

呉工業高等専門学校

研究報告

第21巻・第1号（通巻第36号）

昭和60年8月（1985）

目次

1. 拡散方程式の数値解について	今井 勲	1
2. 神経伝導方程式における遷移波，パルス，周期波の解	岡坂 中正 中本 三守	9
3. 摩擦変形時におけるかみあい歯面付近の応力解析	野原 稔	27
4. マイコン教育システムにおけるLAN用OSコマンドの 開発とその総合的利用	藤田 幸史 山崎 勉 久良 喜代彦	39
5. マイクロコンピュータのプログラム作業と目の疲労	原田 一彦	58
6. 教育情報の処理へのパーソナルコンピュータの利用	山崎 勉	61
7. 呉市におけるがけ崩れ災害に及ぼす降雨，地形ならびに 土の工学特性の影響（第1報）	石井 義明 星 健三	71
8. 板厚方向にフーリエ級数展開を用いた熱弾性平板の高次理論	丸平 上晴 平島 健一	81
9. 春秋正義訳註（九）	折本 紘二	94
昭和59年度本校教官による他誌発表論文一覧表		139

拡散方程式の数値解について

(一般科目) 今 井 勲

A Numerical Solution of Diffusion Equation

Isao IMAI

This paper describes a numerical solution of diffusion equation in an unbounded plane region. The method presented here is constructed by applying the infinite element and the finite element methods.

As examples, two boundary value problems are calculated numerically and each solution is compared with the exact solution.

1. はじめに

拡散方程式を数値的に解くには差分法や有限要素法が用いられている。これらの手法は共に有界領域での方法として考え出されたものである。従って、無限に広がりをもつ領域における問題には、このままでは使用することができない。しかし、このような問題の取り扱いには、単に数学的興味だけにとどまらず、実際問題への応用としても必要になってくる。例えば、十分広い領域における境界値問題を考えるとき、これらの手法を用いれば膨大な量の計算をしなければならなくなり、困難となることがある。

そのため、ここでは半無限領域における拡散方程式の境界値問題を扱う方法について考えてみる。簡単にするため二次元問題とする。その概要は有限要素法と減衰無限要素法とを組合せて使用する方法である。

さらに、二つの具体例について、この方法で実際に計算をして得られた数値解と厳密解とを比較しその精度を検討した。

2. 問題の記述

有限個の区分的に滑らかな曲線 $\Gamma (= \Gamma_1 + \Gamma_2)$ を境界とする二次元半無限領域を D とする。二次元拡散方程式

$$c^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial u}{\partial t} = f(x, y, t) \quad (c: \text{定数}) \quad (x, y) \in D, \quad 0 < t < \infty \quad (1)$$

を境界条件:

$$u(x, y, t) = \varphi(x, y, t) \quad (x, y) \in \Gamma_1, \quad 0 < t < \infty \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial n} + \phi(x, y, t) \cdot u = x(x, y, t) \quad (x, y) \in \Gamma_2, \quad 0 < t < \infty \quad (3)$$

$$\lim_{\sqrt{x^2+y^2} \rightarrow \infty} u(x, y, t) = 0 \quad (x, y) \in D \cup \Gamma \quad (4)$$

初期条件：

$$u(x, y, 0) = g(x, y) \quad (x, y) \in D \cup \Gamma \quad (5)$$

のもとで解く境界値問題を考える。

3. 拡散方程式に対する Galerkin 法

領域 D を有限要素部分 D_F と無限要素部分 D_I とに分ける。さらに D_F を有限要素 $e=1, 2, \dots, m_1$ に, D_I を無限要素 $e=m_1+1, \dots, m$ に分割し, その分割による節点の個数を N とする。

$\phi_j(x, y)$ は D における基底関数で次式を満足するものと仮定する。

$$\phi_j(x, y) = \delta_{ij} \quad (x, y) = i, \quad (i, j = 1, 2, \dots, N) \quad (6)$$

$$\lim_{\sqrt{x^2+y^2} \rightarrow \infty} \phi_j(x, y) = 0 \quad (\phi_j(x, y) \text{ が } D_I \text{ の基底関数のとき}) \quad (7)$$

二次元拡散方程式の境界値問題：(1)~(5)の解

$u(x, y, t)$ が

$$\hat{u}(x, y, t) = \sum_{j=1}^N u_j(t) \phi_j(x, y) \quad (8)$$

で表わされるとし, Galerkin 法を適用すれば, 次の一階常微分方程式を解くことにより $u_j(t)$ が求まる¹⁾。それらを式(8)に用いれば近似解が求められる。

$$K\mathbf{u}(t) + C\dot{\mathbf{u}}(t) = \mathbf{F}(t), \quad \mathbf{u}(t) = [u_1(t), \dots, u_N(t)]^T \quad (0 < t < \infty) \quad (9)$$

$$u_j(t) = \varphi_j(t) = \varphi(x, y, t), \quad j = (x, y) \in \Gamma_1 \quad (10)$$

$$u_j(0) = g_j = g(x, y), \quad j = (x, y) \in D \quad (11)$$

ここで, 係数行列

$$K = [K_{ij}], \quad C = [C_{ij}], \quad \mathbf{F}(t) = [F_i(t)] \quad (i, j = 1, 2, \dots, N) \quad (12)$$

の成分は, それぞれ次式で表わされる。

$$K_{ij} = c^2 \left\{ \iint_D \left(\frac{\partial \phi_i}{\partial x} \frac{\partial \phi_j}{\partial x} + \frac{\partial \phi_i}{\partial y} \frac{\partial \phi_j}{\partial y} \right) dx dy + \int_{\Gamma_2} \phi_i \phi_j ds \right\} \quad (13)$$

$$C_{ij} = \iint_D \phi_i \phi_j dx dy \quad (14)$$

$$F_i(t) = - \iint_D f \phi_i dx dy + c^2 \int_{\Gamma_2} x \phi_i ds \quad (15)$$

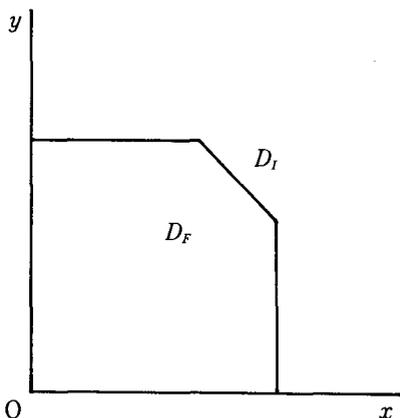


図1 $D = D_F + D_I$

さらに、常微分方程式(9)~(11)を解くには Crank-Nicolson による差分近似解法を使用すればよい。すなわち、次のようになる。

$$u(t+\Delta t)=[K/2+C/\Delta t]^{-1}[-K/2+C/\Delta t]u(t)+[K/2+C/\Delta t]^{-1}[F(t+\Delta t)+F(t)]/2 \quad (16)$$

4. 基底関数と要素行列

式(9)の係数行列を計算するためには、まず有限要素分割および無限要素分割の方法と使用する基底関数をきめなければならない。そして式(13)~(15)を計算するには、広域節点番号と要素 e における節点番号との対応のもとで、要素ごとにこれらを計算し重ね合わせると便利である。そのための要素行列を D_F, D_I の場合について導く。

4・1 D_F における場合

有限要素領域 D_F を三角形要素に分割し、未知関数を近似する関数は3頂点の他に各辺の中点も節点にとった二次多項式近似、すなわち三角形-6節点2次要素を使用する。

次の変換により、 xy 平面と $\xi\eta$ 平面との対応を考える。

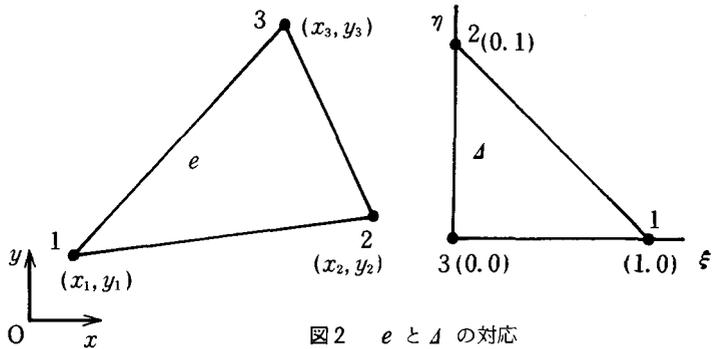


図2 e と A の対応

$$\begin{cases} x=N'^T[x]_e=\sum_{i=1}^3 N_i' x_i \\ y=N'^T[y]_e=\sum_{i=1}^3 N_i' y_i \end{cases} \quad (17)$$

ここに、

$$N'^T=[N_1', N_2', N_3']=[\xi, \eta, 1-\xi-\eta] \quad (18)$$

とする。

式(17), (18)より次の各式を得る。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{bmatrix} = J_F^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial \xi} \\ \frac{\partial}{\partial \eta} \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$J_F = \begin{bmatrix} x_1-x_3 & y_1-y_3 \\ x_2-x_3 & y_2-y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_2 & -b_2 \\ -c_1 & b_1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$J_F^{-1} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 \\ c_1 & c_2 \end{bmatrix}, \quad 2A = \det J_F \quad (21)$$

先にも述べたように、未知関数を表わす基底関数 N を次のようにとる。

$$N=M[1, \xi, \eta, \xi^2, \xi\eta, \eta^2]^T \quad (22)$$

$$\text{ただし, } M = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & -3 & -3 & 2 & 4 & 2 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & -4 & -4 \\ 0 & 4 & 0 & -4 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 \end{bmatrix} \quad (23)$$

式(22), (23)より, 次の2式が導かれる。

$$[N_\xi] = \frac{\partial}{\partial \xi} N = M_\xi [1, \xi, \eta]^T \quad (24)$$

$$[N_\eta] = \frac{\partial}{\partial \eta} N = M_\eta [1, \xi, \eta]^T \quad (26)$$

$$\text{ただし, } M_\xi = \begin{bmatrix} -1 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -3 & 4 & 4 \\ 0 & 0 & -4 \\ 4 & -8 & -4 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$\text{ただし, } M_\eta = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 4 \\ -3 & 4 & 4 \\ 4 & -4 & -8 \\ 0 & -4 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \end{bmatrix} \quad (27)$$

そこで,

$$K_F^e = c^2 \iint_e \{ [\phi_x]_e [\phi_x]_e^T + [\phi_y]_e [\phi_y]_e^T \} dx dy \quad \text{ただし, } [\phi_x]_e = \frac{\partial}{\partial x} [\phi]_e, [\phi_y]_e = \frac{\partial}{\partial y} [\phi]_e \quad (28)$$

に式(19)~(21), 式(24)~(27)および

$$\int_0^1 \int_0^{1-\xi} [1, \xi, \eta]^T [1, \xi, \eta] d\eta d\xi = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/6 & 1/6 \\ \text{sym.} & 1/12 & 1/24 \\ & & 1/12 \end{bmatrix} \quad (29)$$

を用いて計算すれば, 次の要素行列を得る。

$$K_F^e = \frac{c^2}{12A} \begin{bmatrix} 3b_1^2 & -b_1b_2 & -b_1b_3 & \vdots & 0 & 4b_1b_3 & 4b_1b_2 \\ -b_1b_2 & 3b_2^2 & -b_2b_3 & \vdots & 4b_2b_3 & 0 & 4b_1b_2 \\ -b_1b_3 & -b_2b_3 & 3b_3^2 & \vdots & 4b_2b_3 & 4b_1b_3 & 0 \\ \hline 0 & 4b_2b_3 & 4b_1b_3 & \vdots & 4\bar{b}^2 & 8b_1b_2 & 8b_1b_3 \\ 4b_1b_3 & 0 & 4b_1b_3 & \vdots & 8b_1b_2 & 4\bar{b}^2 & 8b_2b_3 \\ 4b_1b_2 & 4b_1b_2 & 0 & \vdots & 8b_1b_3 & 8b_2b_3 & 4\bar{b}^2 \end{bmatrix} \\ b_1 + b_2 + b_3 = 0, \quad \bar{b}^2 = b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 \\ + \frac{c^2}{12A} \begin{bmatrix} 3c_1^2 & -c_1c_2 & -c_1c_3 & \vdots & 0 & 4c_1c_3 & 4c_1c_2 \\ -c_1c_2 & 3c_2^2 & -c_2c_3 & \vdots & 4c_2c_3 & 0 & 4c_1c_2 \\ -c_1c_3 & -c_2c_3 & 3c_3^2 & \vdots & 4c_2c_3 & 4c_1c_3 & 0 \\ \hline 0 & 4c_2c_3 & 4c_1c_3 & \vdots & 4\bar{c}^2 & 8c_1c_2 & 8c_1c_3 \\ 4c_1c_3 & 0 & 4c_1c_3 & \vdots & 8c_1c_2 & 4\bar{c}^2 & 8c_2c_3 \\ 4c_1c_2 & 4c_1c_2 & 0 & \vdots & 8c_1c_3 & 8c_2c_3 & 4\bar{c}^2 \end{bmatrix} \quad (30) \\ c_1 + c_2 + c_3 = 0, \quad \bar{c}^2 = c_1^2 + c_2^2 + c_3^2$$

同様に

$$C_F^e = \iint_e [\phi]_e [\phi]_e^T dx dy \tag{31}$$

を式(2), (3)を用いて計算すると、次のようになる。

$$C_F^e = \frac{A}{180} \begin{bmatrix} 6 & -1 & -1 & \vdots & -4 & 0 & 0 \\ -1 & 6 & -1 & \vdots & 0 & -4 & 0 \\ -1 & -1 & 6 & \vdots & 0 & 0 & -4 \\ \hline -4 & 0 & 0 & \vdots & 32 & 16 & 16 \\ 0 & -4 & 0 & \vdots & 16 & 32 & 16 \\ 0 & 0 & -4 & \vdots & 16 & 16 & 32 \end{bmatrix} \tag{32}$$

さらに、

$$B_F^e = c^2 \int_{\Gamma_2^{int_e}} \psi [\phi]_e [\phi]_e^T ds \tag{33}$$

等も同様に計算出来る。これは一般には数値計算によることになる。

4・2 D_I における 場合

図3のような2辺が
曲線、他の2辺が直線
の四辺形 e は次の変換²⁾
により Δ と対応する。

$$\begin{cases} x = N'^T[x]_e = \sum_{i=1}^6 N'_i x_i \\ y = N'^T[y]_e = \sum_{i=1}^6 N'_i y_i \end{cases} \tag{34}$$

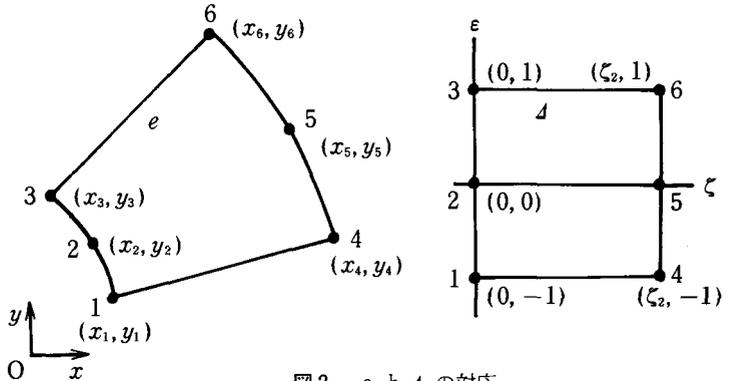


図3 e と Δ の対応

ここに、

$$N'^T = [N'_1, N'_2, N'_3, N'_4, N'_5, N'_6] = [H_1 K_1, H_2 K_1, H_3 K_1, H_1 K_2, H_2 K_2, H_3 K_2] \tag{35}$$

および

$$\begin{cases} H_1 = (\epsilon^2 - \epsilon)/2 \\ H_2 = 1 - \epsilon^2 \\ H_3 = (\epsilon^2 + \epsilon)/2 \end{cases} \tag{36} \quad \begin{cases} K_1 = (\zeta_2 - \zeta)/\zeta_2 \\ K_2 = \zeta/\zeta_2 \end{cases} \tag{37}$$

とする。

D_F でのときと同様に次式を得る。

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{bmatrix} = J_I^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial \zeta} \\ \frac{\partial}{\partial \epsilon} \end{bmatrix} \tag{38}$$

$$J_I = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^6 \frac{\partial N'_i}{\partial \zeta} x_i & \sum_{i=1}^6 \frac{\partial N'_i}{\partial \zeta} y_i \\ \sum_{i=1}^6 \frac{\partial N'_i}{\partial \epsilon} x_i & \sum_{i=1}^6 \frac{\partial N'_i}{\partial \epsilon} y_i \end{bmatrix} \tag{39}$$

未知関数を表わす基底関数 N を次のようにとる。

$$N^T = [H_1 G_1, H_2 G_1, H_3 G_1, H_1 G_2, H_2 G_2, H_3 G_2] \tag{40}$$

ここに、

$$G_1 = K_1 \cdot \exp(-\zeta/L), \quad G_2 = K_2 \cdot \exp\{(\zeta_2 - \zeta)/L\} \quad (L \text{ は減衰定数}) \tag{41}$$

とする。

以上により要素行列を計算すれば次のように表わされる。

$$\begin{aligned} K_I^e &= c^2 \iint_{\Omega} \{[\phi_x]_e [\phi_x]_e^T + [\phi_y]_e [\phi_y]_e^T\} dx dy \\ &= c^2 \int_0^\infty \int_{-1}^1 \{J_{11}[N_\zeta] + J_{12}[N_\zeta]\} \{J_{11}[N_\zeta] + J_{12}[N_\zeta]\}^T + \{J_{21}[N_\zeta] + J_{22}[N_\zeta]\} \{J_{21}[N_\zeta] + J_{22}[N_\zeta]\}^T \\ &\quad \cdot |\det J_I| d\epsilon d\zeta \end{aligned} \tag{42}$$

ただし、 $J_I^{-1} = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix}$ (43)

とする。

また、

$$C_I^e = \iint_{\Omega} [\phi]_e [\phi]_e^T dx dy = \int_0^\infty \int_{-1}^1 N N^T |\det J_I| d\epsilon d\zeta \tag{44}$$

と表わせる。式(42), (44)の計算については、ここでは数値計算によることとする。すなわち、 ϵ に関しては有限区間であるので、通常の Gauss-積分を、 ζ に関しては無限区間なので Laguerre-Gauss-積分をそれぞれ用いて計算する³⁾。

従って、4・1, 4・2の結果から係数行列 K, C は次式により求められる。

$$K = \sum_{e=1}^{m_1} \{K_F^e + B_F^e\} + \sum_{e=m_1+1}^m \{K_I^e + B_I^e\} \tag{45}$$

$$C = \sum_{e=1}^{m_1} C_F^e + \sum_{e=m_1+1}^m C_I^e \tag{46}$$

5. 数値計算例

次の方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \quad D = \{(x, y) | x > 0, y > 0\}, \quad t > 0 \tag{47}$$

を考える。D を図4のように分割して計算した数値解と厳密解

$$u(x, y, t) = 10 \cdot \exp\{-(x+y)/3\} \cdot \exp(-5t/36) \cdot \cos\{t/3 - (x+y)/2\} \tag{48}$$

とを、次の2つの場合について比較する。各場合

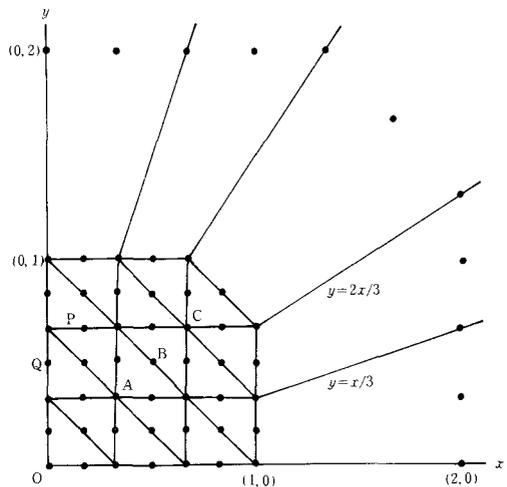


図4 領域の分割と節点

とも、時間ステップ $\Delta t = 0.01$, 減衰定数 $L = 10$ とする。

〔例1〕 第1境界値問題

半直線 Ox と Oy とを境界 Γ_1 とする。初期値および各時刻での境界 Γ_1 上のそれぞれの節点における u の値を、式(48)で与えて計算する。図4に示した点 A, B, C, P における計算結果と厳密解とを表1にあげる。

〔例2〕 混合境界値問題

半直線 Ox を Γ_1 (Dirichlet 条件), 半直線 Oy を Γ_2 (Neumann 条件) に取る。ここでは、原点 O は Γ_1 に入れて計算する。

境界 Γ_2 における外側方向への微分は次式で与えられる。

$$\frac{\partial u}{\partial n} = -u_x(0, y, t) = 10 \cdot \exp(-y/3) \cdot \exp(-5t/36) \cdot \{1/3 \cdot \cos(t/3 - y/2) - 1/2 \cdot \sin(t/3 - y/2)\} \quad (49)$$

〔例1〕と同じように、初期値および各時刻での Γ_1 上での u の値を式(48)で、また Γ_2 上での $\partial u / \partial n$ の値を式(49)によってそれぞれ与えて計算する。その結果を表2に示す。

表1 数値解と厳密解との比較

$Er = (u - \hat{u}) / u * 100, \hat{u}: \text{数値解}, u: \text{厳密解}$

t		A	B	C	P
0.01	\hat{u}	7.565	6.291	5.045	6.927
	u	7.565	6.291	5.045	6.927
	Er	0	0	0	0
0.05	\hat{u}	7.557	6.301	5.070	6.929
	u	7.557	6.301	5.069	6.928
	Er	0	0	-0.020	-0.014
0.1	\hat{u}	7.544	6.311	5.093	6.932
	u	7.544	6.311	5.097	6.928
	Er	0	0	0.078	-0.058
0.3	\hat{u}	7.475	6.327	5.152	6.927
	u	7.472	6.330	5.189	6.904
	Er	-0.040	0.474	0.713	-0.333
0.5	\hat{u}	7.375	6.320	5.202	6.891
	u	7.367	6.317	5.249	6.847
	Er	-0.109	-0.047	0.895	-0.643
1.0	\hat{u}	7.015	6.226	5.304	6.690
	u	6.969	6.150	5.273	6.570
	Er	-0.660	-1.236	-0.588	-1.826

表2 数値解と厳密解との比較

$Er = (u - \hat{u}) / u * 100, \hat{u}: \text{数値解}, u: \text{厳密解}$

t		A	B	C	Q
0.01	\hat{u}	7.565	6.291	5.044	8.197
	u	7.565	6.291	5.045	8.197
	Er	0	0	0.020	0
0.05	\hat{u}	7.556	6.300	5.070	8.178
	u	7.557	6.301	5.069	8.178
	Er	0.013	0.016	-0.020	0
0.1	\hat{u}	7.544	6.309	5.092	8.151
	u	7.544	6.311	5.097	8.153
	Er	0	0.032	0.098	0.025
0.3	\hat{u}	7.464	6.314	5.144	8.002
	u	7.472	6.330	5.189	8.028
	Er	-0.027	0.253	0.867	0.324
0.5	\hat{u}	7.346	6.284	5.177	7.817
	u	7.367	6.317	5.249	7.870
	Er	0.285	0.522	1.372	0.673
1.0	\hat{u}	6.952	6.133	5.219	7.275
	u	6.969	6.150	5.273	7.342
	Er	0.244	0.276	1.024	0.913

6. むすび

2つの数値例によって、この方法の大まかな様子を見ることができた。今後さらに詳しく計算して、分割の大きさが解の精度におよぼす影響などについて調べていく予定である。また、熱源が存在する場合や対流項が加わった場合などについても計算してみたい。

参考文献

- 1) 水本久夫, 原 平八郎: 有限要素法, 森北出版, (昭58)
- 2) 加川幸雄: 有限/境界要素法, サイエンス社, (昭58)
- 3) 山内二郎, 宇野利雄, 一松 信共編: 数値計算法Ⅲ, 培風館, (昭55)

(昭和60年4月15日受付)

神経伝導方程式における 遷移波，パルス，周期波の解

(一般科目) 岡 中 正 三
(広島商船高専) 坂 本 守

Solutions of Transition Waves, Pulses, Periodic Waves in a Nerve Conduction Equation

Shozo OKANAKA
Mamoru Sakamoto

We analyze mathematically the results of the biological experiments. But the equations measured experimentally are so complicated that we simplify them maintaining their essential meaning as mathematical models. As a concrete example, we now handle the model of nerve impulse conduction. We first compose the transition waves, the pulses and the periodic waves explicitly and then analytically confirm conjectures in biology.

§ 1 まえがき

ホジキンス・ハクスリーのやりいかに使った刺激に対する神経伝導実験に端を発し、その簡略化された数学モデルがいくらか登場して来た。また、これからの問題としては幾種類もの神経軸を伴う複合的な神経伝導系が考えられようとしている。その中で、今回は、フィッツフュー・ナグモ型方程式及びその拡張された系においての遷移波解，パルス解，周期的進行波解，定常的局所解等について explicitly にできるだけ詳細に論じたり，拡張したりする。

§ 2 導 入

ホジキンス・ハクスリーの実験は神経細胞体から神経軸索に沿って軸索の末端まで進行して行く電圧変化であった。この時，ある程度以上の刺激を与えれば，鋭い前線を持ったパルスが形成される。その電圧の支配方程式は

$$c(\partial u/\partial t) + I_m(u) = (a/2R_i)(\partial^2 u/\partial x^2)$$

と書ける。但し， u は電位差， c は網目状膜容量， a は軸索半径， R_i は抵抗， I_m は網目状膜イオン電流， x は細胞体から軸索に沿っての距離， t は時間を表わす。また， I_m は，

$$I_m = g_{na}(u - \bar{u}_{na}) + g_K(u - \bar{u}_K) + \bar{g}_i(u - \bar{u}_i)$$

で与えられる。但し、 $\bar{u}_{Na}, \bar{u}_K, \bar{u}_l$ は電圧の平衡値、 g_{Na}, g_K はソジウム、ポタジウムの電流密度に対する伝導率である。

以下詳細は略すが、これらを簡略化した数学モデルの1つに

$$(F. N) \begin{cases} u_t = u_{xx} - f(u) - w \\ w_t = bu \end{cases}$$

があり、これをフィッツフュー・ナグモ方程式と呼ぶ。

ここでは、さらにこれを拡張して

$$(E. F. N) \begin{cases} u_t = D_1 u_{xx} + f(u) - w \\ w_t = D_2 w_{xx} + b(u - \delta w) \end{cases}$$

を母体として考える。なお、これを拡張されたフィッツフュー・ナグモ方程式と呼ぶ。従って (F. N) は (E. F. N) に於いて $D_1=1, D_2=0, \delta=0$ の特別な場合とみなす。また、(E. F. N) での u は活動物、 w はその抑制物を表わしている。適用例としては血管、葉脈、神経細胞の樹枝状結晶のような複雑な線型構造の形成に、或いはプランクトンの人口のパターン形成等に重要な役割を演じている事が知られている。Meinhardt [9], Gierer and Meinhardt [3],[4],[5], Mimura et al. [10],[11],[12]。以下 (E. F. N) を主体とし、その特別な場合を色々なケースとして考えて行く。

§ 3 ナグモ方程式(単独方程式)

(E. F. N) において $b=w=0, D_1=1, D_2=0$ の場合をナグモ方程式と呼ぼう。

$$(N) \quad u_t = u_{xx} + f(u)$$

ここで $z = x + ct$ と置けば、(N) は次のようになる。

$$(N_1) \quad u'' - cu' + f(u) = 0$$

ここに $f(u) = u(1-u)(u-a), 0 < a < 1/2$

命題 1. $c = \sqrt{2}(1/2 - a)$ に対する (N₁) の解は、次のようになる。

$$u(z) = \{1 + \exp(-z/\sqrt{2})\}^{-1}$$

[証] $u'' - cu' + u(1-u)(u-a) = 0 \dots\dots\dots (1)$

を満たす上方跳躍の一般的な形は $u(z) = (\alpha \exp hz + \beta) / (1 + \exp hz)$ と書ける。 $g(z) = \exp hz$ とおけば、 $g' = hg$ となる。故に $u = (\alpha g + \beta) / (1 + g), u' = \{(\alpha - \beta)hg\} / (1 + g)^2, u'' = \{(\alpha - \beta)h^2g(1-g)\} / (1 + g)^3$

$$f(u) = [(\alpha g + \beta)\{(1 - \alpha)g + 1 - \beta\}\{(\alpha - a)g + \beta - a\} / (1 + g)^3]$$

これらを (1) に代入して整理し、 g のべき乗の係数を 0 とすれば、

$$\alpha(1 - \alpha)(\alpha - a) = 0 \dots\dots\dots (2)$$

$$-(\alpha - \beta)h^2 - c(\alpha - \beta)h + \alpha(1 - \alpha)(\beta - a) + \alpha(1 - \beta)(\alpha - a) + \beta(1 - \alpha)(\alpha - a) = 0 \dots\dots\dots (3)$$

$$(\alpha - \beta)h^2 - c(\alpha - \beta)h + \alpha(1 - \beta)(\beta - a) + \beta(1 - \alpha)(\beta - a) + \beta(1 - \beta)(\alpha - a) = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$\beta(1-\beta)(\beta-a)=0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

α, β をそれぞれ $u(1-u)(u-a)=0$ の最小根と最大根とすれば $\alpha=0, \beta=1$ である。これらを(3)(4)に代入すれば

$$h^2+ch-a=0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$-k^2+ch+1-a=0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

(6)-(7)より $h=\pm 1/\sqrt{2}$, (6)に代入すれば $c=\mp\sqrt{2}(1/2-a)$ ところが, $c>0$ より $h=-1/\sqrt{2}$, $c=\sqrt{2}(1/2-a)$ [証終]

命題2. $c=0, a=1/2$ に対する (N_1) の解は, 次のようになる。

$$u(z) = \frac{1}{2} + k \operatorname{sn}\left(\frac{z}{\sqrt{2}}\sqrt{1/2-k^2}, \frac{k}{\sqrt{1/2-k^2}}\right) \quad (\text{周期解})$$

[証] $u''+u(1-u)(u-1/2)=0$

これに u' を掛け, 積分すれば

$$\int u''u' dz + \int u(1-u)(u-1/2)u' dz = c_0$$

これを積分して, まとめれば

$$dz/du = \sqrt{2}/\sqrt{u^2(u-1)^2+c_0} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$u^2(u-1)^2 = (u-1/2)^4 - (u-1/2)^2/2 + 1/16$$

一方, 初期値を適当に選べば $c_0=k^2(1/2-k^2)-1/16$ とできるから

$$u^2(u-1)^2+c_0=k^2(1/2-k^2)\{1-(u-1/2)^2/k^2\}[1-\{k^2/(1/2-k^2)\}\{(u-1/2)^2/k^2\}]$$

これを(1)に代入して整頓すれば

$$\frac{\sqrt{1/2-k^2}}{\sqrt{2}} \frac{dz}{du} = \frac{d}{du} \int_0^{(u-1/2)/k} \frac{dt}{\sqrt{(1-t^2)[1-\{k^2/(1/2-k^2)\}t^2]}}$$

u で積分すれば, 求める解が得られる。 [証終]

命題3. $c=0, 0<a<1/2$ に対する (N_1) の周期解は次のようになる。

$$\sqrt{\frac{(u-u_2)(u_3-u_1)}{(u-u_1)(u_3-u_2)}} = \operatorname{sn}\left(\frac{\sqrt{(u_3-u_1)(u_4-u_2)}}{2\sqrt{2}}z, \sqrt{\frac{(u_3-u_2)(u_4-u_1)}{(u_3-u_1)(u_4-u_2)}}\right)$$

但し, $u_1<0<u_2<a<u_3<1<u_4$ は次の方程式の相異なる4実根である。

$$Q(u) = u^2\{u^2 - (4/3)(1+a)u + 2a\} = k$$

[証] $Q'(u) = 4u(u-a)(u-1)$

よって Q は $u=0, a, 1$ で極値を持つから, 相異なる4実根を持つ事は明らか。

$$u''+u(1-u)(u-a)=0$$

u' をかけて積分すれば

$$\int u'' u' dz + \int u(1-u)(u-a)u' dz = c_0$$

積分して整理すれば

$$\frac{dz}{du} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{u^2\{u^2 - (4/3)(1+a)u + 2a\} - k}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{(u-u_1)(u-u_2)(u-u_3)(u-u_4)}} \dots\dots\dots (1)$$

今 $u-u_3 = \{-(u_3-u_2)(u-u_1) + (u_3-u_1)(u-u_2)\}/(u_2-u_1)$
 $u-u_4 = \{-(u_4-u_2)(u-u_1) + (u_4-u_1)(u-u_2)\}/(u_2-u_1)$

と変形し

$$y(u) = \sqrt{\{(u_3-u_1)(u-u_2)\}/\{(u_3-u_2)(u-u_1)\}}$$

$$l = \sqrt{\{(u_3-u_2)(u_4-u_1)\}/\{(u_3-u_1)(u_4-u_2)\}} \quad \text{とおけば}$$

$$(u-u_3)(u-u_4) = [\{(u_3-u_2)(u_4-u_2)(u-u_1)^2\}/(u_2-u_1)^2] \{1-y^2(u)\} \{1-l^2y^2(u)\}$$

これを(1)に代入すれば

$$\frac{dz}{du} = \frac{\sqrt{2}(u_2-u_1)}{\sqrt{(u_3-u_2)(u_4-u_2)(u-u_1)^3(u-u_2)\{1-y^2(u)\}\{1-l^2y^2(u)\}}} \dots\dots\dots (2)$$

今 $I = \int du/\sqrt{(u-u_1)^3(u-u_2)}$ について考える。

$$t = (u-u_2)/(u-u_1) \quad \text{とおけば} \quad du/(u-u_1)^2 = dt/(u_2-u_1)$$

よって $I = 2\sqrt{t}/(u_2-u_1)$, $y(u) = (1/2)\sqrt{(u_3-u_1)/(u_3-u_2)}(u_2-u_1)I$

$$\frac{1}{2} \frac{\sqrt{u_3-u_1}(u_2-u_1)}{\sqrt{(u_3-u_2)(u-u_1)^3(u-u_2)}} = \frac{dy(u)}{du} \dots\dots\dots (3)$$

(2)の両辺に $\sqrt{(u_3-u_1)(u_4-u_2)}/(2\sqrt{2})$ をかけて(3)を代入すれば

$$\frac{\sqrt{(u_3-u_1)(u_4-u_2)}}{2\sqrt{2}} \frac{dz}{du} = \frac{dy(u)}{du} \frac{1}{\sqrt{\{1-y^2(u)\}\{1-l^2y^2(u)\}}} \dots\dots\dots (4)$$

ここで $f(t) = [(1-t^2)(1-l^2t^2)]^{-1/2}$ とおけば

$$f(y(u)) = [\{1-y^2(u)\}\{1-l^2y^2(u)\}]^{-1/2}$$

これを(4)に代入して

$$\frac{\sqrt{(u_3-u_1)(u_4-u_2)}}{2\sqrt{2}} \frac{dz}{du} = \frac{d}{du} \int_0^{y(u)} f(t) dt$$

これを積分すれば、求める解が得られる。 [証終]

★区分的線型な場合の遷移波解

1) 方程式は (N_1) と同様で $f(u)$ を区分的線型とする。

命題 4. $u'' - cu' + f(u) = 0 \quad (0 < c < 2)$

$$\text{但し } f(u) = \begin{cases} -u & (0 \leq u \leq a/2) \\ u-a & (a/2 \leq u \leq (1+a)/2) \\ 1-u & (u \geq (1+a)/2) \end{cases}$$

この時の a と c の関係式は次のようになる。

$$a^{-1} = 1 + (c/2 + \sqrt{c^2/4 + 1})^2 \exp [(c/2) \{ \cos^{-1}(-c^2/4) \} / \sqrt{1 - c^2/4}]$$

[証] 境界条件

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (i) $u(-\infty) = 0$ | (v) $u(\infty) = 1$ |
| (ii) $u(z_1 - 0) = a/2$ | (vi) $u(z_2 - 0) = u(z_2 + 0)$ |
| (iii) $u(z_1 + 0) = a/2$ | (vii) $u'(z_2 - 0) = u'(z_2 + 0)$ |
| (iv) $u'(z_1 - 0) = u'(z_1 + 0)$ | (viii) $u(z_2 + 0) = (a+1)/2$ |

(注意：この問題は初めから $z_1 = 0$ と解けば簡単であるが，持ち堪えられる所まで $z_1 \neq 0$ として解いた)

i) $0 \leq u \leq a/2$ の時

$$u'' - cu' - u = 0$$

$$\alpha = c/2 - \sqrt{c^2/4 + 1} < 0, \beta = c/2 + \sqrt{c^2/4 + 1} > 0 \text{ と置けば，解は}$$

$$u = c_1 \exp \alpha z + c_2 \exp \beta z \text{ の形になる。}$$

$$(i) \text{ より } c_1 = 0, (ii) \text{ より } c_2 = (a/2) \exp(-\beta z_1) \dots\dots\dots (1)$$

ii) $a/2 \leq u \leq (a+1)/2$ の時

$$u'' - cu' + u = a$$

$$0 < c < 2 \text{ より } \gamma = \sqrt{1 - c^2/4}$$

$$u = \exp\{(c/2)z\} \cdot (c_3 \cos \gamma z + c_4 \sin \gamma z) + a$$

$$(ii) \text{ より } (\cos \gamma z_1) c_3 + (\sin \gamma z_1) c_4 = -(a/2) \exp\{-(c/2)z_1\} \dots\dots\dots (2)$$

$$(iv) \text{ より } \{(c/2) \cos \gamma z_1 - \gamma \sin \gamma z_1\} c_3 + \{(c/2) \sin \gamma z_1 + \gamma \cos \gamma z_1\} c_4 = (a\beta/2) \exp\{-(c/2)z_1\} \dots\dots\dots (3)$$

iii) $(1+a)/2 \leq u$ の時

$$u'' - cu' - u = -1$$

$$u = c_5 \exp \alpha z + c_6 \exp \beta z + 1$$

$$(v) \text{ より } c_6 = 0, (vi) \text{ より}$$

$$\exp\{(c/2)z_2\} \cdot \{(\cos \gamma z_2) c_3 + (\sin \gamma z_2) c_4\} + a = (\exp \alpha z_2) c_5 + 1 \dots\dots\dots (4)$$

$$(vii) \text{ より}$$

$$\{\exp(c/2)z_2\} [\{(c/2) \cos \gamma z_2 - \gamma \sin \gamma z_2\} c_3 + \{(c/2) \sin \gamma z_2 + \gamma \cos \gamma z_2\} c_4] = c_5 \alpha \exp \alpha z_2 \dots\dots\dots (5)$$

$$(viii) \text{ より } c_5 = \{(a-1)/2\} \exp(-\alpha z_2) \dots\dots\dots (6)$$

これを(5)に代入して整頓すれば

$$\{(c/2) \cos \gamma z_2 - \gamma \sin \gamma z_2\} c_3 + \{(c/2) \sin \gamma z_2 + \gamma \cos \gamma z_2\} c_4 = \{(a-1)\alpha/2\} \exp\{-(c/2)z_2\} \dots\dots\dots (7)$$

(6)を(4)に代入して整頓すれば

$$(\cos \gamma z_2) c_3 + (\sin \gamma z_2) c_4 = \{(1-a)/2\} \exp\{-(c/2)z_2\} \dots\dots\dots (8)$$

(2), (8)を連立で解く。

$$A = A(2, 8) = \sin \gamma(z_2 - z_1) \dots\dots\dots (9)$$

(A(2, 8)とは(2)式と(8)式を連立で解いた分母を表わす)

$$A_1 = A_1(2, 8) = -(a/2)[\exp\{-(c/2)z_1\}] \sin \gamma z_2 - \{(1-a)/2\}[\exp\{-(c/2)z_2\}] \sin \gamma z_1 \dots (10)$$

$$A_2 = A_2(2, 8) = \{(1-a)/2\}[\exp\{-(c/2)z_2\}] \cos \gamma z_1 + (a/2)[\exp\{-(c/2)z_1\}] \cos \gamma z_2 \dots (11)$$

(8), (7)を連立で解く。

$$A = A(3, 7) = \{(c^2/4) + \gamma^2\} \sin \gamma(z_2 - z_1) \dots\dots\dots (12)$$

$$A_1(3, 7) = (a\beta/2)[\exp\{-c/2z_1\}]\{(c/2) \sin \gamma z_2 + \gamma \cos \gamma z_2\} - \{(a-1)\alpha/2\}[\exp\{-(c/2)z_2\}] \cdot \{(c/2) \sin \gamma z_1 + \gamma \cos \gamma z_1\} \dots\dots\dots (13)$$

$$A_2(3, 7) = \{(a-1)\alpha/2\}[\exp\{-(c/2)z_2\}]\{(c/2) \cos \gamma z_1 - \gamma \sin \gamma z_1\} - (a\beta/2)[\exp\{-(c/2)z_1\}] \cdot \{(c/2) \cos \gamma z_2 - \gamma \sin \gamma z_2\} \dots\dots\dots (14)$$

$$c_3 = A_1(2, 8)/A(2, 8) = A_1(3, 7)/A(3, 7)$$

これに(9), (10), (12), (13)を代入し, $\sin \gamma(z_2 - z_1)$ で割り

$$\begin{cases} X_1 = \sin \gamma z_1 \\ X_2 = \sin \gamma z_2 \end{cases} \quad \begin{cases} Y_1 = \cos \gamma z_1 \\ Y_2 = \cos \gamma z_2 \end{cases} \quad \text{と置いて } \exp\{-(c/2)z_1\}, \exp\{-(c/2)z_2\} \text{ について整頓す}$$

れば

$$[-(a/2)(c^2/4 + \gamma^2)X_2 - (a\beta/2)\{(c/2)X_2 + \gamma Y_2\}] \exp\{-(c/2)z_1\} = \{[(1-a)/2](c^2/4 + \gamma^2)X_1 - \{(a-1)\alpha/2\}\{(c/2)X_1 + \gamma Y_1\}\} \exp\{-(c/2)z_2\} \dots\dots\dots (15)$$

$c_4 = A_2(2, 8)/A(2, 8) = A_2(3, 7)/A(3, 7)$ に対しても同様に $\exp\{-(c/2)z_1\}, \exp\{-(c/2)z_2\}$ について整頓すれば

$$[(a/2)(c^2/4 + \gamma^2)Y_2 + (a\beta/2)\{(c/2)Y_2 - \gamma X_2\}] \exp\{-(c/2)z_1\} = \{[(a-1)/2](c^2/4 + \gamma^2)Y_1 + \{(a-1)\alpha/2\}\{(c/2)Y_1 - \gamma X_1\}\} \exp\{-(c/2)z_2\} \dots\dots\dots (16)$$

(15)/(16)により $\exp\{-(c/2)z_1\}, \exp\{-(c/2)z_2\}$ を消去し, 展開して整頓したものに

$$X_2 Y_1 - X_1 Y_2 = \sin\{\gamma(z_2 - z_1)\}$$

$$X_1 X_2 + Y_1 Y_2 = \cos\{\gamma(z_2 - z_1)\}$$

を適用し, さらに $(c^2/4 + \gamma^2) > 0$ で割って整理すれば

$$[c^2/4 + \gamma^2 + \{c(\alpha + \beta)/2\} + \alpha\beta] \sin \gamma(z_2 - z_1) = \gamma(\alpha - \beta) \cos \gamma(z_2 - z_1) \dots\dots\dots (17)$$

$$c^2/4 + \gamma^2 + c(\alpha + \beta)/2 + \alpha\beta = c^2/2$$

$$\gamma(\alpha - \beta) = -2\sqrt{1 - c^4/16}$$

を(17)に代入して整理すれば

$$\sin \gamma(z_2 - z_1) = -(\sqrt{16 - c^4}/c^2) \cos \gamma(z_2 - z_1)$$

これを $\sin^2 r(z_2 - z_1) + \cos^2 r(z_2 - z_1) = 1$ に代入し $\sin r(z_2 - z_1) > 0$ とすれば

$$\cos r(z_2 - z_1) = -c^2/4 \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$\sin r(z_2 - z_1) = \sqrt{1 - c^4/16} \quad \dots\dots\dots (19)$$

これから $z_1 = 0$ とする。

(iii) より $u(0+) = a/2$. また $a/2 \leq u \leq (a+1)/2$ に於ける $u(z)$ に $z=0+$ を代入すれば $u(0+) = c_3 + a$. よって $c_3 = -a/2$. また, (12), (13) に $z_1 = 0$ を代入した $\Delta(3, 7)$, $\Delta_1(3, 7)$ を求め $c_3 = \Delta_1(3, 7)/\Delta(3, 7) = -a/2$ に当てはめて整理すれば

$$a\{(\beta c/2 + c^2/4 + r^2) \sin rz_2 + \beta r \cos rz_2\} = (a-1)\alpha r \exp\{-(c/2)z_2\} \quad \dots\dots\dots (20)$$

また, (18), (19) に $z_1 = 0$ を代入すれば

$$\cos rz_2 = -c^2/4 \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$\sin rz_2 = \sqrt{1 - c^4/16}$$

に注意すれば

$$(\beta c/2 + c^2/4 + r^2) \sin rz_2 + \beta r \cos rz_2 = \beta r$$

となる。これを (20) に代入して $\alpha = -1/\beta$ を用いて整理すれば

$$1/a = 1 + \beta^2 \exp\{(c/2)z_2\} \quad \dots\dots\dots (22)$$

また, (21) より $z_2 = \cos^{-1}(-c^2/4)/\sqrt{1 - c^4/16}$

これを (22) に代入すればよい。 [証終]

