

# 研 究 紀 要

第 7 号

昭和 46 年度

奈良工業高等専門学校

## 目 次

X-ray Investigation on the Elastic Anisotropy and Deformation Behaviour of Two-phase Alloys..... Jyunichi ARIMA.....	1
空気遅延弁の特性..... 加賀勝也.....	9
弱電離境界層熱伝達の研究..... 松岡一起.....	13
フィン付伝熱面の伝熱性能に関する研究..... 中谷洵・中田敏夫.....	17
大きさの異なる2円孔を持つ無限平板の応力集中問題 (単軸引張りの場合)..... 水嶋 巖.....	23
側壁付着形素子特性の相似性について..... 阪部俊也・若林敏夫.....	29
高張力鋼の遅れ破壊と疲労..... 岩井保善.....	35
非線形要素を含むサーボ系の振動について..... 木村伊一.....	41
オプトロニック・セルラー論理回路..... 高橋晴雄.....	45
パルス巾制御3相逆変換器に関する研究..... 井村栄仁.....	49
女子体育についての一考察..... 中和田 武.....	57
ヘンリー・ジェイムズ的一面 ——『ボストン人たち』——..... 渡部定雄.....	65
モームの見た真実 ——『お菓子とビール』について——..... 柏原啓佐.....	77
国木田独歩とキリスト教..... 細井誠司.....	91
工業教育における教育課程編成上の二三の要望..... 田中義雄.....	93
付・教官研究活動状況一覧表(抄録).....	97

正 誤 表

頁	行 (列)	誤	正
5	右上から 13	$\sin^2\varphi$	$\sin^2\psi$
7	左上から 5	$\overline{\varepsilon\varphi}/\sigma$	$\overline{\varepsilon\psi}/\sigma$
"	左下から 5	$\sin^2\varphi$	$\sin^2\psi$
"	" 4	$\sin^2\varphi$	$\sin^2\psi$
18	図 2	( ) 組立図	(a) 組立図
19	右上から 11	菅原・佐藤らの研究 <sup>(5)</sup>	菅原・佐藤らの研究 <sup>(2)</sup>
30	左上から 5	定めかつ	定め, かつ
33	図 8	主噴流ノズル平……………	主噴流ノズル平均流速とまき込み圧
36	Fig.3	(2)Nu t	(2)Nut
40	左上図	4. - Curve	Fig.14 S-N Curve
53	図 6		図 6 と図 7 の写真が入れかわっている
54	図 7		
69	左下から 5	オリーブは・	オリーブは,
94	左上から 11	法政・経済	法制・経済
"	右上から 17	現代すでに	現在すでに



# X-ray Investigation on the Elastic Anisotropy and Deformation Behaviour of Two-phase Alloys

Jyunichi Arima and Yasuyoshi Iwai

## 1. Introduction

It is well known that the X-ray stress measurement is a unique and effective method of measuring macroscopic as well as microscopic stresses in polycrystalline metals. So, it has been applied to the research of engineering materials in various fields of industry. However, a few problems still remain to be solved regarding the fundamentals of X-ray stress measurement. The metallic materials in practical use are of polycrystalline, and in the X-ray method the interplanar lattice strain averaged among a number of crystals favorably oriented with respect to the radiated characteristic X-rays is measured. Consequently, it is considered that the lattice strains obtained from the peak shift of certain diffraction lines are closely related to the grain size of crystals, the deformation mechanism, the crystal anisotropy and other complicated factors.<sup>(1)(2)(3)</sup>

Some of the metallic materials in practical use are two-phase alloys, for example, carbon steels, copper alloys, aluminium alloys or titanium alloys. These alloys contain the second phase that has a different crystal structure and physical or

mechanical properties from those of the matrix phase, such as cementite phase in carbon steels. Consequently, it seems that the deformation behaviour of such crystals is closely related to the deformation mechanism of metallic materials<sup>(4)(5)(6)(7)(8)(9)</sup> and is extremely complicated, the details of which are not completely clarified yet. So, it is an important problem to investigate how the second phase will affect the first one during deformation and to measure the elastic constants of each phase.

In this connection, the authors have carried out a series of experiments using several kinds of alloys for industrial use in order to clarify the essentials of the above-mentioned mechanism of deformation.<sup>(8)(9)</sup>

In this paper, the results of the experiments are reported. Namely, the elastic constants of annealed 7-3 brass, 6-4 brass and Al-Si alloys were measured by using several kinds of X-rays, and they were compared with the analytical results in which the influence of volume fraction of the second phase was taken into consideration.

## 2. Experimental Procedure

2-1. Specimens

Five kinds of materials were used in this experiment, that is, plate specimens of 7-3 brass, 6-4 brass, 90Al-10Si, 80Al-20Si and 70Al-30Si alloys. In the case of brass, after being cast in respective definite fractions of pure Copper and Zinc, these plate specimens were formed by shapering. Then the specimens were annealed at 400°C for 1 hr. in air under the condition of being embedded in brass tips for the purpose of preventing dezincisation on the specimen surface. After being annealed, the specimens were electropolished by using a solution of Chromium Anhydride saturated in Phosphoric Acid so as to remove their surface layers affected by machining. In the case of Al-Si alloys, three kinds of alloy containing different volume fractions of Si were prepared by casting. After being

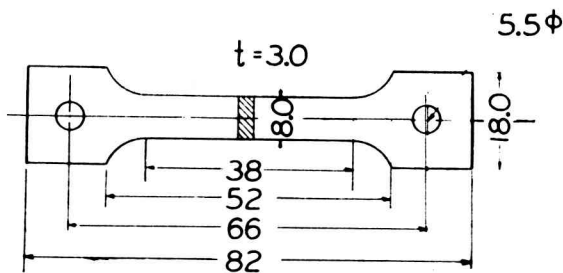
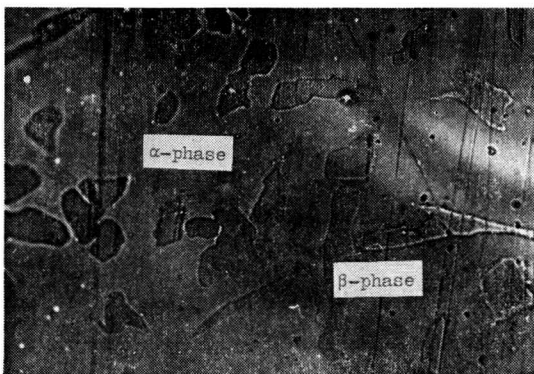


Fig.1. the Shape and Dimensions of Specimen.



(a) 60-40 Brass



(b) 90Al-10Si ALLOY

Fig.2. Micrographs of 60-40 Brass and 90Al-10Si alloy

finished, these specimens were annealed in vacuum at 400°C for 2 hrs. Then the specimen surface was electropolished by using Jacket's solution. The shape and dimensions of the specimens are shown in Fig.1. The micro structures of the annealed materials are shown in Fig.2.

## 2-2. Apparatus and Experimental Procedure

The X-ray diffraction apparatus used in this experiment was the X-ray diffractometer in general use (SHIMADZU VD-1) of which the goniometer was partially reconstructed. The goniometer was provided with a pair of parallel beam slit with a divergent angle of 0.17 for the purpose of measuring the lattice strain of specimen.

The characteristic X-rays of  $\text{CoK}\alpha$ ,  $\text{CrK}\alpha$ ,  $\text{FeK}\alpha$  and  $\text{CuK}\alpha$  were used in this experiment, and the strains were measured by using the diffraction lines from each atomic plane. The specimens were stressed stepwise in the elastic range by the horizontal type miniature tensile testing machine (max. capacity of 1 ton), and at several stages of applied stress, the X-ray beams were irradiated to the center of the specimen

surface in vertical and oblique incidences of 20°, 30°, 40° and 45°. The values of lattice spacings were calculated from the measurement of diffraction angle by the scintillation counter technique. From the peak of intensity distribution curves, the values of lattice strain were determined correctly. The test conditions of X-ray measurement are summarized in Table 1.

Characteristic X-ray	CuK $\alpha$ ,	CoK $\alpha$ ,	CrK $\alpha$ ,	FeK $\alpha$ ,
Filter ( Foil )	Mi	Fe	V	Mn
Slit (Div. angle)	0.25			
Radiation area (mm)	2 X 5			
Tube voltage (KV)	30			
Tube current (mA)	10	10	10	9
Full scale (cps)	200			
Time Constant (sec)	10			
Gonio meter (deg./min)	1 / 2°			
Chart speed (mm/min.)	20			

Table 1. Conditions of X-ray Diffraction Technique.

### 3. Analyses on Lattice Strain and Stress in the X-ray Stress Measurement

Fig. 3 shows two co-ordinate axes and the direction of measured strain. In the

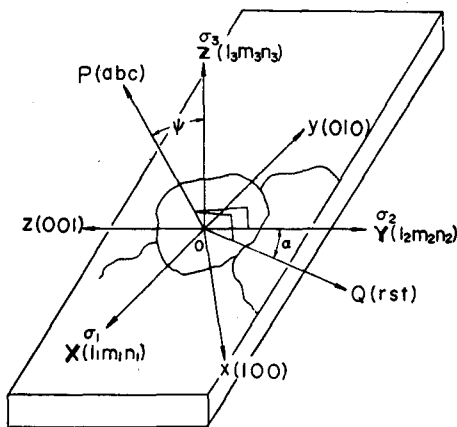


Fig. 3. Principle Relation of Stress, Strain and Orientations in Crystal.

figure, x, y, z axes show the crystal axes of one grain in the surface layer of speci-

men, and X, Y, Z axes another coordinate axes, of which Z-axis is taken as the normal to the specimen surface, and Y-axis as the intersection of diffraction plane and specimen surface. P-direction in the figure indicates the normal to the diffraction plane. In case that P- and Z-direction coincide, Y-axis may be taken arbitrarily on the specimen surface. X-direction is perpendicular to Y- and Z-direction. As in the ordinary X-ray stress measurement, the angle  $\psi$  is taken P- and Z-direction. In the figure,  $(l_i m_i n_i)$  and  $(abc)$  express the direction cosines of respective direction referred to the crystal axes x, y, z. The strain in the direction normal to the diffraction plane is given by the following equation.

$$\epsilon_p = a^2 \epsilon_x + b^2 \epsilon_y + c^2 \epsilon_z + bc \gamma_{yz} + ca \gamma_{zx} + ab \gamma_{xy} \dots \dots \dots (1)$$

In the case of the cubic lattice, Hooke's law is expressed as a linear relationship between the six strain and stress components as.

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= S_{11} \sigma_x + S_{12} (\sigma_y + \sigma_z) \\ \epsilon_y &= S_{11} \sigma_y + S_{12} (\sigma_x + \sigma_z) \dots \dots \dots (2) \\ \epsilon_z &= S_{11} \sigma_z + S_{12} (\sigma_x + \sigma_y) \end{aligned}$$

$$\gamma_{yz} = S_{44} \tau_{yz}, \gamma_{zx} = S_{44} \tau_{zx}, \gamma_{xy} = S_{44} \tau_{xy}$$

where,  $S_{11}$ ,  $S_{12}$  and  $S_{44}$  are the elastic compliance constants of single crystals.<sup>(6)</sup>

Describing the stress components with respect to the coordinate axes X, Y, Z as  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \tau_{23}, \tau_{31}, \tau_{12}$ , the strain  $\epsilon_p$  in the P-direction is given as follows.

$$\begin{aligned} \epsilon_p &= (S_{11} - S_{12} - \frac{1}{2} S_{44}) \sum_i \sum_j \sigma_{ij} (a^2 l_i l_j \\ &+ b^2 m_i m_j + c^2 n_i n_j) + S_{12} (\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}) \\ &+ \frac{1}{2} S_{44} \sigma_{11} \sin^2 \psi + \sigma_{33} \cos^2 \psi + \sigma_{13} \cos \psi + \sin \psi \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

Since  $\sigma_3$ ,  $\tau_{13}$  and  $\tau_{23}$  in stress components must be zero in the surface layer, Eq.(3) can be rewritten as follows.

$$\begin{aligned} \varepsilon_p = & (S_{11} - S_{12} - \frac{1}{2}S_{44})(M_{11}\sigma_1 + M_{22}\sigma_2 + \\ & 2M_{12}\sigma_{12}) + S_{12}(\sigma_1 + \sigma_2) + \frac{1}{2}S_{44}\sigma_1\sin^2\psi \\ & \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

where,  $M_{ij} = a^2l_i l_j + b^2m_i m_j + c^2n_i n_j$ .  $M_{ij}$  may be determined by the following process. In Fig. 3, Q-direction which fixed an x, y, z coordinate is taken arbitrarily on the diffraction plane,  $\alpha$  being the angle between Q- and Y-direction. Then the values of  $l_i$ ,  $m_i$  and  $n_i$  are determined as function of  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $\psi$  and  $\alpha$ . The average lattice strain is expressed as.

$$\begin{aligned} \overline{\varepsilon\psi} = & \int_0^{2\pi} [(S_{11} - S_{12} - \frac{1}{2}S_{44})M_{11}\sigma_1 + S_{12} \\ & \sigma_1 + \frac{1}{2}S_{44}\sin^2\psi] P d\alpha / \int_0^{2\pi} P d\alpha = (S_{11} - \\ & S_{12} - \frac{1}{2}S_{44}) (\overline{M_{11}}\sigma_1 + \overline{M_{22}}\sigma_2 + 2\overline{M_{12}}\tau_{12}) + \\ & S_{12}(\sigma_1 + \sigma_2) + \frac{1}{2}S_{44}\sigma_1\sin^2\psi \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

$$\text{where, } \overline{M_{ij}} = \int_0^{2\pi} M_{ij} P d\alpha / \int_0^{2\pi} P d\alpha$$

where, P is volume fraction of crystals whose orientations indicated by  $(l_i m_i n_i)$  are parallel to X, Y and Z. Here, two well-known models on elastic deformation will be discussed.

(1) The model of uniform local stress (Reuss's model)<sup>(4)</sup>

The model of uniform local stress is based on the assumption that the stress in each grain is equal to the applied stress and the average strain to bulk strain. They can be described as follows.

$$\begin{aligned} \partial\varepsilon_\psi / \partial\sigma_1 = & (S_{11} - S_{12} - \frac{1}{2}S_{44})\overline{M_{11}} + S_{12} + \\ & \frac{1}{2}S_{44}\sin^2\psi \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

where, since the values of  $M_{ij}$  for (100) and (111) planes become to  $\sin^2\psi$  and  $\frac{1}{3}$ ,

respectively, they have not effect by the orientation. Consequently, in the case of using above two planes, the effect of the texture do not come out on the values of  $\partial\varepsilon_\psi / \partial\sigma_1$ .

(2) The model of uniform local strain (Voigt's and Nagashima's model)<sup>(5)(6)</sup> Using the coordinates in Fig. 3, the stress components by uniform local strain model are expressed as.

$$\begin{aligned} \sigma_{pq}^k = & \sum_i \sum_j [(C_{11}^k - C_{12}^k - 2C_{44}^k) M_{pqij} \\ & + C_{12}^k N_{pq} N_{ij} + C_{44}^k (N_{pi} N_{qj} + N_{pj} N_{qi})] \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{where, } M_{pqij} = & l_p l_q l_i l_j + m_p m_q m_i m_j + \\ & n_p n_q n_i n_j \quad \varepsilon_{ij} = \varepsilon_i (i=j) \\ & = \frac{1}{2}\gamma_{ij} (i \neq j) \\ N_{ij} = & l_i l_j + m_i m_j + n_i n_j = 1 (i=j) \\ & = 0 (i \neq j) \end{aligned}$$

where, k referres to  $\alpha$ - and  $\beta$ -phase. Voigt's model can be described as follows:

$$\varepsilon_{ij} = \overline{\varepsilon_{ij}} = \varepsilon_{ij}^b, \quad \sigma_{ij} = \sigma_{ij}^b$$

where,  $\varepsilon_{ij}$ ,  $\overline{\varepsilon_{ij}}$  and  $\varepsilon_{ij}^b$  are strain components in each grain, average one and bulk one, respectively. The average stresses are calculated as follows:

$$\begin{aligned} \overline{\sigma_{pq}} = & \{ V_\alpha \sum_i \sum_j [(C_{11}^\alpha - C_{12}^\alpha - 2C_{44}^\alpha) \\ & \overline{M_{pqij}} + C_{12}^\alpha N_{pq} N_{ij} + C_{44}^\alpha (N_{pi} N_{qj} + \\ & N_{pj} N_{qi})] + V_\beta \sum_i \sum_j [(C_{11}^\beta - C_{12}^\beta - 2C_{44}^\beta) \\ & \overline{M_{pqij}} + C_{12}^\beta N_{pq} N_{ij} + C_{44}^\beta (N_{pi} N_{qj} + \\ & N_{pj} N_{qi})] \} \times \frac{\overline{\varepsilon_{ij}}}{V_\alpha + V_\beta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{where, } M_{pqij} = & \int_s \int_0^{2\pi} M_{pqij} P d\alpha ds / \int_s \\ & \int_0^{2\pi} P d\alpha ds \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

where  $C_{11}^\alpha$ ,  $C_{12}^\alpha$ ,  $C_{44}^\alpha$  and  $V_\alpha$  are the elastic constants<sup>(8)</sup> and volume fraction of  $\alpha$ -phase, respectively, and  $C_{11}^\beta$ ,  $C_{12}^\beta$ ,  $C_{44}^\beta$



and  $V_\beta$  are those of the  $\beta$ -phase.<sup>(6)</sup>  $\int_s$  ( )ds represents the integral in all combinations of  $l_3, m_3,$  and  $n_3,$  in the stereo triangle.)

Therefore, the stress components  $\sigma_{ij}$  in each grain can be calculated by substituting the solution of Eq.(8) into Eq. (7), also  $\epsilon_p$  can be obtained by substituting  $\sigma_{ij}$  into Eq. (5).

However, in the surface layer, Voigt's model must be modified by considering the balance of stresses as suggested by Nagashima et al.

The stress and strain components are as:

$$\begin{aligned} \sigma_{33} = \sigma_{13} = \sigma_{23} = 0 \quad \bar{\epsilon}_{33} = \epsilon_{33}^b, \quad \bar{\epsilon}_{13} = \epsilon_{13}^b, \\ \bar{\epsilon}_{23} = \epsilon_{23}^b \quad \bar{\epsilon}_{11} = \bar{\epsilon}_{11}^b, \quad \bar{\epsilon}_{22} = \bar{\epsilon}_{22}^b, \\ \bar{\epsilon}_{12} = \bar{\epsilon}_{12}^b = \epsilon_{12}^b \end{aligned}$$

In this case, the stress and strain components can be calculated using Eq. (8) and (7).

Fig. 4 (a) and (b) shows some examples of  $\bar{\epsilon}_\psi/\sigma$  in surface layers. In the figure, the elastic constants  $\bar{\epsilon}_\psi/\sigma$  calculated according to the uniform local stress model (Reuss's model) versus  $\sin^2\psi$  curves showed nearly linear relationship in the whole range of  $\sin^2\psi$ , however, in the case of uniform local strain model, the deviation from linear relationship was considerable at small ranges of  $\sin^2\psi$ .

#### 4. Experimental Results

An example of the experimental results obtained on the  $\alpha$ -phase of 6-4 brass is shown in Fig.5. Namely several tensile

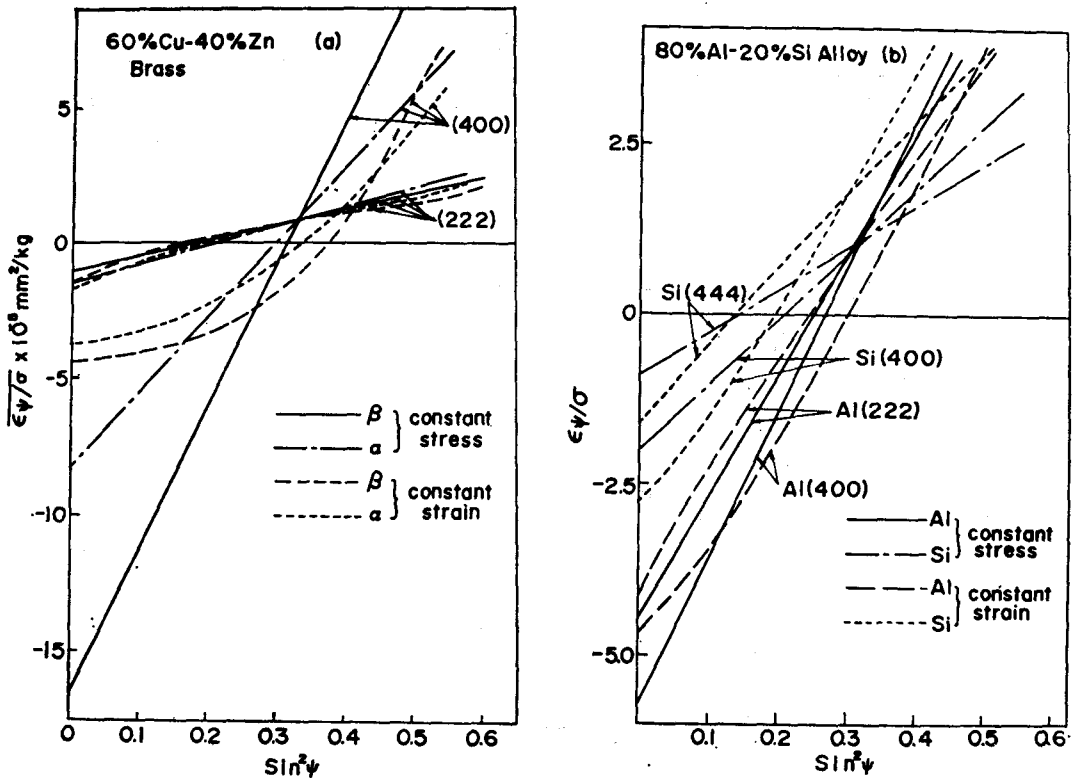


Fig. 4. Theoretical Results of  $\bar{\epsilon}_\psi/\sigma$  versus  $\sin^2\psi$

stresses in the elastic range were given to

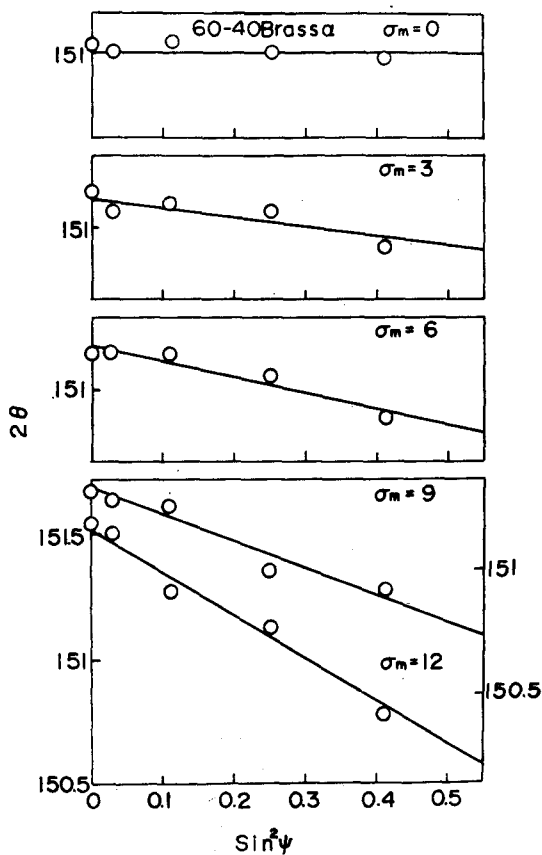


Fig. 5. Relation between  $2\theta$  and  $\sin^2\psi$  in 60-40 Brass.

the specimen, and at every stage of stress, the changes in the  $2\theta$  angle were measured on (400) diffraction lines obtained by  $\text{CoK}\alpha$ , beams. Fig. 5. shows the  $2\theta$ - $\sin^2\psi$  relation for several stress levels. From these results, the values of  $\bar{\epsilon}_\psi$  were obtained on calculation.

From the slope of the lattice strain versus  $\sin^2\psi$  curve,  $\bar{\epsilon}_\psi/\sigma$ - $\sin^2\psi$  diagram was drawn by using the method of least square. Fig. 6. (a), (b) and (c) show similar experimental results obtained for the  $\alpha$ -phases of 7-3 and 6-4 brasses and also  $\beta$ -phase of 6-4 brass. In these Figs. (a) and (b), the largest deviation is seen between the calculated results of  $\bar{\epsilon}_\psi/\sigma$  according to the two models for the case of (400) diffraction. The values of elastic constants for each diffraction plane show that the mechanism of deformation is very close to the uniform local stress model. As is apparent in the Fig. (c), the deformation behaviour of  $\beta$ -phase is nearly equal to that of  $\alpha$ -phase.

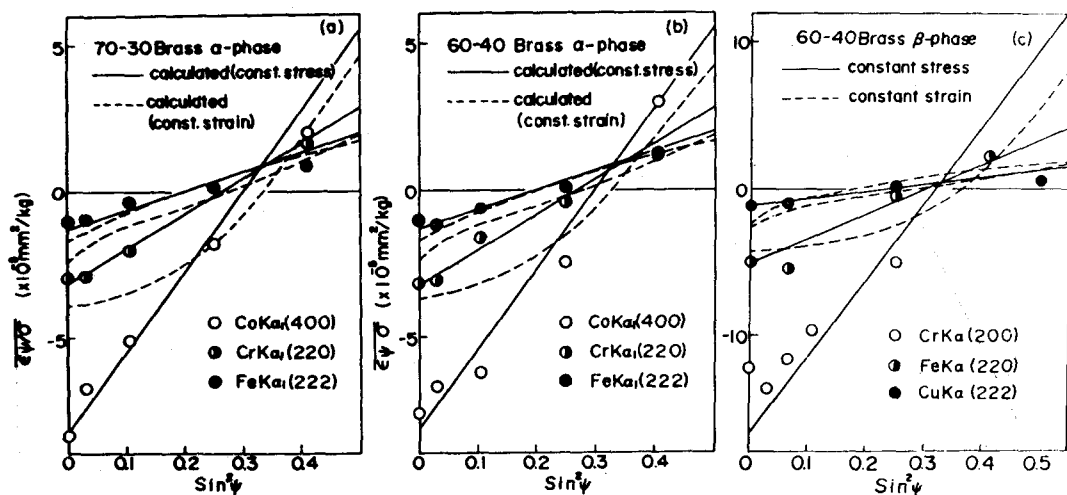


Fig. 6. Relation between  $\bar{\epsilon}_\psi/\sigma$  and  $\sin^2\psi$  of Brasses.

It seems, however, that the influence of the case of  $\alpha$ -brass for each diffraction elastic anisotropy is more conspicuous than plane.

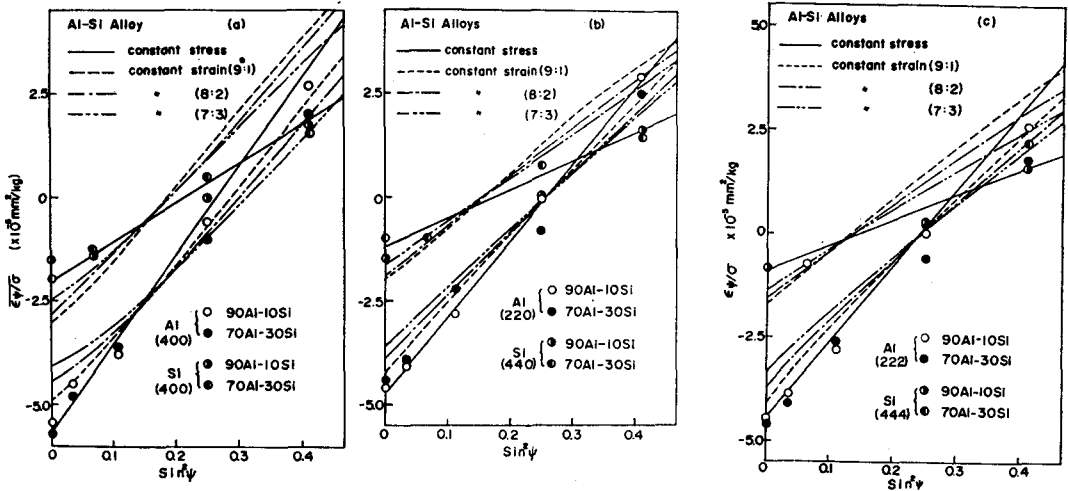


Fig. 7. Relation between  $\bar{\varepsilon}_\psi/\sigma$  and  $\sin^2\psi$  in each Si Contents of Al-Si Alloys.

Fig. 7 (a), (b) and (c) show similar experimental results obtained for Al-Si alloys. In these case also, the values of  $\bar{\varepsilon}_\psi/\sigma$  for each phase indicate that the behaviour of deformation nearly follows the uniform local stress model.

## 5. Summaries and Conclusions

The authors carried out, as mentioned above, the experiments of measuring the lattice strains and analytically discussed the deformation behaviour of polycrystalline metals in view of the elastic anisotropy of crystals. From the results of experiments, the following summaries and conclusions may be drawn.

(1) The elastic constants  $\bar{\varepsilon}_\psi/\sigma$  calculated according to the uniform local stress model versus  $\sin^2\psi$  curves showed nearly linear relationship in the whole range of  $\sin^2\psi$ , which was independent on the volume fraction of the second phase. In the case of uniform local strain model, however, the

deviation from linear relationship was considerable at small ranges of  $\sin^2\psi$ . This tendency was more conspicuous as the volume fraction of the second phase was increased.

(2) The presence of diffraction plane dependence is considered to have been caused by the elastic anisotropy. However, in view of the fact that certain metals contains texture, it is necessary that the texture is taken into consideration in addition to the above mentioned analytical treatment.

(3) In the scope of this experiment, the experimental results on the  $\alpha$ -phases of 7-3 and 6-4 brasses also suggest that the mechanism of elastic deformation follows the uniform local stress model within the experimental error band.

## References

- 1) S.S. Barret. Structure of Metals, 85 (1952)
- 2) A. H. Love. The Mathematical Theory of Elasticity, 1,5 (1927)
- 3) A.H. Cottrell. Theory of Dislocation, Proc. Met.

- Phys., 1 (1949)
- 4) A.Z. Reuss. *Angew. Math. Mech.*, 9, 49 (1929)
  - 5) W. Voigt. *Lehrbuch der Kristallphysik*, 962 (1928)
  - 6) S. Nagashima, et al. Preprint of the 6th X-ray Mat. Streng. Symposium of JSMS, 17 (1967)
  - 7) S. Taira and K. Hayashi. *JSMS, Japan*, 18, 195 (1969)
  - 8) K. Honda, et al, *JSMS, Japan*, 18, 195, 1054 (1969)
  - 9) J. Arima, et al, *JSMS, Japan*, 18, 195, 1060 (1969)
  - 10) *Smithells. Metal Reference Book*, 1 (1968)

# 空気遅延弁の特性

加 賀 勝 也  
\*明 石 一

## The Characteristics of an Air Time-Delay Valve

Katsuya KAGA

\*Hajime AKASHI

We report the results of some measurements on the characteristics of an air time-delay valve and discuss them in this paper.

The results are as follows: we can decrease the variance of the measured values by the following methods.

1. Decrease frictional resistance.
2. Keep the angle of revolution of the needle valve away from the minimum.
3. Raise the input pressure.

Further, if a longer time delay is required a supplementary tank may be used.

### 1 緒 言

防爆性を必要とする場合に、遅延動作を得る一つの方法として、空気遅延弁及びその回路をあげる事が出来

る。

本研究は低空気圧による空気遅延弁の特性を実験的にはあくし、その問題点について考察を行なうことを目的とするものである。

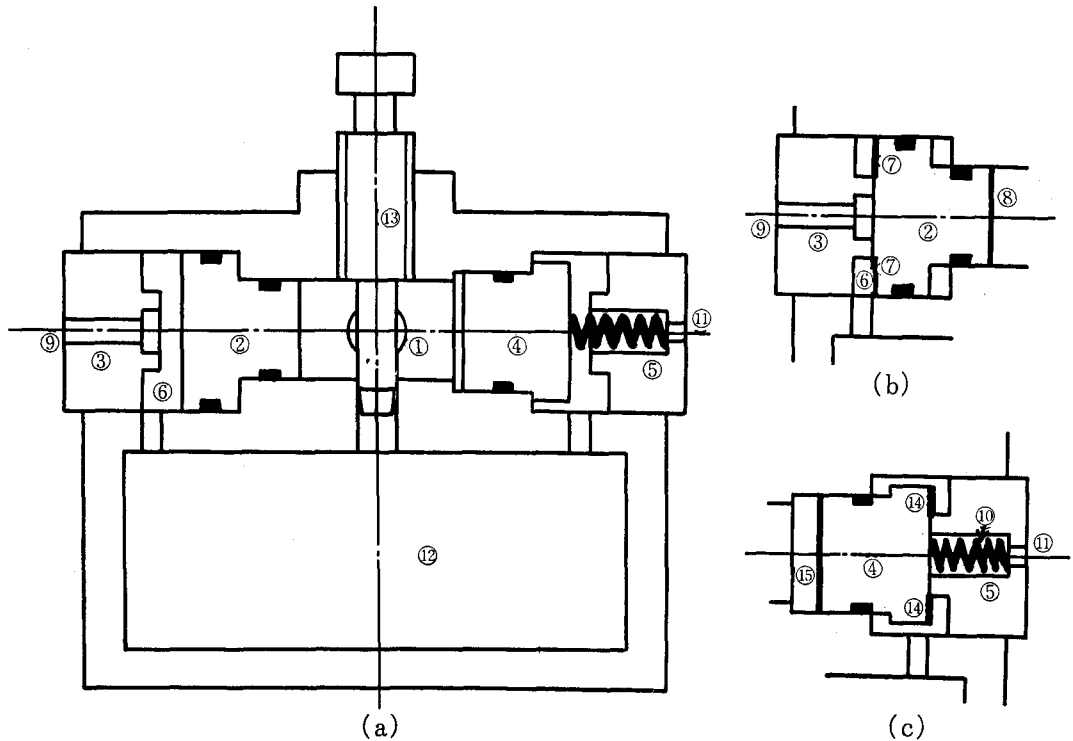


図1 遅延弁原理図

## 2 空気遅延弁の作動原理

図1において、①より圧縮空気を入れると、摺動部②・④は左右に動いて(b)・(c)図のように③及び⑤のリング状突起部に密着するため、タンク⑫内の圧力は上昇する。

つぎにタンクは⑥の空間に通じているから⑥の圧力も次第に高まり、ある大きさに達すると②の左壁の(太線で示した)輪状面積 $A_2$ (⑦の部分)が右壁の(太線で示した)面積 $A_1$ (⑧の部分)よりも大きいために、②は(b)図の状態から右に移動するので圧縮空気は⑨から出る。この際ニードル弁⑬の開き回転角 $\theta$ によって、⑫のタンク内の圧力上昇の時間に遅延を生じるため種々の遅延時間が得られる。

つぎに④の右壁の(太線で示した)輪状面積 $A_4$ (⑭の部分)は④の左壁の(太線で示した)面積 $A_3$ (⑮の部分)よりも小さく、⑩のスプリングの力もあまり強くないため、④は②が右に動く前に左に動くことはない。しかし、スイッチ(パイロット弁を使用)を切ったときには、スイッチのOUT側にある圧縮空気は抜けて了うので、ニードル弁以前の圧縮空気はすぐに抜けて、 $A_1 \cdot A_3$ に加わる圧力は0atgになり、スプリング⑩の力とタンク⑫内に残っている圧力とによって、④は左方に動き空気は⑪から逃げる。

## 3 各因子の遅延時間に及ぼす影響

補助タンクを接続してタンク容量を増せば遅延時間の長びくこと、また入力圧を増して行けば遅延時間の短縮されること、さらに摺動部②の右壁面積 $A_1$ を変え

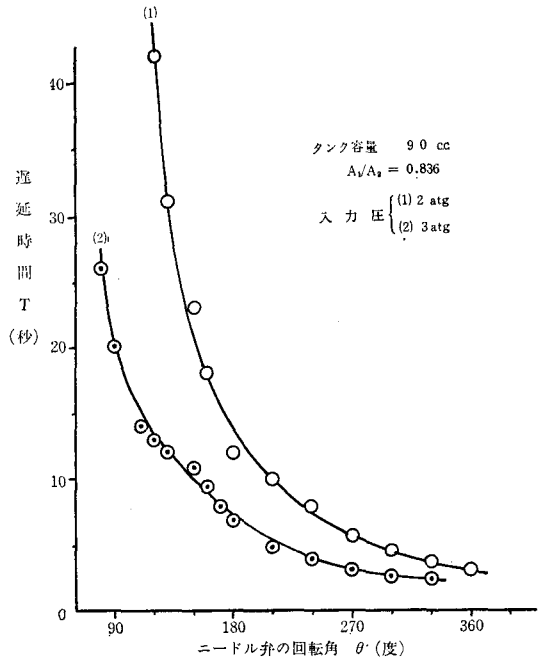


図3 圧力変化による影響

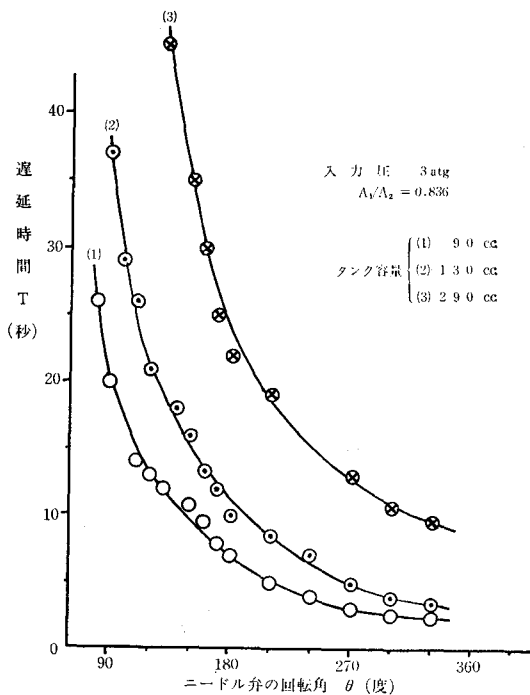


図2 タンク容量の変化による影響

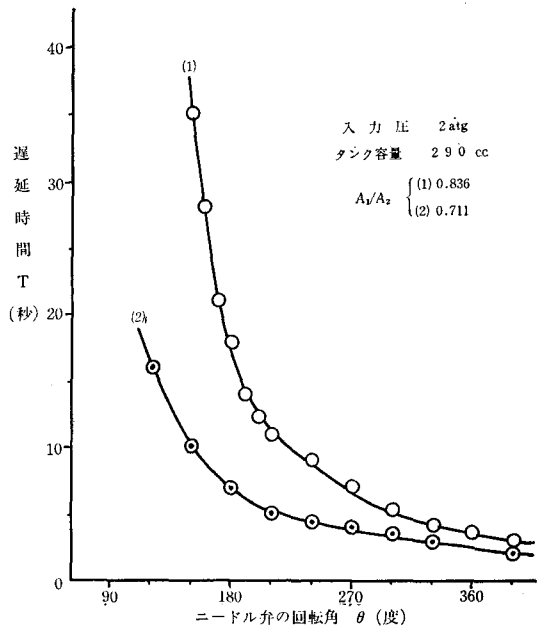


図4  $A_1/A_2$ の変化による影響

ないで左壁の輪状面積 $A_2$ を大きくして行くと（即ち $A_1/A_2$ を小さくすると）遅延時間の短縮されることが考えられるが、図2・図3・図4はこれらの場合の実験結果で、これらの事柄を裏付けている。 $\theta$ はニードル弁を閉じる方向に回らなくなるまで回した状態を $0^\circ$ とし、それよりのニードル弁の開き回転角をあらわしている。

#### 4 空気遅延弁の問題点

##### 4-1 遅延時間のバラッキ

空気遅延弁で大切なことは正確な遅延時間を得ることであるが、空気遅延弁での大きな問題点の一つは遅延時間にバラッキの生じることである。すなわち (i)ニードル弁開き回転角 $\theta$ を摺動片作動のための最小開き回転角 $\theta_{min}$ に近付けるとき、(ii)タンク容量 $V$ の大きいとき、(iii)摺動片輪状面積 $A_2$ の小さいときに遅延時間にバラッキを生じる。これらのいずれの場合においても、経過時間とタンク内圧力との線図でタンク内圧力はスイッチを入れた初期では急速に上昇するが、摺動部分の作動する圧力に近づくに従って圧力の上昇割合が少なくなり、摺動片の作動寸前においては圧力上昇曲線の接線の勾配は殆ど水平に近くなることがバラッキの原因として考えられる。以上のことより遅延時間のバラッキを少なくするためには、 $\theta \cdot A_2$ を大きくすること及び $V$ を小さくすることが必要であるが、この他入力圧を出来るだけ高くすること及びリングの摩擦抵抗を少なくすることも有効である。

入力圧を高くすることは、摩擦抵抗を打消すために必要な圧力が、全体の圧力に比べれば小さな割合を占めることになり、またリングの摩擦抵抗を小さくすれば摺動片を動かすに要する力が小さくなる。従ってこれ等の場合にはタンク内圧力上昇曲線の接線の勾配のある程度急な範囲で弁が作動するためバラッキは少くなる。

以上の事柄より、ニードル弁開き回転角 $\theta$ はあまり $\theta_{min}$ に近付けぬようにし、摺動片輪状面積 $A_2$ は大きくとり、入力圧は出来るだけ高く、また摺動片のリングの摩擦抵抗を少なくすることをあわせて行なうことによつて遅延時間のバラッキを少なくする配慮をしなければならないが、これらのいずれの場合にも遅延時間を短くすることになるので、遅延時間を長くする必要があるれば、補助タンクによつてタンク容量を増すことを考えるべきである。

さらに衝撃による遅延時間のバラッキにも注意をしなければならない。すなわちタンク内圧力が所期の遅延完了時の圧力に近付いたときに衝撃を受けると、その衝撃によつて摺動部が動いて遅延を完了することがあるので、

とくに長い遅延時間の必要なところでは注意を要する。

##### 4-2 一定温度における使用の必要性

遅延時間にバラッキのあることが空気遅延弁にとっては最大の問題であるが、温度の変化の遅延時間に及ぼす影響も見逃すことは出来ない。図5は同じ条件で実験を試みたものであるが、夏季と冬季とでは実験結果に可成りのずれがある。従つて空気遅延弁においては室内温度を一定にして使用する必要がある。

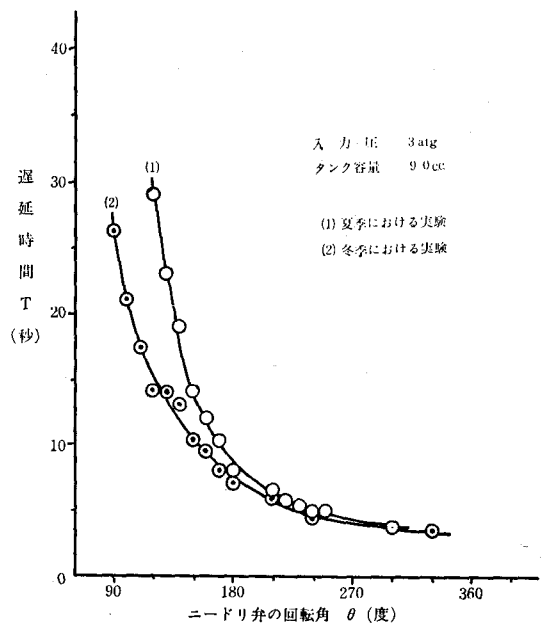


図5 温度変化による遅延時間の変化

この原因については、摺動片についているリングがゴム製であるので、温度の上昇によつて軟化し更に膨脹によつて直径が大きくなるため摩擦抵抗が増し、そのために摺動部分を動かすに要する力が大きくなるため、遅延時間の長くなることが考えられる。

#### 5 ニードル弁の開き回転角 $\theta$ の範囲

##### 5-1 $\theta$ の使用最小限度

本研究においては、入力圧が3atgでは $\theta \cong 70^\circ$ 以下、また同じ条件において入力圧が2atgでは $\theta \cong 114^\circ$ 以下では摺動部は動かなかった。このように入力圧を大きくした場合、また $A_2$ を大きくした場合には $\theta_{min}$ は小さくなる。これらはいずれの場合においても、タンク内最高圧力が摺動片の作動の圧力にはやく達するからである。

5-2  $\theta$  の使用最大限度表1 Tが0秒のときの $\theta$  (度)

タンク容量 <sub>cc</sub> 入力圧	90	130	170	290	490
2 atg	2160	2340	2520	2520	2520
3 atg	2700	2430	2880	2790	2970

表1は遅延時間が0秒となったときの $\theta$ の値で、この値から約3600°までは遅延時間は0秒である。更にそれを越すと⑨から空気が出ることなしに⑩から空気が逃げて了う。従ってこれ以上ニードル弁を開けて遅延時間を変化させることは出来ない。この原因としては、ニードル弁を開きすぎて絞りがきかなくなると、①から入った空気がニードル弁を通過してタンクに入るため、摺動部②・④の空気の入口側の壁にかかる圧力は小さくなる。従って摺動部④の摩擦抵抗とスプリング力との和が、⑮にかかる圧力よりも強くなるから弁は作動しない。

## 6 結 言

バラッキが少く長い遅延時間を得るためには、 $\theta$ を $\theta_{min}$ に近付けぬようにし、摺動部分の摩擦抵抗を少く、出来る限り入力圧を高くし、タンク容量を必要に応じて補助タンクによって大きくすることである。

空気遅延弁によって遅延時間を得るには、あらかじめニードル弁の開き回転角 $\theta$ と遅延時間との関係を実験的にはあくしておくことが必要である。また遅延時間は補助タンクを用いないで20秒ぐらいまで得られるが、補助タンクを用いると更に長い遅延時間を得ることが出来る。

本研究は低空気圧を用いて遅延動作を得る研究をすすめるための第一歩としてまとめたものであるが、遅延動作を得るためには他の方法もあり<sup>(1)</sup>、残された諸問題の解明に努力をしなければならないと思っている。

## 謝辞

本研究に当り杉本治信君のご協力に対して感謝いたします。

## 文 献

- (1)松坂：全空気圧制御実施上の諸問題とその対策，油圧化設計，第7巻，1号，34。



# 弱電離境界層熱伝達の研究

松 岡 一 起

## Studies on Laminar Boundary-Layer Heat Transfer from a Partially Ionized Gas

Kazuoki MATSUOKA

Laminar boundary-layer heat transfer from a partially ionized monatomic gas to a highly cooled wall with no applied external electric or magnetic fields is analyzed, considering the interaction effects between the leading-edge shock wave and the boundary-layer.

The gas is assumed to be electrically neutral with ambipolar diffusion by ion-electron pairs. In addition, equal electron and atom-ion temperatures are assumed, and sheath effects are not considered. The analysis show the heat transfer as to weak and strong interaction respectively.

