

ISSN 0387-1150

研 究 紀 要

第 26 号

平成 2 年度

奈良工業高等専門学校

目 次

スペックル干渉法におけるスペックル径の影響	押田 至 啓	1
メタノール改質器の基礎的研究	小 柴 孝	7
極超音速楕円錐飛翔体周りの流れ	坂本 雅彦・西尾 正富・木村 雄吉	13
プロッタ用グラフィックサブルーチンの作成	島 岡 三 義	19
空気圧グリッパのシミュレータ開発に関する研究	早川 恭弘・田中 弘文	25
電流形アクティブフィルタの基礎特性(2)	井 村 榮 仁	29
High Field Characteristics of Ultrathin Films(PMSP) by Surface charge Decay Measurements		
Jun KYOKANE, Yoshihiro YAMAMOTO, Ichi KIMURA and Katsumi YOSHINO		35
太陽電池発電の高効率化実験	山本 善啓・土井 滋貴・高橋 晴雄	39
スケール・スペース・フィルタリングを用いたフィンガープリント・パターン・キーイングの研究	土井 滋貴・山本 善啓・高橋 晴雄	43
UNIXにおける言語教育支援システム	成田 紘一・西野 貴之・小松 省吾	49
重クロム酸ゼラチンを用いたリップマンホログラムの温度依存性	宮 田 正 幸	53
判別問題へのファジィ・ベイズ意思決定法則の適用	植 村 芳 樹	57
パターンの時間伸縮を許容する自己組織化神経回路網モデル	小 澤 誠 一	61
プログラム設計過程の定量的評価の試み ―初期設計書の品質から見た評価―	工藤 英男・菊野 亨・鳥居 宏次	69
Generalized LR構文解析法による曖昧な文脈自由言語の解析	山井 成良・世古 忠・河田 亨	77
アラミド繊維の耐水性	井口 高行・奥田 聡・小引 茂夫	85
遺跡出土木材の超音波診断法による非破壊的研究(Ⅳ) (出土木材内部の不均一な硬さ分布の非破壊的調査)	石垣 昭・井口 高行	89
固定化酵母を用いたアルコール発酵	河越 幹男・末 信一郎	95
酵素反応を用いる蛍光法による尿素の定量	末 信一郎・大植 正敏・犬田 修正・木村 恵一・田中 稔・庄野 利之	99
Topological Concepts between 'Lindelöf' and 'Pseudo-Lindelöf'	Shōgo IKENAGA	103
クーデンホーフ・カレルギーの体育観について―新貴族主義と体育―	中和田 武	109
シェイクスピアと英国音楽劇の伝統(マスクとオペラについて)	神 澤 和 明	115
イザベルの認識の進展 ―「ある婦人の肖像」 ²⁾ の認識論的解釈―	片 山 悦 男	125
擬似分裂文における不定詞	溝端 清一・熊谷 裕司	135
多元的世界と宗教(Ⅳ) ―ウィリアム・ジェームズの宗教論についての考察―	木 村 倫 幸	154
夏目漱石『門』の冒険者	武 田 充 啓	164
論文抄録		165
教官活動一覧表		169

スペックル干渉法におけるスペックル径の影響

押 田 至 啓

Dimensions of the Speckle in Speckle Interferometry

Yoshihiro OSHIDA

Speckle interferometry is widely used for displacement measurement of the rough surface. In this method speckles act as the carrier of the displacement information, so that the speckles to be resolved by the CCD camera. Moreover, speckles must be smaller than displacement. Dimensions of the speckle restrict the dynamic range of speckle interferometry. The relations between the speckle size and speckle interferometry systems are described, and it is shown experimentally that the mean speckle size restricts the dynamic range of this method.

1. 緒 言

工学的な分野において物体の変位を高精度で測定することは非常に重要な意味を持っている。特に表面が粗面であるような構成要素や構造物の変位計測は材料力学、精密工学の分野では必要不可欠なことである。表面が粗面である物体の変位や変形を光の波長程度の精度で、しかも二次元面情報として得る方法としてスペックル干渉法やホログラフィ干渉法がある¹⁾。このうちホログラフィ干渉法は広く一般的に用いられているが、空間周波数の非常に高い干渉縞を記録しなければならないため、高分解能の写真乾板やサーモプラスチック等の非常に分解能の高い記録媒体を必要とする。また、記録、再生の処理が必要であり、処理に時間がかかり測定手順がかなり複雑である。これに対し、スペックル干渉法では記録媒体はスペックルを検出できる程度の分解能で良く、CCDカメラを利用することができる。また、画像データの計算機処理も容易に行え、実時間的な計測が可能である²⁾。

このスペックル干渉法では、物体の変形前後のスペックル像の強度の変化から物体の変位量に対応した縞分布を得ている。すなわち、変形前後でスペックルの形は変わらず、参照面からの光波と物体からの光波の干渉のた

め、物体変位で光の強度が変わることから変位を求めている³⁾。このため、スペックル像をどの程度正確にCCDカメラで映像信号として取り込めるかが重要な問題となってくる。すなわち、スペックルの大きさとCCD撮像素子の画素の間の関係が物体の変位に対応した縞の形成および縞の見やすさを決定することになる。さらに、物体の変形前後で同じスペックルの強度変化から変位量を求めているため、物体の変位のために生じるスペックルの移動量と、スペックルの大きさの間の関係がスペックル干渉法の測定限界を決めることになる。

そこで、本研究ではスペックルの大きさと撮像素子の画素の大きさの間の関係、およびスペックル干渉法の測定限界を明らかにすることを目的とし、これらを実験的に検証した。こめため、光学系中の開口の大きさを変えることによりスペックルの大きさを変化させ、変位に対応した縞の見やすさおよび測定限界を求めた。スペックルの大きさとこれらの関係および実験的な検証結果について述べる。

2. スペックル干渉法におけるスペックルの大きさ

スペックル干渉法の基本的な光学系を図1に示す。変位を測定する物体表面の粗面 P_1 (物体面) および参照面

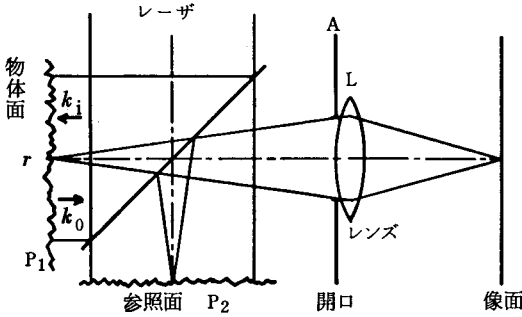


図1 スペックル干渉法の基本的光学系

となる粗面 P_2 をレーザー光で照明する。各粗面から散乱された光波は開口Aを通りレンズLで像面上に結像される。この像面上で物体面からの光波(物体光)と参照面からの光波(参照光)が干渉を起こす。また、各面の粗面の影響でスペックルパターンを形成する。すなわち、物体、参照両面間の干渉情報を含んだスペックルパターンが形成される。この像面上にCCD撮像素子を置き、光の強度分布を電気信号として得る。次に、物体を $d(r)$ (r :物体面上の位置)だけ変位させ同様のスペックルパターンを得る。これら変形前後のスペックルパターンの各点 r における強度の差の2乗を計算すれば得られる値 $I(r)$ は

$$I(r) = 8I_o(r)I_R(r)\sin^2\left\{\theta(r) + \frac{\phi(r)}{2}\right\} \cdot \{1 - \cos\phi(r)\} \quad (1)$$

となる⁹⁾。ただし、 $I_o(r)$ 、 $I_R(r)$ はそれぞれ物体光、参照光のみの強度である。 $\theta(r)$ は物体側光路と参照面側光路を通して来た光の光路差であり、これが粗面の影響で位置に関してランダムな値となり、スペックルを形づくることになる。また、 $\phi(r)$ は物体の照明方向、観測方向の波動ベクトルをそれぞれ k_1 、 k_0 とすれば

$$\phi(r) = (k_0 - k_1) \cdot d(r) \quad (2)$$

で与えられる量で、物体の変位による物体光の位相変化である。

(1)式で \sin^2 の項はランダムな $\theta(r)$ のために、位置に関してランダムな値をとる。これがスペックル像を与え、このスペックルパターンを $1 - \cos\phi(r)$ の項でAM変調していることになる。 $1 - \cos\phi(r)$ は(2)式より物体の変位に対応した縞分布を与える項であり、これを測定すれば物体の変位 $d(r)$ を求めることができる。

スペックル干渉法では(1)式の分布を導出するときに、

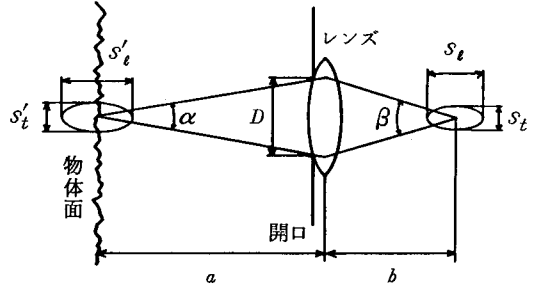


図2 結像系とスペックルの大きさ

変形前後でスペックルの形は変化しないということを仮定している。これは物体の変位に対応して生じる像面上のスペックルの変位がスペックルの大きさに比べて十分小さいということの意味している。一方、スペックルの大きさよりも変位が大きくなると(1)式の中の $1 - \cos\phi(r)$ の \cos の項の中にこの影響が出てくる。変形前後のスペックルの対応がとれなくなるために生じるスペックルの位相変化を $\Delta\theta(r)$ とすると、縞を与える $1 - \cos\phi(r)$ の項は

$$\text{縞の項} = 1 - \cos\{\phi(r) + \Delta\theta(r)\} \quad (3)$$

となり、ランダムな成分 $\Delta\theta(r)$ のために変位に対応した縞が得られなくなる。このことから、スペックルの大きさがスペックル干渉法において重要な因子となっていることがわかる。

スペックルの大きさを考えるため、スペックルの形成の中心的役割を果たす結像光学系を図2に示す。図のような結像光学系の場合、スペックルの平均の大きさは光軸方向の長さを s_l 、光軸と垂直方向に径を s_r とすると

$$s_l = \frac{\lambda}{\beta^2} \quad (4)$$

$$s_r = 1.22 \frac{\lambda}{\beta} \quad (5)$$

で与えられる⁹⁾。ただし、 λ は光の波長、 β は像面から開口を見込む角度である。開口径を D 、レンズの焦点距離を f 、Fナンバーを F ($\equiv f/D$)とし、物体からレンズまでの距離、レンズから像面までの距離をそれぞれ a 、 b とすると(4)、(5)式は

$$s_l = \frac{\lambda}{8 \left(\tan^{-1} \frac{f}{2bF}\right)^2} \quad (6)$$

$$s'_l = \frac{0.61 \lambda}{\tan^{-1} \frac{f}{2aF}} \quad (7)$$

と表わされる。また、このスペックルを物体面上に対応させた場合の大きさは光軸方向を s'_l 、垂直方向を s'_v とすると

$$s'_l = \frac{\lambda}{8 (\tan^{-1} \frac{f}{2aF})^2} \quad (8)$$

$$s'_v = \frac{0.61 \lambda}{\tan^{-1} \frac{f}{2aF}} \quad (9)$$

と表わされる。

スペックル干渉法ではスペックルを検出するため、CCDカメラの画素は(5)式あるいは(7)式で表されるスペックル径より十分小さくしなければならない。一方、これらの式で与えられるのはスペックルの平均径であり、スペックルはランダムな大きさを持っているため、スペックルのパワースペクトル分布は図3に示すようになる⁹⁾。図3よりわかるように開口の回折によるエアリーディスクの大きさで決まる空間周波数のものを最高に、低い空間周波数の成分まで含まれている。したがって、平均径より大きなスペックルも多く存在している。このため、開口で決まるスペックルの平均径よりもCCDカメラの画素が十分小さいと見せせない場合にも、スペックルを検出できる可能性がある。

スペックルは面の凹凸分布のため生じることから、物体が移動すると、それに対応した量だけ像面上で移動する。一方、物体の変位を測定するためには物体の変形前後に対応するスペックルの強度変化から測定する。このため、変形前後においても像面上での一点では、同じスペックルが対応している必要がある。このため、測定可能な物体の移動量の限界はスペックルの大きさで決まることになる。すなわち、物体面上での物体の移動の限界

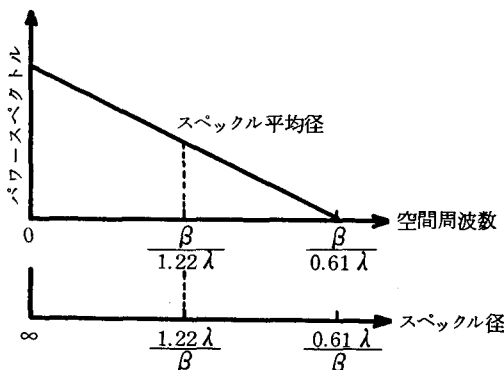


図3 スペックルのパワースペクトル

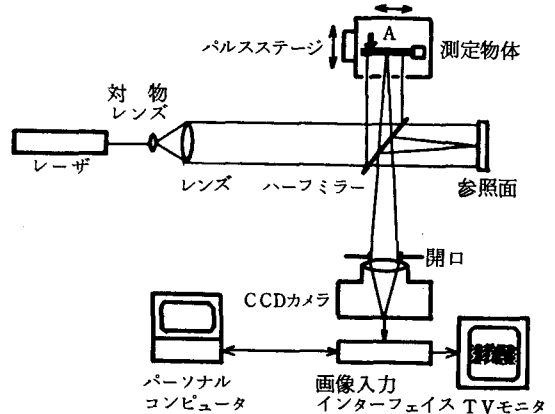


図4 実験光学系および信号処理系

は、光軸方向には(8)式で与えられる s'_l の値、光軸と垂直な方向には(9)式で与えられる s'_v の値となる。

3. 検証実験

3.1 実験装置

スペックルの大きさと撮像面の画素の大きさ、および測定限界の関係を検証するための実験光学系および信号処理系を図4に示す。

光源としては50mWのHe-Neレーザ ($\lambda=632.8\text{nm}$)を用いた。CCD撮像面の画素の大きさは13 (H) × 11 (V) μm である。結像レンズの焦点距離は $f=55\text{mm}$ であり、このレンズのFナンバーを変えることによりスペックルの大きさを変え実験を行った。また、光学系の結像条件は $a=437\text{mm}$ 、 $b=62.9\text{mm}$ である。測定物体としては片持ちはりを用い、A点にマイクロメータヘッドを用いて変位を与えた。また、この片持ちはり、光軸方向と垂直な方向の2方向に移動するパルスステージ上に固定してある。これにより物体を直交2方向に1ステップ当たり1 μm の大きさで平行移動させることができる。

この光学系のFナンバー値に対する像面上におけるスペックル径の関係を図5に示す。図中の実線は(5)、(7)式で与えられるスペックルの平均径を示す。また、一点鎖線は最小スペックル径を示す。破線はCCD撮像素子の画素の大きさを示す。

3.2 実験および実験結果

3.2.1 スペックル径と画素の大きさの関係

片持ちはりに変位を加え、レンズのFナンバーを2.8、4、5.6、11、16、22として得られた縞を図6に示す。各々の縞は $\lambda/2$ ごとの変位を表わしている。図6より

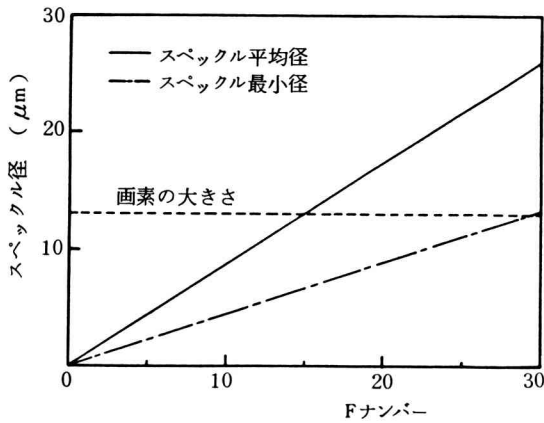


図5 Fナンバーとスペックル径の関係

わかるようにFナンバーの大きいほどスペックル径が大きくなり、縞が見やすくなっている。Fナンバーが11より大きいものでは縞のコントラストはあまり変化していない。これは、図5よりわかるようにF11程度ではスペックルの平均径と画素の大きさがほぼ等しくなり、CCD撮像素子で十分スペックルを検出できるためと考えられる。このことより、スペックルの平均径が画素の大きさとほぼ等しくなるように開口を設定すれば、十分コントラストの良い結果が得られることがわかる。

3.2.2 測定限界

片持ちばりに変位を加え、さらにパルスステージにより光軸方向あるいは垂直方向に平行移動を与えることにより大きな変位を加えた場合に変位に対応した縞が得られる限界の移動量を測定した。物体をパルスステージで光軸方向に移動させた場合の限界の移動量を図7に示す。図7で実線は(8)式より得られるFナンバーに対するスペックルの大きさである。この結果より、光軸方向の変位に対してはほぼスペックルの大きさ程度まで検出可能であることがわかる。また、F22の測定結果がスペックルの大きさより小さくなっているのは、パルスステージの移

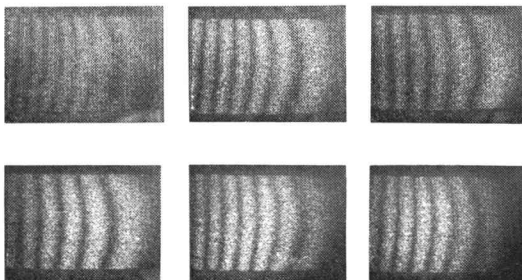


図6 スペックル径と測定結果の関係
(a)F2.8 (b)F4 (c)F5.6
(d)F11 (e)F16 (f)F22

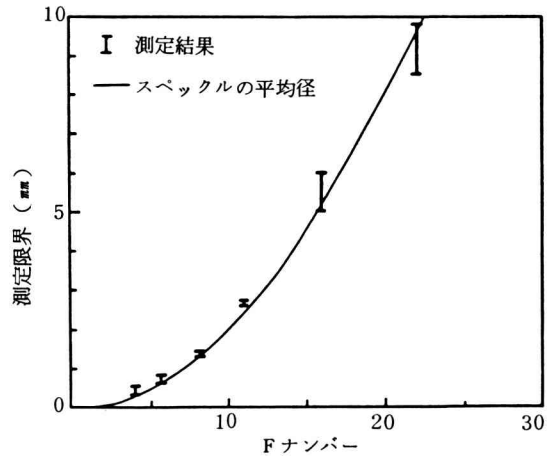


図7 測定限界(光軸方向)

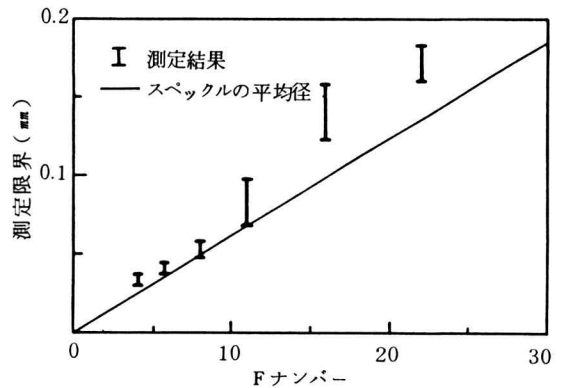


図8 測定限界(光軸と垂直方向)

動方向と光軸の方向が完全には一致していないために、後述の垂直方向の変位の影響が出てきたためと考えられる。

物体を光軸方向と垂直に平行移動した場合の縞の測定限界の移動量を図8に示す。図8で実線は(9)式で与えられるスペックルの平均径である。この結果より光軸に垂直な方向の移動があっても、光軸方向の変位が測定できる限界はスペックルの平均径程度であることがわかる。また、図7、図8とも測定結果にばらつきがあるのは、スペックルの統計的性質によるものと考えられる。

4. 結 言

スペックル干渉法におけるスペックルの大きさと撮像素子の画素の大きさの関係および測定限界の関係を示した。

スペックル像を画像データとしてCCDカメラを用い

て取り込むためにはスペックルの大きさは画素の大きさと同程度で良いことが実験的にわかった。また測定可能な変位の大きさの限界はスペックルの平均の大きさ程度であることが実験から得られた。すなわち、スペックル干渉法でスペックルの大きさの影響を考えるには、統計的な量であるスペックルの大きさの代表値としてその平均の大きさを考えればよいことを実験的に示した。

参考文献

- 1) 山口 一郎：光学 12 (1983) 306
- 2) K. Høgmoen and H.M.Pedersen: J. Opt. Soc. Am. 67 (1977) 1578
- 3) S. Nakadate, T. Yatagai and H. Saito: Appl. Opt. 22 (1983) 237
- 4) 押田至啓, 西田茂生: 奈良工業高等専門学校研究紀要第25号 (1990) 1
- 5) 山口一郎：応用物理 46 (1977) 803
- 6) 山口一郎：光学 3 (1974) 76

メタノール改質器の基礎的研究

小 柴 孝

Basic Study on Steam Reforming of Methanol

Takashi KOSHIBA

In a fuel cell power plant system using methanol as fuel, the control of the gas concentrations in reformer, which is one of the construction units in this power plant, has an important meaning on system operations.

The object of this paper is to study the effects of catalyst and fuel conditions on the concentration of each gas components after steam reforming of methanol.

As the result, it is found that catalyst temperature is the most important parameter in both methanol decomposition and CO shift reaction, and that considering the life time of catalyst the maximum reaction ratio for methanol decomposition is about 80%.

1. 結 論

省資源、省エネルギーを目的としたエネルギー利用技術の研究開発が盛んに行われている今日、燃料電池の開発は、新方式エネルギー利用機器の一つとして脚光をあびている研究の一つである。

燃料電池発電システムは、主に燃料電池本体、燃料電池に供給する燃料の処理装置（改質器）、そして得られた直流電力を交流電力に変換する電力変換調整装置の三つから構成されている。

このような発電システムの最近の研究開発のポイントは、電池本体もさることながら、燃料処理装置（改質器）に非常に大きなウエイトが置かれている。

このことは、このようなシステムが実用化レベルまで達したことで従来の発電システムと比べてその運転特性（燃料電池の寿命特性、出力特性、起動特性）にやや難点が生じてきたからである。

その結果、上記問題点の対策を考慮した適切な改質器の設計が強く望まれており、改質器の基礎研究は改めて見直されている。中でも改質器内反応部からの生成ガスが電池の出力・寿命特性に大きな影響を与えることから、その組成をいかにコントロールするかが改質器開発の重

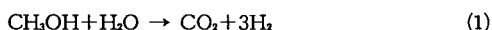
要なポイントになっている。

そこで本研究では、上記開発ポイントに寄与する目的で近年その利用技術に注目が集められているアルコール（メチルアルコール）を燃料とするメタノール改質器における改質ガス組成に関し、反応器入口から出口までの組成の変化の様子について計算結果を通して考察を行った。特に反応器温度、供給燃料流量、触媒量をパラメータとして実験結果と計算結果について比較、検討を行ったのでここにその詳細を述べる。

2. 原 理

メタノール改質器は、いわゆるスチームリホーミングと呼ばれる反応を利用したもので水とメタノールの混合物を加熱し、蒸気にしたのち、触媒層（反応部）を通すことにより水素が豊富な生成ガスに改質することを目的としている。

その反応式を示したのが(1)式である。



しかし(1)式の反応は、一度には左から右へと移行しないで各素反応を経由して行われる。

それを簡略して図式化すると図1のようになる。

図1において k_4, k_4', k_5, k_5' は、それぞれ矢印方向の

反応における反応速度定数を表している。

このように理想的には1モルのメタノールと1モルの水より1モルの炭酸ガスと3モルの水素ガスが発生することになる。ところが図1に示したように水とCOとの反応、いわゆるCO転化反応がメタノールの分解反応に比べて律速であるため実際には水とメタノールの混合比は1より大きくしてある。

使用する触媒は、CO転化・メタノール分解に有効な銅・亜鉛系の還元状態の触媒を用いる。

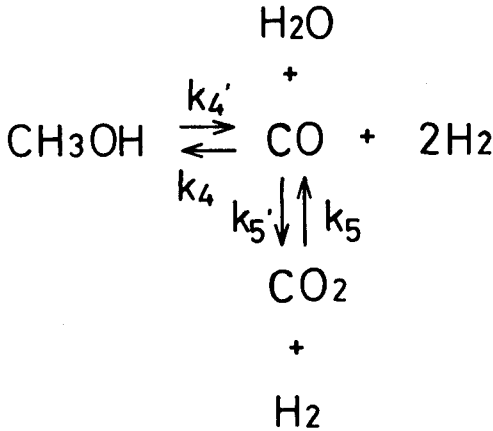


図1 反応スキーム

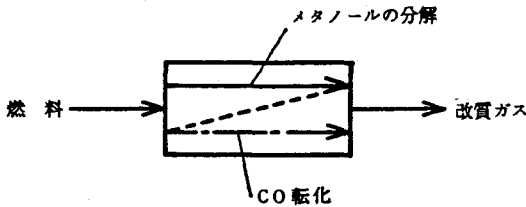


図2 反応モデル

3. 計算と実験

まず改質ガス組成の計算に関する基礎式^{1),2)}について述べる。

メタノールの分解・合成反応についての速度式は、(2)式のように表現される。

$$(-r_A) = k_4' C_A - k_4 C_C C_{H_2}^2 \quad (2)$$

C_i ($i=A; \text{CH}_3\text{OH}$, $i=C; \text{CO}$, $i=H; \text{H}_2$, $i=B; \text{CO}_2$, $i=W; \text{H}_2\text{O}$) は、各成分についての濃度を表し

ている。また $(-r_A)$ はメタノールの反応速度を意味する。

式中の各項についてはその物質収支から以下のような関係が導かれる。

$$C_A = \frac{C_{A0}(1-X_A)}{1 + \epsilon_A X_A} \quad (3)$$

$$\ln C_C = gX_A - h \quad (4)$$

$$C_H = \frac{3X_A - \frac{n_{C_2}}{n_{A0}}}{1 + \epsilon_A X_A} C_{A0} \quad (5)$$

$$\frac{n_{C_2}}{n_{A0}} = \frac{C_C(1 + \epsilon_A X_A)}{C_{A0}} \quad (6)$$

ここで X_A は、メタノールの反応率、 ϵ_A , g , h は、供給燃料 (メタノールと水の混合燃料) の混合比に関する定数である。また C_{A0} は供給燃料中のメタノールの初期濃度を表している。

触媒層内での燃料及び生成ガスがプラグ流のような流動状態をとると仮定すると上記反応関係式を用いて(7)式が得られる。

$$\frac{W}{F_{A0}} = \int \frac{dx_A}{(-r_A)} \quad (7)$$

ここで W は触媒量を、また F_{A0} は触媒層へ供給する原料におけるメタノールのモル流量を、そして X_A はメタノールの反応率を表している。

一方、CO転化反応についてその反応速度式は(8)式で表される。

$$(-r_C) = k_5' C_C C_W - k_5 C_B C_H \quad (8)$$

CO転化反応についてもメタノールの分解・合成の場合と同様、触媒層内においてプラグ流で流動状態がとられていると仮定すると(9)式が得られる。

$$\frac{W}{F_{C0}} = \int \frac{dx_C}{(-r_C)} \quad (9)$$

X_C は、COの反応率、 F_{C0} は、触媒層へ供給するCOのモル流量である。

このように得られた基礎式をもとにメタノールのスチームリホーミング反応における各素反応は逐次行われると仮定し、図2に示すような形態で計算を行った。

次に実験について述べる。

図3に実験装置の概略図を示す。燃料は、まず加熱器に供給されて十分気化された後、触媒層を通過し、水を豊富に含んだ生成ガスに改質される。

気化、反応に必要な熱量は改質用燃料と同じ燃料をバーナで燃焼させ、そこで得られる熱量を利用する構造となっている。実験は改質燃料流量と触媒層温度をそれぞれ変化させ、得られた改質ガスの組成をガスクロマトグラフィーにより分析することで行われる。

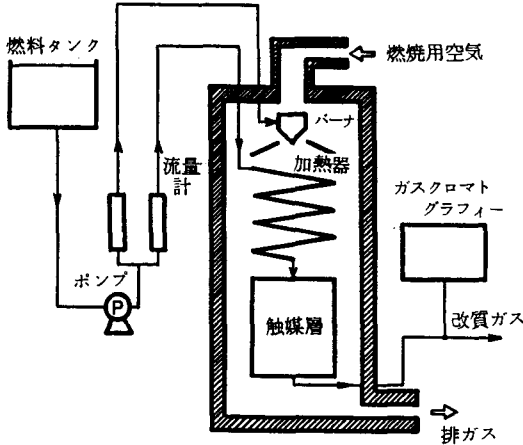


図3 実験装置

4. 結果及び考察

図4～図7にメタノールの分解反応についての計算結果を示す。

これら4図は、横軸に触媒温度を縦軸にメタノールの反応率をとりパラメータとして触媒量 W と供給燃料流量 Q をとっている。

ただし計算を容易にするため触媒層は等温状態とした。

これらの図よりメタノールの分解反応は触媒層温度が高いほど、また触媒量が多く、供給燃料流量が低いほど高い反応率を示すことがわかる。図7における白丸は触媒量8kgで燃料流量が30ml/minの場合のメタノールの分解反応についての実験結果である。同一条件の計算結果と比較すると両者は、ほぼ一致していることがわかる。このことからメタノールの分解反応は吸熱であることと、今回用いた触媒の空間速度が300～3000 (1/hr)であることを考慮すると計算に用いた式は、比較的この反応をうまく表現していると思われる。

またこれらの結果よりメタノールの分解率を高めるには触媒層温度によるコントロールが一番効果的であることがわかるが、実際の運用にあたっては触媒寿命等を考慮する必要がある、特にこのような銅・亜鉛系触媒では一般に約160～260℃が適切であるとされていることから分解率は最大でも約80%程度であるといえる。

次にCO転化の結果について述べる。

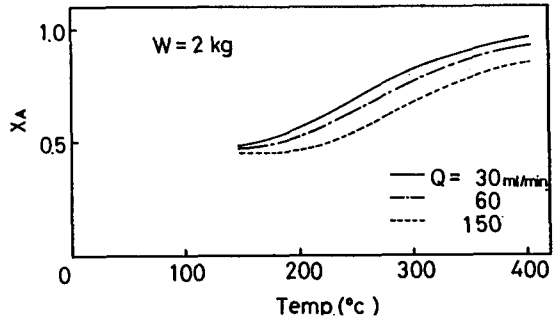


図4 メタノール分解率 (触媒量 2 kg)

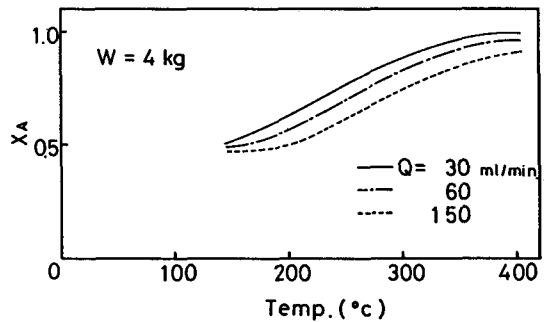


図5 メタノール分解率 (触媒量 4 kg)

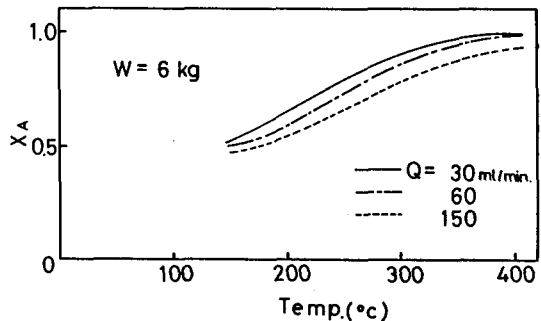


図6 メタノール分解率 (触媒量 6 kg)

図8は、図7におけるメタノールの分解後の計算結果より再度同じ触媒層でCO転化が行われるものとして計算を行ったものである。(図2参照)

この図でも横軸に触媒温度を縦軸にCO転化率を、そしてパラメータとして供給燃料流量をとっている。この場合もメタノールの分解と同様、触媒層は等温であるとして計算を行った。

メタノールの分解反応とは異なりCO転化反応は、発熱反応であり低温のほうが有利であることから触媒の活性領域 (CO転化率が高い温度領域) を越える温度にお

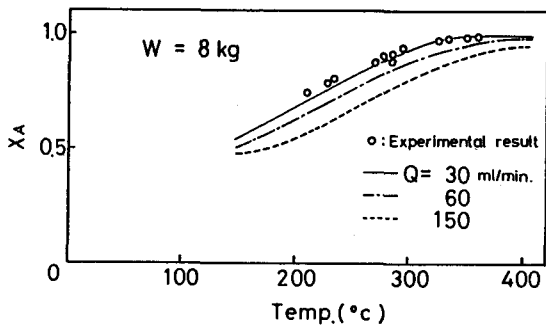


図7 メタノール分解率 (触媒量 8 kg)

いてはCO転化率は低いことがわかる。またこのような領域を下回る温度についてもCO転化が低いことがわかる。この活性領域は、供給燃料流量によっても若干異なることが計算結果では見られる。

図中の白丸は実験結果により得られた改質ガス中のCO濃度を測定することによりCO転化率を逆算して示したものである。実験条件は先のメタノールの分解と同様、触媒 8 kg, 供給燃料流量は30ml/minである。

計算結果と比べて低温部では比較的一致してはいるものの、計算では得られなかった高温部での反応率が実験では得られている。これは計算式の反応速度定数の適用温度範囲 (160℃~260℃) を越えたために生じてきたものであると考えられる。

これらの結果より、計算結果と実験結果は、メタノールの分解反応とCO転化反応ともほぼ一致していることがわかる。

しかし実際には触媒層内ではこの2つの代表的な反応は同時に起きており、また各反応が吸熱・発熱反応であることから触媒層温度は等温ではなく断熱的に変化する場合のほうがより現実に近い。

そこで実験結果より得られた触媒層内の各点での温度分布のデータより触媒層内の各ガス成分がどのように変化していくかについて調べてみた。

図9は、触媒層内の温度分布を直線近似したものである。横軸のL'は触媒層入口からの無次元距離を意味する。

図10, 図11は、図9の温度分布に対してガス組成の変化の様子を計算により求めたもので触媒量は 8 kg, 供給燃料流量は150ml/minの場合の結果である。横軸のL'は図9と同様触媒層入口からの距離を触媒層全体の長さで無次元化した値をとり縦軸はガス組成を表している。図10, 図11より触媒層の約1/2~2/3では反応は完了していると考えられる。また触媒層入口側の温度が高い場合については触媒層の前半でメタノールの分解反応が、

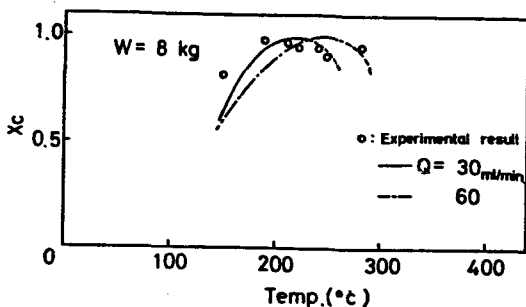


図8 触媒層温度に対するCO転化率

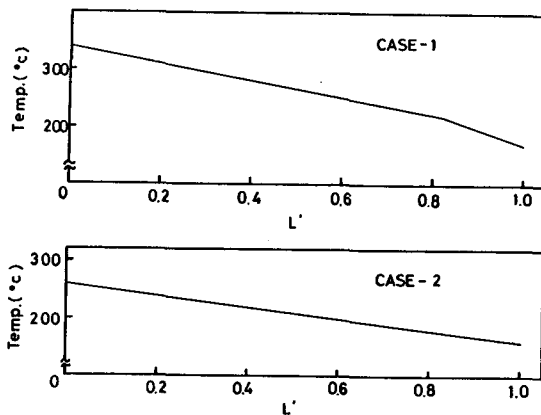


図9 触媒層内温度分布

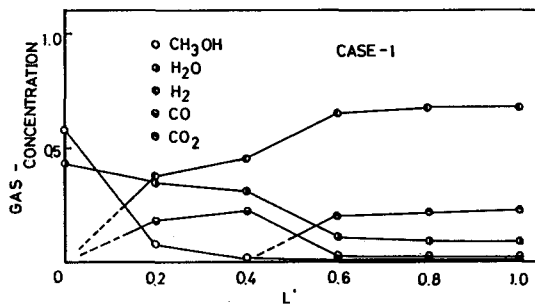


図10 触媒層内の各ガス組成の変化

そして後半でCO転化反応が主として行われている様子がわかる。

このようにして得られた改質ガス組成と実験結果より得られたガス組成を比較したのが表1である。

表1よりCO濃度は若干異なっているが、これは計算方法として図3に示す様な形態をとっているためと考えられる。しかし両者の比較より、その傾向は、ほぼ実験結果と一致していることがわかる。

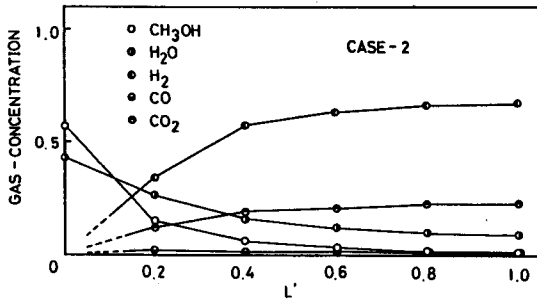


図11 触媒層内の各ガス組成の変化

表1 反応後のガス組成

		実験結果		計算結果	
		CASE-1	CASE-2	CASE-1	CASE-2
Dry Base (%)	H ₂	74.7	74.5	74.98	75
	CO ₂	24.3	24.8	24.9	25
	CO	1.0	0.7	0.12	0
メタノール反応率(%)		97	95	97	96.2

5. 結論

メタノール改質器の基礎的研究として、改質器の反応について計算と実験を行った。その結果以下の結論を得た。

- (1) メタノールの分解反応においては反応率を高めるためには触媒層温度による制御が効果的であることがわかった。
- (2) 触媒の最適活性温度よりメタノールの反応率は最大約80%であることがわかった。
- (3) メタノールの分解反応・CO転化反応とも実験結果と計算結果は、比較的良好一致し、反応後のガス組成の予想が可能であることがわかった。

謝 辞

本研究を行うにあたり御支援を頂きました三洋電機株式会社に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) J.C. Amphlett, M.J. Evans, R.F. Mann and R.D. Weir: The Canadian Journal of Chemical Engineering., vol, 63 (1985), PP. 605-611.
- 2) J.C. Amphlett, C. Mcknight, R.F. Mann and R.D. Weir: Society of Automotive Engineers, Inc., (1985).

極超音速楕円錐飛翔体周りの流れ

坂本 雅彦, 西尾 正富*, 木村 雄吉*

Flow Field Around an Elliptical Cone at a Hypersonic Speed

Masahiko SAKAMOTO, Masatomi NISHIO and Takeyoshi KIMURA

An elliptical cone as a model of hypersonic vehicles is set in a hypersonic shock tunnel, and the shapes of shock waves around the cone are visualized using a spark electric discharge method. The observed shapes of shock waves agree well with the calculated ones only when the model used is similar to a circular cone shape. When the aspect ratio of ellipses is very small, similar to a triangle wing, the observed shapes are quite different from the calculated ones; these differences are caused by the values of leading-edge thickness and semi-apex angle.

1. はじめに

21世紀の宇宙開発の中心として宇宙往還システムが大きな脚光を浴びてきている。このような往還システムとしては極超音機(HST)とスペースプレーンの両方に融合したエアロスペースプレーンが計画されており、現在各国で飛行性能等に関する研究が行われている。^{1),2)}

エアロスペースプレーンの飛行速度はマッハ数6以上という高速のため、機体の周りに発生する衝撃波は空力性能や空力加熱のみならずエンジン性能にも多大な影響をおよぼし、その飛行実現に向け大きな技術的課題の一つとなっている。

このようなことから我々は次世代極超音速機として最も基本的な形状である楕円錐形状に着目し、その飛行物体周りの流れ場に関する研究を行なった。

木村、小竹らは³⁾、半円錐物体周りの流れの場を等価原理を適用し解析的に明らかにし、可視化実験を併せて行った。また八田らは⁴⁾、三角翼周りの衝撃波形状を物体先端の鈍頭性を考慮したBlast Wave Theory⁵⁾を用い

て明らかにしている。

本研究は楕円錐物体周りの流れ場に上述の等価原理を適用し、楕円錐断面の縦横比をパラメータにとり物体周りに発生する衝撃波形状を数値計算により求めるとともに可視化実験との比較も行った。

2. 主な記号

M	: マッハ数
ϕ	: 速度ポテンシャル
ψ	: 流れ関数
U	: 速度
t	: 時間
m	: 吹き出し強さ
a	: Z平面上原点からの長さ
R	: W平面上原点からの長さ
α	: W平面の偏角
d	: 物体先端の厚み
L	: 物体の全長
θ	: くさび偏角
β	: 衝撃波角
Y/X	: 楕円錐のアスペクト比

*神戸大学工学部

添 字

- ∞ : 無限遠方
- P : 物体面上
- S : 衝撃波面上

3. 計算方法

3.1 等価原理の適用

細長い物体 (slender body) を過ぎる三次元定常極超音速流れにその流れと直角方向の固定平面 (等価平面) を想定することにより, 二次元非定常流れに同等とみなす理論を等価原理という。図1に示す如く楕円錐状物体の流れ場に流れと直角なW平面を想定すると, この平面内では楕円形状を有するピストンが非定常に膨張する流れ場となる。したがって, このピストン非定常膨張物体周りの流れ場を求めた後に一様流の速度成分をその流れ場に加えることにより, 目的とする楕円膨張物体周りの流れ場を明らかにすることができる。なお, W平面内では膨張する物体の速度は小さく非圧縮性は保たれる。

本計算では楕円膨張物体周りの速度分布を複素ポテンシャルを用いて求め流跡群を決定した後, 物体周りに発生する衝撃波形状を差分法を用いて明らかにした。以下にその計算方法について述べる。

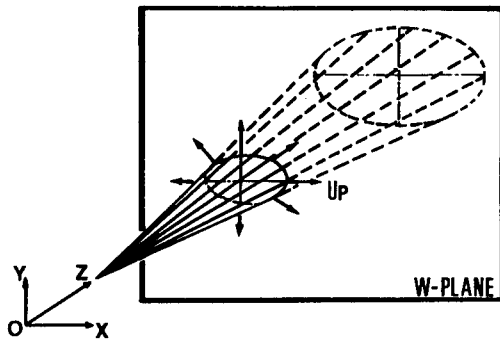


図1 等価原理の概要

3.2 楕円膨張物体周りの速度分布

等価平面上において楕円の長軸および短軸をX, Y軸とすると以下の境界条件が成立する。また, この平面内

$$\left. \begin{aligned} \partial \phi / \partial n = U_P & \quad \text{at 弧 } X_P Y_P \\ \partial \phi / \partial n = 0 & \quad \text{at } X = \infty, Y = \infty \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

の速度ポテンシャルを ϕ , 流れ関数を ψ とすると複素速度ポテンシャルWは,

$$W = \phi + i\psi \quad (2)$$

となる。

楕円膨張物体周りの速度分布は, Kutta-Joukowski変換を用いてZ平面上の円に写像しその平面の原点に強さmの吹き出しを置き, その流れ場を再びW平面に写像することによって得られる。

W平面上の速度分布を次式に示す。

$$U = m \frac{R^3 \cos \alpha \cos 2\alpha + R^3 \sin \alpha \sin 2\alpha - a^2 R \cos \alpha}{R^4 - 2a^2 R^2 \cos 2\alpha + a^4}$$

$$U = m \frac{-R^3 \sin \alpha \cos 2\alpha + R^3 \sin 2\alpha \cos \alpha + a^2 R \sin \alpha}{R^4 - 2a^2 R^2 \cos 2\alpha + a^4} \quad (3)$$

3.3 楕円膨張物体周りの流跡群

特定の流体粒子が時間の経過とともにたどった経路を粒子経路といい, 楕円膨張物体周りの流れ場に存在する粒子経路の集合体を流跡群という。

楕円膨張物体周りの粒子経路は(3)式を用いて次式で計算され, その計算結果を図2に示す。

$$\frac{dx}{U(x,y,t)} = \frac{dy}{V(x,y,t)} = dt \quad (4)$$

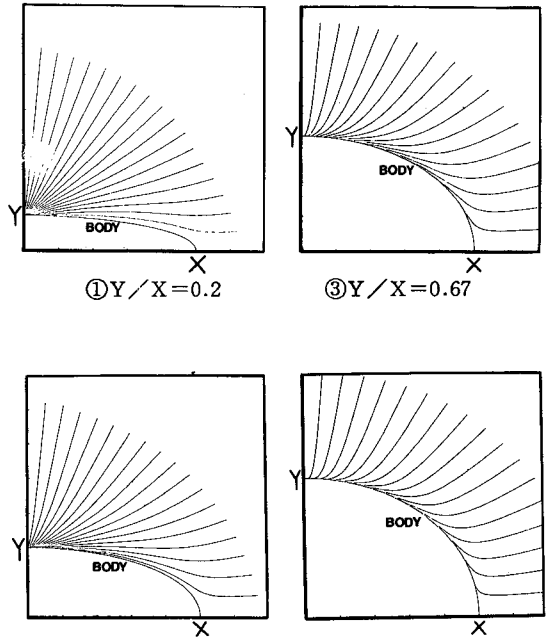


図2 楕円膨張物体周りの流跡群

3.4 楕円錐物体周りの衝撃波形状

楕円膨張物体周りに発生する衝撃波形状の計算方法を以下に述べる。

一様流中に占めていた楕円物体周りのガス体積質量が楕円の膨張によって押し出されたガス体積質量に等しい

とする質量合せの手法により衝撃波位置を決定する。なお、押し出された気体の粒子経路は流跡群の計算から得られるものであり、またその状態量は衝撃波背後の量を斜め衝撃波の関係を用いて計算した後、差分法を適用して計算される。

一様流のマッハ数を8とし、楕円断面のアスペクト比をパラメータに楕円膨張物体周りに発生する衝撃波形状計算結果を図3に示す。

計算結果より、楕円長短軸上の衝撃波層の厚みはアスペクト比が1に近い場合ほとんど同じ厚さとなるが、小さくなるにしたがい短軸上でその厚みを増していることがわかる。

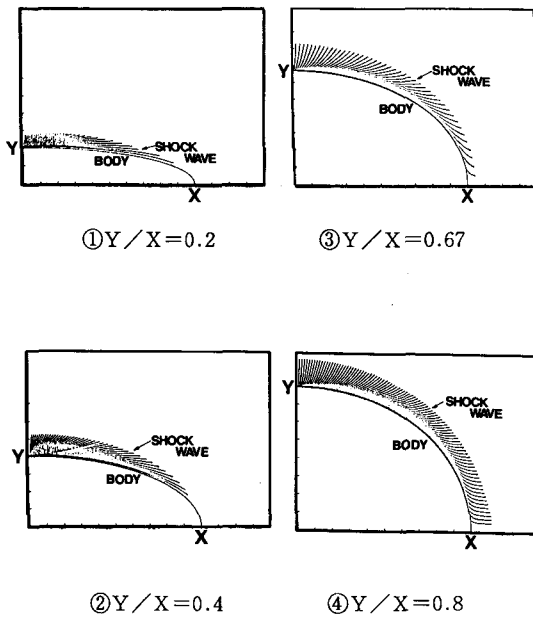


図3 楕円膨張物体周りの衝撃波形状 (M=8)

4. 実験装置および方法

楕円錐物体周りの流れ場における気体の急激な密度変化を可視化する火花放電法とシュリーレン法を適用し楕円錐物体周りに発生する衝撃波形状を可視化した。

本実験で使用した極超音速風洞は極超音速ガンタンネル装置であり、その概要図を図4に示す。ガンタンネル装置の性能はマッハ数8、風洞持続時間10msecでありノズル半径15cmである。高圧でピストンを飛ばし銃身部内の気体を圧縮し、円錐形のノズルから気体を吹き飛ばし極超音速気流を実現する。実験に使用した楕円錐モデルは全長140mm、成形用プラスチック製でアスペクト比0.8, 0.67, 0.2の三種類用いた。

実験では楕円錐モデルを気流と平行にノズル後方に配置し、観測窓の外側からカメラにより撮影した。火花放電法による可視化では楕円錐物体後方に鏡を配置し観測した。物体表面上の電極は先端から105mmの位置に配しモデルの長短軸上を網羅している。印加電圧は3kV、電極間距離は50mmである。一方、シュリーレン法では楕円錐モデルの長短軸上の二方向について可視化を行った。各々の可視化概要図を図5、図6に示す。

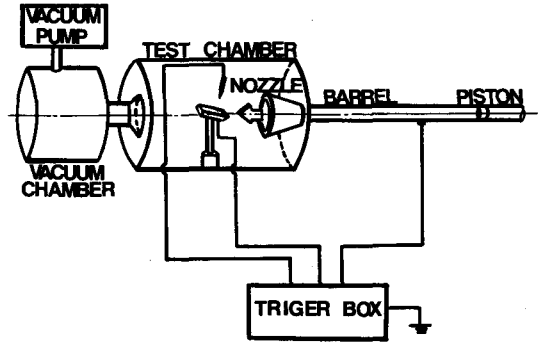


図4 実験装置概要

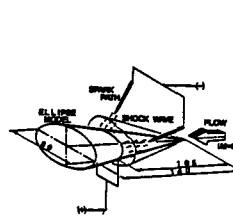


図5 火花放電法

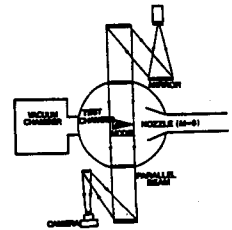


図6 シュリーレン法

5. 実験結果

可視化実験の結果を図7に示す。火花放電法による結果は、計算により得られた結果と比較的よく一致している。一方、シュリーレン法による結果では楕円のアスペクト比0.2で衝撃波層内に大きな密度変化のあることが確認できる。

楕円の中心から衝撃波までの長さを物体までの長さで除した衝撃波層厚さ比とアスペクト比の関係を数値計算結果とともに図8に示す。衝撃波層の厚みは楕円の長軸上で計算結果とよい一致を示しているが、短軸上では著しく異なっている。このような差異の生ずる原因に計算による差分格子網の影響、実験による粘性や二次流れの影響そして物体先端の鈍頭性による影響等が考えられる。

衝撃波層の厚みについては、従来流れに平行に置かれ

た三角翼周りに強い衝撃波は発生しないと考えられていた。しかし実際には物体先端の鈍頭性が原因となって衝撃波の厚みを増していることが理論的に実験的に確かめられている。したがって、解析と実験結果との差異に鈍頭性が最も起因していると推定し、以下に述べる。

6. 考 察

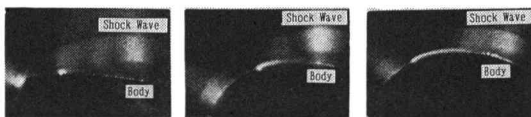
物体先端の鈍頭性による影響を調べるため最も単純な二次元モデルであるくさびモデルを使用しBlast Wave Theoryによる理論解析を行い、実験結果と比較検討した。

くさび先端の厚み d をパラメータに衝撃波角 β とくさび偏角 θ の関係を図9に示す。

図9の結果は、くさび周りに発生する衝撃波が偏角 θ の小さな範囲で鈍頭性の有するエネルギーに、大きな範囲で物体表面の膨張によるエネルギーに起因していること、さらにこのような衝撃波の発生過程は物体先端の厚みが大きな場合ほど著しいことを示している。

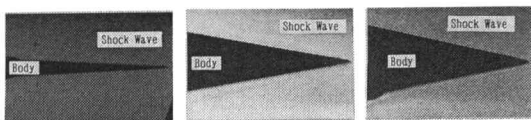
以上のことから、楕円の短軸上ではそのアスペクト比の低下ともない物体の偏角も小さくなることから、物体先端の鈍頭性により衝撃波が形成されその結果は、衝撃波の厚みを増しかつ層内に著しいエントロピ変化つまり密度変化を引き起こしたと推定される。

図10に楕円短軸上衝撃波層内の解析結果を示す。



①Y/X=0.2 ②Y/X=0.67 ③Y/X=0.8

(1) 火花放電法 (楕円断面)



①Y/X=0.2 ②Y/X=0.67 ③Y/X=0.8

(2) シュリーレン法 (楕円短軸断面)

図7 可視化実験結果

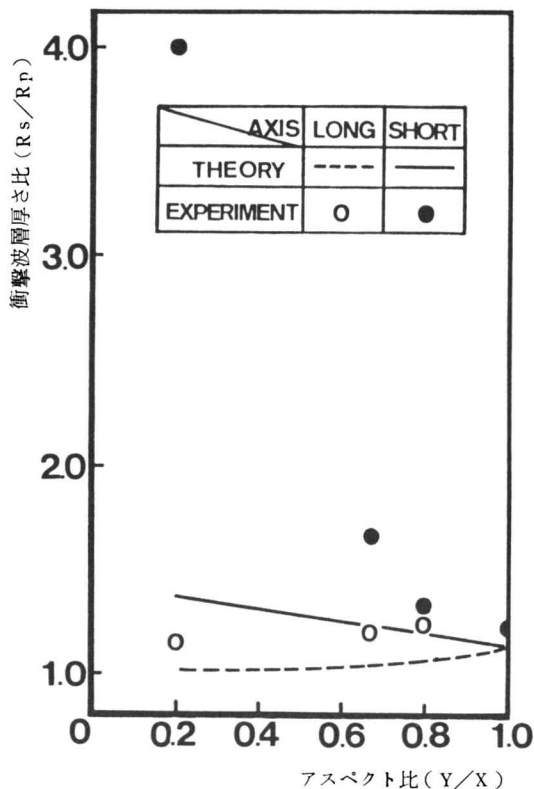


図8 衝撃波層厚さ比とアスペクト比の関係

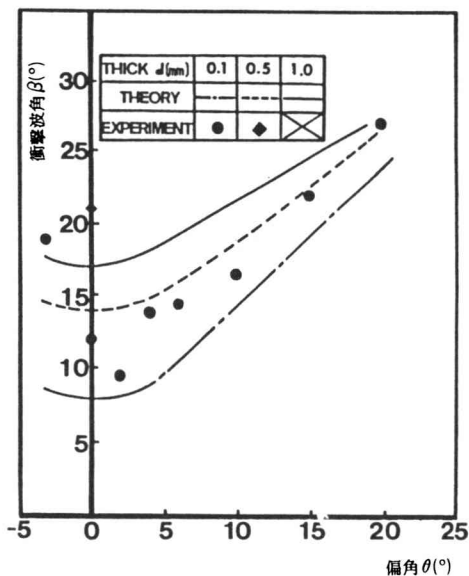


図9 衝撃波角と偏角の関係

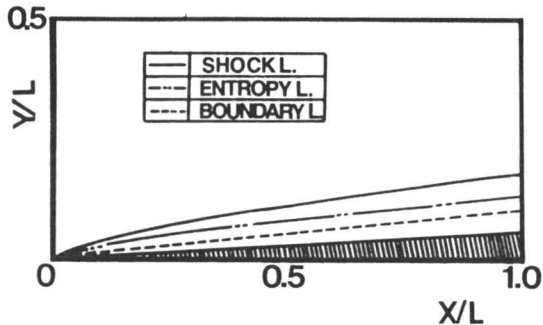


図10 楕円短軸上の解析結果 (Y/X=0.2)

7. おわりに

参考文献

楕円錐物体周りの流れ場を等価原理により求め可視化実験と比較した結果、以下の知見を得た。

- (1) 楕円のアスペクト比によりその流れ場は三角翼から円錐物体周りの流れ場に移行する。
- (2) 楕円のアスペクト比が小さい場合、物体先端鈍頭の厚みの大きさにより強い衝撃波が発生する。

今後の研究課題として、実在気体効果を考慮した楕円錐物体周りの流れの解析、流線の可視化等挙げられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、実験などで多大なる尽力をいただいた、元神戸大学生 伊藤創君（現大阪ガス㈱）香月政徳君（現㈱リコー）に感謝の意を表わします。

- 1) 中富信夫：“NASA航空機開発史”（1986），新潮社
- 2) 坂田公夫：“宇宙往環機”．メカライフNo.10, 1987-12
- 3) 小竹睦夫：“高速飛翔体における等価原理の研究”．神戸大学自然科学研究科博士論文（1982）
- 4) 八田健一：“極超音速流中における三角翼周りの流れに関する研究”，神戸大学工学研究科修士論文（1987）
- 5) G.G.Chernyi：“Introduction to Hypersonic Flow”（1961）,ACADEMIC PRESS New York and London.

プロッタ用グラフィックサブルーチンの作成

島 岡 三 義

Development of Graphic Subroutines for Plotter

Mitsuyoshi SHIMAOKA

In order to draw the figure with a XY-Plotter, it is necessary to produce the application program with drawing commands of the XY-Plotter. The graphic subroutine library has been developed in order to draw the figure with the application source program produced by the graphic subroutine library named SCORE. The new library named ipdrv for XY-Plotter has been applicable to draw the figure set viewing transformation.

1. はじめに

CAD (コンピュータ援用設計) の普及にともない、作図速度の速い、多機能を有するプロッタが数多く開発され市販されている。プロッタで作図するには、プロッタが装備している作図コマンドを用いて、BASICやFORTRAN等のプログラム言語で作図プログラムを作成する必要がある。しかし、作図コマンドはプロッタメーカ独自で作成しているため、ペン交換、ペンアップおよび直線移動など基本的なプロッタ動作に限っても、そのコマンドの内容はメーカ毎に異なる場合があり、コマンドとして標準化されていないのが現状である。したがって、プロッタの機種が異なれば、作図プログラムを全面的にもしくは部分的に修正しなければならない不便さがある。日本設計工学会において進められている「CAD標準化」の中で、プロッタに関しては、ハードウェアに関する用語や仕様のカatalog記載方法に関する標準化にとどまってお¹⁾、ソフトウェアに関する標準化が望まれるところである。

このような不便さをいくらかでも解消するために、たとえばHP-GL (米国ヒューレット・パカード社のグラフィックスランゲージ) コマンドに準拠するという

形でメーカ側である程度の作図コマンドの標準化を進めてきている。その結果、CADシステムの主要な出力装置であるプロッタの機種選定がユーザー側である程度の自由度を持って行えるようになってきている。

しかしながら、CADソフトウェアの商品価値を高めるためには、多くのプロッタに対応できるソフトである必要があり、ディスプレイ上で作成された図形をプロッタに出力するためのデータは、各プロッタ共通のコマンドで構成されることになり、たとえ単純な図形でも作図のためのデータ量が莫大になりかねない。また、プロッタ自身が装備している豊富な作図機能を十分生かしきれないことにもなりかねない。

奈良高専機械工学科では、CADに関する研究、教育を目的として、ミニコンピュータ、グラフィックディスプレイ、XYプロッタなどからなる図形処理システムを昭和60年度に導入した。ディスプレイ上の図形をプロッタに出力するために、導入したプロッタの作図機能を有効に利用する方向でそのソフトウェアの開発を行い、2次元図形に関して、ディスプレイ上と同一寸法の図形がプロッタに出力できるようになった²⁾。

本研究では、ウィンドウやビューポートなどの撮像の機能が付加された場合にも対応できるように、そのソフトウェアの再検討を行った。

表1 図形処理装置とその主要仕様

ホスト コンピュータ U station/E15 (住友電工(株)製)	UNIX system V CPU MC68000 メモリ 2 MB 固定ディスク 80 MB 8" フロッピー 1 MB
グラフィック ディスプレイ 社名 MG-310S (武藤工業(株)製)	20" カラー 2・3次元高速座標変換 8ポート/画面 関数発生機能、他
システム V T J 14 (DCL(株)製)	CRT ノングレア 14" 漢字 J I S 第1、第2水準
X-Yプロッタ I P-100 (武藤工業(株)製)	A2 サイズ、8ペン 作図速度 40 cm/s 分解能 0.025 mm

2. 装置構成とソフトウェア開発方針

本研究で対象とした装置およびその主要仕様を表1に示す。グラフィックディスプレイ「サビエンス」(グラフィックディスプレイの商品名であり、以後、グラフィックディスプレイをサビエンスと称す。)に図形を表示させるには、グラフィック・サブルーチン・パッケージ「SCORE」(「CORE」⁶⁾に準拠したサビエンス独自のグラフィックライブラリ)から必要なサブルーチン呼び出し、それらを組み合わせて図形を構成し、FORTRAN言語でソースプログラムを作成する必要がある。

サビエンス上の図形をプロッタで描くために、「SCORE」のサブルーチンの内容をプロッタのコマンドで置き換えたサブルーチン群を作成し、それらをまとめてライブラリ「IP100」とした⁷⁾。これによって、サビエンスに表示するために作成されたソースプログラムをほとんど修正することなしに、コンパイル時に参照するライブラリ名を「SCORE」から「IP100」に変更し、実行時に指定する出力デバイス名を「サビエンス」から「プロッタ」に変更するだけで、プロッタにも容易に作画することが可能となった。

しかしながら、「SCORE」においては、撮像の機能としてワールド座標系上にウィンドウを定義したり、サビエンスの画面上にビューポートを定義したりすることが可能であり、実際にこのような機能を使用することが多い。当然のことながら、ウィンドウやビューポートの指定を、プロッタで作図するときに無視すれば、サビエンス上に表示された図形とは異なった図形が作図される。

表2 撮像の機能のデフォルト値

撮像の機能	デフォルト値
ウィンドウ	XWMIN = -32767.0 XWMAX = 32767.0 YWMIN = -24527.0 YWMAX = 24527.0
ウィンドウの回転	DX = 0.0, DY = 1.0
ビューポート	XVMIN = 0.0 XVMAX = 1.0 YVMIN = 0.0 YVMAX = 0.7485

3. 撮像の機能の対処法と問題点

「SCORE」における撮像の機能のデフォルト値を表2に示す。ワールド座標系の定義域はX, Y方向とも±32767.0の範囲であるが、Y方向における-24527.0~-32767.0および24527.0~32767.0の範囲はサビエンス上に表示されず、実質的な図形定義域はウィンドウ定義域となる。

ウィンドウの回転は、ウィンドウの左辺が向く方向のベクトルをX成分とY成分で与えるもので、DX=1.0, DY=0.0の場合は、ウィンドウはワールド座標系の原点を中心に、時計回りに90°回転し、ウィンドウの左辺はX軸と平行になる。

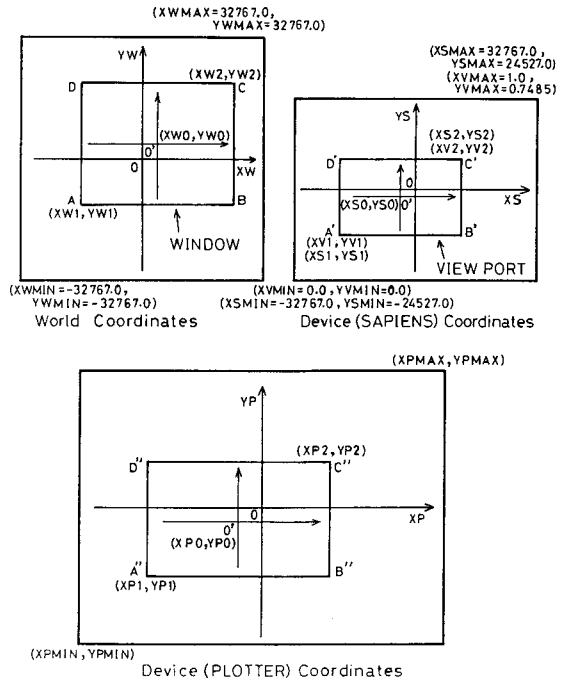


図1 ワールドおよびデバイス座標系

ワールド座標系, ディスプレイ座標系, プロッタ座標系, ウィンドウ, ビューポートの関係を図1に示す。

「SCORE」の撮像の機能のデフォルト値が表2のようであることから, プロッタの作図領域をサビエンスでの表示と同様の比率, すなわち, 横とたての比を1対0.7485とした。すなわち,

$$\frac{YPMAX-YPMIN}{XPMAX-XPMIN}=0.7485 \quad (1)$$

ここで, $XPMIN, XPMAX, YPMIN, YPMAX$ はそれぞれプロッタにおける作図領域の X, Y 方向の最小および最大座標値である。図に示すように, ワールド座標系において, $ABCD$ の矩形領域をウィンドウとして定義し, サビエンス上で $A' B' C' D'$ の矩形領域をビューポートとして定義した場合, プロッタにおいては $A'' B'' C'' D''$ の矩形領域が作図領域となる。したがって, プロッタでは O' を作図原点にとればよく, その座標値 $XP0, YP0$ はビューポートを定義するサブルーチンの引数 $XV1, XV2, YV1$ および $YV2$ を用いれば次式で計算できる。

$$\left. \begin{aligned} XP0 &= XS0 \times \frac{XPMAX-XPMIN}{XSMAX-XSMIN} \\ YP0 &= YS0 \times \frac{YPMAX-YPMIN}{YSMAX-YSMIN} \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{aligned} XS0 &= \frac{XV1+XV2-1}{2} \times 32767.0 \\ YS0 &= \frac{YV1+YV2-0.7485}{2} \times 32767.0 \end{aligned} \right\} (3)$$

プロッタでは $(XP0, YP0)$ を原点として作図することになるので, ウィンドウ内の図形の座標値は $XW-YW$ 系ではなく, ウィンドウの中心 O' $(XW0, YW0)$ 系に変換する必要がある。 $XW0, YW0$ の値はウィンドウを定義するサブルーチンの引数 $XW1, XW2, YW1$ および $YW2$ を用いて,

$$\left. \begin{aligned} XW0 &= \frac{XW2-XW1}{2} \\ YW0 &= \frac{YW2-YW1}{2} \end{aligned} \right\} (4)$$

ウィンドウの縦横比とビューポートの縦横比が異なると図形はゆがむことになり, ゆがんだ状態を忠実にプロッタで作図するためには X, Y 方向の倍率を変えてやる必要があり, それぞれの方向のの倍率を RX, RY とすれば,

$$\left. \begin{aligned} RX &= \frac{|XS2-XS1|}{|XW2-XW1|} \times \frac{XPMAX-XPMIN}{XSMAX-XSMIN} \\ RY &= \frac{|YS2-YS1|}{|YW2-YW1|} \times \frac{YPMAX-YPMIN}{YSMAX-YSMIN} \end{aligned} \right\} (5)$$

以上のような原点移動, 作図倍率を設定することでウィンドウやビューポートが定義された場合においてもプロッタで作図することが可能となる。

次に, ウィンドウの回転が指定された場合について説明する。

図2に示すような図形(外枠がウィンドウ境界)に対して, ウィンドウの回転のみを指定した場合には図3のようになり, 単なる座標の回転だけで対応できる。

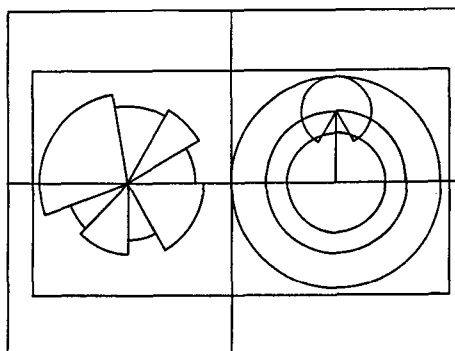


図2 円, 円弧, 直線からなる図形

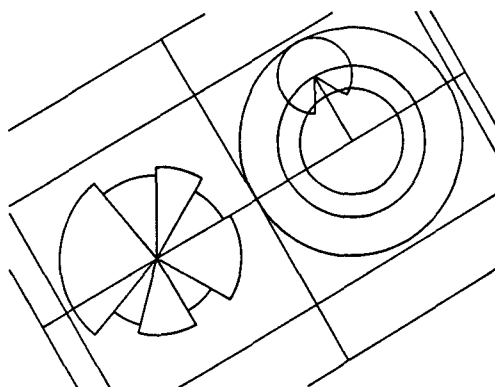


図3 図2にウィンドウの回転を指定した場合

この場合, 図2と図3で図形にゆがみは生じないが, 図形全体が回転することでプロッタの作図範囲からはみ出す部分が生じ, 図3に示すように, はみ出した部分は作図されない。

ウィンドウやビューポートが単独あるいは重複して定

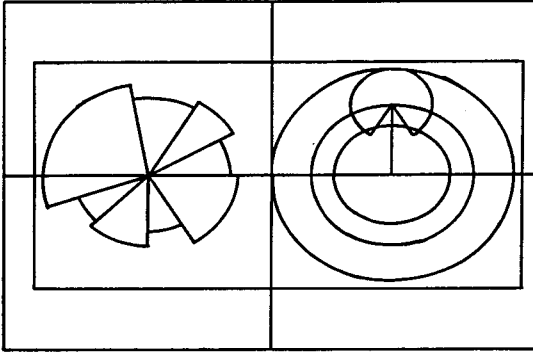


図4 ウィンドウより横長のビューポートの場合

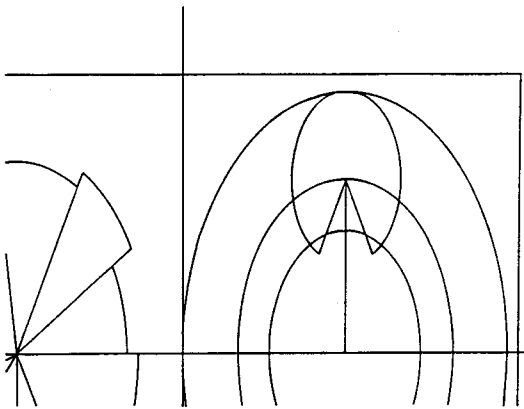


図5 ウィンドウより縦長のビューポートの場合

義された場合に注意することとして、ウィンドウとビューポートの縦横比が異なるときは、ウィンドウ内の図形とビューポート内の図形とは形が異なることである。

図4は、図2のウィンドウに対して、横長のビューポートを指定した場合で、図5は、図2がワールド座標系上の図形であるとして、ウィンドウより縦長のビューポートを指定した場合である。いずれにおいても、本来円や

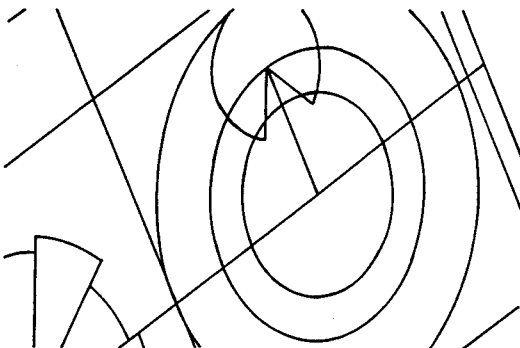


図6 図5にウィンドウの回転を追加指定した場合

円弧であったものが楕円や楕円弧で表示される。

さらに、ウィンドウの回転が追加指定された場合は、図6に示すように、ビューポート内では円や円弧は楕円や楕円弧になる。しかし、楕円自体が回転することではなく、「SCORE」においては縦長もしくは横長の楕円にしかならないという問題がある。

また、ウィンドウとビューポートの縦横比が異なり、ウィンドウの回転が指定されると、円弧などでは作図の開始角が異なってくるという問題も生じる。たとえば、図7において、ウィンドウがOBDEの矩形領域であって、ビューポートがOBF'Gの矩形領域であるとするとき、半径Rの半円弧OABはビューポート内では破線で示されるOA'B'の楕円弧(短半径R)となる。

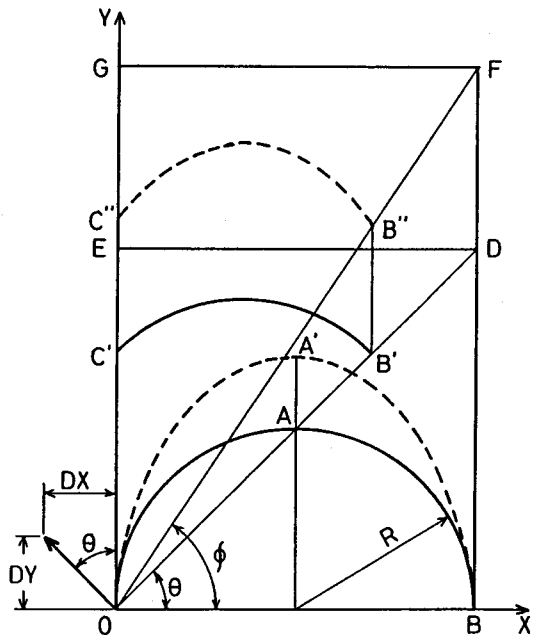


図7 ウィンドウの回転指定による図形描き出し位置の変化

また、DX, DYを与えてウィンドウを原点まわりにθだけ傾けると、円弧C'B'はC''B''のようになり、これは縦長の楕円弧(短半径R)の一部である。この時、C''B''の開始角B''OB''はθではなくφとなる。ウィンドウ、ビューポートおよびウィンドウの回転が同時に指定された場合は、ビューポート内では図形が変形してしまうことに加え、図形の描き出し位置まで変化してしまう。角φおよび長さOB''は次式で求められる。

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \cos^{-1} \left[\frac{OD}{\{(2R)^2 + (BF')^2\}^{1/2}} \cos \theta \right] \\ OB'' &= OB' \frac{\cos \theta}{\cos \phi} = OB \frac{\cos \theta}{\cos \phi} = 2R \frac{\cos \theta}{\cos \phi} \end{aligned} \right\} (6)$$

```

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c          vport
c
c          set view port
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c
c      subroutine vport(xmin,xmax,ymin,ymax)
common /porg/xo,yo,xof,yof
common /view/xrate,yrate
common /winup/th
common /mem/memory
if (xmin.ge.xmax.or.ymin.ge.ymax) return
if (xmin.lt.0.0.or.xmax.gt.1.0) return
if (ymin.lt.0.0.or.ymax.gt.0.7485) return
xl=xmin
yl=ymin
xr=xmax
yr=ymax
xo=(xmax+xmin)/2.0
yo=(ymax+ymin)/2.0
call code2(xl,yl)
call code2(xr,yr)
call code2(xo,yo)
xrate=(xr-xl)/545.08
yrate=(yr-yl)/408.0
call pltset(xl,yl,xr,yr)
call porig
return
end
          ( a )

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c          wdup
c
c          set window up vector
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c
c      subroutine wdup(dx,dy)
common /winup/th
th=-atan2(dy,dx)*180.0/3.14159+90.0
return
end
          ( c )

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c          porig
c
c          set origin (plotter)
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c
c      subroutine porig
common /view/xrate,yrate
common /window/xwr,ywr
common /porg/ox,oy,pxof,pyof
common /pscal/i,n
common /mem/memory
xo=ox-pxof*xrate*xwr
yo=oy-pyof*yrate*ywr
if(1.eq.1) then
  xo=xo/2.
  yo=yo/2.
  if(n.eq.1) then
    yo=yo+204.
  endif
  if(n.eq.3) then
    xo=xo+291.
    yo=yo+204.
  endif
  if(n.eq.4) then
    xo=xo+291.
  endif
endif
write(2,1000) xo,yo
1000 format('OS ',f10.4,',',f10.4)
return
end
          ( e )

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c          wind
c
c          set window
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c
c      subroutine wind(xmin,xmax,ymin,ymax)
common /porg/xo,yo,pxof,pyof
common /window/xwr,ywr
xwr=65534.0/abs(xmax-xmin)
ywr=49054.0/abs(ymax-ymin)
pxof=((xmin+xmax)/2.0)/120.23
pyof=((ymin+ymax)/2.0)/120.23
call porig
return
end
          ( b )

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c          pltset
c
c          set scale & origin
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c
c      subroutine pltset(xsl,ysl,xsr,ysr)
common /winlim/xsl,ysl,xsr,ysr
common /pscal/i,n
common /mem/memory
xr=xsr
xl=xsl
yr=ysr
yl=ysl
if(1.eq.1) then
  xr=xsr/2.
  xl=xsl/2.
  yr=ysr/2.
  yl=ysl/2.
  if(n.eq.1) then
    yr=yr+204.
    yl=yl+204.
  endif
  if(n.eq.3) then
    xr=xr+291.
    xl=xl+291.
    yr=yr+204.
    yl=yl+204.
  endif
  if(n.eq.4) then
    xr=xr+291.
    xl=xl+291.
  endif
  write(2,1000)
else
  write(2,1010)
endif
write(2,1020)
write(2,1030)
write(2,1040) xl,yl
write(2,1050) xr,yr
1000 format('SC 0.5,0.5;')
1010 format('SC 1.0,1.0;')
1020 format('WL 0.0,0.0')
1030 format('WR 582.0,408.0')
1040 format('WL ',f10.4,',',f10.4)
1050 format('WR ',f10.4,',',f10.4)
return
end
          ( d )

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c          code 2
c
c          (NDC to plotter)
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
c
c      subroutine code2(x,y)
x=x*545.07+18.46
y=y*408.0/0.7485
return
end
          ( f )

```

図8 ウィンドウ、ビューポート、ウィンドウの回転に関連するサブルーチンソースリスト

「SCORE」においては、ウィンドウ、ビューポートおよびウィンドウの回転はそれぞれのサブルーチンをコールすることで定義可能であり、それらのサブルーチンをコールする順番も任意である。一方、プロッタで作図するためには、コールされたサブルーチンの内容をプロッタで実行するために、プロッタのコマンドでその内容を書き換える訳であるが、プロッタ用グラフィックサブルーチンは、サブルーチン名と引数は「SCORE」と全く同じであるから、たとえば、円や円弧を作図するサブルーチンの引数だけでは、事前に撮像の機能のサブルーチンがコールされていたかどうかは不明である。

撮像の機能が定義されていると、円や円弧は楕円や楕円弧になる可能性があり、ウィンドウやビューポートの定義の順番にも任意性を持たせるためには、COMMON文を用いて種々の情報が各サブルーチンに引き継がれるようにする必要がある。

このような考えをもとに作成されたウィンドウ、ビューポートおよびウィンドウの回転に関連するサブルーチンのソースリストを図8に示す。

すでに作成したライブラリ「IP100」では、撮像の機能に対応していないため、サブルーチンの引数だけでプロッタによる作図が可能であったが、撮像の機能にも対応させようとすると、直線あるいは直線群で構成される図形以外は、撮像の機能が定義されたかどうかの情報が必要となり、それらのサブルーチンを修正し、新たにライブラリ「ipdrv」とした。

このプロッタ用ライブラリの作成によって、サビエンスに表示中の図形をプロッタに出力することはできない（本図形処理システムでは、ディスプレイから他の端末への出力指令を出せない）が、「SCORE」サブルーチンに則って作成されたプログラムを用いてプロッタに作図することが可能となった。すなわち、ソースプログラムコンパイル時に参照ライブラリ名を「SCORE」から「ipdrv」に変更し、実行時に出力デバイス名を「SAPIENS」から「PLOTTER」に変更するだけでよい。

したがって、プロッタのコマンドの内容を特に知る必要がなく、プロッタの機種を変更するような場合には、「ipdrv」中のサブルーチンの中のプロッタコマンドを手直しすればよく、プロッタの独自機能を損なう恐れも緩和できるものと考えられる。

なお、本プロッタはA2サイズであるが、A4サイズ4ブロックに仕切り、複数のプログラムによる図形を1枚の用紙にまとめられるようにしたサブルーチンを「ipdrv」に付加した。そのサブルーチンによって図2～図5を1枚につとめたものを図9に示す。

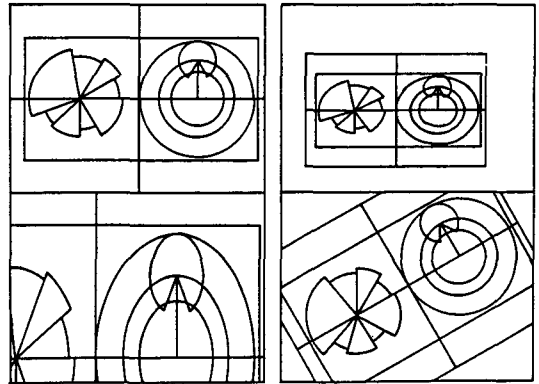


図9 4種の図形を1枚に作図した場合

4. おわりに

グラフィック・サブルーチン・ライブラリ「SCORE」を用いて作成されたプログラムによる作図内容を、XYプロッタに出力できるように、「SCORE」対応のプロッタ用グラフィック・サブルーチン・ライブラリ「ipdrv」を作成した。「ipdrv」中のサブルーチン名は「SCORE」中のものと全く同じであり、プロッタをサビエンスと同じレベルの出力デバイスとして利用できるようになった。

本「ipdrv」では、ウィンドウ、ビューポートおよびウィンドウの回転にも対応しており、図形細部の拡大や図形の部分移動なども可能となった。

また、サブルーチン作成にあたっては、プロッタ独自のコマンドをできるだけ多用し、作図効率低下の防止に努めた。サブルーチン中のプロッタコマンドを修正することでいろいろな機種のプロッタにも対応できるものと考えられる。

なお、本研究を進めるにあたり、プログラム作成にご協力頂いた平成元年度卒業研究生、高良晋也氏（現在、鐘淵化学工業(株)勤務）に記して謝意を表します。

参考文献

- (1) CAD標準化委員会：設計・製図，25(1990)，290.
- (2) 島岡三義：情報処理教育研究発表会論文集，8(1988)，78.
- (3) 島岡三義，若林敏夫：奈良工業高等専門学校研究紀要，24(1989)，7.
- (4) 日本図学会：CGハンドブック(1989)，森北出版.

空気圧グリッパのシミュレータ開発に関する研究

早川 恭弘 ・ 田中 弘文*

Study on The Simulator Development of A Pneumatic Gripper

Yasuhiro HAYAKAWA and Hirobumi TANAKA

Pneumatic drive system is essentially a pressure control system and the response of pressure has to be improved to get better system performance.

Since application of pneumatics to force control and compliance control are expected, it is important to clarify the characteristics and the control scheme of the pneumatic drive system with considering the role of pressure.

This paper describes control law and fundamental expressions of a pneumatic bellows gripper to achieve grasping an object. Next we explain the experiment of identification for the simulation program.