命題 5. $u'' - cu' + f(u) = 0$

$$\text{但し, } f(u) = \begin{cases} -u & (0 \leq u \leq a) \\ 1-u & (a \leq u \leq 1) \end{cases}$$

この時の a と c の関係式は次のようになる。

$$a^{-1} = 1 + (c/2 + \sqrt{c^2/4 + 1})^2$$

[証] 境界条件

(i) $u(-\infty) = 0$

(iv) $u(z_1+0) = a$

(ii) $u(\infty) = 0$

(v) $u'(z_1-0) = u'(z_1+0)$

(iii) $u(z_1-0) = a$

i) $0 \leq u \leq a$ の時

$$u'' - cu' - u = 0$$

$$\alpha = c/2 - \sqrt{c^2/4 + 1} < 0, \quad \beta = c/2 + \sqrt{c^2/4 + 1} > 0 \quad \text{と置けば}$$

$$u = c_1 \exp \alpha z + c_2 \exp \beta z$$

(i) より $c_1 = 0$, (iii) より $c_2 = a \exp(-\beta z_1) \quad \dots\dots\dots (1)$

ii) $a \leq u$ の時

$$u'' - cu' - u = -1$$

$$u = c_3 \exp \alpha z + c_4 \exp \beta z + 1$$

(ii) より $c_4 = 0$, (iv) より $c_3 = (a-1) \exp(-\alpha z_1)$ …… (2)

(V) に (1), (2) を適用すれば $a\beta = (a-1)\alpha$, $\alpha = -1/\beta$ を代入して整理すれば結果が得られる。

[証終]

§ 4 フィッツヒュー・ナグモ方程式

(E. F. N) において $D_1 = 1, D_2 = 0, \delta = 0$ の場合をフィッツヒュー・ナグモ方程式と呼ぼう。

$$(F. N) \begin{cases} u_t = u_{xx} + f(u) - w \\ w_t = bu \end{cases}$$

この節では $f(u) = -u + H(u-a)$, ($0 \leq a \leq 1/2$) の場合を考える。これを (S. F. N) と書く。この時 $z = x + ct$ とすれば

$$u''' - cu'' - u' - (b/c)u = 0 \quad (b > 0, c > 0) \quad \dots\dots (1)$$

となる。この微分方程式のパルス解を求めていく。特性方程式は

$$p(\alpha) = \alpha^3 - c\alpha^2 - \alpha - (b/c) = 0 \quad \dots\dots (2)$$

であり、この根は

判別式 > 0 の時 $\alpha_1 > 0, \alpha_3 < \alpha_2 < 0$

判別式 < 0 の時 $\alpha_1 > 0, \alpha_3 = \bar{\alpha}_2, Re \alpha_2 < 0$ …… (3)

準備 1) (2) において $p_i' = p'(\alpha_i)$ ($i = 1, 2, 3$) と置けば

$$p_i' = (\alpha_i - \alpha_j)(\alpha_i - \alpha_k) \quad (i, j, k \text{ は相異なる } 1, 2, 3 \text{ の数})$$

[証] $p'(\alpha) = (\alpha - \alpha_2)(\alpha - \alpha_3) + (\alpha - \alpha_3)(\alpha - \alpha_1) + (\alpha - \alpha_1)(\alpha - \alpha_2)$ による。

準備 2) $1/p_1' + 1/p_2' + 1/p_3' = 0$

$$\alpha_1/p_1' + \alpha_2/p_2' + \alpha_3/p_3' = 0$$

$$\alpha_1^2/p_1' + \alpha_2^2/p_2' + \alpha_3^2/p_3' = 1$$

命題 6. (1) を満たすパルス解は

$$u(z) = a \exp(\alpha_1 z) \quad (z \leq 0)$$

$$= (a - 1/p_1') \exp(\alpha_1 z) - (1 - p_2') \exp(\alpha_2 z) - (1/p_3') \exp(\alpha_3 z) \quad (0 \leq z \leq z_1)$$

$$= [\{\exp(-\alpha_2 z_1) - 1\}/p_2'] \exp(\alpha_2 z) + [\{\exp(-\alpha_3 z_1) - 1\}/p_3'] \exp(\alpha_3 z) \quad (z_1 \leq z)$$

[証] 境界条件

(i) $u(-\infty) = 0$

(V) $u''(0+) - u''(0-) = -1$

(ii) $u(0-) = a$

(vi) $u(\infty) = 0$

(iii) $u(0+) = a$

(vii) $u(z_1-) = u(z_1+)$

(iv) $u'(0-) = u'(0+)$

(viii) $u'(z_1-) = u'(z_1+)$

(ix) $u''(z_1+) - u''(z_1-) = 1$

i) $z \leq 0$ の時

$$u(z) = \sum_{i=1}^3 c_i \exp(\alpha_i z) \quad \text{とすれば}$$

(i) より $c_2 = c_3 = 0$, (ii) より $c_1 = a$. よって $u(z) = a \exp(\alpha_1 z)$

ii) $0 \leq z \leq z_1$ の時

$$u(z) = \sum_{i=1}^3 c_{i+3} \exp(\alpha_i z) \quad \text{とすれば}$$

(iii) より $c_4 + c_5 + c_6 = a$ …………… (4)

(iv) より $\alpha_1 c_4 + \alpha_2 c_5 + \alpha_3 c_6 = a \alpha_1$ …………… (5)

(v) より $\alpha_1^2 c_4 + \alpha_2^2 c_5 + \alpha_3^2 c_6 = a \alpha_1^2 - 1$ …………… (6)

(4), (5), (6) を連立方程式として解けば

$$\Delta = (\alpha_1 - \alpha_2)(\alpha_2 - \alpha_3)(\alpha_3 - \alpha_1), \quad \Delta_1 = (a - 1/p_1')\Delta, \quad \Delta_2 = -\Delta/p_2', \quad \Delta_3 = -\Delta/p_3'$$

よって ii) の場合が得られた。

iii) $z_1 \leq z$ の時

$$u(z) = \sum_{i=1}^3 c_{i+6} \exp \alpha_i z \quad \text{とすれば}$$

(vi) より $c_7 = 0$ よって $u(z) = c_8 \exp \alpha_2 z + c_9 \exp \alpha_3 z$. (vii) より $(\exp \alpha_2 z_1)c_8 + (\exp \alpha_3 z_1)c_9 = (a - 1/p_1') \exp \alpha_1 z_1 - 1/p_2' \exp \alpha_2 z_1 - 1/p_3' \exp \alpha_3 z_1$ …………… (7)

(viii) より

$(\alpha_2 \exp \alpha_2 z_1)c_8 + (\alpha_3 \exp \alpha_3 z_1)c_9 = \alpha_1(a - 1/p_1') \exp \alpha_1 z_1 - (\alpha_2/p_2') \exp \alpha_2 z_1 - (\alpha_3/p_3') \exp \alpha_3 z_1$ …………… (8)

(7), (8) を連立で解けば $\Delta = (\alpha_3 - \alpha_2) \exp(\alpha_2 + \alpha_3) z_1$ …………… (9)

$$\Delta_1 = (\alpha_3 - \alpha_1)(a - 1/p_1') \exp(\alpha_1 + \alpha_3) z_1 - \{(\alpha_3 - \alpha_2)/p_2'\} \exp(\alpha_2 + \alpha_3) z_1$$
 …………… (10)

$$\Delta_2 = (\alpha_1 - \alpha_2)(a - 1/p_1') \exp(\alpha_1 + \alpha_2) z_1 + \{(\alpha_2 - \alpha_3)/p_3'\} \exp(\alpha_2 + \alpha_3) z_1$$
 …………… (11)

(ix) より

$\alpha_2^2 (\exp \alpha_2 z_1)c_8 + \alpha_3^2 (\exp \alpha_3 z_1)c_9 = \alpha_1^2 (a - 1/p_1') \exp \alpha_1 z_1 - (\alpha_2^2/p_2') \exp \alpha_2 z_1 - (\alpha_3^2/p_3') \exp \alpha_3 z_1 + 1$

(9), (10), (11) を用いて $c_8 = \Delta_1/\Delta$, $c_9 = \Delta_2/\Delta$ を求め、これを上式に代入し

$\alpha_2^2(\alpha_3 - \alpha_1) + \alpha_3^2(\alpha_1 - \alpha_2) - \alpha_1^2(\alpha_3 - \alpha_2) = -(\alpha_3 - \alpha_2)p_1'$ となる事に注意すれば

$$1 - ap_1' = \exp(-\alpha_1 z_1)$$
 …………… (12) が得られる。

また、 $(\alpha_3 - \alpha_1)/(\alpha_3 - \alpha_2) = -p_1'/p_2'$, $(\alpha_1 - \alpha_2)/(\alpha_3 - \alpha_2) = -p_1'/p_3'$ と (12) を (9), (10), (11) から得られた c_8, c_9 に代入すれば結果が得られる。 [証終]

上の命題 6 は $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ が実数の場合，複素数の場合のどちらに対しても成立しているが，前者を

想定していると思われがちなので、後者(3)の場合の一部を別解として載せておく。

[命題6の複素数の場合の別解]

(3)において $\alpha_2 = \mu + i\nu$, $\alpha_3 = \mu - i\nu$ ($i = \sqrt{-1}$) と置く。

i) $z \leq 0$ の時

$$u(z) = c_1 \exp \alpha_1 z + (\exp \mu z)(c_2 \cos \nu z + c_3 \sin \nu z) \text{ とすれば}$$

(i) より $c_2 = c_3 = 0$, (ii) より $c_1 = a$. よって $u(z) = a \exp \alpha_1 z$

ii) $0 \leq z \leq z_1$ の時

$$u(z) = c_4 \exp \alpha_1 z + (\exp \mu z)(c_5 \cos \nu z + c_6 \sin \nu z) \text{ とすれば}$$

(iii) より $c_4 + c_5 = a \dots\dots\dots (13)$

(iv) より $\alpha_1 c_4 + \mu c_5 + \nu c_6 = a \alpha_1 \dots\dots\dots (14)$

(v) より $\alpha_1^2 c_4 + (\mu^2 - \nu^2)c_5 + 2\mu\nu c_6 = a \alpha_1^2 - 1 \dots\dots\dots (15)$

(13), (14), (15) を連立で解けば

$$\Delta = \nu\{(\mu - \alpha_1)^2 + \nu^2\}, \Delta_1 = a\Delta - \nu, \Delta_2 = \nu, \Delta_3 = \alpha_1 - \mu$$

$$p_1' = (\mu - \alpha_1)^2 + \nu^2 \text{ に注意すれば, } c_4 = a - 1/p_1', c_5 = 1/p_1', c_6 = (\alpha_1 - \mu)/\nu p_1'$$

$$(\exp \mu z)(c_5 \cos \nu z + c_6 \sin \nu z) = \{(c_5 - ic_6)/2\} \exp \alpha_2 z + \{(c_5 + ic_6)/2\} \exp \alpha_3 z$$

$$p_2' = 2\nu\{-\nu + i(\mu - \alpha_1)\}, p_3' = -2\nu\{\nu + i(\mu - \alpha_1)\} \text{ を用いれば}$$

$$(c_5 - ic_6)/2 = -1/p_2', (c_5 + ic_6)/2 = -1/p_3' \text{ となる。以下略。 [証終]}$$

命題7. 命題6から得られる a, b, c の関係式は次のようになる。

$$s = 2 + (p_1'/p_2')s^{-a_2/a_1} + (p_1'/p_3')s^{-a_3/a_1}$$

但し $s = \exp(-\alpha_1 z_1)$

[証] $u(z_1 -) = a$ より

$$(a - 1/p_1') \exp \alpha_1 z_1 - (1/p_2') \exp \alpha_2 z_1 - (1/p_3') \exp \alpha_3 z_1 = a$$

$$\exp \alpha_2 z_1 = s^{-a_2/a_1}, \exp \alpha_3 z_1 = s^{-a_3/a_1}, a - \{a - (1/p_1')\}/s = (2 - s)/p_1' \text{ に注意し, 上式に } p_1' \text{ をか}$$

ければ結果が得られる。 [証終]

命題8. (S.F.N)において $b = w = 0$ の場合の微分方程式

$$u'' - cu' - u + H(u - a) = 0 \dots\dots\dots (*)$$

に於ける遷移波形は

$$u(z) = a \exp \beta z \quad (z \leq 0)$$

$$= 1 + (a - 1) \exp \alpha z \quad (0 \leq z)$$

ここに $c = (1 - 2a)/\sqrt{a(1 - a)}$ となる。

但し $\alpha = c/2 - \sqrt{1 + c^2/4}$, $\beta = c/2 + \sqrt{1 + c^2/4}$

[証] 境界条件

$$(i) \quad u(-\infty) = 0$$

$$(iv) \quad u(\infty) = 1$$

$$(ii) \quad u(0-) = a$$

$$(v) \quad u'(0-) = u'(0+)$$

$$(iii) \quad u(0+) = a$$

i) $z \leq 0$ の時

$u'' - cu' - u = 0$ となる。よって $u(z) = c_1 \exp \alpha z + c_2 \exp \beta z$. (i) より $c_1 = 0$, (ii) より $c_2 = a$. 故に $u(z) = a \exp \beta z$

ii) $z \geq 0$ の時

$u'' - cu' - u = -1$ よって $u'(z) = c_3 \exp \alpha z + c_4 \exp \beta z + 1$. (iv) より $c_4 = 0$, (iii) より $c_3 = a - 1$. 故に $u(z) = 1 + (a - 1) \exp \alpha z$. 次に a と c の関係式を求める。(v) より $a\beta = (a - 1)\alpha$, まとめれば $(1 - 2a)\sqrt{1 + c^2/4} = c/2$. 二乗して整頓すれば結果が得られる。 [証終]

命題 9. 命題 8 と同じ微分方程式 (*) に於けるパルスは

$$\begin{aligned} u(z) &= a \exp \beta z \quad (z \leq 0) \\ &= -\{\beta/(\beta - \alpha)\} \exp \alpha z + \{a + \alpha/(\beta - \alpha)\} \exp \beta z + 1 \quad (0 \leq z \leq z_1) \\ &= a \exp \alpha(z - z_1) \quad (z \geq z_1) \end{aligned}$$

ここに $\exp \alpha z_1 + \{1 - 2a + (1 - a)c\alpha\} \exp \beta z_1 - (1 - a)(2 + c\alpha) = 0$

但し, α, β は命題 8 と同じである。

特に $c = 0$ の場合

$$\begin{aligned} u(z) &= a \exp z \quad (z \leq 0) \\ &= 1 + (a - 1/2) \exp z - (1/2) \exp(-z) \quad (0 \leq z \leq z_1) \\ &= a \exp(z_1 - z) \quad (z \geq z_1) \end{aligned}$$

[証] 境界条件

(i) $u(-\infty) = 0$	(v) $u(\infty) = 0$
(ii) $u(0-) = a$	(vi) $u(z_1+) = a$
(iii) $u(0+) = a$	(vii) $u(z_1-) = a$
(iv) $u'(0-) = u'(0+)$	

i) $z \leq 0$ の時

$u(z) = c_1 \exp \alpha z + c_2 \exp \beta z$, (i) より $c_1 = 0$, (ii) より $c_2 = a$, 故に $u = a \exp \beta z$

ii) $0 \leq z \leq z_1$ の時

$u = c_3 \exp \alpha z + c_4 \exp \beta z + 1$, (iii) より $c_3 + c_4 = a - 1$ (1) (iv) より $\alpha c_3 + \beta c_4 = a\beta$ (2) (1), (2) を連立で解けば結果が得られる。

iii) $z_1 \leq z$ の時

$u = c_5 \exp \alpha z + c_6 \exp \beta z$, (v) より $c_6 = 0$, (vi) より $c_5 = a \exp(-\alpha z_1)$, (vii) より $-\{\beta/(\beta - \alpha)\} \exp \alpha z_1 + \{a + \alpha/(\beta - \alpha)\} \exp \beta z_1 + 1 = a$

この式に $\alpha(\beta - \alpha)$ を掛けて $\alpha\beta = -1$, $\alpha^2 = c\alpha + 1$ を適用すれば a と c の関係式が得られる。 $c = 0$ の場合は $\alpha = -1, \beta = 1$ となる事に注意すれば簡単に得られる。

★周期的波の連鎖

命題 10. (S.F.N) $u''' - cu'' - u' - (b/c)u = 0$ における周期 P の周期的進行波解には次のようなものが構成できる。

$$u(z) = \sum_{i=1}^3 A_i \exp(\alpha_i z) \quad (Z_{-1} \leq z \leq 0)$$

$$= \sum_{i=1}^3 B_i \exp(\alpha_i z) \quad (0 \leq z \leq Z_1)$$

ここに $i=1, 2, 3$ に対して

$$A_i = \{1 - \exp(\alpha_i Z_1)\} (p_i')^{-1} \{\exp(\alpha_i Z_{-1}) - \exp(\alpha_i Z_1)\}^{-1}$$

$$B_i = \{1 - \exp(\alpha_i Z_{-1})\} (p_i')^{-1} \{\exp(\alpha_i Z_{-1}) - \exp(\alpha_i Z_1)\}^{-1}$$

この時 a, b, c の関係式は次の2つの超越方程式によって決められる。

$$G_1(Z_{-1}, Z_1) = 0, \quad G_2(Z_{-1}, Z_1) = 0$$

但し

$$G_1(Z_{-1}, Z_1) = \{\exp(\alpha_1 Z_{-1}) - 1\} / [p_1' \{\exp(-\alpha_1 P) - 1\}] + [\exp(\alpha_2 Z_1) \{1 - \exp(-\alpha_2 Z_{-1})\}] / [p_2' \{1 - \exp(\alpha_2 P)\}] + [\exp(\alpha_3 Z_1) \{1 - \exp(-\alpha_3 Z_{-1})\}] / [p_3' \{1 - \exp(\alpha_3 P)\}] + a$$

$$G_2(Z_{-1}, Z_1) = \{\exp(\alpha_1 Z_{-1}) - 1\} \{1 - \exp(-\alpha_1 Z_1)\} / [p_1' \{\exp(-\alpha_1 P) - 1\}] + \{1 - \exp(-\alpha_2 Z_{-1})\} \{\exp(\alpha_2 Z_1) - 1\} / [p_2' \{1 - \exp(\alpha_2 P)\}] + \{1 - \exp(-\alpha_3 Z_{-1})\} \{\exp(\alpha_3 Z_1) - 1\} / [p_3' \{1 - \exp(\alpha_3 P)\}]$$

[証] 境界条件

(i) $u(0-) = a$

(vi) $u''(0+) - u''(0-) = -1$

(ii) $u(Z_{-1}) = a$

(vii) $u''(Z_{-1}^+) - u''(Z_{-1}^-) = 1$

(iii) $u'(0-) = u'(0+)$

(viii) $u(0+) = a$

(iv) $u'(Z_{-1}^+) = u'(Z_{-1}^-)$

(v) $u(Z_{-1}) = u(Z_1)$

$p(\alpha) = \alpha^3 - c\alpha^2 - \alpha - b/c$ の3根は $\alpha_1 > 0, \alpha_3 < \alpha_2 < 0$ 又は $\alpha_1 > 0, \alpha_3 = \bar{\alpha}_2, Re \alpha_2 < 0$ に従う。

$Z_{-1} \leq z \leq 0$ における周期的進行波解の部分

$$u(z) = \sum_{i=1}^3 A_i \exp(\alpha_i z)$$

$0 \leq z \leq Z_1$ における周期的進行波解の部分

$$u(z) = \sum_{i=1}^3 B_i \exp(\alpha_i z) \quad \text{とおき, さらに記号を簡略化するために}$$

$f_i = \exp(\alpha_i Z_{-1}), g_i = \exp(\alpha_i Z_1) \quad (i=1, 2, 3)$ とおく。

(i) より $A_1 + A_2 + A_3 = a \dots\dots\dots (1)$

(ii) より $f_1 A_1 + f_2 A_2 + f_3 A_3 = a \dots\dots\dots (2)$

(iii) より $\alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \alpha_3 A_3 - \alpha_1 B_1 - \alpha_2 B_2 - \alpha_3 B_3 = 0 \dots\dots\dots (3)$

(iv) より $\alpha_1 f_1 A_1 + \alpha_2 f_2 A_2 + \alpha_3 f_3 A_3 - \alpha_1 g_1 B_1 - \alpha_2 g_2 B_2 - \alpha_3 g_3 B_3 = 0 \dots\dots\dots (4)$

(v) より $f_1 A_1 + f_2 A_2 + f_3 A_3 - g_1 B_1 - g_2 B_2 - g_3 B_3 = 0 \dots\dots\dots (5)$

(vi) より $\alpha_1^2 A_1 + \alpha_2^2 A_2 + \alpha_3^2 A_3 - \alpha_1^2 B_1 - \alpha_2^2 B_2 - \alpha_3^2 B_3 = 1 \dots\dots\dots (6)$

(vii) より $\alpha_1^2 f_1 A_1 + \alpha_2^2 f_2 A_2 + \alpha_3^2 f_3 A_3 - \alpha_1^2 g_1 B_1 - \alpha_2^2 g_2 B_2 - \alpha_3^2 g_3 B_3 = 1 \dots\dots\dots (7)$

(viii) より $B_1 + B_2 + B_3 = a \dots\dots\dots (8)$

$$(ii) = (v) \text{ より } g_1 B_1 + g_2 B_2 + g_3 B_3 = a \dots\dots\dots (9)$$

$$(1) - (8) = 0 \text{ より } A_1 + A_2 + A_3 - B_1 - B_2 - B_3 = 0 \dots\dots\dots (10)$$

(3), (4), (5), (6), (7), (10) の 6 元 1 次の連立方程式を解く

$$A = (\alpha_1 - \alpha_2)^2 (\alpha_2 - \alpha_3)^2 (\alpha_3 - \alpha_1)^2 (f_1 - g_1) (f_2 - g_2) (f_3 - g_3)$$

$$A_1 = (\alpha_1 - \alpha_2) (\alpha_2 - \alpha_3)^2 (\alpha_3 - \alpha_1) (f_2 - g_2) (f_3 - g_3) (g_1 - 1)$$

故に $A_1 = (1 - g_1) / \{p_1' (f_1 - g_1)\}$

$$A_2 = (\alpha_1 - \alpha_2) (\alpha_2 - \alpha_3) (\alpha_3 - \alpha_1)^2 (f_1 - g_1) (f_3 - g_3) (g_2 - 1)$$

故に $A_2 = (1 - g_2) / \{p_2' (f_2 - g_2)\}$

以下 A_3, B_1, B_2, B_3 についても同様に求められる。

次に a, b, c の関係式を証明する。

まず $\exp(-\alpha_1 P) = f_1 / g_1 \dots\dots\dots (11), \exp(-\alpha_i Z_{-1}) = 1 / f_i \dots\dots\dots (12), \exp(\alpha_i P) = g_i / f_i$

$\dots\dots\dots (13)$ に注意する。

$G_1 = 0$ から証明する。(9) に $B_i = (1 - f_i) / \{p_i' (f_i - g_i)\}$ を代入し，それを $-g_1$ で割り，(11)，(12)，(13) を適用すれば得られる。

$G_2 = 0$ の証明。(1) - (2) = 0 より $(1 - f_1)A_1 + (1 - f_2)A_2 + (1 - f_3)A_3 = 0$ これに $A_i = (1 - g_i) / \{p_i' (f_i - g_i)\}$ を代入し，それを g_1 で割り $\exp(-\alpha_1 Z_1) = 1 / g_1$ 及び (11)，(12)，(13) を適用すれば得られる。 [証終]

これから命題 9 における $c = 0$ の場合の $(-\infty, \infty)$ におけるパルスに対応する有限周期 P の周期的進行波解を求める。従って次に求める周期波形は $P \rightarrow 0$ とした時は命題 9 の $c = 0$ の場合のパルスに一致する。

命題 11. (S, F, N) において $b = w = 0$ で，さらに $c = 0$ の特別な微分方程式

$$u'' - u + H(u - a) = 0$$

を考える。周期 $P = Z_1 - Z_{-1}$ ($Z_{-1} < 0, 0 < Z_1$) なる周期解は

$$u(z) = r \exp z + (a - r) \exp(-z) \quad (Z_{-1} \leq z \leq 0)$$

$$= (r - 1/2) \exp z + (a - r - 1/2) \exp(-z) + 1 \quad (0 \leq z \leq Z_1)$$

但し P は

$$\exp(Z_1) = \{1 / (2r - 1)\} (2a - 2r - 1)$$

$$\exp(Z_{-1}) = (a - r) / r$$

によって決められる。($a/2 < r < a$ とする)

[証] 境界条件

(i) $u(0-) = a$

(iv) $u'(0-) = u'(0+)$

(ii) $u(0+) = a$

(v) $u(Z_1) = a$

(iii) $u(Z_{-1}) = a$

i) $Z_{-1} \leq z \leq 0$ の時

$u'' - u = 0$ となるので $u = c_1 \exp(-z) + c_2 \exp z$

(i) より $c_1 + c_2 = a \dots\dots\dots (1)$

$$(iii) \text{ より } \{\exp(-Z_{-1})\}c_1 + \{\exp(Z_{-1})\}c_2 = a \dots\dots\dots (2)$$

(1), (2) を解けば

$$c_1 = a\{\exp(Z_{-1})\}/\{1 + \exp(Z_{-1})\} \dots\dots\dots (3)$$

$$c_2 = a/\{1 + \exp(Z_{-1})\} \dots\dots\dots (4)$$

命題9のパルスの比較において $c_2 = r \dots\dots\dots (5)$ とおけば, (4) = (5) より $r = a/\{1 + \exp(Z_{-1})\} \dots\dots\dots (6)$, この式から $a/2 < r < a$ が導かれる。また (6) は $r \rightarrow a \Leftrightarrow Z_{-1} \rightarrow -\infty$ をも意味している。これは有限周期を無限周期に持っていけば命題9の単独パルスに近づく事を意味している。また, (6) より $\exp(Z_{-1}) = (a-r)/r$ 。これを (3) に代入して整理すれば $c_1 = a-r \dots\dots\dots (7)$ 。(5), (7)より j) の場合が得られた。

ii) $0 \leq z \leq Z_1$ の時

$$u'' - u = -1 \text{ となるので } u = c_3 \exp(-z) + c_4 \exp z + 1$$

$$(ii) \text{ より } c_3 + c_4 = a - 1 \dots\dots\dots (8)$$

$$(iv) \text{ より } -c_1 + c_2 = -c_3 + c_4 \dots\dots\dots (9)$$

(9) に (5), (7) を代入した式と (8) より c_3, c_4 を求めれば, ii) の場合が得られる。

次に関係式の証明に移る。 $\exp(Z_{-1})$ については既に求めたので $\exp(Z_1)$ を求める。

$$(v) \text{ より } (r-1/2) \exp Z_1 + (a-r-1/2) \exp(-Z_1) + 1 - a = 0$$

この式に $\exp Z_1$ をかけ $\exp Z_1$ について解けば得られる。 [証終]

§ 5. 反応拡散系の定常な局所解

(E, F, N)において $f(u) = -u + H(u-a)$, $b\delta = c$ の場合を考える。

$$\begin{cases} u_t = D_1 u_{xx} - u + H(u-a) - w \\ w_t = D_2 w_{xx} + bu - cw \end{cases}$$

上式に於いて定常状態を考える。 $u_t = w_t = 0$, $z = x$ とすれば

$$\begin{cases} D_1 u'' - u + H(u-a) - w = 0 \dots\dots\dots (1) \\ D_2 w'' + bu - cw = 0 \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

(1) を2回微分して D_2 をかければ

$$D_1 D_2 u^{(4)} - D_2 u'' - D_2 w'' = 0 \dots\dots\dots (3)$$

(1) $\times c$ - (2) より w'' を求め, それを (3) に代入して整理すれば

$$D_1 D_2 u^{(4)} - (cD_1 + D_2)u'' + (b+c)u = cH(u-a) \dots\dots\dots (4)$$

よって, 特性多項式を $p(\alpha)$ とすれば

$$p(\alpha) = D_1 D_2 \alpha^4 - (cD_1 + D_2)\alpha^2 + b + c = 0$$

この根を $\alpha_1, -\alpha_1, \alpha_2, -\alpha_2$ とする。 ($\alpha_1, \alpha_2 > 0$)

命題12. (4) を満たし

$$\begin{cases} u > a & \text{if } |z| < r \\ u = a & \text{if } |z| = r \\ u < a & \text{if } |z| > r \end{cases}$$

なる左右対称な定常局所解は

$$u_s = A_{12}\{\exp(-\alpha_1 r)\} \cosh(\alpha_1 z) + A_{21}\{\exp(-\alpha_2 r)\} \cosh(\alpha_2 z) + u_0 \quad (|z| < r)$$

$$= -A_{12}\{\sinh(\alpha_1 r)\} \exp(-\alpha_1 |z|) - A_{21}\{\sinh(\alpha_2 r)\} \exp(-\alpha_2 |z|) \quad (|z| > r)$$

$$w_s = D_1 u_s'' - u_s + H(r - |z|)$$

$$\text{ここに } A_{ij} = (c - D_2 \alpha_i^2) / \{D_1 D_2 \alpha_i^2 (\alpha_i^2 - \alpha_j^2)\} \quad (i, j = 1, 2)$$

また， a, r の関係式は次のようになる。

$$A_{12}[\{\exp(-2\alpha_1 r)\} - 1] + A_{21}[\{\exp(-2\alpha_2 r)\} - 1] = 2a$$

[証] 境界条件

(i) $z \rightarrow \infty$ の時 $u_{xx}(z) \rightarrow 0$

(iv) $u_{in}'(r) = u_{ex}'(r)$

(ii) $z \rightarrow -\infty$ の時 $u_{xx}(z) \rightarrow 0$

(v) $w_{in}(r) = w_{ex}(r)$

(iii) $u_{in}(r) = u_{ex}(r)$

(vi) $w_{in}'(r) = w_{ex}'(r)$

i) $|z| < r$ の時

(4) は $D_1 D_2 u^{(4)} - (c D_1 + D_2) u'' + (b + c) u = c$

この微分方程式の特殊解は $u_0 = c / (b + c)$ で，左右対称な解を求めると

$$u_{in}(z) = c_1 \cosh \alpha_1 z + c_2 \cosh \alpha_2 z + u_0$$

としてよい。

ii) $|z| > r$ の時

(4) は $D_1 D_2 u^{(4)} - (c D_1 + D_2) u'' + (b + c) u = 0$

よって，解の形は

$$u_{ex}(z) = c_3 \exp \alpha_1 z + c_4 \exp \alpha_2 z + c_5 \exp(-\alpha_1 z) + c_6 \exp(-\alpha_2 z)$$

となるが，(i) より $z > 0$ の時 $c_3 = c_4 = 0$ ，(ii) より $z < 0$ の時 $c_5 = c_6 = 0$

よって，改めて次の形から出発する。

$$u_{ex}(z) = c_3 \exp(-\alpha_1 |z|) + c_4 \exp(-\alpha_2 |z|)$$

これから解く便宜上次のように置く。

$$\begin{cases} X_1 = \cosh \alpha_1 r \\ Y_1 = \sinh \alpha_1 r \\ V_1 = \exp(-\alpha_1 r) \end{cases} \quad \begin{cases} X_2 = \cosh \alpha_2 r \\ Y_2 = \sinh \alpha_2 r \\ V_2 = \exp(-\alpha_2 r) \end{cases}$$

(iii) より $X_1 c_1 + X_2 c_2 - V_1 c_3 - V_2 c_4 = -u_0 \dots\dots\dots (5)$

(iv) より $\alpha_1 Y_1 c_1 + \alpha_2 Y_2 c_2 + \alpha_1 V_1 c_3 + \alpha_2 V_2 c_4 = 0 \dots\dots\dots (6)$

(v) より $(\alpha_1^2 D_1 - 1) X_1 c_1 + (\alpha_2^2 D_1 - 1) X_2 c_2 - (\alpha_1^2 D_1 - 1) V_1 c_3 - (\alpha_2^2 D_1 - 1) V_2 c_4 = u_0 - 1 \dots\dots\dots (7)$

(vi) より $\alpha_1 Y_1 (\alpha_1^2 D_1 - 1) c_1 + \alpha_2 Y_2 (\alpha_2^2 D_1 - 1) c_2 + \alpha_1 V_1 (\alpha_1^2 D_1 - 1) c_3 + \alpha_2 V_2 (\alpha_2^2 D_1 - 1) c_4 = 0$

$\dots\dots\dots (8)$

(5), (6), (7), (8) の連立方程式を解く。

$(X_1 + Y_1) V_1 = 1, (X_2 + Y_2) V_2 = 1$ に注意すれば

$$\Delta = -\alpha_1 \alpha_2 (\alpha_1 - \alpha_2)^2 (\alpha_1 + \alpha_2)^2 D_1^2$$

$$\Delta_1 = \alpha_1 \alpha_2 (\alpha_1 - \alpha_2) (\alpha_1 + \alpha_2) (1 - \alpha_2^2 u_0 D_1) V_1 D_1$$

故に $c_1 = \Delta_1 / \Delta = (-\alpha_1^2 D_2 \Delta_1) / (-\alpha_1^2 D_2 \Delta)$ ここで $\alpha_1^2 \alpha_2^2 = (b + c) / (D_1 D_2)$ を使えば

$$c_1 = \{(c - \alpha_1^2 D_2) \exp(-\alpha_1 r)\} / \{\alpha_1^2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2) D_1 D_2\}$$

今 $A_{ij} = (c - \alpha_i^2 D_2) / \{\alpha_i^2 (\alpha_i^2 - \alpha_j^2) D_1 D_2\}$ ($i, j = 1, 2$) とおけば,

$$c_1 = A_{12} \exp(-\alpha_1 r)$$

同様に $A_2 = -\alpha_1 \alpha_2 (\alpha_1 - \alpha_2) (\alpha_1 + \alpha_2) (1 - \alpha_1^2 u_0 D_1) D_1 V_2$

$$c_2 = A_2 / A = (-\alpha_2^2 D_2 A_2) / (-\alpha_2^2 D_2 A) = A_{21} \exp(-\alpha_2 r)$$

$$A_3 = -\alpha_1 \alpha_2 (\alpha_1^2 - \alpha_2^2) (1 - \alpha_2^2 D_1 u_0) D_1 Y_1$$

$$c_3 = A_3 / A = (\alpha_1^2 D_2 A_3) / (\alpha_1^2 D_2 A) = -A_{12} \sinh(\alpha_1 r). \quad c_4 \text{ についても同様である。}$$

また, a, r の関係式は $u_{xx}(r) = a$ すなわち

$$-A_{12} \{\sinh(\alpha_1 r)\} \exp(-\alpha_1 r) - A_{21} \{\sinh(\alpha_2 r)\} \exp(-\alpha_2 r) = a$$

を变形すれば求められる。

§ 6. あとがき

ナグモ方程式に関しては相平面上の特異点での軌道の様子がはっきりした形で解析できる。また、システム化されたフィッツヒュー・ナグモ方程式に於いては固有値を使った安定性理論となるが、完全な解析的な意味の安定性と言うより数値実験と合わせての安定性の議論である。これらのパルス波形や周期的進行波解等に関しては解の構成の仕方から遅い物に対しては不安定性が証明できるが、速い物に対しては安定性を論ずる事は難しい。安定、不安定が一举に議論できるような波解の構成も今後の課題の一つとなろう。最後に色々な助言を頂きました三村昌泰先生を初めとし、伊藤正幸氏、観音幸雄氏、南貴之氏、辻川亨氏、柴伸一郎氏、小林亮氏、梶木屋龍治氏、その他応用解析学関係者の心暖まる御支援に心から感謝している次第です。

参考文献

- [1] R. G. Casten, H. Cohen and P. A. Lagerstrom, Perturbation analysis of an approximation to the Hodgkin-Huxley theory. Quarterly of Applied Math. Jan. 1975.
- [2] H. Cohen, Nonlinear diffusion problems. In Studies in Applied Math. A. H. Taub, editor. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J. 27.
- [3] A. Gierer and H. Meinhardt, A theory of biological pattern formation. Kybernetica, 12 (1972) pp. 30-39.
- [4] ———, Application of a theory of biological pattern formation based on lateral inhibition. J. Cell Science, 15 (1974), pp. 321-346.
- [5] ———, Biological pattern formation involving lateral inhibition. Lectures on Mathematics in the Life Sciences 7. American Math. Soc. Providence, RI, 1974, pp. 163-183.
- [6] G. A. Klaasen and W. C. Troy, Stationary wave solutions of a system of reaction-diffusion equations derived from the FitzHugh-Nagumo equations. Siam J. Appl. Math. Vol. 44. No. 1, Feb. 1984.
- [7] S. Koga and Y. Kuramoto, Localized patterns in reaction-diffusion systems. Progress of Theoretical Physics, Vol. 63, No. 1, Jan. 1980.
- [8] H. P. McKean, Nagumo's equation. Advances in Math. 4, pp. 209-223 (1970).
- [9] H. Meinhardt, Morphogenesis of lines and nets. Differentiation, 6 (1976), pp. 117-123.
- [10] M. Mimura and K. Kawasaki, Spatial segregation in competitive interaction-diffusion equations. J. Math. Biol. 9 (1980), pp. 49-64.
- [11] M. Mimura, Spatial pattern of some density-dependent diffusion system with competitive dynamics. Hiroshima Math. J. 11 (1981), pp. 621-633.

[12] _____ , Aggregation and segregation phenomena in reaction-diffusion equations, in U. S. —Japan Conference on Competition in Neural Nets, Kyoto, 1982.

(昭和60年4月15日受付)

摩擦変形時における かみあい歯面付近の応力解析

(機械工学科) 野原 稔

Analysis of Deformation Process and Stress Distribution on the Contact Zone of Spur Gear

Minoru NOHARA

Recent advances in computer science have possible application in the field of tribology. The finite element method (F.E.M) is a well known general purpose program for investigating the deformation behavior of materials.

In this paper, by changing the surface load and the friction force, we attempted to obtain the deformation and the stress distribution of the tooth material near the contact zone.

§ 1 緒 言

有限要素法 (F. E. M) は一つの汎用プログラムを基礎とし、それに若干の修正を加えるだけで多くの問題を処理できるという利点があり、軸受内の圧力解析、すべり過程中的弾性接触問題の解析および摩耗粉の生成機構の解析などに広く利用されて来ている^{1),2)}

本研究においては、歯車の歯を例にとり、かみあい作用線上において変動する荷重に対し、かみあい接触面下にどの程度のたわみおよび応力が作用しているかを、接触面間の摩擦係数を変化させることにより求めた。また、表面が変質を受けた場合を想定し、表面のみ縦弾性係数の異なる薄い層を形成させた場合のたわみ量および応力についても検討を行なった。

§ 2 記 号

P : 歯面法線荷重	$R_{1,2}$: 歯形の曲率半径
μ : 摩擦係数	$E_{1,2}$: 縦弾性係数
b : 歯幅	$\nu_{1,2}$: ポアソン比

§ 3 解析領域

本研究においては、小歯車の歯数 $z_1=18$ 、大歯車の歯数 $z_2=40$ 、モジュール $m=4$ 、圧力角 $\alpha=20^\circ$ 、頂げき $c_s=0.25m$ 、転位係数 $x_{1,2}=\pm 0.5$ 、歯幅 $b=7mm$ の平歯車を解析対象に選んだ。

解析領域の寸法の決定は、荷重の大きさにより接触幅の大きさが異なるため、接触面上および接触面下の寸法の決定は、ヘルツの接触幅の数倍を解析対象となるように選んだ。図1に示すように、接

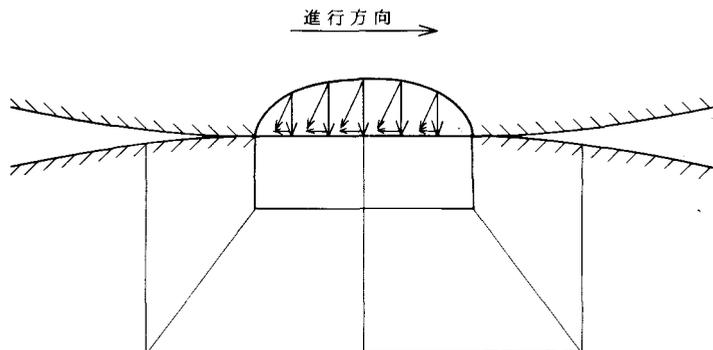
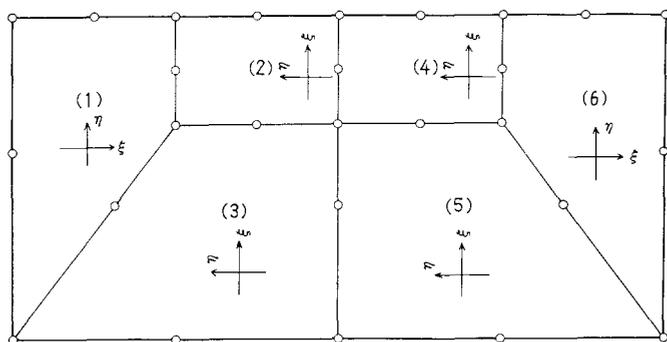
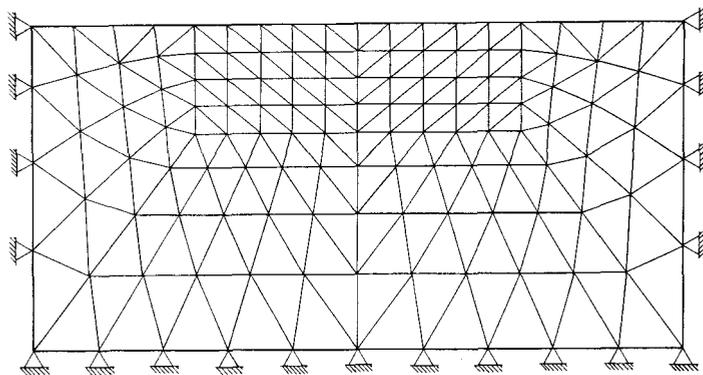


図1 接触部における荷重分布と解析領域



(a) 領域分割



(b) 要素分割

図2 解析対象域の領域分割と要素分割

触部での垂直力は楕円分布³⁾とし、左から右へ摩擦する時の断面を平面ひずみ問題と仮定して解析を行なったが、接触面上において、お互いの歯面は完全に凝着を生じているものとした。また、解析領域は、線形三角形要素を用いて分割を行なったわけであるが、分割には自動分割法を使用⁴⁾し、要素の番号付けおよび座標値の読み間違いをなくすようにした。図2-aは解析領域の分割を、図2-bは解析領域の要素分割を示している。

解析領域は、ヘルツの接触幅の数倍を接触面上および接触面下の方向にとり、四角形の形状としたが、図2-bに示す接触面を除く三面の各節点は固定状態としている。また、接触面上における摩擦係数は $\mu=0.0\sim 0.4$ 、縦弾性係数は表面のない基本面を $E=2.1\times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ とし、表面が外部からの起因により、縦弾性係数が減少した場合の縦弾性係数は基本面のその $1/2$ および $1/4$ の大きさとして解析⁵⁾を行なった。

§ 4 歯面に作用する荷重

歯車の歯面に作用する荷重を考える場合、二対かみあい域および一対かみあい域において歯面荷重が異なる。歯の各かみあい位置における荷重を求める場合、かみあい点における荷重分担率を計算する必要がある。荷重分担率は歯のばね剛さを求めることにより決定されるが、歯のばね剛さの計算には石川の式を使用した⁶⁾。石川の式を使用して得られた歯のたわみと荷重分担率の関係を図3に示す。図3に示すかみあい長さ上の点A, B, B', C', C, Dの内、A, B, B' 点に荷重が作用した場合について検討を行なった。

本研究においては、ピッチ点におけるヘルツ接触圧力を 220 kgf/mm^2 と高い面圧とした場合を考えると、歯面法線荷重 P は 768 kgf となるから、A点における荷重は $P/b=35 \text{ kgf/mm}$ 、B点における荷重は $P/b=55 \text{ kgf/mm}$ および B'点における荷重は $P/b=110 \text{ kgf/mm}^2$ となる。各かみあい点における荷重が決定されると、その点における接触幅 b_H を求める必要がある。弾性変形による接触面の幅を $2b_H$ とすると b_H は次式で与えられる。

$$b_H = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{P}{b} \cdot \frac{(1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2}{1/R_1 + 1/R_2}}$$

次に、各かみあい位置における接触幅が決まると、楕円分布した荷重を細かく分割し、各節点に作用させる必要がある。

§ 5 解析結果および考察

5-1 接触面下におけるたわみ量

図4はB'点に荷重が作用し、摩擦係数 $\mu=0.4$ 、表面層の厚さが $h_1=0.05 \text{ mm}$ で、表面層の縦弾性係数を $E_1=1.05\times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ および $E_2=0.525\times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ と変化させた場合のたわみ量の変

