-0.2	97.3	4.895	**	-0.1	98.6	3.431	**	0	100.0	0		-0.1	98.6	-3.445	**
16才	-0.2	97.3	5.245	**	0.3	104.2	-2.822	**	0.4	105.7	2.932	**	-0.1	98.6	-3.735	**
17才	-0.1	97.2	2.585	*	0.4	105.9	-2.165	*	0.5	107.4	2.087	*	0	100.0	0	
18才	-0.1	95.8	2.959	**	-2.3	75.7	1.936		-2.2	76.8	-9.408	**	0	100.0	0	
19才	0	100.0	0		0	100.0	0		-0.1	98.6	-0.146		-0.1	98.6	-4.311	**

走り幅とび																
	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性
15才	-26.0	94.1	7.21	**	16.6	103.9	5.307	**	22.8	105.4	4.780	**	-19.8	95.5	-7.659	**
16才	-16.0	96.4	4.188	**	8.5	101.9	1.209		4.6	101.0	0.493		-19.9	95.6	-7.263	**
17才	-26.1	94.3	6.811	**	-63.9	85.6	-5.858	**	-57.1	87.0	-3.977	**	-19.3	95.8	-7.343	**
18才	-39.6	91.1	11.584	**	-34.9	92.2	-4.119	**	-12.5	97.0	-1.197		-17.2	96.3	-6.534	**
19才	-17.4	96.3	4.353	**	-10.0	97.7	-2.298	*	-14.1	96.9	-2.154	*	-21.5	95.4	-8.233	**

ハンドボール投げ																
	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性
15才	-0.5	98.1	1.302		-2.5	90.3	-9.448	**	-3.6	86.7	-7.908	**	-1.6	94.2	-6.078	**
16才	2.6	109.0	5.903	**	-4.0	85.5	-8.369	**	-7.6	75.6	-10.931	**	-1.0	96.5	-3.664	**
17才	1.8	106.1	3.472	**	-8.6	70.2	-13.964	**	-10.6	65.6	-11.907	**	-0.2	99.3	-0.708	
18才	-1.2	95.9	3.260	**	-1.3	95.3	-2.633	**	-1.7	93.9	-2.564	*	-1.6	94.5	-5.723	**
19才	1.9	106.2	4.232	**	-1.2	95.6	-3.075	**	-5.4	83.1	-8.689	**	-2.3	92.3	-8.752	**

懸垂胸屈伸																
	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性
15才	-1.9	74.3	6.605	**	-1.9	68.3	-8.722	**	-1.4	74.5	-3.737	**	-1.4	81.0	-7.303	**
16才	-0.7	91.9	2.000	*	0.1	101.2	0.236		-0.2	97.5	-0.334		-1.0	88.5	-4.241	**
17才	-0.8	90.9	2.317	*	-2.5	71.9	-8.069	**	-1.6	80.0	-3.322	**	0.1	101.1	0.363	
18才	-1.2	87.2	3.448	**	-1.6	80.7	-4.946	**	-1.5	81.7	-3.100	**	-1.1	88.2	-4.055	**
19才	-1.6	84.0	4.301	**	0.1	101.2	0.255		-0.2	97.6	-0.337		-1.9	81.0	-7.062	**

持久走																
	(A) 1976本校①と1976全国②				(B) 1989本校①と1989全国②				(C) 1989本校①と1976本校②				(D) 1989全国①と1976全国②			
	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性	①-②	指数 Δ/%	t.	有意性
15才	-25.4	93.3	7.794	**	-7.6	98.0	2.464	*	-0.7	99.8	-0.090		-18.5	95.0	-9.438	**
16才	-22.8	93.9	5.779	**	12.0	103.3	-3.751	**	20.2	105.6	5.037	**	-14.6	96.0	-7.016	**
17才	-29.8	92.2	7.884	**	22.9	106.6	7.140	**	43.1	112.5	3.414	**	-9.6	97.3	-4.575	**
18才	-10.1	97.2	3.123	**	-23.9	93.9	-7.836	**	-23.9	93.9	-2.389	*	-10.1	97.2	-4.369	**
19才	-12.6	96.6	3.221	**	-6.6	98.2	2.116	*	-10.1	97.3	-1.625		-16.1	95.7	-6.975	**

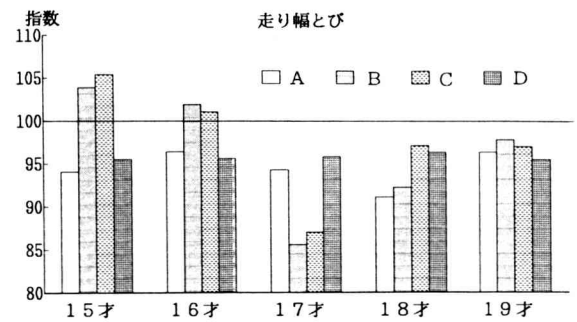
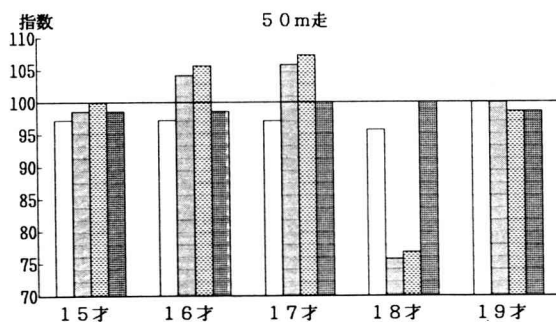
(注) ※は5%水準で、**は1%水準で有意差があることを示す。

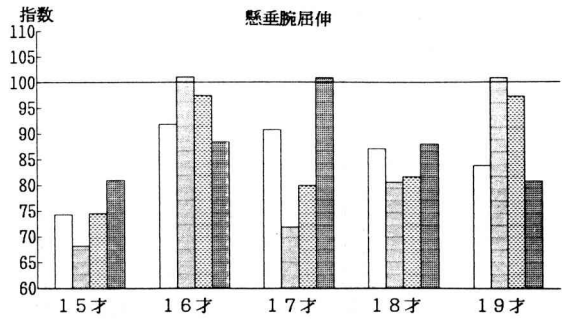
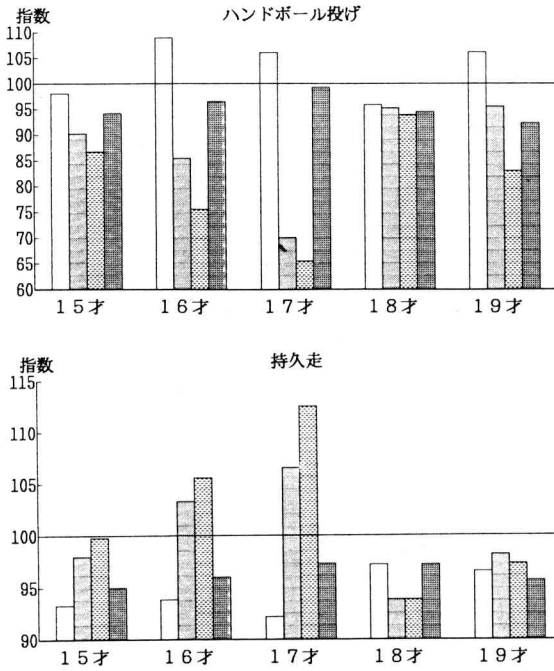
は体力1.4運動能力2.0程度の低位にあるが、本校はさらに全国より体力2.2、運動能力1.0程度の劣位を示している。

18才は、Bが体力4.0差と大巾にすぐれ、全国よりも上廻っている。運動能力はA、Bとも大巾に劣位にありさらにBは0.6差低位を示している。CとDを比較すると、Cは体力において3.4差すぐれ、特にCの体力が

1976年より1.6向上している。運動能力は1.6差でCが低位にある。

19才は、Bが体力で2.8差とAより劣位にあり、運動能力は同位にある。しかしA、Bとも全国より低位にあり、特に体力の劣位がめだっている。CとDを比較すると、Cは体力においてDよりも4.4差と大巾に低位を示し、運動能力は同位にある。C、Dとも1976年よりも体





全体を通してみると、1989年は本校・全国とも1976年より体力・運動能力の低下現象がみられる。そのなかでも本校の15, 16才是全国より向上がみられた。特に注目すべきは、17才で本校が全国よりも大巾に劣位にあることである。

要 約

本校学生の体格の消長は、身長（15, 18才を除く）、体重（19才を除く）、胸囲の項目において全国より劣位にある。なかでも胸囲は各年令ともその差は大である。特に本校17才の各項目における低下現象は、危ぐされるところである。

図-6 運動能力の項目別比較
力、運動能力で大巾な低下を示している。なかでもCの体力の7.0差の落込は、大きすぎるものである。

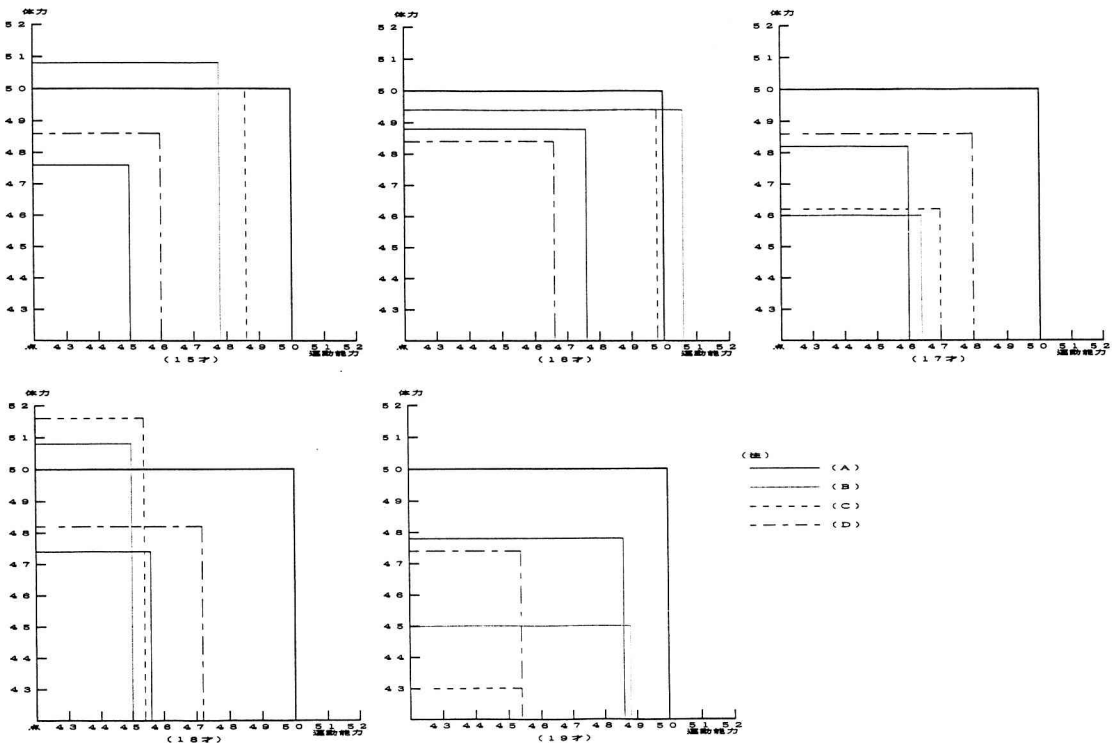


図-7 体力・運動能力のトータル変化

体力の消長は、反復横とび（15才を除く）、立位体前屈（16, 17才を除く）、踏台昇降運動（18, 19才を除く）は劣位にあり、握力（18才を除く）、伏臥上体そらし、垂直とび（17, 19才を除く）は優位となっている。特に注目すべきは、本校の19才が踏台昇降運動を除いて劣位となっていることである。また、17才は体格の劣位にもかかわらず体力では、反復横とび、踏台昇降運動、垂直とびを除いて、全国より向上がみられた。

運動能力の消長は、ハンドボール投げ、懸垂腕屈伸（16, 19才を除く）は劣位にあり、50m走（18才を除く）、走り幅とび（17才を除く）、持久走（18才を除く）においては優位となっている。特に17才では50m走、持久走、18才では走り幅とびを除いて劣位となっている。

体力、運動能力のトータルな消長は、15, 16才で体力運動能力とも全国より優位にある。17才は、体力、運動能力とも全国より大巾に劣位となっている。18才は、体力において全国より優位にあり、運動能力は劣位にある体力優位の傾向がみられた。19才は、全国よりも体力が劣位、運動能力は同位にある。本校、全国とも運動能力は1976年よりも4.6低い傾向を示している。13年前に比べて本校、全国は、各年令において、体力・運動能力とも劣位となっていたのは予想外の結果であった。

13年間の変化の傾向は、1976年で本校の15才が最低位にあり、19才で全国値に近い値を示していたが、1989年は、年令が上るにしたがい劣位を示す逆現象があらわれている。また、1976年で18才の落込みが大きかったが1989年は17才へと移行し、19才の落込みも相当なものとなっている。

このような現象の原因は、さまざま考えられると思うが、低学年の向上については、近年入学者の質的变化によるものと考えられる。また高学年の低下傾向は、13年前に比して、スポーツ活動の減少化と交通用具使用学生の増加、および低年令化も、その一因となっているものと考えられる。

謝 辞

本研究をすすめるにあたり、プログラムの作成を担当し、終始ご協力いただきました福本・坂上両氏（現在本校5年生）にたいし、深く感謝いたします。

文 献

- 和泉貞男：体力統計，道和書院（1976）。
- 文部省：昭和51年度，体力・運動能力調査報告
- 文部省：平成元年度，体力・運動能力調査報告

- 松島茂喜（編）：国民体力の現状，第一法規，（1970）。
- 東京都立大学体育学研究室：日本人の体力標準値（第四版），不昧堂出版，（1989）。
- 松浦義行：体育・スポーツ科学のための統計学，朝倉書店（1989）。
- 日本体育学会測定評価専門分科会（編）：体力の診断と評価，文修館書店，（1977）。

シェイクスピアの「劇中劇」技法 『夏の夜の夢』を例にして

神澤和明

Shakespeare's Theatrical Technique of "Play-within-play"
(In the Case of A Midsummer Night's Dream)

Kazuaki KAMIZAWA

The "play-within-play" is one of Shakespeare's favourite theatrical techniques. In his plays such scenes have more significances, more than additional ones. Taking the example of A Midsummer Night's Dream, I will try to show how the playwright makes "play-within-play" work to doubly parody the theme of love.

1

シェイクスピアは言葉を操ることにおいて偉大な天才であるが、作劇術においても優れた技巧の持主である。プロット(筋書)作りにおける複筋(二つ以上の筋が、深くからみあいながら進行する)の技巧は、それによって芝居の全体像を浮きあがらせ、感動を深めるという効果をあげ、特に悲劇において、彼一流の技法と言える¹⁾。一方、観客をひととき楽しませる場面作りの技巧は、彼の喜劇をいどり豊かなものにしていく。彼の好む、したがって繰り返し使われているトリックには、性の取り換え(女性の男装・男の女装)²⁾、劇中劇、双子³⁾、死んだと思われていた人物の登場⁴⁾などがある。いずれも興味あふれる題材であるが、この稿では劇中劇の技法をとりあげる。

劇中劇(play-within-play)とは、文字どおり「劇のなかで演じられる劇」である。劇そのものがひとつの虚構であるのだから、これはいいかえれば「虚構の中の虚構」ということになる。数学的思考に従えば、マイナスのマイナスはプラスに転じるが、芸術的思考においてはそうではない。「劇=虚構」はどこまでも虚構でありつづけるのであって、それが現実に変化することはありえ

ない⁵⁾。芝居の登場人物たちが、さらにその中で芝居を楽しむ場面は、当然に、その芝居を見ている観客たちに混乱をおこさせる。つまり、これまで虚構として見ていた登場人物たちが、不意に観客である自分と同じ、「虚構をながめる人物」に化するために、登場人物の世界(虚構)と観客の世界(現実)との混同が生まれる。舞台の上に流れていた時間が阻害され、そこにひとつの緊張状態が生じ、観客は舞台の虚構性をあらためて意識させられると同時に、現実がこれまでと異なって見え始める。

これは演劇理論で言う「異化作用」⁶⁾の考え方である。いまや、現代演劇において劇中劇の手法は、この考え方と無縁ではありえない。更にすすめて、虚構も現実もただ観客その人がそう信じているだけだと言い切ってしまう、考え方すら可能である。

もちろん四百年近い昔のシェイクスピアが使った劇中劇の技法は、けして現代演劇の理論にとらわれるものではない。しかしこれから論を進める上で、こういう考え方があることに留意しておいてほしい。

ところでシェイクスピアが導入している劇中劇は多々あるが、これらを私なりに、いくつかのグループに分けてみよう。

(I) 普通の劇中劇。登場人物たちは、劇が演じられていることを認識し、観客として見ている。

(II) 古い演劇伝統に基づき、黙劇。登場人物たちの世界とは切り離されたもの。

(III) 劇として演じられるのではないが、登場人物たちがまわりの人々の了解のもとに、他の人物を演じる。「ごっこ遊び」のようなもの。普通は劇中劇としてあつかわれないが、意味深いものである。

このように分けた3つのグループを、もう少し詳しくわしく説明してみる。

普通「劇中劇」というと、(I)のグループのものをさす。これらの場面は、劇の進行の上では、登場人物たちがそれを見て楽しむ、余興として用いられることがほとんどである。これをさらに分類してみる。

(I a) その場面が、全体の筋にかかわってくるもの。

『夏の夜の夢』5幕1場、職人たちによる『ピラマスとシスビ』の芝居。

『ハムレット』3幕2場、旅役者たちによる『ゴンザゴ殺し』の芝居。

上の『夏の夜の夢』については後で詳しく論じるが、この芝居の3つの筋のひとつ、職人たちの筋が、『ピラマスとシスビ』を演じることを目的として展開されているので、劇中劇が演ぜられるのは必然である。

『ハムレット』の場合には、芝居を動かす復讐の動機において、幽霊によって告げられた殺人の真偽を確かめるために主人公が仕掛けるトリックで、芝居の進行上重要な意義をもち、この芝居から抜くことができない。ただしこの趣向は、当時流行の芝居『スペインの悲劇』⁷⁾にもあり、また『ハムレット』に先行して存在したと考えられている『原ハムレット』⁸⁾にも使われていたと思われる。

(I b) その場面が、全体の筋にあまりかかわらないもの。

『恋の骨折り損』5幕2場、廷臣たちによる『九人の英雄』の仮装劇と、それにつづくコーラス。

『お気に召すまま』5幕4場、女主人公たちの演じる、結婚の女神ハイメンの仮面劇。

『テムベスト』4幕1場、妖精たちが演じる、女神たちの仮面劇。

特異な例として、『じゃじゃ馬ならし』がある。この芝居は、泥酔した鎧掛け屋スライが領主の屋敷に運びこまれ、領主に仕立てられて、『じゃじゃ馬ならし』の芝居を見るという、劇中劇形式をもっている。つまりこの芝居のほとんどの部分が劇中劇であるわけだ。台本ではこのスライという人物は序幕だけで姿を消してしまい(異本もあるが)、首尾一貫しないので、序幕を省略してしまいう上演がしばしば行われる。その場合は、『じゃじゃ馬ならし』は劇中劇をもたないということになる。

この他に、『ウィンザーの陽気な女房たち』5幕5場

で、フォルスタッフをからかうために、子供達に仮装をさせて妖精の集会を演じさせるとか、『冬の夜話』3幕3場、羊飼いたちの祭りの場面で、パーディタが女神に扮するとか、さらに仮面舞踏会などの場面を数にに入れてゆくと、かなりの数になる。

(I b) としたこれらの場面は、貴族たちに(あるいは庶民階級においても)楽しまれていた芸能を芝居の中にとりこんでいったものであって、野外劇 (pageant)、仮装劇 (disguizing)、仮面劇 (masque) という流行の娯楽がそのままに現れる。さらにうがった事を述べると、これらの芝居はまず貴族階級を対象として初演されたのではないかと思われるふしがあり、そうであれば、こうしたソフィスティケートな、また祝典気分のある場面の挿入はうなづかされる。

(II) のグループの「黙劇」というのは、シェイクスピア当時、あるいは少し前の時代の演出法として普通に行われていたものであって、『復讐者の悲劇』⁹⁾他に例がみられる。これは各幕の冒頭で、その幕で演ぜられる内容を前もって、言葉を使わず、音楽にあわせた様式的な演技で、短く演じてみせるのである。

『ハムレット』のいわゆる「劇中劇の場」で『ゴンザゴ殺し』を演じる前に演ぜられるものが、まさにこの例である。この場面は旅役者たちというプロの俳優たちが芝居を演じるという設定であるので、実際の上演形式をうつしてみせたのであろう。もうひとつの例は、昔の芝居の形式をわざとまねたらしいロマン作品、『ペリクリーズ』の第2幕、第3幕の冒頭において、説明役の言葉に引き続いて演じられる。ただしこの黙劇においては、これから展開される場面の前触れではなく、その前の場面とこれから演ぜられる場面との「つなぎ」にあたるものが、演じられる。したがって、伝来の手法としてのものではなく、マイム技術による場面処理という感がする。

(III) については、普通は劇中劇という扱いをしない。これはむしろ「変装」の技法として見るべきかもしれないが、それに含みえないものもあるので、劇中劇の異相として出してみた。具体的に例を挙げてみよう。

『ヘンリー4世・第1部』2幕4場。父王ヘンリーの前に呼び出されるハル王子の言い訳の稽古をするために、フォルスタッルとハルが、王と王子にふんして、対話をする。この場面は、彼らが常宿にしている酒場で、他の客たちのいる前でこっけいに演じられ、本人たちも、芝居の意識がある。

『お気にめすまま』4幕1場。これは少し複雑だ。ロザリンドとオーランドは恋仲である。男装してギャニメードと名乗っているロザリンドが、それと知らないオーランドに、自分をロザリンドだと思って求婚してみろ、う

まくあしらってみせるからと言う。これは二人の間で行われる「ごっこ」であり、二人とも「ごっこ」だと意識しているが、ギャニメードの正体を知っている観客には、その「ごっこ」の裏に「真実」があることがわかっている。従って、表にあらわれるセリフのやりとり以上のこっけいを、観客は楽しむことができる。

『リア王』3幕6場。気が狂って荒野にさまよい出たリアは、自分を裏切った娘たちが法廷に引き出されている幻想にとらわれ、架空の裁判をおこなう。この場面で、他の登場人物たちはリアの幻想に調子をあわせるので、グロテスクな「ごっこ」の様相をおびることになる。

同じく『リア王』4幕6場。乞食を装うエドガーは、盲目になった父グロスターが投身自殺を企てていることに気づき、自分たちがドーヴァーに面した絶壁にいるのだと信じこませる。エドガーが正体を隠して、そのように演技しなければならぬ悲劇的な状況が、「ごっこ」の遊戯感とあわせて、異様な気分を生み出す。

『十二夜』4幕2場。気が触れたとして監禁されている気難しい執事マルヴォーリオをさらにからかうために、いたずら者たちが牧師に化けてやって来て、彼と会話する。これは変装の技法である（道化はマルヴォーリオに姿を見せないのに、牧師の服装をしてくる）が、マルヴォーリオ以外の人物はみなその嘘を知っていて、まるで劇を楽しむように成り行きをみている。

こうしたさまざまな劇中劇の形があるが、この稿では『夏の夜の夢』のそれをとりあげて、くわしくみてみようと思う。

- 1) たとえば『リア王』では、リアが末娘コーディリアの真心を退け、姉妹二人の偽善を喜んだために悲劇が生まれる。同じように、老臣グロスターは腹黒い庶子エドモンドに騙され、嫡男エドガーを追い払ったために、悲劇的な運命に陥る。このグロスターの悲劇が相似対照されることによって、リアの悲劇が単に個人の悲劇を越えたものとして、深い感動を生み出す。
- 2) 『お気に召すまま』『十二夜』などでは、ヒロインが身の安全のために男装するが、そのために他の女性から愛されてしまうこっけいがみられる。他にも『シンベリン』『ヴェニスの商人』などでヒロインが一時的に男装する。舞台の約束として、変装したヒロインは、その恋人にすら見破られない。ところで、当時は少年が女の役を演じていた事を考えると、この性の転換は、何重にも興味深いものとなる。
- 3) 『間違いの喜劇』『十二夜』などで、取り違えのこっけいを生み出す。双子を演じる役者たちは似ている必要はなく、観客に双子だと知らされ、同じ服を着て登

場すれば、そっくりだと見なすという、劇場の約束があった。

- 4) 彼の喜劇においては、幸せな結末を持ち込む人物として、死んだと思われていた人物がしばしば登場する。『間違いの悲劇』の母親、『十二夜』の兄など。晩年のロマンス劇においては、これは許しのテーマに結び付けて重要な意味をもつ。
- 5) もし登場人物たちが、芝居を見る場面で観客席に向き合ったならば、彼らは観客の現実を芝居として見ているということになる。町の中で演じられる野外劇は、現実の中に虚構が侵入し、それに参加している観客にとって、演劇の出来事が現実の体験とされること、あるいはその逆の結果を意図する。
- 6) ドイツの劇作家・演出家ベルトルト・ブレヒト（1898～1953）に代表される演劇理論。芝居の進行中に、不意に歌や解説が導入され、観客の芝居への感情移入（同化）を打ち切ることで、芝居の虚構性を明らかにすると同時に、現実社会に対する批判的な目を養うというもの。たとえば彼の代表作『三文オペラ』では、芝居の流れを中断するように歌が挿入され、そのめでたしめでたしの結末（女王による許し）は芝居ゆえのことで、現実にはそんなことはありえないと、考えさせる。演劇はカタルシスを与えるという考えの対極にたつ演劇理論。
- 7) トマス・キッド（1558～1594）の代表作。息子を殺された父親が、狂気を装い、復讐を遂げるという作品。亡霊の登場、劇中劇などの手法が『ハムレット』に影響を与えたと思われる。
- 8) テキストは失われているが、『ハムレット』の種本と考えられている作品。英国の旅劇団によって、ドイツで上演された記録がある。キッドの作であろうと推定されている。
- 9) シビル・ターナー（1595?～1626）の作とされている典型的な流血悲劇。大変人気を得たメロドラマであった。

2

『夏の夜の夢』が、いつ書かれたのかは、例によってわかっていない。トマス・フィッシャーによって刊行された、この作品の最初の四折本には、1600年の日付があり、また当時の出版のための記録帳にも、1600年に登録されたことが記されている¹⁾。従ってこの作品が1600年までに書かれ、上演されていた事は、確かである。

この作品の執筆年代を推定する方法として、そのセリフが当時の出来事を反映しているという考えから（「内証」²⁾という）研究が進められたりした。しかし、そう

したやり方よりも、現在誰もが異論をはさまない考え方は、この作品全体の構造と雰囲気から暗示されるものを、素直にうけいれることだ。そしてこの作品が、誰か貴族の結婚を祝うために書かれたものであることを疑う学者は、いない。

シェイクスピアの時代、イギリスでは貴族や王族の庇護を受けない劇団は存在することができなかった（また劇団に所属しない俳優は、法律で許されなかった）。ために、あらゆる劇団は、名前だけでも、有力な貴族をパトロンとしてかついでいた。シェイクスピアの劇団の場合で言えば、彼らは始めは「宮内長官一座」のち「国王一座」を名乗ったし、ライバル劇団には「海軍大臣一座」などがあつた。劇団は普段は庶民を観客対象として、テムズ川の南にある、ロンドン市外の劇場（シェイクスピアの場合はグローブ座）で上演活動をしていて、パトロンからの命令を受けて、宮廷や有力貴族の邸宅において、特別公演もしばしば行った³⁾。結婚の宴席での余興としての芝居上演は、彼らにとってごくありふれた活動だったのである。

この作品がそのような結婚式の余興として初演されたという記録はないが、それを信じない者がいるだろうか。なによりこの作品の劇中劇が、その証拠となっている。これを職人たちは、結婚式のために準備し、上演しているのである。芝居の登場人物たちを祝福するための劇中劇が、観客その人たちをも祝福するというのは、シェイクスピアもしばしば使っている便利な技法であり、また逆にそうした場面をもつ芝居には、そのような機会にむけて書かれた可能性が考えられることになる。

この作品の執筆年代、言い換えると誰の結婚式のために書かれたのかを論じることは、この稿の目的ではないけれど、1590年のエセックス伯（シェイクスピアのパトロンの親友で、エリザベス女王の寵臣だった）の結婚式のためか、1598年のサザンプトン伯（シェイクスピアのパトロン）の結婚式のためだろうと考えられていることだけ、述べておく。

さて、『夏の夜の夢』の劇中劇を分析する前段階として、まず劇全体の構造を見ねばなるまい。

この作品は、シェイクスピアの芝居にしては珍しく、種本がない⁴⁾。つまり、彼がのびのびと空想力を発揮させて創作した作品と言うことができる。おそらく作者自身、楽しんで書いたであろう。舞台は古代ギリシアのアセズに設定されているけれども、実際はエリザベス朝のロンドンの市民生活をうつしているし、芝居の主な舞台となるアセズの森は、シェイクスピアの故郷にあるアーデンの森をイメージしたものと考えられている。

次に、統一された気分とテンポの早い展開から、かな

り短い期間で書き上げられたと推測される。結婚式に間に合うようにと依頼されて、書かれたかもしれない。

『ウィンザーの陽気な女房たち』には、エリザベス女王の要請を受けて、2週間で書き上げられたという、伝説がある。セリフの韻文にも、手のこんだ言い回しや、ひっかかるところがほとんどなく、すらすらと流れる。また劇中劇に関する部分で、前後の統一がとれていない部分があることも、その証拠となるだろう。

そういう訳で、この芝居は明快な構造になっている。筋は(a)2組の男女をめぐる恋物語(b)芝居を演じようとする職人たちの笑劇(c)妖精たちの夢幻世界、の3つから成り立っているが、(a)と(b)の現実世界が(c)の超自然的力によって支配されているため、芝居全体の雰囲気は、幻想的なもので統一される。それというのも、(a)の若者たちも、(b)の職人たちも、彼らの住むアセズの町を離れて、妖精の支配する郊外の森へ、しかも夜に訪れてくるためである。妖精の王オーベロン⁵⁾は、夫婦げんかをしている妖精女王タイターニアをとっちめるため、腹心のいたずら者バック（或いはロビン・グッドフェロウ⁶⁾）に「浮気草（love in idleness）」から絞った「惚れ薬（love juice）」を取ってこさせる。そしてこの薬を使って彼らの気持ちを操ることで若者たちの事件に、また職人のひとりにロバの頭をかぶせタイターニアの恋人にしたことで職人たちのドタバタに、からんでゆく。そして人間たちは、自分たちの行動が妖精の手によって左右されていることに気がつかない。

論を進める都合から、一応それぞれの筋を書いておくことにする。

(a)ライサンダーとハーミアは愛し合っているが、ハーミアの父は彼女をデミートリアスと結婚させようとしている。アセズの法律で、父親の選んだ相手と結婚しない娘は死ぬか修道院にはいらねばならない。ハーミアはライサンダーと駆落ちして森へゆく。それを聞いたハーミアの友人ヘレナは、彼女を捨てたデミートリアスに密告し、ともに森へ追って行く。

〔ヘレナに同情するオーベロンはヘレナとデミートリアスを結び付けようと思い、デミートリアスにはれ薬をつけるようバックに命じるが、バックは間違っただけライサンダーにつけてしまう〕

ライサンダーはハーミアを捨てて、ヘレナを追いかけに行く。

〔間違いに気付いたオーベロンは、デミートリアスの目に薬をつけさせる〕

デミートリアスもヘレナを追いかけることになる。ふたりの男に求婚されたヘレナは、みんなが自分をからかっていると思って腹をたてる。男たちから見捨てられたハー

ミアは、わけがわからず絶望する。男たちは、魔法によって作られた偽りの恋心のために決闘しようとする。

〔オーベロンは4人を眠らせ、ライサンダーの目から魔法をとく〕

目が覚めて、ハーミアはもとの恋人ライサンダーと、ヘレナは魔法にかかったままのデミートリアスと結ばれて、めでたしとなる。

(b)アセズ町の職人たちが、領主シーシアスの結婚の余興に、素人芝居の上演をしようと決める。人目につかず稽古するために、彼らは夜、森に集まる。

〔バックは、素人芝居の主役の、機織りボトムの頭にロバの頭⁷⁾をかぶせる〕

驚いた職人たちは、ボトムを残して逃げ去ってしまう。

〔ボトムは、ほれ薬をぬられたタイターニアと出くわし、彼女の恋人になるが、やがてオーベロンがタイターニアにかけた魔法をとき、ボトムはほうりだされる〕

ボトムがもどってきたので、職人たちは予定通り、結婚の余興に失敗だらけの芝居を演じる。

(a)の筋では、若者たちは妖精の存在にまるで気付かない。だからわけがわからないまま、事態を受け入れざるをえない。そして出来事のおわりには、その効果の影響が、いつまでも続くものとして、残されている。