1. 緒言

近年、工場内において機械部品の組立に産業用ロボットを導入して精密はめあい作業の自動化を行なわせる必要性が増してきている。特に隙間が μm 単位の組立て作業を実行するには、システムにフレキシビリティを与えるコンプライアンスが重要な特性となる。また、コンプライアンス制御も適応制御やフィードバック制御などのアクティブな制御則を用いた方法とコンプライアンスの機構を利用した受動的な制御による方法とに分類される。

挿入作業について分類すると、前者は力フィードバックなどの制御を通して能動的に位置と姿勢の修正を行って挿入する方法¹⁾であり、後者は弾性体を利用して受動的に挿入を行う方法²⁾である。また、上記の受動的および能動的な方法を結合した方法³⁾もある。

しかし、これらのハンドの機構をみると、把持部とフレキシブルな構造部に分かれ、装置自体の汎用性も制限される。

本研究では、把持部自体にフレキシブルな構造を有す

るグリッパ装置を考える。即ち、把持部の駆動力に空気圧を使用し、空気の圧縮性により柔軟な動作を実現する。把持部の駆動用アクチュエータとしてはベローズを用いており、アクチュエータの基礎特性実験により、シミュレーションに必要なパラメータの同定を行う。そして、モデルに対するシミュレーションプログラムを作成し、その構成について述べる。

2. グリッパ装置

本研究で使用するベローズアクチュエータを図1に示す。ベローズは、溶接金属ベローズでステンレス鋼を使用しており、バネ定数の直線性が極めて良く、ヒステリ

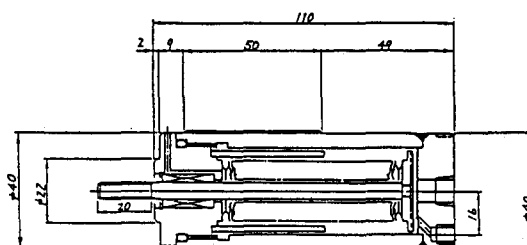


図1 ベローズアクチュエータ

* 三菱重工業株式会社

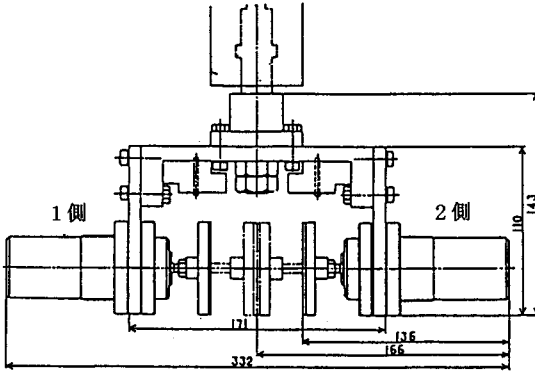


図2 空気圧グリッパ

シスが殆ど無視できる。また、ベローズの変位量が他のベローズに比べて大きく、アクチュエータの長さに対するストローク比を大きくとれる。アクチュエータのチャンパ内に空気を充填することによりベローズが圧縮され、中央部の軸が移動する。逆に、チャンパ内の空気が排気されるとベローズのバネ力により自由長に戻る。この動作を利用して、軸先に把持板を取り付けることによりグリッパを構成する。グリッパの概略図を図2に示す。

3. 解析

試作したグリッパを解析するにあたり、以下の仮定が成立するものとする。

- (1) グリッパは機構的に対称である。
- (2) 把持対象物は、スライド軸の中心線上にあり、対象物を把持する際の把持板の傾きは無いものとする。
- (3) 把持板の移動時において、ガイド用ベアリングのクーロン摩擦力は一定である。
- (4) 空気は理想気体であり、状態変化は断熱変化である。
- (5) 温度変化は無視できる。

以上の仮定をもとに、試作したグリッパを解析する。

3.1 基礎式

試作したグリッパで把持を行わせる時の基礎式について考える。

まず、アクチュエータ駆動用の弁を通る質量流量 G は次式とする。

$$G = P_a \cdot S_b \cdot \sqrt{\frac{2g}{T_a}} \cdot \phi \left(\frac{P_a}{P_a} \right) \quad (1)$$

$$\phi(Z) = \sqrt{K/(K-1)} \times (Z^{2/K} - Z^{(K+1)/K}) \quad (1 \geq Z \geq 0.528)$$

$$\phi(Z) = \sqrt{K/(K+1)} \times (2/(K+1))^{2K-1} \quad (0.528 \geq Z \geq \phi)$$

ここで、 P_a は上流側圧力、 P_b は下流側圧力、 S_b は弁の有効断面積、 T_a は標準温度

次にアクチュエータ内の圧力変化速度は、次式となる。ここで、 $i=1, 2$ はグリッパの1側と2側を示す。 V は体積、 A はベローズ有効断面積、 x はベローズ変位である。

$$\frac{dP_i}{dt} = \frac{\kappa RT_a}{V} \cdot G - \frac{\kappa P_i \cdot A}{V} \cdot \frac{dx_i}{dt} \quad (i=1,2) \quad (2)$$

入力電圧 U に対する弁の特性を一次遅れ系とすると次式で表わされる。ここで、 T_s は時定数。

$$S_b + T_s \cdot \frac{dS_b}{dt} = K \cdot U \quad (3)$$

また、ベローズアクチュエータに関する基礎式として、ベローズ変位 x とアクチュエータ内圧力 P は次式の関係を満たす。

$$x = \alpha \cdot P \quad (4)$$

(4)式より、ベローズのバネ力 F_s はベローズのバネ定数 K_s を用いて

$$F_s = K_s \cdot x \quad (5)$$

となる。ここで、 $K_s = A/\alpha$ である。

そして、片側の把持板の運動方程式は次式で表わされる。

$$m_i \frac{d^2 X_i}{dt^2} = P \cdot A - K_s \cdot x - b \cdot \frac{dx}{dt} - F_c \quad (6)$$

また、対象物を把持した状態における全体の運動方程式は次式となる。ここで、1側と2側の把持板が対象物を押す力を F_1, F_2 とし、その反力を R_1, R_2 とする。把持板の運動方程式は(6)式より

$$m_i \cdot \frac{d^2 X_i}{dt^2} = P_i \cdot A - K_s \cdot X_i - R_i - F_d - b_i \cdot \frac{dX_i}{dt} \quad (7) \quad (i=1, 2)$$

但し、 $X_1 = -X_2$ となる。また、質量 m_o なる対象物の運動方程式は次式となる。

$$m_o \cdot d^2 X_o / dt^2 = R_1 - R_2 \quad (8)$$

また、対象物が滑らずに把持されるための力Fは、把持板と対象物との間の摩擦係数を μ_{∞} として、以下の条件を満足しなければならない。

$$F \geq \frac{m_0 \cdot g}{2 \cdot \mu_{\infty}} \quad (9)$$

3.2 把持力制御

対象物を目標把持力 F_r で把持するための関係式について説明する。

本グリッパで対象物を把持制御する場合、目標把持力 F_r に対する圧力 P_1 とベローズの変位によるバネ力補償の圧力 P_2 の和を目標圧力 P_r として圧力制御を行う。

$$P_r = P_1 + P_2 \quad (10)$$

$$\text{ここで } P_1 = F_r / A, P_2 = K_s / A \cdot x \quad (11)$$

(10式の P_r に対し圧力偏差のPD制御を行い、弁への入力電圧Uを決定する。

$$U = K_{pp} \cdot P_r + K_{pd} \cdot dP_r / dt \quad (12)$$

また、把持制御に関するグリッパのブロック線図を図3に示す。

4. 同定実験

4.1 ベローズの静特性

試作したベローズアクチュエータの特性について調べる。まず、アクチュエータ内圧力Pとベローズ変位量xについての特性を調べた。結果を図4に示す。また、結果を直線近似すると次式で表わされる。

$$X_i = \alpha_i \cdot P_i - B_i \quad (i = 1, 2) \quad (13)$$

$$\alpha_1 = 6.827 \text{ [cm/MPa]}, B_1 = 0.019$$

$$\alpha_2 = 6.429 \text{ [cm/MPa]}, B_2 = -0.015$$

また、 $P_i = B_i / \alpha_i$ が成立するものとする。

次にベローズのバネ定数 K_{sa} は、ベローズの有効断面積A及び α_i を用いて $K_{sa} = A / \alpha_i$ と表わされるので、(13)式よりベローズのバネ力 F_{sa} は

$$F_{sa} = K_{sa} \cdot x_i + F_{B_i} \quad (14)$$

となる。ここで F_{B_i} は $F_{B_i} = B_i / \alpha_i \cdot A$ なる定数である。

故に(10式の目標圧力 P_r は次式となる。

$$P_r = (F_r + K_{sa} \cdot x_i + F_{B_i}) / A \quad (15)$$

4.2 弁有効断面積の線形化

弁に印加する電圧Uと有効断面積 S_v の関係は図5のように2次曲線で表わされるので、点線で示すように線形

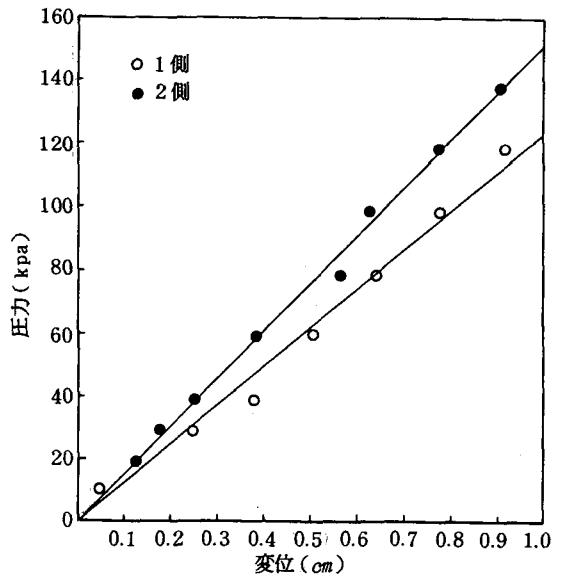


図4 静特性

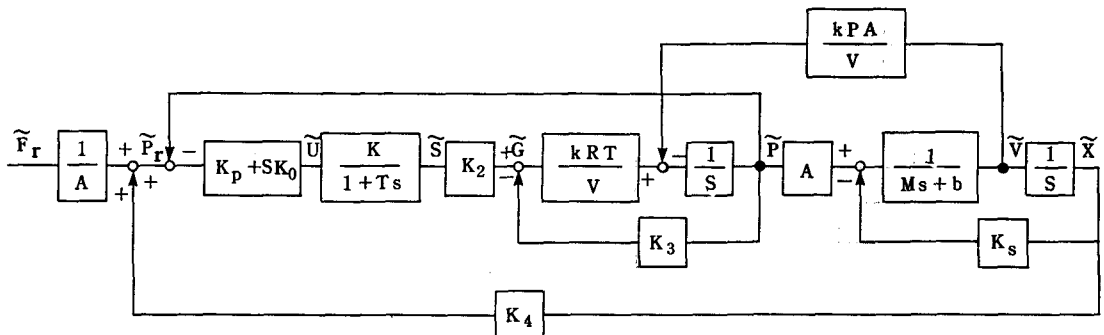


図3 ブロック線図

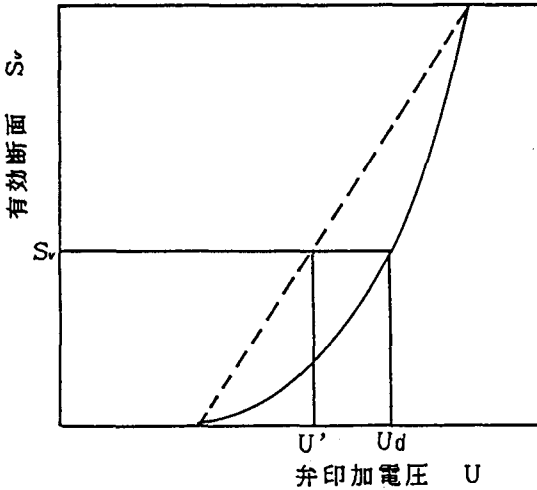


図5 パルプの流量特性

化する。

入力電力 U_a と弁有効断面積 S_a は以下の式で表される。

$$\begin{aligned}
 (U_a > 6.384) \\
 S_a &= 0.006U_a^2 - 0.0386U_a + 0.00189 \\
 (5.9 < U_a \leq 6.384) \\
 S_a &= -0.0007U_a^2 + 0.0135U_a - 0.0562 \\
 (0 < U_a \leq 5.9) \\
 S_a &= -0.0013U_a^2 + 0.0174U_a - 0.0581
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

また、実入力電圧 U_a と線形化電圧 U' の関係は次式となる。

$$\begin{aligned}
 (U' > 6.385) \\
 U_a &= 3.126 + \sqrt{6.301U' - 30.195} \\
 (5.752 < U' \leq 6.385) \\
 U_a &= 9.671 - \sqrt{-5.401U' + 45.285} \\
 (0 \leq U' \leq 5.752) \\
 U_a &= 6.692 - \sqrt{-2.908U' + 17.351}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

以上の同定実験等からシミュレーションに必要なパラ

表1 パラメータ

弁時定数	0.05 [sec]	バネ定数	2.13×10^5 [N/m]
むだ時間	0.028 [sec]	把持板質量	0.023 [kg]
粘性係数	0.01 [Ns/m]	容積	41.4×10^{-6} [m ³]
静摩擦力	1.96 [N]	有効断面積	1.46×10^{-4} [m ²]
動摩擦力	0.98 [N]		

メータの値を表1に示す。

5. 数値計算

3章の基礎式および4章の同定結果を用いてシミュレーションプログラムを作成する。プログラムの流れ図を図6に示す。

プログラムは、初期値設定ルーチン、メインルーチン、出力ルーチンに分かれ、数値計算結果を1)画面、2)X-

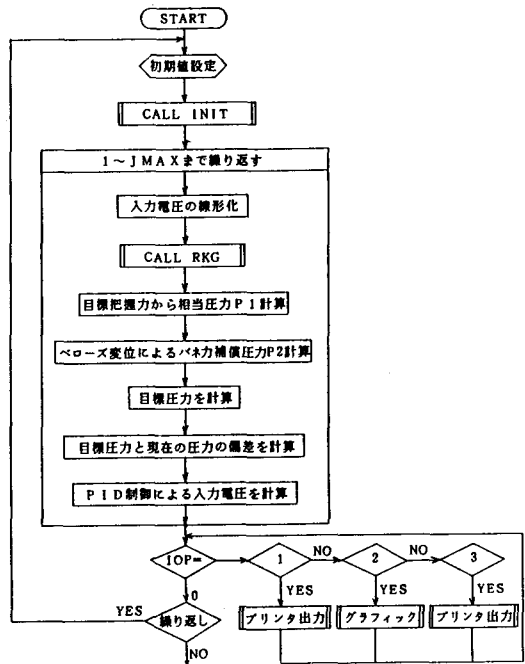


図6 流れ図

Yプロッタ、3)プリンタ上に出力できる。

6. まとめ

試作した空気圧グリッパの把持力制御等についてその基礎式を説明し、シミュレーションに必要なパラメータについての同定実験を行った。また、プログラムの構成について説明した。

今後は、シミュレーションプログラムを使って種々の計算を実行し、制御側の検討を行う。

参考文献

- 1) H.VAN Brussel & J.Simons:8th ISIR Proceeding,1,181/193 (1978)
- 2) J.L.Nevins,etal:C.S.Draper Lab Sixth Report (1977)
- 3) J.L.Nevins,etal:C.S.Draper Lab Sixth Report (1978)

電流形アクティブフィルタの基礎特性(2)

井村 榮 仁

Basic Characteristic of A Current Type Active Filter(2)

Shigeji IMURA

This paper describes on basic characteristic of a current type active filter. This type of filter has a very good response that is, accurate amplitude and phase equal to those of input signal. On the other hand there are some problems which are improved. One of them is to avoid side-bands. To solve this problem, it is useful to feedback output current of active filter as a part of the input signals.

Output current wave forms and its spectra distribution are obtained by simulation not only in ordinary PWM method but also in the feedback case stated above.

1.

電力用アクティブフィルタのうち電流形のもの、応答に優れている反面いくつかの改善すべき事柄も多い。

側波帯（特に低次側波帯）の除去、スパイク電圧の低減¹⁾および運転効率の向上²⁾などの問題点である。

既報³⁾では、単一高調波抑制時における信号成分の発生に関し、周波数領域でのシミュレーション結果と、対応する実験結果との比較検討を行ない、振幅・位相ともに両者の一致がほぼ満足すべきものであることを示した。

しかし、その際キャリア周波数と抑制すべき高調波電流信号の周波数（たとえば、5, 7, 11および13次）とで決まる次数の側波帯の除去ないしは低減については触れなかった。

本報告では、一步進めて電流形アクティブフィルタシステムを時間領域でシミュレーションし、複合高調波抑制時におけるフィルタ各部の動作量を求める。ただし、本システムの諸特性に対するパラメータ評価に関しては今回割愛することとし、主に側波帯の除去について検討を加える。原理上、低次から高次にいたる側波帯が発生する。高次のもは、RLC高域フィルタの並用により大体低減できる。一方、低次のもの除去については本来の主旨から言っても受動形フィルタの使用は好ましく

ない。低次の側波帯の近傍には信号成分の高調波が存在するため、電流形の長所を損なうことになるからである。

そこで、ここではフィルタ出力電流を制御信号にフィードバックする方法を提案し、この結果必要な高調波電流を抑制しつつ或る程度低次側波帯の低減ができることをシミュレーションにより明らかにする。しかし、このときキャリア周波数で定まるスイッチング周波数でなく、信号成分どうしの比較により決まってくるスイッチング周波数になるため、これに追従できる高周波用素子を必要とする。これについては別途追究してゆきたい。

2. 電流形アクティブフィルタシステム

2-1 回路構成と動作

図1にアクティブフィルタのシステム構成を示す。主回路各部について述べると、コンバータ部はスイッチング素子として6個のGTO ($G_1 \sim G_6$) から成り、約2KHのスイッチング周波数で動作する。変圧器は200V/18v, 6KVAのものである。電流源となる直流リアクトルLとしては、常電導コイルまたは超電導コイルのいずれでもよい。表1に主回路関係の緒元を掲げる。

アクティブフィルタ出力電流 i_{fb} , i_{fb} および i_{fb} の基準の方向は図示のとおりに定める。

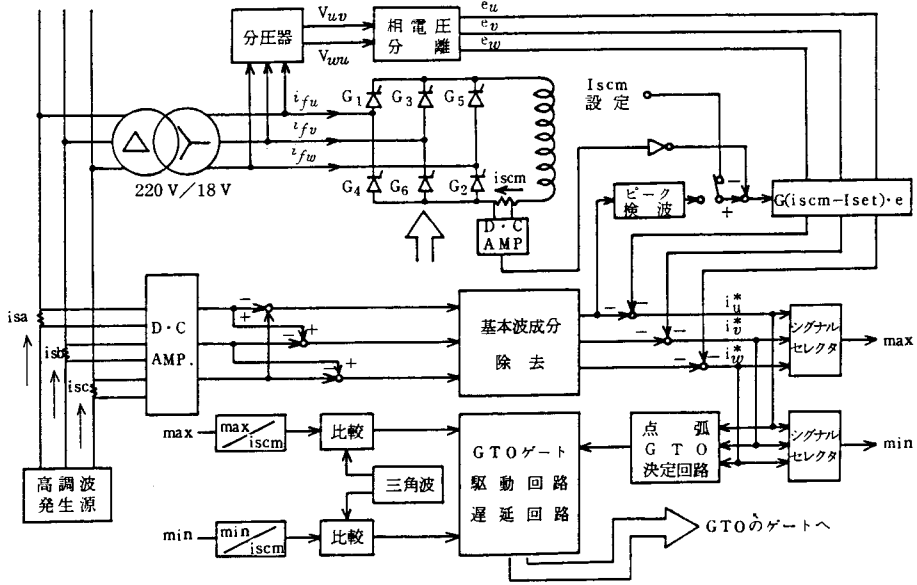


図1 電流形アクティブフィルタ

制御回路は、オペアンプ、TTL ICおよびアナログ形の乗除算器などを用いたハードウェア構成にしている。

入力には系統の歪波電流、変圧器二次側相電圧およびコイル電流である。シグナルセレクタへの入力信号 i_u^* 、 i_v^* および i_w^* がPWM信号に変換される。制御回路の設定条件により、制御回路への入力単位電圧をGTOコンバータ出力電流C(A)に対応させることができる。単一高調波を抑制する場合、電流形であるためPWM制御された i_{fu} などの電流に含まれる信号成分は、若干の差異を無視すれば振巾・位相ともほぼ正確に入力信号 i_u^* などに比例する。ただし、複合高調波をPWM制御すると側波帯の中に5, 7, 11或いは13次のいずれかが出現することもあり、結果的にその差異が振巾では10~15%, 位相では10°程度になることもある。また、側波帯にいたってはリアクトル電流値に対する、信号電流値の比に応じてかなり振巾の大きい次数のものがあるので、是非とも低次側波帯の低減ないしは除去を考慮すべき必要がある。もっとも半導体素子をMOS-FETなどに換え、キャリア周波数を高くすれば、計算上この誤差は消滅ないしは減少しかつ側波帯の次数も上方へ移動するが、ここではあくまでスイッチング素子としてGTOを考えている。

2-2 制御ロジック

後述のシミュレーションにおける回路状態の判定は、ここで説明する制御ロジックに基づいている。図1でのGTOコンバータの上側GTOである G_1 、 G_3 および G_5 のどれか一つと同様に下側GTOの G_4 、 G_6 および G_2 のどれか一つとが常に導通しているように制御しなければならない。

表1 主回路の緒元

GTO 359RGA120	可制御アノード電流	350A
	実行オン電流	125A
	くり返しピークオフ電圧	1200V
変圧器	くり返しピーク逆電圧	1200V
	容量	6KVA
	変圧比(Δ-Y)	220v/18V
	抵抗(一次換算)	0.424Ω
直流リアクトル	もれリアクタンス(一次換算)	0.442Ω
	常電導コイル	0.012H 0.0255Ω
	超電導コイル(Nb-Ti)	0.5H

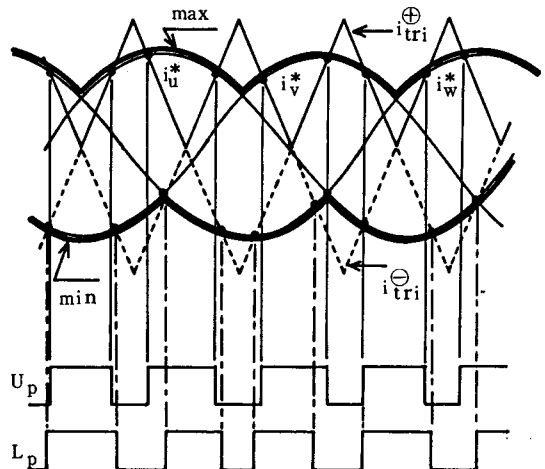


図2 三相PWMの例

シグナルセクタへの入力信号 i_{pu} 、 i_{pv} および i_{pw} がPWM信号に変換される。また、その出力である \max および \min は、図2に示すように正負2つの三角波 i_{pu}^+ および i_{pu}^- とそれぞれ次のように比較される。ここに、 \max および \min は、それぞれ i_{pu}^+ 、 i_{pu}^- および i_{pu}^+ の最大値および最小値を表す。すなわち、

$$\begin{aligned} \max &\geq i_{pu}^+ && \text{のとき } U_p = 1, \text{ そうでないとき } U_p = 0 \\ \min &\leq i_{pu}^- && \text{のとき } L_p = 1, \text{ そうでないとき } L_p = 0 \\ i_{pu}^+ &\geq i_{pu}^+ && \text{のとき } A = 1, \text{ そうでないとき } A = 0 \\ i_{pu}^- &\geq i_{pu}^- && \text{のとき } B = 1, \text{ そうでないとき } B = 0 \\ i_{pv} &\geq i_{pv}^+ && \text{のとき } C = 1, \text{ そうでないとき } C = 0 \end{aligned}$$

とおいたとき、

$$\left. \begin{aligned} G_1 &= u \cdot U_p + \overline{u+x} \cdot \overline{U}_p \\ G_3 &= v \cdot U_p + \overline{v+y} \cdot \overline{U}_p \\ G_5 &= w \cdot U_p + \overline{w+z} \cdot \overline{U}_p \\ G_4 &= x \cdot L_p + \overline{u+x} \cdot \overline{L}_p \\ G_6 &= y \cdot L_p + \overline{v+y} \cdot \overline{L}_p \\ G_2 &= z \cdot L_p + \overline{w+z} \cdot \overline{L}_p \end{aligned} \right\} (1)$$

ただし、 $u = A \cdot \overline{C}$ 、 $v = \overline{A} \cdot B$ 、 $w = \overline{B} \cdot C$
 $x = \overline{A} \cdot C$ 、 $y = A \cdot \overline{B}$ 、 $z = B \cdot \overline{C}$

なるゲート信号を作りそれぞれのGTOに印加している。

シミュレーションでは、式(1)に従ってどのGTOが導通しているのかを判定し、対応する回路状態をルンゲ・クッタ・ジル法により計算している。

尚、アクティブフィルタ本来の動作モードであるPWMモードのほか、緊急時にSCMの保護としての電力放出モードおよびこれら両者の混合モードの切替をスイッチにより選択できる機能も制御ロジックに組込まれているがここでは省略する。

3. シミュレーションによる動作量の計算

3-1 シミュレーションの方法

シミュレーションでは、図1の変圧器部分を二次側に換算して行なり。等価回路を図3に示す。

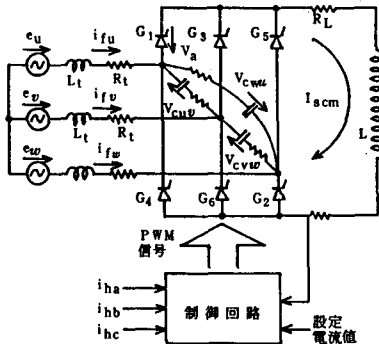


図3 シミュレーションのための等価回路

先に説明した制御ロジックでは、上下アームのGTOがそれぞれ1個ずつ導通するよう制御されるため計9個の回路状態に分けられるが、同一アームの上下のGTOが導通する3個の回路状態は、方程式も同一となるため互いに区別する必要がない。結果として計7個の回路状態を解けばよい。図3を見て明らかのように全部で7つのエネルギー蓄積素子が存在する。しかるに、束縛条件

$$i_{fu} + i_{fv} + i_{fw} = 0 \quad (2)$$

があるので、状態方程式としては6次ものを解けばよいことになる。そこで、たとえば G_1 と G_6 とが導通している場合の状態方程式を求めると、

$$A \cdot X = Y_A \quad (3)$$

ただし、

$$X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$$

$$X_1 = i_{fu}, X_2 = i_{fv}, X_3 = i_{scm}$$

$$X_4 = V_{cuu}, X_5 = V_{cuv}, X_6 = V_{cww}$$

であり、また

$$A = \begin{pmatrix} L_t & 2L_t & 0 & 0 & T_d & 0 \\ -2L_t & -L_t & 0 & 0 & 0 & T_d \\ 0 & 0 & -L & T_d & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_d & 0 & -C_d \\ 0 & 0 & 0 & -C_d & C_d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & T_d & T_d & T_d \end{pmatrix}$$

ここに、

$$T_d = C_d \cdot R_d$$

および

$$Y_A = (Y_{1A}, Y_{2A}, Y_{3A}, Y_{4A}, Y_{5A}, Y_{6A})$$

$$Y_{1A} = e_2 - e_3 - R_t (X_1 + 2X_2) - X_5$$

$$Y_{2A} = e_3 - e_1 + R_t (2X_1 + X_2) - X_5$$

$$Y_{3A} = 2v_u + R_t X_3 - X_4$$

$$Y_{4A} = X_1 - X_3$$

$$Y_{5A} = X_2 + X_3$$

$$Y_{6A} = -(X_4 + X_5 + X_6), \quad e_1 = e_u, e_2 = e_v, e_3 = e_w$$

となる。同様に、同一アームの上下のGTOたとえば G_1 と G_4 とが導通しているとき、

$$B X = Y_B \quad (4)$$

ただし、

$$X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$$

$$X_1 = i_{fu}, X_2 = i_{fv}, X_3 = i_{scm}$$

$$X_4 = V_{cuV}, X_5 = V_{cuW}, X_6 = V_{cuU}$$

$$B = \begin{pmatrix} L_1 & 2L_1 & 0 & 0 & T_d & 0 \\ -2L_1 & -L_1 & 0 & 0 & 0 & T_d \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & T_d & T_d & T_d \\ 0 & 0 & 0 & -C_d & C_d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -C_d & C_d \end{pmatrix}$$

$$Y_B = (Y_{1B}, Y_{2B}, Y_{3B}, Y_{4B}, Y_{5B}, Y_{6B})$$

$$Y_{1B} = e_2 - e_3 - R_1 (X_1 + 2X_2) - X_5$$

$$Y_{2B} = e_3 - e_1 - R_1 (2X_1 + X_2) - X_6$$

$$Y_{3B} = - (2v_u + R_1 X_3) / L$$

$$Y_{4B} = - (X_4 + X_5 + X_6)$$

$$Y_{5B} = X_2$$

$$Y_{6B} = - (X_1 + X_2), e_1 = e_u, e_2 = e_v, e_3 = e_w$$

である。

ところで、異なるアームの上下各1個のGTOが導通している残り5個の回路状態に対しては、表2に掲げるような状態変数および入力変数の置き換えを行なえば式(3)がそのまま適用できる。シミュレーションプログラムでは、まず式(1)の制御ロジックによりどの回路状態であるかを判定し、表2を参照して式(3)または(4)をルンゲ・クッタ・ジル法で解いている。

3-2 低次側波帯低減のための一考察

PWM制御では複合高調波電流発生時においても、若干の誤差はあるものの信号成分に関しては振巾・位相ともほぼ正確に出力される。そして、信号成分より低次の側波帯は殆んど発生しない。しかし、信号成分の周波数よりわずかに高い周波数の側波帯の中にはかなり大きいものがある。これについては、シミュレーション結果の例を後に示す。

さて、既述のように本システムでは制御回路への入力単位電圧が、波高値C(A)のコンバート出力電流*i_f*に対応する。すなわち、信号電圧*i_f^{*}*を次のようにおく。

$$i_f^* = i_f + i_{sf} \tag{5}$$

ただし、*i_f^{*}*はコイル電流制御のための基本波成分で、*i_{sf}*は制御すべき高調波信号成分である。

しからば、

$$i_f = C \cdot i_f^* + i_{sf} \tag{6}$$

となる。ここに、*i_{sf}*はこの場合の側波帯を表わす。

このように一般に*i_f*は*i_f^{*}*に比例しないので、何らかの方法により*i_{sf}*を除去ないしは低減する必要がある。

そこで今、*-i_{sf}*に相当する信号(*i_f^{*} - i_f / C*)を再び制御回路に入力することになると、コンバータ出力電流*i_f*は次式を満たす。

表2 状態変数の置き換え

導通GTO 回路状態	G ₁ , G ₆	G ₁ , G ₂	G ₃ , G ₄	G ₃ , G ₂	G ₅ , G ₄	G ₅ , G ₆
	1	2	3	4	5	6
X ₁	<i>i_{fu}</i>	<i>i_{fu}</i>	<i>i_{fv}</i>	<i>i_{fv}</i>	<i>i_{fw}</i>	<i>i_{fw}</i>
X ₂	<i>i_{fv}</i>	<i>i_{fv}</i>	<i>i_{fu}</i>	<i>i_{fv}</i>	<i>i_{fu}</i>	<i>i_{fv}</i>
X ₃	<i>i_{sw}</i>	<i>i_{sw}</i>	<i>i_{sw}</i>	<i>i_{sw}</i>	<i>i_{sw}</i>	<i>i_{sw}</i>
X ₄	V _{cuV}	-V _{cuW}	-V _{cuU}	V _{cuW}	V _{cuU}	-V _{cuV}
X ₅	V _{cuW}	-V _{cuU}	-V _{cuV}	V _{cuU}	V _{cuV}	-V _{cuW}
X ₆	V _{cuU}	-V _{cuV}	-V _{cuW}	V _{cuV}	V _{cuW}	-V _{cuU}
e ₁	e _u	e _u	e _v	e _v	e _w	e _w
e ₂	e _v	e _w	e _u	e _w	e _u	e _v
e ₃	e _w	e _v	e _w	e _u	e _v	e _u

$$i_f = C \{ k_1 i_f^* + k_2 (i_f^* - i_f / C) \} + i_{sf} \tag{7}$$

ここに、*k₁*および*k₂*はそれぞれ制御回路のゲインを表わし、*i_{sf}*はコンバータ出力信号をフィードバックした場合の*i_f*中の側波帯である。式(1)を*i_f*について解くと、

$$i_f = C \cdot \frac{k_1 + k_2}{1 + k_2} i_f^* + \frac{1}{1 + k_2} i_{sf} \tag{8}$$

を得る。ここで、*k₁ = 1*とし*k₂*を大きくとれば、必要な高調波電流が発生でき、しかも側波帯の大きさを小さくできると考えられる。このとき、制御ロジックを与える式(1)、回路状態を表わす式(3)および(4)は、そのままあてはまる。

3-3 シミュレーション結果

図4(A)、(B)にシミュレーション結果を示す。回路定数として、

$$L_1 = 5 (\mu H) \quad (\text{トランス二次側換算})$$

$$R_1 = 0.00113 (\Omega) \quad (\quad \quad \quad)$$

$$v_u = 1 (V) \quad (\text{GTO 1個の順方向電圧降下})$$

$$L = \begin{cases} 0.012 (H) & (\text{常電導コイルの場合}) \\ 0.5 (H) & (\text{超電導 } \quad \quad) \end{cases}$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0255 (\Omega) & (\text{常電導 } \quad \quad) \\ 0 (\Omega) & (\text{超電導 } \quad \quad) \end{cases}$$

$$C_d = 0.00001 (F)$$

$$R_d = 2 (\Omega)$$

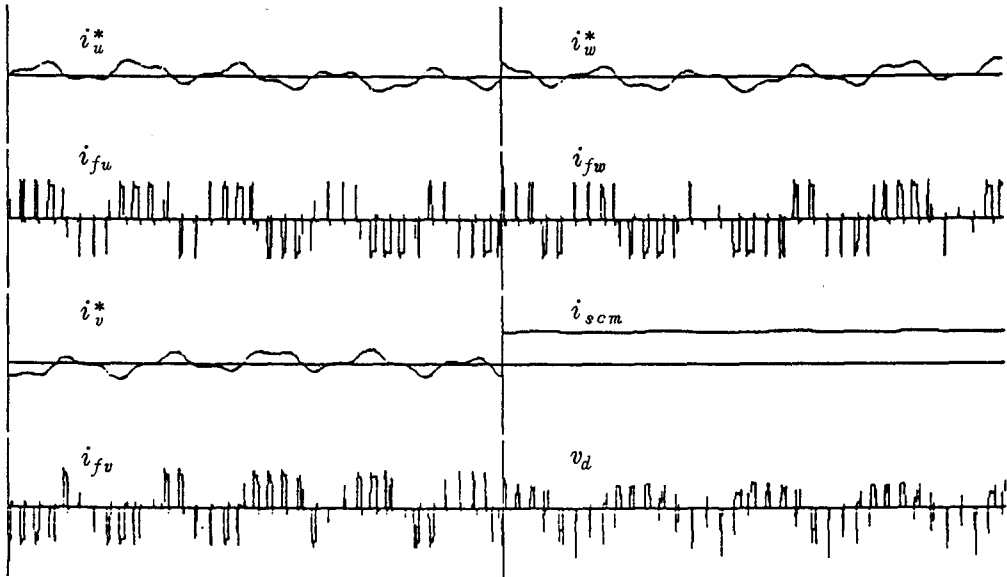
を用いた。ただし、この例は常電導コイルの場合のものである。また、基本周波数は60Hzとしている。

図4(A)は通常のPWMの場合で抑制高調波が第5次5(A)、第13次2(A)の複合高調波の例を示す。*i_u*などに対するアクティブフィルタ出力電流が*i_{fu}*などである。同様に同図(B)は(A)とまったく同じ高調波を抑制するように、出力電流信号を制御回路にフィードバックした場合の各部の動作量を示す。このとき、制御

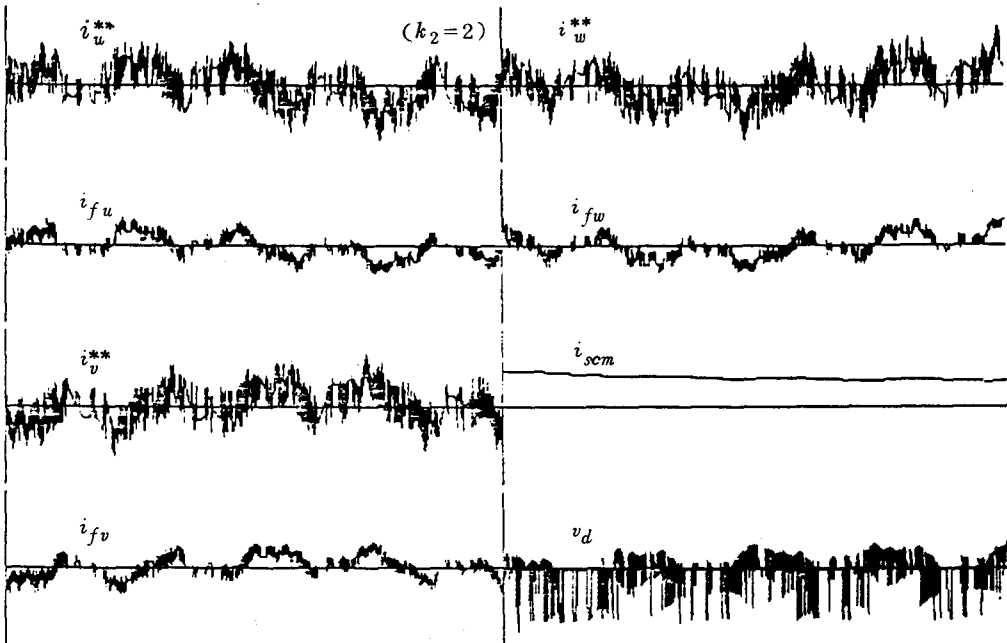
信号 i_u^* などは複雑な変化をするが、フィルタ出力電流 i_{fu} などは、もとの信号 i_u^* に近い波形となっているのがわかる。図5はこれらの波形を周波数分析したものである。同図(a)は、入力信号 i_u^* のスペクトルである。図(b)

は、図4(A)に対するもので、上段がスペクトル分布、下段が位相差—出力の位相から入力信号のそれを減じた値—を表わす。

同図(c)は、図4(B)に対するスペクトル分布と



(A) 通常のPWMのシミュレーション(例)



(B) フィードバック信号を加味したシミュレーション(例)

図4 シミュレーションによる各部の波形(例)

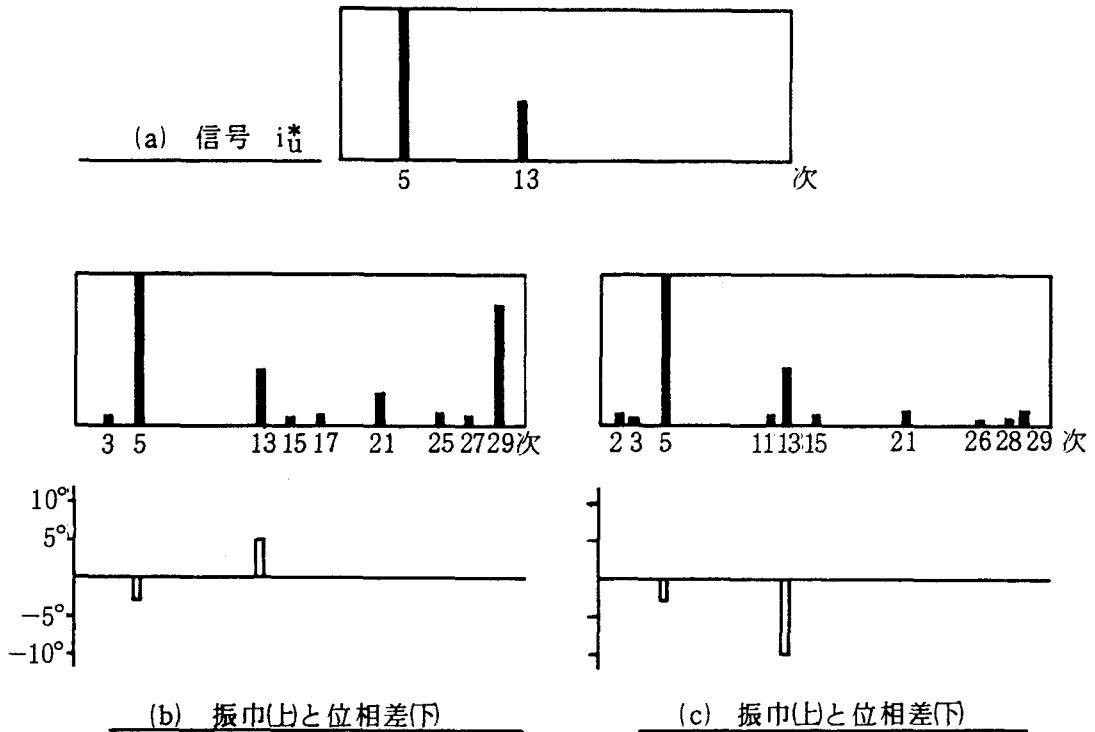


図5

位相差を表している。図(b)では、 i_{fu} の振巾、位相ともにはほぼ近い値が得られている。また、信号成分より低い周波数成分は殆ど発生していない。ここに示した以外の種々の計算においても事情は同じである。しかし、キャリア周波数2040(Hz)〔34次相当〕と第5次および第13次とで決まる側波帯として第21次および第29次の振巾がきわめて大きい。これに対し同図(c)では(b)と同様必要な高調波の抑制ができており、同時に低次側波帯が大巾に減少している。しかるに、第2次や第3次などその振巾は比較的小さいが、基本波の近くに新たな側波帯が生じている。これについては今後その発生理由を明らかにし除去するよう調べてゆく。

4.

本報告では、時間領域のシミュレーションにより電流形アクティブフィルタの基礎特性の一つとして応答性が良いことを示し、同時に問題点として側波帯の発生とその低減について述べた。PWM制御では、ほぼ忠実に信号に比例した出力を得ることができる。しかし、信号成分に近い低次側波帯の中には非常に大きいものがある。このとき、電流形の長所を保持するとすれば、これら側波帯を低減するのに受動形フィルタを並用することは避けるべきであろう。そこで、本報告では出力電流を制御

信号にフィードバックする方法を提案した。その結果、シミュレーションにより明らかなように、有力な低次側波帯を或る程度減少させることができることを確認した。

ただし、このとき高周波用のスイッチング素子を必要とし、また基本波近くの成分が出現するなど新たな問題も生じる。これらについて一層の工夫と改良により電流形本来の特徴を生かしたい。

謝 辞

本研究にあたり有益なる御助言を戴いた、京都大学工学部、電気工学科岡田研究室の仁田且三助教授、白井康之助手はじめ同研究室各位に深感致します。

文 献

- 1) 本部ほか：正弦波出力電流形GTOインバータにおけるスパイク電圧発生とその抑制法，SPC-84-36
- 2) J.Holtz et al：MEGAWATT GTO-INVERTER WITH THREE LEVEL PWM CONTROL AND REGENERATIVE SNUBBER CIRCUITS, PESC, vol. 2, VII B-2, 1988.
- 3) 井村：奈良高専研究紀要第25号，PP29-34，平成元年。

High Field Characteristics of Ultrathin Films(PMSP) by Surface charge Decay Measurements

Jun KYOKANE, Yoshihiro YAMAMOTO,

Iichi KIMURA and *Katsumi YOSHINO

Surface potential of corona-charged ultrathin films of a polyacetylene derivative, poly(1-trimethylsilyl-1-propyne), increases with increasing corona voltage, tending to saturate at some limited value V_{th} . From this V_{th} value, the breakdown strength is evaluated to be 200 MV/cm, 50 MV/cm and 1.5 MV/cm for films with a 40 Å, 200 Å and 1 μm thickness, respectively. Resistivity of the sample was also evaluated from the decaying characteristics of the surface potential.

1. Introduction

High field phenomena in polymer films have been studied for many years from both fundamental and practical interest. In particular, the understanding of the breakdown process in insulating polymer is very important to establish high reliability and long life electrical machines and also electronic components. However, the breakdown mechanism has not been fully clarified until now. In most insulators, the breakdown strength has been evaluated to be several MV/cm but it was also found to be strongly dependent on the molecular structure and thickness.

The breakdown mechanism of these films has been explained either by the electronic processes such as electron avalanche or by thermal processes.

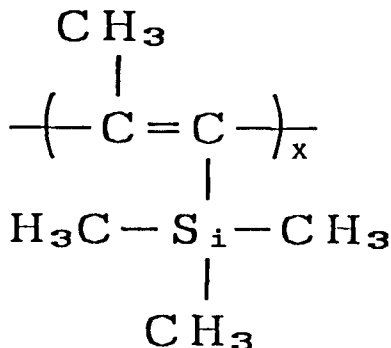
^{1, 2)} If the sample thickness was sufficiently thin, a high breakdown strength was expected in the case

The contents of this paper were reported to the JPN.J. APPL. PHYS., 29, No.8 (1990) L1686-L1688

*Faculty of Engineering, Osaka University

of former process because the collision events which induce electron ionization were expected to be suppressed. The study of breakdown strength of ultrathin films has been limited because the preparation of films with thickness less than 1 μm as well as the preparation of electrodes by evaporation of metals on extremely thin films is not easy.

Recently, the preparation technique of ultrathin LB (Langmuir Blodgett) films has progressed remarkably.³⁻⁵⁾ However, in this case, usually monomeric material with a long hydrophobic tail must be used, which is very difficult to peel off the substrate to obtain free-standing films. On the other hand, a thin free-standing film can be prepared by casting polymer solution on a water surface and then scooping up a floating film. Here, in this paper, we report characteristics of coronacharged ultrathin polymer films prepared by this method. In this study, corona charging was preferred because, by this method, we are free from problems associated with the preparation of electrodes on ultrathin films.



P M S P

Fig.1 Molecular structure of PMSP.

2. Experimental

In this study, a polyacetylene derivative, poly (1-trimethylsilyl-1-propyne) (PMSP), prepared by the method of Masuda et al. utilizing transition metal halide as a catalyst was used as sample. ⁶⁾ The molecular structure of this polymer is indicated in Fig. 1. The sample was dissolved in chloroform. The solution was cast on water surface area. Then the floating ultrathin film was scooped up with a square metal flange of 40mm×40mm. By this technique a polymer film even as thin as 40 Å can be obtained in a free-standing state. The

thickness of film was evaluated from the amount of polymer casted and the surface area of the film on the water, even though the direct evaluation of film thickness, either by ellipsometry or using a surface profilometer, was not carried out. The samples obtained from various regions of the floating polymer film exhibited similar experimental results (for example, dispersion of less than 10% in the breakdown strength of various samples), which indicates the uniformity of the film thickness and also supports the appropriateness of the evaluated film thickness.

The high field phenomena were studied by a coronacharging method as follows.

The experimental setup is shown in Fig. 2. The sample mounted on the frame was put on a copper plate electrode. Then the film was tightly attached automatically to the surface, perhaps due to the electrostatic force. A sample was set under the needle electrode of 2 μm tip radius with the separation of 1 cm. After corona charging by applying high voltage to the needle electrode for about 30 seconds the sample was pushed to a new position below an electrostatic probe of a static voltmeter TREK-360SX by a piston driven by high air pressure. The time delay from the end of corona charging until the initiation of the measurement was less than 0.5 seconds. The decay of surface charge in such a short time interval was confirmed to be negligible in our experiment.

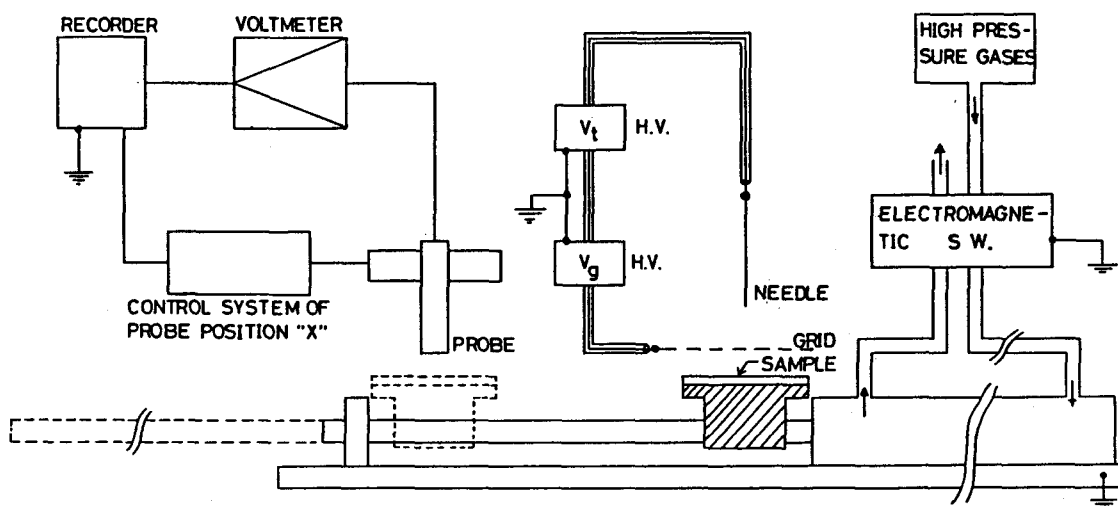


Fig.2 Experimental arrangement for the charging and measuring.

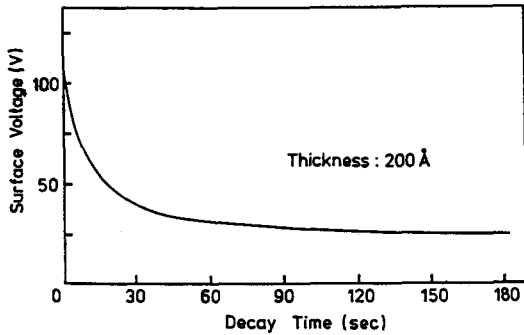


Fig.3 A typical decaying curves of surface potential in PMSP films.

The details of the apparatus and experimental procedure have been already reported in our previous paper. ⁷⁾

3. Results and discussion

Figure 3 indicates typical decaying characteristics of surface potential in 200 Å film. The decay of the surface charge in such thin films can be interpreted in terms of decay of the stored charge in a thin polymer capacitor with capacitance C through a resistance R of the film. Since the time constant is given by CR , the resistance can be evaluated from the measured decay curve. The resistivity at room temperature was evaluated to be around $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ in these samples.

It should be noted that this polymer main chain of PMSP consisted of conjugated Π electron system. Usually, such conjugated polymers are called conducting polymers and exhibit relatively high conductivity. In PMSP, however, due to steric hindrance induced by a large substituted silicone unit, the C-C bond in main chains should be highly twisted and planarity of conjugation system should decrease, resulting in the effectively short conjugation length and large band gap. Indeed, by the optical absorption, the band gap of the polymer was evaluated to be larger than 3 eV. This is a reason of low conductivity of PMSP compared with other conducting polymers and the conductivity higher than the typical insulating polymers such as polyethylene and poly-tetrafluoroethylene which have a very large band gap of

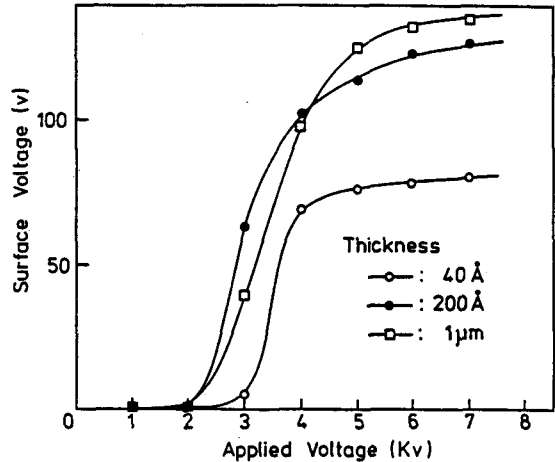


Fig.4 Dependence of a surface potential on the corona voltage.

8.5 eV.

Figure 4 shows the dependence of a surface potential on the corona voltage. As evident in this figure, the surface potential increases remarkably with corona voltage. However, at high corona voltage, the surface potential tends to saturate to some limiting value V_b . At voltage beyond V_b , finally the breakdown of the sample is induced.

This limiting voltage V_b can be interpreted to be dielectric strength of the film. That is, above V_b the electron avalanche starts to occur intensively and the conductivity is enhanced remarkably. Therefore, the charge on polymer surface can not be accumulated effectively; furthermore, the surface potential does not increase even with increasing corona voltage. Then, finally, breakdown occurs.

The dielectric strength of PMSP films was evaluated from the V_b value to be 200 MV/cm, 50 MV/cm and 1.5 MV/cm in the samples of 40 Å, 200 Å and 1 μm thickness for positive voltage charging, respectively. That is, the dielectric strength increased remarkably with decreasing thickness. This thickness dependence of the strength is more clearly indicated in Fig. 5. It is clear in this figure that extremely high breakdown strength can be obtained in ultrathin polymer films. This result suggests that breakdown strength can be highly enhanced by suppressing the effect of electron multiplication with decreasing sample thickness. For more detailed understanding, however, electron tunneling should also be taken

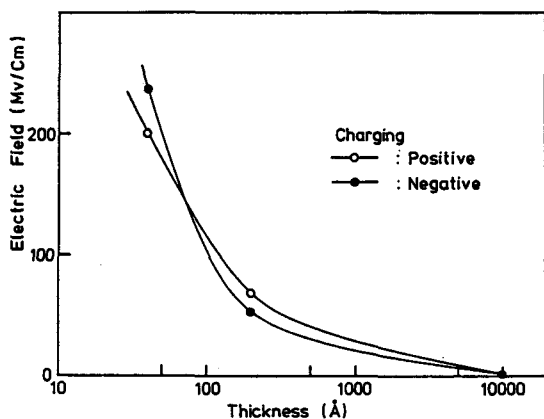


Fig.5 Thickness dependence of the dielectric strength.

into consideration in films with a thinness of several tens Å.

It should also be noted that a slight polarity effect was observed in these cases. That is, the breakdown strength slightly depends on the polarity of corona voltage as evident in Fig. 5. However, the origin this effect is not clear at this stage.

4. Summary

The present experimental study can be summarized as follows.

- (1) High field phenomena of ultrathin films of PMSP was studied successfully utilizing corona charging and surface potential measurement technique.
- (2) Surface potential of the coronacharged film, decayed with the CR time constant of the film, from which the conductivity of the order of 10^{-14} S/cm was evaluated in PMSP.
- (3) Surface potential increased with increasing corona voltage, tending to saturation to the limited value V_{th} , from which breakdown strength was evaluated to be as high as 200 MV/cm, 50 MV/cm and 1.5 MV/cm in 40 Å, and 1 μ m films.
- (4) The remarkable enhancement of breakdown strength in ultrathin film can be explained tentatively by the suppression of electron avalanche in such ultrathin films.
- (5) Polarity effect was also observed in the surface

charge potential decay characteristics.

Acknowledgement

The authors would like to express their sincere thanks to T. Inoue (ONKYO Co. Ltd.) for his assistance in experiments.

References

- 1) J. J. O'Dwyer : The Theory of Electrical Conduction and Breakdown in Solid Dielectrics (Clarendon Press, Oxford, 1983).
- 2) Y. Inuishi : IEEE Trans. Elect. Insul. , EI-17 (1982) 488.
- 3) K. B. Blodgett : J. Am. Chem. Soc., 57, (1935) 1007.
- 4) H. Kuhn, D. Mobious and H. Bucher : Techniques of Chemistry (Wiley, 1973).
- 5) M. Iwamoto and T. Moriizumi : J. I. E. E. Jpn., 107 (1987) 871 [in Japanese]
- 6) T. Masuda, E. Isobe, T. Higashimura and K. Takada : J. Am. Chem. Soc. 105(1983) 7473.
- 7) J. Kyokane, K. Yoshino, Y. Inuishi and R. Coelho : Proc. I. E. E. Jpn., 102A (1982) 89.

太陽電池発電の高効率化実験

山本 善啓・土井 滋貴・高橋 晴雄

A study on an enhanced power-generation for a Solar power system

Yoshihiro Yamamoto, Shigeki Doi and Haruo Takahashi

近年、エネルギー危機が問題とされる中で、自然の再生エネルギーが注目され、各種の発電システムが開発されているが、中でも太陽光発電は、小規模のオンサイト電源として有望視されている。本実験では、太陽電池発電システムを試作し、各構成部の効率改善を行なった。太陽光を集光・追尾させ、光エネルギーを屋内に伝送することにより太陽電池を屋内設置できる有効性についての基礎実験を行なった。

1. はじめに

現在の電気エネルギーは、石油資源や原子力エネルギーにより発電されているのが主流であるが、近年利用技術の開発が進められている自然の持つ再生エネルギーの中で、太陽光エネルギーを利用する太陽光発電は、電卓や時計などの商業ユースにも広く普及している。また電力用としても、家庭、病院、工場や山間僻地での設備など、実用性の高い小規模分散形の太陽光発電システムがオンサイト電源として有望視されている。

しかし、効率面では、技術的に改善が必要な部分も多くあり、本稿では太陽電池アレイを高密度の太陽光で動作させるように集光・追尾し太陽電池単位面積当たりの出力を増大させ、また太陽電池を屋外にさらす従来の方法ではなく屋内に設置し、太陽電池面に光エネルギーを伝送し太陽電池本体の温度上昇による効率低下を防ぐ方式での太陽光発電システムの効率改善の基礎的な実験を行なった結果について述べている。

2. システム構成

本実験に用いた太陽光発電システムは、図1に示すよ

うな構成でレンズ系による集光・追尾部、太陽電池アレイと蓄電池による光エネルギーから電気エネルギーへの変換部、蓄電池による蓄電部、インバータ回路による蓄電直流エネルギーから交流電力への変換部ならびにその制御部より構成されている。通常の太陽光による発電システムでは、太陽電池アレイを直接太陽光に当てているが、本システムでは、集光部を屋外に設置し太陽電池アレイは屋内側に設置できるようにしているのが大きな特徴で、このような方式にすることにより、

- (1) 太陽電池アレイ本体の温度を低減でき、温度上昇による変換効率の低下を軽減できる。
 - (2) 太陽光をレンズ系により集光することにより、太陽電池面での受光量を等価的に増大させることができ、高出力を得ることができる。
 - (3) 太陽電池アレイ本体の受光面の大気による汚染がなく効率の低下を防ぐことができる。
- などの統合的な効率改善が期待できる。

3. 実験

3.1 集光・追尾発電

図2は太陽電池の設置角度による発電量の違いを示したもので、(a)は太陽電池の角度を垂直に、(b)は

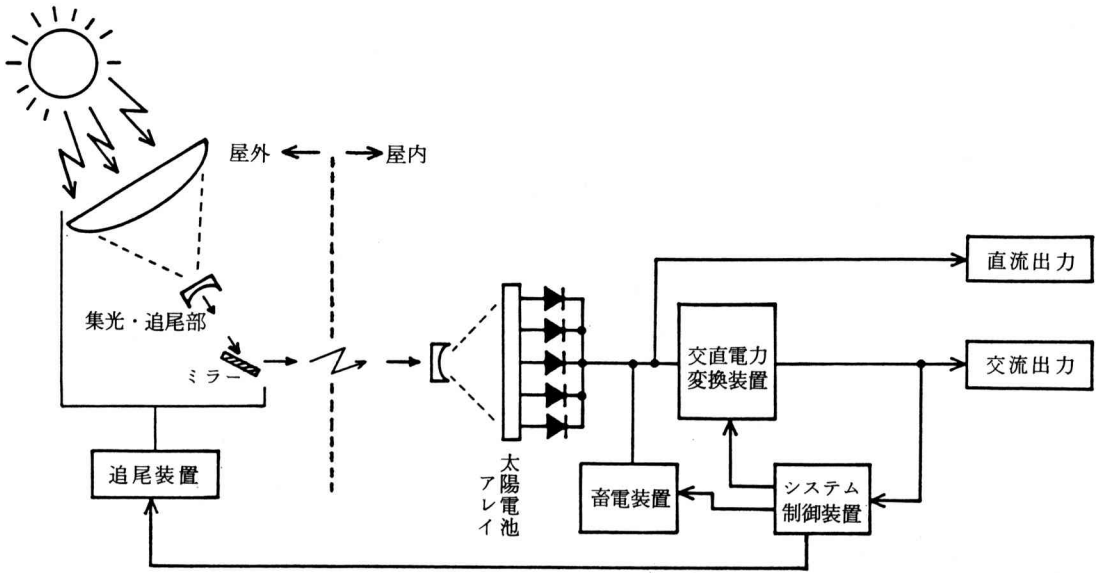


図1 太陽光発電システム構成図

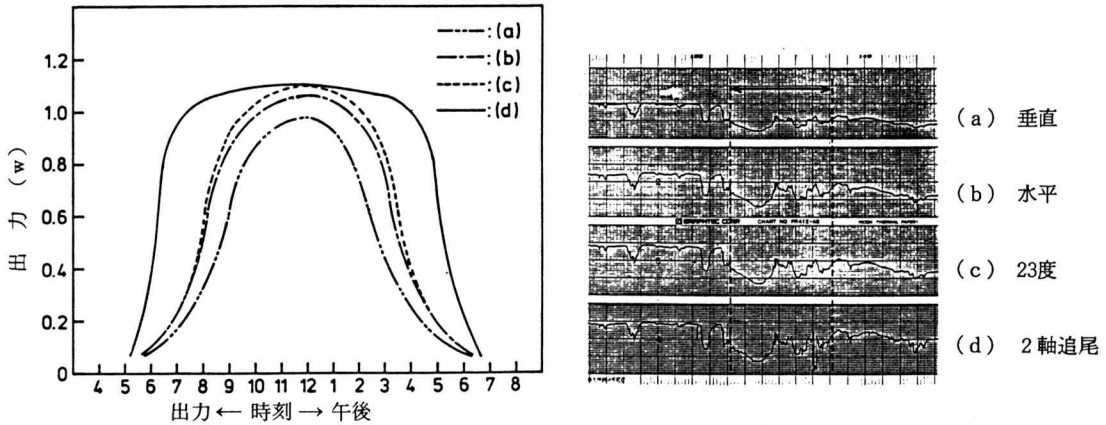


図2 太陽電池の設置角の違いによる発電量

水平に、(c)は23度に南向きに固定した場合で、(d)は太陽光の受光が常に最大になるように追尾した場合のものである。これより、(c)の正午の太陽高度に合わせ固定したものに比べ、(d)の追尾した場合には、1日の発電量は約40%も増加し、特に朝夕の太陽高度の低い日射域での発電量の差が大きいことがわかる。しかし、太陽が雲に隠れ(図中の矢印の範囲)拡散光となると追尾のメリットは少なくなる。なお、追尾方式については2軸追尾方式を用いている。

図3は、今回使用したアモルファス太陽電池の出力特性を測定したもので、太陽電池本体の温度上昇とともに短絡電流 I_{sc} は増加するが、それ以上に開放電圧 V_{oc} が減少し、結果的に効率が低下することがわかる。これより

高温雰囲気中で使用するよりも室内温度付近で動作させるほうが効率的に有利であることがわかる。また太陽電池表面をクリーンに保つこともできる。

次に集光・伝送部の集光部については樹脂製のフレネルレンズによる光学系を用いた。集光された光のエネルギー伝送には当初コア径600 μm のエネルギー伝送用の光ファイバを使用する計画でいたがスペクトルの分散やレンズの収差等によりファイバ内にうまく導光できず損失が大きいためミラーを用い太陽電池面まで伝送する方式とした。

太陽光を集光させ、高密度光の下で動作させる場合、太陽電池内部直列抵抗の影響が光発生電流に比例して生じる電圧降下分として現われ変換効率が低下する。今回

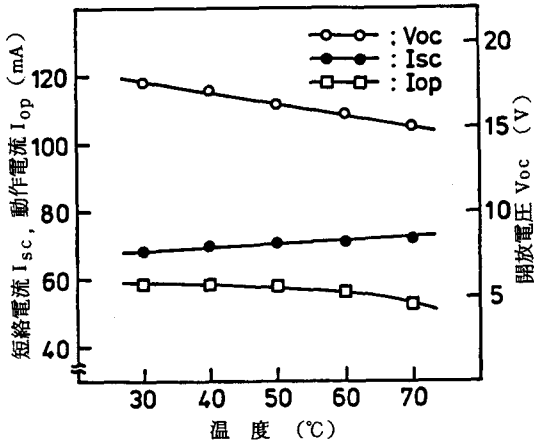


図3 太陽電池の温度特性

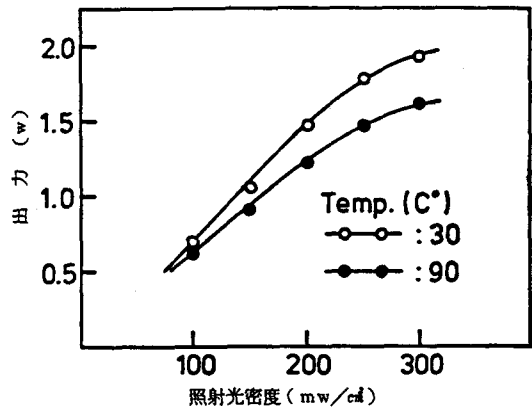


図4 照射光密度と出力の関係

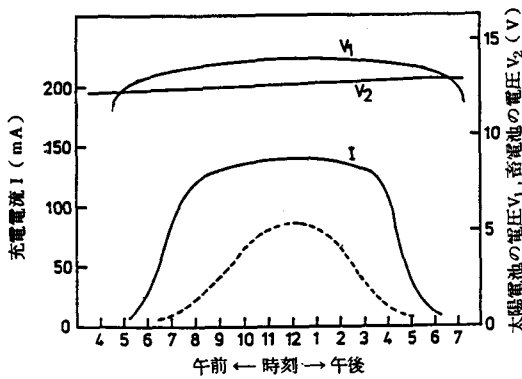
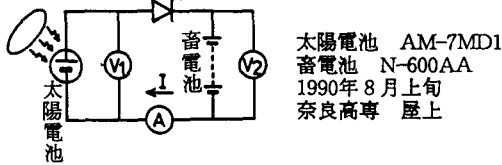


図5 充電特性

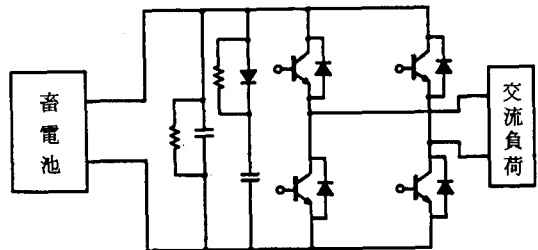


図6 インバータ主回路

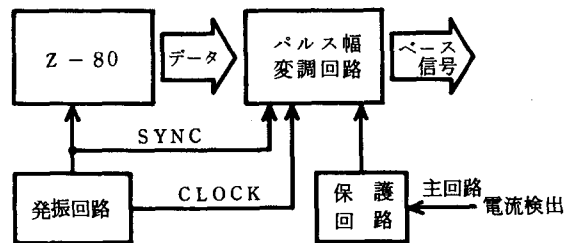


図7 ゲート回路構成図

実験に用いた太陽電池モジュールはセル数が22段の直列構造となっており照射光の密度と変換効率の関係は図4のようになり、通常の中中の太陽光エネルギー密度は、 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 程度で、これより照射光密度の増加とともに変換効率が増え、 $200\text{mW}/\text{cm}^2$ を越える付近より出力の増加率は減少し、照射光密度を上げ過ぎると変換効率が低下する。また、温度上昇による変換効率の変化はやはり高温になるほど低下し 90°C では、 30°C に比べ出力が大きく低下することがわかる。

太陽電池よりの出力エネルギーを蓄電池に蓄電させる方法としても最もポピュラーでシンプルな逆流防止ダイオードによる回路を用いている。ここで注意しなければならないのは逆流防止ダイオードの電圧降下による効率低下を避けるため電圧降下の小さなダイオードを用い

なければならない。実験に用いた蓄電池は、規模が小さいために低電流で充電効率がよく自己放電の少ないNi-Cd電池を用いている。

図5は、実験に用いた充電回路と充電特性を調べたもので、集光・追尾した場合と太陽電池を屋外に露出させ南向き 25° に固定した場合充電エネルギーの差は約2.8倍となっている。また、2軸追尾による効果が朝夕の太陽高度の低い時間帯での充電電流の低下を少なくしている。

3.2 電力変換

蓄電された直流エネルギーを利用する場合、負荷になる機器は交流電源を必要とする物が多く、直交電力変換装置としてPWMインバータを用いることとした。なお、

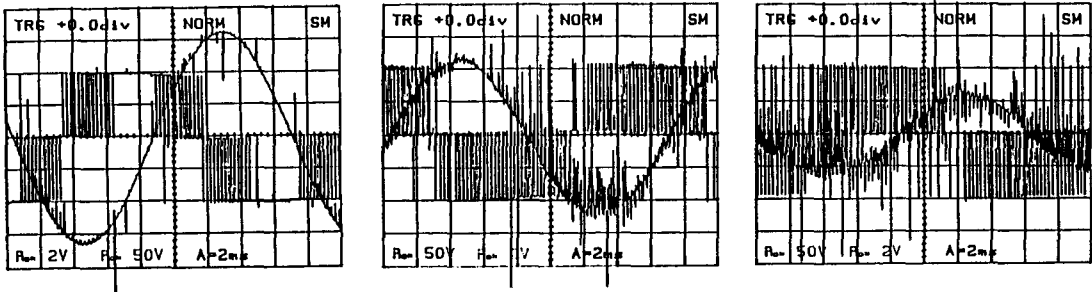


図8 インバータ出力波形

PWM制御を行なう上で、位相同期ループ（PLL）を用いることにより交流出力の周波数と位相の制御を行ない電力の有効利用を行なう。

図6に実験に用いたPWMインバータの主回路を示す。回路で用いられている平滑コンデンサは、トランジスタのスイッチングによる高調波成分の吸収を行い、コンデンサと並列接続した抵抗は、コンデンサの放電用でスナバ回路はスイッチング時のサージ電流抑圧の機能を持つ。また、トランジスタに逆並列に接続された帰還ダイオードは無効電力を処理するものである。本インバータの制御部は図7に示すようにZ-80とパルス巾幅調用ICとで構成されるベース信号発生回路、パルス幅変調回路にCLOCK信号とSYNC信号を与える発信回路、メイントランジスタの短絡時にベース信号を停止させる保護回路より構成されている。この発信回路部に電力システムとの連係を行なう場合、システムの電源周波数に追従できるPLLを使用している。

図8に本PWMインバータの変調率を100%、75%、50%で制御した出力波形を示す。電流波形のスパイクについては、負荷のインダクタンス成分が35mHと大きいため、負荷電流がこのように急激に変化することなく、電流センサで拾うノイズであると考えられる。このスパイク波形無視すると、正弦波に近い出力が得られている。

4. まとめ

今回の実験では、太陽電池本体を屋内側に設置することにより、集光発電システムにおいて問題となる太陽電池本体の温度上昇による変換効率の低下をある程度抑えることができた。これにより、大きな効率低下を招かず高出力化が可能となりより効率的な太陽光発電システムが実現できるものと思われる。

今回は、システムの各構成部分についての動作確認にとどまっているが、総合効率を上げるために、さらに細部の効率化と日照量の変化に応じ最適に動作する連動制

御系と日照時の交流電力使用において直接駆動のできるインバータの試作が今後の課題となる。

スケール・スペース・フィルタリングを用いた フィンガープリント・パターン・キーイングの研究

土井磁貴 山本善啓 高橋晴雄

A study of fingerprint pattern keying using scale-space filtering

Shigeki DOI, Yoshihiro YAMAMOTO and Haruo TAKAHASHI

The Authors have paid a special attention to the Scale-space filtering which is one method of signal processing utilizing multi-scale description, and also discussed to applying the underwater acoustic signal processing. This paper presents the transmitting method is called the fingerprint pattern keying which makes the best use of the scale-space filtering, and describes the availability of the fingerprint pattern keying including simulating results.

1. まえがき

筆者は、これまで、マルチスケール記述を用いた処理の1手法であるスケール・スペース・フィルタリングに着目し、水中音響情報処理等を対象に基礎的な特性の検討を行ってきた。今回はその検討結果を踏まえて、スケール・スペース・フィルタリングの特性をいかしたフィンガープリント・パターン・キーイング (Fingerprint Pattern Keying: 以下F P Kと略する) 伝送方法および多音源F P Kを提案し、シミュレーション結果を含めて検討する。

2. F P K

ブロードバンドによる情報伝送を行う際の受信系の信号処理手段としてS S F処理の利用を考えると、単一の周波数を利用した変調による伝送方法、たとえばF S K (Frequency Shift Keying) 等よりも、フィンガープリントの存在条件等の問題から、複数の周波数をもつ合成波を利用した伝送方法が有利である。この場合についてS S Fに適した変調方法を提案する。

ブロードバンドでの情報の表現方式 (変調方法) のひ

とつであるF S Kは、信号"0", "1"に対して各々異なった周波数を割り当てて通信を行っている。F S Kの場合、この信号"0", "1"に割り当てる周波数を例えば、C C I T T (国際電信電話諮問委員会) 勧告V.23では、1200b ps半二重方式で、"1"に1300[Hz], "0"に2100[Hz]を割り当てている。

このように、F S Kが信号の周波数の違いを用いて、"0", "1"を表したように、信号をS S F処理して得られるフィンガープリントの形の違いを用いて、"0", "1"を割り当てて信号を伝達する方法が考えられる。これをF P Kと呼ぶことにする。つまり、F P Kはフィンガープリントのパターンマッチングを用いて、いくつかのフィンガープリントのパターンをキーとして情報伝送を行う方法である。フィンガープリントのマッチングは次のように定義できる。

$\|V, V_r\| \leq L_{th} \rightarrow V$ は V_r とマッチする

else where $\rightarrow V$ は V_r とマッチしない

V 受信信号のフィンカープリントボタン

V_r 基準フィンガープリントボタン

L_{th} マッチング距離のしきい値

$\| \cdot \|$ マッチング距離

(例えば複合類似度 (multiple similarity))

F P Kでは送信信号は異なるフィンガープリント・パ

ターンをもつ送信波形を組み合わせて構成され、FSKでの1周期分の波の数のように、パターンをいくつかひとまとめにして1つのキーをあらわすこともできる。また、いくつかのパターンを用いて多値のコード伝送も可能である。

さらに、FPKで使用する合成波を一点から送信せず、独立した音源として送信し受信点で合成するようにすれば、それぞれの距離の関係が合成波の位相関係としてフィンガープリントに反映され、結果的に送信信号に指向性を付加することが可能になる。

SSF処理の利点として処理される信号に多少の外乱が入っていてもSSF処理で得たフィンガープリントには元の波形の特徴が残っているという点がある。従ってフィンガープリントが互いに特徴的で見分けやすい2種類の波形を“0”, “1”に割り当てて送信波として使用すれば、伝送中に外乱や歪の影響を受けてもフィンガープリントのパターンの特徴が保存されているかぎり情報の伝送が可能である。

具体的には、伝送経路で入るノイズに対して、そのノイズが送信信号の周波数と充分隔たった周波数域であれば、生成されるパターンの一部をカットすることでノイズ成分の分離が可能である。また、ドップラー歪の影響をFSKと比べると、FSKでは情報の判別に周波数を用いるため、その周波数に変化が起きると正しく判別できなくなるのに対し、FPKではドップラー歪を受けてもフィンガープリントのパターンの特徴は保存されるので影響が少ないことが予想される。

FPK方式の信号の例として図1に2波合成によって作成した、フィンガープリントのパターンの判別が比較的容易と思われる2種類の信号波の波形とそのフィンガープリントパターンおよび複数コードを表現した例を示す。

3. 信号波形の条件と復調方法

FPKにおいて、需要となるのは“0”, “1”に割り当てた波形の決定である。波形を選択するにあたって、以下に掲げる3つの選択基準を設定した。

- (1) 多くても3つのsin関数の和として表すことができる。
- (2) 用いるsin関数の周期および周波数は、簡単な整数の比として表せる。
- (3) フィンガープリントによる特徴が明らかで、判別が容易である。

そこでこれらの基準にして簡単な周波数の比をもつ合成波を列挙し、そのフィンガープリントを検討する。

フィンガープリントは、周波数が高くなるにつれて、変曲点を表わす弧の数は増加し、形状が複雑になる。また周波数比が奇数か偶数かによっても、その形状の特徴に違いが現れる。周波数比が偶数である波形の場合では、そのフィンガープリントには、中央に矢羽根状の形が出現する。これに対し周波数比が奇数のみである場合、フィンガープリントは独立した弧の対を生成する。実験で使用したパターンの基本となる2波合成の信号とそれらを組み合わせて“0101”のコードを作成した例を図2に示す。

FPKの復調は入力信号をSSF処理して得られたフィンガープリントからキーとなるパターンを見つけ出す。これにはフィンガープリントの上部からその形を調べる「Coarse-to-fine Tracking」によるフィンガープリントの読み下しが適当だと考えられる。

4. 実験

評価実験はFPKの評価実験と比較のために同じ伝送系でFSKによる実験も行っている。FSKの復調はA

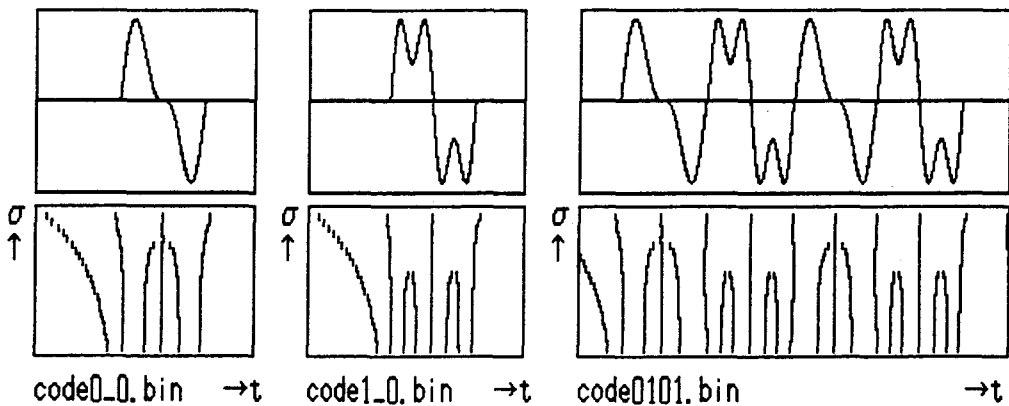


図1. フィンガープリント・パターン・キーイング

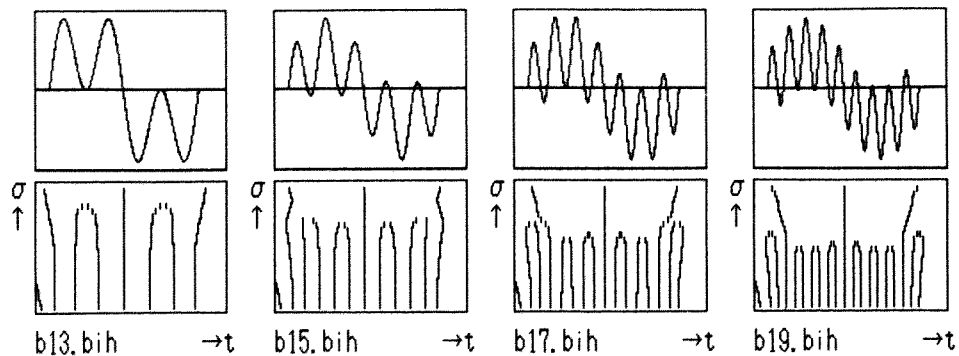


図2-1. キー・パターン

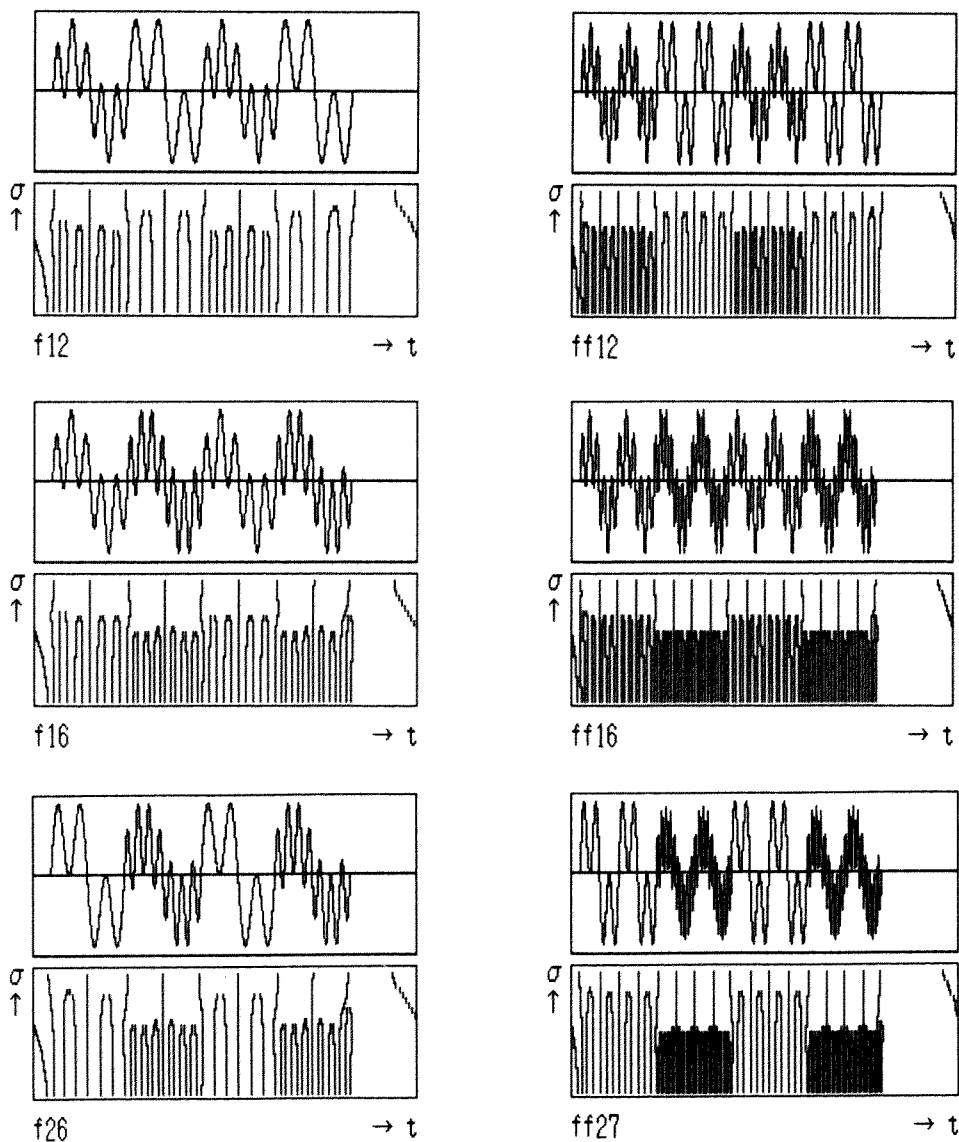


図2-2 キー・パターンの組合せによるコード“0101”の例

Dコンバータで取り込んだあとソフトウェアで復調している。FPKおよびFSKの伝送実験の評価システムのブロック図を図3に示す。

使用したキーとなる信号は、先に示した、FPK 6ボタン、FSK 2ボタンについて、屋内、屋外、さらにそれぞれ計算機内でドブラ歪を付加させるといふ4つの場合について距離を変えて計測を行う。

ff12とff16はそれぞれ、f12とf16のキーボタンを繰り返して1つのキーとしている。fs1、fs2はFSKの信号でCCITT勧告V.23準拠の信号で、fs1が"1"用1300[Hz]、fs2が"0"用2100[Hz]を使用している。

5. 結果

図4に比較的良好な伝送結果の得られたff27のフィンガープリントと受信波形をしめす。図の下の波形は、同じ受信波形に対し $\pm 50\%$ のドブラシフトを行ったものである。

計算機によるFPK復調プログラムで復調されたコードを見ると、そのままの受信波形は完全に復調され、ド

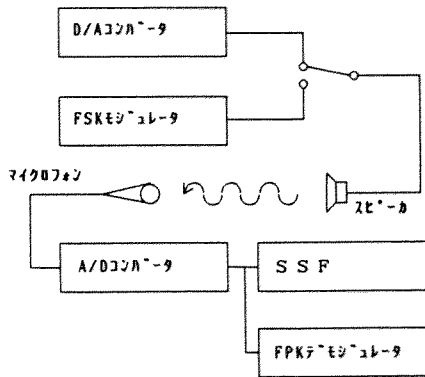
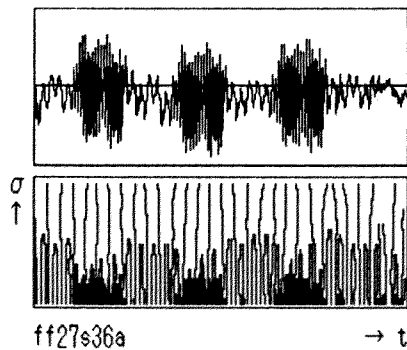


図3. 評価実験システム



code = 00011110000111100001111000010

ブラー歪みを受けたものも、3ビットだけのエラーとなっている。

伝送実験の結果を表1にまとめる。dec-aは計算機によるFPK復調プログラムによる復調、dec-bは判断基準に従った目測による復調。nは受信波形そのまま、+は $+10\%$ から -10% のドブラシフトを計算機上で加えたもの、-は -10% から $+10\%$ のドブラシフトを加えたもの。

傾向としてはf12よりff12、f16よりff16のように、2波で1とのキーを構成する波形が、よい結果を得ている。またFSKは1300hzと2100hzの周波数を用いているためドブラシフトに対して $\pm 30\%$ の許容範囲をもたずであるが、ドブラシフトに対し確実にエラーが増えている。

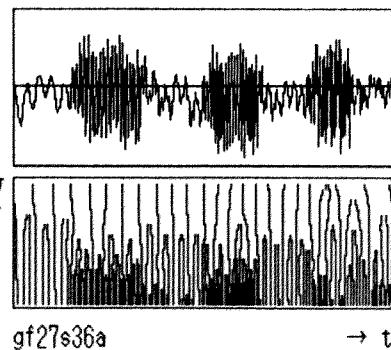
以上の実験から次のようなことがいえる。

- (1) マルチパスの少ない場合(野外)、同じ伝送速度ではFPKもFSKも同じ程度の距離の伝送が可能である。
- (2) マルチパスの存在する場合(室内)若干、FPKが有利である。
- (3) ドブラ歪を付加したデータについてはFPKの方が有利である。
- (4) 伝送系に適したキーとなるフィンガープリントの選定は重要である。
- (5) 1つのキーに対して2波程度の繰り返しを用いる方がよい。

6. まとめ

SSFを利用した新しい情報伝送方式としてFPKを提案した。

FPKはフィンガープリントのパターン・マッチングを利用するため、伝送時に受ける影響を軽減することが



code = 0001011100011110000101100....

図4. 実験データの1例

表1 伝送結果一覧

距離		伝送誤り率 (%)					
		1.2m				3.6m	
		屋内		屋外		屋外	
		dec-a	dec-b	dec-a	dec-b	dec-a	dec-b
fl2	n	42.9	28.6	25.0	0.0	20.3	0.0
	+	-	-	39.2	0.0	28.6	0.0
	-	46.4	28.6	46.4	7.1	17.8	0.0
fl2	n	21.4	0.0	21.4	0.0	28.6	0.0
	+	21.4	0.0	25.0	0.0	10.7	0.0
	-	21.4	0.0	21.4	0.0	21.4	0.0
fl6	n	-	-	-	-	46.4	50.0
	+	-	-	-	-	-	-
	-	+	-	-	-	-	-
fl6	n	-	-	25.0	14.3	29.2	0.0
	+	-	-	33.3	14.3	37.5	0.0
	-	-	-	33.3	14.3	33.3	0.0
fl6	n	60.7	0.0	-	-	29.2	30.1
	+	-	-	-	-	14.2	35.7
	-	35.7	0.0	-	-	7.1	0.0
fl7	n	28.6	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0
	+	28.6	0.0	17.9	0.0	17.8	0.0
	-	17.9	0.0	28.6	0.0	21.4	0.0
fs1	n	12.5		0.0		0.0	
	+	12.5		12.5		12.5	
	-	37.5		0.0		25.0	
fs2	n	12.5		0.0		25.0	
	+	25.5		12.5		37.5	
	-	25.5		12.5		25.0	

できる。実験からは、従来のFSK等と比べ、ドップラー歪みに強い等の点で優れた結果が得られた。また、フィンガープリントの特性から、FPKに用いる信号の選択が重要であり、実験では、基本波とその奇数倍高調波の組み合わせによる合成波が優れた結果となった。

参考文献

- 1) D.Marr and E.Hildreth, "theory of edge detection," Proc.Roy.Soc.london, vol.B 207, pp.187-217, 1980.
- 2) A.L.Yuille and T.A.Poggio, "Scaling Theorems for Zero Crossings," IEEE Trans.Pattern Anal. Machine Intell., vol.PAMI-8, no.1, pp.15-25, 1986
- 3) J.Babaud, A.P.Witkin, M.Baudin, and R.O.Duda, "Uniqueness of the Gaussian Kernel for Scale-Space Filtering," IEEE Trans.Pattern Anal. Machine Intell., vol.PAMI-8, no.1, pp.26-33, 1986.
- 4) 土井滋貴, 志水英二, 松田 稔, "水中情報伝送におけるスケール・スペース・フィルタリングに関する一考案" 海洋音響研究会誌, vol.15, no.1, pp.38-45, 1988.

る一考案" 海洋音響研究会誌, vol.15, no.1, pp.38-45, 1988.

