研　究　紀　要

第 6 号

昭和45年

奈良工業高等専門学校

目　　次

ねじ追い車の研究

（ユニファイねじの親ねじでメートルねじを切る場合）

加　賀　勝　也

*奥　島　啓　弐

Study on the Thread Chasing Dial

(On the Cutting Metric Thread by the Unified Lead Screw)

Katsuya KAGA

*Keiji OKUSHIMA

When metric thread is cut by the unified lead screw on the general lathe, the split nut is kept closed from beginning to end.

We found that the thread chasing dial could be applied to this case, as well by using double thread indicator.

In this paper we considered the useful range of the thread chasing dial on the basis of our experimental results, and we clarified as to the conditions in which the thread chasing dial could be comparatively more useful than the other.

1 緒　　言

普通旋盤によるねじ切り法を大別すると，次の二つの方法があげられる。即ち

① ねじの切り終り点において，半割ナットを親ねじより離し，縦送りハンドルを回わして往復台をねじの切りはじめの位置に戻し，合印によってバイトを毎回正しくねじみぞに導入する方法

（この合印を合わせる方法の代表的なものがねじ追い車であるので，以下ねじ追い車による方法という。）

② ねじ切り作業中，半割ナットを親ねじに噛合わせたままで終始し，ねじの切り終り点において親ねじを逆転することによって，バイトをもとの位置にもどす方法（以下逆転による方法という。）

ねじの種類としてはメートル系のねじとインチ系のねじとに分けることが出来るが，親ねじと工作物のねじとが同系のねじの場合には，①・②の両方が用いられ，異系の場合には普通②の方法が用いられている。

過日われわれは，異系の場合に，ねじ追い車による方法の可能であることを明らかにしたが，本研究はユニファイねじの親ねじでメートルねじを切る場合について，更に詳細にねじ追い車の有利な範囲を明らかにし，その条件について考察を加えたものである。

2 解　　析

いま親ねじの回転数を Nr.p.m.，主軸の回転数を nr.p.m.，親ねじの山数を W山/インチ，工作物のピッチを p(＝c/d：既約分数)mmとすれば，次式が成立つ。すなわち

$$\frac{N}{n}=\frac{p}{25.4/W}=\frac{5Wc}{127d}\left(=\frac{a}{b}：既約分数\right) \quad (1)^{①}$$

*京都大学工学部教授

aは噛合周期（半割ナットを親ねじに噛合わせてから，次に再び両者が同じ関係位置になる迄の所要時間）における親ねじの回転数を示し，この数例を示せば表１のように非常に不規則な数になり，ねじ追い車の設計上甚だ困難な点があるので，このままではねじ追い車の使用は不可能に近い。

表１　aの値

工作物のねじ ＼ 親ねじ	2 山/インチ	3 山/インチ	4 山/インチ	6 山/インチ
0.225	9	27	9	27
0.25	5	15	5	15
0.3	3	9	6	9
0.35	7	21	7	21
0.4	4	6	8	12
0.45	9	27	9	27
0.5	5	15	10	15
0.6	6	9	12	18
0.7	7	21	14	21
0.75	15	45	15	45
0.8	8	12	16	24
0.9	9	27	18	27
1	10	15	20	30
1.25	25	75	25	75
1.5	15	45	30	45
1.75	35	105	35	105
2	20	30	40	60
2.55	25	75	50	75
3	36	45	60	90
3.5	35	105	70	105
4	40	60	80	120
4.5	45	135	90	135
5	50	75	100	150
5.5	55	165	110	165
6	60	90	120	180

そこで，ダブルスレッドインジケータを使用してこれを可能にした。即ち親ねじと噛合う方の歯車の歯数を5W枚とし，この歯車の１回転毎に他方の歯車が１歯づつ送られるようにすれば，後者の歯車のc回転毎に，噛合周期が到来することになって，理論的にねじ追い車の使用が可能になる。ただしWとdとが互いに素でないならば，このダブルスレッドインジケータを用いることによって，噛合周期は 5Wc/a 倍になっていて少し不利になる。

いま，

α ：切込みと寄せの操作時間(sec)

β ：ハンドル操作によってバイトを縦送りさせるのに要する単位長当りの所要時間 (sec/mm)

K：$\dfrac{\text{親ねじの正転の場合の回転数}}{\text{親ねじの逆転の場合の回転数}}$

ℓ ：ねじの切削長(mm)

t_c ：切削時間(sec)

t_w ：待ち時間(sec)

t_h ：ねじの切り終り点よりハンドル操作によつてバイトをねじの切りはじめの位置まで戻すのに必要な時間(sec)

とすれば次式が成立つ。

ねじ追い車による方法の１サイクル当りの所要時間 T_1(sec)は

$$t_c=\frac{60\ell}{np},\quad t_h=\beta\ell$$

$$T_1=\alpha+t_w+t_c+t_h$$

$$\therefore\ T_1=\alpha+t_w+\frac{60\ell}{np}+\beta\ell\,(\text{sec}) \qquad (2)②$$

親ねじの 5Wc 回転毎に噛合周期が到来するものと考えれば，この所要時間は

$$\frac{5Wc}{N/60}=\frac{300Wc}{5Wcn/127d}=\frac{7620d}{n}\,(\text{sec}) \qquad (3)③$$

いま縦軸に所要時間 t，横軸に ℓ をとって(2)式のグラフをえがき，(3)式に示す時間を原点より縦軸に沿って等間隔に刻み，これらの点を通り縦軸に平行な直線をひいて(2)式のグラフとの交点を求め，それらの点においては一段上の平行線に繰上がるものとすれば，階段状のグラフが得られる。（このグラフにおける１サイクルの所要時間を T_1'sec とする。）

次に逆転による方法の１サイクル当りの所要時間 T_2(sec)は

$$T_2=\alpha+(1+K)\cdot\frac{60\ell}{np}\,(\text{sec}) \qquad (4)④$$

ねじ追い車による方法を逆転による方法と比較して，有利な範囲を明らかにするには，ねじ追い車による方法と逆転による方法とのそれぞれの１サイクル当りの所要時間を示す(4)式及び前述の階段状のグラフを画き，同一座標面において重ね合わせればよい。図１はその一例を示したもので，塗りつぶした部分はねじ追い車による方法の有利な範囲を示している。

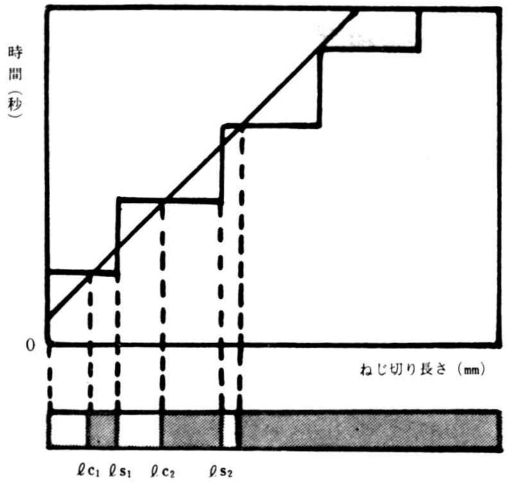


図１　ねじ追い車による方法と逆転による方法

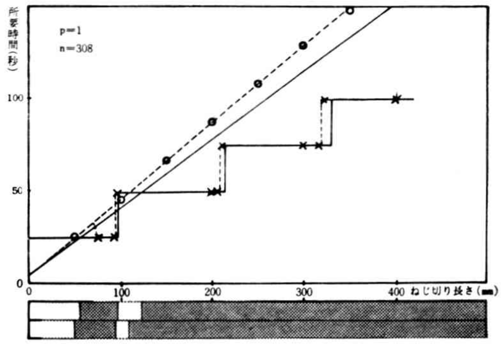


図２　実験値と理論値との比較（実線は理論値，破線は実験値を示す）

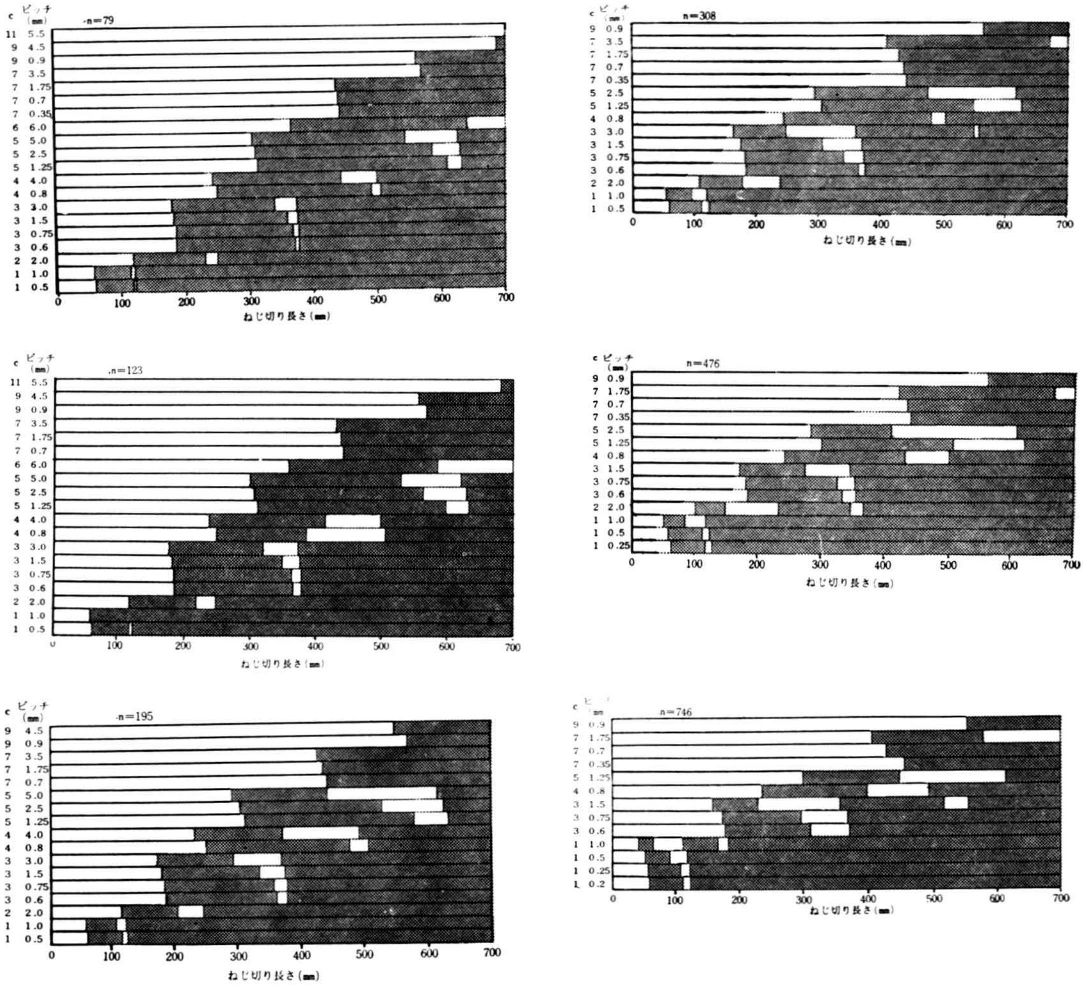


図３ⓐ　n，pの種々の組合せに対するねじ追い車の有利な範囲

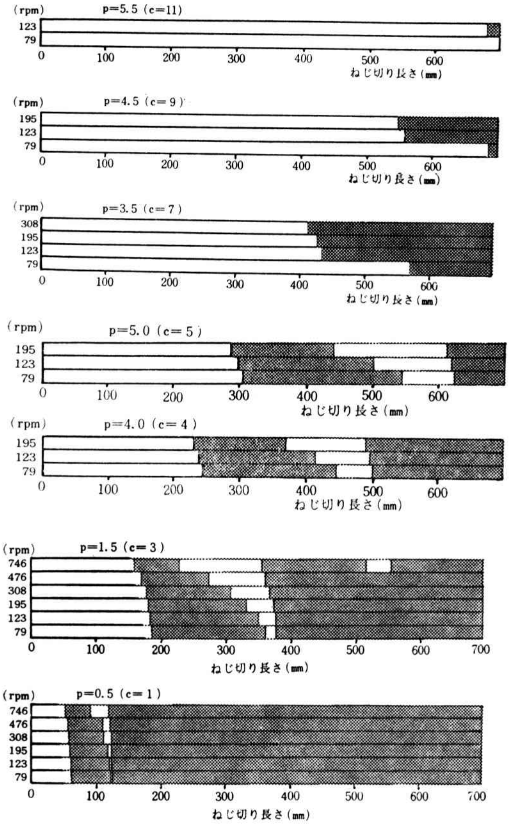


図3ⓑ ⓐ図を各ピッチ毎にまとめた図

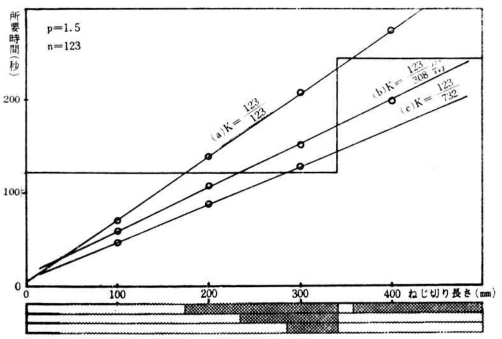


図4 Kの値を変えた場合の実験結果

いま(4)式において，n，p の値を変化させると，T_2 の直線の傾きはn又はpの値の大きくなるに従って小さくなり，T_1 との交点の数は変化するが，図1における ℓ_c，ℓ_s の値は次式によって求めることが出来る。

$\ell=\ell_s$ においては $t_w=0$ であるから

$T_1=T_2$より

$$\frac{7620d}{n}=\alpha+\frac{60\ell_{c1}}{np}(1+K)$$

$$\therefore \quad \ell_{c1}=\frac{127c}{1+K}-\frac{np\alpha}{60(1+K)} \qquad (5)$$

(2)，(3)より

$$\frac{7620d}{n}=\alpha+\frac{60\ell_{s1}}{np}+\beta\ell_{s1}$$

$$\therefore \quad \ell_{s1}=\frac{7620c}{60+np\beta}-\frac{np\alpha}{60+np\beta} \qquad (6)$$

同様にして，ℓ_{c2}，$\ell_{c2}\cdots$ ℓ_{s3}，$\ell_{s3}\cdots$ の理論値も求めることが出来る。

3 実験及びその結果

本研究においてはW=4山/インチの場合について実験を行なった。α，β については，ストップウォッチで測定し，次の結果を得た。

$$\begin{cases}\alpha=4.0\mathrm{sec}\ (\text{測定回数120回の平均値})\\ \beta=0.018\mathrm{sec/mm}\ (\text{測定回数100回の平均値})\end{cases}$$

図2は実験値と理論値とを比較したものである。

図3は T_1 および T_2 (K=1の場合) をn，pの組合わせを変えて測定した結果である。更に図4はKの値を変えた場合の結果を示すものである。

4 考　　察

図2に示すように理論値と実験値との間に多少の不一致がみられるが，この原因としては次の点があげられる。

すなわち，逆転による方法において，T_2 の理論値よりも実験値の方が大きくなる傾向にある。これはねじの切り終り点において，親ねじを正転より静止，静止より逆転に変化させる場合に，親ねじの回転数はある時間経過したのちでなければ静止の状態或いは正規の回転状態に達し得ないので，親ねじの回転数を常に一定とみなして計算した値に対して，実験値の方が大きくなることはやむを得ない。

又実験においては目標とするねじ切り長さの通りに切削することは困難で，この点においても誤差を生じた原因が存在する。

次に図3及び図4より，ねじ追い車の有利となる条件として，次の諸項目をあげることが出来る。すなわち

(1) Cの値の小さいこと
(2) 主軸回転数の小さいこと
(3) ねじ切り長さの長いこと
(4) K＝1又は1に近いこと

更に図4に示すように，親ねじの逆転の場合の回転数を増せばKは小さくなるが，それに伴ってねじ追い車による方法の有利な範囲は著しく減少し，逆転による方法を用いざるを得ない。

5 結　　言

本研究において明らかにした事柄は次の通りである。すなわち，Cが小さく主軸回転数が小さく更にねじ切り長さの長い場合に，ねじ追い車による方法が有利となる。その詳細は図3に示す通りであるが，α，β には個人差があり，主軸の回転数においても機種によつて変化することは申すまでもないことである。

更に最近はあらゆる方面において，自動化がすすめられているが，自動ねじ切りについては構造上逆転による方法が有利である。本研究はK＝1として行なったので，ダブルスレッドインジケータの使用の可能性のあることを明らかにしたが，Kを小さくすれば（すなわち逆転速度をはやめれば）逆転による方法の著るしく有利になることも明らかにした。又本研究ではレバーチェンジによって逆転速度を変化させたが，自動化のためこの点についても工夫を必要とし，今後研究すべき問題点の一つである。

謝辞：本研究に当り岸田行恵・中川正明両君の御協力に対して深く感謝いたします。

文　献

①③④　加賀他，日本機械学会講演論文集，1969，101.
②　加賀，奈良高専研究紀要，3（昭42）.

弱電離気体の平板境界層の研究*

松　岡　一　起
西　田　迪　雄**
神　元　五　郎***

Studies on Boundary-Layer along a Flat Plate in Partially Ionized Gas

Kazuoki MATSUOKA
Michio NISHIDA
Goroo KAMIMOTO

When a partially ionized argon (in the analysis, though not restricted to a particular monatomic gas, special consideration is given to a argon because of its use in many studies) let flow over a flat plate hypersonic speed, the interaction between the leading-edge shock wave and the boundary-layer has come into question. In this paper, we calculated the distribution of velocity, gas temperature and ion number density, as to weak and strong interaction respectively.

1 緒　言

弱電離気体中を飛翔する物体の表面に発達する境界層内の構造を調べることは大気圏への再突入，ならびに通信問題に関連して重要な事柄である。電離気体の研究についてはこれまで二，三の研究[1][2]があるがほとんど局所相似を仮定して理論解析を進めたものであり，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。本論文は一部電離した単原子気体中におかれた平板上に発達する衝撃波と境界層との干渉を考慮して境界層内での速度分布，ガス温度分布，イオン数密度分布等の理論解析を行い，電離が以上の分布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。

C；mass fraction
C_p；定圧比熱
$\bar{C}_p$；平均定圧比熱
D_{am}；両極性拡散係数
g；H_t/H_{te}
H；静エンタルピー
H_t；全エンタルピー
H°；speciesの生成エンタルピー
I；電離エネルギー
K；熱伝導係数
L；Lewis数
ℓ；$\rho\mu/\rho_e\mu_e$
M；Mach数
n^+；イオン数密度
P；Prandtl数
p；圧力
q_c；伝導熱流
q_d；拡散熱流
R；ガス定数
R_{ey}；Reynolds数

---

*日本機械学会関西支部第45期定時総会講演会（1970.3.19）で発表した内容を含む
**京都大学工学部助教授　***京都大学工学部教授

S_c ; Schmidt数
T ; 温度
u ; x方向の速度
v ; y方向の速度
V ; 拡散速度
$\dot{w}$; 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_I/C_{Ie}
β ; $H_{te}/H_e \cdot \xi/u_e \cdot \partial u_e/\partial\xi$
ρ ; 密度
ξ ; 変換座標軸
η ; 変換座標軸
μ ; 粘性係数
ψ ; 流れ関数
$\bar{\chi}$; 干渉パラメータ
γ ; 比熱比
θ ; T/T_e

添　字
j ; species j
I ; イオン
e ; 境界層端
∞ ; 自由流
w ; 壁面

3 理論解析

3・1 基礎方程式

図1のように座標軸をとると，外部電場，磁場のかからない一部電離した気体の平板に対する基礎方程式[1]は

図1 平板上の流れ

連続の式 $$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho v)=0 \tag{1}$$

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

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

Species保存式 $$\rho u\frac{\partial C_j}{\partial x}+\rho v\frac{\partial C_j}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial y}(-\rho_j V_j)+\dot{w}_j \tag{4}$$

上式に次のような座標変換を用いる。

$$\left.\begin{aligned}&x=\xi, \qquad \psi=\sqrt{\rho_e\mu_e\xi u_e}\,f(\xi,\eta)\\&\frac{u}{u_e}=\frac{\partial f}{\partial\eta},\quad \eta=\sqrt{\frac{u_e}{\rho_e\mu_e\xi}}\int\rho dy\end{aligned}\right\} \tag{5}$$

以上の変換を行うと連続の式は自動的に満足され基礎式としては運動量，エネルギー，Speciesの３つの保存式を考えればよいことになる。変換に用いる演算式は次のようになる。

$$\left.\begin{aligned}&\frac{\partial}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial\xi}+\frac{\partial\eta}{\partial x}\frac{\partial}{\partial\eta},\\&\frac{\partial}{\partial y}=\rho\sqrt{\frac{u_e}{\rho_e\mu_e\xi}}\frac{\partial}{\partial\eta}\\&v=-\frac{1}{\rho}\left[\sqrt{\rho_e\mu_e}\left(\frac{\sqrt{\xi}\,f}{2\sqrt{u_e}}\frac{\partial u_e}{\partial\xi}+\frac{\sqrt{u_e}\,f}{2\sqrt{\xi}}+\sqrt{u_e\xi}\frac{\partial f}{\partial\xi}\right)+\frac{\partial\eta}{\partial x}\sqrt{\rho_e\mu_e u_e\xi}\frac{\partial f}{\partial\eta}\right]\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

まず運動量保存式の変換を行う。y→∞のとき $\rho_e u_e\cdot\partial u_e/\partial x=-dp_e/dx$ で，また境界層内においてy方向の圧力変化はないから $p=p_e$。これらの関係を(2)式に代入すると運動量保存式として

$$\rho u\frac{\partial u}{\partial x}+\rho v\frac{\partial u}{\partial y}=\rho_e u_e\frac{\partial u_e}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial u}{\partial y}\right) \tag{7}$$

がえられる。(7)式に座標変換を行うと

$$\frac{\partial}{\partial\eta}\left(\ell\frac{\partial^2 f}{\partial\eta^2}\right)+\frac{\xi}{u_e}\frac{\partial u_e}{\partial\xi}\left[\frac{\rho_e}{\rho}-\left(\frac{\partial f}{\partial\eta}\right)^2\right]+\frac{1}{2}f\frac{\partial^2 f}{\partial\eta^2}\left(\frac{\xi}{u_e}\frac{\partial u_e}{\partial\xi}+1\right)+\xi\left(\frac{\partial f}{\partial\xi}\frac{\partial^2 f}{\partial\eta^2}-\frac{\partial f}{\partial\eta}\frac{\partial^2 f}{\partial\xi\partial\eta}\right)=0$$ または

$$(\ell f_{\eta\eta})_\eta+\frac{1}{2}ff_{\eta\eta}\left(\frac{\xi}{u_e}\frac{\partial u_e}{\partial\xi}+1\right)+\frac{\xi}{u_e}\frac{\partial u_e}{\partial\xi}\left[\frac{\rho_e}{\rho}-(f_\eta)^2\right]+\xi(f_\xi f_{\eta\eta}-f_\eta f_{\xi\eta})=0 \tag{8}$$

ここで f_η, f_ξ はそれぞれ η, ξ についての微分を示す。次にエネルギー保存式について考える。まず伝導熱流 q_c は

$$q_c = -K\frac{\partial T}{\partial y} \tag{9}$$

エンタルピー関係の式は

$$\left.\begin{aligned} H_t &= H + \frac{u^2}{2}, & H &= \sum C_j H_j \\ H_j &= \int_0^T C_{pj} dT + H_j^\circ, & \sum C_j C_{pj} &= \bar{C}_p \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

(10)式の関係を(9)式に用いると伝導熱流として次の式がえられる。

$$q_c = -\frac{K}{\bar{C}_p}\left[\frac{\partial H_t}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right) - \sum H_j \frac{\partial C_j}{\partial y}\right] \tag{11}$$

ここで流れに両極性拡散を適用すると[3]

$$C_j = \frac{\rho_I + \rho^-}{\rho} \approx \frac{\rho_I}{\rho} = C_I (\rho_I \gg \rho^-) \quad \rho^-;\text{電子密度} \tag{12}$$

(12)式を(11)式に代入し電離エネルギー I を用いて整理すると伝導熱流 q_c は次のようになる。

$$q_c = -\frac{K}{\bar{C}_p}\left[\frac{\partial H_t}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right) - \left(I + \frac{5}{2}RT\right)\frac{\partial C_I}{\partial y}\right] \tag{13}$$

拡散熱流 q_d は $\sum \rho_j V_j H_j$ で表わされ，これに両極性拡散の関係式

$$\rho_I V_I = -\rho D_{am}\frac{\partial C_I}{\partial y} \tag{14}$$

を用いるとつぎのようになる。

$$q_d = -\rho D_{am}\left(I + \frac{5}{2}RT\right)\frac{\partial C_I}{\partial y} \tag{15}$$

以上のように整理された伝導熱流 q_c，拡散熱流 q_d をエネルギー保存式(3)に代入すると

$$\begin{aligned} \rho u\frac{\partial H_t}{\partial x} + \rho v\frac{\partial H_t}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y}\Bigg[\frac{K}{\bar{C}_p}\Bigg\{&\frac{\partial H_t}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right) - \left(I + \frac{5}{2}RT\right)\frac{\partial C_I}{\partial y}\Bigg\} \\ &+ \rho D_{am}\left(I + \frac{5}{2}RT\right)\frac{\partial C_I}{\partial y} \\ &+ \mu\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right)\Bigg] \end{aligned} \tag{16}$$

がえられる。これに Prandtl数，Lewis 数を用いると

$$\begin{aligned} \rho u\frac{\partial H_t}{\partial x} + \rho v\frac{\partial H_t}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y}\Bigg[&\frac{\mu}{P}\frac{\partial H_t}{\partial y} + \mu\left(1 - \frac{1}{P}\right)\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right)\Bigg] \\ &+ \frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{\mu}{P}(L-1)\left(I + \frac{5}{2}RT\right)\frac{\partial C_I}{\partial y}\right] \end{aligned} \tag{17}$$

となる。上式に前と同じように座標変換を行い Schmidt 数を用いると

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \eta}\left(\frac{\ell}{P}\frac{\partial H_t}{\partial \eta}\right) &+ \frac{f}{2}\left(\frac{\xi}{u_e}\frac{\partial u_e}{\partial \xi} + 1\right)\frac{\partial H_t}{\partial \eta} \\ &= \xi\left(\frac{\partial f}{\partial \eta}\frac{\partial H_t}{\partial \xi} - \frac{\partial f}{\partial \xi}\frac{\partial H_t}{\partial \eta}\right) \\ &+ u_e^2\frac{\partial}{\partial \eta}\left[\ell\left(\frac{1}{P} - 1\right)\frac{\partial f}{\partial \eta}\frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2}\right] \\ &+ \frac{\partial}{\partial \eta}\left[\frac{\ell}{S_c}\left(\frac{1}{L} - 1\right)\left(I + \frac{5}{2}RT\right)\frac{\partial D_I}{\partial \eta}\right] \end{aligned} \tag{18}$$

(18)式に $g(\xi,\eta) = H_t/H_{te}$, $z(\xi,\eta) = C_I/C_{Ie}$ の関係を用いると結局エネルギー式として次式がえられる。

$$\begin{aligned} \left(\frac{\ell}{P}g_\eta\right)_\eta &+ \frac{f}{2}\left(\frac{\xi}{u_e}\frac{\partial u_e}{\partial \xi} + 1\right)g_\eta \\ &= \xi f_\eta\frac{g}{H_{te}}\frac{\partial H_{te}}{\partial \xi} + \xi(f_\eta g_\xi - f_\xi g_\eta) \\ &+ \left[\frac{\ell}{S_c}\left(\frac{1}{L} - 1\right)\frac{(I + 5/2\cdot RT)C_{Ie}}{H_{te}}z_\eta\right]_\eta \\ &+ \frac{u_e^2}{H_{te}}\left[\ell\left(\frac{1}{P} - 1\right)f_\eta f_{\eta\eta}\right]_\eta \end{aligned} \tag{19}$$

最後に Species 保存式について考える。両極性拡散の場合は $C_j \approx C_I$ となるから(4)式は

$$\rho u\frac{\partial C_I}{\partial x} + \rho v\frac{\partial C_I}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y}\left(\rho D_{am}\frac{\partial C_I}{\partial y}\right) + \dot{w}_I \tag{20}$$

上式に座標変換を行い整理すると

$$\begin{aligned} \left(\frac{\ell}{S_c}z_\eta\right)_\eta &+ \frac{f}{2}\left(\frac{\xi}{u_e}\frac{\partial u_e}{\partial \xi} + 1\right)z_\eta + \frac{\xi}{\rho u_e C_{Ie}}\dot{w} \\ &= \xi\left(f_\eta z_\xi - f_\xi z_\eta + \frac{z}{C_{Ie}}\frac{\partial C_{Ie}}{\partial \xi}f_\eta\right) \end{aligned} \tag{21}$$

これらより我々が考えるべき基礎方程式は(8), (19), (21)の三つの式に帰着する。

3・2 基礎方程式の簡単化

(8), (19), (21)式の偏微分方程式を簡単化するために $\ell = 1$, $P = 1$, $L = 1$, $S_c = 1$ とし，境界層内では化学的凍結流と仮定する($\dot{w} = 0$)。つぎに速度勾配 $\partial u_e/\partial \xi$ に関連した計算を行う。(8)式の左辺第3項は

$$\frac{\rho_e}{\rho} - (f_\eta)^2 = \frac{p_e}{(1 + C_{Ie})RT_e}\cdot\frac{(1 + C_I)RT}{p} - (f_\eta)^2$$

これに $p = p_e$ の関係を用いると

$$\frac{\rho_e}{\rho}-(f_\eta)^2=\frac{H_{te}/H_e}{1-C_{Ie}I/H_e}\left[g-f_\eta^2+\frac{C_{Ie}I}{H_{te}}(f_\eta^2-z)\right]$$

$C_{Ie}I/H_{te}\ll 1$ と考えられるから

$$\frac{\rho_e}{\rho}-(f_\eta)^2=\frac{H_{te}/H_e}{1-C_{Ie}I/H_e}(g-f_\eta^2) \tag{22}$$

(22)式と β, $\bar{\beta}$ を用いて基礎方程式(8), (19), (21)式を書き直すと

運動量保存式 $$ff_{\eta\eta\eta}+\frac{1}{2}(\bar{\beta}+1)ff_{\eta\eta}+\frac{\beta}{1-C_{Ie}I/H_e}(g-f_\eta^2)+\xi(f_\xi f_{\eta\eta}-f_\eta f_{\xi\eta})=0 \tag{23}$$

エネルギー保存式 $$g_{\eta\eta}+\frac{1}{2}(\beta+1)fg_\eta=\xi(f_\eta g_\xi-f_\xi g_\eta) \tag{24}$$

Species保存式 $$z_{\eta\eta}+\frac{1}{2}(\bar{\beta}+1)fz_\eta=\xi(f_\eta z_\xi-f_\xi z_\eta) \tag{25}$$

3・3 干渉パラメータの導入

平板に極超音速流を流した場合境界層と衝撃波との干渉が問題になる。そこで次式で定義される干渉パラメータ$\bar{\chi}$ (1)(4)を用いて(23), (24), (25)式の常微分化を行う。

$$\bar{\chi}=\frac{M^3_\infty}{\sqrt{R_{ey\infty}}} \tag{26}$$

3・3・1 強い干渉の場合

強い干渉とは $\bar{\chi}\gg 1$ の場合で，一般に平板の先端に当る。したがって $f(\xi,\eta)$, $g(\xi,\eta)$. $z(\xi,\eta)$ をそれぞれ $1/\bar{\chi}$ の巾級数で展開する。

$$f(\xi,\eta)=f_0(\eta)+\frac{f_1(\eta)}{\bar{\chi}}+\frac{f^2(\eta)}{\bar{\chi}^2}+\cdots\cdots \tag{27}$$

$$g(\xi,\eta)=g_0(\eta)+\frac{g_1(\eta)}{\bar{\chi}}+\frac{g_2(\eta)}{\bar{\chi}^2}+\cdots\cdots \tag{28}$$

$$z(\xi,\eta)=z_0(\eta)+\frac{z_1(\eta)}{\bar{\chi}}+\frac{z_2(\eta)}{\bar{\chi}^2}+\cdots\cdots \tag{29}$$

f, g, z はそれぞれ ξ, η の関数であるが $\bar{\chi}$ に ξ の項が $R_{ey\infty}$ の形で入っているため f_0, f_1, $f_2,\cdots$, g_0, g_1, $g_2,\cdots$, z_0, z_1, $z_2,\cdots$は η のみの関数と考えることができる。(27), (28), (29)式を(23), (24), (25)式に代入して零次近似のみを考えると

$$f_0'''+\frac{1}{2}(\bar{\beta}+1)f_0f_0''+\frac{\beta}{1-C_{Ie}I/H_e}(g_0-f_0'^2)=0 \tag{30}$$

$$g_0''+\frac{1}{2}(\bar{\beta}+1)f_0g_0'=0 \tag{31}$$

$$z_0''+\frac{1}{2}(\bar{\beta}+1)f_0z_0'=0 \tag{32}$$

次に β の計算を行う。(1)

$$\beta=\frac{H_{te}}{H_e}\cdot\frac{\xi}{u_e}\cdot\frac{\partial u_e}{\partial\xi}=\frac{\xi}{M_e}\frac{dM_e}{d\xi} \tag{33}$$

衝撃波を横切る流れに Prandtl-Mayer の関係を用いると

$$\frac{p_e}{p_\infty}\approx\left(\frac{M_\infty}{M_e}\right)^{2\gamma/(\gamma-1)} \tag{34}$$

(33), (34)式より β は

$$\beta=\xi\left(-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\right)\frac{d\log(p_e/p_\infty)}{d\xi} \tag{35}$$

一方強い干渉の場合には衝撃波を横切る圧力の間には

$$\frac{p_e}{p_\infty}\propto\xi^{-\frac{1}{2}} \tag{36}$$

(36)式を(35)式に代入すると

$$\beta=\frac{\gamma-1}{4\gamma} \tag{37}$$

となり β の値が求まる。したがって $\bar{\beta}$ の値は $H_e/H_{te}\ll 1$ を考慮すると $\bar{\beta}\approx 0$ と考えられる。これらより(30), (31), (32)式は

$$f_0'''+\frac{1}{2}f_0f_0''+\frac{\gamma-1}{4\gamma}\frac{1}{1-C_{Ie}I/H_e}(g_0-f_0'^2)=0 \tag{38}$$

$$g_0''+\frac{1}{2}f_0g_0'=0 \tag{39}$$

$$z_0''+\frac{1}{2}f_0z_0'=0 \tag{40}$$

′は η に関する微分を示す。

3・3・2 弱い干渉の場合

弱い干渉は $\bar{\chi}<1$ の場合であって一般に平板の後の方にあたる。$f(\xi,\eta)$, $g(\xi,\eta)$, $z(\xi,\eta)$ をそれぞれ次のように $\bar{\chi}$ の巾級数で展開する。

$$f(\xi,\eta)=f_0(\eta)+\bar{\chi}f_1(\eta)+\bar{\chi}^2f_2(\eta)+\cdots \tag{41}$$

$$g(\xi,\eta)=g_0(\eta)+\bar{\chi}g_1(\eta)+\bar{\chi}^2g_2(\eta)+\cdots \tag{42}$$

$$z(\xi,\eta)=z_0(\eta)+\bar{\chi}z_1(\eta)+\bar{\chi}^2z_2(\eta)+\cdots \tag{43}$$

前と同じように零次近似のみを考えると

運動量保存式 $$f_0''' + \frac{1}{2}f_0 f_0'' = 0 \tag{44}$$

エネルギー保存式 $$g_0'' + \frac{1}{2}f_0 g_0' = 0 \tag{45}$$

Species 保存式 $$z_0'' + \frac{1}{2}f_0 z_0' = 0 \tag{46}$$

(44)式はよくしられている Blasius解であり，この解を用いると(45)，(46)式は解析的に求められる。即ち

$$g_0 = g_{0w} + g'_{0w}\int_0^\eta \exp\left(-\frac{1}{2}\int_0^\eta f_0 d\eta\right)d\eta \tag{47}$$

ただし $$g_{0w}' = \frac{g_{0\infty} - g_{0w}}{\int_0^\infty \exp\left(-\frac{1}{2}\int_0^\eta f_0 d\eta\right)d\eta}$$

$$z_0 = z_{0w} + z'_{0w}\int_0^\eta \exp\left(-\frac{1}{2}\int_0^\eta f_0 d\eta\right)d\eta \tag{48}$$

ただし $$z'_{0w} = \frac{z_{0\infty} - z_{0w}}{\int_0^\infty \exp\left(-\frac{1}{2}\int_0^\eta f_0 d\eta\right)d\eta}$$

3・4 ガス温度について

ガス温度の無次元量 $\theta(=T/T_e)$ は(1)(4)

$$g(\xi,\eta) = \frac{H_t}{H_{te}} = \frac{\bar{C}_p T + \frac{1}{2}u^2 + C_I I}{\bar{C}_p T_e + \frac{1}{2}u_e^2 + C_{Ie} I},\quad f_\eta = \frac{u}{u_e} \text{ より}$$

$$\theta(\xi,\eta) = g + \frac{\gamma-1}{2}M_e^2\left[g - f_\eta^2 + \frac{2C_{Ie}I}{u_\infty^2}(g-z)\right]$$

零次近似をとると

$$\theta_0 = g_0 + \frac{\gamma-1}{2}M_e^2\left[g_0 - f_0'^2 + \frac{2C_{Ie}I}{u_\infty^2}(g_0 - z_0)\right] \tag{49}$$

強い干渉の場合は M_e として次の関係がある。

$$M_e = M_\infty (A\bar{\chi})^{(1-\gamma)/2\gamma} \tag{50}$$

ここでAは

$$A = \frac{3}{8}(\gamma-1)\left(\frac{\gamma+1}{2}\cdot\gamma\right)^{\frac{1}{2}}\left(1 + \frac{1}{M_\infty^2}\frac{2}{\gamma-1} + \frac{2C_{Ie}I}{u_\infty^2}\right)\int_0^\infty (g_0 - f_0'^2)d\eta \tag{51}$$

弱い干渉の場合は

$$M_e = M_\infty(1 + A_1\bar{\chi})^{(1-\gamma)/2\gamma} \tag{52}$$

ここで A_1 は

$$A_1 = \frac{\gamma(\gamma-1)}{4}\left(1 + \frac{1}{M_\infty^2}\frac{2}{\gamma-1} + \frac{2C_{Ie}I}{u_\infty^2}\right)\int_0^\infty (g_0 - f_0'^2)d\eta \tag{53}$$

以上の式でガス温度 θ は計算できる。

3・5 イオン数密度分布について

イオン数密度分布は次のようにして求められる。

$$z = \frac{C_I}{C_{Ie}} = \frac{\rho^+}{(\rho^+)_e}\cdot\frac{\rho_e}{\rho} \approx \frac{n^+}{(n^+)_e}\cdot\frac{T}{T_e} \text{ より}$$

イオン数密度 $(=n^+/(n^+)_e)$ は

$$\frac{n^+}{(n^+)_e} = \frac{z}{\theta} \tag{54}$$

零次近似をとると

$$\frac{n_0^+}{(n^+)_e} = \frac{z_0}{\theta_0} \tag{55}$$

壁面のイオン数密度に関する式は

$$\frac{n^+_{0w}}{n^+_{0e}} = \frac{z_{0w}}{g_{0w} + \frac{\gamma-1}{2}M_e^2\left[g_{0w} + \frac{2C_{Ie}I}{u_\infty^2}(g_{0w} - z_{0w})\right]} \tag{56}$$

$\bar{\chi}\to\infty$ のときのイオン数密度に関する式は

$$\frac{n^+_{0w}}{(n^+_{0w})_{\chi\to\infty}} = \frac{g_{0w}}{g_{0w} + \frac{\gamma-1}{2}M_3^2\left[g_{0w} + \frac{2C_{Ie}I}{u_\infty^2}(g_{0w} - z_{0w})\right]} \tag{57}$$

4 数値計算

常微分方程式(38)，(39)，(40)式，ならびに(44)，(45)，(46)を解くにあたって京都大学プラズマ風胴の実験条件を考慮して次のような境界条件と自由流条件を与えた。

$$\text{境界条件}\begin{cases} f_{0w}=0,\ f'_{0w}=0,\ f'_{0\infty}=1 \\ g_{0w}=0.1,\ g_{0\infty}=1 \\ z_{0w}=0{,}1,\ z_{0\infty}=1 \end{cases}$$

自由流条件 $T_e = 1000°K, C_{Ie} = 2.343\times10^{-3}, M_\infty = 4.5$

強い干渉の解は（二点境界値問題になる）電子計算機（京都大学 HITAC5020）を用い Runge-Kutta-Gill法により求めた。弱い干渉の場合は Blasius 解を用い g_0，z_0 は解析的に求めた。これらの結果よりガス温度 θ_0，イオン数密度 $n^+_0/(n^+_0)_e$ を計算した。なお電離が極めて弱い場合 $(C_{Ie} \ll 2.343\times10^{-3})$ には $C_{Ie}I$ の項を無視すればよいことになる。計算結果を 図2，3，4，5，6および7に示す。

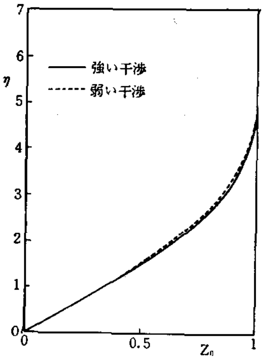


図2 速度分布 $\left(=\frac{u}{U_e}\right)$

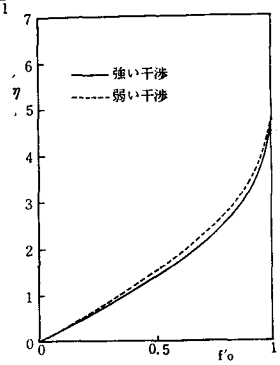


図3 イオン数密度分布 $\left(=\frac{C_I}{C_{Ie}}\right)$

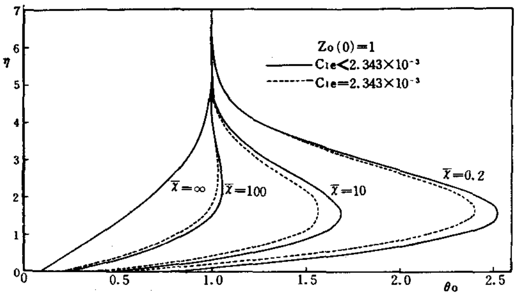


図4 ガス温度分布 $\left(\frac{T}{T_e}\right)$

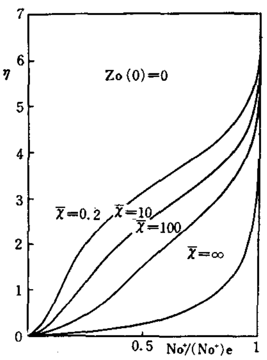


図5 イオン数密度分布

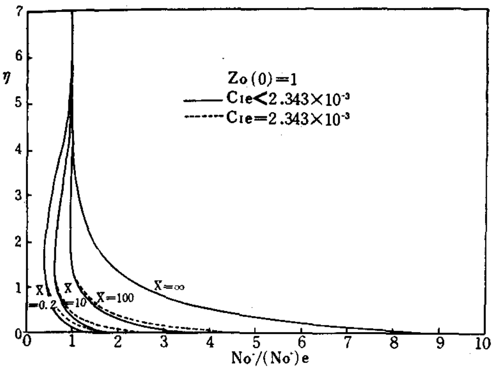


図6 イオン数密度分布

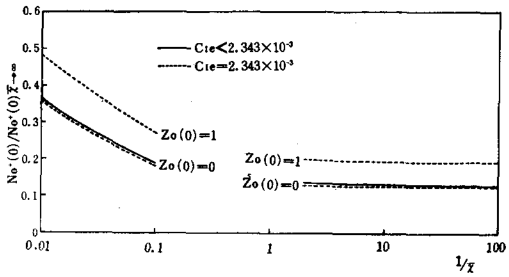


図7 イオン数密度分布

5 結 論

以上の計算結果より次の事がいえる。

(1) 干渉パラメータ $\bar{\chi}$ 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求められる。

(2) Blasius 解は本論文の弱い干渉の場合に一致する。

(3) $\bar{\chi}$ の値の大きさにより各分布状態は f_0, z_0 をのぞき大きく変化する。

(4) 壁面での ion mass fraction (z_{0w}) の条件によりガス温度分布，イオン数密度分布は大きく変化する。

(5) ガス温度分布については電離の及ぼす影響が大きい。

文 献

(1) W.H. Dorrance, Viscous Hypersonic Flow, (1962), McGraw-Hill.

(2) L.H.Back, Phys. Fluids, 10—4(1967), 807.

(3) J.A.Fay & N.H.Kemp, J.Fluid Mech., 21—4 (1965), 659.

(4) R.W. Truit, Aerodynamic Heating, (1960), Ronald Press.

(5) H.Schlichting, Boundary Layer Theory, (1955), McGraw-Hill.

非平衡弱電離境界層内の電子温度分布について*

松　岡　一　起

西　田　迪　雄**

On the Electron Temperature Distribution of Nonequibrium Boundary-Layer in Partially Ionized Gas

Kazuoki MATSUOKA

Michio NISHIDA

This paper describes the structure of a nonequilibrim, partially ionized boundary-layer which is developed a flat plate at floating potential. The boundary condition at the wall for electron temperature and mass fraction of electron-ion pairs is determined from the conditions for the continuities of electron energy flux and ion mass flux at the outer edge of the sheath and the zero net current at the wall. Solutions obtained for a chemically frozen flow show that electron temperature is significantly different from atom-ion temperature and that the thickness of boundary-layer for electron temperature is much thicker than that of boundary-layer for atom-ion temperature.