(b)の筋では、職人たちは不思議な出来事を目撃・体験するのだが、彼らの融通性が、それを夢として、おさえてこんでしまう。

妖精たちとの認識できる接触は職人たちの方にあるのだが、むしろ影響は若者たちの方に強いというのが、おもしろい。これは職人たちがあくまで現実世界に場所をもち、状況をその中に封じ込めようとするのに対して、恋する若者たちは妖精と同じく、現実を離れたところにいるということだろうか。

¹⁾ 当時は、出版物はすべて公の機関の許可を得なければならなかった。そのおかげで、当時の記録簿を調べれば、発行年がわかる。

²⁾ たとえば、2幕1場のタイターニアのセリフに、イングランドの悪天候への言及があるとか、オーベロンのセリフが、宮殿でおこなわれたページェントを描写している、などと考えて、その出来事のあった年から、執筆年代を推定する方法。論者の独断がはいる要素が強いので、正確なものではない。

³⁾ シェイクスピアの劇団は、ほぼ毎年、宮廷で天覧公演を行い、その報酬の支払い記録が残っている。

⁴⁾ シェイクスピアは、多くの歴史書（ブルタークの英雄伝やホリンシェットの英国史など）、小説（イタリア物を翻訳したものが多い）、先行する戯曲などをも

とにして、作品を作り出している。一種の書き換えであるが、当時はそれが普通であった（歌舞伎も同じ）。しかし『夏の夜の夢』『テムベスト』には、そのような直接の種本がみあたらない。

⁵⁾ 妖精の王オーベロンの名前は、もともとヨーロッパ大陸に起源をもつ。真実の恋を守護する者として知られている。

⁶⁾ 本来イギリスにおいて、バックまたはホブゴブリンという名前は、悪魔・悪霊をさすのに使われた。ロビン・グッドフェロウは、イギリスの妖精説話によく登場し、いたずら好きで、機嫌の良いときは家事の手伝いをしてくれる。別の人格である彼らを一人にまとめたのは、シェイクスピアらしい。それまでは恐ろしがられる存在だった妖精に、かわいらしいイメージを与えたのは、この戯曲からであると言われる。

⁷⁾ ロバの頭(an ass's head)は、「愚か者」を表わす。したがって道化役のボトムは、二つのロバの頭(自前の愚かさとかぶせられたものと)をもったわけだ。

3

“A tedious brief scene of young Pyramus/ And his love Thisbe, very tragical mirth”

「若きピラマスとその恋人シスピの、長々しく簡潔な場面、きわめて悲劇的で愉快」

職人たちによって演じられる結婚式の余興、『夏の夜の夢』の間狂言(interlude)には、このような角書きがつけられている。この矛盾に満ちた前触れには、シーシアスでなくとも、「どのようにして、このあい入れぬ物同士に、調和をみだせるのだ」(“How shall we find the concord of this discord?”)と、当惑せざるをえない。

この題名の付け方は、当時よく知られていたトマス・プレストン (?~1589?)の悲劇、『カムバイシーズ』(1569?)¹⁾の表題“A Lamentable Tragedy, Mixed Full of pleasant Mirth, Containing the life of Cambyses”「カムバイシーズの生涯をえがく、楽しい愉快さに満ちあふれた、悲嘆に満ちた悲劇」をもじったものと考えられている。この芝居は、エリザベス朝独特の残忍な悲劇に、中世の道徳劇の流れをひく幕間狂言風のこっけいな場面が加わって、歴史と茶番の混ざりあった、今から見れば不思議な芝居であるが、大変人気をえたとする。

しかしおよそ20年ばかり以前に書かれた作品の表題をもじるといのは、われわれの感覚としては、あまりに時間が隔たり過ぎている。もし、本当にもじりであるとすれば、どういう意味があってそれをしたのか問うべき

であろう。

なによりも、当時においてこの作品が、あいかわらず良く知られていたということが前提になる。実際これは、1564年生まれの子シエクスピアにすら、なじみのある作品であったようだ。『ヘンリー4世・第1部』(1597?) 2幕4場で、フォルスタッフがハル王子の父ヘンリー4世のふりをするとき、「キャンバイサイズ王の調子でやるぞ」「I will do it in King Cambyses' vein」と宣言している。「キャンバイサイズ調」とも言うべき言い回しがあったわけだ。それは「大言壮語調」とでも表現されるような、詠嘆調でもったいぶった、繰り返しの多い、くどくどしいしゃべり方である。間狂言でボトムの扮するピラマスのセリフまわしが、それであろう。こういう調子は、わざとらしく野暮ったい。同じ壮大な調子でも、マーロウの悲劇の情熱あふれるセリフや、シェイクスピアの華麗なセリフとは比べものにならない。当時の観客にとっても、そう感じられたであろう。洗練されたプロの劇団の演目の大きな部分を占めていたとは、どうも考えにくい。逆に、この芝居がよく演じられたとするならば、それはシェイクスピアの例に見るように、その時代遅れさを強調して笑うためか、あるいは本来の上演とは違う条件においてではなかろうか。例えば、地方巡業で演じる田舎の宿屋の野外舞台であったり、あるいはまさに、農民や市民たちが楽しみに演じる素人芝居である。日本の「村芝居」²⁾の伝統を見ても、そのような場所・演じ手においては、大時代な演技が受け入れられ易いことは明らかだ。そのような理由によって『キャンバイサイズ』が相変わらず知られた芝居であったなら、そのもじりも、観客に容易に理解されたことであろう。

結婚式の余興係りは、シーシアスの当惑に対して、このように説明している。

「セリフは10ほどしかありません、私の知る限り、最も短い芝居です。しかしその10のセリフの分だけ、長すぎまして、退屈させられます。と言いますのも、1語としてふさわしいセリフはなく、似合った役者もおりませんので。悲劇でございます、ピラマスが自殺いたしますので。稽古を見ておりましたとき、正直申しまして、目に涙が浮かびました。けれども、これほどおもしろおかしい涙を流したことは、初めてでございます」

ところでこの矛盾に満ちた表題は、もじりだけのものではなく、もう少し深い意味合いをもっているように思われる。

題材となったピラマスとシスビの物語について見てみよう。これはもともとギリシアの伝説であるが、シェイクスピアの時代には、流行したバラッドの題材として、広く知られていたらしい。また、ゴールドリンクが英語

に訳したオヴィディウスの『メタモルフォーシス』³⁾や、チャーサーの『良き婦人たちの伝説』に書かれた話なども、作者は参考にしていただろう。

『メタモルフォーシス』から、ピラマスとシスビの話を中心に引いてみる。

ピラマスとシスビはバビロンの町で、隣あって住んでいた。二人は深く愛しあっていたが、父親たちは結婚を許さなかった。二人は両家を隔てる石壁にあいた小さな割れ目を通して、愛をささやきあっていた。ある夜、二人は駆落ちの約束をし、ナイナスの墓でおちあうことにした。先にやって来たシスビが待っていると、口を獲物の血で染めた雌ライオンが現れたので、彼女はあわてて近くの洞窟に逃げ込んだ。ライオンは彼女が落としていったマントをずたずたにかみ裂いて、去っていった。遅れてやってきたピラマスは、野獣の足跡と血だらけの恋人のマントを見付け、彼女が死んだものと思ひ込み、横腹に剣をつき立てた。洞窟から出て来たシスビは、恋人が気早くも自殺したのを知り、同じ剣で後を追って、死んでしまった。二人の血を浴びた、かたわらの桑の実は、赤紫に染まり、その後、熟する頃になると、黒ずむようになった。

極めて哀れ深い物語である。そして、父親たちの反対で許されぬ結婚、誤解による男の自殺、女の後追い自殺、といった道具だてに、同じ作者の『ロミオとジュリエット』との相似を見る者は多いだろう。『ロミオとジュリエット』は1595年頃に書かれたとされている。『夏の夜の夢』の少し前に書かれたと考えてよい。だとすれば、シェイクスピアは甘酸っぱい恋愛悲劇を書き上げたその後で、同じような筋だてをもつ悲劇を笑劇に仕立てあげてしまったわけである。まことに皮肉なやり方といわざるをえない。

では『夏の夜の夢』の職人たちは、どのようにして『ピラマスとシスビ』を、笑劇にしたのだろうか。

若い恋人たちが駆落ちの約束をして去ったあとの、1幕2場、セリフが韻文から散文に変わって、世界の変化が示される。家具屋のクィンスの「仲間はそろったか」のセリフで、職人たちが呼び出される。彼は公爵シーシアスの結婚式の夜にする彼らの間狂言(「滑稽な悲劇」とクィンスが紹介している)を演じるにふさわしい人間をアセンズ中から選んで、書き付けに書き出した。すでに配役まで決めている。彼らの職種と配役を見よう。主役のピラマス、二枚目で勇ましい役は、艶っぽい力のある機織り職人のボトムにふられる。芝居はお得意と見えて、こんな調子でとばかりに、おそらくローマ悲劇から、ハーキュリーズのセリフを引用してみせる。困ったことに底無しのお調子者で、他の役までとりたがる。女

方は細い声でしゃべる、それで恋人のシスビはオルガン直しのフルート。すかさずボトムは、裏声で（と指定はないが、役者の常識）シスビのセリフを即興で言う。このあたりもボトムの芝居経験を示している。仕立て屋のスターヴリングは、優しげなのか、シスビの母親。鋳掛け屋のスナウトと家具屋のクィンスは、かたい仕事だからか、ピラマスとシスビの父親。このあたりは脇役。指者師のスナッグはライオンがあたる。ボトムはこれもやりたがって吠えて見せる。ライオンの方が、親たちよりも良い役らしい。クィンスはみんなにセリフの抜書きを渡し、稽古の打ち合わせをする。こうして決めた配役だが、5幕1場での本番では、親たちは登場せず、彼らは別の役になっている。そのため、この段階では作者は、まだ間狂言の台本を決めていなかったと、推測されている。

3幕1場で稽古が始まる。ここで彼らはいくつかの問題点に気がつく。ピラマスが自殺する場面は女性たちを震えさせるのではないか。ライオンを怖がらないか。それに対するボトムの名案。ピラマスは実は機織りのボトムが演じているだけで、本当に死ぬのではない。ライオンは実は人間だと、断っておけばよい。これは、虚構によって幻想をつくりだすという芝居の前提を、わざと壊してしまふやり方である。言い換えると、ルール破りだ。特殊な場での上演を予定していたにしろ、シェイクスピアの発想は突き抜けている。同じ発想から、彼らは月の光を導入するためには、だれかがランプをもって出て、月だと言えば良いとする。割れ目のある石塀は、普通ならついたてでも出すだろうが、彼らはこれも人間にやらせることにする。この着想は非凡だ。そんなわけで、役が2つ増え、口上役も必要だから、配役はすっかり変わるようになった。

そうして、本番である。月や石塀や、ライオンまでが、まだろっこしく自己紹介し、弁解し、死んだはずのピラマスが起き上がって解説をくわえるのだから、台本は古風な悲劇めいて書かれていても、感動などでてくるはずがない。この間狂言が笑劇となるのも、あまりに当然である。

考えるべきなのは、なぜ作者はこのような間狂言、いわばパロディ化された『ロミオとジュリエット』を取り入れたかということだ。その疑問から『夏の夜の夢』全体を見直してみるなら、作品そのものがまた、ひとつのパロディとして見えて来る。それは恋愛事件一般を本歌にしたパロディである。

若者たちは、惚れ薬の力によって、今まで愛していた女性を捨てて、いきなり別の女性に心からの愛を誓う。ただ捨てるだけでなく、まったく厭になったとばかりに、悪口雑言をなげかける。いかに魔法とはいえ、愛とはそ

んなに簡単に相手を変えられるものだろうか。それなら今までの愛だとて、このように容易に追い求められていたのか。そしてこの今の気持ちも、すぐに取り去られ、厭わしく思われるのではないか。そもそも愛する気持ちは、魔法によらずとも、移り気であてにならないものではないのか。愛するという行為はどれほど確かなものであろうか。皮肉屋の多かったエリザベス朝、ジェイムス朝の文学者たちは、愛の不安定さを詩にうたった。シェイクスピアは、芝居でそれを見せる。男などどれもあまり変わりばえはしない。ライサンダーとデミートリアスの人物造形にほとんど差がないのは、わざとそうしたのだろう。女だとてそうだ。ハーミアとヘレナに、背の高さ、色の黒さに違いがあるにしても⁴⁾「同じつるのさくらんぼ」だ。ハーミアをはめる男たちの言葉と、ヘレナを称賛するときの彼らの言葉と、どこが違うのだろう。始めはハーミアを巡って、命のやりとりもしかねなかった彼らが、今度はヘレナを賭けて決闘すると言っても、不思議がない。シェイクスピアは魔法をカムフラージュに使って、実に皮肉に、恋愛感情のたよりなさを描いているのだ。

そしてシェイクスピアの最大の皮肉は、こうした「恋愛における真実」をうがつ芝居を、先に書いたように、結婚式の宴席の慰みとして、創作していることである。

考えれば、たとえ笑劇になるとは言え、主人公たちが自殺する芝居を、結婚式の余興にしようというのは変な感じだ。第5幕で紹介される他の余興は：

「ケンタウルス（半人半馬）族との戦い。アセンズの宦官たちが歌う」（ケンタウルスは凶暴・淫乱な種族として知られる）

「バックスの巫女たちの暴動。怒りのあまり、トラキアの歌手を八つ裂きにする」

「貧窮のうちに先日死去した才人をいたむ九人の芸術の女神」これは、シーシアスも言う通り、誰か実在の人物を皮肉ったのだろう⁵⁾。

いずれもあまり、結婚式向けのおめでたい演目とはいえない。これに並べれば『ピラマスとシスビ』も、ましなほうだ。他の演目にも皮肉があるとすると、現実の結婚式の新郎は、戦争に勝利をおさめた人物で、しかも結婚によって多くの女性に恨まれかねない浮気男なのかもしれない。

永遠の愛を誓う結婚の契りの後の祝宴で、愛などたよりないものだと示してみせる。それを見ている貴族たちに、作者の皮肉がわからないはずはない。でありながら、怒るところか、おおいに楽しんで見ていた（なにかの役をうけもっていたと考える学者もいる）のだから、たいしたものだ。これが社会の共通理解であったのだろうか。こうしたことに、近代人としての冷めた目をみるのは、

うがちすぎだろうか。

ここで、劇中劇があらためて効果を発揮する。皮肉られるのは、浮気な恋だけではない。そのために命を落とす恋だって、同じように笑いの対象にされる。『ロミオとジュリエット』の恋にしても、若気のいたりで突っ走ったものだ。そしてそのために何人かが命を落とした。主人公たちの、涙を誘う死ですら、もしロミオが軽率でなかったなら、おこらなかつたらう。その目でみれば、彼らの死はまた、滑稽でもある。悲劇は喜劇に見え、喜劇は悲劇になることもある。人生というものが演じ損ないのドタバタ劇だとすれば、バックの言うとおり、「人間て何て愚かなんだ」。

それだから、あらゆる恋愛はみな馬鹿げたものになるのだ。しかしそれは結婚の誓いが無意味だと言うのではない。命をかけた究極の恋愛ですら、人間の愚かな不完全さからのがれられないのであるから、仮にも恋愛をすばらしいものと認めるのであれば、結婚はおおいに祝われるべきものとなる。そしてこの笑劇を笑い飛ばすことで、観客はこの皮肉を理解することができる。

結婚というひとつの現実がある。その日の中心となる行事である。一組の男女の間の愛情を神聖なものとして、祝い儀式である。

それに続いて演じられる『夏の夜の夢』は、結婚を祝う形をみせながら、恋愛の不確かさを描いてみせる。さらに、倦怠期に入った夫婦の姿すら描いている。これは結婚の儀式の「もどき」⁶⁾、パロディとなる。

そして職人たちの『ピラマスとシスビ』は、『夏の夜の夢』の上演自体のパロディである。

何重にも繰り返してもじられていくことで、観客たちは恋愛にたいする余計な思い入れから開放され、もっと気楽な或いは素朴な視点にたつことができるであろう。

こうして思い返すなら、『恋の骨折り損』での『九人の英雄』の余興は、学問のための学問にかまけて、3年間女性を断つなどと誓い、すぐ破ってしまう主人公たちのエセ聖人ぶりをからかうようにみえる。英雄とはもっと肉体的・現実的なものだ。『お気に召すまま』の仮面劇は、あまりにご都合的なハッピーエンディングを飾って、この芝居のお話らしさを強調する。『テムベスト』の仮面劇には皮肉めいた感じはないが、いきなり中断され、「今見たものは実体のない幻にすぎぬ」という冷めたセリフがつづく。

このように、シェイクスピアは劇中劇を、単なるにぎやかしとしてではなく、違う視点の導入として使った。つまり、悲劇においてしばしば、副筋と対比されることで主筋の感動がより深められたように、劇中劇の形式は、それまでの芝居の進行に別の視点からの光をあてて、そ

の教訓あるいは皮肉を、あらためて気付かせる手法として、意図されたようだ。その点で、彼のこの技法には、現代演劇に通じる意識を感じるといっても、おかしくはないであろう。

¹⁾ ペルシアの王キャンバイシーズをめぐる残忍な物語。中世演劇に登場する悪役（ヴァイス）の系統をひく、狡猾な人物アムビデクスターを中心に展開される。後の作品の人物造形に影響を与えた。リチャード3世やイアーゴオの先駆者と言えよう。

²⁾ 村祭りの余興として、村人たちはみずから芝居を演じて楽しんだ。日本では、はででわかり易いため、歌舞伎の演目が誇張されて演じられることが多い。

³⁾ 古代ローマの詩人オウィディウス（B.C.43～A.D.18）の代表作で、古代の神話伝説を15巻の詩に集大成したもの。1567年にアーサー・ゴールディンクが英訳したものが、イギリスで広く読まれた。シェイクスピアもおおいに親しんでいたに違いない。

⁴⁾ この当時、シェイクスピアの劇団には、女の役をする少年俳優のコンビがいたと思われる。一人は背が高く色白、一人は小柄で色黒だったらしい。『お気に召すまま』（ロザリンドとシーリア）『十二夜』（オリヴィアとヴァイオラ）などは、彼らにはめて書かれたのではないだろうか。

⁵⁾ 大学才子派のジョージ・ピールの事か。その遺書めいた小冊子のなかで、シェイクスピアのことを、「われわれの羽根で身を飾っているカラス」と皮肉っている。宮廷でもはやされた時期もあったが、放埒な生活のため、1596年に困窮のうちに死んだ。いずれにしても、そのような人物が、この結婚式の当事者の取り巻きの中にも、かなりいたのであろう。

⁶⁾ 祭りにおいては、まず神にむかって厳粛に祈ったり、舞ったりしたあと、それを人に対してわかり易く、おもしろく演じてみせる。これを「もどき」と呼ぶ。ギリシア悲劇と喜劇、能楽と狂言が同時に演じられるのも、これと同じ考えからである。

(参考文献)

Text: *A Midsummer Night's Dream* ed. by Harold F. Brooks (アーデン版) 日本語訳は筆者による。

『シェイクスピア辞典』倉橋健 編 (東京堂出版刊)
『転身物語』オウィディウス著、田中秀央・前田敬作訳 (人文書院刊)

その他。

二つのキャクストン版『世界の鏡』

溝 端 清 一

Caxton's Two Editions of the *Mirroure of the World*

Kiyokazu MIZOBATA

William Caxton's *Mirroure of the World*, which is the English translation of the French prose version based on the thirteenth-century French poem *Image du Monde*, has two editions: one was published in 1481 and the other in 1489. In this paper, on the basis of a minute comparison of these two editions we describe their morphological and syntactical differences in order to ascertain whether he developed as a translator as he went along.

1

ウィリアム・キャクストンが手掛けた翻訳作品は20以上にのぼるが、その中で第2版まで出版した作品は、*Game of Chess*, *The Mirroure of the World*, *Reynard the Fox*の3種類である。その時代に流行した作品を次から次と出版して顧客を得るのが普通であった当時において、第2版まで出版されたということは、これらの作品が長期にわたって非常に好評を博していたことを裏付けるものと言える。*The Mirroure of the World*に関して特筆すべきことは、挿絵のある英国最初の作品であるばかりか英語で書かれた最も初期の百科事典でもあるということである。貴重なラテン語の作品が数多く手に入る立場にありながら、特に*The Mirroure of the World*の原典となった*Image du Monde*の仏語散文版をキャクストンが翻訳に選んだのは、百科事典として当時の読者層を引き付けるだけの必要な条件を十分に備えているとの判断があったからと思われる⁽¹⁾。キャクストンは第1版を1481年にウエストミンスターで出版する。第1版で成功を収めた彼は第2版を1489年に出版するのである。第1版、第2版ともfolioであるが、第1版は100 leavesから成り、type 2⁽²⁾で印刷されている。一方第2版は88

leavesに圧縮されており、活字はtype 6を使っている。本稿ではこれら二つの版を逐語的に比較検討することによって両版の相違点を明らかにする。

2

*The Mirroure of the World*の第1版と第2版を比較することによって先ず気付くのは、第1版に比べて第2版では略語が非常に多いということである⁽³⁾。略語がよく用いられる語にはand, that, theがあげられる。andは \dot{a} 、thatは \dot{t} 、theは \dot{t} と略されるが、略語が用いられる頻度は、andでは2倍、thatでは6倍、theでは5倍第2版の方が第1版より高い。また、たとえば現代英語のrightという語の場合、中世英語ではryghtと綴られることが多い。このような現代英語で-i-と綴られる箇所は、第1版では現代英語同様-i-と綴られるのが普通であるが、第2版では第1版とは異なり-y-と綴られる場合の方が多いのである。

*The Mirroure of the World*の第1版の最初から15 leaves分を第2版と比較した結果をまとめてみると、120種類以上の語において相違がみられた。第1版では-i-と綴られ、第2版では-y-と綴られる傾向が顕著な語を出現頻度の高い順に並べると次のようになる⁽⁴⁾。こ

これらの語をキャクストン自身が書いた英文を集めたN.F. Blake 編 *Caxton's Own Prose* を基に作成されたコンコーダンスである *A Concordance to Caxton's Own Prose*⁽⁵⁾ で見比べて見ると、表が示すように figure, with, without の3語以外はすべてコンコーダンスでは、-y-で綴られた語の方が出現頻度が高かった。

	<i>The Mirror of the World</i>				<i>Caxton's Own Prose</i>	
	第1版		第2版		-i-	-y-
	-i-	-y-	-i-	-y-		
thing	23	19	7	35	12	47
wise	13	12	0	25	6	28
without	20	1	0	21	18	4
will	12	6	1	17	8	22
said	14	1	3	12	80	214
with	14	1	1	14	55	24
wit	8	4	3	9	0	5
like	6	4	1	9	6	23
abide	7	2	0	9	1	6
till	9	0	0	9	1	2
figure	7	0	0	7	7	0

動名詞、現在分詞及び過去・過去分詞語尾についても、コンコーダンスでは-ing や -id よりも -yng や -yd の方がはるかに多く見られる。これは第2版の傾向と一致する。以上の結果で見ると、第2版の方がキャクストンの特徴を強く反映していると言える。しかし、作品全体を通じて頻出する語である *people*, *philosopher* をコンコーダンスで見ると *peple*, *philosophre* と綴られる頻度が *people*, *philosopher* と綴られる場合より高いのに対して、第2版では動詞として用いられた *peple* の1例以外は両語ともすべて *people*, *philosopher* と綴られている⁽⁶⁾。

3

第1版と第2版をすべて校合した結果、綴りの異形を除くと260箇所以上にわたって異同が見られた。(Appendix 参照) その中で両版どちらかの不注意あるいは読み違いによると思われる異同が約70%を占めている。それらの誤りの中で第2版側の誤りが約8割にのぼっている。また第2版には植字上の誤りも散見される。このような事実を見る限り、O. H. Prior の次の言葉は的を得ている。“On the whole it seems as if Caxton had taken greater pains over the first issue than over the second, in which misprints are numerous and

abbreviations far more frequently used”⁽⁷⁾

しかしながら、第2版には第1版より読者に作品をより容易に理解してもらえようように配慮されたと考えられる異同箇所がいくつかある。

And thus shold they be more easyd ...

(第1版 fo.90)

And thus they sholde be more easyd ...

(第2版)

上記の例が示すように、第1版の語順を S+V の語順に第2版では並べ換えられている。次の例の場合、第1版は仏語の原文からの直訳的な表現になっているが、第2版では英語らしい表現に書き換えられている。

helle hath his beyng in the most lowest place ...

(第1版 fo.56)

helle is beyng in the most lowest place ...

(第2版)

語彙のレベルでも次の例のように読者に馴染みのある語を用いようとする意図が窺える。例えば、“召使い”を表す *maynyes*(第1版 fo.93,vo.), *maynee* (第1版 fo.93,vo.)は全作品中それぞれ1回ずつ出現するが、第2版では *seruautes*, *seruaute* に変えられている。

確かに *The Mirror of the World* の第2版は第1版に比べて欠点の多い版と言える。しかしながら、拙論 “A Note on Caxton as a Publisher and Translator”⁽⁸⁾ の中で述べたことを裏付けるように、読者に容易に作品が理解されるようできる限り “plain style” で翻訳せんとするキャクストンの一少なくともキャクストン工房の一翻訳努力の跡を第1版と第2版の校合によってはっきり見て取れるのである。

Notes

- (1) Oliver, H. P. 1966. *Caxton's Mirror of the World* EETS e.s.110, Oxford University Press, pp. v-vi 参照。
- (2) Needham, P. 1986. *The Printer and the Pardoner* Appendix D 参照
キャクストンがロンドンのウェストミンスターで開設した印刷所で用いた活字は、Type1~Type8までの8種類にわけることができる。
- (3) 第1版と第2版の比較は、University Micro Film International社で製作されたマイクロフィルム (STC 24762,24763) を用いておこなった。
- (4) 出現頻度の高い語の中で、両版とも-y-と綴られる傾向の強いものには *him*, *might*, *if*, *nothing*, *king*, *life* があげられる。また、両版とも-i-と綴

- られる傾向の強いものには *their, which, right, science* があげられる。
- (5) Mizobata, K. 1990. *A Concordance to Caxton's Own Prose* Tokyo: Shohakusha.
- (6) 第2版に出現する *peple* は次の例だけである。
This is a londe moche riche wel pepled & strongly garnysshid.
- (7) H. P. Oliver (1966), p.vii 参照。
- (8) Mizobata, K. 1991. "A Note on Caxton as a Publisher and Translator" *Studia Anglistica* No. 7, pp. 35-42 参照。
- Appendix
- The Mirroure of the World* の第1版と第2版の綴りの異形を除いたすべての異同は次の通りである。第1版の folio 番号に基づいて列挙されている。異同のあった箇所(下線部分)の下に第2版ではどうなっているかを括弧付きで示した。異同の箇所に何の表現もない場合は、" ϕ " で表されている。第1版と第2版のどちらかの誤りによる異同については、誤っている方の版の該当箇所に "*" を付けた。両版とも誤っている場合、両方に "*" が付されている。
- fo. 2, vo.
- of theyr grete vertue
(the)
- Of dyuerse Ysles
(O*)
- Of the maner and condico \bar{n} *
(condicio \bar{o})
- fo. 3.
- xxxij*
(xxxiiij)
- fo. 3, vo.
- Here after is sayd
(Hcre)
- in his tyme
(ϕ his tyme*)
- fo. 4.
- Anncyent me \bar{n} *
(men)
- Other vertuouse ocupac $\bar{o}n$ *
(occupacio \bar{o})
- fo. 4, vo.
- and see $\bar{y}ng$ of it
(sayeng*)
- lxx vij chapitres
(ϕ xx*)
- fo. 5
- brynge it in to our maternal tongue
(ϕ *)
- fo. 5, vo.
- vnresonable beestis
(vnersonable*)
- fo. 6.
- YE ought to knowe
(WE)
- fo. 6, vo.
- bus* his nature was
(but)
- fo. 7, vo.
- suche thinge shold
(things)
- fo.10, vo.
- in an only hour they faylle
(one*) (ϕ *)
- that ne* semeth but a right delyte
(me)
- to them
- the glorye and honours of this world
(henours)
- he can not ϕ * their malices
(know)
- fo.11
- ben alle called Rybauldis
(ϕ)
- fo.11, vo.
- the vij Artes liberals*
(lyberal)
- fo.12
- on the* other side
(that)
- fo.12, vo.
- euery nyght and day
(ϕ *)
- and to caray \bar{n} *
(caray \bar{n} *)
- for ϕ talegge their hungre
(to*)

- fo.13
Wherof they muste
(the*)
- fo.14
alle had created of nought
(hath*)
- fo.15
they were nothing couetous
(not)
- fo.17
they that wold not bileue them
(thoo)
- fo.18, vo.
Thenne ought we knowe
(to)
- fo.21, vo.
so that ... he myght shyne
(that so*)
- fo.22
of alle thynges
(thynges*)
- fo.23, vo.
Here foloweth of musyque
(folowed*)
- fo.24
of other parcyal
(their)
- fo.24, vo.
that ϕ ther is noman
(that*)
- fo.25
so moche perfoūde science
(profoude)
- fo.25, vo.
Thus ben not sciences muable*
(muable*)
- fo.26, vo.
behoueth nature to be ϕ * firste
(the)
- fo.27
he employeth his tyme
(employed*)
- fo.28
This knowe alle men certaynly
(knewe*)
- fo.29
the only lengthe of a foot
(ther*)
- fo.29, vo.
whan thangels ben comen to ony man
(angels)
- fo.30
for to saye ζ shewe their message
(messaye *)
- fo.30, vo.
thangele repayred agayn
(repayreth)
- fo.31
whan he was awaked
(is)
- fo.31, vo.
from vnder therthe
(erthe *)
- fo.32
what fōuer parte that a mā wold
(pate*)
- fo.32, vo.
so that he shold come vnder vs
(sheld*)
- fo.33
holde his feet ayenst oures
(oure*)
- fo.33, vo.
ffor who* moche depper one delueth
(who*)
- fo.34
whan it shold come in to the myddle
(ϕ *)
- fo.35
eche stone shold come in to ϕ * myddle
(the)
- fo.35, vo.
of therthe the other shold be
(ϕ *)
- fo.36, vo.
who that myght beholde by valeyes
(how*)
- fo.37, vo.
the* other tweyne
(that)
- fo.38
sawe an horse renne vpon a grete
(rennyng)
- fo.39
mountayne

- he wente an only paas
(ne*)
- fo.35 that is in the myddle
(ϕ *)
- fo.35, vo. here is represented
(represēteth*)
- fo.38 of precyous stones
(procyous*)
of other richesses plente
(ϕ *)
- fo.39, vo. merueyllous delyure
(meruyellous*)
yet is ther there another
(ϕ)
- fo.40 they ben honted far* to be taken
(for)
- fo.40, vo. ffor ofte it sleeth the lyon
(of*)
to whom this swete smelle greueth
(the)
- fo.41 whan they see their blood shedde
(the*)
and fyght* in alle places
(fyght)
- fo.41, vo. vpon tho men of copper
(the)
- fo.42, vo. that other he leyeth to the ground
(ϕ *)
whiche be named Tygris
(ϕ *)
- fo.43 alle the fight of hym that beholdeth it
(it beholdeth*)
- fo.43, vo. In this contree groweth a pese*
(pese*)
whiche is so hoot that it skaldeth
(ϕ)
the handes
- whiche is iij daye Journeyes of lengthe
(dayes)
- fo.44 ther ben therin many peples
(peoles*)
- he is alonge on the back
(ϕ)
- fo.45, vo. whiche is named pellicane
(ϕ)
cometh agayn to fedde them
(fynde*)
- fo.46 Another maner of peple ther ben in
(peole*)
this prouyne
- fo.46, vo. the holy sepulcre of our lord
(sepulture)
Thesus
- fo.47 on his backe groweth erthe and grasse
(growrth*)
- fo.47, vo. Hero* foloweth of the trees
(Here)
- fo.48 the sarasyns saye
(ϕ *)
- fo.48, vo. in this right noble paradys
(ϕ)
- fo.49 we make an ende of this purpoos
(prupoos*)
Sapronye*
(Saxonye)
another grete ryuer
(gtete*)
- fo.49, vo. the londes of ghelres Cleue
(Cleue ghelres)
entre in to the see
(to*)
- mase depe xl myle longe in the see
(ϕ *)
- fo.50 c deuysed the londe
(uydesed*)