- 5) 土井滋貴, 志水英二, 松田 稔, "水中情報伝送のための信号処理の研究その3," 昭和62年度秋季日本音響学会講演論文集, 2-4-9
- 6) 土井滋貴, 志水英二, 松田 稔, "水中情報伝送のための信号処理の研究その4," 昭和62年度春季日本音響学会講演論文集, 1-3-22
- 7) 土井滋貴, 志水英二, 松田 稔, "水中情報伝送のための信号処理の研究その5," 昭和63年度春季日本音響学会講演論文集, 3-P-30
- 8) 土井滋貴, 高橋晴雄, 松田 稔, 志水英二, "マルチスケール表現を用いた信号処理," システム制御情報学会第2回シグナル・システム・コントロール・シンポジウム講演論文集, F, 1989
- 9) S.Do, H.takahasi, M.matsuda and E.Shimizu, "Scale-space filtering on the underwater information transmission," Ultrasonics International 89 Conference Proceedings, pp.376-381, 1989

UNIXにおける言語教育支援システム

成田 紘一, 西野 貴之,*小松 省吾

The Assistant System for Education of Computer Language in UNIX

Hirokazu NARITA, Takayuki NISHINO,* Shogo KOMATU

本論文で、筆者の学校の教育用電子計算機室で開発された、言語教育支援システムについて述べられている。開発されたシステムはUNIXをOSとする本校の教育用電子計算機システムで使用されている。このシステムは25台のパソコン端末を持っており、言語教育はこの端末を使用して1学級40名の学生で一斉に行われる。現在、本システムは機械工学科と化学工学科の2、3年次の学生の言語教育に使用されている。

1. はじめに

ベル研において開発されたTSS用のOSであるUNIXは、いまでは汎用機からワークステーション(WS)、パソコンまでの各機種に移植され、更に改良されてきている。

特に、OSとしてUNIXを採用しているWSは最近低価格になってきており、企業や学校等に多数導入されてきている¹⁾。これは、32ビットのマイクロ・プロセッサの発達があってのことである。筆者の学校においてもNEWS、SUN、TOWER等の種々のEWSが導入され各種の教育や研究に使用されている。

ところで、筆者の学校では、教育用電子計算機として富士通社製のA-400というスーパーミニコンを使用しているが、このコンピュータのOSもUTSと呼ばれるUNIX(System-V)である。

UNIXをOSとするWSは、一般にCAD、CG、AI、DTP等²⁾の分野で最も多く使用されている。この分野では、計算はさほど複雑では無いが、膨大な計算量と膨大な記憶容量を必要とするので、汎用機やスーパー

ミニコンを使用した場合、CPUの負担が大きくなりすぎるといった問題があった。WSはこれらの問題を解決するために作り出されたといつてよい。したがって、これまで、上記の分野の教育を行なうには高価な計算機が必要であったが、WSの出現で小規模の学校でこれらの教育や、また、それらのソフトを教材作成等にも活用できるようになってきた。さらに、最近では、この安価なコンピュータ・システムを活用し、TSSで言語教育を行なっている教育機関が増加している³⁾。

UNIXは研究者によって開発されたOSであるので、プログラム開発やOSの研究等には適したOSだといえる。また、通信機能も高いので、LANに接続しやすく、コンピュータの通信技術の研究や理解に適している等の長所がある。しかしながら、反面、オープン形のOSで管理がしにくい、OSコマンドが複雑で、数が多い等の欠点がある。特に、この欠点は、コンピュータ・システムに慣れていない初心者には、UNIX・システムで言語教育を行なう場合問題になる。

既に述べたように、筆者の学校の教育用電子計算機のOSはUNIXであるが、このシステムで言語教育を行なう場合、このOSの上記のような欠点が指摘された。この欠点は、低学年の言語教育時にOSのオペレータ教育(コマンド類)をしなくてはならなく、そのため、言

* 富士通鳥取株式会社

語教育時間が制約されるということであった。そこで、筆者らは、電算機をオペレートするのに、出来るだけOSのコマンドに依存しない言語教育支援システムを開発したので報告する。このシステムは平成元年4月から使用されており、現在さらに改良中である。

2. 教育用電子計算機システムの概要

言語教育支援システムについて述べる前に、このシステムが使用されている本校の教育用電子計算機システムの概要を述べておく。

このシステムは、富士通A-400スーパーミニコン（OSはUTS, UNIX System-V）とそれに接続されている26台のパソコン（富士通FMR-50-25台と日電PC9801VM-1台）からなる。これらのパソコンはMS-DOSの基で単独でも使用できるが、言語教育はA-400で行われており、この時はA-400の端末となる。A-400には、本校全学生（1学年、機械2学級、電気・情報・化学それぞれ1学級）1千名のディレクトリが設けてあり、1～5年次まで1元管理されている。ログイン・ネームは、教師からのメール等を考えて、学科のローマ字と学籍番号からなる。教師のログイン・ネームは名前になっている。

さらに、本システムとは別の部屋に富士通EWS S3/60（1台）、50（3台）（このWSは米サンマイクロシステムズ社のSun3シリーズと同じ物）が設置されている。これらのWSはCADやDTP等のパッケージソフトを利用するために導入したものであり、S60にはX-Yプロッターとレーザプリンターが接続されている。

これらのWSはネットワーク（イーサネット）を通じてA-400と接続されており、言語教育支援システムでプロッターやレーザプリンターを使用する場合は、このネットワークが使用される。

3. 言語教育支援システム

3.1 本システムの開発仕様

このシステムを開発するにあたり、本校の言語教育担当教官の意見を聞き、できるだけMMI（Man Machine Interface）の優れた以下のような仕様を決めた。

- ① OSコマンドにできるだけ依存しないこと。
- ② メニュー画面とカーソル移動キーのみで、出来るだけオペレートができること。
- ③ アシスト機能をもつこと。
- ④ スクリーン・エディタが使用できること。
- ⑤ 教師の支援機能を持つこと。（学生の使用状況の把握、全員の端末画面を使っ

ての指示、レポート作成等）
⑥ Sun3/60に接続されているX-Yプロッタ等が各種の言語で使用できること。

3.2 機能概要

現在使用中のシステムは主として以下の3つの機能から成る。

- ① エディット機能
- ② コンパイル&GO機能
- ③ 補助機能

機能構成図を図1に示す。

更に、このシステムのメニュー画面を図2に示す。

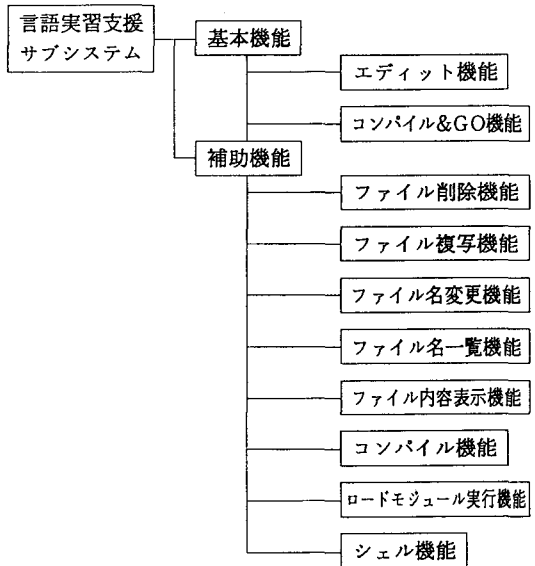


図1 本システムの機能構成図

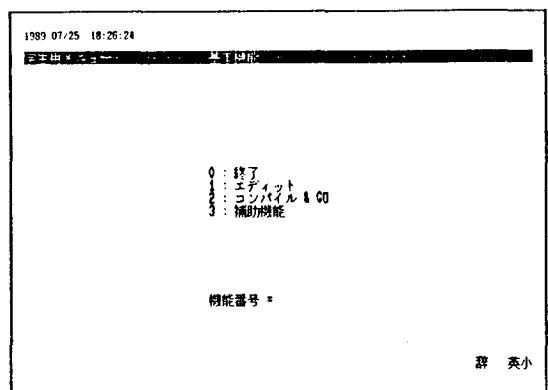


図2 メニュー画面

また、補助機能画面を図3に示す。

このシステムはA-400のUTS上で動くプログラムとFMR-50のMS-DOS上で動くプログラムから成る。いずれのプログラムもC言語で記述されている。FMR上のプログラムは、A-400用エミュレータ機能とローカル・プリンタのハンドラ等から構成される。

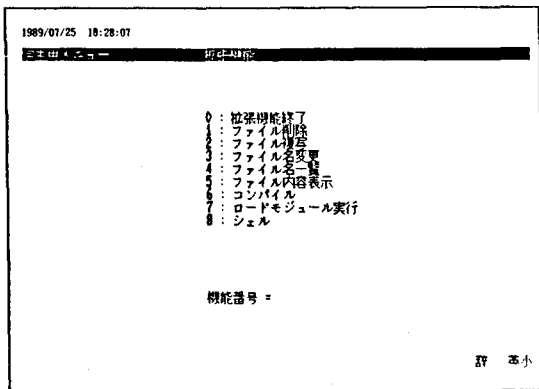


図3 補助機能画面

4. 実行結果

通常、このようなプログラム上で更にアプリケーションを動かす場合、システムのスピードが低下するという問題がある。そこで、筆者らは、本システムで各種のプログラムを実行し、その時間を測定した。その結果を図4に示す。この図はC言語で書かれた π の円周率を50桁求めるプログラムのコンパイルから実行結果までに要した時間を示している。ソース・プログラムの大きさは約2.3KBである。実線は、UNIXのコマンドレベルでの実行結果であり、点線が本システム上で実行した結果である。この図から、本システムを使用した場合はかなり遅くなるのがわかる。また、コマンドレベルの場合は実行時間が端末台数にはほぼ比例しているが、本システムを使用した場合、端末台数が少なくても、システムの稼働時間のため遅くなり、実行時間が端末台数に比例しないことがわかる。今後、実行時間を短くするなどの対策が必要だと思われる。

5. おわりに

現在、このシステムは、機械工学科と化学工学科の2、3年次の学生の言語教育 (FortranとPascal) に使用されているが、短時間で開発されたこともあり、種々不都合なことも生じている。現在それらを改良しているところである。

当初、コンパイル時間等が非常に遅くなるのではないかと心配があった。結果は、当初の予想どおりUNIXのコマンドを直接使用した場合と比較して遅くなったが、使用にさしつかえるほどにはならなかった。

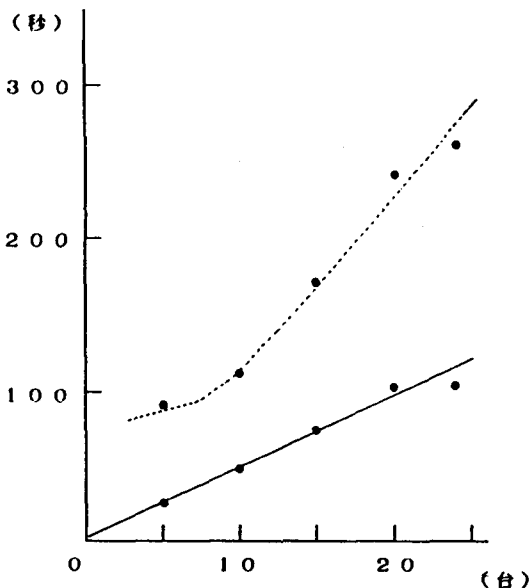


図4 実行結果

参考文献

- 1) C.D.Weston and G.A.Stewart : "Workstation", BYTE, VOL.12, NO.2, McGraw-HILL(1987)
- 2) "ワークステーション・パワー", INFORMATION, VOL.8, No1, インフォメーションサイエンス (1989)
- 3) 成田紘一: "UNIXと情報教育", CAI学会関西支部コンピュータ利用工業教育研究会 (平成2年1月)

重クロム酸ゼラチンを用いた リップマンホログラムの温度依存性

宮田 正幸

The Thermal Dependence on Lipman Hologram using Dichromated Gelatin

Masayuki MIYATA

DCGは比較的取扱いにくい記録材料であって、硬膜、現象処理及び乾板の製作条件など種々の要素によって再生像が微妙に変化し影響を受ける。この中で重クロム酸アンモニウムとゼラチンとの関係については前回に報告を行った。前回の研究により現象処理過程における温度の制御が再生像に与える影響が大きい事が分った。本研究はこれらの現象処理過程をマイクロコンピュータを用いる事によって自動化しかなり正確に現象行程の時間及現象処理温度をコントロール出来、再生像の温度依存性について定量的なデータを得ることが出来た。

1. まえがき

1968年, Shanhoffによって開発された重クロム酸ゼラチン(DCG)は高回折効率, 低ノイズを示す有望なホログラフィ材料であり, これにリップマンホログラムを記録すれば非常に高回折効率の像再生が得られている事が報告されている。しかしDCGホログラムは以下の理由によって非常に取扱いがめんどうである。

- ①DCGの感光波長域は550nm以下であって感度も低いので大出力のA_rレーザを使用しなければならない。
- ②三次元ボリュームホログラムのため干渉縞の間隔が小さく長時間露光の場合, 除振に注意する必要がある。
- ③明るい再生像を得るには, 現象処理方法に大きく依存するが, その基本的な流れは, 硬膜処理, 水洗, イソプロピルアルコールによる脱水乾燥のプロセスでホログラムが作れる。
- ④DCG乾板は自作しなければならない。乾板はガラス基板上にゼラチンを塗布し感光溶液の中に浸し作製する。この場合膜厚を7~20 μ の厚さに均一に塗布する技術が困難である。特に基板の大き

いものは作製がむずかしい。

本報告は③におけるDCGを用いたリップマンホログラムの現象過程の完全自動化を行い, 再生像波長の温度依存性について実験した結果について述べる。

2. リップマンホログラム

2.1 リップマンホログラムの原理

ホログラムは物体光と参照光で作られる干渉縞を感光材料に記録して作られるが, 一般に干渉縞は二つの光が重っている空間全体にわたって3次的に形成されるので, この中に透明に近く干渉縞の周期に比べて厚い感光材料を置けば, ボリュームホログラムとなる。

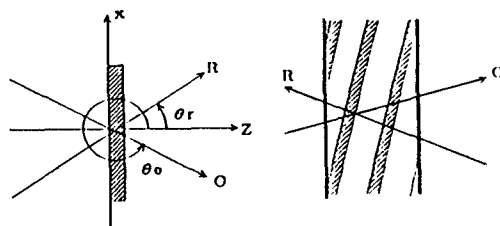


図1 ホログラムの記録

簡単のため、図1(a)に示すように、平面波状物体光Oと参照光Rが、それぞれ角度 θ_o 、 θ_r で入射する場合を考える。これらの光波は屈折率Nの感光材料の中を進み干渉を起す。ボリュームホログラムでは $\theta_o \sim 0^\circ$ 、 $\theta_r \sim 180^\circ$ に取らなければならない。このとき干渉縞は乾板面にはほぼ平行となる図1(b)。このとき干渉縞の間隔dは、

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{(\theta_r - \theta_o)}{2}} \quad (1)$$

となる。

3次元的な位相ホログラムからの像再生については、ブラックの回折と同じ様に考えると分かりやすい。図1(b)の様な層状に出来た回折格子に入射角 θ_i の光が入射すると(1)式は、

$$d = \frac{\lambda}{2 \cos \theta_i} \quad (2)$$

の条件を満足する特定の波長 λ の光だけがブラック回折の条件を満し、反射波が強められることを示している。この様にリップマンホログラムは波長選択性を備えた球面反射である。この場合像面再生時には照明光を入射側に、再生波が反射されてもどるから必ず反射型のホログラムとなる。

2.2 DCGホログラムの作製

乾板としては、1~2mm厚のガラス基板を使用する。特に大きなホログラムを作る場合はさらに厚いものを使用する必要がある。今回は1mm厚、60×60mmのものを製作した。ガラス基板上に塗布するゼラチンと重クロム酸アンモニウムの濃度については3~5%が適当である。これらのゼラチン溶液を基板上に塗布する場合、膜厚が約7~15 μ mで均一に塗布する必要がある。この技術がかなりむずかしいが、ここではスピナーコーティング法を行った。この方法は大きなホログラム乾板の作製には適していない。撮影系については理論でも考察した通り図2に示すように乾板の表から物体光、裏から参照光を与えてホログラムを撮影する。この場合極めて狭い範囲での波長しか再生されないの、白色反射照明光により再生像を見ることになる。

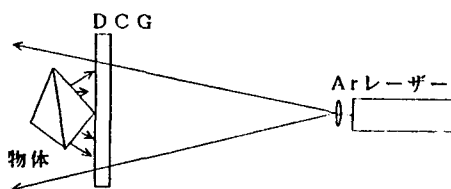


図2 リップ・マンホログラムの撮影系

2.3 現像処理系のシステム構成

ホログラムの再生像はこの現像過程によって大きく影響を受ける。そのため種々の方法が報告されているが、ここでは小寺、久保田の方法を利用した。その処理の方法は以下の通りである。

① 硬膜処理 (溶液1)

水	1000cc
ミョウバン	120g
水酢酸	100cc
無水亜硫酸ナトリウム	60g

② 水洗処理 (溶液2)

未反応の重クロム酸アンモニウムを洗い流す。

③ イソビルアルコール処理

水とアルコールの置換による脱水処理で第1槽として70%アルコール水溶液 (溶液3)、第2槽として100%アルコール水溶液 (溶液4) で完全置換。

④ 乾燥

ホログラムの現像には上記の4つの溶液を使用するの、15cm立方の液槽4個及び各液間の乾板の出し入れのためのモータ駆動装置を考案した。この結果10cm×10cmのホログラム10枚程度を1度に処理出来る様になった。各液槽の中には温度制御のためのヒータ (1kW)、サーミスタが取り付けられている。露光された乾板はこれらの溶液を図3の矢印の順に従って現像が行われる。

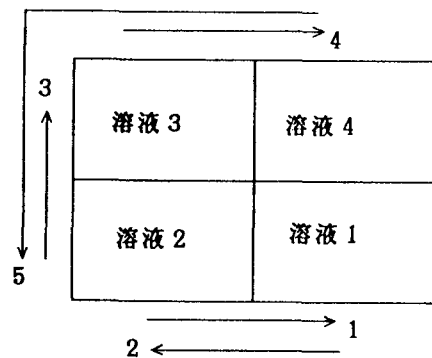


図3 ホログラムの現像過程

これらの制御システムは8085CPUを用いたワンボードマイクロコンピュータで行っている。なおプログラムはPC9801 (RX) を使用し、LASM8085 (MS-DOSクロス) で開発しRS-232Cで転送して使用した。コンピュータ制御により各行程の時間設定は1秒単位で、温度は0.5℃以内で設定が可能となった。フローチャートを図4に示す。

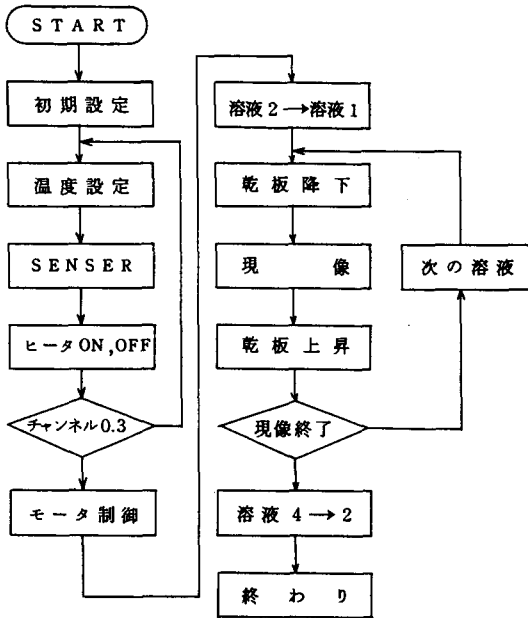


図4 現像のフローチャート

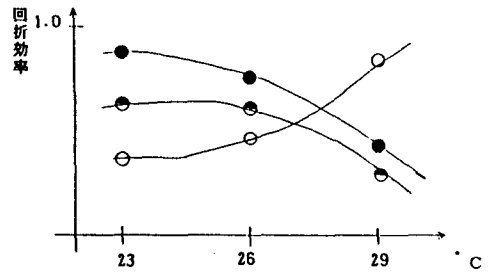


図5-2 30秒における回折効率

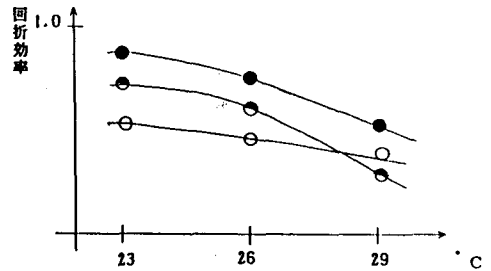


図5-3 20秒における回折効率

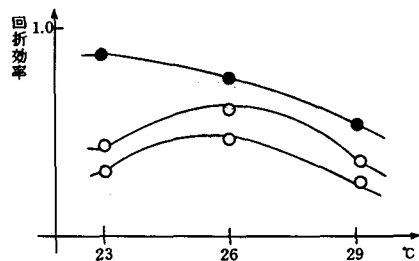


図5-4 10秒における回折効率

3. 再生像の温度依存性

3.1 現像処理温度と回折効率

現像処理温度を横軸に再生像の一番明るいものを1.0に規格化して縦軸にとり、露光時間をパラメータに取った結果を図5に示す。

露光時間と回折効率との関係は、一般の銀塩感光材料と同じ傾向を示すが、DCGはそれより1/100以上感度が低いので露光量に対するラチユードはかなり広いと考えられる。

硬膜時間については、露光時間の短いところでは温度によってかなり変化する傾向を示すが、露光時間の長い所ではあまり変化しない。これらの分岐点における条件をもう少し正確に把握する必要がある。一般に硬膜を強

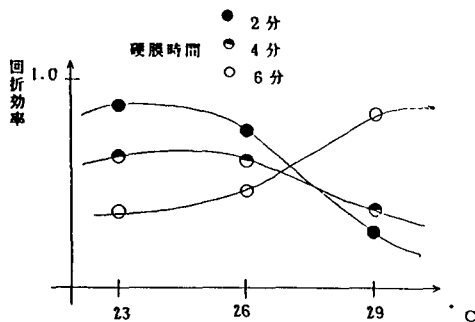


図5-1 40秒における回折効率

くすると膜が基板から剝離し汚れが目立ってくるのがわかった。

3.2 現像処理温度と再生波長

撮影に使用したレーザー光の波長は514.5nmであるが、再生された光の波長を見るとだいたい図6の様な傾向になっている。これはDCGの色感度波長範囲にはほぼ一致している。現像処理温度との関係については、処理温度が低いとき、再生波長は約480nmで青色で再生しているが、26℃になると540nm(黄色)の再生像が見られた。29℃以上に上げると、再生像は白色に近い像が得られたが、ホログラム自体かなり白濁し回折率はあまりよくない。

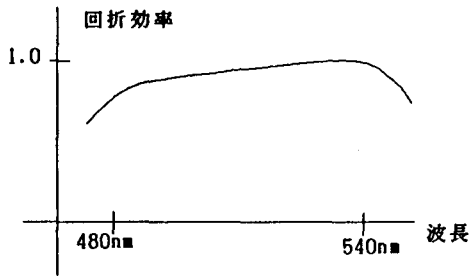


図6 再生像の波長範囲

4. あとがき

今回の実験で現像処理過程における温度は再生像の波長に大きく影響することが分った。これらの原因について考察すると、現像に先だてて硬膜処理を行うが、この処理如何にかかわらず、現像処理温度を高くすることによって(2)式における干渉縞の間隔が変化することである。温度が29℃附近より大きくなってくると、干渉縞の間隔が一樣でなくなってくるものと思われる。その結果白色での再生像が得られたと推定される。

ホログラムの製作過程には条件として多くのパラメータが考えられる。どの様な組合せをとった場合最良のホログラムが得られるか実験、検討を行ったが、データ数が少いため(主に乾板の作製、露光に多大の時間がかかる)完全に定量的な実験条件を把握出来たわけではない。基板製作条件及び再生像の定量的評価をきちんと行えば、現像処理過程における温度、時間との関係が一層定量的に求まるものと思われる。

参考文献

- 1) 小寺, 久保田: 光学, 8, 4 (1979)
- 2) 辻内 : 電気通信学会誌, 12 (1982)
- 3) 村田 : ホログラフィ入門, 朝倉書店
- 4) 大越 : 三次元画像工学, 産業図書

判別問題へのファジィ・ベイズ意思決定法則の適用

植村 芳樹

Application of Fuzzy-Bayes Decision Rule to Discrimination Problem

Yoshiki Uemura

一般に、おおまかな意思決定を意思決定者が行いたい状況では、意思決定者が設定するファジィ状態は直和の状態ではないことがおおい。この場合、意思決定者は確立的に状態をファジィ化できない。このようにファジィ化できない状態もしくは設定しきれない状態については無差別状態と考えるのが自然である。この無差別状態の概念を導入したことによる決定に対する危険を回避する為、行動に判定保留の概念を導入する。本論文では、これらの概念を導入し、ファジィ・ベイズ意思決定法則の拡張を図る。

また、ファジィ・ベイズ意思決定法則の長所は、ベイズ意思決定問題において損失関数を設定することが困難な場合、状態をファジィ化することにより損失関数を設定しやすいことがあげられる。本論文では、判別問題において判定保留という概念を導入したことによる損失関数の設定に対する最適行動の影響を考察する。

1. はじめに

実社会における意思決定問題は、多くのあいまいさを持った状況のもとで行われる。確率的決定法としてベイズ決定理論が、ひんばんに使用されている。状況としてあいまいなものを考えこれをファジィ状況と呼び、この状況のもとでベイズ理論を拡張したものがファジィ・ベイズ意思決定法則である。田中ら〔2〕では、「状態空間とファジィ状態空間との関係」と「観測空間とファジィ観測空間との関係」において、状態の直和の概念を導入しファジィ状況における意思決定理論（ファジィ・ベイズ決定理論）を定式化した。この直和の概念は、上記関係を表すメンバシップ関数の直交条件に反映される。

本論文では、直和の概念を考慮しないあいまいな状況を考える。この状況では、意思決定者は確率的に状態をファジィ状態に分類できない。この分類できない状態または意思決定者が設定しきれない状態を無差別 (indifferent) 状態として意思決定を行うことを提案する。

この無差別状態における確率については、メンバシップ関数の設定においてある条件を付ければ計算できるが一般には無理である。無差別状態のメンバシップ関数が設定できなくともメンバシップ関数を一種の測度

関数と見なし、設定されているファジィ状態に対して事前の重みと解釈することでベイズ流の意思決定方法に適用できる。

このあいまいな状況において、意思決定者が設定している行動だけを決定することは、たいへん危険を生じる場合がある。この為、決定に判定保留 (reserved judgement) の概念を導入する。

また、本論文では、ベイズ意思決定問題における状態と行動との損失関数を決定することが非常に困難であり、一方状態をファジィ化することによりファジィ状態と決定との損失関数を決定しやすい問題を取り扱うことにする。ファジィ・ベイズ意思決定問題において、この損失関数を設定しやすくなるのが、状態をファジィ化する最大のメリットであると考えられる。

今、ベイズ決定問題を $\langle S, A, L, E, \theta \rangle$ によって表すことにする。 S は状態の集合、 A は決定、 L は非負の損失関数、 E は θ (Sample space) 上の事前確率分布である。つぎにファジィ・ベイズ決定問題を $\langle F, A, L, E, \theta \rangle$ によって表すことにし、 F は S 上のファジィ状態の集合である。

ファジィ・ベイズ決定法則として次のようなものが、ベイズ決定法則の拡張として考えられる。すなわち、観測値 x_i が与えられたときの事後確率は、

$$P(F_k | X_j) = \sum_i \mu_{F_k}(\theta_i) F(X_j | \theta_i) \pi_i / f(x_j)$$

としてあたえられる。ここで、 $f(x_j)$ は x_j の周辺確率で次のように表される。

$$f(x_j) = \sum_i f(X_j | \theta_i) \pi_i$$

次に x_j が与えられたときの損失関数値は、上記事後確率を用いて次のように表される。

$$E(A_i | X_j) = \sum L(A_i, F_k) P(F_k | X_j)$$

各 x_j において、上記の損失関数値のなかで最小値 $E(A^* | X_j)$ をとる A^* が最適行動となる。

第2章では、直和の概念を除外しそれによって生じるあいまい性に対して、ファジィ状態(事象)に無差別状態の概念を導入しファジィ・ベイズ決定法則の拡張を図る。

第3章では、無差別状態を導入することに対する決定のあいまい性および危険性に対して、決定に判定保留の概念を導入したファジィ・ベイズ決定法則を提案する。

第4章では、判別問題を提案するファジィ・ベイズ意思決定法則に適応し、ファジィ・ベイズ意思決定問題における判定保留という行動と損失関数の関係を明確にする。

2. 無差別 (indifferent) 状態の導入

ここでは、直和の概念を除去しよりあいまいな状況を考える。この状況は、設定できるものをファジィ状態とし、設定しきれない部分を無差別状態として意思決定を行おうというものである。

例として、テストの成績の問題について考察する。今、状態 θ を $[0, 100]$ とし、ファジィ状態 F_1 を {成績が上位} な集合、ファジィ状態 F_2 を {成績が下位} の集合とする。状態 θ と各ファジィ状態とのメンバシップ関数を各々 $\mu_{F_1}(\theta)$ 、 $\mu_{F_2}(\theta)$ とし、図3のように意思決定者によって設定されているとする。

本例では、すべての θ に対して $\sum_i \mu_{F_i}(\theta) \leq 1$ である。この場合無差別状態 F_0 のメンバシップ関数 $\mu_{F_0}(\theta)$ は、次式によって計算される。

$$\mu_{F_0}(\theta) = 1 - \sum_i \mu_{F_i}(\theta)$$

本例では、状態空間 θ のとる値によって無差別状態の意味付けができる。

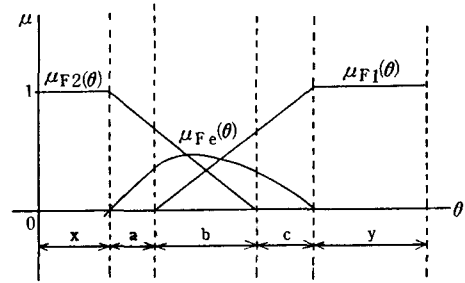


図1 無差別状態のメンバシップ関数

図1における区間 x と区間 y は、 $\mu_{F_0}(\theta) = 0$ であり無差別状態の程度が0である。これは、上位か下位に完全に分離可能であることを示している。区間 a については、「上位でないことはわかっているが、下位であるか判別できない。」という条件付き無差別状態領域である。区間 b については、「上位でも下位でもない。上位か下位か判別できない。」という無差別領域である。区間 c については、「下位でないことはわかっているが、上位であるか判別できない。」という条件付き無差別領域である。

3. 意思決定方法

ここでは、意思決定者が直和状態ではないが、ファジィ状態を設定し、行動を設定した問題をとりあげる。

2章では、特にすべての θ_i に対して $\sum_i \mu_{F_i}(\theta_i) < 1$ の場合について考察したが、 $\sum_i \mu_{F_i}(\theta_i) > 1$ の場合についても同様の議論ができる。例えば、2つのファジィ状態 F_1 、 F_2 を考え、それに対するメンバシップ関数値がある。 θ_i に対して、 $\mu_{F_1}(\theta_i) = 1$ 、 $\mu_{F_2}(\theta_i) = 1$ であったとする。この場合 θ_i は、ファジィ状態 F_1 と関係度1で関連しており、かつファジィ状態 F_2 とも関係度1で関連している。両方のファジィ状態と関係度1で関連するということは、状態空間 θ がファジィ状態 F に完全に分離不可能であることを意味し、無差別状態におちいつている。

このような場合については、無差別状態のメンバシップ関数値を1からの標準化した重みと定義することができる。これを以下に示す。

$$\mu_{F_0}(\theta) = \frac{\sum_i \mu_{F_i}(\theta) - 1}{\sum_i \mu_{F_i}(\theta)}$$

ここで、メンバシップ関数を一種の測度関数と考える。この場合、ファジィ状態(無差別状態以外)の事前情報は、重みとして解釈される。

この重みを $W_{F_i} = \sum_i \mu_{F_i}(\theta)$ とおく。同様に事後情報も、重みとして解釈される。この重みを

$W_{2i} = \sum_i \mu_{F_k}(\theta_i) P(x_j | \theta_i) \pi_i / P(x_j)$ とする。ここで、無差別状態についての事前情報及び損失は考えないことにする。つまり、無差別状態の事前の度合がわからなくとも、意思決定者が設定したファジィ状態に対し事前の重み W_{1i} が求められ、これをもとにしたベイズ流の意思決定ができる。また、無差別状態において行動に対する損失関数を設定することは、非常に困難である。

さて、このような無差別状態が状態空間 θ に対する度合が高い場合、意思決定者が設定している行動をとることに危険が生じる場合がある。この為、選定した行動に判定保留という行動を追加してこの危険を回避することを想定する。もちろん全く意思決定者が設定した行動に対して、危険が無い場合はこの判定保留は考えない。

k 個のファジィ状態 F_1, \dots, F_k と n 個の行動 A_1, \dots, A_n を設定した問題に対する意思決定方法を提案する。この様子を表 1 に示す。

表 1 提案する意思決定法則

事前の重み	ファジィ状態	事後の重み	決定	
			$A_1 \dots A_j \dots A_n$	A_0, A_e
W_{11}	F_1	W_{21}	$L(F_i, A_j)$	
\vdots	\vdots	\vdots		
W_{1i}	F_i	W_{2i}		
\vdots	\vdots	\vdots		
W_{1k}	F_k	W_{2k}		

ここで、

- ① $F_1 \cup \dots \cup F_k \cup F_e = \Omega$ (ただし、 $F_e = \phi$ であってもよい)
- ② $L(F_i, A_j) \quad j = 1, \dots, k, e$ は考えない。
- ③ $m(F_i) = \mu_{F_1} + \dots + \mu_{F_k} + \mu_{F_e} < \infty$

特に

$$\sum_i \mu_{F_k}(\theta_i) <= 1 \text{ のとき}$$

$$P(F_1) + \dots + P(F_k) + P(F_e) = 1$$

- ④ $W_{1i} = \sum_i \pi_i \mu_{F_k}(\theta_i)$
- ⑤ $W_{2i} = \sum_i \mu_{F_k}(\theta_i) P(x_j | \theta_i) \pi_i / P(x_j)$
- ⑥ $MIN_i \{L(A_i | x_j) = \sum_i L(A_i, F_k) W_{2i}\}$

なる A_i を最適行動とする。

4. 判別問題に対する適用例

ファジィ状態及び行動が、有限点から成る場合を考え、ファジィ状態を $F_i (i = 1, \dots, n)$ 行動を $A_j (j = 1, \dots, n)$ とする。観測値 $X = x_1$ が観測されたとき、行動のどれであるか判別する問題を考える。本論文では、0-1タイプの損失関数の拡張として次の様なものを考える。

$$L(F_i, A_j) = L_{ij}, i \neq j;$$

$$i, j = 1, \dots, n$$

$$0 \quad i=j$$

ここで、 $0 <= L_{ii} <= 1$

また、

$$L(F_i, A_i) = L_i, i = 1, \dots, n$$

ここで、 $0 <= L_i <= 1$

4.1 $i, j = 2$ の場合

次の結果が直ちに導ける。

(i) $(L_1/L_{22}) + (L_2/L_{21}) < 1$ のとき、決定ルールは、

$$A^* = A_1 \quad \text{if} \quad W_{22}/W_{21} < \lambda_1$$

$$A^* = A_2 \quad \text{if} \quad W_{22}/W_{21} < \lambda$$

$$A^* = A_e \quad \text{if} \quad \lambda_1 < W_{22}/W_{21} < \lambda_2$$

である。

ここで、 $\lambda_1 = L_1 / (L_{22} - L_2)$,

$$\lambda_2 = (L_{22} - L_1) / L_1$$

(ii) $(L_1/L_{22}) + (L_2/L_{21}) = > 1$ のとき

$$\lambda_1 = \lambda_2 = L_{22}/L_{21} \text{ が成立する。}$$

ゆえに決定ルールは、

$$A^* = A_1 \quad \text{if} \quad W_{22}/W_{21} < L_{22}/L_{21}$$

$$A^* = A_2 \quad \text{if} \quad W_{22}/W_{21} > L_{22}/L_{21}$$

である。

4.2 数値例

意思決定問題として、テスト結果に基づく可否の判定問題を考える。状態として、テストの成績の5点刻みの値 $\Theta = \{\theta_i\} = \{5, 10, 15, \dots, 100\}$ とし、観測空間としてテスト結果の4点刻みの値 $X = \{X_i\} = \{4, 8, 12, \dots, 96\}$ が設定されているものとする。また、 θ 上の事前分布 E と条件付分布 $f(x_j | \theta_i)$ は各々表 2、表 3 のように与えられているとする。

ファジィ状態として2つのものを考える。

$$F_1 = \{\text{合格と認定される程, 成績が上位}\}$$

$$F_2 = \{\text{不合格と認定される程, 成績が下位}\}$$

状態 θ とファジィ状態の関係を表すメンバシップ関数は、表 4 のように与えられている。次に行動として、 $A_1 = \{\text{合格}\}$, $A_2 = \{\text{不合格}\}$, $A_e = \{\text{判定保留}\}$ を考え、ファジィ状態との関係を表す損失関数は、表 5 のように与えられているとする。

表2 事前確立

θ_1	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}	θ_{11}
x_1	0.0125	0.0125	0.025	0.025	0.05	0.05	0.0725	0.0725	0.08	0.1	0.1
θ_{12}	θ_{13}	θ_{14}	θ_{15}	θ_{16}	θ_{17}	θ_{18}	θ_{19}	θ_{20}			
0.08	0.0725	0.0725	0.05	0.05	0.025	0.025	0.0125	0.0125			

表3 条件付分布 (因果率)

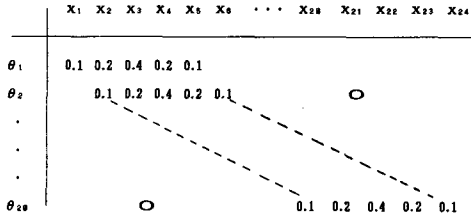


表4 メンバシップ関数

θ_1	$\theta_1 \dots \theta_6$	θ_7	θ_8	θ_9	θ_{10}	θ_{11}	θ_{12}	θ_{13}	θ_{14}	$\dots \theta_{20}$
$\mu_{F1}(\theta_1)$	0	0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1	1
$\mu_{F2}(\theta_1)$	1	1	1	0.9	0.8	0.7	0.4	0	0	0

表5 損失関数 $L_2 (F_i, A_j)$

	合格	不合格	判定保留
良い (F_1)	0	0.8	0.2
悪い (F_2)	0.9	0	0.3

以上の問題について、ファジィ・ベイズ意思決定法則を適用した結果を表6に示す。

表6 計算結果

x_i	W_{11}/W_{21}	$E(A_1 x_i)$	$E(A_2 x_i)$	$E(A_3 x_i)$	最適行動
$x_1 \sim x_6$	∞	0.9	0.0	0.3	A_2
x_7	30.86	0.9	0.025	0.305	A_2
x_8	10.54	0.888	0.074	0.314	A_2
x_9	4.752	0.858	0.160	0.326	A_2
x_{10}	2.725	0.790	0.257	0.327	A_2
x_{11}	1.855	0.688	0.368	0.321	A_2
x_{12}	0.991	0.545	0.488	0.304	A_2
x_{13}	0.528	0.359	0.603	0.270	A_2
x_{14}	0.208	0.161	0.693	0.226	A_1
x_{15}	0.056	0.048	0.761	0.206	A_1
$x_{16} \sim x_{20}$	0.0	0.0	0.8	0.2	A_1

ここで、 $\lambda_1=0.333$, $\lambda_2=2.000$

この結果より、直和でないファジィ状態についてメンバシップ関数を測度関数とみなすことによりベイズ流の決定ができ、また4.1の結果が適用できることがわかる。

5. おわりに

本論文では、状態をファジィ化する段階でファジィ状態の直和の概念を考慮しない一般的な問題に取り組んだ。まず、ファジィ状態に分類するときに生じるあいまいな

状態について無差別状態の概念を導入した。さらに無差別状態を導入することによる行動の決定に対する危険を回避するため判定保留の概念を導入した。

最後に、このファジィベイズ決定法則を判別問題に適用し、判定保留を伴う0-1タイプの損失関数に対する決定法則を考察した。

6. 今後の課題

本論文では、状態と決定との損失関数を設定することが困難な問題について検討した。

このような問題については、ファジィ状態と決定の損失関数表からベイズ流の決定法則の適用を開始する。

今後、ファジィ化する前の状態と決定との損失関数が設定されているとして、ファジィ化することの損失関数の変換に対する意味付けを行っていく予定である。

謝辞

本論文を作成するにあたり親切にご指導くださった、神戸商科大学 商経学部 管理科学科 教授 田坂誠男氏、奈良工業高等専門学校 情報工学科 教授 鈴木忠二氏に深く感謝する。

参考文献

- Zadeh, L. A.: Probability Measures of Fuzzy Events, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 22, pp421-427 (1968)
- Tanaka, H., Okuda, T. and Asai, K.: Fuzzy Information and Decision in Statistical Model, *Advances in Fuzzy Sets Theory and Applications*, eds. Gupta, M. M., Ragede, R. K. and Yager, R. R. pp.303-320, North-Holland (1979)
- 浅居喜代治, C. V. ネゴイタ編: あいまいシステム理論入門, オーム社(1987)
- 松原 望: 意思決定の基礎, 朝倉書店(1988)
- 浅居喜代治 (他) 編: ファジィシステム理論入門, オーム社(1989)
- 田坂誠男: 多重決定の諸問題, 神戸商科大学60周年記念論文集(1990)
- A study of Fuzzy-Bayes Decision Rule, *International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks (IIZUKA-90)*, pp303-p306(1990)
- 植村芳樹: ファジィ・ベイズ意思決定法則の一研究, 第6回ファジィ・システムシンポジウム資料(1990)

パターンの時間伸縮を許容する 自己組織化神経回路網モデル

小澤 誠一

The Self-Organized Neural Network with an Ability of Regularizing The Temporal Elasticity

Seiichi OZAWA

時系列パターンの認識能力を有する神経回路モデルの研究が、音声認識などの分野において望まれている。これらを扱う神経回路では、時間的なパターン伸縮を許容し、遷移パターンを統合する能力を必要とする。本論文では、これらの能力をもつ神経回路網がどのような構造を持つべきかという点に着目し、これらの能力を自己組織するモデルを提案する。本モデルは入力パターンの立ち上がり及び立ち下がりを検出し、それを必要な期間保持するための短期記憶メカニズムを有する。このメカニズム有することで、本モデルが時間伸縮されたパターンを許容し、パターンの遷移を認識することが可能となる。互いに直交したパターンからなる遷移パターンを用いて、以上の性質を計算機シミュレーションにより確認する。

1. まえがき

現在、ヒトは工学において実現されていない多くの能力を持っている。その1つとして音声や文字パターンなどに対する認識能力があげられよう。これらを装置として機械的に実現しようとする研究は、かなり以前より行われているが、多くの困難な問題が存在し、現在頭打ちの状況にある。特に音声認識の能力を機械的に実現する上で問題となるのは、個人差の正規化や弁別、時系列パターンの取り扱いなどである。ヒトはこれらの問題を解決した唯一の例であり、ヒトの認識メカニズムを知ることが最良と思われるが、これら高次のメカニズムについてはほとんど解明されていない。そこで最近、3層パーセプトロンやホップフィールドネットに代表される神経回路網（人工ニューラルネットワーク）への期待が高まっており、音素認識等では現在の音声認識技術とほぼ同等の成果が得られている。しかし、これらは脳の構造を忠実に反映したモデルではなく、その限界も示唆されている。また現状では音声の時系列パターンとして動的な処理を行うには、ネットワークの構造や学習則などの点でまだ多くの問題を残している。そこでヒトの持つ能力を実現するために、神経回路網がどのような構造を持つべ

きかをよく考える必要があると思われる。

本論文では、時系列パターン認識および入力パターンに適応してシステムを自己組織する神経回路モデルを構成し、簡単な遷移パターンを用いたシミュレーション実験を行う。さらに音声などの時系列パターンを認識する神経回路モデルに望まれる性質の一つとして、パターンの時間伸縮を許容し、認識を行う能力があげられるが、本モデルがこのような性質を持ち合わせていることも、シミュレーション実験により示す。

2. 神経回路モデル

ヒトの時系列パターン認識のメカニズムは、まだ解明には至っておらず、神経回路モデルを構成する上で参考になる生理学的知見は少ない。そこで、ヒトの持つ能力を実現する上でどのような構造が必要かを考え、わかっている知見にできるだけ矛盾がないようモデルを構成する手法がよく用いられる。本モデルもこの手法により、時系列パターン認識を行う神経回路網を構成した。

本モデルを構成するにあたり、持つべきメカニズムとして以下のものを考慮した。

- (1) 入力パターンの遷移をとらえるメカニズム
- (2) 入力パターンの特徴を一定時間保持する短期記憶

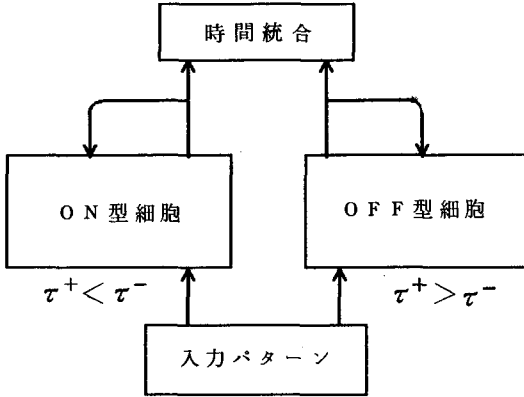


図2-1 神経回路モデルの概念図

メカニズム

(3) 入力パターンの遷移を統合するメカニズム

これらのメカニズムを、実現する神経回路モデルの概念図を図2-1に示す。これらからわかるように本モデルは入力層、ON型・OFF型細胞層とその出力を統合する統合層に分かれる。以下の節で各層の構造および役割について詳しく述べる。

2. 1 入力層

入力層はコホーネン型のネットワークで、2次元的に細胞が配列されたものを用いる。各細胞では同時刻に同一のパターンが入力され、各細胞特有の重み結合を介して出力される。これを式(1)に示す。これからわかるように各細胞から出力される値は、入力ベクトルと各細胞の重みベクトルとの内積に等しい。よって入力ベクトルに類似の重みベクトルを持つ細胞ほど、大きな活性値を出力する。

$$S_i(t) = \sum_j k_{ij} x_j(t) \quad (1)$$

ここで $x_j(t)$ は時刻 t における入力、 $S_i(t)$ はその出力である。また k_{ij} はユニット j から i への重み係数を示す。

このネットワークにコホーネンの自己組織化アルゴリズムを用いることで、入力パターンに適応した入力層を自己組織化することができる。コホーネンの自己組織化アルゴリズムを以下に示す。

(1) *Ceter of the bubble*(c)

$$\| \mathbf{x}(t) - \mathbf{k}_c(t) \| = \min_i \{ \| \mathbf{x}(t) - \mathbf{k}_i(t) \| \}$$

(2) *Updated weight vectors*

$$\begin{aligned} \mathbf{k}_i(t+1) &= \mathbf{k}_i(t) + \alpha(t)(\mathbf{x}(t) - \mathbf{k}_i(t)) \\ &\text{for } i \in N_c \\ \mathbf{m}_i(t+1) &= \mathbf{m}_i(t) \\ &\text{for all other indices } i \end{aligned} \quad (2)$$

ここで $\alpha(t)$ は学習率、 N_c は興奮の中心 C の近傍を示す。

入力層の各細胞は、コホーネンの自己組織化アルゴリズムにより、入力パターンの特徴を細胞の興奮状態へ写像するよう適応化される。すなわち入力パターンの特徴が、ネットワーク中で発火する細胞のトポロジーとして表現される。

2. 2 ON型・OFF型細胞層

2. 2. 1 ON型細胞層

ON細胞層では入力パターンの立ち上がりをとらえ、対応する細胞を興奮させる。さらにこの細胞の興奮は、次の異なるパターンが入力されるまで保持され、短期記憶メカニズムが同時に実現される。ON型細胞層の概略図を図2-2に示す。

ON型細胞層の入力経路は大きく2つに分かれており、それぞれ順方向経路、逆方向経路と呼ぶことにする。順方向経路では、入力層の全ての細胞における活性値を時空間的に加算し、各ON型細胞に伝達する。順方向経路は興奮性・抑制性の経路からなり、それぞれ入力層からの空間的な結合と一次遅れ特性を持っている。ON型細胞へ伝達される活性値は、これら時空間的な加算により計算される。順方向経路からON型細胞に伝達される膜電位を U_{on} とすると順方向経路のダイナミクスは以下の微分方程式で表される。

$$\tau_{on}^+ \frac{du_{i,on}^+(t)}{dt} = -u_{i,on}^+(t) + \sum_j w_{ij,on}^+ S_j(t) \quad (3)$$

$$\tau_{on}^- \frac{du_{i,on}^-(t)}{dt} = -u_{i,on}^-(t) + \sum_j w_{ij,on}^- S_j(t) \quad (4)$$

$$u_{i,on}(t) = u_{i,on}^+(t) - u_{i,on}^-(t) \quad (5)$$

$$w_{ij,on}^+(x) = \frac{a_{on}^+}{\sqrt{2\pi(\sigma_{on}^+)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\sigma_{on}^+)^2}\right) \quad (6)$$

$$w_{ij,on}^-(x) = \frac{a_{on}^-}{\sqrt{2\pi(\sigma_{on}^-)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\sigma_{on}^-)^2}\right) \quad (7)$$

$u_{i,on}(t)$ はON型細胞の活性値で、 $u_{i,on}(t)$ 及び $w_{ij,on}$ 、 τ_{on} は、それぞれ興奮性経路、抑制性経路における活性値、結合係数、時定数を示す。重み結合 w^+ 、 w^- は、式(6)、(7)で表されるようにガウス分布で表され、機能的にはON-中心型の側抑制結合である。これらの振幅および標準偏差を a 、 σ とする。この順方向経路を介して、入力

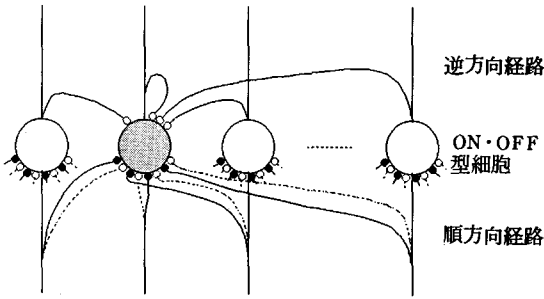


図2-2 ON・OFF型細胞の概略図

層で最も発火している細胞のON反応のみがON型細胞層に伝達される。さらに τ^+ , τ^- は、一次遅れ特性の時定数であり、ON型細胞では、入力パターンの立ち上がりをとらえるため $\tau^+ < \tau^-$ となるよう選ばれる。これにより、興奮性の入力が増加するものより先に立ち上がることで、パターンの立ち上がりで大きな値がON型細胞層に伝達される。

逆方向経路では、全てのON型細胞の出力が側抑制結合を介してフィードバックされ、1つのON型細胞に伝達される。これにより最も興奮している細胞の近傍では興奮状態が持続され、逆にそこからはなれた細胞では興奮が抑制される。逆方向経路を含めたON型細胞層全体のダイナミクスを以下に示す。

$$\tau_{on} \frac{dU_{i,on}(t)}{dt} = -U_{i,on}(t) + u_{i,on}(t) + \sum_j W_{ij,on} Y_{j,on}(t) \quad (8)$$

$$Y_{j,on}(t) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{U_{j,on}(t) + \theta_{on}}{B_{on}}\right)} \quad (9)$$

$$u_{i,on}(x) = \frac{A_{on}^+}{\sqrt{2\pi(\mu_{on}^+)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\mu_{on}^+)^2}\right) - \frac{A_{on}^-}{\sqrt{2\pi(\mu_{on}^-)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\mu_{on}^-)^2}\right) \quad (10)$$

ここで $Y_{j,on}(t)$ はON型細胞の出力で、 $W_{ij,on}$ は逆方向性結合係数である。

ここで W_{ij} は近傍の細胞に対して正の帰還ループを持ち、その他の部分は常に抑制性であるON中心型の分布を持つ。A, μ はそれぞれ振幅および標準偏差である。逆方向経路において、適当な分布を持つ側抑制結合を与えることで、ネットワークに孤立局在興奮の状態を与えることができる。孤立局在興奮とは、与えられた神経場において、競合により勝者となった細胞の近傍のみが興奮状態になることである。このような性質を有することで、ON型細胞の興奮分布が整形され、次のパターンの立ち上がりが検出されるまでその興奮状態が保持される。さらに次のパターンが提示されたとき、現在保持されて

いる興奮状態と競合が起こり、ある程度大きな刺激である場合にのみ興奮パターンが遷移する。

2. 2. 2 OFF型細胞層

OFF型細胞層では入力パターンの立ち上がりをとらえ、対応する細胞を興奮させる。さらにON型細胞層と同じく、この細胞の興奮は次の異なるパターンが入力されるまで保持される。OFF型細胞層の概略図を図2-2に示す。

OFF型細胞層の構造はON型細胞層と同じで、順方向経路における一次遅れの特性のみが異なる。ON型細胞層では時定数 τ^+ と τ^- には、 $\tau^+ < \tau^-$ の関係があったが、OFF型細胞層では $\tau^+ > \tau^-$ となる。これによりパターンが入力されたとき、抑制性の入力が増加するものより早く立ち上がるため、入力パターンの立ち上がりには反応しない。しかし入力が増加したとき、抑制性の入力が増加し、興奮性の入力が増加するものより遅く立ち上がるように反応するようになる。OFF型細胞層の順方向経路および逆方向経路を含めたOFF型細胞層全体のダイナミクスを以下に示す。

$$\tau_{off}^+ \frac{du_{i,off}^+(t)}{dt} = -u_{i,off}^+(t) + \sum_j u_{ij,off}^+ S_j(t) \quad (11)$$

$$\tau_{off}^- \frac{du_{i,off}^-(t)}{dt} = -u_{i,off}^-(t) + \sum_j u_{ij,off}^- S_j(t) \quad (12)$$

$$u_{i,off}(t) = u_{i,off}^+(t) - u_{i,off}^-(t) \quad (13)$$

$$u_{ij,off}^+(x) = \frac{a_{off}^+}{\sqrt{2\pi(\sigma_{off}^+)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\sigma_{off}^+)^2}\right) \quad (14)$$

$$u_{ij,off}^-(x) = \frac{a_{off}^-}{\sqrt{2\pi(\sigma_{off}^-)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\sigma_{off}^-)^2}\right) \quad (15)$$

$$\tau_{off} \frac{dU_{i,off}(t)}{dt} = -U_{i,off}(t) + u_{i,off}(t) + \sum_j W_{ij,off} Y_{j,off}(t) \quad (16)$$

$$Y_{j,off}(t) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{U_{j,off}(t) + \theta_{off}}{B_{off}}\right)} \quad (17)$$

$$W_{ij,off}(x) = \frac{A_{off}^+}{\sqrt{2\pi(\mu_{off}^+)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\mu_{off}^+)^2}\right) - \frac{A_{off}^-}{\sqrt{2\pi(\mu_{off}^-)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\mu_{off}^-)^2}\right) \quad (18)$$

2. 3 統合層

統合層は入力層と同じくコホーネン型のネットワークで、ON型細胞層及びOFF型細胞層の出力を同時に受ける。ON型細胞層とOFF型細胞層の出力は入力パターンの遷移の様子をとらえているため、統合層では遷移パター

ンが統合される。例えば、パターンAからパターンBに遷移する遷移パターンXを考えてみる。パターンAからパターンBに遷移した時点で、ON型細胞層はパターンBの立ち上がりをとらえるため、パターンBに対応する細胞が興奮状態になる。さらにOFF型細胞層ではパターンAでの立ち下がりをとらえるため、パターンAに対応する細胞が興奮状態になる。よってON・OFF型細胞層の興奮状態が遷移パターンXの特徴を示していることになる。統合層ではこの興奮パターンに対応する細胞が興奮し、遷移パターンの認識が行われる。

統合層では入力層と同様、コホーネンの自己組織化アルゴリズムを適用することで、特定遷移パターンに選択的に反応する細胞が形成される。

3. シミュレーション実験

3.1 神経回路網の学習及び設定

3.1.1 入力層

学習セットは、4種類の直交したパターンが3状態遷移する計36種類の遷移パターンを用いる。また、遷移パターンを構成する各パターンの継続時間は3とした。学習セットの一覧を表3-1に示す。

これらの遷移パターンを順に入力層に提示し、コホーネンの自己組織化アルゴリズムを用いて、入力パターンに対しトポロジカルな写像を行うようネットワークを自己組織する。ネットワークとして、2次元的に並べられた計25個の細胞を持ったものを用いる。コホーネンの学習において、 $\alpha(t)$ 及び N_c の初期値はそれぞれ0.1、4である。

表3-1 遷移パターンの種類

1	1→2→1	2	1→2→3	3	1→2→4	4	1→3→1
5	1→3→2	6	1→3→4	7	1→4→1	8	1→4→2
9	1→4→3	10	2→1→2	11	2→1→3	12	2→1→4
13	2→3→1	14	2→3→2	15	2→3→4	16	2→4→1
17	2→4→2	18	2→4→3	19	3→1→2	20	3→1→3
21	3→1→4	22	3→2→1	23	3→2→3	24	3→2→4
25	3→4→1	26	3→4→2	27	3→4→3	28	4→1→2
29	4→1→3	30	4→1→4	31	4→2→1	32	4→2→3
33	4→2→4	34	4→3→1	35	4→3→2	36	4→3→4

3.1.2 ON・OFF型細胞層

ON・OFF型細胞層では入力層における興奮状態のトポロジーが保存され、主に時間特性のみが付加される。よって、ON・OFF型細胞層は入力層と同じ数の細胞を

持つネットワークを用いる。

第2章で示した順方向経路及び逆方向経路のダイナミクスは連続時間モデルであるが、シミュレーション実験では取り扱いやすい離散時間モデルを用いる。順方向経路のダイナミクスは、離散時間系列で入力される値を線形補間したもので求める。それを式(19)～式(23)に示す。

$$u_{i,*}^+(nT) = \sum_k \sum_j w_{ij,*}^+ \exp\left(-\frac{k\Delta t}{\tau_*^+}\right) \left[\Delta S_j(nT) \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau_*^+}\right) + (1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau_*^+}\right)) (S_j(nT - k\Delta t) - \frac{\Delta S_j(nT)}{\Delta t} \tau_*^+) \right] \quad (19)$$

$$u_{i,*}^-(nT) = \sum_k \sum_j w_{ij,*}^- \exp\left(-\frac{k\Delta t}{\tau_*^-}\right) \left[\Delta S_j(nT) \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau_*^-}\right) - (1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau_*^-}\right)) (S_j(nT - k\Delta t) - \frac{\Delta S_j(nT)}{\Delta t} \tau_*^-) \right] \quad (20)$$

$$u_{i,*}(nT) = u_{i,*}^+(nT) - U_{i,*}^-(nT) \quad (21)$$

$$w_{ij,*}^+(x) = \frac{a_*^+}{\sqrt{2\pi(\sigma_*^+)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\sigma_*^+)^2}\right) \quad (22)$$

$$w_{ij,*}^-(x) = \frac{a_*^-}{\sqrt{2\pi(\sigma_*^-)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\sigma_*^-)^2}\right) \quad (23)$$

* = on · off

式(8)、(16)の逆方向経路を含めた全体のON・OFF型細胞の安定平衡解は、細胞の出力関数が非線形であるとき、解を求めることは一般には困難である。そこで、近似的に式(24)を用いて各細胞の活性値を計算する。

$$U_{i,*}(n+1)T = \beta U_{i,*}(nT) + u_{i,*}(nT) + \sum_j W_{ij,*} Y_{j,*}(nT) \quad (24)$$

$$Y_{j,*}(t) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{U_{j,*}(t) + \theta_*}{B_*}\right)} \quad (25)$$

$$W_{ij,*}(x) = \frac{A_*^+}{\sqrt{2\pi(\mu_*^+)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\mu_*^+)^2}\right) - \frac{A_*^-}{\sqrt{2\pi(\mu_*^-)^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\mu_*^-)^2}\right) \quad (26)$$

* = on · off

順方向経路及び逆方向経路の各パラメータを表3-2に示す。

3.4.3 統合層

統合層のネットワークは10×10の計100の細胞を持ち、各細胞にはON・OFF細胞層の計50の細胞から入力を受ける。この入力に対してコホーネンの自己組織化アルゴ

表3-2 ON・OFF型細胞層のパラメータ
[順方向経路]

	a^+	σ^+	a^-	σ^-	τ^+	τ^-
ON型細胞層	1.5	0.3	1.9	0.5	0.0005	0.0017
OFF型細胞層	1.5	0.3	2.0	0.5	0.0017	0.0005

[逆方向経路]

	A^+	μ^+	A^-	μ^-	ρ
ON型細胞層	2.0	1.0	4.0	9.5	0.2
OFF型細胞層	2.2	0.9	4.0	9.5	0.2

リズムが適用され、ON・OFF細胞層の興奮状態で表現される遷移パターンをトポロジカルに写像するよう自己組織される。自己組織化アルゴリズムの各パラメータは入力層と同じものを用いる。

統合層で自己組織された12種類の遷移パターンに選択的に反応する細胞の分布を図3-1に示す。各遷移パターンに対し、選択的に反応する細胞が自己組織されているのがわかる。また無音状態から最初のパターンへの遷移に対して反応する細胞も同時に形成されている。これらについて本論文では扱わないが、時系列パターンのセグメンテーションに有効な情報の1つであるため、これも遷移パターンの1つと考えて学習した。これらを用いた時系列パターンの認識は今後の課題である。

4→2	4→2	→2	→2	1→3	1→3	4→3	→3	→3	→3
4→2	4→2	→2	→2	1→3	1→3	4→3	→3	→3	→3
1→2	→2	→3	→4	2→4	2→4	4→3	4→3	4→3	→3
1→2	1→2	→3	→4	→4	2→4	2→4	4→3	4→3	
1→2	1→2	→3	→4	2→4	2→4	2→4		2→3	2→3
3→2	1→2		3→4	3→4	3→4		2→1	2→1	2→3
3→2	3→2		3→4	3→4	3→4	2→1	2→1	2→1	2→1
3→2	3→2	3→1	3→1	3→4		2→1	2→1	4→1	4→1
1→4	3→1	3→1	3→1	→1	→1	→1	→1	4→1	4→1
1→4		3→1	3→1	3→1	→1	→1	→1	→1	4→1

図3-1 統合層における各細胞の反応

3.2 遷移パターンの認識

音声などの時系列パターンを認識する上で、パターンの伸縮による誤認識が問題となる。パーセプトロン型のネットワークやリカレント型ものでは、その伸縮による誤差をネットワークの汎化能力で吸収しているため、伸縮を許容する能力には限界があると思われる。そこで、本モデルがこれらの遷移パターンの伸縮を、どの程度許容できるのかをシミュレーション実験により調べた。

入力する遷移パターンは、表3-3に示した5種類の

表3-3 実験に用いた遷移パターンの継続時間

実験番号	継続時間		
1	1	1	1
2	3	3	3
3	5	5	5
4	1	2	3
5	3	2	1

表3-4 遷移パターンの認識結果

	パターン数	正当率 [%]
実験1	72	100
実験2	72	100
実験3	72	100
実験4	72	100
実験5	72	100

時間的に伸縮を受けたテストセットを用いる。なお、これには継続時間が [3, 3, 3] の学習セットも含まれている。これらを入力層に提示し、統合層で興奮した細胞と、学習セットにより自己組織された細胞の分布とを比較して正答率を出した。それを表3-4に示す。これより約5倍程度に伸縮された遷移パターンに対しても、正しい認識が行われていることがわかる。また、本実験で用いたテストセットは3状態に遷移するパターンで、これらは2状態の遷移が連続して起こるものである。よって、後半の状態遷移が、前半の遷移に対して影響を受けないことがこの結果によりわかる。

3.3 ON・OFF型細胞層の反応

本モデルが、パターンの時間的伸縮を許容し、認識を行うことをシミュレーション実験により確認した。また時間伸縮を許容する能力は、ON・OFF型細胞層が持つ短期記憶メカニズムに起因すると思われる。そこで細胞層の反応を調べ、本モデルの持つ短期記憶メカニズムに対する考察を行う。

図3-2に入力層及びON・OFF型細胞層の反応の様子を示す。遷移パターンは1→2→3のものを用いている。反応の時間的な変化を記述するため、図3-2では興奮している細胞の場所について明記していないが、各パターンに対して興奮している場所は異なる。継続時間が [3, 3, 3], [1, 2, 3] である遷移パターンに対する反応をそれぞれ図3-2の(a),(b)に示す。ON型細胞層では入力層における反応の立ち上がりを検知し、次の遷移の立ち上がりが見知されるまで状態が保持

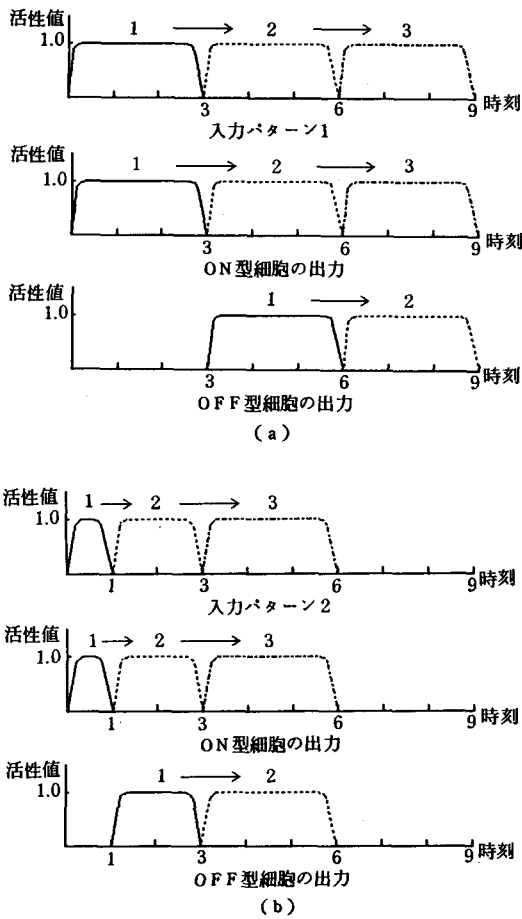


図3-2 ON・OFF型細胞の反応

されている様子がわかる。逆にOFF型細胞層では入力層における反応の立ち下がりが検知され、遷移前におけるパターンの興奮状態を次の遷移が起こるまで保持している様子がわかる。さらに(b)に示すように、遷移していくパターンの継続時間がそれぞれ異なる場合でも、OFF型細胞の反応は遷移前のパターンの継続時間によらず必要な期間保持されているのがわかる。以上よりON・OFF型細胞層の順方向及び逆方向の経路が、パターン遷移を検出するメカニズムと必要な期間興奮を保持する短期記憶メカニズムを実現しており、これらによりパターンの時間伸縮が許容されることを示している。

4. むすび

時系列パターンを認識するモデルを提案し、その能力を時間伸縮された遷移パターンを用いてシミュレーション実験を行った。その結果、本モデルがパターンの遷移を検出し、必要な期間興奮を保持するメカニズムを持つ

ことがわかった。また遷移パターンを統合し、それに選択的に反応する細胞を上位層に自己組織できることを示した。しかし、シミュレーション実験で用いた入力パターンは比較的簡単なものを用いているため、そのまま音声データに適用できるとは言えない。そこで音声認識する上で、本モデルの持つ問題点と、それを改善する指針について述べる。

一般に音声パターンは同一のカテゴリに属するものであっても、パターンにゆらぎを持っており、カテゴリどうしのオーバーラップもみられる。本モデルでは入力の構造を線形に写像するコホーネンの自己組織化アルゴリズムを用いているため、これらに対する汎化能力はあまり期待はできない。これは自己組織化を行うタイプの学習則の多くに共通することである。本モデルがパターンのゆらぎに対する汎化能力を有する方法として、以下のものが考えられる。

- (1) 統合された結果に対して、「教師あり学習」を適用する。
- (2) 統合層にカテゴリに対応する安定平衡点を設け、連想能力を付加することでパターンのゆらぎを吸収する。

これらの方法では、完全にネットワークを「教師なし」で自己組織できなくなるが、音声認識する上でやむを得ないと思われる。

また、音声パターンは、一般に多くのパターン遷移で構成されている。よって本モデルにおいて音声パターンを統合するには、かなりの階層化を必要とするケースも出てくる。これに対しては、入力パターンの遷移に対するON・OFF型細胞層の興奮パターンの遷移の感度をコントロールすることで、ある程度解決できると考えられる。これには前述の(2)の連想能力を付加する方法が適していると考えられる。

以上音声を取り上で、本モデルのもつ問題点及びそれを解決する指針について述べた。これらの方法により、本モデルがどの程度汎化能力を持つかを今後確認していく。

参考文献

- (1) 二見, 星宮: “短期記憶に基づく階層的時系列パターン認識の神経回路モデル”, 信学論(D), J70-D, 6, pp.1235-1241(1987)
- (2) 大串健吾: “聴覚系の情報処理機構のモデル”, 信学論(D), 54-C, 4, pp.332-339(昭46-4)
- (3) 伊藤, 福島: “聴覚系の特徴抽出機構の神経回路モデル”, 信学論(D), J70-D, 2, pp.451-462(1987-2)

- (4) 甘利俊一：“神経回路網の数理-脳の情報処理様式”，産業図書(1988)
- (5) 麻生秀樹：“ニューラルネットワーク情報処理”，産業図書(1978)
- (6) 中野 馨：“ニューロコンピュータの基礎”，コロナ社(1990)
- (7) T.Kohonen：“The 'Neural' Phonetic Type-writer”，IEEE Computer, Special Issue on Neural Networks and Neural Computing, pp.11-22(1988).
- (8) T.Kohonen：“Self-Organization and Associative Memory(Third Edition)”，Springer-Verlag(1989).
- (9) D.E.Rumelhart and J.L.McClelland：“Parallel Distributed Processing ; Explorations in the Microstructure of Cognition ”,Vol. 1 and 2, MIT press, Cambridge, MA(1986).
- (10) A.Waibel,T.Hanazawa,G.Hinton,K.Shikano,K.J.Lang：“Phoneme Recognition Using Time-Delay Neural Networks”，IEEE Trans.ASSP, Vol.37,no.3(1989).
- (11) 小澤, 堤, 松本：“階層化コホーネンネットによる単音節認識”，システム制御情報学会講演論文集, 3018(1989).
- (12) 小澤, 堤, 松本：“自律的にパターン統合する拡張コホーネンモデル”，電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, S9-1(1989).
- (13) 小澤, 堤, 松本：“動的パターンを抽出する自己組織化神経回路モデル”，システム制御情報学会講演論文集, 2022(1990).
- (14) 小澤, 堤, 松本：“パターンの遷移を識別する自己組織化神経回路モデル”，神経回路学会講演論文集, P2-18(1990).
- (15) 小澤, 堤, 松本：“ON・OFF型ニューロン層の階層化モデルによる時系列パターン識別”計測自動制御学会「知能システムシンポジウム」講演論文集 P129-134.

プログラム設計過程の定量的評価の試み —初期設計書の品質から見た評価—

工藤 英男・菊野 亨*・鳥居 宏次*

On Quantitative Evaluation of Program Design Process
—Evaluation of Design Document Data with respect to Quality—
Hideo KUDO, Tohru KIKUNO and Koji TORII

This paper tries to evaluate quantitatively program design process. The evaluation is executed on experimental data from student project, in which each student solves the inventory control problem of a wholesale SAKE dealer, writes a design document and develops a program. The followings are obtained by applying analysis of variance to the experimental data.

- (1) The quality of program can significantly reflect the quality of the initial design document.
- (2) The group of students, whose program contains bugs, are in average level with respect to quality of the design document. Additionally, both the program size and the number of modules are significantly small.

1. まえがき

ソフトウェア工学においては、最近、ソフトウェアの計量、及び、評価に関する技術開発の重要性が指摘されている。これまでも、ソフトウェアの生産性や信頼性の向上を目指して、具体的な計量尺度あるいは評価尺度が多数提案されている¹⁾。しかし、それらの多くは、ソフトウェアの開発過程（問題分析、設計、コーディング、デバッグ）の中でも、計量が比較的容易であると考えられるコーディング、デバッグの過程に関するものである。従って、設計段階に対しては、具体的な提案もほとんど無く、未だ標準的なものを確立するには至っていないのが現状である。その主な理由は、設計の結果を表したドキュメント、いわゆる設計書の品質を計量し、評価することの難しさにあると考えられる。

一方、Boehmら²⁾によって、ソフトウェアの品質定義のための階層的モデルが提案されている。文献(2)、(7)では、更に、品質を決定する要因として、携帯性、信頼性、効率、操作性、テスト容易性、理解性、更新性の7つがあげられている。本稿で議論する品質は、主として、理

解性、信頼性、テスト容易性に関連したものである。具体的には、ソフトウェアの無矛盾性、自己記述性、構造的性、簡潔性、明瞭性、正確性、完全性に対する評価である。

本稿では、学部教育におけるプログラム開発を対象にして、設計過程の評価に関する試みを行う^(5, 6)。具体的には、被験者である学生に共通課題の要求仕様を与えて、この問題に対する設計書を作成させ、その設計書に基づいてプログラムを作成させた。なお、本実験では、各学生が一人で問題分析を含めた設計、コーディング、デバッグを行った。

評価に当たっては、設計の初期段階に作成したドキュメントの品質と最終的に完成したプログラムの品質の間の因果関係に注目する。初期設計書とプログラムの品質の評価は人手で行った。採点者の主観による偏りを軽減するため、3人の採点者が幾つかの評価項目について独立に採点し、それら3つの採点に基づき偏差値を求める。初期設計書に対する偏差値を設計点、プログラムに対する偏差値をコード点と呼ぶ。

引き続き、収集した実験データ上で、次の2つの仮説が成立するものと予想して、統計的分析を行う。

- (1) 最初に問題分析が十分に行われるなら、品質の良いプログラムが作成される。しかも、作業工数も少なく

て済む。

- (2) 最終的なプログラムにバグが残ってしまうプログラム開発の場合には、ある共通の要因が存在する。

ここで問題分析とは、与えられた問題を的確に理解、処理手順の概略を決定し、その内容を簡潔に表現するという一連の作業を指す。

分散分析の結果として（5%の有意水準で）得られた主な結論は、次の2つである。なお、これらの結論は各学生に対するものではなく、ある性質を満たす学生の集団（グループ）に対するものである。

- (1) 良い設計点をとったグループはコード点も良い。
- (2) バグを残したグループは、設計点が良くもなく悪くもない。しかし、プログラムの行数とモジュール数が際立って少ない。

以下、2. では、実施した評価実験の概要として、収集データ、実験の手順などについて述べる。次に3. では、初期設計書とプログラムの品質に関する評価のための基準、設計点、コード点の算出の方法について述べる。4. では、初期設計書の品質と最終プログラムの品質との間にみられる種々の因果関係を統計的に分析する。最後に5. では、今後の課題などについて簡単にまとめる。

2. 実験の概要

2.1 実験の目的

本稿での実験の目的は、プログラミングすべき問題に対する問題分析の度合いが、最終の生産物であるプログラムにどのような影響を及ぼすかの考察を行うことである。ここでは、特に、プログラム設計過程に立ち入って、その要因を明らかにする。

2.2 データの収集源

大阪大学基礎工学部情報工学科の学生に対して行われたプログラム開発過程に関する学生実験からデータを収集した。実験は学部2年生の45名対象として行った。この実験では、学生の共通課題に「酒卸売販売会社の在庫管理問題」¹⁾を採用し、学生の問題の要求仕様を与え、この問題に対する初期の設計書、及び、それに基づいたPascalプログラムを作成させた。なお、各学生は事前にPascalによるプログラミング経験があり、構造化プログラミングやプログラム書法²⁾に関する講義を受けている。

2.3 収集データ

本実験では、次の4種類のデータ(d1)~(d4)を収集することにした。

- (d1)初期設計書：プログラム設計の初期段階において、

与えられた問題の理解に基づいて決定したプログラム設計の方針を手書きで記述したドキュメント、具体的には、与えられた問題の理解内容を文章を用いて書き、更に、処理手順の概略を使用するデータ構造やブロック図などを用いて表現する。これを初期設計書と呼ぶ。図1に初期設計書の形式と記述例を示す。但し、図1は手書きの記述をワードプロセッサを用いて清書したものである。

次に、初期設計書を作成してから、最終プログラムを完成させるまでの作業時間を次の(d2)と(d3)に分ける。

- (d2)机上作業時間：初期設計書に基づいて机上で行うプログラム作成とデバッグ作業の時間の合計。この作業時間には詳細設計、及びコーディングの時間を含める。

- (d3)端末利用時間：計算機の端末を用いて行った作業時間の合計。具体的には、プログラムの入力やコンパイル時、及び、実行時における誤りの発見、修正などの作業時間を示す。

- (d4)最終プログラム：学生が最終的に作成したプログラムのリスト、及び、そのプログラムの行数やモジュール数。

なお、(d2)の机上作業時間は学生が提出した報告書から収集した。一方(d3)と(d4)のデータは計算機を用いて自動的に収集した。

Report on "Fundamentals of Information & Computer Science, and Exercise D"

Subject : Draw a chart for the inventory control problem of a wholesale S&A dealer		Name : XXXXXXXXXX
		ID Number : XXXX

1. Describe the fundamental functions and data structures.

(1) 入力の種類が、在庫依頼票のいずれかによってルーチンが変わる。
 (2) 入力の種類が、在庫データにこの内容を足す。適合する銘柄があれば、在庫指示のデータの中にそれを補充する。
 (3) 入力が在庫依頼票の場合、その票にナンバリングをし、在庫指示のためのデータブロックを1つとる。該当数量ある場合は在庫指示書を作成する。不足の場合は、在庫不足リストの発行とともに在庫する数量についてのキープする。
 (4) データブロックとしては、次の3つが考えられる。

I) 倉庫のコンテナのデータ			II) 在庫依頼のデータ		III) 在庫不足リスト
コンテナNo	搬入年月日時	銘柄	数量	送り先名	在庫不足リスト番号
銘柄	数量	キープ数量	銘柄	数量	依頼番号
銘柄	数量	キープ数量	コンテナNo		銘柄
銘柄	数量	キープ数量	コンテナNo	数量	搬出マーク
:	:	:	:	:	:
:	:	:	在庫不足リスト番号		
:	:	:	(途中省略)		
:	:	:			

2. Explain each function by using charts.

モジュールは積荷票モジュールと在庫依頼票モジュールの2つに大別される。

1) 積荷票モジュール

```

    graph TD
      A[積荷票の入力] --> B[新規コンテナのデータブロックにデータをストックする]
      B --> C{在庫不足リストはあるか}
      C -- no --> D[END]
      C -- yes --> E[ ]
      E --- F[ ]
      E --- G[ ]
      E --- H[ ]
      E --- I[ ]
      E --- J[ ]
      E --- K[ ]
      E --- L[ ]
      E --- M[ ]
      E --- N[ ]
      E --- O[ ]
      E --- P[ ]
      E --- Q[ ]
      E --- R[ ]
      E --- S[ ]
      E --- T[ ]
      E --- U[ ]
      E --- V[ ]
      E --- W[ ]
      E --- X[ ]
      E --- Y[ ]
      E --- Z[ ]
      E --- AA[ ]
      E --- AB[ ]
      E --- AC[ ]
      E --- AD[ ]
      E --- AE[ ]
      E --- AF[ ]
      E --- AG[ ]
      E --- AH[ ]
      E --- AI[ ]
      E --- AJ[ ]
      E --- AK[ ]
      E --- AL[ ]
      E --- AM[ ]
      E --- AN[ ]
      E --- AO[ ]
      E --- AP[ ]
      E --- AQ[ ]
      E --- AR[ ]
      E --- AS[ ]
      E --- AT[ ]
      E --- AU[ ]
      E --- AV[ ]
      E --- AW[ ]
      E --- AX[ ]
      E --- AY[ ]
      E --- AZ[ ]
      E --- BA[ ]
      E --- BB[ ]
      E --- BC[ ]
      E --- BD[ ]
      E --- BE[ ]
      E --- BF[ ]
      E --- BG[ ]
      E --- BH[ ]
      E --- BI[ ]
      E --- BJ[ ]
      E --- BK[ ]
      E --- BL[ ]
      E --- BM[ ]
      E --- BN[ ]
      E --- BO[ ]
      E --- BP[ ]
      E --- BQ[ ]
      E --- BR[ ]
      E --- BS[ ]
      E --- BT[ ]
      E --- BU[ ]
      E --- BV[ ]
      E --- BW[ ]
      E --- BX[ ]
      E --- BY[ ]
      E --- BZ[ ]
      E --- CA[ ]
      E --- CB[ ]
      E --- CC[ ]
      E --- CD[ ]
      E --- CE[ ]
      E --- CF[ ]
      E --- CG[ ]
      E --- CH[ ]
      E --- CI[ ]
      E --- CJ[ ]
      E --- CK[ ]
      E --- CL[ ]
      E --- CM[ ]
      E --- CN[ ]
      E --- CO[ ]
      E --- CP[ ]
      E --- CQ[ ]
      E --- CR[ ]
      E --- CS[ ]
      E --- CT[ ]
      E --- CU[ ]
      E --- CV[ ]
      E --- CW[ ]
      E --- CX[ ]
      E --- CY[ ]
      E --- CZ[ ]
      E --- DA[ ]
      E --- DB[ ]
      E --- DC[ ]
      E --- DD[ ]
      E --- DE[ ]
      E --- DF[ ]
      E --- DG[ ]
      E --- DH[ ]
      E --- DI[ ]
      E --- DJ[ ]
      E --- DK[ ]
      E --- DL[ ]
      E --- DM[ ]
      E --- DN[ ]
      E --- DO[ ]
      E --- DP[ ]
      E --- DQ[ ]
      E --- DR[ ]
      E --- DS[ ]
      E --- DT[ ]
      E --- DU[ ]
      E --- DV[ ]
      E --- DW[ ]
      E --- DX[ ]
      E --- DY[ ]
      E --- DZ[ ]
      E --- EA[ ]
      E --- EB[ ]
      E --- EC[ ]
      E --- ED[ ]
      E --- EE[ ]
      E --- EF[ ]
      E --- EG[ ]
      E --- EH[ ]
      E --- EI[ ]
      E --- EJ[ ]
      E --- EK[ ]
      E --- EL[ ]
      E --- EM[ ]
      E --- EN[ ]
      E --- EO[ ]
      E --- EP[ ]
      E --- EQ[ ]
      E --- ER[ ]
      E --- ES[ ]
      E --- ET[ ]
      E --- EU[ ]
      E --- EV[ ]
      E --- EW[ ]
      E --- EX[ ]
      E --- EY[ ]
      E --- EZ[ ]
      E --- FA[ ]
      E --- FB[ ]
      E --- FC[ ]
      E --- FD[ ]
      E --- FE[ ]
      E --- FF[ ]
      E --- FG[ ]
      E --- FH[ ]
      E --- FI[ ]
      E --- FJ[ ]
      E --- FK[ ]
      E --- FL[ ]
      E --- FM[ ]
      E --- FN[ ]
      E --- FO[ ]
      E --- FP[ ]
      E --- FQ[ ]
      E --- FR[ ]
      E --- FS[ ]
      E --- FT[ ]
      E --- FU[ ]
      E --- FV[ ]
      E --- FW[ ]
      E --- FX[ ]
      E --- FY[ ]
      E --- FZ[ ]
      E --- GA[ ]
      E --- GB[ ]
      E --- GC[ ]
      E --- GD[ ]
      E --- GE[ ]
      E --- GF[ ]
      E --- GG[ ]
      E --- GH[ ]
      E --- GI[ ]
      E --- GJ[ ]
      E --- GK[ ]
      E --- GL[ ]
      E --- GM[ ]
      E --- GN[ ]
      E --- GO[ ]
      E --- GP[ ]
      E --- GQ[ ]
      E --- GR[ ]
      E --- GS[ ]
      E --- GT[ ]
      E --- GU[ ]
      E --- GV[ ]
      E --- GW[ ]
      E --- GX[ ]
      E --- GY[ ]
      E --- GZ[ ]
      E --- HA[ ]
      E --- HB[ ]
      E --- HC[ ]
      E --- HD[ ]
      E --- HE[ ]
      E --- HF[ ]
      E --- HG[ ]
      E --- HH[ ]
      E --- HI[ ]
      E --- HJ[ ]
      E --- HK[ ]
      E --- HL[ ]
      E --- HM[ ]
      E --- HN[ ]
      E --- HO[ ]
      E --- HP[ ]
      E --- HQ[ ]
      E --- HR[ ]
      E --- HS[ ]
      E --- HT[ ]
      E --- HU[ ]
      E --- HV[ ]
      E --- HW[ ]
      E --- HX[ ]
      E --- HY[ ]
      E --- HZ[ ]
      E --- IA[ ]
      E --- IB[ ]
      E --- IC[ ]
      E --- ID[ ]
      E --- IE[ ]
      E --- IF[ ]
      E --- IG[ ]
      E --- IH[ ]
      E --- II[ ]
      E --- IJ[ ]
      E --- IK[ ]
      E --- IL[ ]
      E --- IM[ ]
      E --- IN[ ]
      E --- IO[ ]
      E --- IP[ ]
      E --- IQ[ ]
      E --- IR[ ]
      E --- IS[ ]
      E --- IT[ ]
      E --- IU[ ]
      E --- IV[ ]
      E --- IW[ ]
      E --- IX[ ]
      E --- IY[ ]
      E --- IZ[ ]
      E --- JA[ ]
      E --- JB[ ]
      E --- JC[ ]
      E --- JD[ ]
      E --- JE[ ]
      E --- JF[ ]
      E --- JG[ ]
      E --- JH[ ]
      E --- JI[ ]
      E --- JJ[ ]
      E --- JK[ ]
      E --- JL[ ]
      E --- JM[ ]
      E --- JN[ ]
      E --- JO[ ]
      E --- JP[ ]
      E --- JQ[ ]
      E --- JR[ ]
      E --- JS[ ]
      E --- JT[ ]
      E --- JU[ ]
      E --- JV[ ]
      E --- JW[ ]
      E --- JX[ ]
      E --- JY[ ]
      E --- JZ[ ]
      E --- KA[ ]
      E --- KB[ ]
      E --- KC[ ]
      E --- KD[ ]
      E --- KE[ ]
      E --- KF[ ]
      E --- KG[ ]
      E --- KH[ ]
      E --- KI[ ]
      E --- KJ[ ]
      E --- KK[ ]
      E --- KL[ ]
      E --- KM[ ]
      E --- KN[ ]
      E --- KO[ ]
      E --- KP[ ]
      E --- KQ[ ]
      E --- KR[ ]
      E --- KS[ ]
      E --- KT[ ]
      E --- KU[ ]
      E --- KV[ ]
      E --- KW[ ]
      E --- KX[ ]
      E --- KY[ ]
      E --- KZ[ ]
      E --- LA[ ]
      E --- LB[ ]
      E --- LC[ ]
      E --- LD[ ]
      E --- LE[ ]
      E --- LF[ ]
      E --- LG[ ]
      E --- LH[ ]
      E --- LI[ ]
      E --- LJ[ ]
      E --- LK[ ]
      E --- LL[ ]
      E --- LM[ ]
      E --- LN[ ]
      E --- LO[ ]
      E --- LP[ ]
      E --- LQ[ ]
      E --- LR[ ]
      E --- LS[ ]
      E --- LT[ ]
      E --- LU[ ]
      E --- LV[ ]
      E --- LW[ ]
      E --- LX[ ]
      E --- LY[ ]
      E --- LZ[ ]
      E --- MA[ ]
      E --- MB[ ]
      E --- MC[ ]
      E --- MD[ ]
      E --- ME[ ]
      E --- MF[ ]
      E --- MG[ ]
      E --- MH[ ]
      E --- MI[ ]
      E --- MJ[ ]
      E --- MK[ ]
      E --- ML[ ]
      E --- MM[ ]
      E --- MN[ ]
      E --- MO[ ]
      E --- MP[ ]
      E --- MQ[ ]
      E --- MR[ ]
      E --- MS[ ]
      E --- MT[ ]
      E --- MU[ ]
      E --- MV[ ]
      E --- MW[ ]
      E --- MX[ ]
      E --- MY[ ]
      E --- MZ[ ]
      E --- NA[ ]
      E --- NB[ ]
      E --- NC[ ]
      E --- ND[ ]
      E --- NE[ ]
      E --- NF[ ]
      E --- NG[ ]
      E --- NH[ ]
      E --- NI[ ]
      E --- NJ[ ]
      E --- NK[ ]
      E --- NL[ ]
      E --- NM[ ]
      E --- NN[ ]
      E --- NO[ ]
      E --- NP[ ]
      E --- NQ[ ]
      E --- NR[ ]
      E --- NS[ ]
      E --- NT[ ]
      E --- NU[ ]
      E --- NV[ ]
      E --- NW[ ]
      E --- NX[ ]
      E --- NY[ ]
      E --- NZ[ ]
      E --- OA[ ]
      E --- OB[ ]
      E --- OC[ ]
      E --- OD[ ]
      E --- OE[ ]
      E --- OF[ ]
      E --- OG[ ]
      E --- OH[ ]
      E --- OI[ ]
      E --- OJ[ ]
      E --- OK[ ]
      E --- OL[ ]
      E --- OM[ ]
      E --- ON[ ]
      E --- OO[ ]
      E --- OP[ ]
      E --- OQ[ ]
      E --- OR[ ]
      E --- OS[ ]
      E --- OT[ ]
      E --- OU[ ]
      E --- OV[ ]
      E --- OW[ ]
      E --- OX[ ]
      E --- OY[ ]
      E --- OZ[ ]
      E --- PA[ ]
      E --- PB[ ]
      E --- PC[ ]
      E --- PD[ ]
      E --- PE[ ]
      E --- PF[ ]
      E --- PG[ ]
      E --- PH[ ]
      E --- PI[ ]
      E --- PJ[ ]
      E --- PK[ ]
      E --- PL[ ]
      E --- PM[ ]
      E --- PN[ ]
      E --- PO[ ]
      E --- PP[ ]
      E --- PQ[ ]
      E --- PR[ ]
      E --- PS[ ]
      E --- PT[ ]
      E --- PU[ ]
      E --- PV[ ]
      E --- PW[ ]
      E --- PX[ ]
      E --- PY[ ]
      E --- PZ[ ]
      E --- QA[ ]
      E --- QB[ ]
      E --- QC[ ]
      E --- QD[ ]
      E --- QE[ ]
      E --- QF[ ]
      E --- QG[ ]
      E --- QH[ ]
      E --- QI[ ]
      E --- QJ[ ]
      E --- QK[ ]
      E --- QL[ ]
      E --- QM[ ]
      E --- QN[ ]
      E --- QO[ ]
      E --- QP[ ]
      E --- QQ[ ]
      E --- QR[ ]
      E --- QS[ ]
      E --- QT[ ]
      E --- QU[ ]
      E --- QV[ ]
      E --- QW[ ]
      E --- QX[ ]
      E --- QY[ ]
      E --- QZ[ ]
      E --- RA[ ]
      E --- RB[ ]
      E --- RC[ ]
      E --- RD[ ]
      E --- RE[ ]
      E --- RF[ ]
      E --- RG[ ]
      E --- RH[ ]
      E --- RI[ ]
      E --- RJ[ ]
      E --- RK[ ]
      E --- RL[ ]
      E --- RM[ ]
      E --- RN[ ]
      E --- RO[ ]
      E --- RP[ ]
      E --- RQ[ ]
      E --- RR[ ]
      E --- RS[ ]
      E --- RT[ ]
      E --- RU[ ]
      E --- RV[ ]
      E --- RW[ ]
      E --- RX[ ]
      E --- RY[ ]
      E --- RZ[ ]
      E --- SA[ ]
      E --- SB[ ]
      E --- SC[ ]
      E --- SD[ ]
      E --- SE[ ]
      E --- SF[ ]
      E --- SG[ ]
      E --- SH[ ]
      E --- SI[ ]
      E --- SJ[ ]
      E --- SK[ ]
      E --- SL[ ]
      E --- SM[ ]
      E --- SN[ ]
      E --- SO[ ]
      E --- SP[ ]
      E --- SQ[ ]
      E --- SR[ ]
      E --- SS[ ]
      E --- ST[ ]
      E --- SU[ ]
      E --- SV[ ]
      E --- SW[ ]
      E --- SX[ ]
      E --- SY[ ]
      E --- SZ[ ]
      E --- TA[ ]
      E --- TB[ ]
      E --- TC[ ]
      E --- TD[ ]
      E --- TE[ ]
      E --- TF[ ]
      E --- TG[ ]
      E --- TH[ ]
      E --- TI[ ]
      E --- TJ[ ]
      E --- TK[ ]
      E --- TL[ ]
      E --- TM[ ]
      E --- TN[ ]
      E --- TO[ ]
      E --- TP[ ]
      E --- TQ[ ]
      E --- TR[ ]
      E --- TS[ ]
      E --- TT[ ]
      E --- TU[ ]
      E --- TV[ ]
      E --- TW[ ]
      E --- TX[ ]
      E --- TY[ ]
      E --- TZ[ ]
      E --- UA[ ]
      E --- UB[ ]
      E --- UC[ ]
      E --- UD[ ]
      E --- UE[ ]
      E --- UF[ ]
      E --- UG[ ]
      E --- UH[ ]
      E --- UI[ ]
      E --- UJ[ ]
      E --- UK[ ]
      E --- UL[ ]
      E --- UM[ ]
      E --- UN[ ]
      E --- UO[ ]
      E --- UP[ ]
      E --- UQ[ ]
      E --- UR[ ]
      E --- US[ ]
      E --- UT[ ]
      E --- UY[ ]
      E --- UZ[ ]
      E --- VA[ ]
      E --- VB[ ]
      E --- VC[ ]
      E --- VD[ ]
      E --- VE[ ]
      E --- VF[ ]
      E --- VG[ ]
      E --- VH[ ]
      E --- VI[ ]
      E --- VJ[ ]
      E --- VK[ ]
      E --- VL[ ]
      E --- VM[ ]
      E --- VN[ ]
      E --- VO[ ]
      E --- VP[ ]
      E --- VQ[ ]
      E --- VR[ ]
      E --- VS[ ]
      E --- VT[ ]
      E --- VU[ ]
      E --- VV[ ]
      E --- VW[ ]
      E --- VX[ ]
      E --- VY[ ]
      E --- VZ[ ]
      E --- WA[ ]
      E --- WB[ ]
      E --- WC[ ]
      E --- WD[ ]
      E --- WE[ ]
      E --- WF[ ]
      E --- WG[ ]
      E --- WH[ ]
      E --- WI[ ]
      E --- WJ[ ]
      E --- WK[ ]
      E --- WL[ ]
      E --- WM[ ]
      E --- WN[ ]
      E --- WO[ ]
      E --- WP[ ]
      E --- WQ[ ]
      E --- WR[ ]
      E --- WS[ ]
      E --- WT[ ]
      E --- WU[ ]
      E --- WV[ ]
      E --- WW[ ]
      E --- WX[ ]
      E --- WY[ ]
      E --- WZ[ ]
      E --- XA[ ]
      E --- XB[ ]
      E --- XC[ ]
      E --- XD[ ]
      E --- XE[ ]
      E --- XF[ ]
      E --- XG[ ]
      E --- XH[ ]
      E --- XI[ ]
      E --- XJ[ ]
      E --- XK[ ]
      E --- XL[ ]
      E --- XM[ ]
      E --- XN[ ]
      E --- XO[ ]
      E --- XP[ ]
      E --- XQ[ ]
      E --- XR[ ]
      E --- XS[ ]
      E --- XT[ ]
      E --- XU[ ]
      E --- XV[ ]
      E --- XW[ ]
      E --- XX[ ]
      E --- XY[ ]
      E --- XZ[ ]
      E --- YA[ ]
      E --- YB[ ]
      E --- YC[ ]
      E --- YD[ ]
      E --- YE[ ]
      E --- YF[ ]
      E --- YG[ ]
      E --- YH[ ]
      E --- YI[ ]
      E --- YJ[ ]
      E --- YK[ ]
      E --- YL[ ]
      E --- YM[ ]
      E --- YN[ ]
      E --- YO[ ]
      E --- YP[ ]
      E --- YQ[ ]
      E --- YR[ ]
      E --- YS[ ]
      E --- YT[ ]
      E --- YU[ ]
      E --- YV[ ]
      E --- YW[ ]
      E --- YX[ ]
      E --- YY[ ]
      E --- YZ[ ]
      E --- ZA[ ]
      E --- ZB[ ]
      E --- ZC[ ]
      E --- ZD[ ]
      E --- ZE[ ]
      E --- ZF[ ]
      E --- ZG[ ]
      E --- ZH[ ]
      E --- ZI[ ]
      E --- ZJ[ ]
      E --- ZK[ ]
      E --- ZL[ ]
      E --- ZM[ ]
      E --- ZN[ ]
      E --- ZO[ ]
      E --- ZP[ ]
      E --- ZQ[ ]
      E --- ZR[ ]
      E --- ZS[ ]
      E --- ZT[ ]
      E --- ZU[ ]
      E --- ZV[ ]
      E --- ZW[ ]
      E --- ZX[ ]
      E --- ZY[ ]
      E --- ZZ[ ]
  