1 緒　　言

電離気体の研究は宇宙物理，再突入問題等にとって重要なことである。とりわけ再突入問題と実験室での実験とを関連づける点において一部電離した気体と物体との相互作用を考えることは一層現実的である。この点から一部電離した気体の境界層の構造を研究することは重要であり，また再突入通信問題や，衝撃波管内でおこるショック・アテネーションの研究にも有用である。電離気体における境界層の研究は二，三おこなはれた。[1]~[4] 実験についてはわずか Bredfeldt[1] らがおこなっているのみである。彼らは円筒プローグとフラッシュプローグを用いてイオン密度を計測している。Back[2] はシース効果を無視し，両極性拡散を仮定して一部電離した単原子気体から高度に冷却された壁面への境界層熱伝達を理論的に研究した。彼は電子と原子一イオン温度とが等しいと仮定している。他方 Sherman[3] らはシース効果から壁面での電子温度の境界条件を決定し，境界層内での電子温度分布を求めた。しかしながら彼らはサハの式を局所電子温度と等価として電子密度分布を得ている。Wang[4] はシースの厚みが境界層の厚みと同じであるときのイオン密度と電子密度分布について研究している。本論文ではシースを考えながら一部電離した平板境界層の電子温度分布を化学的に凍結な状態に対して求めた。また両極性拡散を用いてイオン密度分布をえた。

2 記　　号

本報告に用いるおもな記号はつぎのとおりである。

C；電子一イオン対の mass fraction, $(\rho_i+\rho_e)/\rho$

D_a；両極性拡散係数

e；単位電荷

F；分布関数

f；無次元流れ関数

g；無次元全エンタルピー，H/H_∞

H；全エンタルピー，$\sum_j C_j H_j + 1/2 \cdot u^2$

h；静エンタルピー

---

*日本航空宇宙学会第1回総会（1970．4．8）で講演した内容を含む　**京都大学工学部助教授

I；電離エネルギー

k；Boltzmann 定数

L_e；Lewis 数

ℓ；$\rho\mu/\rho_\infty\mu_\infty$

M；Mach数

m；質量

n；数密度

P_r；Prandtl数

p；圧力

Q_{jk}；j－kの衝突断面積

q_c；伝導熱流

q_d；拡散熱流

R；弾性衝突による原子とイオンから電子への移動エネルギー

R_e；Reynolds数

S_c；Schmidt数

T；温度

u,v；x, y 方向の速度

V_d；拡散速度

V_i；シース端におけるイオンの平均速度

$\langle V_e \rangle$；電子の平均速度

x,y；Cartesian座標

z；電子―イオン対の無次元 mass fraction, C/C_∞

ρ；密度

λ；熱伝導係数

Θ；無次元電子温度，$T_e/T_{e\infty}$

θ；無次元原子―イオン濃度，$T_a/T_{a\infty}$

ξ,η；変換座標

μ；粘性係数

γ；比熱比

ε；$(m_e/m_a)^{1/2}$

Λ；無次元 cutt—off パラメータ

ψ；流れ関数

$\Delta\varphi$；壁とシース端の電位差

添　字

e；電子

i；イオン

a；原子

s；シース端

w；壁面

∞；自由流

3 理論解析

3・1 予備考察

我々は気体が一部電離している非平衡境界層について考える。弱電離気体の場合には壁にできるシースの厚みは境界層の厚みに比べてうすく，そのため境界層内の電離気体は電気的に中立である。それゆえイオンは電子と共に動くから両極性拡散を行うと考えられる。もし平板が電気的に絶縁されるか，または電場が作用しないときは浮いた電位になる。このようなことから我々はつぎのような仮定をおく。

(1) 弱電離気体

(2) 多部電，磁場はない。

(3) 全てのSpeciesは同じ速度をもつ，$u_a=u_i=u_e$, $v_a=v_i=v_e$。

(4) イオンは原子とどこででも熱的平衡にある，$T_a=T_i$。

(5) 定常流である。$\partial/\partial t=0$。

(6) xにそって自由流条件は一定である。

(7) プラズマシースでは Collision—freeである。

(8) 化学的凍結流である。

(9) 両極性拡散である，$u_e=u_i$, $V_{de}=V_{di}$。

3・2 基礎方程式

図1のように座標軸をとると化学的凍結流に対する境界層方程式[5]は

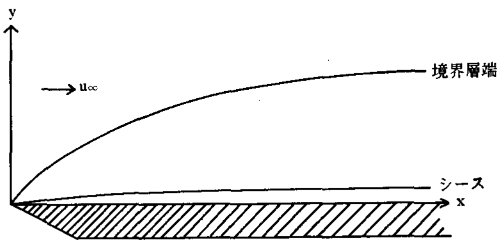


図1　平面上の流れ

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

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

全エネルギー式
$$\rho u\frac{\partial H}{\partial x}+\rho v\frac{\partial H}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial y}\left[-q_c-q_d+\mu\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right)\right] \tag{3}$$

電子―イオン対保存式 $\rho u\frac{\partial c}{\partial x}+\partial v\frac{\partial c}{\partial y}$

$$=\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho D_a\frac{\partial c}{\partial y}\right) \tag{4}$$

ここでCは電子―イオン対の mass fraction でありつぎのように表わされる。

$$C=(\rho_i+\rho_e)/\rho\fallingdotseq\rho_i/\rho \quad 又は \quad C=c_i+c_e\fallingdotseq c_i \tag{5}$$

電子のエネルギー保存式は

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{3}{2}n_ekuT_e\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{3}{2}n_ekvT_e\right)$$
$$=\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_e\frac{\partial T_e}{\partial y}\right)-n_ekT_e\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)+R \tag{6}$$

(3)式でHは全エンタルピーでつぎのように表わされる。

$$H=\sum_j C_jh_j+\frac{1}{2}u^2 \tag{7}$$

ところで

$$h_a=\left(\frac{5k}{2m_a}\right)T_a,\ h_i=\left(\frac{5k}{2m_a}\right)T_a,\ h_e=\left(\frac{5k}{2m_e}\right)T_e \tag{8}$$

より

$$H=\frac{5k}{2m_a}(T_a+cT_e)+\frac{C_I}{m_a}+\frac{u^2}{2} \tag{6}$$

上式より T_a は

$$T_a=\frac{2m_a}{5k}\left(H-\frac{5k}{2m_a}cT_e-\frac{c_I}{m_a}+\frac{u^2}{2}\right) \tag{10}$$

さて伝導熱流 q_c は

$$q_c=-\sum_j\lambda_j\frac{\partial T^j}{\partial y}=-\lambda\frac{\partial T_a}{\partial y}-\lambda_e\frac{\partial T_e}{\partial y} \tag{11}$$

ところで $\lambda=\lambda_a+\lambda_i$ である。(10), (11)より q_c は

$$q_c=-\frac{\lambda}{c_p}\left[\frac{\partial H}{\partial y}-\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right)-\left(\frac{I}{m_a}+c_pT_e\right)\frac{\partial c}{\partial y}\right]-(\lambda_e-c\lambda)\frac{\partial T_e}{\partial y} \tag{12}$$

ここで $c_p=5k/2m_a$ である。拡散熱流 q_d は

$$q_d=\sum_j\rho c_jV_{dj}h_j=\rho c_aV_{da}h_a+\rho c_iV_{di}h_i+\rho c_eV_{de}h_e \tag{13}$$

これに zero-net-mass-diffusion-flux relation[6] をもちいると

$$\sum_j\rho_jV_{dj}=\rho_aV_{da}+\rho_iV_{di}=0 \tag{14}$$

両極性拡散による条件 $V_{de}=V_{di}$, $V_{di}=-(D_a/c)(\partial c/\partial y)$ をもちいると

$$q_d=-\rho D_a\frac{\partial c}{\partial y}\left(C_pT_e+\frac{I}{m_a}\right) \tag{15}$$

(12), (15)式を(3)式に代入すると

$$\rho u\frac{\partial H}{\partial x}+\rho v\frac{\partial H}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{\mu}{P_r}\frac{\partial H}{\partial y}+\mu\left(1-\frac{1}{P_r}\right)\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{u^2}{2}\right)+\rho D_a\left(1-\frac{1}{L_e}\right)\left(\frac{I}{m_a}+C_pT_e\right)\frac{\partial c}{\partial y}+(\lambda_e-c\lambda_a)\frac{\partial T_e}{\partial y}\right] \tag{16}$$

ここで $P_r=\mu C_p/\lambda$, $L_e=\rho D_aC_p/\lambda$。さて(1), (4)式から次式がえられる。

$$\frac{\partial}{\partial x}(n_eu)+\frac{\partial}{\partial y}(n_ev)=\frac{1}{m_a}\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho D_a\frac{\partial C}{\partial y}\right) \tag{17}$$

(17)式より(6)式は

$$\frac{3}{2}n_ek\left(u\frac{\partial T_e}{\partial x}+v\frac{\partial T_e}{\partial y}\right)$$
$$=\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_e\frac{\partial T_e}{\partial y}\right)+kT_e\left(u\frac{\partial n_e}{\partial x}+v\frac{\partial n_e}{\partial x}\right)$$
$$-\frac{5}{2}\frac{kT_e}{m_a}\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho D_a\frac{\partial C}{\partial y}\right)+R \tag{18}$$

3・3　輸送諸量

混合気体の Species j の熱伝導係数はつぎのように表わされる[7]。

$$\lambda_j=\frac{75}{16}k\frac{n_jkT_j}{m_j}\left[\sum_k n_kQ_{jk}\left(\frac{8kT_j}{\pi m_j}+\frac{8kT_k}{\pi m_k}\right)^{1/2}\frac{2m_{jk}}{m_j}\right]^{-1} \tag{19}$$

ここで $m_{jk}=m_jm_k/(m_j+m_k)$。(19)式より原子，イオン，電子の熱伝導係数はつぎのようになる。

$$\lambda_a=\frac{75k}{16}\frac{n_akT_a}{m_a}\left[n_aQ_{aa}\left(16\frac{kT_a}{\pi m_a}\right)^{1/2}+n_iQ_{ia}\left(16\frac{kT_a}{\pi m_a}\right)^{1/2}+n_iQ_{ea}\left(8\frac{kT_e}{\pi m_e}\right)^{1/2}\frac{2m_e}{m_a}\right]^{-1} \tag{20}$$

$$\lambda_i=\frac{75k}{16}\frac{n_jkT_a}{m_a}\left[n_aQ_{ia}\left(16\frac{kT_a}{\pi m_a}\right)^{1/2}+n_iQ_{ii}\left(16\frac{kT_a}{\pi m_a}\right)^{1/2}+n_iQ_{ei}\left(8\frac{kT_e}{\pi m_e}\right)^{1/2}\frac{2m_e}{m_a}\right]^{-1} \tag{21}$$

$$\lambda_e=\frac{75k}{16}\frac{n_ikT_e}{m_e}\left[2m_aQ_{ea}\left(8\frac{kT_a}{\pi m_a}\right)^{1/2}\right.$$

$$+2n_iQ_{ei}\left(8\frac{kT_a}{\pi m_a}\right)^{1/2}$$

$$\left.+n_iQ_{ee}\left(16\frac{kT_e}{\pi m_e}\right)^{1/2}\right]^{-1} \tag{22}$$

原子—原子とイオン—原子の衝突断面積[7]はそれぞれ

$$Q_{aa}=\frac{1.70\times10^{-14}}{T_a}\quad(\mathrm{cm}^2) \tag{23}$$

$$Q_{ia}=1.40\times10^{-14}\quad(\mathrm{cm}^2) \tag{24}$$

原子—電子の衝突断積面[7]は

$$Q_{ea}=(-0.35+0.775\times10^{-4}T_e)\times10^{-16}\quad(\mathrm{cm}^2)\quad;\ T_e>10^4{}^\circ k \tag{25}$$

$$\left.\begin{array}{l}Q_{ea}=(0.39-0.551\times10^{-4}T_e+0.595\\ \quad\times10^{-8}T_e{}^2)\times10^{-16}\quad(\mathrm{cm}^2)\\ T_e<10^4{}^\circ k\end{array}\right\} \tag{26}$$

荷電粒子間の衝突断面積は

$$Q_{jj}=\frac{\pi e^4\log_e\Lambda}{2(kT_j)^2} \tag{27}$$

ここでΛは $3(k^3T_j{}^3/\pi n_j)^{1/2}/2e^3$ で表わされるような cut-off impact パラメータである。$T_e/m_e\gg T_i/m_i$ のとき $Q_{ei}=Q_{aa}$ の関係が適用される。(20)，(21)式の右辺第3項は他の項に比べて無視でき，したがって

$$\lambda=\frac{75k}{64Q_{ia}}\left(\frac{\pi kT_a}{m_a}\right)^{1/2}\left(1+\frac{n_iQ_{ia}}{n_aQ_{aa}}\right)^{-1}\left(1+\frac{n_i}{n_a}\right.$$

$$\left.\cdot\frac{n_aQ_{aa}+n_iQ_{ia}}{n_iQ_{ii}+n_aQ_{ia}}\right) \tag{28}$$

又移動エネルギーRはつぎのように表わされる[8]。

$$R=3m_en_ek(T_a-T_e)\sum_j\nu_{ej}/m_j=12\cdot2^{1/2}$$

$$\cdot\ n_i{}^2\left(\frac{m_ekT_e}{\pi}\right)^{1/2}\frac{k(T_a-T_e)}{m_a}Q_{ei}\left(1\right.$$

$$\left.+\frac{n_aQ_{ea}}{n_iQ_{ei}}\right) \tag{29}$$

ここで ν_{ej} は電子と Species j との衝突周波数である。

3・4 境界条件

境界層端の境界条件は

$$u(\infty)=u_\infty,\ H(\infty)=H_\infty,\ C(\infty)=C_\infty,\ T_e(\infty)=T_{e\infty} \tag{30}$$

壁面における境界条件は

$$u(o)=v(o)=o\qquad H(o)=H_w \tag{31}$$

壁面における電子温度と電子—イオン対のmass fraction の境界条件はつぎのようにして決定する。平板の壁面は絶縁されているため，正味の電流密度が零であることより

$$n_{as}e\frac{\langle V_e\rangle}{4}\exp\left(-\frac{e\Delta\varphi}{kT_{es}}\right)-n_{is}eV_i=0 \tag{32}$$

ここで $\langle V_e\rangle=(8kT_{es}/\pi m_e)^{1/2}$，$V_i=(kT_{es}/m_i)^{1/2}$ である。

つぎにシース端においてイオンの質量流速が連続であることより次式がえられる。

$$\rho_sD_a\left(\frac{\partial C}{\partial y}\right)_s=\rho_sC_sV_i \tag{33}$$

最後の関係はシース端における電子のエネルギー流速の連続より出てくるものである。すなわち

$$\left(\lambda_e\frac{\partial T_e}{\partial y}\right)_s=(2kT_{es}$$

$$+e\Delta\varphi)\ \frac{n_{es}}{4}\langle V_e\rangle\exp\left(-\frac{e\Delta\varphi}{kT_{es}}\right) \tag{34}$$

(32)，(33)，(34)式が電子温度とイオンの mass fraction のシース端における境界条件となる。シースの厚みは境界層の厚みに較べて非常にうすいからシース端を壁面におきかえることができる。

3・5 座標変換

相似解をうるためにつぎのように座標変換を行う。

$$\xi(x)=x,\ \eta(x,y)=\left(\frac{u_\infty}{\rho_\infty\mu_\infty\xi}\right)^{\frac{1}{2}}\int\rho dy \tag{35}$$

$$f(\xi,\eta)=\frac{\psi}{(\rho_\infty\mu_\infty u_\infty\xi)^{1/2}} \tag{36}$$

ここでψは流れ関数である。したがって

$$u=u_\infty f_\eta$$

$$v=-\frac{1}{\rho}\left[\left(\rho_\infty\mu_\infty\right)^{\frac{1}{2}}\left\{\left(\frac{\xi}{u_\infty}\right)^{\frac{1}{2}}\frac{f}{2}\frac{\partial u_\infty}{\partial\xi}\right.\right.$$

$$\left.+\left(\frac{u_\infty}{\xi}\right)^{\frac{1}{2}}\frac{f}{2}\right\}+\left(u_\infty\xi\right)^{\frac{1}{2}}f_\xi$$

$$\left.+\left(\rho_\infty\mu_\infty u_\infty\xi\right)^{\frac{1}{2}}\eta_xf_\eta\right] \tag{37}$$

又つぎのような無次元量を用いる。

$$g=\frac{H}{H_\infty},\quad z=\frac{c}{c_\infty},\quad\Theta=\frac{T_e}{T_{e\infty}},\quad\theta=\frac{T_a}{T_{a\infty}} \tag{38}$$

以上の各式を使って(2)，(3)，(4)，(6)式を変換すると

運動量保存式 $$(\ell f_{\eta\eta})_\eta+\frac{1}{2}\left(\frac{\xi}{u_\infty}\frac{\partial u_\infty}{\partial\xi}\right.$$

$$\left.+1\right)ff_{\eta\eta}+\frac{\xi}{u_\infty}\frac{\partial u_\infty}{\partial\xi}\left(\frac{\rho_\infty}{\rho}-f_\eta{}^2\right)$$

$$+\xi(f_\xi f_{\eta\eta}-f_\eta f_{\xi\eta})=0 \tag{39}$$

全エネルギー保存式 $$\left(\frac{\ell}{P_r}g_\eta\right)_\eta+\frac{1}{2}\left(\frac{\xi}{u_\infty}\frac{\partial u_\infty}{\partial\xi}\right.$$

$$\left.+1\right)fg_\eta=\xi(f_\eta g_\xi-f_\xi g_\eta)+\frac{\xi}{H_\infty}\frac{\partial H_\infty}{\partial\xi}f_\eta g$$

$$+\left[\frac{\ell}{S_c}\left(\frac{1}{L_e}-1\right)\left(\frac{1}{H_\infty}\frac{I}{m_a}+\frac{h_{a\infty}}{H_\infty}\tau\Theta\right)C_\infty z_\eta\right]_\eta+\frac{u_\infty^2}{H_\infty}\left[\ell\left(\frac{1}{P_r}-1\right)f_\eta f_{\eta\eta}\right]_\eta+\left[\frac{\ell}{P_r}\tau\frac{h_{a\infty}}{H_\infty}\left(C_\infty z-\frac{\lambda_e}{\lambda_a}\right)\Theta_\eta\right]_\eta \tag{40}$$

電子イオン対保存式

$$\left(\frac{\ell}{S_c}z_\eta\right)_\eta+\frac{1}{2}\left(\frac{\xi}{u_\infty}\frac{\partial u_\infty}{\partial\xi}+1\right)fz_\eta=\xi\left(f_\eta z_\xi-f_\xi z_\eta+\frac{z}{C_\infty}\frac{\partial C_\infty}{\partial\xi}f_\eta\right) \tag{41}$$

電子のエネルギー保存式

$$\Theta_{\eta\eta}+\left[\frac{5}{2}\frac{\Theta_\eta}{\Theta}-\frac{\theta_\eta}{\theta}+a\frac{\xi}{u_\infty}\frac{z\theta}{\Theta^{5/2}}\left(\frac{f}{2}\frac{\partial u_\infty}{\partial\xi}+\frac{f}{2}\frac{u_\infty}{\xi}+u_\infty f_\xi\right)\right]\Theta_\eta+\frac{2}{3}a\frac{\xi}{u_\infty}\frac{\theta}{\Theta^{5/2}}\left[u_\infty f_\eta\left(z_\xi-z\frac{\theta_\xi}{\theta}\right)-\left(u_\infty f_\xi+\frac{f}{2}\frac{\partial u_\infty}{\partial\xi}+\frac{f}{2}\frac{u_\infty}{\xi}\right)\left(z_\eta-z\frac{\theta_\eta}{\theta}\right)-\frac{5}{2}\frac{u_\infty}{\xi}\left(\frac{\ell}{S_c}z_\eta\right)_\eta\right]\Theta+b\xi\frac{z^2}{\Theta^4}\left(\frac{\theta}{\tau}-\Theta\right)=a\xi f_\eta\Theta_\xi \tag{42}$$

上式で

$$\left.\begin{aligned}a&=\frac{3(1+2^{1/2})}{5}P_rC_\infty\frac{\varepsilon}{\tau^{1/2}}\frac{Q_{ee\infty}}{Q_{aa\infty}}\\ b&=\frac{256(2+2^{1/2})}{25\pi}\frac{\mu_\infty}{\rho_\infty u_\infty}\left(\varepsilon Q_{ee\infty}n_{i\infty}\right)^2\end{aligned}\right\} \tag{43}$$

ここで $\varepsilon=(m_e/m_a)^{1/2}$, $\tau=T_{e\infty}/T_{a\infty}$ である。無次元原子—イオン温度 θ はつぎの式で表わされる。

$$\theta=g+\frac{1}{2}(\gamma-1)M^2(g-f_\eta^2)+\Gamma(g-z) \tag{44}$$

上式で $\Gamma=C_\infty(I/m_a)/C_PT_{a\infty}$ である。(39)〜(42)式を簡単化するために局所相似を仮定し，ξ をパラメータのように取り扱うと

$$(\ell f'')'+\frac{1}{2}ff'=0 \tag{45}$$

$$\left(\frac{\ell}{P_r}g'\right)'+\frac{1}{2}fg'=\left[\frac{\ell}{S_c}\left(\frac{1}{L_e}-1\right)\left(\frac{1}{H_\infty}\frac{I}{m_a}+\frac{h_{a\infty}}{H_\infty}\tau\Theta\right)C_\infty z'\right]'+\frac{u_\infty^2}{H_\infty}\left[\ell\left(\frac{1}{P_r}-1\right)f'f''\right]'+\left[\frac{\ell}{P_r}\tau\frac{h_{a\infty}}{h_\infty}\left(C_\infty z-\frac{\lambda_e}{\lambda_a}\right)\Theta'\right]' \tag{46}$$

$$\left(\frac{\ell}{S_c}z'\right)'+\frac{1}{2}fz'=0 \tag{47}$$

$$\Theta''+\left(\frac{5}{2}\frac{\Theta'}{\Theta}-\frac{\theta'}{\theta}+\frac{a}{2}\frac{z\theta f}{\Theta^{5/2}}\right)\Theta'-\frac{a}{3}\frac{\theta}{\Theta^{5/2}}\left[f\left(z'-z\frac{\theta'}{\theta}\right)+5\left(\frac{\ell}{S_c}z'\right)'\right]\Theta+b\xi\frac{z^2}{\Theta^4}\left(\frac{\theta}{\tau}-\Theta\right)=0 \tag{48}$$

f, g に対する境界条件は

$$\left.\begin{aligned}&f(o)=f'(o)=0, &&f'(\infty)=1\\ &g(o)=g_w, &&g(\infty)=1\end{aligned}\right\} \tag{49}$$

z に対する境界条件は(32)〜(34)式から得られる。即ち

$$z'(o)=S_cR_{e\infty}^{\frac{1}{2}}\left(\frac{V_i}{u_\infty}\right)\left(\frac{1}{\theta_w}\right)z(o),\quad z(\infty)=1 \tag{50}$$

S_c を一定とすると(47)式の解がえられる。

$$z(\eta)=z_0+z'(o)I(\eta) \tag{51}$$

$$I(\eta)=\int_0^\eta\exp\left(-\frac{S_c}{2}\int_0^\eta fd\eta\right)d\eta \tag{52}$$

(51)式に(50)式の境界条件を入れると

$$z(o)=\frac{\theta_w}{\theta_w+S_cR_{e\infty}^{1/2}(V_i/u_\infty)I(\infty)} \tag{53}$$

(50)，(53)式に $V_i=(kT_{ew}/m_a)^{1/2}$, $u_\infty=(\gamma kT_{a\infty}/m_a)^{1/2}M$ を用いると z の最終的な境界条件として

$$z(o)=\frac{\gamma^{1/2}M\theta_w}{\gamma^{1/2}M\theta_w+S_c(R_{e\infty}\tau\Theta_w)^{1/2}I(\infty)} \tag{54}$$

$$z'(o)=\frac{S_c(R_{e\infty}\tau\Theta_w)^{1/2}}{\gamma^{1/2}M\theta_w+S_c(R_{e\infty}\tau\Theta_w)^{1/2}I(\infty)} \tag{55}$$

Θ の境界条件は同じく(32)〜(34)式より

$$\Theta'(o)=\frac{4(1+2^{1/2})}{15}\left[2-\frac{1}{2}\log_e(2\pi)-\log\varepsilon\right]\varepsilon C_\infty R_{e\infty}^{\frac{1}{2}}\frac{Q_{ee\infty}}{Q_{aa\infty}}\cdot\frac{z_w}{\theta_w^{1/4}\cdot\Theta_w} \tag{56}$$

4 数値計算及び結果

つぎのような自由流条件をもって境界層内の電子温度及び電子—イオン対の mass fraction を計算した。

$T_{a\infty}=T_{e\infty}=1000°K,\ \ n_{a\infty}=5\times10^{15}\ 1/cm^3$

$n_{I\infty}=n_{e\infty}=5\times10^{12}\ 1/cm^3,\ M=4.5$

ガスとしてアルゴンを用いたため$\varepsilon=1/275$を用いる。P_r，L_e，S_cは1にとり Runge-Kutta-Gill 法を用い京都大学電子計算機（HITAC 5020）で行った。その結果を図2～図7に示す。

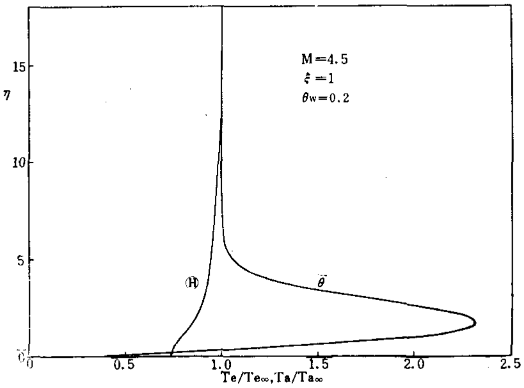


図2　電子温度，ガス温度分布

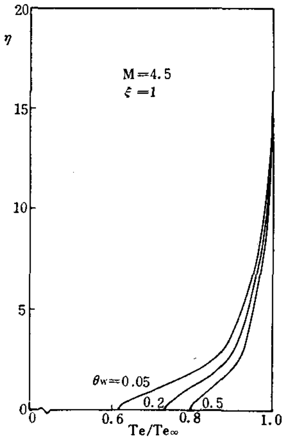


図3　電子温度分布

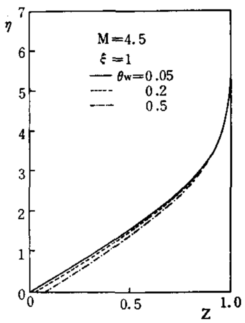


図4　電子―イオン密度分布(=C/C∞)

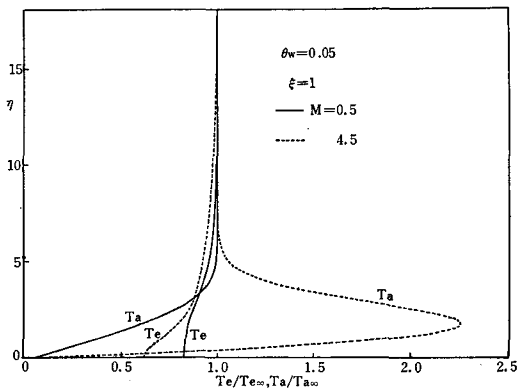


図5　電子温度，ガス温度分布

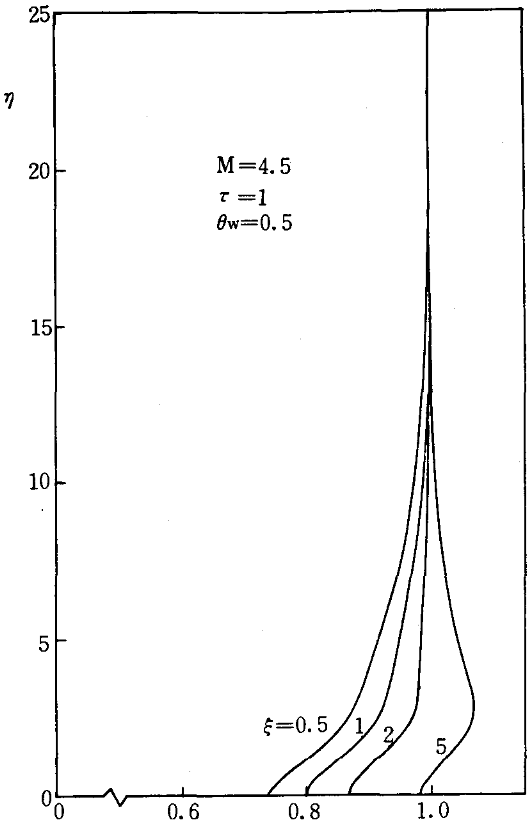


図6　電子温度分布

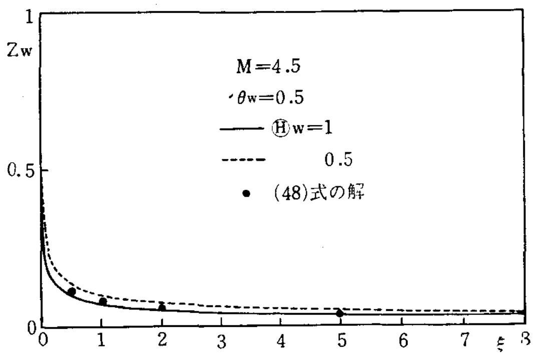


図7　壁面における電子―イオン対密度分布 $\left(=\frac{C_w}{C_\infty}\right)$

5　結　　　論

以上の理論計算からつぎのことがいえる。

1　電子は境界層内では原子，イオンと熱的非平衡である。

2　境界層内での電子温度は原子―イオン温度のように明白な変化はしない。

3 電子温度境界層は原子一イオン温度境界層にくらべて非常に厚い。

4 電子温度プロファイルは θ_w によって影響をうけるが電子イオン対の mass fraction は θ_w によって影響をうけない。

5 電子温度プロファイルはMabh数にも影響される。多分これはMach数によって原子一イオン温度が変化することによる結果と考えられる。

文　　献

1 Bredfeldt, H. R., Scharfman, W. E., Guthart. H. and Morita, T., AIAA Jour., 5—1(1967), 91.

2 L.H.Back, Phys. Fluids, 10—4(1967), 807.

3 Sherman. A. and Reshotko, E., AIAA Jour., 7—4(1969), 610.

4 Wang,K., AIAA Jour., 7—4(1969), 616.

5 Knöös,S., Jour. Plasma Phys., 2—2(1968), 207.

6 Fay,J.A. and Kemp.N.H., Jour. Fluid Mech., 21—4(1965), 659.

7 Jaffrin, M.Y., Phys. Fluids., 8—4(1965), 606.

8 Appleton,J.P. and Bray, K.N.C., Jour. Fluid Mech., 20—4(1964), 659.

純流体素子による振幅変調について

若　林　敏　夫
阪　部　俊　也

On The Amplitude Modulation Using Fluid Amplifer

Toshio WAKABAYASHI
Toshiya SAKABE

This paper describes the amplitude modulation using fluidic amplifier.

The fluidic signal generator is back pressure type using rotated slant disk. The fluidic modulator is an edge-tone type oscillator, whose output is controlled by an input modulating signal. The fluidic rectifier element has only one receiver, which is centered on the center line of the jet. The fluidic filter is used a long tube. A characteristics of each elements is obtained.

As a result, the pneumatic carrier system, (from signal wave to demodulation wave), is accomplished with a simple method.

1　緒　　言

新らしい制御素子である純流体素子は流体の運動のみによって固体部分の運動をともなわず自動制御を行なうことが出来，油圧や空気圧制御機器よりも小さなエネルギーで高い応答性を，又熱，ガス，電源ノイズ等の耐環性に優れている。純流体素子には多種多様なものが考え出されているが，これらの素子により構成された系においてその信号伝搬は直流方式で行われている。この場合問題となるのはドリフト及びノイズである。この問題を解決する方法として最近の傾向である温度制御[1]や飛翔体制御[2]の分野において従来の直流方式から交流方式に向けられている様である。これは流体系を電気系と等価に考え流体搬送波方式で信号伝搬を行うとするものである。この場合に期待できる効果として Bowles[3] らは次の諸点をあげている。

1. 直流方式で精度上問題となるドリフト及びノイズに対する効果。
2. 素子内または回路中に適当な同調用受動素子を設けてその特性に同調増幅機能を付加することにより素子一段当りのゲインを向上せしめ，同時にノイズを減少せしめるように作用する。

しかしこの搬送系を構成する要素即ち，搬送波発振器，変調器，復調器およびフィルタなどの機能をもつ純流体素子についての研究は比較的少ない[4][5]ようである。特に搬送系を一連の系として信号伝搬された研究はほとんどない，筆者らは信号発振から復調まで一連の系について信号伝搬の可能性を見出したのでその結果を報告する。

2　原　　理

流体交流搬送方式は電気通信における搬送方式と等価に考えられる。電気系の情報量の信号伝搬は一般に図1

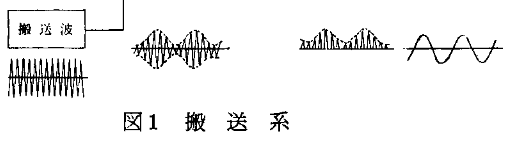


図1　搬送系

に示す搬送方式による。

2．1　信号波発生

正弦波発生方法としては多種多様なものが考えられている[7]。こゝでは空気マイロメーターと同じ原理を利用した背圧方式による。つまり駆動軸に取り付けられた回転斜板とノズルの構成により，ノズルと斜板間隔が周期的に変り背圧がこれにより正弦波状に変化する。従がってこの発振周波数は軸の回転速度に比例しその圧力振幅は供給圧力と軸の回転中心からノズル中心までの距離ならびに軸に対する斜板の傾きにより調整できる。図2に信号波発生原理図を示す。

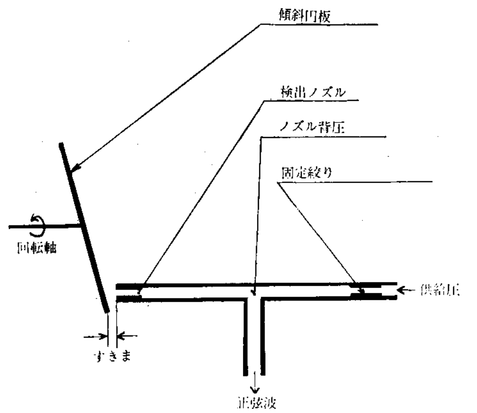


図2　信号発生器原理図

2．2　変　調

変調器としては，発振周波数が広帯域（1 KHz～60KHz），かつその波形が安定しており正弦波状であるエッジトーン型発振器を使用する。この発振器の構成図を図3に示す。これは従来のもの[5]より構造が簡単化されて

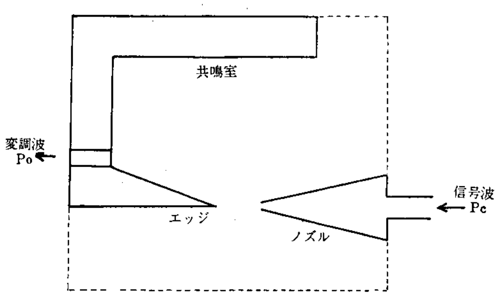


図3　エッジトーン型発振器の構成

いる。つまりノズル部分において供給ポートと制御ポートが二つ付いていたが，制御ポートを取り去り供給ポートのみにした。普通，変調器は信号波と搬送波を個々に作り，これを加え合わす形になるが，この場合信号波を直接供給ポートに入れることにより変調が得られる点に特長がある。

噴流供給圧に対する発振波の圧力振幅の関係は図4に

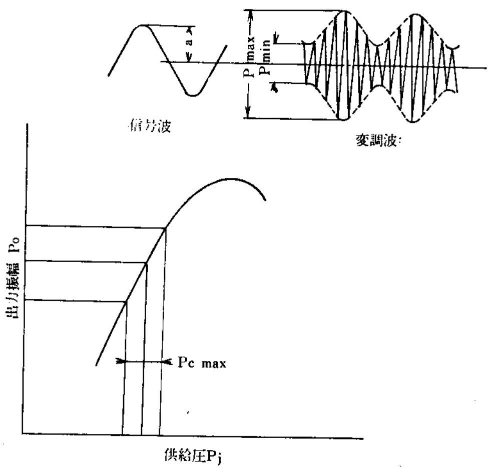


図4　振幅変調原理図

示すごとくになる。この図において供給圧力と圧力振幅の間には比例範囲が存在する。この範囲内に信号波の振幅が存在すれば圧力に呼応する出力振幅が得られ変調波となる。今，この搬送波を $P_t(t)$，信号波を $P_c(t)$ と表わすと

$$\left.\begin{aligned} P_t(t) &= A\cos\omega_t t \\ P_c(t) &= a\cos\omega_c t \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

となる。又振幅変調波の最も簡単な場合

$$P = (A + ka\cos\omega_c t)\cos(\omega_t t + \varphi) \tag{2}$$

k：信号波の振幅ゲイン

φ：位相角

と表わすことが出来る。

こゝで $k=1$，$\varphi=0$ の場合Pは次式のごとくになる。

$$\begin{aligned} P &= A\,(1 + m\cos\omega_t t)\cos\omega_t t \\ &= A\cos\omega_c t + \frac{mA}{2}\cos(\omega_t + \omega_c)t \\ &\quad + \frac{mA}{2}\cos(\omega_t - \omega_c)t \end{aligned} \tag{3}$$

ただし m は変調度を表わし変調波に乗っている信号波の振幅を変調波の平均振幅で割ったもので表わされる。

(3)式第1項は搬送波を表わし，第2項は上側波成分，第3項は下側波成分を表わわしている。すなわち一つの信号波で振幅変調した場合三つの成分から構成する波と等価である。周波数については図4と同様の傾向をもち，このエッジトーン型発振器で原理的には周波数変調も可能である。

2．3　整　流

変調波の包絡線は信号波に対応しているので変調波の上半分をカットする機能をもつ素子を用いて整流する。整流素子としては図5に示すごとき単一受流口素子を用いる。この素子の特性は図6に示すごとく制御圧とバイ

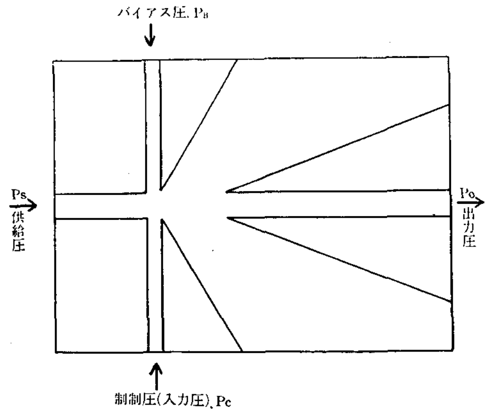


図5　整　流　素　子

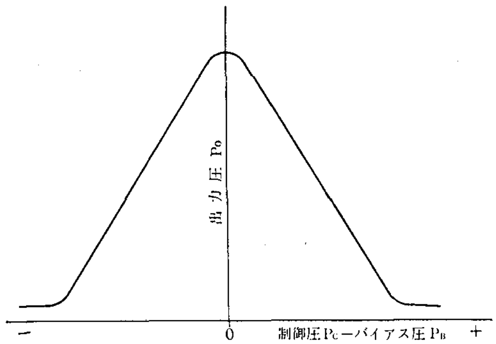


図6　整流素子特性

アス圧が等しい時ピークを示しその差圧の正負に対して対称に減少する特性となる，ゆえにこゝでバイアス圧を変調波の平均圧力にすることにより整流波が得られることになる。

2．4　フィルタ

整流された波はフィルタを通すことにより高周波を除けばもとの信号波，すなわち復調波が得られる。いいかえるとこのフィルタはローパスフィルタでなければならない。フィルタとしては種々の形状のものが発表されている(8)が形状が複雑なうえ完全な特性は得がたい。電気回路では普通LとCのπ結線によりハイカットフィルタを作っている。流体回路においても同様なことが出来る。こゝでは最も簡単な方法として一本のパイプを用いる。パイプは厳密には分布定数系と考えられ図7に示す

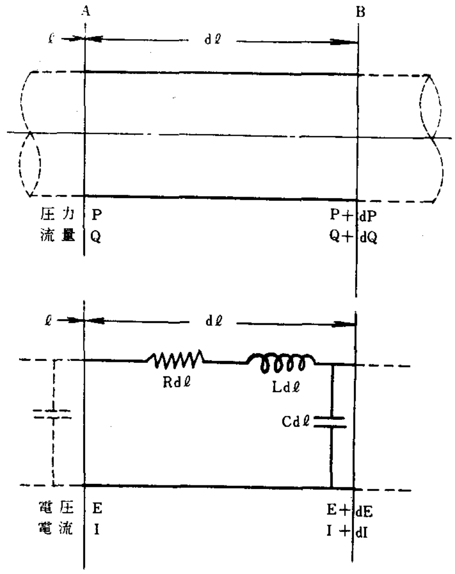


図7　管路の電気系と空気系の対応

ごとく電気系に等価変換出来る(9)。しかし，パイプを長く取り，又周波数がある程度高ければ慣性力WLが粘性力Rに比べて十分大きくなるためRが省略できL－Cのフィルタ回路と考えられる。このもとでカットオフ周波数 f_c は次式のごとくになる。

$$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} \qquad \text{L：イナタンス} = \frac{\rho l}{\pi r^2}$$

$$\text{C：キャパシタンス} = \frac{\pi r^2}{nP_0} \qquad (4)$$

ただし r はパイプ内径，ρ は流体密度，l は管長，n はポリトロープ指数，p_o は絶対圧力を示す。

3　実験方法及び結果

3．1　実　験　装　置

実験装置概要図を図8に示す，図中①②③④は変動圧測定場所を示し，空気の流れに直角方向に半導体小型圧

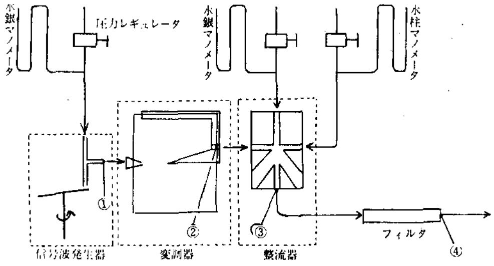


図8　実験装置概要図

力変換器を取り付け空圧―電圧変換しシンクロスコープにより測定した。①が信号波，②が変調波，③が整流波，④が復調波になる。また，静的圧力はU字管マノメータにより測定した。素子はアクリル樹脂板を手仕上げで作った。

3．2 信号波

信号波発生において信号波に与える条件は回転円板ノズル間距離と供給圧である。これらについて静特性を図9に示す。信号波として正弦波を得るには図中の直線的

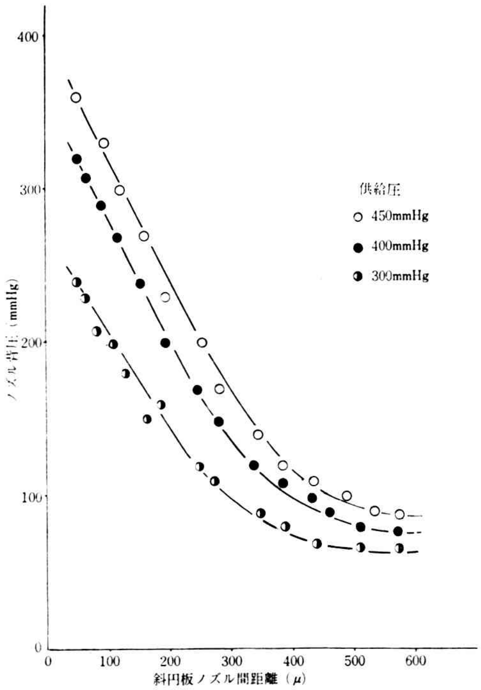


図9 信号波発生器静特性

な部分を取ればよいことになる。図10が供給圧400mmHgノズル位置の円直径73mm，斜平板傾き約0.2度，斜平板ノズル間距離 50μ〜400μ，円板回転数 188rpm(30Hz)における背圧変化である。ほゞ正確な正弦波が得られている。

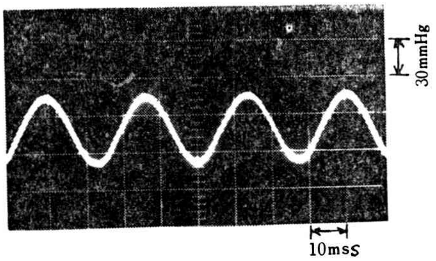


図10 信号波の波形

3．2 変 調

3．2，1 エッジトーン型発振器

エッジトーン型発振器のエッジトーン現象はいまだ理論的には解明されていないが，実験的にはその発振現象として振幅と発振周波数で表わされる。発振に影響を与える要因として次の5つが考えられる。

(1) ノズル形状
(2) 供給圧力
(3) ノズルエッジ間距離
(4) 共鳴室
(5) 出力側の条件

このうちノズル形状については米持らの報告(5)に述べられているのでここでは発振可能なノズル形状とし，くわしくは検討をしない。又共鳴室の問題は重要であるが，形状が一定として検討からはずした。供給圧力と発振周波数;振幅との関係の一例を図11に示す。供給圧力に対し

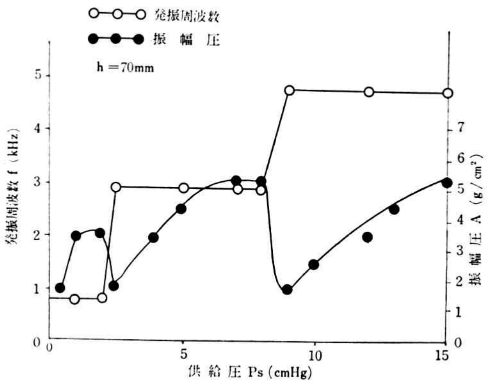


図11 エッジトーン発振特性

て発振周波数は断続的に変化する。これは共鳴室の影響と考えられるが詳細はわからない。振幅圧は一定周波数域においては供給圧の増加に伴ない比例的に増加する。この領域を使用すれば変調波が得られる。発振周波数と振幅との関係において振幅がある限界値に達すると周波数が瞬間的に増加し，同時に振幅は減少する。これは発振現象をエネルギーの観点より解析することが有効な手段であると思われる。なお使用したエッジトーン型発振器の寸法形状は図12に示す。すべての実験はこの形状で行なった。ノズルエッジ間距離と発振周波数特性を図12に示す。発振周波数は不連続的現象となっている。これは共鳴室の影響と考えられる。また，ある距離においては発振周波数が2つ存在することがあり，一般に jumping 現象と云われている。発振周波数は800Hzが下限であり，それ以下は安定な波形が得られない。上限はノズルエッジ間距離を小さくすれば，60KHz 程度まで可能な様で

ある[5]。

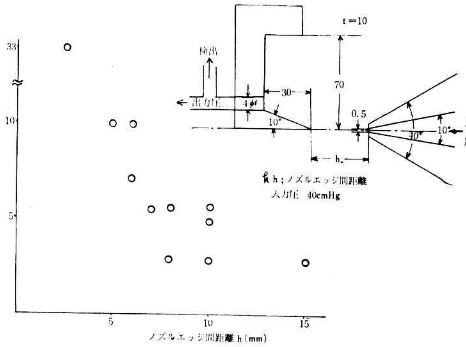
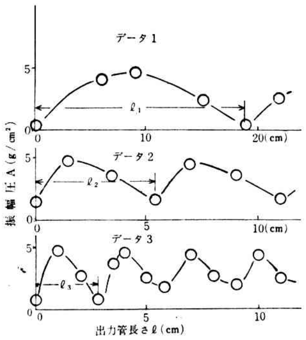
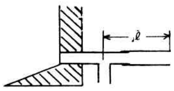


図12　ノズルエッジ間距離に対する発振特性

出力端の影響については出力管径(ビニールチューブ) 4 mm，6 mmについてその長さの変化について周波数を変え振幅圧を測定した。その結果を図13に示す，管径 4 mm





	データ 1	データ 2	データ 3
周波数 kHz	0.83	2.94	5.60
管内径 mm	6	6	6
振幅の周期 cm	19	5.5	3.0

図13　発振器負荷特性

については特性の変化はほとんど 6 mmと同じであった。そこで図からは省いてある。管の長さの変化は振幅に一定の周期をもって変化させる。そしてその周期は周波数により異なり周波数の増加は周期を減少させている。このことはインピーダンスマッチングを考える上で重要でありその助けとなると考える。結合時には長さ，太さを決定することがよりよい信号伝搬を可能にすることがわかる。