- fo.50, vo. the difference of musyque
(or*)
- fo.51 And be not admeruaylle
(uot*)
- in this present booke
(φ)
- fo.52, vo. in their shepe*
(slepe)
- fo.53, vo. And also φ is so forowful
(he)
- fo.54 in a* water that he hath to fore chosen
(the)
- he reneweth his lyf
(byl*)
- fo.54, vo. by thy* shadowe
(the)
- in lyke wyse
(φ *)
- fo.55 ther ben seen at eye
(φ *)
- only φ by nature
(but)
- fo.56 helle hath his beyng in the most
(is)
lowest place
- fo.56, vo. the stone is drowned
(drowned*)
- fo.57 These ben the terryble gehynes
stynkyng
(stynkyng*)
- there is the fyre
(φ *)
- the sayd abysme that ther nys
(φ *)
- fo.57, vo. he goth eu from euyl to werse
(gooth)(φ *)
- fo.58 the blood of a man gooth and renneth
(rennth*)
- fo.58, vo. that is* put forth so strongly
(it)
- out of therthe
(erthe*)
- weyeth it lasse hoot and lasse
(φ *)
- brennyng
- fo.59 in the yere
(a)
- fo.59, vo. the water of this see semeth all reed
(semed*)
- the nature is moche meruayllous
(φ)
- whiche is called the pytte of dauyd
(φ *)
- it brenneth all that it toucheth
(is*)
- fo.60, vo. ffor the ayer
(φ *)
- fo.61 all his fauour
(φ *)
- fo.61, vo. we put it out φ*
(agayn)
- to whom alleway the lyf is some
(φ)
fynysshyd
- fo.62, vo. And also lyke a candel
(φ)
- in thende she faylleth*
(falleth)
- fo.63 as of a cloth
(φ)
- ouer this fumee
(the)
- fo.64 so asprely ē sharply
(shdrply*)

a myle nyghe <u>to</u> the See (ϕ^*)	fo.90, vo. when they had mesured <u>therthe</u> alaboute (there*)
fo.85, vo. somme myghte <u>tonre</u> it (tonrne*)	euery fote <u>xiiiij</u> * ynches (xiiiij*)
it <u>shold</u> be to his dampnacion (myghte)	in the <u>myddle</u> (myddes)
fo.86 by wiche he <u>lese</u> * his grace (leseth)	fo.91 aboute the erthe <u>xxiiij</u> * tymes (xxiiij*)
late hym <u>herkne</u> * (herkyn) Here <u>it</u> declareth (ϕ^*)	fo.91, vo. so ferr <u>aboute</u> vs (akiye*) of gretenes and <u>thyckens</u> * thurgh (thycknes)
fo.86, vo. is as moche <u>te</u> * saye as one thyng only (to)	they ben alle of one <u>lyke</u> heyghte (ϕ)
so <u>thenne</u> it shold be (thenno*)	<u>is</u> * a moche grete (in)
fo.87, vo. unto heuen <u>pretended</u> * (pretendeth)	fo.92 yf a <u>may</u> * myght goo (man)
is lord and sire of and aboute other (第2版では欠落している。)	xxv <u>myles</u> (myle*)
fo.88 touchyng <u>ϕ</u> sapyence (of)	the firste man that god fourmed <u>ouer</u> (uer*)
was of <u>so</u> grete renomnee (ϕ)	fo.92, vo. ther were a thousand and xxij <u>all</u> clere (ϕ)
fo.88, vo. he sawe one that <u>answerd</u> to hym (asnwerd*)	ben <u>all</u> fygures (of*)
as <u>moche</u> as was possible (ϕ)	fo.93 where this blessyd <u>sowle</u> entreth (soules*)
a man <u>may</u> haue therby vnderstandyng (ϕ^*)	the <u>inestymable</u> gretenes (estymabyll)
fo.89 and <u>neded</u> nomore (nedeth*)	<u>that</u> gretenesse is inestymable (the)
fo.90 kepe more goodes and riches <u>that they ϕ nede</u> (than*) (shall)	the firmamete on hye is so <u>ϕ</u> spacyous (so*)
thus <u>shold they</u> be more easyd (they sholde)	fo.93, vo. <u>medows ϕ^* pastures</u> (medowe*)(ϵ)
be not comene <u>vnto alle men</u> lyke as (to euery man)	an hondred <u>maynyes</u> (seruautes)
	euerich of this <u>maynee</u> (seruaute)

- within the firmament fo.99
 (in)
- of a right hye affayre
 (ϕ *) fo.100
- and all the other thynges
 (ϕ *)
- And well ϕ may euery man
 (we*)
- fo.94
- wherof is ϕ redde herof
 (is*)
- the body and ϕ sowle
 (the)
- so moche febled and disgarnysshid
 (feble*)
- Ther is nothing
 (The*)
- but ϕ only this that ought to be
 (be)
 permanent
- fo.95
- As he that all thynges created
 (Aud*)
- whiche alleway is in moeuyng
 (moeuyig*)
- lyke as somme man remeuyd hym
 (remeuyth*)
- in one poynt
 (a)
- fo.96
- yf ye sette aboute many thynges
 (aboue*)
- fo.96, vo.
- There is euery thynges ϕ establisshed
 (in*) (is*)
- fo.97
- of pouerte
 (poute*)
- fo.98
- And where helle the dolourous place is
 (who so)
- fo.98, vo.
- the Eclipses that thenne happe
 (eclipse)
- fyllte atte the deth of our lord
 (ϕ *)
- and therfor
 (ano*)
- the defaulte in me
 (faulte)
- ϕ
 (Caxton me fieri fecit)
- 第1版にはなく、第2版だけに書き加えられている。

市民社会の原理と国家の原理

——ヘーゲル「人倫」の
展開についての考察——

木村 倫 幸

The Principle of Civil Society
and that of the State
—A Study of Hegel's Development
of "Sittlichkeit"—

Tsuneyuki KIMURA

ヘーゲルの『法哲学』は、彼の哲学体系の一環であると共に、極めて現実的社会的な問題を扱ったものとして重要な意義を有している。とりわけ彼が市民社会を考察する際に指摘した市民社会内部の矛盾の存在は、現在の我々になお課題として残されている問題であり、我々はここに、ヘーゲルの歴史的洞察力の鋭さとその近代的積極的側面を見ることが出来る。それは、哲学を彼岸的超歴史的なものとしてではなく、現実の内に顕現する理性の探究として把えた彼の哲学の偉大な一面である。

しかしこれと同時に、我々は、この『法哲学』がその結論において右とは全く異質のものになってしまっていることを指摘しなければならない。即ち市民社会において生き生きと描かれた人間対人間の闘いが、国家の利益への従属という結論に到り、市民社会での家族の愛情が土地所有のための家族として総括されるというように、市民社会においてあれほど現実の人間生活に密着した論理展開を行なってきたヘーゲルが、国家においては、全く似つかぬ制度を提起しているのである。いわばこれは、ヘーゲルの反動的消極的な側面と言えるであろうが、こちらの側面に沿ってヘーゲル哲学は完結することになる。

我々は、ヘーゲル哲学のこの矛盾した二側面を見、しかもヘーゲルがこの全体を一貫した理念の完成過程として展開しているのを考える時、これら二側面が如何なる関係と位置付けを有しているかに関心を移さざるを得ない。そして市民社会の論理が、どのように「整合的」に国家の論理へと移行していくかという問題が、ヘーゲル哲学の本質を端的に示すものとして浮上してくるのである。

この小論は、右の課題を『法哲学』第三部「人倫 (Sittlichkeit)」の展開過程に即して考察しようとするものである。そしてその際に具体的な検討の中心となるのは、「身分」と「議会」の内容となる。ただし「人倫」において、ヘーゲルの論理が最も現実に接近するのであり、これら二側面が最も明確な私たちを取って現われて来るのが、これらの諸制度においてであるからである。

—

『法哲学』第三部「人倫」は、第一部「抽象法」(das abstrakte Rechte)における意志の直接的なあり方、即ち諸々の外的な物件に対する抽象的形式的権利の領域、及び第二部「道徳 (Moralität)」における個別的主体的な意志の権利の領域を通じて発展して来た理念が、これら諸領域の限界、一面性を揚棄し、これ

らをその内に含むより高い領域となっている。即ちそれは、「自己の知と意志の働き (Wollen) を自己意識において持ち、自己の意識の行動を通じて自己の現実性を有すると同じく、自己意識も、人倫的存在を自己の、即自かつ対目的に存在している基礎とし、自己を動かす目的としている」 (§143) ① という関係において自己を実現する。

ところでこのことは、緒論で述べられた意志の諸段階——(1) 普遍性の段階としての純粹な無規定性の状態、(2) 特殊性の段階としての、区別をし、規定し、ある規定されたあり方を内容と対象として定立する意志、(3) 個別性の段階としてこれら両契機の一体性であるところの意志、即ち自由意志 (§51) ——との関係で言えば、右の第二段階における意志が、更に①直接的自然的意志と②恣意或は反省的意志とに分けられ (§11, §15)、第一部においては主として前者が、第二部においては後者が、それぞれの現存在において展開されたのであった。従って人倫においてはこの意志の第三段階が問題にされるのであり、これらの諸契機がそれぞれ人倫に存在することによって、人倫は自由意志の現存世界となると共に自己意識の本性となったものとして存する。この意味で第三部人倫は、これらの諸契機から超出して来たものとされ、それ自体最も完全な自由の概念とされるのである。

しかしながら我々は、人倫が第一部、第二部とかかる関係にあることを知ると同時に、逆にまたこれら第一部、第二部の現実的基盤が人倫の中に存在することを認識しなければならない。即ち第一部について言えば、市民社会のうちの「司法 (Rechtspflege)」がそのことを示している。

「諸々の欲望とそれを満たす労働との相互関係という相関的な秩序は、それ自身、反省を、総じて無限な人格性というかたち、(抽象的な——ヘーゲル) 法というかたちでさしあたっては有している」 (§209)。

つまり欲望と労働との相関的な秩序が、「欲望の体系 (das System der Bedürfnisse)」において市民社会の構成員によって反省させられた時、そこに人格権としての抽象的権利が認識される。そして市民社会における各々の具体的人格は全て、その地位、性格、資産等々に拘らず一定の人格の権利を有することが確認され、かくして抽象的な法が「普遍的に承認され、知られ、意志されたものとして存在し、このように知られ意志されているということによって効力と客観的現実性を持ち」(同)、これらの抽象的な法は定立されて法律となる。ここにおいてヘーゲルが第一部で展開したものが、実は市民社会で存在している法律を

その実在的基盤から抽象したものであることが明白になり、第一部は、人倫の一契機、しかも市民社会の一契機としてその「固有の場」を市民社会において持つことになる。

また第二部「道徳」も、いわば第一部の補完物として特殊的主観的立場において成立するものであって (§110) これもまたその「固有の場」を市民社会に有する。即ち「道徳がその固有の場を持つのはこの領域「市民社会」においてである。この領域においては、自己の行動に対する「個人」の反省、諸々の特殊な欲望と福祉との目的が支配的であり、そしてこれら欲望と福祉との満足における偶然性が「他人に対する」偶然的個別的援助をもまた義務たらしめるのである」 (§207)。それ故、第二部「道徳」もこのような市民社会における特殊の人格を抽象したものであって、この領域で見られた特殊の主体的意志は、市民社会の具体的人格にその実在的基盤を有している。かくして我々は、第一部、第二部が共に人倫における市民社会の一面面を抽象したものであることを確認する。

さて周知の如く人倫は、家族——市民社会——国家という展開過程を示している。前述の第一部、第二部を通じて発展するとして述べられている人倫は、最後にその展開において自己自身をまさしく国家という完成形態で顕現する。そして人倫とは実はその最も完全な成果として国家の理念であり、その展開過程とは国家が即自かつ対目的に理性的なものとして現われる過程に他ならないとされるのである。

しかし同時にこの「国家は、学的概念の経過において自己が**真実の基礎**であることを明らかにしながら、**成果として現われる**」 (§256 Anm.) とされ、「それ故、現実においては国家こそ総じてむしろ**最初のもの**であり、**国家の内部ではじめて家族が市民社会へと発展するのであって、これらの両契機へ自己を分割するのは国家の理念そのものである**」(同)と述べられている。従ってここで明らかにすることは、国家が最初から人倫の根底に存し、人倫の最初のものであること、そしてこの国家が、人倫の展開において自己を家族と市民社会という有限な領域へと分割すること、しかもそれは国家が即自かつ対目的に普遍的なものとしての自己自身になるためであること、である。

我々は先の叙述及びこの人倫での国家の役割において、ヘーゲルの論理展開(即ちヘーゲル哲学を貫く前提——**成果の糸**)の特徴を明確なかたちで見ることが出来る。人倫においてそれは**国家の理念**である。この国家の理念が**真実の基礎**であり、かつ**成果**であると主張されることによって、この理念の自己展開とい

うヘーゲルの叙述は、理念がそれ自身の内から家族、市民社会を産み出し、そしてそれらを克服して再び自己に還帰するという過程をとるのであり、これが理念の真のあり方とされるのである。

しかしたとえ理念がその自己矛盾によって発展しようとも、また人倫においてそれが一貫したものとして叙述され、国家において全てが集約されて調和しているかのように見えるとしても、既述の如く第一部、第二部が市民社会の諸側面からの抽象であることは明白であり、この事実と、国家が『法哲学』の最初からその基礎として存在していること及びそれが一貫して展開していることと主張されていることを考え合わせれば、国家の展開の原理と市民社会を中心とする展開の原理とは食い違いが生じていると考えざるを得ない。それは、ヘーゲルが描いているような国家の理念の自己展開として、或いはその内在的超出として叙述されているような整合的なものでは決してないのである。むしろヘーゲルの主張する国家の原理と現実の市民社会の原理との間には橋を掛けることのできぬ深淵があると云わねばならない。即ちヘーゲルの論理と現実の論理との二重性が問題にされなければならないのであり、それ故、家族——市民社会——国家という人倫の移行の展開が順を追って検討されねばならない。

二

家族は、直接的な人倫的精神として、即ち各々の個別の人格が未だそれぞれの特殊の目的と欲望を持つことなく、一体性としての「家族的心術(Gesinnung)」の中に溶け込んでいる状態である。そこにおいては普遍性は、実体性——家族の中で感じられる一体性——として存在している。かかる一体性は現実には愛情(家族愛、家庭愛)である。この愛情の中で私は私の自己意識を、まさに私を放棄することによって獲得するのであって、他者との一体性、即ち家族構成員との一体性においてのみ、かえって私は自分自身を獲得することができるのである。このような愛の中で一体性がまず家族における規定であるという時、我々は、ヘーゲルの家族観が、封建的家父長的な関係とは異なる近代的な個人間の結合をその根底に有していると言わなければならない。事実かかる家族観は、家族の三つの側面——婚姻、家族の資産、子供の教育——においても貫徹している。

婚姻においてヘーゲルは、家族の最初の形態を、両人格の自由な同意、即ち自らの自然的で個別のな人格性を放棄し、前述の家族における一体性において新た

な一人格をなそうとする決意に見る。婚姻は、ヘーゲルによれば、自然成長的な人格の制限であるが、しかしその制限によって家族における実体的自己意識は獲得されるのであり、ここに自然的に即自的にあるだけの愛が、精神的な愛、自己意識的な愛へと変えられるのである。従って婚姻とは、自然的個別的自己意識の制限によって新たな人格の一体性を得る自己意識の解放であり、それが愛を根底に持つということが、本来の家族としてのあり方を可能にした土台であった。

このようにヘーゲルの家族は、その心術において人格的愛に基づくものとされるが、しかしこの愛はやはり感情、主観的なものであるから、家族の一体性の感情は、外面的実在的なものとして現われる必要がある。そこで家族のこの一体性を、本性上外面的で、感情によって左右することなく保持するものとして「資産(Vermögen)」が登場する。かくして家族は、人格としてその外面的実在性を「資産」というかたちでの所有において持つのである。

しかしながら、かかる「資産」は、ヘーゲルによれば、家族としての家族によって保持されねばならず、いわゆる家或は家系によって保持されるのではない。家族の資産は家族構成員の最初の一体性である愛が両人格の合一であったように、それ故両性及び子供がその内的感情によって強固に結びれていたように、構成員の平等の権利に従って分配されるのであり、「資産の自由と相続権の平等によってこそ人倫的形態は保持される」(§180 Anm.)のである。

しかも家族は、その愛情の外的一体性をこのような外面性である資産において有するのと同時に、精神的な一体性の顕現を子供において有する、とヘーゲルが述べる時、まさに子供における両親の愛の顕現を保障するものは、後の家族の解体の過程で明らかにされるように、子供が独立の人格として成長し、家族におけるその役割に従って家族の一体性に外面的に関係する限りにおいてのみみられる家族資産なのである。この意味でヘーゲルの家族は、封建的家父長制に対して、両性の愛情とその結果としての子供について最も重点を置く今日の意味での家族であったのであり、その積極面での評価は忘れられるべきでない。我々はここで、ヘーゲルの家族が氏族とは独立した一個の独自の現実的家族であること、婚姻の人倫的契機である愛は、抽象的觀念に対する愛ではなくて、現実の諸個人に対する愛であることを確認しなければならない。そうであればこそ家族の資産は、資産の自由と相続権の平等によって、各家族構成員の人格性を保持するものとなったのである。

このような家族には、次の領域である市民社会における個別的特殊性が即自的

なまま存在しており、いわばこの家族は市民社会の中での家族として、市民社会の中心たる特殊的人格をその構成員としていのである。この家族においては市民社会と異質なものは何もなく、従って市民社会はこの家族の拡大或は離散したものとす。ヘーゲルの見解は、市民社会の形成についての問題を残すものとはいえず、特殊性の強調という限りにおいては、的を射たものと言えよう。

家族において実体の一体性を有していた各々の個別的人格は、市民社会においてその特殊性を前面に押し出し、かくして市民社会は、さしあたって自分が自分にとつて目的である特殊の欲望の塊としての特殊的人格を一方の原理とする社会となる。しかしながら特殊的人格はそれが自己の目的を追求するためには、やはり他の同様な個別的特殊的人格と関わり合いを持たずにはおれないところから、普遍性が他方の原理として出てくる。即ち各々の特殊的人格は、普遍性という形式を通してのみ自己の目的、対象を獲得できるのであり、そこに市民社会が普遍性の現象界とされる意味がある。

さてこの市民社会は、各人が自らの特殊の目的にのみ力を注ぐ「欲望の体系」から始まる。「欲望の体系」では、かかる特殊の目的に邁進する人間が、主観的欲望を出発点として、これの満足、即ち客観性を得る媒介過程の解明が重要とされる。従つてここで問題とされるのは、自由意志のひとつの規定的な定有である所有において自己の欲望を満足させて自己を確証する人間であり、しかもその満足度を他の同様な人格との関連において行なう人間なのである。

ところでかかる主観的欲望がその満足、即ち客観性へと到達するのは、(a) 私有する外物によつてばかりでなく、他の人々の欲望と意志の所有であり産物であるところの外物という手段によつて、また(b) 欲望と満足とを媒介するものとしての活動と労働によつてである (§189)。しかもこれらの手段及び活動、労働は、人間悟性の働きによつて欲望を複雑化すると共に、その満足のための手段を複雑化し、同時にそれを特殊的に分割するが故に、満足手段を得るところの労働も、この手段の分化に応じて分化し、かくして分業が出現する。「分業と共に個々の労働は一層単純になり、またこれによつて個々人の抽象的労働における技能も、その生産量も一層増大する。そしてそれと同時に、今や技能と手段とのこの抽象化は、他の諸々の欲望の満足のための人間の依存性と相互関係を完成し、全き必然性にまでするのである」 (§189)。

ここに「欲望の体系」で述べられた個人が、「抽象的労働」に従事し、自己の所有でありながら実在的定有としては他人の欲望満足の手段であるもの、即ち交

換可能な手段を生産するところのものであることが明らかとなる。ここで問題となつている「特殊的人格」とは、社会的な分業下の労働に従事することによつて、他人の欲望を満足させるための交換可能な手段、商品を生産すると共に、他人との商品交換によつて自己の欲望を満足させるところの自立的な商品生産者なのである。

このような特殊的人格はそれの欲望満足が相互依存的であり、従つて社会的連関を有するが故に、この主観的目的と右に述べた活動によつて形成される内的必然性が存在する。そしてこの内的必然性に基づく社会的関係がむしろかかる特殊的人格を相互に支えているのである。この内的必然的な社会関係が、ヘーゲルによつて「有限的な領域への理性の反映」 (§189) —— 悟性的普遍であるとして取り出され、「普遍的持続的資産 (das allgemeine, bleibende Vermögen)」とされるのである。そして「それは各人に自分の教養と技能によつてこれに参与して、自分の生計を安全にする可能性を与えている。——それと共にまた、各人の労働によつて媒介されたこの取得が、普遍的資産を維持増大するのである」 (§189)。

しかし「欲望の体系」においては、この普遍的資産は各人にとつて自らの生計を維持する可能性として存在するに留まり、実際に各人の定有として存在するのは「特殊の資産 (das besondere Vermögen)」としてなのである。普遍的資産は現実には特殊の資産としてのみ各人のものになるのであるから、ここでは、それ故に特殊性が媒介として示されねばならない。

この普遍的資産に関わる特殊性には二つのものがある。ひとつは市民社会の人間の特殊性、偶然的特殊性であり、他は市民社会の内的必然性として存在する概念の自己規定としての特殊性である。

(1) 「ところが普遍的資産に参与する可能性、即ち(個人)の特殊の資産は、ひとつには直接的な固有の基礎(資本——ヘーゲル)によつて、またひとつには彼の技能によつて制約されている。そしてこの技能はそれ自身また、資本と更には諸々の偶然的事情によつて制約されている。この偶然的事情の多種多様さが、それ自身既に不平等であつた生来の身体的精神的な素質の発達において相違を生じる。——この相違、それはこの特殊性の領域のあらゆる方面、あらゆる段階に現われ、その他の偶然や恣意と共に、諸個人の資産と技能との不平等を必然的結果として有する」 (§200)。

かくして特殊の資産の不平等は、個々人の生来の素質、財産等の有無といつた

極めて偶発的なものによって左右されることになる。

(2)しかし他方ヘーゲルは、「人間の諸々の欲望とその運動の体系のうちには、内在的な理性がある」 (§200 Anm.) のであって、この理性が体系を諸々の區別を有する有機的全体に編成する、として、概念自身の自己規定でありその區別の定立としての特殊性を、市民社会における「身分 (the Stand)」のうちに見る。

即ち「無限に多種多様な手段と、相互的な生産と交換におけるこれらの手段の、同様に無限に絡み合う運動は、これらの手段とその運動の内容に内在する共通性によって集中し、諸々の一般的集団に区別される。こうして全連関が、欲望やその手段や労働の、満足の仕方方法の、また理論的及び実践的教養の特殊の諸体系へと——それに諸個人が割り当てられるのであるが——即ち諸身分の区別へと出来上がるのである」 (§201)。

この諸身分は、「概念に従って」以下のように区別される。(1)「実体的或は直接的身分」としての農業身分。(2)「反省的或は形式的身分」としての商工業身分。(3)「普通の身分」としての官吏。そしてこれらはそれぞれ第一、第二、第三身分とも呼ばれる。

さてこれらの身分のそれぞれについてその内容を検討してみるならば、「欲望の体系」において見られたような自立的商品生産者がその主体となつてることが明らかとなる。即ち第一身分について言うならば、この身分は、「自分が耕す土地の自然的産物において自らの資産を有する」 (§203) とされる。従つてかかる身分とは、土地を所有し、自ら耕す土地の生産物によって生計を保持する自立的な農民なのである。それ故現代では農業経営は、工場のように反省的方法でも行なわれるとされ、そしてその場合、第二身分の性質を帯びてくるとされる^②。即ちここでは「実体的身分」も第二身分的な性格を、市民社会における本来の身分内容を有しつつあることが明らかであろう。

次に第二身分に関しては、この身分こそが市民社会の中核となすものであり、第一身分の如く未だ封建的性格と近代的性格とを混在させているものではなく、「欲望の体系」において顕現する特殊の人格の本来の基盤なのである。この身分は、内容的には更に、(i)「個々の欲望に対していかなり具体的なやり方で個々人の求めに応じての仕事」 (§204) をする手工業身分、(ii)「個人の欲望に対してであるが、しかし一層一般的な需要に依る、一層抽象的な労働総量」 (同) を行なう工業家身分、(iii)「主として普遍的交換手段によって、即ちそこに全ての抽象的

価値が現実存在しているところの貨幣によって、離れ離れになっている諸手段の相互交換の仕事」 (同) をする商業身分に細分される。このうち手工業身分と後の二者の身分とを比較すれば、市民社会では後者の身分が主要なものとなり、手工業身分は後者によって駆逐され、本来的な身分としては解体過程にあるとされる。従つてこの第二身分においても問題とされるのは、封建的な身分の解体から生じた自立的生産者であり、他との交換可能な生産物、欲望満足的手段、商品を生産するところの、またこの商品の交換に従事するところの、或はこの関係の下に含まれつつあるところの自立的生産者なのである。

次に第三身分は、「社会状態の普遍的利益を自己の仕事とする」 (§205) もとされるが、その内実は、社会的普遍的利益と私的利益との分裂対立を前提とする近代国家における官吏であり、またその出身地盤は第一身分のうちの土地貴族の部分であるとされる。ヘーゲルによれば、この身分は普遍的なもののために働くのであり、そのためには、保障として「私有財産」或は「国家の補償」によって直接の労働から解放されなければならない (同)。しかしこのことは、国家においてこの身分が市民社会とは少し異なる原理を含んでいる身分から出てくることを示すものであるが、これについては後に触れる。

このような近代的諸個人と諸身分とによって形成される市民社会は、その特殊の諸目的に従つて諸個人が活動しながらも、そこに存する内的必然性によって普遍性に結合されている社会であり、こうして個人は「市民社会の息子」 (§208) となり、市民社会は「普遍的家族という性格」 (§209) を持つようになる。しかしこの「市民社会は、妨げられない活動状態にある時には、それ自身の内部で人口と産業の発展途上にある」 (§210) が、それは、(1)「人間の諸々の欲望による人間の連関の普遍化によって、またこれらの欲望のための手段を製調達する方法が普遍化することによって、富の蓄積が増大する」 (同)。しかし他方では、(2)「特殊の労働の個別化と制限が増大すると共に、この労働に縛り付けられた階級の隷属と窮乏が増大し、それによってその他の諸々の能力の無能力化、特に市民社会の精神的な利益の感受、享受の無能力化と関連付けられる」 (同) のである。

従つて「市民社会の構成員にとって必要なものとしておのずから調節されてある生活状態の水準以下に、大衆が没落することは、(中略) 賤民 (Prolet) の出現を引起し、他方では同時に、不釣合な富が少数者の手に集中することが、一層容易になる」 (§211) とされるのである。ここでヘーゲルは当時の市民社会の現象——一方での富の蓄積と他方での窮乏——を叙述し、そのことがヘーゲルの

歴史的観察の鋭さの例として挙げられるであろう。しかしヘーゲルにとってこれらの現象は、市民社会に内在する矛盾の現象形態としては扱えられておらず、市民社会によっては外的偶然的な現象として、それ故「公共の威力 (die öffentliche Macht)」（§252）としての「福祉行政 (Polizei)」によって処理されるべき筋合のものであった。しかし「福祉行政」は、市民社会の内部でこの賤民の発生を阻止するために植民と外国貿易を行なうのであるが、その解決策は何ら根本的なものではなく、悪無限的に続くもので、これの機能は、市民社会の特殊の主観性と悟性的に過ぎない普遍性とを相対的に合一させる外的な秩序を維持するものでしかない。そして真の解決は国家において与えられるとされるのであるが、その前に、国家的な心術を市民社会において有し、地域的に制限されてはあれ、上記のもの内面的統一をはかるものとして「職業団体 (Korporation)」が取り上げられるのである。

「職業団体」が第二身分に——それもツフツ的な中世的組織ではないかたちで——与えられ、それに相応しいとされることは、前述の「身分」においてそれを構成する個人が近代的個人であったことを考え合わせるならば、まさに、「職業団体」こそが市民社会の本来の姿、その理性的な形態として扱えられねばならぬものになる。その意味で国家の第一の土台が家族であるとするならば、身分が第二の土台であるとされ、かつ「家族」に加えて、職業団体は国家の第二の人的倫理的根底、即ち市民社会に根ざす根底をなす (§255) とされるのである。かくして「身分」と「職業団体」とは、市民社会中の市民社会として、それ自体完成した側面を有するのである。

以上見て来た市民社会は、その二三の個所において普遍性と特殊性との合一がなされていたとはいえ、依然として両者の分裂の段階であり、普遍性の現象界であった。そしてこの分裂は国家において克服され、人倫的理念はそこにおいてその現実性を獲得する。それ故市民社会は国家にまで揚棄されねばならず、市民社会において特殊的目的のためにひたすら活動して来た諸個人は、国家においてその利益を普遍的なものとして現実化するのである。この市民社会から国家への移行は何によってなされるか。それは両者——即ち市民社会において「概念に従って」区別された「身分」と、国家の理念の直接的現実性、有機的組織としての個体的国家の体制——を比較することによって端的に示される。

国家は理性的であるためには、自己の活動を「概念の本性に従って」自己の内

ある (§272) ように自己の活動を区別し規定しなければならぬ。従って政治的国家は次のように自己を区別する。(1)「普遍的なものを規定し確定する權力、立法権」、(2)「特殊の諸領域と個別的な出来事を普遍的なものの下へ包摂する權力、統治権」、(3)「最終的意志決定としての主体性の權力——君主権」 (§273)。そしてこれらの区別された諸權力は、君主権において個体的一体性へと統括されており、君主権が国家の頂点であり、起点となる。このような国家における諸々の權力の区別は、具体的には、君主権は君主に、統治権は内閣、政府に属し、そして立法権はその中に二つの契機——最高決定としての君主的契機と、具体的諸問題に対して国家権力の必要とする様々な知識をもって審議する契機としての統治権——を含むものとされる。なお立法権にとっては議會は「要素 (Element)」として、その中にあって参加するものとして示されている。かくして国家の主要なる方向は君主と統治権によって決定されるのであり、これに対して議會は、その審議に参加するところの、市民社会と国家との媒介機関となる。

かかる国家体制と市民社会の諸身分とは如何に結び付くか。ここにヘーゲルが今まで展開して来た政治体制が理性的であるための、従って市民社会を克服した国家思想が現実性を有するための前提が存在する。

まず議會においては、これら諸身分は、それらが既にそうあるところのものとして、即ち実体的関係を基礎とする身分（農業身分）と、特殊の欲望とこれを媒介する労働とを基礎とする身分（商工業身分）の二つの身分に区別されたかたちで——上院と下院として——議會を構成する。そして二院制議會によって、国家の内て現実的に特殊なものは、この方法でのみ普遍的なものへと結び付く。

このうち前者（上院）については、「市民社会の一身分はこの政治的關係へと構成されるのにそれだけでふさわしい原理を含んでいる」 (§285) とされ、自然的人倫の部分、即ち土地貴族がこれにあてられ、ここへは君主と同じ源を有している身分が出てくることになる。それは「この身分の資産が、国家資産から独立していると同じく、營業の不安定と利益欲と占有一般の変わりやすさとかからも独立し」 (§286)、その資産を所有する個人さえも勝手に処分することができぬ所有制度によって縛り付けられているからである。即ちこの身分の資産の特徴は、「譲渡し得ない、長子相続権を負った世襲財産」(同) であって、このことが君主と同様の原理なのであり、ここに第一身分がそのまま上院の政治的身分に移行するといふ展開がなされる理由が存する。そしてまたこの資産が、国家の安定した支柱となる権限をこの身分に与えるのである。

これに対して下院には市民社会での第二身分が属し、選挙によって選出される。しかしながら下院は、「普遍的要件(公事)」に関して、議会が共に知り共に審議し共に決議するという点において、政治に関与しない市民社会の構成員を考慮して(§314)存在するのであって、ここにおいてこの身分はまさに政治に参加し、市民社会の構成員の形式的自由は保障されることになる。それと同時に議会は、政府と国民との間の、また君主と市民社会との間の媒介項であり、一方では君主の側からの決定が独断でないとする見せかけとして、また他方では国民の側からの圧力を不当に狭め抑圧するものとして機能するのである。