```

(以下省略)

図1 初期設計書の形式と記述例

2. 4 データ収集実験の手順

データ収集は次に示す4つのステップに従って行った。

[ステップ1：問題の説明]

教官が学生に対して、「酒卸売販売会社の在庫管理問題」のプログラム仕様の説明を行う。その内容は、仕様そのものについての簡単な紹介である。

[ステップ2：初期設計]

各学生は約70分の制限時間内にプログラム仕様を理解し、初期段階の設計を行い、その結果を初期設計書（以下、単に設計書と略す）として提出する。なお、ステップ1とステップ2は同一授業時間内に実施する。設計書はB4サイズの用紙2ページ以内のドキュメントとした。

[ステップ3：プログラム作成]

ステップ2の終了後の2週間の間に、ステップ2で作成した設計書に基づき、各学生はプログラムの設計、コーディング、及び、デバッグを行う。なお、学生の負担軽減のため、プログラムが完成したかどうかの確認のためのテストデータ1組、及び、入出力ルーチンは教官側で用意した。

[ステップ4：最終プログラムの提出]

実験開始から2週間経った時点で、各学生がプログラムリストと作業時間などの報告書（A4サイズの用紙1ページ）を提出する。

2. 5 データの分析手順

収集したデータに対する統計的分析は、次に示す手順に従って行った。

A. 統計的分析の前処理

[ステップ1：設計書とプログラムの人手による評価]

3人の採点者が、独立に、設計書とプログラムを5段階評価（最低点を1点、最高点を5点）とする。次に、この5段階評価に基づき、各学生に対する（満点を100点とする）総合評価点を求める（詳細は3.1、3.2で述べる）。

[ステップ2：設計点とコード点の算出]

総合評価点に対する3人の採点者の間での偏りを標準化する目的で、設計点とコード点を求める（詳細は3.3で述べる）。

[ステップ3：設計点に基づくグループ分け]

被験者である学生を、プログラムが正しく動作するか否かで2つのグループに分ける。次に、正しく動作すプログラムを作成した学生をステップ2で求めた設計点に基づき、3つのグループに分ける（詳細は4.1で述べる）。

B. 統計的分析

[ステップ4：平均値による分析]

各グループに対し、設計点、コード点、及び各種の収集データの平均値を求める。次に、その平均値を用いて各グループ間の比較検討を行う（詳細は4.2で述べる）。

[ステップ5：分散分析]

分散分析法を用いて、ステップ4で求めた比較検討の結果に対する検定を行う（詳細は4.3で述べる）。

3. 初期設計書とプログラムの評価

3. 1 設計書の評価基準

設計書の評価は困難な作業であり、筆者らの知る限り、形式的に定義された評価基準の提案はない。従って、現状では評価を人手に頼るほかになく、採点者の主観に大きく依存する。本実験においては、偏りを軽減するため3人の採点者（教官2名、大学院生1名）が独立に評価を行った。

評価は次の通りに行うこととした。先ず次の(1)~(5)に示す各項目について、5段階の評価をする（最低点を1、最高点を5とする得点を割り当てる）。

各項目の評価において、特に留意すべき主な点は次の通りである。

- (1) きれいさ……設計書の主観的な見目のきれいさを指す。具体的には、丁寧な字、定規で引いた線が利用されているか、全体の配置が良いかなどに留意する。
- (2) 表現力……設計書の構成の良さ、あるいは、要点が要領よく書かれているかを指す。具体的には、問題を的確に把握した上で文章が簡潔に書かれているか、図や表が適切に利用されているかなどに留意する。
- (3) 理解し易さ……記述してある内容がどの程度分かり易いかを評価する。
- (4) 完成度……プログラム全体に対する設計が行われているか、詳細部分まで設計が進んでいるかなどに留意する。
- (5) 内容点……アルゴリズムの良さ、モジュール分割の良さ、問題（プログラム仕様）の要求を満たしているかなどに留意する。

表1 設計書の評価項目とBoehmの尺度との対応

	理解性			信頼性		
	自己記述性	簡潔性	明瞭性	無矛盾性	正確性	保安全性
きれいさ			○			
表現力		○	○			
理解し易さ	○		○			
完成度						○
内容点				○	○	○

なお、前記の5項目とBoehmのソフトウェア品質特性階層図⁹⁾での尺度との対応を表1に示す。

次に、5段階評価に基づき、各学生に対して100点を満点とする総合評価点をもとめる。今、ある学生のある採点者の5段階評価が p_i (但し、 p_i は項目*i*の評価で、 $1 \leq p_i \leq 5$ とする)であった場合、総合評価点Sdは、

$$Sd = \sum_{i=1}^5 w_i p_i$$

となる。ここで、 w_i ($\neq 0$)は項目*i*に対する重みで、採点者が自由に選ぶものとする。

3.2 プログラムの評価基準

Pascalで書かれたプログラムの評価については、例えば、文献(9)、(10)のPascalプログラムの採点の自動化や文献(1)のPascalプログラム計量システムがある。この内、採点の自動化ではプログラムのスタイル(1行当たりの文の長さ、名前の種類、名前の長さ等)を評価し、採点する。一方、プログラム計量システムでは制御フロー解析に基づいてプログラムの性能(空間計算量、時間計算量)を定量的に評価する。従って、いずれもプログラムの内容に立ち入った評価は十分には行っていない。

現状では、プログラムの内容に関する評価は人手に頼る以外に方法はない。そのため、3.1と同様、3人の採点者(教官1名、学部4年生2名)による、独立な、人手による評価方法を採用した。

評価は次の通りに進めた。まず、次の(1)~(6)に示す各項目について、最低点を1点、最高点を5点とする5段階の評価をした(文献(9)、(10)のプログラムのスタイルは項目(1)に対応している)。なお、プログラム中にバグが存在することが採点者側に分かると、それが原因で各項目の評価点が著しく低くなる恐れがある。そのため、テストデータによる最終プログラムの動作確認をする前の段階で、各項目の評価を行った。

各項目の評価において、特に留意すべき主な点は次の通りである。

- (1) 見易さ……プログラムを単に文字列の集まりとして見たときの見易さを指す。具体的には、適切な段付けがなされているか、適度の量の注釈が付けられているか、行の長さが適切であるかなどに留意する。
- (2) 理解し易さ……プログラムの記述内容が容易に理解できるかを指す。具体的には、論理構造を反映した段付けがなされているか、理解を助ける内容の注釈があるか、分かり易い命令を用いているかなどに留意する。
- (3) モジュールの分け方……プログラムのモジュール構成のことで、具体的には、機能単位の選び方、モジュール

の数やその分割の大きさに留意し、モジュール間の参照関係が複雑でないかにも留意する。

- (4) 名前の付け方……プログラム中に現れている変数や手続等に用いる名前の付け方を指す。具体的には、内容に即した名前となっているか、略称の場合にはその略し方に規則性があるかに留意する。
- (5) アルゴリズムやデータ構造の良さ……プログラム開発技術に関する評価で、具体的には、用いるアルゴリズムやデータ構造が効率やメモリー容量などを考慮して選択されているか否かに留意する。
- (6) プログラムの構造……プログラムが構造的になっているか、不必要なgoto文の使用があるかなどに留意する。

なお、上記の6項目とBoehmのソフトウェア品質特性階層図での尺度との対応を表2に示す。

表2 プログラムの評価項目とBoehmの尺度との対応

	理解性			
	テスト容易性		簡潔性	明瞭性
	自己記述性	構造的性		
見易さ				○
理解し易さ	○			○
モジュールの分け方		○		
名前の付け方			○	
アルゴリズムやデータ構造の良さ				○
プログラムの構造		○		

次に、3.1の設計書の評価と同様にして、各項目の5段階評価に基づき、各学生に対して100点を満点とする総合評価点Spを求める。

3.3 設計点とコード点の算出

設計書とプログラムに対する最も単純な評価点としては、3人の採点者の総合評価点SdあるいはSpの平均を採用することが考えられる。しかし、その場合には採点者の影響に偏りがある。すなわち、比較的高い得点、あるいは、低い得点を付けた採点者の採点内容が支配的になることが予想される。そこで、各採点者の評価点の標準化を試みる。各採点者の評価点Sd、及び、Spを、標準偏差が10、平均が50の偏差値に変換する。今、学生*i*に対する採点者*j*の総合評価点を $E_{i,j}$ (すなわち、 $E_{i,j}$ =SdまたはSpとする)とすると、偏値 $Z_{i,j}$ への変換は次式で行う。ここで、 \bar{E}_j と σ_j は、それぞれ、採点者*j*の総合評価点の平均値と標準偏差である。

$$Z_{i,j} = \frac{E_{i,j} - \bar{E}_j}{\sigma_j} \times 10 + 50$$

各学生の設計書に対し、採点者3人の総合評価点を偏差値に変換した値 $Zd_{i,1}$ 、 $Zd_{i,2}$ 、 $Zd_{i,3}$ の平均値を設計点

と呼ぶ。同様に、プログラムに対する総合評価点から求まる値 $Z_{p1.1}$ 、 $Z_{p1.2}$ 、 $Z_{p1.3}$ の平均値をコード点と呼ぶ。

3. 4 集計した実験データ

本実験において、収集したデータ(2.3参照)に基づき、3.1~3.3で述べた手順に従って算出したデータを表3に示す。被験者で学生の総数は45人であったが、収集データ(d1)~(d4)が全て揃った者は、表3に示す36人となった。従って、以降の分析はこの36人に限定して進める。

表3には左から順に、各学生の番号と算出した設計点、及び、コード点を示す。同表には、更に、計測した作業工数、最終プログラムにおけるプログラムの行数とプログラムを構成するモジュールの総数を併せて示している。なお、表3の右端に付記している記号A~Dについては4.1で説明する。また、作業工数とは学生からの報告に基づき算出した机上作業時間と端末利用時間との合計を指す。プログラムの行数には注釈や空行を含めるものとする。

例えば、表3の1行目の1番の学生について説明する。設計書と最終プログラムの評価点は、それぞれ100点満

点で45.8点、47.9点である。次に、初期設計書を提出してからプログラムを完成するまでに要した作業工数が17時間である。提出された最終プログラムの大きさは210行であり、8個モジュールから構成されている。

4. 統計的分析

4. 1 グループ分け

プログラム設計の初期段階で作成するドキュメントの評価結果(具体的には、3.3の設計点)と、最終プログラムの評価結果(コード点)との間の因果関係を分析する。但し、ここでの興味の対象は学生個人ではなく、ある程度の人数の学生の集団としての傾向を見ることにある。

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

グループA:設計点の良い者。

グループB:設計点の普通の者。

グループC:設計点の悪い者。

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

ここで、グループDに属する学生のプログラムは、次の(1)、(2)のいずれかである。

(1) 上述の3組のテストデータ、及び、プログラム作成時に学生に渡したテストデータ(2.4のステップ3参照)を用いて動作確認をした結果、いずれかの場合に正しい出力が得られない。

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

分析の対象者36人の内で、グループDに属する者が6人となった。そこで、グループA、B、Cについては、設計点の上位10、次の10人、残りの10人を割り当てた(表3参照)。

次節では、このグループ分けに基づき、設計点とコード点の関係、設計点と計測した各データの関係进行分析する。

4. 2 平均値による分析

グループ別の平均値による分析を行うため、表3に基づいて求めた各データの平均値を表4に示す。先ず、設計点について見ると、グループA、B、C、Dの設計点の平均は、それぞれ、59.5点、51.0点、39.4点、50.3点となっている。従って、バグを残したプログラムを作成

表3 各学生の設計点とコード点

学生番号	設計点	コード点	作業工数(時間)	プログラム行数	モジュール数	グループ分け
1	45.8	47.9	17	210	8	D
2	52.1	43.8	31	340	14	B
3	40.4	39.0	38	370	19	C
4	57.5	61.0	20	331	18	A
5	56.0	54.3	27	375	16	A
6	44.7	43.7	39	285	10	C
7	46.5	50.0	25	342	15	B
8	57.0	34.0	27	309	11	D
9	47.9	41.9	23	341	10	B
10	40.4	45.8	28	301	9	C
11	55.6	65.1	34	467	18	A
12	40.6	35.1	21	414	13	C
13	38.5	51.5	19	323	7	C
14	52.2	43.7	25	389	13	D
15	56.0	44.8	15	388	8	A
17	35.4	56.5	27	429	15	C
18	44.9	58.6	21	357	14	B
19	51.4	58.3	20	335	11	B
20	54.6	62.7	62	487	10	B
21	36.8	46.8	46	288	9	C
22	58.5	51.1	29	327	10	A
23	70.0	62.1	36	458	16	A
25	53.4	54.1	38	425	10	B
26	54.8	54.5	20	326	9	A
28	57.5	46.7	29	297	12	A
29	56.7	60.3	21	281	15	A
31	54.5	47.8	29	528	18	B
32	35.4	43.1	38	432	10	C
33	52.8	58.5	45	417	17	B
34	48.6	36.5	33	297	6	D
35	42.7	44.4	31	379	11	C
36	39.1	56.0	43	466	25	C
37	43.3	47.9	25	304	8	D
38	52.0	46.1	33	378	13	B
40	62.0	51.8	22	393	14	A
41	54.7	54.8	19	363	9	D
平均	50.0	50.0	29.3	365	12.5	

したグループDの設計点の平均値は、グループBに近いことがわかる。

表4 グループ別の平均

	設計点	コード点	作業工数	プログラム行数	モジュール数
グループA	59.5	55.2	25.3	364	13.6
グループB	51.0	52.2	32.7	395	13.2
グループC	39.4	46.2	33.0	369	12.8
グループD	50.3	44.1	24.3	312	9.2

次に、残りの4つの評価項目の各グループの平均値について考察する。

(1) グループA, B, Cの間の比較評価

次のP1, P2に述べるグループ間の相違が認められる。

P1: コード点の平均値はグループA, グループB, グループCの順に高い点をとっている。すなわち、コード点の平均値によるグループ間の順番が設計点の平均値によるものと等しい。

P2: 作業工数の平均値はグループC, グループB, グループAの順に高い値をとっている。すなわち、作業工数の平均値による順番は設計点の平均値による順番の逆順になっている。

P1とP2により、設計点が良いグループほどコード点が高く、少ない作業工数でプログラムを作成していることが分かる。なお、プログラム行数とモジュール数に関しては、グループ間に余り差が認められない。

(2) グループDとの比較評価

次のP3, P4, P5に述べる比較結果が分かった。

P3: プログラム行数の平均値については、グループDが他の3つのグループA, B, Cに比較してかな少ない。

P4: モジュール数の平均値については、グループDが他の3つのグループA, B, Cに比較してかなり少ない。

P5: コード点と作業工数の平均値については、グループDが4つのグループの中で最も小さい値をとっている。

P3とP4より、バグが残ったグループDは、設計点に関しては良くもなく悪くもないが、プログラムの行数やモジュール数が際立って少ないことが分かる。

4.3 分散分析

前節での平均値によるグループ間の傾向については、実験データ数が少な過ぎるという懸念がある。そこで統計的手法を用いて、実験データ数に応じた信頼度で結果を導き出すことを試みる。

ここでは、統計的手法として、分散分析法における一

元配置で繰り返しありのモデル⁹⁾を用いる。分散分析法について簡単に説明する。主張したい命題と反対のことを帰無仮説Hとして定める。この帰無仮説Hが成り立つ確立が α より小さい場合には、有意水準 α で仮説Hを棄却する。通常は、有意水準 α を5%あるいは1%で判断する。

まず、4.2のP1とP2に対し、3つのグループA, B, Cに関する相違の検定を行うため、次の帰無仮説H1, H2を求めた。

[H1] 設計点の良否にかかわらず、コード点の値はグループ間に差がない。

[H2] 設計点の良否にかかわらず、作業工数の値はグループ間に差がない。

次に、P3とP4に対しては、3つのグループA, B, Cを1つにまとめ、「バク無し」のグループとし、残りのグループDを「バク有り」のグループと定める。それによって、次の帰無仮説H3, H4を求めた。

[H3] プログラムにおけるバグの有無にかかわらず、プログラム行数の値はグループ間に差がない。

[H4] プログラムにおけるバグの有無にかかわらず、モジュール数の値はグループ間に差がない。

これらの4つの帰無仮説(H1~H4)について、分散分析を行った結果を表5に示す。以下、表5の(1)~(4)について検討する。

(1) コード点(帰無仮説H1)

表5の(1)のコード点についてみると、F。(分散比)の値は4.31である。このF。の値について、帰無仮説H1が成り立つ確立(有意性確立)は0.0237(2.37%)である。従って、有意水準5%で仮説H1を棄却できることになる。すなわち、グループ間に差があると判断できる。

(2) 作業工数(帰無仮説H2)

表5の(2)についても、同様に分析すると、帰無仮説H2におけるF。の値は1.92となり、有意性確率は0.1664(16.64%)となる。従って、有意水準5%で仮説H2を棄却できない。つまり、グループ間に差があると判断できない。

(3) 帰無仮説はH3, H4

表5の(3), (4)より、帰無仮説H3, H4について、F。の値はそれぞれ4.90と5.47となっており、有意性確率は0.0337(3.37%)と0.0254(2.54%)である。従って、仮説H3, H4は、共に、有意水準5%で棄却できる。すなわち、プログラム行数、及び、モジュール数ともに、バグの有るグループ(D)とバグの無いグループ(A, B, C)との間に差があると判断できる。

なお、取り上げなかったP5については、次のことが

表5 分散分析の結果

(1) コード点

要因	自由度	平方和	平均平方	F ₀ (有意性確率)
グループ間	2	418.2	209.1	4.31* (0.0237)
誤差	27	1310.0	48.5	
計	29	1728.2		

(2) 作業工数

要因	自由度	平方和	平均平方	F ₀ (有意性確率)
グループ間	2	380.5	190.2	1.92 (0.1664)
誤差	27	2678.2	99.2	
計	29	3058.7		

(3) プログラム行数

要因	自由度	平方和	平均平方	F ₀ (有意性確率)
グループ間	1	20480	20480	4.90* (0.0337)
誤差	34	142086	4179	
計	35	162566		

(4) モジュール数

要因	自由度	平方和	平均平方	F ₀ (有意性確率)
グループ間	1	81.34	81.34	5.47* (0.0254)
誤差	34	505.63	14.87	
計	35	586.97		

(注) グループ間のF₀の値に付けている*印は、対応する帰無仮説が有意水準5%で有意であることを表す。

得られている。まず、コード点については、H3, H4と同様にして帰無仮説H5を定義すると、仮説H5が有意水準5%で棄却できる。一方、作業工数については、対応する仮説H6が有意水準5%で棄却できない。

5. むすび

本稿では、初期設計書の品質と最終的なプログラムの品質の間の因果関係を明らかにする試みについて述べた。まず、初期設計書とプログラムにおける評価の基準を与えた。次に、収集した実験データ上での統計的分析の方法を与えた。更に、これらの方法を実際に情報工学科のプログラム開発の過程に関する学生実験に適用し、その結果を報告した。

統計的分析の結果として、5%の有意水準で次の2つの結論が得られた。

- (1) 良い設計点をとったグループはコード点よい。
- (2) バグを残したグループは、設計点が良くもなく悪くもない。しかし、プログラムの行数とモジュール数が際立って少ない。

なお、これらの結論は、比較的小規模なソフトウェア開発(今回のような大学における学生実験、企業における社内研修での演習など)に限って確認できたにすぎない。従って、大規模なソフトウェア開発環境を対象とする場合には、ここで述べた方法論の拡張や変更などが更に必要になると考えられる。

今後の課題としては、今回提案した評価方法がどの程度の客観性をもつかを検証することがある。そのためには、更に多くの実験が必要である。次に、初期設計書とプログラムの評価は、人手によるとかなりの時間と労力を要するので、それを支援するシステムの開発を行うことも重要な課題の1つであると考えている。

謝 辞

本研究は、大阪大学基礎工学部情報工学科にて行われた。また、本研究において、有益な助言を賜った大阪大学教養部の藤井護教授及び岡山大学工学部の杉山裕二教授、並びに、統計処理に関して助言を賜った摂南大学経営情報学部の大澤豊教授に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- (1) 有澤誠, 張清利: “制御フロー解析によるPASCALプログラム計量システム”, 情処学論, 28,4, pp. 376-383 (昭62-4)。
- (2) B.W. Boehm, J.R. Brown and M. Lipow: “Quantitative evaluation of software quality”, Proc. 2nd ICSE, pp. 592-605 (1976)。
- (3) 畑村又好, 奥野忠一, 津村善郎訳: “スネデガー, コクラン統計的方法(原書第6版)”, 岩波書店, pp. 246-284 (昭47)。
- (4) B.W. Kernighan and P.J. Plauger: “The Elements of Programming Style (2nd edition)”. 訳書(木村泉訳: “プログラム書法(第2版)”, 共立出版(昭57))。
- (5) 工藤英男, 杉山裕二, 藤井護, 鳥居宏次: “実験に基づくプログラム設計過程の定量化の試み”, 情処学ソフトウェア工学研報, SW-58-11 (1988)。
- (6) H. Kudo, Y. Sugiyama, M. Fujii and K. Torii: “Quantifying a design process based on experiments”, The Journal of Systems and Software, No. 9, pp. 129-136 (1989)。
- (7) 宮本 勲: “ソフトウェア・エンジニアリング: 現状と展望”, TBS出版会 (昭57)。
- (8) 中山和彦監修, 雄山真弓, 坂口英, 東原義訓: “SASによるデータ解析(基礎編下)” 丸善, pp. 66-67 (昭59)。
- (9) 中山泰雄, 大塚伸広, 矢嶋虎夫, 磯泰行: “PASCALプログラム採点の自動化”, 情処学第28回全大, 6Q-8 (1984)。
- (10) M.J. Ress: “Automatic assessment aids for

Pascal programs”, ACM SIGPLAN Notice,17, 10,pp.33-42(1982)。

- (11) 山崎利治：“共通問題によるプログラム設計技法解説”，情報処理, 25,9,p.934 (昭59-09)。
- (12) 山崎利治：“共通問題によるプログラム設計技法解説(その2)”，情報処理, 25,11,p.1219 (昭59-11)。

Generalized LR構文解析法による 曖昧な文脈自由言語の解析

山井 成良・世古 忠・河田 亨*

Parsing of Ambiguous Context-Free Languages
Using Generalized LR Parsing Algorithm

Nariyoshi YAMAI, Tadashi SEKO and Toru KAWATA

自然言語を文脈自由文法を用いて解析する場合、1つの文に対して複数の導出を生じることが多い。その場合、各導出に対して評価値を与え、それが大きい(小さい)導出から順に求める方法が考えられる。著者らはこれまでにこの方法を効率よく行うアルゴリズムとして、下降型構文解析法の1つである Earley 法、並びに上昇型構文解析法の1つである CKY 法を応用した解析手法を提案した。本稿では、同様の手法を上昇型構文解析法の1つで最近注目されている Generalized LR 構文解析法に応用した、曖昧な文の汎用的な解析方法について述べる。本手法によれば導出グラフと呼ばれる階層的グラフを用いて k 個の導出を時間複雑度 $O(n^3 + kn^2)$ で得ることが可能となる。

1 はじめに

近年のコンピュータの発達により、例えばかな漢字変換、文字・音声認識、あるいは機械翻訳などのような、コンピュータによる自然言語処理の分野が急速に広がつつある。これらの処理の1手法として、自然言語を句構造文法を用いて表し解析する方法が頻繁に用いられている⁽¹⁾⁻⁽³⁾。しかし、

- (1) 自然言語を句構造文法により正確に表現することが非常に困難である。
- (2) 一般的な句構造文法を解析できる効率のよい構文解析器が現在までに発見されていない。

などの理由により、これらを文脈自由言語であると見なし解析することが多い。

この場合、本来受理されるべきではない文が受理されたり、文法が曖昧、すなわち、1つの文に対して複数の導出が生じたりするため、解析中あるいは解析後の処理により適切な導出のみを選択する必要がある。ところが、1つの文に対して一般には非常に多くの導出が存在するため、すべての導出を手当たり次第に調べる方法は非効

率的である。

そこで、特に複数の導出から適切であるものを幾つか選択する場合には、各導出に対してそれが選択されるかどうかと強い相関関係を持つ評価値を与え、評価値が大きい(あるいは小さい)導出を優先的に調べる方法がよく用いられる。例えば、べた書き日本語文を文節単位に区切る場合では、文節数が少なくなる区切り方のほうが多くなる区切り方よりも適切である可能性が高いことが経験上知られているため、文節数を評価値としてそれが小さい導出から調べる方法が有効である⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾。

著者らはこの方法を効率よく行うアルゴリズムとして、下降型構文解析法の1つである Earley 法、並びに上昇型構文解析法の1つである CKY 法を応用した解析手法を提案した⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾。これらの手法では、曖昧な言語の解析に適したデータ構造として導出グラフを提案し、導出の列挙の効率化を図っている。

本稿では、同様の手法を上昇型構文解析法の1つで最近注目されている Generalized LR 構文解析法に応用した、曖昧な文の汎用的な解析手法について述べる。

すなわち、他の2つの方法の場合と同様に導出グラフを導入し、Generalized LR 構文解析法を基礎とした導出グラフの構成法を示す。また、この構成法の時間・空間複雑度について論じる。次に、導出グラフを用いて曖

味な文の導出をその評価値の大きい(あるいは小さい)順に求める手順について簡単に紹介し、その時間・空間複雑度を示す。

2 文脈自由言語の構文解析法

本稿で必要となる文法と言語に関するいくつかの定義を行う。また、文脈自由言語の上昇型構文解析法の一つで最近注目されている Generalized LR 構文解析法について概説する。

2.1 用語の定義

まず、本稿で必要となる言語と文法に関するいくつかの定義を示す。

〔定義1〕 文脈自由文法は4つ組 $P=(V_N, V_T, P, S)$ で表される。ここで、(i) V_N は非終端記号の有限集合、(ii) V_T は終端記号の有限集合、(iii) $S \in V_N$ は開始記号、(iv) P は番号付き生成規則の有限集合

$$P = \{A_p \rightarrow X_{p1} X_{p2} \cdots X_{p\bar{p}} \mid A_p \in V_N, X_{pi} \in V, 1 \leq i \leq \bar{p}\}$$

である。但し、 $V = V_N \cup V_T$ であり、 \bar{p} は p 番目の生成規則の右辺の長さを表す。

〔定義2〕 文脈自由文法 $G=(V_N, V_T, P, S)$ において $A \rightarrow \gamma$ ($p \in P$)、かつ $\alpha, \beta \in V^*$ (V^* は V の閉包) であるならば、記号列 $\alpha \gamma \beta$ は $\alpha A \beta$ から直接導出されるといい、 $\alpha A \beta \Rightarrow \alpha \gamma \beta$ と書き表す。

記号列 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m \in V^*$ ($m \geq 1$) において

$$\alpha_1 \Rightarrow \alpha_2, \alpha_2 \Rightarrow \alpha_3, \dots, \alpha_{m-1} \Rightarrow \alpha_m$$

であるとき、 $\alpha_1 \Rightarrow \alpha_m$ と書き、 α_m は α_1 から導出されるという。このとき、 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ の系列を導出という。なお、 $\alpha_1 \Rightarrow \alpha_1$ は常に成り立つ。特に $m \geq 2$ であることを強調する場合には $\alpha_1 \Rightarrow \alpha_m$ と書き表す。

また、導出の各段階 $\alpha_{i-1} A \beta_{i-1} \Rightarrow \alpha_i \gamma_i \beta_i$ において、 $\alpha_{i-1} \in V_T^*$ ($\beta_{i-1} \in V_T^*$) であるとき、この導出を最左導出(最右導出)といい、 $\alpha_1 \xRightarrow{*} \alpha_m$ ($\alpha_1 \xRightarrow{r} \alpha_m$) と表す。

〔定義3〕 文脈自由文法 $G=(V_N, V_T, P, S)$ に対して集合 $L(G) = \{w \mid S \xRightarrow{*} w, w \in V_T^*\}$ を文法 G によって生成される言語という。集合 $L(G)$ の要素を文という。また、 $S \xRightarrow{*} \alpha$ ($\alpha \in V^*$) であるとき、 α を文形式という。

〔定義4〕 文脈自由文法 G から生成される文の中で2つ以上の最左(最右)導出をもつものが存在する時、文法 G は曖昧であるという。

〔定義5〕 文脈自由文法 $G=(V_N, V_T, P, S)$ において文形式 α の left parse とは最左導出 $S \xRightarrow{*} \alpha$ に用い

られた生成規則の番号の系列である。また、 α の right parse とは最右導出 $S \xRightarrow{r} \alpha$ に用いられた生成規則の番号の系列の逆順である。

〔定義6〕 文脈自由文法 $G=(V_N, V_T, P, S)$ において、全ての $A \in V_N$ に対して $A \xRightarrow{*} A$ となるような導出が存在しない場合、文法 G は cycle free であるという。

次に、本稿と関係のある定理をいくつか示す。

〔定理1〕 文脈自由文法 $G=(V_N, V_T, P, S)$ において最左導出 $S \xRightarrow{*} \alpha$ と α の left parse とは1対1に対応する。また、最右導出 $S \xRightarrow{r} \alpha$ と α の right parse とは1対1に対応する。

〔定理2〕 文脈自由文法 $G=(V_N, V_T, P, S)$ が cycle free であるとする。文 $a_1 a_2 \cdots a_n$ に対する導出 $S \xRightarrow{*} a_1 a_2 \cdots a_n$ の長さは $O(n)$ である。

2.2 Generalized LR 構文解析法

現在までに知られている文脈自由言語の構文解析法には Cocke-Younger-Younger による方法 (CKY 法)⁰³⁰⁴, Earley 法⁰³, Valiant 法⁰⁴, Graham-Harrison-Ruzzo による方法 (GHR 法)⁰⁵⁰⁶, Generalized LR 構文解析法⁰⁶⁰⁷ などがある。

CKY 法は上昇型構文解析法の一つで、長さ n の文に対して $O(n^3)$ の時間複雑度を必要とする。また、CKY 法では文法は Chomsky 標準形で表されている必要がある。一方、Earley 法は下降型構文解析法の一つで、CKY 法と同じく $O(n^3)$ の時間複雑度を要するが、文法の形に制約がない。Valiant 法、GHR 法はそれぞれ CKY と Earley 法を行列のかけ算を用いて表現したもので、それぞれ $O(n^{2.01})$, $O(n^3 / \log n)$ の時間複雑度を要する。しかし、これらの方法は理論的には CKY 法や Earley 法より優れているが、行列計算のオーバーヘッドが非常に大きいため実用的ではない。

最近、速度の面から Generalized LR 構文解析法⁰⁶⁰⁷ が注目されている。この方法は、文脈自由文法のある部分集合を効率的に解析できる LR 構文解析法を、一般的な文脈自由文法に適用できるように改良したもので、CKY 法とは異なり文法が Chomsky 標準形で表されている必要がない。Generalized LR 構文解析法の時間複雑度は長さ n の文に対して $O(n^3)$ で、他の文脈自由構文解析法と同等である⁰⁸が、実用上他の方法よりかなり速く解析できることが実験的に確かめられている。

本稿では Generalized LR 構文解析法を利用して曖昧な文脈自由言語の解析を行う。

Generalized LR 構文解析法では与えられた文法に対して予め構文解析表を作成し、構文解析時には構文解析

表に従ってグラフ状スタックと呼ばれるデータ構造を用いて解析を行う。例として、図1に示す文法に対する構文解析表を図2に示す。この表の左側（動作表）で“sh n ”は「 n 単語を読み込み、状態 n (以下 S_n)に移る」ことを意味し、“re n ”は「生成規則 n を用いて reduce と呼ばれる動作を行う」ことを示す。更に“acc”は「文を受理する」ことを意味する。空欄はエラーを意味する。表の右側（行き先表）は reduce 動作を行った後にどの状態に移るかを示す。

グラフ状スタックのそれぞれの節点は3つ組 $g = [i, s, a]$ で表される。ここで i はこの節点が作られた時点までに読み込まれた終端記号の数を表し、 s はこの節点に対応する状態（構文解析表の列に対応する）を表す。また、 a は2つ組 $[k, l_k]$ の集合で、ここで l_k は g から k 個だけ遡った位置にある節点の集合を表す。

Generalized LR 構文解析法の時間・空間複雑度について次の定理が知られている¹⁰⁾。

〔定理3〕 Generalized LR 構文解析法は長さ n の文の解析に $O(n^3)$ の時間複雑度並びに $O(n^2)$ の空間複雑度を要する。 □

3 導出グラフとその構成法

3.1 導出グラフ

導出グラフはいくつかの連結成分から構成されている有向グラフである。それぞれの連結成分を層と呼ぶ。各層は sink を1つだけ持つ acyclic graph で、対応する整数 i を伴って層 i と呼ばれる。

以後、層 i を $L(i)$ 、節点 v や枝 e の属する層をそれぞれ $L(v)$ 、 $L(e)$ と書き表す。また、層 $L(X)$ における唯一の sink を $v_i(X)$ と書き表す。但し、 X は、整数、節点あるいは枝のいずれかを表すものとする。

導出グラフの全ての枝にはラベルが付けられている。ラベルは2種類あり、それぞれ次のような意味を表している。

- (i) 生成規則の番号 P 。生成規則 $A \rightarrow \alpha(P)$ による直接導出を表す。
- (ii) 節点 v 。 v から $v_i(v)$ までの路を表す。

以降の議論では枝 $e = (u, v)$ について特にそのラベルを示す必要のある場合には $e(p)$ 、 $e[v]$ あるいは $(u, v; (p))$ 、 $(u, v; [v])$ のように書き表す。

3.2 導出グラフの構成法

導出グラフの組み立ては Generalized LR 構文解析法による構文解析と並行して行われる。

本アルゴリズムではもとのアルゴリズムと同様に3つ

- $S \rightarrow NP VP$ (1)
- $S \rightarrow S PP$ (2)
- $NP \rightarrow *n$ (3)
- $NP \rightarrow *d$ (4)
- $NP \rightarrow NP PP$ (5)
- $PP \rightarrow *p NP$ (6)
- $VP \rightarrow *v NP$ (7)

図1 曖昧な文脈自由文法

state	*d	*n	*v	*p	\$	NP	PP	VP	S
0	sh3	sh4				2			1
1				sh6	acc		5		
2			sh7	sh6			9	8	
3		sh10							
4			re3	re3	re3				
5				re2	re2				
6	sh3	sh4				11			
7	sh3	sh4				12			
8			re1	re1					
9			re5	re5	re5				
10			re4	re4	re4				
11			re6	re6, sh6re6	6		9		
12			re7, sh6re7		7		9		

図2 図1の文法に対する構文解析表

組 $g = [i, s, a]$ を用いる。このうち、 a は2つ組 $[k, l_k]$ の集合である。もとのアルゴリズムでは l_k は g から k 個だけ遡った位置にある節点の集合を表したが、本アルゴリズムでは「 g から k 個だけ遡った位置にあるグラフ状スタックの節点 h 」と「 h に対応する導出グラフの節点 v 」の2つ組 $[h, v]$ の集合を表す。但し、 h に節点を対応させる必要がない場合、 $[h, \phi]$ と書き表す。

導出グラフ構成アルゴリズムを次に示す。なお、このアルゴリズムの中で、状態 s において次の終端記号が x であるときの動作表の内容は ACTIONS(s, x)、状態 s において非終端記号 N が得られたときの行き先表の内容は GOTO(s, N) で参照するものとする。

〔導出グラフ構成アルゴリズム〕

文脈自由文法 $G = (V_N, V_T, P, S)$ と解析される長さ n の文 $x = a_1 a_2 \dots a_n$ が与えられた場合、次に示す手続き PARSER(x) により構文解析を行う。

手続き PARSER($x = a_1 a_2 \dots a_n$)

[step 1]

まず、文の終わりを示す特別な記号“\$”を付け加え、

$$a_{n+1} := \$$$

とする。また、

$$U_0 := \{[0, s_0, \phi]\}$$

$$U_i := \phi \quad (1 \leq i \leq n)$$

とする。ここで U_i は第1成分が i であるようなグラフ状スタックの節点の集合を格納するための変数で、 ϕ は空集合を表す。

[step 2]

変数 i を1から $n+1$ まで1つずつ増やしながら以下の構文解析処理を行う。

(a) まず、既に述べた節点の集合を格納するための変数 P を空にする。すなわち、

$$P := \phi$$

とする。

(b) $g \in U_{i-1}$ であるようなすべての節点

$$g = [i-1, s, a]$$

について、

$$P := P \cup \{g\}$$

とし、更に以下の操作を順に行う。

(b-1) ACTIONS(s, x_i) に “sh s' ” のようなエントリが存在すれば、後述する SHIFT(g, s') を行う。

(b-2) ACTIONS(s, x_i) に “re p ” のようなエントリが存在すれば、そのそれぞれについて後述する REDUCE(g, p) を行う。

(b-3) ACTIONS(s, x_i) に “acc” エントリが存在すれば、文を受理する。

(c) もし、解析の途中で $U_i = \phi$ になれば、文を受理せずに処理を中止する。

[手続き PARSER 終わり]

手続き SHIFT(g, s)

[step 1]

もし、 $g' \in U_i$ かつ第2成分が s に等しいような節点

$$g' = [i, s, a]$$

が存在すれば、 $[1, l] \in a$ を満たす l に対して

$$l := l \cup \{[g, \phi]\}$$

とする。更に新しい枝 (g, g') をグラフ状スタックに付け加える。

[step 2]

もしそのような節点が存在しなければ、グラフ状スタックに対して新しい節点

$$g_{new} = [i, s, \{[1, \{[g, \phi]\}]\}]$$

並びに新しい枝 (g, g_{new}) を付け加え、更に

$$U_i := U_i \cup \{g_{new}\}$$

とする。

[手続き SHIFT 終わり]

手続き REDUCE(g, p)

[step 1]

導出グラフに新しい節点 v_{new} 並びに新しい枝 ($v_{new}, v_i(i-1); (p)$) を付け加える。

[step 2]

後述する手続き ANCESTORS(g, \bar{p}, v_{new}) により、導出グラフを構成しながら「 g より \bar{p} 個だけ遡ったグラフ状スタックの節点」並びに「それに対応する導出グラフの節点」よりなる2つ組の集合 l を求める。

[step 3]

l に属する全ての要素 $[g'_i, v'_i]$ について、step 4 以降の処理を行う。但し、

$$g'_i = [j', s', a_1]$$

とする。

[step 4]

新しい状態 s'' を

$$s'' := \text{GOTO}(s', A_p)$$

とする。ここで、 $A_p \in V_N$ は p 番目の生成規則の左辺の非終端記号である。

[step 5]

もし、 U_{i-1} に属し、かつ第2成分が s'' に等しいような接点

$$g'' = [i-1, s'', a'']$$

が存在すれば、step 6 から step 8 までのいずれか1つを実行する。そうでなければ、グラス上スタックに対して新しい節点

$$g_{new} = [i-1, s'', \{[1, \{[g'_i, v'_i]\}]\}]$$

並びに新しい枝 (g'_i, g_{new}) を付け加え、更に

$$U_{i-1} := U_{i-1} \cup \{g_{new}\}$$

とし、step 4 から次の節点の処理を行う。

[step 6]

a'' の要素のうち、第1成分が1であるものを $[1, l'']$ とする。もし、第1成分が g'_i であるような2つ組 $[g'_i, v'_i]$ が l'' に属するならば、 v'_i から出る全ての枝 ($v'_i, u'_{1,k}$) を v''_i から出る枝 ($v''_i, u'_{1,k}$) に変える。

[step 7]

そうでなければ、もし、第3成分のみが g'_i と異なる節点

$$g'_2 = [j', s', a'_2]$$

がグラフ状スタックに存在し、かつ第1成分が g'_2 である2つ組 $[g'_2, v'_2]$ が l'' に属するならば、以下の処理を行う。

(a) まず、グラフ状スタックに対して仮の節点

$$g_c'' = [i-1, s'', a_c'']$$

並びに枝 (g'_i, g_c'') を作り、また

$$a_c'' := \{[1, \{[g'_i, v'_i]\}]\}$$

とする。

(b) 次に $ACTIONS(s^r, x_i)$ に “re p ” のようなエントリが存在すれば、そのそれぞれについて $REDUCE(g_c^r, p)$ を行う。

(c) 最後に、第1成分が2以上である全ての2つ組 $[k,$

$l_{k,1}] \in a^r, [k, l_{k,2}] \in a_c^r$ に対して

$$l_{k,1} := l_{k,1} \cup l_{k,2}$$

とする。

[step 8]

そうでなければ、まず

$$l^r := l^r \cup \{[g', v']\}$$

とし、グラフ状スタックに新しい枝 (g', g^r) を付け加える。その後、もし $v' \in P$ ならば以下の処理を行う。

(a) まず、グラフ上スタックに対して仮の節点

$$g_c^r = [i-1, s^r, a_c^r]$$

並びに枝 (g', g_c^r) を作り、また

$$a_c^r := \{[1, \{[g', v']\}]\}$$

とする。

(b) 次に、 $ACTIONS(s^r, x_i)$ に “re p ” のようなエントリが存在すればそのそれぞれについて $REDUCE(g_c^r, p)$ を行う。

(c) 最後に、第1成分が2以上である全ての2つ組 $[k,$

$l_{k,1}] \in a^r, [k, l_{k,2}] \in a_c^r$ に対して

$$l_{k,1} := l_{k,1} \cup l_{k,2}$$

とする。

[手続き REDUCE 終わり]

手続き ANCESTORS($g=[j, s, a], p, v$)

[step 1]

もし、 $\bar{p}=0$ ならば、2つ組の集合 $\{[g, v]\}$ を返してこの手続きを終了する。

[step 2]

そうでなければ、もし第1成分が \bar{p} であるような2つ組 $[\bar{p}, l_p]$ が a に属するならば、 l_p を返してこの手続きを終了する。

[step 3]

そうでなければ、 $l_p := \phi$ とし、第1成分が1である2つ組 $[1, l_1] \in a$ の第2成分 l_1 に属する全ての要素 $[g', v']$ について step 4 以下の処理を行う。

[step 4]

もし、 $v' = \phi$ ならば、ANCESTORS($g', k-1, v'$) を実行する。そうでなければ、導出グラフに新しい節点 v_{new} 並びに新しい枝 $(v_{new}, v; [v'])$ を付け加え、ANCESTORS($g', k-1, v_{new}$) を実行する。いずれの場合でも、ANCESTORS が返す値を l_{k-1} とする。

[step 5]

l_{k-1} の要素 $[g_{k-1}, v_{k-1}]$ について以下の操作を行う。

(a) 第1成分が g_{k-1} であるような2つ組 $[g_{k-1}, v_k]$ が l_k に属するならば、 v_{k-1} から出る全ての枝 (v_{k-1}, u_{k-1}) を v_k から出る枝 (v_k, u_{k-1}) に変える。

(b) そうでなければ、

$$l_k := l_k \cup \{[g_{k-1}, v_{k-1}]\}$$

とする。

[step 6]

最後に、step 5 で求めた l_k を用いて、

$$a := a \cup \{[k, l_k]\}$$

とし、 l_k を返してこの手続きを終了する。

[手続き ANCESTORS 終わり]

なお、これらの操作から導出グラフの構成を除いたものは本来の Generalized LR 構文解析法と同じである。

例として、図1に示す文法として文

I saw a man in the park with a telescope.
*n *v *d *n *p *d *n *p *d *n

を解析する場合の導出グラフを図3に示す。

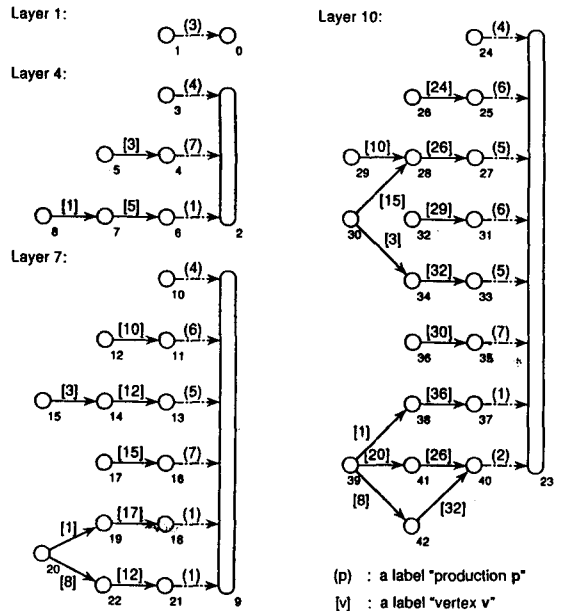


図3 文 “I saw a man in the park with a telescope” に対する導出グラフ

3.3 導出グラフ構成アルゴリズムの性質

前節で示した導出グラフ構成アルゴリズムの時間・空間複雑度を次に示す。

[定理4] 導出グラフ構成アルゴリズムは長さ n の文に対して $O(n^3)$ の時間を要する。

(証明)

まず、 U_i に含まれる節点の個数は、それぞれの節点の第2成分が必ず異なるため、高々状態数と同じ数(= $O(1)$)しかない。

次に、1つの節点に対する親の節点の個数は、明らかにそれぞれの U_i ($j \leq i$)に含まれる節点の数の合計より少ないため、 $O(1) \times i = O(i)$ である。

次に、手続き SHIFT について考える。1つの終端記号 x_{i+1} に対してこの手続きが呼ばれる回数は、手続き SHIFT は高々 U_i に含まれる各節点に対して呼ばれるので $O(1)$ である。また、1回の呼び出しにおける処理時間に関しては、step 1, step 2のいずれも $O(1)$ の時間を要するので、手続き SHIFT 全体では $O(1)$ の時間を要する。

次に、手続き REDUCE について考える。1つの終端記号 x_{i+1} に対してこの手続きが呼ばれる回数は、手続き PARSER から呼ばれる回数が $O(1)$ 、手続き REDUCE 内から再帰的に呼ばれる回数が $O(i)$ である。このうち前者は手続き SHIFT が呼び出される場合と同様の理由で説明できる。また、後者は、再帰的呼び出しの回数に依存するが、これは U_i に含まれる1つの節点に対して、その祖先を見つけながら呼び出しているため、高々その祖先の個数と同じ回数しか呼ばれない。従って、これは節点全体の個数より大きくなく、 $O(i)$ となる。

また、REDUCE の処理時間に関しては、手続き ANCESTORS が高々 $O(i)$ 個の節点を返し、step 7, 8の(c)で $O(i)$ 個の2つ組を処理するため、全体で $(O(i^2) + \text{手続き ANCESTORS の処理時間})$ の処理時間を要する。

次に、手続き ANCESTORS について考える。各節点の第3成分を集めると、これはグラフ状スタックの節点並びに整数 $k=1, \dots, \bar{\rho}$ の2つの添字を持つ配列と見なすことができる。ここで、 $\bar{\rho}$ は生成規則の右辺の長さ $\bar{\rho}$ のうち最大のものである。この配列の要素には手続き ANCESTORS が返す値を格納するので、1つの要素の大きさは $O(i)$ である。従って、配列全体では $O(i^2)$ の大きさをなす。手続き ANCESTORS が呼ばれたとき、ある節点に対する $O(i)$ 個の祖先の節点を処理するので、全体で $O(i^2)$ の処理時間を要する。

以上のことにより、手続き REDUCEは $O(i^2)$ の処理時間を要する。従って、文全体を処理するには、 $i=0, \dots, n+1$ について手続き SHIFT の処理時間 $O(i)$ と手続き REDUCE の処理時間 $O(i^2)$ を加えて得られる $O(n^3)$ の時間を要する。□

[定理5] 導出グラフ構成アルゴリズムは長さ n の文に対して $O(n^3)$ の空間を要する。

(証明) 定理4と同様の方法で容易に証明できるので省略する。□

4 曖昧な文の解析

4.1 right parse の生成

本節では、導出グラフから与えられた文に対する right parse を求める方法を示す。まず、導出グラフにおける拡張路並びに完全拡張路を定義する。

[定義8] 導出グラフにおける節点 u から節点 v までの拡張路を、 $L(u)=L(v)$ のときに限り次のように定義する。

- (i) $u=v$ のとき、空の系列は拡張路である。
- (ii) 枝の系列 $e_1 e_2 \dots e_n$ ($e_i = (u_i, v_i)$) において、 $u = u_1, v_1 = u_2, v_2 = u_3, \dots, v_{n-1} = u_n, v_n = v$ のとき、この枝の系列は拡張路である。
- (iii) 拡張路 $e_1 e_2 \dots e_n$ において、節点をラベルとして持つ枝 $e_i[v]$ を節点 $u_i(v)$ までの拡張路に置き換えた系列は拡張路である。
- (iv) 上記(i)~(iii)により定義されるものだけが拡張路であり、それ以外のは拡張路ではない。

また、全ての枝のラベルが生成規則の番号である拡張路を完全拡張路という。□

節点 u から節点 v までの拡張路を $\pi(u, v)$ 、完全拡張路を $\pi^*(u, v)$ と書き表す。また、便宜上、同じ表記法で拡張路(完全拡張路)のラベルの系列を表すものとする。

構文解析アルゴリズムで“acc”により処理された節点を以後

$$v_i(n+1) = (n, s_{n+1}, \{[1, \{[g_{n+1}, v_{n+1}]\}]\})$$

と書き表すことにする。すると、次の定理が成り立つ。

[定理6] ラベルの系列 $\pi^*(v_{n+1}, u_1(n+1))$ は、認識した文に対する right parse を表す。

(証明) もとの LR 構文解析アルゴリズムの場合と同様の方法で容易に証明できる⁷⁾ので省略する。□

例として図3における節点39から節点23までの完全拡張路を図4に示す。

1つの right parse を得るための時間複雑度に関して次の定理が成り立つ。

[定理7] 導出グラフから1つの right parse を得るために要する手数 $O(n)$ である。

(証明) $\pi^*(v_{n+1}, u_1(0))$ をたどるとき、各節点では任意の枝を選べばよい。従って、各節点で要する手数は $O(1)$ である。定理2より文法が cycle free である場合の right parse の長さは $O(n)$ であるから、1つの right parse を得るために要する手数は $O(n)$ となる。□

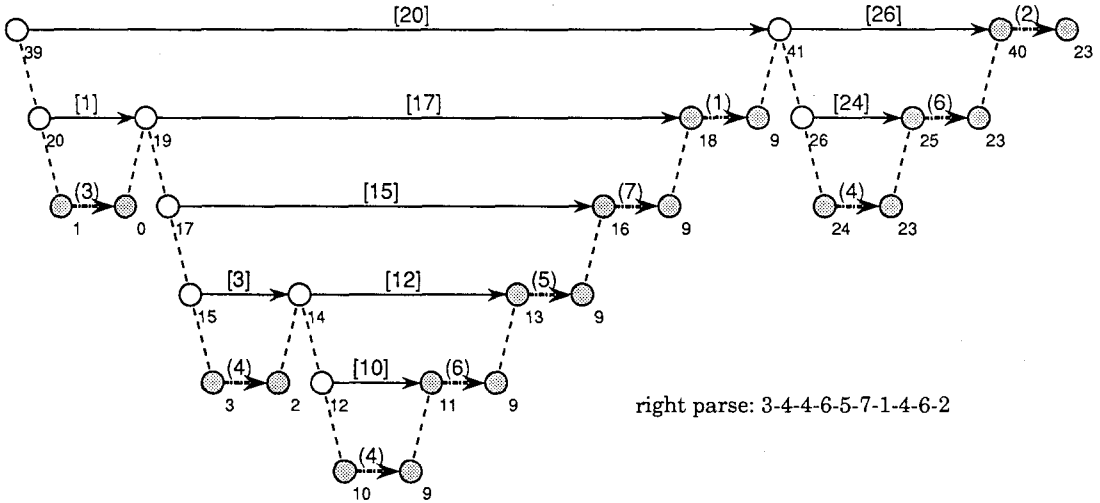


図4 導出グラフの完全拡張路の1例

4.2 評価値の大きい順に導出を求めるアルゴリズム

一般に、文脈自由文法を用いた構文解析ではそれぞれの生成規則 $A \rightarrow \alpha$ (p) の適用に対して予め定めた評価値 $w(p)$ を与え、導出に対する評価値を、用いた生成規則の評価値の合計あるいは評価値の積と定義することが多い。ところが、後者の定義による場合でも、各生成規則に対する評価値の対数を取り、それを改めて各生成規則に対する評価値とすれば前者の定義を適用することができる。従って、本稿においても用いた生成規則の評価値の合計を導出に対する評価値であると定義する。

ここで、導出グラフにおいて生成規則の番号をラベルとして持つ枝 $e(p)$ の長さを $w(p)$ と等しく選べば、評価値の大きい(小さい)順に導出を選ぶ問題は導出グラフにおいて v_{n+1} から $v_1(n+1)$ への完全拡張路を長い(短い)順に求める問題と等価である。一般のグラフに関するこの種の問題は従来から多くの人によって研究されているが^{[4]-[6]}、本アルゴリズムでは加藤、茨木、三根によるアルゴリズム^[6]を再帰的に適用している。このアルゴリズムの説明は省略するが、これを導出グラフに適用した場合、導出グラフの第 k 最長(最短)路を求めるのに要する時間・空間複雑度はそれぞれ $O(kn^2)$, $O(n^2 + kn)$ である^[6]。

5 むすび

本稿では、導出グラフを用いて曖昧な文脈自由言語を効率よく解析する手法を Generalized LR 構文解析法に適用したアルゴリズムを提案した。また、本稿では導出

グラフを用いて評価値が大きい(小さい)順に導出を求める場合の時間・空間複雑度を明らかにした。

この方法は、Earley 法や CKY 法と比較した場合、本手法は時間・空間複雑度に関して全く同じである。しかし、本手法は CKY 法とは異なり生成規則の形に制限がないうえ、Earley 法よりも実質的な効率がよいため、他の方法よりも好ましいと考えられる。

しかし、本手法を用いる上での本質的な問題点として、生成規則に対して適切な評価値を与える方法、選択基準の設定方法などが残されており、これらは今後の課題である。

参考文献

- (1) 日高達, 長田一興, 吉田将: “言語構造の文字認識への応用”, 昭57信学総全大(1982), 1278
- (2) 坂井利之: 翻訳するコンピュータ(1969), [講談社]
- (3) 長尾 真: 言語工学(1983), [昭晃堂]
- (4) 吉村賢治, 日高達, 吉田将: “表方式を用いた文節構造分析アルゴリズムとその効率について”, 情処計算言語学研資(1981), 25-6
- (5) 吉村賢治, 日高達, 吉田将: “日本語文の形態素解析における最長一致法と文節数最小法について”, 情処自然言語処理研資(1982), 30-7
- (6) 吉田正行, 三ツ矢裕一, 宮本義昭: “ビジネス文の漢字変換における文節数最小法適用の評価”, 情処自然言語処理研資(1985), 48-3
- (7) Aho, A.V. and Ullman, J.D.: The Theory

- of Parsing, Translation, and Compiling, Vol. I : Parsing(1972), [Prentice-Hall]
- (8) 情報処理学会：情報処理ハンドブック(1972), [オーム社]
- (9) 樹下行三：オートマトン入門(1973), [朝倉書店]
- (10) 鳥居宏次：形式言語に関する研究, 大阪大学大学院工学研究科博士学位論文(1967)
- (11) Kasami, T. : "An efficient recognition and syntax analysis algorithm : for context free languages", Science Report AF CRL-65-758(1965), [Air Force Cambridge Research Laboratory]
- (12) Younger, D. H. : "Recognition and parsing of context-free languages in time n^3 ", Information and Control, 10(1967), pp.189-208
- (13) Earley, J. : "An Efficient Context-Free Parsing Algorithm", Comm. A.C.M., 13-2(1970), pp.94-102
- (14) Valiant, L. G. : "General Context-Free Recognition in Less than Cubic Time", J.C.S.S., 10(1975), pp.308-315
- (15) Graham, S. L., Harrison, M. A., and Ruzzo, W. L. : "On line context free recognition in less than cubic time", Proc. 8th Annu. A.C.M. Symp. on Theory of Computing(1976), pp.112-120
- (16) Graham, S. L., Harrison, M. A. : "An Improved Context-Free Recognizer", A.C.M. Trans.on Programming Languages and Systems, 2-3(1980), pp.415-462
- (17) Graham, S. L., Harrison, M. A. : "Parsing of general context-free languages", Advances in Computers, 14(1976), pp.77-185, [Academic Press]
- (18) Tomita, M. : "An Efficient Augmented-Context-Free Parsing Algorithm", Computational Linguistics, 13(1987), pp.31-46
- (19) Kipps, J. R. : "Analysis of Tomita's Algorithm for General Context-Free Parsing", Proceedings of International Workshop on Parsing Technologies(1989), pp.193-202
- (20) 伊理正夫, 白川功, 梶谷洋司, 篠田庄司, 他：演習グラフ理論(1983), [コロナ社]
- (21) Yen, J. Y. : "Finding the K shortest loopless paths in a network", Management Science, 17(1971), pp.712-716
- (22) 加藤直樹, 茨木俊秀, 三根久 : "無向グラフの第 K 最短単純路を求める $O(Kn^2)$ アルゴリズム" 信学論(A), J61-A-12(1978), pp.1199-1206
- (23) Katoh, N., Ibaraki, T. and Mine, H. : "An Efficient Algorithm for K Shortest Simple Paths", Networks, 12(1982), pp.411-427
- (24) Fox, B. L. : "Data structures and computer science techniques in operations research", Operations Research, 26(1978), pp.686-717
- (25) Denardo, E. V., Fox, B. L. : "Shortest-route methods : 1. reaching, pruning and buckets", Operations Research, 27(1979), pp.161-186
- (26) Lawer, E. L. : "A procedure for computing the k best solutions to discrete optimization problems and its application to the shortest path problem", Management Science, 18(1972), pp.401-405
- (27) Knuth, D. E. : The Art of Computer Programming, Vol. 3 : Sorting and Searching(1972), [Addison-Wesley]
- (28) Aho, A. V., Hopcroft, J. E. and Ullman, J. D. : The Design and Analysis of Computer Algorithm, Vol. 1(1974), [Addison-Wesley]
- (29) 山井成良：曖昧な言語の全導出系列の階層的グラフ表現による解析に関する研究, 大阪大学大学院工学研究科修士学位論文(1986)
- (30) 山井成良, 世古忠 : "階層的グラフ証言による曖昧な言語の解析" 奈良高専研究紀要, 24, pp.51-58(1988)
- (31) Yamai, N., Seko, T., Kubo, N. and Kawata, T. : "An Efficient Enumeration Algorithm of Parses for Ambiguous Context-Free Languages", Proceedings of International Workshop on Parsing Technologies(1989), pp.286-296
- (32) 山井成良, 世古忠, 河田亨 : "CKY法による曖昧な言語の解析", 奈良高専研究紀要, 25, pp.63-70(1989)

アラミド繊維の耐水性

井口高行・奥田 聡*・小引茂夫**

Durability of aramid fibers in water

Takayuki IGUCHI, Satoshi OKUDA, Shigeo KOBIKI

Aramid fibers which are relatively new synthetic organic materials, have a good mechanical properties but the chemical properties are not always excellent.

In this paper, durabilities of aramid fiber and its composites were discussed and next conclusions were obtained.

- 1) Tensile strength of aramid filaments in 80°C water on 100hrs reduced to half.
- 2) Aramid filaments cannot be used under condition which contact directly to 10% HCl soln.
- 3) Aramid fiber composite thermoplastic materials showed the relatively good behaviour under water aging.

1. 緒 言

比較的新しい材料であるアラミド繊維（芳香族ポリアミド繊維に与えられた一般名称）は有機繊維で強度、弾性率、耐熱性に優れていることから、プラスチックやゴムなどを補強する形で使われている複合材料の分野や、ロープや織物などに繊維のまま使用されている¹⁾。しかし、水や化学薬品に対しては弱いと言われ、Gourdin, C.によって70°C 95%の湿度中で4%の強度低下が、また希塩酸中での強度低下が大きいと報告されている²⁾。また一般的な材料表からも水中で強度低下の起こることは知ることが出来るが、詳しい強度変化の特性については報告がないようである。

本研究では、アラミド繊維（Kevlar49）を使用中に水と接触する場合の強度低下の有無について検討し、さらにアラミド短繊維で強化したナイロン66、ポリプロピレンに対する水の影響を応力緩和法を用いて検討した。

2. 実験方法

供試アラミド繊維は東レ(株)Kevlar49ロービングである。アラミド繊維の保存には紫外線に注意した。ロービングは約3300本のフィラメントよりなっていた。試験はロービング、フィラメントについて行った。

ロービングの引張試験にあたっては、チャック部をエポキシ樹脂で固定した。チャック間距離は100mmになるようにした。島津オートグラフAG-5000Aによって引張速度2mm/minで引張試験を行った。試験ロービングは乾燥空気中に保存したものの、40°C純水中に任意時間保ったものを使用した。

ロービングの引張試験ではすべての単繊維に荷重を均等に負荷するのが困難であることが分かったので、1本ずつのフィラメントについても強度試験を行った。この場合単繊維の一本にあたる強度は10g以下であったので、これに適する引張試験機を作成した。コンピューター制御のステッピングモーターの駆動により定速度で引っ張る方式で、作成した荷重変換器よりアンプを通してレコーダーに記録させた。引張速度は56mm/min一定とした。フィラメントの試験長さは100mmとし、チャック部で破断したものはデータから除外した。フィラメントの径

*同志社大学工学部

**奈良県工業試験場

は光学顕微鏡を用いて一本ずつ測定した。試験に使用したフィラメントは40, 80℃の乾燥空气中, 水中, 10%塩酸中に任意時間保存したものである。

アラミド繊維強化熱可塑性プラスチックの耐水性を調べるためにポリプロピレン (PP, 三菱油化・ノーブレン), ナイロン66 (東レ・アミラン) に4mmのアラミド短繊維を分散強化した材料³⁾について曲げ応力緩和法による試験を行った。応力緩和試験機は支点間距離50mm, 支点の曲率半径2mm, 加圧くさびの曲率半径2mmを有する4点曲げのものである。試験片寸法は長さ100mm, 断面は13(幅) × 4(厚さ)mmのものである。水中での応力緩和試験を行う場合には, 試験片を水とともにポリエチレン袋に封入して試験した。試験温度は40℃恒温である。

3. 試験結果および考察

アラミド繊維ロービングを静的に水中に浸漬したものについて引張強度を求めたのがFig. 1で, 1000時間水中に浸漬することによって強度は2/3程度に低下した。引

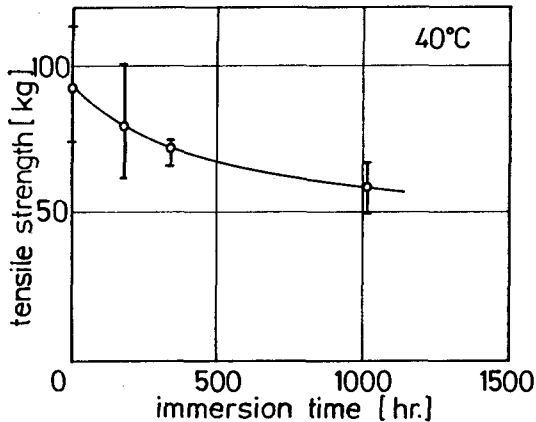


Fig. 1 Influence of water on tensile strength of aramid rovings

張試験によって破断したそれぞれのフィラメントは繊維から綿状に変化した。試片作成にあたってはチャック部をエポキシ樹脂で固定する際に各フィラメントが均等に引っ張られるように注意したが, 破断時に発生する音からは同時に切断していないことは明らかであった。ロービングは約3300本のフィラメントからなり, 後述のようにフィラメント径は平均12.77μであったので, ロービング引張強度はフィラメントの約百分の一程度にしかならなかった。これはロービングのチャッキングに問題があった。

そこでフィラメント一本ずつを40, 80℃水中に浸漬し, 強度低下を調べたのがFig. 2, 3である。実験を行うにあたって各フィラメント径を測定したが, 11.2~14.0μでの範囲にあり, 平均径は12.77μであった。強度は破断応力として求めた。40℃水中に長時間浸漬すると10%程度の強度低下を起こした。ロービングの場合に強度低下が大きいのは, チャック部に水の影響があったことが

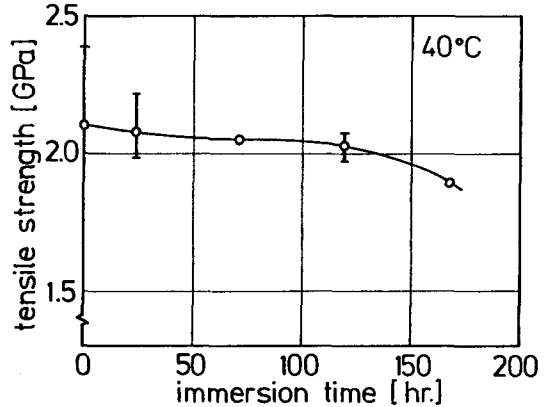


Fig. 2 Influence of water on tensile strength of aramid filaments at 40℃

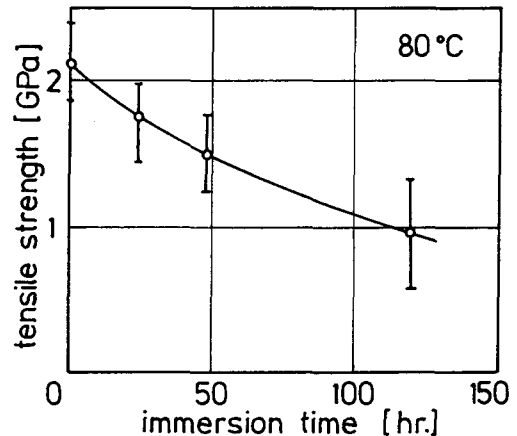


Fig. 3 Influence of water on tensile strength of aramid filaments at 80℃

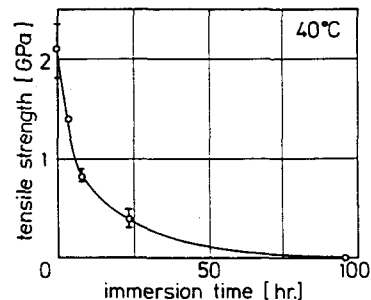


Fig. 4 Influence of 10% hydrochloric acid on tensile strength of aramid filaments

考えられる。80℃水中では100時間後に1/2、それより長時間ではさらなる強度低下がみられた。

耐酸性をみるために10%塩酸に浸漬した結果をFig. 4に示した。40℃、10%塩酸中での強度低下は著しく、96時間後には液中から取り出すときにはすべて切断された状態であった。また80℃、10%塩酸に浸漬した場合も24時間後にフィラメントを液中より取り出す際には既に切断されていた。アラミド繊維は10%程度の塩酸には耐えられず、そのような酸の環境で使用する場合には直接接触しないように被覆等の配慮が必要であることが明らかとなった。

アラミド繊維の高次構造検討過程でフィブリル構造の模型がブリーツ構造であることが示され、そのブリーツの折り目の部分が構造的に不安定で選択的に攻撃を受けやすいことが明らかになっている⁴⁾。

アラミド繊維を強化材として用いる場合、大部分は熱硬化性樹脂との組み合わせであって、熱可塑性樹脂との組み合わせはあまり考えられていない。それはアラミド繊維でなければという優位性がいまのところあまり認められていないからである。しかし現時点でも摩擦特性に優れた特徴を発揮して、摩擦特性が問題となるような機械部品としてはアラミド繊維と熱可塑性樹脂との組み合わせが有望視されている⁵⁾。Fig. 5, 6にナイロン66, PPの曲げ曲線に及ぼすアラミド繊維の効果を示した。いずれも効果があるが、特にナイロンでの強化効果がおおきい。

高分子材料に初期応力を負荷し、そのときの歪みを一定に保つと、応力は徐々に少なくてすむようになる。いわゆる応力緩和であるが、このとき環境の影響を受け、分子の切断が起こったり、可塑化の作用を受けたりまた

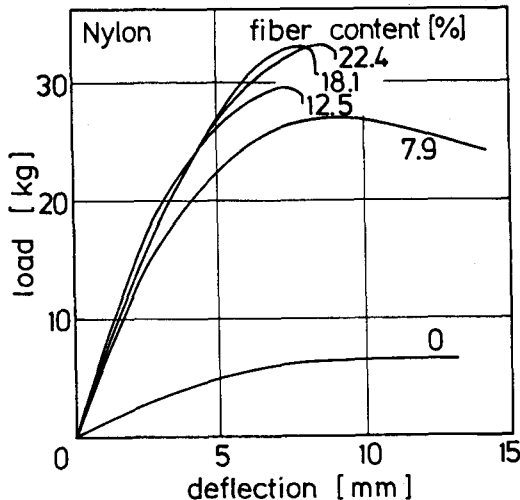


Fig. 5 Bending tests of Nylon filled with aramid fibers

は硬化が進行すると緩和曲線に変化が現れる。ナイロン単体の応力緩和曲線に及ぼす水の影響を示したのがFig. 7で初期曲げ応力は30MPaである。ナイロンは吸収性が大きいので水中での応力緩和が大きい結果となった。アラミド繊維強化の場合はFig. 8に見られるように初期応力が60MPaと大きいにもかかわらず、水の影響はむしろ幾分小さい。ナイロン自体の受ける影響の方がアラミド繊維のそれより相対的に大きいようだ。

PPは水の吸収がほとんどないため、PP単体での応力緩和曲線にはFig. 9のように空気中も水中も同じ緩和過程をとった。アラミド強化したPP材ではFig. 10に見られるように水の影響が見られた。この場合耐水性低下の程度が小さいことから考えて、アラミド繊維の水による強

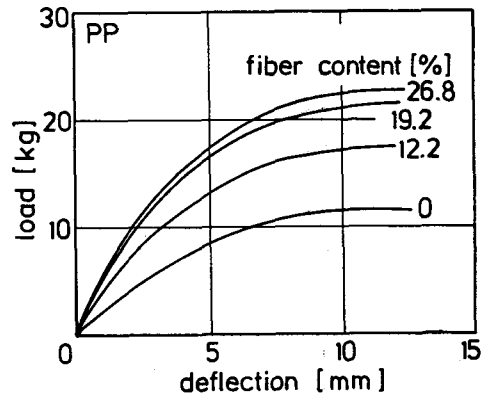


Fig. 6 Bending tests of PP filled with aramid fibers

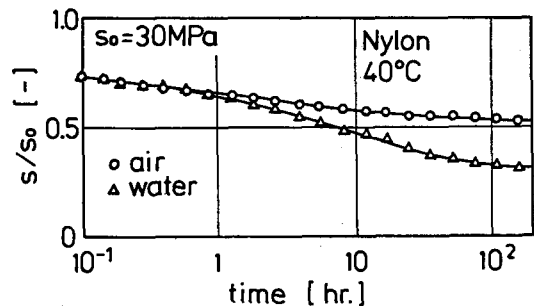


Fig. 7 Stress relaxation curves of Nylon

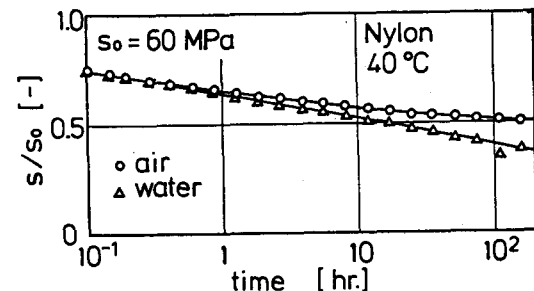


Fig. 8 Stress relaxation curves of Nylon filled with aramid fibers

度低下の影響より、むしろアラミド繊維は本来PPと接着していないので、浸透した水分によって両者の界面での滑りによる強化効果の低下が影響しているように考えられ、PPはアラミド繊維の水に対する保護層の役割を果たしているように見られる。

アラミド繊維に及ぼす水の影響を熱重量分析によって調べた。アラミド繊維ロービングを乾燥した状態または一定時間水に浸漬した後、少量を取り島津熱重量測定装置TGAシステムを使用し、昇温速度10℃/min.で重量分析を行った。初期重量を25mgとして重量減を示すとFig.11となった。水に浸漬したロービングを測定する際

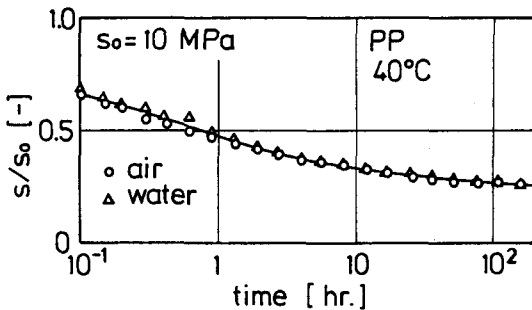


Fig.9 Stress relaxation curves of PP

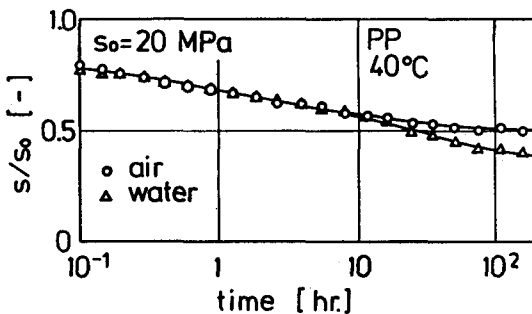


Fig.10 Stress relaxation curves of PP filled with aramid fibers

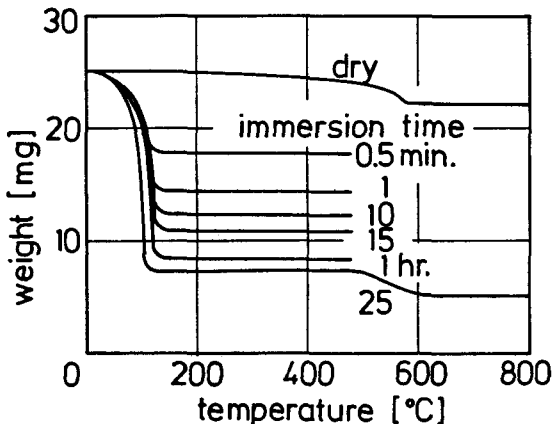


Fig.11. TG curves of aramid fibers immersed in 40 °C water

に繊維に付着している水分を吸い取ったが完全には出来ないで誤差は含まれるが、浸漬したものの試験ごとの付着水量に大差はないので、多量の水が吸収されていることは明らかである。参考までに繊維中への水の拡散係数を求めると $1.75 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{hr}$ であった。アラミド繊維の炭化時間は短時間加熱では約540℃であることが知られているが本測定ではその炭化温度が浸漬していないものに比べて、約40℃ほど低下した。これは水への浸漬によっておこるブリーツ部の切断の結果と思われる。

4. 結 言

アラミド繊維 (Kevlar49) およびその短繊維とナイロン、PPとの複合材の耐水性について調べ、次の結論を得た。

- 1) アラミド繊維ロービングを40℃水に1000時間浸漬後引張強度を測定したところ、3分の2程度に強度低下した。しかしチャック部を樹脂で固定する方法では各フィラメントが均等に引っ張られなかったため、フィラメント強度から計算される、百分の一程度の強度しか得られなかった。
- 2) フィラメントを40℃水中で浸漬しても初期強度よりの低下が測定され、80℃では100時間で約1/2に低下した。このことからアラミド繊維を水と接触する状態で使用するには表面を保護するなどの工夫をすることが望ましい。
- 3) アラミド繊維は10%塩酸と直接接触する条件では耐えられない。
- 4) アラミド短繊維を充填したナイロンの耐水性はナイロン自体の耐水性が低いためにアラミド繊維の強度低下の影響はあまり見られない。
- 5) アラミド短繊維を充填したPPの水中での応力緩和は空气中より大きかったが、繊維が切断したような急激な強度低下は見られなかった。

引用文献

- 1) 神吉正弥, ハイテック高分子材料, 中島章夫, 笹義人編, p24-32アグネ(1986)
- 2) Gourdin, C., Adv. Compos. Matter., 1, 497(1980)
- 3) 「強化プラスチックを利用した成型品の高度化プロジェクト事業」研究成果報告書, 奈良県(1988)
- 4) 高柳素夫, 九州産業大学工学部工学会誌, 23, 53(1986)
- 5) 酒井紘, 機能材料, (12)64(1986)

遺跡出土木材の超音波診断法による非破壊的研究 (Ⅳ) (出土木材内部の不均一な硬さ分布の非破壊的調査)

石垣 昭・井口 高行

Non-Destructive Investigation on the Internal Structures of
Waterlogged Archaeological Woods by Ultrasound Echography (Ⅳ)
(Non-Destructive Survey of Heterogeneous Distribution of
Hardness in the Waterlogged Woods)

Akira ISHIGAKI and Takayuki IGUCHI

A method of non-destructive survey about heterogeneity of hardness and softness in some waterlogged woods has been investigated by ultrasound echography.

The mechanical hardness across the surface on a section of the waterlogged woods closely relates to the intensity of ultrasound absorption in the corresponding section of the waterlogged woods.

In a previous paper we reported that hollocellulose remaining in the waterlogged woods reveals strong absorption of 3.5MHz ultrasound echoes. Therefore, non-destructively given informations by ultrasound imaging methods give us also especially informations about the heterogeneity of hardness and softness and the distribution of hollocellulose in the waterlogged woods.

