

# 研 究 紀 要

第 14 号

昭 和 5 3 年 度

奈 良 工 業 高 等 專 門 学 校

## 目 次

耐熱材料のX線応力測定法に関する研究 ……（ニッケル基合金のX線の弾性定数について）……有間淳一・岩井保善……	1
ねじ旋削における待ち時間に関する研究……加賀勝也・大橋和正・大谷幸一・杉本治信・奥島啓武……	5
局部加熱を用いたパイプのバルジ加工……小島耕二・関口秀夫……	11
楕円型複体の一致点公式 応用1.（ド・ラム複体）……福 島 克 彦……	15
長方形断面管内の粘弾性流体の流れ……森 教 安……	19
Electron Beam Induced Conduction in Polyethylene. ……京 兼 純他……	23
補助記憶を用いた二次高速フーリエ変換処理プログラム……世古 忠・河本 映・成田紘一……	31
ホトダーリントンタイプホトカブラの負性抵抗特性……高橋晴雄・山内雅好……	39
フーリエ変換領域における位相の最適量子化……中村善一・上田勝彦……	43
Estimation of the Self-Discharge of the Zinc Electrode in an Oxygen-Zinc Battery with Circulated Electrolyte. ……犬田 修正他……	49
アルカリ溶液中白金電極でのグリコール酸のアノード酸化……大植正敏・泉生一郎……	57
「柔道における障害」—その原因と処置について—……中 西 茂 巳……	65
運動部所属学生の体力・運動能力について—本校学生を中心に—……中和田 武……	71
本校学生の体格・体力・運動能力の現状把握……中和田 武……	81
早期英語教育の成果と問題点……樋 口 忠 彦……	91
「マラタ島の農場主」試論—ある愛の軌跡—……中 村 元 一……	99
ある訣別「オールメイヤの愚行」試論……中 村 元 一……	107
正宗白鳥とキリスト教……細 井 誠 司……	117

## 紀 要 正 誤 表

誤 p.62 Fig. 18. Quantity of oxidation  
electricity.....  
.....  
centration of glycolic acid Pulse height -  
0.6~-0.3V

正 Fig. 18. Quantity of oxidation  
electricity.....  
.....  
centration of glycolic acid  
Pulse height-0.6~0.3V

頁	行	誤	正
99ページ右欄	下から5行目	すっかり彼女は	すっかり彼女に
101ページ右欄	上から23行目	注目に値, しょう。	注目に値いしょう。
102ページ左欄	上から29行目	変質の一端がうかがう かうかがわれるように,	変質の一端がうかがわ れるように,
103ページ左欄	下から19行目	Gorgon のそれのよう に彼圧を倒りした。	Gorgon のそれのよう に彼を圧倒した。
104ページ左欄	下から17行目	かって	かつて
105ページ左欄	上から3行目	青春歌を歌い上げたの であった。	青春を歌い上げたので あった。
105ページ左欄	下から11行目	あくまで主人公を運命 には奔ろうされる人物	あくまで主人公を運命 に奔ろうされる人物
105ページ左欄	下から2行目	作者の詳細について	作者の評価について
106ページ左欄	付記8行目	対した年号は	付した年号は
106ページ右欄	注(19)6行目	撃たれようとしている ことを	撃たれようとしている ことを
107ページ要約	上から4行目	テクニックではあった	テクニックであった
110ページ左欄	下から16行目	オールメイヤを批判さ れた	オールメイヤを批判さ せた
111ページ左欄	上から11行目	かって	かつて
114ページ右欄	上から26行目	この期間でなかったか	この期間ではなかった か
115ページ左欄	下から9行目	の感慨を持って	の感慨を以って
116ページ左欄	下から3行目	Biography	<i>Biography</i>
116ページ右欄	上から4行目	Guerad	Guerard





# 耐熱材料のX線応力測定法に関する研究

(ニッケル基合金のX線の弾性定数について)

有 間 淳 一, 岩 井 保 善

X-ray investigation of stress measurement on heat resisting materials.

(On the X-ray elastic constants of nickel base alloy)

Jyunichi Arima and Yasuyoshi Iwai

Elastic constants at high temperature for nickel base alloy was studied by the X-ray method, by using a new apparatus which consists of horizontal type tensile testing machine and a vacuum furnace.

Plate specimens of nickel base alloy (Inconel X) were used in this experiments. After heat treatment on precipitation hardening, all the specimen were finished and then electropolished before being exposed to X-ray.

The characteristic X-ray of  $\text{CrK}\beta$  was radiated on them through a thin sheet of beryllium foil, and the strains were measured by using the diffraction from (311) atomic plane. The strain was measured by the conventional  $\sin^2\psi$  method using the counter technique. The conclusions of present study are as follows.

- 1) The elastic constants of Inconel X by the X-ray technique were fairly good agreement with those measured mechanically within the experimental errors. The obtained values, however, were slightly varied as the temperature rises in the range of up to  $300^\circ\text{C}$ .
- 2) Lattice spacing or lattice constant of materials changed about 3.25 degree of  $2\theta$  in this experiment. Consequently, it is necessary to take delicate care on slight changes of temperature for the stress measurement by X-ray.

## 1. 結 言

*Fe, Ni, Co* 基超合金あるいは金属基複合材料などの耐熱材料は熱処理により変態または析出硬化せしめ高温における諸性能を高めて実用されている。これらの高合金では、二種以上の相より構成されておりマトリックスと異相間の熱膨張係数の差異に基づく熱応力あるいは変態、硬化処理に基づく残留応力などが実際使用温度条件下における強度に大きな影響をおよぼすことが考えられ、これまでも問題点としてしばしば指摘されている。これら熱応力、残留応力に関してはこれまで主としてセラミック系ゲージによる測定値に基づく解析結果から評価されているが、一方、多結晶体の各相のひずみを非破壊的に測定し得るX線応力測定法も上述の問題に適用できる有力な手段になるものと考えられる。

しかしながら、高温条件下においては材料の格子定数ならびに弾性的性質が変化するために、X線回折法を用いる場合には、測定方法、測定精度あるいは応力計算に使用する定数など測定法に関する諸問題に対する基礎的

検討が必要であるがこれまで1, 2の検討結果が示されているにすぎない。<sup>(2)</sup>

したがって本研究では、各種耐熱材料を対象にした高温条件下におけるX線応力測定法に関する一連の実験的研究を行なうことにした。本報告では、X線応力測定機と組合わせて使用する高温ひずみ測定装置を試作したので装置の性能について述べるとともに、ニッケル基合金の代表的なインコネル X材について常温および  $300^\circ\text{C}$  までにおける温度範囲でX線の弾性定数を求め、高温条件下で使用する応力定数に対する検討を行なったのでこれらの結果について述べることにする。

## 2. 実験方法

### 2.1. 試験片

本実験に用いた材料は *Ni* 約73%を基材としたインコネル X材である。 $1140^\circ\text{C}$  で4時間保持したのち空冷し更に  $843^\circ\text{C}$  にて16時間保持して空冷し析出硬化せしめた素

材から所定の形状寸法に加工したものを試験片として採用した。加工変質層を除去するために、各々の試験片の表面を約

150 $\mu$  電解研磨で除去し

た。試験片

の形状寸法

を図1に、

材料の化学

的成分を表1に示す。

## 2.2. 実験装置

本実験に使用した装置は試験片装着部、加熱部、温度制御部、真空排気系および手動油圧負荷部より構成した横

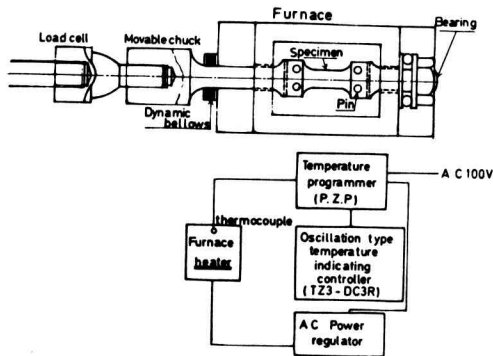


図2 実験装置の概略図

型の小型引張試験装置であってX線応力測定機と組合わせて稼働せしめるものである。試験片への荷重方法はチャックの一端を内径50mm、受圧面積15.7 $\text{cm}^2$ の油圧シリンダーと直結して可動部とし、手動油圧ポンプを作動させるのであるが、径路内に窒素ガスを封入したアキュムレーターを使用して所定の圧力を保持せしめるよう配慮した。負荷荷重を正確に計測するために、シリンダーと可動チャックの間にロードセル（TLT-1200KS・東京測器）を用いた。装置の概略を図2に示す。

試験片の加熱はニクロム発熱体により行なったが、加熱、温度の検出および制御をできるだけ正確に行なうために、発熱体はサイリスタ交流電力調整器と直結し、所定の温度制御はプログラム温度設定器（PZP、富士電機）および自動温度調節計（TZ3-DC3R、富士電機）を連動せしめて行なった。試験片装着部を含む加熱部は、測定時に試験片表面の酸化を防ぐ目的でダイナミックペローズ、Oリング、シリコンゴムパッキンなどで密

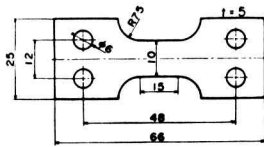


図1 試験片の形状寸法

表1 材料の化学的成分

Si	Mn	C	Fe	Al	Ti	Nb	Cr	Ni
0.5	0.65	0.08	7.0	0.7	2.4	0.8	15.0	Bal.

閉し、真空状態にせしめた。この場合、加熱炉上面の平蓋に巾6mm、長さ65mmのスリットを設け、厚さ150 $\mu$ のベリリウム箔を貼りつけることで、加熱中に試験片表面にX線を照射できるようにした。図3に装置の全体を写真で示す。

## 2.3. 実験方法

本実験で用いたX線はCrK $\beta$ 線であって $\gamma$ 相(311)面回折X線を測定X線に選んだ。実験に先立ち、試験片の裏面に高温ひずみゲージ

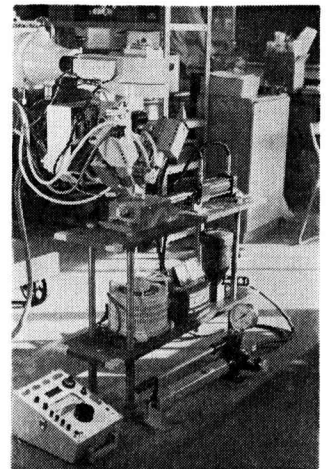


図3 実験装置全体図

(KH-G3)を所定の条件で接着せしめ、3線式結線法で機械的なひずみを検出するようにした。試験片を前述の実験装置に取付け、弾性範囲内における任意の引張荷重を加え、各応力段階で試験片表面中央部にX線を照射し、回折強度分布曲線を求めた。これまで詳述してきた方法に基づきX線入射角を0 $^{\circ}$ ~40 $^{\circ}$ までの6点入射とし、 $\sin^2\phi$ 法により測定を行なった。まず、常温でX線弾性定数の値を求めるとともに、本実験では50 $^{\circ}\text{C}$ 間隔で300 $^{\circ}\text{C}$ までの温度範囲で測定を行なった。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1. ひずみ測定装置の性能について

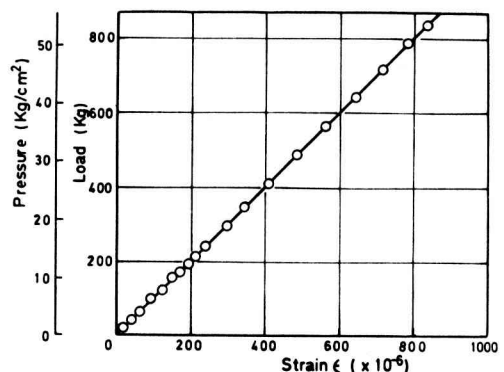


図4 荷重とひずみの関係

前述したように本実験では高温ひずみ測定装置を試作して用いた。負荷機構、温度制御およびX線測定条件について検討した結果を述べる。

図4は、ロードセルおよびひずみゲージにより検出された荷重とひずみの関係を図示したものである。両者は良い直線関係を示すことが認められ、引張試験機として実用できることがわかった。

温度の検出および制御は本実験ではC.A熱電対で試験片温度を検出し、プログラム温度設定器、零位法自動温度調節計および交流電力調整器を組合わせて自動制御

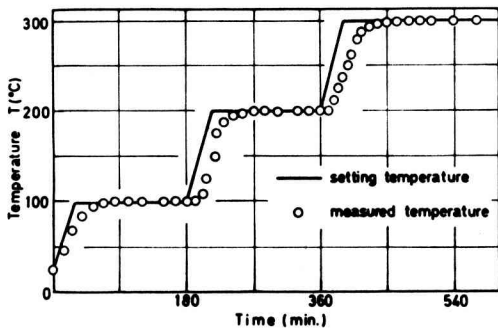


図5 加熱炉の温度と時間の関係

せしめる方法を採用した。図5は温度測定結果の1例を示したものであるが、温度設定後約60分で定常状態に達し、その後は設定温度に対し、±0.5%程度の範囲で制御できることがわかった。

表2はX線使用条件を示したものである。ニッケルの $\gamma$ 相に対し

表2 X線使用条件

Characteristic X-ray	CrK $\beta$
Diffraction plane	$\gamma$ -Ni (311)
Tube voltage	30kV
Tube current	10mA
Irradiation area	4×8mm <sup>2</sup>
Detector	S.C.
Divergent angle of soller slit	0.8 deg.
Scanning speed	2deg./min.
Time constant	8 sec.
Chart speed	40mm/min.
Count range	2000 c.p.s.

が得られる。また、ベリリウム箔を通し回折X線を求める場合X線回折強度は低下するが、回折角の測定値にはほとんど差がないことがわかった。したがって本実験ではすべてベリリウム箔による透過X線を使用した。

### 3.2. 高温条件下におけるX線の測定について

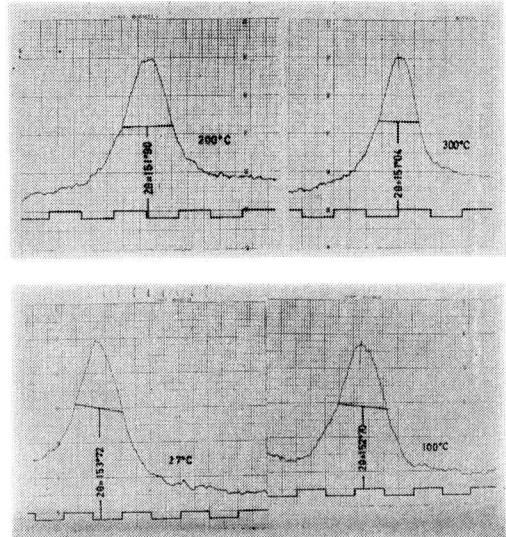


図6 回折強度分布曲線の数例

図6はインコネルX材について常温から300°Cまでの温度範囲で求めた回折プロファイル数例を示したものである。すなわち、各々試験片表面法線方向よりCrK $\beta$ 線を照射して得られたものである。各々のプロファイルを比較すると温度が高い場合に回折角が低下しているのが認められる。これらの関係を図示したのが図7である。

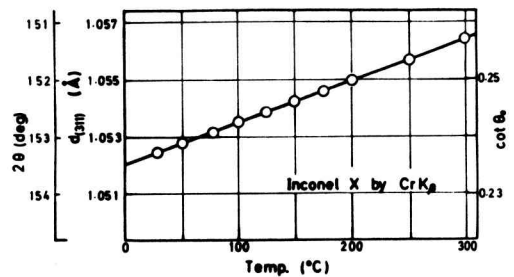


図7 格子面間隔と温度の関係

図中のたて軸には、回折角 $2\theta$ より計算で求められる格子面間隔 $d$ と $\cot\theta$ をそれぞれ表示した。常温より、300°Cまでの温度範囲で $2\theta$ の値は直線的に変化しており、外挿すると、0°Cから300°Cまでで3.25度変わることになる。すなわち、10°Cの温度で $2\theta$ がおよそ0.11度変化することになる。インコネルX材の場合、1 kg/mm<sup>2</sup>の応力値に対して $2\theta - \sin^2\phi$ 線図の傾きは0.03度であるから高温条件下では僅かな温度変動が測定値の信頼性に大きく影響することになる。したがって高温条件下におけるX

線応力測定では、測定時間内で温度変動をできるだけ生じないように留意する必要がある。

### 3.3. 高温条件下におけるX線弾性定数について

インコネルX材の機械的弾性定数を温度との関係で示

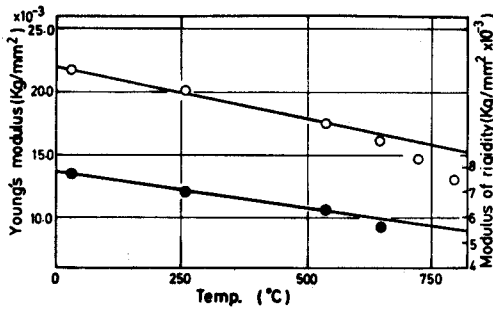


図8 機械的弾性定数と温度との関係

したのが図8である。図中の白丸は縦弾性係数E，黒丸は剛性率Gの値である。図よりおよそ500°CまではEおよびGの値がほぼ直線的に変化すると言える。本実験の場合においても、常温から300°Cまでの温度範囲で機械的に測した縦弾性係数の値は温度に対して直線的に減少する結果を得ており、図7に示した  $\cot\theta_0$  の温度に対する直線的な変化を用いると、X線応力測定における応力定数は以下のように考察できる。

すなわち、常温でカウンター法を用いる場合にはX線応力測定に使用する定数は次式で示される。

$$K = -\frac{E \cdot \cot\theta_0}{2(1+\nu)} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (1)$$

ここで、E、 $\theta_0$ 、 $\nu$ はそれぞれ常温における縦弾性係数、無ひずみ状態における回折角およびポアソン比である。ポアソン比に関しては、温度による変化はあるとしてもごく僅かであると考えられるが、E、 $\theta$ に関しては温度に対して定数として扱うことはできない。したがって0°CにおけるEの値を $E_0$ とし、T°Cにおける値を $E_T$ とすると $E_T$ は次式で示される。図8より計算により( )内の係数を求めた。

$$E_T = E_0(1 - 4.59 \times 10^{-4}T) \quad (2)$$

また、図7より  $\cot\theta_0$  の値の温度による変化を示す次のように示される。

$$\{\cot\theta_0\}_T = \{\cot\theta_0\}_0 \cdot (1 + 4.32 \times 10^{-4}T) \quad (3)$$

したがってT°CにおけるX線応力測定の定数は(1)式を基にして $K_T$ として次式で示される。

$$K_T = -\frac{E_0 \{\cot\theta_0\}_0}{2(1+\nu)} \cdot (1 - 2.7 \times 10^{-5}T - 1.98 \times 10^{-7}T^2) \cdot \frac{\pi}{180} \quad (4)$$

以上の関係を実験結果とともに示したのが図9である。

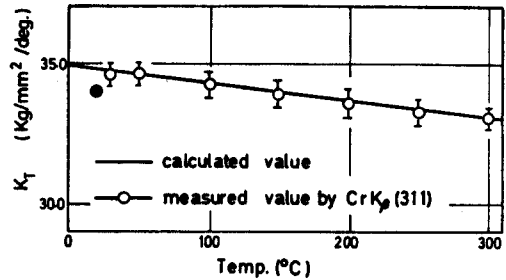


図9 応力定数と温度との関係

図中黒丸で示したのは参考のための純ニッケルの常温における応力定数である。応力定数の実験値は温度とともに直線的に減少しているのがわかる。しかしながらこの変化は大きなものではなく、応力値が小さい場合は、測定誤差の範囲内に含まれる。

## 4. 結 言

以上述べてきた実験結果より次のごとき結論を得た。

- 1) 横型の小型引張試験機および真空炉をX線装置と組合わせて高温条件下においてX線のひずみを測定した。X線照射用窓にベリリウム箔を使用することにより直接試料から回折線を求めることが可能でありX線応力測定の適用範囲を拡大し得ることがわかった。
- 2) 材料を加熱すると格子定数が変化し、X線の測定では回折角の値が温度に対して直線的に変わる。僅かな温度変動が測定値の大きさに影響を与えることになる。
- 3) X線応力測定に使用する応力定数の温度による影響について検討し、Eおよび $\theta_0$ の温度による変化が直線的であることから実験式を示した。本研究に用いた材料の場合は温度の差異に基づく応力定数の値の変化は大きくはなく応力測定の誤差範囲内であった。

## 5. 参考文献

- 1) 竹田博光. 森田幹郎., 材料., 24, 256, (1974)
- 2) Technical Bulletin., T-38, Inc., (1965)
- 3) 武田修三. 永井直記., 学振123報告., 3, 111(1962)
- 4) X線応力測定法標準., 3, (1973)., 日本材料学会
- 5) 耐熱材料ハンドブック., 129, (1965), 朝倉書店

# ねじ旋削における待ち時間に関する研究

## A Study on Waiting Time in Thread Cutting

加賀勝也, 大橋和正, 大谷幸一, 杉本治信

奥島 啓式\*

Katsuya KAGA, Kazumasa ŌHASHI, Kōichi ŌTANI, Harunobu SUGIMOTO  
and Keiji OKUSHIMA

普通旋盤によるねじ切りにおいては、バイトを縦方向に往復運動を与えて、逐次ねじ山をつくり出して行くのであるが、毎回正しくねじの谷にバイトを導入する必要がある。半割ナットを親ねじにかみ合わせた状態で終始する連動法では、バイトは間違いなく導入されるが、もどり時における往復台の運動エネルギーの吸収に問題がある。

ところが、往復台をねじの切り終りより切り始めにいたる間半割ナットを親ねじよりはらずして移動させる断続法では、この点では問題はない。しかし、断続法では他に大きな問題がある。すなわち、ねじの切り始めの位置において待ち時間の生ずることである。

そこで、本文では先ず待ち時間を解析し、これにもとづいて、待ち時間からみた親ねじのピッチの選び方・待ち時間の短縮法・ねじ追いダイヤルの目盛数と待ち時間との関係について探究する。

### 1. 緒 言

ねじ旋削における現行の断続法（バイトのもどり時に、主軸と親ねじの運動を断ち、ねじの切りはじめの位置において、バイトを始動すべき時期を検出する方法）では、手動で操作をしているため作業者の疲労に問題があるばかりでなく、ねじの切り始めの位置で、半割ナットを親ねじにかみ合わすべき時期の到来するまで待たなければならないため、待ち時間を生じ、この点にも問題がある。

そこで、本研究では待ち時間の解明を図り、種々の観点から、待ち時間に関連のある諸問題につき、探究することを目的とする。

### 2. 待 ち 時 間

#### 2・1 待ち時間を生ずる理由

断続法における待ち時間なしの1サイクル当りの所要

時間\*\*を $T$ (秒)とすれば、 $T$ は次式で表わされ、 $l-T$ 線図上にこのグラフを描けば直線になる。

$$T = \left( \frac{1}{u} + \frac{1}{u_r} \right) l + t \quad (1)$$

ここで

$l$  : ねじ切り長さ (mm)

$u$  : 切削時におけるバイトの平均移動速度 (mm/sec)

$u_r$  : もどり時におけるバイトの平均移動速度

(mm/sec)

$t$  : ねじの切りはじめおよび切りおわり時における操作時間(秒)

つぎに、半割ナットを親ねじにかみ合わすべき時期は周期的にやってくるが、その周期を $T_d$ (秒)とすれば、 $T_d, 2T_d, 3T_d, \dots$ を $T$ 軸上にとり、これらの点より $l$

\*\* 作業者のある時刻における動作より、1回のねじ切りをおわってふたたびもとの動作に移るまでの時間

\* 京都大学工学部 名誉教授

軸に平行線をひき、式(1)との交点をくり上り点とする階段状のグラフ(図1)を描けば、このグラフは待ち時間を含めた1サイクル当りの所要時間を表わしている。

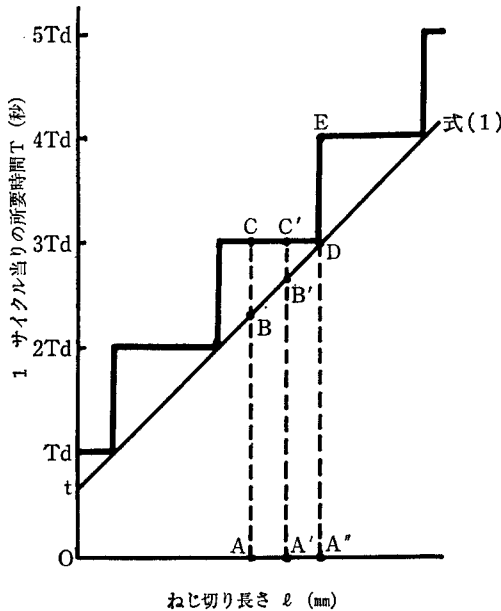


図1. 1サイクル当りの所要時間

図1において、O Aのねじ切り長さを考えると、A Bは待ち時間なしの1サイクル当りの所要時間であるが、B Cはこの場合の待ち時間をあらわしている。O A'の場合では待ち時間はB' C'と短くなり、O A''を少し過ぎた場合では、Dがくり上り点であるため待ち時間は最大の待ち時間D Eに近い値となる。

## 2・2 最大待ち時間

上述より最大待ち時間はD Eすなわち  $T_d$  (秒)であるが、つぎのようにして求めることができる。

いま、親ねじ  $a$  回転ごとに半割ナットを親ねじにかみ合わせるべき時期がやってくるとすれば、最大待ち時間  $T_d$  は親ねじ  $a$  回転に対応する時間であるから、次式であらわされる。

$$T_d = \frac{a}{N/60} = \frac{aP}{NP/60} = \frac{L}{u} \quad (2)$$

ここで

$N$ : 親ねじの毎分回転数

$P$ : 親ねじのピッチ (mm)

$L$ : 半割ナットを親ねじにかみ合わせたと仮定したときに、親ねじ  $a$  回転によって往復台の移動する距離 ( $=aP$ ) (mm)

ところが、主軸の毎分回転数を  $n$ 、被削ねじのピッチを  $p$  (mm) とすれば

$$u = \frac{np}{60} \quad (3)$$

また、ねじの有効径を  $d_e$  (mm)、削り速度を  $v$  (m/min) とすれば

$$v = \frac{\pi d_e n}{1000} \quad (4)$$

(3), (4)より

$$u = \frac{1000p}{60\pi d_e} v \quad (5)$$

$1000p/60\pi d_e = c$  とおくと、 $c$  はねじの呼びに特有の定数\* (ねじの呼び係数) で、メートル並目ねじの場合につき例示すれば表1のような値をとる。また、 $c$  は削り速度  $v = 1$  m/min. のときのバイトの縦方向の移動速度 (mm/sec) をあらわし、式(5)は次のようになる。

$$u = cv \quad (6)$$

(2), (6)より

$$T_d = \frac{L}{cv} \quad (7)$$

すなわち、削り速度を一定とした場合に最大待ち時間  $T_d$  を少なくするためには、 $L$  を小さくする必要がある。 $L$  の値<sup>(1)</sup> はつぎのようにして求められる。すなわち

$$\text{メートル系} \quad L = aP \quad (8)$$

$$\text{インチ系} \quad L = \frac{127a}{5W} \quad (9)$$

$c$  の値\* : メートル並目ねじで 0.499~1.59  
 ユニファイ並目ねじで 0.345~1.41  
 メートル細目ねじで 0.071~1.22  
 ユニファイ細目ねじで 0.301~1.28

ここで

W:親ねじのインチについての山数

表1. ねじの呼び係数 (メートル並目ねじ)

ねじの呼び	ねじの呼び係数C	ねじの呼び	ねじの呼び係数C
M 1	1.59	M 12	0.854
M 1.1	1.42	M 14	0.833
M 1.2	1.28	M 16	0.721
M 1.4	1.32	M 18	0.812
M 1.6	1.35	M 20	0.721
M 1.8	1.18	M 22	0.653
M 2	1.22	M 24	0.721
M 2.2	1.25	M 27	0.637
M 2.5	1.08	M 30	0.668
M3×0.5	0.992	M 33	0.605
M 3.5	1.02	M 36	0.637
M4×0.7	1.05	M 39	0.584
M 4.5	0.992	M 42	0.610
M5×0.8	0.950	M 45	0.568
M 6	0.992	M 48	0.594
M 7	0.833	M 52	0.546
M 8	0.923	M 56	0.557
M 9	0.812	M 60	0.515
M 10	0.881	M 64	0.531
M 11	0.796	M 68	0.499

あまり小さなものはねじ山も小さく強度の点で劣るので、Lの期待値が小さくなるべくピッチの大きなものが好ましい。現用の普通旋盤では6mmが多く採用されているが、5mmと6mmのところでは順位が入れかわっており、さらに8mm以上ではLの期待値がかなり大きくなっているため、適切な選択がなされているといえる。

さらに、インチ系においてはインチについての山数の大小とLの期待値の順位には傾向がみられない。現用の旋盤では4山/インチが多く採用されているが、第3位の6山/インチとくらべるとLの期待値の大きさはあまりかわらず、ねじの強さから云ってもインチについての山数の少ない方が好ましく、この場合も適切な選択がなされているといえる。

表2. Lの期待値 (同種ねじ切り)

(i) 親ねじ・被削ねじがともにメートル系の場合	P (mm)	L の 値		順位	(ii) 親ねじ・被削ねじがともにインチ系の場合	W 山/インチ	ISOねじまたはユニファイ並目・細目ねじ	
		ISOねじ	メートル並目ねじ				Lの値	順位
	2	8.72	8.75	1		2	16.61	6
	3	10.92	10.38	2		2 ½	42.98	9
	4	16.00	16.33	3		3	19.86	7
	5	21.00	20.21	5		3 ½	44.10	10
	6	19.20	19.00	4		4	12.70	4
	8	34.88	36.00	6		5	22.47	8
	10	36.80	36.67	8(7)		6	12.37	3
	12	36.48	37.00	7(8)		8	10.50	2
	16	63.36	65.33	9		10	14.26	5
	20	70.40	71.67	10		12	9.28	1
	24	72.00	74.00	11				

2・3 待ち時間からみた親ねじのピッチの選び方

親ねじの設計の段階で親ねじのピッチを選ぶ場合には、各種被削ねじに対するLの期待値の小さなものを選ぶことが望ましく、このようなものが平均待ち時間の少ない親ねじということが出来る。表2は同種ねじ切り(親ねじ、被削ねじがともにメートル系またはともにインチ系の場合のねじ切り)における各種親ねじに対するLの期待値を示す。この値はねじを考える範囲によって変わってくる。したがってこの値の大きさの順位も変わってくる。また、表3は異種ねじ切りの場合について示す。これより明らかなように、異種ねじ切り(親ねじと被削ねじの一方がメートル系で他方がインチ系)の場合には同種ねじ切りにくらべてLの期待値が非常に大きく好ましくない。また、親ねじのピッチの好ましいものは、メートル系では大体の傾向としてピッチの小さなものほどよいが、

表3. Lの期待値 (異種ねじ切り)

(i) 親ねじがメートル系で被削ねじがインチ系の場合	P (mm)	ISOねじまたはユニファイ並目・細目ねじ		順位	(ii) 親ねじがインチ系で被削ねじがメートル系の場合	W 山/インチ	L の 値		
		ISOねじ	メートル並目ねじ				ISOねじ	メートル並目ねじ	
	2	254	1			2	302.8	273.1	2
	3	396	2			2 ½	788.4	778.9	4
	4	508	3			3	448.1	424.4	3
	5	659	4			3 ½	788.4	778.9	4
	6	762	5			4	278.4	247.7	1
	8	1016	6			5	448.1	424.4	3
	10	1270	7			6	302.8	273.1	2
	12	1524	8			8	278.4	247.7	1
	16	2023	9			10	302.8	273.1	2
	20	2540	10			12	278.4	247.7	1
	24	3048	11						

### 3. 与えられた親ねじに対する待ち時間

つぎに、 $P$  または  $W$  が決定され、この値を一定の値とした場合を考えると、最大待ち時間  $T_d$  は(7)、(8)および(7)、(9)より、つぎようになる。

$$T_d = \frac{aP}{cv} \quad (10)$$

$$T_d = \frac{127a}{5Wcv} \quad (11)$$

これより明らかなように、待ち時間を減らすためには、 $a$  (すなわち  $L$ ) の小さいことが望ましい。すなわち、 $a$  の値<sup>(1)</sup>の小さなねじを切る場合に待ち時間が少なく、 $a$  の値の大きなねじを切る場合に待ち時間が多くなる。

いま、親ねじのピッチを 6 mm および 4 山/インチを例にとれば、同種ねじ切りでは  $L$ <sup>(1)</sup> は 6 ~ 66 にすぎないが、異種ねじ切りでは 38.1 ~ 76.2 となり非常に大きな値になる。したがって、多くの旋盤をもつ工場では同種ねじ切りを行なうことが必要である。

つぎに、表 4 はウォームねじ切りの場合の  $a$  (および  $L$ ) の値の 1 例を示す。精度をあげれば  $a$  は大きくなり、それに伴って  $T_d$  も大きくなるが、この場合には別に待ち時間短縮の工夫を必要とする。これについては次節に述べる。

### 4. 待ち時間短縮法

以上より明らかなように、断続法においては待ち時間をなくすることは不可能である。しかし、短縮することは可能である。以下にその方法を提案する。

すなわち、バイトをねじの切りはじめの位置にもどした時点で、必要があれば出来るだけはやく親ねじを回転し、半割ナットを親ねじにかみ合わせるべき時期の到来する寸前で親ねじの回転を落して、半割ナットを親ねじにかみ合わせる。この装置を図 2、図 3 に示す。

これらの図において、往復台がねじの切りはじめの位置にもどったときリミットスイッチ LS を押すと、リレー CR<sub>1</sub> を働かせる。このとき、もしマイクロフォト MP 2 の B の位置であれば MP 2 は働かないから、リレー CR<sub>3</sub> を作動させ、電磁クラッチは高速回転用が働らき、低速回転用は働らない。すなわち、親ねじは高速回転によって待ち時間を短縮する。ところが、MP 2 が回転してきて A の切欠き部分に入ると、MP 2 が働らいて CR<sub>3</sub> への電流は断たれるから、電磁クラッチは高速回転用から低速回転用に切りかわる。すなわち、親ねじは低速回転となって切削の体勢を整える。

表 4. ウォームねじ切りの場合の  $a$  および  $L$  の値  
( $P = 6$  mm の場合)

モジュール M	Pc/P (=a/b)	L
1	11/21	66
1.25	17/26	102
1.5	11/14	66
1.75	11/12	66
2	22/21	132
2.25	20/17	120
2.5	17/13	102
2.75	23/16	138
3	11/7	66
3.5	11/6	66
4	44/21	264
4.5	40/17	260
5	34/13	204
5.5	49/17	294
6	22/7	132
7	22/6	132
8	46/11	276
9	47/10	282
10	67/13	402
11	23/4	138
12	44/7	264
13	34/5	204
14	65/9	390
15	55/7	330

(註) Pc はサーキュラピッチ

$$\frac{Pc}{P} \quad (= \frac{a}{b} : \text{既約分数})$$

さらに、MP 2 の A の部分の終端まで回転してくると、MP 1 の切欠き部分があらわれるので、リレー CR<sub>2</sub> が働らき、SOL が作動して、半割ナットレバーを押す。すなわち、往復台は縦方向に移動をはじめる。

### 5. ねじ追いダイヤルの目盛と待ち時間

半割ナットを親ねじにかみ合わすべき時期を検出する装置の代表的なものはねじ追い車である。図 4 はその原理図で、親ねじ 1 回転でウォームホイールは 1 歯回転するから、ウォームホイールとダイヤルの目盛の数を一致させると親ねじの回転数が検出できる。



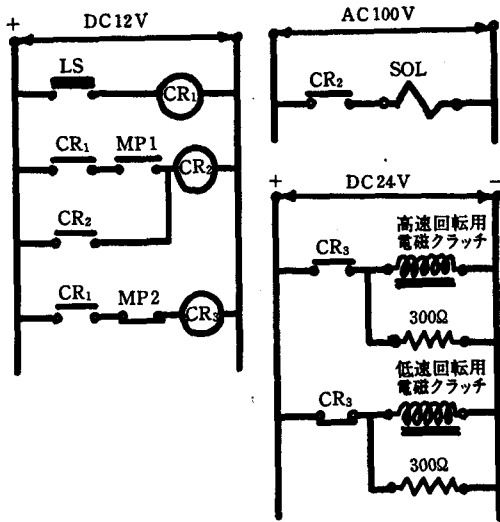


図2. 待ち時間短縮装置の回路図

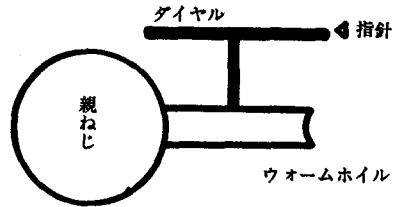


図4. ねじ追い車

$$T_d = \frac{L}{u} = \frac{127a}{5Wu} \text{ (インチ系)} \quad (13)$$

6. 結 言

筆者らは、先ず待ち時間の解明を行ない、これをもとにしてつぎの諸点を明らかにした。

- (1) 待ち時間は親ねじのピッチによっていちじるしく差異があり、設計の段階で親ねじのピッチの適切な選択が必要である。
- (2) 与えられた親ねじについては、 $a$ の値によって待ち時間に差異があり、同種ねじ切りでは待ち時間は少ないが、異種ねじ切り・ウォームねじ切りなどの場合には $a$ の値が大きく最大待ち時間も長い。したがって、普通旋盤の台数を多く備えている工場では、同種ねじ切りを行なうべきで、ウォームねじ切りなどの待ち時間の長い場合には、親ねじをはやく回転させることによって待ち時間を減らす工夫を別に考えるべきである。
- (3) バイトをねじの切りはじめの位置に戻した時点で、必要があれば出来るだけはやく親ねじを回転し、半割ナットを親ねじにかみ合わせるべき時期の到来する寸前で、親ねじの回転を落して半割ナットを親ねじにかみ合わせる。このような方法によって待ち時間を短縮することは可能である。
- (4) ねじ追いダイヤルでは、目盛の数を省略することが行なわれているが、親ねじ $a$ 回転を検出するためには、 $a$ 番目毎に目盛のあるようにすれば支障はない。しかし、第1回だけは待ち時間を生じ、この場合の最大待ち時間は $T_d$ (秒)である。

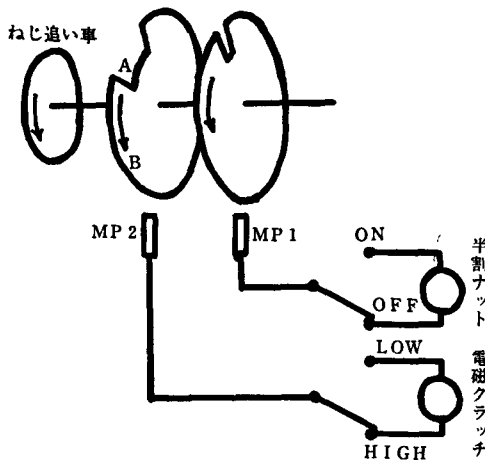


図3. 検出装置の原理図

一般にダイヤルの目盛は見易くするために、目盛の数を減らしている場合が多いが、親ねじ $a$ 回転を検出するためには、 $a$ 番目毎に目盛のあるように省略すれば、第2回目以後においては支障はない。しかし、第1回目だけは待ち時間を生ずる。この場合の最大待ち時間は、親ねじ $a$ 回転に相当する時間であるから $T_d$ (秒)で、次式であらわされる。(2)および(8)、(9)より

$$T_d = \frac{L}{u} = \frac{aP}{u} \text{ (メートル系)} \quad (12)$$

文 献

- (1) 加賀・奥島・奈良高専研究紀要, 第10号, (昭49), 12.



# 局部加熱を用いたパイプのバルジ加工

小島 耕二・関口 秀夫

## Bulging of Locally Heated Pipe

Koji KOBATAKE and Hideo SEKIGUCHI

金型などの工具を用いない、局部加熱を利用した新しいバルジ加工法を開発した。パイプの一部を高周波誘導加熱するとともに、パイプ内に充填した圧力媒体を加圧し、加熱部を半径方向に張り出させる。本研究においては、種々の加工因子が変形部の形状に与える影響について調べた。

その結果、砂を圧力媒体とした場合には砂の充填高さが張り出し部の形状に影響を与えるほか、加熱幅によってもその形状が異なることを明らかにした。

### 1. はじめに

一般にパイプのバルジ加工は寸法精度および作業能率の点で冷間で行なわれるのが普通であるが、加工力が高いため大容量の設備を必要とするほか、材料によっては加工後熱処理を必要とする場合がある。また低温では高強度で延性が乏しい材料や厚肉のパイプなどの冷間加工ではかなりの困難をとまう。

そこで本研究では、冷間加工が困難である材料や厚肉のため加工条件が非常に苛酷となるようなパイプの成形を目的とした新しいバルジ加工法を開発した。局部加熱を利用した本加工法では、金型を用いる代わりに材料に与える温度分布などの調整によって変形部の形状を制御することを狙いとしている。ここではその基礎的研究として、種々の加工因子が変形部の形状に与える影響について調べた。

### 2. 実験方法

図1に局部加熱を用いたバルジ加工の方法を示す。パイプの一部を高周波加熱コイル（内径30 mm、幅1 mmの一巻のコイル）で昇温するとともに、パイプ内に充填した圧力媒体を上部の可動ピストンにより加圧し、パイプの加熱部を半径方向に張り出させる。パイプの加熱幅を調整するために、加熱コイルの上下に冷却ノズル（圧縮空気を噴射）を取付けた。加熱コイルと冷却ノズルは

サーボモータ駆動の上下移動装置に取付けられており、加工中定速で移動させることも可能である。

実験に用いたパイプは直径10 mm、肉厚1 mmの炭素鋼管である。また圧力媒体としては軟金属や液体などが考えられるが、ここでは取扱いの容易さから粒度65メッシュの鋳物砂を用いた。加熱には周波数2 MHz、最

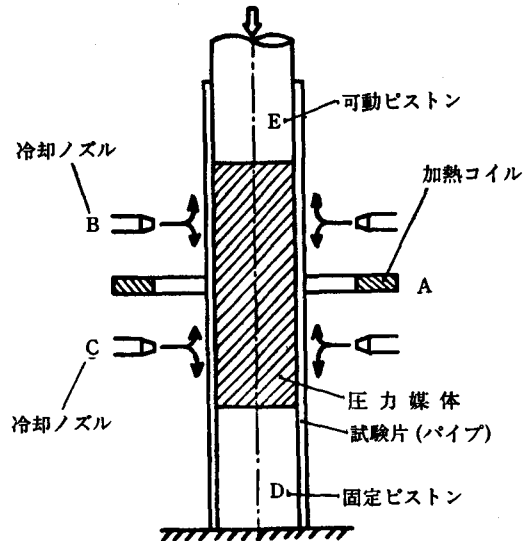


図1 局部加熱を用いたバルジ加工の方法

大出力 3 Kw の高周波誘導加熱装置を用い、可動ピストンの押し込みは容量 5 ton の万能型材料試験機によった。

パイプの軸方向の温度分布を測定するため、直径 0.3 mm のクロメル-アルメル熱電対をパーカッション溶接によりパイプ表面に取付けた。熱電対の出力は高周波によるノイズ除去のため低域フィルターに通した後、直流増幅器を介してペンレコーダに記録させた。

### 3. 実験結果と考察

#### 3・1 砂の充填高さが変形部の形状に与える影響

図2は砂の充填高さ(加工前のパイプ内の砂の高さ)が40mmの場合の各ピストン押し込み量における変形の状態を示したものである。このときのピストン押し込み速度は5 mm/minであり、押し込み力と押し込み量の関係は図3のようになる。ピストンに作用する力は押し込みの初期においては直線的に増加し、この状態においてはパイプはまだ変形せず砂の圧密が生じるだけである。ピストンの押し込み力は変形開始とともにほぼ一定の値を示す。

ところで、変形部の形状は充填する砂の量によってかなりの影響を受ける。図4はピストン押し込み速度が5 mm/minで砂の充填高さを20~100mmの間で変化させた

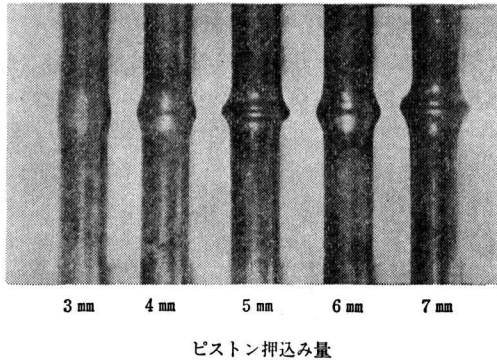


図2 各押し込み量における変形部の形状(加熱幅15mm)

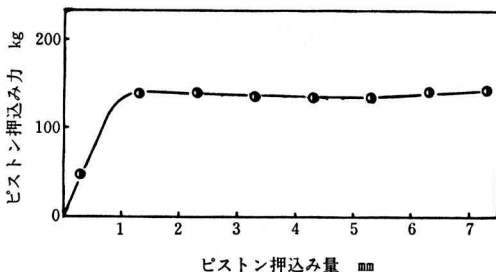


図3 ピストン押し込み力と押し込み量の関係

場合のピストン押し込み量と変形部の直径との関係を示す。変形部の直径は押し込み量の増加に対し直線的に増加しており、砂の充填高さが大きくなる程その増加割合も大きくなっている。しかし充填高さが60mm以上では、砂の量の違いによる張り出し量の差はなく、変形部の形状もほぼ同一である。図5に砂の充填高さが20mmと60mmの場合の変形部の形状を示す。これらのピストン押し込み量はいずれも7mmであり、充填高さが20mmの場合にはタル型の形状を示し、60mmの場合にはフランジ型の形状となる。これらの形状の違いは砂とパイプ内面間の摩擦に起因する軸方向の力が原因しており、砂の充填高さが大きい程大きな力が作用するものと考えられる。

図6は砂の充填高さに対する変形開始時の砂の圧縮率(圧縮による砂の減少体積/加工前の砂の体積)とピストン押し込み力の関係を示したものである。ピストン押し込み力は砂の充填高さが違ってほぼ一定の値を示している。しかしながら圧縮率は充填高さの増加に対し著しく減少し、60mm以上になるとほぼ一定の値となる。こ

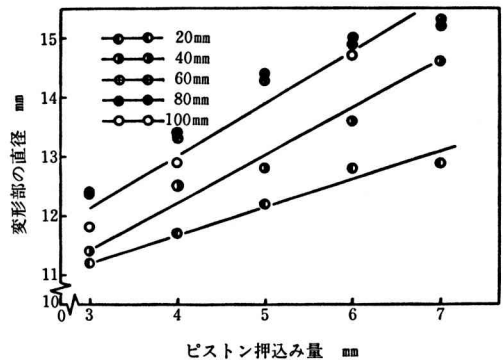


図4 変形部の直径とピストン押し込み量の関係

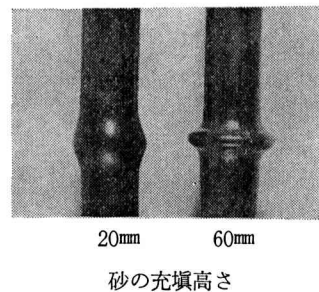


図5 砂の充填高さの違いによる変形部の形状差

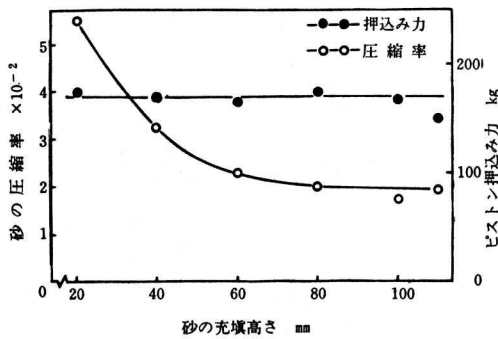


図6 砂の充填高さに対する圧縮率と押込み力の変化

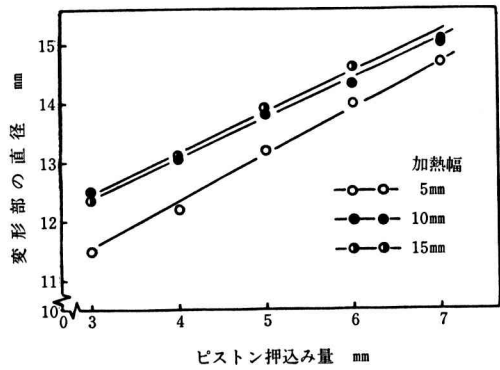


図8 各加熱幅における変形部の直径とピストン押込み量の関係

ここでパイプ内の砂に生じる圧力は圧縮率に対し比例的であると仮定すると、充填高さが低いときはその圧力が大きく、充填高さが高い程圧力は小さくなる。砂の充填高さが高い場合、圧力が小さくても拘らず充填高さが低いときより同じピストン押込み量に対し大きく張り出す(図4参照)。これは摩擦に起因する軸方向の力が影響しているためと考えられる。すなわち、充填高さが20mmでは内圧が変形に大きく寄与するためタル型の形状となり、60mmでは軸方向の力のため押しつぶされたようなフランジ型の形状となる。本加工法においては、軸方向の力等の影響により変形部の肉厚の減少は認められなかった。

### 3・2 加熱幅が変形部の形状に与える影響

加熱幅の影響を調べるために、砂の充填高さを60mm

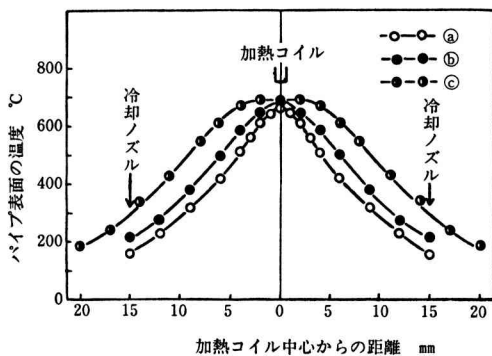
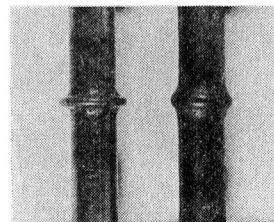


図7 各加熱条件におけるパイプ表面の温度分布

一定にし、加熱部の最高温度を約700°Cにして温度勾配を変えて実験した。図7に加工開始時の定常状態におけるパイプ表面の温度分布を示す。これらの温度分布は高周波加熱出力および冷却空気圧を調整することによって得られた。ここで赤熱状態にある600°C以上の領域の長さを加熱幅とよぶことにする。したがって図7の温度分布の①、②、③の加熱幅は5、10、15mmとなる。

図8に各加熱幅における変形部の直径とピストン押込み量の関係を示す。変形部の直径はピストンの押込み量に対し直線的に増加している。図9は加熱幅が5mmおよび15mmにおける変形部の形状を示したものである(変形部の直径はいずれも14mm)。加熱幅が5mmのとき変形部はフランジ型の形状を示し、15mmではタル型の形状を示している。

図10は変形部の軸方向長さ $l$ と変形部の直径 $D$ との関係を示したものである。同じ変形部の直径に対し、加熱幅によって変形域の長さが異っており、加熱幅が10、15mmではタル型の変形をし、5mmではフランジ型となる。また加熱幅が5mmの場合、変形域の長さは加工中



5mm 15mm  
加熱幅

図9 加熱幅の違いによる変形部の形状

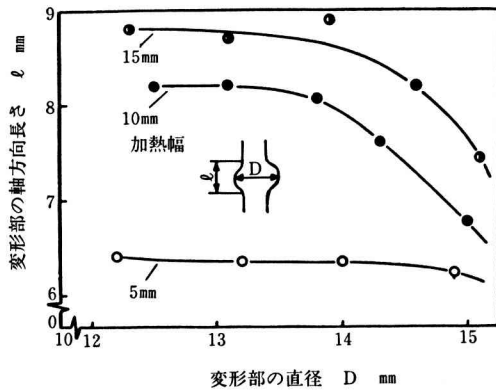
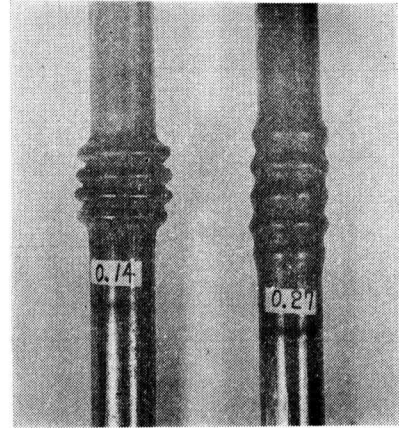


図10 変形部の軸方向長さと直径の関係

ほとんど変化していないのに対し、10mm、15mmではD=14mm付近になるところから急激に減少している。これはパイプの軸方向に作用する力によって変形部が押しつぶされるためである。

以上の結果から、砂の充填高さおよびパイプの温度分布などの調整により変形部の形状を制御し得る見通しを得ることができた。本加工法においては、特殊な管材の製造も可能であり、その一例を図11に示す。ペローズパイプは可動ピストンを押込むとともに、加熱コイルを一定速度で移動させることにより製造することができる。加熱域の移動速度またはピストンの押込み速度を変えることにより、ペローズのピッチと張り出し量を自由に調整することができる。



8.4mm/min      16.2mm/min

加熱コイルの移動速度

図11 ペローズパイプの加工例

#### 4. おわりに

パイプのバルジ加工に局部加熱を利用した新しい加工法を試みた。その結果、高価な金型などを用いることなく加工条件の設定だけで変形部の形状を制御できるおおよその見通しを得た。今後、目的とする形状を得るための最適加工条件について検討を加えるとともに、テーパ管、段付管および局部張り出し管などの応用加工についても検討していく。

# 楕円型複体の一致点公式

## 応用 1. (ド・ラム複体)

福 嶋 克 彦

### Coincidence Formula for Elliptic Complexes

#### Application 1. (The de Rham Complex)

Katsuhiko FUKUSHIMA

The coincidence formula for elliptic complexes has been obtained in the previous report by the author. Applying its formula to the de Rham complex, a new proof for the classical Lefschetz coincidence formula is given in this paper.

### 1. はじめに

典型的な楕円型複体の例としてド・ラム複体が知られている。ド・ラムの定理によってこの複体のコホモロジーは singular コホモロジーに積構造も込めて自然な形で同型になる〔1〕。

このことを踏まえて、前号で得た公式（以下公式Aとかく）〔2〕をド・ラム複体へ適用することにより、古典的な Lefschetz の一致点公式〔3〕に新証明を与えることができる〔4〕,〔5〕。

### 2. Lefschetz の一致点公式

$X, Y$  を滑らか ( $C^\infty$ -) でコンパクトな  $n$  次元 Riemann 多様体とする。更に、向きづけ可能で向きづけられているとする。別に、 $f, g : X \rightarrow Y$  を横断的な  $C^\infty$ -写像としたとき次元を考慮すると、 $f$  と  $g$  の一致点集合  $M = \{x \in X \mid f(x) = g(x)\}$  は有限個からなる孤立点集合となり、 $\det(dg_x - df_x) \neq 0$  ( $x \in M$ )

がなりたつ。

今、 $x \in M$  に対し  $x$  及び  $f(x) = g(x)$  の周りの座標を各々  $X, Y$  の向きに調和して与えたとき

$$\mu(x) = \text{sign det}(dg_x - df_x)$$

は各点  $x \in M$  で well-defined となる。

次に singular (コ)ホモロジーの言葉で、 $X, Y$  の向きを与える基本類を  $[X] \in H_n(X)$ ,  $[Y] \in H_n(Y)$  としたとき、次の可換図式

$$\begin{array}{ccc}
H^p(X) & \xrightarrow{\quad} & H^p(Y) \\
\downarrow \cap [X] & \begin{array}{c} g^! \\ \text{ } \end{array} & \downarrow \cap [Y] \\
H_{n-p}(X) & \xrightarrow{\quad g^* \quad} & H_{n-p}(Y)
\end{array}$$

但し縦は Poincaré 同型

によって定義される Gysin 写像  $g^!$  と  $f^* : H^p(Y) \rightarrow H^p(X)$  により Lefschetz の一致点公式は次のようになる。

定理 (Lefschetz)

$$\sum_p (-1)^p t_r(g_! f^* : H^p(Y) \rightarrow H^p(X))$$

$$= \sum_{x \in M} \mu(x)$$

左辺は大域的な指数で右辺は局所的な指数である。

### 3. ド・ラム 複 体

$T(X)$ ,  $T^*(X)$  を各々  $X$  の接束, 余接束として,  $A^p(X) = \mathbb{C} \otimes_R \lambda^p T^*(X)$  を  $T^*(X)$  の外積の複素化そして  $d : \Gamma(A^p(X)) \rightarrow \Gamma(A^{p+1}(X))$  を外微分とする。ここに  $\Gamma(A^p(X))$  は  $A^p(X)$  の  $C^\infty$ -断面 ( $p$ -形式) の集合。すると  $A(X) = \{A^p(X), d\}$  は  $X$  の Riemann 計量より誘導された Hermite 計量をもつ楕円型複体となることが知られている [4]。これが  $X$  上のド・ラム複体である。 $Y$  の上でも同様。

$f$  の微分  $df$  は  $T_x(X)$  から  $T_{f(x)}(Y)$  への写像, そこで  $df$  の転置  $(df)^\flat$  の外積を考えて

$$(df)^\flat = 1 \otimes \lambda^p (df) : f^* A^p(Y) \rightarrow A^p(X)$$

とかくとき,  $f$  による  $p$ -形式の引き戻しとして定義される変換は

$$f^\flat = \Gamma((df)^\flat) \Gamma_f : \Gamma(A^p(Y)) \rightarrow \Gamma(f^* A^p(Y))$$

$$\rightarrow \Gamma(A^p(X))$$

となる。よく知られているように

(1)  $f^* = \{f^\flat\} : A(Y) \rightarrow A(X)$  は鎖準同型

がなりたつ [1]。  $g$  についても同様。

さて, 向きづけと Riemann 計量より余ベクトル対応として自然に得られる束同型写像を  $*$  :  $A^p(X) \rightarrow A^{n-p}(X)$  とし (後続 § 4), 慣例に従って  $*$  :  $\Gamma(*) : \Gamma(A^p(X)) \rightarrow \Gamma(A^{n-p}(X))$  とかく。 $Y$  上でも同様。

ここで我々は

$$g^\flat = *^{-1} g^{n-p*}$$

$$: \Gamma(A^p(Y)) \xrightarrow{*} \Gamma(A^{n-p}(Y)) \xrightarrow{g^{n-p}} \Gamma(A^{n-p}(X)) \xrightarrow{*^{-1}} \Gamma(A^p(X))$$

の形式的共役  $g'^\flat$  を考えるとき

(2)  $\{g'^\flat\}$  は鎖準同型

[証明]

$\delta$  を  $d$  の形式的共役とすると

$$\begin{aligned} g^\flat \delta &= (*^{-1} g^{n-p*}) ((-1)^{p+1} *^{-1} d*) \\ &= (-1)^{p+1} *^{-1} g^{n-p} d* \\ &= (-1)^{p+1} *^{-1} d g^{n-p-1*} \\ &= ((-1)^{p+1} *^{-1} d*) (*^{-1} g^{n-p-1*}) \\ &= \delta g'^\flat_{p+1} \end{aligned}$$

両辺の共役をとって  $d g'^\flat_p = g'^\flat_{p+1} d$

q. e. d.

更に

$$(3) \begin{array}{ccc} \Gamma(A^p(Y)) & \xrightarrow{\Gamma_g} & \Gamma(g^* A^p(Y)) \\ \downarrow * & & \downarrow \Gamma(g^*(*)) \\ \Gamma(A^{n-p}(Y)) & \xrightarrow{\Gamma_g} & \Gamma(g^* A^{n-p}(Y)) \end{array} \text{ は可換}$$

但し,  $g^*(*)$  は  $*$  の  $g$  による引き戻し [6]。

この(3)により

$$g^\flat = *^{-1} \Gamma((dg)^{n-p}) \Gamma(g^*(*)) \Gamma_g$$

$$= \Gamma(*^{-1} (dg)^{n-p} g^*(*)) \Gamma_g$$

そこで

$$(dg)^\flat = *^{-1} (dg)^{n-p} g^*(*)$$

とおくと容易に

$$(4) \quad g'^\flat_p = \Gamma'_g \Gamma((dg)^\flat_p)$$

但し  $((dg)^\flat_p)(x) = ((dg)^\flat_p(x))' : A^p(X)_x \rightarrow A^p(Y)_{g(x)}$



そして

$$T_p = g'_p f_p : \Gamma(A^p(Y)) \rightarrow \Gamma(A^p(X)) \rightarrow \Gamma(A^p(Y))$$

とおくと (1), (2) より  $\{T_p\}$  は鎖準同型となり, 更に (4) より

$$(5) \quad T_p = \Gamma'_g \Gamma(\varphi_p) \Gamma_f \quad (\varphi_p = (dg)'_p(df)_p)$$

このように表現すると公式 A が適用できる。そのため証明は後 (§ 4, 5) にして 2 つの式を与える。

$$(6) \quad \sum_p (-1)^p t_r \varphi_p(x) = \det(Dg - Df)_x (x \in M)$$

但し  $(Dg - Df)_x$  は  $x, f(x) = g(x)$  の接ベクトル空間において向きに調和した正規直交基底  $(dg - df)$  を表現した行列。

(2) より  $\{g'_p\}$  は鎖準同型になるが, ド・ラムコホモロジーに引き起こす変換を  $g'_p : H^p(X) \rightarrow H^p(Y)$  とすると § 1 で述べた注意を想起して

$$(7) \quad [g'_p] = g_i : H^p(X) \rightarrow H^p(Y)$$

がなりたつ。以上の準備のもとで

[定理 (Lefschetz) の証明]

公式 A より

$$\sum_p (-1)^p t_r [T_p] = \sum_{x \in M} \nu(x)$$

ここで (7) より

$$[T_p] = [g'_p f_p] = [g'_p] [f_p] = g_i f^*$$

又, (6) より,  $x \in M$  に対し

$$\begin{aligned} \nu(x) &= \sum_p (-1)^p t_r \varphi_p(x) |\det(Dg - Df)_x|^{-1} \\ &= \det(Dg - Df)_x |\det(Dg - Df)_x|^{-1} \\ &= \text{sign } \det(Dg - Df)_x \\ &= \mu(x) \end{aligned}$$

q. e. d.

#### 4. (6) の証明

線型代数の問題である。  $\det({}^t A) = \det(A)$ ,  $*$ -束写像が実であることに注意すると証明の概要は以下のようなになる。

$I = (i_1 \cdots i_p) (1 \leq i_1 < \cdots < i_p \leq n)$  に対し,  $|I| = P$ ,  $I'$  を  $(1 \cdots n)$  の中で  $I$  の補部,  $\varepsilon_{I'} = \text{sign}({}^1 I' \cdots I' n)$  又,  $n \times n$  行列  $X = (x_{ij})$  と  $I = (i_1 \cdots i_p)$ ,  $J = (j_1 \cdots j_p)$  に対し  $X$  の  $(I, J)$  小行列式を  $x_{IJ} = \det$

$(x_{i_i j_j})$  とかく。

まず  $G = (g_{ij}), F = (f_{ij})$  を  $n \times n$  行列として,  $h(t) = \det(tG - F)$  のマクローリン展開を考える。行列式のラプラス展開を考慮して計算すると

$$(i) \quad h(t) = a_0 + a_1 t + \cdots + a_n t^n$$

$$\Rightarrow a_p = (-1)^{n-p} \sum_{|I|, |J|=p} \varepsilon_{I'} \varepsilon_{J'} g_{IJ} f_{I'J'}$$

特に  $t=1$  として

$$(ii) \quad \det(G - F) = \sum_p (-1)^{n-p} \sum_{|I|, |J|=p} \varepsilon_{I'} \varepsilon_{J'} g_{IJ} f_{I'J'}$$

さて,  $V, W$  を  $R$  上の内積を持つ  $n$  次元ベクトル空間で向きづけられているとする。  $\{e'_1, \dots, e'_n\}, \{e''_1, \dots, e''_n\}$  が  $V, W$  の正規直交基底  $e' = e'_1 \wedge \cdots \wedge e'_n, e'' = e''_1 \wedge \cdots \wedge e''_n$  を各々の向きを与えるものとしてとすることができる。このとき  $*$ :  $\lambda^p V \rightarrow \lambda^{n-p} V$  が

$$(*x, y) = (x \wedge y, e') \quad (x \in \lambda^p V, y \in \lambda^{n-p} V)$$

で与えられる。①②  $*$ :  $\lambda^p W \rightarrow \lambda^{n-p} W$  についても同様。

次に,  $g, f : V \rightarrow W$  を 2 つの線型写像とし  $g^p = \lambda^p g, f^p = \lambda^p f$  として  $g_p = *^{-1} g^{n-p} *$  の形式的共役を  $g_p'$  とする。又,  $g, f$  の  $(e'_j) (e''_j)$  による表現行列を  $G, F$  とする。

$$g(e'_j) = \sum_i g_{ij} e''_i, \quad G = (g_{ij}), \quad F \text{ も同様。}$$

$$(iii) \quad \sum_p (-1)^p t_r g_p' f_p = \det(G - F)$$

[証明]

$$\begin{aligned} & |J| = P \text{ として} \\ & (g'_p f_p e'_J, e'_J) \\ &= (f_p e'_J, g_p e'_J) \\ &= \sum_{|I|=p} f_{IJ} (e''_I, *^{-1} g^{n-p} e'_J) \\ &= (-1)^{n-p} \sum_{|I|=p} (e''_I, * g^{n-p} e'_J e'_J) \\ &= (-1)^{n-p} \varepsilon_{JJ'} \sum_{|I|=p} f_{IJ} (g^{n-p} e'_J \wedge e''_I, e''_I) \\ &= (-1)^{n-p} \varepsilon_{JJ'} \sum_{|I|=p} f_{IJ} \sum_{|K|=n-p} g_{KJ'} (e''_K \wedge e''_I, e''_I) \\ &= (-1)^{n-p} \varepsilon_{JJ'} \sum_{|I|=p} f_{IJ} g_{I'I'} \varepsilon_{I'I} \\ &= \varepsilon_{JJ'} \sum_{|I|=p} \varepsilon_{I'I'} g_{I'I'} f_{IJ} \end{aligned}$$

①  $x = x_1 \wedge \cdots \wedge x_p, y = y_1 \wedge \cdots \wedge y_p$  に対し

$(x, y) = \det((x_i, y_j))$

②  $\{e'_I \mid |I|=p\}$  は  $\lambda^p V$  の正規直交基底 ( $e'_I = e_{i_1} \wedge \cdots \wedge e_{i_p}, I = (i_1 \cdots i_p)$ )

脚注②より

$$\begin{aligned} t_r g' p f p &= \sum_{|I|, |J|=p} (g' p f p e' J, e' J) \\ &= \sum_{|I|, |J|=p} \epsilon_{I I'} \epsilon_{J J'} g' I' J' f I J \end{aligned}$$

従つて (ii) より

$$\begin{aligned} \sum_p (-1)^p t_r g' p f p &= \sum_p (-1)^{n-p} \sum_{|I|, |J|=p} \epsilon_{I I'} \epsilon_{J J'} \\ &\quad \times g' I J f I' J' = \det(G-F) \end{aligned}$$

q. e. d.