更にこれらの議会とは独立した権力であり、君主権による決定を実行するところの統治権の構成員である官吏は、普遍的なものに仕え、それを目的とするものであるが故に、「冷静で合法的で穏和であることが習性(Sittlichkeit)となる」 (§296)人間でなければならず、ヘーゲルは官吏になる可能性を形式的には市民社会の全構成員に与えているとはいえず、任命権は君主にあるが故に、この身分は君主と同様の原理を有する身分から選出されて然るべきであることになる。そしてこの結果、君主、行政府、上院という三者の密接な関係が作り出されるのである。

三

以上のような人倫の展開過程は、家族にその起点を有し、最終的には立憲君主制としての国家で完成された姿、その現実性を獲得する。この過程は、表面的には真実の基礎としての国家の理念が自己展開し、現実にも顕現する即自かつ対自的に普遍的なものとなる過程として描かれている。しかしながら今まで見て来たように、その過程には二つの原理が存在していると考えられる。即ちひとつは、家族と市民社会の基本的な部分を有する市民社会の原理であり、他は、人倫の以前から前提されており、国家において顕現するとされる国家の原理であると言えよう。そして展開を見る限りでは、この国家の原理が最終的なものとされ、これが家族、市民社会を通じて自己自身に還帰するかの如き叙述が行なわれるのである。

しかし我々は、これらの諸原理が相調和してひとつの全体、国家を形成しているのではないということ指摘しなければならない。何故なら、市民社会の原理に関して言うならば、これは、その現実的な担い手が市民社会において中心的に活動する人々、即ち近代商品生産経済の成立発展と共に出現した自立的商品生産者であることから明らかなように、自己の労働に基づく商品生産、商品流通によ

て相互に結ばれた近代的意味での個人を構成員とする社会の原理であり、中世封建制より脱した、従ってその資産の自由と相続権の平等とを認めるところの市民社会の本来の構成員の原理なのである。

家族における愛情は、資産をその外面的定在とはするが、かかる愛は近代的個人間の愛であって、封建制による土地、家系からの拘束を受けたものではない。それ故第一身分は、ここでは第二身分的性格をも近年有して来ているとされ、本来の市民社会としての第二身分と似通って来る。そして第二身分そのものは、このような原理を担うものとして、それぞれが職業に従って組織される職業団体を通じて下院へと政治参加を行なう。従ってここに、家族より、市民社会の第二身分を通じて国家の下院へと貫かれる原理が、市民社会の原理として確認されるであろう。

これに対して、他方の原理、国家の原理は、君主と同様の資格を有する土地貴族をその担い手とする。土地貴族は、君主と同様、出生によってその地位に就くべく定められていることから、自分の意志によっては勝手に処理することのできぬ財産制度に縛り付けられていることから、また財産の分散を防ぐために长子相続制を取ることからも、国家の原理の担い手となるのである。従って、この原理は、中世封建制の名残りを留める土地所有者の原理であると言えよう。

それではかかる二つの原理は、如何に人倫の展開過程の中に組み込まれ、あたかも国家の理念が自己展開して最終的に顕現するかのようになるのか。少なくともこれまで見た限りにおいては、市民社会の原理は、如何に延長、展開されようともヘーゲルの展開した国家にはなり得ず、国家も、土地貴族の国家として、市民社会と相調和するものではない。それ故、問題は、ヘーゲルが如何にこれら二つの原理を扱っているかにあるのであって、この解明は、とりわけ市民社会における「身分」制度と、その国家制度との関係の検討によって与えられる。何故なら、今まで述べて来たヘーゲルの論理展開は、最終的に国家として結実するための鍵を市民社会における「身分」制に、そしてその仕上げを国家制度の、就中立法権において有しているからである。

最初に我々は、国家への移行の鍵を握っている市民社会の「身分」制について述べねばならない。

既に前において我々は、「身分」制が「欲望の体系」での普遍的資産への参加の仕方として現われたのを見て来た。そしてその際、普遍的資産への諸個人の参

加の仕方には、偶然的特殊性と、「概念に従って」区分される必然的特殊性が存在することが指摘された。市民社会において自己の欲望のみを自らの目的とする諸個人が他の万人へ依存することによって産み出されてくる普遍的資産が、かえってその諸個人の根底に、彼らの生計を安全にするものとして存在するということは、理性的なるものの現象界においてもなおそれを貫く有機的全体性が、諸々の現象の背後に存在するというを示している。従ってかかる全体性、普遍に対する関係において、諸個人が各々の特殊性によって区別されるべきとき、実はそれらの諸個人はまさにその相互的な生産と交換における「共通性によって集中し、諸々の一般的集団に区別される」のである。我々はこのことよって、ヘーゲルのいう「身分」の区別が、現実の生産と交換に関わる者としての個人に従って行なわれた、市民社会の現実の叙述であることを知り得る。何故ならヘーゲルの「身分」は、「欲望の体系」がそうであったように経済的なものであり、それ故経済的なものが第一義的である市民社会がかかる区別を有しているからである。

しかし問題は次の点にある。この「身分」は、それなりに市民社会の現実の反映であり、無批判的であるとはいえず、その根拠を有していた。ところがヘーゲルによってこのようにして述べられたその同じ「身分」が、まさにそのすぐ後で、「概念に従って」区別されたものとして位置付けられるのである。前には現実の描写として、いわば経験的な「身分」であったものが、今度は突如として「概念に従った」理性的なものとして、何の前置きもなしに語られることになる。換言すれば、市民社会における有限性の領域への映現である抽象的悟性的普遍に従って区別された「一般的集団」が、次には突然理性的な普遍性として規定されるのである。

こうしたやり方が如何にして行なわれ、そしてその意図は何であったのか。ここにヘーゲル『法哲学』の秘密が存していると言っても決して言い過ぎではないであろう。そこで我々は、市民社会における「身分」の意義とそれに関わる諸領域について触れることになる。

歴史的に明らかかなように、市民社会における諸身分は、中世では政治的意義における諸身分と同一であった。何故なら「市民社会が政治的社會であったからであり、市民社会の組織的原理が国家の原理であったからである」(S.275)③。即ち中世では市民社会の諸身分は、それらがあるがままに政治的機能を行使していたのであり、それらがそのように振舞うのは、その諸身分自体が政治的であったからに他ならない。それ故「それ〔中世の市民社会〕の身分はその国家であっ

た。帝国に対する関係はこれらの様々な国家と国・というもの(Nationalität)との取引関係でしかなかった。何故なら政治的國家は、市民社会との区別においては、国・というものの代表以外の何ものでもなかったからである。国・というものはこれら様々な団体等々の体面問題であり、就中政治的意味のものであった」(S.280)。中世の市民社会の諸身分は、他の身分である領主等の特権を認めつつも、また自己の特権をそれに認めさせ得たのであり、そこでは領主の身分は全くの公共事を私事として扱い、私的身分として存在する。かかる中世における身分は、市民社会における意義と政治的生活における意義とを何ら分離することなく現実政治的機能を行使し、そこには市民的生活と政治的生活との、従って市民社会と政治的國家との分裂はあり得なかった。

これに対して近代のその特徴は両者の分裂にあると言わねばならない。近代の市民社会での中世の諸身分がその政治的意義を失ったのはブルジョア革命を通じてであった。近代市民社会は、ヘーゲルにおいても述べられているように、自己の特殊的目的のみに邁進する個人、換言すれば自立的な商品生産によって他と結び付く個人をその構成員としている。それ故市民社会は、根底的にはかかる個人がその中で活動する経済的社會としての性格を有して来、そのことは同時に市民社会の諸身分が、中世におけるような政治的固定的なものとしてではなく、経済的でありつつ一定の流動性を持ったものとして変質したことを意味している。この変質、即ち政治的諸身分から社会的諸身分への転化が、ブルジョア革命によって決定的なものとなったのである。市民社会における諸身分は、かくして「ただ社会的というだけの区別、即ち政治的生活の中では無意義である、私生活上の区別」(S.284)になった。ここにおいて市民社会の社会的諸身分と政治的生活との、即ち市民社会と政治的國家との分離は決定的になり、市民社会の諸身分は、政治的國家とは区別された、それに対立する私的身分として確定されるのである。これが近代市民社会において身分の有する意義である。それはその内容において社会的な生活と政治的生活との双方を拘束していた中世の封建的身分制から、それ故社会的にも政治的にも他の身分とは不平等であった状態から、政治的区別をどうでも良いものとしたという意味で、即ち、政治的平等へと導いたという点において一大進歩と言えよう。もちろん社会的諸身分が存在していることは、「個々の國民が彼らの政治的世界の天國にあっては平等で、社会の地上的生活においては不平等」(S.283)であることを廃止するものではない。しかし近代市民社会が既にかかる社会的諸身分のみを有していたこと、従って政治的にはかかる諸身

分は全くの私的身分としての意味しか有していなかったことは注目されねばならない。何故なら、人倫における論理展開の二元論は、この諸身分に再び政治的意義を与えることによって、外面的に政治的諸身分と社会的諸身分との同一性を取り繕ろうとするものであるからである。

そこで我々は、市民社会の諸身分のそれぞれについて、それらの市民社会及び国家との関係を更に詳細に検討する中で、人倫の展開過程を浮き彫りにしたいと考える。

まず最初に、上述の市民社会の私的身分の性格に対して相反するひとつの「身分」があることを指摘しなければならない。即ち「社会状態の普遍的利益を自己の仕事とする」普遍的身分がそれであって、この身分は現実には官僚制として存在している。しかしながらこの身分は、統治権において明らかにされるように、「普遍的利益〔国家の利益〕をこの〔特殊的な〕諸目的の中で貫くものである」(§287)とされ、市民社会に元来存する身分ではない。それは、理念の分裂の段階にある市民社会においてさえも、即自かつ対目的に普遍的なものである国家の利益を貫くように使命付けられているのであり、「これらの特殊的諸権利において普遍的な国家利益と法律的な事項をしつかりと維持すること、後者の前者への還帰」(§289)のための統治権の代理者とされている。即ちこの身分は、市民社会に對立する存在なのであって、市民社会の中の国家の役割を果たすものなのである。にも拘らずヘーゲルがこの身分を市民社会の身分としたことは、一方では現実の市民社会の無批判的な叙述によるものであり、他方ではこの身分を置くことによって、市民社会と国家との関係に整合性の仮面を被せるために他ならない。後者の側面に関して述べるならば、官吏は次のようにして任命されるのである。

「この職務〔統治の職務〕への諸個人の任命のための客観的契機は、彼らの能力の識別と証明である」(§291)。

「公務に就くための客観的側面は、(中略)天才性の内にあるのではないから、優先が絶対的には決定できない不特定の若干数の者達が必然的に存在する。こうした若干数の者達の中から、この個人がある地位に選抜され、任命されて、公務の管理を委任されるといふ主體的な面、即ちそれ自体としては相互にどこまでも偶然的な二側面としての個人と官職とを結び付けることは、決定権と最高の国家権力としての君主権に帰属すべきものである」(§292)。

従って官吏は、能力の証明である試験と、君主の恣意によってその官職に結び

付けられる。しかもかかる官吏になる可能性は市民社会の全構成員に与えられているものとされる。

「この証明〔試験〕、それは国家にはその必要とするものを確実にし、また〔任命の〕唯一の条件として、同時に各市民に普遍的身分に身を捧げる可能性を確実にするのである」(§291)。

ここに市民社会と国家とを結びひとつの同一性、肯定的関係が出現した訳である。しかしこの同一性、即ち市民社会の構成員の誰でもが官吏になれる可能性を有するとされるということは、現実には官吏の身分は、市民社会の構成員のものではないということを示しているだけであると言えよう。何故なら、最終的な任命の権限が君主にある以上、市民社会の諸身分には普遍的身分へと身を捧げることが事実上不可能となっているからである。普遍的身分は、それ故市民社会の内なる「国家」の代表として市民社会へと組み込まれている訳であるが、この身分は、後に示される第一身分と密接な協力関係をもって君主権の事実上の行使者となる。

以上普遍的身分について述べた後、次にこの身分と並んで、もうひとつの市民社会と国家との同一性、肯定的関係を形造る第二身分の検討に進むことになる。第二身分は、市民社会の中で最も市民社会としての性格を示している身分であった。そして政治的国家が普遍的身分を通じて市民社会に関係し、統治権を貫徹しようとするのに対して、市民社会は、自己の特殊的利益に配慮すると共に、自己をより高い国家的利益に従属させるために、市民社会の諸々の団体の行政的管理と運営、及びそれらの管理者や長や経営者の任命を通じて国家と結び付く。

これらの諸団体が管理する事項は、「一面ではこれらの特殊的な諸領域の私的所有と利益であり、この面から言えば、彼らの権威もまた彼らの身分の者や同じ市民達の信頼に基づくが、しかし他面、これらの仲間集団は国家のより高い利益に従属していなければならない」(§288)。従ってこれらの諸団体がこのような相対立する二面を有している以上、その管理者の選任は、「これらの利害関係者達の普通選挙と、上からの確認及び任命」(同)という混合されたやり方によるとされる。ここに市民社会と国家とがより肯定的に結び付くとされる紐帯が存している。かくして市民社会の諸団体は、その管理者等々を通じて統治権へと組み込まれる。しかしながらこの市民社会と国家との肯定的関係は、決して両者の対立を解消する手段とはならない。何故なら諸団体の管理者等の選任が市民社会と国家との両者の側からの混合方式によって行なわれることにも明らかになように、

この肯定的関係は、単なる調停、妥協に他ならないのであって、そこには依然として市民社会の諸団体の利益と国家の普遍的利益との対立が残されているからである。それ故この対立は、「より高い国家利益に対する特殊の諸領域の私的所有と利益の対立であり、私的所有と国家との対立」(§251)である。かくしてこれらのいずれの肯定的関係も、市民社会と国家との対立を解き得ぬものであったということになり、普遍的身分並びにこれら諸団体においてその特徴を有する市民社会の中の市民社会である商工業身分は、この「身分」論においては、それぞれ市民社会内部での国家と市民社会の契機をあらわすものでしかなかつと言えよう。それ故、市民社会と国家との関係は、市民社会における家族の契機とも言うべき実体的身分にその最も基本的な役割が担われねばならない。我々はここで第一身分の検討に移らねばならないが、但し市民社会から国家への移行については、この後立法権その他の所で明らかにされるが故に、ここではこの身分の展開について述べるに留める。

さて市民社会においては、第一身分が第二身分に類似した性格を持ちつつあったことは、ヘーゲルが指摘した通りである。この身分は自己の資産として自分の耕す土地の自然的産物を有するのであって、「家族関係と信頼とに基づく直接的人倫の実体的心術を保持している」。従ってこの身分は、市民社会において見る限り、家族の中にある愛情を基礎としているのであり、このことは、事実上ある程度まで家父長制的生活様式を残すとはいえ、明らかに近代的市民社会の身分であることを示している。しかしながらこの第一身分は、先に見たように、その中に区別を含んでいた。即ちヘーゲルは、立法権においてこの身分を「実体的身分」としてよりも、むしろ「地主身分」とし、そこで「農民身分」と「教養ある部分」とを区別している。ところがヘーゲルにおいてはこの区別に関して、市民社会での両者の位置が曖昧にしか述べられていないことが指摘されねばならない。即ち「教養ある部分」は、やと立法権において出現するのであり、それも突如として出て来るからである。それ故市民社会では、これらの区別は不分明なまま述べられ、あるときにはこの身分が市民社会の私的身分として、いわば市民社会の上に乗ったものとして現われ、また他のときには国家において政治的機能を果たすものとして現われて、あたかもこの身分こそが市民社会と国家との整合的な関係を作り出すかの如き外観が与えられるのである。しかしながら既に見たように、この身分が少くとも二つに大別されるということは、市民社会と国家との対立がここでもまた解消され得ないということを示している。市民社会においては、第

一身分は、その内容からして「農民身分」を指しているのであり、「教養ある部分」は、市民社会の私的身分とは異なる内容を有している。何故なら、この部分には、議会において明らかにされるように、市民社会の諸身分が私的身分であって最初から政治的国家に対立する性格を有しているのに対して、その身分的な働きと存在自体が政治的な機能を有しているからである。それ故この身分は、官僚制が国家の側から市民社会に差し伸べられた手であったように、市民社会から国家の側へと差し伸べられた手であり、それも第二身分のように政治的国家に対立する身分が伸ばす手ではなく、市民社会を国家と和解させようと伸ばす手の役割を果たすようになるのである。この「教養ある部分」は、市民社会において「農民身分」と共に第一身分としての外皮を被っていたのであるが、この部分の原理については、市民社会から国家への移行の解明のときに述べられる。それにしても「実体的身分」の内容がこのように曖昧にされたまま、国家において「教養ある部分」即ち土地貴族が現われるというヘーゲルの展開の仕方には、論理的範疇に合致した現実的な存在を見つけ出すという非合理的側面の一端が顕現していると言うべきであろう。

以上のように、市民社会のそれぞれの身分は、それらの本質であった私的身分という前提から出発するならば、政治的国家と結び付くものではなく、むしろそれに対立するものであること、従って市民社会と政治的国家との対立は依然として残されたままであることが確認された。ではヘーゲルは、この状態から出発して如何にして政治的国家へと到るのであるのか、そして市民社会の私的身分的性格と政治的国家との矛盾を如何にして解消するのであるのか。それは、人倫の完成態としての政治的国家の全体であるとされる立法権において与えられることになる。

四

ヘーゲルによれば、国家は君主を頂点とした君主制国家であり、最終的意志決定の契機としての君主は、世襲によってその位に就くとされる。しかし、ヘーゲルによって現に国家の全体とされたものは立法権であり、この「全体としての立法権」(§300)の内に、むしろ君主権並びに統治権が含まれる。即ち立法権の内なる二つの契機——君主制契機と統治権——は、それぞれ、前者は、最高の意志決定を行なうものとして、後者は様々な要件について具体的な知識と展望をもつ

て審議する契機として、共に立法権を構成する。そして議会は、この立法権の中の要素として、君主権と統治権から区別された権力として、狭義における立法権と言うべきものと位置付けられる。

ここで立法権とりわけ議会の検討に入る前に、「全体としての立法権」と国家そのものとの関係を明確にしておかねばならない。というのは、これらの関係についても、ヘーゲルの曖昧さがその展開を神秘化しているからである。我々がここで特に検討すべきことは、ひとつには立法権そのものを確定すること、即ち立法権の内容と憲法との関係を明らかにすることであり、またひとつにはその立法権と他の諸権力（特に統治権）との関係を検討することである。このことによつて、ヘーゲルが、基本的には国家においても二元論を展開していることが明らかになるであろう。

まず「全体としての立法権」と憲法との関係について。

「立法権は、更に進んで規定される必要がある限りでの法律としての法律と、内容では全く普遍的な国内的諸要件とに関わる。この権力はそれ自身憲法の一部である。そして憲法は、この権力に対して前提されており、その限り憲法は、元来立法権の直接的な規定の領域外にあるが、しかし法律の更なる作成において、また普遍的な統治上の諸要件の前進的性格において、更に一層の発展を得る」(§288)。

右のヘーゲルの叙述によれば、立法権は、「憲法の一部」であつて、憲法は立法権の「領域外」にあるものとされる。従つて憲法は、元来立法権がそれを基礎として立つところの土台でなければならず、それ故それは作られる必要はなく、存在しているものである。即ち憲法は、立法権以前に存在しており、立法権は、その憲法に存在する様々な法を見出し、定式化するという役目のみを有しているとされる。

しかしながら、憲法がこのように立法権の領域外に存在することを述べたすぐ後で、ヘーゲルは、またそれは本質的に生成してゆくものであるとして、これとは全く逆の事実を述べる。先程の本文を繰り返せば、「憲法は法律の更なる作成において、また普遍的な統治上の諸要件の前進的性格において、更に一層の発展を得る」のである。以上によつて分ることは、ヘーゲルが、一方では憲法が立法権の前提であることを認めながらも、他方ではその立法権が、「普遍的な統治上の諸要件の前進的性格」によつて憲法を変えてゆくと主張しているということである。しかしこのことによつても立法権と憲法との関係は依然としてはっきりせ

ぬままであり、いずれがどのような位置にあるのかは明白でない。このヘーゲルの展開について、マルクスは次のように指摘している。

「直接的には憲法は立法権の領域外に存するが、しかし間接的には立法権が憲法を変えるのである。立法権は、それがまっすぐな方法では行なうことができず、またしてはならないことを、ある方法で行なうということである」(S.257-8)。

即ちヘーゲルにおいては、「立法権の事実上のやり方と合法的なやり方」(S.258)とが、「立法権のあるべきところと現実にあるもの」(同)とが、仮象と本質とが矛盾しているのである。我々は、この場合ヘーゲルが立法権の内容を混同していることに注目しなければならない。立法権は、ときには立法するだけの、他の諸権力と区別されただけの権力の意味であつたり、またときにはそのような権力の区別を全体として包摂するような、国民に与えられた基本的人権の性格を有するものの意味であつたりするのである。

同様のことが憲法についてもあてはまるであろう。憲法と呼ばれるものが、立法権と同じ意味において「理性的意志の普遍的諸規定、基本的諸規定」(S.288)として、即ち諸国民の基本的人権の明記されたものとして解されるならば、何ら立法権に対立するものではない。しかしこの場合にも、憲法という語が、単に憲法の条文、それも既に古くなってしまった憲法という意味に解される場合があり、その区別をヘーゲルはしていない。そしてこの曖昧さによつてヘーゲルは、憲法は立法権の領域外にあるが、また同時にそれは立法権によつて変えられるという、どちらとも言えぬ展開を可能にしたのである。

しかしそもそも憲法そのものが立法権の領域に入るべきか否かが何故問題とされるのか。即ちそれは、マルクスが指摘した通り、「(1)政治的国家が現実的国家の単なる形式主義として存在する場合、政治的国家が一つの個別的な領域である場合、政治的国家が「憲法」として存在する場合、(2)立法権が統治権等とは異なる起源のものである場合」(S.288)にのみ問題とされるのである。前者の場合には、政治的国家の形式的性格が問題となるときにまさに提起されるのであり、後者の場合には、立法権の全国民的性格がとりわけ問題にされるときにそうなるのであるが、両方の場合共現実の市民社会と政治的国家との対立の存する状態であり、それらの間の調停が必要なきなものである。それ故この問題が提起されたこと自体、ヘーゲルが市民社会と国家との対立を認識していたことを物語っている。そしてヘーゲルは、この立法権と憲法との関係の問題に関わることで、市民社会と国家との対立の解消の問題に移って行かざるを得ない。そして我々は、

かかる対立が現実の国家のあり方であることを描いたところにヘーゲルの誤りがあるのではなく、立法権と憲法の内容を曖昧にしながら市民社会と国家との対立を解消しようとした点こそ問題があるということを確認しなければならぬ。

次に立法権と他の諸権力、とりわけ統治権との関係について。これらの諸権力間の関係も先の立法権と憲法との関係から類推できるであろうが、立法権と統治権との関係は、一方では全体としての憲法の中の立法権と統治権という単なる区別としての意味を有すると共に、他方では国民の代表としての革命的性格を有する立法権と、中世的封建制の代表としての反動的性格を有する統治権との対立を意味する。しかも我々が今述べた対立を、先の立法権と憲法との関係と考え合わせるならば、それはやはり市民社会と国家との対立の側面として扱えねばならぬであろう。

ヘーゲルの言う「全体としての立法権」は、かくしてその中に様々な意味合いを含んでいるとはいえず、その根底に市民社会と国家との対立が一本の流れとして貫かれているのである。しかしヘーゲルはこの両者の対立を望んではいない。それ故「全体としての立法権」は、この対立を如何にして克服するかということに焦点を合わせ、その中に二つの契機——主君的契機と統治権——を主な内容としつつも、そこに議会的要素を付け加える。しかし最後のこの議会的要素においてこそかえってその対立が鮮明になるのであって、市民社会の諸身分は、この要素において自己の持場を与えられるのである。従って次に、国家の前提において見られた対立が、とりわけ議会的要素において具体的に如何に展開されているかが問題となる。そしてここにヘーゲルの「身分」論の集約点と結果が存在するのである。

さて議会の使命は、「普遍的的要件（公共事）」を、単に即目的にだけではなく対目的にも（中略）議会に顕現させる」（§301）ことであるとされている。即ち議会は、主体的形式的自由の契機、換言すれば経験的普遍性としての多数者の見解を、議会において顕現させるのである。議会はただ公共事を「多数者の見解と思想」（同）の対象にするためにのみ存在し、それは、統治権が市民社会における普遍的身分、官僚機構を国家の側からのパイプとして出したように、市民社会から国家へと向けて出された代表である。しかしこの公共事が議会において「単に即目的にだけではなく、対目的にも」問題にされるといことは、議会において対目的に提出される以前に、どこかに即目的な公共事のあり方が存在するということの意味する。ではそれはどこに存在するのか。我々はここで図らずも議会

的要素のあり方を認識させられることになる。即ち現実の国家においても、公共事は議会の外に「既に『即目的に』政府等々の仕事として存在している」（§302）。つまり公共事は官僚制という特別な意識の中に既に存在しているものであり、議会はそれを「多数者の見解と思想」から、一定の期間取り扱うということなのである。そしてこのことが公共事を「対目的」に顕現させることとされるのである。しかしここでは明らかに主体と客体が入れ替わっている。まさにマルクスの指摘するように、「諸主体が『公共事』において自らを対象化するかわりに、ヘーゲルは『公共事』を『主体』にするのである」（同）。それ故かかる「公共事」に関わる議会的要素とはひとつの幻想、「国家的事柄が国民的事柄としてある幻想的あり方」（§303）、「公共事」（官僚制による公共事）が公共事、公事であるという幻想（同）に他ならない。「公共事」は議会に無関係に、市民社会とは別個に、国家において決定されるのであって、議会的要素はそれに追認を与えるに過ぎないのである。

以上のように議会は、ヘーゲルによっても質沢物とされる側面を有している。しかし国家との関係において、議会はやはり「普遍的自由の主体的契機、即ち本書の叙述で市民社会と呼ばれたあの領域自身の洞察と意志が、議会において、国家と関連して現実顕現する」（§301 Anm.）点にその意義を持つ。即ち議会において市民社会は国家へと反映するのである。従って議会は、市民社会の中の国家である官僚達と同様に、国家の中の市民社会の代表としての役割を持ち、そしてここからして次に議会は、媒介機関として現われて来ることになる。それは、「一方では政府一般、他方では特殊な諸領域と諸個人に解体した国民」（§303）を媒介するものとして現われ、それと同時にまた議会は、「組織された統治権」である官僚制と協同して、一方では、君主権が孤立したかたちで現われることがないように、即ち単なる支配欲や恣意として現われることがないように、他方では諸々の職業団体や個人の特殊的利益が孤立しないように、まして個人が大量や群のかたちをとって有機的國家に逆らう単なる集团的暴力になることがないように媒介するのである。かくして議会は市民社会と国家との中間に置かれたものとして、ここにおいて「国家的かつ政府的な感受性と心術」（同）と「特殊の諸領域の利益と個人利益に対する感受性と心術」（同）とが調和されることになる。議会は、市民社会の代表として國家に對すると同時に、國家的な利益についての感受性と心術を國家的利益であるとして承認する、市民社会に向けての國家の代弁者でもある。従ってそれは「國家と市民社会との間の総合である」（§304）

に(2)。しかしまた同時にそれは、後で述べた媒介の機能が示しているように、有機的國家が単なる集団的暴力に過ぎない国民の領域外にあるということを前提にした上で、両者を媒介しているのである。それ故かかる媒介は、実際には議會に「一つの単なる公演」(S. 272)としての意味しか与えない。議會は「國家と市民社会との間の総合」ではあったが、「まさしくこの議會において、國家は全体ではなく、一つの二元論であるということが現われるのである」(同)。それは相対立する二つの感受性と心術を如何に統合するべきであるかについては何も語らない。それ故「議會は國家と市民社会との、國家における、定立された矛盾である。と同時に議會はこの矛盾の解消の要求である」(S. 270)。

我々は以上で、國家における市民社会と國家との対立の顯現、そしてこの対立を統合するものとしての議會を見て来た。そして既に周知の如く、媒介するものとしての議會にかえつて國家が「二元論」であることが明らかにされたのであった。しかしなお議會は、ヘーゲルによれば、「議會的要素が有機的であることの実を示すのは、ただ媒介の機能によってだけである」(§ 302 Anm.)とされるように、媒介の機能によって有機的國家へと組み込まれているのであって、市民社会と國家との対決は、この議會に欺瞞的な、見せかけだけの解決を有している。そしてその解決の方法は、政治的國家が市民社会の諸身分を國家に都合良く用いる点に求められるのである。そして以下に見るように、市民社会が國家へと移行する原理も、既述の市民社会の原理と國家の原理との対立を覆い隠したまま整然とした外観を身にまといることが明らかとなる。

「普遍的身分、詳しくは、統治の勤めに献身する身分は、直接その使命において、普遍的なものを自己の本質的活動の目的としなければならないが、立法権の議會的要素においては、私的身分が政治的な意義と働きを持つようになる。ところが私的身分はその場合、分割されていない単なる塊として、またアトムに分解した大衆として「議會に」出ることではできず、それが既にさうであるところのものとして、即ち、実体的關係を基礎とする身分と、特殊的欲望とこれを媒介する労働とを基礎とする身分として「議會に」出る(以下略)。このようにしてのみ、國家の内の現実的な特殊なもの、この点において普遍的なものへ真に結び付く」(§ 303)。

この節とこれに続く数節に問題は集約されている。ヘーゲルはまず普遍的身分を議會から諦め出す。というのもこの身分は、市民社会の中の「國家」として、市民社会とは異質なものであったし、元來政治的意義を有していた。そしてその

上既に國家において統治権の位置を得ているからである。それ故普遍的身分が議會的要素の領域外にあることは、それなりに筋の通ったことであろう。しかし市民社会のその他の諸身分は、その社会的意義と政治的意義とが分離した私的身分であった。(もちろんここでは第一身分の内容——特に「教養ある部分」について——はしばらく措くとして、市民社会の本来の諸身分は、という意味である。)それらが私的身分として存在していればこそ、市民社会は國家に対立したものとなっていたのである。

ところが今や立法権の議會的要素において「私的身分が政治的な意義と働きを持つようになる」。以前には、市民社会を政治的國家とは区別された非政治的社會と呼んだヘーゲルが、今度は市民社会の諸身分を政治的區別にするのである。しかし市民社会の諸身分は、普遍的身分が「普遍的なものを自己の本質的活動の目的としなければならない」が故に、極めて政治的でなければならぬ立場に立つのと同じ程度には、かかる普遍的なものを自己の使命にするのでもなければ、政治的である必要もないことは言うまでもない。ところがこの私的身分に政治的な意義と働きが与えられるのである。しかもその私的身分は、如何なる政治的な身分になる訳ではなく、「私的身分として政治的な働きと意義を持つようになる」(S. 274)。かくして「議會的要素は、私的身分、即ち非政治的身分の政治的意義であり、これは概念規定の矛盾である」(同)。この、私的身分にそのまま政治的意義を与えるという、私的身分の本来のあり方とは矛盾するやり方によって、市民社会は國家へと入り込むのである。

そしてその際、「政治的身分的(議會的)要素は、それ以前の諸領域(市民社会)に既に存在している諸身分の區別を、同時に自己自身の規定に含んでいる」(§ 304)とされる。従つて議會的要素はそれ以前の諸領域にある諸身分の區別を前提としているから、「例の仲間集団(家族と市民社会)」というかたちで既に存在している共同体を、政治の場へ(中略)入つてゆく場合に、元通り多数の諸個人に解体させるといふ考え方」(§ 303 Anm.)は、正当ではないと主張されることになる。というのは、「総じて市民社会の諸身分(Standes)と政治的意義における諸身分(議會) (Standes)とは(中略)かけ離れているとはいえず、それでもこの言葉は、以前に元々存在していたこれら両者の合一を今でも保持している」(同)からである。

