

ISSN 0387-1150

# 研 究 紀 要

第 20 号

昭和 59 年度

奈良工業高等専門学校

## 目 次

管材のダイレス曲げ加工における加工限界と加工精度	市瀬 辰己・小畠 耕二・木村 貞男	1
高強度鋼の水素ぜい化に及ぼす水素侵入深さの影響について	岩 井 保 善・有 間 淳 一	9
サイドバンドホログラフィ	押 田 至 啓・加 賀 勝 也	15
旋削の自動化の展望	加 賀 勝 也・押 田 至 啓	21
管内における衝撃波伝播（断面積が変化する場合）	岩 下 晴 亮・松 岡 一 起	25
加熱源と冷却源が移動する場合の定常熱伝導	佐 藤 三 義	31
触媒による酢酸改質ガスについての基礎的研究	中 田 敏 夫	37
電源と並列に転流回路を設けたチョッパ回路	井 村 栄 仁	43
Residual Voltage in Polyethylene	Jun KYOKANE, Katsumi YOSHINO, Mun Soo YUN, Ken-ichi NOJIMA, Yoshio INUIISHI and Nobuharu KASHIWAGI	49
マイクロプロセッサに適した PASCAL 目的コードの実行効率の向上に関する一手法	世 古 忠・成 田 紘 一	55
A Light-Detectable Negative-Resistance Circuit Presented by an Optocoupler	Haruo TAKAHASHI	61
多色カラーグラフィックディスプレイ装置の試作	成 田 紘 一・世 古 忠	67
硬質塩化ビニル樹脂ライニングへのメチルアルコールの拡散	井 口 高 行・奥 田 聡	71
遺跡出土木材の保存法に関する基礎的研究（第2報）含浸過程の解明へのX線吸収法の応用	石 垣 昭	75
被膜修飾白金電極による塩素イオンのアノード酸化に対する選択的抑制効果	泉 生一郎	79
多孔板塔の流動特性	河 越 幹 男	83
ドイツ語の動詞結合価について	桐 川 修	87
The Two Senseless Agents in <i>Pride and Prejudice</i>	Shozo NAKANISHI	91
モームの主題とその展開（その二）——「お菓子と麦酒」について	中 村 元 一	99
Dative Ordering in the Stonor Collection	Kiyokazu MIZOBATA	111
Colloquial English の聴取についての一考察——誤聴分析に基づいて	守 屋 雅 博	117
体力・運動能力の縦断的考察	中 和 田 武	131
意志と多元的世界——ウィリアム・ジェームズの「信ずる意志」についての考察	木 村 倫 幸	149
論文抄録		157
教官研究活動一覧表		171
本校の研究紹介<研究紀要第20号記念>		177

# 管材のダイレス曲げ加工における加工限界と加工精度\*

市瀬辰己・小島耕二・木村貞男\*\*

Working Limit and Accuracy in Dieless Bending of Steel Pipe

Tatsumi ICHISE, Koji KOBATAKE and Sadao KIMURA

高周波誘導加熱を用いたダイレス曲げ加工法は、曲げ型や心金などの工具を用いる必要がないから多品種少量生産方式として有望である。ダイレス曲げ加工では加熱と冷却条件によって定まる加熱幅が、加工限界や加工精度に大きく影響する。種々の管材についてダイレス曲げ加工を行った結果、加熱幅を小さくするほど加工限界値と加工精度が向上することがわかった。

## 1. はじめに

断面形状が円形でない異形管は、円管を素材としてロールフォーミングによって製造されている。著者の一人はロールフォーミング方式に油圧シリンダーを組合せたエクスト・ロールフォーミング方式\*\*\*の開発を行い、いままでのものより大口径で厚肉サイズの角鋼管や異形鋼管を製造している<sup>1)~3)</sup>。これら異形管はクレーン車、トラクタ、自動車などのフレームや原子力発電プラント用などの大型のものから、ベランダの手すり、門柱などのエクステリアおよび鋼製家具などのインテリアとしての小型のものまで幅広い分野で使用されている。一方、異形管の新しい利用を考えると、曲げ加工技術の開発が重要な課題となってくる。従来から用いられている冷間曲げによる加工方法は円管のみを対象としており、加工限界や加工精度を向上させるためには曲げ型や心金などの工具を用いる必要がある。しかし、異形管では心金や曲げ型などの工具の製作が容易でなく、また加工中にしわや割れなどの欠陥が生じやすいため、一般に異形管の曲げ加工は困難である。竹山ら<sup>4)</sup>は、曲げ型や心金などの工具を使用せずに高周波誘導加熱を利用する鋼管の曲

げ加工技術を昭和37年に開発し、種々の改良を加え今日では造船関係や化学プラントでの配管の曲げに利用されている。最近では、この高周波誘導加熱を利用した管材の曲げ加工に関する研究が多く報告されており<sup>5)~10)</sup>、多品種少量生産方式として注目されている。

我々は独自の発想から付加価値の高い製品の生産方式として局部加熱と冷却を組合せたダイレスフォーミング法を開発し<sup>11)~17)</sup>、その一例としてダイレス曲げ加工法についての研究も進めてきた。前報<sup>17)</sup>では、異形管の曲げ加工を目的とした局部加熱ダイレス曲げ装置を試作し、楕円形状をした異形管の90度曲げ加工を行った。その結果、加工限界や加工精度は加熱領域（加熱幅）の大小によって影響を受けることがわかった。

本研究では、加熱条件と冷却条件によって定まる加熱幅が、円管および異形管のダイレス曲げ加工における加工限界や加工精度にどのような影響を与えるのか調べた。また、断面形状の扁平化についての理論的解析を行い、加熱幅の与える影響を明らかにした。

## 2. 実験方法

図1に、局部加熱ダイレス曲げ加工の原理を示す。ダイレス曲げでは曲げ型や心金などの工具を用いずに、高周波誘導加熱コイルで管材の一部を線状に加熱する。管材の一端をテールストックに固定し、これを一定速度で移動させることによって加熱部に曲げモーメントを与える。アームの長さを変えることによって、任意の曲げ半

\* 昭和58年度春季塑性加工講演会(習志野)および  
昭和59年度春季塑性加工講演会(那覇)にて一部発表

\*\* 東洋特殊鋼業株式会社

\*\*\* 昭和58年度日本塑性加工学会技術開発賞受賞

径で90度曲げ加工を行うことができる。

実験用材料は、機械構造用炭素鋼鋼管 STKM11 (C < 0.12%) の円管と一般構造用炭素鋼鋼管 STK41 (C < 0.25%) の楕円管である。表1に、これらの断面形状と寸法を示す。なお、加工限界についての実験では、断面形状が四角形・六角形および十字形の異形管を用いたがこれらの形状は表4で示す。

以上の実験では、管材の送り速度は毎分20cmとし、加熱装置の出力を調整して加工中の管材表面の最高温度は800°C一定となるようにした。また、表2に示す種々の冷却条件の設定により、異なった加熱幅を得られるようにした。

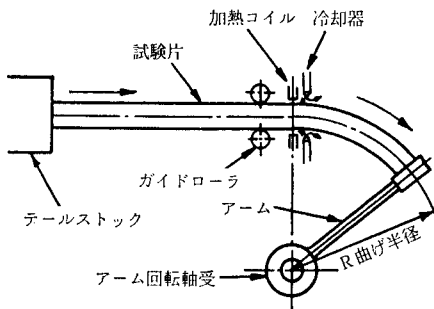


図1 ダイレス曲げ加工の原理

表1 管材の断面形状と寸法

断面形状	管径の寸法	管材の厚さ (mm)
	$D_0 = 21$	$t_0 = 1.6$
	$D_0 = 22.2$	$t_0 = 1.2$
	$D_0 = 31.8$	$t_0 = 1.6$
	$D_1 = 25$	$t_0 = 1.2$
	$D_2 = 12$	

表2 冷却方法と冷却条件

冷却方法	冷却条件	冷却ノズル位置
空気冷却	空気圧 1.5kg/cm <sup>2</sup>	加熱コイル後方: 20mm
水冷却	水流量 800~900 cc/min	" " : 10, 15mm
噴霧冷却	空気圧 1.0kg/cm <sup>2</sup> , 水流量 170~190 cc/min	" " : 10, 15mm
水・噴霧冷却	水冷却: 水流量 1000~1200 cc/min	" 前方: 10mm
	噴霧冷却: 空気圧 1.0kg/cm <sup>2</sup> , 水流量 170~190 cc/min	" 後方: 10mm

### 3. 加熱幅と変形幅

#### 3.1 管材表面の温度分布

図2は、管材を一定速度(20cm/min)で移動させ、曲げ加工を行わずに加熱と冷却を行った場合の管材表面の温度分布を示したものである。温度測定には直径0.1mmのクロメル・アルメル熱電対を用いた。冷却条件が、(a)空気冷却と(b)水・噴霧冷却の二通りの場合の測定例を示す。

冷却条件の違いによって温度分布が異なることがわか

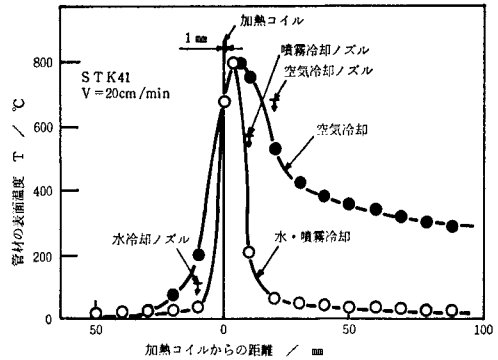


図2 管材の表面の温度分布

る。空気冷却の場合(a)は冷却速度が小さいため、加熱領域の幅が大きくなっている。一方、水・噴霧冷却の場合(b)は加熱コイル前後で冷却を行っているため、加熱幅が狭くなり、良好な局部加熱が行われている。

#### 3.2 変形幅の測定

曲げ加工中に加熱幅を測定することは困難である。また、加熱幅の大小は温度分布によって定性的に把握できるが、何°C以上の加熱領域を加熱幅と定義してよいのかわからない。そこで管材の曲げ加工域(変形部)に注目した。管材の曲げ内側と外側の表面にあらかじめ2mm間隔で標点をつけ、曲げ加工を行った。その後万能投影器により標点間距離の変化を測定し、軸方向ひずみを求めた。

図3に、水・噴霧冷却で楕円管を曲げ加工した場合の曲げ内側と曲げ外側の軸方向ひずみの分布を示す。横軸に変形開始点からの距離をとり、たて軸には軸方向ひずみをとってある。この場合の曲げ半径は70mmであり、曲げ中立面が管材の中央にあるとした場合、曲げ内側と曲げ外側での軸方向ひずみの絶対値は同一であり、16.7%となる。しかし、図3では曲げ内側と曲げ外側の軸方向ひずみの値は異

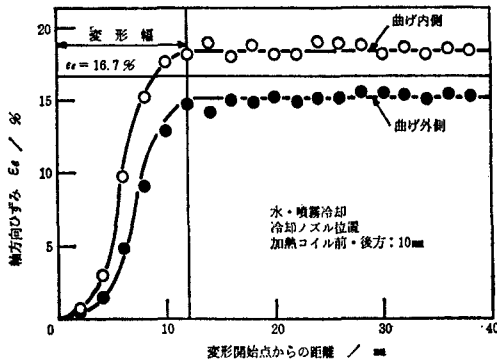


図3 軸方向ひずみの分布

表3 冷却方法と変形幅の関係

冷却方法	冷却ノズル位置	変形幅
空気冷却	加熱コイル 後方 : 20mm	32 mm
水冷却	" " : 15mm	24 mm
噴霧冷却	" " : 15mm	22 mm
水冷却	" " : 10mm	18 mm
噴霧冷却	" " : 10mm	16 mm
水・噴霧冷却	" 前・後方 : 10mm	12 mm

なっている。このことからダイレス曲げ加工においては、曲げ中立面が曲げ外側へ移動していることがわかる。しかし、曲げ内外と曲げ外側の軸方向ひずみは、いずれも同じ位置で一定値に達している。そこで、軸方向ひずみが一定になるまでの領域（距離）を変形幅と定義した。この水・噴霧冷却の場合での変形幅は 12 mm である。

他の冷却条件においても同様な測定を行い変形幅を求めた。その結果を表3に示す。

#### 4. ダイレス曲げ加工における加工限界

##### 4.1 円管の加工限界

一般に円管を小さな曲げ半径で曲げ加工すると、破断、穴のつぶれまたはしわ（座屈）などが発生し、加工限界が生じる<sup>18)</sup>。ダイレス曲げ加工では、曲げ内側でしわが発生して加工不能となることが多い。そこで、しわが発生しない最小曲げ半径  $R_{min}$  を測定し、円管の外径  $D_0$  との比  $R_{min}/D_0$  を加工限界値として定義した。

図4は加工限界値  $R_{min}/D_0$  と変形幅  $W$  との関係を示したものである。実験には管材の外径  $D_0$  が 21mm~31.8 mm、管材の厚さ  $t_0$  が 1.2 mm~2.0 mm のものを用いた。加工限界値は変形幅が小さくなるほど向上す

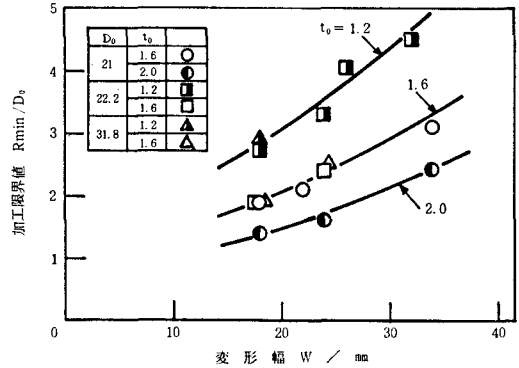


図4 加工限界値と変形幅の関係（円管）

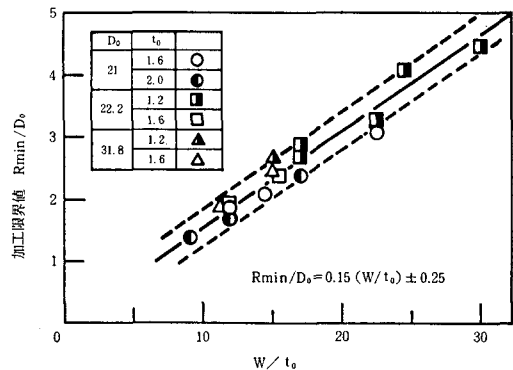


図5 円管の加工限界

る。また、管材の厚さが大きくなるにしたがって加工限界値は向上する。

ここで、変形幅  $W$  と管材の厚さ  $t_0$  との比  $W/t_0$  で加工限界値  $R_{min}/D_0$  を整理したものを図5に示す。加工限界値  $R_{min}/D_0$  は

$$R_{min}/D_0 = 0.15 \times (W/t_0) \pm 0.25 \quad (1)$$

のような実験式で表わすことができる。すなわち、管材の外径  $D_0$  と管材の厚さ  $t_0$  および変形幅  $W$  がわかれば、この実験式によって最小曲げ半径をあらかじめ知ることができる。たとえば、変形幅を管材の厚さの10倍程度に設定すると加工限界値は約1.5となり、極めて小さな曲げ半径で加工できることがわかった。

##### 4.2 楕円管の加工限界

楕円管の場合も加熱領域（加熱幅）が小さいほど加工限界値は向上することは、すでに前報<sup>17)</sup>で報告してある。

図6は、加工限界値  $R_{min}/D_1$  と変形幅  $W$  との関係を示したものである。ここで加工限界値は、曲げ内側でしわが発生しない最小曲げ半径  $R_{min}$  と楕円管の長径

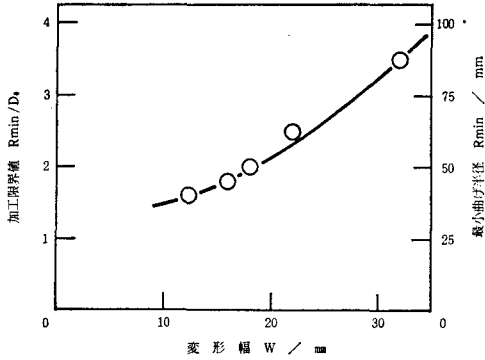


図6 加工限界値と変形幅の関係(楕円管)

$D_1$  との比  $R_{min}/D_1$  で定義した。実験は長径  $D_1$  方向に 90 度曲げ加工を行った。円管の場合と同様に変形幅  $W$  が小さくなるにしたがって加工限界値も小さくなり、向上する。変形幅が 12 mm の場合では加工限界値は 1.6 となり極めて小さな曲げ半径の加工ができることがわかった。

### 4.3 異形管の加工限界

表 4 に、異形管(断面形状が十字形、六角形、四角形および楕円形)の最小曲げ半径を示す。この場合の変形

表 4 異形管の最小曲げ半径

素管の外径	断面形状	最小曲げ半径 Rmin (mm)	
		$t_0 = 1.2$	$t_0 = 1.6$
22.2		34	<27
		34	<27
		60	36
		60	36
25.4		/	95
		/	95
21		50	/
		50	/

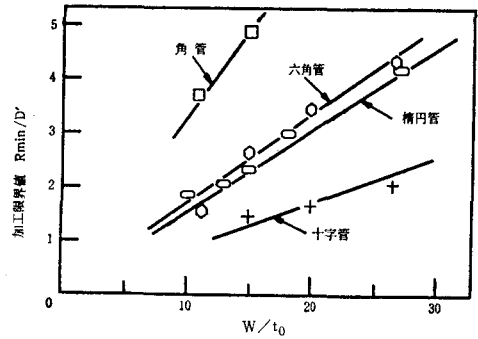


図7 異形管の加工限界

幅  $W$  は 18 mm であり、十字管、六角管および角管の加熱には円管の曲げ加工で用いたものと同じ加熱コイル(単巻き)を用いた。断面形状によって最小曲げ半径は異なるが、同じ断面形状であれば曲げる方向に関係なく同じ最小曲げ半径で加工できる。また、管材の厚さ  $t_0$  の大きい方がより小さな曲げ半径で加工できる。

図 7 は、異形管の加工限界値  $R_{min}/D'$  を変形幅  $W$  と管材の厚さ  $t_0$  との比  $W/t_0$  で示したものである。ここで  $D'$  は、ロールフォーミングで異形管に加工する以前の円管素材の外径である。断面形状によってそれぞれの直線の傾きは異なるが  $W/t_0$  の値が小さくなるほど加工限界値はいずれも向上する。ここで異形管の加工限界値を円管の場合と同様な実験式で表わすと、これら直線の傾きは 0.09~0.35 の範囲にある(円管の場合は 0.15)。すなわち、十字管では円管よりも小さな曲げ半径で加工できることを示しており、角管の場合では円管よりも大きな最小曲げ半径でないとい加工できないことがわかった。

## 5. ダイレス曲げ加工における加工精度

### 5.1 円管の加工精度

円管を曲げ加工すると横断面は扁平化するとともに、曲げ内側で肉厚増加が起り、曲げ外側では肉厚は減少する<sup>18)</sup>。図 8 は、円管の曲げ加工前と加工後の断面形状を

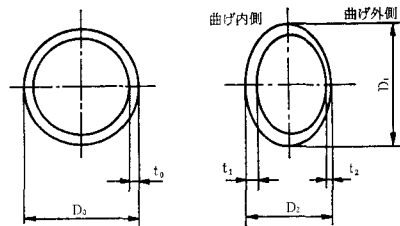


図 8 加工前後の断面形状

模式的に示したものである。曲げ加工後の断面形状の変化を扁平化率  $\lambda_1, \lambda_2$  とし、曲げ内側と曲げ外側の肉厚変化を肉厚変化率  $\beta_1, \beta_2$  として次のように定義する。

$$\lambda_1 = (D_1 - D_0) / D_0 \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

$$\lambda_2 = (D_2 - D_0) / D_0 \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

$$\beta_1 = (t_1 - t_0) / t_0 \times 100 \quad (\%) \quad (4)$$

$$\beta_2 = (t_2 - t_0) / t_0 \times 100 \quad (\%) \quad (5)$$

図9に、扁平化率  $\lambda_1, \lambda_2$  と変形幅  $W$  の関係を示す。曲げ半径比  $R/D_0$  を 3.3 一定とした場合であり、扁平化率  $\lambda_1, \lambda_2$  は変形幅  $W$  が小さくなるとともに減少する。また、管材の厚さ  $t_0$  が 1.6 mm の場合と 2.0 mm の場合を比較すると、2.0 mm の方が扁平化率は小さくなっている (約1/2)。

肉厚変化率  $\beta_1, \beta_2$  と変形幅  $W$  の関係を図10に示す。曲げ半径比  $R/D_0$  が 1.9 と 3.3 の場合について整理を行った。肉厚変化率  $\beta_1, \beta_2$  は変形幅  $W$  および管材の厚さ  $t_0$  が異なっても、それぞれ一定の値を示している。

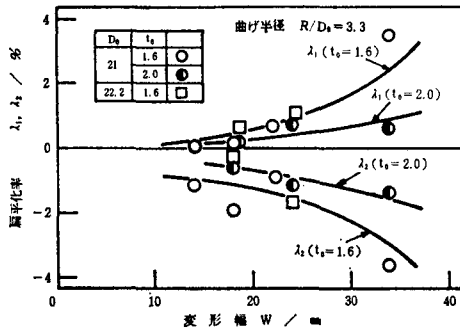


図9 扁平化率と変形幅の関係(円管)

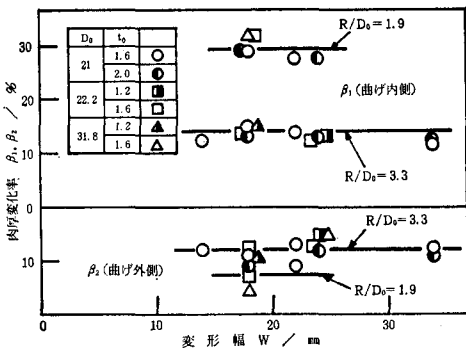
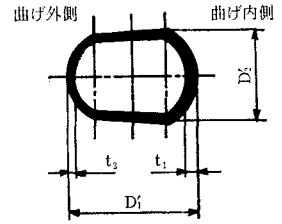


図10 肉厚変化率と変形幅の関係(円管)

すなわち、曲げ加工後の肉厚変化は曲げ半径のみによって定まる。

### 5.2 楕円管の加工精度

図11は、楕円管の曲げ加工後の断面形状を模式的に示したものである。加工後はややたご型に扁平化し、曲げ内側で肉厚増加、曲げ外側で肉厚減少が生じている。加工後の短径  $D_2'$  は曲げ内



側、曲げ中央および曲げ外側の3個所で測定し、これらの平均値を採用した。また、長径方向と短径方向の断面形状の変化を扁平化率  $\lambda_1', \lambda_2'$  として次のように定義した。

$$\lambda_1' = (D_1 - D_1') / D_1 \times 100 \quad (\%) \quad (6)$$

$$\lambda_2' = (D_2 - D_2') / D_2 \times 100 \quad (\%) \quad (7)$$

図12に、曲げ半径 65 mm の場合の扁平化率  $\lambda_1', \lambda_2'$  と変形幅  $W$  の関係を示す。楕円管の場合においても、

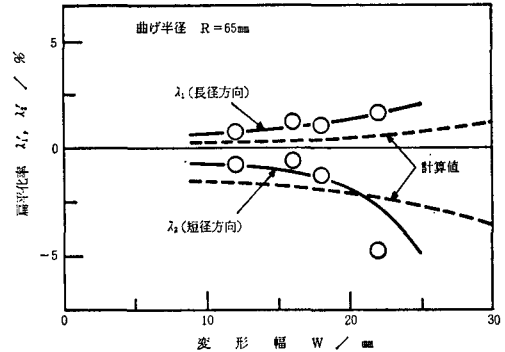


図12 扁平化率と変形幅の関係(楕円管)

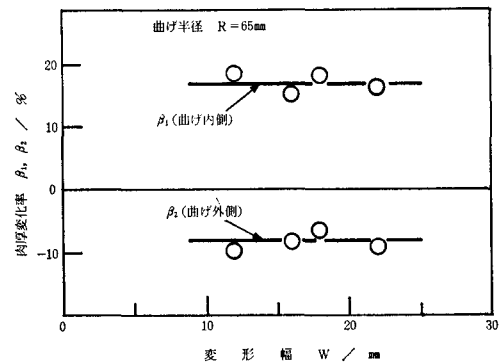


図13 肉厚変化と変形幅の関係(楕円管)

変形幅が小さいほど扁平化率は小さくなる。

図13は、曲げ半径 65 mm の場合の肉厚変化率  $\beta_1, \beta_2$  である。肉厚変化率  $\beta_1, \beta_2$  は変形幅  $W$  が異なってもほぼ一定の値を示している。円管の場合と同様に、楕円管においても曲げ加工後の肉厚変化は変形幅の影響を受けないことがわかった。

## 6. ダイレス曲げ加工における扁平化の解析

加熱幅を小さくすると変形幅が小さくなることはすでに示した。その結果、加工限界が向上するとともに扁平化を抑えることができる。そこで、図14に示すような楕円管の曲げモデルを考え、加工エネルギーが最小になる変形様式について検討を行った。簡単のため、図14(a)のように管材は移動速度  $V_0$  一定で変形域へ入るものとする。変形域の中では直線の流線に沿って進行し、変形域から出ると一定の角速度  $\omega$  で移動するものとする。また、図14(b)のような要素は変形域の中で傾きを変えるが、この要素外側の全長  $dl$  は変化しないものとする。したがって、変形域の中で管材が受ける変形は平面ひずみ変形となる<sup>19)</sup>。

この要素が受ける長さ方向のひずみ  $\epsilon_1$  は

$$\epsilon_1 = l_n(\omega r / V_0) \quad (8)$$

となる。この要素は断面形状が扁平化することによって曲げひずみ  $\epsilon_2$  を受ける。ここで、管材の厚さ  $t_0$  とし要素両端の角度変化を  $d\theta$  とすると、曲げひずみ  $\epsilon_2$  は平均的に

$$\epsilon_2 = 0.25t_0(d\theta/dl) \quad (9)$$

となる。また、この要素はX方向への幅拡がりにより変形域入口と出口においてそれぞれ曲げ、曲げもどしの変形を受ける。変形域入口と出口における方向変化の角度

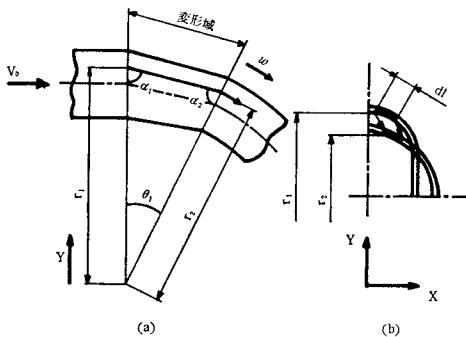


図14 解析のモデル

を  $\alpha_1, \alpha_2$  とすると、せん断変形によって生じる曲げ、曲げもどしによるひずみ  $\epsilon_3$  は

$$\epsilon_3 = (\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2) / \sqrt{3} \quad (10)$$

である。これらのひずみ  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  は独立に生じるものではないので、一つの要素が受ける全ひずみ  $\epsilon$  は、これらのひずみの平均値として求めることができる。

$$\epsilon = \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2} \quad (11)$$

すなわち、最終的な扁平化率は、全ひずみエネルギー  $\Sigma V_0 \epsilon dA$  ( $dA$ : 各要素の断面積) を最小にするときの各要素の傾きの角度変化を求めることによって計算することができる。この計算結果は図12に破線で示しており、実験値と計算値の傾向はよく一致している。

したがって、楕円管のダイレス曲げ加工においては変形域が拡大するとX方向の幅拡がりがおこり、曲げおよび曲げもどしのときひずみ  $\epsilon_3$  が低下するために扁平化しやすくなるものと考えられる。

## 7. おわりに

高周波誘導加熱を用いたダイレス曲げ加工では、加熱条件と冷却条件によって種々の加熱幅すなわち変形幅を設定することができる。その結果、円管および異形管のいずれに対しても、変形幅をできるだけ小さくすることによって、加工限界値と加工精度を向上させ得ることがわかった。すなわち、工具を用いる従来の冷間曲げ加工法では加工限界値は約2とされているが、ダイレス曲げ加工では加工限界値が1.5以下であっても容易に曲げ加工を行うことができた。

このダイレス曲げ加工法は、工業的利用価値が非常に高い。また、加熱と冷却を制御することによって、曲げ加工部の材質を調整することもできる。曲げ加工では曲げ外側に必ず肉厚減少が生じるが、適当な加工熱処理を施すことにより強靱化することが可能であり<sup>20)</sup>、その結果加工限界値をさらに大きくとることができる。したがって、今後断面形状や寸法の異なる種々の異形管についてダイレス曲げの基礎的実験をさらに行い、付加価値の高い多品種少量生産方式として本加工法を確立させたい。

本研究を進めるにあたって懇切なご指導を賜った本校機械工学科関口秀夫助教授に厚くお礼申し上げます。また、広島大学工学部小坂田宏造教授からは終始励ましくご助言を頂き深くお礼申し上げます。実験に協力された東洋特殊鋼業株式会社咲尾光義氏および北脇岳夫氏にお礼申し上げます。



参 考 文 献

- 1) 咲尾, 北脇, 児玉: 第34回塑性加工連合講演会論文集, (1983), 385.
- 2) 北脇: エクストロールフォーミング法による角管製造, 日本塑性加工学会 金属加工プロセス分科会, (1984).
- 3) 北脇, 咲尾, 児玉: 昭和59年度塑性加工春季講演会論文集, (1984), 589.
- 4) 竹山: 熱処理, 10-2 (1970), 125.
- 5) 川浪: 配管技術, 8 (1980), 146.
- 6) 本井, 田村, 平戸, 大沼: 石川島播磨技報, 20-1 (1980), 41.
- 7) 浅尾, 岡田, 藤嶋, 梅原, 米村, 松本: 第33回塑性加工連合講演会論文集, (1982), 571.
- 8) R. M. Walker: Weld. Met. Fabr., 50-6 (1982), 261.
- 9) R. L. Hipley: Proc. Ann. Offshore Technol Conf., 14th 1 (1982), 351.
- 10) T. Behne: IAMI, 1 (1983), 34.
- 11) H. Sekiguchi, K. Kobatake, and K. Osakada: Proc. MTDR, 15 (1974), 539.
- 12) 関口, 小島, 小坂田: 塑性と加工, 17-180 (1976), 67.
- 13) K. Kobatake, H. Sekiguchi, and K. Osakada: Proc. MTDR. 18 (1977), 253.
- 14) 小島, 関口, 小坂田, 吉川: 塑性と加工, 20-224 (1979), 814.
- 15) 小島, 関口, 小坂田, 吉川: 同上, 21-228 (1980), 52.
- 16) 関口: 鉄と鋼, 70-8 (1984), 785.
- 17) 市瀬, 小島, 木村: 奈良高専研究紀要, 18(1982), 13.
- 18) 遠藤, 西村, 真鍋: 塑性と加工, 19-212 (1976), 742.
- 19) 大矢根監修: 新編塑性加工学, (1983), (養賢堂), 161.
- 20) 関口, 小島, 小坂田, 久保: 塑性と加工, 24-271 (1983), 873.



# 高強度鋼の水素ぜい化に及ぼす水素侵入深さの影響について

岩井保善・有間淳一

## Effect of Hydrogen Absorption Depth on Hydrogen Embrittlement of High Strength Steel

Yasuyoshi IWAI and Junichi ARIMA

In order to investigate the susceptibility to hydrogen embrittlement, delayed fracture experiments and static bending tests were performed by using hydrogen charged specimens of SCM435 tempered at various temperatures.

The conclusions obtained were summarized as follows;

(1) The sensitivity to delayed fracture increased in the materials tempered at such a low temperature as below 400°C, but it was decreased remarkably as the temperature exceeded 500°C.

(2) It was found that there was a good correlation between the variation of maximum stress in hydrogen charged specimen and that of the delayed fracture strength.

(3) In the case of more sensitive to the hydrogen embrittlement tempered at 300°C, hydrogen penetration increased corresponding to the charged time, for example, from 0.8 mm for 5min to 2.9 mm for 300 min. But it was clarified that the hydrogen embrittlement was largely affected by the hydrogen absorbed in the range from the surface to the depth about 1.0 mm.

(4) The fracture pattern due to hydrogen embrittlement changed with decreasing hydrogen sensitivity from intergranular (IG) to quasicleavage fracture (QC).

### 1. 緒 言

鉄鋼材料が水素を吸蔵することによってぜい化することは古くから知られており、降伏強度がおおよそ500MPa以下の低強度材では、外部応力が作用しない状態でも、ブリストア<sup>1)</sup>や水素誘起割れ(HIC)<sup>2)</sup>と呼ばれる損傷が発生する。一方、高強度材では微量の水素を吸蔵しても引張応力の作用を受けると水素ぜい化割れ(遅れ破壊)<sup>3)</sup>を生じ、特に割れ感受性には強度レベル<sup>4)</sup>が大きく関与することが従来の研究において数多く報告されている。

筆者らもこれまでに、低合金鋼の水素に起因する遅れ破壊挙動についての一連の基礎的研究<sup>5)</sup>を進めてきたが、本報はその一環として、各種強度に調質処理したCr-Mo鋼の遅れ破壊および水素ぜい化に対する感受性を調べるとともに、水素化試験片を表面除去した場合の

除去厚さと静的強度の関係を求め、鋼中への水素侵入深さの推定を試みた。また、破面の走査型電顕による観察を行い、水素に基づく特徴的破面形態と水素感受性との関連について検討を行ったので、これらの結果について報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 材料および試験片

本実験に用いた材料は構造用合金鋼 SCM 435 で、その化学成分および熱処理後の主な機械的性質を Table I, Table II に示す。試験片は Fig. 1 に示すような板厚 5 mm の平滑材とし、機械加工の後表面を 0 番のエメリー紙まで研摩した。熱処理は真空炉中にて 850°C 30 分間保持後油焼入れを行い、最高 600°C までの温度範囲で 2 時間保持の油焼もどしを施した。

Table 1 Chemical compositions. (%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
0.35	0.26	0.70	0.017	0.014	0.03	0.02	1.02	0.21

Table 2 Heat treatment and mechanical properties of the materials used.

Heat treatment	(0.2%)Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Vicker's hardness
850°C 1/2hr. O.Q	1480	2020	4.5	620
300°C 2hr. O.T	1441	1637	9.1	480
400°C 2hr. O.T	1353	1471	11.0	428
500°C 2hr. O.T	1098	1186	16.5	390
600°C 2hr. O.T	934	995	19.8	308

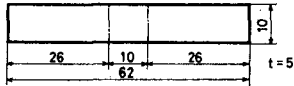


Fig. 1 The shape and dimension of specimen.

2.2 水素吸蔵法および静的曲げ試験

試験片への水素の導入は Fig. 2 に示すように、試験片の片側中央部 10×10 mm<sup>2</sup> を残して他をコーティングし、水素吸収促進剤として 30 mg/500 cc-As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を添加した 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液 (PH 1.1) 中にて、電流密度 20 mA/cm<sup>2</sup> の陰極電解法によりチャージした。なお、電解液は常温下で使用し、吸蔵時間は最高 100 時間とした。

鋼の水素に対する感受性は水素吸蔵後の静的試験を実施することによっても判断できるため、本実験においては水素化後の試験片を空中に放置する時間を可能な限り短かくして水素の逃散を防ぎ三点曲げ試験に供した。鋼中への水素の侵入深さは、所定の時間チャージした試験片表面を研削除去し、同様三点曲げ試験によって得られる最大曲げ応力と表面除去厚さの関係から推定した。また、各種調質材の水素吸蔵後の静的曲げ破面を SEM (日立 S-430) により観察し、ぜい性破面の様相を調べるとともにマイクロ破面上に現われるぜい性破面率の測定を行った。

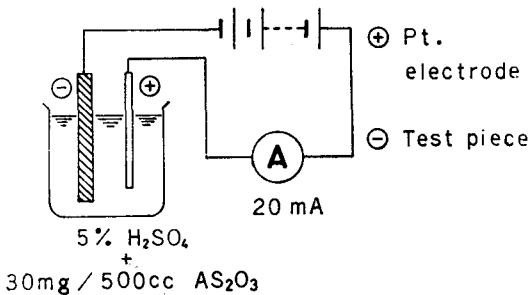


Fig. 2 Hydrogen introduction to the specimen.

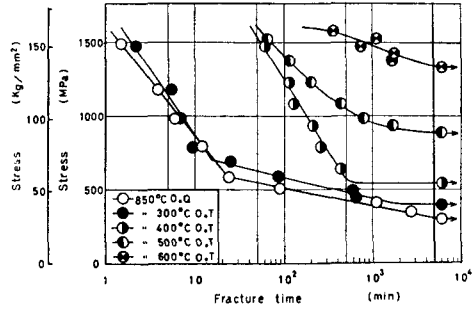


Fig. 3 Bending delayed fracture diagram of heat treated specimens in 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution.

3. 実験結果および考察

3.1 遅れ破壊強さと水素ぜい化感受性評価

Fig. 3 は焼入れ材および各種焼もどし材を 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 雰囲気中で片持り方式により負荷した場合の遅れ破壊試験結果である。いずれも明確に下限界応力の存在が認められ、100 時間 (6×10<sup>2</sup>min) では焼入れ材で約 300 MPa と最低を示し、焼もどし温度の上昇に伴って限界応力値は上昇するのがわかる。すなわち、組織的にマルテンサイトを有する 400°C 以下の低温焼もどし材 (引張強さで 1,400 MPa 以上) では短時間の破断が多く見られ、遅れ破壊に対する感受性が極めて高い。しかし、一様なソルバイト組織が観察される 500°C 以上の焼もどし材 (引張強さで 1,200 MPa 以下) では急激な限界応力の上昇が現われ、500°C および 600°C 焼もどし材において焼入れ材のそれぞれ 3 倍および 4.3 倍となっている。

Fig. 4, 5 は遅れ破壊感受性の異なる焼入れ材および 600°C 焼もどし材の水素吸蔵に基づく強度低下の様子を、静的曲げ試験によって得られた応力-たわみ線図で示したものである。実線は水素の影響のない試験片の応力とたわみの関係であり、図中の各点は水素吸蔵後の破断点を示したものである。図から明らかなように、焼入れ材ではわずか 30sec の吸蔵において強度はおおよそ 1/2 に

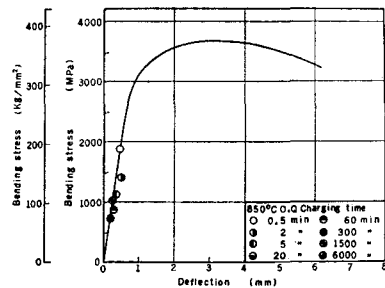


Fig. 4 Effect of charging time on static bending test (as quenched).

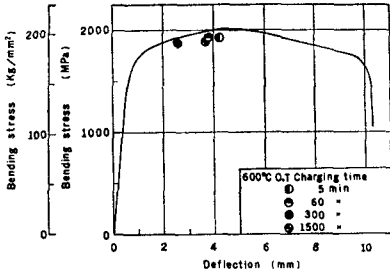


Fig. 5 Effect of charging time on static bending test (tempered at 600°C).

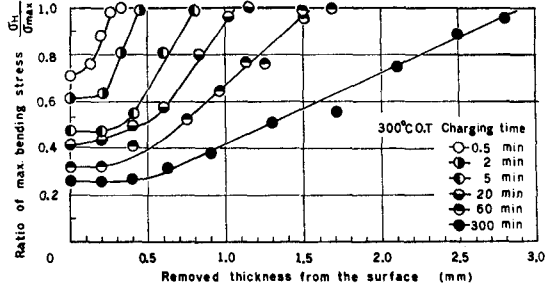


Fig. 7 Relation between the removed thickness of hydrogen charged specimen surface and maximum bending ratio  $\sigma_H/\sigma_{max}$ .

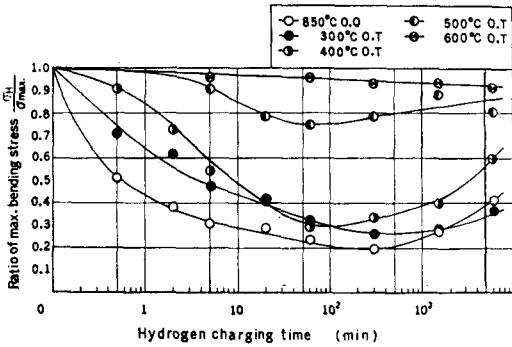


Fig. 6 Relation between charging time and maximum bending stress ratio  $\sigma_H/\sigma_{max}$ .

低下し、応力とたわみが直線関係を示す部分で破断に至ることがわかる。一方、600°C 焼もどし材では 300 min の長時間吸蔵後においてもほとんど強度の低下を示さず、延性のみが減少するだけであり、破断時のたわみは 300 min 吸蔵で最小値（水素吸蔵前のおよそ 1/4）を示す。

Fig. 6 は各種調質材の吸蔵時間と強度の関係を示す。水素吸蔵後の曲げ破断強さ  $\sigma_H$  と吸蔵前の破断強さ  $\sigma_{max}$  の比で示したものである。この図より、焼入れ材、300°C および 400°C 焼もどし材では水素に対して極めて敏感であるといえ、5 min 程度の吸蔵においても比較的大幅な強度低下を示し、強度が最小となる 60~300 min 吸蔵では水素の影響のない場合のおよそ 20~30% の強度となるのがわかる。しかし焼もどし温度が 500°C になると水素感受性の急激な鈍化が現われ、最小強度を示す 60min 吸蔵後でもなお 75% の強度を保持しているのがわかる。また、いずれの試験片も 300 min 以上の吸蔵において強度の上昇が認められるが、これは水素の過飽和固溶に関連した現象であると思われる。このような焼もどし温度の上昇に伴う水素ぜい化感受性の変化傾向は、Fig. 3 に示した各種熱処理材の遅れ破断試験結果とにより対応を示すことが認められた。

Fig. 7 は 300°C 焼もどし材の 0.5~300 min 水素吸蔵

した表面を逐次研削により除却した場合の  $\sigma_H/\sigma_{max}$  と表面の除去厚さの関係を示したものである。この図より  $\sigma_H/\sigma_{max}=1$  となる研削量を水素侵入深さとし、水素吸蔵時間との関係を示したのが Fig. 8 である。さらに水素ぜい化率を  $(\sigma_{max}-\sigma_H)/\sigma_{max}$  で表わし、水素侵入深さとの関係で示すと Fig. 9 となる。これらの結果により、水素の侵入は吸蔵時間の増加に伴って深くなるが、Fig. 8 に見られるように対数時間上およそ 20 min まで直線的な増加を示す。そして Fig. 9 より、このような直線関係を示す範囲で、すなわち、表面から約 1.1 mm までの範囲に侵入する水素が強度低下に大きく影響を及ぼすといえる。

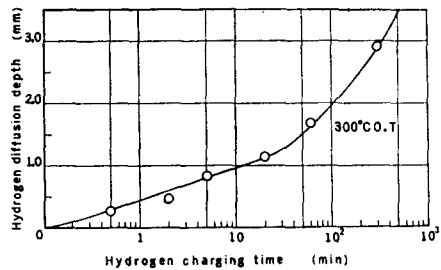


Fig. 8 Relation between charging time and hydrogen diffusion depth for the specimen tempered at 300°C.

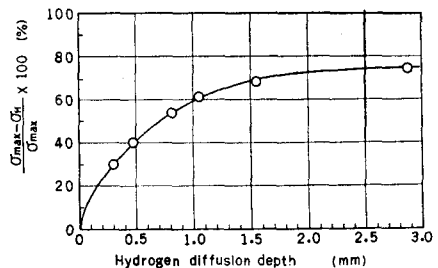


Fig. 9 Relation between ratio of hydrogen embrittlement,  $(\sigma_{max}-\sigma_H)/\sigma_{max}$ , and hydrogen diffusion depth.

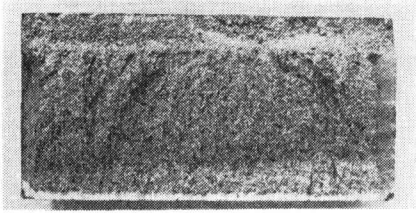


Fig. 10 Fracture surface of static bending test for specimen tempered at 300°C (charged time for 2 min).

### 3.2 破面観察結果

Fig. 10 に一例として 300°C 焼もどし材 2 min 水素吸蔵を行った静的曲げ破面のマクロ写真を示す。写真の上部が水素吸蔵面であり、明瞭に水素によるぜい化部と延性破断部とに分かれている。また延性破壊を示す両側面にはシャリップも観察される。このようなマクロぜい性破面は水素ぜい化感受性の高い 400°C 以下の焼もどし材で認められ、吸蔵時間の増加とともにこれらの破面全体に占める割合は多くなる。しかし、500°C 以上の焼もどし材では明瞭なマクロぜい性破面は観察されなかった。

次に Fig. 11 は 300°C 焼もどし 20 min 吸蔵の場合の静的曲げ破面の表面近傍を SEM 観察したものである。このときの  $\sigma_H/\sigma_{max}$  は 0.4 であり、わずかに QC 破面が見られるが、全体的に IG 破壊が支配的な典型的な水素ぜい性破面を呈している。

Fig. 12 は同材 (水素侵入が約 1.1 mm) 表面を 0.83 mm 除去した  $\sigma_H/\sigma_{max} \approx 0.8$  における表面近傍である。この場合はぜい性破面は全体に見られず、IG と延性破壊を示す MVC の混在破面となっている。このような表

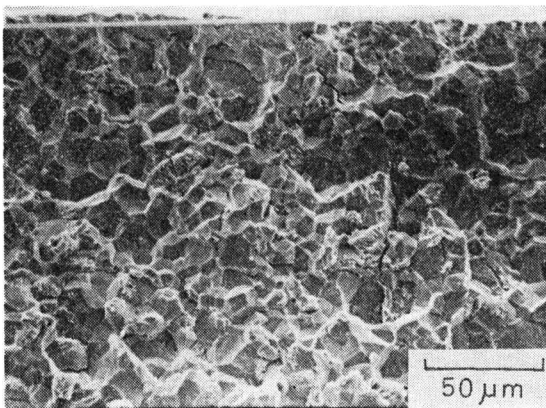


Fig. 11 Fractograph of vicinity of specimen surface on static bending test (tempered at 300°C, charged time for 20 min).

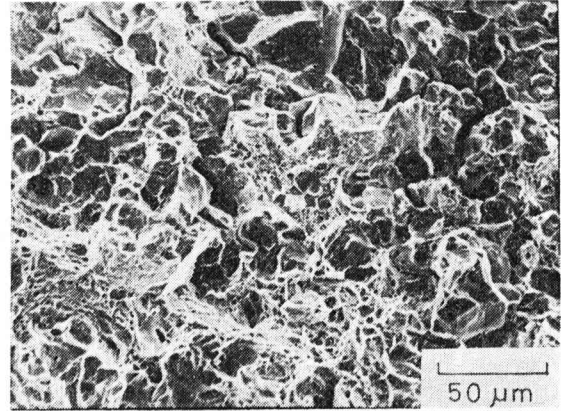


Fig. 12 Fractograph of 0.83 mm in depth from the surface on static bending test (tempered at 300°C, charged time for 20 min).

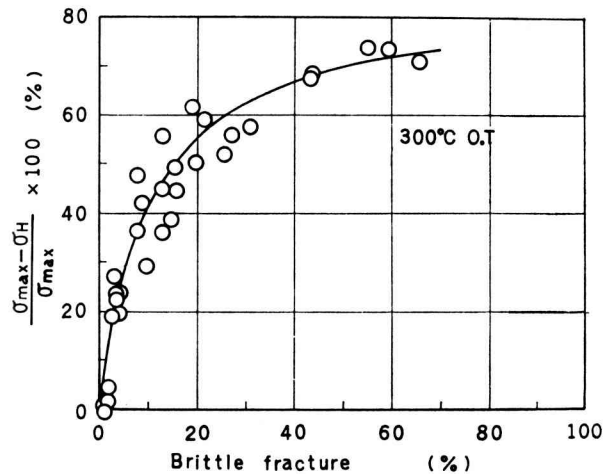


Fig. 13 Relation between ratio of hydrogen embrittlement,  $(\sigma_{max} - \sigma_H) / \sigma_{max}$ , and coverage of brittle fracture.

面の除去量の増加に伴って破面形態も変化し、 $\sigma_H/\sigma_{max} = 1$  となる試験片では全面が MVC となることが認められた。そこでマイクロ破面上、IG および QC 破壊が破面全体に占める割合からぜい性破面率を求め、水素ぜい化率との関係を示すと Fig. 13 となる。少しばらつきが見られるが、実線で示したように 1 本の曲線で近似され、10~20% 程度のぜい性破面が大きな強度低下に結びつくことがわかる。

一方、水素ぜい化感受性が大幅に低下する 500°C 焼もどし材の 5 min 吸蔵後 ( $\sigma_H/\sigma_{max} = 0.9$ ) の同破面を Fig. 14 に示す。図より明らかなように、水素感受性の低下とともにぜい性破面は表面付近に一樣に分布せず、0.2~0.3 mm 内部から QC が放射状に伝播したと思われるほぼ円形の破面が観察される。すなわち、金属表面より原

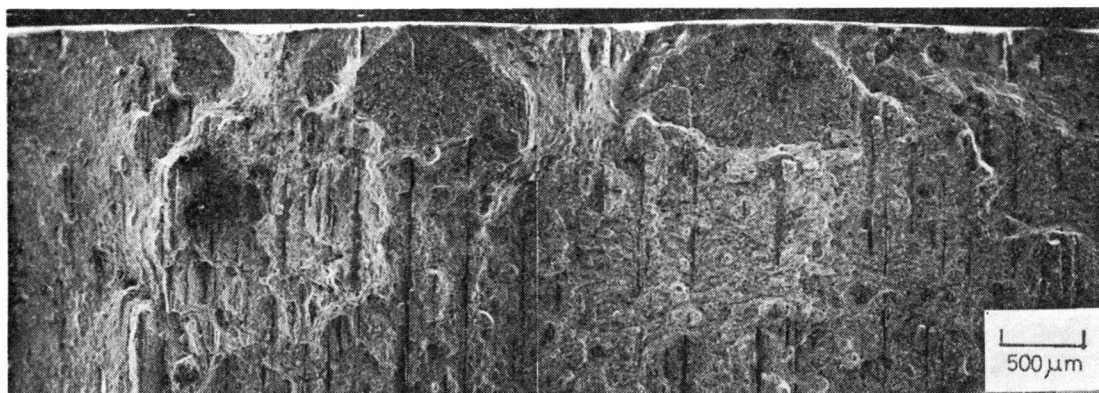


Fig. 14 Fractograph of vicinity of specimen surface on static bending test  
(tempered at 500°C, charged time for 5 min).

子状態で侵入する水素は鋼内部の非金属介在物等の欠陥部周縁に集積して高圧水素を発生し、外力の作用を伴ってぜい性的に破断を起こすものと考えられる。したがって、Fig. 7 に見られるように、水素化表面を除去した場合の  $\sigma_H/\sigma_{max}$  と表面除去厚さには表面より 0.2~0.4 mm 以上内部で直線関係が存在することと考えあわせると、水素の集積位置は水素感受性にかかわらず表面より 0.2~0.3 mm 内部であり、ここが破壊の起点と予想される。

#### 4. 結 言

種々の強度に調質した SCM 435 の遅れ破壊試験および陰極電解水素チャージした試験片の水素ぜい化感受性を調査し、主として強度低下と水素侵入深さの関係について実験的検討を行った結果、以下の諸点が明らかとなった。

(1) 遅れ破壊に対する感受性は焼もどし温度の上昇とともに低下する。すなわち鋼強度に大きく依存するが、特に組織がソルバイトに移行する温度において急激な変化を生ずる。

(2) 鋼の水素に対する感受性は水素吸蔵後の静強度変

化から評価でき、遅れ破壊に敏感な試験片では短時間の水素吸蔵でも大きな強度の低下を示した。

(3) 水素ぜい化感受性の高い鋼では、吸蔵時間の増加とともに水素は鋼内部に深く侵入するが、侵入深さが表面より約 1.1 mm までの範囲において大幅な強度低下を示す。

(4) 水素ぜい化感受性の増加とともにマクロ破面においてもぜい化を示す特徴的破面が観察され、破面形態は IG が支配的となる。また 500°C 焼もどし材のマイクロ観察により、水素の集合位置は表面から 0.2~0.3 mm 内部と予想された。

#### 参 考 文 献

- 1) H. Okada : Preprint of International Conference of SCC & HE of Iron Base Alloys, A-4, Unieux Firming (1973).
- 2) Ikeda, A., Y. Morita, F. Terasaki, and M. Takeyama : 2nd International Congress on Hydrogen in Metal 4A-7 (1977).
- 3) 日本鋼構造協会ボルト強度班 : 6, No. 52, 33 (1970).
- 4) 福井彰一 : 鉄と鋼, 55, 2 (1969).
- 5) 岩井保善, 有間淳一 : 材料, 32, 361, 1114(1983).





# サイドバンド ホログラフィ

押田 至啓・加賀 勝也

## Sideband Holography

Yoshihiro OSHIDA and Katsuya KAGA

Consideration about relation between an optical heterodyne method and a holographic interferometric method shows that the temporal frequency in the optical heterodyne method corresponds to the spacial frequency in the holographic interferometry. From this correspondence we propose a sideband holography to measure the vibration. In this method the reference beam is frequency-shifted and phase-modulated.

### 1. 緒 言

光波の干渉を用いて微小な振動を測定する方法としては、ホログラフィ干渉法を用いる方法や光ヘテロダイン法を用いる方法が報告されている。

ホログラフィ干渉法では、振動している物体からの光波を一定時間記録する時間平均法が広く用いられている<sup>1)</sup>。また、振動の位相を測定するためには時間平均法の中の参照光正弦波位相変調法がある<sup>2),3)</sup>。この方法はホログラム記録時の参照光中の鏡を測定しようとする物体の振動周波数と同じ周波数で振動させ、この鏡の振動を基準として物体の振動の位相を測定する方法である。

光ヘテロダイン法は測定物体面上の一点からの光と、周波数偏移を与えた参照光とを光電面上で干渉させ干渉光の時間的な強度変化を電気信号に変換し、これから物体の振動状態を測定する方法である<sup>4)</sup>。この方法のうちの特殊な場合として参照光に周波数偏移を与えない光ホモダイン法も同様に考えることができる。光ヘテロダイン法による振動の位相測定法としては参照光に物体の振動と同じ周波数の位相変調を加える方法がある。この方法では、ホログラフィ干渉法における参照光正弦波位相変調法と同様に、鏡の振動を基準として物体の振動の位相測定を行っている。

以上二つの方法を比較すれば、ホログラフィ干渉法に

よれば測定物体の振動状態をパターン形で、すなわち空間的な分布として得ることができるが、時間的な情報は時間平均をとるために失われてしまう。一方、光ヘテロダイン法では測定物体の振動の時間的な変化を得ることができるが、一点ごとの測定であり、空間的な分布を得るためには物体面上を走査する等の方法が必要になってくる。このように二つの方法は一見異なっているように見える。しかし観測面における物体光は全く同じ形で表現することができるし、光学系はいずれの方法においても参照光と物体光の干渉を利用している。また物体の振動の位相を測定するのに参照光に位相変調を加えている点も同じである。

これら二つの方法の間の類似点に注目し、ホログラフィ干渉法の時間平均法と、光ヘテロダイン法を用いた振動測定法の間関係について考察する。これらの考察よりホログラフィ干渉法で参照光に周波数偏移と位相変調を加える新しい位相測定法を提案する。

### 2. ホログラフィ干渉法

時間平均法による振動測定のための基本的な光学系を図1に示す。粗面物体上で散乱されホログラム面上の点 $\mathbf{x}$ に伝搬する光波の点 $\mathbf{x}$ における時刻 $t$ の複素振幅を $U_0(\mathbf{x}, t)$ とする。またホログラム面上 $\mathbf{x}$ での参照光の複素振幅を $U_r(\mathbf{x}, t)$ とする。このときホログラム面上に記録される光の強度 $I_h(\mathbf{x})$ は、ホログラム露光時間

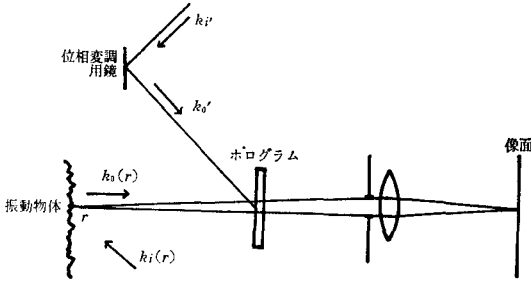


図1 参照光正弦波位相変調法の基本的な光学系

を  $T$  とすると次式で与えられる。

$$I_h(\mathbf{x}) = \int_0^T \{ |U_0(\mathbf{x}, t)|^2 + |U_r(\mathbf{x}, t)|^2 + U_0(\mathbf{x}, t)U_r^*(\mathbf{x}, t) + U_0^*(\mathbf{x}, t)U_r(\mathbf{x}, t) \} dt \quad (1)$$

ただし \* は複素共役を示す。この光の強度がホログラムを再生したときの振幅透過率を与えることになる。

このホログラムを再生すれば(1)式の被積分関数のうち第1, 第2項は直接透過してくる0次回折光となり, 第3項は物体の姿がそのまま再生される直接像となり, 第4項は共役像となる。このうち第3項の成分のみを抜き出して観測する。このとき像面上における再生光の強度は

$$I(\mathbf{r}) = A \left| \int_0^T U(\mathbf{r}, t)U_r^*(\mathbf{x}, t) dt \right|^2 \quad (2)$$

と表わされる。ただし  $U(\mathbf{r}, t)$  はホログラムが存在しないとした場合の物体上の点  $\mathbf{r}$  からの光波の像面上における光の状態を示す。また  $A$  は光学系, 処理系により決まる定数である。

物体が正弦波状に振動し, また参照光中の鏡がこれと同じ周波数で正弦波状に振動している場合を考える(参照光正弦波位相変調法) 物体面上の点  $\mathbf{r}$  は角周波数  $\Omega$ , 振幅  $\mathbf{a}_0(\mathbf{r})$ , 初期位相  $\mu_0(\mathbf{r})$  で振動しているとする。また鏡は振動振幅  $\mathbf{a}_r$ , 初期位相  $\mu_r$  で振動しているとする。このとき時刻  $t$  におけるそれぞれの変位は

$$\mathbf{d}_0(\mathbf{r}, t) = \mathbf{a}_0(\mathbf{r}) \cos\{\Omega t + \mu_0(\mathbf{r})\} \quad (3)$$

$$\mathbf{d}_r(t) = \mathbf{a}_r \cos\{\Omega t + \mu_r\} \quad (4)$$

で表わされる。これを用いれば  $U(\mathbf{r}, t)$  および  $U_r(\mathbf{x}, t)$  はそれぞれ次式のようにになる。

$$U(\mathbf{r}, t) = \overline{U(\mathbf{r})} \exp[i\mathbf{p}_0(\mathbf{r}) \cos\{\Omega t + \mu_0(\mathbf{r})\}] \quad (5)$$

$$U_r(\mathbf{x}, t) = \overline{U_r(\mathbf{x})} \exp[i\mathbf{p}_r \cos\{\Omega t + \mu_r\}] \quad (6)$$

ただし

$$\mathbf{p}_0(\mathbf{r}) = \{\mathbf{k}_0(\mathbf{r}) - \mathbf{k}_i(\mathbf{r})\} \cdot \mathbf{a}_0(\mathbf{r}) \quad (7)$$

$$\mathbf{p}_r = (\mathbf{k}_0' - \mathbf{k}_i') \cdot \mathbf{a}_r \quad (8)$$

で,  $\mathbf{k}_0(\mathbf{r}), \mathbf{k}_i(\mathbf{r})$  はそれぞれ物体観測方向, 照明方向の波動ベクトル,  $\mathbf{k}_0', \mathbf{k}_i'$  はそれぞれ鏡に対する光の反射方向, 入射方向の波動ベクトルである。また  $\overline{U(\mathbf{r})}, \overline{U_r(\mathbf{x})}$  はそれぞれ物体, 鏡の振動がない場合の複素振幅である。

(5), (6)式を(2)式に代入して  $T \gg 2\pi/\Omega$  であることを考慮すれば観測される強度は

$$I(\mathbf{r}) = I_{s1}(\mathbf{r}) J_0^2[c(\mathbf{r})] \quad (9)$$

で与えられる<sup>5)</sup>。ただし  $I_{s1}(\mathbf{r})$  は振動がない場合の再生光の強度である。また  $c(\mathbf{r})$  は次式で表わされ物体および鏡の振動の振幅および位相によって与えられる。

$$c^2(\mathbf{r}) = \mathbf{p}_0^2(\mathbf{r}) + \mathbf{p}_r^2 - 2\mathbf{p}_0(\mathbf{r})\mathbf{p}_r \cos\{\mu_0(\mathbf{r}) - \mu_r\} \quad (10)$$

(10)式のうち  $\mathbf{p}_r, \mu_r$  は前もって設定する値でありこれらは既知のものである。すなわち  $c(\mathbf{r})$  の値は  $\mathbf{p}_r$  を動作点として  $\mathbf{p}_0(\mathbf{r}), \mu_0(\mathbf{r})$  の値によって変化する。振動が微小な場合には  $c(\mathbf{r})$  の変化はわずかなものである。そこでコントラストの良い明暗分布を得るためには  $\mathbf{p}_r$  により決まる動作点の位置を0次ベッセル関数の0になる点に選ばなければならない。すなわち  $\mathbf{p}_r = 2.405$  としなければならない。これは垂直入射, 垂直反射の場合は約  $\lambda/5$  の振幅で鏡を振動させることになる。

### 3. 光ヘテロダイン法

光ヘテロダイン法による振動測定のための基本的な光学系を図2に示す。

光電面上における物体上の点  $\mathbf{r}$  からの光波の時刻  $t$  における複素振幅はホログラフィ干渉法の場合と同様に(5)式のように表わされる。参照光は(6)式で与えられる参照光の複素振幅に加えて, 光ヘテロダインとするための周波数偏移  $\Delta\omega/2\pi$  が与えられている。従って物体光および参照光を時間項も含めて書くと次式のようにになる。

$$U_0(\mathbf{r}, t) = \overline{U_0(\mathbf{r})} \exp[i\{\omega_0 t + \mathbf{p}_0(\mathbf{r}) \cos\{\Omega t + \mu_0(\mathbf{r})\} + \phi_0(\mathbf{r})\}] \quad (11)$$

$$U_r(t) = \overline{U_r} \exp\{i(\omega_0 + \Delta\omega)t + \mathbf{p}_r \cos\{\Omega t + \mu_r\} + \phi_r\} \quad (12)$$

ただし  $\overline{U_0(\mathbf{r})}, \overline{U_r}$  はそれぞれ物体光, 参照光の光電面上における振幅,  $\phi_0(\mathbf{r}), \phi_r$  はそれぞれ物体, 鏡が静止した状態の光の位相で光の光路長に関係した一定の値であ

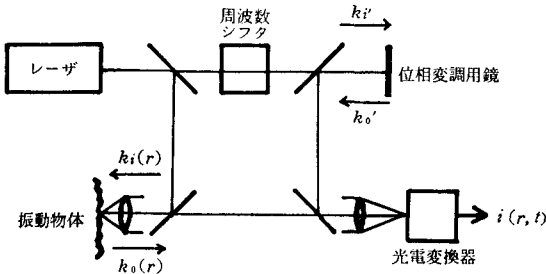


図2 光ヘテロダイン法の基本的な光学系

る。また、 $\omega_0$ は光の角周波数である。

このとき光電面上での強度が電流に変換され出力される電流  $i(\mathbf{r}, t)$  は

$$\begin{aligned}
 i(\mathbf{r}, t) &= K\{I_0(\mathbf{r}) + I_r\} \\
 &\quad + 2K\sqrt{I_0(\mathbf{r})I_r} \cos[\Delta\omega t - c(\mathbf{r})\cos\{\Omega t + \psi(\mathbf{r})\} - \phi(\mathbf{r})] \\
 &= K\{I_0(\mathbf{r}) + I_r\} \\
 &\quad + 2K\sqrt{I_0(\mathbf{r})I_r} \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_{2n}[c(\mathbf{r})] \cos\{(\Delta\omega - 2n\Omega)t - 2n\psi(\mathbf{r}) - \phi(\mathbf{r}) - n\pi\} \\
 &\quad + 2K\sqrt{I_0(\mathbf{r})I_r} \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_{2n+1}[c(\mathbf{r})] \sin\{[\Delta\omega - (2n+1)\Omega]t - (2n+1)\psi(\mathbf{r}) - \phi(\mathbf{r}) - n\pi\} \quad (13)
 \end{aligned}$$

と表わされる。ただし  $K$  は回路で決まる定数で、

$$\begin{aligned}
 I_0(\mathbf{r}) &= |\bar{U}_0(\mathbf{r})|^2, \quad I_r = |\bar{U}_r|^2, \quad \phi(\mathbf{r}) = \phi_0(\mathbf{r}) - \phi_r \\
 \psi(\mathbf{r}) &= \sin^{-1}\left[\frac{1}{c(\mathbf{r})}\{p_r \sin \mu_r - p_0(\mathbf{r}) \sin \mu_0(\mathbf{r})\}\right]
 \end{aligned}$$

である。

(13) 式からわかるように信号の角周波数が  $\Delta\omega + m\Omega$  ( $m$ : 整数) の成分の振幅は  $J_m[c(\mathbf{r})]$  に比例する。これらの信号のうち側帯波成分として  $\Delta\omega - \Omega$  の成分のみをバンドパスし、 $J_1[c(\mathbf{r})]$  を測定し、これから  $c(\mathbf{r})$  の値を得る方法が用いられている<sup>6)</sup>。

#### 4. ホログラフィ干渉法と光ヘテロダイン法の関係

物体光と参照光の干渉光を検出している面について考える。ホログラフィ干渉法の場合はホログラム面であり、ここでの強度は(1)式で表わされる。光ヘテロダイン法では光電変換面であり、光の強度は(13)式で表わされる。これらの式よりわかるように観測される光の強度は直流成分に相当する項  $(|U_0(\mathbf{x}, t)|^2 + |U_r(\mathbf{x}, t)|^2)$  およ

び  $I_0(\mathbf{r}) + I_r$  とそれ以外の信号成分に相当する項の和として表わされる。

ホログラフィではホログラムを露光するための露光時間  $T$  の間だけ各時刻における強度を加え合せている。このことは時間周波数領域で考えれば  $T \text{sinc}(\pi T f)$  のフィルタをかけることに対応する。すなわち遮断周波数が  $1/T$  のローパス・フィルタを通してることになり、早い時間的な変化は検出することはできない。また(1)式の直流成分に相当する項と信号成分を分離するには空間的に分離する方法を採用しなければならない。

一方、光ヘテロダイン法では一点を測定し、光電面上における光強度の時間的な変化を検出しているため、(13)式の各成分を分離するには時間的な分離方法を用いる必要がある。すなわちホログラフィにおける空間周波数に光ヘテロダイン法における時間周波数が対応している。

(1)式および(13)式で表わされる信号の空間的および時間的なスペクトルを図3、図4に示す。

図3(a)は周波数偏移が0の場合すなわち光ホモダイン法の時間周波数の分布である。信号成分のうち周波数0の成分すなわち(13)式で  $J_0[c(\mathbf{r})]$  に比例する成分は直流成分と重なっている。この周波数0の成分の周辺に周波数  $\Omega/2\pi$  ごとにスペクトルが現われる。光ホモダイン法(光ヘテロダイン法の特殊な場合)では周波数  $\Omega/2\pi$  の成分のみをバンドパスしている。これはホログラフィでは in-line 型に対応する。in-line 型の空間スペクトルを図3(b)に示す。物体光の空間スペクトルは矩形をして

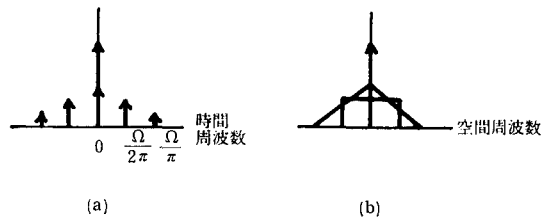


図3 (a) 光ホモダイン法の時間スペクトル  
(b) in-line 型ホログラフィの空間スペクトル

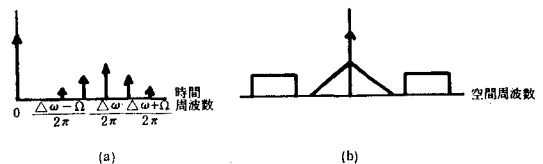


図4 (a) 光ヘテロダイン法の時間周波数  
(b) off-axis 型ホログラフィの空間周波数

いると仮定する。参照光の空間周波数(デルタ関数)のところに直流成分に相当する三角形のスペクトルと再生される物体の矩形のスペクトルが重なっている。すなわち、このホログラムを再生すれば0次回折光と1次回折光が同一方向に再生されるためこれらを空間的に分離することができない。

光ホモダイン法では直流成分と信号成分を完全に分離するためには、参照光に時間的な周波数偏移を加えて光ヘテロダイン法にする。このスペクトルを図4(a)に示す。信号成分のスペクトルが全体に周波数偏移  $\Delta\omega/2\pi$  だけずれて、直流成分と分離されている。ホログラフィではこの分離は空間的に行なわなければならない。すなわち参照光に空間的な周波数偏移を加える。これにはホログラム面への物体光と参照光の入射方向を変える。これはoff-axis型のホログラフィである。この空間周波数を図4(b)に示す。参照光の空間周波数のまわりの0次回折光成分と、 $\pm 1$  次回折光成分が空間的に分離される。

5. サイドバンド・ホログラフィ

ホログラフィの場合の時間スペクトルについて考える。ホログラフィの時間、空間スペクトルの分布を図5に示す。空間周波数は off-axis 型にすれば 0 次回折光および  $\pm 1$  次回折光に分離される。また時間周波数は、物体が周波数  $\Omega/2\pi$  で正弦波状に振動しているとすると、 $\Omega/2\pi$  ごとにスペクトルが分布し図4(a)と同じ形になる。しかしホログラフィでは露光時間  $T$  が大きいために時間周波数に関しては 0 の付近を  $1/T$  の幅でロー

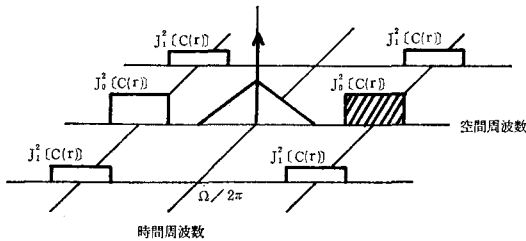


図5 ホログラフィ干渉法のスペクトル

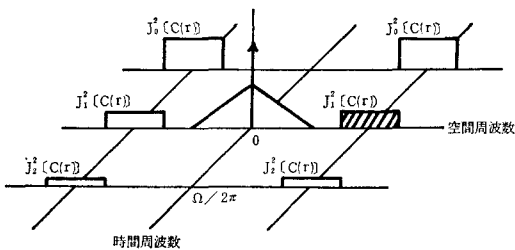


図6 サイドバンド・ホログラフィのスペクトル

パスすることになる。このため時間周波数に関してはほぼ直流成分のみしか得ることはできない。また空間的には1次回折光のみをバンドパスする。従って、ホログラムを再生したときに再生像として得られるのは図5の斜線部分のみである。すなわち再生像の強度は  $J_0^2[c(r)]$  に比例する。これは光ヘテロダイン法では信号成分のうち搬送波成分を検出する方法に対応している。

この光ヘテロダイン法とホログラフィの対応関係をさらに押し進めれば、光ヘテロダイン法で側帯波成分を検出する方法に対応した方法をホログラフィにおいても考えることができる。これをサイドバンド・ホログラフィと呼ぶことにする。ホログラフィでは時間周波数0の成分のみしか検出することができないため、時間的な側帯波成分(周波数  $\Omega/2\pi$  の成分)を得るためにはこの成分を周波数0の位置にまで移動させなければならない。これを行うには参照光の時間周波数を  $\Omega/2\pi$  だけ偏移させればよい<sup>9)</sup>。これは光ヘテロダイン法において時間周波数を偏移させればそれだけスペクトルが全体的に移動することに対応している。この場合に得られるスペクトルの分布を図6に示す。図中の斜線部分のみが検出される。再生像の強度は  $J_1^2[c(r)]$  に比例する。

(6)式で表わされる位相変調された参照光に更に  $n\Omega$  ( $n$ : 整数)の周波数偏移を加えた場合を考える。このとき参照光は

$$U_r(x, t) = \overline{U_r(x)} \exp[i\{p_r \cos(\Omega t + \mu_r) + n\Omega t\}] \quad (14)$$

と表わされる。(14)式を(2)式に代入し、 $T \gg 2\pi/\Omega$ であることを考慮すれば観測される再生像の強度は(9)式と同様に

$$I(r) = I_{st}(r) J_n^2[c(r)] \quad (15)$$

となる。従って、再生像の強度は  $c(r)$  に関して  $n$  次のベッセル関数の2乗に比例する。光ヘテロダイン法の側帯波成分検出法と同様に  $n=1$  の場合すなわち周波数偏移を  $\Omega/2\pi$  にした場合が最も感度が良い。再生像は1次のベッセル関数の2乗に比例するためコントラストの良い明暗を得るための動作点は  $p_r=0$  の近くでよいことになる。(10)式よりわかるように出力信号の振幅から  $c(r)$  を一意的に求めるためには  $p_r$  は物体の振幅  $p_0(r)$  のうちで最も大きい値よりも大きくなければならない。このことはまた参照光の位相変調を物体上の最も振幅の大きい場所を用いて行うことができる。これにより測定面全体の動きの影響を取り除くことができる<sup>9)</sup>。

以上のようにサイドバンド・ホログラフィを用いれば参照光の位相変調を通常の参照光正弦位相変調法ほど大きな振幅で振動する鏡で行う必要がなく物体の振幅と同

程度の振動で行うことができる。これは励振に高エネルギーが必要な高い周波数の振動（超音波等）の測定<sup>9)</sup>に適していると考えられる。また物体の全体的な動きの影響を取り除くことができる。このようにサイドバンド・ホログラフィは高い周波数の表面波の測定に適用すれば有効であると考えられる。

## 6. 結 言

光ヘテロダイン法およびホログラフィ干渉法による振動の測定方法を比較し、光ヘテロダイン法の時間周波数とホログラフィの空間周波数が対応していることを示した。この対応関係より、ホログラフィ干渉法で参照光に周波数偏移と位相変調を加える新しいサイドバンド・ホログラフィを提案した。これによれば参照光の位相変調用の鏡の振幅は物体の振幅と同移度で良く、また物体全体の動きの影響を取り除くことも考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) R. L. Powell and K. A. Stetson : J. Opt. Soc. Am. **55** (1965) 1593.
- 2) C. C. Aleksoff : Appl. Phys. Lett. **14** (1969) 23.
- 3) D. B. Neumann, C. F. Jacobson and G. M. Brown : Appl. Opt. **9** (1970) 1357.
- 4) 押田, 加賀, 岩田, 永田 : 奈良高専研究紀要第18号 (1982) 19.
- 5) 中島 : 応用物理**41** (1972) 560.
- 6) 押田, 岩田, 永田 : 光学**10** (1981) 190.
- 7) E. N. Leith and J. Upatnieks : J. Opt. Soc. Am. **52** (1962) 1123.
- 8) C. C. Aleksoff : Appl. Opt. **10** (1971) 1329.
- 9) Y. Oshida, K. Iwata, R. Nagata and M. Ueda : Appl. Opt. **19** (1980) 222.



# 旋削の自動化の展望

加賀勝也・押田至啓

Prospects of Automatization in Lathe Cutting

Katsuya KAGA, Yoshihiro OSHIDA

高年齢化の時代に対応してまず考えねばならぬことは人力をへらすことであるが、そのためには自動化を図り、さらにコンピュータの力を利用することが望まれる。本研究は工場の無人化を目指し、安価なマイクロコンピュータと結合した旋盤について、旋盤の形態・旋盤作業・材料および製品の搬送のあるべき姿を考察したものである。

## 1. 緒言

高年齢層の多くなる時代を迎え、旋盤のあるべき姿を考えることは意義のあることである。まず考えねばならぬことは人間の労力を減らすことであるが、そのためには自動化を図ること、さらにはコンピュータの力を利用して省力化・無人化を目指すことが望ましい。すでに多額の費用をかけて、工場の無人化の実現されている企業もあるが、安価なコンピュータを使用して、無人化を目指すことにも意義がある。以下に、今までに安価なマイクロコンピュータを使って取り組んできたいくつかの試みを踏まえて、今後必要になることを考察する。

## 2. 旋盤の形態

工場無人化の進んだ中での旋盤の形としては、人間が操作するためのハンドル・レバーは不要である。これらに代る一つの形としては、デジタル信号による装置で、そのすぐれたものはコンピュータ支援による装置である。

主軸の回転・往復台の縦送り・刃物台の横送りのためのモータの駆動をパルスによって行うことが、今までの旋盤の駆動法にとって代わる一つの方法である。安価なマイクロコンピュータを使って試みた方法をつぎに述べる。

主軸・親ねじ・刃物台の3軸に（実験的には取扱い易

い）パルスモータを取り付けて、3軸の制御を試みて可能性を確かめ、一応の成功をみた。

この場合のインターフェースは、マイクロコンピュータ内蔵の集積回路の保護と、入出力信号の保持の働きをしており、パルスモータの回転は、パルス発振の出力文（“1”と“0”とを交互に出力）をサブルーチン化して、必要に応じて呼出すことによって行っている。しかし、マイクロコンピュータからのパルス発振では高速回転が無理な場合には、パルス発振回路をマイクロコンピュータで制御すること、またベーシック言語では早い動きの得られぬときはマシン語に変換して動きを早めることが必要である。

動かす必要のない歯車は動かさないことが、機械を効率よく運転するために必要なことであるから、この点からも、パルスによる駆動法はその意に適ったやり方と言えよう。

近年マシニングセンタが盛んに使用されるようになってきたが、マシニングセンタのすぐれた点の一つは、材料の取り付け・取り外しの時間の節減されていることであって、旋盤にも取り入れることが出来れば好都合である。

主な工作機械全般について、そのはたらきを考えると、①丸く削る、②平らに削る、③穴をあける、ひろげる、④切り落とす、が殆どであって、これらの作業については、普通旋盤ですで行っている作業である。しかし、縦方向（中心軸方向）に平らに削ることについては別の工夫が必要で、従来のベッドの他に、もう一つ

ライス加工用のベッドをつければ可能になる。すなわち、従来のベッド上の刃物台の刃物によって旋盤加工を行い、材料を取り外さずにそのままの状態、もう一つのベッド上のフライス加工用刃物台上の工具（例えばエンドミル）でキー溝を彫ることなどが可能になる。

この他、工具交換装置を備えること、およびパルス波の周波数制御により、切削時以外のときに往復台などの早戻しをすることによって、間接時間を短縮することができる。

### 3. 旋盤作業

旋盤の最も主な作業は丸く削ることであるが、その中でとりわけ難しい作業はねじ切りである。旋盤でのねじ切りは、バイトに何回も往復運動を与えなければならないので、ねじの切りはじめの位置で（バイトをねじの谷に導入する必要があり）主軸回転用パルスをカウントし、主軸回転角度を計算して、毎回同じ条件でバイトを発進させなければならない。

いままでは特定のねじについて、ねじ切りの可能性を確かめたに止まっているので、JIS規格の主なメートルねじ・ユニファイねじのすべてにわたってねじ切りを可能にすることが、われわれにとっては今後の検討課題である。

また、ねじ切りの他に難しい作業としては、テーパ切削と、その応用と考えられる曲線削りがある。マイクロコンピュータで制御する場合には、縦送りと横送りのパルスモータに配分するパルスの配分比を、何等かの定まった値にすればテーパに、また配分比を縦方向に沿って変化させれば曲線になる。パルスモータの1ステップ角は表面あらさと関係があるので、高性能のパルスモータを相当早く回転させて減速する方法は検討課題である。

さらに、他の課題としては、基本作業のプログラムをサブルーチン化して、必要に応じて呼出し、諸元を与えることによってプログラムを完成し、ディスプレイ上に描き出して確認して、フロッピーディスクに入れて保管し、必要に応じて呼出して一つの品物の加工を連続的に行うこと、および群管理システムの一環として考えると、マイクロコンピュータ同志の結合、他のマイクロコンピュータによるプログラムの呼出しが必要である。

### 4. 材料・製品の搬送

材料から製品をつくることに匹敵する重要なことは、材料・製品を運ぶことである。すなわち、倉庫より旋盤まで材料を運ぶこと、運ばれてきた材料を旋盤の主軸に

取り付けること、製品となったあと取り外すこと、それを搬送車に運ぶことである。

省力という点から考えると、運ばれる物はまとまっている方が良く、この点では搬送車で運ぶ場合には容器の中に入れて運ぶことが能率的であり、搬送車の数が旋盤の数を上回る場合には、引込み線で機械に搬送車を横付けにして、直接旋盤との間で材料とか製品のやりとりをすれば最も手間は省けるが、一般には多くの機械の間を機械の数より少ない搬送車で運ぶのが普通であるから旋盤の横にテーブルを置いて、容器のままその上に運んで、搬送車は他の位置に移動していくのが普通であろう。

容器から旋盤へは種々の方法が考えられるが、時間短縮の点から製品を取り外したあと直ぐ材料を取りつけることや強度の点から、シングル形2個のグリップをもつ各個運転形の直角座標形の腕を、旋盤の上部に装置することが適切な一つの方法である。

品物の形に応じたグリップを、簡単な自動交換装置によって着脱出来るようにすることが一つの課題である。

## 5. 結 言

以上、工場無人化を目指して、安価なマイクロコンピュータと結合しての旋盤のあるべき姿を模索したのであるが、要点をまとめれば次の通りである。

#### (1) 旋盤の形態

デジタル信号による駆動法によって、ハンドル・レバーは不要になり、駆動用歯車列も殆ど不要になる。

マシニングセンタほどの大げさなものでなくても工具自動交換装置を備える。

パルス波の周波数制御により、切削時以外の動きは出来るだけ早く動かす。

ベッドを旋削用とフライス加工用の2つにする。

#### (2) 旋盤作業

各種ねじ切りを可能にする。

テーパ削り・曲線削りの場合の表面あらさを良くする。

図面からの切削を可能にする。

#### (3) 材料・製品の搬送

グリップを自動交換にする。

この他、群管理システムの一環としての制御を可能にする。

本研究に当たり、卒業研究で多大のご協力をいただいた「旋削自動化グループ」\*の諸氏に感謝の意を表します。



## 参 考 文 献

加藤, 尾崎他: 自動化設計便覧, (昭48), 工業調査会。  
佐田他: 工場自動化事典 (昭58), 産業調査会。

---

\* 杉浦 隆, 竹村敏照, 竹中康博, 中嶋康夫,  
山岡未治, 山名秀樹, 石川英敬, 川端真寿雄,  
池崎 浩, 石田 悟, 梶 宣雄, 山下法男。



# 管内における衝撃波伝播

(断面積が変化する場合)

岸下晴亮・松岡一起

Propagation of Shock Wave in Tube  
(Case of Variable Cross Section)

Haruaki KISHIGE and Kazuoki MATHUKA

This paper describes an experimental study of the propagation of shock wave in converging cross section using a shock tube technic. One dimensional Random Choice Method was used to obtain the numerical results under experimental conditions.

The measured pressure profiles are compared with numerical ones. It is shown that calculated results are found to be in good agreement with experimental data.

## 1. まえがき

急激な温度・圧力上昇を得るための実験的手法として確立されてきた衝撃波管装置は、気体・液体・固体・粉体を含む物質間の急激な温度・圧力変動に伴う、物理的・化学的な情報を提供できるものである。実験条件をさらに高温・高圧にする手段として、衝撃波管々端からの反射衝撃波を利用する方法、管路断面積の縮小によって入射衝撃波を強める方法等がある。後者の場合、入射衝撃波背後の急激な温度・圧力の変化を受けた気体は、その後も断面積縮小部でさらに連続的に加熱・加圧され一定の状態を保持し得ない。しかし、その温度・圧力の履歴を断面積変化部の選択により制御することは可能である。また、こうした断面積変化部からの衝撃波の反射は、反射衝撃波と境界層の干渉、衝撃波とマッハ反射波との干渉等が考えられ、若干複雑なものとなる。特に、進行衝撃波が傾斜壁面に入射する場合についての研究は理論的にも<sup>1)</sup>実験的にも報告されている<sup>2),3)</sup>。しかし、頂点部位での衝撃波の挙動には不明な点が多い。

そこで、断面積変化部での衝撃波の挙動と気体の物理量を明らかにするため、無隔膜衝撃波管装置を用いた圧力測定を行った。また、一次元 R. C. M. (Random

Chois Method) を用いて、断面積変化部での管内物理量の変化と、衝撃波の挙動を求め、実験値との比較・検討を行なったので報告する。

## 2. 実験装置と方法

本実験に使用した無隔膜衝撃波管の駆動部概略を図1に示す。駆動部は二段ピストン方式で、高圧室内径 256 mm, 長さ 174 mm, 低圧室内径 52.5 mm, 長さ 4.3 m で

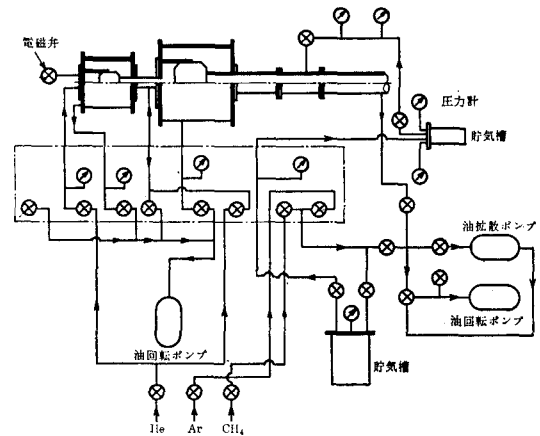


図1 無隔膜衝撃波管駆動部概略

ある。

図2に低圧室管端部に設置した断面積変化部での圧力・温度の測定系を示す。二つのピエゾ型圧力素子により入射衝撃波速度を、断面積変化部内のピエゾ圧力素子により圧力波形を測定した。また、温度測定用の赤外He-Neレーザーとその検出部についてもあわせて示してある。測定した結果は、ウェーブメモリーにより記録し、マイクロコンピュータのフロッピーディスクに記憶させた。

図3に管端部に設けた断面積変化部の形状を示す。円管内にその形状が直線的に変化する傾斜部を設けたため断面積の変化は若干複雑となり(1)式で表わされる。

$$A = \pi r^2 - \{r^2 - \cos^{-1}z - zr^2 \sin(\cos^{-1}z)\} \quad (1)$$

ここで、 $z = 1 - x/0.15$  で  $x$  はモデル入口部からの距

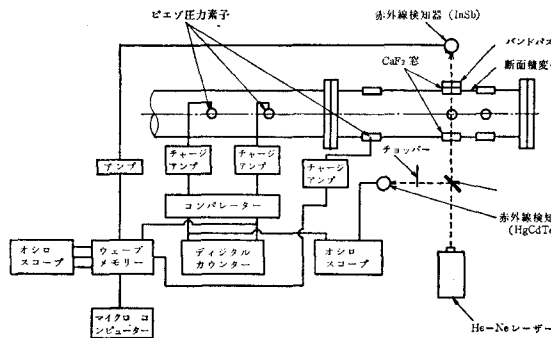


図2 圧力・温度測定部概要

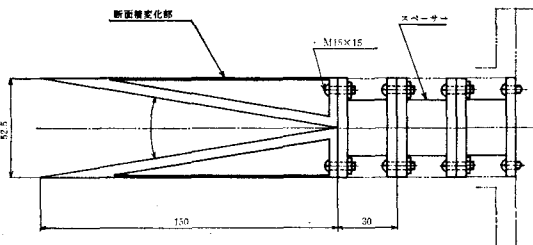


図3 断面積変化部概要

表1 実験条件

駆動気体	試料気体	高圧室圧力	低圧室圧力	初期圧力比
He	Ar	196(kPa)	18.7(kPa)	10.5
		196	5.25	37.3
	Ar+CH <sub>4</sub>	294	5.25	56.0
		294	2.17	135.0
		392	1.52	257.0

離、 $r$ は管の半径で26.52 mmである。

実験条件は表1に示す5つの圧力比について、管端からの距離を、15 mm, 45 mm, 75 mm, 105 mm, 135 mm, 165 mmの6つの測定点とした。駆動気体はHe、試料気体はArおよびArにCH<sub>4</sub>を希釈した97% Ar+3% CH<sub>4</sub>を用いた。

### 3. R. C. M. による数値計算

一次元非定常の圧縮性気体高速流れに対して、その波動現象を解明する数値的な方法として提案されているRandom Choice Method (R. C. M.)は、ある種の乱数を用いることにより、圧縮性気体中を伝播する波動現象について平均的に正確な解を与える<sup>4)</sup>。一次元非定常非粘性の圧縮性気体を支配する方程式は

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} F(V) = 0 \quad (2)$$

$$V = \begin{Bmatrix} \rho \\ m \\ e \end{Bmatrix}, \quad F(V) = \begin{Bmatrix} m \\ m^2/\rho + p \\ m(e+p)/\rho \end{Bmatrix} \quad (3)$$

で示される。ここで、 $\rho$ は密度、 $m$ は運動量、 $p$ は圧力、 $e$ は(4)式で表わされる単位体積当たりの全エネルギーである。

$$e = \rho \epsilon + \rho u^2/2 \quad (4)$$

$$\epsilon = \frac{\tau}{\tau-1} \frac{p}{\rho} \quad (5)$$

ここで、 $\tau$ は気体の比熱比を表わす。

R. C. M. は図4に示すように計算領域を等分に分割し、格子点  $i$  と  $i+1$  の相隣る2点間の物理量から、次の $\frac{1}{2}$ 時間ステップにおけるこの格子間での物理量がRiemann問題の解として一意に決定されることを用いて、任意に選んだ点  $P$  の値を2点間の midpoint の値として採用するものである。次の $\frac{1}{2}$ 時間ステップも同様な手続きにより各格子点での値を求める。断面積が変化する場合には、(3)式は(6)式のように非同次項  $I(V)$  を含むものとなる。

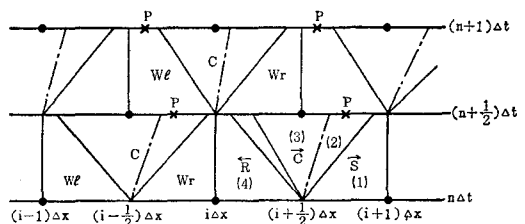


図4 R. C. M. の格子点

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} F(V) + I(V) = 0 \quad (6)$$

$$I(V) = \left\{ \begin{matrix} m \\ m^2/\rho \\ m(e+p)/\rho \end{matrix} \right\} \frac{1}{A} \frac{dA}{dx} \quad (7)$$

ここで、 $A$  は管内断面積である。この場合は Operator splitting 法を用いて近似的に解くことができる。この方法は(2)式の解  $V$  を用いて(8)式の時間差分(9)式により  $I(V)$  の効果を評価し次の時間ステップでの値を求めようとするものである。

$$\frac{\partial V}{\partial t} = I(V) \quad (8)$$

$$V_i^{n+1} = \bar{V}_i^n - \Delta t I(\bar{V}_i^{n+1}) \quad (9)$$

ここで、 $n$  は時間ステップを表わす。

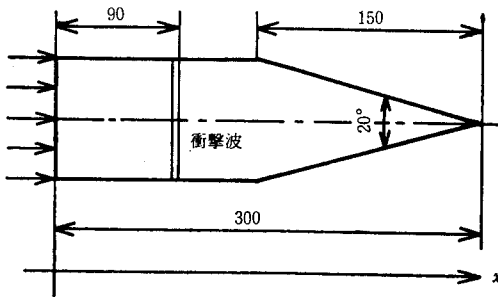


図5 数値計算モデル

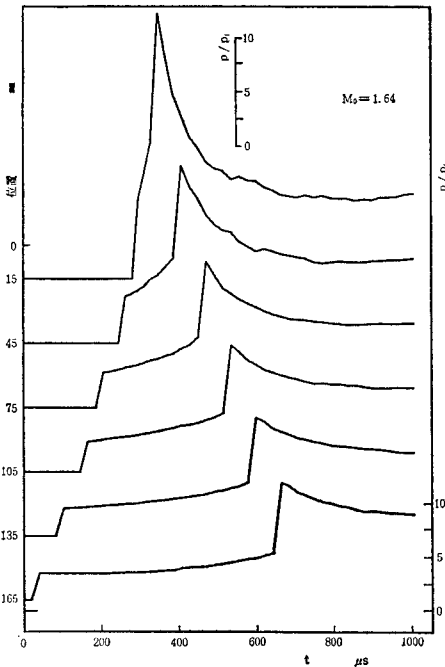


図6 数値計算による圧力波形

#### 4. 実験および数値計算結果

表1に示した実験条件から求めた入射衝撃波前後の物理量の比を、衝撃波前方を添字1、衝撃波背後を添字2として表2に示した。また、その時の初期圧力比  $p_4/p_1$ 、入射衝撃波 Mach 数  $M_0$ 、衝撃波背後の流体粒子の速度を  $\sqrt{\tau_1/a_1}$  を乗じて無次元化した値  $u_2$  も示してある。ここで  $a_1$  は入射衝撃波前方の領域での音速である。

表2に示す値を境界条件として、R. C. M. を用いて数値計算を行った。計算は図5に示す領域を100等分し、30番目に入射衝撃波、中点から断面積変化部を設けた。計算領域の左端からは、連続的な質量の流入を、右端から

表2 数値計算境界条件

初期圧力比 $p_4/p_1$	入射衝撃波 Mach 数 $M_0$	衝撃波前後の圧力比 $p_2/p_1$	衝撃波前後の密度比 $\rho_2/\rho_1$	衝撃波背後の速度 $u_2$
10.5	1.64	3.10	1.90	0.995
37.3	2.05	5.02	2.35	1.52
56.0	2.52	7.66	2.73	2.06
135.0	3.05	11.3	3.05	2.64
257.0	3.55	11.5	3.26	3.17

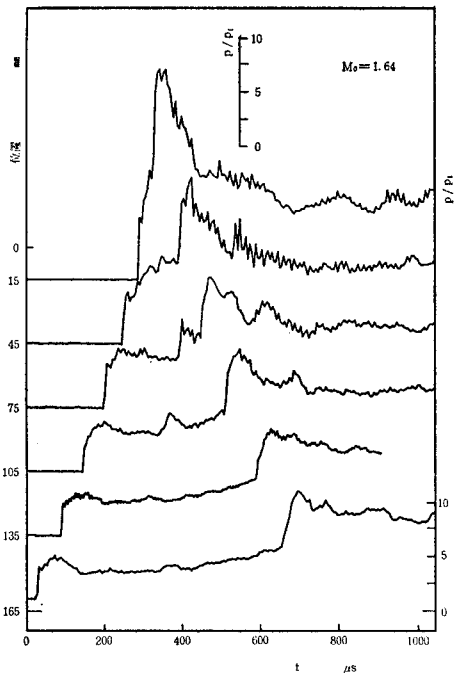


図7 測定した圧力波形

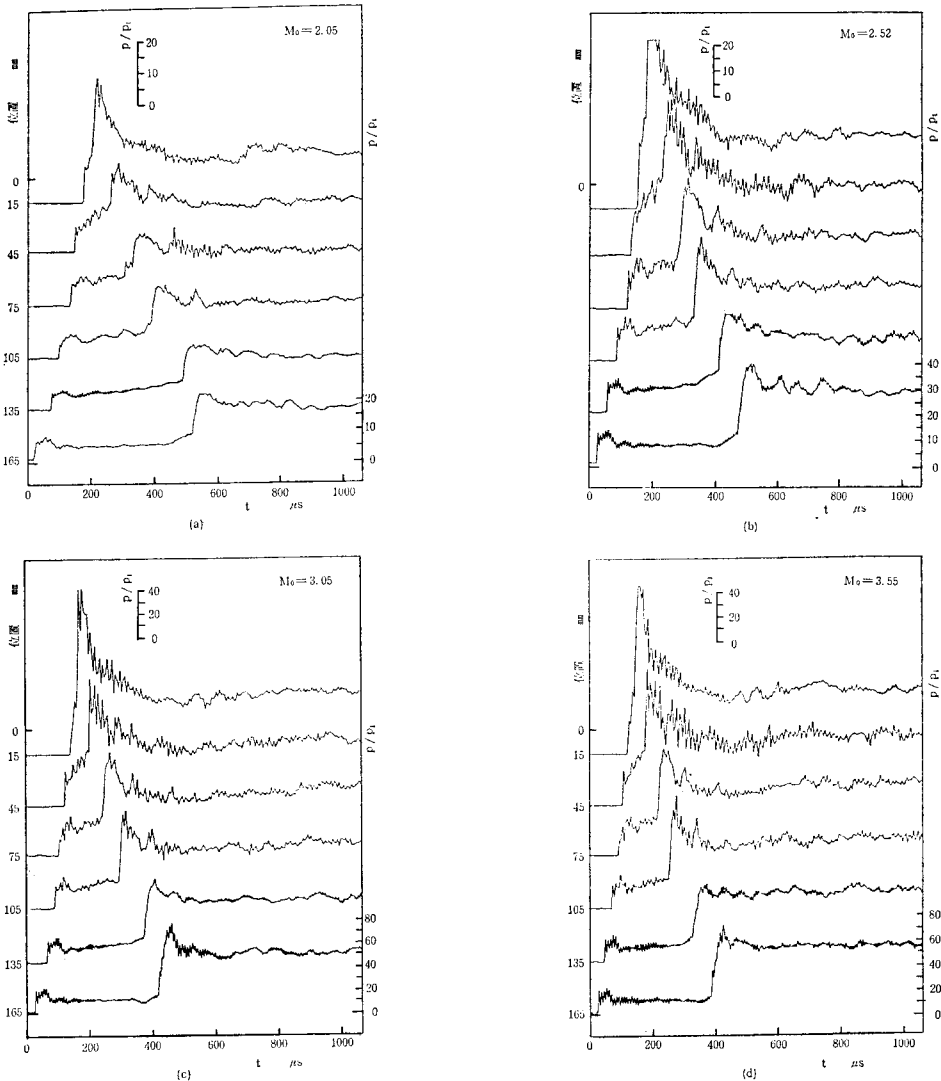


図8 測定した圧力波形

は反射の条件を用いてある。実験的にも、断面積変化部を除いた時に、計算領域内で1 ms程度は十分にこの条件を満たすことをあらかじめ確認しておいた。図6に入射衝撃波 Mach 数が1.64の場合の圧力波形の数値計算結果を、図7にそれに対応する実験結果を示す。圧力波形は測定点での圧力の時間的な変化を示しており、第1の急激な圧力上昇は入射衝撃波の到着を示している。その後、断面積変化によるなだらかな圧力上昇の後、管端からの反射衝撃波の到着によりさらに高圧に急激な圧力上昇を示す。反射衝撃波は、断面積が拡大する方向に進行するため圧力波形は徐々に減少の傾向を保持し続ける。図6、図7は比較のために管端からの距離をパラメータ

とし、測定した6つの固定点での圧力履歴を示しており、断面積が小さい部分でより高圧となることを示している。

もとより数値計算結果は、一次元を仮定しており、実験は三次元的な効果も含むため細部を一致させることは不可能であるが、大きな圧力変動の波形は、ほぼ一致している。測定結果(図7)のなだらかな圧力上昇中に存在する圧力の山は、三次元的な効果を示すものである。また反射衝撃波中に見られるいくつかのピークも、三次元的な効果によるものと考えられる。これらの細部を除けば、測定結果と数値計算結果は良く一致しており、R. C. M.による数値計算の有効性が確かめられた。図8に

入射衝撃波マッハ数が、2.05, 2.52, 3.05, 3.55の場合の圧力波形測定結果を、図7と全く同様の仕様で示す。これらの図より、入射衝撃波マッハ数の増加は、圧力上昇を増大させ、入射から反射衝撃波到着までの時間が短縮されてゆくことが明確に示される。いずれの場合も図7と同様に三次元的な効果を含んでいる。図8についての数値計算は、図6と7の関係とほぼ同様の結果であるので省略した。図9から図12に入射衝撃波マッハ数が1.64の場合について、物理量の変化の数値計算結果を示す。図9が $p_1$ で無次元化した圧力、図10が $\rho_1$ で無次元化した密度、図11が次元を有する速度、図12が $T_1$  (288 K)で無次元化した温度を示している。このように R. C. M. による数値計算結果は、特に反射衝撃波背後で多少の計算値の乱れを有するものの、全体として急激な物理量の変化を正確に表わしており、非同次項を含む場合にも有効である。

## 5. あとがき

無隔膜方式の衝撃波管装置を用いて、断面積が変化する部分での衝撃波の進行と反射に伴う圧力波形を実験的に求めた。また、一次元の R. C. M. を用いて実験に対応する流れの解を数値的に求めた。その結果、実験では円管内に直線形状のブロックを断面積変化部として設置したため、流れは三次元的なものとなり、一次元 R. C. M. による数値計算結果との比較は、細部では問題があるものの全体的にはよい一致を示した。特に非同次項を含む場合での Operator splitting 法の有効性が確かめられた。

マッハ反射の評価は二次元的な数値計算が必要となるため、その細部を検討することはできなかった。R. C. M. の二次元への拡張は、衝撃波背後での計算値の乱れが存在し、急激な物理量変化とその安定を同時に満足させるのは困難である。今後、実験的にも、数値計算においても二次元流れを正確に解明する必要がある。

終りに本研究の実験および数値計算を助けてくれた、本校卒業生高橋成正、栗本誠治両君に感射する。

## 参考文献

- 1) G. Ben-Dor, I. I. Glass, J. F. M., 92 (1979) 459.
- 2) 齋田・橋場, 日本航空宇宙学会誌, 27 (1979) 37.
- 3) 橋場・齋田, 第15回流体力学講演会予稿集, 174 (1983).
- 4) T. Saito, I. I. Glass, UTIAS Report 240 (1979).