5. (7) の 証 明

Singular コホモロジーのカップ積とド・ラムコホモロジーの外積はド・ラムの定理を通して同一視される。

$$(iv) \quad \langle g^* u \cup v, [X] \rangle = \langle u \cup g_1 v, [Y] \rangle$$

$$(v \in H^p(X), u \in H^q(Y), p+q=n)$$

但し  $\langle, \rangle$  は Kronecker 積

[証明]

$$\begin{aligned} &\langle g^* u \cup v, [X] \rangle \\ &= \langle g^* u, v \cap [X] \rangle \\ &= \langle u, g_*(v \cap [X]) \rangle \\ &= \langle u, g_1 v \cap [Y] \rangle \\ &= \langle u \cup g_1 v, [Y] \rangle \end{aligned}$$

q. e. d.

$H^p(Y)$  と  $H^q(Y)$  ( $p+q=n$ ) は Poincaré 同型よりカップ積と Kronecker 積により互いに双対空間になっているから、(iv) の逆がなりたつ。つまり、

$$(v) \quad \phi : H^p(X) \rightarrow H^p(Y) \text{ s.t. } \langle g^* u \cup v, [X] \rangle$$

$$= \langle u \cup \phi v, [Y] \rangle \quad (v \in H^p(X), u \in H^{n-p}(Y))$$

$$\Rightarrow \phi = g_1$$

次に  $d\omega_x, \alpha \in \Gamma(\Lambda^n(X))$  ( $d\omega_x : X$  の体積要素) に対し  $\langle [\alpha], [X] \rangle = \langle \alpha, d\omega_x \rangle$  となるから

$$(vi) \quad [g' p] = g_1 : H^p(X) \rightarrow H^p(Y)$$

[証明]

$$n = p+q \text{ として}$$

$$[\beta] \in H^p(X) \quad (d\beta=0), \quad [\alpha] \in H^q(Y)$$

( $d\alpha=0$ ) に対し

$$\begin{aligned} &(\alpha \wedge g' p \beta, d\omega_Y) \\ &= (*\alpha, g' p \beta) \\ &= (g' p *\alpha, \beta) \\ &= (*^{-1} g^q **\alpha, \beta) \\ &= (*g^q \alpha, \beta) \\ &= (g^q \alpha \wedge \beta, d\omega_x) \end{aligned}$$

故に

$$\begin{aligned} &\langle [\alpha] \cup [g' p] [\beta], [Y] \rangle \\ &= \langle [g^q] [\alpha] \cup [\beta], [X] \rangle \\ &= \langle g^* [\alpha] \cup [\beta], [X] \rangle \end{aligned}$$

従つて (v) より  $[g' p] = g_1$

q. e. d.

文 献

- [1] 秋月：調和積分論 上 岩波 (1954)
- [2] 福属：奈良高専紀要第13号 (昭52)
- [3] 中岡：不動点定理とその周辺 岩波 (1977)
- [4] Atiyah & Bott : A Lefschetz fixed point formula for elliptic Complexes II. Application. Ann. of Math. 88 (1968)
- [5] D. Toledo : On the Atiyah-Bott Formula for Isolated Fixed Points, J. Differential Geometry 8 (1973)
- [6] D. Husemoller : Fibre Bundles McGraw-Hill (1966)

# 長方形断面管内の粘弾性流体の流れ

森 教 安

## Flow of Viscoelastic Fluids in Pipes of Rectangular Cross Sections

Noriyasu MORI

Rectilinear flow through a straight pipe of non-circular cross section in the case of viscoelastic fluids is not possible in general and some secondary transverse flow to the primary streamlines appears.

In the present paper, the secondary flows in the square and rectangular cross sections is discussed. The analysis is based on the constitutive equation by Oldroyd which involves eight material constants, and streamlines for transverse flow is calculated using finite difference methods.

### 1. 緒 言

ニュートン流体が一様な断面を有する直管内を十分に発達して流れるときには、その流れが一方方向(管軸方向)流れとなることはよく知られている。しかし、粘弾性流体の場合には一般に一方方向流れとはならず、管軸に直角な断面内での二次流れが存在する。Langloisと Rivlin<sup>(1)</sup>, Ballal と Rivlin<sup>(2)</sup> は、二次または三次の Rivlin-Ericksen 流体では二次流れが生じないが、四次の Rivlin-Ericksen 流体では二次流れが生じることを示した。また、J. R. Jones と R. S. Jones<sup>(3)</sup> は、偏心二重円管の場合を Oldroyd モデルを用いて解析し、二次流れを計算した。

本研究では、実用的にも使用されることの多い長方形断面を有する直管に着目し、Oldroyd の 8 定数モデルを使用して二次流れの解析を行ない、有限差分近似を用いた数値計算により流れ関数を求めた。

### 2. 基 礎 式

速度テンソルを  $v^i$ , 偏差応力テンソルを  $T^{ij}$ , 圧力を  $p$  で表わすことにすると、流体が非圧縮性で定常に流れている時には、連続の式と Cauchy の運動方程式はつぎのようになる。

$$v^i_{,i} = 0 \quad (1)$$

$$\rho v^j v^i_{,j} = -g^{ij} p_{,j} + T^{ij}_{,j} \quad (2)$$

ここで、 $g^{ij}$  は計量テンソル、 $v^i_{,j}$  あるいは  $T^{ij}_{,j}$  等は共変微分を示す。つぎに、構成式として Oldroyd の 8 定数モデルを用いると、

$$\begin{aligned} T^{ij} + \lambda_1 \frac{\delta T^{ij}}{\delta t} + \mu_0 T^k{}_k e^{ij} - \mu_1 (e^i{}_k T^{kj} + e^j{}_k T^{ik}) + \nu_1 T^{k l} e_{k l} g^{ij} = 2\eta_0 (e^{ij} + \lambda_2 \frac{\delta e^{ij}}{\delta t} - 2\mu_2 e^i{}_k e^{kj} + \nu_2 e^{k l} e_{k l} g^{ij}) \end{aligned} \quad (3)$$

となる。 $\delta/\delta t$  は対流微分 (convected derivative) と呼ばれ、つぎのように定義される。

$$\frac{\delta A^{ij}}{\delta t} = \frac{\partial A^{ij}}{\partial t} + v^k A^{ij}_{,k} - v^i_{,k} A^{kj} - v^j_{,k} A^{ik} \quad (4)$$

ここで、 $e^{ij}$  は変形速度テンソルで  $e_{ij} = 1/2 (v_{i,j} + v_{j,i})$ , また  $\eta_0$  は粘度、 $\lambda_1$  は緩和時間、 $\lambda_2$  は遅延時間を表わしており、 $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \nu_1, \nu_2$  はそれぞれ時間の次元をもつ物質定数である。

解析には  $z$  軸を管軸方向にとった直交座標  $(x, y, z)$  を用いる。流れは圧力勾配  $P$  で  $z$  方向に完全に発達して流れていると仮定し、式を直交座標表示になおす。このとき、 $x, y, z$  方向の速度成分を  $u(x, y), v(x, y), w(x, y)$  とし、連続の式(1)よりつぎのような流れ関数  $\phi(x, y)$  を導入する。

$$u = -\frac{\partial \phi}{\partial y}, v = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (5)$$

式を無次元表示するために、つぎの無次元量を用いると、

$$x = ax^*, y = ay^*, w = Ww^*, e_{(ij)} = \frac{W}{a} e_{(ij)}^*, \phi = Wa\phi^*, T_{(ij)} = \frac{\eta_0 W}{a} T_{(ij)}^*, p = \frac{\eta_0 W}{a} p^* \quad (6)$$

運動方程式(2)は

$$\frac{\partial T_{xx}^*}{\partial x^*} + \frac{\partial T_{xy}^*}{\partial y^*} = \frac{\partial p^*}{\partial x^*} + R_e \left( \frac{\partial \phi^*}{\partial y^*} \frac{\partial^2 \phi^*}{\partial x^* \partial y^*} - \frac{\partial \phi^*}{\partial x^*} \frac{\partial^2 \phi^*}{\partial y^{*2}} \right) \quad (6)$$

$$\frac{\partial T_{xy}^*}{\partial x^*} + \frac{\partial T_{yy}^*}{\partial y^*} = \frac{\partial p^*}{\partial y^*} + R_e \left( -\frac{\partial \phi^*}{\partial y^*} \frac{\partial^2 \phi^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial \phi^*}{\partial x^*} \frac{\partial^2 \phi^*}{\partial x^* \partial y^*} \right) \quad (7)$$

$$\frac{\partial T_{xz}^*}{\partial x^*} + \frac{\partial T_{yz}^*}{\partial y^*} = -\bar{P} + R_e \left( -\frac{\partial \phi^*}{\partial y^*} \frac{\partial w^*}{\partial x^*} + \frac{\partial \phi^*}{\partial x^*} \frac{\partial w^*}{\partial y^*} \right) \quad (8)$$

となる。ただし、 $a$ : 代表寸法、 $W$ : 代表速度を表わし、 $\bar{P} = Pa^2/(\eta_0 W)$ 、 $R_e$ : レイノルズ数 ( $= \rho Wa/\eta_0$ ) である。また、構成式は、

$$\begin{aligned} T_{(ij)}^* + W_e \left[ \left( \frac{\partial T_{ij}^*}{\partial t} \right)^* (ij) + \varepsilon_1 T_{(kk)}^* \right. \\ e_{(ij)}^* - \varepsilon_2 (e_{(ik)}^* T_{(kj)}^* + e_{(jk)}^* T_{(ik)}^*) \\ \left. + \varepsilon_3 T_{(kl)}^* e_{(kl)}^* \delta_{ij} \right] = 2e_{(ij)}^* + 2W_e \\ \left[ \varepsilon_4 \left( \frac{\partial e_{ij}^*}{\partial t} \right)^* (ij) - 2\varepsilon_5 e_{(ik)}^* e_{(kj)}^* + \varepsilon_6 e_{(kl)}^* e_{(kl)}^* \delta_{ij} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

ここで、 $W_e$ : ワイゼンベルグ数 ( $= \lambda_1 W/a$ ) であり、式中添字の ( ) は物理成分であることを示す。また、 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_6$  は

$$\begin{aligned} \mu_0 = \varepsilon_1 \lambda_1, \mu_1 = \varepsilon_2 \lambda_1, \nu_1 = \varepsilon_3 \lambda_1, \lambda_2 = \varepsilon_4 \lambda_1, \\ \mu_2 = \varepsilon_5 \lambda_1, \nu_2 = \varepsilon_6 \lambda_1 \end{aligned}$$

で関係づけられた定数とする。

境界条件としては、管壁を  $\square$  で表示すると、

$$w^* = 0, \frac{\partial \phi^*}{\partial x^*} = \frac{\partial \phi^*}{\partial y^*} = 0 (\square \text{ 上で}) \quad (10)$$

となる。

式(10)の境界条件の下で式(6)~(9)を解くために、ここではワイゼンベルグ数  $W_e \ll 1$  とし、この条件の下で速度、応力、流れ関数をワイゼンベルグ数のべき級数に展開する。すなわち、

$$\begin{cases} w = w^{(0)} + W_e w^{(1)} + W_e^2 w^{(2)} + W_e^3 w^{(3)} + \dots \\ \phi = \phi^{(0)} + W_e \phi^{(1)} + W_e^2 \phi^{(2)} + W_e^3 \phi^{(3)} + \dots \\ T_{(ij)} = T_{(ij)}^{(0)} + W_e T_{(ij)}^{(1)} + W_e^2 T_{(ij)}^{(2)} + W_e^3 T_{(ij)}^{(3)} + \dots \\ p = p^{(0)} + W_e p^{(1)} + W_e^2 p^{(2)} + W_e^3 p^{(3)} + \dots \end{cases} \quad (11)$$

ただし、簡略化のために \*印は省いた。以下この表記法に従うものとする。式(11)を式(10)に代入すると境界条件は、

$$w^{(n)} = 0, \frac{\partial \phi^{(n)}}{\partial x} = \frac{\partial \phi^{(n)}}{\partial y} = 0 (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (12)$$

となる。また、式(6)~(9)に代入し、ワイゼンベルグ数の等しいべきについて整理し得られた結果を以下に示す。

(i)  $W_e$  を含まない項

これはニュートン流体が直管内を流れる場合で二次流れは存在せず、 $\phi^{(0)} = 0$  となる。また、

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) w^{(0)} = -\bar{P} \quad (13)$$

したがって、

$$T_{xz}^{(0)} = \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x}, T_{yz}^{(0)} = \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \quad (14)$$

(ii)  $W_e^1$  の項

$W_e^1$  について整理し、 $p^{(1)}$  を消去してつぎの結果を得る。

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)^2 \phi^{(1)} = 0 \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) w^{(1)} = R_e \left( -\frac{\partial \phi^{(1)}}{\partial y} \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} + \frac{\partial \phi^{(1)}}{\partial x} \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (16)$$

境界条件(12)を考慮すると式(15)より  $\phi^{(1)} = 0$  となり、式

(ii)より $w^{(1)} = 0$ となる。

$$\begin{cases} T_{xx}^{(1)} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_5) \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \right)^2 - (\varepsilon_3 - \varepsilon_6) \cdot I \\ T_{yy}^{(1)} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_5) \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \right)^2 - (\varepsilon_3 - \varepsilon_6) \cdot I \\ T_{zz}^{(1)} = (2 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 - 2\varepsilon_4 - \varepsilon_5 + \varepsilon_6) \cdot I \\ T_{xy}^{(1)} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_5) \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \end{cases} \quad (17)$$

ただし、

$$I = \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \right)^2$$

(iii)  $W_{e^2}$ の項

(ii)と同様につきの結果を得る。

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)^2 \phi^{(2)} = 0 \quad (18)$$

境界条件より、 $\phi^{(2)} = 0$ となる。したがって、

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) w^{(2)} = S \left[ -\bar{P} \cdot I + \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \frac{\partial}{\partial y} \right) \cdot I \right] \quad (19)$$

ここで、

$$S = \varepsilon_1 (1 + \varepsilon_2 - 3/2\varepsilon_3 - \varepsilon_4 - \varepsilon_5 + 3/2\varepsilon_6) + \varepsilon_2 (-2 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 - \varepsilon_6)$$

である。 $S \neq 0$ ならば $w^{(2)} = 0$ とならず、軸方向の速度分布はワイゼンベルグ数の二次の項からニュートン流体との差異を示すことがわかる。

$$\begin{cases} T_{xx}^{(2)} = \frac{\partial w^{(2)}}{\partial x} - S \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \cdot I \\ T_{yy}^{(2)} = \frac{\partial w^{(2)}}{\partial y} - S \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \cdot I \end{cases} \quad (20)$$

(iv)  $W_{e^3}$ の項

$\phi^{(3)}$ に対してつぎの式が得られる。

$$\begin{aligned} \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)^2 \phi^{(3)} &= -\varepsilon_5 \cdot S\theta \\ \theta &= 6\bar{P} \left( \frac{\partial^2 w^{(0)}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 w^{(0)}}{\partial y^2} \right) \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \\ &\quad - \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} - 6\bar{P} \left[ \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \right)^2 - \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \right)^2 \right] \\ &\quad \times \frac{\partial^2 w^{(0)}}{\partial x \partial y} - 2 \left[ \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \right)^3 \frac{\partial^2 w^{(0)}}{\partial y^3} - \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \right)^3 \frac{\partial^2 w^{(0)}}{\partial x^3} \right] \\ &\quad - 6 \left[ \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial^3 w^{(0)}}{\partial x^3} \right] - 6 \left[ \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial^3 w^{(0)}}{\partial x^3} \right] \end{aligned}$$

$$\left. - \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \frac{\partial^3 w^{(0)}}{\partial y^3} \right] \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \quad (21)$$

式(21)より $\varepsilon_5$ と $S$ が同時に0でないときには $\phi^{(3)} \neq 0$ 、すなわち二次流れが存在することになる。長方形断面について式(2)の境界条件の下で計算すれば流れ関数の分布がわかり、二次流れの様子を知ることができる。また、 $w^{(3)} = 0$ になることから応力は、

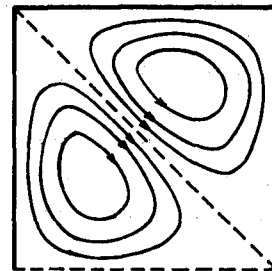
$$\begin{cases} T_{xx}^{(3)} = -2 \frac{\partial^2 \phi^{(3)}}{\partial x \partial y} + 2(\varepsilon_2 - \varepsilon_3 - \varepsilon_5 + \varepsilon_6) \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial w^{(2)}}{\partial x} + 2(\varepsilon_6 - \varepsilon_3) \cdot \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \frac{\partial w^{(2)}}{\partial y} - \varepsilon_2 S \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \right)^2 \cdot I + \varepsilon_3 S I^2 \\ T_{yy}^{(3)} = \frac{\partial^2 \phi^{(3)}}{\partial x \partial y} + 2(\varepsilon_2 - \varepsilon_3 - \varepsilon_5 + \varepsilon_6) \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \frac{\partial w^{(2)}}{\partial y} + 2(\varepsilon_6 - \varepsilon_3) \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \cdot \frac{\partial w^{(2)}}{\partial x} - \varepsilon_2 S \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \right)^2 I + \varepsilon_3 S I^2 \\ T_{xy}^{(3)} = \frac{\partial^2 \phi^{(3)}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \phi^{(3)}}{\partial y^2} + (\varepsilon_2 - \varepsilon_5) \cdot \left( \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial w^{(2)}}{\partial y} + \frac{\partial w^{(2)}}{\partial x} \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} \right) - \varepsilon_2 S \cdot \frac{\partial w^{(0)}}{\partial x} \frac{\partial w^{(0)}}{\partial y} I \end{cases} \quad (22)$$

### 3. 数値計算

式(21)はつぎの連立方程式となる。

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = -\varepsilon_5 S \theta \frac{\partial^2 \phi^{(3)}}{\partial x^2} + \\ \frac{\partial^2 \phi^{(3)}}{\partial y^2} = \omega(x, y) \end{cases} \quad (23)$$

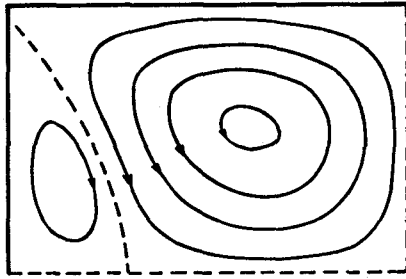
数値計算は式(23)を有限差分近似し、Wolfの方法を適用することにより行なった。長方形の縦横比が、1:1, 1:1.5, 1:2の3通りについて計算した結果を図1に示す。図は各断面の1/4を示した。



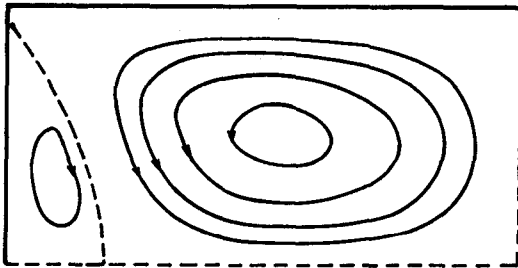
(a) 1 : 1

## 5. 文 献

- (1) W.E.Langlois and R.S.Rivlin, Rend. Mat., 22 (1963) 169.
- (2) B.Y.Ballal and R.S.Rivlin, Rheol. Acta, 14 (1975) 861.
- (3) J.R. Jones and R.S. Jones, J. Mécanique, Vol. 5 (1966) 375.



(b) 1 : 1.5



(c) 1 : 2

図1 流れ関数

図1より、長方形断面を有する直管では合計8個の渦が生じることがわかる。また、断面が扁平になるにつれて二つの渦の大きさの違いがはっきりしてくる。

## 4. 結 論

粘弾性流体が長方形断面を有する直管内を流れるときに生じる二次流れについて、Oldroydの8定数モデルを用いて解析した。軸方向の速度分布はワイゼンベルグ数の二次の項からニュートン流体と異なるが、二次流れはワイゼンベルグ数の三次の項から存在することがわかった。また、数値計算により流れ関数を求めたが、それによって、長方形断面では合計8個の渦が存在することが判明した。

# Electron-Beam-Induced Conduction in Polyethylene

J. Kyokane, T. Nishitani,<sup>\*</sup> K. Yoshino<sup>\*\*</sup> and Y. Inuishi<sup>\*\*</sup>

The electrical conduction in polyethylene induced by the irradiation of the short-pulsed-electron-beam (100 nsec time width) consists of the fast and the slow components. The former is attributed to the carrier transport in the crystalline part and the later to that in the amorphous part. Logarithmic plot (Scher-Montroll plot) of the slow part of the induced current vs. time gives a knee at time  $T_r$ , which is thought to be the transit time of the carrier front between electrodes. Simple calculation by the formula  $\mu=L/T_r E$  gives the apparent slow carrier mobility  $\mu$  of  $5.6 \times 10^{-7}$   $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  and  $3.2 \times 10^{-7}$   $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  for the electron and the hole respectively at 343 K under the field  $E$  of 1.2 MV/cm for the sample thickness  $L$  of  $12\mu\text{m}$ . These apparent slow carrier mobilities are dependent on both the thickness and the field strength. These behaviors are discussed in terms of Scher-Montroll theory on the transport in amorphous substances. The activation energy of the mobility is in good agreement with the apparent trap depth obtained from the TSC measurement.

## I. Introduction

The electronic conduction in insulating polymers has been studied for many years. However, even in a simple polymer like polyethylene (PE), there still remain many unsolved properties in this connection. The published values of the carrier mobility are strongly dependent on measuring methods and authors.<sup>1-4</sup> In a previous paper,<sup>5</sup> we reported that the pulse-electron-beam-induced conductivity consists of fast and slow components. Mobilities of the fast carriers at high fields, of the order of  $10^{-4}$   $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ , have been obtained from the time-of-flight measurements in various polymers<sup>6-8</sup> which contain  $\pi$ -electron systems, such as, for example, polyethyleneterephthalate (PET), polyethylene-naphthalate (PEN), and polystyrene (PS), etc. These results were compared with the published values obtained by different methods. It was concluded that the slow component is related to carrier migration through the specimen by the repetition of trapping and detrapping processes. Quantum yield for the carrier production by electron

bombardment is much smaller in saturated polymers like PE than in polymers with  $\pi$  electron, which makes the measurement difficult in the former material.

In this paper, time-of-flight measurements of carrier transport in PE by a pulsed electron beam of 100-nsec time duration will be reported. The difference of the carrier transport in the crystalline part from that in the amorphous part will be shown, and the carrier transport process in the amorphous part at various temperatures and field strengths will be discussed.

## II. Experimental

Commercial-grade low-density polyethylene (LDPE) (commercial name; Yukalon and Showlex) and high-density polyethylene (HDPE) (commercial name; Hizex and Showlex) of various thickness were used as specimens. After washing in ethylalcohol, Au (gold) electrodes of 5 mm  $\phi$  in diameter were vacuum-deposited on both sides of the specimens. The specimens were mounted between the dc-bias-voltage electrode system

\* Present Address ; Mitsubishi Electric Co., Ltd.

\*\* Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University.

The contents of this paper is submitted to "J. Appl. Phys."

in a vacuum cryostat of  $8 \times 10^{-6}$  mmHg, and the charge  $Q = \int i \cdot dt$  induced by the bombardment with a single shot of a pulsed electron beam, between 260–350K, was observed by apparatus (Fig. 1) similar to that described in our previous paper.<sup>8</sup> The energy of the bombarding electrons was between 8 and 15 Kev, and, as a consequence, the generation of charge carriers occurs within a penetration depth of 1–3  $\mu\text{m}$  from the top electrode surface. The carriers that have the same polarity as the bombarding-side electrode will drift into the sample, owing to the presence of the dc bias they are trapped in the sample, after life time  $\tau$ , or absorbed into the counter electrode. This carrier drift produces the induced charge  $Q$ , as shown schematically in Fig. 2.

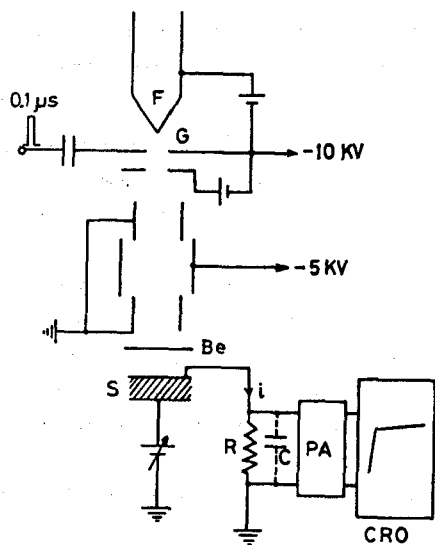


Fig. 1 Measuring circuit by the pulsed electron beam. PA : preamplification F : filament, G : grid, Be : evaporated beryllium film, S : sample

The charge magnitude and the repetition rate of the electron beam were maintained to be less than 0.1 pico coulomb per pulse and one pulse per minute respectively in order to minimize the space charge effect. The bombarding-side electrode was always kept at earth potential to avoid the error due to secondary electron emission. Both electron and hole signals can be measured by changing polarity of the applied bias voltage. The integrated charge signal

$Q$  was obtained by integrating the current signal  $i$  with an input capacitance of a pre-amplifier which has also large input resistance (resulting in a time constant of 1 sec). The charge signal was differentiated graphically with respect to time if necessary, to obtain the current signal

### III. Results and Discussion

As shown schematically, in Fig. 2, the induced charge  $Q$  due to a single shot of the short electron beam pulse in PE consists of fast and slow components. However, in our case of a PE film, time duration of the fast component is nearly same as the electron beam pulse width (100 nsec) and not dependent on the applied field. This behavior is contrary to the case of PET in which the time duration of the fast component was dependent on both the applied field and the sample thickness, as stated in our previous papers<sup>6,8</sup>. In PE, a clear knee in the charge waveform, which corresponds to the fast carrier transport between electrodes, was not observed even up to 1.8 MV/cm of the applied field at 343 K, contrary to the case of PET<sup>8</sup>. Two explanation for the origin of the fast component in PE are probable: namely, it may correspond to (1) movement of short lived carriers during the geminate recombination, or (2) to the fast carrier transport of comparably long range

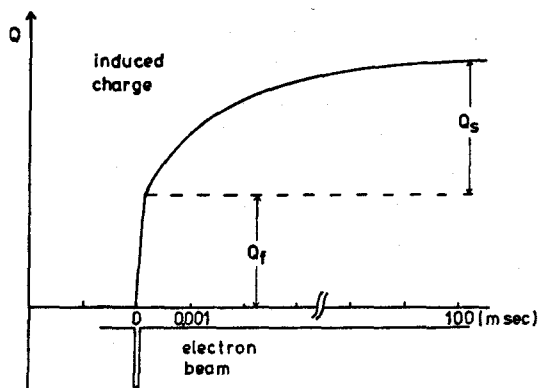


Fig. 2 A typical waveform of the induced charge due to the single short of electron beam pulse in PE and the definition of  $Q_s$  and  $Q_f$



through the crystalline part of PE, which provides the larger mobility. Carrier transport in PE seems to suffer from severely from the influence of trapping by the localized states at the crystalline boundary and the amorphous region, resulting in the predominance of the slow component, over the fast component in comparison to PET.

Ratio of the fast charge component  $Q_f$  to the slow component  $Q_s$ , defined as illustrated in Fig. 2, increases with increasing crystallinity of the samples

for both electron and hole. Namely  $Q_f/Q_s$  of electrons in the sample studied was about 1 in HDPE and 0.2 in LDPE under the applied of 1.8 MV/cm at 343 K. Accordingly, the fast component seems to be due to the above-mentioned process (2), or the fast electron migration with short life time in the crystalline region, and the slow component seems to be due to the migration of carriers through the amorphous region. It should be noted that the slow component of the induced charge  $Q_s$  in these figures was measured at 100 msec after the electron-beam bombardment owing to the limitation of the measuring circuit time constant CR of 1 sec, although collected charge still continues to increase gradually.

Figures 3 (a) and (b) show the relation between the magnitude of the two components of the collected charge ( $Q_f, Q_s$ ) and the bias field  $E$  (Hecht curve) for both electron and hole, respectively, at 343 K. The Hecht curves for both slow electron and hole

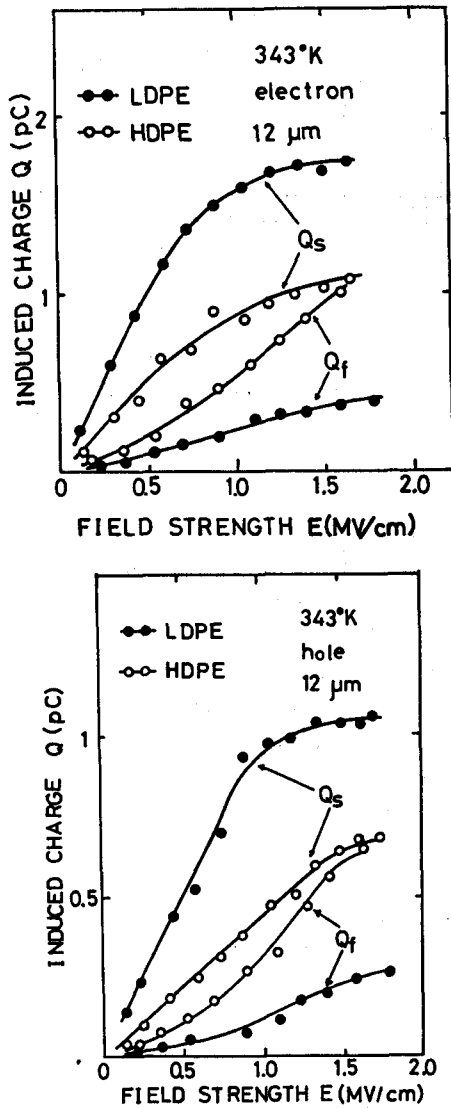


Fig. 3 Dependence of the induced charge  $Q_s$  and  $Q_f$  on the applied field for electrons in (a) and for holes in (b) at 343 K

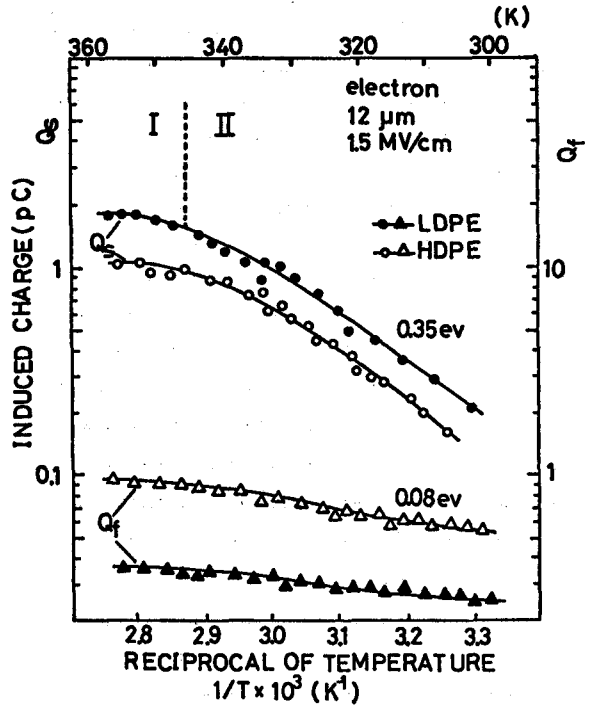


Fig. 4 The temperature dependence of the induced charge  $Q_s$  and  $Q_f$

saturate at higher fields above 1.2 MV/cm, at higher temperature (343 K), suggesting the transit of slow carriers across the specimen of thickness 12  $\mu\text{m}$  within 100 msec of the measuring time.

Although  $Q_r$  is much less temperature sensitive, as shown in Fig. 4 (activation energy : 0.08 eV),  $Q_s$  increases remarkably with increasing temperature, becoming more predominant above the glass-transition temperature ( $-21\sim-24^\circ\text{C}$ ). This curve turned out to be divided into two regions, I and II. The activation energy in the region II is about 0.35 eV, being nearly equal to the apparent trap depth in PE estimated from TSC and TL measurements, which has close relation with the amorphous region of PE<sup>9</sup>. Region I of a temperature-insensitive saturation region of  $Q_s$  also corresponds to the high-field-saturation region of Fig. 3. These facts indicate that almost all slow carriers transit between electrodes (separation ; 12  $\mu\text{m}$ ) at such high fields ( $>1.2$  MV/cm) and high temperatures ( $>340$  K) during their life time and that the quantum efficiency for the carrier generation by the electron beam is rather insensitive to the temperature. Accordingly, the temperature dependence of  $Q_s$  at the region II should come from the temperature dependence of Schubweg  $w(\mu \cdot \tau \cdot E$  (mobility  $\times$  life time  $\times$  field strength)). The  $\mu \cdot \tau$  value calculated from Figs. 3(a) and 3(b) is about  $10^{-9}$   $\text{cm}^2/\text{V}$  for both electron and hole at 343 K, which will be discussed later. On the contrary, the absence of the field saturation of  $Q_r$  in Fig. 3 suggests that the fast component arises from the carrier transport in a small crystal grain until being trapped at the crystalline boundary. This transport should stop when the space field due to the accumulated charge at boundary cancels the original applied field. The activation energy of  $Q_r$  is about 0.08 eV for both electron and hole, which agrees nearly with the trap depth of 0.09 eV in the crystalline part of PE estimated from TSC and TL measurements<sup>9,10</sup>.

Induced charge waveform of the slow component even at these high fields and high temperatures does not show clear knee which corresponds to the carrier transit time between electrodes, contrary to the case of the fast carrier in PET<sup>8</sup>. This behaviour may be explained in terms of the wide distribution of the hopping time of slow electrons in the amorphous

region, as suggested by H. Scher and E. W. Montroll<sup>11</sup>.

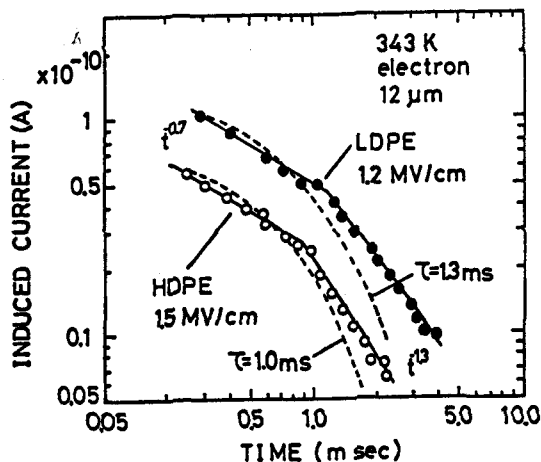


Fig. 5 Log  $i(t)$  - vs - log  $t$  plots of the slow component of the induced current. Dotted line shows  $i(t) = C \cdot \exp(-t/\tau)$  with  $\tau$  of 1 msec

Figure 5 shows logarithmic plots of induced current  $i(t)$  obtained by the method shown in the Sec. II, versus time  $t$  after the bombardment of short electron beam pulse under the d.c. applied field. As evident from this figure, the current decays can be expressed by the two components of the form of  $t^{-\beta}$  with the knee at the time  $t = T_r$ . In the case of this figure (1.2 MV/cm),  $\beta$  is 0.7 and 1.3 corresponding to the interval of  $0 < t < T_r$  and  $t > T_r$  respectively. The sum of the  $\beta$  values before and after  $T_r$  is about 2 in consistent with the theory of Scher-Montroll. In their theory, the distribution function  $\psi(t)$  of the hopping time is assumed to be of the form

$$\psi(t) = \text{const.} \times t^{-(1+\alpha)} \quad (1)$$

$$0 < \alpha < 1$$

and the current calculated by their theory decays with the functional form of  $i = C \cdot t^{-(1+\alpha)}$  (for  $t < T_r$ ) and  $i = C' \cdot t^{-1(1+\alpha)}$  (for  $t > T_r$ ). In such

case,  $T_r$  is interpreted as the transit time of the carrier front between electrodes through hopping. Therefore for the case of Fig. 5,  $\alpha$  in eq. (1) is estimated to be about 0.3. Trial to fit the observed  $i(t)$  curve to the simple detrapping curve with a simple exponential decay  $i(t) = C \cdot \exp(-t/\tau_1)$  were unsuccessful. However, it should be noted that the observed curve can be fitted by the linear combination of the exponential function with different decaying time constants  $\tau_1$ ,  $i(t) = \sum_1 C_1 \cdot \exp(-t/\tau_1)$  as already suggested<sup>5</sup>. From the fact that the Hecht curve saturates at high field, it is quite reasonable that the observed  $T_r$  corresponds to the transit time of the carrier front between electrodes. Even if the Scher-Montroll theory is not completely applicable to our case, the appearance of a new sink for the carriers, by the existence of the counter electrode, should change the decaying characteristics of current abruptly at the instance of arrival of the carrier front to the counter electrodes. Then the apparent carrier mobility can be calculated by

$$\mu = L^2 / T_r \cdot V \quad (2)$$

where  $L$  and  $V$  are the electrode distance and the applied voltage, respectively.

The apparent mobilities of electrons and holes were estimated from Eq. (2) to be  $5.6 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ , and  $3.2 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ , respectively, at 343 K for the case of the electrode distance of 12  $\mu\text{m}$  and an applied field of 1.2 MV/cm, for both LDPE and HDPE. These values of mobility are larger than those in PE reported by Davies<sup>1</sup> by the method of the surface charge decay. He reported smaller carrier mobility in HDPE (about  $10^{-10} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  at 350 K) compared to that in LDPE (about  $5 \times 10^{-10} \sim 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  at 350 K). Perlman *et al.*<sup>2</sup> also reported carrier mobility of about  $2 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  in LDPE at the room temperature under field strength of about 1 MV/cm. Apparent life time of carrier is estimated to be about 2 ~ 4 msec for both electron and hole using the  $\mu\tau$  value of  $10^{-8} \text{ cm}^2/\text{V}$  obtained from Schubweg curve and mobility values mentioned above. It is no wonder that this apparent lifetime is smaller than the measuring time (100 msec) of collected charge to observe Schubweg,

because the above mentioned mobilities are those of the front carriers, and there are many carriers which migrate much slowly. Therefore much smaller mobility should be used to calculate the life time from the Schubweg curve.

Transit time  $T_r$  obtained from the knee of Scher-Montroll plot becomes shorter with increasing applied field as shown in Fig. 6, and also with decreasing electrode distance as shown in Fig. 7, indicating the characteristics of carrier transit time. However, the equation (2) is not fully satisfied if we assume constant mobility, as will be discussed later.

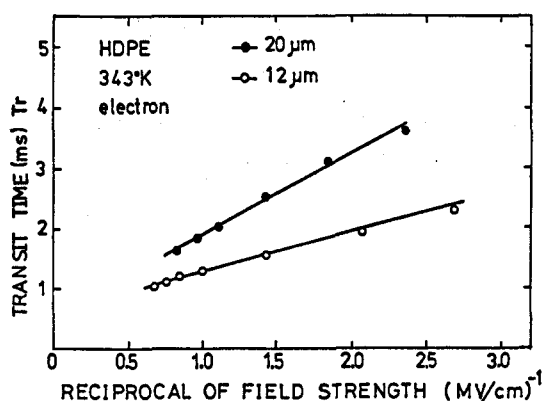


Fig. 6 Dependence of the apparent transit time of the charge front  $T_r$  on the inverse of the applied field

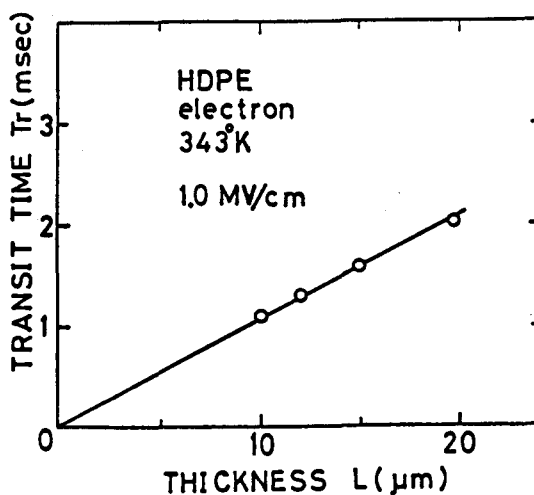


Fig. 7 Dependence of  $T_r$  on the electrode distance  $L$

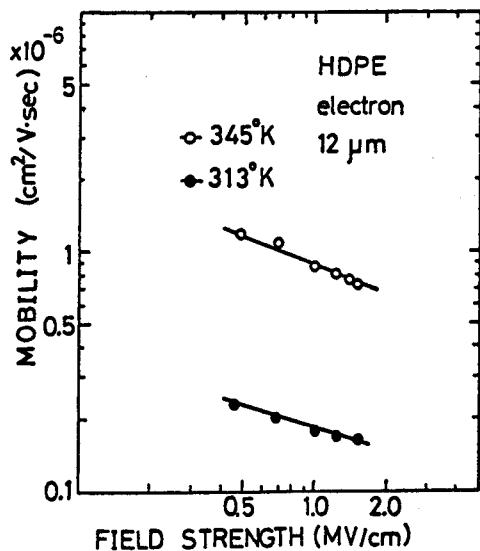


Fig. 8 Dependence of the apparent electron mobility on the applied electric field

Figure 8 shows the field dependence of the apparent electron mobility thus obtained. The apparent mobility decreases slightly with increasing electric field, contrary to the case of hopping mobility in other polymers (PET<sup>8</sup>, PVK-TNF<sup>12</sup>) and organic semiconductors in which the mobility increases usually with increasing field, possibly due to the pool-Frenkel type effects. The apparent decrease of the carrier mobility with increasing initial field was also observed by Perlman *et al.*<sup>2</sup>. This phenomenon is tentatively interpreted in terms of a mathematical model in which field ionization of centers in the bulk creates a trapped space-charge layer, through which the surface layer of carriers then moves<sup>2</sup>.

According to Scher-Montroll theory,  $T_r^{-1}$  should depend on applied field  $E$  and thickness  $L$  as follows<sup>11</sup>,

$$T_r^{-1} \propto (E/L)^\gamma \quad (3)$$

hence

$$\mu = (L/E)T_r^{-1} \propto (E/L)^{\gamma-1} \quad (4)$$

where

$$\gamma = 1/\alpha \quad (5)$$

and  $1 + \alpha$  is the exponent of the decay of hopping probability shown in eq. (1). Therefore, if  $\gamma = 1$ , the mobility should be independent on field strength and electrode distance. However, depending on whether  $\gamma$  is larger or smaller than 1, the mobility should increase or decrease with increasing field, respectively. As shown in Fig. 9 observed  $T_r^{-1}$  is proportional to  $(E/L)^{0.78}$  giving  $\gamma$  value of eq. (3) as 0.78. Therefore, the observed apparent mobility decreases with increasing field according to the relation  $\mu \propto (L/E)^{0.22}$  from Eq. (4), which is consistent with Fig. 8. However, the observed value 0.3 of  $\alpha$  of Eq. (1) from the current decay should give  $\gamma$  of 3.3 from Eq. (5), being inconsistent with the observed  $\gamma$  of 0.78.

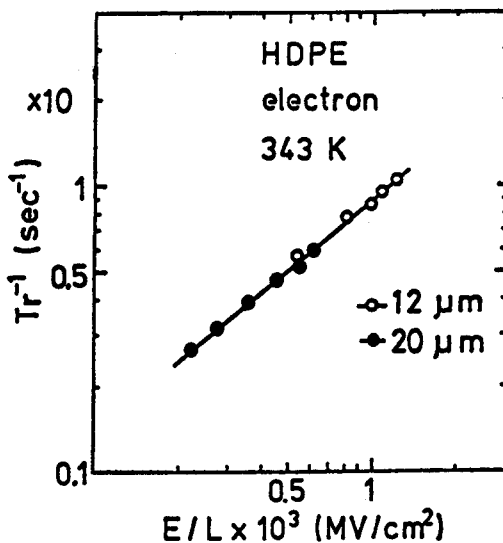


Fig. 9  $T_r^{-1}$  vs  $E/L$  plots for the electron in HDPE

The universality of logarithmic plots of the current decay predicted by Scher-Montroll, namely, the same dependence of normalized current  $i(t)/i(T_r)$  on the normalized time  $t/T_r$  for the experiments under different conditions (field strength, and electrode distance), was also not fully satisfied in our case, as shown in Fig. 10. These facts should indicate that the distribution of the hopping time in the amorphous part of PE cannot be rigorously expressed with simple formula (1). For example, we have to assume that  $\alpha$  is dependent on field strength.

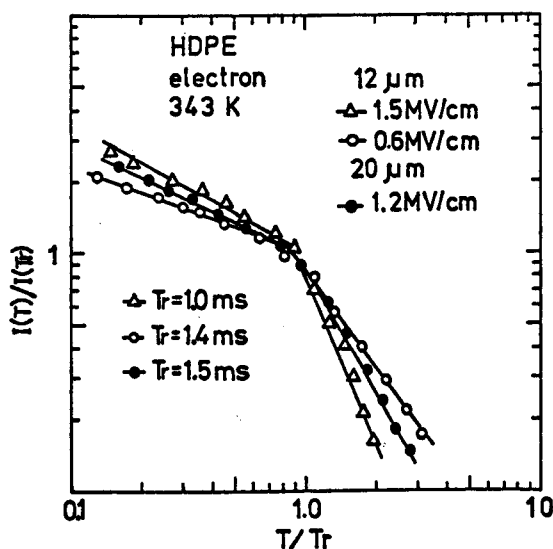


Fig. 10 Dependence of  $\log i(t)/i(T_r)$  on the normalized time  $t/T_r$  for electron in HDPE for various field strengths and electrodes distances

As shown in Fig. 11 and Fig. 12 the mobilities obtained from  $T_r$  increase with temperature for both the electron and the hole with the activation energy  $E_a$  of about  $0.32 \sim 0.35$  eV in both HDPE and LDPE. This value of  $0.32 \sim 0.35$  eV is just equal to the trap depth in PE estimated by TSC and TL measurement<sup>9</sup> and with the apparent activation energy of the magnitude of the  $Q_s$  in the region II of the electron-beam-induced conduction in Fig. 4. This fact shows that the depth of the main localized state is not distributed uniformly but has some central level around 0.35 eV below conduction band or above valence band. Therefore, the distribution of the hopping time may mainly stem from the distribution of the hopping distance between the localized trap centers. The pre-exponential factor  $\mu_0$  of mobility defined by the equation of mobility  $\mu = \mu_0 \exp(-E_a/kT)$  is estimated to be  $1.0 \times 10^{-1}$   $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  and  $4.0 \times 10^{-2}$   $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  for the electron and the hole, respectively, in LDPE under the applied field 1.5 MV/cm.

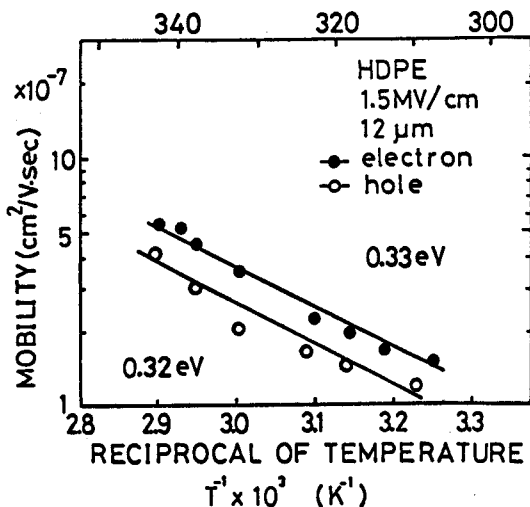


Fig. 11 Temperature dependences of the apparent electron and hole mobilities in HDPE

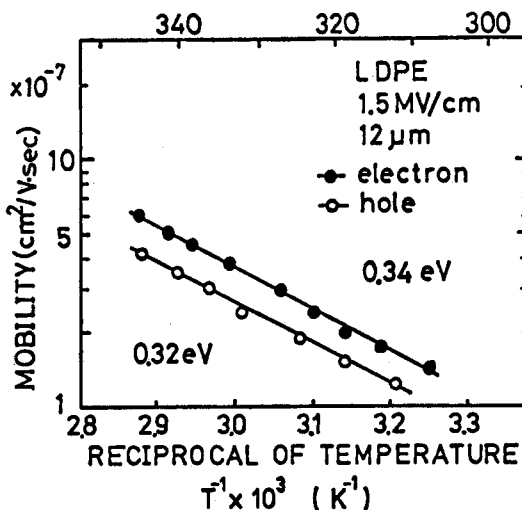


Fig. 12 Temperature dependences of the apparent electron and hole mobilities in LDPE

The authors are now also studying the electrical conductivity and the electron-beam-induced conductivity in the single crystal of hydrocarbons with long chain length, such as hexatriacontane  $\text{C}_{36}\text{H}_{74}$  etc., as a model of the carrier transport in the crystalline part of PE. It turned out that the fast component is dominant in the electron-beam-induced conduction in the single crystal of hexatriacontane in accordance with our reasoning in the case of PE. The fast carrier mobility is larger than  $10^{-2}$   $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  at 300 K in this crystal. The detailed results will be published soon.

#### IV. Summary

The information on the carrier transport in PE obtained by this study is summarized as follows.

The pulse-electron-beam induced conduction in PE consists of the fast  $Q_f$  and the slow  $Q_s$  components. The former originates from the carrier transport in the crystalline part and the later from the transport in the amorphous part.

The Hecht curve of the slow component  $Q_s$  saturates at higher fields, above 1.2 MV/cm at 343 K, suggesting the transit of carriers between electrodes.

The logarithmic plot of the current of the slow component versus time gives a knee at time  $T_r$ , which corresponds to the transit time of the carrier front between electrodes as suggested by Scher-Montroll.

The simple calculation from observed  $T_r$  of Scher-Montroll plot gives the apparent mobilities of  $5.6 \times 10^{-7}$  cm<sup>2</sup>/V·sec and  $3.2 \times 10^{-7}$  cm<sup>2</sup>/V·sec for slow electron and slow hole, respectively, at 343 K, under the field of 12  $\mu$ m. However, several discrepancies to Scher-Montroll theory were observed. The universality of the Scher-Montroll plot was also not fully confirmed.

Mobilities of both slow electrons and holes increases with increasing temperature with an activation energy of about 0.32 ~ 0.35 eV.

The distribution of the hopping distance seem to play an important role in the carrier transport in the amorphous part of PE. The depth of the traps is concentrated at around 0.35 eV.

#### Acknowledgements

The authors are also indebted to K. Asari, M. Iwamoto and M. Oishi for their assistance in experiments.

#### References

- (1) D.K. Davies, J. Phys. D, Appl. Phys. **5**, 162 (1972)
- (2) M. Perlman and J. Sonnonstine, J. Appl. Phys. **47**, 5016 (1976)
- (3) E.H. Martin and J. Hirsch, J. Appl. Phys. **43** 1001 (1972)
- (4) T. Tanaka, J. Appl. Phys. **44**, 2430 (1973)
- (5) T. Nishitani, K. Yoshino and Y. Inuishi, Japan J. Appl. Phys. **15**, 931 (1976)
- (6) K. Hayashi, K. Yoshino and Y. Inuishi, Japan J. Appl. Phys. **12**, 1089 (1973)
- (7) K. Hayashi, K. Yoshino and Y. Inuishi, Japan J. Appl. Phys. **12**, 754 (1973)
- (8) K. Hayashi, K. Yoshino and Y. Inuishi, Japan J. Appl. Phys. **14**, 39 (1975)
- (9) T. Nishitani, K. Yoshino and Y. Inuishi, Japan J. Appl. Phys. **14**, 721 (1975)
- (10) T. Nishitani, K. Yoshino and Y. Inuishi, J. I.E.E Japan **96A-381** (1976)
- (11) H. Scher and E.W. Montroll, Phys. Rev. **12**, 2455 (1975)
- (12) W.D. Gill, J. Appl. Phys. **43**, 5033 (1972)

# 補助記憶を用いた二次元高速フーリエ変換処理プログラム

世古 忠 河本 映<sup>+</sup> 成田 紘一

## Two-Dimensional Fast Fourier Transformation Processing Program using Auxiliary Memory

Tadashi SEKO Teru KAWAMOTO<sup>+</sup> Hirokazu NARITA

ABSTRACT—Two dimensional Fast Fourier Transformation (FFT) processing program using auxiliary memory is developed and implemented on MELCOM 9100-30F. This program performs two-dimensional FFT about 74 seconds for 128×128 points.

### 1. まえがき

二次元高速フーリエ変換は長波長プログラムの像再生及び画像処理等の分野で重要な処理技術となっている。本校の様な比較的小型の計算機<sup>\*\*)</sup>で大規模データの二次元高速フーリエ変換を行う場合主記憶容量が制約されているので補助記憶(磁気ディスク)を利用することを考慮せねばならない。この場合問題となるのは補助記憶の入出力を最大限効率の良いものにする事と、補助記憶内の行列の転置を高速に得ることである。今回筆者らは、補助記憶の入出力は、直接アクセス方式<sup>(1)</sup>を採用し行列の転置は逐次転置ブロック方式<sup>(2)</sup>をとることによりこれらの問題を解決し実用に耐え得る程度の速度で本学計算機専用の二次元高速フーリエ変換を実現した。なお附録に開発したプログラムリストを付加しておく。

### 2. 二次元高速フーリエ変換

二次元離散的フーリエ変換は次式で与えられる。  
$$F(p, q) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp\{-j \frac{2\pi}{N} (mp + nq)\} \quad (1)$$
但し  $p, q = 0, 1, \dots, N-1$ ,  $f(m, n)$  は  $N \times N$  点離散データ。

行列の記法を用いると上式は次の様に記述できる。

$$[F] = [W] [f] [W] \quad (2)$$

但し、

$$[W] = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & \dots & 1 \\ 1 & w^1 & & & w^{N-1} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ 1 & w^2 & \dots & \dots & w^{(N-1)^2} \end{pmatrix},$$

$$w = \exp(-j2\pi/N)$$

式(2)のままでは列方向の変換の際に補助記憶の入出力回数が莫大なものとなるので次の様に変形する。

$$[F]^t = \{[f][W]\}^t [W]^t \quad (t \text{ は転置行列を示す}) \\ = [G]^t [W] \quad (\text{但し, } [G] = [f][W]) \quad (3)$$

式(3)より  $[f]$  の行方向の一次元フーリエ変換を全列に渡って行い、これを転置し得られた  $[G]^t$  の行方向の一次元変換を全列に渡って行えば  $[f]$  の二次元変換が転置された形式で得られることが分かる。従ってプログラムとしては、補助記憶に存在するデータ行列を行毎に読み出し、一次元変換を行うものとディスク内行列を能率良く転置するものを用意すれば良いことになる。

#### 逐次ブロック転置方式

補助記憶内の行列の転置を得るには種々の方式が考えられるがここでは逐次ブロック転置方式<sup>(2)</sup>を採用した。これによると主記憶内に最小2行分のデータ領域を確保すれば転置を行うことができ、小容量計算機に適した方式と言える。主記憶内にさらに多くの作業領域が確保できる場合には、転置に要する時間の短縮をはかれる。

### 3. 二次元高速フーリエ変換処理プログラム

今回作成したプログラムはディスク・ベースで  $64 \times 64$ ,  $128 \times 128$ ,  $256 \times 256$  点の二次元複素高速フーリエ変換(二次元FFT)を行うものである。但し、 $64 \times 64$  点の場合に限り主記憶のみを使う版のものも用意した。これらは転置の際に用いる主記憶の作業領域の大きさにより表1に示す合計9種の版が存在する。

二次元FFTプログラム全体は、表2に示す様なプログラム・ユニットから構成されている。このうちユーザーが直接使用できるのは、INDATA, FFTI, FFTII, TENCHI である。

#### 3.1 ディスク内データ構造

本プログラムは、ディスクに定まった形式で書き込ま

<sup>\*)</sup> 現豊橋技大在学中 <sup>\*\*)</sup> MELCOM9100-30F(40kw)使用

表1. 2次元FFTプログラム版名及び実行時間

版名	データ点数	転置に用いる行数	C P U タイム(秒)	トータル タイム(秒)
64-64	64×64	64	8.7	8.7
64-8	"	8	11.3	22.4
128-16	128×128	16	49.8	74.1
128-8	"	8	55.9	82.0
128-4	"	4	57.8	100.8
256-16	225×256	16	217.7	271.0
256-8	"	8	243.7	333.4
256-4	"	4	249.6	365.6
256-2	"	2	268.4	502.2

表2. プログラムユニット名

プログラムユニット名	エントリ名
INDATA	IAFFT, IAIFFT, OUTDAT
LREAD	LWRITE, LRW, LWAIT
FFT I	IFFT I
FFT II	IFFT II
HFFT	IHFFT
TENCH I	
ERRHDR	
BTXA	

れたデータに対しFFTが施され、結果を転置された形でディスクの同一の場所に格納するものである。

データは行を単位としてデータ点数64, 128, 256に応じて各々一行2, 4, 8, セクタ\*)に渡って格納される。一行のデータは必ずセクタの最初から格納されねばならない。セクタの後部には空領域ができるがここは未使用とする(図1)。256点のデータの場合一行に8セクタを要し合計2048セクタの連続領域を必要とする。

このためディスクのTEMP, DATAF1~DATAF8<sup>(3)</sup>全部を使用する。

ディスクの入出力はディスクSVC<sup>(1)</sup>によるものと

EXIO SVC<sup>(1)</sup>によるものがあるが今回は速度向上に重点を置きEXIO SVCによるものを採用した。この方法はディスクのハードウェアに与えるコマンドをプログラム・サイドで与えその機能を最大限利用できるものである。

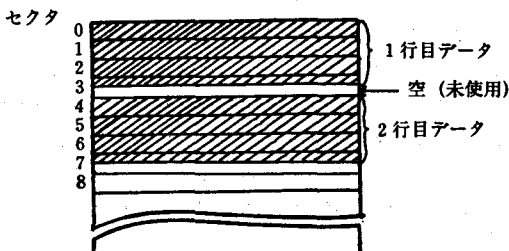


図1. ディスク内データ構造(128点)

### 3.2 各プログラムユニットの説明

#### (1) FFTI

主記憶内の64, 128, 256点複素データの一次元FFTを行う。このユニットでは高速処理を行うため一回目のコールでSIN, COSの表を作成し二回目以降は表が参照される。二回目以降は表作成は不要なので表作成プログラム自身を壊してデータ領域としている。

フーリエ逆変換を行うときは別エントリIFFTIを用いる。FFTIとIFFTIの切換えはプログラム内の命

\*)ディスクの記憶単位であり、読み書きはこのセクタを単位としてしか行えない。1セクタ=160ワード

令の一部を直接機械語で変更することにより行っている。

#### (2) FFTII

二次元FFTを計算する。逆変換はIFFTである。64-164版では主記憶内のデータに対して他のときはディスク内にデータが書き込まれているものとして実行される。

#### (3) INDATA (OUTDAT)

ディスクに行を単位として規定フォーマットのデータを書き込んだり(INDATA)或いは読み出す(OUTDAT)ためのプログラムである。入力後直ちにFFTを行う場合ディスク・アクセス回数を減らすため一次元のFFTを施してからディスクに書き込む機能を有する。即ち、エントリIAFFT, IAIFFTを使用すると主記憶内データにFFTを施した後にディスクに書き込まれるため、二次元FFTを行う際最初全行に亘って行う一次元FFTが省略できる。

#### (4) TENCHI

ディスク内行列の転置を行う。行列は規定のフォーマットに従っている必要がある。FFTIIを使用するときこのプログラムは自動的に呼び出されるが単独で使用することも可能である。

#### (5) HFFT

ディスク内行列の各行の一次元FFTを行うプログラム・ユニットでありFFTIIにより使用される。ディスクの入出力と一次元FFTを同時に行い実行時間の短縮をはかっている。これは、ある行をディスクから読み出している待ち時間(0.1~0.2秒)の間に他の行のFFTを行ってしまうものであり、このために作業領域が二分使用される。

#### (6) ERRHDR, BTXA

ディスクの入出力でエラーを生じた際のハンドラである。ディスク・エラーを生じるとプログラムが中断され、次のエラー・メッセージがタイプライタに出力される。

```
E△FFT△21△I/O△ERR△××××××××
:/*
```

但し、××××××××はエラー・ステータスである。  
:/\* に続いてコマンド入力待ちとなるのでオペレータは続行するかジョブスキップするか判断して、RSRT,



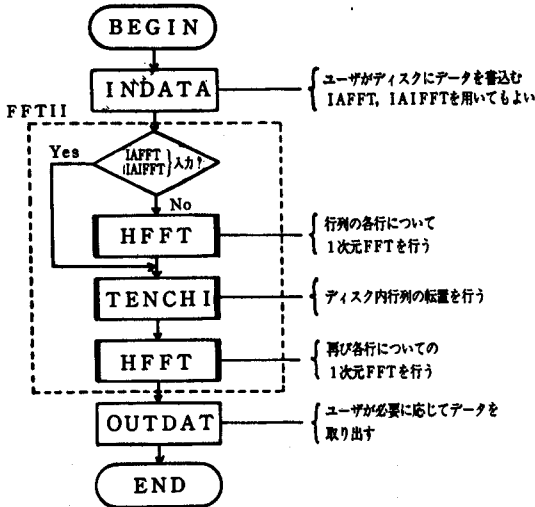


図2. 二次元FFT全体の処理の流れ図

JSKP のいずれかのコマンドをタイプインすることにより再処理又はジョブ・スキップを行うことができる。

ここで本プログラム全体の処理の流れを図2に示す。但し64—64版ではこの流れによらず一度にコア内で二次元FFTを行っている。

#### 4. プログラムの使用法

##### (1) 一次元 FFT

FFTI は二次元 FFT で使用するものであるが単独に一次元 FFT として使用することもできる。

<コーリング・シーケンス>

CALL $\Delta$ FFTI(C)

CALL $\Delta$ IFFTI(C) (逆変換)

C: 複素配列名で、仮引数でないこと。

データ点数は64, 128, 256であり各々専用プログラムとしてアセンブルする。

##### (2) 二次元 FFT

<64—64版コーリング・シーケンス>

CALL $\Delta$ FFTII(C)

CALL $\Delta$ IFFTII(C) (逆変換)

C: 二次元複素配列名で大きき  $64 \times 64$ , 必ずず,

COMMON をとることが必要。

<他の版のコーリング・シーケンス>

CALL $\Delta$ FFTII

CALL $\Delta$ IFFTII (逆変換)

ディスク・ベースの FFT コールの際は、事前に INDATA を用いてディスクにデータを書き込んでおく必要がある。プログラムの版の切換えはアセンブルの際に指定する。

##### (3) データの入出力

二次元 FFT のデータの入出力には INDATA を用いる。

<コーリング・シーケンス>

CALL $\Delta$ INDATA(I, C)

CALL $\Delta$ OUTDATA(I, C)

CALL $\Delta$ IAFFT(I, C)

I: 行番号を指定する整数型変数名か整数

C: 入出力の対象となる複素配列名

これらは各エントリにより次の機能を有する。

INDATA: C の内容が I 行目に書かれる。

OUTDAT: I 行目の内容が C に読み出される。

IAFFT: C の内容に一次元 FFT を施した後 I 行目に書かれる。

IAIFFT: C の内容に一次元逆 FFT を施した後 I 行目に書かれる。

エントリに IAFFT を使用し続いて FFTII を呼ぶとき最初の各行に亘る一次元 FFT は不必要だがこの判断は自動的になされる。一度の入力で INDATA と IAFFT とを混合して使用してはいけない。

##### (4) 行列の転置

<コーリング・シーケンス>

CALL $\Delta$ TENCHI

##### (5) プログラムの版の切換え

i) INDATA, ERRHDR, BTXA については各版共通

ii) HFFT, TENCHI はデータのサンプル点数を, LENGTH $\Delta$ EQU $\Delta\Delta\Delta$ XX の XX で指定する。

iii) LREAD, FFTI については ii) の指定の他サンプル点数 64, 128, 256 に従って 6, 7, 8 を, LEG $\Delta\Delta\Delta$ EQU $\Delta\Delta\Delta$ YY の YY で指定する。

iv) FFTII については ii) の他, 転置のときにとる領域の行数を表1に従って

LINE $\Delta\Delta\Delta$ EQU $\Delta\Delta\Delta$ ZZ の ZZ で指定する。

表にない組み合わせを指定してはいけない。

##### (6) プログラム実行時間

表1に本プログラムの実行時間を測定した結果を示す。これは本プログラムを単独実行しその際の CPU タイム及びディスク・アクセスも含めたトータルタイムを実行時間測定用プログラムにより実測したものである。実行時間測定用プログラムは計算機システムで使用する時計 (スクラッチ・パッド内の \$ TIMEM, \$ TIMEC) 及びコーザージョブ実行時間を管理する場所 (ジョブ・コントロールブロック内にある) を直接読み出して時間を求めるもので測定単位は0.1秒である。

##### (7) プログラム使用例

今回開発した二次元 FFT 処理プログラムを用いて図3右下の文字 'H' のフーリエ変換を求め、その強度分布

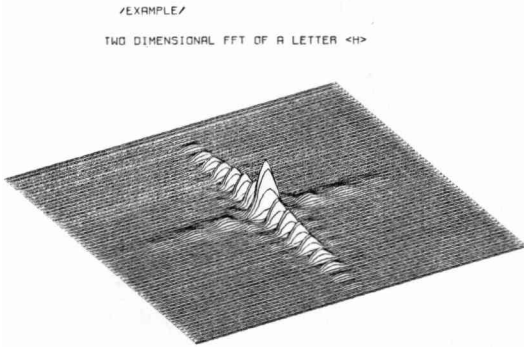


図3. 文字'H'のフーリエ変換

図3 文字 'H' のフーリエ変換

を本学 XYプロッタに出力 (立体図作成プログラム使用) した結果を、図3に示す。但しこの場合サンプル点数は128×128とした。

5. おわりに

今回開発したプログラムは実行時間を極力短縮するためにすべてアセンブリ言語でコーディングされている。実行時間は、実用上はほぼ満足できる結果となっている。このプログラムは元来長波長ホログラムの数値的像再生を目的とした研究の中で開発されたものであり9種の版が存在するなど必ずしも汎用的なものではないが、今後二次元 FFT を本学計算機を用いて行う様な場合参考になるものと思われる。

なお附録にプログラムリストを付加しておく。

文 献

- (1) 三菱電機株式会社：“MELCOM 9100 TSOS パッチオペレーティングシステム説明書”
- (2) 高木幹雄，横井行雄：“大規模実数値行列に対する二次元フーリエ変換のデータ構造”電子通信学会電子計算機研究会資料 EC74—13, P33
- (3) 奈良高専電算室：“計算機システム運用ガイド，一般操作編”1978年6月発行

付 録

以下に今回開発したプログラムのリストを掲載する。なお掲載プログラムは、表1の128—4版のものである。

(使用例)