3．2・2　変調

変調の様子はノズルエッジ間距離，供給圧によって変る。これを(3)式による変調度mについて調べると図14になる。供給圧力を余り大きくすると波形が乱れ，もはや変調波でなくなる。変調度mは 1 に近づく程信号波は明確になる。したがって入力信号が決まったものであれば，その圧力に対して変調度が 1 になるノズルエッジ間距離を決めてやれば変調波は明確に得られることになる。図15に信号波が 0 ；つまり一定圧力の場合の発振波

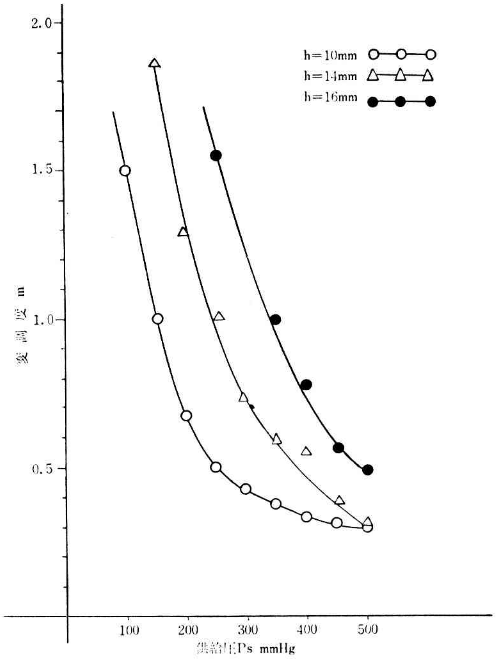
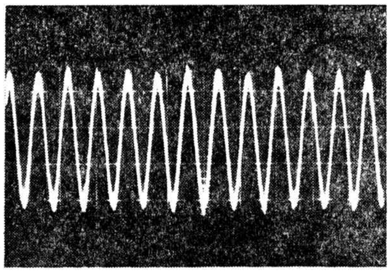


図14　変　調　特　性



エッジトーン発振波形

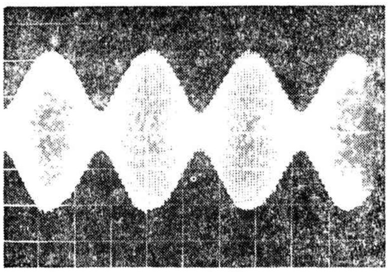


図15　変　　調　　波

形（搬送波）と 30Hz の信号波が入った変調波を示す。

3．3　整　　流

図16に整流素子特性を示す。整流素子の供給圧は変調波の最大振幅と密接な関係がある。すなわち入力差圧幅は，変調波の最大振幅と同じであるためその幅において

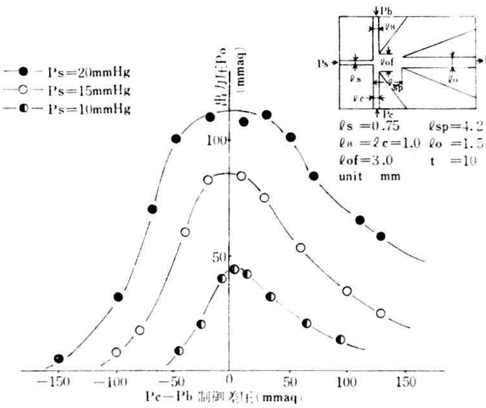


図16　整流素子静特性

十分に特性曲線が描かれている曲線の供給圧を用いることが最も良い整流波を得ることとなる。図15の変調波の場合最大振幅が 18.2mmHg であるため，整流素子への供給圧は 8 mmmmHg に合わせば良いことになる。 この条件で得られた整流波が図17に示すものである。図16の特性曲線で明らかな様にこの素子は正確には左右対称にはなっていない，この影響が整流波に見られるが実際には余り問題にはならない。なおこの非対称は素子形状の精度によると思われる。

3．4　フィルタ

(4)式に実験条件を代入した結果，カットオフ周波数は 59Hz となる。信号波である 30Hz の波を通し高周波の 1 Hz の搬送波を減衰させる。 この結果を図17に示す，これは内径 4 ∅，外径 6 ∅，長さ 2 mのビニールチューブを用いている。多少高周波分が残っている様である。管径や長さを検討することにより特性は良くなると思われる。管路は素子間の結合，及び伝送管として重要でありくわしい検討が必要である。

3．5　信号伝送

図17から図20に信号波から復調波までの波形を示す。

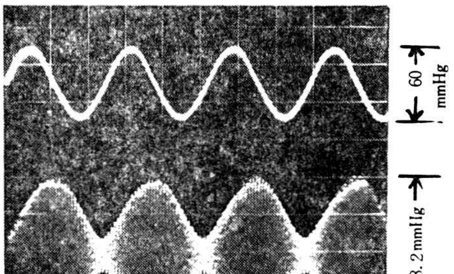


図17　信号波—変調波

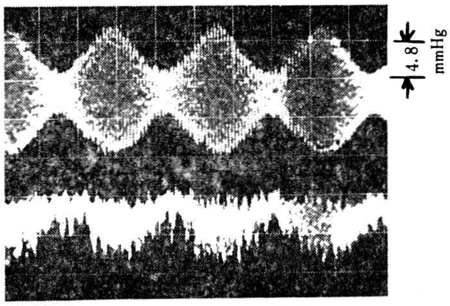


図18　変調波—整流波

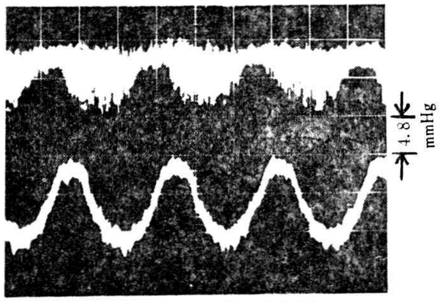


図19　整流波—復調波

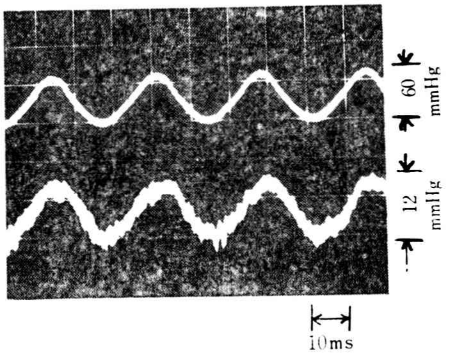


図20　信号波—復調波

4　結　　論

流体交流搬送方式の系，信号発生器，変調器，整流器，及びフィルタを通じ信号伝搬の一連の系が実証された。このことより得られた結果を要約すると

(1) 変調器としてのエッジトーン型発振器は構造は簡単で変調は容易に得られる。又エッジトーン型発振については発振周波数と発振振幅圧の関係が明らかになった。発振現象をエネルギーの観点から考察することが有効な手段と考えられる。

(2) 素子の結合時において，管路の影響が負荷として作用し，管径より管長に依存する。このことは負荷

が単なる抵抗でなく，ＲＬＣ特性を考えた動特性の解明が必要である。

今後は管路の動特性，特に周波数特性を明らかにし，同調回路を考え出し利用することにより伝達距離を伸ばすことが必要であると考える。

謝　辞

本研究に対し有意義な助言をいただいた前大阪大学工学部副島吉雄教授を始め，平素より親切なるご指導をしていただいている神戸大学工学部米持政忠教授ならびに同研究室のかたがたに，お礼申し上げます。又卒業研究として本研究に協力された奈良高専第二回卒業生，岩本洋次郎，丸谷和秀，吉田道和の諸君に感謝する。

文　　献

(1) L,R. Kelly : A Fluidic Temperature Control Using Frequency Modulation and Phase Discrimenation, Trans. ASME Vol 89, No2. 341/348 June (1967)

(2) W,A. Boothe, et al : A Fluid Amplifier Technique for Speed Governing Using Carrier Frequency Modulation, IFAC Meeting in London, 31G 1/11 (1966)

(3) R.E. Bowles & E.M. Dexter : Components for FM and AM Fluidic Circuits, 2nd Cranfield Fluidics Conference, G 2 (1968)

(4) R. E. Bowles, et al : Fluidic AC Amplifier, 3rd Cranfield Fluidics Conference, G 2 (1969)

(5) 米持・前田：エッジトーン式純流体変調器の研究，制御工学，第13巻，第１号，10/16 (1969)

(6) 米持・前田：純流体式振幅変調器の試作，第13回純流体素子シンポジウム資料，$\frac{1}{4}$ (昭43年)

(7) 米持：最近の流体発振器(1)，機械の研究，第19巻，11号　1441/1445　(昭42)

(8) 尾崎・原：純流体素子入門，169，日刊工業所 (昭43年)

(9) 原田・尾崎：流子工学，383，養賢堂，(昭和44年)

工作機械の自励びびり振動*

― 切削抵抗の方向とびびり振動振幅との関連について ―

遠　藤　晃　賢
橋　本　文　雄**

Self-Exited Machine-Tool Chatter

—On the relation between cutting force orientation and amplitude of chatter—

Terukata ENDŌ
Humio HASHIMOTO

In this paper the performance of chatter for each force orientation in lathe cutting is studied.

Following results are obtained:

1. If the figure of cutting areas are similar, cutting force orientation is constant.
2. In the case that cutting force orientation is constant, the amplitude of chatter is proportional to cutting force.

1 緒　　言

切削加工中に工具と工作物との間に持続的に生ずる相対振動すなわちびびり振動は工作精度の低下，工具寿命の短縮などをまねき工作機械の生産能率を悪くする。びびり振動の発生機構については土井[1]，杉本[2]などによる実験的研究により，また Tobias[3], Merritt[4] らによって振動変位が切削厚さにフィードバックするとした切削系のモデルにより一応の説明がなされた。しかしこの自励振動に関しては実際に経験される現象をすべて説明できるまでにはいたっていない。また安定条件が切削抵抗の方向により変化するが，いかに影響するのかいまだ明らかでない。

本研究では以上の点に着目して旋削を対象に基礎的な実験を行なった。切削面積形状が相似的に変化するようにすなわち切削抵抗の方向が一定になるような切削条件を設定しそうでない場合との両者のびびりの挙動を求めた。とくに切削抵抗の方向とびびり振幅との関係を求めて従来の理論と比較検討した。

2 実 験 方 法

本実験では主軸―工作物系の曲げ振動の場合を取り扱う。切削面積の変化により切削抵抗の方向が変化する場合と切削抵抗の方向がつねに一定となる場合の２つに分けて実験を行った。

びびりの挙動を表わす要素としてびびりの挙動に最も影響の大きい切削厚さの変化する方向[5]すなわち工作物系の水平方向変位Ｙをとった。なお実験にあたっては工具系と工作物系の条件を一定に保ち機械構造の動特性に変化のないよう留意した。実験に使用した旋盤は三菱高速旋盤ＨＬ―300Ｕ型である。

２．１　実験条件の設定

切削実験においては容量型検出器を用いて水平方向振

---

*日本機械学会関西支部第45期定時総会学生員講演会（1970.3.20）で発表した内容を含む。
**大阪府立大学工学部教授

動を測定するために切削位置と測定位置は図1のA点で

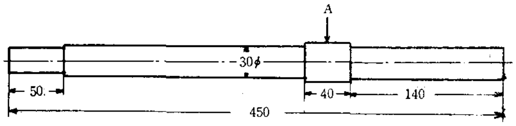


図1 工作物寸法形状

示されるように巾約40㎜にわたって直径を大きくとった。切削を容易にするために材質はS15Cとして焼鈍後使用した。心押軸突き出し長さ100㎜一定として3つ爪チャックとセンターで支持した。そのときの主軸一工作物系の静的コンプライアンスは静荷重を水平方向にかけてダイアルゲージで測定した。結果を図2に示す。図中

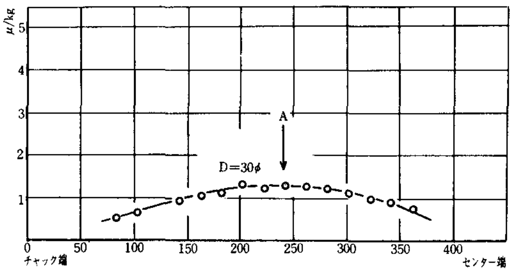


図2 工作物系の静コンプライアンス

A点は最もびびりを生じやすい位置[6]であるので工具刃先がA点にあるときの水平方向変位Yを測定した。また工具磨耗のびびり振動に与える影響を無視しうるようにスローアウェイタイプの超硬バイト（イゲタロイST20E，S12R）を使用した。まず2次元切削の場合の理論をそのままで摘要したときの安定線図を求めるために送り $S=0.21^{mm}/_{rev}$ 一定にしてそれぞれ工作物回転数N，切込みtについて切削実験を行った。結果を図3に示す。黒丸がびびりを発生したときである。びびりを生

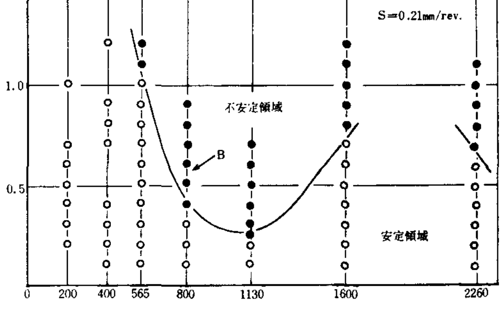


図3 安 定 線 図

ずる領域で実験を行う必要から図中B点に着目して $\alpha=800$r.p.m.，$t=0.6^{mm}$ の条件で実験した。切削抵抗の測定は工具動力計を用いてペン書きオシログラフで記録した。振動の測定は容量型振動計を図4のように取り付け

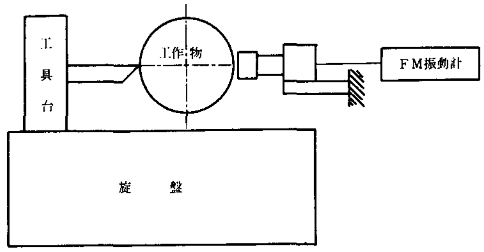


図4 切削の振動実験ブロック図

てシンクロスコープで写真撮影した。切削中に測定された工具系（機械構造）の水平方向振巾は最大値で数μ程度であり，容量型検出器が旋盤と独立した位置に取りつけられているのでこの測定値をもって工具一工作物間の相対変位と考えた。

2．2 切削面積と切削抵抗およびびびり振動との関係

$t=0.6^{mm}$ 一定で送りSをパラメータとするとそのときの切削面積の変化は図5(a)のようになり切削面積の変化とともに切削面積形状が変化していく。この場合の

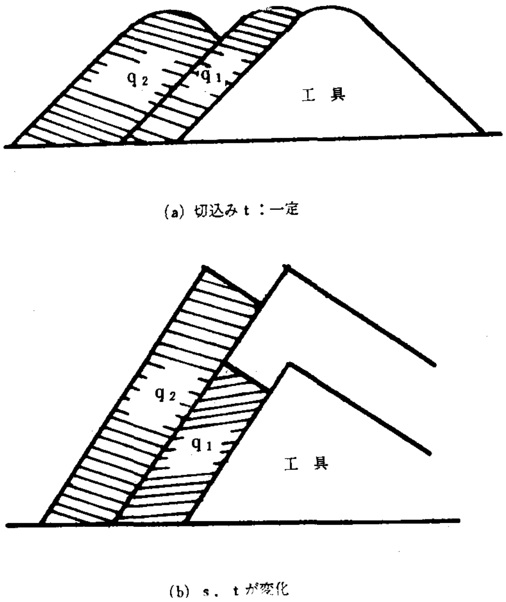


図5 切削面積形状

切削抵抗のびびり振動を測定する。つぎに回転数N＝800r.p.m.一定でsとtの両者を選択して切削面積形状を相似的に変化させた場合の切削抵抗とびびり振動を測定した〔図5(b)〕。なおこの場合には刃先半径を0にせねばならぬのでイゲタロイバイト（P10，ST10S）を用い工具研削盤にて一回ごとに研削をした。

3 実 験 結 果

切削実験中に生じたびびり振動数は約 380%であり，これが工作物系の水平方向固有振動数とよく一致することおよび自励びびり振動に特有の縞模様が観察されたことより実験中に生じたびびり振動は主軸—工作物系に起因する自励びびりである。

3．1　切削抵抗の方向

工作物系に働く力は図6のように3分力にわけて考えることができる。ここで切削抵抗の方向が一定となるには各分力比が一定であることが必要十分な条件となる。図5(a)のように切削面積の変化が相似的でないときすなわち切込み $t=0.6^{mm}$ で送りSを変化させたときの切削面積と切削抵抗の関係は図7のようになった。各分力をいちおう直線で結び図中の表に示すように切削抵抗の各分力比をとってみると比例関係が存在しないことが確認された。そこでこの場合には2次元切削におけるびびり理論において切削抵抗が切削面積に比例するとした仮定に反することが明らかになった。

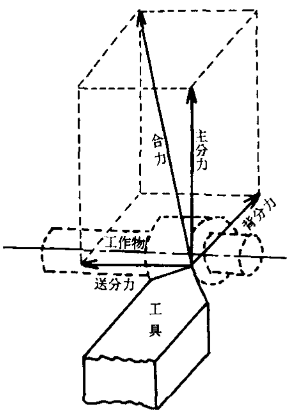


図6　切削抵抗の方向

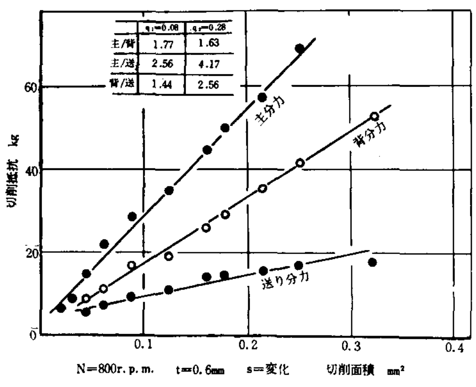


図7　切削面積と切削抵抗

つぎに切削面積が図5(b)のように相似的に変化するような切削条件で切削抵抗を求めた結果を図8に示す。上記と同様に各分力を直線で結び各分力比をとりそれを図中の表に示した。$q_1=0.5mm^2$，$q_2=1.5mm^2$ の2点を例として記したが直線上すべての点で各分力比は一定である。すなわち切削面積形状が相似的に変化する場合に

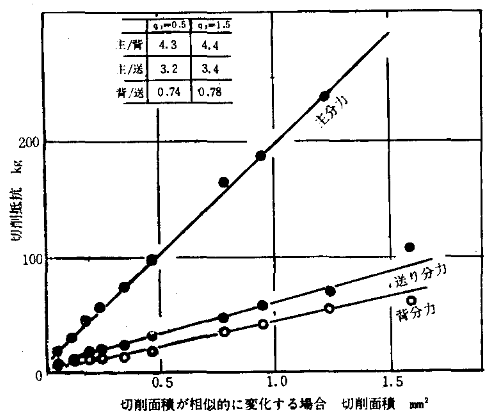


図8　切削面積と切削抵抗

は切削抵抗は切削面積に比例することが確認された。結論としてこのような切削条件を選べば2次元切削の理論における仮定が実用的な3次元切削の場合にもあてはまることがわかった。

3．2　切削面積とびびり振巾の関係

前記の方法で切削面積形状が一定である場合とそうでない場合の両者について切削実験を行った。測定された水平方向振巾Yを図9に示す。切削面積が相似変化でない場合には図中白丸で示すようにびびり振巾の値は大きなバラツキを示している。切削面積が相似的に変化する場合にはすなわち切削抵抗の方向が一定であるときはびびり振巾と切削面積との間には比例関係が存在する。

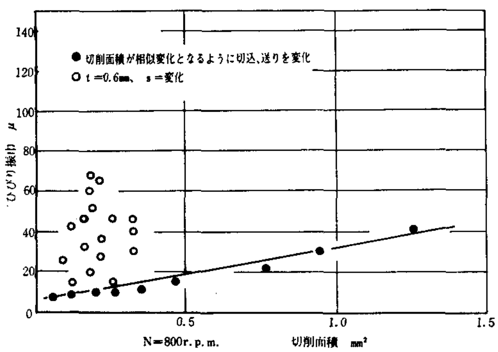


図9　切削面積とびびと振巾

このことは理論的にはつぎのように考えることができる。振動変位が切削厚さにフィードバックするとした理論において次式が成立する。

$$\frac{y}{F} = \frac{1}{K_m \cdot G_m(s)} \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

K_m：静剛性，$G_m(s)$：剛性

K_m，$G_m(s)$ は実験をとうして一定とみなせることから，①式において振動振巾Yが切削抵抗Fに比例することがわかった。このことと実験結果はよく対応している。本実験では重複係数の影響は考慮しなかった。そこでより実用的な外丸削り（3次元切削）における振動の問題を取り扱うときには切削面積形状を一定に保つことが必要な条件となることが明らかになった。

4 結　論

3次元切削におけるびびり理論を考えるために基礎的な実験として切削抵抗の方向とびびり振巾との関係を求めた。その結果明らかにされた点を要約すると次のようである。

(1) 工作物に働く切削抵抗の方向が一定の場合には切削抵抗とびびり振巾の間には比例関係が成立する。

(2) 切削面積が相似的に変化するとき切削抵抗の方向が一定となる。

終りに本実験に協力された本学卒業生松田修二・中村富雄・小原伸文の諸氏に感謝致します。

文　献

(1) 土井　静男：工作機械のびびり現象，日本機械学会誌，**64**，No.504 (1961) 128

(2) 杉本　隆尚：旋削バイトの振動，機械学会論文集，**26**，169 (1960) 1209

(3) S.A. Tobias, W. Fishwick : The Chatter of Lathe Tools under Orthorgonal Cutting Condition Trans. ASME, **80**, (1957) 1079

(4) H. E. Merritt : Theory of Self-Exited Machine-Tool Chatter, Trans. ASME, B, **87**, 4 (1965) 447

(5) 土井　静男：旋盤削り作業に発生するびびりの原因，日本機械学会誌，**65**，No. 522 (1962) 90

異種物体の接着による熱光弾性実験

水　嶋　　巌

A Photoelastic Investigation

(On the thermal stresses produced in strips of different material bonded together)

Iwao MIZUSHIMA

The knowledge of the distribution of stresses produced in machine parts, structures and containers when the temperature changes is very important in the machine design. This paper gives the result of a photoelastic investigation on the thermal stresses produced in strips of different material (epoxy, mild steel) bonded together.

The tests were made on rectangular plate specimens and the results of these tests were compared with those obtained through the theoretical calculation. It was found that both the results of these tests and the theoretical calculation agreed with each other. Some applied experiments were made on the specimens with a hole and with discontinuously bonded mild steel to investigate the distribution of stresses.

1 緒　　言

実際の構造物に用いられる部材には図1に示すように直線縁あるいは孔べりに補強材を有するものが多く，このような補強が異種の材質でなされる場合，これらが温度変化を受けた時，部材内に熱応力が発生する。(1)

また保温や保冷の目的で熱伝導の低い高分子材料等が機械部品，構造物，コンテナー等の表面に接触して断熱の役目をなしているが，熱伸縮によってひずみを強制され，十分な強度および延性を持たない場合には，これらの要因で破損に至ることもあり，各種問題が生ずる。(2)

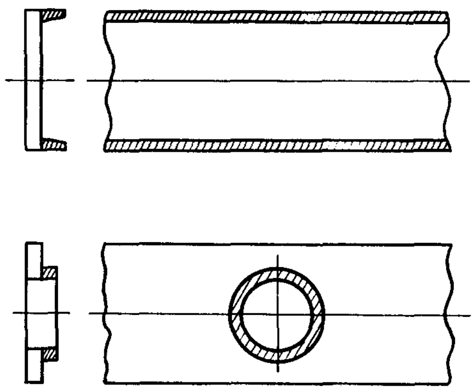


図1　直線縁，孔べりの補強例

そこでこれらの原因で生ずる熱応力問題を究明するために，光弾性法を用いて線膨張係数の異なる物体（エポキシ樹脂板と軟鋼板）を使って熱応力の測定を始めた。まず長方形模型について基礎的実験を試み，本実験の可能性と精度を検討した。次に一応用例として長方形試験片に円孔がある場合と，軟鋼板が不連続な場合について種々の実験を行なった。

2 実験装置

使用した実験装置は光弾性装置（偏光板直径150 φ），試験片加熱用水槽（温度調整は底部にヒーターを取り付けスライダックスで行なう），熱電対温度計および写真装置から成り立っている。

3　実験方法

図2に示すように線膨張係数の異なる物体（エポキシ樹脂板，軟鋼板）を接着剤（アラルダイト）で貼りつけ

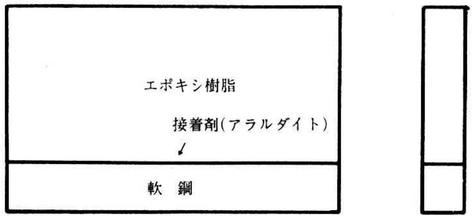


図2　試　験　片

て，加熱用水槽中で加熱し，その時エポキシ樹脂板に生ずる熱応力を光弾性装置で測定した。ここで軟鋼板の材質は S20C である。またエポキシ樹脂板はスイス，チバ社製アラルダイトBに硬化剤901を10：3の割合で混合し自製したものである。これらの物理定数は次の通りである。[3]

しま応力：$f=9.98(Kg/cm\cdot しま)$

縦弾性係数：$E=340(Kg/mm^2)$

線膨張係数：$\alpha=5.48\times10^{-5}(1/°C)$

比　　重：$\gamma=1.24\times10^{-3}(Kg/cm^3)$

比　　熱：$c=0.27(Kcal/Kg°C)$

熱伝導率：$\lambda=0.223(Kcal/mh°C)$

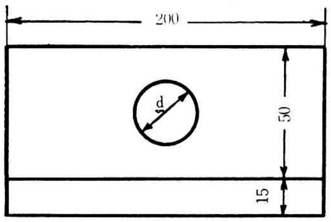
接着面はエポキシ樹脂板の方をフライス加工，軟鋼板の方を研削加工した後，それぞれ細かいエメリー紙で研磨されている。三次元光弾性炉での焼鈍によりエポキシ樹脂板の初応力を除去し，30°Cに保たれた恒温炉中で接着を行なった。

光弾性縞の測定には35ミリカメラを使用した。

最初に本実験の可能性を検討するために，接着剤の引張強さとせん断強さを測定した。

次に本実験の精度を検討するため，最も簡単な長方形試験片について実験を行ない，理論計算より求めた応力分布と比較検討した。試験片の寸法は200×50mmとし，軟鋼板の高さによる影響を求めるため軟鋼板の高さを3，4.5，15，25，50mm と変えて，また試験片の板厚による影響を求めるため板厚を8，11mm と変えて実験を行なった。

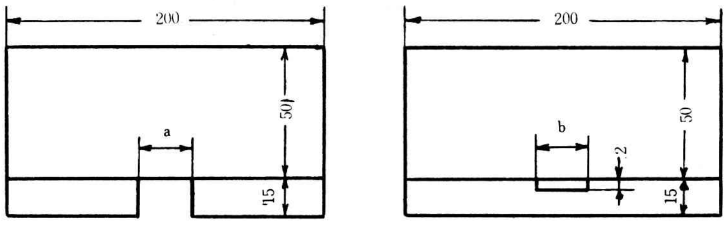
一応用例として長方形試験片に円孔がある場合と，軟鋼板が不連続な場合について種々の実験を行なった。試験片の形状および寸法を図3，図4に示す。



d	5	10	15	20	25

板厚 11

図3　試験片寸法



a	10	30

b	10	30

板厚 11

（A）　　（B）

図4　試験片寸法

4　実験結果および考察

4・1　接着剤の強さについて

測定の結果，引張強さは$0.95Kg/mm^2$，せん断強さは$1.5Kg/mm^2$ となった。

4・2　長方形試験片の場合

光弾性縞写真の一例を図5に示す。

縞模様より求めた応力分布と理論計算より求めた応力分布の比較を図6に示す。理論計算は次の通り行なった。エポキシ樹脂板と軟鋼板の長さは熱応力を受けても常に等しいので

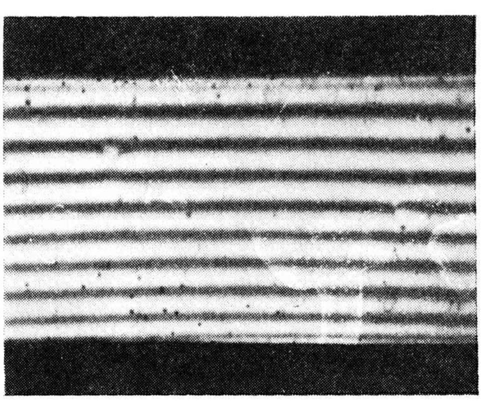


図5　縞写真（長方形試験片）

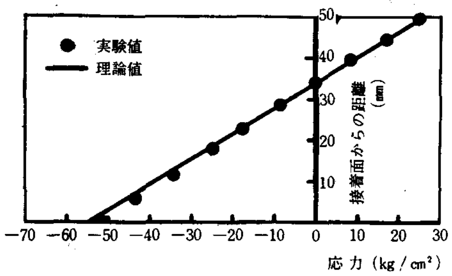


図6　応力分布（h＝4.5　t＝11　温度差40°C）

$$\alpha_e Tl + \frac{\sigma_e}{E_s} l = \alpha_s Tl + \frac{\sigma_s}{E_s} l \quad \cdots\cdots(1)$$

ここで　α：線膨張係数

T：温度差

l：試験片の初めの長さ

σ：応力

E：縦弾性係数

添字 e はエポキシ樹脂板，s は軟鋼板を示す。

エポキシ樹脂板に作用する圧縮力と軟鋼板に作用する引張力は等しいので

$$\sigma_e h_e t + \sigma_s h_s t = 0 \quad \cdots\cdots(2)$$

ここで　h：板の高さ

t：板の厚さ

(1)，(2)式より

$$\sigma_e = \frac{(\alpha_s - \alpha_e)T}{1/E_e + 1/E_s \cdot h_e/h_s} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$\sigma_s = -\frac{h_e}{h_s}\sigma_e \quad \cdots\cdots(4)$$

曲げモーメントMが働くので

$$M = -\tfrac{1}{2}h^2{}_e\sigma_e t + \tfrac{1}{2}h^2{}_s\sigma_s t \quad \cdots\cdots(5)$$

曲げモーメントによる応力 σ_{me}は

$$\sigma_{me} = \frac{M}{I}\, y\, \frac{E_e}{E_s} \quad \cdots\cdots(6)$$

ここで　I：試験片の断面二次モーメント

y：重心からの距離

エポキシ樹脂板に働く応力σは

$$\sigma = \sigma_e + \sigma_{me} \quad \cdots\cdots(7)$$

である。

応力分布の軟鋼板の高さによる影響を図7に示す。軟鋼板の高さが15mm以下では実験値と理論値が良く一致し，応力分布は直線となる。ところが軟鋼板の高さが25，50mmと大きくなるほど応力分布は直線から曲線に変化し，実験値は理論値と一致しなくなる。このことは軟鋼板の高さが大きくなるほど，端の影響が大きく作用するものと考えられる。また高さが大きくなるほど応力分布の勾配は大きくなる。最大応力は常に接着面で起り，軟鋼板の高さにあまり関係なくほぼ一定となり，温度差40°Cの時には0.55Kg/mm² となることがわかる。

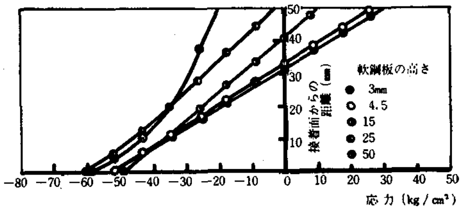


図7　応力分布の軟鋼板の高さによる影響
（温度差40°C）

応力分布の温度差（実験時温度と接着時温度の差）による影響を図8に示す。応力は温度差に比例しており，応力の値が0になる部分は温度差に関係なく接着面からほぼ一定の距離にある。

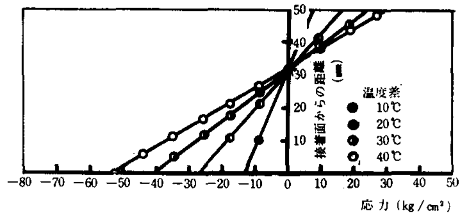


図8　応力分布の温度差による影響
（h＝4.5　t＝11）

試験片の板厚の影響を図9に示す。試験片の板厚が薄いほど応力分布は理論値と良く一致する。このことは板厚が厚くなるほど完全な平面応力状態から遠ざかるので，ポアソン比を考慮しなければならなくなり，三次元光弾性実験の領域となるからである。しかし光弾性縞の現れ方は板厚に比例するので，実験の可能性や精度の上から考えて板厚を適当に選ぶ必要がある。本実験においては8〜11mmが適当と考えられる。

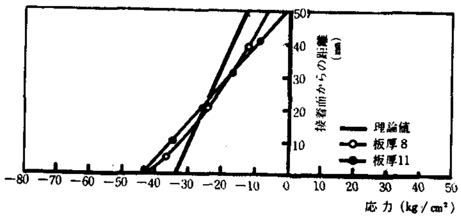


図9　応力分布の板厚による影響
（h＝25，温度差30°C）

4・3　円孔を有する長方形試験片の場合

図10に縞写真の一例を示す。

図11に円孔周辺の応力分布の一例を示す。応力分布は

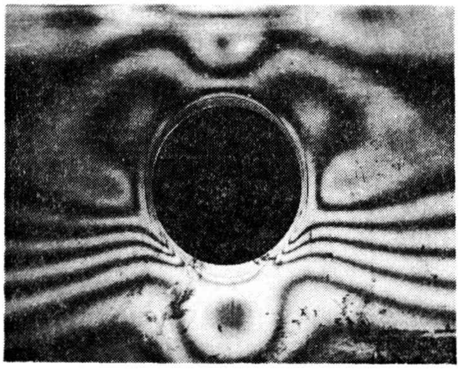


図10 縞写真（円孔を有する長方形試験片）

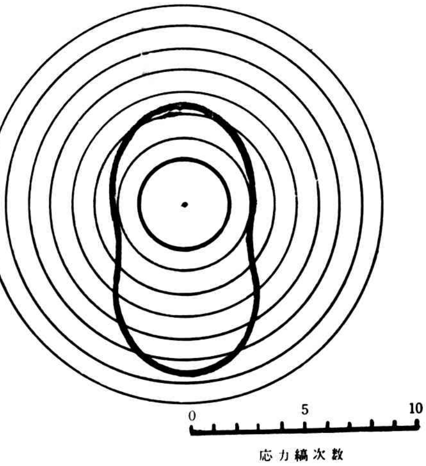


図11 円孔周辺の応力分布
（d＝10，温度差30°C）

ひょうたん形になり，そのくびれ部の値は円孔の大きさに関係なくほぼ一定であることがわかる。また円孔周辺の最大応力は常に接着面から最も近い点に生ずる。

4・4 軟鋼板が不連続な場合

4・4・1 A型試験片の場合

図12に縞写真の一例を示す。

不連続部の端に大きな応力集中が生じ，不連続部の間隔aが小さいほど応力集中は高くなる。また温度差が大きくなるほど応力集中度（不連続部がある場合とない場合との応力比）は小さくなる。

4・4・2 B型試験片の場合

不連続部の間隔bが小さくなると応力集中度（不連続部がある場合とない場合との比）は1に近くなる。またこの応力集中度は温度差に関係なくほぼ一定である。

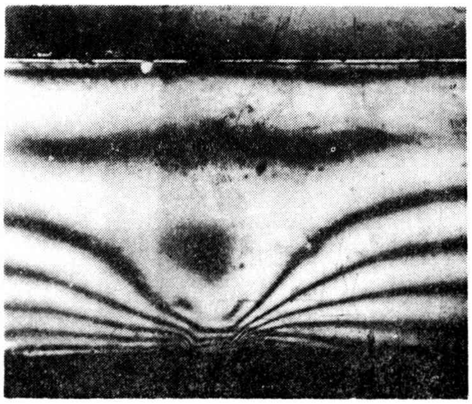


図12 縞写真（軟鋼板が不連続な場合）

5 結　　言

長方形試験片の場合，軟鋼板の高さが小さい時には縞模様は等間隔に現われ，応力分布は直線となり理論と良く一致した。ゆえに本実験の精度と可能性が確証された。最大応力は常に接着面で起り，軟鋼板の高さにあまり関係なくほぼ一定となり，温度差 40°C の時は 0.55 Kg/mm^2となった。これを無次元化すると $\sigma^*=0.91$となり相似則により実物へ適用することができる。

応用例として行なった長方形試験片に円孔がある場合，円孔周辺の応力分布はひょうたん形になること，また最大応力は接着面に最も近い部分に生ずることが分かった。次に軟鋼板が不連続な場合，応力集中に対して，A型試験片とB型試験片では間隔a，bの影響が異なり，A型試験片の場合には比較的大きくなった。

今後これらの結果を参考にして系統的に種々の実験を行なえば，機械設計上役に立つ資料が得られると思う。

謝辞

本研究に当り，ご指導いただいた本校塩田治雄助教授に深く感謝いたします。

文　献

(1) 島村昭治，機械の研究，15—10(1963)，75.

(2) 渡辺・蔦，関西造船協会誌，124(1967—3)，20.

(3) 浜田実・他，日本機械学会関西支部第43期講演会前刷(1968—3)，28.

オプトロニック・いき値論理回路

高　橋　晴　雄

Optronic Threshold Logic Circuit

Haruo TAKAHASHI

Summary This paper describes about an optronic threshold logic circuit.

The weighted sum and the threshold value in this threshold gate are decided by the binary coded light signals.

The interconnection in logic gates is the light signal, so the logic gates are electrically insulated respectively,

The impedance matching is not needed, and then has no effect upon the number of fan-in.

As the threshold value is variable with the binary coded light signal, the single fundamental threshold gate can be used to realize the various logical function.

1　まえがき

いき値論理は，符号入力に重みづけを行ない，その重みの和が，いき値に等しいか，より大きければ，符号出力として“1”を出し，いき値よりも小さければ，符号出力として“0”を出すような論理である。

いき値論理ゲートを用いれば，現在一般に使用されているブール代数2値論理に比して，同一論理を表現した場合，ゲート数および接続線数を少なくすることが可能である。したがって，論理システムのコストを軽減することができる。

しかしながら，いき値論理ゲートは，重みづけおよびいき値を必要とするので，ANDゲートやORゲートに比して回路素子の許容度に制限を受け，回路構成が複雑となる欠点がある。

そこで，本研究は，

(1) いき値論理を光信号入力により行なわせ，ゲート間を光結合させることにより，インピーダンスマッチングによる fan-in の制限を少なくすること，

(2) 重みづけは，荷重抵抗回路により構成し回路の簡単化をはかること，

(3) いき値は光信号により可変にして，一つの基本いき値論理ゲートの多用途化をはかること，

を目的として，オプトロニックな手法を用いていき値論理ゲート回路を試作することである。

2　理　　論

図1は，一般的ないき値論理ゲートを示したものである。x_1, x_2, $\cdots x_n$ は，n 個の2進入力であり，“0”または“1”を示す。a_1, a_2, $\cdots a_n$ は，x_1, x_2, $\cdots x_n$ に対応する重み (weight) である。t は，いき値 (threshold) を示す。出力 y は，2進出力であり，“0” または “1”である。

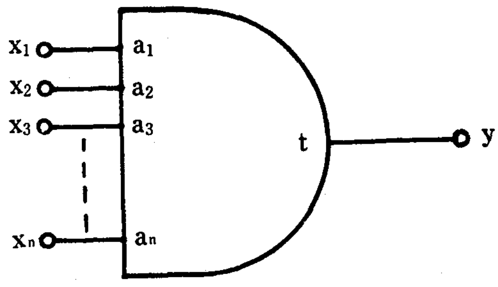


図1　いき値論理ゲート

いき値論理は，一般に，

$$y=<a_1x_1+a_2x_2+\cdots\cdots+a_nx_n>_t \quad (1)$$

なるいき値関数形で表現されている。式(1)は，

$$\sum_{i=1}^{n} a_ix_i \geq t \text{ であれば } y=1$$

であり，

$$\sum_{i=1}^{n} a_ix_i < t \text{ であれば } y=0$$

なる関係を示している。すなわち，いき値論理は，入力"1"に対応する重みの和が，いき値に等しいか，いき値より大きい場合には，出力として"1"を出し，いき値より小さい場合には，"0"を出すような論理である。

ブール代数の2値回路におけるロジック・パラメータは，fan-in および fan-out である。いき値論理においては，以下に述べる relative-gap, normalized fan-in および fan-out である。したがって，いき値論理の方が2値論理に比して，回路の許容度がきびしくなる。fan-out については，2値論理の場合と同じであるから説明をはぶく。

$y=1$ なる $\sum_{i=1}^{n} a_ix_i$ の最小値を u とし，

$y=0$ なる $\sum_{i=1}^{n} a_ix_i$ の最大値を l とするとき，

いき値 t は，$u \geq t > l$ の範囲に存在する。このとき $(u:l)$ を gap とよぶ。いき値 t のかわりに，gap を用いて，式(1)を書き換えると，

$$y=<a_1x_1+a_2x_2+\cdots\cdots+a_nx_n>_{u:l} \quad (2)$$

となる。$(u-l)$ を gap—length とよぶ。

$$r_g=\frac{u-l}{u+l} \quad (3)$$

で与られる r_gを relative gap とよぶ。

また，いき値ゲートの fan-inは，重みの和，$\sum_{i=1}^{n} a_i$ で与えられる。gap length $(u-l)$ で正規化した fan-in を normalized fan-in とよぶ。すなわち，normalized fan-in, n_f は，

$$n_f=\sum_{i=1}^{n}\frac{a_i}{u-l} \quad (4)$$

で与えられる。

いき値論理ゲートにおいては，式(3)および式(4)より，relative gap を小さくするほど，また normalized fan-in を増加させるほど，回路素子の許容度の制限がきびしくなり，回路構成が困難となることがわかる。

表1　2値論理といき値論理の関係

2　値　論　理	い　き　値　論　理
$y=x_1$	$y=<x_1>_{1:0}$
$y=x_1+x_2$	$y=<x_1+x_2>_{1:0}$
$y=x_1\cdot x_2$	$y=<x_1+x_2>_{2:3}$
$y=x_1\cdot x_2+x_2\cdot x_3+x_3\cdot x_1$	$y=<x_1+x_2+x_3>_{2:1}$
$y=x_1+x_2\cdot x_3$	$y=<2x_1+x_2+x_3>_{2:1}$
$y=x_1(x_2+x_3)$	$y=<2x_1+x_2+x_3>_{3:2}$

表1は，3変数入力に対する，ブール代数2値論理関数と，いき値論理関数の関係を示したものである。

3変数以上の入力に対するいき値関数は，つぎに述べるAND法およびOR法に基づいて表現することができる。

シングルゲートで，

$$y=\sum_{i=1}^{n}<a_ix_i>_{u:l} \quad (2)'$$

が与えられた場合，

1）2値関数和，すなわち，$y_1=x_{n+1}+y$ に対する，いき値関数は

$$y_1=<x_{n+1}+\sum_{i=1}^{n} a_ix_i>_{u:l} \quad (5)$$

で求めることができる。このような形の表現法をOR法という。

2）2値関数積，すなわち，$y_1=x_{n+1}\cdot y$ に対するいき値関数は，

$$y_1=<(\sigma-1)x_{n+1}+\sum_{i=1}^{n} a_ix_i>_{(\sigma+u-l):\sigma} \quad (6)$$

で求めることができる。このような表現法をAND法という。ここで $\sigma=\sum_{i=1}^{n} a_i$ である。

一般に，2値論理関数は，論理和（OR）および論理積（AND）の組合せであるから，2値論理関数は，上述のOR法およびAND法を用いて，いき値関数に変換することが可能である。

3　回 路 構 成

図2は，本研究において試作するオプトロニック・いき値論理回路のブロック・ダイヤグラムを示したものである。

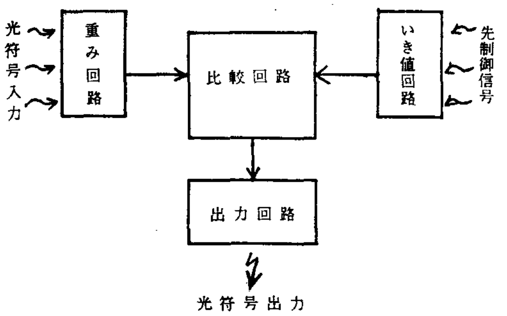


図2　オプトロニックいき値論理回路の
ブロック・ダイヤグラム

重み回路は，光符号入力により重みの和に対応する値すなわち，式(2)で示される $\sum_{i=1}^{n} a_i x_i$ の値を計算する回路である。

いき値回路は，光制御信号により，可変のいき値 t を決める回路である。

比較回路は，重み回路の重み和の値と，いき値回路のいき値との比較を行ない，

$$\sum_{i=1}^{n} a_i x_i \geq t$$

であれば，出力回路に符号出力"1"を出し，

$$\sum_{i=1}^{n} a_i x_i < t$$

であれば，符号出力"0"を出すような回路である。

出力回路に，比較回路の出力符号により，電～光変換素子を駆動させて，電圧符号を光符号出力に変換する回路である。

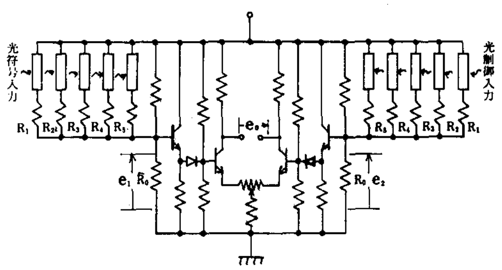


図3　オプトロニックいき値論理ゲートの実際回路

図3は，試作したオプトロニック・いき値論理ゲートの実際回路を示したものである。

重み回路およびいき値回路は，回路を簡単にするために，同一の荷重抵抗回路により構成されている。重み回路の出力電圧およびいき値回路の出力電圧は，それぞれ差動増幅器の入力電圧となり，差動増幅器において，重み和といき値に対応した電圧の比較が行なわれる。差動増幅器の出力電圧が正のときは，符号出力"1"に対応し，負のときは"0"に対応する。

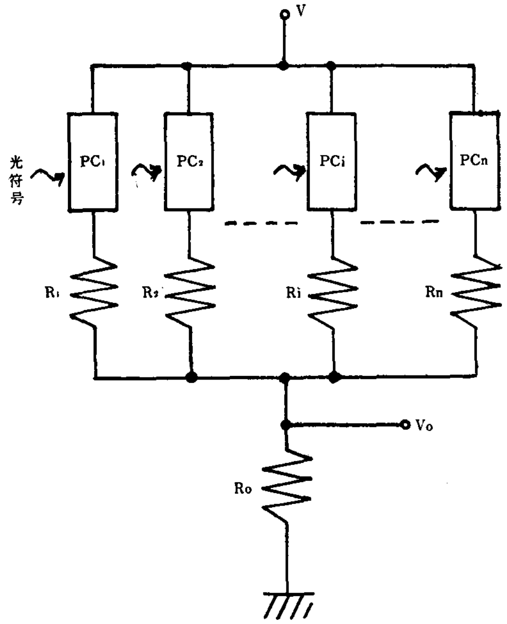


図4　荷重抵抗形重み和回路

ここで，荷重抵抗による重み回路について検討する。

図4は，荷重抵抗を利用した光符号入力に対する，一般的な重み回路を示したものである。抵抗 R_1，$R_2 \cdots R_i \cdots R_n$ は，式(1)の a_1，$a_2 \cdots a_i \cdots a_n$ なる重みの逆数の値に対応した重み抵抗である。抵抗 R_o は，重み和に対応する値を求める負荷抵抗である。