しかしながら、逆にこのことによってヘーゲルは、言葉の上ではまた合一を保っている私的身分と政治的諸身分(議會)とが今ではもはや合一を保っていないこ

とを告白していると言えよう。まさに言葉としては残っていたとしても、議会的要素がそれらの諸身分の区別と政治的意義とを同一視することは、それらの私的身分に、それらのものとは異なった意義を与えるということである。しかし既に述べたように、これら諸身分は、私的身分であるところに本来の意義を有している。それ故これらに政治的な意義と働きを与えることは、矛盾した二重の規定を与えることになる。即ち市民社会の諸身分は、市民社会における規定のままで、それとは相容れないもうひとつの規定を議会的要素において受取る。そしてここにおいて、市民社会の諸身分がそのまま国家へ移行するという展開が完成し、かくして国家は自らを人倫の理念の現実態として顕現するとされるのである。しかしここで明らかになされたように、この展開には矛盾が隠されている。一方には市民社会の私的身分、他方には政治的身分という矛盾が、ひとつの主体に負わされている。というよりも、むしろこの展開には上述の意義を有する二つの主体があると語りべきであろう。換言すれば市民社会と国家という二重の主体が幻想的同一性を与えられているのである。

そしてこの両者の幻想的同一性は、「あるときには市民的身分区別がそのままで、政治的領域からはじめて生じて来るはずの規定を獲得したり、他のときには逆に政治的領域における身分区別が、政治的領域からではなくて、市民的領域の主体から発する規定を獲得したりすることによって、人為的に反省によって保持される」(§306)というように、内部に矛盾を含んだまま諸身分は保持されるのである。しかし身分規定の二重化にまで至ることによって、現実には市民社会のどの身分が、国家への移行の際に主要な役割を演じ、人倫の二つの原理の対立を解消するように規定されているのか。従って結果として国家はどの身分の国家となるのか。これが最後の問題となつて来る。

五

以上のように市民社会と国家との関係が、「身分」によって一致させられている外観を与えられていることを考察して来た上で、我々は、かかる諸身分の二重の規定によって、如何なる身分が現実には国家となるのか、ということを明らかにしなければならぬ。市民社会と国家との対立は、議会的要素においてその極に達すると共に、その対立の解消の要求としても顕現した。従ってヘーゲルは、この問題を最後の国家を支持するものによって解決せねばならず、今やその論理

展開の核とも言えるべき節が次に掲げられる。

「市民社会の一身分は、この政治的關係へ構成されるのに、それだけでふさわしい原理を含んでいる。それは自然的人倫の身分であつて、この身分は家族生活を土台とし、生計に関しては土地所有を土台としていて、従つて自己の特殊性に關しては、自己自身に基づく意志の働きを有し、君主的要素が内に蔵するところの自然規定を、この君主的要素と共に有している」(§305)。

ここに市民社会における身分のままで、政治的国家へと配置される身分が出現する。それは、「自然的人倫の身分」、先の言葉で言えば第一身分中の「教養ある部分」即ち土地貴族なのである。この「身分」は、その有する原理によって政治的關係に入り込む。その原理とは、ひとつは家族生活であり、もうひとつは土地所有である。そしてこの土台の上に、自己の意志を有し、君主的要素の自然規定をも合わせ持つとされる。ここで我々は、家族生活がこの身分独自のものではなくて、人倫の家族が既に市民社会の中の家族であつたように、市民社会の他の諸身分もまたそれを有していることを確認しなければならない。この身分が家族生活を土台とすると言われるときには、家族はまず近代的諸個人の愛に基づく集団として規定されねばならないし、この身分もまたかかる家族を有しなければならぬことになる。このような家族を持つてこそ、この身分はその位置を獲得するのであるが、しかし我々は、家族に關してはこの身分の資産が明らかになつた後に再び立ち戻ることになる。

次にもうひとつの原理である「土地所有」に關しては、この身分の政治的性格を特徴付けるものとして更に詳しく検討しなければならない。この身分の資産に關しては次のように述べられている。

「この身分が政治的な位置と意義に對してとりわけ構成されるのは、この身分の資産が、国家資産から独立していると同じく、營業の不安定と利益欲と占有一般の変りやすさからも独立しており、——統治権の恩恵から独立している如く、大衆の恩恵からも独立している限りに對してである。それと同時にまたこの使命を授けられたこの身分の構成員が、他の市民の權利、即ちひとつには自己の全所有を自由に処分する權利と、またひとつには子供達に對する愛の等しさに従つて、その全所有が彼らに移つてゆくことと心得てよい權利を持たないということによって、その資産がその所有者自身の恣意に對してさえも固定されている限りに對してである。——こうしてこの身分の資産は、譲渡し得ない、長子相続権を負つた世襲財産となる」(§306)。

この文章で明らかのように、この身分は資産において他の身分とは異なっている。それは第一に「国家資産から独立」していなければならない。けだし国家資産に依存するものは普遍的身分であるからである。しかし普遍的身分が市民社会のどの身分から補充されるかはここでは問題にならないが、この土地貴族の身分は、普遍的身分とは右の意味において対立する関係にある。第二にそれは「營業の不安定と利益欲と占有一般の變りやすさからも独立」していなければならない。それ故この身分は、商工業身分とも対立した関係にある。第三に更にそれは、「自己の全所有を自由に処分する権利」とその全所有を子供達への愛の等しさに従って分配する権利を欠いており、「その資産が所有者自身に対してさえも固定されている」のである。

我々は右の第一及び第二の特徴によって、この身分が市民社会と国家の双方から独立していることを知る。実にこの身分は、これら両者から独立であることによつて自己の存在を全うしているのである。しかもその際、この身分が土地所有において他の諸身分と区別されるということは、まさにその身分の特殊性という点で、「自己自身に基づく意志の働き」を持つのではなく、「土地に基づく意志の働き」を持つということに他ならないのではないか。それ故この身分こそかかる意志を持つことにおいて「政治的關係へ構成されるのに……ふさわしい」のである。即ちこの「土地所有」においてこの身分は政治的意義を有しており、商工業身分と普遍的身分が、直接的にはあれ間接的にはあれ、関わっている普遍的資産とは独立した別個の基盤を現わしているからである。更にこの身分を保障するものが、第三の特徴である「譲渡し得ない、長子相続権を負った世襲財産」なのである。そしてこの点において、この身分は「君主的要素が内に蔵することの自然規定を、この君主的要素と共有」することになる。即ち君主が「直接的自然的な仕方、即ち自然的出生によつて、君主の位置に定められている」 (§280) 或は「生得権と世襲」 (§281 Ann.) を有するとされているように、この身分は、譲渡できぬ資産と長子相続権を有し、「出生によつてこの活動「政治的活動」へと任命され、権限を与えられている」 (§307) のである。従つてここで特にこの身分の政治的意義の前提となっている資産と、この身分の安定と堅固さの保障である長子相続権について簡単に触れる必要がある。

さてこの身分の資産が市民社会及び国家から独立しているとは如何なる意味であらうか。その資産の内容が「土地所有」であることは疑いもなく、そしてそれは、国家資産や社会的資産から独立した、それらと並ぶひとつの資産として現わ

れている。ということとは、この身分の資産は、純粋な土地所有、即ち国家或は市民社会等の社会的意志によつて定立される以前の私的所有であるということの意味する。つまりこの「土地所有」は、近代市民社会の成立によつて可能となった資産に対立する、「絶対的土地所有」 (das souveräne Privateigentum)、「資産の形態に到達していない私的所有」 (§303) なのである。即ちこの身分は、近代的所有形態には未だ達していない、いわば中世的な色合いを根強く有している身分と言えるのであり、そうであればこそまた政治的意義と社会的意義とが一致した性格を持つことができたのであった。この意味でヘーゲルは、近代的な精神に中世的な形式を要求しているのであり、近代的な形式に中世的な内容を盛り込もうとしているのである。

同様の事柄を長子相続権の場合にも見ることが出来る。長子相続権は、右の「土地所有」的性格を安定し堅固にするものとされ、そしてこのような独立した資産を有する者は、外的事実によつて制限されたり妨げられたりすることなしに家のために行爲することができるとされていた。ところがまさにこの点において、この制度が存するのは、政治的観点において即ち国家への配慮においてのみであることが示される。というのは長子相続権の場合、永続するものは土地であつて、所有者はそれに対して偶然的なものに過ぎないからである。「土地所有は様々な世代に自己に人間のかたちを与える。土地所有がいわばいつも家の長子を、家に縛り付けられた属性として相続するのである。土地所有者達の系列における各長子は、譲渡できない土地所有の相続分、所有物であり、土地所有の意志と活動との前もつて定められた実体である。主語は物、述語は人間である。意志は所有物の所有物となる」 (§311)。かくしてこの身分は、「自己自身に基づく意志の働き」を持つどころか、彼の意志は土地に縛り付けられているのである。

それ故、この身分において市民社会から国家へと移行するものの内容が明らかになつたと言えるであらう。それは近代市民社会とは別個な基盤を有し、その外部に存在するところの非依存的な土地所有であつた。ヘーゲルは、かかる身分に市民社会から国家への移行を託し、国家の支柱の位置を与えたのである。

さてここで我々は、かかる移行が市民社会の国家への発展及び人倫の理念としての国家の現実性の獲得とされていることを認めつつ、この移行がもたらすとされる市民社会と国家との対立の解消、従つて国家の無限性への回復について、以上の検討を基礎にして振り返つて見なければならぬ。

ヘーゲルは、人倫の理念を、家族より市民社会を経て国家へと到る展開過程と

し、「法哲学」においてこのことがなされることが、「国家の概念の学的証明」 (§266 Ann.) であるとした。しかし既に繰り返し述べられたように、この論理展開そのものが矛盾を内含しているのであった。それは端的に言えば市民社会と国家との対立であり、この二つの原理の対立が人倫の展開の中で基本的なものとして認識されねばならない。最初家族の原理をなすものとして市民社会の原理が提出されたときには、これはむしろヘーゲルの近代的な積極性を裏付ける意義があったのであり、そしてこのことはそのまま市民社会を貫くものとされてきたのである。ところが市民社会は自己の限界を認識して国家へと移行する段になると、その積極性はどこかへ霧散して、代って国家の原理が移行の主役を演じることになる。家族と市民社会において近代的な社会を見事に観察したヘーゲルが、国家においてはかえって中世的な国家を欲しているのである。ヘーゲルが展開の要点とするところには必ずこの二重の原理、市民社会と国家との対立が現われ、そしてヘーゲルはこの対立を常に「国家の理念」に従って人為的に解消しようとして試みる。そこで持ち出されてくるのが、「身分」論の「概念に従って」の区別であり、この内の実体的身分の内容の曖昧化であり、「教養ある部分」即ち土地貴族への政治的意義の付与なのである。かくして市民社会はそれ自身の中から国家へと移行してゆく身分を含んでいとされ、国家は君主制国家として成立する。しかしこの解決は所詮ヘーゲルの恣意的な解決に他ならず、いわば市民社会の原理は国家の原理によって押し込められてしまうのである。

そこで我々は、ヘーゲルがこのように苦慮して取扱ったこれらの二つの原理をその源泉にまでさかのぼって、ヘーゲルの論理展開が失敗した理由を究めることが必要であろう。というのは、これら二つの原理は、ヘーゲル自身の意識に関わりなく、市民社会の本質とも言べき原理を内含しているのであって、決して単なる身分や政治制度に解消されるべきものではないからである。しかもこれら二つの原理は相互に和解し合うものではなく、ある意味では絶対的に対立する立場にあるからである。

市民社会の原理と国家の原理とをここで比較する場合、我々はこれを最も端的に示しているものを挙げるができる。それはつまり家族であって、我々は、人倫の最初の形態である家族と、国家の支柱たるべき土地貴族の身分における——この身分は周知のように家族生活を土台としていたとされた——「家族」との間にある相違が象徴的な意味を有していると考ええる。即ち市民社会の家族としての性格を有して来た家族と、「身分」論の中で国家へと中心的に結び付く身

分の家族とは、共に市民社会における家族として存在するにも拘らず、その内容に格段の相違があるからである。

人倫において家族は、我々が見て来たように、徹頭徹尾市民社会の家族としての性格を有して来た。それは自己の特殊性を放棄して、他への愛によって結ばれた集団であった。そしてそれの外的表現とも言べき家族の資産は、譲渡され、子供達への愛に従って平等に配分されるものであった。我々はここにこの家族の近代的性格を確認することができる。それは真の意味での近代的家族であったのである。

ところがこれに対して、土地貴族の身分の「家族」はどうであろうか。この場合にも家族生活はこの身分の土台であるとされる。しかしこの身分の資産は「譲渡できない、長子相続権を負った世襲財産」であり、この身分の「家族」が資産を有することは「国家の理念からして必然的に伴なう」 (§180 Ann.) であり、「政治的観点において」なのである。この身分の「家族」はまさにこの目的のために存しなければならず、かかる資産のあり方がこの「家族」を規定しているのである。この「家族」は、資産即ち土地所有のために、しかも長子相続制のために存在しなければならない。この点に、先にあげた家族との根本的な相違が存し、このことによってこの身分の「家族」は、先の家族の近代性に対して、著しく中世的、氏族制的なものとなる。その構成員全員は「譲渡できない」資産である土地と、長子のために生きねばならないのである。ここでは、この身分の意志とされた「自己自身に基づく意志の働き」が実は土地に縛り付けられたものであったように、家族の絆である愛もまた土地に縛り付けられた愛ならざるを得ない。確かにこの土地貴族の身分もまた「家族生活を土台」とした。その限りではこの身分は市民社会の家族を有していると言いうことができるかもしれない。しかしこの身分の国家への結び付きは、家族生活とは全く両立し得ない土地所有、「本来的な私的所有」 (§303) によってなされるのである。かかる土地所有は、愛によって資産が子供達へ平等に譲渡されることさえ否定する。ここに近代的家族が、「本来的な私的所有」とは別な原理を有し、それらは互いに対立するものであることが明らかとなる。家族は「本来的な私的所有」の冷酷さをその内容として持てず、「本来的な私的所有」はその土台に家族を持ち得ない。

しかもこの土地所有は、長子相続制及び譲渡し得ないということによって、市民社会からは切り離されている。というのは、それはそのように切り離されているということによって、家族に対しても、またあらゆる社会に対しても独立した

ものとして存在することができるのであって、「本来的な私的所有」は、社会の「恩恵」にあずかる以前の、社会的意志によって定立される以前のものであるからである。

それ故かかる「本来的な私的所有」を有する身分が国家の支柱であるとされる国家制度は、「本来的な私的所有」の制度なのである。それは市民社会の原理とは根本的に対立するものであって、家族はむしろこの市民社会においてこそ本来の姿を持つことができると言えよう。我々の検討して来たところでも、家族そして市民社会もまた「本来的な私的所有」と対立するものであった。かくして我々は、人倫の矛盾、即ち市民社会の原理と国家の原理との対立が、その基礎においては実は「資産」と「私的所有」（「本来的な私的所有」）との対立であることを確認する。それは、社会的意志に媒介された所有となおそこまで発展していない所有との対立であり、近代的商品生産者によって担われた市民社会の私的所有と中世封建的土地所有、「本来的な私的所有」との対立である。

このことが明らかにされた今、ヘーゲルの人倫の展開過程が如何なるものであったかが自ずから理解されるであろう。それは、この対立をその展開の前提としても結論としても有している。そして市民社会と国家との対立は、結果としては市民社会の国家への解消というかたちをとってはいる。しかし我々が見て来た通り、その解消は手品のなやり方でなされているのである。それは、市民社会から独立したものが、「身分」論において突如として市民社会に割って入り、しかもそれが国家の支柱としての役割を受け持つというような奇妙なやり方で解決されている。換言すれば、「資産」の土台から出発したものが、途中で「本来的な私的所有」を自己に付加し、「資産」の土台から出発したものが、途中で「本来的な私的所有」を自己に付加し、その付加されたものが、今度は、自分もその一部であると称していたところのもの全体を自分のものであると宣言する訳である。かくして国家は、「本来的な私的所有」の国家、土地所有の国家となる。

六

以上の検討の結果、我々は、ヘーゲルの人倫がその内に対立を含み、その対立が人倫の隅々にまで存在していることを確認した。実際人倫の展開は、表面上の整合性にも拘らず、一皮めくれば対立が到る所に顔を出し、ヘーゲルはこの対立の解消に躍起となっていたと言えよう。この対立は、人倫においては市民社会と国家との対立という形態を取っており、そしてこれが実は「資産」と「私的所有」

との対立であることが突き止められたのであった。即ち近代市民社会の成立に伴い、急速に発達して来た商品生産と流通によって形成され、社会的意志によって定立された私的所有としての「資産」と、そのような社会的意志によって定立される以前の、中世的な土地所有関係をその代表的なものとする「本来的な私的所有」との対立であった。かかる対立が人倫の展開にあたって絶えず問題にされたのであって、ヘーゲルはこの対立を認識していたが故に、その展開は矛盾したもとなっていたのである。

周知の如くヘーゲルは、この対立の解消にあたって、それを全て人倫の理念の展開過程として描こうと努めた。即ちこの市民社会と国家との対立は、人倫の理念の一貫した展開とされることによって解消するとされたのである。従ってヘーゲルは、この理念が自己を分裂させることにおいて有限性へと陥り、そしてその有限性を自ら認識することによって再び無限へと復帰し、かくして最後のものは、それ自らの内に有限性をも含んだ具体的普遍となる展開過程をなすように人倫の展開過程を構成したのである。そして恐らくここに、人倫の内容が無批判的実証的な事柄と神秘的論理主義的な事柄との奇妙な混合物に仕上げられた理由も存するであろう。我々はここで以上述べて来た人倫の対立とその様々な領域との関係について総括しなければならない。

我々はまず人倫の対立の一方について、つまり市民社会の原理について述べることにしよう。

人倫はその最初の形態である家族において、この市民社会の原理から出発した。それは、市民社会の家族として市民社会の諸身分との共通性を有しており、いわば市民社会の中の市民社会である商工業身分の実証的叙述としてもよいであろう。

そしてこの身分が市民社会を最も端的に表わすものであったことは、この社会が近代資本主義社会であり、中世封建制から抜け出た「人間的」な社会であったことを意味している。従ってこの原理は、中世封建制に対する個人の主体的自由の権利を表わす進歩的性格を有していた。

ところがこの原理は、個々の部分において実証的に展開されるとはいえ、人倫の理念の完成態であるとされた国家においては名目的な役割しか与えられておらず、国家の原理がその主力となって入れ替わっているのである。そしてこの国家の原理は、前の原理に比較すれば明らかのように、市民社会とは異質な中世封建制の遺物であり、それが、個人の主体性の讚美の代りに土地所有への服従を説き、国家を土地貴族の国家とすることは見て来た通りである。

ではかかる原理の入れ替えはいつ生じたのか。我々はこれについて、この原理の入れ替えが、市民社会の「身分」論と国家の立法権との関係において行なわれたこと、そしてその中心的な役割を演じたのが、他ならぬ土地貴族の身分であったことを明らかにした。まさにこの身分によって市民社会は国家へと移行するのであって、市民社会の原理を以てしては到底考えられない性格を有する国家が出現したのである。そしてあの市民社会の原理は、国政に参加するだけの役割しか持たせられず、国家は土地貴族の国家として市民社会を圧倒し、ここにヘーゲルの言う人倫の理念が完成するのである。しかし我々は同時に、元々市民社会の外部に存在する身分が、市民社会の身分となって入り込み、これを揚棄すると称して国家を形成するというヘーゲルのやり方を、欺瞞的であり魔法的であると言わざるを得ない。家族、市民社会といわば現実を裏面的に考察して来たヘーゲルが、国家に到る過程で突然天上の論理とでも言うべきものを持ち出し、これが全ての矛盾を解消する特効薬であると主張するのである。成程それは特効薬であるに違いない。しかしそれによる対立の解消は現実において行なわれるのではなく、論理において行なわれるに過ぎない。

そしてここに到って我々は、ヘーゲルの展開過程においては、既に市民社会の「身分」論以前に国家の理念が準備されていたこと、もっと言えば、人倫は、家族や市民社会の実証的叙述以前に準備されていたことを踏まえて、そのためにこそ「家族」の位置が重要であったことを理解するのである。家族は何故人倫の第一番目に置かれねばならなかったのか。それは、家族の内容が市民社会的であるにも拘らず、人倫の形式的整合性を維持するために他ならない。即ち家族が愛によって結合されたものとして叙述されることによって、市民社会の諸身分、特に実体的身分もこの特徴を有するものと見なされることになり、この身分を——土地貴族の身分を含めて——市民社会におけるものとすると同時に、これを極く自然に国家へと移行させるがために置かれるのである。つまり一方で家族は最初に市民社会の家族として近代的性格を与えられ、他方で「身分」論において土地貴族の「家族」として、その上に土地に縛り付けられた性格をも併せて与えられるのである。かくしてそれは、人倫の展開過程で、市民社会においても国家においても同一のものとして見なされる外観を備えるに到る。そしてここに人倫には、少くともひとつの一貫した流れを有するかの如き展開が可能とされるのである。しかしこの家族において、家族の愛情と土地所有とが鋭く対立することについては上述した通りである。我々はこのようなヘーゲルの用意周到さに敬意を表

さざるを得ないが、しかしどのような人為的な手段でもこの対立を現実に解消することはできなかったと言わざるを得ない。

以上の考察によって我々は、ヘーゲルの人倫がその中に非常に多くの近代的な性質を有すると同時に、なお中世的な遺物を数多く留めていることを確認した。そしてそれらは、外見上はひとつのまとまったもの、即ち国家として顕現しながらも同時にその本質に背く対立を含んでいることも明らかにされたと言えよう。我々は、ヘーゲルが、無批判的であるとはいえ現実の市民社会の鋭い観察と歴史的考察によって、市民社会の現状と矛盾を洞察し得ていることを正当に評価するべきであると考え。事実ヘーゲルは、市民社会が有する進歩的性格を、家族の愛と資産に、その構成員の特徴に、そして普遍的資産等々に見出ししていたのである、しかも彼はその積極面のみにとどまらず、消極面をも——一方における富の蓄積と他方における窮乏の増大、或は賤民の発生等々——理解していたと言うことができるであろう。

ヘーゲルの市民社会について、マルクスは次のように述べる。

「非依存的私有の粗野な愚鈍さに対して、營業の不安定は哀歌的であり、利益の追求は悲劇的(劇的)であり、所有の変りやすさは敝然たる運命(悲劇的)であり、国家資産への依存は道義的である。要するに全てこれらの性質においては、人間の心臓が所有を通じて打ち通っているものであり、人間の人間への依存がある。この依存がたとえそれ自体としてどのような性質であろうと、それは、自己を囲む領域が社会ではなくて土塊であるが故に、自己を自由だと思ひ込んでいる奴隷に比べれば人間的である」(S.307)。

この市民社会が、たとえ非人間的な社会であるにしても、中世の社会に比較すれば人間的であったように、ヘーゲルの場合にも、市民社会の方が、国家と比較してもより人間的なものと言えよう。にも拘らずヘーゲルが国家を以て最後のものとしたこと、ここにヘーゲルの限界があると言えよう。近代市民社会を克服と言えらるほどに叙述したヘーゲルが、結果として中世的な国家を望み、しかも市民社会の近代的な精神によって中世の国家制度を作り上げようとし、中世の国家の魂を近代の立憲君主制に注ぎ込もうとしているのである。

かくして我々は、ヘーゲルには、土地にとらわれたままで近代的な個性を欲するという深刻な矛盾が存在すると言わざるを得ない。そしてかかる矛盾の根源は、ヘーゲルの論理と現実との逆転に求められねばならないと考える。即ち論理上ヘー

ゲルにとっては、国家は、その展開以前に出来上がったものとして存在していなければならない、それが自己を展開していく場合にのみ、真なるものであることが確認されるのである。それ故国家は、自己の証明のために必要なものを現実の中から選び出すのであって、現実が自己の論理を見出す訳ではない。この点に、近代的進歩的市民社会が、結局は中世的反動的な国家となる秘密が蔵されている。そして人倫の論理展開がかくも巧妙複雑になされている理由もここに存するのである。そして我々は、ヘーゲルの展開の中に幾多の価値あるものを認めつつ、その提出された様々な問題が今なお解決途上にあることを考えるならば、ヘーゲルが提起した問題をまさに我々の時代において解決しなければならないのである。

註

① G. W. H. Hegel : Grundlinien der Philosophie des Rechts, hrsg. von J. Hoffmeister (Philosophische Bibliothek, F. Meiner Vlg., 1955)

以下本書からの引用は節数のみを示す。

但し、引用文中の「」は引用者によるものである。

なお引用にあたっては『世界の名著、35、ヘーゲル』（中央公論社、一九六七年）所収『法の哲学』（藤野渉、赤澤正敏訳）を参照したが、訳文は必ずしも同一ではない。

② しかし後に述べるように、この第一身分は国家においてはこのような近代的性格を有したものとされるのではなく、長子相続と譲渡し得ない資産を持った封建的なものとされていることに注意を向けねばならない。市民社会において上述の身分の性格から出て来る内容は、この身分についてのヘーゲルの分類——「農業身分」と「教養ある部分」（土地貴族）——に従えば、明らかに前者であり、家系や氏族から隔ったところで生活を営む身分なのである。ところが国家においてこの「実体的身分」が政治制度へと構成されるべきには、これと異なって、むしろ後者として取り扱われることになるが、このことはこの個所にその伏線が張られていると言えよう。

③ K. Marx/F. Engels Werke, Band 1, Dietz Vlg., 1956.

以下本書からの引用は頁数のみを示す。

なお引用に際して『マルクス・エンゲルス全集』第一巻（大内・細川監訳、大月書店、一九五九年）を参照したが、訳文は必ずしも同一ではない。

武田 充啓

『それから』(明治四二・六―十)全編を貫いているのは、長井代助の恋愛と結婚の問題である。友人平岡の妻三千代との恋愛と父親得をはじめ周囲の家族から勧められる結婚との間に立って苦しむ代助は、「自然」か「社会」か①、あるいは「自然」か「人為」か②といった二者択一を迫られ、結果的には「自然」に向かうことになる。

小宮豊隆は、『それから』の悲劇は「社会に背むいた恋の叶へられぬ点にあるのではない」とし、むしろ代助が「頭の中の世界と頭の外の世界とを並べて、其調和平衡に生きてゐる」(「ハムレット型の人間」)であり、その彼が「イリュージョンに生きて其イリュージョンを一直線に現実化しやうとする」(「一種のイデアリスム」)としての「ドンキホーテたらん事を冀つて、しかもドンキホーテたり得ざる処にある」と指摘している③。

小論の主眼は、代助の「頭の中」にある「自然」と「頭の外」にある「自然」との関係を読み解き、「ハムレット」が如何にして「ドンキホーテ」たり得なかつたのかを問い直すことにある。

一

「二十世紀の墮落」(九)を生きる『それから』の人物たちは、誰もが二元的な存在である。「相手が今如何なる罪悪を犯しつゝあるかを、互いに黙知しつゝ、談笑しなければならぬ」(同)という言葉がそれを示している。つまり誰もが「頭の中」と「頭の外」との対立を生きる「ハムレット」なのである。しかし少数の例外を除いて、多くは自己の二重性を自覚せずに(できずに)一元的な存在者らしく調和を装っている。

たとえば維新前の「道義本位の教育」(同)に執着しながら、一方で「生活欲に冒され易い実業に従事」(同)している父がそうである。自らは「道義」の人であることを疑わない。しかし「利己本位の立場に居りながら、自らは固く人の為と信じて」(十三)いるその姿は、代助にとっては「自己を隠蔽する偽君子か、もしくは分別の足らない愚物」(九)としか映らない。「泰西の文明の圧迫を受け」(八)る「劇烈な生存競争場裏」(同)においては、「膨張した生活欲の高圧力が道義欲

A Consideration of “Shizen” in
Natsume Sōseki’s *Sorekara*

Mitsuhiro TAKEDA

の崩壊を促が(一九)すことになる。したがって人は「道義」のうちに潜む「利己」に対して意識的にならざるを得ないはずなのである。

代助の批判はこうした二重性の隠蔽と自己欺瞞に向けられる。しかし「融通の利く両つの眼が付いてゐて、双方を一時に見る便宜を有して(二十五) いる代助は、そのためにかえって「即かず離れず現状に立ち竦んでゐる事が屢(同)である。彼は父を「腹の中で「侮辱してゐる(九)だけで、面と向かつて批判しようとはしない。代助は「煮え切らない(十二)」「元来が何方付かずの男(十五)なのである。

「先祖の拵らえた因縁(三)のある佐川の娘との結婚を強いられた代助は、「父の人格に「疑を置(十三)き、「結婚其物が必ずしも父の唯一の目的ではあるまい(同)とまで考へる。しかも彼はそのように父を疑うことを「不徳義とは考へず、したがって自分は「不幸」ではないとする(同)。父のような「人の為」を衝つた「道義」ではなく、むしろ自分を偽らない「疑」のほうが、「墮落」であれ「徳義」にかなう。そういう独自の論理が彼の幸・不幸を決定している。「貫へば貫つても構はなかつた(七)はずの代助が、それでも結婚に抵抗するのは、そこに彼特有の欺瞞を許さぬ倫理があるかのようなのである。しかし、代助の倫理は徹底し得ない。

代助は「父と違つて」「自然を以て人間の拵えた凡ての計画よりも偉大なものと信じてゐた(十三)。

たゞ結婚に興味がないと云ふ、自己に明かな事実を握つて、それに応じて未来を自然に延ばして行く気であつた。だから、結婚を必要条件と、初手から断定して、何時か之を成立させ様と喘る努力を、不自然であり、不合理であり、且つあまりに俗臭を帯びたものと解釈した。(七)

代助の倫理の基準は「自然」である。「自然」には「今利他本位でやつてゐるかと思ふと、何時の間にか利己本位にやつてゐる(三) というようなことがない。「利己」を隠蔽し、偽善的に「利他」を装うのは「不自然」であり「不徳義」である。しかしそうした罪悪から自由であるために、代助がその「自然」を押し進めればどういふことになるか。

もし馬鈴薯が金剛石より大切になつたら、人間はもう駄目であると、代助

は平生から考へてゐた。向後父の怒りに触れて、万一金銭上の関係が絶えらとすれば、彼は厭でも金剛石を放り出して、馬鈴薯に噛り付かなければならぬ。さうして其償には自然の愛が残る丈である。(十三)

父親に「金銭」を頼っている以上、父親がそこから金を得ている社会に対して中途半端な態度でいるしかない。彼が「M. Aguirre」の域に達して仕舞つた(二)のはその結果であり原因ではない。代助の「人間」を「駄目」にしないためには、父親や社会が、つまりは「金銭」が必要であるということを知っている。当然、彼の文明批判も父親批判も徹底したものではあり得ない。

代助は「金剛石」によつて隠蔽された「利己」を抱えている。彼は自己の二重性に意識的である。そしてその「利己」を倫理的に救済するために「元的」「自然」を持ち出しているのである④。しかし「自然の愛」を真に生きることができない彼は、とりあえず父や社会を「『怒らせない様に』(十二)して、自分を救う「頭の中」の「自然」の延命を図らねばならないのである。そういう意味では代助の「頭の中」の「自然」は、「利己」を隠蔽するための「金」で支えられた虚構に過ぎないのである。

代助の兄誠吾もまた「利己」と「利他」の二重性を生きる男である。しかし「親の金とも、兄の金ともつかぬもの(三)という言葉が示しているように、長男である兄には、〈家〉と自己との境界が不明瞭である。

平岡夫婦のために借金を申し出た代助は、兄からはっきりと断られるのだが、そのとき彼は「連借でもしたら、何うするだらう」と兄を「試験して見たく」思ふのである(六)。兄は父のような偽善的「利他」主義者ではない。では「利己」主義者のはずの兄が以前代助に代わつて「放蕩費を苦情も云はずに弁償して呉れた(同)のは何故か。兄は「利他」の人の人なのか、それともやはり〈家〉||自分のためを考へる「利己」の人の人なのか、という疑問は解消されないままである。

兄への「試験」はひとまず中止されるのだが、自身の「利己」に関して曖昧なまま「煮え切らない」でいる代助が兄の二重性を暴こうとするのは、彼自身そう思うように「性質が能くない(同)のである。

代助にとつて誠吾は「憂のない葉雀と同じことで、何処から手を出して好いか分らない(五)」。だが兄もまた弟が分らないのである。「試験」は回避されたわけではない。終盤、父に宛てた平岡の手紙を持って訪ねて来た誠吾は「今迄折角金を使つた甲斐がないぢやないか(二十七)という言葉を口にす。「つい此間ま

で全く兄と同意見であつた(同)代助が「自然」向かうとき、兄の正体ははっきりとする。むろん兄を「試験」するために代助の「恋愛」があつたわけではない。しかし、そこまで徹底しなければ肉親でさえその正体はつかめはしないという、人間やその「利己」に対する疑いと絶望の深さが「試験」の一語に込められているのである。「今度と云ふ今度は、全く分らない人間だと、おれも諦めて仕舞つた。世の中に分らない人間程危険なものはない。(同)。この兄の言葉は〈家〉の言葉でもあり社会の言葉でもある。代助にとつて父がそのまま世間であつたように、兄もまた「世の中」そのものであつたのである。