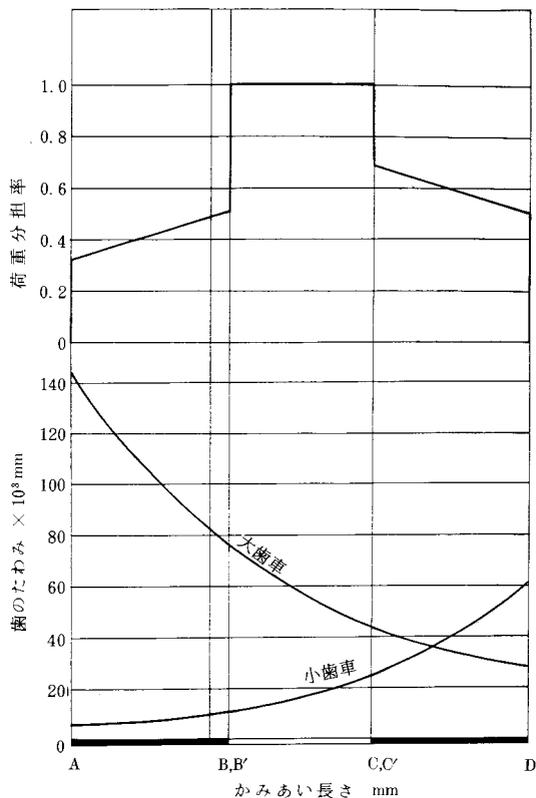


図3 かみあい長さに対する歯のたわみと荷重分担率

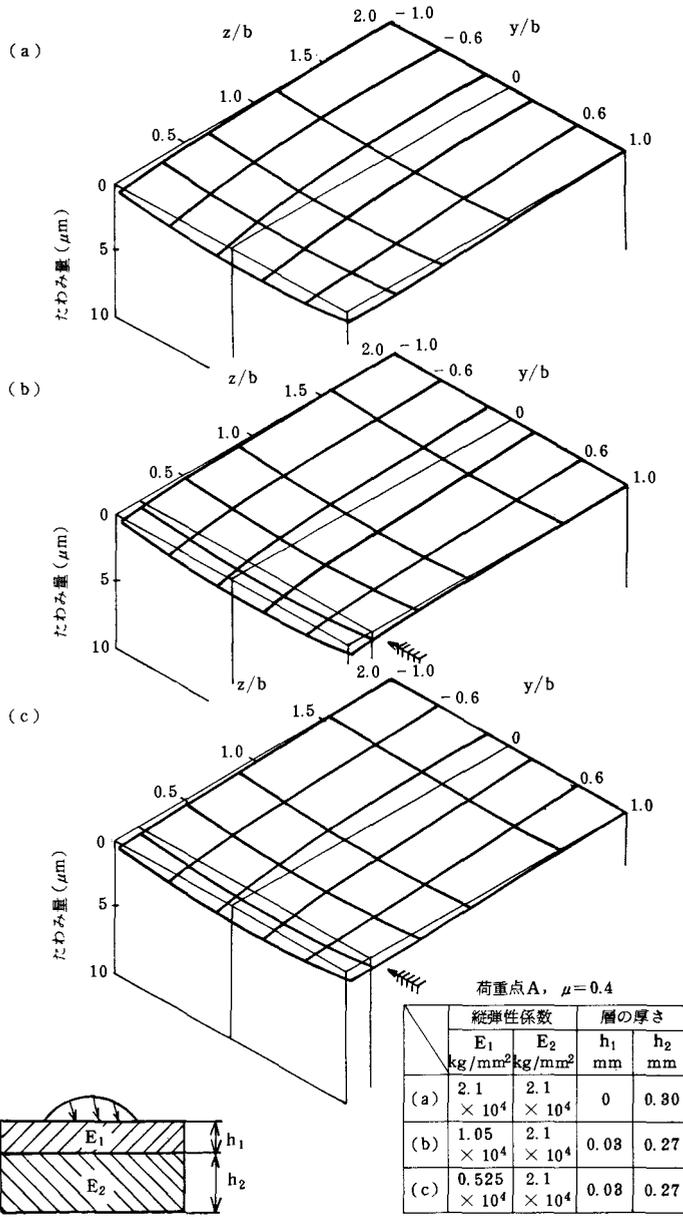


図4 表面に薄層をもつ場合のたわみ量の変化

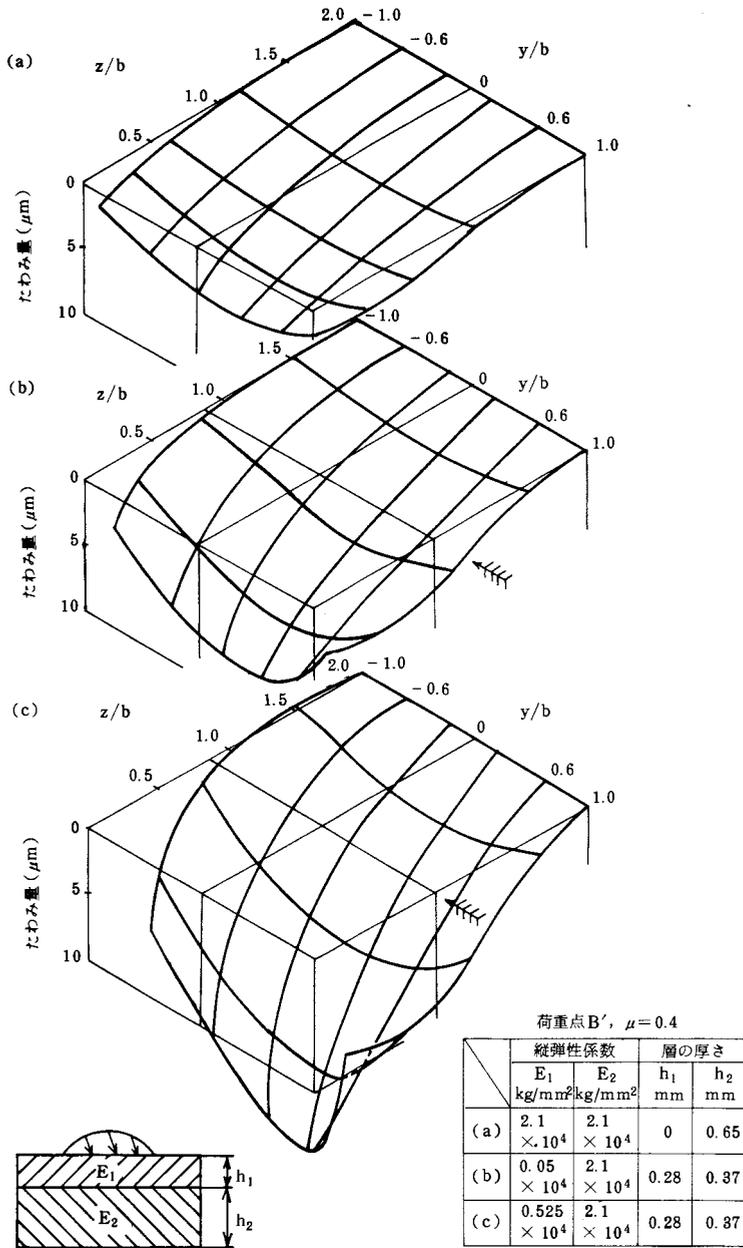
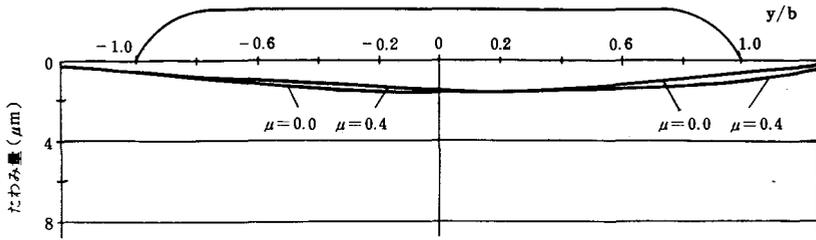
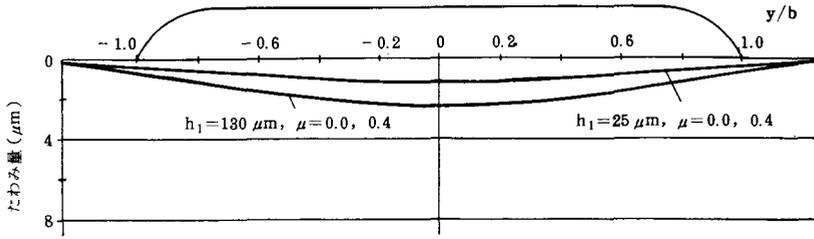


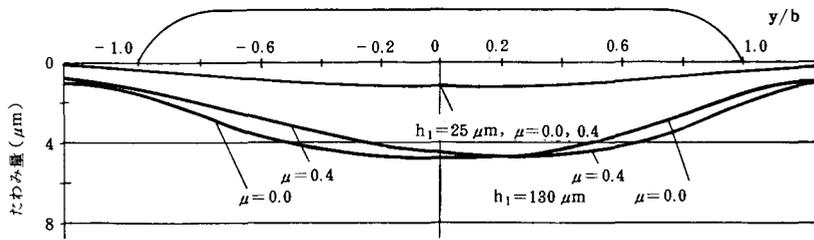
図5 表面に少し厚い層をもつ場合のたわみ量の変化



(a) $E = 21000 \text{ kg/mm}^2$

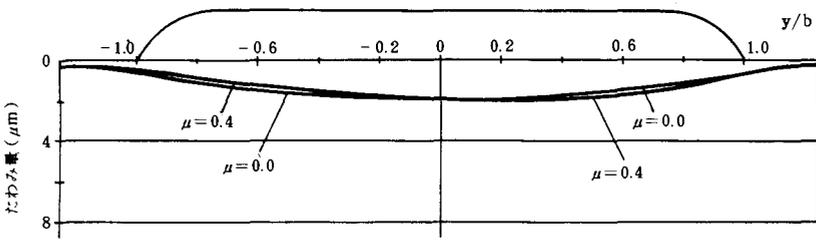


(b) $E = 10500 \text{ kg/mm}^2$

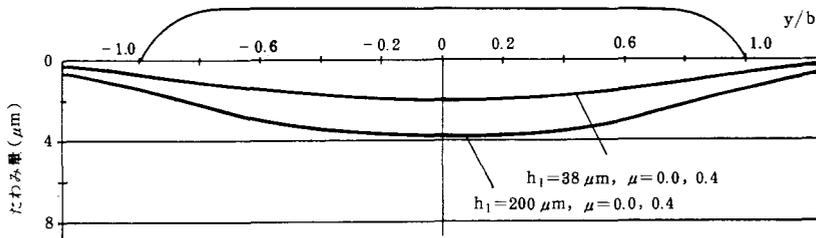


(c) $E = 5250 \text{ kg/mm}^2$

図6 摩擦係数の変化によるたわみ量の変化 (荷重点A)



(a) $E = 21000 \text{ kg/mm}^2$



(b) $E = 10500 \text{ kg/mm}^2$

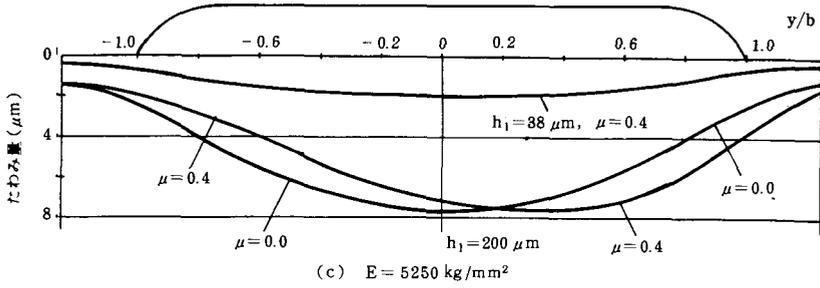


図7 摩擦係数の変化によるたわみ量の変化(荷重点B)

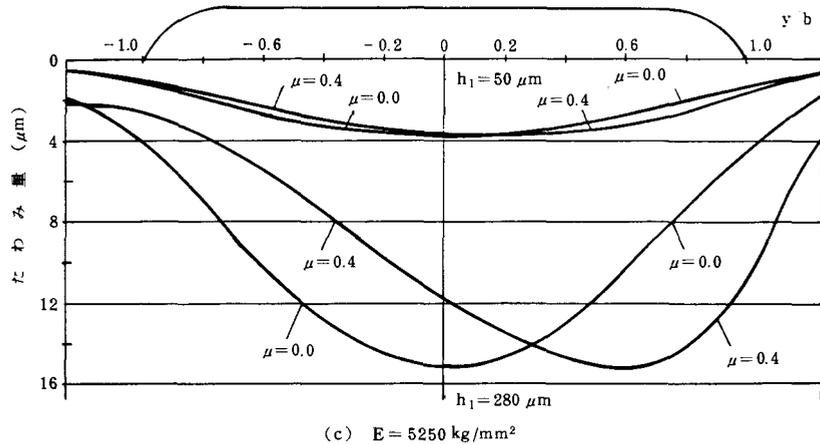
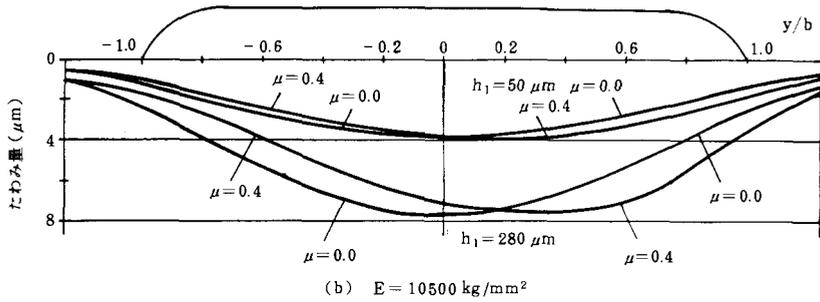
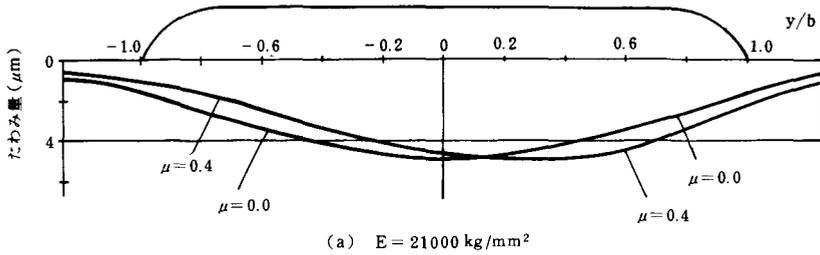
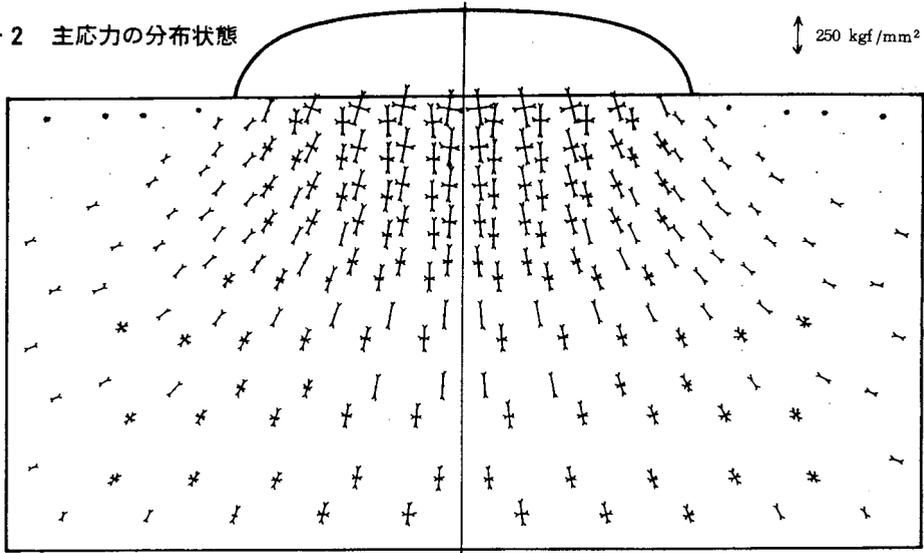


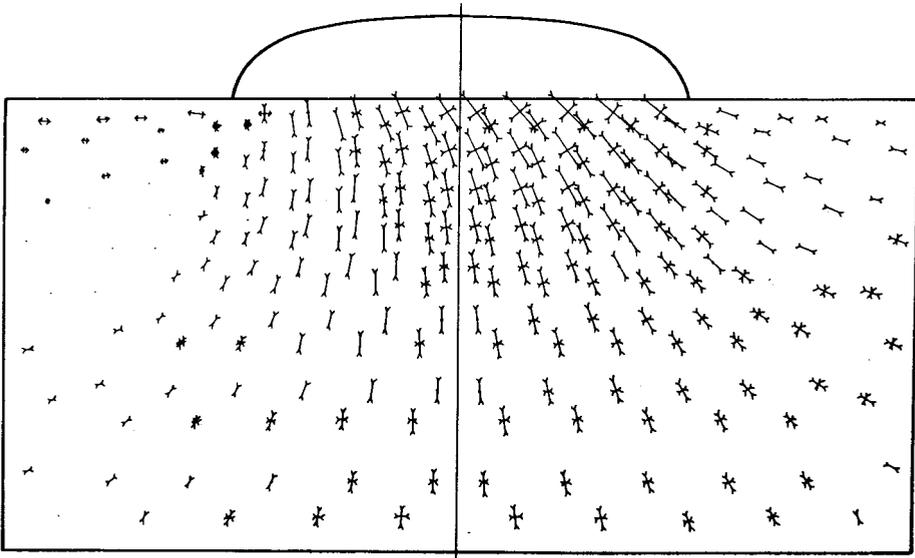
図8 摩擦係数の変化によるたわみ量の変化(荷重点B')

化を示す。図において、表面層の縦弾性係数の変化によるたわみ量の変化はほとんどみられない。図5は図4と同様にB'点に荷重が作用し、摩擦係数 $\mu=0.4$ とした場合であるが、表面層の厚さが $h_1=0.28\text{mm}$ と厚くとした場合のたわみ量の変化を示す。図においてわかるように、縦弾性係数の小さい表面をもつ図5-cのたわみ量の増加が著しいということがわかる。図6, 7, 8は荷重点A, B, B'における摩擦係数を変えた場合の接触表面上のたわみ量の変化を示している。A, B, B'とかみあいが進行するにしたがって、荷重が増すわけであるが、荷重の増加によりたわみ量は大きくなる。また、表面層の縦弾性係数の減少によっても同様の傾向が見られる。たわみ量は摩擦係数の増加により摩擦力の作用する方向に移動する。

5-2 主応力の分布状態



(a) $\mu=0.0$ の場合



(b) $\mu=0.4$ の場合

図9 荷重点B'における主応力の分布状態

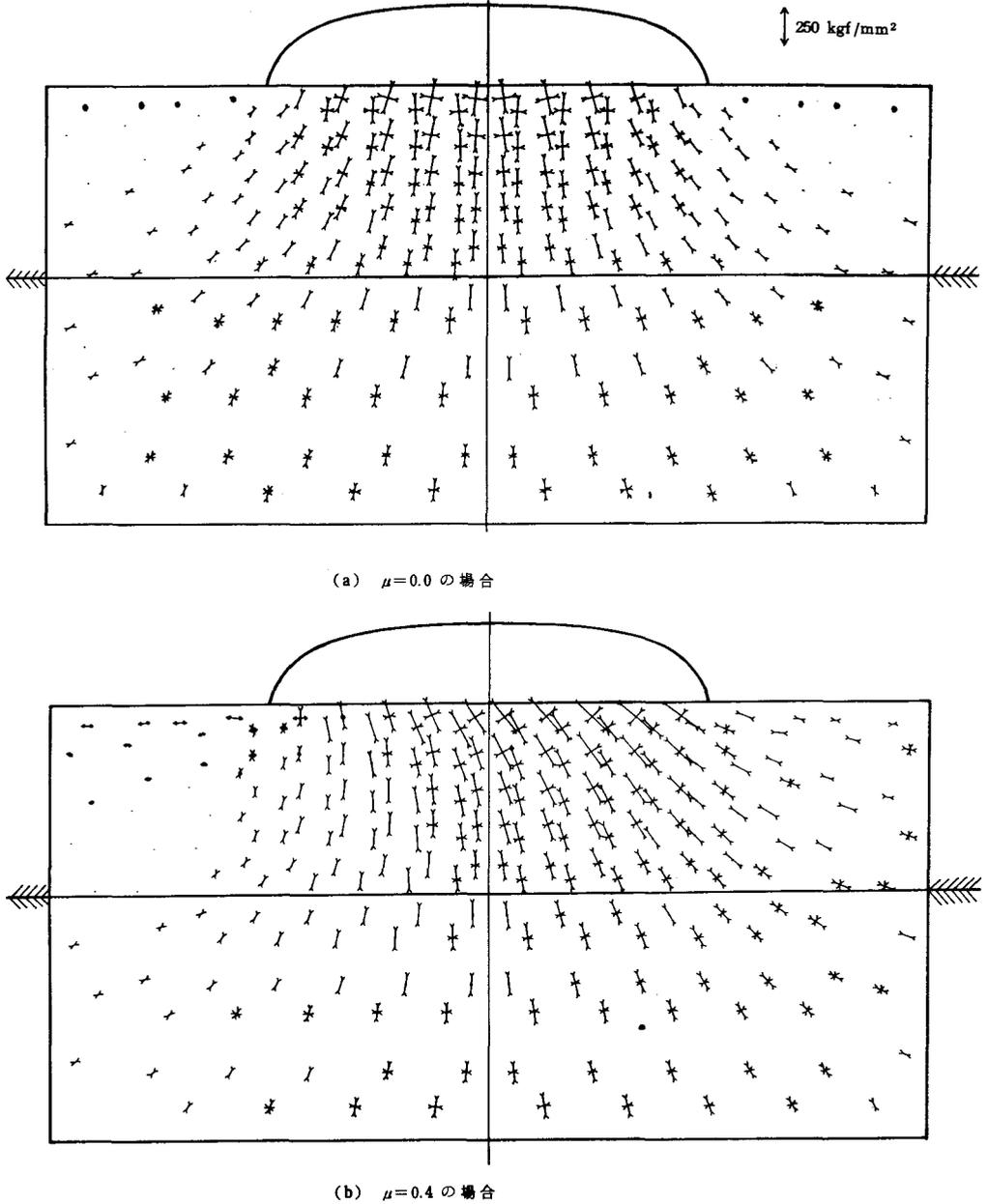


図10 薄層をもつ場合の荷重点B'における主応力の分布状態

B'点に荷重が作用した場合について、縦弾性係数が $E=2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ で、摩擦係数 μ を0.0 および0.4と変化させた時の主応力 σ_1, σ_2 の分布状態を図9に示す。図9-aに示す $\mu=0.0$ の場合の主応力の分布について見ると、接触領域の左右にわずかな引張応力が作用している他は、すべて圧縮応力で接触面の中心を基準として左右対称に分布していることがわかる。図9-bは $\mu=0.4$ の場合を示しているが、接触領域の左上側に引張応力を発生し、接触面の中心を基準とした場合、接触面の右側の領域が左側のそれと比較して、大きな圧縮応力を生ずる領域が増えていることがわかる。図

10はB'点に荷重が作用した場合で、表面層の縦弾性係数が $E_1=5250 \text{ kgf/mm}^2$ の場合の摩擦係数の変化による主応力の分布状態を示している。図10を図9と比較した場合、主応力の分布状態はほとんどその差は見られないことがわかる。

5-3 主応力分布曲線

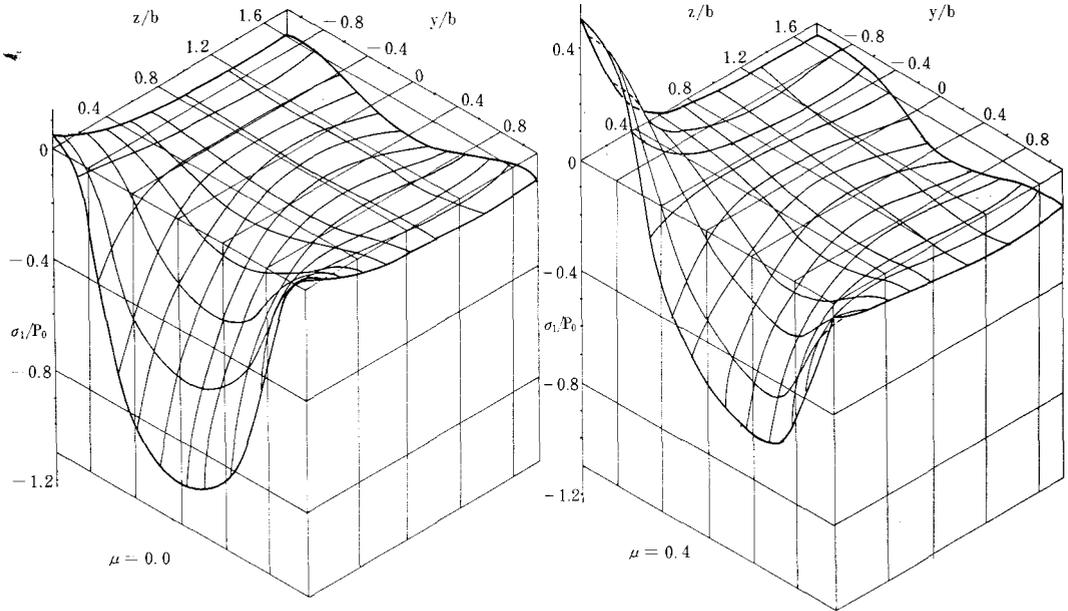


図11 主応力 σ_1 の分布曲線

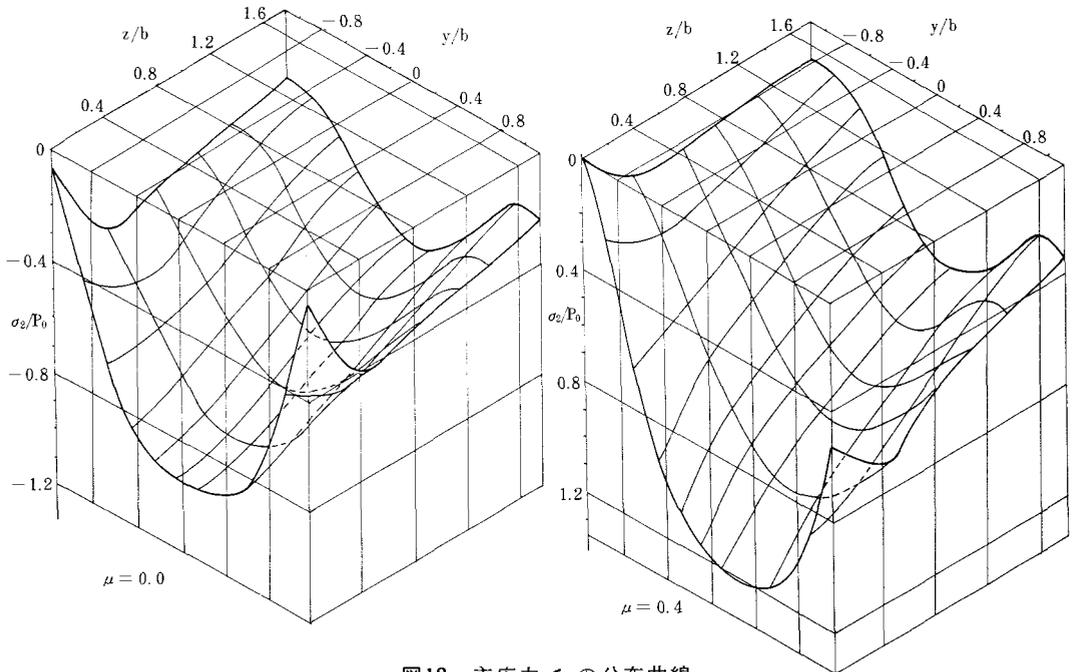


図12 主応力 σ_2 の分布曲線

B'点に荷重が作用した場合で、摩擦係数を変化させたときの接触域近傍の主応力 σ_1 の変化の状態を図11に、主応力 σ_2 の変化の状態を図12に示す。図11は摩擦係数を $\mu=0.0$ および 0.4 とした場合の σ_1 の変化を示しているが、摩擦係数が大きくなると荷重接触域の終り、すなわち、 $y/b=-1$ 付近において、正の引張応力が大きくなって行くが、その他の接触面付近の圧縮応力は小さくなることわかる。また、図12は σ_2 の変化を示しているが、摩擦係数が大きくなって行くにしたがって、 $y/b \approx 0.2$ 付近において、最大圧縮応力を生じていることがわかる。

§ 6 結 言

歯車の歯面を例にとり、摩擦係数の変化による接触面付近のたわみおよび応力の分布状態を検討した結果、次のようなことが明らかとなった。

- (1) 応力の分布状態は摩擦係数の増加により、次第に摩擦力の作用する方向に移動する。
- (2) 薄層をもつ場合のたわみ量は、その表層の厚さがある値になるまで、薄層をもたない表面のたわみ量とほとんど変わらないが、層の厚さがある値を過ぎるとたわみは大きく変化する。
- (3) 表面に薄層をもつ場合の応力の大きさおよび分布状態は表面に薄層をもたない場合のそれと比較してほとんど変化が見られない。

参考文献

- (1) 大前, 築添: 潤滑, 26, 4 (1981)
- (2) N. OHMAE and T. TSUKIZOE, wear, 61 (1980), 333-339.
- (3) 仙波, 歯車 3 (昭31), 758, 日刊工業新聞社.
- (4) 野原, 呉高専研究報告, 18-1, 1982.
- (5) L. J. Segerlind 著, 応用有限要素解析 (1980), 丸善.
- (6) 石川, 東京工業大学学報, 3-2 (昭32), 197.

(昭和60年4月15日受付)

マイコン教育システムにおける LAN用OSコマンドの開発とその総合的利用

(機械工学科) 藤 田 幸 史
 (電気工学科) 山 崎 勉
 (広島情報専門学校) 久 良 喜代彦

LAN Commands in OS Level of a Microcomputer System for Training Education and their Composite Utilization

Yoshifumi FUJITA
 Tsutomu YAMAZAKI
 Kiyohiko KURO

In this paper, the newly developed LAN commands in OS level for training education of the microcomputer in KTC Microm-center are reported. The purpose of this report is to offer an improved set of LAN commands for controlling its states and those for transmission and reception of file in the microcomputer system.

By means of these commands, we can easily transmit or receive the program source list (especially broadcast transmission / reception of file and printing of source program list by each printer) described by many kinds of programming languages, FORTRAN, BASIC, COBOL and Z-80 ASSEMBLER etc. Additionally, combining the standard command with LAN commands, we can transmit or receive a source list in memory buffer directly.

By means of various uses of this improved system, greater contribution can be expected in the computer aided exercises in general subjects and technical ones, as well as in practical training in information processing education.

§ 1 緒 言

本校において、マイコン教育共同利用実習センターにマイコン教育システムが設置されたのが1983年3月であり、4月より運営されている^{1),2)}。その間著者のうち一人が各子機単独に使用してフォートラン演習を行なったのをはじめ³⁾、ファイル転送を利用しての、ベーシックの基礎実習や、いくつかの教科において教師側の作成したプログラムを利用しての問題演習あるいは各学科における情報処理実習等に利用されてきている。ところで、本システムの特徴の1つであるLANを使用するには、シリアル通信用ベーシック(TBASIC)で作成された既製のLAN通信プログラムパッケージSNSを用い

たり、既製の LAN 用 OS コマンド SNCMD を用いるか、または使用者が用途に応じて LAN 用通信ベーシック (TBASIC, NBASIC) を用いて新たにプログラムを作成するしか方法がなかった⁴⁾。通信プログラムパッケージ SNS を使用する場合は、シリアル通信用ベーシックのもとで利用するかぎり、少しプログラムをロードするのに時間がかかることを除いて問題はないが、他のベーシック、フォートラン、アセンブラとともに利用するのは非常に困難であった。また、OS コマンド SNCMD を利用する場合には、ベーシックとともに使うかぎり問題はないが、フォートランやアセンブラと併用しようとする OS の違いのため動作しない。例外として親機で SNCMD を使用する場合は OS が同じなのでうまく動作する。ただし、SNCMD を使用する場合には、ファイルの受信機能は OS レベルでサポートされていない。

本報告では、このような場合においても LAN の円滑な利用を可能とし操作の容易な OS コマンドを開発したので、一般の使用者の便をはかるためにその使い方を公開し、さらに、それを使用しているマイコン教育システムの利用の一例を示すことにする。

§ 2 LAN 用 OS コマンドとその使い方

LC, BF, TF, RF の 4 つの LAN 用 OS コマンドを開発した。その機能は表 1 のようであり、他の LAN 用ソフトウェアとの関係を図 1 に示す。以下例をあげて各コマンドの機能と使い方を説明する。

LC は、LAN 通信における端末状態の設定変更や、通信径路の設定と解除を行なうための制御コマンドを LAN のノードステーションに送るためのものである。その使用の一例として、共同利用の X-Y プロッターと通信径路を設定するには次のようにすればよい。ただし、LAN には 4 台の X-Y プロッターが接続されているが、その端末番号としては 310, 311, 312, 313 が割当てられている。

例 1 LC

Lan command: C 310

.OK ←ノードステーションの応答 .OK と表示されると同時に CRT の上に置いてあるランプが点灯

READY

ここで、アンダーラインは、使用者がキー入力することを表わし、 はリターンキーを意味する。この例のようにやると、X-Y プロッターとの通信路が設定される。X-Y プロッターにより作図するには、LAN のノードステーションとマイコンとの間の通信を行なうマイコン側の RS-232 C シリアルポート (SOUTB) に、X-Y プロッター制御用コマンドおよびデータを送ってやればよい。このプログラムは、ベーシックやフォートランなどで作成してやればよい。

通信径路が設定された状態のままでは、他のマイコンがそのプロッターを使用することができないので、利用が終われば、次のようにして通信径路の解除をしてやる必要がある。

例 2 LC

表 1 LAN 用 OS コマンド

ファイル名	機 能	プログラムリスト
LC.SAV	コマンド送信と応答表示	表 3
BF.SAV	ブロードキャストファイル送信と受信	表 4
TF.SAV	バーストモードファイル送信	表 5
RF.SAV	ファイル受信	表 6

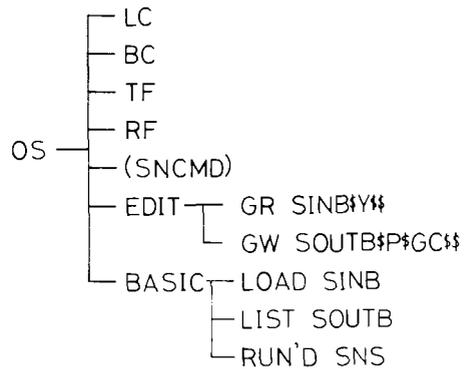


図 1 開発した LAN 用 OS コマンドと LAN 関係コマンド

Lan command: D

.OK ←ノードステーションの応答。この表示とともに CRT の上に置いてあるランプが消える。

READY

あるマイコンから、他のマイコン全部にファイル転送することをファイルブロードキャストという。BF はこれを行なうものであり、ソースプログラムのファイル送信およびファイル受信の 2 つの機能を持っており、送信側は送信、受信側は受信を選択すればよい。特に、受信側においてファイル名として POUT を指定すれば、受信したプログラムをプリンターに出力することができるようにしている。その 1 例として PLOT. LS というプログラムのソースリストを受信側のプリンターに出力するには、次のようにすればよい。

例 3 (送信側)

BF

T)ransmit or R)eceive? T

Transmit file = PLOT. LS

↳ 送信テキスト表示

READY

(受信側)

BF

T)ransmit or R)eceive? R

Receive file = POUT

↳ 受信テキストの表示と同時にプリンターに出力

READY

ただし、送信側はすべての受信端末がファイル名の入力のと を押し終わるまで を押しはけない。また、送信と受信の選択のとき R や T 以外の文字を押した場合 T)ransmit or R)eceive? が再表示されるので、再入力すればよい。また、途中で中断したいときには **SHIFT** と **RESET** を同時に押せばよい。この場合のファイルは、ベーシックのソースプログラムだけでなく、フォートランやアセンブラのソースプログラムであってもよい。特に、ベーシックの場合、プログラムだけをベーシックのテキスト用のメモリー上に受信したプログラムを格納したい場合、受信側は次のようにすればよい。

例 4 LC

Lan command: N

.OK

READY

BASIC

*LOAD SINB

} 端末をニュートラル状態にする

} プログラムを受信する

ファイルの送受信が終われば、ピッという音とともに“?”が表示されるので、リセットキーを押せばよい。

端末同士が対一の通信経路を設定して通信することをバーストモードというが、この場合のファイル送信を行なうのが TF で、ファイル受信を行なうのが RF である。このバーストモードにおける場合、次のようにしてまず通信経路を設定する必要がある。

例 5 受信側 (端末 NO. 010)

LC

Lan command: N

.OK

READY

送信側

LC

Lan command: C 010 (ここでは、相手端末を 010 としている)

.OK

READY

これによって、通信路が設定されると両端末の CRT の上に置いてあるランプが点灯する。このあとファイルの送受信するには次のようにすればよい。

例 6 受信側

RF

送信側

TF

Receive file=XXX. LS  ←受信プログラム名 Transmit file=PLOT. LS  ←送信プログラム名

↳ テキストファイルの受信
画面表示

↳ テキストファイルの送信
画面表示

READY

READT

直接に、テキスト用のメモリー上に、ベーシックのプログラムを格納したい場合には、受信側は次のようにすればよい。

例7 BASIC

*LOAD SINB 

受信が終了するとピッと鳴り、画面上に“?”が表示されるので、その後リセットキーを押せばよい。この方法はブロードキャストモードでも使えて便利である。ただし、ブロードキャストモードで使う場合には、子機側は、LCコマンドによりニュートラル状態にしておかねばならない。

また、テキスト用のメモリー上に作成したベーシックのプログラムを、ディスクに格納せずに直接に相手端末に送る場合は次のようにすればよい。ただし、この場合にはブロードキャストはできない。相手端末と接続状態にしてのバーストモードでの通信でなければならない。

例8 BASIC

*LIST SOUTB 

アセンブラやフォートランのプログラムテキスト作成においては、ラインエディター (EDIT) やスクリーンエディター (SED) を用いるが、このエディターのバッファに直接テキストプログラムを受信するには次のようにすればよい。あらかじめ受信可能な状態にするため例4の手順に従って端末の状態をニュートラルしておく。ただし、以下において () 内はスクリーンエディターのときの使い方を示している。

例9 EDIT (または SED)

*GR SINB \$Y\$\$ (または GR SINB \$Y )

ただし、ここで“\$”は  キーを押すことを意味している。以下同様である。

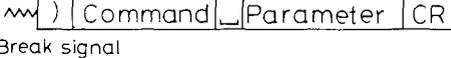
*T \$\$ (または T )

とすれば、受信されたプログラムが画面に表示される。

エディターのバッファに入っているプログラムテキストをエディターレベルにおいて送信することは、バーストモードのときのみ可能であり、ブロードキャストではできない。バーストモードで送るためには、あらかじめ例5のようにして通信経路を設定しておいてやる必要がある。その後、次のようにすればよい。

例10 *GW SOUTB \$P \$GC \$H \$ (または GW SOUTB \$P \$GC \$H)

§3 ノードステーションへのコマンドの送出方法とその実現

ノードステーションに対してコマンドを与えるには、のようなフォーマットで、Z-80 SIO のBポートにデータを書き込めばよい。シリアル通信方式は、非同同期式調歩式で、通信速度は9600ボー、8ビット/文字、パリティ無し、2ストップビットである。このプログラムでは、簡単

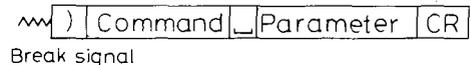
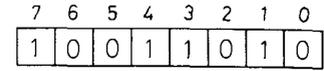


図2 ノードステーションへのLAN制御コマンドの形式

のために送信はソフトウェアポーリングによって行なっている。受信は、ディスクへの書き込みに時間がかかるので、システムコールを用いて割り込みにより行なう。また、LAN はアセンブラやフォートランでも応用において利用できるようにしておくことが望ましい。そこで、問題となるのはコマ

ンドの最初に送出するブレイク信号である。このためには、Z-80 SIO の B ポートのコントロールレジスタ WR5 に図 3 に与える制御語を書き込めばよい。表 2 はこれによるブレイク信号送出のためのサブルーチンである。本 LAN 用 OS コマンドは、このサブルーチンを用いている。表 3 ~ 6 はそのコマンドプログラムのソースリストである。LAN 用 OS コマンドとして、既に SNCMD があるが、これは、子機においてグラフィック機能を組み込んだ OS のもとでは動作するが、フォートランとアセンブラの使用できる OS においては動作しないので新たに開発したのが本コマンドである。しかし、親機ではすべて同じ OS で動作するので SNCMD を使用すればよい。また、LAN 用ソフトウェアパッケージ SNS も高速で充分実用に耐えるので、これを使用してもよい。



DTR SB ET RTS

図 3 Z-80 SIO におけるブレイク信号送出のコントロールワード

表 2 ブレイク信号送出プログラム

```

SIOBC EQU OFBH
;
CALL BRKOUT
LD BC, 002BH
LOOP: DJNZ LOOP
      DEC C
      JR NZ, LOOP
      CALL BRKSTP
      RET
;
;BREAK SIGNAL OUTPUT SUB
BRKOUT: DI
        LD A, 05H
        OUT (SIOBC), A
        LD A, 9AH
        OUT (SIOBC), A
        EI
        RET
;
;BREAK SIGNAL STOP SUB
BRKSTP: DI
        LD A, 35H
        OUT (SIOBC), A
        LD A, 0EAH
        OUT (SIOBC), A
        XOR A
        EI
        RET
;
    
```

} WR5 を指定
} ブレイク信号
} 送出コマンド

§ 4 LAN 用 OS コマンドの使用を前提にしたマイコン教育システムの使い方

応用としては、情報処理教育の一環としてフォートランやベーシックならびにアセンブラ等のプログラミング言語習得のための実習における利用と、既に作成されたプログラムを利用した問題演習の補助としての利用が考えられる。

まず、具体的な使用例としてフォートランのソースプログラムの子機全体へのプログラム転送を考えてみる。ソースプログラムの入力、親機で行なう場合と子機で行なう場合とで異なるが、親機で行なう場合は次の手順で行なう。ただし、\$ は ESC キーを押すことを意味する。

```

EDIT 
* I C            EX 1 
                  WRITE (3, 100) 
100            FORMAT (' WRITE STATEMENT' ) 
                  STOP 
                  END 
    
```

```

$$
*GW EX1$P$GC$H$$
READY
    
```

このソースプログラムを親機から子機にブロードキャスト転送するには次のようにすればよい。子機側は次のようにする。

```

LC 
Lan command: N 
.OK
    
```

READY

BF

T)ransmit or R)ecieve? R

Receive file = EX1

↳ 受信テキスト表示

READY

親機側は次のようにする。

SNCMD B 31, EX1

子機側が、受信したソースプログラムを変更したい場合は SED (スクリーンエディター) を使えばよい。ソースプログラムのコンパイルの方法は従来と同じであり

FORT EX1 EX1 / B(POUT / L / 3)

LINK EX1 / N, EX1, FORLIB / E

とすればよい。

一般に、プログラミング実習における利用では次のやり方が考えられる。

(1) 教師側から学生へ問題または誤りを含んだプログラム(演習用例題)を転送する。問題の場合には、受信側で受信ファイルとして POUT を指定すれば、学生側のプリンターにその問題が印字出力される。

(2) 学生は、(1)で送られてきた問題に対し、プログラムを作成し、入力して実行する。また、誤りを含んだ演習用例題の場合は、誤りを訂正し実行する。

(3) 途中でヒントなどを必要に応じて送出し、最後に解答を送信するようにする。

既に作成されたプログラムを利用して、演習をする場合には次のようにすればよい。

(1) 利用したプログラムを教師側から学生へファイル転送する。

(2) 使用法説明のための例題等の転送を行なう。これは、データの必要ない場合や、使い方がよくわかる場合は省けばよい。

(3) 必要に応じてプログラムを修正したり、またはデータを入力したりして利用する。

この既製のプログラムを利用する具体例としては、連立方程式の解法としてのガウスの消去法のようなものが考えられる。

§ 5 結 言

本コマンドの開発により、マイコン教育システムは OS レベルでファイル転送や LAN の制御が可能となり、各マイコンをこれまで以上に有機的に結合しての利用が可能となったと考えられる。具体的には、本コマンドを利用すれば、各種プログラミング言語(フォートラン、ベーシックやアセンブラ等)の習得のための実習内容の充実や、各専門および一般科目において、あらかじめ作成したプログラムを利用して、今まで計算がたいへんで、計算機の補助なしではできなかった複雑な実際の問題に対する演習の実施やグラフィックディスプレイを利用しての視覚に訴えることによる直感的な理解の促進に用いるなどさまざまな利用による効果が期待される。

なお、更に一層充実した利用をはかるためには、今後の課題として次のようなことがあげられる。

(1) あらかじめ作成した利用可能なプログラムを、使用法などを含めて登録整備を行ない、それを各科目などで共同利用できるようにしていくこと、

(2) 各種入出力機器の計測・制御への応用のための技術(すなわちハードウェアとソフトウェアの両方)修得のために利用できるようにすること(現在、I/Oボードを既に作成しており、これについては別途報告する予定である)、

- (3) 親機の 20 MB のハードディスクを共用ディスクとして使用できるようにすること、
 - (4) マイコン教育センターを使用して、1 学年よりベーシックを教えるようにすること、
- などである。

参 考 文 献

- 1) 藤田，久良，廣光：LANによるマイコン教育システムの利用について，信学技報 ET 83-11, p. 47 (1984).
- 2) 藤田，廣光，久良他：ローカルエリア・ネットワークによるマイコン教育システムの開発，信学技報 ET82-11, p. 59 (1983).
- 3) 山崎，藤田：システム工学教育におけるマイクロコンピュータシステムの利用，呉高専研究報告，第20巻1号 (1984).
- 4) ソード：SNETユーティリティプログラム取り扱い説明書 (CLIコマンド) (NBASIC) (1983).
- 5) 額田忠之：Z 80 SIO とその使い方，マイコンコンピュータ NO. 8 (1983).