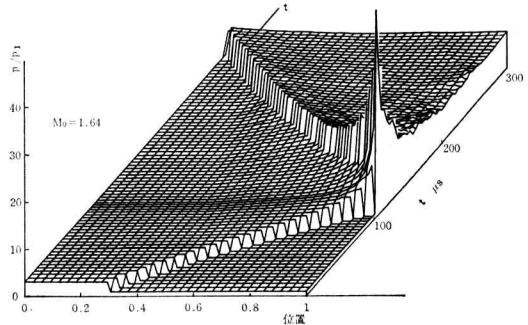


図9 圧力変動 (R. C. M. による)

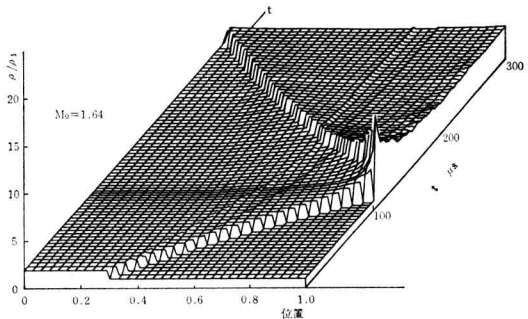


図10 密度変動 (R. C. M. による)

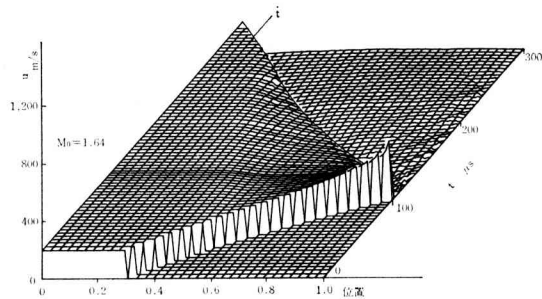


図11 速度変動 (R. C. M. による)

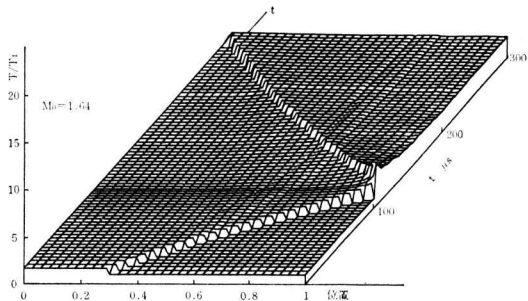


図12 温度変動 (R. C. M. による)





# 加熱源と冷却源が移動する場合の定常熱伝導

佐藤 三 義

## Steady Heat Conduction in Moving Heat Sources

Mitsuyoshi SATO

Heat conduction in dieless drawing is treated as a problem concerning with moving heat sources on the surface of rectangular steel-pipe at a constant velocity, where the heat sources are brought by an induction heating coil and a compressed-air cooler. The heat of absorption and the coefficients of heat transfer are assumed to be constants in the regions of heating source and heating sink, respectively. Equations for temperature-rises are derived as one-dimensional steady state problems.

At the moving velocities of 0.02, 0.04 and 0.08 m/min, the calculated temperatures in the heating region almost agree with the measured ones, and this calculation method is found to be useful for predicting the approximative values of temperature distributions in dieless drawing. One of the advantages in this method is the short calculation period; the time required in calculation of 100 points is less than 2 seconds using a personal computer.

### 1. 緒 言

ダイレス引抜き加工法は、材料の一部を加熱し、引張ることによって材料径を一様に絞ろうとする塑性加工法である<sup>1)</sup>。すなわち、高周波誘導加熱コイルにより材料の局部を急加熱し、材料に引張り力を与え加熱コイルを移動させる。加熱域で生じるネッキングは加熱源が一定速度で移動することにより連続かつ均一に拡散し、一様径の引抜き材が得られる。この場合、伝熱工学的には、加熱源と冷却源が材料上を移動する熱伝導問題となる。

移動熱源問題はこれまで多くの研究があるが<sup>2),3)</sup>、ダイレス引抜き加工におけるような、加熱源と冷却源が存在する問題を取扱った研究は少なく、灘野は二次元熱流による表面からの放熱がある場合の温度計算を行っており<sup>4)</sup>、また、小島らはダイレス引抜き加工における温度解析を有限要素法を用いて、材料の変形を考慮した二次元熱流について行っている<sup>5)</sup>。

ダイレス引抜き加工法では、中実材だけでなくパイプ材（丸管の他、だ円、角などの異形管）の引抜きも可能

であり、工業上有用な加工法である。肉厚方向の温度分布が無視できるような薄肉パイプ材では、熱源の移動方向のみの一次元熱流と考えることができ解析は一層容易となる。

本報では、ダイレス引抜きにおける温度解析の簡便化を目的として、近年各種工業資材として需要が高まってきた薄肉正方形管について、加熱源と冷却源が一定速度で移動する場合の伝熱モデルを提示し、定常温度上昇式を求めた。さらに、温度上昇の計算結果を測定結果と比較し本解析法の有効性について検討を行った。

### 2. 解 析

ダイレス引抜きにおいては、図1に示すように放熱の形態が二種類存在する。解析にあたりつぎのような仮定を置いた。

(1) 加熱コイルによる吸収熱量は加熱域において一様に分布する。(2) 冷却はニュートン冷却とし、ふく射の影響は無視する。また、冷却域では管内面からも自然対流による放熱があるものとし、各冷却域での熱伝達率は

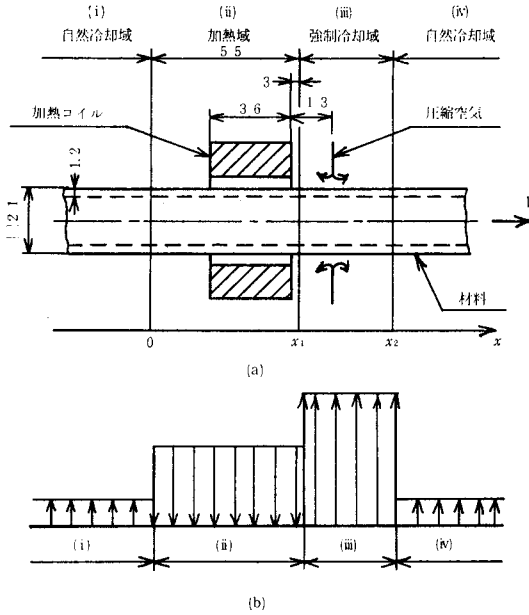


図1 伝熱解析モデル

一様である。(3) 正方形管の肉厚は薄く、肉厚方向の温度分布は無視できる\*。また、周方向については一様な加熱、冷却が行われるものとする。(4) 熱伝導率、熱拡散率、熱伝達率、比熱および密度は温度に関して一定とする。

図1に示す座標系における一次元定常熱伝導の基礎式は以下に示す通りである。

自然冷却域 (i) ( $x \leq 0$ )

$$\frac{d^2\theta(x)}{dx^2} - \frac{V}{a} \frac{d\theta(x)}{dx} - \frac{h_1 l}{\lambda w} \theta(x) = 0 \quad (1)$$

加熱域 (ii) ( $0 \leq x \leq x_1$ )

$$\frac{d^2\theta(x)}{dx^2} - \frac{V}{a} \frac{d\theta(x)}{dx} + \frac{q}{\lambda} = 0 \quad (2)$$

強制冷却域 (iii) ( $x_1 \leq x \leq x_2$ )

$$\frac{d^2\theta(x)}{dx^2} - \frac{V}{a} \frac{d\theta(x)}{dx} - \frac{h_2 l}{\lambda w} \theta(x) = 0 \quad (3)$$

自然冷却域 (iv) ( $x_2 \leq x$ )

$$\frac{d^2\theta(x)}{dx^2} - \frac{V}{a} \frac{d\theta(x)}{dx} - \frac{h_1 l}{\lambda w} \theta(x) = 0 \quad (4)$$

ここで、

$a$  ; 材料の熱拡散率 ( $=\lambda/c\rho$ )  $\text{m}^2/\text{s}$

$c$  ; 材料の比熱  $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

$h_1$  ; 自然冷却域熱伝達率  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

$h_2$  ; 強制冷却域熱伝達率  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

$l$  ; 材料の周囲長さ  $\text{m}$

$q$  ; 高周波誘導加熱コイルによる単位体積、単位時間当たりの吸収熱量  $\text{W}/\text{m}^3$

$T(x)$  ; 材料の温度  $\text{K}$

$T_f$  ; 周囲空気温度  $\text{K}$

$V$  ; 移動速度  $\text{m}/\text{s}$

$w$  ; 材料の断面積  $\text{m}^2$

$x$  ; 移動方向座標

$\theta(x)$  ; 温度上昇 ( $=T(x)-T_f$ )  $\text{K}$

$\lambda$  ; 材料の熱伝導率  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

$\rho$  ; 材料の密度  $\text{kg}/\text{m}^3$

境界条件は、 $x=-\infty$ ,  $x=+\infty$  において温度こう配が零、 $x=0$ ,  $x=x_1$ ,  $x=x_2$  において温度および温度こう配が連続であるとする (定常解は付録に示す)。

### 3. 実験および計算結果

#### 3.1 吸収熱量と熱伝達率

実験で用いた正方形管は一辺の長さ 21 mm, 肉厚 1.2 mm で、材質は STK41 である。

加熱域は材料に誘起されるうず電流密度がピーク値の 40% 以上の範囲と仮定した。加熱コイル幅 36 mm の場合加熱域は 55 mm となる。吸収熱量をつぎの要領で求めた。長さ 55 mm に切り取った材料の端面をアスベストで断熱し、加熱コイルで加熱し材料表面中心部の温度上昇を測定した。試料の中央部と端部では昇温速度に差を生じる。試料中、加熱コイル幅の長さに相当する部分において一様に加熱されるものとする。試料の平均昇温速度は中央部の昇温速度の約 65% となることから、単位体積、単位時間当たりの吸収熱量を次式から求めた。

$$q = 0.65 c\rho \frac{T_c - T_f}{t} \quad (5)$$

ここで  $T_c$  は中央部の温度で、 $t$  は加熱時間である。

冷却域の熱伝達率はつぎの要領で求めた。試料内の温度分布が無視できるように正方形管を 2 mm の長さに切り取り、端面をアスベストで断熱し、さらに両側を十分長い正方形管ではさんだ。試料部を高温に加熱した後、冷却器から圧縮空気 (圧力 49 kPa) を噴射し、試料部の温度降下を測定した。冷却開始後の時刻  $t_1$ ,  $t_2$  における試料温度を  $T_1$ ,  $T_2$  とし、熱伝達率  $h$  を次式から求めた。

$$h = 2 c\rho \frac{w}{l} \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2 - T_f} \cdot \frac{1}{t_2 - t_1} \quad (6)$$

冷却ノズル中心部から軸方向に測った距離  $x_n$  における熱伝達率を図2に示す。熱伝達率はノズル中心から軸

\* 実験で用いた正方形管では、計算<sup>6)</sup>によると、管表面と肉厚中心との温度差は最大数K程度である。

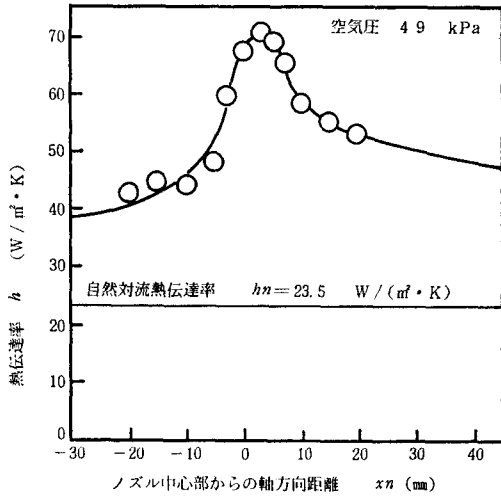


図2 熱伝達率分布

方向に遠ざかるにつれて減少するが、圧縮空気の影響は広範囲に及んでいる。また、冷却器が図3に示す形状のため、圧縮空気は  $x_n$  が負の側（加熱コイル側）よりも正の側により多く流れるので、熱伝達率は正の側が大きくなっている。圧縮空気を噴射しない場合の自然対流熱伝達率  $h_n$  は  $23.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  であった。

3.2 温度分布の測定結果と計算結果

温度測定は図3に示すように、直径  $0.3 \text{ mm}$  の C-A 熱電対を試料表面に取り付けて行い、加熱コイルと冷却器が移動中、コイル入口の温度が一定となるように赤外線温度計で監視した。

材料の熱伝導率、熱拡散率、比熱および密度は室温と最高温度の平均温度 ( $673 \text{ K}$ ) での値を用い、それぞれ  $44.4 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $9.44 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $599 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  および  $7.86 \times 10^{-3} \text{ kg}/\text{m}^3$  となる。

強制冷却域は図2より  $-30 \leq x_n \leq 50$ , すなわち  $80 \text{ mm}$

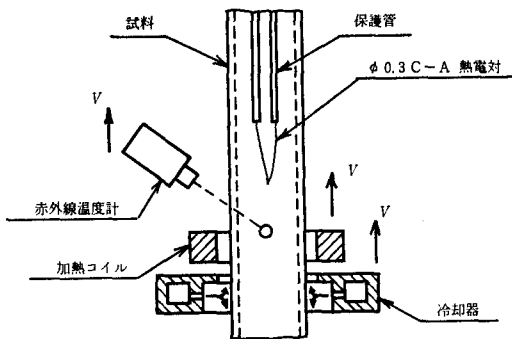


図3 軸方向温度分布の測定

の長さで仮定し、その間の積分平均による熱伝達率は、 $50.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  となる。管内面からの自然対流を考慮した場合の熱伝達率  $h_1, h_2$  はそれぞれ  $47 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $74.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  となる。

移動速度が  $0.02 \text{ m}/\text{min}$  の温度分布の計算結果と測定結果を図4に示す。横軸は加熱コイル入口からの軸方向距離  $x_c$  であり、縦軸は表面温度上昇  $\theta(x_c)$  である。この場合の吸収熱量は  $35.8 \text{ MW}/\text{m}^3$  であった。計算例として強制冷却域の幅  $L$  が  $40$  および  $60 \text{ mm}$  の場合についても示した。 $h_2$  は次式によって求めた。

$$h_2 = \frac{1}{L} \int_{-30}^{50} h dx_n + h_n \quad (7)$$

図4より、 $L$  が短く、 $h_2$  が大きくなるにつれて温度上昇は減少する。温度上昇の最高値を示す位置は  $L$  お

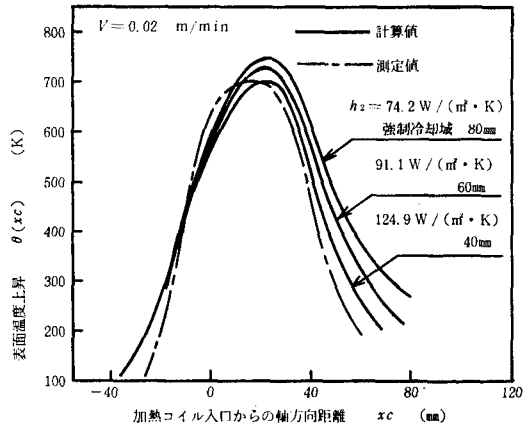


図4 定常軸方向温度分布 ( $V=0.02 \text{ m}/\text{min}$ )

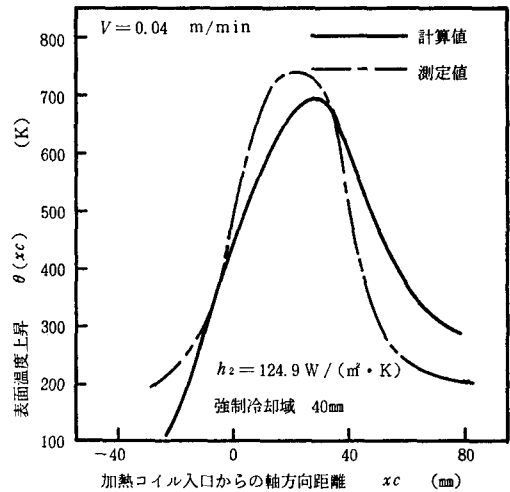


図5 定常軸方向温度分布 ( $V=0.04 \text{ m}/\text{min}$ )

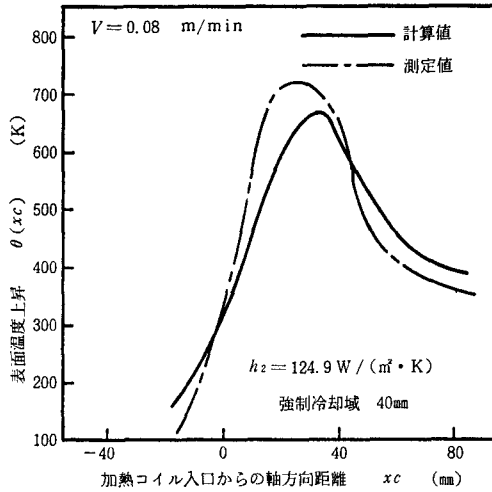


図6 定常軸方向温度分布 ( $V=0.08$  m/min)

よび  $h_2$  に無関係である。この最高値を示す位置は計算値の方が測定値より右側にある。これは強制冷却域を計算では  $x_n > 39$  mm の範囲に設定しているためと考えられる。

$L=40$  mm とした場合が最も測定値に近い分布を示している。このとき、移動速度を  $0.04$  および  $0.08$  m/min とした場合の計算値と測定値の比較を図5および図6に示す。吸収熱量はそれぞれ  $50.7$  および  $83.2$  MW/m<sup>3</sup> であった。移動速度が変化しても温度上昇の最高値を示す位置の計算値と測定値のずれはほとんど変化しない。移動速度が増大するにつれて強制冷却域における温度上昇は増加する。

温度分布の計算はパソコン (NEC 製 PC-9801F) で行ったが、数十カ所の  $x_c$  における  $\theta(x_c)$  を計算するのに要する時間は1秒程度である。

#### 4. 結 言

薄肉正方形管のダイレス引抜ききの伝熱モデルを単純化

し、加熱コイルによる加熱源と圧縮空気による冷却源が一定速度で移動する場合の一次元定常熱伝導の解析解を導いた。また、移動速度が  $0.02 \sim 0.08$  m/min における加熱域付近の温度上昇を計算し測定結果と比較した。その結果つぎのことが明らかとなった。

(1) 解析解が得られたことにより、任意の位置の温度上昇を求めることができ、さらに、解の関数形から移動速度、吸収熱量、熱伝達率および熱物性値などの影響を調べることが可能となった。また、温度上昇の計算においては特別な計算手法を要せず、きわめて短時間で計算することが可能となった。

(2) 本実験範囲においては、温度上昇の計算値と測定値は最高値を示す位置が異なることを除けばおおむね一致した傾向を示し、おおよその温度上昇の予測は十分可能であることが示された。

#### 謝 辞

本研究を進めるにあたり、適切な御指導および御助言を頂きました関口秀夫助教授、小畠耕二助教授に厚くお礼申し上げます。また、材料を提供下さった東洋特殊鋼業株式会社長木村貞男氏に感謝申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) 関口, 小畠, 小坂田: 塑性と加工, 17-180 (1976), 67.
- 2) Carslaw, H. S. and Jaeger, J. C.: Conduction of Heat in solids, (1959), 266, Oxford Univ. Press.
- 3) 寺内, 灘野, 河野: 日機論, 49-444, C (昭58), 1434.
- 4) 灘野: 機械の研究, 36-8 (1984), 926.
- 5) 小畠, 関口, 小坂田, 吉川: 塑性と加工, 21-228 (1980), 52.
- 6) 日本機械学会編: 伝熱工学資料 (改訂第3版), (1975), 157, 日本機械学会

#### 付 録

定常温度上昇式を以下に示す。

自然冷却域 (i) ( $x \leq 0$ )

$$\frac{\lambda VD}{aq} \theta(x) = \left[ \left\{ \exp\left(\frac{V}{a} x_1\right) - \frac{V}{a} x_1 - 1 \right\} m_3 - \frac{V}{a} \left\{ \exp\left(\frac{V}{a} x_1\right) - 1 \right\} \right] (m_2 - m_4) \times \\ \exp\left\{ m_3 x_1 + (m_2 + m_4) x_2 + m_1 x \right\} + \left[ \frac{V}{a} \left\{ \exp\left(\frac{V}{a} x_1\right) - 1 \right\} - \right. \\ \left. \left\{ \exp\left(\frac{V}{a} x_1\right) - \frac{V}{a} x_1 - 1 \right\} m_4 \right] (m_2 - m_3) \exp\left\{ m_3 x_1 + (m_2 + m_4) x_2 + m_1 x \right\} \quad (8)$$

加熱域 (ii) ( $0 \leq x \leq x_1$ )

$$\begin{aligned} \frac{\lambda VD}{aq} \theta(x) = & \left[ \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - \frac{V}{a}x_1 + m_1x_1 \right\} m_3 - \frac{V}{a} \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - 1 \right\} + m_1 \right] (m_2 - m_4) \times \\ & \exp\left\{ m_3x_1 + (m_2 + m_4)x_2 \right\} + \left[ \frac{V}{a} \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - 1 \right\} + m_1 - \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{V}{a}x_1 + m_1x_1 \right\} m_4 \right] (m_2 - m_3) \exp\left\{ m_4x_1 + (m_2 + m_3)x_2 \right\} + \left\{ m_1 - (1 + m_1x_1)m_3 \right\} \times \\ & (m_2 - m_4) \exp\left\{ m_3x_1 + (m_2 + m_4)x_2 + \frac{V}{a}x \right\} - \left\{ m_1 - (1 + m_1x_1)m_4 \right\} \times \\ & (m_2 - m_3) \exp\left\{ m_4x_1 + (m_2 + m_3)x_2 + \frac{V}{a}x \right\} + Dx \end{aligned} \quad (9)$$

強制冷却域 (iii) ( $x_1 \leq x \leq x_2$ )

$$\begin{aligned} \frac{\lambda VD}{aq} \theta(x) = & \left[ -\frac{V}{a} \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - 1 \right\} - m_1 \left( \frac{V}{a}x_1 - 1 \right) \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - m_1 \right] \cdot \left[ (m_2 - m_4) \times \right. \\ & \left. \exp\left\{ m_2 + m_4 \right\} x_2 + m_3x \right] - (m_2 - m_3) \exp\left\{ (m_2 - m_3)x_2 + m_4x \right\} \end{aligned} \quad (10)$$

自然冷却域 (iv) ( $x_2 \leq x$ )

$$\begin{aligned} \frac{\lambda VD}{aq} \theta(x) = & \left[ -\frac{V}{a} \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - 1 \right\} + m_1 \left( \frac{V}{a}x_1 - 1 \right) \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) + m_1 \right] \times \\ & (m_3 - m_4) \exp\left\{ (m_3 + m_4)x_2 + m_2x \right\} \end{aligned} \quad (11)$$

ここで,

$$\begin{aligned} D = & \left[ \frac{V}{a}m_3 + \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - 1 \right\} m_1m_3 - \frac{V}{a}m_1 \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) \right] (m_2 - m_4) \times \\ & \exp\left\{ m_3x_1 + (m_2 + m_4)x_2 \right\} - \left[ \frac{V}{a}m_4 + \left\{ \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) - 1 \right\} m_1m_4 - \right. \\ & \left. \frac{V}{a}m_1 \exp\left(\frac{V}{a}x_1\right) \right] (m_2 - m_3) \exp\left\{ m_4x_1 + (m_2 + m_3)x_2 \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

$$m_1 = \frac{1}{2} \left[ \frac{V}{a} \pm \left\{ \left( \frac{V}{a} \right)^2 + \frac{4h_1l}{\lambda w} \right\}^{1/2} \right] \quad (13)$$

$$m_4 = \frac{1}{2} \left[ \frac{V}{a} \pm \left\{ \left( \frac{V}{a} \right)^2 + \frac{4h_2l}{\lambda w} \right\}^{1/2} \right] \quad (14)$$



# 触媒による酢酸改質ガスについての基礎的研究

中 田 敏 夫

Fundamental Study of Acetic Acid Reformed Gas by the Catalytic Reaction

Toshio NAKATA

酢酸水溶液に  $\text{TiO}_2$  粉末を混ぜて光を照射し、光触媒作用により燃料の改質を行った。その結果、改質ガスの成分はメタンがほとんどで、微量の水素とエタンが含まれていることがわかった。また触媒である  $\text{TiO}_2$  粉末を還元して用いると、多量の改質ガスが得られた。これにより、光触媒作用を用いることにより酢酸が代替燃料として利用できることを確かめた。

## 1. ま え が き

内燃機関は発明されて以来目ざましい発展を遂げ、現代の社会生活において欠くことのできない物となっている。その燃料の大半は石油系液体燃料であるが消費量の増大により、近年、石油資源が減少しておりエネルギー危機が叫ばれている。このため、安価でしかも長期にわたって供給されるべき代替燃料が必要となってきている。

このため、現在、核融合および太陽エネルギー等様々な方面で新しいエネルギー源としての研究開発が行なわれており、内燃機関の燃料としてアルコール燃料等の研究も進められている<sup>1)</sup>。実際、南米ではすでに自動車の燃料としてガソリンにアルコールを混入するなど実用化されている例もある。

そこで、このようなエネルギー危機に対処するための新エネルギー開発の一環として、触媒を利用する燃料改質の研究を考えた。触媒には n 型半導体である  $\text{TiO}_2$  を、燃料には簡単に作り出すことのできる酢酸を選んで行った。

実験方法としては酢酸水溶液に  $\text{TiO}_2$  粉末を入れ、光を照射し、光触媒作用を利用することにより、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$  といった気体燃料を取り出そうというものである。

触媒作用に影響を与える因子としては、触媒の量、光の強さ、温度等いろいろ考えられるが、この研究に関しては基礎研究として、改質ガスの生成量が  $\text{TiO}_2$  の量および照射時間によりどのように変化するのか、また生成

されたガスの成分割合はどうか、 $\text{TiO}_2$  を還元した場合の効果はどのようになるか等について調べた。

## 2. 原 理

n 型半導体の光触媒作用について述べる。

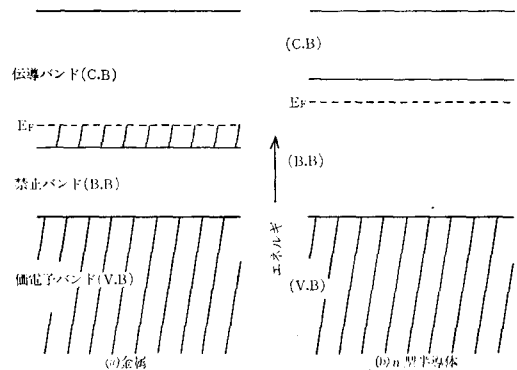


図1 金属と n 型半導体のエネルギー図

まず図1を用い、金属と比較することによって n 型半導体の特性について考える。ここで縦軸方向は電子のエネルギーレベルであり、 $E_F$  は電子が存在しうる最高のエネルギーレベルで Fermi 準位という。また、価電子バンド (V.B) とは電子がたまっているエネルギーレベルであり、伝導バンド (C. B) は電子が自由に移動することのできるエネルギーレベルで、禁止バンド (B. B) とは一般的に電子が安定な状態で存在することのできないエネルギー

ベルである。

図 1 (a)の金属の場合には禁止バンドが短いために価電子バンドの電子が容易に伝導バンドへ移動することができ、Fermi 準位が伝導バンドに位置しているために自由に移動することのできる電子が存在している。これに対して n 型半導体の場合には Fermi 準位が伝導バンドのすぐ下にあるのでそれ以下のエネルギー準位において電子は存在することができるが、伝導バンドにおける自由電子は特別に電子を励起させない限り存在することはない。

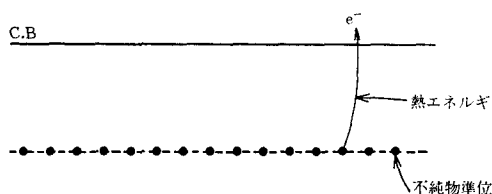


図 2 常温での熱エネルギーによる電子の励起

しかし、n 型半導体である TiO<sub>2</sub> のような不純物半導体では、図 2 に示すように Fermi 準位のところに不純物準位があるためにそこに電子が存在することができ、不純物準位と伝導バンドは接近しているため常温においては熱エネルギーによって不純物準位に存在する電子が励起され、伝導バンドにも電子が存在することになる。

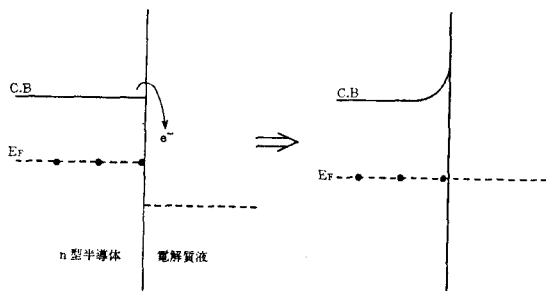
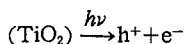


図 3 n 型半導体と電解質液の接触

これを電解質液に接触させると、電子はエネルギーレベルの低い方が安定な状態となり低い方へ移動しようとするので、図 3 に示すように電解質液の Fermi 準位の方が半導体の Fermi 準位よりも低いために半導体の界面付近の電子は電解質液の Fermi 準位まで落ちていき両 Fermi 準位が同一レベルになったときに平衡状態となる。またこの時電子の放出にともなってバンドの曲がりを生じる。この状態で光を照射すると価電子バンドの電子が励起され伝導バンドの電子が増え、価電子バンドに正孔 (h<sup>+</sup>) が生じる。この反応を次式に示す。



このようにして価電子バンドに生じた正孔はバンドの勾配にそって表面に集まり、液層へその電荷を放電する<sup>2)</sup>。

以上のような反応をもとにして、今回の実験では電解質液として酢酸水溶液を用いるので図 4 にも示すように以下のような反応が起こる。

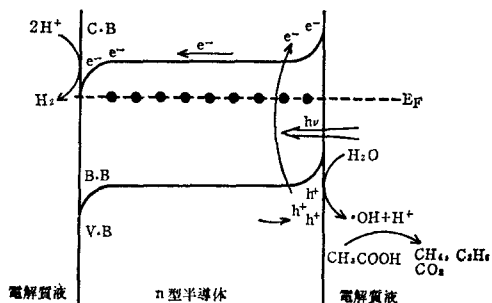
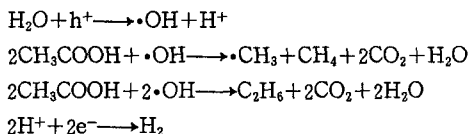


図 4 TiO<sub>2</sub> の光触媒作用による酢酸の分解



このようにして CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、H<sub>2</sub> の生成が行われる。

### 3. 実験装置

図 5 に光触媒実験装置の概略を示す。本実験装置は、

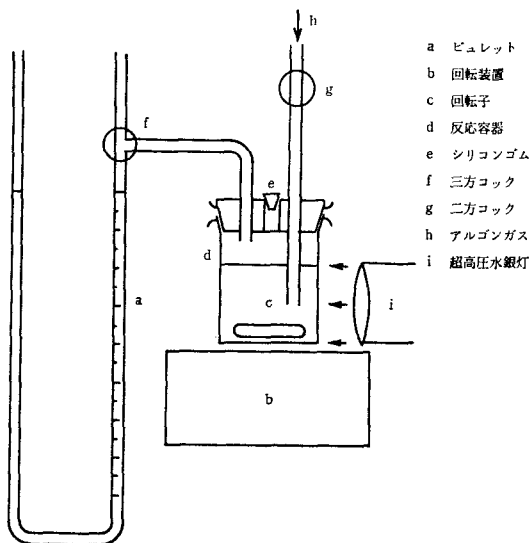


図 5 光触媒実験装置

反応容器、攪拌装置、500 W の超高压水銀灯、発生ガス量を測定するための U 字形ビュレットおよび反応容器内の空気を脱気するための Ar ガスボンベより構成されて



いる。水銀灯と反応容器との間隔は 65mm とし、反応容器（内径 40 mm, 高さ 60 mm）は、照射される光の損失を少なくするため石英ガラス製である。容器のふたには、2本のガラス管が取り付けられてあり、一方はビュレットと結ばれてあり途中に三方コックが取り付けられている。もう一方は脱気用のガラス管で、これには二方コックが取り付けられてあり Ar ガスボンベと結ばれている。これらのガラス管の間に発生したガスをサンプリングするための直径 10mm の孔を設けてあり、シリコンゴム栓を取り付けてある。容器とふたの接触面はすりあわせになっており、密封できるようになっている。U字形ビュレット（内径 3 mm）には最小目盛が 0.05 ml で最大 5 ml まで読めるように目盛が付けてあり、発生したガスが溶けこまないように飽和食塩水が入れている。攪拌は回転子を反応容器に入れ、これを攪拌装置で回転させることにより行えるようになっている。回転子は鉄製のものであるが、酢酸により他の反応がないようにガラスでつつみこんである。

発生ガスを分析する装置はガスクロマトグラフ、ペンレコーダ、データ処理器より構成されている。ガスクロマトグラフのカラム構成は図6に示すようなものであり、各部の温度設定値は、カラム温度 60°C、気化室温度 90°C、検出器温度 100°C とし、キャリアガスとしては Ar ガスを用いた。その流量は 50 ml/min である。実験を行う前にこの条件のもとで、H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, および CO<sub>2</sub> の検量を各標準ガスを用いて行った。

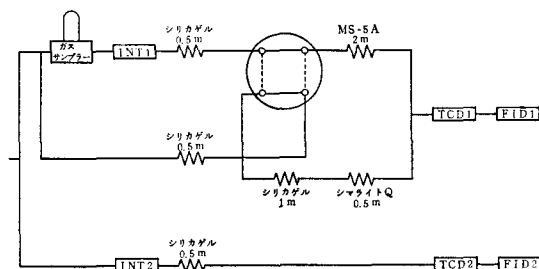


図6 ガスクロマトグラフカラム構成図

#### 4. 実験方法

実験を行う前に、反応容器中に大気中の空気が含まれていると生成ガスと反応が起こる恐れがあるので、Ar ガスを反応容器に流して脱気した。Ar ガスの通気時間はつぎのようにして決めた。反応容器に蒸留水 30 ml 入れ、Ar ガスを 5, 10, 15 および 20 分間通気して、各時間における反応容器内のガスをガスクロマトグラフで分析した。その結果 15 分間で容器内の空気量が約 0.2% となり、これ以上行ってもほとんど変化がなかったので 15

分間とした。

実験は、反応容器に酢酸水溶液と TiO<sub>2</sub> 粉末を入れ、Ar ガスを 15 分間流すことにより容器内を脱気する。脱気後回転子により溶液を攪拌させながら、光を照射し、発生ガスの生成量をビュレットによって 10 分おきに測定した。そして 2 時間後にこの生成ガスを 0.5 ml のマイクロシリンジを用いて 0.4 ml サンプルングし、このガスの組成をガスクロマトグラフにより分析した。分析結果は次式により標準状態（760 mmHg, 0°C）に換算し、各成分の容積比を計算してこれと全体のガス生成量から各成分の生成量を算出した。

$$V_0 = V \times \frac{273}{273 + t} \times \frac{P}{760} \quad (\text{ml})$$

V<sub>0</sub>: 760 mmHg, 0°C における生成ガス容積 (ml)

V: 実験時における生成ガス容積 (ml)

t: 実験時の室温 (°C)

P: 実験時の大気圧 (mmHg)

また各時間ごとの生成量も 2 時間後の分析結果より得られた容積比により計算した。

実験条件として酢酸水溶液は酢酸 8 ml, 蒸留水 22 ml の一定とし、TiO<sub>2</sub> 粉末の還元による効果をみるために市販のアナターゼ型 TiO<sub>2</sub> 粉末 0.4 g 用いた場合と、この TiO<sub>2</sub> を水素雰囲気下にて 400°C, 2 時間おいて還元した TiO<sub>x</sub>(x<2) (以下 TiO<sub>x</sub> として表わす。) 0.4 g を用いた場合についてそれぞれ実験を行った。これにより TiO<sub>x</sub> の方が効果があることがわかったので、TiO<sub>x</sub> 量とガス生成量の関係を見るために、TiO<sub>x</sub> の量を 0.1 g から 0.8 g の間で変化させて実験を行った。

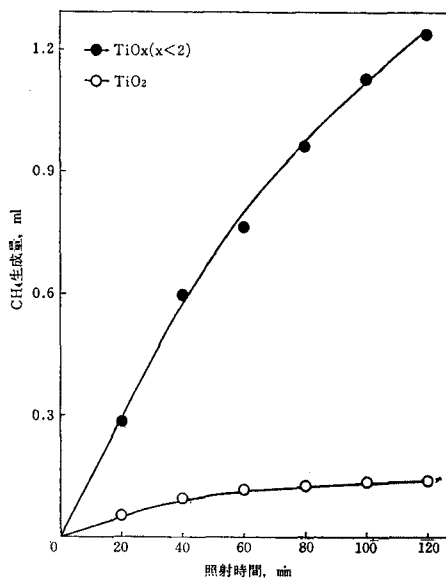


図7 TiO<sub>2</sub> と TiO<sub>x</sub> の比較

5. 結果および考察

還元による効果をみるために TiO<sub>2</sub> と TiOx についてそれぞれ実験を行った。この結果を図7に示す。ここでは CH<sub>4</sub> の生成量を代表として取り上げている。この図より還元による効果は顕著に表われており、2時間後の生成量の比率では約9倍もの差がある。このように還元した方がより大きな効果があることがわかったので他の実験はすべて TiOx を用いることにした。

つぎに生成ガスの成分割合と生成量の時間的変化の結果を図8に示す。成分としては CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, H<sub>2</sub> が発生し

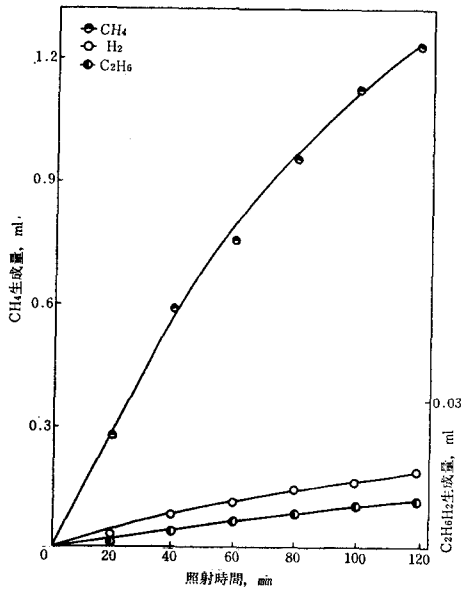
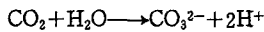


図8 生成ガスの組成

ており、その割合では CH<sub>4</sub> が圧倒的に多く、H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> は CH<sub>4</sub> に比べるとごく少量 (H<sub>2</sub> は約 1/40, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> は約 1/90) であることがわかった。前述の原理では CO<sub>2</sub> も生成されるはずであるのに対して、今回の実験では CO<sub>2</sub> は検出されなかった。この原因としては次式のような反応によって、一度生成した CO<sub>2</sub> の大部分が再び水に溶け



込み、溶けなかった CO<sub>2</sub> は極めて微量なため、今回使用した分析装置の感度では定量的に測定できなかったのではないと思われる。また生成量の時間的な変化は、時間の経過とともに増加しているが、時間に対する増加率は減少している。

図9に TiOx 量を変えた場合のそれぞれについての全ガス生成量の時間的変化の結果を示す。この図より TiOx 量によってガス生成量の増加割合は異なるが、図8

の場合と同様の傾向が表われている。

図10に照射時間が2時間ときのガス生成量と TiOx 量との関係を示す。この図より TiOx 量の増加にともなってガス生成量も増加し、TiOx 量が 0.4 g 付近で生成量が最大となり、これ以上 TiOx 量を増加させても生成量が減少するのが明らかになった。この原因として初めのうちは TiOx 量の増加とともに酢酸水溶液と TiOx との接触面積が増え触媒作用も増大する。しかし TiOx の量が増えすぎると、酢酸水溶液との接触面積が増えるが

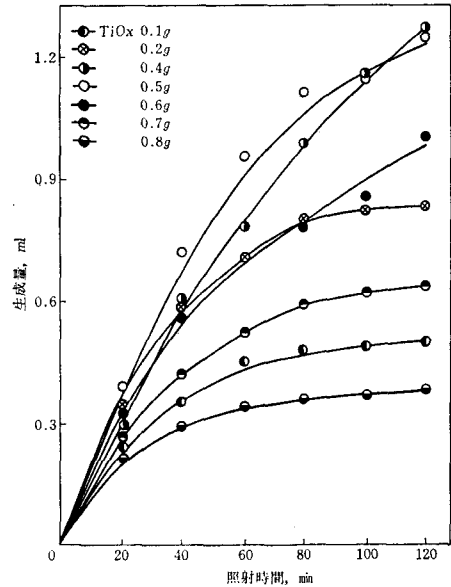


図9 TiOx 量の違いによる生成量の時間的変化

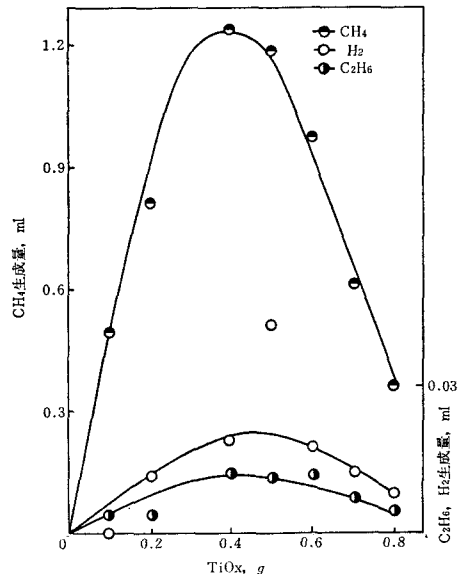


図10 TiOx 量による各生成ガス量の変化

光がしゃ断され効率よく  $\text{TiO}_x$  に光が当らなくなるため、光触媒効果が劣化し生成量も減少するのではないかと考えられる。

## 6. 結 論

$\text{TiO}_x$  を触媒として用いて酢酸水溶液を分解することによって、多量の  $\text{CH}_4$  と少量の  $\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ 。そして極めて微量の  $\text{CO}_2$  が発生することがわかった。

酢酸水溶液 30 ml に対して  $\text{TiO}_x$  0.4 g の場合、ガスの生成量は最も効率的であり、 $\text{TiO}_2$  を還元した  $\text{TiO}_x$  を用いると照射時間 2 時間後において、その効果が約 9 倍に達した。

現段階において実用化は無理であるが効率を良くするための改良点として光をもっと強くする、温度を上げて

やるなどまだまだ多くの要因が考えられ、また  $\text{TiO}_x$  に  $Pt$  を担持させてやることによって効果を上げることができるといった研究結果<sup>3)</sup>も報告されており、今後の研究の成果によっては実用化も可能であると思われる。

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

また実験にあたり協力してくれた卒研生の石本強、北村雅則両君に感謝の意を表わします。

## 参 考 文 献

- 1) 山田陽一, 内燃機関, 22-273 (昭58-1), 23.
- 2) 坪村宏, 光電気化学とエネルギー変換, (昭55), 東京化学同人。
- 3) Hiroshi, Y; Yoshiyuki, T; Hideo, T; J. B. J. Phys. Chem. 1983. 87. 1417.



# 電源と並列に転流回路を設けたチョップ回路

井村 栄 仁

A Chopper Circuit with the Commutation Circuit Connected Parallel to the Source

Shigeji IMURA

This report reveals about a chopper circuit with the commutation circuit connected parallel to the source. In this construction there are many advantages as follows, excepting for a defect that a large commutation impulse flows into the source. (1) simplicity of commutator circuit. (2) improvement of output wave form. (3) high frequency operation.

Also by choosing proper commutation elements and thyristors very small commutation losses are obtained. Both results of simulation and experiment are shown.

## 1. 緒 言

可変直流電源としてのサイリスタチョップについては既に種々の回路方式が発表されており、それぞれすぐれた特徴を持っている<sup>1)~4)</sup>。いずれもチョップの基本形である  $LC$  電流消弧形や並列コンデンサ形などを改良したもので、出力波形の改善・転流損失の軽減あるいは高周波領域での安定な動作を可能にしている点で注目に値する。一方、回路構成や転流時の動作に関しては必ずしも単純であるとは言えない。また、転流時には電源、転流回路および負荷の3者が直列となることから特に軽負荷においては好ましい矩形波出力が得られない。

筆者は、図1に示すように転流回路を電源に対し並列に構成し、さらに転流時後半における転流エネルギー残部を負荷回路にはではなく、転流回路自身に戻すことにより安定な動作と出力波形の改善など良好な成果を得た。

さらに転流コンデンサ電圧についてはシミュレーションおよび実験の両面から安定に確立されることを明らかにした。高周波動作については、素子数は増すが転流回路を並列に増設するだけで約 5 KHz 程度まで可能である。応用面では直流電動機のような、いわゆる逆起電力負荷についても安定な動作を示したが、今回これについては割愛する。また、チョップの効率に関する無負荷時の損失については適当な値の転流素子と高周波用サイリ

スタを用いれば非常に小さく変換効率もよい。

## 2. 回路構成と動作原理

### 2.1 主回路の構成と動作原理

図1に主回路とゲート信号を示す。図において  $S_M$  : 主サイリスタ、 $S_{ch}$  : 充電用サイリスタ、 $S_f$  : 転流用サイリスタ、 $S_a$  : 出力波形改善用サイリスタ、 $D_F$  : 掃選用ダイオード、 $D$  : 環流ダイオードであり、 $L$  および  $C$  はそれぞれ転流リアクトルおよびコンデンサである。動作の概要は次のとおりである。

最初、図2(a)に示すように  $S_M$  および  $S_{ch}$  の点弧により負荷回路への電力供給と同時に転流回路に電流  $i_c$  が  $LC$  共振で流れる。この状態が約  $\pi\sqrt{LC}$  時間持続した後、 $S_{ch}$  は自然消弧する。このように負荷回路と転流回路と

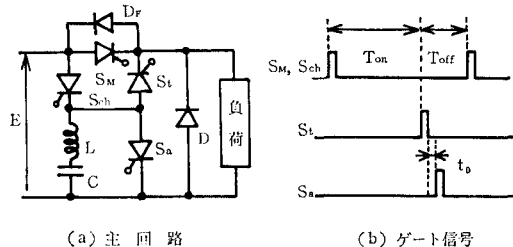


図1 主回路と制御信号

が並列に動作するので特に軽負荷においても確実な転流電圧が得られる。続いて同図(b)の,  $S_M$  のみがオン状態のいわゆるチョッパオン期間となる。これは次に  $S_f$  が点弧されるまで続く。 $S_f$  が点弧されると, 負荷電流の分担が  $S_M$  から  $S_f$  へ移り, 回路状態(c)が出現する。この状態は  $S_M$  の電流が零になって終る。ここで注意すべき点は, 転流期間は一般に短いこと, 負荷が抵抗負荷であっても誘導負荷であっても  $S_M$  がオンしている限りは負荷端子電圧は電源電圧に等しいこと, したがって負荷電流はほぼ一定であるとみてよいことである。図(d)の回路は転流回路の電流のうち負荷電流を越える電流を  $D_F$  を通じて電源に戻すと同時に  $S_M$  に必要な逆バイアス時間を確保する。この後転流電流が減少して再び負荷電流と等しくなったとき次の回路(e)が生ずる。ここでは転流回路のエネルギーが負荷回路に伝達されるため出力波形は方形波にならない。よって出力波形を改善するためには回路状態(e)を削除する必要がある。筆者は, 回路状態(d)の終了とともに  $S_a$  を点弧することにより転流回路と負荷回路との分離を行って回路状態(e)の出現を無くした。あわせて転流コンデンサ電圧の反転の結果, 次の周期の始めにおいて十分な転流電圧が確保される。

かくして(a)~(d)回路状態において負荷端子電圧は電源電圧  $E$  に等しく, (f) および (g) では零となるので出力波形はほぼ完全な方形波となる。また回路状態(c), (d) および (f) の継続時間の合計は, たかだか  $2\pi\sqrt{LC}$  を越えないので,  $L$  と  $C$  の値を適当に選べば高周波動作が可能になる。

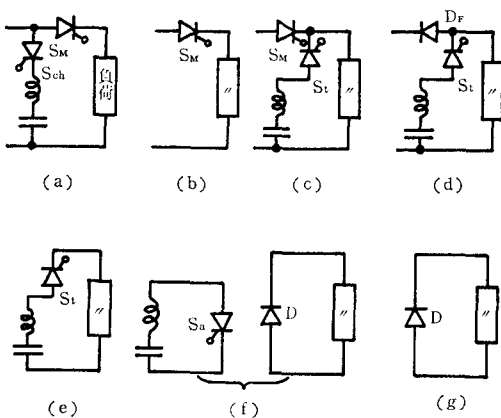
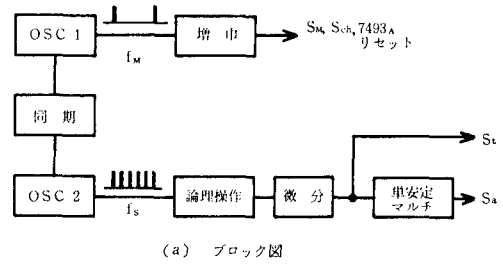


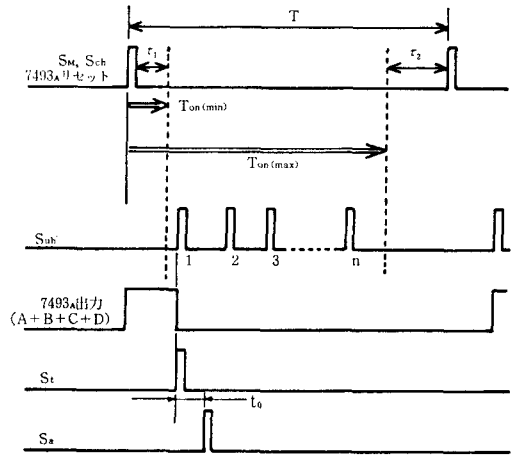
図2 1周期中に出現する回路状態

2.2 制御回路<sup>5)</sup>

図3を参照して制御回路の動作について述べる。OSC 1はチョッパ基本周波数を決定するものであり, 本実験では 200 Hz~3,300 Hz の範囲で可変とした。2SH24を使用している。これと同期した OSC 2の発振周波数  $f_s$



(a) ブロック図



(b) タイムチャート

図3 制御回路の構成と動作

は OSC 1 の各発振周波数  $f_M$  に対し,  $1 \times f_M$  から  $15f_M$  の範囲で連続可変となっており, この  $f_s$  をカウンタ (7493A) を通して論理操作をほどこすことでチョッパの通流率を約 10%~90% の範囲において制御する信号 (図1の  $S_f$ ) を作る。具体的には 7493A の出力端子 A, B, C および D の NOR を用いている。すなわち, 図3 (b)において, 7493A リセット信号は同時に主サイリスタ  $S_M$  および転流コンデンサ充電用  $S_{ch}$  のトリガ信号として使用しているが, これの前後に固定の時間  $\tau_1$  (sec) および  $\tau_2$  (sec) を設けて OSC 2 からの出力パルスが同図 (b) の Sub 信号にみられるように, パルス番号1のパルスが  $T_{on}(min)$  と  $T_{on}(max)$  の範囲でのみ任意に動くようにしてある。そしてトリガ信号  $S_M$  から Sub 信号のパルス1までの長さがほぼチョッパオン期間を与える。その結果通流率を増加させるときは, パルス数は減少してパルス1が右方へ移動する。パルス数の上限は既述のように15以内である。これは, OSC 1 と 2 とを2連バリウムで関連づけることでそれぞれの発振周波数の下限を同時に増減させかつ OSC 2 では, この下限の周波数の15倍以内の発振周波数を得るようにしている。

尚,  $\tau_1$  および  $\tau_2$  は,  $\tau_1 > \pi\sqrt{LC}$  および  $\tau_2 > 2\pi\sqrt{LC}$

のように設定しておくことで転流失敗を防いでいる。

3. 解析・シミュレーションおよび実験結果

3.1 転流回路の一般的考察<sup>6)</sup>

図4にLC共振を利用した転流回路の一般形を示す。図において  $E_i$  および  $I_i$  はそれぞれコンデンサ  $C$  の電圧の初期値およびリアクトル  $L$  の電流の初期値を表わす。同様に  $e_c$  および  $i_c$  は、それぞれ  $C$  の電圧の瞬時値および  $L$  を流れる電流の瞬時値である。また、 $R$  はこの回路の損失を代表する抵抗とする。今、

$$\left. \begin{aligned} \omega_0^2 &= 1/(L \cdot C), \quad \alpha = R/(2L) \\ \omega^2 &= \omega_0^2 - \alpha^2 \quad (>0) \\ \varphi &= \tan^{-1}(\omega/\alpha) \end{aligned} \right\} \dots\dots(1)$$

とおけば、 $i_c$  および  $e_c$  は次のようになる：

$$\begin{aligned} i_c &= \frac{E-E_i}{\omega L} e^{-\alpha t} \sin \omega t \\ &\quad - I_i \frac{\omega_0}{\omega} e^{-\alpha t} \sin(\omega t - \varphi) \dots\dots(2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_c &= E - (E-E_i) \frac{\omega_0}{\omega} e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \varphi) \\ &\quad + \frac{I_i}{\omega C} e^{-\alpha t} \sin \omega t \dots\dots(3) \end{aligned}$$

ここで、もしも回路の損失が少ない、すなわち

$$\omega_0 \gg \alpha$$

したがつて、

$$\left. \begin{aligned} \omega_0 &\approx \omega, \quad X = \sqrt{\frac{L}{C}} \approx \omega L = \frac{1}{\omega C} \\ \varphi &\approx \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$

とすれば、(2)および(3)式は以下のように簡略化される。

$$\left. \begin{aligned} i_c &= \left( \frac{E-E_i}{X} \sin \omega_0 t + I_i \cos \omega_0 t \right) e^{-\alpha t} \\ e_c &= E + \left( X I_i \sin \omega_0 t - (E-E_i) \cos \omega_0 t \right) e^{-\alpha t} \end{aligned} \right\} \dots\dots(5)$$

以上の式、特に(5)式は次節の解析で用いることにす

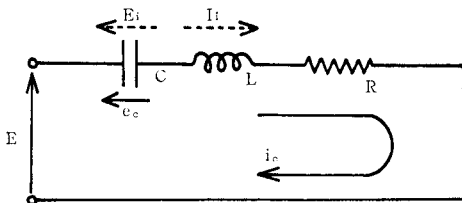


図4 転流回路

る。また、 $\omega_0$ 、 $\alpha$  および  $X$  についても以下同様に用いる。

3.2 試作回路の解析・シミュレーション

先に述べた図2(a), (b), (c), (d), (f)および(g)の6つの回路状態を解析し、シミュレーションにより各回路状態の継続時間および転流コンデンサ電圧を明らかにする。

解析にあたって、

- (i) 各回路状態の始まりを時間の原点にとる。
- (ii) 各回路状態の継続時間を  $t_i (i=1\sim6)$  とする。(図5参照)
- (iii) 各動作量の初期値は大文字で、瞬時値は小文字で表わす。(図6参照)
- (iv) 各動作量の基準の方向は、どの回路状態についても同一とする。

のように仮定する。また、各回路状態の遷移は図5に示すとおりである。図においては破線は負荷電流  $i_L$  を表わし、実線は転流コンデンサ電流  $i_c$  の反転したものを示す。

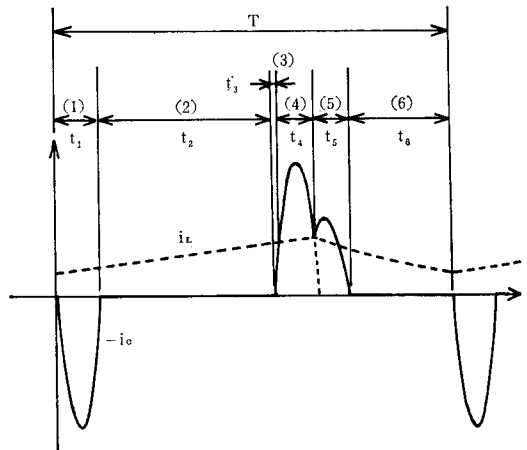


図5 回路状態の遷移条件

(1) 回路状態(a)

念のため、この回路状態を再記し各動作量を明示すれば図6となる。

前項3.1の式(5)によって

$$\left. \begin{aligned} i_{c1} &= \frac{E-V_{c1}}{X} e^{-\alpha t} \sin \omega_0 t \\ v_{c1} &= E - (E-V_{c1}) e^{-\alpha t} \cos \omega_0 t \\ i_{L1} &= \frac{E}{R_L} (1 - e^{-\frac{R_L}{L} t}) + I_{L1} e^{-\frac{R_L}{L} t} \\ t_1 &= \pi \sqrt{LC}, \quad I_{c1} = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(6)$$

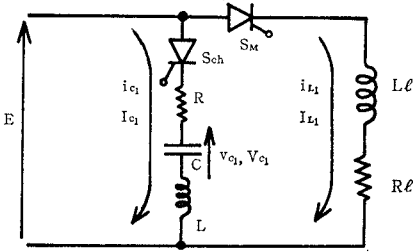


図6 回路状態(a)

(2) 回路状態(b)

$$\left. \begin{aligned} i_{c2} &= 0 \\ v_{c2} &= V_{c2} \text{ (一定)} \\ i_{L2} &= \frac{E}{R_l} (1 - e^{-\frac{R_l}{L_l} t}) + I_{L2} e^{-\frac{R_l}{L_l} t} \end{aligned} \right\} \dots\dots(7)$$

$t_2$ : 外部制御信号で定まる時間

ただし,

$$\left. \begin{aligned} I_{c2} &= 0, \quad V_{c2} = E + (E - V_{c1}) e^{-\alpha \pi \sqrt{LC}} \\ I_{L2} &= \frac{E}{R_l} (1 - e^{-\frac{R_l}{L_l} \pi \sqrt{LC}}) + I_{L1} e^{-\frac{R_l}{L_l} \pi \sqrt{LC}} \end{aligned} \right\} (7')$$

(3) 回路状態(c)

$$\left. \begin{aligned} i_{c3} &= \frac{E - V_{c3}}{X} e^{-\alpha t} \sin \omega_0 t \\ v_{c3} &= E - (E - V_{c3}) e^{-\alpha t} \cos \omega_0 t \\ i_{L3} &= \frac{E}{R_l} (1 - e^{-\frac{R_l}{L_l} t}) + I_{L3} e^{-\frac{R_l}{L_l} t} \end{aligned} \right\} \dots\dots(8)$$

ただし,

$$\left. \begin{aligned} V_{c3} &= V_{c2}, \quad I_{c3} = 0 \\ I_{L3} &= \frac{E}{R_l} (1 - e^{-\frac{R_l}{L_l} t_2}) + I_{L2} e^{-\frac{R_l}{L_l} t_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots(8')$$

また,  $t_3$  は方程式

$$i_{c3} + i_{L3} = 0 \dots\dots(8'')$$

より求める<sup>7)</sup>.

(4) 回路状態(d)

$$\left. \begin{aligned} i_{c4} &= \left( \frac{E - V_{c4}}{X} \sin \omega_0 t + I_{c4} \cos \omega_0 t \right) e^{-\alpha t} \\ v_{c4} &= E - \left( (E - V_{c4}) \cos \omega_0 t + X I_{c4} \sin \omega_0 t \right) e^{-\alpha t} \\ i_{L4} &= \frac{E}{R_l} (1 - e^{-\frac{R_l}{L_l} t}) + I_{L4} e^{-\frac{R_l}{L_l} t} \end{aligned} \right\} \dots\dots(9)$$

ただし,

$$\left. \begin{aligned} I_{c4} &= i_{c3}(t_3) \\ V_{c4} &= v_{c3}(t_3) \\ I_{L4} &= i_{L3}(t_3) \end{aligned} \right\} \dots\dots(9')$$

また,  $t_4$  は方程式

$$i_{c4} + i_{L4} = 0 \dots\dots(9'')$$

から求める。

(5) 回路状態(f)

ここでは, 既述のように負荷回路と転流回路との分離により各動作量の瞬時値は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} i_{c5} &= \left( -\frac{V_{c5}}{X} \sin \omega_0 t + I_{c5} \cos \omega_0 t \right) e^{-\alpha t} \\ v_{c5} &= (X I_{c5} \sin \omega_0 t + V_{c5} \cos \omega_0 t) e^{-\alpha t} \\ i_{L5} &= I_{L5} e^{-\frac{R_l}{L_l} t} \end{aligned} \right\} \dots\dots(10)$$

ただし,

$$I_{c5} = i_{c4}(t_4), \quad V_{c5} = v_{c4}(t_4), \quad I_{L5} = i_{L4}(t_4) \dots\dots(10')$$

また, この回路の継続時間  $t_5$  は方程式

$$i_{c5} = 0 \dots\dots(10'')$$

を解けばよい。

(6) 回路状態(g)

$$\left. \begin{aligned} i_{c6} &= 0 \\ v_{c6} &= V_{c6} \\ i_{L6} &= I_{L6} e^{-\frac{R_l}{L_l} t} \end{aligned} \right\} \dots\dots(11)$$

ただし,

$$V_{c6} = v_{c5}(t_5), \quad I_{L6} = i_{L5}(t_5) \dots\dots(11')$$

$$t_6 = T - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5) \dots\dots(11'')$$

ここに,  $T$  は図5におけるチョップの1周期である。

次に  $V_{c6}$  を  $V_{c5}$ ,  $I_{c5}$ ,  $X$  および  $t_5$  で表現すると,

$$V_{c6} = -\sqrt{V_{c5}^2 + (X I_{c5})^2} \cdot e^{-\alpha t_5} \dots\dots(12)$$

である。また, 初期値についての関係式(7'), (8'), (9') および(10')から  $V_{c5}$  および  $I_{c5}$  を  $V_{c1}$ ,  $t_3$  および  $t_4$  を用いて示せば次のようになる。

$$I_{c5} = -\frac{E - V_{c1}}{X} \sin \omega_0(t_3 + t_4) e^{-\alpha(t_3 + t_4)} \cdot e^{-\alpha \pi \sqrt{LC}} \dots\dots(13)$$

$$V_{c5} = E + (E - V_{c1}) \cos \omega_0(t_3 + t_4) e^{-\alpha(t_3 + t_4)} \cdot e^{-\alpha \pi \sqrt{LC}} \dots\dots(14)$$

定常状態では,

$$V_{c1} = V_{c6} (< 0) \dots\dots(15)$$

だから式(12)~(15)を用いて  $V_{c1}$  に関する式を作れば,



$$V_{c1}^2 = \{E - (E - V_{c1}) \cos \omega_0 t_3 \cdot k \cdot a\}^2 + \{(E - V_{c1}) \sin \omega_0 t_3 \cdot k \cdot a\}^2 \dots\dots\dots (16)$$

となる。ただし、

$$k = e^{-\alpha t_1} = e^{-\alpha \pi \sqrt{LC}}$$

$$a = e^{-\alpha T_{on}}, T_{on}' = t_3 + t_4 + t_5$$

とおいた。さらに、 $2t_3 + t_4 \approx \pi \sqrt{LC}$ とみて、 $\sin \omega_0(2t_3 + t_4) \approx \sin \omega_0 t_3$ ,  $\cos \omega_0(2t_3 + t_4) \approx -\cos \omega_0 t_3$ とみなした。したがって、定常状態での  $V_{c1}$  は、式(16)の負根を求めればよいことがわかる。

特に無負荷の場合、 $\cos \omega_0 t_3 = 1$  ( $\because t_3 = 0$ ) でまた  $t_5 \approx \pi \sqrt{LC}$ となるので、 $a \approx k^2$ 。よって、このとき

$$V_{c1} = -\frac{E(e^{-\alpha t_5} - ka)}{1 + ka} \approx -\frac{Ek(1-k)}{1-k+k^2} \dots\dots\dots (17)$$

$E = 100 \text{ V}$ ,  $L = 280 \mu\text{H}$   
 $D.T. = \tau = 0.58 \sim 0.62$   
 $L_1 = 20 \text{ mH}$   
 $F = 500, 1000 \text{ Hz}$

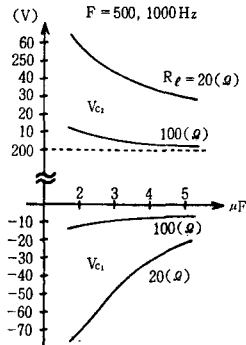


図7 Cに対する  $V_{c1}$ ,  $V_{c2}$  の変化

である。本実験例では、  
 $C = 5 \mu\text{F}$   
 $L = 280 \mu\text{F}$   
 $R = 0.22 \Omega$   
 の場合、 $\alpha = 3.93 \times 10^{-3}$ ,  
 $t_1 = 3.1416 \sqrt{LC} = 118$   
 ( $\mu\text{sec}$ ) となり、電源電圧  $E = 100(\text{V})$  とすれば、  
 $k = 0.955$   
 $V_{c1} = -4.5(\text{V})$   
 を得る。

各負荷状態における転流コンデンサ電圧  $V_{c1}$  および  $V_{c2}$  の定常値を、以上の諸式を用いてシミュレーションした結果の一例を図7および図8に掲げる。図7は、転流コンデンサ容量  $C$  を変化させた場合の  $V_{c1}$ ,  $V_{c2}$  の変わる様子を示している。 $C$  の値を小さくすれば高い転流電圧が維持できるが、一方回路状態(c)の継続時間  $t_3$  が短くなるので転流失敗につながる恐れがある。次に図8は、チョップ電流の最大値  $i_m = E/R_l$  に対する  $V_{c1}$  および  $V_{c2}$  の関係を通流率  $\tau = T_{on}/T$ , ただし  $T_{on} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ , をパラメータにとって図示したものである。図から明らかに  $i_m$  が増すにつれてまた、通流率が増加するにつれて  $V_{c1}$  したがって  $V_{c2}$  も増える。ただし、負荷が純抵抗の場合には、本チョップの原理上、通流率には無関係で  $i_m$  のみに依存する。尚、本シミュレーションでは  $C = 1 \mu\text{F} \sim 5 \mu\text{F}$  の範囲で  $1 \mu\text{F}$  ごとに、 $L = 140 \mu\text{H}$ ,  $280 \mu\text{H}$  切替,  $R = 0.22 (\Omega)$  ( $L = 280 \mu\text{H}$  のとき) とし、 $i_m = 0.5 \text{ A} \sim 5 \text{ A}$  において実行した結果、回路状態(c)の継続時間は概ね  $t_3 = 3 \sim 15 \mu\text{sec}$  となった。これは実験結果とも良く一致している。

3.3 実験結果と検討

本実験では既述のようにチョップ周波数を 200 Hz から 3,300 Hz としたので、図9にみられるように無負荷損は周波数と転流コンデンサ容量  $C$  とに関係するだけでなく、使用するサイリスタにも依存する。ここでは、高周波用サイリスタ SC 20 C-40 H (三社電機) を使った。

さて、小さな  $C$  を用いると転流損失減少、高周波動作領域の拡大、通流比制御範囲の増加および転流電圧の確保など多くの利点があるが、反面転流失敗を起し易くかつ高耐圧の素子を使わねばならない。目的に応じて適当な値のコンデンサを選べばよい。図10には、負荷電流または周波数を可変にした場合のチョップ効率を与えた。いずれも良好な結果が得られており、特に負荷電流

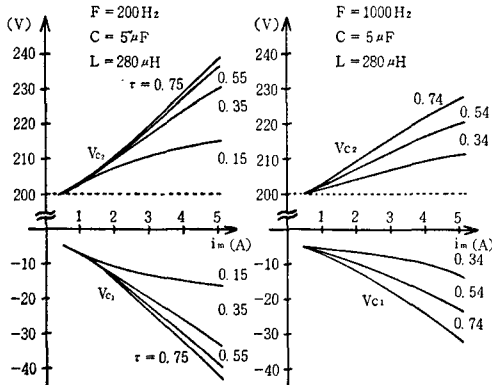


図8 負荷電流の最大値に対する  $V_{c1}$ ,  $V_{c2}$  の変化

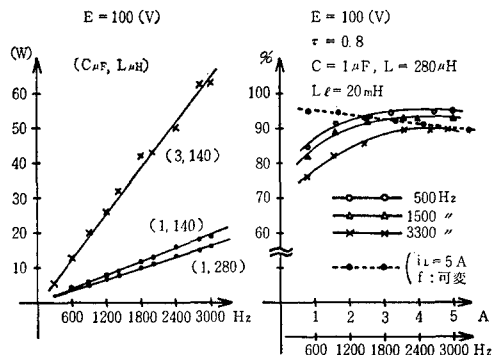


図9 無負荷損

図10 効率

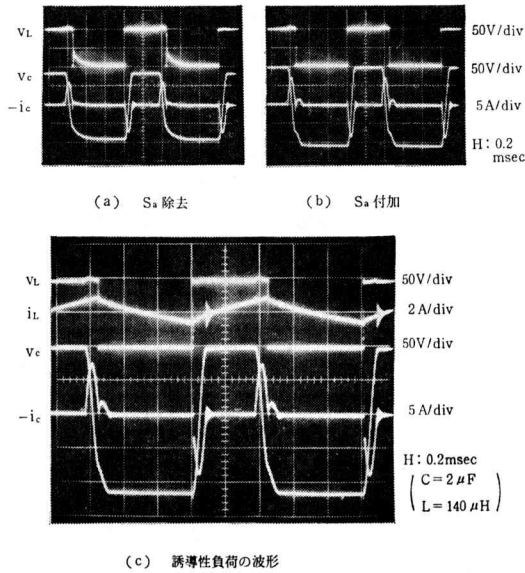


図11 実測波形(例)

を増せば、周波数に関係なく極めて高い効率となっている。図11(a), (b)は無負荷に近い状態 ( $E=100\text{ V}$ ,  $R_f=200\ \Omega$ ) での出力電圧波形を、波形改善用サイリスタ  $S_a$  を取去った場合と付加した場合とで比較したものである。波形改善されていることが十分認められる。最後に同図(c)においては回転機負荷を想定して、誘導性負荷に

対するチョップ各部の動作量を観測したものの1例で、 $1\text{ KHz}$ ,  $\tau=0.4$ ,  $R_f=20\ \Omega$ ,  $L_f=20\text{ mH}$  の場合である。ここにはデータとして挙げなかったが、波形改善の結果通流と出力電圧は殆んど比例している。

終りに本論文の親論文として大阪府立大学の入江寿一助教授等が計測自動制御学会に発表されたものがある<sup>8)</sup>。

同先生から懇切な御指摘を戴いたことに感謝します。

#### 参 考 文 献

- 1) W. McMurray & D. P. Shattuck: A Silicon Controlled Rectifier Inverter with Improved Commutation. T of IEEE, vol. 6, No. 11.
- 2) 入江: 電学論57-B70, 573 (1982)。
- 3) 松井, 佐藤: 電学論52-B44, 367 (1977)。
- 4) 山田他: チョップ制御ハンドブック, 電気学会。
- 5) J. Millman & H. Taub: パルス・デジタルスイッチ回路(下巻), 931/968。
- 6) 今井他(訳): インバータ回路, 148/164 (コロナ社)。
- 7) 平田他: パソコンによる数値計算, 57/73 (朝倉)。
- 8) 入江, 石崎: 計測自制御論 vol 9, No 6, 72/79 (1973)。

# Residual Voltage in Polyethylene

Jun KYOKANE, \*Katsumi YOSHINO, \*Mun Soo Yun, \*Ken-ichi NOJIMA,  
\*\*Yoshio INUISHI and \*\*\*Nobuharu KASHIWAGI

A considerably high residual voltage can be observed even in non-degraded polyethylene by a non-contacting method using an electrostatic voltmeter. This residual voltage increases nonlinearly with increasing applied voltage and duration of voltage application, but decreases as the duration of short-circuiting is increased.

A simple computer analysis is found to give good agreement with the experimental results using a carrier mobility of the order of  $10^{-12}$  cm<sup>2</sup>/V·sec.

## 1. Introduction

A considerable high voltage sometimes appears on the inner-conductor of a power transmission cable after opening a circuit which was previously electrically stressed and then short-circuited for short time. This voltage gives an electric shock when touched; it is termed "residual voltage". Recently, measurement of the residual voltage was proposed as a method of detecting degradation of the cable insulation<sup>1)</sup>. Usually, the residual voltage at time  $t$  is estimated from the initial value of a decaying current measured by an electrometer with low input impedance at this time. The growth of the residual voltage cannot be measured continuously by this method, because most of the charge stored in the cable on the first application of the field will be lost as a result of the first measurement. For next measurement at time  $t'$ ,

we must repeat the voltage application and short-circuiting procedure. The growth curve can only be evaluated after many measurements at various times. Therefore, this method needs many such procedures and takes an extremely long time. Its accuracy and reproducibility also seem to be poor.

It is still not clear whether the residual voltage is in fact related to the degradation of the insulator or not, and it seems necessary as a first step towards establishing this, to study whether the residual voltage also appears in non-degraded polyethylene.

In this paper, we will report on measurements of the residual voltage in freshly-prepared polyethylene films by a non-contacting method using an electrostatic voltmeter, which allows us to perform continuous measurements in a short time.

## 2. Experimental

Commercial-grade low-density polyethylene films (tradename: Yukalon) were used in this study. After the films had been washed with alcohol, gold electrodes were deposited on both surfaces by vacuum evaporation.

The measurement procedures are as follows. First, a voltage  $V_a$  is applied to a sample for a time  $T_a$ , and then the circuit is shorted for a time  $T_s$ . After the circuit is opened, a voltage  $V_r$

---

The contents of this paper was reported to the Jpn. J. Appl. phys. 21 No. 9 (1982) pp1333-3336.

\* Faculty of Engineering, Osaka University, Yamada-Oka, Suita.

\*\* Faculty of Science and Technology, Kinki University, Wakae, Higashi-Osaka.

\*\*\*The Kansai Electric Power Co. Inc., Amagasaki, Hyogo.

appears on an electrode after time  $T$ .

This residual voltage is measured by an electrostatic voltmeter, model TREK 360SX, without contacting the sample electrode, as illustrated in Fig. 1. The response time of the system is less than 100 msec.

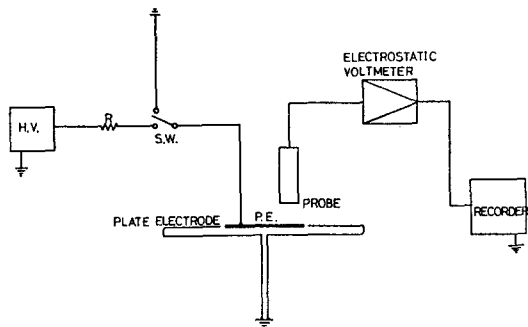


Fig. 1 Experimental set-up for measurement of residual voltage.

### 3. Results and Discussion

The residual voltage increases slowly with time after the circuit is opened, as indicated in Fig. 2 as an example. Figure 3 also shows the growth of the residual voltage on a logarithmic scale. The time constant of the growth of the residual voltage is the order of tens of minutes.

As shown in Fig. 4, the residual voltage decreases as the shorting time  $T_s$  is increased.

Figure 5 shows the dependence of the residual voltage on the duration  $T_a$  of the voltage appli-

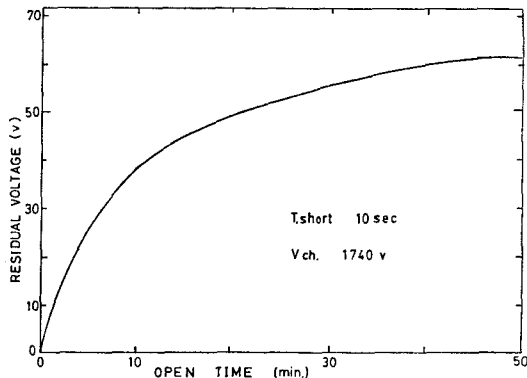


Fig. 2 Example of residual voltage observed in polyethylene film at  $V_a$ : 1740V,  $T_a$ : 1 hour and  $T_s$ : 10 sec.

cation. As is evident from this figure, the residual voltage increases with  $T_a$ , tending to saturate when  $T_a$  reaches about 1 hour. The residual voltage also increases with increasing applied voltage  $V_a$ , as shown in Fig. 6.

The origin of the residual voltage can be explained qualitatively as follows from these experimental results. Under the application of a voltage

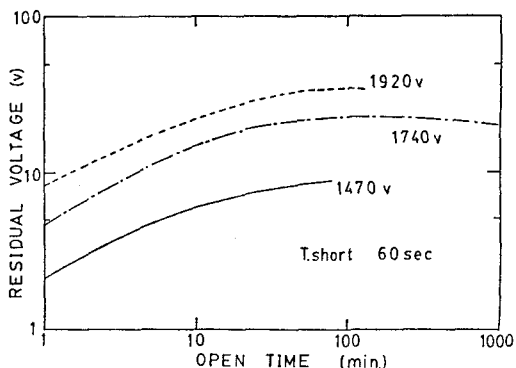


Fig. 3 Logarithmic plots of growth of residual voltage.

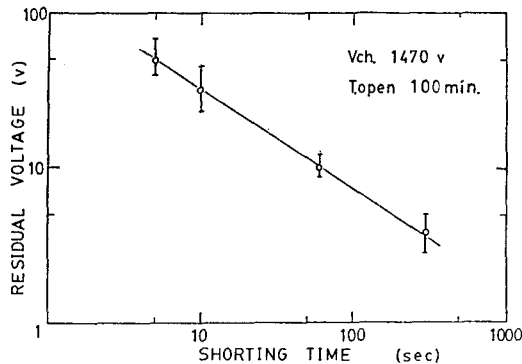


Fig. 4 Dependence of residual voltage on short time  $T_s$ .

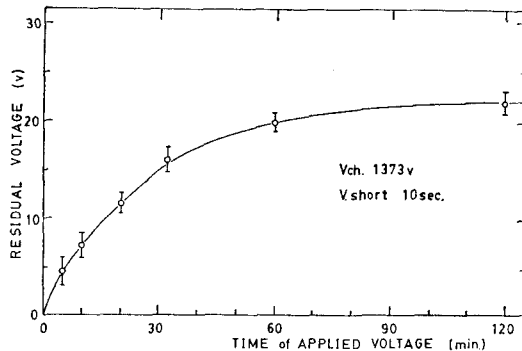


Fig. 5 Dependence of residual voltage on duration of voltage application  $T_a$ .

$V_a$ , the carriers pre-existing in the film or injected from the electrode, migrate within the film and establish a space charge distribution. During the short-circuiting, the charge re-distributes in the sample and some of the charge will be swept out from the electrode. After the circuit is opened, the charge distribution is re-arranged by the migration of carriers in the film because of the space charge field, resulting in the appearance of the residual voltage owing to the imbalance of the charge on the electrode and in the sample.

The residual voltage  $V_r$  decreases with the short-circuiting time  $T_s$  according to the relation  $V_r \propto T_s^{-1/2}$ . Recently, the carrier transport in many insulating polymers such as polyethylene has been considered to be dispersive, indicating current decrease with the form  $T^{-\alpha}$  <sup>2,3)</sup> Therefore, the dependence of the residual voltage on  $T^{-1/2}$  may be related to the decrease in the number of carriers due to the sweep out from the bulk by dispersive transport.

The saturation of the residual voltage at  $T_a=1$  hour shown in Fig. 5, suggests a buildup of the stationary space charge distribution during this time interval. In this case, the sample thickness is about  $30 \mu\text{m}$ . Rough calculation thus indicates that the carrier mobility should be of the order of  $10^{-11}$ – $10^{-12}\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ , assuming that the stationary state is obtained when carriers migrate through the whole thickness of the sample. This value is much smaller than the electronic carrier mobility in PE estimated by the time-flight-method, <sup>3)</sup> but is in the range of the mobility estimated by the surface charge decay method <sup>4)</sup>. In such a time scale, ionic carriers should play a more important role judging from diffusion constant measurements in polyethylene.

As is evident from Fig. 6, the residual voltage increases sharply above a field strength of about  $0.3 \text{ MV/cm}$ , indicating carrier injection from the electrodes at fields above this value. It has already been reported from a study of the thermally-stimulated current that carrier injection becomes significant above this range of electric field in polyethylene <sup>6)</sup>.

The residual voltage for the same values of the

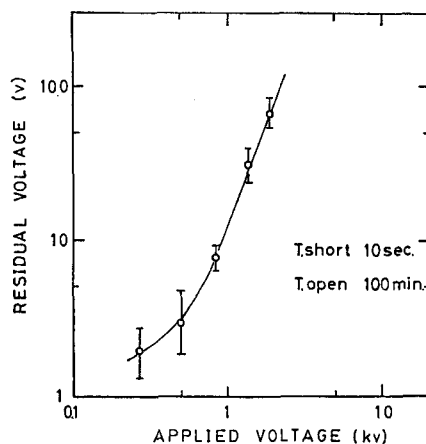


Fig. 6 Dependence of residual voltage on applied voltage  $V_a$ .

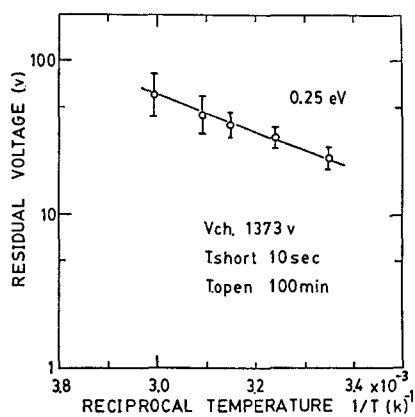


Fig. 7 Dependence of residual voltage on temperature in polyethylene film.

other parameters increases with increasing temperature with an activation energy of about  $0.25 \text{ eV}$ , as shown in Fig. 7, probably corresponding to an increase in carrier injection at higher temperatures.

The computer simulation of the development of this residual voltage is now in progress.

The simplest simulation can be done using the following equations under the assumption of a single type of carrier injected from the electrode and neglecting the generation and recombination of carriers in the bulk.

$$J = qn(x, t) \mu E(x, t) - qD \frac{\partial n(x, t)}{\partial x} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial J}{\partial x} + q \frac{\partial n(x, t)}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\epsilon \frac{\partial E(x, t)}{\partial x} = qn(x, t) \dots\dots\dots(3)$$

where  $J$ ,  $q$ ,  $\mu$ ,  $D$ ,  $\epsilon$ ,  $n(x, t)$  and  $E(x, t)$  are the current, electron charge, mobility, diffusion constant, dielectric constant, charge density at position  $x$  and time  $t$  and electric field at position  $x$  and time  $t$ , respectively. The development of the residual voltage is calculated by the difference method, assuming the initial charge distribution  $Q_0(x)$  in the sample indicated in Fig. 8 to be given by ( $Q_0(x) = Q_{00}(x+a)^{-1/2} - b$ : modulated charge distribution in the space-charge limited case). We calculate the following equations on the Melcom 72 minicomputer by dividing the electrode distance into 1000 parts.

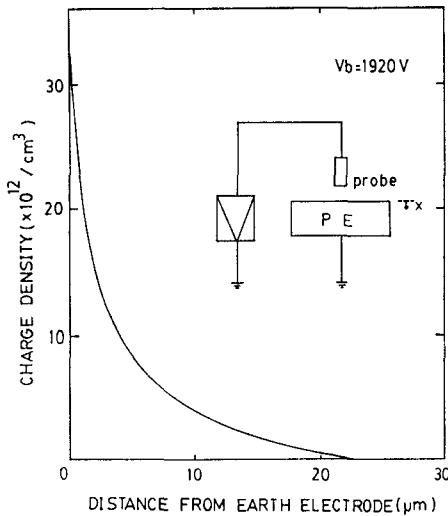


Fig. 8 Initial charge distribution assumed for calculation of growth of residual voltage.

$$n(x, t + \Delta t) = n(x, t) + \int_t^{t+\Delta t} \left( -\mu \frac{\partial n(x, t) E(x, t)}{\partial x} + D \frac{\partial^2 n(x, t)}{\partial x^2} \right) dt \dots\dots\dots(4)$$

$$E(x + \Delta x, t) = E(x, t) + \int_x^{x+\Delta x} \frac{q}{\epsilon} n(x, t) dx \dots\dots\dots(5)$$

$$V = \int_0^d E(x, t) dx \dots\dots\dots(6)$$

Even with such a simple calculation, the calculation result coincides fairly well with the experiment, as is evident from Fig. 9. In this case, the

carrier mobility is assumed to be  $2 \times 10^{-12} \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ , which agrees well with the value deduced from saturation of the residual voltage in Fig. 5 with  $T_a$ . The magnitude of the initial stored charge of the order of  $10^{13}/\text{cm}^3$  assumed in Fig. 8 is also a reasonable value.

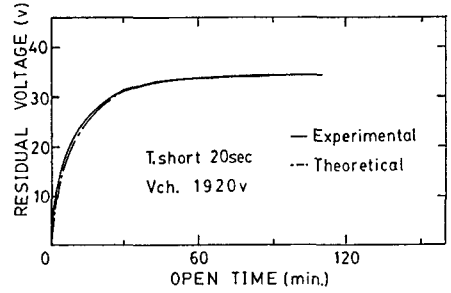


Fig. 9 Development of residual voltage calculated by assumption of charge distribution shown in Fig. 8 (dashed line), and experimental result (solid line).

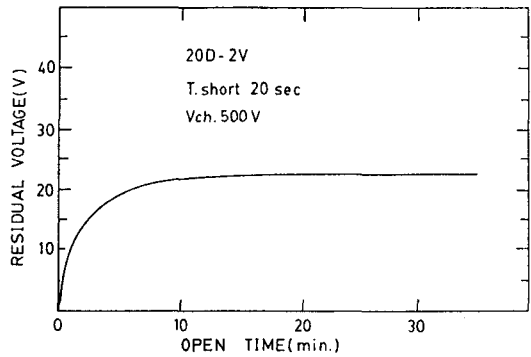


Fig. 10 Residual voltage observed in practical cable 20D-2V.

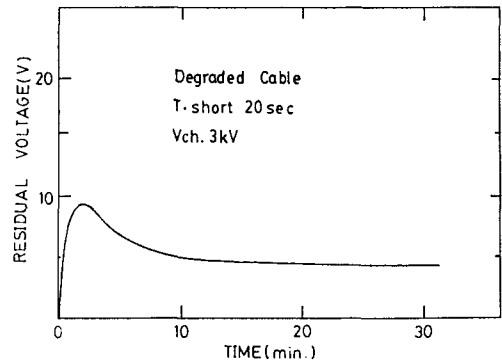


Fig. 11 Residual voltage observed in polyethylene cable degraded by development of many water trees.

A detailed quantitative computer analysis is now in progress and will be published in the near future.

This non-contacting measurement of the residual voltage can be used to diagnose power cable insulation in practice. For example, Fig. 10 indicates the residual voltage measured in coaxial cable 20 D-2V (trade name: RG-17/U). As is evident from this figure, a considerably high residual voltage can be observed in the cable.

Figure 11 shows another example on cable degraded by the development of many water trees. It should be noted that the residual voltage decreases over a longer time, in contrast to the case of non-degraded cable, in which the residual voltage remains constant for a long time. Details of the practical application of this method will be reported in the near future.

#### 4. Summary

The characteristics of the residual voltage in polyethylene were studied successfully by a non-contacting method using an electrostatic voltmeter over a relatively short time. Even in non-degraded polyethylene film, a considerably high residual voltage was observed. This residual voltage increases non-linearly with applied voltage and with the duration of voltage application, but decreases with increasing short-time circuiting time.