〈家〉のために生きるのか生きないのか。結婚問題を通じて、代助が突きつけられ強いられるのは〈家〉の論理に従つた二者択一的言説である。代助には〈家〉の二重性をできれば一元的なものにしたいのだが、そこに虚偽が含まれることを拒むのである。〈家〉の論理から逃れるための苦肉の策が彼の「頭の中」の「自然」である。「利己」に関する欺瞞の有無、「自然」か否かの判断基準によつて、代助は〈家〉や社会と一定の距離を保っている。しかし彼の論理は自身の「利己」に関して曖昧な点を残しており、したがつて〈家〉や社会を批判する有効な論理を持ち得ない。不快な二重性を甘んじて生きる代助の「煮え切らない」言説は通用性を持たず、彼の周囲は「悉く暗黒(六)」なのである。

しかし、たとえば「胆力」を有難がる父に対して「御父さんの様に云ふと、世の中で石地蔵が一番偉いことになつて仕舞ふ」と一緒に「笑つた事がある」嫂梅子は別格の存在である(三)。代助は「一家族中悉く馬鹿にして(七)」いるのだが、そんな自分を嫂の前では素直に認めることが出来るのである。「天保調と明治の現代調を、容赦なく糺ぎ合せた様な(三)彼女は二重性を隠蔽することなくそのまま生き得る人なのであり、〈家〉の言説が強い二者択一の世界から自由な存在なのである。「代助は此嫂を好いてゐる(同)」。その嫂が「父や兄と共謀して(十一)代助に結婚を迫ることは、つまりは彼女を父や兄と同類と見なさざるを得なくなることであり、社会を拒む代助は〈家〉における最小限の自由度さえ失い、全くの二者択一の世界を生きなければならなくなることを意味する。だから「代助は嫂の肉薄を恐れた。又三千代の引力を恐れた(十二)」のである。

「三千代の引力」とは、「其所にわが安住の地を見出した様な氣」にさせる力である。三千代だけは「芸妓ではない」と思わせる力といつてもよい。代助はその「頭」では「男女は、両性間の引力に於て、悉く随縁臨機に、測りがたき変化

を受け」ており、その意味で「都会人は、より少なき程度に於て、みんな芸妓」であると考へている。だから自分の三千代に対する「情合」も「たゞ現在のもの」で「漱らざる愛」でないことを認めてゐる。しかし「心」ではそう感じられない。彼は「漱らざる愛」を「口にするものを偽善家の第一位」に考へるが、そのとき三千代の姿が浮かぶのである。そして「或因数は数へ込むのを忘れたのでは」と疑うのだが、平岡敏夫の指摘にあるように、こうした代助の「都会人芸妓説なる論理は、鋭い現実批判(アイロニー)であると同時に、たんなる『道楽』の論理に落ち込むもの」でもある⑤。代助が忘れてゐるのは彼自身の倫理である。彼は「随縁臨機」を「自然」と混同し、非「偽善」をそのまま非「利己」であるかのように扱つてゐる。代助の倫理は「頭の中」の「自然」は、やはり曖昧なのである(十一)。

「安住の地」は、「たゞ、かれの心の調子全体で、それを認めた丈であつた」(同)。しかし、三千代の存在に曖昧なものはない。彼女はそれが自らの宿命でもあるかのように、生活を共にする相手を親から兄に、母と兄を亡くして再び父に、そして父から平岡へと移し変え、その生きる場所を「東京近県(七)」の田舎から東京に、東京からまた田舎に、結婚後東京から関西に、さらに関西から再び東京へと入れ替へてみせる。この二者択一というよりは二者の往復に彼女の意志や「計画」はない。〈往復の人〉三千代は偽善や欺瞞から自由に生きてゐる「自然」の人なのであり、その意味においては一元的な存在なのである。

代助の「頭」は、彼の「心」や彼の「頭の中」の「自然」を支えるものが「物質的状况(十六)」であり、それが「日糖事件(八)」に代表されるような日露戦後の社会情勢からんで脅かされつつあるという現実も、また父の勧めめる結婚がその解決策の一つとしてあるといふことさえも理解するであろう。しかし代助が曖昧な倫理を抱えた「頭」に頼つてゐる限り、二重性をそのまま生きることが許されず、虚偽や欺瞞を含んだ二者択一を強いられる「薄弱な生活」から逃れられないのだとすれば、「方法は、たゞ一つ」、「矢つ張り、三千代さんに逢はなくては不可ん(十一)」のである。こうして「三千代の引力」は、「暗黒」から「安住の地」へ、「頭」から「心」へ、言説から行為へ、批判から実践へ、それが自己の本来の生存のあり方なのだといふ方向に代助を導くのである。

しかし代助はその三千代を恐れている。そこでは当然代助の個人的な倫理の曖昧さが質されることになる(それは具体的には「自然の児」か「意志の人」かの選択決定に関わる「自然」と「意志」の関係を読み解く問題となる)だろうし、

「物質上の供給(十六)を持たない代助の倫理や彼の「頭の中」の「自然」がどのような形で存在し得るのか(代助の「恋愛」がどのような種類のものかという問題)も問われるだろうからである。

二

友人平岡が指摘するように、代助は「頭の中の世界と、頭の外の世界を別々に建立して生きてゐる」(六)人間である。しかし彼の個人的な倫理の曖昧さは、彼の論理と感性⑥の両面に影を落としている。代助の論理に「『胡麻化し』」(同)があることは、三千代も見抜いている。感性の領域においては、冒頭の夢と現実、意識と無意識の二重性の境界が明瞭でなくなる場面からすでに現わされている。だがこのことは単に代助の「生の不安」⑦を示しているだけではない。

代助は「頭を中心から、半径の違った円が、頭を二重に仕切つてゐる様な心持ちがし」(十一)「夫で能く自分で自分の頭を振つてみて、二つのものを混ぜやうと力め」(同)「二重性を生きたる代助は一元的でありたいと願う人なのである。しかし「利己」や欺瞞を恐れて「意志を發展させる事の出来ない」「不調和を忍んでゐる」(六)のである。代助のこの曖昧さは彼の心臓の鼓動のように「自分は今流れる命を掌で抑へてゐるんだ」と確信させてくれるものであると同時に「自分を死に誘ふ警鐘の様なもの」でもある(一)。つまりは安心と不安の両義的な性格を持つものなのである。そして「代助は、二重の頭がぐる／＼回転するほど、風に吹かれた」ときに、「意識に乏しい自分を、半睡の状態で宙に運んで行く有様が愉快」に感じられ、はじめて「気色が余程晴々して来」(十一)るのである。

自然の児にならうか、又意志の人にならうかと代助は迷つた。彼は彼の主義として、弾力性のない硬張つた方針の下に、寒暑にさへすぐ反応を呈する自己を、器械の様に束縛するの愚を忌んだ。同時に彼は、彼の生活が、一大断案を受くべき危機に達して居る事を切に自覚した。(十四)

代助は二者択一を迫られている。しかし「自然の児」にせよ「意志の人」にせよ、択一という方法自体が「硬張つた方針であり」、「意志」による自らの「束縛」である。代助がいずれを選択するかが問題なのではない。「寒暑にさへすぐ

反応を呈する自己」の言葉によって、「自然」に対して「反応」する代助が本来「自然の児」であることが予め明かされてみるとみることもできるからである。

より重要なのは、代助の「選択を拒否したい」という欲望⑧と「選択を受けざるを得ない」という自覚⑨との相剋である。代助は一方的に「意志」的であることに強いられている。ここでは、代助が自らの「意志」を働かせて未来を決定するのか、それとも別の何ものかによって「彼の生活が、一大断案を受く」ことになるのか、が問題なのである。

代助の「頭の中」の「自然」は、たとえば次のようなものである。

代助は固より呼び出される迄何も考へずに居る氣であつた。呼び出されたら、父の顔色と相談の上、又何とか即席に返事を拵らえる心組であつた。(略)あらゆる返事は、斯う云ふ具合に、相手と自分を商量して、臨機に湧いて来るのが本当だと思つてゐた。(十四)

代助に、しかし「即席」や「臨機」は許されない。彼は「自然の児」か「意志の人」かを自らの「意志」によって選ばざるを得ない「運命」にある。代助はそうした「運命」に対し「卑怯」であり続けようとする(十四)。その姿勢は父親や嫂に「運命」の役割を代行させることになるが、彼はむしろそれを望んでいる。代助は「意志」によって行為しようとしな、できれば「相手と自分を商量」できる「顔色」が欲しいのである。だがこの「チェレンマ」(十三)の相手は「運命」であり、また自分自身である。そして「運命」の「顔色」がわからぬ代助に自分の「顔色」が作れるはずはない。「運命」は彼の「頭の中」の曖昧な「自然」を質しているといつてよい。ただ代助に自己検証がないわけではないのである。

自分が平岡に対して、比較的眞面目であつたのは、三千代を弁護した時文であつた。けれども其眞面目は、単に動機の眞面目で、口にした言葉は矢張り加減な出任せに過ぎなかつた。敵愾に云へば、虚許と云つても可かつた。自分で眞面目だと信じてゐた動機でさへ、必竟は自分の未来を救ふ手段である。(十三)

それが三千代に対する倫理であるかのように、代助は自らの「利己」を「解剖」し「吟味」する。しかし、それは三千代Ⅱ「自然」に近づき得る十分条件とはな

らない。語り手は、平岡夫婦の隔たりに関する代助の無自覚を指摘している。彼は自分「と云ふ第三者」のために夫婦の「疎隔が起つた」とは「信ずる事が出来な」いし、「自分が三千代の心を動かすが為」とも「思ひ得な」い。そして自分たちの「関係を、平岡から隠す」ような、「不信心言動を敢てするには、余りに高尚であると、優に自己を評価してゐた」のである。代助の自己評価は彼の「自然」への「意志」を正当化し得ない(十三)。

「紙の指環(十二)に関して、代助は三千代を「罪のある人にして仕舞つた」と考える。しかしそれは「代助の良心を慙すには至らな」い。彼は「法律の制裁はいざ知らず、自然の制裁として、平岡も「責を分かつたなければ」と考える。代助の「良心」は「自然」に対してしか働かないのである(十三)。

縁談の進行に伴い「情調の人」代助は「自然」に過敏な反応を示すことになる。「三千代の方に頭が滑つて行」くときには「美しい空に星がぼつ／＼影を増して行く様に見え」、彼女に紙入れの中身を渡したその帰りにも「高い星を戴いて」いる(十二)。佐川の娘との見合いの数日後、赤坂の「待合」で過ごした翌日に三千代を訪ねるときには、「湿っぽい梅雨が却つて待ち遠しい程熾んに日が照つた。代助は昨夕の反動で、此陽気な空気の中に落ちる自分の黒い影が苦になつた。(略)早く梅雨に入れば好いと云ふ心持があつた(十三)」とあり、彼はしきりに空や天候を気にしている。代助は熱を冷ますような夜間であれば「歩きつゞけても疲れる事はなからう(十二)」としながら、屋間の太陽に対してはそれが「天」の倫理的な視線でもあるかのように「広い鍔の夏帽」でそれを避け、「自分の黒い影」を苦し、家に帰るとすぐに「髪を冷水に浸し」ている(十三)。自然現象に対する代助の感性は、おそらく彼の個人的な倫理と無関係ではない。

「利己」からは自由なはずの、代助の三千代に対する「気の毒」の語を重ねた強調(十三)は尋常とは思えないほどであるが、これさえも小宮豊隆のいうように結婚問題などの外からの刺激や事実と同様、(代助の眼の上にかぶさつてゐた薄膜を、一枚一枚剥ぎとる事には役立つても、決して偶然のものを必然に押しやる働きをするものではなかつた)のである⑧。

「最後の権威は自己にある」と「腹のうちで定め」てはいるものの、代助は縁談を「断つた後、其反動として、自分をまともに三千代の上に浴せかけねば己まぬ必然の勢力が来る」と思うと「恐ろしくな」り、「不決断の自己嫌悪に陥」る。「心待に」する父からの「催促」はなく、三千代に会う「勇氣」もない(十四)。

歩きながら、自分は今日、自ら進んで、自分の運命の半分を破壊したのも同じ事だと、心のうちに囁いた。(略)彼は何うしても、今日の告白を以て、自己の運命の半分を破壊したものと認めたかつた。さうして、それから受ける打撃の反動として、思ひ切つて三千代の上に、掩つ被さる様に烈しく働き掛けたかつた。(十四)

代助は「反動」を恐れ、しかし「反動」を求めている。彼の「意志」が実のところ「反動」の、したがって「必然」のわき役に過ぎないことは明らかであろう。ここでいう「告白(「好いた女があるんです」)も父親にはなく「序」で嫁になされている。代助の「意志」は、はぐらかされているのである。代助に「意志」による二者択一はなく、彼は一種の消去法を取る。すなわち、「結婚」は「道德の形式」に過ぎず「道德の内容」に影響を及ぼさない。「心を束縛する事の出来ない形式は」彼の「デレンマ」を解消できない。だから「縁談を断るより外に道はなくなつた」とするのである(十四)。しかしこれは同じ論法で、逆に結婚を背うこともできるのである。

「決心」の翌日、代助は「床屋の鏡」で自分の「顔色」を確かめている。そして「積極的生活」を選んだかのである。しかし、それは彼自身の「意志」によつてではない。むしろ「二三日凄まじく降つた」雨のせいなのである。そして代助を許すかのように「雲の切れ間から、落ちて来る光線は」柔らかに見える(十四)。おそらく作者は、この「偶然」がそのまま「必然」でもある「自然」(自然現象)によつて代助の個人的な倫理(「頭の中」の「自然」)を救つたのである。

三

代助の「頭の中」の「自然」を救うもう一つの「自然」について考えてみたい。代助は「自分の動機や行為を、よく吟味して見て、其あまりに、狡黠くつて、不真面目で、大抵は虚偽を含んでゐるのを知つてゐる」。彼は自らの「意志」によつては動けない。その結果「社会的に安全」だが「自己に対して無能無力」となる(十三)。では「利己」から自由な「熱誠」は如何にして可能なのか。

代助の考へによると、誠実だらうが、熱心だらうが、自分が出来合の奴を胸

に蓄はへているんぢやなくつて、石と鉄と触れて火花の出る様に、相手次第で摩擦の具合がうまく行けば、当事者二人の間に起るべき現象である。自分の有する性質と云ふよりは精神の交換作用である。

(三)

「だから相手が悪くつては起こり様がない(同)」。この意味で三千代は「自然」であり、「自然」そのものでなければならぬ。代助は三千代の存在のあり方に「自然」を見、自分の「頭の中」の「自然」を融合させようとする。彼女が「自然」そのものであることよつて、代助の「頭の中」の「自然」も倫理的に正当化される。「自然」としての三千代は「計画」を持たず「利己」から自由であり、それを求める代助に「利己」や欺瞞はないというわけである。

これまで縮小を余儀なくされていた代助の「頭の中」の「自然」も、相手が倫理的に保証された「自然」であれば、その限りで拡大が許される。そういう意味では『それから』の〈恋愛〉は個人の「内面」(六)⑨や「意志」の克明な描写の上に成立するものではない。私は、作者の自然や恋愛についての認識⑩に忠実に従った『それから』が、それよつて失敗しているとは考えない。そして作者のそうした思想の核には現在という時間に対する不信と恋愛成立の不可能への認識があると思う。

「何だつて、まだ奥さんを御貰ひなされないの(略)其時代助は三千代と差向で、より長く坐つてゐる事の危険に、始めて気が付いた。自然の情合から流れる相互の言葉が、無意識のうちに彼等を駆つて、準繩の罅を踏み超えさせるのは、今二三分の裡にあつた。

(十三)

しかし「代助は辛うじて、今一步と云ふ際とい所で、踏留まつた(同)」。彼は「無意識」を厭い、進みつつある「現在」という曖昧な場所での「自然」を信じない。では代助が信頼し得る「自然」はどこにあるのか。

もつと三千代と対座してゐて、自然の命ずるが儘に、話し尽して帰れば可かつたといふ後悔もなかつた。彼は、彼所で切り上げて、五分十分の後切り上げて、必竟は同じ事であつたと思ひ出した。自分と三千代との現在の関係は、此前逢つた時、既に発展してゐたのだと思ひ出した。否、其前逢つた時既に、と思ひ出した。代助は二人の過去を順次に溯ぼつて見て、いづれの

断面にも、二人の間に燃える愛の炎を見出さない事はなかつた。必竟は、三千代が平岡に嫁ぐ前、既に自分に嫁いでゐたのも同じ事だと考え詰めた時、彼は堪えがたき重いものを、胸の中に投げ込まれた。

(十三)

「自然の命」に従うにせよ従わないにせよ「必竟は同じ事」に過ぎぬ。代助はもう眼の前の、現在ただいまの「自然」にさえ背を向けて、ひたすら「過去」を遡る。確かに代助は三千代を平岡に「周旋した事を後悔した(同)」。しかしそれは代助が新しい生活に向かうための自己否定の認識ではなかつた。彼は自分の内面の歴史に「虚偽」を発見し、それを正すために「思ひ出し」ているのではない。時間軸上の一点としての「過去」ではなく、さらなる「過去」へ「何も知らぬ昔(同)へ(自然の昔(十四)へと遡るのである。自分の「頭の中」の「自然」にこだわり、それを超える大きな「自然」に抵抗したことを悔いる代助に三千代に対する罪意識はなく、彼女にも「内面」があることを見ない。代助が遡る「過去」はもはや誰の時間軸上にあるのでもない⑪。

「今日始めて自然の昔に帰るんだ」と胸の中で云つた。斯う云ひ得た時、彼は年頃のない安眠を総身に覚えた。何故もつと早く帰る事が出来なかつたのかと思つた。始から何故自然に抵抗したのかと思つた。彼は雨の中に、百合の中に、再現の昔のなかに、純一無雑に平和な生命を見出した。其生命の裏にも表にも、欲得はなかつた、利害はなかつた、自己を庄迫する道徳はなかつた。雲の様な自由と、水の如き自然とがあつた。さうして凡てが幸であつた。だから凡てが美しかつた。

(十四)

三千代はいない。代助の「頭の中」にある小さな「自然」と「頭の外」にある大きな「自然」との〈恋愛〉は成就したとみてよいだろう。「自然」としての一元的存在、むろんそれは「夢」である。「やがて、夢から覚め」此一刻の幸から生ずる永久の苦痛が「卒然として、代助の頭を冒して来た」とき、彼は「甘い香に咽せて、失心して室の中に倒れたかつた(同)」。だが「失心」は代助に許されず、彼が再び「死ぬ」ことはない。

〈恋愛〉の「夢」の瞬間が「死」の時間と同義的に扱われていることは、〈生〉を象徴する「赤」のイメージとは対照的な「白百合の花(同)」が使われていること、その覚醒後に代助にあらためて「流れてゐる血潮」や胸の「鼓動を感じ(同)」

させていることからも明らかであろう。三千代の乗る車の音が聞こえたとき、代助は「蒼白い顔に微笑を洩らしながら、右の手を胸に当て（同）ている。「生きたがる男（一）は（死）を望んでいる。しかし彼は二重の意味で三千代と一緒に（死ぬ）ことはできないのである。」

「『仕様が無い。覚悟を決めませう』」。ここでも三千代は「自然」そのものであるかのようにある。しかし彼女自身は、これまでそれを生きてきた「自然」が代助によって（恋愛）として共有されようとする瞬間、それが変質してしまうものであるということを知っていたのではなかったか。

「相並んで存在してゐる」という自覚が、たとえ一刻であれ許されたことは「愛の養」かも知れぬ。しかし「愛の刑」は、「二人の魂」が「社会から逐ひ放たるべき」ものとなったことではない。そうだとすればむしろ幸いである。たとえば「門」の宗助と御米のように、社会の片隅で「二人」して生きて行けばよいからである。

「覚悟」の一言で、三千代はいわば大きな「自然」の象徴としての一元的存在から、一個人の小さな「自然」を抱えた二重性を生身の存在に変身する。彼女の（個人的な自然）は蘇り、しかし間もなく息絶えるのである。「自然」と（個人的な自然）とは、「夢」≠（死）以外の場所では「相並んで」は存在し得ないというのであろうか。確実なのは、かつて代助によって殺され、いま再び生きることを強いられた三千代の（個人的な自然）が、それを彼女が「意志」したその瞬間に、代助の求めている当のものではなくなってしまうということである。

二重性を生きる三千代に存在する場所はない。代助は三千代への愛の告白の直後に「『万事終る』と宣告」している。「恋愛の彫刻」は三千代の死を前提にしてはじめて可能となるこれもまた一つの「夢」ではない。それがどれほど「解剖」され「吟味」されたものであれ、どうしてもそこに「利己」を含んでしまうものであるならば、（個人的な自然）がそれ本来の（生）を「意志」するときには、別の（たとえば三千代のあるいは平岡の（個人的な自然）の（死）をもたらしすことになる。「物に襲はれた様に」泣き出したとき、彼女にはそのことさえ了解されていたのではなかったか（十四）。

代助は「復讐」を口にする。三千代が否定しても「代助はそれに耳を貸さず、『僕は貴方に何所迄も復讐して貰ひたい』』と云っている（十四）。これは三千代個人への言葉ではなく、「自然」に向けられた言葉である。「人間」は代助に

罰を下すことはできない。ただ「自然」だけにそれが可能だからである。三千代は代助の「復讐」の一語を成り立たせるために、「自然」としての一元的な存在として扱われている。一元的「自然」という「夢」をのみ相手にする代助は、眼の前の二重性を余儀なくされようとしている三千代の（個人的な自然）を認めようとはしない。

代助は平生から物質的状况に重きを置くの結果、たゞ貧苦が愛人の満足に値しないと云ふ事を知つてゐた。だから富が三千代に対する責任の一つと考へたのみで、夫より外に明かな観念は丸で持つてゐなかつた。（十六）

「自然」そのものでなくなった三千代はまるで「世の中」そのものである。代助の「責任」や「職業」⑩など三千代は「欲しくない」（十六）。代助が「物質」にこだわるのは、それが自分の「精神」の基盤だからであり、三千代への「気の毒」である以上に自身の「夢」（「自然」との（恋愛）を存続させようとする欲望）なのである。それは自己保身に過ぎない。二人の生活に「金銭」が必要なのは三千代には「始めから解つてゐる」（同）。自分自身に向けられた（恋愛）を望んで「死ぬ積で覚悟を極めてゐる」（同）三千代に対し、いかにも代助は「そわ／＼して」（十五）いるのである。

だが（個人的な自然）に「利己」という「罪」を見ざるを得ず、「意志」による選択を拒み、むしろ自身の（個人的な自然）を縮小させて生きてきた代助が、その拡大を許す「自然」としてではなく自らの（個人的な自然）を拡大させて生きようと「意志」する三千代にどうして近づき得ようか。代助と三千代では、その（恋愛）の対象がすれ違っているだけでなく、自身の（個人的な自然）の扱い方が異なっているのである。

彼らの違いの本質は「覚悟」、すなわち自身の「利己」を他のもの（たとえば大きな「自然」）の存在を借りずに許し得るかどうかの差異にある。代助は「自己」のみによって生きてはいない。ここではむしろ三千代が、彼女自身として一元的な（自己本位）を生きていると見ることも出来よう。いずれにせよ、「ドンキホーテ」は一瞬の「夢」としてはあり得ても「ドンキホーテ」であることを自覚する「ドンキホーテ」に「それから」はない。（代助の自己回復の試み）が（彼の自己解体と同じ）⑪になつてしまふのは、現実の代助がどこまでも「自己」と「利己」の「双方を一時に見る」二重性を生きた「ハムレット」だからである。

しかし三千代の一元的「自然」としての存在が代助の幻想であったように、彼女の「自己本位」もまた「永く生きられる身体ぢやない」(十六)ことを前提にした虚構なのである。

三千代は「自然」であり、へ変わらないもの(「少しも変わつてゐやしない」(十三))のはずであった。その三千代は生死の境をさまよっている。おそらく「自然」は死ぬ運命にある。代助が悲劇的なのは、三千代は「自然」の死に目にも会えない、死を見届けることが許されていないという点である。せめてそれが叶えば、彼は諦めの中にある種の安息を覚えつつ、二度と熱することのない「admirer」を生きて得たであろう。「自然」がどこかで生き残っているかも知れないという微かな望みさえ抱かないそれは、へ死としての生、生きるということである。しかし、それさえ代助には許されず、同じく死にゆく運命にある三千代の「個人的な自然」をも見殺しにするしかない。代助は「自然」としての三千代とも三千代の「個人的な自然」とも一緒に死ぬことが出来ない。「何故棄てて仕舞つたんです」(十四)と三千代は詰る。「棄てて仕舞つた」ことに後から気づくことはできる。しかし「棄てつつある」ことに自覚的ではあり得ない。「頭の外」にある「自然」とのつながりが無い以上、「頭の中」の「自然」を「生きたがる」人はそれを学習することが出来ないのである。

注

- ① 武者小路実篤(『それから』に就いて、『白樺』明治四三・四)
- ② 安倍能成(『ころ』を讀みて、『思想』昭和一〇・一一)
- ③ 小宮豊隆(『それから』を讀む、『新小説』明治四三・三)
- ④ 越智治雄(『それから』論、『漱石私論』角川書店、昭和四六・六)に「代助の自己正当化の論理として自然が提出されているとも言える」との指摘がある。
- ⑤ 平岡敏夫(『それから』論、『漱石序説』塙書房、昭和五一・一〇)
- ⑥ 吉田照生(『代助の感性——それから』の一面、『国語と国文学』昭和五六・一)に、「代助のへ論理」は、実は彼の感性の喩である」との指摘がある。
- ⑦ 猪野謙二(『それから』の思想と方法、『明治の作家』岩波書店、昭和四一・一一)に、「八重樫の花の色」は、「根源的な生の不安の、また同時に」社会的不安の象徴」であるとの指摘がある。

- ⑧ 小宮豊隆(『それから』、岩波版漱石全集第四卷『解説』)
- ⑨ 安部次郎(『それから』を讀む、『筑摩版漱石全集別巻所収』)に、「要するに『それから』の欠点は情緒的方面の省略にある」との指摘がある。

山室静(「漱石の『それから』と『門』」、『近代文学』昭和二九・五、『日本文学研究資料叢書夏目漱石』有精堂、昭和五七・三、所収)に、代助の「内面から押し出す力が希薄」であり「彼の決意に、しんじつの重みが出て来ない」とりわけ三千代のごときは、お人形すぎる」との指摘がある。

- ⑩ 漱石の『日記』(明治四二・三・六)における『煤煙』に関する記述をさす。
- ⑪ 伊豆利彦(『それから』について、『一冊の講座夏目漱石』有精堂、昭和五七・二)に、「再現の昔」は「四、五年昔のことではない。これは生以前の生ともいべき、生の根源にある自然への回帰を意味する」との指摘がある。
- ⑫ 石原千秋(『次男坊の記号学』、『国文学解釈と鑑賞』至文堂、昭和六三・八)代助に「自己の内なるへ家」への郷愁」を想定し、「責任」や、「職業」を口にする「代助のへ恋」が「へ家」の外で演じられるへ家の言説、すなわち成熟の儀式だ」と指摘している。
- ⑬ 越智治雄(前掲に同じ)

【後記】

本稿は先に発表した拙論「変化」について——夏目漱石『それから』試論——(『神戸大学国語教育学会誌』「国語年誌」第十号、平成三・一一)の前提の役割を果たすものであり、代助のへ恋愛」に関する考察(本稿第三章)については、一部重複する箇所があることを付記して断わっておく。

遠藤周作『イエス・キリスト』について

はじめに

細井誠司

A Study of Endō Shūsaku's *Jesus Christ*

Seiji HOSOI

遠藤周作著の評伝『イエスの生涯』は、昭和四十八年十月に刊行された。また、その続編にあたる『キリストの誕生』は、五年後の昭和五十三年九月に刊行された。さらにこの二著は、昭和五十八年十一月に合本『イエス・キリスト』となって刊行されているが、本稿においては、『イエスの生涯』と『キリストの誕生』の各々を対象として取り上げること、合本『イエス・キリスト』についての論考としたい。

作者は、昭和四十一年に刊行の小説『沈黙』を書き終えたころから、へ数年の間、私は日本人につかめるイエス像を具体的に書くという課題を自分に課した（『イエスの生涯』あとがき）と言う。その取組みの成果が『聖書物語』（昭和四十五年より冊子『波』に連載）であり、『聖書物語』がさらに加筆訂正されて刊行されたのが、この『イエスの生涯』である。

『イエスの生涯』の執筆の意図は、へ日本人につかめるイエス像を具体的に書く（『あとがき』）ことであり、『キリストの誕生』の方は、へ無力で、無惨な死にかたをしたイエスが、死後どうして神格化され、キリストとなっていたのかという謎を解明すること、即ち、イエスの弟子たちがへ彼を神の子キリストとして信仰するに至った過程を書き継いで、『イエスの生涯』を完結させること（『あとがき』）であった。この二著によって、作者は、西洋人の考えに基づいたイエス像ではなく、へ我々日本人にもわかるイエス像、へ日本人にも親しめるイエスのイメージ、へ私のイエス（合本『イエス・キリスト』あとがき）を提示しようとしたのである。

作者は、へ我々日本人にもわかるイエス像をと言う。しかし『沈黙』を書き終えた時点で作者は、自分にとって、イエスとは何者なのか何を意味するのか、この問題と真正面から取り組み、自己の信仰を検討吟味せざるを得なくなっていたのだ。したがって、ここに語られているイエス像は、まぎれもない作者自身の信仰告白でもあることに注意したいと思う。

これらの二作品が、遠藤文芸を底流するそうしたキリスト教信仰の問題について考える上で、いかに重要であるかは論ずるまでもないことであるが、二作品が小説でないことも与ってか、従来あまり論考の対象としては取り上げられてこなかった。本稿においては、この二著を対象に、『沈黙』（昭和四十一年）・『死海のほとり』（昭和四十八年）・『侍』（昭和五十五年）等の一連の作品の背景をなす作者

のイエス像・キリスト教信仰を考究することで、合本『イエス・キリスト』の作品論としたい。そこでまず初めに、『イエスの生涯』『キリストの誕生』の要旨を次に記す。

『イエス・キリスト』の要旨

イエスの説く神は愛の神であり、厳しく恐ろしい父的存在ではない。悲しみ苦しみを共に分かち涙を流してくれる優しい母のような存在である。生前のイエスは、不幸な人々の永遠の同伴者となつて、このことを証しようとした。しかし大衆は、愛よりも奇跡や癒しなど目に見える効果を求めた。勝手な夢を託して、ユダヤ再興の地上的メシヤに守り立てようとした。しかし人々は、イエス自身にその意志が無く、奇跡も行えぬ無力な存在であることが判るとイエスから離れて行き、ガリラヤの春とよばれた熱狂的な人気は消え去っていった。

「受難物語」までのイエスは力ある業を行い、病人たちを癒し、死者を甦らせ、叙知ある言葉語る頼もしい予言者であった。しかし「受難物語」におけるイエスは、無力・無能のイメージでしか描かれていない。イエス逮捕のおり、同じ一味の弟子たちがお咎めもなくその存在を黙認されたのは、ベトロが弟子たちを代表してカヤパの官邸に赴き、裏取引をしたからではないのか。

師は身代りの生贄となられたのだとする負自意識や十字架上の愛と救いの精神が、弟子たちの新たな目を開かせ、イエスは死後も復活して生きておられるのだとする信仰を生み出していく。臆病で卑怯だった弟子たちは強き使徒へと一変し、神格化したイエスの宣教にその後半生を献げるようになる。しかし弟子たちのこうした変化は、イエスへの単なる感動や思慕のみでは説明しきれない。復活につながる衝撃的な出来事が起こったに違いないのだ。(『イエスの生涯』)

隠れ家で弟子たちは、イエスの惨めな死とその生涯の意味について考えを巡らすうち、『イザヤ書』の中に「苦難の僕」の章を見、「人の子」の像を得てイエス自身の復活を期待し始める。「エマオの旅人」のような「顕現のイエス」も体験する。原始キリスト教団は、様々な弾圧や迫害を受け殉教の試練に遭いながらも結束を強め、イエスの神格化とキリストの再臨を熱望する信仰を強めていく。