(昭和60年4月15日受付)

表3 LCのソースリスト

0001 LOC.	CONT.	MX2 RASH-30C	LANCMD (LC	0002 LOC.	CONT.	MX2 RASH-30C	LANCMD (LC
01		.TITLE	LANCMD	01		:BREAK SIGNAL SUB	
02	00FB	SI0BC=FB		02	00A5-F3	BRKOUT: INTDS	
03	00FA	SI0BD=FA		03	00A6-3E05	LDI A,'05	
04	000D	CR='0D		04	00A8-D3FB	OUT SI0BC	
05	00FD	CTC='FD		05	00AA-3E9A	LDI A,'9A	
06		: CTC SET		06	00AC-D3FB	OUT SI0BC	
07	0000-3E45	LDI A,'45		07	00AE-AF	XOR A	
08	0002-D3FD	OUT CTC		08	00AF-FB	INTEN	
09	0004-3E02	LDI A,'02		09	0070-C9	RET	
10	0006-D3FD	OUT CTC		10		:BREAK STOP SUB	
11		:SIO SET		11	0071-F3	BRKSTP: INTDS	
12	000B-217D00-	:JIS 8,NO PARITY,2 STOP BIT		12	0072-3E35	LDI A,'35	
13		LDI H,COMMD		13	0074-D3FB	OUT SI0BC	
14	000B-609	LDI B,'09		14	0076-3EEA	LDI A,'EA	
15	000D-0EFB	LDI C,SI0BC		15	0078-D3FE	OUT SI0BC	
16	000F-EDB3	OUTIR		16	007A-AF	XOR A	
17		:COMMAND INPUT		17	007E-FB	INTEN	
18	0011-218600-	LDI H,FRMSG		18	007C-C9	RET	
19	0014-EF1F	.SYSVM .DSPLN		19		:SIO CONTROL COMMAND	
20		:KEY INPUT		20	007D-18	COMMD: '18	
21	0016-06FF	LDI B,'FF		21		:CHANNEL RESET	
22	001B-219500-	LDI H,BUFF+*1		22	007E-01	:WR1	
23	001B-EF1D	.SYSVM .ACELN		23		:DISABLE INTRUPT	
24	001D-3E0D	LDI A,'0D		24	007F-00	:WR2	
25	001F-77	STR A,M		25	0080-03	:WR3	
26		:SEND BREAK		26		:RX 8BIT/CHARACTER ,RX ENABLE	
27	0020-CD6500-	CAL		27	0081-C1	:WR4	
28	0023-012800	LDI B,'0028		28	0082-04	:X16 CLOCK ,2 STOP BIT	
29	0026-10FE	LDI D,BNZ		29		:WR5	
30	0028-0D	DEC C		30	0083-4C	:TX 8BIT/CHARACTER ,TX ENABLE	
31	0029-20FB	RNZ		31	0084-05	:FRMSG: .TXT "Lan command:"	
32	002B-CD7100-	LDI H,BUFF		32	0085-EA	:FRMSG: .TXT "Lan command:"	
33		:SIO OUTPUT SEND COMMAND		33	0086-4C61AE20		
34	002E-219400-	CAL		34	008A-2063AF6D		
35	0031-DBFB	LDI L,X1		35	008E-6D61AE64		
36	0033-CB57	JZZ		36	0092-3A00		
37	0035-CA3100-	JZZ		37	0094-29	BUFF: '29	
38	003B-7E	LDR A,M		38	0095-06FF	.RLK 'FF	
39	0039-D3FA	OUT SI0BD		40		.END	
40	003B-23	INX H		41			
41	003C-FE0D	CHFI CR		42			
42	003E-CA4400-	JZZ					
43	0041-C33100-	JMP					
44		:SIO INPUT					
45	0044-DBFB	LDI H,SI0BC					
46	0046-CB47	TSTB A,0					
47	0048-CA4400-	JZZ					
48	004B-DBFA	IN SI0BD					
49	004D-FE0D	CHFI CR					
50	004F-CA5700-	JZZ					
51	0052-EF20	.SYSVM .DSFCH					
52	0054-C34400-	JMP					
53		:RETURN TO OS					
54	0057-3EFF	LDI A,'FF					
55	0059-0601	LDI B,'01					
56	005B-0E00	LDI C,'00					
57	005D-1601	LDI D,'01					
58	005F-1E02	LDI E,'02					
59	0061-EF44	.SYSVM .SMSIO					
60	0063-EF23	.SYSVM .RETOS					

表 4 BF のソースリスト

0001 LOC.	CONT.	M2X RASM-30C FBROAD (BF)	0002 LOC.	CONT.	M2X RASM-30C FBROAD (BF)
01		.TITLE FBROAD	01	005B-0629	LDI B,'29
02	00FB	SIORC='FB	02	005D-CD9C00-	CAL XMIT
03	00FA	SI0BD='FA	03	0060-0642	LDI B,'B
04	00FD	CTC='FD	04	0062-CD9C00-	CAL XMIT
05			05	0065-0620	LDI B,'20
06	000D	CR='0D	06	0067-CD9C00-	CAL XMIT
07			07	006A-0633	LDI B,'3
08	0000-3E45	LDI A,'45	08	006C-CD9C00-	CAL XMIT
09			09	006F-0631	LDI B,'1
10	0002-D3FD	OUT CTC	10	0071-CD9C00-	CAL XMIT
11	0004-3E02	LDI A,'02	11	0074-062C	LDI B,'2C
12			12	0076-CD9C00-	CAL XMIT
13	0006-D3FD	OUT CTC	13		
14			14	0079-21F401-	0079-21F401-
15	0008-21B701-	:JIS B, NO PARITY, 2 STOP BIT	15	007C-3E01	LXI H,BUFF
16	000B-0609	LDI H,COMMD	16	007E-010100	LXI A,'01
17	000D-0EFA	LDI B,'09	17	0081-E5	LXI B,'0001
18	000F-E083	LDI C,SIORC	18	0081-E5	PUSH H
19			19	0082-EF19	.SYSTM .RDBLK
20			20	0084-E1	POP H
21	0011-21C001-	REPT: LXI H,PRMSG	21		
22	0014-EF1F	.SYSTM .DSPLN	22	0085-DA4700-	0085-DA4700-
23			23	008B-7E	LDR A,M
24	0016-0602	LDI B,'02	24	0089-EF20	.SYSTM .DSPCH
25	001B-21F401-	LDI H,KIN	25		
26	001D-EF1D	.SYSTM .ACELN	26	008B-46	LDR B,M
27	001D-21F401-	LDI H,KIN	27	008C-CD9C00-	CAL XMIT
28	0020-7E	LDR A,M	27	008F-FE0D	CMPI CR
29			28	0091-C27C00-	JNZ LOOP2
29	0021-FE52	: TRANSMIT OR RECEIVE	29	0094-060B	LDI B,'0B
30	0023-CAC300-	LDI H,PRMSG1	30	0096-CDAB01-	CAL TIMER
31	0026-FE54	LDI H,PRMSG1	31	0099-C24D00-	JMP TLOOP
32			32		
33	002B-C21100-	LDI H,PRMSG1	33	009C-DBFE	.SYSTM .DBFC
34			34	009E-CB57	TSTB A,2
35			35	00A0-CA9C00-	JZZ XMIT
36			36	00A3-7B	MOV B,A
37	002B-3E0D	LDI A,CR	37	00A4-D3FA	OUT SIOBD
38	002D-EF20	.SYSTM .DSPCH	38	00A6-C9	RET
39	002F-21D701-	LDI H,PRMSG1	39		
40	0032-EF1F	.SYSTM .DSPLN	40	00A7-060C	LDI B,'0C
41			41	00A9-CD9C00-	CAL XMIT
42	0034-0A0F	LDI B,'0F	42	00AC-060D	LDI B,'0D
43	0036-21F701-	LDI H,FILE	43	00AE-CD9C00-	CAL XMIT
44	0039-EF1D	.SYSTM .ACELN	44	00B1-3E01	LDI A,'01
45	003B-3E0D	LDI A,CR	45	00B3-EF16	.SYSTM .CLOSE
46	003D-7E	LDR A,M	46	00B5-3EFF	LDI A,'FF
47			47	00B7-0601	LDI B,'01
48	003E-21F701-	LDI H,FILE	48	00B9-0E00	LDI C,'00
49	0041-110C02-	LDI D,TABLE	49	00BD-1601	LDI D,'01
50	0044-EF2B	.SYSTM .FDCOD	50	00BD-1E02	LDI E,'02
51			51	00C1-EF44	.SYSTM .SMSIO
52	0046-3E01	LDI A,'01	52	00C1-EF23	.SYSTM .RETOS
53	004B-210C02-	LXI H,TABLE	53		
54	004B-EF15	.SYSTM .OPEN	54		
55	004D-CD9301-	CAL BRKOUT	55		
56	0050-012B00	LDI B,'002B	56		
57	0053-10FE	LDI B,'002B	57	00C3-CD9301-	00C3-CD9301-
58	0055-0D	LDI B,'002B	58	00C6-012B00	00C6-012B00
59	005A-20FB	LDI B,'002B	59	00C9-10FE	00C9-10FE
60	005B-CD9F01-	CAL BRKSTP	60		

```

; READ DISK AND OUTPUT SIO
LXI H,BUFF
LDI A,'01
LXI B,'0001
PUSH H
.SYSTM .RDBLK
POP H

;DETECT FILE END
JNC OS
LDR A,M
.SYSTM .DSPCH

;
LDR B,M
CAL XMIT
CMPI CR
JNZ LOOP2
LDI B,'0B
CAL TIMER
JMP TLOOP

; 1 BYTE TRANSMIT SUB
XMIT: IN SIOBC
TSTB A,2
JZZ XMIT
MOV B,A
OUT SIOBD
RET

; OUTPUT ENDCODE AND SIO RESET AND RETURN TO OS
OS:
LDI B,'0C
CAL XMIT
LDI B,'0D
CAL XMIT
LDI A,'01
LDI A,'01
.SYSTM .CLOSE
LDI A,'FF
LDI B,'01
LDI C,'00
LDI D,'01
LDI E,'02
.SYSTM .SMSIO
.SYSTM .RETOS

;***** FILE RECEIVE*****
; SEND BREAK
;*****
RFILE: CAL BRKOUT
LXI B,'002B
LOOP3: DBNZ LOOP3
    
```

(表4 つづき)

0003 LOC.	CONT.	M2X RASM-30C	FBRDAD (BF)	0004 LOC.	CONT.	M2X RASM-30C	FBRDAD (BF)
01	00CB- 0D	DEC	C	013B- EF15	.SYSTM .OPEN	.SYSTM .OPEN	
02	00CC- 20FB	BNZ	LOOP3	013D- 3E01	: READ SING AND	: READ SING AND	
03	00CE- CD9F01-	CAL	BRKSTP	013E- 3E0A	WLOOP:	WLOOP:	
04				013F- 010100	LDI A,'02	LDI A,'02	
05	00D1- 0629	LDI	B,'29	0140- 212402-	LXI B,'0001	LXI B,'0001	
06	00D2- CD9C00-	CAL	XMIT	0141- 212402-	LXI H,'000F	LXI H,'000F	
07	00D4- 064E	LDI	B,'N	0142- 212402-	PUSH H,'000F	PUSH H,'000F	
08	00D8- CD9C00-	CAL	XMIT	0143- EF19	.SYSTM .RDBLK	.SYSTM .RDBLK	
09	00DB- 064D	LDI	B,'CR	0144- EF19	POP H	POP H	
10	00DD- CD9C00-	CAL	XMIT	0145- 7E	LDR A,M	LDR A,M	
11	00E0- CD8901-	WAIT:	CAL RECV	0146- FE0C	CMPT 'OC	CMPT 'OC	
12	00E3- FE0D	CR	CR	0147- OS	JZZ OS	JZZ OS	
13	00E5- C2E000-	JNZ	WAIT	0148- EF20	.SYSTM .DSPCH	.SYSTM .DSPCH	
14		: RESET SIO		0149- FE0D	CMPT CR	CMPT CR	
15	00EB- 3EFF	LDI	A,'FF	0151- FE0D	JZZ	JZZ	
16	00EA- 0601	LDI	B,'01	0153- CA6301-	LDI A,'02	LDI A,'02	
17	00EC- 0E00	LDI	C,'00	0154- 3E02	LXI B,'0001	LXI B,'0001	
18	00EE- 1601	LDI	D,'01	015B- 010100	LXI H,'000F	LXI H,'000F	
19	00F0- 1E02	LDI	E,'02	015D- 212402-	.SYSTM .WTLBK	.SYSTM .WTLBK	
20	00F2- EF44	.SYSTM	.SMSIO	015E- EF1A	JMP WLOOP	JMP WLOOP	
21		: REQUEST MESSAGE FOR RECEIVE FILE NAME		0160- C33D01-	LXI H,'0F	LXI H,'0F	
22	00F4- 3E0D	LDI	A,'CR	0163- 212202-	LDR A,M	LDR A,M	
23	00F6- EF20	.SYSTM	.DSPCH	0164- 7E	TSTB A,O	TSTB A,O	
24	00FB- 060F	LDI	B,'0F	0167- CB47	JNZ LF	JNZ LF	
25	00FA- 21E401-	LXI	H,'FRMSG2	0169- C26F01-	JMP WRT	JMP WRT	
26	00FD- EF1F	.SYSTM	.DSPLN	016C- C35601-	LXI H,'0A	LXI H,'0A	
27		: FILE NAME INFUT		016F- 212302-	LDI A,'0A	LDI A,'0A	
28	00FF- 060F	LDI	B,'0F	0172- 3E0A	STR A,M	STR A,M	
29	0101- 21F701-	LXI	H,'FILE	0174- 77	LDI A,'02	LDI A,'02	
30	0104- EF1D	.SYSTM	.ACELN	0175- 3E02	LXI B,'0001	LXI B,'0001	
31	0106- 3E0D	LDI	A,'CR	0177- 010100	.SYSTM .WTLBK	.SYSTM .WTLBK	
32	0108- 77	STR	A,M	017A- EF1A	JMP WRT	JMP WRT	
33		: FILE NAME DECODE		017C- C35601-	LDI A,'01	LDI A,'01	
34	0109- 21F701-	LXI	H,'FILE	017F- 3E01	.SYSTM .CLOSE	.SYSTM .CLOSE	
35	010C- 110C02-	LXI	D,'TABLE	0181- EF16	LDI A,'02	LDI A,'02	
36	010F- EF2B	.SYSTM	.FDCOD	0183- 3E02	.SYSTM .CLOSE	.SYSTM .CLOSE	
37		: CREATE		0185- EF16	.SYSTM .RETS	.SYSTM .RETS	
38	0111- 3E00	LDI	A,'00	0187- EF23	: 1 BYTE RECEIVE SUB	: 1 BYTE RECEIVE SUB	
39	0113- 210C02-	LXI	H,'TABLE	0189- DRFB	RECV: IN SIOBC	RECV: IN SIOBC	
40	0116- EF10	.SYSTM	.CREAT	018B- CB47	TSTB A,O	TSTB A,O	
41		: I/O FILE		018D- CA8901-	JZZ	JZZ	
42	0118- 210C02-	LXI	H,'TABLE	0190- DBFA	IN SIOBD	IN SIOBD	
43	011B- EF12	.SYSTM	.GETAT	0192- C9	RET	RET	
44	011D- 79	MOV	C,A	0193- F3	: BREAK SIGNAL SUB	: BREAK SIGNAL SUB	
45	011E- 212242-	LXI	H,'0F	0194- 3E05	BRKOUT: INTDS	BRKOUT: INTDS	
46	0121- 77	STR	A,M	0195- 3E05	LDI A,'05	LDI A,'05	
47		: FILE OPEN		0196- D3FB	OUT SIOBC	OUT SIOBC	
48	0122- 3E02	LDI	A,'02	0198- 3E9A	LDI A,'9A	LDI A,'9A	
49	0124- 210C02-	LXI	H,'TABLE	019A- D3FB	OUT SIOBC	OUT SIOBC	
50	0127- EF15	.SYSTM	.OPEN	019C- AF	XOR A	XOR A	
51		: SINB DECODE		019D- FB	INTEN	INTEN	
52	0129- 210602-	LXI	H,'FSB	019E- C9	RET	RET	
53	012C- 111742-	LXI	D,'TABL1	019F- F3	: BREAK SIGNAL STOP SUB	: BREAK SIGNAL STOP SUB	
54	012F- EF2B	.SYSTM	.FDCOD	01A0- 3E35	BRKSTP: INTDS	BRKSTP: INTDS	
55		: I/O FILE		01A2- D3FB	LDI A,'35	LDI A,'35	
56	0131- 211702-	LXI	H,'TABL1	01A4- 3EFA	OUT SIOBC	OUT SIOBC	
57	0134- EF12	.SYSTM	.GETAT	01A6- D3FB	LDI A,'EA	LDI A,'EA	
58		: SINB OPEN		01AB- AF	OUT SIOBC	OUT SIOBC	
59	0136- 3E01	LDI	A,'01		XOR A	XOR A	
60	013B- 211702-	LXI	H,'TABL1				

(表4 つづき)

```

0005 LOC.  CONT.  M2X RASH-30C  FBRDAD ( BF
01 01A9- FB      INTEN
02 01AA- C9      RET
03              ; TIMER SUB
04 01AB- 11FFFF LXI      D, 'FFFF
05 01AE- 21DE39 SLP1:  LXI      H, '39DE
06 01B1- 19      DAD      D
07 01E2- 39FD   BNC      SLP2
08 01B4- 10FB   DBNZ    SLP1
09              RET
10              ; SIO CONTROL COMMAND
11 01B7- 18     COMMD:  '18
12              ; SIO RESET
13 01BB- 01     ; MR1      '01
14              ; MR1      '00
15 01B9- 00     ; DISABLE INTERRUPT
16              ; MR3      '03
17 01BA- 03     ; MR3      'C1
18 01BB- C1     ; RX BBIT/CHARACTER ,RX ENABLE
19              ; MR4      '04
20 01BC- 04     ; MR4      'AC
21              ; X16 CLOCK, NO PARITY ,2 STOP BIT
22 01BD- 4C     ; MR5      '05
23 01BE- 05     ; MR5      'EA
24 01BF- EA     ; TX BBIT/CHARACTER, TX ENABLE
25              ; MESSAGE
26              ; PRMSG:  .TXT "Transmit or Receive
27              ; PRMSG1: .TXT "Transmit file="
28              ; PRMSG2: .TXT "Receive file="
29
30 01C0- 54597261
31 01C4- 6E756D69
32 01CB- 74206F72
33 01CC- 20522965
34 01D0- 63656976
35 01D4- 653F00
36 01D7- 5472616E
37 01DB- 756D6974
38 01DF- 2066696C
39 01E3- 653D00
40 01E6- 52656365
41 01EA- 69766520
42 01EE- 66696C65
43 01F2- 3D00
44
34 01F4- 0002   KIN:      .BLK '02
35 01F6- 0001   BUFF:     .BLK '01
36 01F7- 000F   FILE:     .BLK '0F
37 0206- 53494E42 FSB:      .TXT "SINB<CR>"
38 020A- 0D00
39 020C- 000B   TAE1:     .BLK '0B
40 0217- 0008   TAE1:     .BLK '0B
41 0223- 0001   IOF:      .BLK '01
42 0223- 0001   IOF:      .BLK '01
43 0224- 0001   WBUF:     .BLK '01
44 0224- 0000   WBUF:     .BLK '01
45              .END

```

表5 TFのソースリスト

0001 LOC.	CONT.	M2X RASHM-30C TXFR (TF)	0002 LOC.	CONT.	M2X RASHM-30C TXFR (TF)
01		.TITLE TXFR	005A-	CA5600-	JZZ XMIT
02	00FB	.SIOBC:=FB	005D-	78	B,A
03	00FA	.SIOBD:=FA	005E-	D3FA	OUT SIOBD
04	00FD	.SIOCB:=FD	0060-	C7	RET
05	0000		0061-	11FFFF	:TIMER SUR
06		CR:=0D	0064-	21DE39	TIMER: LXI D,'FFFF
07		:CTC SET	0067-	19	H,'39DE
08	0000-	:COUNTER MODE	0069-	39FD	SLF1: DAD D
09	0002-	OUT CTC	006A-	10F8	RNC SLP2
10	0004-	:TIME CONSTANT 9600 BAUD	006C-	C7	RET
11	0006-	OUT CTC	006D-	060C	: OUTPUT ENDCODE AND SIO RESET AND RETURN TO OS
12			006F-	CD5600-	DS: LDI B,'0C
13			0072-	060D	CAL XMIT
14			0074-	CD5600-	LDI B,'0D
15	0008-	218900-	0077-	3E01	CAL XMIT
16	000B-	0609	0079-	EF15	LDI A,'01
17	000D-	06FB	007B-	3EFF	.SYSTEM .CLOSE
18	000F-	EDB3	007D-	0601	LDI A,'FF
19			007F-	0E00	LDI B,'01
20	0011-	3E0D	0081-	1601	LDI D,'01
21	0013-	EF20	0083-	1E02	LDI E,'02
22	0015-	219200-	0085-	EF44	.SYSTEM .SMSIO
23	0018-	EF1F	0087-	EF33	.SYSTEM .RETUS
24			0089-	18	:SIO CONTROL COMMAND
25	001A-	060F	008A-	01	COMM: '19
26	001C-	21A200-	008B-	00	:SIO RESET
27	001E-	EF1D	008C-	03	:WR1
28	0021-	3E0D	008D-	C1	:DISABLE INTERRUPT
29	0023-	77	008E-	04	:WR3
30			008F-	4C	:RX 8BIT/CHARACTER, RX ENABLE
31	0024-	21A200-	0090-	05	:WR4
32	002E-	11B100-	0091-	EA	:X16 CLOCK, NO PARITY, 2 STOP BIT
33	002A-	EF2B	0092-	5472516E	:WR5
34			0095-	726D6974	:TX 8BIT/CHARACTER, TX ENABLE
35	002C-	3E01	009A-	2066696C	:MESSAGE
36	002E-	21B100-	009E-	653D00	PRMSB: .TXT "Transmit file"
37	0031-	EF15	00A1-	0001	: BUFF: .BLK '01
38			00A2-	000F	: FILE: .BLK '0F
39	0033-	21A100-	00A8-	000B	: TABLE: .BLK '0B
40	0036-	3E01	00B1-	0000	.END
41	0038-	010100			
42	003B-	E5			
43	003C-	EF19			
44	003E-	E1			
45					
46	003F-	046D00-			
47	0042-	7E			
48	0043-	EF20			
49					
50	0045-	46			
51	0046-	CD5600-			
52	0049-	FE0D			
53	004B-	CD3600-			
54	004E-	0620			
55	0050-	CD6100-			
56	0053-	CD3300-			
57					
58	0056-	06FB			
59	0058-	CE57			
60					

表 6 RF のソースリスト

0001 LOC.	CONT.	MX2 RASH-30C REF	(RF	0002 LOC.	CONT.	MX2 RASH-30C REF	(RF
01	0000	.TITLE	RF	01	006A-C34700-	JMP	LOOP
02		CR='0D		02		LXI	H,IOF
03		!REQUEST MESSAGE FOR RECEIVE FILE NAME		03	006D-21A100-	LDR	A,M
04	0000-3E0D	LDI	A,CR	04	0070-7E	TSTB	A,0
05	0002-EF20	.SYSTM	.DSPCH	05	0071-CB47	JNZ	LF
06	0004-219300-	LXI	H,FRMSG	06	0073-C27900-	JMP	WRT
07	0007-EF1F	.SYSTM	.DSPLN	07	0076-C36000-		
08		!FILE NAME INPUT		08		!DA CODE OUT	
09	0009-060F	LDI	B,'0F	09	0079-21CD00-	LXI	H,DBUF
10	000B-21A200-	LXI	H,FILE	10	007C-3E0A	LDI	A,'0A
11	000E-EF1D	.SYSTM	.ACELN	11	007E-77	STR	A,M
12	0010-3E0D	LDI	A,CR	12	007F-3E02	LDI	A,'02
13	0012-77	STR	A,M	13	0081-010100	LXI	B,'0001
14		!FILE NAME DECODE		14	0084-EF1A	.SYSTM	.WTBLK
15	0013-21A200-	LXI	H,FILE	15	0086-C26000-	JMP	WRT
16	0016-11B700-	LXI	D,TABLE	16	0089-3E01	LDI	A,'01
17	0019-EF2B	.SYSTM	.FDCDD	17	008B-EF16	.SYSTM	.CLOSE
18		!CREATE		18	008D-3E02	LDI	A,'02
19	001B-3E00	LDI	A,'00	19	008F-EF16	.SYSTM	.CLOSE
20	001D-21B700-	LXI	H,TABLE	20	0091-EF23	.SYSTM	.RETDS
21	0020-EF10	.SYSTM	.CREAT	21		!MESSAGE	
22		!I/O FILE		22	0093-52656365	FRMSG:	.TXT "receive file="
23	0022-21B700-	LXI	H,TABLE	23	0097-59766520		
24	0025-EF12	.SYSTM	.GETAT	24	009B-56696C65		
25	0027-79	MOV	C,A	25		!IOF	.BLK '01
26	0028-21A100-	LXI	H,IOF	26	00A1-0001	FILE:	.BLK '0F
27	002B-77	STR	A,M	27	00A2-000F	FSR:	.TXT "SINB<CR>"
28		!FILE OPEN		28	00B5-0D00		
29	002C-3E02	LDI	A,'02	29	00B7-000B	TABLE:	.BLK '0B
30	002E-21B700-	LXI	H,TABLE	30	00C2-000B	TABL1:	.BLK '0B
31	0031-EF15	.SYSTM	.OPEN	31	00CD-0001	DRUF:	.BLK '01
32		!SINB DECODE		32	00CE-0001	BUFF:	.BLK '01
33	0033-21B100-	LXI	H,FSE		0000		.END
34	0035-11C200-	LXI	D,TABL1				
35	0039-EF2B	.SYSTM	.FDCDD				
36		!I/O FILE					
37	003E-21C200-	LXI	H,TABL1				
38	003E-EF12	.SYSTM	.GETAT				
39		!SINB OPEN					
40	0040-3E01	LDI	A,'01				
41	0042-21C200-	LXI	H,TABL1				
42	0045-EF15	.SYSTM	.OPEN				
43		!READ SINB AND WRITE DISK					
44	0047-3E01	LDI	A,'01				
45	0049-010100	LXI	B,'0001				
46	004C-21CE00-	LXI	H,BUFF				
47	004F-E5	PUSH	H				
48	0050-EF19	.SYSTM	.RDBLK				
49	0052-E1	POP	H				
50	0053-7E	LDR	A,M				
51	0054-FE0C	CMPI	'0C				
52	0056-CAB900-	JZ	OS				
53	0059-EF20	.SYSTM	.DSPCH				
54		! 1 LINE REED?					
55	005B-FE0D	CMPI	CR				
56	005D-CAB000-	JZ	JUDGE				
57	0060-3E02	LDI	A,'02				
58	0062-010100	LXI	B,'0001				
59	0065-21CE00-	LXI	H,BUFF				
60	0068-EF1A	.SYSTM	.WTBLK				

マイクロコンピュータのプログラム作業と目の疲労

(電気工学科) 原 田 一 彦

Program works by microcomputer and the Fatigue of Eyes

Kazuhiro HARADA

As office automation spreads, CRT display devices have come into use in many working places. At the same time VDT workers have felt a variety of fatigue, especially the fatigue of eyes.

We, therefore, used Accommodo polyrecorder and examined the fatigue of eyes by program works of microcomputer.

Though concentrated time (CT) and relaxed time (RT) did not change regularly because of a variety of contents of program works, we certainly recognized that they got fatigue.

§ 1 緒 言

OA 化の普及により、CRT ディスプレイ装置が多くの企業、銀行、病院、研究機関、学校等で利用されている。それに伴い、VDT 作業者の多くが、目の疲労、首筋の疲れ、手指・腕の疲れ、精神的疲労等を訴えるようになった。とりわけ、目の疲労が一番多く社会的な問題になりつつある。VDT の作業には種々多様なものがあるが、これらは次の5種類に分類できる¹⁾

- (1) データ入力作業
- (2) 対話型端末機による受付業務
- (3) 対話型端末機による情報案内作業
- (4) 対話型端末機による専門、技術作業
- (5) 文書作成作業

このうち、(4)はプログラム作成、情報編集、新しい情報の生成などを業務としている。仕事の自由度や満足度はかなり高く、作業による姿勢の拘束度は比較的低い、仕事の性格上一連続作業が長くなる傾向があり、目の疲労に影響を及ぼすものと考えられる。

本研究は、この分類に属するプログラム作成作業が目を疲労させる状態を、アコモドポリレコーダを使用して調査、検討したものである。

§ 2 VDT 作業における疲労

VDT 作業からくる疲労は大別して、目の疲労、上肢の疲労および精神的疲労の3つに分けられる。最も多いのは「目が疲れる」と「首筋が疲れる」で、仕事量の多いVDT 職場では大半の作業者がこの両者を訴えるといってもよいほどである。「日経コンピュータ」が読者であるVDT 利用者2015人

表1 現在の自覚症状(複数回答)

症 状	割合(%)
目の疲れ	69.2
首筋の疲れ	39.6
目がちかちかする	25.3
物が時々ぼやけて見える	22.0
腕の疲れ	15.2
昼間でも眠くなる	14.3
頭がぼんやりする	14.1
手指が疲れる	13.2
いらいらする	13.1

表2 VDT作業後に現れた自覚症状

症 状	割合(%)
目が疲れる	55.3
首筋が疲れる	24.9
目がちかちかする	20.0
物が時々ぼやけて見える	15.5
腕が疲れる	10.6
手指が疲れる	9.3
頭がぼんやりする	6.3
涙がでる	5.9
首筋が痛い	5.4
画面を見たあと、白いものがピンク色に見えて不快	3.7
いらいらする	3.6
手指が痛い	3.0
昼間でも眠くなる	2.8
頭が痛い	2.2
気が散る	1.7
足がだるい	0.9

に求めたアンケート結果に次のようなものがある²⁾。
表1は現在の自覚症状を示したものであるが、視覚系の障害がとても高い比率を占めている。

表2は、VDT作業後に現れた症状の割合であるが、表1と同じく視覚系の疲労・障害が非常に高い比率で、腕・手指や首筋の疲れも目立って多い。これから、VDTの操作は目だけでなく、首、腕、手指にも疲労・障害を生じることがわかる。

表3は、一連続作業時間の長さによる自覚症状の生じる様子を示したものである。これによると、

表3 VDTの一連続作業時間と自覚症状

症 状	割 合 (%)					
	～ 30分	30～60分	60～90分	90～120分	120～150分	150分～
目がちかちかする	20.2	24.6	30.3	28.7	35.5	35.2
物が時々ぼやけて見える	16.9	21.8	24.5	28.2	31.2	31.5
目が疲れる	58.6	72.4	75.5	75.2	77.4	85.2
首筋が疲れる	32.3	39.7	44.0	50.5	44.1	50.0
いらいらする	11.3	12.7	13.1	17.8	11.8	18.5
昼間でも眠くなる	10.9	14.9	15.3	17.3	15.1	22.2
回 答 数 (人)	640	678	327	202	93	54

目に関する自覚症状は、一連続作業時間が長くなるにつれて目立って増加している。これらのことから、作業者の健康を考慮したVDTの一連作業時間は60分以下というのが妥当と考えられる。

VDT作業者の作業直後の視力の変化と作業環境の関係を示したのが表4である。視力が悪くなる場合、反射光が気になる方がそうでないのに比べて16.8%も高く、反射光が大きく影響しているのがわかる。CRT画面の明るさは、輝度調節装置の付いたものが多いため「ちょうど良い明るさ」の比率がとても高い。室内の照明器具が目に入る場合に視力の低下を訴えた比率は、併射光の場合と似ていて約10%目に入らない場合より高い。

「VDTガイドライン」は各国がそれぞれ作成しているが、我が国では1984年に労働省が発表した。

表4 VDT 作業直後の視力の変化と作業環境

視力	反射光		CRT画面の明るさ			照明器具	
	気になる (978人)	気にならない (1024人)	明るすぎる (78人)	ちょうど良い (1817人)	暗すぎる (107人)	目に入る (459人)	目に入らない (1545人)
非常に悪くなる (160人)	10.4	5.7	19.2	7.1	14.0	12.0	6.8
少し悪くなる (1194人)	65.5	53.4	67.9	58.9	59.8	63.8	58.1
変化しない (640人)	23.1	39.9	12.8	33.1	24.3	23.5	34.2

次に照明関連分のみを抜粋する³⁾

イ) 照明および採光

- ① 室内はできるだけ明暗の対象が著しくなく、かつ、まぶしさを生じさせないこと。
- ② CRT ディスプレイの鉛直面照度と書類やキーボードの水平面照度をそれぞれ適切なものとする。

〈目安〉 ① 鉛直面照度は 500lx 以上

② 水平面照度は 300lx からおおむね 700lx

ロ) グレアの防止

- ① 作業中の作業者の視野内には、高輝度の照明器具、窓および壁面又は点滅する光源等がなく、かつ、CRT ディスプレイ画面にはこれらが映り込まないようにすること。このため、次のうちから必要に応じて適宜選択し措置すること。
 - c 低輝度型照明器具を使用すること。
 - d 間接照明を用いること。
 - e その他グレアを防止するための有効な措置を講じること。

§ 3 実験ならびに吟味

実験室の天井高は 2.7m で、全般照明として 40w×2 の逆富士形蛍光灯器具が直付けされている。南側の窓からの入射光を調節しながら CRT ディスプレイの鉛直面照度を 500lx、水平面照度を 300lx に保った。VDT 作業は、マイクロコンピュータのプログラム作成作業で、一連続作業時間は 1 時間と 2 時間の 2 種類である。自記眼精疲労計 (アコモドポリレコーダ) を使用して、作業前後の近点および遠点距離、緊張時間 (CT) および弛緩時間 (RT) を測定した。被験者は、視力の正常な 20 歳の男子 1 名で、8 回測定を実施した。

図 1 は、アコモドポリレコーダの結果のグラフの 1 例で、図 2 のプログラムで、図 3 のような結果を求めた。なお、このプログラムリストは、富士通 FM-11 用である。グラフの波形からの目の疲労診断は今回の実験では困難であった⁴⁾。図 3 からわかるように、測定結果として各回の測定の CT および RT の平均値、分散値、偏差値、最大値、範囲および変動率を求めたが、検討の対称には平均値と変動率が好都合であった。表 5 は、測定の各回の CT、RT の平均値および変動率を示したものである。これらの値のバラツキは、プログラム作業がその内容によって CRT ディスプレイ画面の変化が大きく、また、途中でリストのチェック等を含むから目の負担が一樣でないことが原因の一つと考えられる。作業者のその日の体調の影響もあるが、この取扱いについては今後の課題である。いずれにしても、作業後は目の調節機能が低下し疲労現象を生じ CT、RT は増加した。しかも、一連続時間が長くなるとその影響は大きく表われた。

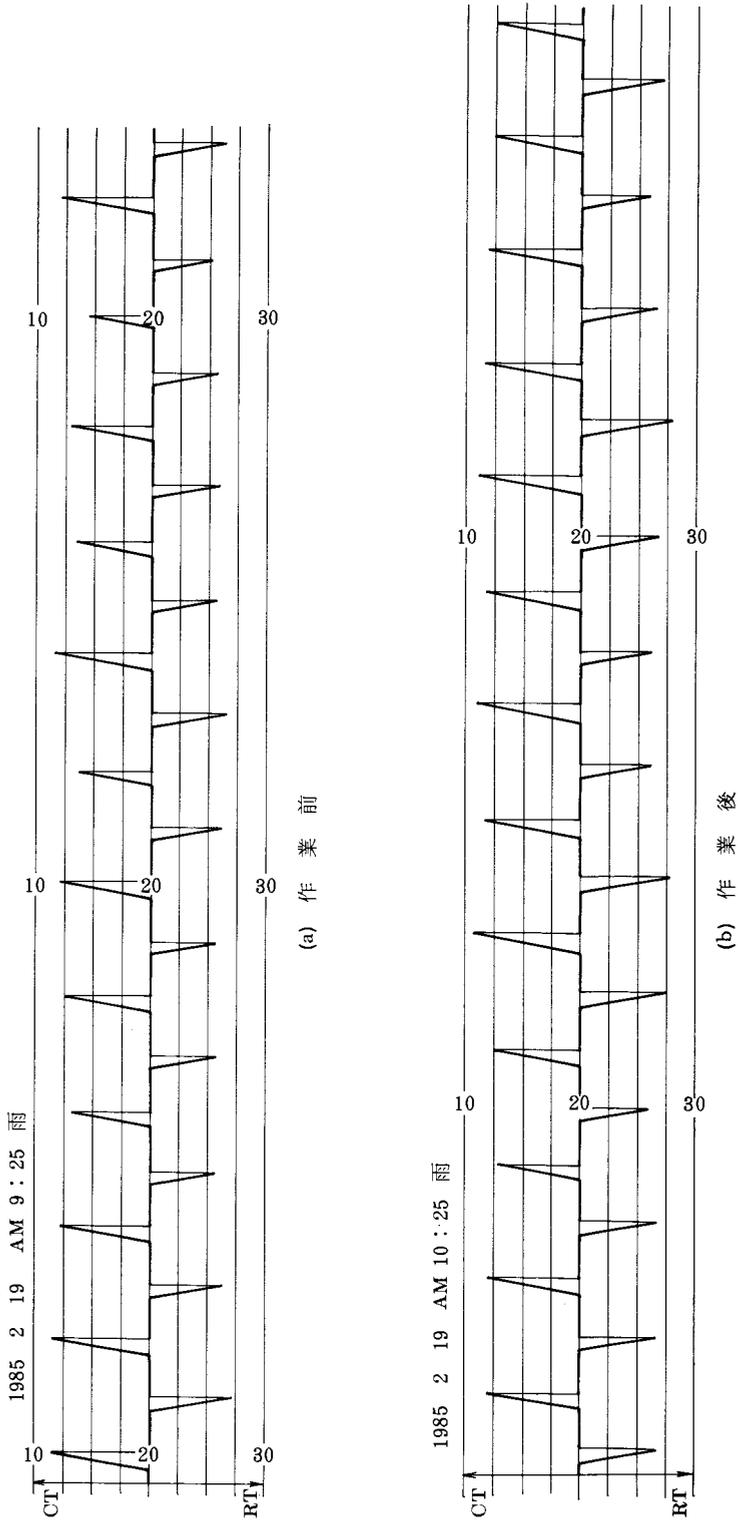


図1 アコモドポリレコーダによるCT, RTの記録図

```

580 V4=V4+(B2(JD-F))^2
590 NEXT J
600 V3=V3/K2;V4=V4/K2
610 S3=SOR (V3);S4=SOR(V4)
620 PRINT "-----";:LOCATE46:PRINT "-----"
630 LPRINT "-----";TAB(46);"-----"
640 PRINT " (CT) =";C; " (RT) =";D;:LOCATE40:PRINT " (CT) =";E; " (R
D) =";F
650 LPRINT " (CT) =";C; " (RT) =";D;:TAB(40);" (CT) =";E; " (RT) =";F
660 PRINT :LPRINT
670 PRINT :LPRINT
680 PRINT "-----";:LOCATE48:PRINT "-----"
690 LPRINT "-----";TAB(42);"-----"
700 PRINT V1,V2;:LOCATE40:PRINT V3,V4
710 LPRINT V1,V2;:TAB(40);V3,V4
720 PRINT:LPRINT
730 PRINT:LPRINT
740 PRINT "-----";:LOCATE45:PRINT "-----"
750 LPRINT "-----";TAB(45);"-----"
760 PRINT S1,S2;:LOCATE40:PRINT S3,S4
770 LPRINT S1,S2;:TAB(40);S3,S4
780 PRINT:LPRINT
790 PRINT:LPRINT
800 PRINT "-----";:LOCATE45:PRINT "-----"
810 LPRINT "-----";TAB(41);"-----"
820 PRINT "CT MAX=";P1,"RT MAX=";Q1;:LOCATE40:PRINT "CT MAX=";P3,
"RT MAX=";Q3
830 LPRINT "CT MAX=";P1,"RT MAX=";Q1;:TAB(40);"CT MAX=";P3,"RT MAX
=";Q3
840 PRINT:LPRINT
850 PRINT:LPRINT
860 PRINT "-----";:LOCATE45:PRINT "-----"
870 LPRINT "-----";TAB(41);"-----"
880 PRINT "CT MIN=";P2,"RT MIN=";Q2;:LOCATE40:PRINT "CT MIN=";P4,
"RT MIN=";Q4
890 LPRINT "CT MIN=";P2,"RT MIN=";Q2;:TAB(40);"CT MIN=";P4,"RT MIN
=";Q4
900 PRINT:LPRINT
910 PRINT:LPRINT
920 PRINT "-----";:LOCATE42:PRINT "-----"
930 LPRINT "-----";TAB(42);"-----"
940 PRINT R1,R2;:LOCATE40:PRINT R3,R4
950 LPRINT R1,R2;:TAB(40);R3,R4
960 PRINT :LPRINT
970 PRINT :LPRINT
980 PRINT "-----";:LOCATE43:PRINT "-----"
990 LPRINT "-----";TAB(43);"-----"
1000 PRINT "CT
-----";:LOCATE40:PRINT "CT
-----"
1010 LPRINT "CT
-----";:TAB(41);"CT
-----"
1020 IF K1>K2 THEN K=K1 ELSE K=K2
1030 FOR J=1 TO K
1040 IF J<=K1 THEN LPRINT A1(J),B1(J);
1050 IF J<=K2 THEN LPRINT A2(J),B2(J) ELSE PRINT
1060 IF J<=K1 THEN LPRINT A1(J),B1(J);
1070 IF J<=K2 THEN LPRINT A2(J),B2(J) ELSE PRINT
1080 NEXT J
1090 M1=SOR((C+C)/E)^2*100
1100 M2=SOR((D+D)/F)^2*100

```

```

5. DATA b(9) PROGRAM
10 WIDTH#60,25
20 DIM A1(20),A2(20),B1(20),B2(20)
30 INPUT "P1,P2,P3,P4;"P1,P2,P3,P4
40 INPUT "R1,R2,R3,R4;"R1,R2,R3,R4
50 INPUT "C1,C2;"C1,C2
60 LOCATE 35:PRINT "NAME:";B$; " age:";B1$; " sex:";B2$
70 LPRINT TAB(35);"NAME:";B$; " age:";B1$; " sex:";B2$
80 INPUT "TIME 1;"T1;
90 INPUT "TIME 2;"T2;
100 PRINT "TIME 1=";T1;"TIME 2=";T2;
110 INPUT "C1;"C1;:LOCATE 20:PRINT "C1=";C1;
120 INPUT "C2;"C2;:LOCATE 20:PRINT "C2=";C2;
130 INPUT "A1;"A1;:LOCATE 20:PRINT "A1=";A1;
140 PRINT "TIME 1=";T1;"TIME 2=";T2;
150 LPRINT "TIME 1=";T1;"TIME 2=";T2;
160 LPRINT
170 LPRINT
180 P1=0:P2=1000001:P3=0:P4=1000001
190 Q1=0:Q2=1000001:Q3=0:Q4=1000001
200 J=1
210 INPUT "P1,P2,P3,P4;"P1,P2,P3,P4
220 INPUT "R1,R2,R3,R4;"R1,R2,R3,R4
230 IF A1(J)=1 THEN K1=J-1:R1=P1-P2:R3=Q1-Q2:GOTO 410
240 IF A1(J)>P1 THEN P1=A1(J)
250 IF B1(J)>Q1 THEN Q1=B1(J)
260 IF A1(J)<P2 THEN P2=A1(J)
270 IF B1(J)<Q2 THEN Q2=B1(J)
280 J=J+1
290 GOTO 210
300 J=1
310 INPUT "P1,P2,P3,P4;"P1,P2,P3,P4
320 INPUT "R1,R2,R3,R4;"R1,R2,R3,R4
330 IF A2(J)=1 THEN K2=J-1:R2=P3-P4:R4=Q3-Q4:GOTO 410
340 IF A2(J)>P3 THEN P3=A2(J)
350 IF B2(J)>Q3 THEN Q3=B2(J)
360 IF A2(J)<P4 THEN P4=A2(J)
370 IF B2(J)<Q4 THEN Q4=B2(J)
380 J=J+1
390 GOTO 310
400 A1=0:A2=0:B1=0:B2=0
410 FOR J=1 TO K1
420 A1=A1+A1(J);B1=B1+B1(J)
430 NEXT J
440 C=1/K1;D=1/K2
450 FOR J=1 TO K2
460 A2=A2+A2(J);B2=B2+B2(J)
470 NEXT J
480 E=A2/K2;F=B2/K2
490 V1=0;V2=0;V3=0;V4=0
500 FOR J=1 TO K1
510 V1=V1+A1(J)-C)^2
520 V2=V2+(B1(J)-D)^2
530 NEXT J
540 V1=V1/K1;V2=V2/K1
550 S1=SOR(V1);S2=SOR(V2)
560 FOR J=1 TO K2
570 V3=V3+(A2(J)-E)^2

```

```

1130 PRINT :LPRINT
1120 PRINT :LPRINT
1130 PRINT "
1140 LPRINT "----- アコトウリツ -----"
1150 PRINT "---- CT ----";LOCATE47:PRINT"---- RT ----"
1160 LPRINT "---- CT ----";LPRINT TAB(47);"---- RT ----"
1170 PRINT M1;" % ";LOCATE48:PRINT M2;" % "
1180 LPRINT M1;" % ";LPRINT TAB(48);M2;" % "
1190 END
    
```

図2 アコモドポリレコーダによる CT, RTの測定値処理のプログラムリスト(FM-11用)

キンテン =10cm エンテン =5m TIME 1=9:25/85-2-19(TUE)	NAME:NAKADO age= 20 sex: MAN
----- ハイキョ ----- (CT)= 1.49833 (RT)= 1.21917	----- ハイキョ ----- (CT)= 1.64462 (RT)= 1.37538
----- フンサン ----- 3.20306E-02 .011091	----- フンサン ----- 1.54249E-02 1.69172E-02
----- アンサ ----- .178971 .105314	----- アンサ ----- .124197 .130066
----- サイタマイ ----- CT MAX= 1.7 RT MAX= 1.48	----- サイタマイ ----- CT MAX= 1.87 RT MAX= 1.61
----- サイショウチ ----- CT MIN= 1.17 RT MIN= 1.04	----- サイショウチ ----- CT MIN= 1.44 RT MIN= 1.2
----- ハンイ ----- .53 .43	----- ハンイ ----- .44 .41
..... DATA -CT- -RT- 1.7 1.48 1.7 1.27 1.66 1.17 1.39 1.16 1.49 1.19 1.59 1.26 1.25 1.31 1.69 1.15 1.31 1.22 1.43 1.13 1.17 1.04 1.6 1.25 DATA -CT- -RT- 1.58 1.35 1.6 1.34 1.44 1.34 1.5 1.23 1.87 1.54 1.66 1.61 1.82 1.27 1.64 1.27 1.8 1.39 1.71 1.6 1.66 1.3 1.59 1.2 1.51 1.44
----- アコトウリツ ----- --- CT --- 8.8946 %	----- RT ----- --- RT --- 11.3581 %

図3 マイクロコンピュータによる CT, RTの計算結果

表5 作業前、後のCTおよびRTの平均値と変動率

	C T			R T		
	作業前 (秒)	作業後 (秒)	変動率 (%)	作業前 (秒)	作業後 (秒)	変動率 (%)
第 1 回	1.5975	1.8125	11.86	1.415	1.62667	13.01
第 2 回	1.69333	1.820	6.96	1.49833	1.56083	2.40
第 3 回	1.80539	1.81556	0.56	1.64308	1.68667	2.21
第 4 回	1.49833	1.64462	8.89	1.21917	1.37538	11.36
第 5 回	1.6925	1.76231	3.96	1.41333	1.54231	8.36
第 6 回	1.60846	1.67385	3.96	1.23769	1.28846	3.94
第 7 回	1.46167	1.53333	4.67	1.2250	1.32667	7.66
第 8 回	1.57308	1.65462	4.93	1.250	1.30846	4.46
第8回(連続)	1.65462	1.84929	10.5	1.30846	1.44571	9.49

§ 4 結 言

CRT ディスプレイを直視するマイクロコンピュータのプログラム作業は、目の疲労を生じることがわかったが、作業内容に変化があるので、その程度を正確に把握することはできなかった。今後は、照明条件、視環境条件および作業内容等を考慮して検討する予定である。

最後に、測定に協力していただいた本校17期生長嶺浩、藤田誠二両君および被験者として長時間の応援をいただいた中土喜正君に厚く感謝する。

参考文献

- 1) 細川ほか：VDT労働入門 労働基準調査会
- 2) 日経コンピュータ：VDT操作と健康障害 日経コンピュータ 1983年 5月号
- 3) 労働省：VDT作業における労働衛生管理のあり方 1984年
- 4) 鈴木昭弘：調節検査 眼科 1977年 第19巻 第10号

(昭和60年4月15日受付)

教育情報の処理への パーソナルコンピュータの利用

(電気工学科) 山 崎 勉

An Application of Personal Computer to Processing Educational Information

Tsutomu YAMAZAKI

The outline of an educational information processing system making use of personal computer is reported, including some programs developed for it. This system is designed to manage the results of examinations and other educational information.