### 1 結 言

工学および物理学の分野において電離気体に関連した問題は数多く研究されており、とくにこの20年来さかんになってきた。応用面としては宇宙物理、高速飛翔体の大気圏再突入問題、通信問題等にとって重要なことである。これまでの研究は殆んど局所相似を仮定して理論解析を行ったものであり、平板上に発達する衝撃波と境界層との干渉を考慮した論文はみあたらない。本研究は一部電離した単原子気体の定常流れから外部電場や磁場のかからない高度に冷却された壁面への層流境界層熱伝達に関連したものである。本解析では干渉パラメーターを中心に壁面での熱伝達と摩擦係数を求め、電離がこれらに及ぼす影響についても検討を行った。なお単原子気体としてはアルゴンを用いた。

### 2 記 号

本報告に用いたおもな記号はつぎのとおりである。

A ; (17) 式で定義  
A<sub>1</sub> ; (21) 式で定義  
C ; mass fraction  
C<sub>f</sub> ; 摩擦係数  
C<sub>H</sub> ; 熱伝達係数

$\bar{C}_p$  ; 平均定圧比熱  
D<sub>a</sub> ; 両極性拡散係数  
f' ; ( $=u/u_e$ )  
g ; ( $=H_t/H_{te}$ )  
H ; 静エンタルピー  
H<sub>t</sub> ; 全エンタルピー  
I ; 電離化エネルギー  
I<sub>0</sub> ; (18) 式で定義  
K ; 熱伝導係数  
L<sub>e</sub> ; Lewis 数  
ℓ ;  $\rho u/\rho_e u_e$   
M ; Mach 数  
Pr ; Prandtl 数  
p ; 圧力  
Q ; (19) 式で定義  
q ; 熱伝達量  
q<sub>e</sub> ; 伝導熱流  
q<sub>d</sub> ; 拡散熱流  
R ; ガス定数  
R<sub>e</sub> ; Reynolds 数  
S<sub>0</sub> ; Schmidt 数  
T ; 温度  
u ; x 方向の速度  
v ; y 方向の速度  
 $\dot{w}$  ; species net production rate

- x ; 平板にそった座標軸
- y ; 平板に垂直な座標軸
- Z ; (=C<sub>I</sub>/C<sub>Ie</sub>)
- β ; (=H<sub>te</sub>/H<sub>e</sub> · ξ/u<sub>e</sub> · ∂u<sub>e</sub>/∂ξ)
- $\bar{\beta}$  ; (=ξ/u<sub>e</sub> · ∂u<sub>e</sub>/∂ξ)
- γ ; 比熱比
- δ\* ; 境界層排除厚さ
- ξ ; 変換座標軸
- η ; 変換座標軸
- μ ; 粘性係数
- ρ ; 密度
- τ ; 摩擦応力
- $\bar{\chi}$  ; 干渉パラメーター (=M<sub>∞</sub><sup>3</sup> / √R<sub>e∞</sub>)
- ψ ; 流れ関数

添字

- o ; 零次近似
- I ; イオン
- e ; 境界層端
- ∞ ; 自由流
- w ; 壁面

3 理論解析

3・1 予備考察

単原子気体が一部電離した状態で平板上を流れる場合について考える。解析にあたってつぎのような仮定をおく。

- (1) 外部電場，磁場はない。
- (2) 原子，電子，イオンは熱的平衡にある。
- (3) 定常流である。
- (4) 化学的凍結流である。ẇ = 0。
- (5) 境界層内は準中性で両極性拡散を行う。
- (6) シースの厚さは Debye 長さのオーダーであり，したがって境界層の厚さにくらべて無視してよいと仮定する。

3・2 基礎方程式

上の仮定を考えに入れ，図1のように座標をとると平

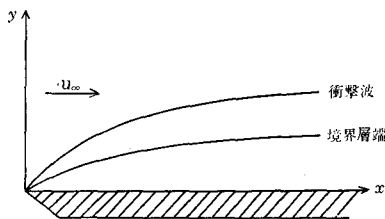


図1 平板上の流れ

板境界層の基礎方程式は<sup>(1),(8)</sup>

$$\text{質量保存式 } \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) = 0 \quad (1)$$

$$\text{運動量保存式 } \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{dp}{dx} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$\text{エネルギー保存式 } \rho u \frac{\partial H_t}{\partial x} + \rho v \frac{\partial H_t}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left[ -q_c - q_d + \mu \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{u^2}{2} \right) \right] \quad (3)$$

$$\text{電子-イオン対保存式 } \rho u \frac{\partial C_I}{\partial x} + \rho v \frac{\partial C_I}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left( \rho D_a \frac{\partial C_I}{\partial y} \right) \quad (4)$$

上式に座標変換と干渉パラメーター  $\bar{\chi}$  を用い，簡単のために  $\ell = 1, P_r = 1, L_e = 1, S_e = 1$  とすると強い干渉の場合の零次近似は<sup>(3),(4),(5)</sup>

$$\text{運動量保存式 } f_o''' + \frac{1}{2}(\bar{\beta}+1) f_o f_o'' + \frac{\beta}{1-C_{Ie}/H_e} (g_o - f_o'^2) = 0 \quad (5)$$

$$\text{エネルギー保存式 } g_o'' + \frac{1}{2}(\bar{\beta}+1) f_o g_o' = 0 \quad (6)$$

$$\text{電子-イオン対保存式 } Z''_{I_o} + \frac{1}{2}(\bar{\beta}+1) f_o Z'_{I_o} = 0 \quad (7)$$

弱い干渉の場合の零次近似は

$$\text{運動量保存式 } f_o''' + \frac{1}{2} f_o f_o'' = 0 \quad (8)$$

$$\text{エネルギー保存式 } g_o'' + \frac{1}{2} f_o g_o' = 0 \quad (9)$$

$$\text{電子-イオン対保存式 } Z_{I_o} + \frac{1}{2} f_o Z'_{I_o} = 0 \quad (10)$$

となる。ここで ' は η に関する微分を示す。

なお質量保存式は  $\psi = \sqrt{\rho_e \mu_e \xi} u_e f(\xi, \eta)$  なる流れ関数を定義すると自動的に満足される。(5)~(10)式中の β,  $\bar{\beta}$  はそれぞれ (γ-1)/(4γ), =0 である。<sup>(6),(7)</sup> 又境界条件は

$$\left. \begin{aligned} f_o(0) &= 0 & f_o'(0) &= 0 & f_o'(\infty) &= 1 \\ g_o(0) &= g_{ow} & g_o(\infty) &= 1 \\ Z_{I_o}(0) &= Z_{I_{ow}} & Z_{I_o}(\infty) &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

である。

3・3 表面摩擦について

平板表面の摩擦応力 τ<sub>w</sub> はつぎのように定義される。

$$\tau_w = \left( \mu \frac{\partial u}{\partial y} \right)_w \quad (12)$$

ここで前と同じように変換をすると

$$\tau_w = \mu_w u_e f''(0) \rho_w \sqrt{\frac{u_e}{\rho_e \mu_e \xi}} \quad (13)$$

となり，零次近似をとると

$$\tau_w = \mu_w u_e f_o''(0) \rho_w \sqrt{\frac{u_e}{\rho_e \mu_e \xi}} \quad (14)$$

となる。この式に ρ<sub>e</sub>/ρ<sub>∞</sub> = p<sub>e</sub>/p<sub>∞</sub>, ξ = x, R<sub>e∞</sub> = ρ<sub>∞</sub>u<sub>∞</sub> · x/u<sub>∞</sub> を用いると

$$\tau_w = \frac{\rho_w \mu_w u_e^2 f_0''(0)}{\rho_\infty u_\infty x} \left( \frac{R_{e\infty} P_\infty}{p_e} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

となる。つまり表面摩擦応力 $\tau_w$ を求めるには $f_0$ と $p_\infty/p_e$ がわかればよいことになる。 $f_0$ については強い干渉の場合には(5)~(7)式を、弱い干渉の場合には(8)~(10)式をそれぞれ連立して解けばよい。 $p_\infty/p_e$ については衝撃波を横切る場合の Rankine-Hugoniot の関係と、境界層運動量排除厚さ理論を用いると強い干渉、弱い干渉のそれぞれの場合についてつぎの式をうる。(6)

強い干渉の場合

$$\frac{p_e}{p_\infty} = A\bar{\chi} \quad (16)$$

$$A = \frac{2}{3} (\gamma-1) \left( \frac{\gamma+1}{2} \gamma \right)^{\frac{1}{2}} I_0 Q \quad (17)$$

$$I_0 = \int_0^\infty (g_0 - f_0''^2) d\eta \quad (18)$$

$$Q = 1 + \frac{1}{M_\infty^2} \frac{2}{\gamma-1} + \frac{2C_{Ie}I}{u_\infty^2} \quad (19)$$

弱い干渉の場合

$$\frac{p_e}{p_\infty} = 1 + A_1 \bar{\chi} \quad (20)$$

$$A_1 = \frac{\gamma(\gamma-1)}{4} I_0 Q \quad (21)$$

表面摩擦係数 $C_f$ はつぎのように定義されるから

$$C_f = \frac{2\tau_w}{\rho_\infty u_\infty^2} \quad (22)$$

(15)式を用いると

$$C_f = \frac{2}{\rho_\infty u_\infty^2} \cdot \frac{\rho_w \mu_w u_e^2}{\rho_\infty u_\infty x} f_0''(0) \left( \frac{R_{e\infty} p_\infty}{p_e} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

となる。ここで $\rho_w \mu_w / \rho_e \mu_e = 1, \mu_e = \mu_\infty, u_e = u_\infty$ を用いると

$$C_f = \frac{2 f_0''(0)}{\sqrt{R_{e\infty}}} \left( \frac{p_e}{p_\infty} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

となる。

強い干渉の場合には $\bar{\chi} \gg 1$ であるから $\bar{\chi}$ の定義より一般に平板の先端にあたり、弱い干渉の場合は $\bar{\chi} < 1$ で一般に平板の後方にあたる。したがって(24)式で $p_e/p_\infty$ は $\bar{\chi}$ の関数であるため平板の先端、後方での表面摩擦係数 $C_f$ が求められる。

### 3.4 熱伝達について

平板上における熱伝達を研究することは飛翔体の材料を考える場合に重要な事柄である。壁面は高度に冷却していると考えると壁面へ到達する熱流束は伝導によるものが殆んどで、拡散による熱流束は無視してよい。したがって壁面における熱伝達量 $q_w$ はつぎのようになる。

$$-q_w = \left( K \frac{\partial T}{\partial y} \right)_w \quad (25)$$

上式に変換を行ない、零次近似をとると

$$-q_w = \frac{\rho_w \mu_w u_e}{\rho_\infty u_\infty x} \left( \frac{p_\infty R_{e\infty}}{p_e} \right)^{\frac{1}{2}} (H_{Te} g_0'(0) - Z'_{I_0}(0) C_{Ie} I) \quad (26)$$

熱伝達係数 $C_H$ はつぎのように定義される。

$$C_H = \frac{-q_w}{\rho_\infty u_\infty H_{Te} [1 - g_0(0)]} \quad (27)$$

したがって(26), (27)式より

$$C_H = \frac{1}{\sqrt{R_{e\infty} [1 - g_0(0)]}} \left( \frac{p_\infty}{p_e} \right)^{\frac{1}{2}} \left[ g_0'(0) \frac{Z'_{I_0}(0) C_{Ie} I}{C_p T_e + \frac{1}{2} u_e^2 + C_{Ie} I} \right] \quad (28)$$

上式に種々の $\bar{\chi}$ の値( $p_e/p_\infty$ にあたる)を入れると平板上での先端と後方での熱伝達係数 $C_H$ が求まる。

## 4 数値計算

常微分方程式(5)~(7)式、ならびに(8)~(10)式をとくにあたって京都大学プラズマ風洞の実験条件を考慮してつぎのような境界条件と自由流条件を与えた。

境界条件  $g_{0w} = 0.1, Z_{I_0w} = 0, 1$

自由流条件  $T_e = 1000^\circ K, C_{Ie} = 2.343 \times 10^{-3}, M_\infty = 4.5$

強い干渉の場合の解は電子計算機(京都大学 FACOM

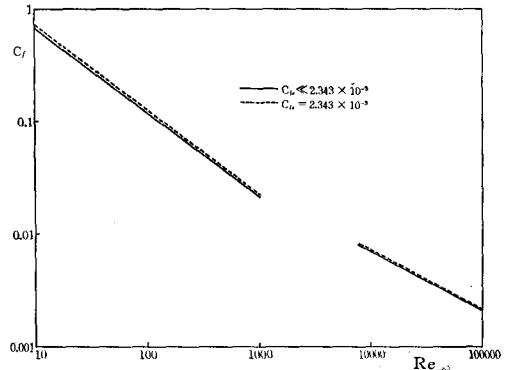


図2  $C_f$  分布

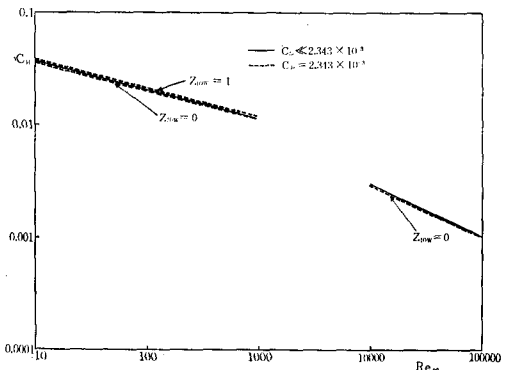


図3  $C_H$  分布

230—60) を用い Runge-Kutta-Gill 法により求め、弱い干渉の場合には Blasius 解<sup>(8)</sup>を用い、 $g_0$ ,  $Z_0$  は解析的に求めた。これらの計算結果より表面摩擦係数  $C_f$ , 熱伝達係数  $C_H$  を求めた。なお電離が極めて弱い場合 ( $C_{Te} \approx 0$ ) についても併せて計算を行なった。これらの結果を図 2, 図 3 に示す。

## 5 結 論

図 2 は表面摩擦係数  $C_f$  と  $R_{e\infty}$  との関係を示している。実線は電離の影響がみとめられない場合 ( $C_{Te} \ll 2.343 \times 10^{-3}$ )、破線は今考えている弱電離の場合の計算結果である。 $R_{e\infty}$  が小さい所(平板の先端にあたり、 $\bar{x} \gg 1$ )では  $C_f$  の値が非常に大きく後方にくにしたがって急激に小さくなる。図 3 は熱伝達係数  $C_H$  と  $R_{e\infty}$  との関係を示し、その結果は図 2 と同じような傾向を示す。これらよりつぎのことがいえる。

- (1) 干渉パラメーター  $\bar{x}$  を用いることにより局所相似を仮定しない一般的な解がえられる。
- (2)  $C_f$ ,  $C_H$  のそれぞれの値は  $R_{e\infty}$  の値により大きく変化する。
- (3)  $C_H$  の値は  $Z_{low} = 0$  のときは弱電離の場合の方が

電離を考慮しない場合よりも小さい。これはエネルギーの一部が壁面で電子とイオンが再結合をするために消費されるからである。

## 文 献

- (1) W.H.Dorrance, Viscous Hypersonic Flow, (1965), McGraw-Hill.
- (2) L.H.Back, Phys. Fluids, 10—4(1967), (807).
- (3) J.A.Fay and N.H.Kemp, J.Fluid Mech., 21—4(1965), 659.
- (4) L.H.Back, ASME Journal of Heat Transfer, 8 (1966), 249.
- (5) R.W.Truit, Aerodynamic Heating, (1960), Ronald Press.
- (6) 松岡・西田・神元, 奈良高専研究紀要, 第 6 号 (昭和 45 年)
- (7) 神元・西田・松岡, 日本機械学会関西支部講演論文集, 45—2306 (1970), 35.
- (8) H.Schlichting, Boundary Layer Theory, (1955), McGraw-Hill.

# フィン付伝熱面の伝熱性能に関する研究

中 谷 洵

中 田 敏 夫

## Research on Heat Transmitting Surface

with Fins

Makoto NAKATANI and Toshio NAKATA

For the performance of heat transfer, the quantity of heat transfer should be larger and the pressure drop due to friction should be smaller. Therefore, we have studied experimentally on flat plate with cylindrical fins, i.e., both the arrangements and the height of fins have been changed in practice. Under the conditions that the pitch of fins is relatively large and that height of fins is approximately twice as large as thickness of boundary layer on the position of fins, the heat transfer is rather improved.

### 1 はしがき

熱交換器のガス側の交換熱量を増大させるために、フィン付伝熱面がしばしば用いられる。これは伝熱面積を増加させて交換熱量の増大を図っているのである。したがってこの場合、主伝熱面の面積より大きいフィン伝熱面が設けられることが多く、それにともなって流動抵抗もかなり増大する。これまで行なわれてきたフィン付伝熱面に関する研究<sup>(1)</sup>のほとんどはこの場合についてのものである。著者らは伝熱面に植え付けたフィンによって流れが乱され、その結果主伝熱面の熱伝達率が増大する現象に目をつけ、なるべくフィン数を少なくし、最大の伝熱効果の得られる伝熱面を得るべく、実験的な研究を行なっている。この報文においてはその一部として、平板伝熱面に円柱フィンの配列方法を流れ方向ならびに流れに直角方向に変化させて植え付け、伝熱性能の調査を行なった結果について報告する。

### 2 記号

$A$ ; 伝熱面積  $m^2$   
 $E$ ; 加熱用抵抗線に加わる電圧  $V$   
 $h$ ; フィンの高さ  $m$  または  $mm$   
 $I$ ; 加熱用抵抗線を通る電流  $A$   
 $n$ ; フィンの数  
 $N$ ; フィンの主流に直角方向の列数  
 $Nu$ ; ヌセルト数

$Q$ ; 平板表面からの放熱量  $Kcal/h$   
 $dq$ ; フィン1本または1列当りの単位  
時間・単位温度差に対する放熱量  $Kcal/h \text{ deg}$   
 $Re$ ; レイノルズ数  
 $t_a$ ; 空気温度  $^{\circ}C$   
 $t_w$ ; 平板の温度  $^{\circ}C$   
 $U_0$ ; 主流速度  $m/s$   
 $x$ ; 平板先端からの距離  $m$  または  $mm$   
 $\alpha_m$ ; フィン付伝熱面の平均熱伝達率  $Kcal/m^2h \text{ deg}$   
 $\alpha_{m0}$ ; 平板の熱伝達率  $Kcal/m^2h \text{ deg}$   
 $\alpha_s$ ; 局所熱伝達率  $Kcal/m^2h \text{ deg}$   
 $\delta$ ; 境界層厚さ  $m$  または  $mm$

### 3 実験装置および実験方法

#### 3.1 実験装置

図1に実験装置の概要を示す。図からわかるように、吸い込み形の大風胴の中に被測定板支持筒を挿入した。この支持筒はベニヤ板製で、筒の断面は  $100 \times 100$  とした。大風胴の入口部には整流格子ならびに整流網を設け、測定部の流れが整流となるよう調整した。また測定部に送風機からの振動が伝わらないように除振部を設けた。これは布製のダクトである。

空気速度の調節は分巻形電動機の回転数を変化させて行ない、速度の測定はピトー管とゲッチンゲン形の微圧計によって行なった。ピトー管は流れに乱れを与える原

因となるので、流速測定時以外は取りはずすようにした。

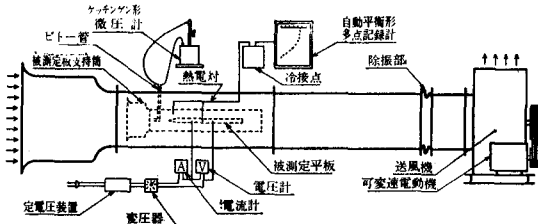


図1 実験装置の概要

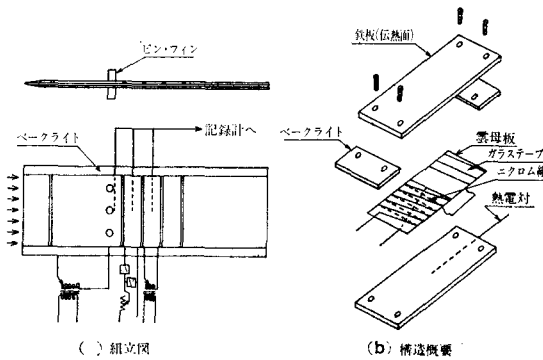


図2 被測定平板

3.2 被測定平板

被測定平板は図2(a)に示すように、数枚の平板を流れ方向に継ぎ合わせたもので、先端は流体がはく離を起さないように先鋭にし、なめらかに仕上げた。各測定板の継ぎ目には厚さ2mmのベークライト板を用いて仕切りを入れ、熱の空気流れ方向への伝導を防いだ。

被測定平板の構造は図2(b)に示す。平板の加熱は、雲母の薄板に0.3mm径のニクロム線を均一に巻き、これを上下の被測定平板の間に挿入し、交流電流を流すことによって行なった。なおニクロム線を巻いたヒータはガラステープを巻くことにより被測定平板と電氣的に絶縁した。熱電対の取り付けは、被測定平板および他の伝熱平板に深さ1mm、幅1mmの溝を切り、C・C熱電対の測定部を植え込んだ。長さ100mm未満の平板には中央に1組、100mm以上の平板には前後端より25mmの位置にそれぞれ1組の熱電対を植え込んだ。平板を組み立て、それぞれを継ぎ合わせた後、平面研削盤を用いて平板表面をなめらかに仕上げた。測定用平板は幅が100mmで、長さ20mmの板3枚を組み合わせた測定部と長さが38, 58, 78, 98および138mmの板を製作し、これらの組み合わせによって測定点が被測定板の先端から56, 76, 96, 116, 136, 156, 176, 196, 216, 236, 276, 316および356mmの位置になるようにした。

ピン・フィンには平滑な端面を有する円柱状で、材質はベークライトである。このフィンを図3に示すような配列で平板に植え付けて熱伝達率の測定を行なった。

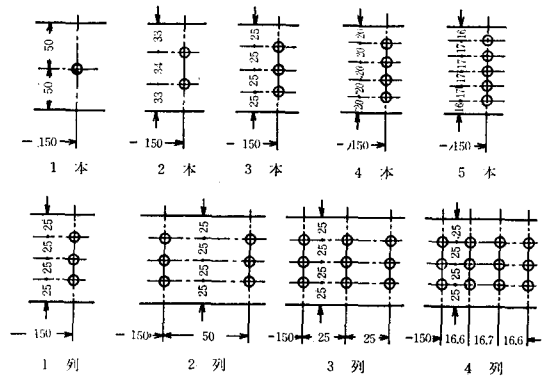


図3 ピン・フィン配置

3.3 実験方法

被測定平板を平板支持筒に固定し、所定の風速になるよう分巻電動機の回転数を調節する。所定の風速になればピトー管を取りはずす。次に平板を加熱し、各平板の温度が同一になるように変圧器および可変抵抗器で各板の加熱用抵抗線に加わる電圧を調節する。各平板が同一温度になった後、被測定板の加熱用抵抗線に加わっている電流  $I$  と電圧  $E$  を読みとる。

被測定平板前後の平板の温度は被測定平板と同一に保たれているため、平板内の空気流方向への熱の伝導はなく、平衡状態が保たれている。また平板支持筒壁はベニヤ板製であるため、支持筒壁への熱の伝導は無視できる。したがって、加熱用抵抗線で発生した熱風はすべて被測定平板の上下面から失われるものと考えられる。

したがって熱伝達率  $\alpha$  はニュートンの法則により

$$\alpha = \frac{Q}{A (t_w - t_a)} \quad [\text{Kcal/m}^2\text{h deg}] \dots (1)$$

である。放熱量  $Q$  は定常状態では加熱抵抗線への供給熱量と等しくなければならないから

$$Q = 0.86EI \quad [\text{Kcal/h}] \dots (2)$$

ゆえに

$$\alpha = \frac{0.86EI}{A (t_w - t_a)} \quad [\text{Kcal/m}^2\text{h deg}] \dots (3)$$

となる。この熱伝達率  $\alpha$  は、被測定平板についての平均熱伝達率であるが、測定用平板の流れ方向の長さが0.02mとかなり短かくしてあるので、その平板の中央における局所熱伝達率とみなしうる。またピンの取り付けが測定平板上にならないようにしてあるため、伝熱面積の変化による影響は全くなく、ピン・フィンの平板上に形成

される境界層を乱すことによって伝熱性能がどのように変化したかを正確に知ることができる。

#### 4 実験結果とその考察

本研究において、まずフィンを持たない平板について局所熱伝達率を測定し、その後フィン付平板の局所熱伝達率を測定し、前者と比較検討を行なった。

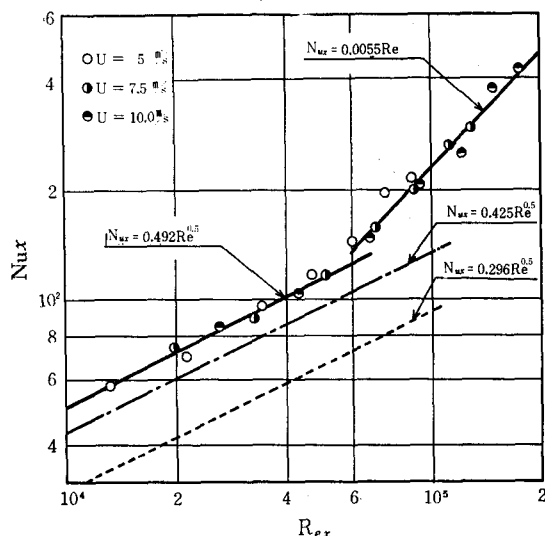


図4 平板の局所熱伝達率

図4に平板の局所熱伝達率の測定結果を示す。この図より明らかなように筆者らの測定においては、レイノルズ数が  $6 \times 10^4$  付近で層流熱伝達から乱流熱伝達に遷移していることがわかる。この遷移レイノルズ数の値は一般に提案されている値よりかなり低い値である。これは平板の継ぎ目に細心の注意をはらったにもかかわらず、やはり少し段を生じたことや、平板支持筒の断面が  $100 \times 100$  と比較的小さいため、主流速度が下流に進むに従って増速されたなどのためと考えられる。

この測定の結果より局所熱伝達率を与える実験式を求めると層流域においては

$$Nu_x = 0.492 Re_x^{0.5} \dots\dots\dots (4)$$

乱流領域においては

$$Nu_x = 0.0055 Re_x \dots\dots\dots (5)$$

が得られる。これらの式を従来よりよく知られている理論式や、多くの研究者の実験結果の一部と比較してみる。層流領域においては

$$Nu_x = 0.332 Re_x^{0.5} Pr^{0.33} \dots\dots\dots (6)$$

の理論式がある。著者らの研究においては流体が空気であるので  $Pr$  をほぼ一定と考えてよい。よって  $Pr$  を 0.71 とすると理論式は

$$Nu_x = 0.296 Re_x^{0.5} \dots\dots\dots (6')$$

となる。この式によって求めたヌセルト数の値を図中に破線で示す。この理論解は速度分布が温度の影響を受けないとして解いたものであるが、実際には温度の影響を受けるため実測値と一致しないものと考えられる。また先にも述べたように平板支持筒の断面が  $100 \times 100$  と比較的小さいため主流速度が下流に進むほど増速されるのに対し、理論解は主流速度が一定であるとして解かれているので、実測値が理論値よりかなり高い値を示したものであると思われる。

また、菅原・佐藤らの研究<sup>(6)</sup>によると層流領域においては、

$$Nu_x = 0.452 Re_x^{0.5} \dots\dots\dots (7)$$

の関係を与えている。この式より求めたヌセルト数の値を図中に一点鎖線で示している。この測定は非正常な方法で行なわれているが、用いられた風洞の断面が  $100 \times 100$  と同じであるので著者らの測定値と比較的よく一致している。

この研究においては、この平板の熱伝達率の測定値をもとにして、フィン付伝熱面の伝熱性能が、フィンによっていかに改善されるかを相対的に調査するのが目的であるので理論値との不一致は今後の考察に何ら支障がない。

次に空気速度 5, 7.5, 10 m/s の場合について各フィン高さについて配列方法を変化させて局所熱伝達率を測定した。その結果の一部を示すと図5 (a), (b), (c) の通りである。これらの図より平板の局所熱伝達率の増加はフィンの直後で極大となり、後方へ行くに従って次第に減少し、ある一定値に近づく。これはフィンによって与えられた空気流れの乱れが、下流に行くにしたがって減衰するためである。しかしある程度乱れが残るため、局所熱伝達率は平板の値よりも少し高くなる。図5 (a) は流速が 5 m/s で、フィンの流れに直角方向に 3 本並べた場合について、フィン高さを 1.5, 3, 7, 10, 15 mm と変化した場合の局所熱伝達率の測定結果である。この図よりフィン高さが増すほど乱れが大きくなり、フィン直後の局所熱伝達率の極大値が大きくなっていることがわかる。なお図中フィン高さが 7 mm の場合と 10 mm および 15 mm の場合の極大値の大きさが逆になっているが、これは測定誤差によるものと思われる。

図5 (b) は流速 7.5 m/s、フィン高さ 10 mm について、流れに直角方向のフィンの数を 1, 2, 3, 4, 5 本と変化した場合の測定結果である。この図より流れに直角方向にフィンを増せば増すほどフィン直後の局所熱伝達率の極大値は大きくなっていることがわかる。また高さ

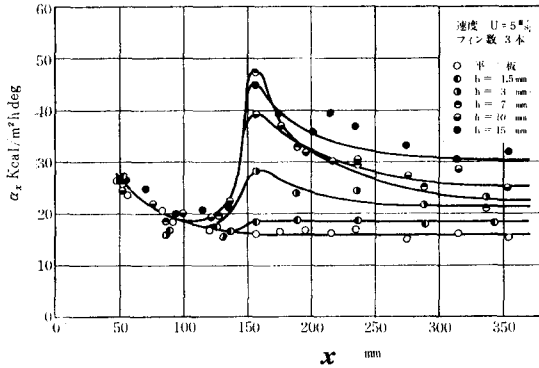


図5(a) フィンの高さを変化させた場合の $\alpha_x$ - $x$ 線図

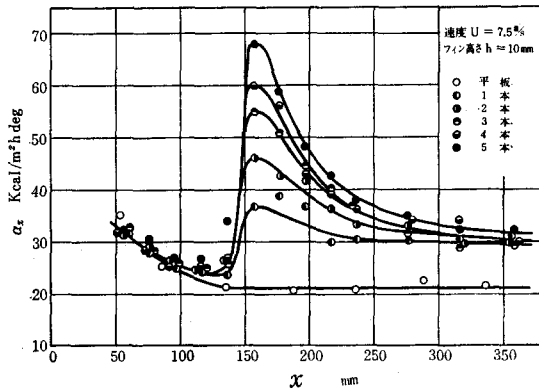


図5(b) フィンを流れ方向に一列に並べて数を変化させた場合の $\alpha_x$ - $x$ 線図

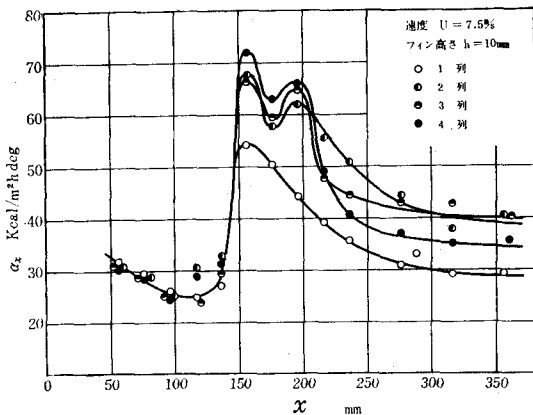


図5(c) フィンの列数を変化させた場合の $\alpha_x$ - $x$ 線図

が一定であれば、フィンの数にかかわらず下流の局所熱伝達率はほぼ一定値に集束することがわかる。

図5(c)は流速7.5 m/s、高さ10 mmのフィンを流れに直角方向に3本並べた列を1, 2, 3, 4列に変化させた場合の測定結果である。いま、2列の場合についてみると、流れ方向のフィンのピッチが50 mmとかなり大きい

ため、1列目のフィンによって乱された流れが、一度少し減衰した後2列目のフィンでもう一度乱されることになる。したがって局所熱伝達率も1列目のフィン直後で一度極大となり、少し低下した後2列目のフィン直後でもう一度増加する。またフィン配列が3列あるいは4列としても局所熱伝達率はほとんど増加しないようである。

フィンが平板の熱伝達率に及ぼす影響を調べるために、空気速度7.5 m/s、フィン高さ10 mmの場合について、フィンを流れに直角方向に1~5本と変化させたとき、流体と平板の温度差1度当りの平板の伝熱量 $q_f$  kcal/h degとフィンを持たない平板の伝熱量 $q_0$  Kcal/h degとの差をフィンの数 $N$ で除した値、つまりフィン1本当りの伝熱量の増加量 $\Delta q$  Kcal/h degを求めると図6の○印のように

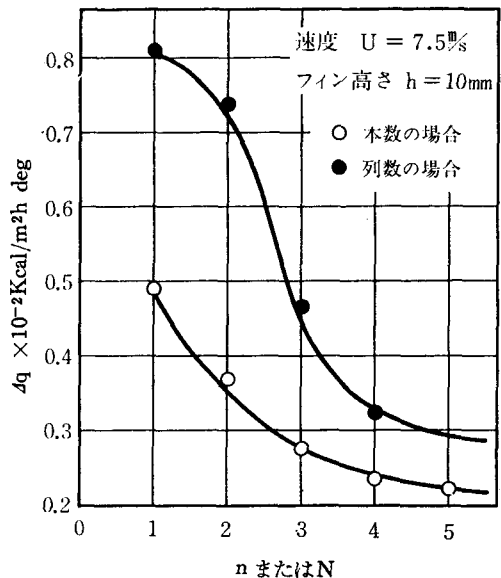


図6 フィン1本または1列当りの放熱量増加量

なる。図から明らかなように、流れに直角方向のフィンの数、つまりフィンの配列ピッチが小さくなるほどフィン1本当りの伝熱量の増加量は減少しており、フィン配列ピッチをあまり小さくしても流動抵抗が増加するだけで伝熱効果はそれほど期待できないことがわかる。次に流速7.5 m/s、フィン高さ10 mmのフィン列(流れに直角方向の列数は3である)の列数を流れ方向に変化させた場合の平板の伝熱量 $q_f$  Kcal/h degとフィンを持たない平板の伝熱量 $q_0$  Kcal/h degとの差を、流れ方向のフィン列数 $N$ で割った値、つまり1列当りの伝熱量の増加量を示すと図6中の●印のようになる。この結果から明らかなように列数が増加すれば1列当りの伝熱量は急激に低下することがわかる。また列数が増加すれば流動抵抗の増すことが予想されることから、2列配列が最もよいようで



ある。さらにフィンの列数を増加させて交換熱量の増大を図るためには、フィンの流れ方向のピッチ $P$ としてフィンの直径を $d$ としたとき $P/d=6.25$ 程度となるように3列目以降の列を配置すればよく、これよりピッチを小さくしても伝熱量はそれほど増加しない。

次にフィン高さが平板の伝熱性能に及ぼす影響を及ぼすかを調べるために、フィンを植え付けた位置の境界層の厚さ $\delta$ と、フィン高さとの比 $h/\delta$ と、高さ $h$ のフィンを持つ平板の平均熱伝達率 $\alpha_m$ とフィンを持たない平板の熱伝達率 $\alpha_{m0}$ との比 $\alpha_m/\alpha_{m0}$ との関係を求めた。なお、フィン植え付け位置の境界層厚さ $\delta$ は層流境界層に対しては

$$\delta = 5.48xRe_x^{-1/2} \dots\dots\dots (8)$$

乱流境界層に対しては

$$\delta = 0.37xRe_x^{-1/4} \dots\dots\dots (9)$$

から求めたが、本研究に用いた装置に対してフィン植え付け位置( $x=150\text{mm}$ )の境界層内の速度分布と理論値を比較すると図7の通りで、理論値と実測値はかなりよく

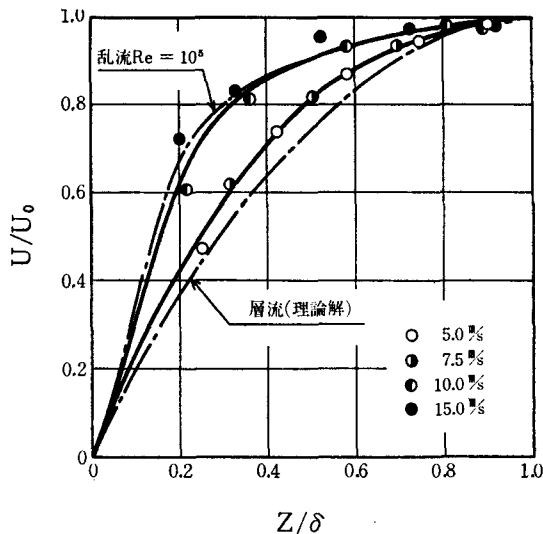
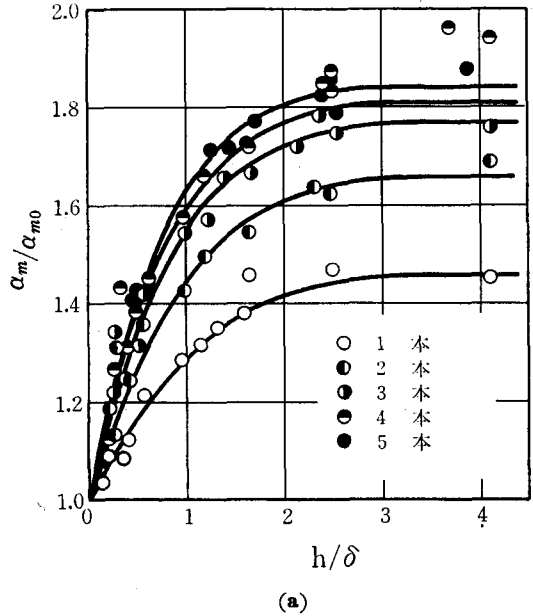


図7 境界層内の速度分布

一致しており、空気速度が5および7.5m/sでは層流境界層を、10m/sでは乱流境界層を形成していることがわかる。なお図に示す $\delta$ には $U/U_0=0.99$ となる点の平板からの距離を用いた。

さて、フィン高さ $h$ と、 $x=150\text{mm}$ の点の境界層厚さ $\delta$ との比と $\alpha_m/\alpha_{m0}$ の関係を求めると図8(a),(b)のようになる。ただしここで求めた平均熱伝達率は平板の先端から46mmから366mmまでのものである。図8(a)は流れに直角方向にフィンの数および高さを変化させた場合で、図より $h/\delta$ がほぼ2程度までは $\alpha_m/\alpha_{m0}$ の変化が急である



(a)

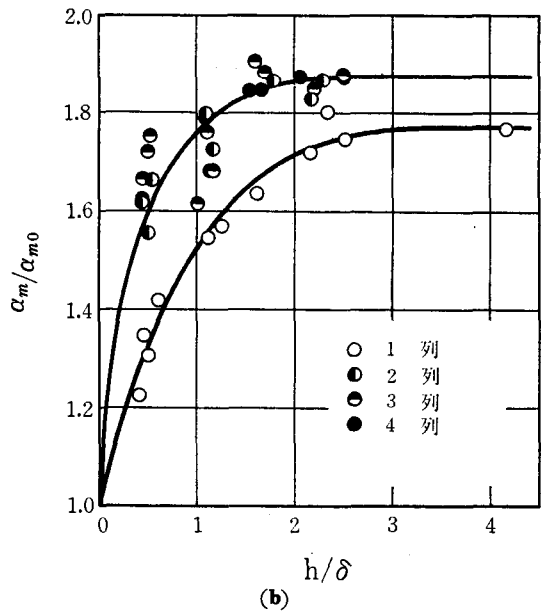


図8  $\alpha_m/\alpha_{m0}-h/\delta$ 線図

が、それを過ぎるとほぼ一定値に近づく。同図(b)は流れ方向の列数とフィン高さを変化させた場合の結果で、このときも $h/\delta$ がほぼ2位までは $\alpha_m/\alpha_{m0}$ が急激に増加するが、それ以上ではあまり変化しなくなる。またこの図からも明らかなように、この研究で用いたようなピン・フィンの配列ピッチでは列数が増加しても熱伝達率はほとんど変わらない。これらの結果からフィン高さには一定の有効高さがあり、それ以上フィンを高くしても伝熱

量の増加は望めないことがわかった。つまりフィン高さはほぼ 2 $\delta$  位にするのがもっとも有効である。

## 5 むすび

円柱状のピン・フィンを持つ平板の熱伝達について研究した結果次のことが明らかになった。

- 1) 局所熱伝達率はフィンの直後において極大値を生ずる。
- 2) ピン・フィンの流れに直角方向の配列ピッチを約  $4d$  に、流れ方向の配列ピッチを約  $6d$  にするとよい。
- 3) ピン・フィンの高さは、フィン植え付け位置の境界層厚さの 2 倍とするのが流動抵抗の点から考えて有効である。

なお今回の研究においてはフィンの配列方法として、基盤目配列を選んだが、千鳥配列とした場合についても今後研究を行なう予定である。

## 文 献

- (1) たとえば坪内・太田, 日本機械学会 論文集, 30—219 (1964), 1402.
- (2) 菅原・佐藤, 日本機械学会論文集, 17—62, (1951), 122.

# 大ききの異なる2円孔を持つ無限平板の 応力集中問題 (単軸引張りの場合)\*

水 嶋 巖

## Stress Concentration for Uniaxial Tension of an Infinite Plate with Two Different Circular Holes

Iwao MIZUSHIMA

It seems that the stress concentration problem, for uniaxial tension in arbitrary direction, of an infinite plate with two different circular holes has not yet been treated except some special cases. In this paper, the above problem is treated by a numerical method using the Airy stress function. Numerical calculations are carried out using the electronic computer FACOM 230-60 in the Calculation Center of Kyoto University. Numerical results are summarized in diagrams which are considered useful in practice.

### 1 緒 言

最近、電子計算機の大型、高性能化が進み、利用が容易になってきたため、有限要素マトリックス法、差分法などの数値解法により、応力集中問題を解こうとする研究が多くなっている。

そのうち多円孔を持つ無限平板のような場合に対しては、応力関数の一般形を用いて数値的に処理する解法が有効であると浜田ら<sup>(1)</sup>によって示された。

2円孔を持つ無限平板の問題に対しては、C.B.Ling<sup>(2)</sup>、鶴戸口<sup>(3)</sup>および浜田ら<sup>(1)</sup>が大ききの等しい2円孔を取り扱っているが、大ききの異なる2円孔の場合には計算例が少なく、設計資料としては満足ではない。

そこで上述の解法<sup>(1)</sup>を用い、大ききの異なる2円孔を持つ無限平板が任意の方向に単軸引張りを受ける場合の問題を解き、一連の応力集中係数値を求めた。

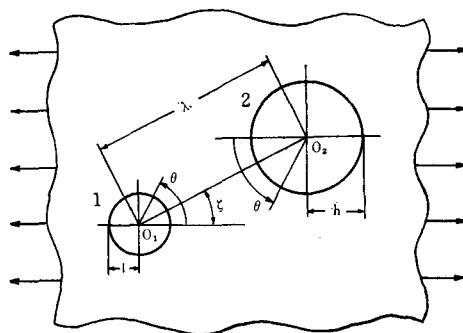


図1 記号

### 2 解 法

応力関数を $\Phi$ とし、基礎方程式を極座標(図1)に関して表わすと

\* 本論文は大阪大学工学部浜田実教授との共同研究によるものである。

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}\right) \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \theta^2}\right) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

また、各応力成分 ( $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ ) と  $\Phi$  の関係は

$$\sigma_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \theta^2}, \quad \sigma_\theta = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2}, \quad \tau_{r\theta} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} - \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \partial \theta} \dots\dots\dots(2)$$

式(1)を満足する  $\Phi$  は、一般につきのよう表わされる。(4)

$$\begin{aligned} \Phi = & a_0 \log r + b_0 r^2 + c_0 r^2 \log r + d_0 r^2 \theta + a_0' \theta + \frac{1}{2} a_1 r \theta \sin \theta \\ & + (b_1 r^3 + a_1' r^{-1} + b_1' r \log r) \cos \theta - \frac{1}{2} c_1 r \theta \cos \theta \\ & + (d_1 r^3 + c_1' r^{-1} + d_1' r \log r) \sin \theta + \sum_{n=2}^{\infty} (a_n r^n + b_n r^{-n+2} \\ & + a_n' r^{-n} + b_n' r^{-n+2}) \cos n \theta + \sum_{n=2}^{\infty} (c_n r^n + d_n r^{-n+2} + c_n' r^{-n} \\ & + d_n' r^{-n+2}) \sin n \theta \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

ここに、 $a_0, b_0, \dots, c_n', d_n'$  は未定係数である。

これを式(3)で与えることにする。このときは、無限遠で  
 応力が消えなければならないこと、および変位と回転が  
 1 価であることから

本解法においては、円孔のない場合のよう引張状態  
 (これを膜状態とよぶ) からの差の応力状態を問題とし、

$$\left. \begin{aligned} b_0 = c_0 = d_0 = b_1 = d_1 = 0 \\ a_1 = b_1' = c_1 = d_1' = 0 \\ a_n = b_n = c_n = d_n = 0 \quad (n \geq 2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

となることがわかる。これを式(3)に用いると

$$\begin{aligned} \Phi = & a_0 \log r + a_0' \theta + a_1' r^{-1} \cos \theta + c_1' r^{-1} \sin \theta \\ & + \sum_{n=2}^{\infty} (a_n' r^{-n} + b_n' r^{-n+2}) \cos n \theta \\ & + \sum_{n=2}^{\infty} (c_n' r^{-n} + d_n' r^{-n+2}) \sin n \theta \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

式(5)を式(2)に代入すると

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r = & a_0 r^{-2} - 2a_1' r^{-3} \cos \theta - 2c_1' r^{-3} \sin \theta \\ & - \sum_{n=2}^{\infty} \{n(n+1) a_n' r^{-n-2} + (n-1)(n+2) b_n' r^{-n}\} \cos n \theta \\ & - \sum_{n=2}^{\infty} \{n(n+1) c_n' r^{-n-2} + (n-1)(n+2) d_n' r^{-n}\} \sin n \theta \\ \sigma_\theta = & -a_0 r^{-2} + 2a_1' r^{-3} \cos \theta + 2c_1' r^{-3} \sin \theta \\ & + \sum_{n=2}^{\infty} \{n(n+1) a_n' r^{-n-2} + (n-1)(n-2) b_n' r^{-n}\} \cos n \theta \\ & + \sum_{n=2}^{\infty} \{n(n+1) c_n' r^{-n-2} + (n-1)(n-2) d_n' r^{-n}\} \sin n \theta \\ \tau_{r\theta} = & a_0' r^{-2} - 2a_1' r^{-3} \sin \theta + 2c_1' r^{-3} \cos \theta \\ & - \sum_{n=2}^{\infty} \{n(n+1) a_n' r^{-n-2} + n(n-1) b_n' r^{-n}\} \sin n \theta \\ & + \sum_{n=2}^{\infty} \{n(n+1) c_n' r^{-n-2} + n(n-1) d_n' r^{-n}\} \cos n \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

さて、本研究では、つぎのような方法により 2 円孔の問題を取り扱う。すなわち円孔に番号 1, 2 を付し (図 1), まず膜状態に対して, 個々の円孔周辺の位置に生じる応力 [これを  $\{(\sigma_r)_{1(1)}, (\tau_{r\theta})_{1(1)}\}, \{(\sigma_r)_{2(1)}, (\tau_{r\theta})_{2(1)}\}$  とする] を打ち消すように, それぞれ円孔周辺に荷重  $\{-(\sigma_r)_{1(1)}, -(\tau_{r\theta})_{1(1)}\}, \{-(\sigma_r)_{2(1)}, -(\tau_{r\theta})_{2(1)}\}$  を与え, そのときの各応力場を  $\Gamma_1^{(1)}, \Gamma_2^{(1)}$  とし, それにより生ずる円孔 1, 2 の周辺の応力を  $\{(\sigma_r)_{11(1)}, (\tau_{r\theta})_{11(1)}\}, \{(\sigma_r)_{12(1)}, (\sigma_{\theta})_{12(1)}, (\tau_{r\theta})_{12(1)}\}, \{(\sigma_r)_{21(1)}, (\sigma_{\theta})_{21(1)}, (\tau_{r\theta})_{21(1)}\}, \{(\sigma_r)_{22(1)}, (\tau_{r\theta})_{22(1)}\}$  とする。このようにすると, 円孔 1 の周辺には  $\Gamma_1^{(1)}$  を除く応力場  $\Gamma_2^{(1)} - \Gamma_1^{(1)}$  による  $(\sigma_r)_{12(1)} = (\sigma_r)_{21(1)} - (\sigma_r)_{11(1)}, (\sigma_{\theta})_{12(1)} = (\sigma_{\theta})_{21(1)}, (\tau_{r\theta})_{12(1)} = (\tau_{r\theta})_{21(1)} - (\tau_{r\theta})_{11(1)}$  が生じ, 円孔 2 の周辺には  $\Gamma_2^{(1)}$  を除く応

力場  $\Gamma_1^{(1)} - \Gamma_2^{(1)}$  による  $(\sigma_r)_{22(1)} = (\sigma_r)_{12(1)} - (\sigma_r)_{21(1)}, (\sigma_{\theta})_{22(1)} = (\sigma_{\theta})_{12(1)}, (\tau_{r\theta})_{22(1)} = (\tau_{r\theta})_{12(1)} - (\tau_{r\theta})_{21(1)}$  が生じる。つぎに, ふたたびこれらの周辺応力  $\{(\sigma_r)_{12(1)}, (\tau_{r\theta})_{12(1)}\}, \{(\sigma_r)_{22(1)}, (\tau_{r\theta})_{22(1)}\}$  を打ち消すような応力場  $\Gamma_1^{(2)}, \Gamma_2^{(2)}$  をそれぞれの円孔周辺に与えると, 円孔 1 の周辺には  $(\sigma_r)_{13(1)} = (\sigma_r)_{21(2)} - (\sigma_r)_{11(2)}, (\sigma_{\theta})_{13(1)} = (\sigma_{\theta})_{21(2)}, (\tau_{r\theta})_{13(1)} = (\tau_{r\theta})_{21(2)} - (\tau_{r\theta})_{11(2)}$  が生じ, 円孔 2 の周辺には  $(\sigma_r)_{23(1)} = (\sigma_r)_{12(2)} - (\sigma_r)_{22(2)}, (\sigma_{\theta})_{23(1)} = (\sigma_{\theta})_{12(2)}, (\tau_{r\theta})_{23(1)} = (\tau_{r\theta})_{12(2)} - (\tau_{r\theta})_{22(2)}$  が生じる。以下これを繰返して, 各点の応力値を十分に収束させると問題は解ける。

このような計算を行なうとき, 各円孔周辺における  $\sigma_r, \tau_{r\theta}$  の分布をつぎの形で表わすことにする。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos n\theta + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin n\theta \\ \tau_{r\theta} &= C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos n\theta + \sum_{n=1}^{\infty} D_n \sin n\theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

上式中の  $A_0, A_n$  などの係数は円孔周辺上の多数の点の  $\sigma_r, \tau_{r\theta}$  の値を計算し, いわゆる調和解析法によって求めることができる。式(6)の第 1 式および第 3 式において

$r=h$  (円孔の半径を一般化して  $h$  とする) としたものと, 式(7)の両式との各係数を比較すると, つぎのようになる。

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= h^2 A_0, \quad a_0' = h^2 C_0, \quad a_1' = -\frac{1}{2} h^3 A_1, \quad c_1' = -\frac{1}{2} h^3 B_1, \\ a_n' &= \frac{h^{n+2}}{2(n+1)} \left\{ A_n - \frac{n+2}{n} D_n \right\}, \quad b_n' = -\frac{h^n}{2(n-1)} \left\{ A_n - D_n \right\}, \\ c_n' &= \frac{h^{n+2}}{2(n+1)} \left\{ B_n + \frac{n+2}{n} C_n \right\}, \quad d_n' = -\frac{h^n}{2(n-1)} \left\{ B_n + C_n \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

$(n \geq 2)$

また, 上述の解法によるときは, 図 1 に示すように円孔 1 の中心を原点とする極座標系  $(r_1, \theta_1)$  に対して得られた円孔 2 の周辺上の応力値  $\{(\sigma_{r_1})_{12}, (\sigma_{\theta_1})_{12}, (\tau_{r_1\theta_1})_{12}\}$  から, 円孔 2 の中心を原点とする極座標系  $(r_2,$

$\theta_2)$  に対する応力成分  $\{(\sigma_{r_2})_{12}, (\sigma_{\theta_2})_{12}, (\tau_{r_2\theta_2})_{12}\}$  を求めることが必要になるが, このときはつぎの関係によればよい。

$$\left. \begin{aligned} (\sigma_{r_2})_{12} &= \frac{1}{2} \{(\sigma_{r_1})_{12} + (\sigma_{\theta_1})_{12}\} + \frac{1}{2} \{(\sigma_{r_1})_{12} - (\sigma_{\theta_1})_{12}\} \\ &\quad \times \cos 2(\theta_1 - \theta_2) - (\tau_{r_1\theta_1})_{12} \sin 2(\theta_1 - \theta_2) \\ (\sigma_{\theta_2})_{12} &= \frac{1}{2} \{(\sigma_{r_1})_{12} + (\sigma_{\theta_1})_{12}\} - \frac{1}{2} \{(\sigma_{r_1})_{12} - (\sigma_{\theta_1})_{12}\} \\ &\quad \times \cos 2(\theta_1 - \theta_2) + (\tau_{r_1\theta_1})_{12} \sin 2(\theta_1 - \theta_2) \\ (\tau_{r_2\theta_2})_{12} &= \frac{1}{2} \{(\sigma_{r_1})_{12} - (\sigma_{\theta_1})_{12}\} \sin 2(\theta_1 - \theta_2) \\ &\quad + (\tau_{r_1\theta_1})_{12} \cos 2(\theta_1 - \theta_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

### 3 計算結果および考察

大きさの異なる 2 個の円孔の半径を 1 および  $h (h \geq 1)$  とし, 図 1 のような記号を用いる。  $\zeta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  に対しては宮尾・岩城<sup>(5)</sup> の値があり, また  $\zeta = 0^\circ, 90^\circ$  に対しては横田<sup>(6)</sup> の値があるが, 一般の  $\zeta$  に対する応力集