光～電変換素子として用いた Photo Conductor（以下PCと略す。）の抵抗 r_i は，光符号入力のないときには，$r_i \gg R_i$ であり，光符号入力のあるときには，$r_i \ll R_i$ とする。このとき，負荷抵抗 R_o の両端の電圧 V_o は，印加電圧を V とするとき，

$$V_o = \frac{R_o}{\dfrac{1}{\sum_{i=1}^{n} \dfrac{d_i}{R_i}} + R_o} \cdot V \tag{7}$$

となる。$R_i \gg R_o$ のときには，

$$V_o = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{R_i} \cdot R_o \cdot V \tag{8}$$

となる。ここで，光符号入力のある重みに対しては，$d_i = 1$ であり，光符号入力のない重みに対しては，$d_i = 0$ である式(8)より，V_o は抵抗値 R_i の逆数の和，すなわち重みの和の値に対応した電圧となる。

4　実験および検討

図5は，光〜電変換素子として使用したＰＣの先入力に対する抵抗値の変化を実験的に求めたものである。これより，ＰＣの暗抵抗は約5MΩである。光入力“1”に対する抵抗は，豆球印加電圧を6Ｖのときで，約300Ωとなる。

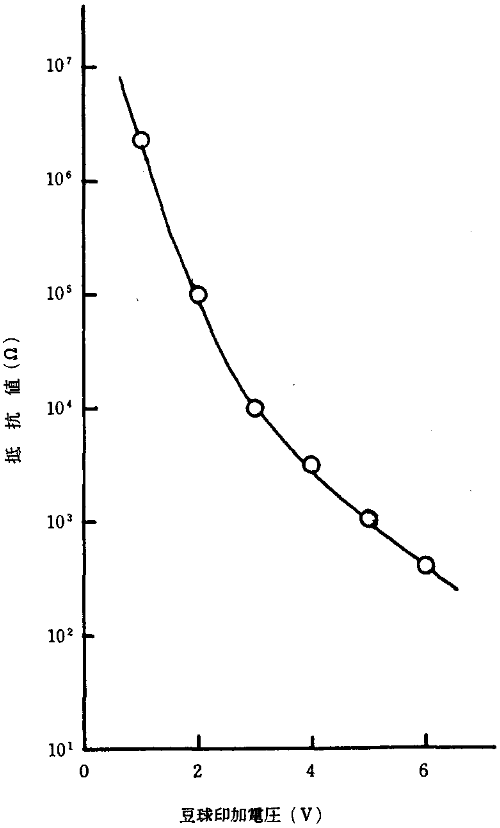


図5　ＰＣの光―抵抗特性

図6は，試作の5入力の重み回路における重みと負荷抵抗の出力電圧の関係を実験的に求めたものである。印加電圧 V=12(V) にし，負荷抵抗をパラメータにして，荷重抵抗 $R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=50K\Omega$ として，重みを $a_1=a_2=a_3=a_4=1$，$a_5=2$ に対応させている。重み回路の重みづけをこのように選んだのは，種々の論理式の実現や，Full—Adder，F.F回路などに応用できるように，基本ゲート回路による多用途化を目標にしているためである。図より負荷抵抗を 3KΩ にすれば，6レベルの重みに対し誤差を生じない。この場合単位レベルに対応する負荷抵抗電圧は 0.33V となる。

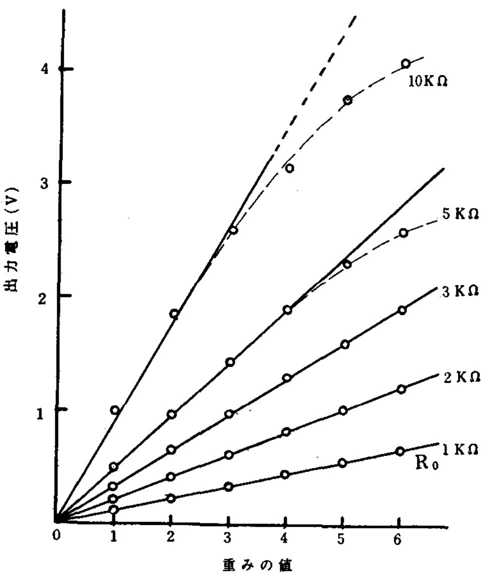


図6　重み回路の出力特性

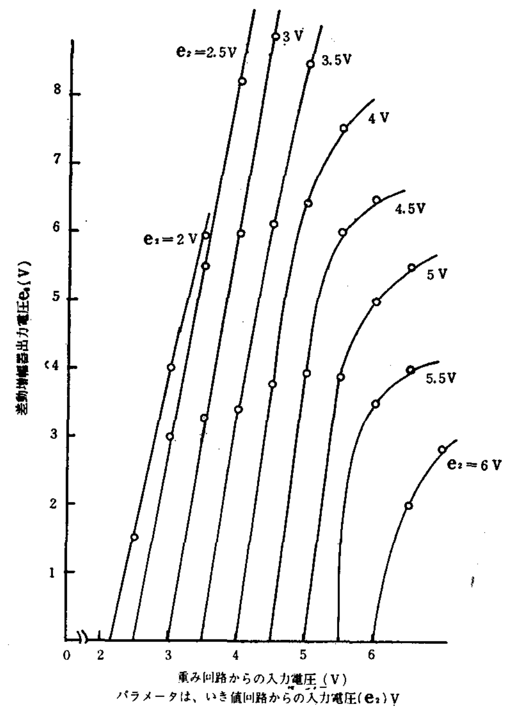


図7　差動増幅器の入出力特性

図7は，比較回路として用いた試作の差動増幅器の入出力特性を，いき値電圧をパラメータにして求めたものである。差動入力の小さい範囲で，増幅度は8倍となる。差動入力電圧 0.1V に対し，差動出力 0.8V を得ることができる。

試作回路の応答時間は，ＰＣの応答時間により制限を

受ける。くり返し時間は，ＰＣの回復時間に依存する。したがって，試作のいき値ゲート回路は，受光素子としてＰＣを用いているので，応答速度は数ミリ秒で，くり返しは，１サイクル程度となる。

5 むすび

試作のオプトロニック・いき値論理回路についてまとめてみるとつぎのようになる。

1．入出力信号は，光符号の信号であるから，インピーダンス・マッチングに対する考慮を必要としないので，段結合による fan-in および fan-out に影響を与えない。しかも，回路結合によるバイアスの変動に対し影響を無視できるから，回路動作が確実である。

2．いき値は，光制御信号により可変にしてあるから同一のゲート回路の組合せで，光制御信号を変えることにより任意の論理動作を行なわせることができる。

3．荷重抵抗回路を重み回路およびいき値回路に使用し，差動増幅器を比較回路として使用しているので，いき値ゲート回路の構成が簡単となる。

4．受光素子および発光素子に応答速度の速いものを使用して，高速度のゲートを構成することが必要である。

5．重み回路の精度を上げるためには，重み回路を定電流源駆動させ，差動増幅器の入出力特性の直線を改善しなければならない。

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学研究室のかたがたにお礼申し上げます。

文 献

(1) P.M.Lewis : "Use threshold logic" ELECTRONIC DESIGN 22, October 25, 1967
(2) P.M.Lewis : "Threshold logic" John Wiley & Sons. Inc., 1966

プラズマ中の電磁波伝ぱん

プラズマ中の遅波回路における電磁波伝ぱん

成　田　紘　一

Wave Propagation on the Slow wave Circuit in Plasma

Hirokazu NARITA

ABSTRACT—In this paper, the wave propagation on the helix as the slow wave circuit immersed in plasma is studied theoretically. The characteristic equation of this circuit is demonstrated from Pierce model and is solved by the aid of the electronic computer. From the results of computation, it is understood that, (1) when the plasma fills inside and out of the helix, the phase velocities of the wave are lower than the light velocity for $\omega_p \ll \omega$ and exceed it for ω_p closed to ω, (2) when the plasma exists only in the inside of helix, they converge to the light velocity at $\omega_p \to \infty$.

1　まえがき

プラズマ中の電磁波伝ぱんに関する研究は電離層研究と関係づけられて古くから研究されてきている[1]。そして最近制御された熱核融合の実現をめざしてプラズマの研究がさかんになるにつれて，プラズマの発生や計測に電磁波が用いられるようになり，研究室におけるプラズマと各種の電磁波との相互作用が詳しく調べられるようになった[2]。

上記の研究分野の内でも境界プラズマ，特に導波管プラズマの電磁波伝ぱんについてはMITのAllis等により研究されてきた[3]。しかしながら本論文で述べるような遅波回路とプラズマとの関係は，その回路に伝わる電磁波が光速より遅く，そのためプラズマと波とが特殊な干渉を起すのではないかと考えられるにもかかわらず，現在まであまり研究されてきていないようである。そこで筆者は遅波回路がプラズマ中に存在する場合，それに伝わる電磁波の伝ぱんがどのようになるか理解するために，遅波回路の一種であるマイクロ波ヘリックス回路の場合について理論的に調べてみた。

マイクロ波ヘリックス回路は現在ではほとんどの進行波管に用いられており，その理論解析もよくなされている。ここではこれらの解析の内でも初期の解析方法であるPierceのシースヘリックスモデル[4]を使用した。

2　基本方程式

シースヘリックスモデルは図1(a)のような実際のヘリックスを理想化したもので，図1(b)に示されている。図からわかるようにヘリックスはこれと同軸におかれた金属円筒で取囲まれている。このモデルはヘリックスの平均直径をその直径とする円筒面上において，軸に

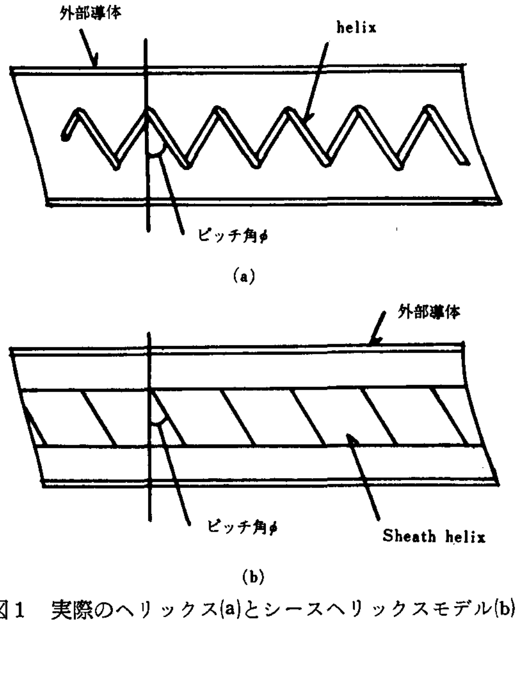


図1　実際のヘリックス(a)とシースヘリックスモデル(b)

垂直な平面とϕなる角度をなす方向には完全な導電性を示すが，導電方向に垂直な方向には導電率が零であるような回路である。

筆者は図2(a)，(b)のような2つの場合を考えてみた。同図(a)はヘリックスの内，外部にプラズマが存在する場合であり，同図(b)はヘリックスの内部にだけプラズマが存在する場合を示したものである。

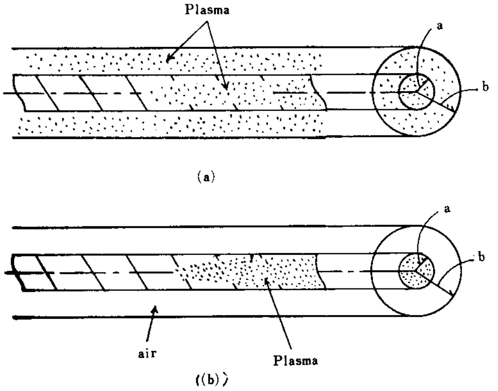


図2　ヘリックスの内，外部にプラズマが存在する場合(a)とヘリックスの内部にだけ存在する場合(b)

これらの場合における電磁波の様子を示す基本方程式は Maxwell の方程式より導き出すことができる。ここで考えておかなくてはならない事は，ヘリックス回路においては一般の境界を有する回路を伝わる電磁波のようにTE波とTM波を分離して求めることができず，したがつて全ての方向の電磁界成分を求めなくてはいけないことである。

筆者はプラズマ中におかれた遅波回路の電磁波伝ぱんがどのようになるかの目安を得ることを主目的としているため，実際のプラズマを簡単化して磁化されていないコールドプラズマとした。したがって電磁波が exp (jwt) の形で変動しているものとすれば，プラズマの比誘電率は

$$K_r = 1-(\omega_p/\omega)^2 \tag{1}$$

で示される。ここでω_pはプラズマ角周波数である。

まず Maxwell の方程式を円筒座標で表わし，z方向の電界，磁界に対して次のスカラー波動方程式を得る。

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial E_z}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 E_z}{\partial \theta^2}-p^2E_z=0\\ \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial H_z}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 H_z}{\partial \theta^2}-p^2H_z=0\end{aligned}\right\} \tag{2}$$

ここでp^2は

$$p^2=\beta_0^2(W+K^2-1) \tag{3}$$

で与えられる。ただし$W=(\omega_p/\omega)^2$，$K=(\beta/\beta_0)^2$，βはこの回路における位相定数，β_0は真空中の位相定数である。式(3)において，この回路が遅波回路すなわち$K>1$であるので，常に$p^2>0$なることがわかる。したがって式(2)はWがいくら大きくなつても解を持つことが期待できる。式(2)の解は次のように変形ベッセル関数で示される。

$$\left.\begin{aligned}E_z=A_1I_0(pr)+A_2K_0(pr)\\ H_z=B_1I_0(pr)+B_2K_0(pr)\end{aligned}\right\} \tag{4}$$

ここでは筆者は式を簡単にするためn＝0モードの時（ピッチ角が小さく，aが波の波長に比して充分小さい時）の解を示した。式(4)より各領域における電磁界成分は次のようになる。

図2(a)の場合

(i)　$r>a$において

$$\left.\begin{aligned}&E_{rin}=j\frac{\beta}{p}A_1I_1(pr)\\ &H_{rin}=j\left(\frac{\beta}{p}\right)B_1I_1(pr)\\ &E_{\theta in}=-j\left(\frac{\omega\mu_0}{p}\right)B_1I_1(pr)\\ &H_{\theta in}=j\left(\frac{\omega\varepsilon_0K_r}{p}\right)A_1I_1(pr)\\ &E_{zin}=A_1I_0(pr)\quad H_{zin}=B_1I_0(pr)\end{aligned}\right\} \tag{5}$$

(ii)　$a<r<b$において

$$\left.\begin{aligned}&E_{rout}=j\frac{\beta}{p}\left\{C_1I_1(pr)-C_2K_1(pr)\right\}\\ &E_{\theta out}=-j\frac{\omega\mu_0}{p}\left\{D_1I_1(pr)-D_2K_1(pr)\right\}\\ &E_{zout}=C_1I_0(pr)+C_2K_0(pr)\\ &H_{rout}=j\left(\frac{\beta}{p}\right)\left\{D_1I_1(pr)-D_2K_1(pr)\right\}\\ &H_{\theta out}=j\left(\frac{\omega\varepsilon_0K_r}{p}\right)\left\{C_1I_1(pr)-C_2K_1(pr)\right\}\\ &H_{zout}=C_1I_0(pr)+D_2K_0(pr)\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

図2(b)の場合

(i)　$r<a$において

$$\begin{aligned}&E_{rin}=j\left(\frac{\beta}{p}\right)A_1I_1(pr)\\ &H_{rin}=j\left(\frac{\beta}{p}\right)B_1I_1(pr)\\ &E_{\theta in}=-j\left(\frac{\omega\mu_0}{p}\right)B_1I_1(pr)\end{aligned}$$

$$\left.\begin{aligned} &H_{\theta in}=j\left(\frac{\omega\varepsilon_0 K_r}{p}\right)A_1I_1(pr)\\ &E_{zin}=A_1I_0(pr)\qquad H_{zin}=B_1I_0(pr)\end{aligned}\right\}\tag{7}$$

(ii) $a<r<b$において

$$\left.\begin{aligned} &E_{rout}=j\left(\frac{\beta}{q}\right)\left\{C_1I_1(qr)-C_2K_1(qr)\right\}\\ &E_{\theta out}=-j\left(\frac{\omega\mu_0}{q}\right)\left\{C_1I_1(qr)-D_2K_1(qr)\right\}\\ &E_{zout}=C_1I_0(qr)+C_2K_0(qr)\\ &H_{rout}=j\left(\frac{\beta}{q}\right)\left\{D_1I_1(qr)-D_2K_1(qr)\right\}\\ &H_{\theta out}=j\left(\frac{\omega\varepsilon_0}{q}\right)\left\{C_1I_1(qr)-C_2K_1(qr)\right\}\\ &H_{zout}=D_1I_0(qr)+D_2K_0(qr)\end{aligned}\right\}\tag{8}$$

となる。ここでqは$W=0$なる時のpの値である。以上の式にヘリックスに対する次の境界条件を適用することにより，ヘリックスにおける分散関係を示す超越方程式を得ることができる。

境界条件

$r=a$において

$$\left.\begin{aligned} &E_{zin}\sin\phi+E_{\theta in}\cos\phi=0\\ &E_{zout}\sin\phi+E_{\theta out}\cos\phi=0\\ &E_{zin}=E_{zout},\quad E_{\theta in}=E_{\theta out}\\ &H_{zin}\sin\phi+H_{\theta in}\cos\phi=H_{zout}\sin\phi+H_{\theta out}\cos\phi\end{aligned}\right\}\tag{9}$$

$r=b$において

$$E_{zout}=0,\qquad E_{\theta out}=0\tag{10}$$

複雑な計算の後次の超越方程式を得る。

図2(a)の場合

$$\frac{1-W}{(W+K^2-1)\tan^2\phi}=\frac{\dfrac{I_0(pa)}{I_1(pa)}-\dfrac{I_0(pa)K_1(pb)+K_0(pa)I_1(pb)}{K_1(pb)I_1(pa)-I_1(pb)K_1(pa)}}{\dfrac{I_1(pa)}{I_0(pa)}-\dfrac{K_0(pb)I_1(pa)+I_0(pb)K_1(pa)}{K_0(pb)I_0(pa)-K_0(pa)I_0(pb)}}\tag{11}$$

図2(b)の場合

$$\frac{\beta_0^2}{\tan^2\phi}=\frac{p\dfrac{I_0(pa)}{I_1(pa)}}{\dfrac{1-W}{p}\dfrac{I_1(pa)}{I_0(pa)}}$$

$$\frac{-q\dfrac{I_0(qa)K_1(qb)+I_1(qb)+K_0(qa)}{I_1(qa)K_1(qb)-I_1(qb)K_1(qa)}}{-\dfrac{1}{q}\dfrac{I_1(qa)K_0(qb)+I_0(qb)K_1(qa)}{I_0(qa)K_0(qb)-I_0(qb)K_0(qb)}}\tag{12}$$

この超越方程式から，我々はプラズマの密度と電磁波の位相速度との関係を知ることができる。

3 分散関係

式(11)および式(12)の超越方程式からこの回路の分散関係が求められることを知ったが，この式は相互に影響し合う複雑なパラメータを含んでいるので，この式を直接解いてこの回路における分散関係を知ることは困難である。そこで筆者はこの式を電子計算機にかけ，パラメータにランダムな値を代入して，左辺と右辺が10^{-4}以内で一致するそれぞれの値の組合せを求めた。まず今までに求められている自由空間中でのヘリックスの位相定数($W=0$の時の位相定数)が求めた式と一致するか調べるために，WをパラメータとしてfとKとの関係を求めた。この時は式(12)を使用した。その結果を図3に示す。

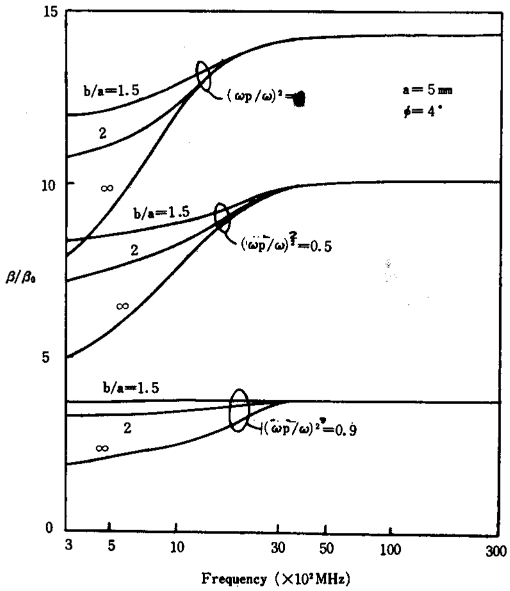


図3 種々のWの値に対するβ/β_0とfとの関係(図2(a)の場合)

これより$W=0$の時は従来の結果と一致することがわかった。しかしながらこの結果からは分散関係がわからないので，次にプラズマ角周波数と位相定数との関係を求めた。図4および図5に式(11)および式(12)から得られた結果を示す。

以上の結果から，図2(a)の場合には，電子密度が低い時，すなわち$(\omega_p/\omega)^2\ll1$の時，電磁波の位相速度は光速より遅くなる。そして$(\omega_p/\omega)^2$が1に近ずくにつれて，電磁波の位相速度は光の速度に近ずいてこれと一致し，さらに光速より速くなることがわかる。したがって電磁波が光速より速くなる所では，もはやこの回路は

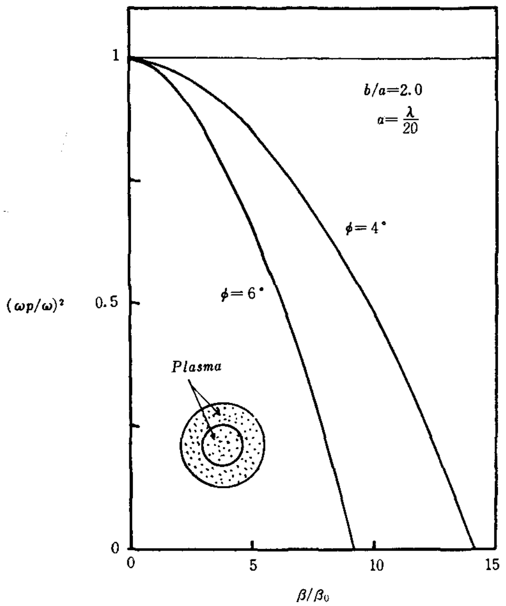


図4　図2(a)の場合における $(\omega_p/\omega)^2$ と (β/β_0) との関係

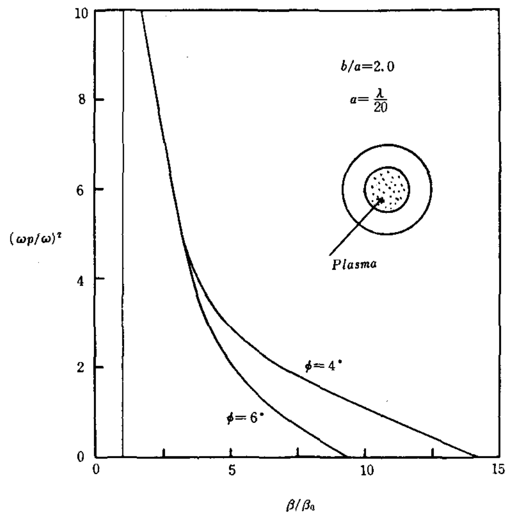


図5　図2(b)の場合における $(\omega_p/\omega)^2$ と (β/β_0) との関係

遅波回路といえなくなる。

次に，図2(b)の場合には，$(\omega_p/\omega)^2 \ll 1$ なる時はKは同図(a)の場合とほぼ同じ値を取るが，$(\omega_p/\omega)^2$ が無限大に近ずくにつれて図2(a)の場合と異なりKは1に，すなわち電磁波の位相速度は光速に近ずく。このことはプラズマの電子密度が高くなると，プラズマは金属のような導電体となり，そのため電磁波のほとんどは領域 $a<r<b$ の間を通過するためで，この時は一般の同軸線路のように振舞うことを示している。

4　おわりに

本論文でプラズマ中におかれた遅波回路の一種であるヘリックス回路に伝わる電磁波を，2つの場合に分けて調べた。その結果ヘリックス回路がプラズマ中に完全に浸されている場合，すなわち図2(a)の場合には，この回路を伝わる電磁波の位相速度はプラズマ角周波数が伝ぱん波の角周波数に近くなると，光の速度より速くなり，もはやこの回路は遅波回路といえなくなることがわかった。また ω_p と β の関係からこの回路をプラズマ診断に用いることも可能である。すなわちこの結果からわかるように，電子密度の変化に対して位相定数が大きく変化するから，変動プラズマなどを測定するのによい方法ができるのではないかと思われる。さらにヘリックス回路の内部にだけプラズマが存在する場合は，プラズマの電子密度がいくら大きくなっても波は伝ぱん可能であるので，これもまた高密度のプラズマ診断に使用できると思われる。しかしながらこれらを使用した測定法についてはさらに詳しく検討する必要がある。

謝辞　平素より親切なるご指導をしていただいている名古屋工業大学阿座上孝教授および大阪工業大学今井健蔵助教授に厚く感謝申し上げます。

文献

(1) たとえば E. V. Appleton, J. Inst. Elect. Eng. Vol.71 p.642(1932)
(2) T. H. Stix, "The theory of Plasma waves" McGraw-Hill (1962)
(3) W. P. Allis, S. J. Buchsbaum, A. Bers, "Wave in anisotropic Plasmas" MIT. Press. (1963)
(4) J. R. Pierce, "Travelling-Wave Tubes" Van. Nostrand. (1950)

ON EQUIVALENCE OF THE DEFINITION FOR QUASICONFORMAL MAPPINGS

Atsumi UEDA

1. PRELIMINARY

We consider a one-to-one contineous mapping $w=f(z)$, $z=x+iy$, $w=u+iv$ (C^1 homeomorphism) from one region to another. If two functions $u(x,y)$, $v(x,y)$ are totally differentiable

$$du = \frac{\partial u}{\partial x}dx + \frac{\partial u}{\partial y}dy$$

$$dv = \frac{\partial v}{\partial x}dx + \frac{\partial v}{\partial y}dy$$

or in the complex form

$$dw = \frac{\partial f}{\partial z}dz + \frac{\partial f}{\partial \bar{z}}d\bar{z}$$

By the mapping, generally, $\frac{dw}{dz}$ depends on the argument of z.

It maps circles about the origin into similiar ellipses.

Let J be a Jacobian, that is

$$J=\frac{\partial(u,v)}{\partial(x,y)}=\begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} \end{vmatrix} = \left|\frac{\partial f}{\partial z}\right|^2 - \left|\frac{\partial f}{\partial \bar{z}}\right|^2$$

Now we shall consider the case $J>0$ (sense preserving case).

Then

$$\left|\frac{\partial f}{\partial z}\right| > \left|\frac{\partial f}{\partial \bar{z}}\right|$$

We consider that the ratio

$$D_f = \frac{Max\left|\frac{dw}{dz}\right|}{Min\left|\frac{dw}{dz}\right|} = \frac{\left|\frac{\partial f}{\partial z}\right| + \left|\frac{\partial f}{\partial \bar{z}}\right|}{\left|\frac{\partial f}{\partial z}\right| - \left|\frac{\partial f}{\partial \bar{z}}\right|}$$

This is called the dilation quotient.

Definition A If D_f is bounded, the mapping f is said to be quasiconformal. If $D_f \leq K$, it is K-quasiconformal.

Clearly, $D_f \geq 1$, so we get $D_f=1$ if $K=1$. In this case f is conformal, that is, a 1-quasiconformal mapping is conformal.

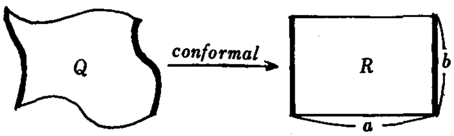
By using this definition, we have many difficulties to expand the theory of quasiconformal mappings.

Now we attempt to get rid of the restriction to C^1-mappings.

2. GEOMETRIC DEFINITION

Now we consider topological and sense preserving mapping ϕ from a region Ω to a region Ω'.

A quadrilateral is a Jordan region ($Q, \bar{Q} \subset \Omega$). We define its module $mod(Q)=\frac{a}{b}$ by conformal mapping on a rectangler (R).



We write $Q'=\phi(Q)$.

Definition B Mapping ϕ is K-quasiconformal, if

$$\frac{mod(Q)}{K} \leq mod(Q') \leq K mod(Q)$$

Proposition 1 If the mapping $\phi \in C^1$, this definition (Def. B) agrees with the Def. A.

Proposition 2 A 1-quasiconformal mapping is confomal.

3. ANALYTIC DEFINITION

Now we consider following two analytic definitions for quasiconfomal mappings.

Definition C A topological mapping ϕ of Ω is K-quasiconformal, if

(1) ϕ is absolutely contineous on lines (ACL) in Ω.

(2) $\left|\frac{\partial\phi}{\partial\bar{z}}\right| \leq \frac{K-1}{K+1}\left|\frac{\partial\phi}{\partial z}\right|$ a. e.

Definition D A topological mapping ϕ of Ω is K-quasiconformal, if

(1) ϕ has locally integrable distributional derivatives.

(2) $\left|\frac{\partial\phi}{\partial\bar{z}}\right| \leq \frac{K-1}{K+1}\left|\frac{\partial\phi}{\partial z}\right|$ a. e.

Theorem 1 Def. C is equivalent to Def. D.

Proof If ϕ is topological and has partial derivatives a.e., then it is differentiable a.e. (Gehring, Lehto)

Let $h \in C^1$ be a test function, mapping ϕ is ACL in Ω, then using of Fubini's theorem

$$\iint \phi_x\, h dxdy + \iint \phi h_x dxdy$$
$$= \iint (\phi_x h + \phi h_x) dxdy$$
$$= \iint (\phi h)_x dxdy \;= \int dy[\phi h] = 0$$
$$\therefore \iint \phi_x\, h dxdy = -\iint \phi h_x dxdy$$

also

$$\iint \phi_y h dxdy = -\iint \phi h_y dxdy$$

then, ϕ_x, ϕ_y are distributional derivatives of ϕ.

It shows that Def. D follows from Def. C. Now we shall prove the converse.

Let ϕ_1, ϕ_2 be integrable functions for all test function $h \in C^1$

$$\iint \phi_1 h dxdy = -\iint \phi h_x dxdy$$
$$\iint \phi_2 h dxdy = -\iint \phi h_y dxdy$$

Consider a rectangle

$$R_\eta = \{(x,y) \mid 0 \leq x \leq a,\ 0 \leq y \leq \eta\}$$

and choose $h = h(x)k(y)$ with support in R_η. In

$$\iint_{R_\eta} \phi_1\, h(x)k(y)\, dxdy$$
$$= -\iint_{R_\eta} \phi h'(x)k(y)\, dxdy$$

let k tend to 1, by Lebesgue's theorem

$$\iint_{R_\eta} \phi_1(x,y)h(x)\, dxdy$$
$$= -\iint_{R_\eta} \phi(x,y)h'(x)\, dxdy$$

R_η is rectangle, then

$$\int_0^\eta dy \int_0^a \phi_1(x,y)h(x)\, dx$$
$$= -\int_0^\eta dy \int_0^a \phi(x,y)h'(x)\, dx$$

We differentiate both side, considering as the function of h. Then for almost all η, we get

$$\int_0^a \phi_1(x,y)h(x)\, dx$$
$$= -\int_0^a \phi(x,y)h'(x)\, dx$$

and exceptional set depends on a.

Now let $h = h_n = 1$ on $\left(\frac{1}{n},\ a - \frac{1}{n}\right)$, and $0 \leq h_n \leq 1$ on $\left(0,\ \frac{1}{n}\right)$, $\left(a - \frac{1}{n},\ a\right)$.

then

$$\int_0^a \phi_1(x,y)h_n(x)\, dx$$
$$= -\int_0^a \phi(x,y)h'_n(x)\, dx$$

by using Lebesgue's theorem

$$\lim_{n\to\infty} \int_0^a \phi_1(x,y)h_n(x)\, dx$$
$$= \int_0^a \phi_1(x,y)\, dx$$

on the other hand

$$\int_0^a \phi(x,y)h'_n(x)dx$$
$$=\int_0^{\frac{1}{n}} \phi(x,y)h'_n(x)dx$$
$$+\int_{a-\frac{1}{n}}^a \phi(x,y)h'_n(x)dx$$

We can set $\phi(x,y)=\phi(o,y)+\xi$, $|\xi|<\varepsilon$, $\forall x \in \left[0, \frac{1}{n}\right]$

then

$$\int_0^{\frac{1}{n}} \phi(x,\eta)h'_n(x)dx$$
$$=\int_0^{\frac{1}{n}} \phi(o,\eta)h'_n(x)dx$$
$$+\int_0^{\frac{1}{n}} \xi h'_n(x)dx$$

$$\int_0^{\frac{1}{n}} \phi(o,\eta)h'_n(x)dx$$
$$=\phi(o,\eta)\left\{h_n\left(\frac{1}{n}\right)-h_n(o)\right\}=\phi(o,\eta)$$

$$\left|\int_0^{\frac{1}{n}} \xi h'_n(x)dx\right| \leq \varepsilon \int_0^{\frac{1}{n}} |h'_n(x)|dx=\varepsilon$$

also we can calculate the case

$$\int_{a-\frac{1}{n}}^a \phi(x,y)h'_n(x)dx.$$

We get

$$\lim_{n\to\infty}\left\{-\int_0^a \phi(x,y)h'_n(x)\,dx\right\}$$
$$=\phi(a,\eta)-\phi(o,\eta)$$

So

$$\phi(a,\eta)-\phi(o,\eta)=\int_0^a \phi_1(x,\eta)dx$$

It holds almost everywhere for all rational a. It is true for all a by continuity.

We regard it as function of a, then there exist derivative almost everywhere and

$$\phi_x(x,y)=\phi_1(x,y)$$

This proves that Def. D$\Longrightarrow$Def. C.

4. Equivalence between geometric definitnon and analytic definition.

Now we shall prove the equivalence between two definitions (Def. B and Def. C).

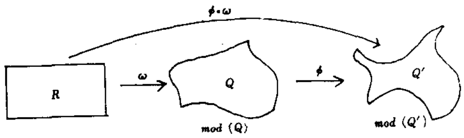
Lemma (Ahlfors) If w is a C^2 topological mapping and ϕ has locally integrable distributional derivatives, so $\phi\circ\omega$ also has locally integrable distributional derivatives, such that

$$(\phi\circ\omega)_x=(\phi_\xi\circ\omega)\frac{\partial\xi}{\partial x}+(\phi_\eta\circ\omega)\frac{\partial\eta}{\partial x}$$
$$(\phi\circ\omega)_y=(\phi_\xi\circ\omega)\frac{\partial\xi}{\partial y}+(\phi_\eta\circ\omega)\frac{\partial\eta}{\partial y}$$

As ϕ is satisfied with the condition of Def. C (or D), the composed function $\phi\circ\omega$ is satisfied with the condition of Def. D.

Then

$$|(\phi\circ\omega)_{\bar z}|^2=|\phi_{\bar\zeta}|^2\circ|\zeta_z|^2$$
$$\leq k^2|\phi_\zeta|^2\circ|\zeta_z|^2=k^2(\phi\circ\omega)_z|^2$$



because of $mod(Q)=mod(R)$., we can get

$$mod(Q)\leq Kmod(Q')$$

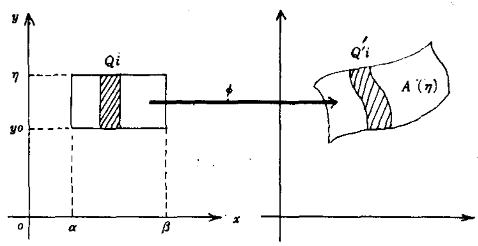
By using Lemma it enables us to prove that Def. B is led from Def. C (or D).

We shall now prove the converse.

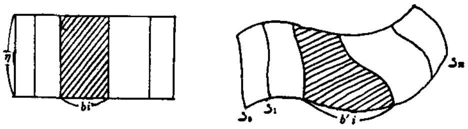
Let $A(\eta)$ be the image of the rectangle

$$\{\alpha\leq x\leq\beta,\ y_0\leq y\leq\eta\}$$

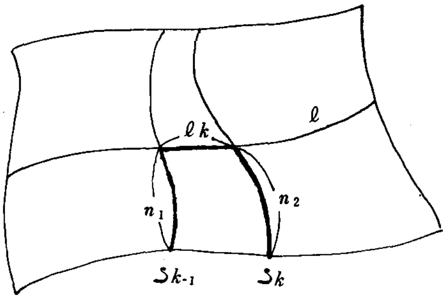
under the mapping ϕ.



If η (the height of rectangle) is sufficiently small, such that, the images of each vertical segments of rectangle are less than $\frac{\varepsilon}{4n}$



$$\sum_{k=1}^{n}|\zeta_k-\zeta_{k-1}|>b'_i-\frac{\varepsilon}{2}$$



$$|\zeta_k-\zeta_{k-1}|\le n_1+l_k+n_2$$
$$\le\frac{\varepsilon}{4n}+l_k+\frac{\varepsilon}{4n}=\frac{\varepsilon}{2n}+l_k$$
$$\therefore\ l\ \ge\sum_{k=1}^{n}|\zeta_k-\zeta_{k-1}|-\frac{\varepsilon}{2}\ge b'_i-\varepsilon$$

By using Euclidean metric ρ,

if $\varepsilon<min\,\frac{1}{2}\,b'_i$

$$mod\,(Q'_i)=\sup_{\rho}\frac{(inf\ l\rho(\gamma))^2}{A(\rho)}$$
$$\ge\frac{(b_i-\varepsilon)^2}{A(Q'_i)}\ge\frac{bi'^2}{4A(Q'_i)}$$

while $\dfrac{b_i}{\eta}=K\,mod(Q_i)\ge mod(Q'_i)$

then

$$\frac{b_i{}^2}{4A_i}\le K\frac{b_i}{\eta}$$

by using Schwarz's inequality, we get

$$(\Sigma b'_i)^2\le\Sigma\frac{b'_i{}^2}{b_i}\cdot\Sigma b_i$$
$$\le\frac{4K\Sigma A_i}{\eta}\cdot\Sigma b_i$$
$$\le\ 4K\cdot\frac{A(\eta)}{\eta}\cdot\Sigma b_i$$

we assume that $A'(0)$ exists

$$4K\frac{A(\eta)}{\eta}\le M$$

and if $\sum b_i\to0$, $\sum b'_i\to0$.

then ϕ is absolutely contineous.

Finally, if ϕ is satisfied with the condition of Def. B, the inequality

$$\left|\frac{\partial\phi}{\partial\bar{z}}\right|\le\frac{K-1}{K+1}\left|\frac{\partial\phi}{\partial z}\right|$$

holds at all points (Gehring, Lehto. see proof of theorem 1).

This proves that Def. B$\Longrightarrow$Def. C.

Now we arrive our conclusion.

Theorem 2 Geometric definition of quasiconformal mappings (Def. B) is equivalent to analytic one (Def. D).

5. REFERENCES

Ahlfors, L. Lectures on quasiconformal mappings. Van Nostrand (1966)

Bers, L. The equivalence of two definitions of quasiconformal mappings. Comment. Math. Helv. 37(1962)

Gehring, F.W. The definitions and exceptional sets for quasiconformal mappings. Ann. Acad. Sci Fenn. AI 281(1960)

Gehring, F.W., and O. Lehto. On the total differentiability of functions of a complex variable. Ann. Acad. Sci. Fenn. 271(1959)

Künzi, H. Quasikonforme Abbildungen. Springer-Verlag (1960)

Lehto, O., and K.I.Virtanen. Quasikonforme Abbildungen. Springer-Verlag (1965)

スポーツの美学的研究

秋　山　竹　雄

The Aesthetic Research on Sports

Takeo AKIYAMA

はじめに

我々は競技場で「上手だナァ」「きれいな走り方だ」ということばをよく耳にする。どういうことが，どういう動きが上手であり，きれいであるのか——ということについて考えることがある。また，どんなときに，どんなことにそのことばが発せられているのかとも考える。そして，それが，目的を完全に達成したときの姿に，持っている力を完全に出しつくしたときに，選手とともに喜び涙したときに発せられていることに気づく。これがスポーツのもっている独特の性格であり本質であろうと思われる。

「きれいだ」「上手だ」「感動した」など，スポーツのもつ独特の性格について美学的な立場から考察してみようと思う。

スポーツの技術

「スコアーの上では接近したゲームであったが，そのゲームの内容は貧弱であって見るべきものがなかった」などの新聞記事を目にする。ゲームの内容が貧弱でありゲームそのものに見るべきものがなかったとは如何なることなのか。そのゲームに，ゲームという雰囲気がなかったというのでもないし，スポーツというゲーム形態をもたずに活動されたというのでもないだろう。

特殊な空間的時間的存在性格をもつスポーツで，空間的時間的存在である個々の身体が躍動するとき，そこにあらわれるもの自体が問題とされるのであろう。身体は環境に向って投げ出され，環境を感じ，環境に働きかけるものであるから，一種の道具として考えられる。けれども身体は我々から遊離して環境との間にあるものではなく，あくまでも不分離の関係にある。かつ身体の働きは決して固定したものではない。その働きは多様であり同一の働きを反復するものでもない。働きごとに変異がある。ただ技術と称されるものには，この働きを固定的に反復しようとすること，即ち道具的ならしめようとすることを要求する性格がある。

スポーツや舞踊において，身体を道具として考えることは，そのものの成立さえ否定することになる。舞踊家にとって身体は楽器そのものであり身体そのものが舞踊でさえある。彼はその力即ち身体をかりて自己を表現する。ピアニストがピアノという楽器について学ぶと同様に，舞踊家は身体について学び自ら自身を創らなければならない。身体と戦い次第に練成して被表現体として身体の自由を獲得する。自己に対する容赦のない苛酷な反省と訓練と忍耐が，彼を完全に楽器とするのである。一個の人間が被表現体となり同時に表現者となるのである。道具としての身体ではなく技術をもった身体となるのである。それと全く同様に，スポーツマンは，特殊な空間的時間的存在性格をもつ場で，空間的時間的存在の身体をもって，新しい空間と時間を形成していくのではないかと考える。新しいものを形成していくための媒介物としての身体を固定的に，そして反復しようとする道具的身体にしようとするのである。ここにスポーツの技術といわれるものが生れてくるのであろう。人間が意識的に，ある目的に向って必要なものを創造することを意欲するとき，その目的達成のために行使する過程が技術であり，その技術がとりあつかう自然は主観的自然である。目標は形成であり，その本質は総合であって，その成果は創造（発明）となってあらわれるのである。技術は具体的であり総合的であるといえるのではないか。人間の意欲に具体的な形をあたえる一切のものが技術であるが，意欲と精神は一致するから無限の生活表現と生活

可能性とが技術の中に含まれていることになるのである。

技術は段々変化し合理化されていく。ということは，より完全なものにするために変っていくのである。バスケットボールにおけるゴールに向ってのショットの技術についてみると，ゴールにボールを投げこまなければならないという目的を達成するために一つの動作があらわれる。ゴールに向って投げこむという動作を意欲として人間がもつ瞬間において，試行錯誤的動作がゴールに向って続けられる。その目的を達成するために繰り返し行なわれることに意欲を集中し，その動作に凝るのである。そして作り出された動作は或る限定された空間と時間内にその目的を達成しなければならないゲームにおいて最少限の力で最大限の効果が発揮できる動作でなければならなくなる。そのためにはショットという一つの動作が身体に最も適したものであり，身体外より身体内に入らなければならない。試行錯誤的に行なっているうちその動作の中に固定化され最少限の力で最大限の効果をあげ得るものとならなければ真の技術とはいい難いと考えられる。身体が道具として要求されるとき，身体が固定的に同一表象を反復しなければ道具化された身体とはいえないから試行錯誤的に行なっているうちに表われる技術を身体内に入れるために，同一表象を反復して（繰返し練習をして）俗にいう「身につけ」なければならないのである。そして同一表象（動作）が何回か繰り返されている間にその表象を，より高度に，より純粋にしようとするのは目的に近づくために最も効果的であらしめようとすることである。純粋といわれるものは，常に形成の方向に向って固執する可能態であるから純粋の第一段階は不定形であろう。未だ定まった形をもっていない。完成したものではなく完成に向って傾いていることであり，絶えずその方向に向って動いているものである。第二段階は一定の方向を固執しているが，はっきりとした一定の方向をとっているものでない。即ち自覚的に成立した形ではない。段々と自覚的に形成されていくに従って明確になっていく。だが純粋は自足形である。充実に向ってすすんでいくのであるから欠乏の感はなくすぐれた自足の状態が完成した状態であろう。現在の状態を不完全と思い完成に向って向うのであり欠乏の感は満されていき完成によって消失する。自足的であるから形成をすすめようとするあせりもないし，そこには一種のゆとりさえある感がある。そして純粋は全体形である。この形成の方向は主体の深さから出てきて全体を覆い全体を方向づけるのである。即ち根原的な感じがする。部分的な動きではなくて全体的な動きとして感じられる。根底から動き出してくるもの，主体の根源から湧き出してくるものとして感じられる。ここには緊張の感が著しいのであるが，暗から明に向ってすすむ悠久的なものさえ感じられる。ここに「ゆとり」とみられるものが現われるのであろう。だから純粋となった技術は主体から忘れられた感さえするのである。その一つだけの動作（技術）が，すべての動作（技術）を現わし，全体の技術の中の一部として，取り出しにくくなる。一連の技術が最少限の力で発揮され最大限の効果をあげられるようになるのである。バスケットボールにおけるショットの技術が，そのゲームの中で偶然的でなく必然的にその効果を発揮するようになることであって，ゴールに向って或る位置からショットは完全に成功するというプレーヤーは典型的な情勢下（そのプレーヤーにとって）においたときプレーヤーの起す変化（動作＝技術）は偶然的でなく必然的な形となって現われショットが成功するのである。だから完成されたプレーヤーの技術は，そのプレーヤーによって純粋化され典型化され普遍化されたものであろう。だが，プレーヤー個々の違いは普遍化されるであろう技術に，個々の違ったものを多少加えて現われてくるけれども，普遍化され典型化された技術は，すべてのそれと同一の表象の中の底流として必ず流れているものであろう。完成されたプレーヤーの技術の具体的形象として現われるフォームは，それと同一の情勢下におかれた未完成のプレーヤーのフォームにも，やや近い形として現われるのは，俗にいう「よいフォーム」が公共性をもち法則性を含んでいることを示しているのであろう。

典型化，普遍化することは自然法則を総合的に把握したことであって，それを行使するのが技術であるから技術が典型化されたときは自然に適した技術であり更に自然をとりいれた技術であろうと考えられる。

本来，技術は体験的である。即ち知的である。そして対象を処理するために対象的である。しかしスポーツの技術は知的のみで修得できるものではなく，体感に結合させて体感的な形として修得しなければならない。例えば，道具を使うにしても，その道具を身体の一部としてしまわなければならない。道具を完全に身体の一部としてしまうためには，大きな努力が必要となり，繰り返し練習を重ね，舞踊家が身体を自己の楽器とするように，耕し鍛えなければならない。スポーツマンが求めるスポーツの技術を修得するための第一段階は身体の鍛練にある。陸上競技（トラック競技）においては記録（時間）が重んぜられ，如何にして短縮するかにその競技の全要