The residual voltage is considered to originate in carrier injection, migration, trapping and redistribution. The degradation of polyethylene power cable by the formation of water trees may influence the residual voltage either by increasing the carrier injection owing to the presence of water or by increasing the number of preexisting ionic carriers and space charge displacement.

A simple computer simulation of the residual voltage is found to agree well with the experimental results.

This work was partially supported by a Grant from the Kansai Electric Power Co. Inc.

#### Reference

- 1) M. Kuwabara, M. Tagaya, S. Kashiwagi, K. Hirose, K. Imai and I. Okamoto: Proc. 1978 Jt. Conv. Four Inst. Electr. Eng. Jpn. (Inst. Electr. Eng. Jpn., Tokyo, 1978) p. 1078 in Japanese.
- 2) H. Scher and E. W. Montroll: Phys. Rev. **B12** (1975) 2455.
- 3) K. Yoshino, J. Kyokane, T. Nishitani and Y. Inuishi: J. Appl. Phys. **49** (1978) 4849.
- 4) M. Ieda, R. Takeuchi and G. Sawa: Jpn. J. Appl. Phys. **9** (1970) 727.
- 5) B. Andress and P. Rohl: 1981 Annu. Rep. Conf. Electrical Insulation & Dielectric Phenomena (NAS, Washington D. C., 1981) p. 333.
- 6) K. Amakawa and Y. Inuishi: Trans. Inst. Electr. Eng. Jpn. **93-A** (1973) 533 in Japanese.





# マイクロプロセッサに適した PASCAL 目的 コードの実行効率の向上に関する一手法

世 古 忠・成 田 絃 一

Improvement of Executive Efficiency of PASCAL  
Object Code Suitable for Microprocessors

Tadashi SEKO and Hirokazu NARITA

**要約** マイクロプロセッサに適した PASCAL 目的コードの実行効率の向上の手法について述べている。Pコード・トランスレータを作成し、最適化の手法を採用することにより、インタプリタ方式に比べ約2～3倍の速度の向上ができた。最適化の手法として、変数の絶対番地への割り付け、トップ・オブ・スタックレジスタの導入など新しい手法を採ると共に、局所的最適化を徹底化した。作成したトランスレータは、他の機械への移植性も考慮に入れ設計されている。

## 1. ま え が き

プログラミング言語 PASCAL<sup>1)</sup> は、N. Wirth により、教育用を目的として設計された。言語仕様上の特徴は、ブロック構造が ALGOL のものを継承すると共に、データ型の定義機能、go to 文を多用しない制御構造などを新しく追加した点にある。PASCAL 言語処理系は、当初 CDC 6000 上で実現されたが、その開発過程で、移植性を重視した、PASCAL 用仮想計算機 (P 機械と呼ぶ) の概念が提案された。PASCAL 言語で書かれた、P 命令の系列へ変換する言語処理系 (コンパイラ) が公開され (最近のものでは、文献(2)参照) 教育機関はもとより、産業界でも今日広く普及しつつある。

マイクロコンピュータの発展普及に伴い、言語処理系をマイクロコンピュータ上で動作させる試みがなされ、UCSD PASCAL<sup>2)</sup> が Bowles により開発された。この言語処理系も、Pコードの命令系列を逐一解釈しつつ実行を行う、インタプリタ方式であるので、処理速度の遅いマイクロコンピュータ上の方式としては、目的プログラムの実行効率が良くない。

本稿では、UCSD PASCAL コンパイラが生成した Pコードを実行計算機上で効率良く実行する、いくつか

の手法について述べている。最初に Pコード・トランスレータ作成の意義と効果について述べ、その後、最適化手法について述べ、これらの手法の結果の評価を行っている。

## 2. Pコード・トランスレータの設計

UCSD PASCAL のコンパイラから出力される、Pコードは、仮想スタック計算機の機械語であり、これを実際の機械で実行するために、通常は、インタプリタを用いる。ここでは、実行速度の向上を目的として、Pコードをマイクロプロセッサの機械語に変換するトランスレータを設計した。これにより、(1)Pコードの解読が、実行時でなく、トランスレートする際に行われるので、インタプリタに比較して実行速度が向上する。(2)インタプリタが一般に Pコードと実行ルーチンとを 1対1に対応させているのに対し、トランスレータでは、Pコードの系列に対応して実行ルーチンの最適化を行うことが可能になる、等の利点がある。

設計したトランスレータの内部構成を図1に示す。ユーザの作成した PASCAL ソースプログラムは、UCSD PASCAL コンパイラにより、Pコードファイルに格納されている。O・S からトランスレータに制御が渡され

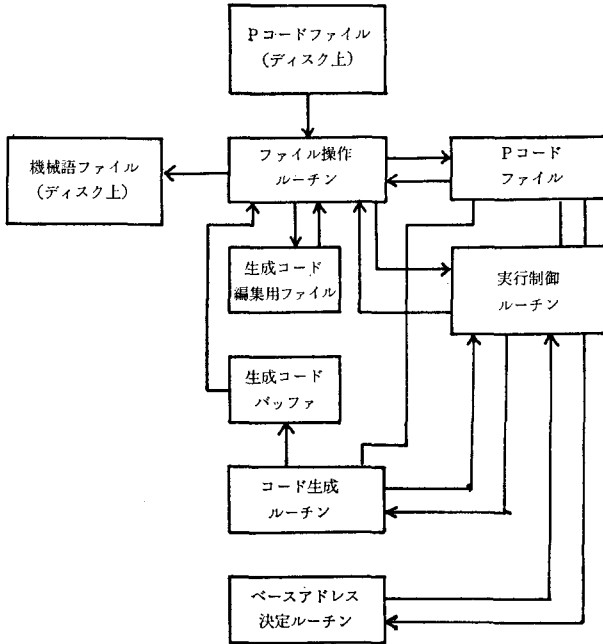


図1 PASCAL トランスレータの内部構成

るとトランスレータ内では、実行制御ルーチンに制御が移り、以下、実行機械の機械語を作り終えるまで、このルーチンが制御を担う。ディスク上のPコードは、メモリ上のPコードファイルとしてロードされ、内部処理はこのファイルに対して行われる。ベースアドレス決定ルーチンは、各プロシージャのベースアドレスを決定する。コード生成ルーチンは、Pコードファイルとベース・アドレスを参照しながら、実行機械のコードを生成バッファに出力する。生成されたコードはPコード数個分のものであり、これらを編集用バッファに格納し、バッファが一杯になった時に実際にディスクへ書込みを行う。

以上がトランスレータの内部動作の概要であり、トランスレートが終了すると、制御はOSへ渡される。

### 3. 最適化の手法

#### 3.1 変数の絶対番地への割り付け

PASCAL Pコードプログラムの実行時に、変数領域はスタック上に動的に配置される。変数の参照は、メモリ上に用意されたポインタの値をインデックス・レジスタを持たないようなマイクロプロセッサでこれを実現すると非常に時間がかかる。そのため、再帰的呼出しされる手続きを除いて変数領域を固定的に配置し、絶対番地により、直接変数を参照する方法を採用した。

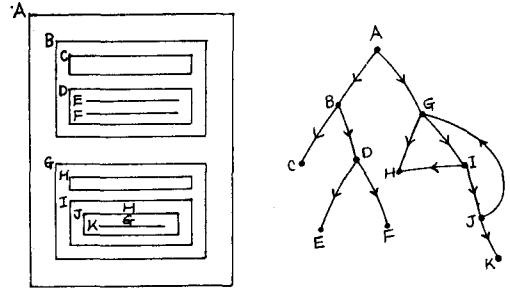


図2 (a) 手続きの例 (b) (a)のコールグラフ

各手続きのベース・アドレスを決定するための手順を、

- (1) 各手続きの呼出し関係を記述できるコール・グラフを作成する。
- (2) (1)で作成したコール・グラフに Tarjan のアルゴリズム<sup>4)</sup>を適用し、強連結な手続きの組 (SCGS) を抽出する。つまり、再帰的呼出しがなされている手続きの組を抽出する。
- (3) 再帰呼出しされていない手続きの変数領域の大きさ (データ・サイズ) は、あらかじめ、わかっているので、各手続きのベース・アドレスを手続き番号 1 の手続きより順次決定してゆく。

とした。手続きのコールグラフの例を図2(a), (b)に示す。手続きAがその中でBを呼出ししている様子を有向グラフで表わし、

$$A \cdot \longrightarrow \cdot B$$

の様に記述すると、図2(a)の手続きの例は、図2(b)の有向グラフとなる。図2で、手続きAは、その中で手続きGを呼出し、手続きGは、HとIを呼出しているが、Iは更にHとJを呼出し、Jの中でG自身が更に再帰的に呼出されている。図2(b)のG→I→J→Gの部分が強連結部であり、手続きの再帰的呼出しの組と対応する。

図3にベースアドレス計算に使用したデータ構造を示す。グラフは、隣接リストで表現され、これより、すべての手続きの呼出し関係が記述できる。各手続きには、0から127迄の番号が付けられ、各々について、その手続きの属する強連結部の番号 (SCGSNO: この値が0のときは、強連結成分ではない。127ならば自己再帰であり、1~126の値ならば、間接再帰であり、その属する強連結部の番号)、データ領域のサイズ (DATASIZE)、その手続きが参照されている回数 (REFCNT)、ベースアドレス (PROCBASE) などの情報をもつ。強連結部については、各強連結部につき (番号0~63まで)、成分の要素数、成分の参照回数 (SCGSREFCNT)、各要素列の情報をもつ。

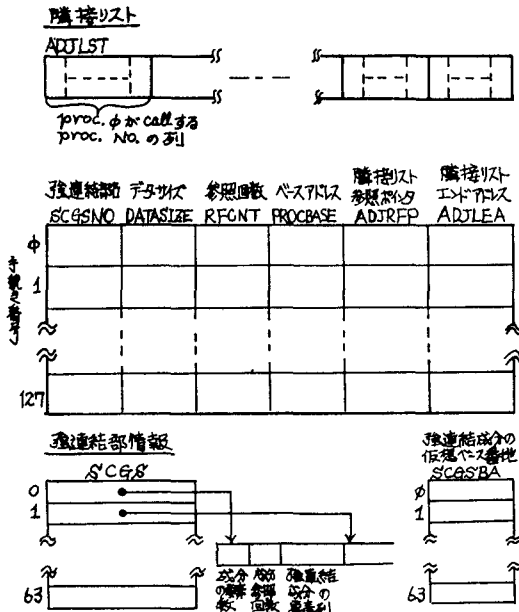


図3 ベースアドレス計算のためのデータ構造

```
(*Reference Count*)
begin
  for all procedure i do
    for all j adjacent to i do
      if SCGSNO(j)=0 or 127 then
        increment REFCNT(j)
      else if SCGSNO(j)=SCGSNO(i) then
        increment SCGSREFCNT(SCGSNO(j))
    end;
end;

(*Base Address Calculation*)
procedure ADDQUEUE(i:procedure number);
begin
  for all j adjacent to i do
    if SCGSNO(j)=0 or 127 then
      begin
        if SCGSNO(j)=0 then
          PROCBASE(j)
            :=max {PROCBASE(i)+DATASIZE(i), PROCBASE(j) }
          else PROCBASE(j):=max {PROCBASE(i), PROCBASE(j) } ;
          decrement REFCNT(j);
          if REFCNT(j)=0 then add j to the rear of QUEUE
        end
      end
    else if SCGSNO(j)=SCGSNO(i) then
      begin k:=SCGSNO(j);
        SCGSBASE(k):=max {PROCBASE(i), SCGSBASE(k) } ;
        decrement SCGSREFCNT(k);
        if SCGSREFCNT(k)=0 then
          add j to the rear of QUEUE
        end
      end
    end;
end;

(*Main*)
begin PROCBASE(0) :=BASEADDRESS;
  add 0 to the rear of QUEUE;
  while QUEUE≠0 do
    begin delete i at the front of QUEUE;
      if SCGSNO(i)=0 or 127 then ADDQUEUE(i)
      else for all j of SCGS(SCGSNO(i)) do ADDQUEUE(j)
    end
  end;
end.
```

図4 ベースアドレス計算のためのアルゴリズム

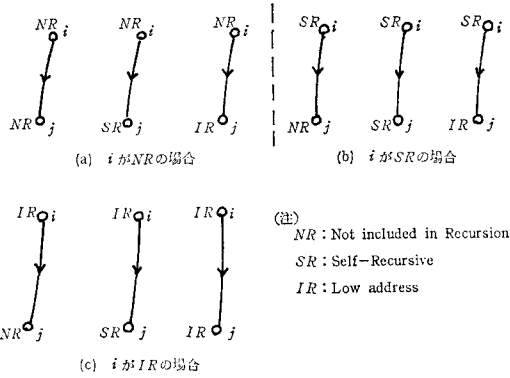


図5 手続きiとjとの組み合わせ

図4にベースアドレス計算のアルゴリズムを示す。各手続きは、その性質上(1)自己再帰であるか(SR) (2)間接再帰(IR)であるか(3)再帰呼出しに含まれない(NR)かのいずれかである。したがって手続きiに隣接する手続きjに対して、その組み合わせをすべて列挙すると図5になる。図4の上段の手続きは、iに隣接する手続きjが、NRかSRのとき参照カウンタを増加する。jがiと異なる強連結成分に属するときは、jの属する強連結成分の参照カウンタを増加する。中段及び、下段のメイン手続きで、順次各手続きのベースアドレスを決定する。

### 3.2 局所的最適化

トランスレータが生成した機械語プログラムが行う演算は、P-codeと同様にスタック上で行うように工夫されているが、実行速度向上のためには、スタックとのアクセス回数を減らすことが必要である。そのために、トップ・オブ・スタック・レジスタ<sup>5)</sup>を採用し、スタックトップの値は常にレジスタに保持されるようにした(図6)。

表1は、8080を対象としたときの最適化の例で、HLレジスタをトップ・オブ・スタック・レジスタとして採用している。単項演算及び2項演算の場合、PUSH、POP命令が各々1個ずつ減少している。

表1は、1個のPコードに対する最適化の例であったが、Pコードの系列に対して最適化ができる例として、ロード命令の後に2項演算が続く場合が挙げられる。表2では、PUSH、POP命令が省かれている。

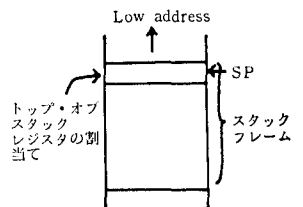


図6 トップ・オブ・スタックレジスタ

表1 トップ・オブ・スタックレジスタ導入による最適化の例

	トップ・オブ・スタックレジスタ無	トップ・オブ・スタックレジスタ有
単項演算	POP HL	CALL FUNC 1
	CALL FUNC 1	
	PUSH HL	注) FUNC 1...HL:=f(HL)
2項演算	POP HL	POP BC
	POP BC	CALL FUNC 2
	CALL FUNC 2	注) FUNC 2...HL:=f(BC, HL)
	PUSH HL	

表2 ロード命令の後に2項演算が続く時の最適化

		最適化
ロード命令	{ PUSH HL LD HL,(m) }	EX DE, HL } ロード命令
		LD HL,(nn) } 命令
2項演算	{ POP BC CALL FUNC }	CALL FUNC 1 2項演算
		注) 2項演算サブルーチンに変化あり

特定のPコード列に1つの展開パターンを与えることにより、効率を良くする例として、PコードのCHK命令があり、これは、以下のパターンで出現することが多い(図7)。この系列に対して1つの機械語ルーチンを与え効率を向上できる。

```
LDCI m; mをスタックにプッシュする
LDCI n; nをスタックにプッシュする
CHK ; 範囲のチェックを行う
LDCI m; mプッシュする
SBI ; 減算を行う
```

図7 CHK命令の出現パターン

3.3 移植性

本トランスレータは、移植性を考慮に入れて作成されている。トランスレータ本体は、PASCALで書かれており、Pコードの機械語への変換形式は、表として与えられている。表は、局所的最適化を行うため、1つのPコードに対し、後に続くいくつかのPコード列に対応する効率化された機械語列が用意できる形式になっている。従って、テーブル及び実行時サブルーチンを新たに作成するだけで、他の機械への移植が容易に行える。

```
PROGRAM ADDINT(INPUT,OUTPUT);
VAR I,K,N,M,P :INTEGER;
BEGIN
WRITE('M=');READLN(M);
FOR P:=1 TO M DO
BEGIN
K:=0;N:=30000;
FOR I:=1 TO N DO
BEGIN
K:=K+1;
END
END;
WRITELN('THAT'S ALL');
END.
```

(a) プログラム番号1 (加算)

```
PROGRAM PRIME(OUTPUT);
VAR P,K,F,N,I :INTEGER;
A:ARRAY (0..1000) OF INTEGER;
BEGIN
WRITE('N=');READLN(N);
K:=0; P:=2;
WHILE K<N DO
BEGIN
F:=2;
WHILE P MOD F <> 0 DO F:=F+1;
IF F=P THEN
BEGIN
A (K) :=P; K:=K+1;
IF (K MOD 10)=0 THEN
WRITELN(K);
END;
P:=P+1
END;
END.
```

(b) プログラム番号4 (素数の発生)

図8 テストプログラムの例

表3 ベンチマークテスト結果

テストプログラム番号	インタプリタ実行時間	本トランスレータ実行時間
1 (加算)	28秒	5秒
2 (乗算)	37秒	14秒
3 (除算)	38秒	16秒
4 (素数発生)	1分33秒	1分1秒

4. 結果と評価

作成したトランスレータの総合的評価を行うために、いくつかのテスト・プログラムを作成し実行時間を測定した。表3に結果の一例を示す。図8(a), (b)に使用したテストプログラム program 1, program 4 を示す。

生成コードの実行速度は、Pコードインタプリタに比べて約2~3倍の速度が得られた。生成コードのサイズは、Pコードのサイズの約3倍程度となった。以上の結果、トランスレータを作成し、最適化の手法を採用することにより、目的コードの実行効率の向上をはかることができた。

(謝辞)

本研究に際し、有益なアドバイスを頂いた大阪大学河田亨先生に深謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) Jensen, K., and Wirth, N., "Pascal User Manual and Report, second ed.," Springer-Verlag (1975).
- 2) STEVEN PEMBERTON and MARTIN DANI-

ELS "PASCAL IMPLEMENTATION: The P4 Comiler" John Wiley & SONS.

- 3) UCSD (MINI-MICRO COMPUTER) PASCAL Version II. 0, 1979.
- 4) R. E. Tarjan "Depth-first search and linear graph algorithms" SIAM J. Compht., vol. 1, No. 2, Jhne 1972.
- 5) R. W. Doran "Computer Architecture" Academic Press.



# A Light-Detectable Negative-Resistance Circuit Presented by an Optocoupler

Haruo TAKAHASHI

An optocoupler can be used as a functional device indicating the current controlled-type negative resistance characteristic controllable with two external light intensities.

A new type of light detecting circuit using the present function holds the ability to detect both the incidence of a light intensity and the small change from a fixed intensity level as a shaped pulse-light output with a simple circuit configuration.

## 1. Introduction.

It has been investigated that optocouplers can be applied to optoelectronic functional elements completely different from the conventional functions as circuit coupling devices, and it has been demonstrated that a negative resistance characteristic can be realized with a photo-Darlington type optocoupler itself and with a combinational connection of two photo-FET type optocouplers, respectively [1], [2].

In this paper, the light-detectable function of the negative resistance characteristic presented by a photo-transistor-type optocoupler is proposed [3].

An optocoupler employed with a light-emitting diode (LED) at the input side and a silicon photo-transistor (PT) at the output side becomes a two-terminal active with a current-controlled-type negative resistance characteristic (an  $S$ -characteristic) by simply cascading the input sides. The present  $S$ -characteristic holds the function to be controlled with two external light intensities when an external light-receiving terminal is added in

parallel to each LED and PT.

In measuring systems using optical methods, a light sensor is generally used at first to detect electrically the change of the light intensity corresponding to the physical parameter caused by the measuring object; secondly, several signal processings such as amplification or waveform conversion are performed by electronic circuit technology; and finally, the desired output for the physical parameter is obtained in an electrical form. However, if the optoelectronic circuit which changes directly its electrical characteristics depending on the external light intensity is adopted in a measuring system, electronic circuitry in the system will be simplified.

A new type of light-detecting circuit using the present  $S$ -characteristic can be constructed with the simple connection of a capacitor and a resistor to the optocoupler, and can hold the ability to detect not only the incidence of a light intensity but also a slight change from a fixed intensity level as a shaped pulse-light output.

## 2. Characteristics of the negative resistance circuit.

The optocoupler which consists of the LED coupled to the PT can be a one-port active device with a negative resistance characteristic by simple

---

The contents of this paper was reported to the IEEE Transactions on Electron-Devices (U. S. A.), July 1984.

connection of the input side and output side in cascade.

Fig. 1. (a) shows a negative resistance circuit connection in which the collector current of the PT due to the avalanche breakdown is used for positive feedback to the base window of the PT by means of optical coupling from the LED to the PT.

The  $V$ - $I$  characteristic of this connection is of current-controlled-type ( $S$ -characteristic) as shown in Fig. 1 (b).

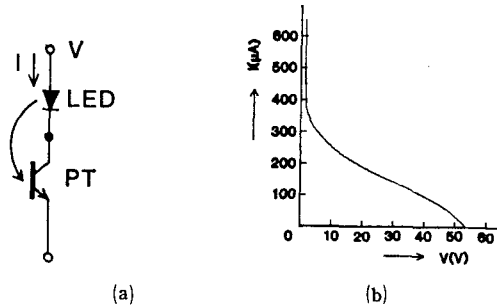


Fig. 1 Negative resistance circuit connection of an optocoupler (a) and the negative resistance  $V$ - $I$  characteristic (b).

The  $S$ -characteristic presented by the optocoupler can be changed optically with two external light inputs, if a lightreceiving terminal which is constructed with a photo-diode (PD) coupled to a junction transistor (TR) is added in parallel to each LED and PT.

Fig. 2 shows the optically controllable negative resistance circuit (ONR). In this circuit, the external light input incident to each PD employs the light intensity generated by an another LED. Fig. 3 depicts measured relations of the intensity power  $W$  incident to the PD with the current  $I_D$  applied to the LED when the distance  $d$  between the LED and the PD is used as a parameter. Hereafter, the light intensity received by the PD is replaced with the current applied to the LED for simplicity.

Fig. 4 (a) shows changes of the  $S$ -characteristics due to  $I_1$  (equivalently the light intensity  $L_1$ ) when  $I_2$  is zero and  $d$  is fixed at 2 cm, and Fig. 4 (b) indicates similar changes due to  $I_2$ (equivalently the light intensity  $L_2$ ) when  $I_1$  is zero at the same

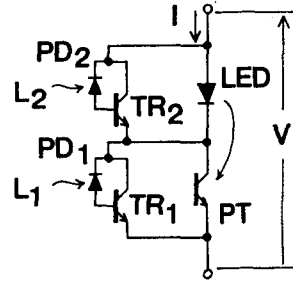


Fig. 2 An optically controllable negative resistance circuit (ONR).

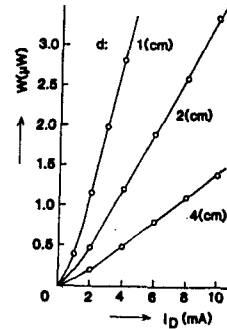


Fig. 3 Light intensity  $W$  dependence on the current  $I_D$  applied to the LED.

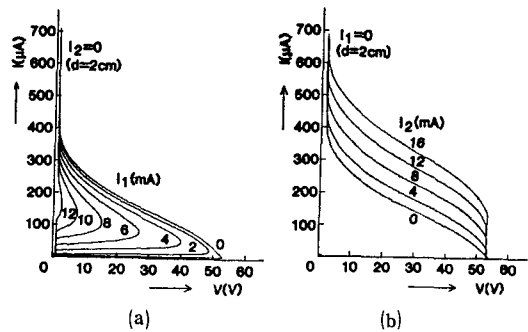


Fig. 4 Changes of the  $S$ -characteristics due to  $I_1$  (a) and due to  $I_2$  (b).

distance. It is clear in these curve traces that the breakover voltage (the voltage at the shaped point) can be decreased with  $I_1$  and the holding current (the current at the bending point) corresponding to the breakover current can be increased with  $I_2$ .

### 3. Light detecting circuit and its characteristics.

A light detecting circuit can be constructed with



the connection of a capacitor  $C$  in parallel and a resistor  $R$  in series to the ONR as shown in Fig. 5. The LED<sub>0</sub> is added for obtaining the detected current output in an optical form in order to eliminate electrical influences from electromagnetic surroundings. When the external light inputs change the ONR from the off state to the on state, the LED<sub>0</sub> generates the light pulse output corresponding to the current pulse caused by the discharge of the capacitor through the internal on-resistance of the ONR. The present circuit holds the ability to detect both the incidence of a light intensity and the change from a fixed intensity level.

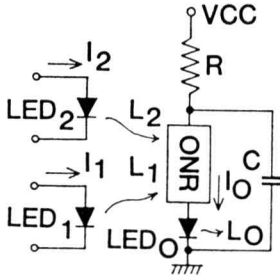


Fig. 5 Diagram of a light detecting circuit.

A. Detection of the incidence of light

The ONR can be turned on with the decrease of the breakover voltage corresponding to the increase of the external light intensity  $L_1$ . Fig. 6 shows the operation diagram in the case when the incidence of a light intensity can be detected by using only the external light  $L_1$  as a light input. The load line is set in such a way that the operating point is at  $P_1$  in the cutoff region of the  $S$ -characteristic  $S_{10}$  when  $L_1$  is absent, and at  $P_2$  in the saturated region of the  $S$ -characteristic  $S_{11}$  when  $L_1$  is present.

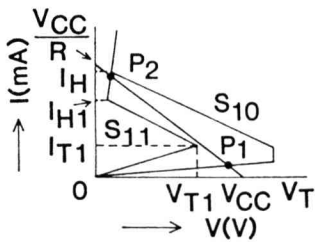


Fig. 6 Operation for detection of the incidence of light.

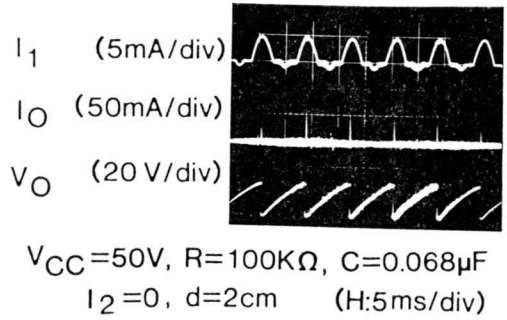


Fig. 7 Operating waveforms.

The ONR is in the off state when  $L_1$  is zero, and the capacitor  $C$  is charged to the voltage at the operating point  $P_1$ . When the incidence of the light intensity causes to decrease the breakover voltage enough to move the operating point from  $P_1$  to  $P_2$ , the ONR turns on to the ON state, and the shaped pulse light can be obtained from the LED<sub>0</sub> by the instantaneous discharge of the capacitor through the on-resistance of the ONR.

When the light intensity reduces to a threshold level, the ONR returns to the OFF state the capacitor  $C$  is again charged to the voltage of the operating point  $P_1$  through the resistor  $R$  from the supplied voltage  $V_{CC}$ .

Operating conditions are as follows:

$$\begin{aligned} V_{CC} &\leq V_T \\ I_{H1} &< \frac{V_{CC} - V_H}{R} < I_H \\ V_{T1} &< V_{CC} - R \cdot I_{T1} \end{aligned} \quad (1)$$

where  $(V_T, I_H)$  and  $(V_{T1}, I_{H1})$  are (the breakover voltage, the holding current) in the  $S$ -characteristics  $S_{10}$  and  $S_{11}$ , respectively.

In this operation, the period  $T$  for the change of the external light input  $L_1$  is desired to be longer than the time interval that the capacitor takes to change the terminal voltage from  $V_H$  to  $V_T$ . Then the condition for  $T$  is given as

$$T > CR \cdot \ln\left(\frac{V_{CC} - V_H}{V_{CC} - V_T}\right) \quad (2)$$

if the turn-on and turn-off times of the ONR and the internal resistance at the on state are ignored.

Fig. 7 shows the operating waveforms in the case when  $V_{CC}=50\text{ V}$ ,  $R=100\text{ k}\Omega$ ,  $C=0.068\text{ }\mu\text{F}$ , and  $d=2\text{ cm}$ . The experimental result means that the

incident intensity power of  $1.5 \mu\text{W}$  to the PD can be detected as a light pulse output  $L_0$  of  $300 \mu\text{W}$ .

### B. Detection of the small change from a fixed intensity level

By using the external light input  $L_2$ , a small change from a certain intensity level can be detected as a light pulse, because the breakover current and the holding current increase at the same time with the increase of the external light intensity  $L_2$  as shown in Fig. 4.

Fig. 8 shows the operating diagram similar to that shown in Fig. 6. In this case, the load line is set so that the operating point  $P_1$  is in the avalanche region of the  $S$ -characteristic  $S_{20}$  when a fixed light intensity is applied to  $L_2$ , and the operating point  $P_2$  is in the off region of the  $S$ -characteristic  $S_{21}$  when  $L_2$  is slightly reduced from the fixed level.

The terminal voltage of the capacitor  $C$  is charged to the breakover voltage  $V_T$  when  $L_2$  is kept at a certain intensity level.

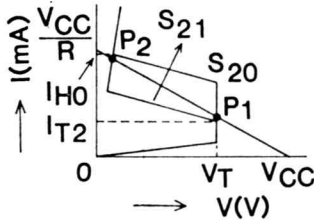


Fig. 8 Operation diagram for detection of the small change from a fixed intensity level.

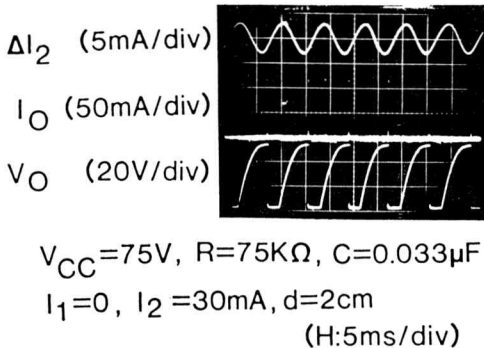


Fig. 9 Operating waveforms.

If a small decrease in the intensity level causes the  $S$ -characteristic  $S_{21}$  enough to change the operating point  $P_1$  to  $P_2$ , the ONR turns on to the saturation region. The light pulse output  $L_0$  is

obtained from the LED<sub>0</sub> according to the rapid discharge of the capacitor  $C$  through the on-resistance of the ONR.

The ONR returns to the off state and satisfies again the operating point  $P_1$  if the light intensity comes back to the previously given level.

The operating conditions in this case are given as follows:

$$\begin{aligned} V_{CC} &> V_T \\ \frac{V_{CC} - V_H}{R} &< I_{H0} \\ I_{T2} &< \frac{V_{CC} - V_T}{R} \end{aligned} \quad (3)$$

where  $I_{H0}$  and  $I_{T2}$  are the holding current of the curve  $S_{20}$  and the breakover current of the curve  $S_{21}$ , respectively.

Fig. 9 shows operating waveforms for the fluctuation  $\Delta I_2$ , equivalently the change of  $L_2$ , in the condition that the current  $I_2$  of 30 mA is applied to the LED<sub>2</sub> as the fixed light intensity  $L_2$  where  $V_{CC} = 75 \text{ V}$ ,  $R = 75 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 0.33 \mu\text{F}$ , and  $d = 2 \text{ cm}$ . The photograph implies that the decrease of the light intensity of  $1.5 \mu\text{W}$  from the fixed light intensity of  $15 \mu\text{W}$  is detected as a light pulse output  $L_0$ .

## 4. Conclusion

In this paper, it has been demonstrated that an optocoupler can be used as a functional device indicating the  $S$ -characteristic controllable with two external light intensities, and a light-detecting circuit using this new function can be constructed by a simple circuit configuration.

It is experimentally confirmed that the detecting threshold level of the light intensity can be easily determined by the relation of the load line and the  $S$ -characteristics, and the present circuit holds the ability to detect the incidence of a light as well as the small change from a fixed intensity level as a light pulse output.

In both cases, the change of  $1.5 \mu\text{W}$  in the light intensity within the repetition frequency of 5 kHz can be detectable as light pulse.

**Acknowledgement**

The authors would like to thank Professor J. Koyama and Associate Professor H. Nishihara, Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University, for their continuous encouragements and advices.

**References**

- 1) H. Takahashi, M. Yamauchi & Y. Kitahama, "A negative resistance circuit constructed with a photo-coupler and its applications", Trans. I. E. C. E. Japan. Vol. 61-C, No. 8. pp. 597-503. (Aug. 1978).
- 2) H. Takahashi, "Optically controllable S-type negative resistance presented by a combinational connection of photocoupled FETs", IEEE Trans. Electron-Devices. (U. S. A.) Vol. ED-30, No. 6, pp. 647-652. (June 1983).
- 3) H. Takahashi, H. Nishihara & J. Koyama, "Light-detectable function of the negative resistance characteristic presented by an optocoupler", IEEE Trans. Electron-Devices. (U. S. A.) Vol. ED-31. No. 7, (to be published in July 1984).



# 多色カラーグラフィックディスプレイ装置の試作

## Trial Production of Multiple Color Graphic Display System

成 田 紘 一 ・ 世 古 忠

Hirokazu NARITA and Tadashi SEKO

本論文は、横512ドット×縦384ドットの分解能を持ち、32,768色の中から任意の256色を選択して同時にCRT上に表示することができるグラフィック・ディスプレイ装置の試作結果について述べたものである。このシステムのコントローラとしては16ビットのマイクロプロセッサ 8086 が使用され、リフレッシュメモリーの書き込みには高速度なサイクルスチール方式が取られた。またこの装置は新しく考え出されたカラーパレット機能を持っており、画面上の色を一瞬にして他の色に変えることが可能になった。

### 1. ま え が き

グラフィック・ディスプレイ装置には大きく分けて、ランダムスキャン方式とラスタースキャン方式の2種類がある。ランダムスキャン方式は線図形の表示には適しているが、カラー表示や階調表示ができないので最近あまり用いられなくなってきた。一方、ラスタースキャン方式はカラー表示や階調表示が可能であるが、この方式では高速度なメモリーを多く必要とするので数年前まではあまり発達しなかった。しかしながら、最近ではLSI技術の発達によりICメモリーのビットあたりの価格が低下し、この方式が種々の装置に使用されるようになってきた。たとえばパソコンはこのラスタースキャン方式を採用している。今では、この方式を使った1024×1024画素を持ったCAD用カラー・グラフィック・ディスプレイも1千万円以下で市販されるようになってきている。

ところで、最近のCAD技術は機械設計や電気・電子設計のみならず建築設計や都市開発、製品デザインなどの分野においても使用されるようになってきた。機械設計や電気設計においては線図形がよく用いられるが、他の分野においては設計対象物体の外形を視覚的に知ったり、設計時にその配色を決定したりしなければならない。このようなCAD分野においては、多色カラー・グラフィック・ディスプレイ装置が必要となる。ところが、ラスタースキャン方式の場合、多色にすればするほ

どグラフィック画面へのデータの書き込みスピードが低下するという欠点を持っている。したがって、今のパソコンの場合、8色～16色が限界という段階である。当研究室では、これらの欠点をできるだけ少なくした低価格のグラフィックシステムを開発したので報告する。

### 2. システムの概要

開発したシステムのブロックダイアグラムを図1に示す。このシステムはマルチバスを採用しているので、他のマルチバス仕様のコンピュータにも適合することができる。本システムは図に示すように、CPUボード、メモリーボード、コントロールボード、バッファメモリーボード、D/A変換ボードの5枚からできている。

CPUボードには8086MPUと8087数値演算プロセッサ、128KBのメモリー、1chのシリアルインターフェイス、2chの平行インターフェイスが含まれている。メモリーボードは512KBのダイナミックラムであり、画面のコピー、バックアップ等に使用されている。これらの2枚のボードは市販のものを使用した。したがって他の3枚が当研究室において開発されたものである。

このシステムのCRTディスプレイには、テレビ放送のNTSC規格(水平偏向周波数15.75kHz、1画面総走査線数525本)のものを使用した。これは、CRT画面データをデジタル信号としてディスクに記憶すると同時にアナログ信号として市販のビデオテープに録画する

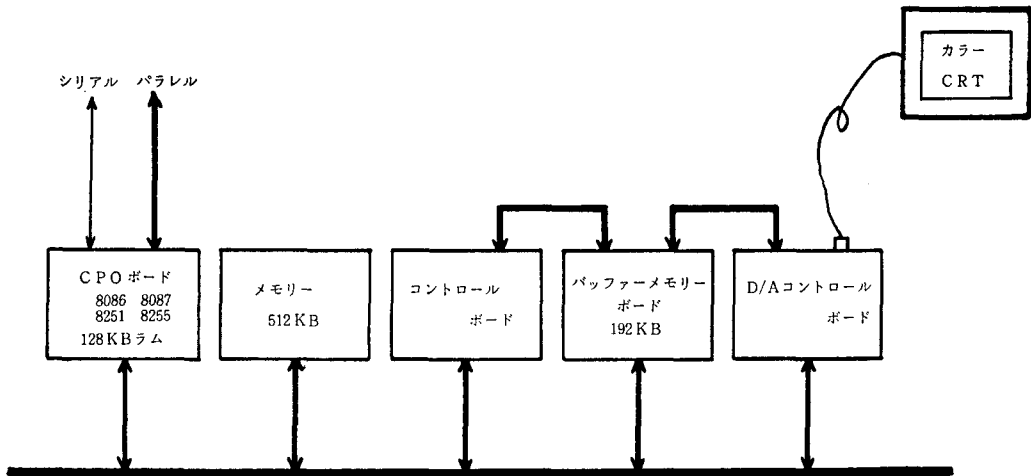


図1 グラフィックディスプレイ装置のブロック図

ことを考えたからである。水平の画素数はソフトが作成しやすいように 512 画素とした。この水平画素数からアスペクト比とメモリーの実装容量により垂直画素数は 384 とした。

表示色を高速に書き換えるためには、パソコンのようなシリアルな方式では困難であるので、ここでは 8 ビットパラレルで処理するようにした。しかしながら、1 バイトのデータ数では 256 色の選択しかできないので、このデータにより別のカラーパレットとなる 15 ビットのメモリーをアクセスし、R、G、B にそれぞれ 5 ビットづつを割り当て総計 32,768 色中 256 色を選択できるようにした。

バッファメモリは画素数  $512 \times 384$  で 1 画素のデータが 8 ビットであるのでメモリー容量としては、192KB が必要である。通常、グラフィック装置のメモリーには表示の際、自動的にリフレッシュが行われるため、ダイナミックラムが使用されるが、ダイナミックラムのアクセススピードは遅いので、CRT への読み出しには一般にシリアル方式が取られる。この方式を採用するとメモリーへのデータ書き込みスピードが遅くなり、3 次元ディスプレイには不適である。そこでこのシステムでは最近ようやく市場に出るようになった 64 K ビット CMOS スタテックラムを使用した。このことにより少くともダイナミックラム使用時より 2 倍以上のスピードを得ることができる。

さて、本システムでは水平画素数が 512 であるため、NTSC 規格で水平走査時間が  $63.5 \mu\text{sec}$  と決っているので、1 画素の表示時間は、

$$63.5 \mu\text{sec} \cdot 0.8 / 512 \approx 100 \text{ nsec}$$

となり、使用メモリーのアクセス時間 120nsec より速く

になってしまう。そのため複数画素を 1 度に読み出し、そのデータを順に出力するという方法を採用した。このとき、2 つのデータを同時に読み出すと、1 回の読み出しは 200nsec となり、使用メモリーのアクセス時間で十分であるが、今回はさらにスピードを上げるためサイクルスチール方式を使ったため、4 つの画素を 1 度に読み出し、順にそのデータを出力している。これにより、メモリーには 400nsec のアクセス時間が許されるが、始めの 200 nsec で MPU がアクセスし、後の 200 nsec で CRT にデータを出力するようにしている。

### 3. 試作結果

図 2 及び図 3 にこのディスプレイの表示結果を示しておく。図 2 は 2 次元 (平面) 図形でアニメーションの作成等に應用することができる。この表示プログラムはアセンブル言語によって書かれている。図 3 (a), (b), (c) はレートレーシング法により立体図形を表示したものであり、これらの図形は電算機内で理論的に作成されたものである。このプログラムはフォートランによって書かれている。

### 4. おわりに

本論文においてカラーによる 3 次元表示のための多色カラー・グラフィック・ディスプレイの試作結果が述べられた。現在、当研究室ではこの結果をもとにして  $640 \times 400$  ドットの分解能を持ち表示色 262144 なる新しいディスプレイ装置を開発中である。



図2 2次元図形

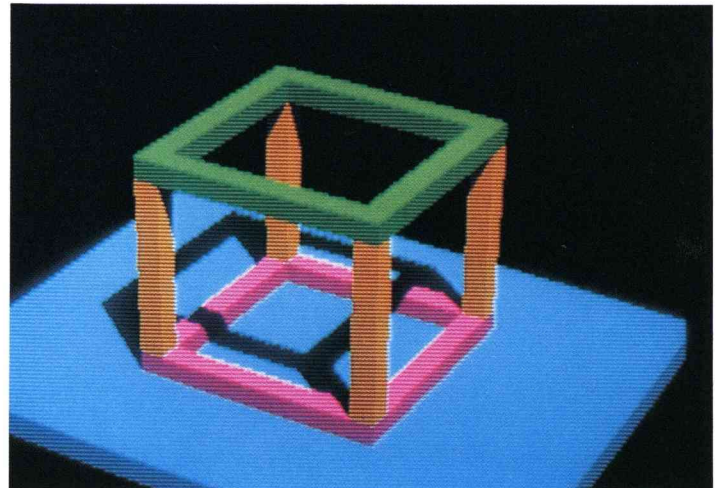


図3(a) 三次元図形, 柱

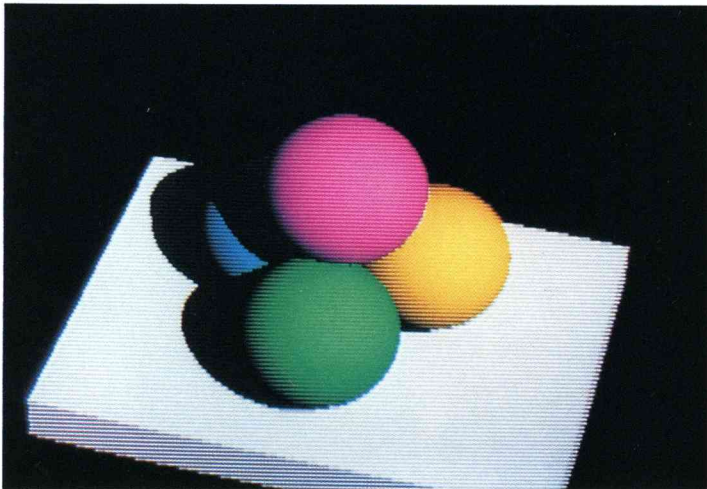


図3(b) 三次元図形, 球

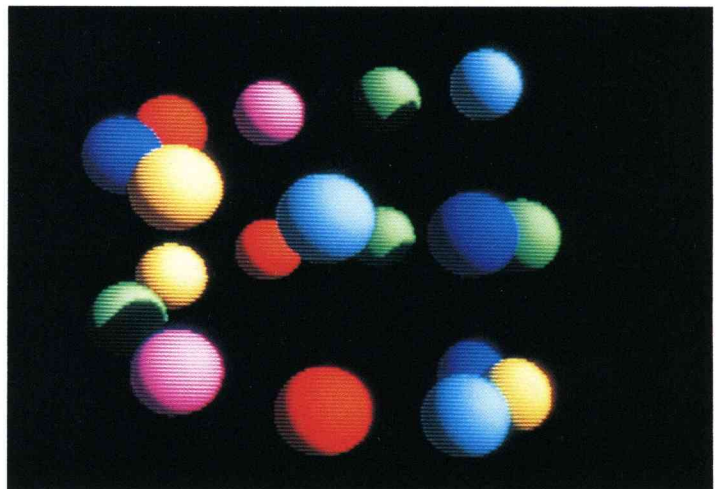


図3(c) 三次元図形, 多球





# 硬質塩化ビニル樹脂ライニングへのメチルアルコールの拡散

井口 高行・奥田 聡\*

Diffusion of Methylalcohol in Rigid PVC Lining

Takayuki IGUCHI and Satoshi OKUDA

The concentration distribution profiles of methylalcohol diffused into rigid polyvinylchloride resin were observed under the various temperature conditions and following results were obtained.

1) Diffusion process into lining maintained to uniform temperature was analyzed as a Fickian diffusion of the constant diffusion coefficient. The diffusion coefficient and saturated surface concentration were depended on experimental temperature.

2) Under the condition of existence of temperature gradient across the lining, the diffusion process of methyl alcohol was expressed by the concentration diffusion simply. And the acceleration effect on diffusion rate by the thermal diffusion was not observed.

## 1. 緒 言

高分子材料中へ周囲から拡散・浸入する低分子物質はその化学的作用、可塑化作用によって強度低下など、材料の耐久性に影響を与える。また高分子繊維の染色などでも低分子物質の拡散・浸入が重要な因子となる。高分子物質中への低分子物質の拡散挙動を調べるにあたって、単なる浸漬試験による質量の増加を測定する方法が一般に行なわれるが、この方法では高分子材料中の低分子物質の濃度分布が求まらず、より詳細な挙動を調べるには、どうしても材料中の濃度分布を求めることが望まれる。

高分子材料中へ拡散・浸入した低分子物質の濃度分布を測定する第1の方法は<sup>1)</sup>、低分子液体に一定時間浸漬した材料の横断面から直接濃度分布を求める方法で、屈折率法、X線などを用いたマイクロデンスitomーター法、X線マイクロアナライザーを用いる方法があり有力な方法であるが、高分子材料と低分子物質の組合せがある程度限定される。第2の方法はロールフィルム法のように低分子物質に浸漬後フィルム中の低分子物質濃度を

求め、濃度分布を測定する方法であって、フィルム状でない固体材料の場合には浸漬後の試料を表面から片削盤で削り出して<sup>2)3)</sup>、その試片中の低分子物質の濃度を求めてもよい。フィルムまたは試片中の低分子物質の濃度を測定するためには着目成分を蒸留水中に抽出するか、ラジオトレーサー法によって定量する<sup>4)</sup>。河口は硬質塩化ビニルフィルムを数十枚貼り合せ、濃硝酸に浸漬後フィルムを1枚ずつ引きはがして硝酸の定量を行い、硝酸の濃度分布曲線を得ている<sup>5)</sup>。

本研究では硬質ポリ塩化ビニル樹脂（以下 PVC）中への100%メチルアルコール液の拡散挙動を調べることを目的とした。すなわち PVC 中のメチルアルコールの濃度分布を実験から求めることによって、各温度での拡散係数と飽和濃度を知ることである。濃度分布を求めるには上記方法のなかで貼り合せ法を応用した。

また、高分子材料をライニング材として下地金属に貼り合せて使用する場合、高分子材料側が高温の液と接し、下地金属側がそれより低い温度に保たれている、すなわちライニング皮膜中に温度勾配の存在する条件下では、ライニング皮膜中への液の拡散・浸入が加速され、ふくれ、はく離などライニング皮膜の早期損傷の原因となる。この現象は以前より熱拡散現象として説明されてきた<sup>6)</sup>、また水蒸気拡散現象と呼ばれるものもこれと

\* 同志社大学工学部化学工学科

同じ現象である。本研究では温度勾配下での拡散についても実験を行い、PVC—メチルアルコールの系について、熱拡散の影響がみられるかについても検討した。

2. 試料および実験方法

PVC 中に拡散・浸入したメチルアルコールの濃度分布を求めるために、貼り合せ法<sup>5)</sup>を応用することとし、試料として厚さ約30μのPVCフィルムを10cm角に切り、質量を0.1mgまで測定したものを10枚重ね合わせて、ホットプレスした。プレスの条件は室温から約30分で110°Cに昇温、その状態を30分保った後にヒーターを切り、約1時間かけて室温まで放冷した。プレス時は厚さ300μのスペーサーと、熱板とはく離をよくするためにポリエチレンシートを用いた。この成形条件では、後でPVCフィルムを再び1枚ずつはがすことができ、また液と接触しなければ1枚ずつの質量は成形前と変わらないことを確かめた。この10枚のフィルムを貼り合わせた試料をできるだけ少量のエポキシ接着剤で、厚さ0.55mmの下地金属板に接着したものをライニング試料として実験に用いた。

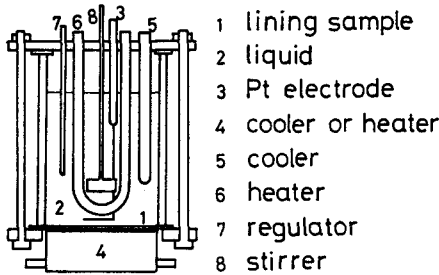


Fig. 1 Testing apparatus

実験装置はFig. 1に示すもので、作成したライニング試料の皮膜側を所定の温度のメチルアルコールと接触させた。ライニング材に温度勾配を設けず、一定温度で実験する場合には下地金属側は冷却器をつけずに保温した。ライニング材中に温度勾配を与える場合には下地金属側に所定温度の冷却水を流して一定の低温度に保った。

ライニング試料をメチルアルコールと所定時間接触させた後、実験装置から取りはずし、PVCフィルムを1枚ずつにはがし直ちに質量を測定し、ホットプレス前の質量からの増加分をライニング材中へ拡散・浸入したメチルアルコール量として濃度分布を求めた。フィルム1枚の質量は約400mg、質量の増加は最高で12mgであった。

3. 実験結果および考察

40°Cのメチルアルコールと100時間接触させたときのPVC中の濃度分布の測定結果をFig. 2に示した。ここでcはPVC中のアルコール濃度、xは拡散方向の深さであり、10枚のフィルムを貼り合わせているが10枚目は下地に接着しているのでも表面から9点の濃度分布が求まっている。Fig. 3は同様に20°C、500時間の結果である。本実験の浸漬条件は厚さ2lの板への拡散で表面濃度一定、拡散係数一定の場合には各時間の濃度分布の解はすでに解析的に得られている<sup>7)</sup>。初濃度は零とすると、

$$\frac{c}{c_0} = 1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} \exp\{-D(2n+1)^2\pi^2 t / 4l^2\} \cdot \cos\left(\frac{(2n+1)\pi x}{2l}\right) \dots\dots\dots(1)$$

ここでc<sub>0</sub>は表面飽和濃度、Dは拡散係数でt時間後の濃度分布を与える。これらの図中の実線は実験値に最もよく合致するようにc<sub>0</sub>、Dを決定したときの計算濃度分布曲線を表わしている。10、30、50°Cの実験結果についてもc<sub>0</sub>、Dを決定し、無次元化して実験結果を示したのがFig. 4である。この結果より本実験のPVC—メチルアルコールの系では表面飽和濃度が時間に依存せず一定であり、拡散係数が濃度に依存せず一定であると仮定したFick拡散として取り扱ってもよいことが明らか

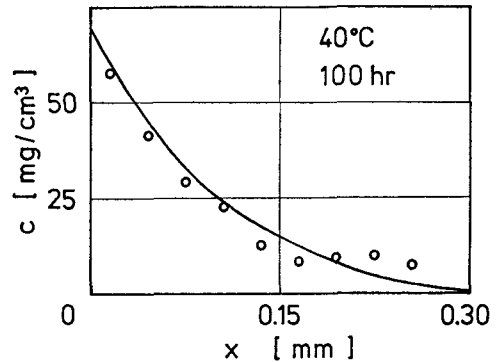


Fig. 2 Concentration distance curve at 40°C

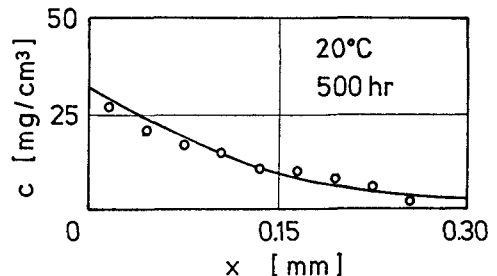


Fig. 3 Concentration distance curve at 20°C

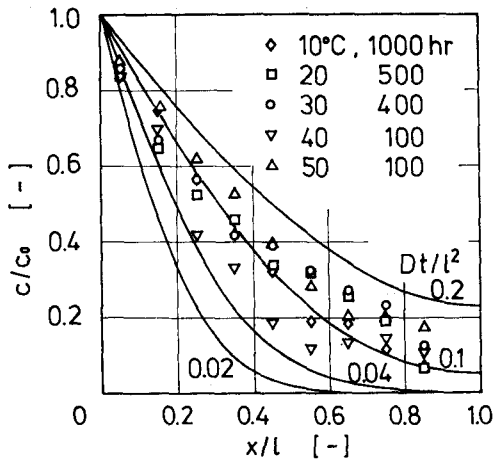


Fig. 4 Non-dimensional concentration distance data at various experimental conditions.

かとなった。このとき得られた拡散係数は Fig. 5 に示すように、アレニウス形で直線関係となった。この拡散係数は PVC—水系の約100分の1、PVC—HNO<sub>3</sub>系の約10倍で比較的拡散係数の大きい方に属すと考えられる。Fig. 6 は飽和濃度の温度依存性を示しているが、Fig. 5 と同様の関係が得られた。

以上、一定温度に保たれている PVC へのメチルアルコールの拡散挙動が明らかとなったので、この結果を用いて温度勾配下にある PVC ライニング材へのメチルアルコールの拡散・浸入について検討した。一般にライニング材に温度勾配があり、高分子材料によるライニング側が下地金属側より高い温度の液体に接していると、高分子ライニング材中へ速やかな液の拡散・浸入がおこり、ライニング材が早期に損傷を受けるといわれている。実験は Fig. 1 中の4の冷却器に冷却水を流し、下地

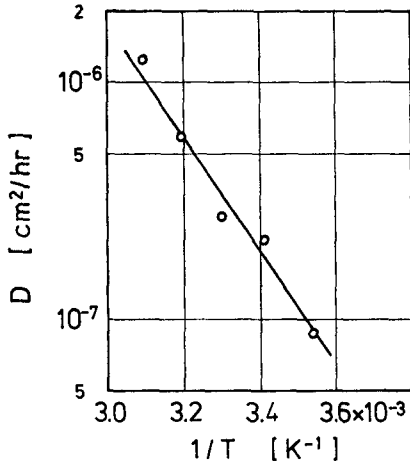


Fig. 5 Diffusion coefficients depended on temperature.

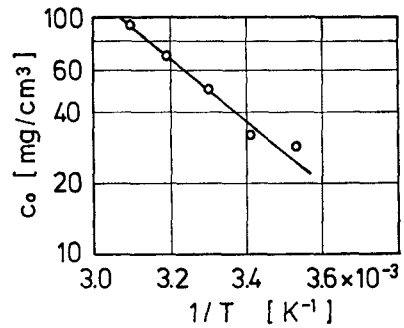


Fig. 6 Saturated concentration of methylalcohol in PVC at various temperature.

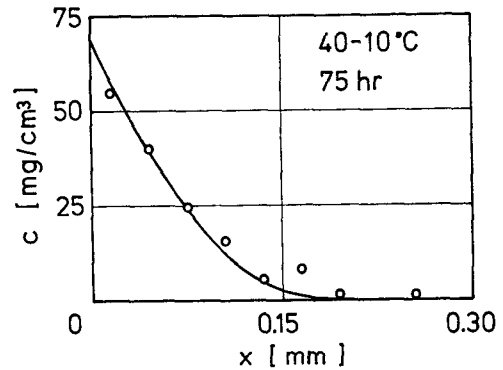


Fig. 7 Concentration distribution in lining under temperature gradient of 40-10°C.

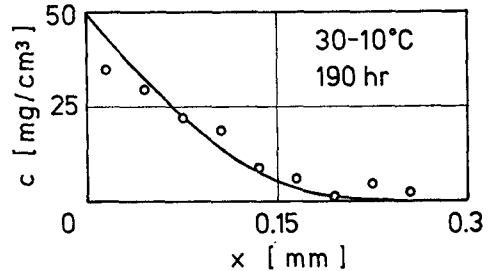


Fig. 8 Concentration distribution in lining under temperature gradient of 30-10°C.

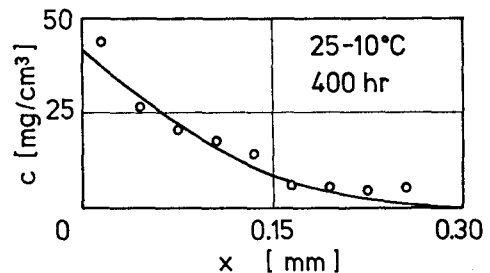


Fig. 9 Concentration distribution in lining under temperature gradient of 25-10°C.

金属材が10°Cの一定温度に保つようにした。液側はメチルアルコールを充分攪拌し、ライニング表面液温が40, 30, 25°Cになるそれぞれの温度で実験を行った。濃度分布の測定結果をFig. 7, 8, 9に示した。温度勾配下にあるPVC中へのメチルアルコールの拡散によって生じた濃度分布の計算値は次の方法によって求めた。拡散方程式

$$\frac{\partial c}{\partial x} = -\frac{\partial}{\partial x} \left( D(x) \frac{\partial c}{\partial x} \right) \dots\dots\dots(2)$$

において、拡散方向に温度が異なるので、拡散係数が $x$ に依存することになる。境界条件は

$$\left. \begin{array}{l} c=0, \quad 0 < x < l, \quad t=0 \\ c=c_0, \quad x=0, \quad t > 0 \\ dc/dx=0, \quad x=l, \quad t > 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

であるが、 $c_0$ も温度に依存するので、実験を行ったライニング側の液温での値を用いた。以上の条件で式(2)を差分化して数値計算を行った。なお、 $D$ ,  $c_0$ の温度依存性はFig. 5, 6から

$$D = 28.18 \exp \left( -\frac{10980}{1.987T} \right) [\text{cm}^2/\text{hr}] \dots\dots\dots(4)$$

$$C_0 = 1.173 \times 10^{-6} \exp \left( -\frac{6072}{1.987T} \right) [\text{mg}/\text{cm}^3] \dots\dots\dots(5)$$

を得て計算に用いた。ここに $T$ は絶対温度である。また、ライニング材中の温度勾配は直線的であると考えた。

$$dT/dx = k_2 \dots\dots\dots(6)$$

濃度分布の計算結果をFig. 7, 8, 9中に実験値と比較して示したが、両者はいずれの場合もほぼ完全に一致した。以上の解析では簡単に濃度拡散のみとして取り扱っているが実験値と合致したわけで、以前に温度勾配下の実験としてPVCライニングに水、フッ酸水溶液、エポキシライニングについて水、10%塩酸などについての実験結果では、いずれも温度勾配下で液浸入が加速され、濃度拡散のみでは説明できず、熱拡散の効果を考慮に入れなければならない。今回のPVC—メチルアルコール系の拡散機構が以前の実験の場合と異なる理由については今回の実験だけでは明らかでないが、以前の実験の液はいずれの場合も水を含んでおり、この点が拡散機構に影響を与えている可能性がある。以前に行ったPVC—水系の温度勾配下の拡散では熱拡散因子 $D_1 \cdot T/D = 36.2$  ( $D_1$ :熱拡散係数, 40°C)であった。今回の系についても仮に同程度の熱拡散を考慮に入れるとすると、40°Cでは $D_1 = 6.77 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{hr} \cdot \text{deg}$ となる。熱拡散を考慮に入れた拡散方程式

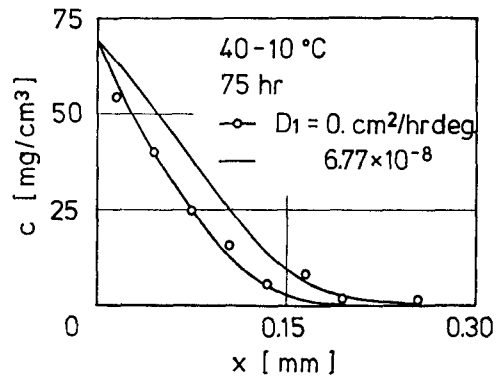


Fig. 10 Concentration distribution curves calculated considering the thermal diffusion under temperature gradient.

$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D(x) \frac{\partial c}{\partial x} + D_1 \cdot c \cdot k_2 \right) \dots\dots\dots(7)$$

を用いて40—10°Cの場合の75時間後の濃度分布を計算するとFig. 10の結果が得られ、測定値よりかなり過大に拡散・浸入しなければならないことになる。以上のことから温度勾配下のPVCライニング中へのメチルアルコールの拡散は濃度拡散によって説明でき、熱拡散の効果は無いが、有っても小さいと結論した。

#### 4. 結 言

PVCライニング材中へのメチルアルコールの拡散の濃度分布を測定し、次の結論を得た。

- (1) ライニング材が均一な温度での拡散は拡散係数一定のFick拡散と近似でき、拡散係数、飽和濃度は温度に依存する。
- (2) 温度勾配下のライニング材への拡散は濃度拡散によって表わされ、熱拡散の効果は観察されなかった。

#### Literature cited

- 1) Crank J., Park G. S., "Diffusion in Polymrs", Academic Press, London (1968).
- 2) 古賀満男, 河口英樹, 材料, **26**, 127 (1977).
- 3) 奥田聡, 井口高行, 岩瀬徳威, 化学工学協会第38年会予稿集, A314 (1973).
- 4) Marshall J. M., Marshall G. P., Pinzelli R. F., Prepr. Ann. Conf. Reinf. Plast. Compos. Inst., **37th**, 1-9C (1982).
- 5) 河口英樹, 材料, **32**, 482 (1983).
- 6) Okuda S., Iguchi T., SPE NTEC, 120 (1975).
- 7) Crank J., "The Mathematics of Diffusion", Clarendon Press, Oxford (1975).

[化学工学協会第48年会(昭和58年4月)にて発表]

# 遺跡出土木材の保存法に関する基礎的研究 (第2報)

含浸過程の解明へのX線吸収法の応用

石 垣 昭

Fundamental Study on the Conservation Method of Waterlogged Wood (II)  
Explanation of the Impregnation Process Using X-ray Absorption Method

Akira ISHIGAKI

The initial stage of PEG impregnation into waterlogged hardwood has been studied using X-ray absorption techniques. The X-ray absorption patterns of the photograms of some test pieces of the wood samples which immersed in a solution contained 20% PEG and 5% barium chloride have been investigated at regular time intervals. Then some typical behaviors of impregnation of the materials have been discussed on the initial stage of impregnation.

## 1. 緒 言

日本列島は地理的にみて亜熱帯から亜寒帯にいたる変化に富んだ気候区分地域に位置しており、しかも湿潤な気候であるため照葉樹林帯、落葉広葉樹林帯、針葉樹林帯が南部から北部にいたる間に分布し極めて変化に富む森林資源に恵まれている。したがって本格的に稲作技術が登場する弥生時代より以前の縄文時代よりこの森林資源の利用による独自の木の文化が形成され歴史時代の文化へと継承されていったことは想像にかたくない。しかし木質遺物は土器や金石器のような無機質ではなく有機質であるために腐朽、崩壊しやすく文化財として価値のある外観を保って出土する遺物が少なかった。しかし昭和30年代から文化財として価値のある木質遺物の発見が相次ぎ、さらに最近の発掘調査件数の急増とともに重要な木質文化財の発見が増加しつつある。さらに古環境に関する最近の研究成果はめざましいものがあり、花粉分析等により先史時代の植生の状態が解明され森林をめぐる当時の生活環境が学問的論議の対象となるなかで、木の文化に対する関心も近年次第に高まりつつある。

しかし、このような先史時代、歴史時代を通じての木の文化を研究するためには、それとともに研究の対象となる遺物を出土時の原形を保って永久保存するための技

術上の問題を解決する必要がある。わが国の木質遺物の保存処理技術は昭和30年代の平城宮跡より発見された多量の木簡や出土木材の保存を契機として現在国際的にみて高い水準に達している。しかし当面の出土物の保存法は確立されてきたものの、基礎的分野において未解明とされる部分も多くより優れた保存処理技術を開発するためにも地道な基礎研究を蓄積する必要がある。

本研究はこのような見地から出土木材の保存法として汎用されるPEG含浸法の含浸過程に焦点をあて造影剤を用いてX線吸収法により出土木材内部への薬液の浸透プロセスを解明する実験を試みた結果について報告する。

## 2. 研究方針

前報において20%PEG水溶液中における出土木材試料片への含浸液の浸透過程を含浸液中に吊下げた状態での重量の経時変化より追跡した結果を報告した<sup>1)</sup>。この結果、含浸初期を除くかなりの長期間にわたりその経時変化が指数函数的に変化することを立証した。しかし、この方法では含浸過程を全体としてとらえることは可能であるが、試料内部の局所的な含浸液の浸透過程をとらえることは難しい。そこで含浸過程を試料内部の含浸液の濃度分布としてとらえるため、液体クロマトグラフ

ィーとX線吸収法を応用することを試みた。さらにX線吸収画像を図形処理により三次元的に表現して、直覚的、定量的に判定する方法の可能性を追求した。

### 3. 実験方法

#### 3.1 試料および試薬

試料として奈良国立文化財研究所より提供された広葉樹出土木材片を使用した。樹種は特定できなかったが、その水分含有率は絶乾量に対して85%程度であった。PEG 4000 (分子量3,000)ならびに塩化バリウム結晶(2水和物)は試薬(和光純薬製)をそのまま使用した。

#### 3.2 PEG および塩化バリウム含有率の測定

PEGの定量は高速液体クロマトグラフ日立638-50型(日立製作所製)を使用し、分離用カラムはSHODEX-OH pak B803(排除限界分子量PEG  $4 \times 10^4$ )を採用し検出は示差屈折法によった。Ba<sup>2+</sup>の定量はPC指示薬によるキレート滴定法によった。

分析用試料は水中で細かく砕き、十分に水溶性成分を水中に移行させてから一定容量に希釈して分析に供した。特に、液体クロマトグラフィー用の水溶液は0.5μmの孔径のマイクロフィルターで濾過してから分析に供した。

#### 3.3 X線吸収測定用試料の調製とその含浸法

出土木材より調製した試料片(3×3×6 cm<sup>3</sup>)を図1に示すように切断し、それぞれ3×3×1.5 cm<sup>3</sup>の4個の試料片No. 1~No. 4とし、試料片No. 1~No. 3はX線吸収測定用試料に、またNo. 4は含水率その他の測定に使用した。

X線吸収測定用試料は3×3 cm<sup>2</sup>の両面にワセリンを塗りプラスチックフィルムを密着させクリップで固定してこの両面からの含浸液の浸透を阻止した。このように処置した各試料片は図1に示す矢印の方向が垂直になる

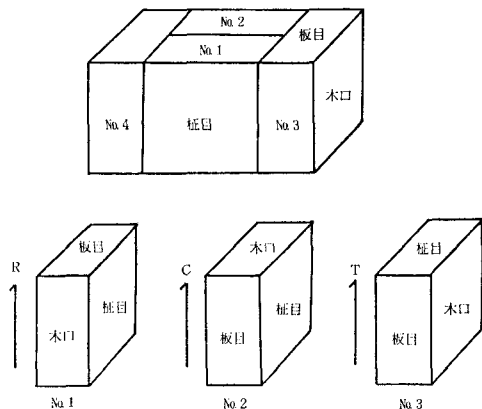


図1 X線照射用試料の調製と各試料の浸漬方向

ように5%塩化バリウムを含む20%PEG水溶液中に全体を浸漬した。浸漬中は一定時間経過ごとに試料をとり出しX線を照射し塩化バリウムの浸透状態を撮影した。なお浸漬は30°Cの恒温槽中で行った。

#### 3.4 X線照射条件の設定

X線装置としてチタン極管球を装着した超軟X線装置SOFTEX E-5型(島津製作所製)を使用した。チタン極管球を使用したのはX線吸収画像をより鮮明にするためである<sup>2)</sup>。

照射条件として厚み1.5 cmの試料片に対し25 kV, 5 mAの条件を選び15秒間照射した。この条件下では水分およびPEGは充分X線を透過するが塩化バリウム5%を含む水およびPEG溶液はほとんど透過しない。

X線フィルムはソフテックスHS(富士高感度フィルム)を使用し、X線源より24 cmの距離に黒色の袋に入れたフィルムを置き、厚み1.5 cmの試料をその上に密着させて置き照射した。

#### 3.5 X線吸収画像の濃淡分布の測定

X線照射後、一定条件下で現像定着処理をしたフィルム上の吸収画像の濃淡を定量的に求めるため、未感光部分の透過率を100%として光電管を用いて各部分の光学密度(OD)を測定した。測定はデンストロールDMU-33C型(東洋科学産業製)を使用した。

## 4. 結果と考察

#### 4.1 含浸1週間後のPEG濃度の分布

出土木材をPEGで含浸する際、PEG溶液がどのような過程を経て内部に浸透してゆくかについて知るために、局所的なPEGの濃度分布を調べた例は少ない<sup>3)</sup>。そこで、PEG水溶液に一定時間浸漬した出土木材につき内部の濃度分布を調べた。3×3×3 cm<sup>3</sup>の試料片を用い、木口面が水平となるよう25°Cの定温下20%PEG溶液に1週間浸漬してから取出し、各辺毎に3等分して一辺が約1 cmの立方体に切断し合計27個の各細片に含まれているPEGの量を測定してその分布を調べた。この結果をまとめて図2に示す。この結果より次に示す事実が判明した。

第1点は一般的傾向として含浸液と接触面積の広い部分ほどPEG濃度が高い。これはPEGの浸透が表面よりの内部への拡散によるためといえる。この事実は表面の凸凹の多い出土木材ほど表層での濃度むらを生じやすいことを示唆する。

第2点は試料内部へのPEGの浸透は単なる拡散のみではなく、内部の水分とPEG溶液の比重(20%溶液の比重1.047)の差による対流にもとづく流動現象によっ

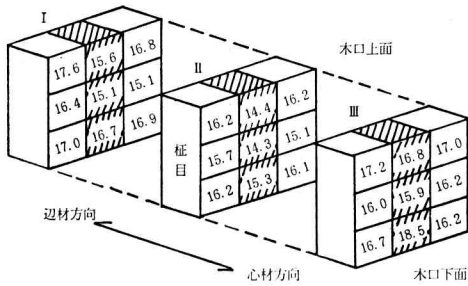


図2 切断した各ブロック内の PEG 含有率 (%)  
(20%PEG 含浸 25°C, 1 週間後)

でもおこることである。このことは図2の各断面（I～III）の上下方向の中心部（斜線の部分）において何れも最下層よりも最上層の方が PEG 濃度が低い傾向のあることから示唆される。このため立方体の試料内部の PEG の分布は異方性を示す。このことは含浸不十分な試料の異方性の収縮現象を解明する手がかりとなる。

4.2 X線吸収法による含浸初期過程の解明

前項では含浸液の大まかな浸透状態を調べたが、さらに細部にわたり含浸液の浸透状態を調べる目的でX線造影剤として塩化バリウムを含む20% PEG 溶液中で出土木材への造影剤の浸透過程を経時的に調べた。実験の項にも述べたように二次元的な浸透過程を対象とした。今回の実験では含浸開始直前から50時間後までの各段階の含浸液中の造影剤の浸透状態をX線写真により調査研究した。ここでは代表的な例として2時間経過後のX線写真を図3に示す。また図4に、図3中の試料 No.2のX線写真の濃淡の光学密度を点線に沿って測定した結果を同一の試料で測定した1時間、4時間、25時間および50時間後の結果とともに比較して示す。

図3に示すように全ての試料には虫害によると推定される空洞が認められる。これらは外観からは判定できない。したがって遺跡等から発掘される出土木材も当然このような複雑な内部構造を持つと考える必要がある。

このように複雑な内部構造を持つ出土木材中への薬液

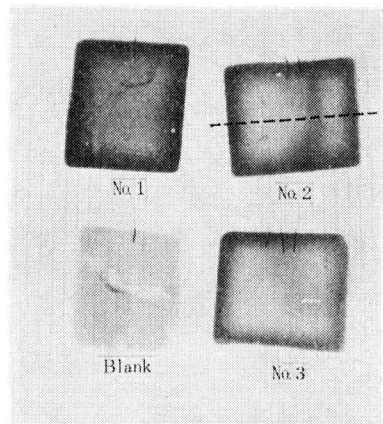


図3 含浸処理2時間後のX線写真（陽画像）  
(20% PEG, 5% BaCl<sub>2</sub> 含有液中, 30°C)

の浸透を含浸直後から50時間にわたりX線的に追跡してわかることは表面からの薬液の拡散とともに空洞部分を通じて密度差による薬液の貫流がおり、この貫流部分よりの二次的拡散により表層と内部の薬液濃度が次第に増加してゆく過程がはっきりと観測できる。(図3 および図4 参照)

しかし逆に貫流現象のみられない空洞を持つ場合もある(図3の試料No.1参照)。この空洞も時間の経過とともに次第に薬液が浸透してゆくの、この空洞中には当初、薬液の浸透に抵抗を示すようなゲル状物質が充填していることが推測できる。

図4でも明らかなように含浸25時間後ではX線写真上の造影剤の濃度むらは非常に少なくなっている。これが50時間後では光学密度が0.1程度の一様な濃度を示すようになる。この状態でも濃度が均一となっているとは必ずしもいいきれないが含浸開始直後よりも25時間前後から一辺3cm角程度の試料片では内部の含浸液の濃度の極端なバラツキがなくなってくることを示す。この事実は前報<sup>1)</sup>に示したように含浸液中で3×3×3cmの試料片の重量変化曲線が25時間前後から指数函数的に変化しはじめることと付合しており興味深い。

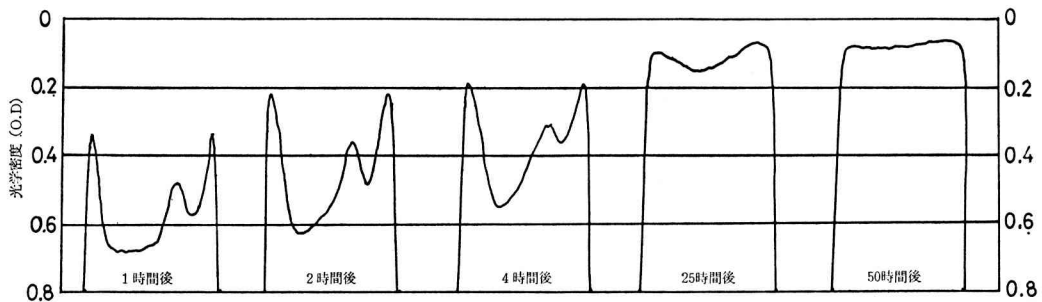


図4 同一試料で測定したX線写真（陰画像）濃淡分布（図3, No.2 点線方向での経時変化）

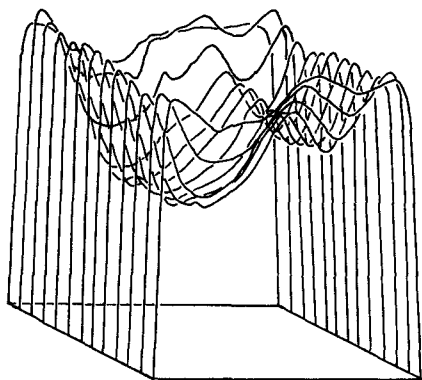


図5 X線画像濃淡分布の三次元図形  
(試料 No. 2, 含浸処理 2 時間後)

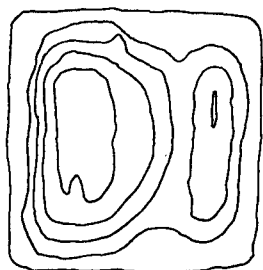


図6 X線画像濃淡分布の等高線図  
(試料 No 2, 含浸処理 2 時間後)

上述のように25時間以降の僅かな濃度の差はX線フィルムの感光特性からフィルムの黒化度より定量的に判定することが困難となってくる。しかし、初期からの一連のX線写真を調べると数時間含浸後に認められる濃淡の分布はその後引き続き相対的に持続することから、長時間経過後も初期に含浸がおくれる部分は相対的に濃度が低いと考えることができる。したがって数時間経過後の濃度分布を把握すれば、その後の含浸状態を予測する手がかりが得られよう。そこでX線フィルム上の局部的

な濃淡の分布を三次元的に表現する手法により、一定の濃度領域に対応する光学密度の等しい領域を求めて、濃度等高線を求めた。

図5に2時間含浸後の試料 No. 2 のX線写真(図3の No. 2 参照)に基づく三次元の図形を、また図6にはこれをもとにした一定濃度範囲を示す等高線図を示す。この等高線図を詳細に調べると興味ある事実が認められるが、色々な事例について検討をする必要があり現在検討を進めている段階である。

次に、この等高線で示される濃淡の分布が果して本研究の目的である PEG の濃淡分布を正確に反影しているかが問題である。この点を解明するため25時間含浸後の試料片についての各部分の PEG とバリウムイオン濃度を分析した。この結果、バリウムイオンは比較的内部まで浸透しているが、PEG はこれよりやや内部への浸透が遅れる事実が判明した。したがって図6の濃度等高線はバリウムイオン濃度に対応し、必ずしも PEG の浸透状態を正確に反影していないが、薬液の浸透機構を解明する手がかりを得ることはできる。なお、正確な PEG の浸透状態を調べるための新X線造影剤を現在開発中である。

## 謝 辞

本研究は昭和58年度特定研究経費によって行った。本研究の遂行にあたり貴重なご意見を戴いた奈良国立文化財研究所保存工学研究室の沢田正昭、秋山隆保両氏に厚くお礼申し上げる。また卒業研究を通じて協力を得た木下太司君(日本触媒化学工業株)に感謝する。

## 文 献

- 1) 石垣昭, 奈良高専研究紀要, 19号, p. 39 (1983)
- 2) 花崎文一ほか, 応用物理, 51巻, p. 848 (1982)
- 3) P. Hoffmann, Studies in Conservation, 28, 189 (1983)



# 被膜修飾白金電極による塩素イオンのアノード酸化に対する選択的抑制効果

泉 生 一 郎

Selective Inhibitory Effect of a Film-modified Platinum Electrode on Anodic Oxidation of Chloride Ion

Ikuichiro IZUMI

The modified platinum electrode was electrolytically prepared in a phenolic potassium hydroxide solution. In voltammetric experiments, the electrode covered with electronically conducting film showed the inhibitory effect on the anodic oxidation of  $\text{Cl}^-$  ion in acidic solutions. The inhibitory effect became effectively larger with increasing phenol concentration and/or modification time in electrolytic modification onto the platinum electrode surface. In contrast to the case with  $\text{Cl}^-$  ion, the electrode showed little inhibitory effect on the anodic oxidation of  $\text{NO}_2^-$  and  $\text{I}^-$  ions.

## 1. 緒 言

一般に電極反応は、電解質、溶媒、温度、電極の種類と表面状態などの電解条件により、その生成物の種類や反応速度に影響を受けることが多い。特に、電極反応では電極と電解液との不均一界面で電子の授受が行われるため、電極の表面状態がもっとも重要な因子になると考えられる。この電極の表面状態に変化を与えて、光電気化学反応、電極反応の促進または抑制、電極被覆膜の電気化学的制御、電解合成反応、そして各種センサーなどに応用することができる<sup>1)~7)</sup>。このような機能性をもたせた電極材料は、1975年、光学活性フェニルアラニン<sup>8)</sup>を化学修飾させたグラファイト電極により、Millerら<sup>9)</sup>が不斉電解還元を行って以来、将来性が期待され、開発研究が活発に行われている。

筆者らはすでに、アルカリ溶液中、白金電極でのフェノールのアノード酸化において、高濃度のフェノール溶液では主として電極上での被膜形成が起こることを報告した<sup>9)</sup>。そこで本研究では、白金電極表面をフェノールのアノード酸化生成物被膜で修飾した電極を調製し、こ

の被膜電極を用いて塩素イオンのアノード酸化について検討を行った。その結果、この被膜電極によって、塩素イオンのアノード酸化が選択的に抑制されることを見出したのでここに報告する。

## 2. 実 験

### 2.1 線型電位走査法によるボルタンメトリー

線型電位走査法によるボルタンメトリーは、柳本製作所製ポテンシオスタット (V8型) により電位走査速度  $60.6 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$  で実施し、X-Y レコーダーで電流-電位曲線を描かせた。測定は、作用極として白金線電極 (特に断らない限り  $1 \text{ mm}\phi$  で  $1 \text{ cm}$  の長さのもの)、対極として平滑白金板 ( $3 \text{ cm}^2$ ) をそれぞれ使い、ガラス製H型セル中で、液温を  $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$  に保って行った。なお電極電位は、基礎液が  $1 \text{ N}$  硫酸のときに飽和甘コウ電極基準 (vs. SCE) で、 $1 \text{ N}$  水酸化カリウムのときに酸化水銀電極基準 (vs.  $\text{Hg}/\text{HgO}$ ,  $1 \text{ N}$  KOH) で表した。

### 2.2 被覆電極の調製

既報<sup>9)</sup>で述べたように、アルカリ溶液中、白金電極でのフェノールのアノード酸化は、電流-電位曲線におい

て 0.5V 付近でのピーク電流として観察される。このピーク電流は、電位走査の繰り返しによって電極表面に黄褐色の樹脂状被膜が形成しフェノールの酸化が抑えられるため急速に低下する。Fig. 1 には 0.05M フェノールを含む 1 N 水酸化カリウム溶液についての電流-電位曲線を示した。以上の結果に基づいて、一定濃度のフェノー

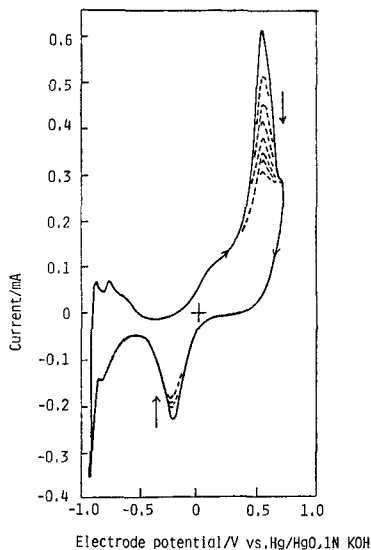


Fig. 1 Current-potential curves of 0.05 M phenol in 1N KOH on smooth platinum electrode (1 mm $\phi$ , 8, 9 mm)

ルを含む 1 N 水酸化カリウム溶液を電極修飾用の電解液とし、ポテンシオスタット（北斗電工製 HA-211 型）を用いて一定時間 0.5V に保ち、電解後、水洗、乾燥させることによって被膜電極を調製した。なお被膜電極は繰り返し使用することを避け、その都度 0.4 Hz のパルス印加による電解で被膜を落とし、新たに調製し直した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 塩素イオンのアノード酸化に対する被膜電極の反応抑制効果

1 N 硫酸を基礎液とし、これに 2 mM の塩酸を加えた水溶液の未修飾白金電極についての電流-電位曲線を Fig. 2 に示した。この図において、1.15V からの塩素イオンのアノード酸化に基づく急激な電流の立ち上がり、それに対応したカソードピーク電流が明瞭に現われている。これらは、次式で表わされるレドックスカップルに相当するものと考えられる。なお、0.5V 付近から

$$2Cl^- \rightleftharpoons Cl_2 + 2e^- \quad (1)$$

の白金酸化層形成に起因するアノード電流の立ち上がり

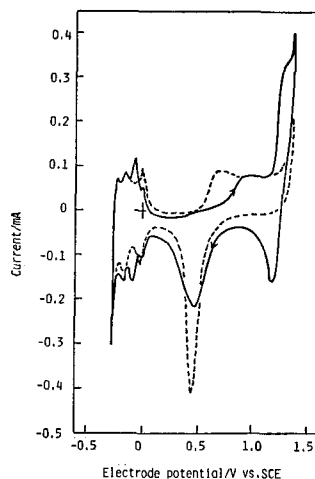


Fig. 2 Current-potential curves in 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on smooth platinum electrode  
 ..... : Without hydrochloric acid,  
 — : With 2 mM hydrochloric acid

が抑えられているのは下記のような理由によるものと考えられる。すなわち、従来、白金酸化層形成の前半の過程では OH や O<sup>-</sup> などの分極性の強いものが電極面にゆるく吸着し、後半の過程において非分極性の oxide 構造 (PtO あるいは PtO<sub>2</sub>) に移行するのではないかとの説が出されている<sup>10)</sup>が、この説に従って、前半の吸着過程で塩素イオンの吸着が介入し、結果的に酸化層形成が抑えられることになるためであろうと考えられる。

Fig. 3 には、フェノールを含む 1 N 水酸化カリウム溶

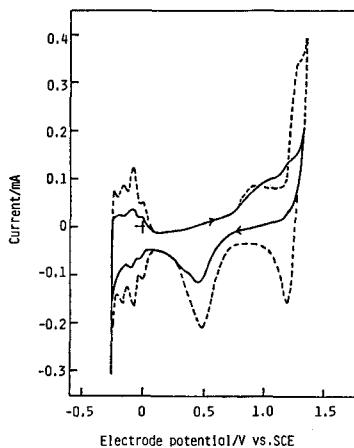


Fig. 3 Current-potential curves of 2 mM hydrochloric acid in 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 ..... : Smooth platinum electrode,  
 — : Platinum electrode modified by electrolytic oxidation in 0.4M phenol for 40 min

液中で電解して得られた被膜電極での、2 mM 塩酸を含む 1 N 硫酸溶液についての電流-電位曲線を示した。この図から明らかなように、被膜電極では、塩素イオンのアノード酸化に基づく電流およびそれに対応したカソードピーク電流が低下し、0.4 M フェノール溶液中で40分間電解して作った被膜電極では、ほぼ完全に(1)式の酸化還元反応が抑制されることが分った。

Fig. 4 は塩素イオンのアノード酸化に対する反応抑制効果を、各種濃度のフェノール溶液中での被膜修飾時間を変化させることによって調べたものである。図において反応抑制効果を、塩素イオンのアノード酸化が進行している電位にある 1.3V において、2 mM 塩酸溶液中、被膜電極でのアノード電流 ( $I_m$ ) と基礎液中、未修飾電極でのアノード電流 ( $I_0$ ) との比で表わした。したがって、この比 ( $I_m/I_0$ ) が 1 となったときに、被膜電極によって上記反応が完全に抑えられたことになる。図の中で見られるように、被膜修飾時間が10分以上では、修飾用電解液中のフェノール濃度が高くなるにつれ、また修飾時間が長いほど反応抑制効果が大きくなった。このことから、電極への被膜修飾量が多くなるほど、塩素イオンのアノード酸化が効果的に抑制されるものと見なすことができる。しかし、修飾時間が短い場合、たとえば5分間では、修飾用電解液中のフェノール濃度が高くなるほど反応抑制効果は低下した。これは十分な時間をかけて修飾がなされないと、被膜中に修飾用電解液中のフェ

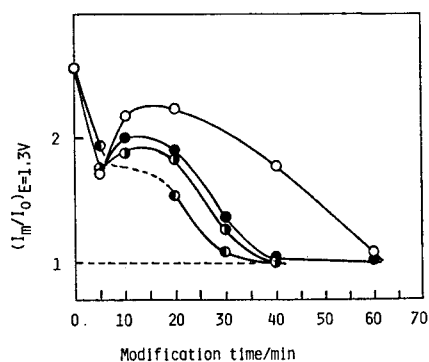
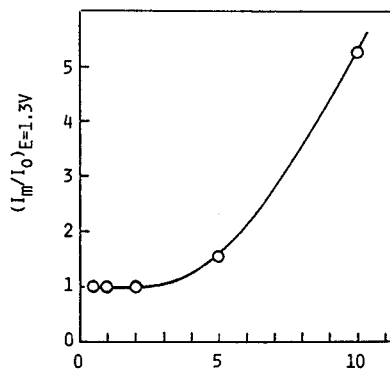


Fig. 4 Inhibitory effect for anodic oxidation of chloride ion on film-modified platinum electrode

$I_0$ : Anodic current at 1.3V in 1N  $H_2SO_4$  on smooth platinum electrode

$I_m$ : Anodic current at 1.3V on film-modified platinum electrode

Concentration of phenol for electrolytic modification; ○: 0.1 M, ●: 0.2 M, ●: 0.3 M, ●: 0.4 M



Concentration of hydrochloric acid/mM

Fig. 5 Inhibitory effect for anodic oxidation of chloride ion on film-modified platinum electrode

The electrode was prepared by electrolytic modification in 0.4 M phenol for 40 min.

ノール濃度に依存して未反応フェノールが残存し、そのアノード酸化が起こることによるため、このことは Fig. 3 で、塩素イオンのアノード酸化が始まる直前の約 1.1V におけるアノード電流を比較することによっても支持される。また、パルス印加による電極の前処理で電極から離脱した樹脂状被膜を集め、アルカリ溶液に溶解した成分について紫外線吸収スペクトルを調べたところ、フェノールの特性吸収 (212, 234, 286nm) が観察された。以上のことから、フェノール溶液中での電極への被膜修飾時間を十分にとれば、塩素イオンのアノード酸化が完全に抑えられるものとみられた。

この反応抑制効果の塩酸濃度依存性を調べたのが Fig. 5 である。0.4 M フェノール溶液中、40分間電解して作った被膜電極では、塩酸濃度が 2 mM 以下で塩素イオンのアノード酸化が完全に抑制され、それより濃度が大きくなると、被膜自身の破壊が進行し、抑制効果が低下した。

なお、本項の実験結果はいずれも、10数回の電位走査で得られた電流-電位曲線をもとにしてまとめたものである。

### 3.2 被膜電極について得られたその他の知見

前項では、低濃度塩酸溶液での、被膜電極による塩素イオンのアノード酸化抑制を述べたが、さらに高濃度塩化ナトリウム溶液を用いて検討を行った。Fig. 6-a で明らかなように、 $-0.90V \sim 1.10V$  の電位範囲で電位走査を繰り返して、(1)式の酸化還元反応に基づくピーク電流が現われるまでに数えた走査回数(被膜電極の寿命に相当)は、溶液中の塩化ナトリウム濃度が高くなるにつれ急激に減少する。この 0.05 M フェノール溶液から調製

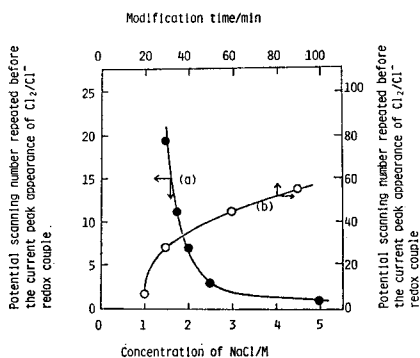


Fig. 6 Electrochemical stability of film-modified platinum electrode

(a): Modified for 20 min, (b): With 2 M NaCl.

した被膜電極でも、被膜修飾時間を長くすれば、さらに安定したものになることが Fig. 6-b から明らかである。従って、前項で述べたように、フェノール溶液中での電極への被膜修飾時間を十分にすれば、高濃度塩化ナトリウム溶液中においても安定な被膜電極となるはずである。

次に、塩素イオン以外の、酸素発生電位までにアノードピークを生じる陰イオン（亜硝酸イオンとヨウ素イオン）について、被膜電極を適用した。亜硝酸イオンのアノード酸化<sup>11)</sup>はともかくとしても、塩素イオンと類似の電気化学的挙動を示すと思われるヨウ素イオンのアノード酸化に対しても、塩素イオンのアノード酸化を完全に抑制する被膜電極によって、アノードピーク電流はわずかに低下するだけであった。また、被膜電極による基礎液についての電流-電位曲線は、溶存酸素および白金酸化層の還元に基づくカソードピーク電流の低下が見られる以外、未修飾電極との間に大した差異を生じなかった。このようなことから、本研究で調製した被膜修飾電極は、塩素イオンに対して選択的に反応抑制するものと考えられた。

#### 4. 結 言

機能性をもたせた電極材料の開発を目的として、白金電極表面をフェノールのアノード酸化生成物被膜で修飾した電極を調製し、この被膜電極を用いて塩素イオンのアノード酸化に対する反応抑制効果を検討した結果、以下の結論を得た。

(1) 一定濃度のフェノールを含む 1 N 水酸化カリウム

溶液中で、一定時間 0.5 V に保って電解した後、水洗、乾燥させることによって被膜電極を調製した。

(2) 被膜電極では、塩素イオンのアノード酸化電流およびそれに対応したカソードピーク電流が低下した。

(3) 電極への被膜修飾量が多いほど、したがって修飾用電解液中のフェノール濃度が高く、被膜修飾時間が長いほど、塩素イオンのアノード酸化が効果的に抑制された。

(4) 被膜修飾時間が短かいと、被膜中に未反応フェノールが残存し、そのアノード酸化が起こる。

(5) 低濃度塩酸溶液中で、塩素イオンのアノード酸化を完全に抑える被膜電極であっても、高濃度溶液になると、被膜自身が破壊し抑制効果が低下した。

(6) フェノール溶液中での被膜修飾時間を十分にすれば、高濃度塩化ナトリウム溶液中でも反応抑制効果を有する、安定な被膜電極となり得ることが示された。

(7) この被膜電極は塩素イオンに対して選択的に反応抑制する特性を有し、亜硝酸イオンやヨウ素イオンなどではそのような効果は見られなかった。

以上のように、本研究で調製した被膜修飾電極は、塩素イオンの放電に対し、選択的に不活性な電極となっていることから、金属防食や、海水の電気分解による水素製造などへの応用が期待できる。

本研究を行うにあたって、実験に協力していただいた本校大西康幸技官を始め、中野義彦、道畑日出夫の諸氏に深く感謝致します。

#### 文 献

- 1) 小山昇, 金子正夫, 坂田忠良, 藤嶋昭, 藤平正道, 米山宏, 渡辺政広, 電気化学 **51**, 502 (1983).
- 2) 長哲郎, *ibid.* **49**, 380 (1981).
- 3) 水谷文雄, *ibid.* **52**, 76 (1984).
- 4) 小山昇, 松田博明, *ibid.* **49**, 396 (1981).
- 5) 板谷謹悟, 柴山乾夫, 外島忍, *ibid.* **49**, 400 (1981).
- 6) 田里伊佐雄, *ibid.* **49**, 387 (1981).
- 7) 長哲郎, 藤平正道, 化学増刊 **86**, p. 7 (1980), 化学同人。
- 8) B. F. Watkins, J. B. Behling, E. Kariv, L. L. Miller, *J. Am. Chem. Soc.* **97**, 3549 (1975).
- 9) I. Izumi, M. Ōue, A. Kunugi, *Mem. Fac. Eng., Osaka City Univ.* **21**, 131 (1980).
- 10) 柴田茂雄, 角野雅恵, 電気化学 **37**, 336 (1969).
- 11) I. Izumi, A. Kunugi, S. Nagaura, *Denki Kagaku* **40**, 358 (1972).