中係数の値は現在見あたらないようである。

図 2 は  $\zeta$  に  $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$  の各値を与え, 2 円孔の半径の比  $h$  を 1.5 とし, 2 円孔中心間の距離と小円孔半径の比に対する応力集中係数  $K$  (無限遠における引張応力を  $\sigma_\infty$ , 2 円孔の周辺に生じる最大引張応力のうち大きい方を  $\sigma_{\theta max}$  とし,  $K = \sigma_{\theta max} / \sigma_\infty$

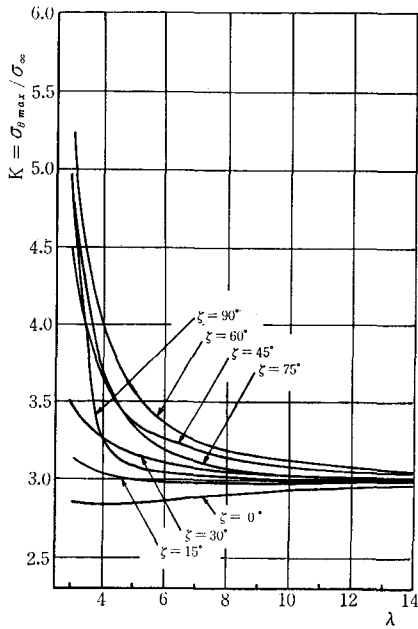


図2 応力集中係数値 (h=1.5)

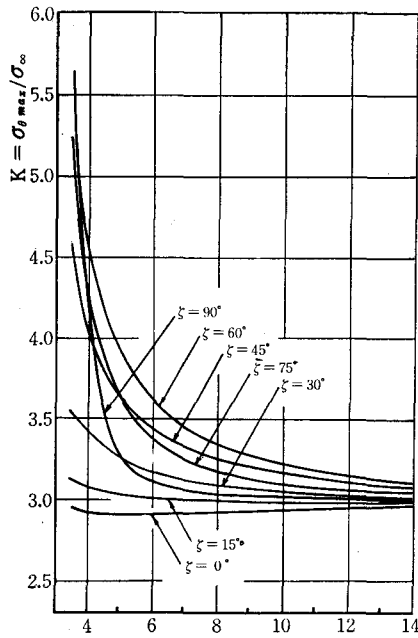


図3 応力集中係数値 (h=2.0)

とする) の変化の状態を示したものである。図3は  $h=2.0$ 、図4は  $h=2.5$ 、図5は  $h=3.0$  の場合である。

図2～5からつぎのことがわかる。

- (1)  $\lambda$  が大きくなれば  $K$  は3.0の値に近づく。
- (2)  $\lambda$  が小さくなり、 $\lambda = 1+h$  の値に近づくと、 $K$  は無限大になるとき、ある一定値に収束するとき

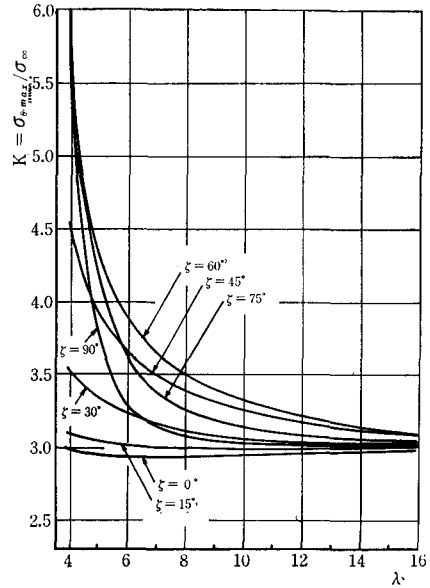


図4 応力集中係数値 (h=2.5)

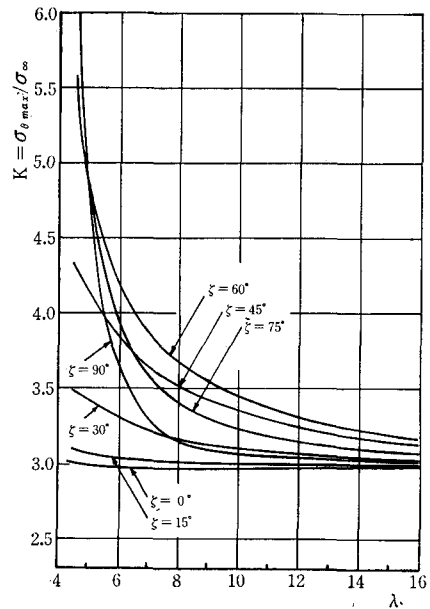


図5 応力集中係数値 (h=3.0)

とがある。

- (3) 各線図とも  $\zeta=60^\circ$  に対する曲線がもっとも上にあらわれる。
- (4)  $\zeta=0^\circ$  の曲線を除く他の曲線はほとんどすべての  $\lambda$  に対して3.0より大きい  $K$  を与える。

- (5) 一般に $h$ のみが大きくなれば $K$ は大きくなる。
- (6) 一般に $\zeta$ の $K$ の値に及ぼす影響は $h$ が大きくなるほど著しい。

しかし、全般的にみて、上述の各線図の傾向はたがいによく似ているといえることができる。

図6は $h=1.5$ の場合の最大応力 $\sigma_{\theta max}$ が生じる位置を示したもので、図7は $h=2.0$ の場合、図8は $h=2.5$ の場合、図9は $h=3.0$ の場合である。 $\zeta=0^\circ$ の場合、最大応力は $\theta=90^\circ$ の付近と $\theta=270^\circ$ の付近の2箇所に生じる。 $\zeta=90^\circ$ の場合、最大応力は $h=1.5$ のときは $\lambda=$

4.5の付近で、 $h=2.0$ のときは $\lambda=5.5$ の付近で、 $h=2.5$ のときは $\lambda=6.7$ の付近で、 $h=3.0$ のときは $\lambda=8.0$ の付近でその位置が飛び移る。さらに $h$ の値にかかわらず、いずれの場合にも最大応力は $\zeta=0^\circ$ 、 $15^\circ$ のときは大円孔周辺に、それ以外の $\zeta$ のときには小円孔周辺に生じることがわかった。なお計算に際しては円孔周辺を180等分してそれらの各点の応力値を求め、これらのうち最大の値を $\sigma_{\theta max}$ としたため、図6～9に示す $\sigma_{\theta max}$ の発生位置はだいたい $1^\circ$ 以下の誤差を持つ。図6～9の曲線はこのことを考慮してなめらかに結んだものである。

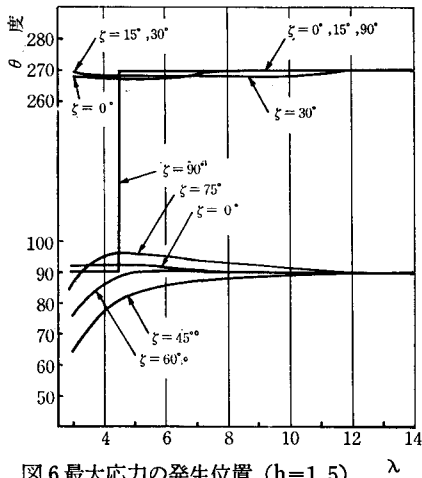


図6 最大応力の発生位置 ( $h=1.5$ )

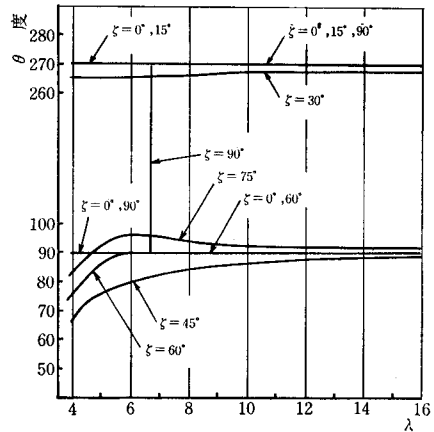


図8 最大応力の発生位置 ( $h=2.5$ )

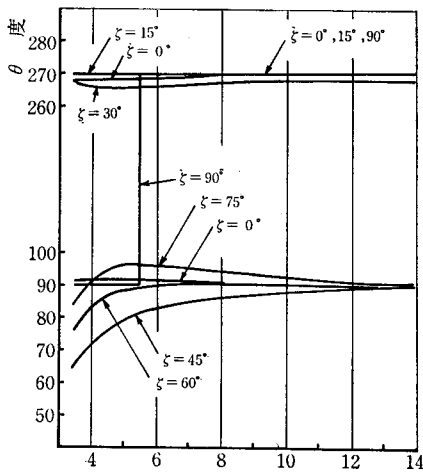


図7 最大応力の発生位置 ( $h=2.0$ )

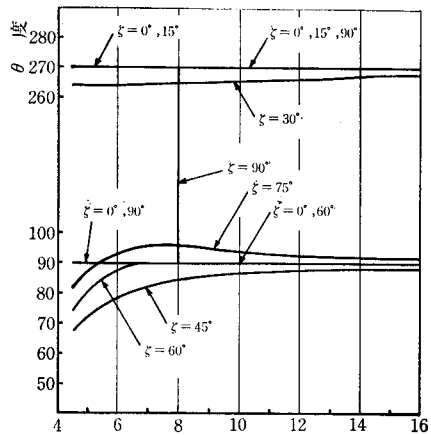


図9 最大応力の発生位置 ( $h=3.0$ )

つきにくの影響について考えるために、 $\lambda$ を一定とし、 $K$ と $\zeta$ の関係を図10、11に示す。これらの図からつぎのことがわかる。

(1)  $\zeta$ が約 $15^\circ$ 以下では $K$ が3以下になり、円孔がたがいに応力集中緩和の作用をなす。すなわち1円孔の場合に比べて円孔周辺の応力は全般的に低下する。

(2)  $\zeta$ が約 $15^\circ$ 以上では $K$ が3以上となり、 $\lambda=5$ の場合 $\zeta=60^\circ$ の付近で、また $\lambda=8$ の場合 $\zeta=55^\circ$ の付近で $K$ は最大となる。

表1は $\zeta=0^\circ$ および $\zeta=90^\circ$ のときの本解と宮尾・岩城<sup>(5)</sup>の計算値と横田<sup>(6)</sup>の計算値との比較を示したもので宮尾・岩城<sup>(5)</sup>の計算値とはよく一致している。

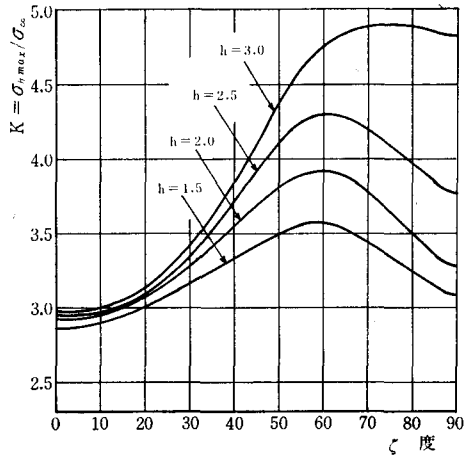


図10 Kとζの関係 (λ=5)

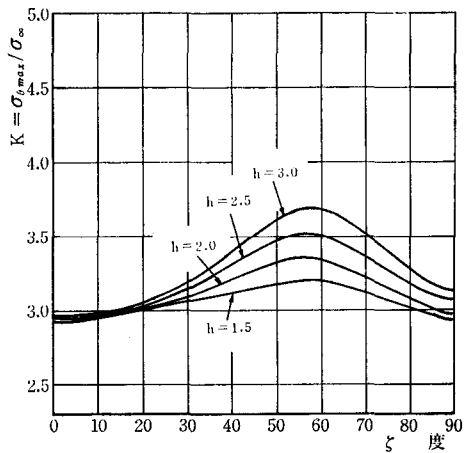


図11 Kとζの関係 (λ=8)

### 4 結 言

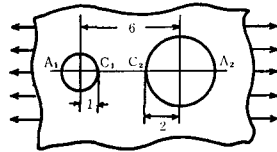
異なる大きさの2円孔(半径比1.5,2.0,2.5,3.0)を持つ無限平板が2円孔の向きと0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°の方向に単軸引張りを受ける場合の応力集中係数値と最大応力の発生位置を求め、図示した。その一部については従来の研究結果と比較し、よく一致することも確かめた。また単軸引張りの方向の影響についても調べ、2円孔の向きと約60°の方向に引張力を受ける場合、応力集中係数値は最大になることが明らかになった。

2円孔の応力集中問題に対しては従来から双極座標を用いる方法があるが、これは円孔が二つであることを有効に利用しようとする解析的な方法である。これに対して本解法はより数値的な方法であって、計算時間は前者に比べてより多くかかると思われるが、電子計算機を用いるかぎり結果を求めることは容易である。また原理的

表1 宮尾・岩城の値、横田の値との比較

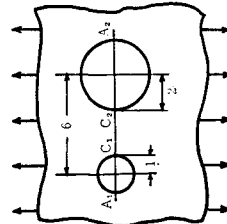
(a)  $h=2.0, \lambda=6.0, \zeta=0^\circ$

	A <sub>1</sub> 点	C <sub>1</sub> 点	C <sub>2</sub> 点	A <sub>2</sub> 点
本解の値	-0.786	-0.460	-0.786	-0.972
宮尾・岩城の値	-0.786	-0.460	-0.786	-0.972
横田の値	-0.819	-0.402	-0.762	-0.979



(b)  $h=2.0, \lambda=6.0, \zeta=90^\circ$

	A <sub>1</sub> 点	C <sub>1</sub> 点	C <sub>2</sub> 点	A <sub>2</sub> 点
本解の値	3.110	3.085	2.996	3.033
宮尾・岩城の値	3.110	3.085	2.995	3.033
横田の値	3.139	3.024	2.980	3.038



には本解法は、2円孔に限らず任意個数の円孔の場合にも適用可能である。

なお数値計算に際しては、京都大学大型計算機センターの FACOM230-60 を使用した。

### 文 献

- (1) 浜田・ほか3名, 日本機械学会論文集, 36—288 (1970—8), 1336.
- (2) C.B. Ling, J.Appl. Phys., 19 (1948), 78.
- (3) 鶴戸口, 応用数学力学, 1—1 (昭22—6), 14; 1—2 (昭22—7), 61.
- (4) S. Timoshenko, Theory of Elasticity, (1951), 116, McGraw-Hill.
- (5) 宮尾・岩城, 日本機械学会講演論文集, No. 204 (1969—4), 53.
- (6) 横田, 東京帝国大学工学部紀要, 20—4 (1932), 101.



# 側壁付着形素子特性の相似性について\*

阪部俊也・若林敏夫・米持政忠\*\*

On the Similarity for the Static Characteristics of  
the Wall Attachment Amplifiers

Toshiya SAKABE, Toshio WAKABAYASHI,  
Masatada YONEMOCHI\*\*

\*日本機械学会関西支部第46期定時総会講演会(1971.3.20)で発表した内容を含む

\*\*神戸大学工学部教授

The operation of fluidic devices is generally affected by its construction such as jets, splitter, receiver and so on.

These effects have been investigated by various authors from different points of view.

In the present study, the geometrically similarity of the wallattachment amplifiers is discussed on the basis of experimental results with respect to the static input characteristics.

Main results of this study can be summarized as follow :

- 1) It is found that the geometrically similarity of the wall attachment amplifiers is applicable to the aspect ratio ranging from 2 to 5.
- 2) The static input characteristics of the wall attachment amplifiers are not affected by change of the splitter position, which have distance above 8 times of the supply nozzle width.
- 3) The entrainment average pressure of the attached side, which relates the entrainment coefficient, depend on the average jet velocity of the supply nozzle.

## 1 緒言

純流体素子はもともと宇宙ロケットにおける制御機器として開発されたものである。その特徴は構造の簡易さ、高信頼性、廉価、および熱、ガス、電源ノイズ等の悪環境中での使用が可能なことなどである。

現在、一般産業へもかなり応用されつつある。その反面、純流体素子の基本的な問題、とくに流体力学的な問題がほとんど未解決である。これは四方を壁で囲まれているような空間内の流れや渦、さらにそれらの干渉などを取扱うため、従来の理論による解決が困難なことによる。最近付着噴流の研究も相当進められ、付着点位置を決定する方法はほぼ樹立されている<sup>(1)</sup>にしても、素子の特性解析に役立つ体系的な理論はほとんど確立されていない現状である。とりわけ素子の幾何学的形状と動作特性との関係が明確でない。これらに関する研究も種々の

立場から進められている。例えば、特性に影響を与えるパラメータを無次元要素示し、無次元相似量を見いだそうとしたもの<sup>(2)</sup>、また素子の設計法の立場から実験的あるいは理論的に作製したノモグラフ<sup>(3)</sup>を利用することなどが提唱されている。しかしながら与えられた仕様を満足させる素子を理論的に設計する方法はいまだ確立されておらず試行錯誤的に行なわれているのが現状である。特に相似則が確立していない為に素子の比較が困難である。

しかしながら相似則に関する研究はほとんど見られない。そこで本研究ではある幾何学的構成をもつ論理素子パターンについて、これを一定の割合いで相似的に拡大・縮小させた場合、作動流体の使用条件によるこれらの素子の動作特性における相似性について実験的に検討し、その統一的関係を見出そうとしたもので、本報告ではおもに入力特性を中心に考察した結果を述べる。

### 2 素子形状の選択

ここで対象とした論理素子は、その基本的形態と利用度を考慮して側壁付着形を選んだ。この素子の幾何学的形状としては現在一般に利用されている素子諸元を参考にして定めかつ、その幾何学的に相似な形状を決定するためにここでは次元解析による手法を用いた。図1にこの素子の基本的形状を示す。

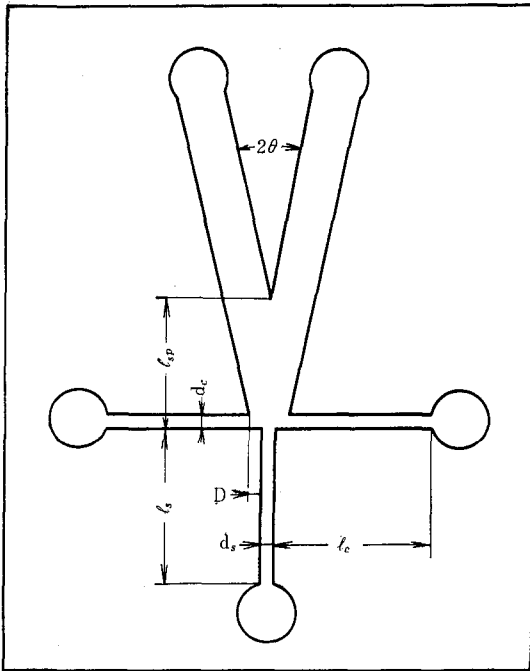


図1 素子形状

すなわち素子の入力特性に影響を与えたと考えられるパラメータから制御流量 $Q_c$ を次式のように表わす。

$$Q_c = f(P_c, P_s, Q_s, \rho_c, \rho_s, \mu, d_c, d_s, l_c, l_s, l_{sp}, D, t) \quad (1)$$

ここに $Q$ :体積流量,  $P$ :圧力(ゲージ圧)

$\rho$ :流体の密度,  $\mu$ :粘性係数,  $d$ :流路幅

$l$ :流路長,  $D$ :セットバック量,  $t$ :流路高

$l_{sp}$ :スプリッタ距離

また添字S, Cは主噴流, 制御流に関する事項を表わす。なお側壁傾斜角 $\theta$ は $12.5^\circ$ 一定として除外する。

(1)式を次元解析すると

$$\frac{Q_c}{Q_s} = f\left(\frac{P_c}{P_s}, \frac{\rho_c Q_c}{\mu d_c}, \frac{\rho_s Q_s}{\mu d_s}, \frac{\rho_c}{\rho_s}, \frac{d_c}{d_s}, \frac{l_c}{d_s}, \frac{l_s}{d_s}, \frac{l_{sp}}{d_s}, \frac{D}{d_s}, \frac{t}{d_s}\right) \quad (2)$$

ここに $\rho_c Q_c / \mu d_c = Re_c$ ,  $\rho_s Q_s / \mu d_s = Re_s$ , で制御流, および主噴流のレイノルズ数を表わす。したがって素子形状を表わす諸元は主ノズル幅 $d_s$ で無次元化し, この値を等しくした構成をとれば相似形素子が得られる。この場合(2)式は次のように表わされる。

$$\frac{Q_c}{Q_s} = f\left(\frac{P_c}{P_s}, Re_c, Re_s, \frac{\rho_c}{\rho_s}\right) \quad (3)$$

### 3 実験方法

以上の関係からここで検討した素子の構造諸元を表1

表1 素子諸元

基準寸法 単位mm	No.i	A素子		B素子		C素子		D		
		1	2	3	4	5	6	7	8	
$d_s$	0.5	$d_{sj}/d_s$	1	2.5	3	2	5	0.8	2	1
$d_c$	0.5	$t_j/d_{sj}$	4		2		5		10	
D	0.5	$d_{cj}/d_{sj}$			1					
$l_c=l_s$	15.0	$D_j/d_{sj}$			1					
$l_{sp}$	5.0	$l_{cj}/d_{sj}$			3		0			
t	2.0	$l_{tp}/d_{sj}$			1		0			

に示す。すなわち相似形状としてはアスペクト比のみが異なる四種の素子A, B, C, Dとし, かつそれぞれについて $d_s$ を変化させ, 三次元的に相似形状とした8個の素子を用いた。素子の材質はアクリル板を用い, 形状は素子を構成する各ブロックを機械加工し, サンドイッチ法により製作した。素子の各部寸法は万能投影機により規定の寸法にあわせた。図2にこの実験装置の概要を示す。実験は素子出力側を全開とし, パイアス圧力は零,

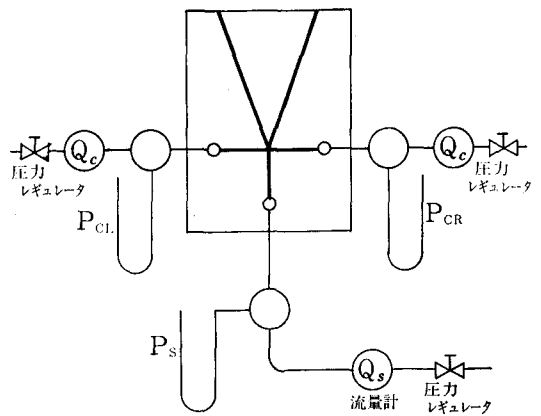


図2 実験装置の概要

すなわち非付着側の減圧弁を全閉の状態で行なった。 $P_s, P_{cl}$ はともに全圧としてマンメータにより測定した。この場合, 全圧とするために測定部に容量を設けた。また,  $Q_s, Q_c$ は湿式ガスメータ(5ℓ/1回転)にて測定した。これらの素子の相似性を検討するには静特性及び動特性の立場から考察する必要があるが, 前述のごとくここでは基本的な立場から入力静特性について実験的検討を行なった。

#### 4 実験結果及び考察

##### 4.1 主噴流圧に対する入力特性

この論理素子の主噴流ならびに付着側における制御流の流量と圧力との関係は近似的に次式のように表わされる。

$$Q_s = K_s \left( \frac{P_s}{\rho_s} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad Q_c = K_c \left( \frac{P_c - C_{ef} P_s}{\rho_c} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

ここに、 $K$ ；絞りの流量係数および断面積などに関する係数、 $C_{ef}$ ；まき込み係数。

(4)式より $Q_c/Q_s$ は次式のようになる。

$$\frac{Q_c}{Q_s} = \frac{K_c}{K_s} \left( \frac{\rho_s}{\rho_c} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{P_c}{P_s} - C_{ef} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

ここで供試素子の入力特性に及ぼす主噴流圧 $P_s$ の影響は和田<sup>(4)</sup>らの指摘する傾向とよく一致する結果を得た。図3はその一例を示す。すなわち主噴流圧力が変わって

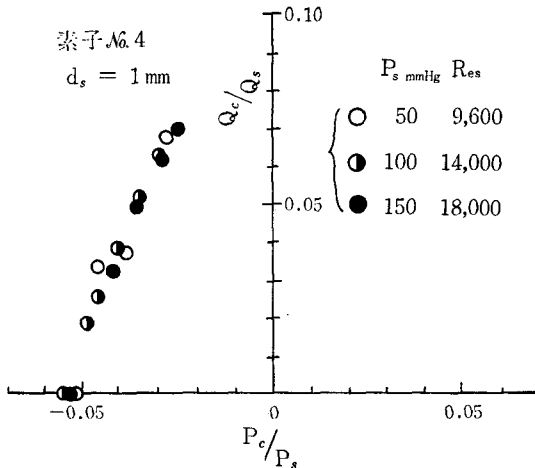


図3 主噴流圧に対する入力特性

も図のように無次元量で表わした場合ほとんど変化は見られず、主噴流圧力による相似性のあることがわかる。このことは少なくとも実測範囲内( $Re_s = 3,000 \sim 20,000$ )においてはこの入力特性は(3)式における $Re_s$ 、 $Re_c$ ならびに $\rho_c/\rho_s$ には無関係に決まることを意味する。ただし切換点については主噴流圧によって多少異なるようである。

##### 4.2 相似形素子の入力特性

相似形素子の入力特性を調べるにあたって、その負荷条件の同一性、ならびにまき込み係数の動向はきわめて重要な問題である。そこでこれらについてまず検討した。

###### 4.2.1 負荷条件

相似形素子においても出力流路が相似であっても負荷条件が相似であるかは疑問である。そこで出力流路を形成するスプリッタを除き、出力側の負荷がないと考えられる状態とスプリッタが $10d_s$ の位置にある状態での入力

特性を比較検討した。この結果の一例を図4に示す。図

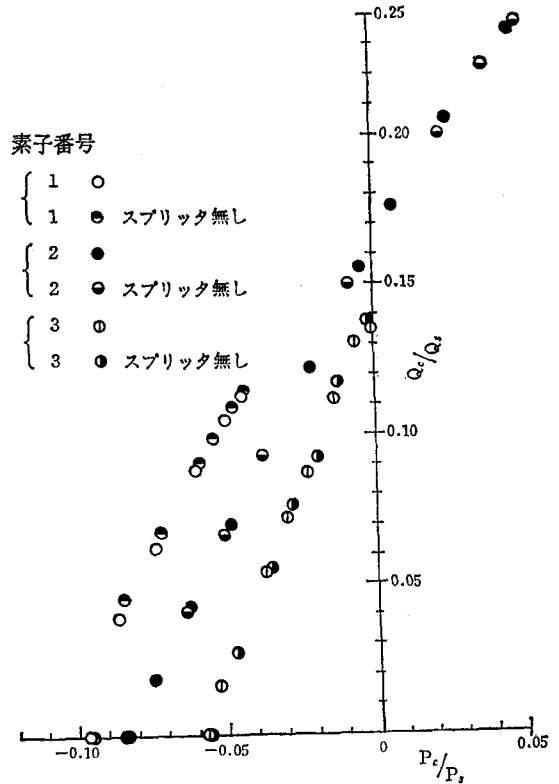


図4 スプリッタの影響

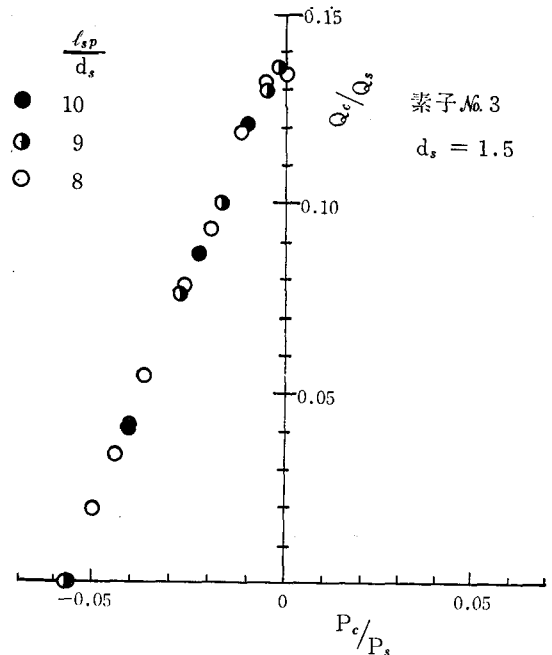


図5 スプリッタ距離の影響

よりスプリッタが有る場合の特性とスプリッタ無しでのものとはよく一致している。このことはスプリッタが有る場合も負荷の影響はなく、負荷条件は同じであると考えられる。スプリッタの影響について、さらに検討するためにスプリッタ距離を $10d_s$ ,  $9d_s$ ,  $8d_s$ …と順次主噴流ノズルに近づけて、入力特性の変化を調べた。この結果の一例を図5に示す。スプリッタ距離 $8d_s$ 程度までは入力特性の変化はみられず、これは付着噴流に影響を与えるスプリッタの限界位置<sup>(6)</sup>の結果ともほぼ一致している。しかしながらスプリッタ距離の限界(論理動作を行わなくなるスプリッタ距離)は相似要素子であっても異なるようである。この相違については素子の形状誤差によるものと考えられる。

#### 4.2.2 アスペクト比の影響

アスペクト比のみが異なり二次元的には全く同じ形状の素子の入力特性を調べた。この結果を図6に示す。こ

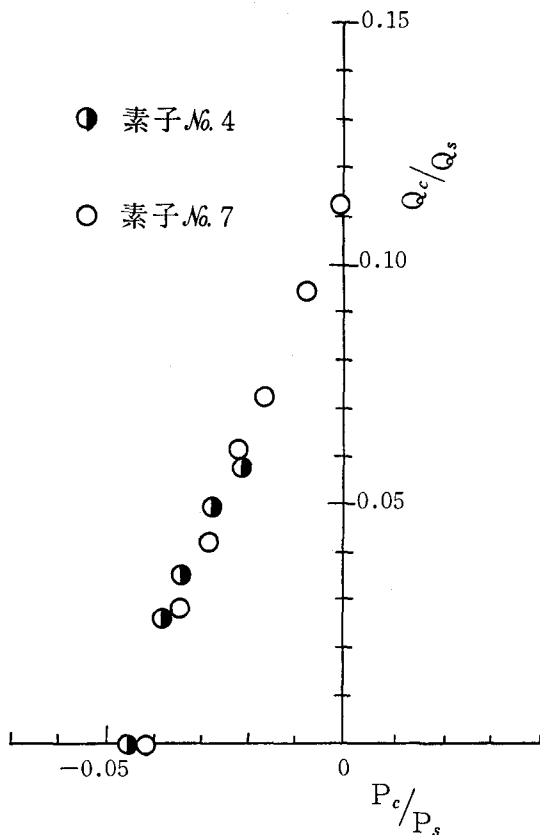


図6 アスペクト比の影響

の図が示すように入力特性曲線はほぼ一致する。すなわちアスペクト比が2~5の範囲内では入力特性はアスペクト比にほとんど影響しないと考えられる。しかしながらアスペクト比が10程度になるとスプリッタ距離 $10d_s$ の

位置では論理動作を行わなかった。そこでスプリッタ距離を $12d_s$ まで後方にずらすと論理動作を行なった。これはスプリッタ距離が $10d_s$ の状態では噴流とスプリッタ相互に干渉して低圧渦領域が不安定な状態になっているためと思われる。このように、アスペクト比がかなり大きくなった場合、入力特性に関して相似性が認められないように思われるが、この点に関してはさらに今後の研究が必要である。

#### 4.2.3 まき込み係数

まき込み係数は相似性を見出すために重要な因子である。まき込み係数は(5)式において $Q_c/Q_s = 0$ の時に求められ、 $C_{ef} = P_c/P_s$ なる関係で表わすことができる。すなわち付着側まき込み係数は付着側制御流量を零とした時の主噴流供給圧力と付着側制御圧力(以後まき込み圧力と呼ぶことにする)との圧力比として定義する。今、主噴流供給圧力 $P_s$ を一定とするならばまき込み圧力 $P_{ent}$ のいかんによってまき込み係数が決定されることになる。したがって、まずまき込み圧力 $P_{ent}$ が何によって左右されるかその因子を考えることにする。Lush<sup>(6)</sup>は噴流の切換理論において付着側低圧渦領域の平均圧力、すなわち、まき込み圧力は主噴流ノズル流入量の動圧に比例すると仮定している。そこでまき込み圧力と主噴流ノズル平均流速の関係を調べた。この結果を図7に示す。この図が

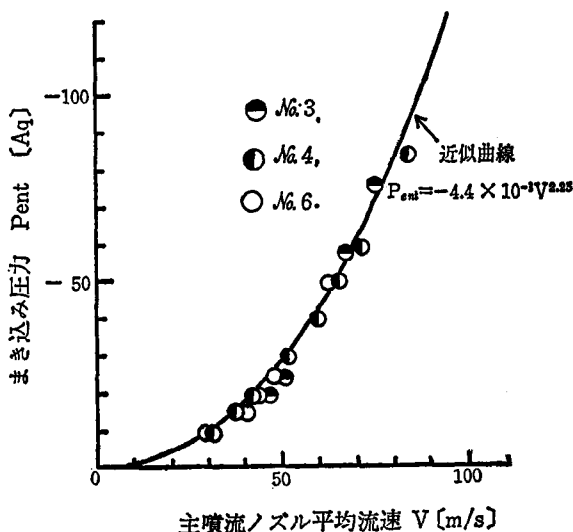


図7 主ノズル平均流速とまき込み圧力

ら、まき込み圧力は主噴流ノズル平均流速を変数としてほぼ指数関数として近似できる。この図を両対数グラフに表わしたものが図8である。この結果よりまき込み圧力は次式により近似することができる。

$$P_{ent} = -4.4 \times 10^{-3} V^{2.25} \quad (6)$$

$P_{ent}$ : 付着側まき込み圧力(ゲージ圧)

$V$  : 主噴流ノズル平均流速

ここで、(6)式と(5)式よりまき込み係数と主噴流ノズル平均流速の関係を求めると次式ようになる。

$$C_{ef} = -8.8 \times 10^{-3} \alpha_s^2 / \rho_s V^{0.25} \quad (7)$$

$\alpha_s$  : 主噴流ノズルにおける流量係数

まき込み係数は主噴流ノズル平均流速が大きくなる程増

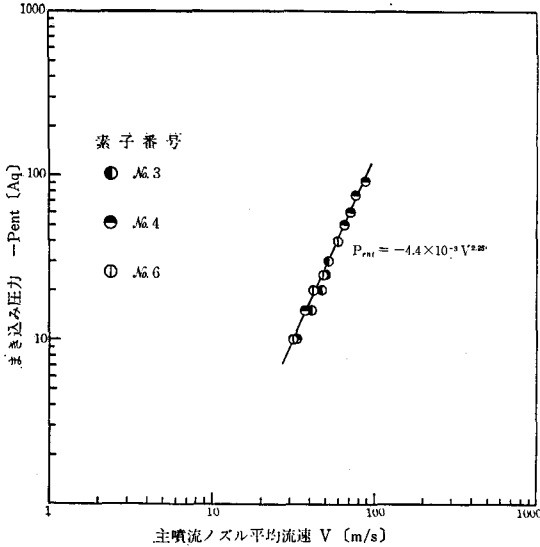


図8 主噴流ノズル平均流速とまき込み

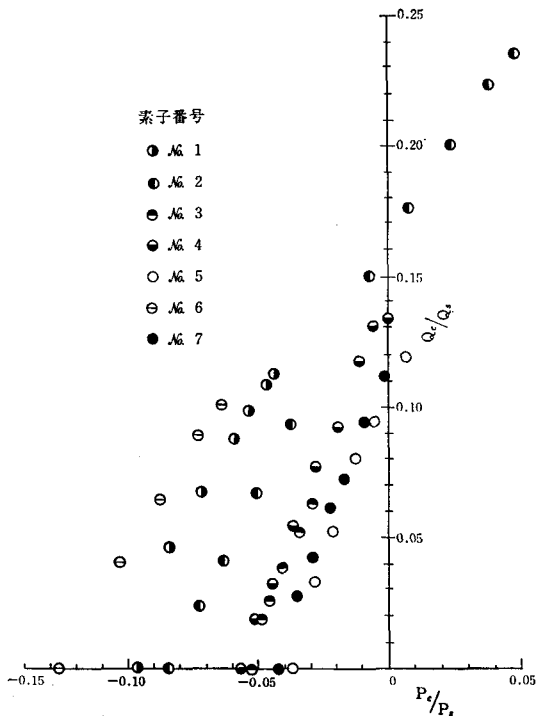


図9 相似要素子の入力特性

加する傾向を示すが、その増加の割合はさほど顕著ではない。これらの式についてはさらに流量係数等の検討が必要である。また、セットバック等の形状が変わった場合にこれらの式がどうなるか興味深い。

### 4.3 相似要素子の入力特性

相似要素子の入力特性については、4.1において述べたごとく主噴流供給圧には依存しないので、ここでは主噴流供給圧力 100mmHg で整理する。この結果を図9に示す。これより相似要素子の入力特性曲線はほぼ同一傾向を示すことがわかる。すなわち相似要素子の入力特性については相似性が成立すると考えられる。まき込み係数については、要素子の形状が小さくなるほどその絶対値は大きくなる傾向を示す。これは要素子形状が小さくなる程、境界層の影響が大きくなるためと考えられる。なお切替点については統一的には論じることが出来ないが、切替機構について、相似要素子であっても、二種類の切替機構があると考えられる。その一つは制御流の流入によって付着側低圧渦領域の体積がある限界値まで膨脹した時切替わりが起ると考えられるもの、例えば要素子No. 2の要素子はこの種の切替わりである。この場合の切替わりはゆっくりとしている。他の一つは噴流の両側の圧力差によって切替わりが起こる場合である。この種の切替わりは要素子No. 2の要素子を除く各要素子に見られる。この時の切替わりは瞬間的である。以上のように相似要素子においても切替機構が異なるが、これらの原因についてはさらに検討の必要がある。

## 5 結論

以上の結果を要約すると次のようになる。

- (1)アスペクト比が2~5の範囲では相似要素子の入力特性に関して相似性が成立する。
- (2)スプリッタ距離が8d<sub>s</sub>程度まではスプリッタは負荷抵抗にならず入力特性にはほとんど影響を与えない。
- (3)まき込み係数に関係すると考えられる付着側まき込み圧力と主噴流平均ノズル流速との関係がはっきりした。

終りに本実験に協力された本校卒業生藤井憲彰、藤井博文両君に感謝する。

## 文 献

- (1) 木村誠：側壁付着形素子の特性：計測と制御，第10巻，第4号 pp.255～270（昭和46年）
- (2) 和田力・清水顕：純流体論理素子の特性に関する一考察：第10回自動制御連合講演会前刷，pp.231～232（1967）
- (3) 太田道男・松尾英夫・城内正範：側壁付着型素子の設計法に関する研究：第3回純流体素子シンポジウム資料，pp.50～60（1968）
- (4) T. Wada, and A. Shimizu : The Statical Characteristics of the Wall Reattachment Fluidic Devices : Memoirs of the school of Engg Okayama univ. Vol3, No.1 pp.31～37（1968）
- (5) P.A.Lush : Theoretical and Experimental Investigation of the Switching Mechanism in Wall Attachment Fluidic Amplifier : Proc. IFAC Symposium in Fluidics, A3（1968）

# 高張力鋼の遅れ破壊と疲労

岩 井 保 善

## Delayed Failure and Fatigue on High Tension Steel

Yasuyoshi IWAI

Delayed failure (sometimes called delayed fracture, static fatigue) comes question when high tension steels which have the value of more than  $120\text{kg/mm}^2$  in yield strength, are used as PC-steel bars or high tension bolts. They are exposed to severe environment in the field and are expected to be influenced by corrosion and thermal stresses.

The author carried out some failure tests on high tension steel specimens, such as constant load test in the water and also fatigue tests which are simulated to alternating thermal stresses in the field conditions.

The conclusions of the present study are as follows:

(1) The endurance limits in delayed failure at 100hrs. on the specimen made of Material CH-40 and SCM3 under simple tension test in the water, are  $60\text{ kg/mm}^2$  and  $150\text{ kg/mm}^2$ , respectively.

(2) From the result of clamp test in which about the same tensile and torsional stresses are applied to a specimen, it is found that tensile one have predominant effect on delayed failure.

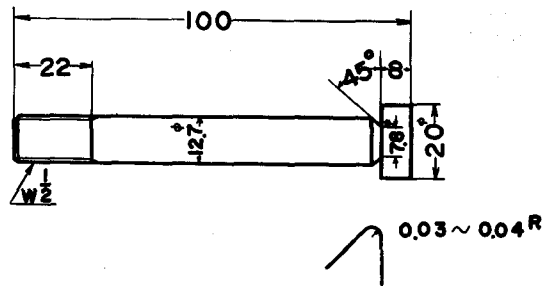
(3) In fatigue test, fairly long lives are obtained under comparatively high mean stresses; it is concluded that the stress amplitude of about  $10\text{ kg/mm}^2$  which is expected in bolts in bolted joints from the temperature variation, as such, may not be the cause of so called delayed failure, but superimposed effect of high stress, alternating stress, corrosive environment and so on, may give rise to the delayed failures.

### 1. 緒 言

一般に工業材料の破壊には延性破壊、ぜい性破壊、クリープ破壊、疲労破壊等いくつかの形式があるが、ここに述べる遅れ破壊とは上に挙げたどの形式にもあてはめにくく、常温である時間の静的負荷（引張りまたは圧縮）の後外見上ほとんど塑性変形を伴わずに突然破断を起こす現象である。この遅れ破壊はふつうPC鋼棒、あるいは摩擦継手用高張力ボルトなどのように低合金鋼を、引張強さ約  $120\text{kg/mm}^2$  以上に調質して使用する場合にしばしば問題となり、航空機業界あるいは建築土木業界で最近意識的にとりあげられつつあるものである。<sup>1)~3)</sup>そこで筆者は建築土木用、主に橋梁、レール等に用いられる高張力継手は一般に戸外に放置されることに着目し、高張力鋼の自然条件の下での挙動を調べるため、まづ水中負荷による遅れ破壊試験を行い、つづいて気候変化によって生ずる熱応力を測定し相当する応力での機械的疲労試験を実施し検討した。

### 2. 実験材料および試験片の形状寸法

実験に使用した試験片は高張力鋼ch. 40, SCM<sub>3</sub> で形状および寸法をFig. 1 に示す。特に試験片はボルト形状で首下に鋭い切欠きをもっており応力集中係数は約10である。また試験片の化学成分および機械的性質を Table I, II に示す。ここで  $\sigma_N$  とは破断荷重を切欠き底面積で割ったいわゆる切欠き強さである。



Detail of notch

Fig. 1. The Shape of Specimen and Dimension.

Table I. Chemical Compositions.

Specimen	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al
Ch. 40	0.24	0.30	1.33	0.010	0.011	1.05	0.30	0.12
SCM <sub>3</sub>	0.32	0.20	0.75	0.013	0.008	1.04	0.23	0.023

Table II. Mechanical Properties of Specimens.

Specimen	$\sigma(0.2)$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_T$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Reduction of area (%)	$\sigma_N$ (kg/mm <sup>2</sup> )
Ch. 40	11.3	142.4	200	17.5	58.3	165
SCM <sub>3</sub>	—	123	196	17.0	61	178

### 3. 実験方法

#### 3. 1 単純引張水中遅れ破壊試験

この実験には島津製5トン引張試験機の容量を8トンに引き上げて使用した。試験片の取付けに際し、切欠き底に十分水がまわること考慮に入れたチャックを製作した。その使用状態を Fig. 2 に示す。実験順序はまづ2~3本の試験片を静的に破断させ、破断荷重を切欠き底面積で除した商、いわゆる切欠き強さ  $\sigma_N$  を求めた。実際の実験にはこの切欠き強さをもとに試験荷重を設定した。また破断時間はマイクロスイッチを接続した2rpmのシンクロナスマータの回転数より測定した。以上の要領で疲労試験と同様に耐遅れ破壊強さを求めた。耐遅れ破壊強さは一応100時間で破断しない最高荷重とした。

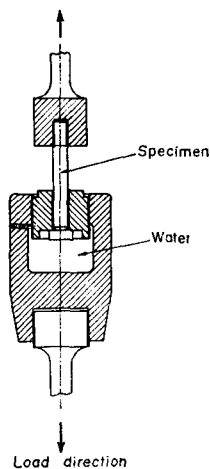


Fig. 2. Schematic Diagram of Simple Tension Delayed Failure Test.

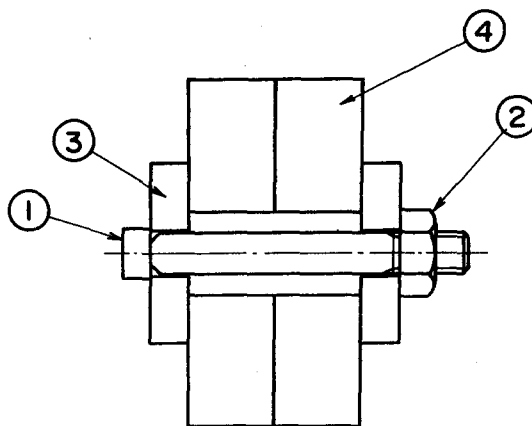
#### 3. 2 締付けた状態のもとでの水中引張遅れ破壊試験

一般にボルト継手には締付けによって引張応力とねじり応力が加わる。そこで Fig. 3 に示すように試験片のボルトで材質SM50の2枚の板材をさし込み、ねじり試験機にレンチ用ソケットを取付けた。その際試験片の頭を対辺長さ21mmの正方形にした。実験はまづ2~3本の試験片を締付けにより静的に破断させ、ねじりモーメントと引張応力、ねじりモーメントとねじり角の関係を求め、これらをもとに締付け荷重を決定した。なお試験片にかかる引張応力は

試験片の平滑部にひずみゲージを貼り付けて測定した。また破断時間は時計で測定した。

#### 3. 3 疲労試験

大気中に放置される構造物に使用されるねじ継手は常に締付けによる引張荷重を受けている。しかもその上に一日周期の最高気温と最低気温の差による微小な熱応力の繰り返しおよび季節周期の比較的大きな温度変動による応力変動の発生が予想され、後者の最大温度差はおおよそ80°Cに達する可能性がある。ここではこの80°Cの温度差で生じた熱応力を実際に機械的な応力変動に変えてその疲労挙動を調べることがこの実験の目的である。実験にはローゼンハウゼン型疲労試験機を使用し、つかみ部に3. 1で使用した水中での負荷が可能な遅れ破壊試験用のチャックを彩用した。使用した試験片は ch. 40 および SCM<sub>3</sub> で形状、寸法共遅れ破壊試験の場合と同様である。締付けた状態のもとでの水中引張遅れ破壊試験では静的破断を起こす寸前まで締付けた後実験を開始し



(1)Specimen (2)Nu t(3)Washer (4)Plate Fig. 3. Clamp Diagram of Specimen.



ていることより、本実験においても平均荷重の高い部分を主に実施した。また応力振幅として  $10\text{kg/mm}^2$  および  $20\text{kg/mm}^2$  を設定した。

4. 実験結果および考察

単純引張水中遅れ破壊試験では設定荷重を求めためまづ試験片を静的に引張り破断させ、荷重ひずみ線図を得た。Fig. 4 に ch. 40 の荷重—ひずみ線図を示す。ここでひずみは荷重の増加と共に破断に至るまで直線的に変化しているが、これは試験片の切欠き底に大きな応力集中が生じたためと考えられる。そこで実験は引張強さよりも高い値を彩用し、ch. 40 では  $150\text{kg/mm}^2$ 、SCM<sub>3</sub> については  $162\text{kg/mm}^2$  から開始した。Fig. 5 および Fig. 6 はそれぞれの試験片の100時間水中耐遅

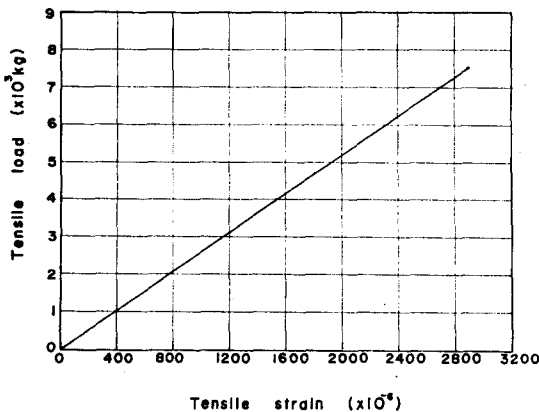


Fig. 4. Load-Strain Diagram.

れ破壊線図で、縦軸に応力、横軸に対数目盛で破断時間を示した。ch. 40 材は2本の実線で囲まれた範囲に大きなばらつきをもって急激に降下している。この材料の100時間水中耐遅れ破壊強さは  $60\text{kg/mm}^2$  で水中遅れ破壊に敏感であることが分る。一方 SCM<sub>3</sub> 材の場合 ch. 40 と比較して静的強度は低いにもかかわらず、100時間水中耐遅れ破壊強さは約  $150\text{kg/mm}^2$  で引張強さよりも高い所に存在する。以上2種の試験結果は強度レベルの高い材料ほど遅れ破壊には敏感であるという他の報告と一致している。

次に締付けによる ch. 40 試験片の100時間水中耐遅れ破壊線図を Fig. 5 に●印で示した。また試験片の平滑部に於ける引張ひずみとねじりモーメント、およびねじり角とねじりモーメントの関係は Fig. 7, Fig. 8 のごとく試験ごとにならざるに差が生じた。これは締付け時のナットと試験片のねじ部、およびナットとワッシャの摩擦

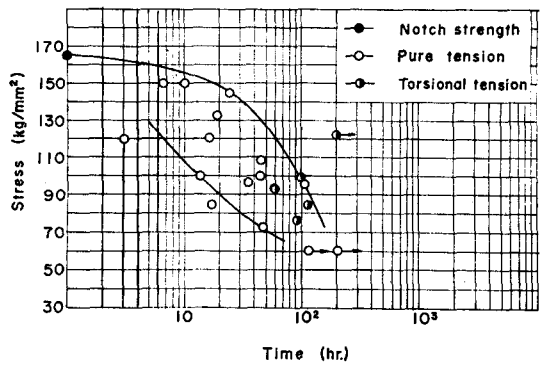


Fig. 5. Endurance Limits Diagram in Delayed Failure at 100 hrs.

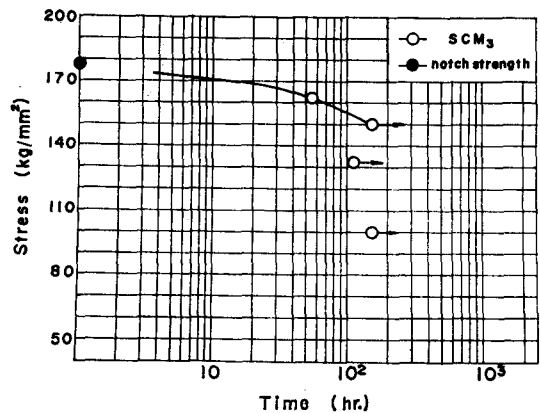


Fig. 6. Endurance Limit Diagram in Delayed Failure at 100 hrs.