128×128点 FFT メインプログラム

```

1      COMPLEX DATA(256)
2      DIMENSION IDATA(256)
3      COMMON/DATA1/DATA, IDATA
4      DO 20 J=1,128
5      READ(5,1000)(IDATA(K),K=1,64)
6      READ(5,1000)(IDATA(K),K=65,128)
7      DO 10 K=1,128
8      DATA(K)=CMPLX(FLOAT(IDATA(K)),0.0)
9      20 CALL INDATA(J,DATA)
10     CALL CSIGN(128)
11     CALL FFTII
12     1000 FORMAT(64I1)
13     STOP
14     END

1      SUBROUTINE CSIGN(N)
2      COMMON/DATA1/DATA(256)
3      COMPLEX DATA
4      DO 101 I=1,N
5      CALL OUTDAT(I,DATA)
6      IB=1
7      IF(I-1/2#.EQ.0) IB=2
8      DO 100 J=IB,N,2
9      DATA(J)=-DATA(J)
10     100 CONTINUE
11     101 CALL INDATA(I,DATA)
12     RETURN
13     END
    
```

図4. プログラムリスト

(プログラムユニット)

次頁以下に各プログラムユニットのアセンブルリストを掲載する。

REGIN	LREAD	REGIN	ERRHDR	REGIN	ERRHDR
0000	120	0000	7	0000	7
0007	7	0000	ERRHDR	0000	ERRHDR
	REXT	0000	LWRITE	0000	LWRITE
	REXT	0001	LRW	0001	LRW
	REXT	0003	LWAIT	0003	LWAIT
	REXT	0004	SL1	0004	SL1
	REXT	0005	SL2	0005	SL2
0001	0000	0006	0001	0006	0001
0003	0000	0007	0001	0007	0001
0004	0000	0008	0000	0008	0000
0005	0000	0009	0000	0009	0000
0006	0000	0010	0000	0010	0000
0007	0003	0011	0000	0011	0000
0008	0003	0012	0000	0012	0000
0009	0002	0013	0000	0013	0000
0010	0014	0014	0000	0014	0000
0011	0014	0015	0000	0015	0000
0012	0000	0016	0000	0016	0000
0013	0000	0017	0000	0017	0000
0014	0000	0018	0000	0018	0000
0015	0000	0019	0000	0019	0000
0016	0000	0020	0000	0020	0000
0017	0000	0021	0000	0021	0000
0018	0000	0022	0000	0022	0000
0019	0000	0023	0000	0023	0000
0020	0000	0024	0000	0024	0000
0021	0000	0025	0000	0025	0000
0022	0000	0026	0000	0026	0000
0023	0000	0027	0000	0027	0000
0024	0000	0028	0000	0028	0000
0025	0000	0029	0000	0029	0000
0026	0000	0030	0000	0030	0000
0027	0000	0031	0000	0031	0000
0028	0000	0032	0000	0032	0000
0029	0000	0033	0000	0033	0000
0030	0000	0034	0000	0034	0000
0031	0000	0035	0000	0035	0000
0032	0000	0036	0000	0036	0000
0033	0000	0037	0000	0037	0000
0034	0000	0038	0000	0038	0000
0035	0000	0039	0000	0039	0000
0036	0000	0040	0000	0040	0000
0037	0000	0041	0000	0041	0000
0038	0000	0042	0000	0042	0000
0039	0000	0043	0000	0043	0000
0040	0000	0044	0000	0044	0000
0041	0000	0045	0000	0045	0000
0042	0000	0046	0000	0046	0000
0043	0000	0047	0000	0047	0000
0044	0000	0048	0000	0048	0000
0045	0000	0049	0000	0049	0000
0046	0000	0050	0000	0050	0000
0047	0000	0051	0000	0051	0000
0048	0000	0052	0000	0052	0000
0049	0000	0053	0000	0053	0000
0050	0000	0054	0000	0054	0000
0051	0000	0055	0000	0055	0000
0052	0000	0056	0000	0056	0000
0053	0000	0057	0000	0057	0000
0054	0000	0058	0000	0058	0000
0055	0000	0059	0000	0059	0000
0056	0000	0060	0000	0060	0000
0057	0000	0061	0000	0061	0000
0058	0000	0062	0000	0062	0000
0059	0000	0063	0000	0063	0000
0060	0000	0064	0000	0064	0000
0061	0000	0065	0000	0065	0000
0062	0000	0066	0000	0066	0000
0063	0000	0067	0000	0067	0000
0064	0000	0068	0000	0068	0000
0065	0000	0069	0000	0069	0000
0066	0000	0070	0000	0070	0000
0067	0000	0071	0000	0071	0000
0068	0000	0072	0000	0072	0000
0069	0000	0073	0000	0073	0000
0070	0000	0074	0000	0074	0000
0071	0000	0075	0000	0075	0000
0072	0000	0076	0000	0076	0000
0073	0000	0077	0000	0077	0000
0074	0000	0078	0000	0078	0000
0075	0000	0079	0000	0079	0000
0076	0000	0080	0000	0080	0000
0077	0000	0081	0000	0081	0000
0078	0000	0082	0000	0082	0000
0079	0000	0083	0000	0083	0000
0080	0000	0084	0000	0084	0000
0081	0000	0085	0000	0085	0000
0082	0000	0086	0000	0086	0000
0083	0000	0087	0000	0087	0000
0084	0000	0088	0000	0088	0000
0085	0000	0089	0000	0089	0000
0086	0000	0090	0000	0090	0000
0087	0000	0091	0000	0091	0000
0088	0000	0092	0000	0092	0000
0089	0000	0093	0000	0093	0000
0090	0000	0094	0000	0094	0000
0091	0000	0095	0000	0095	0000
0092	0000	0096	0000	0096	0000
0093	0000	0097	0000	0097	0000
0094	0000	0098	0000	0098	0000
0095	0000	0099	0000	0099	0000
0096	0000	0100	0000	0100	0000
0097	0000	0101	0000	0101	0000
0098	0000	0102	0000	0102	0000
0099	0000	0103	0000	0103	0000
0100	0000	0104	0000	0104	0000
0101	0000	0105	0000	0105	0000
0102	0000	0106	0000	0106	0000
0103	0000	0107	0000	0107	0000
0104	0000	0108	0000	0108	0000
0105	0000	0109	0000	0109	0000
0106	0000	0110	0000	0110	0000
0107	0000	0111	0000	0111	0000
0108	0000	0112	0000	0112	0000
0109	0000	0113	0000	0113	0000
0110	0000	0114	0000	0114	0000
0111	0000	0115	0000	0115	0000
0112	0000	0116	0000	0116	0000
0113	0000	0117	0000	0117	0000
0114	0000	0118	0000	0118	0000
0115	0000	0119	0000	0119	0000
0116	0000	0120	0000	0120	0000
0117	0000	0121	0000	0121	0000
0118	0000	0122	0000	0122	0000
0119	0000	0123	0000	0123	0000
0120	0000	0124	0000	0124	0000
0121	0000	0125	0000	0125	0000
0122	0000	0126	0000	0126	0000
0123	0000	0127	0000	0127	0000
0124	0000	0128	0000	0128	0000
0125	0000	0129	0000	0129	0000
0126	0000	0130	0000	0130	0000
0127	0000	0131	0000	0131	0000
0128	0000	0132	0000	0132	0000
0129	0000	0133	0000	0133	0000
0130	0000	0134	0000	0134	0000
0131	0000	0135	0000	0135	0000
0132	0000	0136	0000	0136	0000
0133	0000	0137	0000	0137	0000
0134	0000	0138	0000	0138	0000
0135	0000	0139	0000	0139	0000
0136	0000	0140	0000	0140	0000
0137	0000	0141	0000	0141	0000
0138	0000	0142	0000	0142	0000
0139	0000	0143	0000	0143	0000
0140	0000	0144	0000	0144	0000
0141	0000	0145	0000	0145	0000
0142	0000	0146	0000	0146	0000
0143	0000	0147	0000	0147	0000
0144	0000	0148	0000	0148	0000
0145	0000	0149	0000	0149	0000
0146	0000	0150	0000	0150	0000
0147	0000	0151	0000	0151	0000
0148	0000	0152	0000	0152	0000
0149	0000	0153	0000	0153	0000
0150	0000	0154	0000	0154	0000
0151	0000	0155	0000	0155	0000
0152	0000	0156	0000	0156	0000
0153	0000	0157	0000	0157	0000
0154	0000	0158	0000	0158	0000
0155	0000	0159	0000	0159	0000
0156	0000	0160	0000	0160	0000
0157	0000	0161	0000	0161	0000
0158	0000	0162	0000	0162	0000
0159	0000	0163	0000	0163	0000
0160	0000	0164	0000	0164	0000
0161	0000	0165	0000	0165	0000
0162	0000	0166	0000	0166	0000
0163	0000	0167	0000	0167	0000
0164	0000	0168	0000	0168	0000
0165	0000	0169	0000	0169	0000
0166	0000	0170	0000	0170	0000
0167	0000	0171	0000	0171	0000
0168	0000	0172	0000	0172	0000
0169	0000	0173	0000	0173	0000
0170	0000	0174	0000	0174	0000
0171	0000	0175	0000	0175	0000
0172	0000	0176	0000	0176	0000
0173	0000	0177	0000	0177	0000
0174	0000	0178	0000	0178	0000
0175	0000	0179	0000	0179	0000
0176	0000	0180	0000	0180	0000
0177	0000	0181	0000	0181	0000
0					



```

0029 8802 0044   RNL BP1          0050          K4   DS   SL1
0028 D404        ST   C2          0051          LK1  DS   SL1
002C 2001        AR   1           0052          LK2  DS   SL1
002D D413        ST   C4          0053          SAVE1# DS SL1
#0050#          SR   2           0054          SAVE2# DS SL1
002E 3002        SR   3           0055          SAVE3# DS SL1
002F D40F        ST   C3          0056          9800 0002 L16# RAL LWAIT
0030 3001        Y   SR           0057          100# 100# RAL LR 0
0031 D407        Y   ST           0058          D4F3 L14 ST K1
0032 9800 0002 C1 DS SL1        0059          100# 100# RAL LR 0
0033 3001        Y   SR           005A          100# 100# RAL LR 0
0034 9800 0002 C1 DS SL1        005B          D4F3 L13 ST K2
0035 0200        AC   DATA1     005C          100# 100# RAL LR 0
0036 0200        AC   DATA1     005D          D4F1 L12 ST K3
0037 0200        AC   DATA1     #0090#          005E          14F#   L   K3
0038 9800 0004 AD2 RAL FFT1        005F          D4F#   L11 ST K4
#0060#          RAL LWAIT        0060          14E#   L   K2
003A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0061          C4E#   L   B2
003B 9800 0003 RAL LWAIT        0062          D4E# 003E STO TEMP
003C 9800 0002 RAL LWAIT        0063          14E#   L   K4
003D 9800 0002 RAL LWAIT        0064          2001   AR   1
003E 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0065          2001   AR   1
003F 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0066          C4E#   H   E2
0040 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0067          2C80 003E AD   TEMP
0041 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0068          2C80 003E AD   TEMP
0042 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0069          2C80 003E AD   TEMP
0043 8000 0001 BR LOOP1        #0100#          006A          24E2   A   K1
0044 9800 0001 BP1 RAL WRITE        006B          D4E#   ST  K1
0045 01        DS   SL1        006C          14E#   L   K3
#0070#          AC   DATA1     006D          C4D#   M   E2
0047 0200        AC   DATA1     006E          2C80 003E AD   TEMP
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        006F          24D#   DLL  16
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0070          24D#   DLL  16
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0071          24D#   DLL  16
004B 9800 0003 RAL LWAIT        0072          D4D#   ST  K2
004C 9800 0001 RAL LWRITE        0073          1800 0080 LI  LENGTH
004D 9800 0001 RAL LWRITE        0074          C4D#   H   K3
004E 01        DS   SL1        #0110#          0075          24D#   A   K1
#0070#          AC   DATA1     0076          E09#   A   L16
0047 0200        AC   DATA1     0077          24D#   A   LK1
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        0078          E042   A   SLA 2
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0079          D0C#   ATX  2
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 007A          14D#   L   K4
004B 9800 0003 RAL LWAIT        007B          2001   AR   1
004C 9800 0001 RAL LWRITE        007C          C80# 0080 MI  LENGTH
004D 9800 0001 RAL LWRITE        007D          E09#   DLL  14
004E 01        DS   SL1        007E          24D#   A   LK2
#0080#          AC   DATA1     007F          E42#   SLA 2
0047 0200        AC   DATA1     #0120#          0080          D0E#   ATX  3
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        0081          D0E#   LE  DATA1.2
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0082          1E0# 0200 STE TEMP
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0083          DCC# 003E STE TEMP
004B 9800 0003 RAL LWAIT        0084          1FC# 0200 LE  DATA1.3
004C 9800 0001 RAL LWRITE        0085          DCC# 0200 STE DATA1.2
004D 9800 0001 RAL LWRITE        0086          1CC# 003E STE TEMP
004E 01        DS   SL1        0087          DFC# 0200 STE DATA1.3
#0080#          AC   DATA1     0088          14C1   L   K4
0047 0200        AC   DATA1     0089          748#   C   RM2
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        0090          8082   SCR  2.2
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0091          2001   AR   1
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 0092          80CC   AR  L12
004B 9800 0003 RAL LWAIT        0093          14B#   L   K3
004C 9800 0001 RAL LWRITE        0094          74AF   C   RM2
004D 9800 0001 RAL LWRITE        0095          8082   SCR  2.2
004E 01        DS   SL1        0096          2001   AR   1
#0090#          AC   DATA1     0097          80C#   BR  L12
0047 0200        AC   DATA1     0098          14B#   L   K2
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        0099          74AC   C   B1M1
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 009A          8082   SCR  2.2
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 009B          2001   AR   1
004B 9800 0003 RAL LWAIT        009C          808E   BR  L13
004C 9800 0001 RAL LWRITE        009D          14AF   L   K1
004D 9800 0001 RAL LWRITE        009E          74AA   C   E2M1
004E 01        DS   SL1        009F          8082   SCR  2.2
#0090#          AC   DATA1     00A0          2001   AR   1
0047 0200        AC   DATA1     00A1          8087   BR  L14
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        00A2          100#   L   0
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00A3          D4AR   ST  L
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00A4          1800 0200 LI  LENGTH.N.4
004B 9800 0003 RAL LWAIT        #0130#          00A5          C4A#   M   L
004C 9800 0001 RAL LWRITE        00A6          E09#   H   DLL  16
004D 9800 0001 RAL LWRITE        00A7          E09#   AI  DATA1
004E 01        DS   SL1        00A8          2800 0200 ST  CADRS2
#0100#          AC   DATA1     00A9          D407   RALR ADK1
0047 0200        AC   DATA1     00AA          D407   ST  LN2
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        00AB          9007   RALR LN2
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00AC          D404   ST  LN2
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00AD          9800 0002 RAL LWAIT
004B 9800 0003 RAL LWAIT        00AE          9800 0001 RAL LWRITE
004C 9800 0001 RAL LWRITE        00AF          9800 0001 RAL LWRITE
004D 9800 0001 RAL LWRITE        00B0          LN2  CADRS2 DS SL1
004E 01        DS   SL1        #0140#          00B1          140#   L   L
0047 0200        AC   DATA1     00B2          748#   C   RM1
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        00B3          8087   SCR  2.2
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00B4          2001   AR   1
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00B5          808#   RR  L15
004B 9800 0003 RAL LWAIT        00B6          9800 0002 RAL LWAIT
004C 9800 0001 RAL LWRITE        00B7          149#   L   12
004D 9800 0001 RAL LWRITE        00B8          748#   C   B1M1
004E 01        DS   SL1        00B9          8802 00C1 C   BNL  KK1
#0100#          AC   DATA1     00BA          2001   AR   1
0047 0200        AC   DATA1     #0150#          00BF          8800 001B B   L16
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        00C0          148#   L   L1
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00C1          748#   C   RM1
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00C2          808#   SCR  2.2
004B 9800 0003 RAL LWAIT        00C3          802# 0005 RNL  L20
004C 9800 0001 RAL LWRITE        00C4          2001   AR   1
004D 9800 0001 RAL LWRITE        00C5          2001   AR   1
004E 01        DS   SL1        00C6          8800 0019 B   L17
#0100#          AC   DATA1     00C7          A58#   TREND LX  SAVE1#-1
0047 0200        AC   DATA1     00C8          A8A#   W   LX  SAVE2#-2
0048 9800 0004 AD4 RAL FFT1        00C9          A8A#   W   LX  SAVE3#-2
0049 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00CA          A8A#   W   LX  SAVE#-2
004A 0200 0200 AC DATA1*(LENGTH.N.4) 00CB          A8A#   W   LX  SAVE#-2
004B 9800 0003 RAL LWAIT        00CC          A8A#   W   LX  SAVE#-2
004C 9800 0001 RAL LWRITE        00CD          A8A#   W   LX  SAVE#-2
004D 9800 0001 RAL LWRITE        00CE          A8A#   W   LX  SAVE#-2
004E 01        DS   SL1        00CF          A8A#   W   LX  SAVE#-2
#0001#          AC   DATA1     #0001#          0000          RGIN  FFT1I
0080          LENGTH EQU 128          0000          LENGTH EQU 4
0081          EXT   TRTABL          0000          DELET (LENGTH.EQ.64).N.(LINE.EQ.64).N.7
0082          COM   DAT1          0000          ENT   TRTABL
0083          DS   SL1          0000          ENT   WFLG
0084          REXT  TENCHI          0000          REXT  TENCHI
0085          REXT  HFFT          0000          REXT  HFFT
#0010#          AC   DATA1     #0010#          0000          REXT  HMFFY
0000 9552        TENCHI SX SAVE1#-1          0000          REXT  LWAIT
#0010#          AC   DATA1     #0010#          0000          REXT  FFI
0001 9452        SX   SAVE2#-2          0000          REXT  FFI
0002 9752        SX   SAVE3#-3          0000          REXT  FFI
0003 A900 0100   LXI  TRTABL:1          0000          REXT  FFI
0004 1900        L   0+1          0000          REXT  FFI
0005 8822 00C8  L20 L TREND          0000          REXT  FFI
0006 D43#       R   0+1          0000          REXT  FFI
0007 D43#       ST   1          0000          REXT  FFI
0008 3001        SR   1          0000          REXT  FFI
0009 D43#       ST   RM1          0000          REXT  FFI
000A 3001        SR   1          0000          REXT  FFI
000B D437        ST   RM2          0000          REXT  FFI
000C D437        ST   RM2          0000          REXT  FFI
#0020#          AC   DATA1     #0020#          0000          REXT  FFI
0000 1501        L   1+1          0000          REXT  FFI
0001 D43#       ST   B1          0000          REXT  FFI
0002 3001        SR   1          0000          REXT  FFI
0003 D435        ST   B1M1          0000          REXT  FFI
0004 1502        L   2+1          0000          REXT  FFI
0005 D43#       ST   B2          0000          REXT  FFI
0006 1503        L   3+1          0000          REXT  FFI
0007 D435        ST   E2          0000          REXT  FFI
0008 3001        SR   1          0000          REXT  FFI
0009 D432        ST   E2M1          0000          REXT  FFI
#0030#          AC   DATA1     #0030#          0000          REXT  FFI
0017 B104        ANR  4+1          0000          REXT  FFI
0018 1000        LR   0          0000          REXT  FFI
0019 D630        L17 ST   0          0000          REXT  FFI
001A 1000        LR   0          0000          REXT  FFI
001B D42F        L16 ST   12          0000          REXT  FFI
001C 1000        LR   0          0000          REXT  FFI
001D D42E        L10 ST   L          0000          REXT  FFI
001E 1000 0200 LI  LENGTH.N.4          0000          REXT  FFI
001F C42#       M   L          0000          REXT  FFI
0020 E090        DLL  16          0000          REXT  FFI
#0040#          AC   DATA1     #0040#          0000          REXT  FFI
0022 2800 0200 AI  DATA1          0000          REXT  FFI
0023 D407        ST  CADRS1          0000          REXT  FFI
0024 9000        RALR ADK1          0000          REXT  FFI
0025 9000        ST  LN1          0000          REXT  FFI
0026 D40#       RAL LWAIT          0000          REXT  FFI
0027 9800 0002 ST  LREAD          0000          REXT  FFI
0028 9800 0000 RAL LREAD          0000          REXT  FFI
0029 9800 0000 RAL LREAD          0000          REXT  FFI
002A 0200        LM1 DS SL1          0000          REXT  FFI
002B 0200        LM1 DS SL1          0000          REXT  FFI
002C 0200        LM1 DS SL1          0000          REXT  FFI
002D 141E        L   RM1          0000          REXT  FFI
002E 7414        C   RM1          0000          REXT  FFI
#0050#          AC   DATA1     #0050#          0000          REXT  FFI
002F 8602 0056 BNL L140          0000          REXT  FFI
0030 2001        AR   1          0000          REXT  FFI
0031 2001        AR   1          0000          REXT  FFI
0032 B06A        BR  L10          0000          REXT  FFI
0033 1414        ADK1 L   E2          0000          REXT  FFI
0034 C417        M   L          0000          REXT  FFI
0035 DCC# 003E STD TEMP          0000          REXT  FFI
0036 1413        L   12          0000          REXT  FFI
0037 C40E        M   B2          0000          REXT  FFI
0038 C40E        M   B2          0000          REXT  FFI
0039 2C8# 003E AD  TEMP          0000          REXT  FFI
003A E09#       DLL  16          0000          REXT  FFI
#0060#          AC   DATA1     #0060#          0000          REXT  FFI
003C 2407        A   I1          0000          REXT  FFI
003D 9300        RALR 0+3          0000          REXT  FFI
003E 0200        DS  3L4          0000          REXT  FFI
003F 0200        DS  SL1          0000          REXT  FFI
0040 0200        RM1 DS SL1          0000          REXT  FFI
0041 0200        RM2 DS SL1          0000          REXT  FFI
0042 0200        RM1 DS SL1          0000          REXT  FFI
0043 0200        RM2 DS SL1          0000          REXT  FFI
0044 0200        RM1 DS SL1          0000          REXT  FFI
0045 0200        B1M1 DS SL1          0000          REXT  FFI
0046 0200        B1M1 DS SL1          0000          REXT  FFI
0047 0200        B2  DS SL1          0000          REXT  FFI
0048 0200        E2  DS SL1          0000          REXT  FFI
#0070#          AC   DATA1     #0070#          0000          REXT  FFI
0049 0200        E2M1 DS SL1          0000          REXT  FFI
004A 0200        I1  DS SL1          0000          REXT  FFI
004B 0200        I2  DS SL1          0000          REXT  FFI
004C 0200        L   DS SL1          0000          REXT  FFI
004D 0200        K1  DS SL1          0000          REXT  FFI
004E 0200        K2  DS SL1          0000          REXT  FFI
004F 0200        K3  DS SL1          0000          REXT  FFI

```

```

          REXT  IFFTI          *S#          DC  S*4#
          REXT  SETUP#        *S#          DC  S*16#
          REXT  IFFTI          *S#          DC  S*16#
0002      *S#          GOTO (LENGTH,/.64)IP64,P128,P256,P256 *S#          DC  S*4#
          *S#          DATA1 DS  SL2048 *S#          DC  S*4#
          *S#          TRTABL DS  S*8# *S#          DC  S*4#
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1#
          *S#          DC  S*4# *S#          DC  X'FFFF#
          *S#          DC  S*8# *S#          GOTO  FFF11
          *S#          DC  S*8# *S#          P28  EJECT
          *S#          DC  S*8# *S#          DATA1 DS  SL8192
          *S#          DC  S*1# *S#          TRTABL DS  S*8#
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1#
          *S#          DC  X'FFFF# *S#          DC  S*256#
          *S#          GOTO  FFF11 *S#          DC  S*32#
          *S#          INCORE DS  SL256 *S#          DC  S*8#
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8#
          *S#          GOTO  FFF11 *S#          DC  S*32#
          *S#          P128 GOTO (LINE,GE.16)IP16 *S#          DC  S*4#
          *S#          GOTO (LINE,GE.8)IP8 *S#          DC  S*4#
          *S#          DATA1 DS  SL2048 *S#          DC  S*4#
          *S#          TRTABL DS  S*4# *S#          DC  S*4#
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1#
          *S#          DC  S*12# *S#          DC  S*4#
          *S#          DC  S*32# *S#          DC  X'FFFF#
          *S#          DC  S*4# *S#          GOTO  FFF11
          *S#          DC  S*4# *S#          P216  EJECT
          *S#          DC  S*2# *S#          DATA1 DS  EL4096
          *S#          DC  S*2# *S#          TRTABL DS  S*1#
          *S#          DC  S*16# *S#          DC  S*1#
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*256#
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*16#
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*16#
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1#
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  X'FFFF#
          *S#          DC  X'FFFF# *S#          DC  (LENGTH,EO.64),N.(LINE,EO.64),N.2
          *S#          P18  EJECT *S#          DC  FFF11 *S#          FFF11  LI  WFFT
          *S#          DATA1 DS  SL4096 *S#          DC  1 *S#          DELET  1
          *S#          TRTABL DS  S*8# *S#          DC  001# 800# *S#          FFF11  LI  FFF1
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  001# 800# *S#          BR  COM1
          *S#          DC  S*12# *S#          DC  S*1# *S#          DELET (LENGTH,EO.64),N.(LINE,EO.64),N.2
          *S#          DC  S*16# *S#          DC  S*8# *S#          IFFFTI LI  IMFFT
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          DELET  1
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          IFFFTI LI  IFFTI
          *S#          DC  S*16# *S#          DC  001# 951# *S#          COM1  SX  SAVE1#*1
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  001# 961# *S#          SX  SAVE2#*2
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  001# 971# *S#          SX  SAVE3#*3
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  000# *S#          GOTO (LENGTH,EO.64),N.(LINE,EO.64)ININ
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  001# D46# *S#          ST  FFTK*1
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  001# D46# *S#          ST  FFTL*1
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  001# 5CA# 002# *S#          RBM  0+WFLG
          *S#          DC  X'FFFF# *S#          DC  001# 800# *S#          SCR  3 1
          *S#          GOTO  FFF11 *S#          DC  001# 800# *S#          RR  COM2
          *S#          P116 EJECT *S#          DC  001# 980# 0001 *S#          FFK  RAL  HFFT
          *S#          DATA1 DS  SL8192 *S#          DC  0021 008# *S#          RAL  LENGTH
          *S#          TRTABL DS  S*16# *S#          DC  0022 980# 0000 *S#          COM2  AC  TFNCHI
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  0024 980# 0001 *S#          RAL  HFFT
          *S#          DC  S*12# *S#          DC  002# 008# *S#          AC  LENGTH
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  000# *S#          GOTO  END
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          ININ  ST  N00001*1
          *S#          DC  S*16# *S#          DC  S*1# *S#          ST  CFFT*1
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          RAL  SETUP#
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  X'FFFF# *S#          DC  X'0001#
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          AC  SAVE3#
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          AC  ADR
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          LXR  0:1
          *S#          GOTO  FFF11 *S#          DC  S*8# *S#          LXR  ADR:2
          *S#          P256 GOTO (LINE,GE.16)IP216 *S#          DC  S*8# *S#          LXR  ADR:1:2
          *S#          GOTO (LINE,GE.8)IP28 *S#          DC  S*8# *S#          L00M1 RAL  FFF1
          *S#          DATA1 DS  SL2048 *S#          DC  S*8# *S#          ADR1  AC  #
          *S#          TRTABL DS  S*2# *S#          DC  S*1# *S#          LR  0:1
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*256# *S#          CR  63
          *S#          DC  S*12# *S#          DC  S*8# *S#          RNL  TSUGI
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          AXR  1:1
          *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          AXI  256:2
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*6# *S#          RR  L00M1
          *S#          DC  S*12# *S#          DC  S*12# *S#          TSUGI  LR  0
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          ST  CNT
          *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          LXR  ADR:2
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*6# *S#          L00M4  LXR  0:3
          *S#          DC  S*32# *S#          DC  S*8# *S#          LXR  64:1
          *S#          DC  S*32# *S#          DC  S*8# *S#          LE  0:2
          *S#          DC  S*16# *S#          DC  S*8# *S#          STF  INCORE:3
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          AXR  -1:1
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          RNP  CFFT
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          AXR  4:3
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          AXI  256:2
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          RR  L00M2
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*6# *S#          CFFT  RAL  FFF1
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*6# *S#          AC  INCORE
          *S#          DC  S*32# *S#          DC  S*8# *S#          LXR  252:3
          *S#          DC  S*8# *S#          DC  S*8# *S#          LXP  64:1
          *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          L00M3  LXR  INCORE:3
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          STF  0:2
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*6# *S#          AXI  -1:1
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1# *S#          RNP  NEXT
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          AXI  -4:3
          *S#          DC  S*12# *S#          DC  S*12# *S#          AXI  -256:2
          *S#          DC  S*2# *S#          DC  S*2# *S#          RR  L00M3
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1# *S#          NEXT  L  CNT
          *S#          DC  X'FFFF# *S#          DC  S*8# *S#          CR  63
          *S#          GOTO  FFF11 *S#          DC  S*8# *S#          RNL  END
          *S#          P24  EJECT *S#          DC  S*8# *S#          AR  1
          *S#          DATA1 DS  SL4096 *S#          DC  S*8# *S#          ST  CNT
          *S#          TRTABL DS  X*4# *S#          DC  S*8# *S#          AXI  4:2
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1# *S#          RR  L00M4
          *S#          DC  S*256# *S#          DC  S*2# *S#          END  LX  SAVE1#*1
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*2# *S#          LX  SAVE2#*2
          *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          LX  SAVE3#
          *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          W  WFLG  DC  X'0000#
          *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          DC  S*4# *S#          ADR  NS  SL1
          *S#          DC  S*6# *S#          DC  S*6# *S#          CNT  NS  SL1
          *S#          DC  S*16# *S#          DC  S*16# *S#          SAVE1# NS  SL1
          *S#          DC  S*1# *S#          DC  S*1# *S#          SAVE2# NS  SL1
002P      SAVE3# NS  FFF11
0011      END

```

# ホトダーリントンタイプホトカプラの

## 負性抵抗特性

高橋 晴雄・山内 雅好

A Negative-Resistance Characteristic

of a Photo-Darlington type Photo-Coupler

Haruo TAKAHASHI and Masayoshi YAMAUCHI

ABSTRACT-Photo-couplers are essentially four-terminal circuit isolators and are widely used as interface devices.

A Darlington-type photo-coupler can be utilized as an active device which displays a S-type negative-resistance characteristic when it is modified to the two-terminal tandem connection.

This paper describes the circuit construction and the operating principle about the negative-resistance circuit constructed with the photo-coupler, and shows the application to the relaxation oscillator.

### 1. ま え が き

ホトカプラは、本来一次側と二次側とが電氣的に分離されており、一次側電流を二次側へ光結合により伝達することを目的とした回路結合素子である。

従って、ホトカプラは一般に、電源が異なる回路間、アースが共用できない回路及び整合が容易でない回路間などのインタフェイス要素として広く利用されている。

二次側がホトダーリントンで構成されたホトカプラは単に一次側と二次側とを従続接続するだけで、本来の回路結合機能とは全く異なった新しい機能として、電流制御形負性抵抗特性を呈示する二端子能動素子として利用することができる<sup>(1)(4)(7)</sup>。

本負性抵抗特性は、二次側のトランジスタのなだれ降服現象と光結合による正帰還作用とを有機的に結びつけ

た結果得られたものであり、そのブレイクオーバー電圧はなだれ降服の維持電圧に一致する。

ホトカプラは本来の回路結合素子としての用途に加えて、スイッチング機能をもった能動素子としての利用に供することができる。

以下本文では、ホトカプラによる負性抵抗回路の実現法について説明し、動作原理及び回路方程式による解析について述べ、最後に、具体的な応用例として弛張発振器を構成した実験結果について示す。

### 2. 回路構成と動作原理

図1はホトダーリントンタイプのホトカプラの構成図を示したものである。一次側は発光ダイオードLEDで、二次側はホトダイオードPDとダーリントン接続されたトランジスタ $T_{r1}$ 及び $T_{r2}$ で構成された複合素子である。

一次側LEDの電流を零にした場合の電圧-電流特性は、図2に示すように、端子電圧 $V_0$ がある値（維持電

本文は電子通信学会論文誌(C)に発表(昭和52年1月)したものを加筆修正したものである<sup>(4)</sup>。

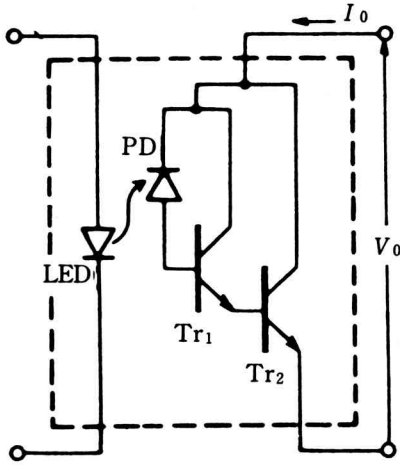
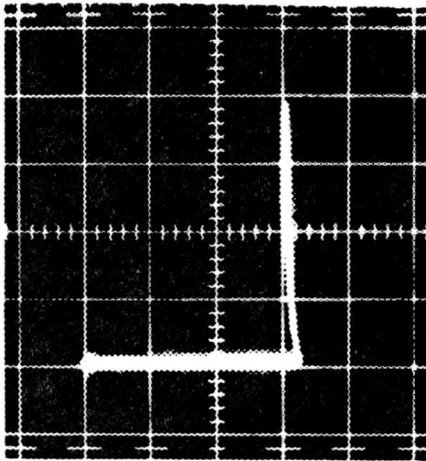


図1 ホトカプラの構成図



( $V: 25 \mu A/div.$ )  
( $H: 10V/div.$ )

図2  $V_0-I_0$ 特性

圧)に達すると、 $T_{r2}$ はなだれ降服状態になり、 $T_{r2}$ のコレクタ電流が急激に流れることを示している。なお、 $T_{r1}$ はしゃ断状態にある。

図3は、このホトカプラの一次側と二次側とを単に継続接続して、なだれ降服による $T_{r2}$ のコレクタ電流をLEDからPDへの光結合により $T_{r2}$ ベースへ正帰還するよう構成した負性抵抗回路(以下NRCと略記)の接続図を示したものである。

印加電圧 $V$ を増加させていくとき、 $T_{r2}$ のコレクタ・エミッタ間電圧がなだれ降服の維持電圧 $V_s$ 以下の場合には、 $T_{r1}$ 及び $T_{r2}$ は共にしゃ断状態にあり、本回路はOFFの状態にある。 $T_{r2}$ のコレクタ・エミッタ間電圧が $V_s$ に達すると、なだれ降服により $T_{r2}$ のコレクタ電流は急激に増加するので、LEDは発光状態になる。この

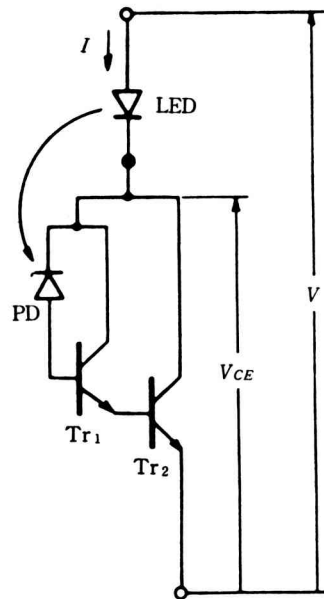


図3 負性抵抗回路

発光出力はPDに入射され、いましゃ断状態にある $T_{r1}$ は能動状態になり $T_{r2}$ のベースには、 $T_{r1}$ のエミッタ電流が流入するようになる。従って、なだれ降服状態にある $T_{r2}$ は能動状態になり、 $T_{r2}$ のコレクタ・エミッタ間電圧は減少する。LEDからPDへの光結合による正帰還再生作用により、 $T_{r1}$ 及び $T_{r2}$ は共に飽和状態に達し、本回路はON状態になる。

一方、本回路がON状態にあるとき、回路電流 $I$ を減少させていくとき、LEDの発光量(PDへの帰還量)が低下し、 $T_{r1}$ のエミッタ電流すなわち $T_{r2}$ のベース電流が減少する。 $T_{r2}$ のベース電流が零になれば、 $T_{r2}$ はなだれ降服の維持電圧に復帰し、 $T_{r2}$ はOFF状態になる。

従って、本負性抵抗回路は、正の印加電圧範囲で、可逆の電流制御形負性抵抗特性を呈示する。

### 3. 回路解析

図4は、 $T_{r1}$ 及び $T_{r2}$ が共に能動状態にあるときの図3に示すNRCの簡略化した等価回路を示したものである。 $K$ はLEDの電流に対するPDの電流の比であり、 $\beta_1$ 及び $\beta_2$ はそれぞれ、 $T_{r1}$ 及び $T_{r2}$ のエミッタ接地電流増幅率である。また、 $i_{c0}$ は $T_{r2}$ のコレクタしゃ断電流である。

等価回路より回路電流 $i_D$ を求めると、

$$i_D = \frac{(1 + \beta_2)}{1 - K(1 + \beta_1)(1 + \beta_2)} i_{c0} \quad (1)$$

となる<sup>(4)</sup>。



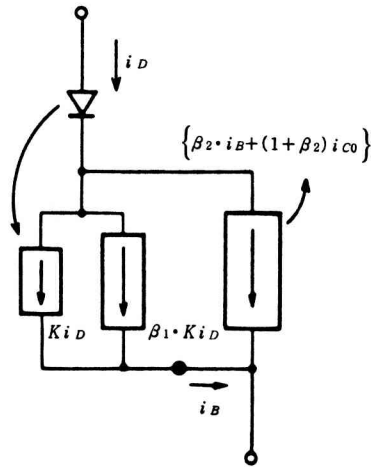


図4 等価回路

$T_{r2}$  のコレクタ・エミッタ間電圧が  $V_S$  以下の場合には、 $T_{r1}$  及び  $T_{r2}$  は共にしゃ断状態であり、

$$K(1 + \beta_1) \approx 0, \quad \beta_2 \approx 0 \quad (2)$$

であるから、

$$i_D \approx i_{C0} \quad (3)$$

となる。

一方、 $T_{r2}$  のコレクタ・エミッタ間電圧が  $V_S$  に達すると、 $T_{r2}$  のなだれ降服により  $\beta_2$  が増加することになるので、

$$K(1 + \beta_1) > 0 \quad (4)$$

となる。従って、

$$K(1 + \beta_1)(1 + \beta_2) \approx 1 \quad (5)$$

なる関係が満足されれば、 $i_D$  は外部回路で定まる電流となる。

なお、電流制御形負性抵抗特性のブレイクオーバー電圧  $V_T$  及び保持電圧  $V_H$  は、それぞれ、

$$V_T = V_S, \quad V_H = V_D + V_{CE(s)} \quad (6)$$

となる。但し、 $V_D$  は LED の端子電圧で、 $V_{CE(s)}$  は  $T_{r2}$  のコレクタ・エミッタ間飽和電圧である。

図5は、NRC の電圧—電流特性の測定結果を示した

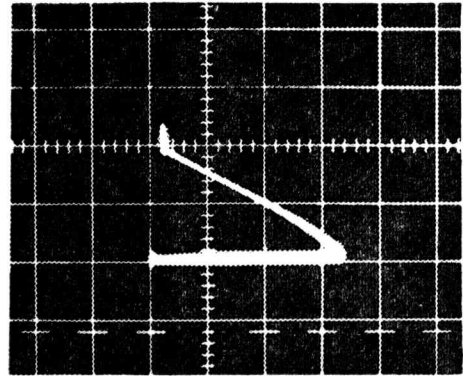


図5 負性抵抗  $V-I$  特性

ものである。

#### 4. 応用例(し張発振器)

ここでは、本負性抵抗回路(NRC)の応用例として、し張発振器を構成した実験結果について示す。

図6は、し張発振器の構成図を示したものである。

発振条件は、負荷線が負性抵抗特性の負性抵抗領域にのみ交わることであり、電源電圧を  $V_{CC}$ 、保持電流値を  $I_H$  とすれば、

$$V_{CC} > V_T, \quad R > \frac{V_{CC} - V_H}{I_H} \quad (7)$$

なる関係を満足することである<sup>(2)</sup>。

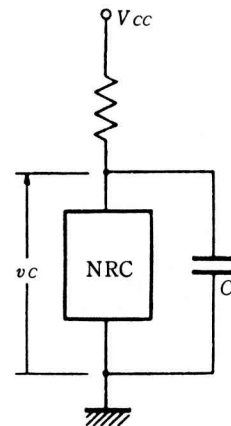


図6 し張発振器の構成図

発振周期 $T$ は  $NRC$  の  $ON$  時の内部抵抗を無視すれば、コンデンサ $C$ の端子間電圧が  $V_H$  から  $V_T$  に充電されるまでの時間であり、

$$T = CR \ln \left( \frac{V_{CC} - V_H}{V_{CC} - V_T} \right) \quad (8)$$

となる。

図7は、 $V_{CC} = 40V$ 、 $R = 200K\Omega$ 、 $C = 0.5\mu F$  に設定した場合の発振波形  $V_C$  を示したものである。

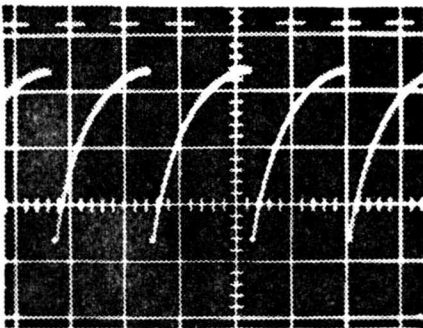
## 5. む す び

本文では、ホトカブラの一次側と二次側とを単に縦続接続するだけで、本来の回路結合機能とは全く異なった新しい機能として、電流制御形負性抵抗特性が実現できることを示した。

本負性抵抗特性は、なだれ降服現象と光結合による正帰還作用とを利用したものであり、ブレイクオーバー電圧はなだれ降服の維持電圧に一致し、 $OFF$  領域ではほとんど電流は流れない ( $1\mu A$  以下)。しかも、保持電流が小さい ( $45\mu A$ ) ので、本負性抵抗特性は  $ON$  電流が小さい場合のスイッチング動作に利用することができる。

今後、外部光受光端子を本負性抵抗回路に付加して、外部光入力により電流制御形負性抵抗特性を制御することについて検討する予定である<sup>(3),(6),(7)</sup>。

謝辞 日頃よりご指導いただいている大阪市立大学工学部北浜安夫教授ならびに志水英二助教授にお礼申し上げます。



( V : 10V/div. )  
( H : 100ms/div. )

図7 発振波形

## 文 献

- (1) 高橋, 山内: “ホトダーリントンの負性抵抗特性”, 昭51年電子通信学会全国大会, 419. (昭51年11月).
- (2) 高橋, 山内, 木村: “オプトロニック・シ張発振器”, 昭50電気関係学会関西支部連合大会, G12-21. (昭50年11月).
- (3) 高橋, 山内: “ホトダーリントンの負性抵抗特性(Ⅱ)”, (昭52年3月).
- (4) 高橋, 山内: “ホトカブラの負性抵抗特性”, 電子通信学会論文誌(C), 60-C, 1, (昭52年1月).
- (5) 高橋, 山内, 井村: “ホトカブラによる電流制御形負性抵抗特性”, パワーエレクトロニクス研究会資料. (昭53年2月).
- (6) 高橋, 山内: “ホトダーリントンの負性抵抗特性(Ⅲ)”, 電子通信学会(半導体)全国大会, 198. (昭52年8月).
- (7) 高橋, 山内, 北浜: “ホトカブラによる負性抵抗回路とその応用”, 電子通信学会論文誌(C), 61-C, 8. (昭53年8月).

# フーリエ変換領域における位相の最適量子化

中村善一・上田勝彦

## Optimum Phase Quantization in Fourier-domain

Yoshikazu NAKAMURA and Katsuhiko UEDA

フーリエ変換領域における位相の最適量子化について、どのような評価基準をもとに量子化レベルを設定するのかという量子化器設計の問題について検討している。再生像の原画像に対する誤差を軽減するという立場から、位相の量子化にともなうベクトル軌跡の長さを平均的に最小化する量子化法(重み付最適量子化)を提案すると共に、計算機シミュレーションを行なった。その結果、再生像の原画像に対する主観評価、平均2乗誤差による評価とも均等量子化よりすぐれていることが明らかとなり、重み付最適量子化の有効性を確かめることができた。

### 1. ま え が き

計算機プログラムの作成に関連して、フーリエ変換領域における振幅・位相の量子化について、いろいろ研究がなされている<sup>(1)~(3)</sup>。GoodmanとSilvestriは位相の情報振幅の情報より重要性が高いという立場から、位相の均等量子化における誤差解析を行なっている<sup>(1)</sup>。しかし、どのような評価基準をもとに量子化レベルを設定するのかという量子化器設計の問題については、触れられていない。

そこで本報告では、再生像の原画像に対する量子化誤差を軽減するという立場から、フーリエ変換領域において位相を量子化する場合の一つの評価基準を提案すると共に、それによる量子化レベル設定の方法について述べる。また、実際に二次元画像について計算機シミュレーションを行なった結果について報告する。

### 2. 位相の最適量子化レベルの設定

#### 2.1 レベル設定のための評価基準

まず、フーリエ変換領域における位相の量子化という操作について簡単に述べる。図1に位相量子化の概念図

を示す。図に示すように、位相を量子化ということは、入力レベル内にある各々のベクトルが一定の出力レベルへ回転を受けるという操作に相当する。

このような量子化を行なう場合、どのような評価基準のもとに量子化レベルを設定し最適化をはかるかが問題

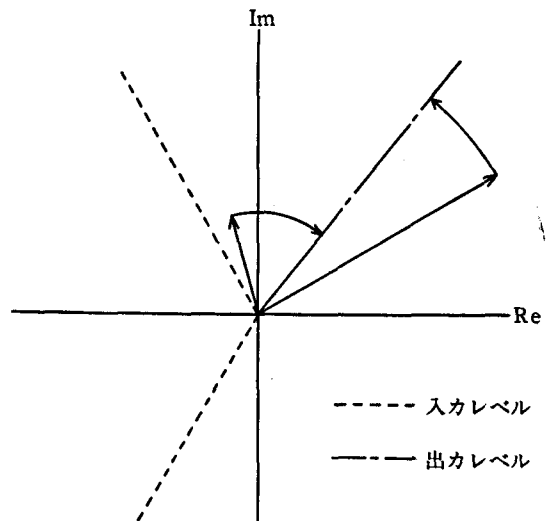


図1. フーリエ変換領域における位相の量子化

となる。そこでいま、量子化レベルを設定する際の評価基準としての量子化誤差 $D$ を次式で定義する。

$$D = \sum_{i=1}^M \int_{\phi_i}^{\phi_{i+1}} w(\phi) f(\phi - \Phi_i) p(\phi) d\phi \quad (1)$$

ここで、 $M$ : 量子化レベル数、 $\phi$ : 位相、 $\phi_i$ : 入力レベル、 $\Phi_i$ : 出力レベル、 $w(\phi)$ : 重み関数、 $f(\phi - \Phi_i)$ : 誤差関数、 $p(\phi)$ : 位相の確率密度関数であり、 $\phi_1 = 0$ 、 $\phi_{M+1} = 2\pi$ とする。

(1)式において、誤差関数、重み関数としてどのようなものを探るかということが問題となる。まず考えられるのは、 $f(\phi - \Phi_i) = (\phi - \Phi_i)^2$ 、 $w(\phi) = 1$ として、量子化誤差を位相の平均2乗誤差で評価するものである。しかし、振幅値の大きなベクトル程、大きな情報を担っているという観点から、位相の平均2乗誤差で評価するよりも、量子化によるベクトル軌跡の長さの平均2乗誤差で評価する方が適当であると考えられる。よって、 $f(\phi - \Phi_i) = (\phi - \Phi_i)^2$ 、 $w(\phi) = |G|^2$  (ただし、 $|G|$ はその位相における振幅値である)とした。

計算機プログラムや画像のフィルタリング処理等においては、原画像はサンプリングされ、そのサンプル値に対してフーリエ変換がなされる。よってフーリエ変換面において、位相の確率密度関数は離散的な値をとり、また各々の原画像に対して固有の形をとる。そこで、次のような位相の確率密度関数を導入する。縦横 $N_x$ 、 $N_y$ でサンプリングされた原画像をフーリエ変換し、その位相のサンプル値列を大小順に並び換えた行列を次のように表わす。

$$\left. \begin{array}{l} \{\phi_j\}, (j=1, 2, 3, \dots, N) \\ \text{ただし,} \\ N = N_x \cdot N_y, \phi_1 \leq \phi_2 \leq \phi_3 \leq \dots \leq \phi_N \end{array} \right\} \quad (2)$$

この行列を用いて、確率密度関数 $p(\phi)$ は次式のようになる。

$$p(\phi) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta(\phi - \phi_j) \quad (3)$$

また、 $\{\phi_j\}$ に対応する振幅値の行列として、

$$\left. \begin{array}{l} \{G_j\}, (j=1, 2, 3, \dots, N) \\ \text{ただし,} \\ G_j \text{は} \phi_j \text{における振幅値とする} \end{array} \right\} \quad (4)$$

とすれば、 $w(\phi)p(\phi)$ は次式のようになる。

$$w(\phi)p(\phi) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G_j^2 \delta(\phi - \phi_j) \quad (5)$$

ゆえに、(5)式および $f(\phi - \Phi_i) = (\phi - \Phi_i)^2$ を(1)式に代入することにより、量子化レベル設定の際の評価基準としての量子化誤差 $D$ は、最終的に次式のようになる。

$$D = \sum_{i=1}^M \int_{\phi_i}^{\phi_{i+1}} (\phi - \Phi_i)^2 \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G_j^2 \delta(\phi - \phi_j) d\phi \quad (6)$$

## 2.2 量子化レベルの設定

(6)式で表わされる量子化誤差 $D$ が最小になるように入出力レベルを設定する量子化器を設計する。

すなわち、 $\partial D / \partial \Phi_i = 0$ より、

$$\begin{aligned} (\phi_i - \Phi_{i-1})^2 \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G_j^2 \delta(\phi_i - \phi_j) &= (\phi_i \\ - \Phi_i)^2 \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G_j^2 \delta(\phi_i - \phi_j) \\ (i=1, 2, 3, \dots, M) \end{aligned}$$

ゆえに、

$$\phi_i = \frac{\Phi_{i-1} + \Phi_i}{2} \quad (7)$$

また、 $\partial D / \partial \Phi_i = 0$ より、

$$\begin{aligned} \int_{\phi_i}^{\phi_{i+1}} (\phi - \Phi_i) \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G_j^2 \delta(\phi - \phi_j) \\ \times d\phi = 0 \quad (i=1, 2, 3, \dots, M) \end{aligned}$$

ゆえに、

$$\Phi_i = \frac{\int_{\phi_i}^{\phi_{i+1}} \phi \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G_j^2 \delta(\phi - \phi_j) d\phi}{\int_{\phi_i}^{\phi_{i+1}} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G_j^2 \delta(\phi - \phi_j) d\phi} \quad (8)$$

となり、この(7)、(8)両式より入出力レベルを設定する。なお、この方法による量子化を以後、重み付最適量子化

と呼ぶことにする。

### 3. 計算機シミュレーション

重み付最適量子化の有効性を確かめるために、図2の流れ図に示すような、計算機シミュレーションを行なった。まず、 $N_x=N_y=128$ でサンプリングした原画像を入力データとし、FFTによりフーリエ変換を行なう。その結果より位相の確率密度関数 $p(\phi)$ を求め、重み付最適量子化を行なう。次に逆フーリエ変換を行ない再生像を求め表示すると共に、再生像の原画像に対する誤差を平均2乗誤差で評価した。また比較のために、均等量子化についても同様のシミュレーションを行なった。なお、このシミュレーションでは、位相の量子化という問題に注目しているので、振幅の量子化は行なっていない。

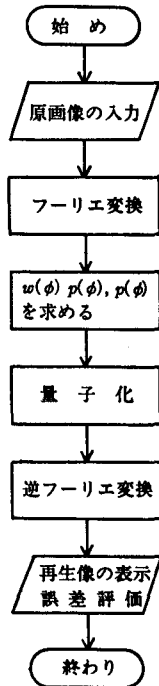


図2. シミュレーションの流れ図

厳密な確率密度関数は(3)式で与えられるが、実際に求めるには、かなりの時間がかかる。そこで本シミュレーションでは、 $0 \sim 2\pi$ の間を128等分し各々のレベル内に入る位相の相対度数を求めることにより近似した。重み

付最適量子化の入出力レベルは、(7)、(8)式の連立方程式の解として求まる。しかし、(1)式および(6)式で与えられるような量子化誤差を最小にする入力レベルの設定に関しては、Roeが近似解を与えている<sup>(4)</sup>。よって本シミュレーションでは、Roeの方法により入力レベルを求め、その入力レベルを(8)式に代入することにより出力レベルを求めた。また再生像の表示にはラインプリンターを用い、濃淡を10段階の文字の重ね打ちで表わした。

### 4. シミュレーションの結果

図3に示す原画像を用いて、前節で述べた計算機シミュレーションを行なった。なお原画像において、パターン部分の値は1で、背景部分の値は0である。この原画像をフーリエ変換し、位相の相対度数分布を求めた結果

を図4(a)、に示す。また、振幅値の2乗で重み付けを行なった相対度数分布を同図(b)に示す。フーリエ変換の共役対称性より、(a)、(b)とも $0 \sim \pi$ までの分布しか表わしていない。図4より、振幅の2乗で重み付けすることにより、平坦な位相分布が0および $\pi$ でピークを持つ

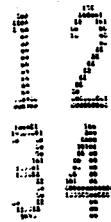


図3. 原画像

分布に変わっていることがわかる。このことは、0および $\pi$ 付近に振幅値の大きなベクトルが存在するということを示している。重み付けを行なった相対度数分布をもとに重み付最適量子化を行ない、逆フーリエ変換し再生像を求めラインプリンターに表示した例を図5に示す。比較のため均等量子化を行なった場合についても同時に示してある。図5より、重み付最適量子化を行なった方が、均等量子化を行なうより、中心部付近の雑音が軽減されているということがわかる。また図6に、再生像の原画像に対する誤差を平均2乗誤差で評価した結果を示してある。図6より再生像の原画像に対する誤差を平均2乗誤差で評価するという意味において、重み付最適量子化は均等量子化より有効であるといえる。

また、図3の原画像以外に2種類の文字パターン▼▲および▼▲▼についてシミュレーションを行なった。その再生像の原画像に対する平均2乗誤差を、図7(a)、(b)に示す。文字パターン▼▲▼において、重み付最適量子化と均等量子化の誤差がほぼ等しいのは、振幅の2

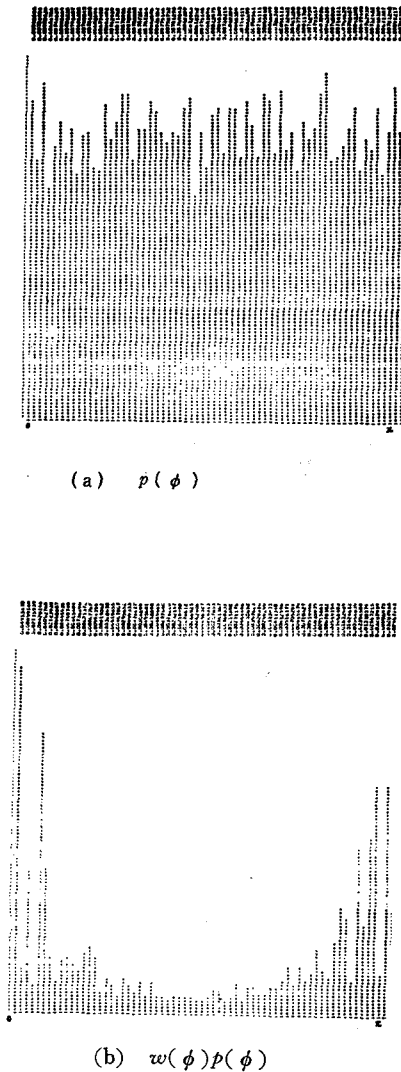


図4. 位相の相対度数分布

乗で重み付けをした位相の相対度数分布が、図4(b)のような顕著なピークをもたず比較的平坦な分布となるためである。

以上のシミュレーション結果より、重み付最適量子化の有効性が確かめられた。

## 5. む す び

フーリエ変換領域における位相の量子化について、再生像の原画像に対する誤差を軽減するという立場から、位相の量子化にともなうベクトル軌跡の長さを平均的に最小化する量子化法(重み付最適量子化)を提案し、計

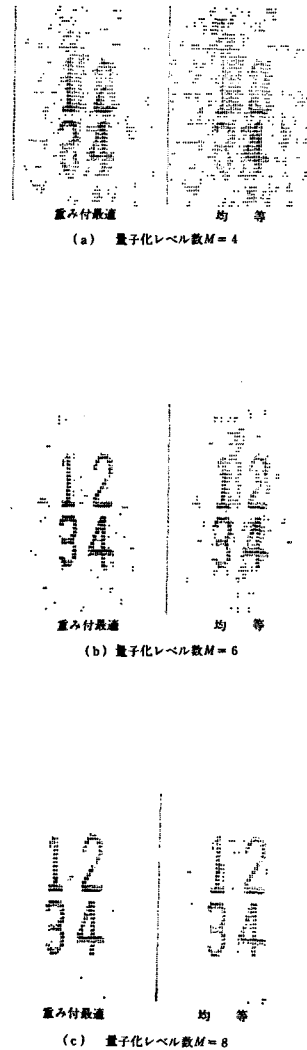


図5. 再生像

算機シミュレーションを行なった。その結果重み付最適量子化は、均等量子化に比べ再生像の主観評価、平均2乗誤差による評価ともすぐれていることが明らかとなった。

今後は、重み付最適量子化の計算機プログラム作成等への応用が考えられる。また本論文では、再生像の原画像に対する誤差を平均2乗誤差で評価し、主観評価とある程度的一致をみた。しかし、主観評価と対応のつく誤差評価に関しては、まだ明らかにされていない。よって、再生像の原画像に対する誤差をどのように評価するのかという問題は、今後考えてゆかねばならない大きな課題である。

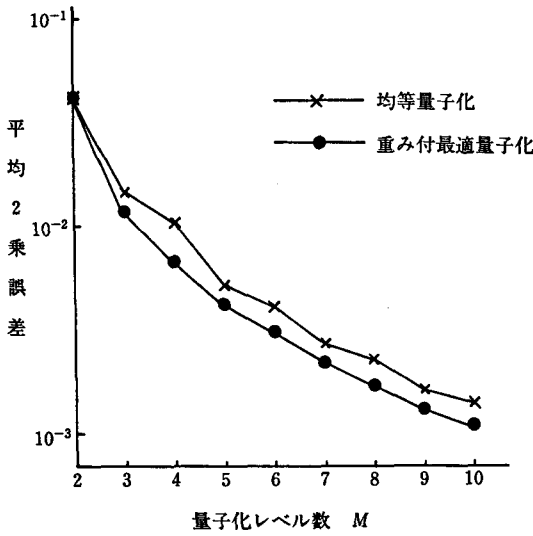
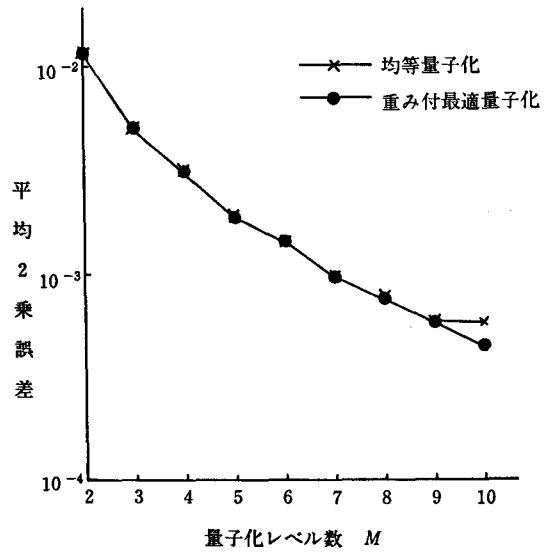


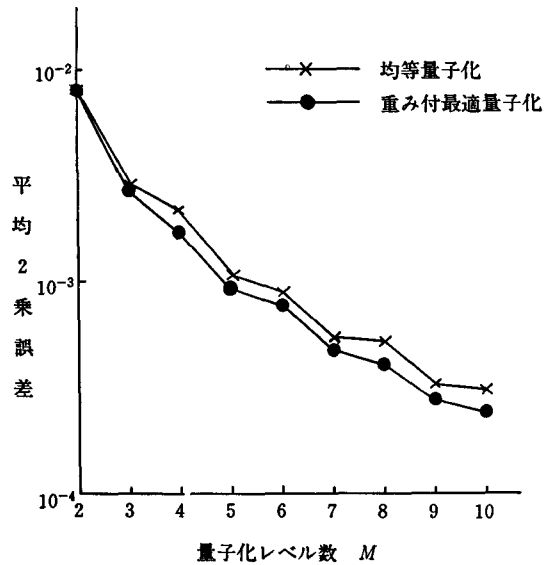
図6. 再生像の量子化誤差



(a) 文字パターン 'あ'

文 献

- (1) J. W. Goodman and A. M. Silvestri : IBM J. Res. Develop. **14** (1971) 478.
- (2) W. J. Dallas : Appl. Opt. **10** (1971) 673 ; *ibid.* 674.
- (3) T. Kawatani : Opt. Commun. **6** (1972) 348.
- (4) G. M. Roe : IEEE Trans. Information Theory. **IT10** (1964) 384.



(b) 文字パターン 'A'

図7. 再生像の量子化誤差





# Estimation of the Self-Discharge of the Zinc Electrode in an Oxygen-Zinc Battery with Circulated Electrolyte\*

Shusei Inuta, Zenichiro Takehara\*\*

and Shiro Yoshizawa\*\*

## ABSTRACT

Since the electrolyte of an oxygen-zinc battery is saturated with oxygen, self-discharge of the zinc electrode by the reaction between zinc and oxygen may be a serious problem. The nomograms to determine the values of self-discharge of a rectangular zinc electrode coupled with an oxygen electrode in an oxygenated electrolyte circulating in the cell were prepared from the results obtained by using a rotating disk electrode. For example, at an electrode width, length and separation of 10cm, 10cm and 0.5cm respectively, the rate of self-discharge was estimated to be about 0.06mA/cm<sup>2</sup> when the volume rate of circulating solution under laminar and fully developed flow was 10cm<sup>3</sup>/sec, and about 0.13mA/cm<sup>2</sup> when the volume rate was 100cm<sup>3</sup>/sec.

## 1. Introduction

For the purpose of the lowering of overpotential on the zinc electrode in the discharge of an oxygen-zinc battery and the improvement of the battery capabilities, the battery system with a circulating electrolyte has to be considered.<sup>1)</sup>

Since the electrolyte is saturated with oxygen in such a battery system, the self-discharge of the zinc electrode will proceed with the formation of the local cell between oxygen and zinc.

Therefore, the rate of the self-discharge of the zinc electrode is determined by the rate of diffusion of oxygen in the electrolyte, and then increases significantly with the circulation of the electrolyte.

In the design of such a cell, the circulation rate of the electrolyte has to be determined by evaluating both the decrease of the polarization and the increase

of the rate of self-discharge due to the circulation of the electrolyte.

Thus, the estimation data and the nomogram of the self-discharge rate on the zinc electrode under the circulation system of the electrolyte presented for the design of the oxygen-zinc battery in this paper are based on experimental results obtained with the rotating disk electrode of zinc; the rate of self-discharge on the zinc electrode is approximately equal to the rate of the diffusion of oxygen in the electrolyte described in the previous paper.<sup>2)</sup>

## 2. Hydrodynamic Model Systems

The geometrical configuration and hydrodynamic conditions of the electrode system are shown in Figure 1. Thus, we consider the electrode of a length  $L$  and of a width  $2d$  embedded at the position A or B in the wall of a rectangular channel with dimensions  $2b$ ,  $2c$ . It is assumed that both the electrode and the wall are flat; the electrolyte flow is laminar; the velocity at the inlet section is uniformly distributed over its width,  $2b$ , and its magnitude is  $U_0$ .

\* The main content of this paper was reported in DENKI KAGAKU, 42, 46 (1974).

\*\* Department of Industrial Chemistry, Faculty of Engineering, Kyoto University

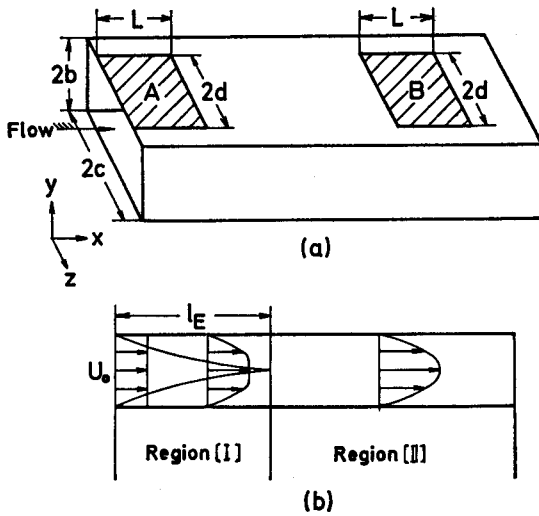


Fig. 1 Geometrical configuration of the electrode  
 Region [ I ] : Region of developing boundary layer  
 Region [ II ] : Fully developed region

In such a case, the velocity distribution for laminar flow in the region of developing boundary layer, Region I, and in the fully developed region, Region II, are shown in Figure 1 (b) respectively.

The laminar flow will be held if the value of Reynolds number,  $Re_n$ , referred to a hydrodynamical radius in the case of the flow in the straight channel with flat parallel walls satisfies the following equation described by Longwell.<sup>3)</sup>

$$Re_n = \frac{4r_h u_0}{\nu} < 2,800 \quad (1)$$

where  $\nu = \mu/\rho$  is the kinematic viscosity of the electrolyte.

A boundary layer is formed on either wall owing to viscous friction, and its thickness increases gradually in the down stream direction from the inlet section.

Accordingly, Region I is the range up to the position at which the thickness is equal to half the distance between the flat parallel walls.

According to Schlichting<sup>4)</sup>, the parabolic velocity profile will be formed if the following relation is held.

$$\frac{\nu x}{b^2 u_0} \geq 0.16 \quad (2)$$

Therefore, the actual inlet length,  $l_E$ , is given by the following equation.

$$l_E = 0.16b (u_0 b / \nu) = 0.04 (2b) Re_{2b} \quad (3)$$

Where  $Re_{2b}$  is the Reynolds number referred to the width of the channel,  $2b$ .

In this paper, the rate of the self-discharge on the zinc electrode in 4.2N KOH solution saturated with oxygen in the cases of Region I and Region II will be estimated; the smooth zinc electrode A, B, with dimension  $L$ ,  $2d$  is embedded in the wall, and the electrolyte flows in a rectangular channel with dimension  $2b$ ,  $2c$ , as shown in Figure 1 (a).