求がかかっているかに見える。しかしその短縮は機械でする場合はさほど困難ではないが，陸上競技の選手が，如何に優秀であっても限度はある。走高跳の選手の跳び得る高さには限度があり成層圏にまで跳躍しようと考えまい。人々はいつでも人間の身体による疾走・跳躍に関心をもち，その限界を試そうとする。知は無限であり，身体は有限であろう。この有限の境界を越えることは容易ではない。容易でないことを試し上限界を広げようとするところに，その困難さを知るが故に，そこに価値を見出しているのである。成績や記録にはそれに達するまでの困難さと人間の限界を広げよう，超えようとする意志を現わしたものとして価値を見出し，技術には容易でないものを少しでも容易にしようとする方法・手段として価値を見出していることになる。(技術＝身体として)

スポーツの技術がただ体験的でなく体感と結合して体感的になったとき芸術に近づくであろうし倫理とも接続したものとなる。疲れ果ててゴールになだれこむ直前の競技者の表情や一心になってボールをみつめているプレーヤーの顔貌に，スポーツ特有の性格があらわれている。その容貌の中に特有の性格をもった表象（気魄）があらわれて我々を覆い我々をもその中に引き入れようとする。これは身体の鍛錬とともに技術の深化によって成立している表象でありスポーツの場が厳粛な場となって涙ぐましい悲壮な情景が観衆の眼前に展開され，観衆の身体とも共感し倫理として行為されたことになるのである。身体によってスポーツマンと観衆が基底的な且つ共通的な基盤の上に立つことになる。例えばベルリンオリンピック大会の五千米競走で，村社選手がフィンランドの三選手に追いぬかれようとしたとき満場の観衆は総立ちとなり，ある者は膝をなで，ある者は拳を握りしめそれをつき出して小刻みに震わせ全身で拍子をとっている。それが恰も走っている選手の足のリズムに合わされたように思える。それらの動作は，個々様々であるが，すべて敗者への同情とともに自己をそれに投入していることをあらわしている。またマラソンの選手が場内に到着しゴール寸前で力つき倒れたときの観衆の大声援は選手と観衆の区別さえとり払っているのである。技術が如何に未完成であっても，またその成果が失敗に終ろうともスポーツの場において身体によってあらわされるものには技術そのもの以上のものがあるのである。このような情景は芸術性を帯び倫理の声として人々に響いてくるのである。たくまずして現われるスポーツの場の技術を含めた表象は，ただ体験的なものではないからスポーツの技術も芸術と同じく体感的なものとなってこなければ深化し発展しないといっても過言ではない。そして体感的なものとなり対応的になったとき，また倫理的なものを含んで悲壮・崇高というものに深化されたときには更に美的価値も増してくるものであろうと考えられる。

スポーツのもつ快感

我々は美と快との著しい類似に気づくことがある。

快とは本質的に生物個体にとっての有用性であり，かかる有用性が感覚器官の生理的構造に依存するといってよい。感覚器官の生理的構造によって快と感ぜられる対象はどんなものであろうか。

人間の機能の良し悪しを競うスポーツにあっては競技に臨む前の準備が完全にできあがっているかどうかで，そのスポーツマンの力が発揮されるか否かが決定するのであるから準備運動といわれる身体活動から考察する必要がある。競技の成績そのものは，心身ともに競技会当日，開始時間に最高能力を発揮できる状態にあるかどうかに，すべての力を集中されていくことで決定する。人間の運動機能の最大発揮をめざすために行なわれる準備運動は，第一に血液の循環をよくするために特に細胞組織を刺戟し準備する。それによって活動する諸筋肉が最高能力を発揮するよう血液が流れやすくしておくことである。第二は次に起る強い運動に必要なエネルギーを生産するため生理的化学的作用をする生活力が動員されて有効な新陳代謝の条件が整うようにする。第三は諸筋肉が準備運動の化学的過程を経て温まり動作が速くなる。第四は緊張や不安をとり除いて精神的な準備をするのである。このようにして準備運動は身体をいたわりつつ機能を増進させる。即ち比較的低い血圧で心臓や肺臓・神経をいたわりつつ機能が全力を発揮するために集中されてくるのである。人間の運動機能が完全に発揮され得る状態において，まず，快を感ずるのではなかろうか。また最優秀形態を求めている生産物と同様に，その中に美を見出すこともできるのではなかろうか。

自己のもつ全能力を完全に発揮し発揮できる状態が，そのものの最も優秀な形態であると考えられる。だがその形態において，それ以上の機能を発揮しようとすれば何らかの形において不調和が生じる。（そのあらわれとして「死点」といわれるものがスポーツでもあらわれるが）その求められる機能に合致した形態をもたねば，その不調和は解決されない。それは身体を万一の危険から防衛するために不調和から来る危険を予知させるものだから，不調和は続けて身体活動のできないことを意味している。しかし，その「死点」に達した状態で平衡を保ちながらその運動を続けざるを得ない。すべてのスポー

ツに現われる「死点」「セカンド・ウインド」とよばれる現象の中に，不調和になった状態から調和へと移りつつある状態を，身体が機能の完全発揮の継続という形でつかみ自己の最大限度の中に自己の機能を完全に発揮したものとして「快」を感ずるのであろう。

快・不快は動物個体の有利・不利を直接かつ受動的に反映する観念的媒介であり，生存競争の過程において淘汰発展せしめられてきたものに他ならない。発展変化するとはいえ，あくまでも生理的に限界があるが故に，その意味では生得的であり後天的ではないといえる。それ故に即自的には同一であるかも知れないが，有用性と快感情は同一のものでないとも云える。有用なるものが必ずしも快感情をひきおこすものでもない。人間をとりまく環境の変化が感覚器官などの生理的構造を変化せしめることもあるから，はじめ有用であり快と感じたものであってもその後不快と感じられるように変化する場合もあり得るので有用性と快とは矛盾することもある。有用性が客観的な範疇であるに対し快は主観的範疇であり有用性の主体の意識における直接的受動的反映であるが故にこの両者の矛盾は起り得るものである。しかし，この矛盾は相対的条件的であって根本的には同一の基底にあり，快が有用性の反映であることを妨げるものではないと考える。

いかなる対象が，いかなる属性によって主体に美なる感情をおこさせるかを考察しなければならなくなる。それは第一に感覚器官にとって快であること。第二にその主体の属する社会にとって何らかの意味において（直接的であれ間接的であれ）有用であると考えられること。第三に肉体よりも，むしろ精神に快楽を与え精神的慰安として精神的娯楽として作用し得る対象であることと解することができる。

特殊な空間的時間的存在性格をもっているスポーツにおいて，我々の感ずる快という感情が，多分に体感的なものとなっており，観衆の快感情は，特殊であるスポーツの視覚構造として感じられるものであろう。スポーツの開始時において感じられるすべての感情が何か複雑で特殊なものであることに気づくのは容易であるけれどもその感情のおこる主体に有用とみとめざるを得ない変化のおこっていることに眼を向けると同時に，その変化を感じる主体とその変化の内容について分析していかねばならない。それによって快の感情の内容がどんな構造であるのか明らかになるのである。

例えば，陸上競技の競走と競馬と自転車競走と，そして自動車競走の四つを比べてみれば，制限のある距離内で争われる時計的な記録は同じであっても各々異なった空間的時間的な性格を見出し得ると思われる。またチームゲームにおいて，ことばにならぬ短いかけ声の中にチームのメンバーの士気を鼓舞し最高能力を発揮できる状態に入ることのできる気分の構造内に苦痛の中に重々しく頭をもたげつつある仲間という意識が共同相互の存在性格をあらわにしているのではないだろうか。マンネリズムに陥ちいる可能性の大きな生産的技術の内部において一つの限界感覚であろうところの感覚かもしれないがその中にそれから脱していこうとする新しい感覚のあることもスポーツのもつ独特の新しい感覚であるとも解される。走高跳を見つめる観衆の眼に跳び上るスポーツマンの脚のみが映っていて他の何ものも映っていないことに，そのスポーツのもつ特殊な構造の中にひきいれられた観衆が感ずる感情はどのようなものか。跳び上るたびに，跳び上るスポーツマンの脚の動きに合わせて動く観衆の脚。選手と同一の動作をしていることに気づかぬ観衆のうちに選手と同一のものを生成しようとしている感覚があるのではないか。選手と同じにためいきをつき，とび上がり喜ぶ観衆の内部に選手と同じ生産感なるものが働いているのであろう。自己のできない行為を感覚だけにおいて行為しようとする代償的行為が，その観衆の内部で成立したのであり，それがスポーツがもつ特殊な構造の一つでもあろう。

また美は社会的快であり一定の集団に固有であり肉体的規定からは，より自由であり時としてはそれと矛盾することさえある。美は快から生れるが快に反作用することがある。美が快の上部構造とよばれる所以かもしれない。さらに快が個人的自己と再生産たる消費における選択条件となると考えれば，美は社会的自己再生産たる遊戯・娯楽において，特に自己をあらわにする。感性面をもつものはすべてその限りにおいて同時に美的見地からも眺められる。それ故に生産物のすべては何らかの程度において美的である。スポーツの特殊な空間的時間的存在性格の構造によって感じられる感情は，快・不快の感情とは別としても美の対象として考えられるであろう。

スポーツ気分の構造

スポーツは主として身体的技術を基調とするところの特殊な実存である。スポーツ気分となづけられるものはこのスポーツによって与えられる，または見出されるところの一つの気分Stimmungに他ならない。この気分が存在性格的にどんな構造をもっているのか。

人間即ち道具を作る動物，従って計画をもち労働する動物であるという考え方をしている自然科学者もあるが

人間の本質を考察する哲学的人間学には簡単に云われぬ大きな問題であろう。それと同じくその生産的技術を，その生産性から一定の距離をもって遊離し，その技術の中に新しい一つの世界をもつことのできることも人間の本質的特異性として考察しなければならないであろう。

(空間的性格)

我々がグラウンドに入った瞬間，まず眼に入る幾条かの白線，直線や曲線の前に緊まった興奮を感じる。白紙に描かれた直線や曲線には，このような緊まった興奮を感ずるだろうか。この興奮にもし人間が気づくならば，単なる幾何学的なものではなく，単なる物理的空間ではないと知るであろう。なぜならば，その白線は，それに沿って人間の身体と技術がその全機能をあげて走り競うところの場の一部分であることを知っているからである。グラウンドにおいては物理的距離ではなくて，それを走り破り，追いぬき到達すべき存在的距離である。緊張した気分の中に，単なる距離を身体的力によって性格の異なったものに転換しようとするものが働いているからである。二つのものの中間的性格を同時に内在しているといってよい。「〇〇にまで」「〇〇のために」というところの道具の有用性における距離とは遊離した，ただ……「にまで」……「のために」という距離そのもの，到達しなければならないことそのものが表面に出ているのである。その限りにおいては意味そのものを意味しているのである。

物理的距離を存在的距離に転換する空間的性格の外にスポーツにはその方向を感じさせるものがある。射撃や弓術はその気分を最も典型化したものであるが，野球におけるベースとベースの間を結んだ白線や，投手と捕手を結ぶ眼に見えない線は単なる方向をもち結びつけているだけの線であろうか。単なる方向を示しているのではなく，定まった方向を示しており，その線は単なる方向を定まった方向に転じさせた特有の線と考えるべきであり，その線のもつものは緊張した集中的な気分である。あらゆる精神的・肉体的動揺はすべて内含されて一つの点に向って走り弓は引かれる。その気分が往々にしてすべてを否定しようとする存在的性格をあらわす無の根拠をすら思わせるのである。

(共同相互存在的性格)

スポーツにおいて「シートにつく」「ポジションに入る」というシートやポジションのもつ気分，そのシートが他のシートとの間に存在する位置の気分が，スポーツマンが一人で存在していないことを証明しているかのようである。そこでは自分というものは他のシートとの各各の特殊なる機能によって共同相互存在としてのみ存在するという意義を見出しているのである。しかもスポーツにおいては，その共同に顧慮する道具の付託性よりもその相互の共同性そのものが浮び出てくる。バスケットボールにおいて，ショットしようとするセンターへのボールはフォワードやガードの四人がボールを中心として見えざる波紋を次から次へとまとめあげたチームとしての意志をもったボールであり，一つのチーム全体が一つの集団的実存的性格であることを示すボールでもある。よく練習したチームの体験することは一人の選手の精神的肉体的錯乱が，いかに他の選手の動作に影響するかということである。そしてその各ポジションが各選手によって共同相互的に完全に把握されているとき，あたかも電流の伝わってくるが如く，一つの時間が各選手の各ポジションに完全に流れていることを身体をもって感ずるのである。「気分がのっている」「気合がかかっている」ということばは，こういうスポーツ気分をいいあらわしたものであろう。チーム全体を支配しているチームワークは，この相互の共同性なのである。ただ一人の人間の如く，各ポジションのプレーヤーが完全に機能を発揮しているとき，そのチームは完全な状態であり，個々の動きはすべてチームの生命の躍動の一部としてチームの中に完全に吸収されている。

この共同相互存在の気分こそ，スポーツのもつ特殊な存在性格であるとともに，この共同相互存在的気分の構造は，人間の現存在的性格を遊離した形において明るみに浮びあがらせたものではなかろうか。

(技術的存在)

あらゆるスポーツは各々フォームをもっている。即ち現在まで研究しつくされているであろうものの集積及び種々の主張のもとに生成された一定の型をもっている。スポーツマンは，それを見，それをコーチャーから学びそれを自分で最後まで学ぶ。古武術の流派はこのフォーム即ち形の意味でさえある。眼前で見，ことばで聞き，身体で感じながら，しかも会得は至難である。一日一日あたかも果実が熟していくが如くに集積され会得されて大きく深くなっていく。そして練習中ふと判ることがある。「ハハァ。これだナ」と判るのである。この気分は一念において会得されるものであると同時に，あとのすべてのフォームにその匂いは残り離れない。「呼吸」「こつ」のもつものである。しかし，この気分は次の練習へと深まるにつれて，また深い謎の一端となってしまって混迷の練習となる。スポーツマンがこの「判らなくなる」

期間を経過して，次のフォームを発見し作り出しさらに深めていく。生長そのものを筋肉の中で味わう気分こそスポーツマンのもつ最大最上の得意気な微笑であろう。猛練習を強いられ，自ら求めて，ふと判ったとき会得できたときの気分は投げ出されたものが，そのまま投げ企てられたものであったのである。目で見，耳で聞きが身体で見，身体で聞き，身体で感じたときに，変るときの気分の構造そのものにスポーツのもつ特殊な実存的性格を見出すのである。また陸上競技の長距離選手が疲労より立ちあがろうとしてもがく瞬間，そして立ちあがり始めたときに真のスポーツ気分があらわれるのではなかろうかとも考えられる。肉体的には苦痛を感じ，その苦痛をもち続け，それに抵抗し耐えるときの重い気分には人生の深い諦視と決意の底に澄みきった微笑がある。この気分が練習と深まっていく技術によって，特殊の「冴え」の気分を見せるのである。耐えることは，もはや放棄しかない極みにおいて，何ものかに身を委ねる。それをフォームというにはあまりに流動的ではあるが，生長していくものの瞬間的把握であり，時そのものの特殊な実存的深化に他ならない。コーチャーはフォームの矯正できにくいスポーツマンに対して，疲れ切らして，俗にいうバラバラの状態にする。自らのフォームを意識しているうちは真のフォームとは云えない。何ものかに身を委ねる。そのものと一如になっている気分の中にこそ生成するフォームがある。だからフォームは自ら産み出す図式であり，人間の奥の深みにかくれている技術のあらわれであり，自然の内奥より浮び出させ学びとるものであろう。従ってフォームは個々別々であって何ら差支えないものであり，それが当然であると考える。

（スポーツマンのスポーツ気分とスポーツファンのスポーツ気分）

スポーツマンの実存は獲得したフォームの気分を，常に反復的に繰り返して味わうことによってそれを熟せしめ，しかもそれより脱して更に深めんとするところの不断の瞬間の持続である。これに対してスポーツファンのスポーツ気分は異なっている。（スポーツマンが観衆となった場合は別のものを内容としたスポーツ気分が生まれてくるであろうが。）

スポーツを観る大衆即ちスポーツを観ることによってスポーツを楽しむ観衆は，まず勝敗を問題とする。スポーツマンはその技術の深浅の差はあっても，その気分においてはあまり大きな差はないと思われるけれども，観衆にとっては勝敗が問題となりスポーツ気分はどちらが勝つかという蓋然性に均等がとれた場合，始めて現われるのである。サイコロの目と少しも変らない。従って肉体的要素は観照的対象としてのみ意味をもっている。単なる勝敗に対しての期待が戦慄となって我を忘れさせ，勝ち負けに酔うことになり，そのときだけの気分としてみとめられるのである。スポーツマンは観衆の多額の賭け金を得たような喜びやそれを失ったような悲しみと異なった気分を味わう。ゲームを終ったとき，勝敗の何れにせよ，しばし呆然とするスポーツマンを見ることがある。勝ったときは「あれでよかったのか」といったような驚きの気分，敗れたときはむしろ相手に対して「よくやったナァ」というような畏敬の気分と，全く逆のような気分を味わい，観衆が敗れたときに見せる悲しみをスポーツマンへの怒号と変えるような気分とは異なった気分である。ただスポーツマンを気分的混迷に陥らせるのは，コーチャーや応援者からの眼に見えない圧力のためである。勝って泣き，敗れて泣き自分をいたわる涙を流す。そして，ほほえみ，さらに練習を続ける。「よくもまあ，ここまで来たものだ」と始めてふりかえるアルピニストの胸に湧き上がってくる遠い哀感とは程遠い涙であろう。

スポーツマンの常に反復しながら熟せしめながら，しかも刻々脱落していく瞬間の持続と，観衆のもつ単なる期待に前後も忘却するその時の持続との間には時間の構造に対する見透しにおいて自ら異なったものがある。だからその気分は判然として区別され得るものであろう。

この異なった二つの気分が，スポーツの階級性のモメントとなっている。即ちスポーツそのものの気分的性格が一つであるにもかかわらず，スポーツマンの気分よりも観衆の期待的自己忘却的現実生の気分を核とした歴史的文化形態に従って種々の類型的発展を遂げ，スポーツマン・シップといわれるものなどを除外したり開示したりしながらスポーツがおこなわれていることに注目しなければならない。古代オリンピックの時代のスポーツマンと，ローマ時代のコロシュームにおける奴隷の身体活動とを思い浮かべ，現代のスポーツ事象をとらえる必要があろう。現代のスポーツが営業広告形態をもち始め生産的構造より人間を遊離せしめる機能にのみ発展していることは前述のスポーツの気分的性格の一つである観衆のスポーツ気分の優背的発育だとも考えられる。そして多くのスポーツマンは，ローマ的奴隷的形態の中で技術のみを深めつつあるのではないか。記録のみを追求し勝敗のみにこだわることは，そのあらわれであって，まさしく人間の疎外化であろう。スポーツ気分は，より深い実存の内底に根ざしたものでなければならないと考える。

スポーツの視覚構造

スポーツを絵画と見ている人々はいないだろうか。緑の芝生の上で，或る一定のしかも予測せざる動きをもって躍動する肉体の群に，絵画的性格を見出している人々は多いであろう。また同時に，彫刻的性格も，音楽的性格も，そして演出も脚本もないが，そこに本質的に流れている演劇的性格も，また文芸的性格も見出せるであろう。だが，そのもっていると考えられる諸性格が一つずつ取り去られたとしても，スポーツは独自性をもっているために崩壊してしまうことはないと考えられる。

スポーツのもっている独自性とは，遊戯のもっている独自性であって自己目的的性格である。しかし現今のスポーツは遊戯より発展したけれども，そこに一つの新しい芸術性を見出されつつあるのは，絵画的性格や彫刻的性格などの芸術的性格の総合されたものとして新しい性格をもっているものとしてみとめられつつあると考えてもよいのであろう。

「スポーツは動く絵である」という人もいる。動く絵画は単なる絵ではない。それは運動を離れないものとして時間を本質的に要求するものでなければならない。絵画は専ら空間を要求して成立するのである。絵画は奥行があり深さをもっている。しかし深さに対して動くことが許されない。その奥行に対して積極的に動くことのできる彫刻は観賞者の運動を即ち観る位置の変化をみとめ絵画と違った空間性をもたせる。また観賞者に対して要求をする。このことで明らかなように彫刻は視覚の位置の運動によって独自の創造的展開をするのである。しかしながら，ポリュクレイトスの「槍をもつ男」やミュロンの「円盤を投げる男」にみられるスポーツをテーマとした彫刻は続いておこるであろう運動の気配をいかにありありと見せるにしても，槍や円盤を手から離さない。我々には，いかにも「今，投げるぞ」と呼びかけても動かないのである。観賞者は彫像の周囲をまわり刻々と変化するであろうものを観賞者が内面で描きながら見惚れるのみである。彫像の中に内含されている作者の内的生命の，表現的生命の発展を見るのみである。

絵画においては観賞者の運動は非本質的であり，彫刻においてはその逆であると考えるならば，さらに演劇は彫刻と異なった視覚をもっていると考えねばならない。ステージに動くすべてのものが内的な時間をもち総合された種々の芸術性のうえに表現されていくものであろう。

スポーツの視覚は動く。そして対象も動くのである。動く対象を，その動きにおいて把握するところにスポーツ特有の美しさがあらわれ，みつけ出されるのであれば絵画でもない，彫刻でもない，演劇でもない，新しい芸術の一様式として，その芸術性が云々されてもよいと思われる。なぜならば，外的時間と内的時間との総合ということになり観衆自らがスポーツの内へ観るために入っていくときに成立するものと考えられるからである。（この点が「スポーツは演出も脚本もない演劇だ」といわれる所以であろうと思われる。）従って観るスポーツ・観られるスポーツについて具体的に考察する必要があろう。

観る・観られるスポーツ
——映画「東京オリンピック」を見て——

映画「東京オリンピック」はスポーツを描いた映画であるが「生」のスポーツそのものではない。映画という芸術形式即映画的視覚によってとらえられたスポーツであり，映画監督の人間観・スポーツ観によって創作された芸術の素材としてのスポーツである。103台のカメラ・232本のレンズと500人のスタッフによってクローズアップや高速撮影，連続撮影などあらゆる映画的手法を駆使して描かれたスポーツだから，それから受ける感動は「生」のスポーツそのものから受ける感動と異なるのは映画芸術の特殊性から当然ではあるが，異質なものとは云え，スポーツの中にあるものを人間の視覚以上に広く深くとらえているといってもよい。

市川崑監督は制作にあたって，スポーツに美を見出しそれをみとめた立場から「オリンピックを祝福するとともに人間の理想と現実に視点をおき，アジアで初めてのオリンピックの意義と全貌を記録としてとどめ体力の限界に挑戦しょうとするスポーツの躍動的美しさをモチーフとして，人間の本当の姿，本当の美しさを描きたい」註(1)といっている。従ってこの映画は市川監督によって創作された芸術作品でありスポーツを通じて人間を描き，人間を追求しょうとした芸術だと云わざるを得ないが，第二義的にしろ，スポーツのもつ美しさをあらわしているといってよいと考えられる。

この映画「東京オリンピック」を芸術として見たか，スポーツそのものとして見たかは一応別問題として，美しさを覚え，感動したところを自由に記述した調査から次のように考察できる。

陸上競技・100m ……ヘイズ（米）

「力強さ，たくましさ，豪快さ，男性的な強さ」

を走る姿の中に見出し「肉塊がはずんでいる」「大きな肉塊の疾走は壮快だ」とし「大きなすばらしいエネルギーと爆発的なスタートに」「鍛え上げられた身体に」「ライオンのような筋肉と体力」に驚き「弾丸のようなスピード」に「大きな怪物が走るようだ」という。註(2)

スポーツマンのはげしく鍛えられた身体や体力に美しさを見出し，自分もかくありたいという願望や羨望が，人間というものに対しての敬意や尊敬を覚えさせ，さらに美を感じている。

次に棒高跳におけるハンセン選手（米）のポールを自由に使いポールのバネを自分の身体の中に完全にとり入れたようなフォームや，体操選手の人間技と思えない独創的な高度の技術，サッカー選手の高度なボールをコントロールする技術を見て，技術的表現的な身体として人間の能力の限界まで鍛え上げられた身体や技術に美しい魂さえ発見している。

陸上競技・棒高跳

「身体とポールの弾力的な釣合いに」「ポールと人間が一体となった」「一つのことに集中し」「緊張した，追いつめられた姿に」註(3)

体操競技

「止まることのない動きの中に」「動きの中の静止の状態の中に技をきめていくときの心を」「人間の力の限界を示し」「優雅な動き」「神秘的な美しさ」「数式であらわせるような美しさ」に「鍛え上げられた身体と律動の中に調和を見出し人間技と思えない音楽を感じた」註(4)

またチームゲームにおいては個人的なスポーツでは体験できない集団という新しい次元の中の美的体験を特殊な組織的力感としてとらえている。

サッカー

「迫力ある個人の動き」が「チームの中に完全にとけこんで」一つのボールに対して「動きが花にたわむれる無数の蝶のようにさえ感じた」註(5)

バレーボール（女子）

「青春を犠牲にした苦労」「一つのものに向っていった努力と人間の姿に」「スピードと技が合致したとき」「計算しつくされた動きの正確さ」註(6)に集団と個人の関係すら考えることの必要なさを感じている。

そして身体美や技術美といわれるものよりも，それをふまえて成り立つと考えられる精神的なものに，より高い美しさを感じている。即ちスポーツする人間の微細な心理的生理的な動きや，意志や根性とよばれるような精神的なもの，さらにスポーツマン・シップといわれるものなどによってあらわされたり，また推測できる人間の内にあるものにいたるすべてのものに美的感動を覚えているのである。

「悲しそうなスタート時の表情に＜陸上競技・100m＞」「緊張と不安，孤独がゴールインとともに解放された喜び＜同上＞」「投げる前，不安と緊張が入りまじつてイライラしている姿に人間の弱さを見た＜陸上競技・砲丸投＞」「水を求める落伍選手の人間としての弱さを知る＜陸上競技・マラソン＞」「人間の努力と誠実さを（まじめ悲しげなアベベ選手の神秘的な表情に）＜同上＞」「終了後，抱き合って健闘をたたえ合っている二人の選手の姿に＜ボクシング＞」註(7)

またスポーツのもつ独特の社会的機能の美しさは，オリンピックなどのスポーツのもつ特別な組織によって可能であり，それは開閉会式などによって明らかにとらえられて，人類のもつ夢のあらわれ，即ち平和・親善や平等などという人間の理想にまで発展した美しさとして切実に感じられている。

意図的に作り出された映画を見ているから当然のことであったかも知れないが，オリンピックそのもの即ち「生」のスポーツを見た画家や作家の感動と全く同じことであるのは，映画としてでなくスポーツそのものとして見ていたと解してもよいと思われる。そして勝者と共に喜び敗者と共に涙したことを記述しているのは，競技者と共感し，競技者となって競技者と共にスポーツをしている体験やそれに伴なう種々の美的感動を体験したのであろう。

このようなスポーツの美は，美と美的なものの両概念の何れかに分類するとすれば，美的なものの中にとりあげなければならないと考えるけれども，競技者自身の運動体感即ち身体と分離させることのできない運動技術美のみでなく，いわゆるスポーツマン・シップとよばれるものによってかもし出される倫理的な美的感動など美・崇高・フモールの三者を基本的なカテゴリーとする美的体験によって美として成立するものと考えられる。スポーツの中にあらわれる意図しない予想もされない美しさ

が，ときとして，演劇その他の芸術より以上の深い美的感動を覚えさせるのは，スポーツ空間に内存するスポーツ独特のものが，スポーツの美的性格をひき出し，あらわにするからであろうと思われる。

まとめ――スポーツ美

スポーツにおける美的体験は競技者自身には運動体感として経験せられる。スポーツをしているときに「快感」を味わい，その快感に酔っていることがある。例えば水泳のときクロールの練習をするために写真でフォームの型を何百枚見てもその泳ぎ方はわからないし泳げるようにはならない。長い期間の練習のあいだに，或る日水に身体を託したような楽に浮いているような気持で力をぬいた気持で泳いでいることに気づくことがある。競技者自身がやろうとしてなかなか達しなかった状態になって，そのフォームを探りあてたのである。自分の身体が一つのあるべき姿，あるべき法則．あるべき本来の姿を探しあて，めぐりあてたのである。小りくつをぬきにした法則のもつ隅々までの数学を一瞬のうちに計算しつくして，その法則のもつ構成のすばらしさを筋肉や呼吸をもって測り，知らないあいだに築きあげ，そのもつ調和，響き合いを身体全体で味わうのである。感官的な快美の上に経験され，それぞれの運動ごとにそれぞれ独自の運動体感として味わい，さらにそれらのものの総合されたものの中に酔うのである。（その主なるものはスピード感，跳躍感，投擲感，律動感，格闘感などがあげられる）我々が，スポーツを享受するのは，これ等のものの総合された緊張体制を楽しんでいるのであり，さらに気分として深化させていくのである。

これらの個人的な運動体感は，さらにチームゲームにおいて場の力感というべき特殊な緊張体制をはらんでくると考えられる。例えば，バレーボールにおけるボールを中心とした集団の動きと自己の動き，さらに相手集団の動きの一瞬ごとに力動的な緊張体制の微妙なもつれとその解決，個人的なスポーツでは味わうことのできない新しい次元の新しい美的体験を経験するのである。

観る・観られるスポーツは，このような運動体感が現覚構造となって観衆に経験されるのである。

さて，スポーツ美はこのような運動体感の上に，それぞれの技術美（その要素としてはスピード，力，リズムタイミング，バランス，器用さ，洞察力など），さらに美・崇高・フモールの三者を基本的なカテゴリーとする美的体験をもって完結するものと考えられる。スポーツのうちにある矛盾的対極的性格（身体と精神，偶然性と必然性，闘争性と協同性，娯楽性と厳粛性など）が相交錯するがために統合統一者としての競技者の苦闘がみられるので，筋書きのない演劇ともいえるスポーツ美の展開となり，ときには演劇以上の美的感動に打たれるのである。ここに既成の美学的概念では測りしれない新しい美的世界の展開をみることができるのである。

本研究をすすめるに当り，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。

註(1) 市川崑，近代映画昭和40年4月号臨時増刊
(2)～(7) 拙稿，スポーツ美の研究―発表資料より 日本体育学会発表 1966

文　献

1 中井正一，美学入門 河出書房
2 中井正一，転換期の美学的課程 美術出版社
3 中井正一，現代芸術の空間 美術出版社
4 中井正一，美学的空間 弘文堂
5 稲垣一穂，近代芸術の見方考え方 理想社
6 清水宣雄，超現代性の美学 高陽書院
7 竹内敏雄編，美学事典 弘文堂
8 栄久庵憲司，道具考 鹿島出版会
9 近藤英男他，体育の哲学 黎明書房
10 滝沢克巳，スポーツの哲学 内田老鶴圃
11 大西克礼，美学（上・下） 弘文堂
12 東京オリンピック 文学者の世紀の祭典 講談社

モームの目とチャーリーの目

——『クリスマスの休暇』について——

柏　原　啓　佐

S. Maugham's Eye behind Charley

——On *Christmas Holiday*——

Hirosuke KASHIWABARA

Christmas Holiday は1939年，第二次大戦前夜に生まれた。前年には *The Summing Up* が出版され，モームが作家として円熟の境地に達した時である。時流に超然とした態度をとってきた彼も，さすがに時代の変化に敏感に反応し，珍らしくこの作品で，政治，社会問題を取り扱っている。そういった意味で，この作品は，'第二次大戦ぼっ発前10年間における最も意義深い小説'[1]であると，Glenway Wescott を感嘆させたのであろうが，一方には'退屈だ'との批評もあった。[2] Richard Cordell は，以上に述べたような意味での，この小説の特異性に注目しながらも，それはあくまでも背景にすぎないのであって，モームの真のねらいは，やはり男女の人間，魂の暗い奥底，人間性の複雑さにあると断言している。[3] その点本論でも，Wescott よりもむしろ Cordell の立場をとるものであるが，さらに詳細に分析を試み，モームの文学態度，人生態度の一端でものぞき見することができれば幸いである。

I

モームが序文[4] で説明しているところによると，*Christmas Holiday* は，彼がパリ滞在中に傍聴したある殺人事件の公判から生まれた。被告は，身なりがよく，美ぼうで，うぬぼれの強い，ほとんど少年といってもよいほどの若い男である。家柄はよく，父は陸軍の将官で，母は誇高いブルジョアの典型的なフランス女である。しかし父はすでになく，いまは母親と，彼を愛する可れんなロシア人の妻と三人で，つつましい生活を送っていた。殺した相手は，いかがわしい競馬の予想屋で，被告は彼から数千フランを奪った。

物語の骨組は，以上の説明とまったく一致している。そして事件の報告は詳細にわたり，推理小説的興味もひくのであるが，ただそれだけにとどまっていれば，この作品の意味はほとんど無に帰してしまう。チャーリー・メイスンがパリで味わう体験を，英国の平和な家庭生活と異質のものにするためには，チャーリーとは違った世界に住む人物を登場させるばかりでなく，彼らの性格の深みにまで立ち入らなければならなかった。彼らを克明に描くことによって，モームはこの作品に何ものかを盛り込もうとしたのであるが，その間の事情を，彼は次のように述べている。

> It had immediately struck me that here was the material for a novel that I could make something of. But it was not merely as an account of a trial in a French court that I saw it. I had an inkling that there was more in it than that. (*The selected Novels*, Book III, Preface)

モームは，その何ものかを，チャーリーの目を通してながめると同時に，彼の背後にいて，じっとみつめてい

るのである。

チャーリーは，絵画や音楽に造けいの深い両親のもとで，妹とともに波風の立たない，経済的にもきわめて安定した生活を送っていた。一時は音楽家や画家を志した彼も，ケンブリッジを卒業するころにはその情熱もさめ，いまは父の不動産会社で，計理士としての仕事に満足している。自分の望みどおりの道を選んでくれたことを喜んで，父はクリスマスの休暇に，チャーリーがパリへひとり旅をすることを許した。

23才のチャーリーがパリに期待したものは，世間並みのロマンスであり，アヴァンチュールであった。しかし彼を待っていたものは，常識を打砕いてしまうような体験であった。旧友のサイモンに認められた著しい変化，リディアとの奇妙な同居生活，彼女の夫ロベールの殺人事件などが，チャーリーの頭を混乱させてしまう。自己満足したブルジョア的世界観が，根底から揺さぶられ，彼の目はいままで向けられたこともない現実に注がれる。

サイモンは，いん奔な女で，離婚されて行くえ知れずの母を持ち，父はすでに死亡していた。チャーリーとともに学んだケンブリッジは，時間の浪費と悟って中退し，いまは，チャーリーの父の世話で新聞記者になって，パリに派遣されていた。早くから書物に親しみ，れいりであったが，じょう舌でおませなところがあった。チャーリーの母親には，他人の親切を当然のことと考えているようなサイモンが，純真で内気なチャーリーと比べてみて生意気に思われた。そのサイモンが成長して，何ものかに憑(つ)かれたような姿を，チャーリーの前に現わすのである。その時，チャーリーは次のような印象を受けた。

> ---he felt that Simon was not surrendering himself as he had to him alone in the old days, but was holding back, critical and aloof; he seemed to be taking stock of him as if he were a stranger and he were making up his mind what sort of a person this was. It made Charley uncomfortable and he was sore at heart. (p.30)

サイモンは不潔な部屋に住み，1日1食という修業僧のような生活を送っている。他人に対する愛着のきずなを断ち切り，最後にはチャーリーをもなぐり倒して，友情を自ら捨て去ってしまう。彼の人生の目標は他人を支配することであり，そのためにはまず己(おのれ)に克(か)たなければならなかった。

そのサイモンから，チャーリーは一夜を楽しむつもりで，しょう婦リディアを紹介された。ところが，彼女が殺人犯ロベールの妻であると聞いて，彼は驚くと同時に，彼女との関係は予想外の方向に進展する。大学教授であった彼女の父は，ボルシェヴィキに追われて，家族ともども英国に亡命したが，望郷の念は募るばかりで，結局だまされて，ロシアに帰国した時に処刑されてしまう。パリに移って，生活の苦しさから母が死んで後は，ドレスメーカーをしながら母の友人の家で寝泊りしていた。ふとしたことでロベールを知り，意外にも結婚することになるのだが，幸せは長続きしない。ロベールが殺人犯として有罪の判決を受け，15年の懲役で悪魔島へ送られてしまったのだ。リディアは夫を心から愛していた。そして，いまはしょう婦に身を落しているのだが，決して金もうけのためではない。彼女はその理由を次のように語っている。

> "Sin must be paid for by suffering. How can you with your cold English nature know what the love is that is all my life? I am his and he is mine. I should be as vile as his crime was if I hesitated to share his suffering. I know that my suffering as well as his is necessary to expiate his sin." (p.148)

長い年月のうちに，夫の愛が色あせるであろうことも知らないではなかったが，リディアの愛情は，現実的，打算的な顧慮を含んでいない。そのしょく罪意識も，キリスト教的な神の概念に根ざしたものではない。つまり理性とは何の関係もなく，人間をはじめ，自然の万物を支配している暗くて残忍な力を感じとる本能から出発した，いわば原始的宗教に基くものである。キリスト教世界に住み，合理主義的なチャーリーにとって，彼女の行為はまったく不可解であった。

貧しいとはいえ，リディアには教育があった。音楽や美術にも関心を持っていたが，その味わい方には個性があった。ルーヴルを訪れ，チャーリーが得意顔でさし示すいわゆる名画には目もくれずに，片隅のパンとぶどう酒ビンを描いた小さい絵の前に立ち止まる。その絵から愛とあわれみを感じとって感動する彼女は，

> "---So far as you're concerned the only meaning a picture has is the meaning it has for you." (p.221-2)

と言ってチャーリーを驚かせるのだが，母親から教えら

れた常識的な彼の鑑賞眼は，しだいに土台が崩壊しはじめる。

世間知らずのチャーリーにとって，リディアの言動は意外なことばかりであった。深夜のミサで音楽を聞いて泣いた彼女が，その直後の食事の席で，まだまぶたをはらしながら，

"I'm very hungry." (p.66)

と言っているのは，*Of Human Bondage* のサリー[5] を連想させるが，愛や悲しみが，おう盛な食欲と矛盾しないで同居しているところはリアルであり，モームが人間をどのようにとらえようとしているかがうかがわれて興味深い。

II

しかし，モームの最大の関心は，ロベールに向けられていると考えられる。主要な登場人物はすべて，何らかの意味で彼と関係を持ち，姿の見えない彼を焦点にして行動していると言っても過言ではあるまい。彼の性格描写や殺人事件の経緯は，妻のリディアと，この事件を扱った記者のサイモンからチャーリーに語られる。

ロベールとリディアは，音楽会で知り合った。彼女の受けたロベールの第一印象は，'ingenuous and frank'[6] であった。教養ある話しぶり，子供っぽい熱中のしかた，生き生きとした感じが，彼女の心をひいた。彼は彼女に対して何の下心も持っていないし，信用できる男のように思われた。

孤独なロシア人であり，苦しい生活を送っているリディアが，愛する男と結婚して，フランスの中流家庭に入ることができたのは，彼女にとっては望外の幸福であった。しかし，それもつかの間の喜びであり，やがて彼女は，夫ロベールの無邪気さの陰に，暗くて奇怪な心のゆがみを見いだしておびえる。彼がとあるレストランで，空席に置き忘れられたハンドバッグを取り上げてあけた時のリディアの驚きは大きかった。その時の情景を，モームは次のように描写している。

He looked quickly right and left and then gave her (Lydia) a sharp, cunning, malicious glance. Her heart stood still. She had a conviction that he was just about to take the money out and put it in his pocket. (p.124-5)

この時すでに，リディアにはロベールの隠された面が直感的に感じとられたのである。彼の犯罪に手を染めやすい傾向は，しだいにリディアにも明らかになる。結婚前に，いろいろと弁解しながら乗っていたいくつかの車は盗難車であったし，夫からもらったわに皮のハンドバッグ，金の腕時計，それに化粧道具入れもすべて盗品であった。つまりロベールには，熱烈で無邪気な愛人と，暗い犯罪者的要素とが混在していたのであって，モームはその点に冷徹な目を向け，それを効果的に浮彫りするために，各処に巧みに伏線を巡らしている。ロシア音楽を聞いた後で，リディアから，フランス人の彼にとって，ロシア音楽がどのような意味を持っているのかと尋ねられ，ロベールが次のように答えているのは意味深長である。

"---I don't know what it means to me. It's the only music I want to listen to. It is power and passion, blood and destruction. It makes every nerve in my body tingle." (p.96)

さらに続けて，

"Sometimes when I listen to it I feel there is nothing that man is capable of that I cannot do." (ibid.)

と，無意識のうちに心の底をのぞかせている。そればかりか，リディアはすでに彼の表情に残忍さを読みとっていた。彼の顔はもはや人間の顔ではなくて，'a mask of triumphant malice'[7] であった。

ついに殺人事件が起った。犯人がロベールであることは，はじめから明白である。モームの関心は，警察当局の推理よりもむしろロベールという人間に向けられている。殺人犯の内面にまで深く潜入しようとする。ロベールは金銭を奪いはしたが，本当の目的は他のところにあるのではないだろうか。この点については，サイモンがその大胆な論文において，モームの犯罪分析を展開してみせている。

III

ここで，サイモンが作品中で果している役割，言いかえれば，サイモンの存在意義について考察しておかなければならない。

序文の文脈から察して，少くともこの作品に関する限り，サイモンには明確なモデルがあったとは考えられない。いわば作者が，ストーリーの構成のために創造した

人物である。そのために一層，この人物はモームの面影を多分に宿しているのであり，装いこそ違え，他の作品にも，本質的には同様の神を頂く人物が，数多く登場している。[8]

'that driving force that urged me on and on'[9] にとらえられたサイモンは，*The Moon and Sixpence* のストリックランドの変形であり，*The Explorer* や *The Magician* の主人公も，同様の執念の持主であった。[10] その意味で，サイモンを特に新しい人物であると考えるのは当らないし，そればかりか他の作品の場合とは違って，彼は作品の中心人物と見なすことはできない。むしろ，殺人犯ロベールの人間性を分析するための手段として使われているのであり，モームは雄弁な彼を操って，ロベールについての自己の見解を開陳しているのである。事実，サイモンの考え方の中には，いつものモームの持論が，歴然と姿を現わしている。たとえば，チャーリーと自分とを比較して，自分には欠けているチャーリーの魅力がどこから生まれるのかと，いろいろ考えてみて，

> "One of the reasons why I wanted you to come over was to see exactly in what your charm consisted. As far as I can tell it depends on some peculiar muscular formation of your lower orbit. I believe it to be due to a little crease under your eyes when you smile." (p.41)

とサイモンは言っているのだが，これはモーム一流のシニシズムであると考えられる。モームは既成の価値を疑い，精神性の重視にまゆをひそめる。そのことは彼の恋愛観に色濃くにじみ出ている。彼にとって，恋愛は生殖腺(せん)のある分泌[11] でしかない。H.G. Wells が気晴らしとしか考えていない異性との関係が，相手にとっては永続的な情熱でありうることに驚いて，モームは次のように言っているのだが，上に引用したサイモンの言葉と，明らかに共通な発想である。

> It surprised me since his physical appearance was not particularly pleasing. He was fat and homely. I once asked one of his mistresses what especially attracted her in him. I expected her to say his acute mind and his sense of fun; not at all; she said that his body smelt of honey. (*The Vagrant Mood*, p.212, Heinemann)

サイモンの，侮べつ，無視，ちょう笑に対する無関心，つまり 'spiritual aloofness'[12] を希求する気持の激しさも，学校時代，吃りをみんなからちょう笑されたモームの苦い経験を想起させるものがあり，また作家としての，批評に対して超然とした態度にも，共通のものを見いだすことができる。

革命及び政治観についても，同じように考えなければならないと思う。モームが作品中で政治を扱うことは，ほとんど無に等しいが，*Christmas Holiday* では，かなりのスペースをさいて，その問題を論じている。リディアがロシア人であることから，モームは，彼女をロシア革命の被害者に仕立て上げた。権力に憧れ，革命に関心を持つサイモンとのつながりも，そこから生まれてくるし，必然的に政治の問題に触れることにもなる。そして第二次大戦前夜という時代を背景に，1917年に革命下のロシアを訪れた時の経験が生かされていることは言うまでもない。

サイモンは，ロシア革命政府の秘密警察チェカの総帥，ゼルジンスキーに深い関心を抱いている。レーニンは喝采を浴びたが，実際に新政府を維持し，人人を支配したのはゼルジンスキーであった，とサイモンは主張する。ゼルジンスキーの仕事は，機械のごとく正確で精力的であり，愛も憎しみも口出しする余地はなかった。したがって，デモクラシーについて，

> "Democracy is moonshine. It's an unrealizable ideal which the propagandist dangles before the masses as you dangle a carrot before a donkey. (p.258)

という批判を吐き出したサイモンは，コミュニズムに対しても徹底的な批判をする。

> "... It (communism) was the dream of impractical idealists who knew nothing of the realities of life. Communism is the lure you offer to the working classes to rouse them to revolt just as the cry of liberty and equality is the slogan with which you fire them to dare. (p.263)

結局サイモンの主張は，いつの時代にも搾取者と被搾取者が存在し，自分を治めることを知らない民衆には，いつの時代になっても主人が必要である，ということであって，彼の目標はこの主人になることである。彼が権力を求めるのは，自己完成，言いかえれば 'creative instinct'[13] 充足のための手段としてである。それはあ

くまでも個人的な生き方の問題であって，社会的，政治的な問題とは，本質的に何らのかかわりもない。むしろ彼の関心は，個人としての人間に向けられ，一見何の関係も持たないと思われる犯罪者ロベールに寄せる好奇の目は，そのことを裏書きしている。

IV

またロベールの考察にもどろう。彼にはいくつかの前科があった。実はリディアが，格式の高いフランス中流家庭に入り得たのも，結婚させて息子の行いを改めさせようとする母親の隠された意図によるものであった。車を盗んだのは，楽しみ，つまり 'the pleasure of exercising his audacious cleverness'[14] のためであったと考えられるし，以前の雇主である株式仲買人から，巧妙に金をくすねたのも，頭のよさに自信をもっている主人をばかにするためであったと，ロベール自身が告白している。

ロベールは，母と二人だけの，尊敬に価する生活の単調さにいら立ちを覚えて，いかがわしい連中の群がる世界に足を踏み込んだ。そこは，彼にとってはひじょうに気楽な世界であった。殺された男もその仲間の一人であり，その彼に向って，ある日ロベールは，一般に犯罪の目的が何であるかを，次のように打ち明けている。

> "But it's not the money, it's the excitement and the power. (p.187)

つまり，彼の欲しいものは刺激である。

彼の魂は，自己の解放，完成を目ざしたのであり，その意味で，ストリックランドの魂と本質的に同じものを追っている。

言いかえれば，ロベールはスマートなストリックランドである。そして，この二人の人物が犯罪者と芸術家であることは，決して偶然ではない。

> The artist can within certain limits make what he likes of his life. In other callings, in medicine for instance or the law, you are free to choose whether you will adopt them or not, but having chosen, you are free no longer. You are bound by the rules of your profession; a standard of conduct is imposed upon you. The pattern is predetermined. It is only the artist, and maybe the criminal, who can make his own. (*The Summing Up*, ch.15)

と述べているように，社会的なきずなをのがれているという意味において，彼らは自由という共通の分母を持っている，とモームは考える。サイモンはそれを目ざとく見つけ出して，ロベールについて，次のように論じている。

> Like an artist heavy with the work demanding expression in his soul, who knows that he will not find peace till he has delivered himself of the burden, Berger felt that by killing he would fulfil himself. (p.195)

この小説では，美術や音楽について，モームのうんちくが傾けられているのであるが，それはただ単に随想的な慰みではない。それは，チャーリー一家の常識的な考え方と，リディアやパリの片隅にたむろする人たちのリアルな生活感情との対照を鮮明にしているばかりか，ロベールの人間性解明の手助けともなっている。

ロシア音楽が好きで，そこに力，情熱，血，破壊を感じとるロベールは，犯罪と芸術の結びつきを，すでににおわせている。チャーリーは，ロベールの心に思いを至し，

> But what was it that Robert Berger got when he listened to music? --- Might it not be rather that in music he found release from the devil that possessed him, that devil which was stronger than himself so that he could be delivered, not even wanted to be delivered, from the urge that drove him to crime because it was the expression of his warped nature, because by throwing himself into antagonism with the forces of law and order he realized his personality --- (p.188)

と沈思するのであるが，この時，チャーリーの芸術に対する認識は深まっていると言えよう。

モームは，芸術の目的はカタルシスであり，創作を通して，肉体的欠陥，失恋の痛手，絶望，その他さまざまな不幸を克服できるのだと考えている。[15] チャーリーがロベールについてばくぜんと考えたことも，またロベールの犯罪を芸術家の創作と比較したサイモンの主張も，同じことであった。

ロベールは自由を求めたのである。彼に自己を投影し

たサイモンも，その傾向を示している。しかし，モームの求める自由は， Forrest Burt も指摘しているように，劣等感からくる，'a retreat from society's demand for cooperation'[16] であって，消極的である。したがってそれは，他から見ればどこか観念的な臭みを持っているのであって，ロベールもサイモンも 'fictitious' で 'unrealistic'[17] な印象をぬぐいえない。モームは，囚人を送る仏領ギアナを実際に訪れて囚人と話をした結果，殺人を犯した究極の動機は金銭的なものである，と語っているが，[18] この現実とフィクションの矛盾が，一層この作品の力を奪っているようである。その点でストリックランドの寡黙な行動は，モデルが実在の人物であるということもあって，ずしりと重い存在感をもっている。モーム自身は， *Christmas Holiday* の出来ばえに，いささか満足の意を表わしているようであるが，[19] それは筆運びの巧みさについての，語り手としての満足であると想像される。登場人物は，ロベールの母親の現実味に比べ，ロベール，サイモンそれにリディアの現実性の乏しさは否定できない。その意味でも，この作品は，*The Moon and Sixpence* や *Of Human Bondage* に遠く及ばないのではないだろうか。

V

サイモン，リディア，ロベールと，三人の興味ある人物の登場する舞台をながめ，いままで知らなかった暗い人生の現実に目覚めていく若者が，チャーリーである。彼の因襲的な人生観は，根底からくつがえされる。

友人サイモンの変貌に戸惑いを覚えたチャーリーは，リディアの身の上話を聞いて，夕方ホテルの裏窓から向いの窓をながめながら，それぞれの部屋にいる奇妙にアンリアルな人人のことをあれこれと想像して，物思いにふける。

> Who could tell what people were really and what grim passions, what crimes, their commonplace aspect concealed ? (p.92)

と感じたチャーリーは，すでに人間という複雑で不可解な存在を認識しはじめたのであり，人間の穏やかな表面の下に，'something confused, dark, monstrous and terrible'[20] をかぎつけている。殺人を犯した夫をなおも愛する女，しかも夫の罪のつぐないをするために，しょう婦に身を落した女の心の複雑さは，恵まれた家庭ですくすくと育ったチャーリーには，ほとんど理解できないほどであった。しかし，人間性の不思議さは，しだいに素直で誠実な彼の心にしみこんでいく。

> He had a sensation that he had never had before; it seemed to him that a veil that painted the world in pleasant, familiar colours had been suddenly rent and he looked into a convulsed and writhing darkness. (p.147)

このようなチャーリーのみずみずしい感動は，もちろんモーム自身の感動でもあろう。そこには，彼の青春の懐疑や苦悩までが感じとられるようである。

チャーリーは，親友のサイモンの中にも，意外なものを見つけて驚く。ロベールに関する論文で，サイモンがロベールの心の深えんをのぞき込み，殺人を犯した動機とその勇気にせん望を覚えているような印象を受けて，

> "I've known Simon for nearly fifteen years. I thought I knew him inside out. I'm beginning to think I don't know the first thing about him." (p.197)

とつぶやいている。

ロベールのことに思いをめぐらすにつけても，チャーリーの頭は，混とんとした状態に陥るばかりであった。リディアを熱愛していた無邪気なロベールに，殺人という恐ろしい行為が可能であるとは考えられない。では犯罪者ロベールを，ただ単にならず者として片付けるだけでは，不満足ではないだろうか。ついにチャーリーも，

> There must be two men in him (Robert). (p.189)

と考えざるをえなくなる。そしてモームはさらに，次のようにチャーリーの考えを展開している。

> --- the idea dawned in Charley's mind that perhaps men were more complicated than he had imagined, and if you just said that a man was this or that you couldn't get very far. (p.187)

人間の二重性，複雑さに目を向けると，勢い無意識の世界にまで足を踏み込むことになってくる。眠っているリディアに対して，はじめて欲望を覚えた夜，昼間あれほど陽気であった彼女の目に涙を認めて，チャーリーは深いためいきをつく。彼女の夢は，おそらくロベールのことであり，またみじめな自分の身の上のことであろう

が，無意識のうちに涙を流すほどになまなましい人生の存在を知って，チャーリーの心は何となく落ち着かない。モームは彼の心を察して，次のような疑問を投げかけている。

"Who are we really ? What do we know about ourselves ? And that other life of ours, is that less real than this one ?" (p.244)

そして，サイモン，リディア，さらにロベールに潜む人間性の複雑さをつぶさにながめたチャーリーが，次のような感懐にふけったのも当然である。

---it looked as though the people we thought we knew best carried secrets that they didn't even know themselves. Charley had a sudden inkling that human beings were infinitely mysterious. The fact was that you knew nothing about anybody. (ibid.)