抵抗が一定にならないためと思われる。そのため静的破断引張応力はおよそ  $90\sim 110\text{kg/mm}^2$  の間に存在し、ねじり応力が加わったために単純引張りの時の切欠き強さ、 $\sigma_N = 165\text{kg/mm}^2$  よりかなり低くなっている。また破断ねじり角度も  $80^\circ\sim 120^\circ$  の間に存在する。そこで試験片の軸方向、円周方向および  $45^\circ$  方向のロゼットゲージを貼り、引張ひずみを測定した。(Fig. 9)その結果切欠き底にける引張応力とねじり応力は Fig. 10 の如く同じ値をもって変化し破断時の引張応力、ねじり応力は共に  $84\text{kg/mm}^2$  である。よって試験片には常に引張応力と同じ値のねじり応力が作用していることが分る。またねじりモーメント  $1600\text{kg}\cdot\text{cm}$  の時、この半分の  $780\text{kg}\cdot\text{cm}$  がねじり応力 ( $\tau = 84\text{kg/mm}^2$ ) を生ずるのに必要であることから、残り半分が先に述べた摩擦抵抗に作用したものと考えられる。ここに生じた大きなねじり応力は Fig. 13 の静的締付け破面によっても理解される。しかしながら Fig. 5 の100時間耐遅れ破壊線図で、締付けによる負荷は静的破断を起こす前と予想されるにもかかわらず実験結果は単純引張遅れ破壊で得られた2

本の実線で囲まれた範囲内にある。このことから水中での遅れ破壊には引張応力が大きく関係しており、ねじりの影響は少ないと推定できる。

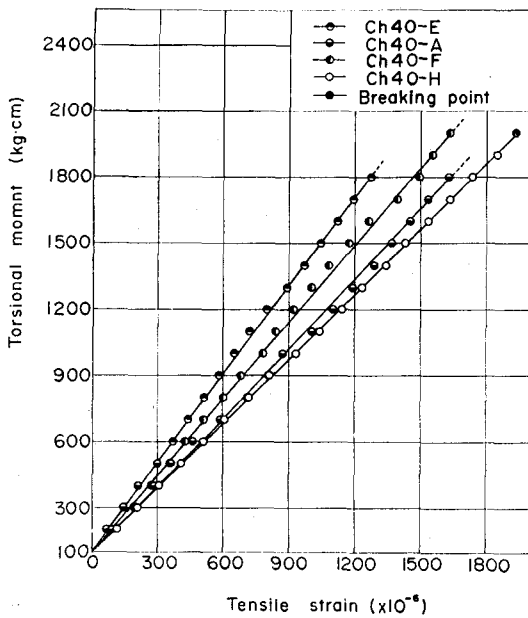


Fig. 7. Relation between Torsional Moment and Tensile Strain.

次に SCM<sub>3</sub> 材についても ch. 40 と同様 Fig. 11, 12 の如く締付けによるばらつきを生じ、静的破断時に試験片に作用する引張応力は 80~100kg/mm<sup>2</sup>、破断ねじり角は 70~90° の範囲にある。そこでこの実験も上の値のすぐ近くまで負荷した後実施したが水中での遅れ

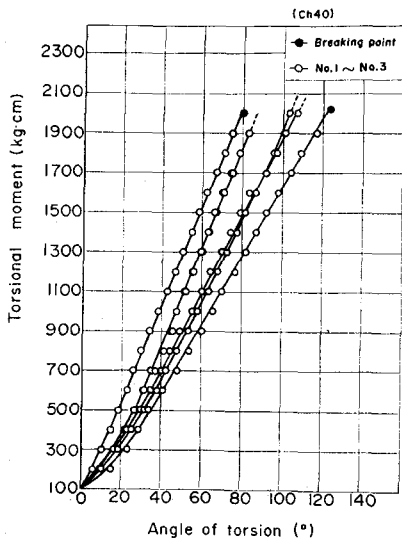


Fig. 8. Relation between Torsional Moment and Angle of Torsion.

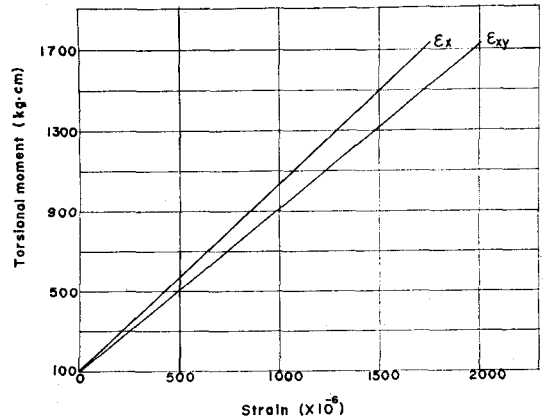


Fig. 9. Relation between Torsional Moment and  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_{xy}$ .

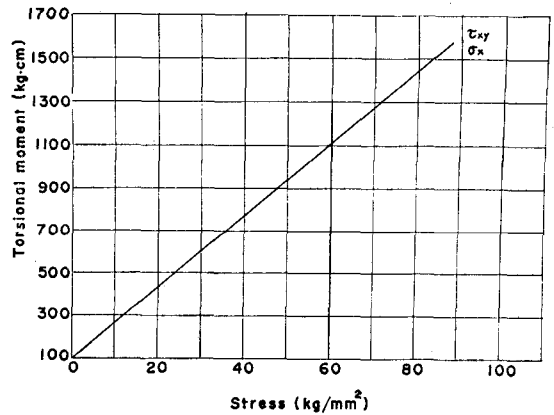


Fig. 10. Relation between Torsional Moment and  $\sigma_x$ ,  $\tau_{xy}$ .

破壊は生じなかった。これは静的破断引張応力が先の実験で得られた100時間耐遅れ破壊強さ (150 kg/mm<sup>2</sup>) のかなり下にあるため破断しなかったものと思われる。ここにおいても引張応力の遅れ破壊への依存性が確認される。Fig. 13 は以上の実験で生じた破面である。ここで分るように遅れ破壊を起こした破面は静的なそれと異り、起伏のはっきりした部分と比較的滑らかな部分に分かれて見える。これは一般に遅れ破壊は外見上突然の破断のように見えるが、切欠き底部で静的負荷の間に破面で滑らかに見える方からクラックが発生し、それが時間と共に徐々に進行して有効断面積の減少が起こりある時点でついに不安定破壊を起こしたものと思われる。

以上遅れ破壊の実験はできるだけ実際材料が使用される環境を想定して実施した。そのため本実験は水中といった比較のおだやかな環境での結果であるが、たとえば臨海付近では塩水等の影響でより以上の強度の低下が予想される。

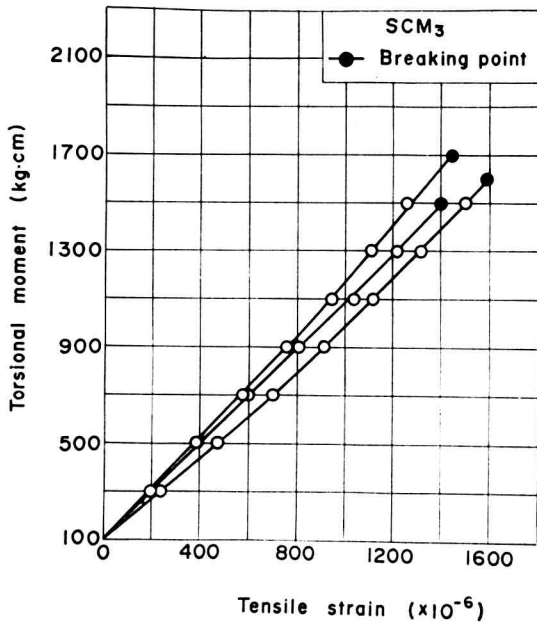


Fig. 11. Relation between Torsional Moment and Tensile Strain.

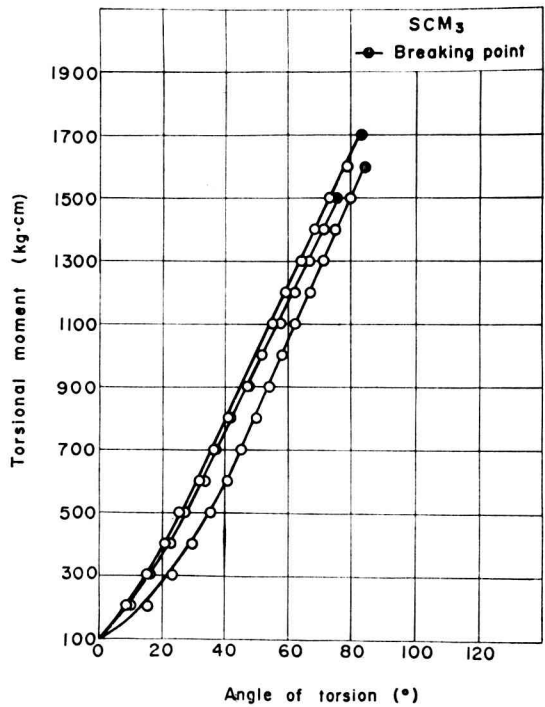
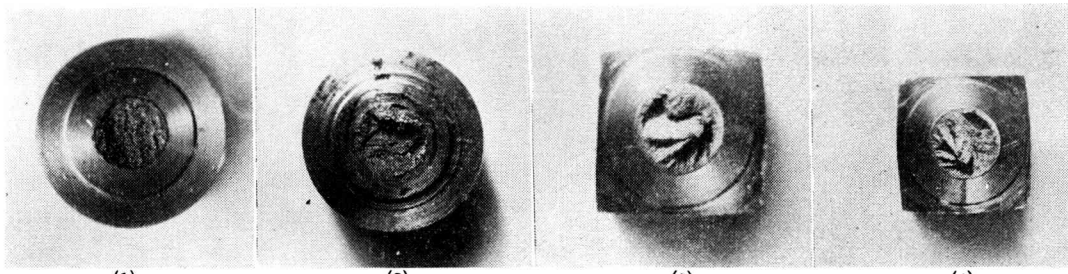


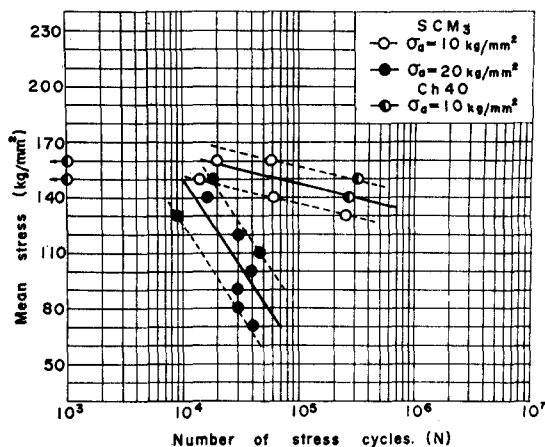
Fig. 12. Relation between Torsional Moment and Angle of Torsion.



(1)Static Tension. (2)Delayed Failure on Tension. (3)Static Clamp. (4)Delayed Failure on Clamp.  
Fig. 13. Photographs of Fracture.

次に機械的応力変動による疲労試験結果を Fig. 14 に S-N 線図で示す。図において SCM<sub>3</sub> 試験片は応力振幅  $\sigma_a=10, 20\text{kg/mm}^2$  の場合共に破線で示されたばらつきを持っており、 $\sigma_a=10\text{kg/mm}^2$  の時は平均応力の減少に伴って応力繰返し数は増加している。しかし  $20\text{kg/mm}^2$  の場合は平均応力が  $1/2$  の時も繰返し数はまだ  $10^4$  のオーダーにあるといった寿命の急激な低下が現われている。先に述べた水中遅れ破壊試験では、SCM<sub>3</sub> 材は水中遅れ破壊には強いという結果を得ていることから、寿命の低下には応力振幅が大きく関係して疲労における水中での負荷の影響はほとんどないものと思われる。ch. 40 材については  $\sigma_a=10\text{kg/mm}^2$  の場合 SCM<sub>3</sub>

材とはほぼ同じ疲労強度をもつことが分る。Fig. 15 は応力繰返し数  $5 \times 10^4$  における SCM<sub>3</sub> 材の時間強度線図である。ここで先の単純引張遅れ破壊試験で得られた水中100時間耐遅れ破壊強さの  $150\text{kg/mm}^2$  は、この疲労試験の  $\sigma_a=10\text{kg/mm}^2$  の  $5 \times 10^4$  回の時間強度に相当する。以上より実際のボルト継手は  $10\text{kg/mm}^2$  以下のくり返し引張応力が作用してもその繰返しだけで破断することはまづ考えられない



4. - Curve.

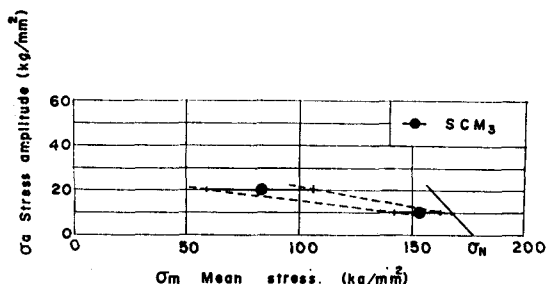


Fig. 15. Relation between Stress Amplitude and Mean Stress at  $N=5 \times 10^4$

## 5. 結 言

橋梁に使用された高張力ボルトの不測の破壊から、その原因究明の一方向として以上述べた実験を試みた。そこで以上の結果をまとめてみると次のようである。

(1) 水中における単純引張試験で ch. 40 および SC M<sub>3</sub> 試験片の100時間耐遅れ破壊強さは 60kg/mm<sup>2</sup>, 150 kg/mm<sup>2</sup> である。

(2) 締付けによる引張とねじりを伴った試験では、試験片にそれぞれほぼ同じ値の応力が作用していることが判明したが、遅れ破壊には引張応力が大きく関係しているようである。

(3) 疲労試験では平均応力が高いにもかかわらず予想以上の寿命が得られた。しかしSCM<sub>3</sub>材では応力振幅の増加で急激な寿命の低下が現われているため、実際に使用されているボルトに自然的な応力変動と実働応力の繰り返し作用する場合は破断を考慮に入れる必要がある。

終りに本研究にあたり懇切なる御指導を賜った立命館大学関護雄、田中道七両教授に深謝するとともに、試

料を提供していただいた神戸製鋼中央研究所の諸氏に感謝の意を表す。

## 文 献

- 1), 神鋼技報. 18. No.13
- 2), 宮本他, 第20期学術講演会前刷. 77 (1971)
- 3), 山本, 材料, 17. 180 (1968)

# 非線形要素を含むサーボ系の振動について

Oscillation in Servomechanism with

Nonlinear Element

木 村 伊 一

Iichi KIMURA

## 抄 録

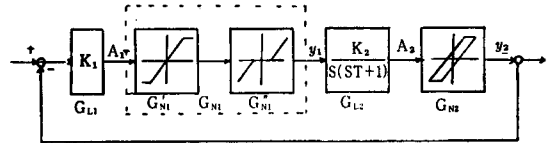
非線形要素をもつサーボ系に発生する持続振動については、すでに多くの報告がなされている。(1)~(5)本論文はバックラッシュ、飽和、不動帯の三つの非線形要素を含む系に発生する持続振動が、これら非線形要素とどのような関係にあるかを記述関数法により明らかにしたものである。

## 1 緒 言

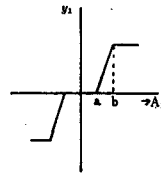
実際の制御要素は多少の非線形性を含んでいる。サーボ系においては、増幅器の飽和、サーボモーターの不動帯、サーボモータと負荷を結合する歯車にバックラッシュなどの非線形要素が含まれている。普通これらを見出し線形要素とするか、どれか一つの非線形要素だけを考慮して取り扱う場合が多い。非線形要素が一つの場合は安定、不安定の判別は記述関数法により簡単になされるが、二つ以上の非線形要素が含まれる場合、それらを合成して一つの非線形要素に置換できれば解析は簡単となるが、その置換ができなければ解析は非常に困難なものとなる。また、このようなサーボ系では二つ以上の非線形要素が線形要素を介して接続されるとその総合記述関数が周波数に依存するようになることを論じ、各パラメータと振動の関係について考察したものである。

## 2 記述関数による解析

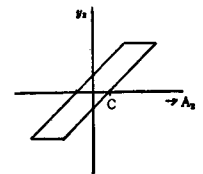
サーボ系のブロック線図は第1図のように示すことができる。ここで飽和と不動帯を第2図に示すように合成



第1図 サーボ系の構成図



第2図 飽和と不動帯の合成した非線形特性



第3図 バックラッシュ特性

し、その非線形要素を  $G_{N1}$  とする。二つの非線形要素  $G_{N1}$  および  $G_{N2}$  が二つの線形要素  $G_{L1}$ ,  $G_{L2}$  と接続された系として取り扱うこととする。線形要素はいずれも高周波減衰特性をもつものとする。いま  $G_{L1}$  の直前でループを開き、そこに入力  $A \sin \omega t$  を加えたとする。これが  $G_{N1}$  を通過するとその出力  $y_1$  の基本波成分の振幅、位相は次式で与えられる。

$$y_1 = A G_{L1}(j\omega) G_{N1}(A_1) \quad (1)$$

$$\text{ただし } A_1 = A |G_{L1}(j\omega)|$$

これが  $G_{L2}$  を通過すると振幅、位相は  $A G_{L1}(j\omega) G_{N1}(A_1) G_{L2}(j\omega)$  によって与えられる。これが  $G_{N2}$  に入るのであるが、その入力振幅は  $A |G_{L1}(j\omega) | G_{N1}(A_1) | G_{L2}(j\omega) |$  であるから  $G_{N2}$  の出力  $y_2$  は

$$y_2 = A G_{L1}(j\omega) G_{N1}(A_1) G_{L2}(j\omega) G_{N2}(A_2) \quad (2)$$

ただし  $A_2 = A |G_{L1}(j\omega) | G_{N1}(A_1) | G_{L2}(j\omega) |$  となる。したがって  $y_2$  の  $G_{L1}$  入力に対する振幅比およ

び位相ずれは  $G_{L1}(j\omega) G_{N1}(A_1) G_{L2}(j\omega) G_{N2}(A_2)$  に  
よって与えられることになる。

$G_{N1}(A_1)$ ,  $G_{N2}(A_2)$  の記述関数はそれぞれ第2図,  
第3図から次のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} A_1/a = \alpha \leq 1, & G_{N1}(A_1) = 0 \\ 1 \leq \alpha \leq \beta = b/a, & G_{N1}(A_1) = k_1(1 - q(\alpha)) \\ \alpha \geq \beta, & G_{N1}(A_1) = k_1 \left[ q\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) - q(\alpha) \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} A_2/c = \alpha \leq 1, & G_{N2}(A_2) = 0 \\ \alpha \leq 1, & G_{N2}(A_2) = k_2/2 \\ & \left[ 1 - q\left(\frac{\alpha}{2-\alpha}\right) + j \frac{2}{\pi\alpha} \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \right] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ただし  $k_1, k_2$  は比例定数

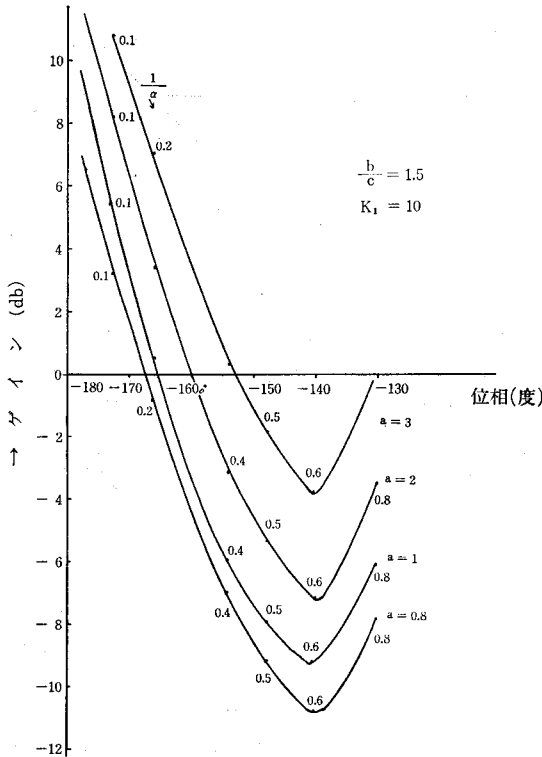
$$q(\alpha) = \frac{2}{\pi} \left[ \sin^{-1} \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} \sqrt{1 - \left(\frac{1}{\alpha}\right)^2} \right]$$

この場合の特性方程式は

$$1 + G_{L1}(j\omega) G_{L2}(j\omega) G_{N1}(A_1) G_{N2}(A_2) = 0 \quad (5)$$

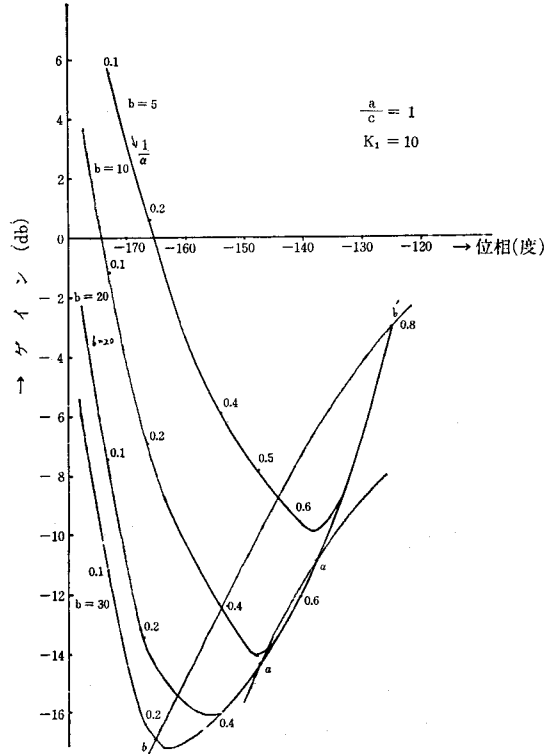
によって与えられるから  $G_{L1}(j\omega) G_{L2}(j\omega)$ ,  $-1/G_{N1}(A_1) G_{N2}(A_2)$  のゲイン位相図を描けば持続振動がしらべられる。

### 3 計算例



第4図  $\frac{-1}{K_1 G_{N1} G_{N2}}$  のゲイン位相図

特性方程式を満足させるような条件を求めることは非常に困難とされている。ここでは前述のゲイン位相図から持続振動をしらべ、この持続振動に影響をおよぼす変数を明確にするために、 $a/c, \omega, K_2$  を選び、線形伝達関数  $G_{N1}, G_{N2}$  を  $K_1, \frac{K_2}{j\omega(j\omega T + 1)}$  として、それぞれのゲイン位相図を描いた。第4~7図

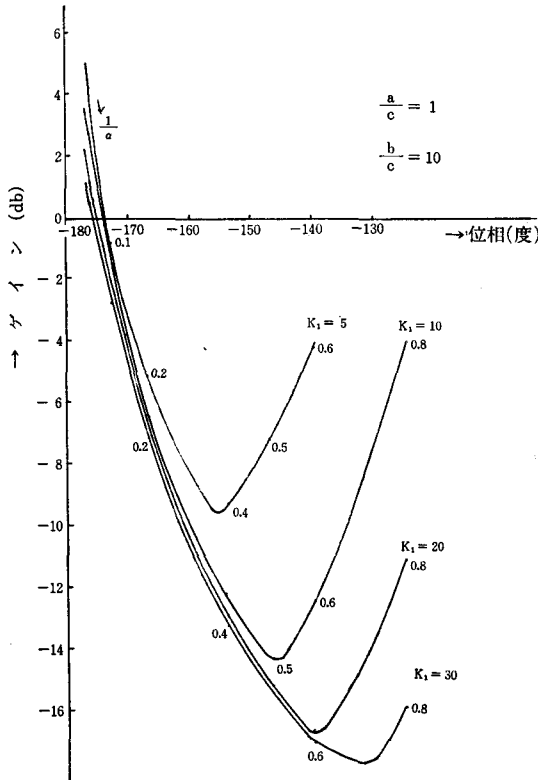


第5図  $\frac{-1}{K_1 G_{N1} G_{N2}}$  のゲイン位相図

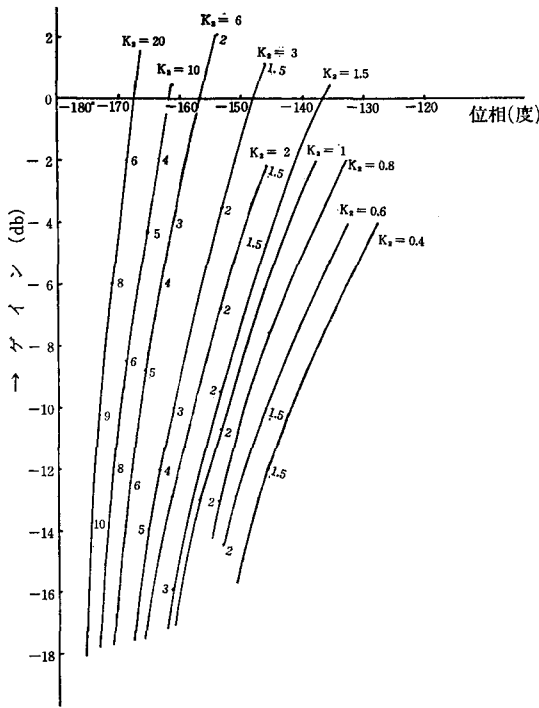
### 4 持続振動および考察

$-1/K_1 G_{N1}(A_1) G_{N2}(A_2)$  と  $K_2/j\omega(j\omega T + 1)$  のゲイン位相図の交点より持続振動の性質およびその振幅と振動数がわかるが、二つのゲイン位相図が接するところでは持続振動が起りはじめることになる。このときの  $K_1$ , 飽和と  $K_2 T$  の関係、不動帯、バックラッシュと  $K_2$  の関係を第8図の点線で示してある。

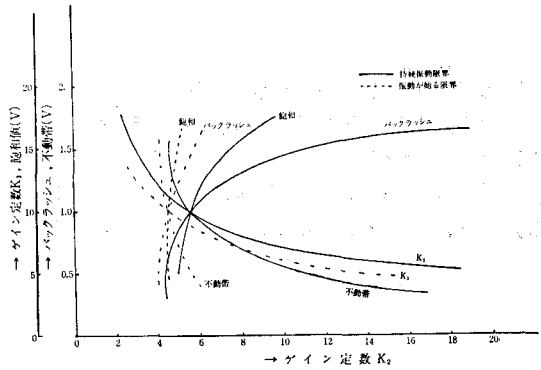
持続振動については第5図の交点  $b, b'$  が存在するが、 $b$  点は安定な平衡点で  $b'$  点是不安定な平衡点である。また  $a$  点は安定な平衡点で  $a'$  点是不安定な平衡点であるが、 $a, a'$  点が接近しているため、持続振動の振幅と振動数は  $a$  点と  $a'$  点の間で動揺する。このことから  $b$  点を安定なる限界と考え、このときの  $K_1$ , 飽和と  $K_2$  の関



第6図  $\frac{-1}{K_1 G_{N1} G_{N2}}$  のゲイン-位相図



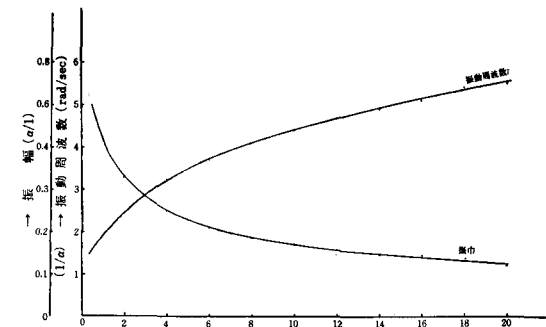
第7図  $\frac{K_2}{j\omega(j\omega T+1)}$  のゲイン-位相図



第8図 持続振動と各要素との関係

係、不動帯、バックラッシュと $K_2 T$ の関係を示してある。例えば、増幅器定数 $K_1$ 、不動帯、飽和を一定として得られた $K_2$ -バックラッシュ特性について吟味すると、点線で示した曲線を境界にしてそれよりも右の領域で持続振動がおこる。しかしこの領域では不安定な持続振動である。また実線で示した境界より右の領域では安定な持続振動となる。

第8図から持続振動と各非線形要素との関係をみるとバックラッシュ、不動帯に比べ飽和要素が持続振動に及ぼす影響が大きいことがわかる。式(2)より非線形要素の記述関数は入力周波数にも依存しているとしたが、周波数の影響よりも線形要素のゲイン定数 $K_1$ 、 $K_2$ による影響が大きくあらわれている。



第9図 ゲイン定数と振動周波数、振幅の関係

#### 4 結 言

飽和、不動帯、およびバックラッシュなどの非線形要素を含むサーボ系の持続振動について記述関数法により考察した結果、各非線形要素とどのような関係にあれば持続振動を生ずるかを明らかにすることができた。

また記述関数が入力周波数に依存している場合でも、 $K_1$ 、 $K_2$ のみに着目して振動状態を考察しても十分な結果が得られたが、今後はもっと簡単な解析法を追求しなければならない。

## 文 献

- 1) 桑原：電気四学会連合大会 昭38
- 2) 丸橋：電気学会誌 Vol. 83, No.2, 昭38
- 3) R.L, Cosgriff : Nonlinear Control Systems, Book
- 4) R.J, Kochenburger : Trans, AIEE, July, 1953.
- 5) P.N, Nikiforuk : Control Vol. 7 No. 1, 1968.



# オプトロニック・セルラー論理回路

高 橋 晴 雄

## Optronic Cellular Logic Circuit

Haruo TAKAHASHI

**Summary-**This paper describes about an optronic cellular logic circuit.

The fundamental cellular logic circuit is constructed with optronic elements as light emitting diode and silicon blue cell, and has two type logical function  $Y = y \oplus (x_1 \cdot x_2)$  and  $Y = y \cdot (\overline{x_1 \cdot x_2})$  which are the fundamental logical function in the controlled input type cellular logic.

As the input and output in this logic cell is the optronic binary signal, the circuit construction is simpler than other transistor cell, and two dimensional arrangement of this cell will be easy to make parallel processing.

### 1 ま え が き

現在の電子計算機においては、一次元処理が一般に用いられている。処理の高速化と高密度化をはかる一つの方法として並列処理がある。パターン認識のような図形処理などには、二次元的な処理方式の必要性が高まっている。

セルラー・ロジック (Cellular Logic) の研究は、空間的に適当に配置した多くの論理装置を巧みに組み合わせ、大規模でより高速度の情報処理システムを構成しようとするものである。

セルラー・ロジックはある論理機能を有する基本セルを適当に組み合わせて論理処理を行なうものであるから、基本セルの回路構成、論理機能および動作速度がシステム全体の機能に影響を与える。

本研究は、セルラー・ロジックの原理を応用して、光信号を用いた並列処理のための論理回路を試作することを目的としたものである。すなわち、試作する基本論理回路 (以下セルとよぶ) は、多用途化をはかるために制御入力形セルの基本論理を行なわせ、入出力を光信号で結合する。光信号を用いるのは、並列入出力の回路構成の簡化をはかること、また、二次元的な処理に対し組み合わせ配列の構成を簡単にするためのことである。

### 2 セルラー・ロジックの原理

セルラー・ロジックは、ある単位セルのくり返し構造

をもつ配列によって、論理演算を実現するものである。この論理演算は、多次元のくり返し回路を用いて合成することが一般的であるけれども、ここでは簡単のために回路構造を一次元にした場合の、一次元くり返し論理回路について考える。

セルラー・ロジックの基本セルには、境界入力形セルと制御入力形セルの2つのタイプがある。

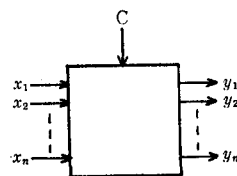


図1 境界入力形セル

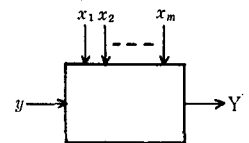


図2 制御入力形セル

図1は、境界入力形セルのブロック図を示したものである。2値の変数入力  $x_1 \cdots x_n$  は、セルの左端に入り、上端から2値の定数入力  $C$  が入り、2値出力  $y_1 \cdots y_n$  は右端から取り出される。

図2は、制御入力形セルのブロック図を示したものである。2値の変数入力  $x_1 \cdots x_m$  は上端に入り、左端から2値の定数入力  $y$  が入り、2値出力  $Y$  は右端から取り出される。

本研究においては、制御入力形セルに着目する。図3に示すような制御入力形くり返し論理回路網は、一般に Maitra カスケードとよばれている。これは変数入力

1つのセルにつき1つである。図4は、Maitra カスケードを变形したもので、変数入力は、 $x_1 \dots x_m$  の  $m$  個で、定数入力  $y$  は1個であり、出力  $Y$  が1つであるようなセルである。このセルを  $(m+1, 1)$  セルとよぶ。

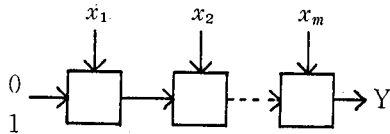


図3 Maitra (カスケード)

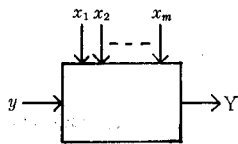


図4  $(m+1, 1)$ セル

$(m+1, 1)$  セルくり返し論理回路網については、ある論理関数がセルを用いて合成可能かどうかに対する判定法、必要なセルの種類などについて調べられている。また、任意の  $(m+1, 1)$

セルを用いて合成可能な関数は、つぎの2つの  $(m+1, 1)$  セルを用いて合成可能であることがわかっている。

1) セルA  $Y = y \oplus (x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_m)$

セルAは、変数入力  $x_1 \dots x_m$  がすべて“1”のとき  $y$  の値(レベル状態)を反転し、 $x_1 \dots x_m$  のうち1つでも“0”のとき  $y$  をそのまま出力に出すような論理動作を行なう。

2) セルB  $Y = y \cdot (x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_m)$

セルBは、変数入力  $x_1 \dots x_m$  がすべて“1”のとき出力  $Y$  は“0”となり  $x_1 \dots x_m$  のうち1つでも“0”であれば  $y$  をそのまま出力に出すような論理動作を行なう。

したがって、セルA、セルBが  $(m+1, 1)$  セルを構成するための2基本セルである。

多変数入力、2変数入力を拡張したものと考えることができるので、ここでは2変数入力セル  $(2+1, 1)$  セルについて述べる。

### 3 試作回路

#### 3.1 $(2+1, 1)$ セル

試作セルは、変数入力として2つの方向成分をもった光信号を用いる  $(2+1, 1)$  セルとする。

図5は、オプトロニク  $(2+1, 1)$  セルのブロック図を示したものである。

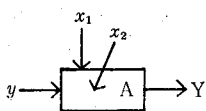
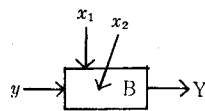


図5 方向性セルA



方向性セルB

表1  $(2+1, 1)$  セルA, セルB真理値表

$y$	$x_1$	$x_2$	$Y_A$	$Y_B$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0

セルAは、

$$Y_A = y \oplus (x_1 \cdot x_2)$$

なる論理動作を行ない、セルBは、

$$Y_B = y \cdot (x_1 \cdot x_2)$$

なる論理動作を行なう。一般の  $(2+1, 1)$  セルにおいては、変数入力は上端のみであるけれども、試作セルにおいては、光信号を用いるので、変数入力は上端  $x_1$  と上面  $x_2$  の2方向にしてある。これは、光信号を用いることにより、二次元処理に拡張させることが容易となるためである。変数入力  $x_1, x_2$ 、定数入力  $y$  および出力  $Y$  は、すべて光信号である。すなわち光信号のあるときは“1”に対応し、ないときは“0”に対応する。 $(2+1, 1)$  のセルA、セルBを試作しようとするのは、セルA、セルBが一般の  $(m+1, 1)$  セルの論理表現の基本セルとなるからである。表1は、セルA、セルBに対する真理値表を示したものである。

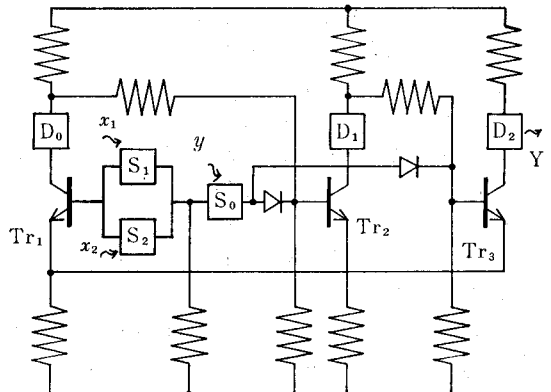


図6 オプトロニク  $(2+1, 1)$  セルA

表2 オプトロニク (2+1,1) セルA

S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0

3.2 回路構成と基礎実験

図6, 図7はそれぞれ, 試作のオプトロニク (2+1, 1) セルAおよびセルBの回路構成を示したものである。S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>はそれぞれ太陽電池を示し, 各トランジスタのコレクタに接続されたD<sub>0</sub>, D<sub>1</sub>およびD<sub>2</sub>は, 発光ダイオードを示す。S<sub>0</sub>は定数入力yに対応し, S<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>は変数入力x<sub>1</sub>およびx<sub>2</sub>に対応し, D<sub>2</sub>が出力Yに対応している。

試作のセルAは, 表1の真理値表より, 変数入力x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>の少なくとも一方が“0”であるときに, 出力Y<sub>A</sub>は, Y<sub>A</sub>=yであり, x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>の両方が“1”であるときには, Y<sub>A</sub>=yであることに着目して構成している。同様にセルBは, 変数入力x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>の少なくとも一方が“0”であるときに, 出力Y<sub>B</sub>は, Y<sub>B</sub>=yであり, x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>がともに“1”であるときに, Y<sub>B</sub>=0であることに着目して構成している。

セルA回路の動作原理について述べる。トランジスタTr<sub>1</sub>およびTr<sub>2</sub>はミュミット・トリガー回路を形成し, Tr<sub>3</sub>はTr<sub>2</sub>の一種のインバータを形成している。太陽電池S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>に光入力がない場合には, Tr<sub>1</sub>はOFFの状態, Tr<sub>2</sub>はONの状態, Tr<sub>3</sub>はOFFの状態である。Tr<sub>1</sub>は, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>の両方に光入力がある場合にのみ導通するようにバイアスを調整しておく。Tr<sub>2</sub>はTr<sub>3</sub>がOFFの状態にあるか, S<sub>0</sub>に光入力があるときにのみ導通するようにバイアスする。Tr<sub>3</sub>は, Tr<sub>2</sub>がOFFの状態にあるときには導通してONの状態になる。また, Tr<sub>3</sub>は, Tr<sub>1</sub>がOFFの状態, S<sub>0</sub>に光入力がある場合には, ONの状態になる。このとき, Tr<sub>1</sub>がONの場合にはTr<sub>1</sub>, Tr<sub>2</sub>の共通エミッタ抵抗に電圧降下を生じ, Tr<sub>3</sub>のベース・エミッタ間の逆電圧が大きくなり, S<sub>0</sub>に光入力があっても, Tr<sub>3</sub>はONの状態にならないよ

うにバイアスを調整する。Tr<sub>3</sub>のコレクタに接続されたD<sub>2</sub>は, Tr<sub>3</sub>がONの状態のとき発光してY<sub>A</sub>に対応した光出力を発生する。

表2は, このセルAについてS<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>の光入力とD<sub>0</sub>, D<sub>1</sub>およびD<sub>2</sub>の光出力の関係を求めた真理値表である。これより, D<sub>0</sub>からS<sub>1</sub>とS<sub>2</sub>のAND出力が得られ, D<sub>2</sub>からはセルAに対応した光出力Y<sub>A</sub>が得られることがわかる。

つぎに, セルB回路の動作原理について述べる。Tr<sub>1</sub>とTr<sub>2</sub>はミュミット・トリガー回路を形成し, Tr<sub>3</sub>はTr<sub>2</sub>のインバータである。

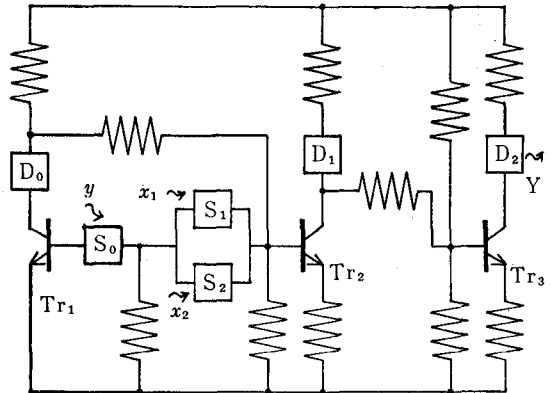


図7 オプトロニク (2+1,1) セルB

表3 オプトロニク (2+1,1) セルB

S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0

光入力のない場合には, Tr<sub>1</sub>はOFFの状態, Tr<sub>2</sub>はONの状態したがってTr<sub>3</sub>はOFFの状態にある。S<sub>0</sub>に光入力があるとき, Tr<sub>1</sub>はONの状態になり, Tr<sub>2</sub>をOFFの状態にする。Tr<sub>2</sub>は, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>の両方に光入力があるときにのみONの状態になるようにバイアスする。S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>のすべてに光入力があるときには, Tr<sub>1</sub>, Tr<sub>2</sub>ともにONの状態になる。Tr<sub>3</sub>は, Tr<sub>2</sub>がONの状態にあるときには, OFFの状態になり, 逆のときに

は ON の状態となる。D<sub>2</sub> は Tr<sub>3</sub> が ON の状態のときに発光して、Y<sub>B</sub> に対応した光出力を発生する。

表3は、このセルBについて、S<sub>0</sub>、S<sub>1</sub> および S<sub>2</sub> の光入力と D<sub>0</sub>、D<sub>1</sub> および D<sub>2</sub> の光出力の関係求めた真理値表である。これより D<sub>0</sub> は S<sub>0</sub> の入力そのものを出し、D<sub>1</sub> はセルB出力の NAND すなわち Y<sub>B</sub> を出力していることがわかる。

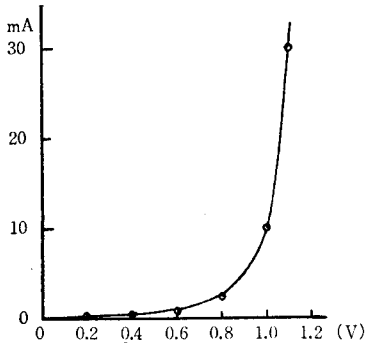


図8 発光ダイオード V—I 特性

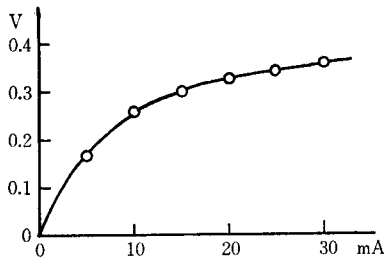


図9 発光ダイオード電流—太陽電池電圧特性

図8は、発光素子である発光ダイオードのV—I特性を、図9は、受光素子である太陽電池の起電圧を発光ダイオード電流に関して実験的に求めたものである。試作のセルA、セルBについての回路解析については紙面の都合で省略する。

#### 4 くり返し構成への応用

試作したオプトロニック (2+1, 1) セルを組み合わせた応用の1例として半加算器の構成について述べる。

図10は、セルA、セルBを組み合わせた半加算器を示したものである。加算入力をyとx<sub>1</sub>にし、x<sub>2</sub>を“1”としている。Sは、セルAを用いて

$$S = y \oplus (x_1 \cdot I) = y \cdot \bar{x}_1 + \bar{y} \cdot x_1$$

となり、けた上げCは、Sをx<sub>1</sub>としてセルBに入力することにより、

$$C = y \cdot \bar{S} = y \cdot (y \cdot \bar{x}_1 + \bar{y} \cdot x_1) \\ = y \cdot (\bar{y}_1) \cdot (y + \bar{x}_1) + x_1 = x_1 \cdot y$$

となる。

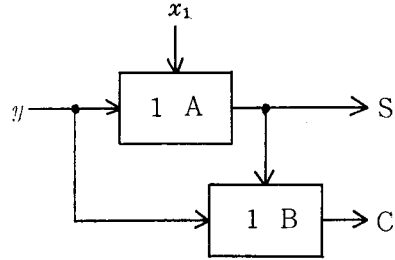


図10 セルを用いた半加算器構成図

#### 5 むすび

試作オプトロニック・セル回路論理回路についてまとめてみるとつぎのようになる。

1. 入出力は光信号までであるから、セル間のインピーダンスマッチングに対する配慮を必要としないし、結線が必要としないので、回路構成が簡単になる。
2. 基本セル回路は、入力に方向性もたせた光信号を用いて構成できるので、二次元処理への応用が簡単となる。また、基本セルであるセルA、セルBとも回路構成がきわめて似ているので、回路の作成ならびに調整が容易である。
3. 基本セルは、トランジスタのベースに接続した太陽電池により動作するので、バイアス回路の調整が困難となる。
4. 基本セルは、トランジスタ、太陽電池、発光ダイオードの結合回路であり、動作速度は太陽電池の応答速度により制限される。
5. 基本セルを多数配列して二次元処理へ応用するためには比較、光による素子たとえば光PNPN素子などを用いて、使用素子数を少なくし、セルの小型化と信頼性の向上をはかる必要がある。

#### 謝 辞

長年にわたってご指導いただいている大阪市立大学工学部電気工学教室、北浜安夫教授、志水英二講師ならびに電子回路研究室のかたがたにお礼申し上げます。

本研究に協力された本校電気工学科成田紘一講師に謝意を表する。

#### 参 考 文 献

- (1) 福村晃夫；最近のスイッチング回路網理論，電子通信学会誌，53，No. 8，1970
- (2) 野口正一；Cellular Logic の研究について，電子通信学会誌，54，No. 2，1971
- (3) 北浜安夫ほか；セル構造をもつ多層形オプトロニック回路によるパターン認識の一方式，電気関係学会電算機研究会資料，EC-71-15 (1970-06)
- (4) 高橋晴雄；オプトロニック・セル回路，電子通信学会関西支部講演論文集，G6-11，1971.

# パルス巾制御 3 相逆変換器に関する研究

井 村 栄 仁

Research On A PWM type 3—Phase Invertor

Shigeji IMURA

Abstract—This paper is described on a PWM (Pulse Width Modulated) type three-phase invertor which is able to control output voltage.

According to this method, we can obtain variable effective output voltage in the wide range, that is to say, theoretical value that varies from 0 % to about 82 % of input.

PWM method not only results in small loss, but also can control output under the condition of constant input voltage.

As a result, this type of invertor can be driven not only at low frequency, but at high frequency. Output voltage experimentally regulated is approximately equal to that of theoretical value, and the efficiency is high in the case of resistive load. On the other hand, we admit that not a few problems must be settled. Among these problems are included some improvements of gating circuit and proper selection of commutation elements.