### 3. Estimation Method of the Rate of Self-Discharge

#### 3. 1. The rate of the self-discharge of the zinc electrode A embedded in the wall of Region I

In this case, it is assumed that the length of the electrode  $L$  is smaller than the inlet length  $l_E$ . If the value of the thickness of the hydrodynamic boundary layer is proportional to  $(\nu x / u_0)^{1/2}$ , as in the case of a single flat plate, and its proportional constant is determined to become  $\delta_0 = b$  at the position  $x = l_E$ , the thickness of the hydrodynamic boundary layer is given by the following equation.

$$\delta_0 = 2.5 \sqrt{\frac{\nu x}{u_0}} \quad (4)$$

Moreover, if the relation between the thickness  $\delta$  of the diffusion layer and the thickness  $\delta_0$  of the hydrodynamic layer is similar to the case of the single flat plate, the relation between  $\delta$  and  $\delta_0$  will be written approximately as follows.<sup>5)</sup>

$$\delta \approx 0.6 \left(\frac{D}{\nu}\right)^{1/3} \delta_0 \quad (5)$$

Accordingly, inserting equation (4) into equation (5),  $\delta$  can also be written as follows.

$$\delta = 1.5 \left(\frac{D}{\nu}\right)^{1/3} \sqrt{\frac{\nu x}{u_0}} \quad (6)$$

Consequently, the limiting diffusion flux  $j_1$  and the average limiting diffusion current density  $\bar{i}_1$  of oxygen on the zinc electrode can be given by the following equations respectively

$$j_1 = D \left( \frac{\partial C}{\partial y} \right)_{y=0} = 0.68 \frac{DC_0 \sqrt{u_0}}{\sqrt{\nu x}} \left( \frac{\nu}{D} \right)^{1/3} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \bar{i}_1 &= nF \frac{\int_0^{2d} \int_0^L j_1 dx dz}{2dL} \\ &= 1.36nFDC_0 \left( \frac{\nu}{D} \right)^{1/3} \sqrt{\frac{u_0}{\nu L}} \quad (8) \end{aligned}$$

where  $C_0$  is the concentration and  $D$  the diffusion constant of oxygen in the bulk of the electrolyte.

Equation (8) shows that, in the case of the electrode A embedded in the wall of Region I, the average limiting diffusion current density  $\bar{i}_1$  is directly proportional to the square root of the average flow rate and is inversely proportional to the square root of the electrode length  $L$  in the downstream direction.

Thus, the value of the self-discharge current density on the zinc electrode in the potassium hydroxide saturated with oxygen in the case of the electrode A embedded in the wall of Region I is nearly equal to the average limiting diffusion current density  $\bar{i}_1$  and can be estimated by equation (8).<sup>2)</sup>

### 3.2 The rate of the self-discharge of the zinc electrode B embedded in the wall of Region II

When the electrode of a length  $L$  and of a width  $2d$  is embedded in the wall of a rectangular channel with dimensions  $2b$ ,  $2c$ , and the electrolyte flow is laminar and fully developed, the following equation derived by Roušar et al.<sup>6)</sup> is useful and its validity was experimentally checked by them.

$$N_u = 1.85\phi (Re S_c D_e / L)^{1/3} \quad (9)$$

where

$$N_u = \left[ \bar{i}_1 / (nF) \right] D_e / [D(C^0 - C^*)] \quad (-)$$

$$\bar{i}_1 = \text{average current density} \quad (\text{A/cm}^2)$$

$$C^0 = \text{concentration of oxygen in bulk solution} \quad (\text{mol/cm}^3)$$

$$C^* = \text{concentration of oxygen at electrode surface} \quad (\text{mol/cm}^3)$$

$$D_e = 4bc / (b+c) \text{ hydraulic equivalent diameter} \quad (\text{cm})$$

$$D = \text{diffusion coefficient of oxygen in solution} \quad (\text{cm}^2/\text{sec})$$

$$\nu = \text{kinematic viscosity} \quad (\text{cm}^2/\text{sec})$$

$$Re = u_0 D_e / \nu \quad (-)$$

$$S_c = \nu / D \quad (-)$$

$$\phi = (1+b/c)^{-1/3} (c/d) \int_0^{d/c} f^{1/3} d(z/c)$$

$$f = \{1 - 2(2/\pi)^2 \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)^{-2} \cosh(pz/c) (\cosh p)^{-1}\} \times \{1 - 6(b/c) (2/\pi)^5 \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)^{-5} \tanh p\}$$

$$p = (2n+1) (\pi c / 2b)$$

where  $f$  can be shown as a function of the geometric form  $b/c$  of the cross section of the flow and of  $z/c$ .  $\phi$  can be shown as a function of  $b/c$  and of the ratio  $d/c$  of the width  $2d$  of the electrode to the width  $2c$  of the rectangular channel, which is parallel to the width of the electrode. The value of  $f$  as a function of  $b/c$  and  $z/c$ , and of  $\phi$  as a function of  $b/c$  and  $d/c$  can be found in the table 1,2 by Roušar et al.<sup>6)</sup> respectively.

Table 1. Values of  $f$  as a function of  $b/c$  and  $z/c$ <sup>6)</sup>

z/c	b/c							
	2	1	0.5	0.3333	0.25	0.2	0.1	0.05
0.000	2.1552	1.6011	-1.3557	1.2475	1.1834	1.1435	1.0673	1.0325
0.100	2.1407	1.5911	1.3506	1.2454	1.1827	1.1433	1.0673	1.0325
0.200	2.0968	1.5610	1.3348	1.2386	1.1802	1.1424	1.0673	1.0325
0.300	2.0225	1.5097	1.3068	1.2258	1.1749	1.1404	1.0672	1.0325
0.400	1.9155	1.4351	1.2636	1.2038	1.1647	1.1359	1.0672	1.0325
0.500	1.7725	1.3342	1.2007	1.1677	1.1453	1.1259	1.0669	1.0325
0.600	1.5982	1.2024	1.1111	1.1092	1.1089	1.1041	1.0656	1.0325
0.700	1.3539	1.0322	0.9842	1.0143	1.0405	1.0562	1.0595	1.0325
0.800	1.0543	0.8106	0.8020	0.8587	0.9106	0.9505	1.0299	1.0310
0.900	0.6563	0.5099	0.5282	0.5827	0.6555	0.7107	0.8865	0.9963
0.925	0.5328	0.4150	0.4360	0.4862	0.5558	0.6097	0.7980	0.8531
0.950	0.3938	0.3073	0.3282	0.3796	0.4313	0.4793	0.6629	0.9377
0.975	0.2303	0.1803	0.1962	0.2316	0.2679	0.3025	0.4471	0.6414
1.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Table 2. Values of  $\phi$  as a function of  $b/c$  and  $d/c$ <sup>6)</sup>

d/c	b/c							
	2	1	0.5	0.3333	0.25	0.2	0.1	0.05
0.000	0.8956	0.9285	0.9668	0.9780	0.9819	0.9840	0.9899	0.9944
0.100	0.8949	0.9279	0.9664	0.9779	0.9818	0.9840	0.9899	0.9944
0.200	0.8929	0.9259	0.9652	0.9773	0.9816	0.9839	0.9899	0.9944
0.300	0.8894	0.9226	0.9630	0.9763	0.9812	0.9838	0.9899	0.9944
0.400	0.8844	0.9178	0.9598	0.9746	0.9805	0.9835	0.9899	0.9944
0.500	0.8777	0.9113	0.9552	0.9721	0.9792	0.9829	0.9899	0.9944
0.600	0.8689	0.9027	0.9489	0.9683	0.9771	0.9818	0.9899	0.9944
0.700	0.8575	0.8915	0.9403	0.9625	0.9735	0.9790	0.9897	0.9944
0.800	0.8426	0.8767	0.9281	0.9536	0.9672	0.9752	0.9890	0.9944
0.900	0.8223	0.8563	0.9099	0.9387	0.9553	0.9657	0.9859	0.9940
0.925	0.8158	0.8497	0.9039	0.9334	0.9507	0.9617	0.9840	0.9935
0.950	0.8085	0.8422	0.8968	0.9270	0.9450	0.9567	0.9811	0.9925
0.975	0.7998	0.8333	0.8882	0.9190	0.9376	0.9498	0.9765	0.9900
1.000	0.7883	0.8214	0.8760	0.9071	0.9261	0.9388	0.9671	0.9829

Moreover, the following equation is obtained from equation (9).

$$\bar{i}_1 = 1.85\phi nFD^{2/3} C_0 D_e^{-1/3} u_0^{1/3} L^{-1/3} \quad (10)$$

#### 4. Calculation Example of the Rate of Self-Discharge

As an example of calculation, the estimation of the rate of the self-discharge on the zinc electrode was done in the case of 4.2N potassium hydroxide solution at 25°C\*.

In the previous paper<sup>2)</sup>, the following result has been experimentally obtained from the linear relation between the limiting diffusion current density and the square root of the angular velocity.

$$nFC_0D^{2/3}\nu^{-1/6}=0.115\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sec}^{1/2} \quad (11)$$

Substituting this value and  $\nu=1.2\times 10^{-2}\text{cm}^2\cdot\text{sec}^{-1}$ ,<sup>7)</sup> respectively, for terms in equation (8) yields the following equation.

$$\bar{i}_1=0.156\sqrt{\frac{u_0}{L}} \quad (12)$$

That is, equation (12) shows the limiting diffusion current density as a function of  $u_0$  and  $L$  in the case of Region I A.

On the other hand, in the case of Region II B, putting the value of equation (11) in equation (10) yields the following relation.

$$\begin{aligned} \bar{i}_1 &= 1.85 \times 0.115 \times \phi D_e^{-1/3} \nu^{1/6} (u_0/L)^{1/3} \\ &= 0.102 \phi D_e^{-1/3} (u_0/L)^{1/3} \end{aligned} \quad (13)$$

$\phi$  depends on the dimensions of  $b/c$  and  $d/c$ , and  $D_e$  depends on the dimensions of the cross section of the flow. Therefore, when those values are definite,  $\bar{i}_1$  is proportional to the cube root of  $u_0/L$ .

Rewriting equation (12) and (13) by using the volumetric flow rate  $Q$  instead of the velocity  $u_0$ , the following equations are obtained respectively.

$$\bar{i}_1=0.156\sqrt{\frac{Q}{4bcL}} \quad (14)$$

$$\bar{i}_1=0.102\phi D_e^{-1/3} \left(\frac{Q}{4bcL}\right)^{1/3} \quad (15)$$

Now, let us consider the relation between the rate of self-discharge  $\bar{i}_1$  and the volumetric flow rate under

the condition of Region IA and of Region IIB, in the case of  $2d=10\text{cm}$ ,  $L=10\text{cm}$ ,  $2c=10\text{cm}$  and  $2b=0.5, 1.0, 2.0, 5.0\text{cm}$ , respectively.

The results of the estimation in these cases are shown in Figure 2 and Figure 3. The real lines in Figure 2 showing the relation between  $\bar{i}_1$  and  $Q$  represent the range of the laminar flow and  $l_E > L$ . The real lines in Fig. 3 represent also the range of the laminar flow.

The values of the self-discharge in the range of Re beyond the critical Reynolds number  $Re, \text{crit} = 2,800$  will go up to over the dashed lines.

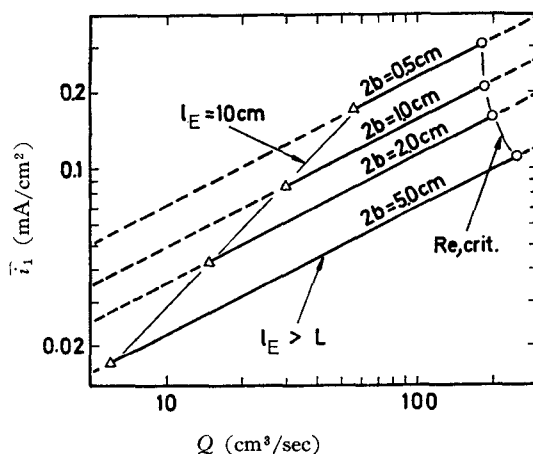


Fig. 2 Relation between the rate of self-discharge and the volume rate of flow in the case of A  
 $2c, 2d, L=10\text{cm}$

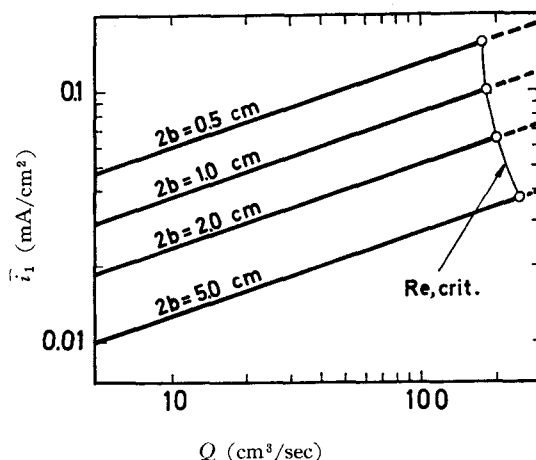


Fig. 3 Relation between the rate of self-discharge and the volume rate of flow in the case of B  
 $2c, 2d, L=10\text{cm}$

\* The rate of the self-discharge on the zinc electrode is determined by the diffusion rate of oxygen, which is little affected by the concentration of zincate ion in the potassium hydroxide solution.<sup>2)</sup> Therefore, the values estimated in this case are applicable to the practical oxygen-zinc battery with the zincate ion.

In the case of both the examples under the laminar flow,  $\bar{i}_1$  is estimated to hold less than 0.3mA/cm<sup>2</sup>.

The rate of the self-discharge in the practical oxygen-zinc battery is obtained by adding the above estimated value and the value of the self-discharge owing to the formation of the local cell based on the combination of the cathodic hydrogen evolution reaction and the anodic zinc dissolution reaction.

As described in the previous paper<sup>2)</sup>, the latter value is nearly equal to ca. 0.02mA/cm<sup>2</sup>.

It can be seen from Figure 2,3 that  $\bar{i}_1$  in the case of A is larger than that in the case of B, and under the same volumetric flow rate, both  $\bar{i}_1$  in the case of A and that in the case of B depend considerably on the distance 2b between the electrodes, and further, the 2b-dependence of  $\bar{i}_1$  in the case of A is larger than that in the case of B. As can be seen from Figure 2 and 3, though the ohmic potential drop decreases with the decrease of the distance 2b between the electrodes at a given volumetric flow rate, the value of  $\bar{i}_1$  increases with that, and  $\bar{i}_1$  in the case of A is

larger than in the case of B. Also, the volumetric flow rate-dependence of  $\bar{i}_1$  at a given distance between the electrodes in the case of A is larger than in the case of B.

**5. Diagram to Estimate the Rate of Self-Discharge**

For the purpose of the estimation of the rate of the self-discharge in the oxygen-zinc battery with the circulating electrolyte, the nomograms in which the mean limiting diffusion current densities, in the case of 4.2N KOH solution at 25°C, can be estimated as a function of the dimensions of the cross section of the flow and of the electrode, and of the volumetric flow rate from equations (14) and (15), are shown in Figure 4 and 5 respectively.

In addition, the nomogram in which the values of hydraulic equivalent diameter De can be estimated as a function of 2b and 2c is shown in Figure 6, and the nomogram in which the value of  $\phi$  can be estimated as a function of b/c and d/c is shown in Figure 7.

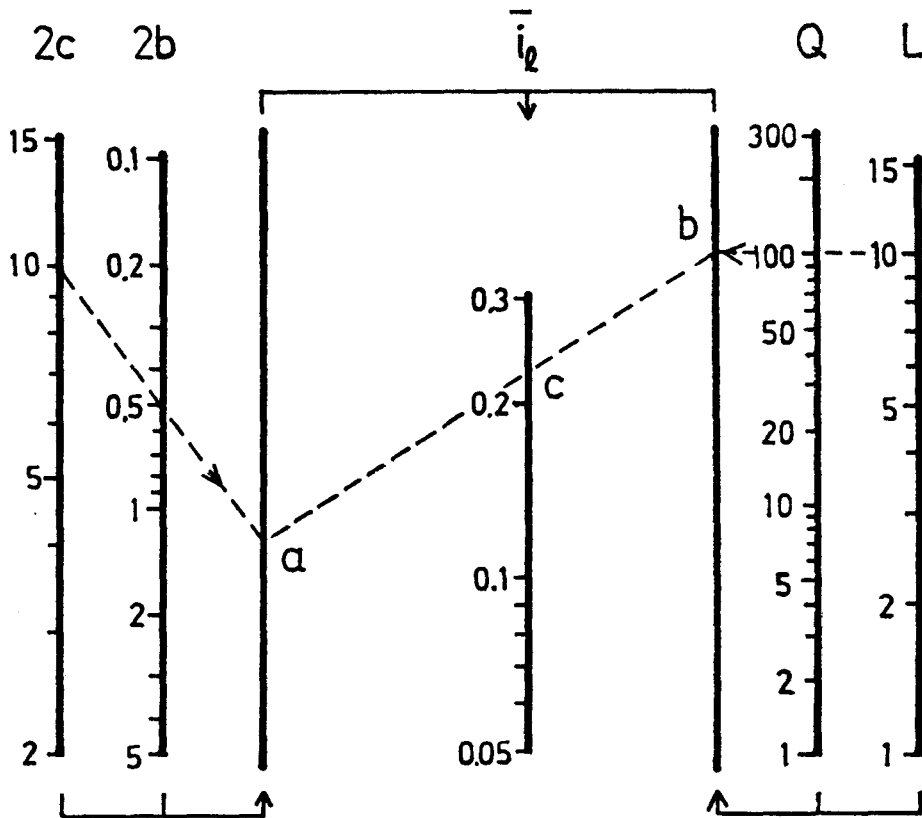


Fig. 4 Nomogram of  $\bar{i}_1=0.156(4bcL)^{-1/2}Q^{1/2}$  in the case of A

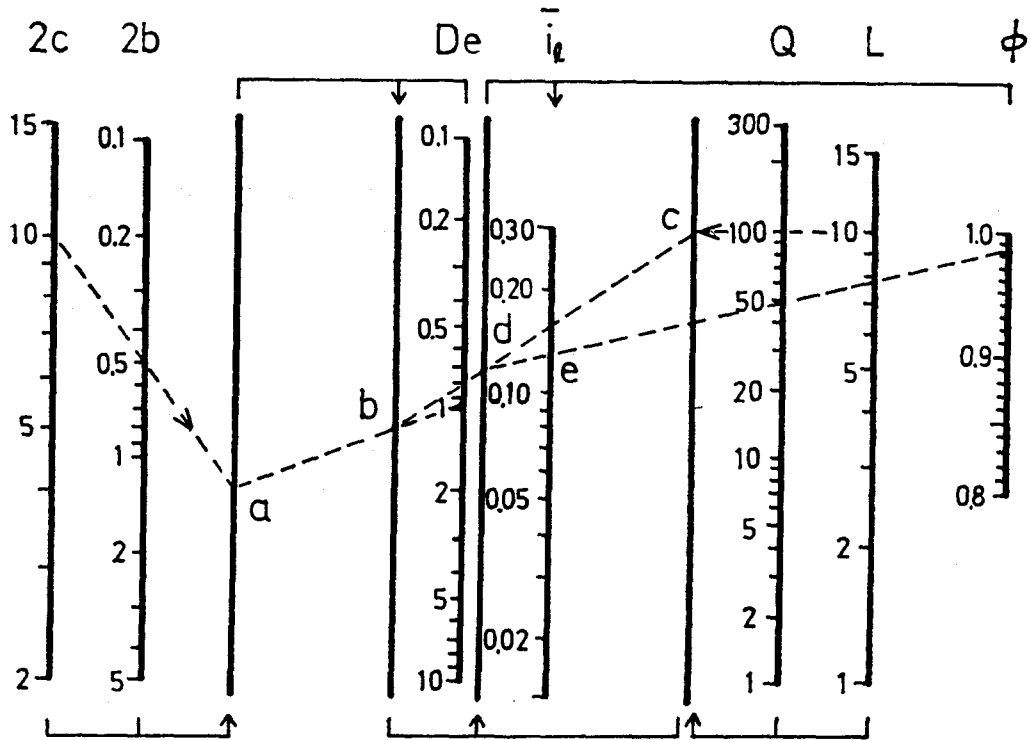


Fig. 5 Nomogram of  $\bar{i}_1 = 0.102\phi(4bcLD_e)^{-1/3} Q^{1/3}$  in the case of B

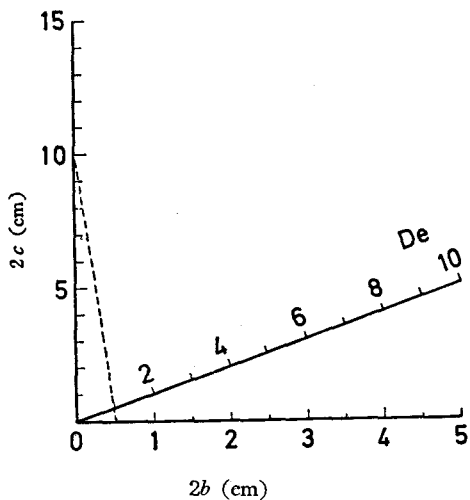


Fig. 6 Nomogram of  $D_e = 4bc/(b+c)$

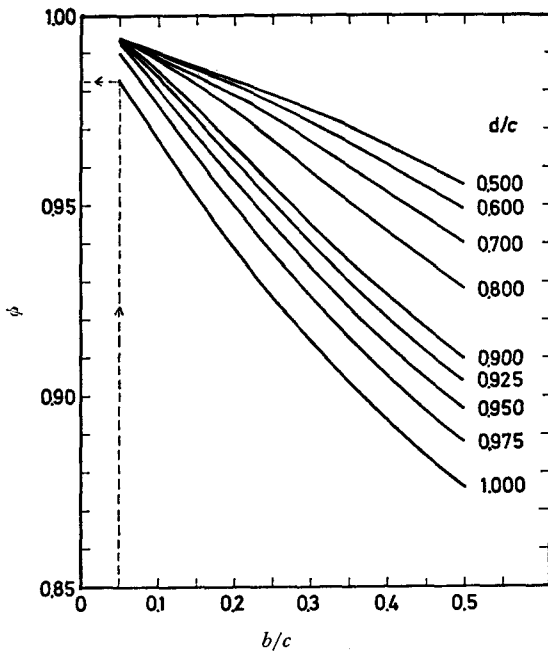


Fig. 7 Nomogram of  $\phi$  as a function of  $b/c$  and  $d/c$

Namely, when the geometrical dimensions,  $2b$ ,  $2c$ ,  $2d$ , of the battery system are given, the values of  $De$  and  $\phi$  can easily be estimated by using Figure 6 and 7 respectively, and moreover the value of  $\bar{i}_1$  can also be estimated by applying these values to Figure 5.

For example, let us estimate the value of  $\bar{i}_1$  in the case of  $2b=0.5\text{cm}$ ,  $2c=10\text{cm}$ ,  $2d=10\text{cm}$ ,  $L=10\text{cm}$ ,  $Q=100\text{cm}^3/\text{sec}$ .

In the case of Region IA,  $\bar{i}_1$  can be estimated from Figure 4 as follows.

Point a is given by the two points,  $2c=10$ ,  $2b=0.5$ , and point b is given by the two points,  $L=10$ ,  $Q=100$ , and finally point c, i. e., the value of  $\bar{i}_1$  to be estimated, is given as the intersection of both the line  $\bar{i}_1$  and the line obtained by connecting the two points a and b. Thus, it can be estimated that the value of  $\bar{i}_1$  in this case is ca.  $0.22\text{mA}/\text{cm}^2$ .

Further, in the case of Region IIB,  $\bar{i}_1$  can be estimated from Figure 5 as follows.

Point a is given by the two points,  $2c=10$ ,  $2b=0.5$ , and point b is given by both point a and the point corresponding to  $De=0.95$  obtained from Figure 6 and on the other hand, point c is given by the two points,  $L=10$ ,  $Q=100$ , and further, point d is given by the two points b and c, and finally point e, i.

e., the value of  $\bar{i}_1$  to be estimated, is given by both point d and the point corresponding to  $\phi=0.983$  ( $b/c=0.5$ ,  $d/c=1.000$ ) obtained from Figure 7.

Thus, it can be estimated that the value of  $\bar{i}_1$  in this case is ca.  $0.13\text{mA}/\text{cm}^2$ .

#### REFERENCES

- 1) Z. Takehara, S. Inuta, S. Yoshizawa, DENKI KAGAKU, **40**, 431 (1972)
- 2) Z. Takehara, S. Inuta, H. Nakashima, S. Yoshizawa, *ibid.*, **40**, 572 (1972)
- 3) P. A. Longwell 'Mechanics of Fluid Flow' McGraw-Hill, 1966  
(Japanese edition translated by Ôtani, 1970, p. 55)
- 4) H. Schlichting, 'Boundary-Layer Theory', McGraw-Hill, 1968, p. 178
- 5) V. G. Levich, 'Physicochemical Hydrodynamics' Prentice-Hall, 1962, p. 90.
- 6) I. Roušar, J. Hostomský, V. Cezner, B. Štverák, J. Electrochem. Soc., **118**, 881 (1971)
- 7) 'Handbook of Chemistry' edited by Chem. Soc. of Japan, Maruzen, 1966, p. 509





# アルカリ溶液中白金電極での

## グリコール酸のアノード酸化

大 植 正 敏 ・ 泉 生 一 郎

Anodic Oxidation of Glycolic Acid at a Platinum Electrode  
in an Alkaline Solution

Masatoshi OOUE and Ikuichiro IZUMI

### ABSTRACT

The anodic oxidation of glycolic acid was studied at a platinum anode in an alkaline solution as follows: Two anodic current peaks based on the oxidation of glycolic acid were observed with a potential sweep voltammetry. In the area of high concentration of glycolic acid, the character of solution was turned to acidic. It was thought that in less than 0.4M the anodic oxidation was diffusion-controlled and in more than the concentration it was controlled by charge transfer and/or adsorption processes. Several kinetic parameters such as reaction order and Tafel slope were determined. The oxidation was presumed to be a heterogeneous reaction on the electrode. The adsorption behavior of Langmuir type on the electrode surface was examined by a pulse electrolysis, a measurement of surface tension and a chronopotentiometry.

### 1. 緒 言

近年ますますきびしさを増してきたエネルギー問題、環境問題に対処するため、新しいエネルギー源の開発がせまられている。このような時代の要請に答えるべく研究がなされているものの一つに燃料電池がある<sup>1)~4)</sup>。一般に電気化学プロセスは物質(化学エネルギー)と電気エネルギーの相互変換に関係するもので、きわめて定量性に富んだ制御容易な反応としての特徴を持っているので燃料電池のみならず、有機合成などへの応用が活発になされて当然であろう。これまで著者らはメタノール燃料電池でメタノール放電酸化に中間体として生成する物質が本来の反応に被毒効果をもつと考えられていることに着目し、その予想される中間体についての電気化学的挙動を調べてきた<sup>5),6)</sup>。本報ではこの一連の研究の一つとしてグリコール酸のアルカリ溶液中における電気化学的挙動について種々の検討を加えたので以下に報告

する。

### 2. 実 験

既報<sup>5),6)</sup>と同様であるが、本実験では窒素通気により測定液を脱気し、測定液温28.0°Cで実験を行なった。また既報以外の実験項については次の如くである。

パルス電解測定でポテンシオスタットと電圧計は既報のものを用いた。パルス発信とパルス高の設定には横河—ヒュレットパッカード製3310B型特殊波形発生器を用い、周波数0.4 cycle/secとした。電気量は北斗電工製HF-102型クーロンメーターに接続し自動的に測定した。表面張力測定には島津製作所のデュヌイ表面張力試験器を用いリングを試料陽極として用いた。対極は白金線(1mmφ, 15mm)を使用し、電極の前処理として1N硝酸、水の順に洗浄した。測定回路図を図1に示す。

クロノポテンシオメトリー測定は従来の方法であるが、安定化電源として本報では18V—鉛蓄電池を使用した。

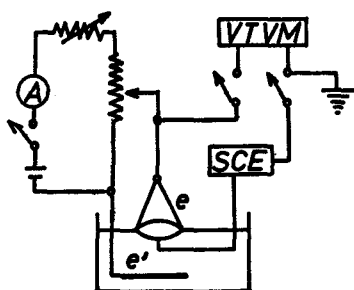


Fig1. Circuit diagram  
e; Test electrode,  
e'; Counter electrode,  
A; Ammeter,  
VTVM; Voltmeter,  
SCE; Saturated Calomel Electrode

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 電流-電位特性

1 N水酸化カリウム溶液を基礎液として電位走査法によるボルタンメトリーを行ない図2のような電流-電位曲線を得た。0.1Mグリコール酸\*1を添加した場合、 $-0.42\text{ V vs. SCE}$ \*2と $+0.2\text{ V}$ 付近の酸化電流が基礎液の酸化電流よりもかなり増大した。この酸化層形成電位領域での酸化ピークはグリコール酸が何らかの電気化学的酸化を受けて生じたものと考えられ、以下の項で検討する。

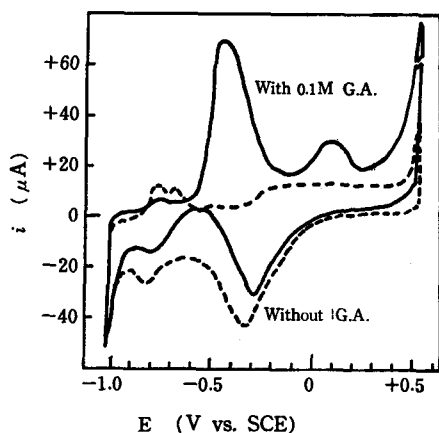


Fig.2. Cyclic voltammograms in 1N potassium hydroxide  
 $\nu$ ; 60.6 mV/sec

\*1 図においてはすべてG. A. と略記した。

\*2 以下、飽和甘とう電極基準 (vs. SCE) で記す。

#### 3.2 ピーク電流に及ぼすグリコール酸の濃度および、電位走査速度の影響

アノード走査のピーク電位は図3のようにグリコール酸の濃度が高くなると共に次第に貴な電位に移動した。0.9Mグリコール酸についての電流-電位曲線は0.1M~0.8Mの濃度範囲でそれとは全く異なっているが、これは0.9M以上の高濃度領域では溶液の雰囲気が高濃度の場合と大きな相異(アルカリ性から酸性に変化)を示し、従って反応物質の存在状態も異なるためと考えられる。また、水素発生電位が0.7Mと0.8Mグリコール酸では $-1.0\text{ V}$ から $-0.9\text{ V}$ へと貴な電位に移行しているが、これは図4にあるようにpHが13.1から10.8に変化し、式(1)に従って水素発生電位におよそ100mV貴な電位への移動があることが分る。pH変化に伴う電流-電位曲線

$$E = E_0 + 0.059\text{pH} \quad (1)$$

の変化はグリコール酸と水酸化カリウムの中和滴定曲線からも支持される。図4から0.8Mグリコール酸の1N水酸化カリウム溶液まではアルカリ性であるのに反し、0.9Mグリコール酸ではpH5と酸性になっている。そのため0.9M以上の濃度では電流-電位曲線が特異な形を示したものと考えられる。一方、0.8M以下の濃度では同一物質の反応と考えられるので、本研究ではこの濃度範囲に限って検討を行った。

0.7M以下の濃度と酸化ピーク電流との関係は図5のようになった。ここで、0.4Mグリコール酸までは原点を通る直線が得られ、通常のlinear拡散あるいは不可逆過程に対するDelahayの式<sup>3)</sup>を満足し、このような低濃度域では拡散が支配的になっているものと考えられる。他方、0.5M以上では電荷移動過程あるいは

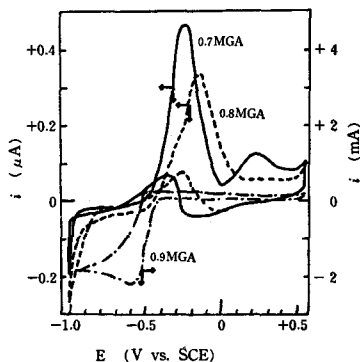


Fig.3. Cyclic voltammograms in 1N potassium hydroxide  
 $\nu$ ; 60.6mV/sec

グリコール酸および生成物の吸脱着過程が支配的になっているものと言える。このことは、走査速度  $\nu$  と酸化ピーク電流  $i_p$  との関係によっても支持された (図6)。

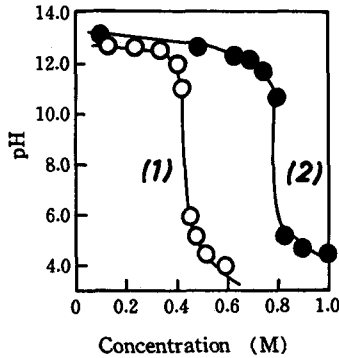


Fig.4 pH values in glycolic acid solutions  
(1) Titration of 1N KOH with G.A.,  
(2) Titration of 1N KOH with the solution containing 1M G. A. and 1N KOH

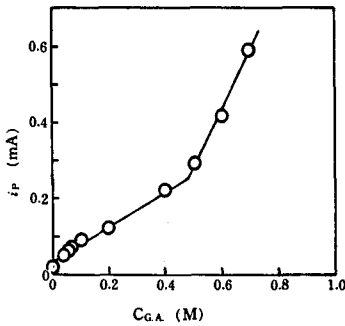


Fig.5 Dependence of  $i_p$  on  $C_{G.A.}$   
 $\nu$ ; 60.6 mV/sec

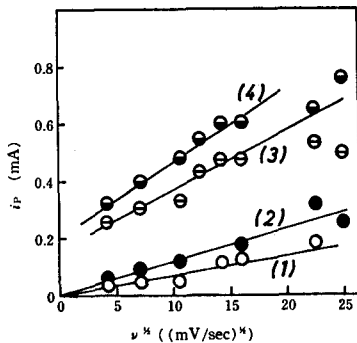


Fig.6. Dependence of  $i_p$  on  $\nu^{1/2}$   
(1) 0.1M G.A., (2) 0.2M G.A., (3) 0.5M G.A.,  
(4) 0.7M G.A.

まり、0.1M、0.2Mグリコール酸では原点を通る直線が得られ、既述の酸化ピーク電流の濃度依存性とと同じく Delahay の式に従うが、0.5M、0.7Mグリコール酸では従わなかった。

### 3.3 走査電位幅の変化

0.1Mグリコール酸についての電流-電位曲線を用いて走査電位幅を変化させピーク電流について検討した (図7)。上限電位を規制し、下限電位を貴な電位へ変化させると順次酸化ピーク電流は小さくなる。これは、たとえば水素発生電位の  $-1.06$  V で電位走査を開始すると電極の清浄化が充分行なわれるのに反し、 $-0.8$  V では電極面に不活性吸着物が多量に残るためと考えられる。吸着物の適当量の脱着によって生じたあき site でのグリコール酸の吸着酸化がピーク電流を生じると考えられ走査開始電位が貴な程グリコール酸の吸着可能なあき site が少なくピーク電流値が低下すると言える。なお、酸化層(酸素も含む)の還元電流が走査開始電位に依存しないことから酸化層および吸着した不活性生成物の量はいずれも走査折り返し電位で一定になることがわかり、次式で表わされる。

$$\theta_{O_2} + \theta_{\text{product}} = \text{const} \quad (2)$$

ここで、 $\theta_{O_2}$ 、 $\theta_{\text{product}}$  は酸化層および、吸着生成物の量を意味する。

他方、下限電位を規制し、上限電位を卑な電位に変化させた場合には図8のようになり、カソード走査側の還元ピーク、すなわち、白金酸化層の還元が抑えられる。

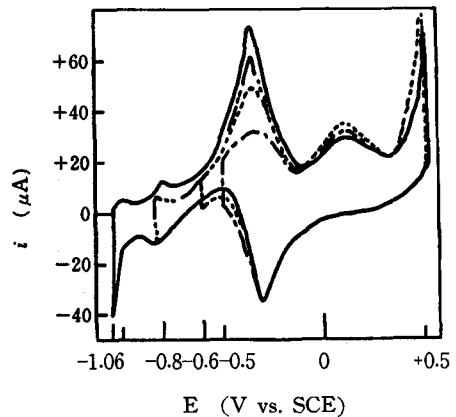


Fig.7. Cyclic voltammograms at various initial potentials  
1N KOH with 0.1M G.A.,  $\nu$ ; 60.6 mV/sec

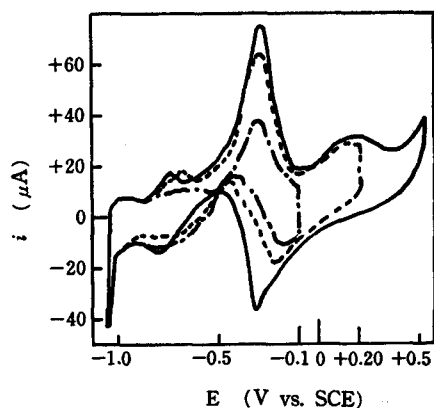


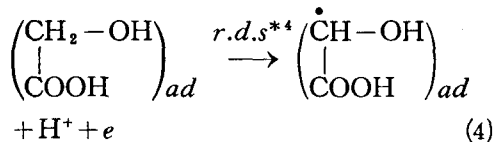
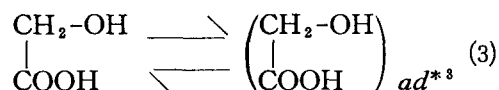
Fig. 8. Cyclic voltammograms at various reversal potentials  
1N KOH with 0.1M G.A.,  $\nu$ ; 60.6mV/sec

カソード走査側に見られた陽電流ピークは電位幅を減少することにより大きくなる。これは卑な電位で折り返すことにより式(2)の  $\theta_{O_2}$  が小さくなり、グリコール酸の吸着可能な site が多くなることに起因すると考えられる。また、アノード走査でのピーク電流が折り返し上限電位を卑にする程低下した。この場合、-1.06Vの走査開始電位において少なくとも物理吸着程度で存在できる吸着 species があるとは考えられない。従って、白金酸化層および吸着生成物質の量よりもむしろ、-1.06Vの水素発生電位領域でさえも安定に存在しえる吸着生成物質によってアノード走査での電流ピークが抑えられるものと考えられ、より貴な電位での折り返しがこの化学吸着生成物質の酸化脱離を促し、アノード走査でのグリコール酸の酸化を順調に進ませるものと推定できる。

### 3.4 動力学的パラメーター

#### 3.4.1 ピーク電位と pH およびグリコール酸濃度との関係

図9, 10には pH と酸化ピーク電位の関係、およびグリコール酸の濃度の対数と酸化ピーク電位の関係を示した。図から  $dE_p/dpH$  と  $dE_p/d\log C$  の両者の値はいずれも 110mV になった。グリコール酸のアノード酸化が次式で表わされ、式(4)を反応の律速段階とみなすと酸化電流は式(5)さらには式(6)で表わすことができる。



$$i = K\theta_{G.A.} (1 - \theta_T) a_{\text{H}^+}^{-1} \exp\left(\frac{anF}{RT} E\right) \quad (5)$$

$$E = \frac{2.303RT}{anF} \{ \log i - \log k - \log \theta_{G.A.} - \log(1 - \theta_T) + \text{pH} \} \quad (6)$$

式(6)中、 $n=1$ ,  $\alpha=0.5$ と見なすと  $E_{vs. pH}$  プロットの傾きは約 120mV で実験値とはほぼ一致する。上式で Langmuir isotherm に従うものとしたので  $\theta_{G.A.}$  はグリコール酸のバルク濃度と式(7)の関係が成立する。

$$\theta_{G.A.} = \frac{k_2 C}{1 + k_1 C} \quad (7)$$

濃度の低い場合、 $1 \gg k_1 C$  だから式(8)を得る。

$$\theta_{G.A.} \simeq k_2 C \quad (8)$$

式(8)を式(6)に代入して  $E_{vs. \log C}$  プロットを行うと、 $-2.303RT/anF$  の傾きの直線が得られるが、この傾きが 110mV で  $E_{vs. pH}$  プロットの傾きと良く一致して

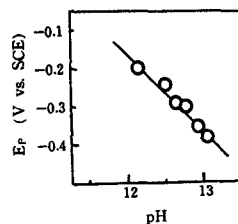


Fig. 9. Dependence of  $E_p$  on pH

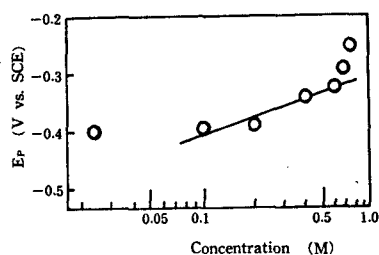


Fig. 10. Dependence of  $E_p$  on concentration of G.A.

\*3 ad; adsorbed species

\*4 r.d.s; rate determining step

いる。

### 3.4.2 Tafel b 係数

20 mV/sec という準定常状態での電流-電位曲線から Tafel slope を得たのが 図11 と表1 である。式(6)より Tafel b 係数は式(9)で表わされ、酸化ピーク上昇部では 120~140 mV である。ここで  $\alpha n = 0.43 \sim 0.50$  で  $\alpha \approx 0.5$  とみれば、 $n = 1$  となり、3.4.1 項で仮定した反応の律速

$$\left(\frac{\partial E}{\partial \log i}\right) = \frac{2.303RT}{\alpha nF} \quad (9)$$

段階に關与する電子数と一致する。また、ピーク下降部においては 170~230 mV の勾配で電極反応が電極面上の吸着物によって疎害される反応と考えられかなりの過電圧を要しているものと考えられる。

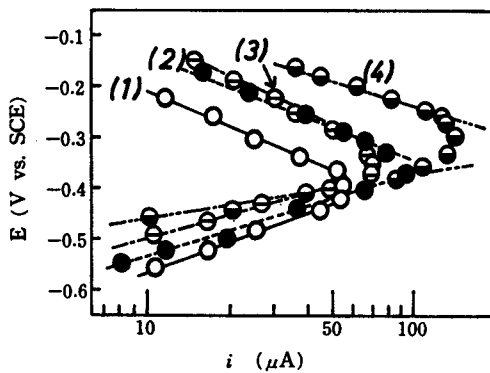


Fig.11. E vs. log i plots  
Concn. of Glycolic acid M; (1) 0.2, (2) 0.3,  
(3) 0.4, (4) 0.5,  $\nu$ ; 20.0 mV/sec.

Table 1. Kinetic parameters

Concn. (M)	Increasing current region (V)		$\frac{\partial E}{\partial \log i}$ (mV)	$\alpha n$
	Decreasing current region (V)			
0.2	-0.44~-0.54		120	0.50
	-0.22~-0.38		230	0.26
0.3	-0.40~-0.52		140	0.43
	-0.18~-0.30		180	0.33
0.4	-0.38~-0.48		130	0.46
	-0.16~-0.30		200	0.30
0.5	-0.38~-0.48		120	0.50
	-0.16~-0.24		170	0.35

### 3.4.3 反応次数

酸化ピークの電流上昇部について電流と濃度の両対数プロットをしたのが 図12 である。ここで反応次数は 0.48 ~ 0.51 という分数次数を示し、電極表面での不均一電気化学反応を示唆した。この場合、一般式で表わすと式(10)のようになる。 $\beta$  はグリコール酸に關する反応次数である。

$$i = kC^\beta \quad (0 < \beta < 1) \quad (10)$$

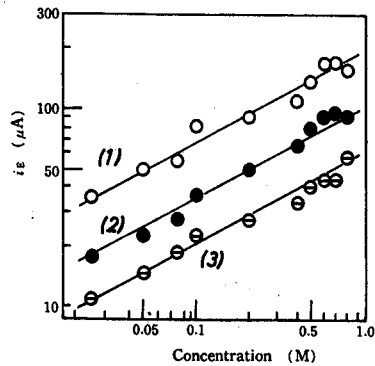


Fig.12. Log  $i$  vs. log  $C$  plots at constant potentials  
 $\nu$ ; 60.6 mV/sec,  
Electrode potential(V); (1)-0.4, (2)-0.45, (3)-0.5

### 3.5 パルス電解

グリコール酸のアノド酸化が不均一表面反応であることからパルス法により検討を加えた。一定の上限電位と下限電位で定電位パルスを印加すれば、それぞれの下限電位で吸着した species が上限電位で酸化される。図13には 2.5 sec/cycle (0.4 cycle/sec) で 0.1 M グリコール酸についてパルス印加し、吸着 species の酸化電量をクーロンメーターで読み上限電位を一定にして下限電位と酸化電量の関係をプロットした。-0.7 V よりも貴な下限電位では -0.2 ~ -0.4 V のいずれの上限電位においても吸着 species の酸化電量はほぼ一定値に近ずき下限電位さえ一定の電位に設定すれば、これらの上限電位の範囲では強固に吸着している species 以外は吸着した species のほとんどが酸化される。同様に基礎液につ

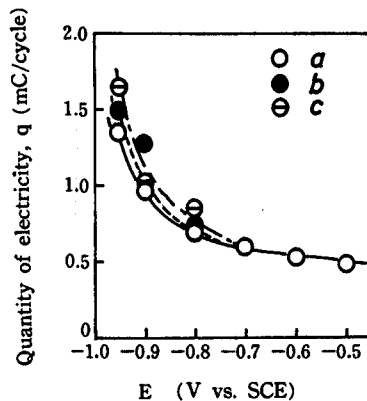


Fig.13. Quantity of electricity passed through pulse electrolysis  
IN KOH with 0.1M G.A., Pulse height—lower potential (V); abscissa potential, upper potential (V); a -0.4, b -0.3, c -0.2

いて検討したのが図14である。上限電位で $-0.1 \sim -0.4$  Vのいずれの電位においても $-0.7$  Vより貴な下限電位で一定の酸化電気量をもっている。基礎液と $0.1$  M グリコール酸との比較のため図15に上限電位 $-0.3$  Vにおける各下限電位に対する酸化電気量を示した。 $-0.8$  Vより卑な下限電位で基礎液の酸化電気量(吸着 speciesの吸着量に比例すべき量であるので以下吸着量とする。)の方が大きいこと、逆に $-0.8$  Vよりも貴な下限電位ではグリコール酸溶液の方が吸着量の大きいことを考えると $-0.8$  Vよりも卑な下限電位では水素吸着が、他方、これより貴な下限電位ではグリコール酸の吸着が優先するものと推定される。また、水素は1点吸着するのに対しグリコール酸は複数個の活性点にグリコール酸1分子が吸着するものと思われる。いずれにしても、 $-0.7$  Vより貴な下限電位では上限電位が $-0.2 \sim -0.4$  Vの間の電位範囲で基礎液およびグリコール酸溶液のそれぞれについて一定の酸化電気量、すなわち、一定の吸着量を示しているので種々の濃度のグリコール酸溶液についての吸着挙動を調べることが出来る(図16, 17)。

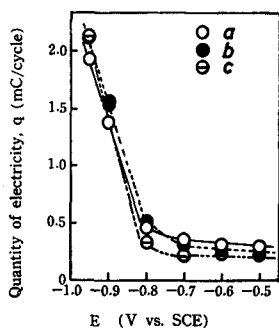


Fig.14. Quantity of electricity passed through pulse electrolysis IN KOH, Pulse height—lower potential (V); abscissa potential, upper potential (V); a  $-0.4$ , b  $-0.3$ , c  $-0.1$

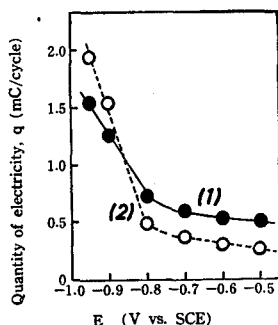


Fig.15. Quantity of electricity passed through pulse electrolysis Pulse height—abscissa pot.  $\sim -0.3$  V, (1)  $0.1$  M G.A., (2) IN KOH

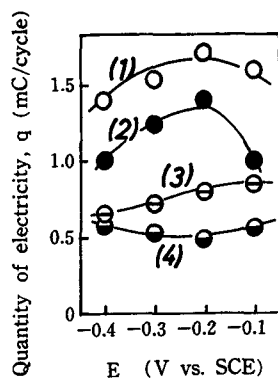


Fig.16. Quantity of electricity passed through pulse electrolysis IN KOH with  $0.1$  M G. A., Pulse height—upper potential (V); abscissa potential, lower potential (V); (1)  $-0.95$ , (2)  $-0.9$ , (3)  $-0.8$ , (4)  $-0.6$

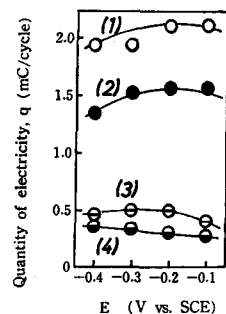


Fig.17. Quantity of electricity passed through pulse electrolysis IN KOH, Pulse height—upper potential (V); abscissa potential, lower potential (V); (1)  $-0.95$ , (2)  $-0.9$ , (3)  $-0.8$ , (4)  $-0.6$

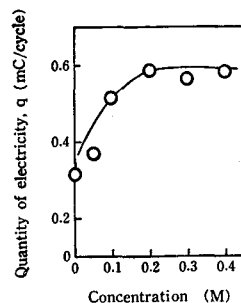


Fig.18. Quantity of oxidation electricity passed through pulse electrolysis with various concentration of glycolic acid Pulse height  $— -0.6 \sim -0.3$  V

そこで図18には $-0.6$  V(下限電位)と $-0.3$  V(上限電位)の間でパルス印加した時の酸化電気量とグリコール酸濃度との関係を示した。グリコール酸の濃度が0のときの酸化電気量は勿論基礎液についてのそれであり、グリコ

ール酸の吸着がない。従って、縦軸の切片を原点において見ればグリコール酸の吸着等温線に対する解析が出来る。酸化電気量 ( $q$ ) は吸着量 ( $a$ ) に比例するもので、これはまた吸着 *species* の電極上での吸着率 (被覆率,  $\theta$ ) に比例する。そこで式(11)が成り立つ。ここで、 $K_1, K_2$  は比例定数である。図18からグリコール酸の吸着は

$$q = K_1 a = K_2 \theta \quad (11)$$

Langmuir 吸着等温式に従っていると考えられ、式(12)が得られる。

$$\theta = \frac{k_2 C}{1 + k_1 C} \quad (12)$$

式(11), (12)から式(13)が得られる。

$$q = \frac{K_2 k_2 C}{1 + k_1 C} \quad (13)$$

なお、 $k_1, k_2$  は吸脱着平衡に関する定数で、 $C$  はグリコール酸のバルク濃度である。図18は明らかに式(13)を満足するもので先の項の Langmuir 条件を仮定したことの妥当性を支持する。

### 3.6 表面張力測定による吸着挙動の検討

電極表面でのグリコール酸の吸着状態を検討するため各電位での表面張力測定をし、これより Gibbs の式を用いて表面過剰濃度、 $\Gamma$  を求めグリコール酸の濃度に対してプロットしたのが図19である。Gibbs の吸着式が成立

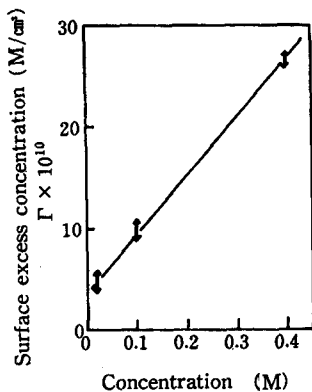


Fig.19. Relation between surface excess concentration and bulk concentration of glycolic acid Air satd., 17.0~18.0°C, Electrode pot. (V); -0.6, -0.5, -0.4, -0.3

するのは希薄溶液において吸着種が吸脱着平衡に達している必要があり、本報ではこれを満足した条件とは言えないが $\Gamma$ に熱力学的な意味を求めない限り吸着がグリコール酸の溶液内濃度によってどのように変化するかについては概略が知れる。図19で表面過剰濃度はグリコール酸の濃度が高くなると共に大きくなっており、前項で述べたように、-0.6Vより貴な電位ではグリコール酸の吸着が優先していることがわかる。

### 3.7 クロノポテンシオメトリーによる吸着の検討

図20のようなクロノポテンシオグラムの遷移時間 ( $\tau$ ) から求めた吸着量 ( $it$ ) と各グリコール酸濃度の変化を見たのが図21である。図から 0.2M以上で吸着量は一定となり図18と同様に 0.2Mで電極面への吸着は飽和に達することを示している。また、作用極を負に分極し、-0.6~-1.08Vの範囲で開始電位を変化させクロノポテンシオメトリーを行なった(図22)。この時の第1停滞の遷移時間より算出した電気量 ( $it$ ) とパルス電解から測定した吸着種の吸着量、つまり、グリコール酸の酸化電気量とは図23のように比例関係になり、( $it/Q$ )  $\approx 1/2$  になった。ただし、クロノポテンシオメトリーの開始電位はパルス電解における下限電位と同一にして測定した。 $it$  が  $Q$  の  $1/2$  になるのはクロノポテンシオメトリーでは一定の開始電位に至るまで待った後に測定をしたので電極面上には水素とグリコール酸が競争吸着しているのに対し、パルス電解ではグリコール酸の吸着が優先する条件下で測定を行なったためであろう。いずれにしても、図23の比例関係はグリコール酸の吸着量測定に、パルス電解、クロノポテンシオメトリーが共に有効な手段となることを示唆しており、またパルス電解で議論したことも支持されるであろう。

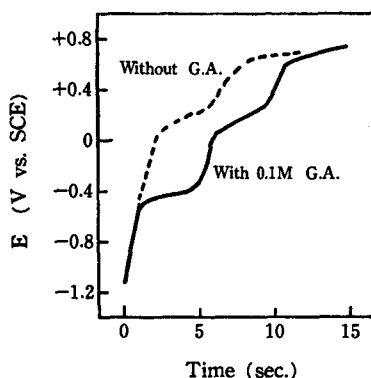


Fig.20. Chronopotentiometric curves in 1N potassium hydroxide I; 100  $\mu$ A (constant)

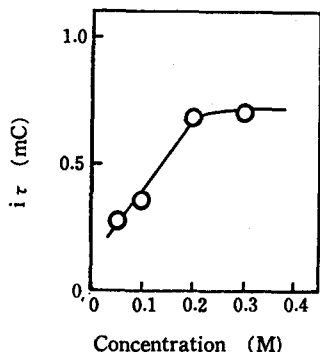


Fig. 21. Dependence  $i_r$  on concentration of glycolic acid

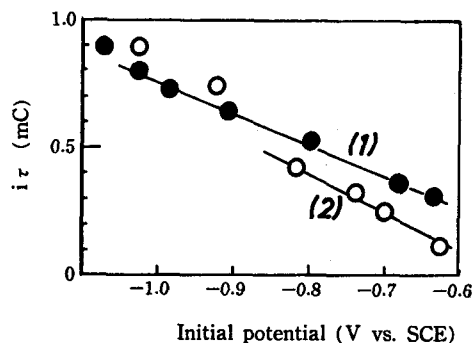


Fig. 22. Dependence of  $i_r$  on initial potential (1) 0.1M G.A., (2) 0.3M G.A.

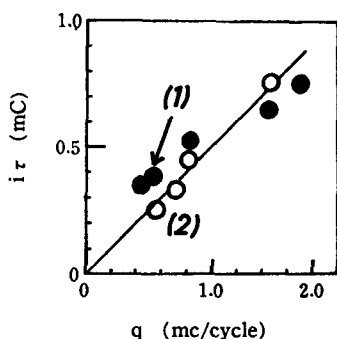


Fig. 23. Comparative quantity of oxidation electricity with chronopotentiometry and pulse electrolysis

(1) 0.1MG.A., (2) 0.3 MG.A.

#### 4. 結 言

グリコール酸のアルカリ溶液中における電気化学的挙動を白金電極を用いて検討し、以下の結果を得た。

(1) 0.8M 以下のグリコール酸濃度で電位走査法による

ボルタンメトリーを行なった結果  $-0.4V$  付近でグリコール酸の酸化に基づくアノード電流ピークが見られ、また白金酸化層の形成電位領域でもグリコール酸の白金酸化層による接触酸化に基づくブロードなピークが見出された。

(2) 0.9M以上の濃度ではそれ以下の濃度とは大きく異なる電流-電位曲線を得たが、同時にこの濃度以上では溶液の pH が酸性域に変化するため相互の比較が困難であった。

(3) 0.4M以下の濃度ではグリコール酸の酸化が拡散律速でそれ以上の濃度では電荷移動過程、あるいはグリコール酸や酸化生成物の吸脱着過程が支配的になるものと思われた。

(4) 反応の律速段階を式(4)のように吸着グリコール酸の解離反応にあるとして動力学的取り扱いをした。 $E_{vs.}$ , pH,  $E_{vs.}$ ,  $\log C$  のそれぞれのプロットから、いずれも  $110mV$  の傾きをもつ直線が得られ、 $\alpha \approx 0.5$  と仮定すると上式(式(4))の反応に関与する電子数は1となり律速段階に  $H^+$  が関与することが明らかとなった。

(5) 準定常状態で得られた電流-電位曲線の傾きは  $120 \sim 140mV$  で(4)と同様に  $\alpha \approx 0.5$  と見れば、やはり1電子の関与する律速段階が考えられた。

(6)  $\log i$  vs.  $\log C$  プロットから反応次数は分数値を示し、不均一表面反応と推定された。

(7) パルス電解によって吸着挙動を検討した結果、グリコール酸が Langmuir 型の吸着をしていることがわかった。さらに、吸着挙動については表面張力測定およびクロノポテンシオメトリーによっても検討を加えた。

終りに、本研究をすすめるにあたって協力していただいた和田初男君(現 藤沢薬品株式会社)に厚く感謝いたします。

#### 文 献

- (1) J. O' M. Bockris, *Denki Kagaku*, **41**, 582 (1973).
- (2) 小林 喬, *日本機械学会誌*, **81**, 458 (1978).
- (3) 日本化学会編 "エネルギー変換および新しい燃料の化学" (化学総説 No.12), p. 103 (1976) 東大出版会.
- (4) S. Trasatti, L. Formato, *J. Electroanal. Chem.*, **17**, 343 (1968).
- (5) 大植正敏, 泉生一郎, *奈良高専研究紀要*, 第12号, 109 (1976).
- (6) 大植正敏, 泉生一郎, *奈良高専研究紀要*, 第13号, 139 (1977).



# 「柔道における障害」

— その原因と処置について —

中 西 茂 巳

Lesions by Judo.

— Their Causes and Treatments —

Shigemi Nakanisi

現在の高校管理下におけるスポーツ事故は、増加の傾向にあるといえる。中学校、高等学校、高等専門学校においては、ラグビー、サッカーとならび、柔道による事故の数は多くなっている。

事故障害の原因は、それぞれの種目の特性によって異なっているが、柔道における障害の原因はやはり対人競技であることが第一で、危険性が最も多く、技を追求、競い合うことによって生じるものであると考えられる。また、障害の種類も多く、骨折をはじめ、捻挫、挫傷、打撲、脱臼などが上げられる。この柔道という競技の特性に対して常に気をくばり、練習の段階より防止という意味からも、基礎体力の強化や、練習方法の改善、施設の整備などを充分考え、あらゆる技に対応できる技、体力を身につける必要がある。

## はじめに

現在の柔道の修業者は世界中で、約五百万人ともいわれている。その柔道においては他のスポーツ競技とは異なった特性がある。柔術と表現された江戸時代から「柔道整復師」とか「ほねつぎ」というかたちで、現在もなお治療家が存在していることから、柔道の周囲にたえず障害にあり者が多かったということが考えられる。

あらゆるスポーツにおいて、勝利に目標を置く場合にしばしば障害が生じる。これは、柔道において特にいえることである。柔道の技能には、基本技能、対人技能、試合に大別できるが、練習方法においては、かかり練習、約束練習、自由練習と進み、試合練習にのぞむ必要がある。しかし、段階を単なる練習のみからすぐに試合へと進むところから事故障害につながるといえる。

このような柔道の特性によって生じる障害の対策として、その原因を適切に把握し、それに対する処置と防止を考えてみる。

## 1. 柔道とは①

柔道は遠く格闘術から、柔術時代を経て今日に至っている。明治十年代は武術の衰退のはげしい時代であった。

この当時、明治15年、数々の流派の武術を学び、各流派の長を採って集大成されたのが嘉納治五郎先生であっ

た。嘉納先生の教えに、柔道とは、心身の力を最も有効に使用する道であり、その修業は、攻撃、防御の練習によって身体、精神を練磨し、その道の真髄を体得することで、これによって己を完成し世を補益するのが柔道究竟の目的である。ゆえに柔道は心身の力を最も有効に使用する道である。現在において、この教えのごとく、攻撃、防御の鍛練と共に、精神的に修業するよう心がけ正しい人間の道を把握し協力し合うことが必要である。

## 2. 柔道による障害の原因

環境条件、各自の身体条件が通常より著しく変化した場合に事故障害がしばしば発生する。

柔道においては、身体的条件によって障害が多いといえる。これは、柔道が対人競技であること<sup>(2)</sup>、技が多様多様であり、いついかなる時に攻撃をうけるかわからないこと<sup>(3)</sup>から、身体的に不安定になり障害に結びつくこと<sup>(4)</sup>が考えられる。また、その他の原因として、基本技能の未熟、危険な技の使用が上げられ、環境面においては、道場における施設設備の安全が欠く場合に発生するといえる。この原因を詳細に考えてみると、次の事柄が上げられる。

### a) 未熟練

よく、「へたくそだからけがをするのだ」ということを耳にする。いわゆる体育においてスポーツやレクリエーションを行なう時に、何の練習もなくまた、十分な知識もなく動いてしまうと障害に通じることになる。特に柔道においては、十分にこのことを考えなければならない。そのためには、自己の能力を知り、過信せずそれ以上のことを止め、段階を踏まえて練習を重ねていかねばならない。このことは、相当な熟練者にもいえるもので、技術が向上するにつれてその障害も大きくなるといえる。

### b) 練習不足

練習には大きく分けて、体力を保ち向上させる練習と試合前になり行なう試合練習とがある。いわゆる、トレーニングとウォームアップとである<sup>6)</sup>。

実際、長期にわたりトレーニングを休み離れてしまうことによって、筋力は低下し、逆に体重が増すということになる。こうなると動作は鈍り、危険な外力を避けられないことになるし、筋肉自体の血行も悪くし疲労も起こりやすく、動作の円滑を欠くこととなる。また、ウォームアップにしても、試合寸前まで静止と同じ状態でいて急にウォームアップなしにはげしい運動を行なえば、筋肉をはじめ身体機能が共なわず障害を起こすことになる。

### c) 練習過度

練習においては、やはりベースということを考えなければならない。度を越した練習は疲労につながり、疲労するということは、肉体的、精神的に大きな影響を与える。動作が鈍り、判断力も低下し、逆効果となる。たとえば、強化練習において肉体的にバランスを崩し、筋肉痙攣を起こすことが多々ある。このことから練習過度によって障害に結びつくといえる。

### d) 体の変調

この場合には以外に障害に結びつくことが少ない。なぜならば、調子の悪い時には、無意識にまた意識的に運動の強さや量を制限するからである。しかし、この調子の悪い時には無理な練習を行なえば、それは大きな障害を起こすことに結びつく。

### e) 過度の緊張

一般に言う「あがり」であるが、この場合には、硬くなり、体が思うように動かず練習の成果を出すことができず、力が入りすぎ、体の柔軟性を防げることになる。

これは、過度の責任感からくるとも考えられ、中枢神経から余分な刺激が筋肉へ送られ、体の収縮をさそい、

障害へ結びつける。

### f) 反則及び粗暴行為<sup>6)</sup>

あらゆるスポーツにおいて重要とされているのが反則である。特に柔道においては、反則行為や粗暴行為によって起こる障害が多くなって来ているせいもあってか、きびしくされている。相手に対応した場合、突差に粗暴な行為に出れば、少なくとも、どちらかが障害を避けることができないといえる。また、この状態によっては直接死亡にも結びつくことにもなるといえる。

### g) 審判による信号の不適切

前項の反則及び粗暴行為に対して、適切に判断を下し処置することは障害の防止の一つともなる。柔道においては、現在、技を掛けるものも、受けるものも危険な行為を行なえば負けということになる。

実際、絞め技において、いわゆる落ちついているのに審判が気づかず死亡した例も少数ではあるが起きている。したがって、審判は、最大限に注意を払い信号をしなければならない。

### h) 施設設備の不備

現在、中学校、高等学校、高等専門学校を通じて、指導の面と平行して重要とされているのが施設設備の面である。練習を行なう場合、人数に対しての畳の枚数、また、畳の状態は重要である。はげしく投げ合う場合には障害を予期できず、自分自身だけでなく他の者にも係わることになる。また畳の状態が悪い場合、うまく受け身を行なったとしても、ショックがはげしく、身体的に正常に保つことはむずかしい。

### i) 不可抗力<sup>7)</sup>

不可抗力によって起こる障害は止むを得ないといえるが、この中で考えられるのに、天候、気温がある。これらは前もって予知できかねるものである。したがって最っも考慮しなければならない。急激な気温の変化によって起こる体の変調、これが動作を鈍らすことになり障害に結びつける。

### j) 柔道衣

ここで柔道衣と上げたのは、柔道着のやぶれなど破損している場合に、指を脱臼、骨折することが多いことからである。上衣においては、手の指がやぶれの中に入り脱臼することなどが多く、下衣においても同じようにやぶれなどがある場合に障害をおこすことがある。

### 3. 障害の種類

様々なスポーツの特技によって障害は起き、それぞれによって障害の種類も変わっている。そこで柔道によって起こる障害を次に上げてみる。

#### a) 腰痛症

柔道において最も多いとされているのが腰痛症である。

これは、柔道の技において腰に負担のかかる技が多く、特異な姿勢や体の捻りなどにより脊椎や背筋を痛める為である。腰痛の原因の中で最も多いのが椎間板ヘルニアといわれるものである。その他は、原因のはっきりしない筋肉、靭帯、神経性の損傷などがある。一般的によく重量物を不注意に持ち上げた場合や運動時に急に起こる、通称「ギックリ腰」と呼ばれる椎間関節性の腰痛が多い。

したがって腰痛は、背筋の緊張、腰部の運動範囲以上の運動を強用された場合に起こるものと思われる。

#### 処置<sup>(8)</sup>

急性腰痛では安静を保ち、患部に炎症を持つのでハップ湿布を施し、腰部をコルセットまたはサラン木綿でかたく巻き固定する。風呂などで温めることは禁じるが、逆に冷え込みには注意しなければならない。指圧、マッサージ、腰部のマニピュレーションなどを施すと筋の緊張と痛みを緩和できることがある。

#### (指圧の方法)

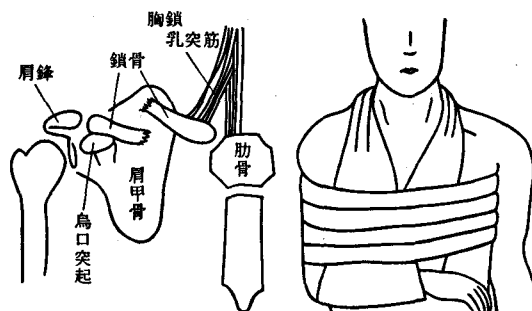
脊椎の両側にそって胸椎から腰椎まで両拇指圧を加える。漸次、圧を増し、5～7秒程、圧した後、漸次圧を減らす持続的圧法である。坐骨神経痛がある時は大転子の後上方部にある圧痛部を強く強圧する。また坐骨神経にそって掌圧すると効果的であるとされている。

#### b) 骨折

骨折には、主に鎖骨骨折、肋骨骨折、前腕骨骨折、上腕骨顆上骨折、下腿骨骨折がある。この中で柔道においてよくあるのが、鎖骨骨折である。鎖骨は骨折しやすい部位で、柔道の受け身の失敗などによって起こる。骨折の症状としては、腫脹、疼痛、機能障害、異常可動性および軌轢音、全身症状がみられる。

#### 処置<sup>(9)</sup>

骨折の治療は整復、固定、運動療法（機能回復訓練）の順序で行なう。つまり、骨折に転位ある場合は整復し骨が治療されるまで固定し、固定除去後は関節の機能回復を三段階からなる。



鎖骨骨折の症状と固定

#### c) 脱臼

脱臼には、先天性、後天性とがあり、後天性には外傷性脱臼、分娩脱臼、病的脱臼などがある。外傷性脱臼は捻挫の少ない関節に多発するもので全体の50%を占める肩関節に多い。柔道においては、同体となって転倒した場合、関節の運動範囲以上に運動を強制された結果に生じる。そこで特に多いのが、肩関節、肩鎖関節、肘関節などがある。症状としては、腫脹、疼痛、機能障害、変形、滑音といったことがある。

#### 処置<sup>(10)</sup>

整復はできるだけ早く行なうことを心がけることが成功率を高めることになる。次いで整復は簡単にはできず固定しなければならない。こうなると注意点がいくつか出てくる。骨折を合併していないかどうか、関節囊、靭帯が間に挟まっていないかなどで、気付かず固定した場合、機能障害をおこしたり変形したりすることになってしまう。

#### d) 捻挫

一般にスポーツをやっているれば必ずといってよいほど経験するものである。これは関節の運動範囲以上の運動を強用された場合におこるもので、別名、自復性脱臼ともよばれる。柔道においては足首の捻挫は常にといてよいほど起る。これは、素足のまま畳の上で行なうため滑べったりすることが多く、技を掛けた場合、また技を掛けられた場合に無理な姿勢をとったときに捻じることが多いためである。また、膝部に捻挫が多く見られることは、腰部の場合と同じくして膝部に大きな負担がかかることが多く、普通「靭帯がのびた」というような表現をする。

#### 処置<sup>(11)</sup>

関節の整復の必要な場合には整復を行ない、冷湿布を施し固定する。入浴飲酒をさげ、患部は心臓より高めに

して安静を保つ。固定期間は症状によって異なるが、普通、腫脹、疼痛がなくなり、関節を捻挫した方向に捻っても疼痛が除去されておれば固定を除く。そして患部にマッサージを施し、血行循環をよくする。

### e) 痙攣

運動時に腓腹筋に最も多くおこるもので「こむらがえり」と呼ぶこともある。これは、筋が収縮して運動不能になるものである。全身の新陳代謝に関係しており発汗過剰などの塩分の不足、体重減量時にみられる。また特定筋の短時間における急激な過労、急激な温度の変化によっても起こる。柔道においては、現在体重別試合などになると選手が極度に体重を落とし、それに加えて試合練習を行なうことが多くなった、そのために全身の筋が痙攣をおこすということがたびたび起きている。

#### 処置<sup>(4)</sup>

急激に且つ乱暴に行なわず受傷筋を徐々に引き伸ばすようにする。「こむらがえり」のときは、足関節を背屈位に曲げる。痙攣がそれでもとれない場合には、マッサージ、指圧を行ったり、温湿布、温浴を施し、手掌で軽く揉みほぐしたりして受傷筋の血行循環を良くする。このようにして筋の緊張をとりながら受傷筋を伸ばしてやる。痙攣がおさまったら軽いマッサージを行ない、運動は禁じて安静を保たせる。

### f) 筋挫傷(打撲)

俗に「うちみ」と呼ばれる。これは、衝突、墜落、重量物の落下などの外力が全身の至るところに加わることによって生じる。柔道においては、足払いや支釣込足などの技を掛けた場合によく相手に打撲をおわせることになる。症状としては、腫脹するときには筋膜や筋の断裂を伴うことがある。普通皮下または皮内に内出血をみることがある。軽度の場合、疼痛は受傷時が最高で次第に軽快し、機能障害もある程度あるだけでほとんどみとめられないといっている。

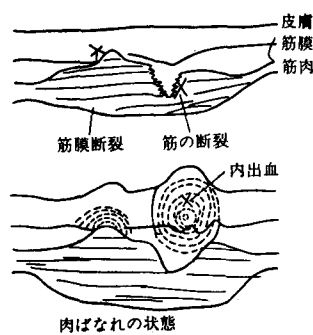
#### 処置<sup>(4)</sup>

受傷直後は氷水をタオルにひたしたものが氷のうで強力に約30分程度冷やす。こうして内出血や腫脹の拡大を防止する。一週間程は冷湿布を行ない、綿花などを当てて圧迫包帯を施す。湿布の取替え毎に患部ではなく患部周辺に軽擦による誘導マッサージを行なう。

### g) 肉ばなれ

肉ばなれの状態は、筋の強い収縮と伸展を反復するこ

とによって生じた筋の一局所の障害である。



その運動に耐えられないような筋肉の状態の時に生じ易く、運動要求量と筋肉の活動能力の不均衡によっておこるもので筋の活動能力が低下しているとき、つまり筋が疲労したときや寒い時などに、筋の正常時と同様の筋力を要求すると筋線維が要求量に耐えられず損傷することになる。

発生部位では、上肢においては三角筋の上腕骨附着部、大胸筋などに多く発生し易く、下肢では、大腿の後面部、前面中央部、下腿腓腹筋に多く発生し易い。

症状としては、軽症の場合には腫れや皮下出血はほとんどみられず限局性の圧痛や抵抗、運動時に疼痛があり運動が限られる。重症の場合は、短時間で腫れや皮下出血があらわれ、時間がたつにつれて皮下出血の範囲も広がってくる。

#### 処置<sup>(4)</sup>

局所の筋肉を動かさないように安静を保ち冷湿布を施す。次いでハップ剤などを用いて冷湿布に加え、綿花かスポンジを湿布の上から患部に当て、適当な圧迫を加えるようにして伸縮性のある弾力包帯で巻き固定する。

重症では歩行を禁止し、2週間程度冷湿布を続け、湿布の取替えごとに直接患部にさわらぬよう患部周辺に軽い誘導マッサージを行なう。入浴は禁止する。腫脹と疼痛が充分とれた時点で今度は温湿布にかえ、入浴を行ない、局部を暖めてマッサージを行なってしこりを取り除いていく。

### h) 耳の損傷

柔道練習中に奥襟を握られ、腕で強く摩擦されたり、固め技でも同様のことがしばしばみられる。これは皮下に出血をきたし腫れを生じたもので、同時に炎症を伴い強い疼痛がある。特に、柔道、ラグビーを経験した者はこの疼痛に一度は悩まされたはずである。

#### 処置<sup>(4)</sup>

血液を吸収させるか、積極的に抜きとることがよい。血液を吸収させるためには、ヒルドイド軟膏の湿布、あるいは、温湿布、冷湿布を交互に行なう。また注射器によって穿刺、排出させる方法がよい。

## i) その他の障害について

前項までの障害は柔道をやっていく上で避けられないといってもよいであろう。その他の障害としては、まず頭部における損傷で、脳震盪症、脳挫傷、頸部損傷がある。やはり数少ない障害であるとはいえるが最も重要な障害である。次に胸部と腹部における損傷であるが、これらの損傷も内部的にショックを与えることがあり、肺、心臓、大血管に大きく影響を与えるといえる。

以上のように種々の障害を上げてきたが、これら他にも身体各部位にさまざまな障害があると考えられる。

## 4. ま と め

スポーツを行なう上において、障害の危険からは避けられないものであるといえる。

外傷の覚えもなく、しかもスポーツをやっているうちに何らかの身体的故障が起きることがよくある。これもやはり障害であるといえる。柔道というスポーツで圧倒的に障害の数が多いということ、またその障害の程度も強度で生命的にも軽視できない。なぜこのように柔道による障害が多いのか、指導にあたる者には重要なことである。第一に考えられるのが練習である。ただ練習を漠然とやっけてはなんの効果もなく、かえって障害の誘因になりかねない。そこで計画的な練習を考えてみると、まずは、ウォームアップであるがここで欠くことのできないのが柔道の基本である受身である。受身一つにしても、後方受身、横受身、前方回転受身へと段階をおいて行なわなければならない。続いて打込練習、かかり練習、約束練習、自由練習、試合練習へと入っていく。このような方法がやはり効果もあり身体的にも同調しやすいといえる。

試合中心、目標を試合に向けて行なうということが現在の学校クラブ活動においてうかがえる。こうなってくると、勝つためにはという考えからおのずと姿勢も乱れて変形姿勢からの攻撃がめだってくる。やはり姿勢が正しくなければ攻撃力も低下し、逆に障害の誘因になってしまう。基本の姿勢である「自然体」はわすれてはならないといえる。

現在、実際に障害は次々に起こっている。その程度が弱いにしろ強いにしろなくしていかなければならないものである。また、起こった場合でも、専門医に見せるのが最っともよい処置ではあるが、条件が悪い場合などを考え、応急処置法は自分自身のものにしておきたいし、また、自分自身のものにしておかなければならない。

以上のようにまとめてみた障害の原因と処置も実際の

場合のためにも把握しておくことはたいせつである。

## 注

- (1) 小谷澄之：図解コーチ、柔道、成美堂、P 9～8 (1977),
- (2) 村山輝志：新体育学講座、柔道管理学、道院書院、(1977), P 199.
- (3) 同 上
- (4) 同 上
- (5) 小野俊郎：、黒田善雄、鈴木克也、高沢晴夫：スポーツ科学講座7、スポーツと健康管理、大修館書店、(1976), P 38.
- (6) 同 上, P 41.
- (7) 同 上, P 42.
- (8) 村山輝志：新体育学講座、柔道管理学、道院書院 (1975), P 232.
- (9) 同 上, P 225.
- (10) 同 上, P 220.
- (11) 同 上, P 209.
- (12) 同 上, P 208.
- (13) 同 上, P 208.
- (14) 同 上, P 207.
- (15) 同 上, P 233.
- (16) 松本芳三：柔道のコーチング、大修館書店、(1975), P 220.