1. 緒言

著者は水浸出土木材の内部構造を非破壊的に調査する一つの方法として、現在医療分野で汎用されている超音波診断装置を用いて一連の研究を行い、その研究成果を既に報告した¹⁾²⁾³⁾。

この方法は微弱なエネルギーの超音波をパルス波として使用して診断するので、人体と同様、脆い材質の貴重な水浸出土材に対しても安全な非破壊的診断法として充分適用可能である。

これまでの研究によって針葉樹と広葉樹の各種出土材について内部の割れの発生状態、内部の腐食状態の指標となるホロセルロース分布等、保存処理に際し事前に予測できれば有用と考えられる各種の情報が超音波診断法によって得られることを報告した。

出土木材は比較的均一な材質と考えられがちであるが、切断してみるとその断面には比較的硬い部分と脆弱な柔らかい部分が不均一に存在する。この硬い部分は相対的に含水率が低く保存含浸処理の際、含水率の高い脆弱な部分よりも保存薬品の浸透が遅くなり、この結果含浸薬品の分布が不均一になる一因となることが予想される。しかし、このような内部の硬さの不均一な分布状態を非破壊的に求める方法はこれまでなかった。

一般に水分を含むゲルは網目構造の密度がある程度大きくなると超音波を良く吸収することが知られている⁴⁾。このような理由から出土木材中に残留したゲル状物質の分布を求めるのに超音波診断法が適用できる。

水浸出土材内部のゲル状物質は主として残存ホロセルロース、特にヘミセルロースと考えられ、ホロセルロースの分布は出土木材の腐食状態と密接な関係が予想できる。即ち、ホロセルロースが多い部分は腐食の程度が低く比較的硬さを維持しており、逆にホロセルロースが少ない部分は腐食の程度が大きく比較的脆弱であると予想できる。したがって、ゲル状物質の分布を超音波診断法

で求めることができれば外観では判断出来ない内部組織の腐食状態を非破壊的に解明できる等、保存処理の際参考となる重要な情報を得られよう。

前報³⁾での研究の結果、超音波を吸収しやすい部分はホロセルロース含有率が相対的に高く、感触として硬さを保っている傾向があることが判明した。そこで出土木材内部の超音波の吸収の分布と対応する断面の実際の硬さの分布を実測し両者の関係を調査することとした。このため、出土木材の押し込み硬さを測定するのに必要な装置を試作した。この結果、出土木材内部の硬さの分布の不均一性を非破壊的に診断する方法の開発に結びつく興味ある知見を得たので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

出土木材試料として奈良国立文化財研究所より提供を受けた各種の出土木材のなかから前報³⁾に使用したものの(針葉樹マツ, 含水率約700%, ならびに広葉樹散孔材, 含水率約500%, 樹種未確認)をこれまでの研究成果と比較対照するため今回も使用した(写真1, 写真2)。

2.2 超音波診断装置

リニア電子走査超音波診断装置(島津製作所SDL-150型)を使用してBモード法で測定した。測定はこれまでの研究に採用した方法¹⁾に従って水中に試料を浸漬しておき、3.5MHzの探触子を水面に接触させて測定した。画像処理システム¹⁾に超音波信号を取り込み画像処理を行って吸収の分布を明確にした。特にマツの試料では断面の上下二方向からの観測データを合成して得た断層図³⁾と機械的に測定した押し込み硬さの分布との相関を調べた。

2.3 押し込み硬さ測定装置

この研究では出土木材断面の表面硬さの分布と超音波の吸収の関係を調べる必要がある。出土木材は脆弱でその押し込み硬さを測定するのに適当な市販の装置がないため、特にこの研究のため井口が試作した測定装置(図1)を用いた。測定の際できるだけ測定面が水平になるように試料木材を固定し、先端に直径3.5mmの鋼球を持つ押し込み棒を測定面に直角にサーボモーターを介して一定速度(2mm/min)で押し込み、押し込み時間と応力の関係を示す直線の勾配から測定点の硬さ(kg/mm)を求めた。



写真1 試料マツ出土材の外観

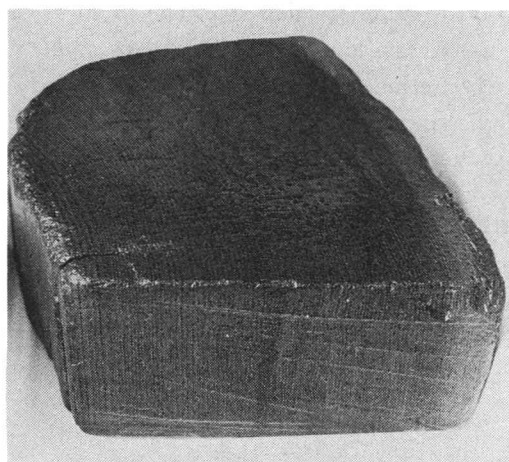


写真2 試料広葉樹散孔材の外観

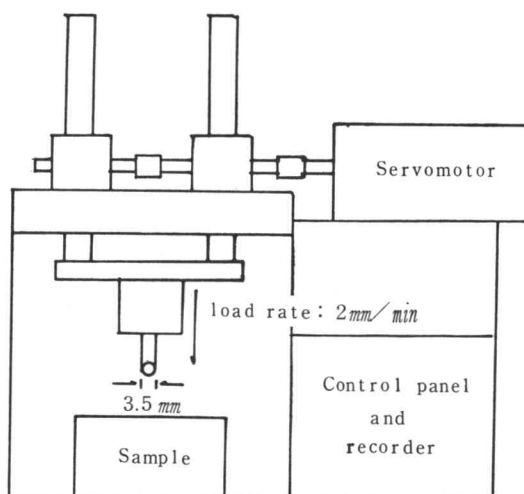


図1 押し込み硬さの測定装置

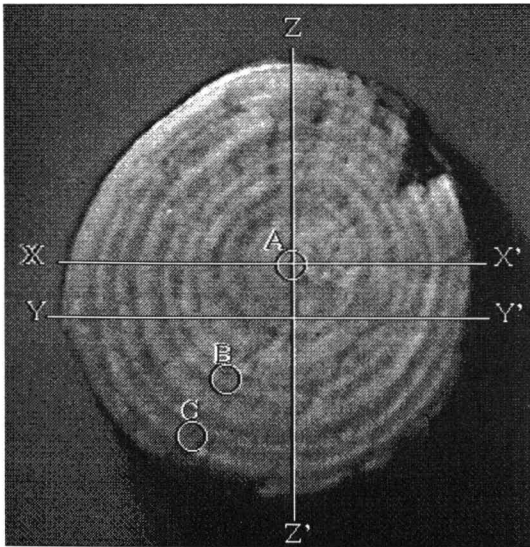


図2 マツ出土材木口面の測定位置
 押し込み硬さ測定位置: X-X', Y-Y', Z-Z'
 木材成分分析位置: A, B, C

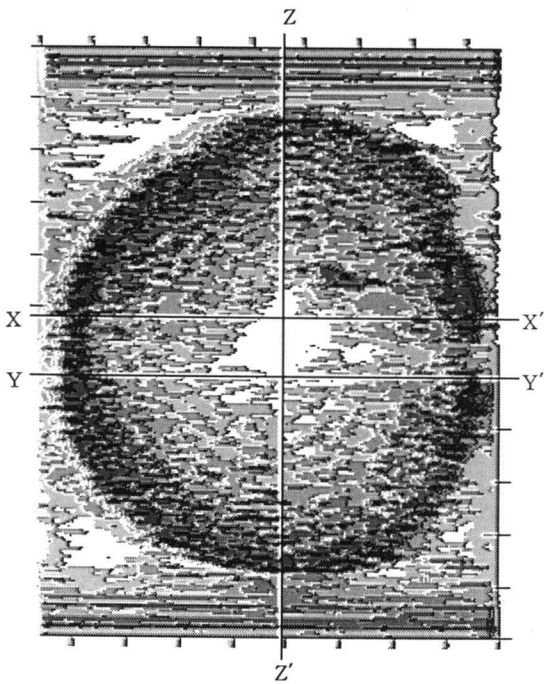


図3 木口断面の超音波診断合成画像と押し込み硬さ測定位置の関係

表1 針葉樹(マツ)出土材の各部分のリグニン含有率

	試料(g)	リグニン(%)	加水分解残量(%)
心材部(A)	0.352	75.2	24.8
中間部(B)	0.230	85.8	14.2
辺材部(C)	0.238	81.4	18.6

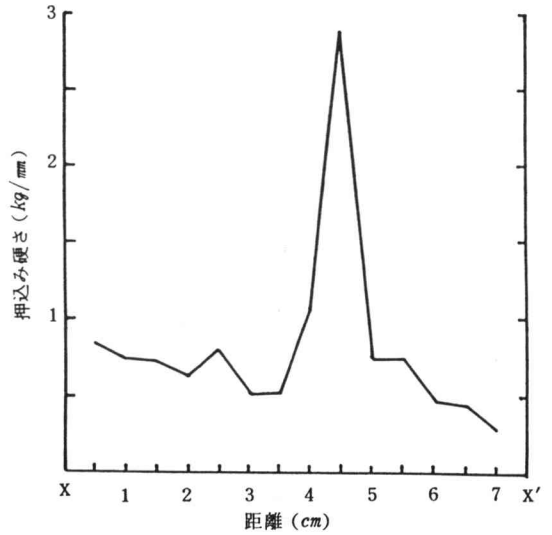


図4 X-X'線上の押し込み硬さの分布

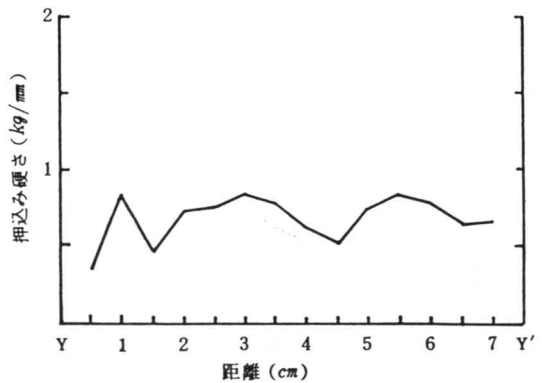


図5 Y-Y'線上の押し込み硬さの分布

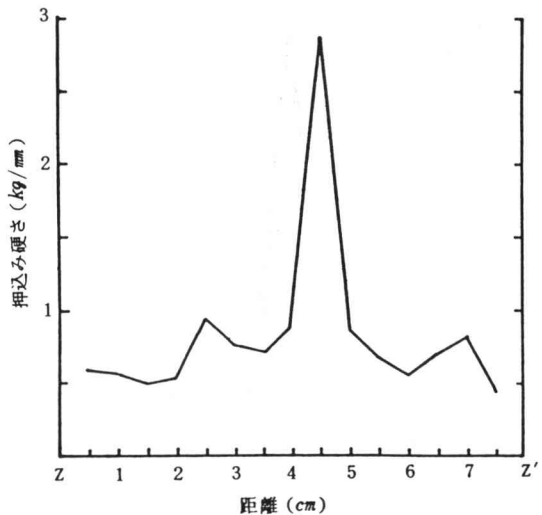


図6 Z-Z'線上の押し込み硬さの分布

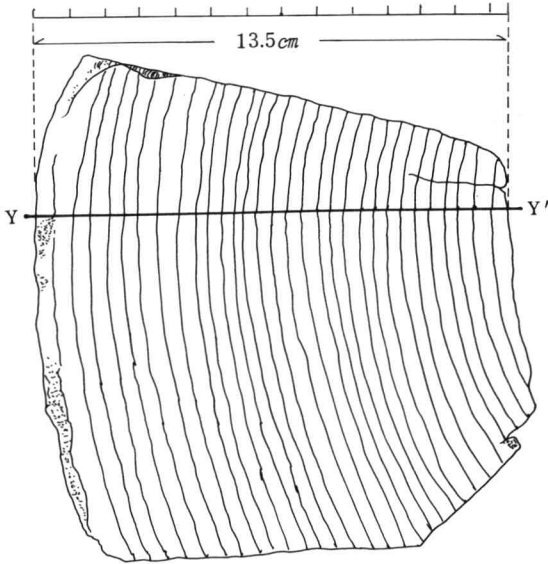


図7 出土広葉樹散孔材の実測図（木口）

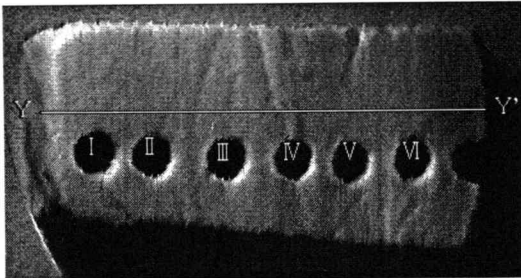


図8 出土広葉樹散孔材の外観（柁目断面）

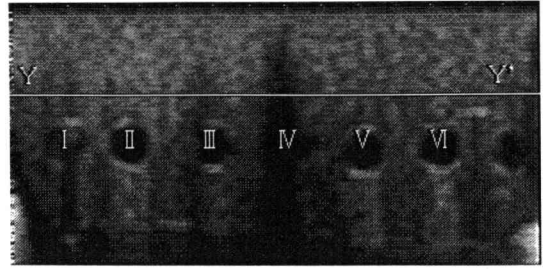


図9 柁目断面に対応する超音波断層画像

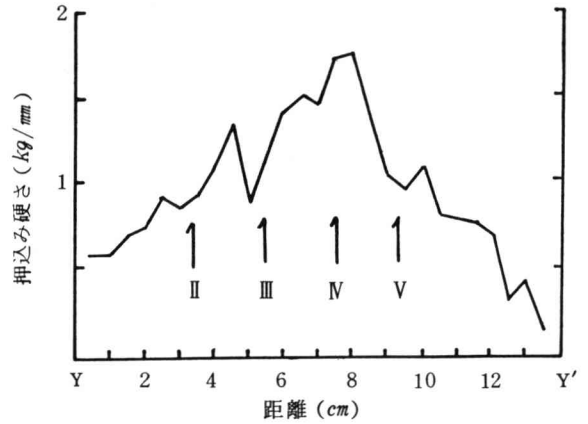


図10 柁目断面図上の押し込み硬さの分布（Y-Y'線上）
（矢印は分析用のサンプリング部近傍に相当）

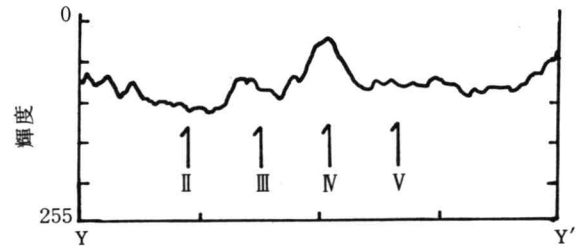


図11 超音波断層画像Y-Y'線上の輝度分布（矢印は分析用のサンプリング部近傍に相当）

表2 広葉樹出土材の各部分の分析値（対絶対乾木粉）

試料採集部	水分(%)	リグニン(%)	加本分解減量(%)
I	635	85.3	14.7
II	518	85.2	14.8
III	437	81.0	19.0
IV	316	74.3	25.7
V	489	83.0	17.0
VI	562	83.2	16.8

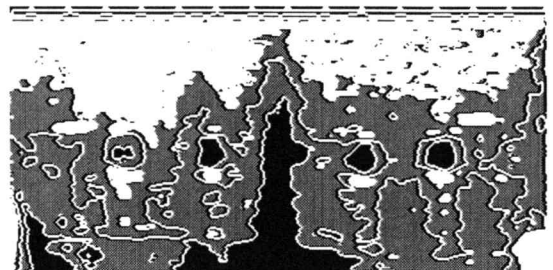


図12 柁目断面の超音波断層画像（画像処理後）

3. 結果と考察

3.1 針葉樹 (マツ) の測定例

直径7から8cmの丸太を厚さ約3cmに切断した出土マツ材試料の木口面(写真1の上面)に設定した測定線上について5mm間隔で押し込み硬さを測定した。

この試料は含水率が700%と高く全体に腐食が進行しているが随の周辺が硬い特徴を持つ。

図2に試料の実測図と計測面における押し込み硬さの測定位置をX-X', Y-Y', Z-Z', の実線で示す。また, これに対応する硬さの分布を図4から図6に示す。

図4は最も硬い年輪の中心部(随)を通過するX-X'線上での測定結果である。予想したように随の周辺の押し込み硬さは高い数値を示すが, それ以外の部分ではほぼ類似した低い数値を示し腐食が随の周辺部の局所を除いて全体に進行していることを示唆している。このことは図5に示す随の部分にり外れた木口面のY-Y'線上の測定結果では硬い部分が見当たらないことから窺える。また, 図6に示すように随を通りX-X'に直角な線上Z-Z'の測定値でも腐食が随の周辺を除いて全体に進行していることを示唆している。

図3には前報³⁾で開発した方法により, 同じ試料について測定した木口面に並行した内部断面の超音波による上下二方向からの観測データを合成した断層図であって, 押し込み硬さの測定値の分布と極めて良く一致する。特に, 随の位置よりややずれた位置に音波を吸収しやすいゲル状物質が局所的に残存していることを示唆しており, 前報³⁾でえられた図2のA, B, Cに相当する部分の多糖類残存率(加水分解減量%, 表1参照)と今回測定した押し込み硬さの間にも密接な関係があることが窺える。

3.2 広葉樹散孔材の測定例

図7に厚み6から7cmの広葉樹散孔材(写真2)の木口面の実測図を示す。この試料は平均して約500%の含水率で上記のマツ材よりは腐食が少ない。しかし, 前報³⁾での研究結果, 局所的な含水率と木材成分の分析値にバラツキが認められた(表3参照)。

図7のX-X'で切断した柁目に相当する断面の外観を図8に示す。この中で丸印I-VIの位置は表2に示す分析用試料のサンプリング位置である。また, この断面对応する超音波断層画像を図9に示す。

図8の断面上の直線Y-Y'沿って5mm間隔で押し込み硬さを測定した。その結果は図10のようになる。この断面对応する超音波断層像(図9)の直線Y-Y'に対応する線上の音波の吸収画像の輝度分布(図11)は図10の図形と高い相関を示す。また, 図9の超音波断層像を画

像処理することによっても, 押し込みの硬さの分布と画像輝度分布に酷似した画像が得られ, これらが密接に関連していることが分かる(図12)。

測定部分近傍のI-VIの位置でサンプリングした木材成分の分析結果(表2)と対比して押し込み硬さの分布が多糖類(ホロセルロース)の分布や含水率の分布と密接に関連していることを示唆している。すなわち, 多糖類(ホロセルロース)の含水率が高い部分は音波を吸収しやすく押し込み硬さの数値も高く, また含水率の低い部分で音波を吸収しやすく押し込み硬さの数値も高いという傾向がある。このことは出土木材内部の各種の情報が超音波診断法で非破壊的に簡単に得られることを示している。

4. 結 言

これまで非破壊的に求める方法がなかった水浸出土木材内部の不均一な硬さの分布を調べるため, 脆弱な出土木材の表面硬さの測定に適した装置を試作し, 比較的硬い部分が超音波を吸収しやすいことを見出した。硬さの分布は腐食状態の指標となる多糖類の残存率や含水率とも密接な関係がある。今回までの一連の研究によって水浸出土木材内部の構造的強度の分布や腐食状態についての情報を保存処理現場で超音波診断法によって非破壊的に簡便に得る技術を開発する方法についての見通しを得た。

謝 辞

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

この研究は昭和63年度より2年間にわたり文部省科学研究補助金一般研究B, さらに平成2年度より試験研究B(2)の助成を受けて行った研究成果に基づいている。ここに付記して深く感謝する。また, この研究に卒業研究を通じて協力を得た植木利也, 平田賢治, 宮崎隆の諸君に感謝する。

文 献

- 1) 石垣 昭, 上田勝彦: 奈良高専研究紀要, 第24号(1988)71
- 2) 石垣 昭, 上田勝彦: 奈良高専研究紀要, 第24号(1988)77
- 3) 石垣 昭: 奈良高専研究紀要, 第25号(1989)71
- 4) 高木堅志郎, 崔 博坤: 高分子, 37巻(1988)413

固定化酵母を用いたアルコール発酵

河越 幹男・末 信一郎

Alcoholic Fermentation with Immobilized Yeast

Mikio KAWAGOE and Shin-ichiro SUYE

Alcoholic fermentation of glucose with immobilized yeast by calcium alginate was carried out employing stirred tank. The effects of size and hardness of gel, and glucose concentration on fermentation were investigated. As a result, no effects of size and hardness of gel were found, which means that diffusion of substrates and products is sufficiently faster than the fermentation by yeast. The product inhibition appeared when ethanol concentration became larger than 9%. No substrate inhibitions were found in the range of glucose concentration used in the present study.

緒 言

酵母発酵法によるアルコール生産は工業的に広く用いられている。アルコール発酵は通常回分式で行われているが、製品であるアルコールは比較的安価であるため、発酵法、操作法などの改良による生産コストの低減化によって利益率を向上させることに注意が払われている。その一つとして、近年、固定化増殖酵母を用いたアルコール発酵が試みられている³⁾。酵母を固定化することにより、酵母の流出を防ぐことができ、連続操作が可能となる²⁾。このため、生産性が飛躍的に向上し、生産コストを低くすることができる。

本研究では、酵母の活性を低下させることなく、簡単に固定化できるアルギン酸カルシウムゲルによって市販のパン酵母を包括固定化した。この固定化酵母を用いてグルコースからのアルコール発酵を行わせ、発酵速度に及ぼすゲル粒径、ゲル硬度、グルコース濃度の影響を検討した。

1. 実験装置及び方法

実験装置の概略図をFig. 1に示した。発酵槽は4枚邪

魔板付きのガラス製攪拌槽で、容積は1000cm³である。攪拌はマグネチックスターラーによって行った。

実験は液回分で行った。実験条件をTable 1に示す。アルギン酸ナトリウム濃度 C_A を変えたのは、ゲルの硬度を変化させるためであり、濃度が高いほど硬度も大きくなる¹⁾。

原料グルコース溶液の仕込量は640cm³である。これに固定化酵母を添加して発酵を行わせた。発酵槽は30℃に保った恒温室に配置した。1~2時間毎に、発酵槽から

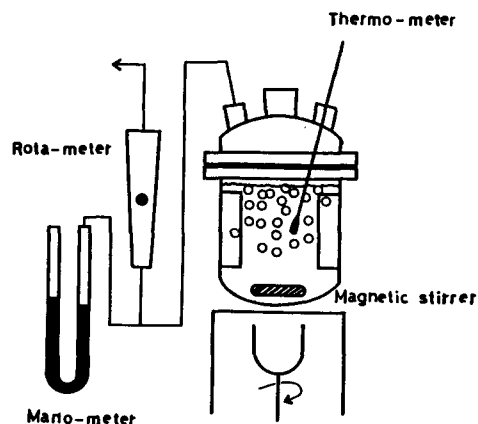


Fig. 1 Experimental setup

Table. 1 Experimental conditions used

Run No.	W_0 [g]	D_p [mm]	C_A [wt.%]	C_0 [kg/cm ³]	Mixing
1	100	1.87	2	133	without
2	98	2.04	2	139	With
3	60	2.02	2	139	with
4	59	3.86	2	139	with
5	57	3.77	4	139	with
6	54	3.84	2	264	with

W_0 =total weight of gel charged
 D_p =diameter of gel
 C_A =concentration of sodium alginate
 C_0 =initial concentration of glucose

の炭酸ガスの流出速度をロータメーターにより測定した。同時に発酵液を2~3 cm³採取し、エタノール濃度、及び残留グルコース濃度を測定した。

エタノール濃度はガスクロマトグラフ(島津GC-7A)を用いFIDによって分析した。充填剤は15%PEG-1000である。グルコース濃度は、Glucose-C-test kit(和光純薬)を用いて測定した。

用いた酵母はパン酵母(*Saccharomyces cerevisiae*.オリエンタル酵母)である。酵母の湿潤重量と等重量の水を加えた懸濁液を作る。この懸濁液と2~4%のアルギン酸ナトリウム溶液を混合する。混合重量比は、前者が2に対し後者が1である。これを5%塩化カルシウム水溶液に滴下し、直径2~4 mmのゲルを作った。これを、固定化酵母活性化培地に36℃で15分程度浸漬して活性化させ使用した。

2. 実験結果及び検討

Fig. 2にエタノール濃度、残存グルコース濃度、及びPHの時間変化を、Fig. 3に炭酸ガス発生速度、及び温度の経時変化を示した。

PHは発酵期間中はほぼ3.5の一定値を示す。発酵液の温度は、発酵期間中は発酵熱のため、3~4℃上昇するが、発酵が停止すると元の温度に戻る。

(1) 攪拌の影響 Run 1とRun 2の実験では、攪拌の有無を除くその他の条件は同じにしてある。両者の結果を比較すると、エタノール生成速度は、攪拌をしたRun 2の方が攪拌をしなかったRun 1よりも大きい。

本実験の場合、固定化酵母を培養しないで直ちに実験に用いたため、ゲル密度が溶液の密度よりも僅かに大きい程度であった。そのため、攪拌しない場合と攪拌した場合では槽内のゲルの流動状態には、大きな差異が認められた。

攪拌をしない場合には、酵母が発酵を開始し、炭酸ガスが発生すると、ゲルに炭酸ガスの小気泡が付着し、ゲルは液表面に浮上する。一方、生成したエタノールも発酵液に比べると密度が小さいため上昇し、液表面近傍のエタノール濃度は高くなる。エタノールの高濃度条件下では酵母の活性が低下するので、表面近傍のゲル粒子は発酵を停止し、炭酸ガスの発生が止まる。そのため、付着気泡が取れて粒子は沈降する。沈降した粒子は、エタノール濃度が低い槽底で活性を取り戻し、再び発酵を開始する。以上のプロセスが繰り返されるため、ゲル粒子

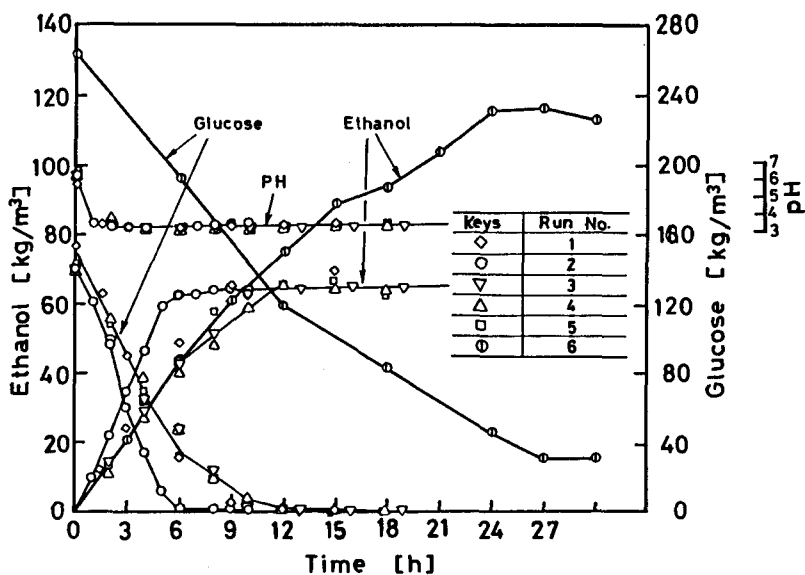


Fig. 2 Courses of glucose consumption, ethanol production and PH with time

は液表面と槽底の間でゆるやかに循環する。

攪拌した場合には、ゲル粒子は攪拌によって生じた壁近傍を上昇し、中心近傍を下降する循環流に随伴して循環していた。

従って、Run 1とRun 2の比較から、攪拌は槽内のエタノール及びグルコース濃度を均一にして、発酵速度を増加させることが分かる。

(2) ゲル仕込量の影響 ゲル仕込量以外の条件を同じにしたRun 2とRun 3を比較する。ゲル仕込量は、Run 2が98 gに対し、Run 3は60 gである。ゲル仕込量に比例して発酵速度が大きくなっているのが分かる。

(3) ゲル粒子径の影響 ゲル表面積の発酵速度に及ぼす影響を調べるため、粒子径以外の条件を同じにした実験 (Run 3とRun 4) を行った。粒子径は約2 mm (Run 3)と約4 mm (Run 4)である。即ち、ゲル仕込重量は同じで、ゲル表面積のみがRun 3の方がRun 4に比べ約2倍になっている。両者の結果を比較したところ、その結果にはほとんど差異が認められず、発酵はゲル表面積には依存しないことが分かった。

(4) ゲル硬度の影響 ゲル硬度の影響を調べるため、アルギン酸ナトリウムの濃度のみを変えた実験 (Run 4とRun 5) を行った。両者の結果の比較から、ゲル硬度の発酵に及ぼす影響はほとんど認められない。

(5) グルコース濃度の影響 基質阻害、及び生成物阻害の影響を調べるため、グルコース初濃度を約2倍にした実験 (Run 6) を行った。

発酵初期では、初濃度の大きいRun 6と初濃度の小さいRun 4のエタノール生成速度は殆ど変わらず、基質阻

害は認められない。一方、発酵末期の状態をみると、グルコース初濃度が約140 kg/m³の場合、全てのグルコースがエタノールに転化している。この場合、エタノールの最大濃度は約7%程度であり、この程度の濃度では生成物の阻害は認められない。しかし、グルコース初濃度の大きいRun 6の場合、発酵末期において、まだグルコースが残存しているにも関わらず、エタノール濃度が約12%程度の高濃度となるため、発酵が停止しており、生成物阻害が現れている。

3. 考 察

(1) 量論関係 グルコースのアルコール発酵の量論関係は次式で表される。

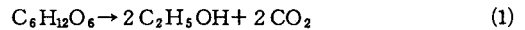


Fig. 4に炭酸ガス発生量から求められるエタノール濃度の計算値と実測値の比較を示した。炭酸ガス発生量はロータメータによって測定した炭酸ガスの流出速度を数値積分して求めた。液中のエタノールは揮発して炭酸ガスの流出に伴って系外へ排出されるため、実測値が計算値より小さくなる傾向が認められるが、両者は±10%以内でよく一致している。従って、ここでは炭酸ガスの発生速度を以って、エタノールの瞬間生成速度とした。

なお、グルコース消費量とエタノール生成量の間にもEq.(1)の量論関係が成立することを併せて確認した。

(2) エタノール生成速度 実験結果の検討から、エタノールの生成速度は酵母の仕込重量のみに比例し、ゲル粒子の表面積及びゲル硬度には無関係であることが分か

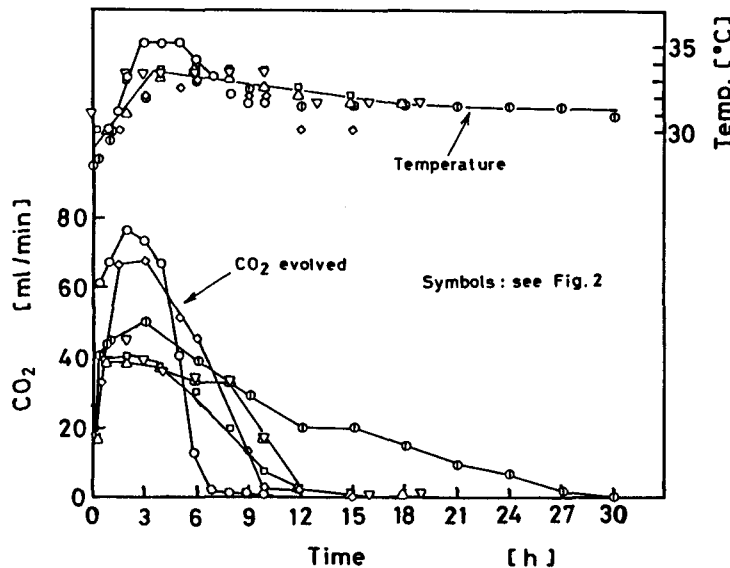


Fig. 3 Courses of CO₂ evolved and temperature with time

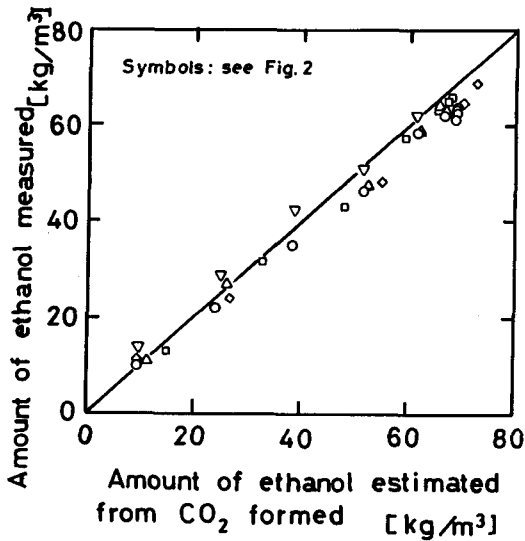


Fig. 4 Comparison of ethanol concentrations estimated from CO₂ evolved with ones measured

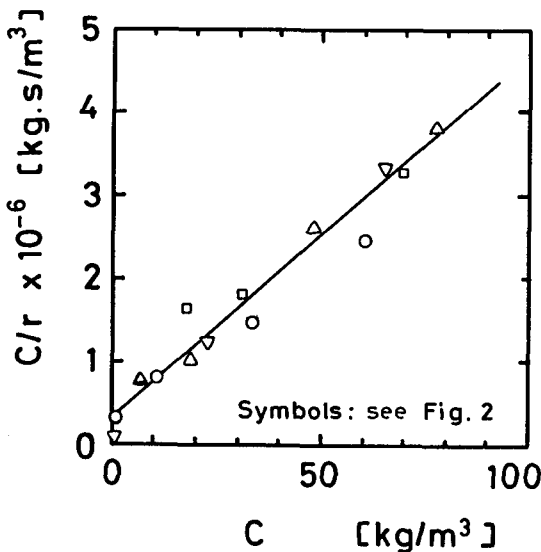


Fig. 5 Plots of C/r versus C

た。このことは、ゲル内での基質及び生成物の拡散速度が十分大きく、酵母による発酵が律速段階であることを示している。

代謝産物であるエタノールの生成速度は、一般に酵母の増殖速度の関数として表される⁶⁾。ここでは、単純化のため、単位ゲル仕込重量当たりのエタノール生成速度を比発酵速度 r [kg-ethanol/kg-gel/s] で定義し、 r

は比増殖速度に比例するとする。比増殖速度はMonodの式で表されるとすれば、 r は次式で表される^{4), 5)}。

$$r = K_M \frac{C}{K_C + C} \quad (2)$$

ここで、 C はグルコースの重量濃度、 K_M 及び K_C は実験定数である。Eq.(2) を変形すると、次式が得られる。

$$\frac{C}{r} = \frac{K_C}{K_M} + \frac{C}{K_M} \quad (3)$$

Eq.(3) は、 C/r 対 C のプロットは直線となり、その勾配と切片から K_C と K_M が求められることを示している。

本実験では、発酵前後のゲル重量の増殖による増加は仕込ゲル重量の10%程度であったので、ゲル重量は一定と見なし、初期重量を用いた。Fig. 5 に示したように、 C/r 対 C のプロットは直線となり、Eq.(3) が成立することが分かる。このプロットから $K_C = 7.8 \text{ kg/m}^3$ 、 $K_M = 2.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ が得られた。

4. 結 言

固定化酵母を用いたアルコール発酵を行い、発酵速度に及ぼす固定化ゲルの直径、硬度、仕込量、及びグルコース濃度の影響を調べた。その結果、ゲル径及び硬度は発酵速度にはほとんど影響せず、酵母の発酵作用そのものが全体の律速段階であることを見出した。また、エタノール濃度が約9%以上になると酵母の活性が低下し、約12%以上では発酵が停止することが分かった。

〔謝 辞〕 本実験には松葉和夫君（現住友化学株）の協力を得ました。記して謝意を表します。

引用文献

- 1) Ogonna, J. C., Y. Amano and K. Nakamura: J. Fermentation and Bioeng., 67, 92(1989)
- 2) 村田義文, 長島 実, 安戸 饒: バイオリアクターとその周辺技術, 化学工学協会「バイオリアクターの利用技術」研究会編, 50頁(1988)
- 3) 佐藤忠司: 同上, 1頁(1988)
- 4) Yamade, K and S. Fukushima: J. Ferment. Bioeng., 67, 97(1989)
- 5) 山出和弘, 吉田真樹, 福島 達: 発酵工学会誌, 67巻, 245(1989)
- 6) 山根恒夫: 生物反応工学, 産業図書(1980)

酵素反応を用いる蛍光法による尿素の定量

末 信一朗・大植 正敏・犬田 修正
木村 恵一*・田中 稔*・庄野 利之**

Fluorometric Determination of Urea Using Urease Reaction

Shin-ichiro SUYE, Masatoshi OUE, Shusei INUTA,
Keiichi KIMURA, Minoru TANAKA and Toshiyuki SHONO

The fluorometric assay using fluorescein sodium was adapted for the determination of urea. The resulting pH could be determined fluorometrically through the urea-urease reaction with fluorescein sodium. Urea was quantified by the fluorometric emission intensity change when reaction takes place. The detection limit of urea was 0.025 mM. The present method can be applied to the determination of urea in blood sample and process control of brewing.

1. 緒 言

蛍光, 吸光, 発光などの光を利用した物質の測定は従来より, 一般に広く用いられている。特に, こうした光を用いる分析方法は次のような利点を有している。

- 1) 信号が光であるので電磁波の影響を受けにくい。
- 2) 電極に較べて価格が安い。
- 3) 同時に2つ以上の波長を用いて多成分の測定を行うことが出来る。

このような点から, バイオセンサーのトランスデューサーとして生体系の直接分析などの応用へも注目されている。なかでも蛍光光度法は, 吸光光度法に比較して10~100倍の検出感度を有することや, 発光法のようにエネルギーの消費を伴わないので連続測定において, 試薬の供給の必要がないなどの利点がある。また光ファイバーを用いて光源を分離することによって, 検出部の小型化により微量、高感度分析が可能である。既に蛍光色素のpHによる蛍光強度の変化を光ファイバーで検出するpHオプトセンサー^{1,2)}や脱水素酵素反応によって生じる

還元型NAD (ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)の蛍光を検出するエンザイムオプトセンサー^{3,4)}などが試みられている。

本報では, 臨床検査や日本酒醸造の工程管理などでその分析が重要であるウレアーゼと蛍光物質であるフルオレセインナトリウムを組み合わせて蛍光法による尿素の定量方法を検討した。

2. 原 理

臨床検査において, 血中尿素の分析, 定量は, 腎機能評価の指標として人工透析の管理や腎疾患の診断⁵⁾, また, 食品分野においては日本酒の醸造課程に生成する尿素の低減, 除去⁶⁾におけるモニタリングなどで必要不可欠である。尿素は, ウレアーゼ (EC3.5.1.5) の触媒作用により次のように分解される。



一般に尿素の分析はジアセチルモノオキシムなどの化学物質と尿素との縮合によって生じる色素を測定する直接的方法の他, 上記の酵素反応を利用して反応の前後の

*大阪大学工学部応用化学科

**大阪工業大学工学部応用化学科

pH変化^{7,8)}や反応によって生じるアンモニアをグルタミンシンテターゼ/ピルビン酸キナーゼなどの多酵素系を用いて検出する間接的方法⁹⁾などが報告されている。また、アンモニアガス電極¹⁰⁾、電界効果型トランジスター (ISFET)¹¹⁾、水素ガス検出器Pd-MOSFET¹²⁾などのトランスデューサー上にウレアーゼを固定化しpHの変化やアンモニアをこれらのトランスデューサーで検出する尿素センサも報告されている。

一方、フルオレセインのナトリウム塩は、水溶性で強い緑色の蛍光を発しpHの上昇により、その蛍光強度が増加することが知られている。フルオレセインナトリウムの構造を式(2)に示す。本研究ではこの点に着目し、尿素-ウレアーゼの反応に伴うpHの変化をフルオレセインナトリウムの蛍光強度の変化に変換することにより、蛍光法による尿素的定量を行った。

3. 実験方法

3. 1 試 薬

ウレアーゼは、東洋紡製グレードII (157units/mg)を10mMリン酸緩衝液に溶解して用いた。フルオレセインナトリウムは、和光純薬製、特級を用いた。その他の試薬は、特級試薬を用い、水は脱イオン水を蒸留したものを用いた。

3. 2 尿素的定量

尿素的定量は、以下の条件で行った。10mMリン酸緩衝溶液 (pH6.0)に 1.5×10^{-6} M濃度となるようにフルオレセインナトリウムを溶解した。この溶液5mlに1k units/mlに調製したウレアーゼ-リン酸緩衝溶液を250 μ l (25 units)を添加し尿素-ウレアーゼ反応溶液とした。37°Cであらかじめ予備加温した後、尿素溶液を添加し37°C、2分間酵素反応させ、蛍光強度を測定した。

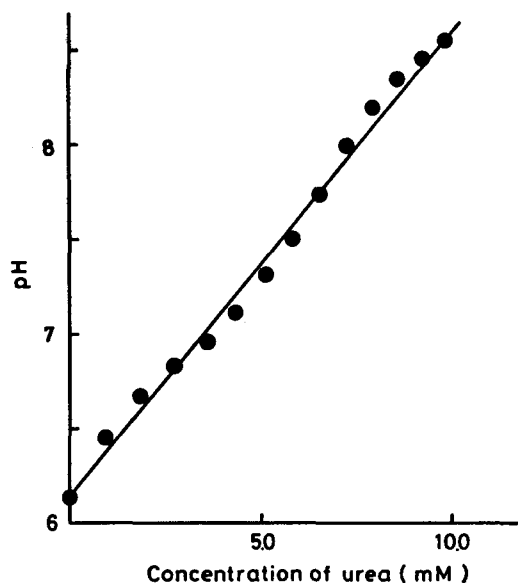
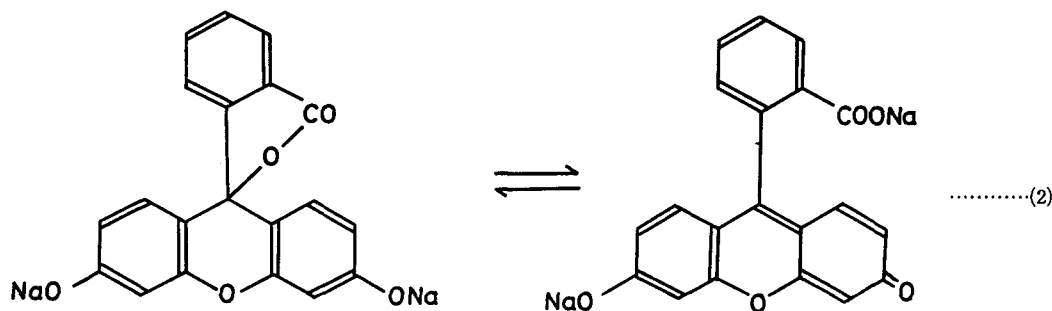


Fig. 1 The correlations between pH and concentration of urea.

3. 3 測定機器

蛍光強度は、日立650-10S型、蛍光分光光度計を用い、蛍光励起波長490 nm、蛍光測定波長514 nmで測定を行った。pHの測定は、堀場F-8L型pHメータを用いた。

4. 結果と考察

4. 1 酵素反応に伴うpHの変化

まず、尿素-ウレアーゼ反応に伴うpHの変化に対するリン酸緩衝液の濃度を調べた。酵素反応液としてpHを6.0に調整した10mMリン酸緩衝液 (25 unitsウレアーゼを含む。) 5mlを用いガラス電極で溶液のpHをモニターしながら0.05M尿素溶液を50 μ lずつ逐次添加した。この結果をFig. 1に示す。酵素反応に伴って生じるアン

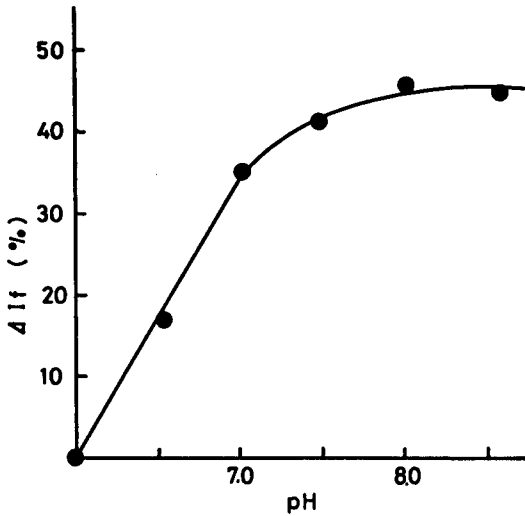


Fig. 2 The correlations between pH and emission intensity of fluorescein sodium.

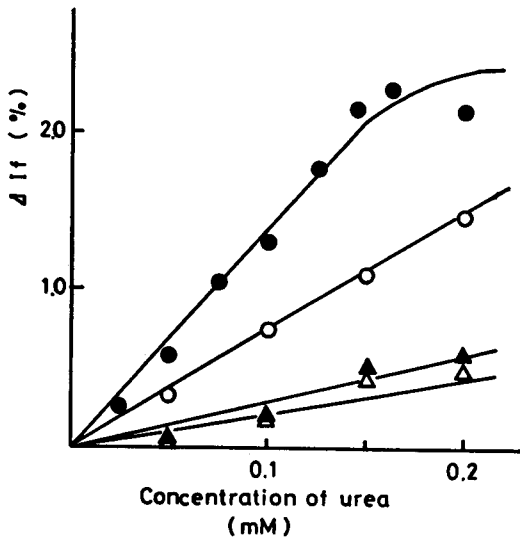


Fig. 3 pH effect on calibration curve for concentration of urea.

Symbols: ●, pH6.0; ○, pH6.5; ▲, pH7.0; △, pH7.5.

モニウムイオンによる反応液中のpHの上昇が確認された。尿素濃度0-9 mMの間でpHは6.0から8.5まで上昇しており、尿素濃度とのpHの関係はほぼ直線関係にあったが、緩衝液の緩衝効果により穏やかなシグモイド曲線となっていた。

4. 2 pH変化に対するフルオレセインナトリウムの蛍光強度の変化

pHを6.01, 6.5, 7.1, 7.5, 8.0, 8.7, 9.3に調整し

た10 mMリン酸緩衝液に $10 \times 10 \mu\text{M}$ となるようにフルオレセインナトリウムを溶解し、各pHでの蛍光励起波長490 nmにおける蛍光測定波長514 nmでの蛍光強度を測定した。Fig. 2に示すようにpHとフルオレセインナトリウムの蛍光強度の関係は、pH6.0-7.0の間で直線関係にあるがpH7.0以上では蛍光強度の増大は頭打ちとなっていた。以上の結果から、尿素-ウレアーゼ反応に伴うpHの増大をフルオレセインナトリウムの蛍光強度の増大に変換できることが示唆され、蛍光法による尿素の定量が可能であることが考えられた。

4. 3 尿素-ウレアーゼ反応に伴う蛍光強度の変化

尿素-ウレアーゼ反応液を種々のpHに調整し、この時の尿素添加に伴う蛍光強度の変化を比較検討した。Fig. 3に示すように初発pHが大きくなると、尿素濃度に対する蛍光強度の増大は小さくなり、直線の傾きは小さくなった。これは、Fig. 2からも明らかのようにフルオレセインナトリウムの蛍光強度は、pH7.0以上ではほとんど変化しないためである。

初発pH6.0での、検出限界は0.025 mMであり、0.2 mM濃度まで尿素の定量が可能である。これは、ウレアーゼを共有結合で固定化した有機薄膜でISFETにディブコートした宮原らの方法¹¹⁾、架橋法で固定化したウレアーゼとアンモニア電極を組み合わせたMasciniらの方法¹³⁾と比較して10倍の感度を有していた。

しかしながら、一般の蛍光分析と同様に、測定範囲幅は狭く¹⁴⁾、尿素濃度0.025-0.2 mMの範囲であったが、日本酒醸造過程で生じるもろみ中の尿素濃度は、0.1-1.0 mM⁶⁾であるので、特に工程管理上問題となる低濃度での尿素測定に非常に有効であると考えられる。また健康者の血清中尿素濃度は、1.8-2.8 mM¹⁵⁾であり、試料を希釈することによって本方法による測定が可能である。

結 言

尿素-ウレアーゼ反応を用い、蛍光物質(フルオレセインナトリウム)の蛍光強度の変化を利用した尿素定量方法を検討した。その結果、尿素濃度0.025 mMから0.2 mMの範囲で蛍光強度が増大し、この範囲で尿素の定量が可能であることがわかった。本方法は従来の尿素測定法と比較して測定感度が高いことや、光ファイバーを介して蛍光を検出することにより測定部分の小型化が可能であるなどのメリットを有しており、今後は臨床検査などへの応用が期待される。

謝 辞

本研究を行うにあたり卒業研究を通じて多大な貢献をして頂いた山田寛人君（現日本たばこ医薬品研究所）及び松橋由香里さんに感謝する。

文 献

1. K. Suzuki, K. Tohda, Y. Tanda, H. Ohzora, S. Nishihama, H. Inoue and T. Shirai, *Anal. Chem.*, **61**, 382(1989).
2. S. Luo and D.R. Walt, *Anal. Chem.*, **61**, 174 (1989).
3. R. Nara yanaswamy and F. Sevilla, *Anal. Lett.*, **21**, 1165(1988).
4. J. Wang sa and M.A. Arnord, *Anal. Chem.*, **60**, 1080(1988).
5. 馬場茂明, 奥田 清編, 医化学実験法講座第3巻A 臨床化学I p.51 中山書店(1973).
6. 吉沢 淑, 高橋次郎, 醸造協会誌, **84**, 142. (1988).
7. J. Ruzicka, E.H. Hanson and A.K. Ghose, *Anal. Chem.*, **51**, 199(1979).
8. H. Nilson, A. Akrlund and K. Mosbach, *Biochim. Biophys. Acta*, **320**, 529(1973).
9. 脇坂真司, 成河 珍, 立木 隆, 熊谷英彦, 栃倉辰六郎, 松井 侑, 日本農芸化学会昭和61年度大会講演要旨集, p.526(1986).
10. R. A. Llenado, *Anal. Chem.*, **46**, 1109(1974).
11. 宮原裕二, 森泉豊栄, 塩川祥子, 松岡英明, 軽部征夫, 鈴木周一, 日本化学会誌, 823(1983).
12. B. Danielsson, I. Lundstrom, K. Mosbach and L. Stibler, *Anal. Lett.*, **12**, 1189(1979).
13. M. Mascini and G.G. Guilbault, *Anal. Chem.*, **49**, 857(1986).
14. 庄野利之, 脇田久伸, 編著, 入門機器分析化学, 三共出版 p.24(1988).
15. W. T. Caraway, *Amer. J. Clin. Pathol.* **37**, 455, (1962).

Topological Concepts between 'Lindelöf' and 'Pseudo-Lindelöf'

Shôgo IKENAGA

We investigate the properties of the spaces which are closely related to the ω -star space. The topologies of these spaces are located between 'Lindelöf' and 'pseudo-Lindelöf'. We obtained some characterizations of these spaces, especially the characterization of ω_1 -Lindelöf spaces using the ω -star space and the product space.

0. Introduction. We introduced ω - n -star spaces, ω -cl- n -star spaces and (\mathcal{P})-star spaces, and investigated their properties in [I₁] and [I₂]. In this paper, we shall study other properties of ω -star spaces and those of the spaces which are closely related to ω -star spaces. The ω - n -star space is one of the generalizations of the n -starcompact space. The 1-starcompact space (=the starcompact space) was introduced by Fleischman in [F]. The n -starcompact space was studied in [vDRRT], [IT₁], [IT₂], [M], [R] and [S] and the ω - n -star space was also studied in [vDRRT] and [R]. Almost all the topologies of the spaces which are considered in this paper are weaker than 'Lindelöf' and are stronger than 'pseudo-Lindelöf'. Regular spaces are pseudo-Lindelöf if and only if it is ω -3-star (cf. [I₂, Theorem 1]).

All spaces are assumed to be Hausdorff. The symbol n denotes a non-negative integer. The smallest infinite ordinal and cardinal are denoted by ω . The smallest uncountable ordinal and cardinal are denoted by ω_1 . For ordinal α , $W(\alpha)$ denotes the set $\{\beta \mid \beta < \alpha\}$.

A space X is said to be *pseudo-Lindelöf* if every discrete collection of open sets of X is countable. If \mathcal{U} is a collection of subsets of X and $A \subset X$, then we write $\text{St}(A, \mathcal{U}) = \text{St}^1(A, \mathcal{U}) = \cup \{U \in \mathcal{U} \mid A \cap U \neq \emptyset\}$ and $\text{St}^{n+1}(A, \mathcal{U}) = \text{St}(\text{St}^n(A, \mathcal{U}),$

$\mathcal{U})$ for any n . A space X is said to be *n -starcompact* if for every open cover \mathcal{U} of X , there exists a finite subset A of X such that $\text{St}^n(A, \mathcal{U}) = X$. A space X is said to be *ω -star* (*ω - n -star*) if for every open cover \mathcal{U} of X , there exists a countable subset A of X such that $\text{St}(A, \mathcal{U}) = X$ ($\text{St}^n(A, \mathcal{U}) = X$). A space X is said to be *ω -cl-star* (*ω -cl- n -star*) if for every open cover \mathcal{U} of X , there exists a countable subset A of X such that $\text{cl}(\text{St}(A, \mathcal{U})) = X$ ($\text{cl}(\text{St}^n(A, \mathcal{U})) = X$), where $\text{cl}(A)$ denotes the closure of A .

1. The spaces whose topologies are located between 'Lindelöf' and ' ω -star'.

A space X is said to be *(ω_1)-compact* if every uncountable subset of X has an accumulation point. A space X is said to be *ω_1 -Lindelöf* if every open cover \mathcal{U} with $|\mathcal{U}| \leq \omega_1$ has a countable subcover. For $A \subset X$ and $x \in X$, x is called an *ω_1 -accumulation point* of A if for every neighborhood V of x , $V \cap A$ is uncountable. A space X is said to be *strongly (ω_1)-compact* if every subset A of X with $|A| = \omega_1$ has an ω_1 -accumulation point. A space is said to be *strongly cl(ω_1)-compact* if every closed subset A of X with $|A| = \omega_1$ has an ω_1 -accumulation point.

Proposition 1.1. *Lindelöf spaces are strongly (ω_1)-compact.*

Proof. Suppose that X is Lindelöf and not strongly (ω_1) -compact. Then there is a subset A with $|A| = \omega_1$ such that A has no ω_1 -accumulation point. For each $x \in X$, there exists an open neighborhood $U(x)$ such that $U(x) \cap A$ is countable. $\mathcal{U} = \{U(x) \mid x \in X\}$ is an open cover of X and \mathcal{U} has a countable subcover \mathcal{U}' . $A = \bigcup \{U \cap A \mid U \in \mathcal{U}'\}$ is countable. This contradicts. \square

Proposition 1.2. *Strongly (ω_1) -compact spaces are ω_1 -Lindelöf.*

Proof. Suppose that X is not ω_1 -Lindelöf. There exists an open cover \mathcal{U} with $|\mathcal{U}| = \omega_1$ such that U has no countable subcover. Let $\mathcal{U} = \{U_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ and $G(\alpha) = \bigcup \{U_\beta \mid \beta < \alpha\}$. Then $G(\alpha) \not\subseteq X$. By the induction, we construct $A = \{x_\gamma \mid \gamma < \omega_1\}$ and $\{\alpha_\gamma \mid \gamma < \omega_1\}$ such that $\alpha_\gamma < \omega_1$, $x_\gamma \in G(\alpha_\gamma)$, $x_\gamma \notin \bigcup \{G(\alpha_\delta) \mid \delta < \gamma\}$ and $\alpha_\gamma < \alpha_{\gamma'}$ for $\gamma < \gamma'$. Then $|A| = \omega_1$. Let $x \in X$. There exists $\gamma < \omega_1$ such that $x \in G(\gamma)$. Since $G(\gamma)$ is a neighborhood of x and $G(\gamma) \cap A$ is countable, x is not an ω_1 -accumulation point of A . Hence X is not strongly (ω_1) -compact. \square

Proposition 1.3. *ω_1 -Lindelöf spaces are strongly $cl(\omega_1)$ -compact.*

Proof. Suppose that X is not strongly $cl(\omega_1)$ -compact. There exists a closed subset A such that $|A| = \omega_1$ and A has no ω_1 -accumulation point. For each $x \in A$, there exists an open neighborhood $V(x)$ of x such that $V(x) \cap A$ is countable. Let $\mathcal{V} = \{V(x) \mid x \in A\} \cup \{X - A\}$. Then \mathcal{V} is an open cover with $|\mathcal{V}| = \omega_1$ and has no countable subcover. \square

Proposition 1.4. *Strongly $cl(\omega_1)$ -compact spaces are (ω_1) -compact.*

Proof. By (1) and (2) in Proposition 3.4,

it is obvious. \square

Proposition 1.5. *(ω_1) -compact spaces are ω -star.*

Proof. Suppose that X is not ω -star. There exists an open cover \mathcal{U} of X such that for every countable subsets A of X $St(A, \mathcal{U}) \not\subseteq X$. By the induction, we can construct $A = \{x_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ such that $x_\alpha \notin St(\{x_\beta \mid \beta < \alpha\}, \mathcal{U})$. Then $|A| = \omega_1$ and A has no accumulation point. \square

A space X is said to be *weakly ω_1 -collectionwise Hausdorff* if for every discrete closed subset Y of X with $|Y| = \omega_1$, there exist a subset Y' of Y with $|Y'| = \omega_1$ and a disjoint collection $\{V_x \mid x \in Y'\}$ of open subsets of X such that $x \in V_x$ for every $x \in Y'$.

Proposition 1.6. *A weakly ω_1 -collectionwise Hausdorff space is ω -star if and only if it is (ω_1) -compact.*

Proof. Suppose that X is not (ω_1) -compact. Then there is a subset A of X such that $|A| = \omega_1$ and A has not an accumulation point. Since X is weakly ω_1 -collectionwise Hausdorff, there is a subset B of A such that $|B| = \omega_1$ and there is a disjoint collection $\{V(x) \mid x \in B\}$, where $V(x)$ is an open neighborhood of x . Let $\mathcal{V} = \{V(x) \mid x \in B\} \cup \{X - B\}$. Then $St(A, \mathcal{V}) \not\subseteq X$ for every countable subset A of X . \square

Example 1.7. *Countably compact spaces are (ω_1) -compact. Let X be $W(\omega_1)$ with the usual topology. Then X is countably compact and not strongly $cl(\omega_1)$ -compact. The space $W(\omega_2)$ is strongly (ω_1) -compact and not Lindelöf. \square*

Example 1.8. *Let X denote the closed upper half plane $\{(x, y) \mid y \geq 0\}$ with the topology specified as follows: Neighborhoods*

of point (x, y) with $y > 0$ are as in the usual topology while a base of $(x, 0)$ is $\{B_\varepsilon(x) \mid \varepsilon > 0\}$, where $B_\varepsilon(x) = \{(p, q) \mid (p-x)^2 + (q-\varepsilon)^2 < \varepsilon^2\} \cup \{(x, 0)\}$. Since X is separable, X is ω -star. However, X is not (ω_1) -compact. \square

2. ω_1 -Lindelöf spaces. Let $\chi(X)$ denote the character of the space X (cf. [E, pp.12]). A space X is called a P -space if every G_δ -set of X is open. Let L denote the space $W(\omega_1+1)$ with the topology specified as follows: A base of the point ω_1 is $\{(\alpha, \omega_1] \mid \alpha < \omega_1\}$ while other points are isolated.

The following proposition is the modification of Fleischman's result (cf. [F, Theorem 3. 4]).

Proposition 2.1. *For a space X , the following conditions are equivalent:*

- (1) X is ω_1 -Lindelöf.
- (2) $X \times Y$ is ω -star for every Lindelöf P -space Y with $\chi(Y) \leq \omega_1$
- (3) $X \times L$ is ω -star.

Proof. (1) \rightarrow (2): Let X be an ω_1 -Lindelöf space and let Y be a Lindelöf P -space with $\chi(Y) \leq \omega_1$. Let $\{V(y, \alpha) \mid \alpha < \omega_1\}$ be an open base of y . Let \mathcal{U} be an open cover of $X \times Y$. Put $\mathcal{U}_y = \{U \in \mathcal{U} \mid U \cap (X \times \{y\}) \neq \emptyset\}$. Then there is a collection $\mathcal{U}'_y = \{H(y, \lambda) \times V(y, \alpha_\lambda) \mid \lambda \in \Lambda_y\}$ of open subsets of $X \times Y$ such that \mathcal{U}'_y refines \mathcal{U}_y and covers $X \times \{y\}$, where $H(y, \lambda)$ is an open subset of X . For $\alpha < \omega_1$, we put $G(y, \alpha) = \cup \{H(y, \lambda) \mid \alpha_\lambda = \alpha, \lambda \in \Lambda_y\}$. $\mathcal{G}_y = \{G(y, \alpha) \mid \alpha < \omega_1\}$ is an open cover of X . Since X is ω_1 -Lindelöf, there is a countable subcover $\{G(y, \alpha_i) \mid i < \omega\}$ of \mathcal{G}_y . Since Y is P -space, $V(y) = \cap \{V(y, \alpha_i) \mid i < \omega\}$ is an open neighborhood of y . Let $\mathcal{H}_y = \{H(y, \lambda) \mid \alpha_\lambda = \alpha_i, i < \omega, \lambda \in \Lambda_y\}$. Since X is ω -star, there is a countable subset $B(y)$ of X such that $\text{St}(B(y), \mathcal{H}_y) = X$. Let $\mathcal{V}_y = \{H(y, \lambda) \times V(y, \alpha_\lambda) \mid \alpha_\lambda = \alpha_i, i < \omega\}$. Then $\mathcal{V}_y \subset \mathcal{U}'_y$ and

$\text{St}(B(y) \times \{y\}, \mathcal{V}_y) \supset X \times V(y)$. Since Y is Lindelöf, $\{V(y) \mid y \in Y\}$ has a countable subcover $\{V(y_i) \mid i < \omega\}$. Then $\text{St}(\cup \{B(y_i) \times \{y_i\} \mid i < \omega\}, \mathcal{U}) = X$.

(2) \rightarrow (3): It is obvious.

(3) \rightarrow (1): Suppose that X is not ω_1 -Lindelöf. There exists an open cover $\mathcal{U} = \{U_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ of X which has no countable subcover. Let $V_\alpha = \cup \{U_\beta \mid \beta < \alpha\}$. Then $V_\alpha \subsetneq X$. $\mathcal{V} = \{V_\alpha \times (\alpha, \omega_1] \mid \alpha < \omega_1\} \cup \{X \times \{\alpha\} \mid \alpha < \omega_1\}$ is an open cover of $X \times L$. If B is a countable subset of $X \times L$, then there is an ordinal $\alpha_0 < \omega_1$ such that $B \subset X \times (W(\alpha_0) \cup \{\omega_1\})$. Pick $\beta > \alpha_0$ and $x \in V_{\beta+1} - V_\beta$. Then $(x, \beta) \notin \text{St}(B, \mathcal{V})$. Hence X is not ω -star. \square

Proposition 2.2. *If $X = \cup \{X_i \mid i < \omega\}$ and X_i is ω_1 -Lindelöf for any $i < \omega$, then X is ω_1 -Lindelöf.*

Proposition 2.3. *The Cartesian product of an ω_1 -Lindelöf space and a compact space is ω_1 -Lindelöf.*

Proof. Let X be an ω_1 -Lindelöf space and let Y be a compact space. Let \mathcal{U} be an open cover of $X \times Y$ with $|\mathcal{U}| = \omega_1$. $\Phi = \{V \subset \mathcal{U} \mid V \text{ is finite and } \cup V \supset \{x\} \times Y \text{ for some } x \in X\}$. Then $|\Phi| \leq \omega_1$. Let $G(V) = \cup \{G \subset X \mid \cup V \supset G \times Y \text{ and } G \text{ is open}\}$. Since Y is compact, $G(V)$ is a nonempty open set. Since $\mathcal{W} = \{G(V) \mid V \in \Phi\}$ is an open cover of X and $|\mathcal{W}| \leq \omega_1$, \mathcal{W} has a countable subcover \mathcal{W}' . For every $W \in \mathcal{W}'$, there exists $V_W \in \mathcal{U}$ such that $G(V_W) = W$. Then $\{V \in \mathcal{U} \mid V \in V_W, W \in \mathcal{W}'\}$ is a countable subcover of \mathcal{U} . \square

Proposition 2.4. *For a space X , the following conditions are equivalent:*

- (1) X is ω_1 -Lindelöf.
- (2) *If the collection $\{F_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ of closed subsets of X has the countable intersection property then $\cap \{F_\alpha \mid \alpha < \omega_1\} \neq \emptyset$.*

- (3) For every collection $\{F_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ of nonempty closed subsets of X , if $F_\alpha \supset F_\beta$ for $\alpha < \beta$ then $\bigcap \{F_\alpha \mid \alpha < \omega_1\} \neq \emptyset$.

3. (ω_1) -compact spaces, strongly (ω_1) -compact spaces and strongly $cl(\omega_1)$ -compact spaces. The following proposition is the modification of Fleischman's result (cf. [F, Theorem 3. 3]).

Proposition 3.1. For a space X , the following conditions are equivalent :

- (1) X is (ω_1) -compact.
- (2) For every closed subspace of X , F is ω -star.
- (3) For every closed subspace of X , F is ω - n -star.

Proof. (1) \rightarrow (2) and (2) \rightarrow (3) are obvious.

(3) \rightarrow (1): Suppose that X is not (ω_1) -compact. There exists $A \subset X$ with $|A| = \omega_1$ such that A has not an accumulation point. Since A is a uncountable discrete closed subspace, X is not ω - n -star. \square

Proposition 3.2. If $X = \bigcup \{X_i \mid i < \omega\}$ and X_i is (ω_1) -compact (strongly (ω_1) -compact, strongly $cl(\omega_1)$ -compact) for any $i < \omega$, then X is (ω_1) -compact (strongly (ω_1) -compact, strongly $cl(\omega_1)$ -compact).

Proposition 3.3. The Cartesian product of an (ω_1) -compact space (strongly (ω_1) -compact space, strongly $cl(\omega_1)$ -compact space) and a compact space is (ω_1) -compact (strongly (ω_1) -compact, strongly $cl(\omega_1)$ -compact).

Proof. Let X be a (ω_1) -compact space and let Y be a compact space. Let π_X be the projection of $X \times Y$ onto X . Let A be a subset of $X \times Y$ with $|A| = \omega_1$. If $\pi_X(A)$ is countable, then A has an accumulation point. We assume that $|\pi_X(A)| = \omega_1$. Then there is an accumulation point x_0 of $\pi_X(A)$ in X . Suppose that (x_0, y) is not an accumulation point of A for every

$y \in Y$. There exist an open neighborhood $U(x_0, y)$ of x_0 and a neighborhood $V(x_0, y)$ of y such that $(U(x_0, y) \times V(x_0, y)) \cap A$ is finite. Since Y is compact, there is a finite set $\{y_i \mid i = 1, \dots, n\}$ such that $\bigcup \{U(x_0, y_i) \times V(x_0, y_i) \mid i = 1, \dots, n\} \supset \{x_0\} \times Y$. Put $U(x_0) = \bigcap \{U(x_0, y_i) \mid i = 1, \dots, n\}$. Then $U(x_0) \cap \pi_X(A)$ is finite. This contradicts.

The proofs of the others are similar to the above one. \square

Proposition 3.4. For a space X , the following conditions are equivalent :

- (1) X is (ω_1) -compact.
- (2) Every closed subset A of X with $|A| = \omega_1$ has an accumulation point.
- (3) Every locally finite collection of subsets of X is countable.
- (4) Every open cover \mathcal{U} of X with $|\mathcal{U}| = \omega_1$ has a proper subcover (cf. [K, pp. 162, E(c)]).

Proposition 3.5. A space X is strongly (ω_1) -compact if and only if every locally countable collection of subsets of X is countable.

Proposition 3.6. For a space X , the following conditions are equivalent :

- (1) X is strongly $cl(\omega_1)$ -compact.
- (2) If $\mathcal{U} = \{U_\alpha \mid \alpha \in A\}$ is a locally countable collection of subsets of X and if there is a closed subset $\{x_\alpha \mid \alpha \in A\}$ such that $x_\alpha \in U_\alpha$ for $\alpha < \omega_1$, then \mathcal{U} is countable.

4. $DC(\omega_1)$ -spaces. A spaces X is called a $DC(\omega_1)$ -space if there exists a dense subset D of X such that every uncountable subset of D has an accumulation point in X . Separable spaces and (ω_1) -compact spaces are $DC(\omega_1)$ -spaces.

Proposition 4.1. If X has a dense weakly ω_1 -collectionwise Hausdorff subspace and X is ω -star, then X is a $DC(\omega_1)$ -space.

Proof. Suppose that X is not $DC(\omega_1)$ -space. By the assumption, there is a dense weakly ω_1 -collectionwise Hausdorff subspace D of X . Then there exists $A \subset D$ with $|A| = \omega_1$ such that A has not an accumulation point in X . There is a subset $A' = \{x_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ of A and for every $\alpha < \omega_1$, there is an open subset V_α of D such that $x_\alpha \in V_\alpha$ and $V_\alpha \cap V_\beta = \emptyset$ for $\alpha \neq \beta$. There is an open subset V'_α of X such that $V'_\alpha \cap D = V_\alpha$. Then $V'_\alpha \cap V'_\beta = \emptyset$ for $\alpha \neq \beta$. $\mathcal{U} = \{V'_\alpha \mid \alpha < \omega_1\} \cup \{X - A'\}$ is an open cover of X and for every countable subset B , $\text{St}(B, \mathcal{U}) \not\subseteq X$. \square

Proposition 4.2. $DC(\omega_1)$ -spaces are ω -cl-star.

Proof. Suppose that X is a $DC(\omega_1)$ -space and not an ω -cl-star space. Then there is a dense subset D of X such that every subset A of D with $|A| = \omega_1$ has an accumulation point in X . Since X is not ω -cl-star, there is an open cover \mathcal{U} of X such that for every countable subset B , $\text{cl}(\text{St}(B, \mathcal{U})) \not\subseteq X$. Put $x_1 \in D$. Since $\text{cl}(\text{St}(x_1, \mathcal{U})) \not\subseteq X$, we put $x_2 \in D - \text{St}(x_1, \mathcal{U})$. By the induction, we construct a subset $\{x_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ of D such that $x_\alpha \notin \text{St}(\{x_\beta \mid \beta < \alpha\}, \mathcal{U})$ for any $\alpha < \omega_1$. The set $\{x_\alpha \mid \alpha < \omega_1\}$ has no accumulation point in X . This contradicts. \square

For a space X , we shall consider the following condition.

(β) If $\{U_\alpha \mid \alpha \in A\}$ is a disjoint collection of open sets of X and $\{x_\alpha \mid \alpha \in A\}$ is a closed discrete subset of X and if $x_\alpha \in U_\alpha$ for every $\alpha \in A$, then A is countable.

The ω -star space satisfies (β) and the space with the property (β) is ω -cl-star. See [I₂, Propositions 2,3 and 4].

Example 4.3. Let A and B be discrete

spaces $W(\omega_1)$ and $W(\omega)$ respectively and let $A^* = A \cup \{\omega_1\}$ and $B^* = B \cup \{\omega\}$ be one-point compactifications of A and B respectively. Let $X = A^* \times B^* - \{(\omega_1, \omega)\}$. X is ω -cl-star and X does not satisfy (β) (see [I₂, Example 1]). X is a $DC(\omega_1)$ -space. Because we can choose the dense subset $A \times B$ which satisfies the needful condition. \square

5. (\mathcal{P})-star spaces. Let \mathcal{P} be a topological property. A space X is said to be (\mathcal{P})-star if for every open cover \mathcal{U} of X , there exists a subset A of X such that A has the property \mathcal{P} and $\text{St}(A, \mathcal{U}) = X$. We shall consider the cases that \mathcal{P} is 'compact', ' σ -compact' or 'Lindelöf'.

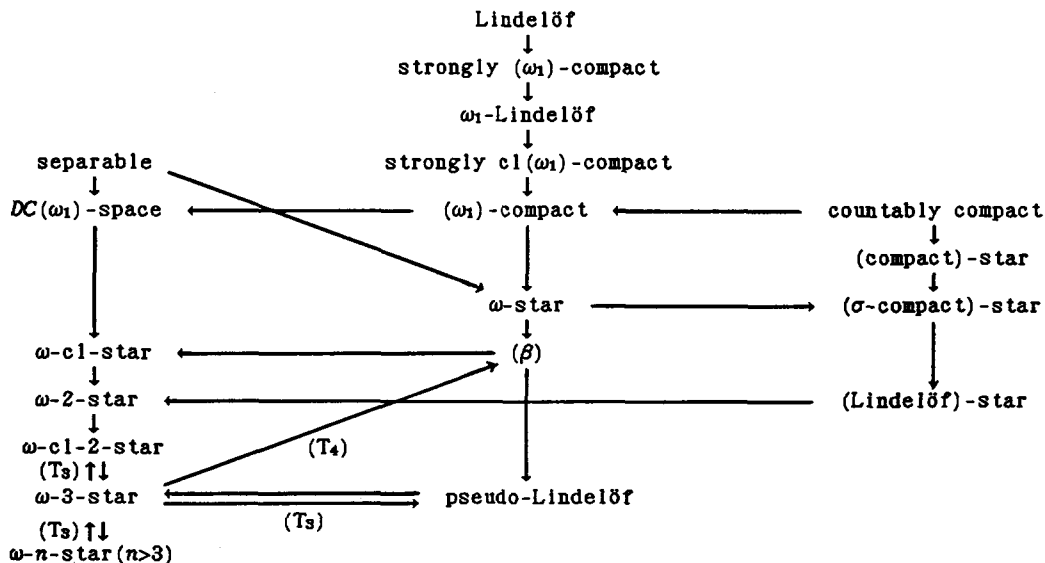
Example 5.1. Let X be the space which is defined in Example 4.3 and let $D = A^* \times B$. Then D is a dense σ -compact subset of X . Hence X is (σ -compact)-star. We shall show that X is not (compact)-star. If X is (compact)-star, then X is 2-starcompact (and hence 3-starcompact). Since X is regular, X is pseudo-Lindelöf. Hence every discrete collection of open sets is finite (cf. [IT₂] and [I₂, Theorem 1]). However, $\{(i, i) \mid i < \omega\}$ is a discrete collection of open sets of X . Hence X is not (compact)-star. \square

Example 5.2. Let A denote the space $W(\omega_1 + 1)$ with the specified topology as follows: A base of ω_1 is $\{(\alpha, \omega_1] \mid \alpha < \omega_1\}$ while other points are isolated. Let B be the space $W(\omega + 1)$ with the usual topology. Let $X = A \times B - \{(\omega_1, \omega)\}$. Then X is (Lindelöf)-star. We shall show that X is not (σ -compact)-star. Let \mathcal{U} be the open cover of X which consists of basic open sets and let F be a σ -compact subset of X . For every $i < \omega$, $F \cap (A \times \{i\})$ is countable. There is an ordinal $\gamma < \omega_1$ such that $F \subset ([0,$

$\gamma] \times B) \cup (\{ \omega_1 \} \times [0, \omega_1))$. Hence $St(F, \mathcal{U}) \cap ((\gamma, \omega_1) \times \{ \omega \}) = \phi$. \square

the relations between the spaces which are considered in this paper, we have the following implications.

6. The diagram of implications. For



References

[vDRRT] E.K.van Douwen, G.M.Reed, A.W.Roscoe and I.J.Tree, Star covering properties, to appear.

[E] R.Engelking, General topology, Heldermann Verlag, 1988.

[F] W.M.Fleischman, A new extension of countable compactness, Fund. Math. 67 (1970), 1-9.

[I₁] S.Ikenaga, A class which contains Lindelöf spaces, separable spaces and countably compact spaces, Memoirs of Numazu College of Technology, 18 (1983), 105-108.

[I₂] S.Ikenaga, Some properties of ω - n -star spaces, Research Reports of Nara National College of Technology, 23 (1987), 53-57.

[IT₁] S.Ikenaga and T.Tani, On a topological concept between countable compactness and pseudocompactness, Research Reports of Numazu Technical College, 15 (1980), 139-142.

[IT₂] S.Ikenaga and T.Tani, On topological concepts between countable compactness and pseudocompactness. Published at The 16th General Topology Symposium, Tokyo Gakugei Univ. (1980).

[K] J.L.Kelley, General topology, Van Nostrand, 1955.

[M] M.V.Matveev, On properties similar to pseudocompactness and countable compactness, Bull.Moscow Univ. Math. 39,2 (1984), 32-36.

[R] G.M.Reed, Set theoretic problems in Moore spaces, Open Problems in Topology (J. van Mill and G.M.Reed eds.), North Holland, 1990, 163-181.

[S] D.N.Sarkhel, Some generalization of countable compactness, Indian J. Pure and Appl. Math. 17 (1986), 778-785.

クーデンホーフ・カレルギーの体育観について —— 新貴族主義と体育 ——

中和田 武

A Study on Coudenhove-Kalergi's Outlook on Physical Education
New aristocratism and physical education

Takeshi NAKAWADA

クーデンホーフ・カレルギーの新貴族主義は、新しい英雄的倫理、新しい理想的世界観を基礎とする実践的理想主義であり、今日、世界を二分する二つのイデオロギーに対して闘争し、新しい貴族政体を樹立、社会全体の構造をプレーン・トラストに変革し、進化発展を通して人類の解放と向上を目指すイデオロギーを超えた理念である。

自由と平等、そして闘争という新貴族主義的要素を、すぐれた人間の成長発展する基盤とし、価値からみた貴族的人間を生むことが、新貴族主義に課せられた最高の使命であるとしている。そして新貴族主義社会の要求する人間像として、質と三次元の完全化を基礎とする個性ある人間を掲げ、これを人類永遠の人間理想としているところに特色がみられる。

このような新貴族的人間の創造は、人物養成の自然な順序として、体育を最優先する超倫理的教育法によって行われるべきだとし、「肉体は精神に至る門」として体育をとらえ、肉体を通しての人間育成を強調している。そして体育は、スポーツをもって始めるべきだとし、スポーツの場におけるスポーツ空間の弁証的構造を通して、また「カロオス・プラティン」、すなわち美しく行動することを通して人間育成を行うものであると論じ、体育・スポーツを新貴族育成のキーポイントとしている点を見逃すことはできない。

はじめに

世界の歴史は、自由と平等を求める闘争の歴史である。歴史の中で政治形体を変える闘争は、数多くかぞえあげることができるが、なかでも特筆すべきは、封建制度の崩壊をもたらしたフランス革命と、第二次世界大戦であろう。フランス革命は、「自由、平等、友愛」を旗印にキリスト教、封建貴族と闘争し、ヨーロッパに民主主義の基盤をもたらした。この三つの綱領は、国家主義をあいり世界大戦をひきおこし、マルクス主義を生みボルシェビズムを招き、国際連盟を生んだ。その結果、自由と平等は相対する関係をもつことになり、自由の理想は自由主義において、平等の理想は共産主義において具現化された。すなわち、米国の個人主義とソ連の社会主義である。このイデオロギー闘争は、第二次世界大戦後40余年の永きにわたり世界を二分する程の闘争として現在に至っている。

しかし1989年、東欧において世界の秩序が乱れる程の

大きな変動がおり、東西両ドイツの統一及び東欧の民主化が始まった。これは社会主義の崩壊とまでいわれる程の出来事であり、同時にこれまでの東西冷戦の氷解および緊張緩和につながる大変革である。

一方同じヨーロッパでは、第二次大戦後にはじまったEC（欧州共同体）構想は、2年後に迫ったEC統合にむけて着実に進行している。経済、社会、労働、地域政策などに端をはったEC構想は、ひいては政治統合までもという勢いである。このことは、さまざまな理念や規範を共有したパン・ヨーロッパとしての共同体社会の構築をねらう偉大な構想と考えられる。そして新たに東欧情勢やECの要となる東西ドイツの統一問題など、問題は山積しているが、EC諸国は21世紀へ期待をかけて超国家的思考をもってこれを完遂し、ヨーロッパに恒久的平和をうちたてようとしている。この「欧州共通の家」にやがては、欧州銀行構想に全面的に賛成なゴルバチョフひきいるソ連も、その傘下に入る可能性も充分うかがえる。

この1992年のEC統合問題と東欧の改革は、それぞれ

独立したものではなく、同じ問題の表裏として把握せざるをえない。この二つのことが、世界に与える影響は、並々ならぬものがあると考えられ、わが国にもその影響が波及することは疑う余地のないことである。しかしながら、このことを手ばなしで喜ぶのはあまりにも安易に思えてならない。なぜならば、社会主義は崩壊ではなくて変革として受け止めるべきであろうし、また資本主義はこのことに連動する形で、物質主義や金権政治によって破局を招く恐れもあることを見逃すことはできない。

このような世界情勢の中において人類は、今後どのような政治形体のもとで、どの方向に展開し、希望と愛に満ちた21世紀を迎えるかが最大の課題といえる。

1990年代は模索の時代である。この時代に生きるわれわれは、21世紀を展望するとき現代の世界を二分するイデオロギーにとってかわる哲学的思想の創造に最大の努力をばらうと共に、人類愛の高揚に努めなければならない。

そこでわれわれは、ECの思想的母胎であるパン・ヨーロッパ運動の創始者であり、全生涯を世界平和とヨーロッパ統合の実現にささげた、クーデンホーフ・カレルギー⁽¹⁾の英雄的倫理を軸として、物質主義的三位一体による文化破壊の危機に向かいつつある現代社会を変革するには、精神による未来の貴族が出現しなければならないと主張する新貴族主義に思想的背景を求め、新貴族主義の人間の育成と体育の連関について考察を試みた。

1

クーデンホーフ・カレルギーによれば、現代の民主主義時代は、「二つの大きな貴族的時期の悲しむべき中間にある」⁽²⁾と述べている。このことは、過去の封建的貴族政治形体と未来の精神的貴族政治形体の中間を意味するものである。まさに現代のデモクラチックな時代は、単なる過渡的なものであり、民主主義の名のもとに自由と平等が、共産主義と資本主義が、個人主義精神と社会主義精神が闘争を行っているのである。しかし人類は、この二つのイデオロギー闘争から一早く離脱し、未来人類のために進化し発展しなければならないといっても過言ではない。

クーデンホーフ・カレルギーは、この文化破壊の危機に向かいつつある現代社会を変革するためには、「支配者にかわる指導者が現われねばならない。高貴な名前のかわりに高貴な精神がなければならない。富裕な懐中のかわりに豊かな心がなければならない」⁽³⁾とする観点に立って、過去の血統による貴族にとってかわる精神による新しい貴族の出現を力説している。

彼のいう新貴族主義とは、個人を政治の枢軸とし「人物の価値と個人の手腕を基盤として、一つの新しい自然な社会ピラミッドを築こうとしている」⁽⁴⁾ものである。この新貴族主義は、現代、世界を二分している二つのイデオロギーに対して闘争し、新しい貴族政体を樹立し、社会全体の構造をプレーン・トラストに変革し、人物による大衆指導という進化的政治によって、人類の解放と向上をめざすものである。このことは、今日、民主主義の政治形体において、指導者よりも大衆が優位にあるのに対して人物を政治の拠点とし、人物が大衆を指導すべきであるとする考えに立脚したものであり、数による政権のかわりに個人主義をその基盤とした質による政権というプラトンの原則におきかえたものである。この場合の人物とは、過去の血統による貴族ではなく、価値からみた貴族でなければならないと論じており、ここに新貴族主義の理念をうかがうことができる。

新貴族主義は、自由思想が基盤となっており、この自由こそ人物の栄える唯一の基盤であると考えている。そして新貴族主義の社会的綱領は「万人に最低生活を—最高能力者には最高生活を」をモットーとして掲げ、誰でも人間は、その天分の許す範囲においてどんな高い地位にも進みうる可能性があたえられなければならないと主張している。それ故に、新貴族主義においては自由と平等は両立しないのであり、平等と無闘争は要求されないで、不平等と闘争が要求されてくる。なぜならば、平等は機械的であり、自由は有機的であるからである。

新貴族主義的政治は「不公平な不平等から平等化を経過し、公平な不平等に到達すること」⁽⁵⁾によって、今日の意味における人種や階級を消滅せしめ、真の意味の新しい貴族を生むことを最高の使命としている。そして新しい貴族は、大衆を基盤として、才能とエネルギーによって絶えず生まれ変わり、それぞれの能力に応じて発展する可能性を与えられるべきであるとしており、このような機会の平等性という点に、新貴族主義における自由と平等の新しい意義を見ることができる。

また新貴族主義は、闘争をも要求している。闘争はあらゆる競争原理の根底にあり、完成への道程でもある。闘争と闘争意志は、人類文化の創造者であると共に維持者であるとする考えから、彼は新貴族主義における闘争を肯定している。この闘争は快楽を目的とした闘争ではなく、形のための闘争であり、この闘争において美を目標とし、勇敢を美德とする近代の英雄主義が肯定され、闘争を通して人間は気高くならねばならないと論じている。そして、すべての闘争におけるゼントルマン理念を礎石とする騎士道精神と、闘争を美化するフェアプレーによって人生は浄化され最高の競技となり、「力と形」

「強さと美しさ」の調和となることを確信している。

力と形は宇宙の本質である。また同時に「エネルギーと調和」でもあり、あらゆる芸術の根本でもある。力は人間に活動することを要求し、形は人間に成形することを要求する。この世界の根本要素は、同時に人間の二つの根本要素でもあるとする立場から、「力と形は、あらゆる人間存在の分野において、最高の目標であり、最高の価値となる」⁽⁶⁾と定義している。それ故に、すべての新貴族主義は自由主義的であると同時に英雄的でもあり、またそれは教義に基づくものではなく、われわれの美的感覚に基づく英雄的倫理、すなわち超倫理⁽⁷⁾に基づいてのみ発展が可能であることを説き明かしている。

彼は、このような自由と平等と闘争という新貴族主義的要素を、すぐれた人物の発展する基礎として重要視し「すぐれた人物は、自由の中でみずからを伸ばし、闘争の中で自己を完成する」⁽⁸⁾ものだとし、価値からみた貴族の人間を生むことが、新貴族主義的政治に課せられた使命であると論じている。

2

クーデンホーフ・カレルギーは、未来の貴族について過去の貴族が量の上に築かれていたのに対して、未来の貴族は質の上に築かれるべきだとし、貴族的人種のかわりに貴族的個人が生まれなければならないと述べている。

このような意味において、未来の新しい貴族は、「人間の階級構成における人為的規格からは生まれなくて、欲情昂進的な優生学について神のつくった法則から生まれる」⁽⁹⁾としている。この優生学は人間改良の学問であり、実践的な生物学である。生物学的な形は育成によって改良することができることから、人間が動植物を飼育し栽培するのと同様に、自然の法則に従った育成を支援する人為的育成の必要性を重視し、人間はみずからを育成しなければならないとしている。

このようにして生まれてくる新しい貴族は、「封建的でも、ブルジョア的でも、プロレタリア的でもなくなり、総合的なものとなるであろう。今日の意味における人種や階級はなくなり、人物のみが残るであろう」⁽¹⁰⁾と述べており、個人の価値、個人の完全、および肉体的、精神的、知的な美を基礎とする人格の貴族となることを強調している。そして人間性と勇敢、完成した形と最も深い感情、美と正義に対する愛好心を兼備し、醜く、卑俗な行動をするよりも、むしろ死を選ぶ人を未来の人間像としてかかげている。

これは完成した調和と高められた生命力に基づく最高の力と最高の美に達した人であり、「善一悪」という社

会上の価値のかわりに、「気高さ一卑俗」すなわち「美一醜」という貴族的な価値を備えた気高い人間を理想とする、超倫理的な一つの人間タイプとしての、真のゼントルマンに一致するものである。

次に注目すべきは、クーデンホーフ・カレルギーがすでに1925年に新しい貴族が誕生する社会的基盤として、余暇の必要性を力説していることである。これまでの文化は、すべて奴隷制度に基づいて築かれてきた。これまでの少数の人々の余暇は、多数の人々の過重労働によってのみ可能であった。今日においても、なお実際問題として生きるためには、一日の大部分をみずから気の進まぬ仕事に従事しなければならない者は、最大限に自由を束縛されているのであり、余暇と自由は有産階級の特権にすぎない現状である。

古代ギリシアにおいては、スコレーをもつことがカロカガティアの理想を追求する具体的な方策であったごとく、クーデンホーフ・カレルギーは、余暇と自由をすべての文化の前提条件とし、余暇を時間的にみた自由の相関概念として捉え、余暇の効果が発揮されるだけの余暇がなかったならば、すべての自由は幻想にすぎないとする観点に立って、人間進化の基礎として有機的活動をするための余暇をもつことの重要性を説いている。

そして現代、いろんな意味での奴隷制度がなくても文化が可能で時代が始まりつつあることを指摘し、このような偉大な変化は政治や倫理のおかげでもなく技術によるものだとし、奴隷制度を破壊すると同時に文化を救うことのできる唯一の方法を技術に求めているのである。この技術の究極の目的は、技術革新によって全人類を支配者階級にまで引き上げることがをねらいとしている。「百万長者が今日持っている生活能力を、将来いつかは全人類に与えることが技術に課せられた文化的目標である」⁽¹¹⁾とし、また「技術の目的とするところは、富、力、安楽、美、幸福を一般化する点にあり、人類をプロレタリア化する点にはなく、貴族化することにある」⁽¹²⁾と述べている。

技術革新がもたらした余暇は、現代、大幅に拡大され、楽しむことや創造することが一般化してきてはいるが、人間本来の「あそびをせんとやうまれけん」には、まだまだほど遠いものが感じられ、現代こそ、技術の闘争時代であると同時に、文化の準備時代として受け止めなければならないと思うのである。このことについて彼は、「われわれは、われわれの同時代の人々の奴隷ではなく、われわれの子孫の奴隷である。文化に対するわれわれの考えによれば、同時代に相並んで存在する支配階級と奴隷階級の代わりに、時代を前後して存在する奴隷時代と支配者の時代の関係にある。今日の労働社会は、明日の

文化社会の基礎を築きつつある」⁰³のだと述べており、技術革新の時代に生きるわれわれは、未来の文化時代に眼を向けることによってのみ、闘争をつづけて最後の勝利を得る力を与えられるということを示唆しているものと理解することができる。

クーデンホーフ・カレルギーのいう技術とは、超技術⁰⁴のことである。彼は超技術によって、全人類を貴族化することをねらっている。そして超技術によって、労働と余暇の絶対転化が行われるとき、われわれは始めて真の自由と多くの余暇を獲得することになる。この余暇によって身体および精神の錬成と、労働のために奪われていた調和を取り戻し、さらには、芸術やスポーツに、遊戯や夢に耽るという有機的活動を通して、新しい貴族的な精神を創造しなければならないと論じている。

なぜならば、一個の空想力である人間は、空想できなかったら破滅するからである。要するに人間は有機的な活動をするための余暇を持たなければならない。そして余暇こそ新しい貴族精神の生まれる土壌とならなければならないのであり、ここに彼のレジャー観に立脚した人間教育をうかがうことができる。

3

クーデンホーフ・カレルギーによれば、レジャーを社会的基盤とする新貴族主義的人間の創造は、子供の教育人間育成を目標とする超倫理的な教育法によって達成しうるとしている。

昨今の教育は、生まれつき奔放で、自由である子供を馴し、訓練し、人為的規格の中におしこめ、人間社会にとって役立つ一成員を育てあげようとするものであるが、これに対して超倫理的な教育法は、「教養のない人間という生の材料から、人物という生きた芸術作品を創り上げる」⁰⁵ことを目的とするものである。

この超倫理的な教育法は、これもまた自然の導くところに従うものであり、欲情昂進的な優生学が基盤となっている。自然界においては、すべての動植物が結婚期において、最高美を求めると同様に、人間社会においても結婚期において、美を求めると意志が人間を最も強く支配する。換言すれば、自然淘汰においては、美の法則だけが支配し、倫理の法則は支配しないということであり、人間のすべての努力は美を目標としているということにすぎるのである。

彼は、「肉体の健全、美、調和、力および上品さと優美の方が情欲的な成果を上げるためには、精神的な優美点を全部集めたよりも決定的な力をもっている」⁰⁶との考えから、自然界は聖人的な人類や道徳的な人類を育成

することは肝要ではなく、むしろ健康で、美しく、強い人類を創造することが重要であることを力説している。

特に汚れを知らぬ純真な子供の胸中には、健康と力、美と純粹へのあこがれがあり、本能的に美の価値を信ずるものであるが、この子供達の本来持っている超倫理的な本能を基礎として発展させるのが超倫理的な教育の根本原理となっている。さらには子供達の美を求めると自然な性向を利用し、かつ発展させることによって、気高い完全な人間の理想を子供達の心に植えつけることによってその理想は、子供達の精神の中で自然に人間を教育する役割をもはたす効果が生じるのだと論じている。それはすべての子供に共通する唯一の目標として、できるかぎり美しく、できるかぎり健康で、できるかぎり完全であることを要求するものである。

この教育法は、「美こそ、自然がわれわれの中に承認する唯一の価値」⁰⁷であるとする、価値観から、自然にとって最も美しく、最も強い個々のものを育成し、価値の低いものを死滅させ、また力のあるほうが弱いことよりもよく、美のほうが醜よりもよいと言う、彼の哲学的原理より導きだされた教育法であり、美の戒律に根ざした自然の教育である。

この自然の教育は、情欲において身体美を最も高く評価し、次いで精神美を、そして知的美を評価すると述べている。このような観点から超倫理的な教育の目標として第1に体育、次いで人格教育、最後に知的教育をかかげ、「完成した人格が完成した身体に宿る如く、完成した精神は完成した人格に宿る」とする立場から、教育は身体とエネルギーを発展させることから始めるべきだと論じている。また健康と美は、この二つの価値の所産として生まれるものに他ならないとし、「肉体は精神に至る門」⁰⁸として体育を把え、肉体を通しての人間育成と創造を強調している。

今日おこなわれている、わが国の知育偏重教育をかえりみると、知育教育を第一に、人格教育を次に、体育を後ろにという順序の教育は、自然を冒瀆する結果として必然的に退化を招く恐れが懸念され、クーデンホーフ・カレルギーの超倫理的な教育法こそ、このことへの警鐘として受けとめるべきだと思われる。

そして体育は、スポーツをもって始めるべきだとし、スポーツにより肉体は精神の飛躍力を取り戻し、肉体の力によって精神力を回復し、肉体の鍛錬を通して肉体と精神のバランスをとることを求めている。これは河野十全のいう「肉体と精神の調和」⁰⁹に相通するものであり、このような彼の身体論は、肉体をネガティブなものとしてではなく、ポジティブなものとして把え、人間的現実を心身合一的に理解している点で高く評価できる。

また彼の体育観は、「スポーツは、身体的なもの乗り越えて志向される自己完成としての全人教育である」⁹⁴とするカールデームのスポーツによる人間教育にも相通するものであり、特にスポーツの騎士道精神を重要視している点で、両者の一致を見ることができる。このスポーツの騎士道精神は、力に優雅を添え闘争に美を添えるものであり、神聖な英雄精神にも通じるものであるとする観点に立って、真のセントルマン理想の道徳上の基礎を一般に広めるための最も自然な形式として、スポーツを捉え、スポーツに大なる価値を見出している。

さらに体育は、スポーツの場においてスポーツの持つ闘争性、自由性、平等性というスポーツ空間の弁証的構造を通して、また古代ギリシアの道徳指針であった「カロオス・プラティン」、すなわち美しく行動することを通して人間の創造をねらうものであり、クーデンホーフ・カレルギーも、新貴族主義の実践的キーポイントとして体育・スポーツを捉えている点に共感を覚える。

ま と め

新貴族主義は、プラトンとニーチェの哲学的思索を根源とし、新しい英雄の倫理、新しい理想の世界観を基礎とする実践的理想主義であり、ボルシェビズムと物質主義の危機から、革命によらないで進化発展により、われわれ人類を救うイデオロギーを超えた理念である。そして、自由と平等と闘争という新貴族主義の要素をすぐれた人間の成長発展する基礎とし、価値からみた貴族的人間を生むことが、新貴族主義に課せられた最高使命としている。

新貴族主義社会の要求する人間像として、形と内容において自己の内面的な美と外面的な美を、自然と運命によって定められた限度にまで完成し、質を基礎とし、3次元の完全化を基礎とする個性ある人間をかがげ、これを人類永遠の人間理想としているところに特色がみられる。このような考えは、美の哲学に基づく現実的な考えであり、単なる観念論でないところに彼の偉大さがみられる。さらに、この理想を実現する方法として超倫理的な教育法を掲げ、新貴族の育成をはかろうとしている。

このような新貴族の人間の創造は、人生全体にわたる新貴族主義の理念に基づいた、教育を人間化、または教育に人間性回復をはかる新しい教育、すなわち人間養成の自然な順序として体育を第一優先とする、超倫理的な教育法によって行われるべきであると、今日の教育においては自然の順序が逆になり、人為的であることを批判し、自然を冒瀆する結果として、必然的に人類の退化を招く恐れありと指摘している点に共感を覚えるのである。

このことは、自然の持っている永遠の法則、永遠の調和、永遠の秩序に帰れというルソーの教育論に相通するものであり、古代ギリシア人の教養の面における理想であったカロカガティア（善と美の融合）の再現を思わせる教育論といえる。

この実践的理想主義こそ、新しい教育上のイデオロギーとなり、人生全体にわたる哲学的思想となることを確信する。そして実践的理想主義を思想的背景とする新しい体育、新しいスポーツが創造され、このスポーツを通して、未来の青少年が新貴族として育成されることに期待したいと思う。

注

- (1) 1894年駐日オーストリア代理公使ハインリッヒ・クーデンホーフ・カレルギー伯と、妻光子の次男として東京に生まれる。1972年没。この間、哲学と政治に傾注した人物であり、彼の中に東西両思想の融合をみることができる。
- (2) クーデンホーフ・カレルギー、鹿島守之助（訳）：実践的理想主義、鹿島研究所出版会、p.45、(1958)。
- (3) 前掲書(2)、p.4。
- (4) クーデンホーフ・カレルギー、鹿島守之助（訳）：物質主義からの離脱、鹿島研究所出版会、p.198、(1967)。
- (5) 前掲書(2)、p.76。
- (6) 前掲書(4)、p.27。
- (7) 超倫理とは、美学的基礎の上に立った、新しい広範囲の倫理につけた名前。倫理と美学の総合された人間の美学である。「善—悪」という従来の一対をなす価値のかわりに、「美—醜」という新しい価値の対立を唱えた応用美学
- (8) 前掲書(4)、p.233。
- (9) 前掲書(2)、p.75。
- (10) 前掲書(2)、p.73。
- (11) 前掲書(2)、p.150。
- (12) 前掲書(2)、p.150。
- (13) 前掲書(2)、p.180。
- (14) 超技術とは、技術そのものの枠を超えて、非技術分野をも含めたネットワークを構成し、その最も適切な組み合わせを追求し、トータル・システムとしての構成を把握するためのソフトな技術体系。
- (15) クーデンホーフ・カレルギー、鹿島守之助（訳）：倫理と超倫理、鹿島研究所出版会、p.226、(1968)。
- (16) 前掲書(15)、p.199。
- (17) 前掲書(15)、p.201。

- (18) クーデンホーフ・カレルギー, 鹿島守之助(訳): ヨーロッパ三つの魂, 河出書房新社, p.220, (1963).
- (19) 河野十全: 感覚人生のすすめ, 人間社, p.159, (1987).
- (20) 加藤元和: カールディーム, 杏林書院, p.37, (1976).