## 1 結 言

交流電動機速度制御を効率よく、かつ無段階におこなう方法として、電圧制御及び周波数制御が考えられる。これまで逆変換器の出力電圧の調節は、おもに入力直流電圧の調節によってなされていた。

一方、半導体素子——特にシリコン制御整流素子 (SCR) ——の急速な発達は、従来の水銀整流器にとってかわり、逆変換器の動作周波数をいちじるしく高めたと同時にゲート信号による動作周波数の制御が容易であるので周波数の可変領域も非常に増大した。しかるに、交流機が効率よく運転されるためには、本質的に volt/Hz が一定であるような逆変換器出力を必要とする。出力電圧の制御は既述のとおり直流入力電圧を可変にすればよくまたこれがもっとも簡単な方法であるけれども、逆変換器に基本的に附随する転流能力の低下を招くので好ましくない。

そこで本報告においては、直流入力一定の条件のもとに出力電圧を制御することを目的としたパルス巾制御逆変換器について

(1) 電圧制御率

(2) 誘導負荷時の動作モード

を明らかにし、実験結果との比較検討を行なった。

一般に SCR のように断続機能を有する素子を含んだ

回路の解析は、断続回路の理論<sup>1)</sup> によるかまたは park vector<sup>2)</sup> を使って進められるべきであるが、ここでは簡易解析法によって各モードの電流・電圧解を求めた。

なお、本逆変換器は、可変周波数の逆変換器としても動作させることができるが、今回は周波数を一定 (500 Hz) とした。

## 2 PWM逆変換器の原理

図 1 に PWM 逆変換器のモデルを、図 2 にスイッチングシーケンスを示す。これらのスイッチングシーケンスは、ゲート信号の印加によって実現されるが、図 1 ではゲート回路及び転流回路を省略してある。

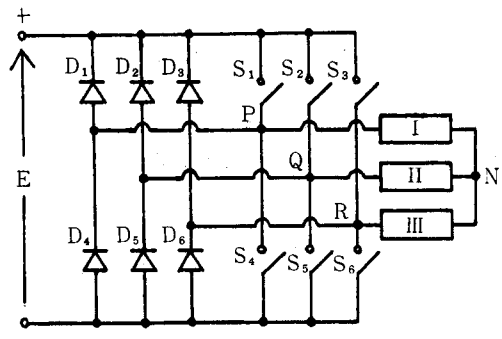


図 1 PWM逆変換器のモデル

期間	1	2	3	4	5	6
スイッチオン	S <sub>6</sub> S <sub>1</sub> S <sub>5</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>5</sub> S <sub>3</sub>	S <sub>5</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> S <sub>2</sub> S <sub>6</sub>	S <sub>2</sub> S <sub>6</sub> S <sub>1</sub>
期間	1	2	3	4	5	6
スイッチオン	S <sub>6</sub>   S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>   S <sub>1</sub> S <sub>5</sub>   S <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>   S <sub>1</sub> S <sub>5</sub>   S <sub>5</sub> S <sub>3</sub>   S <sub>3</sub>	S <sub>5</sub>   S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>   S <sub>3</sub> S <sub>4</sub>   S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>   S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>   S <sub>4</sub> S <sub>2</sub>   S <sub>2</sub>	S <sub>4</sub>   S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>   S <sub>2</sub> S <sub>6</sub>   S <sub>6</sub>	S <sub>2</sub>   S <sub>6</sub> S <sub>6</sub>   S <sub>6</sub> S <sub>1</sub>   S <sub>1</sub>
期間	1	2	3	4	5	6
スイッチオン	S <sub>1</sub>   S <sub>5</sub> S <sub>5</sub>   S <sub>5</sub>	S <sub>5</sub>   S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>   S <sub>3</sub>	S <sub>3</sub>   S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>   S <sub>4</sub>	S <sub>4</sub>   S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>   S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>   S <sub>6</sub> S <sub>6</sub>   S <sub>6</sub>	S <sub>6</sub>   S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>   S <sub>1</sub>

図2 スイッチシーケンス

図1のS<sub>1</sub>~S<sub>6</sub>は、負荷に電力を供給する主SCRを示し、D<sub>1</sub>~D<sub>6</sub>は、McMurray<sup>3)</sup>等によって提唱された帰還ダイオードであって、誘導負荷時における無効電力を直流電源へ帰還する。

また図2のαは、1個の主SCRが導通状態にある期間を電気角で表わしたものであって、ラジアンまたは度である。各導通角αに対応して得られるI相の相電圧e<sub>I</sub>及びI-Ⅱ線間電圧e<sub>I-Ⅱ</sub>を図3に挙げておく。

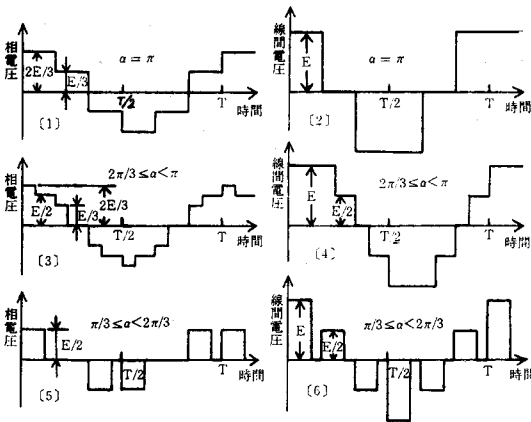


図3 導通角—出力電圧波形

### 3 電圧制御率

線間出力電圧の実効値をEff(α), 直流入力電圧をEとすると、図4を参照して、電圧制御率Eff(α)/Eは次のようになる。

(π/3) ≤ α ≤ (2π/3) のとき、

$$\begin{aligned}
 E_{eff}(\alpha)/E &= \sqrt{\frac{1}{\pi} \left\{ \int_0^{\alpha - \frac{\pi}{3}} d\theta + \int_{\frac{\pi}{3}}^{\alpha} \left(\frac{1}{2}\right)^2 d\theta + \int_{\frac{2\pi}{3}}^{\alpha + \frac{\pi}{3}} \left(\frac{1}{2}\right)^2 d\theta \right\}} \\
 &= \sqrt{(3/2\pi) (\alpha - \pi/3)} \quad (1)
 \end{aligned}$$

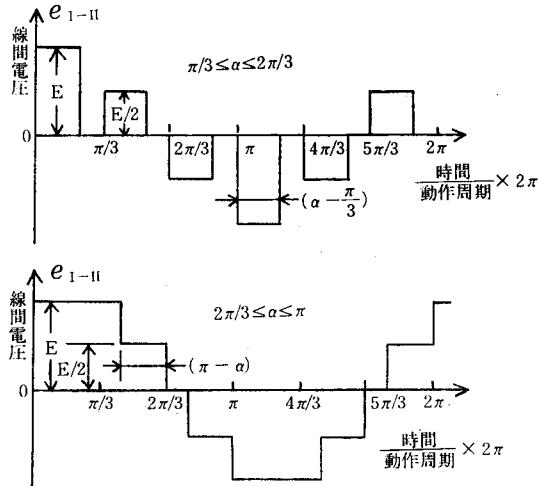


図4 線間電圧

(2π/3) ≤ α ≤ π のとき、

$$\begin{aligned}
 E_{eff}(\alpha)/E &= \sqrt{\frac{1}{\pi} \left\{ \int_0^{\alpha - \pi/3} d\theta + \int_{\alpha - \pi/3}^{2\pi/3} \left(\frac{1}{2}\right)^2 d\theta + \int_{\alpha}^{\pi} \left(\frac{1}{2}\right)^2 d\theta \right\}} \\
 &= \sqrt{1/2 + (1/2\pi) (\alpha - 2\pi/3)} \quad (2)
 \end{aligned}$$

(1), (2)式からE<sub>eff</sub>(α)は、α=2π/3を境にして導通角αの異なる2つの放物線で表わされるが、両式はα=2π/3で連続している。そしてα=π/3のときにはE<sub>eff</sub>(α)=0であり、α=πのときE<sub>eff</sub>α/E=√2/3≒0.82であるから、この種の逆変換器においては主SCRの導通角αを制御することにより、出力電圧の実効値を直流入力電圧の0%から約82%まで連続的に変化できる。

### 3 逆変換器の動作と動作モードの解析

#### 3.1 逆変換器動作

ここでは逆変換器負荷が誘導性である場合の動作について述べる。

誘導性負荷に対しては、図1の帰還ダイオードが無効電力を電源に帰還するために導通するので、主SCRの導通角αと誘導性の強さに応じて、いくつかの動作モードが現われてくる。そこでαが(π/3) ≤ α ≤ (2π/3)のときの動作モードを述べる。このとき図5に示すようにA, B, C, D及びEの5つのモードが存在する。これらのモードは、主SCRの導通角αに対する、帰還ダイオードの導通角との相対的關係により定まるものである。A, B, C, D及びEの順に誘導性が弱くなり、特にEモードは純抵抗負荷時のモードであって、帰還ダイオードは導通しない。

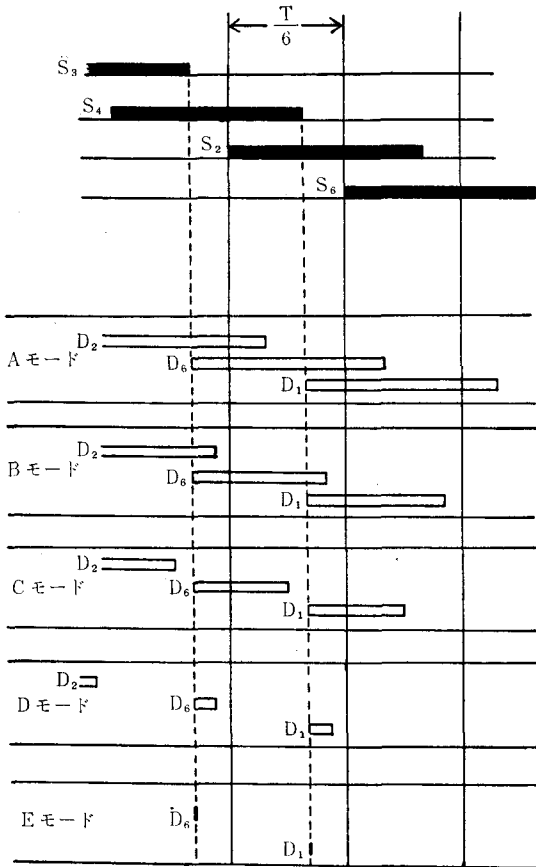


図5  $\pi/3 \leq \alpha \leq 2\pi/3$ におけるモードの分類

表1は、図5をもとにして1/6周期内における回路状態を導通しているSCR及びダイオードの個数によって各モードごとに記したものであり、表2はその物理的意味である。

	回路状態	1/6 周期			
		(1)	(2)	(3)	(1')
Aモード	SCR	1	2	1	1
	ダイオード	2	1	2	2
Bモード	SCR	2	1	1	2
	ダイオード	1	2	1	1
Cモード	SCR	2	2	1	2
	ダイオード	1	0	1	1
Dモード	SCR	2	1	0	2
	ダイオード	0	1	0	0
Eモード	SCR	2	1	1	2
	ダイオード	0	0	0	0

表1 回路状態と導通素子数

導通している素子の個数		物理的意味	
SCR	ダイオード	電源側	負荷側
2	1	電力供給及び循環	相電流は、いずれの相においても切れない。
1	2	電力帰還及び循環	
2	0	電力供給	いずれかの相電流が必ず切れる。
1	1	循環	
1	0		

表2 導通素子数と回路の物理的意味

3.2 動作モードの解析

前記3.1の5つのモードにおける電流・電圧解を任意の主SCRが導通してから次の主SCRが導通するまでの期間すなわち1/6周期内で求める。

3.2.1 記号と仮定

- (1) 直流入力電圧をE(V)、負荷の抵抗分をR(Ω)、インダクタンス分をL(H)として、 $I_d \equiv E/3R$ 及び $k=R/L$ とおく。
- (2) 逆変換器の動作周期をT(sec)として、 $\tau \equiv T/6$ とおく。
- (3)  $\tau$ は、電気角で $\pi/3$ に相当するが、1個の主SCRの導通角を $\alpha$ とすると、電気角で $\pi/3$ 中 $(\alpha - \pi/3)$ の期間は主SCRが実際に導通しているが $\beta \equiv \pi/3 - (\alpha - \pi/3) = 2\pi/3 - \alpha$

においては非導通である。この $\beta$ に相当する時間を $\tau_f$ として、 $\exp(-k\tau_f) \equiv \xi$ とおく。

ただし、 $\tau_f = (\beta/2\pi) \cdot T = (3/\pi)(2\pi/3 - \alpha) \cdot \tau$

- (4)  $\exp(-k\tau) \equiv \eta$
- (5)  $(\alpha - \pi/3)$ に相当する時間を $\tau_n$ とすると、 $\tau_n = \tau - \tau_f$ であるから、 $\exp(-k\tau_n) \equiv \eta/\xi$
- (6) 転流インダクタンス及び半導体素子の順方向電圧降下は無視し、さらにSCRはゲート信号の印加とともにただちにターンオンするものとする。
- (7) 電流の正方向は、負荷の中性点に向う方向とする。
- (8) 各回路状態の解は、その回路状態が始まった時刻を時間の原点にとる。

3.2.2 解析

Aモード

条件： $\xi > 2(\eta^2 - \eta + 1) / (\eta + 1)$  (3)

$\tau$ 内で3つの回路状態(1)、(2)及び(3)が存在する。

- (1)  $0 \leq t \leq t_{(1)}$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ -1 - \frac{\xi(1-2\eta)}{\eta^2 - \eta + 1} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{I}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = Id \left\{ 2 - \frac{\xi(\eta+1)}{\eta^2 - \eta + 1} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{3}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = Id \left\{ -1 + \frac{\xi(2-\eta)}{\eta^2 - \eta + 1} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{III}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$(2) \quad 0 \leq t \leq (\tau_n - t_{(1)})$$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ -1 - \frac{2(1-2\eta)}{1+\eta} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{I}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = Id (2 - 2e^{-kt}) \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{3}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = Id \left\{ -1 + \frac{2(2-\eta)}{1+\eta} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{III}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$(3) \quad 0 \leq t \leq \tau_f$$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ 1 - \frac{2-\eta}{\eta^2 - \eta + 1} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{I}}(t) = \frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = Id \left\{ 1 + \frac{1-2\eta}{\eta^2 - \eta + 1} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = Id \left\{ -2 + \frac{\eta+1}{\eta^2 - \eta + 1} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{III}}(t) = -\frac{3}{2} E$$

ただし,  $\exp\{-kt_{(1)}\} = 2(\eta^2 - \eta + 1) / \xi(\eta + 1)$

Bモード

$$\text{条件: } \xi < 2(\eta^2 - \eta + 1) / (\eta + 1) \text{ 及 } \eta > \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$(1) \quad 0 \leq t \leq \tau_n$$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ -1 + \frac{2-3\xi+2\eta}{2-\eta} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{I}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = Id (2 - 2e^{-kt}) \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{3}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = Id \left\{ -1 + \frac{2+3\xi-4\eta}{2-\eta} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{III}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$(2) \quad 0 \leq t \leq t_{(2)}$$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ 1 - \frac{4\xi + \xi\eta - 2\eta - 2\eta^2}{\xi(2-\eta)} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{I}}(t) = \frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = Id \left\{ 1 - \frac{\xi - 2\eta}{\xi} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = Id \left\{ -2 + \frac{2(\xi + \eta + \eta - 2\eta^2)}{\xi(2-\eta)} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{III}}(t) = -\frac{3}{2} E$$

$$(3) \quad 0 \leq t \leq (\tau_f - t_{(2)})$$

$$i_{\text{I}}(t) = -\frac{3(\xi - \eta)}{\xi + \xi\eta + \eta - 2\eta^2} Id \cdot e^{-kt} \quad e_{\text{I}}(t) = 0$$

$$i_{\text{II}}(t) = -i_{\text{I}}(t) \quad e_{\text{II}}(t) = 0$$

$$i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{III}}(t) = 0$$

ただし,  $\exp\{-kt_{(2)}\} = \xi(2-\eta) / (\xi + \eta + \xi\eta - 2\eta^2)$

Cモード

$$\text{条件: } \eta < \frac{1}{2} \quad (5)$$

$$(1) \quad 0 \leq t \leq t_{(1)}$$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ -1 + \frac{2-3\xi+2\eta}{2-\eta} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{I}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = Id (2 - 2e^{-kt}) \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{3}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = Id \left\{ -1 + \frac{2+3\xi-4\eta}{2-\eta} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{III}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$(2) \quad 0 \leq t \leq (\tau_n - t_{(1)})$$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ -\frac{3}{2} + \frac{3(2-\xi)}{2(2+3\xi-4\eta)} e^{-kt} \right\}$$

$$e_{\text{I}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = -i_{\text{I}}(t) \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{III}}(t) = 0$$

$$(3) \quad 0 \leq t \leq \tau_f$$

$$i_{\text{I}}(t) = -\frac{3(\xi - \eta)}{\xi(2-\eta)} Id e^{-kt} \quad e_{\text{I}}(t) = 0$$

$$i_{\text{II}}(t) = -i_{\text{I}}(t) \quad e_{\text{II}}(t) = 0$$

$$i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{III}}(t) = 0$$

ただし,  $\exp\{-kt_{(1)}\} = (2-\eta) / (2+3\xi-4\eta)$

Dモード

$$\text{条件: } \xi < (\eta + de/E) / (1 + de/E) \quad (6)$$

$$(1) \quad 0 \leq t \leq \tau_n$$

$$i_{\text{I}}(t) = Id \left\{ -\frac{3}{2} + \frac{3\xi}{2} e^{-kt} \right\} \quad e_{\text{I}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = -i_{\text{I}}(t) \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{III}}(t) = 0$$

$$(2) \quad 0 \leq t \leq t_{(2)}$$

$$i_{\text{I}}(t) = \frac{de}{2R} - \left\{ \frac{de}{2R} + \frac{E}{2R} \cdot \frac{\xi - \eta}{\xi} \right\} e^{-kt} \quad e_{\text{I}}(t) = 0$$

$$i_{\text{II}}(t) = -i_{\text{I}}(t) \quad e_{\text{II}}(t) = 0$$

$$i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{III}}(t) = 0$$

$$(3) \quad 0 \leq t \leq (\tau_f - t_{(2)})$$

$$i_{\text{I}}(t) = i_{\text{II}}(t) = i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{I}}(t) = e_{\text{II}}(t) = e_{\text{III}}(t) = 0$$

ただし,  $\exp\{kt_{(2)}\} = 1 + (E/de) \cdot (1 - e^{-k\tau_n})$

また  $de$  は, 帰還ダイオードの順方向電圧降下で一定であるとする。

Eモード

$$\text{条件: } \xi = \eta = 0 \quad (*: k = R/L = \infty) \quad (7)$$

$$(1) \quad 0 \leq t \leq \tau_n$$

$$i_{\text{I}}(t) = -\frac{3}{2} Id \quad e_{\text{I}}(t) = -\frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{II}}(t) = -i_{\text{I}}(t) \quad e_{\text{II}}(t) = \frac{1}{2} E$$

$$i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{III}}(t) = 0$$

$$(2), (3) \quad 0 \leq t \leq \tau_f$$

$$i_{\text{I}}(t) = i_{\text{II}}(t) = i_{\text{III}}(t) = 0 \quad e_{\text{I}}(t) = e_{\text{II}}(t) = e_{\text{III}}(t) = 0$$

#### 4 実験結果および検討

図6は, 図3に対応する実験波形を示す。素子(SCR)のばらつきのために若干波形はくずれているが, パルス巾制御された出力が得られたと考えてよい。

図7に, 3.2.2で述べた解析結果にもとづいてC D及びEモードにおける電流の計算例とそれらに対応す



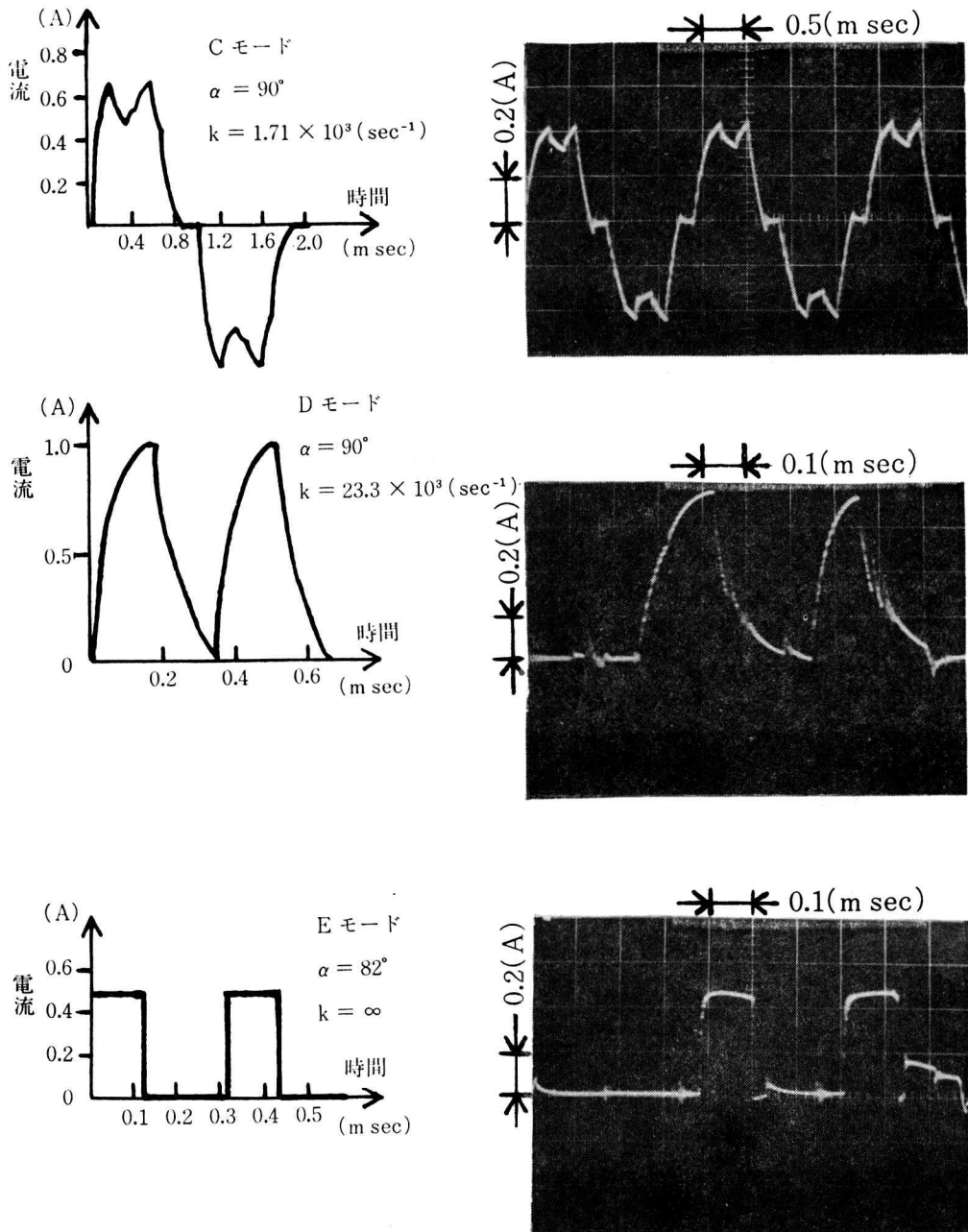


図6 出力電圧波形

る実測波形とが与えてある。誘導負荷の場合でも、相電流が切れるモードC及びDが実際に存在する。

式(1)及び(2)に従って求めた電圧制御率の理論値と実験値とが、図8に示してある。実験値が、計算値よりも小

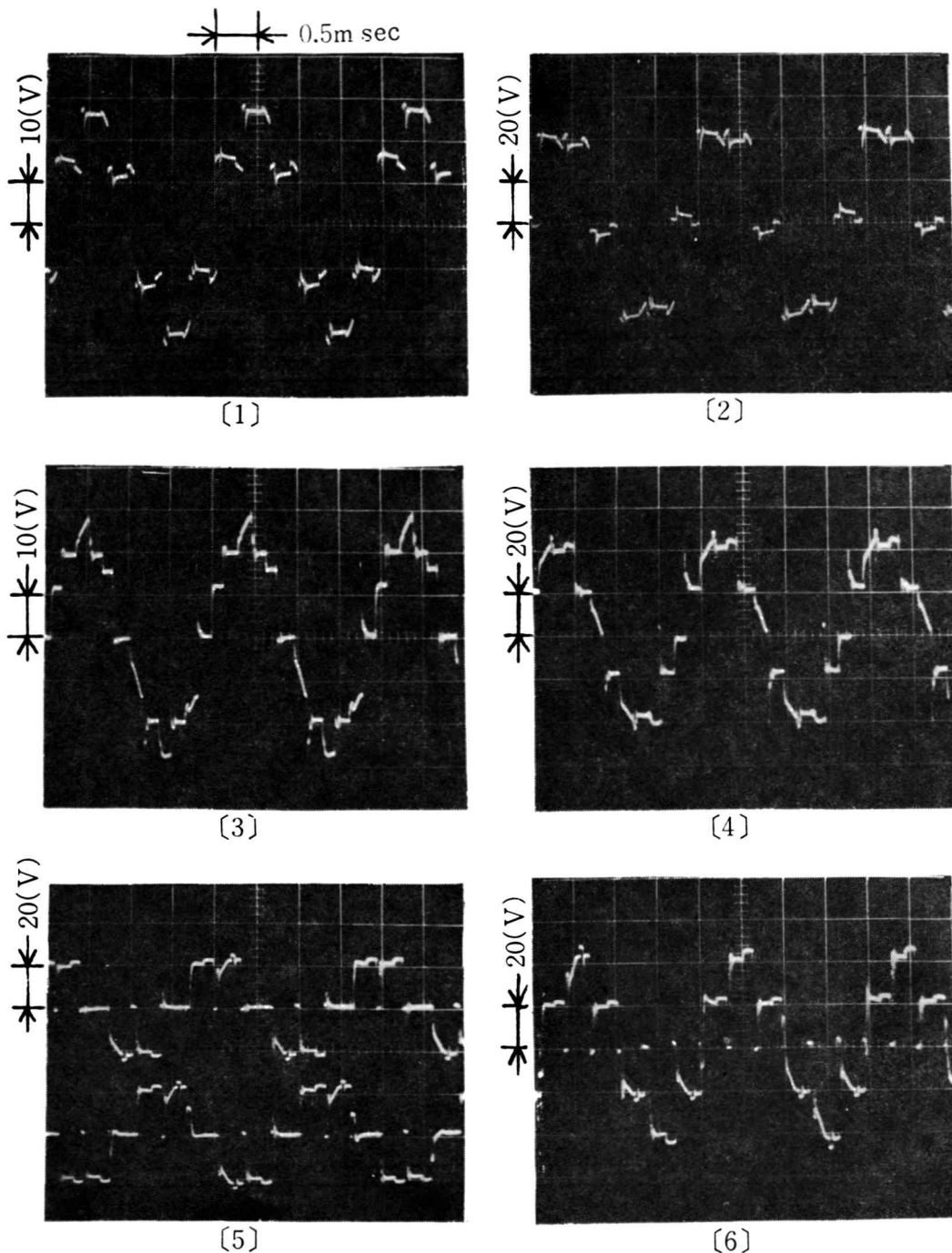


図7 C, D及びEモードの電流波形

さいのは、SCRの順方向電圧降下及び転流インダクタンスの電圧降下にもとずくと考えられる。しかし、導通角の全範囲にわたって良好な電圧制御が可能であることは

明白である。

また、図9及び図10にはそれぞれ力率-効率及び導通角-効率の関係の一例が実験的に求めてあるが、これに

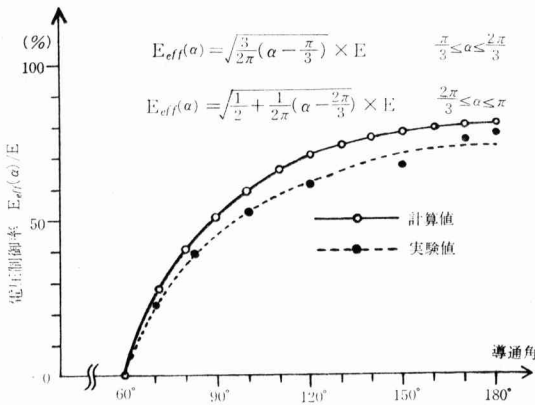


図8 電圧制御率

よると、一定導通角のとき、負荷の力率が悪くなるにつれてまた転流コンデンサ容量が大きいかほど効率の低下はいちじるしい。それに対し、抵抗負荷のときには導通角のかなり広い範囲にわたって高い効率で動作する。

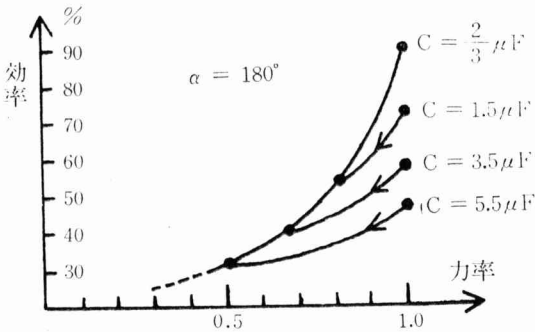


図9 力率—効率

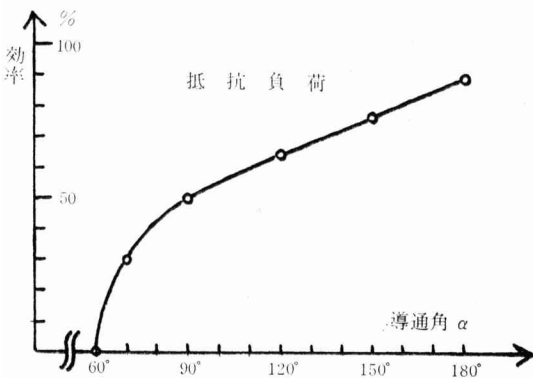


図10 導通角—効率

結論として、

1. 本逆変換器は、500Hz という高い周波数で動作する。
2. 電圧制御率は良好である。(連続制御可能)

3. 負荷が誘導性であるときでも、導通角 $\alpha$ を制御することにより、相電流の切れるモードC及びDが実現できるので電圧制御が容易である。
  4. 抵抗負荷時の効率は高い。
- などが利点であるのに対し、今後考慮すべきこととして
- 1' 本報告では述べなかったが、ゲート回路が複雑であるので、これを簡単にする。
  - 2' 転流素子の選択が、逆変換器動作と効率とに大きな影響を及ぼすので、これについての改良を必要とすること。
- を挙げねばならない。

謝辞、平素親切なる御指導、御助言をいただいている京都工芸繊維大学工学部、電気工学科高木亨教授、岡本弘助教授、西村武助教授並びに市田博助手に厚く感謝申し上げます。

文献

- 1) S. HAYASHI : Periodically Interrupted Electric Circuit. pp.1~180 電気書院(英文)第1版(1961,11)
- 2) K.R.Jardan, S. B. Dewan & G. R. Slemon : General analysis of Three phase Inverter, T. of IEEE, IGA. vol. 5, No.6, pp.672~699, (1969,11)
- 3) W. McMurray & D. P. SHATTUCK : ASilicon controlled Rectifier Inverter with Improved Commutation. T. of IEEE, vol.6, No.11, pp531~542 (1961,11)



# 女子体育についての一考察

中 和 田 武

## A Study on The Physical Education of Girls

Takeshi NAKAWADA

### はじめに

わが国における女性の解放は、明治維新により第一歩を踏みだし、第二次世界大戦後、第二の発展段階を経て法律上の男女平等同権が確立し、女性上位時代などといわれる程に女性の地位は向上したのである。しかしながら戦後わが国女性の社会的立場は、いつも経済体制と密接な関連を持ち、その要請によって左右されている面が強く、現実には女性は依然劣位におかれ、男女の本質的平等と女性の自主独立は容易に実現されそうにないのである。そして女子教育もこれにつれて変化し、今日不平等な差別を内包する教育制度により、男女分業概念が理想として定着しようとしているのである。このような現代社会においては、女子体育は過小評価され女子体育発展の余地がない状態である。

本研究は、わが国の最近の文教政策を中心に、女性の地位に極めて関係深い労働、家庭、教育の観点より、真の女性解放と女子体育発展の条件について考察を試みるものである。

### 1

昭和21年に公布された日本国憲法は、平和と自由と平等の精神を基調とするデモクラチックなものであった。「この憲法ができたことによって、男女を差別することが国家のたてまえとして認められなくなった（憲法第14条、第24条）。女性は国民の一人として、戦前もたなかった広範な権利をもつことになり、その後できた一連の法律で、その権利は具体的な形で保障されるようになった。そのうち、婦人の地位に関係のある最も基本的なものとして、教育の場における男女平等を実現した『教育基本法』、職場での権利を守る『労働基準法』、家族生活を営むうえで女性の地位を高めた『民法の改正』を

あげることができる。」<sup>(1)</sup>そして法律上、女性に対する封建的圧制と差別はすべてなくなり、法律改革25年を経た1970年代の女性は、もはや以前の女性ではなく、今では男性のすることで女性が全然しえなないことはひとつもなくなった状態である。

事実、女性の社会的役割が男性に接近し地位は向上したが、現実における女性は社会慣習上の男性優位と経済生活上の女性劣位から、男性と同等の地位になったとはいえず、「生ける法」の上での女性の地位は、依然として劣位にあるといわざるを得ないのである。

### (労働)

昭和22年新憲法の趣旨に沿って、新しく制定された労働基準法は、戦前の奴隷的拘束や、封建的身分制度等の悪条件下で行なわれた労働に対し、新しい観点に立って労働者が人たるに値する生活を営むための必要を満たすべき労働条件を規定し、雇用関係の対等化、男女同一賃金を原則としたすばらしい法律であった。

しかしながら現実における労働は、非常に不安定な条件のもとで、仕事の上でも賃金の上でも男女の差別は当然のように行なわれ、さらに低賃金が女性の労働意欲をにぶらせ、職業婦人においては家庭内労働がさらに加わるなどの悪条件下における労働を強いられているのである。このような現代の経済体制下においては、どこからみても女性の経済的独立、男性と平等同権の経済的地位が確立されたとはいえないのである。そして、このような事態の発生した根本原因は、日本の労働者の男女を問わず低賃金で働かせ、若い女性に向っては「家庭に帰れ」といい、既婚女性に対しては「婦人の能力を生かせ」と内職やパートに引出そうとしている現代資本主義社会のしくみにあると言わざるを得ないのである。男女差別制度を維持し、この制度の上で婦人労働者を低賃金で働かせ、ひいては全労働者の賃金を安あがりにするためには「女性は家庭に帰れ」のスローガンは大いに役立つの

である。今のところ何をやっても比較的女性が男性に劣るのは、社会・家庭で「従属労働」だけを押つけられてきたからであり、それが女性の自主自立を大きく妨げており、また女子体育の発展を阻む原因となっていると考えるのである。

しかるに女子体育の消長は、女性の社会的進出いかんと同一歩調をもっているのではなからうか。そして女性の解放は、夫の役割である生活費の獲得にも妻が協力することにより、当然夫も妻の役割とされていた家事労働にも協力することによって、女性が大きな社会的規模で生産に加わることができ、家庭労働がほんのわずかしか彼女を煩わさないようになる時に、始めて可能になる。すなわち妻の真の自由は、女性の真の解放は、夫にたよらないですむ生活基盤の確立から始まるといえるのではなからうか。

#### (家庭)

憲法第24条の趣旨に沿って改正された民法は、完全なまでに男女平等同権の内容をそなえた民主的なものであり、女性が従属生活を余儀なくされていた古い「家族制度」から女性を解放し、家庭における女性の地位を高めるうえで大なる役割を果たしたのである。

だが、女性は果たして解放されたのだろうか。現実には、家族制度からの解放は家庭からの解放を意味しなかったし、女性の社会的地位の向上をも必ずしももたらさなかった。これは戦前の家族制度が、封建時代の武士階級の道徳でもあった儒教的家族道徳を手本とした実生活よりはるかに古い形式であったのに対し、改正された新しい法律の内容は、逆に実生活よりもずっと徹底した民主的なものであったからである。古い家長制家族制度は崩壊したが、新しい家族共同体はまだつくりだされていないのである。そして現代、女性は新しい形でお社会と家庭の二重の圧迫をうけ、その自由な個性の展開を阻まれているといつてよい。女性が社会の一員として生産にたずさわらず、家庭の中で男性に依存しているかぎりには、女性解放はおろか女性解放のための戦いに参加することさえできないのである。そして現代「男は仕事」、「女は家庭」という分業観念が家庭の理想として定着しようとしているが、これこそ全女性が警戒しなければならない大問題であろう。生活手段をもたない主婦、教育ママや老後の問題等を考えてみた場合、いかに良妻賢母型の条件を身につけても、現代女性はその人生を幸せに全うすることがむつかしいようである。ソ連などでは、一流選手にママさん選手が多数いるのに比べて、日本の一流選手は結婚すると選手生活をやめて家事や育児に専念してしまう現状をみると、また昨今、盛大に行なわれてい

るママさんバレーなどで怪我でもすると家庭争議を起し大問題となる家庭の状態においては、女子体育の発展は望めそうにもないのである。

今や女性は、主婦意識から脱出し、お互いの人間とその生活を理解し受容して、お互いのための生活を創造してゆく新しい共同体社会をつくる人間として、主体性とリーダーシップを持つべく自己変革をしなければならないのである。

#### (教育)

わが国の文教政策についてであるが「昭和22年3月学校教育法と同時に公布された教育基本法は、国家主義と家族制度を根とする教育勅語にかわって、憲法にもとづき世界平和と人間尊重の精神に貫かれた格調高い教育の指導理念であった。」<sup>(2)</sup>そしてこの理念にもとづいて、当時文部省は女子教育の方針として、「男子と女子の性差という観点から男女の教育を違えることは婦人問題を解決する方法とはならない」と男女共学による男女同質教育の必要を強調したのである。新教育は男女共学を原則とし、女子なるがゆえに教育の機会を閉ざされて、能力の可能性を制限されてきた女性たちに、新しい未来を約束するものであった。そして女子の教育程度は、戦前に比べて格段のレベルアップをし、体育の分野における女子の参加も自由平等、機会均等が認められ女子体育も急速な発展をとげたのである。

しかしながら昭和26年講和条約締結以後、憲法改正をうんぬんする一連の反動政策により、女子教育も変化し、現代の経済体制、社会制度を基盤とする教育制度は、表面的には平等であっても、経済体制が社会階級を区分していると同様に性を区分する役割を果たし、「女の幸福は家庭に」というマイホーム主義に装われて、良妻賢母主義教育が打出されようとしているのである。

昭和45年、文部省から告示された新高等学校学習指導要領は、「男は仕事」「女は家庭」という男女分業を前提とし、やさしい女性、たくましい男性を理想像として掲げ、やさしい女性づくりの中心として『家庭一般』、たくましい男性づくりの中心として『格技』という男女の特性に応じた教育が、教科内外にわたって強調され、家庭は女だけの持場であるといった考え方に貫かれたものである。このような教育行政のもとにおける現代の婦人達は、一部の階級を除いてほとんど体育との結びつきがなく、その道をふさがれている状態である。また学校期の段階における女子体育は、教育の場において計画的に行なわれてはいるが、男性と比較するならば問題がある。男性においても成長期にある者の体育は、現行でも、まだ少ないと言われるなかで、高校期における女子の

体育は、その重要性、必要性から考えて、時間数の少なさにわりきれないものが感じられるのである。すなわち新指導要領において体育に、男女の間に二単位の差をもうけたことは、家庭科重視に対し女子体育の過小評価を意味するものであり、時代錯誤もはなはだしく、女子体育軽視の考え方である。そして「教科としての体育や家庭は、またしても、この行為のパターンの強制の場として利用されようとしているのである。」<sup>(3)</sup>

このような国家権力あるいは、その作用たる教育行政により、教育の内容統制、特に国民の価値統制をおこなない、教育基本法の理想とは相容れない方向に進みつつある現代の教育システムにおいては、真の女性解放はおろか、女子体育の正しい発展は望めないものであり、女性が主体的に体育・スポーツを自ら享受しようとする意識すら生れてこないものである。そして新指導要領で明確にされた理想像、すなわち良妻賢母を女性が入受れるか入受れないかが、将来の女性の地位向上と女子体育発展のキーポイントとなろうとしているのである。

## 2

そこで現代女性が、未来を志向し現状から積極的に脱却しようとするならば、経済的にも男性と同等になるよう資本とたたかい、社会的政治的にたたかう体制を整えるべきである。そのためには女性自身、経済的独立、性的自由への自覚、人間としての精神的独立を求めるための体制を確立しなければならないのである。そして現代の女性が男性と同等の地位を獲得するためには、すべての個人が、性の別なく同等な教育や就職の機会が現実と与えられ、同時に彼ないし彼女が自己の生計の責任を原則的に平等に持ち、さらに子供の養育と家庭の維持について、責任を平等に分担することのできる社会が、実現されなければならないのである。

女性が真に男性と同等の地位を獲得し、経済的隷属、性的隷属、精神的隷属から脱却し主体的な生き方をするためには、すくなくとも、次の条件を整えなければならないと思われる。

### ① 両性の役割を同一化すること。

私有財産制と家父長制家族制度が始まると同時に、女性を差別し軽視する制度が生まれ、女性を育児と家事労働にしぼりつけ、そこから「男は仕事」「女は家庭」という分業観念が固定化され、女性を軽視する思想が生れたのである。そして法律上の男女同権が確立した現代社会においても、なお夫婦共同の仕事、あるいは社会共同の責任であるべき育児からさえ、夫は解放されているに、

妻は解放されていないのが現状である。これについて林田茂雄氏は「夫は育児の費用をかせぎ妻はその実行にあたるという『分業論』は、問題の本質をごまかす詭弁にすぎない」<sup>(4)</sup>と分業論を批判し、両性の役割の同一化を強調しているのである。

今後男性は、家事および子供に対し、もっと大きな責任をとるべきであり、女性は性の固定化を打ち破り、女性が家庭あるいは経済の両分野に参加する分量を自ら自由に選択できるよう両性の役割を変革しなければならないのである。新しい社会における女性は、全く男性に近い存在となり、男性と同様に責任ある存在であるとともに、運命に対して受動的であった存在から脱却した、新しい存在とならなければならないのである。

### ② 母性観念を変革すること。

「女性は人間である。けれども、男性とはちがった人間である。そのちがいは、本来生物学的に云って生殖機能にある。……これは母性の機能である。」<sup>(5)</sup>今日、母性を必要以上に病気現象のようにしたのは、社会が歴史的につくりあげてきた習慣である。そして、この母性機能が、女性の十分な教育の機会や社会での独立と自由を獲得することを妨げる条件になっていることは、明らかな事実である。

そこで女性が、母性機能を真に発揮するためには、その社会的事実を除去し、従来の偏見を変革しなければならない。これについて、エヴリース・スュルロは「将来女性はいまよりもずっと自分の肉体に従属させることが少なくなり、逆に科学や意志に基づく自分の計画に肉体に従わせるようになる。漸進的にはあるが、女性はこれまでのように生殖機能によって支配される代りに、可能な限り自らその受胎能力の主人公として振舞うことになろう」<sup>(6)</sup>と指摘している。そのためには女性自身、性的隷属より脱し、性に対しても主体性を確立しなければならないのである。そして国家社会は、女性が女性であるがゆえに負う肉体的負担を人類共同の負担として、今日社会主義諸国で行なわれているように、母性を国家の責任において保護するよう積極的に努力しなければならないのである。

### ③ 肉体的・精神的・社会的特性の個性化をはかること。

マーガレット・ミードは、男女の特性の成立過程について「男性的または女性的特質とよばれるものは、基本的性的差異から生ずるものではなく、むしろ彼らの住居する社会の文化的条件を反映するものである。すなわち、その社会に伝統的に伝えられている『男はかくあるべし』『女はかくあるべし』とする習慣を学習することに

よっていきょうがあるものである<sup>(7)</sup>と論じている。ここから推論されることは、従来女性が持つべきであるとされた特性は、男性支配概念のなかで作りあげたものにすぎないということになる。

男性も女性も人間は、すべて男性的要素と女性的要素を持っていて、この二要素の割合は個人で異なっているのである。従来から、勇氣、決断力、思想信念に対する忠実さ、是を是とし非を非とする力、こぼむべきことをこぼみうる力などはすぐれた男性的な徳と見なされていたが、女性もまた真に美しき女性となるためには、これらの全てを欠くことができないのである。これからは特に女性の持つべき特性としてではなくて、人間としての個性ある特性を持たなければならないのである。

#### ④ 美的観念を革新すること。

地上の支配権は、常に男性の手中にあったのが人間の歴史であるとすれば、美というものの歴史的創造者もまた男性であって女性ではなかったであろう。美というものが女性的なものであるということが、とりまおさずそのことを証明している。そして現代社会においても、なよなよとした弱々しさ、頼りなさ、すがりつきまつわりつくものを女性美の必須条件と考える根深い偏見が、美的観念の中にも大きく浮びあがっているように思われる。

人間の尊厳が、男女に差別なく認められ、働くことの誇りと喜びが、女性にも平等に保障されているところでは、女性美に関する観念ももっと健康的なものになり、人間の美そのものの内容も違ってくる。これからの女性美は、静的美より動的美へと価値転換をはかり、力強さこそ本当の美としなければならない。そして活動的で、生命力にあふれた健康体に魅力を感じ、自分の生活を自主的に営みうる者のもつ新しい価値観にささえられた女性美、解放された人間性のうえのみ開花するよりすばらしい女性美を創造しなければならないのである。よりすばらしい女性美が女性自身に認められ、創造されるとき、美的観念も容易に訂正せられるに違いない。そして「内と外」とが統一された真の美しさ、人間らしさを根とした新しい女性美——女性が誕生するのである。

#### ⑤ 労働観念を革新すること。

従来から、わが国においては「労働神聖観」があり、これがしばしば政策と結びつき、よく働くことが美德とされ、忙しき意識が生の実感として受けとられるようになった。

しかしながら、家庭内労働、家庭外労働にしても労働は、人間の発展における一段階にすぎないのであって、人間は本能的に苦勞して働く動物ではないことを、今わ

れわれは確認しなければならない。これについて南博氏は「労働は神聖ではない。レジャーこそ人生の第一義である」という確信をもって労働中心主義の意識をすてることがその第一歩です<sup>(8)</sup>。」と述べており、労働意識の合理化をはからなければならないとしているのである。

強制された労働の時間は、自分自身の時間ではなく、自分の疎外された時間である。人間が真に自由になるためには、結局、自分を束縛する労働から解放された自分のための時間を持つことが前提となる。そのためには、まず労働とレジャーの絶対転化をはからなければならないと思う。余暇とは、70万時間の人生の持ち時間のうちの貴重な生の充実した時間でなければならない。それは人間の全体制を回復し充実すべき時間である。これからは従来の労働中心主義の意識をすて、余暇時間を増大させ、それが生活行動と生活意識を変える要因となるようにすべきである。

#### ⑥ 完全な社会保障制度を確立すること。

国民生活の保障と福祉の実現は、20世紀憲法の理念である。社会保障は、わが国の憲法第25条によってもわかるように、私たちの生活の権利であり、また国家の行なうべき義務でもある。

しかしながら「特に、わが国のように、生活上にひきおこされる事故や起伏を『社会的なもの』として承認する歴史が弱く、主として『慈恵と家族制度』で解決しようとしてきたところでは社会の保障制度を確立しようとする運動は非常に困難である<sup>(9)</sup>。」ソ連の婦人が語っているところによると、ソ連婦人は仕事、社会的活動、それに主婦業と一人三脚の活動をこなすようであるが、この女性の働きやすい条件として、夫・子供は家事に協力的であり、社会福祉が徹底していることをあげている。このようにみえてくると、わが国の女性は、現実生活の中において、この二つの条件の一つも満されていない。また社会保障制度についてみても、ソ連とわが国のそれについては大きな開きがあるように思われる。

ソ連においては、憲法第122条により法律上の社会保障に関する規定は、より具体的な形で示されており、それを実現するためにつくられた制度のうち、特に国家社会保障制度は、女性が社会的労働に参加し、自己の能力の向上をはかるうえに大きな役割を果たしている。「すなわち、ソ連の社会保障の場合、生活上の事故、起伏によって貧困におちいらないように予防し保障するという受身的なものではなく、労働に対する積極的な保障が考えられている。そして生活上の事故、起伏に対して最低生活を保障するということから一步を進めて、文化水準の向上改善という役割を社会保障制度にはたさせようと



しており、特に男女同権のための社会的条件として社会保障を役立たせようとしている点も注目される重要な点である。<sup>(9)</sup>

これからは、わが国においても、特に既婚女性に対する社会保障制度は、夫を通しての間接的適用ではなく、彼女たち本人に直接適用されるべきであり、そのためには、せめてソ連なみの積極的な社会保障制度の確立を早急に実現しなければならない。

⑦ 性差よりも個人差を重視する教育制度を確立すること。

「男女は、生れた時から直ちに、ともに社会と家庭の責任を果すパートナーとしての教育をすべきであり、男も女も家庭の両親となって子を生み育てる役割と、社会人として活動する役割とを全生涯を通じて完全に分けあうように性差を超越した人間としての教育をすべきであり、社会はそれができるように条件をととのえるべきである。<sup>(10)</sup>これについてスウェーデンのアニタ・グラディンは、特に学校教育について、「男女の性別によってクラスや学校を区分することなく、教育過程においては性別によって職業適性が異なるという考えを植えつけるべきでなく、逆に同性の間の個人差のほうが性別による平均差よりはるかに大きいことを学校ははっきりと教えこむべきであり、その上、未来の家庭で夫と妻との平等な責任をひきうけるように家政学と市民道徳とをしっかりと身につけさせ、教科書その他の教材は、男女の分業を示唆するのではなく、因襲的な考え方や積極的なたたかうインフォメーションを盛りこむべきである<sup>(11)</sup>」と述べており、いままでの偏見を打破した、性差よりも個人差を重視した教育を確立することの重要性を強調しているのである。

昨今、教育改革の構想を打ち出しているわが国は、アニタ・グラディンの考えに立って、未来を実のある社会にするために現代の教育を再検討しなければならないのではなからうか。そして「個人の尊厳を重んじ、真理と平和を希求する人間の育成を期すると共に普遍的にして、しかも個性豊かな文化の創造をめざす教育を普及徹底しなければならない。」という教育基本法<sup>(12)</sup>の精神に立ちもどることが今日の課題であると思われる。

以上、女性が解放されるための条件について述べたが、これらの諸条件を基盤とする全ての個人の「経済的自立」と「時間的自由」が確保される新しい社会が実現されるならば、そこには男女の区別は必要でなくなり、ただ健康でたくましくあることが第一義の目的となる。そして、この時間的自由と経済的自立は、現代の女性およ

び未来の女性が体育・スポーツ活動に参加し、歴史的創造者とし、生産的労働者として強健な身体を持ち、すぐれた運動技術を身につけ、豊かな品性を養い運動文化の正しいあり方を認識するための絶対条件でもあると考えられる。

### 3

歴史的にみて現代までの女性像は、夫・子供の世話と維持とを主機能とするセックス・オブジェクトとしての女性観に立脚し、男性のイメージによりつくりあげられた女性像であった。新しい社会における女性像は社会的要請によるものであったり、おしつけられたものであってはならず、女性自身自らつくり上げていくものでなければならぬのである。

未来の女性に求められている条件は、自分の頭で考え選択できる主体性の確立と、自主的な選択を前提として社会的な仕事に従事し、人生設計のなかで働くことを十分に理解し、自分の能力を生かし人生の生き甲斐になるような仕事の持ち方を準備し、政治的関心を持ち、「子供を育てるという母親の役割と、独立した人間として生きるという成人した女性の意図的役割との間の矛盾は大きな問題ではあるが、この矛盾にしばられることなく両者（家庭と仕事）の調和をはかり、悔なき人生を完うすることである<sup>(13)</sup>」<sup>(14)</sup>。そして女性は、より「人間的」に、より少なく「女性的」になるべきである。

そのためには、これからの女性は、今日までの動物的な生き方を脱して人間として生きることを考え、家庭中心に想定されてきた定住的女性像から脱却し、「自らの存在の目的と行為の最高価値をモビリティに求め、あらゆる固定的な思想と旧態依然たる体制に反抗し、つねに新しい未来へ向って自律的に『動こう』とするホモ・モーペンスとなるべきである。<sup>(15)</sup>」そしてホモ・モーペンスの新しい価値観に支えられた新しい女性の姿の中にこそ、今日から未来へかけての社会にふさわしい理想的女性像としての「行動的女性」をみることができるのである。これは今日の婦人達がめざす理想像でもあり、未来の女性については、教育を通して幼少時より方向づけをし、意識の上だけでなく現実のものとして把握していくように志向しなければならない。そして、この新しい女性像が施政者の示している女性像にとってかわることにより、真の女性解放の方向も明確となり、そこに女子体育発展の可能性も生れてくるのである。

## 4

行動的女性の創造は、教育わけても体育の場において行なわれるべきである。性差は教育の在り方によって、相当左右される。特に体育は、その性質上この点に参与しうる有力な教科であるならば、それをつかさどる女子体育は、新しい社会にふさわしい女性像が明確となったいま、巨視的な観点から従来の固定観念を変革し、新しい女性の創造に貢献するよう主体性を確立しなければならない。しかしながら今日の社会においては、川村英男氏が「成熟期の女子の体育やスポーツに対し社会的に誤った観念がある。いわゆる『女らしい』という言葉を用いて表現されるものの中には、封建的とでもいうべきもの、女性の明朗性や活動性を圧迫している一連の考え方があり、それが女子体育の発展を阻む原因となっているのである。」と指摘しているように、女子体育は、従来の女性観によって左右され、その進展を阻まれている状態である。

女性がより人間的になるためには、細い白い指を大切に保存していたのではだめであり、健康なたくましい肉体を持たねばならないのであって、これからの女子体育は、やさしい女性づくりの観念ではなく勇氣あるたくましい女性づくりを積極的に考えなければならない。

現今の両性間の体力差も、実は女子の長い従属生活で退化してきたものであるように思う。本来は女性も男性同様に人間として同一であるならば、歴史的観点にたつて、歴史的反省と将来の人間生活という両面から、今までの体力差のギャップを埋めるべく努力しなければならない。これについて金原勇氏は「現代の統計資料でみられるように高校期における男女の間に筋力、持久力、敏しろう性などに男女差があってよいと考えているわけではない。男子にしてもこれらの基礎体力がもっと高いことが望まれるし、女子が男子と同じように運動に親しんだとしたら両者の差はもっと少なくなるはずである」と指摘している。