このような人間観は，もちろんモームの人間観の中核をなすものであり，その，ある意味であいまいで歯切れの悪い結論は，絶えず人間性を追求してきた彼の文学態度と深いつながりを持たずにはいられない。人間性についての記述は当然のことながら随所に見受けられるが，彼の人間観をうかがうには，*The Summing Up* から次の一節を引用すれば充分であろう。

I think what has chiefly struck me in human beings is their lack of consistency. I have never seen people all of a piece. It has amazed me that the most incongruous traits should exist in the same person and for all that yield a plausible harmony. (*The Summing Up*, ch.17)

身持ちは悪いが，気立てがよく魅力のある，*Cakes and Ale* のロージーや，非道な芸術家ストリックランドをはじめとして，モームの作品には，彼の人間観の肉付けとして，数数の人物が登場する。*Ten Novels and Their Authors* において試みた作家論にも，彼の人間観が濃厚ににじみ出ているし，*Cakes and Ale* のドリッフィールドについても，そのような観点から考えなければ，よく理解できない。モーム文学の究極の目的は，人間性の追求にあり，冷徹な目を通して描き出された人間像は，善悪の判断を越えた観察の記録である。

たとえば，この作品中最もリアルで巧みに描かれていると思われるのは，ロベールの母親であって，モームの日ごろの観察の鋭さが現われていると思われる。ロベールの妻になるリディアをはじめて迎える時の彼女の外見と，その心のひだを読み取る眼力との対照は，モームの特質を具象化したよい一例と言えよう。モームは，次のように描いている。

It even amused her (Lydia) to see behind Madame Berger's warm sympathy, through her shocked commiserating answers, the shrewdness that weighed every word she heard and drew conclusions upon it. (p.110)

モームの人間に対する関心の目は，チャーリーの目を通して，サイモン，リディア，ロベールたちに向けられ，うぶなチャーリーの，人間性の不可解さに対する驚きが，やがていままでの常識的な人間観を破壊してしまうのだが，彼の驚きはそのままモームの驚きであったと言えよう。

政治や革命を論じ，殺人事件の経緯を詳述しているように見えるこの小説は，一見モームの作品群の中で異色の作品と受け取られるかもしれないが，結局は個人としての人間の追求である。そして，*Christmas Holiday* は，やはり円熟期に達した作者が，多少の観念臭を持ちながらも，その達者な人間観察の結果を十二分に吐露した作品として評価されなければならないであろう。

付　記

Christmas Holiday からの引用文には，すべて書名を省略した。テクストは，*Christmas Holiday*, Collected Edition, Heinemann を用いた。

注

1. Richard Cordell: *Somerset Maugham*, p.230, Heinemann.
2. *id.*, p.219.
3. *id.*, p.129.
4. *The Selected Novels*, Book Ⅲ, Preface, Heinemann.
5. *Of Human Bondage*, p.941, Heinemann.
6. *Christmas Holiday*, p. 98, Collected Edition.
7. *id.*, p.101.
8. *The Travel Books*, Preface, Heinemann.
9. *Christmas Holiday*, p.39.

10. 奈良工業高等専門学校「研究紀要」第4号，拙稿『月と六ペンス』とモームの憧憬.
11. *The Summing Up*, ch.77.
12. *Christmas Holiday*, p.36.
13. *id.*, p.269.
14. *id.*, p.163.
15. *The Summing Up*, ch.50.
16. Forrest Burt: *A New Methodology for Psychological Criticism of Literature: A Case Study of W.S.Maugham*, p.72, University Microfilms, 1967.
17. *id.*, p.75.
18. *The Vagrant Mood*, p.102, Heinemann.
19. *The Selected Novels*, Book Ⅲ, Preface.
20. *Christmas Holiday*, p.92.

偶　然　と　不　安

クライスト作「シュロフェンシュタイン家の人々」の一考察

田　北　寛　剛

Zufall und Angst

Eine Betrachtung über „Die Familie Schroffenstein" Heinrich von Kleists

Hirotake TAKITA

I

Heinrich von Kleist (1777～1811) は「なぞ」の作家といわれている。23才の頃突如として戯曲を書き始めるまで，それまでの生活の跡をのこす記録は，異母姉 **Ulrike**, 許嫁 **Wilhelmine** やごく親しい二三の友への手紙とわずかな論文以外にはほとんどのこされていない。彼の作品だけでなく彼の人生そのものも「なぞ」に包まれた作家であった。こうした作家を研究するとき，主として作品を中心に彼の思想をたどるほかはないが，それだけに彼の作品の解釈には異論が多いのも当然である。

彼の全作品に目を通すとき，同じテーマがくりかえされているのに気付く。すなわち，誤り，虚偽，謎，不信，恐怖，不安等である。これらのテーマは処女作 **„Die Familie Schroffenstein"** から悲劇，喜劇そして彼がたんに生活のかてに書き下した **Novelle** にいたるまで顔を出している。そしてこれが彼の作品を特徴づける重要な意味をもっているし，彼の「なぞ」の人生を解く鍵でもある。

こゝに取りあげた **„Die Familie Schroffenstein"** は完成作品ではあるが，彼はこれを自分の処女作品として世に問うことを恥じて匿名で出版している。しかし事実いくつかの欠点こそ目につくが，最初の三幕までは **Schiller** や **Goethe** をしのぐ劇構成が見られ，天才戯曲家としての崩芽がはっきりとあらわれている。そしてこの戯曲には上に述べたすべてのテーマが含まれている点から見て彼のこのような人生観がこれまでに形成されていたことがわかる。この戯曲を中心に彼がこれらのテーマをどのように抱くようになったかを解明することは彼の後の作品を研究するにも，又 **Kleist** その人を知るのにも重要な意味があると思われる。

II

Kleistは1777年10月18日**Frankfurt a.O.** で**Preußen**の貴族の子として生まれ，一家の伝統にしたがって軍人になった。10代の頃はむしろ快活で，休暇中に友と音楽家の服装をして **Harz**地方に音楽を演奏して，かてをかせぎながら，旅行をしている。その頃ドイツで流行していた **optimistisch** な考え方である幸福主義思想を彼は身につけ，人間は現世で幸福を受けるように運命づけられているという考えを抱いた。

> **„Irgendwo in der Schöpfung muß es sich gründen, der Inbegriff aller Dinge muß die Ursachen und die Bestandteile des Glücks enthalten, mein Freund, denn die Gottheit wird die Sehnsucht nach Glück nicht täuschen, die sie selbst unauslöschlich in unsrer Seele erweckt hat."** (Bd. IV, S.58)

そして彼は真の幸福を得るには徳を行うべきである。その報酬として幸福が来るとき，「幸福がもっと美しい

姿で確実にあらわれる……幸福とは一言でいえば，われわれ自身の本質の道徳的美を満足してながめる時にある。」(1)そして人間はみずから生活を設計し，みずからの幸福をえらび，運命の神に導かれるのでなくて，みずからを導くだけの力がそなわっているのだと固く信じた。

こうして自己の道徳的形成をもっとも神聖な義務と考えて，ついには軍隊を辞して（1779）自己の教養に打ち込み始めた。彼は軍隊の誇らしい伝統と関係を絶ったとき，その代りにさらに高度な世界，すなわち精神のそれを獲得したかったのであった。

しかし彼の一見確実そうに見える考えの裏には深い絶望，人生の不確実さと不安定の予感がにじみ出ている。彼は **Lebensplan** を設定することによって，自分の外部や内部からのなにか予想のできない力を意識したのであった。彼は自分の内部から起る自分自身に矛盾する情熱と同時に **Zufall** のどうすることもできない力の犠牲になることを恐れた。彼は **,,Aufsatz, den sichern Weg des Glücks zu finden“** の中で（**Bd. IV, S.65**）自分は具体的な幸福と不幸の間に横たわっている数ある道の中で中道を選ぶべきであり，目もくらむような高い所に望みを決して向けるべきでないと理性では信じているが，現在の自分の内部のはげしく駆りたてる心情はこの中道をにくんでいる。この自分の心情はきっと自分を間違った方向に導びくであろう。しかも時と経験がいつかは中道が最良の道であることを教えてくれるであろう。自分たちの年頃にはたがいに影響を与えあう激しいものを内部に持っていてそれがたえず自分たちをかきたてている。そして自分が不安定であるのは若者に共通の情緒の不安定の故だ……。と考える。

彼は又自分の情動の不安定を外部の事情の故にした。彼は **Zufall** の中に現実の予測できない恐るべき力を経験する。こうして彼は内部的にも外部的にも彼を苦しめる予測しがたいものに向い合っているが故に彼は人生を規定し，人生にがっちりした破壊できない意味を与えて，**Zufall** や運命の力から安全であろうとするのである。

Kleist は真実と教養を自分のものにすることによって，人間はあらゆる **Zufall** を排除し自分の人生を支配しているもろもろの力を導くことができ，安定したものが得られると確信して，学問に没頭し，当時の新哲学 **Kant** を読み始める。そしてこれらの考え方，すなわち知識でもって，絶対的なものが獲得できるという彼のもくろみは不可能であることが明らかになってきた。彼が真実を求め，教養をつむことによってあの世でもいつかは使用できると考え，次第に一種の宗教にまで高められ，一瞬たりともとゞまることなく，いつもたえずより高い教養の段階へと進んで行く努力が彼の唯一の原理となっていた。教養が努力にふさわしい唯一の財産であり，真実が所有にふさわしい唯一の財産のように彼には思えていた。今や彼の真実はぐらつきだす。

> **,,Wir können nicht entscheiden, ob das, was wir Wahrheit nennen, wahrhaft Wahrheit ist, oder ob es uns nur so scheint. Ist das *letzte, so ist* die Wahrheit, die wir hier sammeln, nach dem Tode nicht mehr.... und alles Bestreben, ein Eigentum sich zu erwerben, das uns auch in das Grab folgt, ist vergeblich ....“(2)**

Kant の「純粋理性批判」によれば，**Kant** は現実把握の形式，アプリオリに人間の意識の基礎になっている範ちゅうを探究した。しかし **Kant**の範ちゅうは時間的空間的に制約されたもの，すなわち現実から給付されている。それらは経験によってその内容を受け取っている。**Kant** によればあるものを認識するのに二つの要素が共に作用する。すなわち意識の先験的形式と経験の素材である。しかしこの経験の素材は感覚印象であり，それに対して **,,Ding an sich“** は把握しがたいものである。したがって意識の内容も現象世界の諸法則に必然的にしたがい，結局はうつろなものである。しかし**Kleist** にとっては，意識の内容は当然真なるもの，絶対的なものでなければならない。つまり認識対象が現象世界を越えた絶対妥当なもの，**,,Ding an sich“** である。かくして **Kleist** の理想世界はくずれる。

Kleist は **Kant** の批判哲学によって圧しつぶされる。彼の心がよろこび夢中になって向って前進して行く一つの目標がなくなって彼は苦しむ。

> **,,Mein einziges und höchstes Ziel ist gesunken, ich habe keines mehr. Seitdem ekelt mich vor den Büchern, ich lege die Hände in den Schoß, und suche ein neues Ziel, dem mein Geist, froh-beschäftigt, von neuem entgegenschreiten könnte. Aber ich finde es nicht, und eine innerliche Unruhe treibt mich umher, ich laufe auf Kaffee-häuser und Tabagien, in Konzerte und Schauspiele, ich begehe, um mich zu zerstreu-**

en und zu betäuben, Torheiten, die ich mich schäme aufzuschreiben, und doch ist der einzige Gedanke, den in diesem äußern Tumult meine Seele unaufhörlich mit glühender Angst bearbeitet, dieser: dein einziges, und höchstes Ziel ist gesunken ... ..“(3)

Kleist は Kant の哲学を完全に理解したわけではなかった。Kant の哲学の一部をつかんだにすぎなかった。彼のそれまでの夢想的な，不安定な情緒を静めるのに役立っていた幸福論をざ折させただけであった。彼の作家としての作品には哲学として影響を与えたのではなく，結果的にこのざ折の経験が彼を詩人にする動機となったにすぎなかった。Kant の哲学はいつかは来る彼の性格から発したざ折のひきがねの役目にしかすぎなかった。Kleist にとって Zufall が彼の世界認識の本質を表わしている。彼は現実に出くわすとき，それを脅威的で疑問を感じ，破壊的な力としてとらえる。現実は彼には意識にとらえられないもの，予測のできない方法で影響を及ぼすもの，未知なものと感じられる。Kleist にとって世界は一見秩序整然としているように見えても，実はつぎ目だらけである。いつ Zufall というおとし穴があって，自分をおとし入れるかわからない。そして心ひそかに恐怖を感じているのである。彼にとって周囲の世界や他人は fremd である。彼には Goetheがおこなったように，世界の中に自己を没入したり世界と調和することが不可能である。自分の心を伝える唯一の手段である言葉でさえ，彼には役立たない。言葉は魂をかきくだいてはくれない，その一部を伝えるにすぎない。だから心の奥底を打ち明けようとすれば，恐怖の感情が起る。その一部にすぎないものを伝えても誤解されることを恐れるのである。しかもこの言葉を最も自分を信頼してくれている姉 Ulrike に対して手紙で書いている。

Kleist のこうした自我と世界という極度に二元的な世界をKochは次のように述べている。

「Kleist は世間や他の人間達へのつながりを見つけることができない。彼は世界とのつながりから自分の位置を認識することができないが故に，彼は絶望的に意味を含んだ法則を探し求める。意識の中の監禁，それが Kleist の立場である。」(4)

1801年から1802年にかけて Kleist が文学生活に入る準備期間になっているわけであるが，彼が自由に精神的な悩みを打ち明けていた友や親戚への手紙を読んでも，彼が詩人としての活動をしていたことに関しては ,,Die Familie Schroffenstein“ の前身 ,,Die Familie Ghonorez“ を書いたこと，Paris で ,,Robert Guiskard“を完成しょうと情熱的に取り組んでいたことを述べているだけで，その内容にはほとんどふれていず，秘密のヴェールに包まれたまゝになっている。ただ完成処女作 ,,Die Familie Schroffenstein“ を読み，彼のそれまでの論文や手紙とくらべるとき，彼の心に経験した世界観が見事に gestalten されているのがありありとわかる。 Kant 体験で完全に自己の信念を押しつぶされたかのように見えた Kleist が再び詩人としてよみがえったとき，その決意をこの戯曲の中で Sylvesterの口を借りて叫ぶ。

Sylvester. Laß einen Augenblick mich ruhn. Es regt
Sich sehr gewaltig die Natur im Menschen,
Und will, daß man, gleich einem einz'gen Gotte,
Ihr einzig diene, wo sie uns erscheint.
Mich hat ein großer Sturm gefaßt, er beugt
Mein wankend Leben tief zur Gruft. Wenn es
Nicht reißt so steh' ich schrecklich wieder auf,
Ist der gewaltsam erste Unfall nur
Vorüber. (Bd.I, S.150)

Ⅱ

“Tut mir den Gefallen und leset das Buch nicht. Ich bitte Euch darum..... Es ist eine elende Scharteke.”(5)

Kleist は彼の処女作 ,,Die Familie Schroffenstein“ を匿名で，1803年始めにスイスから出版したとき，姉の Ulrike にあててこのように書いている。当時 Goethe のひたいから月桂冠を奪い取る勢いで ,,Robert Guiskard“ に没頭していた彼にとって，この一応は完成した作品も ,,Scharteke“ と呼んだのも当然であった。事実最初の三幕はすばらしい建築学的な古典的均整美が見られるが，四幕目からは少し緊張がくずれ，五幕目の Ursula や気の狂った Jahann の言葉は筋から有機的に出て来たセリフではなく，作者自身が強引に舞台

に上って述べた言葉の感さえある。

しかし1803年3月4日に反ロマン派の機関紙 Kotzebue の,,Der Freimütige"に,,Erscheinung eines neuen Dichters" の Titel で次の批評があらわれた。

> ,,Dieses Stück ist eine Wiege des Genies, über der ich mit Zuversicht der schönen Literatur unsers Vaterlands einen sehr bedeutenden Zuwachs weissage."(6)

前章で述べたように,この戯曲は内部から起る自己不信と,現実の Zufall の破壊力に不安を感じて Lebensplan を設定することによって身を守ろうと企てた Kleist がKant 体験で無残に夢を破られて,人間というものは現実に対してはまったく無防備で盲目であり,運命のいたずらとしか言いようのない Zufall によって犯された Versehen にも取りかえしがつかないという極度の不安と絶望感を gestalten したもので,一種の運命劇と言えるであろう。

この戯曲を読むとき, Shakspeare の,,Romio and Juliet" の仲違いをした両家の子供達の恋物語, Schiller の,,Räuber"や Klingerの,,Zwillingen"の仲の悪い兄弟の話が参考になっているのに気付く。しかし Kleist は,,Romio and Juliet" をそのまゝ模倣したのではない。両家の間に取りかわされた相続契約がこの Versehenの原因となる社会的基盤となっている。

Kirchenvoigt. Seit alten Zeiten
Gibt's zwischen unsern beiden Grafenhäusern,
Von Rossitz und von Warwand, einen Erbvertrag,
Kraft dessen, nach dem gänzlichen Aussterben
Des einen Stamms, das gänzliche Besitztum
Desselben an den andern fallen sollte. (Bd.I, S.19)

このモチーフは Rousseau を読んで影響されたものであろう。彼の,,Discours sur l'origine et les fondements de l'inégarité parmi les hommes"(7) の第二章によれば,財産は道徳的に人間を駄目にする作用を持っている。又不平等を生みだすだけでなく人間関係をも駄目にする。所有争いから起る不和を克服するには社会契約が必要である。しかしこの契約も弱者には不利となる。ここに解明すべき問題がある云々…。Kleist はこの作品の中に財産やそれに関する社会契約がどんな危険な役割をはたすかだけを考えて,それを封建的な遺産契約を材料にして,劇構成に都合のよい人物を創りあげてそれに自分の思想を gestaltenしたのであって,この作品は具体的な歴史的事実とは関係がない。それ故筋は大変面白くなっているがそれを運ぶ人物の性格に個性が乏しく,その意味で Kleist の思想がそのまゝ人物の口を借りて出ているといえる。

舞台は Rossitz 城内礼拝堂の場で始まる。 Rupert は妻の Eustache, 息子 Ottokar, 其他一族郎党を集めて,第二子 Peter の棺を前にして, Warwand 家の Sylvester 一家に対して復しゅうを誓う。 Rupert が山の谷川のほとりで息子の溺死体を見つけたとき, Warwand 家の二人の下男が立っていた。一人は即座に殺され,もう一人は拷問にかけられて死ぬ。彼が死ぬとき, ,,Sylvester" と叫ぶ。遺産契約以来,互いに相手が財産の獲物を狙うはげ鷹のように見え,何か事が起るごとに相手の計略のように邪推しあっている Rupert にとって,その一言だけで ,,Sein Herr Sylvester / Zum Morde ihn gedungen und bezahlt." であることは明白である。一方 Warwand 側でも急死した男の子 Phillip が毒殺されたのではないかと言ううわさがひろまっている。たゞその主人 Sylvesterだけは善を信じ,不信と憎悪から開放されようと努力している。しかし1人の力では世の中の流れには抗し切れない。

Sylvester. Das Nichtsbedeutende, Gemeine, ganz
Alltägliche, spitzfündig, wie zerstreute
Zwirnfäden, wird's zu einem Bild geknüpft,
Das uns mit gräßlichen Gestalten schreckt. (Bd. I, S. 37)

妻の Gertrud が疑惑のたねをまき散らすのを Sylvester がたしなめているとき, Rossitz家の絶縁状を持って,使者 Aldöbernが登場する。彼は身におぼえのない Peter 殺しの罪を着せられて,話をどうもっていってよいのかわからない。彼は使者にいすを進めたり,妻にお伴を呼びに行かせたりして時をかせぐが,どちらも相手のふるまいが理解できない。

Aldöbern. Bist du von Sinnen, oder ist's Verstellung? (Bd. I,S. 41)

ふに落ちない行動をするばかりか,自分の言う事を真

面目に取ろうとしない Sylvester に，使者は合戦を宣言して立ち去ろうとする。

Sylvester. Wer kann das Unbegreifliche begreifen? (Bd. I, S.42)

彼は自ら Rossitz に行って Rupert の口からそれをたしかめようとするが，その無謀さに驚いて Aldöbern は Rossitz では「あなたの生命は保証できない」とたしなめる。そこへ彼の娘 Agnes の婚約者 Jeronimus が Rossitz からやって来る。彼は Rossitz 家の復しゅうの誓いを眼前に見，Rossitz 側の言い分を教会守に聞いて Peter 殺しは Sylvester の仕わざだと思いこみ，彼をのゝしる。信頼していた Jeronimus に非難された Sylvesterは失神する。Kleist の作品では人間の意識の世界が現実の Zufall によって崩壊されるとき，外面に表われた形として失神が起る。彼が失神している間，使者は部下達によって殺されてしまっている。

Rupert の妾腹の子 Johann は山に狩に行って，誤って谷底に落ちたとき，一人の少女に助けられ彼女に恋をするが，Ottokarも同じ少女と互いの身分を知らずに相愛の仲であることを Ottokar の口から知る。Johann はその少女が Sylvester の娘 Agnes であることに気付くとき，自分の恋が二重の意味で成就することが絶対に不可能であることを悟って，せめて彼女の手で自分の命を絶とうと彼女の後をつけて彼女の手に短剣を持たせる。かねてから Rossitz家の者が恐ろしいことを母親から吹き込まれているAgnesにはそれが暗殺者に見えて，彼の真剣な恋の言葉が耳に入らない。彼女は悲鳴をあげて家の前で倒れる。そこへ失神から覚めたSylvesterの誠実な感情に，彼への疑いをぐらつかせていた Jeronimus が飛び出し，Agnes の命を救おうと Johann に一太刀あびせ，Johann は傷つき Warwand 家に収容される。Jeronimus は Johann の行為を Rupert の指金と考える。しかし Sylvester はこの現実にしりごみをする。そうすることによって自分に関係のない Peter 殺しを容認することになるのを恐れるからである。

使者が殺され Johann も Jeronimus の手で殺されたといううわさは当然 Rupertの耳に伝わり彼は憎悪と不信に盲目的に駆り立てられる。そこへ Sylvester の無罪を信じ，彼の誠意を伝へに Jeronimus が乗り込んで来るが，今度は Johann の行為を Rossitz 側の奸計と誤信している彼は，Sylvester との対話と同じ状況を Eustache との間で繰り返す。続いて Rupert に会うが，憤怒に逆上した彼は自分でこしらえ上げた意識の世界を守り抜き相手を告発するためには，自分に関係のない非難をも肯定せざるを得ない。彼は Johann の Agnes 殺しは自分がそそのかしたのだという。Sylvesterが相手を責めることが自分の非難を容認せざるを得なくなることを恐れてしり込みしたその全く逆の事を Rupert は相手を攻撃するために自ら肯定する。Rupert は Jeronimus が彼の誤解を解き両家を和解させようとする努力に対して耳を貸そうとしない。応答はしていても彼の意識の世界から一歩も出ていない。彼の言葉の意味は二重にとれる。Jeronimusは Rupertが Sylvester と会うことを同意したと信じて部屋を一歩出るや彼の部下に惨殺される。丁度 Sylvesterの知らぬ間に使者が殺されたように。しかし Rupertの場合は彼がそのようにしむけたのである。そして妻の Eustacheに非難されても自分の意志でなかったと言い逃れる。彼は部下に対しても言葉の二重性を利用したのである。Rupertは最初は自己の正義を確信して復しゅうの念に駆られ，感情に盲目的にしたがって突進している間に，自分の復しゅうの動機が消えて，誤解は無意識の罪から意識的なものへと彼を駆り立てて行く。妻から Ottokar と Agnes の恋の話を聞いても，息子の気持はおろか父親としての情も影をひそめて唯復しゅうの一念に燃え，着物を取り換えたとは知らず，Agnes と思い込んで自分の息子の胸に短刀を二度までも突き刺す。その後彼は自分のした行為の理由が自分で分らない。この娘が自分にした悪事をつくりごとでもよいから並びたてゝくれと部下にたのむ。自分の意識を守り抜くために，自ら現実に目を閉じて盲進し，息子の死の現実にやっと目を覚ます。感情に動かされて絶えず現実に接して自己の意識を訂正して行けない人間には，この自己の意識世界を決定的に打ちこわす現実にぶつからない限りは，現実の大地には足がつかないのである。

KleistはRupert を最初の誤信で復しゅうを正義と信じ，途中で生じるあらゆる疑義にも眼を閉じて直進する男として描いているのに対して，Sylvester を誠実であらゆるうわさにも慎重で，善なる意識に対しては現実も調和するものと信じているにもかゝわらず Zufall の力の前には所詮あやつり人形に過ぎなく，一歩一歩盲目の感情に支配されて行く人間として描いている。Jeronimus に Peter 殺しを非難され失神した後も，Rupert や Jeronimus の主張を否定してしまっていない。自分が誠実ならば相手も必らず誠実にならざるを得ないと考える。Gertrud から下男が拷問されて,,Sylvester“と自白した事を聞いたとき

Sylvester. Nein, das ist kein Betrug, kann
keiner sein.
Gertrud. Um Gottes willen, was denn sonst?
Sylvester. Bin ich?
Denn Gott, daß du mich fragt?
(Bd. I, S.61)

今は真実は神にしかわからない。真実を知るには Rupertに会う以外はないのである。彼は兵を集めるが憎しみのためではない。ただこの児戯にひとしい襲撃を食いとめさせるためである。しかし Johann が Agnesを殺しかけたと聞いたときには，自分の善なる意識も守り切れなくなって来るのを感じながらも， Rossitz 側を悪と決めることをなおもちゅうちょする。そのときには自分に関係のない Peter 殺しを敵に対して容認することになるから。結局 Jeronimus に Rossitz に行ってもらって確かめさせる。しかし Jeronimus が殺されたと聞いて，彼も Rupert と同じ Wahn の世界に突き進む。

Sylvester. Beruh'ge dich --- fortan kein anderes
Gefühl als nur der Rache will ich
kennen; (Bd. I, S. 121)

彼は洞窟で Agnes の着物を着た Ottokar のたおれた姿を見て逆上し，傍の男装の自分の娘 Agnes を刺し殺す。そして叫ぶ。

Sylvester. ---, dieser Augenblick gehört
Der Rache. Einmal doch in meinem
Leben
Dürft' ich nach Blut, und kostbar
ist die Stimmung. (Bd. I, S. 151)

Kleist は直情的な Rupert に対しては，夫の憤激を抑え慎重に考えさせるが，夫への信頼を持ちつゞけ，Ottokar と Agnes の相愛を打ち明け，結果的に二人を死に押しやる Eustache を配し，温和で慎重な Sylvester には，夫の意志に逆らってまで Agnes に不信の毒を注入する軽率な妻 Gertrud を置いて，その間に Jeronimus が入って均衡を取りながらその両輪を押し進め，不信と誤解を次第に深め破滅へと導びいて行っている。

この不信と誤解の渦の中で Ottokar と Agnes だけは欲に汚れた社会の契約から離れた自然の姿で知り合う。しかし彼らも大人の世界にひきこまれる。Ottokar は Johann に， Agnes は Jeronimus に敵の子供であることを知らされる。一時は不信が2人を包み，Ottokar が差し出す水に Agnes は毒が入っているものと思いこむが，それと察した彼の態度に疑念は氷解する。2人はたがいの愛情と信頼を獲得する。愛することは das Du の中に das Ichを埋没することである。自己を否定するときには das Du の話も容易に受け入れられる。大人達の間でかわされ不信を深めたのと同じ内容の事が，二人の間ではたちまち真実が顔を出す。

Ottokar. Nun wohl, 's ist abgetan. Wir
glauben uns.
--- O Gott, welch eine Sonne geht
mir auf!
Wenn's möglich wäre, wenn die
Väter sich
So gern, so leicht, wie wir, verstehen
wollten! (Bd. I, S. 86)

しかし時は遅すぎる。愛は二人を結び合わせたが Zufall の力には勝てない。 Rupert が Agnes を殺しに出かけたのを知って Ottokar は着物を交換し，みずから父の手にかゝって，死をもって不信の流れを阻止し恋人を救い，両家の和を願うが，運命の神は Agnes をも犠牲にしてやっと止まる。

五幕目に入ると Rossitz 側と Warwand 側の人物を一挙に二人の恋人のひそんでいる山の洞窟に集める。それぞれの父親は着物を交換した自分の子供を間違えて刺し殺す。盲目の老 Sylvius と気の狂った Johann がその取り違えを発見する。二人の母親も駆けつけ，なげき悲しんでいる人々の中に魔女 Ursula が子供の指を投げ入れる。ここで誤解はすべて解けて，四人は涙を混じえて和解が成立する。

この五幕目の描写には筋の必然性もなければ，真実性も乏しい。戯曲構成の未熟さと言うより，投げやりの感じさえある。誇り高い Kleist にしてみればこれを自分の処女作と発表する気にならないのも当然であった。Ursula はここでは Zufall の象徴である。彼女が溺死した Peter の小指を切りとったばかりに，その後にあらわれたWarwand の下男達が殺したものと誤解され，この悲劇に発展したのである。彼女は叫ぶ。

Ursula. 's ist abgetan, mein Püppchen.
Wenn ihr euch totschlagt, ist es
ein Versehen. (Bd. I. S. 157)

最後に Kleist 自身も詩化されぬまゝに「なま」の言葉で Johann の口を借りて叫ぶ。

Johann. Geh, alte Hexe, geh. Du spielst gut
aus der Tasche,

Ich bin zufrieden mit dem Kunststück. Geh. (Bd.I, S.158)

IV

彼の Kant体験は彼の人生観を根本的に変え，彼が詩人として出発する動機としては役立ったが，哲学的に彼の作品には影響を与えなかった。つまり彼が Kant哲学を理解して人生観を変えたのではなく，彼の性格からくる情動不安を守ろうとする彼の夢が Kant哲学によって打ち破られたのであった。

その点では Rousseau はこの戯曲にはっきりと影響を与えている。この悲劇の動機となった Erbvertragやたがいに相手の身分を知らないまゝに愛情に包まれた二人が，大人の世界で不信を吹きこまれ，相手の言葉を信頼しなくなるというモチーフにも彼の Emile の影響が見られる。

この戯曲には，彼の Kant体験によって知り得た，人生への不信や不安，恐怖がそのまゝ Gestalten された運命劇である。そのため筋に面白さがあって，人物は Zufall に翻弄されたあやつり人形であり，その性格は個性に乏しい。しかしこれらの人物を Kleist 的人間の分身として見るとき，彼の人生観を知るのに役立つ。Rupert は彼の感情だけをむき出しにしたものであり，Sylvester は誠実な人間でも Zufall のいたずらの前にはあやつり人形にすぎないことをあらわしている。Kleist は彼の口をかりてたびたび彼の人生観を語らせているのも彼の内的体験を語りたかったのであろう。又若い二人のあまりにも美しくて悲しい恋物語は，果せなかった Wilhelmine との結婚の Kleist の夢の世界とも見られはしないだろうか。

※付記，文中の引用文はすべてHeinrich von Kleists Werke h. g. von Erich Schmidt, Leipzig und Wien, 5 Bde. である

注

(1) Heinrich von Kleists Briefe 1793-1804, dtv Gesamtausgabe Bd 6, München, 1969, S. 15. an Christian E.Martini, den 18. März 1799. (以下 dtv と略す)

(2) dtv, S.163, an Wilhelmine von Zenge, den 22. März 1801.

(3) dtv, S.165, an Ulrike von Kleist, den 23. März 1802.

(4) F. Koch: Heinrich von Kleist. Bewußtsein und Wirklichkeit, Stuttgart, 1958.

(5) dtv, S.254, an Ulrike von Kleist, den 13 und 14. März 1803.

(6) Heinrich von Kleists Lebensspuren, h.g. von H. Sembdner, Bremen, 1964, S.87.

文 献

（注に挙げたものは除く）

S. Streller: Das Dramatische Werk Heinrich von Kleists, Berlin, 1966.

E.L. Stahl: The Dramas of Heinrich von Kleist, Oxford, 1961.

G. Blöcker: Heinrich von Kleist oder Das absolute Ich, Berlin, 1960.

H.H.Holz: Macht und Ohnmacht der Sprache, Frankfurt a.M., 1962.

H. Ide: Der junge Kleist, Würzburg, 1961.

C. Hohoff: Kleist, Hamburg, 1958.

R. Michaelis: H.v. Kleist, Berlin, 1968.

独歩の「驚異」思想

細井誠司

Doppo's Yearning for Wonder

Seiji HOSOI

国木田独歩は、日本の近代文学思潮の中で、浪漫主義者としてその本質を論じられるとともに、自然主義文学の先駆者としての位置づけもなされている。そのいずれに力点をおくかは、独歩の自然観をどう解釈するかによって違ってくる問題である。独歩にとって、自然は「社会に対する反対概念」で、「たんに社会の外にあって、社会より永遠な実体」①である、と言われる中村光夫氏は、独歩が自然の中に見いだした冷酷さ、隔絶感の方を重視されるのだろう。しかし、独歩は、冷酷である自然になお「驚異」して、隔絶感を「美妙なる」調和感に変え、もって自己救済をはかろうとしたのだ。このような、自然をとおして永遠の世界を憧憬する、独歩の浪漫性は、かれ固有の「驚異」思想の実体を考察することによって、その特質があきらかになるだろう。

1

独歩の終生の願いは、「宇宙人生の祕義に驚嘆」することであったという。これは、初期の『欺かざるの記』から始まって、晩年の『病牀録』に至るまで、一貫して変わることなく語られていることばである。いま、ここにそのいくつかを列挙してみると、次のごとくである。

宇宙人生の不可思議に向て我心霊の慄き醒めんこと、これ我願なり。慣熟と陳腐とより成立する盲膜を取去りて面と面と直に此天地に対せんこと之れ我願なり。(『我が願』明治二九・二)

「喫驚したいといふのが僕の願なんです。」
「如何にかして此古び果てた習慣の圧力から脱がれて、驚異の念を以て此宇宙に俯仰介立したいのです。」(『牛肉と馬鈴薯』明治三四・一一)

彼の「牛肉と馬鈴薯」に於いて、妻を姦せしめ、子を喰はしめてまでも、尚ほ求めんと欲したる願望、即ち一切の虚偽と夢魔とを振ひ落し、真実、衷心より宇宙人生の祕義に驚嘆せんと欲するの念は、余が一貫したる願望なり。

(『病牀録』明治四一・七)

こうしたことばに見られる〃驚きたい〃という願い、これをいま「驚異心」(『欺かざるの記』二六・一〇・三〇)とよび、この「驚異心」を中心にして、独歩の思索の過程全体を〃「驚異」思想〃と名づけることにすると、この「驚異」

思想〃の実体はいったい何なのか。本論においては、この問題を考究してみようと思う。まず、どういう心的過程を経て「驚異心」にめざめていったのか、宇宙、人生の不思議に開眼する、その過程から考察してみることにする。

独歩にとって、自然の美は、終生変わることなく嘆賞する対象であった。『欺かざるの記』の前篇、特に佐伯時代においては、自然の美への感動がくり返し語られている。しかし、独歩にとって自然はまた、その美に感嘆するだけの存在ではない。宇宙、自然とは何なのか、いつも自己との関係において、その意味を考えざるをえない存在であった。

自然を自己との関係において、考えるようになった経緯については、独歩は、『我は如何にして小説家となりしか』の中で次のように述べている。

元来、功名心の猛烈な少年であった自分が、「人性」の問題、すなわち、「我は何処より来りし」「我は何処に行く」「我とは何んぞや、」との問題にふれてから、精神上の一大革命が起こり、「以前は自分と世間とが常に相対して居たのが、今度は自分と此人生、自分と此自然とが相対して来て」、自分の心は全くこの問題に捕われてしまったというのだ。

ようするに、自我の意識にめざめた結果、独歩は従前の世間、社会の問題に代わって、新たに自然に対して関心を向け始める。そして、その自然は、いつでも宇宙における〃自己とは何か〃、〃自分はどこから来てどこへ行くのか〃という問題意識と関連づけて考察する、そうした対象になっていたのである。

ア、不思議なる此の宇宙、不思議なる此の生命、此の身体、此の命運、思へば思ふ程深く、探れば探る程多し。(『欺かざるの記』二六・五・二八)

このように、自然は、「思へば思ふ程」「不思議な」存在なのである。同様に自分の存在も不思議なのだ。不思議だということは、「我とは何ぞや」、その存在意義が不可解であり、「人生遂に何ぞや」、その意味が不可解だということにほかならない。

こうした、自己や人生への懐疑は、自分の理想や使命を自覚したり、確立できないことに起因していよう。『欺かざるの記』二六・五・二八の「ア、吾茲に在り、吾が命は確かに吾命なり。茲は確かに宇宙なり、已に然り、吾何とて啾々として迷想煩悩の中に死す可けんや。」ということばに代表される境地は、独歩が、「人間の教師」として、熱烈な使命感に燃えながらも、その意識ばかりが先行して、自分の理想、使命の具体的内容を把握できないでいる、そうした苦悩と、その解決、確立を願う心境とを表現しているものである。

『欺かざるの記』二六・四・二四の記には、「突如として襲来せる感情あり、曰く、霊魂不死なり、人間は永遠に存する者てふ思想之れなり。」と記している。独歩は、自己存在の意義や人生の意味など、解決困難な問題を、こうした「感情」「思想」に「突如」悟入することで、すり替え、自分のおかれた精神的困難を乗り越えようとする。しかし、「霊魂不死」「人間は永遠に存する」という「感情」「思想」には、何らかの保証が欲しい。そこで、新たに、そのよりどころを求めて、自己を囲繞する自然の世界に眼を向け、自己と自然との関連を明確にすることによって、この問題の解決を願う。先に引用した本文の、「不思議なる此の宇宙」とは、そうした志向を抱いての、自然への関心を表明しているものである。

独歩の、自然への接近のモチーフには、その骨子として、自然との「一致調和」を確信し、自己に永遠性をみることによって慰藉、救済を得ようとする心境があった。このことについては、本研究紀要第五号の『独歩の「自然」への接近』で、すでにふれたところである。

自然は、「自由空遠悠々」として、「無辺」であるが、「シンセリティー」に徹しきった「人間自然の情」も、「無辺」「永劫無窮」であるから、両者には、「自ら一致」があり、したがって、おのれが自然に「冥合」する、と確信したかったのだ。自然、「人性」、この両者に共通する〃永遠性〃に、「一致調和」の確信の根拠をおこうとしたのである。

独歩が、人間、自然を一貫する本質を、「情」として把握し、汎神論的自然観へと傾斜して、自然に対して自己救済を求めるようになったことについては、自分自身で語っているように、ワーズワースの影響が非常に大きい。そのワーズワースと自然との関係について、独歩は次のように述べている。

彼の自然に対するや、先づ深く自然より受けたる美の力を感じ、其感化を自覚し、而して後ち其力を信じ、而して後ち之れを賛美し、之れを詠じ、之れを主張したるが如し。乃ち彼は哲学者の如く最初より智を以て自然に入らず、情に由て感得し、然る後ち之れを思ひ之れを信じ、然る後ち之れを益々愛したるが如し、(『ウオーズヲースの自然に対する詩想』)

独歩も、このワーズワースにならって、「情に由て」自然のもつ美の力を「感得し」、「信じ」「益々愛」そうと努めたのである。「吾をしてウオーズウオースの如く自然を思はしめよ。」(『欺かざるの記』二六・九・一一)とか、「此の

宇宙の心として美と善と愛と義と真とを信じ得るならば如何に幸なる可き。」(『苦悶の叫』) ということばは、そうした願いを表明しているものである。

このようにして、独歩は、自己と自然との間に「一致調和」のあることを願い、自分の永遠性を確信することによって救済されようとする。不可解な、自己や人生の問題を、そうしたかたちにおきかえることによって解決されることを願ったのだ。

しかし、次に掲げる例が語っているように、有限なる自己と悠久の自然との間に、生命の交流があるとは、ついに確信できない。

吾亦近来思ふて自然に対する蓋しウオーズウオースの境に遠からざるに至りたるを信ず。……自然。人間、神、人生、人情、相融化し相ひ瞑合す。(『欺かざるの記』二六・九・一二)

余はウオーヅウオースの詩想に由りて、自然と人生の調和を得たることを信ず、(『欺かざるの記』二六・一〇・九)

と、自己と自然との調和をうたいながら、

自然と吾と何ぞ相隔離するの甚だしきや。(『欺かざるの記』二六・一〇・二八)

嗚呼此自然は不思議なり。……されど吾未だ常に深玄に直真に此の祕密の感に打たるゝ能はず。自然を指して母よと叫び其の無限無窮美妙の懐に常に坐するを得ば如何に喜れしからめ。(『欺かざるの記』二七・四・一八)

と正直に告白せざるをえない。「自然と人生との調和」を、一時得たように思っても、「常に」「無限無窮の美妙の懐に坐する」ことができないのだ。こうした不調和感から、自然は、自己の意志や願いとは無関係な、「頑冷不霊」の存在なのではないか、という「不安」「恐怖」感が生じ、結果的には、自己存在の意義や人生の意味も不可解なままに終って、払拭しがたい「悲哀」「暗愁」の念に襲われるのだ。