キリスト教が、ステファノ事件を契機にユダヤ以外の各地にも広まると、ポーロは、異邦人もまた福音に与る資格があるとの信念に基づいて、独自の宣教に情熱を傾ける。弟子たちが、生前のイエスへの親しみからキリストの再臨に力点を置いたのに対し、ポーロは、律法という自己救済の限界を越えて人間に救いを与

える「神の子」キリストを説いた。キリスト教がユダヤの民族宗教の枠を超え、世界的宗教となつていく上で、ポーロの果たした役割は大きい。

イエスをキリストにまで高めたのは、弟子たちと原始キリスト教団の信仰である。彼らは「神の沈黙」という謎を解くために、イエスの「再臨」を考えるに至った。その希望はやがて彼らの信仰となり彼らの結束の理由ともなった。しかしキリストは、いつの弾圧や迫害・試練の時にも現れず、弟子たちの願いは空しく裏切られた。神は沈黙したまま、救いの手を差し伸べられない。こうして、「キリストの不再臨」とともに「神の沈黙」という宿題もまた、未解決のまま原始キリスト教団に残された。この矛盾・不合理と謎とを前にして、彼等はなおも絶望せず結束しイエスを神格化していった。イエスの側にも「神」とされるに値する何かがあったのだ。イエスは既に一人一人の人生の底に、心の核に復活し再臨していたのである。

生前のイエスは、現実には無力であった。ただ愛だけを語り愛に生き愛のうちに死んでいった。そのイエスが、弱虫の弟子たちを信念の使徒に変え、人々からキリストと呼ばれるようになった。永遠の同伴者へと変わっていったのである。人間が続く限り、永遠の同伴者は常に求められる。イエスは、人間のその切ない願いに生前もその死後も応えて来たのだ。その不思議さは、我々がどれほど合理的に解釈しようとしても解決できぬ神秘を持つている。(『キリストの誕生』)

外部評価

これら二作品が発表されてから後の外部の評価をみると、『イエスの生涯』については、井上洋治氏はその文庫版の解説で、「秀作」と呼び、へおそらくは遠藤氏は、その名をたんに日本文学史上のみならず、日本キリスト教史上にも残すことになるに違いない。(遠藤氏の心にまかれたキリスト教信仰の種が、成熟し円熟し、鮮やかに開花したものが、この『イエスの生涯』という作品だと私は思っている)①と賛辞を呈している。

また、『カトリック新聞(昭和四十九年三月十日)の「遠藤周作の評判」と題する記事では、相川高秋氏が、「著者がフラビウス・ブルトマン等を含む歴史家、神学者の書物を入念に研究している」ことをほめ、小説家としての手法、特に当時の偉大な政治家、宗教者、指導者の心理と術策についての直観的な分析②を賞賛している旨が報じられている。

またこの作品は、昭和五十三年六月にそのイタリア語訳が、国際ダグ・ハマー

シヨルド賞を受賞した。受賞理由は、伝記的要素と小説的要素がうまく交錯して興味深く、古典的なイエス伝として知られるルナンやヘーゲルのそれよりも幅の広い内容である③ことであつた。

一方、『キリストの誕生』については、この作品が第三十回読売文学賞（評論・伝記賞）を受賞した際、河盛好蔵氏は、本書は学術書でもなければ教養書でもない。日本のキリスト者としての自覚と信念に貫かれた見事な文学作品であつて、イエスのふしぎさを描き、解きたいとする著者の情熱が、小説家としての巧みな手法によつて、私のような無信仰者の胸にも強く響いてくる。遠藤文学のルーツとも言うべき作品である④と選考の弁を述べている。

中野孝次氏も、へさすがに練達の小説家の目が光つていて、ベトロとかポーロとかいう人物像をはっきり描き出し納得させる⑤、遠藤氏のこの解釈がキリスト教専門学者からどう見られるのか知らないが、これは異教徒にして日本人たる私などにもいかに納得できる人間の見解である⑥、聖書を文学的見地からしか読まぬ私などには、きわめて説得的であつた⑦、日本人によつて探し求められ書かれた一つの納得しうる人間的キリスト像がここにある⑧等と、高く評価しておられる。

また井上洋治氏も、西欧キリスト教というだぶだぶの洋服を、長い年月かかつて和服に仕立てあげたこの遠藤氏の作品は、キリスト教の日本文化への文化内開花の上で、まさに大きな足跡を残したものと、いわねばならないであろう⑨と絶賛し、高橋たか子氏も、キリストの誕生⑩がきわめてユニークなのは、幾世紀もにわたつていろいろんな人々によつて扱われてきたこの問題が、聖職者とか学者によつてでなく、小説家によつてまさに小説家ならではの視点から扱われた点にある⑪と評価しておられる。

以上のように、二作品とも概して好評をもつて世に迎えられた。そこで次に、こうした好評の背景にある、二作品の描写方法や叙述態度の問題について、その特質を幾つか指摘し検討しておきたい。

描写方法や叙述態度の特質

遠藤氏は、小説家として興味があるのは、周りの人間の目をとおして聖書を見ることだ。そうすると別な形でドラマチックだ⑫と云う。描写叙述方法の特質の第一は、作者が弟子や大衆の中に立ち、彼らの眼や心を通してキリストを描くというように、心理分析的に叙述していることである。一つ例を挙げれば、

「受難物語」の場面では、へまず、イエスの死に対する弟子たちの心理を考えてみると、驚愕と混乱と絶望と後悔とに尽きよう。そしてイエスを助けず沈黙を守り続ける神への疑念を抱いたことであろう。さらに、イエスが無力だったゆえにイエスへの期待感も消滅し、絶望感に碎かれたはずだ。だが弟子たちはなおもイエスにこだわり続けた⑬というような箇所である。

これは、読む者に強いリアリティを感じさせる。へここに登場するパウロやベテロが何と云いききしていることだろう⑭との感想は、ひとり高橋氏のみにとどまるまい。相川高秋氏も、著者のこのひらで操り人形のように踊るピラト・ヘロデ・カヤパをみるのは愉快である⑮と感想を述べておられる。

第二に、作者が小説家的想像力によつて、一つの歴史的事件なり事実をその背景から分析していることである。例えばイエス逮捕の場面では、同じ一味の徒党として捕縛されてよいはずの弟子たちが、お咎めなしにその存在を黙認されたのは、ベテロが、逃亡した弟子たちを代表してカヤパの官邸に赴き、衆議会の裁判を受けながらも、イエスを強く否認することによつて、弟子たちすべての罪が不問に付され、逮捕追及を免れたからだと推測している箇所などである。この大胆な推測については、全く恣意的な虚構だとする高尾利教氏のような批判もあるが、読者の興味をひき、目を開かれる思いにさせられるのは事実である。

第三に、キリスト教信仰を弟子たちという共同体の精神的所産であり、新約聖書はその弟子たちの作品だと見ていることである。作者はそのことを、弟子たちの「創造衝動」という言葉で説明している。裏切った弟子たちの負目意識から、同伴者イエスの誕生、イエス復活の信仰、再臨の信仰と神格化に至るまで、人間心理的に解釈しており、神的なものとは登場させていない。そして、イエスからキリストを「誕生」させる弟子たちの心的過程を、作品を生み出す作家の心的過程になぞらえているのである。高橋たか子氏の言のごとく、これはまさにへ小説家ならではの発想⑯であろう。

第四に、作者固有の人間認識の仕方を挙げておきたい。作者は、『キリストの誕生』の「あとがき」で、へ私はこれらの弟子たちの人間臭さを受した。ベトロの優柔不断、その強さゆえに倨傲になり知らずして他者を傷つけているポーロ。使徒たちはこうした人間的弱点を持ち、時にはたがいに反発しあい、そしてそれらの弱点がまた彼らの信仰にもつながつたのである⑰と書き記している。へ人間臭さ⑱とは、いかにも作者好みの言葉だが、ここには、短所も長所も弱さも強さもまるのまま認めて人間を肯定していこうとする、作者の幅広くかつ深い人間認

識のあり方を観て取れよう。こうした人間認識のあり方には、あるいは、へ凡てのこと相働きて益となる(『ロマ書』)とする聖書の信仰が基底にあるのかも知れないが、いずれにせよ、人物や事実・事件を活性化しドラマチックにしていることは間違いない。

へ使徒行伝の第七章、第八章の目的は、弱かった弟子たちが、イエスの死後さえも、再び同じ人間のな哀しみを噛みしめねばならなかったこと、人間は死ぬまで自分たちの弱さに顧くことを語りたかったのだ。

へイエスの死後、再起した弟子たちが勇氣と信仰に終始みちみちしていたと思いがちな我々は、彼らもまた人間の弱さに苦しんでいたことを知り、どれほど慰められるだろう。使徒たちが文字どおりその名に値するまで、我々と同じようにとほとほと歩んでいたということは、我々にどんなに希望を与えてくれるだろう。

人間の弱さをも肯定するこうした認識の仕方が、前記中野氏の評価などを生み出すものとなつていと思われる。

小説か伝記か

二作品の評価とその背景にある作品の特質、いわば肯定的側面について触れたので、次にこの作品がはらむ問題点の方へ論点を移してみたい。まず、『イエスの生涯』は、小説・伝記のいずれに属するかという問題である。この問題が重要である理由は、小説か伝記かということが、即作者の信仰告白の書か否かとの論にも関わってくる問題だからである。

笠原芳光氏によればこの作品は「評論」⑧であり、門脇佳吉氏はこれを「伝記小説」⑨と呼び、井上洋治氏は、評伝か歴史小説か意見が分かると言われる。国際ダグ・ハマーンショルド賞受賞の際には、「評伝文学」のジャンルに入れられているようである。『キリストの誕生』については、中野孝次氏は「史的評論」に分類しておられる。

このように論者により様々であるが、作者自身はどう考えていたのか。『イエスの生涯』の「あとがき」によれば、『イエスの生涯』のもとになった「聖書物語」は、「小説『死海のはとり』の創作ノートの一部で」あり、『死海のはとり』とは表裏一体をなす作品である」という。この言葉からすれば少なくとも作者としては、『イエスの生涯』を小説としては認識していなかったはずである。他の箇所でも作者は、『沈黙』の後の自分の宿題として、七年ぐらい前から、日本人

の実感で捕らえられる「イエス」を書きたいと思つていた。一つは小説として、もう一つは評伝として『イエスの生涯』を書くつもりだった」と語っている。つまり作者自身の認識では、『イエスの生涯』は「評伝」なのである。

しかしこの作品は、「評伝」・「伝記」としてみると、前述のように小説的手法がふんだんに取入れられていることも与つて、結果的に「評」の部分に重点が置かれており、以下に述べるように作者自身の信仰の問題をめぐって、誤解されたり、批判の対象になったりしやすい側面を多分に持ち合わせているのである。

文芸評論家の佐古純一郎氏は、「文学におけるイエス伝」と題する講演の中で、へ遠藤氏は、「文学者・作家として書くのであり牧師や神学者として書くのではない。信仰の本質的な問題は、作家だから分らない」と言うが、イエス・キリストを信じパウロというクリスチャン・ネームを持つ人なのだから肩書きでキリストの前に立たされているはずだ。彼がどんなに俺は作家だ、文学者として書いたのだと言つても、小説ではないこの二著は、遠藤氏の神学的な書物、信仰の告白の書である(⑩(主旨)と断じて、牧師でもある立場から批判しておられる。

門脇佳吉氏も『イエスの生涯』について、へ表題からすれば伝記であるがキリスト信者が求めるキリストの姿は見当たらない、へ信仰の書として断定するのは無理があるように思う。正統的な信仰の持ち主は、この本のいたるところに異端の臭いをかぎつけるに違いない」と伝統的信仰の立場から批判しておられる。

また、田川建三氏のように、作品の性格が小説、歴史記述のいずれにも不徹底で曖昧である点を衝いて、へ遠藤氏は、歴史小説でなく、歴史記述の力量がまるでないのに歴史的記述のスタイルをとったから、出て来たイデオロギー(弱者の論理)のみがむき出しに露出した歴史記述とは言えず、小説ではない何の意味もないものとなった(⑪)と厳しく批判している例もある。併せて氏は、へ事実の記述や表記にあまりにも素朴な間違いが多すぎる(⑫)とも批判している。

洋服論争

井上洋治氏は、文庫版『イエスの生涯』の解説の項で作者の信仰問題にふれ、へ遠藤氏は、キリスト教信仰を母から無理に着せられた洋服にたとえながら「後になって私はもうぬごうとは思うまいと決心をした。私はこの洋服を自分に合せる和服にしようと思つたのである」と語るが、『イエスの生涯』において遠藤氏が示したイエス像こそが、長い歲月かかって自分の身体に合うように仕立てあげた和服に他ならない」と記す。そして『キリストの誕生』は、「西欧キリスト教」

というだぶだぶの洋服を、長い年月かかって和服に仕立てあげた作品であると言う。

つまりこの二著は、『沈黙』以後の作者にとって固有の課題となっていた問題、即ち距離感のあるキリスト教をどうして身近なものにするかという切実な問題に、内在的・主体的に取組んだその結晶であり、作者自身の信仰がここに語られているとの立場である。そしてその評価も、ヘキリスト教の日本文化への文化内開花の上で、まさに大きな足跡を残したものと肯定的である。

しかし佐古純一郎氏の論は、井上氏同様に作者自身の信仰告白の書とはみとめながらも、評価については否定的である。即ち、『西洋の教会特にカトリック教会の中で作り上げられてきた教理、キリスト論、イエス理解はそのまま日本の精神風土に合わないところがいっぱいある』からといって、日本人が着てびったりと快い和服に仕立て直したようなヘキリスト教というのは、一番大事な聖書でのイエスの言葉でも「からみ」を失った塩みたになってしまいう危険性があると思う」と述べている。佐古氏は他の箇所でも、へまことにゆゆしい問題で、信仰的にはへ見のがすことができない^⑬と批判している。プロテスタントとカトリック、その違いがあるとはいえ、共に牧師・神父でありかつ文芸世界でも活躍されている両者に、こうした見解の相違が見られるのは興味深いことである。

「無力なイエス」像

遠藤氏が『イエスの生涯』や『キリストの誕生』において描くイエス像は、民衆の期待に反して、奇跡をなさずなし得ない無力なダメ男、ただひたすらに愛を説き実践し、そのために民衆に誤解され弟子たちにも裏切られて、孤独のうちに死んだ人である。しかもそのイエスは、裏切った弟子たちを憎むどころかなお必死に愛そうと哀しい眼で見つめる、優しい母のようなイメージである。旧約の怒りの神に代えて愛の神を説き、神殿や律法よりも高い神の愛を教え、疎外された弱者や罪人の同伴者となって悲しみや苦しみを共に分かち合う、徹底的に愛の人であった。遠藤氏はそう説く。

しかし、こうしたイエス像については批判が続出する。例えば、前記の佐古氏は、へ力あるイエスと無力なイエスなどということは、聖書のどこにも感じられない。イエスが群衆から見放されるのはその力ゆえと思う。へイエスは十字架の上で力を現すことが出来なかったなどとはとてもない。へイエスが無力であるよう書くのに都合のいい所ばかり引照して、十字架の苦しみまでも進んで引

受られた、本当に力ある方を証する聖書がここでは引用されていない。へ受難裁判の場面で命を懸けての証言をしたイエスを無力などとは言えない等と批評しておられる。

この点に関して遠藤氏は、ハヤット神父との対談「『死海のほとり』をめぐる対談から」の中で、神父が、へこの本はイエスさまの本当の人格がでていないと思う。つまりイエスは弱い人間、ダメな人間で奇跡を行う力がないと書いてあるので、読む人によって、聖書がまちがっている、と考えられるのが心配だ」と詰問口調に出たのに対して、へはくのあの小説には、第三者から見たイエスさまは弱く見えると書いているので、本当は強い形で書いたつもりだ。イエスは現実的な世界では弱いと見られる形で生きられた(主旨)と弁解口調で答えている。

井上洋治氏は、へこの『イエスの生涯』のイエス像が、たとえ従来西欧キリスト教によって示されてきたイエス像とは可成りの違いをみせているにせよ、それによってこのイエス像をたんなる一人の文学者の想像や思いつきによる捏造と考えることは許されない。氏のイエス像は、歴史的にも神学的にも、それ相應の根拠にもとづいて描き出されたものだからである」と言い、「同伴者イエス」像については弁護的肯定的である。しかし「無力なイエス」像については言及されていない。

奇跡の否定

この二著の中で遠藤氏は、奇跡を否定的に描いている。この件については、前記のハヤット神父との対談の中でもはっきりと否定的に語っている。ハヤット神父が、へ奇跡は否定すべきでない。奇跡を否定しているので間違いだ」というのに対して遠藤氏は、へ奇跡よりも、もっと大事で本質的なことは、ぼくは愛だと思ふ。イエスは愛に重点をかけられた。しかし、奇跡やしるしはほんとうの宗教としては、ほとんど関係ない。奇跡を重視しない。へ事実の正確さはそれほど問題ではないのではないか。だから真実さえ衝けば、聖書を損ねるものではない。(しかし)最大の奇跡である復活をぼくは信じている(要旨)と答えている。奇跡の否定をめぐっての佐古氏の批判は、次のとおりである。

へ遠藤氏は、奇跡物語的な部分を殆ど承認していない。イエスは疎外された弱者、罪人の同伴者として徹底的に愛の人であった、それだけで充分なのだ、奇跡的な話はどうでもいいのだと言うのである。これは、同伴者イエスを強調せんがために、癒しの業を軽くいなしたのだろうが、奇跡の部分はイエスを崇めるため

の後からの付加だ、との論は根拠に乏しい。奇跡を否定した理解の仕方は、俗耳には入りやすいかも知れないが、癒しの業も愛のしるしとしてあったのだ(要旨)。

さらに遠藤氏は、奇跡に関連して、「事実」と「真実」とを分けて考えている。即ち、(聖書の)どの部分が事実であり、どの部分が創作であるかは、それぞれ聖書の中的事实と真実との意味をはっきり区別したのである。私としては聖書の中的事实と真実との意味をはっきり区別したのである。私としては事実などがイエスを信仰する者の信仰所産である以上、真実なのだ。それは事実などという枝葉末節のことをはるかに超えて、その時代の信仰者がそれを心の底から欲した場面であるから真実なのである。聖書を読むたびに私たちは生き生きとしたイエスやそれを取りまく人間のイメージをそこから感じるのにはなぜだろう。それは事実のイエスではなくても真実のイエスの像だからである」と、こう言われるのである。

この、「事実」と「真実」との使いわけについても、佐古氏は批判的であり、「遠藤周作の奇跡理解をめぐって」の中で次のように述べている。

「遠藤氏は、癒しの『奇跡物語』と、苦しみを分かち合われた『慰めの物語』の二つを区別して、『慰めの物語』が『奇跡物語』よりリアリティーをもって我々に迫るのは、後者がイエス伝説を集めて書かれているのに対して前者は、目撃者の弟子たちの記憶に生々しくあったものをそのまま使っているためではないだろうか」と言う。しかし、例えば「長血を患う女」の話など、「慰めの物語」と「奇跡物語」に分けられるものではない、これは「信仰の物語」なのだ。奇跡が信仰を生むのではなく、信仰が奇跡を生むのだということです。信仰的には、遠藤氏のように愛の同伴者としてのイエスと、奇跡を行ってくださるイエスとを二つに分けないで、愛してくださるからこそ奇跡を行ってくださるのだ、というふうに受け止めたい(14)。ここに言う「奇跡物語」は「事実」に相当し、「慰めの物語」は「真実」に相当するわけである。

また、高尾利教氏は、遠藤氏の奇跡観について、次のような厳しい批判を展開しておられる。遠藤氏のこうしたイエス理解は、現代の聖書学の認識によって承認されるものであろうか。全く否である。遠藤は、処女降誕やもろもろの奇跡をすべて史実とは認めず、復活信仰なども弟子たちの心理過程として説明する。イエス理解はかなり客観的で学問的にも承認されうるもののように見える。しかし彼の諸作品は、根本的に文学的創作である。イエスは自らの権威、力を意識していたからこそ、特に精神的に打ちひしがれていた人々にとって絶大な影響を与え、

奇跡として信じられるような「力ある業」を多くなしえたのであろう。奇跡信仰をぬきにしたイエス理解は、根底から間違っているのだ(15)(要旨)。

神・聖霊の不登場

遠藤氏は、イエスの死後弟子たちが強き使徒へと一変した理由を「復活」に求めている。前述のハヤット神父との対談の中でも「復活」に力点を置いているが、これに対してハヤット神父は、弟子たちの変身の理由を「聖霊」に求め、両者の間に微妙な違いを見せている。遠藤氏は、「イエスの生涯」から「キリストの誕生」に至る過程を、もっぱら弟子たちの人間的な側面、心理過程から説明を加え、神や聖霊を登場させていないのである。

この点について佐古氏は、次のように批判する。へこの両者に、神という言葉が殆ど出て来ない。聖霊という言葉は、一箇所も出てこない。それを、俺は文学者であって神学者ではないからと言うのはおかしい。聖霊として働く父なる神の力ということに目を向けないでイエスの生涯が書けるものだろうか。逃亡した弟子たちが、エルサレムに結集して立ち上がり、原始教団を作って力強く伝道を開始するその秘密は何か、『キリストの誕生』の中には、ペンテコステのことが一行もかかれていない。聖霊はペンテコステに限らず、イエス受洗の時にも働いているのだから、ナザレ人イエスの中に働く聖霊を見過ごしにしてイエスの生涯を見ることは出来ない。しかし遠藤氏は、このことについて全然触れていない。これが遠藤氏のイエス理解をめぐっての私の一番の疑問である。

あるいはまた、遠藤氏の考えは教会論的視点を欠いている。西洋世界で作り上げられてきたイエス像には自分の身に合わないところが沢山ある。それで教会のイエスではなく、私が真実こめて呼ぶことの出来る私のイエスと言うのだ。本質的には、教会のイエスではない私のイエスというのはいずれ得るはずがない。イエスの身体としての教会、その身体において働く聖霊の力ということも言っていない。下手をすると、イエスでなくてもいい、親鸞と入れ替えても構わないイエスになってしまうと批判する。総じて佐古氏の批判は、伝統的信仰の立場、牧会者としての立場からなされた、その意味では厳しいものとなっている。

以上、「無力なイエス」像や「奇跡の否定」、「神・聖霊の不登場」など、遠藤氏の把握したイエス像・キリスト教信仰の特質を見てきた。ここに、その総まとめの意味で、角田信三郎氏の要旨のような批判を引用しておきたい。

へそれにしても、遠藤のイエスは余りに単純化されていて、福音伝承固有の矛

盾緊張が正統に評価されていないようだ。自分は神学者ではないからと弁明しつつ、イエスによる神の国の使信を、愛の福音という漠然たるものに置きかえてしまったこともその一つだし、奇跡に関連して言えば、イエスの使信とイエスの業やしるしとの不可分なつながりも言及されていない。

イエスが愛を説き、愛の実行者であったということは誤りではないが、イエスの教えは結局愛に決着するというような言い方も問題である。イエスの使信の中心主題はやはり神の國の切迫であり、神の國の到来が間近という現実の中でこそイエスの言葉と行動が意味を持つ。愛の掟は、普遍的な道徳律といったものではなく、神の國が切迫し神の愛とその要求の前に人間が決断を迫られている状況と不可分なのだ。へ遠藤のイエス像には、神の國の告知者としてのイエスの権威が欠如し、当時の宗教的機構と観念に蔽しく切り込んで峻烈に批判する憤怒型の挫折者であったという視角が欠落している⑩。

小説的手法と構成

遠藤氏は、この二著（特に『イエスの生涯』）でなぜ「無力なイエス」像を描いたのだろうか。それが、遠藤氏の信仰的把握したイエス像であることは勿論である。しかし、遠藤氏はこの〈評伝〉を〈小説家として書いた〉と言われる。したがって、そこに小説家としての手法を働かせた、との含みがあると見てよいだろう。このことについて、笠原芳光氏は、へ復活や強い使徒を作り出すための逆説的な跳躍板ではないだろうか。「無力なイエス」は「強いキリスト者」を言いたいための伏線ではないか」と言われる。また高堂要氏は、へ復活のリアリティーを奇跡的出来事として表現するために、不必要なまでにイエスを無能力者として貶しめているのではないか⑪と言われる。遠藤氏自身、へイエス様自身は、よくいえば強いはずだ。イエスは現実的な世界では弱いと見られる形で生きた。それで同伴者にもなれた」と語っているのだ。したがって「無力なイエス」像は、「同伴者」イエスを強調するための手法であったと見てよい。また、諸氏が指摘する引照箇所の恣意性や解釈の恣意性についても、すべて、「愛の人イエス」・「弱き者の同伴者イエス」を強調するための手法だと考えられる。

では次に、なぜ奇跡に否定的なのだろうか。否定の背後に、正統信仰のあり方に対する作者の暗々裡の批判を見て、現代の奇跡論が、単に正統信仰を検証するための踏絵にすぎなくなっている現実から、イエスの真実を回復するため奇跡をあえて除外したのではないか（要旨 角田信三郎氏）とするような見方も成り立

とう。しかし、奇跡の否定が「無力な愛の同伴者イエス」の強調と表裏の関係になっただけからすれば、この問題も「無力なイエス」同様に見えることが出来るのだと考えられる。（正統信仰のあり方に対する遠藤氏の批判意識は、例えば、へひとつの宗教はそれが組織化されるだけでなく、神についての謎をすべて解くような神学が作られた途端、つまり外形にも内面にもこの人生と世界について疑問と謎がなくなった瞬間、衰弱と腐敗の坂道を転がっていく等の表現からも看取されるが、今は触れないこととする）。

また、なぜ神や聖霊が登場しないのか。この問題も上述の二者同様と考えてよからう。遠藤氏は、伝統的なイエス像から神の子とかメシヤとかいうへ輝いた形容詞（角田信三郎氏）を払拭し「愛の人イエス」を強調することによって、現代の日本人にイエスを甦らせようと図ったのであろう。以上を要約すれば次のようになる。

遠藤氏は、イエスの聖なる部分・神性をカットし、専ら人間的な側面から描出しようとした。イエスの〈伝記〉を〈評伝〉の形で書きながら、小説家的に再構成しているのだ。しかもそれは、日本人の感性に訴える描き方によって、へ西洋人の考えに基づいたイエス像ではなく、我々日本人にもわかるイエス像、日本人にも親しめるイエスのイメージを具体的に提示しようとしたのである。現代の日本人は、科学的合理的な考え方をし、無神論的で奇跡など信じたりしない。したがって、イエスの神性なども持ち出し難い。そこで代わりに前面に押し出したのが、共に苦しみ悲しみ涙を流してくれる母のような「同伴者イエス」である。これが現代人にも解るイエス像である。

遠藤氏は、こうしたイエス像が、キリスト教界から厳しい批判にさらされることを充分予測していた。しかも、「西欧のキリスト教だけがキリスト教の全てではない。へ私のなかの基督の教えにたいする信頼感は、『洋服』必ずしも衣服の全てでないことを考えさせる。私は日本人の体にあつた和服もまた基督の教えにはずれないと思う」（『私の文学』）との自負に裏打ちされているのだ。また、こうしたイエス像を創出した遠藤氏の胸中には、次の一節にもあるようなダイナミックな作家精神が、常に躍動していることを指摘しておかなければなるまい。へ「神の沈黙」というすべてのキリスト教徒にとつての難問に対し「結局この永遠の謎を前にもがき苦しみ問いつづけることこそ、信仰のエネルギに他ならぬ。今日もすべての人間にイエスはその謎と解答の自由を与えている」。遠藤氏は、まさ

にこの精神に則って、「私のイエス」像を提示したのであろう。では最後に、イエスの聖なる部分・神性の問題がどう扱われているかについてみておきたい。

この問題について作者は、巧妙な暗示的象徴的手法を用いて表現している。作者は、復活の奇跡について、〈弟子たちの心に「無力なるイエス」が「力あるイエス」に変るような出来事があったと推定せざるをえない。そしてその出来事ゆえにイエスの復活が事実として弟子たちに掴めたと思わざるをえない〉と書き、イエスの生涯については、〈なお掴み難い神秘と謎がある〉と云う。弟子たちに現れた復活のイエスのリアリティーは、未だ解けぬ「謎」としてしか提示できないというのだ。そして最後は、〈原始キリスト教団のみじかい歴史を調べるとき、私がぶつかるのは、いかにそれを否定しようと試みても否定できぬイエスのふしぎさと、ふしぎなイエスの存在である。なぜこんな無力な男が……人々の信仰の対象となり、人々の生き方を変えることができたのか。このイエスのふしぎさは、どれほど我々が合理的に解釈しようとしても解決できぬ神秘を持っている〉と閉じる。「あとがき」では、〈この本に描かれたイエスの生涯には——多くの聖職者、神学者の不満は承知しながら——ユダヤの旧約の完成者としてのイエスの姿はない〉、〈この本はイエスの生涯を小説家として書いたものであるから聖書におけるその使信についての神学的解釈もない。それらは本書の意図をはみ出したものであり、私の力の及ぶところではないからである。〉(中略) 私はこのイエス像がそのすべてに触れたなど少しも思っていないからぬ。聖なるものを表現することは小説家にはできぬ。私はイエスの人間的生涯の表面にふれたにすぎぬ」とも記す。

〈イエスは無力で、犬のように殺された〉と、その生涯を辿った後、一転してこのような巧みな手法でイエスの神性を暗示して終わっているのである。相川高秋氏はその手法を、〈神の子のイメージを彼の描く筆致の上に見てはならない。むしろ、彼の絵の空白部分に、神のイメージを見なければならぬ。これは墨絵の鑑賞法である〉と表現する。かくして今度は、読者それぞれがその空白余白の部分にイエスの神聖を読み、おのおのが主体的に「私のイエス」像を創造していく順番である。作者はまさに、そのことを期待しているに相違ないのだ。

〔引用文献〕

- ① 井上 洋治 「解説」 (文庫版『イエスの生涯』昭和五七年三月)
 ② 「遠藤周作の評判」 (『カトリック新聞』昭和四九年三月一日)

- ③ 「イタリアの遠藤周作」 (『カトリック新聞』昭和五三年九月二四日)
 ④ 河盛 好藏 (『読売新聞』昭和五四年二月一日)
 ⑤ 中野 孝次 「新著月評」 (『群像』昭和五三年二月)
 ⑥ 高橋たか子 「解説」 (文庫版『キリストの誕生』昭和五七年一〇月)
 ⑦ 「『死海のはとり』をめぐる対談から」 (『カトリック新聞』昭和四八年一月二五日・二二月二日)
 ⑧ 笠原 芳光 「イエスとキリストとの間」 (『福音と世界』昭和四八年二月)
 ⑨ 門脇 佳吉 「異端の書か、それとも」 (『カトリック新聞』昭和四八年一月二五日)
 ⑩ 佐古純一郎 「文学におけるイエス伝——遠藤周作のイエス理解をめぐって——」 (『福音主義教会連合』第三二号 昭和五五年一月)
 ⑪ 田川 建三 「イエス像(遠藤周作)」 (『解釈と鑑賞』昭和五六年一〇月)
 ⑫ 田川 建三 「通俗書の存在意義」 (『春秋』昭和五三年二月)
 ⑬ 佐古純一郎 「遠藤周作とカトリシズム」 (『解釈と鑑賞』昭和五〇年六月)
 ⑭ 佐古純一郎 「遠藤周作の奇跡理解をめぐって」 (『信徒の友』昭和五七年七月)
 ⑮ 高尾 利教 「イエス・キリスト教・カトリシズム」 (『解釈と鑑賞』昭和六一年一〇月)
 ⑯ 角田信三郎 「イエスの真実」 (『福音と世界』昭和四八年二月)
 ⑰ 高堂 要 「遠藤周作のイエス像」 (『福音と世界』昭和四八年二月)

Analysis of solidification of Molten Metal Jet in the In-Rotating-Water Spinning Process

Mitsuyoshi SHIMAOKA and Itsuo OHNAKA

Materials Transactions, JIM, Vol. 32, No. 4(1991), p.368-374.

To make clear the cooling and solidification processes of molten metal jet in the In-Rotating-Water Spinning Process, some experiments have been performed on a $\text{Cu}_{50}\text{Be}_{11}\text{Fe}_4$ (at.%) alloy at ejection temperatures 1340-1540K, diameters of jet 0.1-0.19mm and subcoolings of water 60-90K. The results are summarized as follows: (1) Separation of water around the jet was observed and the length of the water separation along the wire increased with decreasing wettability between the wire and water. (2) The temperature profile calculated using the value of the heat transfer coefficient by Epstein and Hauser's equation in the region of the water separation almost agreed with that estimated from the brightness of the jet which was measured from the photographic paper. (3) The cooling rates of the jet during solidification interval were estimated to be in the range of 10^4 - 10^5 K/s from numerical simulation.