ジャン・フラスティエが述べているように、今後女性は、「男性に輪をかけて肉体的、社会的制約にしばられていた女性はなおさら、未来へ向って肉体および精神の能力を最大限に発揮して、個性の充実を実現させたいという、われわれの時代の特色であるプロメテウスの渴望の爆発におそわれる」であろう。そして現代の生産諸条件のもとでは、男女の肉体的差異は、その生産における役割軽重をもたらすものではなくてきており、戦争においてさえ最近では女性の役割が男性に近づき、「今日男女間に残存する唯一の肉体的相違も水平化され垂

直的な相違ではなく、同じクラスにおける個人間の相違になりつつある。」今や女性といえども男性同様に体育・スポーツにおいて同じ種目で同じ技を同じように高めることも可能なのである。「最近、米国医師団が『女子においても身体的には、どのようなスポーツでも参加できる……』という発表をしている。」このように、女性の身体について医学的に明らかにされた今、われわれは、幼児教育から女性としてではなく人間としての身体、精神、社会性を高めうる女子体育を、一貫性をもつて生涯体育の立場から志向しなければならないと考えるのである。

以上述べた通り、女子体育の固定観念の変革は、女子体育発展における意識革命の最大のものであり、勇氣あるたくましい女性づくりの最も重要なものとして積極的に貢献すべきであり、真の女性解放の要因とならなければならないのである。先に述べた「時間的自由」と「経済的自立」は、行動的女性をささえる基盤として、また女性が体育・スポーツの場に積極的に進出し、能動的レジャーを得るための条件として確保しなければならないものであり、さらに強健な身体と豊かな品性を養うための必須条件としても確保しなければならないものである。完全な男女平等という最終目標を達成するためには、社会に深く根ざした伝統的因襲や男女の慣習が急進的に変革をとげなければならない。そして、それを行なえるのは、社会体制、経済体制によって規制されながらも、理念的には、かかるものを超越する世界性、中立性を性格とし、みずから人間が隷属した自然よりもさらに大きい、まさにこの世に残された唯一の力としての教育においてであり、特に新しい人間性に根ざした教育——体育に寄せられる期待は大なるものがあると思われる。

## むすび

今日、ウーマン・リブは世界的な問題である。わが国においても1970年代を第三の女性解放の時代としてとらえ、女性の地位向上のために、差別的要因を内包する現代社会を変革しながら、男女の本来の姿をつくりだしていかなければならないと思うのである。

これからの女性は、消極性から積極性へと考え方のモデルチェンジをすることが先決問題であり、快活、かつ、迅速に動く行動的女性をめざしてティクオフし、新しい価値体系づくりのための意識革命を志向することが必要である。

そして女子体育の指導者は、この新しい女性像を中心に、明治時代の女子体育の先覚者たる「井口あぐり」、

「二階堂トクヨ」などが伝統的女性像を打破し、確たる思想を持ち女子体育を実践したように、従来の学校体育の枠にとじこもり、現象面だけをとらえ、ダンスなくして女子体育あらずという意識を捨て、巨視的立場で女子体育をみつめ、体育・スポーツの古い概念にとらわれることなく、新しい女性観に立脚した思想を持って、真の女性解放の行為のパターンとしての女子体育を志向しなければならぬのである。

われわれは、世界の体育先進国といわれる西ドイツが、女子体育の非常な遅れに気づき、ゴールデンプランと共に国民運動として着々と進めつつある『第二の道』の三大目標、すなわち「幼児体育、生涯体育、女子体育」の一つに女子体育を掲げ重視している点に注目し、わが国もそれを参考として、西ドイツのゴールデンプラン、第二の道にまさる「ダイヤモンドプラン」を創造し、民族の繁栄を左右する女子体育を国民運動として、超党派的に、物質面での充実と共に意識の変革を通して発展させることが、われわれに課せられた今日的使命であると思うのである。

以上の小論は、日本体育学会で発表の研究「クーデンホーフ・カレルギーの体育観について」、1967。「女子体育について」(1)、1969。「女子体育について」(2)、1970。

## 注

- (1) 田中寿美子編：近代日本の女性像，社会思想社，p. 177，(1969)。
- (2) 前掲書(1)，p. 184。
- (3) 城丸章夫：新学習指導要領と今後の学校体育，体育科教育，Vol. 18，No. 8，p. 2，(1970)。
- (4) 林田茂雄：婦人のための人生論，青木書店，p. 89，(1969)。
- (5) 前掲書(1)，p. 264。
- (6) エヴリース・スュルロ，根本長兵衛（訳）：未来の女性，朝日新聞社，p. 56，(1966)。
- (7) 松井三雄：心理の面からみた男女差，体育の科学，Vol. 19，No. 8，p. 480，(1959)。  
マーガレット・ミード，田中寿美子他（訳）：男性と女性（上，下），創元新社，(1964)。
- (8) 南博：意識革命，講談社，p. 197，(1965)。
- (9) 坂寄俊雄：社会保障，岩波書店，p. 9，(1965)。
- (10) 前掲書(9)，p. 101。
- (11) 田中寿美子：新しい家庭の創造，岩波書店，p. 63，(1970)。
- (12) アニタ・グラディン：「婦人問題」から男性解放へ，婦人公論，Vol. 54，No. 7，p. 211～212，(1969)。
- (13) 近藤英男：女子体育教師論，新体育，Vol. 39，No. 1，p. 51，(1969)。
- (14) 黒川紀章：ホモ・モーベンス，中央公論社，p. 13～14，(1970)。
- (15) 川村英男：成熟期の女子体育指導，体育の科学，Vol. 18，No. 7，p. 287，(1958)。
- (16) 金原 勇：女子の体力，体育科教育，Vol. 14，No. 9，p. 22，(1966)。
- (17) ジャン・フーラスティエ，長塚隆二（訳）：四万時間，朝日新聞社，p. 262，(1965)。
- (18) H・G・ウェルズ，浜野輝（訳）：現代世界文明の展望（下），鹿島研究出版会，p. 583，(1967)。
- (19) 三栗多仁子：女子選手のトレーニング効果，新体育，Vol. 39，No. 11，p. 66，(1969)。

を基礎として、さらに研究を進めたものであり、男女の本質的平等を基盤とする新しい社会における、新しい女性像を模索するなかで、新しい女性の創造に寄与するであろう教育、なかんずく女子体育の進め方等についての手がかりを求めようとしたにすぎないので、今後、女子体育を進めるにあたっての諸条件については、さらに追求していきたいと考える。

## 謝 辞

本研究をすすめるに当たり、終始ご懇切なご指導をいただきました奈良教育大学、近藤英男教授に対し深く感謝いたします。

## 文 献

- 望月衛（訳）：女性の実力，誠信書房，(1967)。  
井上清：新版日本女性史，三一書房，(1967)。  
井上清：現代日本女性史，三一書房，(1968)。  
ベティ・フリーダン，三浦冨美子（訳）：新しい女性の創造，大和書房，(1970)。  
岩山三郎：美の哲学，創元社，(1966)。  
香山健一：未来学入門，潮出版社，(1967)。  
憲法問題研究会編：憲法読本(上)，岩波書店，(1965)。  
末川博編：六法全書，岩波書店，(1970)。  
文部広報，第506号，(1970)。  
上沼八郎：近代日本女子体育史序説，不味堂書店，(1968)。



# ヘンリー・ジェームズの一面

— 『ボストン人たち』 —

渡 部 定 雄

Henry James in profile

— “The Bostonians” —

Sadao WATANABE

1

ウォルター・ビザントのパンフレットに刺激を受けたヘンリー・ジェームズは1884年に『小説技法』を出版した。このエッセイで、彼は、彼の文学理論を開陳したが、この中で、リアリズムと人生のすべてを描く芸術家の自由を弁じたところがある。事実、意外にも、彼はフランスの作家達のうち、特に、ゾラを強く支持していた。<sup>1</sup>その後、二年にして、ジェームズが『ボストン人』を書いたのは、彼の多くの作家生活の中での一時の気晴らしではなかった。

高度の芸術を、彼特有の深い文学的彫琢を通して求め、より精緻な文学作品を、その主題にして、四十年間を貫いたヘンリー・ジェームズの第二期の作品『ボストン人』(1886年)で、彼は確かに、彼にしては風変わりな作品を書いた。それは、以前のような国際的なテーマの作品ではなくて、彼の保守的懐疑主義や、審美主義が、ある意味では、一籌<sup>ちゆう</sup>を輸さなければならないリアリスティックなものであった。

リアリスティックとは言っても、アメリカにおける18

70年代、80年代の諸条件は、ヨーロッパの文学的自然主義とは全く同一のものではなかった。当時、文学上の先進国、フランス、ロシア、ドイツ、スカンジナビア諸国で明け暮れていた自然主義は、アメリカの気質には、まだ、馴染まないものがあった。というのは、南北戦争以前に生まれたアメリカ人にとっては、彼らの精神が、工業都市によって形成されたものでなく、また、科学精神によって支配されたものでもほとんどなかったからである。そのため、ヨーロッパの自然主義文学が、そのまま入ってくるための、受け入れ準備は、アメリカに全く整っていないかったといつてよい。

とりわけ、19世紀後半、フランスにおいて、リアリズムの文学思潮を基盤にして生じた自然主義は、その独自の素材と形式の審美的な統一を意図するリアリズムに比べて、唯物論的、生物学的、決定論的な世界観を強く打ち出していた。従って、そこでは、人間も、超自然よりも自然の系列に属し、遺伝と環境によって支配される存在と解釈された。そして、こういった観点から好んで取り上げられる性的衝動などというものは、『ボストン人』

付記1. 使用テキストは“The Bostonians” (Random House, Inc., 1956) テキストからの引用は( )で示す。

2. 本文中の『ボストン人たち』は、一か所を除き、『ボストン人』と簡略化した。

脚註1 a. 江島祐二「ヘンリー・ジェームズ」福原麟太郎、西川正身監修『英米文学史講座9』（研究社1966）、pp.278—9.

視野をいっそう広い現実の社会にうつし、その動向をみつめながら、いわば、文明全体の運命を暗示しようとする。このようなジェームズの意図には、1884年パリで会談する機会のあったゾラ、エドモンドゥ・ゴンクール、ドーデーたちからの影響がみられる。

b. Lars Ahnebrink, *The Beginning of Naturalism in American Fiction 1891-1903* (Russel & Russel, 1961), p. 128.

He defended the French writers, particularly Zola, “to whose solid and serious work no explorer of the capacity of the novel can allude without respect....”

のみならずフランク・ノリスや、スティーヴン・クレーンなどの初期のアメリカ自然主義作家達の作品にいたるまで黙殺されてしまっている。要するに、この時期における、アメリカの文学的関心は、主に、南北戦争後の激動するアメリカ社会の現実をどう捉え、どう対処するかにあった。

「リアリズム」という合言葉が、異常なほどの魅力で人々に訴えかけたのも、この頃であった。「小説は人生について嘘をやめ、あるがままの男女を描け」とか、「素材の真実なる処理」とかいった他愛のないスローガンが新時代の文学的信条として持て囃された。

アメリカ生活をリアリスティックに描こうとした代表、ウィリアム・ハウエルズの『サイラス・ラバムの出世』（1885年）は、南北戦争後の新興成金と、社会的野心を抱く家族の興隆の実態を描写している。もっとも、ハウエルズの考えた「あるがまま」や「真実」はいかにも穏健、中正を得た良識にはかならなかった。1850年代における目覚ましい開花によって、初期ニューイングランド以来の思想的、文化的な蓄積を汲みつくした感のある当時のアメリカで、人々の求めていたのは、何よりも身近で、実際の指針であった。この時、「リアリズム」という言葉は、新鮮な流行語になっており、若い作家志望者は、競って、それに飛びついた。

実際、ジェームズとハウエルズは文学的親交を重ねていたし、南北戦争後の急激な産業の進展、政界の腐敗、南部での「再建」騒ぎ、そして、非アングロサクソン系移民の大波と、描かるべき対象は、数多く存在していた。

たしかに、『ボストン人』は、これらの対象を巧みに拘い上げた。ジェームズはハウエルズが抱いていた最高の価値、つまり、明らかに、当時の物質的な庶民のありふれた価値を認めていた。ハウエルズが『サイラス・ラバムの出世』で競争産業社会の倫理問題を取り上げたように、ジェームズも、ボストンや東部社会のウーマン・リブなどの問題を主題に掲げた。彼にとって、それは庶民的感觉から見た普通人の性格に対する研究でもあった。それは、また、アメリカ社会の正確な記録でもあった。

ハウエルズの楽観主義、人生への強い興味、平凡さの受容、そして、家庭的な美徳の擁護に反して『ボストン人』は、むしろ、その冷徹さ、終末の悲劇性の故にハウエルズの作品を越えた。

## II

「私は、まさしく、アメリカの物語、——我々の社会諸条件に極めて固有の物語を書きたいと思った。そして、

自分自身、我々の社会生活の中で、何が最も顕著であり、特異な点であるかを自問してみた。その答は、女性の境遇、男女性意識の後退、女権擁護運動であった。」<sup>3</sup>とジェームズが言っているのは、彼がその時点で、アメリカ・リアリズムに並々ならぬ関心を寄せていたことにはかならない。

こうして、ヘンリー・ジェームズは、南北戦争後のアメリカ生活の動きを、彼なりの鋭い感受性を通して、リアリスティックに描いたのである。お互いに血縁関係にある北部女権論者、オリブ・チャンセラー(Olive Chancellor)と、南部の没落農園主の後継者、バジル・ランサム(Basil Ransom)の争いは、この時代の社会情勢の現実の姿であった。

『ボストン人』は、時代の転換期における社会情勢、並びに人々の考え方の動勢を適確に把握しようとしている。つまり、19世紀末のアメリカの社会状況が、ジェームズ自身の文学的素養の中で、急速に成長し、『ボストン人』という、いわば、ジェームズの異色作品に結集したのである。この作品の意義は、勝れて、社会が産業都市化し、近代的に合理化する中で、その社会に戸惑い、日々満たされるところのない生活を闘う人々やいたずらに、農本主義や、ニューイングランドの伝統という美徳と郷愁に縋りつく人々がいかに多いかを教えてくれることである。

19世紀末にいたって生まれた大がかりな産業社会にあっては、男女お互いに関する性の役割は、もはや、以前ほど、明かでなく、権威と愛情の中心は次第に不明確になり、従来の家族関係もその存続を脅やかされるにいたった。さらに大切なことは、人間に関する既成概念がぐらついてきたということである。産業社会は、好むと好まざるとにかかわらず、人格の崩壊、脱個性化、伝統の喪失といった一連の雪崩現象をおこさせたのである。

古い農場中心の生活から、産業社会の移行につれて、巨大な独占資本が、権力をその手中におさめ、『ボストン人』の人々もその影響を、もろに被ることになるのである。ご多分にもれず、1880年代中頃の小説と同様に、様々な方法で、人間と社会の関係と時事問題が『ボストン人』にとり上げられたのである。『ボストン人』は、英雄や女主人公のいない小説である。というのは、この作品に、道徳的な代弁者もいなければ、論究目的の中心もない。主役、バジル・ランサムにしても、彼が引き立たせ役になっているボストンの人々と同様、正義の人では全くない。

上辺だけの大都会、そして、そこに生きざるを得ない

ランサムは、また、ジェイムズの目を通した平均人であった。

『ボストン人』の先駆をなした短編小説『ヨーロッパ人』は、同じようにニューイングランドをその背景にしてはいるが、そこではニューイングランドをめぐって、道徳、感情論が強い。それに反して、『ボストン人』では、ニューイングランドは、さもしい、並はずれて、みすぼらしい場所に成り下がっている。この二つの小説の間に、南北戦争がその大きな傷口を覗かせているのである。

近代社会の歪は、経済的な破綻、硬直化した社会機構、利潤追求という現実の社会体制を通して、疎外感や、様々な異常心理という形で、人々の中に大きく問題化してくる。この問題を前に、ジェイムズの第二期作品『ボストン人』が、当然、生まれるべくして生まれたのかも知れない。

### Ⅲ

巨大都市、ボストンに当てられた最初の20章、そして、ニューヨークを背景にする次の2章、最初の20章は、主として、解説を取り扱い、「私は……ただのレポーターにすぎない……」(50)とのべている。「世は偽りで不道徳で、げびている」(186)と言っているように、この作品は、リアリスティックな描写から、序々に劇的表現に傾いていくことは否定できない。

『ボストン人』の始め150頁に、より巨視的な社会の働きとリズムを感ずることができる。ジェイムズの小説の大半が、個人的なドラマに限定されているのに反して、例えば、奴隷廃止論や、改革運動を、いわば、流れる時代の原点において、『ボストン人』は進行する。都市が工業時代に転がり込むにつれて、着実に悪化する都市生活を示しているのである。

ボストンからニューヨークへという系譜は、ハウエルズの社会小説『新たな幸運の危機』(1890年)が同じ経路を辿って、社会、経済的不正に対する関心を深めていったことを思い出される。巨大都市という渦巻の中で、

動きゆく既成体制に反抗し、迎合し、あるいは、無関心のまま、傷つき、切り離され、歪められ、抑圧され、いびつになりながら暮らすありふれた人々が、ジェイムズの恰好の題材になった。

とまれ、『ボストン人』は、1880年代のアメリカの文化や風土、とりわけ、市民感情に受け入れられなかった。特に、それは、当時のニューイングランドの中流の読者層の気風に合わなかった。

『ボストン人』が、一般受けしなかったことは、当然、感受性の強いジェイムズの自信と自尊心を傷つけ、そして当惑させた。<sup>3</sup> 又彼は、無関心を装うほどのヌーボーでもなかった。

彼は、1888年に、ハウエルズに「不幸な時代に乗りました。私は、この二冊の小説によって、明らかに、私の境遇に影響をうけた。私は、不可解な、説明し難い打撃に、まだ、全く打ちのめされている」<sup>4</sup>と書き送っている。又、彼は、『ボストン人』と『カサマンマ公爵夫人』が、一般に不評であったのに、啞然となり、「二冊の作品は、私の制作意欲と、作品の売れ口をゼロにしてしまった」<sup>5</sup>と嘆いた。彼の兄には、「私が目論んだような人生について、私は、始んど知るセンスがなかった」と、社会的テーマを取り上げたことを後悔している。

兄のウィリアム・ジェイムズは、リアリスティックな立場をとるためには、演繹的理性を肯定し、固定化された主義、閉鎖制度、上辺の絶対性、教条性、人工物、絶対的真理などを虚偽として、否定することであるとしていた。<sup>6</sup>

ジェイムズは、リアリスティックな小説への期待が大きかっただけに、あまりにも報いられることのなかったこの作品によって、深い心の痛手をうけてしまった。いずれにしても、芸術家として、一個の傍観者、分析者として過半生を過ごしたジェイムズが、当初、『ボストン人』によせた期待が画期的であったことは、疑問の余地はない。『ボストン人』が、もし、彼の文学路線の変更を意味するならば、次の三つの疑問に答えられなければ

3. Carl Doren, *The American Novel 1789-1939* (Macmillan, 1967), p. 178. "The popular success which James had hardly tasted except in the case of *Daisy Miller* but which he had confidently expected would be won by *The Bostonians* and *The Princess Cassmassima* had failed him. He felt hurt and mystified,..."
4. Irving Howe, vii.
5. F. O. Matthiessen and K. B. Murdook (ed.), *The Notebooks of Henry James* (Oxford Univ. Press, N. Y.), p. 69. "They have reduced the desire, and the demand, for my productions to zero."
6. William James, *Pragmatism* (Longmans, Green & Co., 1907), p. 51, pp. 57-8. Quoted by Kolb, *The Illusion of Life* (Univ. Press of Virginia, 1969), pp. 93-4.

ばならない。

1. 果して、社会小説むきの題材も、ジェイムズの手にかかると、結局は心理小説、あるいは少くとも、意識を描く小説にならざるを得ないのだろうか。<sup>7</sup>
2. 彼が、いみじくも反省しているように、彼は、社会小説家が持っていなければならないような経済や政治の世界への情熱的な傾倒や、分析能力に全く欠けていたのであろうか。
3. 彼は、国際的な小説家として、アメリカ文学からの脱出を志し、アメリカ小説に、終始背をむけていたのであろうか。

#### Ⅳ

たしかに、ジェイムズは、金融資本主義の実体の知識は、皆無といっているほどであったし、完全に巨視的な社会構造を把握していたとも言えない。

しかし、一方では、大都市ニューヨークや、ボストンの新興成金族の俗悪さ、貪欲さを巧みに描き出したジェイムズは、かなり、高く評価されている。<sup>8</sup>

例えば、リアリスティックな『ボストン人』の風景描写を眺めてみよう。

窓から見える煙突、機械工作所、工場のむさい真直な管、そして、天にむかう貧弱なニューイングランドのクエーカー教会の指状の塔など、『ボントン人』を取り巻く状景の経済的貧しさには、冷々と真に迫るものを感じさせる。と同時に、客観的に存在するその細部の醜悪さは、一挙に、自然主義作風に近づこうとする気迫がうかがわれる。

板片や、ブリキや、凍て付いた大地、倉庫、腐敗した堆積物、水のたまった街路を活気なく跨ぎ越す鉄道線路、がたが来た垣、空地、がらくたの山、鉄パイプが散らばった操車場、広場には剥き出しの木の大桶…… (178)

経済の発展には、悪臭を放つ恥部がともなった。主人公バジル・ランサムは政治的、経済的な位置づけも明快である。彼は、古い奴隷所有の、寡頭政治の国、ミシシッピの子孫である。南北戦争の痛手を負い、僅かな世襲財産の残を母や、姉妹の残存者に潔く譲った彼は、かれこれ30歳 (355) にして、始めて、田舎着のまま、ポケットに50ドル (404) と、絶え間ない苦悩と、ひもじさを背負って、ニューヨークにやってきた。(13)

事実、彼の家族は、零落していた。彼らは、彼らの奴

隷、財産、友人、縁者、家を失った。そして、敗北に付き纏うあらゆる辛酸を舐めた。彼は、自分で農園をやっていたが、借金の重荷を背負って首が廻らなかつた。ミシシッピ州は、彼には絶望の州であった。

しかし、背の高い (355) ランサムの外見は、まだ彼が偉大な政治家になる希望は捨てていないことを示していた。彼が、成功のために異常なほどの執着をもっていたのは、彼が激しい競争社会の一人のアメリカ人であったことを示唆している。

ところが、大都会での彼の生活は、惨めだった。ニューヨークのランサムの住居は、二番街の角の隣の朽ちかけたみすばらしい部屋であった。そして、その下の窓には蠅の卵で汚れた「賄い付き」の厚紙が貼ってあった。

脂ぎった舗道、薫製魚の強い臭、積み上げられたジャガ薯、人参、玉葱、いつに変わぬ淀んだ泥の堆積、穴や轍の跡のひどい道——物憂い田舎の牧歌的な漂いが、僅かにこの救いようのない大都会の吹溜りを救ってくれているに過ぎない。背景がなければ無に等しい(... a figure is nothing without setting. 190) ランサムの周辺には、奇想天外な骸骨のような高架鉄道が走っていた。ニューヨーク言葉でいう木賃宿の彼の部屋 (hall bedroom) は悪臭放つ、文明の真只中にあった。ニューヨークの彼は、あのボストンへの訪問から一年有半にして、なお、彼の仕事を金銭的に恵まれたものにする事ができなかった。彼の住んでいるところは、あらゆるものが、べたべたし、週2ドル50セントの小さい鹹くちャの定食の図があり、天井の低い地階が、真直ぐに伸びているところがあった。(151)

かなり抽象化されているとはいえ、ランサムもアメリカ文学の傷ついたビジネスマンの一人である。彼は、ジェイムズの最後のストーリー“Round Visit” (1910年) のブラッドグッドと同じ役割を果している。<sup>9</sup>

人は、どれほど特権を持っても、宿命的にビジネス界では、その桎梏の現実から引き摺り落され、追放される。金に憑かれた毒草のような経済機構の絡繰からくりに対する恐怖は、ジェイムズの作品、スペンサー・ブライドンにも、しばしば現われた恐怖であった。

『ボストン人』では、ジェイムズはこの恐怖心を越え、具体的な事象や、数字で、人々の経済的境遇の軌轢を述べている。経済競争の敗者であるランサムの残された希

7. 江島 祐二 p. 279.

8. Richard Ruland, *The Rediscovery of American Literature* (Harvard Univ. Press, 1967), p. 264.

9. Milton Mays, "Henry James, or, The Beast in the Palace of Art", *American Literature* (Jan., 1968), 471—2.



望は、遠縁の女性を見返すための20ドル紙幣の手の入れ方(194)であり、バリーナ・タラント (Verena Tarrant) と結婚することであった。もっとも、彼は、ひどく貧しく、社会常識では、バリーナのような少女に求婚する立場になかった。

ランサムが、バリーナを迫るのは、彼にとって、彼女が少しも、企業や誇大広告 (puffery) と結びつかないからであった。南部男の古い感覚から発するアメリカ的エネルギーは、急速に発展する都市化、産業化の波に洗われ、打ち拉がれた挫折感をイノセントなバリーナへの思慕に転換するのは容易なことだった。

一方、経済面で、バリーナと、オリーブを操っているのは、講演業 (lecture-business) に手をし出ているファイラー (Mr. Filer, 書類整理係氏) なる男である。彼は、女権運動をうまくビジネスに利用して、食物くいものにしている男である。<sup>10</sup> 彼は、フランク・ノリスの『オクトパス』<sup>11</sup>の鉄道会社の管理代行者と同じ役割をしているけれども、その代行者より、更に巧妙な隠蔽によって、敵意を感じさせない人物である。彼は、わざと、バリーナの演説を遅らせて、彼女の才能、純真さを食物くいものにしているのである。何故なら、彼にすれば、毎1秒は、500ドルの値打 (456) なのである。つまり、バリーナの弁説の爽やかさ、誠実な働が、金に換算されているのである。

バリーナの父にとっても、彼の知っていた貧困からの脱出の道は、娘を知名士の中に売りだすことであった。彼は故郷のペンシルベニアで極貧を嘗め、なまり鉛筆の小売 (105) をして、糊口を凌いでいた。ニューイングランドの首府を歩きながら、彼の頭に去来するのは、ホールを借り切って、娘を有名にするか、二・三度、私的に顔を出させて、除々に、人々の好奇心を煽ろうかなどという娘の出世のことばかりであった。彼は事の成行きは彼の手中にあり、金蔓も目の前にぶら下がっていると思った。(he had a card; he felt there was money in the air.) (105)

このタラントが、娘のバリーナを同性愛の相手、オリーブの手に止めておくのは、全く、ビジネス的な取引の代償として、オリーブに頼まれたからである。

オリーブは・タラントにかなり多額の小切手を振り出した。つまり、オリーブが、バリーナを彼女の父から一年間借りうける条件はも一年だけ、彼らをそっとしておくことであり、その代価がこの小切手なのであった。娘との引替の補償金の小切手を手に入れたバリーナの両親

の夫婦喧嘩をするおそれはなかった。(168-9) タラント家は、この風変わりな擁護者から引き出した収入増に、ほくほくであった。

では、オリーブはどこから金を得ているのか。金満家のバリッジ夫人から、バリーナの講演料として送られてきた金は、オリーブのところへ来たのも同然であった。

(311)

経済的な関心は、必然的に政治的なものとの結びつきなしには考えられない。もともと、『ボストン人』の登場人物達に政治的、社会的関心がないわけではなかった。第一に、ランサムは、大いに経済的問題だけでなく、政府の形態や、国家の幸福を考えている。彼は、またいつも、社会生活に対する望みをもっていた。彼は、その上、自分の理想を国家の将来に織り込むことは、人間最大の喜びであるように思えた。彼は、故トマス・カーライルの崇拜者であり、(194) 当時の民主主義の蚕食に強い疑いをもっていた。彼は、政治、経済問題では保守主義であり、選挙以外で選挙区を代表しうる方法があったら、政治に首をつっこんでいたであろう。

血縁、地縁を越える強力な政治、経済体制は、南北の対立、抗争という形で『ボストン人』にしばしば現われる。ランサムと、オリーブの姉、ルーナ夫人 (Mrs. Luna) の血縁関係も、法や経済の仕組によって、踏み躪られている。(195-7) 又々従姉弟のルーナ夫人は、密かに好意をよせていた遠縁のランサムに彼女の財産管理を任せ、子供のニュートンの家庭教師になるよう依頼する。ランサムは感激し、自信を持ってこの仕事を引受けるが、この信頼感と心の暖かい触れあいは、またたくうちに霧散してしまった。

というのは、ルーナ夫人の信託財産などは、完全に受託者 (trustee) の手に委ねられていたからである。彼の職務 (function) は実権のない雑用をすることであり、彼女の財産の法的後見人の密かな揶揄や嘲弄を招くだけに過ぎなかった。

南部、北部の政治、経済体制の違和が、ランサムとオリーブという血の繋りを断ち切っている。彼らは、又々従姉弟 (the third cousin) (404) という『ボストン人』で一番濃い血縁関係を心の争いによって切り離されている。何故、ランサムがこの遠縁のオールド・ミスと一緒に、気分が落ち着かなくなるのであろう (282) か。その直接原因は、バリーナをめぐる二人の三角関係であり、その三角関係

10. "Who is Mr. Filer?" "Oh, ... He is the man that runs Miss Chancellor." (451)

11. Donald Pizer, *The Novels of Frank Norris* (Indiana Univ. Press, 1966), pp. 118-9.

の背後には、大都市の物質文明や、女権運動に潜む金銭的な利害が働いていたのである。暖かい人間関係が人工的な社会体制によって引裂かれてゆくという冷徹な事実とは、又、人間の側からすれば、心の分裂につながってゆく。

無邪気で、ほほえみを浮かべたバリーナは、オリーブとの女権拡大運動や婦人参政権論者という社会生活と、ランサムの妻という、どちらもバリーナが心から望んでいない事柄を選択しなければならない社会動物<sup>12</sup>になっている。

『ボストン人』の登場人物は、社会的義務と、自分の欲望の中で分裂している。というのは、彼らの社会的意識と、私的意識とが一致していないからである。自分の意志を他人に押しつける『カサマシマ公爵夫人』の王女も、ダロー夫人も、これらの分裂からくる攻撃的な女性であった。彼女は恋人の幻想に反対して、人生の現実を信ずると公言する。そして、芸術を厭い、政治活動の中心にいたることや、権勢を手中に収めることをもっぱらの楽しみにしている。彼らは、政治的であるにせよ、経済的であるにせよ、他人の犠牲の上に立って、世の中で認められ、昇進することを望んでいる。

『ボストン人』でジェイムズは、個人と、社会、私生活と、公的生活の葛藤から生ずる緊張を明確にした。この事は、ジェイムズの三部の社会小説『ボストン人たち』『カサマシマ公爵夫人』『悲劇のミュージズ』の中で、『ボストン人』に、新しい時代の作家としての彼の真価を問う正念場を見つけないければならぬことを意味している。

南北戦争後のいわゆる「鍍金時代」における、古いニューイングランド風の改革運動や、それと並行し、対立する南部保守主義が『ボストン人』に生きている。女権拡張、同性愛、裂かれた南北の縁者、パジル・ランサムとオリーブ・チャンセラーの心の一蠅（わだかまり）—これらは、實際を軸にして、真実と現実を表出するというメルクマー<sup>13</sup>から、すでにアメリカ・リアリズムを指向しているといえよう。

## V

文学の様式としてのアメリカ・リアリズムは、厳格には非常に定義し難い。というのは、真実性、実際性、確実性、現実性、そして、客観性という言葉自体の意味の甘さがあるからである。ジェイムズは「小説のただひとつの存在理由は、その描き方の巧拙をふまえた上で人生を描写することである」<sup>14</sup>と言っている。

なるほど、『ボストン人』には、超絶的なもの、グロテスクなもの、奇妙なもの、天使、悪魔、英雄、悪漢はいない。それは、偉大な、遠い、ロマンティックなものも求めていない。日常の、ありふれたもの、そして、低いものを眺めている。近くのもの、俗悪なものの価値を認めている。ジェイムズは、この作品を通して、リアリズムへの足がかりをもった。ここで、彼は、文学的生涯の屈折点に立っていたことは確かである。ジェイムズ文学の中で、この種の作品が看過されてよいかどうかは、長い年月の審判と、大方の判断を待たねばならないけれども、当時の読者層や、観客としての評論家が下した判断が、文学作品としての『ボストン人』の絶対評価であってはならない。

『ボストン人』は、ジェイムズの他の作品と違って、多数の平凡な登場人物が多様な素材と共に登場する。彼は、19世紀後半のアメリカ人の生活が、はっきり置かれている諸問題に取組もうとした。作品は、締りなく、絵画的な散漫さという弱点がある反面、オリーブの応接間の優雅さ、タラント夫妻の住む煤けたケンブリッジの通り、明るく輝く夏のコッド岬の柔かな姿など、豊かな写実が見られる。加えて、小説の大半の場所は実在の地名で埋められている。ボストンのビーコン・ストリート、ビーコン・ヒル (xxii)、オリーブの住むチャールズ・ストリート (15)、ボストンのコッド岬、ニューヨークのランサムの事務所の外を走るパイン・ストリート (12) などが迫真性を盛り上げている。

一般的なリアリズムとは「作者の空想や主観を斥け、自然、事物、人間の一般的真実を、それらの美醜にかか

12. John Kimmey, "The Tragic Muse and Its Forerunners," *American Literature* (Jan., 1970), 519.
13. 大橋健三郎「アメリカ小説—その近代性と反近代性」『英語青年』（研究社1971年1月号）、747。Actualityを軸にして、truthとrealityを表出する。Actualityを拒否して、直観と超絶によってrealityを把握しようとする。
14. Henry James, *The Art of Fiction, Partial Portraits* (London: Macmillan & Co., 1888), p. 378. Quoted by Kolb, p. 30. "The only reason for the existence of a novel is that it does attempt to represent life."

わらず忠実に再現しようとする立場をとり、ロマン派の空疎な理想主義と対立<sup>15</sup>し、あるいは、「醜悪な事物を描き、道徳的にしくないことを詳かに世に出す」ことである。<sup>16</sup>

しかし、アメリカの文学的リアリスト達は、哲学的なリアリスト達ではなかった。彼らにとって、意識にはねかえる演出を離れた現実というものは、普通、考えられなかった。リアリストの筋書は登場人物と縫れあって、繋がっている。作品の題名から見ても、登場人物の主体性がリアリスティックな小説では、貫かれている。『ボストン人たち』、『カサマシマ公爵夫人』、『ハックルベリー・フィンの冒険』、『サイラス・ラパムの冒険』、『ラムエル・ペカーの従弟』と、ホーソンの『緋文字』、『七破風の家』、『プライズデール・ロマンス』、『マーブル・フォーン』と比較してみても、登場人物の重視といった点で、リアリスティックな小説と、ロマンティックな小説の相違は明らかである。

リアリスティックな性格描写の理論は、中庸の過程をとる。それは、奇抜な、一次元的な、特異な人物を拒否する。オリブ・チャンセラーは、どこにもいるボストンの改革者であり、並外れて優れたボストンの女革命家ではない。バリーナは非凡な声をもっており、聴衆を魅了する話術をもっている。それは、父母より直接受け継いだものではないけれども、遺伝、環境の自然主義的影響が皆無とは言いきれない。<sup>17</sup> バジル・ランサムは、頑固な地方人であるけれども、彼は当時の南部人の特徴をもっている。彼の<sup>ためら</sup>一見、<sup>がら</sup>躊躇い勝の謙虚さは、南部の安っぽい騎士道思想の道徳に見られる虚偽の感情と、誇りから生まれたものである。

『ボストン人』で、ジェームズは、ほとんど、すべての登場人物から等間隔に位置し、彼らに、極めて、冷徹な、時には、敵意さえも見える態度をとっている。人々は、多様な動機をもとに行動し、入り交じった意識をもち、人生とは、複雑で、曖昧な事柄であるように思っている。ジェームズは、『小説の技法』で、「現実<sup>は</sup>、様々な形をもつ」とも「経験は決して限られることなく、完全であることはありえない」とも言っている。

#### VI

「あらゆる自然の事実<sup>は</sup>、すべて、ある精神的な事実

の象徴である」<sup>18</sup>「すべて見えるものは、表象である。——汝の見るものは、独立しあるものならず。厳密には全く存在しないものなり。物質は、精神によってのみ存在し、ある理念を代表し、それを具現する」というエマソンの論断——そしてこの文学的ロマン主義哲学は、ロングフェローによって、次のように明確に要約された。「文学とは、物質界というよりは、精神界のイメージではないだろうか。」それは、1849年のことであった。その後、暫くして、ダーウィンの『種の起源』(1859年)、ミル『ユティリティエアリанизム』(1861年)、マルクス『資本論』1867年が世に出ており、1886年にはその翻訳も出回った。

アメリカのリアリズムは、そのロマンティシズムの超自然主義、プラトニックな理想主義、そして霊界から次第に離れていった。

『ボストン人』には‘天上の美’‘不滅の本能’‘澄み切った泉’‘崇高な女神’そして、‘気高い魂’というような言葉はない。それはまた、カーライルの人間についての定義——神の大気に浮ぶ光の揺らめき——を否定する。『ボストン人』での牢獄での謀略、月光下のメロドラマもない。そこには、ハウエルズが言ったように、殺人、墮落、放火、略奪、幽霊、難破はなく、そして、不老の貴婦人もいない。

アメリカのリアリズムにあつては、リアリズムをロマンティシズムとは次元の異つたものあるいは、相対立する概念であると単純に考えることは、間違っている。それは、文学的ロマンティシズムに何らかの新機軸が加味されたと考えてよい。

何故なら、ハウエルズは、エマソンの平凡なもの、普通のものに対する認知を賞讃している。アメリカ・リアリズムは、「自分自身を越えたものを求めるな」というエマソンの格言を認める。<sup>19</sup> ジェームズは、ホーソンの民主的感情や、人間の平凡なところに対するホーソンの好みに好感をもっている。更に、ジェームズはホーソンの深層心理の分析を偉大な力と考えているところなどが、アメリカのロマン主義作家と、現実主義作家とを結び合わせる類以点である。

とはいっても、リアリズムは、ロマンティシズムと、同一区間を、わけあっているわけではない。アメリカ文学で

15. 白井健三郎「リアリズム (Realism)」『世界大百科事典22』(平凡社1970), p. 706.

16. Willam Benton, *Encyclopaedia Britannica*, vol. 19 (Univ. of Chicago, 1963), p. 9B.

17. John Kimmey, p. 520.

18. Harold Kolb, *The Illusion of Life* (The Univ. Press of Virginia), 1969, p. 37.

19. Stephen Whicher (ed.), *Selections from Ralph Waldo Emerson* (Boston:Houghton Mifflin Co., 1957), p. 147. "Ne te quaesiveris extra," prefatory epigraph to "Self-Reliance."

は、シンボリズムやイメージアリーをよく使うけれども、これらの点においても、両者の相違は明らかである。

ジェームズは、ロマン主義小説の寓話的な書き方や、突飛な象徴に反対した。彼は、象徴が、しばしば超自然的、精神的、超絶的なものに飛躍しがちであることに懐疑的であった。つまり、彼は精神的な事実、魂の存在、そして全知遍在に傾きやすいロマンティストの象徴を斥けたのである。

ロマンティック・イメージアリーは、想像の力の裾野を拡げがちであり、リアリストック・イメージアリーは、その焦点を絞ろうとする。リアリストック・イメージアリーは、明確で、具体的で、世俗的であり、実際に手で触れ、目に映るようなイメージアリーを用いようとする。実際、『ボストン人』で、ジェームズは、メタファーをしばしば登場人物達を描写するために用いた。リアリスト達の象徴は、彼らの直喩や、暗喩同様、主として、登場人物の性格や為人ひととなりを示す<sup>20</sup>のにもっばら当てられている。それは、具体的、現実的な象徴である。

オリーブの硬直した考え方や、女性らしさのないことは、氷と鉄鋼石のイメージで表現されている。バリーナの父セラ・タラントの大きい肉食むきですらある歯は、彼を動物に位置づけていたが——彼の家族を食物にする歯よさむに相応しかった。オリーブの狭い応接間は、彼女の偏狭な心の象徴であり、人生の黄昏ゆうぐらにあり、孤独な老女、バーザイ老女史の心淋しい、がらんとした集会室や、タラントの小住宅は、すべて、所有者の性格を表現する。<sup>21</sup>

リアリズムと、ロマンティシズムの象徴の相違は、南北戦争によるランサム一家の崩壊と、神秘的なアッシュ一家の超自然的な瓦解とを対照させることによって本質的に明らかになる。

## Ⅶ

『ボストン人』は、アメリカ・リアリズムの特質と、アメリカ文学の善悪二元論——自然、田舎の美と、文明、都市の悪を合わせ備えている。

雪が汚れた都市や工場をその白衣でおおい隠し、遠い天体が美しい幻想の世界を宿すように、自然は、アメ

カ文学の中では、挑戦の場と同時に、憩の場であった。美しい自然の情景は『ボストン人』の至る所に見出される。

自然や農村風景は、美と善と祝福で満ちていることが多い。ランサムはすばらしい星明を楽しんだ。自然と一緒にいることは、彼にとって、過去二年間の長い緊張と、ニューヨークでの最近の暑苦しい何週間かの後のさわやかな一風呂同然であった。(360)『ボストン人』を通して、人々の短い幸せの一駒、一駒は、自然と関連していることが多い。ランサムとバリーナのごく僅かな婚前の幸福は、彼らが自然の抱擁の中にある時、訪れている。

彼らは、水際に沿って岩のある灌木そでろに覆われた所まで漫歩だるした。そこまでが、ちょうど歩きころであった。すべての素朴な、(homely) 気怠さと、香りの高い温和な岬、美しい白砂、静かな水面がそこにあった。(394-5)

物質文明における心の喜びは、幾何級数的に減少する。索漠とした人間関係、男女関係は、社会の重圧のもとに、ますます心の触れあいを少なくする。大都市ニューヨークの繁栄は、見せ掛けで、その裏側には、貧困が徘徊していた。海の彼方からやって来た失意の子孫達——新移民たちは、公園の日のあたたか低い壁に何することなく立っているし、その向側には、六番街の空の無い商業街の景色が広がっている。

ランサムとバリーナの別れと結びつきは、都市と田舎とのあいだで反復する。彼らのニューヨークでの別れは、至極当然のことであり、ひどく素気ない無意識の薄笑い (mechanical smile) (350) が、それに伴う。これに反して、彼らの結びつきは、必ずといってよいほど、自然の、のどかさの中で展開する。バリーナとランサムの心引こころびきは自然を媒介として終始する。マサチューセッツのイタリーと言われるコッド岬、夏がすみたつ低い水平線——諸々の意見いけんは都市に置き忘れることをランサムは望んだ。気の狂いそうなニューヨークの休みなく反復する生活と、恵まれた自然の中の自分を見出すランサム。

彼は人工的な宿泊所を求めているのではない。ここは、バリーナ・タラントも言っているように、一人一人が大地上で横になり、古い衣服を着ていられるところ (376-7)

20. Olive Chancellor was a spinster as Shelly was a lyric poet, or as the month of August is sultry. (18)... Doctor Prance ... The little medical lady struck him as a perfect example of the "Yankee female" ... the figure which ... was produced by the New England school system, the Puritan code, the ungenial climate, the absence of chivalry. Spare, dry, hard, without a curve, an inflection or a grace, she seemed to ask no odds in the battle of life and to be prepared to give none. (41)

21. Kolb, p. 120.

なのである。静かな波、入日に光る引潮の水溜り、<sup>めき</sup>目木の小灌木の小径が続く低い岬すべて晩夏の午後の心が大気に漂っていた。ここにおいて、バリーナ・タラントとバジル・ランサム<sup>の</sup>心が解け合った。優美な色をつけた水、霧がかかった他岸の岸边、そしてその色合は銀色に鑲められた夏の光であった。それは、まるで夢の国、絵の土地であった。そして、そこでは、たまたま、木々が妙な形に群がったりしていた。つと、深い草の跡切れたところや、香り高い奥まったところで、突然小さい理想郷(Arcady)に二人は出くわしたりする。(395)

『ポストン人』には、生命力の力強い肯定は見られなけれども、その自然讃美は、時代の相違を越えたアメリカ文学の基調である。典型的なロマン主義とか、ヨーロッパのリアリズムとかで簡単に割り切ってはならない、もっと素朴で、新世界の自信と肯定の表白として、外なる自然への全幅的信頼が、『ポストン人』を含めてアメリカ小説にはある。<sup>22</sup>

『ポストン人』には、自我と自我とが、激しく音をたててぶつかりあい、未来への挑戦に原始的に挑みかかるところはない。そういったところを除いて、自然を愛し、物質文明を拒否し、合理的な非情性、直線的な機械処理を暗に忌避している点で『ポストン人』は、まさしく、アメリカ文学的なのである。

事実、『ポストン人』には、文明、機械、科学に対する疑惑、諷刺などが多い。それは、取りも直さず『ポストン人』がアメリカ的<sup>23</sup>なものを中心に、アメリカ文学の特徴をもちながら描かれているという動かさない証拠である。

例えば、バリーナに言い寄るもう一人のマサイアス・パードン(Matthias Pardon)(ごめんなすって氏)は、あらゆる文明の利器を利用しないではおかないというような青年である。(124—6)彼は、人類の地上での使命は、電報を休みなく開発し続けることであると考えた。彼にとっては、調和とか、感覚とか、内容とかいった事は、問題外で、目に見えるものは、何でも真新しい物に飛びついた。バリーナの父は、この「ごめんなすって氏」は、成功の秘訣を知っており、娘を売りに出せるのはこの男をおいて他にはないと考えている。父、タラントは、彼「ごめんなすって氏」なら、科学的に娘を書きたて、都市の利益集団の中で、自分の娘を、自分の野心の目標に仕立てることができると思ったからである。

都市機構は、彼の期待を裏切った。バリーナは、パードンと別れ、一方ランサムとオリーブの冷戦も深まった。古いニューイングランドを代表するパーザイ老女史も身寄者もなく、後継者もなく死んでいった。それは、古いニューイングランド社会を送る弔鐘であった。そして、それに代る新しい大都市は、『ポストン人』の弱い登場人物たちに敵しい対立と、孤独とを押しつける本質を潜めていた。

## VII

ジェイムズは、生涯を通じて、彼自身が願った自由市民という領域を越えた憧憬の中に、生活した。『ポストン人』を見る限り、これほど執拗に、人生のありふれた現実から孤高を守ったりリアリストの数は少ない。『ポストン人』こそ、彼が自信をもって、その環境への忠実さ、現実的な登場人物、背景を、アメリカ社会に敵きつけたリアリスト的な作品である。

リアリストはどちらかといえず、率直で、高圧的で、考えが奔放で、絶対権威に逆う女性や、身持ちや、言葉遣いの悪い女性達を、さらりと描く場合が多い。彼らは倫理性や道徳性を欠いているけれども、彼らを通して、人間と社会の関係をより密接に捉えることができる。ジェイムズは、『ポストン人』で、19世紀の理想的な、偽善的な女性たちを、彼女らの座から引き摺り下ろした。

オリーブ・チャンセラーは、バリーナ・タラントとの愛情を回ってバジル・ランサムと競う。ジェイムズは、容赦なく、オリーブとバリーナを結びつけている同性愛の紐の奥を調べあげる。当時の社会慣行としては、常規を逸した同性愛は、実は、大都市の中の人その孤独と、無連帯から生じた行動なのである。彼らは、画一的な行動ではなく、様々な社会的事実に対する複雑な行動をとる人々の心理の有様ではなくて、様々な社会事象に対する彼らの反応である。

遺伝的なオリーブの潔癖性と、彼女の大都会での孤独は、勿論、彼女の父の死と、それに先立った母の死(118)が主たる原因であった。しかし、姉と折合わず、遠縁の青年、ランサムとも反が合わず、異性にも反発感をもっているとするれば、オリーブが、純真、無垢なバリーナに思いをはせるのは無理からぬことであった。オリーブの同性愛の原因は、実は、新しい都市問題、孤独の捌け口ではなかったか。古い社会には、家族的なぬくもりがあ

22. 佐伯彰一『アメリカ文学史』(筑摩書房1971) p. 41.