無窮の自然を思ひ效らべて短生の人命を思ふ時は実に戦慄に堪へず憂愁に堪へざる也。(『欺かざるの記』二六・九・一一)

後にふれるごとく、独歩の「驚異」を求める心が、「畏懼」感や「悲哀」感を影のようにひいているのも、右のような、自然との不調和感や、それとの対比による隔絶感に起因している。

2

自我にめざめた独歩は、「我とは何ぞや」という自己についての懐疑を原点にして、自己と自然との関係に関心をもち始め、自己存在の意義や人生の意味など不可解な問題を、自己と自然との間に生命の交流のあることを確信するという、問題の〝すりかえ〟によって解決しようとした。

「宇宙人生の祕義に驚嘆」したい、と願う「驚異心」も、同様に自己や人生への疑念を解きはらしたい、という志向の延長線上にたつものであって、新たに悟入した、異質な境地をさしているものではない。

「自然」! 如何に不可思議なる者よ。……驚異と畏懼とは此無辺無際無限永遠無窮にして変転して停止せざる物に向て必ず発せざるを得ざる情なり。則ち余は己れを此「自然」なる者の中に見出すが故に恐懼し驚嘆す。(『欺かざるの記』二六・九・二)

自然に対して「不可思議なる者よ」と呼びかけ、「驚異」「畏懼」の念をいだかざるをえないのは、「己れを此自然なる者の中に見出すが故」である、と独歩はいう。不可思議なる存在の自然、その中に包まれて自分が存在するという「事実」が、不思議で、驚異せざるをえないというのだ。

〝驚きたい〟という「驚異心」の実体は、そうした、自己存在の「事実」を痛感したい、という願いにほかならない。独歩は、「火の熱きものなることを知ると其熱きことを感ずるとは同じからず。」(『驚異』)という。不思議なる自然の中に、自己が生きている事実を、知識として理解する以上に、「厳然として動かすべからざる事実」(『神の子』)として痛感し、自己存在のリアリティを把握したい、というのが「驚異」を求める心なのである。

「事実」を「知る」以上に、「感ずる」ことを願いながら、それができない。「感ずる」ことができないのは、わが身にまといついている、もろもろの既成概念のせいだ、という認識が独歩にはあった。したがって、〝驚きたい〟という願いの裏面は、既成概念の桎梏いっさいからの解放を願う意識なのであり、それなくして、驚異するということはありえないのだ。

独歩によれば、人間はこの世に生まれおちて後、直ちに「虚栄」「習俗」「慣性」など、かれのいわゆる「社会感」に「感染して慣れ」、その束縛からのがれ

られない「奴隷」の状態だという。「人の感情は慣るゝ可く造られたり」（『驚異』）。自分もその例外ではないというのが、独歩の自己認識であった。そこで「余は独立にして自由なる一個のソールなり、将に自由に観、自由に感じ自由に之を現はす可し」（『欺かざるの記』二六・一二・二二）との自覚をもって、たえず、新鮮で切実な体験を求め続けたのである。

独歩の特質を示す、こうした、既成概念からの解放を求める精神が、対自然関係の問題に向けられると、どういう思想となってあらわれるのか。独歩は次のようにいう。

それ世間ありて天地あるに非ず、天地ありて世間あるなり。此吾は先づ天地の児ならざる可からず。世間に立つの前、先づ天地に立たざる可からず。（『岡本の手帳』）

人間は、本来孤独な姿で、天地自然の間に介立している存在だから、世間的な「利害、得失、栄辱」等の「餌食になり」、「習俗」「慣性」のなすがままに生きるのは、「動物的」盲動の人生としか考えられない。したがって、人間本然の生き方は、「夢魔」「幻影」にすぎない「社会感」を振るい落として、大自然に直面し、おのれを「天地の間に見出す」生き方であり、そうするときにのみ、確かに自分が存在するというリアリティを実感しうるというのだ。

自分をとりまく自然に対して、「不可思議なる者よ」と呼びかけている時点では、「驚異」の念も、自己や人生への疑念から発する、素朴で、単純な詠嘆の情にすぎない。しかし、求めえなかった調和感をなおも求めて、「驚異」の念が、〝驚きたい〟という願いに変わり、すべての既成概念を、「社会感」として捨象し去ったとき、新たに悟入した「驚異心」は、特異な境地に変質していて、もはや単純な詠嘆ではない。

一昨夜弟の下宿せる宿屋に一泊せしが其の夜半、突然めざめし時、此の生命と存在と此の天地とを驚異するの恐ろしき力もて心を衝きたり。あゝ願ふ、常にかく驚異せんことを。（『欺かざるの記』三〇・一・一三）

こうした体験が、小説『悪魔』の中では次のように語られる。

『アヽ不思議！　此処は何処だ、宇宙だ、自分は此大宇宙の一部分だ、生命よ、生命よ、此生命は此宇宙の呼吸である。』（『悪魔』および『此の我の存在』）

これは、『悪魔』の主人公の抱いている、「爾先づ生物の一個として面と面、直ちに此無窮なる宇宙に対し、爾の生命其者の存在を直感せよ」との「思想」が、具体的にあらわれた一つの心的状態である。

「フト真夜中に眼が覚め」たとき、「私の心に電のやうに閃いて来た一つの思想」で、「思想といはうか、感情といはうか、将た現象と言うか」、「何如る言葉を以てしても現はすことが出来ない」「心の現象」だという。そして、「此畏ろしき心の現象が閃いた時、其時実に私自身の存在を感じた」と、主人公はいう。

「驚異心」とは、〝驚きたい〟という願いが具現した状態で、このように、「社会感」をかなぐりすてて無窮なる自然に直面し、もって真の自己存在を、「直感」的に把握した心的状態なのである。そして、この状態は、思索の果てに確信しえた境地でもなければ、観念を媒介にして、到達しえた境地でもない。求めて求めえぬ、自然との調和感、それへの期待が、論理を超えて直感的に生みだした「天来の霊感」なのである。

『欺かざるの記』前篇における、独歩の思索の跡をたどり、その軌跡を示すことばでいえば、「インスピレーション」、「シンセリティー」、「個人感」等の系列に属し、その中の「個人感」――「個人感なる者は天地の間に見出す者なり」（『欺かざるの記』二六・七・二八）――とほとんど同義語である。そこで、独歩が、「驚異心」にめざめるまでの思索の過程を、図式的にたどってみれば、次のようになろう。

独歩が、本来もっていた直感性、インスピレーション的なものは、ワーズワースに傾到することなどで一時影をひそめ、代わって「人間自然の情」を重視して「シンセリティ」――独歩は、「赤条々の大感情」と訳し、自分の努力によって到達可能な、理想の目標としたが、やはり、直感的に覚醒した状態であることに変わりはない――にめざめ、自然との調和感を願い求めたが、それを確信できないまま、再び、直感性が頭をもたげてきて発現したもの、それが「驚異心」であるといえよう。

それでは、独歩自身にとっては、この「驚異心」は、いったい何であったのだろうか。独歩は、

真の宗教は驚異より発せり。（『驚異』）

信仰は第一である。信仰に先つものは不思議に驚異さる事である。（『天地の大事実』）

という。また、次のようにもいう。自己の存在を、此の宇宙の中に見出して痛感する「驚異心」、それが、まずあって、「生命の疑問」も起こり、この「生命の疑問」から「真の宗教、信仰」が生ずる。（『欺かざるの記』二七・六・二一）

独歩は、既存の宗教を「形式」だ、「心理的遊戯」にすぎないとして否定し、その本源にあるものを追求し続けたが、この「驚異心」こそが、「真の信仰」の根源であると考え、かれの信仰の具体的内容ともなったのである。このゆえに、独歩にとっては、「驚異心」、信仰、真の人生、この三者は一体なのであり、それはまた、自己や人生についての懐疑への答えでもあったのだ。

このような「驚異心」を理想の境地とし、しかも、その境地にあるときにのみ自己存在の真のリアリティを感じるとなると、独歩は、矛盾に満ちた、ぬきさしならない精神的状況に陥っていたことになる。

なぜなら、「驚異心」は、その属性として、直感的、瞬間的で、永続性のないもの、思索の努力とは無関係な「天来の霊感」であり、「時々、突如として場所を選ばず」、「電の如く」瞬時に、胸をうち来たるものだからである。しかも、独歩は、「吾是れを以て確かに霊性の深甚玄邃なる生命となす。」（『苦悶の叫』）という。

このように、求めても求めえぬ理想の境地を、追い求める結果、『悪魔』の浅海謙輔は、「実に人の力を以てしては遂げ難きもの」を追っていることを自覚しながら、求め「悶」き、それに苦悩する自己の姿に、「余は悲惨なるかな」と嘆ずる。『岡本の手帳』の主人公も、「わがこの願の叶ふと叶はざるとは偏に神のみ心にあること」と、悟りながら、しかも容易にこの願いを達することができないのは、「吾は世間の児なれば也。吾が感情は凡て世間的なればなり。」と自虐する。こうして苦悶し、悲嘆する姿は、そのまま独歩自身に重なるであろう。

また、瞬間的に襲いきたって、持続性のない「天来の霊感」に永続性を求めるとなると、その願いは、打たれたくても打たれないから打たれたい、驚きたくても驚けないから驚きたいという、いわば自己目的に変じて、その具体的内容は二の次になるという矛盾がでてくる。『牛肉と馬鈴薯』の岡本誠夫は、「我とは何ぞや」の問い――この問いこそ「驚異心」の原点なのだが――も、「必ずしも其答を求むるが為めに発した問」ではなく、ただ〝驚きたい〟のだという。「宇宙の不思議を知」ろうとは願わない。ただ、「不思議なる宇宙を驚きたい」と願うだけなのだ。そして驚きえない自己の現実に、「言ふ可からざる苦痛の色」を浮かべるのである。『我が願』の中で語る独歩は、「我心霊の慄き醒めん」ことが願いだとしながら、なお、その願いに「冷然」たる自分に、「たゞ冷然なり、故に我に此切なる願あり。」と末尾に書している。

人間的な努力の限界をこえた境地に、到達すべく苦悩したり、驚異すること自体が目的に変じたり、電光のように瞬時に襲い来る「霊感」に、永続性を求めたりする、そうした志向の中に、大きな矛盾を含んでいることを知りつつ、なおもそうせざるをえないのだ。こうした「悲惨」なありようは、独歩の特質をよく物語っている。すなわち、地を見ながら天をのぞみ、暗愁と精神的昂揚を並存させ酔えない理性と同時に、醒めた理性にも堪えられないという一面である。「求めて求められない真個の信仰」を求めて、訴えた「現代人の余儀のない矛盾撞着の苦悶」②を、ここにみてとることができよう。

3

同じく「驚異心」が、『悪魔』の中の別の箇所では、「天地生存の感」ということばで表現されている。

> 我黙して山上に立つ時、忽然として我生存の不思議なるを感ず、此時に於て『歴史』なく『将来』なし、ただ見る、我が生命其物の此不思議なる宇宙に現存することを。あゝこれ天地生存の感にあらずや。かゝる時、口言ふ能はず、ただ奇異にして恐ろしき感、わが霊を震動せしむ。

右の叙述からみると、「天地生存の感」は、無窮なる自然に直面することによって、真の自己存在を直感した心的状態である点で、「驚異心」と同一のものとみなしてよさそうだが、「奇異にして恐ろしき感」、つまり「畏懼の念」をともなっていること、また、右の引用文に続く箇所に、「たゞ夫れ天地悠々、我が生の此無窮なる空間に繋がれるを感じ、堪へ難き哀愁泉の如く湧きぬ。」とあるように、悲哀感をともなっていることが注意される。

『神の子』に登場する「若い男」も「無限無窮なる宇宙に現存して居るのを感じた」とき、「畏懼の念に打たれる」といい、「私は天地生存の感に堪ないので泣きました。」とか、「我も又た此生を此天地に享け、消てゆく此世の一片として此悠久にして不思議なる宇宙に生て居る魂ぞといふ感に打れたのです。」と悲哀感を語る。

独歩は、「宇宙人生の秘義に驚嘆」したい、「驚異心」にうたれたいと願った。それを願い求め続けたのは、自分がつねに「社会感」によって、眼を曇らされていると認識し、たえず新鮮な体験を求めて、おのれを「天地の間に見出す」ときにのみ、自己存在の真のリアリティを感じ、それがまた、結果として、不可解な、自己や人生についての問題の答えにもなっていたからである。

したがって、「天地生存の感」も、それにうたれたら歓喜すべき状態、その持続を希求すべき理想の状態であるはずだ。ところが、歓喜してよいはずのその状態が、結果的には、畏懼感や悲哀感だけしかもたらさないのだ。歓喜に変わりえないのは、自己の対峙する自然との関係が、依然として「曖昧」「漠然」としていて、その間に生命の交流があるようには、確信できないからである。

ひとたびは、独歩の信仰そのものになった「驚異心」であったが、自己と自然との間の生命の交流を信じて、「よろこび」を得られない結果、これまで、潜在的に意識されていた悲哀感や畏懼感——特に悲哀感——が、再び頭をもたげて来て「天地生存の感」の中心にすわった。「驚異心」と本来同一のものでありながら、しかも、変質したものとしての「天地生存の感」を、ここにみることができる。

独歩は晩年の『病牀録』の中で、「天地生存の感」について、「大自然と相面して、自己の隻影を顧みるの時、今更の如く吾が生の孤独と不安に堪へず、」とか、「大自然に対して、吾が生の荒涼と微弱とを痛切に感ずる時、」と言って、悲哀感を中心に物語っている。

また、その「天地生存の感」の解釈をめぐって、たとえば、相馬庸郎氏は、「広大なる天を望んで小なる人間存在を哭す感慨や思考法にみられる東洋思想の一面にむしろ近いのではあるまいか。」③と述べられて、悲哀感を「天地生存の感」の本質として把握しておられるようだ。その点では異論はない。しかし、相馬氏がまず、「個人感といい、シンセリティといい、驚異心というもこの≪天地生存の感≫ということの別名にすぎぬ。」といわれた後で、その文脈に結びついた形で、右のように述べられると無理があるように思う。すでにふれたように、「驚異心」は、独歩固有の期待感がこめられた、希求すべき理想の状態なのであり、「天地生存の感」は、「驚異心」と共通した側面をもちながらも、それが、悲哀感中心に変化したものだからである。

4

独歩の、「我とは何ぞや」との問いについて、笹淵友一氏は、「詠歎に近いもの」、「思想としてよりはむしろ詩として意味をもつ」④もの、と述べておられる。〃「驚異」思想〃は、さまざまの側面をもちつつも、思索の過程で、この「我とは何ぞや」の問いから、大きく前進することがなかったことを考えると、確かに、単純素朴な詠嘆の情であって、思想とよぶによびえないものであろう。思想というものが、本来理性を働かせ、思索を積み重ねて体系づけられた、立体的な構造をもつものであるとすれば、独歩のこの〃「驚異」思想〃は、もっぱら、感性を働かせて直感的に把握した、一瞬の心的状態なのであって、具体的内容をともなわないものなのだ。したがって、現実に対しては「無力であり不毛」⑤であって、何らの有効性ももちえないのである。

本論の最後に、上述した〃「驚異」思想〃の本質を敷衍して、「山林海浜の小民」（『欺かざるの記』二六・三・二一）が登場する、多くの作品の意図、モチーフの問題に言及しておきたい。

既にワーヅワース信者である限り、余は自然を離れてたゞ世間の人間を思ふことは出来なかった。人間と相呼応する此神秘にして美妙なる自然界に於ける人間なればこそ、平凡境に於ける平凡人の一生は極めて大なる事実として余に現はれたのである。（『不可思議なる大自然』）

右の言は、佐伯滞在中の独歩が、ワーズワースから大きな「感化」を受け、その数年後に、文壇的処女作『源叔父』を書いた経緯を物語っている一節である。独歩は、『源叔父』において、人生の神秘を暗示しようとし、神秘的ではあるが自然と「美妙」に調和して生きる「小民」の姿を描こうとした。

しかし、すでに述べたように、「人間と相呼応する此神秘にして美妙なる自然界に於ける人間」とは、どこまでも、単なる期待、願いにとどまって、確信とはなりえなかった独歩である。また、「平凡境に於ける平凡人の一生は極めて大なる事実」だ、との実感も、『欺かざるの記』二六・一一・七の記述など、いくつかを例外として

只だ彼の紛々擾々たる生民多数の生命に至りては、其の意味遂に如何。思うて茲に至る実に茫然たらざるを得ず。（『欺かざるの記』二六・六・七）

という告白の方が、むしろ、独歩の偽らざる心境であった。「英雄」に対する「小民」、「平凡人」の一生の意味は、独歩にとって、「我」の意味が不可解であったと同様に、ついに謎だったのである。

このように考えると、前記引用の「人間と相呼応する……」以下の言は、処女作『源叔父』については言いえても、他の、「小民」の登場する多くの作品にあてはめることはできないだろう。

『忘れえぬ人々』に登場する大津弁二郎は、「此生の孤立を感じて堪え難いほどの哀情を催ふし」たとき、「人懐かしくなって」過去に見た人々を、その光景とともに思い浮かべ、「我れと他と何の相違があるか、皆な是れ此生を天の一方地の一角に享けて悠々たる行路を辿り、相携へて無窮の天に帰る者ではないか……」と思って、「心の平穏」「自由」を感ずるという。

「社会感」を否定して「個人感」にめざめ、「驚異心」に、自己存在の真のリアリティを感得しようとした独歩であったが、自然との不調和感から、「我とは何ぞや」の意味も会悟できず、悲哀感に沈む。しかし、「此生を天の一方地の一角に享け」、「相携へて無窮の天に帰る」同じ仲間、「小民」を見いだすことによって、「心の平穏」を得るのである。

独歩の文学に登場する、多くの「小民」たちは、「要するに総べての者みな逝けるなり。」（『病牀錄』）との深い感慨、悲哀の情調をこめて描出されている。

文献

①中村　光夫……『現代日本文学史』の「明治」の部、「自然」の観念の変遷の項。
②中村武羅夫……「病院に於ける独歩氏」（『新潮』明治四一・七）独歩全集より所引。
③相馬　庸郎……『欺かざるの記』前篇研究（『日本自然主義論』所収）。
④笹淵　友一……『「文学界」とその時代下』の中、「国木田独歩」の項。
⑤前掲③に同じ。

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。

奈良県における鋳造工業の現状と今後の動向について

田　中　義　雄

Present State and Future Trend of Casting Industry in Nara Prefecture.

Yoshio TANAKA

1　はじめに

我が国においては，かねてより機械工業振興の見地より，中小企業近代化促進法が制定され，国民経済の発展を図ることを目的として種々の対策が講じられている。また近年は資本取引の自由化に備えて，鋳物業界が一体となって体制の整備ならびに構造改革を行い，以て国際競争力の強化，企業の確立を目ざして努力が払われている。

この時にあたり，去る3月，奈良県銑鉄鋳物製造業を対象とする巡回技術指導が実施され，小生たまたま行動をともにする機会をえたので，その際，調査し，また見聞した事柄の一端を記述し，この業界の実態の模様を紹介し，あわせて今後の教育の参考に資する次第である。

2　企業の概要

2・1　会社の規模　本県において鋳物工業を専業とする事業所が20ケ所に余るものと思はれるが，その中で15社を巡回したので，それらの資料をもとにして記述することにした。なおいずれの事業所もみな鋳鉄を熔解し鋳物砂を使用するところの鋳造作業である。

まず従業員別企業分布の様子は表1の通りであるが，表2は我が国鋳造工業の従業員別企業分布(1)を示す。

表1　従業員別企業分布（奈良県）

従業員規模＼区別	専　業	一　貫	計	比　率
				%
9人以下	2	0	12	80
10 ～ 19	8	1		
20 ～ 29	1	0		
50 ～ 99	2	1	3	20
100人以上	0	0		
合　計	13	2	15	

表2　従業員別企業分布（全国）

従業員規模＼区別	専業	兼業	一貫	計	比率
49人以下	1650	362	68	2080	77 %
50 ～ 99	147	60	67	274	10
100～199	54	22	61	137	5
200～299	10	9	25	44	1.6
300～499	6	3	28	37	1.4
500～999	0	6	36	42	1.5
1000人以上	0	1	97	98	3.5
合　計	1867	463	382	2712	

（注）　専　業　（鋳鉄鋳物のみを生産している企業）
　　　兼　業　（鋳鉄鋳物のほか，他の種類の鋳物や一般機械製品などを生産販売する企業で自己消費50%未満）
　　　一　貫　（一般機械製品などを主として生産しており鋳物の自己消費50%以上）

上記の表2より，我が国鋳造企業がいかに多くの中小企業から成り立つているかが分るが，また本県の実態がまさにその縮図であるといえる。

2・2 設備状況 鋳造工業は，従来技術革新のテンポが遅く，かつ設備の高度化も遅れていたため，現在でもかなり老朽化した設備が使用されている状態である。

(a) 流れ作業方式を採用しているもの。15社中3社（20%）

(b) キュポラの容量は各企業とも1～3屯範囲のもので，2基以上有する企業は4社（27%）。

キュポラに自動調節装置を設備しているもの，また低周波電気炉をもつ企業は見当らなかった。

(c) 其の他，モールデイングマシン，サンドブラスト及びショットブラスト等は殆んど各社とも設備していたが，研究室ならびに工程管理室等の設備を有する企業は全体の20%程度であった。

2・3 生産性について 従業員一人当りの生産性は大体35～45 T/年 の範囲にある。一口に生産性といっても鋳物工業の場合は，連続モールデイングマシンなど機械化された装置を有し量産できる場合と，また完全な受注品である非量産物では生産性に著しい格差が生ずる。本県の企業においては，ほとんど大部分が量産方式の採用しにくい一般機械鋳物を対象としているため，幾分生産性は低いものと思う。

3 技術水準について

巡回した15の企業について共通していえることは，かなり細粒の鋳物砂を用い，また鋳込み後の各製品には，サンドブラストまたはショットブラスト等により鋳肌の美化に努力されているにもかかわらず，鋳肌が必ずしも良好であるとはいえない。また致命的な欠陥でないまでも，微細な〝すくわれ〟〝砂くい〟〝型くずれ〟の様相が見受けられた。これらの原因を究明するにあたり，次の3分野に分けて検討することにした。

① 鋳物砂の管理。

② 造型方式および鋳造方案の管理。

③ 熔解操業の管理。

① 鋳物砂の管理

(a) 鋳物砂の圧縮強度 生砂型については，少くとも0.3～0.45kg/cm² 程度の圧縮強度が必要とされている。強度が低いと，砂くいやすくわれの現象が生じ易いが，各工場の鋳物砂について調べた結果を図1に示す。

図より分る如く，0.3kg/cm²以下の工場が約50%であって，強度については平均して低いように思われる。それゆえ，新砂の使用に当ってはまずロールミルにてよく混練して使用するほか，木節粘土，ベントナイトまたはレジン等の添加が必要と思われる。

(b) 水分について 水分は鋳物砂の強度，通気性，あるいは成形性に大きい影響を与えるものであって生砂型および乾燥型に対しては大体6～8%の範囲が適当とされているが，調査結果については，図1の通りであって

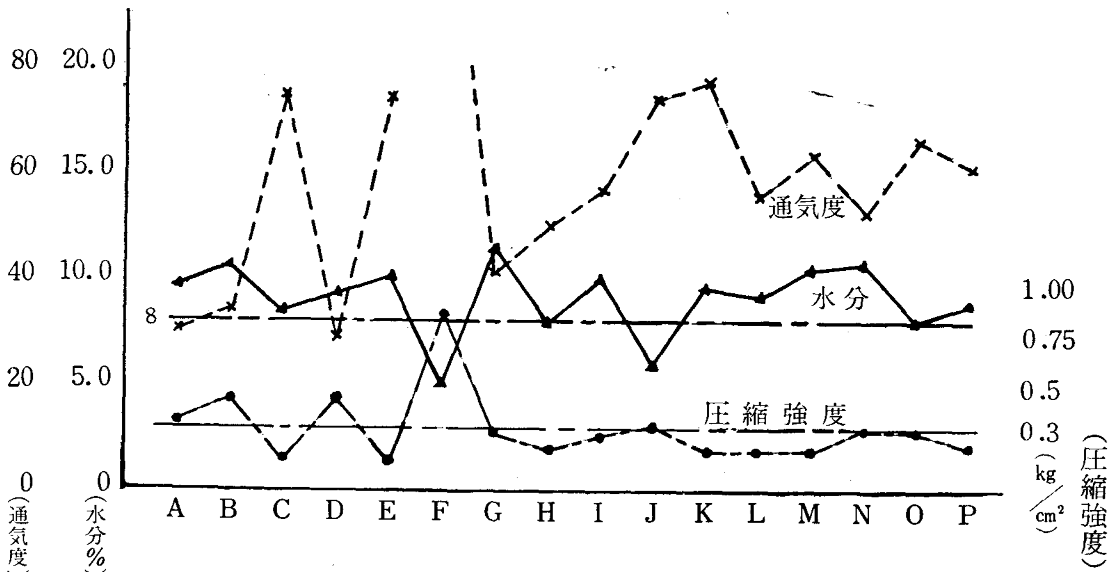


図1 各工場の圧縮強度，水分および通気度分布

8％以下が約1／4で過半数の工場では8％以上の水分を含んでいる。図から分る如く水分の多いもの程，一般に強度が低く，また通気度も概して不良である。

(c) 粒度分布および粒度指数　鋳物砂の粒度分布はほとんど大部分の工場では100または150メッシュが首位を占め，100と150メッシュの合計が約50％に達している。なお各工場の鋳物砂の粒度分布に基づいて学振法による粒度指数を求めたところ，図2の通りであって，大体55～85の範囲にあった。

(d) 通気度　鋳物砂の通気度はその粒度分布，粒形，水分，粘土分およびつき固めの程度によって変る。一般の概念としては，ふつう50～70位といわれているが，↗また合せ枠法（30）か抜き枠法（50）等造型法によつてもかなり差異がある。今回調査した結果は図2の通りであって，30内外のものが3社ばかりあったが，その他はおおむね適当と思われる。

(e) 粘土分　全工場の2／3まで約10％の粘土分が含まれており，特に問題とする程のことはなかった。

以上総合するに鋳物砂の配合調整管理は必ずしも十分とは言い難く，また造型に当つても，鋳型かたさ試験器を用いて型の硬度を測定しながら作業をするということもなく，ほとんど大部分は従業員のカンと経験によって行われているのが実状であった。↙

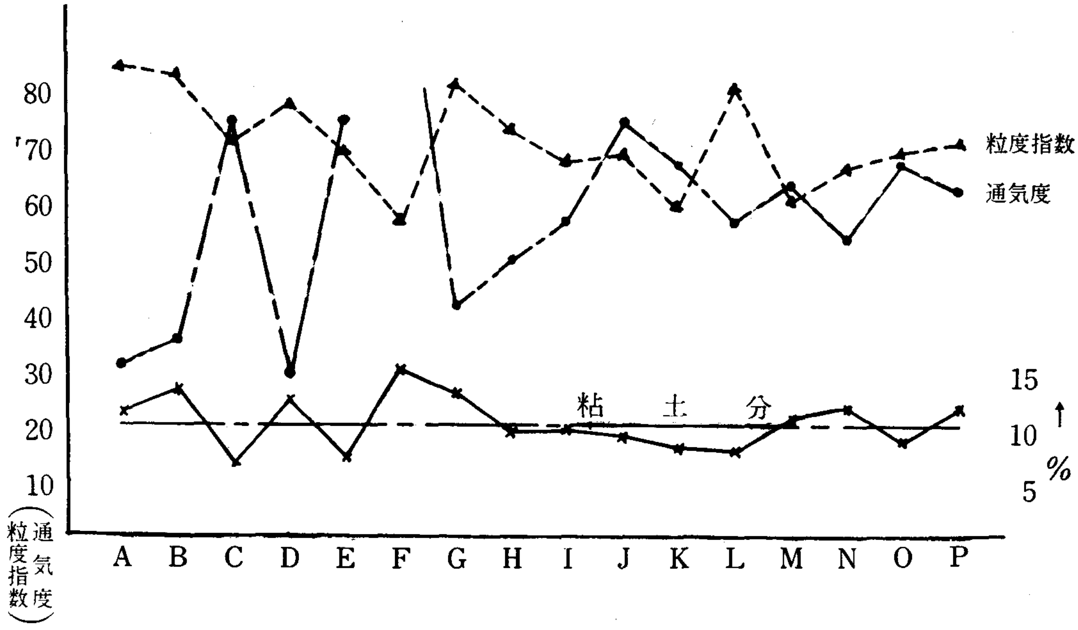


図2　各工場の粒度指数，通気度および粘土分

② 造型方法および鋳造方案の管理

造型方法には，手作業によるか，機械込め作業による区別の他，合せ枠法，抜き枠法，土間込め法といった分類法，また生砂型，乾燥型，ガス型，シエルモールド法自硬性鋳型など各種の方法がある。そこでいかなる製品に対してどのような方法を採用するかは，注文数量，製品の大小，形状，納期，経済性，その他工場の特殊性等諸条件が相関連するため簡単には決定することはできないと思う。しかし本県の企業の大部分は主として一般機械用鋳物を対象としており，共通して言えることは，数量の少ない大型鋳物は経済的立場より土間込め方式を多く採用していたが，この方式はガスの逃げ，湿気の点，型の強度等多くの欠陥を生じ易い故に，合せ枠法に切りかえる必要があると思う。

またある程度数量のまとまった注文に対しては，抜き枠法を適用しているのが多かったが，品質を安定さす意味から機械込めに切りかえ，合成砂を使用することにすれば砂の調整管理が徹底できうるものと思う。

次にシエルモールド法およびCO_2ガス法については，中子型の成型にまた一部土間込め法における外型に使用され，かなり普及しているようであつた。

自硬性鋳型については，数社において若干の製品に適用されており，また2，3の企業においては最近までこの方法で作業を行っていたが，従業員がよく馴れないため，或は自硬性鋳型を行うに当っては技術的にややむつかしい点もあって目下のところあまり実施していなかっ

た。

自硬性鋳型は水ガラス（$Na_2O \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$）を粘結剤とし，これに硬化剤を添加して造型を行なう方法で数種のものが実用化されているが，水ガラス溶液自体かなり複雑な構造を有する故，水ガラスの物理化学的性質を十分理解しておくことが先決問題であると思う。

そこで自硬性鋳型の中で経済的で比較的取り扱いの容易なダイカル鋳型（硬化剤として，金属Mgの製錬残渣であるけい酸二石灰＝$2CaO \cdot SiO_2$ を使用する）の製作法の要点を記すると，

① この方法では，水ガラスの選択が重要な要素となっており，季節によりモル比（SiO_2/Na_2O の割合）濃度の使い分けを十分に把握しておくこと。

② 混練に当っては，高速混練機（70～100r.p.m）を用いけい砂に硬化剤を投入し，次に水ガラスを添加した後30～60秒程度の短時間で終了すること。

③ CO_2ガスの併用も可能である。この場合は，CO_2ガスの吹きつけ時間はCO_2プロセスの場合の1/2～1/5程度[2]でよい。

なお参考までに，水ガラスの季節による使用区分を表3に[3]，また配合割合については表4[4]に示す。

表3　水ガラスの使用区分

区分＼項目	モル比	濃度（ボーメ）	備考
夏季用	2.3以下	50	モル比の低い程自硬速度がおそく，高い程自硬速度が速い。
春秋用	2.3～2.5	48 ～ 50	
冬季用	2.5～2.8	46 ～ 48	

表4　配合割合

方式＼成分	けい砂	硬化剤	水ガラス	その他
つき固め式	100	2～5	5～7	—
流しこみ式	100	4～6	5～7	水(1～3) 界面活性剤 (0.1～0.3)

表4中の硬化剤および水ガラスの割合は必ずしも固定的なものではなく，自硬時間が比較的短い一昼夜程度で高抗圧力を得ようとするときは，硬化剤，水ガラス共に高目に配合し，逆に自硬時間が長く取れる場合には，両者共に低目の配合にしてよいと考えられる。

また図3，図4および図5はそれぞれ水ガラスのモル比と硬化時間，硬化剤の割合と硬化時間，水ガラスの配合割合と硬化時間の関係を示す。

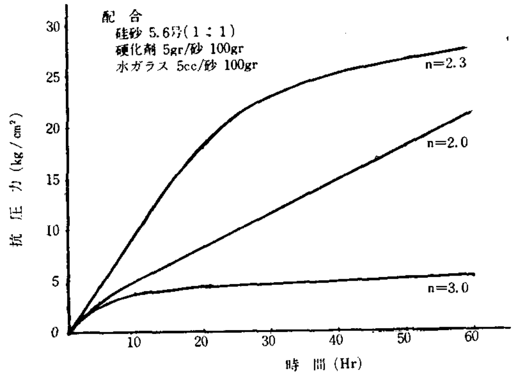


図3　自硬性に及ぼす水ガラスモル比（SiO_2/Na_2O）の影響

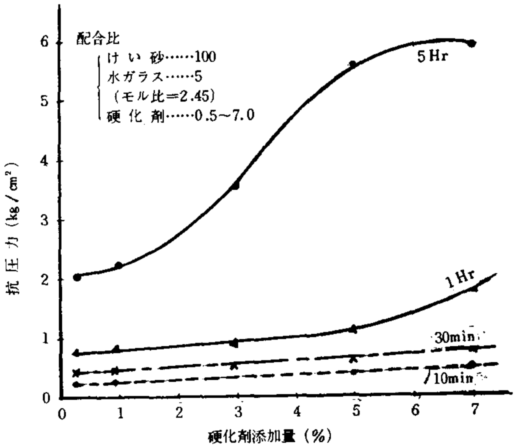


図4　硬化剤添加量と抗圧力との関係

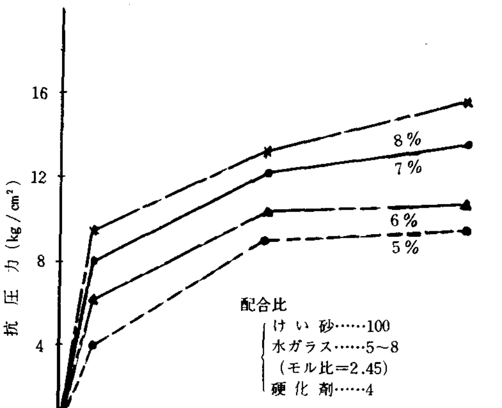


図5　水ガラスの添加量と抗圧力との関係

次に鋳造方案の設定にあたっては，不純物の混入防止押湯効果，鋳造後の処理等考慮すべき点が多々あるが，鋳物の形状，大きさは区々であるため，常に同一方案を

採用することは許されない。これらの方案の決定にあたっては，従来の経験と，基礎となる原理をよく理解することである。すなわち

(a)　溶湯の流れと欠陥との関係。

(b)　凝固の進行と欠陥との関係。

しかしこれらの関係は現在なお明確に解決されておらず，現場の経験に頼っている場合が多い。

各工場の共通した欠陥の一つは押場が一般に小さい事である。それがため押湯のね本のところに巣が生じている事が多かった。押湯の役目からいって，押湯の凝固が鋳物本体の凝固より遅くなければならないが，それがためには，　$V_f/S_f > V_c/S_c$

但し　V_f：押湯の体積，　S_f：押湯の表面積

V_c：鋳物の体積，　S_c：鋳物の表面積

また，押湯の高さは直径の1.0～1.8倍にとるのが常識であるが，型のつごうで十分とれない場合には，注湯に際しては，頭部をわら灰で蔽うなどして凝固時間を延すようくふうすべきである。

③　溶解操業の管理

キュポラの構造については，半熱風式のものが数社あったが，その他は普通型（前炉式を含む）のものであった。1，2の工場（1つは送風機容量の不足，1つは羽口の設計の不適切）を除いては溶湯温度にはまず問題はなく，従来の如く，湯熱不足に基く問題点はなかった。

その理由としては，コークスの品質の向上，ベッドコークスの高さ（炉径の1.75～2.0），装入物のサイジング送風量，風圧等操業技術の向上があずかって力あるものと思はれるが，それにしてもコークス比がやや多く，工場の大半以上が13～15%のコークスを使用していた。殊に半熱風式のキュポラを有する工場においては，注湯に際し湯熱を戻し調整している所もあった。

もちろんバルブ等のような強力鋳物を溶解する場合には当然高温溶解を必要とするけれども，普通鋳物においては必要以上の高温溶解は，かえって鋳肌を損ねる結果となるので溶解操業において注意すべき事と思う。

4　今後の動向について

最近第二次産業の分野全般にわたって労働力の不足が深刻になりつつあるといわれているが，とりわけ鋳造工業においては，労働環境の悪条件（粉じんおよび熱間における重労働）のためか，労働問題が想像以上のものであることを今度の巡回によって知らされた。一例をあげれば，かなり整備された施設設備を有しながら人手不足のため，その機能を十分発揮することができず，また管理面についても，大勢として現場まかせの工場が多かった。要するにこの業界はあまりにも零細企業が多きに過ぎ，技術の進歩，能率の増進を著しく阻害しているものと思われる。

現在すでにその動きがあるわけではあるが，一日も早く企業の合同若くはグループ化の実現をはかって，鋳造品の需要をできるだけ集約し，鋳造品の規格化を進め，品種ごとのロット数を高めることにより量産効果も期待でき，また管理体制の確立ならびに研究体制の強化により産業界において確固たる地位を築くことができる。

なお，鋳造工場が魅力のある職場たらしめる点から，また公害問題といつた意味からも一日も早く解決しなければならない問題の一つは環境衛生であると思う。

鋳物工場は砂を取扱う関係上粉じんは相当に多く1～20gr/cm³ [(6)]程度であるといわれている。本県においては目下のところ，積極的な対策はとられていないが，集じん装置としてサイクロン，バッグフイルタ，バブルフィルタ等を設けて工場内の清浄化を図るべきであると思う。

次に，公害に最も関連するところはキュポラの操業にあると考えられる。近時，公害とは別に鋳造品に対し，高強度の要求がなされるところから，ダクタイル鋳物の溶解については低周波電気炉操業の研究発表がかなり行われている。低周波電気炉溶解においては，チル化の傾向およびヒケが大きい等の問題はあるにせよ，高温溶解ができること，原料として安価なダライ粉が相当量混入できること，製品の強度もキュポラ溶解に比較して20～25%[(7)]程度高いこと，排気ガスの少ないこと等を考えるとき一般鋳物の低周波電気炉溶解は今後検討に値するものと思う。

5　あとがき

労働力不足のため，かなり苦しい情勢下にある鋳造工業界に，高価な鋳造品に代わる溶接加工品，鍛造品その他の新素材が次から次へと押し寄せつつある今日，専業としての鋳物工業がよいのか，また機械工業企業の中の鋳物部門として進むべきであるのか，またその機械設備はどうあるべきなのか，検討すべき問題は多々あるが，それらについては今後に譲ることにする。

謝辞

おわりに，今回の工場巡回の機会を与え，有益なご指導と助言をいただきました奈良工業試験所，石坂技師，ならびにダイカル鋳物についての貴重な資料をご提供下さいました太洋鋳機株式会社の岡本五郎氏に対し深く感謝するとともに，資料の整理に多大のご尽力をいただき

ました同試験所，荒木氏をはじめ関係の各位に対し厚く
お礼申し上げます。

文　献

(1) 内田，村田，日本機械学会誌，71－597 (1968－10)，1337.
(2) 蓑輪晋，ダイカル技術協会，(1967)．1.
(3) 徳永義昭，ダイカル技術協会，(1968)，92.
(4) 蓑輪晋，ダイカル技術協会，(1968)，1.
(5) 蓑輪晋，ダイカル技術協会，(1968)，15，16.
(6) 千々岩健児，日本機械学会誌，71－597 (1968－10)，1325.
(7) 岡田，前橋，川又，石田，日本鋳物協会誌，41 (1969－12)，985.

授業の改善について

今　西　周　藏

An Improvement of Teaching

Shūzō IMANISHI

1　あらまし と まえがき

(1) 文部省の話しによると,ある年度入学者の卒業までの留年，退学の数は16,6%（6人に1人の割合）だと言われている。これに仮進級者，要注意者を含めると，いわゆる成績不振者の割合はもっと大きくなるだろう。事情は違うが，数字の上では，紛争前の大学の状態(1)(2)とよく似ている。これは単に一部の不振者だけのことではなく，全学生のことゝして考えねばならぬところに来ていると思われる。

(2) 成績不振のおもな原因として,学生の能力，態度，環境など，学生側に目が向けられることが多いが，筆者は，状況の変化を察知し，それに適応する授業（教育）上の改善が遅れていることとに目を注ぎたい。

(3) 高専生は一般に勉強家だが,授業の科目や時間数が多くて息詰まるような苦しみを訴えつゝ，何かの物足りなさを感じている。

(4) この対策として,苦しみを和らげ，自主的な学習のよろこびを味合わせ，学業がけっして忍従でないことを知らせる指導が必要であること。その一方法として，学生の生きがいを求めた自主的な経験学習をとり，その技術指導やカリキュラムに対する配慮について，筆者の試案と希望を述べている。紙数が限られているために，具体的な考察まではいれなかったことをおわびし，諸賢の善意あるご指導をお願いしたい。

2　成績不振者の発生

人間にはさまざまの能力があり，それぞれの特色がある，すぐれた特色を引き出し，それを伸ばしてやることが教育者の使命であるが，クラスの全員に思い思いの行き届いた指導が可能であろうか，伸ばせば伸びる多方面の能力を，簡単な試験によって評価することに，教師としてはなはだ不安を感じるのである。多数回の試験や演習から，学生には3つのタイプが認められる。仮にA・B・Cとすると，Aは毎回成績がよく，Bは変動が激しく一定しないが，落ち着いてやらせばなんでもでき，多くの学生はこれに属する，Cは毎回不振である。Cの発生は，大学でも言われている(1)ように，けっして厳格な基準が原因とは思えず，真面目に授業を受け，普通に勉強すれば容易に合格できるはずのものである。にもかゝわらず発生するのはなぜだろうか，大学では多くの原因があげられている(2)(3)(4)が，筆者は高専の現場教師として，身近かに得たわずかな資料によって考察して見たい。

(1) 中途退学者について

全国立高専の電気工学科卒業者数（昭和42年より45年まで4年間，毎年度，校別）を図1のようにあらわして見た。各校の入学者数が同じでないから，これから退学率は得られないが，おゝよその特徴を要約すると，卒業者数は最大44名，最小23名，中央36名，このうちには留年によって卒業が遅れたものも含まれている。卒業者数が学校によって異なる背景には，その地方の事情が大きく影響し，県民の民力（生活力）が高いほど退学者が多いことを，筆者は前報(5)で示した。退学者はおゝむね進路が間違っていたことを訴えるけれども，それは何かの原因で学習意欲をなくしてからの二次的な感情であろうと思われる。むしろ15～16才の柔軟な年頃では何事にもなじみやすいはずである。その反面に少年的な気まぐれが，恵まれた地方での転退学を促しているのかも知れない。それゆえ，その地方の特色に適した各校それぞれの

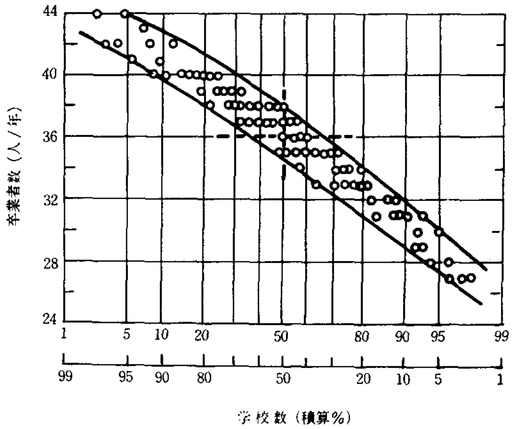


図1　全国立高専，昭42～45校別電気工学科卒業者数

指導方法を考えねばならない。

（2）試験について

筆者は試みに，機械工学科A，B両クラスに対して，授業直後，全く同じ問題を，Aクラスには100分間，Bクラスには50分間をそれぞれ与えて，成績を比較して見た。その結果を図2のようにあらわして見た。結果は非常に常識的で，価値の低いものかも知れないが，成績の

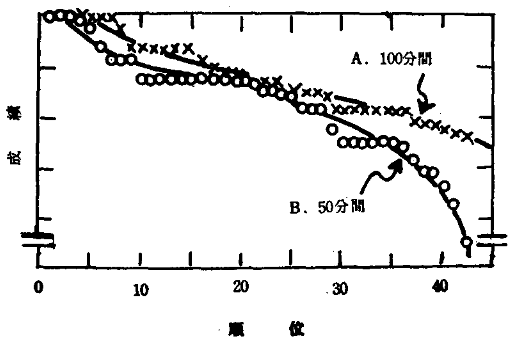


図2　試験時間による成績のちがい

順位が30番より下るにつれてAB間の差が拡大することに注目したい。この原因は，学生を観察して感じられることは，(i) 授業中の理解力とそれを強める心構えの不足によるところが大きく，(ii) 処理の速さによるところは比較的に小さい。それゆえ，理解の遅れを取りもどすために，もっと多くの考察時間を与えれば，B曲線はA曲線まで向上するであろうし，更に多くの時間を与えれば，同じクラスの中でも優劣の差が小さくなり，曲線の傾きは一層ゆるやかになるであろう。筆者は教育経験が浅く，早がてんしているかも知れないが，上の実験から見て，成績不振者には，教師の無理教えを避け，教師の指導計画に基ずく学生の自主的な学習がより一層効果的ではないかと思われる。考えようによっては，図，2のような曲線の傾きが授業方法の巧拙を示しているのかも知れない。ともかく授業の巧拙によって最も大きな影響を受けるのは常に不振者であり，そこに教育上の大きな問題が感じられる。

（3）中学内申成績や入学試験成績について

近年，大学，高専ともふびんな不振者の発生を防ぐための一対策として，入学試験方法の改善が叫ばれている。だが，不振のおもな原因が，気のゆるみ，遊び過ぎ（クラブ活動を含む），進路への疑問などである[1]。学生が学校生活をする上に必要な諸条件のなかでも，入学試験によって事前にチエックされ得るものは極く一部分にしか過ぎないし，またその時点での状態しか知られない，まして入学後どのように変化するかを予測できるものではない。試験は大きなふるいである，その後の過程における教師の観察と指導が必要であることを痛感する。

(i) 中学内申成績，入学試験成績と入学後の成績

筆者は，昭和39年より5か年間の当校電気工学科入学生約200名について調査した[5]，その結果を要約すると表・1の通りで，相関係数は全般に低く，入試／中学，1年生／中学，1年生／入試　の順に高くなっている。近年中学内申成績を審査の参考に含めることの是否が話されているが，中学成績は学校差があることゝ，これまでの入学者は優秀者ばかりで成績に甲乙の差がつけ難いこと，などのために同表の入試／中学，1年生／中学の相関値ははなはだ低い。

表1　中学内申成績，入学試験成績，入学後第1学年修了成績などの相関係数，電気工学科，昭39～43入学生

	入試／中学	1年生／中学	1年生／入試
最　大	0.3	0.4	0.5
最　小	−0.2	0.0	−0.3
平　均	0.06	0.16	0.3

(ii)　入学試験成績と入学後の不振者数

前期の成績だけが不振で，その後の努力によって学年末には合格の成績を取り得たような，軽い要注意不振者をも含めて，入試成績の順位と不振者数との関係を調査して見た[7]。結果は図・3の通りで，要約すると，