## 文 献

- ・小谷澄之：図解コーチ柔道、成美堂、(1977)
- ・村山輝志：新体育学講座、柔道管理学、道院書院、(1975)
- ・松本芳三：柔道のコーチング、大修館書店、(1975)
- ・小野俊郎、黒田善雄、鈴木克也、高沢晴夫：スポーツ科学講座7、スポーツと健康管理、大修館書店、(1976)
- ・木村邦彦：現代保健体育学大系18、人体解剖学、大修館書店、(1973)
- ・川村禎三：柔道のトレーニング法、ベースボールマガジン社、(1975)
- ・橋元 親：写真でみる柔道の形、大修館書店、(1974)



# 運動部所属学生の体力・運動能力について

— 本校学生を中心に —

中 和 田 武

## A Study On the Physical Fitness and Motor Ability of the Members of the Sports Clubs of Our College Takeshi NAKAWADA

本校における運動部所属学生の体力・運動能力は、非運動部学生よりもすぐれ、全国の同年令者よりもはるかにすぐれているとの仮説の基に、それを立証するため、運動部所属学生と非運動部学生、および全国の同年令者を比較検討し、運動部所属学生の体力・運動能力の現状を把握しようとした。

その結果、体格では、15才で運動部所属学生、非運動部学生とも全国平均より劣っている以外にほとんど差はみられず、運動部所属学生だからといって体格にすぐれた傾向は見られなかった。体力では、運動部所属学生は、各年令とも反復横とび、踏み台昇降運動において非運動部学生よりすぐれている。また全国よりすぐれていたのは柔軟性（立位体前屈）と敏しょう性（反復横とび）であり、持久性（踏み台昇降運動）は加齢に伴って全国を上まわっている。その反面、柔軟性（伏臥上体そらし）と瞬発力（垂直とび）においては、かなりの差で運動部所属学生が劣っている。運動能力では、運動部所属学生はすべての項目で非運動部学生よりもすぐれ、なかでも17、18才は総合的にすぐれている。また持久走は各年令において大巾に運動部所属学生がすぐれている。全国と比べると、運動部所属学生はハンドボール投げにおいて、各年令ともすぐれ、持久走、懸垂腕屈伸、50m走は加齢に伴って向上がみられるが、逆に走り幅とびでは低下の傾向にある。全体的にみて、運動部所属学生は、18才を除き体力・運動能力とも加齢に伴ない向上がみられ、スポーツ活動による好ましい結果が現われている。しかし、全国を上まわっていたのは17才のみであった。入学時の質・量的な面でのハンディは5カ年を経過しても解消されず、特に体力においては依然として全国より劣位にあり、本校においては、運動部所属学生で、やっと全国レベルに位置する低い現状である。

### 緒 言

スポーツ活動の実践が、実施者の体力・運動能力の向上に好ましい影響をおよぼしていることは確かである。1970年に出版された「国民体力の現状」（松島茂善編：第一法規、1970年）に、スポーツの経験別にみた体力・運動能力についての報告があるが、スポーツ団体に所属している者の体力・運動能力は、すべての面で所属していない人よりすぐれ、スポーツ経験の長い者ほど体力・運動能力は、すぐれ、運動を実施している者の体力・運動能力は、実施していない者よりすべての面ですぐれた傾向にあることを明らかにしている。また文部省の昭和51年度体力・運動能力調査報告においても、日常生活における運動の実施、非実施による一般成人の体力も、運動

をするしないにより大きな体力差が現われており、男子では運動実施者と非実施者の間にほぼ10才程度の体力差が認められている。このように体力・運動能力は、年令には関係なく、スポーツの経験が豊かなものほどすぐれた傾向にあることがわかる。

そこで本研究は、本校の運動部所属学生が運動経験を通し、非運動部学生よりも体力・運動能力がすぐれ、同年令の全国平均値よりもはるかにすぐれているとの仮説を立て、運動部所属学生と非運動部学生および全国を比較検討し、その中で運動部所属学生の体力・運動能力の現状をとらえ、今後におけるスポーツ活動推進の基礎的データとして活用することを目的とした。

### 研究 方法

1. 測定時期

1976年4月中旬～5月上旬にかけて測定を実施した。

2. 調査対象

本校学生で全15項目を測定できた運動部所属学生および非運動部学生の男子を対象とした。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
運動部	62	58	28	40	18
非運動部	75	52	79	80	72

年齢の算定は4月1日現在の満年齢による。

3. 測定項目

測定項目は体格・体力・運動能力の3領域より以下の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 (踏み台昇降運動)
- 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 全身持久力——持久走 (1500m)

4. 測定方法

体格の3項目は4月の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」の実施要領に従って実施した。

5. 比較の対象

本校非運動部学生および全国全日制高校(15～17才) 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, すべて本校電算機室メルコン9100 30F型コンピューターによって行なった。

表一 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)	全 国 非運動部 運動部	685,223 75 62	166.3 165.5 167.0	..... 6.91 6.29	675,449 52 58	168.1 169.5 169.4	..... 5.00 5.80	662,615 79 28	169.1 169.5 168.6	..... 5.66 6.29	..... 80 40	168.6 169.0 169.9	..... 5.74 6.15	..... 72 18
体重 (kg)	全 国 非運動部 運動部	684,721 75 62	55.8 54.3 55.2	..... 8.80 7.93	675,907 52 58	58.0 59.5 58.0	..... 7.16 6.45	662,336 79 28	59.4 60.2 60.5	..... 7.43 6.96	..... 80 40	59.7 60.5 61.2	..... 9.12 7.66	..... 72 18	59.7 60.0 60.9	..... 6.83 4.73
胸 囲 (cm)	全 国 非運動部 運動部	684,601 75 62	82.4 80.9 81.8	..... 6.20 6.04	675,351 52 58	84.2 83.9 83.1	..... 4.99 4.62	662,334 79 28	85.6 84.8 85.1	..... 4.52 4.37	..... 80 40	86.7 85.0 86.9	..... 5.66 5.25	..... 72 18	87.0 87.2 87.4	..... 4.25 4.41

表一 2 体格における全国・非運動部と運動部の平均値の有意差検定

項目	区分	15才			16才			17才			18才			19才			
		有 意 性	Dm	t	有 意 性	Dm	t	有 意 性	Dm	t	有 意 性	Dm	t	有 意 性	Dm	t	有 意 性
		身長	全 国 非運動部	0.7 1.5	0.876 1.301		1.3 -0.1	1.705 0.106		-0.5 -0.9	0.420 0.681		1.3 0.9	1.335 0.738		-1.4 -2.5	0.952 1.494
体重	全 国 非運動部	-0.6 0.9	0.596 0.649		0 -1.5	0 1.164		1.1 0.3	0.836 0.134		1.5 0.7	1.237 0.435		1.2 0.9	1.075 0.662		
胸 囲	全 国 非運動部	-0.6 0.9	0.782 0.877		-1.1 -0.8	1.811 0.859		-0.5 0.3	0.605 0.309		0.2 1.9	0.240 1.773		0.4 0.2	0.384 0.182		

(注) 表中平均値差がマイナスになっているのは運動部所属学生が劣ることを示す。  
 Δは5%水準で、ΔΔは1%水準で有意差があることを示す。空欄は有意性がないことを示す。



結果と考察

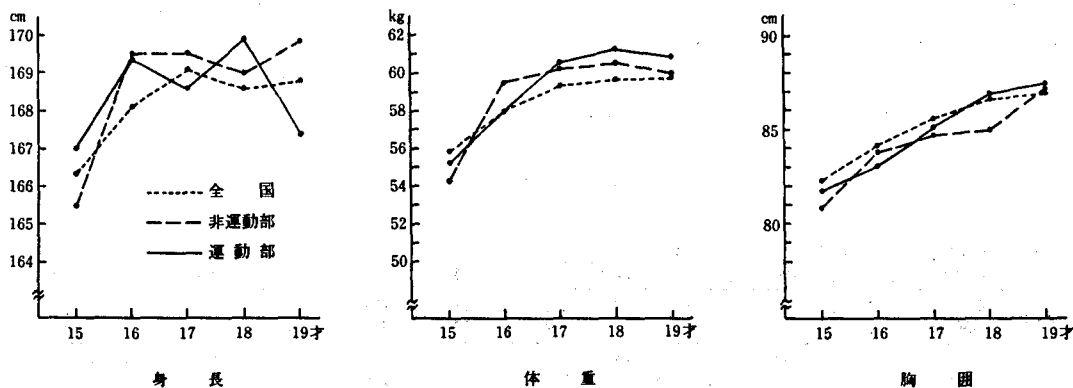
1. 体格について

身長、体重、胸囲について、年齢別に平均値と標準偏差を求めると表一の通りであり、それをグラフで表わしたのが図一である。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。その結果は表二の如くである。

運動部所属学生（以下「運動部」という）と非運動部

学生（以下「非運動部」という）を比較すると、身長は平均値で15、18才において運動部がすぐれており、16、17、19才は劣っている。体重、胸囲は平均値で15、17、18、19才において運動部がすぐれ、16才は劣っている。しかし有意な差は認められなかった。

運動部と全国全日制高校および全国高専（以下「全国」という）と比較すると、身長は平均値で16、18才がややすぐれ、19才は劣っている。体重は15才でやや劣っている以外は全国を上まわっている。胸囲は15、16、17才ともやや劣り、18、19才では平均値でややすぐれている。



図一 体格の項目別平均値の比較

表一 3 体力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
反復横とび (点)	全国高校	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
	非運動部	75	42.8	3.32	52	47.3	3.71	79	47.2	3.56	80	48.5	4.09	72	49.8	2.86
	運動部	62	44.1	3.58	58	48.3	4.02	28	49.6	3.95	40	50.1	2.68	18	51.4	2.33
垂直とび (cm)	全国高校	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
	非運動部	75	56.8	9.05	52	57.2	6.93	79	57.6	6.44	80	58.2	7.27	72	58.0	5.62
	運動部	62	55.8	7.79	58	57.6	6.58	28	60.7	6.95	40	58.6	7.48	18	57.8	5.36
背筋力 (kg)	全国高校	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
	非運動部	75	82.7	22.10	52	101.4	18.29	79	102.8	20.21	80	104.9	21.48	72	112.2	25.37
	運動部	62	86.7	25.47	58	98.4	22.39	28	104.3	20.91	40	105.0	24.39	18	118.7	24.88
握力 (kg)	全国高校	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
	非運動部	75	40.1	5.38	52	43.0	5.20	79	43.5	4.63	80	44.7	5.31	72	44.7	4.59
	運動部	62	41.0	5.11	58	42.4	6.29	28	45.5	6.30	40	44.9	6.10	18	45.8	4.20
伏臥上体 そらし(cm)	全国高校	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
	非運動部	75	51.9	6.69	52	55.4	8.30	79	56.3	8.31	80	56.9	6.79	72	59.3	5.72
	運動部	62	52.4	6.23	58	57.8	7.28	28	58.2	7.89	40	55.9	7.52	18	58.6	8.33
立位体前屈 (cm)	全国高校	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
	非運動部	75	15.8	4.51	52	17.1	5.61	79	17.2	5.76	80	17.4	5.31	72	17.2	5.96
	運動部	62	14.8	5.11	58	17.7	5.53	28	17.8	6.64	40	17.6	4.85	18	17.8	4.26
踏み台昇降 運動(指数)	全国高校	569	64.6	12.10	515	65.9	12.75	587	66.1	13.24	476	63.3	11.35	487	63.7	11.99
	非運動部	75	58.7	9.74	52	55.3	6.73	79	59.5	9.68	80	59.2	11.42	72	56.4	7.86
	運動部	62	62.7	11.17	58	62.4	12.17	28	67.1	10.20	40	62.5	9.48	18	65.5	13.67

だが、全体には有意な差は認められなかった。

全体を通してみると、15才で運動部、非運動部とも全国平均値よりも劣っているが、それ以外の年齢においては運動部と非運動部、運動部と全国ともほとんど差はみられず、運動部だからといってすぐれた傾向はみられなかった。

2. 体力について

体力の7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-2である。項目ごとに平均値の差をT検定した結果は表-4の通りである。

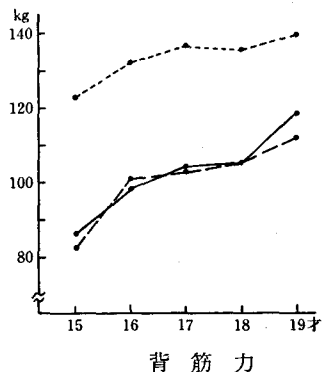
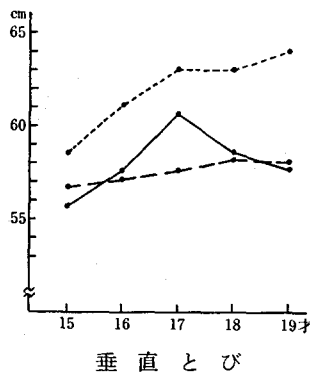
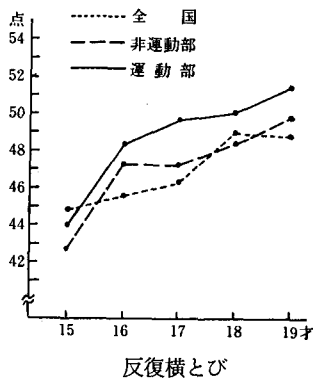
運動部と非運動部を比較すると、反復横とびは各年齢とも運動部がすぐれており17, 18才は1%水準, 15, 19才は5%水準の有意差が認められた。垂直とびは17才で

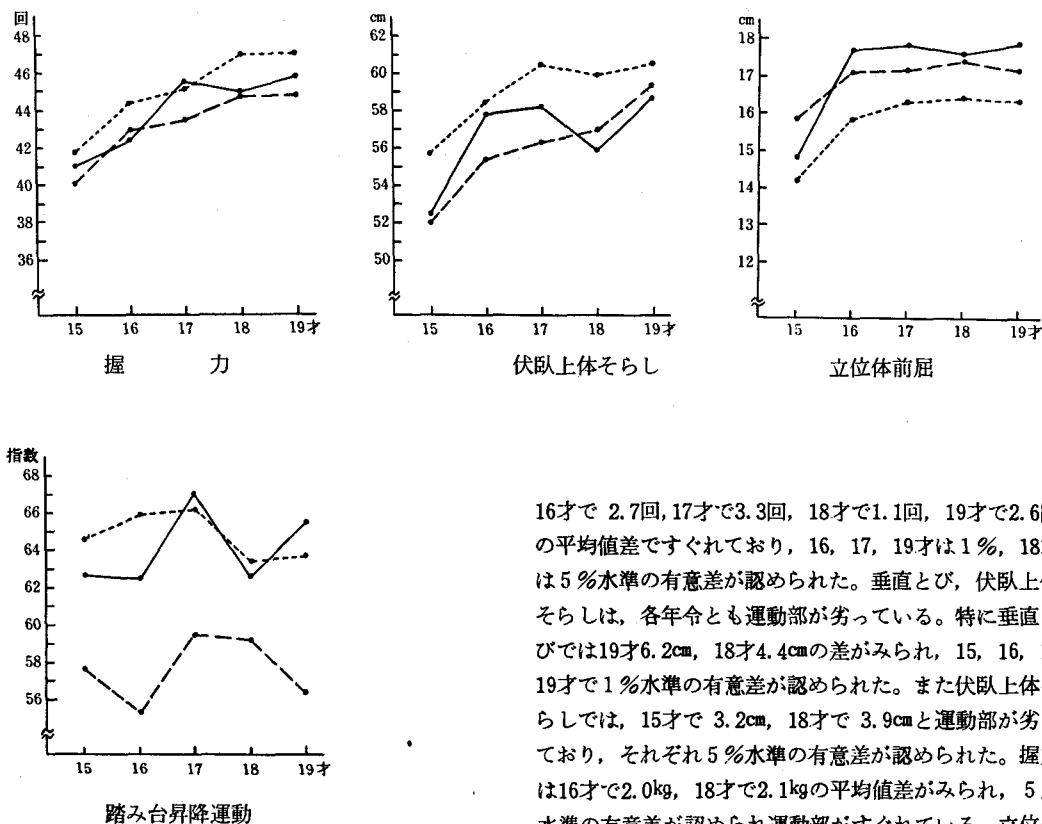
平均値差3.1cmで運動部がすぐれ、5%水準の有意差が認められた。その他の年齢では差は認められなかった。背筋力は各年齢において運動部と非運動部で差はみられない。しかし、全国と比べた場合極端に大差が生じ運動部が劣っている。これは図-2から判断してもわかる通り、他の項目の差に比して全国平均とあまりにもかけはなれており、信頼できる測定値ではないように思われる。そこで、以後の考察より背筋力は除外する。握力は17才で平均値差2.0kg, 19才で1.2kgとやや運動部がすぐれており、その他は差はみられない。伏臥上体そらしは、15, 16, 17才の平均値でややすぐれ、18, 19才は劣っている。立位体前屈は平均値で15才が劣っている他は、運動部がすぐれている。踏み台昇降運動は各年齢とも運動部がすぐれており、特に16才7.0, 17才7.6, 19才9.1の平均値差がみられ16, 17, 19才はともに1%, 15才は

表-4 体力における全国・非運動部と運動部の平均値の有意差検定

項目	区分	15才			16才			17才			18才			19才		
		Dm	t	有意性	Dm	t	有意性	Dm	t	有意性	Dm	t	有意性	Dm	t	有意性
反復横とび	全国高校	-0.7	1.540		2.7	5.111	***	3.3	4.419	***	1.1	2.594	*	2.6	4.731	***
	非運動部	1.3	2.168	*	1.0	1.437		2.4	2.859	**	1.6	2.648	**	1.6	2.605	*
垂直とび	全国高校	-2.8	2.832	**	-3.5	4.047	**	-2.3	1.750		-4.4	3.717	**	-6.2	4.904	***
	非運動部	-1.0	0.674		0.4	0.309		3.1	2.053	*	0.4	0.236		-0.2	0.161	
背筋力	全国高校	-36.0	11.137	***	-33.9	11.522	***	-32.2	8.146	***	-30.6	7.929	***	-20.9	3.561	***
	非運動部	4.0	0.973		-3.0	0.764		1.5	0.329		0.1	0.013		6.5	0.998	
握力	全国高校	-0.8	1.233		-2.0	2.419	*	0.4	0.335		-2.1	2.175	*	-1.2	1.211	
	非運動部	0.9	0.945		-0.6	0.465		2.0	1.531		0.2	0.150		1.1	1.027	
伏臥上体そらし	全国高校	-3.2	4.047	**	-0.6	0.627		-2.2	1.475		-3.9	3.277	**	-1.9	0.967	
	非運動部	0.5	0.415		2.4	1.630		1.9	1.091		-1.0	0.736		-0.7	0.327	
立位体前屈	全国高校	0.6	0.925		1.9	2.614	*	1.5	1.195		1.2	1.563		1.5	1.492	
	非運動部	-1.0	1.261		0.6	0.507		0.6	0.446		0.2	0.216		0.6	0.464	
踏み台昇降運動	全国高校	-1.9	1.340		-3.5	2.188	*	1.0	0.518		-0.8	0.532		1.8	0.558	
	非運動部	4.0	2.243	*	7.1	3.802	***	7.6	3.432	***	3.3	1.680		9.1	2.714	***

(注) 表中平均値差がマイナスになっているのは運動部所属学生が劣ることを示す。  
 \*は5%水準で、\*\*は1%水準で有意差があることを示す。空欄は有意性がないことを示す。





図一 2 体力の項目別平均値の比較

5%水準で有意差が認められた。

運動部を全国と比較すると、反復横とびは15才を除き

16才で2.7回, 17才で3.3回, 18才で1.1回, 19才で2.6回の平均値差ですぐれており, 16, 17, 19才は1%, 18才は5%水準の有意差が認められた。垂直とび, 伏臥上体そらしは, 各年令とも運動部が劣っている。特に垂直とびでは19才6.2cm, 18才4.4cmの差がみられ, 15, 16, 18, 19才で1%水準の有意差が認められた。また伏臥上体そらしでは, 15才で3.2cm, 18才で3.9cmと運動部が劣っており, それぞれ5%水準の有意差が認められた。握力は16才で2.0kg, 18才で2.1kgの平均値差がみられ, 5%水準の有意差が認められ運動部がすぐれている。立位体前屈は平均値で各年令とも運動部がすぐれ, 16才では5%水準で有意差が認められた。踏み台昇降運動は, 19才を除いて運動部が劣っている。特に16才では平均値差3.5と劣っており, 5%水準の有意差が認められた。

全体を通してみると, 運動部は各年令とも反復横

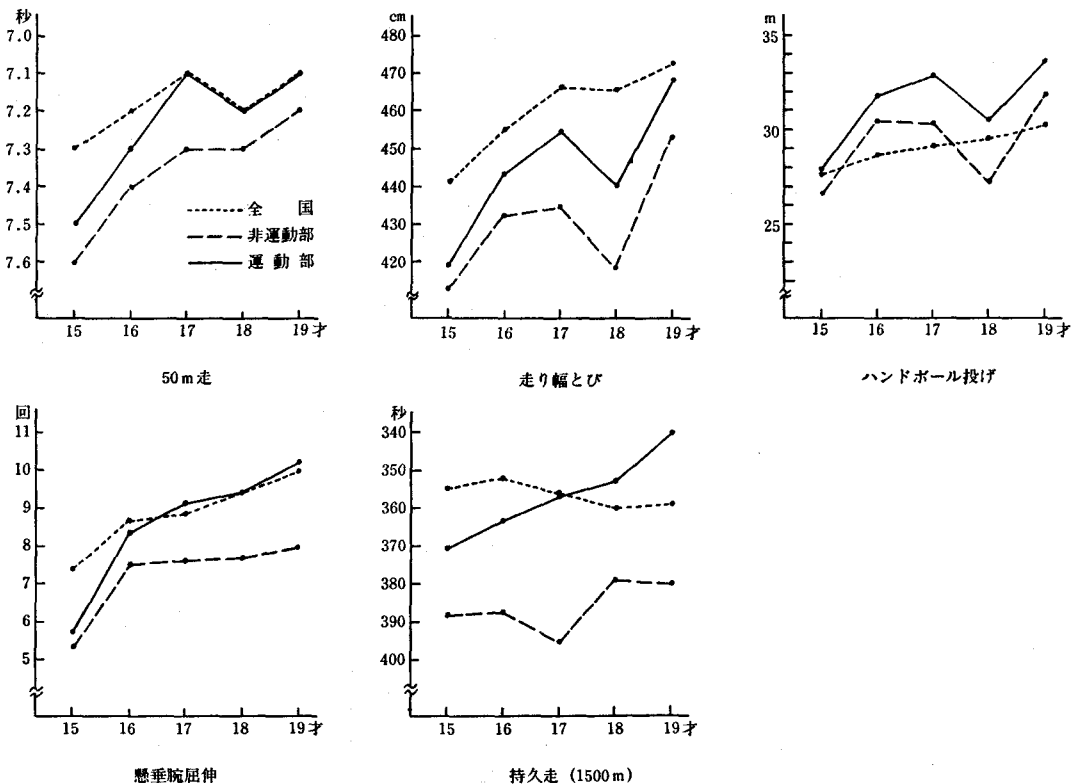
表一 5 運動能力の平均値と標準偏差

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
50cm走 (秒)	全国高校	568	7.3	0.50	514	7.2	0.46	587	7.1	0.40	476	7.2	0.30	487	7.1	0.29
	非運動部	75	7.6	0.52	52	7.4	0.37	79	7.3	0.42	80	7.3	0.36	72	7.2	0.29
	運動部	62	7.5	0.44	58	7.3	0.43	28	7.1	0.30	40	7.2	0.37	18	7.1	0.30
走り幅とび (cm)	全国高校	568	441.3	44.81	515	454.6	41.17	586	465.9	44.39	476	465.2	39.08	487	473.2	40.85
	非運動部	75	412.9	45.18	52	433.3	39.30	79	434.5	40.23	80	418.3	35.13	72	452.9	39.45
	運動部	62	418.8	39.03	58	443.3	40.51	28	454.7	34.30	40	440.2	38.08	18	467.7	29.12
ハンドボール投げ (m)	全国高校	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
	非運動部	75	26.6	4.78	52	30.5	4.86	79	30.3	5.01	80	27.2	3.87	72	31.8	4.41
	運動部	62	28.0	4.06	58	31.8	4.33	28	32.9	5.90	40	30.4	3.54	18	33.6	3.27
懸垂腕屈伸 (回)	全国高校	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
	非運動部	75	5.3	3.33	52	7.5	3.40	79	7.6	3.44	80	7.7	4.04	72	8.0	3.40
	運動部	62	5.7	3.48	58	8.4	3.86	28	9.1	3.77	40	9.4	3.03	18	10.2	3.59
持久走 (1500m) (秒)	全国高校	567	355.1	30.29	515	352.2	29.23	584	356.0	34.36	470	360.1	34.49	485	359.3	35.49
	非運動部	75	388.8	39.99	52	387.6	37.11	79	395.9	36.17	80	378.9	33.58	72	379.7	33.56
	運動部	62	370.6	34.15	58	363.6	42.02	28	357.4	32.92	40	352.9	32.84	18	340.3	34.57

表一六 運動能力における全国・非運動部と運動部の平均値の有意差検定

項目	区分	15才			16才			17才			18才			19才		
		DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性
50 m 走	全国高校	-0.2	3.581	***	-0.1	1.769		0	0		0	0		0	0	
	非運動部	0.1	0.857		0.1	1.182		0.2	2.968	***	0.1	1.815		0.1	1.151	
走り幅とび	全国高校	-22.5	4.542	***	-11.3	2.122	*	-11.2	1.727		-25.0	4.149	***	-5.5	0.800	
	非運動部	5.9	0.821		10.0	1.320		20.2	2.551	*	21.9	3.040	***	14.8	1.786	
ハンドボール投げ	全国高校	0.4	0.776		3.2	5.624	***	3.8	3.407	***	0.9	1.606		3.4	4.408	***
	非運動部	1.4	1.800		1.3	1.531		2.6	2.073	*	3.2	4.422	***	1.8	1.998	
懸垂腕屈伸	全国高校	-1.7	3.849	***	-0.3	0.591		0.3	0.420		0	0		0.2	0.236	
	非運動部	0.4	0.785		0.9	1.342		1.5	1.862		1.7	2.564	*	2.2	2.403	*
持久走 (1500 m)	全国高校	-15.5	3.576	***	-11.4	2.064	*	-1.4	0.224		7.2	1.385		19.0	2.330	*
	非運動部	18.2	2.880	***	24.0	3.172	***	38.5	5.179	***	26.0	4.061	***	39.4	4.351	***

(注) 表中平均値差がマイナスになっているのは運動部所属学生が劣ることを示す。  
 \*は5%水準で、\*\*\*は1%水準で有意差があることを示す。空欄は有意性がないことを示す。



図一三 運動能力の項目別平均値の比較

とび、踏み台昇降運動において非運動部よりすぐれている。また、運動部が全国よりすぐれているのは、反復横とび、立位体前屈であり、垂直とび、握力、伏臥上体そらしは全般的に劣っている。

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一五の通りであり、それを項目ごとにグラフに表わしたのが図一三である。項目ごとに平均値の差をT検定し表一六に示した。

運動部を非運動部と比較すると、各項目とも運動部が平均値ですぐれている。50m走では、17才で0.2秒の平均値差があり1%水準の有意差が認められた。走り幅とびでは、17才で20.2cm、18才で22.0cmの平均値差があり17才で5%、18才では1%水準の有意差が認められた。ハンドボール投げは、17才で2.6m、18才で3.1mの差ですぐれており、17才で5%、18才で1%水準の有意差が認められた。懸垂腕屈伸は、18才で1.7回、19才で2.3回の平均値差があり、18、19才とも5%水準の有意差がみられた。持久走は各年令とも大巾に運動部がすぐれており、各年令とも1%水準の有意差が認められた。

運動部と全国を比べてみると、50m走は15才で0.2秒16才で0.1秒の平均値差で運動部が劣っており、15才で1%水準の有意差が認められた。走り幅とびでは、各年令とも平均値で劣っている。特に15才22.5cm、18才25.0cm差で運動部が劣り、15、18才は1%、16才は5%水準の有意差が認められた。ハンドボール投げは、各年令とも運動部がすぐれている。特に16才3.2m、17才3.8m19才3.4mと平均値ですぐれ、16、17、19才において1%水準の有意差が認められた。懸垂腕屈伸は15才で1.7回差と運動部が劣っており、1%水準で有意差が認められたが、その他は差が認められなかった。持久走は、15才5.5秒、16才11.1秒の差で運動部が劣り、19才においてはじめて19.0秒差で運動部がすぐれている。15才で1%、16才、19才では5%水準の有意差が認められた。

全体を通してみると、運動部はすべての項目で非運動部よりもすぐれ、なかでも17、18才は総体的にすぐれているように思われる。また持久走は、各年令において運動部が大巾にすぐれている。全国とでは、ハンドボール投げが各年令においてすぐれ、走り幅とびは劣っている。また、15才は各項目において全国よりも低い傾向を示している。

4. Tスコア値による比較

図-4は、運動部と非運動部を全国と比較したものである。この図は全国平均を基準に算出したTスコア値であらわしている。実線で運動部をあらわし、点線で非運動部をあらわしている。全国平均は体力・運動能力とも50点の位置である。

体力についてみると、15才では運動部・非運動部とも立位体前屈が全国より優位にあり、その他は劣位にある。16才では運動部、非運動部とも反復横とび、立位体前屈が優位にあり他は劣位にある。特に非運動部が垂直とび5.3、踏み台昇降運動8.2、運動部が垂直とび4.7と大巾に劣っているのが目立つ、17才では運動部、非運動部とも反復横とび、立位体前屈において優位を示し、握力

は運動部のみすぐれている。その他はすべて劣位にあり、特に非運動部の垂直とび7.3、伏臥上体そらし10.1、踏み台昇降運動5.0と大巾に劣っている。18才では運動部、非運動部とも立位体前屈が優位にあり、反復横とびは運動部のみすぐれ、その他はすべて劣位にある。特に運動部の垂直とび6.2、伏臥上体そらし5.2、非運動部の垂直とび6.7と大巾に劣っている。19才では運動部、非運動部とも反復横とび、立位体前屈で優位にあり、踏み台昇降運動は運動部のみややすぐれ、それ以外は劣っている。特に運動部の垂直とび8.8、非運動部の垂直とび8.5踏み台昇降運動6.1と大巾に劣っているのが目立つ。

全体を通してみると、運動部、非運動部とも全国より柔軟性(立位体前屈)および敏しょう性(反復横とび)においてすぐれ、持久性(踏み台昇降運動)は加令ともない運動部が全国を上まわり、非運動部との差もあら

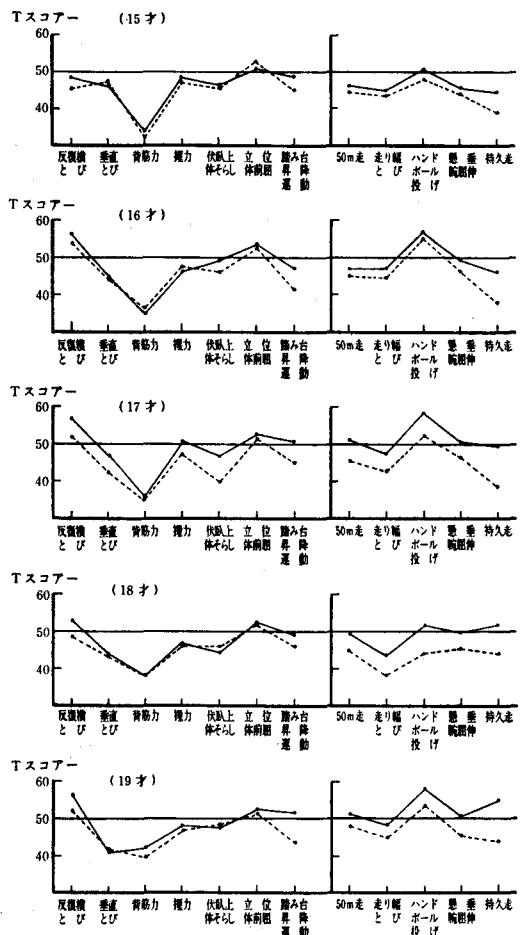


図-4 運動部・非運動部と全国の比較

われている。その反面、柔軟性（伏臥上体そらし）と瞬発力（垂直とび）においてはかなりの差がみられた。

運動能力について全国と比べてみると、15才では運動部のハンドボール投げで差がない他は、運動部・非運動部ともすべての項目で劣位にあり、特に非運動部の走り幅とびで 6.4、持久走で11.1と大巾に劣っている。16才ではハンドボール投げにおいて運動部は 7.0、非運動部は 5.2と優位にあるが、その他は劣位にある。特に非運動部の持久走で12.1差で劣っているのが目立つ。17才では運動部が走り幅とびでやや劣っている他は優位にあり、特にハンドボール投げは 8.4差で大巾にすぐれている。非運動部はハンドボール投げでややすぐれている以外は劣位にある。特に持久走で11.6、走り幅とびで 7.1と劣っている。18才では運動部が走り幅とびで 6.4と劣っている他はやや優位にある。非運動部は全項目で劣位にあり、特に走り幅とびでは11.9差で劣っている。19才では運動部が走り幅とびで 1.4とわずかに劣っている以外は優位にある。特にハンドボール投げ 8.2、持久走 5.3とすぐれている。非運動部はハンドボールですぐれている他はすべて劣位にある。

全体を通してみると、非運動部は、16、17、19才のハンドボール投げにおいて、全国よりもすぐれている以外各項目とも劣っている。運動部は、ハンドボール投げにおいて各年齢とも全国よりすぐれ、持久走、懸垂腕屈

伸、50m走は加齢に伴ない向上し、走り幅とびは逆に低下の傾向を示している。

### 5. 体力・運動能力のトータルな比較

次に、総合的な面から体力と運動能力のバランスについてみたのが図-5である。縦軸に体力、横軸に運動能力をあらわしている。この数値は体力・運動能力における各項目のTスコア値（図-4）をトータルし、平均した値である。実線で運動部をあらわし、破線で非運動部を、点線で全国平均をあらわしている。全国平均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。

15才は、体力・運動能力において運動部、非運動部とも劣っている。特に運動部は運動能力で 3.6、非運動部は 6.1と劣っている。また運動部と非運動部では、運動能力で運動部が 2.5とすぐれ、体力では差がみられない。16才は、全国と比べて非運動部は15才同様劣っているが、運動部はほとんど差がみられない。運動部と非運動部では、運動能力で運動部が 3.3とすぐれ、体力では 2.0とすぐれている。17才は、非運動部が体力・運動能力とも大巾に全国よりも劣っているが、運動部は体力で 1.0、運動能力で1.5と全国を上まわっている。運動部と非運動部では、運動能力で6.2、体力で4.4と非運動部が劣り、この差は他の年齢にはみられない大巾なものであ

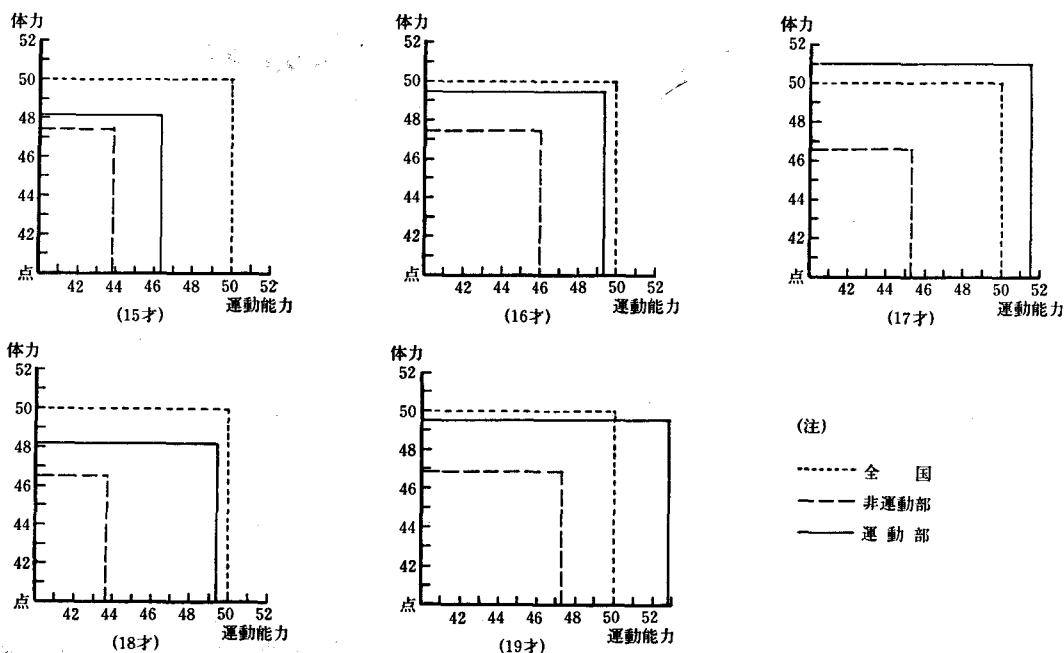


図-5 全国と運動部、非運動部を体力・運動能力面より比較

る。18才は、運動部、非運動部とも劣っている。特に非運動部は、運動能力で 6.4、体力で 3.4と大巾に劣り、15才非運動部と同一のタイプを示している。運動部は体力で 1.8の差がみられ、運動能力においては差はみられない。運動部と非運動部では、体力で 1.6、運動能力で 5.8と非運動部が大巾に劣っている。19才は、非運動部が劣っているが、運動部は体力において差はなく、運動能力においては 2.8とすぐれている。また運動部と非運動部では、体力で 2.6、運動能力で 5.5と運動部がすぐれている。

全体を通してみると、運動部の体力は、15、18才でやや劣っているが、その他の年齢では全国レベルに近く、17才では全国を上まわっている。運動能力は15才で大巾に劣り、16、18才は全国に近く、17、19才では大巾に上まわっている。全体的にみて運動部は、体力・運動能力とも加齢にともない向上がみられたが、全国を上まわっていたのは17才のみであった。また非運動部は、体力・運動能力とも加齢に伴う向上はほとんどみられず、全国よりはるかに低い位置である。

## 要 約

本校における15才の運動部所属学生は、これまでのスポーツ経験が0～3カ年の者であり、スポーツ経験の浅いことが全国値を下まわる結果となってあらわれているように思われる。この点からみて本校におけるスポーツ活動は、スタート地点(中学レベルの体力差による)で、高度のスポーツ技能を習得する上での潜在的能力となっている基礎的運動要因、基礎的運動能力が大巾に劣っており、大きなハンディをもちつつ展開されているように思われる。16、17才の運動部所属学生は、スポーツ経験1年後の伸びが最も大きいとされている定説通り、本校においてもその傾向があらわれ、大巾な基礎的体力の向上がみられ、17才では全国値を完全に上まわっている。これは、各運動部における基礎体力トレーニングやスポーツ技能学習の実績として認めることができよう。特に非運動部の結果と比べてもわかる通り、入学後2カ年の経験による向上はすばらしい結果としてあらわれ、17才ではスタート点での遅れを取りもどすまでに至っている。しかし、15～19才にかけて順次向上がみられるなかで、18才において全国値を下まわる結果が出ており、この落込みは見逃すことのできない問題である。この落込みの原因として考えられることは、これまでスポーツ活動に専念してきた者達が、17才後半頃からスポーツへの関心が薄れ、興味が他へ向けられ、享楽的方向へと走る傾向によるトレーニング不足がその一因として考えられよう。

19才の運動部所属学生は、最低5カ年のスポーツ経験を積んだ者ばかりで、本当にスポーツを愛好する者だけが残っている傾向がみられ、その結果として運動能力のすばらしい向上がみられたと思われる。

以上のごとく、本校における運動部所属学生の体力・運動能力の現状について、仮説通り各年齢において全国値をはるかに凌ぐ結果を期待し検討してきたが、その結果は、18才を除き15、16、17、19才にかけて順調な向上がみられ、スポーツ活動による好ましい結果が、僅かではあるがみられた。しかしながら、質的な面でのハンディは5カ年を経過しても解消されることはなく、体力においては依然として全国より劣位にあり、運動部所属学生においてやっと全国レベルに位置する結果に終わったことは大いに反省せざるを得ない。

このことは、各クラブ活動の成績にも直接はねかえる問題であり、本校のクラブ活動の成績が全国レベルに到達しえない原因の一つが、ここにもあるのではないだろうか。また毎日のスポーツ活動自体は、ハードな体力トレーニングを避けて、目先のスポーツ技能(カッコよさ)の向上に向けられていることも、大きな原因になっているように思われる。スポーツ技能や基礎的運動能力、基礎的運動要因は、お互いに相互作用によって強化され高められるものである。しかし本校においては、スポーツ→技能→基礎的運動能力→基礎的運動要因という作用を中心としたスポーツ活動が主となっており、逆作用の活動が少ないように思われる。スポーツにおいて、ハイテクニックをこなすためには、それ相当の体力が要求される。そこで、われわれはこのことを再確認し、もっと基礎体力の養成にウエイトをおいたトレーニングに積極的に取り組む意識を高め、そのための方向づけをしなければならぬと思われる。このことこそ、今後の本校におけるスポーツ活動発展の課題であろう。

## 謝 辞

本研究をすすめるに当り、調査項目の測定や資料の整理に終始ご協力いただきました本校秋山竹雄教授、中西茂己助手、ならびにコンピューターのプログラム作成に終始ご懇切なご指導をいただきました本校田中富士男教授に対し、深く感謝いたします。

## 文 献

- 岡田泰榮：統計，共立出版社，(1968)。
- 浅井晃，村上正康(共訳)：初等統計学，培風館，(1968)。

- 松井三雄, 水野忠文, 江橋慎四郎: 体育測定法, 体育の科学社, (1969).
- 朝比奈一男, 猪飼道夫, 石河利寛: スポーツと体力, 大修館書店, (1965).
- 松島茂善(編): 国民体力の現状, 第一法規, (1970).
- 和泉貞男: 体力統計, 道和書院, (1976).
- 日丸哲也, 永田晟: 体力統計法, 遙道書院, (1968)
- 文部省: 学校保健統計調査報告書(昭和51年度).
- 文部省: 昭和51年度, 体力・運動能力調査報告.
- 奈良県: 昭和51年度, 学校保健統計調査.
- 奈良県: 昭和51年度, 児童生徒体力運動能力調査.
- 柳川覚治(監修): スポーツテスト, 第一法規, (1978)



# 本校学生の体格・体力・運動能力の現状把握

中 和 田 武

## A Survey of the Present Conditions of the Physique, Physical Fitness and Motor Ability of Our College Students.

Takeshi NAKAWADA

本校学生の体格・体力・運動能力が、全国的にどの程度のレベルに位置し、3領域のトータルバランスはどのような状況にあるのか、また身体のゆがみがどのような現象として現われているのかを明らかにするため、本校学生と全国および奈良県の同年令者を比較検討した。その結果、体格は各年令とも全国、奈良県と優劣つけがたい。しかし19才を除き胸囲が全国レベルより劣位にあるのは問題である。体力・運動能力においては、全国に比べ各年令とも劣位にあり、特に15, 17, 18才の運動能力の劣っているのが目立つ。また16, 17才では奈良県より運動能力ですぐれている。全般的には、体格と体力・運動能力にアンバランスな傾向がみられた。本校の体力・運動能力の特徴は、全国に比べて敏しよう性、柔軟性（立位体前屈）、投能力においてすぐれているが、筋持久力、静的筋力、柔軟性（伏臥上体そらし）、スピードが全国レベルよりやや劣り、それらに関連する動的筋力、特に瞬発力、呼吸循環機能が大中に劣っている。

### 緒 言

近年、わが国における青少年の体力は、体力・運動能力調査が報告されるたびに、年々向上している体格に比して、それに伴った体力の不足が指摘され大きな社会問題となっている。しかしながら、このことは、一概に、体格は向上、体力はそれに比例して向上していないと一言でかたづけるとよい問題であるかどうかは疑問である。

文部省の昭和51年度における学校保健統計調査報告書によると、身長、体重は年々伸びているが、胸囲は停滞ないし、年令によっては低下の傾向を示している。また文部省の昭和51年度における体力・運動能力調査報告書によると、全体的には体力・運動能力ともやや向上してきてはいるが、個々の要素を分析すると、走力や跳力、瞬発力、敏しよう性などの向上にもかかわらず、筋力面は10年前よりも目立って低下し、特に背筋力の低下が目立つ。また懸垂力も低下ないし停滞し、柔軟性（立位体前屈）の記録低下は全年令にわたり、極めて特異な傾向を示している。すなわち、体格・体力・運動能力をトータルな面から見ると、全体的には年々向上し、各領

域とも個々の要素で向上ないし低下の現象が現われ、そこには大きな問題がはらんでいるように思われる。これは、ただ単に体力不足として片付けられない問題でもある。

このような現代青少年の体力不足、あるいは低下、低滞を「身体のゆがみ」として受けとめている正木（正木健雄：講座「日本教育」3，新日本出版社，1976）は、5年ごとの文部省スポーツテストのデータを基に、全日制高校生（15才）の体力・運動能力の推移について、各要素別に新しい試みによる分析を行っている。その結果、彼は向上している内容として垂直とび、握力、伏臥上体そらし、走り幅とび、持久走を、低下している内容として背筋力、立位体前屈、ハンドボール投げ、懸垂腕屈伸をあげ、この現象を体力不足として片付けることの矛盾を指摘し、それを身体の変化像として把握している。

このことから、現代青少年の体格・体力・運動能力は「体格が大きくなったが、体力がない」と簡単に指摘できる問題ではなく、3領域ともその中で、向上している要素もあり、停滞、低下している要素もあり、アンバランスな発育発達状況にあるとみるのが妥当であろう。

そこでわれわれは、このような全国状況の中で、本校

学生の体格・体力・運動能力が、全国的にどの程度のレベルに到達しており、3領域のトータルバランスはどうなっているのか、また身体のゆがみがどのような現象として現われているのかを明らかにし、それを学生の体力意識向上の基礎的データとして活用するため、3領域の現状把握を試みた。

研究 方 法

1. 測定時間  
1976年4月中旬～5月初旬に測定を実施した。
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、1年(15才)138名、2年(16才)110名、3年(17才)107名、4年(18才)120名、5年(19才)90名である。年令の算定は4月1日現在満年令による。
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敏しように性—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—踏み台昇降運動
    - 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—懸垂屈伸
    - ⑤全身持久力—持久走(1500m走)

4. 測定方法  
体格の3項目は、定期健康診断(4月)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」の実施要項に従って実施した。
5. 比較対象  
本校学生の体格・体力・運動能力の現状を把握するため、全国および地域レベルと比較検討した。  
体格については、文部省の昭和51年度学校保健統計報告書ならびに昭和51年度奈良県教委の学校保健統計調査を利用し、15～17才までは全国高校昼間男子生徒、奈良県高校男子生徒の各平均値と、18, 19才は昭和49年度全国平均値と比較した。体力・運動能力については、文部省の昭和51年度体力・運動能力調査報告書ならびに昭和51年度奈良県児童生徒体力運動能力調査を利用し、15～17才までは全日制高校男子生徒の平均値を、18, 19才は全国高専生、全国大学生の平均値を基準にして比較検討した。
6. 計算処理方法  
平均値、標準偏差、その他の算出は、すべて本校電算機室メルコン30F型コンピューターによって行った。

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、それらをグラフに表したのが図-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-2の如くである。  
全国平均値と比較すると、身長、体重は15才で本校が劣っているが、16～19才では僅かにすぐれている。特に16才の身長においては5%水準で有意差が認められた。胸囲は19才で本校が僅かにすぐれているが15～18才まで

表-1 体格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	
身 長 (cm)	全 国	685,223	166.3	.....	675,449	168.1	.....	662,615	169.1	.....	全 国	.....	168.6	.....	.....	168.8	.....
	奈 良 県 高 校	3,145	166.7	.....	2,972	168.5	.....	2,708	169.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	本 校	138	166.1	6.66	110	169.4	5.41	107	169.3	5.82	本 校	120	169.3	5.87	90	169.4	6.33
体 重 (kg)	全 国	684,721	55.8	.....	675,907	58.0	.....	662,336	59.4	.....	全 国	.....	59.7	.....	.....	59.7	.....
	奈 良 県 高 校	3,147	56.0	.....	2,928	58.1	.....	2,710	59.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	本 校	138	54.7	8.41	110	58.7	6.81	107	60.3	7.28	本 校	120	60.7	8.64	90	60.2	6.45
胸 囲 (cm)	全 国	684,601	82.4	.....	675,551	84.2	.....	662,334	85.6	.....	全 国	.....	86.7	.....	.....	87.0	.....
	奈 良 県 高 校	3,149	81.6	.....	2,926	82.3	.....	2,712	84.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	本 校	138	81.3	6.11	110	83.4	4.79	107	84.9	4.46	本 校	120	85.6	5.57	90	87.3	4.26

表一 2 体格における全国・県と本校の平均値の有意差検定

項目	区分	15才			16才			17才			18才			19才			
		DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	
身長	全国	-0.2	0.352		1.3	2.520	Ⅱ	0.2	0.355		全国	0.7	1.305		0.6	0.899	
	奈良県高校	-0.6	1.058		0.9	1.745		-0.3	0.532								
体重	全国	-1.1	1.536		0.7	1.078		0.9	1.278		全国	1.0	1.267		0.5	0.735	
	奈良県高校	-1.3	1.816		0.6	0.924		0.9	1.278								
胸囲	全国	-1.1	2.115	Ⅱ	-0.8	1.751		-0.7	1.622		全国	-1.1	2.162	Ⅱ	0.3	0.668	
	奈良県高校	-0.3	0.576		1.1	2.408	Ⅱ	0.1	0.231								

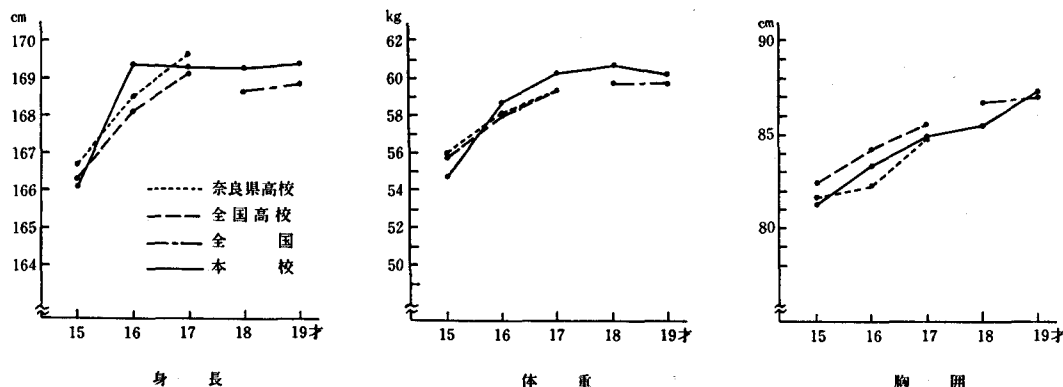
(注) 表中平均値差がマイナスになっているのは本校学生が劣ることを示す。  
Ⅱは5%水準で、Ⅰは1%水準で有意差があることを示す。空欄は有意差がないことを示す。

は劣っており、15、18才において5%水準で有意差が認められた。

奈良県(以下「県」という)と比較すると、平均値で身長は15、17才で劣り、16才では僅かにすぐれている。体重、胸囲は15才で劣っているが16、17才では僅かにすぐれ、16才の胸囲で5%水準の有意差が認められた。

全体を通してみると、身長、体重、胸囲とも15才は全

国平均、県平均よりも劣位であるが、19才では優位な傾向を示しており、16~18才ではそれ程の差は認められなかった。ただし、胸囲において、19才を除き僅かではあるが全体に劣っている傾向がみられ、なかでも15才、18才で全国平均値と1.1cmの差があるのは見逃すことができない。



図一 1 体格の項目別平均値の比較

2. 体力について

体力の7項目についての測定結果は表一3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一2である。項目ごとに平均値の差をT検定した結果は表一4の通りである。

全国全日制高校・全国高専(以下「全国」という)と比較すると、反復横とびは、15才で劣っているが16~19才では1%水準で有意差が認められ本校がすぐれているようである。垂直とび、背筋力、握力、伏臥上体そらし踏み台昇降運動は各年令とも本校が劣っており、特に垂直とびでは16~19才で平均値差3.2~3.5cm、踏み台昇

降運動は16才で6.9、19才で5.5と大きな差がある。また背筋力が、各年令において26.1~38.4kgの平均値差で劣っているのは驚くばかりである。この背筋力は、他の項目に比べて優劣にあまりにも極端な差が生じたことから、これは信頼できる測定値ではないように思われる。しかしながら、加齢に伴ない若干たりとも向上していることは図一2の示す通り明日である。われわれは、これを測定の際の誤りによるものと判断し、以後の考察より背筋力を除外し、この大きな差異の真意を今後の研究によって究明したい。以上のうち、18才の反復横とび、19才の伏臥上体そらしには差は認められず、17才の握力は5%水準

表一 3 体力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	
反復横とび (点)	全国高校	568	44.8	4.75	514	45.6	4.29	586	46.3	4.70	全国高専	476	49.0	3.81	487	48.8	4.23
	奈良県高校	2,126	41.8	4.51	2,029	43.9	5.05	1,913	44.5	5.13	全国大学	729	45.5	4.57	644	45.5	4.51
	本 校	138	43.4	3.48	110	47.8	3.90	107	47.9	3.80	本 校	120	49.0	3.75	90	50.1	2.83
垂 直 と び (cm)	全国高校	568	58.6	7.71	514	61.1	7.48	586	63.0	7.38	全国高専	476	63.0	7.20	487	64.0	7.07
	奈良県高校	2,133	57.3	7.06	2,053	59.8	7.27	1,932	61.4	7.57	全国大学	723	60.1	7.42	643	60.4	6.99
	本 校	138	56.3	8.46	110	57.4	6.72	107	58.4	6.69	本 校	120	58.3	7.31	90	58.0	5.54
背 筋 力 (kg)	全国高校	568	122.7	22.16	514	132.3	22.60	586	136.5	22.50	全国高専	476	135.6	25.47	487	139.6	27.08
	奈良県高校	2,142	123.3	25.15	2,046	135.1	25.00	1,933	141.4	26.98	全国大学	730	123.9	20.69	646	129.1	22.75
	本 校	138	84.3	23.73	110	99.8	20.51	107	103.1	20.31	本 校	120	104.9	22.39	90	113.5	25.27
握 力 (kg)	全国高校	568	41.8	6.74	514	44.4	6.04	586	45.1	6.77	全国高専	476	47.0	5.90	487	47.0	7.18
	奈良県高校	2,147	41.7	6.35	2,057	44.8	6.46	1,941	46.0	6.33	全国大学	731	43.9	6.14	643	44.7	6.06
	本 校	138	40.5	5.24	110	42.6	5.78	107	44.1	5.16	本 校	120	44.8	5.56	90	44.9	4.52
伏臥上体そ らし (cm)	全国高校	567	55.6	8.30	514	58.4	7.79	586	60.4	7.08	全国高専	476	59.8	7.53	487	60.5	7.82
	奈良県高校	2,133	55.8	7.94	2,034	58.3	8.19	1,928	60.6	7.90	全国大学	722	58.2	7.44	638	58.6	7.46
	本 校	138	52.1	6.46	110	56.6	7.84	107	56.8	8.21	本 校	120	56.6	7.03	90	59.2	6.28
立位体前屈 (cm)	全国高校	568	14.2	5.36	512	15.8	5.28	585	16.3	5.12	全国高専	476	16.4	5.05	486	16.3	5.06
	奈良県高校	2,067	12.4	5.87	1,962	13.8	6.44	1,868	14.5	6.34	全国大学	726	15.1	5.37	645	15.3	5.22
	本 校	138	15.3	4.79	110	17.4	5.55	107	17.3	5.97	本 校	120	17.4	5.14	90	17.3	5.65
踏み台昇降 運動(指数)	全国高校	569	64.6	12.10	515	65.9	12.75	587	66.1	13.24	全国高専	476	63.3	11.35	487	63.7	11.99
	奈良県高校	2,023	63.8	12.48	1,872	66.6	13.48	1,786	64.4	13.34	全国大学	739	58.0	16.82	649	56.3	11.48
	本 校	138	60.5	10.56	110	59.0	10.55	107	61.5	10.33	本 校	120	60.3	10.89	90	58.2	9.92

表一 4 体力における全国・県と本校の平均値の有意差検定

項目	区分	15才			16才			17才			18才			19才			
		DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	DM	t	有意性	
反復横とび	全国高校	-1.4	4.727	***	2.2	5.917	***	1.6	4.353	***	全国高専	0	0		1.3	4.359	***
	奈良県高校	1.6	5.402	***	3.9	10.490	***	3.4	9.251	***	全国大学	3.5	10.22	***	4.6	15.425	***
	本 校																
垂 直 と び	全国高校	-2.3	3.194	***	-3.7	5.775	***	-4.6	7.109	***	全国高専	-4.7	7.040	***	-6.0	10.277	***
	奈良県高校	-1.0	1.388		-2.4	3.746	***	-3.0	4.636	***	全国大学	-1.8	2.696	***	-2.4	4.111	***
	本 校																
背 筋 力	全国高校	-38.4	19.013	***	-32.5	16.622	***	-33.4	17.000	***	全国高専	-30.7	15.010	***	-26.1	9.801	***
	奈良県高校	-39.0	19.310	***	-35.3	18.054	***	-38.3	19.498	***	全国大学	-19.0	9.292	***	-15.6	5.858	***
	本 校																
握 力	全国高校	-1.3	2.915	***	-1.8	3.266	***	-1.0	2.000	***	全国高専	-2.2	4.332	***	-2.1	4.409	***
	奈良県高校	-1.2	2.690	***	-2.2	3.992	***	-1.9	3.807	***	全国大学	0.9	1.772		0.2	0.419	
	本 校																
伏臥上体そ らし	全国高校	-3.5	6.366	***	-1.8	2.408	***	-3.6	4.533	***	全国高専	-3.2	4.984	***	-1.3	1.964	
	奈良県高校	-3.7	6.729	***	-1.7	2.274	***	-3.8	4.785	***	全国大学	-1.6	2.492	***	0.6	0.906	
	本 校																
立位体前屈	全国高校	1.1	2.698	***	1.6	3.024	***	1.0	1.731		全国高専	1.0	2.130	***	1.0	1.679	
	奈良県高校	2.9	7.113	***	3.6	6.804	***	2.8	4.849	***	全国大学	2.3	4.899	***	2.0	3.359	***
	本 校																
踏み台昇降 運動	全国高校	-4.1	4.562	***	-6.9	6.86	***	-4.6	4.604	***	全国高専	-3.0	3.016	***	-5.5	5.261	***
	奈良県高校	-3.3	3.671	***	-7.6	7.556	***	-2.9	2.902	***	全国大学	2.3	2.312	***	1.9	1.817	
	本 校																