23. Michael Milgate, *American Social Fiction*(Oliver & Boyd, Edinburgh and London, 1964), p. 196. 要旨は、「アメリカの社会小説は、イギリスの社会小説と比べて、メタフォルックなところやロマンティックなところが多い。」ということである。

り、新しい高度産業会は、その物質文明が、産みだした多量の商品で、人々の欲求をつねに飢餓状態に追いやっていた。ランサムはまた、農本主義の生活——フランク・ノリスの『死の谷』のマックティーンや『オクトパス』のアニクスター『野獣のパラード』のバンドーバーたちと同様に、もともと、それほど大きい物質的欲求はもっていなかった。(Ransom, as I have mentioned, had not a high standard of comfort) (228) 彼は、シガーと、ブランデーと、新聞と、脚が伸ばせる籐底の肘掛椅子さえあれば満ちたりていた。(16)

ランサムは、戦勝国北部の社会制度——高度の資本主義社会にむかっていた大都市に象徴される——に必要な、生活態度は身につけていなかった。旧南部的出世主義や保守主義では、生馬の目を抜く大都市での成功は、初めから実現性に乏しかった。ランサムの結婚に対する執拗な要求は、実は、資本主義競争社会での敗北の代償であり、オリーブの崇高な女性解放という遠大な理想は、彼女も言っているように「少しの金を他人のために使うこと」(24)なのであった。何故、何のために彼女は、金を他人のために使うのか。それは、大都市での人々の心の重荷——孤立者という不利な立場——から逃れる道であった。オリーブ自身が、どちらかという、富める階級(11)(Miss Chancellor belonged to former class.)(83)に属しており、二人を近づけたひとつの理由は、バリーナが、貧困に馴れ、ひびの入った生活体験の持主であった方が、チャンセラには、バリーナの両親を含めてバリーナに取り入り安かったからに他ならない。彼女が愛の対象に選んだバリーナの父は、ペンシルベニアの名もないところ(unheard of place)に生まれ、彼の家柄は口に出せないほど、低かった。問題は、この貧困という欠陥がなければ、オリーブとバリーナの愛は成立しなかったということである。ジェイムズのリアリズムは決して、専門的、学術的な意味ではなく、女権運動や、同性愛という現実問題が、深いところで、著者の気付かないうちに、経済と政治に、関わりあっていたのである。それは、彼にすれば、意識下のことであったかもしれない。彼はあるいびつな小集団の愛と欲の葛藤が、変貌しつつあるボストンやニューヨークの社会と何らかの相関があるということを、本能的に感じていたのである。

国外亡命者といわれたジェイムズも、『ボストン人』では、もっとしかつめらしく、アメリカ社会の諸様相を捉える実験をしていたのである。それは、自然主義とか、リアリズムとか、ロマンティズムとか明確に区別する

ことは困難である。あるいは、彼を一種の現代表現派<sup>24</sup>と考えようとする人もあるほどである。こういった観点に立つと、『ボストン人』は、ある意味においては、ノリスの作品などよりも自然主義的なところもあり、ジェイムズの他の作品よりもアメリカ文学的なところがあるといえるのである。ガーランド、クレーン、そして、ノリスはアメリカ自然主義文学の創始者達といわれているが、彼らにしても、リアリズムを受け入れる反面、それを拒否した。ちょうど、リアリスト達が、ロマンティズムのある面を受け入れ、他を退けたように、文学の流れというもの、通常、相交わるところが多く、相対的に受け継がれるところが、かなりあって、厳格に主義などと区別することが難しいのである。しかし、理想主義、感傷主義やロマンスから離れようとするリアリスティックな胎動は、オリーブ・チャンセラや、バリーナ・タラントなどに見られ、前記の条件から、彼らは、クレーンのマギーやドライサーのキャリアから、さして異なることはないといえよう。80歳で系累なく、枯木の朽ちるように静かな大往生をとげたバーザイ老女史(183, 406—8)は、一生を自己の信条に捧げた。バイブルをもって、奴隷のために、南部を流離い歩き、アイルランドの社会で、禁煙を訴え攻撃の矢面に立った。酔って、半狂乱になった夫婦の仲裁に入ったり、街で拾った不潔な子供達を貧しい自分の部屋に連れ戻り、汚れた衣服を取り替え、爛れた体を洗ってやった(28)新移民の貧乏なポーランド人や、シャツもないイタリア人を助けた。実務家である彼女は、勿論、ショート・スカート連盟にも入っていた。

しかし、彼女は決して、女闘士でも、社会事業家でもない。それは、彼女のもの悲しい、柔和な青白い顔と、しぼんだ顔(26—7)が、如実に物語っている。彼女は、核家族の極限に在ることに注目せねばならない。彼女は、近代的集団の、あちこちに顔を出すけれども、家族、縁者などの血縁集団から全く疎外されていることに気付かなければならない。

急速に増えつづけたヨーロッパからの貧しい新移民、孤独で強がりの女性運動家の姿は、当時の大都会の人々を彷彿させるではないか。

女性の地位と、人々の社会との力関係は、生きた人間と、現実社会を小説化する新たな視点であった。その点ジェイムズは、決して、独善的な理論や、固定観念に執着のあまり、彼の言質をとられることはなかった。

そして、『ボストン人』は、その中に大都市の人生に真実性を与えたといえよう。その技法は、カーライルの言

24. Vernon Parrington, *Main Currents in American Thought—The Beginning of Critical Realism in America* (Harcourt, Brace & World, Inc., 1958), pp. 240-1.

葉を借りれば‘くだり’であり、さらに、厳密に言えば、非超絶的、非先験的であった。

『ボストン人』は、深い芸術的人間追求といった点で、粗末になっているけれども、広く、社会的現実や、社会問題を取り上げた点では社会小説<sup>25</sup>ともいえる。それはまた、アメリカが、世の師表であるという改革的伝統を痛烈に諷刺したことでは、アメリカ社会と生活に対する厳しい指弾であった。

人々は、アメリカの支配勢力から疎外され、脱個性化の流れの中で無力化した。アメリカ社会の主流から、はじきだされた彼らは、複雑な、社会組織と、物質文明化の中で、欲求過剰と、競争の激化という代価を強いられ、真の人間的な楽しみと、価値を篡奪されている。『ボストン人』の登場人物達は、すべて、大都市の巨大な社会

空間に、意味なく浮かんでいる根なし草なのである。

何故バリーナ・タラントの胸はべしゃんこであり、バーザイ老女史は乾草の束より外形が崩れ、フランス女医<sup>せんせい</sup>は、少年といえば少女がかかっていると思われるぐらい、女性達が、中性化しなければならないのであろうか。

地球誕生以来はぼ45億年、人知では、いまだ測り知れない大自然の調和<sup>いとな</sup>の営みの中で、成長した人間―彼の些細な驕慢な知恵が産み出した当時の最高傑作、大人工都市の仕くみが、果して、『ボストン人』の登場人物たちに幸せをもたらしたであろうか。

いずれにしても、『ボストン人』をぬきにして、ジェイムズ文学は語れまい。というのは、彼はこの作品によって、現代人のあり方に、心憎い疑問を投げかけているからである。

25. 小田切秀雄「社会小説」『世界大百科事典10』（平凡社1970）、p. 577.





モームの見た真実  
——『お菓子とビール』について——

柏原啓佐

Maugham's Truth

—— On Cakes and Ale ——

Hirosuke KASHIWABARA

*Cakes and Ale* は、*Of Human Bondage* や *The Moon and Sixpence* よりも後に書かれた自伝的小説である。作者はこの作品に強い愛着を覚えているようで、映画にもよくある現在と過去をない合わせた物語展開の巧妙さは、ストーリー・テラーとしてのモームを十分に満足させたに違いない<sup>1</sup>。事実、その筆運びの技術に惜しめない賛辞を送っている論者も少なくないのであるが、<sup>2</sup>本論では主として、モームの女性観と作家論に焦点を絞ってみたいと思っている。

I

この作品の中心人物は、作家エドワード・ドリッフィールドと、彼の最初の妻ロウジーである。モームの目的は、思い出をもとにして、ある作家の生涯を描くと同時に、いつまでもモームの心を離れなかった女性を、その作家の妻として創造することであった。<sup>3</sup>

ロウジーのモデルは Nan という女優であった。しかし、ある意味では当然のことではあるが、その現実の女性とロウジーとはいろいろな相違点を持っている。Richard Cordell は二人の女性を比較して、この点について詳しく論じているが、<sup>4</sup>二人の社会的な地位や立場はまるきり異なったものとなっている。しかし、そういったものは、いわば一種のカムフラージュでしかないのであって、この二人の女性が共通に持つ魅力の本質を、モームは他のところに見出そうとしている。それでは、ロウジーとはどのような女性であろうか。できる限り、そのイメージを引き出してみよう。

II

この物語は、作家のアシェンデンが語る一人称小説で、*The Moon and Sixpence* の方法を踏襲している。彼が思い出の糸をたぐるきっかけとなったのは、ドリッフィールドの伝記を書きたいというオルロイ・キアの野心であった。同僚のロイにせがまれて、アシェンデンはいつしか少年時代にブラックステイブルで知り合ったドリッフィールド夫妻のことを回想する。ブラックステイブルは、父母の死後、アシェンデンが引き取られた叔父と叔母のいる田舎町であり、*Mrs. Craddock* や *Of Human Bondage* にも描かれているおなじみの町である。その街角でふと出合ったのがドリッフィールドである。牧師である叔父は封建的な身分意識から、駆け出しの貧乏作家を軽べつしているが、アシェンデンはいつの間にか、自由なふん囲気を持ったドリッフィールド夫妻にひかれていく。

アシェンデンがはじめてロウジーに出合ったのは、自転車の練習の時であった。彼女から受けた第一印象は、卒直で気持のよい微笑を浮べた無邪気な女性、であった。しかし、彼女についての町のうわさは芳しくない。ロウジーは、もとバーの女給をしていて男出入りが多く、特に妻子を抱えたジョージ・ケンプとの関係は、世間を知らないアシェンデンに激しい衝撃を与えた。この点では、モームも卒直に認めているように、ロウジーはモデルになった女性同様、'grave and maddening faults'<sup>5</sup> を持っていたのである。

1. *The Selected Novels*, vol. I, Preface, Heinemann, and Richard Cordell: *Somerset Maugham*, p. 70 and p. 94, Heinemann.

2. Richard Cordell: *Somerset Maugham*, p. 94 and p. 229.

3. *The Selected Novels*, vol. I, Preface.

4. Richard Cordell: *Somerset Maugham*, pp. 94-110.

5. *The Selected Novels*, vol. I, Preface.

ドリッフィールド夫妻が多額の借財を残して逐電してから、アシェンデンは、久しぶりにロンドンでロウジーに再会する。彼の予期に反し、彼女は借金を踏み倒したことを少しも気にしないで、

“I am glad to see a Blackstable face. You know we left there in a hurry.” (p. 92)

と言って笑い出す。

ドリッフィールドは、この頃文壇にも登場し、彼の家にも作家や役者や絵かきが入り出すようになっているが、ロウジーの美しさを認めた画家が、彼女の肖像画を画き上げる。画家は、彼女の印象が金色ではなくて銀色であると語り、その絵を見たアシェンデンも、次のように感想を述べている。

She glowed, but palely, like the moon rather than the sun, or if it was like the sun it was like the sun in the white mist of dawn. ... She stood like a maiden apt for love offering herself guilelessly, because she was fulfilling the purposes of Nature, to the embraces of a lover. She belonged to a generation that did not fear a certain opulence of line, she was slender, but her breasts were ample and her hips well marked. (p. 107)

象げのような肌をして、均整のとれた彼女の姿態は、アシェンデンの心を捕え、神秘的な美をたたえた子供っぽい微笑は、深く彼の心に刻まれた。

しかし、彼女の放縦な生活は昔と変りなかった。彼女は、アシェンデンともごく自然に肉体的な交渉を持つようになるのであるが、彼女を愛し、独占したいと思っている彼には、彼女の気まぐれな行動がいら立たしく、激しいしつとに苦しむ。アムステルダムのダイヤモンド商人からもらった高価な毛皮のケープを大切にしている彼女もしゃくであったし、ブラックステイブルのジョージ・ケンプとも、いまだに週に一度は会っているようであった。たまりかねて非難するアシェンデンに、彼女は、

“... It's so silly to be fussy and jealous. Why not be happy with what you can get? Enjoy yourself while you have the chance, I say; we shall all be dead in a hundred years and what will anything matter then? Let's have a good time while we can.” (p. 121)

と、彼女の考え方を明らかにする。

この享楽主義的で、インモラルな考え方は、モームの人生観の一端を代弁している。彼の思想は、このような

形で述べられた場合、薄っぺらで俗っぽくって、観念臭すら感じられるのであるが、それは複雑な人生を余りにもせつ然と割り切っているためであろうか。しかし一方、そこには、恋に苦しみ、自分の生き方を求めて頼もしいモームの模索の帰結を見ることがもできる。彼の人生は、いわば‘人間の絆’からの脱出であった。独占欲やしつなど、恋の情念から逃れようとする志向は、*Of Human Bondage* はもとより、*The Back of Beyond* などの短編小説にもうかがわれ、常にモームの心を去らなかつた主題である。逃避的自由の希求から、必然的にインモラルな思想が生まれてくる。若い頃から、社会と個人の問題を煮つめて考えたモームは、男女の関係についても、モラルを否定してかかった。*A Writer's Notebook* に見られる執ようなくらいの省察は、それを雄弁に物語っているが、

That which is universal in mankind cannot be evil: it is a fault with many ethical systems that, more or less arbitrarily, they fix upon certain tendencies of man and call them good; and upon others and call them evil. How much greater would human happiness have been if the gratification of the sexual instinct had never been looked upon as wicked. A true system of ethics must find out those qualities which are in all men and call *them* good. (*A Writer's Notebook*, p. 58, Heinemann)

と言って性衝動を肯定しながら、さらに迷うにも似たモラルの束縛について、次のように感想を述べている。

Society makes rules for its own preservation, but the individual can have no duty towards society: there is nothing to restrain him but prudence. He can go his own way, freely, doing what he wills, but he must not complain if society punishes him when he does not act in accordance with its dictates. More efficacious than all the laws society has made for its self-preservation is the institution of conscience, setting thereby a policeman in every man's bosom to see that its laws are obeyed; and it is singular that even in a man's most private affairs, where one might imagine society has no concern, conscience leads him to act according to the good of this organism outside himself. (*id.*, p. 55)

モームは、モラルのわくをはみ出た場合の社会的制裁を非難しているわけではない。つまり、ロウジーが社会から糾弾されたとしても、やむをえないことである。し

かし、インモラルなロウジーを創造することによって、彼はひそかに社会に対する個人的うっ憤を晴らしていたと見るのは行き過ぎであろうか。現実生活においては、彼も常識的にならないわけにはいかない。文学はモームにとってカタルシスである。<sup>6</sup> ロウジーの言葉から受ける薄っぺらな感じも、その現実の重みと観念との間のギャップから生じるのかもしれない。いずれにしても、ロウジーは、モームの個人的な嗜好の所産である。

ロウジーの気どりのない自然さは、*Of Human Bondage* のサリーを連想させるところがあるが、一方、ロウジーはサリーと異なってアシェンデンをしっとのために苦しめる。その点、ロウジーはミルドレッドの要素<sup>7</sup>も持っていて、アシェンデンとフィリップ<sup>8</sup>の経験した苦悩は、程度の差はあっても同じ性質のものである。つまり、*Of Human Bondage* において、ミルドレッドに求め得なかった幸福をサリーに求めたモームは、*Cakes and Ale* においては、ロウジーというただ一人の人物に、二人の持つ要素を集約したと言えよう。それだけに、ミルドレッドの冷たさが薄らぐと同時に、サリーの非現実性も影を潜めている。ロウジーの魅力は、そこからじみ出てくるのである。

だれもが指摘するように、女性に対して辛らつなモームも、ロウジーには、珍しく懐かしさと愛情を注いでいる。同じ作品の中でも、好対照をなすのはドリッフィールドの二人目の妻エイミーであり、さらにパートン・トラッフォード夫人である。彼女たちとロウジーとを比較することによって、モームの女性観はもっと鮮明な姿を現わす。

### Ⅲ

トラッフォード夫人は大変な読書家で、文学や芸術に激しい情熱を持っていた。彼女の訪問を受けるようになった作家は、文壇に踊り出ることが約束されるほどの影響力を持っていた。ドリッフィールドも、やがて彼女のおめがねにかなうようになるのだが、そうなると当然、妻のロウジーも彼女と顔を合わさないわけにはいかない。バーの女給上りで無教養なロウジーとトラッフォード夫

人とは水と油である。ロウジーは夫人のことを、‘that damned old cat’<sup>9</sup> とののしり、逆に夫人は、ロウジーの肖像画を見て、その絵が、‘sacrificial heifer’<sup>10</sup> を連想させると言っている。

ロウジーの夫人に対するけんおは、モーム自身の好み が反映されていると考えるのが自然であろう。

She gave you the curious impression of having no bones in her body and you felt that if you pinched her shin (which of course my respect for her sex as well as something of quiet dignity in her appearance would have never allowed me to do) your fingers would meet. (p. 98)

といった描写にも、そのことが端的にうかがえよう。

一般にモームは、しっかり者で分別くさい女性には、ほとんどけんおのような感情を抱いている。‘月’の回りを取り巻く‘6ペンス’的存在は、常にモームの風刺の対象となる。ストリックランドの妻<sup>11</sup> やトラッフォード夫人、ロイそしてエイミーは、モーム自身の言葉を借りて言えば、‘自分自身の栄光のために’<sup>12</sup> 死者を利用するハイエナ的存在である。

ロウジーが、ジョージ・ケンプと駈落ちしてから後、ドリッフィールドは、肺炎にかかって転地をすすめられる。その時同行した看護婦が、後のドリッフィールド夫人である。彼女は、いわば世話女房であり、著名な小説家である夫の身辺のことに、いつも気を使っていた。いわば、夫を‘cosset’<sup>13</sup> したのである。夫の死後は、ロイとともに、夫の伝記を完成することに力を注いでいる。世間の人人は、彼女の献身的努力に賞賛の言葉を投げかけるのであるが、モームのどう察は鋭く、皮肉なタッチで、彼女の像を描いている。次の会話は、アシェンデンとともに、ドリッフィールド家を訪れた人たちの会話である。

“As a rule authors’ wives are odious.”

“It’s such a bore having to have them, isn’t it?”

“Crashing. I wonder they don’t see that themselves.”

6. *The Summing Up*, ch. 50.

7. *Of Human Bondage*.

8. *id.*

9. p. 103.

10. p. 107.

11. *The Moon and Sixpence*.

12. *The Selected Novels*, vol. I, Preface.

13. *ibid.*

"Poor wretches, they often suffer from the delusion that people find them interesting," I murmured. (p. 36)

作家の妻といえ、モーム自身の妻 Syrie のことを思い起さないわけにはいかない。彼女は相当名の売れた室内装飾家で、モームを心から愛していた。しかし、その愛情ゆえに、かえってモームの行動を拘束することになる。ついに二人は離婚にまで追い込まれるのだが、西欧文明を身につけたインテリ女性は、常にモームの反発を買う。彼女たちは、土人娘アタ<sup>14</sup>のような自然さを持たない。そして、エイミーがドリッフィールドの自由を束縛したように、いつも夫を自分の支配のもとに置こうとする。クラドック夫人は、執ようなほどに情熱的な女性の一典型であった。次のデッサン風なメモは、そのような女性の特徴を簡潔に表現している。

A married couple. She adored him with a selfish, passionate devotion, and their life was a struggle on his part to secure his soul and on hers to get possession of it. Then it was discovered that he had T. B. They both knew that this was her triumph, for thenceforward he would never escape her. He killed himself. (*A Writer's Notebook*, p. 151)

しかし、Syrie とモームの離婚の原因は、ほかにあったのかもしれない。二人の間には、海外旅行に常にモームと行動をともにした Gerald Haxton という男が介在していた。モームの甥の Robin は、モームの同性愛の傾向を暗にほめかしているし、<sup>15</sup> また Beverley Nichols は、Syrie を不幸に追い込んだ Haxton とモームを、かなり強い調子で攻撃している。<sup>16</sup> 常に自己を明快に語るモームも、この点については黙して語らないので、推測の域に止まらざるをえないが、いずれにしても、上の引用文が、結婚後3年目の記述であること、結婚後間もなく、モーム自身ドリッフィールドと同じように、結核で入院した事実等、偶然の一致とばかりは言えまい。それに、*The Moon and Sixpence* や *Cakes and Ale*、またコミカルではあるが、いつも妻から逃げまわっている船長の登場する *The Narrow Corner* 等の作品が、結婚後に続いて書かれているのに引き比べ、結婚前の作品である *Of Human Bondage* には、ストリックランド夫人やドリッフィールド夫人と同じタイプの女性が見出せな

いことは、そこに Syrie の存在を強く意識させるものがある。

このように見てくると、モームがロウジーに好意を寄せたのもうなずける。モームの描いた彼女の肖像は、優しさと暖かさにあふれている。しかし、最後に再び登場する老後のロウジーの姿を忘れてはならない。

相変らずの微笑を浮べた彼女ではあったが、派手な身なり、派手な化粧は、見るからに安っぽい。年甲斐もなく、まだ浮気心も残っているようであった。折角の美しいロウジーのイメージをこわしてしまうものであるが、

She was stout, and she had a double chin; the skin of her bosom, although she had powdered it freely, was red, and her face was red too. (p. 151)

といった描写は、リアリズムの精神をよく伝えている。それは、Tolstoy があの魅力ある娘ナターシャを、結婚後子供ができてからは平凡な中年の女性として描いた精神と、一脈通じるものがある。しかもモーム自身が、Tolstoy は人生の真実を語ったのだと言っているのは、誠に意味深いことである。<sup>17</sup>

#### IV

エドワード・ドリッフィールドが、ロウジーとエイミーという対照的な二人の女性を妻としたことは、彼が作家であるということとも考え合わせて象徴的である。彼は寡黙な男で多くを語らないが、ロウジーを愛していたことは、彼女に逃げられた時の苦もんを見ても明らかである。一方において、エイミーは、はだ着を毎日変えろとか、きらいなふろを無理に使わせようとする小うるさい女であった。ドリッフィールドのモデルが Thomas Hardy であったかどうかはとも角、ドリッフィールドには多分にモーム自身が移入されているのではないだろうか。

ドリッフィールドは、メリット勲章を授けられるほどの大作家であった。世間は当然彼を崇拜し、ロイは、ドリッフィールドが勲章を受けた時に、参列者の目に涙が浮んでいと、感動を込めて語る。しかし、アシェンデンは、彼自身の観察や、他人からの伝聞をもとにして、この大家をありのままに描こうとしている。

文壇の大御所として世間の尊敬を集めたドリッフィールドも、そこにたどり着くまでには紆余曲折があった。

14. *The Moon and Sixpence*.

15. Robin Maugham: *Somerset and all the Maughams*, p. 201, Longmans · Heinemann.

16. Beverley Nichols: *A Case of Human Bondage*, ch. 20, Secker & Warburg.

17. *Ten Novels and Their Authors*, p. 288, Heinemann.

父はブラックステイブルのある家の土地管理人で、ドリッフィールドは、教育はあったが、いわゆる正道は踏まらずに、船乗り、馬車の御者、切符売りなど、ブラックステイブルの保守的で気位の高い人人からは、'gentleman'のする仕事ではないといってさげすまれる職業を転転としている。

アシェンデンが、ブラックステイブルではじめてドリッフィールドに会った時、彼はロウジーと結婚し、小説を書きながら、書評で生計を立てていた。

"Evil communications corrupt good manners." (p. 24)

という叔父の言葉で表わされているように、ブラックステイブルの人人は因襲的であった。アシェンデンも例外ではなく、初めはドリッフィールドのなれなれしさに抵抗を覚えるのだが、いつしかドリッフィールド夫妻との交際を深めていく。バンジョーを奏でながら大衆的な歌を歌うテッド、牧師の甥アシェンデンの自尊心を笑いながらも、こたわりなく自転車乗り方を教えてくれるテッド、碑銘の写しに夢中になるテッド…。すべてが社会的制約から自由でかつ達なふん囲気を持っていて、若いアシェンデンの偏見はしだいに崩壊していく。しかし、気楽な生活もながくは続かず、ドリッフィールド夫妻は生活に困り、借金を踏み倒して夜逃げした。

ロンドンに移ってからは、ドリッフィールドは週刊誌の文芸欄を受け持ち、小説もしだいに世間の注目を浴びるようになっていた。しかし、少し俗っぽくさえた昔の愉快な若者は、打ち解けがたい人間に変わっていた。ロウジーの墮落ちによって痛手を受けた彼は、トラップオード夫人に助けられ、後半の名声の基礎を築いた。

晩年のドリッフィールドは、ブラックステイブルの近くのファーン・コートに住んでいた。アシェンデンは35年ぶりに彼を訪れ、その時の印象を次のように述べている。

He was smaller than I remembered and very thin, his head was barely covered with fine silvery hair, he was clean-shaven and his skin was almost transparent. His blue eyes were very pale and the rims of his eyelids red. He looked an old, old man, hanging on to mortality by a thread; he wore very white false teeth and they made his smile seem

forced and stiff. (p. 31)

老醜を目のあたりに見るようなこの描写は、実にリアルであり、この写実態度こそ、モームの文学精神を如実に物語っている。

ドリッフィールドは、はじめての訪問客はもちろん、アシェンデンに対してさえいんげんで、忘れてしまったのかと驚いたアシェンデンが、旧知であることをほめかすと、しばらく彼をじっと見て、意外にもウィンクをする。そしてまたすぐ取りすますのであるが、不思議に思ったアシェンデンは、ドリッフィールドの内心をいろいろと憶測してみる。すると、彼はまたアシェンデンにウィンクを送るのである。一体、このなぞめいたウィンクは、何を意味するのであろうか。

周知のように、この作品はモデル問題で物議をかもした。Hardyの崇拜者は、モームをモデルにして、悪意のこもった小説<sup>18</sup>を書き、ロイの中に自己を見出したWalpoleは、自ら激しく抗議した。<sup>19</sup>しかし、モームは次のように弁明している。

I knew little of Hardy's life. I know now only enough to be certain that the points in common between his and that of Edward Driffield are negligible. They consist only in both having been born in humble circumstances and both having had two wives. I never met Hardy but once and then only for a brief period. (*The Selected Novels*, vol. I, Preface)

そしてさらに、ドリッフィールドのモデルは、Whitstable (作品中ではブラックステイブル)の無名作家であると言明している。この弁解は、ロイについての弁解の卒直さ<sup>20</sup>と照し合わせて、信用すべきものだと思われるし、またRichard Cordellも主張するように、現在になってみれば、作品の価値とは無関係である。<sup>21</sup>次のモームの言葉が、その点を十分に説明している。

No author can create a character out of nothing. He must have a model to give him a starting point; but then his imagination goes to work, he builds him up, adding a trait here, a trait there, which his model does not possess, and when he has finished with him the complete character he presents to the reader has little in him of the person who offered

18. Elinor Mordaunt: *Gin and Bitters*.

19. Richard Cordell: *Somerset Maugham*, p. 103.

20. *The Selected Novels*, vol. I, Preface.

21. Richard Cordell: *Somerset Maugham*, pp. 105-6.

the first suggestion. It is only thus that a novelist can give the creatures of his invention the intensity, the reality that make them not only plausible, but convincing. (ibid.)

現実のモデルは、あくまでも 'starting point' である。作中人物には、他の人人、さらに作者自身の特徴や思想や感情が移入される。ロイについて述べた次の記述は、注目すべきである。

This character was a composite portrait: I took the appearance from one writer, the obsession with good society from another, the heartiness from a third, the pride in athletic prowess from a fourth, and a great deal from myself. For I have a grim capacity for seeing my own absurdity and I find in myself much to excite my ridicule. I am inclined to think that this is why I see people (if I am to believe what I am frequently told and frequently read of myself) in a less flattering light than many authors who have not this unfortunate idiosyncrasy. (*Cakes and Ale*, Preface, Collected Edition, Heinemann)

このように考えてくると、ウィングをしたのはモーム自身であるとしても、それほど不自然ではない。名声のまわりに群がっている人人に、表面を繕いながらもうんざりしているような様子は、モームの心境を語っているのではないだろうか。偶像是もはや自己の真実の姿ではない。内面の個人的な冒険心を隠して、世間の前に取りすました顔を見せなければならない。そのマスクと内面とのギャップに想到した時、ユーモアが生れるのである。ウィングはそれを象徴しているのであろう。モームは、次のように言っている。

... I had been struck by the notion that the veneration to which an author full of years and honours is exposed must be irksome to the little alert soul within him which is still alive to the adventures of his fancy. Many odd and disconcerting ideas must cross his mind, I thought, while he maintains the dignified exterior that his admirers demand of him. (*The Selected Novels*, vol. I, Preface)

80歳の誕生日にメリット勲章と肖像画を与えられた時にも、ドリッフィールドの困惑の様子がうかがえる。彼は何の感動も示さない。奇妙に落ちついていて、少しはにかみ、感謝はしているようだが、どこか気のないところがあつた。ロイにとってはすばらしい瞬間であるこの

日も、彼にとっては 'rum' である。きわめてあいまいな言葉だが、やはりさまざまな過去を背負った一人の人間が、現在の我が身の境遇を振り返った時に発せられるつぶやきだと受け取らなければならないだろう。社会的な栄誉を受けた自己を客観視した場合、真実の自己はそこに奇妙なアイロニーを覚えるのであろう。アシェンデンは、ドリッフィールドの死後、彼の写真を眺めながら、次のような感懐を述べている。

The face you saw was a mask and the actions he performed were without significance. I had an impression that the real man, to his death unknown and lonely, was a wraith that went a silent way unseen between the writer of his books and the man who led his life, and smiled with ironical detachment at the two puppets that the world took for Edward Driffield. (p. 146)

モームはドリッフィールドの隠れた面を赤裸裸に描こうとしている。老後のドリッフィールドについても、trivialism と思われるほど、いろいろな癖がこと細かく描かれている。ふるぎらいで、食事や煙草の灰を平気で服にこぼす。書棚の本には、手を触れた跡も見られない。居酒屋に足繁く通うので、エイミーは、夫の体面を保つため、彼を連れもどすのに躍起となった。彼は社会の束縛を逃れたかったのである。モームが、ロウジーやアタのような女性を偏愛したのも、理由は同じであった。やはりドリッフィールドには、モームが大きく影を投げかけていると考えなければならない。

## V

人間、特に芸術家の個性に寄せたモームの関心の度合は深い。*Ten Novels and Their Authors*, *The Point of View*, *The Vagrant Mood* などを見れば、それは明白であるが、個性の強いさまざまな人物が、いずれも、欠点も弱さも持った人間として紹介されている。その飽きることのない関心は執ようで、何か異常なものさえ感じさせる。代表的なものは *Ten Novels and Their Authors* であろう。

ごくわずかな例をあげるだけでも十分だと思うが、Melville や Emily Brontë には同性愛の傾向を認め、Flaubert や Dostoevsky はてんかん持ちであったと言ってはばからない。そして、それらの一般には隠微な面を、作品と巧妙に、そして緊密に結びつけている。

ドリッフィールドについても、その暴露的とも言える方法は一貫して、一人称小説の方法とよくマッチしている。

それはとも角、モームの作家を扱う方法は、ロイの考え方と比較すればなお一層その特色を現わす。

*Cakes and Ale* が発表された当時の文壇には、才能もないのに批評家の機げんを取り、人目に立とうとする作家連が多く、Walpole はその中心的存在であった。<sup>22</sup> モームにとって、彼らは絶好の風刺の対象となった。アシェンデンは、ロイをいつも皮肉な目で眺めている。

ロイは、エイミーの信頼を受け、ドリッフィールドの伝記を書くことを依頼された。真実を避け、重厚で貴族的な伝記を仕上げたいと思っている彼は、

“...If you tell the truth they only say you're cynical and it does an author no good to get a reputation for cynicism ....” (p. 83)

と言って弁解に努めるが、アシェンデンは、

“It's very hard to be a gentleman and a writer.” (p. 82)

と思っているので、

“Don't you think it would be more interesting if you went the whole hog and drew him warts and all?” (idid.)

とすすめる。ロイもさすがに作家で、アシェンデンの示唆する方法に興味はあるが、この方法はセンセーションは巻き起しても、シニカルだと批評されると、結局割に合わないのではないかと算盤を弾いているのである。だが、モームの目的は、単にセンセーショナルな作品を発表することではない。この方法が、真実を語る唯一の方法だと固く信じているのである。彼にとって、奇麗ごとは文学の方法ではない。といって、暴露するだけが目的でもない。一作家の人間としての全体像を浮彫りにしようとする。‘10人の作家たち’も、そしてその作品も、ある程度モームの ‘idiosyncrasy’ にゆがめられたところがあるとしても、欠点と同時に、その個性の強さや卓越性が、バランスをとって評価されているのであり、ドリッフィールドもその点決して例外ではない。

確かにアシェンデンは、ドリッフィールドの作品についてむしろ批判的である。批評家たちが高く評価してい

る美についても、心からの賛意を表していない。彼にとって、美は ‘a bit of a bore’<sup>23</sup> である。しかし、アシェンデンは、むしろドリッフィールドに、El Greco にも見出される ‘enigmatic personality’<sup>24</sup> を感じているのであって、彼の作品に誠意があり、下品だと批評されるほどの真実を含んでいて、リアリストックであることは認めている。たとえば、あまり目立たない作品である *The Cup of Life* に関心を寄せているが、それはこの作品に ‘cold ruthlessness’<sup>25</sup> を見出すからである。道徳的観点から激しい攻撃を受けた子供の死とその後の奇妙な出来事から、アシェンデンは深い印象を受けている。

奇妙な出来事とは、子供を失った妻が、同様に悲しみに沈む夫のもとにいたたまれなくなって町をさまよった揚句、見知らぬ男とその夜を過ごすといった、常識では考えられない行動である。アシェンデンは、この出来事が事実であったことを、アメリカを訪れた時、死んだと思っていたロウジーから告げられる。知らないと思っていたドリッフィールドも、この出来事を察していたのである。彼は世間の非難を浴びながら、

“They say it isn't true. They can go to hell. It is true.” (p. 123)

と、微笑しながら抗議するのだが、それはなにかシニカルだと批判されたモーム自身の反論を思わせる。<sup>26</sup>

しかし、アシェンデンは、結論的に言って批評家のさまざまな評価はすべてごまかしであって、ドリッフィールドの最大の長所は ‘longevity’<sup>27</sup> であると断言する。

After mature consideration I have come to the conclusion that the real reason for universal applause that comforts the declining years of the author who exceeds the common span of man is that intelligent people after the age of thirty read nothing at all. (p. 75)

この見解も、モーム独得のシニズムを含んでいるが、これは裏返して考えれば、作家を偶像視する世間の人人や批評家たちに対する風刺にもなっている。

ついにロウジーに語ることはなかったが、*The Cup of Life* は、ドリッフィールドの内面のかっとうから生

22. *The Selected Novels*, vol. I, Preface.

23. p. 74.

24. p. 72.

25. p. 122.

26. *The Summing Up*, ch. 60.

27. p. 74.

れたのである。いわば、ドリッフィールドにとっての *The Skeleton in the Cupboard*<sup>28</sup> であった。作家は内心の苦悩を作品を通して語るのである。アシェンデンは、次のように感概をもらしている。

He (the writer) depends upon a fickle public. He is at the mercy of journalists who want to interview him and photographers who want to take his picture, ..., of agents, publishers, managers, bores, admirers, critics, and his own conscience. But he has one compensation. Whenever he has anything on his mind, whether it be a harassing reflection, grief at the death of a friend, unrequited love, wounded pride, anger at the treachery of someone to whom he has shown kindness, in short any emotion or any perplexing thought, he has only to put it down in black and white, using it as a theme of a story or the decoration of an essay, to forget all about it. He is the only free man. (p. 159)

#### VI

以上、ロウジーとドリッフィールドを二本の柱として、*Cakes and Ale* の特質を考察してきた。ドリッフィールドは、ロウジーに比べて精彩を欠いているとはいえ、二人を描くモームの態度は一貫している。しっとするアシェンデンに対し、ロウジーが、

“You must take me as I am, you know.”(p. 121)

となだめるのも、アシェンデンがロイに向かって、伝記の扱い方について、悪いことも隠さずに書いてはどうかとすすめているのも、人間をありのままに眺めようとするモームの態度を無視しては、正確に理解できない。

そのような特色は、ロイはもちろん、一時的に顔を出すにすぎない人物の描写にまで見出すことができる。次

の情景は、アシェンデンの一行がドリッフィールド家を訪れて、ブラックステイブルの牧師夫妻に会った時の、准男爵夫人と公爵夫人の描写である。

Lady Hodmarsh and the duchess immediately assumed the cringing affability that persons of rank assume with their inferiors in order to show them that they are not in the least conscious of any difference in station between them. (p. 31)

無意識の世界とは言えない。しかし、表面には明りょうな姿をとって現れない心の陰影を見事にえぐり出している。言いかえれば、マスクがはがされるのである。

*Cakes and Ale* は、円熟期の作者が、余裕をもって物語った作品である。その芸術的に洗練された構成やストーリーの展開は巧みである。内容的には、モームの全てが、十分に盛り込まれていると言ってよく、題名にふさわしく、さまざまなごちそうで、読者の心を楽しませてくれる。ブラックステイブルを中心にした自伝的要素も、リアルで実感にあふれ、すぐれている。事実、この作品をモームの代表作とみなしている論者も多い。しかし、sincerity の面も考慮に入れた場合、やはり *Of Human Bondage* の方を高く買わなければならないと思う。

#### 付記

*Cakes and Ale* からの引用文と脚注には、すべて書名を省略した。テキストは、*The Selected Novels* 中の *Cakes and Ale*, Heinemann を用いた。

#### 文献

(引用文と注にあげたものは除く)

Wilmon Menard: *The Two Worlds of Somerset Maugham*, Sherbourne Press.

朱牟田夏雄編: *W. Somerset Maugham*, Kenkyusha.

28. The subtitle of *Cakes and Ale*.



# 国木田独歩とキリスト教

細井誠司

独歩は、明治二四年一月四日、二一歳のときに、一番町教会で牧師植村正久から洗礼を受けた。その入信の動機は、『あの時分』に書かれているような、教会の、エキゾチックで、サロンのな雰囲気魅了されたことや、笹淵氏が指摘された<sup>①</sup>ところだが、当時、キリスト教会を中心に推進されていた社会改良運動に対して、独歩が思想的に共鳴したことなどにあっただろう。

もっぱら、外的、社会的な動機から入信した独歩であるが、熱心に教会生活をまもったこと、また、カーライル・エマーソンなどの影響を受けて、自我意識にめざめたことなども与って、その信仰もしいに個人的、内面的なものに深化して行く。

一方、これと矛盾する汎神論的自然観も抱き始め、佐伯滯在（明治二六・九～二七・七）や海軍従軍記者生活（明治二七・一〇～二八・三）など、離京の機会が多くなるとともに、正統的信仰は「曖昧」（植村正久）になって行った。

本論においては、独歩が、信子との出会いという大きな試練に遭遇した時期——恋愛、結婚から、信子の失踪による愛の破綻まで——を中心にして、正統的福音信仰と対照しながら、その信仰の実態を考察し、あわせて、離教および文学志向の理由を探ろうとした。

明治初期浪漫主義文学者たちのキリスト教信仰については、独歩も含めて、「結局、異国の宗教のもつ浪漫的な情緒でしかなかった<sup>②</sup>」とか、「キリスト論的な信仰告白が成立していなかった<sup>③</sup>」という事実が、既に指摘されているが、本稿においては、その確認と同時に、その「断罪」によって捨象される側面——離教しながらも、なお、驚異思想や、汎神論的自然観に救いを夢見た、永遠の「求道者」的側面——を重視し、そこに、ロマンチスト独歩の個性を見たいと思う。

## 1

明治二八年三月、独歩は、日清戦争従軍記者としての任務を終えて帰京し、六月九日には、佐々城本支・豊寿夫妻主催の従軍記者招待晩餐会に列席して、その娘信子に初対面している。のちになって彼の運命に大きな変革をもたらした、この信子との出会い当時における独歩の信仰は、いったいどんな状態であったのか、まずその点から考察して行くことにする。

独歩の信仰において、見逃すことのできないのは、彼の精神の中に、ワーズワ

イスなどの影響で養われた汎神論的自然観や、自然を超越・自由の世界として憧憬する浪漫精神、さらには宇宙・人生の秘義に驚嘆したいと願う驚異思想等が、正統的なキリスト教信仰と並んで依然存在し、それらが一体となって彼の理想を構成していることである。独歩が、正統的な信仰を確立するうえで、こうした一種のシンクレティズムが、マイナスの要因として働いたことは、否定しがたい事実だろう。

それかあらぬか、当時独歩が所属していた一番町教会への聖日礼拝の出席状況を、『欺かざるの記』によりたどってみると、翌年の四月一二日に信子が独歩のもとから失踪する、そのころまでのほぼ一年間に、わずか数回の出席を教えるのみである。もち論、その間には、北海道行き、逗子居住など離京していた一時期もあり、かつ、「事実」の記録とはいえず、省略や書き落としなどもあることと推測されることから、一概には論じられないにしても、一年に数回程度の出席とはあまりに少なすぎ、どうやら、独歩は忠実熱心な信徒であったとは言えないようだ。同じく『欺かざるの記』に徴してみると、聖日礼拝への出席を欠かしたがちであったのと同様に、聖書を熱心に読んだ形跡もまたない。

## 司 誠 井 細

それでも独歩は、次に掲げる一節などから推察されるように、正統的な信仰を真摯に渴望する念は、一貫して変わることなく持続していたようであり、かつまた、その信仰内容についても、受洗してから既に四年、その問師の植村から、正統的な福音信仰を学んでいるのだから、知識としては、十分に理解していたように思われる。

最後にクリストイエスの十字架に由りて神を父と呼び得るの大信仰に達せん。(二八・五・二七)

神と神の子の信仰に非ずんば吾を救ふ能はざるを知つゝも確固たる此信仰なき也。(二八・七・二九)

クリストが示し給ひし真理を堅く信ぜしめよ。曰く神の愛。罪のあがない。永久の命。(二八・八・二)

しかし、その信仰に対して、独歩の主体はどう関わっていたのか、単なる知識としての段階から一歩進んで、真の福音として、信仰を受けとめていたのかどうかという問題になると、疑問を抱かざるをえない。信仰の中心は福音であり、福音を受け入れる前提になるのは罪の自覚であるが、その罪について独歩はどのような自覚をもっていたのか探してみると、たとえば次のように記している。

神よ、吾が罪をゆるし給へ。神よ、人の前に恐るゝ事なく、先づ神の前にひれ伏すことを教へ給へ。……此の苦しめる罪人に慰安を与へ給へ。為す可きを教へ給へ。……常にあなたの御前に在ることを感ぜしめ給へ。嗚呼此の不可思議なる「神の世界」に、吾は「人の世」のみ見て苦しむ。神よ、神よ、神よ、浅薄にして不真実なる吾を教へ給へ。(二八・六・二三)

このように、『欺かざるの記』には、しばしば「罪」なる語が登場してくる。しかし、この「罪」なる語も、独歩が真に自分を罪の身体として認識したから斯くのごとく語っているのだ、というようにには思われない。「苦しめる罪人」とあっても、罪を自覚して苦しむのではなく、自己の将来への不安や危惧、能力への懐疑などからくる苦悩のことであろう。また、「人の世」のみ見て「御前に在ることを慫」ぜぬ自分は「不真実な」者という認識も、「神のことを思わないで、人のことを思」(マルコ八・三三)うというたぐいの罪意識からでたものではなく、名利の觀念からの解放を願う超俗意識を語っているにすぎない。独歩が自分で語るころによれば、独歩は功名心が人一倍強かったというが、その自己中心的な俗情を罪と認めて悔い改めるのではなく、俗情のために齷齪として精神を消耗する、その苦痛から逃避したいという意識なのである。

聖書が語る罪とは、被造物としての人間すべてが、創造主としての神との関係において、本来あるべき調和の状態から欠落し、神から離反・反逆している状態をさして言っているが、独歩は、自分をそうした普遍的な罪を負うた人間の一人としてとらえ、その罪を、自己の現実に即して具体的に認識するまでに至っていないのだ。パウロの、「わたしは、なんとというみじめな人間なのだろう。だれが、この死のからだから、わたしを救ってくれるだろうか。」(ロマ七・二四)という言にみられるような、深刻な罪の自覚はないのだから、「吾は少しも平和を得ざるなり。」(二八・七・二九)と嘆いてみても、独歩には真の自己調和、福音のよるこびも、また伴わないわけである。

以上述べたように、独歩の信仰は、信子との出会い当時においてシンクレティックな理想精神の状態にあり、正統的な信仰についても一応の理解をもち、かつ、それを熱心に求めようとする意欲だけは持ち続けていたが、罪の自覚はまだ浅く、信仰的に正しく受けとめてはいなかったと言えよう。

六月九日の初対面以来、独歩の信子に対する恋情は急速に高まり、そのとりこになって、「遂に秘密の交情を通ずるに至りぬ。」(二八・七・二九)、「われ等は恋愛のうちに陥りぬ。」(二八・八・一)と書き記すまでに二人の関係は発展するが、この恋愛事件は、従来独歩が抱いていた信仰に、一つの反省の機会を与えることになった。

すなわち、恋愛というものが、どこまでも自己中心の現世的な欲望に満ちた人間世界のものであり、したがって、神や人、さらには自己との不調和をもたらす非信仰的な側面をもっているものである、という事実が独歩は気づいたのである。

吾が愛恋を清く、永く、強からしめ給へ。(二八・七・一一)

吾が霊は光明を望めども、吾が肉は暗きに誘はんとす。世は罪惡に満たされ、人は自我の肉塊に過ぎず。(二八・七・一二)

恋愛、友愛悉く自我の変形のみ。悉く肉の臭気なり。土の上に生くるもの、肉に非ずして何ぞ。(二八・七・一三)

独歩がこのように書き記すについては、「虚栄・俗情」に「満ちた信子に自分が魅せられ、信子への恋情を深めれば深めるほど、それが、清純な信仰生活を憧求する自己の理想を破壊するものである、ということに気づいたからである。さらにまた、自己の欲望をどこまでも貫徹して行けば、必ず他我の欲求と衝突し、それを傷つけずにはおかないという、人間の原罪的な一面に気づいたのかも知れない。

信子の母親豊寿は、二人の恋愛関係に気づくと、終始絶対反対の立場を変えず、さまざまな妨害をして結婚を阻もうとした。独歩は、それと知ってかえって敵愾心を燃やし、周囲の多くの反対を押しきって強引に信子を手中に収め、「わが恋愛は遂に勝ちたり。」(二八・一一・一一)と記す、それ程までに独歩は自我を貫き徹すのである。そうした経緯を予感し、エゴとエゴとのむき出しの衝突を自覚すればこそ、右のように書き記したのであろう。

「肉」とか「肉塊」とかいうとき、独歩は、自分をパウロのいう「肉」(ロマ七・一八)なるものとして認識していたのかも知れない。しかし、ここにみられ

るのは、最後まで自我をむき出しにして貫き徹す態度のみであって、それと同時に、パウロのごとく罪意識を深めて、赦しや救いを求める、というような姿勢はついにみられないのである。

明治二十九年四月二日になって、信子は突如として独歩のもとから失踪した。前年の十一月一日に結婚してから、わずかに五カ月、「信子は満腹の愛と信とをわれにささげつゝあり。」(二九・二・一二)と確信していただけに、独歩にとっては、まさに青天の霹靂であった。信子の離婚の決意は固く、ふたたび独歩のもとへと戻ることはなかった。北海道に新天地を求めての移住計画に象徴されるような、超俗・自由を願う独歩の信仰的理想主義と、信子の現実主義とのずれが、痛ましい破局の根本的原因であった。

この失恋は、独歩に大きな精神的影響を与えた。独歩の理想は、本来、信子の存在と無関係なはずであるのに、二人が恋愛関係に陥って以後は、信子あっての理想となっており、失恋した結果、その理想にも破れたことになったからである。独歩にとって、これまで調和に満ちて眺められた自然や人間社会は、一挙に瓦解し、人はただ虚栄と我欲の塊にのみ思われ、生きる希望を失って自殺を思うまでに、追いつめられるのである。

信子の失踪、結婚生活の破綻という試練に遭遇して、独歩は、自分の把持する信仰が、自分にとっていったいどんな意味をもつのか、改めて問われることになった。挫折感と死の苦悩の中であって、独歩は、急速に福音信仰への傾斜を深めて行く。従来、独歩の理想精神の中に並存していた驚異思想や、汎神論的自然観、あるいは自然を憧憬する浪漫精神等は、こうした、あまりにも人間的な問題から生じた危機的状況に対して、何らの有効性ももたないものとすれば、これは、当然のなりゆきであった。

「クリストの死」(二九・四・二五)を思い、また、『ヨブ記』を繙く(二九・四・二八)。さらに、五月一日には、京都の内村鑑三から、「プロビデンス、プロビデンス、神に謝し給へ、神は貴君を普通人間以上となさんとすの聖意なればなり。」との激励の手紙をもらっている。

そもそも、まことの信仰を得て、自己の救済を覚えるのは、キリストを救い主として主体的にとらえ、神への全き信頼と服従の念を捧げるからであらう。従来自己中心的な生き方に挫折し、自分に絶望するから、自分を超えた力に頼るのである。しかし、一時の挫折感や絶望だけから、慰藉を求めて神に頼るのであれ

ば、それは、感傷的な神依頼にすぎず、神への全き信頼や服従とは言えない。その意識の根底に、なおも、己が「腹」(ピリピ三・一九)を頼みとする、不遜な自恃の心が存するからである。

かくして、純粹な信仰は、功利性を離れて、信仰のための信仰となり、神の前に全き信頼と服従の念を捧げるものである。そして、その信頼と服従の前提になるものは、過去の自分の全的な否定であり、その自己否定を導き出すものが、罪——自己本位の生き方、強く自我を貫き徹す生き方そのもの——の身体としての自己を認識することであろう。

終生変わることなく、自我の強い独歩であったが、こうした意味で、彼がこの一連の試練を、自己中心的な生き方がもたらした罪の結果だとしてとらえ、自分を省み、罪意識を深める契機にしたのかというと、そうではない。

されど愛の純真ならざるものは吾とても然り。信子をのみとがめんや。(二九・四・二二)

愛の力の働き余には極めて薄し。要するに信子に対しても未だ愛の働の足らざりし也。(二九・五・八)

余は今日まで人に依頼すること余りに多かりき。今後は神に頼るべし。(二九・五・八)

## 司 誠 井 細

十字架に依りて吾が道德の目的を教へ給ひ、吾が罪を教へ給ふことを感謝す。……神よ此の愚かにして罪深き吾をもクリストに依りて誇り得るものの中に加へ給ひし御めぐみを感謝す。(二九・一二・一八)

など、神信頼や、贖罪を信じての調和意識も見受けられないわけではないが、それはわずかにすぎず、倫理的にも宗教的にも、自分の過去をあやまっていたものとして全的に批判し、否定するような意識には乏しい。

独歩の信仰は、もっぱら、困った時の神のみで、一時の苦悩や挫折感から生じた神依頼にすぎず、時の経過が、その苦悩を薄れさせるとともに、神からまた離れて行く、そういう功利性、感傷性がついてまわって離れないのである。したがって、自分の生き方を、百八十度転換させるような試練にあいながら、それが罪意識に結びついて深刻な自己反省の念をもつ、というようなことにはならない。

自分の深い苦悩と対照して読んだであろう義人ヨブの試練物語についても、ヨ

ブが、「われわれは神から幸をうけるのだから、災をも、うけるべきではないか。」(ヨブ二・一〇)として、神の絶対的主権を告白する、その深い信仰をどう受けとめたのか、独歩はついに、一言も記してはいない。同様に、内村の勵ました、「プロビデンス・プロビデンス」ということばについても、その深い意味を、独歩は理解したのかどうか、おぼつかないのである。

## 3

このように、独歩の信仰は、正統的な信仰と対照してみると、試練をとおして神なおも我を導きたもうとするような神への深い信頼、また、キリストによる罪の贖いと赦しとを信する福音的な理解、あるいは神の愛・摂理を覚えて、「患難をも喜」(ロマ五・三)ぶというような調和的心情等々において、欠ける面があるが、自己の教済にあずかるうとして、まことの信仰を求める念は、なおも、一貫して変わることなく持続されており、それが、伝道師にならうとする決意となつて表われる。

独歩には、もともと、社会・世人の先導者たらんとする「預言者」意識があり、その理想を実現するにふさわしい「天職」の一つとして、伝道者となることを考えていた。たまたま、今回の失恋を癒すべく、蘇峰から渡米を勧める話があったところへ、友人宮崎湖処子の牧師への勧誘、内村の激励等があつて、米国の神学校へ入学しようと決意するのである。

この決意をめぐって注意されるのは、独歩の理想が、失恋という一時の感傷を契機にした、したがって、真の内発性を伴わないものであり、また、「神は使徒の命をわれに下し給ふ。此の下劣なる日本を救はんが為めに、余の苦悩、これ摂理のみ。」(二九・五・四)ということばにみられるように、個人・自己の信仰の確立の問題をさておいて、いきなり、社会・日本という高次の問題を志向していることである。