# 多孔板塔の流動特性

河 越 幹 男

Characteristics of Flow in a Perforated Plate Column

Mikio KAWAGOE

The flooding and loading velocities, and liquid holdups on plates were measured for a perforated plate column without downcomer, using plates having large diameter of holes and free area. The flooding and loading points were determined from the plot of total pressure drop versus gas velocity. The flooding velocities obtained were somewhat lower than the ones in previous works for low liquid flow rates, and in good agreement with those for high liquid flow rates. The loading points agreed well with the correlations in earlier investigations. However, the liquid holdups in the present work could not be correlated by any correlation in recent studies, and were found to be smaller than those correlations.

## 緒 言

多孔板塔は蒸留、ガス吸収などに広く用いられている気液接触装置であり、最近では排水処理などの分野でも注目されている<sup>1)</sup>。この装置は構造が簡単で安価であり、塔型であるため設置面積が少なく、かつ多量のガスを処理できるなどの利点を持っている。

本研究では、最近多く用いられるようになってきた孔径、開孔比が大きく、かつ溢流部のない多孔板塔<sup>3,4)</sup>の安定操作範囲及び多孔板上の液停滞量を測定し、従来の結果と比較、検討した。

### 1. 実験装置及び方法

実験装置の概略を Fig. 1 に示した。用いた多孔板塔は内径 159 mm、高さ 500 mm のガラス製円筒である。測定を簡単にするためトレイは 1 段とした。ガスを均一に多孔板に供給するため、Fig. 1 に示したように、塔下部の外壁に長さ約 30 mm、内径 10 mm のパイプを 64 本取り付け、これを通してガスを供給した。用いた多孔板はステンレス製で、Table 1 に示した 5 種類である。孔径は 5~25 mm、開孔比は 7.1~17.4 % と変えた。板厚は全て 2 mm である。

実験系は空気-水系であり、実験はすべて室温で行った。

ガスはブローアによって圧送され、ロータメータにより計算されて塔底に入る。液は、ロータメータにより流量を測定した後、塔頂部に設けた液分散器により段上に均一に供給される。

全圧損  $\Delta P_T$  は塔壁に取りつけたタップにマノメータを連結して測定した。多孔板上の液停滞量は液の流入、流出を同時に止めたのちガスを止め、多孔板上の液を塔底から取り出してその容量をメスシリンダーで計量した。この液停滞量を塔断面積で割り、清澄液高さ  $H_L$  とした。

## 2. 実験結果

### 2.1 ガス流速による流動状態の変化

Fig. 2 に全圧損  $\Delta P_T$  の空塔ガス流速  $u_G$  による変化を示した。流動状態はガス流速の増加と共に大略次のように変化する。低ガス流速では、液は多孔板上にほとんど停滞せず、孔から直接流下する。この場合、全圧損は液を流さない場合の乾き圧損とほとんどかわらない。ガス流速が大きくなると、孔を通過する際のガスの運動量が増加するため、ガスが孔を流下する液を上方に押し上げるようになり、ついにあるガス流速以上では液が段上に停滞し始める。このとき、孔面に液膜が形成され、これがガスによって破壊されるため、特徴のある音響を発する。このガス流速をローディング速度と呼ぶ。Fig. 2 に示した A 点がこれである。ローディング速度以上では、

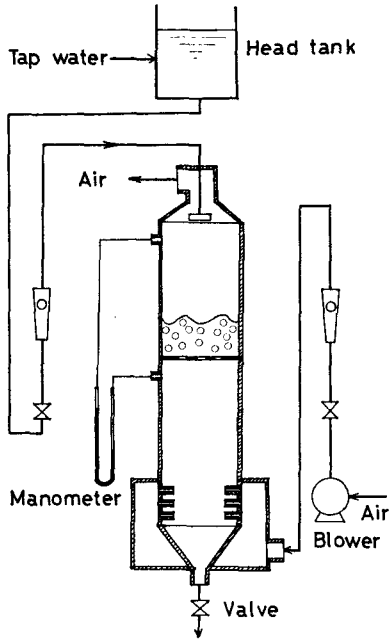


Fig. 1 Experimental set-up

Table 1 Details of perforated plates used

Plate No.	Hole dia. [mm]	Number of holes [-]	Free area [-]
1	5	120	0.119
2	10	18	0.071
3	10	36	0.142
4	15	18	0.160
5	25	7	0.173

段上の液停滞量はガス流速と共に徐々に増加し、これに伴って全圧損  $\Delta P_T$  も漸増する。さらにガス流速を大きくしていくと、あるガス流速で全圧損が急激に増加し始める。同時に、塔頂からのエントレインメントが認められるようになる。このガス流速は Fig. 2 の B 点で示される。これをフラッディング速度と呼ぶ。フラッディング速度以上ではエントレインメントの量がガス流速の 2~3 乗に比例して急増するため、この領域で操作することは事実上不可能になる。

2.2 フラッディング速度

フラッディング速度に関しては、幾つかの相関式が提出されている。高橋ら<sup>6)</sup>は充填塔に対するフラッディング速度とのアナロジーから段塔に対する相関式を求めている。また、木村ら<sup>3)</sup>及び Krötzsch ら<sup>4)</sup>はそれぞれ次元解析によって実験的に相関式を求めている。Table 2 にこれらをまとめて示した。これらの相関式はいずれ

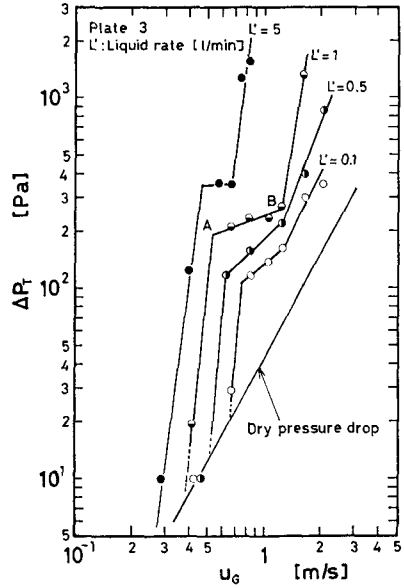


Fig. 2 Plots of total pressure drop against superficial gas velocity

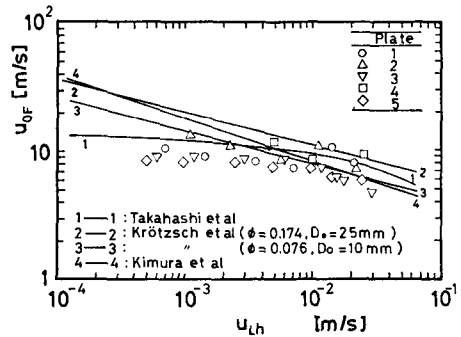


Fig. 3 Correlation of flooding velocity of gas

も、特定の気液系に対する孔面積基準のフラッディング速度  $u_{OF}$  は主に通孔液流速  $u_{Lh}$  で決まることを示している。Krötzsch らは孔径、開孔比の影響を認めているが、その影響は小さい。それぞれの相関式を通孔時のフラッディング速度  $u_{OF}$  と液の通孔流速  $u_{Lh}$  を使い、水-空気系の場合について変形すると次式がえられる。

Eq. (1) から、

$$u_{OF} = 18.8 \exp\{2.9/\ln(1.53 u_{Lh})\} \tag{4}$$

Eq. (2) から、

$$u_{OF} = 0.95(\phi^2 D_0)^{-0.13} u_{Lh}^{-0.26} \tag{5}$$

Eq. (3) から、

$$u_{OF} = 1.82 u_{Lh}^{-1/3} \tag{6}$$

Table 2 Correlations for flooding and loading velocities, and liquid holdups in previous investigations

Flooding velocity:	
Takahashi et al <sup>6)</sup>	
	$\ln[u_{LF}\sqrt{S_F/g}] \ln[u_{GF}\sqrt{(S_F/g)(\rho_G/\rho_L)}] = 2.9$ , where $S_F = 23/\phi^2$ (1)
Krotzsch et al <sup>4)</sup>	
	$u_{GF}/\phi = 3.27(We)^{-0.13}$ , where $We = u_L^2 D_0 \rho_L / \sigma$ (2)
Kimura et al <sup>3)</sup>	
	$u_{OF}\sqrt{\rho_G/\rho_L}/\sqrt{gl} = 1.5(L/G)^{-1/4}$ , where $l = \sqrt{2g\sigma/\rho_L}$ (3)
Loading velocity:	
Kröttsch et al <sup>4)</sup>	
	$u_{OL}/\sqrt{gD_0} = 4.8(We)^{-0.08}$ (7)
Kimura et al <sup>3)</sup>	
	$u_{OL}\sqrt{\rho_G/\rho_L}/\sqrt{gl} = 0.75(L/G)^{-1/6}$ (8)
Liquid holdup:	
Hiratsuka et al <sup>1)</sup>	
	$H_L = (0.0013 + 0.0019(L/G))u_{Gh}$ (11)
Kawagoe et al <sup>2)</sup>	
	$Eu = 0.024(Fr)^{-0.6}\phi^{-1}(L/G)^{1.47}$ , where $Eu = \rho_L g H_L / \rho_G u_{Gh}^2$ , $Fr = u_{Lh}^2 / g D_0$ (12)
Kimura et al <sup>3)</sup>	
	$\phi g H_L / u_{Gh}^2 = 0.0018(L/G)^{2/3}$ (13)

Fig. 3 に本実験から得られたフラッディング点のデータを  $u_{OF}$  対  $u_{Lh}$  の形でプロットし、Eqs. (4)~(6) と比較した。低液流速領域ではほぼ一定値を示し、高橋らの相関式と傾向はよく合っている。液流量が大きくなると、いずれの相関式もほぼ同程度の値を示し、本実験値と測定誤差内で一致していることがわかる。

### 2.3 ローディング速度

Kröttsch<sup>3)</sup>、及び木村ら<sup>4)</sup>はローディング速度に対する相関式を Table 2 に示す形で与えている。高橋ら<sup>7)</sup>も半理論的な相関式を提出しているが、式に含まれるパラメータを特殊な実験条件下で求めているため、実際の装置に適用するには疑問が残る。事実、本実験結果と彼らの相関式からの計算値はあまり一致しないので、ここでは比較の対象から除いた。

フラッディング速度の場合と同様に、ローディング速度も通孔時の気液流速を用いて表わすことができ、本実験系にたいしては、Eq. (7)及び Eq. (8)は次のように表わされる。

Eq. (7) から、

$$u_{OL} = 7.0 D_0^{0.42} \phi^{-0.16} u_{Lh}^{-0.16} \quad (9)$$

Eq. (6) から、

$$u_{OL} = 1.46 u_{Lh}^{-0.2} \quad (10)$$

Fig. 4 に示したように、本実験範囲では両式の間にはほとんど差がない。実験結果も上式からの計算値とほぼ一致している。

以上の検討からフラッディング点及びローディング点は多孔板の孔面積基準の気液流速を用いることによって関連できることがわかる。このことは、孔における気液の流動がローディング及びフラッディングの現象を支配していることを示している。

### 2.4 液停滞量

無堰多孔板塔の液停滞量に関してはいくつかの理論的及び実験的な研究がなされているが、関係する因子が多いため、広範囲の操作条件及び装置形状に適用できる相関式はまだ得られていない。

平塚ら<sup>1)</sup>、河越ら<sup>2)</sup>、及び木村ら<sup>3)</sup>は清澄液深  $H_L$  に関してそれぞれ実験式を与えている。これらを Table 2 に示した。高橋ら<sup>5)</sup>は半理論的な相関式を提出しているが、パラメータの推算が複雑であり、適用範囲も孔径が 10 mm 以下に限られているため、ここでは比較の対象から外した。

各研究者の結果の比較から液停滞量は主に通孔ガス流速と気液の質量流量比によって決まることがわかる。比較を容易にするため Eqs. (11)~(12)を次式のように書き改める（物性値は水-空気系の値を用いた）。

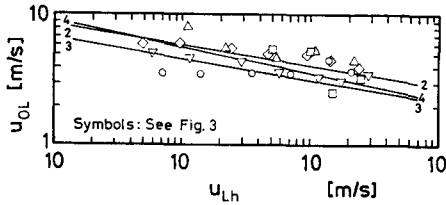


Fig. 4 Correlation of loading velocity of gas

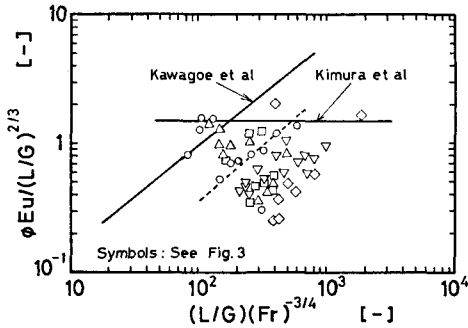


Fig. 5 Comparison of liquid holdups with previous works

$$\phi Eu / (L/G)^{2/3} = 0.024 \{ (L/G)(Fr)^{-3/4} \}^{0.8} \quad (14)$$

$$\phi Eu / (L/G)^{2/3} = 1.5 \quad (15)$$

Fig. 5 に示したように、いずれの相関式も気液流速の大きい極くせまい範囲でしか本実験結果を相関し得ないことがわかる。全体的にみると木村らの相関式の方が実験値に近く、Eq. (15) の係数 1.5 を 0.7 で置き換えると ±100% 程度で相関できる。一方、個々のデータをみると、破線で示したように傾向は河越らの相関式とよく一致している。以上の結果から、液停滞量に関してはさらに検討が必要であることがわかる。

### 結 言

溢流管のない多孔板塔のローディング点、フラッディング点、及び液停滞量を測定した。ローディング点及びフラッディング点は孔面積基準の気液流速を用いることによって相関でき、従来のいずれの相関式によってもその値には大差ないことがわかった。また、液停滞量に関しては、従来の相関式は極く狭い範囲でしか本実験値と一致しないことがわかった。

(謝辞) 本実験には岸本総一郎君 (現東京農工大学)、太田進博君 (現長岡技術科大学)、大林孝志君 (現長岡技術科大学) の協力を得た。記して謝意を表します。

### Nomenclature

$D_o$	= diameter of holes	[m]
$Eu$	$= \rho_L g H_L / \rho_G u_{Gh}^2$ , Euler number	[-]
$Fr$	$= u^2 L_h / g D_o$ , Froude number	[-]
$G$	= mass flow rate of gas	[kg/m <sup>2</sup> ·s]
$g$	= gravitational acceleration	[m/s <sup>2</sup> ]
$H_L$	= clear liquid height on a plate	[m]
$L$	= mass flow rate of liquid	[kg/m <sup>2</sup> ·s]
$l$	$= \sqrt{2\sigma / \rho_L g}$ , capillary constant	[m]
$\Delta P_T$	= total pressure drop through a plate	[Pa]
$u_G$	= superficial gas velocity	[m/s]
$u_{GF}$	= flooding superficial gas velocity	[m/s]
$u_{Gh}$	= gas velocity through holes	[m/s]
$u_{LF}$	= flooding superficial liquid velocity	[m/s]
$u_L$	= superficial liquid velocity	[m/s]
$u_{Lh}$	= liquid velocity through holes	[m/s]
$u_{oF}$	= flooding gas velocity through holes	[m/s]
$u_{oL}$	= loading gas velocity through holes	[m/s]
$We$	$= u_L^2 D_o \rho_L / \sigma$ , Weber number	[-]

### <Greek>

$\rho_G$	= density of gas	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_L$	= density of liquid	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma$	= surface tension	[Pa·s]
$\phi$	= fractional free area	[-]

### Literature cited

- Hiratsuka, K., S. Masuda and N. Hashimoto: Kagaku Kogaku, **30**, 38 (1966).
- Kawagoe, M., T. Otake, S. Kimura and Y. Noda: Kagaku Kogaku Ronbunshu, **6**, 123 (1980).
- Kimura, M., K. Nakao and Y. Yasuda: Kagaku Kogaku Ronbunshu, **8**, 358 (1982).
- Kröttsch, P. and M. Molzohn: Ger. Chem. Eng. **3**, 257 (1980).
- Takahashi, T., S. Sudo, and M. Tanaka: Kagaku kogaku, **34**, 744 (1970).
- Takahashi, T., Y. Akagi and K. Fugita: J. Chem. Eng. Japan, **6**, 97 (1973).
- Takahashi, T., Y. Akagi and T. Kishimoto: Kagaku Kogaku Ronbunshu, **3**, 359 (1977).



## ドイツ語の動詞結合価について

桐川 修

## Zum Valenzbegriff deutscher Verben

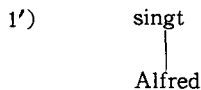
Osamu KIRIKAWA

1.

ソシュールの「一般言語学講義」によって開かれたとも言える構造主義言語学は、その後さまざまな方向に展開したが、本論のテーマである Valenz (結合価) 理論はそれらのうちのひとつである「依存関係文法を完全なものとするための不可欠な要素」と考えられている<sup>1)</sup>。依存関係文法(DependenzgrammatikあるいはAbhängigkeitsgrammatik)は、とりわけフランス人 Lucien Tesnière によって提唱されたものである。Tesnière は次のように考える。

1) Alfred singt.

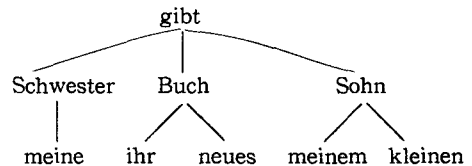
この文はいったい何個の要素から成り立っているのだろうか。答えは3個である。つまり Alfred, singt の2個の要素以外に、Alfred と singt とであらわされる2つの概念を結びつけている結合のようなものが考えられる。もしこれがなければ、1) は文としてひとつのまとまった意味を表現することができない。図示すれば、1') のようになる。



Tesnière はこの結合のことを Connexion (連結) と呼び、Connexion によって結ばれたふたつの要素を Nucleus (核) と呼んでいる<sup>2)</sup>。

2) Meine Schwester gibt ihr neues Buch meinem kleinen Sohn.

2')



2) の文の樹形図 2') からわかるように、2) の文には9個の Nucleus, 8個の Connexion が観察される。

このように、本来一次元的つまり直線的な連鎖である文を、動詞を中心とした樹形図であらわすことによって階層的に把握してその構造を分析しようとするのが、Tesnière の構造的統語論すなわち依存関係文法である。これによって従来から特別な価値を与えられていた主語を、他の成分——たとえば目的語など——と同じレベルにまで引きおろし、「主語」対「述語」というアリストテレスの「二項性原理 (Binaritätsprinzip)」を否定したのである<sup>3)</sup>。

2.

依存関係文法が唱える動詞中心の考え方をさらに押し進め、動詞が最低限何個の成分を必要とするかは、その動詞にあらかじめ備わった能力——この能力のことを Tesnière は原子価にたとえて Valenz (結合価) と名づけた——に関係していると考え。そしてこれに基づいて文を分析する方法が一般に Valenz 理論と呼ばれているものである。

動詞はさまざまな成分と結びつく。それらの成分は大きくふたつに分類される。すなわち、文法的に正しい文であるために必要不可欠な成分と、無くても非文法的な文にはならない成分で、前者は補足成分 (Ergänzung) あるいは共演成分 (actant), 後者は添加成分 (Angabe)

あるいは状況成分 (circonstant) と呼ばれている。そしてそれらを確定する手段として Gerhard Helbig は消去テスト (Eliminierungstest) という方法を提案している。「われわれは、ある成分を消去し、残った文がまだ文法的であるか、それとも非文法的であるかを観察する。もしそれがなお文法的であれば、消去された成分は統語論上、義務的なものではない。しかしもしそれが非文法的な文になれば、消去された成分は、文の成立にとって統語論上、義務的なものである。」<sup>4)</sup>

3) Taro arbeitet in Nara.

3') Taro arbeitet.

4) Taro wohnt in Nara.

4') \*Taro wohnt.<sup>5)</sup>

3) から in Nara を取り除いた 3') は文法的に正しい文である。それに対し、4') は 4) から同じく in Nara を消去したものであるにもかかわらず、非文法的な文となってしまう。同じ in Nara という前置詞句でありながら、3) では添加成分、4) では補足成分として機能している。その違いは、動詞 arbeiten と wohnen ではその結合能力すなわち Valenz が異なるためと考えられる。このように、動詞を他動詞、自動詞に分ける従来の文法<sup>6)</sup> では説明できない問題——arbeiten, wohnen は共に自動詞である——を、Valenz という概念を用いる事によって説明できるのである。

Valenz の考え方は本来外国人のためのドイツ語教育という立場から発展したもので、非文法的な文を、ネイティブスピーカーの「直観」や「語感」というあいまいな基準で排除するのではなく、確固とした規則体系によってそれを明示することを目指したものである<sup>7)</sup>。

### 3.

現在、東西両ドイツから Valenz 理論に基づいて、動詞の結合価辞典がそれぞれ刊行されている<sup>8)</sup>。それらについてここで簡単に紹介しておこう。

G. Helbig/W. Schenkel: Wörterbuch zur Valenz und Distribution deutscher Verben. (東ドイツ)

この辞典は 1969 年に初版が発行され、1971 年には増補版にあたる第 2 版が出ている。巻頭の約 70 ページをさき Einführung in die Valenztheorie (結合価理論入門) と題して Valenz 理論の紹介および基本概念などが

詳しく説明されている。ひきつづいて約 500 の動詞の結合価およびその分布 (Distribution)<sup>9)</sup> が記載されている。

U. Engel/H. Schumacher: Kleines Valenzlexikon deutscher Verben. (西ドイツ)

この辞典は東ドイツのものより 7 年遅れて、1976 年に初版が、そして 1978 年に第 2 版が発行されている。やはり巻頭約 100 ページを Einleitung (導入編) が占め、Helbig/Schenkel とはすこし違った立場で Valenz の概念が詳細に解説されている。収録語数は 461 であるが、近い将来この辞典を基礎に、約 1,500 語の動詞を扱った新しい辞典が刊行される予定である<sup>10)</sup>。

次に実際に、Helbig/Schenkel の記載に従って Valenz の解説をつづけることにしよう。

#### wohnen<sup>11)</sup>

I. wohnen<sub>2</sub>

II. wohnen → Sn, pS/Adj

III. Sn → Hum (*Der Lehrer wohnt in der Schule.*)

p = bei, neben, in... (lokale Präpositionen),

pSd → Loc (*Er wohnt bei seinem Freund, in der Schule, neben dem Gasthaus.*)

Adj → Mod (*Mein Vater wohnt gut.*)

I. 動詞 wohnen は 2 価、つまり文法的な文であるためにはふたつの補足成分が必要である。

II. ふたつの補足成分とは、1 格 (Nominativ) の名詞 (Substantiv)<sup>12)</sup> と、前置詞 (Präposition) + 名詞すなわち前置詞句または (／) 形容詞 (Adjektiv) である。

III. 1 格の名詞は「人間 (Human)」という意義素性をもつものでなければならず、前置詞は、bei, neben, in などの「場所的な (lokal, local)」意味をあらわすもの、また形容詞は「様態をあらわす (modal)」ものでなければならない。

したがって、初学者がよく作る次のような文はいずれも非文法的な文として明確に排除することができる。

5) \*Der Lehrer wohnt.

6) \*In der Schule wohnen viele Hasen<sup>13)</sup>.

5) では 1 格の名詞以外に前置詞句あるいは形容詞がないため、6) は 1 格名詞が人間以外のものであるために非文法的な文となっている。

**stellen**<sup>14)</sup>I. stellen<sub>3</sub> (V1=stehen machen)<sup>15)</sup>

II. stellen→Sn, Sa, pS

III. Sn→ Hum (*Die Hausfrau* stellt die Vase auf den Tisch.)Sa→ 1. +Anim (Der Arzt stellt *das Kind, den Hund* auf den Tisch.)2. -Anim (Sie stellt *den Teller* auf den Tisch.)3. Sa=Sn (Refl) (Er stellt *sich* auf die Bühne.)

p=an, auf, in... (Richtungspräpositionen),

pSa→ Dir (Sie stellt den Schirm *in den Ständer*.)

I. 動詞 stellen は 3 価である。

II. 3 つの補足成分はそれぞれ、1 格の名詞、4 格 (Akkusativ) の名詞、そして前置詞句である。

III. 1 格の名詞は「人間」を意味するもの、4 格の名詞は 1. 「生物 (animate: + Anim)」あるいは、2. 「無生物 (-Anim)」, 3. 再帰代名詞 (Reflexivpronomen)」のうちいずれか、前置詞は、an, auf, in など方向をあらわす前置詞、そして 4 格名詞をとともなう前置詞句は「方向 (direction)」を意味するものでなければならない。

したがって

7) \*Die Hausfrau stellt die Vase.

のように、方向規定のない文は非文法的な文となる。

5), 6), 7) が文法から逸脱しているという事は従来の文法では説明できない。ここに Valenz 概念の大きな有効性が存在するのである。

## 4.

以上述べてきたように、ドイツ語を教授、学習する上でひじょうに強力な手段と考えられる Valenz の概念にも、もちろん不十分な点がないわけではない。

**fragen**<sup>16)</sup>I. fragen<sub>1+(2)=3</sub> (V1=eine Frage stellen)II. fragen→Sn, (Sa), (pS/NS<sub>o,b,w</sub>)III. Sn→ 1. Hum (*Der Dozent* fragt.)2. Abstr (als Hum) (*Die Regierung* fragt die Nachbarstaaten, ob sie zustimmen.)Sa→ 1. Hum (Er fragt *den Lehrer*.)2. Abstr (als Hum) (Das Ministerium fragt *die Betriebe* nach ihren Planziffern.)

p=nach,

pSd→ keine Selektionsbeschränkungen (Er fragte *nach der Mutter, der Katze, dem Bahnhof, der Betriebsleitung, der Konzeption, dem Turnen*.)NS→ Act (Er fragte [danach], *ob er reisen solle/wer reisen solle*.)

I. fragen が必要とする補足成分は 3 個であるが、そのうち 2 個は省略可能である。

(以下 略)

Helbig は補足成分をさらに、

1. 義務的補足成分 (obligatorische Ergänzung)

2. 随意的補足成分 (fakultative Ergänzung) とに分けている<sup>17)</sup>。義務的補足成分とは、いかなる場合にも取り去る事のできない補足成分であり、一方随意的補足成分は、コンテキストやシチュエーション次第では省略することのできる成分と説明される。上の fragen の例ではカッコのついた Sa, pS, NS<sub>o,b,w</sub> が、この随意的補足成分である。したがって、

8) Die Lehrerin fragt den Schüler nach seinem Namen.

8') Die Lehrerin fragt den Schüler.

8) から pS である nach seinem Namen を消去した 8') も文法的な文ということになる。

しかしこの操作は先に述べた「消去テスト」そのものであり、消去テストの結果 8') がなお文法的な文であるとすれば、nach seinem Namen は添加成分との判断も成り立ってしまう。

この矛盾を解消するためには彼は「生成変形文法」の概念を用いて、補足成分と添加成分との相違は文の深層

構造 (Tiefenstruktur) に由来するものであり、それに対して義務的補足成分と随意的補足成分とのちがいは、表層的な現象 (Oberflächenerscheinung) であって、コンテキストに左右されるのだと考える<sup>18)</sup>。ところがこれでは彼がこの理論の出発点としてきた「直観・語感」にたよらないとする原則に背くことになる。なぜなら深層構造を想定すること自体多分に直観的だからである。

これまでもこの問題に関してさまざまな提案がなされているが、いずれもわれわれを十分満足させてくれるものではない<sup>19)</sup>。ただその中で吉田有氏の説は示唆に富んでいる。氏は「従来添加成分とされてきたものの中に……結合価記述に組み入れられる意義のあるものが存在する」と主張し、「今後は添加成分の研究を強化する必要があると言わねばならない。」と結論づけている<sup>20)</sup>。従来 Valenz の考え方には無関係として最初から考慮の対象から除かれていたとも言える添加成分も、ある程度 Valenz に関与しているという点で筆者も同感であり、こう考えれば随意的補足成分と添加成分が部分的に重なり合うことも予想されるのである。

いずれにせよ、より厳密な Valenz 理論に近づくためには、もう一度最初に戻り、補足成分と添加成分、義務的補足成分と随意的補足成分との判別基準を考え直さなければならぬと思われる。

#### (註)

- 1) Helbig, S. 208.
- 2) 同上, S. 198.
- 3) Brauer, S. 271.
- 4) Helbig/Schenkel, S. 33.
- 5) 文頭の \* は文法的に受容不可能であることを意味する。
- 6) ドイツ語では 4 格 (Akkusativ) の目的語をとるものだけが他動詞と呼ばれる。
- 7) Helbig/Schenkel, S. 5.
- 8) Valenz を動詞以外の品詞にも拡張して、形容詞や名詞の Valenz を考える事もできる。またそれに基づいた結合価辞典もすでに発行されている。  
形容詞: Sommerfeldt, K.-E./Schreiber, H.: Wörterbuch zur Valenz und Distribution deutscher Adjektive. Leipzig 1974.  
名詞: Sommerfeldt, K.-E. / Schreiber, H.:

Wörterbuch zur Valenz und Distribution deutscher Substantive. Leipzig 1980.

- 9) 「われわれは、……ある言語要素の分布を、それがあらわれるすべての環境の総和と理解する。」  
Helbig/Schenkel, S. 50.
- 10) Schumacher, S. 15.
- 11) Helbig/Schenkel, S. 127.
- 12) これは従来「主語」と呼ばれてきたものである。
- 13) この場合 Hase は「うさぎ」の意であって、比喩的な「小心者・臆病者」の意ではない。
- 14) Helbig/Schenkel, S. 342.
- 15) stellen には意味上多くの異形 (Variante) があり、ここでは stehen machen の意で用いられた場合である。
- 16) Helbig/Schenkel, S. 103.
- 17) 同上, S. 31 ff.
- 18) 同上, S. 39.
- 19) 吉田, S. 18.
- 20) 同上, S. 27 f.

#### 参考文献

- Brauer, R.: Die Valenztheorie. Ihre Geschichte, ihr aktueller Stand und ihre Möglichkeit. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Ges. -Sprachw. R. XXIII (1974) 3/4. S. 267-280.
- Engel, U./Schumacher, H.: Kleines Valenzlexikon deutscher Verben. Tübingen <sup>2</sup>1978.
- Helbig, G.: Geschichte der neueren Sprachwissenschaft. Leipzig 1970.  
(邦訳: 岩崎英二郎他訳「ゲーアハルト・ヘルビヒ 近代言語学史」白水社 1973)
- Helbig, G./Schenkel, W.: Wörterbuch zur Valenz und Distribution deutscher Verben. Leipzig <sup>5</sup>1980.
- Schumacher, H.: Morphosyntaktische Beschreibung in Valenzwörterbüchern deutscher Verben. (エネルギー 第6号, 朝日出版社, 1980, S. 1-17)
- 吉田 有: 動詞結合価の最小値と最大値について (エネルギー 第6号, 朝日出版社 1980, S. 18-28)

## The Two Senseless Agents in *Pride and Prejudice*

Shozo NAKANISHI

Jane Austen has succeeded in creating wonderfully caricatured characters in her novel *Pride and Prejudice*. The caricatured characters keep up the uniquely comic tone of the novel. A few of them, moreover, work as foils for the chief characters and as links of the story. But they are not aware of the functions they are really performing. We are greatly amused not only by their caricatured images but by the way they work as senseless agents.

But the author has had to pay for the ease with which she has used her caricatured characters. Caricaturization means simplification. Simplification does not stop at the caricatured characters in *Pride and Prejudice*. The important characters suffer some form of simplification in their characterization through their contact with those caricatured characters. That is how those caricatured characters encroach on the reality and deepness of the valuable novel.

### I

It is no wonder that *Pride and Prejudice* is the most popular of Jane Austen's novels. It is a high-spirited love story of an independent young couple. We do not find such protagonists as will behave on their own among her other heroines or heroes. The story is constructed in a dramatic style by effective use of dialogues, and each scene of the story is knitted together through a developing process leading to the conclusion of the story. The narrator's illuminating comments and pertinent summations inspiringly lead the reader along the main stream of the story. The novel entertains us greatly and gives us a deep insight into human nature.

*Pride and Prejudice* begins with the incisive words: 'It is a truth universally acknowledged, that a single man in possession of a good fortune, must be in want of a wife.' (p. 3) This adage refers to the social context as a whole in which the story of the novel goes on rather than to either men's or women's conditions in life.

The author reminds the reader of the social situation in various ways, and at some places it is

dramatized impressively. In the early part of the novel the Netherfield people show their social consciousness in their talks about the Bennet family. Mrs. Hurst began again.

"I have an excessive regard for Jane Bennet, she is really a very sweet girl, and I wish with all my heart she were well settled. But with such a father and mother, and such low connections, I am afraid there is no chance of it."

"I think I have heard you say, that their uncle is an attorney in Meryton."

"Yes; and they have another, who lives somewhere near Cheapside."

"That is capital," added her sister, and they both laughed heartily.' (pp. 36-37)

Bingley speaks in favor of the Bennet sisters, insisting that their low connections 'would not make them one jot less agreeable.' (p. 37) Darcy, however, emphasizes that their social status 'must very materially lessen their chance of marrying men of any consideration in the world.' (ibid.)

Mr Collins also refers to their social conditions in his proposal to Elizabeth Bennet as if to threaten the heroine into accepting his offer. He says, "You should take it into farther consideration that in spite of your manifold attractions, it is by no

means certain that another offer of marriage may ever be made you. Your portion is unhappily so small that it will in all likelihood undo the effects of your loveliness and amiable qualifications.”’ (p. 108)

*Pride and Prejudice* is a high-spirited love story which an independent young couple experience in such a social context. They get over their problem toward their happy union. But it is not an easy task, since their problem is not a purely psychological one but a more complex one which is socially rooted. They do not reach their goal by their efforts alone. People among whom they live, though they are minor characters, contribute to the development of the story in each one's way. It is interesting how they commit themselves in the story. The way Mr Collins and Lady Catherine are useful to the story is quite different from the case of Mr and Mrs Girdner or Mrs Reynolds.

Mr Collins and Lady Catherine are comical minor characters, and they are thought to be unimportant in themselves, but they are worth studying in terms of their participation in the plot. Mr Collins and Lady Catherine do much for keeping up the comical atmosphere of the novel together with Mrs Bennet. But they are different from Mrs Bennet in the way they are involved in the story. They display their comicalness in their activities, while Mrs Bennet shows hers in her passive responses to the outer world. The narrator tells the reader that ‘When she (Mrs Bennet) was discontented she fancied herself nervous.’ (p. 5) As for Mr Collins and Lady Catherine, however, there does not seem to be any time when they feel crestfallen. They are represented to be quite extrovertive.

Mr Collins and Lady Catherine, besides keeping up the comical tone of the novel by their foolishness, add to both human and geographical dimensions of the world of *Pride and Prejudice*. Mr Collins is designed to put the uncompromising image of Elizabeth into clear-cut relief and to work as a link between heroine and hero. Lady Catherine is designed to intensify the snobishness of the background against which the protagonists find their way to the solution of their problem, and to accelerate the development of the story by spurring

them in the wrong way.

They have unique commitments in the story. What they bring about as a result of their participation is not what they have anticipated. Mr Collins invites Elizabeth to his parsonage in order to show her his ‘triumph’ (p. 160), and never to provide a convenient stage where the heroine and the hero will develop their relationship. Lady Catherine never dreams that, contrary to her intention, her interference will promote their union. As Marvin Mudric says, if she knew the way she would be useful to them, she would reject her role at once.<sup>1)</sup> Both Mr Collins and Lady Catherine are quite ignorant of the real relations they have with people around them. They can be called senseless agents in that they are unaware of the functions they perform.

## II

Mr Collins is introduced into the story by his letter and the discussion about it by the Longbourn family. Mr Collins sends a letter of reconciliations to Mr Bennet, asking for his permission to visit his family.

He says in his letter that he wants to ‘heal the breach’ (p. 62) between Mr Bennet and his late honoured father, and that he, who is to entail Mr Bennet's property at Longbourn, is concerned at being the means of injuring Mr Bennet's daughters. Mr Bennet detects a mixture of servility and self-importance in his way of writing. Elizabeth cannot but think that he is ‘an oddity’ (p. 64) and she says, ‘‘I cannot make him out.... There is something very pompous in his style.-- And what can he mean by apologizing for being next in the entail?-- We cannot suppose he would help it, if he could.--Can he be a sensible man, sir?’’ (ibid.) Mr Bennet assures her that they will find the reverse.

Mr Collins' identity has been established before he visits Longbourn. When he appears on the stage, the author lets him talk and behave as freely as he likes as if to endorse the established idea of him. His mixture of pride and obsequiousness, self-importance and humility is thoroughly

dramatized. Mr Collins puts Elizabeth into clear-cut relief in two ways: first by his proposal to her and then by his marriage to Charlotte Lucas.

On the first night at Longbourn, Mr Collins selects Jane Bennet the eldest daughter of the family as his prospective bride and pays exclusive attention to her. When he is told by Mrs Bennet that Jane has a virtuous engagement, however, he changes his mind quickly and transfers his attention to Elizabeth the second daughter. Mr Collins' idea of marriage has nothing to do with the heart. To him marriage is one of social conventions to make up his status. The first reason of his marriage is 'to set the example of matrimony in his parish.' (p. 105)

At the Netherfield ball, Mr Collins engages Elizabeth for first two dances at the first demonstration of his intentions. She perceives 'that *she* was selected from among her sisters as worthy of being the mistress of Hunsford Parsonage.' (p. 88) Mrs Bennet convinces her of the fact by the hint 'that the probability of their marriage was exceedingly agreeable to her.' (ibid.) But Elizabeth refuses to take the hint.

Mr Collins mortifies Elizabeth whom he has selected for his next future bride first by his awkward style of dancing. 'Mr Collins, awkward and solemn, apologizing instead of attending and often moving wrong without being aware of it, gave her all the shame and misery which a disagreeable partner for a couple of dances can give. The moment of her release from him was ecstasy.' (p. 90) Then Mr Collins vexes her again by insisting that he will introduce himself to Mr Darcy, who, he happens to find out, is Lady Catherine's nephew.

Elizabeth tries to persuade him into giving up the idea by explaining its impropriety, but he refuses to follow her advice. He stresses the importance of his position as a clergyman in a long speech peculiar to him. He says, "there must be a wide difference between the established forms of ceremony amongst the laity, and those which regulate the clergy; for give me leave to observe that I consider the clerical office as equal in point of dignity with the highest rank in the kingdom—provided that a proper humility of behaviour is at

the same time maintained." (p. 97) Mr Collins, who has no real qualification for his office, emphasizes 'his authority as a clergyman.' (p. 70) Of course Darcy looks displeased to be addressed by Mr Collins. Yet Mr Collins is quite complacent.

The day after the Netherfield ball, Mr Collins proposes to Elizabeth. The comical character Mr Collins becomes a reality with which Elizabeth is obliged to deal with 'feelings which are divided between distress and diversion.' (p. 105) Though she tries to stop him, he goes on proposing to her flatteringly and threateningly with 'perseverance in wilful self-deception.' (p. 109) Elizabeth cannot but leave him in the middle of his proposal.

This scene is planned to represent Elizabeth's principle and Mr Collins' comical conventionalism contrastedly. But it ends in Mr Collins' one-man show to display himself. It is clear to the reader that Elizabeth has already known about Mr Collins and his intentions, and that she feels no need to take his offer seriously. Her principle is not really tested.

After his unsuccessful proposal, Mr Collins decides to give up the plan, thinking, "if she is really headstrong and foolish (as Mrs Bennet has told him), I know not whether she would altogether be a very desirable wife to a man in my situation, who naturally looks for happiness...." (p. 110)

Then Mr Collins amazes Elizabeth by his engagement to Charlotte Lucas. Charlotte is the eldest daughter aged 27 of a family who live in the neighborhood of Longbourn. She is Elizabeth's close friend.

Charlotte Lucas is one of women who have to get along in the social context suggested by the famous opening words of the novel. According to the narrator, she is sensible and intelligent. We hear her and Elizabeth exchange their interesting opinions in their talk.

In their talk about Darcy's insolent attitude which Elizabeth has had a very unpleasant experience of, Charlotte approves of his pride, 'because there is an excuse for it.' (p. 20) She further adds that 'One cannot wonder so very fine a young man with family, fortune, everything in his favor, should think highly of himself. If I may so express

it, he has a *right* to be proud.' (ibid.)

Her idea of marriage is that 'Happiness in marriage is entirely a matter of choice. If the disposition of the parties are ever so well known to each other, or ever so similar beforehand, it does not advance their felicity in the least. They always continue to grow sufficiently unlike afterwards to have their share of vexation, and it is better to know as little as possible of the defects of the person with whom you are to pass your life.' (p. 23)

### III

The foolish Mr Collins and the sensible Charlotte get married. To Elizabeth their marriage seems to be the worst one one can think of. Charlotte explains the circumstances of her choice, saying, 'I am not romantic you know. I never was. I ask only a comfortable home; and considering Mr Collins's character, connections, and situation in life, I am convinced that my chance of happiness with him is as fair, as most people can boast on entering the marriage state.'" (p. 125) Elizabeth cannot reconcile herself to that idea. She reflects 'that Charlotte's opinion of matrimony was not exactly like her own, but she could not have supposed it possible that when called into action, she would have sacrificed every better feeling to worldly advantage. Charlotte the wife of Mr Collins, was a most humiliating picture! — And to the pang of a friend disgracing herself and sunk in her esteem, was added the distressing conviction that it was impossible for that friend to be tolerably happy in the lot she had chosen.' (ibid.)

Marvin Mudric criticizes Elizabeth who cannot understand Charlotte's option, saying that 'It is not that Elizabeth misjudges Charlotte's capabilities, but that she underestimates the strength of the pressure acting upon her.'<sup>2)</sup> It is true that Charlotte's living condition is not such a favorable one, but Elizabeth knows about it well. She has her own knowledge of women's socioeconomic status, which she shows in her talk about the relation between Miss King and Wickham.

She cannot understand her friend's course of

action firstly because of her fixed idea of Mr Collins that he is 'a conceited, pompous, narrow-minded silly man; ...that the woman who marries him, cannot have a proper way of thinking.'(p. 135) Secondly because she is under the pressure of the theme of the story. She has to work as heroine and to establish the clear-cut antithesis between her marriage based on free will and love and Charlotte's conventional loveless one.

Charlotte is unpopular with critics. She is criticized for indecorum. She is blamed for being a shameless eavesdropper.<sup>3)</sup> She is suspected of having been planning 'to fix a man (Mr Collins) by helping him on with a show of affection'<sup>4)</sup> under the guise of saving Elizabeth from her trouble with the obnoxious Mr Collins. She is put in the same 'harsh critical light in which Mr Collins is portrayed'<sup>5)</sup> because she is married to him. There is a distinct gap between the image of Charlotte that we get from her words and behaviors before her marriage and the one we get from the narrator's or Elizabeth's report of her. Charlotte looks more live-spirited and has a sense of humor, in spite of her cynical view of the world. Otherwise, why have Elizabeth and Charlotte been such close friends?

### IV

Mr and Mrs Collins begin their new life at Hunsford. In Jane Austen's novels, 'lovers walk away into a friendly cloud,'<sup>6)</sup> but the couple at Hunsford are not allowed to enjoy their privacy. They are made to show their married life to Elizabeth's critical eye. Their life is reported by Elizabeth who visits them with Sir Lucas Charlotte's father and Maria her sister. The story of her stay there consists of two parts; one is Elizabeth's encounter with Lady Catherine and the other is the new development of relationship between heroine and hero. Mr Collins retires into the background after having performed his two tasks; the demonstration of his conventional marriage with Charlotte and the introduction of Elizabeth to Lady Catherine.

The material living conditions at Hunsford is



pretty good, but the human relation between husband and wife, in Elizabeth's eye, is not a happy one. She reports that 'When Mr Collins could be forgotten, there was really a great air of comfort throughout, and by Charlotte's enjoyment of it, (she supposes) he must be often forgotten.' (p. 157) Her report of their new life is never promising. It is rather dreary.

The way of representing Charlotte is changed after her marriage. She is fixed in the same pattern of characterization as her husband. Charlotte's 'address in guiding and composure in bearing with her husband' (*ibid.*), for instance, are not dramatized. She is not allowed to talk about their life herself. The reader is obliged to be content with Elizabeth's one-sided report of it. She has a task to stereotype their life. But she seems to stereotype herself through her assessment of their life.

Elizabeth, who is sharp in observation and have good judgment (p. 15), misjudges Darcy, Wickham, and Charlotte, and her misjudgment is thought to be due to her prejudice. To be more exact, however, it is due to her lack of imagination. Her prejudice comes from lack of imagination with which to understand things. Otherwise, she would give us a more humorous or a more sympathetic report of her friend's married life, however conventional the couple's life is. It is true that Darcy seems to back her up in her criticism of their life by his reference to it (p. 182), but we could not take Elizabeth's report of their life at its face value.

The climax of Mr Collins' show of his 'victory' comes when he is given 'the power of displaying the grandeur of his patroness to his wondering visitors, and of letting them see her civility towards himself and his wife.' (p. 160) He feels all the more elated because he has been given an opportunity of doing it so soon, which 'was such an instance of Lady Catherine's condescension as he knew not how to admire enough.' (*ibid.*)

Lady Catherine has already been known to us from Mr Collins' report of her. The author makes skillful use of Mr Collins to introduce her into the story. She is Mr Collins' benefactor who has preferred him to the valuable rectory of her parish.

(pp. 62-63) He said at Longbourn 'that he had never in his life witnessed such behaviour in a person of rank--such affability and condescension, as he had himself experienced from Lady Catherine, and that Lady Catherine was reckoned proud by many people he knew, but he had never seen any thing but affability in her.' (p. 66)

When Sir Lucas, Maria, and Elizabeth are introduced to Lady Catherine at Rosings, they are awed by her except Elizabeth. She meets Lady Catherine in a cool attitude. Lady Catherine is described through her eye. She is a real snob. 'Her air was not conciliating, nor was her manner of receiving them, such as to make her visitors forget their inferior rank. She was not rendered formidable by silence; but whatever she said, was spoken in so authoritative a tone, as marked her self-importance, and brought Mr. Wickham immediately to Elizabeth's mind; and from the observation of the day altogether, she believed Lady Catherine to be exactly what he had represented.' (p. 162)

At this stage Elizabeth has not yet known what either Darcy or Wickham really is. Lady Catherine behaves as if she were a despot. She does not listen but talk, 'delivering her opinion on every subject in so decisive a manner as proved that she was not used to have her judgment controverted. She enquired into Charlotte's domestic concerns familiarly and minutely, and gave her a great deal of advice, as to the management of them all; told her how every thing ought to be regulated in so small a family as her's, and instructed her as to the care of her cows and her poultry.' (p. 163)

She not only gives advice orally, but also goes out herself on personal inspections. For example, she visits the Collins and 'examined into their employments, looked at their work, and advised them to do it differently; found fault with the arrangement of the furniture, or detected the housemaid in negligence.' (p. 169)

Having interest in everyday life things can be a humanistic tendency. Lady Catherine seems to take a great interest in them. In her case, however, 'nothing was beneath this great Lady's attention, which could furnish her with an occasion of

dictating to others.' (p. 163) She goes on making a lecture until she is confronted against a young lady who argues with her on equal terms.

When Lady Catherine asks Elizabeth what her age is, she dodges her question, saying, "With three younger sisters growing up, your ladyship can hardly expect me to own it." (p. 166) Elizabeth is 'the first creature who had ever dared to trifle with so much dignified impertinence.' (ibid.) The confrontation accentuates Lady Catherine's arrogant officiousness and Elizabeth's independence.

## V

'Lady Catherine is a purely comic figure, not because she is not potentially powerful and dangerous in the authority that rank and wealth confer upon her, but because she is easily known for what she is, and because the lovers are in a position--Darcy by his own rank and wealth, Elizabeth by her spirit and intelligence--to deny her power altogether.'<sup>7)</sup> This fact is vividly shown in Elizabeth's another confrontation with Lady Catherine. It is one of the remarkably dramatic scenes of the novel.

About one week after the engagement between Jane Bennet and Bingley, Lady Catherine suddenly visits Longbourn. The purpose of her visit is to forbid Elizabeth to marry Darcy her nephew who she wishes will marry her daughter. Lady Catherine begins to crossexamine Elizabeth in a severe attitude, but the game ends in a one-sided affair after a few exchanges of words. Because Lady Catherine has visited the Bennets with no reliable facts, she has to begin with her silly question, instead of putting a fact under her nose. She talks on, trying to crossexamine Elizabeth,

"... A report of a most alarming nature, reached me two days ago. I was told, that not only your sister was on the point of being most advantageously married, but that *you*, that Miss Elizabeth Bennet, would, in all likelihood, be soon afterwards united to my nephew, my own nephew, Mr Darcy. Though I know it must be a scandalous falsehood; ..."

"If you believed it impossible to be true," said

Elizabeth, colouring with astonishment and disdain, "I wonder you took the trouble of (coming so far)." (p. 353)

This scene lasts for six more pages, but Lady Catherine is obliged to leave Longbourn without carrying out her mission. Most readers will admire Elizabeth for her firm attitude. But there is something puzzling about her representation. There is a gap between the Elizabeth who stands against Lady Catherine and the Elizabeth who meets Darcy. She is much more articulate when she is concerned with Lady Catherine. She can be very articulate when she is concerned with language. As for Lady Catherine, all that Elizabeth has to do is to deal with her words.

Though Lady Catherine has been unsuccessful in her own business, she has performed the functions the author has assigned her.

Firstly she reminds us of the world to which Darcy belongs. Lady Catherine emphasizes the difference between Darcy's and Elizabeth's world. She negates the possibility of Elizabeth's engagement to Darcy, saying, "The upstart pretensions of a young woman without family, connections, or fortune. Is this to be endured! But it must not, shall not be. If you were sensible of your own good, you would not wish to quit the sphere, in which you have been brought up." (p. 356)

Secondly she makes Elizabeth examine her feelings toward Darcy.

Lastly she precipitates the development of the story. This is the most important shadow work of hers.

Lady Catherine's interference encourages Darcy to propose to Elizabeth again. Darcy is a lonely hero. Though the narrator tries to support him by her careful comments about him, he is sparingly allowed to talk. His friends such as Bingley and his sisters do not tell us much about him. Darcy has no confidant, either. Ironically speaking, Lady Catherine is the only person except Elizabeth that has a strong interest in him and that speaks for the world he belongs to. But she has robbed him of a precious chance to develop himself more fully as hero.

## VI

Mr Collins and Lady Catherine, though they are caricatured characters who have no importance in themselves, are designed to perform active parts in relation to heroine and hero. The author has used dramatization to create them. Comical characters produced through externalization do not always work well as foils for intricate characters, for they do not have deep minds to elucidate intricate ones. As for Mr Collins, too, he works as a foil for Elizabeth much less than she does for him. Furthermore, the author has made one of her senseless agents relieve the hero of the problem that he should have solved to the end by himself. The valuable novel *Pride and Prejudice* has come to have less deepness and reality than the author's other works such as *Emma*, *Mansfield Park*, and *Persuasion* because of the author's easy dependence on her senseless agents.

## Notes

The page numbers in parentheses in the text refer to the pages of *The Novels of Jane Austen II Pride and Prejudice*, ed. R. W. Chapman, Oxford, 1971.

1. Marvin Mudric, *Jane Austen: Irony as Defense and Discovery*, (Princeton, 1952), p. 103.
2. Ibid., p. 108.
3. Jane Nardin, *Those Elegant Decorums*, (Albany, 1973), p. 51.
4. Stuart M. Tave, *Some Words of Jane Austen*, (Chicago and London, 1973), p. 132.
5. John Odmark, *An Understanding of Jane Austen*, (Oxford, 1981), p. 137.
6. Mary Lascelles, *Jane Austen and her Art*, (London, 1963), p. 126.
7. Marvin Mudrick, op. cit., pp. 103-104.

## Bibliography

The works which are not referred to in the text are given here.

1. Marilyn Butler, *Jane Austen and the War of Ideas*, (Oxford, 1975).
2. R. W. Chapman, *Jane Austen: Facts and Problems*, (Oxford, 1948).
3. David Monaghan, *Jane Austen: Structure and Social Vision*, (London, 1980).
4. F. B. Pinion, *A Jane Austen Companion*, (London, 1979).
5. P. J. M. Scott, *Jane Austen: A Reassessment*, (London, 1982).



## モームの主題とその展開（その二）

——『お菓子と麦酒』について——

中 村 元 一

The Development of W. S. Maugham's Theme (Part II)

On *Cakes and Ale*

Gen-ichi NAKAMURA

1954年、80歳の記念出版に、モームは『お菓子と麦酒』を選んだ。他に傑作も多いのに、彼は、モデル問題で非難されたこの作品を選んだのである。作者にとって、『人間の絆』が「人生どう生きていい」と考えるにいたった過程を示す作品であり、『月と6ペンス』が文明社会に身を置いて、種々のことに興味をもって、作家として生きる決意をかためたことを示す作品であるとすれば、『お菓子と麦酒』は、世俗的世界に身を置きながらも、卑小な世俗的価値観にとらわれることなく、作家はこう生きてきたということを示す、いわば作家生活の決算書のようなものであったというのが、小論の要旨である。

### I

「人生は無意味なのだ」——『人間の絆』のフィリップは、ベルシャ絨毯の謎を解いて幸福であった。彼は、いかなる規範からも解放されて自由の身となった。彼はどのように生きてもよいのであった。しかし、『人間の絆』においては、主人公は、まだ、どのように生きるかを決めたわけではなかった。作家が自らの生き方を問うのは『月と6ペンス』においてである。

『月と6ペンス』において、自ら求める芸術のためにすべてを犠牲にして、その生命を燃焼しきった男ストリ克蘭ドの生涯を描きつつ、モームは冷静に「わたし」自身の生き方を模索した。モームは、自分がストリ克蘭ドでありうるか、ストリ克蘭ドのごとく生きられるかということを実際に問い続け、彼自身にはストリ克蘭ドのような生き方は不可能だという結論に達した。モームは「月」を求めて、足もとの「6ペンス」を見失うような生活よりも、着実に6ペンスを拾うことのできる生活を選んだのである<sup>1)</sup>。ストリ克蘭ドのように文明世界からは遠く離れ、肉体はくずれ、盲目の身となりながらも、自らが求めるものを自らの手で求め得たという

満足感を持ち、しかも、それに溺れず、自分の作品を侮蔑的に見、焼きすてるように遺言して死んでいくような生き方は、モームの望むところではなかった。何ものにも隷従せず、自分が生涯を賭けた芸術にさえ屈服しない、傲然とした強烈な生き方は、芸術家としてはすばらしい生き方かも知れないが、モームの望む生き方ではなかった。彼は文明世界にあって、さまざまなことを成し遂げて死にたいと思ったのであった<sup>2)</sup>。

さて、6ペンスの世界にあって、モームが生きたのは作家としてであった。作家モームは、彼自身を含めて、作家とその生活をどのように見ていたのか。そして、その作家の目で、作家の妻というものを、どのように見ていたのか。アシェンデンに語らせた『お菓子と麦酒』はモームにとって、どのような意味のある作品であり、彼の作品中、どのような位置を占める作品なのか。

### II

われわれ一般の読者は、1冊の本が出版されるにあたっての事情、一人の作家が有名でありつづけるための条件などについては、大して深くも考えない。すばらしい本だから世に出たのであり、力ある作家だから、永く有

名でありつづけるのだと単純に考えこんでしまう。しかし、内幕はそうではないようである。モームは言う。

Every year hundreds of books, many of considerable merit, pass unnoticed. Each one has taken the author months to write, he may have had it in his mind for years; he has put into it something of himself which is lost for ever, it is heartrending to think how great are the chances that it will be disregarded in the press of matter that weighs down the critics' tables and burdens the booksellers' shelves. (p. v)

「毎年、何百冊かの本、それもかなり優れた本が注目されることなく消え去っていく。どの本も、その著者がそれを著すのに、何ヶ月もかかったものであり、何年もその胸中で想を練ったものであったかも知れないのである。彼はその本の中に、彼自身の分身ともいべきものを注ぎこんだのだが、それも永遠に失われてしまうのである。批評家の机にずっしりと置かれ、書店という書店の、棚という棚にのしかかっている、さしせまっの事情にとりまぎれて、その本が無視されてしまう機会の何と多いことかということに思いをいたすと、胸が張りさけるような気持がする。」

作家が全精魂を傾けて書いた作品が読まれることなく消えていく。読まれたとしても、作家が生きているうちに忘れられることもあれば、死んでから忘れられることもあろう。『お菓子と麦酒』の語り手アシェンデンは言う。

The critics can force the world to pay attention to a very indifferent writer, and the world may lose its head over one who has no merit at all, but the result in neither case is lasting; and I cannot help thinking that no writer can hold the public for as long as Edward Driffield without considerable gifts. The elect sneer at popularity; they are inclined even to assert that it is a proof of mediocrity; but they forget that posterity makes its choice not from among the unknown writers of a period, but from among the known. It may be that some great masterpiece which deserves immortality has

fallen still-born from the press, but posterity will never hear of it; it may be that posterity will scrap all the best sellers of our day, but it is among them that it must choose. (p.120)

「批評家たちがとるにたらぬ作家に世間の注目を強いることもあるだろうし、世間が何の取柄もない作家にうつつをぬかすこともあるかも知れない。しかし、どちらの場合も、結果的には永続きしない。どんな作家もかなりの才能がなければ、エドワード・ドリッフィールドほど永く大衆を引きつけることはできないのではないかと考えざるをえない。エリートたちは、人気というものを冷笑するものだ。人気は、つまらぬ作品の証拠だなどと言いかねない。しかし、彼らが忘れてるのは、後世の人たちが優れた作品だとして選ぶのは、当世無名の作品からではなく、有名作品からだということだ。不滅の名に値する大傑作が出版されないまま終わるといふことがあるかも知れないが、後世の人々はその大傑作のことなど聞きはしないのだ。後世の人々が、現代のすべてのベストセラーをスクラップにすることはありえても、彼らが選ばねばならないとなれば、ベストセラーの中のものである。」

『月と6ペンス』において、モームは、自分自身のために、ただひたすら芸術に精進し、自分の芸術作品が完成するのを見届けて満足し、自分の死後にそれを遺すまいとした画家ストリ克蘭ドを創造した。モームは、こういう形で、自分の作品が自らの死後に遺らなくてよいのかと自分自身に問いかけたのであった。既述の『お菓子と麦酒』の序文からの引用や、アシェンデンのことが示すごとく、モームは、彼の作品が、彼の死後も永く生命力を持つことを切望しているのである。さらに、モームは次のようにも述べている。

It is hard to reconcile yourself to the fact that a book into which you have put, besides your whole self, several months of anxious toil, should be read in three or four hours and after so short a period forgotten. Though it will do him no good, there is no author so small-minded as not to have a secret hope that some part at least of his work will survive him for a generation or two. The belief in posthumous fame is a harmless vanity which often reconciles the artist to the disap-

pointments and failure of his life. (The Collected Edition *The Summing Up*, p. 184)

「自分自身のすべてをかけ、何ヶ月もの苦闘の果てにできあがった書物が、ただの3、4時間の時間つぶしに読まれるや、すぐに忘れ去られてしまうという事実にあっさり甘んじることなど、なかなかできるものではない。この世での自分の暮らしには何の役に立たなくても、自分のやりとげた仕事が、そのほんの一部なりとも、自分よりも一世代でも二世代でもいい、生き残ってほしいというささやかな願いをいだかぬほど、野心のない作家など居はしない。自分が世を去って後も名声を保つのだと信じることなど、他愛のない虚栄心ではあるが、この虚栄心ゆえに、芸術家たるものは、その日常生活における数々の絶望や失敗にも、しばしば甘んじているのである。」

モームは、作家にとって、たとえ、それがはかない望みであろうと、死後の名声を信じるのが、生きる支えともなると主張するのである。ストリ克蘭드가、死後に自分の作品を遺すまいとしたのと同対照的に、モームは自分の死後もその作品が名声を保つことを望んでいるのである。

### III

ブラックスティブルに近いファーン・コート邸の邸宅で晩年を過ごした後、高名な作家エドワード・ドリッフィールドが世を去ると、彼の2番目の妻エイミイは、故人の伝記を出版しようと決意した。資料となるものは、かねて夫の生前から、彼女の手で取捨選択して取りそろえてあった。彼女は20年間彼女の意に逆らうことなく接してきたオルロイ・キアに執筆を依頼し、そのための助力を約束する。キアは文学の才能は乏しいが、世渡りのうまささと勤勉さとして作家としての地位を築いてきた男である。彼は、エドワード・ドリッフィールドの伝記をぜひ執筆したいと思った。彼は、それを「何かを暗示するかのごとく、魅惑的に、かつ微妙に」「ファン・ダイクの肖像画風に、雰囲気豊富」「ある程度の重厚さと、貴族的な特徴を持った」「約8万語ぐらい」のものに仕上げたいと思った。彼は、亡きドリッフィールドの人と作品の中に、彼を執筆に駆り立ててやまない何かを見出したわけでもなく、故人を限りなく敬慕しているわけでもなかった。オルロイ・キア自身の現在の地位を保ち、世の尊敬をあつめるために、誰からも非難されるこ

とのない、感動的なエドワード・ドリッフィールド伝を書きたかったのである。

ドリッフィールドの伝記の執筆を引き受けるにあたって、キアにとって、最も気にかかる存在は、ウィリアム・アシェンデンであった。アシェンデンは、昔、ブラックスティブルの牧師館に住み、15才のときから、かなりの期間、エドワード・ドリッフィールドと彼の最初の妻との間に親交があったのだ。作家仲間、今では若いころのドリッフィールドをよく知っている唯一の人物がアシェンデンなのである。アシェンデンがドリッフィールドの伝記を書きはしないか、老人となってからのドリッフィールドしか知らないキアはそれが気がかりであった。損か得かの計算に強いキアには、勝ち目のない戦いを挑む気などない。彼は何度もアシェンデンの意向を打診する。何度たずねても、アシェンデンは書く気はないと言う。やっと、キアは安心することができた。彼はドリッフィールド伝を書くつもりだとアシェンデンに打ち明け、彼の計画を語る。

執筆するとなると、キアにとって、次に問題になるのは、ドリッフィールド家の the skeleton in the cupboard<sup>3)</sup> をどう取り扱うかということであった。エドワードの最初の妻のことである。キアが聞いて知っているこの女は、女給上がりで、きわめて素行が悪く、エドワードを苦しめ続けた果てに、男と一緒にアメリカへ逃げ去ったのであった。しかし、エドワードの傑作と言われている作品が書かれたのは、彼がこの妻とともに暮らした時期なのだから、無視することはできない。キアは、悪妻の乱行にも高貴な魂で耐えたエドワード像でも思い描いたのか、「どんなに俗悪な問題であろうとも、威厳をもって取り扱えば、その不愉快さをやわらげることができる」などと言うのである。キアは悪評を裏付けるような答を期待して、アシェンデンに、彼女のことをたずねる。しかし、キアが期待した答は返ってこない。「やさしい人だった」などというのである。エドワードのことを聞いても、アシェンデンはキアを失望させることばかり言った。愛唱した歌のことを聞けば、居酒屋で酔客が蛮声を張り上げて合唱するようなものばかり。文学について語ったことを聞けば、「シェイクスピアがストラトフォード・オン・エイヴォンに引退して名士となったときに、もし、自分の芝居のことを考えるとすれば、彼がきわめて興味深く思い出す二つの作品は、多分 *Measure for Measure* と *Troilus and Cressida* だろう」と語ったなどと言う。キアはそんな話は使えないと言う。彼は、書いても、何の差し障りもないことしか書かないつもりなのだ。彼は故人の伝記の執筆を依頼してくれたエイミイ・ドリッフィールド夫人の好みに合わせる

ことを考えていた。なんとかエイミイの気に入るような、しかも、世間からも評価されるようなドリッフィールド伝を作り上げようとしているキアにとって、アシェンデンは不可解なところのある人間であった。アシェンデンは自分の判断しか信じないのだ。キアは、アシェンデンにたずねる。「君は、その意見が重んじられているその道の大家と同じ意見でなくても、なんの不安も感じないのかい？」

## IV

アシェンデンは、事実を知っておきたいというキアの要望にこたえて、エドワード・ドリッフィールドについて知っていることは、すべて書いておくと約束した。アシェンデンが知っているエドワードは、エイミイやキアが考えているような貴族的で威風堂々とした作家などではなかった。

ファーン・コートのウルフ氏の邸宅の管理人の子として生れ、貧しい少年時代を送ったエドワードは、頭のよい生徒で、ハヴァシヤム公立学校を卒業後、オックスフォード大学のウォダム・カレッジの給費生の資格も得たのに、突然船乗りになった。船乗りをやめると、彼は、レストランの給仕人になった。辻馬車の御者をやり、切符売場で事務をとった。彼はそういう仕事をしつつ、ものを書いていたのだ。若いときも、老いてからも、彼は居酒屋でビールを飲み、店の者や居合わせた客とよくしゃべった。商売のこと、暮らし向きのこと。ブラックステイブルに来る以前、まだ最初の妻との間に生まれた女の子が生きていたころ、エドワードは親子3人でロンドンの下宿屋に住んだ。そこの女主人は、もと街の女だった。エドワードは、そういう女とも長時間気軽に話しこむ人間であった。引退したシェイクスピアについての想像にしても、エドワードの野人ぶりがよく出ていた。自らのスキャンダラスな面はひたかくしにして、他人のスキャンダルを平然と裁こうとする人間の滑稽さを扱った *Measure for Measure* とか、クレシダを娼婦として登場させた *Troilus and Cressida* を作者の心に残る作品としてあげるなど、世間一般が畏敬の念をもって讚えるシェイクスピア作品についてさえ、彼は彼自身の判断でしか語らなかつた。彼は、自分の過去を飾り立てたりはしなかつた。かつて、ブラックステイブルで、金に困って、夜逃げをしたときのことにしても、彼は、後年、それをあけすけに訪問客に語った。エドワード・ドリッフィールドは、きわめて個性の強い、庶民的な男だったのである。

何枚かのエドワード・ドリッフィールドの写真を見た

あと、アシェンデンは思う。

The face you saw was a mask and the actions he performed were without significance. I had an impression that the real man, to his death unknown and lonely, was a wraith that went a silent way unseen between the writer of his books and the man who led his life, and smiled with ironical detachment at the two puppets that the world took for Edward Driffield. (pp. 246-247)

「他者の目にうつる顔というものは、いわば仮面なのであり、その人間のとった数々の行動にしても、なんの意味も持たない。私は、真実の彼は、人に知られることなく、孤独のうちに死んだのであり、数々の作品の著者と自分の人生を生きぬいた男との間を、誰に見られることなく、無言のうちに歩み去った、いわば幽霊なのであって、世間がエドワード・ドリッフィールドとしてとらえたこの二つのあやつり人形を、皮肉の入りまじった超然とした態度で笑っていたのだという印象を受けた。」

人間とは、しよせん、誰からも理解されないものだと考えれば、伝記出版など滑稽なものかも知れない。が、それにしても、事実を取捨選択したり潤色したりなどせずに書けば、仮面をつけたエドワードぐらいはよみがえるはずである。しかし、執筆者がキアであるかぎり、たとえアシェンデンが、彼の知っていることをすべてメモして渡したとしても、エドワードのよみがえりを期待するのは無理なことであった。アシェンデンは、エイミイやキアが死んだと信じているが、今なお元気に生きて楽しい日々を送っているエドワードの最初の妻ロウジイのことは、秘密にしておこうとひそかに決心する。

## V

牧師館の女中メアリ・アンは、彼女をなつかしがってたずねてきたロウジイとしばらく語り合ったあとで、アシェンデンに言ったものだった。

"I dare say she's been no worse than plenty others if the truth was only known. She'd had more temptation than most, and I dare say a lot of them as blame her would 'ave been no better than what she was if they'd 'ad the



opportunity.” (p. 90)

「ほんとうのことがわかりさえすれば、あの女だって、ほかの大勢の女にくらべて、悪いところなんかこれっぽっちもないと私はうけあいますよ。だれにくらべても誘惑が多かったのだし、あの女の悪口を言っている多くの女たちにしても、機会があったらあの女と同じだったと私は言い切りますよ。」

ロウジに再会する直前まで、彼女のことを悪しざまに言っていたメアリがこう言ったのであった。

ロウジの父はジョウサイア・ギャンと言った。乱暴な男であったが、兵隊に行って片足を失って義足で帰ってきた。ペンキ屋であったが、仕事のない日が多かった。かわいい女の子であったロウジは、隣家の娘メアリ・アンに連れられて日曜学校に出かけた。成長して、彼女は、停車場近くの鉄道員や坑夫や農夫相手の居酒屋「レイルウェイ・アームズ」の女給になった。この居酒屋で彼女はジョージと出会った。彼には妻子があった。しかし、彼女はこの陽気な男が好きだった。彼は店に入り浸りになる。二人の仲が大きくなるわきになり、彼女は店から追い出される。彼女は働かなければならなかった。ジョージの見つけてくれたハヴァシャムの「プリンス・オブ・ウェイルズ・フェザーズ」で働く。そこで出会ったのが小説を書いていたエドワード・ドリッフィールドであった。女の子が生れ、三人一緒に暮らすようになるが、その子は、かわいい盛りに、脳膜炎で1週間苦しめぬいて死んでいった。子どもの遺体を病院に残して、エドワードとロウジは一たん下宿屋に戻る。しかし、やり切れない思いでロウジは、夜の街へさまよい出る。彼女は、ハリー・レッドフォードをたずね、子どものことなど一言も言わずに、一夜をすごす。翌朝、彼女は帰宅して、夫婦そろって病院に出かけるが、このときのことを後にエドワードは、『生命の杯』に書き、世の非難を浴びたのであった。

その後二人は、ロウジの生れ故郷のブラックステイブルへ移り住む。女中もいた彼らの住まいを、ジョージ・ケンプ、副牧師のギャロウェイ、少年アシェンデンなどが訪れ、にぎやかに過ごした。夫婦は、死んだ子どものことは一言もしゃべらなかつた。彼らの子どものことは、アメリカで、ロウジから聞くまで、アシェンデンも知らなかつたのである。やがて、彼らは夜逃げをした。ただ、女中の給金だけは、後から書き留めで送った。若いとき、貧しさゆえに働かねばならなかつたロウジは、同じような境遇で育ち、女中奉公に出た村の娘

の給金を踏み倒す気にはなれなかつたのだ。

再びロンドンで暮らすようになって、エドワードは忙しくなつた。彼は、夜、仕事をした。一方、ロウジは遊びまわつた。再会したアシェンデンとも、ライオネル・ヒリアとも、ハリー・レッドフォードとも、ジャック・キューパーとも、クエンティン・フォードとも。嫉妬に苦しむアシェンデンにロウジは言う。

“...It's so silly to be fussy and jealous. Why not be happy with what you can get? Enjoy yourself while you have the chance, I say; we shall all be dead in a hundred years and what will anything matter then? Let's have a good time while we can.” (p. 201)

「騒ぎたてたり、やきもちを焼いたりするのは、つまらないことよ。楽しめるものがあれば楽しみなさいな。チャンスがある間に楽しむものよ。百年もすれば、わたしたちは皆死んでしまっているのよ。だから、くよくよしたってはじまらないわ。楽しめる間に、せいぜい面白く楽しみましょう。」

そして、ロウジは、「わたしはこういう女なの、わかつたでしょ」と言うのであった。

エドワードの心がだんだんバートン・トラップフォード夫人に傾いていったように見えたころ、ロウジはジョージ・ケンプとアメリカへ渡つた。彼女は、破産して無一文となり、追われる身となつたジョージ・ケンプに同情したのであつた。アメリカでは、彼らは、姓をイッガルドンと変えて暮らしたが、陽気なジョージの性格が受け容れられて、事業はうまくいった。70才をこえてジョージが世を去ると、彼女は一時力を落すが、充分な財産を残してもらつて、裕福に遊び暮らしている。彼女は、世間の評価、他人の評価を気にかけなかつた。昔、女給として5年間働いたことも隠さなかつた。彼女が隠したのは、彼女が、英国の高名な作家故エドワード・ドリッフィールドの最初の妻だつたということだけであつた。彼女は、新聞記者に押しかけられて、その応対に追われ、自分の時間がなくなつてしまうような生活は好まなかつた。この点、ストリ克蘭ドの死後、名乗り出た彼の最初の妻と対照的であつた。

ロウジは、彼女自身で判断を下した。エドワードの作品に対してもそうであつた。

“...You know sometimes I've hardly been able to help laughing when I've been out somewhere

playing bridge and they've started talking about Ted's books. They like them no end in America. I never thought so much of them myself." (p. 258)

「あのね、どこか外出先でブリッジなんかしているときなんかには、誰かがテッドの本のことを言い出すことがあるの、そしたら、わたし、笑いをこらえることがやっとなんかということがよくあるの。アメリカじゃ、みんな、テッドの本がたまたま好きなの。あたしは、自分じゃ大したものだなんて思ったことないんだけど。」

ロウジィは奔放に生きたが、自分の人生に悔いを残していなかった。「あたしは好きなように生きてきたんですから、いつ、おしまいにしたっていいわ」とアシェンデンに語るロウジィは、人生の絵模様の完成が近づいたことに満足している女であった。彼女は、どう見ても、田舎の居酒屋の亭主としか見えないジョージの写真を見て、「あの人は、いつもこんな風な、完璧な紳士だったんですもの」と言う。世間がどう非難しようと、彼女は自分の目で見、自分の能力で判断し、自分の力で自分の人生を生きる、生命力にあふれた女だったのである。

## VI

60才をすぎたエドワード・ドリッフィールドが、肺炎にかかり、転地療養をすることになったとき、パートン・トラッフォード夫人は、まだ30才前の付添看護婦に「現代イギリス文学の著名な作家の生命と幸福」を託すのだと、強調した。トラッフォード夫人のことばをこの看護婦がどのように解釈したのか、3週間後、彼女はエドワード・ドリッフィールド夫人となった。これがエイミーである。以後、彼女はエドワードが世を去るまで、この著名な作家の日常生活を管理演出したのであった。彼女は、室内装飾が好きであった。彼女と結婚する前にエドワードは、少年時代から、いつかはそこに住みたいと願っていたウルフ氏の邸を譲り受けて住んでいたが、その邸内の模様更えを、エイミーは徹底的にやってしまった。家具屋の店先のように、何の統一もなく雑多に置かれていた家具を一つ一つ取り替え、エドワードがものを書くときに、ずっと使ってきた机まで処分し、書棚には本をきちんと並べた。彼女にとって、本は読むためにあるのではなく、飾るために存在するかのごとく、整然と塵ひとつなく、配列した。有名ではあっても、それほど豊かではない作家の家計をきちんと管理

し、夜逃げなどは全く無縁の生活を送った。彼女は、小間使いの教育も怠らなかった。服装に無頓着でマナーもよくない夫が、上品に見えるように彼女は細心の注意を払った。夫が、居酒屋「ベア・アンド・キイ」へ徒歩で出かけると、彼女は電話して夫の所在をたしかめ、自動車で店の前まで行き、おかみを呼び出して、夫を連れ出してもらった。彼女は、男どものたむろする居酒屋の中へ入っていくような、はしたないまねは決してしなかった。だから、彼女は、エドワードが「わたしは酒場が好きだ」とか「わたしは、いつも人生を愛していた」と言うのを一度も聞かなかったのであった。

エイミーは、用意周到な女であった。いつの日かやってくる夫の死にそなえて、そのときに書かれるはずの伝記のために、ノートの手準備も怠らず、夫を訪ねてくる客の接待も積極的につとめた。

エドワードが死ぬと、その邸宅を記念館風に整えて、来訪者を案内して各部屋を見せ、夫の写真とともに彼女の写真をプレゼントし、サインまでサービスする熱心さである。

モームは、このドリッフィールドの2番目の妻に、ストリ克蘭ドの先妻と同じ名まえを与えた。イメージの重なりをねらったものと解釈してよからう。

## VII

エイミーとキアの前で、アシェンデンは、ロウジィのことを「彼女は夜明けのように、けがれがなかった」と讃える。キアがロウジィのことを「親切な女だったとは思えない」と言うと、アシェンデンは「彼女は親切な女だった」とやり返す。キアが、あの女はだらしのない女で、部屋の中はいつも散らかっていたし、スカートの下からは下着がのぞいていたなどと、見てきたかのようにロウジィを非難すると、アシェンデンは、それでもロウジィは美しかったと言い、さらにロウジィの性質のよさを讃える。これを聞いて、エイミーは、ロウジィは色情狂だったと決めつけ、彼女は、エドワードをひどい目にあわせたのだから、やさしい女とは言えないが、エドワードのためには、その方がよかったのだ、あの女が逃げ出さなかったら、エドワードはその重荷のために、高い地位を得ることはできなかっただろうと言った。エイミーには、エドワードの地位を高めたのは自分だという自信があった。アシェンデンが更にロウジィを弁護して、ロウジィの行為は、ごく自然なもので、色情狂のようなものではなく、太陽が熱を放ち、花が香りを発散するのと同じようなものだったと言うと、エイミーは、理解できないと言う。彼女はさらにエドワードがロウジィのど

ういうところを気に入っていたのかということも理解できないと言う。キアが、エドワードはロウジの交友関係について知っていたのかとたずねると、エイミイは彼は知らなかったはずだと確信を持って答える。エイミイは妻の行為をすべて知っていないが、何も言わないでいるエドワードなど、想像することもできなかったのである。

## Ⅷ

ロウジとエイミイは、対照的な性格の女である。世間的な価値観から見れば、たしかにロウジはドリッフィールド家の the skeleton in the cupboard であった。しかし、ロウジの行為を裁く資格がエイミイにあるとは言い切れまい。ただ、それにエイミイが気がついていないだけのことである。メアリ・アンは言った。ロウジの悪口を言っている者でも、「機会があったら、あの女と同じだった」だろうと。エイミイも、ドリッフィールドの看護婦として転地療養に付き添う機会に恵まれるや、わずか3週間でドリッフィールド夫人におさまってしまったのではないか。ロウジとエイミイが根本的にちがっていたのは、ロウジが世間の評価など全く気にせず、彼女自身の感情と判断に忠実であったのに対して、エイミイは、高名な作家の妻として、世間の注目を充分意識して生きたことであった。ロウジは、エドワードの仕事がどのような価値を持つのかということについては、大して考えもしなかった。彼女は、世間とか道徳とかに束縛されないうで、気ままに生き、同時に周囲の誰をも束縛しなかった。ブラックステイブル時代に、ジョージがエドワードに、小説を書いたりせずに、ジョージのところで働いたらどうかとすすめたときのことである。

“You let him be, George,” said Mrs. Driffield.  
“He likes writing, and what I say is, as long as it keeps him happy, why shouldn't he?”  
(p. 99)

「この人のことは放っておいてちょうだい、ジョージ。」とドリッフィールド夫人は言った。「この人は書くことが好きなの。あたしが言いたいのはね、それでしあわせなら、いいじゃないかってこと。」

よく指摘されるように、エイミイが、ストリ克蘭ドの死後「天才の妻たる者の義務」とかを口にして、新聞記者に囲まれる暮らしを好んだストリ克蘭ドの最初の

妻エイミイと共通する面を持つものに対して、ロウジはどちらかと言えばアタのタイプの女であった。ロウジとアタとのちがいは、アタが献身的にストリ克蘭ドに奉仕したのに対して、ロウジは気ままに生きたことである。モデルのあるなしは別として、モームがロウジのようにやさしく、気ままな女を好意的に創造したことには、そこに『月と6ペンス』の執筆の時期からすれば、はるかに老いた作者の、道徳とか常識とかを超えて、生命力にあふれたものとともに、心のやさしさとかやすらぎを渴望する心理が色濃く反映していると考えられる。

作家にとって、何よりも必要なものは、作家の感受性を刺激してやまない何ものである。そして、この地球上にとどまるつかのまの時を、存分に創作活動に打ちこめるように放っておかれることも必要であった。加えて作家生活につきまとう種々のわずらわしさから解放させてくれるやさしい思いやり、心のやすらぎを与えてくれる存在があれば、もう何も言うことはないのである。ロウジにはそういうものがすべてそなわっていた。社会常識から見れば a skeleton in the cupboard そのもののような存在であっても、それは、作家自身にとっては不快な存在ではないのである。

一方、世間的にいかにも体裁を保とうが、作家の生前は創作意欲を枯渇させ、死後は作家像をゆがめて世間に伝えるような存在には、モームは嫌悪感しか持たなかった。そのような存在は、世間からは讃えられても、作家自身にとっては、致命的なものだというのがモームの主張なのであろう。

モームの妻シリーは室内装飾デザイナーだった。彼女は彼女の意志でモームから去っていった。にもかかわらず、モームに弱みがあったからであろうが、モームは、離婚した後も、彼女に金を送りつづけねばならなかった。モームの甥のロビンによれば、後に、シリーが死んだ報せに、モームはうきうきとして、喜びを隠さなかったという<sup>4)</sup>。もう金を払わなくてもよいからである。結婚を解消したのちまでも、金を払いつづけなければならぬ男と女の関係に対するモームの心底の苦々しさと嫌悪感が、よけいに、室内装飾の好きなエイミイの打算的な態度を鮮明にし、男に対して、何の要求もしなかったロウジを銀色の太陽のごとく輝かせたのであろう。

## Ⅸ

アシェンデンとキアは、エイミイの持ち出してきたエドワードの写真を順に見ていった。

You saw his face grown thinner and more lined. The stubborn commonplace of the early portraits melted gradually into a weary refinement. You saw the change in him wrought by experience, thought and achieved ambition. I looked again at the photograph of the young sailorman and fancied that I saw in it already a trace of that aloofness that seemed to me so marked in the older ones and that I had had years before the vague sensation of in the man himself. (p. 246)

「彼の顔が次第にほっそりとなり、しわが増えていくのに気づいた。若いころの何枚かの写真に見られる頑強で平凡な感じは、徐々に疲れて繊細な感じへと変っていった。経験や思想や野望達成がもたらした彼の内面の変化が見られた。私は再び一枚の若い船乗りの写真を眺めた。そして、その中に、晩年の写真にははっきりしていると思われ、かつ、数年前、彼の人柄そのものの中に、私が漠然と感じたあの冷淡さをそれとなく見るように感じた。」

アシェンデンがエドワードの顔に共通して認めたのは、何事をも客観的に凝視する作家精神のあらわれとも言えるべき冷淡さであった。エドワードは、ロウジィとの間に生れた女の子が、脳膜炎で苦しみぬいて、その果てに息を引きとったときの嘆きや衝撃、その後のロウジィのとった行動については一言も口にしなかった。が、彼は、それを、ごく小さなことにいたるまですべて『生命の杯』の中に書いた。アシェンデンから見ると、その作品は、感傷的なものが多い英国の小説の中では、独特の持ち味の作品であった。子どもの死ぬ場面のすさまじさも、痛ましさも、無慈悲なまでに突き放して、ひきしまったタッチで描写していた。世間は、この作品に対して、絶え間のない非難をあげせかけた。出版社の責任を追求するかと思うと、英国の青少年に悪影響を及ぼすだけの、女性を侮辱するものだと書きたてて、猛烈に非難したのであった。これに対して、エドワードは不愉快さは隠さなかったが、平然としていた。彼は言った。「世間は、真実じゃないというんだ。」「世間なんて、くそくらえだ。あれは真実だ。」エドワードは、彼が娘を失ったときのことなどを説明したりして、世間の同情を求めるようなことはしなかった。彼は、作品に自分自身のすべてを投入し、それでよしとしたのであった。

アメリカでアシェンデンと再会したロウジィは、子どもが病気で苦しむのを目の前にして、それを親でありな

がら、どうしてやることもできなかったつらさは、以後エドワードも自分も、口にするなど、とうていできなかったと告白する。そして、娘を失って、衝撃を受けたエドワードが、家に帰るとき、子どものように泣いたことなどを俗語まじりに語った。

“...I always thought it so funny of Ted. He couldn't bear to speak of it, any more than I could, but he wrote it all down; he didn't leave out a thing; even little things I hadn't noticed at the time he put in and then I remembered them. You'd think he was just heartless, but he wasn't, he was upset as much as I was. When we used to go home at night he'd cry like a child. Funny chap, wasn't he?” (p. 260)

「あたしはいつもテッドのことをおかしな人だと思ってたわ。あたしと同じように、そのことを話すことなど、とてもできやなかったのに、あの人ったら、あらいざらい書いたのよね。あの人は、何ひとつ書きもらさなかったわ。あたしが、そのときには気にもとめなくて、あとから思い出したようなこまごましたことまでもね。あの人のことを、心ない人だと思っても知れないけれど、ちがうの、あの人はあたしと同じくらい、ひどく気持が乱れていたの。夜、掃り道では、あの人はまるで子どもみたいに泣いたわ。おかしな人ね、あの人ったら。」

ロウジィは、娘を失った日の夜の彼女の行動について、エドワードが書いたことは、ありのままの事実ではないけれども、彼の想像力の確かさに驚いたと言うのだった。

“Well, it did give me a turn to see that he did know pretty well what had happened that night. What beat me was his writing it at all. You'd have thought it was the last thing he'd put in a book. You're queer fish, you writers.” (p. 267)

「あの人ったら、あの晩あったことを割合よく知っていたんだとわかって、あたしは、ぎょっとしたわ。あたしが参ったのは、あの人が、あのことをみんな書いたということよ。あんなことは、何があったって、書いちゃいけないことでしょう？ 作家な

んで、変人ばかりね。」

エドワードは、何も話さなかったけれども、じっと見ていたのであり、想像していたのであり、書いたのであった。

『月と6ペンス』の「わたし」の心を占めた疑問は、「自分が無人島に居たとして、自分の書き物が誰の目にも触れぬことがはっきりわかっているのに、ものを書きつづけることができるかどうか」ということであった<sup>5)</sup>。モームの出した答は no! であった。彼には、月を求めて、6ペンスを拾うことを忘れた男のような生活はできなかった<sup>6)</sup>。彼は、文明世界にあって、他者から認められ、経済的にも恵まれ、さまざまなことを成し遂げて死にたいと望んだ。月日は流れて、彼の望んだとおり、彼は劇作家として大成功をおさめ、小説家としても名をなした。彼は、エドワード・ドリッフィールドが晩年にフアン・コートの邸宅を手に入れたように、南仏の景勝地の邸宅の所有者となった。その前には、一時、ロンドンの高級住宅地メイフェアの邸宅に住んだこともあった。彼は、いつ果てるとも知れない豪華な晩餐会を催し、客を招く身となった。若かったころのモームは、新進の劇作家として、週末ごとに金持の家を訪問し、メイフェアの貴族の邸宅での盛大な晩餐会に招かれる身であった。この新進の劇作家は、そのような単調な日常生活にうんざりして、彼自身の内面の人生への渴望に駆り立てられて、ロンドンを去ったのであった。自分自身の経験に照らして自分の主催する晩餐会に喜々として出席する若い作家たちを、壮年をすぎたモームが内心どのように見ていたかを想像し、答を出すのは大してむずかしいことではなかろう。モームには、人間がよりはっきりと見えたのではなかったか。彼はだまって見ていた。そして書いたのである。

エイミー・ドリッフィールド夫人は、ロウジの行動について、「エドワードは知らなかったと思う」と言っていて、アシェンデンに、「私よりもっとあなたはエドワードを馬鹿にしている」と言われる。作家エドワードは何も言わなかったが、じっと見ていて、創作意欲をかき立てられると、何もかも書いたのであった。

「書くこと」「書いてしまうこと」——これこそ作家にとって、最高に意味のあることなのである。

アメリカのロウジの住まいで、アシェンデンは、わずらわしいことの多い作家の生活に思いをめぐらす。

...he has one compensation. Whenever he has anything on his mind, whether it be a

harassing reflection, grief at the death of a friend, love, wounded pride, anger at the treachery of someone to whom he has shown kindness, in short any emotion or any perplexing thought, he has only to put it down in black and white, using it as a theme of a story or the decoration of an essay, to forget all about it. He is the only free man. (p. 268)

「作家には一つの代償があるのだ。何か彼の心にかかるものがあるときはいつでも、それが身を責める反省であれ、友を悼む嘆きであれ、かなわぬ恋であれ、傷つけられた誇りであれ、親切にしてきた人物の裏切りに対する怒りであれ、要するに、どのような感情でも、どのようにこみ入った思想でも、それをすっかり忘れ去ってしまうためには、それを物語の主題なり、随筆の趣向なりにして、あらいざらい紙に書きさえすればよいのだ。彼こそは、束縛から解放された人間なのである。」

モームは、自由を獲得するために書くというのである。『お菓子と麦酒』の序文で、作家の心を占めていた人物について、

...when once that character is set down on paper it belongs to the writer no more. He forgets it. It is curious how completely a person who may have occupied your reveries for many years can thus cease to be. (p. ii)

「いったん、その人物が紙の上にかかれると、その人物は、もう作家のものではなくなるのだ。作家はその人物を忘れ去る。永年にわたって、さまざまな空想を独占しつづけたであろう人物が、かくも、かげもかたちもとどめず、いなくなってしまうとは不思議なことである。」

と言う。執筆することによって、さまざまな束縛から解放されて自由の身となれること、これが世俗にあって、作家活動をしたモームの得た報酬であったとモームは言うのである。

もし、ロウジが帰ってきたいと言ったとしたら、エドワードは彼女を迎えたいと思うかと、エイミーがたずねたとき、アシェンデンは、思わないと答えて、次のように言う。

“...I think that when he had exhausted an emotion he took no further interest in the person who had aroused it. I should say that he had a peculiar combination of strong feeling and extreme callousness.” (p. 250-251)

「ある情念が燃えつきると、彼はもうその情念の火をかき立てた人物には関心を持たなかったと私は思います。あえて言うなら、彼は強い興奮と極端な冷淡さのまざり合った、一風変わった性格の持ち主でした。」

テッド・モーガンによれば、ロウジのモデルは女優だった Sue Jones だという<sup>7)</sup>。エイミー・ドリッフィールドには、『お菓子和麦酒』執筆当時、離婚したばかりのシリーの影がつきまどっている。とすると、モームはこの作品を書いたことで、作家生活のわずらわしさはもとより、この二人のことまでも、きれいさっぱり忘れてしまったということになりはしないか。

## X

さて、『お菓子和麦酒』という題名についてだが、ロウジはケーキが、エドワードはビールが大好きだった。二人ともお茶の時間や居酒屋が大好きだった。二人とも気取ったところなど全くなかった。娘を失ったとき、妻に去られたとき、エドワードは声をあげて、子どものように泣いた。アメリカへ渡ったロウジは、黒人とも、イタリア移民の人たちともつき合った。年をとると、彼女は故郷の田舎町によく似たところに移り住んだ。彼女は、アメリカの俗語にもなれて、周囲に陽気にとけこんだ。多分、彼女の周囲にいるのは、みんな陽気な庶民なのだ。だから、彼らは、庶民的なテッドの作品が大好きなのだ。相変わらず、彼女はお茶の時間も大好きだ。

cakes and ale ということばには、「田舎祭り」とか、「楽しい宴会」とか「のんきな生活」という意味があるという<sup>8)</sup>。この作品の副題は the skeleton in the cupboard である。ロウジの存在そのものが、世間の常識に従えば、the skeleton in the cupboard というべきものであったが、当の本人は、何もとりつくるわず、気どらず、気ままに、田舎祭りの楽しい宴会のような、のんきな生活を送り、しかも生命力にあふれて、自分自身の限りある人生を充実させて生きていた、しかし、そ

れは、世間のことばかり気にして、ありのままの自分をさらけ出すことを恐れて暮らす愚物俗物にはわかるまいとでもいうように解釈すべきであろうか。

モームは、自由を得るために作家となり、自由の身となった。自由を求める少年フィリップ・ケアリの出発地はブラックステイブルであり、自由を得た男ウィリアムアシェンデンが、ある日、さりげなく帰郷したのもブラックステイブルであった。

『お菓子和麦酒』のアシェンデンは、エドワードとロウジの生き方について語りつつ、アシェンデン自身の作家生活についての感慨をもらし、彼のものの見方考え方を述べているのである。アシェンデンが語るのは、エドワードやロウジ、そしてアシェンデン自身が「こう生きた」「こう生きてきた」「こう生きている」ということであり、彼の目は過去と現在に向けられており、もう未来を見ていない。『人間の絆』のフィリップにしても、『月と6ペンス』の「わたし」にしても、その視線がいつも未来を向いていたのと対照的である。『お菓子和麦酒』執筆の時点で、作者はもう未来のことを考えてはいない。作者モームは、この作品に彼のすべてを投入した。「いつ、おしまいにしたっていいわ<sup>9)</sup>」というロウジのことばには、「もう、いつ終りがきてもいい」というモームの感慨が重ねられているのかも知れない。

語り手アシェンデンは、ロウジのやさしさや思いやりを讃えた。ロウジは、この地上にとどまるつかのまのときを、せめて、夜明けのように清純なやさしい思いやりにつつまれて、傷つくことなく、楽しく生きたいというモームの願望が磨き上げた女性像なのであろう。アシェンデンは、ロウジの生き方を評して、好きだと言ったのであって、妥当だとか正しいとか言ったのではない。そのときどきの状況によって、正しいとか正しくないの規準など、猫の目のごとく変化する<sup>10)</sup>。それよりも、各自の好みによる判断の方が、より確かであり、存在感の充実につながるとでも作者は言うのであろう。この広大な宇宙の中の、ごく微小な、地球という名の惑星に、とるにたらぬ一生物としてとどまるつかのまのときを、心やさしく生きさえすればそれでよい、思いやり深く、楽しく生きさえすればそれでよい、もし善とかがあるとすれば、それは倫理的規準などによって決められるものなどではなく、やさしく楽しく生きることを可能にするなにかこそが善なのだともモームは考えているのであり<sup>11)</sup>、このあたりに、モームの快楽主義といわれるものがあつたのである。幼年のころから、やさしさに飢え、傷つくことの多かったモームの魂が、永い彷徨の中で求め続けたものの結晶が、ロウジ像であつた

のであろう。

やさしさ、思いやりを求め続けたモームであったが、彼が、同時に、やさしさ、思いやりを与えつづけた存在であったかどうかということになると、筆者は戸惑いを感じ、答を出すのをひかえざるをえない。

ともあれ、『お菓子と麦酒』は、『人間の絆』や『月と6ペンス』と、異質な作品ではなく、その延長線上の帰結点にある作品であり、同時に、作家モームのすべての作品および彼の人間そのものの集大成ともいうべき作品であると筆者は考えるのである。

#### 付 記

*Cakes and Ale* からの引用文はすべて書名を省略した。使用テキストは *The Collected Edition of The Works of W. Somerset Maugham* (Heinemann) *Cakes and Ale* 1963年版。

#### 文 献

(注に掲げたものはのぞく)

朱牟田夏雄編 *W. Somerset Maugham*, Kenkyusha.  
相良次郎 モームの世界 評論社。  
Richard A. Cordell: *Somerset Maugham A Biographical Study*, Indiana Press.  
Robert Calder: *W. Somerset Maugham and the Quest for Freedom*, Heinemann.