文 献

- ・クーデンホーフ・カレルギー, 鹿島守之助(訳): クーデンホーフ・カレルギー回想録, 鹿島研究所出版会, (1964).
- ・クーデンホーフ・カレルギー, 鹿島守之助(訳): パン・ヨーロッパ, 鹿島研究所出版会, (1964).
- ・クーデンホーフ・カレルギー, 深津栄一(訳): ヨー

ロッパは統合しなければならない, 鹿島研究所出版会, (1963).

- ・クーデンホーフ・カレルギー, 鹿島守之助(訳): 技術による革命, 鹿島研究所出版会, (1964).
- ・市川 浩: 精神としての身体: 勁草書房, (1976).
- ・近藤英男: 遊戯論の系譜, 近藤英男教授退官記念事業会, (1978).
- ・伴野文夫: EC=ヨーロッパ九つの顔, 日本放送出版協会, (1974).
- ・牧野 昇: 超技術, 中央公論社, (1971).
- ・岸本 康: 超技術社会, 潮出版社, (1970).
- ・浅井浅一(共著): 体育の哲学, 黎明書房, (1963).
- ・ディビット・ハウエル, 高畑昭男(訳): ヨーロッパからの提言, 株式会社ティビーエス・ブリタニカ, (1989).

シェイクスピアと英国音楽劇の伝統 マスクとオペラについて

神澤和明

Shakespeare and Tradition of Musical Drama in England (His Influence upon "Masque" and "Opera")

Kazuaki KAMIZAWA

Shakespeare's brilliant use of music in his plays was much influenced by traditional musical entertainments in England. In this essay I try to make it clear and also study his effect in the later musical theatre, especially "masque" and "opera".

(1) オペラの誕生した時代

ルネサンス時代の古代ギリシア文化復興の精神から、イタリアでオペラという古くて新しい芸術形式が生まれたのは、1580年頃とされる。ギリシア文芸の研究を目的に、フィレンツェのジョバンニ・バルディ伯爵を中心とする「カメラータ」というグループによって1597年に上演された『ラ・ダフネ』（台本リヌッチーニ・作曲ペーリ）が最初のオペラとして伝えられる。プロローグと6場面からなり、牧歌劇の世界をもつこの作品は、残念ながら現存していない。現存する作品は、O. リヌッチーニの台本にJ. ペーリが作曲して1600年にフィレンツェで上演した『エウリディーチェ』が最も古く、1602年に同じ台本にG. カッチーニが作曲したものも、フィレンツェにおいて上演されている¹⁾。

上演は劇場ではなく、貴族の私邸を使っておこなわれた。題名からわかるように、題材としてとられたのは、亡き妻エウリディーチェを冥界に救い出しに行く音楽家オルフェウスを描いた「ギリシア神話」である。

概念としては、当時盛んであったポリフォニー（多声楽様式）²⁾ に対して、歌詞の内容や、それに付随する感情を生き生きと描き出そうとするホモフォニー（単声楽様式）への動きが、演劇という他ジャンルの芸術形式と結び付いたと言えよう。従って、初めの「オペラ」は、詩を美しく歌い上げる音楽的な語り（レシタティーボ）を主として、有節歌曲（アリアや重唱）は従であった。伴奏楽器としてあがっているものは、チェンバロ、リュウ

ト、バスリュート、キタローネ（撥弦楽器）、リコーダーなどである。この時期にはまだ、オペラという呼称はなく、ドラム・ミュージカ（音楽劇）と称された。

時を同じくして同じカメラータに属するカヴァリエが『霊と肉との演戯』という題の宗教的教訓劇を上演している。対話や独唱にわずかな動きがともなうもので、「オラトリオ」と呼ばれた。ペーリやカッチーニが優れた歌手であったに対して、カヴァリエは素人作曲家であり、彼の作品は舞踊や器楽曲が中心になっている。

このようにして生まれた新しい芸術形式はローマ、ヴェネツィア、ナポリと、イタリアの主要な都市に広まり、「オペラ・セーリア」（重厚なオペラ）と「インテルメッツォ（幕間劇）」から発した「オペラ・ブッフファ」（ふざけたオペラ）に分化発展する。そして、イタリア文化圏の広まりに応じて、フランス、ドイツなどの音楽文化に影響を与え、世界的な芸術として、育って行く³⁾。フランスから海を越えてイギリスに伝わって来るのは、1684年ごろになる。作品として、ジョン・プロウの『ヴィー

注 1) この前年、シェイクスピアの劇団は、テムズ川南岸にグローブ座という新しい劇場を建て、新たな活動期に入った。シェイクスピア自身にとっても、『ハムレット』を始めとする偉大な「悲劇時代」の幕明けであった。

2) 中世以来主に教会音楽とからんで発展してきたポリフォニーは、それぞれの声部が独立性をもつ、いわば民主的な音楽であるが、その原始的形態ともいえるギリシア時代のヘテロフォニー程の力強さ、複雑さに欠け、言葉伝えるに不向きで、またその「建築的」な構造的性質から、あふれんばかりの情熱を楽曲の中にとたえることができなかった。

ナスとアドニス』及びヘンリー・パーセルの『ディードーとエーネイアス』が、その嚆矢とされている。

(2) シェイクスピアへの影響

シェイクスピアの活躍したエリザベス朝／ジェイムス朝は、イギリス音楽の黄金期でもある。純粋な器楽曲・声楽曲はもちろん、劇音楽も大きな発展を経験した。

中世以来、「神秘劇 Mystery」「秘蹟劇 Miracle」「教訓劇あるいは道徳劇 Morality play」などに民衆は親しんでいた。秘蹟劇は人々の宗教意識を高めることを目的とし、キリストの行なった様々な奇跡を場面にしくんだものであった。「オラトリオ」が教会から生まれたように、それには神の神々しさをたたえる音楽がつきものである。教会や公の建物を利用して演じられ、合唱団をはじめとする演奏者たちが宗教音楽を演奏する、大掛かりな催しであった。神秘劇はベイジェント（野外劇）である。今も残る記録からわかるが、大きな広場に幾つもの屋台もしくは山車がすえられ、その上で聖書からの場面が演じられる。見物は、それぞれの屋台を順に見てまわるのである。一つの飾りきりの場面という制約、注意の散り易い野外で、客をひきつける手段として音楽が頻りに演奏されていたことは、想像に難くない。大勢の演奏家をわずらわせることはできないし、場所柄あまり賑やかな音楽を演奏するということもなかったであろう。教訓劇は、より気楽に楽しめる民衆の娯楽であった。ラグラントの詩『農夫ピアズ』にみるように、登場人物は、知性や正義や怠惰などを擬人化したもので、人間が良からぬ誘惑から身を守るべきことを他愛ない筋に仕組み、俗っぽい言葉と笑いの要素をふんだんにとり入れていた。セリフだけでなく当時の流行り歌の替歌が使われて、観客の興味をつないでいった。子供時分のシェイクスピアは故郷のストラットフォード・アポン・エイヴォンで、トリニティ教会での賑やかな音楽と共に、祭日などにこうした娯楽にも親しんでいたろう。おそらくこの教訓劇がそのまま「ジク⁴⁾」に発展して行ったのではない。

踊りの名としても使われるジクは、替歌の掛け合いを中心にした短い笑劇であり、エリザベス朝まで庶民の娯楽として喜ばれた。道徳劇が題材の点で制約されていたのに比べて、ジクは世間の風俗を題材に取り上げ、庶民の喝采を浴びていた。シェイクスピアの『冬の夜語り』の中で、バラッド（流行歌謡）売りに姿を変えた悪党のオートリカスが、道化の女友達を相手に掛け合いで歌う場面があるが、これなど洗練されたジクの味もっている。シェイクスピアが仕事を始めた当時の劇場の人気者

は、芝居のフィナーレで演じられるジクを得意とした道化役者たちであった。太鼓と笛の名手であったリチャード・タールトン、ケイパー踊りの名手であり、ジクの台本作者としても人気のあったウィリアム・ケンプ⁵⁾などの名前が輝いている。もともと劇場では、一連の場面の終わり毎や上演の半ばに、「インテルメッツォ」と呼ばれる音楽の演奏や踊りが挟まれていた。芝居の流れを止めるこのような習慣はやがてすたれ、芝居の終わりにつけられるようになった。そして観客の喜ぶこのフィナーレを盛り上げる役者を抱えていることは、劇団にとって大切なことであった。シェイクスピアの初期の作品には、そうした道化役者たちによるフィナーレを意図したようなものがある。すぐ思い付くのは『真夏の夜の夢』の終幕で、素人芝居を演じた職人たちが退場にあたって踊るパーゴマスク・ダンスである。

貴族階級に楽しまれた娯楽として、「仮装」と「舞踏会」がある。仮装は、神話や牧歌劇の登場人物に扮して寸劇を演じて楽しむものであり、これらの楽しみは、少し後に「マスク（仮面劇）」という形に発展する。シェイクスピアがその初期に発表した喜劇『恋の骨折り損』は、これらの趣向を取り入れた良い例である。

『恋の骨折り損』は従来、シェイクスピアの作品としてはあまり高く評価されていない作である。若い宮廷人たちが、学問のために3年間の禁欲生活を送ると誓うが、訪れて来た美しい貴婦人たちに心を奪われてしまい、情

注 3) フランスでは「グラン・オペラ」「オペラ・コミック」という分け方がされる。「ブッフア」「コミック」においては、「レシタティーボ」は歌わない「セリフ」になっていることが多い。なおドイツでは伝統の「ジクシュビール（歌芝居）」との融合も行われた。

4) ちょうど、寄席でみるボーイズショウを思い浮かべるとよいのではないか。始めは独立した上演であったが、劇場の発展につれて、長い芝居の後のフィナーレとして演じられるようになった。演じ手には歌と踊りと即興演技の素養が必要だった。資料を紛失したために実例をひけないのが残念だが、Elizabethan Jiggという本に、多くのジクの台本がのせてある。登場人物は2～3名程度で、庶民生活を舞台とし、卑俗でこっけいな筋書もっていた。

5) ウィリアム・ケンプ（～1603?）は、シェイクスピアの劇団の幹部であった。しかし、大衆の好みの変化と、劇団の方針変更（シェイクスピアの芝居の変化でもある）によって、活動場所をなくし、劇団を去る。

6) 活動場所が制限されたために、劇団の小規模な再編成が行われたのではないかと推測される。成人劇団のライバルであった少年劇団との交流も、パトロンである貴族の邸での上演ということで、ありえたと思う。するとこの劇で女性役の多いことが説明される。

けなくとも誓いを破ってしまうという筋立ては、平凡なプロットで魅力的とは言えない。同じく初期に書かれた『ヘンリー6世』3部作が、未熟ではあっても戦闘場面とよく知られた史実の魅力で、また『間違いの喜劇』が、2組の双子児の取り違えというスピード感のある動きの笑いの輻輳の楽しさで、観客をひきつけたのに比べれば、『恋の骨折り損』の魅力の薄さは否めない。しかしこの作品の魅力は、プロットや登場人物の性格よりむしろ、その言葉の使い方にある。この芝居では、洒落・悪口合戦・手紙の読み上げ・勿体ぶった言い回し・言葉の使い損ない・常識の裏をゆく皮肉な美辞麗句・即興詩の応酬といった、シェイクスピア円熟期の喜劇を彩る言葉のテクニックが、たっぷりと使われている。観客の耳に働き掛けてくる力こそが、この作品の魅力である。であれば音楽の扱ひも当然重要である。小姓の歌が2曲、男女の掛け合いの歌が1曲、聞かせ所として設定されている。これらはリュート伴奏によるだろう。終幕の第5幕には仮面舞踏会の場面があり、恋人の取り違えというコミックの伏線になっている。もっとも特徴的なのは、劇をとじる「9人の英雄の劇中劇」と「春・カッコウ」と「冬・梟」を主題にした合唱である。この劇中劇は、当時貴族達の邸でよく催された余興の「仮装劇」を模したものだ。この『恋の骨折り損』が、1593年というベスト大流行の年に作られたらしいことに注意する必要があるだろう⁶⁾。その意味することは、公衆劇場が長期にわたって閉鎖され、ロンドンの劇団は地方へ旅巡業に出掛けるか、貴族の邸で催される私的な上演を行うしかなかったということである。『恋の骨折り損』は、題材からみてもまた、時事的な風刺からしても、貴族という特定された観客を対象にした芝居であることが推測される。つまり観客が自分たちの身近にもっていた芸能の趣向を、シェイクスピアは芝居にそのままもちこんだのである。どうもシェイクスピアは、それまでと異なる芝居作りをし始めたのではないだろうか。G.K.チェーンバーズの推定する執筆年代によれば、『恋の骨折り損』以前の作品とされる『ヘンリー6世』3部作、『リチャード3世』『間違いの喜劇』『タイタス・アンドロニカス』『じゃじゃ馬ならし』においては歌が使われないのに（『じゃじゃ馬ならし』でベトルキオーが鼻歌を歌うが）、ほぼ同時期の『ヴェローナの2紳士』には芝居の筋にかかわる形で『シルビアとは誰？』という恋の歌が挿入され、そして以降、シェイクスピアの音楽への傾倒はかなりのものがある。喜劇に歌を挿入することは以前からのよくある手とはいえ、まだ駆け出しのシェイクスピアに音楽を武器として使いこなす自信をもたせた点で、『恋の骨折り損』は意味の深い作品である。また、流行の音楽的イヴェ

ントをまるごと劇中に取り込むというテクニックは、後の作品でも時としてふるわれている。

(3) シェイクスピアのマスク

劇に音楽を使ったのは、シェイクスピアが初めてというわけではない。前エリザベス朝喜劇として現存している『ラルフ・ロイスター・ダール』（1550年頃）にしり、あるいはシェイクスピアと同期の喜劇作家であるトマス・デッカーの『オールド・フォーチュネイタス』（1600）などにしり、歌や音楽演奏が取り入れられている。ついでに言えば、『オールド・フォーチュネイタス』には、昔風の教訓劇が劇中劇として、くりかえし仕組まれている。こうした作品での音楽は、以前の神秘劇・教訓劇から引き継いだまま、観客を楽しませる彩りとしてだけ、ほとんど無自覚に用いられる。作者は歌詞の韻律に注意を払うが、その音楽で何を表現するか、芝居全体の流れの中でどう働くかを気にしているようには、思われない。シェイクスピアの音楽の使い方は、それらの作品の場合とは異なっている。歌はそれを歌うにふさわしい人物によって歌われ、奏でられる音楽はその場面の雰囲気を作り、それが次の場面を導くように工夫される。時には『リア王』の道化の歌のように、一種の異化作用をひきおこして観客に冷静な目で登場人物たちの愚行をながめさせたり、緊迫した場面の中で緊張をはくす役割を果たしたりもする。一言で言ってしまうと、音楽そのものが、芝居の世界を構成する主要な要素になっている。その点で、彼の作品は後世の〔オペラ〕や〔ミュージカル〕といった音楽劇への道を開くものといえるのではないだろうか。彼の劇でどれくらい歌やダンスが使われているか、表にしてみよう。ここでは、王の登場や戦場での合図として使われるコルネットによるファンファーレの類は省く。また、音楽の演奏は、セリフで明確になっているものだけに限定する。ローマ数字は何幕目かを示す。歌（Song/Singingと指定）は◎、音楽演奏は○、踊りは◇で表す。同じ幕で何回も音楽がでてきた場合も、印はひとつだけとする。

ここにあげていない作品でも、音楽がまるで使われていないというわけではないことを、注意願いたい。同様に印のついていない幕でも音楽が聞こえている可能性はある。なお、『お気に召すまま』第5幕、『マクベス』第4幕、『シンペリン』第5幕、『あらし』第4幕は、いわゆるマスクの形式をとっている。『ベリクリーズ』は各幕の冒頭に〔黙劇〕が演じられるが、これに音楽の演奏がついていることは間違いない。『ハムレット』の劇中劇で使われる黙劇においても然りである。また、

作 品 名	I	II	III	IV	V
じゃじゃ馬ならし			○	◎	
ヴェローナの2紳士				◎	
恋の骨折り損	◎?		◎	◎	◇◎
ロミオとジュリエット	◇	◎		◎?	
真夏の夜の夢		◎	◎		◇
ヴェニス商人			◎		○
ヘンリー4世第2部					◎
ヘンリー5世			◎?		
空 騒 ぎ		◎			◎
ジュリアス・シーザー					◎
お気に召すまま		◎	◎?	◎	◎◇
十二夜	○	◎		◎	◎
ハムレット			◎◎	◎	◎
ウインザーの陽気な女房			◎		◎◇
トロイラスとクレンダ			◎		◎
おわり良ければ総て良し	◎?				
以 尺 報 尺				◎	
オ セ ロ ー		◎		◎	
リ ア 王	◎	◎	◎		
マ ク ベ ス				◎◇	
アントニーとクレオパトラ		◎			
ベリクリーズ			○		
シ ン ベ リ ン		◎		◎	◎◇
冬 の 夜 語 り			◎◇		○
あ ら し	◎	◎	◎	◎◇	◎
ヘンリー8世	◇		◎		

(疑問符つきは、歌と思われるが指定のないもの)

『ハムレット』『リア王』での歌は、道化、狂人、もしくは狂人を装う者の歌り、断片的な歌である。

当時の劇場での約束事として、悲劇では歌はあまり使わない、高貴な身分の役や英雄は歌を歌わないということがあったそうだが、シェイクスピアは『オセロー』でデズデモーナに「柳の歌」を歌わせて、この約束事を破っている。しかし、概して歌を歌う役は、道化もしくは狂気にとらわれた人物にふられている。喜劇においても、歌は道化、そしてそれに準ずる役の者が、歌手をつとめている。このことは登場人物の性格分析を行う場合、役立つ事実である。

表を見て気付くことだが、第3幕・第4幕に歌が歌われることが多い。シェイクスピアの作品を5幕に分けたのは後世の研究者たちであって、もともと台本には幕や場の指定は無く、上演する場合は間に1回の休憩がはいるだけである。第3幕・第4幕というと、ちょうど芝居の半ばである。芝居にアクセントをつけるために、ある

いは休憩で緩んだ観客の気持ちを舞台に引き戻すために、このあたりに歌がはさみこまれるのは、劇作のテクニックとして当然であろう。

『真夏の夜の夢』『お気に召すまま』『十二夜』などは音楽劇と言ってもよいほどの作品であるが、次の時代の芸能、マスクとの関連でいうなら、『あらし』こそシェイクスピアの完成した音楽劇と言っても過言ではあるまい。『あらし』の舞台となる魔法の島では、登場人物のキャリバンが語るように、間なしに音楽が聞こえている。この作品が、どうやら「ブラックフライヤーズ」という屋内劇場での上演を予定して、しかもその劇場の機構から、これまでになかったような視覚・聴覚効果が使えるという前提で書かれたらしいことを思うと、この作品が特に音楽劇として高い完成度をもっていることに不思議はあるまい。『あらし』の音楽効果については、以前の論文、“Shakespeare’s Use of Music in *The Tempest*”で論じたので、全体については繰り返さない。ただ他の劇作家のマスクとの関連を論じるために、第4幕の仮面劇の部分だけを見ると：

劇の始まりを告げる静かな音楽が奏される。(前奏曲) [先触れ]として、虹の女神「アイリス」が登場する。彼女は豊饒の女神「シアリーズ」の恵みの大きさを言葉をつらねて称え、その女神を呼び出す。(朗唱)

シアリーズが登場し、アイリスと出会い、最高の女神「ジュノー」が正しく結ばれた恋人たちに祝福をあたえるためここに現れ、若きカップルには永遠の幸福が約束されることを語る。(対話) (ここまでは、音楽にのせた語りであり、歌ではない)

ジュノーが、孔雀の車に乗って中天から現れ、恋人たちの日々の幸福を祈る、祝福の歌を歌う。(独唱、おそらくソプラノであろう)

それを引き継いでシアリーズが、豊饒の実りを約束する歌を歌う。(独唱、同じくソプラノではないか)

アイリスが水の精たちを呼び出し、更に草刈り男たちを呼び出して、田舎風の踊りを所望する。(牧歌劇にならった、ダンス)

『あらし』の仮面劇は、プロデューサーであるプロスペローの腹立ちのために、ここで中断されるが、一応ひとつのまとまった形はみてとれる。仮面劇は、大体次のようなシークエンスでまとまりがついてゆく。[前奏曲] → [エイア(メロディーの豊かな器楽曲)] → [序詞] → [対話] → [中心人物の登場と独唱] → [もう一つの独唱/重唱] → [合唱] → [ダンス]。多幕物の場合は、道化の場面などが組み込まれたこのシークエンスが繰り返される。後に引用するパーセルの『妖精の女王』と較べてほしい。登場するのがギリシアの神々であるのが、

いかにもそれらしい。仮面劇も初期オペラでも、古代ギリシア劇を模す意識が強く、デウス・エクス・マキーナ（機械仕掛の神）の登場が頻繁だったという。ここではジューノーが乗物に乗って、中天から登場する。シェイクスピアは彼が相手とする観客の好みを受け止め、流行していた仮面劇を彼なりにまねて作り、自分の作品の中に取り込んだわけである。『お気に召すまま』のマスクよりさらに複雑なこの場面は、劇作家にとって実験であったのだろうか。人気の出てきた後輩たちに腕をみせたのだろうか。

このように音楽的感覚が鋭く、また替え歌の達人であったシェイクスピアの音楽体験がどのようなものであったかわからないが、“Hey, nonny no”は愛歌曲の一つであったろう。この素朴な曲は『リア王』の道化や『十二夜』のフェステラによって、繰り返して歌われる。やや哀愁を帯びた耳に優しいメロディーをもち、これらの役を演じたろう知性派道化役者ロバート・アーミンの、おそらくやや甲高い柔らかい声が、聞こえるような気がする。そういえば彼の劇中歌には、たいてい『ヘイノノー』に通じる物憂げな気分がある。

そもそも替え歌を自在に用いるためには、高度な音楽的センスを必要とすることからして、シェイクスピアの音楽の素養は、かなりのものがあつたと思う。また既製の音楽だけではなく、新たに作曲された作品が音楽劇としての性質の強いロマンティック喜劇やロマンス劇に見出される。たとえばジョン・ウイルソンやロバート・ジョンソンなどの名前は、シェイクスピア作品の初演時の作曲家として考えられている。ジョンソンの残した楽譜には、『あらし』『シンベリン』などに作曲したものが見出される。彼らはまた、他の劇作家と共同で仕事をする、有能な仮面劇の作曲家でもあつた。シェイクスピアが当時の最大の音楽家、ジョン・ダウラントやトマス・モーレイと組んでいないのは残念だが⁷⁾、けっして出来の悪い音楽家たちと仕事をしてきたとは言えない。

このように、すぐれたマスクを書く能力があり、宮廷人とも接触があつたにもかかわらず、シェイクスピアが独立した仮面劇を残していないのはなぜだろう。私は3つの原因を考えている。1つには、仮面劇は観客を高貴な人々に限定してしまい、上演の機会も限られる。出演者たちも、いつもの仲間ではなく、合唱団員たちと組むことになってしまう。作者としてだけ自分を割り切っている大学出の才人たちと異なり、劇団の大株主、座付き作者としての自覚の強かったシェイクスピアには、抵抗があつたであろう。2つには、どうしても創作の主導権が音楽家、舞踊家にとられてしまう。彼の苦心の詩はズタズタにされ、不必要な舞踊によって芝居の流れは頻繁

にせき止められてしまうだろう。3つ目には、当時の音楽の様式では登場人物の人物造形が表現できなかった。人間を描き出すことに非凡の才をもっていたシェイクスピアには、あきたらなかつたであろう。音楽が彼の表現力に追いつくまでには、もう少し時間が必要であつた。

(4) マスクからオペラへ

シェイクスピアの晩年期に重なるように、宮廷を中心に、それまでの歌入り芝居とは違う音楽劇が大流行して来た。これは「マスク（仮面劇）」と呼ばれている。

仮面劇といっても必ずしも仮面をつけていたわけではない。名前の由来は、フランスのパレード・クールあるいはイタリアのマスケラータ（仮面舞踏）から来ている。イギリスの伝統的な娯楽である仮装劇と、イタリアから渡来した、演技者が観客とともに踊る仮面舞踏会（レベル）とを結合し、それに演劇的な要素を強化することによって成立したものとえばイメージがつかみやすいだろう。大雑把に言うと、以前からの演劇ジャンルである牧歌劇の寓話的な筋だてに、音楽と舞踊を加え、美しい衣装によって観客を酔わせるものである。舞台になるのは、観客たる宮廷貴族の日常とはかい離した田園もしくは桃源境であり、登場するのは素朴な羊飼いや英雄、神々である。彼らの交わす愛の言葉や祝福が独唱や重唱で歌われるが、決して筋の上から必然のものではない。言わばすべて〔気分〕を作り出すためのものである。構成を舞踊の面からみれば、核となる3つの舞踊、「エントリー」「メインダンス」「ゴーイングオフ」が大枠を作っている。メインダンスはバレエのような創作舞踊だが、入退場の踊りは当時流行の舞踊を用いて観客とともに踊らせた。これは祝典の企画としてはまことに好適であるが、逆にこのことがマスクの扱うテーマや筋立てに制約を加えたことも事実である。作者として活躍した「大学出の才人たち」は、動く叙情詩でも作るつもりで、いたのではないか。仮面劇を演じる役者たちは主として教会付きの少年合唱団であり、婚礼などの祝典の場で演じられる場合は当の貴族達まで出演したのであるから、おとなの

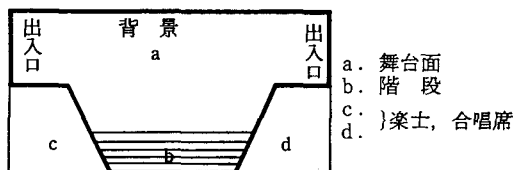
注 7) トマス・モーレイとシェイクスピアは一時期同じ町内に住んでいた。有名人同士でまったく無視あつていたとは思えない。『お気に召すまま』の劇中歌“*Oh, Mistress Mine*”にモーレイが作曲したものが残っているが、劇の上演に際して用いられたものかはわからない。むしろ上演後に、評判になった歌詞にあらたに作曲したのではないかと思う。ダウラントはリュートの弾き語りという、一人だけで完結する世界しか作らなかつたし、モーレイも、歌よりは器楽曲の方により才能があつたようだ。

劇団のように、高度な人物表現を可能にする演技力は必要ではなかった。必要とされるのは見る者をうっとりさせる美しい美術と心楽しませるハーモニーであった。エリザベス1世の逸話に見るごとく、当時は素人でさえも、かなりの音楽・舞踊能力を身につけていた。

シェイクスピアと時代をともした、後輩の若い劇作家たちの多くが仮面劇の台本を手がけているが、特にボームント&フレッチャー⁸⁾、ベン・ジョンソン⁹⁾は大いに人気を博した作者である。作曲者としては、アルフォンゾ・フェラボスコ2世、詩人で台本も書いたトマス・キャンピオン(1567~1620)、ロバート・ジョーンズ(1570?~1615?)等の名前が良く知られている。また衣装・装置など美術面の大立者としてイニゴ・ジョーンズ(1573~1652)の名前が、そのスケッチとともに残っている。

マスクは貴族の私邸で演じられることが多かったが、その上演を前提とした劇場も作られていた。残念ながらここに資料を紛失してしまったので記憶によるしかないが、当時の仮面劇の舞台の図は、次のようなものである。

なにより、仮面劇の劇場は屋内劇場であった。普通の芝居では、ようやく「ブラックフライヤーズ座」などの屋内劇場も使い始めてはきたが、まだまだ屋外劇場が主



であった。仮面劇場の場合は観客層を貴族階級にほとんど限定しているが、ふきさらしの屋外で演じるのは都合が悪い。また音楽の効果を高めるためにも、閉じられた上演空間が必要である。当時の楽器の音量はかなり小さなものであった。美術的要素を重視したので、装置や背景も使われたろう。宙乗りの機械なども使用されている。背景を飾るとなると、普通の劇のように舞台奥の2つのドアから出入りする訳にはいかない。従って舞台の左右から出入りがなされたものと考えられる。そこには客席から見切られないための、目隠しも設置されたはずだ。客席は傾斜になっていなかったため、舞台は見易いように、踊るのを難しくしない程度に奥が少し高くなっていたらう。舞台の奥に二重(一段高い舞台)が作られていたという仮説もある。舞台の両脇には、少し高い部分があり、そこに器楽演奏者たちと、コーラスが座を占めていた。仮面劇では役割分担が徹底して、セリフだけ・歌だけ・踊りだけでの出演が当たり前だったので、舞台上で演じている役の歌を、コーラスの場からソロが歌った

りした。私の音楽経験からの推論だが、下手側に演奏者のグループ、上手側にコーラス及びソリストが位置したろう。舞台は客席と比べてあまり高くなく、前面に階段があって客席におりられた。これによって、舞台上で踊っているものたちが客席に降りて行き、観客である貴族たちとともに踊ることが可能になったのではないかと推測される。仮面劇の大きな特徴が、この観客参加である。観客が舞台にあがってくると、場面の展開が面倒になるので、当然演者の方が降りて行ったはずだ。このような舞台は、もちろん常設もあったろうが、貴族の大きな邸宅で、場合に応じて仮設も容易にされた。仮面劇は演劇というよりむしろ祭、催しとして、長く愛されていた。

やがてイタリアで起こったオペラの動きがフランスを経由して伝わり、仮面劇が変質してゆく。この段階で重要な音楽家はJ. ブロウ(『ヴィーナスとアドニス』)とH. パーセル、劇作家はトマス・ミドルトン¹⁰⁾である。この時期、シェイクスピアの作品は、数多く改作されてオペラ化された。台本、あるいは楽譜の一部が残存するものはいくつかあるが、現在完全な形で残っているのは、『真夏の夜の夢』に基づくパーセル作曲の『フェアリークイーン(妖精の女王)』である。

チャペル・ロイアルのオルガニスト・作曲家であり、またバス歌手としても活躍したパーセルは、イタリア音楽に大きな影響をうけながら、王制復古期というひとつの文化の変わり目、音楽の分野では華麗なイタリア風への推移において、常に斬新な手法を開発してゆくパイオニアであった。そして歌曲において殊にその才能を発揮している。彼は曲にのりにくい英語の歌詞を、その力強さを失うことなく、美しく歌わせることを得意とした。その彼が、オペラや仮面劇、劇中歌などに多くの作品を残しているのは当然であろう。その分野で彼と協働した詩人は、相次いで桂冠詩人の榮譽に浴した、ジョン・ドライデンとトマス・シャドウエルである。イタリア・オペラに傾倒していたドライデン¹¹⁾は、パーセルのために『アーサー王、ブリテンの守護者』というオペラのリブレット(台本)を書き下ろしている。残念ながら音楽はわずかの断片しか残っていないが、ドライデンその人がこの作品の音楽に関して称賛の言葉を残している。『インディオの女王』というドライデンとハーワードの共同による悲劇の翻案物も作曲されている。シェイクスピア劇の翻案家として名のあるシャドウエルの台本では、パーセルは仮面劇として『アセンズのタイモン、人間嫌い』とオペラとして『テンベスト、魔法の島』に作曲している。この『テンベスト』の台本は王制復古期に大いに流行して、何人もの作曲家が曲をつけているが、パーセルの作曲以後は試みた者はいない。『アセンズのタイ

モン』がどのような仮面劇になったものか見当もつかないが、当時独特の「マッド・ソング（調やリズムを狂わせて人物の高ぶった心を表現する）」の技巧を使って、印象深い曲をつけたのではないか。このシェイクスピアの皮肉な芝居に、パーセルは数曲も歌を書いている。『テンベスト』の方はまさに彼の独壇場で、残ったいくつかの楽譜を見ても、華麗な装飾音と生き生きしたグラウンドバスの動きが美しいメロディを支え、この魔法の世界を絵画的に描写している。大体に、重々しさよりも動きのある軽さをもつ彼の音楽は、妖精という題材を描くのに最適なようだ。その点で、『妖精の女王』というオペラが完全な形で残っているのは有り難い事と言える。

イギリス・ルネサンス音楽のひとつの到達点といえそうな優れたオペラであるこの作品は、1692年に初演され大好評を博した。仮面劇から発展したオペラとして典型であると思われるので、長くはなるが、ここにその音楽の流れを記してみると：

〔第一の音楽〕前奏曲、ホーンパイプ（田舎風の舞曲）

〔第二の音楽〕エイア（器楽曲）、ロンド（輪舞）

〔序曲〕

〔第一幕〕

ソプラノ・バス 2重唱 Come let us leave the town,

酔いどれ詩人の場面 ソプラノ 2・バス・コーラス,

第一幕終曲 ジク（舞曲）

〔第二幕〕

ソング（テナー）、前奏曲、3重唱（カウンターテナー・テナー・バス）、エコー（器楽曲演奏）

コーラス、ソング（ソプラノ）コーラス、妖精の踊り、

ソング（ソプラノ） See, even Night herself is here,

ソング（ソプラノ）、ソング（カウンターテナー）、

ソング（バス） & コーラス Hush, no more,

夜の女神の従者たちのためのダンス、

第二幕の終曲 エイア

〔第三幕〕

ソング（ソプラノ）コーラス、

白鳥が前に出て来る間のシンフォニー（器楽曲）、

妖精の踊り、緑の男たちの踊り、

ソング（ソプラノ）、

コリダンとモプサの愛の対話（アルト & バス）、

ソング（ソプラノ）、千草作りたちの踊り、

ソング（カウンターテナー）コーラス、

第三幕の終曲 ホーンパイプ

〔第四幕〕

シンフォニー、独唱（ソプラノ）コーラス、

二重唱（カウンターテナー 2）、

太陽神の登場、

ソング（テナー）、コーラス、ソング（ソプラノ）、
ソング（カウンターテナー）、ソング（テナー）、
ソング（バス）、

第四幕の終曲 エイア

〔第五幕〕

前奏曲、エピタラム（ソプラノ）、

ソング（ソプラノ）、

入場の踊り、シンフォニー、

ソング（テナー）、独唱（ソプラノ）コーラス、

ソング（テナー）、猿の踊り、

ソング（ソプラノ）、ソング（ソプラノ）、

ソング（ソプラノ & バス）コーラス、

前奏曲、独唱（バス）、2重唱（ソプラノ 2）、

独唱（バス）、3重唱（ソプラノ 2 & バス）、

シャコンヌ（舞曲）、

コーラス

下線は原作と関連のありそうな曲を示している。

このように、歌と踊りと器楽演奏がまざり合い、歌も独唱・重唱など変化に富んでいる。ただし、対話によって織りなされる劇的な葛藤などはうかがえない。実は、この『妖精の女王』は、『真夏の夜の夢』をもとにしていうとはいいながら、ほとんど別作品と言うべきもので、シェイクスピアの文言は一行として使われていない。もとの芝居との関係は、ほとんどタイターニアとその従者の妖精たちの部分を通じてだけである。ボトムは登場するがただの酔いどれ詩人という扱いで、ロバの頭を着せられてみんなの笑い者にされるだけで、あの痛快な自惚れ家ではない。それでタイトルが、『真夏の夜の夢』ではなく『妖精の女王』というわけである。

パーセルが、そしておそらく他の作曲家たちもが、シェイクスピアの作品をこのようにあつかったというのは、結局彼がオペラを作るにあたって、シェイクスピアの劇性も言葉の魔力も要しなかったということである。これは、ロバート・ジョンソンによる『マクベス』のオペラ化『ウィッチ』（台本はミドルトン）でもそうだが、のどかな、また不思議な世界を音楽で作り上げていく上で、ほんの手がかりとしてしかドラマが必要とされなかった証拠であろう。『ウィッチ』の曲の一部（魔女と復讐の女神の歌）の楽譜を見ても、恐ろしさより軽さが目立つ。あのシェイクスピアがこのような目を見させられたというのとはんでもないことのような気もするが、イギリスのオペラ運動において彼の作品が生かされなかった理由はいくつか思い当たる。ひとつは、演劇を否定する清教徒による劇場閉鎖によるブランク。ひとつは、名優が輩出するのに名歌手はすくないという、イギリスの国民的芸術傾向。いま一つは、シェイクスピアの武器である

「アイアンビック・ペンタミター（弱強5歩格）」が拍子に乗りにくいという、致命的な問題である。アイアンビックでは、常に歌詞は弱拍から始まり、シンコーションばかりになってしまう。歌は4拍子あるいは6拍子の偶数拍が基本なので、強い拍から始まらねば都合が悪い。特に合唱、重唱はしにくい。リュートの弾き語りなどはともかく、舞台での歌にはアイアンビックの詩行はむかない。シェイクスピアの劇中のソングも、多くはダクティック（強弱リズム）である。おそらくこれが、本場のイギリスにおいてシェイクスピアの芝居がオペラの台本になりにくかった理由ではないだろうか。

この後、イギリスのオペラはヘンデルに代表されるイタリア・オペラが主流になるが、イギリス人の感性にあわないのか、やがて流行歌をとり入れた一種のオペレッタ、「バラッド・オペラ」の方向に向かうことになる。そしてギルバート&サリバンによる「サヴォイ・オペラ」や、ジョン・ゲイ台本の替歌音楽劇『乞食オペラ』につながってゆく。イギリス音楽がオペラを生み出すレベルまで再び上って来るには、20世紀にベンジャミン・ブリトーンが『真夏の夜の夢』などの作品を生み出すまで待たねばならない。

(5) オペラとシェイクスピア作品

オペラはイタリアのものである。母音が耳立つラテン語の発音が歌いあげるのにむいているのか、音の長短によって作り出される詩のリズムが作曲しやすいのか、優れた歌手、特に輝かしい高音に恵まれた歌手が多く生まれる国民的傾向ゆえか、あるいはメロドラマにむく情熱的な国民性からか、諸々の理由からオペラといえれば誰でもイタリアオペラを考える。オペラはイタリア語で演じ

られるべきものであって、そのパトロンである王侯貴族たちも音楽家たち自身も、そのことを疑わなかった。だが、イタリア人でさえイタリアオペラの言葉は7割くらいしか理解できないという。推測するに、たいていの観客は歌詞を充分理解できなかったろう。そのためではないかと思うが、台本としては内容が広く知られていたものを原作に選ぶことがおこった。良くもちいられたのは、ギリシア神話とシェイクスピア劇である。付録としてシェイクスピア劇のオペラ化作品のリストの一部をあげておいた。かなりの試みが行われている。実はこうした作品について詳しく論及してゆく意図があったのだが、この小論では無理なので、別の機会に試みることにする。ただ、シェイクスピアのオペラ化の最も成功した例として、ジョン・ボーイト台本、ジュゼッペ・ヴェルディ作曲による『オテロ』に少しだけふれておきたい。

最大のオペラ作曲家ヴェルディは、1935年に処女オペラ『オベルト』が上演されてから、80才で最後のオペラ『ファルスタッフ』を上演するまで（その8年後の1901年に死去）、実に多くの作品を生み出している。そしてシェイクスピア全集のイタリア語版を手元においていたという彼は、シェイクスピアを原作にした『マクベス』『オテロ』『ファルスタッフ』の3作品を発表し、さらに『リア王』のスケッチも遺している。

オペラ『オテロ』とシェイクスピアの『オセロ』の一番おおきな違いを述べる。『オテロ』は主人公を最初の登場から、勇敢で元氣あふれる英雄として観客に印象づける。一方『オセロ』の主人公はむしろ、落ち着きのある雄弁な人物として表される。比較してみれば、オペラにおける人物の性格付けはずっと骨太で、直線的で、そして強烈な印象を与えるように描かれていることがわかる。オテロはオセロのように人の心をとらえる優れた弁

注 8) Francis Beaumont (1584~1616)。John Fletcher 始め多くの作家と共作しているが、単独で書いたのは2作しか確定できない。その1作、The Knight of the Burning Pestleから察すると、音楽を多用する、ロマンチックな喜劇が得意だったようだ。もっとも期待された若手作家のひとりで、シェイクスピアより20才若かったが、彼に1ト月先立ち、31才で死んだ。John Fletcher (1579~1625)。シェイクスピア引退後は国王劇団の中心の劇作家となった。シェイクスピア作品の続編と目されるような作品がいくつもあり、また、シェイクスピアと合作したと推定される作品として、Henry VIII、Two Noble Kinsmenがある。

9) Ben Jonson (1572~1637)。シェイクスピアの援助を受けた、後輩にして最大のライバル。「気質喜劇」と呼ばれるジャンルを生み出した。皮肉な作風で敵も多かったが、宮廷での人気は高かったようだ。

10) Thomas Middleton (1570~1627)。ジェームス朝の人気作家で、ローリーと共作の『チェインジリング（取り替えっ子）』が有名。煽情的でサスペンスに満ちたメロドラマが得意な作家である。

11) John Dryden (1631~1700)。ドライデンはフランス語とイタリア語に精通しており、イタリア・オペラを理想としてオペラのありようを考えていた。その結果、英語はオペラ台本を書くには適さない言葉だと考えていたらしい。『アルビオンとアルパニウス』という台本の序文のなかで、堂々とした、比喩の多い、威厳のある言葉に代わってレシタティーボが採用されるべきであると主張し、アリアの目的は理解の度を深めるよりも、むしろ耳を楽しませることにあって、英語は女性形の韻律が弱いので、用語としてはイタリア語には及ばないと述べている。『劇詩論』においてシェイクスピアの再評価をうながし、『アントニーとクレオパトラ』に筋を借りて書き上げた悲劇『すべて恋ゆえ』は有名である。

舌をもってはいないが、武人としての迫力は一層倍している。同じ事がイアーゴオについても言える。オペラの第二幕で彼は有名な「信条の歌」というアリアを歌うのだが、このアリアで、イアーゴオは人間を越えた悪の申し子という、その巨大な姿を現す。シェイクスピアのイアーゴオは人の心の弱さに付け込み、疑いを植えつけ、その人物を自分の思う方向にひっぱってゆく。彼の悪意は、彼がその人物に対して抱く不平不満、そして憎悪から生まれ、そのために直接恨みのない人物まで巻き込まれる事を気にしない。この彼は我々も持つ悪しき側面を強調して突き抜けた人物で、ある意味で我々の等身大に近く親しみを覚える。オペラのドラマトゥルギーは、その登場人物たちのもつ性格を単純化し、誇張することで、ひとつの大きなプロットを際立たせ、その進行に観客の感情を否応なくついでゆかせようとする。人物の性格は、いくつもの色をあわせて深めるのではなく、一色で強烈に描き出される。オペラにとって大切なのは、単純だが力強い構成と、人物の強烈な個性だということがわかる。シェイクスピアの作品には、たしかにそれを満足させるものがある。彼のプロットは動的であり、登場人物たちは個性的で魅力にあふれている。もちろん彼の描き出す人間像は単純なものではなく、さまざまな要素をふんだんに持ち合わせ、豊かな性格の持ち主として舞台に姿をあらわすのだが、その淡い色合いを失っても、基本がただしくわきまえられている限りにおいて、本来を見失うことはない。ソフィスティケイティドな感覚・機知で貫かれた作品でなく、ダイナミズムが通奏低音として作品を支える場合には、シェイクスピア作品はオペラのドラマトゥルギーに適ってくるのだ。シェイクスピア作品がもつ、プロットを内からつき動かすような力強さは、オペラの音楽がもつ力と等しくはないだろうか。オペラ台本となった『オテロ』は『オセロ』ではない。人物造形も変化があるし、皮肉・軽みが見捨てられている。しかし『オテロ』はわれわれ観客の共通理解する『オセロ』の人物と精神を映しており、その与える興奮と感動は同じ深みに至っている。それは適確に加えられた誇張と、示導機を繰り返しながら劇的緊張の高まりに聴衆を巻き込んでいく音楽技法の冴えのたまものである。シェイクスピアがヴェルディを得ていたなら、彼はこのように『オセロ』を書いていたかもしれない。

現代は音楽の論理ばかりが幅をきかし、オペラからドラマが消失してゆく傾向がみられる。シェイクスピアの芝居と優れたオペラが共にもっている、うねるように人の心に働き掛けて行く崇高なダイナミズムは、もはや失われてしまったのであろうか。

参考文献

- 『世界名曲全集・歌劇Ⅰ・Ⅱ』（音楽の友社）
『音楽の歴史と思想』H.Leichtentritt 著（音楽の友社）
『世界音楽史』黒沢隆朝著（雄山閣）
『歌劇大事典』太田黒元雄著（音楽の友社）
The Pelican History of Music ed. by R. & D. Stevens
『パーセル』ウェストリップ著（音楽の友社）
Fairy Queen, Vocal Score（ノヴェット社）
『オテロ／リブレット（海老沢敏訳）』（音楽の友社）
- 〔付：資料〕シェイクスピア作品のオペラ化リスト(抄)
 作曲家・初演年などを記す
 (参考：『歌劇大事典』『クラシック音楽作品名辞典』
 井上和男編、三省堂)
- All's well that ends well より
 All's well that ends well カステルヌオーヴォ＝テ
 デスコ(伊、米)1955～58年創作 未上演
 Antony and Cleopatraより
 Antonio e Cleopatra マリビエロ(伊)1938
- The Comedy of Errorsより
 Aufruhr in Ephesus イサ・クレイチ(チェコ)1943
 Coriolanusより
 Coriolanus ツィケル(チェコ)1974
 Cymbeline より
 Imogene ロドルフ・クロイチェル(仏)
 Hamletより
 Ambleto F.ガスパリーニ(伊)1705
 Ambleto D.スカララッティ(伊)1715
 Hamlet アンブローアズ・トーマ(仏)1868
 Hamlet アリストイーード・イニャル(伊)1888
 Henry IVより
 At the Boar's Head グスタフ・ホルスト(英)1925
 Henry VIIIより
 Henry VIII サン＝サーンス(仏)1883
 Julius Caesar より
 Giulio Cesare
 ジャン・フランチェスコ・マリビエロ(伊)
 King Lear より
 Re Lear ヴィト・フラッツィ(伊)1939
 Macbeth より
 Macbeth イッポリート・シュラール(仏)1827
 Macbeth ジュゼッペ・ヴェルディ(伊)1846
 Macbeth エルネスト・ブロッホ(スイス)1910
 Macbeth ロレンス・コリングウッド(英)1934

- Measure for Measure より
 Das Liebesverbot『恋愛禁制, またはパレルモの修道女』
 リヒャルト・ワーグナー(独)1836
 The Merchant of Veniceより
 Le Merchant de Venise
 レイナルド・アーン(仏)1935
 Il mercante di Venezia
 チロ・ピンスーティ(伊)1873
 Shylock フロル・アルベルツ(独)
 Jessica ヨゼフ・フェルスター(チェコ)1905
 The Merry Wives of Windsorより
 Die lustig Weiber von Windsor.
 ベーター・リッター(独)1749
 Die lustig Weiber von Windsor.
 O.ニコライ(独)1849
 Falstaff『ファルスタッフ, または3つのいたずら』
 サリエリ(伊)1799
 Falstaff ジュゼッペ・ヴェルディ(伊)1893
 Falstaff マイケル・バルフ(蘭)(1808~1870)
 Sir John in Love ヴォーン=ウイリアムス(英)1929
 A Midsummer Night's Dream より
 Le songe d'une nuit d'étéトーマ(仏)1850
 Sogno di una notte d'estate
 L.マンチネリ(伊)1917
 A Midsummer Night's Dream B.ブリットン(英)1960
 Titania ジョルジュ・ユー(仏)1903
 The Fairy Queen ヘンリー・パーセル(英)1692
 Puck マルセル・ドラノンア(仏)1946
 The Fairies ジョン・クリストファー・スミス(英)
 1754
 Much Ado About Nothingより
 Viel Lärm um Nichts アドルフ・ドブラー(独)
 Béatrice et Bénédict ベルリオーズ(仏)1862
 Othelloより
 Otello ロッシーニ(伊)1816
 Otello ヴェルディ(伊)1887
 Richard IIIより
 Richard III ガストン・サルヴェール(仏)
 Romeo and Juliet より
 Roméo et Juliette グノー(仏)1867
 Romeo und Julie ゲオルク・ベンダ(独)1776
 Giulietta e Romeo ニコラ・ツィンガレルリ(伊)1796
 Giulietta e Romeo フィリップ・マルケッティ(伊)1865
 Tout pour l'amour
 ニコラ・マリー・ダレーラック(仏)
 Les Amanats de Verone リシャール・ディヴリー(仏)
 I Capuletti e i Montecchi ベッリーニ(伊)1830
 Los amantes de Verona コンラード・デル・カンボ(白)
- The Taming of the Shrewより
 Volpino iil calderico レンツォ・ボッシ(伊)
 Der Widerspenstigen Zähmung
 ヘルマン・ゲッツ(独)1874
 Petruccio アリック・マクレーン(英)
 Sly ヴォルフ=フェッラーリ(伊)1927
 『じゃじゃ馬ならし』 シェバーリン(ソ連)1955
 The Tempest より
 The Tempest ジョン・クリストファー・スミス(英)
 Der Sturm セネク・フィビフ(チェコ)1894
 Der Sturm フランク・マルタン(スイス)1955
 Die Geisterinsel ヨハン・ツムシュテグ(独)1798
 Die Zauberinsel ズーターマイスター(独)
 The Tempest ヘンリー・パーセル(英)1695
 Twelfth Night より
 Viola スメタナ(ハンガリー)1874, 未完
 Cesario カルル・タウベルト(独)(1811~1891)
 Malvolio アマデオ・デ・フィリップ(伊)
 The Winter's tale より
 Ein Wintermärchen C.ゴルトマルク
 (ハンガリー)1908
 Hermione マックス・ブルック(独)1872
 [関連作品]
 『トロイラスとクレシダ』 ウォルトン(英)1954
 『オベロン』 ウェーバー(独)1826
 付随音楽『真夏の夜の夢』 メンデルスゾーン
 (独)1983
 『ヴィーナスとアドニス』 ジョン・プロウ(英)1680
 交響詩『マクベス』 リヒャルト・シュトラウス
 (独)1890
 幻想的序曲『ロメオとジュリエット』
 チャイコフスキー(ソ連)1870
 幻想的序曲『ハムレット』
 チャイコフスキー(ソ連)1888
 付随音楽『アセンズのタイモン』 パーセル(英)1694
 付随音楽『シャイロック』 フォーレ(仏)1889
 付随音楽『リア王』 ドビュッシー(仏)1897未完
 付随音楽『テンペスト』
 シベリウス(フィンランド)1926
 付随音楽『マクベス』 ハチャトリアン(ソ連)1935
 付随音楽『ジュリアス・シーザー』 ミヨー(仏)1936
 付随音楽『ハムレット』 プロコフィエフ(ソ連)1938
 付随音楽『コリオラン』 ハンス・デッサウ(独)1964
 The Boys from Syracuse R.ロジャース(米)1938
 West Side Story レナード・バーンスタイン(米)1957
 Kiss Me Kate コール・ポーター(英)1949
 バレエ『ロメオとジュリエット』
 プロコフィエフ(ソ連)1938

イザベルの認識の進展 ——「ある婦人の肖像」¹⁾の認識論的解釈——

片山悦男

The Development of Isabel's Cognition
—— Epistemological Commentary on *The Portrait of a Lady* ——

Etsuo KATAYAMA

Of the cognition scenes of Isabel Archer, the heroine of this work, her so-called meditation one of ch.42 is the most famous that the writer himself recommends highly in his preface mentioning that 'it throws the action further forward than twenty "incidents" might have done.' (I,XX-XXi)²⁾ In that scene Isabel contemplates her married life and her consciousness no doubt becomes so deep as to approach the bottom of the problem of that life, yet her cognition acquired thus doesn't change her life in quite a definite way. It is Isabel's marriage to Gilbert Osmond and her last return to Rome that make her life definitely decided. There are some changes in her cognition before these two events. James gives an unexpectedly short description about these changes, but those changes on which he doesn't dwell too much are really what represents the development of Isabel's cognition underlying them. In this study I'll comment on the above-mentioned events and the incidents collateral with them in the light of the development of Isabel's cognition.

1

オズモンドとの結婚に至るまでにイザベルに起こるおもな出来事、即ちウォーバートンとキャスパー・グッドウッドの求婚やマール夫人との交友には、イザベルの持つアメリカ的自我がどんなものであるのか読者に教えるという側面もある。自分のアメリカ的自我のidentityを追求した結果、イザベルはオズモンドとの結婚を選択したという言い方もできるだろう。イザベルは常に彼女のアメリカ的自我の理想像を求めている。そのアメリカ的自我の特徴が民主主義であり、自由と自立を求める精神であり、超絶主義 (transcendentalism) なのである。イザベルが貴族のウォーバートンの求婚を次のように言って断る時、彼女の精神的な支えになっているのは民主主義である。

"I've always been intensely determined to be happy, ... But it comes over me every now and then that I can never be happy in any extraordinary way; not by turning away, by

separating myself." ... "From life; From the usual chances and dangers, from what most people know and suffer." (I, 187) (下線部筆者)

20人中19人の女性が望む貴族との結婚を断る時、イザベルは自分自身の尊大さを感じているが、その「自尊心の孤立と孤独」(I, 156)から逃れる道を、上記の引用文からも窺えるように、彼女が支持する民主主義の主権者である「普通の人々」(most people)との連帯の中に求めている。そうすることでイザベルは普通の人々の中の一人である彼女自身の生き方を肯定しようとしている。民主主義は確かにイザベルの自我を支える一つの重要な柱なのである。

キャスパーの求婚を断る時、イザベルは自分の自由と自立の精神を大変強く意識している。イザベルにとってキャスパーはエネルギーの魂のような人間であり (I, 162)、彼の求婚は彼女に圧迫感を与える。この圧迫感のために、イザベルはキャスパーに彼女の自由を奪われそうな気持ちになる。更にキャスパーが「甲冑をつけた戦士」(I, 165)のイメージで語られる時、その圧迫感には彼がイザベルに対して持つ征服欲であることがより

鮮明になる。キャスパーが最後まで一貫して、イザベルが何を考えているのかわからない人間として描かれていることを考えると、彼の征服欲はイザベルの考えを理解し尊重するものではなく、それを圧倒し、彼の考えだけを一方的に押しつけようとする欲望であることがわかる。そのような点を考えると、結婚とは自分の考えを相手と分かち合うものだと考える（II, 195）イザベルが、キャスパーの求婚に応じることは到底できないのである。イザベルがキャスパーの求婚を断るのは「女性としての本能」（womanhood）に反する行為であるとして Stein は批判する³⁾が、イザベルを自分の物にしたいという欲望に取り憑かれているキャスパーと、結婚においても自分の知的で精神的な成長を目指すイザベルとは、各々が結婚に対して求めているものに殆ど質的な差さえある。イザベルは最初からこの差に気付いているように思える。最初は無意識の内に気付き、最後のキャスパーの求婚の場面では決定的に実感としてその差に気付くのである。二人が人生と結婚に求めているものが本質的に違うという点からも、イザベルはキャスパーの求婚には応じられないのである。

またイザベルには人間としての「真の優越性」（a real superiority）⁴⁾を志向する傾向があり、その真の優越性を体現した人間という理想像を彼女は常に求めている。イザベルがマール夫人に認める「貴族的状況」（aristocratic situation）（I, 271）も、そのような理想像の一つと言える。つまり、貴族的状況とはマール夫人の実像を表すというよりも、イザベルの想像力が作り出したイザベル自身の理想像を表していると言った方が良いように思う。また貴族的状況という一種の精神的貴族主義を表す用語からもわかるように、イザベルが求める理想像の中には超絶主義の影響が色濃く見られる。⁵⁾そしてその超絶主義的な理想像を体現した人間として、オズモンドがイザベルの前に現れるのである。

2

しかし、オズモンドは超絶主義者ではない。伯父のダニエル・タチュットから約七万ポンドの遺産を受けたイザベルを、マール夫人と共に利己的に利用しようとする⁶⁾オズモンドが超絶主義者であるはずがない。⁷⁾オズモンドは自分にとって都合の良い一つのポーズとして超絶主義者を装うだけである。⁸⁾オズモンドがイザベルに対して行う「作為的で自分勝手な断念」についての告白（I, 381-382）も、超絶主義者を装うオズモンドのポーズの一つなのである。イザベルは貴族的状況にあるマール夫人の優れた判断力を完全に信頼している⁹⁾の

で、彼女が優れた人物として紹介するオズモンドの告白を優れた人物の貴重な告白としてそのまま信じてしまい、次のようなオズモンドの虚像を想像する。

a man who has borne his poverty with such dignity, with such indifference. Mr. Osmond has never scrambled nor struggled—he has cared for no worldly prize…He knows everything, he understands everything, he has the kindest, gentlest, highest spirit. (II, 73)

「俗世の名利を求めず貧困に耐える知性豊かな廉直の士」とでも要約されそうなこのオズモンドの虚像こそ、イザベルが求めている超絶主義的な人間の理想像であり、彼女のアメリカ的自我の理想像なのである。

こうして、オズモンドの巧妙なポーズを見抜けないまま、イザベルは彼女の理想像をオズモンドの中に見続け、彼に魅せられていく。ただオズモンドが正式に求婚すると、イザベルは尻込みしてしまう。イザベルは自分とオズモンドの間に、何か当てにならない隔りがあるのを直感的に感じている。¹⁰⁾

Her imagination, as I say, now hung back; there was a last vague space it couldn't cross—a dusky, uncertain tract which looked ambiguous and even slightly treacherous, like a moorland seen in the winter twilight. (II, 22) (下線部筆者)

イザベルはオズモンドの中に見ている彼女の理想像（オズモンドの虚像）と彼の実像が違うことに微かに気付いているのである。そして 'a dusky, uncertain tract' と表現されるこの違いをイザベルに乗り越えさせるものが、彼女の最初の認識の変化である。

この認識の変化は最初焦りとなって現れる。姉の一家をロンドンの駅から見送った後、イザベルは自分の自由を満喫して "The world lay before her — she could do whatever she chose." (II, 36) と思うが、実際に彼女がその時したことと言えば、ロンドンの駅から彼女のホテルまで誰の付き添いもなく歩いて帰ることだけである。イザベルはロンドンの通りの 'moving crowd' や 'hurrying cabs' (II, 36) などの人間が生きている光景を見るのが好きなのだが、それが他人の生き様を傍から見るだけで、彼女自身の人生を主体的に生きることではないことに気付いた時、イザベルの中に焦りが生まれる。マール夫人との東方旅行中にもイザベルの焦りは増していく。 'Isabel traveled rapidly and recklessly; she was like a thirsty person draining cup after cup.' (II, 38) このような焦りや落ち着きの無さは、今後も繰り返してイザベルの認識の変化を表すの

に用いられる。¹¹⁾ この時の認識の変化が実際にどのようなものなのかは、結婚直前のラルフとの議論の中でイザベル自身の口から語られる。“I’ve seen that one can’t do anything so general (as to survey the whole field of life). One must choose a corner and cultivate that.” (II, 65) (括弧内筆者)

この台詞からは、「ロマンチックで傍観者のな人生観から現実的で主体的な人生観へ」とでも言えるような認識の変化がイザベルの中で起こっていることがはっきりとわかる。こうしてイザベルは現実的な認識を持つことになるのだが、不幸なことにイザベルはその現実的な考え方で、彼女がオズモンドの中に見ている彼女自身の理想像(オズモンドの虚像)を彼の実像として肯定してしまうのである。イザベルにこのような早まった判断をさせるのは、先程のイザベルの焦りの奥に潜む彼女の女性としての焦り、つまり結婚適齢期の女性特有の結婚願望である。この結婚願望を作者は ‘a more primitive need’ と表現する。

what had become of all her ardours, her aspirations, her theories, her high estimate of her independence and her incipient conviction that she should never marry? – These things had been absorbed in a more primitive need – a need the answer to which brushed away numberless questions, yet gratified infinite desires. (II, 82) (下線部筆者)

こうしてイザベルは認識の変化を経た後も彼女の理想像をオズモンドの中に見続け、彼と結婚することになるが、ここで一つ言及しておかなければならないのは、イザベルがオズモンドとの結婚に自尊心を感じている点である。イザベルにとって「玉の輿」(a marriage of ambition) や「欲得ずくの結婚」(a mercenary marriage) (II, 73) のように見えるウォーパートンやキャスパーとの結婚では、彼女は自尊心を保つことができないが、社会的に見て「取るに足らない人間」(non-entity) (II, 47) のオズモンドとの結婚では、イザベル自身が彼に経済的な援助をすることになり、彼の役に立てるという点で彼女は自尊心を保つことができるのである。¹²⁾ そして自尊心の持てる結婚を選択する時、イザベルは言わば結婚における妻の精神的な自立を望んでいると言える。ただ皮肉なことに、オズモンドから見れば、イザベルの考えは殆ど間違っているのが、結婚後はそれを捨てさせ (I, 412)、彼の考えに従わせようと思っている。結婚において妻の服従を求めるオズモンドと、妻の自立を望むイザベルの結婚後の離反は既に微かに見えているのである。

3

結婚後イザベルに何が起こり、彼女がどのような認識を持つようになったか教えてくれるのは42章の彼女の瞑想の場面である。ある日オズモンドはイザベルに彼女の考えを捨てるように真顔で言う (II, 194)。その台詞をきいて、イザベルはオズモンドが反対しているのは彼女の考えだけではなく、彼女の性格や物の見方であり、要するにオズモンドは彼女に美しい装い以外は何も持って欲しくないのだと考えるようになる (II, 195)。すると、オズモンドとの結婚で「真実と知識の探求に共通の喜びを見出し」(II, 195-196)、自分自身の知的で精神的な成長を目指したイザベルの意図は完全に裏切られてしまう。そして、そのような個人的成長が否定されると、オズモンドとの結婚はイザベルにとって「行き止まりが窓のない壁で遮られた細い袋小路」(II, 189) になり、「暗黒と窒息の家」(II, 196) になる。また、服従だけを妻に求めるオズモンドの心の中に、イザベルは蛇のようなegotismを認める。

Under all his culture, his cleverness, his amenity, under his good-nature, his facility, his knowledge of life, his egotism lay hidden like a serpent in a bank of flowers. (II, 196)

オズモンドのすることには、総てその根底にegotismがあるとわかると、イザベルは彼の考え方の中にある矛盾が見えてくる。イザベルに人間の墮落や世間の低俗さを教えたはずのオズモンドが、実際には他人や世間のことばかり気にする人間であったり、また、オズモンドが超絶主義者であれば本来は精神的豊さを求めるべき「貴族的生活」(II, 198) が、実際には、物質的な豊かさや形式を持つだけのものであったりする。それでもイザベルはオズモンドの妻として、彼の理想とする貴族的生活の行動の規範である彼の伝統に従って行動しようとする。「彼らにはしなければいけないことや、取るべき態度があり、知らなければいけない人や、知ってはいけない人がいた」(II, 199)。しかし、オズモンドの伝統に従って行動することの余りの堅苦しさに、イザベルは暗黒と窒息の思いに襲われ、彼に抗議する。自由の大切さや、世間体や貴族的生活という名前にこだわっていけないことや、オズモンドとは別の本性や願望や理想も大切であることをイザベルは彼に訴えるのである (II, 199)。結局イザベルは彼女の考え方を認めてくれるように訴えていると言える。これに対してオズモンドはイザベルの意見は過激な新聞やユニテリアン派牧師の意見と同じだと言って (II, 200) 反対し、イザベルに妻として夫の

考えに同調するように求める。

そして今度は、そのオズモンドの考えが問題になる。オズモンドが伝統と呼ぶ彼の考えの中には、イザベルがどうしても受け入れられない不潔なものがある。例えば、女性は皆嘘つきであるとか、女性には皆愛人がいるなどである（II, 200）。オズモンドの伝統がこのような不潔な事実を前提としているのがわかると、イザベルはその前提だけでなくオズモンドの考えそのものまでも軽蔑するようになる。そして、オズモンドもイザベルを彼の考えに従わせることができないとわかると、彼女を憎むようになる。妻が自分の考えを持ち、夫を批判するようになれば、後は夫に背き墮落する他はないと考えるオズモンドは、この後一貫してイザベルを墮落しかけている妻として見るようになる。ただ、オズモンドがそのように考えていることがわかっていても、イザベルは彼を憎むことはできない。結婚する時、イザベルはオズモンドの「名状しがたい美しさ」（II, 192）に魅せられ、自分を目立たないようにしていたので、オズモンドは彼女がどんな人間かわからないまま結婚したのだと考えるからである。また、イザベルはオズモンドに対して「母性愛のような気持ち」（II, 192）を持ち、彼と結婚しないことなどありえなかったと考えるくらい（II, 194）彼を本気で愛していたのである。つまり、イザベルは結婚の挫折に対して彼女にもオズモンドと同等の責任があることを認めているのである。こうして結婚後、お互いの考え方の違いに起因するオズモンドとの不和に苦しみながら、それでもなお、イザベルは自分の精神的な自立を保とうとするが、反面、オズモンドとの結婚の正当性を信じるがゆえに、イザベルはオズモンド夫人という彼女の立場は守ろうとするのである。しかし、オズモンドとマール夫人の密会の場面（II, 164-165）を見て以来、イザベルは彼らの関係について疑いを持ち、彼女の結婚の正当性についても少しずつ疑うようになる。すると、オズモンド夫人というイザベルの立場が揺らぎ始め、それを支える彼女の道徳意識までも揺らぎ始める。そのような心理状態になり始めているイザベルの前にウォーバートンとラルフが現れる。

「イザベルとの交際に抜き難い愛着」（II, 187）を持つウォーバートンはパンジーとの婚約を望む振りをして、人妻となったイザベルに近づこうとする。ジェミニ伯爵夫人が彼の行動を評して「貴族らしい」（grand seigneur）（II, 232）と言っていることからわかるように、人妻に言い寄るといふ行為は、ヨーロッパの貴族の伝統を持つウォーバートンにとっては、イザベルや我々が考える以上に自然なことなのである。Wegelinが海外に渡ったアメリカ人に認める「因襲の手による個

人の責任の消滅」¹³⁾という道徳的問題は、本来、ウォーバートンのようなヨーロッパ人の問題であり、その一端が人妻イザベルに言い寄るといふ彼の行動の中に出ているのである。オズモンドはそのような不道徳な要素を含むヨーロッパの伝統をそのまま受け入れて彼の伝統とし、それを絶対視する立場からイザベルにも押しつけようとするのである。一方、ウォーバートンはオズモンドと違って、自分の伝統をイザベルに押しつけたりはしない。人妻に言い寄るといふ行為がいくら彼にとって伝統に則った自然な行為であっても、それに対してイザベルが懐疑的な態度を示し悩んでいるのがわかると、ウォーバートンは彼女の気持ちを尊重して身を引くのである。このような点に、自分の伝統を絶対視して、それをイザベルに押しつけるアメリカ人オズモンドと、自分の伝統に対しても相対的で現実的な扱い方をするヨーロッパ人ウォーバートンの違いがある。「自分の意志を他人に押しつける」¹⁴⁾という「肖像」に登場するアメリカ人の特徴は、結婚前のイザベルやこのオズモンドに見られるように、自分の考え方を絶対視するところから生まれてくる。それは信頼すべき伝統を持つ安定した社会を受け継ぐことができず、自分以外に頼るものがないアメリカ人の宿命とも言える。オズモンドのようにヨーロッパの伝統を自分の考えの中に取り入れたアメリカ人は、その自分の伝統を絶対視するようになるのである。結婚後のイザベルの認識の進展は、このアメリカ人の絶対的主観からヨーロッパ人の相対的主観への移行とも言える。このような点を考えると、イザベルがヨーロッパの古い規範を支持している¹⁵⁾と考えられなくもないが、その規範の中にある不道徳な面をイザベルの道徳意識は批判している。この道徳意識は、イザベルの場合、彼女の持つ絶対的主観の中核になるものであり、相対的主観を身につけるためには、自分の道徳意識をも相対的に眺めることができる目、つまり「審美感覚」(taste)がイザベルに必要なことになる。¹⁶⁾ 審美主義を信奉したと言われるジェイムズは、道徳意識を含めた人間の要求総てを公平に、そして相対的に眺めることができる目を審美感覚と呼んだのである。¹⁷⁾ こうして、人妻になったイザベルに言い寄るといふウォーバートンの行動は、ヨーロッパの伝統に対するイザベル自身の理解を深め、今後の彼女の認識の進展の一つの方向を示している点で重要な事件となるのである。

しかし、イザベルが審美感覚を持つことは、道徳意識が感情と同じ地平に下り、彼女の行動や決断が道徳意識だけでなく感情によっても支配されることを意味する。イザベルがオズモンドの反対を無視して、ラルフのホテルを頻繁に訪れる時、彼女の行動を支配しているのは感情である。その感情とは、結婚後オズモンドとの不和に

苦しむイザベルにとって、「暗闇の光明」(II, 203)のような存在になっているラルフに対する愛情である。ただ、オズモンド夫人としての道徳意識が余りにも強烈なので、¹⁸⁾イザベルは重病に苦しむラルフに対する配慮を、はっきり愛情と認めることができない。つまり、ラルフを訪れるイザベルの心の中には、愛情と道徳意識が相拮抗して存在しているのである。それゆえ、どの程度ラルフを訪ねてよいのか、決める基準になるのは、初版の道徳意識ではなくて、ニューヨーク版の審美感覚でなければいけないのである。¹⁹⁾なぜなら、道徳意識はラルフに対するイザベルの愛情を否定するものであり、イザベルが頻繁にラルフのホテルを訪ねること自体を、否定するものだからである。愛情のような感情と道徳意識を公平に評価できる審美感覚でなければ、イザベルがラルフを訪ねることの適否を評価しえないからである。また、ラルフは、イザベルの気持ちがオズモンドを離れて、彼の方を向き始めていることに気付いているように思える。ラルフが悪いことと知りながら、イザベルにオズモンドという人間の正体を打ち明けさせようとする(II, 251-252)のは、そのためである。それは、イザベルがオズモンドよりもラルフの方を大切に思っていることを示すことである。しかし、イザベルはオズモンド夫人としての彼女の立場を守ろうとしているので、たとえラルフであっても、彼女の家庭内のことを話そうとはしない。ラルフのような第三者には、イザベルがオズモンド夫人という立場を逸脱しているように見えたとしても、自分の立場を守らなければいけないという道徳意識は、ラルフに対する愛情と同じくらい強く、イザベルの中にあるのである。

ウォーバートンがイザベルに言い寄ることを止めて、イギリスに帰ることで、彼とパンジーの結婚話は立ち消えになる。そのことが結果的に、イザベルに対して、オズモンドとマール夫人の実像を明らかにすることになる。オズモンドのような *egotist* には、自分に都合の良い事実を絶対視するところがあるが、彼もその過ちを犯してしまう。つまり、オズモンドはイザベルが以前、ウォーバートンがパンジーを気に入っていると書いた(II, 276)、という事実を絶対視するのである。そうすると、オズモンドにも、ウォーバートンがパンジーを気に入っているように見えるようになる。そして、オズモンドは、イザベルが嫉妬心からウォーバートンとパンジーの結婚話を壊した、と考えるのである。それゆえ、オズモンドは、ウォーバートンが愛するパンジーのために戻ってくる、と信じているし、また、ウォーバートンに会うために、パンジーを連れてイギリスまで行ってもよいと思うのである(II, 274)。たとえイザベルがウォーバート

ンとの結婚話を壊しても、貴族のウォーバートンから愛された程のパンジーには、きっと他の貴族から結婚の申し込みがある、とオズモンドは思い込んでしまい、「パンジーは高望みができることが証明された」(II, 277)と誇らしげに言うのである。この時点で、オズモンドは、*egotism* と貴族という地位を渴望する野心のために、先の見えなくなった愚かな人間であることを露呈してしまう。‘He was going down - down; the vision of such a fall made her almost giddy.’ (II, 275) このようなオズモンドの転落の場면을想像して、イザベルが目眩を感じるのには、彼女が想像していたオズモンドの虚像(イザベル自身の理想像)が完全に壊れてしまったことを認識すると同時に、そのオズモンド像を想像していたイザベル自身が全く間違っていたことを認識せずにはおれないからである。

ウォーバートンとパンジーの結婚話が破談になったことを知ると、マール夫人はイザベルを厳しく批判する。そのようなマール夫人の態度はイザベルを驚かせ、オズモンドとマール夫人の密会の場面を目撃して以来、二人に対して彼女が抱いていた疑念を一層募らせる。そして、イザベルは直感的に、マール夫人が彼女の運命を操っていたことを悟る(II, 322)。マール夫人の過去の行動には総て良くない意図があったと考え、イザベルは長い悪夢から醒めたような気持ちになる(II, 323)。更に、イザベルの総てに関係があるというマール夫人の台詞(II, 327)を聞いて、イザベルは、マール夫人が彼女の結婚を仕組んだ、という事実をはっきりと思い知らされるのである。そのことは、オズモンドとの結婚は自分で考え、自分で決めたと思っていたイザベルの過去の行動の過ちを改めて認めることである。この時期、イザベルは、結婚の不幸は彼女の過ちが原因であってはならない、と考えようすることから、彼女の過去の行動を正当化したいという願望をもつようになる(II, 281)。しかし、そのイザベルの願望とは裏腹に、オズモンドとの結婚、マール夫人との交友、そして、オズモンドとの離婚を安易に勧める(II, 284)ヘンリエッタとの交友など、次々と彼女の過去の行動の過ちがイザベルに突きつけられる。自分の過去の行動が正当化できないことがわかると、イザベルは自分に自信が持たなくなって、「自分自身が怖くなり」“Afraid of myself!” (II, 306)²⁰⁾、自分自身から逃げ出したい気持ちになる。

イザベルは馬車に乗って遠出をし、ローマ郊外の廃墟を散策して、彼女の悲しみを慰める。イザベルが想像していたオズモンドやマール夫人の虚像は総て壊れてしまった。イザベルが彼女の理想像を投影して見ていた彼らの虚像が壊れた後には、イザベルの理想とは全く違う彼ら

の実像と、それを他人の実像として認識できるイザベル自身が残るのである。つまり、イザベルはマール夫人を「邪悪な」(wicked) (II, 329) 女性として認識できるのであり、また、オズモンドが「卑しい結婚詐欺師」(a vulgar adventurer) (II, 330) のようであったとも認識できるのである。それは、イザベルが初めて自分(主観)と他人(客観)を区別して認識できるようになったことを意味する。しかし、このイザベルの認識の進展は、彼女の過去の行動が総て正当化できないとイザベル自身にわかった時、即ち、イザベルのアメリカ的自我(絶対的主観)が否定され、彼女が「受難」(passion) (II, 328) を受けている時に起こるのである。

4

ある日、ラルフの危篤を知らせるタチュット夫人の電報がイザベルの下に届く。イザベルはラルフを見舞う許可をオズモンドに求めるが、彼は許可しようとはしない。夫の考えに従わない妻イザベルは墮落し始めていると考えるオズモンドは、ラルフがイザベルの墮落の相手、即ち、愛人だと思っているのである。そして、オズモンドはイザベルを思い止まらせるために、彼女の想像力に訴えるような殺し文句を使う。“Because I think we should accept the consequences of our action,…” (II, 356)²¹⁾ この台詞を聞いて、イザベルは、オズモンドが結婚という「崇高な形式を守る」(II, 356) ように忠告していると思うのである。そして、結局イザベルはラルフの見舞いに行くことを半ば諦めてしまう。イザベルの頭の中には、結婚とは祭壇の前で誓いを交わした男性に忠実に尽くすことだ、という意識が強く残っている (II, 361)。この強力な道徳意識を一時的に麻痺させ、イザベルをイギリスに行かせる切っ掛けになるのが、オズモンドとマール夫人の関係についてのジェミニ伯爵夫人の打ち明け話である。オズモンドとマール夫人が二十年余り前から愛人関係にあり、パンジーは彼らの間にできた私生児であることや、パンジーの結婚持参金をイザベルの財産の中から出させるために、マール夫人はイザベルとオズモンドを結婚させた、という打ち明け話を聞いて、イザベルはただ驚き呆れている。そして、再びイザベルはイギリスへ行って、ラルフに会う決心をする。ただ酷な見方をすれば、この後のイザベルの行動は、やはり、感情に支配された行動である。オズモンド夫人としての立場や道徳意識を全く否定するような話を聞いた後、イザベルはオズモンド夫人としての自分の将来の姿が見えなくなる。それゆえ、イザベルの視点に立てば、ラルフの見舞いに行くことには正当性があるように見える。こ