(A)　延べ不振科目・回数が1のものは，曲線Iのように，入試成績の順位が下るにつれて不振者数が増加するが，80番を峠にしてやゝ減少している。

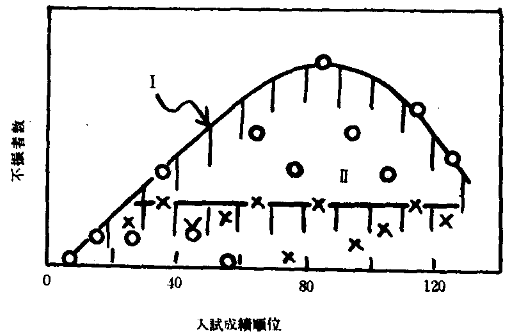


図3　入試成績と入学後の不振者数

(B)　延べ2科目・回以上のものは，曲線IIのように入試成績順位が20番以降に限られ，不振者数は入試順位には無関係である。他の高専校でも両者間の相関の低いことが話されている。大学[1]~[4]では両者の関係がかなり明瞭にあらわれ，入試成績が低いほど不振者数が多いことが示されている。わずかな資料で比較することは危険であるが，高専における両者のはなはだ低い相関から比較的に柔軟で感じやすい，気まぐれな高専生の年代がうかがえるようである。

（4）学生の悩み

(i)　低学年生の悩み

低学年生の約80％は学業でよい成績をとりたいと願いながら，毎日の生活が単調で刺激がないことを訴えている[15]。彼らには高校生に見られるような悲壮感はなく，恵まれた体力をもって，何らかの生きがいを模索しているように見られる。しかしこの年代では自己開発の力に乏しい。筆者は学生達が1年のうちで最も希望にもえる春休みにおいて，彼らに生活のワークスタディーを命じ研究と計画の手ほどきを試みたことがある，その中でも学生達は何をなすべきかを迷っている様子が報告されている。価値感の変りつゝある今日，高専生活に生きがいを求めて，彼らは何らかの新しい指導を待っているようであるし，また逆に自ら，何らかの自由な独走をねらっているようでもある。

(ii)　高学年生の悩み

低学年の授業内容は比較的に古典的で，知識が体系化されているので学習には好都合である。だが高学年では知識の体系化が不充分で，その上量も多い。電気工学科5年生の自由意見では約20％は断片的な知識が眼前を通り過ぎるだけで身につかないと訴え，約30％は（A）授業の時間数や科目数をへらし，（B）もっと多くの考える時間を得て（C）自習したい，（D）内容にもっと人間的なものを，などと希望を訴え，また（E）できれば学則で許される範囲内でなるべく欠席して，自主的な時間をつくりたいと考えている。学習の中の自己疎外が顕著な形ちで起きているいることに気付くのである。問題は，授業の過多と内容の詰め込みにあるように思われる。

3　対策について

（1）学習の目標について

ドラッカー氏[6]は現代の学生は，現場の経験を伴わない，高度の，抽象的な言語的教育に悩まされていると述べている。筆者のように，長い技術者生活の中で，一つ一つ体験して得た知識も，今日の学生は机上の言語として教え込まれるし，それが将来，どこの職場でゞも役立つものとは限らないのである。アメリカ，ソ連，ドイツイギリスなどでは，学校と工場との間に教師や学生の交流を義務づけ，学生に対しては0.5～2か年間の工場実習を課している。それによって学校における学習の目標が，常に具体的に理解されやすいようになっている。わが国では夏休み中の約3週間が課せられるだけで，そのあり方にも研究が望まれている[7][8]。それゆえ，わが国では，教師は常に学習内容の具体的な目標を掲げて，演習，実験，実習，工場見学などを豊富にとり入れ，身近な問題として，学生の興味を起させる指導を行う必要がある。そのためには教師自身が現場をよく知る必要がある。アメリカの Walker Report[9]は若手教師の工場実習や，その後の専門技術者との適度の接触が必要であることを述べている。わが国では，こうした実務に関係する内容を教えることが，学問の純粋さを汚すものとして見る誤った風潮があることを，指摘されている[10]。

（2）経験学習について

(i)　学習の現状

学生には試験を意識した学習の傾向が見られる。たとえ重要なことがらでも，短時間の試験問題として適さないと思えるものには，教師の努力にもかゝわらず学生の関心は一向に高まらないことがある。大学でも勉強の態度が暗記的で，お座なり的に偏していることが指摘されている[11]。これらの悪習慣を改めるためには，落着いた幅広い演習を数多く組み入れねばならぬと思う。

(ii)　応用力をつける。

大学，高専を問わず，近頃の学卒者は応用力に弱いと言われる。習得すべきことがらが多くて，到底手が回らないのも一原因であるが，体系化された知識をたゞ暗記

することに多くの精力が費いやされているところにも問題がある。筆者が教師となって感じたことは，教科書の盛りたくさんの諸知識をばらばらにして，ある与えられた課題に対して，自力をもって再編成する言はゞ綜合術の演習が欠けていることである。綜合を通して思考の柔軟性が養われ，応用力がつちかわれる。また不完全を補うゝちに，自分の力を知り，勉強の材料を見付けることにもなると思う。

(iii) 生きがい

騒々しい世の中で，学生達に強い学習意慾を起させるためには，先ず学習の中に生きがいを作り出さねばならないと思う。生きがいは，感情，慾望，理性の追求だと言われる，授業の中に，学生，銘々の活動の場を作ってやらねばならないが，それは非常に困難なことである。若い彼らは，好奇心に恵まれている，自分で疑い，自分で確かめ，自分で知る経験のよろこびを味じ合わせることから始めたいものである。演習，実験，実習，卒業研究などは，体験を通して，これまでの理解を深め，実技能力を養うばかりでなく，創造力をつちかい，そのよろこびを味じ合わせ得るところを重視したい。機械工学科3～4年生に対する筆者の授業では約40%の学生が積極的に，演習を希望している。そのためには授業中の演習の部分を多くし(12)，宿題をなくし，クラブ活動の時間や予習，復習の時間を与えたいが，それには全教師の協力に待たねばならない。

(3) 学習技術について

学生に対して，勉強せよ，勉強せよとの励ましの声は多いが，勉強の方法についての組織的な指導は聞かれない。もしあるとしても，それはさゝやかな一先生の経験談であることが多い。だが今日では，学生は卒業した後も生涯，何らかの学習を続けねばならぬ時代にいることを思えば，効率のよい学習方法を学ぶことは，非常に有益なことと思う。

(i) Inputとしての学習法

授業のうけ方とその訓練を目的とするもので，(A) 話しの受けとり方，(B) ノートのとり方，(C) 思考のし方 (D) 整理とまとめ方，(E) 読書のし方，(F) 観察のし方 (G) 予習のし方，(H) 復習のし方，などが考えられる。

(ii) Outputとしての表現法

話し方，書き方とその訓練を目的とするもので，(A) 報告書の書き方，(B) 手紙の書き方，(C) 発想のし方，(D) 話し言葉，(E) 話し方 (F) 会議のし方，など。

アメリカのＭＩＴやわが国の大学でも試みられている(7)そうであるが，その内容は明らかでない。これには各方面の専門の教師が協力して組織化をはからねばならぬと思う。

(4) カリキュラムについて

(i) 経験学習の重視

高専の専門カリキュラムが，大学のそれに比べて充実し，実験と実習が重視されていると言う(13)。しかし，筆者が当地区の4つの国公立大学にある電気系学科について調査したところでは，表・2の通り，実験，実習，卒研については，むしろ大学の方が多くの時間をとつている。ある大学では，卒業研究は学生銘々の学力を反省し自習力をつけるなどの一手段として，効果があり，3年生後期から始めていると言われる。筆者らは，高専における実験，実習にも高学年ほど，教科書からはずれた研究的な内容を多くし，学生の自主的な開発訓練を試みている。学生達は幅広い綜合を要する内容に対しては，戸惑いを示しながらも，何かちがった生きがいを感じているように察せられる。

表2 京阪地区国公立大学電気系学科
毎週総授業時間数

		卒業研究	実験	設計製図	合計
大学	最大	34	30	16	61
	最小	9	16	0	31
	平均	18	25	8	48
高専		6	18	10	34

(ii) 科目の整理

大企業を訪問して感じることは，学卒者に対する希望が（A）教育を含む人事計画部門では，入社後，企業の好きなように教育するから，素質さえ良ければよい，と言う考え方と，（B）学卒者と直接々触する現場部門では，技術者不足を補うために，できるだけすみやかに，戦列に参加し得る具体的な予備知識を，と言う考え方がある。一方，学校教育では，（C）特定の学科にこだわらない，もっと広汎な基礎工学へ向う考え方(14)と，(D) 専門的にますます細分化して行く考え方がある。高専における授業科目は，現在，あまりに多過ぎ，何らかの改善を必要とする時に来ていると思う，その際，上記のいずれを選ぶかゝ電気工学科の場合には通産省および郵政省の国家試験を含めて，関係者の幅広い研究が必要であると思う。

(iii) 授業時間数

現状では，授業時間数の多いことが，学生の自主性を

そこなう一原因となっているが，これまで述べて来たように，授業の内容に，学生の自主性を盛り込むことに成功すれば，苦悩はいくらか緩和されると思われるので，その結果を反省して見た上で，授業時間数を研究すればよいと考える。

4　あとがき

成績不振者を氷山の一角として，学習意慾の低い，やりとげる意志力の弱い多くの学生達に，学習の中に生きがいを体験させてやりたい，そのためには多くの教師が同じ目標に向って，互いに協力し合わねば，できないことである，そして授業改善についての経験や考えを話し合う機会を，早急に，度々，もちたいと思う。

最後に，ご指導，ご援助を頂いた当校関係各位に厚くお礼を申し上げる。

文　献

(1)(3)(4)　厚生補導（文部省）No 3．1968
(2)　石谷，自然　昭41．10．p92
(5)　今西，奈良高専研究紀要　No. 5・昭44．p118
(6)　ドラッカー，林訳，断絶の時代，ダイヤモンド社　昭44．p．422
(7)　和田，工業教育，昭44．5．p34
(8)　東洋大学工学部，学外実習報告(Ⅰ)，昭44・6
(9)　日本工業教育協会訳　工業教育の目標，昭44．7
(10)　唐津，リクルート　昭42．10
(11)　野村，工業教育　昭43．6．p.9
(12)　池原，工業教育　昭44．5．p.9
(13)　東京都立高専研究報告，第1号
(14)　例えば，向坊，基礎工学概説，1968，岩波講座
(15)　中西，奈良高専資料　昭42
(16)　今西，貴志，奈良高専資料　昭43

海　　外　　研　　修

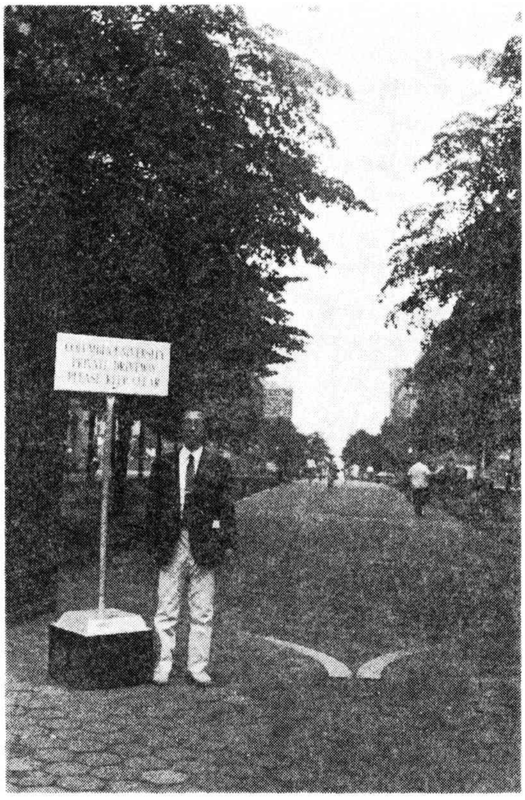
（アメリカ・カナダ，1970年）

渡　部　定　雄

A Study and Training Abroad

(U. S. & Canada, 1970)

Sadao WATANABE



コロンビア大学にて

はじめに

7月上旬から8月末にかけて，約2か月足らずの間，アメリカ合衆国ならびにカナダ国への海外研修の機会に恵まれたことは，ひとえに学校長八濱義和博士をはじめ関係各位の御好意によるものに他ならない。

また，大学での研修を主軸にして，広く自由に彼の地の風俗，慣習，生活様式などに触れることができたのはニューヨークの国際学生交流委員会及び，諸大学，研究機関の教官，研究員，学生諸氏のみならず民間の篤志家達の御協力があったためだといわねばならない。しるして感謝の微意を表す。

・・・・・

おかげで，カナダ国の1州と，合衆国の23州及びワシントン（コロンビア特別地区）や，ニューヨーク市を文字どおり地で行けた。訪問できた学校は，大学12校（短大1校を含む）及び高校1校であった。そのうち，特にアリゾナ州立大学，南ミシシッピー大学，及び，テネシー大学では，文学部関係の先生方に近しくなったばかりでなく，講義を通して，学生諸君に親しく話せる機会をもてた。

学生寮に滞在したほかに，私が宿泊した4軒は，会社員，建築業，牧師，歯科医といった職業の人々の家であった。彼らは国際親善を旨とするボランティア（自発的無償奉仕者）たちであり，自身の子女達に残らず高等教育を受けさせた人々でもあった。

又，彼らの大半が，ヨーロッパ，中近東，南米を中心とした海外旅行の経験者であったことも，語学や文学研究を目差す私にとって，幸いだった。

1

梅雨あけの羽田空港をたって，到着したアラスカのアンカレッジは，短かい夏の緑を身につけてはいたものの上衣を必要とするほど肌寒かった。アンカレッジを飛びたって，はるかに望む白夜の空には，夜明けの色がほんのり色付いていた。1日もどして，6時間を加えた時計にオレゴン上空では更に2時間をプラスしなければならなかった。オークランド空港のはずれには，名もない暗灰色の小鳥や，野兎があそんでいた。スチューワデスは着陸寸前の温度を56°F（約13°C）とつげた。なるほど，降りてみると，カルフォルニァ州のこのあたりは日本の中秋であった。

オークランドから，サンフランシスコに着くと，そこには雑多な人々の世界があった。サンフランシスコに住む主なグループは黒人に加えて，オーストラリア，カナダ，中国，デンマーク，英国，フランス，ドイツ，ギリシャ，アイルランド，イタリー，日本，メキシコ，ノールウェイ，ポーランド，ポルトガル，ロシヤ，スコットランド，スペイン，スエーデン，スイス，ウェールズ，西インド諸島からの人々であった。そしてアメリカが人種のるつぼであるという実感は，アメリカを去るまで，私の頭をしばしば去来した。

何よりも使われている言葉の多様性のために，私は自分の英語に日本で使うほど神経を使わなくてすんだ。

サンフランシスコに着いて間もなく朝食をとる道を尋ねた初老の男は，親切にポール街を身をもって教えてくれた。もうその近くに，モアスという界隈では名の通ったカフェテリヤ（自分で好きな食物をとる簡易食堂）があった。しかし，彼の英語はどう考えても，母国語としての英語ではなかった。

機械的に並んだ食物と，美しく飾られた造花と，ひとりぽつねんと食物をとる物淋しげな老人達と……私はそこに，アメリカの一面を見，日本の将来を考えざるをえなかった。

2

遅い朝食をとって一息いれたところで，市立大学のジェームズ・ショーン教授の自宅に電話して，ひとりで，州立大学へでかけた。構内を案内してくれたのは，カルフォルニア大学（ロサンジェルス）でスペイン語を専攻し，現在州立大学のスペイン語特別講座に出ているフランス系アメリカ人のデニス・ルキャム（Le Cam）君であった。彼の父はカルフォルニア大学（バークレー）の数学の先生である。彼はまたエスペラント語をよくし，学園内で彼が会釈した数少ない人々はエスペラント語会での付き合いらしかった。

物静かな青年で，こちらの質問には，はにかみながらも答えてくれたけれども，彼からあえて物を尋ねるというようなことはなかった。数少ない言葉のはしばしから彼が先年ヨーロッパに旅し，父祖の国，フランスをも訪れたが，それは彼にとってはもはや異邦であり，彼のフランス語もあまり役立たなかったらしいことを知った。

サンフランシスコ州立大学は，おもてに美しい住宅街をもつ，横にゆったりと広がった学園であった。広いキャンパスには，広葉樹，針葉樹の濃い緑が深いかげを落とし，リスがチョロ，チョロ走り出たりした。もっとも，リスは，その後，多くの学校や，何軒かの家庭の裏庭で

見かけた愛嬌ものであったけれども。

学生の数は，平生に比べて少ないとのことであったがそれでも三々五々，ノートや分厚い本をかかえた学生があるいはのんびりと，あるいは足早やに歩いていた。ラテン・アメリカ諸国からの学生もいるようであった。

両面を樹陰に縁どられた舗装道路に「君がねむっている間に，他の人人が死んでいく」という文字が，ぽつんと書かれてあった。私はそれが戦争のかげりを意味するのか，人生観の発露であるのか一瞬はかりかねた。

ルキャム君はただだまって，私がその文字をカメラにおさめようとするのを眺めていた。

3

サンフランシスコから，ロサンジェルスを経て，アリゾナのフィーニックスまでは約19時間のバスの旅であった。涼しいサンフランシスコから冷房のきいた大型バスに乗りこみ，フィーニックスに降りたったとたん，7月の太陽が現実のものとなった。フィーニックスの夏は暑かったけれども，カラッとしていた。背の高いしゅろの広い並木道は，青い空に届くようにどこまでも真直ぐ伸びていた。

テンピーのアリゾナ州立大学で，大学院の元主任教授であったアーヴィング・スタウト博士に出会った。以前奨学資金のことなどでお世話になったことなどあって，直接，先生の研究室に出むいた。

学校の要職を後進にゆずって，また本来の教育と研究の仕事に打込めることを先生は楽しんでおられるもようであった。先生は老夫人ともども，もといた東部の大学よりもここの方が住みよいように思うといわれた。

事実，アリゾナ州立大学は，最近，とみに伸びてきた南，西部の大学のひとつのようにみうけられた。音楽の演奏会や，演劇などに使われているガメッジ・ホールは帝国ホテルの設計者のライト氏によってつくられたもので，どの席に坐っても同量の音量が聞こえるようになっていた。15階建ての学寮や，全学冷房という施設面の是非論はともかくとして，阪大や芸大出身の若い学究たちがここでも活躍されている姿が嬉しかった。

スタウト教授に教えられて入ったとある文学部の講義室では，「女性は何故大統領になってはいけないか。」というテーマで盛んに学生達が論じあっていた。「女性は男性より感情に走りすぎ，冷静に物事が判断できない。」といった答えの内容は問題ではなかった。文章の区切り方，抑揚，表現力などが大切なのであった。ついで，ユモアーを交えた話しあいの中で，「人をひきつける法」という主題が選び出され，教授に指名されためがねの女子学生が「講義に遅刻すること。」といって皆の哄笑をかっていた。「彼女は，事実，この講義に遅れたのですよ。」と隣りの学生がそっと耳うちしてくれた。

笑いがおさまると，教授は彼女の答えの息の切り方，抑揚などを，彼女の言葉の趣意などと比較しながら，板書して説明していった。

講義のあとで，エスキモー系らしい女子学生が近所に日本人の親友がいるなどと話しかけてきて，ついでに万博のようすなどきいていった。彼女を含めて，アメリカ人の言う日本人とは日系米人を含めてのはなしであると後で知った。

語学教室を出てからは，経済統計の修士課程をやっているマイク・ベンソンコート君がずっと校内を案内してくれた。彼はすでに一児のパパ，今夏は学校に残ってプログラミングのことを勉強するのだそうだ。将来は経済学専攻なのに数学の学位をとることになるかもしれないと彼は言っていた。そうした彼にしてみれば，私を教育学部のコンピューター・センターに連れていったことは至極当然だったかもしれない。男女の学生が，言語理解テストのデーター分析をやっていた。カルフォルニア州あたりからでも直接，資料を送ってもらえるとのことであった。

その後，東京出身のアツミ教授の家で，国際結婚のお手本のような夫人手作りの季節の日本料理や冷やしぞうめんに舌づつみをうった。氏のプールで一緒だった4歳のお嬢さんがどうしても，ビーズをみせてやろうといったのに気をとられうっかり水着のことを忘れてしまった。帰りの車の後部座席にくだんの水着がきちんとナイロンに包んでおいてあった。

4

7月19日から8月1日までの約2週間は，南ミシシッピー大学のボンド・ホールという男子寮に滞在した。ここでは，ラテン・アメリカ研究所所長，ラルフ・シベリオ教授のお世話になった。彼はキューバ系アメリカ人で平均的日本男子と同じ背格好であった。

部屋から食事，診療所での治療から，シャワー，さてはトイレまで，寮生活者は同待遇であった。文字どおり学生の6割以上がドロップ・アウト（脱落）するところからみれば，彼らが夏にも勉強する理由がわからないでもない。

英語の特別講座は次のような時間配当になっていた。

午前　9：00　－　9：50　意味論

〃　10：00　－　10：50　英構文
〃　11：00　－　11：50　語学研究室
昼　食
午後　1：00　－　1：50　アメリカ文化と慣習
〃　2：00　－　2：50　発音学
〃　3：00或いは5：00　－　3：50或いは5：50　語学研究室

この間，請われるままに，他講座の学生とだべったりした。講師陣は，メキシコ系アメリカ人のイダリア・フオンテチオ（Idalia Fontecchio）講師，彼女の夫君でイタリヤ系アメリカ人のフオンテチオ教授，市長夫人のカリー講師などが，シベリオ（Siverio）教授を助けた。

講義形式はどちらかといえば集中的なものであった。

語学演習室や，映画などが実際の英語を聞く力を育て学生達に話したこともしゃべる力をつけるのに役立った。又，ラテン・アメリカの学生達と知りあいになれたことは嬉しかった。と同時に，カルフォルニア南部，ニューメキシコ，テキサス，ミシシッピーあたりでのスペイン語の比重の大きさを肌で感じた。メキシコの弁護士の息子，ユリオ・メシア（Julio Mesia）君と「今日は，お元気ですか。」(Como esta usted?)「ええ，大へん元気です，ありがとう。」(Yo estoy bien gracias.)「今日はあついね。」(Hoy es caliente el dia.) などとうつつをぬかし，仕切りのない寮の大便所や，シャワー・ルームに慣れるころ，英語の最終テストが終了した。英語を聞く力が当初より2.3％のびたと聞かされた。「もともと，文法98．聴く力は87．ありましたから。」とメキシコ系大学院生の演習室づき助手が愛想よく口をさしはさんだ。

英語の学習内容は別の機会にゆずることにして，南ミシシッピー大学と，その所在地，ハティズバーグという小さな学園都市に少少触れておきたい。ハティズバーグには3つの大学がある。まず南ミシシッピー大学は1912年創立の総合大学で，学生数約7,500，本部図書館には約30万冊の蔵書があり，他に化学部，教育心理学部，音楽部などはそれぞれの付属図書館をもち，18の専攻分野に博士課程をもっている。加えて，900の学生を有し，1906年に女子大学として発足したウィリアム・カレーカレッジと，高校生や一般市民にもよく解放されるパール・リバー短期大学があり，三者の連携も密である。これらの学生を加えると，人口4万あまりというこの小都市の$\frac{1}{4}$ちかくも学生が占めることになる。この都市は，ミシシッピー州の南端にあるニューオルリンズから，車で北東に約2時間のところにあって，テレビ局はじめ，小さな飛行場や教会を100ばかりもっている典型的な学園小都市といえよう。医療設備もかなり行き届いていて，260床の市民病院のほかに191床のメソジスト教会付属病院があり，80人の医師と23人の歯科医がこのまちに住んでいる。

学園と教会を中心として動くこの小都市は，日曜日になると一切のアルコール類の販売を自粛し，ビールも，果物ビールを飲まねばならぬはめになる。

飲物がでれば食物ということになる。学校の食堂は品豊富で，好きな皿を自由にとってゆくカフェテリヤ方式であった。朝食は卵1～2こ（どちらでも自由）ベーコン，コーヒー，ミルクなど，昼・夜は，主食（entrée）一肉類1皿を含む一澱粉質1皿，野菜類（果物を含む）2皿，デザート1皿，ミルク（小さい紙箱入り）2箱まで，そして飲物が定食であった。学生の食堂委員が1人坐っていて，それ以上食べたいものには，肉類40セント野菜10セント，サラダ15セント，デザート15セント，飲物15セント，パン10セント，バター5セントといった超過料金をとるしかけになっていた。私は定食以上食べる気にはなれなかった。私が間違えて果物など沢山とったとき，委員は，別に嫌がりもせず自分で返えしてくれた。困ったことはあまりなかったが，盛り沢山の食物を前に食欲はなかった。理由をいろいろ考えてみたが，やはり醤油味のないことであった。携帯味噌汁やラーメンをどうしてつくるかということを寮長のボビー・ブロック（Bullock）君に話した結果，早速とパーコレーターが部屋に届いた。彼は日本製のハイファイ，時計などの愛好者ではあったが，このパーコレーターも日本製であるにはいささか驚いた。

5

テネシー大学では国際学生業務理事のエィクソン・ジョンソン博士を通じて，京大出身で博士課程に在学中の坂田礼彦氏，東京教育大学出身で，オークリッジ原子力研究所の田中博士，東大に学び，しとやかなエリザベス・テーラーといった奥さんと，学生会館に住みこむ館長の鈴木氏と近づきになった。

ジョンソン博士は30歳になるかならないかの好漢で，京都，広島などを二度も訪れた知日家でもあった。

「17世紀の演劇」や「中世文学研究」といった高度の専門講義は時間の都合ということで敬遠して，「英文学概論」という講座に出席した。この講座の魅力は，中世ではコロンビア大学のE・T・ドナルドソン教授，16世紀はカルフォルニア工科大学のH・スミス教授，王政復

古時代と18世紀はミネソタ大学英文学研究会，ヴィクトリヤ朝は，ロチェスター大学のG・H・フォード教授，20世紀はサセックス大学のデーヴィド・ダイチェス（Daiches）教授などというそうそうたる執筆陣によるものであった。

講義が始まる少し前になると，学生の数が自然にふくれあがって，思い思いのところに席をとる。できのよさそうな女子学生が前に坐り，アメリカン・フットボールのユニフォームを着けた学生は左はしの窓際の後部の席に坐った。あまり自信のない学生は教師から離れて坐りたがるのはあるいは世界的に共通なのかもしれない。

先生はきれいな若そうな女性であったけれども，みるからに怜俐で学問一筋の才女とみた。それが証拠に，室内に一べつをくれただけで名前も呼ばずに出席をとった。彼女はとうとう講義時間中ニコリともしなかった。

講義はヘンリー４世の２幕の２．３場を中心にしておこなわれた。まず冒頭，２．３場を読んだ感想の要約を10分位でまとめ提出させた。才媛女史は講義の前半は，ヘンリー４世の心理的葛藤，行動の動機などと，彼の軍事的駆引きのうまさなどとを比較検討させ答えさせた。

彼女はかならず作品中の頁数を指示しながら，講義をすすめた。次にヘンリー４世の心理的矛盾の描き方，つまり，その文学的技巧性などが論じられた。講義の後半には他の登場人物，フォールスタッフ――酒のみで女好きで一見手に負えないこの老人の永遠の若さ，彼のひょうきんというよりは，明るい馬鹿役のイギリス喜劇中に占めるユモアーとジョークの巧拙などが話しあわれた。

学生達が作品の字句解釈などを離れて，シェクスピアーの作品内容を咀しゃくしながら，作品とまともに取り組もうとしている点をうらやましく思ったりした。しかし，例のフットボール君は，大きな体を小さくして窓の外を眺めていた。

6

メリーランドのバルチモアーでは世界的に有名な医学部をもつジョン・ホプキンズ大学を訪れた。黒人の管理者のすすめで，その付属病院の７階建ての駐車場の屋上にのぼり市内を見下した。彼のはなしによると，この駐車場は900 台の収容能力があるという。ついでに学校などの門番，守衛（junitor）などという言葉は徐々に姿を消し，保管者，管理者（custodian）という名称がそれにとってかわりつつあるようであった。こういった意味をふくめて，ニューヨークのコロンビア大学にも再生を余儀なくさせられている往年の名門校の姿があった。図書館前の何年か前のテニス・コートは芝生にかわり，そこでは黒人の青年達が球技に打ち興じていた。そこには中西部や南部で新しく育ちつつある大学ではついぞ見かけなかった老雄の苦悩する姿があった。

クリーブランドの伝統校，ケース・ウェスタン・リザーブ大学の蔦に包まれた19世紀の建物と，壮大な人文学研究所や，華麗な工学部のロビーには，不調和の中に静けさがあった。インディアナポリスのしっとりしたバトラー大学は，広い緑と，深い森の中で，ちりひとつ見かけない典雅な姿をよこたえていたし，その斬新な白亜の図書館は日本人建築家の手になったとかきいた。

広大な敷地に新たな総合大学として建設中のミゾリー西大学の真新しい語学演習室や理数科のコンピューター室は，アメリカなりの新しい大学の横顔をのぞかせていた。

おわりに

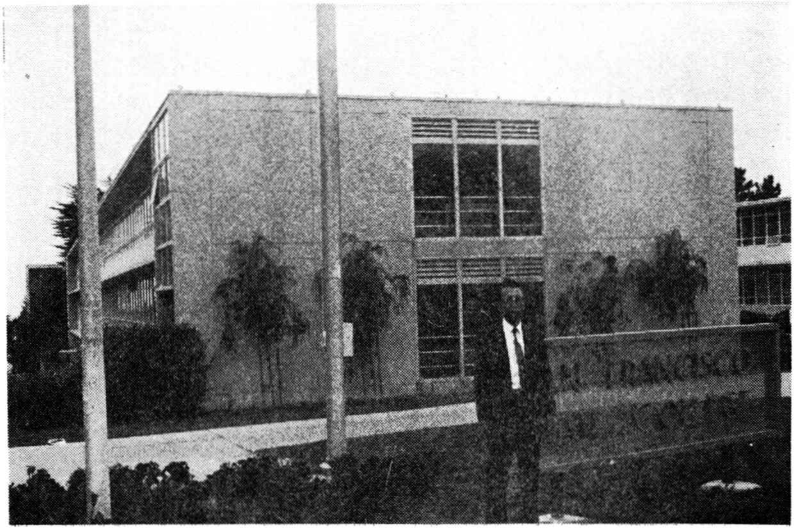
思いおこせば，重い旅行かばんを車まで運んでくれた東パキスタンのジャガナス・カレッジのアブデュル・ブィヤン（Abdul Bhuiyan）教授，ハンガリー語の新聞を読みながら，故国ハンガリーにおもいをはせるハンガリー系アメリカ人スリヨック（Sulyok）老，中国語がはばをきかすニューヨークやサンフランシスコの中国人街，「日本人でしょ，僕のまちにも沢山いるよ。」とお行儀よく肉をパクツイていた年少団員（cub club）の黒人の子供達，彼らは女のリーダーの先生につれられて，バタン・ルージュからニューオリルンズに修学旅行に来ていた。カナダの国境へむかうバスの中でフランス語をしゃべっていた三人のカナダ青年，セントラル・パーク入口で仲間とドイツ語で談笑していた売店のおやじさん歯切れのよい，きれいな英語のオランダ学生，鍵もかけず，隣家との境も目立たない豊かな，ミゾリー州はカメロンのまち，原爆投下の非を悔い，公害を共に語ろうとする数多くのアメリカ人，万博会場より大きい農場をもつ中西部の農家，大都市の浮浪者と，美しい小都市の街並，たらふく食べた西瓜と蟹，大学生の二児をもちながら飛行機の操縦をめざすその母，病弱の三児に大学教育をつけさせ，70ドルしかなかった若き日の極貧ぶりをほがらかに語った老夫妻と彼らの18歳と19歳の二匹の猫，自から車をかってアラスカの旅をしたいという74歳の歯科医の母，彼らは彼らの祖父母が貧しいヨーロッパの移民であることを知っていた。校友会や上流社交クラブは閉鎖的であったけれども人々は明るく開放的であった。

結局，北米大陸にも私達のまわりと同じ，人間たちが

いた。私なりに行動半径と，想像の世界をのばしてはみたが，ゆるされた紙面と，限られた物理的経験のわくから，私は逃れえなかった。

ささやかなこの記録が，アメリカやカナダのごく一部しか伝えていないことを，この私が一番よく知っている。

サンフランシスコ州立大学にて



教官研究活動状況一覧表（抄録）

昭和44年10月～45年9月

〔機械工学科〕

X線応力測定法に関する二，三の問題（I）

本田和男（岡山大・工）　細川智生（岡山大・工）
有間淳一（奈良高専）　常永寿伸（佐藤造機）
日本材料学会　材料　第18巻 195号　p.1053～1059
昭和44年12月

X線応力測定における回折面依存性の現象は測定法に関する基礎的な重要問題である。筆者らは解析を行なう場合の考え方の基礎として，単結晶の弾性異方性を考慮した結晶幾何学的取扱いによるひずみ解析を，多結晶体の変形機構に関する諸説との関連において行なうこととし，解析の方法についてのべると共に，代表的な結晶系に属する2，3の多結晶金属材料について，引張変形過程におけるX線ひずみ測定を行ない，解析結果の妥当性について考察してきた。これによりX線応力測定における回折面依存性は，多結晶体の弾性異方性と密接な関係を有すること，一軸引張変形過程における変形挙動は，(100) 面と等価な面に関して検討すればよいことなどがわかった。

X線応力測定法に関する二，三の問題（II）

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18巻 195号　p.1060～1065　昭和44年12月

さきにのべた多結晶金属材料の回折面依存性が，多結晶金属材料の弾性異方性の強弱に基因することを確認するために面心立方晶系に属するアルミニウム，銅などについて行なった実験結果ならびに変形挙動を考察する上の補助的手段として弾性範囲内におけるX線積分幅の変化について行なった解析結果と実験結果についてのべてある。これらの結果により，異方性を考慮するとどの格子面より応力測定を行なってもほぼ等しい応力値が得られること，変形挙動を知る上には，変形機構に関する両モデルとの関連において実験を行なう必要があること。異方性の影響が大きくあらわれる金属材料に対しては特定の格子面たとえば Cu の (400) 面について ε_ϕ/σ の関係を検討する必要がある。

X線による変形異方性に関する研究

細川智生（岡山大・工）　有間淳一（奈良高専）
石角民生（三井造船玉野）
日本機械学会　第47期通常総会講演会
昭和45年3月31日

金属材料は塑性加工などで見られるように異方性を示し，実験的にはR値，D値あるいは異方性パラメータなどにより表示されている。最近はこの異方性の原因を材料の変形機構から理論的に導き，より完全な異方性の表示あるいは異方性材料における応力―ひずみの関係を求める試みがなされている。この問題に関し特定の方位をもつ結晶粒における応力測定の可能なX線測定法を用いて塑性変形した低炭素鋼，銅，アルミニウム板材について残留応力値の発生原因を，種々のモデルより検討した。

多結晶金属材料の弾性異方性とX線応力測定値の相関性（二相合金の変形挙動について）

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　第9回X線材料強度に関するシンポジウム　昭和45年7月18日

筆者らは前報において，X線応力測定における回折面依存性の問題をとり上げ，多結晶金属材料の変形機構との関連において理論的考察と実験的検討を行なってきた。本報においては代表的な二相合金である Cu–Zn 合金，Al–Si 合金について各相の存在割合を考慮したひずみ解析と弾性範囲内における実験結果よりこのような二相合金の変形挙動について考察な行なった。これより変形挙動は，応力一定モデルを適用した場合，実験結果とよく合うこと，またひずみ一定モデルを適用する場合は，各相の存在割合が異なるとX線的弾性係数の値が著るしく異なってくることなどが明らかになった。

残留応力の異方性について

有間淳一（奈良高専）　細川智生（岡山大・工）
日本材料学会　第9回X線材料強度シンポジウム
昭和45年7月18日

多結晶金属材料の弾性異方性とX線応力測定値の相関性

有間淳一他2名
日本材料学会　第14回材料研究連合講演会
昭和45年9月1日

低圧空気サーボのピストンの挙動

明石　一（京大・工）　加賀勝也（奈良高専）
笠松良一（奈良高専）　紙中　実（奈良高専）
中川将行（奈良高専）　大谷幸一（奈良高専）
日本機械学会関西支部　昭和45年3月18日

J. L. Shearer はフィードバックカムを使って，ピス

トンを任意の位置に保つという困難な問題を解決しているが，本研究は低圧域に限定して，工業用ロボットの腕を想定してピストンの挙動について考察することを目的とし，流量抵抗・タンク容量・負荷・フィードバックカム等の変化のピストンの挙動に及ぼす影響について，実験的に考察した。圧力を増すと速応性は増すが，空気圧の場合には低圧であっても応答速度が非常にはやい。又，タンク容量が大きくなると安定性が増し，流量抵抗については大きすぎず，また小さすぎぬ適切な値に決める必要のあること等が判明し，今後の研究の手がかりを得た。

ねじ追いダイアルの目盛数の決定法

奥島啓弐（京大・工）　加賀勝也（奈良高専）
日本機械学会関西支部　昭和45年3月19日

本研究は，普通旋盤に於けるねじ追いダイヤルの目盛数の適切な値，及び備えるべきダイヤルの目盛数の決定法の探究を目的として，理論的に考察し，次の結果を得ている。

半割ナットを親ねじに嚙合わせてから，次に再び同じ関係位置になる迄の親ねじの回転数をaとし，目盛を削減してi番目に目盛を残したものとすれば，ダイヤルの目盛数の最適値はi＝aとなり，（ウォームホイルの歯数）／iによって目盛数が決まり，これをもとにして備えるべきダイヤルの目盛数を決定する。

鋼の延性破壊におよぼす分散炭化物の影響

関口秀夫（奈良高専）
日本金属学会　昭和45年4月8日

鋼中に分散する球状炭化物が，強度および破壊ひずみにどのような影響をおよぼすかを調べた。その結果，(1)破壊ひずみ（延性）は，炭化物量によって異り，炭化物の大きさや間隔に影響されない。(2)炭化物量を V_f，破壊ひずみを ε_f とする時，$\varepsilon_f=0.85-1.25V_f$ なる実験式が得られ，これに考察を加えた。(3)Void の大きさは，炭化物の大きさ，あるいは間隔によって異ることを，電子顕微鏡観察から明らかにし，これに基づく破壊モデルを提案した。（本研究は日本金属学会誌に投稿中である。）

蒸発面による平面噴流の偏向

加藤孝夫（大阪府大　工）　中谷洵（奈良高専）
空気調和・衛生工学会　昭和44年10月25日

局所排出用のエア・カーテン（プッシュ・プル装置）が蒸気，フュームなどの熱対流を受ける場合，カーテン噴流が偏向することが考えられる。このことを明らかにするために，蒸発面に平行に吹き出す平面噴流について偏向特性を実験的に明らかにするとともに，理論的な解析を行なった。その結果，自由噴流や Coanda 効果によって付着する平面噴流軸に，熱対流による浮力が作用するという考えにもとずいて導びいた理論式と実験値とがよく一致することがわかった。

弱電離アルゴン境界層の研究

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　昭和45年3月

一部電離したアルゴン（解析には特定の単原子気体に限定はしないけれども，アルゴンは多くの研究に用いられているためにそれを用いる。）極超音速で半無限平板上に流した場合，境界層と衝撃波との干渉が問題になる。本研究ではこの干渉を考慮し強い干渉（平板の先端に相当する）と弱い干渉（平板の後端に相当する）の各々の場合について電離が境界層内の速度，ガス温度，イオン数密度分布に及ぼす影響について理論計算を行ない良好な結果を得た。なお境界層内では化学的凍結流で熱的平衡にあると仮定している。

一部電離した気体の境界層について

西田迪雄（京大・工）　松岡一起（奈良高専）
日本航空宇宙学会　昭和45年4月

電離気体の研究は，宇宙物理学，再突入問題に関して重要であるが特に，再突入問題及びそれに関連した実験では弱電離気体と物体との間の干渉を問題にするのが実際的である。境界層の構造を調べるには従来の中性粒子気体の境界層プロフィル以外に，荷電粒子の温度，密度プロフィルが必要になる。電離気体の境界層の理調的研究は数人によって行なわれているにすぎない。本研究ではシースを考慮して壁面の境界条件を決定し，運動量保存式，全エネルギー式，電子エネルギー式，Species 保存式より電子温度分布，イオン密度分布の計算を行ない，電子温度は境界層内ではあまり変化しないことを見出した。

弱電離プラズマ境界層

西田迪雄（京大・工）　松岡一起（奈良高専）
日本航空宇宙学会　日本機械学会共催
昭和45年6月

旋削びびりに関する研究

橋本文雄（阪府大・工）　遠藤晃賢（奈良高専）
松田修二（奈良高専）　中村富雄（奈良高専）
小原伸文（奈良高専）
日本機械学会関西支部　第45期定期総会講演会
昭和45年3月18日

はかりの零点の移動におよぼす温度・湿度の影響

増尾竜一（大阪工大）　前田親良（大阪工大）
中田敏夫（大阪工大）
日本機械学会関西支部　第45期定時総会
昭和45年3月20日

はかりの測定には温度や湿度の変化に原因する零点の移動をともなう。このうち温度変化の影響は明らかにされてきたが，等比形と不等比形の天秤を比較すると，後者の移動の方が大きいという報告もあり，温度の影響のみでは十分な説明を行なうことができない。著者はこの原因が天秤桿に付着する水分にも関係すると考え，まず天秤桿に実用されているアルミ板を用い温度15°C～60°C，湿度40%～90%の範囲で実験を行ない，測定を恒温恒湿室や天秤室で行なうような場合は湿度の影響はほとんどないが，湿度が90%にも達し，桿の表面温度が露点温度に達するような場合にはかなりの影響をうけることを明らかにして，定量的な考察もある程度可能になった。

〔電気工学科〕

科学教育についてのインフオーメイシヨン・アナリシス

上田勝彦他
日本教育学会　昭和45年8月

教育という事象をよりよく認識するためには，教育に関する情報を客観的にとらえ，処理し，さらに構造化しなければならない。この情報の処理のことをインフォーメイション・アナリシスという語で表わした。さて，情報の処理は現在発展中の情報学の考え方に基づいて行なう，すなわち情報学の原理から出発するのが合理的である。本報告では科学教育について，因子分析，視座・視点分析を用いて，情報のインフォーメイション・アナリシスを行ない，教育学研究の中にインフォーメイション・アナリシスという領域の設定の必要性を提案した。

中等物理教育の目的にそう内容を選択するための規則

上田勝彦他
全国理化教育大会　理化学協会総会　昭和45年8月

教育を行なう場合にはいつでも理想とする人間像，すなわち目標が存在する。この目標を達成するに必要な内容を得るための基本的な考え方は人類が長年蓄積してきた知的財産の中からそれにふさわしいものを一定の規則とそれを運用する明確な方法とに基づいて選択せねばならないということである。この考え方に立って教育内容が選択される過程を明らかにし，具体例として，中等物理教育について，その具体的目標として学習指導要領の目標をとりあげ，この目標を実現するための内容を選択する際の基本となる考え方，すなわち内容選択規則を明らかにした。

プラズマ中遅波回路の電磁波伝ぱん(1)

成田紘一（奈良高専）　今井健蔵（大阪工大）
日本物理学会秋の分科会　昭和44年10月

マイクロ波ヘリックス回路がプラズマ中に浸されている場合の電磁波伝ぱんの様子を調べるため，ピアスのシースヘリックスモデルを使用し，その位相定数と電子密度との関係を理論計算した。結果からこのヘリックス回路が電離層プラズマのような密度変動プラズマの診断に使用できることがわかった。

プラズマ中ヘリックスの電磁波伝ぱん(2)

成田紘一（奈良高専）　今井健蔵（大阪工大）
電気関係学会関西支部大会　昭和44年10月

マイクロ波ヘリック回路内部にのみプラズマが存在する時の電磁波伝ぱんの様子が上記論文(1)と同様な手法でもって理論的に調べられた。結果からプラズマ周波数がマイクロ波の周波数よりも大きくなっても電磁波の伝ぱんが可能なことがわかった。

遅波回路を用いたプラズマ診断

成田紘一（奈良高専）　高橋晴雄（奈良高専）
阿座上孝（名古屋工業大学）
電気四学会連合大会　昭和45年4月

プラズマがマイクロ波遅波回路中に存在する時の分散関係を知るため，ヘリックス回路を用いたマイクロ波空胴共振器を作製して実験を行なった。実験は2.4GHzを使用して行なわれ，結果から共振器中に陽光性プラズマが存在する時の共振周波数と電子密度との関係がわかった。

〔数　学〕

Part について

貴志　一男
京大数理解析研究所講究録79（掲載）
日本数学会　昭和44年12月（講演）

Convolution measure algebra における Gleason Part について

貴志　一男
京大数理解析研究所講究録96（掲載）
日本数学会　昭和45年8月（講演）

A note on the invariant subspaces in L^{ϕ}

貴志一男
Collected Pap. Math. Soc. Wakayama Univ. No. 1 '70 昭和45年1月

Free structures and universal Horn sentences

田端敬晶
Mathematica Japonicae vol.14 No. 2 (1969) 昭和44年12月

〔物 理〕

The $^1s_0$ Phase shift of Nucleon-Nucleon Scattering by the Nambu-Salpeter-Bethe Equation II

田中冨士男
Progress of Theoretical Physics 43 (1970),53

相対論的2体運動方程式による核子一核子散乱の $^1s_0$ 状態の Phase shift の計算

田中冨士男
日本物理学会 1969年秋の分科会 昭和44年10月6日

On the 3-Meson Exchange Model of Nucleon-Nucleon Scattering Based on the Nambu-Salpeter-Bethe Equation

田中冨士男（奈良高専） 室田敏行（北大・理）
野田松太郎（愛媛大・工）
Progress of Theoretical Physics 43 (1970), 852

Nambu-Salpeter-Bethe 方程式による核子一核子散乱の $^1S_0$ Phaseshift を求めるプログラム

田中冨士男（奈良高専） 室田敏行（北大・理）
野田松太郎（愛媛大・工）
東京大学原子核研究所 Manual-7, 1970. 4. 15

〔英 語〕

『クラドック夫人』とモームの否定的精神の萌芽
(S. Maugham's Negativism as germinated in Mrs. Craddock)

柏原啓佐
ALBION（京大英文学会） 第15号 昭和44年11月

たたかいのかげに一広義の『老人と海』

渡部定雄
アメリカ文学 No. 10 昭和45年4月

〔歴 史〕

中世村落の形成——坂合部郷の場合——

朝倉 弘
大和文化研究 第15巻 条3号 昭和45年3月5日

〔国 語〕

慶長整版倭玉篇と類字韻の関係

北 恭昭
訓点語学会 昭和44年10月24日（講演）

奈良工業高等専門学校 研究紀要 第6号
昭和46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 関西印刷株式会社
奈良市南半田中町20

RESEARCH REPORTS

of

NARA TECHNICAL COLLEGE

No. 6, 1970

CONTENTS