#### 注

- 1) *The Moon and Sixpence* の意味についてモームは 'It means reaching for the moon and missing the sixpence at the foot of one's foot.' と述べている。[Ted Morgan: *Somerset Maugham* (Jonathan Cape, 1980), p. 273] ストリ克兰ドの生き方に対するモームの批判的態度の表明とみてよかろう。
- 2) 拙稿, 「モームの主題とその展開(その一)」(奈良工業高等専門学校研究紀要第17号 pp. 97-98 参照。
- 3) *Cakes and Ale* の副題。*The Kenkyusha Dictionary of Current English Idioms* によれば, a skeleton in the cupboard とは a secrets source of distress, shame, or pain to a family or an individual とある。他人に知られたくない家庭内の事情をあらわす。
- 4) Robin Maugham: *Somerset and All the Maughams* (Longmans Heinemann, 1966), p. 208.
- 5) *The Moon and Sixpence* (The Collected Edition), p. 88.
- 6) 注2) 参照。
- 7) Ted Morgan: *Op. Cit.*, p. 128.
- 8) *The Kenkyusha Dictionary of Current English Idioms* による。
- 9) *Cakes and Ale*, p. 268.
- 10) *A Writer' Notebook* (The Collected Edition), p. 51 参照。
- 11) *The Summing Up*, 最終章 77 参照。





# Dative Ordering in the Stonor Collection

Kiyokazu MIZOBATA

The formal assimilation of dative and accusative, as T. F. Mustanoja says, leads to the rise of the periphrastic dative; in the late ME prose there can be found a broad principle on the usage of the periphrastic and the non-periphrastic datives, though much depends on the writer's particular stylistic and aural sensibility.<sup>1)</sup> The purpose of this paper is to shed some light on the broad principle in choosing the dative alternative and to consider some factors regulating the dative ordering in the late ME prose. Our corpus of research is the Stonor collection which is a faithful reflection of the colloquial English of the 15th century.<sup>2)</sup>

In late ME, the dative object (obj-1, in this paper), the accusative object (obj-2) and the periphrastic dative (prep-obj) are seldom placed before

subject and verb. The result of the examination of our corpus naturally follows this general linguistic tendency, though with some deviated patterns.<sup>3)</sup> The following table shows the combination and frequency of obj-1, obj-2 and prep-obj which are placed after subject and verb. Type A is sentences with the periphrastic dative, and type B is those with the non-periphrastic dative. Each type is subclassified into four kinds of groups according to the formal combination: 'noun+noun', 'noun/pronoun+pronoun/noun' and 'pronoun+pronoun'.

In the early Middle Ages when word order is not fully established it is difficult to say that types A and B in table I are differentiated in stylistic value, but it is not impossible to assume that such distinction exists in late ME. In order

Table I Dative Ordering and Frequency

Group	Type A (with the periphrastic dative)		Type B (with the non-periphrastic dative)		
	Pattern	Total	Pattern	Total	
I	(a) obj-2+prep-obj (N) (N)	27	(e) obj-2+obj-1 (N) (N)	0	
	(a') prep-obj+obj-2 (N) (N)	29	(e') obj-1+obj-2 (N) (N)	20	
II	(b) obj-2+prep-obj (N) (Pron)	14	(f) obj-2+obj-1 (N) (Pron)	0	
	(b') prep-obj+obj-2 (Pron) (N)	17	(f') obj-1+obj-2 (Pron) (N)	173	
III	(c) obj-2+prep-obj (Pron) (N)	4	(g) obj-2+obj-1 (Pron) (N)	0	
	(c') prep-obj+obj-2 (N) (Pron)	0	(g') obj-1+obj-2 (N) (Pron)	1	
IV	(d) obj-2+prep-obj (Pron) (Pron)	6	(h) obj-2+obj-1 (Pron) (Pron)	5	
	(d') prep-obj+obj-2 (Pron) (Pron)	0	(h') obj-1+obj-2 (Pron) (Pron)	4	
Total (Percentage)		97 (32%)	Total (Percentage)		203 (68%)

to see whether the stylistic value appertains to the different dative orderings, we shall reexamine all the instances of table I from the viewpoint of the informational aspects of sentence structure, that is, 'Given' and 'New'. As R. M. Smyth *et al.* say, 'a particular linguistic device (such as word order or stress) which makes some constituent prominent can be termed contextually motivated when the use of the device is based on the fulfillment of expectations developed in the context. Similarly, a device will be contextually unmotivated when the choice of which element is to be made prominent is not based on the fulfillment of such expectations.' In the motivating context, if one object is Given and the other New, the relative syntactic order is Given-New, with the New object under sentence stress (the heaviest stress in the sentence); the order New-Given may occur only if the New object is under contrastive sentence stress. But in the nonmotivating context the two objects are both Given or both New and either object may precede the other.<sup>4)</sup>

From this point of view we choose from table I those instances which only appear in motivating contexts. The result of our research clearly shows the important role that the information order plays in regulating dative position, for almost all the instances which appear in motivating contexts follow the information order Given-New. In order to illustrate this result, we quote an instance from each pattern in table I as shown under :

I-(a) obj-2+prep-obj (23 instances)<sup>5)</sup>  
(N) (N)

....The cause of my wrytyng unto yow at this tyme is for this cause, mervelyng me gretly þat ye send me nat my monay, for I have wretyn unto yow sondry tymys and I have nevyr non answer azeyn þerof; wherfor y besech yow, good brothyr, þat ye will delyver the seid mony unto my neve Sulyard now at this terme, and he xal endente with yow therfor. (135/2-7)<sup>6)</sup>

I-(a') prep-obj+obj-2 (15)  
(N) (N)

[This Indenture] made the xij day of Sep-

tember in the xviiij yere of the regne of Kyng Edward the iiiij<sup>th</sup> bitwene John Elys, Citezein and mercer of London, on that oon partie, and Robert Warner of Watlyngton [in the Countie of] Oxford, wolman, on that other partie, Witnesseth that the seid Robert the day and yere aforeseid hath bargayned and solde unto the seid John xxv sakkes woll called yonge Cotteswold... (350/1-7)

I-(e') obj-1+obj-2 (14)  
(N) (N)

....And syr, whene I come I shall tell your maystershippe many þinges moo by þe mercy off our Lord, who preserve your maystershippe ever. (161/10-11)

II-(b) obj-2+prep-obj (10)  
(N) (Pron)

....And sire, suche kercherse and smokkys and small japys that be in the chest that Cateryne my womanne had role of, wech chest stondyth in my sonne Betsonys Chaumbre. And Sire, I wold pray you that zee wold send this gere to me that I myght take rekenyng of hyre : ... (172/48-52)

II-(b') prep-obj+obj-2 (16)  
(Pron) (N)

Ryght worschypfull Mayster y recommaunde me evermore hertely unto your Maysterschyp: doyng you to understande þat y have done þe message þat ye sent to me for : that ys to sey y have bowght for you xx<sup>ti</sup> hogges, ... (57/1-4)

II-(f') obj-1+obj-2 (173)  
(Pron) (N)

Right worschypful and to me Synguler good lady, I recomende me unto yow : prayng yow to sende me a buck a Wedynsday next comyng acordyng to þe promyse that my Master and ye made at my laste beyng with yow : ... (274/1-4)

III-(c) obj-2+prep-obj (4)  
(Pron) (N)

....And sir, I have R[ecieved] fro Calise ij letters to you, and I wulld a sent theme to you before thisse time, but I cowd no none body to

convey theme savyng I had delyverde theme to  
a woman of Henly, ... (165/8-11)

IV-(d) obj-2+prep-obj (6)  
(Pron) (Pron)

....As ffor her armys I have hyt not, bot þe  
lord Mese woll bryng ham to yow &c.  
(301/5-6)

IV-(h) obj-2+obj-1 (5)  
(Pron) (Pron)

....And as touching the bille that ye have of  
his awne hande of the sume of iiij<sup>xx</sup>. li., I  
praie you send it me by the bringer of this  
letter; ... (249/29-31)

IV-(h') obj-1+obj-2 (4)  
(Pron) (Pron)

....And as ffor schuche thyngys as your mayster  
wrothe unto hym by master Bryane, hyt  
schalle be aplyde, and sent unto your mayster :  
ffor he says he wyll sende you none but  
goode: ... (251/11-14)

There are some instances which seem to con-  
tradict this result, but these also can be explained  
from the informational point of view. We shall  
show it according to the classification of table I.

Group I

There is one instance in (a) which contradicts  
the information order Given-New:

....I have early trust uppon your comyng unto  
þe tyme of thassise, and else I wold have send  
Herry Tye to you long or þis tyme. I have  
delyvered a bill to Herry Tye of suche gownes  
as I wold have for þis Ester. (306/8-11)

Though 'a bill' is apparently placed in the position  
of Given information, we can surmise that it func-  
tions as New information, for it has an indefinite  
article and it is probably under contrastive sen-  
tence stress in this motivating context.

Group II

Three instances in (b):

...: I am now sent for by my lorde, my fadyr,  
to se hys lordship, and may not tary in þis

countee: wherfor I sende my servante now to  
yow for þe sayd money to þe exhibucion of  
þe sayd heyre: ... (181/6-8)

Right wellbeloved, I commaund me to you,  
trustyng to la seen you or this according to  
your promisse. Wherfore I send my servaunt  
to you. I have made promisse of paymentes,  
also have gret charges ageyn the season, and  
yet I here not of my receyvour. (278/1-4)

..., and else I wold have send Herry Tye to  
you long or þis tyme. (306/9-10)

In this group (b') and (f') are free variants, but  
it is to be noted that there is a marked difference,  
from an informational viewpoint, between (b) and  
(b'), and between (b) and (f'), since it can be  
supposed that the periphrastic dative in (b) and  
the accusative in (b') and (f') convey New infor-  
mation. In the above three instances, nevertheless,  
'my servante', 'my servaunt' and 'Herry Tye' can  
be recognized as New information. The reason why  
pattern (b) is chosen instead of (b') or (f') is that  
in patterns (b') and (f') obj-2 is usually non-  
personal noun as in present-day English. This is  
also ascertained by the fact that there are very  
few instances of personal noun as obj-2 in these  
patterns.

Group III

One instance in (g'):

....And Syr, I thanke you hartely as I cane ffore  
your good tynchys: ffore truly thay whare  
very goode and swet as I het hany many a  
day. Whereffore I sent my ffader hone off them  
to hys soper. Whereffor he thanke you ryght  
hartely. (170/17-20)

Though 'my ffader' in this instance conveys New  
information, pattern (g') is chosen instead of  
pattern (c). The reason is that if to-phrase is  
repeated, it may sound unpleasant to one's ear. It  
may be also reasonably said that when orally  
delivered in dictating, 'my ffader' is under contra-  
stive sentence stress.

Group IV

All the instances are subject to the information

order Given-New.

We have explained how the Given-New information regulates the dative order, even in the instances seemingly contradicting this function. This function will be better understood by seeing the interrelationship between formal and informational sentence structures. We present table II in which the instances of table I appearing in motivating contexts are reclassified according to the difference of forms. Here, we again judge the difference from the viewpoint of Given-New, paying attention to such as article or characteristics of noun. And we adopt the term 'Item' to avoid confusion with informational function—Given Item

and New Item.<sup>7)</sup>

From this table, we can obtain the following result.

Group I

In this group the dative object and the periphrastic dative are exclusively Given Item; New Item appears only as the accusative object. Patterns (a') and (e') may be free variations and therefore have slightest difference in choice. This is inferred from the even frequencies of patterns (a') and (e').

Group II

Pattern (f'), in which 'Given Item+New Item' structure appears twice more frequently than

Table II Instances in Motivatng Contexts

Group	Type A	Total		Type B	Total	
I	(a) obj-2+prep-obj (N) (N) Given Item+prep-Given Item New Item+prep-Given Item	12	23	(e) obj-2+obj-1 (N) (N)		0
	(a') prep-obj+obj-2 (N) (N) prep-Given Item+Given Item prep-Given Item+New Item	5	15	(e') obj-1+obj-2 (N) (N) Given Item+Given Item Given Item+New Item	3	14
II	(b) obj-2+prep-obj (N) (Pron) Given Item+prep-Given Item New Item+prep-Given Item	6	10	(f) obj-2+obj-1 (N) (Pron)		0
	(b') prep-obj+obj-2 (Pron) (N) prep-Given Item+Given Item prep-Given Item+New Item	6	16	(f') obj-1+obj-2 (Pron) (N) Given Item+Given Item Given Item+New Item	58	173
III	(c) obj-2+prep-obj (Pron) (N) Given Item+prep-Given Item Given Item+prep-New Item	3	4	(g) obj-2+obj-1 (Pron) (N)		0
	(c') prep-obj+obj-2 (N) (Pron)		0	(g') obj-1+obj-2 (N) (Pron)		0
IV	(d) obj-2+prep-obj (Pron) (Pron) Given Item+prep-Given Item	6	6	(h) obj-2+obj-1 (Pron) (Pron) Given Item+Given Item	5	5
	(d') prep-obj+obj-2 (Pron) (Pron)		0	(h') obj-1+obj-2 (Pron) (Pron) Given Item+Given Item	4	4
Total		74		Total		196

'Given Item+Given Item', is the most frequent ordering in all the groups, because this pattern 'obj-1 (Pron)+obj-2 (N)', from an informational point of view, is a very stable formal construction. The diminishing of pattern (b'), which is a free variant of (f'), is thus explained.

#### Group III

All the instances appear under the order Given-Given except for one instance in which the periphrastic dative is New Item. Though we often find this Given-New combination in present-day English, in this stage of English, this structure can be regarded as rare and (c') and (g') as very unnatural combination.

#### Group IV

In this group both Given and New informations are conveyed by Given Item; therefore, in most instances there are grammatical devices for specifying Given or New information: in (h') New information is expressed by the emphatic pronoun such as 'this' or 'none'; in (d) and (h) Given information refers back to what has been topicalized at the head of sentence by 'as for ...' or 'as touching ...'.

Through our analysis, we can reach the following result. The reason why pattern (f') appears most in the Stonor collection is that the construction both formal and informational operates efficiently and consistently in conveying the meaning. When obj-1 is Given Item and at the same time New information, pattern (a) is chosen and patterns (a') and (e') are chosen when obj-2 conveys New information, to which New Item is more often given than Given Item. Therefore, we may safely say that different from in the age of Chaucer, the periphrastic dative is relatively reduced in the age of the Stonor,<sup>8)</sup> whereas some stylistic difference of information value emerges between periphrastic and non-periphrastic dative

constructions. The tendency of development of dative position in the late Middle English accords with writers' (or speakers') conscious selection of sentence structure which enables them to reconcile the confusing gap between Form and Information.

#### Notes

- 1) Tauno F. Mustanoja, *A Middle English Syntax*, Part I (Helsinki: Société Néophilologique, 1960), pp. 96-97.
- 2) Charles L. Kingsford, *The Stonor Letters and Papers 1290-1483* (Camden Society, 3rd series, Vols. 29 and 30, 1919); and 'Supplementary Stonor Letters and Papers' in *The Camden Miscellany* (Camden Society, 3rd series, Vol. 34, Part 2, 1924).
- 3) Cf. Kiyokazu Mizobata, 'Dative Ordering in the Prose of Chaucer and the Stonor Collection' (*Studia Anglistica*, No. 3, Osaka University of Education, 1984), p. 23.
- 4) Ronald H. Smyth *et al.*, 'The Effect of Context on Dative Position' (*Lingua* 47, 1979), pp. 27-42.
- 5) The number in the parentheses refers to the total of the instances which appear under the information order Given-New in motivating contexts.
- 6) All references to the Stonor collection are to Charles L. Kingsford's edition.
- 7) We use Given and New Items exclusively in terms of 'form', not 'information' or 'meaning': Given Item consists of the proper noun, the pronoun or a phrase premodified by the definite article, the possessive pronoun or the demonstrative pronoun; New Item is a phrase premodified by the indefinite pronoun, the indefinite or zero article.
- 8) Cf. Mizobata, *op. cit.*, p. 24.



# Colloquial English の聴取についての一考察

— 誤聴分析に基づいて —

守 屋 雅 博

A Study on Listening to Colloquial English  
— based on the analysis of errors of listening —

Masahiro MORIYA

Communication is a process involving at least two people. Speaking doesn't of itself constitute communication unless what is said is comprehended by another person. If the main aim of listening is to understand what the native speakers say, we must know the features of their English spoken in the real-life situations.

Careful colloquial style of English can be more easily comprehended than rapid colloquial style of English, because some sound changes and disappearances happen in rapid colloquial style of English. Foreign-language learners have to listen carefully to the actual pronunciations of English words, which are so often different from the shapes which the ordinary spellings suggest.

This analysis of listening errors shows how the learners listen to the two colloquial styles of English and make errors in listening to them. The conclusion is that if the learners don't understand the rules of sound changes, which are assimilation, linking, elision, weakening, and so on, they have much difficulty in listening to the rapid colloquial style of English. In order to improve their listening ability, they must learn the rules of sound changes and practice listening.

## 1. はじめに

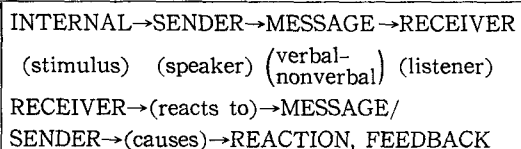
Spoken English は Written English とは違って、いろいろな特徴を内在している。Spoken English では同じ語句を繰り返して使ってみたり、途中で言うのを止めて、別の文を言い始めたり、その情報としてのことばの中にも多くの redundancy を含んでいる。さらに、音声言語として見た場合でも、正確に情報を伝えようとして、ゆっくり言う場合と、親しい友達が集まって気楽に話している場合とでは、同じ語句で構成されている文でも、全く違って聞こえてくる。英米人と話し合った私の経験をふりかえってみても、私自身に語りかけられる英語はよく理解できるのだが、英米人同士の会話をそばで聞いていると全く理解できないということがよくあっ

た。もちろん、俗語や隠語が使われたり、その時の時事問題や話題についての知識が無かったということもあるが、natural settings で使われる彼らの英語にはかなりの音声変化が生じるためではないだろうか。

## 2. Communication における listening の働き

Communication が成立するためには、少なくとも2人以上の人間の間で何らかの情報伝達が行われなければならない。しかし、ラジオやテレビの視聴の場合のように、情報の一方的伝達は communication とは言えない。G. R. Capp・G. R. Capp, Jr. (1976, p. 7) が図示しているように(図1)、情報の伝達という行為の後で、情報としての MESSAGE の送り手と受け手の両方で何らかの反応なり、フィードバックが行われて、初めて

communication が成立すると考えられるからである。



(図1) Communication の成立

H. G. Widdowson (1978, p. 60) は understanding という活動の中に, hearing と listening を含み, usage としての意味理解を hearing とし, use としての意味理解を listening として区別している。従来, 「聞く」という活動は受身的なものだと考えられてきたが, hearing は受身的であっても listening は能動的であると言える。Donn Byrne (1976, p. 8) は oral communication における speaking と listening の働きを次のように述べ, active listening について言及している。

Oral communication is a two-way process between speaker and listener (or listeners), involving the *productive* skill of speaking and the *receptive* skill of understanding (or listening with understanding). Both speaker and listener have a positive function to perform: The speaker has to *encode* the message to be conveyed in appropriate language, while the listener (no less *actively*) has to *decode* (or interpret) the message. The message itself, in normal speech, usually contains a great deal of 'information' which is redundant.

### 3. 音声変化する Colloquial English

中学1年生で習う Do you like it? という文を考えてみよう。一語一語はつきり言う場合には [du: ju: 'laik it] と発音されるが, 自然な会話の中では, do [du], you [ju] という弱形 (weak form) が相互同化 (reciprocal assimilation) を起こして [dju] と変化し, like と it は [lai kit] と子音 [k] が次に来る母音 [i] と連結 (linking) を起こして一語のように発音されるのが普通である。

R. M. Valette (1967, p. 50) は, このような colloquial English の特徴を次のように述べている。

An effort should be made therefore to familiarize advanced students with the variations of the conversational language. For example, in

English *jeetjet* looks like nonsense when seen on the printed page, but when read aloud with a rising intonation any American would understand *Did you eat yet?* All languages have a rapid form of speech, used even by cultivated people, that often seems incomprehensible to the foreigner. Excerpts of such speech serve as the basis of valid comprehension tests.

英語は日本語とは違って stress-timed rhythm である。文強勢のある syllable と syllable の間にいくつ syllable があるとしても, 文強勢のある syllable と syllable に要する時間がほとんどいつも同じであるということである。当然その間の syllable の数が少なければゆっくりと, syllable の数が多ければそれだけ弱形を用いたり, 音声変化が起こりやすいということになる。英語の弱形や音声変化に慣れ, 英語のリズムに乗って聴けるということが listening 力向上に欠かせない大切な要因であると思われる。

## 4. 実験の目的とその方法

### (1) 実験の目的

テープや VTR 教材を聴かせると, 「英語が速くてわからない」と感想を述べる生徒がいる。「英語が速くてわからない」ということは, どの語が聴きとれないからなのか, またどの語群が聴きとれないからわからないのか, ということを知らなければならない。そのために, 今回の実験では, slow (careful) pronunciation で話される英語を聴く場合と, fast (relaxed) pronunciation で話される英語を聴く場合とでどのような相違が生じるかを調べた。特に, rapid speech に顕著に表れる音声変化の聴取の実態を調べることによって listening の困難点を究明できると考えたからである。

### (2) テスト実施の方法

奈良工業高等専門学校2年生(1回目160名, 2回目161名)を対象にしてテストを実施した。課題文として, Nina Weinstein (1982): *Whaddaya Say?* の中から弱形, 音声変化を考えて12文を選び出した。1回目は1984年5月17日に slow pronunciation で聴かせ, dictation させた。dictation の方法は, 1回目は聞くだけ, 2, 3回目は聴かせた後, ポーズをあけて書き取らせた。2MA, 2MB (計81名) は LL 教室で, 2E, 2C (計80名) はテープレコーダーを使って普通教室で聴かせた。2回目は6月28日, 1回目と同一文を fast pronunciation で, 同一条件で聴かせ, 同様に dictation



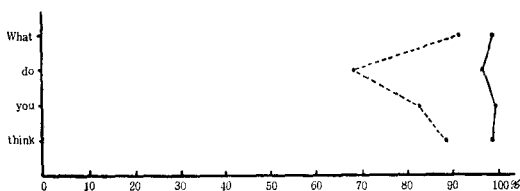
させた。

(3) テスト結果の分析とその考察

テストした12文の、語、語群、文についての聴取率および主な誤聴例を列挙して考察を加えていきたい。語聴取率を示すグラフの——線は1回目の slow pronunciation (以下 **SP** と略す) で聴取した2グループの平均聴取率を、……線は2回目の fast pronunciation (以下 **FP** と略す) で聴取した2グループの平均聴取率を示している。聴取率は%で、( )内は人数とする。

④ (課題文) What do you think ?

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語群	聴取率	誤聴例
<b>SP</b>	What do you	93.8 (151)	What did you(7) Why do you(3)
	think	97.5 (157)	thing(2) say(2)
<b>FP</b>	What do you	62.5 (100)	What are you(12) What is your(6) What you are(5) What you(4) Were you(4) What your(4) What will you(3) What did you(2) What were you(2) What your are(2)
	think	88.1 (141)	thing(2) thinking(3)

(iii) 文聴取率と誤聴例 **SP** 91.9(148)  
**FP** 58.1 (93)

(A) **SP** の場合

- What did you think?(7)
- Why did you think?(3)
- What do you say?(2)
- What do you thing?(1)

(B) **FP** の場合

- What you think?(6)

What are you think?(6)

What is your think?(5)

What you are think?(5)

Were you think?(3)

What did you think?(2)

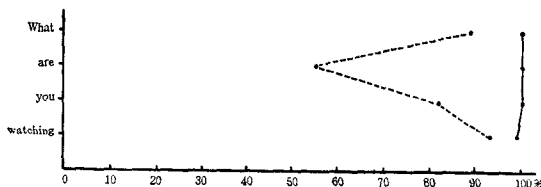
What will you think?(2)

(考察)

4語文である。**SP** で聴取するのは容易である。しかし、**FP** では、弱形 do [du, də], you [ju, jə] の聴取率は下がり、do を are(12), is(9) と誤聴したり、you を your(7), a(2) と誤聴している。What do you では、What do は [(w)hadu] と [t] の音脱落 (elision) が起こり、do you は [dʒu] と相互同化が起こるため、全体としては、[(w)hadʒu] と音声変化してしまうので誤聴例も多岐に分かれている。

② (課題文) What are you watching ?

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語群	聴取率	誤聴例
<b>SP</b>	What are you	100 (161)	誤聴例なし
	watching	99.4 (160)	working(1)
<b>FP</b>	What are you	50.6 (81)	What were you(20) What do you(14) What you are(11) Were you(7) What you(3)
	watching	95.6 (153)	watch(3) wanting it(1)

(iii) 文聴取率と誤聴例 **SP** 99.4(160)  
**FP** 46.9 (75)

(A) **SP** の場合

- What are you working?(1)

(B) **FP** の場合

- What do you watching?(12)
- What you are watching?(11)

What were you watching?(7)

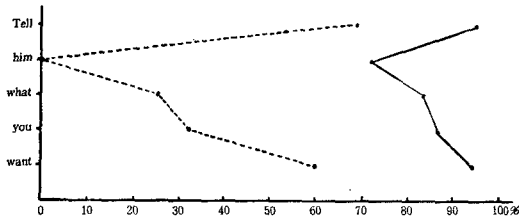
Were you watching?(7)

(考察)

4語文である。[SP]では聴取容易な文であるが、[FP]になると、弱形 are[ə], you[ju, jə]の聴取率は下がり、areをwere(20), do(16), is(5)と誤聴したり、youをyour(6)と誤聴したりしている。What are youは[(w)hadʒu]または[(w)hatʃə]と音声変化し、課題文①のWhat do youとほとんど同じように聞こえてしまうため、誤聴文にはその混同も見られる。What are youをWere you(7)と誤聴している生徒もいるので、疑問詞 whatの聴取は[FP]では意外と困難なのだろうか。

③ (課題文) Tell him what you want.

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語 群	聴取率	誤 聴 例
[SP]	Tell him	68.3 (110)	Tell you(35) Tell me(7)
	what you	64.6 (104)	what do you(10) what are you(8) were(4) what he(4) you(4)
	want	93.2 (150)	want you(1) want to(1) home(1)
[FP]	Tell him	0 (0)	Tell(48) Tell me(41) Tell you(15) Turn(4)
	what you	15.0 (24)	watch(16) watch a(8) you(7) what do you(7) what(3) watch you(3) what are you(3)
	want	57.5 (92)	word(3) a word(3) work(2) about(2) want it(2) wall(2)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 [SP] 41.6(67) [FP] 0(0)

(A) [SP]の場合

Tell you what you want.(27)

Tell him what do you want.(10)

Tell him what are you want.(7)

Tell me what you want.(4)

(B) [FP]の場合

Tell me what you want.(14)

Tell what you want.(4)

Tell what do you want.(3)

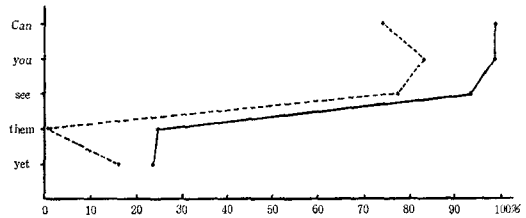
Tell me watch a want.(2)

(考察)

5語文である。[SP]でも代名詞 himの聴取は71.3%と低い。himをyou(35), me(7)と誤聴している。[FP]では、弱形 him[im]は全く聴取できていない。me(52), you(15)と誤聴した他はほとんど聴き落としていた。what youは[SP]では64.6%聴取できているが、[FP]では、what youが[(w)hatʃu]と相互同化してしまうため、15.0%に下がっている。what youがwatch(16), watch a(8), watch you(3)に聴き取るとは予想していなかったが、音の流れはよく似ていてなるほどと感じる。聞いた音そのままに書く段階で、まだまだ意味内容や文法面からこの文はおかしいぞと気付くだけの英語力は身につけていない。

④ (課題文) Can you see them yet?

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語 群	聴取率	誤 聴 例
[SP]	Can you	100 (161)	誤聴例なし
	see	95.0 (153)	sit(2) seen(1) she(1)
[FP]	them yet	16.8 (27)	the(28) the Miyata(Miya, Miyato) (19) the near(8) the me at(5) them me at(4)

FP	Can you	75.0 (120)	You(5) Kill you(5) Could you(2)
	see	78.8 (126)	sing(2) seem(2) seen(2)
	them yet	1.3 (2)	a music(16) a(12) yet(11) music(8) me(7) me yet(5) me it(4) him yet(2)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 SP 16.1(26) FP 1.3(2)

(A) SP の場合

- Can you see the?(26)
- Can you see the Miyata?(8)
- Can you see the near?(7)
- Can you see?(6)
- Can you see the meat?(4)
- Can you see me at?(4)

(B) FP の場合

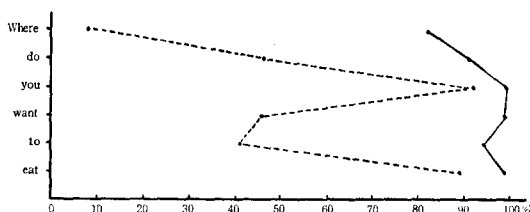
- Can you see a?(13)
- Can you see yet?(8)
- Can you see me at?(7)
- Can you see a music?(6)

(考察)

5語文である。SP, FPとも them, yet の聴取が非常に悪い。yet という語は聴きとりにくい語であるとも言える。SP では them [ðem] を the(38), me(5), than(5) と誤聴しているが、まだ [ð] を聴いている。yet [jet] は SP でも [j] が半母音のため、前の語の末尾の子音 [m] と連結して [mj] となるため、me at(6), me it(3), near(2) と誤聴している。FP では、them の弱形 [əm] を a(22), me(11), it(4), him(3) と誤聴している。yet の子音 [t] はほとんど破裂 (plosive) しないで弱くなってしまうため them yet は [əmje(t)] と聞こえる。そのため (a) music とも聞こえてしまうのであろうか。

⑤ (課題文) Where do you want to eat?

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語群	聴取率	誤聴例
SP	Where do you	75.8 (122)	Well, do you(12) Where did you(8) What do you(5) Well, did you(2) Why do you(2) When do you(2)
	want to eat	93.2 (150)	want eat(7) one to eat(1) want you eat(1) wanted eat(1)
FP	Where do you	1.3 (2)	What do you(60) What are you(20) What were you(13) Were you(9) What you(9) Where are you(4)
	want to eat	35.6 (57)	eat(45) want eat(6) want a eat(5) to eat(4) were eat(4)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 SP 73.9(119)

FP 0.6 (1)

(A) SP の場合

- Well, do you want to eat?(10)
- Where did you want to eat?(5)
- Where do you want eat?(5)
- What do you want to eat?(5)

(B) FP の場合

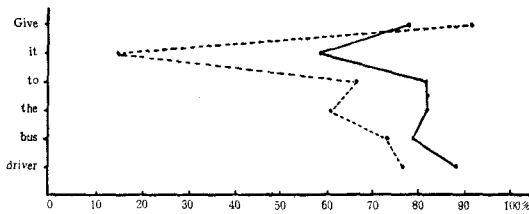
- What do you want to eat?(35)
- What do you eat?(10)
- What were you eat?(9)
- What are you want to eat?(5)

(考察)

6語文である。SP では Where の聴取が81.4%と少し低い。Where を Well(17), What(6), When(3), Why(2) と誤聴している。FP では、Where の聴取が8.1%と極端に悪く、What(123), Why(4), When(3) と誤聴している。want to [want tə] は、want の [t] が音脱落し、[wan tə] となり、さらに [t] が [n] に逆行同化 (regressive assimilation) して [wanə] と音声変化してしまうため、聴取率は35.6%にまで下がってしまう。生徒の中には、wonna eat(2), wanna eat(2) と書いている者がいるが、よく聞いていると思う。

⑥ (課題文) Give it to the bus driver.

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語 群	聴取率	誤 聴 例
[SP]	Give it	56.5 (91)	Give(10) Did it(7) Give you(6) Did you(5) Get it(4) Visit(3)
	to the bus driver	64.6 (104)	to bus driver(4) the bus driver(4) bus driver(4) to a bus driver(3)
[FP]	Give it	15.0 (24)	Give(107) Give you(7) Give me(3) Give him(2) Given(2)
	to the bus driver	37.5 (60)	bus driver(11) to bus driver(6) the bus driver(3) a bus driver(3) to a bus driver(3) to the pass driver(3)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 [SP] 35.6(57)  
[FP] 8.8(14)

(A) [SP] の場合

- Give to the bus driver.(7)
- To the bus driver.(6)
- Give you to the bus driver.(4)

(B) [FP] の場合

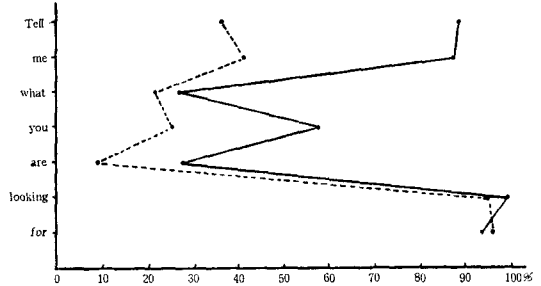
- Give to the bus driver.(51)
- Give to a bus driver.(4)

(考察)

6語文である。[SP]で、Giveの聴取率が予想外に低い。GiveをDid(5)、Get(5)、Is(5)、He(5)と誤聴している。かえって[FP]の方がGiveの聴取率が良いのはなぜか。Primary Effectが[FP]で強く作用するのだろうか、疑問である。[FP]では、Give itは[gi vit]と連結が起こり、itをyou(8)、me(3) him(3)と誤聴しているが、ほとんどは聴き落としている。

⑦ (課題文) Tell me what you are looking for.

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語 群	聴取率	誤 聴 例
[SP]	Tell me	80.7 (130)	Can you(15) Can we(3) Tell(2)
	what you are	10.6 (17)	you are(19) were you(14) what you(11) what are you(9) your(8) you(8) were(8)
[FP]	looking for	87.0 (140)	looking for you(4) looking(3) looking forward(3)
	Tell me	34.4 (55)	Turn(9) Tom(9) Turn me(7) Turn you(5) Turning(4) Travel(4)
[FP]	what you are	5.6 (9)	watch(30) watching(26) what you(14) what are you(6) watch you(3) want you(2)
	looking for	89.4 (143)	looking for you(3) looking forward(3) looking for it(2)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 [SP] 9.9(16) [FP] 5.0(8)

(A) [SP] の場合

- Tell me were you looking for.(15)
- Tell me you are looking for.(11)
- Tell me what you looking for.(11)
- Tell me you looking for.(8)
- Tell me what are you looking for.(8)
- Tell me your looking for.(7)

(B) [FP] の場合

- Tell me what you looking for.(10)
- Tell me watch looking for.(10)

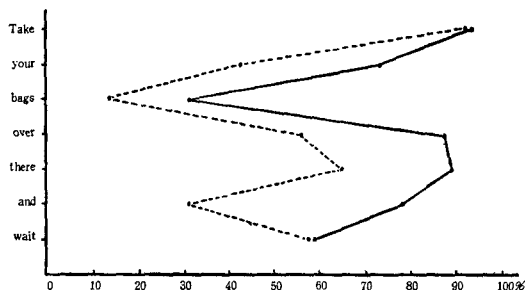
Tell me watching looking for.(10)

(考察)

7語文である。[SP]でも what you areの聴取は10.6%と低い。疑問詞 what を were(24), a(10), about(6), where(5)と誤聴している。what you areは [SP]では [(w)hɑtʃu:ɑ:r]と少し音声変化し、[FP]では [(w)hɑtʃə]とさらに音声変化してしまうため、聴取率は5.6%と下がってしまう。そのために、watch(30), watching(26), watch you(3)と誤聴してしまっているが、意味理解や文法力がついていれば文のおかしさに気付いてもよいはずだ。音声変化の法則を知らないがために、聞こえてくる音声にあまりにも頼りすぎてしまった結果だと思う。弱形 me[mi]を you(3), your(2)と誤聴しているが、聴き落としている者が多い。Tell meでは、[m]が[l]を鼻音化してしまう逆行同化が起こり、[tem mi]と音声変化してしまう。そのため、Tell meを Turn(9), Tom(9), Turn me(7)などに誤聴してしまうのであろう。[FP]の方が[SP]より forの聴取率がよいのは[FP]の方が recency effectが強く働くのであろうか。

⑧ (課題文) **Take your bags over there and wait.**

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語群	聴取率	誤聴例
[SP]	Take your bags	32.3 (52)	Take your bag(42) Take your back(8) Take your(6) Take you(6) Take you back(4) Take a bag(3)

	over there	84.5 (136)	and over there(3) of there(2) of the(2)
	and wait	55.3 (89)	and way(12) and(8) and weight(4) and a wait(4) wait(2) and you wait(2)
[FP]	Take your bags	15.0 (24)	Take you(35) Take your bag(21) Take you back(19) Take(10) Take your(7) Take your back(3)
	over there	52.5 (84)	there(14) of there(4) over(3) all there(2)
	and wait	26.9 (43)	wait(33) weight(6) late(4) and weight(4) for a wait(4)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 [SP] 21.3(34)  
[FP] 7.5(12)

(A) [SP]の場合

- Take your bag over there and wait.(23)
- Take your bag over there.(5)
- Take you over there and wait.(3)
- Take your back over there and wait.(2)

(B) [FP]の場合

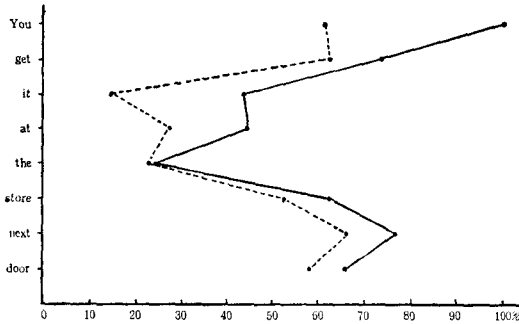
- Take your bag over there and wait.(6)
- Take you over there wait.(6)
- Take you back over there and wait.(3)
- Take your back over there and wait.(2)

(考察)

7語文である。[SP]においても bagsの聴取率が低い。特に、複数語尾-s[z]を聴き落とし、bag(46), back(18), bus(5), bath(3)と誤聴している。[g]と[k]はともに軟口蓋破裂音なので識別しにくい子音であると言える。waitの聴取率は59.6%である。end focusが働き、強勢が置かれているのもっと聴き取れてもよいのだが。way(15), weight(4), away(3)と誤聴している。[FP]では、bagsを bag(25)と誤聴している。弱形 your[jə], and[ən, n]の聴取率は43.1%, 30.6%と下がっている。yourを youの弱形[jə]と聴いている者が65人もいる。また、andを an(3), on(3)と聴いているが、ほとんどは聴き落としている。waitは weight(10), late(5), right(3)と誤聴しているが比較的良好に聴きとれている。fast speechにおける弱形の聴き取り方によって意味内容をより深く理解できるようになるだろう。

⑨ (課題文) **You get it at the store next door.**

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語 群	聴取率	誤 聴 例
[SP]	You	96.9 (156)	You are(1) You'll(1) Do you(1)
	get it	36.0 (58)	get(37) gather(9) gathered(6) get out(5) get up(4) got it(4) get into(3)
	at the store	7.0 (14)	at store(26) store(22) at a store(6) the store(6) and store(4) in the store(4) to store(3) a store(3)
	next door	52.2 (84)	next store(22) at store(9) and store(5) door(4) and next store(4)
[FP]	You	63.1 (101)	He(43) You've(1) Did you(1)
	get it	10.6 (17)	get(59) get up(15) gets(9) get out(7) gave(6) got(5)
	at the store	3.1 (5)	at store(22) store(22) the store(10) a store(4) at the door(3) to the store(3)
	next door	38.8 (62)	next store(13) next the store(10) the next door(6) and store(5) at the door(6) door(3) at the store(2)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 [SP] 1.2(2) [FP] 0(0)

(A) [SP] の場合

- You get it at store.(7)
- You get at the store.(4)
- You get it store.(3)
- You get at the store next door.(2)
- You get at store next door.(2)

(B) [FP] の場合

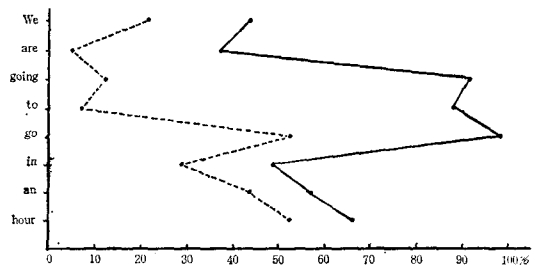
- You get at store next door.(8)
- You get next door.(5)
- He get up store next door.(4)
- You get it store next door.(3)

(考察)

8語文である。[SP] [FP]とも it, at, the の機能語の聴取率が低い。[SP] では at を in(5), to(4)に, the を a(10) と誤聴している。it を聴き落としてしまうか、動詞 get に伴う副詞または前置詞ととらえるか, gather (ed) と誤聴している。[FP] では, get it が [ge tit] と連結がより強く表れ, 聴き落としが目立つ。it の [t] がほとんど破裂しないため gave(6) と誤聴しているのであろう。at を to(6), and(2)に, the を a(7), that (5) と誤聴しているが, 聴き落としている者も非常に多い。next door では, [d] と [t] が調音点が同じであるため, [t] の音脱落が起き, [neks dɔːr] となってしまうが, 比較的良好に聴取している。store と door は [ɔːr] を持っているため, 語の聴き違いが起きている。文聴取率は [SP] 1.2%, [FP] 0% と完全な文を聴取できるものはほとんど皆無である。短期記憶の面から言っても8語文はある限界を示しているのだろうか。このテープのスピードは [SP] でも結構速いので, 弱形が使われる機能語の聴取にはかなりの練習が必要であろう。

⑩ (課題文) **We are going to go in an hour.**

(i) 語聴取率



(II) 語群聴取率と誤聴例

	語群	聴取率	誤聴例
[SP]	We are	26.1 (42)	We(22) What(8) Where(7) Who(7) Where are you(7) When(5) Were(4) Would you(4)
	going to go	83.2 (134)	going go(8) go(3) go go(2) go to go(2)
	in an hour	29.2 (47)	an hour(23) in a hour(13) any hour(6) in the now(5) now(5) and now(3) any an hour(3)
[FP]	We are	3.1 (5)	What(52) We(25) Where(21) Were(7) We'll(4) When(4)
	going to go	3.8 (6)	go(31) go and go(5) going go(5) do you go(4) are you going(4) get go(4) got go(4)
	in an hour	18.1 (29)	an hour(32) now(15) in a hour(11) enough(8) one hour(3) in now(2)

(iii) 文聴取率と誤聴例 [SP] 9.9(16) [FP] 1.9(3)

(A) [SP] の場合

We're going to go an hour.(8)

Going to go in an hour.(8)

We going to go an hour.(2)

(B) [FP] の場合

We go and go in an hour.(5)

We going to go in a hour.(4)

What going go an hour.(3)

What going go now.(3)

We got to go an hour.(2)

(考察)

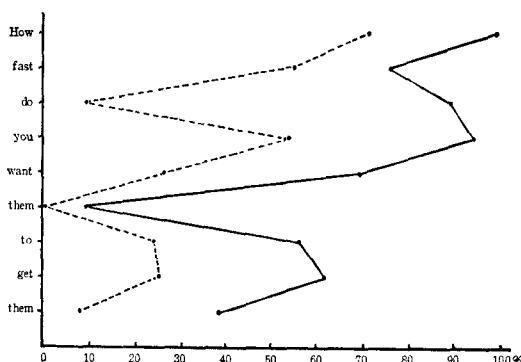
8語文である。[SP] では We are, in an hour の聴取率が低い。We are は We're[wɪə] と短縮形で使われるのが普通である。We're を [SP] [FP] で疑問詞または疑問詞を伴う語群と聴いている点は、疑問詞で始まる疑問文の聴取に関する問題点として今後の研究に待たなければならない。in an hour は [SP] でも [i nə nauə] と連結が起こり、an を the(10), a(6), any(6) と、hour

を now(10) と誤聴したり、our(6) と誤解している。

[FP] では、going toの聴取が極端に悪い。going の [ɒ] の音脱落とともに [t] の逆行同化により [gounə] と音声変化してしまうためである。in an hour を enough(8), in now(2) と聞いてしまうと意味内容が違ってしまったり、理解できなくなってしまう。それゆえ、音声変化することばの理解が大切になってくると思う。8語文ともなると主語と動詞のある文の形が書き取れなくなり、誤聴文例も多岐に分かれ整理できなくなってくる。

⑪ (課題文) How fast do you want them to get them ?

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語群	聴取率	誤聴例
[SP]	How fast	69.6 (112)	How first(30) How(7) How far(2)
	do you	87.0 (140)	you(6) did you(3)
	want them	8.7 (14)	want(92) wanted(3) went(3) want and(2) walk(2)
	to get them	29.8 (48)	get them(11) together(10) to get up(8) to get(3) to get on(4) to get him(3)
	How fast	53.8 (86)	How first(9) How(4) Pass us(3) How faster(3) Pass(3)

[FP]	do you	9.4 (15)	you(52) to you(6) you are(5) are you(5)
	want them	0.6 (1)	want(39) walk(3) want it(2) wanted(2) went(2)
	to get them	3.8 (6)	together(48) to get on(8) to gather(5) get up(4) get them(4) to get up(3) to get him(3)

(iii) 文聴取率と誤聴文例 [SP] 3.1(5) [FP] 0(0)

(A) [SP] の場合

- How fast do you want to get them?(27)
- How do you want?(6)
- How fast do you want to get up?(5)
- How first do you want to get them?(4)
- How fast do you want together?(4)
- How fast do you want to get him?(3)

(B) [FP] の場合

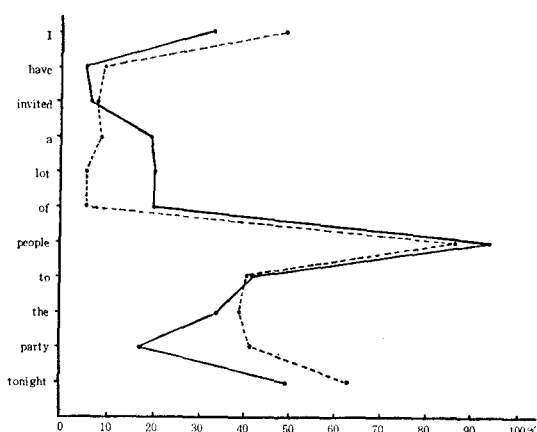
- How fast you together?(6)
- How fast together?(4)
- How fast do you want to get on?(3)
- How fast do you want together?(3)
- How fast do you want to get it?(2)

(考察)

9語文である。[SP] では、代名詞 them の聴取が非常に悪い。文末の them には end focus が働くため聴取率は38.5%とまだ良いが、文中にあって動詞の目的語になっている them の聴取率は9.9%で、ほとんどの者が聴き落としている。[FP] では、代名詞 them の聴取率は、それぞれ0.6%, 8.1%となっている。代名詞は弱形を用いるのが普通であり、そのため音声変化しやすくなる。do you が [dʒu] と相互同化を起こすため、do の聴き落としが多い。them の弱形は [ðm, əm, m] で want them は [wan ðm, want əm, want m] と聞こえるため、やはり them の聞き落としが目立っている。to get them は [tə ge ðm, tə get əm] と発音されることから、together(48), to gather(5), to get up(3) と聞こえるのだろう。[m] は両唇鼻音で、up の [p] は氣息音をほとんど伴わないのでただの両唇音になるので似るのである。

⑫ (課題文) **I've invited a lot of people to the party tonight.**

(i) 語聴取率



(ii) 語群聴取率と誤聴例

	語 群	聴取率	誤 聴 例
[SP]	I've invited	1.2 (2)	I(22) I invited(6) I'll(4) I don't(2) I enjoyed(2) I didn't(2)
	a lot of people	17.4 (28)	people(101) the people(8) lot of people(4) to the people(2)
	to the party	9.9 (16)	to the(27) to(6) party(5) to the police(4) to party(4) Paris(3) to Paris(2)
	tonight	49.1 (79)	night(21) at night(6) in the night(4) Can I(3)
[FP]	I've invited	1.9 (3)	I(29) I've(16) I don't(15) I invited(5) I didn't(2)
	a lot of people	5.0 (8)	people(104) the people(7) a people(6) one of the people(2)
	to the party	18.8 (30)	party(21) to the Paris(15) Paris(9) to party(4) to the(3)
	tonight	63.1 (101)	to the night(7) night(5)

(考察)

11語文である。この課題文において [SP] と [FP] の聴取率の逆転が顕著に見られる。その原因が何かは不明で



ある。ただ考えられるのは、短期聴覚記憶からいって、11語は長過ぎるため、聴き取れたとしても忘れてしまい、データとして正確に表れなかったのではないかと言うことができる。誤聴文例でも主語、動詞の無い、英語の文としては不十分なものが多く、整理できなかった。11語文は本校2年生の英語力では、dictationには無理なかもしれない。invited, party, tonightは内容語でストレスが置かれているので、SPにおいて、もっと聴取率が伸びてもよいのだが。I haveはI've[aiv]として短縮形で使われるのが普通である。SPで8名、FPで11名が聴取しているが、I've invitedとはほとんど聴きとれていない。SP FPでI don't(2)(15), I didn't(2)(2)と誤聴しているが、文意に関わる重要な誤りと言えらる。a lot ofは[ə la tɒv]と連結が起こり、SPの方がやや聴取率は良いが、聴取困難な語句と言える。

## 6. 実験結果からの解釈

### (1) FP と SP の聴取率の比較

今回は文レベルでの聴取の実験であった。(表1)に表されているように、語、語群、文単位でそれぞれ聴取率を出し、その平均聴取率をその文の聴取率と考えることにした。その結果、FPでの聴取率はSPの0.56倍であることがわかった。なかでも、課題文③⑤⑩におけるFPの聴取率は低かった。

### (2) 文の長さや聴覚記憶について

9語文までは明らかにSPとFPとで聴取率に大きな差が出ている。しかし、11語文になると、課題文にも問題があるかもしれないが、SPとFPの聴取率が逆転している。SPの聴取率がFPよりも高いのが当然であるが、そうならないところに dictationとしての文の長さの限界が11語あたりにあるのではないかと考えられる。また、ある一定語数を越えると聴取力にあまり差がなくなるということは、適当な語数の後に、少しでもポーズを置くことによって、聴取力が向上していくと考えられる。

R. M. Valette (1967, p. 48)が、listeningの技能を向上させるには、discrimination, retention, comprehensionの力を伸ばさなければならないと述べているように、聴覚記憶を伸ばすことは大切である。SPでは7語文までなんとか50%以上の聴取率を示しているが、FPでは5語文になると聴取率が下がってしまう。音声変化の法則を理解しないかぎり、FPの聴覚記憶を伸ばすことはできない。

課題文	語数	語聴取率		語群聴取率		文聴取率		平均聴取率		平均
		<u>SP</u>	<u>FP</u>	<u>SP</u>	<u>FP</u>	<u>SP</u>	<u>FP</u>	<u>SP</u>	<u>FP</u>	<u>SP</u>
①	4	98.2	82.5	98.2	75.3	91.9	58.1	96.1	72.0	0.74
②	4	99.9	79.9	99.7	73.1	99.4	46.9	99.7	66.6	0.67
③	5	85.8	37.2	75.4	24.2	41.9	0	67.7	20.5	0.30
④	5	68.0	50.1	70.6	51.7	16.3	1.2	51.6	34.3	0.66
⑤	6	93.7	53.6	84.5	18.5	74.4	0.6	84.2	24.2	0.29
⑥	6	77.8	63.8	60.6	33.8	35.6	8.7	58.0	35.4	0.61
⑦	7	68.3	46.0	59.4	43.1	10.0	5.0	45.9	31.4	0.68
⑧	7	73.2	51.8	57.4	31.5	21.3	7.5	50.6	30.3	0.60
⑨	8	60.8	45.2	48.0	28.9	1.2	0	36.7	24.7	0.67
⑩	8	66.1	27.4	46.2	8.3	10.0	1.9	40.8	12.5	0.31
⑪	9	65.7	30.2	48.8	16.9	3.1	0	39.2	15.7	0.40
⑫	11	30.6	33.6	19.4	25.5	0.6	0	16.9	19.7	1.17
平均		74.0	50.1	64.0	35.9	33.8	10.8	57.3	32.3	0.56

(表1) 文の長さや聴取率

### (3) 聴取困難な語句について

今回の実験から、SPとFPとで聴取に大きな差が生じた語句に、弱形を持つ語、疑問詞、音声変化する語句を挙げることができる。

#### ① 弱形 (weak form)

弱形の聴き取りを難しくしている原因の一つは、弱形には同音異義語が多いということである。例えば、a, are, her, or, ofは[ə], do, did, had, wouldは[d], an, and, on, not, thanは[n]と発音されるからである。

だが、O'Connor (1980, p. 92)が述べているように、英語のリズムはこの弱形から生まれているのである。

The use of weak forms is an essential part of English speech and you must learn to use the weak forms of 35 English words if you want your English to sound English.

今回の実験ではFPにおける人称代名詞の聴取率が特に低いと思われるので、12の課題文に使われた人称代名詞の聴取率を(表2)に表してみた。

人称代名詞の使用回数が少ないので、この資料だけで十分なことは言えないが、FPの聴取率はSPの0.50倍である。特にSPとFPの差が大きいのは目的格の人称代名詞である。meは[mi], himは[im], itは[it],

代名詞	使用回数	聴取率		FP
		SP	FP	SP
I	1	32.3	48.8	1.5
me	1	87.6	40.6	0.46
we	1	43.5	20.6	0.47
you	7	91.9	63.6	0.69
your	1	73.9	43.1	0.58
him	1	71.3	0	0
it	2	50.7	14.7	0.29
them	3	24.2	8.1	0.33
平均		59.4	29.9	0.50

(表2) 人称代名詞の聴取率

t], them は [ðəm, ðm, əm, m] と弱形を持ち、動詞と結びついたり、他の語と結びついて音声変化しやすく、文の中に埋没して聴取しにくくなるためである。

同様に、短縮形として用いられている you're, we're, I've は最も聴取率の低いものの中に入る。それは、人称代名詞が、聴取しにくい 're[ə], 've[v] の弱形と結びついたからである。

## ② 疑問詞

communication の手段としての「ことば」を考えるとき、その基本は、一方が尋ねて、他方がそれに答えるということである。その意味からいっても、疑問文を聴き取るということは、相手がどんな情報を知りたいのかを的確に把握することにつながる。英語の疑問文は特に文頭で疑問の意味合いが表されるため、文頭の聴き取りに注意を払わなければならない。

今回の課題文では、①②⑤⑩が疑問詞で始まる疑問文であり、③⑦が間接疑問文である。これらの文に使われている疑問詞の聴取率を(表3)に表してみた。

疑問詞	使用回数	聴取率		FP
		SP	FP	SP
what	4	76.9	56.4	0.73
where	1	81.4	8.1	0.10
how	1	98.8	70.6	0.71
平均		85.7	45.0	0.53

(表3) 疑問詞の聴取率

疑問詞の使用回数が少ないので、詳細に関しては今後の研究を待たなければならないが、FP の聴取率は SP の0.53倍である。疑問詞 what, how は(表3)から、比較的よく聴き取っていることが分かる。だが、what については、間接疑問文として文中に用いられるときには、音声変化を受け、文中に埋没することが多く、特に、FP では、20.6% (課題文③)、25.0% (課題文⑦) と聴取率が悪い。3つの疑問詞の中では、SP と FP とで大きな差が出ているのは where である。課題文⑤では、Where を SP で Well(17), What(6), When(3), Why(2) と誤聴し、FP では、What(123), Why(4), When(3), Will(2), Were(2) と誤聴している。また、課題文⑩で、We are をいろいろな疑問詞と誤聴しているので、疑問詞との関わりで考えていかなければならない。

疑問詞は内容語であり、普通ストレスの置かれる語である。疑問詞の誤聴は文意に関わるものであり、またコミュニケーションを停滞または阻害してしまうため、特に指導に注意を払わなければならない。

## ③ 音声変化する語群

ここでは特に、同化 (assimilation) と連結 (linking) について述べる。

### (1) 同化

鳥居・兼子 (1979, p. 142) は同化について、「2つの音が連続すると、どちらかの音が他の音に影響して、それとまったく同じ音になってしまうか、あるいは、似かよった音になってしまうことがある。時としては、一方が他方に影響を及ぼすのではなく、たがいに影響しあって近づきあうこともある」と説明している。

今回の課題文には同化を起こしている語句は多い。一部、音脱落 (elision) の現象も含むが、主に同化を起こしている語句の聴取率を(表4)に表してみた。この表からも明らかなように、SP と FP の聴取率に大きな差がある。FP の聴取率は SP の0.47倍である。

英米人の rapid speech には、こうした音声変化が次々に出てくる。What do you を [(w)hat du: ju:] と理解している者が、[(w)hadgu] と言われると、全く異質な、全く異なった語句とさえ聴き取ってしまうのであろう。going to, what you, want to は、特に SP で聴取しにくい語群である。what you are, what you は SP でも幾分音声変化が起きる上、文の中に埋没してしまうので、聴取しにくい語群と言える。音声変化の中でも、同化作用を起こす語群の聴取には十分に指導する必要があるだろう。

語 群	使用回数	聴 取 率		$\frac{FP}{SP}$
		SP	FP	SP
what do you	1	93.8	62.5	0.67
what are you	1	100	50.6	0.51
what you	2	64.6	15.0	0.23
can you	1	100	75.0	0.75
do you	2	90.1	46.3	0.51
want to	1	93.8	40.6	0.43
what you are	1	10.6	5.6	0.53
going to	1	88.2	6.8	0.08
平 均		80.1	37.8	0.47

(表4) 同化する語群の聴取率

## (2) 連結

大西(1976, pp. 50-52)は音の連結について、「音節の末尾の子音と、後続音節、または半母音とが連結して新たな音関係を形成する現象を言う」と説明し、an aim / a name, ice cream / I scream, more ice / more rice 等の例を挙げ、「これらの識別には音量の長短、氣息音の有無、休止の位置、音調の型、強勢の程度など音声上の特徴により、時には文意から総合的に判断する必要がある」と、連結する語群の聴取の難しさを述べている。

語 群	使用回数	聴 取 率		$\frac{FP}{SP}$
		SP	FP	SP
give it	1	56.5	15.0	0.27
get it	1	36.0	10.6	0.29
in an hour	1	29.2	18.1	0.62
a lot of	1	17.4	5.0	0.29
平 均		34.8	12.2	0.35

(表5) 連結する語群の聴取率

今回の課題文に見られる連結を起こしている語群の聴取率を(表5)に表してみた。 $\frac{SP}{FP}$ とも聴取率は低い。 $\frac{FP}{SP}$ の聴取率は $\frac{SP}{FP}$ の0.35倍で、それだけ連結する語群の聴取が難しいことを示している。同化と同様、連結する語群の聴き取り練習も、今後重点的に指導していかなければならない。

## 7. 今後の listening 指導への課題

## (1) 弱形を重点的に

英語は stress-timed rhythm であることは知っているが、そのリズムに乗って英語を話したり、聴いたりすることは難しい。機能語の多くは強形と弱形を持っているが、強形を強調して教えずるために、弱形が忘れられているのではないか。A. C. Gimson (1980, p. 261) は、at, of, the, to, as, and, or, a, his, an, but, been, for, her, we, be, shall, was, them の10語は発話中の90%以上は弱形が用いられることを指摘している。発音指導でも強形よりも弱形にもっと重点を置いて指導していくべきである。

## (2) 音法だけでなく文法力を

dictation 形式で英文を聴き取らせた結果、東後勝明(1978, pp. 2-4)のいう音法で正しくても、文法的には間違っている文が非常に多かった。聞いた音のままに書く、聞いた音のままに理解すると、その文の意味が全く分らないようになってしまうことも多い。rapid speech では、What do you think? と What are you watching? の What do you, What are you は、ほとんど同じように聞こえる。その後にくる think, watching を聴いて、現在時制の文か、現在進行形の文かを瞬時に判断するだけの文法力を育てていかなければならない。かなり高度ではあるが、先を予測しながら聴くという予測文法(grammar of expectancy)の力をめざしたいものである。

## (3) 意味を考えた聴き取りを

語数の多い文になるほど聴取率が下がるのが普通である。実験結果から、 $\frac{SP}{FP}$ で7語文、 $\frac{FP}{SP}$ で5語文までしか聴き取れないが、10語前後の文まで伸ばすことは可能だと思う。retention の力を伸ばすためには、意味を考えて聴き取るように指導していかなければならない。

## (4) 聴解語彙を増やす

聴解できない語が出てくると、そこで理解が止まってしまう傾向がある。読み書きできる視覚語彙が一番多く、次いで聴解語彙、口頭語彙の順であろう。訛りや個人差によっても発音が変わり、聴解しにくくなる要因は多々ある。いろいろな人の英語を聞き、耳を慣らし、聴解できる語彙を増やすことが大切である。

## 8. おわりに

slow speech で、ストレスの置かれている内容語すら聴き取れていないのに、rapid speech を聴くのは無理だとすれば、rapid speech を練習する機会はなくなら

てしまう。slow speechにも音声変化は起こっているの  
 であって、rapid speechではより顕著に表れているだ  
 けである。

A. C. Gimson (1980, p. 297) は、外国語として英語  
 を学ぶ学習者に次のような示唆に富んだ言葉を述べてい  
 る。

The foreign learner is recommended to aim at  
 a careful colloquial style of English in his own  
 speech and, at the same time, to be aware of the  
 features which characterize the rapid colloquial (or  
 familiar) style he is likely to hear from native  
 speakers.

たとえ英語らしいリズムで話せなくても、話される英語  
 を聴き取らなければ communicate できない。rapid  
 speech に起こる音声変化を少しでも理解することによ  
 って、colloquial English の聴取はかなり伸びると言  
 える。

#### 参 考 文 献

- 1) 安藤賢一 (1978), 「耳の訓練をいかに行うか」『英語教育』(大修館)第26巻, 第12号, 2月号, pp. 6-8.
- 2) Byrne, Donn (1976), *Teaching Oral English* (Longman).
- 3) Capp, G. R. and Capp, G. R. Jr. (1976), *Basic Oral Communication* (Prentice-Hall).
- 4) Dayes, A. F. (1972) "Learning from Dictation," *English Language Teaching*, Vol. 26, No. 2, pp. 149-154.
- 5) Gimson, A. C. (1980), *An Introduction to the Pronunciation of English* (Edward Arnold).
- 6) 国弘正雄 (1970) 『英語の話し方—同時通訳者の提言』(サイマル出版会).
- 7) Mackey, W. F. (1965), *Language Teaching Analysis* (Longman).
- 8) 織田稔 (1981), 「聴く指導における基本点」『英語教育』(大修館)第30巻, 第2号, 5月号, pp. 6-8.
- 9) O'Connor, J. D. (1980), *Better English Pronunciation* (Cambridge University Press).
- 10) Oller, J. W. Jr. and Kyle Perkins (1980), *Research in Language Testing* (Newbury House Publishers).
- 11) Oller, J. N. Jr. "Close, Dictation, and the Test of English as a Foreign Language," *Language Learning*, Vol. 24, No. 2, pp. 245-252.
- 12) 大西雅行 (1976), 『英語の音声法則』(学書房出版).
- 13) 小野昭一 (1978), 「Dictation と Aural Comprehension (その1)」『SONY LL 通信』No. 84, pp. 5-7.
- 14) 小野昭一 (1979), 「Dictation と Aural Comprehension (その2)」『SONY LL 通信』No. 85, pp. 6-10.
- 15) 東後勝明 (1978), 『英語発音のコツ』(金星堂).
- 16) 鳥居次好・兼子尚道 (1979), 『英語の発音—研究と指導』(大修館).
- 17) Valette, R. M. (1967), *Modern Language Testing* (Harcourt, Brace & World).
- 18) Weinstein, N. (1982), *Whaddaya Say?* (ELS Publications).
- 19) Widdowson, H. G. (1978) *Teaching Language as Communication* (Oxford University Press).
- 20) 吉田一衛 (編) (1984) 『英語のリスニング』(大修館).

# 体力・運動能力の縦断的考察

中和田 武

A Study of Students' Physical Strength and Athletic Ability

Takeshi NAKAWADA

本校学生の体力・運動能力を学科別にみると、機械工学科は電気工学科・化学工学科に比べて優れており、このことが保健体育の成績にも結びつくと仮説を基に、昭和52年度入学の学生を対象に縦断的考察を試みた。

その結果、全国同年齢者と比較するなかで、体格は15歳において3項目とも全クラス劣位にある。身長は年齢進行に伴い差がみられなくなっている。しかしながら体重・胸囲は加齢につれても劣位はかわらず19歳においても劣っている。体力は15・16・17歳において全クラス劣位にあり、特にEは他と比べ大幅に劣っている。18歳でCがすぐれ19歳ではB・E・Cが優位となっている。運動能力は16・17歳において全クラス劣位にあり、15・18歳でCが優位、19歳では全クラスがすぐれている。特に18・19歳はすばらしい数値である。Eは18歳まで最下位であったのが、19歳でやっとCに続く結果がみられた。体力・運動能力のバランスは、全クラスとも15・16・17歳は運動能力よりも体力が劣る傾向がみられる。18歳は逆のアンバランスがみられ、19歳で全国値かそれを上回る傾向となり、やっとバランスのとれた安定が認められた。年間増加量の累積からみると、体格は全クラス各項目において全国を上回り、体重では全クラス、胸囲ではAが高率を示し発達のあとがうかがえる。体力はすべての項目で高い増加率を示しており、特に反復横とび・垂直とび・背筋力・伏臥上体そらし・立位体前屈においては全国の倍以上の増加となっている。しかしながら踏台昇降運動においてAは全国同様マイナス増加となっている。運動能力は全クラスとも50m走・ハンドボール投げ・持久走において高い増加率を示し、走り幅とびはC以外劣位にあり、懸垂腕屈伸ではA・Cが全国より低い増加となっている。成績と体力・運動能力の関連についてみると、成績上位群にC・E、下位群にA・Bが属し、Cは体力・運動能力とも上位にあり18・19歳で全国をはるかに上回る。Eは体力・運動能力とも最下位に属し、19歳でやっと全国を上回る。Bは体力・運動能力とも15歳を除き上位に属し、Aは15歳を除き下位に属し、19歳において全国と同値となっている。このことから、必ずしも体力・運動能力がすぐれていることが成績に大きく影響するとは考えられない結果となっている。欠課時数と成績の関係では、成績上位のクラスが欠課が少く、下位のクラスは多い傾向がみられた。体育の成績には体力・運動能力の優劣よりも、体育の授業への積極的な参加が大きく左右し、そのことが体力・運動能力の向上にもつながっていることが明らかとなった。

## 緒 言

前回は本校学生の体力・運動能力について縦断的考察を試み全国同年齢者と比較検討したが、平均値レベルでは本校が劣位にあり、年間増加量においては本校がすぐれているとの結果を得ることができた。しかしながら、

本校学生を細区分し、学科別にみるならば、すべての学科が平均値レベルで劣っているとは言いきれず、年間増加量においてもすべての学科がすぐれているとは思われない。

そこで本研究は、本校学生の構成基盤となっている機械工学科2クラス、電気工学科・化学工学科各1クラスを対象に、動きとしての発達現象を同一学生の入学時か

ら5カ年間追跡的観察を試み、イメージ的に機械工学科は電気工学科・化学工学科に比べ体力・運動能力においてすぐれ、また体力・運動能力のすぐれているほうが、保健体育の成績においてもすぐれているとの仮説を基に各学科と全国同年齢者を比較検討し、その結果を本校学生の体力・運動能力の増進および保健体育学習の基礎的データとして活用するため縦断的考察を試みた。

## 研究 方法

### 1. 測定年月日

1977年～1981年 各年4月中旬～5月初旬に測定を実施した。

### 2. 調査対象

1977年4月本校に入学し、1982年3月に卒業するまでの5カ年間を通して在学した148名のうち、全項目について追跡観察された機械工学科Aクラス22名、Bクラス24名、電気工学科23名、化学工学科27名の計96名である。

### 3. 測定項目

測定項目は体格・体力・運動能力の3領域より15項目である。

- 1) 体格の項目——身長、体重、胸囲
- 2) 体力の項目——反復横とび、垂直とび、背筋力、握力、伏臥上体そらし、立位体前屈、踏台昇降運動
- 3) 運動能力の項目——50m走、走り幅とび、ハンド

ボール投げ、懸垂腕屈伸、持久走(1,500m走)

### 4. 測定方法

体格の3項目は、毎年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」の実施要項に従って実施した。

### 5. 比較対象

本校学生の学科別体格・体力・運動能力の現状および年間増加率を把握するために、全国高校および全国大学と比較検討した。体格については、各年とも文部省の体力・運動能力調査報告書を利用し、体力・運動能力については各年とも文部省体力・運動能力調査報告書を利用した。15～17歳までは全国高校男子生徒の平均値を、18・19歳は全国大学の平均値を基準にした入学年度が期を一にする同一年齢者の年齢移行による比較検討である。

### 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、年齢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

表-1 体格の平均値と標準偏差

項目	年齢 区分	15歳			16歳			17歳			18歳			19歳		
		N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
身長 (cm)	全国		166.4		944	168.69	5.44	931	169.29	5.32	499	170.03	5.27	607	170.46	5.55
	A	22	165.71	6.49	22	168.19	6.01	22	169.57	6.04	22	170.30	6.23	22	170.30	5.85
	B	24	163.94	8.12	24	168.10	6.37	24	169.43	6.34	24	169.80	6.37	24	170.26	6.28
	E	23	165.08	8.11	23	168.20	7.37	23	169.57	6.55	23	170.19	6.29	23	169.93	6.96
	C	27	165.19	6.30	27	168.58	6.19	27	170.34	6.13	27	171.03	6.11	27	171.22	5.83
体 重 (kg)	全国		55.8		940	58.01	7.33	930	60.00	7.31	498	60.99	7.28	604	61.90	7.64
	A	22	52.96	6.86	22	58.50	6.98	22	60.01	6.36	22	60.81	5.69	22	60.95	6.76
	B	24	52.25	7.71	24	57.23	6.36	24	59.45	5.96	24	60.75	6.23	24	60.48	6.33
	E	23	51.66	6.88	23	56.13	7.26	23	59.30	7.64	23	59.73	7.56	23	60.14	8.21
	C	27	51.58	6.77	27	56.93	5.82	27	58.86	5.91	27	60.13	6.98	27	60.13	6.42
胸 囲 (cm)	全国		82.1		930	83.72	5.08	914	85.65	4.72	482	86.15	4.56	472	86.90	4.95
	A	22	73.53	5.02	22	81.80	4.01	22	83.18	4.18	22	84.60	3.93	22	84.66	4.83
	B	24	79.75	5.16	24	83.67	5.15	24	85.27	5.44	24	85.80	5.63	24	85.94	5.73
	E	23	78.18	5.76	23	81.43	4.56	23	82.48	4.56	23	83.40	4.88	23	85.26	6.07
	C	27	80.16	4.78	27	81.66	3.14	27	83.84	3.25	27	84.63	4.61	27	86.56	4.27

表-2 体格における全国と各クラスの平均値の有意差検定

項目	年齢 有意性 区分	15歳			16歳			17歳			18歳			19歳		
		D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性
		身長	A	-0.69			-0.50	0.38		0.28	0.21		0.27	0.20		-0.16
	B	-2.46			-0.59	0.44		0.14	0.10		-0.23	0.17		-0.20	0.15	
	E	-1.32			-0.49	0.31		0.28	0.20		0.16	0.12		-0.53	0.36	
	C	-1.21			-0.11			1.05	0.88		1.00	0.83		0.76	0.66	
体重	A	-2.84			0.49	0.32		0.01	0.00		-0.18	0.14		-0.95	0.64	
	B	-3.55			-0.78	0.59		0.55	0.44		-0.24	0.18		-1.42	1.06	
	E	-4.14			-1.88	1.22		-0.70	0.43		-1.26	0.78		-1.76	1.01	
	C	-4.22			-1.08	0.94		-1.14	0.98		-0.86	0.62		-1.77	1.38	
胸囲	A	-8.57			-1.92	2.20	*	-2.47	2.73	**	-1.55	1.79		-2.24	2.12	*
	B	-2.35			-0.05	0.04		-0.38	0.33		-0.35	0.29		-0.96	0.80	
	E	-3.92			-2.29	2.37	*	-3.17	3.28	**	-2.75	2.64	**	-1.64	1.27	
	C	-1.94			-2.06	3.28	**	-1.81	2.80	**	-1.52	1.66		-0.34	0.39	

(注) 表中平均値差がマイナスになっているのは各クラスが劣ることを示す。

\*は5%水準で、\*\*は1%水準で有意差があることを示す。空欄は有意差がないことを示す。

徴を考察するために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。

機械工学科-A・B, 電気工学科-E, 化学工学科-C (以下「A・B・E・C」という)を年齢別に全国高校, 全国大学 (以下「全国」という)と比較すると, 身長は15・16歳で全クラスが劣っているが, 17歳では全クラスとも僅かにすぐれている。18歳ではA・E・CがすぐれBはやや劣っている。19歳はCがすぐれている他は劣位にある。体重は16・17歳でAのみが僅かにすぐれている他は15・18・19歳で全クラス, 16・17歳でB・E・Cが劣っている。特に15歳では全国と3~4kgの平均値差がみられる。胸囲は各年齢において全クラス劣っている。その中でも15歳のAは8.57cmの平均値差がみられる。16歳のA・Eは5%, 16歳のC, 17歳のA・E・C, 18歳のEにおいては1%水準の有意差が認められた。

全体を通してみると, 身長は15歳において全クラス劣

位にあるが, 年齢進行につれてほとんど差がみられず, 特にCは17・18・19歳と順調な発達がみられる。しかしながら, 体重は15歳での大きな差は17歳で僅少となるが全般的に劣位にある。胸囲は15歳での大きな差位は年齢が進行するにつれても縮らず, 僅かにBが接近値にあるのみである。

## 2. 体力について

体力の7項目についての測定結果は表-3の通りであり, それを項目ごとにグラフで表したのが図-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。

各クラスを全国と比較すると, 反復横とびは15歳でE・Cが全国よりすぐれ, A・Bは劣位にあり1%水準の有意差が認められた。16歳は全クラスとも劣っておりBで5%水準の有意差が認められた。17・18・19歳は全クラ

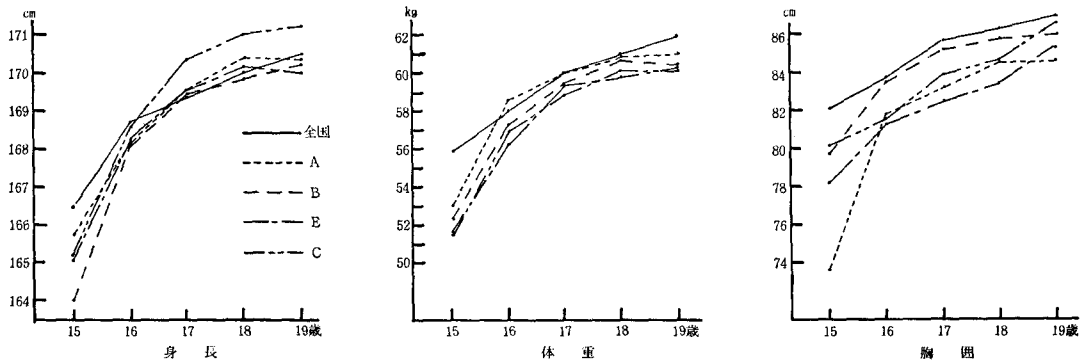


図-1 体格の項目別平均値の比較

表-3 体力の平均値と標準偏差

項目	年齢 区分	15歳			16歳			17歳			18歳			19歳		
		N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
		反復 横とび (点)	全国	943	43.5	3.97	946	46.49	4.74	932	46.24	4.78	503	47.03	4.46	564
	A	22	41.64	2.59	22	45.41	2.91	22	47.23	2.64	22	50.32	3.39	22	50.23	2.86
	B	24	40.92	4.16	24	45.08	3.26	24	47.29	3.88	24	47.79	3.73	24	48.46	3.22
	E	23	44.00	2.83	23	46.26	2.99	23	48.00	2.66	23	48.57	3.31	23	50.17	3.79
	C	27	43.59	3.83	27	46.41	3.51	27	48.93	4.19	27	49.74	3.76	27	51.52	3.88
垂直とび (cm)	全国	941	58.9	7.12	943	61.18	7.20	928	62.87	7.04	504	61.56	7.24	602	60.79	7.11
	A	22	57.50	7.86	22	59.00	4.53	22	58.68	6.76	22	58.91	5.97	22	61.82	7.01
	B	24	55.96	5.64	24	59.42	6.44	24	61.21	7.58	24	60.00	4.57	24	60.08	5.11
	E	23	55.04	8.00	23	58.39	5.76	23	59.26	6.66	23	59.22	7.22	23	60.91	7.72
	C	27	55.30	7.64	27	57.19	6.82	27	58.96	6.71	27	62.15	7.09	27	60.22	9.33
背筋力 (kg)	全国	943	123.1	23.01	945	130.35	23.30	932	139.61	23.32	502	131.91	22.01	539	140.35	26.38
	A	22	105.05	19.95	22	85.14	28.14	22	131.36	17.42	22	133.36	17.13	22	133.50	26.10
	B	24	106.29	21.16	24	89.79	20.18	24	131.83	20.28	24	133.17	17.41	24	135.33	21.64
	E	23	102.87	17.39	23	89.39	16.06	23	123.52	18.21	23	132.48	21.10	23	130.26	26.73
	C	27	102.22	17.36	27	121.19	27.45	27	131.85	22.08	27	131.96	22.01	27	136.07	23.91
握力 (kg)	全国	941	42.0	6.62	937	44.44	5.82	923	46.29	6.16	455	46.56	6.33	582	46.41	6.10
	A	22	40.36	3.36	22	39.00	6.74	22	34.50	5.18	22	45.66	4.04	22	42.36	3.61
	B	24	39.92	5.98	24	39.94	6.53	24	35.75	7.76	24	44.83	6.04	24	43.52	5.32
	E	23	37.48	4.49	23	32.93	6.59	23	29.93	4.92	23	40.67	5.80	23	40.15	6.53
	C	27	38.70	4.60	27	42.09	4.44	27	32.41	4.70	27	43.31	5.39	27	40.30	5.09
伏臥上体 そらし (cm)	全国	942	55.7	9.01	945	58.39	8.25	932	59.37	8.76	505	58.75	7.82	596	58.29	7.67
	A	22	50.77	5.32	22	52.36	4.19	22	54.91	5.94	22	56.00	6.52	22	55.91	9.33
	B	24	52.17	6.64	24	55.54	7.90	24	58.21	6.98	24	57.46	8.86	24	58.79	6.25
	E	23	53.91	5.32	23	56.52	6.97	23	58.48	5.01	23	59.57	6.67	23	58.13	7.23
	C	27	52.04	8.96	27	58.56	8.37	27	59.07	6.23	27	58.81	6.37	27	58.22	6.23
立位体 前屈 (cm)	全国	937	13.7	5.32	945	15.11	5.49	931	15.35	5.50	502	15.64	5.70	624	13.31	7.39
	A	22	12.68	5.31	22	13.59	4.86	22	13.91	5.97	22	12.82	5.59	22	14.50	4.85
	B	24	14.25	5.67	24	16.37	5.48	24	16.54	5.96	24	16.00	5.32	24	17.21	5.80
	E	23	12.74	4.96	23	16.61	5.25	23	16.04	4.40	23	16.65	4.45	23	17.48	4.67
	C	27	12.63	5.10	27	16.81	6.29	27	15.70	5.86	27	16.11	6.11	27	15.81	5.81
踏み台 昇降運動 (指数)	全国	927	66.1	12.54	924	68.30	12.23	747	66.17	11.81	468	61.86	11.22	496	58.70	9.24
	A	22	64.60	13.13	22	66.81	10.35	22	64.86	14.22	22	60.92	13.37	22	58.68	9.54
	B	24	64.16	15.06	24	70.71	13.14	24	62.76	10.17	24	64.92	12.59	24	63.70	13.91
	E	23	52.35	7.63	23	61.89	11.38	23	61.81	10.88	23	62.64	11.97	23	61.54	11.45
	C	27	63.72	10.15	27	66.45	13.99	27	63.01	16.88	27	71.48	10.76	27	68.19	11.36

スともすぐれており、特に19歳では2～5回の平均値差がみられ、17歳のE・C、18歳のA・C、19歳の全クラスにおいて1%水準、18歳のEで5%水準の有意差が認められた。垂直とびは18歳でC、19歳でA・Eがすぐれているほかはすべて劣っている。特に15・16・17歳では1.4～4.19cmの平均値差が認められた。15歳のB・E・C、16歳のA・E、17歳のE、18歳のAでは5%水準、

16歳のC、17歳のA・Cでは1%水準の有意差が認められた。背筋力は18歳の全クラスがややすぐれているほかは、他の年齢において全クラス劣っている。特に16歳のA・B・Eにおいては40～50kgの平均値差がみられる。15歳の全クラス、16歳のA・B・E、17歳のEで1%水準17歳のAで5%水準の有意差が認められた。握力は各年齢において全クラスが劣っている。15歳のE・C、



表-4 体力における全国と各クラスの平均値の有意差検定

項目	年齢 有意性 区分	15歳			16歳			17歳			18歳			19歳		
		D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性
反復横とび	A	-1.86	3.27	**	-1.08	1.68		0.99	1.69		3.29	4.38	**	3.84	6.02	**
	B	-2.58	3.00	**	-1.41	2.06	*	1.05	1.30		0.76	0.96		2.07	3.02	**
	E	0.50	0.82		-0.23	0.35		1.76	3.05	**	1.54	2.14	*	3.78	4.65	**
	C	0.09	0.12		-0.08	0.11		2.69	3.27	**	2.71	3.61	**	5.13	6.66	**
垂直とび	A	-1.40	0.82		-2.18	2.19	*	-4.19	2.87	**	-2.65	2.01	*	1.03	0.67	
	B	-2.94	2.50	*	-1.76	1.31		-1.66	1.06		-1.56	1.58		-0.71	0.65	
	E	-3.86	2.29	*	-2.79	2.27	*	-3.61	2.56	*	-2.34	1.51		0.12	0.07	
	C	-3.60	2.41	*	-3.99	2.99	**	-3.91	2.98	**	0.59	0.42		-0.57	0.31	
背筋力	A	-18.05	4.17	**	-45.21	7.47	**	-8.25	2.17	*	1.45	0.38		-6.85	1.20	
	B	-16.81	3.83	**	-40.56	9.68	**	-7.78	1.84	*	1.26	0.34		-5.02	1.10	
	E	-20.23	5.46	**	-40.96	11.92	**	-16.99	4.38	**	0.57	0.12		-10.09	1.77	
	C	-20.88	6.09	**	-9.16	1.71		-7.76	1.79		0.05	0.01		-4.28	0.90	
握力	A	-1.64	2.19	*	-5.44	3.75	**	-11.79	10.5		-0.90	0.98		-4.05	4.99	**
	B	-2.08	1.67		-4.50	3.34	**	-10.54	6.60	**	-1.73	1.36		-2.89	2.59	**
	E	-4.52	4.70	**	-11.51	8.29	**	-16.36	15.64	**	-5.89	4.72	**	-6.26	4.52	**
	C	-3.30	3.62	**	-2.35	2.68	**	-13.88	14.97	**	-3.25	3.01	**	-6.11	6.03	**
伏臥上体そらし	A	-4.93	4.20	**	-6.03	6.46	**	-4.46	3.43	**	-2.75	1.91		-2.38	1.18	
	B	-3.53	2.54	*	-2.85	1.74		-1.16	0.79		-1.29	0.70		0.50	0.38	
	E	-1.79	1.55		-1.87	1.26		-0.89	0.82		0.82	0.57		-0.16	0.10	
	C	-3.66	2.09	*	0.17	0.10		-0.30	0.24		0.06	0.04		-0.07	0.05	
立位体前屈	A	-1.02	0.89		-1.52	1.44		-1.44	1.12		-2.82	2.31	*	1.19	1.10	
	B	0.55	0.46		1.26	1.11		1.19	0.96		0.36	0.32		3.90	3.19	**
	E	-0.96	0.91		1.50	1.35		0.69	0.73		1.01	1.04		4.17	4.09	**
	C	-1.07	1.07		1.70	1.38		0.35	0.30		0.47	0.39		2.50	2.16	*
踏み台昇降運動	A	-1.5	0.53		-1.49	0.66		-1.31	0.42		-0.94	0.32		-0.02	0.00	
	B	-1.94	0.62		2.40	0.88		-3.41	1.60		3.06	1.16		5.00	1.74	
	E	-13.75	8.36	**	-6.41	2.66	**	-4.36	1.88		0.78	0.30		2.84	1.17	
	C	-2.38	1.19		-1.85	0.67		-3.16	0.96		9.62	4.50	**	9.49	4.26	**

(注) 表中平均値差がマイナスとなっているのは、各クラスが劣ることを示す。

\*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。

16・19歳の全クラス、17歳のB・E・C、18歳のE・Cにおいて1%水準、15歳のAにおいて5%水準の有意差が認められた。特に17歳の全クラスが10~16kgの平均値差で劣っているのは測定器具の精度の問題とも考えられるが、一般的に低い数値である。伏臥上体そらしは16歳のC、18歳のE・C、19歳のBがややすぐれているほかはすべて劣っており、特にAは他のクラスに比して全体的に劣っている。15・16・17歳のAが1%、15歳のCが5%水準の有意差が認められた。立位体前屈は15歳のB、16・17・18歳のB・E・C、19歳の全クラスがすぐれており、15歳のA・E・C、16・17・18歳のAが劣っている。特にAは伏臥上体そらし同様の傾向となってお

り、18歳では2.82cmの差がみられる。19歳のB・Eが1%、18歳のA、19歳のCが5%水準の有意差が認められた。踏み台昇降運動は16歳のB、18・19歳のB・E・Cがすぐれているほかは劣っている。特に15歳のEは13.75と大幅に劣っている。19歳のCは9.49と大幅にすぐれている。15・16歳のE、18・19歳のCは1%水準の有意差が認められた。

全体を通してみると、反復横とびは年齢進行にともない全クラス優位になっている。垂直とびは19歳でやっと全国平均値に達している。背筋力、握力は背筋力の18歳で全国平均を全クラス上回っている以外は劣位にあり、背筋力における16歳でのA・B・Eの落込み、握力の17

歳での全クラスの落込みはあまりにも大きな値である。伏臥上体そらし、立位体前屈は特にAが15歳のスタート時のハンディが19歳においても依然としてかわらず、低位の平行線をたどっている。他のクラスは伏臥上体そらしにおいて19歳で全国平均値に、立位体前屈においてははるかに上回る向上がみられる。踏み昇降運動は15歳の時点で完全に劣位にあったのが19歳においてはそれ以上の値に到達している。

### 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-5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-3である。項目ごとに平均値の差をT検定した結果は表-

6の通りである。

全クラスを全国と比較すると、50m走は15・16歳の全クラスと17・18歳のA・B・Eが劣っており、17・18歳のCおよび19歳の全クラスがすぐれている。特に19歳では平均値差0.15~0.30秒の差がみられる。17歳のA・E、19歳のA・Cは1%水準、17歳のB、18歳のE・C、19歳のEは5%水準の有意差が認められた。走り幅とびは各年齢において全クラス劣っている。特に18歳で17.86~42.71cmの平均値差がみられ、中でもA・Bの落込みは大幅なものである。15・18歳のC、16歳のE、19歳のB・Eは5%水準、17歳のE・C、18歳のA・Bは1%水準の有意差が認められた。ハンドボール投げは15・17・19歳の全クラスおよび16歳のB・C、18歳のA・B・C

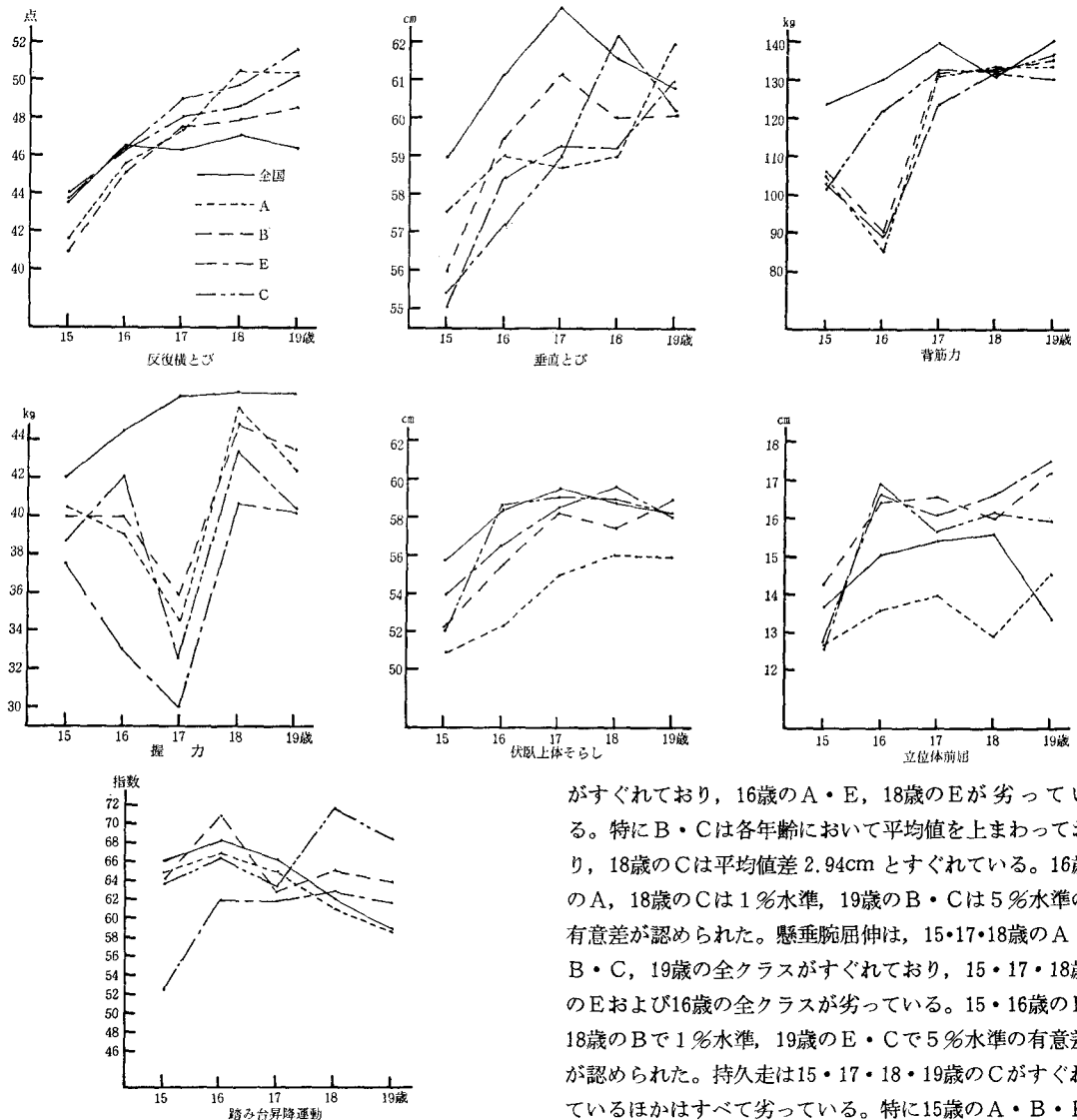


図-2 体力の項目別平均値の比較

がすぐれており、16歳のA・E、18歳のEが劣っている。特にB・Cは各年齢において平均値を上まわっており、18歳のCは平均値差2.94cmとすぐれている。16歳のA、18歳のCは1%水準、19歳のB・Cは5%水準の有意差が認められた。懸垂腕屈伸は、15・17・18歳のA・B・C、19歳の全クラスがすぐれており、15・17・18歳のEおよび16歳の全クラスが劣っている。15・16歳のE、18歳のBで1%水準、19歳のE・Cで5%水準の有意差が認められた。持久走は15・17・18・19歳のCがすぐれているほかはすべて劣っている。特に15歳のA・B・Eは20~30秒の平均値差がみられた。

表—5 運動能力の平均値と標準偏差

項目	年齢 区分	15歳			16歳			17歳			18歳			19歳		
		N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
50 m 走 (秒)	全国	943	7.4	0.40	946	7.29	0.46	932	7.27	0.38	498	7.30	0.41	436	7.36	0.39
	A	22	7.47	0.35	22	7.44	0.36	22	7.47	0.34	22	7.34	0.39	22	7.15	0.29
	B	24	7.49	0.49	24	7.43	0.55	24	7.46	0.41	24	7.37	0.47	24	7.17	0.48
	E	23	7.51	0.34	23	7.40	0.35	23	7.48	0.37	23	7.48	0.42	23	7.21	0.29
	C	27	7.46	0.32	27	7.36	0.34	27	7.21	0.31	27	7.17	0.29	27	7.06	0.32
走り幅とび (cm)	全国	943	433.6	41.11	946	446.79	45.35	932	453.98	41.38	500	458.75	43.84	432	449.90	46.12
	A	22	431.36	35.90	22	442.77	34.90	22	452.27	44.36	22	420.77	41.78	22	439.64	38.54
	B	24	424.29	34.24	24	439.17	53.84	24	440.42	49.39	24	416.04	43.46	24	426.96	54.65
	E	23	416.65	38.24	23	427.00	44.78	23	424.30	36.19	23	424.39	45.26	23	432.13	35.61
	C	27	431.56	34.25	27	439.30	31.75	27	439.56	24.74	27	440.89	34.95	27	448.52	32.17
ハンドボール投げ (m)	全国	940	25.8	4.54	946	28.52	4.64	932	29.17	4.57	500	28.73	4.64	432	28.00	4.80
	A	22	26.50	4.00	22	26.50	2.87	22	29.45	4.24	22	29.05	4.77	22	29.09	3.90
	B	24	27.21	3.78	24	29.71	4.19	24	29.17	4.56	24	28.83	4.81	24	30.17	5.03
	E	23	26.39	3.69	23	27.96	4.38	23	29.74	4.31	23	28.30	4.12	23	29.52	3.75
	C	27	26.15	4.29	27	29.04	3.93	27	29.74	4.48	27	31.67	5.32	27	30.52	5.54
懸垂腕屈伸 (回)	全国	939	6.4	3.52	941	8.77	4.35	925	8.77	4.33	496	8.50	4.19	373	7.92	3.94
	A	22	7.05	3.48	22	7.86	3.03	22	9.55	4.38	22	10.09	3.83	22	8.05	3.71
	B	24	6.62	2.72	24	8.42	3.39	24	9.50	4.05	24	10.50	3.48	24	8.87	4.11
	E	23	4.91	2.50	23	7.00	3.02	23	8.09	3.59	23	8.13	3.98	23	10.30	4.36
	C	27	7.22	3.89	27	7.59	3.31	27	8.89	3.61	27	9.41	4.05	27	9.22	3.06
持久走 1,500m (秒)	全国	918	359.0	29.98	941	355.13	35.41	929	361.39	35.20	496	367.03	34.83	415	373.31	35.08
	A	22	382.64	37.46	22	368.73	31.88	22	369.36	39.83	22	374.27	41.50	22	381.77	50.74
	B	24	389.96	44.22	24	380.71	57.07	24	390.00	68.37	24	389.67	57.35	24	381.33	53.63
	E	23	386.30	30.02	23	374.09	35.72	23	373.83	39.57	23	373.13	43.02	23	386.65	40.48
	C	27	354.74	35.64	27	365.59	42.94	27	360.33	33.51	27	363.19	34.92	27	362.96	29.49