の感情に支配されたイザベルの行動の持つ誤りは、イザベル自身には見えないものであり、後にラルフの遺書に示唆されて、初めてイザベルは気付くのである。

イギリスに帰る前に、イザベルがパンジーのいる修道院を訪れると、そこに同じように別れを告げにきたマール夫人がいる。そのことがジェミニ伯爵夫人の打ち明け話を裏付ける証拠となり、イザベルの受難は確定的なものになる。しかし、イザベルの受難が決まり、彼女の過去の行動が完全に否定された時、イザベルの認識は決定的な進展を遂げるのである。

イギリスに帰る途中、最初イザベルは絶望感に打ちひしがれ、死の甘美な幻影に誘われる。イザベルが唯一後悔することは、マール夫人の人間性を見抜けなかったことである (II, 392)。昔マール夫人はイザベルの理想的人物であったが、今はイザベルを不幸に陥れた邪悪な女性であり、しかも彼女の夫の曾ての愛人でもある。つまり、マール夫人はイザベルの過去の行動を否定する存在であるばかりでなく、オズモンドの妻としてのイザベルの現在の立場をも否定する存在なのである。自分の過去と現在を否定するような人間がそばにいたら、イザベルに自分の未来が見えるはずがない。マール夫人がアメリカに去り、彼女の前からいなくなることによって、初めてイザベルは自分の未来を想像することができる。つまり、イザベルは、「生きることが今後もずっと彼女の務めになるだろう」 (II, 392)、という気持ちを絶望感よりも強く持つことができるのである。そのようにして生まれた未来に対する希望が、イザベル本来の自負心の強いアメリカ的自我と結びついて、「自分のように値打ちもあり、能力もある人間が、ただ苦しむためだけに生きるといふことがある訳なく、きっともう一度幸せになれる」 (II, 392)、という気持ちがイザベルの中に生まれる。しかし、反面、そのように自分のことを良く思おうとすること自体が、無駄で馬鹿げたことのようにもイザベルには思える (II, 392)。これは、自分のアメリカ的自我に対する、イザベルの初めての反省と言える。自分の自我を反省できるようになると、イザベルは、「人間にはある種の粗雑さがある」 (II, 393)、という客観的事実を認めることもできる。そのようにして、自我即ち主観と、客観の両方を公平に判断できる平衡感覚を身につけた時、初めてイザベルは将来も生き続ける自分の姿を認めることができるのである (II, 393)。客観的事実の見えない、主観的に過ぎるアメリカ的自我だけを持ち続けていたら、イザベルに未来はなく、自殺の道しか残されていなかったかもしれない。未来を生き続ける自分の姿を客観的事実として想像できるようになると、「彼女は決して逃げることなく、きっと最後まで

生き続けるであろう」(II, 393)、という積極的な気持ちがいザベルの中に生まれる。そして、もう一つの客観的事実、つまり自分が中年になったという事実も、イザベルは自然と認識できるようになる。すると、そういった客観的事実や、彼女を苦しめてきたアメリカ的自我(主観)さえも忘れようとする「無関心」(indifference)(II, 393)の態度をイザベルは取るようになる。ただ、無関心な態度を取っていても、イザベルには、主観的事実と客観的事実の両方を公平に判断できる、平衡感覚のある認識力が備わっている。そして、今度は、このイザベルの認識力が試されるのである。

ロンドンの駅でイザベルを出迎えたヘンリエッタから、パントリングとの婚約を知らされた時、イザベルは最初大変な失望を感じ、この世の侘しさが一層増したように思う。イザベルのこの思いを押し進めていけば、ヘンリエッタは、マール夫人がヨーロッパ在住のアメリカ人を評した、「地表をはい回る単なる寄生虫」(II, 280)のような存在になるのであろう。しかし、イザベルがこのように考えること自体が彼女の主観的事実であり、この時点で既に、主観的事実と客観的事実の両方を認識できるイザベルは、ヘンリエッタがアメリカ的精神を持って、彼女なりに真剣にイギリスに取り組みようとしている、という客観的事実も認識することができるのである。

“And Isabel saw that she(Henrietta)had not renounced an allegiance(to the United States),but planned an attack. She was at last about to grapple in earnest with England.”
(II,401) (括弧内筆者)

また、イザベルはガーデンコートに帰った後、タチュット夫人からウォーバートンと貴族の令嬢との婚約の話聞かされる。「女性は既婚女性であっても、彼女の昔の恋人の結婚を自分に対する侮辱と考える」(II, 408)、というヨーロッパの伝統を信じているタチュット夫人は、ウォーバートンの婚約に対するイザベルの反応を見ようとする。これに対してイザベルは、「彼はいつかきっと結婚なさる方でしたわ」(II, 408)と答える。イザベルはウォーバートンの婚約を昔の恋人の裏切りとする主観的な受け止め方に無関心を装い、独身の男性ウォーバートンが結婚を望むのは自然なことだ、という客観的な見方をすることができるのである。このように主観的事実に無関心を装い、客観的事実をはっきり認識できるイザベルの態度は、タチュット夫人の理解を越えたものである。“Ah,my dear,you’re beyond me!”(II,409)

こうして、主観と客観の両方を認識できるイザベルの認識力は、実際の場で試され、しっかりとイザベルの身についたものになる。しかし、この冷徹な認識力は、イ

ザベルに対する愛情が適えられないまま、死期を迎えようとしているラルフにとっては無情なものとなる。イザベルとラルフの最後の場面で、二人はお互いに対する思いを語り、理解し合おうとするが、ラルフには彼の現実である死が見えているし、イザベルにもオズモンド夫人として生き続ける彼女の将来の姿が見えている。ただ、自分の死後のイザベルの行く末を大変心配するラルフは、イザベルに、オズモンドと離婚して、ガーデンコートに留まるように忠告する。それに対して、イザベルは次のように答える。“I should like to stay - as long as seems right.”(II,416)この台詞は確かにイザベルの道徳的高潔や正しいことをしようとする決意を示している²²⁾が、その正しさとはオズモンド夫人という立場から見た正しさであり、イザベルが将来もオズモンド夫人として生き続ける自分の姿を客観的事実として認識できるからこそ言える台詞なのである。しかし、オズモンドとの離婚を望むラルフにとっては、彼の死後もオズモンド夫人として生き続けることを想像できるイザベルの認識力は、その彼の願いを無にするものである。そして、死を目の前にして、ラルフに残されているものは、イザベルを心から愛したという思い出だけになる。この思いをラルフが最後に告白すると、イザベルは“Oh,my brother!”(II,417)と答えるが、その台詞に感じられる「冷淡さ」(frigidity)²³⁾も、イザベルの冷徹な認識力の持つ無情さが現れたものと言える。つまり、ラルフに対する愛情を主観的事実として認識でき、しかも、彼の死後もオズモンド夫人として生き続ける自分の姿を客観的事実として認識できるイザベルは、冷淡にも、“Oh,my brother!”と答えざるをえないのである。

5

こうしてイザベルの認識は決定的な進展を遂げ、彼女は主観と客観の両方を認識できるようになるが、その認識力はこれまで顧みられなかった客観の方に向けられがちで、主観は忘れられた形になっている。そこで今度は、イザベルの自我(主観)の復活がある。

ラルフの死後ガーデンコートに居続けるイザベルに、ローマへの帰還を促す直接的な出来事は、ガーデンコートの庭のベンチでのキャスパーの求愛であるが、その前に既にイザベルの中で認識の変化が起こっている。この認識の変化を引き起こすのは、タチュット夫人がイザベルに知らせるラルフの遺書の内容である。彼を気に入ってくれたというだけで、赤の他人にまで遺産を贈りながら、イザベルには遺産らしい遺産を殆ど残していないラルフの遺書には、それなりの意味がある。イザベルがオ

ズモンドと離婚しないことを知った時、ラルフはイザベルの愛を信じられなくなるのである。実際にタチェット夫人は、イザベルがラルフを好きではない、とラルフ自身が思っているようだと言語（II, 423）。ラルフはその遺書の中で、イザベルはラルフを愛していると思っ
ているが、ラルフ自身はイザベルから愛されているとは思っていないということを暗示しているのであり、更に、イザベルがオズモンド夫人として生き続けるのであれば、彼の見舞いにわざわざローマからイギリスにまで来てはならないということも暗示しているのである。ラルフの遺書の内容を聞いて、イザベルは本も読めなくなるほど注意力が散漫になる（II, 424）。イザベルはラルフの遺書の内容から彼の真意を知り、オズモンド夫人としてイギリスに来たことや、オズモンド夫人としてガーデンコートに居続けることが誤りであることを知るのである。そして、自分の過ちを知った時に起こる、このイザベルの認識の変化こそ、彼女の主観（自我）の復活を告げるものであり、彼女をローマへ帰らせる切っ掛けになるのである。

イザベルの自我の復活は、ラルフの葬式の後、ガーデンコートを訪れるウォーバートンに対する彼女の行動の中に現れている。イザベルはウォーバートンが自分に会いにきたのではないかと思ひ、それを確かめるために、庭に出て歩き回る（II, 424）。まるで昔の恋人ウォーバートンの注意を引こうとしているかのような、ある種の感情に支配されたこのイザベルの行動こそ、彼女の自我の復活を示すものなのである。そして、イザベルの自我の復活が道徳意識ではなく感情から始まったことは、イザベルが道徳意識に支配された昔のアメリカ的自我から脱却して、より自然な感情の持てる人間になったことを意味している。とはいえ、イザベルは道徳意識を忘れたわけではない。近々、貴族の令嬢と結婚するはずのウォーバートンが、イザベルを彼の邸宅に招待し、再び彼女に言い寄る素振りを見せると、イザベルは帰りの列車に乗り遅れないように彼に忠告して（II, 427）、暗に彼の申し出を断るのである。

このイザベルの行動を支配しているのは道徳意識であり、正にイザベルの自我は感情と道徳意識の両面から復活したのである。しかし、勿論、この自我はイザベルの以前のアメリカ的自我ではない。そのことは、イザベルがキャスパーの最後の求愛を断ったことの中にも示されている。

結婚の挫折を知った後、イザベルはキャスパーに好意的な見方をするようになっていたので、彼の最後の求愛の言葉にも今までになく耳を傾ける。しかし、キャスパーが客観的事実の見えないアメリカ的自我の持ち主である

ことに変わりはない。それは次のような彼の台詞にも現れている。“We can do absolutely as we please;... The world's all before us - and the world's very big.”（II, 435）²⁰ 結局キャスパーには、イザベルが何を考えているのか、最後までわからないのである。それゆえ、キャスパーの愛は、たとえ情熱的であっても、イザベルにとっては、「砂漠の熱い風であり、それが近づくと、他のものは皆死んでしまう」（II, 434）一方的な愛でしかない。結婚とは自分の考えを相手と分かち合うものだと考える（II, 195）イザベルが彼女の考えを全く理解していないキャスパーに、「以前一度も愛されたことはなかったのだ」（II, 433）、と感じるのは自然の成り行きとも言える。キャスパーの電光のような接吻（II, 436）も、彼の一方的な愛の象徴となり、イザベルがそれによって、彼に対する愛情を掻き立てられることもなく、逆に「彼の無慈悲な男らしさ」（II, 436）ばかりを彼女は感じてしまうのである。

また、イザベルのローマ帰還には、彼女の復活した自我の道徳意識が強く働いていることも否定できない。まだ人妻であるイザベルに接吻するというキャスパーの行為には、不道徳なものが感じられる。キャスパーは客観的事実の見えないアメリカ的自我の持ち主であると同時に、道徳意識に欠ける人物でもあるのだ。オズモンド夫人としてイギリスへ来たことが誤りである、とラルフの遺書から示唆されても猶、ローマのことを考えるだけで戦慄を覚えている（II, 421）イザベルに、ローマ帰還を決意させるのは、キャスパーが道徳意識に欠けるアメリカ的自我の持ち主であるという客観的事実を認識できる彼女の認識力であり、その認識力を持った彼女の復活した自我なのである。その意味で、イザベルのローマ帰還は、彼女の自我の復活を示す行為と言えるのである。

そして、イザベルのローマ帰還は、キャスパーにも認識の目を開かせることになる。イザベルがローマへ帰ったことを知らされ、呆然とするキャスパーに、ヘンリエッタが“Look here, Mr. Goodwood, ... just you wait!”（II, 437）と声をかけると、彼はその台詞が「あなたはまだ若い」という安っぽい慰めであることに気付いて、三十年も年取ったように感じる（II, 437-438）。これは、今まで他人が何を考えているのか全くわからなかったキャスパーが、他人の言葉の持つ本当の意味に初めて気付いたことを意味すると同時に、自分が中年になったという客観的事実を彼が初めて認識できたことも意味している。その意味では、イザベルのローマ帰還は、キャスパーに客観的事実を初めて認識させる、覚醒の契機ともなったのである。

結 語

以上、イザベルの認識の進展とは、第一に自分自身に対する認識の変化であった。理想に燃えてヨーロッパにやって来たイザベルは、オズモンドとの結婚を前にして、結婚適齢期の女性として、現実的な認識の必要性を悟る。しかし、この自分自身に対する認識の変化には一つの陥穽があった。結婚が挫折した後に、イザベルはその陥穽が自分のアメリカ的自我であることを知る。主観的に過ぎるアメリカ的自我のために、客観的事実が見えていなかったことをイザベルは知るのである。そして、アメリカ的自我から脱却するイザベルの模索が始まる。それはまず、イザベルのアメリカ的自我を絶対的主観たらしめている道徳意識に向けられる。道徳意識が感情と同じ地平に下り、新たにそれらを評価するものとして、審美感覚 (taste) がイザベルに生まれる。しかし、この審美感覚は道徳意識に代わって、イザベルの絶対的主観を保証するものではない。審美感覚を身につけた後、初めてイザベルは主観的事実と客観的事実を公平に評価できる平衡感覚のある認識力を身につけることになる。これはイザベルの過去の行動が総て否定された時、即ち、イザベルが受難の苦しみを味わっている時に起こる。自分のアメリカ的自我 (絶対的主観) が否定された時、イザベルにも客観的事実が見えてくるのである。しかし、自分の自我を否定されたイザベルは、客観的事実の方に目を向けがちである。そこで、新たなる自我 (主観) の復活がある。イザベルのローマ帰還は、正に彼女の自我の復活を示す行為なのである。ただ、その自我とは、以前の絶対的主観に囚われたものではなくて、主観的事実と客観的事実の両方を公平に認識できる自我である。イザベル・アーチャーの肖像は、彼女の認識の変化と進展を描いた、成長する精神の肖像とも言える。そして、この認識の進展は、ヨーロッパの存在を意識せずにはおれなかった、十九世紀のアメリカ人が避けて通れなかった関門でもあり、その意味では「肖像」は当時「国際関係」(international situation) に関心のあったアメリカ人ジェイムズが、どうしても書いておかねばならなかった作品なのである。

付記：本稿は「ALBION」復刊第35号 (京大英文学会) の掲載論文に、多少の加筆、修正を加えたものである。

Notes

- 1) 以下本文では「肖像」と略称する。
- 2) 引用はScribner Reprint Editions (New York Edition) の*The Novels and Tales of Henry James* (New Jersey:Fairfield,1977) 中の*The Portrait of a Lady*による。以下引用末尾の数字はこの版の巻・頁数を示す。
- 3) William Bysshe Stein, "The Portrait of a Lady: Vis Inertia," in William T. Stafford, ed., *Perspectives on James's "The Portrait of a Lady"* (New York: New York University Press, 1967), p. 175.
- 4) Frank Raymond Leavis, *The Great Tradition*, (London: Chatto & Windus, 1973), p. 147.
- 5) Philip Rahv, "The Heiress of All the Ages." in Stafford, *Perspectives*, p. 143. イザベルの超越主義的傾向は、人間の自我についてのマール夫人との有名な議論 (I, 287-288) の中で最も顕著に現れる。
- 6) マール夫人はオズモンドの別荘で次のように言って、イザベルを利用しようとしていることを明言する。
"I don't know what people are meant for, ... I only know what I can do with them." (I, 345) またイザベルもマール夫人との最後の場面で、自分が物のように利用されていたことを語る。
"She saw ... the dry staring fact that she had been an applied hung-up shaped wood and iron." (II, 379)
- 7) オズモンドと超絶主義者を区別するのは、dilettantismと道徳である。超絶主義の代表的思想家のEmersonは、オズモンドのようなdilettantismを不毛なものとして批判する。cf. Ralph Waldo Emerson, "Nature" in *Works of Ralph Waldo Emerson*, (London: George Routledge and Sons, 1889), p. 120. また超絶主義者は、ある意味では、審美主義者であるが、彼らが尊重する美とは、オズモンドが忌み嫌う道徳的要素を含む精神的な美である。cf. Emerson, "Beauty", op. cit., pp. 423-424.
- 8) ラルフは結婚後のオズモンド会って、彼のポーズを次のように見抜く。
'Everything he did was *pose* - *pose* so subtly considered that if one were not on the lookout one mistook it for impulse.' (II, 144-145) つまりオズモンドは超絶主義という思想までも、自分に都合の良いポーズとして利用するのである。

- 9) イザベルの想像する貴族的状況とは、他の誰よりも優れた判断力を持つことを意味する (I, 271)。この小説の後半部でヘンリエッタがアメリカ人の知性偏重の傾向を批判する (II, 400) が、ここでは正にイザベルがマール夫人の判断力という知性を偏重しているのである。
- 10) イザベルはマール夫人にも同じような隔たりに感じている。イザベルはマール夫人の言動からは、彼女の人間性が見えてこないことに気付くのである。それは次のように表現される。…there was a corner of the curtain that never was lifted.’ (II, 39) ただ、この頃は、アメリカ的自我の理想像を求めるイザベルの欲求が余りに強く、他人の人間性の実態にまで注意力が行き届かないのである。
- 11) Elizabeth Allen, *A Woman's Place in the Novels of Henry James*, (New York: St. Martin's Press, 1984), p. 81. アレンはイザベルの落ち着きの無さを「不安定な状態」(flux) と呼び、イザベルの認識が始まる印であるとする。
- 12) Laurence B. Holland, *The Expence of Vision*, (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1982), p. 40.
- 13) Christof Wegelin, *The Image of Europe in Henry James*, (Dallas: Southern Methodist University Press, 1958), p. 63.
- 14) Tsugio Aoki, "Isabel's Freedom: On Henry James's *Portrait of a Lady*," in E. Miner ed., *English Criticism in Japan*, (Tokyo University Press, 1972), p. 274.
- 15) Sister M. Corona Sharp, O. S. U., *The Confidante in Henry James*, (Indiana: University of Notre Dame Press, 1963), p. 88.
- 16) Leavis, op. cit., p. 128 リーヴィスは審美感覚を道徳意識に取って代わるものと考えているが、ジェイムズの場合、審美感覚は道徳意識をその中に含んでいると思われる。
- 17) Adeline Tintner, "The Museum World", in Leon Edel ed., *Henry James: A Collection of Critical Essays*, (N. J., Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1963), pp. 140-141, pp. 143-144. ティントナーも審美主義と道徳を相反するものと考えているが、ジェイムズの、そしてイザベルの審美主義は、人間の要求の一つとして道徳をその中に含んでいる。
- 18) 例えば、ラルフを訪ねる時でも、イザベルは絶えず「結婚の持つ伝統的な作法や神聖な義務」(II, 245) を考えてしまうのである。
- 19) Henry James, *The Portrait of a Lady*, (New York: W. W. Norton & Company, 1975), p. 387, p. 562. このノートン版には初版とニューヨーク版を対比させた注釈がついていて便利である。
- 20) このイザベルの台詞には従来様々な解釈があるが、私はイザベルの感情と道徳意識の相克という観点から考えてみたい。前述したように、結婚の挫折に悩むイザベルの心の中は、オズモンド夫人という立場を守ろうとする道徳意識とラルフに対する愛情で占められている。しかし、イザベルがオズモンドとの結婚の正当性を信じられなくなると、オズモンド夫人という立場や、それを支える道徳意識が揺らぎ始める。すると、その道徳意識を犯してまでも、ラルフに対する愛情に従って、イギリスまで彼に同行しようという気持ちがイザベルの中に生まれる。実際に、イザベルはオズモンドが反対しても、ラルフに同行して行ってもよいと発言する (II, 309)。イザベルは、道徳意識を犯してでも、感情に従って行動しようとしている自分自身を恐れているのである。
- 21) この台詞は47章のヘンリエッタとの会話の場面でのイザベルの台詞 "One must accept one's deeds." (II, 284) と、その本質的な意味は同じであり、オズモンドがイザベルの考え方を少なくとも表面的には理解している証拠と言える。そして、それはオズモンドが求婚期間中、表面上だけイザベルの考えに同調していたことも暗示している。
- 22) Wegelin, op. cit., p. 68.
- 23) Aoki, op. cit., p. 282.
- 24) この台詞は、姉の一家をロンドンの駅から見送った帰りに、イザベルが感じていた思い "The world lay before her - she could do whatever she chose." (II, 36) と、その本来的な意味は同じである。キャスパーが結婚前のイザベルと同じように、客観的事実の見えないアメリカ的自我の持ち主であることの証明と言える。
- 25) Cornelia Pulsifer Kelly, *The Early Development of Henry James*, (Urbana: University of Illinois Press, 1965), p. 299. ケリーはイザベルの肖像が精神の肖像であり、ジェイムズの関心が「精神の進展」(the development of a mind) にあったとする鋭い洞察力のある批評を行っている。

擬似分裂文における不定詞

溝端 清一・熊谷 裕司*

The Infinitival Forms in Pseudo-cleft Sentences

Kiyokazu MIZOBATA and Yuji KUMAGAI

Some grammarians suggest that either the infinitive with *to* or the bare infinitive appears in the pseudo-cleft sentence with a VP complement. Little consideration, however, has been given to the factors which may determine the presence and the absence of *to*.

In this paper, on the basis of the instances found in our corpus of British and American English and our test sentences judged acceptable or unacceptable by informants we demonstrate some of the factors controlling the appearance of *to*.

1. 序

以下のような、動詞句を補語にもつ擬似分裂文¹⁾は、原形不定詞と *to* 不定詞のどちらをもとることができる。

(1) What he has to do is (*to*) pay the money.

本稿では、一見恣意的とも思われるこの構文における *to* 不定詞の出没を支配する要因について、実例の観察とインフォーマント調査に基づき考察することにする。

1.1 先行研究

本論に入る前に、過去における動詞句を補語にもつ擬似分裂文の取り扱い方を以下に概観する。

原形不定詞をとるための構文上の条件に関しては、これまで見解に一致があるようである。たとえば、Jespersen (1940:171-172), 安藤(1969:10-12), Kuno(1977:94), 安井(1978:113), Quirk(1985:1067,1388) 等で述べられているように、主語節中の *do* item²⁾ の存在が、この構文で原形不定詞をとる必須の条件であり、なければ不可ということである。次の例を見ておこう。

(2) a. What he wants is to pay the money.

b. What he wants to do is (*to*) pay the money.

(2)a. の文では義務的に *to* をとらなければならないが、(2)b. では、条件が満たされているので、*to* 不定詞をとらなくてもよい、ということになる。

次に、この構文に *to* 不定詞が出没する要因についての説明としてまず、石橋他(1961:57) が上げられる。彼らは(3)のような例において、「...ここで *to* が用いられている理由には、主語と補語の位置の離れていることもあると推測されます。」と述べている。

(3) "The first thing I want you to do, Handsome Brown," Ma said angrily, "is *to tell* me what on earth you meant by bringing those goats here."

安藤(1969:13) は、(4)のような例に対して「*to* のない形は概して感情的色彩を帯びた言い方で、ためにいっそう口語的・強意的であり、一方、*to* のある形はやや formal で、冷静な判断を下すような場合に用いられることが多い、と言えるように思われる。」と説明する。

(4) All I could do was wait.

Kuno(1977:94) は、*to* の出没を支配する要因についてより詳細な観察を示している。たとえば、copula を was, will be, might be, has been に変えた場合の判断

*奈良工業高等専門学校非常勤講師

は次のごとくである。

- (5) ① { a. What John did was kiss monkeys.
b. *What John did was to kiss monkeys.
- ② { a. What John will do will be kiss monkeys.
b. What John will do will be to kiss monkeys.
- ③ { a. What John will do might be kiss monkeys.
b. What John will do might be to kiss monkeys.
- ④ { a. ? *What John has always liked to do has been kiss monkeys.
b. What John has always liked to do has been to kiss monkeys.

Kunoによれば上述の①の場合、a.は容認されるがb.はungrammaticalである。②と③の場合は、それぞれa. b.とも容認される。④のようにbeenのあとではtoは、“obligatorily”に出現すると述べ、④のa.はungrammaticalあるいはせいぜい“marginal”という判断を示している。

Swan(1980:321)は、“Clauses which explain the exact meaning of do can have the infinitive without to.”と主張し、次のような例をあげている。

- (6) What a fire-door does is (to) delay the spread of a fire long enough for people to get out.

大江(1983:153-155)は(7)のような場合、「分割された主語にdoの原形不定詞が現われており、それとの並行性からしても原形不定詞が来やすいであろう。」と述べ、主語とのパラレリズムを出没の要因の一つとして挙げている。

- (7) ...the most the linguist can do is impose some order,...

Quirk(1985:1067)は、次に示したような文について、to不定詞は“optionally”に現われるとのみ記述してい

る。

- (8) What they must do is (to) propose an amendment to the resolution.

Thomson & Martinet(1986:221), Leech(1989:206,209)もほぼ同様の説明しかしていない。

上記の説明のどれをとっても現象面の記述にとどまっております、toの出没を支配する要因についての包括的な考察に欠けているように思われる。次章では、それらの要因を究明すべくおこなった実例調査とインフォーマント調査について述べる。実例調査では、外的要因、特に国籍並びにwritten,spoken というstyleの差がto出没に影響を与えているかを見る。インフォーマント調査では、内的要因、つまり統語的、意味的要因がto出没に影響を与えているかを見る。

2. 調査

2.1 実例調査

ここで使用した実例は英米の雑誌と小説からのものである。イギリス雑誌として*The Listener*、アメリカ雑誌として*Newsweek*を選び、それぞれとも1987年度と1989年度分の発行月日にかたよりのないよう選択された13冊づつ計26冊から実例を収集した。小説の方は、英米とも一般的な大衆小説から抽出された。(Appendix参照)

分類はまず文体差を考慮して地の文はwritten、引用符付の例はspokenとし、次に形式面から、すなわちWhat+S...do+be+to不定詞とWhat+S...do+be+原形不定詞のタイプに分けて、問題となる不定詞の分布状況の観察をおこなった。また、この構文の派生形と考えられるAll+S...do+be+to不定詞、All+S...do+be

表1

Type Corpus	Written		Spoken	
	a) What+S...do+be+to~	b) What+S...do+be+原形	c) What+S...do+be+to~	d) What+S...do+be+原形
<i>Listener</i>	10	7	2	3
英小説	1	0	2	0
<i>Newsweek</i>	1	3	1	7
米小説	0	0	1	7
合計(%)	12(54.5%)	10(45.5%)	6(26.1%)	17(73.9%)
Type Corpus	e) All+S...do+be+to~	f) All+S...do+be+原形	g) All+S...do+be+to~	h) All+S...do+be+原形
<i>Listener</i>	1	29	0	1
英小説	4	4	5	5
<i>Newsweek</i>	1	4	1	2
米小説	5	28	2	34
合計(%)	11(14.5%)	65(85.5%)	8(16.0%)	42(84.0%)

+原形不定詞のタイプも合わせて見た。結果は次のようになった。

表1の擬似分裂文a), b)における *to* 不定詞及び原形不定詞の出現率は, (*to*)54.5%:(原)45.5%で, やや *to* 不定詞の方が優勢である。イギリス英語のコーパスだけのa), b)の比率は, (*to*)61.1%:(原)38.9%と *to* 不定詞が優勢であるのに対して, アメリカ英語のコーパスでは, (*to*)25.0%:(原)75.0%と原形不定詞が優勢である。

c), d)の *to* 不定詞, 原形不定詞の出現率は(*to*)26.1%:(原)73.9%で, かなり原形不定詞の比率が高くなっている。イギリス英語でのc), d)の比率は(*to*)57.1%:(原)42.9%, アメリカ英語では(*to*)12.5%:(原)87.5%となり, イギリス英語では *written* の場合と同様 *spoken* でも *to* 不定詞の方が優勢であるが, アメリカ英語では原形不定詞の方が頻出する。

a), b)とc), d)を合計した比率を見ると, (*to*)40.0%:(原)60.0%となり, 原形不定詞が優位に立っている。英米別に見ると, イギリス英語では(*to*)60.0%:(原)40.0%と *to* 不定詞が20%も多いが, アメリカ英語では(*to*)15.0%:(原)85.0%となり5倍以上も原形不定詞の方が多し。

次に派生形を見ると, e), f)の *to* 不定詞と原形不定詞の出現率は, (*to*)14.5%:(原)85.5%となり原形不定詞の方が高い頻度を示している。イギリス英語での両者の比率は(*to*)13.2%:(原)86.8%, アメリカ英語では(*to*)15.8%:(原)84.2%で, 英米ともほぼ同じ割合で原形不定詞の方が頻出する。

派生形g), h)の場合, *to* 不定詞と原形不定詞の比率は, (*to*)16.0%:(原)84.0%となりe), f)の比率とよく似かよっている。イギリス英語では(*to*)45.5%:(原)54.5%で, 原形不定詞の方がやや優勢だが, アメリカ英語では(*to*)7.7%:(原)92.3%となり, はるかに原形不定詞の方が優勢である。

派生形e), f)とg), h)を合計すると, (*to*)15.1%:(原)84.9%となり, 原形不定詞の方がはるかに出現率が高い。英米別にみても, イギリス英語では(*to*)20.4%:(原)79.6%, アメリカ英語は(*to*)11.7%:(原)88.3%でイギリス英語, アメリカ英語とも原形不定詞の頻度が非常に高い。

以上をまとめると, 擬似分裂文の場合, *written* では *to* 不定詞の方が原形不定詞よりやや多く出現するが, *spoken* では原形不定詞の方が約3倍多く出現する。派生形では *written* と *spoken* の両方とも原形不定詞の方が5倍以上多くあらわれる。擬似分裂文をイギリス英語のコーパスだけで見た場合, *to* 不定詞の方が *written, spoken*

とも優勢であるのに対して, アメリカ英語のコーパスでは原形不定詞の方が *written, spoken* とも高い頻度を示している。派生形の場合, 英米のコーパスとも *written, spoken* にかかわらず原形不定詞の頻度が高いと言える。

2. 2 インフォーマント調査

ここでは上記の実例調査を補い, 擬似分裂文における *to* 不定詞出役の内的要因を包括的に捕らえるためにテスト文を作成し, インフォーマント調査を試みた。

《調査方法とテスト文のねらい》

テスト文は, なるべく類似のパターンが連続しないよう配列した。問題となる箇所にA)原形不定詞とB) *to* 不定詞の両方の形を示し, より *acceptable* な方を選択させ, 理由も記入させた。(表2参照)

インフォーマントは, 大学生あるいは大学卒業程度の学歴のある13人の母国語話者で, 内訳は次のとおりである。

- ㊶ イギリス人: 男性, 24歳
- ㊷ イギリス人: 男性, 49歳
- ㊸ アメリカ人: 男性, 37歳
- ㊹ アメリカ人: 男性, 47歳
- ㊺ カナダ人: 男性, 35歳
- ㊻ カナダ人: 女性, 32歳
- ㊼ ニュージーランド人: 男性, 24歳
- ㊽ ニュージーランド人: 女性, 21歳
- ㊾ ニュージーランド人: 女性, 20歳
- ㊿ ニュージーランド人: 女性, 23歳
- ㊽ ニュージーランド人: 男性, 27歳
- ㊾ ニュージーランド人: 男性, 25歳
- ㊿ ニュージーランド人: 男性, 25歳

次にテスト文の形式上の特徴と, それによって検証されるべき課題を述べる。(カッコ内の番号は, それぞれのテスト文を示している。)

〔グループ1〕 *copula* が現在形で, その前後に修飾語句の無いもの。(㊶, ㊷, ㊸, ㊹, ㊺)……最も基本的な形での *to* 不定詞, 原形不定詞の出現率を見るためのものである。大江(1983:153-155)の言う主語とのパラレリズムの妥当性を合わせて検証する。

〔グループ2〕 *copula* の形式が *was*: (㊻), *will be*: (㊼, ㊽, ㊾), *would be*: (㊿, ㊽), *has been*: (㊾, ㊿) の場合……これらは, Kuno(1977:94)の判断の根拠を探るための例である。

〔グループ3〕 主語節に時間における方向性を示す副語句 (*in a week*) を含んでいるもの。(㊿, ㊽)……時間における方向性を示す副詞句の挿入が *to* 不定詞の

表2

- ① What he has to do is
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ② What he has to do will be
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ③ What he has to do in a week is
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ④ What he has to do in a week will be
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑤ What he can do is
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑥ What he can do will be
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑦ What he will do is
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑧ "What you have to do," he said to Mary, "is
{A} pay the money."
{B} to pay the money."
- ⑨ What he will do will be
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑩ What he does is
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑪ What he has to do would be
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑫ What he will do would be
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑬ What he had to do has been
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑭ What he has always liked to do is
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑮ What he has always liked to do has been
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑯ What they have to do with the problem of air pollution in advanced industrial countries is
{A} stop the factories.
{B} to stop the factories.
- ⑰ What he has to do is first of all
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑱ What he has to do is...how shall I say...
{A} pay the money.
{B} to pay the money.
- ⑲ "What you have to do," he said to Mary when he happened to meet her at the main gate of the school, "is
{A} pay the money."
{B} to pay the money."
- ⑳ What he had to do was
{A} pay the money.
{B} to pay the money.

表3

インフォーマント テスト文	㊶	㊷	㊸	㊹	㊺	㊻	㊼	㊽	㊾	㊿	㉑	㉒	㉓	㉔
①	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
②	B	/	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
③	A	B	B	AB	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A
④	B	/	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	B	B
⑤	A	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
⑥	B	/	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B
⑦	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
⑧	A	AB	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A
⑨	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	A
⑩	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
⑪	B	B	B	/	B	B	A	B	B	A	B	B	B	B
⑫	B	B	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	B	B
⑬	B	/	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B
⑭	A	/	A	A	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A
⑮	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
⑯	B	B	B	AB	A	B	A	B	A	B	B	B	B	A
⑰	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
⑱	A	A	AB	AB	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
⑲	A	B	A	B	A	A	A	B	B	A	B	B	B	A
⑳	A	B	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B	B	A

(表中のAは原形不定詞, Bはto不定詞, ABは両方とも可であることを示す。/は, 当該のテスト文ではインフォーマントがA or Bの判断ができなかったことを示している。)

選択を誘発するかどうかを見るための例である。

〔グループ4〕 copulaの前か後に挿入表現があるもの。(⑧, ⑬, ⑰, ⑲, ⑳)……石橋他(1961:57)の説明を検討するためのテスト文である。

最後にもっとも基本的な擬似分裂文である表2の①のテスト文だけを用いて、前述のインフォーマント調査に参加した13人以外に無作為にイギリス人3人、アメリカ人5人、ニュージーランド人2人を加えて国籍差があるかを見た。

《結果と考察》

表3の結果を基に以下に考察する。(A、Bの両方も可能と判断されたものは除き、出現率が算定されている。)

〔グループ1〕

①92.3%, ⑦92.3%, ⑩92.3%, ⑤84.6%, ⑬83.3%の出現率で原形不定詞に判断が集中した。これらに対するインフォーマントの反応は、“sounds better”とか、*to*のない文の方が簡潔なので好ましい、といったものであった。〔グループ2〕の⑥, ⑨, ⑫の結果と合わせて考えるなら、大江(1983:153-155)の言う主語に*do*の原形不定詞が現われると並行性が働いて原形不定詞が選ばれるとは考え難い。

〔グループ2〕

to 不定詞の比率は、will be: ②100%, ⑥91.7%, ⑨84.6%, would be: ⑫84.6%, ⑪83.3%, has been: ⑮100%, ⑬91.7%, was: ⑳30.8%, というものでwas以外は圧倒的に*to*不定詞に判断が傾いている。Kuno(1977:94)はwill be, might beのあとでは*to*不定詞あるいは原形不定詞のどちらでも可としているが、我々のwill be並びにwould beをcopulaとするテスト文ではどれも大部分*to*不定詞の方が選ばれている。has beenのあとではKunoの指摘通りほぼ“obligatorily”に*to*不定詞が選ばれるという結果を得た。wasの場合は原形不定詞へ判断がかたよっているのだが、①と比べれば*to*不定詞を選ぶ比率が高くなっている。Kunoは⑳と類似の例である(5)①のbの方をungrammaticalとしており、我々の結果とくいちがいを見せている。³⁾

〔グループ3〕

③は75.0%の比率で原形不定詞が選択された。in a weekの意味が*to*不定詞の選択を誘引するなら圧倒的な比率で*to*不定詞にかたよってよいはずだが、原形不定詞を選択した者の比率の方が高かった。インフォーマントの反応にも積極的にこの仮説を支持する理由はでてこなかった。①より原形不定詞の出現率が低くなっているのは、in a week挿入によるリズムの変化に影響を受けていると考えられる。④については83.3%の比率で*to*

不定詞をとっている。この場合、②と③の比較から見るとwill beに影響されて*to*不定詞に判断が傾いているようである。原形不定詞を選ぶインフォーマントがいるのは、in a week挿入によるリズムの変化に対応してのことと思われる。

〔グループ4〕

原形不定詞を選択する比率の高いもの順に並べると⑱100%, ⑰92.3%, ⑧90.0%, ⑲53.8%, ⑬33.3%となる。⑱の*to*不定詞の出現率が高いのは、⑧, ⑰, ⑲などに比べて長い副詞句が挿入されていることが影響していると考えられる。*to*のある方が“sounds clear”というインフォーマントの反応にもこのことが窺える。⑲の場合も、⑧, ⑰, ⑱の例に比べれば、*to*不定詞をとる率(46.2%)は高いので⑱と同様の要因が作用していると考えられる。一人のインフォーマントの“The sentence is rather long and complex, so the infinitive is more clear.”という反応が示唆的である。つまり、copulaの前か後に比較的長い挿入表現(副詞句・副詞節等)があると、統語的にも意味的にも複雑な文になり、文を理解しやすくするためのマーカーとして*to*が働いているということであろう。グループ1からグループ4までは不定詞の選択について形式的な観点からの理由を述べたインフォーマントしかいなかったが、グループ4ではじめて⑱, ⑰, ⑲について原形不定詞を選んだインフォーマントが“emphasis”という意味の面から見た理由を述べている。

最後に上記の13人のインフォーマント以外に無作為に選んだ10人のインフォーマントを加えて、テスト文①だけを見た調査結果は次の通りである。

イギリス	……………	A: 2人	B: 3人
アメリカ	……………	A: 6人	B: 1人
カナダ	……………	A: 2人	B: 0人
ニュージーランド	……………	A: 9人	B: 0人
		A: 19人	B: 4人

国籍差を見るにはインフォーマントの数がはなはだ不足してはいるが、少なくともイギリス人の中には擬似分裂文で*to*不定詞を用いることを好むものが他の国籍のインフォーマントよりも多くいる、と言える。

3. ま と め

本稿では、今まで包括的に説明されなかった、動詞句を補語にもつ擬似分裂文における*to*不定詞出役の要因について事例調査とインフォーマント調査の結果を踏まえて考察した。

我々の事例調査では、コーパス全体をwritten, spoken

の区別なく、擬似分裂文並びにその派生形における *to* 不定詞と原形不定詞の出現比率を見た時、原形不定詞の方が圧倒的に高い頻度を示した。しかし、イギリス英語のコーパスだけで観察した時、特に擬似分裂文の場合、written, spoken と *to* 不定詞の方が原形不定詞より頻度が高いという結果を得た。これは明らかにイギリス英語では擬似分裂文で、*to* 不定詞の方が好まれるという傾向を示すものである。テスト文①を基に23人のインフォーマント調査で、*to* 不定詞を選んだインフォーマントは1人を除きすべてイギリス人であったという結果をも重ね合わせるなら、*to* 不定詞を誘因する factor として国籍差が考慮にいれられねばならないということを裏付けるものと言える。しかしながら、今回の我々の調査では written, spoken という style の差が *to* 不定詞の出現に影響を与えているかを確定できるだけの結果を得ることができなかった。

インフォーマント調査の〔グループ1〕からは、主語節の表現形式が *to* の出沒に影響を与える要因にはほとんどならないということがわかった。このグループのどの例でも原形不定詞の比率が圧倒的に高いのは、冗長な *to* 不定詞よりも簡潔な原形不定詞の方をとろうとする意識が強く働くからであろう。〔グループ2〕では、copula が will be, would be, has been の場合大部分 *to* 不定詞の判断に傾いた。will be, would be, has been が copula として使われない場合、現在分詞や過去分詞が後続することはあっても、動詞の原形が来ることはない。それでこれらが copula として用いられる擬似分裂文では、補語の位置に原形不定詞が出現すると、そのような動詞の原形を避ける意識が強く働く。逆に *to* 不定詞が出現すると、原形不定詞によって引き起こされる不調和感が消え、統語的に調和のとれた SVC の構文になる、と考えられる。copula が was の場合、我々の調査では *to* 不定詞を選ぶインフォーマントが約30%いた。Culicover(1982)並びに Leech(1989)の判断を重ね合わせるなら、*to* 不定詞をともなった擬似分裂文の方を ungram-matical とする Kuno(1977)の判断には修正が加えられる必要がある。〔グループ3〕の検討では、時の方向性を示す表現の挿入が *to* 不定詞の選択にほとんど影響を与えていないことがわかった。影響があるとなれば、その意味的要因(時の方向性)のためではなく、せいぜいその形式的要因(リズム)のためと考えられる。〔グループ4〕では、copula の前あるいは後に置かれる挿入表現の長さによって、不定詞の選択に強く影響を受けるインフォーマントがいることがわかった。たとえば、⑬、⑭のテスト文では圧倒的に原形不定詞を選ぶ者が多いが、⑯、⑰のテスト文ではかなりの者が *to* 不定

詞を選んだ。これは文の構造を理解しやすくするために *to* 不定詞の方が選択されたと解釈できる。

以上のような我々の調査結果から、擬似分裂文における *to* 不定詞・原形不定詞の出現のメカニズムは、単に“optional”という Quirk(1985), Leech(1989)に代表される従来の記述では捕らえきれものではなく、複雑に絡み合った外的・内的要因に目を向けてこそ理解できるものであると言える。

Notes

- 1) この構文については、『大修館英語学事典』(p.633ff.)を参照。本稿での擬似分裂文とはすべて(1)のタイプを指す。
- 2) この用語は、Quirk(1985:1388)による。主語節中で代用動詞として用いられる *do, does, did, done* 等を指す。
- 3) Kuno(1977:94)とは異なり、copula が was の擬似分裂文の場合、Culicover(1982:144)は①の例を挙げ、Leech(1989:206)は②の例を挙げて原形不定詞と *to* 不定詞の両方が可能であるという判断を示している。

① What John did was (*to*) leave the door open.

② { What she did was to give all her money away.
What she did was give all her money away.

References

- 1) 安藤貞雄. 1969. 「‘All I could do was wait’の構文」『英語語法研究』(研究社). 8-16.
- 2) Culicover, P.W. 1982. *Syntax*. Academic Press.
- 3) Higgins, F.R. 1976. *The Pseudo-cleft Construction in English*. Indiana University Linguistics Club.
- 4) 石橋幸太郎他. 1961. 『クエスチョン・ボックスシリーズ』第7巻 不定詞・動名詞. 大修館.
- 5) Jespersen, O. 1940. *A Modern English Grammar on Historical Principles*. V. George Allen & Unwin LTD. rep.
- 6) Kuno, S. 1977. “WH-CLEFT AND IT-CLEFT SENTENCES.” *Studies in English Linguistics*.
- 7) Leech, G. 1989. *An A-Z of English Grammar and Usage*. Edward Arnold.
- 8) 松浪有他. 1983. 『大修館英語学事典』大修館.
- 9) 大江三郎. 1983. 『動詞(II)』講座・学校英文法の基礎 第5巻. 研究社.

- 10) Quirk, R. et al. 1985. *A Comprehensive Grammar of the English Language*. Longman.
- 11) Swan, M. 1980. *Practical English Usage*. Oxford University Press.
- 12) Thomson, A. J., and A. V. Martinet. 1986⁴. *A Practical English Grammar*. Oxford University Press.
- 13) 安井稔. 1978. 『新しい聞き手の文法』大修館.

Appendix

実例調査で用いられた Corpus は、以下の通り。

<イギリス雑誌>

The Listener …… 1987年度, 1989年度それぞれの年度のものから, 発行月日にかたよりのないよう選択された13冊づつ計26冊。

<アメリカ雑誌>

Newsweek …… 1987年度, 1989年度それぞれの年度のものから, 発行月日にかたよりのないよう選択された13冊づつ計26冊。

<イギリス小説> (計17冊)

- 1) Burgess, A. (1972). *The Long Day Wanes*. Penguin Book.
- 2) Christie, A. (1963). *The Pale Horse*. Pocket Books.
- 3) Cooper, J. (1980). *Class*. Corgi Books.
- 4) Dahl, R. (1979). *Completely Unexpected Tales*. Penguin Books.
- 5) _____ (1989). *Matilda*. Puffin Books.
- 6) Deighton, L. (1981). *XPD*. Granada.
- 7) Dibdin, M. (1989). *The Last Sherlock Holmes Story*. Faber and Faber.
- 8) Fleming, I. (1977). *On Her Majesty's Secret Service*. Triad Granada.
- 9) _____ (1979). *For Your Eyes Only*. Triad Granada.
- 10) Greene, G. (1968). *In Search of a Character*. Penguin Books.
- 11) Hogan, D. (1988). *Lebanon Lodge*. Faber and Faber.
- 12) Mortimer, P. (1984). *Handyman*. Penguin Books.
- 13) Naipaul, V. S. (1969). *A House for Mr Biswas*.

Penguin Books.

- 14) Phillips, C. (1985). *The Final Passage*. Faber and Faber.
- 15) Rhys, J. (1969). *Voyage in the Dark*. Penguin Books.
- 16) Spark, M. (1961). *Memento Mori*. Faber and Faber.
- 17) Sproat, R. (1989). *Chinese Whispers*. Faber and Faber.

<アメリカ小説> (計17冊)

- 1) Corman, A. (1977). *Kramer vs. Kramer*. Signet.
- 2) Grossbach, R. (1978). *Neil Simon's Chapter Two*. Warner Books.
- 3) _____ (1979). "… And Justice for All." Ballantine Books.
- 4) Hailey, A. (1959). *The Final Diagnosis*. Pan Books.
- 5) Irving, J. (1976). *The World According to Garp*. Pocket Books.
- 6) Malamud, B. (1957). *The Assistant*. Avon Books.
- 7) Osborn, Jr. J. J. (1971). *The Paper Chase*. Fawcett.
- 8) Peck, R. E. (1978). *Something for Joey*. Bantam Books.
- 9) Robbins, H. (1955). *79 Park Avenue*. Pocket Books.
- 10) _____ (1958). *Never Love a Stranger*. New English Library.
- 11) _____ (1966). *The Adventurers*. Pocket Books.
- 12) _____ (1974). *The Pirate*. New English Library.
- 13) Segal, E. (1980). *Mm, Woman and Child*. Ballantine Books.
- 14) Sheldon, S. (1973). *The Other Side of Midnight*. Pan Books.
- 15) _____ (1976). *A Stranger in the Mirror*. Warner Books.
- 16) _____ (1977). *Bloodline*. Warner Books.
- 17) Thompson, E. (1979). *On Golden Pond*. Signet.

多元的世界と宗教 (IV)

ウィリアム・ジェームズの
宗教論についての考察

木村 倫 幸

Pluralistic World and Religion

— A Study of William James's
Religious Philosophy —

Tsuneyuki KIMURA

十二(承前)

この宗教的経験の評価にあたっては、様々なものが可能であるとするのが、ジェームズの基本的な立場であり、そしてそれは、彼の提起した立場そのものから当然のこととして出てくるものであった。そこで問題は、この評価をめぐって果たして何人にも納得し得る真理は存在するかという、宗教的真理の問題に移ることになる。即ち今まで考察してきた聖徳や聖徒達の行為を、客観的普遍的な真理として保証する何ものが存在するのか否かが問われることになる。というのも、かかる何ものが存在してはじめて、宗教は個人の単なる願望、信念の域を超えることができるものとなるからである。

ジェームズは、宗教を確証するべきものの探求にあたって、通常宗教的現象にしばしば随伴し、宗教的真理を代表するものと見なされている神秘主義及びこれと対極にあり、理論によって宗教的真理を導くと考えられている哲学(宗教哲学)を取り上げる。これらのものは、一方は徹底した個人的経験を、また他方は普遍的に妥当するとされる理論を根拠にして、それぞれ宗教を立証すると称するのであるが、ジェームズは、これら両極端を考察することで、かえって彼の主張の妥当性が自ずから明らかにされてくることを目論む。

それ故われわれは、この節において「神秘主義」を、次節においては「哲学」を検討することで、ジェームズ宗教論の結論の予備的段階を考察することになる。そしてこの点に関して言えば、「神秘主義」においては、「より広大な」世界との結び付きという「仮説」が、「哲学」においては、従来の形而上学的神学や現代の観念論哲学とは異なって、その「仮説」を確認する現実的な哲学的立場と役割が要請される。

さて「神秘主義」「意識の神秘的状態」について、ジェームズは次の四つの特徴を述べる。即ち、①「言ひよりのならん」(ineffability)②「知的な性質(moetic quality)」③「一時性(transiency)」④「受動性(passivity)」である①。つまりその状態は、経験した本人のみしか理解できぬ、他人に伝えることができぬものであるにもかかわらず、「論証的な知性によつては到底知れない真理の深みを洞察する状態」②(302)であり、「しばしば彼が、あたかもある高い力によつてつかまれ、留められているかのように感じる」(303)。従つてジェームズは、これらの特徴を持つ意識状態を「神秘的な群(mystical group)」(同)

と名づけることで、単に宗教的のみならず、真理学的、生理学的考察をも併せて試みる。

その考察の内には、アルコールによる酩酊した意識や亜酸化窒素 (nitrous oxide) についてのものも含まれているが、これらの考察の結果は次のように示される。

「酩酊した意識は神秘的意識の一部分である。そしてそれについてのわれわれの全体的な意見は、あのより大きな全体についてのわれわれの意見の中に存在しななければならない」(307)。

「それは、われわれの正常な、目覚めているときの意識——それをわれわれは合理的意識と呼んでいる——は、意識の一つの特殊なタイプにしか過ぎないのに対して、その周囲をぐるりと巡って、極薄い膜によってそれと分けられて、それとは全く異なる、意識の潜在的な形態が存在する、ということである」(307~8)。これらに述べられているように、いわゆる正常な意識から逸脱した意識の考察から、われわれの意識を取り巻くとされる潜在意識的なものの存在が再び示唆されることになる③。このことは、ジェームズの宗教論に予想される仮説を方向づけるものと言えよう。しかしこの方向の詳述は最後の部分まで措かれる。

むしろ現在のところ、より重要であるのは、右の潜在意識的部分ではなくて、神秘主義が有している内容とその評価である。つまり神秘主義の持つ内容によって、それは宗教的真理を確証できるか否かということが問題なのである。

ジェームズによれば、神秘主義の内容は哲学的な術語によって表わすことができる。即ち「それは全体的に見て汎神論的、樂觀論的である」。「それは反自然主義的であり、二度生まれ及びいわゆる精神の別世界的な状態 (other worldly states of mind) と最もよく調和する」(334) のである。具体的に言表わせれば、「われわれは、より少ないものからより多いものへ、小さいものから広大なものへ、そして同時に不安から平安へと移るように、通常の意識から神秘の状態に移る」(330)。この神秘の状態の基調は「和解 (reconciliation)」(308) であり、「そこにおいては、無限なものがある有限ものを吸収して、平和裡に取引を中止する」(330)。

また神秘の状態を述べるにあたっては、それがあらゆる形容詞を拒否するといふことも起こり得る。しかしこれは、神秘の状態がより深い真理であるための否定と見なさなければならぬ。というのも、「真理はそれらの性質に無限に勝るから」(同) であり、「真理はそれらより高位にあるからである」(同)。従って「絶

対者を特に何かであるとして呼ぶ者、あるいは絶対者はこれ (this) であると言者は、絶対者をあれ (that) であることから暗黙の内に除外しているように思われる——それは、まるでそのことを言う者が絶対者を小さくしているかのようである」(同) とジェームズは主張する。まさしく「真理は、光輝を越え、壮麗さを越え、本質を越え、崇高さを越え、名づけられ得るすべてのものを越えている」(同) が故に、それは否定を通過することによって、積極的肯定へと進んで行くことされる。

そしてかかる真理、絶対者との合一こそ、神秘主義がわれわれにもたらした最後のものである。ジェームズによると、「パウロの言葉で言えば、生きているのは、もはや、わたしではない、キリストがわたしのうちに生きておられる (I live, yet not I, but Christ liveth in me.) ④である」。「ただ私が無になる場合のみ、神は私の内に入ることができ、神の生命と私の生命との間の如何なる差異も目立つことがないようになる」(332)。そして神秘主義においてこそ、われわれは宗教の意義を獲得し、絶対者との一体感を実感するにいたる。その意味でジェームズは、「この、個人と絶対者との間にある全ての通常の障壁の克服は、神秘主義の偉大な業績である」(同) として、神秘主義を高く評価する。

しかしそれと共にジェームズは、「神秘の状態は、聖なる生活が根を有しているあの神学的感情の真理を確証するのか?」(332) と、宗教的真理に関する神秘主義の評価について疑問を呈する。即ち神秘主義が如何に絶対者との合一を主張しようとも、本節の最初に特徴として掲げられたように、それが他人には伝えることのできないものであるとされる以上、「真理のための保証 (warrant for the truth)」(335) が果たして可能であろうか、という訳である。

そこでジェームズは、この点を含めて神秘主義を総括して、次のように述べる。

①「神秘の状態は、それが十分に発達した場合には、通常その状態が来た諸個人に対しては、絶対に権威あるものであり、そして権威あるものである権利を持つ」。

②「神秘の状態の外部にいる者に対して、その状態の啓示を無批判的に受け入れることを義務となすべきであるとする如何なる権威も、そこからは生じない」。

③「神秘の状態は、悟性と感覚とに基礎を置く非神秘的あるいは合理主義的意識の権威を打ち壊す。神秘の状態は、かかる意識が意識の一種類にしか過ぎないことを示す。神秘の状態は、別の秩序の真理の可能性を示す。そしてわ

われわれの内の何かがそれに活発に応える限り、われわれは、それに率直に信を置くことができる(同)。

このようにジェームズは、神秘主義について、その肯定否定の両面を明記することでその限界と意義とを確認する。右に引用したジェームズの思考の展開過程を一瞥すれば明らかのように、この主張は、彼の宗教論の結論である「仮説」に直結するもので、経験的方法による検討では神秘主義を確実なものとしては承認し難いが、しかしより深い根拠として認める方向を示唆するものである。

ジェームズは、神秘主義を、それを経験し信念として有している人間にとつては、他から如何なる批判を加えられようと、その人間にとつての真理として敢に存在するものと見なす。それは単なる知識ではなく、生きる力として、「彼らは『そこに』あったことがあり、そして知っているのである (They have been 'there', and know.)」(同)。「即ち、われわれの感覚は事実のある状態をわれわれに確信させてきている、しかし如何なる感覚でもわれわれにとつて直接的知覚であるのと同じくらい、神秘的経験は、それを持っている人々にとつては事実の直接的知覚なのである」(36)。この意味で神秘の状態は「絶対的に権威あるもの」である。それ故「要するに神秘主義者は不死身 (immortal) であつて、われわれがそれを賞味しようとしまいと、彼がその信条を邪魔されないうで享楽するままに放つて置かねばならない(同)」ということになる。

しかし同時に、ジェームズは、「われわれ自身が局外者であつて、その上に如何なる個人的な召命も感じないのであれば、神秘主義者は、われわれが彼らの独特な経験についての意見を受け容れるべきであると要求するどんな権利も持っていない(同)」ということを主張する。というのも、「事実」は、拡大や合一や解放といった神秘的な感情は、それら自身のものである如何なる特別な知的内容も有していないということである」⑤(37)からであり、更には神秘主義には、宗教的神秘主義以外にも他の種類の神秘主義——ジェームズはここでは、妄想的な精神病である偏執病 (パラノイア, paranoia) をあげて、これを「悪魔的な神秘主義 (a diabolical mysticism)」(同)と呼んでいる——が存在しているからである。それ故にジェームズは、「非神秘主義者は、神秘の状態に、本来的な性質によつて与えられている優越の権威を認める義務はない」(38)と繰り返し宣言する。

ここにおいてわれわれは、ジェームズの依つて立つ経験論的方法の典型的な例を見ることが出来る。それは、「事実」を収集検討し、一方において神秘主義者

の経験の「事実」を認めつつ、他方において非神秘主義者の「事実」をも尊重することで、相互に「事実」に基づいて寛容さを促進しようとするものである。この意味でこの方法は多人的な性格を持つており、それぞれに自己の領域を守る個人主義的社会にこそふさわしいといえよう。

しかしこれらの「事実」と並行して、ジェームズは、自らのより本質的な主張を挿入する。そしてこのことが、ジェームズにとつての自己の領域となる。即ちジェームズは、今まで述べてきたように、神秘主義はそれを信じる者にとつては絶対的な権威を持つが、そのことを他の人々に強制する権利はないとして、それらの領域を承認することの重要性を指摘するのであるが、同様に、非神秘的状态(合理的状態)もまたその主張を他に押し付けろべきではないとするのである。これについてジェームズは、こう述べる。

「けれども私はもう一度繰り返すが、神秘的状态の存在は、われわれが信じることのできる唯一にして究極的な独裁者であるという非神秘的状态の主張を、絶対的に打倒するものであ(同)。

つまり神秘的状态も非神秘的状态も、共に世界のある側面であり、互いに自己の絶対性を主張できるようなものではないとされるのである。しかもこれらの状態を比較すると、非神秘的状态の方は当然のこととして、神秘的状态といえども、われわれの意識の普通の外的事実と矛盾したり、それを否定したりするものではなく、ただそれに「超感覚的な意味 (a supersensuous meaning)」(同)を付け加えるに過ぎないとされ、神秘的状态が、「精神がより広大で包括的な世界を見渡す窓」(38)であるのかどうかは、「未解決の問題 (an open question)」(38)であることになる。

このように見てくると、われわれは、ジェームズがこれら両方の状態に等しく対処しているかのような印象を受け取る。ところがジェームズは、神秘的状态、非神秘的状态を共に右のように規定しておいた上で、「しかしそれにもかかわらず、神秘的世界は、より広大な世界であろう」(38)とする。それはジェームズの多元論的な主張の中で本音と見なされる個所であり、この傾向を推し進めて、ジェームズは最後に「仮説」へとつなげるのである。この、最初に神秘主義の意義を評価しつつも、その限界を批判し、そして一定の留保を付けた上で、なおかつ神秘主義の方に軍配を上げるという筋道が、ジェームズ流の論理の運びであり、それは、「全体的に見て」より広大な「世界との結び付き」という「仮説」を、より真理に近いものとして浸透させて行く効果を持つていたのである。とはいえジェー

ムズの神秘主義への傾斜そのものには、何らの合理的な理由も存在していないことが指摘されなければならない。敢えてその理由を挙げるとすれば、「そうすることがわれわれの生活に適する」(308) からとでも言えるであろうが、しかしそれはジェームズ自身の性格を説明する以上のものではない。ジェームズの様々な論理展開には、その大前提として神秘主義が設定されていることに疑いはなく、このことは、小論の「見えない秩序」の考察⑥以来一貫していると言えよう。かくして神秘主義は、その主張するところによれば宗教的真理を確証するということであつたが、その割には個人の範囲を一步も出てはいないことが確認された。但しわれわれには、それがジェームズの宗教論の底流として存在することの意義も合わせて考慮に入れる必要があることも当然のことであろう。そこでわれわれは、神秘主義についての検討に一応の終止符を打つことにして、続いて、これの対極にあると見なされた「哲学」の検討に移ることになる。

十三

さて哲学については、次のような質問が発せられる。即ち「哲学は、宗教的人間の神祕的なものの意識の上に、真実を保証する印を押すことが可能であるのか？」(340)と。

結論を先に言うならば、この問いに対しては、「宗教の内容を哲学的公式の中へ注ごうとする試みは、(略)いつでも第二次的な過程であつて、そしてこの過程は、人間達が自分自身の刺激をそこから引き出すあの感情、そして彼らが自身で所有している確信の熱情が何であれ、その熱情をそこから借り出すあの感情に、権威を付け加えるものでもなければ、その真実性を保証するものでも決してない」(同)という否定的な答えが返ってくる。

それは、「宗教が本質的に私的な個人主義的なものである」(同)からであり、いわば「哲学的なあるいは神学的な公式は、第二次的な産物、原文を他の言語に翻訳したようなものである」(341)からであるとされる。

ここでジェームズは、前節の神秘主義が余りにも個人主義的であつたが故に宗教的真理を確証できないと主張したのと異なり、普遍性を標榜する哲学と神学を、その個人主義の立場から批判するという一見矛盾した状況にあるが、この場合、「個人主義的」という概念は、当然「常識の立場」からのものであつて、ジェームズは、この概念をわれわれの日常生活の体験に合わせて使い分ける。この意味で、哲学や神学の普遍主義は、宗教の個人主義とは相容れないものとして位置付

けられ、それ故これらの宗教に関する主張も、結論としては、宗教の普遍的基礎付けにはなり得ないのである。

そこで次に本節の課題である、哲学や神学など宗教における先知主義——具体的には、教義神学あるいは絶対者の哲学と呼ばれる——の検討に移るならば、「それは宗教的対象を、論理的理性の資源のみから、あるいは非主観的事実より厳密な推論を導き出す論理的理性から、構成することを当然のことと考えている」(342)。即ち、先験的方法の使用によって宗教的対象に到達し、そのことが真理の保証となる訳である。このように哲学は宗教を普遍的理性の上に築くと主張して、われわれの確証のために宗教を論証しようとするのである。

この、哲学の大大段からの主張に対して、ジェームズは、これと正面切つて論争することはせずに、「『客観的に』説得力があるとしている主張を立証することに哲学が失敗しているということを経史的事実として私が示すならば、それで十分であろう」(344)として、哲学の主張を「完全に明確な実際のテスト」(同)にかける——この場合、「そのテストとは完全に明白な、事実というテストである」(同)——ことを提案する。

そしてこのテストによって哲学を検討してみるならば、哲学は、宗教的真理を立証することができていないばかりか、普遍的性格すらも放棄して、それぞれに对立抗争する学派や教派が続出している仕末である。このような状況において哲学や神学は、それぞれの宗教的真理のための確証を見出そうと努めるが、それは予めわれわれの傾向が宗教的信念を固定してしまつている場合にのみ初めて有効となるのであつて、この場合に理性は、われわれの信仰にもっともらしい外観を与えはするが、しかし結局のところ、信仰を生み出すことはできないし、それを立証することもできないのである。

例えば、伝統的な教義神学における根本的問題の一つである神の存在証明の問題を取り上げれば、その証明は、神を既に信じている者にとっては、その信仰を補強するものとなるが、無神論者にとっては、新たに信仰を持つ理由となるものでは断じてない。「実はこれらの論拠は、事実とわれわれの感情とが結合した暗示にのみ従っているということなのである」(346)。従つてその証明は、各々が既に有している傾向を更に強めるだけの意義しか持たないと言えるのである。

更に教義神学の基本原理の主張に対して、ジェームズは、これに「プラグマティズムの原理」を加える。この「プラグマティズムの原理」とは、彼がピアース(Peirce, Charles Sanders, 1839~1914)の提唱としてあげるもので、ジェー

ムズの基本的思想の一つとして繰り返し出てくるものであるが、要するに「信念は行動のための規則である」(351)として、「ある思想の意味を明らかにするためには、われわれは、それ故それが産み出されるべきどのような行動に適しているかを決定しさえすればよい」、「この行動が、われわれにとってその思想の唯一の意味である」(同)とする。従ってある思想の差異は、行動、結果における差異として顕現するのであって、行動、結果において差異の現れないような思想は、本質的な意義を有していないのである。

これが「プラグマティズムの原理」であるが、ジェームズは、これを教義神学のいう神の形而上学的属性及び道徳的属性に適用する。この結果は、前者の属性に関しては、それらの属性が論理によって徹底的に演繹されたとしても、「率直に言って、どのようにしてこれらのような諸性質がわれわれの生活と明確な関係を持ち得るのか？」(352)という疑問に集約されることになる。「一体、神の単一性に私自身をより良く適合させるために、私はどんな特別な行為を行なうことができるのか？」(同)あるいは「神の幸福がとにかく絶対的に完全であるということを知ることが、どのように私の行動を予定する助けになるのか？」(同)ということなのである。従ってこれらの属性は、「学者的精神の絶対的に無価値な発明品」(同)に過ぎないとして一蹴される。

また後者の道徳的属性の論証にしても、「カント以後の観念論者達がそれを徹底的に拒否しているのみでなく、それが次のような人間を唯一人としてかつて回心させたためしがないのは明らかな歴史的事実である、即ちそのような人間は、自分が経験したが故に、世界の道徳的な状態の中に、この世界を善なる神が組み立て得たということを疑う理由を見出しきたのである」(353)と指摘される。かくして伝統的な教義神学は、いずれの面からも全く問題にならず、その論証は信仰の保証とはなり得ないのである。

それではこの教義神学を否定するかたちで出現した哲学である現代の観念論の場合はどうであろうか。現代の観念論は、ヘーゲルによって与えられた弁証法的思考という武器を持っており、それは、同一性の原理に基づく伝統的論理学では到底不可能な論理的推進力を有している。そこでジェームズは、この傾向の代表者たるケアド (Caird, John, 1820~88) の論点を検討する。

それによれば、宗教的生命の未来全体は、その端緒において既に与えられている、但しそれは潜在的に与えられているだけである、この意味では人間は悪や過ちを免れることはできないが、これらは既に潜在的に無力にされているのであ

て、これらが無力にされる過程——靈的進歩の過程に伴ない、真の勝利——無限の生命が達成される、というものである。ここではケアドは、ヘーゲルの弁証法的原理を駆使して宗教を基礎づけようと試みるのであるが、これに対してジェームズは、次のように述べる。

「しかし全てが述べられた後、学長ケアドは——(略)——個人の感情と直接的経験の領域を超越して、宗教の基礎を不偏の理性の中に置いたであろうか？ 彼は強制的な推論によって宗教を普遍的にしたであろうか？ (略) 彼はこの種のことを何もしなかったし、単に個人の経験をより一般的な言葉で再び断言しただけである、と私は思う」(357~8)。しかもヘーゲルに反対して、この推論を批判している多数の学者が存在しているという事実も指摘できる、と。

かくして哲学や神学が理性のみに基づいて宗教的経験の真理性を論証することは不可能であることが明らかにされることになる。即ち「概念的な過程は、事実を分類し、定義し、意味を明らかにするが、事実を産み出すことはできないし、また事実の個性を再生産することはできない」(359)のである。

再度言うならば、本節の最初でも述べたように、宗教は「私的なもの」「個人主義的なもの」であり、それは「経験の事実」を伝えるものである限り、「そこには常にあるプラス (a plus) があり、個性原理 (a likeness) があり、これに対しては感情だけが答え得るのである」(同)。それ故に、宗教的経験の真理把握のためには、これまで検討してきたような哲学や神学ではなく、他の内容を持つ哲学や神学が必要とされてくる。勿論これらも宗教的真理を完全に把握することは不可能であるが、「宗教のために哲学は何をなし得るか」(同)という観点からこのことが考えられてくるのである。

そしてそれは、哲学が「調停 (mediation)」役を果たす「宗教科学 (science of religions)」として機能することとされる。即ち「もし哲学が批判と帰納とを支持して形而上学と演繹とを放棄し、そして率直に神学から宗教科学に姿を変えらるならば、哲学は並はずれて役立つものになることができる」(同)のである。哲学は、様々な宗教的経験における偶然的な、また一面的な、価値のないものを除去し、より本質的な、価値のあるものを見究めること、あるいは宗教的な産物を自然科学の成果と比較することによって、可能であると考えられる概念を選択でき、更にこれらの概念を「仮説」としてテストできるのである。このようにして哲学は、絶えず「仮説」を検討することで、まさしく諸信仰の調停役となるのであって、宗教科学の果たすべき役割もここにありと考えられる。

勿論右の場合においても、先程から繰り返しているように、宗教的経験が個人的経験である以上、宗教科学もその個人的経験に対応しなければならぬことに変わりはない。「宗教科学は、具体的生命から離れ去ったり、概念的な真空の中で働くことはできないであろう」(300) という指摘は、やはりジェームズによって明確になされている。この点については、ジェームズの宗教論の不可欠な要素であることは言うまでもないが、しかしこれを押えた上で、その枠内において哲学はそれなりに役立ち得るとされるのである。われわれは、この哲学や神学の批判と検討にあたってのジェームズのやり方に、神秘主義のそれにあたっての彼のやり方との——一方は肯定、他方は否定というそれぞれの前提とされている方向は異なるとはいえず——類似の感を抱くのであるが、それはまさしく調停役としてのジェームズのプラグマティズムの特徴を表しているものかもしれない。そしてここにわれわれは、宗教的真理をめぐっての神秘主義と哲学という両極端の検討を終え、最後の結論へと接近して行くことになる。

十四

さてジェームズは、これまで宗教的真理をめぐる問題を検討してきたが、その結果は、既に見てきたように十分満足のいくものではなかった。そこで宗教論のまとめの段階にあたって、彼は、本来の立場である経験論に立ちもどり、ここからあるべき宗教論の主張へと進むことになる。前々節及び前節で考察、批判の対象となった両極端の立場の主張は、この本来の主張のための道を掃き清める役割を果たしてきたと言えるであろう。

ジェームズはこの場合に、宗教が私的、個人主義的なものであることを再度確認するために、そして結論においてそれが多元的性格を有していることを主張するために、科学による宗教の「遺物説 (the survival theory)」を取り上げる。これについての論議は、かつて「医学的唯物論」⑦や「合理主義」⑧を批判したときと同様、いわゆる科学的合理的的世界観に対する批判となっているのは勿論のことであるが、それ以上にここでのジェームズの主張は、個人の内的状態、主観的部分に力点を置いた攻撃的なものとなっている。

ジェームズは、「われわれの周囲には、次のような考えが広まっている、即ち宗教は多分、時代錯誤の事物、『遺物』の一つ、より啓蒙された例において人類が既に脱している流儀の考え方への先返り的な再転落でしかない、という考えである」(307)として、その代表たる科学に目を向ける。ジェームズによれば、

宗教的生活の基盤とは「自分の私的、個人的運命への個人の関心」(同)であり、神との関係で言うならば、神が個人の要求をかなえてくれるということが、昔から当然のこととして人間の間で承認されている。ところがこれに対して、右に述べた科学の主張は、個人について、その関心、不安、希望について全く考慮しない。「科学は、その要素や法則によってどんな目的が説明されるかということについては無関心なままに、自己の諸要素の目録を作り、諸法則を記録する」(同)。即ち「科学が認める神は、もっぱら宇宙の法則の神、御完 (a wholeable) の神でなければならぬ、小売 (a retail) の神ではない」(308)のである。従って科学にとっては、「われわれの個人的自己の運命は、世界の出来事を取り返すことのできない流れの中では、何の重さもなく、何の影響も持たない」(同)ことになる。科学はこの立場から世界を扱っているのだから、個人の運命や要求に関係しないばかりか、今なおそのようなものに関わり、それを中心に置いている宗教を「遺物」と呼ぶことになるのである。

科学あるいは理性をかかる冷酷な運命必然的なものと見なすのはジェームズの特徴であるが、この場合にもこれに対抗して、「この私」の感情、実感、経験が対置され、これらの方がより真なるものと考えられることになる。即ちジェームズは、「科学的態度のこの個人に関わらない性質は、ある種の氣質の寛大さに対して働きかけをなすが、それにもかかわらず、私はそれは浅薄であると思う」(308)とした上で、「その理由というのは、われわれが宇宙的なものや普遍的なものに関わっている限り、われわれはただ実在の象徴を扱っているに過ぎないが、われわれが私的及び人格的な現象それ自体に関わるや否やわれわれは言葉の最も完全な意味での実在を扱っている、ということである」(同)と主張する。われわれに与えられる「対象」は、たとえそれがどのようなものであると、われわれにとつて外的に存在しているだけに過ぎないが、「これに対して、内的状態はまさしくわれわれの経験そのものである」(同)という事実が全てを説明する。その内的状態とは、ジェームズによれば、「意識の場、プラス感じられた、あるいは考えられた意識の対象、プラス対象に対する態度、プラスその態度が属している自己の感覚」(同)であって、個人の範囲を超えるものではない。しかし「このような個人的経験の具体的な一部分は小さいものであるかもしれないが、それは持続している限りは中空ではないものである」(同)。この「充実した事実 (a full fact)」(同)こそわれわれの具体的現実であって、これにすべての実在が属せざるを得ず、また世界の推進力はこれを通して動いているのであるから、個人

の果たす役割が、世界全体から見れば泡のようなものに過ぎなくても、また如何に微小であろうとも、その個人は、実在と直接関係する存在として意義を有していると言わざるを得ない。

ところが科学は、こういふ意義を全く無視するのであるから、それはいわば「このある食事と同じことであるとして、印刷したメニユーを差し出すようなもの」(334)で、今まで述べてきた「遺物説」の主張も、「われわれはむき出しのメニユーを読むことで永遠に満足すべきである」(同)と云うようなものである。

これに対して宗教は——とジェームズは強調する——確かに自己中心であるし、それが扱う範囲も狭いものであるかもしれない。しかし宗教は、その内容が充実し具体的であるが故に、科学に優っているのである。「われわれは、宗教的であることによつて究極的実在を所有しているということ、われわれ自身を安定させるのである」(334~5)。

かくして科学と宗教との比較、あるいは科学に対する批判によつて、結局われわれの対象となるものは、個人的な経験の世界であることが再度確認される訳である。「つまりわれわれが責任を負っている関心事とは、われわれの個人的運命なのである」(335)とジェームズが語るとき、それは個人の運命の問題——たとえそれがどのようなものであろうとも、またそれが如何に答えられようとも——を問題とし、それに関わつて生きる宗教こそ、より深い人生の真実を照らすものであるとする彼の確信を表わしている。「それだからわれわれは、個人的運命の問題に従事し、それ故われわれの知っている唯一の絶対的実在と接触を維持している宗教が、人類の歴史において必然的に永久的な役割を演じなければならないということに同意しよう」(336)。

このようにしてジェームズは、宗教が最初から最後まで個人に関わるということとを強調した上で、「次に決定するべき問題は、宗教はそれらの運命について何を啓示するのか、あるいは本当に宗教は、人類への一般的な神託と考えられるほど明確な何かを啓示するかどうか、ということである」(同)と述べる。このことは、先ほど検討した宗教的真理の問題へと、再びジェームズの立場から接近しようとするものである。「即ち、私は特別に、宗教を容認できる最低の言葉に、(略)全ての宗教がその核として含み、全ての宗教的な個人が同意できると期待され得る最小限度に還元しようと試みているのである」(337)。そして「ここからジェームズは、宗教的感情及び知的内容についての検討、更にこれに続く「仮説」へと分け入っていくことになる。

まず宗教的感情については以下の通りである。「宗教の全領域を概観するとわれわれは思想に非常な多様性を見出す、そして思想の多様性は、そこでは一般に行なわれているのである。しかし一方における感情、他方における行動は、殆ど常に同一である」(同)。

つまり感情と行動が宗教の最も主要な不変的要素であり、宗教者の行動を決定する感情こそ「宗教のより深い源泉 (the deeper source of religion)」(341)であることが主張されなければならない。宗教をその究極において決定するのは、ジェームズの宗教論では、他の何物にも代え難い対象についての感情であつて、これは議論の最初から前提的なものとして述べられている訳である。それ故ここでは、その感情の内容が集約されなければならない。ジェームズは、これを次のように言う。

『宗教的感情から生じる結果は、どうあろうと、カントが『強壯な (sthenic)』感情と呼んでいるもの、即ち元氣のよい、発揚的な、『動力発生的な (dynamogenic)』興奮、あるいは何かの強壯剤のようにわれわれの生命力を新鮮にする興奮である。(略)トルストイが信仰を、人がそれによつて生きる。ところの力の部類に入れているのは、絶対的に正確である」(337~38)。

右に述べられているように、宗教的感情は各個人にとつて彼の宗教への情熱の源であり、生活の支えとなつているのである。これについては、その感情の事実が重視されねばならないのであるから、これ以上の論議は不要であらうと思われ。但しこの宗教的感情は、生活に根付いているだけに、生活の方から逆に規定される側面をも有していることが忘れられてはならない。そしてこれがまた、ジェームズの宗教論の多元的な立場を形成する手がかりともなつていゝ。このことを彼は、次の引用を示すことによつて、こう述べる。

『神は知られない。神は理解されない。神は利用される——あるときには肉の調達者として、あるときには道德的な支えとして、あるときには友人として、あるときには愛の対象として。もし神が有用であることがわかれば、宗教的意識はそれ以上の何も求めない」(338) ①。

そして「この純粋に主観的な評価 (this purely subjective rating)」(同)即ち有用性によつて、宗教の意義が人々の中に留められることになるのである。われわれは、この宗教的感情の源泉の深さと多元的性格とに充分な注意を払う必要がある。

次にわれわれは、ジェームズによつて還元された宗教的知的内容そのものの検

討に移ることになる。

この場合には、ジェームズによれば、二つの問題が指摘される。即ち「第一に、あらゆる信条の不一致という状況の下で、それらがごぞつて証言するような共通の核心が存在するかどうか」(同)という問題と、「第二に、われわれは、その証言を真であると見なすべきであるのか？」(同)という問題である。

このうち第一の問題は、更に二つの段階に分かたれる。それは、①不安——「われわれは自然の状態にあるときに、われわれに關して何か不正なものが存在する」といふ感じ(同)と、②その解決——「より高い力と正しい結び付きをなすこと」によって、この不正からわれわれが救われている」といふ感じ(同)とである。

この場合われわれは、第一段階において間違つた自己を意識しつつ、同時にその自己とは異なっている、より高い部分(自己)の萌芽を感じるのであるが、次にそれらの間の矛盾が高まっていく中で、より高い部分(自己)がより低い部分(自己)を克服し、後者が存在しなくとも前者によって生きて行けることの確信を持つことで、第二段階においてより高い部分(自己)、即ち自己の眞の存在を獲得することが可能になるのである。そして「彼はこのより高い部分が、これと同じ性質の、あるより以上のもの(a more of the same quality)と隣接し連続していることを意識するようになる」(同)のである。この変化は、われわれが今まで考察してきた宗教的経験の全てに適用され得る核心である、とジェームズは述べるが、しかしこれだけではまだ主観性の枠を超えるものではないかもしれない。そこでこれらの経験の客観的内容に關する宗教的眞理が問われなければならない。

このようにして第二の問題が提起される訳であるが、先程の問題は次のように言い換えられる。即ち「宗教的経験の客観的『眞理』とは何か？」(401)と。なお序で言え、ここでの「眞理」とは、ジェームズによれば「生活にとつての単なる価値に付け加えられる何か(同、註)という意味であるが、この意味から宗教的経験の眞理性の問題をみるならば、右の第一の問題の中に見出された「同じ性質の、より以上のもの」(MORE of the same quality)(401)こそが取り上げられねばならない。即ち『このようなより以上のもの』は、単にわれわれ自身の観念でしかないのか、それともそれは実際に存在するのか？」(同)が問われなければならないのである。

これについてジェームズは、この「より以上のもの」が実際に存在しているこ

とを認める点、及びそれが「働く(act)」ものでもあるが故にわれわれがそれと結合されていると信じるとき、確かに何かが良くなっているとすると、全ての神学が一致していることから、この「より以上のもの」を、宗教と科学との間にある現実的なものとして説明しようと試みるのである。

そしてここで遂に、以前からその存在と機能を指摘されてきた「潜在意識的自己(the subconscious self)」がその説明原理として登場する。それは「仮説」として次のように説明される。

「そこで私は、仮説として次のことを提案しようと思う。即ち、宗教的経験においてわれわれが結び付けられていると感じる『より以上のもの』は、向う側においては何であろうとも、こちら側では、われわれの意識的・生活の潜在意識的な連続である、という仮説である」(403)。

この「仮説」は、一方において今日では心理学によって一般に承認されている事実を説明の根拠としているが故に科学につながり、他方では人間が意識的な自己を超えたものによって動かされるとする事実を説明する点で神学につながっているのであるから、いわば科学と神学との双方を満足させるものとなっている。それ故われわれが自己のより高い部分と連続していると感じる「より以上のもの」は、「こちら側」の説明としては「潜在意識的自己」によって説明されるのであるが、「意識的人格は、それを通して救いの経験が現れるより、広大な自己と連続している」といふ事実において、われわれは宗教的経験の積極的内容を有する、そしてこの内容は、これに關する限り、文字通り客観的に真であると私には思われる(405)とジェームズは主張する。この「仮説」は、このようにしてわれわれに宗教的眞理をもたらすものであって、「われわれはそれを故意に無視することができないかもしれないが、思考する者としてのわれわれはそれをどうしてもひっくり返すことはできない」(399)のである。

かくしてわれわれは、より広大な自己との連続という壮大な「仮説」にまで到達したのであるが、この場合に、これを補強するかたちで提起されている「祈り」及びその効用に目を向ける必要がある。というのも「祈り」は殆んど宗教の最も本質的な要素として「犠牲」や「告白」と共にあげられているのであるが、ジェームズはその中で「祈り」に大きな意味を見出し、それを、潜在的意識につながると同時に、より広大な自己との連続に至る方法及び状態と見なすからである。そこで「仮説」の検証に入る前に、「祈り」についての考察がなされ、これとの関連において宗教論の結論が現われてくることになる。

さて「祈り」とは、最も広義に取れば「神的なものとして認められた力との、あらゆる種類の内面的な交わりもしくは対話」(366) であるとされる。そして「この広義における祈りが、まさしく宗教の魂であり本質である(同)とジェームズは強調する。即ちわれわれは、先に述べられた宗教の知的内容そのものの検討に際して提出された、すべての宗教に共通の核心——不安とその解決——に關わって祈りの果たす役割を認識すると共に、祈りの意識の内こそ宗教の眞実は潜んでいるのであり、われわれが宗教の眞理を確信する根拠となるものが、祈りの意識における真か偽かの問題であるとされる。祈りは、われわれがその中に沈潜することによって、われわれ自身と神的なものとの接触を感じさせるのであって、その結果としてわれわれを取り巻く世界が全く新しい意味を付与されるように思われる、即ちわれわれが眞理を有していると確信させる作用を持っているのである。「われわれが万物を神の中に見、そして万物を神に委ねるとき、われわれはありふれた事柄の中に最高の意味の表現を読む」(367) のである。

また祈りは、「祈りがなければ縛りつけられていたであろうエネルギーが、祈りによって解放され、客観的であれ主観的であれ、事実の世界のどこかの部分で作用する」(368) ということをもたらす。即ち祈りによってエネルギーが上から流れ込み、この世界の内部で働くという確信が個人に湧き起こるのである。このエネルギーが流れ込むのが、各個人の潜在意識の領域の扉からであることは明白であり、われわれは、祈りによって宗教現象の現われとわれわれの潜在意識的領域との關係を確信するに至るのである。しかしこのことは同時にまた、われわれが、より広大な自己と連続しているとの確信を強めることにもなっている。この意味で祈りは、宗教にとって最重要視されるべき方法であり、また状態でもあると言えらる。

十五

われわれは、このように祈りの意義と効果を確認した上で、ジェームズの「仮説」の検討にもどらなければならない。その「仮説」とは、われわれにとって「より以上のもの」は心理学的には潜在意識的自己であるが、宗教的経験に關してわれわれがより広大な自己と連続しているという事実こそ、客観的に真であると思われ、というものであった。

ジェームズはこの「仮説」を更に推し進めて、われわれの自己が連続していると考えられているこのより広大な自己の世界を、「神秘的領域」(the mystical

region)、「超自然的領域」(the supernatural region) とも名付けて、「われわれの存在の更に遠くの限界は、感覚的な、そして単に『理性で理解できる』世界からは全く異なる存在の次元に突っ込んでいようように、私には思われる」(406) とする。そして「われわれは、われわれが可視の世界に属しているという意味におけるよりも、もっと根本的な意味においてこの領域に属している」(同) と主張するのである。というのは、ジェームズによれば、われわれの理想及びそれを実現したいという衝動は、その殆んど全てがこの領域に属し、そこから湧き出るのであって、われわれは、われわれの理想とその実現にこそわれわれの眞の存在意義を認めるからである。それ故われわれは、より本質的にはこの領域に属していると言えよう。

そしてわれわれは、既に回心を始めとする宗教的経験を見てきたように、この領域に触れたり交わることで、われわれの世界についての見方が大きく変化し、われわれ自身が生まれ変わって、エネルギーに満ちあふれるということを考察してきた。この事實は、この領域が現実のわれわれの世界に対して作用し、効果を持っていることを示すものであって、これがその実在性の証拠とされる。ジェームズは、「略」他の実在の内部に作用を生み出すものは、それ自身が実在と名付けられなければならない(同) のであるから、「従って、見えぬ、あるいは神秘的な世界を眞実ではないと呼ぶ何らの哲学的な理由をもわれわれは持っていないかのように感じる」(同) と述べて、ここに「神秘的領域」「超自然的領域」の客観的実在性を宣言するのである。この実在はわれわれにとって最高の実在であり、われわれの最高の本質であるから、当然のこととして、それは神と呼ばれる。

かくしてジェームズの「仮説」は、実際の世界に効用をもたらす「現実的仮説」(a real hypothesis) (407) と見なされて、われわれはこれを信じて活動することになる。プラグマティズムの原理に従えば、この場合神が存在することでもたらされる差異は、現実のわれわれの世界が如何に悲惨で悲劇的であろうとも、それは一時的部分的なものであるに過ぎず、結局われわれ全てが救われて神の平安の内にあるという確信、即ち個人の「不滅性」(immortality) の確信が生じることであるとされる。それ故この神は事実の内に差異を作り出す神であり、われわれは、この神の存在によってわれわれ自身の感情に差異を認めればかりでなく、「新しい事実」(new facts) (同)、「宗教的に解釈された世界は、(略)唯物的な世界が有しているであろう構造とはある点で異なった自然構造を有しているに違いない」(408) ことを確信して、「そこにおいては、異なった出来事が期待され