The personal computer employed here is SORD M23 markIII, with its simple language, PIPS II (ooc). The purpose of this report is to show the handiness of personal computers in the application to an educational database on a small-scale, e.g. for a class.

§ 1 まえがき

今日、情報化社会の進展とともに、パーソナルコンピュータの普及には著しいものがある。本校においてもマイコンセンタを初めとして、多くのパーソナルコンピュータが保有されるようになった。ワードプロセッサとして、また各種の事務処理用や教育研究用の情報処理装置としてさまざまな使用法がなされている。

パーソナルコンピュータの長所は、安価で手軽に使用できる事であろう。特に、大型・中型計算機と違い手元において必要な時に利用できる事である。しかし、欠点としては高速性、容量等が劣る事が挙げられるが、これを補うだけの有用性を見つける事は十分可能である。

そのような一例として、学生の成績集計処理への利用が考えられる¹⁾。定期試験における得点や日常得られたデータの統計処理による学業成績の計算・処理およびその資料の作成と保管がまず挙げられる。また、学級担任においては成績一覧表等をデータベースとして入力し、パーソナルコンピュータを用いて学業成績、その他に関する分析を行う事により適切な助言、指導の一助としての利用も可能となる。特に、情報検索機能を利用し、時系列的分析やグラフィック機能により視覚に訴えよりわかりやすい表示を用いる事が可能となる等の利点をもつ。

学生への学業成績に関する助言や進路指導に必要な資料の作成と保管の高速化とその正確さを目的としてパーソナルコンピュータを利用したシステムの構成を試みたのでここに報告する。パーソナルコンピュータに学業成績の情報等を入力し保管すると同時に検索や統計処理のプログラムの開発を行ったので、ここで紹介し何かの参考になればと思う。

§ 2 システムの概要

パーソナルコンピュータはソード M 23 mark III を利用した。言語は本機専用の簡易言語である PIPS I (00 C) を用いた²⁾。これは、この言語が事務処理専用開発されたものであるため成績一覧表のような表形式の処理に適している事と、命令数も少なくプログラムレスで使用できかつ簡単に習得できるためである。PIPS I の命令を BASIC により構成する事により、他の BASIC によるパーソナルコンピュータでの利用も可能と考えられる。なお、パーソナルコンピュータの基本構成は、キーボード(本体)、CRT モニタ、フロッピーディスクドライブ(2ドライブ)およびプリンタである。

データは定期試験の成績一覧表とし、キーボードより入力する。PIPS I ではページ主義となっており、ミニフロッピーディスク 1 枚は76ページに分割され、1ページ(マスタファイルと呼ぶ)に74×42文字が記入できる。1ページに一つの一覧表を記入するものとした。表の形式は、縦に個人(42人まで)、横に学科目とし100点満点として記入してゆく。1科目当り3桁とし、個人名を6文字以内のカタカナで表示する。現在、年間に最も多くの科目数のある学科で20であるので、横方向には66桁使用し、残り8となるが合計点や席次を追加しても2文字分余っている。表示した時にモニタ上では各科目間に空白が入る場合が多い(100点の場合のみ3桁全部使用)ため見にくい事はない。学生数は42人まで可能であるが、これを越える場合には2ページにまたがって表を入力する事になる。表作成方法の流れ図を図1に示す。(図中 ↵ はリターンキーの入力)

表の作成に使用する PIPS I の命令は、O (作表開始)、MT (表のデータ入力)、P (保管) の3つである。一定形式の表を用いる場合には、一覧表の入力のたびに前述の処理をする必要はなく、保管してある表を書き替えるだけでよい。その場合には、次の命令が使われる。まず、一覧表の呼び出し(ファイルをモニタ上に表示する)には G を用いる。次に表の名称の変更 CT、注釈の変更 CC を用い、各行・列の書き替えにはそれぞれ RW, CW および不要の行または列の削除にはそれぞれ DL, DEC を用いればよい。以上の命令で処理を行った後登録したいページに保管すればよい。(P)

次に入力した一覧表より、合計点や平均点の計算、順位等を求めるには次のようにすればよい。処理したい表をモニタ上に入力するか既に登録してあれば G により呼び出せばよい。次に、計算の命令 CAL を与え、計算式を示す事により計算される。ただし、計算方式は多少異なるので注意を要す。例えば、式の各演算は常に左から行い優先順位は存在しない。計算結果は、フィギアバッファにおかれ、この内部での計算処理も可能である。結果を元の表に挿入するには FO の命令を用いる。一方、並び替えは SORT で行い数値の大小、アルファベット、カタカナ(アイウエオ)の順および逆方向での並び替えが容易にできる。各処理における命令の流れを図2に示す(合計点と順位を記入する場合)。処理前後の表を図3に示す。

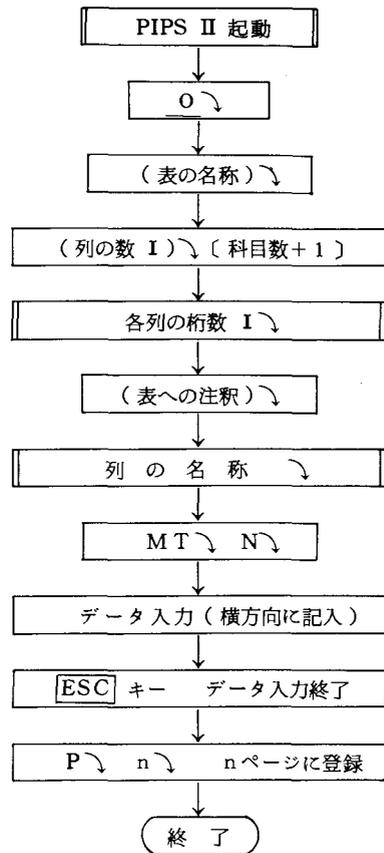


図1 表作成の流れ。↵はリターンキーの入力

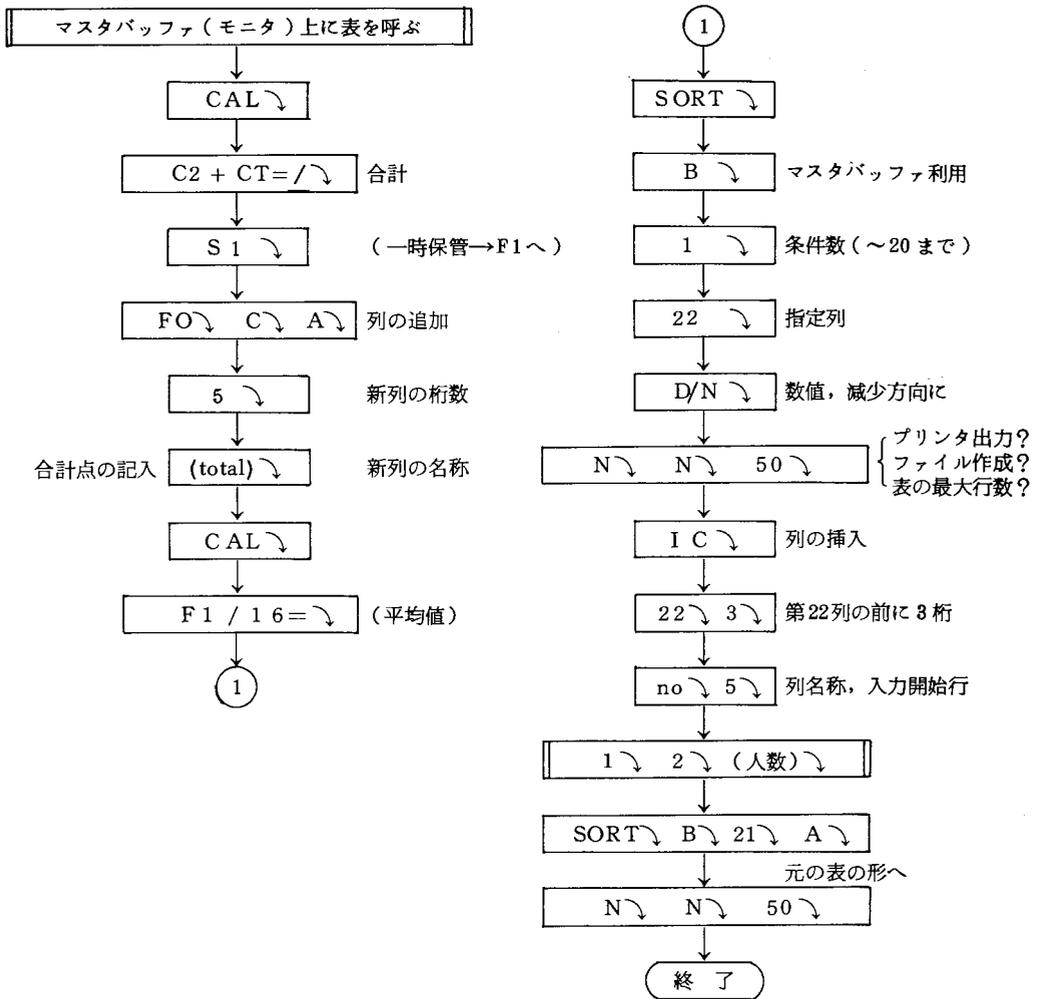


図2 個人別、合計点および平均点の計算と順位の入力の流れ

さて、1学年につき1学科で4つの一覧表が必要となる。パーソナルコンピュータを利用する関係上1つの学級または1つの学科を対象として考えれば十分と思われる。そうすると、年度毎の更新を考えて、1学科については60ページ必要となる。一方、学級担任の手元にはその学級関係分のみで十分で5年終了時点までを考えると20ページで足りる事になる。

次に、高学年になると入学時からその時点に至るまでの特定個人の全成績の引用が必要となる事がある。各科目の成績や単位の取得状況、学業成績の時間方向での観測により変化の様子など知れば便利である。そのために、既に入力してある表の中から、自動的な検索により前出の情報集め新しい表を作成するプログラムを製作した。この作表作業は一定の手順の繰返しなので、検索命令、ORを指定回数くり返すような自動プログラムにした。そのプログラム例を示すと次のようになる。

〈プログラム名〉

OR; L; 1, 17; 2; " ? ; # O ; ネンセイ ; " 4 5 ; SB ; " E

<1> #74 / セイセ 1-4>

(1. 4.85) F23

Ko	H	G	MtAmTbPhyChe	Ho	AtArtMusEgAEgB	InfFig	EE	name	nototol
60	62	78	77 72 68 65	74	84 82 69 60 60	65	75	64*****	13 1115
93	79	84	94 99 98 94	87	75 80 79 92 85	85	87	90*****	1 1401
73	79	83	82 85 84 85	79	78 82 79 68 60	64	80	73*****	7 1234
64	77	79	74 60 73 70	79	66 80 73 71 62	72	77	64*****	12 1141
69	73	72	73 63 63 75	65	85 82 67 72 61	60	74	60*****	14 1114
76	75	84	74 78 87 80	76	85 78 77 65 67	75	75	68*****	9 1220
85	70	80	79 71 83 85	74	72 75 73 71 64	68	76	67*****	11 1193
82	80	74	68 78 69 80	84	74 82 85 82 69	83	75	62*****	8 1227
91	87	88	80 97 87 96	95	71 75 85 91 86	91	86	85*****	2 1391
88	87	87	84 82 80 78	78	74 78 83 96 95	70	80	71*****	4 1311
76	73	79	74 69 77 77	75	74 75 75 78 68	79	79	70*****	10 1198
86	81	85	74 79 80 85	86	81 78 82 82 72	77	68	69*****	6 1265
88	87	85	91 75 90 72	82	78 75 83 91 93	78	73	78*****	3 1319
87	93	89	83 87 72 94	89	75 72 83 85 61	79	66	80*****	5 1295
Ko	H	G	MtAmTbPhyChe	Ho	AtArtMusEgAEgB	InfFig	EE	1ネンセイ	0

comment :

f3,6,3,5,

*

<1> #74 / セイセ 1-4>

(1. 4.85) F23

Ko	H	G	MtAmTbPhyChe	Ho	AtArtMusEgAEgB	InfFig	EE	name
60	62	78	77 72 68 65	74	84 82 69 60 60	65	75	64*****
93	79	84	94 99 98 94	87	75 80 79 92 85	85	87	90*****
73	79	83	82 85 84 85	79	78 82 79 68 60	64	80	73*****
64	77	79	74 60 73 70	79	66 80 73 71 62	72	77	64*****
69	73	72	73 63 63 75	65	85 82 67 72 61	60	74	60*****
76	75	84	74 78 87 80	76	85 78 77 65 67	75	75	68*****
85	70	80	79 71 83 85	74	72 75 73 71 64	68	76	67*****
82	80	74	68 78 69 80	84	74 82 85 82 69	83	75	62*****
91	87	88	80 97 87 96	95	71 75 85 91 86	91	86	85*****
88	87	87	84 82 80 78	78	74 78 83 96 95	70	80	71*****
76	73	79	74 69 77 77	75	74 75 75 78 68	79	79	70*****
86	81	85	74 79 80 85	86	81 78 82 82 72	77	68	69*****
88	87	85	91 75 90 72	82	78 75 83 91 93	78	73	78*****
87	93	89	83 87 72 94	89	75 72 83 85 61	79	66	80*****
Ko	H	G	MtAmTbPhyChe	Ho	AtArtMusEgAEgB	InfFig	EE	1ネンセイ

comment :

f3,6,

*

図3 一覧の入力例(下)と順位,合計点処理後の表(上)

このプログラムの引用は、AU#(プログラム名) \ で行い、?部分を要求するのでキーボードより検索したい個人名を入力する。1~17ページに表が既に作成されマスタファイルとして保管されている。検索条件数を2として、各行のうち、ネンセイ または ? で指定する名前のあるものを順番にとり出しモニタ上に表示する。ただし、表示する行は45行以下とし、すべて検索が終了するとマスタバッファ上に記憶する(マスタバッファは作業領域で、他にサブバッファがあり、ここで新しく作られた表はサブバッファ上にあり、マスタバッファ上には最後に引用した一覧表がある。SBの命令により、マスタバッファ上に検索結果をもってくるようにしている。これは、グラフ等を書く時に問題となる)。その使用例を図4に示す。ネンセイの文字列は各学年での科目名を入力しておき、作表の結果各点数と科目名の対応をとるためにデータとして入力しておいたものである。図では科目名がわかりにくい所もあるが、これは文字列数を3桁としているため、この点は工夫を要する。

<18 キセイ ノ セイセキ 0-0>

(1. 4.85) F28

->60:サイエン		-0-		:ミリシウ		F 000		M:ミシウ? H		Name												
22	69	82	84	82	49	79	80		87	87	67	70	****									
33	65	82	71	82	50	66	67	73	60	70	69	67	77	69	75	64	****					
33	61		75	47	61	40	85				53	34		78	82	44	****					
27	64	77	79	74	60	73	70	79	66	80	73	71	62	72	77	64	****					
No	Ko	H	G	MtAMtBPhyChe				Ho	AtArctmusEgAEgB		InfFg	EE					1ネンセイ					
7	51	74	66	94	72	76	69		72	92	88	85	90		91		****					
6	63	76	80	89	81	72	85	69	69	78	90	82	88	83	80	84	****					
6	63	69	95	95	66	95	76			76	76		92	68		67	****					
9	65	74	90	87	77	81	85	76	70	74	86		78	89	80	72	70	****				
No	Ko	RS	H	MtAMtBPhyChe				Ho	AtEgAEgB		Inf	EMC	CirExpMEg				2ネンセイ					
17	70	82	65	92	80		56		70	60	67	89	61		67	94	****					
8	64	90	78	96	80		70	72	92		87	70	66	100	70	90	76	84	****			
10	77	65	85	81	90		57		70	79	68	96	75		96	67	****					
8	70	95	81	93	83		72	70	92		88	80	71	99	76	84	88	81	****			
No	Ko	PE	H	MtAMtB				AtEgAEgC		APh	EMEMeEJe	CirExpMEgEma							3ネンセイ			
10		89	70	90				72	66		85	60	88	85	75	94	84	77	****			
6	99	75	83	75	86			71	78	78	88	63	86	79	82	74	88	90	75	****		
8		56	60	69				77	85	68	87	80		89	93	65	72		73	89	****	
5	99	80	74	69	81			79	75	72	88	80	85	86	87	77	83	90	73	86	****	
NoLaw	AtEgAdenHisSocEcoMatE&BAM1AM2APhE1c																					4ネンセイ

comment : SOURCE TABLE

f2;3;1;5;

*

図4 個人名での検索例. 図3の場合と表の形式が異なる. 行や列の入れ替え, 削除, 挿入は簡単にできるため, 保管している表と異なる形の出力が可能である.

次に進路指導等の参考に用いられる資料として, 優良不可の評語による区分が考えられよく使用される。そこで, 100点満点の評価を評語に読み直すためのプログラムを以下に紹介する。図4に示した個人の成績を対象として, 各評語に対し A, B, C, D を対応させ他に E (不可 80 点以下) F 未履修, H 未修得の 6 組に分けそれぞれの総計も表示させるようにする。プログラム例を図5に示す。ただし, このプログラムの実行前に, 次の処理を行い学年末の成績のみ残すようにする。

DL; 5; 7; DL; 7; 9; DL; 9; 11; DL; 13 (半自動プログラム, ファンクションキーに入れてある)

P \ 22 \

二行目は, 作業領域 (読み替えすべき表のあるページ) を 22 ページに指定してあるため必要な命令である。本プログラムは PIPS II の中で INP プログラムと呼ばれ, 利用者で作成する。その特徴は BASIC と類似しているが, すべて文字列形式で処理し, 変数, Input 文, Goto 文・If-then・else 文等の命令により構成される。このプログラムは, マスタファイルの 1 ページ内に格納されており, 呼び出し方法は次のようになる。

INP \ 74 \ (74 ページにプログラムが格納されている場合)

これを利用して, 図4を処理した結果を図6に示す。

このプログラムは一部変更する事により成績一覧表に対する同様の処理も可能で, そのプログラム例を図7に示す。ここでは 1 ページ分のみの表を処理し, その結果をマスタファイルとしてディスク上に記録するようになっている。

以上のような処理プログラムによる処理結果をプリンタで出力させたい場合には L の命令のみでよい。また, 図示した場合には GR である。図をプリンタで書かせたい場合には, モニタ上の図をマスタバッファへ移し L の命令でよい。

その他, 秘密の保持や不必要な書き換えを防ぐためのキーワードの設定 PRTCT も可能である。


```

<ABCD>
1 PAGE(F3)=1/
2 BEGIN
3
4 INPUT 2:1V
4 LET 2V=4
5 IF 2V=44 THEN GOTO 25 ELSE GOTO 7
6 LET 2V=2V+1
7 LET 3V=1 ;LET 4V=0 ;LET 5V=0 ;LET 6V=0 ;LET 7V=0
8 IF 3V=23 THEN GOTO 21 ELSE GOTO 10
9 LET 3V=3V+1
10 READ 8V=#1V(2V,3V)
11 REFR#74:9V=<8V>
12 IF 9V:=:" A" THEN LET 4V=4V+1 ELSE GOTO 15
13 GOTO 9
14 IF 9V:=:" B" THEN LET 5V=5V+1 ELSE GOTO 17
15 GOTO 9
16 IF 9V:=:" C" THEN LET 6V=6V+1 ELSE GOTO 19
17 GOTO 9
18 IF 9V:=:" D" THEN LET 7V=7V+1 ELSE GOTO 9
19 GOTO 9
20 WRITE#23(2V,2J)=4V;WRITE#23(2V,3J)=5V;WRITE#23(2V,4J)=6V;WRITE#23(2V,5J)=7V
21 LINE1=5S2V3S4V3S5V3S6V3S7V
22 DISPLINE1
23 GOTO 6
24 END
f3,3,3,3,3,3,3,3,
*
    
```

(22. 1.85) F27

図7 一覧表から、個人の各評語（優良可等）の数を求めるプログラム〈ABCD〉。このプログラムには図5で示した表〈INPTAB〉が必要。INP命令の後、処理したいページを入力すると一覧表中の評語の数が数えられ、その結果を23ページに記入する。

```

<N D>
CAL;R5+RT=;/D;1.1;S1;CAL;F1/F1,3=;S2;FO;R;W;3;No;DEC;3;
CAL;C2-F2,2=;FO;C;A;10;DEV;
CAL;C3*C3=;FO;C;A;10;CAL;R5+RT=;/S3;CAL;F3/F1,3=;D;1.2;RT;S4;
Y3F5;CAL;F5/F4,4=;FO;C;W;4;
CAL;C4*10+50=;FO;C;A;10;***;"E
*
    
```

(0. 0. 0) N7

**** FIGURE BUFFER AREA ****						
	FO	F1	F2	F3	F4	F5
1 : 41		120	8	120	2.82843	-15
2 : 43	→ 1082		→ 72.133333	1082	8.49118	-11
3 : 27	→ 15		1	2	0.316228	-38
4 : 60		0	0	3968	→ 16.2635	17
5 : 59		0	0	0	0	15
6 : 58		0	0	0	0	13
7 : 51		0	0	0	0	2
8 : 50		0	0	0	0	0
9 : 45		0	0	0	0	-8
10 : 42		0	0	0	0	-13
11 : 62		0	0	0	0	20
12 : 67		0	0	0	0	28
13 : 46		0	0	0	0	-7
14 : 48		0	0	0	0	-4
15 : 52		0	0	0	0	3
16 : 0	↓ 42行まで	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0

図8 合計点、平均点、標準偏差を求める自動プログラム〈N D〉とフィギュアバッファ内の一例（計算終了後）

また、出欠状況、クラブ活動、連絡先等も含めたデータベースとしての利用も可能であるが、それにはやはり漢字処理が可能である事が望ましい。

さて、最後にパーソナル・コンピュータとして計算及びグラフィックの利用について簡単に述べる。例として100点満点の成績票の平均値、標準偏差、等を求め、平均50、標準偏差10の正規化した形で表示させる。プログラム例を図8に示す。処理例を図9に示し、図示した結果も並べてある。ここでは結果のみを示し、平均値、合計点、標準偏差等はフィギュアバッファ内に格納してある。これを見るには、BF ↘ とすると F 1, 2, F 2, 2, F 4, 4 に各値がある事になる (F 1, 2はF1列の上から3番目を示す)。なお、計算処理を行う前に素点の他、番号をその前に付け (出席番号等に相当) 第3列目に '1、'を入れておいて人数を数えるのに利用している。

<TEN>

No***	DEV	N.D	***
1 57	-15	-0.9	41.0
2 61	-11	-0.7	43.0
3 34	-38	-2.3	27.0
4 89	17	1.0	60.0
5 87	15	0.9	59.0
6 85	13	0.8	58.0
7 74	2	0.1	51.0
8 72	0	0.0	50.0
9 64	-8	-0.5	45.0
10 59	-13	-0.8	42.0
11 92	20	1.2	62.0
12 100	28	1.7	67.0
13 65	-7	-0.4	46.0
14 68	-4	-0.2	48.0
15 75	3	0.2	52.0

comment : 合計1082, 平均72.1, 標準偏差16.3
f2,3,10,10,10,

<TEN>

23

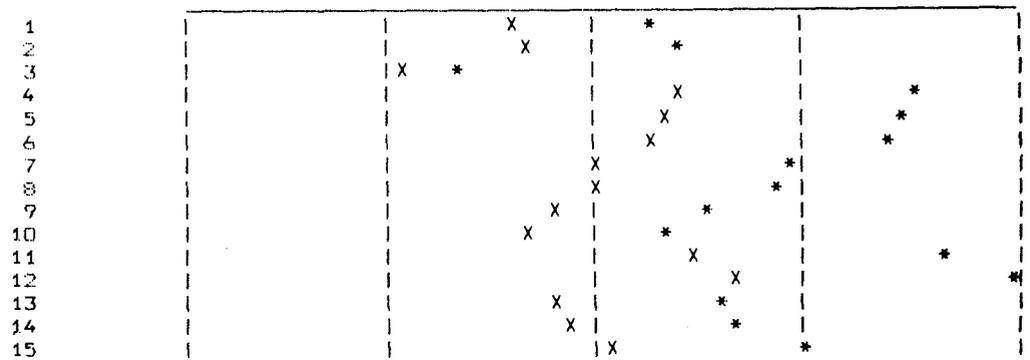
No***		
1 57 1		
2 61 1		
3 34 1		
4 89 1		
5 87 1		
6 85 1		
7 74 1		
8 72 1		
9 64 1		
10 59 1		
11 92 1		
12 100 1		
13 65 1		
14 68 1		
15 75 1		

comment :
f2,3,10,

*

*

(*)*** 素点 (X) 処理後 *** (平均50, 偏差10)



comment :

*

図9 自動プログラム〈N D〉による処理例。処理前の表(右上), 処理後(左上)および結果の図示。統計処理前(*)平均50, 標準偏差10とした場合(X)。

§ 3 考 察

以上のプログラムに使用した PIPS II 命令を挙げると、O, MT, P, G, CT, CC, RW, CW, DL, DEC, CAL, FO, SORT, OR, SB, GR, L, PRTCT, BF, および数値処理(切り上げ、四捨五入等) D, 計算に TmFn, Sn, Rn を用いた。これらに加え INP のプログラミングがある。PIPS II の命令は、各命令ともプログラミングは不要で、コンピュータからの要求に応答するのみで容易に処理ができ、専門家である必要はなく便利である。

ここで示したプログラムは、主として学級担任一人用の教育情報データの処理を考慮して作成した。将来、全校的な教育情報データベースが構成された場合においても、なお学級担任の手元で容易に処理できる事は重要である。特に学級担任においては、全学生についての情報よりも、1つの学級内の情報のみで十分である場合が多い。また、大型計算機等にデータベースを構成しておいて、TSS 端末を設置するよりもパーソナルコンピュータに端末としての機能をもたせ、独立した計算機システムとして利用できる方がよいように思われる。記憶容量の点では、パーソナルコンピュータでは不十分なため、また保管も大型の方が都合がよいと考えられる。

成績一覧表を初めとして、出欠集計表、クラブ活動、学生会での各種委員等についても同時に入力し、すべて個人名をもって登録しているため、マスタファイル上に書き得る量(文字数)に制限があり多くのファイルを必要とするが、1学級関係分程度であれば十分な容量である。ここで、漢字が扱えればより効率的な利用ができると考えられる。現在のところでは、記入法(略号)に工夫をして何とかしのいでいる。これは、自分で作成して利用する立場であるので十分である(パーソナルコンピュータの使用法)が、多くの人の間で共通に利用するためには改良が必要である。

§ 4 あとがき

教育情報の保管およびその処理をパーソナルコンピュータを用いて行う事を試みた。主として学業成績一覧表について、ここで開発したプログラムの説明と処理方法を中心に述べた。本システムの特徴は、自分の手元に置き、必要な時、その場でデータが得られる所にある。また、使用言語のもつ特性から本システムの操作は非常に容易でその種類も少ない事から、簡単に手軽に利用できるものと考えられる。また、グラフィック機能や会話型の処理を利用して見やすい形式の表や図を用いての分析ができ、プリンタ出力も容易である。しかし、パーソナルコンピュータは記憶容量の点で不十分な点もあるが、学科単位、学級単位で処理する場合には十分である。将来、大型計算機等を用いてデータベースができた場合においても、その端末機としてまた独立のコンピュータとして両方の使用を行うことにより、単なる端末機とは異なる利点をもつ。

本システムに利用した簡易言語は、他のパーソナルコンピュータでは使用できないが同等の機能を BASIC 等を用いて構成すれば他機種においても十分利用できるものとする。

参考文献

- 1) 吉本他：高専教育第6号，1983'2，pp. 103~111.
- 2) 青木，原田：「パーソナルコンピュータ SORD-PIPS II (00C)のすべて」昭和58年3月，ピップスワールド発行

(昭和60年4月15日受付)

呉市におけるがけ崩れ災害に及ぼす降雨， 地形ならびに土の工学特性の影響について（第1報）

（土木工学科） 石 井 義 明
（土木工学科） 星 健 三

On the Effect of the Rainfall, Topographical and Engineering Property of Soils on the Slope Failure Disaster at Kure City (Report 1)

Yoshiharu ISHII
Kenzo HOSHI

This paper deals mainly with the effect of the rainfall characteristic on the slope failure disasters by using the observation data obtained at Kure City Office.

In addition we carried out the direct shear test with the undisturbed decomposed granite soils in order to make clear the relationship between the possibility of the slope failure occurrence and engineering property of soils.

Main results obtained are as follows:

- (1) The slope failure of the natural slope at Kure City occurs even when the amount of rainfall is less than the nation-wide average.
- (2) The slope failure disaster occurrence can be predicted if the antecedent precipitation index and 24-hour rainfall are previously obtained.
- (3) The internal friction angle of the decomposed granite soil decreases about 0.6 degrees with increasing 1.0 percent of the water content.

1. まえがき

がけ崩れによる災害を防止するにはその実態を把握するとともに素因，誘因の関係を明らかにし適正な対策をたてなければならない。このため市役所等で観測，調査された資料をもとに多くの研究報告がなされるとともに，警戒警報や避難命令を出す一つの目安となる基準雨量が設けられている。しかしその基準が過去の災害例からして呉市の場合に適しているかどうか明確でなく，研究例も災害に及ぼす降雨の関係が主で，素因も含めた総合的な研究例は少ない。災害と降雨の関係からは「その地方における災害」といった広い地域の予測には役立つが，「その地方のどこに」と云った場所の予測は困難である。いずれの要因が特に影響しているか分らないが，多くの災害要因の相関性を調べ最も効果的なものをその中から見だしなければならない。本文は以上のような観点にたち，昭和54，55，

56年に呉市で発生した自然斜面のがけ崩れ災害の実態と降雨特性の関係を調べるとともに、地形や土の物理力学特性がどのように影響しているかを調べ災害予知に寄与しようとするものである。災害要因が多いほど解析は困難になるが、ここでは一般によく研究されている24時間雨量、最大時間雨量、連続雨量ならびに先行降雨指数等と災害発生件数との関係を調べ、更に土の工学特性としては土の強さ、風化進行度、地盤の起伏、傾斜角等の要因と災害発生との関係も調べた。

2. 用いた資料、調査区域ならびに土の試料

がけ崩れの発生件数と降雨の関係については呉市役所土木課防災係でまとめられている昭和54年～56年までの災害記録の中の自然斜面の崩壊例をぬき出し用いた。しかし一部には資料不足を補うため災害の多かった昭和47年度の記録資料も用いた。調査対象区域は休山周辺山麓をはじめ、広、仁方、を含むが、焼山、郷原地区は災害が少ないため含まれていない。また災害の多い呉市とは対照的に少ない隣接する黒瀬町、熊野町ならびに東広島市の地形についても比較のため一部に用いた。その他昭和54年～56年の4月から10月までの降雨の階級別出現度数や先行降雨指数は呉測候所の雨量観測記録を用いた。一方、物理、力学試験に用いる試料は休山周辺山麓、大空山等で採取した。力学試験には圧密用トリミングリングで採取した不攪乱供試体を用い、これらの自然含水比は約5.0～28.0%、乾燥密度は約1.3～1.5g/cm³のまさ土であった。

3. がけ崩れの発生と降雨の関係

3.1 がけ崩れの実態と降雨強度の関係

がけ崩れに対する降雨の影響は地形、地質により異なるが、まさ土のような砂質の土で表層部が構成される斜面では当日雨量が最も効果的とされている。そこでがけ崩れの24時間雨量の強度別出現度数を求めると表1のようである。比較的雨量の少ない25

～49mm/dayでもわずかながら発生しているが、100mm/day以下で50%に達する。過去の災害資料の分析によれば土砂災害の発生限界雨量の下限値は200mm/dayを目安とされるようだが、呉市についてみればはるかに少ない雨量で崩壊している。一方、倉嶋は1969年から1971年までの間に各地で発生したがけ崩れ201ヶ所の統計解析を行なっている²⁾。その中で表1の出現度数を「がけ崩れの発生率を示すものでなく、がけ崩れの起こった時の降雨強度の出現率を示すものである」ことを強調している。云いかえればそれぞれの降雨強度が同じ回数生じないため重みが異なり、出現度数を発生率とするのは適当でないことになる。例えば75～99mm/dayの場合の出現度数は47%であるのに対し、150～174mm/dayの場合は34.2%と小さいが実際の発生率は後者のほうが大

表1 呉市におけるがけ崩れと24時間雨量(昭和54.55.56年度)

24時間雨量 (mm)	災害発生数 (件)	出現度数 (%)
0～24	0	0
25～49	4	3.4
50～74	0	0
75～99	55	47.0
100～124	18	15.4
125～149	0	0
150～174	40	34.2
175以上	0	0
計	117	100

きくなる。これは降雨の階級別出現率が大きいためで、これを見るためには相対的発生指数を比較する必要がある。相対的発生指数は表1の出現度数を24時間雨量の階級別出現率で除したものである。呉測候所の降雨記録を用い昭和54年～56年のそれぞれ年度の災害の発生しやすい4月から10月までの24時間雨量の階級別出現率を求めると表2となる。但し25mm/day未満のものについては無災害であるため除いた。表は25～49mm/dayの降雨の出現率が最も高く63.5%であるが、災害の発生数の多い75～99mm/dayの出現率は3.8%で意外と少ない。表1、表2を用い得られた相対発生指数は

表2 呉市における24時間雨量の階級別出現率(25mm未満除く)

強雨階級 (mm/24hr)	出現率 (%)
25 ~ 49	63.5
50 ~ 74	23.1
75 ~ 99	3.8
100 ~ 124	7.7
125 <	1.9

表3 呉市における24時間降雨別相対発生指数

強雨階級 (mm/24hr)	相対的発生指数
25 ~ 49	5
50 ~ 74	0
75 ~ 99	1237
100 ~ 124	200
125 <	1800

表3のとおりで、これを図示すると図1となる。これより呉市における自然斜面の崩壊は50mm/dayくらいから発生しはじめ、100~124mm/dayの所で一旦減少している。しかしこれは災害記録が少ないため、今後多くのデータの集積とともに倉嶋のような規則的な折線に近づくと思われる。また表1からも分るように125mm/day以上では発生数がゼロの時もあり不規則な折線になり分りにくいため、125mm/day以上として求めた。これより100mm/dayを越すと急激に災害の発生率が增大するといえる。図中の破線は前述の倉嶋が全国の災害201箇所について調査したものの概略値で、175mm/day以上で急増しており、呉市のものと比較すると、呉市の場合には少ない雨量でがけ崩れが発生するといえる。その原因は呉市は平地が少なく周辺山麓の急峻な場所まで切土し宅地化されていることと、弱い風化まき土が急斜面の表層を覆っているためである。

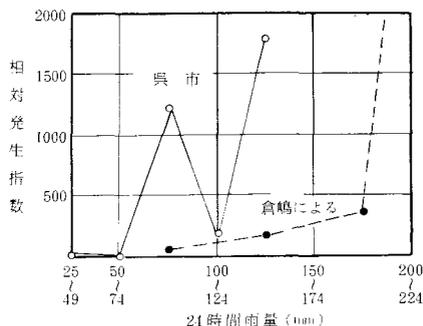


図1 がけ崩れの24時間降雨強度別相対発生指数

日雨量とともによく用いる降雨形態は最大時間雨量で、これに対する災害の雨量強度別出現度数は表4である。最大時間雨量が20~29mm/hr時の出現度数が最も大きく55.3%であるが、表1でも述べたようにこれは災害の発生率を示すのではなく、がけ崩れの起こった時の降雨強度の出現率を示すものである。従ってこれについても出現度数を表5の最大時間雨量の階級別出現率で除し相対発生指

表4 呉市におけるがけ崩れと最大時間雨量

最大時間雨量 (mm/hr)	災害発生数 (件)	出現度数 (%)
0 ~ 9	0	0
10 ~ 19	11	8.9
20 ~ 29	68	55.3
30 ~ 39	0	0
40 ~ 49	44	35.8
50 以上	0	0
計	123	100

表5 呉市における最大時間雨量の階級別出現率

強雨階級 (mm/hr)	出現率 (%)
10 ~ 19	64.7
20 ~ 29	19.6
30 ~ 39	11.8
40 ~ 49	3.9
50 以上	0

数を求めると表6であり図示すると図2のようである。ただし最大時間雨量が0～9 mm/hr の出現度数が0%であるためこれを除いた結果である。雨量が30～39 mm/hrにおける出現度数がゼロであるため不規則な形の折線となっているが、39 mm/hr 以上で災害が急増するといえる。これについても倉嶋のデータと比較すると概ね類似の傾向にある。また前出の道上¹⁾は最大時間降雨による土砂災害発生限界の下限値は50 mm/hr が目安と述べており、これからすれば呉市の場合はやや少ない最大時間降雨で災害が多発しているといえる。

表6 呉市における最大時間雨量別相対発生指数 (10 mm 未満を除く)

強雨階級 (mm/hr)	相対発生指数
10 ～ 19	14
20 ～ 29	282
30 ～ 39	0
40 ～ 49	918

3.2 がけ崩れ発生までの時間と降雨量の関係

がけ崩れ災害発生を予測することは発生地周辺住民の生命、財産を保護するうえで大切なことではあるが非常にむずかしく、特に時間の予測は地形、土の強さ等の素因と降雨量等の誘因が複雑にからみ合い非常に困難なようである。しかし降雨を開始した後土砂崩壊が発生するまでの時間にかぎってみれば何らかの要因と規則的な関係にあるはずであるため、まず日雨量との関係を図3に示した。図中の点は同一時刻、同一雨量の点も多く、一ヶ所に重なり表示できなくなるからその点の周辺に集中させプロットした。一部にばらつきもあるが24時間雨量の増大とともに崩壊発生までの時間は早まり、破線で示すような傾向がみられる。破線の下側にくるものもあるが概ね上側にあり破線に対応する時間以降に発生しやすいと予想される。早いものは降雨開始から3時間で発生しており、遅いものは3日後に発生しているものもある。なお、破線は災害の発生時刻が破線に沿って生ずることを示すのではなく、この線が示す時刻以降に発生することを示すもので、今後多くのデータを集積しこの図にプロットした場合、破線に沿わず上側のどこかに来るものが多いと思われる。従って24時間雨量からがけ崩れ災害の発生する時刻を推定する際、発生の可能性の最も近い時刻の推定は可能であっても、発生時刻そのものの推定は困難である。例えば100 mm/dayの降雨であった場合、早ければ10時間以内に発生するが、遅い時には3日或いは4日後に発生することもあり得ると云うことである。

一方、災害発生には短時間の降雨が影響することも明らかであるため最大時間雨量との関係を示すと図4となる。時間雨量の増大とともに崩壊発生までの時間が短くなり、雨量が45 mm/hrに達

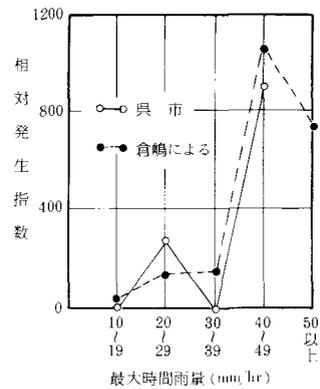


図2 がけ崩れの最大時間降雨強度別相対発生指数

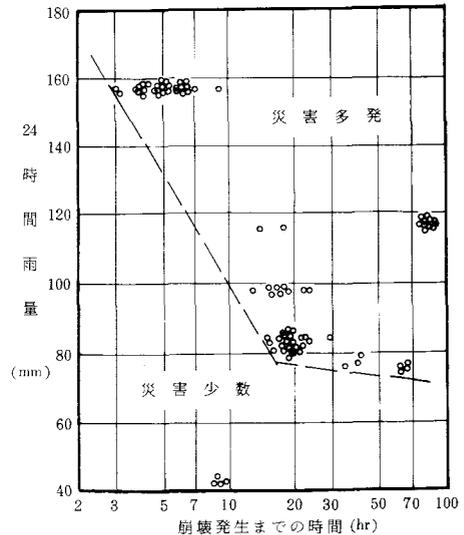


図3 日雨量と崩壊発生までの時間

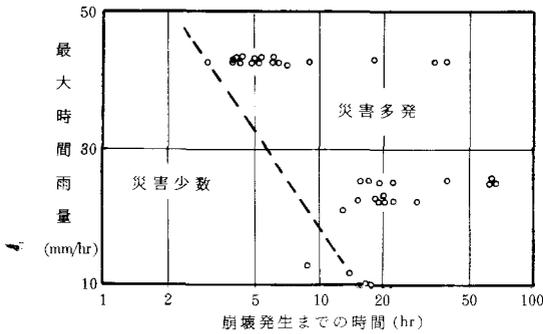


図4 最大時間雨量と崩壊発生までの時間

すると、早いものは3時間以内に、遅いものは2日或いは3日後に発生することを示している。しかし図3よりばらつきの範囲が大きく、これは災害発生に対する最大時間雨量の影響が日雨量ほど大きくないためと思われる。呉市の最大時間雨量の階級別出現率は表5に示したように50 mm/hr以上はこの3年間で0%でめったに起こらないといえるが、因みに42年7月豪雨災害の時には75 mm/hrを記録している。図中の破線を外挿することにより得られる1時間以内に災害が発生する可能性のある雨量は約65 mm/hrであるから、1時間以内に災害が発生する非常に危険な状況は42年7月豪雨のような事がなければ通常はあり得ず、災害発生に対する警報、避難のための時間的余裕は降雨観測施設網の充実により可能といえる。