信仰は本来、心的・個人的な問題を原点とするものであり、前述のように、独歩の信仰は、こうした点で欠ける面があつたことを考え合わせると、「預言者」内村にならうって牧師にならうとした、この独歩の理想は、砂上の楼閣に等しいものであつた。事実、独歩の渡米は実現せず、程なく断念しているのである。しかし、この伝道者・牧師の問題は、強い信仰と並み並みならぬ決意とを必須

とする点で、独歩にとって、自己の信仰が真実なるものか否か、再吟味するきっかけを提供することになった。

明治二九年の五月以降、あまり遠くない時期に書かれたと思われる一文、『文学者——余の天職』の中で、独歩は次のように記している。

神若し許し玉はゞ余は一地方の一伝道師たることを希ふなり、余にして基督を神の独児なりと心より宣伝し得ば凡ての者を擲て従事せん、天下此れより以上の真理なければなり、故に余に基督は神の愛児にして実に神の愛の表現、十字架は罪の贖なりてふ確信あらば、余は直ちに筆を擲て脚絆と草鞋とを用意せん、余若し此の如くんば如何に幸福ぞ、……然るに不幸にして、実に不幸にして余には懷疑の雲しばしも晴れず、……要するに懷疑の雲晴れ難く、断然宣教の職に従事し能はざるを悲む。

信仰は、一時の理想やロマンチズムではない。右の言にもみられるとおり、「基督は神の愛児にして実に神の愛の表現、十字架は罪の贖なり」との確信が伴わなくては、伝道者となることの不可能はいうに及ばず、真の信仰の確立さえもありえない。

この伝道師の問題を契機に、自己の信仰の実態を再検討した結果、独歩は、その願いや理想とは裏腹に、自分の信仰には欠けるところが多く、キリスト論的な意味で真の信仰が成立していない自己の現実を、「悲」しくも明確に認識せざるをえなかったのだ。結婚生活の破綻、失恋の苦悩の深淵の中にあつて、「キリストを神の児と信じ得る者は幸なる哉。」（『神と我』）と、まことの信仰を終始求め続けながら求めえず、信じようとして信じられなかったのである。

明治二九年の夏、内村をたよって京都に滞在中に書いた、『我が過去』と題する一文において、独歩は、そうした自己現実の認識を、悔恨と慚愧の念をこめて、「我が過去は空想と悲慘と失敗となりき。……キリスト教の真理は我が精神の上に何の指導する処もなくして過ぎたり。」と述べ、さらに続けて、キリスト者としての自分の過去を反省して、次のように自問自答している。

基督を学ぶことをつとめしや。大に否。我が眼中、基督なし。基督の如何なるものなるか、我れ曾て究むることだにせざりき。基督無き神を望みたり。已に基督なし。何ぞ基督を学ぶことをせんや。……聖書を研究したるか。否、否、我は聖書を一回だも通読せざる也。聖書は我に何の力もなし。何ぞ研究といはんや。

嗚呼、基督なく聖書なく祈禱なきの基督教信徒、高慢、卑屈、乱行、怠慢、薄弱、我儘の信徒。我は決して基督教信徒にあらざるなり。

然らば過去の我は何者なりしぞ。曰く空想の児なりき。

誇張された表現の背後に、独歩の内なる真実の叫びを聞いてとることができ。要するに、独歩の信仰は、「基督無き神を望む信仰」、「基督なく聖書なく祈禱なきの基督教信徒」の信仰であつたのだ。

自己の信仰の、こうした現実で覚醒した独歩は、信仰からしだいに離れて行く。明治三〇年一月に書かれた『一句一節一章録』の中で独歩は、「自分はどらしても日曜は教会に行かなければ此命がもてない。自分は神なくしては生き難い事をつくづく感ずる。」と述べているが、そうした願いにもかかわらず、既に教会からも遠ざかっていたようで、後に妻となった治子の語るところによれば、「国木田もその頃は、キリスト教はお休みでした。」とある<sup>④</sup>。以後、小説家に転じてのち晩年の十年、独歩は正統的信仰に再び戻ることはなかった。

4

信仰から遠ざかると平行して、独歩は、文学へ接近し、文学の世界に救済を見出すようになって行く。

信仰の世界に、至上の幸福をみ、求道心の勝っている時点では、文学は第二義的なものでしかなかった。前掲『文学者——余の天職』の中で、独歩は、「要するに文学は到底、懷疑者のかくれ場処のみ、然りカライルも然り、其他然らざるなしと断言す、」と述べて、信仰を求めて求め得なかったところの「懷疑者」の依拠する世界、それが文学の世界だとみていた。そして、信仰の世界に入って安住することのなしえぬ自分を悲しんでいたのである。

ところが、自分の信仰の実態は、「キリストの愛を信するよりも、吾を捨て去りし彼女の愛を尚も信せんと願」（『唯暗を見る』）う、というたぐいのものであることに気づき、しかも「恥づ可」きことながら、その実態を自分でどうすることもできないものである、という自己の現実に一たび覚醒すると、今度は、そうした自分を、そのまま、肯定的に包容して行こうとする。現実主義的な意識の芽ばえである。『文学者——余の天職』の中で、独歩は、「余は遂に文学者たる可き運命なり。」と記し、『欺かざるの記』二九年九月初旬の記録の中でも、「わ

れは詩人たるべし。これ吾が運命なり。あへて天職といはず。」と書いて、文學への転身を語っている。

斯くして、詩人・小説家独歩は誕生する。『抒情詩』（明治三〇・四）、『青葉集』（明治三〇・一一）に、それぞれ「独歩吟」と題して詩を発表し、小説としては、『たき火』（明治二九・一一）、『星』（明治二九・一二）、文壇的処女作『源叔父』（明治三〇・八）等を発表する。信仰を求めえない、弱く、自分が、救いにあずかる世界であった文學は、今や、「預言者」たらんとした独歩の理想を積極的に生かす世界へと、しだいに変わって行くのである。

正統的な信仰から遠ざかり、文學の世界に足を踏み入れるとともに、独歩の理想精神の中に並存して、一時影を潜めていた汎神論的自然観や、自然への憧憬、あるいは驚異思想等が、再び頭をもたげてくる。

自然は次第に吾に親しく、人は次第に吾より遠ざかりゆくが如し。自然は美にして誠なれども、人は利己的にして虚偽なるが如くに吾には見ゆ。（二九・八・一四）

司 誠 井 細 独歩は、このようにして、しだいに自然への親近感を増し加え、人間の世界では見失った「美」や「誠」をそこに見出し、ついには、自然の美を「神の光」（二九・八・一七）と見て「信ずる」ようになる。独歩の初期の叙情詩のいくつかは、こうした美なる自然への憧憬を題材として構成されている。

しかし、また、この自然への憧憬は、裏返しにして言えば、この世の人間的なもの一切を否定していることになる。失恋を契機に極端な人間不信、人間嫌悪に陥った独歩は、現世的なもの一切を否定して自然の世界へ逃避したのだ。あまりにも人間的な問題で挫折した独歩の心には、虚栄や利己の影のさしまぬ自然は、超俗・自由の世界として美しく映じたのである。

この独歩の自然への逃避は、文學的には、自然への憧憬と言いつても、キリスト教信仰の立場からみれば、どこまでも非信仰的なものである。信仰は、彼岸的なものであるとともに、また、此岸的なものであり、特にキリスト教信仰では、神が万物を創造された太初に、人間を含めてすべてをよしとされた（創世一・三一）がゆえに、この世を軽蔑したり嫌悪することは許されない。どこまでもこの世に相渉り、現実の人間社会に踏みとどまって、「最後まで愛し通」（ヨハネ一三・一）才態度が要請されるからである。

坂本浩氏が、その著『国木田独歩』の中で、「独歩の脱俗的観念を培ったもの

は、基督教やワーズワスなどであった。⑤」と述べられていることについて、若干、問題を感じながらも、いま論ずるだけのゆとりを持ちあわせていないが、いずれにしても、現世を逃避して超俗・自由の自然に憧れ、その美に慰藉・救済を見出そうとする、この、独歩のたどった道すじは、隠者文學によって代表される、東洋古来の伝統的心情へ回帰したもの（これは、独歩が、西行への憧れを語っていることから考えられることだが）、と言ってよからう。正統的キリスト教信仰とは異質なものである。

## 5

汎神論的自然観や、自然への憧憬とともに復活した驚異思想も、また、独歩が、本来願う求め続けていた正統的信仰の立場からみると、さまざまな問題をはらんでいる。信子との愛に破れて、「福音信仰のリアリズムがほんとうにその意義を示す⑥」、まさにその時から、独歩が離教して行ったについては、この驚異思想の影響も大きいのだ。

悠久美妙なる自然の中に包まれて自分が存在するという、「不思議なる事実」に驚異したい、そう願う求めるのが、独歩の驚異思想⑦だが、切実で新鮮な体験を求め、その心の働きを妨害して曇らせているのが、自分の心に巣くう、人間的なさまざまな俗情であると独歩はみた。そこで、独歩は、その俗情の束縛の状態から解放されたい、夢想の状態から覚醒したい、と願いつづけているのである。

今となつては、回復不可能な信子との愛は、「まぼろしの世」（二九・九・七）に生きて、一時仮そめにみた「夢」にすぎず、信子への未練も、「大切な」驚異思想の前には、俗情の一つにすぎないとして、独歩は否定する。そして、その忘れ去るべき過去の「夢」の中に、自分の信仰までも含めてしまい、「夢」からさめるとともに、正統的な福音信仰からも醒めて、忘れ去ってしまった。独歩の信仰は、彼自身が告白するとおり、「基督教信徒を夢まん」（『我が過去』）としたものであった。

生来の、明朗、単純、楽天的な資質⑧も与つてか、信子との愛の破綻という大きな試練にあいながら、罪意識を深めることのない独歩にとっては、正統的な信仰も一つの形骸と化し、自分が身を没して存在のリアリティを痛感するようなものではなくなった。そして、次のような、驚異思想の観点からする既成宗教の

批判が、また、復活するのである。

所謂宗教家の信仰なるものゝ殆んど死灰に等しきは此の不思議を直感せず、自己を天地の間に見出さずして世の中に見出せばなり。(二九・一・八)  
驚異の念少しもなくして宗教的信仰ある道理なく詩的熱情ある道理なし。

(三〇・一・一三)

小説「死」「牛肉と馬鈴薯」「神の子」「悪魔」等には、こうした驚異思想や、驚異思想からする宗教批判が展開されており、独歩の作品群の中の一列をなしている。

晩年の独歩は、小説の執筆以外に、出版事業などにも精魂を傾け、そうした過労がたまって寿命を縮めてしまった。刻々と近づく死を前にして、独歩が語った「病牀録」(明治四一・七)のことは、読む者の胸に迫って痛ましい。

生や死や、自分の負う病苦の意義がわからず、煩悶する独歩は、宗教家の説教を迂遠だとして退け、「死を死として説け、神も将来も無く、而かも尚ほ現在より救へ。」と叫ぶ。そして、病床を見舞った師の植村の手にすがって、最後の救いを求めるのである。ただ、「禱れ」「禱れば一切の事解決すべし」という植村に対して、独歩は、「禱ること能はず、衷心に湧かざる祈禱は主も容れ給はざらん。禱の文句は極めて簡易なれど、禱の心は難し、得難し。誰か来りて、この禱り得ぬ心を救はずや。」と言って泣いたという⑥。

信仰は、「人間の意志や努力」(ロマ九・一六)を超えた、神の「霊の賜物」(一コリ二・四)である、とのことばを思わせる話だ。最後まで、自我を否定しきれなかった独歩は、自分の死を、「みこころのままに」(マタイ二六・三九)受け入れるような、静澄平安な心境には遠かったようだ。植村正久も、「大体に於いて信仰は無かったと言うて宜かろうと思ふ。⑦」と述べている。

正統的な信仰を渴望しながら、最後まで確立できないまま、あるときは、汎神論的自然観を抱いて自然に憧れ、あるときは、新鮮な実在感を求めて、驚異思想に走ったりするが、どこにも安住の地を見出せず、独歩はさまよい続けた。

自然主義の先駆者といはれ、晩年の作品は、現実主義的な傾向を強めてはいるが、このように、永遠の求道者であったところに、ロマンチストとしての独歩の固有の一面がみられるのである。

#### 文献

- ① 笹淵友一 「『文学界』とその時代下」の中、「国木田独歩」。
- ② 河村政敏 「ローマン主義文学とキリスト教」(『解釈と鑑賞』昭和四二・六)。
- ③ 佐古純一郎 「明治文学とキリスト教」(『文学』昭和三七・六)。
- ④ 川田 浩 「国木田治子未亡人聞書」(『立教大学日本文学』第九号昭和三七・一一)独歩全集より所引。
- ⑤ 坂本 浩 「国木田独歩人と作品」一九〇ページ。
- ⑥ 前掲③に同じ。
- ⑦ 拙稿「独歩の『驚異思想』」(『奈良高専研究紀要第六号』昭和四六・三)。
- ⑧ 前掲①に同じ。
- ⑨ 植村正久 「教会時代の独歩」(『趣味』明治四一・八)独歩全集より所引。ただし、引用文は『病牀録』より。
- ⑩ 植村正久 「信仰上の独歩」(『新潮』明治四一・七)独歩全集より所引。

#### 付記

引用の本文は、すべて『学習研究社版国木田独歩全集』によった。





# 工業教育における教育課程編成

## 上の二三の要望

田 中 義 雄

Some Recommendations on Drawing up

a Curriculum of Engineering Education

Yoshio TANAKA

### 1 はじめに

科学、技術の急激な進展、加うるに世相の変遷にそなえて、各大学においては大学改革の一環として、カリキュラムの改正は入試制度の改革と併せて真剣に取り組んでおられ、また高等学校においても昭和48年度よりの実施を目差して教育課程の改善に努力されている。

わが工業高専においては、去る昭和37年4月に発足して以来、まさに十年になんなんとし、その間既に数回にわたり卒業生を送り出し、産業界からはかなりの好評をもって迎えられてはいるが、その反面、教育の現場に立つわれわれが謙虚に反省するとき、必ずしも問題がないわけではなく、産業構造の高度化するこの時代に適合し、産業社会に雄々しく伸びて行くためには、今後の技術者をどのように教育すべきであるかは、大きな問題であり一朝一夕には結論が得られるとは思われないが、問題提起の意味において検討することにした。

### 2 一般教育科目と専門教育科目との関係

教育の目標は一言にしていうなれば「人生への準備」だといわれている。この人生への準備を大別すれば、次の二つに分類できると思う。すなわちその一つは教養を身につけるといふか、人格形成に重点をおく立場ともう一つは生計を立てるための生活能力に重点をおく立場であると思う。いずれを重視するかは別として、教育学の歴史によれば、前世紀ごろまでは学校教育の中に自然科学関係の教科を取り入れることにかかなりの抵抗があり、また技術関係の教育を行うことは一段低い教育を行うように考えられていた。

また、近年においても巷間よく「技術教育より、まず人間教育を考えよ」とか、「技術者である前にまず人間であれ」等しばしば聞くところであるが、これは一般科目は人間形成に役立つが、専門科目に重点をおくことによつてかえって片寄った人間を形成するのだといった考え方が底流として温存するためではなからうか。しかし科学・技術の進歩した現代社会においては、少くとも産業人たることを志す者にとって科学技術的素養は欠くことのできないものであり、今や一般科目も専門科目も共に人間形成に役立つことは論をまたないところである。一般教養を受持つと考えられる一般科目はまた専門科目を履修するための基礎もしくは基本をなす以上、

これが一般科目だ、これが専門科目だといって明確に分けること、それ自体に問題があるように思われる。ややもすれば一般科目と専門科目との割合がうんぬんされる場合があるが、もはや教科科目の性質ではなく、むしろその指導上の如何にあるのではないだろうか。

ところで今回大学の教育課程において、改訂の対象となったものは、人文系、社会系、ならびに自然科学系の一般教育科目の改正であつて、従来36単位以上を必修とされていたものが、24単位以上に改め<sup>(1)</sup>、残りの12単位については専門基礎(基礎科目)もしくは語学等にあてようというのが一般的傾向のようである。

また、その運用実施にあたっては、縦割り方式もしくはくさび型方式など提案されているが、その中で注目をひいた実施方式の一つは、一般教育科目を第一種及び第二種に大別して実施する方法<sup>(2)</sup>である。すなわち

第一種の一般教育は、入学直後の学生に精神的、思想的関心と知的欲求に適合した内容によって全体的人間形成に資すると共に、高学年における専門分野への導入を目的として行うものである。

第二種の一般教育は、一定水準の基礎教育もしくは専門教育を修得した学生を対象として、専門分野で個々に修得した内容を相互の関連性において自ら総合する能力を養うことを目的としたものである。

上記の事項についてわが工業高専の現状に照し合せて考える時、第一種の一般教育科目は一応さしおくとし、後者については、高学年において、一般教養的な科目も少なく、また各専門分野の教育内容を総合統括して指導して行く科目等については、かなり研究の余地があるのではなからうか。もちろん高学年においても、一般教養的性格の科目としては、法政・経済及び語学があり、また専門科目を総合的にまとめてゆく科目として設計製図、工業経営等配分されているが、時代の変遷に対応した科目として、安全性の科学、公害の問題、情報化社会における人間、日本の近代化、現代社会の構造或は技術史等適宜に組合せて補う必要があるのではなからうか。

次に大学における一般教育科目の再編成に関連して注目されてきた科目は工学基礎（基礎工学）、すなわち Engineering Science ではないかと思う。この工学基礎に対する明確な定義づけはないようであるが、岩波講座の基礎工学（19巻）では、「物質、エネルギー、情報の三者を対象としてそれ等の発生、輸送、蓄積、変形、利用等の方法を研究すること」<sup>(8)</sup>といわれているが、その程度はやや高く大学院クラスのものであり、またその指導に当っては基礎から最後まで一人の教師が通じて担当することによりその教育効果が発揮できるようである。

しかし卒業生や一般会社の人達が言っている基礎的なもの（Basic Engineering）との間にはかなりのずれがあるようである。ともあれ一般教養としての自然科学と専門教科との間をつなぐ性格のものようであり、現在工業高専で指導されている応用物理とは相当類似性のもつものと受取れるが、その包含される範囲はかなり広く、その中から抽出して採択するに値するものが若干あるものと思われるが、今後の研究にまつ次第である。ここで、日進月歩の産業社会にそなえて新しい教科科目を採択するとしても、履修科目を一方的に増加するわけにもゆかず、当然カリキュラムの整理の問題が生じてくる。また一方教育効果を高めるための基本的な問題として一般科目と専門科目、或は専門科目相互間の有機的な連携をはかり、指導内容の精選化につとめる必要があるのではなからうか。

従来の科目本位のカリキュラムは、その科目自体は大変まとまりよく系統だっではいるが、横の関連が少ないといわれている。機械工学なり、電気工学として、各指導内容が縦横に網の目のようにつながって構成されてい

る必要がある。しかもそれが学生の発達段階や技術の系列を考慮して順次にまとまりをもって指導されてこそ効果があるといえる。

かねてより工業教育における学習指導の効率化をはかるためには、指導内容の精選化ということが強調されてきたわけであるが、その一方策としてはブルーナーの教育過程の中に述べている教育内容の構造化<sup>(9)</sup>という考え方ではなからうか。すなわち一つの教科の内容構造をよく理解し、その系統性を把握すると共に、関連教科のどの分野のどこに役立っているか、解析してみることが大切かと思う。教育内容の構造化をはかり、各教科間の重複や、不連続を排除し、ミニマムエッセンスを抽出することがまずその第一歩であるといえよう。

一例として考えられるものは、一般物理、応用物理、および工業力学等の科目において、連携を密にすることにより重複をさけ、より一貫性のある指導が行いうるものと確信する。現代すでに関係ある教科間においては着手されていると思うが、よりきめの細かい指導を行うと共に、将来にそなえてより緊密な横の連携を希望する次第である。

### 3 実習の位置づけについて

職場における職種構成を学歴のみによって規定するのは妥当とは思わないが、一般の慣習からすれば、大学の工学部出身者はエンジニア（上級技術者）、工業高校の出身者はテクニシャン（中堅技術者）と区別するのが、常識的な分け方かと思われる。それではエンジニアとテクニシャンとの差異は何処にあるか<sup>(10)</sup>ということであるが、厳密な定義はとにかくとして、端的にいうなれば、エンジニアは幅広い知識を身につけ、基礎的な物の考え方をトレーニングすることにより、未知領域へ自力で開拓しうる才能を有し、部下技術員に対して指導的立場から指示を与える能力を有することが必要とされる。一方テクニシャンは現時点のテクニックをかかなりの程度まで修得していることが要求されるであろう。しかしこの両者の境界は混然としていて明確に区別できない領域がある。事実大学程度の工学教育を受けておりながら、本人の努力の不足もしくは才能のひらめきがなくてテクニシャンの職場に従事している反面、大学教育を受けずとも立派にエンジニアとしての職責を全うしている事実もある。ところで、わが国の大学における技術者教育は外国の技術者教育に比し、一般論として Science に強いが、Engineering に弱いといわれるが<sup>(11)</sup>、その意味はわが国の技術者教育は Practice でないことを意味しているの

ではなからうか。

また、わが国の工業高校におけるカリキュラムとユネスコのテクニシャン養成の場合の教育内容を比較すると、下表<sup>(7)</sup>の通りである。

教科科目の時間配分表

	Technician		Engineer & Technologist		
	日本 工業高校	ユネスコ	大学	工業 高専	ユネスコ
一般科目	37単位	11	} 36	} 85	11
基礎科学科目(実験を含む)	17	16			
一般技術科目( " )	11	21	} 80~87	} 93	22~32
専門技術科目( " )	28	21			
実習	15	39	5~6	9	11~22
合計	108	108	124	187	

わが国の工業高校の教育課程は高等学校という枠の中にはめられているため、一般科目に大幅の時間をとり、専門科目が圧縮された形となっている。これを補うために実習を主軸に、専門科目と実習との有機的関連をはかりながら、学習効果をあげるよう努力が払われている。いずれの国の教育課程も最良というものはないにせよ、世界の代表的とみなされるユネスコの教育課程と比較する時、わが国の工業教育における実習時間の少ないことは明かな事実である。

さて、工業教育の中で実習という科目はその性格上、実際の基礎的技術を身につけさせることおよび理論の論証を実際に経験させて理解させることが大きな目標であるといえる。ところで第二次世界大戦以降、わが国の学校における技術教育においては、新しい専門科目の設定や総時間数の減少などの理由から、それらのしわ寄せが実習にふりかかってきて、歳月の経過と共に実習の時間数が少なくなる傾向にある。<sup>(8)(9)</sup> また一方工業技術の進歩につれ、実習実験するに値する項目も増加しているため、多くのテーマを羅列的に、一通り実施しておこうという傾向にある。これらは明らかに実習における量と質の減少といってよいであろう。

工業における実習は、理科などの実験と異なり、技術を訓練する必要があり、そのためには、ある程度の量と質を確保する必要がある。近年機械製作工場において、数値制御(NC)工作機械が広く使用されるようになってきたが、一般にこの機械は素人でも容易に取扱えるように宣伝されているものの、実際使用する立場に立てば、ある程度の技術的知識に加えて基礎的技術を必要とすることは論をまつまでもないことである。

従来、「為すことにより学ぶ」という学習形態は教育

学の常識とされているが、殊に技術者教育において基礎的技術の修得には、若年である程その効果は大きいといわれているところであり、1~3年までの低学年において、ラセン形の実習計画をたてることにより基礎的技術の修得、技術の基本的原理の理解に併せて、学校教育における訓練的要素もかんようせしめうるものと思う。

工業高専における技術者教育は幅広い視野と、科学技術の進展に適応しうる能力に加えて、生産しうる能力を身につけることが大切かと思う。すなわち技術者とは高

度の学術水準や理論を身につけ、高踏的な技術批判や欠陥を責めることのみで終始することなく、卒先垂範、現場に身を投じ、額に汗を流し、現場に働く人達の労苦を感じとる技術者であってはじめて、望ましい人間関係がかもし出せうるものと思う。

さて、きたる昭和48年4月より高等学校における教育課程が改訂される運びになっているが、その改訂の主な要点は次のようである。<sup>(10)</sup>

- ① 道徳教育の充実、基礎学力の向上に対する改善。
- ② 時代の進展に即応するための改善。
- ③ 大学の一般教育との関連に伴う改善。
- ④ 進学率の上昇に伴う改善等。

以上のうち、特に①の項目について注目するとき、前回改訂の基本方針の一つは道徳教育の充実強化ということにあったと思う。そのため社会科に倫理・社会を設定し、特別教育活動における生活指導の充実強化を図ってこられた。しかしながら、多くの学校では、その努力にも拘らず、必ずしも所期の効果をあげているとはいいがたく、その結果今回の措置となったわけである。わが工業高専においても、一般の大勢には抗し難く、この方面の指導は必ずしも十分とはいえず、殊に完成教育を行なう本校においては、この点についてはいくら努力を払っても払い過ぎるということはないと思う。

もともと学校における道徳教育は「倫理・社会」一教科のみに負担せしめるべき性格のものではなく、学校における教育活動の全体を通じて行なわれるものである。

かかる意味からいっても実習はその一翼を担っていることは当然である。当教科はいうまでもなく、実践活動を通じて行なう教科であり、しかも小人数の班毎に指導者を付し、ある場合には単独行動、ある場合にはグルー

ブ活動を通して学習する故、しつけ教育的な面をはじめとし、責任感、協調の精神、あるいは対人関係の訓練といった意味において大きい比重をもつものといえる。

しかしながら実習に重点をおくことによりかえって、テクニシャン教育に傾斜しているかのような錯覚をもつ教官がありとすれば、まことに遺憾に思う次第である。実習即、職人養成だといった観念を払拭し、実習もまた学習形態の一つであり、肉体に蓄積された知識こそ、その価値の大きいことを認識し、機械工作法、設計製図、金属材料等有機的な連携を保ちつつこの教科の盛り上がり協力されんことを願う次第である。

かくてこそ、工業高専の教育は Practical な技術をもったエンジニア養成としての特色を発揮しうるものとする。

#### 4 専門分野に関する通論(概論)の取扱いについて

科学技術の進展につれて、今後の技術者は、機械とか電気とか、或は化学工学といった学科の枠にとらわれず幅広い視野をもつことが要求される。

すなわち専攻する学科については、縦に深い学識を有すると共に、横に幅広い知識を有することが是非とも必要であることは論をまたないところである。かかる意味において、ある学科を専攻する学生が他の学科の通論(概論)について学習することは非常に重要な意義があると思う。ところで筆者がここ二三年來、電気工学科、化学工学科の学生に対し、機械工学概論の授業を担当したところ、総じて学生にはあまり興味のない授業であったように思う。その原因について反省した点を若干まとめてみると、

- ① 短い時間内に専門外の機械工学の全般にわたって指導しようとするため、学習内容が詰めこみ主義的で、断片的でしかも散漫になり易い。
- ② 指導内容が項目の羅列になり易く、相互の関連を欠き易い。
- ③ 授業内容が教科書を中心にした平板的な指導に終始していることが多かった。

以上の事柄に対する対策として、教材の選択に当たっては、当該学科と機械工学とが密接に関連する内容を重点的に指導するよう研究すること。すなわちその学科の特質にふさわしい内容の項目を抽出して、学習指導の順次性、すなわち教材の排列、さらには学年配当について考える必要があると思う。その他については、スライドや映画を用いることにより能率的な指導をくふうすべきである。

#### 5 まとめ

従来、工業教育において教育課程編成の場合、一般科

目と専門科目との割合をどうすべきであるか熱心に検討を積み重ねられてはいるが、その結論は仲々得られそうにもない。その教科科目の性質よりむしろその指導法もしくは取扱い方が大切なのではなからうか。

ところで最近米国の工業教育協会において、今後の工業教育はどうあるべきか、現時点における問題点について鋭く検討された結果、基礎工学(Engineering Science)が大きく取りあげられ、わが国の工業教育にも大きい影響を与えつつあることは衆知の通りであって、若干の大学においては、機械、電気、化学といった学科の枠を外して実施しているようである。<sup>(6)</sup>

わが工業高専においては、基礎工学にやや類似のものとしては応用物理という形でとり入れられてはいるけれども、その内容はかなり広範囲にわたるものでもあり、今後大いに研究する必要があるかと思う。それに関連して今後新しい教科科目を採用するとすれば、現在実施されている科目の整理統合といった事が必要になってくるのではないか。それがためには、横の連絡を密にすると共に教育内容の精選ないしは、指導法といった方面に注目する必要があるように思われる。

なお、工業教育の内容は時代の変遷と共に、実習教科の履修時間は漸減の傾向をとっているが、技術者本来の姿勢を考えると、幅広い視野、創造的能力と共に、生産しうる能力を身につけるということは欠くことのできない要素ではなからうか。かかる見地からして、現行の実習時間はもう限界にきているように思われる。

次に、とかく学生の関心の乏しい通論(概論)の授業については、担当者は魅力ある授業のできるよう改善くふうすると共に、各学科の枠を超越して、この科目の必要性を認識せしめるよう教官各位の協力を希望する次第である。最後に、ご指導、ご助言をいただきました本校の関係教官に厚くお礼を申し述べます。

#### 文 献

- (1) 関東工業教育協会、工業教育、昭和46年5月、P50。
- (2) 和田正雄、工業教育、昭和46年5月、P35。
- (3) 黒田道夫、工業教育、昭和44年5月、P81。
- (4) J.Sブルーナー・佐藤、鈴木訳、教育の過程、昭和43年7月。
- (5) 野村正二郎、産業教育、昭和38年6月、P1。
- (6) 黒板駿策、工業教育、昭和45年12月、P87。
- (7) 土井正志智、工業教育資料、昭和43年5月、P10。
- (8) 土井正志智、工業教育資料、昭和46年7月、P19。
- (9) 土井・長谷川その他、工業技術教育法、産業図書、昭和44年7月、P60。
- (10) 土井正志智、工業教育資料、昭和45年10月、P6。
- (11) 向坊隆、基礎工学概説、岩波書店、1968年、P111。

# 教官研究活動状況一覧表 (抄録)

昭和45年10月～46年9月

(機械工学科)

## 多結晶金属の弾性異方性と

### X線応力測定値の相関性

有間淳一 (奈良高専) 細川智生 (岡山大・工)

本田和男 (岡山大・工)

材料 第19巻 第207号 1042～1049

昭和45年12月

炭素鋼, 6-4黄銅, 銅合金, アルミニウム合金などのいくらかは, 母相と結晶構造をことにする第2相をふくむ二相合金である。このような合金では単相の合金と機械的, 物理的性質がことなり, 変形挙動も複雑である。本研究では, X線を用いて一軸引張変形過程における変形挙動をしらべた。この場合多結晶金属の変形モデルとの相関性をひずみ解析結果と対応させてしらべた。応力一定モデルをつかうと第2相成分の量的影響がみとめられないこと, ひずみ一定モデルでは, 第2相の影響が顕著にあらわれることおよび本実験の範囲内においては変形挙動は応力一定モデルに近い傾向をしめすことなどがわかった。

### 塑性変形した材料の残留応力

有間淳一 (奈良高専) 細川智生 (岡山大・工)

日本機械学会 第48期通常総会 学術講演会

昭和46年4月 (講演)

金属材料は単生内こも, 塑性内こも異方性を示し, 薄板における塑性異方性は, R値, D値などの異方性パラメーターにより表示されている。本研究ではこれら薄板の塑性変形機構を解明する目的で, 塑性変形した材料における残留応力値およびその発生原因に対する考察から, 種々のモデルの妥当性を検討した。使用した材料は, 焼鈍した純銅および純アルミで, 引張試験機で種々の変形量に変形せしめた。X線回折装置を用いて残留格子ひずみを測定し, また負荷, 除荷過程のひずみを測定した。これより試料表面において測定される残留応力値は, 変形の初期では, Taylorモデルにより説明されることがわかった。

### Elastic Deformation Behaviour of Two Phase Alloy

有間淳一 (奈良高専) 細川智生 (岡山大・工)

本田和男 (岡山大・工)

日本材料学会 X-ray Study on Strength and Deform-

ation of Metals 論文集

昭和46年8月

X線の弾性係数を測定する場合, 多結晶金属材料に種々の集合組織が存在すると, 単位応力あたりのひずみ量X線と入射角の関係をあらわす  $\epsilon\varphi/\sigma - \sin^2\varphi$  線図の直線性が保てなくなる。このことは逆に  $\epsilon\varphi/\sigma - \sin^2\varphi$  線図より結晶の集合組織を知る手掛りとなるので, 圧延した黄銅板試料を用いて実験的検討を加えた。一方実際に近い集合組織を仮定した計算結果と比較し, 310および211面に対する集合組織をX線弾性係数の測定結果より推定することができた。

## 多結晶金属の回折面による

### 応力の依存性

有間淳一 (奈良高専) 細川智生 (岡山大・工)

本田和男 (岡山大・工)

材料の力学的挙動に関する国際会議 (日本材料学会)

昭和46年8月 (講演)

### 最適異種ネジ切り法の研究

加賀勝也 (奈良高専) 奥島啓式 (京大・工)

日本機械学会 九州支部

昭和46年5月21日 (講演)

本研究は普通旋盤によるネジ切りにおいて, 親ネジがメートル系で工作物のネジがインチ系の場合について, ネジ追い車による方法と逆転による方法との有利性判別を行なうことを目的としたものである。先ず1サイクルの所要時間より,  $l-n$  線図 ( $l$ :ネジ切り長さ,  $n$ :工作物の毎分回転数)を作成し, この線図によって有利性判別の可能なことを示し, 更に各因子の変化の有利性に及ぼす影響を明らかにした。

この  $l-n$  線図によって, 上記2方法の適用すべき範囲を明らかにすることが出来たが, 更にこの線図は無段変速の場合にも使用出来る上に, 従来の方法に比して僅かな手間で作成出来る利点がある。

### 最適異種ネジ切り法の研究 第2報

加賀勝也 (奈良高専) 奥島啓式 (京大・工)

日本機械学会 関西支部

昭和46年6月8日 (講演)

本研究は第1報に続いて親ネジがインチ系で工作物のネジがメートル系の場合について, 時間的有利性判別を行なうことを目的としたものである。

噛合周期に対する親ネジの回転数は、工作物のネジのピッチ( $p=c/d$ :既約分数)によって変化するが、解析の基本になるこの数列が、本研究の場合には非常に不規則なものになるため、従来から親ネジの逆転による方法のみ使用されて来た。しかしダブルスレッドインジケータに工夫を加えることにより、この場合にもネジ追い車による方法を可能にし、 $l-n$ 線図によって両方法の有利性判別を行なった。第1報同様の成果を得たが、 $P$ ,  $c$ の変化の線図に及ぼす影響の大きいことが特徴である。

### 純流体論理素子の相似性について

阪部俊也(奈良高専) 若林敏夫(奈良高専)

米持政忠(神大・工)

日本機械学会 関西支部 第46期定期総会

昭和46年3月20日(講演)

純流体素子の幾何学的形状と動作特性との関係は重要である。ここでは幾何相似における特性の相似性について検討した。実験は主噴流ノズル幅0.4~2.5mm, アスペクト比2~5, 主噴流レイノルズ数3,000~20,000について行なった結果, 相似素子の入力特性はその特性に相似性のあることがわかった。また, まき込み圧力と主噴流流速との間には一定の関係があり, その関係を実験式で表わすことが出来た。

### 銅の延性破壊について

関口秀夫

第21回 塑性加工連合講演会

昭和45年11月19日(講演)

金属の延性破壊機構を明らかにするため, 純銅を用いて破断部に存在するポイドの微視的観察をおこない, それに基づく破壊条件を理論的に考察した。また, 高圧(~3000気圧)中での引張試験をおこない, 圧力が延性におよぼす影響を調べると共に, 提案した破壊条件式が周囲圧力の変化のある場合にもよく適用できることを証明した。

なお, 本研究の内容は, Journal of Inst. of Metals (英)に投稿予定である。

### 蒸発面による平面噴流の偏向 (第1報 常温面への付着)

中谷 洵

空気調和・衛生工学 第45巻 第3号

昭和46年3月

加熱面や蒸発面上に設けたエア・カーテンはCoanda

効果によって噴流が面上に曲がるが, この効果が無視できるほど小さい場合は上方に曲がる。このような噴流軸の偏向特性を明らかにするため, 二, 三の仮定を設けて理論的な解析を行った結果, 実験値と比較的よく一致することがわかった。

この論文においては, まず基本と考えるべき常温面への付着噴流軸の曲がりについて理論的な解析をこころみ結果について述べた。

### 蒸発面による平面噴流の偏向(第2報 加熱壁面および蒸発面への付着噴流)

中谷 洵

空気調和・衛生工学 第45巻 第7号

昭和46年7月

第1報の結果を基にして, 高温壁面や蒸発水面へのCoanda効果による平面噴流の付着について調べた。すなわち, 噴流の付着によって形成される高温低圧うず領域の浮力を第1報の考察に付加することにより, 模型による実験値と比較的よく一致する理論式を得た。そして, 限界吹出し風速以上では噴流は確実に付着するが, これ以下では付着せず熱対流を受ける噴流となり, 噴流軸の曲がる方向が異なることを明らかにした。

### 弱電離アルゴン境界層の研究(第2報)

松岡一起(奈良高専) 西田迪雄(京大・工)

神元五郎(京大・工)

日本機械学会 関西支部

昭和45年11月6日(講演)

一部電離した単原子気体(アルゴン)を極超音速で平板上に流した場合, 境界層と衝撃波の干渉が問題になる。第1報では単に干渉パラメータ $\bar{\alpha}$ でもって近似展開を行ない, 零次解のみを求め, 壁面の接触反応については極限の場合に限って理論計算を行った。今回は境界層端のMach数 $Me$ に関連したパラメータで近似展開を行ない高次近似解を求めた。又壁面の接触反応速度についても有限速度を取り扱い, 現象を現実化させた。これらを考慮しながら境界層内の速度, ガス温度, イオン密度分布等を弱い干渉と強い干渉のそれぞれの場合について理論計算を行なった。

### 単軸引張りを受ける多円孔無限平板の応力集中問題の一数值解法(続報)

浜田 実(大阪大・工) 水嶋 巖(奈良高専)

増田 方(大阪大・工)

日本機械学会 論文集 第37巻 299号

昭和46年7月

## 非定常温度場における熱応力集中に関する研究（実験的考察）

古川 守（神戸商船大）北川 浩（大阪大・工）  
 浜田 実（大阪大・工）水嶋 巖（奈良高専）  
 日本機械学会 関西支部  
 第226回 講演会  
 昭和46年6月8日（講演）

## 水星の近日点移動に関するコメント

宮本止戈雄  
 素粒子論研究 Vol. 44 No. 1 (1971), pp. A48~A54

## Possible Observation of the Skew-Symmetric Tensor Gauge Field

宮本止戈雄（奈良高専）中野董夫（大阪市大・理）  
 Progress of The Theoretical Physics 45 (1971), 295

〔電気工学科〕

## 内容選択規則

上田勝彦（他11名）  
 日本物理学会 第25回年会  
 昭和45年10月3日（講演）

## $\gamma$ 線の後方散乱による工業計測の基礎的研究（第3報）

柴田圭三（神戸大・工）若林信生（神戸大・工）  
 後藤隆雄（神戸大・工）上田勝彦（奈良高専）  
 RADIOISOTOPES Vol. 19, 410 (1970)  
 昭和45年10月

$\gamma$ 線の後方散乱を用いたオンオフ式や追従式の液位計で、液位の分解能を低下させることなく計数率を増すため、入射および散乱 $\gamma$ 線を垂直方向には制限し、水平方向には広くした。垂直方向の間隔は計数率と基準液位での相対感度との両方に影響を与えるが、前者には検出器側間隔の方が、後者には線源側間隔の方が大きい影響を及ぼす。この種の液位計を評価するのに、線源量と計数率計回路の時定数との積の必要最小値を用いた。この値から本配置が、細い線束を用いる前報の配置よりすぐれていること、およびオンオフの上下限幅を狭くするには線源側の間隔を小さくするのが有利であることがわかつ

た。

## 半導体放射線検出器の出力波形

上田勝彦（奈良高専）石桁正士（大阪電通大・工）  
 第31回 応用物理学会学術講演会  
 昭和45年10月11日（講演）

半導体検出器は従来の検出器と比較してエネルギーおよび時間分解能の良さのために、広く使用されるようになった。この検出器に接続する前置増巾器などの設計に検出器の出力信号の全波形に関する情報が必要になる。この出力波形を計算で簡単に求めるために、検出器内の物理過程をシート電荷モデルを用いてデジタル・シミュレーションを行なった。具体例として、バイアス電圧40Vで比抵抗530 $\Omega$ cmのシリコン表面障壁形 $\alpha$ 線検出器に、 $^{241}\text{Am}$ の5.482 MeVの $\alpha$ 粒子が入射した場合の出力電圧波形を計算し、実測結果と比較した結果、良一致が得られ、従来の解析的方法による計算と比較して、簡単に出力波形の推定が行えることがわかった。

## 相関法を用いた $\gamma$ 線エネルギー分析の試み

上田勝彦（奈良高専）久 実（和歌山大）  
 東野勝治（堺科学教育研）石桁正士（大阪電通大・工）  
 第18回 応用物理学関係連合講演会  
 昭和46年3月31日（講演）

$\gamma$ 線のスペクトル解析に相互相関法を応用することを試みた。この方法は測定器の応答関数として単色 $\gamma$ 線に対する応答をとり、これと任意のデータ・スペクトルとの間の相互相関関数を計算するものである。本報告では従来 $\gamma$ 線のエネルギー分析が不可能であると考えられていた有機シンチレータによる測定結果を例にとり、この考えを適用することにより、エネルギー決定が可能になることを示し、また応答関数の幅と分解能との間の関係を明らかにした。さらにW. W. BLACKらが無機シンチレータや半導体検出器によるデータに同様な処理方法を適用しているが、その考え方に誤りのあることを指摘した。

## $\gamma$ 線測定器の Search Spectrum の推定

西川喜良（甲南大・理）石桁正士（大阪電通大・工）  
 上田勝彦（奈良高専）  
 第8回 理工学における同位元素研究発表会  
 昭和46年4月16日（講演）

$\gamma$ 線のエネルギー測定の結果から、必要情報を抽出する情報処理の方法に、単色 $\gamma$ 線に対する応答関数と測定

結果であるデータ・スペクトルとの間で相互相関をとる方法が有効であることを既に示したが、この場合、応答関数がいわゆるサーチ・スペクトルであるが、この応答関数を求める方法には、1) 実測値であるデータ・スペクトルを関数化したもの、2) モンテカルロ法によるもの、3) 解析の方法によるものがあることを示し、無機シンチレータ、有機シンチレータ、半導体を用いた各 $\gamma$ 線測定器のサーチ・スペクトルの推定の具体的方法を明らかにし、測定条件により前記のいずれの方法が有効であるかを示した。

### 科学教育についてのインフォメーション・アナリシス (第2報)

上田勝彦 (他4名)

日本教育学会 第30回大会  
昭和46年9月2日 (講演)

第1報につづいて内容をより具体的に明らかにした。すなわち、教育方法の研究は、研究者自身がどの立場で教育をとらえているか (視座の設定)、研究しようとする教育方法は何に関するものか (視点の設定)、観察して得られた情報を定式化していくとき、その教育方法はどの点に特徴づけられたかを明確にする (因子の選択)。上述の三原則 (視座、視点、因子) によってインフォメーション・アナリシスして得られた結果に対して、その正否を判定する論理の根拠を明らかにし、結果に客観性をもたせなければならないことを指摘した。また、研究結果が教育事象を合理的に総括するためにシンセンスの過程が必要であることを提案した。

### フタロシアニンの電気的、光学的性質 I

京兼 純 (奈良高専) 吉野勝美 (阪大・工)

犬石嘉雄 (阪大・工)

第25回 物理学会年会

昭和45年10月3日 (講演)

### フタロシアニンの電気的、光学的性質 II

京兼 純 (奈良高専) 吉野勝美 (阪大・工)

犬石嘉雄 (阪大・工)

1971 物理学会 春の分科会

昭和46年4月6日 (講演)

### レーザ光領域における

#### 複素誘電率の一測定法

成田紘一

昭和45年度 電気四学会 東海支部連合大会

昭和45年10月 (講演)

### Re-entrant Cavity Resonator を使用した 電子密度と電子衝突周波数の測定法

成田紘一

日本物理学会 春の分科会

昭和46年6月 (講演)

(化学工学科)

### 氷酢酸中における酢酸塩の陽極酸化反応 とアクリル酸の電解重合

泉生一郎・梶 章 (大阪市大・工)

長浦茂男 (大阪市大・工)

日本化学雑誌 Vol. 91 No. 12 p.1128 (1970)

昭和45年12月

酢酸-酢酸カリウムの系を電解すると陽極で、通常、Kolbe 反応として知られているようにエタン、二酸化炭素を主として生成し、副生成物としてメタンが生成した。この系にアクリル酸を共存させると Kolbe 反応の中間体ラジカルによって重合開始し、アクリル酸の重合物が得られた。ラジカルのうち、アセトキンラジカルの70%以上が重合反応に寄与し、残りは脱炭酸してメチルラジカルになり、そのうち75%が重合反応に消費されることがわかった。また、この系における重合反応は不均一表面反応であることが推定され、さらに電流-電位曲線の解析から、アクリル酸の電極表面への吸着が重合開始反応にかなり影響していることがわかった。

### 水溶液中におけるプロピオン酸塩の

#### Kolbe 電解反応の機構

泉生一郎・梶 章 (大阪市大・工)

井関 進 (大阪市大・工) 谷本高敏 (大阪市大・工)

長浦茂男 (大阪市大・工)

日本化学雑誌 Vol. 92 No. 9 p.768 (1971)

昭和46年9月

白金電極におけるプロピオン酸塩水溶液の陽極酸化反応のインピーダンスと電流-電位曲線を測定し、その電極反応を解析した。電流-電位曲線と二重層容量の測定は、プロピオン酸イオンは Kolbe 生成物が発生し得る電位よりも卑な電位ですでに電極表面に吸着していることを強く示唆した。Cole-Cole プロットの解析からは、プロピオン酸イオンの陽極酸化反応の律速段階は電荷移



動過程であって、脱炭酸の過程や中間体ラジカル間の反応による生成物決定段階ではないと結論された。さらに、主反応が酸素発生から Kolbe 電解反応に移行したとき、この電極界面の二重層容量は約 $\frac{1}{2}$ に減少した。以上の結果に基づいて、もっとも妥当な反応機構を示した。

### KCl 濃厚溶液の電導度

犬田修正  
電気化学協会 第38回大会  
昭和46年5月17日(講演)

### アルカリ溶液中での亜鉛の陽極反応

犬田修正  
電気化学協会 第38回大会  
昭和46年5月19日(講演)

### [数 学]

#### Gleason part から単位開円板上への 同相写像について

貴志一男  
日本数学会  
昭和46年4月(講演)

### [物 理]

#### B-S 方程式による負エネルギー状態を 含む核子—核子散乱の $^1S_0$ phase shift

田中富士男(奈良高専) 室田敏行(北大・理)  
野田松太郎(愛媛大・工)  
日本物理学会 第25回年会  
昭和45年10月3日(講演)

#### 負エネルギー中間状態を含む核子—核子 散乱の $^1S_0$ Phase shift の Bethe-Salpeter 方程式による計算

日本物理学会1971年春の分科会  
田中富士男(奈良高専) 室田敏行(北大・理) 野田松  
太郎(愛媛大・工)  
昭和46年6月17日(講演)

#### B-S 方程式によるN-N散乱の解析— $^3S_1 + ^3D_1$ および $^3P_2 + ^3F_2$ 状態—

日本物理学会 第26回年会

田中富士男(奈良高専) 伊藤仁之(近畿大・理工)  
室田敏行(北大・理) 野田松太郎(愛媛大・工)  
昭和46年9月30日(講演)

### [体 育]

#### 陸上競技の指導に関する研究 — 短距離走 —

秋山竹雄  
日本体育学会  
昭和45年11月23日(講演)

陸上競技の指導は形を教える指導に終り小学校～高校までくり返される指導が学習意欲を低下させる原因にもなっている。授業をどんな進め方にしたら…と実験的に確めながら効果的な授業の進め方を探ろうとした。

A=50m 走を中心にスタートなどの練習, B=トレーニング中心, C=400mリレーを中心に走ることだけ, の三つのグループに分けて実施した。実験的授業のまとめとして, ①全力疾走の回数を多くする。②各人に具体的な目標記録を与える。③技術を分析的, 局部分的なものにせず動の中の形としてとらえる。④跳や投運動と同じく眼に見えるものとする工夫が必要。⑤学習者の体力や能力を更に高めるために授業の再検討が必要なこと。が判明した。



奈良工業高等専門学校 研究紀要 第7号  
昭和47年3月10日発行

編集兼  
発行者 奈良工業高等専門学校  
大和郡山市矢田町

印刷所 共同精版印刷株式会社  
奈良市尼辻町1丁目577ノ1

# RESEARCH REPORTS

of

## NARA TECHNICAL COLLEGE

No. 7, 1971

### CONTENTS

X-ray Investigaton on the Elastic Anisotropy and Deformation Behaviour of Two-phase Alloys .....	Jyunichi ARIMA.....	1
The Characteristics of an Air Time-Dely Valve .....	Katsuya KAGA.....	9
Studies on Laminar Boundary-Layer Heat Transfer from a Partially Ionized Gas.....	Kazuoki MATSUOKA.....	13
Research on Heat Transmitting Surface with Fins.....	Makoto NAKATANI..... Toshio NAKATA	17
Stress Concentration for Uniaxial Tension of an Infinite Plate with Two Different Circular Holes .....	Iwao MIZUSHIMA.....	23
On the Similarity for the Statical Characteristics of the Wall Attachment Amplifiers .....	Toshiya SAKABE..... Toshio WAKABAYASHI	29
Delayed Failure and Fatigue on High Tension Steel .....	Yasuyoshi IWAI.....	35
Oscillation in Servomechanism with Nonlinear Element .....	Iichi KIMURA.....	41
Optronic Cellular Logic Circuit .....	Haruo TAKAHASHI.....	45
Research. On A PWM type 3-Phase Invertor.....	Shigeji IMURA .....	49
A Study on The Physical Education of Girls .....	Takeshi NAKAWADA.....	57
Henry James in profile —“The Bostonians”.....	Sadao WATANABE.....	65
Maugham’s Truth —On Cakes and Ale.....	Hirosuke KASHIWABARA.....	77
Doppo’s Christianity.....	Seiji HOSOI.....	91
Some Recommendations on Drawing up a Curriculum of Engineering Education.....	Yoshio TANAKA.....	93