(注) 表中平均値差がマイナスになっているのは、本校学生が劣ることを示す。  
 \*は5%水準で、\*\*は1%水準で有意差があることを示す。空欄は有意差のないことを示す。

で、その他のすべてにおいて1%水準で有意差が認められた。立位体前屈は各年令とも本校がすぐれており、15、16才は1%水準、18才は5%水準で有意差が認められた。

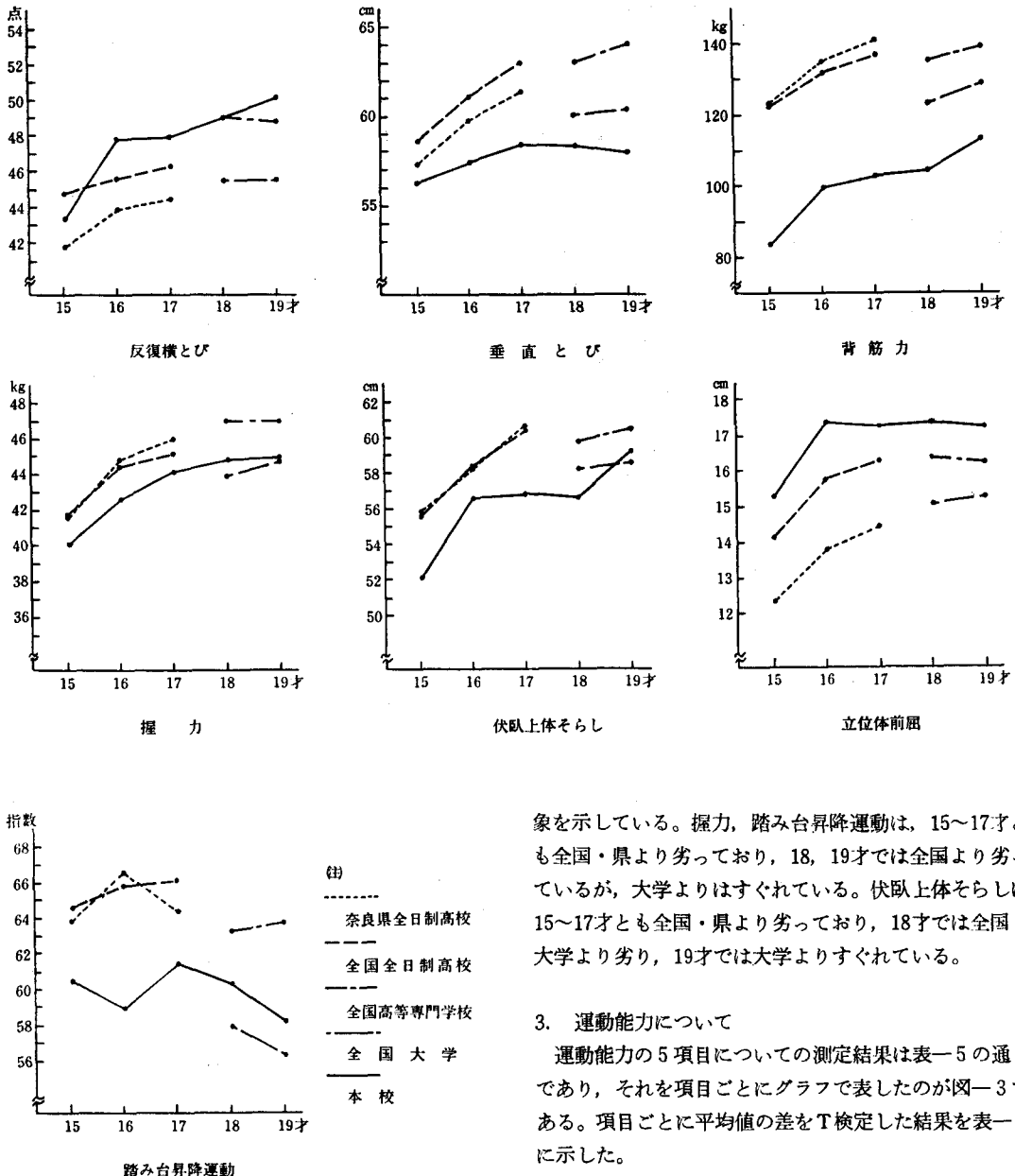
県および全国大学(以下「大学」という)と比較する

と、反復横とびは各年令とも本校がすぐれており、1%水準で有意な差が認められた。16、17才は平均値差3.9、3.4回で県を大きく上まわり、18、19才でも3.5、4.6回と大学を大きく上まわっている。垂直とびは各年令とも本校が劣っており、特に17才で3cmの平均値差がみられ

15才を除いて1%水準で有意差が認められた。握力は15~17才とも県よりも劣っており、1%水準の有意差が認められた。18, 19才では大学より平均値で僅かにすぐれている。伏臥上体そらしは15~18才において平均値で劣っており、19才ではややすぐれている。16, 18才は5%水準, 15, 17才は1%水準で有意差が認められた。立位体前屈は、各年令とも1%水準の有意差で本校がすぐれており、特に16才では平均値差3.6cmとすぐれている。

踏み台昇降運動は、15~17才で劣っており、18, 19才は大学よりもすぐれている。特に16才の平均値差7.6cmは大差である。18才は5%, 15~17才は1%水準で有意差が認められた。

全体を通してみると、反復横とびでは15才を除き、立位体前屈では各年令を通して本校が、全国・県・大学よりもすぐれている。垂直とびでは、各年令とも全国・県・大学よりも劣っており、17才をピークにあとは停滞現



図一 2 体力の項目別平均値の比較

象を示している。握力、踏み台昇降運動は、15~17才とも全国・県より劣っており、18, 19才では全国より劣っているが、大学よりはすぐれている。伏臥上体そらしは、15~17才とも全国・県より劣っており、18才では全国・大学より劣り、19才では大学よりすぐれている。

### 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一5の通りであり、それを項目ごとにグラフで表したのが図一3である。項目ごとに平均値の差をT検定した結果を表一6に示した。

全国と比較すると、50m走は15~18才において0.1~0.2秒差で本校が劣っており、17才は5%, 15, 16, 18

才は1%水準で有意差が認められた。走り幅とび、懸垂腕屈伸、持久走(1500m)は各年令とも劣っている。走り幅とびでは、平均値差16.0~39.6cm、懸垂腕屈伸では0.7~1.9回、持久走では10.9~29.8秒差で劣っており、15、17、18才の走り幅とび、15、19才の懸垂腕屈伸、15~17才の持久走の値は、まことに低いものである。15、16才の懸垂腕屈伸は5%水準で、それ以外のは1%水準の有意差が認められた。ハンドボール投げは、15才、18才とも本校が劣っており、16、17、19才では本校がすぐれている。特に16才の平均値差2.6mはすばらしい記録である。16~19才で1%水準の有意差が認められた。県・大学と比較すると、50m走は16、17、19才とも平

均値差0.1~0.2秒差で本校がすぐれ、1%水準で有意差が認められた。走り幅とびは15~18才で本校が劣っており、19才ではすぐれている。15、18才は1%、17才は5%水準で有意な差が認められた。懸垂腕屈伸は15才で僅かに劣っている以外、各年令とも本校がすぐれ、16才で5%、18、19才で1%水準の有意差が認められた。持久走は各年令とも本校が劣っており、特に15才で11.6秒と大きく劣っている。15才で1%、17才で5%水準の有意差が認められた。

全体を通してみると、50m走では各年令とも全国より劣位にあり、県・大学よりはすぐれた傾向を示している。走り幅とびでは、15~18才において全国・県・大学より

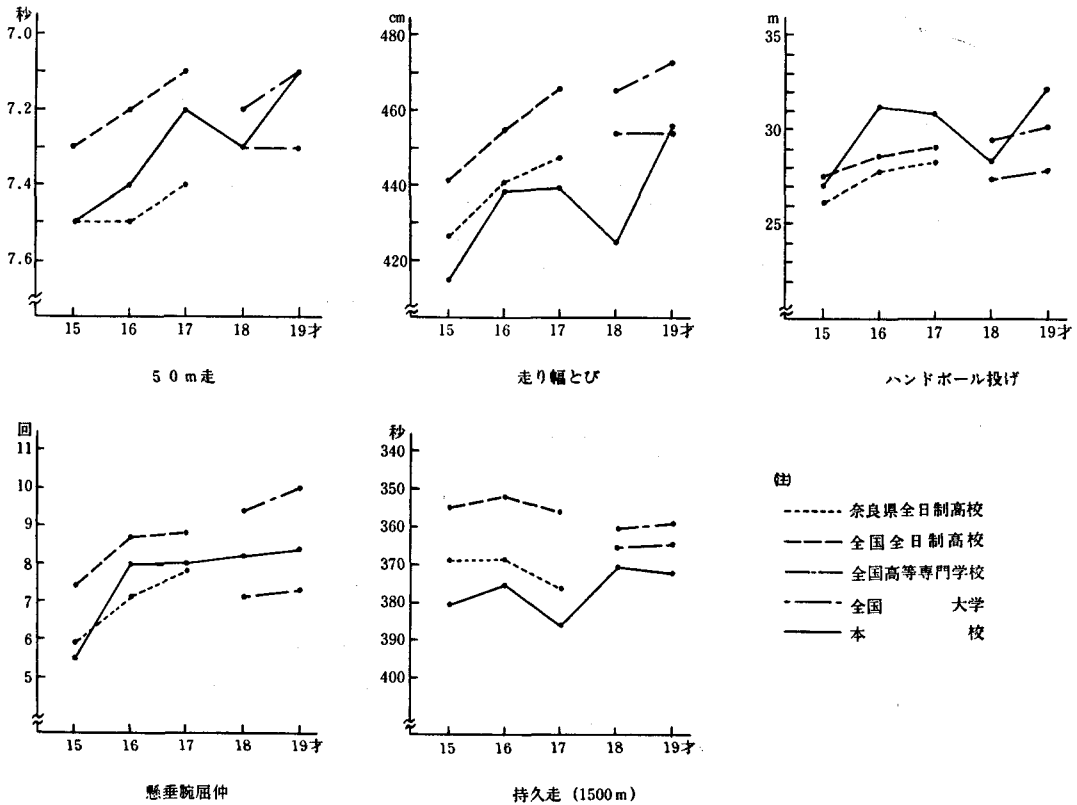
表一 5 運動能力の平均値と標準偏差

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
50 m 走 (秒)	全国高校	568	7.3	0.50	514	7.2	0.46	587	7.1	0.40	全国高専	476	7.2	0.30	487	7.1	0.29
	奈良県高校	2,120	7.5	0.45	2,037	7.5	1.52	1,905	7.4	0.45	全国大学	645	7.3	0.33	583	7.3	0.40
	本 校	138	7.5	0.48	110	7.4	0.40	107	7.2	0.40	本 校	120	7.3	0.37	90	7.1	0.29
走り幅とび (cm)	全国高校	568	441.3	44.81	515	454.6	41.17	586	465.9	44.39	全国高専	476	465.2	39.08	487	473.2	40.85
	奈良県高校	2,127	426.7	42.26	2,025	440.8	44.10	1,912	447.8	45.30	全国大学	646	449.1	41.96	583	449.0	42.79
	本 校	138	415.3	42.35	110	438.6	40.07	107	439.8	39.62	本 校	120	425.6	37.43	90	455.8	37.93
ハンド ボール投げ (m)	全国高校	568	27.6	4.95	513	28.6	4.56	581	29.1	4.43	全国高専	474	29.5	4.33	487	30.2	4.14
	奈良県高校	2,137	26.1	4.51	2,036	27.8	4.47	1,925	28.3	4.73	全国大学	645	27.7	4.50	578	27.9	4.33
	本 校	138	27.1	4.51	110	31.2	4.62	107	30.9	5.36	本 校	120	28.3	4.03	90	32.1	4.26
懸垂腕屈伸 (回)	全国高校	567	7.4	3.62	515	8.7	3.86	587	8.8	3.90	全国高専	476	9.4	3.83	487	10.0	4.43
	奈良県高校	2,137	5.9	3.83	2,047	7.1	4.04	1,921	7.8	5.29	全国大学	644	7.1	3.55	583	7.3	3.40
	本 校	138	5.5	3.38	110	8.0	3.67	107	8.0	3.57	本 校	120	8.2	3.81	90	8.4	3.53
持 久 走 (1500m) (秒)	全国高校	567	355.1	30.29	515	352.2	29.23	584	356.0	34.36	全国高専	470	360.1	34.49	485	359.3	35.49
	奈良県高校	2,010	368.9	44.61	1,919	368.7	42.67	1,804	376.3	46.15	全国大学	621	365.2	34.42	559	364.8	33.43
	本 校	138	380.5	38.29	110	375.0	41.38	107	385.8	39.08	本 校	120	370.2	35.41	90	371.9	37.12

表一 6 運動能力の全国・県と本校の平均値の有意差検定

項目	区分	15才			16才			17才				18才			19才			
		有意性	Dm	t	有意性	Dm	t	有意性	Dm	t		有意性	Dm	t	有意性			
50 m 走	全国高校		-0.2	4.895	XXX	-0.2	5.245	XXX	-0.1	2.585	X	全国高専	-0.1	2.959	XXX	0	0	
	奈良県高校		0	0		0.1	2.622	XXX	0.2	5.170	XXX	全国大学	0	0		0.2	6.544	XXX
	本 校											本 校						
走り幅とび	全国高校		-26.0	7.213	XXX	-16.0	4.188	XXX	-26.1	6.811	XXX	全国高専	-39.6	11.584	XXX	-17.4	4.353	XXX
	奈良県高校		-11.4	3.162	XXX	-2.2	0.575		-8.0	2.087	X	全国大学	-23.5	6.874	XXX	6.8	1.701	
	本 校											本 校						
ハンド ボール投げ	全国高校		-0.5	1.302		2.6	5.903	XXX	1.8	3.472	XXX	全国高専	-1.2	3.260	XXX	1.9	4.232	XXX
	奈良県高校		1.0	2.605	X	3.4	7.719	XXX	2.6	5.015	XXX	全国大学	0.6	1.630		4.2	9.356	XXX
	本 校											本 校						
懸垂腕屈伸	全国高校		-1.9	6.605	XXX	-0.7	2.000	X	-0.8	2.317	X	全国高専	-1.2	3.448	XXX	-1.6	4.301	XXX
	奈良県高校		-0.4	1.390		0.9	2.572	X	0.2	0.579		全国大学	1.1	3.161	XXX	1.1	2.957	XXX
	本 校											本 校						
持 久 走 (1500m)	全国高校		-25.4	7.794	XXX	-22.8	5.779	XXX	-29.8	7.884	XXX	全国高専	-10.1	3.123	XXX	-12.6	3.221	XXX
	奈良県高校		-11.6	3.559	XXX	-6.3	1.597		-9.5	2.513	X	全国大学	-5.0	1.546		-7.1	1.815	
	本 校											本 校						

(注) 表中平均値差がマイナスになっているのは、本校学生が劣ることを示す。  
 Xは5%水準で、XXXは1%水準で有意差があることを示す。空欄は有意差のないことを示す。



図一3 運動能力の項目別平均値の比較

劣位にあり、かろうじて19才で大学より優位にある。特に18才の下降現象は発達曲線からしても一考を要するところである。ハンドボール投げは、15、18才を除いて、全国・県・大学より優位にあり、特に16、19才の値はすばらしいものである。しかし、15才では全国より劣り、18才の落込みは、走り幅とび同様一考を要する問題であろう。懸垂腕屈伸は、各年齢とも全国より劣り、15才を除く年齢においては、県・大学よりも優位にある。持久走は、各年齢とも全国・県・大学よりはるかに劣位にあり、全国的な傾向である17才の落込みは、本校においても同様の傾向としてあらわれている。

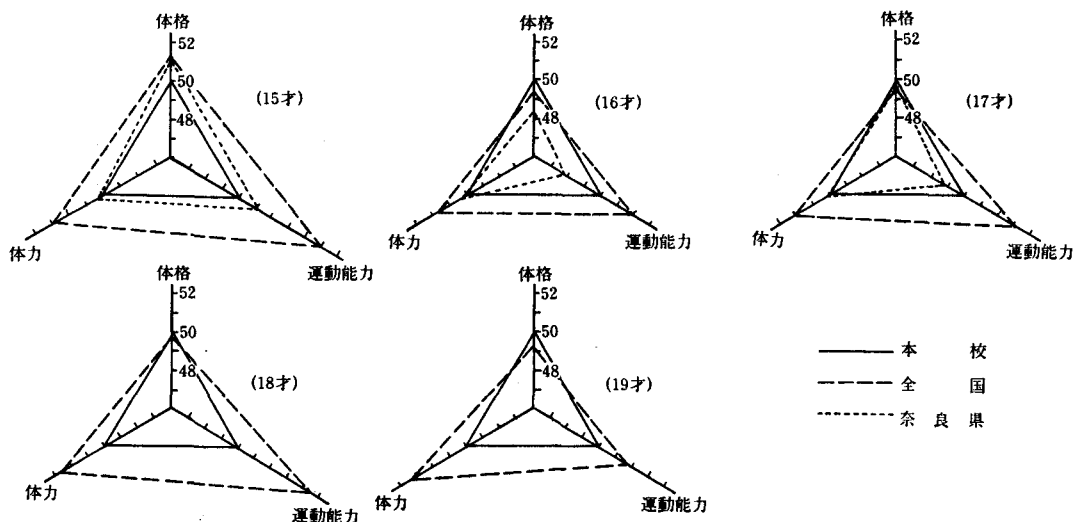
#### 4. 3領域(体格・体力・運動能力)の比較

これまで、3領域を項目別に見てきたが、ここでは各領域をトータルな面から比較し、3領域のバランスについて考察してみた。

図一4は3領域のトータルバランスを示したものである。この数値は、体格・体力・運動能力のそれぞれの項目のTスコア値の平均値であらわしている。破線は全

国をあらわし、点線で県を、実線で本校の平均値をあらわしている。本校の平均値を基準にして算出したTスコアであるから、本校平均値は3領域とも50点の位置にある。

15才では、3領域とも全国・県よりも劣る。特に体力において全国と3.0点、運動能力において全国と4.8点の差がみられる。16才では、体格において全国、県よりもすぐれている。体力は全国と1.8点の差がみられ劣っている。運動能力においては全国と2.0点差で劣位にあり、県とは1.1点差で優位を示している。3領域のトータルでは、全国とほとんど差はなく、県よりもややすぐれ僅かにバランスがとれているようである。17才では、体格において全国・県とも差はみられない。体力においては全国と2.1点差で劣位にあり、運動能力は全国と3.2点差で劣位にあり、県とはほとんど差がみられない。18才では、体格は差がなく、体力において2.8点、運動能力において4.5点差と大巾に劣っている。19才では、体格は全国より優位にあり、体力で3.3点、運動能力では1.8点差と全国よりも劣っている。



図一4 3領域(体格・体力・運動能力)の比較

全体を通してみると、3領域のトータル平均では、18才が大巾に劣っている。また15、16才を除いて3領域のバランスは、アンバランスな傾向を示している。全体的には、体格で本校が全国・県よりもややすぐれ、体力においては劣位にあり、運動能力においては16、17才で県よりややすぐれている以外は劣っている。また体力と運動能力のバランスが不均衡な傾向にある。

5. 本校学生の体力・運動能力の特徴

次に、文部省の体力・運動能力調査を基に、体力・運動能力を各項目別に、昭和51年度と10年前とを15~19才について比較すると、10年前より向上している要素(Aパターン)は敏しょう性(反復横とび)、瞬発力(垂直とび、筋力(握力)、走力(50m走)、跳躍力(走り幅とび)であり、下降している要素(Bパターン)は、筋力(背筋力)、柔軟性(立位体前屈)、低下ないし停滞している要素(Cパターン)は、柔軟性(伏臥上体そらし)、持久性(踏み台昇降運動)、投力(ハンドボール投げ)、筋持久力(懸垂腕屈伸)、全身持久力(1500m)であり、各要素を3つのパターンに分類することができる。

そこで、このパターンをポイントに、Tスコア値より体力・運動能力の各項目を比較し、本校学生の特徴を探ろうとした。図一5は文部省の昭和51年度全国平均を基準に算出したTスコアをプロフィールの形であらわしている。このプロフィールを3つのパターンで分析すると、Aパターンの中で、本校が全国よりもさらにすぐれている要素は、反復横とびであり、16才5.1点、17才

3.3点、19才3.0点差で優位を示している。また全国よりも劣っている要素は、垂直とび、握力、50m走、走り幅とびであり、各年令とも劣位にある。特に垂直とびは19才で8.2点、18才で6.5点、17才で6.2点、16才で5.0点と大巾な差がみられ、50m走では15才で4.6点、走り幅とびでは18才の10.1点を最高に各年令とも大巾な差がみられる。Bパターンの中で、本校が全国よりもすぐれているものは、立位体前屈である。各年令とも2.0~3.0点差で優位にある。Cパターンの中で本校が全国よりもすぐれているものは、ハンドボール投げである。特に16才5.6点、17才4.1点、19才4.6点差で優位にある。また全国よりも劣っているものは、伏臥上体そらし、踏み台昇降運動、懸垂腕屈伸、持久走である。特に伏臥上体そらしでは17才で5.1、16才で2.3、15才で4.2、踏み台昇降運動では16才で5.4、19才で4.6、懸垂腕屈伸では15才で5.3、持久走では15才で8.4、16才で7.8、17才で8.7点差と大巾に劣位にある。

全体を通してみると、本校学生は、敏しょう性(反復横とび)、柔軟性(立位体前屈)、投能力(ハンドボール投げ)にすぐれ、なかでも全国的に低下している柔軟性(立位体前屈)においてすぐれている。劣弱をきわめる要素は、瞬発力(垂直とび)、跳躍力(走り幅とび)、全身持久力(1500m)である。このことは、身体の中がみが明確にあらわれ、全国よりもアンバランスな発達傾向にあることを示している。

次に、総合的な面から体力・運動能力のバランスについてみたのが図一6である。この数値は体力・運動能力における各項目のTスコア値(図一5)をトータルし、



平均した値である。実線が本校をあらわし、県・大学を点線で、破線で全国平均をあらわしている。全国平均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。全体を通してみると、各年令とも体力・運動能力において全国より劣位にある。15才では県にも劣っているが、16、17才では運動

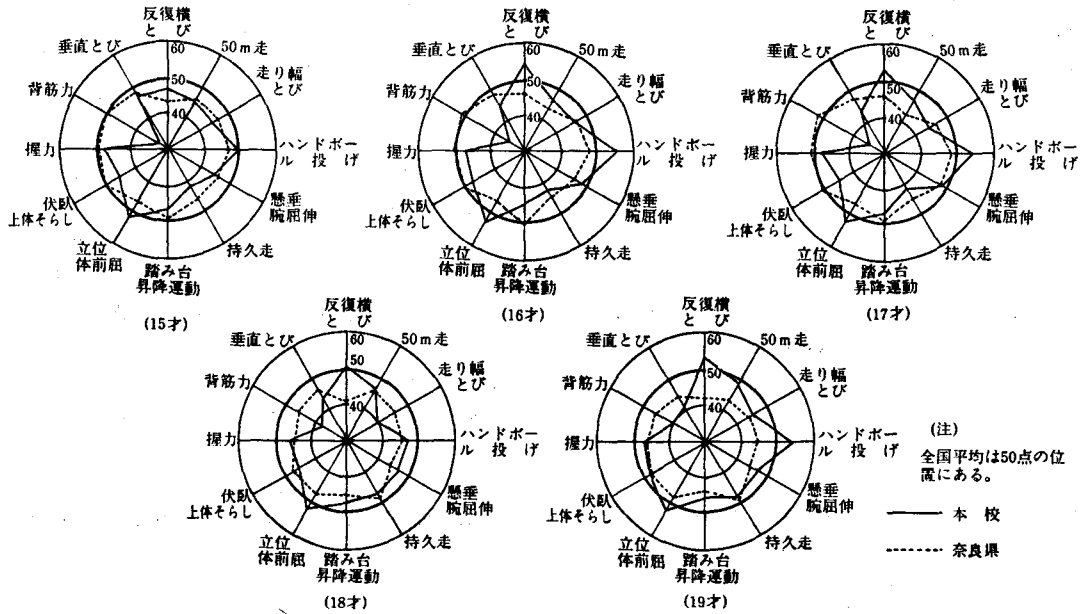


図-5 全国・県・本校学生のプロフィールによる比較

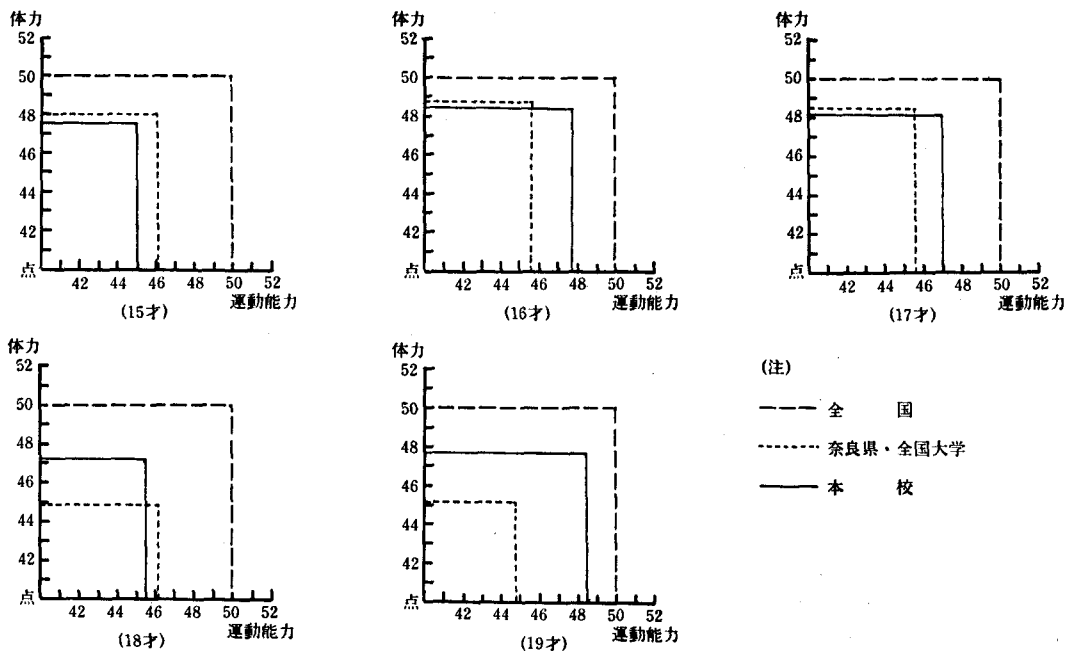


図-6 全国・県・本校を体力・運動能力面より比較

能力および総合的にはすぐれた傾向を示している。18才は、とくに劣位を示しているが、大学とでは体力で2.3点差で上まわっており、総合的には本校はすぐれている。19才は大学より大きく上まわり、運動能力で3.7点差で優位にあり、全国にも僅かの差で接近している。特に15, 18才は体力のわりに運動能力が劣る同一のタイプを示している。しかし、内容的には図-5のプロフィールが示す通り異なり、15才では持久走、18才では走り幅とびが全国に比べ大巾に劣っている。16, 17才は全国よりも劣位にあるが、体力・運動能力のバランスがよくとれた同一のタイプを示し、プロフィールもその傾向をあらわしている。また反復横とび、立位体前屈、ハンドボール投げが全国よりもすぐれていることが、総合的に県よりもすぐれている原因とみられる。19才は、15~18才の体力優位を逆転した、体力よりも運動能力がすぐれたタイプを示している。

### 要 約

本校学生の体格は、15才で僅かに全国・県よりも劣っているが、他の年齢においてはほとんど差はなく、19才では全国よりややすぐれている。しかしながら、19才を除いて胸囲が全国レベルより劣位にあったのは見逃すことのできない問題である。

体力は、各年齢ともほとんどの項目で全国・県・大学より劣位にあるが、その中で反復横とび、立位体前屈だけは全国・県・大学よりすぐれた傾向にある。運動能力は、各年齢とも全国より劣位にあるが、16, 17, 19才において県・大学より優位な傾向にあった。このように劣位を極める中でハンドボール投げだけは、全国・県・大学よりもすぐれた傾向を示している。

体格・体力・運動能力の各領域の総合では、各年齢とも全国より劣位にあり、県とは15才でやや劣っていたが、16, 17では優位であった。体格においては、各年齢とも全国・県と優劣つけがたく、体力・運動能力においては、全国に比べ劣位にあり、特に15, 17, 18才の運動能力の劣っているのが目立つ、また16, 17才では県よりも運動能力がすぐれているが、これは総合的な面での優位にも結びつくものと思われる。全般的には、体格と体力・運動能力にアンバランスな傾向がみられた。

次に、本校学生の体力・運動能力の特徴について概観したが、全国と比べ敏しょう性、柔軟性(立位体前屈)投能力にすぐれ、そのうち全国的に低下をきたしている柔軟性(立位体前屈)においてすぐれていたことは、劣弱を極める本校にとって、唯一の明光であろう。また劣弱を極める項目は、垂直とび、走り幅とび、持久走である。このことから、本校学生は筋持久力、静的筋力、柔

軟性(伏臥上体そらし)、スピードにおいて全国レベルよりやや劣り、それに関連した動的筋力、特に下肢の瞬発力、呼吸循環機能が大巾に劣っているようである。

本校学生の体力と運動能力のバランスは、15, 18才において体力に対する運動能力のアンバランスが目立つ同一タイプを示し、16, 17才はややバランスのとれた同一タイプで、全国に近い傾向にある。また19才は独特の傾向を示しており、15~18才と比べ運動能力が体力よりもすぐれたタイプであり、全国レベルに最も接近している。

15才における劣位の原因は、中学生時代にスポーツ経験の浅かった学生が多いことを一原因として考えられるが、15才までの生活環境、運動環境が大きく作用しているように思われる。16, 17才においては、体格の割合からすると体力・運動能力が全国平均まで位置しておかしくないわけで、今後の身体活動いかんによる可能性が秘められている。しかしながら、18才での落込みは、16, 17才頃からの交通用具使用学生の増加や運動クラブ実施学生の減少とも関連があるのではないだろうか。19才において、若干なりとも全国値に接近しているのは、18才あたりからの体力意識の目覚めにより、身体活動が活発化することが、一つの原因となっているものと考えられる。

### 謝 辞

本研究をすすめに当り、調査項目の測定や資料の整理に終始ご協力いただきました本校秋山竹雄教授、中西茂己助手、ならびにコンピューターのプログラム作成に、終始ご指導いただきました本校田中富士男教授に深く感謝いたします。

### 文 献

- ・和田貞男：体力統計，道と書院，（1976）。
- ・岡田泰榮：統計，共立出版社，（1968）。
- ・松島茂善(編)：国民体力の現状，第一法規，（1970）。
- ・正木健雄：講座「日本の教育」3，新日本出版社，（1976）。
- ・文部省：学校保健統計調査報告書（昭和51年度）。
- ・文部省：昭和51年度体力・運動能力調査報告書。
- ・奈良県：昭和51年度学校保健統計調査。
- ・奈良県：昭和51年度児童生徒体力運動能力調査。
- ・前川峯雄(他編)：現代体育学研究法，大修館書店，（1972）。

# 早期英語教育の成果と問題点

樋 口 忠 彦

## The Results and Problems in Teaching English to Younger Children

Tadahiko Higuchi

中等教育や高等教育で不振をきわめる外国語教育への批判から、第2次大戦後、アメリカ合衆国でFLES (Foreign Languages in Elementary School) がスタートして以来、25年以上の年月が経過した。今日では、幼児・児童を対象とする早期外国語教育の実施は世界的な傾向になりつつある。しかし、イギリスでの約10年間にわたる大規模な教育実験の結果まとめられたNFER報告書<sup>(1)</sup>等のデータを根拠に、早期外国語教育に対する批判の声も多い。日本でも、早期英語教育は私立幼稚園・小学校を中心に実施されてきたが、最近では各種の英語学校・英語教室等民間の教育機関で英語を学ぶ早期学習者が非常に増加し、早期英語学習者は100万人とも200万人とも推定されている<sup>(2)</sup>。そしてここ数年、早期英語教育の功罪をめぐる議論が展開されてきたが、早期英語教育の実態についての正確な認識や早期英語学習者の追跡調査等に基づく科学的な裏付けのない議論も多い。

そこで、この小論では各種の調査に基づき、Ⅰ早期外国語教育の理論的根拠、Ⅱ欧米における早期外国語教育の動向、Ⅲ日本における早期英語教育、Ⅳ早期英語学習者の追跡調査、Ⅴ早期英語教育の成果と今後の方向、Ⅵ早期英語教育の課題、の順序で議論を展開し、日本における早期英語教育の成果と問題点を明らかにする。

### Ⅰ 早期外国語教育の理論的根拠

早期外国語教育(以下早期教育とする)はアメリカでFLES (Foreign Languages in Elementary School) としてスタートして以来、25年間以上にわたって実施されてきた。FLESの当初の主要な目的は、①不振をきわめる外国語教育の改善、②児童が生得的に持っていると言語学習能力の開発であったが<sup>(3)</sup>、これは、その後早期教育に取り組むすべての国、すべての関係者の目的でもあった。それでは、なぜ中学生・高校生の段階での外国語教育は非能率的で、幼児・小学生の場合は能率的だとするのか、その理論的根拠は、以下に示す大脳生理学や心理言語学等の分野に求めることができる。

カナダの大脳生理学者 W. Penfield は、人間の言語中枢能力、すなわち言葉を覚え、話す基礎能力は、2才

ぐらいから急速に発展し、9才頃には成長のテンポがゆるやかになり、次第に衰えていくとする。つまり、模倣能力の最盛期であるこの時期に、外国語の発音を習得すれば訛りのない自然な発音が身につくし、外国語が自然に習得できるとする。(Penfield, W. & Roberts, L.: *Speech and Brain Mechanism*. Princeton Univ. Press, 1959.)

E. Lenneberg は神経学・生物学的観点から、人間が第1言語を習得する場合は臨界期が存在し、臨界期以前は脳の機構が未成熟であり、臨界期以降は脳の柔軟性が低下するので、2才頃から思春期までの臨界期においてのみ言語の自然習得が可能であるとする。(Biological Foundations of Language. J. Wiley & Sons, N.Y., 1967.)

S. Krashen は心理言語学的観点から、第1言語、第

(1) Burstall, C. et al.: Primary French in the balance. Slough: National Foundation for Education Reserch, 1974.

(2) 五島忠久, 末延峯生, 樋口忠彦, 他: 「座談会——これからの児童英語教育」(『児童英語教育』1978年第1号, 日本児童英語振興協会).

(3) Stern, H.H. & Weinrib, A.: "Foreign languages for younger children: trends and assessment" *Language Teaching & Linguistics: Surveys*, Cambridge Univ. Press, 1978.

2言語を問はず、言語発達の臨界期は具体的操作期の終了、つまり形式操作期の開始とともに終わるとする。すなわち、青年期の抽象的な思考が自然な言語学習を妨げるとしている。("The critical period for language acquisition and its possible bases" *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1975.)

A. Fathman は外国語学習と年齢に固有な特徴を調査し、6才～10才の子どもは発音面の習得にすぐれており、11才～15才の子どもは語彙と文法面の習得にすぐれているとする。("The relationship between age and second language productive ability" *Language Learning*, 25, 2, 1975.)

以上の言語習得理論についての考察から、思春期以降の段階で外国語教育を開始するより、2才から思春期までの大脳が柔軟で模倣能力が旺盛な時期に外国語教育を行なう方が、はるかに効果が上がるだろうと推測することができる。

## Ⅱ 欧米における早期外国語教育の動向

早期教育は、幼稚園や小学校のカリキュラムに位置づけられているかどうかは別として、なんらかの形で世界のほとんどの国で実施されており、外国語学習開始年齢の引下げは世界的な傾向であると言える。その反面、アメリカにおいて1950年代から、ヨーロッパ諸国においては1960年代から本格化した早期教育は、今日大きな岐路にさしかかっている。すなわち、アメリカやヨーロッパ諸国でここ数年間に相次いで発表された早期教育についての実験報告や調査報告をめぐって、早期教育を推進すべきだとする主張と、廃止すべきだとする主張が交差している。そこで、アメリカ、イギリス、フランス、カナダといった欧米諸国における早期教育の動向を概観することによって、これらの問題点を明らかにする<sup>(4)</sup>。

### 1. アメリカ合衆国

FLESが外国語の運用能力を高めるのに効果があるとする主張とともに、外国語の運用能力を高めるには、もはやFLESに期待するより中等教育や高等教育での外国語教育の改善によるほうが望ましいとする主張がある。そしてFLES実施校は、最近著しく減少してきている。その理由として、財政上の問題、訓練された教師の不足、上級学校に連続するすぐれたカリキュラムの不足などが指摘されている。一方、アメリカにおける少数民族(スペイン語を母国語とする民族)のための第2言語としての英語教育は成果をあげている。

### 2. イギリス

早期教育に熱心である。8才(ふつうは11才)から仏語を指導する"pilot scheme"が1963年より実施された。10年間にわたる大規模な実験結果の報告がNFERよりなされたが、1974年の最終報告で早期学習者は、①正確な発音と抑揚が身についた、②normal speedで話された仏語も理解できた、仏語だけでなく、フランスの社会や文化にも著しい興味を示すようになった、としながら、仏語を8才から始めた子どもと3年遅れて11才から始めた子どもの比較では、③仏語の習得状況に重要な差はなかった、と指摘した。イギリスではこの報告をめぐって、早期仏語教育に対して賛否両論がある。

### 3. フランス

Girardの調査(1974)によれば、幼稚園で17500人、小学校で76500人(小学生総数の1.5%)が、英語、独語を中心にスペイン語、イタリア語を学習していた。中等学校の大多数の語学教師は早期教育は学習者にとってプラスであると賛意を示したが、Girardは直接に授業を参観した結果、そのクラスは効果的、とはまずまず、とはよくないと判断し、早期教育が成功するすべての条件が整うまで拡大すべきでないと結論している。このようにフランスでは、早期教育はあまり盛んでないし、近い将来急速に発展しそうにもない。

### 4. カナダ

2つの公用語——英語と仏語——という特殊な事情があり、言語教育に真剣に取り組んでいる。1975年のOntarioの調査では、幼稚園で28%、1～6年生で38%、7～8年生で87%が仏語を学習していた。しかし、小学校で2～3年間、1日20分程度の学習では十分な効果が上らないとし、学習開始年齢の引下げ、学習時間数の増加、指導法の強化を主張する声が強く、これらに関する大規模な実験へと発展した。なかでもOntario州Ottawaを中心とした地域では、他の教科の指導も含め学校生活のすべてを仏語で行なう"full immersion"、いくらかの時間帯を仏語で行う"partial immersion"1～2教科を仏語で行なう"extended French"プログラムが有望な成果をあげている。(このプログラムの原型として、1965年以来実施されているSt Lambert小学校の"home school language switch"プログラムが有名である。)

これらのプログラムによると、教室で仏語を使用する機会が急激に増加するので、学習者はバイリンガルまでにはならないが、2～3年以内に仏語の実用的な知識をかなり身につけることができ、しかも、長期間にわたる

(4) 以下の各国の動向についての記述は、主としてH. H. Stern. & Weinrib, A.の前掲論文による。なおこの論文は、垣田直己によって『現代英語教育』1978年2月号(研究社)、樋口忠彦によって『児童英語教育』1978年第2号(日本児童英語振興会)において、それぞれ紹介されている。

母国語の能力やその他の教科の能力の低下は見られないと報告されている。このようにカナダの仏語教育は、“full immersion”, 特に “early immersion” に期待が寄せられている。

### Ⅲ 日本における早期英語教育

#### 1. 早期英語学習者人口

日本における早期英語教育（以下早期教育とする）の歴史は古く戦前まで逆のぼるが、多くの私立幼稚園・小学校で本格的に始められたのは第2次大戦後で、アメリカのFLEESの開始とほぼ同じ時期である。そしてこの10年間、特にここ数年間の注目すべき現象は、千葉県教育委員会の希望校を対象とした特別活動としての「公立小学校における英語教室」の実施<sup>(5)</sup>とともに、各種の英語学校、英語教室など民間の教育機関での学習者の急激な増加である。その結果、我が国の早期英語学習者（以下早期学習者とする）の数は100万人とも200万人とも推定されている。この推定の根拠は明らかでないが、以下の調査報告を参照すれば信憑性は高い。

守一雄らの調査によれば、無作為に抽出した東京都下の50の幼稚園のうち11園（22%）で、過去または現在英語教育が実施されている<sup>(6)</sup>。

野上三枝子は、全国の私立小学145校中109校（75.2%）で英語教育が実施されていると報告している<sup>(7)</sup>。

一方、民間の教育機関で規模の大きいところでは、全国各地で英語教室を経営し、数千人から数万人の幼児・児童を対象に英語を指導している。

このように、我が国の早期教育は数字の上では極めて盛んである。

#### 2. 早期英語教育の実態

早期教育の実態を明らかにする目的で、(1)早期教育の指導者<sup>(8)</sup>、(2)中学入学以前に英国学習の経験がある中学生<sup>(9)</sup>を対象に、アンケート調査を実施した。

##### (1) 早期英語教育の指導者に対するアンケート

調査時期：1978年4月上旬。

調査対象：無作為に抽出した全国300名の児童英語教員（小学校教員73名、私塾教員227名）。回答のあった71通中、有効回答66通（小学校教員23名、私塾教員43名）をサンプルとした。

#### ① 目標

以下のa～dの項目から、特に該当する1～2項目を選択し、d.その他を選択した場合は具体的にその目標を記入する形式で調査した。（以下の数字は比率を示す。）

- a. 英語の基礎的な能力を養う。…………… (53.0)
- b. 英語という新しい外国語に親しませる。… (68.2)
- c. 英国の背景にある英語国の人々の考え方や文化に触れ、それらを理解させる。…………… (34.8)
- d. その他。…………… ( 9.1)

その他は、バイリンガルの人間に育てる、英語で自分の意思を表現できる人間に育てる、楽しく英語を学ばせておくことによって将来の英語学習を効果的なものにする、国際理解などである。授業時数が週当たり1時間か2時間（詳しくは(2)③参照）であることを考慮すると、全体的に妥当なデータを示していると言える。

#### ② 4技能と指導の重点

4技能のうち、特に重点をおいて指導している1～2つの技能を選択する形式で調査した。

Hearing	Speaking	Reading	Writing
86.4	90.9	9.1	6.1

Hearing, speaking を中心に音声面の指導に重点がおかれている。Iで概観したように、A. Fathman の外国語習得能力と年令の関係についての調査報告や、Penfield らが指摘する模倣能力がすぐれ言語の自然習得が可能な時期に、正しい発音の指導や hearing, speaking の指導が重視されているのは適切である。

#### ③ 指導内容及び指導法

動物、乗り物、食べ物など身のまわりの単語、簡単な文、日常生活でよく使用される会話を、音声面の練習に重点をおいて指導している。そして、これらの指導にあたって、学習者に興味を持って楽しく学習させるといった観点から、動作、絵、玩具などをよく利用している。また、歌、ゲーム、紙芝居、人形劇、寸劇などによって新教材を導入したり復習する場合も多い。

しかし、小学校や英語学校によっては中学用の検定教科書や問題集を使用し、単に中学英語の予習に終わっている場合もある。

##### (2) 早期英語学習者に対するアンケート

(5) 「小学校における英語教育の条件——1975年度語学教育研究所研究大会協議会報告」(「英語教育年鑑/1976年度版」開拓社、1976)。  
 (6) 守一雄、他：「幼稚園における英語教育」(『現代英語教育』1977年10月号、研究社)。  
 (7) 野上三枝子：「早期英語教育」(「英語教育年鑑/1977年度版」開拓社、1977)。  
 (8) 詳しくは、樋口忠彦：「児童英語教育と指導者」(『児童英語教育』1978年第1号、日本児童英語教育振興協会)参照。  
 (9) 詳しくは、樋口忠彦、守屋雅博：「中学校英語教育と児童英語教育の目標」(『児童英語教育』1978年第2号、日本児童英語振興協会)参照。

調査時期：1978年5月上旬。

調査対象：大阪教育大学附属平野中学校各学年1クラス、合計132名(1年45名、2年44名、3年43名)中、早期学習経験者48名(1年17名、2年14名、3年17名)。

#### ① 学習時期

	1年	2年	3年	全体
幼稚園入園以前	0	0	5.9	2.1
幼稚園	0	21.4	11.8	10.4
小学校低学年	17.6	21.4	29.4	22.9
小学校高学年	70.6	57.1	29.4	52.1
小学校6年間	11.8	0	23.5	12.5

早期学習者のほとんど(87.5%)が小学生の段階で英語学習を開始しており、また小学校の高学年で英語を学習している場合が多い(64.6%)。

#### ② 学習期間

	1年	2年	3年	全体
1年間未満	52.9	21.4	23.5	33.3
1年間	17.6	28.6	11.8	18.3
2年間	17.6	14.3	11.8	14.6
3年間	0	21.4	23.5	14.6
3年間以上	11.8	14.3	29.4	18.8

早期学習者の半数以上(52.1%)が英語学習を1年間またはそれ以下の期間しか継続しておらず、英語という新しい外国語に触れた程度で終わっている。

#### ③ 学習時数

	1年	2年	3年	全体
1回	58.8	57.1	76.5	64.5
2回	29.4	28.6	11.8	22.9
3回	5.9	7.1	5.9	6.3
3回以上	5.9	7.1	5.9	6.3

早期学習者の小学校や民間の英語学校での英語学習時数は、週当たり1回または2回程度である。なお、上記の早期教育の指導者を対象とした調査でもほぼ同じ結果を得た。

#### ④ 学習機関

早期学習者が英語を学習した教育機関は、幼稚園(4.2%)、小学校(12.5%)、民間の英語学校(66.7%)であり、早期教育における民間の教育機関の占める比重が非常に大きい。また、市販のテープ教材などを使用して家庭で親が子どもに指導するケースもかなりある(12.5%)。その他、外国での生活で英語を学んだ場合も少しある(4.2%)。

#### ⑤ 学習者の感想

多くの早期学習者(66.7%)は、早期学習が中学での英語学習にプラスになっていると感じており、具体的に

次のような分野をあげている。(調査形式は(1)1と同じ)

	1年	2年	3年	全体
発音	69.2	55.6	60	62.5
単語	23.1	33.3	30	31.3
文法・文型	7.7	11.1	0	6.5
その他	0	0	10	0.7

上記の技能や知識の習得に関すること以外で早期学習の良かった点として、次のような意見が非常に多い。

- ・英語の学習が楽しかった。面白かった。
- ・英語に興味がわき、好きになった。
- ・英語という言葉に親しみがわいた。
- ・外国人に親近感を覚えるようになった。

### Ⅳ 早期学習者の追跡調査

早期教育の効果を測定するために、早期学習者と中学入学後に英語を学び始めた学習者の、中学での英語習得状況の比較を次の3種類の調査テストによって試みた。

#### 1. 調査テストの種類

(1)語彙テスト (2)文法・文型テスト (3)面接テスト

これら3種類の調査テストを実施した理由は、例えば羽鳥博愛が「英語力={文法力×語彙力}+α」×スピード(α=文才、常識または経験)としている<sup>(10)</sup>ように、英語の学力を規定する要因として、語彙力、文法力の果たす役割が非常に大きいと考えられるからである。また、hearing, speakingの能力も語彙力、文法力との相関性は高いが、発音などその技能の特殊性を考慮し、別に面接テストを実施した。

#### 2. 調査テストの実施時期

- (1)語彙テスト：昭和53年6月上旬。  
 (2)文法・文型テスト：昭和53年6月中旬。  
 (3)面接テスト：昭和53年6月下旬～7月中旬。

#### 3. 調査対象

大阪教育大学附属平野中学校1年45名(早期学習者17名)、3年43名(早期学習者17名)。

#### 4. 調査テストの内容と形式

(1)語彙テスト

1年生は、①単語の意味(例. chair→椅子)、②単語の綴り(例. アルバム→album)、③略語の意味(例. a. m.→午前)、④単語の意味と綴り(例. I (watch) television every day. テレヴの絵は略)の4種類の形式により、各5題ずつ合計20題出題した。

3年生は、上記①～③の形式による問題の他に、④単語の意味と綴り(例. An (aunt) is a father's or

(10) 「英語の学力とは何か」(『新英語教育論』講座・新しい英語教育第1巻、大修館、1976)。

mother's sister.) ⑤ 単語の意味と綴り(例. work : wor-ker = piano : (pianist)の5種類の形式により, 各10題ずつ合計50題出題した。

(2) 文法・文型テスト

1年生は, ①書き換えによる文の種類に関する問題(例. You speak English. → (命令文に) Speak English.) ②語順配列による文型, 修飾関係についての問題(例. some, they, words, learn, new, → They learn some new words.) ③適語選択による主語一動詞等の呼応関係についての問題(例. Mr. Moriya (1. teach 2. teaches ③ teaches) English.) を各5題ずつ合計15題出題した。

3年生は, 上記の①~③の形式による問題の他に, ④和文英訳による時制に関する問題(例. 彼は朝からずっとテレビを見ています。 → He has been watching television since this morning.), ⑤適語記入による前置詞, 接続詞に関する問題(例. We will go on a picnic (if) it is fine tomorrow.) を各5題ずつ合計25題出題した。

(3) 面接テスト

1年生は, 生徒自身のことや家族のことについて英問英答形式により実施した。問題は10題出題した。

例. ◦ Does your father like baseball?

◦ What are these? (実物を提示)

3年生は, 日本英語検定協会実施の実用英語技能検定試験3級面接テストにならない, 約80語からなる英文パラグラフを内容理解のため1分間黙読させた後, 音読させた。次にパラグラフの内容について英問英答を行なった。問題は5題出題した<sup>(1)</sup>。

例. 英文のパラグラフ

Jane plays the piano very well. She began to play the piano five years ago, and she practices for two hours every day Last Sunday there was a piano concert at the City Hall, and Jane took part in it. She played wonderfully. When the concert was over, many people said she was the best player at the concert.

◦ How many years ago did Jane begin to play the piano?

◦ Does Jane practice the piano every day?

面接テストの評価は, 両学年とも, 内容の正しさ, 文法の正しさ, 発音の功拙を中心に, 反応の速度なども加味し各5点満点で採点した。なお3年生については, 音

読の技能も音素, アクセント, 抑揚, ストレス, 区切り, リズムなどを総合的に評価し, 5点満点で採点した。

5. 調査テストの結果

早期学習者集団と中学入学後に英語学習を始めた学習者集団に対して標本平均の比較を試みたが<sup>(2)</sup>, 1年生の語彙を除いては両者に有意な差は存在しなかった。しかし, 以下に示すように両集団の平均点の差はかなり大きい。(3年生の音読を除いてすべて50点満点に換算した。)

略号 { X : 早期英語学習者集団, Y : 中学入学後の英語学習者集団, X - Y : 両集団の平均点の差

1年生

	語彙	文法・文型	聞く・話す
X	40.7	42.0	36.5
Y	36.3	38.2	33.1
X - Y	4.4	3.8	3.4

3年生

	語彙	文法・文型	聞く・話す	音読
X	41.7	42.7	40.0	3.9
Y	37.7	39.5	37.4	3.4
X - Y	4.0	3.2	2.6	0.5

以上の結果から次のことが言える。

- ① 早期学習者集団は, 語彙, 文法・文型, hearing・speaking のすべての分野において高い平均点をあげている。
- ② 早期学習者集団の3年生の音読(発音)テストの平均点は非常に高く, 両集団の他の分野の平均点差と比較してその差が最も大きい。
- ③ 両学年とも, 両集団間の語彙力の平均点の差が非常に大きく, hearing・speaking の差が最も小さい。
- ④ 両学年の比較では, 両集団の平均点の差は3年生がすべての分野において小さい。

V 早期英語教育の成果と今後の方向

半数以上の早期学習者は, 週1~2回, 1年~1年間以内の学習(Ⅲ 2(2)参照)をしたにすぎないという実態にもかかわらず, 調査テストの結果は早期教育の成果をはっきり示すとともに, 今後の早期教育の方向について貴重な示唆を与えている。

1. 現状では, 私立のごく一部の学校を除いては早期教育と中学英語教育との間にカリキュラムは一貫してい

(1) 昭和51年度第2回3級面接テストの問題を使用し, 守屋雅博(大阪教育大学附属平野中学校教諭)が担当した。

(2)  $Z = \frac{(\bar{x} - \bar{y})^2 (n+m-z) nm}{(S_x + S_y)(n+m)} \dots \dots \dots \textcircled{1}$       $Z_0 > F^1_{n+m-z}(\alpha) \dots \dots \dots \textcircled{2}$

①の公式に標本値を代入して得た値を  $Z_0$  とし, 有意水準(危険率)を5%として計算した。

ない。しかし、早期学習は、早期学習者の感想(Ⅲ・2・⑤)及び調査テストの結果(N・5)から、将来の組織的、系統的な英語学習に対する promotive な効果が大きいと言える<sup>(13)</sup>。

従って、このような観点から、早期教育は、学習者の英語学習に対する興味を持続させ、楽しく学ばせるものでなければならない。そのためには歌、ゲーム、紙芝居、寸劇等の利用にとどまらず、学んだことがらをどんどん使用させる機会(例えばゲストの外人へのインタビュー)を与えるような練習をさせることが大切である。

2. 従来早期教育の効果として、早期学習者は発音がすぐれている、話し言葉に対する反応が速いなどがあげられてきたが、調査テストの結果(N・4)で指摘したように、この仮説(特に発音について)はある程度実証された。

そこで、早期教育において、これらの技能をより効果的に指導するために留意すべき事項を指摘したい。

幼児・児童の模倣能力は旺盛かつ鋭敏であり、発音指導におけるモデルの責任は大きい。それゆえ、早期教育の指導者は絶えず音声面の研修に励むとともに、テープレコーダー等の機器の有効な利用法についての研究も大切である。

Hearing, spaking の指導については、speaking の指導にはいる時期は、listening が飽和状態になって言葉が自然に口をついて出はじめた時で、幼児や児童はかなり急速にその時がくるとする H. Winitz らの説<sup>(14)</sup>に基づき、listening を優先し、listening の機会を十分与える方向で指導することが望ましい。

3. ペーパーテストで測定される能力については、従来早期教育の効果を疑問視する意見が多かったが<sup>(15)</sup>、今回の調査では、hearing, speaking より語彙、文法・文型の習得に対して良い影響を及ぼしている。(N・4参照)これは、早期学習者が、writing についてはアルファベットといくらかの単語の綴り程度しか学習していないことを考慮すると、早期学習が中学での英語学習に及ぼす promotive な効果によるのか、音声面の学習効果の転移によるのか、何か他の理由によるのか明確ではない。

しかし、これは早期教育の可能性を裏付けるデータであり、今後更に組織的な追跡調査を実施することによ

てその理由を明らかにする必要がある。いずれにせよ、学習効果を上げるためには、あらゆる感覚器官を使って学習させることが大切である。それゆえ、幼児・児童の発達段階を考慮し、あくまで hearing, speaking の指導に重点をおきながら、幼児・児童の興味・関心に応じ、少しずつ reading, writing を組織的に指導することによって、早期教育が一層成果が上る可能性がある<sup>(16)</sup>。

4. 数量的な測定が困難なので今回は調査しなかったが、英語を母国語とする人々の物の見方や考え方、英語国の文化の理解、国際感覚を身につける、といったことがらは、“language ego”の社会的、情緒的透水性の高い幼児・児童<sup>(17)</sup>に対する早期教育のもうひとつの利点である。この分野の具体的な指導内容、指導法の研究が今後必要である。

## Ⅵ 早期英語教育の課題

早期教育の意義は、おのおの国の社会的、文化的事情によって左右される一面がある。従って、早期教育に関する外国での状況をそのまま日本の状況にあてはまることは危険である。しかし、アメリカでの FLES の発展を妨げた原因のうち、訓練された教師の不足、上級学校との間に一貫するすぐれたカリキュラムの不足という問題は、日本でも現在直面している課題であり、早急に解決されなければならない。そのためには、理論と実践の両面から、我が国の早期教育の目標、教材、指導法についての研究を行なうとともに、早期教育に携る指導者の質の向上を目的とする訓練が必要である。

【参考文献】(本文及び脚注掲げたものは除く)

- (1) Finocchiaro, M. : *Teaching Children Foreign Languages*. McGraw-Hill, N. Y., 1964.
- (2) Valdman, A. : *Trends in Language Teaching*. McGraw-Hill, 1966.
- (3) Anderson, T. : *Foreign Languages in the Elementary School. A Struggle Against Mediocrity*. Univ. of Texas Press, 1967.

(13) 柴崎昭爾は、千葉県において「小学校における英語教室」を実施する目的のひとつとして、将来の組織的な外国語学習に promotive な効果を及ぼすことになろう、という仮説をたてた。(『英語教育年鑑/1976年度版』前掲書)。

(14) 河野守夫：「児童英語教育と教材」(『児童英語教育』1978年第1号、日本児童英語振興協会)。

(15) 例えば、五島忠久、末延岑生、樋口忠彦、他：「座談会—これからの児童英語教育」(『児童英語教育』前掲書)。

(16) 例えば、H. H. Stern & A. Weinrib は、1960年代の教授理論では初歩の段階でのreading や writing の指導はタブー視されてきたが、現在修正されつつあるとしている。(前掲論文)

(17) Schuman, John H. : "Affective factors and the problem of age in second language acquisition" *Language Learning*, 25, 2, 1975.



- (4) Barik, H. C. & Swain, M. : "Three-year evaluation of a large scale early grade French immersion program : the Ottawa study" *Language Learning*, 25, 1975.
- (5) Stern, H. H. : "Optimal age : myth or reality" *Canadian Modern Language Review*, 1976.
- (6) 中尾清秋 : 「早期英語教育—その問題と方法」(『新英語教育論』講座・新しい英語教育第1巻) 大修館書店, 1976.
- (7) 納谷友一 : 『早期英語教育の進め方』大修館書店, 1976.
- (8) 倉智佐一 : 『教育統計法要説』協同出版, 1976.
- (9) 稲村松雄 : 『英語科における測定と評価の理論と実践』桐原書店, 1977.
- (10) 芳賀純, 他 : 「早期英語教育の展開①~⑫」(『現代英語教育』研究社, 1977年4月号~1978年3月号).
- (11) 小笠原林樹 : 「早期英語教育をめぐる」(『英語教育』大修館書店, 創刊25周年記念増刊号, 1977).
- (12) 伊藤克敏 : 「各国における早期外国語教育」(『English Journal』アルク, 1978年6月号).
- (13) 五島忠久 : 「児童英語教育の意義」(『児童英語教育』日本児童英語振興協会, 1978年第1号).



# 「マラタ島の農場主」試論

— ある愛の軌跡 —

中 村 元 一

An Image of Love Sustained

— On *The Planter of Malata* —

Gen-ichi NAKAMURA

In 'The Planter of Malata' (1913), Conrad depicts a case of frustrated love. In association with Thomas Moser's remark that love is his uncongenial subject, some critics regard this story as a mediocre work, not to say a failure. It is noteworthy, however, that in his Author's Note to *Within the Tides* containing the story, Conrad suggests the story reflects his romantic feeling connected with his past and that the catastrophic ending of the story is necessary from his aesthetic point of view.

The story follows the process in which an ideal image of love in the hero's mind is gradually destroyed by the sophistication of a civilized woman.

The purpose of my essay is to interpret the author's intention of the hero's death in the concluding part of the story. The hero's image of love is found to be identical with the author's nostalgic image of the sea which, as he says in his Author's Note, was spiritual sustenance throughout his life. Indeed the image of an eternal love is pursued by the hero swimming in the sea toward the peace of death.