災害発生の誘因として24時間雨量，最大時間雨量をあげたが，24時間雨量には災害発生後の災害と無関係な雨量が含まれること，最大時間雨量については先行雨量の保水量の影響を大きくうけるとともに透水係数の大小により，それがいくら大きな時間雨量であっても地中に浸透せず地表面を大半が流下すること等のため崩壊発生時間の予測に誤差を生じやすい。このためもう一つの崩壊要因として降雨開始から崩壊発生までの累積雨量，すなわち連続雨量との関係を考慮する必要がある。連続雨量を縦軸にとり，当日の雨量をパラメーターとして災害発生までの時間の関係を示すと図5となる。災害が早く発生すれば累積雨量は少なく，遅く発生するほど累積雨量は増大するため図の縦軸は時間の増大とともに大きくなっている。また参考のため図示した24時間雨量も，例外はあるが，これが大きいものほど早く崩壊する傾向にあり，パ

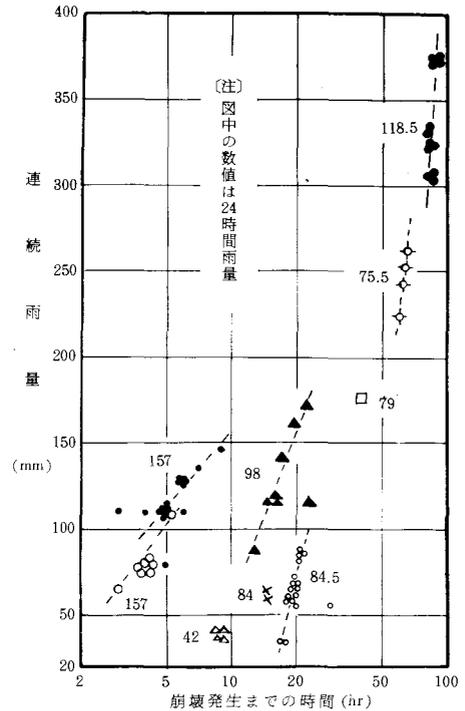


図5 連続雨量と崩壊発生までの時間

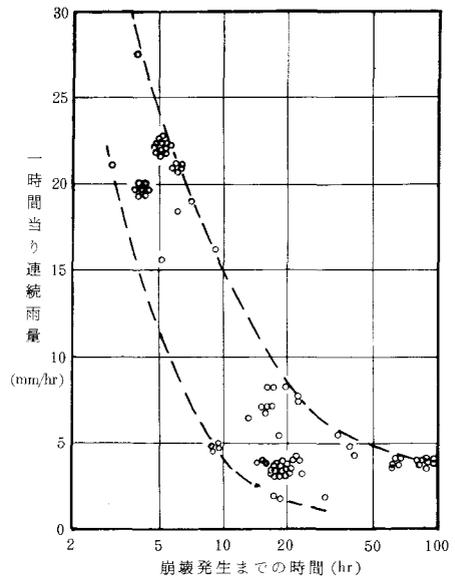


図6 一時間当たり連続雨量と崩壊発生までの時間

ラメーターごとにもみると片対数の比較のより直線相関を示している。しかしこの図では連続雨量が大きいほど崩壊までの時間が短くなるべきものが長くなるという矛盾が生ずるためこのままでは分りにくい。このため連続雨量が災害に及ぼす影響をわかりやすくするため、これをその連続時間で除し1時間当りの平均的な連続雨量に直すと図6となる。縦軸の雨量が15 mm/hr以上では降雨開始10時間以内に大半の崩壊が発生しており10 mm/hr以下では10時間以上経過後に崩壊するものが多い。見かたをかえれば10 mm/hr以下の小雨であっても10時間以上降り続けるとかけ崩れ災害が発生することを示している。また破線で囲むようにばらつきは小さく、図3、図4に比し崩壊時間の予測精度は一番よいようである。

3.3 かけ崩れの発生に及ぼす先行降雨の影響

同一地点に同一雨量が降ってもかけ崩れが発生する時としない時がある。これは土中に残存する事前の降雨量の影響で、これを示す値として先行降雨指数 API (Antecedent Precipitation Index 以後APIと呼ぶ) が用いられる。APIの算出方法は種々な文献に見られ篠原³⁾によれば次式で示される。

$$API = R_0 + KR_1 + K^2R_2 + K^3R_3 + \dots + K^nR_n$$

ここで R_0 : 当日雨量 (mm/day), K : 流域, 季節, 地質に関係する定数, n : 対象とする降雨開始前の日数, R_n : 対象とする降雨の開始 n 日前の日雨量 (mm/day)

APIは対象とする降雨開始前の日数や定数 K のとり方により大きく変化し、アメリカでは $n=30$ 日程度をとるようであるが、ここでは7日とした。これは呉市周辺山麓の自然斜面は砂質土であるまき土で覆われており、その透水性が大きい ($k=10^{-3} \sim 10^{-5}$ cm/s) ことと、アメリカの山々の傾斜に比し日本の山のそれは一般的に急峻で短く特に呉市は急傾斜地が多く雨水の水はけがよいと考えたためである。一方 K は減少係数とも呼ばれ松尾⁴⁾はシルト系土質の斜面では0.7程度が適当としているが、大滝⁵⁾が横浜市の土砂災害について調べたところ、 $K=0.5$ の時の相関性が最もよい結果を得ているため本報告においても0.5を用いた。 $R_0=0$ の表示法により求めたAPIと24時間雨量の関係を示すと図7のようになる。但し災害の発生していない日の場合、30 mm/day以下の雨量は省略しAPIを求めた。図は災害の多発した日とそうでない日の間に2本の破線で示すような明らかな差があることを示している。またAPIが大きいほど、即ち事前降雨により地盤がよく吸水しているほど24時間雨量は少なくても崩壊しやすいことを示し、逆にAPIが小さく前日まで降雨らしきものがほとんどなかったとしても、約120 mm/dayの雨量に達すれば土砂崩れによる災害が発生する可能性を示して

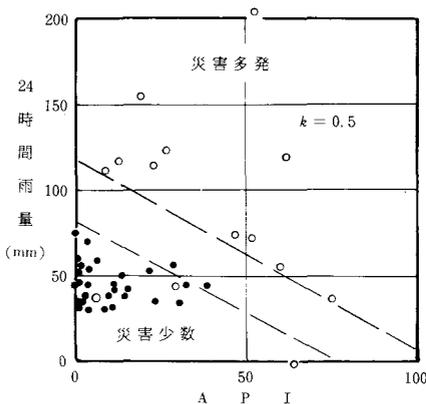


図7 災害発生と先行降雨指数(30 mm/day以下省略)

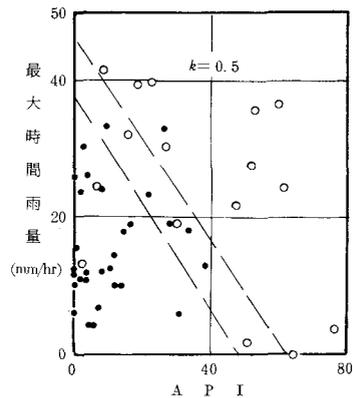


図8 最大時間雨量と先行降雨指数

いる。従って API が既知ならばこの図を用い災害発生を推定できる。しかしこれは API がその地方と云った広い範囲を対象とした値であるため，単にその地方において災害が発生するか否かのみの判断にしか使えない。なお， $K=0.7, 0.9$ についても同様な関係を求めたがばらつきが大きくなり明確な相関性は得られなかった。

一方最大時間雨量と API の関係を示すものが図 8 である。2本の破線ではさまれる擬似領域を境にして災害が多発する日の API と少ない日のものは概略分けられるが図 7 ほど明確でない。図より API が小さく先行雨量がほとんどなくても時間当たり約 40 mm/hr の強雨があれば災害が発生する可能性を示している。しかし図 4 でもそうであったように，最大時間雨量と災害発生の関係はばらつきが大きく不明瞭で，日雨量と災害或いは 1 時間当たり連続雨量と災害の関係のほうがばらつきが小さくよい相関性を示す。

以上より災害発生時の API が降雨量と関連の深いことが分かったので，降雨開始から崩壊発生までの時間との関係にプロットすると図 9 のようである。API が大きいほど当日雨量が少なくても崩壊しやすい状態にあることから，崩壊発生までの時間が短くなると考え図のような破線を引いた。一部に破線の下側にプロットされている点もあるが，概ね上側にあり，破線は API を用い崩壊発生までの時間を推定する一つの目安となる。ただし図 3 でも述べたように災害発生時刻がこの破線に沿って生ずるのでなく，この線が示す時刻以降に発生する可能性を示すものである。また図 3～図 6 までは当日の降雨から時間を推定しようとするのに対し，図 9 は前日までの雨量をもとに API を算出しているからより早く災害発生の時間推定に役立つ。

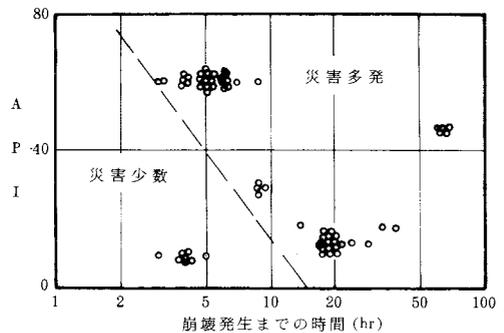


図 9 崩壊発生時間に及ぼす先行降雨の影響

API が大きくなるとそれだけ崩壊しやすいため崩壊件数の増大が考えられる。そこで崩壊件数と API の関係を示すと図 10 で非常に大きくばらついているが，1 件しか生じていない場合を除けば概略破線で示す傾向がみられる。しかし API が土砂崩壊に深く関係があっても崩壊件数とはあまり関係しないといえる。その理由は図 7，図 8 から分るように API が小さくても崩壊発生はありうるから，崩壊件数は当日の雨量にも大きく影響され単に API だけに支配されないからである。従って API を用い幾らの降雨があれば災害が発生するか否かの推定はできても発生件数の推定は困難といえる。

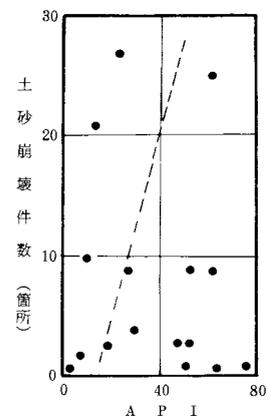


図 10 土砂崩壊件数と先行降雨指数

3.4 土砂崩壊に及ぼす地形の影響

がけ崩れの発生には地形，地質的特性が少なく，これからの予測は困難とする考え方があるが，狭い地域にかぎってみれば必ずしもそうとはいえないようである。呉市は古くからがけ崩れによる災害多発地として全国的によく知られているが，隣接する賀茂郡黒瀬町，安芸郡熊野町ならびに東広島市の災害は，同じようなまき土類が表層土を形成しているにもかかわらず，被災規模は小さく，発生件数も記録に残されないほどに少な

いことは意外に知られていない。その原因は周辺山麓の自然斜面の傾斜角、起伏等の地形的特性に大きな差があるためと考えられる⁶⁾。そこで呉市ならびにこれら周辺の市町村を含む地域の住宅地が山麓まで迫っている場所を選び、地形図から自然斜面の平均傾斜角と起伏量を求め図示すると図11となる。用いた地形図の縮尺は2万分の1で、これに一边が200mの方眼を描き、等高線間かく20mに対し、ホートン法⁷⁾を用い平均傾斜角を求めた。

図中の白丸、黒丸印は災害の発生とは無関係に任意に選び出したものについて調べたものであるのに対し、掛印は呉市内の災害発生地区について調べた結果である。明らかに呉市内地区の地形の起伏、平均傾斜角とも大きいことを示している。また呉市内地区だけについてみると、概略引いた破線の上側に災害発生地区のものがやや多い。このことは同一傾斜角の所であっても災害の多く発生するのは起伏量の大きい所であることを示している。一方、呉市内地区は平均傾斜角が20度以上の所が多いのに対し、隣接市町村のそれは20度以下で起伏も小さい所が多い。これより呉市内地区のがけ崩れ災害の多い原因は明らかである。その他災害発生の下限値は平均傾斜角12度以上、起伏40m以上といえる。

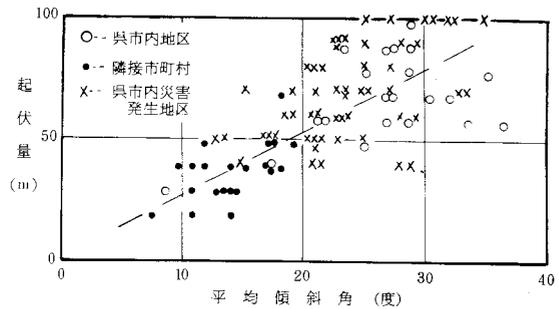


図11 地形特性と災害

3.5 土の物理、力学特性

本研究の究極の目的は「いつ」「どこに」がけ崩れによる災害が発生するかを予知することにあるが、「いつ」発生するかの予測は3.2でも述べたように非常に困難である。一方「どこ」に発生するかの予測も地盤の物理、力学特性を正確に測定できないため必ずしも容易ではないが、これは素因に支配される割合が大きい時間的推定よりは容易であると考えられる。このため呉市周辺山麓自然斜面の表層土の風化の進行度、弾性波速度の測定、不攪乱強度、透水係数の測定等を行ない、がけ崩れとの関連を調べている。現在も進行中であるが弾性波速度、不攪乱土の透水係数の測定結果の一部はすでに他の文献⁸⁾に発表したもので、ここでは粒度試験、一面せん断試験によって得られた結果と風化の進行度との関係について述べる。なお、風化の進行度として採取試料の3日水浸した後の含水比を用いた。これは風化の進行とともにまき土中の長石類が陶土化し幾分か吸水性が増大すると考えたためである。粒度試験では特に分散率を求めた。これはがけ崩れ災害は何の前兆もなく発生することもあるが、その多くは浸食により水の集合しやすい地形に生じやすいため、今後浸食されやすい場所の推定の可能性を知るためである。分散率は通常の粒度試験から得られる0.05mm以下の土粒子量 W_d と、薬品類を用いずに粒度試験を行なって得られる0.05mm以下の土粒子の量 W_n の比 W_n/W_d で定義され、これと風化の指数の関係を示すと図12となる。これについては今回の調査箇所が少ないため、過去に呉市の休山で調査したもの(未発表)も含ませプロットした。今回のデータはばらついているが、両データを合わせてみると風化の進行している土ほど分散率が增大する傾向がみられる。分散率は15%以下ならば浸食されにくい地盤で、南九州の火山灰シラスは約62%で浸食性の土といわれている⁹⁾。従って呉市周辺山麓斜面のまき土類は60%以上であるから浸食されやすい土といえる。しかし今回はわずか6ヶ所しか調べておらず、災害発生地区の浸食性を論ずるにはデータが少なすぎるので、今後更に資料を集積してから考察したい。

降雨の多少は地中の含水量を増減するとともにこれががけ崩れ災害の発生に大きく影響する。このため自然斜面の表層土の強さが降雨或いは地中の含水比とともにどのように変化するかを調べること

は災害予知研究では非常に重要なことである。しかし不攪乱まさ土の採取，成形が困難なためその研究例は少ない。そこで圧密試験用トリミングリングを地盤に少しずつ押し込み不攪乱供試体を採取，成形し，これを一面せん断箱に押し込みセットした。軟かいものは比較的うまくセットできても，乾燥しているものは供試体の一部が破損するなど攪乱の影響はまぬがれないが，これを無視して思いきって試験をした。供試体は含水比を変化させるためセット後1～3日間水浸した不飽和土でせん断速度は1mm/minである。得られた含水比と内部摩擦角の関係は図13である。含水比の増大とともに内部摩擦角は減少し，一部のものは急減しているがその他のものは含水比が1%増大すると内部摩擦角は約0.6度減少している。いくらの降雨があると地中の含水比はいくらになるかは現在調査中であるが，地表では約10mm/dayの降雨で含水比は約10%増大する。斜面がすべりを起こす面の含水比もこのように急増するとは思えないが，同じような割合で含水比が増大するなら呉市周辺山麓斜面の表層土の内部摩擦角は降雨10mm/dayで5～6度も減少することになる。またこれら試料の風化の度合は19.7～38の間にあるが内部摩擦角の減少割合は一例を除き，ほぼ同じような値である事は興味深い。

4 むすび

呉市における昭和54～56年度の自然斜面のがけ崩れ災害の実態と降雨特性の関係を分析するとともに，周辺山麓における地形，土の物理力学特性との関係についても調べ，得られた主な結果をまとめると以下のようなものである。

(1) 呉市における自然斜面の崩壊は日雨量100mm/day以上，最大時間雨量40mm/hrになると急増する。これは二，三の研究にみられる全国的な災害より少ない雨量で発生していることになる。

(2) 降雨開始からがけ崩れ発生までの時間と連続雨量の関係はよい相関を示し(図5)，これを単位時間当りに換算した1時間当り連続雨量によれば(図6)，15mm/hrの雨が平均的に降り続けると約10時間以内に多くのがけ崩れが生じ，一方5mm/hr前後の小雨でも10時間以上降り続けると災害が発生しやすい。

(3) 先行降雨指数APIと日雨量の関係はよい相関を示し，災害の発生する日と無災害の日とは明らかに異なる関係がみられた。従って日雨量とAPIが与えられれば災害発生の有無の予知が可能である。しかし雨量，APIとも広い地域における値であるから，災害発生場所のような狭い範囲の推定には役立たない。

(4) 地形図上から得られる平均傾斜角と起伏の関係から，災害の発生しやすい地区とそうでない地区との判別が可能で，呉市の場合平均傾斜角15度以上，起伏40m以上の所に多くのがけ崩れが発生している。またこれより呉市休山周辺山麓は隣接する安芸郡熊野町，賀茂郡黒瀬町ならびに東広島市等に比し，特にながけ崩れによる災害が発生しやすい地形といえる。

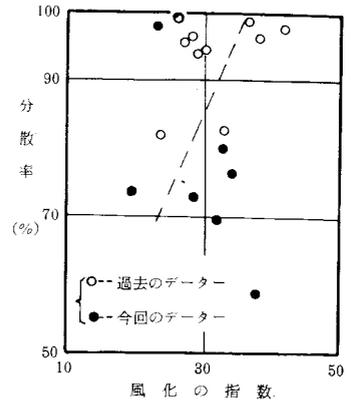


図12 分散性と風化度

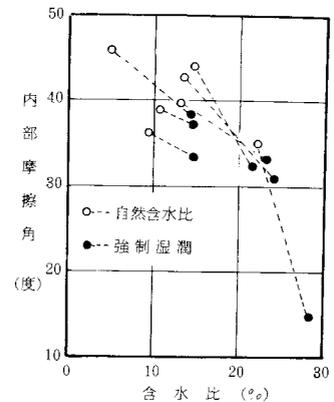


図13 不攪乱まさ土の含水比の変化にともなう内部摩擦角の変化

(5)不攪乱まき土の含水比の変化にともなう内部摩擦角の減少は含水比が1%増大すると約0.6度減少し、この割合は呉市周辺山麓の大半の土に共通するようである。

以上は今回得られた主な結果でがけ崩れ災害と雨量の関係を論ずるにはまだ十分な資料とはいえない。しかし広島県が昭和60年度より土石流の災害防止のために設けようとしている基準雨量との関係を簡単に比較する。それによれば¹⁰⁾連続雨量80mm以上、時間雨量20mm/hr以上を目安に警報の発令と解除、住民の避難などの基準としている。これは連続雨量については図5より50mm以上、時間雨量については図2、図4より20mm/hr以上なれば災害のほとんどが含まれる。従って広島県の基準を呉市における土砂崩壊に適用する場合、最大時間雨量についてはほぼ妥当と思われるが、連続雨量については県の基準よりもっと早く警報を発しなれば危険なようである。しかしこれらはずか3ヶ年の災害資料との関係で必ずしも十分なものでない。このため今後更に資料の集積を重ねるとともに、不攪乱まき土の強度特性についても実験を継続し別の機会にくわしく考察するつもりである。

終わりに本研究のため貴重な資料を提供されるとともに種々助言を賜った呉市土木課、西脇防災係長、樋吉係員には謝意を表します。また雨量記録の提供をいただいた呉測候所、実験に協力してくれた本校5年生の河本武士、木川考二、畑中稔、山本九十九の四君にも末筆ながら感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 道上正規・小島英司：豪雨によるがけ崩れの予知について、第17回自然災害科学シンポジウム講演論文集，pp. 131~134, 1980.
- 2) 倉嶋厚：注意報・警報の対象としての斜面崩壊について，測候時報，40, 12, pp. 429~445, 1974.
- 3) 篠原謹爾：河川工学，共立出版，pp. 75~76, 1975.
- 4) 松尾稔：地盤工学信頼設計の理念と実際，技報堂出版，p. 227, 1984.
- 5) 大滝俊夫：横浜市内の崖崩れの予報，研究時報，14, pp. 459~465, 1962.
- 6) 茶木正吉，他4名：地域環境特性の基礎的共同研究Ⅱ，特定研究報告書，呉工業高等専門学校，pp. 1~20, 1984.
- 7) 小橋澄治，他6名：地すべり・崩壊・土石流，予測と対策，鹿島出版会，pp. 174~175, 1980.
- 8) 石井義明：呉市周辺の土砂崩壊地，非崩壊地における土の工学特性の比較について，昭和59年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集，pp. 157~158, 1984.
- 9) 内田一郎：新編道路工学，森北出版，p. 158, 1982.
- 10) 中国新聞，昭和60年3月24日，19面広島総合版，1985.

(昭和60年4月15日受付)

板厚方向にフーリエ級数展開を用いた 熱弾性平板の高次理論

(土木工学科) 丸 上 晴 朗
(山梨大学) 平 島 健 一

General Higher-Order Theory of Thermoelastic Plates
by Use of Fourier Series Expansion Along the Plate Thickness.

Seiro MARUGAMI
Ken-ichi HIRASHIMA

By the same treatment of our companion paper related to the dynamic plate theory of general higher-order with consideration of mechanical and thermoelastic coupling, the most general higher-order theory is derived by using Fourier cosines & sines expansion of displacements and thermal quantities along the plate thickness. This theory has also the consideration of finite thermal conduction velocity by the modified Fourier law of heat.

Lower-order theories with truncation of the coefficients for displacements and thermal quantities by the present paper are also shown for the cases of bending and stretching behaviours.

§ 1 まえがき

著者らは先に、非定常な温度場と応力・変位等の場の連成を考えた3次元動熱弾性基礎式と修正 Fourier 法則を出発点として、温度・変位を板厚方向にベキ級数展開した一定厚さの平板の、いわゆる2次元化理論の最も一般的な支配式と境界条件を導出し、それらの有限項打ち切りによって各種のレベルの理論が構成されることを示した¹⁾。ここでは、今少し観点を換え、板厚方向の展開級数として、三角級数 (Fourier cosine & sine) を用いた場合の同種の問題の定式化を試みる。

なお、温度場を考えない通常の動弾性学問題に対し、変位場の仮定として、板厚方向座標に Fourier cosine 級数展開を実施して定式化を行なったものとして、Lee & Nikodem の論文^{3,4)}があり、また同種の問題に Fourier cosine & sine 級数展開を実施して定式化したものに著者の一人による論文²⁾がある。後者の論文は前者のもの、より一般化がなされたものであると共に、前者の手法では数学的に不完全なものであって、ごく特殊な場合のみに適用が限定されることが後者の論文において実証されている。したがってここでは対象とする必要な物理量 (変位, 温度, 熱流束, 熱源量等) について板厚方向座標に関し、Fourier cosine & sine 級数展開を実施した非均質性, 層状性の最も一般的な2次元化平板理論を誘導すると共に、それらの結果を特殊化した場合について面外 (曲げ) および面内 (伸縮) 挙動の両方に対する理論式を具体的に提示する。なお、基礎式の導出に当っては、

前論文と同様、平板は一定厚さで、微小変形の弾性挙動をするものと仮定する。当然のことながら、ここで誘導した結果に対し、奥行方向 (y 方向) の成分ならびに $y (=x_2)$ で偏微分される項をすべて削除すれば、そのまま梁理論の基礎式となることは言うまでもない。

§ 2 熱弾性基礎方程式と平板理論の導出

著者らの前論文で基礎式の意義や記号等について説明がなされているので、ここでは必要な諸式を列挙するにとどめる。

(修正 Fourier 法則) :

$$\tau_{0i} \dot{q}_i + q_i = -\kappa_{ij} T_{,j} \tag{2.1}$$

(エネルギー方程式) :

$$-q_{i,i} + \rho g = \rho c_v \dot{T} - T_0 \hat{\beta}_{ij} \dot{u}_{i,j} \tag{2.2}$$

(Duhamel-Neumann の構成方程式) :

$$\tau_{ij} = c_{ijkl} \varepsilon_{kl} - \hat{\beta}_{ij} T \tag{2.3}$$

(運動学的関係式 — ひずみ・変位関係式) :

$$\varepsilon_{kl} = \frac{1}{2} (u_{k,l} + u_{l,k}) \tag{2.4}$$

(熱的ならびに弾性的に等方性の場合) :

$$\left. \begin{aligned} c_{ijkl} &= \lambda \delta_{ij} \delta_{kl} + G(\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk}), \\ \hat{\beta}_{ij} &= (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \delta_{ij}, \quad \kappa_{ij} = \kappa \delta_{ij} \end{aligned} \right\} \tag{2.5}$$

ここに、

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)} \tag{2.6}$$

さて、平板理論を構築するに際して基本となる物理量を以下に示すように板厚方向の座標 $z (=x_3)$ に関する Fourier 級数 (三角級数) で展開できるものとする。平板の座標その他が Fig. 1. に示されている。

$$\begin{aligned} &(u_i, q_i, T, g) \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} (u_i^{(n)}, q_i^{(n)}, T^{(n)}, g^{(n)}) \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} (\hat{u}_i^{(n)}, \hat{q}_i^{(n)}, \hat{T}^{(n)}, \hat{g}^{(n)}) \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta). \end{aligned} \tag{2.7}$$

ここに、 $\eta = \frac{z}{b} = \frac{2z}{h}$, ($h=2b$: 板厚)

である。

上式中の $u_i^{(n)}, q_i^{(n)}, \dots, \hat{u}_i^{(n)}, \hat{q}_i^{(n)}, \dots$ 等はすべて板面内の座標 x, y および時間 t の関数とする。これらの量の幾何学的内容 (板厚方向のモード) の一部が Fig. 2 に示されている。また下添字 i, j, \dots 等のラテン文

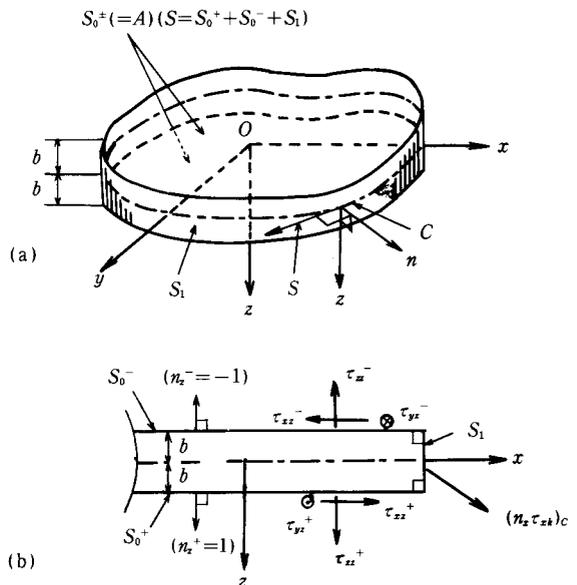


Fig. 1 Geometry of plate and surface tractions.

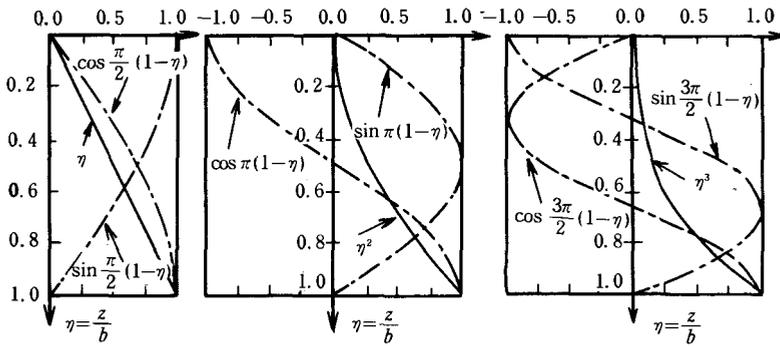


Fig. 2 Distributions along the thickness of trigonometric functions due to Fourier series expansion.

字は座標 $x(=x_1)$, $y(=x_2)$, $z(=x_3)$ を示す添字 1, 2, 3 をとるものとする。

上式を式 (2.4) に代入して整理するとひずみ成分 ϵ_{kl} が次式のように求められる。

$$\epsilon_{kl} = \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \epsilon_{kl}^{(n)} \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) + \bar{\epsilon}_{kl}^{(n)} \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) \right\} + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \gamma_{kl}^{(n)} \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) + \bar{\gamma}_{kl}^{(n)} \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) \right\}. \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

ここに,

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_{kl}^{(n)} &= \frac{1}{2} (\delta_{k\alpha} u_{l,\alpha}^{(n)} + \delta_{l\alpha} u_{k,\alpha}^{(n)}), \\ \bar{\epsilon}_{kl}^{(n)} &= \frac{n\pi}{4b} (\delta_{kz} u_l^{(n)} + \delta_{lz} u_k^{(n)}), \\ \gamma_{kl}^{(n)} &= \frac{1}{2} (\delta_{k\alpha} \hat{u}_{l,\alpha}^{(n)} + \delta_{l\alpha} \hat{u}_{k,\alpha}^{(n)}), \\ \bar{\gamma}_{kl}^{(n)} &= -\frac{n\pi}{4b} (\delta_{kz} \hat{u}_l^{(n)} + \delta_{lz} \hat{u}_k^{(n)}). \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2.8)'$$

なお、上式中の下添字 α は面内座標に関与するもので、 $x(=x_1)$, $y(=x_2)$ の添字 1, 2 をとる。またコンマの後の記号はその記号の座標に関する偏微分を意味し、テンソルの和の規約が採用されている。

次に式 (2.3) と式 (2.8) から応力成分 τ_{ij} を計算すると最終的に次式が求められる。

$$\tau_{ij} = \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ c_{ij\alpha l} u_{l,\alpha}^{(n)} \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) + \frac{n\pi}{2b} c_{ijz l} u_l^{(n)} \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) \right\} + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ c_{ij\alpha l} \hat{u}_{l,\alpha}^{(n)} \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) - \frac{n\pi}{2b} c_{ijz l} \hat{u}_l^{(n)} \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) \right\} - \sum_{n=0}^{\infty} \hat{\beta}_{ij} T^{(n)} \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) - \sum_{n=1}^{\infty} \hat{\beta}_{ij} \hat{T}^{(n)} \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta). \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

上式にそれぞれ $\cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta)$, $\sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta)$ を掛け、板厚座標に相当する η に対し、 $-1 \leq \eta \leq 1$

にわたって積分した, いわゆる“ n 次の断面力” $\tau_{ij}^{(n)}, \bar{\tau}_{ij}^{(n)}$ を求めると次のようになる。

$$\tau_{ij}^{(n)} = \sum_{m=0}^{\infty} \left(c_{ijal}^{(m,n)} u_{l,a}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \bar{c}_{ijal}^{(m,n)} u_l^{(m)} - \hat{\beta}_{ij}^{(m,n)} T^{(m)} \right) + \sum_{m=1}^{\infty} \left(\bar{c}_{ijal}^{(m,n)} \hat{u}_{l,a}^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} c_{ijzl}^{(m,n)} \hat{u}_l^{(m)} - \bar{\beta}_{ij}^{(m,n)} \hat{T}^{(m)} \right), \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\bar{\tau}_{ij}^{(n)} = \sum_{m=0}^{\infty} \left(\bar{c}_{ijal}^{(n,m)} u_{l,a}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \hat{c}_{ijzl}^{(n,m)} u_l^{(m)} - \bar{\beta}_{ij}^{(n,m)} T^{(m)} \right) + \sum_{m=1}^{\infty} \left(\hat{c}_{ijal}^{(m,n)} \hat{u}_{l,a}^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \bar{c}_{ijzl}^{(n,m)} \hat{u}_l^{(m)} - \hat{\beta}_{ij}^{(m,n)} \hat{T}^{(m)} \right). \dots\dots\dots (2.11)$$

ここに, 記号 $c_{ijkl}^{(m,n)}, \bar{c}_{ijkl}^{(m,n)}, \hat{c}_{ijkl}^{(m,n)}$; $\hat{\beta}_{ij}^{(m,n)}, \bar{\beta}_{ij}^{(m,n)}, \hat{\beta}_{ij}^{(n,m)}$ 等はそれぞれ次のように定義された量である。

$$\left. \begin{aligned} [c_{ijkl}^{(m,n)}, \hat{\beta}_{ij}^{(m,n)}] &= \int_{-1}^1 [c_{ijkl}, \hat{\beta}_{ij}] \cos \frac{m\pi}{2} (1-\eta) \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta, \\ [\bar{c}_{ijkl}^{(m,n)}, \bar{\beta}_{ij}^{(m,n)}] &= \int_{-1}^1 [\bar{c}_{ijkl}, \hat{\beta}_{ij}] \sin \frac{m\pi}{2} (1-\eta) \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta, \\ [\hat{c}_{ijkl}^{(m,n)}, \hat{\beta}_{ij}^{(n,m)}] &= \int_{-1}^1 [c_{ijkl}, \hat{\beta}_{ij}] \sin \frac{m\pi}{2} (1-\eta) \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.12)$$

なお, 上式は層状性を含めた非均質性で, かつ異方性の平板の場合にも成立する最も一般的なものであるが, 等質な平板の場合, 上記の量は面内座標のみならず, 板厚方向の座標に関しても変化しないことから, 次のように簡単な式に書き直される。

$$\left. \begin{aligned} [c_{ijkl}^{(m,n)}, \hat{\beta}_{ij}^{(m,n)}] &= \delta_{mn} (1 + \delta_{n0}) [c_{ijkl}, \hat{\beta}_{ij}], \\ [\bar{c}_{ijkl}^{(m,n)}, \bar{\beta}_{ij}^{(m,n)}] &= \delta_{m+n} \frac{4}{\pi} \frac{m}{m^2 - n^2} [c_{ijkl}, \hat{\beta}_{ij}], \\ [\hat{c}_{ijkl}^{(m,n)}, \hat{\beta}_{ij}^{(n,m)}] &= \delta_{mn} (1 - \delta_{n0}) [c_{ijkl}, \hat{\beta}_{ij}]. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.12)'$$

ここに,

$$\delta_{m+n} = \frac{1}{2} \{1 - (-1)^{m+n}\}. \dots\dots\dots (2.13)$$

以上の準備のもとで, 式(2.1), (2.2)を2次元化するために, これらの式に式(2.7)を代入したのち, 両辺に $\cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta), \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta)$ を掛け, 板厚にわたって積分すると最終的にそれぞれ次のような2次元化された方程式が求められる。

$$\sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \tau_0^{(m,n)} \dot{q}_i^{(m)} + \delta_{mn} (1 + \delta_{n0}) q_i^{(m)} + \kappa_{ia}^{(m,n)} T_{,a}^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \kappa_{iz}^{(m,n)} \hat{T}^{(m)} \right\} + \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \bar{\tau}_0^{(m,n)} \dot{q}_i^{(m)} + \delta_{m+n} \frac{4m}{\pi (m^2 - n^2)} \hat{q}_i^{(m)} + \bar{\kappa}_{ia}^{(m,n)} \hat{T}_{,a}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \bar{\kappa}_{iz}^{(m,n)} T^{(m)} \right\} = 0, \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \bar{\tau}_0^{(n,m)} \dot{q}_i^{(m)} - \delta_{m+n} \frac{4n}{\pi (m^2 - n^2)} q_i^{(m)} + \bar{\kappa}_{ia}^{(n,m)} T_{,a}^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \bar{\kappa}_{iz}^{(n,m)} \hat{T}^{(m)} \right\} + \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \hat{\tau}_0^{(m,n)} \dot{q}_i^{(m)} + \delta_{mn} (1 - \delta_{n0}) \hat{q}_i^{(m)} + \hat{\kappa}_{ia}^{(m,n)} \hat{T}_{,a}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \hat{\kappa}_{iz}^{(m,n)} T^{(m)} \right\} = 0, \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \delta_{mn} (1 + \delta_{n0}) \left(-q_{\alpha, \alpha}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \hat{q}_z^{(m)} \right) + \rho^{(m,n)} g^{(m)} \right\} \\
& - \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \delta_{m+n}^{\circ} \frac{4m}{\pi(m^2 - n^2)} \left(\hat{q}_{\alpha, \alpha}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} q_z^{(m)} \right) - \bar{\rho}^{(m,n)} \hat{g}^{(m)} \right\} \\
& = \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ (\rho c_v)^{(m,n)} \dot{T}^{(m)} - T_0 \left(\hat{\beta}_{i\alpha}^{(m,n)} \dot{u}_{i,\alpha}^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \hat{\beta}_{iz}^{(m,n)} \dot{u}_i^{(m)} \right) \right\} \\
& + \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ (\bar{\rho} c_v)^{(m,n)} \dot{T}^{(m)} - T_0 \left(\bar{\beta}_{i\alpha}^{(m,n)} \dot{u}_{i,\alpha}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \bar{\beta}_{iz}^{(m,n)} \dot{u}_i^{(m)} \right) \right\}, \quad \dots\dots\dots (2.16)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \delta_{m+n}^{\circ} \frac{4n}{\pi(m^2 - n^2)} \left(q_{\alpha, \alpha}^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \hat{q}_z^{(m)} \right) + \bar{\rho}^{(n,m)} g^{(m)} \right\} \\
& - \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \delta_{mn} (1 - \delta_{n0}) \left(\hat{q}_{\alpha, \alpha}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} q_z^{(m)} \right) - \hat{\rho}^{(m,n)} \hat{g}^{(m)} \right\} \\
& = \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ (\bar{\rho} c_v)^{(n,m)} \dot{T}^{(m)} - T_0 \left(\bar{\beta}_{i\alpha}^{(n,m)} \dot{u}_{i,\alpha}^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \bar{\beta}_{iz}^{(n,m)} \dot{u}_i^{(m)} \right) \right\} \\
& + \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ (\hat{\rho} c_v)^{(m,n)} \dot{T}^{(m)} - T_0 \left(\hat{\beta}_{i\alpha}^{(m,n)} \dot{u}_{i,\alpha}^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \hat{\beta}_{iz}^{(m,n)} \dot{u}_i^{(m)} \right) \right\}. \quad \dots\dots\dots (2.17)
\end{aligned}$$

ここに,

$$\left. \begin{aligned}
[\kappa_{ij}^{(m,n)}, \rho^{(m,n)}, (\rho c_v)^{(m,n)}] &= \int_{-1}^1 [\kappa_{ij}, \rho, (\rho c_v)] \cos \frac{m\pi}{2} (1-\eta) \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta, \\
[\bar{\kappa}_{ij}^{(m,n)}, \bar{\rho}^{(m,n)}, (\bar{\rho} c_v)^{(m,n)}] &= \int_{-1}^1 [\kappa_{ij}, \rho, (\rho c_v)] \sin \frac{m\pi}{2} (1-\eta) \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta, \\
[\hat{\kappa}_{ij}^{(m,n)}, \hat{\rho}^{(m,n)}, (\hat{\rho} c_v)^{(m,n)}] &= \int_{-1}^1 [\kappa_{ij}, \rho, (\rho c_v)] \sin \frac{m\pi}{2} (1-\eta) \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta.
\end{aligned} \right\} \dots (2.18)$$

等質性が仮定できる場合には上式は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned}
[\kappa_{ij}^{(m,n)}, \rho^{(m,n)}, (\rho c_v)^{(m,n)}] &= \delta_{mn} (1 + \delta_{n0}) [\kappa_{ij}, \rho, (\rho c_v)], \\
[\bar{\kappa}_{ij}^{(m,n)}, \bar{\rho}^{(m,n)}, (\bar{\rho} c_v)^{(m,n)}] &= \delta_{m+n}^{\circ} \frac{4}{\pi} \frac{m}{m^2 - n^2} [\kappa_{ij}, \rho, (\rho c_v)], \\
[\hat{\kappa}_{ij}^{(m,n)}, \hat{\rho}^{(m,n)}, (\hat{\rho} c_v)^{(m,n)}] &= \delta_{mn} (1 - \delta_{n0}) [\kappa_{ij}, \rho, (\rho c_v)].
\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.18)'$$

式(2.14)~(2.17)を組み合わせるにより熱流束ベクトル q_i を消去した支配式を構成することも可能であるが、ここではその結果については省略する。

次に変位、応力の場を支配する2次元化支配式を導出するために、次の Hamilton 原理の式を考える。

$$\delta \int_{\hat{t}_0}^{\hat{t}_1} dt \int_V (\tilde{T} - U) dV + \int_{\hat{t}_0}^{\hat{t}_1} dt \left\{ \int_S t_j \delta u_j dS + \int_V f_j \delta u_j dV \right\} = 0. \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

ここに、 t_j は表面力、 f_j は単位体積当りの物体力である。また \tilde{T} および U はそれぞれ単位体積当りの弾性体に蓄えられる運動エネルギーおよびひずみエネルギーであって、次式で与えられる。

$$\tilde{T} = \frac{1}{2} \rho \dot{u}_i \dot{u}_i, \quad U = \frac{1}{2} \tau_{ij} \varepsilon_{ij}. \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

また、 t_j と応力成分 τ_{ij} との間には次の関係が存在する。

$$t_j = \tau_{ij} n_i. \quad \dots\dots (2.21)$$

上式の n_i は Fig. 1 に示した平板の各々の表面に立てた外向き法線の方向余弦を表わす。

式 (2.19) に上記までに定義した Fourier 展開の物理量の式 (2.7) を代入し、変分を遂行して整理すれば最終的に以下に示すような場の支配方程式と境界条件式が求められる。

(支配方程式) :

$$\left. \begin{aligned} \tau_{\alpha j, \alpha}^{(n)} - \frac{n\pi}{2b} \bar{\tau}_{j\alpha}^{(n)} + \frac{1}{b} (F_j^{(n)} + f_j^{(n)}) \\ = \sum_{m=0}^{\infty} (\rho^{(m,n)} \ddot{u}_j^{(m)} + \bar{\rho}^{(m,n)} \hat{\ddot{u}}_j^{(m)}), \quad (n \geq 0); \\ \bar{\tau}_{\alpha j, \alpha}^{(n)} + \frac{n\pi}{2b} \tau_{j\alpha}^{(n)} + \frac{1}{b} \bar{f}_j^{(n)} \\ = \sum_{m=0}^{\infty} (\bar{\rho}^{(m,n)} \ddot{u}_j^{(m)} + \hat{\rho}^{(m,n)} \hat{\ddot{u}}_j^{(m)}), \quad (n \geq 1). \end{aligned} \right\} \dots\dots (2.22)$$

(境界条件式) :

$$\left. \begin{aligned} \bar{T}_j^{(n)} = b n_\alpha \tau_{\alpha j}^{(n)}, \quad \bar{T}_j^{(n)} = b n_\alpha \bar{\tau}_{\alpha j}^{(n)} \quad \text{on } C; \\ \bar{u}_j^{(n)} = u_j^{(n)}, \quad \hat{u}_j^{(n)} = \hat{u}_j^{(n)} \quad \text{on } C. \end{aligned} \right\} \dots\dots (2.23)$$

ここに、 $\bar{u}_j^{(n)}$ および $\hat{u}_j^{(n)}$ は平板の側面(端面)境界 C で、与えられた表面変位 \bar{u}_j の Fourier 級数展開に対する第 n 次成分、すなわち次式で示される関係量である。

$$\bar{u}_j = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{u}_j^{(n)} \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) + \sum_{n=1}^{\infty} \hat{u}_j^{(n)} \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta). \quad \dots\dots (2.24)$$

また、式 (2.22), (2.23) における他の記号は次に定義されるような量を表わしている。

$$\left. \begin{aligned} F_j^{(n)} &= \left[n_\alpha \tau_{\alpha j} \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) \right]_{\eta=-1}^{\eta=1} = \tau_{\alpha j}^+ - (-1)^n \tau_{\alpha j}^-, \\ f_j^{(n)} &= b \int_{-1}^1 f_j \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta, \\ \bar{f}_j^{(n)} &= b \int_{-1}^1 \bar{f}_j \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta, \\ \bar{T}_j^{(n)} &= b \int_{-1}^1 (n_\alpha \tau_{\alpha j})_c \cos \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta, \\ \hat{T}_j^{(n)} &= b \int_{-1}^1 (n_\alpha \tau_{\alpha j})_c \sin \frac{n\pi}{2} (1-\eta) d\eta. \end{aligned} \right\} \dots\dots (2.25)$$