得るし、また異なった行動が要求されなければならないということに違いない」(同)のを知る。そしてかかる神の期待に沿った忠実な生き方が人間の使命として求めらるることになるのである。またそこからする各人の努力に関しては、「われわれと神とは互いに引き関係を持つ」(We and God have business with each other.)(406)のであるから、「宇宙は——われわれの個人的存在が構成しているその部分において——われわれの各々が神の要求を実現するか回避するかに比例して、真の意味で悪い方向あるいは善い方向へと転換する」(406)。以上が神に関するジェームズの結論であり、それはまたわれわれの生き方でもあるとされる。それ故われわれがかかる神を信じ、それとの交わりを目指して努力するところに宗教の真実が存在するのである。

このようにジェームズは、より広大な自己とのつながりから神秘的、超自然的領域の实在、神の实在へと「仮説」を現実的なものとして作用させてきて、遂にはこの神の要求に応じて生きることがわれわれの真の姿であり、かつ宇宙に対する貢献にもなるという結論に辿り着いた訳であるが、ここに至ってなお、神に關してもう一つの問題が提起されることになる。そしてこの問題が出されて来たということこそ、ジェームズの宗教論をプラグマティズムの宗教論たらしめている所以であると言えよう。

その問題は次のように提出される。

「全ての人間において、宗教と他の諸要素との混合は同一であるべきであるというのを当然のことと考えるのか？ 果して全ての人間の生活が同一の宗教的要素を示すべきであるというのを当然のことと考えるのか？」(384)。

つまり神的存在に關して全世界の人間が同一の宗教を持つべきかどうか、という問題がなお解決されるべきものとして残されているのである。ジェームズの場合であれば、より広大な自己、神秘的、超自然的領域、神は、万人にとって普遍的なものであるのか、という問題であり、この問題についての答え方如何では、宗教そのものをどのように評価するべきかということが、改めて提出されなければならない性質のものである。

これに対してジェームズは、「私は断固として『否』と答える」(同)と述べる。「そしてその理由は、個々の人間のように、そんなに異なった位置で、そんなに違う才能を持つ被造物が、正確に同一の機能や同一の義務を持つべきであるということが如何にして可能であるのか、私にはわからないからである」(同)として、各人が様々である以上、同一の宗教を全員が選ぶことなどあり得ないと主張する。

ここにおいてわれわれは、宗教を全ての人間が同意できる最小限のものに、全ての宗教に共通している核心に還元したはずのジェームズにとって、その共通の核心以上に重要とされる側面、即ち「剰余信仰(over-beliefs)」の問題に接近することになる。

「剰余信仰」とは、文字通り宗教の基本的な立場に付加される個人的な信仰のことであるが、ジェームズの宗教論では実践的に重要な役割を果たすものと位置付けられる。というのは、ジェームズによれば、もしわれわれが宗教の一つの啓示を信奉して、それを根拠にしてある宗教的立場に立つということは、われわれが宗教を、「われわれの個人的な感受性」(406)に、——その内でも知的な感受性に——合うように都合良く作るが故にその宗教的立場に立つからであって、この場合にはわれわれの「剰余信仰」は、宗教的真理に劣らず決定的な役割を果たしているとされているからである。宗教を一般的に理解することは誰にでもできることであるが、ある一定の特別な宗教的立場をとるためには、その個人の宗教的感情に特に強く訴える何かが必要ならぬ。この意味で「剰余信仰」は無視できない。従って各人が様々であるように、「剰余信仰」にも様々なものが存在するのであって、「だから『戦闘の神』もある種の人々にとっては神であることが認められなければならないし、平和の神、天国の神、家庭の神が、他の人々にとっては神であることが認められなければならない」(384)。

そしてジェームズは、これら様々の「剰余信仰」の存在について、「様々な方向の剰余信仰は絶対的に避けられないということ」(385)、だから「それらの剰余信仰自体が不寛容でない限り、われわれもそれらを思いやりと寛容さで取り扱うべきであるということ」(同)を提唱し、ここに多元論的宗教観を確立することになる。

われわれは、ジェームズのこの剰余信仰についての主張に、彼の宗教論が現実に向っている役割を見出すことができる。というのは、各個人が有する剰余信仰は何によって決定されるかといえば、それはわれわれがこれまで見て来た通り、「宗教の有用性、宗教を持つている個人に対する宗教の有用性、そして世界に対するその個人自身の有用性」(38)に尽きるからである。まさしく「神は知られない、神は理解されない、神は利用される」という前節の引用の通りであって、役立つ神こそが各人の生活において必要とされているのである。

それ故この観点からすれば、われわれの自己にとって「より広大な自己」も、絶対的、永遠、唯一である必要はなく、「その力は、われわれの意識的自己とは

別で、それよりもより大きくなければならないということ」(216) だけが要求されるのみである。つまりわれわれには、「もしそれが次の一步を信頼するのに十分な大きさでさえあるならば、如何なる大きさでもよいであろう」(同)。このより有用性を持つ神的なものをわれわれが信じ、そしてわれわれがこの「より広大な自己」の部分であることを認識しつつ、他の個人の同様の剰余信仰を承認して生活する多元論、これが結局のところジェームズの宗教論が出してきた宗教のあり方であると言えよう。この宗教がわれわれをどこへ導くか、それについては推察の域を出ないが、ジェームズ自身が期待を込めて次のように述べている言葉が、その方向を端的に示しているものと思われる。即ち「個人の自分自身の貧弱な剰余信仰の下での忠実さが、今度は神自身のより大なる仕事に対してより効果的に忠実であることになって、現実的に、神を助けることになるかもしれない」(408)と。

十六

以上われわれは、ジェームズの宗教論を、その定義から、回心、聖徳、宗教的真理及び剰余信仰と、順を追って検討してきた。そしてわれわれは、その結果として一種の多元的宗教観が出現するのを見てきた訳である。そこで問題は、われわれがこのジェームズの宗教論を如何に評価し、その本質を究明するかということに移る。これについては、今までの宗教論の検討過程である程度明らかにはされてきたが、ここに再度その最重要な核心を指摘する必要がある。ただしこのことの指摘が、われわれが現在宗教を対象とする場合に重要な手掛りを与えてくれると考えられるからである。

まずジェームズが宗教を取り扱うにあたって、徹頭徹尾個人の領域に対象が限定されたことが取り上げられなければならない。制度的宗教ではなくて、個人の宗教、宗教的信念のみが対象とされたということ、このことはジェームズが宗教を近代的個人の私的な問題として認識していたと共に、その個人の集合体である近代社会の多元的価値観を前提として認めていたと考えられる。この点からすればジェームズが収集した数多くの宗教的経験の事例も、それらは全て個人的価値を有しはするが、しかしその個人の範囲内のものであることが当然の前提として考慮されねばならない。

ところがジェームズは、これらの前提を認めた上で、それにもかかわらず「全体的に見て」宗教現象の基本的意義を説明しようと試みる。従ってジェームズの

この立場は、いわば個人の範囲にありながら、なおかつ共通のものを見出そうとする矛盾に満ちたものとなっている。そしてこの矛盾を解決する一つの方向として打ち出されてきたのが、われわれの意識的自己を取り囲むとされている潜在意識の自己の存在であり、この領域の活用によって、宗教的経験の神秘性は心理学的に説明されるに至るのである。この点ではジェームズの説明は、「科学」的なものとしてある程度の説得性を有しているように思われる。潜在意識の自己の問題は、現代においてもなお論議されているところであり、この点を指摘したジェームズの主張は、正当に評価されるべきであろう。

しかし宗教的経験の問題は、同時に神学上の問題でもあり、絶対者との関係の問題でなければならない。それ故ジェームズは、ここで宗教的経験の心理学的説明に加えて、われわれの意識の合理的自己を取り巻く領域を、より広大な自己に連続するものとする飛躍を行ない、このより広大な自己の存在する領域が実在し、かえってわれわれの現実の存在の方がその一部分であると主張することになるのである。この合理主義から非合理主義への転換は、宗教的論理に特有のものであるが、ジェームズの場合、これが有用性、効用を挺子として行なわれることに特徴がある。即ちジェームズによって、より広大な自己の領域、神秘的、超自然的領域の存在が一種の「仮説」であるとして提出される。しかしこの「仮説」は、それをわれわれが持つことでわれわれの行動、態度に影響を与える有用性を持つが故に「現実的な仮説」であって、この点から逆に、かかる領域の実在性が客観的な真理として肯定されることになる。

この神秘的、超自然的領域、即ち神は、それ故われわれの依って立つ基盤であって、われわれはこの領域からエネルギーの供給を受けることで、理想への情熱を燃やすことができるものとされるのである。まさしくこの見事な逆転がジェームズの宗教論の本質であろう。この逆転に際しては、ジェームズにしばしば見られる反科学主義、反唯物論的思考(「科学、理性、唯物論に対する宿命論的理解」)が大きな役割を果たしていることは言うまでもないが、それ以上に彼の「仮説」のプラグマティズム的性格が決定的であると言えよう。

このようにして宗教の本来的な基礎が据え付けられたのであるが、ジェームズはここから更に進んで、再度個人の所に降りてくることになる。それは、有用性の原理によって神秘的、超自然的領域を肯定したジェームズが、今度はその同じ原理によって各個人にとってのより広大な自己、神を確立する試みであったと言えよう。その結果は「剰余信仰」であるとされ、個人にとっての有用性によって

各人の置かれてある状況や願望に応じた、より広大な自己、神が承認されることになる。この場合われわれは、一方では神秘的、超自然的領域、即ち超越的な神を信仰しつつも、他方において自己にとって役立つ神を持つことができるのであって、こちらの神は各個人に適應するのであるから、唯一である必要はなく、ましてや永遠絶対である必要などは全くない。ここで再度ジェームズの言葉を借りれば、「われわれの意識的自己とは別で、それよりもより大きくなければならぬということ」だけの、「次の一步を信頼するのに十分な大きさ」の神が要求されるのである。

従ってかかる神は、各個人の生活の範囲において発生する様々な状況や問題を効率良く処理し、各人の色々な願望をそれぞれに叶えてくれるものであって、生活に密着して各人に心の平安をもたらすものでなければならぬ。ジェームズの神は、かくして様々の問題処理屋として忙しく立ち働くことになる。そしてこのような神は各人各々によって必要とされるのであるから、それは個人の数だけ多元的に存在することになるのである。

それ故個人的領域から宗教の考察を開始したジェームズは、やはり最後には個人的領域の内でも働く神を提唱することで、その考察を終えることになる。われわれは、結局のところジェームズがかかると神を自己の神として主張したという点に、彼の宗教論の社会的基盤を見ることが出来る。それは、独立した個人がそれぞれに活動している近代資本主義社会の産物であって、他を構うことなく自己の信念と生活を貫く人間の一面を見事に示したと言えよう。しかしジェームズが、他の剩余信仰に対する寛容あるいは調停のみを言うとき、それは、現実の社会に存在している対立抗争、矛盾、抑圧を敢えて無視している側面を示しているものであり、かかるものを前にして、自己の日常生活の些細な事柄のみに関心を集中し、その外に眼を向けない極めて保守的な利己主義的生活をも肯定しているのである。このような生活から出た神は、それ故瑣末な事柄に携る神でしかないのである。

しかしわれわれは、右で指摘したように、この神が有用性、効用を軸にして作用していることを忘れてはならない。神はこの性質によってわれわれの生活の至る所に顔を出すという事実が、ジェームズの神の本領であると言っても過言ではないであろう。この、狭いとはいえ徹底的に生活に密着して、そこから一歩も出ないという日常的有用性としての神こそ、プラグマティズムの神であり、それであるからこそまた、われわれが簡単に捨て去ることのできぬ事実を含んでいるのである。

かくしてわれわれは、ジェームズの宗教論の思想が、卑俗であるとして一蹴できない内容を有していることを確認できるであろう。それは、有用性、効用を前面に押し出した典型的な資本主義的宗教論である。従ってそれは、現在のわれわれの置かれてある宗教的な状況と切り離し難く結び付いている。その意味でプラグマティズムの思想は、われわれの今を取り巻く生活の思想であり、そしてその克服の契機は、プラグマティズムそのものがわれわれの生活に結び付いている以上、われわれの生活そのものの中に存在するように思われる。

註

- ① William James: *The Varieties of Religious Experience*, Harvard U.P., 1985, p. 302.
以下本書からの引用は頁数のみを示す。
- ② この神秘的状態の知的性質を表わす言葉としては、「啓示」と共に、「照明 (illumination)」という言葉がしばしば用いられているのが特徴的である (p. 302, 324, 325など)。
- ③ 拙稿「多元的世界と宗教 (Ⅲ)」(奈良高専研究紀要第二十五号、一九八九年) 第九節を参照のこと。
- ④ 『ガラテア人への手紙』二・二〇。
- ⑤ それ故ジェームズは続いて、「もし哲学や神学がその構造の中に神秘主義独特の感情的なムードのための余地さえ持っているならば、神秘主義は、非常に異なった哲学や神学によって供給された素材とも結婚の縁組を作り出すことができる (332)」と述べるが、これは神秘主義と哲学・神学との関係の本質的な一側面を言い及てたものと言えよう。
- ⑥ 拙稿「多元的世界と宗教 (Ⅱ)」(奈良高専研究紀要第二十四号、一九八八年) 第五節を参照のこと。
- ⑦ 拙稿「多元的世界と宗教 (Ⅰ)」(奈良高専研究紀要第二十三号、一九八七年) 第二節を参照のこと。
- ⑧ 前出拙稿「(Ⅱ)」, 第五節を参照のこと。
- ⑨ リューバ (Leuba, James Henxi, 1868~?) からのジェームズによる引用。

夏目漱石『門』の冒険者

武田 充啓

一 御米と宗助

たとえば、御米と宗助の〈現在〉は、次のように描かれている。

夫婦は例の通り洋燈の下に寄った。広い世の中で、自分達の坐つてゐる所丈が明るく思はれた。さうして此明るい灯影に、宗助は御米丈を、御米は宗助丈を意識して、洋燈の届かない暗い社会は忘れてゐた。彼等は毎晩かう暮らして行く裡に、自分達の生命を見出してゐたのである。(五)

御米と宗助は、不倫を犯して結ばれた夫婦である。そのために彼らは、「一般の社会」(十四)から追放され、その片隅でひっそりと暮らしている。「彼等は、日常の必要品を供給する以上の意味に於て、社会の存在を殆んど認めてゐなかつた。彼等にとつて絶対に必要なものは御互丈で、其御互丈が、彼等にはまた充分であつた」(同)。そして彼らは「道義上切り離す事の出来ない一つの有機体になつた。二人の精神を組み立てる神経系は、最後の繊維に至る迄、互に抱きあつて出来上がつてゐた。」(同)のである。

彼等は此抱合の中に、尋常の夫婦に見出し難い親和と飽満と、それに伴う倦怠とを兼ね具へてゐた。さうして其倦怠の備い気分支配されながら、自己を幸福と評価する事丈は忘れなかつた。(十四)

「単調」(同)な生活だが、彼らは自分たちの〈現在〉を「幸福」だと認めてゐる。「宗助と御米とは仲の好い夫婦に違なかつた」(同)。しかし、「仲の好い」ことという「幸福」の鍵は、彼らの側にはなく、「社会」の側にある。語り手の云うように「要するに彼等は世間に疎い丈それ丈仲の好い夫婦であつた」(同)からである。彼らの「幸福」は、彼らの「罪」と同じく、彼らが築いたというよりは、たまたま「世間」が彼らにもたらしているものなのである。そしてそのような「世間」を司っているのは、「自然」なのである。

宗助は當時を憶ひ出すたびに、自然の進行が其所ではたりと留まつて、自分も御米も忽ち化石して仕舞つたら、却つて苦はなかつたらうと思つた。事

は冬の下から春が頭を抬げる時分に始まつて、散り尽した桜の花が若葉に色
を易へる頃に終つた。凡て生死の戦であつた。(十四)

世間は容赦なく彼等に徳義上の罪を背負した。然し彼等自身は徳義上の良
心に責められる前に、一旦茫然として、彼等の頭が確であるかを疑つた。彼
等は彼等の眼に、不徳義な男女として恥づべく映る前に、既に不合理な男女
として、不可思議に映つたのである。(同)

彼等は自然が彼等の前にもたらした恐るべき復讐の下に戦きながら眺つた。
同時に此復讐を受けるために得た互の幸福に対して、愛の神に一升の香を焚
く事を忘れなかつた。彼等は鞭たれつゝ死に赴くものであつた。たゞ其鞭の
先に、凡てを癒やす甘い蜜の着いてゐる事を覺つたのである。(同)

そもそも彼ら二人を結び付けたのが、「自然の進行」であつた。「不合理」で
「不可思議」な「自然」は、二人を「世間」から孤立させ、同時にそりすること
によつて二人を「仲の好い夫婦」にさせている。彼らの「幸福」は、「糸で釣る
した毬の如くに」(十七) 不安定なものなのであり、それを支えるために彼らは、
自分たちの「愛の神」を絶えず捏造し続けなければならぬのである。

「大風は突然不用意の二人を吹き倒した」(十四)。「彼等は残酷な運命が
氣紛に罪もない二人の不意を打つて、面白半分辨の中に突き落としたのを無念に
思つた」(同)。「自然」運命が、彼らの幸・不幸を操っている。彼らは、自
分たちの意志で自分たちの「幸福」を、あるいは「不幸」を選んだのではない。
しかし、それが彼らのもとに訪れたとき、それは「不幸」罪」として受け取らざ
るを得ないものであつた。

彼等は人並以上に睦ましい月日を漁らずに今日から明日へと繋いで行きな
がら、常は其所に気が付かずに顔を見合わせてゐる様なものゝ、時々自分達
の睦まじがる心を、自分で確と認める事があつた。その場合には必ず今迄睦
まじく過ごした長の歳月を溯のぼつて、自分達が如何な犠牲を払つて、結婚
を敢てしたかと云ふ當時を憶ひ出さない訳には行かなかつた。(十四)

語り手は二人の〈現在〉の「幸福」を強調する。しかし、彼らが結ばれたとい

う「過去」の「事」そのものについては、いっさい触れられてはいない。彼らが
悲劇的なのは、望みもしなかつた「幸福」を「不幸」罪」として、「自然」から
押し付けられたことではない。彼らに訪れた「事」を、同じ一つのものとして共
有し続けることが許されなかつたという点である。

二人の「過去」は、確かに一つのものであつた。が、次第にそれは、二人の内
側で別様のものになる。共有したはずの「過去」は、その瞬間をひとたび離れる
と、共有の不可能なそれぞれの「過去」として変容していくしかなかつたのであ
る。

彼等は余り多く過去を語らなかつた。時としては申し合はせた様に、それを
回避する風さへあつた。御米が時として、

「其内には又屹度好い事があつてよ。さう／＼悪い事はかり続くものぢや
ないから」と夫を慰める様に云ふ事があつた。すると、宗助にはそれが、真
心ある妻の口を藉りて、自分を翻弄する運命の毒舌の如くに感ぜられた。宗
助はさう云ふ場合には何にも答へずにとゞ苦笑する丈であつた。御米が夫で
も気が付かずに、なにか云ひ続けると、

「我々は、そんな好い事を予期する権利のない人間ぢやないか」と思い切
つて投げ出して仕舞ふ。細君は漸く気が付いて口を噤んで仕舞ふ。さうして
二人が黙つて向き合つてゐると、何時の間にか、自分達は自分達の拵えた、
過去と云ふ暗い大きな窖の中に落ちてゐる。(四)

宗助と御米の一生を暗く彩つた関係は、二人の影を薄くして、幽霊の様
な思を何所かに抱かした。彼等は自己の心のある部分に、人に見えない結
核性の恐ろしいものが潜んでゐるのを、仄かに自覚しながら、わざと知らぬ
顔に互と向き合つて年を過した。(十七)

「過去」はそれぞれに変容していく。彼らの「不幸」罪」の抱え込み方にはズ
レが生まれている。しかし彼らは、すでに別々のものであるしかな「過去」を
同じ一つの「不幸」罪」として、すすんで錯覚し、偽りの「幸福」愛の神」を築
こうとする。二人は、そのことに気がつきながら、しかもそれに目をつぶってい
る。この「幸福」愛の神」という虚構を、そのように絶えず更新し続ける以外に、
自分たちを包む「残酷」で「不合理」で「不可思議」な「自然」運命」を納得す

る手だてがなかったからである。

不倫という共通の「過去」を持つ共犯者として、御米と宗助は、「世間」との交渉を避け、「互に抱き合つて、丸い円を描」(十七)くようにして生きてきた。自分たちを翻弄する「自然」運命」に対して、正面切つて抗うことなく、むしろそれらに対して従順ともいえる態度で暮らしてきた。しかし、二人の人間のけなげな努力を支えられた「愛の神」というこの虚構は、やはり「自然」運命」の脅威にさらされている。彼らが「向き合つて」落ち込んでいる「暗い大きな審」というのも、二人で「拵えた」一つのものではなく、実は別々の「審」でしかないのだとすれば、なおさらである。「自然」の「不合理」性を質さないまま、彼らは、その「単調」な「幸福」をどこまで持続できるのであるか。

二 〈空間〉と〈時間〉

冒頭の一章に描かれた、象徴的な場面を思い出そう。宗助が御米に思い出せない漢字を尋ねる場面である。

そこで宗助は、「近來」の「近」という字が思い出せず、というより正確には、見知っているはずのその字が疑わしく、「何だか違った様な気が」して、確信できなないので、それを御米に聞き質してみている。しかし、これはすぐに後に「神経衰弱の所為かも知れない」「左様よ」の会話で片付けられてしまう。おそらく、そのとおりなのであろう。日常慣れ親しんだものが、持っているはずのその意味をふいつと放棄してしまつて、同じ形でそこにあるにもかかわらず、だからこそ同じようには見えず不安になつてくる。

しかし、注意すべきなのはむしろ、御米がそれを「近江」の「近」だとして、それに答えていることであらう。つまり、宗助のそれが〈時間〉の問題として立ち現われている(彼は「今日」の「今」の字に対しても同様の懐疑を抱いた)のに対して、御米はそれを〈空間〉の問題として処理しようとしているという点である。同じ問いに対する二つの異なった捉え方が、ここに現れている。そして、この捉え方の違いが、両者の「過去」の抱え込み方の差異を決定づけているのである。

一つのものであるべく抱え込まれた彼らの「不幸」罪」が、それぞれ別々の共有不可能な「過去」であるということ。それは、彼らに共通の「不幸」である宗助の弟小六(「世間」)が、彼らの生活空間に介入してくることによって、いっ

そう明らかになつてくる。

これまで叔父の家で生活し、学資を受けていた小六は、その供給が絶たれたために宗助夫婦と同居することになる。結果、小六は鏡台の置かれた「家中で一番暖かい部屋」(九)である御米の六畳の居間を奪うのである。宗助が「自家の経験から割り出して、深く胸に刻み付けてある」、「凡ての創口を癒合するものは時日であるといふ格言」(十七)とは裏腹に、子供に恵まれない彼女の苦しみを緩和してくれていたのは、実際は〈時間〉ではなく、むしろ〈空間〉だったのである。

御米が、自らの「過去」を「不幸」罪」として刻みつけざるを得なかったのは、それが、広島、福岡、東京と移る土地ごと自身もつた子供がそれぞれ流産、早産、死産という形で、つまりは「子供は決して育たない」(十三)という「罰」の形で、繰り返して彼女の身を襲ったからである。御米は鞭打たれた体を癒す〈空間〉を必要としていたのであり、それが小六のために明け渡すことになった「六畳」だったのである。事実彼女は、子供のことが話題になるたびに一人で「そつと六畳へ這入つて、自分の顔を鏡に映して見た」(五)り、「たつた一人寒さうに、鏡台の前に坐つてゐた」(六)りしていた。とすれば、これは「御米の避難場を取り上げたと同じ結果」(九)になるのである。

宗助もまた自身の「格言」を裏切る〈空間〉の人であるかのようにだ。「毎朝例刻に先を争つて席を奪ひ合ひながら、丸の内方面へ向」(二)い、「日当の悪い、窓の乏しい、大きな部屋」(同)で、「六日間の暗い精神作用」(三)を余儀なくされている彼が必要としているのは、七日に一度の日曜日というよりも、「精神的な行動」としての「散歩」だからである。

さうして明日から又例によつて例の如く、せつせと働かなくてはならない身体だと考へると、今日半日の生活が急に惜しくなつて、残る六日半の非精神的な行動が、如何にも詰らなく感ぜられた。(二)

普段は気が付きさえもしなかった「広告を三返程読み直し」、電車を降りて通りの店々の商品をのぞき込み、街頭の物売りから「護謨風船の塗磨」を買つて帰る。「宗助に少なからぬ満足を与へた」とされる神田を散歩するこの場面(二)ですでに明らかのように、宗助のいう「精神的な行動」には、御米との時間は含まれていない。

「残る六日半」について、岩波版全集の注解には、「役所務めの宗助の拘束されている、『五日半』或いは大きっぱに『六日』とあるべきところであろう」とあるが、この部分はむしろ、日曜すなわち精神的という意味ではなく、宗助が一人で散歩する——一人で行動することすなわち精神的という意味にとつてよいのではないか。そしてそうだとすると、宗助は御米と共有する「現在」の時間をそのまま「精神的」だとは考えていないことになる。御米にとつての「六畳」がそうであったように、宗助がその「精神的」な部分を自己の存在確認の基盤としているのだとすると、二人はその共通の日常の生活空間とは別に（その内部であれ外部であれ）、自分自身のために一人きりの「空間」をそれぞれ必要としていくわけである。

「精神的な行動」を必要とする「空間」の人宗助は、真庭の崖を駆け落ちた泥棒が残していった手文庫をきっかけに、崖の上に住む家主坂井と知り合い、坂井の「洞窟」（十六）に招かれるようになる。あらゆる点において、宗助とは対照的なこの人物は、いわゆる「世間」を象徴する存在だといつてよいだろう。「世間」から阻害された宗助が「内」の人であるならば、「世の中で尤も社交的な」（同）坂井は「外」の人であるということになるのだが、坂井と宗助の交流が可能になるのは、お互いが人間として一方にないものを他方に求めるからという理由だけでなく、坂井もまた「洞窟」という日常の生活空間とは別種の場所を必要とする「空間」の人であるからなのである。

坂井が一見「外」の人のように見えて、実は「内」の人でもあった、ということとちょうど逆の形で、「内」の人宗助も「外」の人としての要素を背負わされている。かつては「当世らしい」「世間向きの」「頭」（十四）を持っていた宗助は、「自分がかもし順当に発展して来たら」（十六）と考え、坂井その人をお願い浮かべる。そして彼が今も「精神的な」ものを必要とする「頭」を持つ限り、彼は「外」の人たらざるを得ないのである。宗助の「精神」は、この点では御米や坂井と同じく「空間」的であるように思える。日常の生活空間の「内」であれ「外」であれ、無防備に自らの「精神」をさらけ出せる異種の「空間」を求めざるを得ないという点で、彼らは共通しているのである。

しかし、それでも宗助は本質的に「近江」の「近」ではなく、「近來」の「近」の字を必要とする「時間」の人なのである。たとえば、やはり「空間」の人である小六は、実は徹底的に宗助の「時間」を脅かす存在である。

宗助は弟を見るたびに、昔の自分が再び蘇生して、自分の目の前に活動してゐる様な気がしてならなかつた。時には、はらくする事もあつた。又苦々しく思ふ折もあつた。さう云ふ場合には、心のうちに、当時の自分が一閃に振舞つた苦い記憶を、出来る丈屢呼び起させるために、とくに天が小六を自分の目の前に据え付けるのではなからうかと思つた。さうして非常に恐ろしくなつた。此奴も或は己と同一の運命に陥るために生れて来たのではなからうかと考へると、今度は大いに心掛りになつた。時によると心掛りよりは不愉快であつた。（四）

「己ももう一返小六見た様になつて見たい」と云つた。「此方ぢや、向が己の様な運命に陥るだらうと思つて心配してゐるのに、向ちや兄貴なんざあ眼中にないから偉いや」（同）

小六は、「過去」を映し出す鏡のように、宗助の前に現れる。宗助は、それを「天」がそう仕向けたのではないかと疑い、恐れ、心を乱している。彼が心配しているのは、弟の未来ではない。「運命」によつて「変化」（十七）を余儀なくさせられた自身の「現在」について心を痛めているのである。誰も「変化」などして見るようには見えない。望んで得られる「発展」（十六）など真の「発展」ではない。それは、いわば「空間」的な問題に過ぎない。真の「変化」や「発展」は、期せずして、突如結果として、つまり「時間」的な問題としてしかやつてこないのだ。そして彼は、自分自身の「変化」についてだけは疑うわけにはいかないのである。

彼らと宗助との差異は決定的である。坂井は「洞窟」を必要とし、御米もまた「六畳」を必要としていた。だが、それら「空間」の人たちは、その自分たちの特別な場所を持ちながら、いささかも「変化」したり「発展」したりはしないのだ。「門」において、とりわけ宗助において、「変化」や「発展」といったものが否定的に捉えられているかのように見えるのは、実は「世間」においては、誰も皆、真に「変化」「発展」などすることがない、という作者の認識が反映しているためであろう。「世間」の人たちは、その幾つかの、性質の異なる「空間」を単に往復するか、循環しているに過ぎず、そこに真の「時間」性を見ようとはしないのである。

御米は「貴方は人に対して済まない事をした覚がある。其罪が祟つてゐるか

ら、子供は決して育たない』(十三)という易者の「此一言」(同)を、ついに宗助に打ち明ける。この告白が延ばされていたのは、それが「二人の共有してゐた事実」に就いてではなかった(同)ためなのである。しかしそれは、御米が一人で易者を訪ねたことをいっているのではない。子供が育たないという御米の「不幸」を宗助が共有していないという意味である。

宗助は、ここでは「わざと鷹揚な答をして」(同)御米に対する気遣いを一応示してはいるのだが、御米の苦しみを自分の苦しみとして理解せず、またしようともしていない。というのは、御米は「過去」の「罪」意識(「一人に対して済まない事をした」)に悩まされているのではなく、《現在》の「不幸」を追認する易者の「言葉」(「子供は決して育たない」)によって「心臓を射抜かれ」ているからである。宗助の関心はむしろ「罪が祟つてゐる」(「《時間》的問題」)の方にあり、そしてにもかかわらず、「占の宅へ」など「そんな馬鹿な所へ」は「行かないが可い」(同)と、《空間》の問題として処理している点からも明らかであろう。

御米の「罪」意識は、安井に対する行為と直接に結びついているとは言えない。少なくとも、彼女自身がそう考えているという場面は、描かれてはいない。三人の子供を死なせてしまったこと、絶えず反復され更新されていくこうした《現在》の「不幸」を、「過去」(「一人に対して済まない事をした」)と結びつけようとしているのは、むしろ易者(「《時間》」)であり、宗助(の《時間》的問題意識)なのである。

宗助が、安井の出現による心の動揺を御米に知らせることが出来ないのも、やはりそれが、「二人の共有してゐた事実」であつても、《現在》共有している「不幸」ではないからである。宗助は安井の名を決して口にしようとはしない。安井は、二人の共通の「過去」でありながら、すでに共有できないものとして立ち現われている。宗助は、あえてそれを《時間》の問題として御米と共有しようとはしない。彼は、あくまでも御米を《空間》の人として扱おうとする。それは、共に「幸福」愛の神」という虚構の《現在》を支える相手への気遣いなのか、それとも御米は、そもそも宗助にとっての本質的な《時間》的問題(「《過去》」)の共有者としての資格を持たないということを意味しているのか。いずれにせよ宗助は、そこでは、自分一人で、近來の「近」の字を、今日の「今」の字を思い出そうとしているのである。

彼らの平安な日常は、「自然」運命」や「世間」に対する消極的な姿勢によつ

て支えられている虚構の産物である。「生死の戦」を二人して鞭打たれながらぐり抜けてきた、いわば同志としての連帯感には、ここには見られない。彼らが求めているものは、「御互」ではなく、「仲の好い」ということ、ひたすら「無事」というそのことであり、もはや「御互」は、それを支えるための方便に過ぎなくなつてしまつたかのようだ。

宗助が、御米の「不幸」に連帯できず、また自身の「不幸」を御米と共有することなく参禅するといった事態が明らかになっているのは、彼らがかつて共有した「生死の戦」が、いつの間にか個々別々の「過去」に対する闘いに移行していったという事実である。

三 「言葉(文字)」と「冒険者」たち

小六によつて、その一人きりの《空間》を奪われた御米は、自身の肉体の内部に新たな《空間》を探そうとでもするかのように、度々「発作」を引き起こす。

宗助は、蘇生よみがえりつた様にはつきりした妻の姿を見て、恐ろしい悲劇が一步遠退よきとどいた時の如くに、胸を撫で知した。然し其悲劇が又何時如何なる形で、自分の家族を捕へに来るか分らないと云ふ、ぼんやりした掛念が、折々彼の頭のなかに霧となつて懸かつた。(十三)

むしろ宗助はここで、御米だけの健康を心配しているのではない。「悲劇」は、「自分の家族を捕へに来る」。彼は自分自身をそこに含めている。というより、むしろ自分のことだからこそそれを案じている。

以前は、いわば御米という鏡の中に映る自分だけが自分で、それが安心できる自分自身の《現在》であつた。しかし、その自己同一性を保証してくれるはずの御米という鏡が曇り始めると、宗助には本来の自身を映し出す鏡が必要になる。だが床屋の鏡に映る自分の顔は、「何うも字と云ふもの不思議だよ」と御米に訴えた文字のように「こりや変だと思つて疑ぐり出すと分らなくなる」(一)。「彼は冷たい鏡のうちに、自分の影を見出した時、不図此影は本来何者だらうと眺め」(十三)ざるを得なくなる。そしてこの問いを《空間》的に解くことは、しかし許されないのである。彼には「首から下は真白な布に包まれて、自分の着てゐる着物の色も縞も全く見えなかつた」からである。宗助は、「成らうことな

ら、自分丈は陰気な暗い師走の中に一人残つてゐたい」(同)とさえ思う。

自分とは誰か。この問いを抱え込まざるを得ない(時間)の人の不安が宗助にあり、この不安の反映が、御米の存在の安否(死)を氣遣うという形で現われている。その逆ではない。御米という鏡が曇り始めたから不安になったのではなく、もともと不安があったから曇った鏡に見えてきたのである。では御米以外の何が宗助の(現在)を保証するののか。

「根がぐらくする」(五) 齒の治療に寄つた宗助は、齒医者の特合室にあつた「成効」と云ふ雑誌」を取り上げる。

不図仮名の交らない四角な字が二行程並んでゐた。夫には風碧落を吹いて浮雲尽き、月東山に上つて玉一団とあつた。宗助は詩とか歌とかいふものは、元から余り興味を持たない男であつたが、どう云ふ訳か此二句を読んだ時に大変感心した。対句が旨く出来たとか何とか云ふ意味ではなくつて、斯んな景色と同じ様な心持になれたら、人間も嚙嚙しからうと、ひよつと心が動いたのである。(五)

続けて、「此二句」が「雑誌を置いた後でも、しきりに彼の頭の中を徘徊した」ことが記される。ここでは、宗助の「心持」と実際の「景色」||「空間」が同格に扱われている。そしてしかし、自己を離れること、自分以外のものになることへの(空間)的希求は、やはりここでも限界づけられている。「彼の生活は実際此四五年來斯ういふ景色に出逢つた事がなかつた」とされるのである。その夜、宗助は「珍らしく書斎に這入つた」。

「今夜は久し振りに論語を読んだ」と云つた。

「論語に何かあつて」と御米が聞き返したら、宗助は、

「いや何もない」と答えた。

(五)

「言葉」は「頭」を離れない。しかしむしろ、「論語」を「二時間程」読んだみたところで、彼が本当に探している「文字」が見つかるわけでもないのだ。

彼は黒い夜の中を歩るきながら、たど何うかして此心から逃れ出たいと思つた。其心は如何にも弱くて落ち付かなくなつて、不安で不定で、度胸がなさ

過ぎて希知に見えた。彼は胸を抑えつける一種の圧迫の下に、如何にせば、今の自分を救ふ事が出来るかといふ實際の方法のみを考へて、其圧迫の原因になつた自分の罪や過失は全く此結果から切り放して仕舞つた。(十七)

「何うかして此心から逃れ出たい」。いったい何処へ。しかしそれは、(空間)ではないはずだ。宗助は、いったい何から救われようとしているのだろうか。妻からであろうか。その偽りの(現在)からであろうか。それとも自分自身から、あるいは絶えず自己確認を迫る「自然||運命」からであろうか。彼は「口の中で何遍も宗教の二字を繰り返した。けれども」それは、「果敢ない文字であつた」。「宗教」は、彼にとつて、真に(時間)性を持った「文字」ではなかつたのである。

宗助は、坂井がその弟や安井たちを評して言つた「冒険者」という言葉に脅える。「宗助は此一語の中に、あらゆる自暴と自棄と、不平と憎悪と、乱倫と悖徳と、盲断と決行とを想像して」(十七)みせる。そうして「斯様に、墮落の方面をたくに誇張した冒険者を頭の中で拵え上げた宗助は、其責任を自身一人で全く負わなければならない様な気がした」(同)のである。それは何故か。実は彼もまた、というより彼こそが真の(冒険者)だからである。

近來の「近」の字を、今日の「今」の字を、思い出せずに困惑し続けている者(空間)の人御米は、「近」の字を近江の「近」と答えていた。「(冒険者)とは、満州や台湾、蒙古や朝鮮といった(空間)を「漂浪いてゐる」者たちのことではない。「変化」や「発展」を欲望するというよりは(それは欲望して得られるといったものではなく、突然に結果として訪れるものだからである)、そもそも「変化」や「発展」とはいかなるものなのかを問おうとする者、あえて「漂浪」することさえも辞さず、自身の(人生)における真の(時間)性を見極めようとせざるを得ない者のことである。

彼は此晩に限つて、ベルを鳴らして忙がしきうに眼の前を往つたり来たりする電車を利用する考が起らなかつた。目的を有つて途を行く人と共に、抜目なく足を運ばす事を忘れた。しかも彼は根の縮らない人間として、かく漂浪の難形を演じつゝある自分の心を省みて、もし此状態が長く続いたら何うしたら可からうと、ひそかに自分の未来を案じ煩つた。今日迄の経過から推して、凡ての創口を癒合するものは時日であるといふ格言を、自家の経験から

割り出して、深く胸に刻み付けてゐた。それが一昨日の晩にすっかり崩れたのである。(十七)

安井の出現を予告されて、「例にない状態」(十七)に陥つた宗助は、「例の様な」「常に」「何時もの」「使ひ慣れた」、つまりは日常的〈空間〉から疎外される。宗助は鎌倉へと参禅を決意する。まだなお彼は、自分の置かれた位置を〈空間〉的にすらせてみようと思ひみるのだろうか。しかし、そこで問題になるのは、やはり「言葉」であり、〈時間〉なのだ。

「父母未生以前本来の面目は何だか、それを一つ考へて見たら善からう」
宗助には父母未生以前といふ意味がよく分らなかつたが、何しろ自分と云ふものは、必竟何物だか、其本体を捕まへて見ろと云ふ意味だらうと判断した。(十八)

「髪結床」(十三)での宗助の自問は、参禅して与えられることになる公案を先取りしたものであった。むろん、ここで問われている〈時間〉性は、「只自然の恵みから来る月日と云ふ緩和剤の力」(十七)といったものとは別のものだ。それは〈時間〉の一面性に過ぎない。宗助は、「自分を救ふ」という彼の参禅の当初の目的からいっても、与えられた「父母未生以前本来の面目」という公案に対する「見解」を見出すだけでなく、それを同時に「心の実質が太くなる」ように自分の「人生観を作り易へ」て生きて行くこと、すなわち「自己本位」(十七)の肯定とつながる形で考えねばならない。

自己確認がされないままの「自己本位」。むろん、これは作者があらかじめ仕組んだ「循環小數」(十八)である。

四 安井と宗助あるいは「自然」と「頭」

「月日と云ふ緩和剤の力丈で、漸く落ち付いた」はずの生活が、「安井」あるいは「冒険者」の一語で、何故こうも脆く「崩れて」しまうのか。互いを信仰し、「互に抱き合つて、丸い円を描き」(同)ながら、築き上げてきたはずの御米との生活とは何であつたのか。その生活に、果して「根」は存在するのか。当然宗助は、そのことを自身に問い直さねばならない。そしてこれらの問いが、実は以

前から彼の内部にすでにあつたからこそ、御米に対する配慮を欠いた言葉や逃避の姿勢が出て来ることになるのである。

「是でも元は子供が有つたんだがね」と、さも自分の言葉を味はつてゐる風につけ足して、生温い眼を挙げて細君を見た。(三)

「御米、御前子供が出来たんぢやないか」と笑いながら云つた。(六)

父母未生以前と御米と安井に脅かされながら……(十八)

そして、安井が「如何にも不意に」(十七)、「是程偶然な出来事を借りて、後から」(同)現われようとしている今、「苦し」く、また「腹立たし」く思つている宗助は、今こそ「自然」運命」に対して正面から向かい合ふねばならないはずなのである。

宗助が、その名を御米と(さえ)共有することを拒んだ安井とは誰か。宗助の精神状態を「不安で不定」にさせる者。その「情熱」(十四)を、「暖かな若い血」(同)を分ち持つ真の共有者であり、「精神」の故郷を同じくする同郷者。それが今、宗助の〈現在〉を、本当の自分自身を確認するために必要な真の他者、誰よりも(本人よりさえも)限りなく自分自身に近い存在者として、眼前に現われようとしているのである。

たとえば、『門』における循環する季節、「自然」の時間の流れがそうであるように、時間は空間化され得る。空間化されるからこそ時間は、〈見えるもの〉としてそこに感じ取られるのである。しかし、宗助の抱え込んでいる〈時間〉の問題は、決して〈空間〉化されることがない。それは〈見えぬもの〉としてあるのである。そして、その究極にあるのは、やはり「死」の問題であろうと私は考えているのだが、ともあれ、ここで安井は、〈時間〉||〈見えぬもの〉の形象化として現われている。それは単に宗助の〈現在〉を確認する手段というだけのものではない。安井は、「過去」の宗助としてだけでなく、〈現在〉の宗助、「未来」の宗助その人としても現われているのだからである。その意味で、安井という男の存在は、〈時間〉の源泉としての「自然」運命」の象徴であるといえるのである。

そして宗助は、「過去」〈現在〉「未来」の自己確認をせよという「自然」運

命」の要求に、しかし背を向けるのである。「自然＝運命」は、宗助に〈時間〉の人であること、すなわち〈冒険者〉であり続けることを強いている。宗助は宗助で、彼なりの「冒険」によって〈冒険者〉でなくなることを欲しているのである。それが宗助の参禅なのである。

「自暴と自棄と、不平と憎悪と、乱倫と悖徳と、盲断と決行と」(十七)というように、〈墮落の方面をたくと誇張した冒険者を頭の中で捲き上げ〉(同)る宗助は、安井という〈時間〉的〈冒険者〉を、あくまで〈空間〉的〈冒険者〉として、あえて曲解することで、彼自身も〈時間〉的〈冒険者〉であることを否認し、ただ〈空間〉の人であらうとするのである。宗助は、自己を見つめ直すことを拒否したまま、「過去」からも未来からも切り離された、安全なはずの〈現在〉を得ようとする。御米と築き上げてきた虚構の〈現在〉が崩れ去った今、彼はたった一人で、自分のその「華奢な世間向きの頭」だけでもって、別の虚構を築こうとするのである。まるで、それが彼に出来る唯一の「自然＝運命」に対する抵抗でもあるかのように。

彼は悟といふ美名に欺かれて、彼の平生に似合はぬ冒険を試みやうと企てたのである。さうして、もし此冒険に成功すれば、今の不安定な弱々しい自分を救ふ事が出来はしまいかと、果敢ない望を抱いたのである。(十八)

宗助の悲劇性は、彼が坂井や御米といった「世間」の人たちと同じく〈空間〉の人であることを望みつつ、しかしそれが許されなかつたということではない。禅寺という特殊な〈空間〉へと無防備な「裸＝頭」をさらす「冒険」をその自らの「頭」によって企てた彼が、自己の〈人生〉における〈時間〉性の確認を迫られたとき、やはりその「頭」を使って答えを求めてしまう点であろう。宗助は、その「華奢な世間向き」(十四)の「頭」を放棄しきれず、しかも〈時間〉の人になりきることも許されずに、日常に戻されてしまうのである。

しかし、〈時間〉性の問いに捉えられているかぎり、彼にはもはやどんな〈空間〉でさえも、そこに安住することはかなわない。「門」の中に入らず、また引き返すことも許されない。「長く門外に佇立むべき運命をもつて生れて来たものらしかつた」(二十一)という認識は、ひとり宗助のみに与えられているが、これは宗助が、御米との生活から一旦自らを切り離し、その無防備な「頭」一つによる「冒険」によって手に入れた「言葉」である。「近」「今」の「文字」は、

手に入りはしなかつた。というより、彼はそれらの「文字」を、むしろ忘れ続けようとしたのである。そして忘れることも、はつきり思い出すことも、いずれも出来なかつたのである。〈冒険者〉でなくなるための「冒険」は、宙づりにされたまふ終わる。

たとえば、「こゝろ」のKと先生との関係を考える。先生の本当の「過去＝精神の同郷者」としてのK。このKという存在を、自分の「近」くのものにしようとして、自分の「今」にしようとして、言い換えれば先生は「近」「今」の文字を取り戻そうとして、それを得ると同時に死んだ。死ぬ以外にそれを得ることはかなわなかつたからである。しかしそれは、「罪」に対する償いといったものではない。自身の「過去」に対して、つまりは「自然＝運命」に対して、向かい合うという一つの実践的な姿勢であつたのである。

遠くない未来において、「近」「今」を手にするために一人の青年と向かい合い「告白＝自死」する先生という、いま一人の〈冒険者〉を創ることになる作家は、この「門」においては、同じ〈関係〉の問題を別の方法で解こうと努力している。そして結果として、それは失敗に終わっている。

安井は「自然＝運命」の象徴としての役割が大きく、その意味では『こゝろ』のKでさえその域を脱し切っているわけではない。しかし、この非人間的な存在が真に人間的に描かれるには、「道草」を待たねばならないので、たとえば「道草」の健三の養父母などは、同じように健三の「過去」として現われるのであるが、そのとき作家には「自然＝運命」に対する被害者意識はなく、〈精神的故郷〉というロマンも必要とはしていない。登場人物たちの関係(そこにはそれを描く作者自身も含まれる)を見守るもう一回り大きな〈自然〉が、作家の視野に入っているからである。

御米は障子の硝子に映る麗かな日影をすかして見て、

「本当に有難いわね。漸くの事春になつて」と云つて、晴れ／＼しい眉を張つた。宗助は縁に出て長く伸びた爪を剪りながら

「うん、然し又ちさき冬になるよ」と答へて、下を向いたまゝ、鉄を動かして

みた。(二十三)

〈自己の自然〉を自ら選択することによって〈世間の自然〉から制裁を受けることなる『それから』の代助の狂おしい叫びも、〈大きな自然〉をその視界に

取めることができずにへ小さな自然の内側で自己を相対化する外にない『道草』の健三の苦しいアイロニーも、ここにはない。

『門』は、宗助の「うん然し又ぢき冬になるよ」という言葉で締めくくられる。もちろんこの言葉は、単なる繰り返しの日常を肯定する言葉としてだけ受け取られてはならない。宗助がその参禅の後に、彼の以前と同じ日常には戻ってきていないことは明らかなので、その意味で宗助の参禅は茶番でも遊戯でもありえないのである。しかし、繰り返される日常の時間という本質を認定する姿勢が、そこでそのまま留まっただけで、その認定の向こう側へと越えていこうとする、日常に對する、また自己に對する、変革の意志が欠落しているのもまた事実なのであり、自身の「過去」に、「自然＝運命」に向かい合おうとする積極的な姿勢は見られないのである。

ここには、きわめて消極的な諦念がある。それは欺瞞といつてもよい。「近」「今」を手に入れようとする欲望を真摯に追求することなく、それを曖昧にしたまま回避し、「自然＝時間」の循環を示す「冬」という言葉で、その代用をさせてしまっているからである。いずれ宗助は近いうちに、「近」という字を忘れ、「今」という文字を思いだせなくなっている自分に、再び気づくことになるであろう。そして「近」「今」を失語したままであるかぎり、彼は「冒険者」たらしざるを得ず、また作家はその病名宣告を自ら創作命令として受け取らねばならないのである。

「自然」と「人間」との調和は、すでに失われたものとして、漱石の認識の中にある。彼は、もはやそれを素直な形で希求するわけにはいかない。「自然」は「人間」と調和したりはしない。「自然」の現象について、「人間」の側が、勝手に自分たちの都合で幸・不幸を決め込んでいるだけのことである。「自然」はただ、空であり太陽であるだけで、雨であつたり風であつたりするだけだ。「自然」は、いわば「非人情」的に存在する。そして「人間」が、いわばそれに美醜や善悪の色をつけるのである。〈美醜〉の決定については、個々人に委ねられている。しかし、〈善悪〉については、これは「世間」が決定する。

宗助は、自分たちの安井に對する行為が、いかにも「自然」なものであつたと思ふが、自分たちの意志によるものではなかつたはずだ、と。そして、だからこそ彼らは、「世間」がそれに対して下した〈悪〉の決定について、少しも「罪」を感じてはいない。彼はただ、「自然」そのものに対して、「天」に對してだけ、恐れと不平の感情を抱くのである。その「不合理」

や「不可思議」を受け入れるために、宗助は「愛の神」という虚構を必要としたのである。彼は、いまや「世間」から逃げようとしていたのではなく、「天」から逃れようとしていたことは明らかである。

彼の頭を掠めんとした雨雲は、辛うじて、頭に触れずに過ぎたらしかつた。けれども、是に似た不安は是から先何度でも、色々な程度に於て、繰り返さなければ済まない様な虫の知らせが何処かにあつた。それを繰返させるのは天の事であつた。それを逃げて廻るのは宗助の事であつた。(二十二)

鎌倉から帰つた宗助は、坂井を訪ねている。その坂井から、安井は弟と一緒に「四五日前帰りました」(同)という言葉を引き出している。そして彼は、「政略的に談話を駆つた」(同)にもかかわらず、「知らうと思ふ事は悉く知る事が出来なかつた。己れの弱点に付いては、一言も、彼の前に自白するの勇氣も必要も認めなかつた」(同)のである。では誰になら、その「弱点」を「自白」できるというのか。何からなら、「知らうと思ふ事」を「知る事」ができるのか。

宗助の「弱点」が、その「頭」であることは、もはや疑う余地がない。彼はその「頭」を通して自らの「過去」を覗き込み、その「頭」を通して「天」を仰ぎ見る。このとき、「頭」は生きた人間を離れて徹底的に独りきりである。「自然」に「人間」とつながる「根」は存在するのか。それは倫理の基準としての「天」ではなからうか。しかし、「自然」はあくまでも「非人情」的である。「頭」はそれを「不合理」と見る。そして「運命」を突きつける「天」から逃れようとする。「父母未生前と御米と安井に」背を向けた宗助には、向かい合う他者が、人間が一人もない。〈時間〉の問題は残される。

幾度も繰り返されるであろう「冬」の一語を口にしたことで、宗助の「頭」は、「運命」を、〈時間〉を、「自然＝天」に本当に委ねているといえるのだろうか。彼の「頭」は、「天」に何を求めようとし、何を求めまいとし、何を絶望しようとしているのか。

そしてこの弱い「頭」の問題が、「自然＝天」に對するはつきりとした被害者意識として「内へとぐるを捲」きながら、『彼岸過迄』に続いていくのである。

註

- ① 前田愛「山の手の奥」(『都市空間の中の文学』筑摩書房、一九八二)に、「小六の同居が宗助と御米のつなぎとめられている〈ここ〉への犯しを意味していた」との指摘がある。
- ② この点については、「銭湯」(「どうかして、朝湯に丈は行きたいね」)についても同じことが言える(三)。
- ③ 宗助は「多くの希望を二十四時間のうちに投げ込んである」のだが、実際は「十の二三も実行出来ない」でいる。「自分の気晴らしや保養や、娯楽もしくは好尚に就いて」、「節儉しなければならぬ」のは、つまるところ「頭」に「余裕のない」せいでとされている(三)。宗助の「頭」が、極めて〈空間〉的であることについては、小論で幾つか触れている。
- ④ 前掲前田氏論文には、先の引用文に続いて、「安井の出現は、宗助にとって日常的な世界を現前させている〈いま〉への脅かしであった」とあり、時間と空間の二つの軸によって、御米と宗助(二人の特にその〈いま〉と〈ここ〉|| 現在)を読み解かれているという点で、小論は示唆を受けている。小論においては、しかし小六もまた宗助の〈時間〉を脅かす存在であるという点を付け加えるだけでなく、御米と宗助の隔たり(御米は本質的に宗助の「問題」を共有できないということ)を明確に示すために、〈空間〉の人―〈時間〉の人という二項対立の構図が強調されている。そしてこの〈時間〉に関してだけは、はっきり宗助は「特殊人」と言えるのである。

Study on Wire Temperature Field and Structure Properties in Dieless Drawing

W. Zhang*, G. Luan *and H. Sekiguchi

Advanced Technology of Plasticity 1990, Vol. 1, p.557-562
 (Proceedings of the Third International Conference
 on Technology of Plasticity, Kyoto, July 1 - 6, 1990)

In general metal-forming processes, large plastic deformation is given to a material using tools such as dies. Some materials, however, have much difficulties in forming or shaping because of high strengths or poor ductilities. Sometimes a large frictional force acts on the interface between the raw material and the tool, and prevents a further deformation in the process. To decrease the flow stress and to increase the ductility, hot working is often employed, but there still remain serious problems caused by heat-resisting tools and lubricants in a high temperature.

A technique of die-less forming seems to be available for solving these problems; it is a kind of hot working and frictionless process, while the process has not been developed yet in industrial fields except for the bending method of tubes. This paper mainly describes the possibility of dieless forming technique in the drawing process.

The structural sketch of the dieless drawing machine used in experiments is shown in Fig. 1, where 1:main motor, 2:reducer of type ZD, 3:speed changing system, 4:spur gear, 5:induction heating coil, 6:cooling apparatus, 7:reducer of type WD, 8:auxiliary motor, 9:speed changing system, 10:fixed clamp, 11:drawing wire, 12:moving clamp. Drawing speed and moving speed of the heating-cooling apparatus are stepless speed regulation, which the ranges are 0 ~ 500mm/min and 0~350 mm/min respectively.

In dieless drawing, temperature and plastic

deformation affect each other, and thus the deformation behavior is very complicated. The heating temperature and the cooling rate are the most important factors for the successful operation. In this study, both experimental and theoretical analyses have been conducted on the temperature fields of drawing wires, and the structural properties of drawn wires have been also investigated.

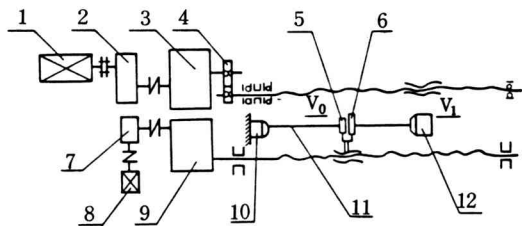


Fig1. Structural sketch of dieless drawing machine.

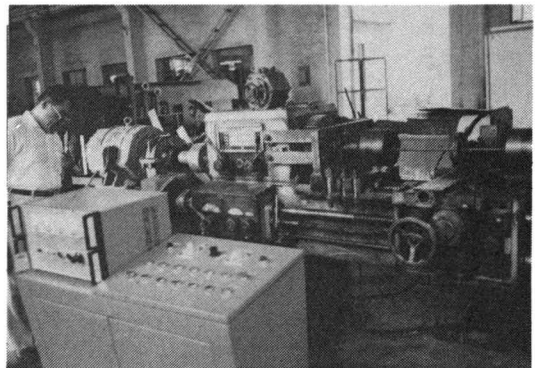


Fig2. Exterior view of dieless drawing machine.

*North-East University of Technology, Shenyang, China

粘弾性流体の急絞り流路入口部における渦の増大

森 教安・中村 喜代次*・K. Walters**

Increase in Size of Vortex in Entry Corners of Contraction Geometries for Viscoelastic Fluids

Noriyasu MORI, Kiyoji NAKAMURA and K. WALTERS

繊維機械学会論文集, 第42巻, 11号 (平成元-11), P63-70.

高分子溶液や融液などの粘弾性流体が急絞り流路を流れるとき、レザerva角部に渦が発生することはよく知られた事実である。急絞り流路入口部におけるこの流れは工業面における実用的な目的だけでなく、粘弾性流体のモデル流れとして数値計算法やレオロジー式のチェックのために多く取上げられてきた。しかし、渦の発生原因についても、完全に解明されていないのが現状である。

我々は、渦の大きさと流体の物性の関係について調べるとともに、二次元流路と軸対称流路における渦の増大

の違いについても検討することを目的とした。

実験に用いた高分子は、ポリアクリルアミド (PAA) とカルボキシメチルセルロース (CMC) の2種類である。流体の物性として、ワイセンベルグレオゴニオメータにより粘度と第一法線応力差を、スピンドルレオメータにより伸長粘度を得た。

図1に、無次元渦長さ $L_v/2H_1$ とワイセンベルグ数 We の測定結果を示す。従来、渦の発生が流体の弾性に起因しており、その結果、渦長さがワイセンベルグ数や弾性数と密接な関係があると考えられてきた。しかし、我々の結果では、高分子の種類が違くと流体の弾性により整理できないことが明らかとなった。

図2に軸対称流路における渦長さと壁面せん断速度の関係を示す。CMC水溶液では、渦長さの増大の傾向は、二次元流路の場合と同じであったが、PAAとの混合溶液 (Mix 1, Mix 2) では、異なった結果が得られた。

本研究では、急絞り流路における渦の増大が、流体のずり流動における弾性では説明できず、むしろ流体の伸長粘度と関係があることを明らかにした。

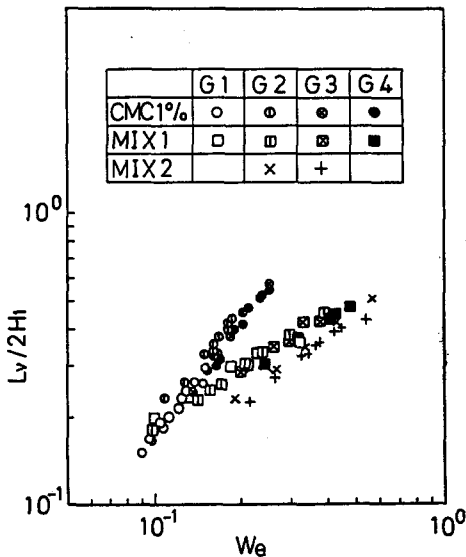


Fig.1 Dimensionless vortex length vs. We for the 1% aqueous solution of CMC, fluids MIX1 and MIX2.

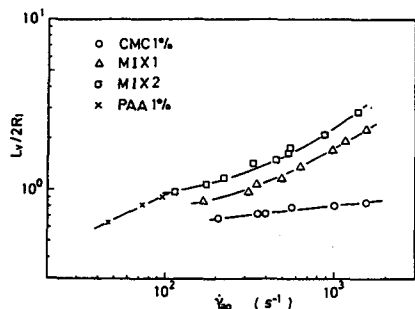


Fig.2 Dimensionless vortex length vs. $\dot{\gamma}_w$ of the axisymmetric contraction.

*大阪大学工学部産業機械工学科

**Department of Mathematics, University of Wales.

遺跡出土木材のPEG含浸処理に関する理論的考察

河越幹男・石垣 昭：考古学と自然科学、第22号(1990)、95～102頁

Theoretical Consideration on Impregnation Treatment of Waterlogged Wood with PEG

Mikio KAWAGOE and Akira ISHIGAKI: Archaeology and National Science, Vol. 22(1990), p.95-102

出土木材の保存処理法には、高分子物質含浸法、凍結乾燥法などがある。含浸法に用いられる代表的な高分子物質はポリエチレングリコール (PEG) である。凍結乾燥法の場合、比較的短時間で処理できるが、設備に多大の費用を要し、特に大型出土品を処理するためには莫大な費用がかかる。これに対し、PEG含浸処理法は処理時間が長いという難点はあるが、大型の出土品を比較的安価に処理でき、実用的である。

PEG含浸法には、上述の処理時間の長期化という問題の他に、処理後の変形の問題がある。前者はPEGの含浸速度、後者は濃度分布の問題であり、いずれの場合にも、これらの問題を解決するためにはPEGの含浸機構を明らかにする必要がある。

本研究では、木材内へのPEGの含浸過程を拡散現象と考え、拡散モデルに基づいて含浸速度、及び濃度分布の理論的な解析を試みた。さらに、現在のところ主に経験に頼っている処理時間の決定法についても検討した。その結果、図1に示したようにPEGの含浸速度は拡散モデルによる計算値とよく一致することが分かった。この結果に基づき、種々の形状に対する拡散方程式の解か

ら、PEGの飽和率が99.9%に到達するのに要する処理時間を推算する簡便式を得た(表1参照)。

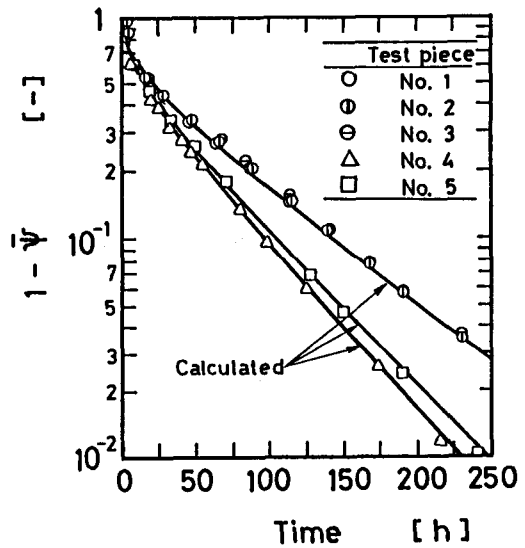


図1 立方体の場合の未飽和率 (1 - Ψ) 対時間の関係

表1 各形状の処理時間に対する簡便式 (Ψ=0.999)

形状	簡便式	成立条件
平板	$t_p = (0.679/D_A) a^2$	全ての t_p
無限円柱	$t_p = (0.283/D_A) d^2$	全ての t_p
球	$t_p = (0.162/D_A) d^2$	全ての t_p
直方体	$t_p = \frac{(0.636/D_A)}{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}}$	$t_p > 0.2 a^2 / D_A$ a は最大辺長
有限円柱	$t_p = \frac{6.33/D_A}{\frac{23.1}{d^2} + \frac{9.87}{l^2}}$	$t_p > 0.2 l^2 / D_A$ かつ、 $t_p > 0.03 d^2 / D_A$

教官研究活動一覧表

(機械工学科)

557～562, 1990年7月

(*Northeast University of Technology, China)

ヘテロダイナミクス干渉法センサの偏波漏れ成分による非線形性の除去

中谷 登, 小田修一郎, 山田朝治 (以上, 阪大工),
阪部俊也

精密工学会秋季大会学術講演会
(平成元年11月6日 講演)

鉄鋼を中心とした加工技術の将来像

関口秀夫

中国機械工程学会辽宁省鍛圧学会講演会
(1990年8月2日 講演)

フォトサーマル効果を用いた流体の濃度と速度の測定 —外乱除去型ヘテロダイナミクス干渉法光ファイバプローブによる—

中谷 登, 稲垣 潤, 山田朝治 (以上, 阪大工),
阪部俊也

第4回光波センシング技術研究会
(平成元年12月14日 講演)

焼もどし温間鍛造

小島耕二, 関口秀夫

プレス技術 Vol.28 No.10, 141～146 1990年10月

加工熱処理による材質の改善と制御

小島耕二

中国機械工程学会辽宁省鍛圧学会講演会
(1990年8月2日 講演)

外乱除去型光ファイバヘテロダイナミクス干渉計による微小変位測定

中谷 登, 小田修一郎 (以上, 阪大工), 阪部俊也

第29回計測自動制御学会学術講演会
(平成2年 7月25日 講演)

天模拉伸工芝参数的実験研究

張仁剛, 梁瑰馥, 白光潤 (中国・東北工学院金属压力加工系), 関口秀夫

熱加工工芝 No.78 (1987年4月) P 9～13

新素材材の開発と加工熱処理の役割

関口秀夫

中国上海交通大学ならびに燕山大学において一連の講演

(1989年10月)

天模拉伸工芝参数的実験研究之二

張仁剛, 梁瑰馥, 白光潤 (中国・東北工学院金属压力加工系), 関口秀夫

熱加工工芝 No.82 (1989年12月) P 7～10

加工熱処理による材質の改善と制御

関口秀夫, 小島耕二, 鳥阪泰憲*

材料 Vol.38 No.435, 1458～1464, 1990年12月
(*工業技術院機械技術研究所主任研究官)

ロボットグリッパのシミュレータ開発について

早川恭弘

情報処理教育研究発表会
(平成2年8月24日 講演)

Study on Wire Temperature Field and Structure Properties in Dieless Drawing

W. Zhang *, G. Luan* & H. Sekiguchi

Advanced Technology of Plasticity 1990 Vol. 1

成績不振者の統計的な観点からの特徴

宮本止戈雄

高等専門学校教官研究集會

(平成元年11月6日 講演)

粘弾性流体の急絞り流路入口部における渦の増大

森 教安, 中村喜代次 (阪大・工), K. Walters (ウェールズ大)
 繊維機械学会論文集, 42~11 (平成1-11), 63~70

円管内における粘弾性流体の流量一定スタートアップ流れ

森 教安, 武原弘明 (阪大・工), 小西義郎 (阪大・工), 中村喜代次 (阪大・工)
 日本レオロジー学会誌, 18-2 (平成2-6), 69~75

粘弾性流体の円管内スタートアップ流れの研究

中村喜代次 (阪大・工), 森 教安, 小西義郎 (阪大・工), 海下巧 (阪大・工)
 日本機械学会関西支部第65期定時総会講演会
 (平成2年3月24日 講演)

粘弾性流体の非定常流動に関する研究

森 教安, 小西義郎, 海下巧, 中村喜代次 (以上, 阪大・工)
 日本繊維機械学会第43回年次大会
 (平成2年6月8日講演)

高分子溶液および微粒子含有高分子溶液の伸張粘度の測定

森 教安, 西村太良 (工繊大・繊維), 中村喜代次 (阪大・工)
 繊維機械学会論文集, 43-7 (平成2-7), 70~75

The Influence of Polymer Conformation on the Rheological Properties of Aqueous Polymer Solutions

K. Walters (Univ. College of Wales), A.Q. Bhatti (Univ. College of Wales), N. Mori
 Proc. Conf. on Recent Developments in Structured Continua II, Vol.2(1990), 182-198.

矩形管路内における粘弾性流体のスタートアップフローについて

中村喜代次 (阪大・工), 森 教安, 小西義郎 (阪大・工), 小柴 孝
 日本繊維機械学会第43回年次大会
 (平成2年6月8日 講演)

チップブレーカに関する研究

長谷川嘉雄 (摂南大・工), 花崎伸作 (阪大・工), 藤原順介 (阪大・工), 和田任弘
 1989年度日本機械学会第67期全国大会
 (平成元年10月15日 講演)

突切りバイトによる高送り旋削に関する研究

長谷川嘉雄 (摂南大・工), 花崎伸作 (阪大・工), 藤原順介 (阪大・工), 和田任弘
 1989年度精密工学会秋季大会学術講演会
 (平成元年11月6日 講演)

(電気工学科)

電気学会技術報告

「高分子絶縁材料の絶縁破壊現象」
 固体絶縁材料の電気伝導と絶縁破壊調査専門委員会
 京兼 純 分担執筆
 電気学会 (II部) 第304号 (平成元年10月)

インドネシアの工学系高等教育とポリテクニク制度に関する調査報告書

関川三男 (元長野高専), 牧野 修 (JICA国際協力専門員), 原 健彦 (茨城高専), 平林祐治 (沼津高専), 下塩義文 (熊本電波高専), 京兼 純
 JICA-EEPISプロジェクト, 研究R8901-3, 1989, 12

インドネシア共和国における電子・情報・通信分野の高等教育と日本の国際協力

牧野 修 (JICA国際協力専門員), 原 健彦 (茨城高専), 平林祐治 (沼津高専), 下塩義文 (熊本電波高専), 京兼 純

工業教育（日本工業教育協会）38巻，No.4（平成2年7月）31-35

High Field Characteristics of Ultrathin Films of Polyacetylene Derivative Studies with Surface Potential Measurements by Corona Discharge

J. KYOKANE, Y. YAMAMOTO and K. YOSHINO (Osaka Univ.)

JPN. J. APPL. PHYS., Vol.29, No.8 (1990)

L1666-L1688

Characteristics of Conducting polymers and Its Application

K. YOSHINO (Osaka Univ.) and J. KYOKANE
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (I C S M ' 90), Tübingen, F.R.G.

(September 4, 1990, Poster Presentation)

導電性高分子超薄膜の表面電位測定と高電界現象

京兼 純, 山本善啓, 吉野勝美 (大阪大学)

電子情報通信学会 有機エレクトロニクス研究会

OME90-34 (平成2年9月25日 講演)

大阪市立大学文化交流センター特別講義

—マイクロエレクトロニクス最前線—

高橋晴雄

(平成2年3月13日 特別講演)

『電子回路1』

滑川敏彦 (阪大名誉教授), 高橋晴雄 共著

森北出版 (平成2年4月 出版)

SCを用いたリモコン受信回路

上田智弘 (大阪市立大), 土井滋貴, 松下賢二 (大阪市立大), 志水英二 (大阪市立大)

平成元年電気関係学会関西支部連合大会

(平成元年10月21日 講演)

ファジィを用いた信号処理

土井滋貴, 高橋晴雄, 松田 稔 (大阪電通大), 志水英二 (大阪市立大)

システム制御情報学会第3回シグナル・システム・コントロール (SSC) シンポジウム

(平成2年1月24日 講演)

ファジィ制御の生産ラインへの応用

宮田 弘, 土井滋貴, 高橋晴雄

大阪科学技術センター第6回ソフトウェアコンファレンス

(平成2年3月9日 講演)

A-D変換ボードを用いた周波数特性測定装置

土井滋貴

トラ技コンピュータ, 1990-1, 85-97

C言語による割り込みプログラミング

土井滋貴

トラ技コンピュータ, 1990-5, 77-86

UNIXと情報教育

成田紘一

CAI学会関西支部コンピュータ利用工業教育研究会

(平成2年1月20日 講演)

(電子制御工学科)

収束衝撃波のコンピュータ・シャドウグラフ・アニメーション

岸下晴亮, 西田迪雄 (九大・工)

流れの可視化学会松山講演会

(平成1年11月17日 講演)

衝撃波管を用いた収束衝撃波の可視化

岸下晴亮, 西田迪雄 (九大・工)

流れの可視化学会松山講演会

(平成1年11月17日 講演)

衝撃波収束の実験と数値解析

中島照幸 (九大・工), 岸下晴亮, 麻生 茂 (九大・工), 西田迪雄 (九大・工)

第21回流体力学講演会

(平成1年11月9日 講演)

傾斜放物面から反射する衝撃波の収束

岸下晴亮, 西田迪雄 (九大・工)

日本機械学会関西支部第65回定時総会講演会

(平成2年3月23日 講演)

イオン窒化処理したオーステナイト系ステンレス鋼の摩擦特性

西田茂生・曾根 匠, 出水 敬 (大阪府立産技総研)・石垣博行 (近畿大)

トライボロジー会議予稿集東京1990-5

PP.175~176

(1990年5月14日 講演)

本学における情報処理教育について

—UNIXによる言語教育支援システム(II)—

西田茂生, 早川恭弘, 西野貴之・小松省吾 (富士通・取島)

情報処理教育研究発表会論文集 第10号

PP. 34~35

(1990年8月24日 講演)

(情報工学科)

大容量コンデンサーを用いた物理実験

浅井文男

日本物理学会1989年秋の分科会

(1989年10月3日講演)

ゼネコンの出力電圧を安定化する

浅井文男

日本物理教育学会誌 Vol.38, No.3 (1990), 212

ファジィ・ベイズ意思決定法則の一考案

植村芳樹

日本ファジィ学会第6回ファジィOR研究会

(平成2年2月28日 講演)

スポーツテストのデータ解析及び統計処理について

福本圭司, 坂上修司, 植村芳樹, 中和田武

大阪科学技術センター第6回ソフトウェアコンファレンス

(平成2年3月9日 講演)

A Study of Fuzzy-Bayes Decision Rule Y. UEMURA

International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks(II ZUKA-90)

(平成2年7月22日 講演)

ファジィ・ベイズ意思決定法則の一研究

植村芳樹

日本ファジィ学会第6回ファジィ・システムシンポジウム

(平成2年9月7日 講演)

ファジィ・ベイズ意思決定法則におけるファジィ事象の確率と損失関数について

植村芳樹

日本OR学会平成2年度秋季研究発表会

(平成2年9月24日 講演)

自律的にパターン統合する拡張コホーネンモデル

小澤誠一, 堤 一義 (神戸大・自然科学研究所), 松本治彌 (神戸大・工)

平成元年電気関係学会関西支部連合大会

(平成元年10月22日 講演)

動的パターンを抽出する自己組織化神経回路モデル

小澤誠一, 堤 一義 (龍谷大・理工), 松本治彌 (神戸大・工)

第34回システム制御情報学会研究発表講演会
(平成2年5月17日 講演)

パターンの遷移を識別する自己組織化神経回路モデル

小澤誠一, 堤 一義 (龍谷大・理工), 松本治彌 (神戸大・工)

神経回路学会平成2年全国大会
(平成2年9月12日 講演)

多人数情報処理教育における授業支援システム

工藤英男

文部省平成元年情報処理教育研究集会
(平成元年11月16日 講演)

日本語OS-2とC言語

植田一廣 (大阪短期大), 工藤英男, 吉川博史 (大阪短期大)

工学図書 (平成元年12月出版)

情報社会と情報基礎—情報学入門—

石桁正士 (大阪電通大), 上田勝彦, 多喜正城, 工藤英男, 松永公廣 (明石高専), 他

情報学教育研究会編著, 第一法規 (平成2年4月出版)

S I D国際シンポジウム報告

WS/Image Processing

鈴木忠二

電子情報通信学会電子ディスプレイ研究会
(平成2年7月12日 講演)

E Lディスプレイ

鈴木忠二

電気四学会関西支部専門講習会
(平成2年9月20日 講演)

「汎用並列プロセッサを用いたパイプライン型論理シミュレータの一構成」

世古 忠, Ittichai *, 岡本 匡*, 白川 功*

*大阪大学工学部

電子情報通信学会「回路とシステム研究会 (CAS)」
CAS89-87

(平成元年10月27日 講演)

「Occam 2 リファレンスマニュアル」

出口 弘, 荒木俊郎, 世古 忠 訳

啓学出版

1990年1月25日出版

パソコンによるデジタル制御実験システムの開発

山崎善弘

第6回ソフトウェアコンファレンス

(平成2年3月9日 講演)

(化学工学科)

出土木材の非破壊検査への超音波診断法の応用 (第3報)

石垣 昭・井口高行

日本文化財科学会第7回大会

(平成2年4月21日 講演)

高専における女子学生について

—特に化学工学科進路指導の事例について—

石垣 昭

関西工業教育協会高専部会

(平成元年11月15日 講演)

生成物分離型光化学ダイオードによる炭酸水素塩の還元

大西康幸, 泉 生一郎, 渡辺 大, 杉野光生

電気化学協会第57回大会

(平成2年4月5日 講演)

接着・コーティングの耐久性

井口高行

日本材料学会「高分子材料の耐久性評価」に関する講習会

(平成2年1月18日 講演)

有機ライニング被膜の耐久性 (綜説)

井口高行

日本接着学会誌 Vol.26, No.4 (1990)158 ~164

透過膜・電極・電解質を一体化させた酸素センサーの対極

片倉勝己, 小久見善八 (京大・工), 竹原善一郎 (京大・工)

第10回化学センサ研究発表会

(平成2年4月6日 講演)

An Oxygen Sensor Composed of Tightly Stacked

Membrane/Electrode/Electrolyte

K. Katakura, A. Noma(Kyoto Univ.),

Z. Ogumi(Kyoto Univ.), Z. Takehara(Kyoto Univ.)

Chemistry Letters, (1990), 1291~1294

エアリフト型気液固三相気泡塔の液側混合及び物質移動特性

河越幹男・大竹伝雄 (中部大・工)

化学工学会第22回秋季大会, SG-119

(平成元年10月4日 講演)

エアリフト型気液固三相気泡塔の液側混合及び物質移動特性

河越幹男・大竹伝雄 (中部大・工)

気泡塔・懸濁気泡塔の現状と動向 (化学工学シンポジウムシリーズ22), 1990年, 113 ~117頁

遺跡出土木材のPEG含浸処理に関する理論的考察

河越幹男・石垣 昭

考古学と自然科学, 第22号(1990), 95~102

遺跡出土木材へのPEG含浸速度に及ぼす樹種, 温度, PEG濃度の影響

河越幹男, 石垣 昭

日本文化財科学会第7回大会

(平成2年4月22日 講演)

NADH Production from NAD⁺ Using Malic Enzyme of *Pseudomonas diminuta* IFO-13182

S. Suye, S. Yokoyama, A. Obayashi

(Central Research Lab. Takara Shuzo Co. Ltd.,)

Journal of Fermentation and Bioengineering

Vol.68, No.12, P301(1989)

Screening and Identification of Alcohol oxidase-producing methanol utilizing yeast

S. Suye, A. Ogawa, S. Yokoyama, A. Obayashi

(Central Research Lab. Takara Shuzo Co. Ltd.,)

Agricultural and Biological Chemistry

Vol.54, No.5, P.1297(1990)

Purification and Desalting of Reduced Form Nicotinamide-Adenine Dinucleotide from Bio-Reaction Products

S. Suye, S. Inuta

Chemistry Express Vol. 5, No.8, P.613(1990)

ピラノースオキシダーゼを用いるグルコースセンサー

末 信一郎, 箱崎圭名子, 横山定治, 大林 晃 (宝酒造中央研究所)

日本農芸化学会誌, 第63巻, 第3号, P.353(1989)

アルコールデヒドロゲナーゼを用いるアンモニアセンサー

末 信一郎, 秋山征夫, 椋本 守, 犬田修正, 池田篤治, 千田 貢 (京大・農芸化学)

日本農芸化学会誌, 第64巻, 第3号, P.412(1990)

グルタミン合成酵素の製造方法

末 信一郎, 北脇桂子, 西村哲次郎, 横山定治 (宝酒造中央研究所)

公開特許公報 特開昭62-89582

植物を利用したニオイセンサ

大阪科学技術センター バイオエレクトロニクス研究会編 末信一郎 (分担執筆)

バイオエレクトロニクス研究会活動報告書 P.170 (1990)

(一般教科)

Characterizations of the special amalgamation property for universal Horn classes

荒金憲一

第13回半群論シンポジウム

(1989年10月7日 講演)

Syntactical characterizations of the amalgamation property universal Horn classes

Kenichi Aragane

General Algebra 1988 : Proceedings of the International Conference held in memory of W. Nöbauer, Krems, Austria, Aug. 21-27, 1988,

North-Holland, 1990, 27-38

On the weak form of the amalgamation property for universal Horn classes

Kenichi Aragane

International Symposium on the Semigroup theory and its related fields, Ritsumeikan University (1990年8月31日 講演)

Radical Cations of Anisole Derivatives. Novel Complex Formation

S. Takamuku(Osaka Univ.), S. Komitsu(Osaka Univ.) and S.Toki

Radiat. Phys. Chem., Vol.34, 553-559(1989)

Valence Isomerization of Quadricyclane-Norbornadiene Derivatives via Triplet State. Correlation of the Mechanism with Triplet Conformation of the Olefinic Moiety

K.Nakabayashi(Miyazaki Univ.), H.Nishino(Osaka Univ.), S.Toki and S.Takamuku(Osaka Univ.)
Radiat. Phys. Chem., Vol.34, 809-815(1989)

OHラジカルの直接測定によるヨウ素の反応速度定数の定量

唐澤英年 (日立エ研), 宇多村元昭 (日立エ研), 石田昭人 (阪大・産研), 土岐 進, 高椋節夫 (阪大・産研)

放射線化学討論会 (平成元年10月19日 講演)

ラジカルカチオンを経る芳香族オレフィンの二量化とそのシクロダイマーの環開裂

藤乗幸子 (阪大・産研), 土岐 進, 高椋節夫 (阪大・産研)

放射線化学討論会 (平成元年10月20日 講演)

ラジカルカチオンを経る芳香族オレフィンの二量化とそのシクロダイマーの環開裂

藤乗幸子 (阪大・産研), 土岐 進, 高椋節夫 (阪大・産研)

日本化学会第59春季年会 (平成2年4月2日 講演)

イザベルの認識の進展

—『ある婦人の肖像』の認識論的解題—

片山悦男

「ALBION」復刊第35号 (京大英文学会) PP.108-130
平成元年10月25日発行

落語と喜劇の違い

神澤和明

雑誌「テアトロ」第570号
(平成2年8月1日)

シェイクスピアとオペラ

神澤和明

日本演劇学会関西支部理論部会

(平成2年9月29日 講演)

美子(帝塚山小)

日本児童英語教育学会研究紀要第9号(平成2年3月),

3-19

学習開始年齢が言語習得に及ぼす影響-第I報

樋口忠彦(近畿大学), 守屋雅博, 國方太司, 三浦一朗(京都教育大学), 北村豊太郎(梅田学園), 中本幹子, 北村友美子(帝塚山小)

日本児童英語教育学会研究紀要9号(平成2-3),

3-19

新学習指導要領とこれからの英語教育(シンポジウム)

守屋雅博

英語授業研究会関西支部秋季研究会

(平成元年10月29日 講演)

単語楽習-ワード・ビルディング・ゲーム

國方太司

英語の窓(中教出版) 282号(平成2-6), 23-24

沖縄の旅

大矢良哲

(平成2-4)

上手にほめたり叱ったりするには、どんな配慮が必要か

國方太司

『児童英語指導法ハンドブック』(杏文堂)(平成2-9)

奈良坂・般若寺など5項目

大矢良哲 国史大辞典編集委員会

国史大辞典 第10・11巻

吉川弘文館(平成1-9, 平成2-9)

学習開始年齢が言語習得に及ぼす影響-第II報

樋口忠彦(近畿大学), 國方太司, 守屋雅博, 三浦一朗(京都教育大学), 北村豊太郎(梅田学園), 中本幹子

日本児童英語教育学会第11回全国大会

(平成2年9月30日 講演)

當麻町の文化財 當麻町文化財調査報告第一集

土井 實, 池田末則(當麻町文化財審議会)

大矢良哲

當麻町教育委員会(平成2年3月)

A Concordance to Caxton's Own Prose

溝端清一編 松柏社

(1990年8月出版)

学習開始年齢が言語習得に及ぼす影響(第1報)

樋口忠彦(近畿大学), 守屋雅博, 國方太司, 三浦一朗(京都教育大学), 北村豊太郎(梅田学園), 中本幹子(エイム・イングリッシュ・スタジオ), 北村友

奈良工業高等専門学校 研究紀要第26号

平成3年3月15日

編集兼
発行者 奈良工業高等専門学校
大和郡山矢田町22

印刷所 (株) きょうせい
関西支社 大阪市北区天満2-7-17

RESEARCH REPORTS

of

NARA NATIONAL COLLEGE

of

TECHNOLOGY

No. 26, 1990

CONTENTS

Dimensions of the Speckle in Speckle Interferometry	Yoshihiro OSHIDA.....	1
Basic Study on Steam Reforming of Methanol.....	Takashi KOSHIBA.....	7
Flow Field Around an Elliptical Cone at a Hypersonic Speed	Masahiko SAKAMOTO, Masatomi NISHIO and Takeyoshi KIMURA.....	13
Development of Graphic Subroutines for Plotter	Mitsuyoshi SHIMAOKA.....	19
Study on The Simulator Development of A Pneumatic Gripper	Yasuhiro HAYAKAWA and Hirobumi TANAKA.....	25
Basic Characteristic of A Current Type Active Filter(2)	Shigeji IMURA.....	29
High Field Characteristics of Ultrathin Films(PMSP) by Surface charge Decay Measurements	Jun KYOKANE, Yoshihiro YAMAMOTO, Iichi KIMURA and Katsumi YOSHINO.....	35
A study on an enhanced power-generation for a Solar power system	Yoshihiro YAMAMOTO, Shigeki DOI and Haruo TAKAHASHI.....	39
A study of fingerprint pattern keying using scale-space filtering	Shigeki DOI, Yoshihiro YAMAMOTO and Haruo TAKAHASHI.....	43
The Assistant System for Education of Computer Language in UNIX	Hirokazu NARITA, Takayuki NISHINO and Shogo KOMATU.....	49
The Thermal Dependence on Lipman Hologram using Dichromated Gelatin	Masayuki MIYATA.....	53
Application of Fuzzy-Bayes Decision Rule to Discrimination Problem.....	Yoshiki UEMURA.....	57
<i>The Self-Organized Neural Network with an Ability of Regularizing The Temporal Elasticity</i>	Seiichi OZAWA.....	61
On Quantitative Evaluation of Program Design Process—Evaluation of Design Document Data with respect to Quality—	Hideo KUDO, Tohru KIKUNO and Koji TORII.....	69
Parsing of Ambiguous Context-Free Languages Using Generalized LR Parsing Algorithm	Nariyoshi YAMAI, Tadashi SEKO and Toru KAWATA.....	77
Durability of aramid fibers in water.....	Takayuki IGUCHI, Satoshi OKUDA and Shigeo KOBIKI.....	85
Non-Destructive Investigation on the Internal Structures of Waterlogged Archaeological Woods by Ultrasound Echography(IV) (Non-Destructive Survey of Heterogeneous Distribution of Hardness in the Waterlogged Woods)	Akira ISHIGAKI and Takayuki IGUCHI.....	89
Alcoholic Fermentation with Immobilized Yeast	Mikio KAWAGOE and Shin-ichiro SUYE.....	95
Fluorometric Determination of Urea Using Urease Reaction.....	Shin-ichiro SUYE, Masatoshi OUE, Shusei INUTA, Keiichi KIMURA, Minoru TANAKA and Toshiyuki SHONO.....	99
Topological Concepts between 'Lindelöf' and 'Pseudo-Lindelöf'	Shōgo IKENAGA.....	103
A Study on Coudenhove-Kalergi's Outlook on Physical Education — New aristocratism and physical education —	Takeshi NAKAWADA.....	109
Shakespeare and Tradition of Musical Drama in England (His Influence upon "Masque" and "Opera")	Kazuaki KAMIZAWA.....	115
The Development of Isabel's Cognition — Epistemological Commentary on <i>The Portrait of a Lady</i> —	Etsuo KATAYAMA.....	125
The Infinitival Forms in Pseudo-cleft Sentences	Kiyokazu MIZOBATA and Yuji KUMAGAI.....	135
Pluralistic World and Religion — A Study of William James's Religious Philosophy —	Tsuneyuki KIMURA.....	154
"Bōkensha(Adventurers)" in Natsume Sōseki's <i>Mon</i>	Mitsuhiro TAKEDA.....	164
Abstracts		165
Research Activities in 1989~1990.....		169