全体を通してみると、50m走は15歳で全クラス劣位にあったのが、19歳においては逆転して優位になっている。走り幅とびは18歳で全国がピークに達しているのに対しA・Bは大幅な落込みがみられ、19歳においても全国との差はより大きなものとなっている。ハンドボール投げは15歳での優位が19歳においてより優位な結果をもたらしている。懸垂腕屈伸は16歳で全クラス劣位にあったのが、19歳では優位となっている。全国は16歳がピークに達しているが、A・B・Cは18歳、Eにおいては19歳がピークとなっており、年齢後半の発達がうかがえる。持久走はCを除き各年齢においてA・B・Eとも劣位にあり、全身持久性の低位がうかがえる。

#### 4. 体力・運動能力のトータル比較

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—4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(表—7)をトータルし、

平均した値である。全国を基準として算出したTスコア値であるから、全国の平均は体力・運動能力とも50点の位置である。

15歳は体力において全クラスとも大幅に劣位にあり、運動能力でCが全国よりややすぐれているほかは劣位にある。特にEは低く体力で4.94、運動で3.79と劣っており、なかでも踏台昇降運動は10.97の大差で劣位にある。全国値に比して体力よりも運動能力がすぐれた傾向がみられる。16歳は体力・運動能力において全クラス劣位にある。A・Eは体力において6.5前後の大差で劣っている。この低位は背筋力、握力が全国値よりも10~20近く低いことがその一因として考えられる。運動能力においてはAで2.9、Eで3.49の差がみられる。15歳同様体力よりも運動能力がすぐれた傾向にある。17歳は16歳同様に体力・運動能力ともに劣位にあるが、傾向としては15歳に似ている。体力においては3.25~5.51の差がみられ、運動能力においてはCがかなりして全国に近くB・

表-6 運動能力の全国と各クラスの平均値の有意差検定

項目	年齢 有意性 区分	15歳			16歳			17歳			18歳			19歳		
		D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性	D <sub>M</sub>	t	有意性
		50 m 走	A	-0.07	0.92		-0.15	1.91		-0.20	2.71	**	-0.04	0.46		0.21
	B	-0.09	0.89		-0.14	1.23		-0.19	2.24	*	-0.07	0.81		0.19	1.90	
	E	-0.11	1.52		-0.11	1.47		-0.21	2.68	**	-0.18	2.01	*	0.15	2.37	*
	C	-0.06	0.95		-0.07	1.04		0.06	0.98		0.13	2.21	*	0.30	4.66	**
走 幅 と び	A	- 2.24	0.28		- 4.02	0.48		- 1.71	0.17		-37.98	4.16	**	-10.26	1.20	
	B	- 9.31	1.30		- 7.62	0.68		-13.56	1.33		-42.71	4.70	**	-22.94	2.01	*
	E	-16.95	0		-19.79	2.09	*	-29.68	3.87	**	-34.36	3.56	**	-17.77	2.29	*
	C	- 2.04	2.09	*	- 7.49	1.19		-14.42	2.91	**	-17.86	2.54	*	- 1.38	0.20	
ハン ド ボ ール 投 げ	A	0.7	0.80		- 2.02	3.20	**	0.28	0.30		0.32	0.30		1.09	1.26	
	B	1.41	1.79		1.19	1.37		0	0		0.10	0.09		2.17	2.06	*
	E	0.59	0.75		-0.56	0.60		0.57	0.62		-0.43	0.48		1.52	1.87	
	C	0.35	0.41		0.52	0.67		0.57	0.65		2.94	2.81	**	2.52	2.31	*
懸 垂 腕 屈 伸	A	0.65	0.86		-0.91	1.37		0.78	0.82		1.59	1.89		0.13	0.15	
	B	0.22	0.38		-0.35	0.49		0.73	0.87		2.00	2.72	**	0.95	1.07	
	E	-1.49	2.78	**	-1.77	2.74	**	-0.68	0.89		-0.37	0.43		2.38	2.55	*
	C	0.82	1.08		-1.18	1.80		0.12	0.16		0.91	1.06		1.30	2.08	*
持 久 走 1,500m	A	-23.64	2.93	**	-13.6	1.97	*	- 7.97	0.92		- 7.24	0.8		- 8.46	0.77	
	B	-30.96	3.40	**	-25.58	2.18	*	-28.61	2.04	*	-22.64	1.91		- 8.02	0.72	
	E	-27.30	4.30	**	-18.96	2.51	*	-12.44	1.49		- 6.10	0.66		-13.34	1.54	
	C	4.26	0.61		-10.46	1.25		1.06	0.16		3.84	0.55		10.36	1.74	

(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。

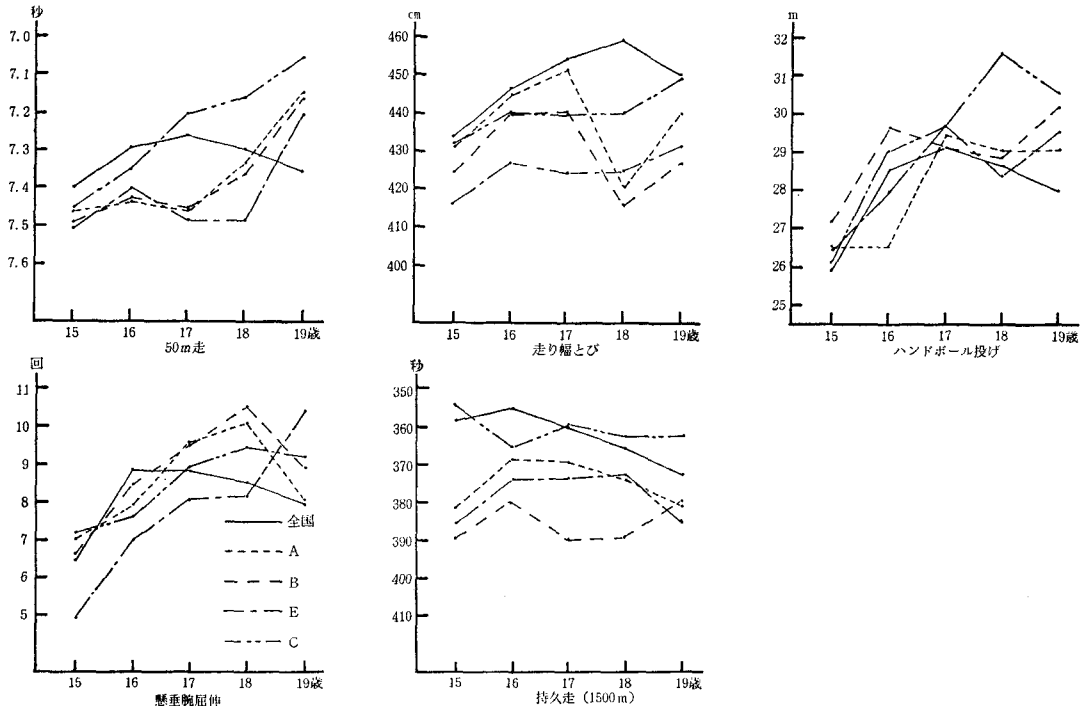
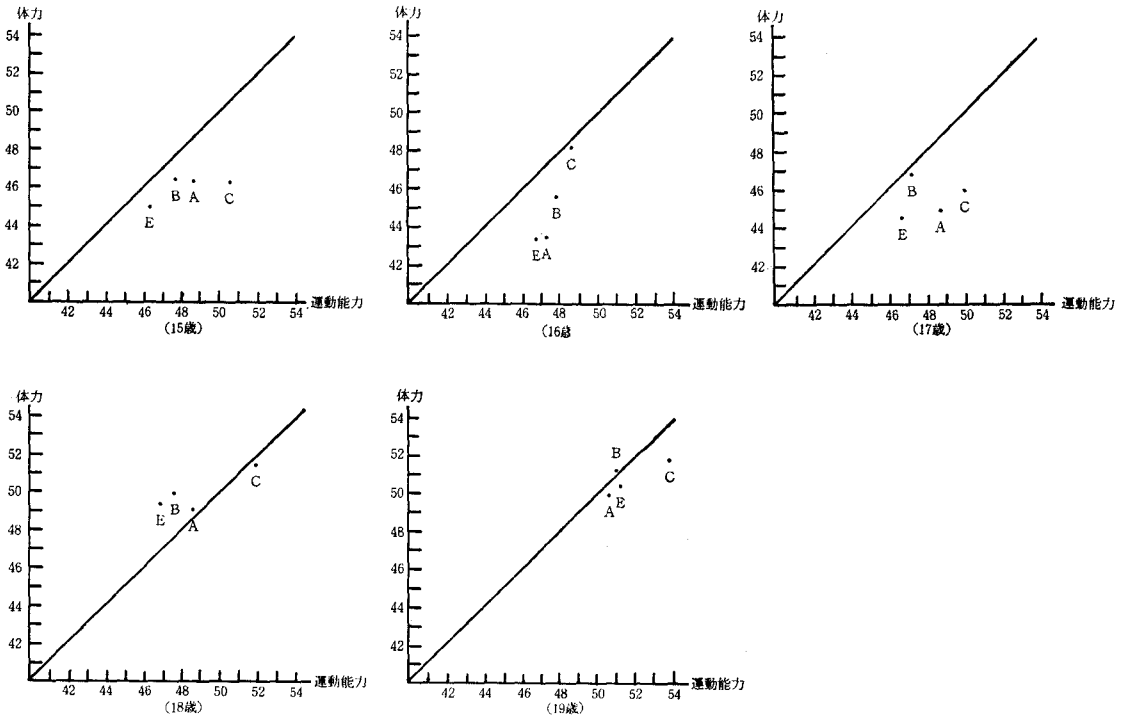


図-3 運動能力の項目別平均値の比較

表一七 体力・運動能力における各項目のTスコアー値

年齢	種別 項目 区分	体 力							運 動 能 力				
		反 復 横とび	垂 直 とび	背筋力	握 力	伏臥上体 そらし	立位体 前 屈	踏 み 台 昇降運動	50m走	走 り 幅とび	ハンズボ ール投げ	懸 垂 腕屈伸	持久走 1,500m
15歳	A	45.31	48.03	42.15	47.52	44.52	48.08	48.80	48.25	49.45	51.54	51.84	42.11
	B	43.50	45.87	42.69	46.85	46.08	51.03	48.45	47.75	47.73	53.10	50.62	39.67
	E	51.25	44.57	41.20	43.17	48.01	48.19	39.03	47.25	45.87	51.29	45.76	40.89
	C	50.22	44.94	40.92	45.01	45.93	47.98	48.10	48.50	49.50	50.77	52.32	51.42
16歳	A	47.72	46.97	30.59	40.65	42.69	47.23	48.78	46.73	49.11	45.64	47.90	46.15
	B	47.02	47.55	32.59	42.26	46.54	52.29	51.97	46.95	48.31	52.25	49.19	42.77
	E	49.51	46.12	32.42	30.22	47.73	52.73	44.75	47.60	45.63	48.79	45.93	44.64
	C	49.83	44.45	46.06	45.96	50.20	53.09	48.48	48.47	48.34	51.12	47.28	47.04
17歳	A	52.07	44.04	46.46	30.86	44.90	47.38	48.89	44.73	49.58	50.61	51.80	47.73
	B	52.19	47.64	46.66	32.88	48.67	52.16	47.11	45.00	46.72	50.00	51.68	41.87
	E	53.68	44.87	43.10	23.29	48.98	51.25	46.30	44.47	42.82	51.24	48.42	46.46
	C	55.62	44.44	46.67	27.46	49.65	50.63	47.32	51.57	46.51	51.24	50.27	50.30
18歳	A	57.37	46.29	50.65	48.57	46.48	45.05	49.16	49.02	41.33	50.68	53.79	47.92
	B	51.70	47.84	50.57	47.26	48.35	50.63	52.72	48.29	40.25	50.21	54.77	43.49
	E	53.45	46.76	50.57	40.69	51.04	51.77	50.69	45.60	42.16	49.07	49.11	48.24
	C	56.07	50.81	50.25	44.86	50.07	50.82	58.57	53.17	45.92	56.33	52.17	51.10
19歳	A	58.64	51.44	47.40	43.36	46.89	51.61	49.97	55.38	47.77	52.27	50.32	47.58
	B	54.66	49.00	48.09	45.26	50.65	55.27	55.41	54.87	45.02	54.52	52.41	47.71
	E	58.51	50.16	46.17	39.73	49.79	55.64	53.07	53.84	46.14	53.16	56.04	46.19
	C	61.55	49.19	48.37	39.98	49.90	53.38	60.27	57.69	49.70	55.25	53.29	52.95



図一四 体力・運動能力のトータル比較

表一八 体格の年間増加量および増加率

項目	区分	15~16		16~17		17~18		18~19	
		増加量	増加率	増加量	増加率	増加量	増加率	増加量	増加率
身長	全国	2.29	1.37	0.60	0.35	0.74	0.43	0.43	0.25
	A	2.48	1.49	1.38	0.82	0.73	0.43	0	0
	B	4.16	2.53	1.33	0.79	0.37	0.21	0.46	0.27
	E	3.12	1.88	1.37	0.81	0.65	0.36	-0.26	-0.15
	C	3.39	2.05	1.76	1.04	0.69	0.40	0.19	0.11
体重	全国	2.21	3.96	1.99	3.43	0.99	1.65	0.91	1.49
	A	5.54	10.46	1.51	2.58	0.80	1.33	0.14	0.23
	B	4.98	9.53	2.22	3.87	1.30	2.18	-0.27	-0.44
	E	4.47	8.65	3.17	5.64	0.43	0.72	0.41	0.68
	C	5.35	10.37	1.93	3.39	1.27	2.15	0	0
胸囲	全国	1.62	1.97	1.93	2.30	0.50	0.58	0.75	0.87
	A	8.27	11.24	1.38	1.68	1.42	1.70	0.06	0.07
	B	3.92	4.91	1.60	1.91	0.53	0.62	0.14	0.16
	E	3.25	4.15	1.05	1.28	0.92	1.11	1.86	2.23
	C	1.50	1.87	2.18	2.66	0.79	0.94	1.93	2.28

Eは16歳同様となっている。16歳同様体力より運動能力がすぐれている傾向にある。18歳は体力・運動能力においてCははじめて全国を上まわり優位にある。その他は、まだ劣位にあるが体力においては全国値に僅差とせまっている。運動能力においてはまだかなりの差がみられる。傾向としては体力が運動能力よりもすぐれた15・16・17歳とは逆の傾向を示している。19歳は体力においてB・E・Cが全国を上まわり、Aは全国値にせまっている。運動能力は全クラスとも全国値を上まわり、なかでもCは3.77、次いでEは1.07、Bは0.9と優位にある。傾向としては体力・運動能力のパランスがやっと認められる結果となっている。

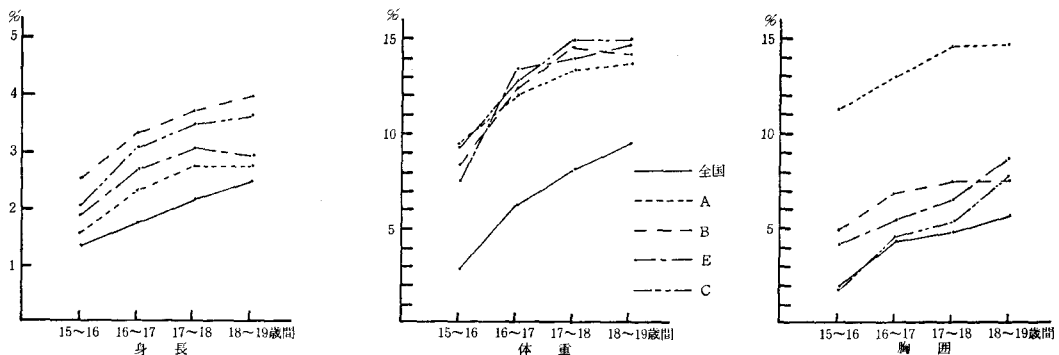
全体を通してみると、全クラスとも18歳を除き運動能力よりも体力が劣っている傾向がみられる。全クラスとも17歳までは体力・運動能力とも全国より劣位にあり、特に16歳のA・Eの低位は一考を要する問題である。全クラスとも18歳でやっと全国値に接近している。なかでもCは全国を上まわりすぐれた傾向にある。19歳ではAが体力において僅差に近づき、その他のクラスは完全に全国を上回り、総合的にすぐれた傾向を示している。

5. 年間増加量の比較

次に体格・体力・運動能力の各項目について年間増加量および増加率を求めた結果は表一八・九・10でありこれを基礎として5カ年間の累積増加率をグラフであらわしたのが図一五・六・七である。

体格についてみると、身長は全国、全クラスともに15～16歳間において最大増加率を示している。各年間増加率では17～18歳間でB・E・C、18～19歳間でE・Cが全国よりも劣っているほかは同値かよりすぐれている。体重は身長同様の最大増加率を示している。特にA・Cは10%台の増加がみられる。各年間増加率では16～17歳間でA・C、17～18歳間でA・E、18～19歳間で全クラスが劣っているが、その他では全クラスがすぐれている。胸囲はA・B・Eともに15～16歳間で最大増加率を示しているが、全国とCは16～17歳間である。各年間では15～16歳間でC、16～17歳間でA・B・E、18～19歳間でA・Bが劣っている以外は全クラスすぐれている。特に15～16歳間のAは11.2%と大きな増加がみられる。

全体を通してみると、全国およびCの胸囲が16～17歳間で最大増加率を示しているほかは、すべて15～16歳間

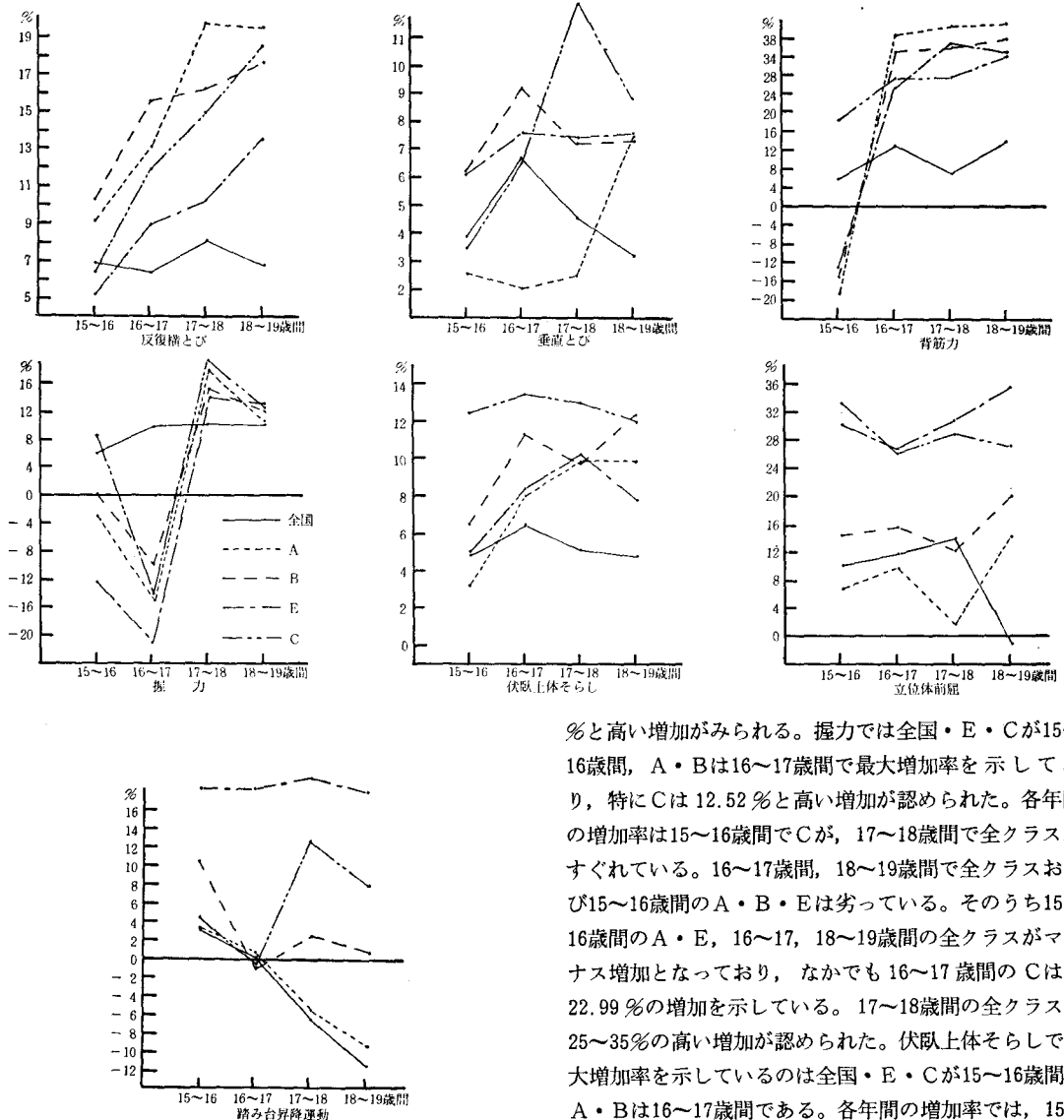


図一五 体格の項目別累積増加率

で最高の発達が見られる。増加率累積からみると身長、体重、胸囲ともに全クラスが全国より高率を示しその発達のあとがうかがえる。特に体重は全クラス15%に近い増加率、胸囲においてはAが14.69%という大きな増加を示している。

体力についてみると、反復横とびで最大増加率を示しているのは全国、全クラスとも15~16歳間である。特にBは10.16%と高い増加率を示している。15~16歳間ではE・C、17~18歳間でB・Eがやや劣っているが、そのほかは各年間においてすぐれている。16~17歳間で全国、18~19歳間で全国とAはマイナス増加を示している。垂直とびで最大増加率を示しているのは、全国・B・

Eが15~16歳間であり、Aは18~19歳間、Cは17~18歳間である。各年間の増加率をみると、15~16歳間、16~17歳間でA・Eが、18~19歳間でCが劣っている。その他は17~18歳間が全クラスすぐれているのを含め優位にある。特に15~16歳間のB・Eは6%以上、17~18歳間のCは5.41%、18~19歳間のAは4.93%の高い増加が認められた。背筋力で最大増加率を示しているのは全国・A・B・Eが16~17歳間、Cは15~16歳間である。各年間の増加率をみると15~16歳間ではCが、16~17、17~18歳間では全クラスがすぐれている。18~19歳間は全クラスとも劣位にある。15~16歳間のA・B・Eは15%前後の大幅なマイナス増加となっており、Cは逆に18.55



図一六 体力の項目別累積増加率

%と高い増加が見られる。握力では全国・E・Cが15~16歳間、A・Bは16~17歳間で最大増加率を示しており、特にCは12.52%と高い増加が認められた。各年間の増加率は15~16歳間でCが、17~18歳間で全クラスがすぐれている。16~17歳間、18~19歳間で全クラスおよび15~16歳間のA・B・Eは劣っている。そのうち15~16歳間のA・E、16~17、18~19歳間の全クラスがマイナス増加となっており、なかでも16~17歳間のCは-22.99%の増加を示している。17~18歳間の全クラスは25~35%の高い増加が認められた。伏臥上体そらしで最大増加率を示しているのは全国・E・Cが15~16歳間、A・Bは16~17歳間である。各年間の増加率では、15~16歳間でB・E・CがすぐれAは劣っている。特にCは

表一 9 体力の年間増加量および増加率

項目	区分	15~16		16~17		17~18		18~19	
		増加量	増加率	増加量	増加率	増加量	増加率	増加量	増加率
反復横とび	全国	2.99	6.87	-0.25	-0.53	0.79	1.70	-0.64	-1.36
	A	3.77	9.05	1.82	4.00	3.09	6.54	-0.09	-0.17
	B	4.16	10.16	2.21	4.90	0.50	1.05	0.67	1.40
	E	2.26	5.13	1.74	3.76	0.57	1.18	1.60	3.29
	C	2.82	6.46	2.52	5.42	1.44	2.94	1.78	3.57
垂直とび	全国	2.28	3.87	1.69	2.76	-1.31	-2.08	-0.77	-1.25
	A	1.50	2.60	-0.32	-0.54	0.23	0.39	2.91	4.93
	B	3.46	6.18	1.79	3.01	-1.21	-1.97	0.08	0.13
	E	3.35	6.06	0.87	1.48	-0.04	-0.06	1.69	0.02
	C	1.89	3.41	1.77	3.09	3.19	5.41	-1.93	-3.10
背筋力	全国	7.25	5.88	9.26	7.10	-7.70	-5.51	8.44	6.39
	A	-19.91	-18.95	46.22	54.28	2.00	1.52	0.14	0.10
	B	-16.51	-15.53	42.04	46.82	1.34	1.01	2.16	1.62
	E	-13.48	-13.10	34.13	38.18	8.96	7.25	-2.22	-1.67
	C	18.97	18.55	10.66	8.79	0.11	0.08	4.11	3.11
握力	全国	2.44	5.80	1.85	4.10	0.27	0.58	-0.15	-0.32
	A	-1.36	-3.36	-4.50	-11.53	11.16	32.34	-3.30	-7.22
	B	0.02	0.05	-4.19	-10.49	9.08	25.39	-1.31	-2.92
	E	-4.55	-12.13	-3.00	-9.11	10.74	35.88	-0.52	-1.27
	C	3.39	8.75	-9.68	-22.99	10.90	33.63	-3.01	-6.94
伏臥上体そらし	全国	2.69	4.82	0.98	1.67	-0.62	-1.04	-0.46	-0.78
	A	1.59	3.13	2.55	4.87	1.09	1.98	-0.09	-0.16
	B	3.37	6.45	2.67	4.80	-0.75	-1.28	1.33	2.31
	E	2.61	4.91	1.96	3.46	1.09	1.86	-1.44	-2.41
	C	6.52	12.52	0.51	0.87	-0.26	-0.44	-0.59	-1.00
立位体前屈	全国	1.41	10.29	0.24	1.58	0.29	1.88	-2.33	-14.89
	A	0.91	7.17	0.32	2.35	-1.09	-7.83	1.68	13.10
	B	2.12	14.87	0.17	1.03	-0.54	-3.26	1.21	7.56
	E	3.87	30.37	-0.57	-3.43	-0.61	3.80	0.83	4.98
	C	4.18	33.09	-1.11	-6.60	0.41	2.61	-0.30	-1.86
踏み台昇降運動	全国	2.20	3.32	-2.13	-3.11	-4.31	-6.51	-3.16	-5.10
	A	2.21	3.42	-1.95	-2.91	-3.94	-6.07	-2.24	-3.67
	B	6.55	10.20	-7.95	-11.24	2.16	3.44	-1.22	-1.87
	E	9.54	18.22	-0.08	-0.12	0.83	1.34	-1.10	-1.75
	C	2.73	4.28	-3.44	-5.17	8.47	13.44	-3.29	-4.60

12.52%と高い増加率を示している。16~17歳間ではA・B・Eがすぐれており、Cは劣っている。17~18歳間はA・E・CがすぐれBは劣っており全国・B・Cはマイナス増加となっている。18~19歳間はA・Bがすぐれ、E・Cは劣っており、Bを除くすべてがマイナス増加となっている。立位体前屈では全国・B・E・Cが15~16歳間、Aは18~19歳間で最大増加率を示している。各年

間の増加率は15~16歳間でB・E・CはすぐれAは劣っている。特にE・Cは3%台の高増加が認められる。16~17歳間はAがすぐれているのみであり、Eは-3.43、Cにおいては-6.6と大幅なマイナス増加となっている。17~18歳間はE・Cがすぐれ、A・Bはマイナス増加となっており、特にAは-7.83と劣っている。18~19歳間は全クラスすぐれAは13.1%と高い増加が認められるが全国とCはマイナス増加である。踏台昇降運動は、全国・A・B・Eが15~16歳間、Cが17~18歳間で最大増加率を示している。各年間増加率では16~17歳間のB・Cを除く各年齢において全クラスすぐれている。特に15~16歳間のE18.2%、B10.2%、17~18歳間のC13.44%と高い増加率がみられる。その反面16~17歳間はすべてマイナス増加率を示し、Bは-11.24%、18~19歳間はすべてマイナス増加となっている。

全体を通してみると、垂直とびのA18~19歳間、C17~18歳間、背筋力の全国・A・B・Eが16~17歳間、握力の全クラス17~18歳間、伏臥上体そらしのA・B16~17歳間、立位体前屈のA18~19歳間、踏台昇降運動のC17~18歳間を除き、全国・A・B・E・Cとも15~16歳間で最大増加率を示している。またマイナス増加がみられるのは15~16歳間で背筋力のA・B・E、握力のA・E16~17歳間では反復横とびの全国、垂直とびのA、握力の全クラス、立位



クラスともすべての項目において全国よりも高い増加率を示しており、特に反復横とび、垂直とび、背筋力、伏臥上体そらし、立位体前屈においては全国の倍近い増加率を示している。しかしながら踏台昇降運動においてAは全国同様のマイナス増加となっている。

運動能力についてみると、50m走で最大増加率を示しているのは全国15~16歳間、C16~17歳間、A・B・E18~19歳間である。各年間の増加率を比較すると15~16歳間で全クラス、16~17歳間でA・B・Eが劣位にあるほかはすべてすぐれている。特に16~17歳間のCは2.03%、18~19歳間のAは2.58%、Bは2.71%、Eは3.60%と高い増加が認められた。その反面16~17歳間のA・B・Eはマイナス増加となっている。走り幅とびは全国・B・E・Cが15~16歳間、Aは18~19歳間で最大増加率を示している。各年間の増加率をみると、15~16歳のB、16~17歳のA、18~19歳の全クラスがすぐれている以外は劣位にある。特に16~17歳間のE、17~18歳間のA・Bはそれぞれ-6.96%、-

表-10 運動能力の年間増加量および増加率

項目	歳間 量・率 区分	15~16		16~17		17~18		18~19	
		増加量	増加率	増加量	増加率	増加量	増加率	増加量	増加率
		50m走	全国	0.11	1.48	0.02	0.27	-0.03	-0.41
	A	0.03	0.40	-0.03	-0.40	0.13	1.74	0.19	2.58
	B	0.06	0.80	-0.03	-0.40	0.09	1.20	0.20	2.71
	E	0.11	1.46	-0.08	-1.08	0	0	0.27	3.60
	C	0.10	1.34	0.15	2.03	0.04	0.55	0.11	1.53
走り幅とび	全国	13.19	3.04	7.19	1.60	4.77	1.05	-8.85	-1.92
	A	11.41	2.64	9.50	2.14	-31.50	-6.96	18.87	4.48
	B	14.88	3.50	1.25	0.28	-24.38	-5.53	10.92	2.62
	E	10.35	2.48	-2.70	-0.63	0.09	0.02	7.74	1.82
	C	7.74	1.79	0.26	0.05	1.33	0.30	7.63	1.73
ハンドボール投げ	全国	2.72	10.54	0.65	2.27	-0.44	-1.50	-0.73	-2.54
	A	0	0	2.95	11.13	-0.40	-1.35	0.04	0.13
	B	2.50	9.18	-0.54	-1.81	-0.34	-1.16	1.34	4.64
	E	1.57	5.94	1.78	6.36	-1.44	-4.84	1.22	4.31
	C	2.89	11.05	0.70	2.41	1.93	6.48	-1.15	-3.63
懸垂腕屈伸	全国	2.37	37.03	0	0	-0.27	-3.07	-0.58	-6.82
	A	0.81	11.48	1.69	21.50	0.54	5.65	-2.04	-20.21
	B	1.80	27.19	1.08	12.82	1.00	10.52	-1.63	-15.52
	E	2.09	42.56	1.09	15.71	0.04	0.49	2.17	26.69
	C	0.37	5.12	1.30	17.12	0.52	5.84	-0.19	-2.01
持久走(1,500m)	全国	3.87	1.07	-6.26	-1.76	-5.64	-1.56	-6.28	-1.71
	A	13.91	3.63	-0.63	-0.17	-4.91	-1.29	-7.50	-2.00
	B	9.25	2.37	-9.29	-2.44	0.33	0.08	8.34	2.14
	E	12.21	3.16	0.26	0.06	0.70	0.18	-13.52	-3.62
	C	-10.85	-3.05	5.26	1.43	-2.86	-0.79	0.23	0.06

5.53%とマイナス増加を示し、18~19歳間のAは4.48%の高増加がみられる。ハンドボール投げは全国・B・Cは15~16歳間、A・Eは16~17歳間で最大増加率を示しており、それぞれ6.36~11.13%の高い増加率である。各年間の増加率をみると、15~16歳間ではCがすぐれA・B・Eは劣位にある。16~17歳間ではA・Eが大幅にすぐれ、B・Cは劣位にあり、なかでもBはマイナス増加となっている。17~18歳間はA・B・Cがすぐれている。この内Cは大幅にすぐれているが、そのほかは全国も含めてマイナス増加となっている。18~19歳間ではA・B・Eがすぐれている。全国とCはマイナス増加を示している。懸垂腕屈伸の最大増加率をみると、全国・B・Eは15~16歳間、A・Cは16~17歳間である。各年間の増加率をみると、15~16歳間でA・B・C、18~19歳間でA・Bが劣位にある他はすぐれている。15~16歳間で全国37.03%、B27.19%、E42.56%と高増加が認められる。16~17歳間では全国・全クラスとも12.82~

21.5%の増加がみられる。17~18歳間の全国、および18~19歳間のEを除くすべてにおいてマイナス増加がみられる。持久走は全国・A・B・Eが15~16歳間で、Cは16~17歳間で最大増加率を示している。各年間の増加率をみると、15~16歳間はA・B・EがすぐれCは劣位にありマイナス増加となっている。16~17歳間はA・E・Cがすぐれ、Bは劣位にあり、全国・A・Bはマイナス増加となっている。17~18歳間は全クラスすぐれているが全国も含めA・Cはマイナス増加を示している。18~19歳間はB・CがすぐれA・Eは劣位にあり、全国・A・Eともにマイナス増加となっている。

全体を通してみると、各項目で最大増加率を示しているのは50m走16~17歳間のC、18~19歳間のA・B・E走り幅とび18~19歳間のA、ハンドボール投げ16~17歳間のA・E、懸垂腕屈伸16~17歳間のA・C、持久走16~17歳間のCを除き、その他はすべて15~16歳間に集中している。年間増加率の累積からみると、50m走、持久

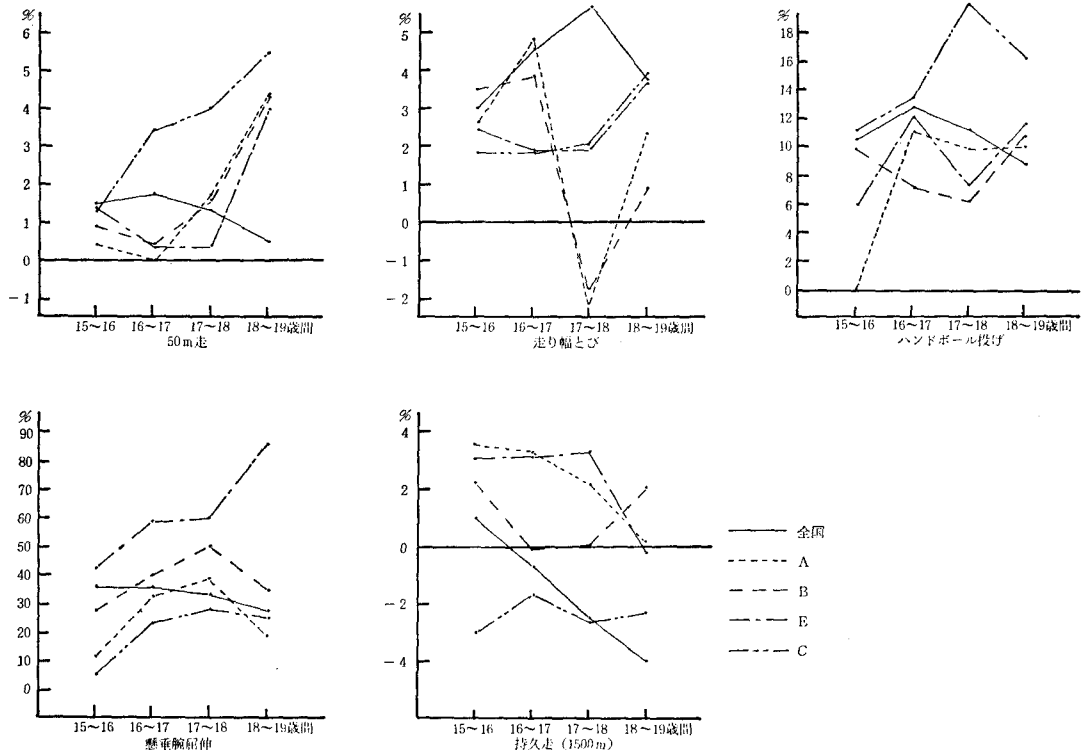


図-7 運動能力の項目別累積増加率

走、ハンドボール投げは全国に比してすぐれている。しかしながら持久走において全国・C・Eがマイナス増加となっており、特に全国・Cは大幅な低位にある。走り幅とびはCがややすぐれているほかは劣位にあり、特にBの増加率は0.87%と非常に低位である。懸垂腕屈伸はB・Eがすぐれているが、A・Cは劣位にある。Eの累積増加率85.45%は大変すばらしいのび率である。

6. 体育の成績について

次に、各クラス年齢別の体育科目の成績結果は表-11の通りであり、それをグラフで表したのが図-8である。

15歳においてはCが最上位の成績にあり、最下位のAとは実に7.31点の差がみられる。順位は上からC・E・B・Aの順となっている。16歳では15歳同様の順位であるが、各クラスとも3~4点の成績低下がみられる。17歳においては、Aはやや向上し、B・Eは少し低下している。順位はAとBが入替り、上位からC・E・A・Bの順となっている。18歳はE・Cが向上し、特にEは17歳より3.17点の向上がみられる。A・Bは低下をきたしており、特にAは8.5点の大幅な低下がみられる。順位は16歳と同様であるが、実にCとAでは13.17点の差がみられる。19歳においては、Aが18歳より向上している

が、E・C・Bは低下している。順位は上位からE・C・B・Aの順となり、Eがはじめてトップに上っている。

全体を通してみると、全クラスとも最高点を示しているのは15歳時である。16歳時では全クラス低下がみられ、17歳においてC・Aは向上、B・Eは低下している。18歳ではE・Cが向上、B・Aは低下しており、19歳時においてはAのみが向上し、その他のクラスは低下している。

7. 体育の成績と体力・運動能力の関連性について

次に成績と体力・運動能力がどのように関連しているかをみたのが図-9である。この数値は成績については本校平均値を基準として算出し、体力・運動能力は全国を基準として算出したTスコア値である。

15歳についてみると、成績1位のCは運動能力1位、体力3位、成績2位のEは運動能力・体力ともに4位、成績3位のBは運動能力3位、体力1位、最下位のAは運動能力・体力とも2位となっている。16歳ではCが15歳同様成績1位で運動能力・体力がともに1位となっている。Eは15歳同様。Bは運動能力・体力とも2位となり成績は3位である。Aは運動能力・体力とも2位から3位に落ちている。17歳では、Cが運動能力1位、体力2位で成績は1位を保っている。Eは16歳同様である。

表-11 体育成績平均値の比較

項目	区分	15 歳			16 歳			17 歳			18 歳			19 歳		
		N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
成績	本校	96	85.25		96	82.08		96	80.92		96	80.54		96	78.70	
	A	22	82.31	10.07	22	74.50	7.19	22	80.81	12.91	22	72.31	10.10	22	73.81	8.12
	B	24	84.79	5.72	24	81.70	6.18	24	79.50	10.65	24	79.00	6.81	24	76.50	7.41
	E	23	86.39	5.99	23	82.52	6.48	23	81.04	6.61	23	84.21	3.84	23	82.73	5.19
	C	27	89.62	4.65	27	84.96	4.70	27	85.14	5.42	27	85.48	3.83	27	81.37	4.93

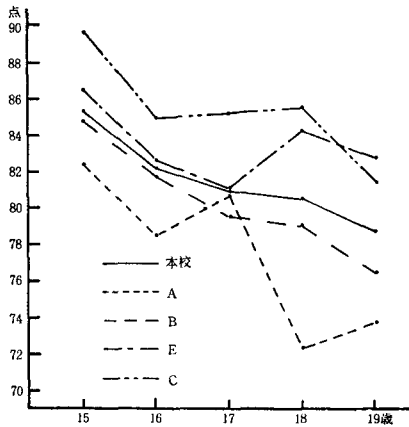


図-8 体育成績平均値の比較

Aは運動能力2位，体力3位となり成績は3位に上っている。Bは運動能力3位，体力1位で成績は最下位となっている。18歳ではCが16歳同様トップにあり，Eは体力が3位に上り成績は2位となっている。Bは運動能力3位，体力2位で成績は3位にある。Aは運動能力2位，体力4位で成績は最下位にある。19歳ではEが運動能力2位，体力3位と向上し，成績はトップに上っている。Cは運動能力・体力とも1位にあるが成績は2位に低下している。Bは18歳同様であり，Aは運動能力・体力とも最下位に低下し成績も最下位となっている。

全体を通してみると，Cは15歳で運動能力2位，17歳で体力が2位，19歳で成績2位に位置している以外は第1位にランクしている。Eは成績において19歳で1位に

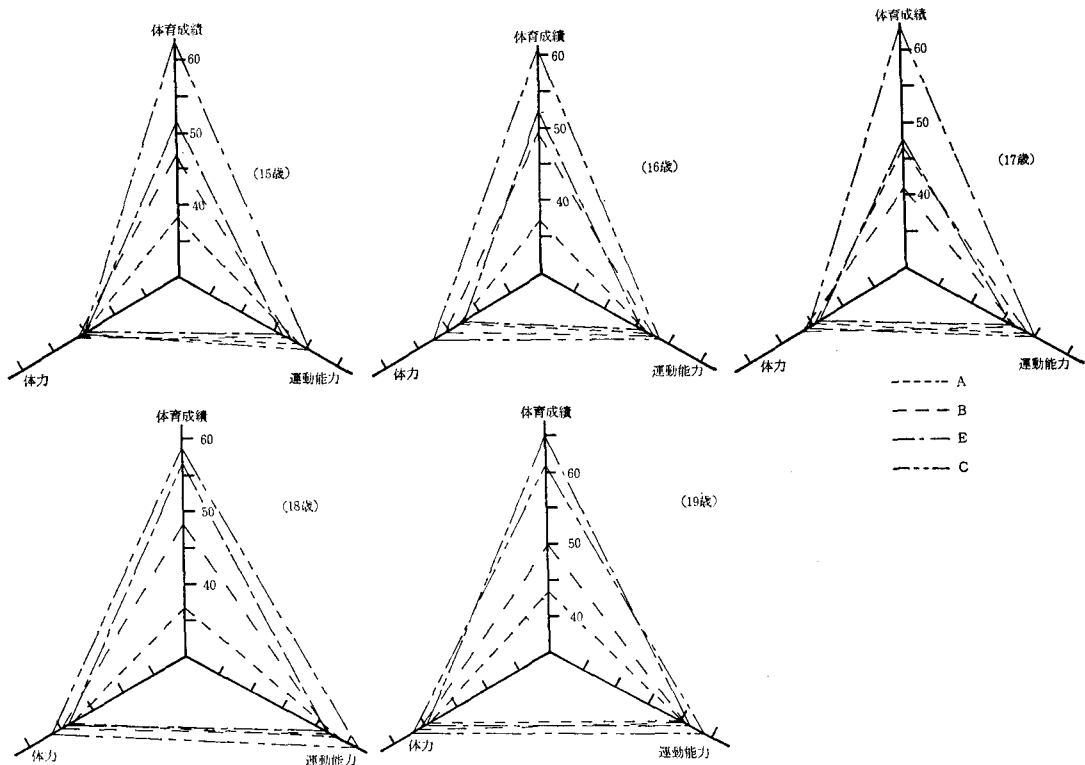


図-9 成績と体力・運動能力の関係

ランクしているほかは2位に位置している。18歳で体力3位, 19歳で運動能力が2位にある以外, 体力・運動能力ともすべて最下位である。Bは成績において17歳で最下位となっているほかは3位に位置している。15・17歳は運動能力3位, 体力1位の状態を示し, 18・19歳は運動能力3位, 体力2位である。16歳は運動能力・体力とも2位にある。Aは17歳で成績3位にあるほかは最下位となっている。15歳で運動能力・体力とも2位, 16歳では運動能力・体力とも3位, 17歳では運動能力2位, 体力3位, 18歳では運動能力2位, 体力4位, 19歳においては運動能力・体力ともに最下位となっている。

8. 体育の授業における欠課時数について

次に体育の授業における欠課時数を調べたのが表-12であり, それをグラフに表したのが図-10である。

15歳ではAが1.81時間と他のクラスに比べて高く, Cとでは1.26時間の差がみられる。順位はA・B・E・Cの順で低くなっている。16歳ではEが平行線をたどり, Cはやや低下し, A・Bはやや高くなっている。順位は15歳同様である。17歳では全クラス上昇している。特にEは1.0時間の上昇となっている。Aは最高位にあり, 次いでE・B・Cの順となっている。17歳においてもCは1.0時間をやや上回る程度である。順位はA・E・B・Cの順に低くなっている。18歳ではA・Bが上昇し, C・Eは低下している。特にAは5.22時間と最高を示し, 17歳と比較すると実に3時間の差がみられる。Bにおいても1.37時間の上昇となっている。順位はA・B・E・Cの順で低くなっている。19歳では18歳同様の上位・下位のグループにわかれるが, グループ内の順位が18歳と入替っている。Bは3.79時間と最高位を示し, Aは3.54時間となっている。Cは18歳より大幅な上昇を示しており順位はB・A・C・Eの順で低くなっている。

全体を通してみると, Aは19歳の2位を除き最高位を示し, 18歳時の数値は異常といえるものである。Bは19歳時の最高値を除き, 各年齢2位にあり, 年齢進行につれて欠課時数も増加している。Eは17歳で2位, 19歳時

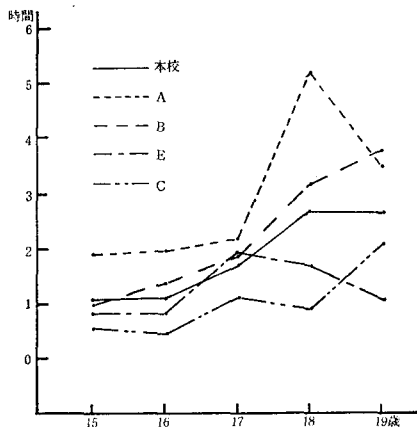


図-10 体育授業の欠課時数の比較

の最下位を除き3位に位置しており, 17歳時をピークに低下している。Cは18歳時まで1.0時間前後の低値であるが, 19歳時においては2.0時間をやや上回っている。

9. 体育における成績と欠課の関係について

次に欠課時数と成績の関係についてみたのが図-11である。この数値は本校の各平均値を基準として算出したTスコア一値である。本校平均はそれぞれ50点の位置にある。

15歳では成績においてC・Eがすぐれており, Cは12.58差と大幅にすぐれている。A・Bは劣位にあり, 特にAは-11.31と非常に低い。欠課についてみるとAは14.25差で非常に高く, B・E・Cは低位にある。特にCは-9.08と低い数値を示している。16歳では成績は15歳同様であり, Cは11.41差で大幅にすぐれており, Aは-12.86差で15歳時よりも低位にある。欠課についてみると, これも15歳同様であるが, Bは15歳時よりもやや高くなっている。17歳では成績はCを除くクラスは低位を示している。Cは他に比べ14.26と大幅にすぐれている。欠課についてみるとCを除くクラスは高位にあり, 特にAは10.65と高くなっている。Cは15・16歳時よりもさらに-13.48と低くなっている。18歳では, 成

表-12 体育授業における欠課時数の比較

項目	区分	15 歳			16 歳			17 歳			18 歳			19 歳		
		N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD	N	M	SD
欠 課	本校	96	1.02		96	1.09		96	1.67		96	2.63		96	2.61	
	A	22	1.81	3.09	22	1.90	2.64	22	2.22	2.29	22	5.22	4.27	22	3.54	3.12
	B	24	1.00	1.29	24	1.37	1.49	24	1.79	2.84	24	3.16	2.60	24	3.79	2.98
	E	23	0.82	1.27	23	0.82	1.27	23	1.82	2.61	23	1.65	1.49	23	1.08	1.01
	C	27	0.55	0.73	27	0.40	0.56	27	1.11	1.31	27	0.88	1.13	27	2.11	1.87

績は15・16歳同様であるが、特にAは-13.26と最低値を示している。欠課についてみると、16歳時と同様でありAは13.08と最高位を示している。19歳では成績は18歳と同様であるが、Eは9.92と大幅にすぐれている。欠課も18歳と同様であるがEは-12.21と低位を示している。全体を通してみると、15・16・18歳は成績と欠課が反比例する傾向を示し、成績はC・E・B・Aの順で低下

している。Cは成績も良く欠課も最低位を示しておりAは成績最下位、欠課は最高位を示している。17歳は成績でみるとCが最高位を示し、以下E・A・Bの順となっているが欠課はA・E・B・Cの順に低くなっている。19歳はEが成績において最高位にあり、次いでB・C・Aとなっている。欠課はB・A・C・Eの順に低くなっている。

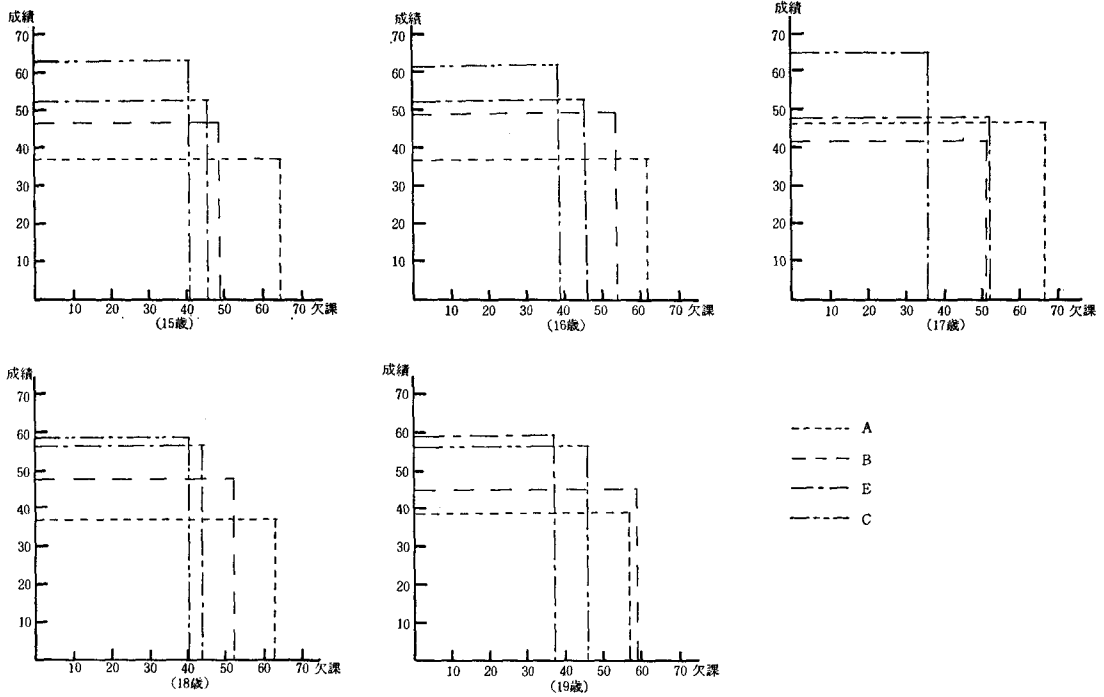


図-11 成績と欠課の関係

要 約

昭和52年度入学の学科別学生を対象に体格・体力・運動能力について縦断的考察を試みてきたが、体格について総括すると、15歳において3項目とも全クラスが全国より劣位にある。身長は各クラスとも年齢進行につれて差がみられなくなっており、特にCは17歳からすばらしい伸びを示している。しかしながら、体重、胸囲においてはAの体重が16歳でややすぐれているほかは年齢進行につれてもそれぞれ劣位はかわらず、15歳のハンディが19歳においてもなお残存している。特に胸囲の劣位は体力・運動能力に大きな影響を与えているのではないかと思われる。

体力は15歳において全クラス、全国より劣位にあった垂直とび、背筋力・握力・伏臥上体そらし、踏台昇降運動は、19歳において全国値に均しくなっているが、Aの

みは劣位にある。背筋力・握力は年齢進行の発達にもかかわらず劣位にあり、握力におけるC・Eは非常に低い数値である。垂直とびはA・Eが優位にあり、B・Cが劣位にある。踏台昇降運動はC・B・Eが優位にありAは劣っている。15歳において全国値に僅少か劣位にあった立体前屈、反復横とびは19歳において全クラス優位となり、特に反復横とびのA、立立体前屈のE・Bの発達はすばらしいものである。

運動能力は15歳において全クラス劣位にあった50m走、走り幅とびは19歳に経って50m走が全クラス優位となり、特にCの発達はすばらしい。走り幅とびは依然として全クラス劣位にある。15歳において全クラス優位にあったハンドボールは19歳においても優位にあり全国に大差をつけている。15歳においてEのみが劣位にあった懸垂腕屈伸は19歳で全クラス優位となり、特に15歳で最下位であったEは最上位となっている。15歳でCを除き劣位にあった持久走は19歳においても15歳同様の結果と

なっている。

体力・運動能力のバランスは、15・17歳が同一傾向にあり、Cの運動能力以外それぞれ体力・運動能力とも大幅に劣位にあり、運動能力にたいする体力のアンバランスが目立つ。16歳は体力・運動能力とも全クラス劣っており、Cがバランスを保っているほかは、アンバランスが目立つ。特にE・Aは体力・運動能力とも相当劣っている。18歳は体力において全国値に近い傾向がみられ、Cは全国をはるかに上回っている。しかしながら、運動能力はCが上回っているほかは劣っている。19歳は体力・運動能力とも全国と同値かそれを上回り、やっと平均的なバランスのとれた安定がみられる。Cは各年齢最高位にあり18・19歳で全国値をはるかにしのぐ結果となっている。Eは15～18歳にかけて最低位であったのが19歳において全国値を上回り、Bにつづいて3位に上っている。Aは15歳で2位にあったのが19歳において最下位となっている。Bは劣っているながらも体力・運動能力のバランスが平均してとれているタイプであり17歳を除き2位に位置している。

次に年間増加量からみると、体格は胸囲でCが16～17歳間で最大増加率を示している以外、各項目において全クラス15～16歳間で最大増加がみられる。また増加率累積からみると、全クラス各項目において全国を上回り、特に体重では全クラス、胸囲においてはAが高率を示し5か年間の発達のあとがうかがえる。体力は年間増加率の累積からみると、すべての項目において全クラス全国よりも高い増加率を示すすぐれている。その内握力を除く他の項目において高率を示しているが、踏台昇降運動においてAのみ全国同様のマイナス増加となっている。おもに反復横とび、垂直とび、伏臥上体そらし、立位体前屈、踏台昇降運動の最大増加率は15～16歳間が一番多く、背筋力は16～17歳間、握力は17～18歳間となっている。運動能力はおもに走り幅とび、ハンドボール投げ、懸垂腕屈伸、持久走の最大増加率は15～16歳間であり、背筋力は18～19歳間が一番多くみられる。クラスにおいては16～17歳間に最大増加率をみることができ、特にCはこの間に集中している。年間増加量の累積からみると、全国に比して全クラス50m走、ハンドボール投げ、持久走において高い増加率を示している。特に50m走は各クラスともすばらしい増加率である。走り幅とびはCが全国よりやや高い増加率を示しているほかは劣位にあり、懸垂腕屈伸では、B・Eがすぐれ、A・Cは全国よりも低い増加率である。

各クラスの体育の成績は、全クラスとも15歳で最高点となっており、その後年齢進行につれて多少の上下移動はあるが、19歳時では全クラス大幅に低下している。各

年齢段階を通してみると、E・Cは上位群に属し、B・Aは下位群に位置する。

体育の成績と体力・運動能力の関連では、成績上位群のCは体力・運動能力ともに上位に属し、18・19歳においては全国をはるかに上回っている。Eは体力・運動能力ともに最下位に位置し、18歳で体力が全国値に近づき19歳で体力・運動能力とも全国値を上回っている。成績下位群のBは体力・運動能力とも15歳を除き上位に属し、Aは15歳を除き下位に属し、19歳においても全国と同値となっている。

体育授業における欠課時数は、17歳でEとBが入替っているほかは上位群としてA・B、下位群としてC・Eに区分することができる。19歳においては、上位、下位群の中で順位が入替っており、B・A・C・Eの順に低くなっている。

次に体育の成績と欠課時数との関連性は、各年齢段階において成績と欠課時数は反比例する傾向がみられ、成績上位群のC・Eは欠課時数において下位群に属し、成績下位群のA・Bは欠課において上位にある。

以上のごとく本校学生の体力・運動能力と体育の成績との関連について仮説を基に検討してきたが、その結果仮説はくずれ、体力・運動能力においては15歳を除き、各年齢段階においてC・Bが上位に属し、A・Eは下位に位置している。18歳を除き15～19歳においてBは体力・運動能力のバランスがとれているが、A・E・Cは体力よりも運動能力がすぐれた傾向がみられた。体育の成績においてはC・Eが上位をしめ、A・Bは下位に位置しているが、体力・運動能力との関連においては、必ずしも体力・運動能力がすぐれていることが成績に直接影響するとは考えられない結果となっている。欠課時数では上位にA・B、下位にC・Eが属しており、成績との関係は、成績上位のクラスは欠課が少なく成績下位のクラスは欠課が多い傾向となっている。成績には体力・運動能力の優劣よりも授業への出席率が大きく左右するように思われる。すなわち学生達の体育授業への積極的な参加が成績に影響をおよぼしているように思われ、また学生達の授業での積極的な取組みが学生各自の体力・運動能力により良い影響を与えているものと考えられる。

## 文 献

- 和田貞男：体力統計，道和本書院（1976）。  
 岡田泰栄：統計，共立出版社（1968）。  
 日丸哲也・永田晨：体力統計法，遙道書院（1968）。

木村倫幸

## The Will and The Prulastic World

—A Study of “The Will to Believe”

on William James

Tsuneyuki KIMURA

ウィリアム・ジェームズの主張する意志論は、彼の哲学体系、とりわけ認識論の不可欠の部分として評価される。ジェームズの認識論は、「意識の流れ」を我々の精神が切断し、それを概念を用いて再構成するところになり立つ世界を提出する訳であるが、その際には我々の精神の諸機能のうちで、注意作用と概念機能が特に重要な役割を果たすものとされる。そしてこれら両者に関連して、意志の問題が提出されるのである。

意志はこの場合、意識の自発性として特徴づけられる。それは我々の精神全体を支配し指導するものとして位置づけられ、これに対して感覚と思考は意志に奉仕するものとされるのである。というのも意志の重要性は、それが人間の行動に関連するという点に存するからであり、その結果として人生に決定的な影響を与えることにあるからである。

従ってジェームズは、意志を単なる心理的事実として科学的に取り扱うことよりも、日常生活にあらわれる、行動を前提とした当然の事実として具体的現実的に関心、とりわけ宗教についての関心が中心的位置を占めることとなる。この宗教的関心は、科学的決定論や不可知論に対するジェームズの露骨な反発と嫌悪に見られるように、彼の主張の決定的な動機ともなっている。ジェームズにとって、科学に対抗して、これを超えたところに存在する世界を問題とする意志およびそれが有する力が現実にとって重要な課題として設定されるのである。

彼の著作『信ずる意志』① (“The Will to Believe and Other Essays in Popular Philosophy”) が最初に出版された一八九七年前後が、ジェームズにとっての心理学の完成とそれからの別離の時期であり、同時に哲学への傾斜の時期でもあったという事情を考え合わせるならば、意志に関する宗教的信念の擁護の問題は、ジェームズの哲学思想を貫いている問題であると言えよう。ジェームズは、この後の諸著作においてもこの課題を執拗に保持し続ける訳であるが、その宗教に関する基本的な視点はすべてここに見出すことができるのである。

この小論の目的は、ジェームズの認識論における意志の位置づけとその機能を確認し、更に意志が現実生活で果たす役割と宗教的信念の関係の問題を扱うことで「信ずる意志」の本質が何であるかを解明することにある。

ジェームズの思想が非合理的性格を有することおよびその根源が認識論にある

ことについては既に述べた<sup>⑥</sup>。しかしその非合理性が誰の眼にも明らかかなものとして映るのは、宗教的信念に關しての主張において他にはない。この意味で小論は、ジェームズの思想を宗教的信念の問題を軸にして、より明確に特徴づけることをも同時に目指している。

## 二

ジェームズにとつては、人間の精神は「意識の流れを切断することから始まる。この意識の状態は全くの混沌(Chaos)であるとされる。すなわち我々の日常の精神の状態としては、次のような状況が一般的であるとされるのである。

「我々が事物について考える瞬間に、我々はそれを存在と等しいものと見なすという経験の觀念が、外的秩序の諸感覚に対して、いかに誤っているかを理解する。無数の外的秩序の諸項目が私の諸感覚に対して存在しており、そしてそれらは厳密には決して私の経験に入つてこないのである。」<sup>⑦</sup>

かかる無数の印象の中からあるものに注目し、この混乱した意識の状態を救い出すものこそ注意作用(attention)に他ならない。この注意作用がどこから生じるか、あるいは他の無数の印象が何故精神に通じないかは、ジェームズにとつてひとつの謎なのであるが、とにかく我々の注意し得る事物は全く神経状態によつて決定される。

ジェームズによれば、この場合対象のうちでも感覚器官に反応を起こすものは、その明瞭さを増加する結果を生み出すのである。このことによつて一度意識の視野に入った事物に対しては、神経作用によつて規定されることは別に、そのものが受ける注意の量が問題となつてくる。つまりある事物が注意を受けるかどうかは神経状態に依存するが、それが注意作用によつて救い出されてから後は、そのもののできる限り明瞭な觀念を持つためには、注意の量が増加されなければならぬといふことである。

更にここにおいて注意に際して、「予知覚」(preperception)と呼ばれるものが指摘されることになる。この予知覚とは我々がある事物に注意する際の我々自身における傾向性のごときのものであつて、ジェームズによれば「我々が通常見る唯一のものは、我々の予知覚するところのものであり、我々が予知覚する唯一のもものは、我々に対して付札をつけられたところのもの、我々の心の中に押しつけられた付札である」(Pp. p. 420)とされる。

このようにして我々の注意の向かうところのものは、実は既に我々自身の精神

の傾向によつて規定されており、その上で我々の精神の視野に入ったものについての我々の意識の能動性、努力が問題とされるといふ構造が、ジェームズの認識論の基本的な構造であることが確認されなければならない。

今の場合、かかる意識の視野において注意作用がなされるべきであるのは、そこにあがつてきた事物の觀念を維持するためなのである。つまりこのようにすることで、我々は、直ちに消え去るべき運命にあつた数多くの觀念をより長く意識の視野に残すことができる。そしてこれらの觀念が維持できたか否かが、後の我々の行動を、ひいては我々の運命をも決定することになるとされるのである。

そしてこの注意の量の多少が意志と密接な關係を有することが次の検討課題となる。ジェームズによれば、意志については、先述の予知覚に關連して運動の感覺的結果の予想される心像(Images)がある場合には、これらの結果が現実になるべきであるといふ命令(Imperative)というのが、内省が我々の自発的行動の先駆けとして我々に認識させるところの唯一の精神的状态である(Pp. pp. 1111-1112)とされている。すなわち意識的行動、意志のためには、やはり予知覚が必要であるのであるが、これと並んで我々の意識に対してその予知覚のもたらす結果の現実化を要求する命令の存在が主張されることになる。それではこの命令はどのようにして形成されるのか。

「出發すべき最初の点は、(中略)意識はまさにその本性において衝動的であるといふ事実である。我々は感覺あるいは考えを持つて、それから運動を得るために何か活動的なものを付け加えなければならないのではない。我々の有する感じのすべての脈動は、既に運動を刺激扇動する途上にある、ある神経活動と相互關係にあるものである」(Pp. p. 1134)。

右の叙述から明らかなように、ジェームズは、觀念が与えられる場合には觀念の衝動性も同時に与えられると考える。つまり「運動へと——引用者」駆り立てる觀念は単に注意を所有している觀念に過ぎない」(Pp. p. 1166)が、それはまた同時に他の考えを追放してしまふ。このことが命令の瞬間に生じるのであり、意識を確実に占領することが衝動力を呼び起こすことになるのである。

結局のところ意志作用とは、ある行動の觀念が我々の精神の中で優勢を占める過程なのであり、我々の精神における注意の量の意識的な増加がその内容であると言えよう。換言すれば「意志が最も「自発的」になると、意志の本質的な偉業は、困難な対象に注意を払い、それをずつと精神の前に維持することである。このようにすることが命令である」(Pp. p. 1166)。



かくして注意の努力―意志の本質という定義において、我々は意志を把握することになる。「意識の流れ」を切断する注意作用は、ある観念に注目し、これを継続維持する努力を行う中で、この観念を強めて我々の精神の中に確固たる位置を占めさせ、命令とするのである。この努力が意志である。そしてかかる努力を行わしめる我々の精神には予知覚が存在し、我々はこの予知覚に従って努力を行うことを要請されるのである。

ところが同時に、ジェームズは、この定義は純粋に心理学的事実に関する定義であり、これに続いて動作が起るかどうかは「意志すること自身の成行きに関する限り、全く取るに足らない事柄」(P. p. 116)であって、精神の外部にある運動神経作用の現象であると主張する。つまり科学としての心理学は、意志の一般的な法則を定式化する必要があり、その限りでは意志作用は精神の作用として論じられなければならない、それ故意志が適用されるのは観念の領域のみであると述べるのである。

しかしこのことは同時に、科学以外の分野における意志の役割の検討については、心理学におけるのは異なった取り扱いがなされる必要があること、そしてその場合にも我々の精神内部におけるメカニズムは右に述べられた通りであることを示唆している。ジェームズが「この世界において自由意志が真実であっても否であっても、心理学はこの世界ではこれまでと同様に(同様に)であってより以上にはない(心理学であろうし、科学は科学であろう)」(P. p. 117)と書いているのはこの間の事情を示している。

## 三

さて意志の問題は、科学としての心理学の問題としては、先に見てきたように片付けられた。そこでジェームズは、この考察に更に生理学的研究の結果をも加味して、我々の精神構造における意志の位置を定めようとする。ジェームズによれば、我々の精神構造は、神経組織の構成単位の段階においては三重になっており、これらはいずれも相互に関連しあっている。このことは次のように述べられる。

「感覚的印象は、ただ反射の神経中枢の過程を呼び起こすためにだけ存在し、反射の神経中枢の過程は、ただ最後の行動を呼び起こすためにだけ存在する。従ってすべての行動は、外的世界に対する反作用である」(W. B. p. 92)。  
すなわち我々の行動は、外部から流入する感覚と関連しており、感覚から始ま

る過程は、思考の段階を経て、結局は行動にいたるといふ反射の型に乗っているのである。いわば「我々の眼や耳において流れ込む生命の流れは、我々の手や足や唇から流れ去ることが予定されて」(同)おり、「我々の本性の意志作用の部門は、簡単に言えば、その理解の部門と感覚の部門との両方ともを支配する。あるいはもっとわかりやすく言えば、知覚と思考は、行動のためにだけ存在する」(同)とされるのである。

ジェームズは右のような構造を目的論的な構造と名づける。それは「理解あるいは理論の部門―精神の中間部門―がもつた目的のために機能する」(W. B. p. 94)からである。そしてそのために働く目的とは「我々の意欲的本性の関心」(the interest of our volitional nature)といふことであって、我々は我々に与えられた世界の内容から、我々が関心を有する項目を選択し、他の項目と結びつけ、かくして一定の秩序とまとまりを持った世界の状態を作り出すことによって、「我々の意欲的本性の関心」に満足をもたらすのである。

しかしこのようにして作り出された関係が本質的であるのは「我々の目的にとつただけ」(only for our purpose)であり、ジェームズはここで神経作用の三重の型を主観的に解釈する方向へと導くことによつて、後述する彼の目的―神の存在の信念の擁護―のために改造しているのである。それ故ジェームズは次のように述べることで科学的思想に対して攻撃を加える。

「我々の目的とは単純化して理解することであり、予見することである。単純な理解や予見は純然たる主観的な目的ではないのか。それは我々が科学と呼ぶところのものの目的である」(W. B. p. 96)。

以上見てきたごとく、ジェームズは精神の反射作用説を利用することで、我々の精神活動そのものが、意志作用の支配の下にもつぱら行動を目標していること、そしてこの行動は「我々の意欲的本性の関心」に寄与するという目的のためであること、従つてそれは純然たる主観的性格を有するものであることを公言しているのである。

ここにおいてジェームズは、我々の精神作用の結論を提出することによつて、彼が元来主張するべきであった有神論へと論を進めることになる。

「いかなる精神も、三重―反射の型の上に構成されているので、最初にそれが向かいあう対象からその印象を受け取らなければならない。それからその対象が何であるかを定義し、またその現に存在することがどのような行動の程度を要求するかを決定し、そして最後にそれに反応しなければならない。(中略)しか

し諸対象は具体的で特殊なままでは止まらないであろう。それらは自分自身を一般の本質の内に融合させ、そして自分自身を一つの全体——宇宙——とする。そこで我々と向かいあう対象、我々の精神の扉をノックして、内に入れられ、固定され、決定され、そして行動的に満たされることを求める対象は、まさしくこの全体的な宇宙そのものであり、その本質である〔W.B. p. 98〕。

かくして問題はここから、意志の対象たるべき宇宙の本質の検討に向かうこととなる。

## 四

ジェームズは、我々の向かうべき対象の全体、宇宙の構造を有神論であるとす。というのは、ジェームズにとっては「神は、存在するとしても、しないとしても、もしそれが存在するとすれば、我々自身のように組み立てられた精神が、宇宙の根底に横たわっていると理解する最も適した可能な対象を形造るであろうような種類の存在者である〔W.B. p. 93〕からである。すなわち神もしくはその類いの外部的な実在を設定し確信することは、「人間の精神の熟慮にとって、同時に合理的でもあり可能でもある唯一の究極的对象〔同〕を設定し確信することになる。

ここで合理的という言葉が問題になってくる訳であるが、ジェームズは、合理的という言葉、そのことを考える人にとっての「ある主観的な目印〔certain subjective marks〕によって判断しようとした。すなわち「合理性の感情は、いかなる非合理性の感情も存在しないということのみによって構成されている〔W.B. p. 52〕とされるのであり、「現在の瞬間についての満足を感じ——それが絶対であるという感じ——それを明確にしたり説明したり、あるいは正当化したりするすべての必要が存在しないということ〔W.B. p. 58〕こそが合理性の感情と呼ばれるのである。

この意味で有神論は、唯物論や不可知論と異なり、その「実践的合理性〔practical rationality〕の故に広く受容され得るとされる。何故なら、ジェームズによれば唯物論も、前節で述べた精神作用の三部門のうちで、第二部門の理論的思考の段階まではなるほど有神論と同様に進むことはできるが、第三部門の実践的意志的段階にいたって、我々の行動が今まさに命令されるべき時に、唯物論は原子間の運動への対応を主張し、不可知論はなすべきことを言うことができな

い、という結果に終わらざるを得ないからである。

「ところで有神論は」ジェームズは続ける、「考えることが可能な、最も実践的な解決法をいつも用意している。それが權威をもって呼びかけないどのような我々の活動の本性のエネルギーもないし、それが正常にそして自然に源を解放しないどのような情緒もない。一撃で、それは世界の死んだ空虚なそれ〔同〕を、すべての人間が関係を持つ生き生きとした汝〔thou〕に変える〔W.B. p. 101〕。それ故に「もし人間の精神が、本当に、我々が最初で認めたところの印象と反省と反作用という三重構造であるとすれば、神に及ばないいかなるものも合理的でなく、また神以上のいかなるものも可能でなく〔W.B. p. 93〕ということになる。

ジェームズにとっては、神は合理性の感情に最も適合した存在なのであって、宇宙に神の存在を想定することが我の精神に満足と安定をもたらすことは、疑うことのできない確信となっている。すなわち有神論は、それが提出する実践的課題——神および神を信じる者という究極的な二重性を克服して、世界をそれ〔同〕から汝〔thou〕に変え〔これが有神論の立場である〕、更に「それ〔世界——引用者〕を一人称のマントで被い、それを我〔me〕の一部分にしようと試みる〔W.B. p. 106〕こと——の故に我々の精神を奮い起たせ、世界に働きかけるよう仕向けるのである。

ただしこの場合における神と合一する状態とは、情緒的、実践的な種類のものであることが留意されなければならない。この場合においても「合一は、不変的に考える主観と考えられる客観とが数的に二つであるという経験的事実に基づいている〔W.B. p. 106〕のであって、有神論者にとっては、神との合一とは、知性による確認や論証の内にあるのではなく、「これらの経験的事実の実践的確信の中に、〔中略〕それらを与えられたものとして確認する幸福の中に、有神論者が熱望するすべての平和と力が横たわっている〔同〕のである。

それ故有神論者には、世界や人生について何故とかいかにとかいうようなことは、このことが確信されれば、もはや問題でなく、世界がまさしく神によってどのように創造され、かかる有様になるように置かれているという確信が何ものにもまして喜びであり、すべての思弁を超えたものとされるのである。

以上のことから理解されるように、有神論は、ジェームズによれば、意志的部門に支配される我々の精神作用の構造に最適合のものであるとされる。それは我々の精神に対して、世界に働きかけて豊かな成果をもたらすようにし、その際に「第一部門の感覚的『事実』は無視されてはならないし、第三部門の機能は止め

られてはならない。そして第二部門は破壊できない架け橋を形造らなければならぬ」(WB. p. 103)ように作用するのである。そしてこのことが我々の精神に、ジェームズの言うところの合理性の感情をもたらしことになるのである。

しかし同時に我々は、このジェームズの主張する有神論並びに合理性の感情なるものが極めて主観的なものでしかないことを確語しなければならぬ。それらはまさしくジェームズにとって、その固有の目的のために本質的なものであるに過ぎないのであり、後に世界に対する我々の態度の所で見られるように、ジェームズにおいては、この確信、信念こそがかえって先立つものとして規定されることになるのである。この意味で有神論の持つ「実践的合理性」も、有神論についての信念を予め有することによって我々の精神に適合するものとなるのであって、そこには先述された予知覚が関連することになる。しかしこのことの考察はしばらく措き、有神論という構造を有する世界の状態が、現実的により詳しく検討されなければならぬ。というのもこの世界の状態が、ジェームズの目指す意志の対応を規定する条件になるからである。

## 五

さて我々の精神に最も適合した、有神論をその本質とする世界とは、いかなるものであるのか。それはジェームズが言うところの「根源的経験論」(Radical Empiricism)の見地から最もよく把握することができる。この立場は「事実の事柄に関する最も確実な結論をも、将来の経験の経過の中で変更されがちな仮説として見なす」(WB. p. 6)が故に「経験論」であり、「一元論の学説そのものを仮説として扱う」(同)が故に「根源的」であるとされる。そこでこの見地に立つジェームズによれば、世界に関する思考は、多元状態から統一へと前進しているように考えられるにもかかわらず、絶対的統一がまだまだ「限界概念」(Grenzbegeit)であるのが実情であり、「理性が行うことができるすべての事が行なわれてしまった後にも、単に与えられたものとしての有限な諸事実の不明瞭さは、互いに仲介もされず、説明もされないそれらの特異性のほとんど共に、相変らずそのままである」(WB. p. 6)とされる。つまりある観点からする説明に対して、常に「否定的なもの」(negative)、無論理的なもの(allogical)、含まれなすもの(unincluded)が残されるのである。

それ故このことからまた、世界が決定論的なものではなく、非決定論的性格を有するもの、換言すれば可能性を有するものと見なされるのである。すなわち

「我々が見ることが出来る限り、与えられた世界は、働きのためにのみ存在している」(WB. p. 103)と云うことができるのである。

しかしこの場合、働きかけられる対象としての世界が、遙かなる過去から永遠の未来にいたるまで決定されているという根強い反論が不可避となる。これは科学的唯物論の側よりする反論であるが、ジェームズによれば、その論拠は必然性と不可能性から構成される。決定論は、まさしく宇宙はそこに必然的であったのであり、非決定論の言うところの可能性とは、現実には起こった事実に基づかないが故に、全くの「不可能性」(impossibility)であると言った方がふさわしいのである。そしてこの主張こそ科学的真理を擁護し、有神論を打砕く理論であると自負する。

これに対してジェームズは答える。

「ある事が現実には起こったというどのような量の確信も、別な事がその場所ですったかもしれない、あるいは起らなかったかもしれないということについての最小量の情報を、いかにして我々に与えることができるのか。ただ事実のみが他の事実によって証明され得る。可能性であって事実でないところの事柄と、事実は何の関係もない」(WB. p. 119)云々。

これによれば、決定論か非決定論かの問題は事実と何の関係もなく、いずれの立場を取るかということとは、各人の合理性の感情に委ねられることになる。そこでジェームズは、決定論の最も忌み嫌う「偶然」(chance)の観点を採用することによって、明確に非決定論の立場に立つことになる。すなわち偶然という概念は、決定論が考えるような積極的な内容を有するものではなく、「純粹に消極的で相対的な用語」(a purely negative and relative term)に過ぎず、「ある事を『偶然』と呼ぶことで君が意味するすべてのことは、それが保証されていないということ、それがまた違った方法で生じたかもしれないということに他ならない」(WB. p. 120)のである。従って偶然とは多元的な状態をあらわす別の表現であるとされる。それ故また偶然の観点を認めるということは、「道徳的な視点においては、未来が、過去があったのとは別なそしてより善いものであるかもしれない機会(chance)」(WB. p. 137)を認めることなのである。

従って世界においてかかる可能性を認めることは、同時に、ある可能性に同意を与えると共に他の可能性を排除する決断の行為に重大な意義を見出だすことでもある。この点においてこの論文の最初の部分で検討した意志の問題が浮び上ってくる。

ジェームズは、右のように、世界における多元状態——可能性の存在——偶然性の承認という理解によって、世界を、意志とこれに伴う決断の対象として提出してくる。そしてその際には、決断を行なう時の我々自身の内的な欲求や傾向性が重要なモメントとして見なされるのである。④

かくして我々はジェームズがその到達目標とした「信する意志」「信する権利」の問題に対することになる。しかし度々繰り返しているように、ジェームズの立場が、彼自身主張することなく、その内的な欲求や傾向性に従って論が進められるものであること、従って合理性といえども合理性の感情であることが忘れられてはならない。

## 六

我々がこれまで見てきたジェームズの姿勢は、現実において生きる態度の問題に触れるとますます信念の側に、非合理的な確信の淵へと落ち込むことが明白になる。

すなわちジェームズは、これまでの世界の構造と我々自身の精神のあり方に関する考察から、「もしこの生活が真の闘いのようであるならば——宇宙には、我々のすべての理想と誠実さをもって救うことが必要とされている真に野蠻な何か (something really wild) が存在するかのようである。そしてまず第一に我々自身の心を無神論や恐怖から救うことである。我々の本性は、このような半ば野蠻で半ば救われた宇宙に適応させられている」(WB, p. 55)と述べて、我々の本性の最も根底にひそむものを「内面の生 (Binnenleben)」であると結論を得るにいたる。

それ故この世界における我々の可能性として、「いたる所、常に、すべての人におおて (ubique, semper, et ab omnibus) 同意される命題に加えて、息の詰まる空論的な良心のとがめから逃れ、自分の責任で自分自身の確信を抱く別の領域が残されていなければならない」(WB, p. 89)ということになる。

このことは具体的には、科学的決定論的な世界観に対して、「物理的秩序をただ部分的秩序であると信じる権利が我々にあること、またそれによってのみ人生が我々にとってより善く生きる価値があると思われるのであれば、我々が当然の事として信頼を置く見えない秩序によって、それ(物理的世界——引用者)を補う権利を我々が持つこと」(WB, p. 49)を意味する。すなわちここでジェームズは、この自然界を超えた多元的世界を想定し、それに対する確信こそが生き甲斐を覚

えさせると主張している訳であるが、まさしくこの点にジェームズの意志論の核心が表明されているのである。

しかもこの精神的世界は、それを信じる人間にとって絶対的とも言える權威を有しており、科学よりも広大なものとされる。この問題は確信だけに依存する問題であるが、ジェームズは「もし我々の必要が目に見えない宇宙を超えているとすれば、何故そのことが、目に見えない宇宙が存在するということの印ではないのかもしれないのか」(WB, p. 51)として我々の宗教的要求を信頼することの意義を強調する。

ジェームズによれば、「信じるという機能は我々が生きていくために与えられたのである。我々の宗教的要求を信頼するということは、第一にこの光の中で生きていくこと、そしてあたかもこの要求が暗示する目に見えない世界が実在するかのように行動することを意味する」(WB, p. 52)のである。

すなわち宗教的要求は、明らかに言えば、その対象が定かではないけれども、「ある究極的な論拠は、たとえそれが論理的に合理化されなくても、その性質が期待を確立するようなものであれば、精神によって平穩に受け入れられる」(WB, p. 88)以上、我々の精神に適合したものととして承認されることになる。

信念とはまさしくかかるものであって、「確信とは、前もって我々に保証はされていないが、根拠において幸運な結果を予想して行動する用意の整っていること」(WB, p. 76)であり、「現実の出来事で我々が勇氣と呼ぶものと実際同じ道徳的性質」(同)を持つとされる。

ここにいたって我々は、ジェームズによって人生において信念を有することが最重要課題として挙げられていることの意味を見出すことができる。それは信念が、科学的証拠や事実を超えて、人生に積極的意義を与えるという役割を果たすことに基づいている。人生の岐路において、適切とは言いがたい証拠、あるいは同等の確実性を持つ相異なる方向の証拠によって決断を下さなければならぬ場合、ある進路を取るに際しての決断する当人の信念の強さに、その後の経過の重大な部分が依存していることなのである。

ある人間の主観的性質  $x$  を除いた世界の状況  $M$  が既に存在する場合、その全体  $M+x$  を決定するものは、まさしく  $x$  なのであり、いわば  $x$  である私の行動は、それに先立つ事実の全体を性格づける鍵としての役割を担っている。そして私が行動することによって、私はひとつの世界を現実のものとするのである。

このように確信は人間の行動において「その結果を真なるものとする唯一の事柄」(WB, p. 53)である場合がしばしばあるのであり、ジェームズにとつては、かかる場合には当然のこととして我々に「信する権利」が認められるのである。

しかし同時にジェームズは、これよりもっと強い意味における「信する意志」の役割を人生において認めようとする。それはジェームズの言葉に従えば、「とにかくある程度の確信なしでは、我々は生きることができない。確信とは作業仮説と同義なのである」(WB, p. 75)という視点である。

つまりこの視点からすれば、単なるあれこれの進路の選択の際に作用する確信のみならず、確信それ自体がひとつの力として影響を及ぼし、人生にとつて決定的な要素となり得るとされるのである。すなわち人生の生き甲斐はまさしく我々の確信から生まれ出てくるものであり、「もし我々が、我々の勇氣と忍耐がどこか目に見えない世界において終つており、結局そこまで続いており、実を結んでいるということさえ確信することができれば、最も不利な人生さえ生きる価値があるように思える」(WB, p. 55)という主張がなされることになる。

かくして我々は、ジェームズに倣つて、人生には生きる価値があるという「信する意志」を持つて進むことにより、我々の人生を生き甲斐あるものとして形成することができることになる。「人生を恐れるな。人生は生きる価値がある」と信じよ、そうすればこの君の信念は、その事実を作り出すことを助けるであろう」(WB, p. 56)という訳である。

かかる宗教的確信に満ちた人生への呼びかけがジェームズの「信する意志」の結論として提出される。そして我々はこの結論を前にしてためらうべきではない。何故なら、ジェームズによれば、信念とか疑惑は生活態度であつて、行動を伴なうからである。従つてジェームズのこの主張を拒否する者は、「宗教的仮説が存在している時に、それが誤りではないかという我々の恐れに屈することの方が、それが真かもしれないという我々の希望に同意することよりも、より賢明で善いと我々に説くことに等しい」(WB, p. 30)と見なされる。それよりも「神が存在していることを頑固に信じていることによつて(中略)我々が宇宙に対して我々の為し得る最も深い奉仕を行なっているというこの感じは——どういふ訳かわからないが我々を押しやるのだが——宗教的仮説の生き生きした本質的部分であるように思われる」(WB, p. 31)のである。

かくしてジェームズの意志論は、今述べた意志の確信、信念をもつて終結することになる。

## 七

以上我々はジェームズの意志論を検討してきた訳であるが、このことの検討を通じて我々は、ジェームズの目指したところが、人生の生き甲斐のために、人生には生き甲斐があるとの確信を持つことが重要であるという主張に他ならないことを明らかにした。一見したところ同語反覆のように見えるこの結論は、しかしながらジェームズにとつては、確信、信念、「信する意志」を持つことが先決であるということの宣言に他ならない。そしてジェームズの述べるところに従えば、この「信する意志」は、科学や事実の世界を超えたより広大な、ある精神的境界に我々が属しているということにつながるものであり、我々はまずこの事を信じ、次に我々が行動する事でこれを確信し、真理と見なすにいたるという訳である。

明らかに主観的確信を前面に押し出すジェームズの意志論は、彼の思想における位置から言えば、「意識の流れ」をより現実近くに引き寄せて検討していることを示すものであり、「意識の流れ」が最終的にはどこへ行くかを示す上で象徴的であるが、我々はこの意志論について、その根底に我々自身の独自の傾向が存在していることにジェームズが力点を置いていたのを見出す訳にはいかない。このことは既に予知覚ということで触れられていたが、ジェームズは「我々の非—知性的本性が確信に影響する」(WB, p. 19)として、「先立つ感情の働きが既にそれ自身の方向性にあつた」(WB, p. 20)ことを主張する。それ故我々の「信する意志」が結局は個人的な主観に依存することが明らかさまに語られる。「意識の流れ」を主観が切断する場合と同様に、「信する意志」も主観の傾向によつて決定されることになるのである。

しかもこの傾向の起つてくる根源については一切明らかとならず、ただ信念の前に個人的傾向が存在することが述べられるのみであつて、この点でも「意識の流れ」の切断と同様の特徴を有していると言ふことができよう。従つて「信する意志」は自らを信することに於いて行動せざるを得ないという構造を持つていたのであつて、その方向性について何らの保障も存在しないが故に、盲目的な意志へと転落する危険を有している。後日ジェームズが心靈学へと傾斜していったことの重要な原因のひとつがここにあると言つても過言ではないように思われる。

そして我々は、「信する意志」が生み出された背景に、当時の科学の発達とこれに基づいた世界観の流行に反発するジェームズの姿勢があつたと言ふことができ

よう。当時の「科学的世界観」、「唯物論」に触れる余裕は今はないが、ジェームズは、これらの主張する世界の決定論的解釈に反対し、死んだ固定した世界ではなくて、自由な生き生きとした行動が可能な世界を熱望した訳である。しかしその結果が非合理的の神秘的な意志論でしかなかったことは、ジェームズの「科学的世界観」、「唯物論」についての理解が、彼の固有の傾向性によって為されていたのではないかということに疑わしめるに充分である。これについては別の機会に検討する予定である。

しかしともかくジェームズの意志論には、次の瞬間がどのように変化するかについて予想もできない状況を確信を持って歩んでいくところの、近代資本主義社会において絶えず決断を迫られている個人の気持を代表しているものが存在し、そのことが宗教者の信念と相通じるものを感じしめると言えよう。しかしこのような状況を反映するジェームズの思想を見ることによって、我々は、この社会が非合理的な構造を有していること、およびそれが結局は神祕主義的な思想を持たざるを得なくなることを確認することができるのである。

## 註

- ① William James: *The Will to Believe and Other Essays in Popular Philosophy*, Harvard U. P., 1979.  
以下本書からの引用は WB. と略記する。
- ② 拙稿「意識の流れと概念——ウィリアム・ジェームズの認識論に関する考察」(奈良高専研究紀要第一九号、一九八三年)を参照。
- ③ W. J.: *The Principles of Psychology*, H. U. P., 1981, p. 380.  
以下本書からの引用は PP. と略記する。
- ④ ジェームズのかかる見地からは、自然科学すらも我々の内的傾向性の所産とされてしまうことは周知の事柄である。(cf. WB. p. 51, p. 103)

# The Anisotropy of Ductility in Carbon Steel

Kozo OSAKADA\*, Hisayuki KIDO\* and Hideo SEKIGUCHI

**Bulletin of the Japan Society of Mechanical Engineers,  
Vol. 26, No. 222 (December 1983), 2067-2073.**

It is well known that non-metallic inclusions provide nucleation sites for voids in the ductile fracture of metals, and that the presence of elongated inclusions is a cause of gross mechanical anisotropy. In recent years, requirements for high tensile strength steels have brought about a renewed interest in the anisotropic properties of steel plates and bars. The most acute practical problem is the inferior ductility or toughness in the transverse direction; the workability of products are often determined by the ductility in the transverse direction.

The authors have reported a ductile fracture criterion for carbon steel by assuming an isotropic property for estimating the working limit in cold metal forming processes. The results suggest that the anisotropy of metals accounts for the limit of application of the criterion, because the predicted

fracture strains sometimes deviate from the experimental results depending on the direction of principal stress and the position of fracture.

In this paper, the anisotropy of ductility of 0.46% carbon steel is examined by using small tensile specimens. The axial ductilities increase with increasing cooling rates in heat-treatments, but the transverse ductilities are not improved by heat-treatment. Thus, a remarkable anisotropy of ductility is produced when the material is subjected to a high cooling rate. The anisotropy of ductility is caused by the sulphide inclusions which are elongated in the axial direction of steel bars, and the anisotropy can be eliminated by reducing the sulphur content or spheroidizing the inclusions. Based on the observations of fracture surfaces by the SEM, a model of crack-propagation is proposed and the mechanism of the anisotropy of ductility is explained well.

---

\* Kode University

# Criterion of Ductile Fracture of Carbon Steel for Predicting Cold Forging Limit

Hideo SEKIGUCHI and Kozo OSAKADA\*

**Advanced Technology of Plasticity 1984, Vol. 2. 851-856**

In plastic working such as cold forging, workability is often defined as maximum deformation that can be imposed without the occurrence of cracking. It is clear from many investigations on ductile fracture that the strain at fracture cannot be assigned as a general parameter for a material but must be specific to a given metallurgical structure and to the detail of the process, especially the state of stress during deformation.

For the purpose of predicting the working limit in cold metal forming process, a simple formula of ductile fracture criterion must be derived, and the stress and strain histories during deformation and the metallurgical factors should be taken into consideration in the criterion.

Torsion tests under pressures of up to 5 kbars are carried out to obtain the fracture criterion of 0.033 % to 0.54 % carbon steels of various microstructures, and the results obtained are as follows:

(1) The fracture strain increases linearly with increasing the hydrostatic pressure.

(2) The fracture strain varies with the volume fraction and shape of cementites. The variation of fracture strain is caused by the difference in the initiation strain of fracture-nuclei growth.

(3) A fracture criterion which includes the metallurgical factors is derived, and the calculated values agree well with the experimental values for various combinations of microstructures and pressure histories.

(4) The fracture criterion can be applied to different modes of deformation, but some errors are caused with the material and the deformation mode.

(5) The anisotropy of ductility is found to have much influence on the prediction of the working limit in actual metal forming. An accommodation of the criterion is suggested for anisotropic materials.

---

\* Kobe University



# Warm Temper Forging

—A New Thermomechanical Treatment—

Koji KOBATAKE, Hideo SEKIGUCHI and Kozo OSAKADA\*

Advanced Technology of Plasticity 1984, Vol. 2, 872-877

To improve the warm forgeability of carbon steels, a new thermomechanical treatment is developed. In the process named "warm temper forging", a quenched steel billet is heated to a tempering temperature, and then is deformed during the tempering process. From tension test and upsettability test on 0.46% plain carbon steel it is found that much higher ductility is produced by the method in which the material is heated in the range from 400°C to 600°C for 3 min and is subsequently deformed at the temperature.

The method is applied to heading in rotary forging. The working limit in warm temper forging is larger than that of the conventional warm forging. The warm temper forged product has sufficiently high strength, and its residual ductility is much larger than that of the usual tempered steel at the same strength level.

From the results of electron microscopic observations, it is concluded that the extended working limit and the superiority in the properties of the warm temper forged product are related to the recrystallization during the process.

\* Kobe University

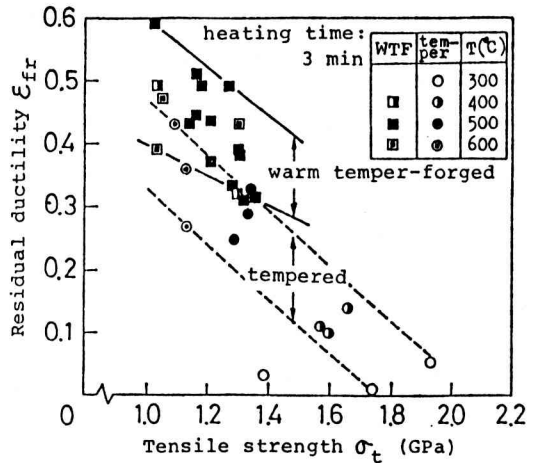


Fig. 1 Comparisons of residual ductility with tensile strength for warm temper forged steel and tempered steel.