コンラッドは、恋愛をいくつかの小説のテーマに取り上げたが、それらの作品を傑作と見なす評者は少ない。恋愛小説はコンラッドの不得手な領域だとモーザーは言う。ひとりの男の愛と死を描いた 'The Planter of Malata' (1913) についての評価も高いとは言えない。グレイバーは、恋愛小説として力に欠けると言い<sup>(1)</sup>、コックスはセックスを扱って惨たんたる失敗を招いた一例だと言う<sup>(2)</sup>。

しかし、一方では、ベインズなどのようにコンラッドの伝記的事実を通して、この作品の結末に何らかの意義を見出そうとする評者もある<sup>(3)</sup>。

この作品の収められている *Within the Tides* の Author's Note (1920) でコンラッドは、収録作品には、彼の青春時代の体験に密着したロマンチックな感情が秘められていると述べ、さらに 'The Planter of Malata' の結末部の破局については、彼の審美的意図からして当然の帰結であると言い切っている。

本稿では、'The Planter of Malata' における恋の破局と、それに続く主人公の死は、作者の創作上の審美的意図によるものであるとコンラッド自身が述べていることを前提として、主人公の内面に理想の女性像が刻ま

れ、現実の女に幻滅した後もなお、その像に執着する主人公の心情を海のイメージとの関連のもとにとらえ、作者の内面に迫りたいと考える。さらにその上で、この作品にみられるコンラッドの後期作品の特徴についていささかの考察を試みたいと思う。

## I

物語の主人公ジェオフリー・レナードはヨーロッパから来た男であるが、資産家ダンスターに見込まれて、太平洋上の架空の孤島マラタ島でのパンヤ農場経営に乗り出し、大成功をおさめた。しかし、生来孤独で夢想家気質の彼は、ダンスター邸のあるシドニーとおぼしき港町を訪れることも少なく、好んで洋上か孤島で日を送っていた。こういうレナードが、たまたま商用で港町に来た折、ダンスター邸で偶然イギリスから来たフェリシア・ムーアソンを見た瞬間、すっかり彼女は魅せられてしまったのである。レナードにとって、それはまことに宿命的な出会いであった。「何ヶ月もの孤独な島の生活と数日間の海の旅を離れたばかりの彼にとっては、彼女のすばらしさは絶対的に征服しがたく、彼に迫った……。」

レナードは、町の新聞の編集長をしている友人から、フェリシアがこの町へやってきた事情を聞く。彼女は、大学教授の父と伯母と三人で世界一周旅行を楽しんでいることになっているが、実は、ある詐欺事件の犯人に仕立てあげられて失踪した彼女の婚約者アーサーを探しているという。その後、真犯人があらわれ、アーサーを責めたことを悔いた彼女は、彼が知人にあてた手紙の発信地がこの港町であったことから、父の友人ダンスター老人を頼ってやってきたというのである。

事情を知った人たちの努力にもかかわらず、アーサーの行方はわからなかった。捜索に協力を惜しまぬ風を装いつつ、レナードはそれが長びくことを喜んだ。彼は人間が変わったかのように、足繁くダンスター邸を訪れ、フェリシアの美しい容姿にますます心を奪われていくのである。ところが、アーサー捜索は、ある日急に進展した。レナードが以前雇い入れた農場の助手に、ウォルターと名乗る男がいたが、それがアーサーであることが判ったのである。実は、ウォルターは、島で事故死を遂げ、レナードは彼の埋葬をすませたばかりであった。しかし、婚約者の死を知ったら、フェリシアは帰国するにちがいないと考えたレナードは、アーサーの死を伏せようと決心した。それほどまで、彼はフェリシアに夢中だったのである。「愛するフェリシアの足もとに身を投げ出さず心から平伏させたあの偉大な情熱に直面したとき、彼にとって、真実を隠すことなどもの数ではなかった。それに、すでに事は終っていた。運命がそうすることを命じていたのだ。」

レナードの持ち船による、一行のマラタ島行き計画が立てられ、それが実行された。船は、夕ぐれどき、無事島に到着したが、一行の上陸は翌朝と決まる。その夜レナードは一人ひそかに島に泳ぎ帰り、従僕に指示して、アーサーが生きているかのような工作をして、再び船に泳ぎ帰る。一行の上陸後、何日か過ぎた。アーサーの死を隠し続けることは、だんだん不可能となっていった。ついにレナードは、すべてを告白し、この物語は結末を迎える。

## II

何がレナードをこれほどまでにひきつけたか。それは初対面のときのフェリシアの外見的印象であった。

「彼女は、背が高くしなやかで、豊かな髪の毛を結び上げて、彼にとっては、風変わりで異教的とも言えるような上品な頭部が、そのまっすぐな胴体の上にあった。……彼が目くらむような思いのする、最初の一瞥で、鮮かにとらえた印象は、彼女の髪の毛はみごとに

赤毛で、彼女の瞳は漆黒だということだけであった。……開かれた窓からの光が彼女の行手に降りそそいだ。のみでもって流れを彫り込んだような、まるで磨き上げた兜を大胆に示すような、そして溶けた金属の流れ出すような線のある、彼女の結び上げた頭髮全体が、突然光り輝いて見えるのだった。……近づいてくる彼女の姿を見ると、彼の脳裏には、愛の無限の優美さを表すイメージと、美に宿る無尽蔵の喜びの感覚が呼びさまされた……。」(pp. 9-10)

初対面のとき、レナードは、フェリシアの容姿を女神像のごとく強い女のイメージでとらえたが、このイメージは、以後、彼の脳裏に焼きついて離れない。「彼は、彼女の印象のすべてを視覚的に記憶していた……。それは、彼自身の心の中にある新しい能力を発見したような驚きをもたらすものであった。」すなわち、レナードは視覚的にとらえた彼女の印象によって、彼自身に内在する能力をよびさまされ、彼の内面に愛と美の理想像を作り上げていたのであった。

ユングによれば、芸術家肌ないしは夢想家肌の人間は自己の直観的知覚をたよりに、客体の客観的特徴とは無関係に、それを主観的な像としてとらえるという<sup>(4)</sup>。レナードは、まさにこのような類型に属する人物である。

レナードは、後に、フェリシアの滞在の目的が許婚の男をさがし出すことだと知ると、つまらぬ男に彼女が屈服することはがまんならぬことだと考える。アーサーのことをフェリシアの献身を受けるに値しない男だと考える方が「彼にとって、より容易であり、より墮落的でなかった」のである。なぜ、そのようにまで、彼はフェリシアに執着したか。「彼女の個性から受ける肉体的印象の力ゆえ」なのであった。彼にとって、彼女の肉体的存在の意識は、絶対的であった。コンラッドは「そのような印象こそ、われわれの魂の奥底にある活動力の真の源泉である」と主張する。彼は、レナードをして、フェリシアの容姿から受ける印象によって、彼自身の内面に生命力の源泉となりうるような強さを持った愛と美の理想像を作り上げさせたのであった。

レナードは、のちにフェリシアをヴィーナスのイメージでとらえてもいるが、それは、「海の泡から生じたヴィーナスではなく、はるか太古の、それ以上に形の定まらぬ、不可思議な、人類そのものに潜在する無限性から生じた」ものであった。レナードがその内面においてとらえたのは、無限の生命力にあふれる、人間の原始的な姿としての、いわば原型的な女性像なのであった。コンラッドは、*The Arrow of Gold* (1918) のヒロインのイメージを、太古の彫像のそれと重ねている。「彼女の肉づきは、太古の種族や、見知らぬ世代、不滅の碑に刻み

込まれた女の顔、今は忘れられ、墓に眠る人々の顔を想起させた。(6)」

このヒロインと同様に、太古のイメージを持つフェリシアを目の前にして、レナードは、彼女を腕にかかえ、遠く穴居時代の昔へ掠奪していく自分の姿を空想したりする(p. 45)が、これはレナードの、そしてコンラッドの意識下に潜む生命力に満ちた太古への回帰の願望を示すものであろう。この太古への回帰の願望の根底にあるものは何か。それは、武装した女神像 'strong-headed goddess' (p. 34) で象徴されるような「強さ」への憧れ、つまり強者崇拜である。

強者崇拜の究極にあるものとして、根源的生命・活力の象徴である phallus の崇拜がある。そして、被虐的性倒錯となるけれども、女性の強さの中にファラス的幻想を求めることもあり得るのである。精神分析医で、コンラッド研究家のマイヤーは、こういう観点からコンラッド作品を綿密に分析している(6)。彼によれば、ファラスを象徴するのは、多くの場合、ファラス的強さを持つ女性の外見的なもの、例えば髪の毛、眼差、装身具など。これらは、時としてそういう女性の破壊的強さを表わし、それが、性倒錯的な男の幻想を持続させるといふ。フェリシアの場合は、髪の毛と眼差がまずこれに該当する。これらは 'tremendous power' (p. 65) 「恐るべき強さ」で以って、レナードを圧倒する。彼は、時としてその強さに打ちひしがれそうになりながらも、かえって自己の幻想を維持しようするのである。たとえば、燃えるような彼女の黒い瞳—「彼女が瞳を彼に向けてとき、その瞳は生命に新しい意義をもたらすように思われた。……他の男なら、その輝きにうたれ、思考力が燃えつきてしまい、とっくの昔に気が狂い、かえって苦しみから解放されていただろうに、彼にはその幸福が与えられず、彼の思考力は、灼熱の太陽、燃える沙漠の猛暑にも無傷であった。」(p. 35) フェリシアの閃光を放つような眼差は、人間を射すくめて石と化す Gorgon の眼差につながっていく。こうなると、彼女はもはや魔界の女となっている。光りと輝きに満ちて、彼の前に現われた彼女は、「形のない姿、目鼻のない顔」で「魔力と魅惑と欲望を備えた魔法の画像のごとく、まっ暗な背景の中で神秘的に燃えて」いたのである。(pp.46—47) そして、レナードは、「主人の気分に従う奴隷のごとく感受性が高まり、彼女の優美さの持つ微妙なやさしさに心ひかれ、この上もなく愛が高ぶった」のであり、ここには、一種の被虐的な恍惚感さえあるのである。

さて、ここで注意したいのは、コンラッドがかつて体験した海の持つ魔力的な恐ろしさを Medusa のそれになぞらえた後年におけるコンラッドの次のような記述である。

「ああ、何と言っても海の魔力よ。おお、しかり。まさしく魔力そのもの。抱きついて命を奪う、とらえどころのない、妖精のような一種のみだらな魅力。にらみつけて、人を恐怖に陥れる Medusa の首の持つ魔力——この種の魔力が、海の男たちを健全な精神に保つと考えられる。……このような健全な精神の保存料とでもいうべきものの主成分は、海が微笑もうが、たけり狂おうが、そんなことはおかまいなしのある種の愛情だ」 'Well Done' (1918) in *Notes on Life and Letters*, p. 185

海は、太古のままに、破壊的なエネルギーに満ちあふれ、魔力的なまでの美しさを秘めている。かつての帆船船乗りたちは、その美しさと強さ、そして恐ろしさに圧倒され、うちひしがれながらも、海に魅せられ、海から精神活動の原動力を得た——と後年のコンラッドは主張しているのである。こうしたコンラッドの叙述で示される過去の船乗りの姿は、フェリシアに恋心をつのらせたレナードの姿と酷似している。レナードは、フェリシアの肉体的印象を活力の源泉と感じ取り、その破壊的な力強さから、かえって「生命の意義」を受け取ろうとしたのであった。女の肉体的印象と海の魅力、そのいずれもが作者によって、魔力的な強さのイメージを付与されている点は、注目に値しよう。海であれ、女であれ、こうした強さを持つ対象を崇拜し、その圧倒的な強さに耐えるときの、一種の被虐的な情感の中で、自らの生の実感を得ようとするロマンチックで受動的な姿勢は、後にも述べるが、後期のコンラッド作品に顕著な傾向だと見てよからう。

### III

コンラッド作品における海のイメージと女のイメージの結びつきについて、今しばらく検討していく。まず初期作品 *Almayer's Folly* (1894) におけるデインとユーナの恋の場合。

「……長くてふさふさとした彼女の髪の毛に軽く触れたとき、彼はこの上もなく愛している海のことを話したいという突然の衝動を感じた。彼は、彼女に子どものころに……耳を傾けたあの決して絶えることのない海鳴りの音、その魅力あふれる輝き、その無分別で気まぐれな怒り、深い海の底は永遠に変ることなく、冷たく残酷なのに、……その表面は常に変り、常に魅惑的であることなどを語った。彼は、彼女に、海が男たちを生涯その魔力の奴隷にすること、また彼らの献身にもかかわらず、彼らがその神秘を恐れていることを怒り、彼らのみこんでしまうこと、そしてその神秘を、海を最も愛する者

たちにさえも明かそうとしないことを語った。……彼女の髪は、彼の目をおおい、彼女の息は彼の額にかかって、彼女の両腕が彼の身体を抱いた。これほど密着した恋人同志はなかった。……『ああ、ニーナ、海は女のハートのようだ。』<sup>(7)</sup>

ここでは、女のハートが、海のイメージと重なっている。次にあげるのは後期作品 *The Arrow of Gold* 中の描写である。

「女と海とは、いわば一体となって、私の前に姿を現わした。生の価値ある二人の女主人のごとくに。太古の昔から、幾世代にもわたって人間を魅了しつづけてきた海というものの持つ果てしなき広大さと、女というものの持つ限りなき魅力がついに私の心を襲った。言い換えれば、それは海の持つ無形の力と、人間の血の脈動というよりは、聖なる神の脈動であるかのように感じられる女の姿態に内在する至高の魅力、だれもがそうであろうが、この二つの忘れようにも忘れられぬ魅力あるものへの断ちがたい想いなのだ<sup>(8)</sup>」

この作品の場合、女の姿態のイメージが海のイメージと一体となってとらえられている。

上記の二つの引用文に共通していることは、男の心の中で、海の魅力と女の魅力が重なり合っていることである。ただし、*Almayer's Folly* の場合、女の心の魅力と、*The Arrow of Gold* の場合、女の姿態の魅力とそれぞれ結びついていたのであった。前者におけるデインとニーナの恋がコンラッドの作品にしては珍しく成就し、後者における主人公の恋が急速に色あせていったことを対照して考えるとき、そこに初期と後期の間のコンラッドの作家精神の変質の一端がうかがうかわれるように思われる。*Almayer's Folly* を執筆したのは、現役の海の男ジョウゼフ・コンラッドであった。その時点では、海の魅力は、彼にとって現実のものであり、その鮮烈なイメージが女の魅力につながり、しかも土着民の血を受けた混血娘の原始的な魂のイメージと結びついたのであった。一方 *The Arrow of Gold* は、コンラッドが陸に上がって創作活動を開始してから、ほぼ四半世紀の後に書かれた作品で、この作品における海の魅力には、限らない郷愁の情をこめて語られてはいるものの、現実の海の持つ生々しさはない<sup>(9)</sup>。この作品での海の魅力は、作家コンラッドの青春挽歌の中でとらえたものであり、こういう海への郷愁、かつてそこに自己の存在の実感があったという一種の確信によりすがって、彼は執筆活動を続けたのであった。そして、現実の海ではなくて、このような回想の中の海のイメージが結びついたのが、女の姿態の持つ魅力なのであった、この作品の中でヒロインの姿態の美しさは次のように語られる。

「……私は、あの女ぐらいいい女はいないと思いこんでいた。彼女の魅力の発散ぐらい生命力をもたらし、靈感を吹きこみ、光輝に満ちているものはなかった。……この魅力は……あらゆる感覚に驚くべき生彩を与え、あらゆる思考に活力を与える……<sup>(10)</sup>」

この作品では、女の姿態の美しさが、海のイメージでとらえられ、それがそのまま、生の原動力の描写につながるのである。しかし、その生の原動力は現実のものではなく、中年作家コンラッドの郷愁の中のものであり、きわめてもろく、それがこの作品の主人公の色あせた恋とも関わるのである。

コンラッドはその青春時代のほぼ全期間を海で、しかも帆船で過ごした。彼に生の原動力を与えた海の生活とは、すなわち帆船における生活なのであった。つまり、帆船活動が可能である場合に限り、彼の精神活動は充実し得たのである。この公式は先にあげた *The Arrow of Gold* のジョルジュ、'Freya of the Seven Isles' (1911) のジャスパー・アレン、*The Rescue* (1920) のトム・リンガードの場合にも適用できる。彼らは、いずれも彼らの帆船が順調に航海していたときに限り、その内面生活に充足があったのである。

帆船生活におけるコンラッドに充足をもたらし得たのは何であったか。*The Mirror of the Sea* (1906) において、コンラッドは彼の体験した嵐の海について、それは「まるで深海の泥の底から、人間の記憶をしのぐ太古がよみがえったごとく」「まるで光以前に海が創造されたがごとく」原初の状態そのままに、船乗りたちに迫ってきたと述べている。そして、その中にあってはじめて、生まれ落ちて以来、文明の垢がしみついてきた彼らは、原始の男の本能に目覚め得たという<sup>(11)</sup>。こういう記述は、帆船の生活の中で、自己の存在の根源に立ち返り、自らの生命の充実を感じ得たコンラッドの青春の体験の偽らざる告白なのであろう。

既述した *The Arrow of Gold* や *The Rescue* の主人公たちと同じく、'The Planter of Malata' のレナードも女の姿態の美しさの中に、インスピレーションを感じ、同時に活力の源泉を見出したのであった。'The Planter of Malata' には、女の姿態の魅力と海のイメージとの直接の結びつきこそないが、精神の活動力の源泉を、太古のイメージを持つ女の姿態の美しさの中に求めた主人公レナードと、荒れ狂う嵐の中の「海も空もない」原初の状態の海の真実の中に活動力の源泉を求めた船乗り時代の体験の追憶の中に、空しいと知りつつ、現実の虚飾に満ちた文明社会での生活に耐え得る力の源泉の幻を求めた作家コンラッドとは、いわば一体となっているのである。

## IV

マラタ島へフェリシア一行を伴って出発したことは、レナードにとって、彼が彼自身の「終局」に向かって歩みはじめたことを意味していた。フェリシアの美しさに魅せられたゆえとは言え、アーサーの死を偽ったことが彼を激しく責め立てるようになる。「偽りのもたらす害毒が、レナードの精神を徹底的に虫ばみ、昔の彼の個性は屍と化していくように感じられた。」

かつて海の男たちは、一かけらの偽りさえ持たぬ海から生きるエネルギーを得たが、レナードは、自らの虚偽によって、その活力を奪われてしまった。その上、島の労働者たちに、アーサーの死を偽らせたために、彼らはアーサーの亡霊の出没を噂するようになる。レナードは常に亡霊につきまといわれているという錯覚に陥り、亡霊となったアーサーの宿命に自らの運命を重ねるようになってしまう。彼はすでに生きる実感を失っていた。

彼はフェリシアを丘の上にあるアーサーの墓へ案内し、すべてを告白する。彼は、文明社会の倫理道徳に束縛されてそうしたのではない。彼は、自らの虚偽を捨て、真実の自己に立ち返ることによって、すべてのものに活力をあたえる生命力の源泉としての存在である太古の女のイメージを持つフェリシアから、己れの生命力を得ようとした。しかし、期待ははずれた。彼に生命の意義を感じさせたはずのフェリシアの、強く輝きに満ちた視線の前で、彼は全く無力であった。「彼の頭の働きを一撃のもとに破壊せんと決意したごとく」彼女が彼に注いだ視線は Gorgon のそれのように彼を倒した。作者は、この時点でのレナードを石のイメージでとらえて (p.73)、かつての海の男や、アーサーの死を偽る以前の彼自身のような、ゴルゴンの魔力にも耐え得る活力が、すでに失われていたことを示唆している。彼の告白を受けた彼女の「復しゅうの形相と、すさまじい叫び声のため、彼はもたれたかかっていた岩同然の不動の姿勢になった」のである。一方「彼女の髪の毛」は、Medusa のごとく「のたうつ炎」となり、その「輝かしい炎が、彼の顔をこがした」のであった。

レナードは虚偽のない己れに立ち返った。しかし、彼は、彼が信じたような根源的な力をフェリシアから得ることはなかった。レナードを罵倒するフェリシアは、かつて彼がその美しい姿態を通して、彼自身の内面に作り上げた原初的な女性の理想像からは遠く隔った、いわばハートのない、文明の垢にまみれた女なのであった。彼女は言う。

「私の償いが、彼（アーサー）にとって、当然のことだということが、あなたにはおわかりにならないの？」

それは神聖な借りなのよ。立派な義務なのね。……世間の目から見たって、私と結婚すること以外に、彼を立ち直らせることができるものは何もないということが、あなたにはおわかりにならないのかしら。私が結婚を承諾したら、もう誰も陰口なんかささやかなくなるはずよ。一人の男の運命をつくり出すことよりも値うちのないことに、私が献身するなんてそんなこと、考えただけで、自己嫌悪に陥りそうよ」(p.76)

彼女は自らの結婚さえ、文明社会の倫理の枠の中でしか考えられなかった。アーサー捜索にしても、彼女の本能が彼を求めたからではない。それは、むしろ文明社会の賞讃を願う一種の虚栄心による行為だとさえ言える。コンラッドは、*Heart of Darkness* のマロウの伯母、クルツの婚約者、*Chance* のファイン夫人に似通う人物としてフェリシア像を作り上げている。ファイン夫人は、マロウによれば「彼女は、理屈をいろいろ持ちかけるけれども、ほんとうにそれがわかっているかどうか疑わしい」ような女である<sup>44</sup>。コンラッドは、女性を文明社会の掲げる倫理や観念をただ振りまわすだけで、自身の精神内容の空虚さ、貧弱さに気付かぬものとしてとらえることが多いが、フェリシアもそのような女として描かれている。このようなフェリシアの精神の空虚さをレナードに悟らせるための準備を、二人が知り合って間もなくの時点から整えていた。「彼は、みごとな髪の毛を持った、あの形のよい象牙色の額の下に何かがあるのかわらなかった。彼は、彼女の考え、感じ方がどのようなものかわからなかった」のである。アーサーを見つけ出し、結婚してやるのが、「a work of reparation」「償いの行為」だと彼女が言ったときには、レナードは、それを「彼の情熱への侮辱」と受け取った。また、彼女の父ムーアソンをして、コンラッドは「女というものは……正真正銘の素朴な人間としてやっていくような生活様式には耐えられないのだ」とか、フェリシアの行動を、高踏的で誠意がなく、まるで泡のように空しい思想や感情に頼ったものだと言わせている。フェリシアにレナードは言う。

「ああ、ぼくは、君があのようなよいや甲ちゅうに身を固め、城郭を築き、偉業を打ち立てた時代の貴族だなんて言っていない。そうなんだ。彼らは、むきだしの大地に立ち、誠実に過ごす伝統を持ち、自分たちの足で、情熱と死を支えた、温室などではない、大地を踏みしめていたんだ。彼らは、一般庶民を指導し、ともに苦しみ、理解しなければならなかったんだ。そうだ。あなたは、海の上面の泡に過ぎない。人を見下すかのように、高慢に構えているが、いつかはその底にある測りたたい海の深さによってはじき出されてしまう泡

かあぶくのようなものなんだ……」(pp.76-77)

レナードは、海の泡でできたヴィーナスではなく、形の定まらぬ人間の潜在力をそなえた「無限性」から生まれたヴィーナスの姿をフェリシアに求めた。が、しよせん、彼女は「泡」のような形骸的存在に過ぎなかった。コンラッドは、レナードに理想的だと思ふ女性にめぐり合わせ、その後、その女の魂が文明の残滓のごときものであることを悟らせて、作者自身の女性観をも同時に示したのである。

## V

レナードは、「あなたはあなただ。あなたは永遠の愛そのものだ。ああ、神のようなあなた、泡でできていると言ったのは、あなたの魂で、肉体ではない」と言ってフェリシアを力まかせに抱きよせるが、「火が、彼の静脈を駆けめぐり、彼の情欲を灰と化し、彼を燃やしつくし、彼を力のない空虚なものにした……。彼女は太古のままの人間のむき出しの衝動をおおい弱める抑止の形態に、あまりにも慣れすぎて、その衝動を信じるのができなかった……」(P. 77)

コンラッドは、原初の人間は、本能の呼び声に忠実に生き、その衝動の赴くままに行動したと信じ、彼らのそのような活力に憧れた。彼は、レナードをして、美しい姿態を持ったフェリシアへの恋に、原始的な生命の充足感を求めさせた。一方、作家は、フェリシアを近代文明の抑止の形態に慣れ過ぎた女として登場させて、生命力に満ちあふれた恋などには無縁のものとして行動させ、レナードの恋を成就させなかった。コンラッドは、レナードに、かつて *Almayer's Folly* においてデインに与えたような魂の合一のある恋の成就を与える代りに、フェリシアの魂は泡のように空虚なものに過ぎないという認識をさせた。それと同時に、作家はレナードにフェリシアの強烈な肉体的印象には、それが神であり、永遠の愛であるとまで言わせるほどの執着を示させた。最後まで、レナードがその精神的活動力の源泉として求めたのは、フェリシアの肉体的印象だったのである。ここに靈魂よりも肉体を、より根源的と見る後期のコンラッドの価値観が示されていると見るべきであろう。

レナードが彼の生命力を維持し、確かな存在感にひたるためには、どうしてもフェリシアの肉体的印象が必要なのであった。そして、彼にとって、彼女の肉体的印象は「あなたのような女と、私のような男が、一緒にこの世で出合うというようなことはめったにあるものではない」とまで信じさせるほど、かけがえのないものであった。彼女が去って行ったとき、レナードは、彼女に出会

う以前の彼自身にもどることができないことを自覚する。「しん気楼におびき寄せられて、あまりにも遠くまで来てしまった彼は、もはや、もとへもどることはできなかった」。今やレナードはアーサーなのであった。しかし彼は、アーサーのごとく麻薬中毒の放浪者となって生ける屍をさらしつつ、己れの肉体の死を待つというようなことは望まなかった。

フェリシア一行をマラタ島から立ち去らせた後、レナードは、使用人すべてに暇を出し、一人静かに彼の行くべき道を定めた。後に彼の姿を求めて島を訪れた新聞編集人は、岬の突端にレナードの衣服を見つけただけであった。彼の亡き骸は、どこにも発見されなかった。

「一人の男が静かに泳ぎはじめようとしていたことを、一体誰が想像し得ただろう。彼は両眼で星をはっきりと見つめ、たしかな手さばきで、その生の限界を泳ぎ切ろうとしていたのだ」(p. 85)

作品のこの結末については、いくつかの解釈がある。マイヤーは、レナードの死については母胎への復帰というシンボリックな意義を読み取っている<sup>10)</sup>、セイドはそれまでコンラッドが読者のために作り上げてきた英国的思考という知的経験の構造を一気に突き崩すことによって、そこから思い切った脱却をし、彼に生来そなわっていたインスピレーションを取りもどそうとしたと解釈し、そういうコンラッドの姿勢を問題にしている<sup>11)</sup>。

いずれの解釈の場合も、作家コンラッドの心情を伝記的事実から把握しようとしたものであり、それぞれ意義のある解釈である。

この結末部については、筆者は *The Nigger of the 'Narcissus'* において、過去の船乗りのイメージでとらえられたシングルトンに関する次の描写と対比することによって、作者の意図についての推測を試みた。

「彼(シングルトン)の沈黙を理解できる人々、生の限界を超えて、永遠を目の前に生きるすべを知っている人々……もはやこれらの人々は居なかった<sup>12)</sup>」

原初そのままの大海原で、帆船に生きた男たちは、ある意味では、時間・空間を超えて生き、現実の中に永遠を実感し得た男たちであった。そこには永遠の世界があった。コンラッドも、かつてその世界に住み、彼らの仲間であった。海から帆船が消え、彼らも過去の存在となった。しかし、ほぼ二十年の歳月を隔てても、かつて仲間とともに過ごしたその世界の記憶は、コンラッドの想念の中で、鮮かさを増すことはあれ、消えることはない。というよりも、むしろ、物理的時間の経過にともない、彼自身の肉体の衰えの自覚が強くなればなるほど、かつて、彼に活力を与えた大海原の永遠の世界追慕の念は強さを増し、彼の想念の中で、時は止まり、やがて追想の



時計の針は大変な速さで逆に回転し続けたのではないか。だからこそ、コンラッドは、数々の作品で海への郷愁を語り、青春歌を歌い上げたのであった。‘The Planter of Malata’の収録されている短編小説集・*Within the Tides*のAuthor’s Noteの中で若き日々感じた「衝動が、すべての幻滅の危険を通して私を支えてきた」と彼は断言した<sup>44</sup>。このような作者が、マラタ島の農場主レナードをして、彼が求めた永遠の愛の理想像を胸に抱かせたまま、生の限界の外へ泳ぎ去らせ、大海原の永遠の中へ回帰させたということは、大いにありうることだと筆者は考えるのである。

レナードの「永遠の愛」に、作家の追憶の中の生命力に満ちた永遠の世界を与えることによって、コンラッドは一つのアートを貫徹させた。筆者は解釈し、そこに彼のロマンチズムを見るのである。*The Shadow Line*や*The Arrow of Gold*, *The Rover*などの後続作品と同様、この作品も、作者の青春時代の体験と、作品のテーマが結びつき、さらにそれに、海への郷愁と惜春の情が加わって、きわめてナルシズムの強いものとなっている。

後期作品の共通点として、モーザーは、その主人公たちが、前期作品の場合と異なり、欠点のない美化された人物であって、彼らの悲劇は自らによって引き起こされるものではなく、偶然のできごとなどの外部的原因によるものとして描かれていると指摘して、これを、コンラッドの作家精神の衰退の証としてとらえている<sup>45</sup>。‘The Planter of Malata’の主人公の従容たる死にしても、モーザーは、恋する者の宿命の甘受に過ぎぬというとならえ方をしている。確かにコンラッドは、レナードをしてフェリシアが「運命そのもの」だと感じさせた。またアーサーの死を隠して、フェリシア一行をマラタ島へ案内することになったレナードの心境を「今や事は決まった。運命の意志に従ったまでだ」と描写して、主人公の死を予告した。あくまで主人公を運命には奔ろうされる人物として描いているのである。そこには、主人公をして、自らを問わしめ、自らの置かれた状況を冷静に見つめさせる作家の姿勢はない。主人公の死の取り扱いにしても、全知のナレーターの立場から、詠嘆的にロマンチックに肯定した。そして、モーザーが指摘しているとおり<sup>46</sup>、コンラッドは読者に対しても主人公の死を受容することを期待した。作者は、レナードの死に何の疑問も付さずに、ただ讀めたと解釈できるのである。

ここで、主人公の死に対する作者の詳細について、前期の代表作 *Lord Jim* の主人公の死の場合と対比して

みる。‘The Planter of Malata’にしても、*Lord Jim*にしても、その主人公がいずれも従容として死に赴いたことは、沖へ向かおうとするレナードの泳ぎを‘steady stroke’「たしかな手さばき」と表現し、胸を撃ちぬかれた直後のジムの視線を‘unflinching glance’「たじろかぬ視線」と表現したことで示されている。しかしこの二つの表現を、読者は同一レベルで解釈することはできない。ジムの「たじろかぬ視線」は、作者が彼に自らの置かれた状況を認識させた上での、「たじろかぬ視線」であった<sup>47</sup>。これに相当するような認識はレナードにはない。さらに、読者に対して主人公の死を伝える役割を担った者について言えば、*Lord Jim*の場合、何人かの目撃者たちからジムの死を伝え聞いたマーロウであるのに対して、‘The Planter of Malata’の場合、全知の視点の語り手、すなわち作者自身と解釈できるのである。*Lord Jim*の場合、コンラッドは、マーロウに一登場人物の感慨で以って、ジムの死を美化し、肯定させた。また、主人公の死そのものにしても、ジムの場合衆人環視の中で銃殺されたのに対して、レナードの場合誰もその最期を見ていないし、亡き骸すらない。*Lord Jim*の場合、コンラッドは、リアルにその死を伝え、それを讃美させるに際しては、マーロウ個人の感慨の中に限るといって、いわば一種の「枠」を設けていたのに‘The Planter of Malata’の場合には、そういう「枠」はないのである。このように主人公の死に対する作家の姿勢について考えても、この二つの作品の間にはきわめて大きな差があるように思われる。‘The Planter of Malata’の場合、作家精神の衰退はおおむねない。

人間の行為を、すべて運命の力によるものと解すべきであれば、われわれの日々の哀歓はすべてわれわれの外にあるものの意志によるのであり、われわれは楽天的であり得ると同時に最初から諦めていなければならない。そのような諦めから、コンラッドは出発したはずではなかった。思うに若き日のコンラッドはともかくとして老境に近づいた彼の心底には、自らをポーランドの名門出の漂泊者とか、帝政ロシアの王政の犠牲者として規定する意識がありはしなかったか――。

ともあれ、‘The Planter of Malata’は、その根底に作者の本質と関わる被虐的とさえ見られる受動性、自らの衰えを自覚する中年以後の生理等が深く関わっていて中編でありながら、コンラッドの後期作品の特徴を色濃く示した作品だと見るべきであろう。

コンラッドは、‘The Planter of Malata’において太古との対比によって、近代文明を批判し、拒否しようと

した。彼は、レナードに過去の人間が大地にしっかりと足を踏まえて立っていたと言わせ、そのような生き方を肯定させた。大地にしっかりと足を踏まえて生きるということは、コンラッド自身の場合、彼が身を置いた文明社会の中であって、現実を凝視して生きる人間像を創造することではなかったか。しかし、彼は、そのような生き方をする人物を創造しなかった。そこに、彼の自家撞着と甘さと限界があるように筆者は考えるのである。

### 付 記

使用テキストは Dent's Collected Edition of the Works of Joseph Conrad 所収の *Within the Tides* (1962)。引用文末尾の数字は、上記テキストのページを表わす。なおこの他のコンラッド作品からの引用についても上記 Edition に拠った。訳文については、朝日出版社刊の *The Planter of Malata* に付された宮崎孝一氏の注訳を参照させていただいた。コンラッド作品に対する年号は、作品の完成年を表す。

### 注

- (1) L. Graver, *Conrad's Short Fiction* (University of California Press, 1969). p. 178
- (2) C. B. Cox, *Joseph Conrad: The Modern Imagination* (J.M.Dent & Sons, 1974), p. 168
- (3) J. Baines, *Joseph Conrad: A Critical Biography* (Weidenfeld & Nicolson, 1960), pp. 393-394  
 ベインズは、主人公レナードの自殺について、コンラッド自身の自殺未遂にまで発展したと見られるマルセーユでの失恋事件との関連を示唆している。伝記的解釈を試みる評者には、B. C. マイヤーや、セイドなどがある。(注(13)(14)参照) マイヤーは、モーリシャス島における作者の失恋事件の余韻が、この作品の中にあると指摘している。
- (4) C. G. ユング「心理学的類型」による。中央公論社「世界の名著」続14「ユング・フロム」pp. 194-199
- (5) *The Arrow of Gold*, pp. 66-67
- (6) B.C. Meyer, *Joseph Conrad: A Psychoanalytic Biography* (Princeton U.P., 1967) pp. 191-316
- (7) *Almayer's Folly*, p. 174
- (8) *The Arrow of Gold*, p. 88
- (9) *The Arrow of Gold* の文章は、一般に cliché が目立ち、空虚な修辭語句が多いのが特徴的。注(8)の引用文についてもベインズは、それを悪文の例にあげている。

- (10) *The Arrow of Gold*, p.124
- (11) *The Mirror of the Sea*, p. 71
- (12) *Chance* p. 61
- (13) B.C. Meyer, *Op. cit.*, p. 327-328
- (14) E.W. Said, *Joseph Conrad and the Fiction of Autobiography* (Harvard U.P., 1966) p. 163
- (15) *The Nigger of the 'Narcissus'*, p. 25
- (16) *Within the Tides*, p. vi
- (17) T. Moser, *Conrad's Later "Affirmation" in Conrad: A Collection of Critical Essays* (A Spectrum Book, ed. M. Mudrick) pp. 145-165
- (18) *Ibid.*, p. 153
- (19) コンラッドは、ジムがドラミンに射たれて死ぬ直前ジムにとって、何よりも大切だった指輪——シュタインとドラミンの友情の証であったはずの——が、ドラミンの膝からころがり落ちるのを見届けさせ、シュタインとドラミンの信義の証であったはずのピストルで自分が射たれようとしていることを確認させている。ここで、作者はジムに現実生活における連帯の不毛性と、おのれの行為の空しさを認識させているのである。(奈良工業高専研究紀要第11号—昭和50年—所収拙稿「語り手マールウをめぐって」pp. 128-129 参照)

### 参 考 文 献

(注にあげたものは除く)

- (1) G. Jean-Aubry *Joseph Conrad Life & Letters* (William Heinemann, 1927) Vol. I, Vol. II
- (2) B. Johnson, *Conrad's Moodels of Mind* (University of Minnesota Press, 1971)
- (3) 「20世紀英米文学案内3 コンラッド」(中野好夫編 研究社1966)
- (4) 宮崎孝一「コンラッドの小説」(垂水書房 1962)
- (5) C. G. ユング・高橋義孝訳「無意識の心理」(人文書院)(1977)

# あ る 訣 別

「オールメイヤの愚行」試論

中 村 元 一

## Farewell to the Old Vision

— On *Almayer's Folly* —

Gen-ichi NAKAMURA

コンラッドの作家生活の出発点となった「オールメイヤの愚行」には、後にコンラッドが用いるような複雑な語りの技法はない。主として中期作品に見られる重層構造の複雑な語りの技法は、イギリス社会のアウトサイダーからインサイダーへ転じたコンラッドが、自らの否定的価値観と読者の世俗的価値観をつなぐために用いなければならなかったテクニクではあったと筆者は解釈した<sup>(1)</sup>。小論は、この作品にそのような技法が見られないのは、コンラッドがまだインサイダーではないこととおそらく関わるのであって、「オールメイヤの愚行」は、アフリカ体験と帆船体験後のコンラッドが、エゴに忠実に生きる人々への共感のもとに、彼自身に相対立して内在する冷めた現実認識と夢想家気質のうち前者をニーナに、後者をオールメイヤに託して、オールメイヤを自滅させることにより、自らの夢想癖との訣別を確認した作品であることを伝記的に説明しようとするものである。

### I

「オールメイヤの愚行」において、主人公の倦怠と無気力と卑小さを際立たせているのは、重苦しいまでに威圧的な大自然の強烈なイメージである。崩壊していく主人公のもろさと対照的に、昼なお暗く、太古のままの巨大な原始の密林、雷雨、濁流の渦巻く大河、ざらざら照りつける太陽などが克明に描写される。カールをはじめ、パーマ、ジョンソン、コックスは、このような描写の中に世紀末的な老衰疲労の果ての、倦怠とか意志の麻痺とか退廃とか敗残などの、いわゆる文明人の「弱さ」を読み取っている<sup>(2)</sup>。特にパーマは、その弱さに「闇の奥」のクルツの弱さに通ずるものがあるとする。一方、ルーセルは、オールメイヤという人物を文明の腐敗の象徴としてとらえ、それがヨーロッパ社会の支配的権力の所産であると指摘する<sup>(3)</sup>。

しかし、「オールメイヤの愚行」を脱稿した時点でのコンラッドの心境および主人公オールメイヤの生涯を検討するとき、作者がこの作品において単に、退廃的な人物の敗残の果ての荒涼たる心象風景を描出し、文明社会の病巣を指摘することを目的としたとは筆者には考えられない。小説「オールメイヤの愚行」の執筆には、読者

を度外視した作者個人にとっての意義と価値があり、この作品に限っては、この点が今少し重視されてよいのではないか。主人公オールメイヤは、文化果つる南海で、絶えず文明に憧れた男であるが、文明社会に身を置いたことはない。彼は文明社会の枠の外にあって、物質文明の枠の中に入り、その恩恵のもとに豪奢に暮らすことを夢見た単純な男であった。この点に注目して、オールメイヤを、文明人の弱さや退廃性を象徴する存在として規定する立場よりも、コンラッドがこのような人物を主人公に設定して小説を書いたという事実の中に、パーソナルな意義を認める立場を筆者はとりたいと思うのである。

ベインズは、コンラッドが習作時代に読んだと思われる「ボヴァリー夫人」の影響について触れ、主人公の境遇の類似性を指摘した上で、オールメイヤの不運は、シャルルやエンマの場合とは異なり、彼個人を超える問題ではないとしている<sup>(4)</sup>が、そのとおりであろう。以下、「オールメイヤの愚行」におけるコンラッド自身の自己投入について論を進める。

コンラッドが「オールメイヤの愚行」の執筆を開始したのは1889年秋のことである。起稿の動機について彼は「この作品は必要性、すなわち芸術家たちが製作の動機

を求めるに際して気がつく、かの有名な自己表現のための必要性から生まれたものではなかった。私をして無理やり執筆させた必然性というのは、言ってみれば、目に見えぬあいまいな必然性であって、それは完全におおいのかかった、説明しがたい現象だった<sup>(6)</sup>と述べている。この作品が完成したのは1894年の春であり、それまでに、何度か筆は停滞し、起稿から脱稿までに4ケ年以上を要している。この間、コンラッドはコンゴ河の溯航とオーストラリア航路の豪華帆船トレンズ号とで、二つの航海を体験した。そして、この二つの航海の間に、彼は後述するようなアフリカ・ショックによる大スランプに陥った。コンラッドは「この作品は自分を再び健康な生活のいろいろな活動に慣れさせるため」のものであったと述べているが、結果から言えば、「オールメイヤの愚行」の執筆は、このアフリカ・ショックからの立ち直りのために特に必要だったのである。

スランプは長く尾を引き、彼が自己回復を遂げ、船乗りとしての自信と、「オールメイヤの愚行」を書き続ける意欲を回復したのは、1892年10月から1893年7月にかけてのトレンズ号での2度目の航海のときであった。コンラッドは「オールメイヤと彼の物語の世界は、長年私の想像力の友であったが、海の現実生活に対処する私の能力を損うものではなかった」と述べている。「荒海ではおおよそこりそうにも思われない何かが起きて、それがニーナやオールメイヤを彼らの活動中止状態から目ざめさせようとし」「南緯40度のほぼグリニッジ経度において」「オールメイヤとニーナの復活の静かな儀式がとりおこなわれた」のであった。

この作品の執筆が作者自身にもたらした意義についてマイヤーは「感情の解放と自己表出」と言い、グラスマンは「暗い隠れ家のしめっぽい繁みからはい出そうとするコンラッド自身の努力」と見、セイドは、この作品を書くことによって「己れを意義ある行動の場へ持ちこもうとしていた」と言っているが<sup>(6)</sup>、いずれも当を得た見解であろう。

コンラッドは「著者の覚え書き」の中で、「われわれとかのはるかなる地の人々との間には一つの絆がある。私がいっているのは、生身の人間男女のことであって、文明世界の汚濁の中で動きまわり、ありとあらゆる美德の輝きでやわらかく光っている魅力的かつ優雅な幻のことではない。いかに洗練され、感受性、知性に恵まれていようとも、しょせん幻は幻であり、ハートに欠けている。……いずれの土地の住民であろうとも、ありふれた人々に対して共感を抱くことに私は満足を感じる」と述べている。(p.viii) この文中で彼は「はるかなる地の人々」との間の「絆」について述べたが、これは作家と登場人

物の関係についてのコンラッドの信念を示すものであろう。ルーセルはコンラッドの作品における「語り手と登場人物の関係は、海の男たちの連帯感の底流にある、共感的開放感と相互の一体性によって規定されなければならない」と述べ、「オールメイヤの愚行」をその例に上げている<sup>(7)</sup>。作家と堅い絆で結ばれたはるかなる地の人々というのは、実在するかしないかは別として、作家自身が共感を持ちうる、エゴに忠実な、生身の人間男女のことであって、このような人間との間にコンラッドが絆を感じるに至った背景には後述するように、アフリカ体験とトレンズ号体験があった。「オールメイヤの愚行」におけるマレーの世界の描写が事実ではないとのヒュー・クリフォードの批判について、コンラッドはブラックウッドに宛てて、彼がマレー人の世界を描いたのは「自分を表現する手段を求めただけのことであった」と述べている<sup>(8)</sup>。マレーの世界は、作家が共感を持って構築した世界に「作家の自己表現の手段として」作品のリアリティという観点から与えられた具体性なのであって、事実の世界ではなくとも、真実の世界なのである。

以上述べたことがらを念頭に置いて、コンラッドの作家としての出発点に位置するこの作品の、彼自身にとっての意義をめぐって、主人公の生涯の概略をしるした上で、以下少しばかり考察していく。

## II

小説の主人公オールメイヤは、南海の植民地生まれのオランダ人である。彼の父親はしがない勤め人であった。アムステルダムに育った母親は、みじめで貧しい生活の中で、裕福だった娘時代をなつかしがった。母親からアムステルダムのすばらしさを繰り返し聞かされて彼は成長した。マカッサルの倉庫業者のところで働いていたとき、彼は当時海の王者と呼ばれていたリンガードに出会い、全財産を譲ることを条件にその養女のマレー娘との結婚を持ちかけられる。

「その思いもよらぬ提案にオールメイヤは驚いて、たじろぎ、しばらくものも言えなかった。彼には想像力が強く活発に働く天性がそなわり、その短い間にも、彼は、まるで目もくらむ光を浴びてでもいるかのようには輝く銀貨の山を見、豊かな生活のあらゆる可能性を実感した。……遠い将来にはアムステルダムに大邸宅がお伽話の宮殿のごとく輝いた。これこそ彼の夢見るこの世の楽園であり、そこでは彼が老リンガードの金で、多くの男どもの間で王者となり、晩年を表現しつくせぬほどの華麗さにつつまれて過ごすことだろう。」(p. 10)

オールメイヤはわが身を勞することなしに巨万の富を得て、憧れの地アムステルダムにおいて物質的快楽に身を委ねることを夢見た。オールメイヤは、全く財産目あてに、この結婚話を承諾する。しかし、彼の期待に反し、密林のサンバーで始められた新生活は惨めなものであった。空想力こそ豊かであったが、貿易業を営むにしても、およそ決断力や実行力に欠けるオールメイヤは、地元の酋長ラカンバやその手下のババラチ、アラブ人の業者アブゾラと対等に競争することができない。彼は、妻にさえ、たちまち実力のなさを見ぬかれてしまう。やがてニーナという娘が生まれる。彼女は物心づいて間もないころ、教育のために、シンガポールのプロテスタントの家庭に預けられることになり、ヨーロッパへ一時帰国するリングードに連れられて密林を出ていく。密林の中でいたずらに歳月が流れ去るが、リングードは再び帰ってこない。

ある日、黒髪豊かなオリブ色の肌の美しい娘に成長したニーナが帰ってくる。シンガポールの敬虔なプロテスタントであるはずのヴィンク夫人の家庭で、美しい混血娘ニーナをめぐる、俗っぽい恋のいざこざがあり、それがきっかけとなってニーナが白人の世界にとどまることをきらったからであった。美しく成長したニーナを見て、オールメイヤの夢はますますふくらむ。彼にとって夢は生きるエネルギー源であり、その夢の核となっているのがニーナへの執着であった。ニーナが帰ってまもなくのころ、オールメイヤはリングードの手帳にしるされた金鉱の地図を見つけて興奮する。オールメイヤの夢は果てしなく広がっていくが、その夢はきわめて他力本願的なものであった。彼は、その夢の実現をリングードに託したり、噂だけでやって来もしないイギリス軍に託して、家を増築したりする。他人の力と、幸運をあてにして一獲千金を夢見るオールメイヤを、彼のところへやって来たオランダ士官は、軽蔑のあげく「この白髪頭の愚かな夢想家」(p. 35)と名づけるが、オールメイヤは他人の陰口や嘲笑には全く無頓着である。彼は金鉱採掘の助力を密輸に従事しているバラモン教徒で、バリ島の酋長の息子であるデイン・マルーラに依頼する。デインは密輸の仕事が一段落したら手伝ってもよいと言う。オールメイヤは有頂天であった。大富豪となって、アムステルダムに宮殿のような大邸宅を構え、多くの紳士淑女がニーナに膝まづくのを見たという彼の夢が今にも実現しそうだったからである。「リングード老人の手帳にある情報をたよりに豊富な金鉱を求めに行く。そこへ行けば、ほんの少し身がかがめるだけで、巨大な財産をぬれ手に粟のごとく入手でき、若き日々の夢を実現できる」と彼は信じこみ、「マルーラは勇敢で彼の部下も同じよ

うに豪勇だから、ラカンバの援助があれば成功まちがいなしだろう」と虫のよいことを彼は考えて、金鉱採掘の旅に出るためのボートの装備も「言い知れぬ富のあざやかな夢とまじり合って、燃える太陽、どろんこの悪臭放つ河岸の現在のしみじみさは、彼とニーナのためのすばらしい将来の豪華な幻の中に消え去り」(p. 62)、オールメイヤは、ただ「想像力を樹上はるかに飛翔させて、西方の白い雲の果て、ヨーロッパの楽園が、未来の億万長者を待ち受けているところに馳せ」(p. 63)、「アムステルダム到着時にすばらしい晩餐会をとり行なう手はずを空想する」(p. 65)だけで現実のつらさを忘れることができたのであった。

オールメイヤはデインの訪問を待つが、彼は何日もやっつこない。やっつ訪れたときは、デインはもう金鉱採掘などできない身の上となっていた。彼の密輸船がオランダ官憲の追跡を受けたため、彼は船を爆破し、多くの手下も失って、夜更けにオールメイヤの家へ来たのであった。オールメイヤは狂喜する。デインが訪れたのは、ニーナと会って駆け落ちの手はずを整えるためであるがオールメイヤはそれに気付いていない。

翌朝、河で男の水死体が発見された。顔が無残に傷ついていたことと、装身具とから、デインの死体だということになった。デインが死んだと思いこんだオールメイヤは半狂乱になる。彼はデインの死を悼むのではなく、おのれの夢が挫折したことを悲痛なまでに嘆くのである。夢の実現のために、ただひたすら、原住民の間での屈辱的な生活に耐えてきたと思いこんでいる彼の絶望感、喪失感は深い。この時点で、初めてオールメイヤは彼自身の置かれている現実を実感する。「毎日毎日、毎月毎月、毎年毎年、彼は落ち続けていた。落ちて落ちて落ち続けた。それはなめらかなまるい黒い穴で、黒い壁がうんざりするような速度で上方にのぼっていった。……今やおそろしい衝撃とともに彼は底に達した……」(p. 99)のであった。

死んだのはデインではなかった。彼はニーナと示し合わせて、脱出の時を待って、島にひそんでいる。この事実をオールメイヤとオランダ官憲に知らせたのは、デインに思いを寄せ、失恋した奴隷女タミナーであった。金鉱を発見して富を得、娘をともなってアムステルダムへ帰り、ぜいたくに暮らしたいという願いののみすがって生きてきたオールメイヤにとって、金鉱採掘の挫折に加えて、ニーナを失うということは、彼自身の死を意味していた。彼はピストルを手に二人の隠れ場所へ出向く。そして、彼はニーナを責め、デインを殺そうとする。しかし、彼には射つことはできない。結局、オールメイヤはオランダ官憲の追跡をかわして二人をバリ島へ逃がし

てやるが、ニーナを許したわけではない。彼はニーナを諦めるけれども、彼女を絶対に許さないことが、「おのれへの一おのれの種族への一また全宇宙への義務の観念」に従うことだと信じ、彼は彼自身のその「ひるまぬ堅固な意志」に誇りをいただいた。(p.192) 彼は二人の乗ったカヌーが浜から沖へ出たあと、砂浜に残ったニーナの足跡を一つ一つ消していく。ニーナが去ったあと、オールメイヤは家を焼き払い、妻には去られ、ただ一匹の猿を相手に暮らす。いくら忘れようと努めても、彼の脳裏からニーナの姿は消えない。ニーナが去って一年、バリ島の酋長の孫の誕生を知らせに来た使いに、オールメイヤは狂人のごとく怒りをぶっつける。彼にとってニーナは、彼の夢の地アムステルダムで、女王のごとく暮らす存在以外の何者であってもならなかったのである。

ニーナを忘れることのできなかったオールメイヤは、アヘンを吸引するようになる。アヘンに侵され、太陽の光を恐れて暮らすようになってから何年かの後のある日オールメイヤはボルネオのサンバーで、孤独ではあるがしかし安らかな死顔を見せてその生涯を終えた。

以上が愚かな夢に引きずられて終った「オールメイヤの愚行」の主人公の生涯の概略である。

### III

コンラッドは、はるかなる地の人々への限らない共感を持ってマレー人の世界を構築し、彼らの側に視点を置いてオールメイヤを描いた。そして、作家がとりわけ肯定的に描きかつオールメイヤをしても、またその妻をしても執着させ、さらに周囲のほとんどの人物の強い関心をあつめさせたのがニーナであった。コンラッドは、このニーナに最もきびしくオールメイヤを批判されたのであった。デインが死んだと思ひこみ、夢が破れたことを悟って衝撃を受け、悲嘆に暮れる父親を前にして落ちつきはらっているニーナにオールメイヤは怒りのことばを吐く。

「お前には心も考えもない。そうでなかったら、おれが働いていたのはお前やお前の幸福のためだったとわかったはずだ。おれは金持ちになってここを脱け出したかった。おれは白人たちがお前の美しさや富の力の前で頭を深くたれるのを見たかった。年としてはいるが、おれはまだ見たことのない文明社会の土を踏んでお前の幸運や勝利やしあわせを考えて新しい生活を見つけたかった。そのためにこそおれは、この野蛮人の中で労苦、失望、屈辱にがまん強く耐えてきた。もうちょっとで運をつかむことができたのだ。」(p.101) オールメイヤがわめき立てても、作者はニーナに沈黙

を守らせている。作者は地の文で次のように述べてオールメイヤを批判する。

「彼は……娘の前で自分の生の内面的意義をぶちまけたと思うとほっとした。彼はまじめに信じ切ってそう思いこんだが、彼の動機的情緒的評価に眼がぐらみ、彼のやり方のよこしまなこと、彼の目的の非現実性、彼の後悔のむだなどには気付かなかった。……彼は娘もまじめになるのを見たかった。ともに絶望を分か合いたかった。しかし、彼がそう望んだことは、弱さを持って生まれたすべての者が不運を忍ぶ友としてその原因と何の関わりもないものを望むやり方に外ならなかった。」(p.102)

幸・不幸は他者の主観によって規定されるものではない。娘ニーナを幸福にすることがオールメイヤの生きる目的であったとしても、ニーナ自身の幸福観を無視しているかぎり、それはオールメイヤ自身の問題であって、まして彼女が感謝すべきことではなかった。彼女は父親に哀れさを感じながらも、全く共感を持ち得ないことを意識していた。デインと娘を追って開墾地へ行ったオールメイヤは、ニーナに向かって、西洋風の教育を受けさせてやったことへの忘恩をなじる。作者は、今度は、ニーナに思い切った発言をさせている。

「よく憶えているわ。その教育がどんな終り方をしたかもね。嘲りには嘲り、軽蔑には軽蔑、憎しみには憎しみ。私はあなたの種族の女ではないわ。あなたと私の間には絶対に取り除けない壁があるわ」(pp.178—179)

「きのう、父さんは父さんの私への愛を、私が判ることも見ることもできないと言ったわね。……二人の人間がいて判り合えるなんてこと、絶対にありえないわ。……あなたは私に、あなたと同じ夢を見ることを期待し、あなたの未来像を胸に抱くように切望したわ。その未来像というのは、私を憎み軽蔑して放り出したあの白い顔の仲間の中で暮らすことなのよ。」(p.179)

神を信じ、人類愛を説くはずのプロテスタントの家庭から、ニーナが得て帰ったものは、白人への憎悪であった。彼女はシンガポールで受けた道徳教育の偽まん性を見破っていた。彼女は、サンバーに帰った当初こそ衝撃を受けるが、醜いまでに欲望をむき出して生きる原住民の生活にむしろ共感を抱くようになる。

「取り引きの場所がレンガ造りの倉庫であろうと、泥水の河岸であろうと、愛のささやきの場所が大樹のかけであろうと、シンガポールの遊歩道のほとりの大寺院のがげであろうと、おのれの目的のための陰謀が法律の保護のもとになされようと、キリスト教的行動規範にもとづいてなされようとなされまいと、人々の欲求の満足が巨大な大樹林同様文明に汚されぬ天性の野

生の奸智や抑制されざるどう猛さでもって求められようとそうでなかつると、愛憎や、さまざまのつかみどころのない形でなされるドルを求めての汚れきった欲望の発現には一切差がないように彼女には思われた。しかし、年月がたつにつれ、ついには、彼女の決断力に富んだ性質にとっては、彼女のマレーの親族の野蛮で妥協心のない意図の率直さの方が、これまで彼女が運悪く接触してきた白人たちの口先だけの偽善心や上品な仮面や道徳的口実より、ずっとよいものに思われた。」(p.43)

ニーナの母親は、かつてリングードと対戦して皆殺しにされたマレーの海賊の娘であった。ただ一人生き残っていた彼女は、リングードの養女となり西洋風の教育を受けた。彼女がリングードに服従したのは、敗者は勝者に絶対的に従わなければならないという彼女の一族の弱肉強食の掟を守ったからである。少女期から成人するころにかけて、彼女は、自分が強者リングードの妻となつて隠然たる力を持って彼の家庭を支配することを夢見た。しかし、彼女の期待はずれ、彼女はリングードの命令でオールメイヤと結婚することになる。彼女はたちまち夫のふがいなさに失望する。彼女は「もっと彼女の性に合った男に添っていたら、人殺しでも、それ以上の悪業の限りでもやっていたであろうに」(p.148)とくやしがる。彼女は文明社会で精神的な傷を受けて原始林の中へ帰ってきた娘ニーナに、自分の少女のころの海賊生活の追憶を語り聞かせる。このような母親の影響下でニーナは文明のうすっぺらなおおいが次第にはがされていくことを自覚し、エゴをむき出して自己保存のためにひたむきに生きる原住民の偽りのなさに心をひかれていく。彼女は徐々に「野生」にもどりつつあった。彼女の心は父親の気付かぬうちに、父親から遠く離れてしまっていた。彼女のこの変化を決定的にしたのが、デイン・マルーラの出現であった。

デインはイスラム文化圏にあって、バラモン教を護持する美しい島バリ島の酋長の息子であった。デインは彼のそのような素性をぬきにしても「強者」であった。彼女は「半野蛮的な野生むき出しのおそらくは残酷な印象」を持ったこの男に強く魅せられる。デインとニーナは互いに心ひかれ、何度か逢瀬を重ねる。「二人の野生的な心の間には相互理解の息吹き」(p.63)が感じられるほどに彼らは恋し合い、ニーナはデインが「向こう見ずで勇猛で、白刃をきらめかして敵に立ち向かう、彼女の夢見る人物であり、…まさしく彼女の母親の伝統を受け継ぐマレーの酋長」(p.64)だと確信する。デインの情熱は「文明化された自己訓練のいかなる影響にも束縛されぬ男特有の押えのきかぬ熱情」(p.64)であり、「彼女の魂は、

もはやヴィンク夫人の文明精神の打ち壊すことのできぬ野生的な状態に变じ」た。彼女の母親はデインから多額の銀貨を受け取って二人を逃がした。金鉱採掘などという当るかどうか皆目見当のつかないことをあてにする父親オールメイヤと対照的に、母親はきわめて現実的にニーナを与える代償として金を手に入れたのである。母親からは正式に娘をゆずり受け、ニーナの心も自分にあることを意識しているデインは、いきり立つオールメイヤに対しても落ちつきはらって余裕を示す。雷鳴のとどろく開墾地で、オールメイヤは娘を思いとどまらせようと必死になる。彼はニーナに、なぜこのような野蛮人のところへ行くのかとかきくどく。コンラッドはここでニーナに「あなたは私になぜ行くのかとたずねているけれど、私は逆になぜここにとどまらなければいけないわけがあるのか聞きたいわ」(p.179)と逆襲させている。自らのエゴに忠実に、未来に向かって、デインと心をつなげて出発しようとする娘には、父親のどのようなおどしも通じない。コンラッドはここで、恋に命を賭けようとする娘と、恋にはもちろん、何事にもただの一度も命賭けになったことのない、夢ばかり追って安易に生きてきた父親とを対比させている。コンラッドは主人公オールメイヤと対照的な人格をニーナに与え、ニーナの眼から主人公を批判した。つまり、原始に回帰し、エゴに忠実に奔放に生きる混血の人間の眼から、白人であることに優位を感じ、怠惰に、他力本願的に、身勝手な夢の成就する日をひたすら待つ人間の愚かさを容赦なく描き出した。作者はオールメイヤを、己れの殻にとじこもらせ、彼が他に対して誇りうる何物も持たないにもかかわらず、たまたま彼が白人であるということを誇り、周囲の人間をたまたま白人ではないという理由で蔑視し、ただ夢ばかり追うという生き方をさせて自滅させた。

コンラッドは、ニーナに生命力に満ちた原始性を与え作家自身が共感をよせる「はるかなる地の人々」の一人として、彼女にその父親の生き方を批判させ、オールメイヤの愚かさを否定した。「著者の覚え書き」の「はるかなる地の人々」の中には、オールメイヤは入っていないのである。

この作品の執筆によって、コンラッドはオールメイヤの生き方によって象徴されるような人生への対し方を否定したと筆者は解釈するのである。

#### IV

コンラッドは、一獲千金の夢を見るばかりで怠惰に日を送ったオールメイヤを自滅させることによって、その生き方を否定した。ただ夢見るばかりで怠惰に過ごし、

その果てに死んでいく人間はいくらでもいるが、その生涯を小説に描いてみたところで、自らの業に引きずられてひたむきに生きようとして、結局は周囲の状況に押しつぶされて消えていく人間像を描いた場合ほどには、人間に内在する普遍的な問題を取り扱った作品とはなりえず、主人公の終焉がいかに悲惨であろうと、喜劇に近いものが出来上がってしまうことが多い。「オールメイヤの愚行」にしてもその例外ではない。喜劇を書きあげるのがコンラッドの意図だったとは考えられない。それならば、なぜ、彼は4年を超える歳月をかけてまで、このような作品を書き上げなければならなかったのか。コンゴ河潮航船やトレンズ号にまで原稿を持ちこむほど、この作品に執着しなければならなかったのか。まだ習作の時代であったからというだけではその答にはならない。

コンラッドは、後年、この小説のモデルとなったオールメイヤのことを「個人的記録」の中で次のように回想している。

「あなたは人々の奇妙な微笑みや、島中に浮浪している商人たちの軽蔑にみちたおしゃべりによって、すべての威厳を脱がされた状態で私の前に現われました。あなたの名まえは、風の持つ共通の特徴を帯びていました。言わば、熱帯の海域にむき出しのまま漂っていました。私はその不名誉な体に熱帯の王衣をまかせ、うつろな声に父親の苦悩そのものを注ごうと試みたのでした。—もちろん、この仕事はあなたが私に求めたものではありません—しかし、すべての労苦と苦悩は私自身のものだったということを忘れないで下さい。」

オールメイヤから受けた印象は、愚かで見じめなものであったが、コンラッドの心に強く残った。彼は「執筆の労苦がいかにひどいものにあったにせよ、私は常に好意をもってオールメイヤを追憶する」と述べているのである。

コンラッドは「オールメイヤの愚行」において主人公の生涯を妥協することなしに否定的に描いたけれども、この作品の全編を通じて、作者の諷刺的な視線はどこにも感じられない。コンラッドは、オールメイヤの生き方を彼が愛した、ただ一人の人間、娘のニーナの眼から、肉親の持つ、論理を超えた哀感に満ちた心情で批判させた。モデルのオールメイヤに対して「好意を持って追憶する」とコンラッドは述べたが、彼は小説の主人公オールメイヤに対しても「好意をもった」のであった。次にあげるのは、オールメイヤの死の場面である。

「東海岸の唯一の白人は死に、彼の魂は俗世のかせから救い出され、今や無限の知恵に召された。上向いた顔には、苦悩と苦痛から突然解放されたあとの穏やかな表情が見られた。」(p.208)

コンラッドは、彼の後の作品の主人公たちに、オールメイヤのような安らかな死を与えていない。「ロード・ジム」「追いつめられて」「ノストローモ」などの主人公は、絶望の果てに、人生そのものを否定するような形で死んでいった。作者は「オールメイヤの愚行」の主人公の死を、特に飾ることもなく、特にぼかすこともなく、さりげなく安らかに描いて、主人公に対するコンラッド自身の甲辞とした。このような作品は、コンラッドの場合ほかにはないのである。

1887年、コンラッドはハイランド・フォリスト号で負傷し、シンガポールでしばらく病院生活を送った後、ボルネオまわりの近海航路の蒸気船ヴィダー号に乗り組んだ。後に「ロード・ジム」において、コンラッドは近海航路の蒸気船の世界で働く船員を「白人であることの優位を楽しみ、激しい勤務など考えただけで身震いし、明日にも新しい契約が成立しそうな気楽な生活を危かしく送りながら、アラブ人船主の下で働いた。—気楽な条件でさえあれば、悪魔の下でも働いただろう…」とか「船乗りとしては実体を欠いた影」と表現した<sup>9)</sup>が、労苦のともなう本国航路の帆船とは異なり、近海蒸気船の勤務は安楽であった。大して労することもなく、多額の報酬を得ることができ、小金をためこむこともできそうであった上に、余暇も十分あった。負傷直後ということもあって、コンラッドは勤務条件の楽な蒸気船の世界に魅力を感じたのであろう。ヴィダー号での生活は安易な日々の連続ではあったが、そこでは船乗りとしての充足感を得ることはできなかった。コンラッドは「ロード・ジム」や「追いつめられて」において、蒸気船の世界を、主人公の悲劇につながる精神的墮落の場として描き、「陰影線」において、蒸気船の世界での生活にいや気がさし、精神的に参って下船した主人公が、後に帆船の船長となって気力を回復するという自伝的な話を書いた。「それが蒸気船であったゆえ、盲目的な忠誠心を賭けるに値いしない」と思った「陰影線」の主人公は、「ある日、完全に快調で、翌日魅力も好みも失せ」て「安楽な枝から離れる小鳥」のごとく船を離れたと描写している<sup>10)</sup>。ゲラードは、ヴィダー号下船について「多分、後に『ロード・ジム』の中で、彼の夢見た安易な職による墮落に抵抗したのだろう」と指摘する<sup>11)</sup>が、そのとおりであろう。コンラッドはこうした気分の変化を「のんきで熱に浮かされた青年時代から、もっと自覚のある苦勞の多い壮年期への移行」だと述べている<sup>12)</sup>。

コンラッドが「ロード・ジム」「追いつめられて」「陰影線」で描いた蒸気船の世界は、彼自身のヴィダー号における、けだるく安易なだけの体験にもとづいて構築されたものであった。コンラッドはこのヴィダー号でボル



ネオのペラウ河を溯航中、この小説の主人公のモデルとなったオールメイヤに出会った。その男はバジャマ姿のだらしない恰好で、船で運ばれてきた小馬を受け取りに船着場へやってきていた。小馬は船から降ろされるや逃げ出すが、オールメイヤはつかまえることができず、うるたえるばかりであった。オールメイヤは河の上流の何かをめぐる大儲けの話についての不満があるらしく、しきりに愚痴をこぼしていたが、彼を知る人たちはこのオランダ人を愚か者扱いして、軽視していた。既述したように、コンラッドはこの男に強い関心を持った。それはコンラッドが、南海の果てに安易な夢を追うこの白人の中に、ヴィダー号での安楽な生活の中で墮落しつつある自分自身と共通する何かを見出したからではなかったか。

オターゴ号船長を辞したあと、下宿屋暮らしを余儀なくされたコンラッドは「オールメイヤの愚行」を書き始めた。単なる退屈しのぎに小説を書くならば、すでに十年を超える船乗り生活の中で見聞したことがらの中に、その題材は数多くあったはずであるのに、なぜ、彼はオールメイヤを主人公とした小説を書き始めたのか。その気質においてあまりにも彼自身と共通点の多いオールメイヤの印象がきわめて強かったことと、ロンドンの下宿屋で、なすこともなく時間の経過に身を委ねる彼自身をつつむ言いようのない、けだるい雰囲気彼の関心をただひとつにオールメイヤの方に向けたということはありうるものではなかっただろうか。ただ、この時点で描かれたオールメイヤ像が脱稿時のそれと大して差がなかったと言えるかどうかは大いに疑問である。退屈な生活の気晴らしとして、もっと大げさに戯画化されたオールメイヤが描かれていたとしても不思議ではない。夢想癖がある点など、コンラッドが彼自身とオールメイヤとの間に、かなりの共通点を認めて強い関心を抱いていたとしても、この時点でコンラッドに、小説の主人公オールメイヤの中に全力をあげて自己投入をするほどの熱意や、主人公の周囲に、コンラッド自身が共感しうる人々の世界を構築するほどの意欲があったかどうかは疑問である。夢想に浸りつづけることの愚かしさを、1889年の時点では、彼自身の問題としてとらえるほどの体験をコンラッドはまだ経ていなかったからである。

## V

オターゴ号の船長を辞してから1年2ヶ月後、コンラッドはボラドフスカ夫人の紹介でコンゴ河溯航船の船長をつとめることになり、下宿屋住まいを一たん打ち切ってアフリカへ向かった。1890年5月のことである。当時のアフリカ内陸は、スタンレーの探検成功によって一躍

脚光を浴びており、コンラッドにとっても、読書に明け暮れた少年時代からの憧れの地であった。旅の途上、彼はポーランドに住むいとこにあてて、英国の国籍を有していようと、自分はポーランド貴族であり、その面目にかけて、他の人間は落伍しようとも、三年間の内陸勤務に耐えてみせるという旨を書き送った。

しかし、夢と現実には、あまりにも厳然たる差があった。コンゴの奥地で、彼が思い知らねばならなかったのは、この地は彼の夢や憧れや価値観などの全く通用しない、太古から一貫して、弱肉強食の掟が公然と支配している世界であるという事実であった。彼がそこで、彼自身の眼で確かめたのは、崇高な観念をかかげてアフリカへ乗りこんだ者たちが、現地でむき出す「牙」と、原住民たちのむきだしのままの「牙」とが全く同じ質のものだということであった。コンラッドは欲望を種々の観念でおおい隠す文明人よりも、それをいつわらぬ原住民の方に健全な生命力を見出す。彼のこの認識が後に「オールメイヤの愚行」においてニーナの文明世界であろうと野蛮世界であろうと、愛憎や汚れた物欲の発現に差はないという認識<sup>99</sup>となり、「蘭の奥」において文明の観念を信奉したクルツの崩壊やマローウの「ただの首符りの蛮行は白日のもとに存在する権利を有するものであるゆえ、明らかに安心をとまなう」<sup>100</sup>という評価となり、さらに既に述べたコンラッド自身の「はるかなる地」の「幻」ではない「生身の人間男女」への「絆」の意識となって結晶するのである。

コンゴの奥地でコンラッドはさらに自らの非力さをも悟らねばならなかった。夢も希望も砕け散り、体力も気力も消耗しつくして、自分自身の存在を確かめる余裕すら失って、わずか三ヶ月のアフリカ滞在の後、彼は「幻」のようなわが身をいたわりつつ、帰郷の途につく。彼の胸底にあったのは敗残の思いのみであろう<sup>101</sup>。

ロンドンに帰ってからの生活は、一層、思わしくなかった。精神的にも肉体的にもどん底状態が続く。彼は何度かボラドフスカ夫人や伯父タデウスに宛てて、心身をさいなむ苦痛を訴えた。三十才をこえた中年に近い男がいくらコンゴの奥地での体験が苦難に満ちたものであろうと、それは彼自身が望んで招いたことである以上、孤独感や絶望感を書きつらねた幾通もの手紙を書き送ってきたことは、甥に対してきわめて甘かったタデウスの眼にも異常なことと映ったにちがいない。タデウスはコンラッドの夢想癖が遺伝的なもので、その夢想癖に駆り立てられてアフリカへ出かけ、失望落胆の結果病気になるのだと書き送り、さらに「もっと活動的な生活を送り愉快な習慣を養うように」と付け加えて、いわゆるポーランド気質を捨て去るようにと忠告した<sup>102</sup>。理想家肌で

革命を夢見た果てに流刑地でその生涯を閉じた父アポロの夢想家気質を受け継いで、コンラッドは少年の頃から山の彼方に夢を追い十六才のときにポーランドを飛び出した。彼は、その後も途方もない夢を抱いて、常軌を逸した行動をとることが多かった。伯父に指摘されるまでもなく、アフリカから帰って以来、コンラッドは彼の夢想癖の愚かしさを意識していたはずである。幻滅感、敗北感、周囲の状況に対する違和感、孤立感に苦しむこのときのコンラッドに、オールメイヤと彼自身との間に何ほどの差があるかという自己認識があったとしても不思議ではない。三十も半ばに達して、惨たんたるコンゴ体験を経てはじめてコンラッドは、彼自身の夢を追う生き方に批判的になったのではなかったか。

1891年10月コンラッドは、帆船トレズ号の一等航海士となった。アフリカを離れて一年の後のことである。帆船の世界は、いつものない、行動の世界である。ここでは、ポーランド気質など入りこむすきのない、地味で慎重な行動ときびしい労働が要求される。トレズ号におけるこの激務と突りある航海体験が、コンラッドにとっては救いであった。大自然と一体となって航海を続ける帆船の中で、着実に行動することによって、コンラッドはそれまで彼自身を苦しめた周囲に対する違和感、孤立感から脱け出し、さらに周囲への一体感を獲得するまでになっていく。アフリカ体験によって、自己分裂に陥り、いわば仮死状態にあった彼が、この帆船の世界でようやく蘇生したのであった。彼は日々の義務に忠実な自らの行動の中に充実感を見出し、行動への意欲を持つようになり、遂に「オールメイヤの愚行」完成をみざす意欲を回復する。彼は自己回復を遂げ、かつて夢を追い続けた過去の己れを客観化するまでに至ったのであった。