したがって、支配方程式 (2.22) に上式までの関係式を代入し、整理すると変位係数 $u_j^{(n)}$, $\hat{u}_j^{(n)}$ および温度係数 $T^{(n)}$, $\hat{T}^{(n)}$ で表示した平板の熱弾性に対する運動方程式が次のように求められることになる。

$$\begin{aligned} & \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \underline{c_{\alpha\beta l}^{(m,n)} u_{l,\alpha\beta}^{(m)} + \frac{\pi}{2b} (m \bar{c}_{\alpha j d}^{(m,n)} - n \bar{c}_{z j a l}^{(m,n)}) u_{l,\alpha}^{(m)} - \left(\frac{\pi}{2b}\right)^2 m n \hat{c}_{z j z l}^{(m,n)} u_l^{(m)}} \right. \\ & \quad \left. - \underline{\hat{\beta}_{\alpha j}^{(m,n)} T_{,\alpha}^{(m)} + \frac{n\pi}{2b} \hat{\beta}_{z j}^{(m,n)} T^{(m)}} \right\} \\ & + \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \underline{\bar{c}_{\alpha\beta l}^{(m,n)} \hat{u}_{l,\alpha\beta}^{(m)} - \frac{\pi}{2b} (m c_{\alpha j z l}^{(m,n)} + n \hat{c}_{z j a l}^{(m,n)}) \hat{u}_{l,\alpha}^{(m)} + \left(\frac{\pi}{2b}\right)^2 m n \bar{c}_{z j z l}^{(m,n)} \hat{u}_l^{(m)}} \right. \\ & \quad \left. - \underline{\bar{\beta}_{\alpha j}^{(m,n)} \hat{T}_{,\alpha}^{(m)} + \frac{n\pi}{2b} \hat{\beta}_{z j}^{(m,n)} \hat{T}^{(m)}} \right\} + \frac{1}{b} (F_j^{(n)} + f_j^{(n)}) = \sum_{m=0}^{\infty} (\rho^{(m,n)} \dot{u}_j^{(m)} + \bar{\rho}^{(m,n)} \ddot{u}_j^{(m)}), \quad (n \geq 0); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \underline{\bar{c}_{\alpha\beta l}^{(n,m)} u_{l,\alpha\beta}^{(m)} + \frac{\pi}{2b} (m \hat{c}_{\alpha j z l}^{(n,m)} + n c_{z j a l}^{(n,m)}) u_{l,\alpha}^{(m)} + \left(\frac{\pi}{2b}\right)^2 m n \bar{c}_{z j z l}^{(n,m)} u_l^{(m)}} \right. \\ & \quad \left. - \underline{\bar{\beta}_{\alpha j}^{(n,m)} T_{,\alpha}^{(m)} - \frac{n\pi}{2b} \hat{\beta}_{z j}^{(n,m)} T^{(m)}} \right\} \\ & + \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \underline{\hat{c}_{\alpha\beta l}^{(n,m)} \hat{u}_{l,\alpha\beta}^{(m)} - \frac{\pi}{2b} (m \bar{c}_{\alpha j z l}^{(n,m)} - n \bar{c}_{z j a l}^{(n,m)}) \hat{u}_{l,\alpha}^{(m)} - \left(\frac{\pi}{2b}\right)^2 m n c_{z j z l}^{(n,m)} \hat{u}_l^{(m)}} \right. \\ & \quad \left. - \underline{\hat{\beta}_{\alpha j}^{(n,m)} \hat{T}_{,\alpha}^{(m)} - \frac{n\pi}{2b} \bar{\beta}_{z j}^{(n,m)} \hat{T}^{(m)}} \right\} + \frac{1}{b} \bar{f}_j^{(n)} = \sum_{m=0}^{\infty} (\bar{\rho}^{(n,m)} \dot{u}_j^{(m)} + \hat{\rho}^{(n,m)} \ddot{u}_j^{(m)}), \quad (n \geq 1). \end{aligned}$$

..... (2.26)

上式において、温度に関する項（下線を引いた項）を無視すれば、著者の一人がかつて求めた平板に対する2次元化理論²⁾に帰着することになる。

等質性の場合には式(2.12)', (2.18)'が成立することから、本論文の場合でもいわゆる面内(伸縮)挙動と面外(曲げ)挙動を支配する方程式が分離され、それぞれ連成のない独立な方程式系が得られることになる。そのことを等方性体の場合について以下列記することにする。

(面外挙動)：

$$\left. \begin{aligned} & \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} A_{m n} (\tau_0 \dot{q}_\alpha^{(m)} + q_\alpha^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} T_{,\beta}^{(m)}) + \sum_{m=2,4,\dots}^{\infty} B_{m n} (\tau_0 \dot{q}_\alpha^{(m)} + \hat{q}_\alpha^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} \hat{T}_{,\beta}^{(m)}) = 0, \\ & \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} A_{m n} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + q_z^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \kappa \hat{T}^{(m)} \right) + \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} B_{m n} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + \hat{q}_z^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \kappa T^{(m)} \right) = 0, \\ & \frac{2n}{\pi} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{m n} (\tau_0 \dot{q}_\alpha^{(m)} + q_\alpha^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} T_{,\beta}^{(m)}) - \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{A}_{m n} (\tau_0 \dot{q}_\alpha^{(m)} + \hat{q}_\alpha^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} \hat{T}_{,\beta}^{(m)}) = 0, \\ & \frac{2n}{\pi} \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{m n} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + q_z^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \kappa \hat{T}^{(m)} \right) - \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{A}_{m n} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + \hat{q}_z^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \kappa T^{(m)} \right) = 0. \end{aligned} \right\}$$

..... (2.27)

$$\left. \begin{aligned}
 & \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} A_{mn} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_{\alpha,\alpha}^{(m)} - q_{\alpha,\alpha}^{(m)} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho g^{(m)} \} \\
 & + \sum_{m=2,4,\dots}^{\infty} B_{mn} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_{\alpha,\alpha}^{(m)} - \hat{q}_{\alpha,\alpha}^{(m)} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \} = 0, \\
 & \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} A_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_z^{(m)} - \hat{q}_z^{(m)} \} + \rho c_v \dot{T}^{(m)} - \rho g^{(m)} \right] \\
 & - \sum_{m=2,4,\dots}^{\infty} B_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_z^{(m)} - \hat{q}_z^{(m)} \} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \right] = 0, \\
 & \frac{2n}{\pi} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_{\alpha,\alpha}^{(m)} - q_{\alpha,\alpha}^{(m)} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho g^{(m)} \} \\
 & - \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_{\alpha,\alpha}^{(m)} - \hat{q}_{\alpha,\alpha}^{(m)} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \} = 0, \\
 & \frac{2n}{\pi} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_z^{(m)} - \hat{q}_z^{(m)} \} + \rho c_v \dot{T}^{(m)} - \rho g^{(m)} \right] \\
 & + \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0(3\lambda+2G)\hat{\alpha}\dot{u}_z^{(m)} - \hat{q}_z^{(m)} \} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \right] = 0.
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \left[A_{mn} \{ (\lambda+G)e_{,\alpha}^{(m)} + G\nabla^2 u_{\alpha}^{(m)} - (3\lambda+2G)\hat{\alpha}T_{,\alpha}^{(m)} \} \right. \\
 & \quad \left. - \bar{A}_{mn} m n \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 G u_{\alpha}^{(m)} - \frac{\pi}{2b} (A_{mn} m \lambda + \bar{A}_{mn} n G) \hat{u}_{z,\alpha}^{(m)} \right] \\
 & + \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \left[B_{mn} \left\{ (\lambda+G)\hat{e}_{,\alpha}^{(m)} + G\nabla^2 \hat{u}_{\alpha}^{(m)} - \left(\frac{n\pi}{2b} \right)^2 G \hat{u}_{\alpha}^{(m)} - (3\lambda+2G)\hat{\alpha}\hat{T}_{,\alpha}^{(m)} \right\} \right. \\
 & \quad \left. + \frac{1}{b} \bar{B}_{mn} (m^2 \lambda + n^2 G) u_{z,\alpha}^{(m)} \right] + \frac{1}{b} (F_{\alpha}^{(n)} + f_{\alpha}^{(n)}) \\
 & = \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} A_{mn} \ddot{u}_{\alpha}^{(m)} + \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} B_{mn} \ddot{\hat{u}}_{\alpha}^{(m)}, \quad (n \geq 0); \\
 & \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \left\{ -\frac{\pi}{2b} (A_{mn} m G + \bar{A}_{mn} n \lambda) \hat{e}^{(m)} + A_{mn} G \nabla^2 u_z^{(m)} \right. \\
 & \quad \left. - \bar{A}_{mn} m n \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 (\lambda+2G) u_z^{(m)} + \bar{A}_{mn} \frac{n\pi}{2b} (3\lambda+2G)\hat{\alpha}\hat{T}^{(m)} \right\} \\
 & + \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \left[\frac{1}{b} \bar{B}_{mn} (m^2 G + n^2 \lambda) \hat{e}^{(m)} + B_{mn} \left\{ G \nabla^2 \hat{u}_z^{(m)} - \left(\frac{n\pi}{2b} \right)^2 (\lambda+2G) \hat{u}_z^{(m)} \right\} \right. \\
 & \quad \left. - \frac{1}{b} \bar{B}_{mn} n^2 (3\lambda+2G) \hat{\alpha} T^{(m)} \right] + \frac{1}{b} (F_z^{(n)} + f_z^{(n)}) \\
 & = \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} A_{mn} \ddot{u}_z^{(m)} + \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} B_{mn} \ddot{\hat{u}}_z^{(m)}, \quad (n \geq 0); \\
 & n \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \left[\frac{2}{\pi} \left\{ \left(\frac{m\pi}{2b} \right)^2 G u_{\alpha}^{(m)} - G \nabla^2 u_{\alpha}^{(m)} - (\lambda+G)e_{,\alpha}^{(m)} + (3\lambda+2G)\hat{\alpha}T_{,\alpha}^{(m)} \right\} + m \frac{1}{b} (\lambda+G)\hat{u}_{z,\alpha}^{(m)} \right] \\
 & \quad + \sum_{m=2,4,\dots}^{\infty} \left[\bar{A}_{mn} \{ (\lambda+G)\hat{e}_{,\alpha}^{(m)} + G\nabla^2 \hat{u}_{\alpha}^{(m)} - (3\lambda+2G)\hat{\alpha}\hat{T}_{,\alpha}^{(m)} \} \right. \\
 & \quad \left. - A_{mn} m n \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 G \hat{u}_{\alpha}^{(m)} + \frac{\pi}{2b} (\bar{A}_{mn} m \lambda + A_{mn} n G) u_{z,\alpha}^{(m)} \right] + \frac{1}{b} \bar{f}_{\alpha}^{(n)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{2n}{\pi} \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \dot{u}_{\alpha}^{(m)} + \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \ddot{u}_{\alpha}^{(m)}, \quad (n \geq 1); \\
n \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} &\left[m \frac{1}{b} (\lambda + G) \hat{e}^{(m)} + \frac{2}{\pi} \left\{ \left(\frac{m\pi}{2b} \right)^2 (\lambda + 2G) u_z^{(m)} - G \nabla^2 u_z^{(m)} \right\} - m \frac{1}{b} (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \hat{T}^{(m)} \right] \\
&+ \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \left[\frac{\pi}{2b} (\bar{A}_{mn} m G + A_{mn} n \lambda) e^{(m)} + \bar{A}_{mn} G \nabla^2 \hat{u}_z^{(m)} \right. \\
&\left. - A_{mn} \left\{ mn \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 (\lambda + 2G) \hat{u}_z^{(m)} + \frac{n\pi}{2b} (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} T^{(m)} \right\} \right] + \frac{1}{b} \bar{f}_z^{(n)} \\
&= -\frac{2n}{\pi} \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \dot{u}_z^{(m)} + \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \ddot{u}_z^{(m)}, \quad (n \geq 1). \quad \dots\dots\dots (2.29)
\end{aligned}$$

ここに,

$$\left. \begin{aligned}
A_{mn} &= \delta_{mn} (1 + \delta_{n0}), \quad B_{mn} = \delta_{m+n} \frac{4m}{\pi (m^2 - n^2)}, \\
\bar{A}_{mn} &= \delta_{mn} (1 - \delta_{n0}), \quad \bar{B}_{mn} = \delta_{m+n} \frac{2}{m^2 - n^2}, \\
e^{(m)} &= u_{\alpha, \alpha}^{(m)}, \quad \hat{e}^{(m)} = \hat{u}_{\alpha, \alpha}^{(m)}, \quad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}.
\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.30)$$

(面内挙動) :

$$\left. \begin{aligned}
\sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} A_{mn} (\tau_0 \dot{q}_{\alpha}^{(m)} + q_{\alpha}^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} T_{,\beta}^{(m)}) + \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} B_{mn} (\tau_0 \dot{q}_{\alpha}^{(m)} + \hat{q}_{\alpha}^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} \hat{T}_{,\beta}^{(m)}) &= 0, \\
\sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} A_{mn} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + q_z^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \kappa \hat{T}^{(m)} \right) + \sum_{m=2,4,\dots}^{\infty} B_{mn} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + \hat{q}_z^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \kappa T^{(m)} \right) &= 0, \\
\frac{2n}{\pi} \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} (\tau_0 \dot{q}_{\alpha}^{(m)} + q_{\alpha}^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} T_{,\beta}^{(m)}) - \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} (\tau_0 \dot{q}_{\alpha}^{(m)} + \hat{q}_{\alpha}^{(m)} + \kappa_{\alpha\beta} \hat{T}_{,\beta}^{(m)}) &= 0, \\
\frac{2n}{\pi} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + q_z^{(m)} - \frac{m\pi}{2b} \kappa \hat{T}^{(m)} \right) - \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \left(\tau_0 \dot{q}_z^{(m)} + \hat{q}_z^{(m)} + \frac{m\pi}{2b} \kappa T^{(m)} \right) &= 0.
\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$\left. \begin{aligned}
\sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} A_{mn} \{ T_0 (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \dot{u}_{\alpha, \alpha}^{(m)} - q_{\alpha, \alpha}^{(m)} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho g^{(m)} \} \\
+ \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} B_{mn} \{ T_0 (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \dot{u}_{\alpha, \alpha}^{(m)} - \hat{q}_{\alpha, \alpha}^{(m)} - \rho c_v \hat{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \} &= 0, \\
\sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} A_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0 (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \dot{u}_z^{(m)} - \hat{q}_z^{(m)} \} + \rho c_v \dot{T}^{(m)} - \rho g^{(m)} \right] \\
- \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} B_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0 (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \dot{u}_z^{(m)} - q_z^{(m)} \} - \rho c_v \hat{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \right] &= 0, \\
\frac{2n}{\pi} \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \{ T_0 (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \dot{u}_{\alpha, \alpha}^{(m)} - q_{\alpha, \alpha}^{(m)} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho g^{(m)} \} \\
- \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \{ T_0 (3\lambda + 2G) \hat{\alpha} \dot{u}_{\alpha, \alpha}^{(m)} - \hat{q}_{\alpha, \alpha}^{(m)} - \rho c_v \hat{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \} &= 0,
\end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 & \frac{2n}{\pi} \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0(3\lambda+2G) \hat{\alpha} \dot{u}_z^{(m)} - \hat{q}_z^{(m)} \} + \rho c_v \dot{T}^{(m)} - \rho g^{(m)} \right] \\
 & + \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \left[\frac{m\pi}{2b} \{ T_0(3\lambda+2G) \hat{\alpha} \dot{u}_z^{(m)} - q_z^{(m)} \} - \rho c_v \dot{T}^{(m)} + \rho \hat{g}^{(m)} \right] = 0.
 \end{aligned} \right\} \\
 & \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \left[A_{mn} \{ (\lambda+G) e_{,\alpha}^{(m)} + G \nabla^2 u_{\alpha}^{(m)} - (3\lambda+2G) \hat{\alpha} T_{,\alpha}^{(m)} \} - \bar{A}_{mn} m n \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 G u_{\alpha}^{(m)} \right. \\
 & \quad \left. - \frac{\pi}{2b} (A_{mn} m \lambda + \bar{A}_{mn} n G) \hat{u}_{z,\alpha}^{(m)} \right] \\
 & + \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \left[B_{mn} \left\{ (\lambda+G) \hat{e}_{,\alpha}^{(m)} + G \nabla^2 \hat{u}_{\alpha}^{(m)} - \left(\frac{n\pi}{2b} \right)^2 G \hat{u}_{\alpha}^{(m)} - (3\lambda+2G) \hat{\alpha} \hat{T}_{,\alpha}^{(m)} \right\} \right. \\
 & \quad \left. + \frac{1}{b} \bar{B}_{mn} (m^2 \lambda + n^2 G) u_{z,\alpha}^{(m)} \right] + \frac{1}{b} (F_{\alpha}^{(n)} + f_{\alpha}^{(n)}) \\
 & = \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} A_{mn} \dot{u}_{\alpha}^{(m)} + \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} B_{mn} \ddot{\hat{u}}_{\alpha}^{(m)}, \quad (n \geq 0); \\
 & \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \left\{ -\frac{\pi}{2b} (A_{mn} m G + \bar{A}_{mn} n \lambda) \hat{e}^{(m)} + \bar{A}_{mn} \frac{n\pi}{2b} (3\lambda+2G) \hat{\alpha} \hat{T}^{(m)} \right. \\
 & \quad \left. + A_{mn} G \nabla^2 u_z^{(m)} - \bar{A}_{mn} m n \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 (\lambda+2G) u_z^{(m)} \right\} \\
 & + \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \left[\frac{1}{b} \bar{B}_{mn} (m^2 G + n^2 \lambda) e^{(m)} + B_{mn} \left\{ G \nabla^2 \hat{u}_z^{(m)} - \left(\frac{n\pi}{2b} \right)^2 (\lambda+2G) \hat{u}_z^{(m)} \right\} \right. \\
 & \quad \left. - \frac{1}{b} \bar{B}_{mn} n^2 (3\lambda+2G) \hat{\alpha} T^{(m)} \right] + \frac{1}{b} (F_z^{(n)} + f_z^{(n)}) \\
 & = \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} A_{mn} \dot{u}_z^{(m)} + \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} B_{mn} \ddot{\hat{u}}_z^{(m)}, \quad (n \geq 0); \\
 & n \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \left[\frac{2}{\pi} \left\{ \left(\frac{m\pi}{2b} \right)^2 G u_{\alpha}^{(m)} - (\lambda+G) e_{,\alpha}^{(m)} - G \nabla^2 u_{\alpha}^{(m)} + (3\lambda+2G) \hat{\alpha} T_{,\alpha}^{(m)} \right\} \right. \\
 & \quad \left. + m \frac{1}{b} (\lambda+G) \hat{u}_{z,\alpha}^{(m)} \right] \\
 & + \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \left[\bar{A}_{mn} \{ (\lambda+G) \hat{e}_{,\alpha}^{(m)} + G \nabla^2 \hat{u}_{\alpha}^{(m)} - (3\lambda+2G) \hat{\alpha} \hat{T}_{,\alpha}^{(m)} \} \right. \\
 & \quad \left. - A_{mn} m n \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 G \hat{u}_{\alpha}^{(m)} + \frac{\pi}{2b} (\bar{A}_{mn} m \lambda + A_{mn} n G) u_{z,\alpha}^{(m)} \right] + \frac{1}{b} \bar{f}_{\alpha}^{(n)} \\
 & = -\frac{2n}{\pi} \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \dot{u}_{\alpha}^{(m)} + \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \ddot{\hat{u}}_{\alpha}^{(m)}, \quad (n \geq 1); \\
 & n \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \left\{ m \frac{1}{b} (\lambda+G) \hat{e}^{(m)} - \frac{2}{\pi} G \nabla^2 u_z^{(m)} + \frac{\pi}{2} \left(\frac{m}{b} \right)^2 (\lambda+2G) u_z^{(m)} - m \frac{1}{b} (3\lambda+2G) \hat{\alpha} \hat{T}^{(m)} \right\} \\
 & + \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \left\{ \frac{\pi}{2b} (\bar{A}_{mn} m G + A_{mn} n \lambda) e^{(m)} + \bar{A}_{mn} G \nabla^2 \hat{u}_z^{(m)} - A_{mn} m n \left(\frac{\pi}{2b} \right)^2 (\lambda+2G) \hat{u}_z^{(m)} \right. \\
 & \quad \left. - A_{mn} \frac{n\pi}{2b} (3\lambda+2G) \hat{\alpha} T^{(m)} \right\} + \frac{1}{b} \bar{f}_z^{(n)} \\
 & = -\frac{2n}{\pi} \rho \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \bar{B}_{mn} \dot{u}_z^{(m)} + \rho \sum_{m=0,2,\dots}^{\infty} \bar{A}_{mn} \ddot{\hat{u}}_z^{(m)}, \quad (n \geq 1). \quad (2.33)
 \end{aligned}$$

以上のように変位場，温度場を支配する面外，面内挙動の支配式は連成のない完全な分離形で表示でき，さらにここで示した結果は何ら項数の打ち切りを実施しない非定常な熱弾性を考慮した平板理論式であって，著者の一人が以前に提示した熱や温度変化を考慮しない場合の理論式²⁾の一般的な拡張となっている。

ところで，このように区分された面外，面内挙動の方程式系は，それぞれ無限項の連立偏微分方程式系を構成しており，これらを具体的な問題へ適用し解を得るためには適切な項数の打ち切りを実施する必要があるが，その手法は著者らの先の論文¹⁾とほぼ同様であるのでここでは省略する。

§ 3 むすび

非定常な温度場の応力，変位等の場の連成を考慮した3次元動熱弾性問題に対して，板厚方向に Fourier cosine & sine 級数で展開して2次元化平板理論を構成した結果を示した。これは著者らの先のベキ級数展開による結果¹⁾に対応するものであるが，式構成はそれに比較すればやや複雑となっている。

ここでは理論式の提示のみがなされているが，これらの理論式をベキ級数展開のそれと併せて，具体的な問題に適用した数値例とそれらの精度特性，項打ち切りに対する影響等についての考察結果を近く発表する予定である。

参 考 文 献

- 1) 平島健一・丸上晴朗，“非定常熱弾性特性を考慮した平板の一般化高次理論の誘導と二，三の考察”，*呉工業高等専門学校研究報告*，第20巻第2号（通巻35号），（1985），pp. 111-123.
- 2) 平島健一・根岸嘉和，“板厚方向にフーリエ級数展開した高次平板理論”，*土木学会論文報告集*，No. 341（1984），pp. 163-172.
- 3) Lee, P. C. Y. and Z. Nikodem, “An approximate theory for high frequency vibrations of elastic plates”, *Int. J. Solids Struct.*, Vol. 8 (1972), pp. 581-612.
- 4) Nikodem, Z. and P. C. Y. Lee, “Approximate theory of vibrations of crystal plates at high frequencies”, *Int. J. Solids Struct.*, Vol. 10 (1974), pp. 177-196.

（昭和60年4月15日受付）

〔注〕子突・子璽・子儀之母皆有寵

〔傳〕弗從、夏、鄭莊公卒、初祭封人仲足有寵於莊公

〔注〕祭鄭地、陳留長垣縣東北有祭城、封人守封疆者、因以所守爲氏

〔傳〕莊公使爲卿、爲公娶鄧曼、生昭公、故祭仲立之

〔注〕曼鄧姓

〔傳〕宋雍氏女於鄭莊公、曰雍媧、生厲公

〔注〕雍氏、媧姓、宋大夫也、以女妻人曰女

〔傳〕雍氏宗伯有寵於宋莊公、故誘祭仲而執之

〔注〕祭仲之如宋、非會非聘、見誘而以行人應命

〔疏〕注祭仲 應命

正義に曰はく、「傳」に「誘ひて之を執ふ」と言へば、則ち祭仲は誘はれて宋に如き、宋に在りて執へらる。執は會に在らざれば、會に非ざるを知るなり。誘はれて往けば、聘に非ざるを知るなり。直ちに、誘はれて、行人を以て彼の宋の命に應ずると爲すなり。行人とは、宋に行往するを謂ふのみ。①劉炫云ふ、「杜(預)

は、行人を稱せざるの義を成さんと欲するが故に、行人を以て之を言ふ」と。

① 劉炫 『春秋規過』 本疏引。

〔傳〕曰、不立突、將死、亦執厲公而求賂焉、祭仲與宋人盟、以厲公歸而立之、秋、九月丁亥、昭公奔衛、己亥、厲公立

(未完)

(昭和六十年四月十五日受付)

飲酒擊鍾焉、朝至未已、朝者曰、公焉在、其人曰、吾公在壑谷」とある。

〔傳〕我以銳師宵加於鄭、鄭有虞心、而恃其城

〔注〕恃近其城

〔疏〕鄭有虞心

正義に曰はく、鄭人は、日に四邑の至るを虞り、其の己と勢を合はせんことを冀ひ、外援を虞度するの心有りて、又自ら城に近きことを恃む。故に鬪志無きなり。

〔傳〕莫有鬪志、若敗鄭師、四邑必離、莫敖曰、盍請濟師於王

〔注〕盍何不也、濟益也

〔傳〕對曰、師克、在和不在衆、商・周之不敵、君之所聞也

〔注〕商紂也、周武王也、傳曰、武王有亂臣十人、紂有億兆夷人

〔疏〕注商紂、夷人

正義に曰はく、『古文尙書』泰誓に曰はく、「受(紂の名)に億兆の夷人有り。離心・離徳なり。予に亂臣十人有り。同心・同徳なり」と。昭(公)二十四年傳に之を引きて云ふ、「亦離徳有り」と。已に本と少しく殊なり。此の(杜預)注に「予」を改め

て「武王」と爲し、又其の前後を倒するは、文を便にするのみ。(杜預注に)「『傳』に曰はく」と言ふと雖も、「傳」の本文に非ず。劉炫云ふ、「以て商・周の不適なるを證せんと欲するが故に、先少なくして後多くするにて、文を便にするには非ず」と。

① 『古文尙書』 『尙書』周書・泰誓に「受有億兆夷人、

離心離徳、予有乱臣十人、同心同徳、雖有周視、不如仁人」とある。

② 昭(公)二十四年傳 昭公二十四年伝に「大誓曰、紂有

億兆夷人、亦有離徳、余有乱臣十人、同心同徳、此周所以興也」とある。

③ 『傳』 注②参照。

④ 劉炫 『春秋左氏伝述義』 本疏引。

〔傳〕成軍以出、又何濟焉、莫敖曰、卜之、對曰、卜以決疑、不疑

何卜、遂敗鄭師於蒲騷、卒盟而還

〔注〕卒盟貳・軫

〔傳〕鄭昭公之敗我戎也

〔注〕在六年

〔傳〕齊人將妻之、昭公辭、祭仲曰、必取之、君多内寵、子無大援、

將不立、三公子皆君也

① 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

〔傳〕 楚屈瑕將盟貳・軫

〔注〕 貳・軫二國名

〔傳〕 鄆人軍於蒲騷、將與隨・絞・州・蓼伐楚師

〔注〕 鄆國在江夏、雲杜縣東南有鄆城、蒲騷鄆邑、絞國名、州國在南郡華容縣東南、蓼國今義陽棘陽縣東南湖陽城

〔傳〕 莫敖患之

〔注〕 莫敖楚官名、即屈瑕

〔傳〕 鬬廉曰、鄆人軍其郊、必不誠、且日虞四邑之至也

〔注〕 虞度也、四邑隨・絞・州・蓼也、邑亦國也

〔疏〕 注邑亦國也

正義に曰はく、『書』に「洛邑に宅せんと欲す」と云ひ、「傳」毎に「敝邑」と云ふ、是れなり。

① 『書』 『尚書』周書・召誥の序に「成王在豊、欲宅洛

邑、使召公先相宅、作召誥」とある。

② 敝邑 一例を示すと、成公二年伝に「大國朝夕積憾於敝邑之地」とあり、杜預注に「大國謂齊、敝邑魯・衛自称」とある。

〔傳〕 君次於郊郢、以禦四邑

〔注〕 君謂屈瑕也、郊郢楚地

〔疏〕 注君謂屈瑕也

正義に曰はく、『禮』坊記に云ふ、「禮に、君は天と稱せず。大夫は君と稱せず。民の惑はんことを恐るればなり」と。然らば則ち大夫は君と稱するを得ず。此れ屈瑕を謂ひて君と爲すは、楚は王號を僭し、縣尹は公を稱するが故に、卿を呼んで君と爲す。大夫は、正法にては當に呼んで主と爲すべし。昭(公)元年傳に「醫和、趙文子に謂ひて曰はく、主は晉國を相く」と、是れ其の事なり。祁盈の臣は祁盈を謂ひて君と爲し、伯有の臣は伯有を謂ひて公と爲す。是れ家臣、其の主を稱するのみ。

① 『禮』 『礼記』坊記に「春秋不稱楚・越之王喪、礼君

不称天、大夫不称君、恐民之惑也」とある。

② 昭(公)元年傳 昭公元年伝に「出告趙孟、趙孟曰、誰当良臣、対曰、主是謂矣、主相晋國於今八年」とある。

③ 祁盈の臣 昭公二十八年伝に「晋侯執祁盈、祁盈之臣曰、鈞將皆死、君聞勝与臧之死也以為快」とある。

④ 伯有の臣 襄公三十年伝に「鄭伯有嗜酒、為窟室、而夜

説は忽^②の復歸に在り。

① 傳（公）九年傳 傳公九年經に「春、王三月丁丑、宋公

御説卒、夏、公會宰周公・齊侯・宋子・衛侯・鄭伯・許男・

曹伯于葵丘」「冬、晋里克殺其君之子奚齊」とあり、「伝」

に「春、宋桓公卒、未葬而襄公會諸侯、故曰子、凡喪、王曰

小童、公侯曰子」「冬、十月、里克殺奚齊于次、書曰殺其君

之子、未葬也」とある。

② 忽の復歸 桓公十五年經に「五月、鄭伯突出奔蔡、鄭世

子忽復歸于鄭」とある。

〔經〕 柔會宋公・陳侯・蔡叔盟于折

〔注〕 無傳、柔魯大夫、未賜族者、蔡叔蔡大夫、叔名也、折地闕

〔疏〕 注柔魯 〱 地闕

正義に曰はく、柔は族を稱せざるを以て、無駭と相類す。是れ族の稱すべきこと無ければ、其の未だ族を賜はざるを知るなり。

亦蔡叔は善く嘉すべきこと無きを以て、叔は是れ名なるを知る。叔も亦族無きは、蓋し亦未だ族を賜はざるなり。

① 無駭 隱公二年經に「無駭帥師入極」とあり、杜預注に

「無駭魯卿、極附庸小国也、無駭不書氏、未賜族、例在八年也」とある。

〔經〕 公會宋公于夫鍾

〔注〕 無傳、夫鍾成地

〔經〕 冬、十有二月、公會宋公于闕

〔注〕 無傳、闕魯地、在東平須昌縣東南

〔傳〕 十一年、春、齊・衛・鄭・宋盟于惡曹

〔注〕 宋不書、經闕

〔疏〕 注宋不書經闕

正義に曰はく、丘明、「傳」を作すは、本より「經」を解するを以てす。「經」「傳」同じからざるは、皆「傳」は是れ其の實なり。今「傳」に宋有りて「經」に宋無きは、是れ「經」の闕文なるを知る。宋は大國爲るも、「傳」鄭の下に處くは、是れ史文の舊闕は「傳」先づ「經」の有る所を挙げ、乃ち闕くる者を以て之を實たす。故に後に宋を言ふのみ。盟の序列に宋、下に在るを謂ふには非ざるなり。服虔以爲へらく、「宋を書せざるは、宋、盟に後るるなり」と。宋若し盟に後るれば、盟に本より宋無し。

「傳」に齊・衛・鄭・宋、此の盟を爲すと言ふを得ざるなり。

「傳」の上下、例として虚しく「經」文を擧げず。此の盟を擧ぐるは、「經」に宋を闕くるが爲の故なり。

② 昭(公)八年 昭公八年経に「楚人執陳行人干徵師殺之」とあり、「伝」に「楚人執陳行人干徵師殺之、罪不在行人也」とある。

③ 『釋例』 『春秋積例』執大夫行人例第二十六に見える。

④ 襄(公)十一年 襄公十一年経に「楚人執鄭行人良霄」とあり、「伝」に「楚人執之、書曰行人、言使人也」とある。

⑤ 莊公二十七年経に「春、齊人執鄭詹」とあり、杜預注に「不称行人罪之也」とある。

⑥ 劉君 劉炫『春秋規過』 本疏引。

⑦ 蕭叔 莊公二十三年経に「蕭叔朝公」とあり、杜預注に「蕭附庸国也、叔名也」とある。

⑧ 劉(炫) 劉炫『春秋規過』 本疏引。

〔經〕 突歸于鄭

〔注〕 突厲公也、爲宋所納、故曰歸、例在成十八年、不稱公子、從告也、文連祭仲、故不言鄭

〔疏〕 注突厲 言鄭

正義に曰はく、成(公)^①十八年傳例に曰はく、「諸侯、之を納るるを歸と曰ふ」と。此れ宋の納るる所と爲るが故に歸と曰ふを知るなり。突は實に公子にして公子を稱せざるは、「傳」に褒貶の例無ければ、告者の辭に従ふを知る。告者、「公子」を言はざるが故に、稱せざるなり。^②十五年「許叔、許に入る」、^③十七年「蔡季、蔡に歸る」は、皆字を以て國に繋く。突、鄭に繋けざる

は、文は祭仲に連なり、祭仲の上に已に鄭の字有りて上の鄭の文を蒙るを以ての故に、鄭を言はざるなり。宋人、仲を執へて突を納るるは、乃ち是れ一事の連書なるを以ての故に、突は上文を蒙るを得。鄭の忽の衛に奔るは、則ち鄭人別に告ぐ。故に上文に連ねず。

① 成(公)十八年 成公十八年伝に「凡去其国、国逆而立之曰入、復其位曰復歸、諸侯納之曰歸、以惡入曰復入」とある。

② 十五年 桓公十五年経に「許叔入于許」とある。

③ 十七年 桓公十七年経に「秋、八月、蔡季自陳歸于蔡」とある。

〔經〕 鄭忽出奔衛

〔注〕 忽昭公也、莊公既葬、不稱爵者、鄭人賤之、以名赴

〔疏〕 注忽昭 名赴

正義に曰はく、僖(公)^①九年傳に曰はく、「宋の桓公卒す。未だ葬らずして襄公、諸侯に會す。故に子と曰ふ。里克、奚齊を次に殺す。書して其の君の子を殺すと曰ふは、未だ葬らざればなり」と。彼は未だ葬れざるを以ての故に、父に繋く。既に葬れば則ち君と成るを知らば、此れ莊公既に葬れば、則ち忽は君と成るなり。宜しく鄭伯出奔すと書すべきも、今、忽の名を書するは、鄭人之を賤しめ、名を以て赴ぐるを知るなり。其の之を賤しむるの意は、

〔注〕同盟於元年、赴以名

〔經〕秋、七月、葬鄭莊公

〔注〕無傳、三月而葬、速

〔經〕九月、宋人執鄭祭仲

〔注〕祭氏、仲名、不稱行人、聽迫脅以逐君、罪之也、行人例在襄十一年、釋例詳之

〔疏〕注祭氏、詳之

正義に曰はく、莊(公)二十五年「陳侯、女叔をして來聘せしむ」の「傳」に曰はく、「之を嘉す。故に名いはず」と。是れ諸侯の卿には之を嘉して乃ち名いはざれば、則ち法に於いて當に名を書すべし。祭仲の行に嘉すべきこと無ければ、仲は其の字に非ざるを知る。故に(杜預注に)「祭は氏、仲は名なり」と云ふなり。祭仲は鄭の卿にして、宋に至りて執へらるれば、必ず是の行は宋に至るなり。行使にて執へらるるの例は、「行人」を稱す。此は當に鄭の行人を執ふと云ふべくして、「行人」を稱せざるは、宋の迫脅を聽きて以て其の君を逐ひ出だし、之を罪するが故に、「行人」を稱せざるなり。昭(公)八年「楚人、陳の行人の于徵師を執へて之を殺す」の「傳」に曰はく、「罪は行人に在らざるなり」と。罪在らざれば、則ち「行人」を稱するを以て、祭仲の罪其の身に在るが故に「行人」を去るを知るなり。〔釋例〕に曰

はく、「祭仲の宋に如くは、會に非ず、聘に非ず。誘はるるに與かり、而して行人を以て命に應じ、節に死すること能はず。僞りを挾んで其の君を篡す。故に『經』に『行人』を稱せずして以て之を罪す」と。是れ仲を罪するの意を説くなり。襄(公)十一年「楚人、鄭の行人良霄を執ふ」の「傳」に曰はく、「書して行人と曰ふは、使人を言ふなり」と。是れ變例なり。「傳」に「祭仲を誘ひて之を執ふ」と稱すれば、則ち本より行人に非ざるが故に「經」に言はず。杜(預)必ず、行人を以て命に應ずるは、之を罪するが故に「行人」を稱せざると知るは、祭仲若し宋に至らざれば、宋人は何ぞ之を執ふるを得んや。既に宋に往き至るは、即ち是れ事に困りて行く。亦既に事に困りて行くは、便ち使人の例爲り。杜(預)、^①「傳」文に「誘」を稱するを以ての故に、其の本意を序して言ふ。聘に非ず、會に非ず。宋の迫脅を聽くが故に行人を稱せずして之を罪す、と。(本年)「經」と「齊人・鄭の詹を執ふ」の文とは、亦何ぞ異なるや。劉君、^②「祭仲は是れ字なり。鄭人、之を嘉す」を以て、妄りに杜氏を規す。就劉(炫)の言の如きも、既に(杜預注に)其の君を逐ふを罪すと云へば、何を以て嘉して字を稱せん。杜(預)、^③蕭叔は字に非ざるを以ての故に、祭仲は是れ名なるを知る。仲既に名を書して罪を爲せば、則ち「行人」と稱せざるは是れ其の貶責なり。劉(炫)云ふ、「祭仲は本より行人に非ず」とは、未だ何の據る所有るかを知らず。

① 莊(公)二十五年 莊公二十五年經に「春、陳侯使女叔來聘」とあり、「伝」に「春、陳女叔來聘、始結陳好也、嘉之故不名」とある。

〔注〕 人利其璧、以璧爲罪

〔疏〕 匹夫無罪

正義に曰はく、士・大夫以上は則ち妾・媵有り。庶人は惟夫妻相匹するのみ。其の名既に定まる。單なりと雖も亦通するが故に、書傳通して之を匹夫・匹婦と謂ふなり。

〔傳〕 吾焉用此、其以賈害也

〔注〕 賈買也

〔傳〕 乃獻、又求其寶劍、叔曰、是無厭也、無厭將及我

〔注〕 將殺我

〔傳〕 遂伐虞公、故虞公出奔共池

〔注〕 共池地名、闕

〔傳〕 冬、齊・衛・鄭來戰于郎、我有辭也、初北戎病齊

〔注〕 在六年

〔傳〕 諸侯救之、鄭公子忽有功焉、齊人饋諸侯、使魯次之、魯以周班後鄭、鄭人怒、請師於齊、齊人以衛師助之、故不稱侵伐

〔注〕 不稱侵伐、而以戰爲文、明魯直諸侯曲、故言我有辭、以禮自釋、交綏而退、無敗績

〔傳〕 先書齊・衛、王爵也

〔注〕 鄭主兵、而序齊・衛下者、以王爵次之也、春秋所以見魯猶秉周禮

〔疏〕 注鄭主、周禮

正義に曰はく、「傳」に「先づ齊・衛を書す」と言へば、則ち齊・衛は合に先づ書すべからずして、當に先づ鄭を書すべきなり。

「春秋」の例として、兵を主る者は先づ書す。此は則ち鄭人兵を主れば、鄭は宜しく先に在るべし。而るに先づ齊・衛を序するは、王爵は齊・衛は侯爲りて、鄭伯よりも尊し。故に王爵の尊卑を以て序を爲すなり。主兵の例に依らずして王爵を以て序するは、魯は諸侯の成りを班つに王爵を以て次を爲す。鄭の（公子）忽、功を負みて怒りを懷き、此の師有るを致す。故に特に常例を改めて、還つて王爵を以て之を次す。魯の猶周の禮を秉るを見すが故なり。

(三九)

〔經〕 十有一年、春、正月、齊人・衛人・鄭人盟于惡曹

〔注〕 惡曹地、闕

〔經〕 夏、五月癸未、鄭伯寤生卒

師下大夫四人

○夏官・政官之属——大司馬卿一人、小司馬中大夫二人、軍司馬下大夫四人

○秋官・刑官の属——大司寇卿一人、小司寇中大夫二人、士師下大夫四人

〔傳〕詹父有辭、以王師伐虢、夏、虢公出奔虞

〔注〕虞國在河東太陽縣

〔疏〕注虞國——陽縣

正義に曰はく、「譜」に云ふ、「虞は姬姓なり。周の大王の子にして、大伯の弟の仲雍なり。是れ虞仲爲り。大伯の後を嗣ぐ。武王、商に克ち、虞仲の庶孫を封じて以て虞仲の後と爲す。中國に處して西虞と爲る。後世、之を虞公と謂ふ。僖（公）五年、晉之を滅ぼす」と。「地理志」に「河東の大陽縣は、周の武王、大伯の後を封ず。是れ虞公爲り」と。「志」に「大伯の後」と言ふは、仲雍、大伯を嗣ぐるを以ての故なり。

① 「譜」 『春秋釈例』世族譜第四十五之下に見える。

② 僖（公）五年 僖公五年伝に「冬、十二月丙子朔、晋滅虢、虢公醜奔京師、師還、館于虞、遂襲虞滅之」とある。

③ 「地理志」 『漢書』地理志第八上の一の河東郡に「大陽、吳山在西、上有吳城、周武王封太伯後於此、是爲虞公、爲晋所滅、有天子廟、葬曰勤田」とある。

〔傳〕秋、秦人納芮伯萬于芮

〔注〕四年、圍魏所執者

〔傳〕初、虞叔有玉

〔注〕虞叔虞公之弟

〔疏〕注虞叔虞公之弟

正義に曰はく、祭叔既に祭公の弟と爲せば、虞叔も亦是れ虞公の弟なるを知る。

① 祭叔 莊公二十三年経「祭叔來聘」の杜預注に「穀梁以祭叔爲祭公來聘魯、天子内臣不得外交、故不使、不与其得使聘」とあり、孔穎達正義に「杜言爲祭公來聘者、但祭叔連祭爲文、必是祭人、虞叔是虞公之弟、此祭叔或是祭公之弟、故以爲爲祭公來聘、天子内臣、不得外交諸侯、故不言使、不与其得使聘也」とある。

〔傳〕虞公求旃

〔注〕旃之也

〔傳〕弗獻、既而悔之曰、周諺有之、匹夫無罪、懷璧其罪

〔注〕無傳、衛侯與公爲會期、中背公、更與齊・鄭、故公獨往、而
不相遇也、桃丘衛地、濟北東阿縣東南有桃城

〔經〕冬、十有二月丙午、齊侯・衛侯・鄭伯來戰于郎

〔注〕改侵伐而書來戰、善魯之用周班、惡三國討有辭

〔疏〕注改侵、有辭

正義に曰はく、『周禮』大司馬に「九伐の法を以て邦國を正す。賢を賊そとひ、民を害すれば、則ち之を伐つ。固を負たごんで服せざれば、則ち之を侵す」と。然らば則ち侵伐とは、師旅、罪を討つの名なり。魯は周の禮を以て班を爲せば、則ち魯に禮有り。三國、「有禮」を伐つは、是れ「有辭」を討つなり。『春秋』は魯の周班を用ふるを善とし、三國をして之を伐つを得さしめず。故に「侵伐」を改めて「來戰」と書す。三國自ら來り戰ひて、魯人は戰ひに與らざるが若ごときを言ふなり。『釋例』に曰はく、「齊侯・衛侯・鄭伯來りて郎に戰ふとは、夫子は魯人の周班を乘るを善とし、三國に有禮を伐つを惡にくむ。故に王爵を正して以て周制を表し、侵伐を去りて以て無罪を見す。此れ聖人、王室を扶獎し、大教を敦崇する所以なり。故に常例を改めて以て特に之を見す」と。是れ其の義なり。

① 『周禮』大司馬 『周礼』夏官・大司馬に「以九伐之法

正邦國、馮弱犯寡、則責、賊賢害民、則伐之、暴内陵外、則壇之、野荒民散、則削之、負固不服、則侵之、賊殺其親、則

正之、放弑其君、則殘之、犯令陵政、則杜之、外内乱、鳥獸行、則滅之」とある。

② 『釋例』 『春秋釈例』侵伐襲例第十二に見える。

〔傳〕十年、春、曹桓公卒

〔注〕終施父之言

〔傳〕虢仲譖其大夫詹父於王

〔注〕虢仲王卿士、詹父屬大夫

〔疏〕注虢仲、大夫

正義に曰はく、『周禮』に、每卿の下に皆大夫有り。「傳」に「其の大夫を譖す」と言ふは、是れ己に屬するの大夫にて、虢の大夫に非ざるを知るは、若し虢國の大夫なれば虢仲自ら罪を加ふるを得て、之を王に譖するを爲すこと無し。且つ其の若し是れ虢人なれば、王師を以てて虢を伐つことを得ざるが故なり。

① 『周禮』

○天官・治官之属——大宰卿一人、小宰中大夫二人、宰夫下大夫四人

○地官・教官之属——大司徒卿一人、小司徒中大夫二人、鄉師下大夫四人

○春官・礼官之属——大宗伯卿一人、小宗伯中大夫二人、肆

ば子・男に繼ぐとは、並びに是れ其の君より降下するなり。寧んぞ是れ父の位に安居せんや」と。

- ① 『周禮』 『周礼』春官・典命に「凡諸侯之適子、誓於天子、撰其君、則下其君之礼一等、未誓、則以皮帛繼子・男」とあり、鄭玄注に「誓猶命也、言誓者、明天子既命以為之嗣、樹子不易也、春秋桓九年、曹伯使其世子射姑來朝、行国君之礼、是也」とある。

② 鄭玄 注①参照。

③ 『釋例』 『春秋釈例』会盟朝聘例第二に見える。

④ 『周禮』 注①参照。

⑤ 「掌客」 『周礼』秋官・掌客

⑥ 「聘禮」 『儀礼』聘礼

『太平御覽』卷一四六皇親部十二太子の部所引服虔注に「曹伯有故、使其太子撰而朝、曲礼曰、諸侯之嫡子撰其君、未誓於天子、則以皮帛繼子・男、如諸子之上卿、礼也、上卿出入三積、食三牢、牽二牢、一享一食宴之也」とある。