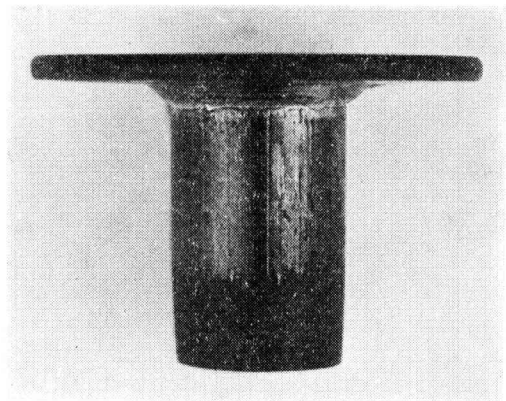


Fig. 2 Example of warm temper forged product in rotary forging (working temperature T: 500°C, reduction in height: 87.8%).

# 同心および偏心二重円管内における 非ニュートン流体の脈動流の測定

## Measurement of Pulsating Flow of Non-Newtonian Fluids through Concentric and Eccentric Cylinders

森 教安・若林敏夫・堀川 明\*・中村喜代次\*

繊維機械学会論文集 Vol. 36, No. 7 (1983) 99~104.

非ニュートン流体の二重円管内流れは、押出機のダイの中の流れ、粘度計や法線応力差測定装置内の流れおよび軸受内の流れなどにみられ、工学的に重要な基本的流れの一つである。しかし、現在までの研究はほとんどが定常流に関するもので、非定常流についての研究は見られない。一方、非定常流については主として円管で行われており、そのなかでも脈動流については血液流やポンプ流との関連で最近特に活発に研究が行われている。ところが、圧力の測定に困難をともなうため実験的研究が少なく、流量増加率の周波数依存性についても確定していない。

そこで、本研究では従来円管で行われていた非ニュートン流体の脈動流の実験を二重円管に適用した。はじめに、流量増加率の周波数依存性を明らかにするため同心

二重円管で実験を行った。つぎに、非対称な流路断面における流量増加率を調べるため二重円管を偏心させ、偏心率の影響を明らかにした。なお、実験装置の製作にあたり、脈動の周波数と振幅を容易に変化できるように電気油圧サーボシステムを導入した。さらに、圧力の測定誤差を少なくするために、測圧孔と圧力変換器の接続は黄銅製の金具を用い剛体的に行った。また、実験には Polyacrylamide の水溶液を用いた。

実験により以下のことが明らかとなった。

- (1) 同心二重円管において、流量増加率は脈動の周波数が大きくなるほど小さくなる。また、流量増加率と振幅比の二乗とは比例関係にある。
- (2) 偏心二重円管において、流量増加率は偏心率が大きいほど、最大値を示す圧力勾配の値は小さくなるが、最大値はほとんど変化しない。また、流量増加率を脈動流の平均流量で整理すると一つの曲線となる。

\* 大阪大学工学部

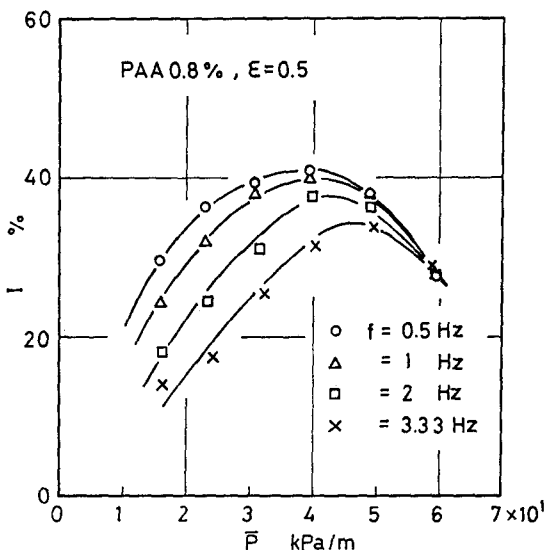


図1 流量増加率の周波数依存性

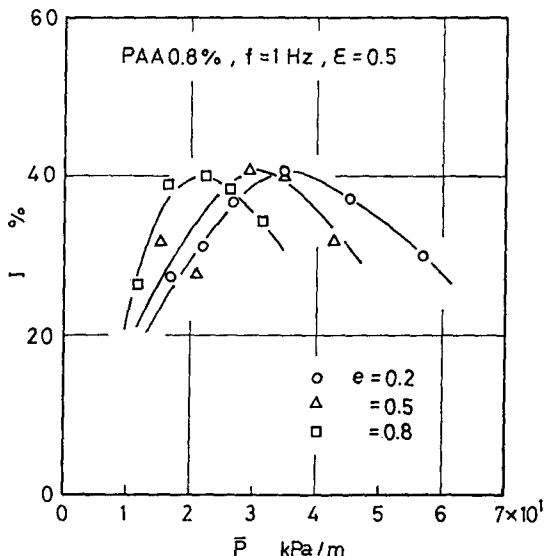


図2 流量増加率 (偏心の場合)

# 同心および偏心二重円管内における 非ニュートン流体の脈動流の測定

(内管が軸方向に振動する場合の圧力流れ)

## Measurement of Oscillating Flow of Non-Newtonian Fluids through Concentric and Eccentric Cylinders

(Pressure Flow where the Inner Cylinder Oscillates Longitudinally)

森 教安・堀川 明\*・中村喜代次\*

繊維機械学会論文集 Vol. 36, No. 12 (1983) 179~184.

非ニュートン流体における非定常流の基本的な流れとしては、脈動流以外に流路の境界が振動する振動流が考えられる。脈動流については定常流よりも流量が増加し、流量増加率が周波数により依存することが知られている。著者らも二重円管の場合について脈動流の実験を行い、周波数が大きいほど流量増加率が小さくなるという結果を得た\*\*。振動流については、円管が軸方向に振動する場合に非常に大きな流量増加が得られることが報告されており、理論解析により慣性力が重要な役割をしていることが指摘された。

そこで、本報では前報\*\*と同様に二重円管流路を用い、非ニュートン流体の振動流を実験的に解明するために、二重円管の内管を軸方向に正弦波振動させた場合の圧力流れについて流量増加率を求めた。変位振幅を  $A$ 、振動周波数を  $f$  とすると、内管の軸方向速度  $v$  は、

$$v = i2\pi f A e^{i2\pi f t}$$

で与えられる。従来の実験では、 $f$  と  $A$  を任意に変化させることが困難であったが、ここでは、電気油圧サーボシステムによりこれが可能である。実験には、前報\*\*と同様に Polyacrylamide の水溶液を使用した。

実験により以下のことが明らかとなった。

- (1) 同心二重円管において、流量増加率は振動の周波数が大きいほど小さくなる。また、振動の周波数が一定のとき、流量増加率と変位振幅  $A$  の二乗との関係は、 $A^2$  が小さい範囲では比例関係にあるが、 $A^2$  が大きくなると曲線の傾きがゆるやかになる。
- (2) 偏心二重円管において、圧力勾配が同じであれば、流量増加率は偏心率が大きいほど小さい。また、流量増

加率を振動流流量で整理すると、ずり速度の小さいところでは偏心率による流量増加率の違いが顕著であるが、ずり速度が大きくなると、偏心率によらず両対数上でほぼ一つの直線にまとめられる。

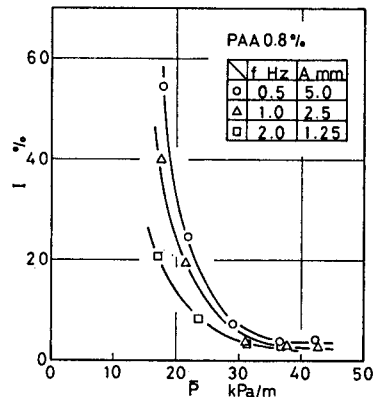


図1 流量増加率の周波数依存性

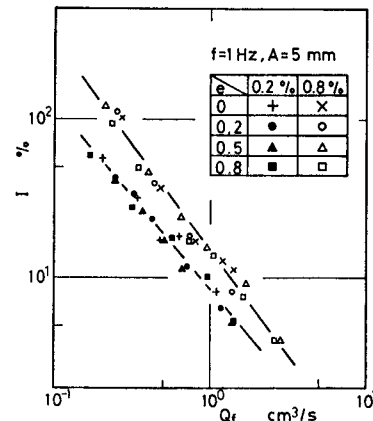


図2 流量増加率と流量の関係

\* 大阪大学工学部

\*\* 森他3名, 繊維論, Vol. 36, No. 7(1983) 99

# Electrical Transport and Breakdown of Poly-p-Phenylenesulfide

Jun KYOKANE, Katsumi YOSHINO\*, Mun Soo YUN\*,  
Masanori OZAKI\*, San Hyon KIM\*, and Yoshio INUIHSI\*\*

**Japanese Journal of Applied Physics Vol. 22, No. 10, 1983 pp. 1510-1514.**

Various polymers have been widely used as insulating materials for high voltage electric machines and other types of equipment. The electrical properties such as breakdown and degradation of these polymers are the most important problems to be solved for obtaining high reliability and security for these machines. In spite of many theoretical and experimental studies on the breakdown of polymers, the details are still not clear at this stage. The breakdown characteristics of polymers depend on both their molecular structures and morphology, which makes the breakdown very complicated. Thus, the fundamental process is still not well understood.

Poly-p-Phenylenesulfide (PPS) with a high melting point is considered to be a candidate for insulating materials high temperatures use, although detailed study of the electrical properties of this materials has not yet been reported. It is also interesting that the conductivity increases remarkably by doping with AsF<sub>5</sub>. The highest value of the conductivity thus for reported is around 1 S/cm.

In this paper, we report on the electrical conductivity and the breakdown of non-doped PPS films.

Electrical resistivity of PPS films at room temperature is about  $10^{18}$  Ω•cm and super-linear current-voltage characteristics are observed, which can be explained in terms of either Poole-Frenkel or Schottky effect. Temperature dependence of the conductivity changes remarkably at the glass transition temperature around 90°C. (The activation energies of the conductivity are about 0.3 eV and 2.1 eV below and above this temperature, respectively.) Dielectric breakdown strength of PPS is relatively insensitive to the temperature compared to the case for PE. Though breakdown strength of PPS is lower than that of PE below room temperature, it becomes higher at temperature above 100°C.

---

\* Faculty of Engineering, Osaka University.

\*\* Faculty of Science and Technology, Kinki University

# An Optically Controllable Negative Resistance Circuit Constructed with Optocouplers

Haruo TAKAHASHI

**IEEE Journal of Solid-State Circuits, (U. S. A.) Vol. SC-19, No. 2, pp. 223-227, April 1984.**

An optocoupler with a Darlington configuration at the output side can be a one-port active device with a current-controlled negative resistance by simply connecting the input and output sides in cascade.

This paper proposes an optically controllable negative resistance circuit constructed with optocouplers. The breakover voltage and the holding current of the negative resistance characteristics can be controlled widely with two external light inputs. Hence, the circuit may be applied to optronic functional switching operations.

It is demonstrated that an optically controlled relaxation oscillator can be easily constructed using the circuit, and that applications of the relaxation oscillator to a light modulator and an optical Schmitt trigger can be realized by simple circuit configurations.

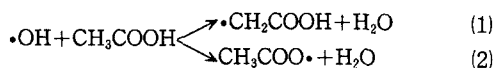
## フェントン試薬による酢酸の分解

## Decomposition of Acetic Acid by Fenton Reagent

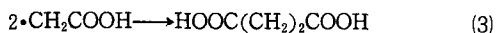
平野克比古\*・山田隆行\*・浅見雄作\*・高木亮一郎\*・泉 生一郎

電気化学および工業物理化学 Vol. 52, No. 4, pp. 253~254 (1984)

本研究では気体生成物に着目しているが、その生成機構を考察するうえで、メタンの生成過程と併発して起こる反応(1),

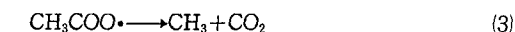


に起因したコハク酸生成過程について多少の検討が必要であろう。



Coffman らはすでにフェントン試薬により酢酸からコハク酸を合成しているが、気体生成物についての報告はない。そこで本研究で得られたコハク酸の生成量を気体生成物の生成量とともに Table 1 に示した。また、Table 1 には、Photo-Kolbe 反応の結果も併記した。フェントン試薬による酢酸の分解は、OH ラジカルが酢酸分子から水素を引き抜く反応で始まり、メタン生成過程と併発してコハク生成が起こるものと推定される。このような均一系の分解反応において、OH ラジカルによる酢酸の $\alpha$ 位水素を引き抜く(1)式の過程が起こることは、過酸化水素の存在下における酢酸の光分解の場合でも報告されている。

これに対し、半導体光触媒を用いた反応では Table 1 から明らかなように、コハク生成はフェントン試薬の場合と比べ、相対的に低収率である。この場合、OH ラジカルによる酢酸からの水素引き抜きは(2)式の過程が優先し、後続の反応(3)



によって生じた  $\text{CH}_3$  ラジカルを経てメタンが生成すると考えられる。

以上のことから、OH ラジカルによる酢酸の分解は、Photo-Kolbe 反応のような不均一系においてはカルボキシル基の極性に基づく触媒表面への吸着が優先的にメタン生成をもたらす、他方、本研究のような不均一反応においては、メタン生成に加えて、 $\alpha$ 位水素の引き抜きによるコハク酸生成が併発するものと推定された。

Table 1 Yields of the products in the decomposition of acetic acid by Fenton reagent and by  $\text{TiO}_2$  photocatalyst

	Products/ $10^{-6}$ mol $\text{min}^{-1}$		
	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{COOH})_2$
Fenton Reagent <sup>a)</sup>	3.50	3.07	1.42
Photocatalyst <sup>b)</sup>	1.08	0.56	0.072

a) Hydrogen peroxide solution was added with the rate of  $0.012 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$  with vigorously stirring into the  $0.03 \text{ mol dm}^{-3}$  ferrous sulfate solution containing  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$  acetic acid and  $0.3 \text{ mol dm}^{-3}$  sulfuric acid. b) Sample solution ( $100 \text{ cm}^3$ ) containing  $2.5 \text{ mol dm}^{-3}$  acetic acid and  $0.5 \text{ g Pt/TiO}_2$  powder suspended was illuminated by  $100 \text{ W}$  mercury lamp for 3 hours.

\* 芝浦工業大学工業化学科

## エタノールの電極反応と 洋酒中エタノール分析への応用

### Electrochemical Reaction of Ethanol and Its Application to Quantitative Analysis of Ethanol Contents in Liquor

泉 生一郎・大西康幸

化学教育 Vol. 32, No. 4, pp. 343~345 (1984)

本論文では、電流-電位曲線の測定からエタノールのアノード酸化について反応機構の概略を理解させ、その応用として洋酒中エタノール分の定量を行わせる学生実験用マニュアルを作り、実際に学生実験に適用した結果(表1)を報告した。電極電位によって反応の種類が規制され、反応速度が電流として観測できること(図1)に学生は興味を示し、実験報告書をもとに実施した学生とのダイアログも充実したものであった。洋酒という身近な物を試料にしたことも学生の関心を高めるうえに効果的であった。

本法は分析化学実験としても利用できる内容のもので酒類中のエタノール定量に一般に用いられる比重法と比較すれば、はるかに教育的効果が大きいと言える。さらに、関数発生器と X-Y レコーダーを併用して迅速法による電流-電位曲線の測定を行うようにすれば、エタノール分析の精度が増し、機器分析実験のテーマに採用することも可能である。

本法で特に注意を払わねばならないのは、電極の前処理と試料溶液の調製である。それは金属イオンその他の不純物が、電極表面あるいは溶液内に存在すると、アルコール酸化の速度、したがってアノード電流に影響を与えるからである。

最後に、燃料電池や電解有機合成など、有機化合物の電極反応がエネルギー開発やファインケミカルズの合成手段として注目されている現在、この種のテーマを学生実験に採用する意義は大きいと考えられる。

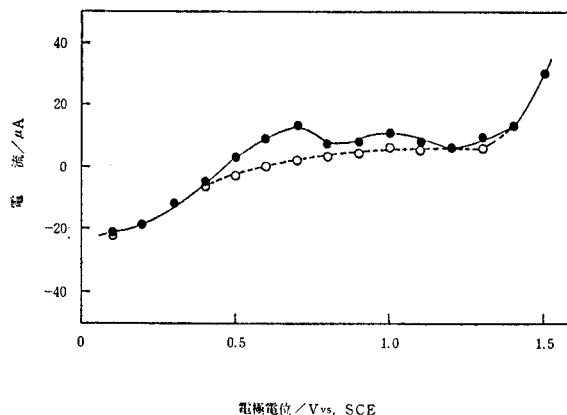


図1 白金電極での電流-電位曲線

● : 洋酒からのエタノールを含む試料溶液, ○ : 1M硫酸

表1 洋酒に含まれるエタノール濃度(C<sub>2</sub>)の実験結果

	1	2	3	4	5	6
W <sub>1</sub> (g)	47.0491	49.6241	45.9106	45.3540	45.9106	45.9106
W <sub>2</sub> (g)	43.9372	46.2153	44.6250	40.9640	44.6250	44.6250
ピーク電流(μA)	10.7	11.4	12.0	12.0	12.9	11.3
C <sub>2</sub> (%)	32.0	34.4	37.3	36.4	36.0	35.9

# Regeneration of Activated Carbon

## Part I: Thermal Decomposition of Adsorbed Sodium Dodecylbenzene Sulfonate

Tadashi UMEHARA, Peter HARRIOTT\* and J. M. SMITH\*\*

*AIChE Journal*, Vol. 29, No. 5, pp. 732~737, September 1983.

Equilibrium isotherms for sodium dodecylbenzene sulfonate (DBS) on BPL activated carbon (bituminous coal base) indicate capacities of 0.28 to 0.60 kg adsorbed per kg of activated carbon over a range of solution concentrations (aqueous) from 20 to 9,000 ppm. These capacities are more than twice those for sucrose on the same carbon.

No thermal decomposition was observed below about 490 K for DBS, while for sucrose more than 30 % of the adsorbed material was removed heating to 428 K. Then all except for a few percent of the original weight of adsorbed sucrose could be removed by further heating to 773 K. In contrast, thermal decomposition of DBS in the range of 490 to 748 K reduced the adsorbed material by only about 50 %. Rate data for sucrose could be explained by single decomposition reactions giving volatile and adsorbed products. For DBS in the 490 to 748 K range, two rate-determining reactions were required. Either consecutive or parallel reactions could explain the data and both lead to the same final equations for the weight change. Hence, it was not possible to discriminate between the two reaction schemes. The activation energies for the two reactions were  $1.09 \times 10^5$  and  $2.0 \times 10^5$  J/mol.

The remaining 50 % of the original adsorbed material decomposed slowly at temperatures above 748 K, and most of it remained on the carbon at 1,023 K in TGA experiments with rates of temperature rise of 0.1 and 0.3 K/s. Since probably not more than 20 % of the original adsorbate could remain as inorganic material, these results suggest that considerable carbonaceous residue remains on the carbon at 1,023 K. Gasification by oxidation is necessary if the residual material is to be removed at temperature below 1,023 K. Kinetics of steam regeneration and recovery of adsorption capacity are presented in Part II.

More refractory, aromatic-type contaminants also are found in many wastewaters. The objective of the research reported here is to obtain rate data for sodium dodecylbenzene sulfonate as a model contaminant of the more refractory type. After thermal decomposition to 1073 K, Suzuki et al. (1978) found that about 50 % of the original DBS remained on the activated carbon. A part of this residue is probably inorganic material such as sodium sulfate. A study of DBS is interesting because a significant amount of inorganic salt could catalyze the final gasification step of the regeneration process.

---

\* : Cornell University

\*\* : University of California at Davis



# Regeneration of Activated Carbon

## Part II : Gasification Kinetics with Steam

Tadashi UMEHARA, Peter HARRIOTT\* and J. M. SMITH\*\*

**AICHe Journal, Vol. 29, No. 5, pp. 737-741, September 1983.**

The results of Part I showed that about half of the original adsorbate remained on the activated carbon after thermal regeneration to 748 K. Furthermore, little of this residue from sodium dodecylbenzene sulfonate was removed by heating to 1,023 K. Accordingly, oxidation is necessary in order to gasify the carbonaceous residue and restore the adsorption capacity of the carbon. Because of the nonvolatile inorganic content of DBS, there may be a buildup of material on the carbon even after gasification. This buildup will depend on the amount of inorganics dissolved when the regenerated carbon is exposed to waste solution. The purpose of Part II is to study the kinetics of the steam-residue oxidation reactions, including the effect of the inorganic residue (presumably sodium sulfate). Also some data were obtained for the adsorption capacity, for DBS, of the regenerated material.

The steam gasification rates could be correlated by a Langmuir-Hinshelwood type equation similar to that used for sucrose residues (Chihara et al., 1981) and originally developed for explaining the kinetics of the steam-carbon reaction (Walker et al., 1959). The reaction rates were much higher than observed for sucrose residue, but showed the same change from first-order to near-zero order as the concentration of steam was increased. However, the activation energy  $E_1$  for the DBS residus,  $1.64 \times 10^5 \text{ J/mol}$ , was less than that ( $E_1 = 2.27 \times 10^5 \text{ J/mol}$ ) for the sucrose samples. For both types of adsorbates, hydrogen reduced the rate of oxidation with steam.

The higher rates of oxidatfon of the DBS residues is believed to be due to the catalytic activity of the nonvolatile inorganic residue. Evidence for this was obtained by measuring rates for virgin carbon on which various amounts of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  had been adsorbed prior to regeneration, and by measuring rates for DBS samples containing different amounts of inorganic residue. The rate was found to increase with the amount of inorganic material in both kinds of experiments. Also, the rate of gasification was approximately the same when the samples contained the same fraction inorganic material, either as added  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (to virgin carbon) or as inorganic residue in the DBS samples. Futher, washing thermally regenerated samples with water (which should dissolve some of the inorganic material), and then gasifying with steam, significantly reduced the reaction rate.

Readsorption measurements for DBS on the regenerated samples showed that regeneration by thermal means only (to 1,023 K), resulted in a loss of 35 % of the adsorption capacity per unit mass of virgin carbon. However, regeneration with steam, unit the mass of sample was equivalent to that of the virgin carbon plus inorganic residue, completely restored the adsorption capacity of the virgin carbon.

---

\* : Cornell University

\*\* : University of California at Davis

# Regeneration of Carbon Containing Sodium Dodecylbenzene Sulfonate

—Cyclic Regeneration with Steam in Fluidized Beds—

Tadashi UMEHARA and J. M. SMITH\*

*AIChE Journal*, Vol. 30, No. 2, pp. 177-181, March 1984.

The use of activated carbon as an adsorbent has been growing as a result of the increased emphasis on water purity. Economic conditions require regeneration of the spent carbon. The most common regeneration process is a thermal one consisting of three steps: 1) drying of the spent wet carbon; 2) heating to about 1,100 K where thermal decomposition partially restores adsorption capacity; and 3) gasification of residual adsorbed material with an oxidizing gas to restore further capacity. Without the gasification step, continued cycle use results in build-up of residual material and serious loss in adsorption capacity.

There is little information on conditions for maximum restoration of adsorption capacity when the carbon is used repeatedly in adsorption-regeneration cycles. An important factor is the extent of gasification necessary per cycle to achieve maximum adsorption capacity.

Adsorption-regeneration measurements were made in fluidized-bed reactors without removing the carbon particles from the reactors. By using different reactors, each subjected to a specific gasification time, it was possible to determine the effect of extent of gasification on restoration of adsorption capacity for DBS. As might be expected, long gasification times resulted in burning considerable virgin carbon with accompanying loss in adsorption capacity. Very short, or zero, gasification times led to the build-up of inorganic and residual-carbon residues. This is also caused a reduction in adsorption capacity. Such reduction was particularly severe, apparently because the inorganic residue blocked active carbon adsorption sites or plugged some of the very small pores in the carbon particles. The reduction caused by inorganic residue was verified by measuring adsorption capacity for DBS on samples of activated carbon that contained previously adsorbed  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , the likely inorganic residue from DBS.

The cyclic regeneration studies were carried out in fluidized beds operated at 1,119 K and 1 atm. For the oxidation (gasification) step, a gas containing 21.5 % steam and 78.5 % helium was used. At these conditions, maximum restoration of adsorption capacity was achieved when the reduction in weight of adsorbed DBS by thermal decomposition and gasification was about 85 % of the weight originally adsorbed. This optimum restoration of adsorption capacity is 97.2 % per cycle. The corresponding gasification time is about 200 s.

The kinetics data (obtained in TGA apparatus) for gasification of adsorbed DBS (Umehara et al., 1983) could be used to predict this observed gasification time with reasonable accuracy. In comparison with the sucrose system, the rate of gasification of adsorbed DBS is more rapid. This is due to the catalytic activity of the inorganic residue, although thermal decomposition of DBS is slower than decomposition of adsorbed sucrose.

---

\* : University of California at Davis

## Dative Ordering in the Prose of Chaucer and the Stonor Collection

Kiyokazu MIZOBATA

*Studia Anglistica* (A Journal of Graduates of English Language and  
Literature at Osaka University of Education), No. 3, pp. 22-26, June 1984.

In this paper we focused our attention on the structural and formal differences of dative in the ME prose, and by providing statistic facts from Chaucer and the Stonor collection examined the evolution of dative ordering.

The following table shows the combination and frequency of the dative object (obj-1, in this paper), the accusative object (obj-2) and the periphrastic dative (prep-obj) which are placed after subject and verb. Based on this table, we could prove the evolving movement of dative ordering in the ME period.

Group	Type A (with the periphrastic dative)			Type B (with the non-periphrastic dative)		
	Pattern	Chaucer	Stonor	Pattern	Chaucer	Stonor
I	a) obj-2+prep-obj (N) (N)	28	27	e) obj-2+obj-1 (N) (N)	0	0
	a') prep-obj+obj-2 (N) (N)	17	29	e') obj-1+obj-2 (N) (N)	3	20
II	b) obj-2+prep-obj (N) (Pron)	10	14	f) obj-2+obj-1 (N) (Pron)	0	0
	b') prep-obj + obj-2 (Pron) (N)	12	17	f') obj-1+obj-2 (Pron) (N)	83	173
III	c) obj-2+prep-obj (Pron) (N)	10	4	g) obj-2+obj-1 (Pron) (N)	0	0
	c') prep-obj + obj-2 (N) (Pron)	1	0	g') obj-1+obj-2 (N) (Pron)	0	1
IV	d) obj-2+prep-obj (Pron) (Pron)	1	6	h) obj-2 + obj-1 (pron) (Pron)	4	5
	d') prep-obj + obj-2 (Pron) (Pron)	1	0	h') obj-1 + obj-2 (Pron) (Pron)	2	4
Total (Percentage)		80 (47%)	97 (32%)	Total (Percentage)	92 (53%)	203 (68%)



## 教官研究活動一覽表

(機械工学科)

### 超音速ノズルにおける CO 分子の赤外発 光測定

岸下晴亮, 井上雅博 (京大・工), 手島光司 (京大・工)

日本機械学会関西支部第59期定時総会講演会  
(昭和59年3月22日講演)

### 高温白金細線の水焼入れ

大中逸雄 (阪大・工), 佐藤三義, 谷村暉 (ユニチカ  
中研)

第21回日本伝熱シンポジウム  
(昭和59年6月1日講演)

### 管材のダイレスフォーミングと加工熱処理

小島耕二

日本塑性加工学会金属加工プロセス分科会第1研究班  
ならびに日本材料学会塑性加工委員会合同研究会  
(昭和59年3月23日講演)

### The Anisotropy of Ductility in Carbon Steel

K. Osakada(Kobe Univ.), K. Kido(Kobe Univ.),  
H. Sekiguchi.

Bulletin of JSME, 26-222 (Dec., 1983), 2067~  
2073.

### 国際会議報告

関口秀夫

日本材料学会塑性加工委員会第2期第4回会合  
(昭和59年3月23日講演)

### 金属加工プロセス分科会の活動経過

関口秀夫

昭和59年度塑性加工春季講演会技術懇談会  
(昭和59年5月16日講演)

### パイプのダイレス曲げ加工

市瀬辰己, 小島耕二, 関口秀夫, 小坂田宏造 (神大・工)

昭和59年度塑性加工春季講演会  
(昭和59年5月17日講演)

### 焼もどし温間鍛造過程と再結晶

小島耕二, 松村直己 (立命館大・院), 時実正治 (立  
命館大・理工), 関口秀夫

昭和59年度塑性加工春季講演会  
(昭和59年5月18日講演)

### 焼もどし温間鍛造法について

関口秀夫

第71回工具鋼技術研究会  
(昭和59年5月28日講演)

### 最近の2, 3の研究から

関口秀夫

日本塑性加工学会プロセストライボロジー分科会  
(昭和59年6月14日講演)

### 鉄鋼材料のダイレス加工と加工熱処理

関口秀夫

鉄と鋼, 70-8 (昭和59年5月), 782~791

### 新しい金属加工プロセスの開発

関口秀夫

塑性と加工, 25-282 (昭和59年7月), 586~591

### Criterion of Ductile Fracture of Carbon Steel for Predicting Cold Forging Limit

H. Sekiguchi, K. Osakada (Kobe Univ.)

The 1st Intr. Confr. on Technology of Plasticity  
(Sept. 3, 1984.)

### Warm Temper Forging —A New Thermomechanical Treatment—

K. Kobatake, H. Sekiguchi & K. Osakada (Kobe  
Univ.)

The 1st Intr. Confr. on Technology of Plasticity  
(Sept. 3, 1984.)

### 球形燃焼室における火炎冷却と未燃焼炭

## 化水素

富田栄二 (岡大・工), 浜本嘉輔 (岡大・工), 中田敏夫

日本機械学会山口地方講演会

(昭和58年11月7日講演)

## 火炎点火機関における未燃焼炭火水素

浜本嘉輔 (岡大・工), 脇坂知行 (京大・工), 富田栄二 (岡大・工), 中田敏夫

日本機械学会論文集 (B編) 50-455(昭59-7), 1792~1798

## On the Stress Concentration in a Strip with a Row of Circular Holes Subjected to Tension

M. Hamada (Osaka Univ.), I. Mizushima, & Y. Shibutani (Toshiba Co. Ltd.)

Bulletin of JSME, 27-225 (March, 1984), 385~390

## 同心および偏心二重円管内における非ニュートン流体の脈動流の測定

森教安, 若林敏夫, 堀川明 (阪大・工), 中村喜代次 (阪大・工)

繊維機械学会論文集, 36-7 (昭59), 99~104

## 同心および偏心二重円管内における非ニュートン流体の振動流の測定

森教安, 堀川明 (阪大・工), 中村喜代次 (阪大・工)

繊維機械学会論文集, 36-12 (昭59), 179~184

## (電気工学科)

### PPS の電氣的・光学的性質

尾崎雅則, 尹文洙, 吉野勝美, 犬石嘉雄 (以上阪大・工), 京兼純

日本物理学会1983年秋の分科会

(昭和58年10月12日講演)

### 電子線照射ポリエチレンの残留電圧特性

#### (1)

京兼純, 吉野勝美 (阪大・工), 犬石嘉雄 (阪大・工)

昭和58年度電気関係学会関西支部連合大会

(昭和58年11月27日講演)

### 電子線照射ポリエチレンの残留電圧特性

#### (2)

京兼純, 吉野勝美 (阪大・工), 犬石嘉雄 (近大・理工)

昭和59年電気学会全国大会

(昭和59年3月30日講演)

### 高分子のキャリア移動度とドーピング効果

尹文洙, 具轄本 (以上, 阪大・工), 京兼純, 吉野勝美 (阪大・工)

電気学会絶縁材料研究会 EIM-84-80

(昭和59年7月19日講演)

### 高分子の電気伝導, 残留電圧, 絶縁破壊と放射線照射効果

京兼純, 松山奉史, 山岡仁史 (京大原子炉), 奥部滋朗, 守屋友義 (以上, 住友電工), 金相賢, 吉野勝美 (以上阪大・工)

電気学会第17回電気絶縁材料シンポジウム

(昭和59年9月28日講演)

### 署名照合実験

#### —特徴量の評価と照合方式の検討—

中村善一, 上田勝彦

情報処理学会第27回全国大会

(昭和58年10月19日講演)

### コンピュータによる印鑑の自動照合

上田勝彦, 中村善一

SICE 関西支部シンポジウム「これからのマンマシンインタフェース」

(昭和58年10月26日講演)

### 任意形状印影の自動照合

上田勝彦, 中村善一

情報処理学会第27回全国大会

(昭和58年10月19日講演)

### 自動印影照合におけるパターン位置合せ法の比較

上田勝彦, 中村善一

昭和59年度電子通信学会総合全国大会

(昭和59年3月26日講演)

(化学工学科)

フェントン試薬による低級脂肪酸の分解  
II

山田隆行(芝工大), 平野克比古(芝工大), 浅見雄作  
(芝工大), 高木亮一郎(芝工大), 泉生一郎  
電気化学合同秋季大会  
(昭和58年11月30日講演)

太陽エネルギーを化学に

泉生一郎  
奈良新聞  
(昭和58年12月21日解説)

コバルト(II)テトラカルボキシフタロシ  
アニン薄膜電極の水溶液中での電気化学  
的挙動

楠田貢典(阪市大・原研), 山口英昌(阪市大・原研)  
泉生一郎  
日本化学会第49春季年会  
(昭和59年4月2日講演)

工業化学実験教材の研究(3): 電極電位か  
らの分解電圧測定

大西康幸, 泉生一郎  
日本化学会第49春季年会  
(昭和59年4月3日講演)

フェントン試薬による低級脂肪酸の分解  
III

山田隆行(芝工大), 平野克比古(芝工大), 浅見雄作  
(芝工大), 高木亮一郎(芝工大), 泉生一郎  
電気化学協会第51回大会  
(昭和59年4月29日講演)

不均一系光触媒による有機化合物の酸化  
分解

泉生一郎, 大西康幸  
電気化学協会第51回大会  
(昭和59年4月30日講演)

フェントン試薬による酢酸の分解

平野克比古(芝工大), 山田隆行(芝工大), 浅見雄作  
(芝工大), 高木亮一郎(芝工大), 泉生一郎

電気化学および工業物理化学, Vol. 52, No. 4, (昭  
和59年4月) pp. 253~254

エタノールの電極反応と洋酒中エタノール  
分析への応用

泉生一郎, 大西康幸  
化学教育, Vol. 32, No. 4, (昭和59年8月) pp. 311  
~313

Regeneration of Activated Carbon Part  
I: Thermal Decomposition of Adsorbed  
Sodium Dodecylbenzene Sulfonate

T. Umehara, P. Harriott (Cornell Univ.), J. M.  
Smith (Univ. of California at Davis)  
AIChE Journal, Vol. 29, No. 5, (September, 1983)  
pp. 732~737

Regeneration of Activated Carbon Part  
II: Gasification Kinetics with Steam

T. Umehara, P. Harriott (Cornell Univ.), J. M.  
Smith (Univ. of California at Davis)  
AIChE Journal, vol. 29, No. 5, (September, 1983)  
pp. 737~741

Regeneration of Carbon Containing  
Sodium Dodecylbenzene Sulfonate—  
Cyclic Regeneration with Steam in  
Fluidized Beds—

T. Umehara, J.M. Smith (Univ. of California at  
Davis)  
AIChE Journal, vol. 30, No. 2, (March, 1984)  
pp. 177~181

(一般教科)

吉村睦人歌集「吹雪く尾根」評  
小谷 稔  
『アララギ』昭和59年1月号

昭和歌人集成大河内惇行歌集「鯉の卵」  
解説

小谷 稔  
短歌新聞社

(昭和59年6月20日)

片岡氏の活躍 (『片岡城跡』所収)

朝倉 弘

上牧町教育委員会 (昭和59年9月)

大和国荘園の研究 (『奈良県史』荘園編)

朝倉 弘

名著出版 (昭和59年9月)

高専生のための倫理社会・哲学

木村倫幸分担執筆 家塚高志編

学術図書出版社 (昭和59年3月)

Book Review: *Japan's High Schools* by

Thomas P. Rohlen (Berkeley: University of California Press, 1983)

Shozo Nakanishi

Japan Quarterly Vol. XXXI No. 3 July-September

1984 (ASAHISHIM-Bun, Tokyo), 325~327

児童英語教育の功罪 (シンポジウム)

守屋雅博

日本児童英語教育学会第4回全国大会

(昭和58年7月25日講演)

日本人の外国語学習についての経験および態度に関する一考察——社会人を対象とする調査に基づいて——

守屋雅博, 樋口忠彦 (大阪教育大学)

日本児童英語教育学会研究紀要第3号

(昭和59年3月), 36~44.

話し方指導の試み

——劇・劇化を通して——

守屋雅博

日本英語教育学会関西支部研究集録第7号

(昭和59年3月), 36~40.



# 研 究 紹 介

研 究 紀 要 第 20 号 記 念



## 高専における研究

校長 櫻 井 洸

高等教育機関である高専では、教官の研究に対するたゆまざる情熱の傾倒を希望します。研究とは未知の分野への挑戦ともいうべきものであり、創造的意欲が満ち溢れていなければならない。研究するにあたっては、その分野の世界的な現状を先ず知った上で、何のためにどのような未知のことがらを解明しようとするのか、すなわち目的を明確にして自分の研究の位置づけをしっかりとち、進展と共に常に関連研究の情報を集取していることが肝要である。それによって自分の専門とする学問の生きた体系化を行うことが出来、それらを通じて清新な内容の教授が期待される。特に5年間一貫しての高等技術者育成の完成教育を旨とする工業高専においては、技術革新、先端技術の開発が日進月歩である今日、それらを取捨する専門教育が必要であり、それらを学生がマスターするには、基礎および教養課目の充実なくしてはあり得ない。したがって全教官はそれぞれ教育者であり、研究者であってほしい。

また、卒業後社会人、企業人となって、数年、10数年すると、卒業時の学問、基礎技術が古い過去のものとなる進歩の著しい情勢下にあつて、母校を訪れ、恩師をたずねるいやたずねさせてそれら卒業生に新しい知識、情報を与えること、さらには一般社会人の再教育又は生涯教育、ならびに外国よりの留学生教育を行うことも高等教育機関高専の使命ともいうべきものである。それには、教官自ら専門分野における最先端研究者であることが望ましい。幸い高専は専門を異にする学科によって組織されていることであり、創造的研究には必要欠くべからざる条件を備えていて、学際、境界領域の研究による新分野および新技術の開発が容易である。特に奈良県下には、技術系高等教育機関は本校のみであつて、すでにいくつかは実施されている地場あるいは地域産業との共同研究、それらに対する技術指導の推進、ならびに文化の宝庫ともいうべきこの環境にあつての文化財調査とその保存に対する新技術開発研究、さらには人文系との共同研究により奈良高専ならではの学際領域の新展開が大いに期待される。

また、研究のプロセスはあらゆる仕事の推進に通じるものである。すなわち実験系分野の研究を例にあげると、常に計画にはじまって、観察、推理、工夫、考察の繰り返しによってすすめられるが、これは生産技術、工場管理、開発事業および営業を含む一般業務などというまでもなく、さらに教育の上にもこのプロセスが基本になるものと考えられる。すなわち講義あるいは学生指導において、教官が一方向的にしゃべっているだけでは真の教育にはならない。聴講する学生の態度、顔つき、眼つきなどを観察しながら話に対する理解度を推理し、その内容ならびに表現法を工夫して話すべきであつて、むしろ学生との対話でなければならない。したがって映画、ビデオあるいは放送による完全教育は難しく、高専でこれを採用するとすれば本講義の補助教材としてのみであつて、とても非常勤講師などにとって代わるものとはならないであろう。

以上思いつくままに高専における研究について述べてきたが、高専の創設当初は教官は教育専念の傾向にあつたやに聞いている。まさに20年の足跡、社会における卒業生の実績には偉大なものがあつて、その影には学生に対する緻密な生活指導と共に教官の研究意欲とその態度がいつの時代にも少なからぬ寄与のあつたことを信じるものである。時代の進展に伴い益々一般社会からの多様で、しかも高度な要望と期待が増えるものと思われ、研究と教育の相関の必要を強く感じるものである。今後は単に国内にとどまらず世界における先端的研究者として国際的活躍の実をあげられんことを銘して一文を提します。

## 一 般 教 科

一般教科の教育目標は、「一般科目は、専門科目と相まって優れた技術者を養成するため、広い視野に立って、社会人として必要な、豊かな一般教養を与えるとともに、専門の技術を身につけるための基礎的能力を養うものである。」(「高等専門学校教育課程の標準(試案)」、文部省、昭和38年3月)といわれている。また心身の健全な発達も基礎条件として大切であることというまでもない。

以上を実現するために、つぎのとおり教育課程に基づいて、授業がおこなわれている。

授業科目	単位数	学年別配当					備 考
		1年	2年	3年	4年	5年	
国 語	9	3	3	2	1		
倫理・社会	2	2					
政治・経済	2			2			
歴 史	4		2	2			
地 理	2	2					
数 学	18	6	6	6			
物 理	5	2	3				
化 学	5 (3)	3 (3)	2 (0)				
生 物	(2)	(2)					
保健・体育	10	2	2	2	2	2	
美 術	1	1					
音 楽	1	1					
英 語	19	6	6	3	2	※2	} ※の内いずれか2単位を選択
独 語	5				3	※2	
法 学	2					△2	} △の内いずれか2単位を選択
経 済 学	2					△2	
哲 学	2				2		
開設単位計	89	28 (30)	24 (22)	17	10	10	
履修単位計	85	28 (30)	24 (22)	17	10	6	

注( )内は化学工学科

基礎学科には、数学・物理・化学がある。物理・化学では実験も重んぜられる。その施設・設備も一応とのえられている。そのほか外国語として英語・ドイツ語が

ある。以上のほか化学工学科には生物がある。

健全な心身の養成には、いうまでもなく保健・体育がある。その延長としての運動クラブの活動が学生会活動の一環としておこなわれているが、次第に活発になっている。

国語は基礎学科のうちにも入るが、文学などは教養と関係しよう。教養科目には、倫理・社会・政治・経済・歴史・地理・哲学・法学・経済学・音楽・美術がある。また外国語等と関係して語学練習教室(LL教室)があり、英会話等にも力を入れており、英語検定試験(1年・3級)の合格者も毎年多い。

学生は、機械工学科80名・2クラス、電気工学科40名・1クラス、化学工学科40名・1クラス、計160名・4クラスである。このうち化学工学科には毎年数名の女子学生が入学し、最近定着・漸増している。機械・電気両工学科にも、時に女子学生が入学することがある。そのほか、工業高校や外国人留学生(昭和59年度より)の編入も認められ、以上の形で、教室内の雰囲気は漸次変わりつつある。男子だけの教室から、男女共学、国際化ということで、多様化の方向にあるとみてよいであろう。こうした傾向は、今後学生の意欲を各面でかきたてる基盤となることが期待されるところである。

教官は、専任教員数18名、59年度では、教授9名、助教授5名、講師3名、助手1名である。このほかに、学科の時間数の関係で非常勤講師によってまかなわれている学科、その他専任教員1名当り持時間の関係もあり、非常勤講師の人数は毎年20名を越えている状況で、今後の課題として、専任教員の増員の問題がある。また非常勤講師には、女性教員もみられ、数名に及んでいるが、この点も校内雰囲気との関係では好ましい動きと考えられる。なお、専任教員のうちに、本校の卒業生(文化系大学院ドクターより)を迎えることができた。

専任教員の学科別人数は、国語2名、哲学1名、歴史1名、数学4名、物理1名、化学1名、保健・体育3名、英語4名、ドイツ語1名、計18名である。

教官の研究活動は、教官研究費、研究旅費、その他科研費補助(これまでに2件)、在外・内地研究等(在外3件、内地2件)の条件があり、活発におこなわれている。また学位取得者1名(理学博士、一般教科では現在学位取得者、計2名)である。

各教官は、ともにそれぞれの学会に加入し、学会での研究発表(講演・雑誌発表)のほか、本校の研究紀要等への発表もあり、いずれも漸次増加の傾向にある。

以上のほか、58年度以来7月下旬に、電算機(パソコン)の公開講座が、専門学科と一体になっておこなわれ、地域社会への研究成果の公開・還元もすすんでおり、申

込者が多い現状である。

上記の研究活動は、授業時数14~15時間のほか、クラブ活動の指導、校務の分担をもおこなった上でのことであり、重い負担に耐えながらの研究活動といえよう。とくに最近では学生生活指導上の問題が多くなっており、この点では、低学年の授業、生活指導の充実・徹底を一層すすめることが、現状での、将来に向っての望まれるべき方向と考えられる。もっともこの課題は学校全体として取り組む必要のある問題であろう。

(学科主任 朝倉 弘)

機 械 工 学 科

機械工学科では、機械の設計・製作および管理に関する基礎的知識を習得し、これらの分野の総合的な判断力・企画力ならびに豊かな独創力・指導力を備え、工業技術の近代化に対応できる機械技術者の育成を教育目標としている。

学生定員は1学年80名(2クラス)で、20名の専任教官と数名の非常勤講師がその専門教育に当たっている。本学科には、教官研究室の外に各種の試験設備をもつ12の実験室と、各種の工作機械などの設備をもつ実習工場を擁している。

**教育の概要** 本校では、教育目標を達成するために、一般科目と専門科目を表1のように配当し、教育内容に連続性をもたせるような配慮をしている。

表1 学年別履習単位数・教科数

学 年	1	2	3	4	5	計	教科数
一般科目	28	24	17	10	6	85	18
専門科目	7 (6)	10 (6)	19 (6)	27 (6)	29 (6)	92 (30)	29 (3)

注。( )は実践科目の単位数・教科数で内数

一般科目では数学・物理・化学・語学などの学力の充実、専門科目では応用数学・応用物理をはじめ、材料・力学・計測・制御など専門分野に必要な基礎学力の養成を図っている。また、これらの座学と平行して工作実習・工学実験・機械製図などの実践科目を通して判断力・独創力などの育成に力を注いでいる。第5学年では、より高度な専門教育を行なうために、コース選択制を実施している。さらに卒業研究では、専任教官に数名ずつの学生を配属し、それぞれの研究テーマに取組ませ、卒業論文をまとめるまでの指導を行ない、企画力・独創力の

養成に大きい成果を挙げている。

本校では、これ以外にも学識経験者による特別講演会・社会工場見学などを実施し、識見を高め視野を広げるための教育も併せ行なっている。

**教官研究活動の概要** 本学科に所属する教官は、それぞれの専門分野における学会などに所属し、また大多数の教官は大学において研修を行なっている。さらに、研究実績を積んだ教官の中には、所属学会などにおいて指導の立場で活躍している例もある。

機械工学はそれに属する専門分野が多岐にわたっている。専任教官の現在の研究専攻分野は表2に示す通りで本学科の研究の特徴をなしている。これらの研究の中で

表2 専門分野と研究専攻分野

専 門 分 野	研 究 専 攻 分 野
材 料 力 学	平板の応力解析, 構造解析, X線による応力ひずみ解析, 高強度材料の破壊
計 測・制 御	レーザによる流体計測, 光による超音波の計測, ロボット
流 体 工 学	衝撃波, 電磁流体, 非ニュートン流体の流れ
熱 工 学	熱伝導および沸騰, 強制対流の熱伝達, 熱交換器の熱伝達, 燃料および燃焼
切削・工作機械	切削機構(切りくず処理)
塑 性 加 工	温間塑性加工, ダイレス引抜き
生 産 シ ス テ ム	工作機械の自動化
*応 用 数 学	微分位相幾何学
*応 用 物 理	スピンを源とするゲージ場

注1. \*印は機械工学以外を示す。

注2. 専門分野の分類は機械工学年鑑による。

年間3件程度は科学研究補助金の交付を受けている。また、過去10年間における内地留学者は4名、在外研究員は延3名を越えている。

これらの研究の成果は、日本機械学会をはじめ所属の学会において、学術講演、学術論文として発表されており、本校の研究紀要論文と合せると年間30件に達している。その他、専門学術誌への寄稿、専門書の執筆なども行なわれている。また、現在専任教官で学位取得者は6名(内、5名は本校着任後の取得者)である。

**今後の課題** 本校は今年創立20周年を迎えた。設立後10年間は学校の建設期であり、続く10年間は教育と研究の充実期であった。本学科も最近では入試倍率が2.8倍前後、就職率100%、大学編入学者は12名前後という状

況が定着してきている。このように社会的にも高い評価を受けてきているが、今後の課題が幾つか考えられる。

近年の工業技術の進歩は著しく、とりわけ機械工業は周辺技術との複合化が進展している。将来、機械技術者の役割はさらに重要性を増し、その教育方法の検討は極めて大切な課題といえる。

最近、本校では奈良国立文化財研究所と協力し、古文化財研究における科学的手法に関する特定研究が行われた。従来、とかく地域の文化、産業とのかかわりの少なかった本校も、今後は専門技術を活かした地域社会への寄与が一つの課題と考えられる。

本学科では、来年度3名の外国人留学生の受入れが予定されており、学園の国際化が進められようとしている。国際社会における我国の役割について再認識する良い機会と考えられる。（学科主任 若林敏夫）

## 電気工学科

電気工学科においては、主として電気機械・電子装置の設計・製作および管理・運用に関する基礎知識と技術を修得させ、広い視野と実力を備えた創造性のある実践的電気技術者の育成を教育目標としている。

### 教育の概要

本校では、教育目標を達成するために、5年間の一貫した教育により、各授業科目を有機的に関連させて能率よく一般教育および専門教育が行われるように教育課程を編成している。

低学年においては電気基礎理論と工学実験を重視した指導を行い、広範な電気工学の概念を把握させると同時に、諸現象の観察および理論的な思考を通して、正確な知識と技術を体得させている。3・4学年においてはコンピューター産業、半導体産業、情報通信産業、電力産業などのいずれにも適用できるように、各分野の専門基礎知識と技術を修得させている。5学年では、より高度な専門教育を行なうためにコース選択制を実施している。コースⅠでは高電圧工学、原子力工学等主として電力分野の科目を、コースⅡでは電子応用、マイクロコンピューター工学等主として電子情報分野の科目を履修させている。なお、コースⅠを専攻すれば電気主任技術者の資格認定が得られるよう配慮されている。

本学科では高専の特徴である実践技術者の育成のために工学実験に力を入れている。技術革新の著しい、電子回路、情報処理、マイクロコンピューター等に関する実験項目を増加し、相当な経費を投入して基本的な装置、

計測器の増設を行い、技術の進展を正しく認識しその変化に適応できる技術者の養成に努めている。また、実験による教育効果の向上と学生の実験に対する意欲向上を図るため、プレ・テスト、ポスト・テストを実施し、考察力、創造力の向上など多くの効果が得られている。

卒業研究は教官と学生の接触を密にし、学生の人間性を豊かにするとともに、学生の思考能力、研究能力、問題解決および発表能力などを養成するため重要な科目である、特に電気工学では1人1テーマとして勉学の意欲を高め、研究効果をあげるようにしている。

また、本校では、学識経験者による特別講演会、社会工場見学などを実施し、先端技術の動向や高度な生産技術を認識させ、学生の自主的勉学意欲の昂揚に効果をあげている。

### 実験研究設備

本学科の特色および技術革新時代にふさわしい高価な設備は特別設備を申請し整備した。

昭和50年度 有機半導体測定装置

昭和53年度 画像情報集録処理装置（学生実験・卒業研究などを通じて、先端技術としての画像処理、パターン認識の基本的な考え方を実験的に学習させてきた。

また教官の研究においても印影のパターン照合、手書き文字の筆者識別、さらに土器、石器など埋蔵文化財の形態分析など考古学分野へのパターン認識の手法の応用など、幅広い研究に使用され、多くの成果をあげている。）

昭和58年度 汎用光測定処理システム（高度情報化時代の到来によって技術の開発が予想されている光技術の基礎理論と応用技術を習得させる目的で本装置を導入した。現在、光情報処理、光計測、光物性に関する研究に活用されている。）

### 教官研究活動の概要

本学科に所属する教官は11名で、それぞれの専門分野の学会に所属し、活発な研究活動をしている。研究専攻分野については、別に紹介されているので省略する。

現在までに科学研究費補助金の交付を受けたもの5件、

内地留学生は2名、在外研究員（フランス・アメリカ）は2名を数えている。

これらの研究成果は、電気学会、電子通信学会など所属学会において、学術講演、学術論文として発表されており、本校の研究紀要論文と合すると年間10数件に達している。その他、専門学術誌への寄稿、専門書の執筆なども行われている。また、現在までに学位を取得した者は2名である。この外に企業の技術指導や共同研究に参加し、地域産業の発展に協力してきた。こうした研究活動は、学生への教育的影響も大きく、今後の高専の発展

に寄与していくことと思われる。

**今後の課題**

これまでに 580 余名の卒業生を送り出して来たが、その卒業生の活躍の実績は相当なもので、今日では高専に対する高い社会の評価が定着して来たといえる。

近年、メカトロニクス、高度情報化など、技術革新の到来によって高専に寄せられる期待はますます増大してきている。したがって、電気技術者の役割はさらに重要性を増し、その教育方法の改善に努力を続ける必要がある。

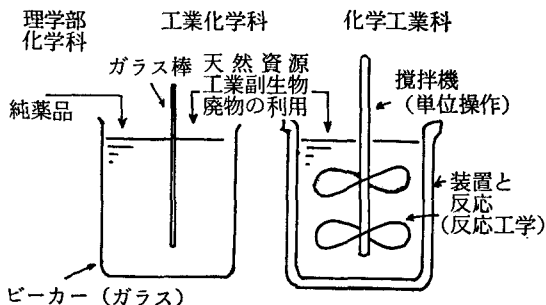
なお最近、高専に期間される役割も拡大され、公開講座の実施等による地域社会への貢献のみでなく、留学生の受入れや、発展途上国の大学設置への高専教官の協力が求められるなど、国際的な分野への活動にも期待されている。(学科主任 木村伊一)

**化学工学科**

昭和44年に増学科で開設された当学科は、順調に成長し、本年は、ちょうど15周年の節を迎えたわけで、学科内一同心構えを新たにしている次第である。

**1. 化学工学とは？(専門外の方々のために)**

はじめに、化学工業—工業化学—化学工学の関連を述べ化学工学理解への助けとしたい。化学工学は単位操作と反応工学とから成り立っている。化学工業は安価な原料に化学変化を行なわせて、いっそう価値ある物質を製造する工業であるが、その全工程のうち反応装置内で起こる化学反応のみを対象とするのが工業化学で、工業化学では、化学反応を工業的に行なわせるには容器はビーカーではだめで装置であるが装置までは考えない。化学工学では、反応工学という分野で化学反応と装置(反応の種類に応じた装置の決定)に関する学理と実際(設計、製作、運転)を学び、単位操作(昔の化学工学の主体で、化学機械学とか装置工学とかいわれた)という分野で、粉碎、混合、乾燥、蒸留など主として物理的変化(たとえば、氷は固態の水であるが融けて液態の水となるように物質そのものは変わらないで状態が変わる変化)を扱う操作とその機器の学理と実際を学ぶ。工業化学は化学機械や装置の知識にうといために製造プラントの前に立つとき、化学工学と組まなければ製造担当の技術者として自信がない。古い化学工学では単位操作のみであったので反応の知識にうとく工業化学の協力がなくては不安であったが、その反省から反応工学が加わり現在の化学工学が形成されるに至った。



**2. 当学科の特徴および教育目標**

上述したような従来の化学工学の反省と工業化学の反省を勘案して反応工学に比重をかけている当学科は、工業化学的の化学工学科といえよう。そして、化学工学と工業化学とのバランスのとれた1人立ちできる化学技術者を養成することを目標としている。高度な研究は大学院に委ねるとして、ふつうの試験・研究から生産現場まで担当できる素養を備えた人物を養成できているはずである。

**3. 教科内容**

専門科目では1~4学年で工業化学的なものの基礎を、3~5学年で化学工学的なもの基礎と応用を学ぶ。また5学年の選択(7単位分)では化学工学コースまたは工業化学コースを専攻できるようにし、卒業研究はコースと一致させている。

**4. 実験実習設備**

化学工学科としての設備はもとより、特に機器分析装置は工業化学科としても成り立つだけのものを揃えており、大学のそれぞれ学科の実験実習よりも多くを履修させている。

**5. 教育構成**

定員は教授4、助教授4、助手2であるが、現員(昭和59年4月現在)は教授3、助教授6、助手1である。化学工学専攻5名および工業化学専攻5名で、うち学位(工学博士)を所有している者7名である。

**6. 研究活動**

各教官の研究については、別に紹介が述べられているので省略するが、昭和44年発足以降の学科構成員の業績は、学位(工学博士)取得3件、学協会誌掲載論文49報、本校研究紀要掲載論文39件、特許3件。また国外研究出張(博士研究員としてアメリカおよびカナダへ)3件。受けた文部省科学研究費は特定研究3件、試験研究1件である。教育業務で多忙の中を、よく研究を両立させている。この外に企業から奨励金を受けて企業を指導し産学協同の実をあげていて、県下に大学工学部が無い

ので、それに代わる責任をよく務めている。

### 7. 学協会活動

各教官は、それぞれ専門分野の学協会に所属し、上述のように研究活動は活発であるが、また、毎年、学協会の役員に選ばれて、それぞれ学協会の運営に参画していることは、まことに光栄なことである。昭和59年度の主な学協会役員は、化学工学協会評議員、化学工学協会研究教育部門委員、化学工学協会 関西支部幹事、および電気化学協会ソーダ工業技術委員会委員、電気化学協会 関西支部幹事ならびに日本材料学会編集委員会委員である。

### 8. 卒業生

昭和59年3月に当学科として第11回卒業生を送り出したが、出身者総数359名に達し、約150の勤務先で活躍しており喜びにたえない。（学科主任・石川忠夫）

## 大和国荘園 朝倉 弘（歴史学）

戦後、昭和25年頃から、奈良県でも、いわゆる地方史の刊行がおこなわれるようになった。私も、すすめられて或るグループに加わり、以来30年近くの歳月が過ぎようとしている。地方史の刊行は、在地に埋れたままの史料を発掘するには、この上ないよい機会であり、得がたい史料を採ることができた。その一つに、『室生村史』刊行のための調査で、同村大字竜口の白山神社の棟札がある。古いものとして文明18年（1486）と天文7年（1538）のものがあつたが、後者には「地頭百地殿」とみえ、百地氏存在を確認できた。いま一点は『香芝町史』刊行のための調査のなかで、同町大字下田の鹿島神社所蔵（国立奈良博物館寄託）の、建久7年（1196）から現在にいたる「座衆帳」を史料として採ることができた。いずれも、村役・町役の人々の立会いのものであり、簡単に見ることができないものではない。「座衆帳」は日本最古の部類にぞくするもので、同史料篇に掲載した。

以上のようにして、20余年地方史刊行と関係するなかで15篇ぐらゐを手掛けたが、昭和53年頃には、地名ブームが訪れ、歴史地名の辞典の刊行と関係して、奈良県全体の荘園の執筆依頼を受けた。約2年余りの調査研究の結果できたのが、昭和56年6月、平凡社から刊行された『奈良県の地名』（日本歴史地名大系30）である。同書は、勿論荘園だけの書物ではないが、このなかに約450か荘園を掲載した。これは4年掛りの仕事であった。

引き続いて昭和57年には、従来例をみない、分野別の『奈良県史』の刊行が計画され、当面「荘園」篇の執筆

依頼を受けた。前記の約450か荘園に補足・訂正等おこなったほか、その総括篇の一つとして「大和国雑役免荘」の研究をする必要に迫られた。これは平安中期から織豊期にいたる約600年間の同荘の形成・発展・完成・推移・変遷・崩壊・消滅の経緯を明らかにする必要があるものであり、このうち平安期の完成近くまでの分は、本校の研究紀要18号に掲載した。その後の分、そのほか春日社・同若宮・興福寺・東大寺の荘園の総括分もふくめ、総論として、前記個別荘園約450か所と一緒に「荘園」篇として、59年9月には名著出版から刊行の予定である。これが終れば、「大和武士」篇を始めなければならない。約3年の予定。（昭和59年7月31日記）

## 有機キレート試薬について 石川 光二(有機化学)

鶏の卵の中の卵白からリゾチームという酵素を取り出して、その反応性を調べたことがある。ところが、この酵素は顕微鏡で見ると、ふつうの有機化合物と同じような板状の針状結晶である。そして、ある決まった物質に決まった反応しか行わず、少しでも条件が悪くなるとすぐにさぼって反応しなくなる。そのことを酵素が生きているとか、死んでいると表現した。

有機キレート試薬の合成とその反応性を調べているが、この有機キレート試薬も、有機化合物でありながら、液中のイオン中の特定の金属イオンだけ攻撃をかけ、分子中の特定の原子団の作用で、かにはさみのようにその金属をはさみ込んで一緒に沈殿してしまう。いわゆる選択性を持っているのである。逆に金属イオンから考えると、水溶液中の金属イオンが有機化合物の分子の中のどの原子団だけに働きかけるのかという問題になる。

主として、重金属イオンと反応する有機キレート試薬の合成とその応用を心掛けてきたが、分子式は同じでも分子内の原子の組合せ方の違う異性体が、一つの複雑な有機キレート化合物には必ず数種類あり、一部の異性体だけが金属と反応し、他の異性体は反応しない。これを利用すると、逆に特定の金属を作用させ一部の異性体の金属塩を沈殿させることにより、異性体を分離させることができる。異性体は同じ分子式であるため互に性質が似ているので、溶媒を種々変えて溶解度の違いを利用する方法で分離するのは困難であるから、有機金属キレート化合物を利用するのは効果的な分離方法と言える。

また、有機キレート化合物の分子中のどの原子団がどんな金属に攻撃をかけ反応するかという選択性の問題は、有機化合物の合成法にも大きな寄与をすることにな



る。例えば、この選択性の技術が進んで、同じ原子団中の特定の原子団にだけ反応性を持たせることができたすると、ブドウ糖1分子中に5個の水酸基があるが、分子の左右両端にあるそれぞれ1個だけの水酸基を反応させ、他の3個の水酸基は眠らせて反応させないようにすると、デンプンの合成はすぐできてしまうからである。

最近、有機金属化合物が脚光を浴びるようになってきた。種々の有機化合物の合成用触媒に盛んに有機金属化合物が用いられるようになり、また生体内の有機金属化合物について解明されてきたからである。

私たちの有機金属化合物についての基礎的な研究が実を結んで、こうした数々の成果への足掛りになれば幸いであると考え昨今である。

万葉調をたずねて 小谷 稔(和歌文学)

筆者は若年のころからの作歌活動と関連して、万葉集ならびに正岡子規以来の写実主義短歌に一貫して関心を持ってきている。正岡子規が明治31年に発表した「歌よみに与ふる書」は、当時の旧派和歌が陳腐な類型的表現によって風流をもてあそんでいたのを排撃したものであった。正岡子規は、和歌の改革を「写生」という立場で実践したのであったが、その写生観は推移し深化していく。写実は現実の単なる模写でなく、価値ある文学的真実を獲得しなければならないが、子規とその文学的後継者はそれをどう実現してきたかというのが筆者の主要な考察題目である。その1つとして子規の文章に頻出する「趣向」という用語、内容からその写生観を考察したものを本校の研究紀要に報告したことがある。子規の後継者がほとんど使わなくなった「趣向」という考え方に子規の写生観の基本的なものが見られるとともにそれは子規の写生観の限界をも示すものであると考えたのである。

現在は戦後の短歌作品についての鑑賞批評等の評論的活動が多い。昭和59年には筆者と大体同世代の歌人の歌集を対象として批評と解説3篇を執筆した。またアララギ派の指導的歌手である土屋文明、吉田正俊等の作品研究をアララギ系の短歌雑誌の3誌に年に1、2回ずつ執筆して、今日の写実主義短歌の到達点を見ることに努めている。

その他の活動では、生駒中央公民館からの依頼を受けて「万葉集鑑賞講座」を担当している。万葉集というわが国の偉大な文化遺産がこの郷土大和に関係の深いところから多くの熱心な聴講者があり、万葉びとのことばと心を伝えることに努めている。このほか社会教育への協力では、NHK学園の短歌講座の講師を依頼され、初心

者の作品の添削指導をしている。これらによって現在の中高年齢層の生涯教育への意欲を身をもって感じている。

国語教育では文章表現力の育成に心がけている。昨年度は4年生の授業で、文章表現について多角的に動機づけを試みて文章を作る実践をしたり、2年生では中島敦の「山月記」について、「人虎伝」と比較考察したレポートを課したりしたのであるが、これらの整理と考察は後日を期したい。

モデルの理論 田端 敬昌(数学基礎論)

模型論(Model Theory)は数学基礎論の中の一分野で、1950年以前にも幾つかの重要な研究結果はあるものの、模型論が数学の一つの重要な研究分野として浮上してきたのは1950年以後のことであり、かなり新しい研究分野である。では、それはどのようなことを研究するものか、それを説明するのは難しいが、例えば、「ある代数的構成により保存される性質は何か。」といった問題を数理理論的方法によって研究するのである。以下に、筆者のこれまでの研究成果の主なものを2つ述べることにする。

(1) 一般代数系の理論の中で最も重要な概念の一つである自由代数系(Free algebra)及び自由積(Free product)については、これまでG. Birkhoff, A. I. Mal'cev, R. Sikorski その他多くの数学者によって研究されてきた。筆者は、模型論的方法により自由代数系の存在条件を研究し、その成果として2篇の論文を専門誌(Math. Japonicae)に発表した。これらの論文は代数系の専門書にも引用されている。(G. Grätzer, Universal Algebra. Springer, 1978)

(2) 模型論の中でよく知られた定理にCraig-Lyndonの補間定理(cf. Chang-Keisler, Model Theory. North Holland, 1973)というのがあるが、この定理の従来のもよりも明確な一つの別証を待た。この結果については模型論シンポジウムにおいて講演した。

20世紀のイギリス小説 中村 元一(英文学)

わたくしの研究目標は、20世紀イギリス小説の現代的テーマを、作品技法とのかかわりにおいてあきらかにしてゆくことである。

いやしくも文学的価値のみとめられる作品には、必ず作者の自己主張がある。それをさぐりあて、しかるべき評価をあたえるのが文学研究の目的なのだが、この作業

はむつかしく、とりわけ現代小説の場合ひとすじなわけはいかない。小説研究においては従来からさまざまなアプローチが試みられている。作家の伝記・書簡・随筆、くわえて時代的、社会的背景、これらを手がかりに作家の思想にせまろうとする伝統的方法、作品中に用いられる象徴、イメージ、文体的特徴を分析し、読者の鑑賞眼を通して作品を評価しようとする新批評の方法など。

ところで、作家は小説を書くとき多かれ少かれ読者を意識する。なかんずく、自分の小説を雑誌連載するときそのつど読者の反応に敏感にならざるを得ない。読者の期待をうらぎることなく自分の主張をつらぬくために、作家は叙述に工夫をこらし、種々の技法を用いることになる。この事實は、小説を完成された芸術作品とみなす従来からの研究方法においては、とかく見逃され、顧みられることがなかった。

わたくしは、ポーランド生れでイギリスに帰化した作家、ジョウセフ・コンラッドについて上記の事実をしらべて見た。コンラッドは文明社会における人間の未来をきわめて冷めた眼で悲観的に見ていたけれども、この否定的価値観を読者にいきなりぶつけることはしなかった。処女作でエキゾチックな海洋作家としてイギリスの読者に迎えられた彼は、職業作家として生きてゆくために、その冷めた現実認識をむきだしにはできなかったのである。この現実になやみ苦しんだのはの打開策として彼が用いた手段は、間接話法の技法、すなわち語り手の登用であった。語り手の技法は多くの作家が用いているけれども、コンラッドの場合、他とは比較にならないほどの大きな意味をもつ。なぜなら、作家は読者の容認する価値観を語り手に付与することにより、自分自身の否定的価値観を背後に押しやることができたからである。コンラッドの叙述の複雑性や矛盾性は、こうした価値観のくいちがいによるものであることを、わたくしはいくつかの研究を通してあきらかにしてきた。

わたくしは現在、他の幾人かの作家について、上述の事柄を調査研究中であるが、まだ十分な成果を得るに到っていない。更に作業をすすめて行きたいと考えている。

#### 近代文学とキリスト教 細井 誠司 (近代文学)

明治・大正の近代日本の文学者たちの中には、その青春時代に、キリスト教(プロテスタント)に入信するか積極的な関心を示すかしながら、文学者としての自覚が深まるにつれて、信仰から離れて行った者が多い。

明治20年代に、浪漫主義の文学運動を推進した島崎藤村など『文学界』の同人たち、30年代・40年代に活躍し

た国木田独歩・岩野泡鳴・正宗白鳥など自然主義の作家たち、また、その青年期に、内村鑑三から深い感化を受けた志賀直哉・武者小路実篤・有島武郎・小山内薫等々、いずれも離教もしくは棄教している例である。

信仰という側面からみれば、彼らの信仰は、キリスト論的な信仰告白を伴わないロマンチズムであったとか、個人の倫理を欠いた理想主義にほかならなかったとか、ピューリタニズムの厳しさに耐えられなかったのだなどと、評することができよう。

しかし、文学という側面からみれば、彼らは、キリスト教の中に自己を束縛し抑圧するものを感じて、そこから逃れ、自我の自由な発現を求めたのだと言える。宗教と文学とは、二律背反して両立し得ないものだと感じたのである。

したがって、近代文学とキリスト教との関わりという問題を考える時、明治・大正期における両者の関係を、あまり重視することはできない。日本の近代文学において、キリスト教が本質的に関わりを持って来るのは、芥川龍之介・太宰治を経て、椎名麟三・遠藤周作につながる線においてである。

ところが、戦後の現代文学の世界を展望すると、キリスト者の作家たちが数多く活躍していることに気づく。しかも、椎名麟三・三浦綾子・阪田寛夫・阿部光子・森礼子らプロテスタントの作家が比較的少数なのに対し、カトリックの信仰に帰依した作家たちが、多く輩出している点が注目される。例えば、遠藤周作・曾野綾子・大原富枝・田中澄江・三浦朱門・島尾敏雄・矢代静一・有吉佐和子・井上ひさし・小川国夫・高橋たか子等々で、枚挙にいとまがない程である。こうした現象は、明治・大正期の文学者の多くがプロテスタントの作家であったことと比べると、著しく対照的である。そこで、私は次のような問題を考える。

彼らカトリックの作家にあっては、信仰と文学はどのようにして両立しているのか。椎名麟三は信仰・文学の二律背反を説いているが、そうした問題はどうか解決されているのか。明治期のプロテスタント作家たちにとって離教の要因となった信仰のリゴリズムの問題は、どうか考えられているのか。遠藤周作は、「カトリックには、小説を書くことを神への裏切りと感じさせないところがある。」と語るが、彼の代表作『沈黙』は、神父の転びを描いてカトリック界で論議を呼んだ。その問題はどうか。なぜカトリックなのか。

こうした一連の問いが、私の関心を寄せているテーマである。そうしたテーマをモチーフとして持ち続けつつ、近代作家たちの信仰と文学との問題を考え続けている。

英語 中西 正三（英語）

女子体育 中和 田武（体育学，体育原理）

研究紹介を，ということですが，残念ながら，とりたててお話できる研究状況ではありません。英文学研究という看板をあげていますが，今のところは，空虚な存在証明といったところでしょう。

ところで，いつかの文部省の高専新任教官研修会でのことですが，ある講師が，高専教員の一つの重要な任務は研究であるが，元高校教員はその点で芳しくない，と話されました。私が一例というわけです。

しかし，この発言は必ずしも正しくないようです。実際，本校の場合でも，元高校教員の方が多くの研究を発表されているからです。全国的に言えば，研究成果の淋しい方もなかにはおられるかもしれませんが，私の見るところでは，それにはそれだけの，そして例の講師には想像できない事情があるようです。

「教育あり，研究あり」は素晴らしいことで，この目標にむかって大いに努力すべきでしょう。しかし，元高校教員は過去の経験のこともあって，自己の時間とエネルギーの組織化を要領よく高専方式に切りかえることができない場合があるようです。つまり，あいかわらず，それらを学生の生活を軸に組織化するのです。そして，悪くすればと言うべきでしょうか，教科や専門とは縁のないことがらに，それらを多量に投入してしまうこともあるのです。高専では，このような発想はいかにも能率が悪いように見えて，「なにをもたもたしているのか」と叱られるでしょう。

しかし，この組織化はむしろ自然というべきでしょう。学生が，自己発見をほぼ終えた高校卒業生ではなくて，これからその試みに入るという中学卒業生であり，教師の仕事は，まず，彼らの自己発見に対する「まなざし」になることであるからです。

さて，私は英語の教員ですが，専門は？ と問われると，答に窮します。活動時間から言えば，一つの答は，高専英語教育ということになるでしょう。英語教育は，教師にほどほどの語学力があれば，それでできる，というものではありません。英文の意味を一方向的に説明するだけの訳読式の授業は別として，望ましい英語教育の実現には，いくつかの条件が必要です。例えば，教材です。英語の本は沢山ありますが，高専の教材としてピッタリというのはなかなかないものです。教材開発が大きな課題の一つです。また，教師の体質の問題もあります。大学受験的体質は適当でなく，高専独自のタイプの確立が必要でしょう。

さえないレポートで恐縮ですが，あるがままの現況報告です。

現代女性は，法的に経済的に解放されつつあるが，それにもまして女性的価値理想が復権されない限り，社会は美しくならない。すなわち道徳的・美学的解放が重要となってきている。また子供の世界が大人の世界と同一化現象のあらわれている今日の社会において，子供とのかわり母親の役割がいかに大切であるかを認識し，母親の存在価値を高く評価する現実が生まれなければならない。そのためには新しい女性価値の発見と，新しい思想的背景が必要となる。そこでわれわれは，未来の女性像をさぐる中で，今日発想の転換をはかるためのポイントともいうべきすばらしい思想的背景を考察してきた。

その代表的人物として J.S ミル，ベーベル，エレンゲー，クーデンホーフ・カレルギーなどをあげることができる。これらの偉大な人物に共通することは，人間本来の原点に立ちかえることを強調し，人間愛がその根本となっている。その中から生れる女性論，教育論，体育論は，すべて人類の発展を願うものであり，未来社会へ希望をつなぐものである。そして宇宙に存在する二種類の人間が人間的平等に立脚し，男女両性の特性をいかに発揮し幸せな社会を創造しうるかを追究している。

陰と陽，男と女，これらはすべて相反する存在である。しかしこの二つをあわせて本当のひとつをつくる。これがこの世における秩序の根本ではないか。すなわち対立する二つが完全な一つの調和と繁栄を生む。この思想こそ男女が未来へ向って進む上での大原則であると思われる。これからの女性は男性と平等になっても女性本来の本質を保持し，男性と同質となるのではなく女性的女性とならなければならないのではないかと思う。また女性のライフサイクルは健康という基盤に立って描かれる。ここにおいて体育はかかわりをもってくる。女子体育の目的は，体力の養成と美の養成におくことができる。健康と美しさは努力によってつかまえるものである。未来の女性の身体は，女性の役割を完うできる体と，効率の高い活動体としての体が望まれる。そしてこれからの女子体育を考える場合，身体と精神の密接なかかわりを常に認識し，体力の向上が精神のより効果的な利用に寄与することを忘れてはならない。そして女性が生涯美を保つ力は魂の輝く力と，肉体の透明清純さの度合によって左右されることを熟知しなければならないと思われる。

今後も理想的女性像を追求し，これからの女性の生き方と，それをささえる女子体育についてさらに考察を試みてゆきたい。

## 確率過程論 入江 隆(確率論)

確率過程論は確率変数族  $\{X\}$  の構造を研究する。 $\Omega = (\Omega, P)$  を確率空間とし、時変数  $t \in T$ , 見本  $\omega \in \Omega$  の関数  $X = X(t, \omega)$  を  $(\Omega, P)$  上の確率過程と呼ぶ。添字集合  $T$  (順序集合) は  $T = \{0, 1, 2, \dots\}$  のこともあり,  $T = (0, \infty)$  のこともある。観測が断続的か, 連続的かによるものである。特に  $T = (0, \infty)$  のとき即ち連続時間の確率過程としては, よく知られたポアソン過程や, 有名な Brown 運動 (Wiener 過程) などがある。1828年に植物学者ブラウンは, 液体中の花粉粒子の錯雑した不規則運動を発見し, 1906年にアインシュタインとスモルコフスキーがその数論的理論を確立した。これに対応する確率過程の理論は, N. Wiener (ウィーナー) が1923年に Wiener 過程として創造した。ウィーナーは, M. I. T. の研究室からチャールズ河を見下し, 絶えず移動するさざ波のかたまりを研究して数学的に整理できないか, どういう言葉を使ったら川の流れを数学的に描き出し得るかを考えたという。

ある系における状態の変化が偶然的作用によって, ある時刻における状態が定まっても将来の状態が確率的にしかわからないような系の数学的モデルが確率過程と呼ばれるものである。Kolmogorov (コルモゴロフ) はこのような系を確率的に定義された系と呼び, 数学的に研究する方法を与えた(1931年)。Wiener や Lévy (レヴィ) はウィーナー過程やポアソン過程をもとにして過程の構造を解明しようとする考えをもっていた。日本の伊藤清がこれらの過程に関する確率積分を明確に定義し, それを用いて確率微分方程式を解くことにより, コルモゴロフの提起したマルコフ過程の構成の問題を解決する方法を与えた。Ito process, Ito calculus, Ito's formula などと呼ばれる彼の業績は大きい。確率積分や確率微分 (stochastic calculus) を論ずるのに必ずしもウィーナー過程を基礎にする必要はなく, Lévy の発想になるマルチンゲール理論による方法がある。渡辺信三, 国田寛は, この理論を用いて確率積分の定義を一般化した。マルチンゲールというのは人の名前かと思っていたら, 馬の首につける馬具の一種ということであった。それが賭の用語となったのである。 $\{X_t\}$  がマルチンゲールであることは, 任意の  $t_1 < t_2 < \dots < t_{n+1}$  をとるとき,  $a_1, a_2, \dots, a_n$  のすべての値に対して, 期待値  $E[X_{t_{n+1}} | X_{t_1} = a_1, \dots, X_{t_n} = a_n] = a_n$  となることを言い, いわば公平なゲームのモデルと思ってよい。マルコフ過程というのは,  $X_t$  の値を与えたとき,  $X_s (t < s)$  の値は  $X_u (u < t)$  の値に依存しないような性質をもつ確率過程である。伊藤清によると, 入試の合否判定に内申を考慮するのは非

マルコフ的で, そうでないのがマルコフ的な態度だという。

## 英語教育 守屋 雅博(英語教育)

私は奈良高専に勤めるようになるまで長年中学校で英語を教えてきた。中学校入学時に生徒が一番興味を持っている教科は英語であり, また3年間という短期間に彼らが一番興味を失ってしまう教科も英語だと言われている。英語への興味・関心を大切に育み, 言語能力を伸ばす効果的な方法を現在に至るまで模索している。

言語の教授・学習理論はその時代の言語観と非常に強く結びつき, 推移してきた。例えば, 日本の英語教育の流れを概観してみても, 意味理解だけを偏重した読み重視の指導から, 音声英語の大切さを教えたパーマーの Oral Method, 構造言語学に基づいたフリーズの Oral Approach, 変形生成文法に基づいた Cognitive-Code Learning, さらにウイニッツを中心とする Communication Approach へと続いてきている。しかし, どのような教授・学習理論を用いるにしても, 学習者の立場, すなわち, 「学ぶ側の論理」を軽視することはできない。そのためには, 何故興味・関心を失っていくのかといった学習者の実態把握, 英語学習における「つまづき」の分析等を通して学習者の立場に立った学習指導法を確立していかなければならないと思う。

言語学習には「聞くこと」「話すこと」「読むこと」「書くこと」の4技能がある。その中でも主として私が研究実践してきたのは「聞くこと」「話すこと」の分野である。指導理論を学ぶと共に, テープレコーダー, OHP などの視聴覚教具を活用した指導, LL 教室での視聴覚教材を用いた指導とその効果についての実験を行ってきた。今後はアナライザーやコンピューターなども利用した総合的な教育工学的アプローチを考えていかなければならない。

さらに, 児童英語(早期英語教育)に関心を持っている。心理学, 脳生理学, 神経言語学といった諸科学の発達により, 脳の中の言語学習のメカニズムが解明されてきた。その成果から柔軟な脳を持つ児童期に英語を学習することの意義が指摘されている。

また, 言語習得理論からも学ぶべき点が多い。子どもが「ことば」を習得していく過程を調べていくことによって, ことばの習得の順序や, どの時期にどのような誤りをして, どのように修正を加えて「ことば」を学ぶのかということがわかる。そして言語習得理論で明らかになった事柄を英語教育に生かしていかなければならない。

さらに、今後の私のライフワークの一つとして、放送英語および時事英語研究がある。脱英米化した現在の英語の様態を調べたり、オーストラリアの英語、インドの英語、フィリピンの英語などにも触れ、現在に息づく「生」の英語の息吹きを感じていきたいと思う。

作用素環 北川誠之助（関数解析）

作用素環は、以前は数学内部で他の分野との交流が少なく一般になじみの薄い分野であったが、フランスの天才数学者 CONNES が数多くの歴史的な難問を解いた功績によりフィールズ賞を授与されたことにより一躍脚光をあびることとなった。

作用素環は、 $W^*$ -代数と  $C^*$ -代数の二つの分野に分けられるが、二つとも車の両輪のように互いに刺激しながら進んできたものである。

$W^*$ -代数は、一般に現在の電算機開発者として名高い VON. NEUMANN が、一連の量子力学の数学的基礎付け—無限アーベル群の不変測度の存在証明、物理的には不確定性原理と呼ばれる、ハイゼンベルグの交換関係の表現の一意性の証明、エルゴート理論の基礎付け、ヒルベルト空間上の自己共役作用素のスペクトル分解等々の後に来るものである。

NEUMANN は、ヒルベルト空間上の有界作用素の代数を研究した。有限次元の場合は、パーンサイドが研究しており、全行列環の直和になることを示した。無限次元の場合は様相が一変し、トレースの拡張が存在する II 型、トレースの存在しない III 型と分類出来ることを示しそれぞれの実例を作った。その手法は当時話題になっていた測度空間とその上に作用する変換群を用いたものでそれ以後の研究の基礎的な手法となった。

一方  $C^*$ -代数は、群の表現論から初まり、非常に抽象的な対象であるが、物理の場の理論の数学的表現として数理論理学者の間で深く研究されてきた。

$W^*$ -代数では、トレースを持たない III 型の解析が不明で NEUMANN の域を越える事が出来ずにいたが、20 年前ぐらいに日本の数学者により画期的な進歩がなされた、一方、同時期に  $C^*$ -代数による物理の表現を研究を行って来た数理論理学者のグループの現象からの推論により全く同じ結論が得られ、数学者の論理と物理学者の直覚が見事に一致した画期的な研究であった。それ以後初め述べたフランスの CONNES が出現し、歴史的な難問の解決を行うにとどまらず、数学の他の分野、微分幾何学、同じくフランスの Grothendieck の代数幾何学を作用素環を導入して、非可換微分幾何学を作り出し

ている所である。余談ではあるが、昨年日米シンポジウムを京大で聴講したが、まるで詩人が、朗々と詩を吟じているような印象であった。

作用素環は、この10年間、CONNES という天才を得たお陰で長足の進歩をとげ、過去に作られた問題は興味ある解決をとげ、それが又、新しい問題を生むという非常に若々しい分野に再生した、ただ、余りにも代数的な手法が多く、実体が把握されにくいという難しさは、存在する、非可換微分幾何学も研究途中であり、多くの分野を巻き込みながら発展して行くであろうと期待されている。

プラグマティズム研究 木村 倫幸（倫理学）

19世紀後半から20世紀初頭にかけて、アメリカ資本主義の急速な発展を背景に出現した思想がプラグマティズムである。

この思想を代表する哲学者、ジェームズ (James, W. 1842~1910) は、旧大陸における哲学の伝統的な二大潮流——合理論哲学と経験論哲学——の双方に批判の眼を向けて、次のように主張した。すなわち前者について、その問題点は、体系の閉鎖的性格と抽象的絶対的な存在という前提であり、それ故この哲学は具体的事実と強固な結び付きを持ち得ない。また後者は、例えばヒューム (Hume, D. 171~76) の主張に見られるように、純粋経験として把握されるべき事実を概念によってしか理解せず、非連続にしかとらえない、と。

そこでこれらの哲学に対してジェームズは、「意識の流れ」、純粋経験から出発する哲学を提唱する。すなわち主客未分の「意識の流れ」が事実として既に存在しており、我々がそれを切断することではじめて、それが我々にとって意味を有するものになるというのである。いわば我々に与えられているのは「大理石の魂」であって我々がこれを刻んで行くことで世界が形成されて行くこととジェームズは主張するのである。

このようにして我々は日々新しい事態に直面して、これを解決、処理して行くのであるが、その中で我々にとって事態を最も効果的に解決、処理してくれる観念、我々に満足をもたらす観念が真なる観念と呼ばれる。つまり有効性、有用性が真理の基準として持ち出される訳である。従ってジェームズによれば、プラグマティズムにとっては「真理は概念に起ってくる」のであり、「真理の真理性は、事実において、ひとつの出来事、ひとつの過程たるにある」とされる。真理はその有効性、有用性に応じた現金価値 (cash-value) を持つことになり、こ

れがジェームズの中心思想のひとつとして評価を受けることになる。

このジェームズの真理論が、当時のアメリカ資本主義社会における典型的な行動的人間の思想を反映していることは明らかであるが、彼の思想には、この他にも「多元的宇宙」「信ずる意志」「根源的経験論」等の様々な重要問題が存在しており、それらの構造と思想の本質の解明、およびそれらの有した社会的意義の確認ということが早急になされなければならない。

またプラグマティズムは、ジェームズと同時代の哲学者パース (Peirce, C. S. 1839~1914)、後継者であるミード (Mead, G. H. 1863~1931) やデューイ (Dewey, J. 1859~1952) らによって発展させられたが、これらの哲学者の思想とアメリカ資本主義社会との関係についての全体的な評価、すなわちプラグマティズムの歴史的な位置づけの問題も重要な研究課題となっている。

さらに、現在流行中の記号論の先駆者としてパースが脚光をあびてきているということにも見られるように、プラグマティズムは、分析哲学、記号論、意味論と渾然一体となった様装を呈している面も有している。この意味で今後、現代哲学の評価を含んだトータルな研究が必要とされていると考える。

#### 英語学と英語教育 溝端 清一 (英語学)

言語上の変化、発達の著しかった中世英語を通時的な観点から分析することによって、近代英語への発達の過程を探る研究を私は続けてまいりました。このような研究を進める場合、いくつかの留意すべき点があります。まず第一に、その時代の人々が使っていた言葉をできる限り反映した言語資料を選ぶこと。第二に、選ぶ言語資料に時間的、地理的首尾一貫性があること。さらにできる限り幅広い層から集めうるなら、普遍性が一層増すと言えます。それらの要件に加えて、研究資料としての十分な量を兼ね備えたものがストーナーコレクション (the Storor collection) なのです。これは中世後期に、英国の Oxfordshire を地盤として栄えた商業階級とジェントリー階級の両方を代表とするストーナー家に宛てられた手紙類を主として収集したもので、上は王侯貴族から下は商売仲間に至る 100 人を越す人々によって書かれています。この言語資料をもとに、例えば動名詞に関しては次のような研究結果を得ました。動名詞というのは起原的には純然たる (動作) 名詞で、徐々に現代英語におけるような動詞的性質をもつようになっていったのですが、ストーナーコレクションを通じて、中世後

期の段階では、従来考えられていた以上に動詞的性質をもっていたことが実証できたのです。さらに機能的には、動詞的性質をもった動名詞は前置詞の目的語として最初に登場したらしいことが確定できました。(詳細は、拙論 “Gerund in the Stonor Collection”, *Studia Anglistica*, No. 2, Osaka University of Education, 1982, pp. 66~74 参照。) ストーナーコレクションをもとにさらに言語的分析を進め、中世後期の colloquial English を理解する上での規範を築き上げたいと考えています。

このような言語資料に新しい言語学上の発想を応用すると、今までに得られなかった成果を期待できる場合があります。その一つの試みとして、談話文法の観点から与格及び迂言与格の語順を扱った論文が奈良高専紀要第20号に掲載されている “Dative Ordering in the Stonor Collection” です。談話文法の従来の文法観と異なる点は、言語を文レベルで捉えるのではなく、より大きな単位である談話のレベルで捉えようとするところにあり、言語が情報伝達機能を果たすためにいかなる規則や条件が働いているか、またそれらを支配する原理はいかなるものかを問うことを目標とする文法です。英語教育は従来から学習文法、つまり文レベルでえた文法に基いてなされるのが一般的であります。談話文法の成果である旧情報と新情報、文末焦点と文末重点の概念を与格構文や受動態構文等に応用すれば、より効果的に学習者に習得させることが予想され、今後の研究課題として取り組んでいきたいと思っています。

#### Valenz 理論にもとづいたドイツ語の構文分析

桐川 修 (独語学)

Valenz (原子価・結合価) とは周知のとおり化学の分野で用いられている概念であるが、この概念を 1950 年代にフランス人テニエル (Lucien Tesnière) は言語の分野にあてはめ、依存関係文法 (Abhängigkeitsgrammatik, Dependenzgrammatik) という言語分析のひとつの手段を提唱した。つまり、動詞を文の構造の出発点ととらえ、そのまわりにどのような、そして何個の成分が結びつくかを明らかにすることによって言語の記述を行なおうとする方向である。この考えをドイツ語に移し、より厳密なかたちに整理したものが Valenz 理論 (Valenztheorie) と呼ばれているものであり、今日、ドイツ語の文法を扱う上で欠く事のできないものとなっている。

たとえば、lieben という動詞をとると、

- I. lieben<sub>2</sub>  
 II. lieben→Sn, Sa  
 III. Sn →Hum (*Die Mutter liebt ihr Kind*)  
 Sa →1. Hum(Das Kind liebt *seine Eltern.*)  
 2. ±Anim (Das Kind liebt  
*das Kätzchen, Blumen.*)  
 3. Abstr (Er liebt *die Ruhe.*)

《以上 Helbig/Schenkel による》

つまり I. lieben という動詞は 2 価、すなわち 2 個の文成分を必要とする。II. 2 個の文成分とは、1 格の名詞 (Substantiv im Nominativ: Sn) と 4 格の名詞 (Substantiv im Akkusativ: Sa) である。III. 1 格の名詞は人間 (human: Hum) であり、4 格の名詞は人間、生物あるいは無生物 (±animate: ±Anim), 抽象名称 (abstrakt: Abstr) のうちのどれか、というふう

に記述される。ところで、われわれがはじめてドイツ語を学んだ時、1 格は「～が」、2 格は「～の」、3 格は「～に」、4 格は「～を」と覚えたものであるが、そのうちこの原則ではどうも変な訳になってしまうことに気づきました。その原因として、それぞれの動詞の Valenz を無視して強引に上の「が・の・に・を」をあてはめていたことも考えられるであろう。このように Valenz 理論はわれわれ外国人がドイツ語を学び上でひじょうに有効な手段であるとともに、最近盛んになってきたコンピューターによる構文の自動分析にも道を開くものと考えられる。

ポアンカレゲージ場 宮本止戈雄 (素粒子物理学)

素粒子の運動は主として場の量子論によって論じられる。例えば、電子の状態は電子場で表され、その運動方程式は作用積分と呼ばれるものから変分原理によって導かれる微分方程式である。このような理論がある種の変換に対して不変であるとする。言い換えれば、このある変換をしても運動方程式が同じ形に保たれているものとする。この場合、この変換の不変性に対応して保存量が存在することが知られている。具体的には、4 次元時空座標の平行移動に対してはエネルギー・運動量保存則、位相変換に対しては電荷の保存則などがある。この変換性を拡張して変換のパラメータを時空座標の関数としてもなお理論が不変性を保っていることを要請する。変換のパラメータが座標の関数であるということは、例えば、座標の平行移動で移動量を宇宙の果てから果てまで同じではなく場所によって変化を持たせることである。この場合は、一般座標変換になるが、これに対しても理

論の不変性を保つために場の量の通常の微分を共変微分と呼ばれているものに置き換えなければならない。この共変微分を作るためにゲージ場 (gauge field) と呼ばれる新しい場が導入される。このゲージ場自身の運動方程式は、考えている変換に対する不変性から決定され、この変換性に基づき保存量を源として生じたり消滅したりすることが一般論として知られている。具体的には、一般座標変換の場合に相当するゲージ場は重力場と呼ばれ、エネルギー・運動量を源としている。これは、一般相対性理論としてよく知られている。また、位相変換に対応するゲージ場もよく知られた電磁場で電荷を源としている。

自然界には、もう一つよく知られた保存量としてスピン・軌道角運動量がある。スピンとは素粒子の自転による角運動量である。この保存量を源とする場、つまり、スピンを定義している空間の回転による変換の不変性から導入されたゲージ場の諸性質を調べるのが研究テーマである。この場は重力場や電磁場と異なり、まだ発見されず実在するかどうかはわかっていない。このゲージ場の運動方程式は非線形で多くの任意パラメータを含み複雑な形をしている。このゲージ場のエネルギーが負にならない条件などから任意パラメータの値の範囲を限定したり、線形近似をしたうえで簡単に分かり易い形に書きなおし、この場の振る舞いを調べたりした。このゲージ場によってスピンとスピンとの間にどのような力が作用するか、また、電子の異常磁気モーメントや水素原子のエネルギー準位がどのような影響を受けるかなどを研究している。

多様体の幾何学 福嶋克彦 (応用数学)

平面的な広がりというものを考えるとき、例えば地図奈良県の地図をみますと、それに広がりをもたせるには隣府県の地図と重なりあう部分を「のりしろ」にして貼りつけていきます。さらに、どんどん世界中の地図を貼って広がりをつくっていきます。最後に、全部貼り終ったとき、だだっ広い一平面になるのではなく、勿論、それは地球儀になるわけです。どうかして、うっかりすると、作業をしている自分が地球儀の内部に閉籠められる可能性もあるわけですが、どちらにしる球面ができます。球面には一枚の地図のような端がありません。表面積も有限です。

同じようなことを手順をかえてやってみよう。そこで、沢山の紙を用意して、「のりしろ」を決めて、貼りつけ乍ら、平面的な広がりを作っていく。ここで作業が

スムーズにできるように、紙はのび縮みのできるゴム膜のようなものでできているとします。端がないように貼りつめ終ったとき、それはどんな曲面だろうか。球面以外の面もできるだろうか。ドーナツの表面のような曲面、穴の2つあいたビスケットの表面のような曲面等々色々できます。