Cooling curves of molten metal jet in the rotating water layer and the cooling rates during the solidification interval are shown in Fig.1 and 2, respectively.

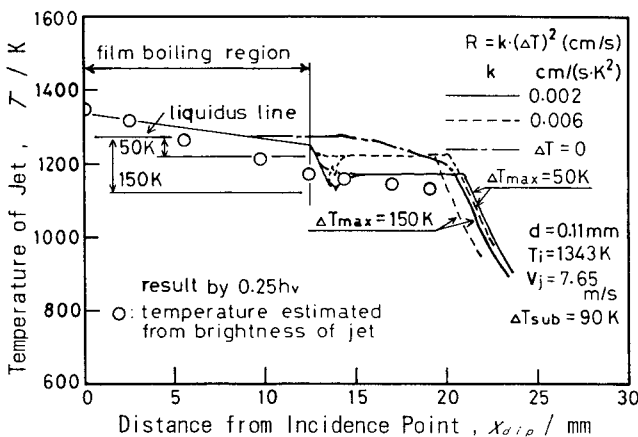


Fig.1 Cooling curves of molten metal jet in the rotating water layer (Ejection temperature of the melt : 1343K).

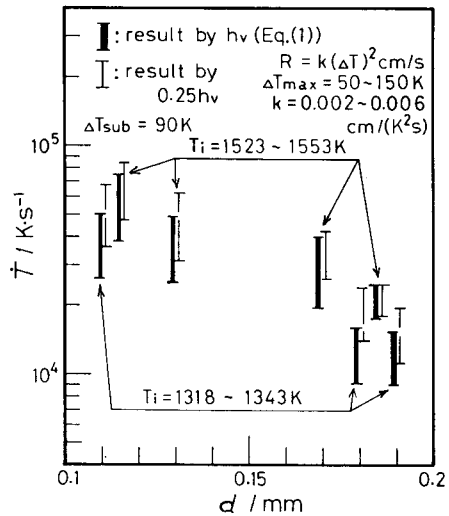


Fig.2 Relation between the cooling rate during the solidification interval and the diameter of filament.

遺跡出土木材へのPEG含浸速度に及ぼす 樹種, PEG濃度, 及び温度の影響

河越 幹男・石垣 昭

日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」, 第23号 (1991), 1~11頁

Influences of Wood species, PEG concentration and Temperature on
Impregnation rate of Waterlogged Wood with PEG

Mikio KAWAGOE and Akira ISHIGAKI

Journal of the Japanese Society for Scientific Studies on Cultural Property, "Archaeology
and Natural Science", Vol.23 (1991) pp.1~11

著者らは、前報でPEG含浸過程を拡散現象と見なし
て解析し、PEG含浸途中における木材重量の経時変化
が拡散理論に基づく計算値とよく一致することを見い出
し、この重量変化曲線から有効拡散係数を求めた。さら
に、板、直方体、円柱、球などの簡単な形状に対する処
理時間を推定する簡便式を提出した。

PEG含浸速度は、含浸液の密度、粘度、及び分子拡
散係数などの影響のみならず、樹種、腐食程度など木質
構造の影響も受ける。前報の拡散モデルを実際の保存
処理に適用するためには、これら諸因子の含浸速度に及
ぼす影響を明らかにしなければならない。本研究では、
このうち含浸速度に最も大きな影響を及ぼすと考えられ
る樹種、PEG濃度、及び温度の影響を検討した。さら
に、含浸完了後の長期保存中に起こる出土木製品の変形
、変質などの基礎データを得るため、体積変化率及び水分
残存率についても測定した。

その結果、図1に示すように、有効拡散係数は、広葉
樹の方が針葉樹の場合よりも大きいことを見い出した。
また、PEG濃度による拡散係数の変化は±14%~±28
%で、それほど大きくはないことが分かった。有効拡散
係数に及ぼす温度の影響は、図2に示したように、Eyring
の速度式で整理できた。さらに、PEG含浸後に試料出
土材は収縮し、その体積収縮率は約4.5%であることが
分かった。また、含浸完了後の水分残存率を求め、初期
含水量の30%以上の水分が未置換のまま残留しているこ
とを明らかにした。

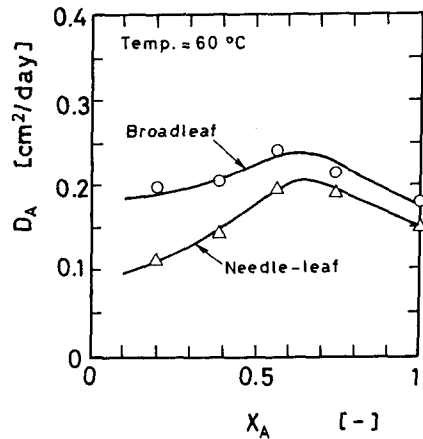


図1 有効拡散係数とPEG濃度の関係

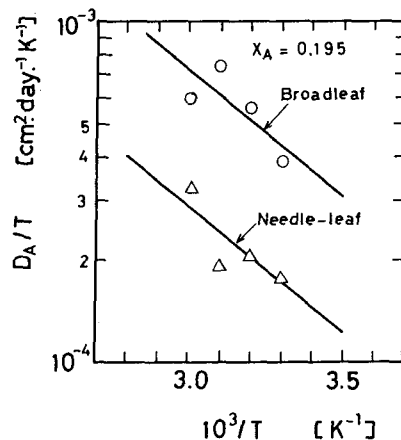


図2 有効拡散係数と温度の関係

教官研究活動一覧表

(機械工学科)

寿命解析・評価支援のための材料データベース構築に係る調査研究

岩井保善

日本機械工業連合会

(平成3年3月 分担)

粒子充填層内及びそのモデル流路内における高分子溶液の流動挙動

小柴 孝

日本機械学会関西支部レオロジー研究懇話会第45回レオロジー懇話会

(平成3年2月1日 講演)

屈曲管路内の粘弾性流体の流動挙動について

村田 泰 (阪大・工), 中村喜代次 (阪大・工),

小柴 孝, 森 教安

日本機械学会関西支部第66期定時総会・講演会

(平成3年3月17日 講演)

粒子充填層を通過する高分子溶液の流動挙動について

中村喜代次 (阪大・工), 森 教安, 小柴 孝

日本レオロジー学会第18年会

(平成3年5月21日 講演)

スピンドルレオメータにおける流れの実験的研究

中村喜代次 (阪大・工), 森 教安, 小柴 孝

日本繊維機械学会第44回年次大会

(平成3年6月6日 講演)

高加工度と寸法・形状精度の向上を図るパイプ加工技術

小島耕二

日刊工業新聞

(平成3年4月26日付 20~21面掲載)

ダイレスフォーミングによる異形鋼管のテーパ引抜き加工

樂魂護 (東北工学院) 張衛剛 (上海交通大) 小島耕二, 関口秀夫, 木村貞夫 (東洋特殊鋼業)

第42回塑性加工連合講演会

(1991年9月25日 講演)

高圧空気により駆動されるウォータージェット

坂本雅彦, 薫原道久, 木村雄吉 (以上, 神大工),

橋本潔 (航空大), 荒古英行, 山吉一成, 酒井誠

(以上神大工)

日本機械学会関西支部第66期定時総会講演会

(平成3年3月19日 講演)

Development of Warm Temper Forging

H. Sekiguchi, K. Kobatake

and K. Osakada (Osaka Univ.)

第41回国際生産加工会議 (CIRP) 研究集会 (スタンフォード大学)

(1991年8月20日 講演)

Research Activities in cold Forging in Japan

H. Sekiguchi

第24回国際冷間鍛造グループ (ICFG) 総会 (パース大学)

(1991年9月10日 講演)

PCM弁を用いた空気圧駆動系の位置制御

早川恭弘, 宮田慶一郎 (立命館大学), 横田修一

(立命館大学), 花房秀郎 (立命館大学)

日本油空圧学会春季油空圧講演会

(平成3年5月23日 講演)

等間隔スリット列流路内における粘弾性流体の流れ模様及び圧力損失

西村太良 (工織大), 中村喜代次 (阪大・工),

西村昌和 (阪大・工), 森 教安

繊維機械学会論文集, Vol.44, No.7 (1991) pp.45~51.

粘弾性流体の円管内流量一定スタートアップ 流れの数値計算

森 教安, 小西義郎 (阪大・工), 海下 巧 (阪大・工), 中村喜代次 (阪大・工)
日本レオロジー学会誌, Vol. 19, No. 3 (1991),

非等方性流体の流れの数値計算

福井 誠, 星野元治, 中村喜代次 (以上阪大・工),
森 教安
日本繊維機械学会第44回年次大会
(平成3年6月6日 講演)

粘弾性流体のスタートアップフロー

海下 巧 (阪大・工), 山崎隆史 (阪大・工),
森 教安, 中村喜代次 (阪大・工)
日本繊維機械学会第44回年次大会
(平成3年6月6日 講演)

外周旋削可能な溝入れバイトによる高送り旋削

和田任弘
機械技術, 38-11 (1990年10月), pp.89~97.

ファインセラミックスを削る 一切削加工が可能なマイカ質ガラスセラミックスの切削性能を探る

和田任弘
ツールエンジニア, 32-2 (1991年2月), pp.119~123.

(電気工学科)

表面電位減衰法を用いたポリアセチレン誘導体超薄膜の高電界現象

京兼 純, 山本善啓, 木村伊一, 吉野勝美 (大阪大学)
電気関係学会関西支部連合大会
(平成2年10月21日 講演)

インドネシアスラバヤ電子工学ポリテクニク (E E P I S) における平成元年度派遣専門家活動報告

関川三男 (元長野高専), 牧野 修 (JICA国際協力専門員), 原 健彦 (茨城高専), 平林紘治 (沼津高専), 下塩義文 (熊本電波高専), 京兼 純
高専教育 第14号 (平成3年2月), pp.217~222

導電性高分子 (PMSP) 超薄膜の表面電位減衰特性

京兼 純, 山本善啓, 木村伊一, 吉野勝美 (大阪大学)
電気学会全国大会
(平成3年4月4日 講演)

Effect of Ultrasonic Irradiation on Evaporated Thin Films

Jun Kyokane and Katsumi Yoshino (Osaka Univ.)
Technol. Repts. of the Osaka Univ., Vol.41,
No.2043 (April, 1991)pp.105 ~109

有機蒸着薄膜の電子素子への応用

京兼 純, 吉野勝美 (大阪大学)
電子情報通信学会 有機エレクトロニクス研究会
OME91-34, pp.65~70
(平成3年9月17日 講演)

スケール・スペース・フィルタリングを用いた水中情報伝送の研究

土井滋貴, 森和義 (大阪電通大), 松田稔 (大阪電通大), 志水英二 (大阪市立大)
日本音響学会平成2年度秋期研究発表会
(平成2年9月 講演)

水中情報伝送におけるスケール・スペース・フィルタリングに関する一考察 その2

土井滋貴, 高橋晴雄, 志水英二 (大阪市立大), 松田稔 (大阪電通大)
海洋音響学会誌Vol.17, No. 4, pp.30~37
(平成2年10月)

赤外線センサによる入眠検知法の開発

土井滋貴, 佐久間崇 (松下電工), 長井一郎 (松下電工), 高橋晴雄

電気関係学会関西支部連合大会

(平成2年10月 講演)

スケール・スペース・フィルタリングを用いた信号処理へのファジィ推論の導入

森和義 (大阪電通大), 土井滋貴, 松田稔 (大阪電通大), 志水英二 (大阪市立大)

電気関係学会関西支部連合大会

(平成2年10月 講演)

薄膜コンデンサのスイッチトキャパシタA/D変換への応用

薛忠 (大阪市立大), 上田智弘 (大阪市立大), 土井滋貴, 松下賢二 (大阪市立大), 志水英二 (大阪市立大)

電気関係学会関西支部連合大会

(平成2年10月 講演)

A Signal Processing using Scale-Space Filtering and Neural Network

S. Doi, M. Matsuda (Osaka Electro-Communication Univ.) and E. Shimizu (Osaka City Univ.)

Memoirs of the Faculty of Engineering, Osaka City University, Vol.31 (平成2年12月)

ファジィ推論を利用した入眠検知法

中尾忠幸, 土井滋貴, 高橋晴雄

大阪科学技術センター第7回ソフトウェアコンファレンス

(平成3年3月 講演)

スケール・スペース・フィルタリングを用いた水中音響信号処理の高速化手法

土井滋貴, 森和義 (大阪電通大), 松田稔 (大阪電通大), 志水英二 (大阪市立大)

日本音響学会平成3年度春季研究発表会

(平成3年3月 講演)

スケール・スペース・フィルタリングの並列アルゴリズムによる高速化手法

森和義 (大阪電通大), 土井滋貴, 松田稔 (大阪電通大), 志水英二 (大阪市立大)

1991年電子情報通信学会春期全国大会

(平成3年3月 講演)

パソコンによる計測・制御の実践入門

土井滋貴 他 共著

CQ出版社

(平成3年4月 出版)

スケール・スペース・フィルタリングの並列アルゴリズムによる高速化手法について

森和義 (大阪電通大), 土井滋貴, 志水英二 (大阪市立大), 松田稔 (大阪電通大)

海洋音響学会平成3年度研究発表会

(平成3年5月 講演)

Underwater information transmission using scale-space filtering and fuzzy inference

S. Doi, K. Mori (Osaka Electro-Communication Univ.), H. Takahashi, M. Matsuda (Osaka Electro-Communication Univ.) and E. Shimizu (Osaka City Univ.)

Ultrasonics International 91, France

Conference proceedings

(平成3年7月 講演)

Parallel processing of Scale-space filtering using the Transputer

S. Doi, K. Mori (Osaka Electro-Communication Univ.), H. Takahashi, E. Shimizu (Osaka City Univ.) and M. Matsuda (Osaka Electro-Communication Univ.)

Transputer Applications 91, U.K.

Conference proceedings

(平成3年8月 講演)

署名に現われる個人性の計測

中村善一

平成2年電気関係学会関西支部連合大会

(平成2年10月21日 講演)

OS2とパソコンCAD

成田紘一

CAD・CAM情報, 1990~10, pp.15~16

UNIX上で動くBBSホストプログラム

成田紘一, 茶木修一

大阪科学技術センター第7回ソフトウェアコンファレンス

(平成3年3月8日 講演)

UNIX用エディタ

成田紘一, 小西健一

大阪科学技術センター第7回ソフトウェアコンファレンス

(平成3年3月8日 講演)

『情報社会のコンピュータ入門』

成田紘一

晃洋書房

(平成3年7月 出版)

(電子制御工学)

Numerical and Experimental Studies of Shock Focusing Flow Field

M. Nishida (Kyushu Univ.), H. Kishige

The 2nd KSME-JSME FLUIDS ENGINEERING CONFERENCE Vol.1, pp.253~258, Seoul, Korea (October 11, 1990)

軸対称放物面から反射する衝撃波の収束

岸下晴亮, 手島光司 (京教大), 西田迪雄 (九大・工)

平成2年度衝撃波シンポジウム

(平成2年12月12日 講演)

衝撃波の収束による高温の発生

岸下晴亮

平成2年度衝撃波ワークショップ

(平成3年1月16日 講演)

軸対称放物面から反射する衝撃波の収束

岸下晴亮, 手島光司 (京教大), 西田迪雄 (九大・工)

日本機械学会関西支部第66期定時総会講演会

(平成3年3月18日 講演)

Focusing of Shock Waves Reflected from an Axisymmetrically Parabolic Wall

H. Kishige, K. Teshima (Kyoto Univ. of Education) and M. Nishida (Kyushu Univ.)

The 18th International Symposium on Shock Waves Sendai, Japan

(Juli 21,22 1991, Poster Presentation)

軸対称放物面からの衝撃波の反射

岸下晴亮, 手島光司 (京教大), 西田迪雄 (九大・工)

日本機械学会流体部門講演会

(平成3年8月27日 講演)

安定化横ゼーマンレーザを用いた光ファイバ温度センサ特性と非線形性の除去法

中谷 登 (芦屋大), 山田朝治 (関西大), 阪部俊也

計測自動制御学会論文集, Vol.27, No.1 pp.12~18

1991年1月

Heat Transfer in In-Rotating Liquid Spinning Process

I. OHNAKA (Osaka Univ.) and M. SHIMAOKA

Proc. Oji International Seminar on Advanced Heat Transfer in Manufacturing and Processing of New Materials, TOMAKOMAI.

(October 30, 1990)

Boiling Heat Transfer during Water Quenching of High Temperature Platinum Filament

M. SHIMAOKA, I. OHNAKA(Osaka Univ.), A. Menju (UNITIKA) and K. OHTOMO(UNITIKA)
Heat Transfer Japanese Research, Vol.19, No.2
(1990), pp.1~12.

Analysis of Solidification of Molten Metal Jet in the In-Rotating-Water Spinning Process

M. SHIMAOKA and I. OHNAKA (Osaka Univ.)
Materials Transactions, JIM, Vol.32, No. 4
(1991), pp.368 ~374.

(情報工学科)

交流回路における電圧と電流の位相差の観察

浅井文男

日本物理学会1991年春の分科会
(1991年3月27日 講演)

電流センサを利用した電圧と電流の位相差の観察

浅井文男

日本物理教育学会誌 Vol.39, No.2 (1991) 47

C T型電流センサを電圧と電流の位相差の観察に利用する

浅井文男

平成2年度東レ理科教育賞受賞作品集
東レ科学振興会 (1991) 52

印鑑照合の自動化技術

上田勝彦

システム/制御/情報, 第35巻, 第7号, pp.423~430
(平成3年7月).

A Study of Fuzzy-Bayes Decision Rule with Reserved Judgement

Y. Uemura

The First International Symposium on Uncertainty Modeling & Analysis ISUMA-90

(平成2年12月5日 講演)

身体スポーツテスト統計解析データベースシステム I

奥山, 森口, 植村, 中和田

(財)大阪科学技術センター第7回ソフトウェアコンファレンス

(平成3年3月8日 概要発表)

身体スポーツテスト統計解析データベースシステム II

久郷, 中尾, 林, 植村, 中和田

(財)大阪科学技術センター第7回ソフトウェアコンファレンス

(平成3年3月8日 講演)

ファジィ事象における意思決定法

植村芳樹

日本ファジィ学会第1回ワークショップ:新分野へのファジィ応用

(平成3年3月22日 講演)

ファジィ事象における意思決定とその評価

植村芳樹

日本ファジィ学会第7回ファジィシステムシンポジウム

(平成3年6月13日 講演)

フィジカルテスト統計解析支援データベースシステムの開発

植村芳樹・中和田 武

C A I学会コンピューター利用教材研究会

(平成3年6月22日 講演)

ON・OFF型ニューロン層の階層化モデルによる時系列パターン認識

小澤誠一, 堤 一義 (龍谷大学理工学部), 松本治彌 (神戸大学工学部)

第12回知能システムシンポジウム, pp.129~134
(平成2年10月24日 講演)

クロス結合ホップフィールドネットのパターン認識への応用に関する一考察
小澤誠一, 堤 一義 (龍谷大学理工学部), 松本治彌 (神戸大学工学部)
第35回システム制御情報学会研究発表講演会
(平成3年5月24日 講演)

高専におけるソフトウェア工学演習の試み
工藤英男
平成2年度電気関係学会関西支部連合大会
(平成2年10月21日 講演)

情報科学シリーズ(5)SEをめざして (訂正版)
石桁正士 (大阪電通大) 編, 森 和明, 工藤英男, 村松英和, 岩藤 誠
パワー社 (平成3年1月出版)

語の読みが文章校正に与える効果
下村満子・横澤一彦 (NTT基礎研究所)
日本認知科学会第8回大会
(1991年7月5日 講演)

Processing of Kanji and Kana characters within Japanese words.
Shimomura, M. & Yokosawa, K. (ATR Auditory and Visual Perception Research Laboratories)
Perception & Psychophysics, 50, pp.19~27
(1991年7月)

「議論回路教育用パッケージの開発」
山崎善弘, 世古 忠
第7回ソフトウェアコンファレンス
(平成3年3月8日 講演)

電子回路の診断ノート
白川 功, 世古 忠 共訳

(平成3年3月 出版)

分散時刻管理方式による並列論理シミュレータの一構成
世古 忠, 一宮敬弘, 荒木俊郎, 白川 功 (阪大・工)
電子情報通信学会 回路とシステム研究会 CAS91-46
(平成3年6月21日 講演)

A Load Balancing Algorithm on Multiprocessor Time Sharing Systems
N. Yamai, S. Shimojo (Osaka Univ.), and H. Miyahara (Osaka Univ.)
Systems and Computers in Japan, Vol.21, No.8, pp.1~10(Oct., 1990)

An Efficient Enumeration Algorithm of Parses Using CKY Algorithm
N. Yamai, T. Seko, N. Kubo (Sharp Co.), and T. Kawata (Sharp Co.)
Seoul International Conference on Natural Language Processing
(平成2年11月23日 講演)

UNIXにおける動的負荷分散の試み
山井成良
日本UNIXユーザ会 (関西) 6月次UNIX研究会
(平成3年6月26日 講演)

コンピューターとビデオ機器を併用した教材提示システムの試作
山井成良, 山崎幸司 (富士通ネットワークエンジニアリング), 中村博和 (三菱電機),
平成3年度高専情報処理教育研究発表会
(平成3年8月29日 講演)

(化学工学科)

エポキシ樹脂コーティング材の無機酸中での耐久性

井口高行, 奥田聡 (同志社大・工)

日本材料学会第一回高分子材料シンポジウム

(平成3年8月23日 講演)

出土木材の非破壊検査への超音波診断法の応用 (第4報)

石垣 昭・井口高行

日本文化財科学会第8回大会

(平成3年5月25日 講演)

生成物分離型光化学ダイオードの開発と白金電析および水素生成への応用

大西康幸, 泉 生一郎, 渡辺庄一郎, 小川 洋, 小山俊洋

Chemistry Express, Vol.5, No.11(1990)pp.817~820

脂溶性チアクラウンエーテル誘導体をニュートラルキャリアとする銀イオン選択性電極

大植正敏・木村恵一 (大阪大工)・田中稔 (大阪大工)・赤間和博 (日本油脂)・庄野利之 (大阪工大)

技大・高専研究交流会

平成3年8月26日 (講演)

Preparation of an Oxygen Sensor Composed of Tightly Stacked Membrane/Electrode/Electrolyte

Katsumi Katakura, A.Noma (Kyoto Univ.), Z.Ogumi (Kyoto Univ) and Z.Takehara (Kyoto Univ)

Denki Kagaku, Vol.58, No.12, 1990

Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC)の負極における物資輸送

J.T. Hinatsu, T.稲富敬, 小久見善八, 竹原善一郎 (京大工) 野条貴司, (関西電力), 片倉勝己

液外部循環式エアリフト型気泡塔の流動解析
河越幹男, 大竹伝雄 (中部大・工)

化学工学会第23回秋季大会

(1990年10月11日 講演)

遺跡出土木材へのPEG含浸速度に及ぼす樹種, PEG濃度, 及び温度の影響

河越幹男, 石垣 昭

日本文化財科学会誌「考古学と自然科学」, 第23号,

(1991) pp.1~111

遺跡出土木材へのPEG含浸速度に及ぼす木目の影響

河越幹男, 石垣 昭

日本文化財科学会第8回大会

(1991年5月25日 講演)

電磁誘導法によるゲル粒子懸濁気泡塔内の粒子濃度分布の測定

河越幹男, 末 信一郎, 大竹伝雄 (中部大・工)

化学工学会岡山大会

(1991年7月18日 講演)

Glucose sensor using Pyranose oxidase from *Polyporas obtusus* ATCC-76233

S. Suye and S. Inuta

DENKI KAGAKU Vol.59 (1991) pp.152

アルコールデヒドロゲナーゼを用いるアンモニアセンサII.

末 信一郎, 中林一樹, 犬田修正, 池田篤治,

千田 貢 (京大・農) 日本農芸化学会誌, 第65巻,

第3号, (1991) pp.134

Pseudomonas diminuta IFO-13182株由来のリンゴ酸酵素の精製と性質

末 信一郎, 岡田康弘, 齋田有生, 吉原直美,

河越幹男, 犬田修正

化学工学会岡山大会

(平成3年7月18日 講演)

(一般教科)

On the weak form of the amalgamation property for universal Horn classes

Kenichi Aragane

Proceedings of the International Symposium on the Semigroup Theory and its Related Fields, 1990, pp.19~29

Radon-Nikodim derivative for operator valued weight

R. Ichihara and S. Kawakami

Bull. Nara Univ. Educ.(1991)

新編 高専の数学 (全3巻)

田代嘉宏, 難波完爾, 田端敬昌 他
森北出版

鎖状 1,3 - および 1,4 - ラジカルカチオンの生成と反応性

藤乗幸子 (阪大・産研), 土岐 進, 高橋節夫 (阪大・産研)

第33回放射線化学討論会

(平成2年10月9日 講演)

“Radiation Synthesis”

S. Takamuku (Osaka Univ.), M. Hatada (Radiation Center Osaka), M. Irie (Kyushu Univ.), Y. Yamamoto (Osaka Univ.), K. Kobayashi (Osaka Univ.), S. Toki, Y. Okamoto (Osaka Univ.)

“Handbook of Radiation Chemistry”, Y. Tabata, Y. Ito, S. Tagawa, Eds., CRC Press, Inc., New York, 1991, pp.605~720.

『冬の夜語り』の悲劇

勝利したのは誰?

神澤和明

「ALBION」復刊第36号 (京大英文学会) (平成2年10月25日) PP.61~79

荒らぶる神のひづめの音

— 戯曲『エクウス』について

神澤和明

演劇誌「テアトロ」第573号

(平成2年11月1日)

オペラにおけるシェイクスピア

神澤和明

日本演劇学会秋季大会

(平成2年11月17日 講演)

演技技巧の初心

シェイクスピア劇の場合

神澤和明

演劇誌「テアトロ」第582号

(平成3年7月1日)

読むことの指導

國方太司

英語授業研究会第2回秋季研究大会

(平成2年10月21日 研究授業)

小学校での英語教育の現状と課題

國方太司

JASTEC News Letter 第28号

(平成3-2)

学習開始年齢が言語習得におよぼす影響
第II報

樋口忠彦 (近畿大学), 國方太司, 守屋雅博, 三浦

一朗 (京都教育大学), 北村豊太郎 (梅田学園), 中本

幹子 (Aim イングリッシュ・スタジオ)

日本児童英語教育学会研究紀要第10号

(平成3-3), pp.15~35

週休2日制にともなう学生指導——奈良高専の場合

國方太司

関西工業教育協会高専部会第38回研究集会

(平成3年5月23日 講演)

子どもを引きつける言語材料導入のコツ

國方太司

第4回日本児童英語教育学会研修セミナー

(平成3年8月24日 講演)

A Note on Caxton as a Publisher and Translator

溝端清一

Studia Anglistica No.7, (平成3-3), pp.35~42

道場法師伝説の再検討

大矢良哲

国文学年次別論文集 国文学一般 (平成元年)

(平成2年12月) 朋文出版

『奈良県史 6 寺院』

大矢良哲, 岩城隆利 (名古屋学院大学) 著

(平成3年6月) 名著出版

七賢関係百韻千句句集における『竹林抄』入
集句の調査

勢田勝郭

津山工業高等専門学校紀要第28号 pp.170~145

(平成3年3月30日)

夏目漱石『行人』の独身者

武田充啓

国文学年次別論文集 近代(二) 平成1年版

(平成3年8月)

夏目漱石の『それから』について

武田充啓

神戸大学国語教育学会

(平成3年8月31日 講演)

奈良工業高等専門学校 研究紀要第27号

平成4年3月15日

編集兼
発行者 奈良工業高等専門学校
大和郡山市矢田町22

印刷所 (株) きょうせい
関西支社 大阪市北区天満2-7-17

RESEARCH REPORTS

of NARA NATIONAL COLLEGE of TECHNOLOGY

NO. 27, 1991

CONTENTS

Application of Image Processing Technique to Elongational Viscosity Measurement Takashi KOSHIBA and Noriyasu MORI.....	1
A Water Jet Driven by a High-Pressure Gas..... Masahiko SAKAMOTO.....	7
The Effect of the Combustion Rate in the Combustion Vessel with Spherical Hollow to Air-Propane Ratio and Initial Pressure..... Toshio NAKATA.....	11
The Effect of Pt-TiO ₂ , Illuminance and Temperature to the Production of Reformed Gas Toshio NAKATA.....	15
Gysin Homomorphism and Fixed Point Formula Katsuhiko FUKUSHIMA.....	19
Measurements of Velocity Profile in a Shallow Channel Flow Kazuoki MATSUOKA.....	23
Liquid Metal Turbulent Heat Transfer in a Confined Jet Masanori YAO, Makoto NAKATANI and Kenjiro SUZUKI.....	29
Suppression of Side Band Generated In Current Type Active Filter Shigeji IMURA.....	35
Characteristics of Solid Electrolytic Capacitor with TCNQ Complex by Ultrasonic Irradiation ... Jun KYOKANE, Yoshihiro YAMAMOTO, Ichi KIMURA and Katsumi YOSHINO.....	41
Implementation of an English Cloze Testing System Using a Personal Computer Yoshikazu NAKAMURA and Takashi KUNIKATA.....	45
A Study of Multi-Acoustic Fingerprint Pattern Keying Shigeaki DOI, Yoshihiro YAMAMOTO and Haruo TAKAHASHI.....	49
Development of Computer Aided Drawing Software for Mechanical Engineering Mitsuyoshi SHIMAOKA.....	53
The Assistant System for Education of Computer Language in UNIX(II) Shigeaki NISHIDA, Takayuki NISHINO and Shogo KOMATSU.....	59
Network News System Using Personal Computer I Fumio ASAI.....	63
A Study of Data-Base System for Supporting Statistical Analysis of Physical Test Yoshiki UEMURA and Takeshi NAKAWADA.....	65
On Quantitative Evaluation of a PASCAL Program Hideo KUDO.....	69
Intelligent Displays..... Chuji SUZUKI.....	75
The Characteristics of Human Letter Processing..... Michiko SHIMOMURA.....	81
Design and Implementation of Teaching Material Presentation System with Hyper Text Nariyoshi YAMAI, Kouji YAMAZAKI and Hirokazu NAKAMURA.....	87
Non-Destructive Investigation on the Internal Structures of Waterlogged Archaeological Woods by Ultrasound Echography(V)..... Akira ISHIGAKI and Takayuki IGUCHI.....	91
Internal Stress Residued in Polymers..... Takayuki IGUCHI and Jun-ichi ARIMA.....	97
Study of the Electrocatalytic Oxidation Mechanism of Ethanol in the Presence of CdSO ₄ by RRDE Technique..... Ikuichiro IZUMI, Yasuyuki OHNISHI, Naomi NAKANISHI, Yoshihumi AOI and Hidetoshi TERADA.....	101
Kinetics of the Dissolution Reaction of the Amphoteric Hydroxide in the Alkaline Solution I Shusei INUTA, Shin-ichiro SUYE and Satoko MURAKAMI.....	105
Submerged Culture of Morel Mushroom Mycelium in a Bubble Column Mikio KAWAGOE and Shin-ichiro SUYE.....	109
Screening and Isolation of Microorganisms from Watterlogged Archaeological Woods Shin-ichiro SUYE and Akira ISHIGAKI.....	113
26. Immobilized Uricase Using Porous Polyvinylchloride Membrane Shin-ichiro SUYE, Hiroko TAKEGAWA and Shusei INUTA.....	117
A Rise and Fall in Our College Students' Fitness and Moter Abilities Takeshi NAKAWADA and Shigeaki UEMURA.....	123
Shakespeare's Theatrical Technique of "Play-within-Play"(In The Case of <i>A Midsummer Night's Dream</i>) Kazuaki KAMIZAWA.....	135
Caxton's Two Editions of the <i>Mirrouir of the World</i> Kiyokazu MIZOBATA.....	143
The Principle of Civil Society and That of the State—A Study of Hegel's Development of "Sittlichkeit"— Tsuneyuki KIMURA.....	172
A Consideration of "Shizen" in Natsume Soseki's <i>Sorekara</i> Mitsuhiro TAKEDA.....	180
A Study of Endō Shūsaku's <i>Jesus Christ</i> Seiji HOSOI.....	188
Abstracts 189	
Research Activities in 1990~1991..... 191	