1893年7月、コンラッドは二度にわたるオーストラリアへの大航海を終えて、満ち足りた気分でトレズ号をおりた。同年8月、彼は伯父に逢うためにウクライナへ一時旅をしたが、約1ヶ月後再びロンドンへ姿を現わした。そうして、アドワ号による次の航海までの間、彼の構築しようとするマレーの世界と取り組んだ。トレズ号へ乗り組む以前の倉庫勤務のころ、彼は「オールメイヤの愚行」の第九章に筆を染めていたという<sup>17)</sup>。第九章のどこまで書いていたのかははっきりしない。同年12月のアドワ号乗船後は、第十章から書き始めたという。トレズ号に乗ってからアドワ号乗船までの期間、彼は第九章を書き上げただけであったのか。それとも同時に、第一章から第九章までを、中断時期におけるコンラッド自身の体験から得た感慨や現実認識を盛りこんで、大巾に改稿したのか<sup>18)</sup>。筆者は改稿がなされたものと推測す

る。作者は、アドワ号に乗る前の二ヶ月近いロンドンの生活の中で、オールメイヤと彼をとりまく環境が「以前のほんとうのつきあいにはなかった鮮烈さと痛烈さで再生しはじめた。」と回想している<sup>19)</sup>。「以前のほんとうのつきあい」(our former real intercourse)をどう解釈するか。アフリカへ出発するまでに書かれた部分が、リアリズムの立場から単に実在の世界を再現することを意図していたことを指すとは解釈できないのか。コンラッドのこの回想を、全く憶測の域を出ないが、ウィダー号体験、オターゴ号体験のあと、自然主義的退廃的観点から執筆されていた「オールメイヤの愚行」が、アフリカ体験・トレズ号体験の後、コンラッド自身の価値観にもとづく現実主義的・意欲的観点から執筆されるようになったことを示すものであると筆者は解釈したのである。

トレズ号をおりてから、アドワ号に乗り組むまでの約四ヶ月はウクライナへの旅の期間を含めて、コンラッドにとって自己凝視のときであったはずである。彼自身が意識しようとしなかりと、彼には二つのエゴが対立して内在していた。観念的なものに容易に呼応し、夢に浸ることによって満たされるいわゆるポーランド気質に支えられたエゴと、世俗的社会的愚念を排除して、彼自身の価値観による以外、どのような評価をも受け付けない強烈な自我とである。アフリカ・ショックはこの二つの自我の相剋の果てに陥った混迷であった。この事実を確認したのがこの期間でなかったか。

トレズ号で自己回復を遂げたコンラッドには、もはやいわゆるポーランド気質にひきずられる生活にもどるつもりはなかった。しかし、愚かであったとはいえ、夢に浸りつづけた少年期、青年期はコンラッドにとって、かけがえのないおもしろいものであった。トレズ号をおりてから次の航海までの、ともすれば空虚感に陥りがちな生活の中で、コンラッドは彼を長い期間魅惑的にとらえた彼自身の夢想癖への愛惜と、訣別の決意を「オールメイヤの愚行」への意欲的な再着手という具体的な行動で示そうとしたのではなかったか。アフリカの奥地にまで夢を追い、幻滅に追いこまれ、崩壊寸前であった己れをオールメイヤに託し、アフリカ体験で得て、トレズ号で確認した、いつものない世界への共感を持つ彼自身をニーナに託し、自らのエゴに忠実に生きる人々をこの二人の周囲に配して、それぞれの人物に愛着をこめてコンラッドは「オールメイヤの愚行」の世界の完成を目ざした。そして彼はこの小説の中で、オールメイヤを周囲から孤立させ、娘ニーナに肉親の情で批判させることによつてかつての自らの夢想癖を、愛惜しつつもきびしく批判し、否定したのであった。グスタフ・モルフは

オールメイヤの中に、コンラッド自身の「ポーランドの影」が映じていることを指摘している<sup>40</sup>が、そのとおりであろう。

アドワ号でのカナダへの航海が中止となって、コンラッドがロンドンへ帰って約一ヶ月の後、彼は、伯父タデウスの逝去の知らせを受け取る。グラスマンはもし「オールメイヤの愚行」を書いていなかったら、コンラッドはこの伯父の死による衝撃に耐えられなかっただろうと評している<sup>41</sup>が、卓見であろう。伯父の死を契機に、コンラッドの筆はかえって進み、同年4月に「オールメイヤの愚行」は完成され、出版に際してタデウスに捧げられたのであった。コンラッドは南方の海の彼方で、見果てぬ夢を追いつつ、敗残の日々をアヘンに逃れて過ごした主人公オールメイヤに、安らかな、静かな死顔を与えて、その旅立ちを見送った。それは少年コンラッドを駆り立てて南海の果てに漂泊の青春時代を過ごさせた夢想と、その数々の思い出につながる亡き伯父とに対するコンラッドの別れの挨拶であった。そして彼は同時に、彼の長い海の生活と習作時代にも別れを告げることになるのである<sup>42</sup>。

「この地上のすべての住民を希望と恐怖との共有において結びつける不思議な同胞意識にもとづく以外に、ぼんやりと日に照らされた姿でこれらの存在の記憶が小説の形で自己主張を求めてくる理由がどうしてありえよう」「個人的記録」(p. 9)

上記の文は、トレنز号を去って「オールメイヤの愚行」と取り組んだ日々のことを回想した「個人的記録」の中の一節であるが、そこでコンラッドは彼にとって小説を書くための原動力は「不思議な同胞意識」であったと言うのである。この意識は「著者の覚え書き」で述べられるところの「はるかなる地の」「幻」ではない「生身の人間男女」と作家とを結ぶ「絆」なのであり、この「絆」への信頼こそ、アフリカ体験とトレنز号体験を通して得た自らのエゴに忠実に積極的に生きる人々への一体感に根ざすものであり、彼の作家的信条を形成するものであった。この信条を支えられて、いわば「オールメイヤは過去の私自身でした」の感慨を持って構築したのが「オールメイヤの愚行」の世界であった。そして、それは「自己表現の手段として」描かれた真実の世界なのであった。安楽ではあるが空虚感にとらわれたヴィダー号体験、冷めた現実認識は得たものの夢の挫折に苦しんだアフリカ体験、行動の中に生きる実感を得たトレنز号体験、この三つの体験を経て「オールメイヤの愚行」の世界は成立しえた<sup>43</sup>と筆者は考えるのである。

「オールメイヤの愚行」を書き上げたコンラッドは、

1894年7月、この原稿をフィッシャー・アンウィン社に送り、同年10月採用決定の通知を受け取った。そしてこの原稿を、たんねんに読んだエドワード・ガーネットにすすめられて、コンラッドは次作「島の流れ者」に取りかかる。彼が職業作家としての生活に入る決意をかためたのは、おそらくこのころであろう。自らの義務に忠実に行動することによって、生命の充実感が得られるという結論に達していたこの当時のコンラッドは、船乗りの精神で作家生活の海をも乗り切ることができると信じて船出したのであった<sup>44</sup>。彼はイギリス社会のインサイダーになろうとしたのである。しかし、彼がこの作品においてニーナに託したような冷めた彼自身の現実認識は、本質的にイギリス市民社会のアウトサイダーのそれであった。彼は、自らがアウトサイダーであるという意識も持たぬままに「生身の人間男女」である登場人物との間に「絆」があるという確信のもとに、読者の存在などはおそらく念頭に置かず、いわば船乗りとして生きてきた彼自身の存在と行動と信念の確認行為として「オールメイヤの愚行」を書き上げたのであった。そして、この作品はイギリスの読者層から好意をもって受け入れられた。しかし、当時の読者層は、熱帯の自然描写の濃密さ、ニーナとデインのエキゾチックな恋物語、オールメイヤの末路の哀れさ、加えて波瀾に富んだ作家コンラッドの経歴などを彼らの通俗的価値観にもとづいて評価したのであって、文明人であろうと野蛮人であろうと、その愛憎や物欲の発現に差はないというニーナの認識などに託されたコンラッド自身の価値観を支える冷めた現実認識と文明批判をすんなり受け入れたとは言いきれない。コンラッドが作家生活に入ったとき、彼の作品に対する彼自身の意識と読者のそれとの間にはかなりのずれがあったのである<sup>45</sup>。

職業作家としての生活に入って彼は、読者とのつながりの重要性に気づき、作家の義務は作家が描く世界と読者とを連帯の絆で結ぶことであると「ナースサスの黒人」の序文に誇り高くする。作家生活にあってコンラッドは、彼自身の価値観を読者に受け入れてもらうことを意図した。しかし、彼が知らなければならなかったのは、彼の方が、読者の価値観に合わせて書かなければならないという現実であった。この現実のきびしさに直面して、スタートの時点で彼が持っていた積極的・肯定的・楽観的姿勢は急速に消極的・否定的・悲観的なものに変わっていく。彼は孤立感、疎外感に苦しみ、筆は滞る。イギリス社会にあって、しょせんインサイダーではありえぬにもかかわらず、彼はインサイダーでありつづければならなかった。そうした状況のもとに置かれた彼が、自らの作家精神と作家生活を維持するための打開策

として、中期作品において用いたのが複雑な語りの技法なのであった。「闇の奥」や「ロード・ジム」などにおける重層構造をなす複雑な語りの技法は、一部と言われるような単なる技法の円熟を示すものではなく、読者とのつながりを保ち、かつ冷めた現実認識を底流に持ったコンラッド自身の文明に対する否定的価値観を抹殺しないためのやむをえない手段なのであった。

「オールメイヤの愚行」や「島の流れ者」などはイギリス社会のインサイダーであるという自覚を要求されることなく、全く自由な立場から、コンラッドが登場人物への同胞意識にもとづいて書いた作品であり、彼は語り手を登場させたりするような技法を用いる必要もなく、直接作中人物を凝視して、小説の世界を描き切ることができた。したがって、登場人物たちはあくまで鮮明に読者の眼にとびこんでくる。ここにコンラッドの初期マレー作品の特徴があるのである。

#### 付記

使用テキストは Dent's Collected Edition of the Works of Joseph Conrad. 引用文の末尾の数字は同版の *Almayer's Folly* のページをあらわす。

#### 〔注〕

- (1)この点については、拙稿「語り手マローウをめぐって—ロード・ジム再論—」(1975)で論じた。〔奈良高専研究紀要第11号P.124参照〕
- (2) Karl. F. R. *A Reader's Guide to Joseph Conrad* (The Noonday Press, 1960), Chap. I  
Palmer, J.A. *Joseph Conrad's Fiction* (Ithaca Cornell U.P., 1968), p.52  
Johnson, B. *Conrad's Models of Mind* (Minneapolis U.P., 1971), Chap. 1
- (3) Roussel, R. *The Metaphysics of Darkness* (The John Hopkins Press, 1971), p.29
- (4) Baines, J. *Joseph Conrad: A Critical Biography* (Weidenfeld Goldacks, 1960), p.164
- (5) *A Personal Record*, p.68
- (6) Meyer, B.C. *Joseph Conrad: A Psychoanalytic Biography* (Princeton U.P., 1967), p.92  
Glassman, P.J. *Language and Being: Joseph Conrad and the Literature of Personality* (Columbia U.P., 1976), p.118  
Said, E.M. *Joseph Conrad and the Fiction of Biography* (Harvard U.P., 1966), p.16
- (7) Roussel *Op. Cit.*, pp.48-49
- (8) Sherry, N. *Conrad's Eastern World* (Cambridge

U.P., 1971), pp.139-140

- (9) *Lord Jim*, p.13
- (10) *The Shadow-Line*, pp.4-5
- (11) Guerad, A.J. *Conrad: the Novelist* (Harvard U.P., 1968), p.19
- (12) *The Shadow-Line*, p.vi
- (13) この内容は第3章の叙述にある。コンゴ河溯航の時点で、この作品は第7章まで進んでいたのだから、第3章はすでに書かれていたことになる。しかし、作品はのちに全章が改稿加筆された。ニーナのこの認識は、コンゴ体験以後の改稿の際に書き加えられたものと解釈する。
- (14) *Heart of Darkness*, p.134
- (15) コンラッドのアフリカ体験の際の夢想心や幻滅については、のちの随筆 'Geography and Some Explorers' において語られる。(Last Essays, pp.15-17)
- (16) Jean-Aubry, G. *Joseph Conrad's Life and Letters* (Heinemann, 1927), p.148
- (17) *A Personal Record*, p.14
- (18) Gustav Morf *The Polish Shades and Ghosts of Joseph Conrad* (Astra Books, 1976), Note 77 によると、トレンズ号乗船中、コンラッドは余暇にはしきりに書き物をしていてと彼の元の部下が証言している。トレンズ号乗船前、すでに第9章にとりかかっていたというにもかかわらず、下船直後のウクライナ旅行の際にはまだ第9章の冒頭の部分までしか書かれていなかったという。(A Personal Record p.27) トレンズ号での書き物が *Almayer's Folly* であったとすれば、コンラッドの作業はその改稿であったと考えてよい。なお *Almayer's Folly* は、脱稿後の1894年春全面的に加筆訂正されている。(Baines, *Op. Cit.*, p.135)
- (19) *A Personal Record*, p.9
- (20) Morf *Op. Cit.*, p. 135
- (21) Glassman *Op. Cit.*, p. 79
- (22) このあとも、コンラッドは何度か船乗り生活に帰ることを考えていたようであるが、結局果せず、アドワ号の勤務をもって彼の海上生活は事実終っている。
- (23) *Last Essays* pp.142-143 参照
- (24) 1895年10月、スペクテイター誌の書評は「オールメイヤの愚行」を高く評価した後、コンラッド氏はマレー群島のキプリングとなるであろうと付け加えた。この書評に限らず、これが当時の大方の読者のコンラッドに対する期待だったと考えられる。キプリングとコンラッドは全く異質の作家であり、コンラッドの戸惑いと苦悩の作家生活は、読者のこの見当はずれの期待にどのように対処するかということから始まったと見てよいのではなかろうか。

# 正宗白鳥とキリスト教

細井誠司

## Hakucho's Christianity

Seiji HOSOI

明治初期、日本の近代文学者たちの中には、外来の宗教であるキリスト教に接近し受洗するが、やがて離教、もしくは棄教のコースを迎える者が多かった。ここにとりあげる正宗白鳥もその一人であるが、晩年になって青春時代の棄教を否定し、死の床にあって信仰告白をしている点で他の離教者たちとは異なっている。この晩年の信仰告白の信憑性については、議論が分かれるところだが、問題は壮年期における白鳥の信仰の実態をどう把握するにかかっている。そこで本論においては、正統的福音信仰の立場にたつて、まず白鳥の信仰の実態を明らかにし、ついで信仰告白の問題にふれてみたいと思う。

その際手がかりにしたのは、江藤淳氏の「正宗白鳥断想」<sup>①</sup>と題する短文の一節である。江藤氏は要旨次のようにいう。

明治初期に来朝した新教の宣教師たちは、初めに「罪」という異国の病気を日本に移植し、しかる後にそれを癒し得る唯一の力 $\wedge$ 救いの神 $\vee$ を提示しようとした。その「罪」とは、何よりもまず観念であった。一方、白鳥の罹っていた $\wedge$ 漠然たる恐怖 $\vee$ という病氣（それは恐らく、在来の仏教のイメージから将来されたものである）は、生来の感受性がとらえた病であつて、観念の病ではない。異国から渡来した $\wedge$ 救いの神 $\vee$ が、この感受性のとらえた病を果して癒し得るのか、白鳥は生涯をかけて、このような問いを異国の神に向かつて問い続けたのである。

右の要旨の中の、本来は「罪」を癒すはずの異国の神に、感受性がとらえた病を癒してもらおうとしたという指摘は鋭い。白鳥の信仰を考える上で、大変示唆に富む論考である。白鳥は、「罪」という観念の病にからなかったのか、かかつてその「罪」を感性の次元の問題として受けとめるという主体的な営みはなかったのか。そうした問題を考えてみたいのである。

いうまでもなく、信仰の問題は、いわば魂の秘密に属する隠微な問題であつて、他からの安易な穿さくや軽率な判断をゆるさないものがある。

また信仰は、 $\wedge$ 意識下に潜む魂の問題であつて、観念の問題ではないから、ときには、当人の言葉を裏切り意識に背いて、信仰がその内部に存在する場合もある $\vee$ とする山本健吉氏のような見解もある。同じく山本氏は、 $\wedge$ 白鳥は告白という衝動から、もっとも遠いところにいる文学者であつた $\vee$ ともいう。平野謙氏も、白鳥について、 $\wedge$ 最後まで本心の露出をいとう、柔軟な含羞の人ではなかったか $\vee$ といっている。したがって、本心と、意識や表現との乖離は十分ありうることである。

しかし、ことキリスト教信仰に関する限り、人々は心に信じて義とされ、口で告白して救われる（「ローマ人への手紙」10・10）ものである。信仰と告白は不離のものであり、まことの信仰であれば、必ずや人含羞の思いなど乗り越えて、言葉として表白されるはずである。明確な意識と告白を伴わないキリスト教信仰などありえないわけだ。

その意味で本論においては、専ら言葉として語られ作品として結晶したものに考察の対象を限って、そこに表された信仰の実態を探ってみたいと思う。

## 一

キリスト教信仰において、その中核をなす重要な問題は、「罪」の問題であり、「罪」の認識の深淺は、そのまま信仰の深淺につながる。白鳥の信仰を考える場合にも、これは例外ではない。そこで、聖書の語る「罪」の定義を確認することから始めたい。

聖書の中で「罪」の意味に用いられているヘブル語は多種多様であるが、△のをはずす、失敗する▽（△正しい道から外れること）、△悪を行う、邪を為す▽（△意図的に悪をなす）、△そむき、反逆▽（△神への反逆）などがその主なものであるという。つまり聖書の語る「罪」とは、被造物の頭として神に向けて造られていた人間が、創造主なる神の意志に反逆し、その主権を侵害することによって、本来あるべき姿を失っている状態をいう。

神との間に人格的關係を失った結果人間は、罪責感につきまといわれ、自己疎外や他者との不調和、さらには自然との關係においてさえ、不調和を招来するようになった。これが、聖書の語る現実の人間の姿である。

江藤氏の言をまづまでもなく、これは一つの概念である。少年時代の白鳥の目にもまた、それは新鮮な外来の一思想として映じたことであろう。

しかしなまの觀念や思想は、いかに積み重ねてみても信仰となるわけではないのであって、「罪」の觀念が内在化し、「罪」意識として主体の内部で深化してこそ生きた信仰となるであろう。「罪」意識の深化は、日常生活の具体的な場での挫折感や疎外感、或いは他者との間に抱く不調和感を契機にして起る。とりわけ生の危機感が深刻で、その危機的状況の責めは、一にかかって自己追求的な自分があると自覚でもするような折においてである。その点、白鳥はどうであったらうか。

白鳥は、明治三十年十八歳の折、植村正久牧師より受洗している。その年の九月、弟教夫宛に出した手紙をみると、内村鑑三編著の『愛吟』にひどく感動した旨記して、次の詩をあげている。「愛吟」の中で特に愛読し、暗誦したものだといい。

我のこの世につかはされしは、

我意を世にはる為ならで、

神の恵をうけん為、

其み旨をばとげん為めなり。

涙の谷や笑の園、

かなしみは来んよるこびと、

よるこび受けんふたつとも、

神のみ心ならばこそ。

……………（中略）……………

わが手を取れよ我神よ、

我行く道を導けよ、

われの目的は御旨をば、

為すか忍ぶにあるなれば。

白鳥自身の作ではないが、こうした詩を特記しているところに、自我を否定して神に委ね、△御旨△のままに生きて行こうとする、従順謙虚な信仰の姿勢をみてとることができる。また明治三十一年四月八日の日記には、△夜会堂にて教主の受難を記念するの折禱会に列す。植村氏罪に付て説教す。大に感動したり。碎けたる心の必要なる事、又その六ヶしき事。予の現状に適中す▽と記している。

しかし白鳥は、こうした受洗当初の信仰を生涯にわたって保持し、年とともに信仰を成熟させて行ったのかという点、そうではなかった。四年後の明治三十四年には早くも教会から遠ざかり、信仰から離れてしまった。白鳥自筆年譜と伝えられる昭和四年改造社版『現代日本文学全集 正宗白鳥集』の年譜の項にも、△この年、基督教を棄つ。▽と書かれている。「生きるといふこと」によれば、キリスト教を苛烈な宗教だと思ひこむようになり、△贖罪の理論もそらざらしく聞えるやうになつた▽という。

以後昭和三十七年八十三歳で亡くなるまで、六十余年にわたって、キリスト教への懐疑や批判、不信や攻撃を書き続けた。一貫して変らぬその姿勢と膨大な量の作品が持つ重みに、かえって信仰をよみ取ろうとする向きもないではないが、

信仰への志向や憧憬など求道的傾向と、真の意味での信仰とを混同してはならないと思う。

昭和二十四年七十歳の折、自己の半生を回顧し精神的出自を探る意味もあって著した評論「内村鑑三」をみると、その中で次のように記している。

宗教の理論としては、人間は生れながらに罪ありとされてゐるが、空漠たる罪の意識のために独り角力を取るやうに、煩悶苦悩する者は珍らしいのではあるまいか。

白鳥は、青年時代の一時期内村鑑三に傾倒した。右の文は、その内村に対する懷疑であり批判である。白鳥にとっては、「罪」とは自己と関わりのない空虚たる観念にすぎず、自己の中に血肉化して不動の認識となることがなかった。そうした事実をこの一文は物語っている。

平野謙氏は、「白鳥の人間認識」と題する一文の中で、人間は弱い不安定な存在だといふ認識が、白鳥には一貫してあり、△そういう人間性からの超越をひそかに希う形而上的な志向があった▽と言っている。しかし、その弱さを専ら他者の中のみ見て、自分の中には見ていなかったのではないか。△人間は弱きものなり▽（「宗教小観」）という認識はあり得ても、自分がその弱い人間の中の一入だといふ認識には欠けていたように思われる。そういう自己認識に欠けておれば、「罪」意識に覚醒することもまたあり得ないわけだ。

懷疑し煩悶し、自我に固執し続けた白鳥である。ときには自我意識が引き裂かれて苦悩し、自分の弱さを悟り得る折もあつたはずである。また他者との葛藤軋轢の中で、不調和感を抱き、自己の内に悪の实在を認めて「罪」意識を深化させる契機もたくさんあつたはずである。例えば白鳥は、自分には他人に打ち明けるより墓場まで堅持したくなるような一つの秘密があつて、△その秘密を思出すと、自己嫌悪自己侮蔑に身震ひする▽（「一つの秘密」）と語っている。

また、後藤亮氏は、正宗家の家督相続の問題をめぐって、次のような話を紹介している。白鳥が青年時代に東京へ遊学した折、家督相続権を放棄していたはずなのに、父親の死後弟の敦夫との間に相続問題をめぐって切迫した危機があり、恬淡な敦夫が兄に譲って円満解決をしたというのである。

しかし、こうした出来事を契機に、「罪」認識を深めたとは思われない。総じて白鳥は、我執の強い個人主義者で、自己の救済のみ汲々としており、社会に對しては「傍觀的態度」<sup>⑧</sup>を貫いたと言えよう。

## 二

受洗後四年にして白鳥は離教した。しかし信仰への志向は、それが懷疑と批判という形であつたにしろ、生涯にわたって持ち続けたのも事実である。また、△生の不安と死の恐怖▽についてもしきりに語っている。こうした事実から考えると、自己救済への願ひには強いものがあつたはずである。しかし前述のように、「罪」の自己認識は欠いていた。すると、「罪」の自覚を伴わない自己救済とは何なのか、ということが次の問題である。

白鳥は幼少のころ、祖母から寝物語に地獄極楽の話や聞かされ怯えた。そういう体験をくり返し記している。幼な心に植えつけられた地獄の恐ろしさは、その後の精神状態に大きな影響を与えたものと推察される。それに、生来体質が虚弱で神経過敏症でもあつた。

生きることへの恐怖感、周囲の人間への強い警戒心、神仏への恐怖心等白鳥固有の精神は、こうした幼時の体験や体質に起因するものである。つまり白鳥のいう△生の不安と死の恐怖▽は、生得的、生理的なものである。

したがって、自己救済というキリスト教への接近の動機も、そうした恐怖からの解放にこそあるのであり、「罪」の認識とは無関係であつた。江藤氏の表現にならえば、「罪」の病を癒す神に感受性のとらえた病からの救いを求めたわけである。白鳥はよく△いかに生くべきか▽ということばを記している。これも、人生に對処すべき態度を探る観念的、思弁的な意味あいよりも、恐怖から解放されて心の平安を得たいといふ願ひそのものの色合いが濃い表現である。

入信の動機になつた恐怖からの救済は、また離教の動機ともなり得るわけで、事実白鳥は、せつかつたどつた信仰の世界に、殉教の厳しさ教への苛烈さを見出し、耐えられぬと気づくとキリスト教から離れている。△生の不安と死の恐怖▽はそれほど強いものであつて、離教した白鳥が、キリスト教の回りを衛星のようにまわり続けて、最晩年に信仰復帰したのも、またこの死の恐怖のゆえであつたと思われる。

入信の動機が、「罪」の観念を受容した結果ではなく、△生の不安と死の恐怖▽にあつたにしても、信仰の成熟という問題はまたこれと別のことであつて、「罪」の認識を深めることによつてなされるべきものである。生への不安や他者への不信それ自体が、自己を絶対化する非信仰的行為であつて「罪」に相当する

ことも、信仰の成長の度合にに応じて分かつてくるはずであり、いわれない本能的恐怖から抜け出して、「罪」の観念が内在化し生理的感性的なものにまで高まるということが起こり得るはずである。しかし白鳥においては、次の二例が明瞭に物語っているように、そうした信仰の成長成熟はなかった。

宗教の愛の世界も人間の作り出した、一時の気休めの夢のやうである。原始的恐怖の宗教から愛の宗教に転じたのは非常な進歩であると云はれてゐるが、前者に一層の眞実性があり、後者はつくり物のやうな感じがする。  
 (「地獄極楽」)

しかし、私はこの青年期に於いてさへ、幾百万人の密集してあるこの大都會に於てさへ、人間は孤独であるといふ事を痛感してゐた。キリスト教の講義所で、植村先生の朴訥な口調の説教を聴いて、その所説をそのままに受入れながらも、自分はその所説の範囲外に、しよんぼりと坐つてゐるやうな気がした。神の無限の愛は眞実であつたにしても、私は身心ともに、さういふ愛に浴すべく俯ひしてゐる生物でないやうに思はれて、その思ひは、いかなるものを持つても打砕き難かつた。(「東京の五十年」)

前者の例では、愛は△つくり物▽の観念として退けられ、△原始的恐怖▽のみが確かなものとされている。後者の例では、神の愛の外にとり残される実感を語っている。成熟した段階の信仰を考えると、神への信頼といふことは欠くことができないが、白鳥においては神を信頼して自分を委ねることがなかつた。信仰が観念や知識の段階にとどまつて主体の外にあり、血肉化することがない。そうした事実をこの二例もまた物語つていよう。

### 三

懐疑や批判、或いは皮肉の調子においてであつたにしろ、白鳥が聖書やキリスト教一般について書き残したものは膨大な量にのぼる。しかし「罪」の認識を欠いたものであるから、当然の帰結として信仰的に正しいキリスト観は生まれ育たなかつた。贖罪論的にキリストをみることはなかつたわけである。キリスト論らしいものが、そもそもあまり見当たらぬ。

聖書の語るキリストは、一言で言えば救い主である。イエスがその救い主であるという。そして、その十字架と復活は人類の罪の贖いと赦しのしるしであり、永遠の生命の約束であるという。

これもまた観念であろう。しかしこの観念を主体的に受けとめ、自己の血肉と化するところに信仰の成否はかかつてゐる。この観念が観念でなくなるのは、「罪」の自己認識を深めるとともに、△あなたがあたはわたしをだれと言うか▽ (「マルコ」8・29) とのイエスの問いに、△わが罪を赦すために神のひとり子が十字架につかれた▽と答え得るときである。自己の全存在をかけたこの人格的応答は、自己の「罪」の現実を認識し、挫折し絶望し救いを求める者にのみし得ることがらである。

その意味で、△十字架のイエスがキリストだ▽との告白は、まさに主体的眞実だとしか言ひようのない出来事である。パウロの言にならうなら、△滅び行く者には愚かであるが、救にあずかるわたしたちには、神の力である▽ (「コリント I」1・18) というやうな主体的眞実である。

信仰とは、その十字架のイエスを信じ神の愛を覚えて、いま生かされて在る自分を喜ぶことに他ならない。これは、どっちにしても世俗的常識のわくをはみ出した、超理性的な精神の営みである。

△われは生れながらの罪人なりと、いふやうな感じは伝統的キリスト教観を受け継いでゐない日本人の心に明らかにわかるはずはなかつた▽ (「生きるといふこと」と白鳥はいう。生きることへの本能的恐怖はあつても、自己に対する挫折や絶望はない。したがつて、救いの体験も伴わない。キリストでなければならぬものが主体の中に根づいていない。キリスト論が信仰的に語られることもない、ということになる。こうした点が、白鳥の信仰を考へるうえで最も重要なことだと思はれる。

救いの体験のない白鳥に喜びが伴わなかつたのも当然で、植村の説教を聞きながら、△その所説の範囲外に、しよんぼりと坐つてゐる▽やうな気がしたのも、もつともなことである。

### 四

白鳥の信仰の最大の問題点が、「罪」の認識の欠如にあつたことは上述したとおりである。そこで次に視点を變えて、白鳥の理解したキリスト教の概念のもつひずみについてふれてみたいと思ふ。

白鳥は、キリスト教の神を、自分を責め審き罰するものとみなし、キリスト教は殉教を強いる苛酷な宗教だと考へていた。例えば次のやうにいう。



基督教の神について、早くから誰に教へられるともなく知つたのであつたが、その神は恐ろしい神であつた。……「人間は罪があつても無くつても神には罰せられる」といふやうな愚かな妄想を抱いてゐた。（「内村鑑三」）

キリスト教に対しても、大衆的のやさしい神の恵み、キリストの救ひなどから離れて、もつと身を入れて考へると、旧約にうつされてゐる神は、恐ろしい神であり、十字架の教へも苛烈な教へであると、私には終始思はれてゐる。（「魅力ある説教者」）

私などは、きまじめ一方で、西洋の青年とちがつて、殉教精神を考へ、殉教なしで永遠の生命は得られないと、自分なりに信じるやうになつてゐたのであつた。（「生きるといふこと」）

愛の神を恐ろしい神だと誤解し、愛や恵みの側面より峻厳苛烈な側面に白鳥の心が傾斜しがちであつたのは、生来の死に対する特異な過敏性によるのであろう。その神への恐怖が「罪」の自覚とは本質的にかかわりのないものであつたことについては、既に述べた。

峻厳苛烈な側面にのみ敏感であつたことは、一概に否定的のみ評価すべきものでもない。それが離教の一因ともなつたことについて、例えば北森嘉蔵氏は、  
 「背教もせず、殉教の覚悟もせず、なまぬるく生きてゐるキリスト信者よりも良心的<sup>⑧</sup>である」と述べている。至当な言だと思ふ。

しかし、そのみでは一面的に偏つた解釈であることも間違いない。遠藤周作氏は、「罪」を怒り審き罰するやうな神の敵しい一面を「父の宗教<sup>⑨</sup>」とよび、「罪」を赦し癒し愛するやうな神の優しい一面を「母の宗教<sup>⑩</sup>」とよんだ。キリスト教信仰において両者は、このいずれか一方に偏することなく、拮抗する緊張関係の中に並存しており、特に福音信仰においては、後者が前者を抱擁する形で把握されているのが正しい信仰のあり方である。

「眞の宗教は苛烈だ<sup>⑪</sup>、<sup>⑫</sup>キリスト教は苛烈な教へである」といふとき、白鳥はキリスト教のもつ二要素の中、父的な側面を重視し、母的な側面を切り捨ててしまつた。これは、新約的でない旧約的な信仰である。

なるほど旧約の神は恐ろしい。そして新約におけるイエスのことばも恐ろしい。

身を殺して靈魂をこらし得ぬ者どもを懼るな、身と靈魂とをゲヘナにて滅し得る者をおそれよ。（「マタイ」10・28）

我よりも、父または母を愛する者は、我に相応しからず。我よりも息子ま

たは娘を愛する者は、我に相応しからず。又おのが十字架をとりて我に従はぬ者は、我に相応しからず。（「マタイ」10・37〜38）

こうしたことばは、白鳥の鋭敏な神経に鋭く突き刺さつたに違いない。しかし、新約にみられるイエスのことばは、同時にまたその敵しさ恐ろしさに勝つて、限りなく慰めと赦しと愛とに満ちてゐるのであつて、白鳥もそれを主体的に聞き得たはずだ。△明日のことを思ひ煩ふな、明日は明日みづから思ひ煩はん。一日の苦勞は一日にて足れり<sup>⑬</sup>（「マタイ」6・34）とか、△凡て勞する者・重荷を負ふ者、われに來れ、われ汝らを休ません。我は柔和にして心卑ければ、我が軛を負ひて我に學べ、さらば靈魂に休息を得ん。わが軛は易く、わが荷は軽ければなり<sup>⑭</sup>（「マタイ」11・28〜30）などということばに、深い慰めを見出したことを白鳥は語る。

だが白鳥は、福音書の中のイエスのメッセージの中、こうした素朴な箇所のみ感応したのであつて、メッセージの核心である「罪」の赦しこそが、愛であり福音であると説かれてゐることは容認できなかつた。△私には、神学的論争を讀むよりも、四福音書そのものを讀むほうがありがたみがあつて、心豊かになる思ひがされる<sup>⑮</sup>と言ひ、△ポーロの理論などはキリスト教哲学である<sup>⑯</sup>と退けて、△福音書をそのままに受け入れるやうな素朴な信仰に安んじてゐられればよい<sup>⑰</sup>（「生きるといふこと」）と語つてゐるのに、である。

聖書が説く本来の愛は、他律的に強制されたものではない。神の愛に浴して「罪」から救われた者が、よろこびを分かちつて他者へ関わりて行く、自然で内発的な行為である。倫理としての愛の根源は、神の愛であるという。白鳥のとらえた愛は、この救いや赦しのよろこびという主体的な体験を湛らなところの、道徳律としての愛であつた。

だから、説教で△愛<sup>⑱</sup>を説き聞かされることに、それを強要されるように感じて反発を覚え、△人類愛<sup>⑲</sup>より△人類憎<sup>⑳</sup>を抱くやうなことにさへなつたのである。このように、「罪」の自覚の深化や、救いのよろこびの主体的な体験を欠いた結果、白鳥の把握した神のイメージや愛の姿は、ひずんだものになつてゐた。

## 五

最後に、白鳥の信仰復帰の問題をめぐつて考えてみたい。

青年期の受洗当初はともかく、壮年期から晩年へかけての白鳥は、上述したと

ころから明らかなように、正統的福音信仰の立場には立っていない。自筆年譜に棄教した旨を明記し、昭和二十六年の時点で、△キリスト教も棄てたが、郷愁がわくことがあるね▽と語っていることからみて、白鳥に棄教の意識があったことは間違いない。その間の反キリスト教的言辭は、枚挙にいとまがないほどだ。もつとも、棄教はしても、△死の恐怖▽からキリスト教への強い関心を持ち続けていたことだけは確かである。

それが、昭和三十七年十月二十八日八十三歳で亡くなると、死の床で信仰告白をした事実が公表され、世間を驚かせた。白鳥の変節ぶりが唐突奇異に感じられたため、この告白の信憑性をめぐって疑念が表明され、肯定否定の両論が相対立したのも無理からぬことであった。しかし、私は次の証言のもつ重さを素直に受けとめて白鳥の信仰を肯定したいと思う。

「あなたはキリストを信じますか、と私は正宗さんにたずねました。すると正宗さんは、とぎれとぎれにこう答えられました。私は大変悪いことばかりしてきたが、キリストがそれを許して下さったので、みもとにゆけます。

……そして、私がお祈りすると、正宗さんは最後の力をふりしぼって、アーメンといわれました。正宗さんは若いころ、私の父植村正久によって洗礼を受けました。その後キリスト教にうたがいをもち、ずいぶん苦しめられたようです。しかし、私は正宗さんが、はつきりと、大きな声でアーメンというのをききました。ふたたび信仰に立ちもどられたのです。……」

野辺送りは簡単にしてくれ、ただ、わたしは長い間ずいぶんいろんな人に迷惑をかけた、ひと様の悪口もいった、その人たちにくれぐれもおわびしてほしい、というのが正宗氏の遺言だった。

なくなる前、「自分はなるほど悪いことをしたから、裸かになって十字架のあがないを信じて、これからキリストに抱かれて、神さまのもとにいく」と申しました。

前者は、白鳥に洗礼を施した植村正久の娘植村環牧師の証言である。植村環牧師は、白鳥の死のほぼ二週間前からの毎日、白鳥の病床を訪れて信仰復帰へと導いた人である。また後者は、クリスチャンであったつゝ、福夫人の証言である。ともに間違いないであろうはずはない。罪の懺悔とイエスの贖罪を信じる信仰を明確に語っていて、疑念をさしはさむ余地はなさそうだ。死の病床にあって白鳥は福音信仰にたち戻っている。そう考えて、私は従来ほぼ信仰復帰説の立場をとって来ら

れた大岩鉉氏、後藤亮氏、兵藤正之助氏らの意見に賛同したいと思う。

さらに、植村牧師の別の証言によれば死の一週間ほど前のこと、△「私は単純になった。信じます。従います」と安心しきった顔をしておっしゃいました▽という。

しかしつゝ、福夫人の口からは、前言に反する否定的な見方も同時に語られている。頼尊清隆氏が死の直前の白鳥を見舞った折のこと、夫人は、△私はキリスト者だが、正宗はそうではない。しかし、神様はきっと正宗を救って下さいます▽と語ったというのである。また、夫人は、「病床日誌」十月八日の日付の一節に、△今は絶体絶命の時、忠実に信仰を持たせまますよう、全身全霊をもってあなた様の御慈悲をたれて下さい▽との祈りを書き記している。

こうした事実は、死期を目前にした白鳥の信仰が最後まで揺れ動いていて、夫人の口からさえ肯否両様の証言がなされるほど微妙なものであったことを物語っている。

したがって、信仰復帰を認めるその時期については、白鳥が死の病床にあった一、二週間のことに限定して考えたい。同年の四月ごろまで遡って考えようとする兵藤氏の意見もあるが賛成しがたい。

六十一年の長きにわたって、キリスト教への不信や懐疑、批判や演神の言を書き連ねて来た白鳥である。それが一転して信仰告白をしたとなると、いかにも唐突な感じを与えるのであるが、晩年の言動を追って行くと、昭和二十五年ごろからその下準備がなされていることがわかる。もともとキリスト教への肯否両面が並存していたその中から、肯定的側面が少しずつ強くなって来ているのである。

昭和二十五年に書いた「私の信条」の中では、△死後の不安▽を感じ、△科学の思ひ及ばぬ大事なもの▽の存在を認めると述べているにすぎないが、三十一年の「また一年」の中では、△在来の宗教といふ言葉では現はせないやうな宗教心みたいなもの▽が心底に存在し続けていると語り、三十二年になると、「我が一日の行動」の中で、自筆年譜記載の棄教の事実を否定して、△キリスト教は兎に角、私が宗教を棄てると断定はされない筈である▽と語る。このころ佐古純一郎、白井吉見の両氏に、相ついで棄教否定の言をはっきりと語っている。このように、白鳥の心境は微妙に変化して、キリスト教信仰の世界へしだいに復帰しつつあったのである。

そして、三十四年の「文学八十年」では、次のような注目すべきことを語っている。

僕はキリスト教をもとほんとうに信じていた。いまだって聖書を信ずれば、そのまま信ずる。……僕にとっては、キリストというのはもう特別扱いだ。それで自分の考えでは悪いことをする、いいことをする、そんなことはどうでもいいのだ。なにをしようともキリストは自分を助けてくれる、守ってくれる。……いろんな理屈はあるだろうけれども、つまりそれはキリストが、最後に救ってくれるということだ。……そういうことをずっと考えている。

こうしたことはを読むと、信仰告白の一手手前まで来ていることがわかる。また、死の半年前の三十七年四月の講演「文学生活の六十年」でも、△ありがたいものはキリストのやうな人▽といひ、キリストの救いを、△一つの光▽、△天国の光▽と称して、そこに希望を託していることがわかる。

このように、死の病床での信仰復帰は突然のものではなく、心境の推移変化とともに徐々にその準備がなされたものである。しかし、その心境の推移の過程すべてを、信仰復帰として認めるわけにはいかない。罪の認識や贖罪論的な告白を欠いたまま、救いの希望を一方的に語っているだけだからである。死の病床にあって、それがなされた折こそが、まことの信仰復帰のときであると言えよう。

この信仰復帰の問題についての山本健吉氏の見解は、肯定否定のいずれでもない点で特異である。山本氏は、その著『正宗白鳥』の中で次のようにいう。

氏は回心したのではない。回心する必要がなかった。なぜなら氏は、終始キリスト教徒だったから。だからこそ、氏は終始キリスト教への懷疑を口にせざるをえなかった。(14ページ)

私は白鳥の「棄教」が本当の「棄教」でなく、彼の意識が自分はキリストの教を棄てたと思っただけであり、彼の魂は棄ててなどいなかったのだ、ということの説こうとする。従ってまた、彼は死の前にキリストの教に「復帰」したのでなく、初めから自分はそれを棄ててはいなかったのだということに気づいたに過ぎないのだ、と証明しようとする。(44ページ)

右の文中の、白鳥が終始キリスト者であったという見解には、既に述べたところから明らかなように従いがたい。瀆神の言はともかく、一步譲ってキリスト教への懷疑の中に求道的情熱を認めたとしも、そのことをまことの信仰と同一視することはできない。また、信仰は確かに魂の問題ではあるが、キリストが自分にとって何であるのかという、主体的な認識を伴わないようなキリスト教信仰などありえない。その意味で、山本氏のいう「意識と魂との分離説」は破綻を生じて

いる。

これは、キリスト教徒とは何かについての厳密な定義を欠いたまま論が進められたから起こったことであって、山本氏の真意は、同著の中の次のことばにこそあったのだろう。△白鳥の心に宿っていたのは、平凡で単純な人々の魂と心情とを充たす愛と慰めとの神であったのだ。▽つまり、白鳥の抱懐していた心情は、単純素朴な一般的な宗教的心情であって、キリスト教でなければならぬという絶対性をもつたものではなかった。

このことは、白鳥が、キリスト教に対して求道的姿勢を保ちながらも、懷疑の中に終始し、信仰を確立し得ぬまま、最晩年の死の時にまで至ったことを意味する。キリスト教固有の觀念を主体的に内在化し、感性的なものにまで高めることがないまま、最晩年に至って、△最後にはキリストが救ってくれるんだ▽と考えたのだから、その点で白鳥の姿勢には△甘え▽があると指摘されてもやむをえない。白鳥のキリスト教は、△虫のいい安死術にすぎない▽との批判も出て来るゆえんである。

白鳥は△死の恐怖▽からキリスト教に接近し受洗、やがて確かに棄教した。「罪」の認識を欠き、信仰の成熟成長がなかった。しかし、最晩年の死の床にあつてのみ福音信仰に復帰している。これが私の結論である。

(注)

- ① 江藤 淳「正宗白鳥断想」(新潮社版『正宗白鳥全集』第九巻付録第一号)
- ② 山本健吉「正宗白鳥」(文芸春秋社)
- ③ 平野 謙「現世厭離の人・白鳥」(『中央公論』昭37・12)
- ④ 『新聖書大辞典』(キリスト新聞社)
- ⑤ 前記②の山本氏の著書や河上徹太郎氏の見解。河上氏は、白鳥の評論「内村鑑三」について、△これを読めばその答へは明瞭である。彼は死の床でアーメンといったか否かに拘らず、信者である▽ (『正宗白鳥全集』第九巻付録第一号) と述べている。『文学的回想録』の「白鳥と鑑三」の中にも同趣旨のことを述べている。
- ⑥ 平野 謙「白鳥の人間認識」(『正宗白鳥全集』第十二巻付録第四号)
- ⑦ 後藤 亮「正宗白鳥文学と生涯」(思潮社)
- ⑧ 吉田精一「正宗白鳥」(『自然主義の研究上』)の中の言葉。
- ⑨ 富永 昭「正宗白鳥とキリスト教の触れ合い」(講座比較文学5『西洋の衝撃と日本』)の指摘。

- ⑩ 北森嘉蔵「正宗白鳥の死」(『日本の心とキリスト教』)  
 ⑪ 遠藤周作「父の宗教・母の宗教」(『遠藤周作文学全集』10)  
 ⑫ 大岩 敏「正宗白鳥論」(五月書房)  
 ⑬ 肯定的な論者は、小林秀雄、深沢七郎氏ら。否定的な論者は、舟橋聖一、  
 広津和郎、瀬沼茂樹氏ら。  
 ⑭ 『朝日新聞』昭37・10・29「素描」欄  
 ⑮ 正宗つね「夫白鳥を天に送って」(『月刊キリスト』昭38・3)対談の中  
 の言葉。  
 ⑯ 「横目で見続けた人生と文学」(『週刊朝日』昭37・11・16)  
 ⑰ 頼尊清隆「病床の正宗さん」(『正宗白鳥全集』第十一卷付録第十一号)  
 ⑱ 正宗つね「病床日誌」(『文芸』昭38・1)  
 ⑲ 兵藤正之助「正宗白鳥論」(勁草書房)  
 ⑳ 「鼎談Ⅱ信仰のつまづき」(『季刊創造』第五号)中の佐古氏の発言。  
 ㉑ 白井吉見「作家と作品―正宗白鳥―」(『朝日新聞』昭39・10・28)  
 ㉒ 加藤周一他「正宗白鳥―日本のキリスト教徒」(『日本人の死生観』)  
 ㉓ 山室 静「正宗白鳥の死をめぐる」(『文学界』昭38・1)

# 教官研究活動状況一覧表 (抄録)

(論文)

## SCM3の水素ぜい化と遅れ破壊 「高張力鋼の遅れ破壊に関する 基礎的研究(第2報)」

岩井保善, 有間淳一

材料, 第27巻 第294号 p. 235~239

(昭和53年3月)

本報では各種温度で焼もどした $C_r-M_n$ 鋼切欠き材を用い、希硫酸溶液に浸せきすることにより予め水素吸蔵させた後の静的引張試験から水素ぜい化感受性を検討し、曲げ遅れ破壊試験結果との比較を行った。さらに、一連の焼もどし過程における焼もどし温度と遅れ破壊感受性の相関について、X線半価幅および残留応力から考察したものである。主な結果として以下の諸点が明らかになった。

- (1) 焼もどし温度が低い程短時間での水素感受性が増し強度の低下率も大となる。
- (2) 素材の組織変化が現われる焼もどし温度域では、水素ぜい化感受性および遅れ破壊感受性にも顕著な差異が現われる。
- (3) 試料表面の熱処理残留応力は組織変化とよく対応し、引張残留応力状態にある場合は水素感受性が高い。
- (4) 遅れ破壊に敏感な低温焼もどし材では粒界割れによりき裂が進行するが、割れ感受性が低下する焼もどし温度域では粒内擬へき割れが支配的となり破壊形態も変化する。

## 冷間塑性加工条件における 炭素鋼の延性破壊 (第2報, 金属組織の影響)

関口秀夫, 小坂田宏造(神戸大・工) 綿谷晶広(神戸大・工)

日本機械学会論文集 43巻 376号 p. 4463~4473

(昭和52年12月)

前報では、S25C炭素鋼の高圧下引張り試験およびねじり試験を行い、延性破壊の核成長開始ひずみの測定を基にして、破壊条件式を提案した。本報では、0.03%から0.54%にいたる種々の炭素鋼を用い、金属組織が破壊ひずみにおよぼす影響を定量化した。すなわち、セメ

ンタイト含有率 $\gamma$ とセメントタイトの形状係数 $\beta$ を含む破壊条件式を求め、種々の圧力履歴、ひずみ履歴をもつ各種の炭素鋼の破壊ひずみを統一的に予測できることを証明した。さらに、走査型電子顕微鏡による観察から、破壊の核の成長開始ひずみの物理的意味を明確にした。パーライト粒内で発生したマイクロクラックがパーライトコロニーの大きさに成長したとき、これらクラックは急激に成長することを確かめた。以上のことから、提案した破壊条件式を用いて、加工限界の予測等を行うことが出来、従来ややもすれば経験的に行ってきた型設計や加工方法の撰択を、より合理的に行い得ることが判った。

## Ductile Fracture of Carbon Steel under Cold Metal Forming Conditions (1st Report, Tension and Torsion Tests under Pressure)

Hideo SEKIGUCHI et. al.

Bulletin of the Japan Society of Mechanical  
Engineering, Vol. 20, No.150 p. 1557-1565

December, 1977

Tensile and torsional machines have been developed for testing under high hydrostatic pressures up to 4 kbars; experiments have been carried out using these machines to investigate the mechanics of ductile fracture of 0.25% C steel. The strain at which fracture nuclei (voids or cracks) begin to grow is determined by a method in which the hydrostatic pressure is changed during deformation, and it is shown that the strain at which growth of nuclei begins increases with pressure. The rate of nuclei-growth is suggested to depend on pressure and strain. Based on these results, a criterion for ductile fracture strain in torsion tests is proposed taking the pressure history into account, and it is found to agree with the experimental results of various pressure histories.

## 高強度金属材料における 延性の改善(解説)

関口秀夫, 小坂田宏造(神戸大・工)

日本機械学会誌 第81巻 第715号 p. 507~512  
(昭和53年6月)

最近ますます要求の高まってきた高強度材料について、著者らが今までにおこなってきた延性破壊の研究の観点から解説し、高強度、高じん性材料の製造についての重要なポイントを提案した。すなわち、金属材料の強度を上げるとねばさ(じん性)が失われて破壊しやすくなり、強度とじん性は本質的に相反する性質であると考えられてきた。そこで、じん性を支配する大きな要因の一つに延性破壊特性があり、この観点から、強化機構のそれぞれを検討し、延性破壊特性を改善する幾つかの具体的手法を提案している。

### Ductile Fracture of Carbon Steel under Cold Metal Forming Conditions (2nd Report, Effect of Metallurgical Structure)

Hideo SEKIGUCHI et. al.

Bulletin of the JSME, Vol. 21, No. 158, p. 1236-1243  
August, 1978

Torsion tests under pressures of up to 4 kbars are carried out to investigate the mechanism of ductile fracture of 0.33-0.54% carbon steels of various microstructures. It is found that the strain at which fracture-nuclei begin to grow is affected by the carbon content, shape of cementite and hydrostatic pressure, whereas the strain from the beginning of nuclei-growth to fracture is not affected by these factors. A criterion for ductile fracture which accommodates the metallurgical factors is proposed. Microscopic observation of the fracture process of 0.25% carbon steel is carried out under a scanning electron microscope. The observed result is related with the initiation strain of nuclei-growth.

### 剛性円形充てん物を持つ 無限平板の引張りと圧縮

水嶋 巖(奈良高専), 浜田実(阪大・工), 赤土雄美  
(阪大・大学院)

日本機械学会論文集 44巻 377号 p. 15~21  
(昭和53年1月)

1個の剛性円形充てん物を持つ無限平板が一樣引張り

または一樣圧縮を受ける場合の問題を、二次元応力問題に対する応力関数の一般形を繰り返して用いて数値的に処理する方法で解き、円孔周縁での応力と変位の分布を求める。ただし充てん物と円孔の直径は同一とし、両者は接着されておらず、たがいに摩擦なくすべりうるものとして問題を取り扱う。

### 単軸引張りを受ける多円孔無限 平板の応力集中問題の一数值解法 (第6報) (資料)

浜田 実(阪大・工), 水嶋 巖(奈良高専), 立石雅之(阪大・工)

日本機械学会論文集 44巻 382号 p. 2009~2011  
(昭和53年6月)

一直線上で等間隔に配列された有限個の大きさの等しい円孔を持つ無限平板が種々の方向に単軸引張りを受ける場合の問題を二次元応力状態に対する応力関数の一般形を用いて数値的に処理する方法により解き、一連の応力集中係数値を図示する。

### Tensile and Compressive Stress Problems for a Rigid Circular Disk in an Infinite Plate

I. Mizushima (Nara Technical College)

M. Hamada (Osaka Univ.)

T. Shakudo (Osaka Univ.)

Bulletin of the Japan Society of Mechanical  
Engineers, Vol. 21, No. 159 p. 1325~1331

September, 1978

The plane stress problem of an infinite plate, which has a circular hole with a rigid disk inserted in it and is subjected to a uniform tensile or compressive stress distribution at infinity, is treated in this study, assuming that there is neither friction nor cementing between the plate and the disk, and that the diameters of the disk and the hole are identical in the unstressed state. This problem is solved by adopting a numerical method in which the general form of the stress function expressed in the polar coordinates is recurrently used, and numerical results for the stress distributions and the displacement distributions on the contour of the hole are presented.

## ホトカブラによる 負性抵抗回路とその応用

高橋晴雄, 山内雅好 (奈良高専), 北浜安夫 (阪市大・工)

電子通信学会誌 (C) Vol. 61-C, No. 8, p. 9  
(昭和53年8月)

本論文では, ホトカブラの一次側と二次側とを単に縦接続するだけで, 本来の回路結合機能とは全く異なった新しい機能として, 電流制御形負性抵抗特性を呈示する2端子能動素子とすることが提案されている。

外部光入力受光用端子を付加した場合には, 本負性抵抗特性のブレイクオーバー電圧及びホールド電流をそれぞれ外部光入力により制御できることが実験的に明らかにされている。本負性抵抗特性は, 光トリガ入力によりOFF状態からON状態へのスイッチングのみならず, ON状態からOFF状態へのスイッチング動作に利用できる。

まずホトカブラによる負性抵抗特性が得られる動体原理と解析が説明され, 次に外部光入力により負性抵抗電圧-電流特性がどのように変化するかを明らかにしている。具体的な応用例として, 外部光入力による制御可能な弛振動作, 光トリガ入力を対象とした単安定動作及び双安定動作が, それぞれ簡単な回路構成で実現できることが示されている。

## 紙テープを用いた簡易形画像出力装置

上田勝彦, 世古忠, 中村善一

情報処理, 19巻 3号 p. 263~265  
(昭和53年3月)

紙テープを用いた簡易形画像出力装置を試作し, その実用性について検討した。本装置は, 紙テープにパンチされた画像データを, オフラインでブラウン管オシロスコープに表示する画像出力装置であるが, 紙テープ量を減少させるために, 輝度データのみをパンチし, 座標信号はフィード孔を計数することにより発生させるようにした。また本装置は, 輝度レベル255段階, 最大表示可能画素数 $256 \times 256$ であり, その輝度特性, 座標精度特性, 座標精度とも, 実用上十分であることが確かめられた。本装置を計算機プログラムの表示に用いた例もあわせて示した。

## 8080 A マイクロプロセッサを用いた 高速フーリエ変換処理プログラム

世古 忠, 成田絃一

インターフェース 1978. 8 No. 17 p. 41~p. 50  
(1978年7月25日)

1次元N点複素フーリエ変換を8080Aマイクロプロセッサを用いて実現し, いくつかの例を挙げてその結果の精度を解析値と比較している。本稿には, 全ソースプログラムリストも掲載されている。

## Conduction And Breakdown In Polymers

\*Y. Inuishi, \*K. Yoshino, \*S. Harada and J. Kyokane  
\*(Faculty of Engineering, Osaka University)  
1978 IEEE International Symposium on Electrical  
Insulation June 13, 1978 (lecture) Philadelphia  
(Pennsylvania ; USA)

## 上牧町中世編

(庄園の展開, 武士の抬頭)

朝倉 弘

上牧町史

(昭和52年12月1日)

## 児童英語教育と指導者

樋口忠彦

『児童英語教育』第1巻 1号, 日本児童英語振興協会  
(1978年7月20日)

英語教育の主要な関心事のひとつに早期英語教育の動向があげられるが, 早期英語教育の成否は指導者の能力に依存する度合が非常に高い。そこで, 早期英語教育の指導者(児童英語教員)の実態, 及び児童英語教員が児童英語教育の目標をどう考え, どのような教材で, どのような指導を行なっているかをアンケート調査により概観するとともに, それらに関する筆者の見解を示すことによって, 児童英語教員の望ましい姿を考えていくための参考資料を提供しようと試みた。

(講演)

## 局部加熱を用いたパルジ加工

小島耕二, 関口秀夫  
日本塑性加工学会, 日本機械学会連合春季講演会  
(昭和53年5月18日) (講演)

ダイレス引抜きにおける  
温度解析および製品の機械的性質

小島耕二, 関口秀夫  
日本材料学会塑性加工委員会 (第27期第3回)  
(昭和53年9月29日講演)

冷間塑性加工条件における  
鋼の延性破壊

関口秀夫, 越島次郎 (神大・院)  
日本材料学会塑性加工委員会 (第27期第2回)  
(昭和53年7月21日講演)

レーザ流速計による純流体素子の動的  
切り換えにおよぼす乱れと流速分布の  
効果の研究

中谷登, 小西考治, 頼末亮一, 山田朝治 (大阪大学・工  
学部) 阪部俊也 (奈良高専)  
第12回フルイディクスシンポジウム  
(昭和52年10月6日 講演)

## 2円孔を持つ帯板の引張り

浜田 実 (阪大・工), 水嶋 巖 (奈良高専), 増田方  
(川崎重工)  
第20回構造強度に関する講演会 (航空宇宙学会・機械  
学会共催)  
(昭和53年7月19日 講演)

## ホットダーリントンの負性抵抗特性 (IV)

高橋晴雄, 山内雅好  
昭和52年度電気関係学会関西支部連合大会G12-4  
(昭和52年11月5日 講演)

ホットカプラによる  
電流制御形負性抵抗特性

高橋晴雄, 山内雅好, 井村栄仁  
パワーエレクトロニクス研究会  
(昭和53年2月18日 講演)

オプトロニック負性抵抗特性を  
用いた発振器

高橋晴雄, 山内雅好  
昭和53年度電気学会全国大会 No.369  
(昭和53年4月4日 講演)

## フーリエ変換像の最適量子化

上田勝彦, 中村善一  
第38回応用物理学学会学術講演会  
(昭和52年10月13日 講演)

フーリエ変換像の  
最適量子化に関する一考察

中村善一, 上田勝彦  
電気関係学会関西支部連合会  
(昭和52年11月6日 講演)

## 放射線リレーの動作点の誤差

若林信生 (神戸大学工学部), 山田辰男 (神戸大学工学  
部), 上田勝彦 (奈良高専)  
電気関係学会関西支部連合大会  
(昭和52年11月6日 講演)

## フーリエ変換像の位相の最適量子化

上田勝彦, 中村善一 (奈良高専)  
第25回応用物理学関係連合講演会  
(昭和53年3月29日 講演)

## 印影パターンの自動照合

上田勝彦, 中村善一



情報処理学会第19回全国大会  
(昭和53年8月24日講演)

長波長プログラムデータ集録装置  
(HDR-SYSTEM)

成田紘一, 世古 忠, 木村伊一  
昭和52年度電気関係学会関西支部連合大会  
(昭和52年11月日 講演)

長波長複素プログラム表示装置

世古 忠, 成田紘一, 上田勝彦  
昭和52年度電気関係学会関西支部連合大会  
(昭和52年11月日 講演)

サイクロコンバータの電流検出と  
コンバータの選択動作信号

\*市田 博, \*岡本 弘 (京大織大), \*\*井村栄仁 (奈良  
高専) ほか。  
電気学会関支連  
(昭和52年11月5日 講演)

分割制御形サイクロコンバータの  
制御回路

\*市田 博, \*岡本 弘 (京工織大) \*\*井村栄仁 (\*\*奈良  
高専) ほか。  
電気学会関支連  
(昭和52年11月5日 講演)

送電線の統計的耐雷設計計算について  
(第1報)

\*木村博一 (\*指月電機製作所), \*\*朝倉重憲, \*\*岡本  
弘, \*\*市田博 (\*\*京工織大) \*\*\*井村栄仁 (\*\*奈良高専)  
電気学会関支連講演  
(昭和52年11月5日)

容量性負荷3相PWM逆変換器の解  
析の改良と導通角表示装置の試作

\*岡本 弘, \*市田 博 (\*京工織大), \*\*井村栄仁 (\*\*  
奈良高専) ほか。  
電気学会関支連  
(昭和52年11月6日 講演)

容量性負荷3相PWM逆変換器の解析  
(第7報, 準安定状態の領域変化)

\*井村栄仁 (\*奈良高専), \*\*岡本 弘, \*\*市田 博 (\*\*  
京工織大) ほか。  
電気学会全国大会  
(昭和53年4月 講演)

不平衡ゲートによる3相PWM逆変  
換器の解析 (容量負荷)

\*井村栄仁 (\*奈良高専), \*\*岡本 弘, \*\*市田 博 (\*\*  
京工織大)  
パワーエレクトロニクス研究会資料  
(昭和53年8月26日 講演)

炭化水素単結晶の電氣的性質 (II)

京兼 純, \*原田真二, \*吉野勝美, \*犬石嘉雄, (\*大阪  
大学, 工学部)  
電気関係学会関西支部連合大会  
(昭和52年11月6日 講演)

炭化水素結晶及び高分子材料の  
電荷輸送過程 (I)

原田真二 (阪大・工) 京兼 純 (奈良高専) 吉野勝美,  
犬石嘉雄 (阪大・工)  
第24回応用物理学会  
(昭和52年10月13日 講演)

炭化水素単結晶及び高分子材料の  
電荷輸送過程 (II)

原田真二(阪大・工) 京兼 純(奈良高専) 吉野勝美,  
犬石嘉雄(阪大・工)  
第25回応用物理学会

(昭和53年3月29日 講演)

電子線パルスによるポリスチレン  
(PS)の移動度測定

京兼 純, \*原田真二, \*吉野勝美, \*犬石嘉雄(\*阪大・工)

電気学会全国大会

(昭和53年4月5日 講演)

炭化水素単結晶の電気的性質(Ⅲ)

原田真二(阪大・工), 京兼 純(奈良高専), 吉野勝,  
美犬石嘉雄(阪大・工)

電気学会全国大会

(昭和53年4月5日 講演)

ポリエチレン, ポリスチレン及び炭  
化水素単結晶の電荷輸送

京兼 純, 原田真二, \*吉野勝美, \*犬石嘉雄, (\*大阪  
大学・工学部)

電気学会絶縁材料シンポジウム

(昭和53年9月29日 ポスターセッション)

空間フィルタを用いた  
糸の送り速度測定装置(Ⅱ)

山内雅好, 高橋晴雄(奈良高専), 堤 捨男(京工繊大  
・工芸学部)

電気関係学会 関西支部連合大会 G2-27

(昭和52年11月6日 講演)

電気容量法による  
有機ライニング性能の測定

井口高行(奈良高専), 奥田聰(同志社大・工)

化学工学協会第43年会

(昭和53年4月4日 講演)

チオフェンの電解酸化による  
マレイン酸生成

泉 生一郎(奈良高専), 山本 續(奈良高専), 大西  
康幸(奈良高専), 木村英昭(現 小西六写真工業)

電気化学協会第45回大会

(昭和53年4月 講演)

タリウム(Ⅲ)イオンによる  
プロピレンの液相酸化反応

梅原 忠(奈良高専), 矢野武夫(阪府大・工), 末高  
透(阪府大・工)

化学工学協会第43年会

(昭和53年4月3日 講演)

金属ニトロシル錯体を用いる反応(5)  
活性メチレン基を有する直鎖ケトン類  
とニトロプルシドナトリウムとの反応

大植正敏, 石垣昭, 中村恭典\*, 庄野利之\*(奈良高専・  
阪大・工\*)

日本化学会第37春季年会

(昭和53年4月4日 講演)

(教育研究活動)

高等専門学校学生の素質と学習意欲  
について

石垣 昭

関西工業教育協会高専部会

(昭和52年10月15日 講演)

座談会「これからの児童英語教育」

樋口忠彦(奈良高専), 五島忠久(大阪大学名誉教授)  
末延岑生(神戸商科大学講師), 野上三枝子(成城学園  
・初等学校教諭), 北村豊太郎(Toro Workshop代表)  
『児童英語教育』1巻1号, 日本児童英語振興協会  
1978年7月20日

奈良工業高等専門学校研究紀要 第14号

昭和54年3月8日発行

編集兼 奈良工業高等専門学校  
発行者 大和郡山市矢田町

印刷所 共同精版印刷株式会社  
奈良市尼ヶ辻町1丁目577

# RESEARCH REPORTS

of

## NARA TECHNICAL COLLEGE

No. 14, 1978

### CONTENTS

X-ray investigation of stress measurement on heat resisting materials. (On the X-ray elastic constants of nickel base alloy).....Junichi ARIMA & Yasuyoshi IWAI.....	1
A Study on Waiting Time in Thread Cutting. ....Katsuya KAGA, Kazumasa OHASHI, Koichi OTANI, Harunobu SUGIMOTO & Keiji OKUSHIMA.....	5
Bulging for Locally Heated Pipe. .... Koji KOBATAKE & Hideo SEKIGUCHI.....	11
Coincidence Formula for Elliptic Complexes Application 1. (The de Rham Complex) ..... Katsuhiko FUKUSHIMA .....	15
Flow of Viscoelastic Fluids in Pipes of Rectangular Cross Sections..... Noriyasu MORI.....	19
Electron Beam Induced Conduction in Polyethylene. .... Jun KYOKANE, et al.....	23
Two-Dimensional Fast Fourier Transformation Processing Program using Auxiliary Memory. .....Tadashi SEKO, Teru KAWAMOTO & Hirokazu NARITA.....	31
A Negative-Resistance Characteristic of a Photo-Darlington type Photo-Coupler..... .....Haruo TAKAHASHI & Masayoshi YAMAUCHI.....	39
Fourier-domain Phase Optimum Quantization.....Yoshikazu NAKAMURA & Katsuhiko UEDA.....	43
Estimation of the Self-Discharge of the Zinc Electrode in an Oxygen-Zinc Battery with Circulated Electrolyte.....Shusei INUTA, Zenichiro TAKEHARA & Shiro YOSHIKAWA.....	49
Anodic Oxidation of Glycolic Acid at a Platinum Electrode in an Alkaline Solution..... Masatoshi OOUE & Ikuichiro IZUMI.....	57
Lesions by Judo. —Their Causes and Treatments— ..... Shigemi NAKANISHI.....	65
A Study on the Physical Fitness and Motor Ability of the Members of the Sports Clubs of our College..... Takeshi NAKAWADA.....	71
A Survey of the Present Conditions of the Physique, Physical Fitness and Motor Ability of Our College Students.....Takeshi NAKAWADA .....	81
The Results and Problems in Teaching English to Younger Children. .... Tadahiko HIGUCHI .....	91
An Image of Love Sustained. —On The Planter of Malata— .....Gen-ichi NAKAMURA.....	99
Farewell to the Old Vision. On Almayr's Folly. ....Gen-ichi NAKAMURA .....	107
Hakucho's Christianity. .... Seiji HOSOI.....	117