こうして2次元多様体の概念が得られます。同じことを空間的な広がりについて考えては、もっと一般に、 $n$ 次元的な広がりを考えたとき、 $n$ 次元多様体の概念が得られます。

多様体上の2点間の距離とはどう決めるか、多様体上の関数を微分、あるいは積分するとはどういうことか等多様体上の幾何学、解析学が生まれます。現代幾何学というのは、おおむね、多様体上の幾何学であります。

多様体の運動つまり変換に対して動かない点が生じる場合があります。例えば自球の自転を考えると、南極、北極の両極点は自転運動に関して不動点です。

多様体がある構造をもつとき、そういう変換による構造への影響が考えられるわけで、先ず全体的な影響を特徴づける指数が得られます。それから不動点の周りの局所的な影響についても指数が得られます。2種類の指数の関係について調べる研究分野があります。これが筆者が関心をもっている研究分野なのです。

#### 旋盤でねじを切ること 加賀 勝也(計測工学)

日常身近かに使っている機械要素として、ねじは欠くことの出来ないものである。これらの短いねじ、単純なねじは、転造法などで多量に廉価につくられ日常広く使われている。ところが長いねじ・複雑な形の部品の一部に切らねばならないようなねじは旋盤で削り出されている。この他、旋盤によるねじ切りは、いくつかのレバーを切り換えることによって、各種のピッチのねじ切りができるので、いろいろなねじをわずかな数量ずつ必要になる場合など便利な方法である。

旋盤でねじを切る原理は、材料を回転させ、これに刃物を当て、材料の中心線に平行に一定の速さで刃物を移動させればよいのであるが、一度刃物を移動させただけでは、ねじ山をつくり出すことは出来ない。そこで、ねじの切りおわりの位置で刃物を材料から離してはじめての位置までどし、そこで刃物を前進させて材料に切り込ませ、ふたたび刃物を移動させて削る。すなわち、「けづる」・「もどす」の動作をくりかえして、逐次ねじ山をつくり出していくことになる。このように「けづる」・「もどす」の動作をくりかえすので、ねじ山がつぶれぬ

ように、毎回ねじの切りははじめの位置で、刃物を正しく導入する必要がある。旋盤によるねじ切りの難しさの一つはこの点にある。

刃物を正しく導入する方法としては、従来から常用されている親ねじ逆転法とねじ込め車法とがあるが、両者ともに欠点がある。すなわち、前者には刃物のもどし時に時間がかかり、後者には(「けづる」・「もどす」動作を何回もしなければならぬことから)、ねじの切りははじめの位置でねじ追込車を使って毎回目盛を合致させる必要があるため、作業者を疲れさせ、さらに待ち時間を生じる欠点がある。

これらの欠点をなくすために、種々の工夫をしてきたが、結局は自動化を図ることによって解決することが出来た。

先ず、刃物の「もどし」を早くすることについては、ピニオンとラックとを使って往復台を押し戻す方法が好結果を得た。また、ねじ追込車による目盛の合致に対しては、光電管を使った合致時間の検出装置を考案した。また、待ち時間の短縮には、合致時間を早めるように、ねじ追込車に連動している親ねじを高速回転して無駄時間をへらし、合致時期の近づいてきたときに低速回転に切り換える待ち時間短縮装置を考案した。

「旋盤のねじ切りに関する諸問題」については、これらの自動化により、一応の解決をみる事ができた。

#### 複合円筒型圧力容器の応力設計

塩田 治雄(材料力学)

私達の生活に関係するものの中に、大小の圧力密閉容器がいろいろな形となって利用されている。大きなものとしては発電所のボイラー、すこし古くなるがSL機関車のかま、また都市郊外などで見うけられる都市ガスの貯蔵タンク等があり、手近なものとしてはプロパンガスのボンベあるいは殺虫剤、ペイント等のスプレー容器などである。これらはすべて球形ないし円筒形の形を持っており、さらに円筒形のものは両端が凸、または凹状の半球形もしくはそれに近い形になっている。薄板の鋼板で製作される圧力密閉容器としてはこの様な形が最も強度的に安全で、しかも使用する鋼板も少なく経済的であることは専門家の間では熟知のことである。(最も理想的な形としては球形であるが、製作上の難易さ、据付けの安定さ等から円筒形が数多く見うけられる。)

最近家庭用燃料、自動車用燃料として液化天然ガス等の利用が目立ってきた。我が国ではこれらのエネルギー源のほとんどが外国から輸入されている。その輸送は専



用の輸送船に頼っている。ガスを貯蔵し輸送するため、これらのタンカーには上記の形の薄肉圧力円筒容器が搭載利用されている。しかしながら液化ガスの場合、輸送中に氷点下に冷却する必要がある、また船体の大きさ、形によっては球・円筒形が必ずしも好適とはいえない場合も起ってくる。この様な場合円筒形タンクを二つ平行にならべ、これらを少し重なる様につなぎ合わせた一断面の形が円形でなく、ひょうたん形である一いわば円筒複合タンクが適所に配置利用されている模様である。この種のタンクの利用は特に容積的に効率の良いことは想像されるが、中央部には引張補強材を必要とし、二つの円筒の結合部に弱点が生ずる。この結合部および引張補強材の両方について強さの安全性については明解な結論が充分示されていない。一部にこの種のタンクの実用化に成功した例も見うけられるが、その安全性についての試算は企業秘密もあって公開されておらず、実用化にあたっては安全性を確立しなければならない。

実用のタンクは直径が7～10mと大きいものであるが、その約1/60程度のプロパンガス用ポンペを2個組立て、実験的に各部の強さを検討しその安全性の調査を続けている。従来実験用に利用したプラスチック製のタンクの実験によりその見通しもついできた。

機械のコントロール 若林 敏夫(油圧工学)

自動車・船舶・航空機をはじめ、あらゆる機械・装置は動力を伝達・制御する部分を持っている。動力伝導には多くの方法が用いられるが、いずれの場合でも機能的性、経済性、安全性、耐久性、保守の容易さなどが要求される。油圧伝導装置は、総合的にみてこれらの要求を比較的良好に満たしており、現在広い工業分野で利用されている。かつて流行をみたハイドロメーション(ハイドロリック・オートメーションの略語)という言葉は、その普及の著しさを物語っている。

油圧伝導装置は、油圧油を媒体として動力の伝達・制御を行なう。すなわち、モータなどで得られる機械的エネルギーを油圧ポンプを用いて油の圧力エネルギーに変換し、必要な場所まで伝達した後、油圧アクチュエータを用いて機械的エネルギーに再変換し、機械の各出力機構を駆動させる。このとき各種の制御弁を用いて油の流れを制御することにより必要な動作を得ることができる。油圧伝導装置は、比較的小形で大出力が得られ、また速度と方向などの制御が容易である特徴をもっている。

油圧工学における研究は、主として油圧機器の機能に

関するものと、油圧系の制御特性に関するものに大別される。前者は、油圧機器を対象とし、材質、潤滑、油の流れなど機械工学を基礎とする研究分野である。後者は、回路構成、制御特性などを対象とし、電子工学、自動制御工学などを基礎とする研究分野である。

油圧系の制御特性に関して行なった研究の一つに、電気油圧サーボ弁による共振負荷の補償特性の研究がある。これは、負荷にコンプライアンスが存在するときの制御において必要となる補償法に関する研究である。電気油圧サーボ弁は、0.1ワット程度の微小電流で数10キロワットの油圧動力の制御を可能にするもので、周波数応答特性も優れており、油圧制御に欠くことのできない弁である。この研究では、電気油圧サーボ弁へ入力する制御電圧の演算回路において、負荷の動作補償に必要なフィードバック電圧を加えることにより、制御特性を著しく改善することができた。このような弁の制御電圧回路の開発は、制御特性に対する要求水準の高まりとともに、今後ますます重要な課題となる。

優れた集積回路の開発により、数値制御技術は著しい発展を遂げつつある。数値制御技術は油圧系においては機械・装置の制御特性を向上させる極めて重要な役割を果たしつつある。この分野の研究開発は無人数化、省力化を指向するFAをはじめ、高度な機械制御を実現するために重要な課題と考えられる。

実在気体効果を伴う流れ 松岡 一起(流体工学)

奈良高専へ転任以来、“実在気体効果を伴う流れ”を研究テーマとして今日まで取り組んで来た。

空气中を飛翔体が比較的低速で飛ぶ場合についての空力特性は全てと言ってよい程解明されている。それはエネルギー式を考える場合、古典熱力学の知識の範囲で十分対応できるからである。

昨今は宇宙時代と言われており、世界各国が挙って宇宙開発に力を入れているが、ロケットを地球から脱出させるためには極超音速で大気圏ならびに電離層を通過させる必要がある。また、米国では打上げ費用の軽減を目的としてスペース・シャトルの実用化に成功しているが、地球へ帰還する場合大気圏への再突入という厄介な問題を抱えている。

このように高速飛行をする場合には、飛翔体前面に強い衝撃波が発生し、背後には高温・高圧の領域が形成され、壁面の近傍では速度ならびに温度境界層が発達する。気体が著しく高温になると並進エネルギーの他に回転・振動・解離・電離エネルギーをも考慮に入れなけれ

ばならなくなる。これらを理論的に解明するには量子化学の知識を借りなければならず、その上膨大な計算量になり、手がつけられないのが現状である。

飛翔体が地球へ帰還する場合、電離層（プラズマ状態）を通過するが、この時通信が途絶える問題や壁面加熱等で障害が起る。この点に着目し、電離気体中を極超音速で飛翔する物体周辺の粒子（原子・イオン・電子）の密度分布と温度分布について理論計算を行ない実験値との比較を試みた。各粒子の質量・運動量・エネルギー式を連立させ、座標変換や写像の技法を用い、京大大型計算機を用いて数値計算を行なった。また、実験にあたっては出来るだけ物理現象を忠実に再現できるよう工夫し、低密度プラズマジェット風洞を用いて各物理量を測定した。その結果、壁面では触媒効果により各粒子の密度は少なく、境界層、衝撃波面に進むにしたがって多くなることが判明した。また、原子・イオン温度は2000Kであるのに対し電子温度は5～6000Kに達しその領域も広いことが判った。これらの分布状況からアンテナや飛翔体壁面処理の一助になるのではないかと考えている。

今後はきれいな高温、高圧状態を簡単に再現できる衝撃波管を利用し、境界層ならびに衝撃波の構造を多原子気体に拡げて研究を進めていきたい。

### X線応力測定法に関する研究

有間 淳一（機械材料学）

1895年11月、当時 Würzburg 大学の教授であった W. C. Röntgen が陰極線の本質を確かめるために行っていた実験の途中で、陰極線とまるで性質の異なる放射線の発見に至りこれをX線と名付けた。この放射線の性質は、空気を電離し、これを電気伝導性にする、写真作用をもつ、光のように直進性がある、光を透過しない物質をかなり厚い層まで透過するなどのことが Röntgen の初期的な研究で明らかにされたが、本質は不明なまま十数年が経過した。しかしながら物質を透過する性質に当時の医学・工学の分野で発見直後から実用段階に入り、特に医学では人体の透視および治療などに応用された。

1912年になって M. Laue, W. Friedrich, P. Knipping らが観察に成功したX線の回折はX線が電磁波の波動現象であるという本質を明らかにするとともに、1913年には W. H. Bragg と W. L. Bragg によって結晶に対するX線の簡単な回折条件式が提示され、X線分光学、結晶構造解析の基礎が確立された。X線の検出は電離箱による電離電流の測定、写真感光の黒化度の測定、計数管による計数の3つの方法が用いられているが、いずれも

X線の物質に対する電離作用に基づいている。

その後、X線は金属学、化学、鉱物学、地質学、生物学など自然科学の広範囲な分野に応用されている。

X線によって応力を決定することの可能性は、1930年に G. Sachs, J. Weerts によって発表され、1935年に G. Glocker, E. Osswald らによって材料表面の応力が完全に測定できることが提案されるに至って工学、特に機械工学の分野で大いに関心と呼んだ。この方法は、ある電圧で励起される特性X線を使用して、結晶の格子面間隔(d)を測定し、dの変化と応力の間に Hook の法則が成り立つと仮定することにより応力を計算するものである。以来主としてドイツ、アメリカ、我国の研究者らによって解折的、実験的な研究が数多く行われてきた。最近ではこれらの国々の主要な学会で、X線を研究手段にした研究会が組織されており活発な活動とともに情報の交換が行われている。

筆者も縁あって1960年から京都大学においてX線応力測定法の研究に従事することになった。当時は開放型X線管、整流管、真空排気系を主体としたX線発生装置が主流でX線の検出も写真法によるものであった。したがって実験の手始めはまずX線管の内部を $10^{-4}$ torr程度の真空に保つことであった。背面反射型カメラをX線管の窓に装着し、試料からの回折X線を一定時間X線フィルムに感光させ、フィルムを現像し得られた円形のX線回折黒化度曲線から格子面間隔(d)を求める作業の繰返しであった。このため、一点の応力を決定するのに実験を開始してから最低で7～8時間は要する有様であった。結果を急ぐ仕事の場合は数日徹夜も珍しくはなかった。次第にX線管は封入型が主流になり、X線の検出も G. M 管、比例計数管、シンチレーション計数管と発達し、現在ではX線回折装置またはX線応力測定専用装置が普通に用いられるようになり、安定したX線源とともに測定時間は飛躍的に短縮されるようになってきた。研究内容はX線応力測定法に関係するもので、炭素鋼、銅-亜鉛合金のX線の弾性定数の測定法、結晶の変形モデルを考慮した多結晶金属材料の弾性変形挙動、X線回折法の高温への応用としてニッケル基合金の高温変形挙動などを明らかにしてきたが、引き続き、この方法の実用に関する基礎的な諸問題の解明に取り組んでゆきたいと考えて準備をすすめている。

1981年7月、8月の2ヶ月間文部省の短期在外研究員として西ドイツに派遣された。滞在中のアーヘン市から列車で2時間ばかり北東に行ったところに、レナップという小さな美しい町があり、その中心部に W. C. Röntgen の生家があったので、8月上旬にそこを訪れた。現在は博物館として整備され、中に生前の彼の遺品と、前

述の Röntgen が最初に X線管を発見したときに用いた真空管と最初の X線写真が展示されていた。その外にその当時から現在までの種々の分野で使われていた X線装置が整然と並べられていたのが特に印象深かった。同行のアーヘン工科大学教授のハク博士が館長に引き合わせて下さったので、館長の親切な説明で館内をくまなく見ることができた。ここを訪問したのは日本人では君が 3 人目だと言われたので、訪問台帳に英語と日本語でサインをした。西ドイツ滞在中特に印象に残った場所の 1 つであった。

### 高性能熱交換器を目指して 中谷 洵 (熱工学)

熱交換器の性能の評価は、単位面積当たりの交換熱量の大小、動作流体の流動抵抗の大小によってなされる。高性能の熱交換器は単位面積当たりの交換熱量が大きく、流動抵抗の小さいものである。

大きい交換熱量を得るためには、動作流体を高速度で流動させればよいが、流動抵抗が増大し、流体を高速で流動させるための駆動動力が流速の約 3 乗に比例して増加する。高性能の熱交換器を得るためにはこの相反する問題を解決する必要がある。

筆者らは、高性能の熱交換器の開発を目指して次のような研究を行ってきた。

#### 1. 新しい形式の伝熱管の開発

流動抵抗が小さく、交換熱量の大きいフィン付き伝熱管を開発し各種条件下で使用した場合の性能を明らかにした。

2. 噴流を伝熱面に衝突させた場合、少流量の媒体で高い伝熱効果が得られる。局所的に大きい伝熱効果が必要とする場合には非常に有効な手段である。筆者らは、二次元単噴流、複噴流および三次元噴流について研究を行い噴流噴き出し口と衝突面との距離を考慮した実験式を提唱した。また、流れの可視化により流動特性をも明らかにした。

#### 3. 乱流プロモータによる伝熱促進

動作流体が高速(乱流)で流れる場合、伝熱は促進される。しかし、この場合さきにも述べたように流動抵抗が増大する。そこで比較的低速で流れを強制的に乱流に遷移させることにより高速流の効果を得る方法が考えられる。

筆者らは平板に流れた垂直にフェンスを設けた場合について研究を行った。この系はかなり高い伝熱効果は期待できるが、流動抵抗も増大するので総合的な性能改善効果はあまり期待できない。そこで、平板と少し離れた

位置に平行にしかも流れに垂直に乱流プロモータを挿入した系について研究を行っている。この場合流れは乱流プロモータによってかく乱を受け、境界層は乱流となり、流動抵抗を上回る伝熱性能の向上が期待できることが明らかになった。

この研究では乱流プロモータとした円柱群を挿入し、伝熱性能、流動特性ならびに乱流機構を明らかにする目的で実験的な研究を行っている。

### 今の鍛冶屋 (かじや) 関口 秀夫 (塑性工学)

金属材料に変形を与えて所定の形状・寸法の製品を得ようとするのが塑性加工である。自動車を例にとれば、ボディの成形、ホイールやシャフトの製造、ボルト、ナット、歯車などの部品加工などがあげられる。また、自動車の製造に用いられる板、線、棒、管などの素材は全て塑性加工による製品である。

塑性加工の目的は、高精度の製品を多量に、しかも安価に製造することであり、加工によって製品の材質を改善・向上させることもできる。こうしたことから、加工の諸問題が多く観点から検討されているし、計測や電算機制御の技術も重要な研究課題である。当研究室では主として材料の加工性の改善や新加工法の開発に焦点をあてて研究を進めてきた。

#### (1) 延性破壊の研究

材料によっては強すぎて加工困難となる場合や、延性(どこまで変形できるかという尺度)不足で加工中に破壊が生じて加工不能となる場合がある。従来は、加工限界は試行錯誤的に求められてきたが、延性破壊のメカニズムや破壊条件を明らかにすることができれば、加工限界を予測することができる。また、こうした研究は、加工性の改善、新加工法の開発、高強度・高靱性材料の製造などにも役立てることができる。主な成果は、日本機械学会論文集などに約 10 篇の論文として報告されている。

#### (2) ダイレスフォーミングの研究

一般に、塑性加工は工具を用いて素材に大きな変形を与える加工法(たとえば、圧延、鍛造、プレス成形など)であるが、加熱と冷却をうまく組み合わせることによって工具を用いずに引抜き、曲げなどの加工を行うことが可能である。このダイレス(工具無し)加工法は、通常の方法では加工困難な材料(チタン合金や高炭素合金鋼など)の加工や高付加価値製品の製造に有効である。本校申請の国有特許にもなっており、国外での発表も数件行っている。卒業研究で学生諸君が頑張ってく

れた成果であり、高く評価したい。

### (3) 材質向上についての研究

成形を行うと同時に、加工中の熱（温度）と変形をうまく制御することによって材質改善を行うことができれば、製品の付加価値向上を図ることができる。古くは日本刀の鍛錬にみられるように（日本刀は強く折れ難いという性質が要求され、正宗のような名刀は現代の科学技術の力をもってしても作り得ない程の高品質のものである）、加工と熱処理の合理的な組合せによっては独特の材質を得ることができる。最近、我々のグループは「焼もどし温間鍛造法」という新しい加工熱処理法を開発した。この方法によると、特殊な合金鋼でなくとも強度・靱性を大幅に向上させることができるし、通常の冷間鍛造の欠点（加工力が大きい、加工限界が小さい）も解消することができる。すでに高張力ボルトの試作が行われたり、種々の工業的利用が進められている。

## 反復解法による有孔平板の応力解析

水嶋 巖（弾性学）

平板を構造要素とする場合の強度設計において、その軽量化のために、平板構造の応力、変形、座屈、振動の正確な資料に対する要求がますます高まっている。

ところで、段付部、切欠き、円孔などによって断面が急変している形状を有する平板では、その形状急変部に高い応力が発生することが知られており、この現象を応力集中という。応力集中は材料の疲労現象と結びついて破損、破壊の大きな要因となるため、有孔平板の応力解析に関しては、切欠きや段付部の場合と同様に、従来から数多くの理論的および実験的研究が行われ、それらの研究結果は有益な設計資料としてまとめられている。しかし、なお設計者の立場からすれば、それらの資料で十分とはいえない。

そこで筆者は、種々の様式で配列された多くの円孔を持つ無限平板と帯板の応力集中問題、および1個の円孔を持つ無限平板に充てん物がそう入された場合の接触問題に対して、1つの解析的解法としての反復による解法を提示して、この解法の有効性を示し、さらに強度設計上有益な多くの資料を得てきた。これらの成果は、日本機械学会論文集に7篇の論文と6篇の資料として報告されている。

まず、極座標で表された2次元弾性問題に対する応力関数の一般形を用い、選点法とフーリエ解析法を結びつけることにより円孔周縁の境界条件を満足させる過程を反復する浜田らの方法に着目し、これにより単軸引張り

を受ける無限平板が

- (1) 異径2円孔
- (2) 直線上に配置された複数円孔
- (3) 直線上に配置された無限個の円孔（円孔列）
- (4) 2列円孔列
- (5) 縦横に配置された無限個の円孔
- (6) 円周上に配置された複数円孔

を持つ場合の応力集中問題を解き、この解法の有効性を確かめ、その適用範囲を広げた。また応力集中係数に関する多くの資料を求めるとともに、すでに数値解が求められている場合には、それらの妥当性を検討した。

つぎに、上述の解法を、フーリエ変換法を利用して帯板直線縁の条件を満足させる計算過程を組み込むことにより、無限平板から帯板に対する解法へと拡張させた。また本解法を用いて、引張りまたは面内曲げを受ける帯板が

- (1) 中央に配置された1円孔
- (2) 中央点に関して対称に配置された2円孔
- (3) 中心線上に配置された複数円孔

を持つ場合の応力集中問題を解析し、応力集中係数に関する一連の値を求めた。

浜田らの反復解法をさらに発展、拡張することにより、1個の円孔を持つ無限平板に充てん物がそう入された場合の接触問題に対して、平板と充てん物の弾性定数が任意の場合に対して適用でき、従来の解法と異なり多元連立一次方程式を解く過程を含まずに、比較的簡単に精度が高く、しかも適用範囲の広い解法を提示し、その有効性を示した。

## 高張力鋼の遅れ破壊 岩井 保善（材料強度学）

近年、鋼構造物の軽量化という要求にせまられて各種の強力鋼の開発が進み、一般的な用途にも使用されるようになってきた。しかしこれらの材料の使用に際し、従来の低強度鋼ではほとんど考慮する必要のなかったいくつかの問題が提起された。その一つに遅れ破壊の問題があり、高強度鋼の安全な適用に対する不安の要因になっている。

材料の破壊にはいくつかの形式があり、引張試験などでふつう見られる延性破壊、低温で鋼材がもろくこわれるぜい性破壊、くり返し荷重が作用することによりこわれる疲労破壊、および高温下において長時間の負荷によって伸び変形を生じ破壊するクリープ破壊などがあげられる。遅れ破壊とはこれらのどの形式にもあてはめにくい現象であり、常温において静的な引張りまたは曲げ負

荷を加えた場合、ある時間経過ののち外見上ほとんど塑性変形を伴わずに突然ぜい性的に破断を起こす現象である。またこの種の破壊の特徴は引張強さが約1200MPa以上の高力鋼で多く発生し、一般に強度レベルが高くなるとともに破壊に対する感受性を増す傾向を示す。

これまでの研究結果により、遅れ破壊は水素に起因すると考えられるものと、応力腐食による場合の二種に大別される。そこで当研究室でも初期に応力腐食を取上げできるだけ実際に近い雰囲気下（水道水、蒸留水、食塩水等）での実験を数多く実施した。ここでは一般に遅れ破壊はボルトのねじ部のような応力集中部で多く発生することから、応力集中係数（試験片の形状）を種々変化させた実験を行い、遅れ破壊感受性に及ぼす応力集中の影響を主に調査した。

一方、水素に基づく遅れ破壊は、電気メッキや酸洗いなど製造工程中に鋼の内部に吸蔵される水素、あるいは使用中に外部環境により水素が侵入して引き起こされる場合が考えられるが、いずれも鋼中に吸収された水素が割れ発生に関与する。現在当研究室では試験片への水素の供給は一定時間希硫酸水溶液に浸漬する方法あるいは多量の水素を吸蔵せしめる場合には同溶液中での陰極電解法を採用している。供試材料としては各種強度に調質（焼入れ、焼きもどし）した構造用合金 Cr-Mo 鋼を用い、水素吸蔵に伴う表面変化をX線回折法により、鋼内部の様子はアコースティック・エミッション (A. E 法) により調査し、併せて試験後の破面を走査型電子顕微鏡によって観察を行ってきた。

## 排気ガスの解明と代替燃料について

中田 敏夫（内燃機関工学）

内燃機関が発明され、20世紀に入ってから原動機としての座を確保し、後半に入ってから小型内燃機関の普及、大衆化にはめざましいものがあり、自動車を始め漁船、トラクターなど動力として都市農山漁村の日常生活になくはならないものとなっている。その燃料の大半は石油系液体燃料であり消費量は加速度的に増大した。これにより、石油資源の減少によるエネルギー危機の問題と内燃機関から放出される排気ガスによる大気汚染の問題とが起って来た。これらの問題を解決するのは重要であると考え以下のような研究を進めている。

エネルギー危機の問題解決としては、安価でしかも長期にわたって供給されるべき代替燃料が必要となる。このため、現在、核融合、太陽エネルギー等様々な方面での新しいエネルギー源としての研究開発が行われてお

り、内燃機関の燃料としてアルコール燃料等の研究も進められている。実際、南米ではすでに自動車の燃料としてガソリンにアルコールを混入するなど実用化されている例もある。そこで新エネルギー開発の一環として、触媒を利用する燃料改質を考え、燃料には簡単に作り出すことのできる酢酸を選び光触媒作用を利用することにより  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$  等の気体を取り出そうというものである。

一方、排気ガスによる大気汚染の問題については、未燃焼ガスが排出されるのは温度の低いシリンダ壁面近くにおいて火炎が消滅して、壁面近傍に未燃焼炭化水素が残留することがその主原因であるとされており、実際冷却層の存在は写真撮影によっても確かめられている。しかし実際の内燃機関においてはその燃焼状態を正確に把握することは困難であるのでその基礎的現象である単純な消炎現象から考えていく必要があるが、それもまだ十分に解明されていない。消炎現象の研究は排気浄化の問題だけでなく、熱効率、逆火防止などに役立ち、さらには火炎の構造を究明する上でも重要である。そこで、プロパン・空気均一混合気を用い、2枚の平行平板による消炎距離を測定し、次に球形燃焼容器を用いて、壁面に垂直に伝ばする火炎の冷却層の厚さを推定しようとしている。さらに球形定積燃焼室及び火花点火機関における燃焼終了後の未燃焼炭化水素濃度を調べ、定性的に火炎冷却層厚さから説明しようと考えている。

## ダイレスフォーミング 小島 耕二（塑性加工学）

塑性加工の目的は、素材に変形を与え所定の製品を造ることである。ところが素材が強すぎて加工が困難となる場合や延性不足で加工中に破壊をおこす場合もある。また、素材と工具間の摩擦によって加工できない場合もある。加工に際して素材の強度を小さくし、しかも延性を大きくするには熱間加工（素材を加熱し高温状態で加工）を行えばよいが摩擦の問題が残る。

これらの問題をうまく解決する方法としてダイレスフォーミングがある。通常の塑性加工では工具を用いて製品を成形するが、ダイレスフォーミングでは工具の代わりに加熱と冷却を利用して材料の変形を制御する。ダイレスフォーミングは局部熱間加工であり、工具を用いないので無摩擦加工である。この方法はいろいろな塑性加工法で利用できるものと考えられるが、ここでは引抜きと曲げ加工に適用した例を紹介する。

図1に、当研究室で開発したダイレス引抜き法の原理を示す。棒材の一端を固定し、その一部を高周波加熱コイルによって加熱する。そして他端を一定速度で引張

り、同時に加熱源を引張り方向とは逆方向に移動させる。加熱されている部分は軟化しているの、この部分にのみくびれが生じる。しかし、加熱源を一定速度で移動させ変形した部分を冷却することによってくびれは連続的に拡がり、結果として様な直径の棒を得ることができる。ダイレス引抜きの特長は、比較的小さな力で加工でき、一回の引抜きで大きな加工度を与えることができることである。

以上のようなダイレス引抜きの基本的な原理を利用すれば工具を用いずに曲げ加工が行える。図2にダイレス曲げの原理を示す。この方法では加熱コイルを固定し、材料を移動させて曲げ加工を行う。材料の一端は回転が自由なアームに取付けられているので、材料の移動とともに曲げモーメントが作用して加熱部で変形が生じる。この方法は管材の曲げ加工法として開発したもので、通常の方法では曲げ加工が難しい特殊管の曲げ加工法として注目をあびている。

現在、ダイレス引抜きとダイレス曲げは国内数社の企業で実用化の準備がすすめられている。

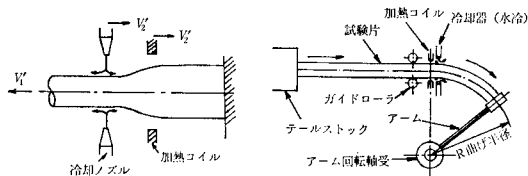


図1 ダイレス引抜き

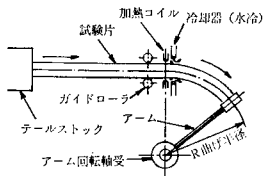


図2 ダイレス曲げ

## 高エンタルピ流れでの気体分子挙動

岸下 晴亮 (流体工学)

かつて炭抗の炭塵爆発による爆風実験のために考案された衝撃波管装置は、比較的簡単に超音速流れが得られるため、気体力学的な実験法としても確立されてきた。

また、衝撃波背後の運動エネルギーが熱あるいは内部エネルギーに変換された領域では、非常に急激な温度・圧力の変化が存在し、これを利用した実験も行なわれている。特に、反射衝撃波背後では、さらに高温・高圧への急激な変化が可能である。こうした急激な変化は気体分子内・気体分子相互の熱力学的、あるいは化学的な非平衡を生ぜしめ、高温・高圧下でのエネルギー移動・化学反応速度の測定法としても用いられている。

さらに、急激に一樣加熱された後、平衡状態にある気体分子を衝撃波管々端に設けた超音速ノズルにより急膨張させ、急冷却による非平衡を作り出すこともできる。

この場合、エネルギー移動速度、あるいは化学反応速度は流れ速度に追いつかず、気体分子内あるいは気体分子相互の反応は、非平衡状態のまま凍結してしまう。この凍結状態の情報より反応速度を測定することも可能である。

本実験室では、隔膜式と無隔膜式の衝撃波管装置を用いて次の様な実験と、それに対応する数値計算を行ってきた。

(1) 異核二原子分子の振動一回転エネルギー遷移は赤外域で発光し、分子内の振動一回転準位での数密度分布に関する情報を与える。そこで、一酸化炭素分子の反射衝撃波背後(3000~4000K)と、管端に設けた2次元超音速ノズル流れでの赤外発光スペクトル分布を測定した。その結果、基準振動帯と第一倍音帯での測定により、反射衝撃波背後での平衡分布、ノズル内での非平衡分布の情報を得、数値計算を併用してその構造を明らかにした。

(2) 衝撃波が進行する場合と生じる管路断面の変化や障害物との干渉を、衝撃波管を用いて局所的な圧力、温度を測定している。ピストン駆動型の無隔膜式衝撃波管装置を試作し、その性能改良を行うと共に、こうした実験を行っている。ピストン駆動型の場合ピストンの動きがきれいな衝撃波を作る主要な要因であり、その機構を明らかにする実験を行なっている。これらの実験は、二次元、圧縮性、非定常、非粘性の数値計算結果と比較検討している。その結果、両者は比較的良好一例を示し、衝撃波と物体、境界層等との干渉を一定明らかにすることができた。

光による超音波の可視化

押田 至啓 (計測工学)

近年、非破壊検査の一つの方法として透過超音波により物体の音響像を作り、この像を可視化する方法や、医療診断への応用を目的として生体断面を映像化する超音波CT法等が研究されている。これらの方法では超音波を測定物体に入射させ、透過後の超音波がうける変化を測定することにより測定物体の物質的な特性(たとえば密度、弾性定数、粘度など)の空間的な分布を知ることができる。このような方法により物体内部の情報を得るためには、まず超音波の位相あるいは振幅を画像情報として得るような検出法が必要となる。従来行なわれている方法としては、振動子を受波器として用いる方法、光波干渉計を用いた方法等があるが、これらはいずれも振動子や光を反射するための薄膜を測定する音場中に挿入しなければならず、これらが音場に与える影響も無視で

きない。この影響を取り除くために非接触で超音波の波面を可視化する方法の開発について研究を行ってきた。

進行超音波の波面を可視化することは音場中の各点における振動の位相を測定し、等位相の部分を目に見えるようにすることである。すなわち波面を可視化することは音場中の等位相の部分と同じ光の強度で表わすことである。このために光を用いた非接触な測定法として二つの方法を用いて可視化の研究を行なっている。

まず、ホログラフィ干渉法を用いた方法である。これはホログラフィ干渉法の時間平均法を応用した方法で、ホログラム記録時の参照光中の鏡を超音波の振動と同じ周波数で励振し、この振動を基準として音場中の各点の振動の位相を測定し、等位相の位置を同じ光の明るさで表わすものである。また、この方法では同筒レンズを用いてシート状の光を作り、これで音場を照明することにより、三次元的な超音波の波面可視化を可能にしている。

もう一つの方法としては、周波数をわずかに変えた光どうしを干渉させる光ヘテロダイン法を用いた方法について研究を行なっている。前述のホログラフィ干渉法を用いた方法では測定可能な最小振幅は数 nm 程度であるため、より感度の良い方法（最小振幅数 pm 程度）である光ヘテロダイン法による位相測定を考案した。この方法では参照光に周波数偏移を、測定物体の振動と同じ周波数の位相変調を加えこれを基準にして位相を測定する。物体を照明した光と参照光を干渉させ、時間的に強度変化しているビート光を光電変換器により電気的に検出しこれを電気的に信号処理することにより振動の位相を検出する。この方法で測定点を走査することにより進行波の波面を可視化することができる。

弾性変形から粘性流動までのあらゆる変形をあつかうことになるが、主として、Hooke 弾性体や Newton 流体では説明できない現象の解明に力が注がれてきた。また、レオロジーは高分子化学と力学との境界領域でもあり、分子論的な手法と連続体力学による手法の二つを用いてアプローチされている。

当研究室では、レオロジーの中でも非ニュートン流体を対象とし、連続体力学を用いて研究を行ってきた。非ニュートン流体とは、ニュートン流体以外の流体という意味であるが、特に粘性と弾性の両方を有する流体のことを言うことが多く、粘弾性流体と呼ばれる。最近、プラスチック成形品が多方面で用いられているが、成形過程における高分子融液などは代表的な非ニュートン流体である。この流体は、ニュートン流体と異なり特異な現象を示すことが知られているが、工学的および工業的な面から考えると、種々の幾何学形状をした流路内における流れの解明が重要となっている。これまで、当研究室では、(i)急絞り部における二次流れ、(ii)平行平板間スリットにおける流れ、(iii)矩形管内二次流れ、について流れを可視化するとともに、差分法により数値計算を行なった。その結果、二次流れが流体の弾性により発生することや、流れが速くなると不安定流動が見られることなどが明らかとなった。最近、脈動流や振動流などの非定常流動に興味を持ち、偏心二重円管内における脈動流と振動流および急絞り部における脈動流の実験を行なった。

これまで非ニュートン流体の流れを研究してきたことは、強い非線形性を持った流体で、非常にやっかいな流体だということである。しかし、逆に興味深い流体でもあり、もう少し研究を続けるつもりである。

#### 旋削における切りくず処理に関する研究

和田 任弘 (切削加工学)

レオロジー 森 教安 (高分子流体工学)

産業革命期に発生した化学工業により新しい物質がつぎつぎに生み出され、従来の Hooke 弾性体および Newton 流体の力学では説明のつかない現象が出現した。そして、これらの物質の力学的挙動について多くの科学者により研究が行なわれてきたが、1928年にこれらの分野を総称して“レオロジー”と名付けられた。レオロジー (rheology) は流れるという意味の rheo と、科学という意味の logos から作られた語で、古代ギリシャの哲学者 Heraclitus の“万物は流転する”に由来している。レオロジーの定義としては“物質の変形と流動に関する科学”が一般的である。この定義から考えると、

切削加工とは、工作物素材に、それより硬い材料でできた刃物 (切削工具) を、くい込ませて動かし、素材の不必要な部分を切りくずとして除去する。そうすることによって素材に所望の形状・寸法の新表面を与える加工法である。旋削とは、回転している工作物に切削工具をくい込ませる。このくい込ませた量を切込みという。つぎに工作物の回転軸を含む面内で切削工具をある一定の速さで動かす。この送る速さを、工作物1回転あたりの切削工具の移動量であらわし、これを送りという。このようにして切削加工を行う方法をいう。この場合、切りくずが排出される。切りくずの形は、切削工具の形状、

寸法や切込み、送りなどによって、流れ形切りくず、せん断形切りくず、むしり形切りくずあるいはき裂形切りくずに分けられる。流れ形切りくずが排出される場合には、切削抵抗が変動せず、良好な仕上面を得ることができ、工具のピッチング（切削中に切れ刃に生じた小さい欠け）も起こりにくい。基本的には最も望ましい場合である。しかし旋削のような連続切削では、流れ形切りくずが排出されると、切りくずは工作物などからみつつき、仕上面を傷つけたり、作業者に害を及ぼす。この状態を切りくず処理性が悪いという。このため切りくずを短く折断することが必要である。切りくず折断の方法として、切削工具のすくい面に設けたみぞまたは障壁などの障害物（これをチップブレーカという）で切りくずを折断する方法が一般的に利用されているが、適用範囲（ここでは、切りくず折断可能な加工条件の範囲とする）が狭く、適用範囲の広い切削法あるいはチップブレーカ形状の開発が望まれている。

(1) 切削を不連続にすると、この不連続なところで切りくずを折断することができる。送りを間欠的に停止させる間欠送り切削や、切削工具を送り方向に振動させながら切削する振動送り切削を、切削を不連続にするための方法として試みた結果、通常の旋削より適用範囲が広がったが、仕上面あらさおよび工具摩耗が大きくなる欠点が生じた。そこで、

(2) 振動送り切削と間欠送り切削との併用により、仕上面あらさは小さくすることができると考えた。その結果、仕上面あらさを小さくすることができ、しかも適用範囲をかなり広げることができ、一応の成果を得た。以上は切削を不連続にして切りくずを折断する方法であるが、前述したように流れ形切りくずは、工作物などからみつつき切りくず処理性を悪くする。しかし、切りくずの形としては望ましい。そこで、

(3) 連続した切りくずが工作物などからまらず、しかも仕上面を傷つけないようにする目的で、切りくずを送り方向に連続的に誘導するために、直径20mm、厚さ5mm程度の円すい台形状の丸こまチップを強制的に回転させながら切削を行う方法を試みた結果、切りくずが工作物などからまらず、良好は仕上面を得ることができた。そのため、現在、本切削法の実用化の研究が進められている。

#### 乱流伝熱の数値解析 矢尾 匡永（伝熱学）

乱流場における現象を明らかにしようとする場合、ナビエ・ストークス式に平均操作を行なったレイノルズ方

程式を解く必要がある。しかし、レイノルズ方程式中には、運動量の乱流輸送をあらわすレイノルズ応力があらわれ、未知数は方程式の数をうまわり、閉じた形とはならない。そこで、方程式系を閉じた形とするために、モデル化と呼ばれる近似操作を行なう。このモデル化には、いくつかの種類が有り、筆者は、乱れエネルギー  $k$  とエネルギー散逸率  $\epsilon$  との輸送方程式を解くいわゆる  $k-\epsilon$  二方程式モデルを採用し、これまでに数値解析手法に改良を試みてきた。

1. 放物型下流側境界条件の採用。管内流を支配する方程式は一般にだ円型方程式であり、これを解く場合には、計算領域の全ての境界に境界条件を設定する必要がある。このうち、流れの下流側境界条件は、普通、流れ方向こう配が零とされることが多いが、流れおよび熱伝達が流れ方向に対して変化しなくなる領域は、現実的にはかなり下流に位置し、計算領域は必然的に大きくなる。これに対して、計算領域の短縮をはかる目的で、支配方程式に境界層近似を施した放物型方程式を解いて境界条件を定めるという方法を、筆者は乱流場に適用した。

2. 熱伝導をとまらう厚肉管内流の熱伝達。管外壁を熱流束一様の条件下に加熱（または冷却）しても、管軸方向の熱伝導が無視できない場合、管内流の流れ様式によって、管内壁では熱流束一様とはならず、管内流の熱伝達に影響を及ぼすことが明らかである。この問題に関して筆者は、管側と流体側とを同時に解き、界面（管内壁）の熱流束を決定する方法を開発し、管の材質毎の熱伝達を明らかにした。

3. 管内オリフィス流れの熱伝達。管内壁の形状が不規則な場合の計算の一例として、管内オリフィス流れの熱伝達をオリフィス上流より解いたものであるが、現在のところ以下の改良が必要であると考えている。(a)オリフィス前後に形成される循環流内部の流れは比較的低速であり、低レイノルズ数乱流モデルを採用する。(b)オリフィス先端部近傍における大きな曲率を持つ流線に対して有効な乱流モデルを採用する。(c)数値粘性を軽減できる差分法を適用する。

#### 熱の伝導と沸騰 佐藤 三義（伝熱工学）

熱は目に見えず、四方八方に拡散してしまうという性質があり、取扱いは非常にやっかいです。熱の流れがどのようなになっているのかに興味を覚えこの分野の研究を行なっています。

（熱伝導の数値解法について）



熱伝導問題は数学の問題になってきますが、近年電子計算機が発達してきて解析的に解くことよりも、数值的に解くことの方がはるかに容易となってきています。数値解法として差分法 (FDM), 有限要素法 (FEM), 境界要素法 (BEM) などがありますが、その中で比較的取扱いが容易な差分法が広く利用されています。ここで、陽差分式を用いる場合に注意しなければならないことは、解を得るための安定条件が存在することです。

一方、無条件安定差分式 (Crank-Nicolson 法 (C-N 法), Du Fort and Frankel 法 (F-F法) など) の場合、その点の考慮は不要ですが C-N 法は陰差分式のためマトリクス演算に時間を要し、記憶容量も大となります。F-F 法は陽差分式のため計算は容易となりますが計算精度については十分明らかにされておらず、どの程度信頼性があるか現在検討を行なっています。十分利用価値があれば、膨大な計算量を必要とするヒートアイランドの問題などへ適用することにより、計算時間の短縮をはかることができます。また、モンテカルロ法も再注目されてきており、BEM とともに伝熱問題への適用を今後考えていきたいと思っています。

(沸騰伝熱について)

沸騰現象は原子炉、ボイラーなどで特に重要な問題であり、広く研究されていますが、高温から急冷する過程での非定常沸騰伝熱問題に取り組んでいます。

熔融金属を急冷凝固させると非晶質金属などの準安定相物質を得ることができ、新素材として有望視されています。急冷凝固法の一つに回転水中紡糸法があり、回転水層中に熔融金属ジェットを噴射し、凝固させて金属細線を製作しています。伝熱工学的には、熔融金属ジェットの水中における沸騰および強制対流伝熱問題となります。熔融金属ジェットの冷却過程についてはまだ十分解明されておらず、まずシミュレーションとして、高温に加熱した白金細線を水中浸漬冷却させ、沸騰現象、冷却速度など伝熱過程について調べています。林質的には、冷却速度を大きくするほどいままでにない傾向がみられ、冷却速度を高める冷却法の開発が要求されています。

多変数制御系について 木村 伊一 (制御工学)

火力、原子力発電プラントなどの熱流動プロセスをはじめ、一般に制御システムは比例、積分および微分動作からなる PID 調節器が主として用いられているが、これらのシステムは多数の制御ループからなり、かつループ間の干渉があって、単一制御ループの調整方法をその

まま適用できない場合が多い、このような制御系を多変数制御系という。

制御対象に制御量が複数あったとき、一般にはそれら制御量間に相互干渉があるのが普通である。この複数の制御量間の相互干渉をなくし、各制御量ごとに独立に制御できるようにする非干渉制御ならば、各制御量にばらばらにして、それぞれ 1 入力 1 出力制御系の設計法を適用すればよいから設計も容易である。

非干渉制御系の設計は、現代制御理論ではやはり制御対象の状態方程式にもとづき、状態フィードバックと前置補償器を用いる方法が主流である。制御量が多くなるにしたがって前置補償器の設計が困難となるが、制御対象の伝達関数の極・零点と補償器の極・零点、との関係について研究することは補償器の設計上重要である。

WALTER, GREE 氏は不安定な閉ループ系を避けるための規則、安定な補償器の合成法についていくつかの提案をしている。しかし、制御対象によってはこれらの規則によって安定判別できない実例も多く存在し、また補償器の伝達関数を求めることができても、回路的に合成できない例もある。こうした特別な制御系について、安定判別、部分的なフィードバック補償によって系の特性を改善できることを解明した。この方法では制御対象の伝達関数、とくに相互干渉の厳密な特性が必要であること、非干渉化した後で、各 1 入力 1 出力制御系の設計を行う必要があることなど、実用化への問題が残っている。

また、線形な制御対象に非線形な補償要素・制御装置を用いて、特性を改善するようなことも考えられる、逆に非線形な制御対象に非線形な補償要素・制御装置を用いて、線形制御系になるように補償して運転しやすくしてやることも考えられる。これらの非線形要素が関与する制御系の設計法は研究が遅れている。

これまで対称な非線形要素を含む 2 変数制御系について、自励振動と異状振動に関する解析と図式解法による周波数特性に関する解析を行った。

パターン認識 上田 勝彦 (情報工学)

人間は外界の情報の大部分を視覚情報、聴覚情報として獲得し、処理し、認識・理解することによって、外界に適応した目的行動をとっている。パターン認識 (画像処理を含む) とは、このような人間の視覚、聴覚に相当する能力を機械で実現しようとする研究分野の総称である。したがって、人間が視覚、聴覚によって獲得しているほとんど全ての種類の情報がその研究対象になってお

り、応用分野は極めて広く、多岐にわたっている。特に文字認識、X線写真や顕微鏡画像（血液、細胞など）の自動スクリーニング、衛星写真解析、各種製品の自動検査、視覚ロボットなどにおいては既に実用システムが開発され、それぞれの分野において大きな成果をあげている。

我々の研究テーマもこのパターン認識の分野に属するものであり、コンピュータによって特定の個人を個人として同定（identification）しようとするのが基本的な課題である。個人の同定には顔、指紋、署名、印鑑、音声などの個人の特徴を利用して行われるが、我々はこの中で印鑑と署名を対象として、以下のような具体的なテーマを設定して研究を行っている。

#### (1) 印鑑の自動照合に関する研究

日本では、印鑑は官公庁、金融機関をはじめとしてほとんどの機関において、文書処理、商取引きなどの際の本人確認の手段として広く用いられている。近年、顧客数の増大に伴って、取り扱う印鑑の件数も増加し、コンピュータによる印鑑処理の自動化が望まれている。我々は、この必要性を早くから認識し、数年来印鑑の自動照合方式の開発を行ってきた。現在、基本的な照合方式を確立することができ、今後本格的な信頼性評価を行う予定である。最近では我々の他に企業でも活発に研究が行われているが、我々が開発した照合方式は、その照合性能の点で非常に高いレベルにあると自負している。

#### (2) 手書き文字の個性の自動計測と筆者識別

手書き文字を機械で読み取る、いわゆる文字認識は古くから研究されており、漢字を除いて高性能な実用システムが既に開発されている。我々の研究はこの文字認識とは逆に、筆記者個々に個有の特徴を手書き文字から抽出し、問題の文字の筆者を同定するための方式を開発することである。現在までに、限定された字種の手書き文字について、字画線の構造解析、および文字全体のパターン特性の解析を行い、筆者の同定に有効な特徴量に関して基礎的な知見を得ることができた。この研究の最終目標は、これらの基礎的な成果に基づいて、署名の自動照合システム、および文書の自動鑑定システムを実現することであり、今後解決すべき問題も多いが、長期的なテーマとして、じっくり取り組んでいきたいと考えている。

音波などがあり、これらの波を使って物体を認識したり、空間の温度分布や目には見えない物体の内部を調べたりする学問が波動情報工学です。この分野での装置としては、遠くの物体をブラウン管上に表示するレーダや水中の魚の群を見つけるための魚群探知機などがあります。最近ではX線を使用した人体の断面を表示するCTスキャン装置、地球の表面の環境状態を知るシンセチックアパーチャーレーダなどが発明されています。これら最近の装置は波の性質（回折や屈折など）をうまく利用していると同時に電子計算機を使用しているという特徴を持っています。

波の中には反射物体の各種の情報がたくさん含まれていますが、それらの情報を波の中から取り出すためにはどうしても電子計算機が必要となります。光の情報を私達によくわかるようにする物としてフィルムが上げられますが、超音波や電波ではこのフィルムに相当するものでありませんので一般にセンサーが用いられます。

私の研究室では現在超音波を用いた人間の体内の立体構造を可視化するための装置を開発しています。この装置を開発するためには、波から得られる情報を高速度で処理する特殊な電子計算機や立体構造を表示するためのグラフィック装置が必要となります。そこで、これらの処理を行うための電子計算機の研究も行っています。

1971年インテルより発表されたマイクロプロセッサはまたたくまに全世界に広がりしました。今ではこのマイクロプロセッサを使った電子計算機であるマイコンはNCや工業用ロボットに利用されたり、パーソナルコンピュータとして使用されています。私達はこの安価ではあるがスピードの遅いマイクロプロセッサを多数連結することによりスピードを上げるマルチマイクロプロセッサの開発に取り組んでいます。この種の研究は全世界で行われていますが、計算機を多数連結したシステムの理論ははまだ確立されていません。また、これらの計算機の開発と平行して、処理されたデータを高速度でブラウン管上に三次元表示（ブラウン管は二次元ですの、影などをつけ見かけ上三次元にする）するための装置も開発しています。これらの装置は体内表示のみならず、ロボットの目やCAD（コンピュータ支援設計）などの分野にも応用することが可能となります。

ホログラフイ 宮田 正幸（光情報処理）

波動情報について 成田 紘一（波動情報工学）

私の研究室では、主として波動情報工学と電子計算機に関する研究をしています。波には光、電波、音波、超

レーザを利用した研究は、その性質より3つに分けることができます。第1は指向性の良さから光を1点に集中でき、その強力なエネルギーを利用する研究。第2は

可干渉性の良さからくる光情報処理に関する研究。第3は単色性による光物性研究などが考えられています。

現在私の研究室においては Ar レーザ (3 W), He-Ne レーザ (50mW) 等が稼働しています。

一般の白色光は種々の波長の光が混っておりしかもそれらは波束をなしています。これらの波はお互いに干渉しませんので情報を乗せたりまたは取り出すことが出来ません。これは電波の様にきれいな位相をもった波動でないからです。これに対しレーザは位相がきれいにそろった波と考えられます。この様な光はいろいろな情報を乗せることができます。私の研究室はこの性質を利用して光学的な処理を行い情報を取り出そうとすることです。

光学的情報処理の具体的なものとしてホログラフィが上げられます。これは1948年にイギリスの D. Gabor によって発明され、1962年 Leith と Upatonek によってレーザを光源として使うことが提案されて以来、新しいディスプレイ技術として注目されました。特に3次元物体を撮影したホログラムから再生した像は優れた立体感が得られます。これらのホログラムの再生にはレーザを用いれば問題ありませんが、高価で取り扱いが難しいため立体表示には適していません。白色光源で再生像を得るためには次の様な三つの方法があります。

- (1)再生像がホログラムのごく近傍にあるホログラムを用いる (イメージホログラム)
- (2)ホログラム自身に波長選択性をもたせる (リップマンホログラム)
- (3)ホログラム自身に分光特性をもたせ、分光された単色光を用いる (レインボーホログラム)

私の研究室においては(2)、(3)のホログラム作製の研究をしています。特にリップマンの場合ホログラム乾板の作成方法及び現像の諸条件によって、再生像の良否が大きく左右されますのでこれらの制御についての最適条件を決定するのが困難です。これらの制御等には今後マイコンを利用していくつもりです。またレインボーホログラムの視野の拡大方法などにも取り組んでいます。

## 電気の形態を変える

井村 栄仁 (パワーエレクトロニクス)

### (1) 電気の種類

現在発電所で作り出されている電気の殆んどは、その周波数が60 (Hz) または 50 (Hz) 一定の商用周波数の交流である。一方、化学工業や製鉄所などでは多量の直流を必要としており、電気鉄道では直流のほか将来ニ

アモータにみられるように可変周波数の交流を使用する。人類の窮極のエネルギー源となるであろう太陽熱発電にしても発生電力は直流であるから、反対に商用周波の交流に変換しなければならない。直流送電の場合も同様の事情が生ずる。

このように一口に電気といっても使用目的に応じて種々その形態を変えてやる必要があり、最近ではコンピュータを含んだ高度な制御技術が要求されている。

### (2) 静止形電力変換装置へ

電気の形態を変え、制御する装置のことを一般にコンバータと呼んでおり、従来発電機や電動機などのいわゆる回転機が主流であったが、近年の半導体素子の開発により回転部分を持たない静止形電力変換装置の開発、研究が盛んになった。その理由は後者が前者に比べて変換効率が高く、制御精度が良好で保守・管理が殆んど不要かつ騒音が少ないなど格段に優れているからである。

#### 半導体電力変換装置の主なもの

(a)順変換器：交流を任意の電圧の直流に変換する。

(b)チョップ：直流 “ “ “ “ ”

(c)逆変換器：直流を任意の周波数、電圧の交流へ

(VVVF)。

(d)サイクロコンバータ

：交流を直接周波数の低い交流へ変換する。があり、多数の研究がなされている。

### (3) 本校での研究

本校における研究としては PWM 逆変換器の試作・解析を手がけ当初、簡易解析法の有用性を示した。これにより回路素子の選択理由を明確にし、計算機の助けで回路モードを理論的に見出すことができた。続いて変換装置への指令を与えるゲート制御回路の改良を行ない、PWM 逆変換器に適用した結果、VVVF 電源として良好な結果を得た。チョップについても最近転流回路の一方を考案し、回路構成が容易で高効率かつ安定な特性を得ることができた。半導体電力変換器を含んだシステムの解析には、変換器そのものの解析が必要でこれについては継続して精密解析を行っている。

応用面では、逆変換器による誘導電動機駆動システムにマイクロコンピュータを取り入れた制御の研究を行っており、ほぼ満足のいく成果をあげつつある。

以上の成果の大部分については、電気学会、パワーエレクトロニクス研究会および国際会議などで発表した。

今後も省エネルギー、システムの安定性などの研究を続けてゆきたい。

最後になったが上記の研究過程で勿論私自身学会や研究会で学ぶことが多かったが、同時に本校学生諸君から教えられたことも実に沢山あった。実際、以前は卒研生

と連名の学会発表したことも何度かあった。「負うた子に教えられて……」という格言がよくわかる。

### 絶縁性高分子材料の基礎研究と機能性有機

電子材料の開発 京兼 純（電気物性学）

電気材料は、伝導度の立場から金属材料、半導体材料と絶縁体（誘電体）材料に分類され、各分野において独自の方法で研究が成されている。それらの3種類の材料のうちで、主に誘電体材料を中心に基礎研究および機能性電子材料の開発を行っている。

これまで半導体材料は、量子論に立脚した固体物理学（物性論）を礎にして、研究・開発が行われ飛躍的な発展を見、次々に新しいデバイスが出現し、今日のエレクトロニクス産業の主役となって久しい。他方、絶縁材料は高分子工学の寄与により、無機材料から有機材料に置き換えられ着実に伸び、今や電力ケーブルを始め、電気機器・設備から電子デバイスとその周辺装置および通信衛星に代表される宇宙関連機器に至るまで多種・多量に使用されている。このように高分子絶縁材料は、各分野でそれぞれ重要な役割を果たしているが、まだまだ技術的に未解決な部分が存在し、多くの問題が山積みしているのも事実である。例えば、伝導と破壊、耐コロナ性と静電現象、トリーやトラッキングと劣化などがあげられる。さらにまた、絶縁性能向上を目的とした材料開発の基礎となる理論考察は、有機物特有の構成物質の複雑さや、理論構築の脆弱さなどが相まって、半導体材料に比べて大きな遅れをとっている。そこでこうした状況下においては、従来のような経験的な検討だけでは不十分であり、よりきめの細かい物性論に根差した基礎研究が必要となってきている。現在、高品位絶縁材料の開発の一助にと、電荷発生から絶縁破壊に至る一連の過程および静電・劣化現象の解析に関する研究を行っている。特に静電現象に関する実験は、文部省在外研究員としてフランス国立科学研究センター（C. N. R. S.）放電物理学研究所で行ってきた継続であり、表電処理とも関連した新しい方向の研究である。

また最近、資源の多くを持たない我が国においては、エネルギー消費の少ない効率の良い廉価な材料、あるいは半導体や金属に代る材料の開発が急務とされている。そうしたなかで、高分子材料のある種のものが圧電体あるいは焦電体となること。さらに(SN)<sub>x</sub>や(CH)<sub>x</sub>などの物質は一次元金属のような導電異方性を示すことが報告され、有機超伝導体材料探索への第1歩となり、新局面を開くことになった。従ってこのような観点から、種

類が無数にある有機物質の最大の特徴を利用して、電荷移動錯体や複合系を形成させ、絶縁性から超伝導性までをカバー可能な材料と、新しく機能性を持たせた電子材料（デバイス）の開発に関する研究および実験を進めている。

### 波動情報処理とマイクロプロセッサ応用

世古 忠（制御工学）

これまで、マイクロ波、音波など光と比較して長波長領域の波動による像形成への計算機応用及びマイクロプロセッサの応用面に興味を持って研究をすすめてきた。

長波長領域の波動による像形成の例としては、マイクロ波・ミリ波を使用した開口合成レーダー、X線、超音波を使用したCTスキャナーなどがある。研究室では、ホログラフィックな手法により、不可視物体の立体像を形成する研究を従来から行ってきた。使用波は、マイクロ波、超音波である。光の場合は、写真乾板上に物体波と参照波とを干渉した波面を記録しホログラムとし、再生は、乾板に発生光を照射して行うが、マイクロ波、音波の場合は、物体波と参照波を電気的に干渉させ、電気信号に変換された波動の振幅と位相をA/D変換することにより、計算機内のメモリにホログラムデータとして記憶する。像再生は、ホログラムデータにある種の演算を施し、数値的に行い、結果をCRTディスプレイ装置に表示する。この方法は、不可視物体（例えば地下埋設金属、生体内）の立体像の可視化を行える事や、像に数値的な処理を施せるなど利点があるが、光の場合と比較し得られるデータ量が少量のため、良好な像を得る上で問題が残っている。また、従来方式であると、再生像の奥行き方向の分解能が極端に劣化する問題点があった。

研究室では、再生後の分解能が波長の $\frac{1}{4}$ 程度となる新しい方式を考案し成果を得た。また、マイクロプロセッサを組み込み、多量のデータをリアルタイムに得られる装置を開発した。計算機技術の進歩により、大容量メモリ、マイクロプロセッサなどが安価に入手できる様になっている現状から、これらの応用技術を開発することも大変重要である。研究室では、マイクロプロセッサを使用したハードウェアの開発に関する研究成果も得ており、雑誌等にも掲載している。

マイクロプロセッサの応用分野のうち研究室では、現在、多色グラフィック端末装置の開発などをテーマとして研究を行っているが、マイクロプロセッサの種々の応用に適したソフトウェアの開発、研究も重要である。

マイクロプロセッサが大量に使用できる様になってく

ると、分散処理、並列処理など、従来の計算機のアーキテクチャでは実現できなかった方式のものが可能となってきており、言語の面でも新しいものが考えられている。

特に並列処理機能を組み込んだ、言語がいくつか提案されており、研究室でも、現在興味をもって研究を行っている。更に最近、高機能マイクロコンピュータシステムの OS として UNIX が、標準になりつつあるが、UNIX の研究も重要であると思われる。

### 空間フィルタを用いた速度測定

山内 雅好（計測工学）

電気フィルタが時間的に変動する電気信号のフィルタリングであるのに対して、空間フィルタとは、空間的に変動する何らかの物理量（本文では、光学的な輝き空間分布）のフィルタリングである。

空間フィルタの概念は、1952年 P. Elias 等によって提案され、赤外線探知および追跡装置の開発とともに進展してきた。現在、空間フィルタの応用は、探知・追跡、速度測定、距離測定、画像変換などの分野で研究されている。

空間フィルタを用いた速度測定の原理は、連続的に直線運動をしている、被測定物体が持つ光学的な明暗の、“むら”の特定空間周波数成分を、一次元狭帯域通過特性を有する空間フィルタにより抽出することにより、被測定物体の空間フィルタに対する移動速度が、空間フィルタを通過した光量の強弱の時間的な繰り返し（時間周波数）に変換され、この時間周波数を測定することにより、速度を知るものである。

具体的には、一次元狭帯域通過特性を有する空間フィルタの一例として、透明・不透明のスリットを $x$ 方向に交互に並べた櫛のようなもの（櫛状レティクル）を考慮することができる。これは、直流を含む低周波領域に大きな通過特性を持つが、 $x$ 方向に透明・不透明の繰り返しに相当する空間周波数に主要通過帯域を有するバンドパスフィルタとなる。このフィルタ面に移動する被測定物体の像を結像させると、像の明暗分布のうち空間フィルタの透明・不透明のスリット間隔に相当する明暗の縞模様は $x$ 方向に移動することと等価となる。したがって、空間フィルタを通過した光量は、空間フィルタのスリット間隔と被測定物体の $x$ 方向の移動速度に依存した時間周波数で変動することになる。この光量変動は、光検知器で電気信号に変換し周波数計で測定すれば速度を求めることができる。

しかし、実現可能な空間フィルタは、主要通過帯域以外に低周波・高周波領域に不都合な通過帯域を持ち、また被測定物体に能動的に印を付けるのではなく、その物体が元来もつ固有の“むら”を利用するため、空間フィルタの出力信号は単一周波数の信号とはならない。したがって、測定精度の向上には、被測定物体の“むら”の性質、空間フィルタの形状、空間フィルタ出力信号の信号処理等が問題となる。

現在、本研究室では、空間フィルタを用いた糸の送り速度ならびに糸のよりピッチの測定を行っているが、時間周波数の測定にマイコンを利用して、測定精度の向上を計ろうとしている。

### 遠隔制御方式の変遷について

日高 徳光（制御工学）

遠くはなれた所から機器を制御したいという願望は、機器を制御する間に、ひとりでに生れてきたものである高電圧の開閉器や、しゃ断器は当初絶縁されたレバーなどを手で直接操作したものであるが、取扱者の安全や、部外者の感電事故等の経験から、電気主回路を大地より高所に隔離したり、あるいは隔壁を設ける為、クランク等を用いた機械的な手動遠方操作へ変り、さらに電磁力、電動力、空気圧力、油圧力等によって開閉器類を制御する方法を考えるに至って、これら駆動機械を制御する低圧の制御線を、制御すべき主回路機器から、かなりはなれた所の制御盤上から操作できる電気遠方操作になり、同時に主回路機器の機構部の動作による補助開閉器によって、制御盤の信号灯を点灯させ、主回路機器の開閉状態を間接的に監視できるようにした。このような方法が実現されるに従って、さらに同一電気所や構内にある多数の機器を1箇所から集中的に監視制御するために配電盤室を設けて、個々の監視制御盤を集中して、相互の関連をみながら、監視制御を少ない人手で有効かつ迅速に出来るようになった。このような制御方式が開発されると必然的に、このやり方を、さらに拡張して制御線を構外にまで延長して、何百米あるいは何千米はなれた他の電気所や事務所から監視制御出来れば、それだけ保守人員の省力化が出来るのではないかという考えがうかんでくる。然し、この場合次の点が問題になってくる。

- ① 操作線が長くなれば、抵抗が増え、操作電圧が低下するので、操作線を太くし、かつ操作電流を小さくしなければならぬ。
- ② 従来の方式でゆけば、制御対象が多くなるに従って非常に多くの制御線を必要とし、制御線そのものの費

用及びそれを支持保護する支持物、ダクト等の建設費さらにそれ等の保守経費の増加を考えると膨大なものになってくる。

以上を解決する為に、①の中操作電流を小さくする為に高性能ワイヤスプリングリレーが使われ更にトランジスタやダイオード、シリコンと電子化遠方監視制御が行われるようになった。②に対しては、制御所と被制御所を最少限2本の線で結び、パルス信号を送受することによって、制御所及び被制御所に夫々定められたポジションを選択し、表示灯を点灯する、指示計を振らせる、条件を切替える、機器を入切する等の監視制御が出来るようになった。

これが遠隔制御方式の変遷の概略であるが、ここでは電鉄変電所において、その制御方式が直接制御から、時代の推移と共に遠隔制御方式へと、かわって行く過程で主機はどの様に変化してきたか、制御方式はどの様な考え方でかえられたか、省力化はどのように進められたか等を調査研究している。

#### 画像処理と署名照合 中村 善一(情報工学)

人間が対象物を見て、それが何であるかを認識する為に、計算機に対象となるパターンや画像を入力し解析・認識を行い必要な結果を出力するのがパターン認識・画像処理と呼ばれる分野である。パターン認識や画像処理に関する研究は比較的新しく、ここ数年来急速に進歩し様々な分野で応用されている。その代表的な例としては、郵便番号の自動読み取りに代表される文字認識、人工衛星による地球表面の資源探査などのリモートセンシング、さらにX線装置と計算機を組み合わせる二次元断面像を得るコンピュータ・トモグラフィなどがある。当研究室でもここ数年、この分野に関する研究を行っている。

まず最初に手掛けたのは、画像処理に関する研究を行うために必要な汎用性のある画像処理システムの構築である。特に研究用の画像処理システムでは、多数の基本処理プログラム——入力画像の雑音除去を行う平滑化、濃淡画像を白黒の2値画像に変換する2値化、対象パターンの境界線を見つけるエッジ抽出など——を備えていること、さらにそれらプログラムの処理結果を研究者がすぐに確かめられることが重要である。これらの条件を満たす画像処理システムとして、研究者がコンソールからコマンドを入力することによって基本処理プログラムを実行させ、順次その結果を見ながら試行錯誤により一連の処理を行い最適な手法を見出す会話型画像処理シ

ステムを開発した。

現在は、この会話型画像処理システムを基に、署名の自動照合に関する研究を行っている。近年コンピュータ技術の発展により銀行の現金取引装置に代表されるオンライン・サービスが普及し、それを利用する場合の利用者のチェックをいかに正確かつ迅速に行うかが問題となっている。現在広く用いられているカードによる方法は、安全性の面で疑問がある。そこで、個人の物理的特性であり、また個人の照合方法として従来よりなじみの深い署名をとりあげ、その自動照合技術の確立をめざしている。まだこの研究は緒に就いたばかりであり、署名照合を行う際にどのような特徴量が個性をよく表わし照合に有効であるのか、またそれら特徴量をどのように使って具体的に照合を行うのかを検討している。現在までのところ、署名文字の配置や輪郭情報の有効性が確かめられ、これら特徴量を用いて96%程度の照合率を得ている。今後はさらに照合率を上げるために種々検討を行うとともに、筆跡鑑定への応用等も行っていきたいと考えている。

#### 炭素材料研究の回想 石川 忠夫(無機合成化学)

炭素(人造黒鉛)を中心に二硫化炭素、四塩化炭素など無機高温製造化学ともいえる分野の研究を行ってきた。人造黒鉛に関しては最も高品位(高黒鉛化度かつ高純度)を要求される電解板(水銀法食塩電解用陽極)を直接の対象にしたが、その内容は次の3つに大別できる。

(1) 高純度黒鉛の製造に関する研究——不純物で特に問題になるのはバナジウムとホウ素であるが、まず原料コークスの精製法を検討し、2,000°Cでフッ化水素(ホウ素に有効)―塩素(バナジウムに有効)系の処理で電解板はもとより原子炉材としても許容できる純度が得られ、この結果を参考にして、黒鉛化工程で精製も同時に行える方法を確立した。この方法は汚染黒鉛の再生にも役立つ。また、炭素中極微量バナジウムの定量には、過酸化水素触媒波ポーラログラフ法を見出だした。

(2) 高黒鉛化度黒鉛の製造に関する研究——黒鉛化度を上げるには触媒作用が必要と考え種々実験し、特にカリウム雲母と同類のリチウム雲母とが極めて有効で同時に純化作用もあることを確めた。その機構に関し、雲母類の黒鉛類似の六角網目層格子構造が炭素原子の黒鉛構造への配列の骨格となっていることを解明し、また、アルカリ成分が純化作用に有効であることを見出した。この外、鉄やその酸化物も工業的触媒として適当であるこ

とを確かめ、機構についても、中間に生成する炭化物が高温で分解し、活性炭な炭素が生じ黒鉛結晶へ配列してゆくとする独自の見解を示した。さらに種々工場操作条件を検討して、触媒法高品位黒鉛製造法を完成させた（特許 280234, 283158）。この方法により 2,500°C 以上もの超高温のため多くの困難を抱えていた従来法より黒鉛化温度を数 100°C も低減させ得た。

③ 電解板の品質試験に関する研究——黒鉛の化学的諸性質と食塩電解の際の陽極の消耗状態を比較検討し、消耗機構と消耗を最少限にする電解条件を明らかにし、それらに基づき新しい品質短期試験法を創案した。この方法は、日本ソーダ工業会で採用され食塩電解工業および人造黒鉛工業において重要な試験法となっている。

以上の一連の研究に対し、近畿化学工業会（現近畿化学協会）より“化学技術賞（昭36）”を受けた。その後刊行された“日本の化学百年史（日本化学会編）”および“日本ソーダ工業百年史（日本ソーダ工業会編）”の中に自分の氏名を発見したときは、「自分も微力ながら戦後の本邦ソーダ工業の発展に直接寄与できて、研究者としての責任を果たせてよかった」という喜びと恩師への感謝で感慨ひとしおであった。

#### 木材、平凡にして貴重なるもの

石垣 昭（有機工業化学）

現在、研究室で2000年前（弥生時代）の遺跡より出土した木材と同居している。一見、どこにでもありそうな樺杭であるが、弥生時代の生産技術の一端をしるばせる粗削りの杭1本に2000年の歴史の重みを感じる。

私と木材との関わりは昭31年日本パルプ工業株式会社入社し、木材を原料として数々の技術的研究開発に携ったことに始まる。中でも昭53年日本化学会がその創立100周年を記念して刊行した“日本の化学百年史”の中で、パルプ紙工業の項（同書 p. 907）に、私が中心となって開発した二つの国産技術がとりあげられたことは大変光栄に思っている。特にその一つは私の学位論文の主題をなしたものであり、またもう一つはその技術的完成を条件として本校教官として赴任することを八濱義和校長（当時）にお約束した経緯もあり感慨深い。これらの技術の詳細については割愛するが、何れも木材よりレーヨン用パルプ（DKP）を生産する際の副産物の製造技術に関するもので、私は技術者としての成長を木材に負っている。

本校赴任後も最近に到るまで、その研究内容は学位論文の中心となったフルフラールに代表される含酸素環状

化合物の合成と応用を主要なテーマとして研究を進めてきた。その一つが高選択性クラウンエーテルに関する研究であり、またキラルなテトラヒドロフラン誘導体の合成と応用に関する研究である。特に後者では卒業研究生の熱意によって、これまで成功していなかった数種の光学異性体の立体的絶対配置の決定に成功した。

最近になって文化財の科学的測定並びに保存についての新材料の開発に関する研究を分担するようになって、冒頭にのべたように再び直接木材との関わりを持つようになった。遺跡の発掘調査では湿潤な地中から埋没当時の原形をとどめて貴重な木質の遺物が出土することがある。最近では山田寺跡から法隆寺よりも年代の古い建築遺構が発見され学界に衝撃を与えたが、これもその一例である。このほか数多くの貴重な遺物が次々と発掘されてきているが、その保存処理に時間がかかり、処理の順番がくるまで水漬けにされたままになっている。場合によっては崩壊を防ぐため埋めもどすケースもある。これらの処理法は技術的には標準化されているが、欠点もない訳ではない。当研究室では、これらの木質遺物をより迅速に、よりよく保存するための技術の開発をめざし基礎的研究を行っている。学生の関心も深く、多くの卒業研究生が協力してくれており、また電気工学科の協力を得てコンピュータグラフィック処理を応用し、保存処理技術の開発に役立てるような研究内容も現在計画中である。

#### 公害への挑戦 犬田 修正（電気化学）

大気汚染はおもに工場や火力発電所などから排出される煙や自動車の排ガスによるが、その原因物質には硫黄酸化物、窒素酸化物、一酸化炭素、炭化水素などがある。それらの除去技術にはいろいろあるが、従来の方式とは異なった SO<sub>2</sub> と NO<sub>x</sub> の同時除去の新方式を提案し、先ず SO<sub>2</sub> の除去についての基礎研究をおこない、この方式が SO<sub>2</sub> の除去についてのすぐれた方式であることを確認した。目下、NO<sub>x</sub> が混入している場合について検討を進めつつある。これが成功すれば、“奈良高専方式”とでも名付けようかと思っている。

一方、日本経済の飛躍的發展と人口の都市への集中化、過密化とともに、それにとりまわり輸送手段としての自動車数は増加の一途を辿り、それからの排ガスによる大気汚染や騒音などが大きな社会問題となり、さらに、わが国としては石油需給見通しについては大きな不安がある。それへの対策の一つとして電気自動車が注目され、先ず考えられる電池は鉛蓄電池であるが、この電池

の理論起電力は2.12Vで満足すべきものではあるが、理論エネルギー密度は180Whr/kgで、現在のところ、実用的には40Whr/kg程度と不十分であり、改良を加えても多くは期待できない。それに対して、酸素・亜鉛型電池は理論起電力1.62V、理論エネルギー密度1060Whr/kgで、この電池は鉛蓄電池に比べるとエネルギー密度において格段にすぐれている。他の強力な新型電池に比べるとこの電池の作動温度は常温であるので加熱の必要もなく、腐食問題や取り扱いや安全性についてもあまり問題はない。この電池の原理そのものは新しいものではないが酸素極の放電時の分極が大きかったこと、二次電池化を考えると充電が難しかったこと、その他基礎研究が不十分であったことなどから、実用化されたものも小型であり、限られた用途に止まって現在に到ったものである。ところが近年に到り、宇宙開発などにもない、燃料電池の技術開発が進み、酸素極の性能が著しく向上したことから注目され始めたものである。そこで、本電池についての基礎研究をおこなってきたが、大容量の動力源として用いようとすると電解液循環方式が適当と考えられ、かかる場合についての諸問題についての検討をおこなったが、部分的には未解決の課題も多く、さらに研究を積み重ね実用化に向けて努力したいと考えている。

その他、Alを負極活物質とする電池、あるいはBr<sub>2</sub>を正極活物質とする電池についても研究をおこない、実用化にとって好都合な特異現象も見出したが、まだ基礎研究の段階である。また、2年程前から、廃マンガン乾電池からのマンガンの再生利用問題にもとりこんでいる。

### 電荷移動をともなう化学反応

泉 生一郎（工業物理化学—有機電気化学、  
光電気化学）

高専において筆者が取り組んできた研究は、学校の特質を考え、長期のビジョンに立ったライフワーク的なもの、今的重要性を有する応用研究、そして工業教育的なものなどを根幹に据えている。

これら3本の柱のうち、ライフワーク的な研究テーマは博士論文としてまとめた内容の延長線上にあるもので、電気化学の領域に有機化合物を導入し、豊富な基礎研究の末、有機電気化学としての学問体系を充実させようとするところに、その目標がある。もともと一次、二次電池など、無機化合物が研究対象の中心になっていた電気化学の分野にあって、細々と肩身の狭い思いをしな

がら研究を始めたのが、早くも20年の歳月を数えている。この間、分野を同じくする人達の努力によって学会内に独立したセクションが設けられ、今や燃料電池の開発や、新しい有機合成の方法として、フットライトを浴びるほどに発展してきた。こうした流れの中で、アルコール類のアノード酸化に対する金属カチオンによる触媒効果を見出したこと（燃料電池）や、コルベ反応を利用した電解重合の研究（有機合成）が筆者自身の研究成果として印象深い。

次に、今的重要性を有する応用研究としては、環境クリーニング、エネルギー生産、光合成などの研究を行っている。いずれも太陽エネルギーの化学的変換利用を意図して、光電気化学の見地から追究しているが、なにしろ産声をあげてまだ10数年の分野で、基礎を明らかにし応用にまで持ってゆくのに四苦八苦している。幸い光電気化学の世界的権威であるテキサス大学のA. J. Bard教授の下で、1978年10月から1年間研究に専念でき、その際まとめた2件の論文がトピックスとして扱われ、なお文献として引用され続けている幸運が支えになって、力の乏しさを補ってくれているように思われる。この分野を難かしくしている原因は、既述の有機電気化学では電極と基質間の電荷移動を扱うのに対し、光電気化学では電荷移動に先立って半導体による光電変換過程が加わってくるためである。これまでに報告した研究の中で、光触媒による芳香環の酸化開裂（環境クリーニング）と光コルベ反応（光合成）の研究が印象的である。

最後に、工業教育的な研究であるが、現在まで主として工業化学実験教材の開発に取り組んできた。この種の研究発表は、小・中学、高校、大学から学会の場で活発になされているにもかかわらず、不思議と高専からはほとんど見られない。高専での化学教育に創意工夫が不必要であるはずはなく、殊に高校・大学での取り組みから学んで良い内容も研究発表の中に数多く見受けられるので、今後、学会の場においての高専教育に関する研究討議をふやす努力が必要であろうと思う。毎年、時代に即応した、あるいは理解度を高めるための実験教材の開発に取り組み、その成果を発表してきているが、「酒類中アルコール分の電気化学分析」がその代表的な教育論文である。

### プラスチックの耐食性 井口 高行（有機材料工学）

有機材料とは一般にはプラスチックとか、材料の分子構造が鎖状に連なって分子が大きいことから高分子材料とか呼ばれている。最近は無機質の充填材を加えて複合



材料として用いるので一般化している。プラスチック製日用品は身のまわりにあふれているが、実際には工業用に目につかない部分で使用されている量の方が多いと思われる。このように多方面に使用されるようになった一つの理由にプラスチックは腐食し難いことがあげられる。この利点によって金属材料にとって替ってきた一面がある。金属材料は通常の状態では簡単に腐食するからである。しかし、プラスチックも腐食するわけで金属のように虫が食うようには腐食（以前は食のかわりに蝕と書いた）しないで、薬液に侵されるので通常は耐腐食性と呼ばずに耐薬品性と呼ばれている。日用品で耐薬品性が問題になる場合はあまりないが、工業用に使用されるプラスチックでは使用される環境が厳しいので耐薬品性は重要なテーマとなる。特に化学装置では材料と腐食の戦いといえる一面があり、有機材料も重要な役割をはたしている。

プラスチックを化学装置に実用する上で耐薬品性の面から考えなければならないいくつかのテーマがある。その一つは材料に液体と外部からの力が同時に作用した場合に、ある日突然材料が割れてしまう現象で、金属材料では応力腐食割れ現象と呼ばれてさかんに研究の行われている分野であるが、プラスチックでも類似の現象があり、環境応力割れ現象といわれている。身近かなところでもプラスチック製コップなどを洗剤で洗ったところ、小さなキラキラ光るひび割れが入ったなどはこの現象のあらわれである。工業的には割れを発生させないで安全に使用できるためには材料の試験を行なう必要から、試験法の JIS（日本工業規格）化が検討中で現在そのための共同試験、規格案作成などを研究会に集って行なっている。

金属製化学装置を腐食から守るために、金属表面に有機材料で皮覆する、いわゆるライニング、コーティングの技術がある。簡単にいうと塗膜の膜の厚いものであるが、ライニング用の有機材料には雲母のような鱗片状のガラスを含んだものや、家庭用のフライパンのテフロン加工の技術の進んでものなど、性能が極めて向上して多くの化学装置に施工されている。この分野ではライニング材料の試験方法、ライニング装置が何年使用できるのかの寿命の予測など重要なテーマが数多くあり、工業会との交流も得て研究を行なっている。

#### 反応の速さの測定 梅原 忠（反応工学）

試験管の中で見出された新しい反応を、工業的なプロセスにするには、色々な反応のパラメーターの効果につ

いて調べる必要がある。

工業的に重要な反応として、最初に実験的研究の対象としたのが、Wacker 社の Smidt 博士らによって見出された、エチレンからアセトアルデヒドを生成するプロセス（Wacker プロセス）であった。エチレンガスを塩化パラジウムを含む触媒溶液に吸収させ、アセトアルデヒドを生成させるこのプロセスは、気・液反応であるのでガスが溶液に吸収される速度を測定する必要がある。

実験に使用した装置は、平面接触攪拌槽、濡れ壁塔、液柱塔および充填塔である。これらの装置は、気・液反応を研究するために従来からよく用いられているものであり、充填塔を除けば、気・液接触面積が既知で、かつ液の流動機構が比較的明らかな基礎研究用装置である。また気・液の接触時間は、液柱塔の  $10^{-3}$  秒程度から攪拌槽の数時間程度まで、反応の速さに応じて広範囲に変えることができる。

Wacker プロセスに使用する触媒は、高価な塩化パラジウムであるので、反応に使用された触媒は当然再生使用する必要がある。再生に使用する助触媒としては、塩化銅や塩化鉄が考えられるが、このプロセスには塩化銅が適していることを、反応の速度を測定することにより明らかにした。

反応に使用するガスとしては、エチレン、プロピレン、1-ブテンおよびイソブテンを使用し、一連のガスに対する Wacker プロセスについて研究を行ってきた。

触媒として用いた塩化パラジウムをタリウムに変えると、反応生成物が2種得られることに注目し、種々のオレフィンガスに対する液相酸化反応速度の測定も行った。しかし、この反応に対する有効な助触媒については、今後さらに研究を続ける必要がある。

最近では、在外研究でカリフォルニア大学の Smith 教授と共同研究を行った“水処理に使用された活性炭の再生に関する研究”に興味をもち、活性炭の熱再生や水蒸気による賦活等に関する実験を行っている。成果の一部は、本号に抄録として記してある。

#### 水と空気 河越 幹男（反応装置工学）

気液接触操作が専門である。気液接触操作とは、ガスの液に対する溶解度が物質によって異なることを利用して気相中の成分を液相に吸収させたり、逆に液相中の成分を気相に放散させたりする操作であり、古くから蒸留、ガス吸収、気液反応などに用いられている。近年、廃ガス処理、排水処理、醗酵工業の分野においても広く利用されており、そのための装置が多数考案されてい

る。代表的なものとして気泡塔、段塔、充填塔、気泡攪拌槽、スプレー塔がある。このうちの気泡塔、段塔を総称して気泡分散型装置と呼んでいる。いずれも、気液接触面積を大きくするために、ガスを気泡として液中に分散させるからである。気泡塔と段塔の区別は気泡が上昇する液相の高さによってなされる。一般に、液相の高さが1m以上を気泡塔という。段塔は、気泡を分散させると同時に液を保持するため、直径5mmから10mm程度の孔を多数開けた多孔板を高き方向に何段か重ねたものであり、一段当たりの液相高さは通常10cm以下である。気液混合相内でどのような現象が起こっているか、また如何にして気液の接触効率を良くするか。これが主たる研究テーマである。手短に言えば如何にして水と空気を効率良く接触させるかということである。

最初のテーマは、段塔を気液反応装置として用いる場合の設計法であった。作図による簡単な設計法を見いだした。この作図法は後にインドの M. M. Sharma らによって更に改良されている。次に、実際の装置設計に必要な気液接触装置の流動及び物質移動の特性を整理した。以上が学位論文の骨子になった。次に行なったテーマはリフトトレイである。従来のトレイが一枚の多孔板から成っているのに対し、このトレイは上下二枚の多孔板からなり、上の多孔板はガス流速に応じて浮き上がり、ガスがトレイを通過する際の圧損が一定になるように調整される。このトレイの流動特性を明らかにした。安定操作範囲の広いことがこのトレイの大きな特徴である。

1979年10月から翌年の9月までの1年間、カナダのウォータールー大学に研究員として留学した。外部液循環式醗酵装置の研究に従事し、この装置の基本的な特性であるガスホールドアップ、液循環速度、気液界面積、気液の混合特性を解析した。気液界面積は写真法、光透過法、反応吸収法の三つの方法で測定した。

現在は、液中に個体粒子を懸濁させた場合、及び液として非ニュートン流体を用いた場合の気泡塔、液循環式気泡塔、多孔板塔の特性について研究している。また、最近広く用いられるようになってきたマイクロコンピューターの測定面への利用についても関心をもっている。

## 晶析 中谷 武志 (プロセス・システム工学)

化学工場を見学すると、高い塔や大きな装置が並び、それらの間を無数のパイプが走っているのが観察される。それらの塔や装置は、いくつかのユニット・プロセスを含んでいる。各プロセスを出た物質はパイプを通じ

て、次のプロセスへと運ばれる。そして、各プロセスの状態やプロセスからプロセスへの物質の流れは、中央の管理室から計算機によって制御されている。

実験室で合成に成功した新物質の生産をこの様に工業化するには、実験室での問題とは異質の二つの問題にぶつかる。第1は、プロセス・システムの最適設計である。製品を作るには、原料の精製、分離工程に始まり、混合・反応工程、そして製品の分離工程へといくつかの工程を経なければならないが、可能なシステムの中から経済性やシステムのフレキシビリティを考慮した選択をし、設計しなければならない。第2は、最適制御系の設計である。装置の安定な運転や、市場の要求に応えるための品質や生産量の制御が必要である。これらの問題を解決するためには、各々のプロセスの解析が必要である。各プロセスは、化学工学において単位操作と呼ばれ、蒸留・抽出・乾燥・吸着・放散・晶析・膜分離・伝熱・吸収・凝縮・調湿等に分類され基礎的な解析がなされている。現在、それぞれの操作において装置の開発・改良が進んでいるが、まだ経験に頼っている分野も多い。この中で、晶析は、その現象の複雑さや不安定さから研究の立ち遅れた分野といえる。現在、筆者は、完全混合槽型晶析装置における粒径分布制御について研究を継続中である。

晶析装置において、粒径分布を制御することは、結晶核発生をどのように制御するかという問題につきる。しかし、これは非常にむずかしい問題である。それは、結晶核発生は、過飽和濃度という熱力学的に不安定な領域で起きるからである。結晶核発生現象は、これまでの研究でかなりのことが明らかとなっており、過飽和溶液から自然発生する一次核と結晶表面から離脱したクラスターが核となる二次核とがある事が分かってきた。即ち、結晶の存在下では、核発生速度は過飽和度ばかりでなく、結晶の総表面積、器壁の性質、搅拌速度にも関係しており、その機構は複雑なものとなっている。電子計算機の進歩とあいまって、核化現象の支配的因子のすべてを総括することができ、実際の晶析現象の動的挙動を詳細にシミュレーションする事が可能となった。

今までの実験において、(1)結晶核の発生速度と過飽和度の関係、(2)過飽和度と搅拌速度の関係、(3)結晶の成長速度と過飽和度の関係についておよその知見が得られ、一部は研究紀要に報告している。また、膜分離や、化学物質による太陽エネルギー貯蔵についても関心があり、既往の調査や簡単な追実験をしている。

クラウン化合物 大植 正敏 (合成・分析化学)

Du Pont 社の Pedersen によって 1962年7月5日構造の決定したベンゾ-18-クラウン-6は、そのものの発見と同時に化学分野のあらゆる所で実際面への利用に向けて研究が開始された。この最初のクラウンエーテルは、もとはといえば、バナジル基の触媒特性におよぼすフェノール系配位子の効果を研究するために合成したビス〔2-(*o*-ヒドロキシフェノキシ)エチル〕エーテルの副反応生成物として得た少量 (収率0.4%) の白色繊維状結晶にすぎなかった。しかし、この未知物質のアルカリ金属イオン (Na, K, Li 等) に対する奇妙なふるまいに注目した発見者は、数多くのクラウンエーテルに対する特性を見いだした。

クラウンエーテルの化学構造は、数分子の酸化エチレンが環化重合した形をもつ環状ポリエーテルである。この環中の酸素の代りに窒素原子や硫黄原子を入れたものをそれぞれアザクラウン、チアクラウンと呼び、これらを総称してクラウン化合物と呼ぶ。

このクラウン化合物はドナー原子 (酸素・窒素・硫黄) との相互作用によって金属カチオンを捕捉する。例えば、カチオンの疎水性が増大し、過マンガン酸カリウムベンゼン溶液中、無機塩の有機溶媒への溶解がおこることになる。また、金属カチオンの捕捉は、クラウン環内孔径と金属カチオン径との相対的な大きさ、結合部位の数、型、ドナー原子の種類等の違いによって選択性が生じる。この特性を用いて、おこなわれている応用は、(1)光学異性体の分割、(2)金属の捕捉・分離、(3)イオン選択性電極、(4)カラム充填剤等である。

我々の研究分野でも、ベンゾ-15-クラウン-5、ベンゾ-18-クラウン-6のポリおよびビス体でのアルカリ、アルカリ土類金属の溶媒抽出、カリウムおよびバリウム選択性電極、また、シリカゲル上へ化学結合で固定化した液体クロマトグラフ用充填剤などの応用分野の報告がある。

現在、当研究室では重金属・遷移金属に対して親和性のある特異なベンゾチアクラウン化合物の合成を試みている。昨年より、ベンゾアザクラウン化合物についても合成しているが、それらはすべて酸素-硫黄、酸素-窒素のドナー原子を有するものであって、特にある種の金

属に親和性をもたせることを期待して合成している。そして、これら合成クラウン化合物を、重金属抽出試薬等として開発中である。チアクラウンに関しては、化合物の一つが、銀イオンにのみかなりの結合能力をもつことがわかっている。

ロボットの第六感を求めて

化学工学科 助手 片倉 勝己 (化学計測工学)

受話器を取ってダイヤルを回せば、遠方の人と話しが出来る電話。いたって手軽で、簡単な、しかし不思議な代物です。この電話としての機能を果す為には、交換機と呼ばれる装置が必要になり、近年、コンピュータを用いた装置が増加しています。コンピュータで制御される交換機のことを、特に電子交換機 (E. S. S.) と呼んでいます。電子交換機の導入によって、多くのサービス (短縮ダイヤルサービス、キャッチホン等) が出来る様になりました。今後、ますますコンピュータ化が、各分野に於いて発展していくものと思われませんが、それが、電話と同様に、サービスの多様化を可能にする事と、プログラマ、システムエンジニアの負担を増大させる事は間違いありません。実際、1台の交換機のプログラムを作成するのに、何人の人と、何年の期間が必要だったかを考えてみれば明らかです。

私がこれから研究を進めて行くにあたって、コンピュータという代物を避ける事は出来ません。まず考えねばならないのは、どういう目的で、どんな所でコンピュータを使うか、という事です。これに対して、次の様に考えています。コンピュータは、人間の5感で直接感じる事の出来ない事の感知、人間の許容を超える条件下での5感の役割を果たすべきではないか、と言う事です。その為には、様々な条件で感応する検出器、物質の濃度測定等を行なえる、物質検出器、即ち、センサーと呼ばれる物が不可欠となるはずで。特に、化学屋として開発せねばならないのは、物質センサーです。但し、今後、種々のセンサーが開発されたとしても、それをコンピュータの目、鼻、耳として、擬似人間を作る事があってはならないはずで。



奈良工業高等専門学校 研究紀要第20号

昭和60年3月15日発行

編集兼  
発行者 奈良工業高等専門学校  
大和郡山市矢田町22

印刷所 株式会社 奈良明新社  
奈良市橋本町36番地

# RESEARCH REPORTS

## of NARA TECHNICAL COLLEGE

No. 20, 1984

### CONTENTS

Working Limit and Accuracy in Dieless Bending of Steel Pipe ..... Tatsumi ICHISE, Koji KOBATAKE and Sadao KIMURA.....	1
Effect of Hydrogen Absorption Depth on Hydrogen Embrittlement of High Strength Steel ..... Yasuyoshi IWAI and Junichi ARIMA.....	9
Sideband Holography..... Yoshihiro OSHIDA and Katsuya KAGA.....	15
Prospects of Automatization in Lathe Cutting.....Katsuya KAGA and Yoshihiro OSHIDA.....	21
Propagation of Shock Wave in Tube (Case of Variable Cross Section) ..... Haruaki KISHIGE and Kazuoki MATSUOKA.....	25
Steady Heat Conduction in Moving Heat Sources .....Mitsuyoshi SATO.....	31
Fundamental Study of Acetic Acid Reformed Gas by the Catalytic Reaction ..... Toshio NAKATA.....	37
A Chopper Circuit with the Commutation Circuit Connected Parallel to the Source ..... Shigeji IMURA.....	43
Residual Voltage in Polyethylene.....Jun KYOKANE, Katsumi YOSHINO, Mun SooYUN, Ken-ichi NOJIMA, Yoshio INUISHI and Nobuharu KASHIWAGI.....	49
Improvement of Executive-Efficiency of PASCAL Object Code Suitable for Microprocessors ..... Tadashi SEKO and Hirokazu NARITA.....	55
A Light-Detectable Negative-Resistance Circuit Presented by an Optocoupler ..... Haruo TAKAHASHI.....	61
Trial Production of Multiple Color Graphic Display System ..... Hirokazu NARITA and Tadashi SEKO.....	67
Diffusion of Methylalcohol in Rigid PVC Lining..... Takayuki IGUCHI and Satoshi OKUDA.....	71
Fundamental Study on the Conservation Method of Waterlogged Wood [II] Explanation of the Impregnation Process Using X-ray Absorption Method ..... Akira ISHIGAKI.....	75
Selective Inhibitory Effect of a Film-modified Platinum Electrode on Anodic Oxidation of Chloride Ion..... Ikuichiro IZUMI.....	79
Characteristics of Flow in a Perforated Plate Column.....Mikio KAWAGOE.....	83
Zum Valenzbegriff deutscher Verben.....Osamu KIRIKAWA.....	87
The Two Senseless Agents in <i>Pride and Prejudice</i> .....Shozo NAKANISHI.....	91
The Development of W. S. Maugham's Theme (Part II) On <i>Cakes and Ale</i> ..... Gen-ichi NAKAMURA.....	99
Dative Ordering in the Stonor Collection .....Kiyokazu MIZOBATA.....	111
A Study on Listening to Colloquial English—based on the analysis of errors of listening ..... Masahiro MORIYA.....	117
A Study of Students' Physical Strength and Athletic Ability .....Takeshi NAKAWADA.....	131
The Will and The Prulastic World—A Study of "The Will to Believe" on William James ..... Tsuneyuki KIMURA.....	149
Abstracts .....	157
Research Activities in 1983-1984.....	171
Review of Research Works in Nara Technical College.....	177