⑦ 僖(公)二十九年傳 僖公二十九年伝に「在礼、卿不会公・侯、会伯・子・男可也」とある。

⑧ 昭(公)二十三年傳 昭公二十三年伝に「叔孫曰、列国之卿、当小国之君、固周制也」とある。

⑨ 何休の『膏肓』 何休『左氏膏肓』 本疏引。

⑩ 鄭(玄) 鄭玄『箴膏肓』 本疏引。

⑪ 蘇(寛) 蘇寛『春秋左伝義疏』 本疏引。

〔傳〕 享曹大子、初獻、樂奏而歎

〔注〕 酒始獻

〔傳〕 施父曰、曹大子、其有憂乎、非歎所也

〔注〕 施父魯大夫

〔疏〕 非歎所也

正義に曰はく、服虔云ふ、「古の享食を爲すは、威儀を觀、福禍を省みる所以なり。喪無くして戚憂ふるは必ず讎あり。今、大子は樂に臨みて歎ず。是れ父將に死せんとして兆先づ見るなり」と。

① 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

〔經〕 十年、春、王正月庚申、曹伯終生卒

〔注〕 未同盟、而赴以名

〔經〕 夏、五月、葬曹桓公

〔注〕 無傳

〔經〕 秋、公會衛侯于桃丘、弗遇

ぐ」と。既に國を以て嬴に配せば、則ち梁は嬴姓爲り。「世本」に「荀・賈は皆姫姓なり」と。僖(公)十九年に、秦人、梁を滅ぼす。荀・賈は誰か之を滅ぼすかを知らず。晉の大夫に荀氏・賈氏有り。蓋し晉、之を滅ぼして以て大夫に賜ひしならん。

① 「地理志」 『漢書』地理志第八上の一の左馮翊に「夏陽、故少梁」とある。

② 僖(公)十七年傳 僖公十七年伝に「惠公在梁也、梁伯妻之、梁嬴孕過期、卜招父与其子卜之」とある。

③ 『世本』 本疏引。

④ 僖(公)十九年 僖公十九年経に「梁亡」とあり、「伝」に「秦遂取梁」とある。

〔傳〕冬、曹大夫來朝、賓之以上卿、禮也

〔注〕諸侯之適子、未誓於天子、而攝其君、則以皮帛繼子・男、故賓之以上卿、各當其國之上卿

〔疏〕注諸侯(上卿)

正義に曰はく、「子男に繼ぐ」以上は、皆『周禮』典命職の文なり。鄭玄云ふ、「誓は猶命のごときなり。誓と言ふは、天子既に命じて以て之が嗣と爲し、子を樹つこと易へざるを明らかにするなり」と。『釋例』に曰はく、「『周禮』に『諸侯の適子、天子に誓へば、則ち其の君の禮より下すこと一等。未だ誓はざれば、則ち皮帛を以て子・男に繼ぐ』と。此れ公・侯・伯・子・男の世

子の出會朝聘の儀を謂ふなり。誓ふとは、天子に告げて正に以て世子と爲し、天子の報命を受くるものなり。未だ誓はずとは、國に在りては之を正とするも、而も未だ天子に告げざるものを謂ふなり。曹の世子は未だ誓はざるして來るが故に、之を賓するに上卿を以てし、諸侯の上卿に比ぶるを謂ふ。子・男の末に繼ぐるの命數相準ずるが故なり」と。是れ曹の大夫未だ誓はざるの故に由りて、之を賓するに上卿を以てするを謂ふ。賓客を以て之を待するに、上卿の禮に同じくするを謂ふなり。卿禮の殮饗積善の數は、

「掌客」に略其の事有り。「傳」に未だ誓はずと言はざるも、曹の大夫は必ず未だ誓はざるを知るは、若し誓へば則ち其の君より下すこと一等のみ。侯・伯の子は當に子・男の如くなるべく、徒に上卿の禮を以て之を待するを得ざるなり。『釋例』は世子を摠べ論ずるが故に、「諸侯の上卿に比ぶ」と言ふ。此れ曹國を指し説くが故に、分明して之を辨じて(杜預注に)「各々其國の上卿の如し」と云ふ。僖(公)二十九年傳に曰はく、「禮に在りては、卿は公・侯に會せず。伯・子・男に會するは、可なり」と。昭(公)二十三年傳に曰はく、「列國の卿は小國の君に當たる。固より周の制なり」と。然らば則ち小國の君は、乃ち大國の卿に當たる。小國の世子は必ず大國の卿に當たるを得ざるが故に、各々其の國の上卿の如くなるを知るのみ。何休の『膏肓」

に以爲へらく、「左氏、人の子は父の位に安處するを以てして、衰世に失を救ふとの宜を尤非するは、義に於いて左氏を短と爲す」と。鄭(玄)箴して云ふ、「必ず言ふ所の如くんば、父に老耄罷病有れば、孰か當に其の政を理し、王事を預かるべきや」と。蘇(寛)云ふ、「天子に誓へば君より下ること一等、未だ誓はざれ

誰敢違之、既乃与巴姬密埋璧於大室之庭」とある。
③ 文(公)十六年 文公十六年経に「楚人・秦人・巴人滅庸」とある。

〔傳〕 楚子使道朔將巴客以聘於鄧

〔注〕 道朔楚大夫、巴客韓服

〔傳〕 鄧南鄙鄧人、攻而奪之幣

〔注〕 鄧在今鄧縣南、沔水之北

〔傳〕 殺道朔及巴行人、楚子使蔭章讓於鄧、鄧人弗受

〔注〕 言非鄧人所攻

〔傳〕 夏、楚使鬬廉帥師及巴師圍鄧

〔注〕 鬬廉楚大夫

〔傳〕 鄧養甥・聃甥帥師救鄧、三逐巴師、不克

〔注〕 二甥皆鄧大夫

〔疏〕 三逐巴師不克

正義に曰はく、「三たび巴の師を逐ふ」とは、鄧の師、巴の師を逐ふを謂ふなり。「不克——克たず」とは、楚・巴、鄧に克つこと能はざるを謂ふ。故に鬬廉は權を設けて以て之を誘ふ。

〔傳〕 鬬廉衡陳其師於巴師之中、以戰而北

〔注〕 衡横也、分巴師爲二部、鬬廉横陳於其間、以與鄧師戰、而僞北、北走也

〔傳〕 鄧人逐之、背巴師、而夾攻之

〔注〕 楚師僞走、鄧師逐之、背巴師、巴師攻之、楚師自前還與戰

〔傳〕 鄧師大敗、鄧人宵潰

〔注〕 宵夜也

〔傳〕 秋、虢仲・芮伯・梁伯・荀侯・賈伯伐曲沃

〔注〕 梁國在馮翊夏陽縣、荀・賈皆國名

〔疏〕 注梁國 國名

正義に曰はく、「地理志」に云ふ、「馮翊の夏陽縣は、故の少梁なり」と。是れ梁は夏陽に在るなり。僖(公)十七年伝に曰はく、「惠公の梁に在るや、梁伯之に妻あはず。梁嬴孕みて期を過

と「大」とは字義通ずるなり。

大叔(哀11伝)

① 世子射姑(桓9経)—— 太子(桓9伝)

世子忽(桓15経)—— 太子忽(桓6伝)

世子申生(僖5経)—— 太子申生(僖5伝、莊28伝、閔

元・2伝)

世子華(僖7経)—— 太子華(僖7伝)

世子商臣(文元経)—— 太子商臣(僖33伝)

太子(文元伝)

世子臧(宣18経)—— 太子臧(宣18伝)

世子光(襄3・5・

太子光(襄元・10・11伝)

9・10・11経)—— 太子巫(襄5経)

世子痤(襄26経)—— 太子痤(襄26伝)

世子般(襄30経)—— 太子般(襄30伝)

世子佐(昭4経)—— 太子佐(昭4・6伝)

世子偃師(昭8経)—— 太子偃師(襄25伝)

悼太子偃師(昭8伝)

世子止(昭19経)—— 太子止(昭19伝)

世子蒯聩(定12経)—— 太子蒯聩(定14伝・哀15伝)

哀2・6経)—— 太子(哀2伝)

② 世叔申(昭32経)—— 大叔懿子(哀11伝)

世叔儀(襄29経)—— 大叔儀(襄14・24伝)

大叔文子(襄25・26・29伝)

世叔齊(襄29経、哀11経)—— 大叔疾(哀11・25伝)

〔傳〕九年、春、紀季姜歸于京師、凡諸侯之女、唯王后書

〔注〕爲書婦人行例也、適諸侯、雖告魯猶不書

〔傳〕巴子使韓服告于楚、請與鄧爲好

〔傳〕韓服巴行人、巴國在巴郡江州縣

〔疏〕注韓服、州縣

正義に曰はく、巴の使^レひする所を以ての故に、巴の行人と言ふ。行人とは使人を謂ふなり。〔地理志〕に「巴郡は、故の巴國なり」と。江州は是れ其の治下の縣なり。昭(公)十三年に「楚の共王、巴姫と璧を埋む」と、則ち巴國は姬姓なり。此の年の「傳」、文(公)十六年の秦・楚と庸を滅ぼす以後は見えず。蓋し楚、之を滅ぼさん。

(三三)

① 「地理志」 『漢書』地理志 本疏引。現行本『漢書』

地理志第八上三には「巴郡、秦置、属益州」とある。王先謙の補注に「王念孫曰、左伝正義云、地理志巴郡故巴國、拠此、則巴郡秦置下有故巴國三字」とある。

② 昭(公)十三年 昭公十三年伝に「初共王無冢適、有寵子五人、無適立焉、乃大有事于群望、而祈曰、請神於五人者、使主社稷、乃徧比璧見於群望、曰、当璧而拜者、神所立也、

〔注〕 速杞隨地、逸逃也

〔傳〕 鬬丹獲其戎車與其戎右少師

〔注〕 鬬丹楚大夫、戎車君所乘兵車也、戎右車右也、寵之、故以爲右

〔傳〕 秋、隨及楚平、楚子將不許、鬬伯比曰、天去其疾矣

〔注〕 去疾謂少師見獲而死

〔傳〕 隨未可克也、乃盟而還、冬、王命虢仲、立晉哀侯之弟緡于晉

〔注〕 虢仲王卿士、虢公林父

〔傳〕 祭公來、遂逆王后于紀、禮也

〔注〕 天子娶於諸侯、使同姓諸侯爲之主、祭公來受命於魯、故曰禮

〔經〕 九年、春、紀季姜歸于京師

〔注〕 季姜桓王后也、季字、姜紀姓也、書字者、伸父母之尊

〔疏〕 注季姜之尊

正義に曰はく、時は桓王に當たるが故に、「桓王の後なり」と云ふ。①『公羊傳』に曰はく、「其の紀の季姜と稱するは何ぞ。我よりして紀と言ふ。父母の子に於けるや、天王の後爲りと雖も、猶吾が季姜と曰ふ。是れ父母の尊を申ぶるなり」と。②『公羊』に又曰はく、「京師とは何ぞ。天子の居なり。京とは何ぞ。大なり。師とは何ぞ。衆なり。天子の居は必ず衆の辭を以て之を言ふ」と。

① 『公羊傳』 『公羊伝』桓公八年に「其辭成矣、則其稱

紀季姜何、自我言紀、父母之於子、雖為天王后、猶吾季姜、

京師者何、天子之居也、京者何、大也、師者何、衆也、天子之居、必以衆大之辭言之」とある。

② 『公羊』 注①参照。

〔經〕 夏、四月、秋七月、冬、曹伯使其世子射姑來朝

〔注〕 曹伯有疾、故使其子來朝

〔疏〕 注曹伯來朝

正義に曰はく、朝禮は當に君自親ら行ふべくして、應に天子を使ひすべからざるなり。享するに當たりて天子歎ず。明年にして曹伯卒す。其の疾有るが故に天子をして來朝せしむるを知るなり。天子には合に「朝」を稱すべからざるも、父事を攝行するが故に「朝」を言ふなり。

諸々「經」に「世子」^①及び「衛の世叔申」^②を稱して、「經」は「世」字に作り、「傳」に皆「大」と爲す。然らば則ち古は「世」

〔注〕 黄國今弋陽縣

〔傳〕 使葦章讓黄

〔注〕 責其不會

〔傳〕 楚子伐隨、軍於漢淮之間、季梁請下之、弗許而後戰

〔注〕 下之請服也

〔疏〕 漢淮之間

一 正義に曰はく、漢・淮は二水の名。漢・淮の間とは、漢の北、淮の南なり。〔禹貢〕^①に云ふ、「嶧冢、濊を導き、東流して漢と爲る。又東して滄浪の水と爲り、三澁を過ぎて大別に至り、南して江に入る」と。孔安國^②云ふ、「泉始めて山より出で濊水と爲る。東南に流れて汚水と爲り、漢中に至りて東行し、漢水と爲る」と。〔釋例〕^③に曰はく、「漢は一名汚水。武都沮縣より出で、東のかた漢中魏興を経て南陽に至り、東南のかた襄陽を経て江夏安陸縣に至り、江に入る」と。〔禹貢〕^④に又云ふ、「淮を導き、桐柏自りす。東のかた泗沂に會し、東のかた海に入る」と。〔釋例〕^⑤に曰はく、「淮は義陽平氏縣の桐柏山の東北より出で、汝陰・淮南・譙國・沛國・下邳を経て廣陵縣に至り、海に入るなり」と。

① 「禹貢」

『尚書』夏書・禹貢に「嶧冢導濊、東流為漢、

又東為滄浪之水、過三澁、至于大別、南入于江」とあり、孔

安國伝に「泉始出山為濊水、東南流為汚水、至漢中東行、為漢水」とある。

② 孔安國 注①参照。

③ 『釋例』 『春秋釈例』土地名第四十四之三の水名の項に見える。

④ 「禹貢」 『尚書』夏書・禹貢に「導淮、自桐柏、東会于泗沂、東入于海」とある。

⑤ 『釋例』 『春秋釈例』土地名第四十四之三の水名の項に見える。

〔傳〕 所以怒我而怠寇也、少師謂隨侯曰、必速戰、不然將失楚師、

隨侯禦之、望楚師

〔注〕 遙見楚師

〔傳〕 季梁曰、楚人上左、君必左

〔注〕 君楚君也

〔傳〕 無與王遇、且攻其右、右無良焉、必敗、偏敗、衆乃攜矣、少師曰、不當王、非敵也、弗從

〔注〕 不從季梁謀

〔傳〕 戰于速杞、隨師敗績、隨侯逸

とある。

② 『公羊』 『公羊伝』桓公八年に「祭公者何、天子三公也」とある。

③ 王姫 莊公元年経に「夏、单伯送王姫、秋、築王姫之館于外」とあり、杜預注に「無伝、单伯天子卿也、单采地、伯爵也、王将女子齊、既命魯為主、故单伯送女、不称使也、王姫不称字、以王為尊、且別於内女也、天子嫁女於諸侯、使同姓諸侯主之、不親昏、尊卑不敵」とある。

④ 王后 宣公六年伝に「冬、召桓公逆王后于齊」とあり、杜預注に「召桓公王卿士也、事不闕經、故不書」とある。

⑤ 季姜 桓公九年経に「春、紀季姜歸于京師」とあり、杜預注に「季姜桓王后也、季字、姜紀姓也、書字者、伸父母之尊」とある。

⑥ 『釋例』 『春秋釈例』内外君臣逆女例第十に見える。

⑦ 襄（公）十五年 襄公十五年経に「劉夏逆王后于齊」とあり、「伝」に「官師従单靖公、逆王后于齊、卿不行非礼也」とある。

⑧ 案 成公二年経に「六月癸酉、季孫行父・臧孫許・叔孫僑如・公孫嬰齊帥師、会晋郤克・衛孫良夫・曹公子首、及齊侯戰于案、齊師敗績」とある。

⑨ 邲 宣公十二年経に「夏、六月乙卯、晋荀林父帥師及楚子戰于邲、晋師敗績」とあり、「伝」に「夏、六月、晋師救鄭、荀林父将中軍、先穀佐之、士会将上軍、郤克佐之」とある。

⑩ 『異義』 許慎『五経異義』 本疏引。

⑪ 鄭玄 『駁五経異義』 本疏引。

⑫ 文王 『毛詩』大雅・大明に「文定厥祥、親迎于渭、造舟為梁、不顯其光」とある。

⑬ 『禮記』哀公問 『礼記』哀公問に「公曰、寡人願有言、然冕而親迎、不已重乎、孔子愀然作色而对曰、合二姓之好、以繼先聖之後、以為天地・宗廟・社稷之主、君何謂已重乎」とあり、鄭玄注に「先聖周公也」とある。

⑭ 劉夏 注⑦参照。

⑮ 鄭玄 注⑬参照。

⑯ 『駁異義』 鄭玄『駁五経異義』 本疏引。

〔傳〕 八年、春、滅翼

〔注〕 曲沃滅之

〔傳〕 隨少師有寵、楚鬬伯比曰、可矣、讎有鬻、不可失也

〔注〕 鬻瑕隙也、無德者寵、國之鬻也

〔傳〕 夏、楚子合諸侯于沈鹿

〔注〕 沈鹿楚地

〔傳〕 黃隨不會

ば、是れ先づ來りて魯の君に見へ、然る後に紀に向ふなり。王、魯をして昏を主らしむるが故に、祭公來りて魯の命を受け、而して往きて迎ふるを知るなり。凡そ昏姻は、皆賓主敵體し、相對して禮を行ふ。天子、女を諸侯に嫁するには、諸侯をして主爲らしめ、夫家と禮を爲さしむ。天子、后を諸侯に聘するにも亦諸侯をして主爲らしめ、后家と禮を爲さしむ。女を嫁するには、則ち女を魯に送り、魯をして女を嫁がして人に與へしむ。后を迎ふるには、則ち魯をして主爲らしめ、魯をして使を遣りて往きて逆へしむ。故に祭公は魯の命を受くるなり。王女を嫁するには、王姫は魯に至りて而る後に夫家に至る。其の王后の昏には、后は魯に來り至らざるものなり。王姫は魯に至り、夫家の逆へを待ちて以て禮を爲すを以ての故に、須らく魯に至るべし。后は則ち王命已に成り、魯に於いて事無きが故に即ち京師に歸ぐ。逆に於いて王后と稱するは、其の王の命を得るを擧げ、后の禮已に成ればなり。歸に於いて季姜と稱するは、父母の尊を申ふるなり。子の尊は父母に加はらざるを言ふ。父母の家よりして將に王に歸がんとし、父母の家に據りて文を爲すが故に、歸に於いては父母の尊を申ふるなり。公獨りにては行かず、必ず卿の従ふ有り。卿書せざるは、重きを擧げて輕きを略すればなり。卿行かざるには非ずと知るは、(本年)「傳」に「禮なり」と云ふを以てなり。『釋例』に曰はく、「襄(公)十五年の『劉夏、王后を齊に逆ふ』の『傳』に曰はく、『卿行かざるは、禮に非ざるなり』と。祭公、紀に如く時も亦卿有るを知る。卿書せざるは、重きを擧げて輕きを略するなり。猶案・邲の戦ひに、唯郟克・林文を書するがごとし。此れ天子、公卿を使ひしむるの文なり」と。是れ杜(預)、彼の文を約

するなり。公行けば必ず卿従ふを知るなり。『異義』に「公羊説に、天子より庶人に至るまで皆親迎す、と。左氏説に、王者は、至尊にして敵體の義無ければ、親迎せず」と。鄭玄、之を駁して曰はく、「文王、渭濱に親迎すれば、即ち天子は親迎するなり。天子は尊なりと雖も、其れ後に於いては則ち夫婦なり。夫婦は判合、禮同、一體なり。所謂敵無し。豈に此に施さんや、と。『禮記』哀公問に曰はく、『冕して親迎するは、已だ重からずや。孔子對へて曰はく、二姓の好みを合はせ、以て先聖の後を繼ぎ、以て天地の主と爲る』と。天子に非ざれば則ち誰ぞや」と。是れ鄭(玄)以へらく、天子は當に親迎すべきなり、と。此の(杜預)注の意は、猶以て天子は親迎せざる者と爲すがごとし。此の時祭公の後を迎ふるに「傳」に禮なりと言ひ、劉夏の後を迎ふるには卿の行かざるを譏りて、皆王の親ら行かざるを譏らざるを以てすれば、明らかに是れ王は當に親らすべからざるなり。文王の大姫を迎ふるは、身は公子爲りて、迎ふるは殷の世に在れば、未だ此れに據りて以て天子の禮を爲すべからざるなり。孔子の哀公に對ふるは、自づから魯國の法を論ず。魯は周公の後なれば、上帝を郊祀するを得。故に「先聖・天地」を以て言を爲すのみ。其の意は、天子の禮を説くには非ざるなり。且つ鄭(玄)「禮」に注して自ら「先聖」を以て「周公」と爲す。『駁異義』に及んでは、則ち以て「天子」と爲す。其の徳を二・三にして、自ら定むること無し。

① 隱(公)元年 隱公元年経に「冬、十有二月、祭伯來」とあり、杜預注に「祭伯、諸侯為王卿士者、祭國、伯爵也」

きて烝するなり。『春秋』に一貶有りて二事を起すは、武氏の子來りて賻を求むるが若し。一つには天王の賻を求むるを責め、二つには魯の共せざるを責む。此の正月に烝するは、一つには時を過ぐるを責め、二つには瀆さるるを責む。何爲れぞ不可にして(杜預注は)『時を過ぐるが爲に非ず』と云ふや」と。秦氏釋して云ふ、「案ずるに、『周禮』にては、四時の祭りは皆四仲の月を用ふ。此の正月は則ち夏の仲冬なり。何爲れぞ烝することを得ずして、時を過ぐと云ふや。又『傳』に時を過ぐるの文無ければ、明らかに直ちに再び烝を爲して瀆すを知るなり」と。

- ① 衛氏 衛冀隆『難杜』 本疏引。
- ② 五年 桓公五年伝に「凡祀、啓蟄而効、竜見而雩、始殺而嘗、閉蟄而烝、過則書」とある。
- ③ 武氏の子 隱公三年経に「秋、武氏子來求賻」とあり、「伝」に「武氏子來求賻、王未葬也」とある。
- ④ 秦氏 秦道静『春秋伝駁』 本疏引。
- ⑤ 『周禮』 『周禮』夏官・大司馬

中春	蒐田	祭社
中夏	苗田	享酌
中秋	獮田	祀昉
中冬	狩田	享烝

〔經〕 天王使家父來聘

〔注〕 無傳、家父天子大夫、家氏、父字

〔經〕 夏、五月丁丑、烝

〔注〕 無傳

〔經〕 秋、伐邾

〔注〕 無傳

〔經〕 冬、十月、雨雪

〔注〕 無傳、今八月也、書時失

〔經〕 祭公來、遂逆王后于紀

〔注〕 祭公、諸侯爲天子三公者、王使魯主昏、故祭公來、受命而迎也、天子無外、故因稱王后、卿不書、舉重略輕

〔疏〕 注祭公 略輕

正義に曰はく、隱(公)① 元年に「祭伯」と云ひ、今にして公を稱するは、其の天子の三公爲るを知る。「公羊」② に亦云ふ、「祭公とは何ぞ。天子の三公なり」と。

周より紀に向ひて魯國に由らざるは、縦令使に因りて魯を過ぎ、自ら當に道を假るべくして去るとも、須らく「來——來り」と言ふべからざるなり。凡そ「遂——遂に」と言ふは、上事に因りて下事を生ずるの辭なり。既に其の來るを書し、又遂に逆ふと言へ

⑫ 『傳』 襄公二十九年経に「杞子来盟」とあり、「伝」

に「杞文公来盟、書曰子、賤之也」とある。

⑬ 伯糾 桓公四年経に「夏、天王使宰渠伯糾来聘」とあり、

「伝」に「夏、周宰渠伯糾来聘、父在、故名」とある。

⑭ 仍叔の子 桓公五年経に「天王使仍叔之子来聘」とあり、

「伝」に「仍叔之子弱也」とある。

⑮ 齊の饋 桓公六年伝に「六月、大敗戎師、獲其二帥大良

・少良、甲首三百、以献於齊、於是諸侯之大夫成齊、齊人饋

之饌、使魯為其班、後鄭」とあり、十年伝に「冬、齊・衛・

鄭来戦于郎、我有辞、初北戎病齊、諸侯救之、鄭公子忽有功

焉、齊人饋諸侯、使魯次之、魯以周班後鄭、鄭人怒、請師於

齊、齊人以衛師助之、故不称侵伐、先書齊・衛、王爵也」と

ある。

〔傳〕夏、盟・向求成于鄭、既而背之

〔注〕盟・向二邑名、隱十一年、王以與鄭、故求與鄭成

〔疏〕注盟向、鄭成

正義に曰はく、此の盟・向の邑は、必ず主有りて之に據る。「成

らぎを鄭に求む」と言ふは、是れ主成らぎを求むるなり。隱(公)

十一年、王以て鄭に與ふの「傳」に、王有つこと能はずと稱す。

然らば則ち鄭、之を得ると雖も、亦有つこと能はず。故に今始め

て成らぎを求め、既にして之に背く。是れ鄭に背きて王に歸す。

故に王、鄭に遷す。若し主、王に歸せずんば、則ち王は之を遷す

ことを得るに由るなきなり。

① 隱(公)十一年 隱公十一年伝に「王取鄆・劉・蔞・邾

之田于鄭、而与鄭人蘇忿生之田、温・原・緝・樊・隰・邾・

茅・向・盟・州・陘・隤・懷、君子是以知桓王之失鄭也、

怒而行之、徳之則也、礼之経也、己弗能有、而以与人、人之

不至、不亦宜乎」とある。

〔傳〕秋、鄭人・齊人・衛人伐盟・向、王遷盟・向之民于邾

〔注〕邾王城

〔傳〕冬、曲沃伯誘晉小子侯殺之

〔注〕曲沃伯武公也、小子侯哀侯子

〔經〕八年、春、正月己卯、烝

〔注〕無傳、此夏之仲月、非爲過而書者、爲下五月復烝見瀆也、例

在五年

〔疏〕八年春正月己卯烝

正義に曰はく、衛氏は杜(預)を難じて云ふ、「上の五年の烝

烝して烝すとは十月を謂ふ。此の正月に烝するは則ち是れ時を過

賤しみて之に名いふ」と。^⑥衛冀隆は杜(預)を難じて云ふ、「傳」に曰はく、「外援を要結し、鄰國に好事し、以て社稷を衛る」と。又云ふ、「有禮に服するは、社稷の衛りなり」と。^⑧穀・鄧は南に在り、地は衡岳に屬す。疆楚を越棄するを以て、遠く惡人に朝し、卒に滅亡するに至る。故に名を書して以て之を賤しむ。杜(預)は先儒を駁論し、自ら一に丘明の『傳』に準ず、と謂ふ。今、僻陋の語は『傳』に本より文無し。杜(預)は何の準馮する所ありて、其の僻陋なるを知るや。『傳』に又、莒の僻陋を稱して「經」に貶文無し。穀・鄧の僻陋、何を以て名を書するや。此れ杜(預)の義は通ぜざるなり」と。^⑩秦道靜、釋して云ふ、「杞の榘公、來朝す。夷禮を用ふ。故に子と曰ふ」と。『杞の文公、來り盟ふ』の『傳』に云ふ、『之を賤しむ』と。明らかに夷禮を行ふを賤しむるなり。然らば則ち穀・鄧の二君の地は荆蠻に接し、來朝するに名を書するは、明らかに是れ其の僻陋なるを賤しむるなり。此れ則ち『傳』に理有るの例なるが故に杜(預)は據りて之を言ふ。若し必ず榘(公)惡人なれば合に朝聘すべからず。何を以て伯糾の來聘に其の父在るを譏り、仍叔の子には其の幼弱なるを譏るや。又魯、齊の饋を班つは、『春秋』の善とする所にて、魯の榘(公)の禮有るを美むるなり。三國(齊・衛・鄭)の來りて伐つを責め、而して(『難杜』に)『遠く惡人に朝す』と言ふは、其の辭に非ざるなり」と。

① 「曲禮」 『礼記』曲礼下に「天子不言出、諸侯不生名、

君子不親惡、諸侯失地名、滅同姓名」とある。

② 介葛蘆 榘公二十九年経に「女有九年、春、介葛蘆來」

「冬、介葛蘆來」とあり、杜預注に「介東夷國也、在城陽黔陬、葛蘆介君名也、不称朝、不見公、且不能行朝礼、雖不見公、國人賓礼之、故書也」とある。

③ 『世本』 本疏引。

④ 莊(公)十六年 莊公六年伝に「楚文王伐申、過鄧、鄧

祁侯曰、吾甥也、止而享之、雖甥・聃甥・養甥請殺楚子、鄧

侯弗許、三甥曰、亡鄧國者、必此人也、……還年、楚子伐鄧、

十六年楚復伐鄧滅之」とある。

⑤ 服(虔) 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

⑥ 衛冀隆 『難杜』 本疏引。

⑦ 『傳』 文公六年伝に「凡即位、卿出並聘、踐脩旧好、

要結外援、好事隣國、以衛社稷、忠信卑讓之道也、忠徳之正

也、信徳之固也、卑讓徳之基也」とある。

⑧ 有禮 榘公三十三年伝に「臧文仲言於公曰、國子為政、

齊榘猶有礼、君其朝焉、臣聞之、服於有礼、社稷之衛也」と

ある。

⑨ 『傳』 成公八年伝に「莒子曰、僻陋在夷、其孰以我為

貞」とある。

⑩ 秦道靜 後魏の衛冀隆と同時代の人。服虔注を奉じて杜

預注を論難する衛冀隆に対して、杜預注を固守して論駁した。

輯本として『漢魏遺書鈔』(『難杜』衛冀隆撰)、『玉函山

房輯佚書』(『春秋伝駁』賈思同撰、姚文安・秦道靜述)に

輯録されている。

⑪ 杞の榘公 榘公二十七年経に「春、杞子來朝」とあり、

「伝」に「春、杞榘公來朝、用夷礼、故曰子」とある。

圍せず、諸侯は群を掩はず」と。尙一群を盡くし取らざるなり。豈容に并せて一澤を焚くべきや。其の物を盡くすを護るが故に書すと知るなり。沈氏以へらく、「『周禮』の『仲春、火弊む』とは、夏の仲春を謂ふ。今周の二月は乃ち夏の季冬なり、故に其の物を盡くすを護るなり」と。義も亦通ずるなり。

- ① 『釋例』 『春秋釈例』蒐狩例第十七に見える。
- ② 『禮記』王制 『礼記』王制に「昆虫未蟄、不以火田」とある。

③ 『爾雅』釋天 『爾雅』釈天に「火田為狩」とあり、郭璞注に「放火烧草、狝亦為狩」とある。

④ 李巡 『爾雅李氏注』 本疏引。

⑤ 孫炎 『爾雅孫氏注』 本疏引。

⑥ 『周禮』羅氏 『周礼』夏官・羅氏に「蜡則作羅襦」とあり、鄭玄注に「襦細密之羅、襦読為縞、有衣袷之縞、玄謂、蜡建亥之月、此時火伏、蟄者畢矣、豺旣祭獸、可以羅網取禽也、王制曰、豺祭獸、然後田、又曰、昆虫已蟄、可以火田、今俗放火張羅、其遺教」とある。

⑦ 鄭(玄) 注⑥参照。

⑧ 『禮』 『礼記』王制に「天子不合圍、諸侯不掩群、天子殺則下大綏、諸侯殺則下小綏」とある。

⑨ 沈氏 沈文阿『春秋左氏経伝義略』 本疏引。

⑩ 『周禮』 『周礼』夏官・大司馬に「中春教振旅、……遂以蒐田、有可表貉、誓民、鼓、遂圍禁、火弊、献禽以祭社」とある。

〔經〕夏、穀伯綏來朝、鄧侯吾離來朝

〔注〕不摠稱朝者、各自行朝禮也、穀國在南郷筑陽縣北

〔傳〕七年、春、穀伯・鄧侯來朝、名賤之也

〔注〕辟陋小國、賤之禮不足、故書名、以春來、夏乃行朝禮、故經

書夏

〔疏〕注辟陋(書夏) 正義に曰はく、「傳」に直ちに「之を賤しむ」と云ひて賤の意

を言はざるは、穀・鄧は是れ南方の諸侯にして、楚に近き小國なるを以ての故に之を賤しむなり。明らかに辟陋の小國なるを以ての故に

之を賤しむなり。「傳」の「之を賤しむ」とは、其の朝禮足らざるを以ての故に名を書するなり。「曲禮」に云ふ、「諸侯は生けるに名いはず」と。今、生(前)に其の名を書するは、之を附庸に比べんと欲す。但、實

は附庸に非ざるが故に仍其の爵を書す。介葛盧に「來」を言ひて「朝」をはざるは、全く朝禮を行ふこと能はざればなり。此は則ち朝禮を行ひて、

但禮足らざるのみ。「傳」は春に在り、「經」は夏に在り。「經」は實に朝するの日を書す。故に春に來り至るも、夏に乃ち之を書す。「世本」に「鄧は曼姓爲り」と。莊(公)十六年、楚の文王、

之を滅ぼす。穀は則ち何の姓にして、是れ誰か之を滅ぼすかを知らず。服(虔)注に云ふ、「穀・鄧は楚に密邇し。仁に親しみ鄰

に善たらずして以て自ら固くす。卒に楚の滅ぼす所と爲る。同好の救ひ無く、桓(公)又賢兄(隱公)を弑するの惡有るが故に、

る。

③ 『禮』 『礼記』檀弓下に「既卒哭、宰夫執木鐸、以命

于宮、舍故而諱新」とある。

④ 『禮』 『礼記』曲礼上に「大功・小功不諱、入竟而問

禁、入国而問俗、入門而問諱」とある。

〔傳〕是以大物不可以命、公曰、是其生也、與吾同物、命之曰同

〔注〕物類也、謂同日

〔疏〕注物類也謂同日

正義に曰はく、「魯世家」に云ふ、「桓公の六年、夫人、子を
生む。桓公と日と同じくす。故に之に名づけて同と曰ふ」と。是
れ「同物——物と同じくす」は「同日——日と同じくす」爲るを
知るなり。「物は類なり」と言ふは、此の類を爲すを以て命づく
るを辨ずるなり。

① 「魯世家」 『史記』魯周公世家に「六年、夫人生子、

与桓公同日、故名曰同」とある。

〔傳〕冬、紀侯來朝、請王命以求成于齊、公告不能

〔注〕紀微弱、不能自通於天子、欲因公以請王命、公無寵於王、故

告不能

〔經〕七年、春、二月己亥、焚咸丘

〔注〕無傳、焚火田也、咸丘魯地、高平鉅野縣南有咸亭、譏盡物、

故書

〔疏〕注焚火——故書

正義に曰はく、咸丘は地名。火を以て地を焚くは明らかに田獵
爲り。故に焚とは是れ火田なるを知るなり。蒐狩と言はざるは、
火田を以てするは蒐狩の法に非ず、而して直ちに其の焚を書して
以て其の物を盡くすを譏るなり。『釋例』に曰はく、「咸丘は魯
の地。蒐狩の常處に非ず。『經』に蒐狩を言はずして、但「咸丘
に焚す」と稱するは、火田は物を盡くし、蒐狩の義に非ざるを言
ふ」と。是れ火田は狩法に非ざるを言ふが故に「狩」を書せず。
狩は既に法に非ざれば、地を得ると雖も亦譏りて、復其の地を失
ふことは譏らざるなり。咸丘は地なるを知るも亦非なり。『禮記』
王制に「昆蟲未だ蟄せざれば、火田を以てせず」と云へば、則ち
是れ已に蟄すれば火田を得るなり。又『爾雅』釋天に云ふ、「火
田を狩と爲す」と。法として火田することを得るに似たり。而る
に其の焚を譏るは、『爾雅』を説く者の李巡・孫炎皆云ふ、「火
を放ちて草を焼き、其の下風を守る」と。『周禮』羅氏に「蜡に
は則ち羅罽を作ふ」と。鄭（玄）云ふ、「罽は細密の羅。此の時
蟄するもの畢はる。羅罽を以て禽を圍み取るべきなり。今の俗の
火を放ちて羅を張るは、其の遺教なり」と。然らば則ち彼の火田
なるものは、直ちに其の一叢・一聚を焚き、羅して下風を守るに
て、其の一澤を焚くを謂ふには非げるなり。『禮』に「天子は合

① 常山 『漢書』地理志・常山郡、顏師古引く所の張晏注

に「張晏曰、恒山在西、避文帝諱、故改曰常山」とある。

② 劉炫 『春秋左氏伝述義』本疏引。

〔傳〕以畜牲則廢祀

〔注〕名猪則廢猪、名羊則廢羊

〔傳〕以器幣則廢禮、晉以僖侯廢司徒

〔注〕僖侯名司徒、廢爲中軍

〔疏〕廢祀廢禮

正義に曰はく、祀りは牲を以て主と爲す。牲無ければ則ち祀りは廢す。器幣以て禮を行ふ。器少ければ則ち禮闕く。祀りは器を用ふると雖も、一器を少くするも而も祀りは廢せず。且つ諸禮に皆器幣を用ふるが故に「禮を廢す」を以て之を摠ぶ。

〔傳〕宋以武公廢司空

〔注〕武公名司空、廢爲司城

〔傳〕先君獻・武廢二山

〔注〕二山具・敖也、魯獻公名具、武公名敖、更以其郷名山

〔疏〕注二山（名山）

正義に曰はく、「晉語」に云ふ、「范獻子、魯に聘し、具・敖の山を問ふ。魯人其の郷を以て對ふ。獻子曰はく、具・敖と爲さざるか、と。對へて曰はく、先君の獻（公）・武（公）の諱なり」と。是れ其の郷を以て山に名づくるなり。「禮」に稱す、「故きを捨てて新しきを諱め」と。親盡くれば復更に諱まず。計るに、獻子の魯に聘するは昭公の世に在り。獻・武の諱は久しく已に舍つ。而るに尙郷を以て對ふるは、當に諱むべきの時に其の山の號を改め、諱むこと已に舍つると雖も、山は（故の）名に復へさず。故に改名に依り本づき、其の郷を以て對ふるなり。猶司徒・司空は歷世多しと雖も、而も復改名せざるがごときなり。然れども獻子の之を言ふこと、（魯の）禮を失すると爲さずして、「其の二諱に名いふ」と云ひて以て自ら尤むるは、「禮」に「國に入りては禁を問ひ、門に入りては諱を問ふ」とあればなり。獻子、魯に入りて問はざるが故に之を以て慙と爲すのみ。

① 「晉語」 『國語』晉語九に「范獻子聘於魯、問具山・

敖山、魯人以其郷對、獻子曰、不為具、敖乎、對曰、先君獻・武之諱也、獻子婦、徧戒其所知曰、人不可以不學、吾適魯、而名其二諱、為笑焉、唯不學也、人之有學也、猶木之有枝葉也、木有枝葉、猶庇蔭人、而況君子之學乎」とある。

② 獻（公）・武（公） 『史記』魯周公世家に「厲公三十

七年卒、魯人立其弟具、是為獻公、獻公三十二年卒、子真公湏立、真公十四年、周厲王無道、出奔虢、共和行政、二十九年、周宣王即位、三十年、真公卒、弟敖立、是為武公」とあ

①6 周公の制禮 『周礼』天官・醢人に「掌四豆之実、朝事之豆、其実韭菹・醢醢・昌本……」とあり、鄭玄注に「昌本、昌蒲根、切之四寸為菹」とある。

①7 七月の詩 『毛詩』豳風・七月に「七月流火、九月授衣、一之日觴斝、二之日栗烈、無衣無褐、何以卒歲」とある。

①8 烝民の詩 『毛詩』大雅・蕩之什・烝民に「四方爰斝」とある。

①9 「曲禮」 『礼記』曲礼上に「詩書不諱、臨文不諱、廟中不諱」とある。

②0 「尚書」牧誓 『尚書』周書・牧誓に「今予斝、惟恭行天之罰、今日之事、不愆于六步七步、乃止齊焉」とある。

②1 「武成」 『尚書』周書・武成に「周王斝、將有大正于商」とある。

②2 「金縢」 『尚書』周書・金縢に「植璧秉珪、乃告大王・王季・文王、史乃冊祝曰、惟爾元孫某、遘厲虐疾」とある。

②3 禮 『公羊伝』成公十五年に「孫以王父字為氏也」とある。尚、隱公八年、無駭の死後、羽父が諡と族とを隱公に請ふ所の部分に詳細である。

②4 屈原 『楚辞』離騷経第一に「朕皇考曰伯庸」とある。

〔傳〕 故以國則廢名

〔注〕 國不可易、故廢名

〔疏〕 注國不可廢名

正義に曰はく、國の名は之を天子に受けければ、輒ち易ふべからず。若し國を以て名と爲せば、終はり卒するの後は則ち名を廢して諱まず。若し未だ卒せざるの前に誤りて本國を以て名と爲せば、則ち其の名つくる所を改む。晉の先君の唐叔は唐に封ぜられ、變父は晉と稱す。國は易ふべからず、而るに晉、改むることを得るが若きは、蓋し王命じて之を改めしむるならん。

① 變父 『史記』晋世家に「於是遂封叔虞於唐、唐在河汾之東、方百里、故曰唐叔虞、姓姬氏、字子于、唐叔子變、是為晋侯」とある。又、『毛詩』詩譜序の唐譜に「唐者、帝堯

旧都之地、今日太原晋陽、是堯始居此、後乃遷河東平陽、成王封母弟叔虞於堯之故墟、曰唐叔、南有晋水、至子變、改為晋侯」とある。

〔傳〕 以官則廢職、以山川則廢主

〔注〕 改其山川之名

〔疏〕 注改其山川之名

正義に曰はく、「主を廢す」とは、其の主る所の山川の名を廢するを謂ふにて、其の主る所の祭りを廢せざるなり。知るは、漢の文帝の諱は恒、北嶽を改めて常山と爲す。名を諱みて嶽を廢せず、是れなり。劉炫云ふ、「主を廢すとは、其の主る所の山川を廢するを謂ふ。復其の祀りを更め得ざるが故に、須らく其の山川の名を改むべし。魯、二山を改むるは、是れ其の事なり」と。

爰に發す」と。皆以て諱むことを爲さずして之を言ふを得るは、古人の諱は時に臨んで言語に辟くる所有るのみ。經典を制作するに至りては、則ち直に言ひて諱まず。「曲禮」に曰はく、「詩書には諱まず。文に臨みては諱まず」と。是れ詩を爲り、書を爲るには、諱を辟げざるなり。詩を作るに諱まざるに由るが故に、祭りに之を歌ふことを得。「尙書」牧誓に云ふ、「今、子の發」と。「武成」に云ふ、「周王發」と。武王、名を稱して衆に告げ、史官は録して諱まざれば、法に於いて當に諱むべからざるを知るなり。「金縢」に云ふ、「元孫某」と。獨り諱むは、成王、「金縢」の書を啓するに、親自ら之を讀んで其の父の名を諱み、曰ひ改めて某と爲す。既に讀んでの後に、史官始めて録す。王の讀む所に依りて、遂に即ち「某」と云ふ。「武成」「牧誓」は則ち諸を衆人に宣べ、宣べ訖はりて則ち録す。故に因りて改めざるなり。古は名を諱みて字を諱まず。禮にては、王父の字を以て氏と爲せば、明らかに諱むことを得ざるなり。屈原云ふ、「朕が皇考を伯庸と曰ふ」と。是れ諱まざるの驗なり。

① 『禮記』曲礼上に「男女異長、男子二十、冠而字、父前子名、君前臣名、女子許嫁、笄而字」とあり、鄭玄注に「对至尊、無大小、皆相名」とある。

② 鄭玄 注①参照。

③ 文(公)十四年傳 文公十四年伝に「齊公子元不順懿公之為政也、終不曰公、曰夫己氏」とあり、杜預注に「猶言某甲」とある。

④ 注 注③参照。

⑤ 成(公)十六年傳 成公十六年伝に「欒書將載晉侯、鍼曰、書退、国有大任、焉得專之、且侵官冒也、失官慢也、離局姦也、有三罪焉、不可犯也」とあり、杜預注に「在君前、故子名其父、大任謂元帥之職」とある。

⑥ 注 注⑤参照。

⑦ 『曲禮』 『禮記』曲礼上に「卒哭乃諱」とあり、鄭玄

注に「敬鬼神之名也、諱辟也、生者不相辟名、衛侯名惡、大夫有名惡、君臣同名、春秋不非」とある。

⑧ 注 注⑦参照。

⑨ 衛侯 昭公七年経に「秋、八月戊辰、衛侯惡卒」とある。

⑩ 石惡 襄公二十七年経に「夏、叔孫豹会晋趙武・楚屈建・蔡公孫庸生・衛石惡・陳孔奐・鄭良霄・許人・曹人于宋」とある。

⑪ 『禮記』檀弓 『禮記』檀弓下に「虞而立尸、有几筵、卒哭而諱、生事畢、而鬼事始已、既卒哭、宰夫執木鐸、以命于宮曰、舍故而諱新、自寢門至于庫門」とある。

⑫ 『曲禮』 『禮記』曲礼上に「卒哭乃諱、礼不諱嫌名、二名不偏諱、逮事父母、則諱王父母、不逮事父母、則不諱王父母」とあり、鄭玄注に「此謂庶人、適士以上、廟事祖、雖不逮事父母、猶諱祖事」とある。

⑬ 鄭玄 注⑫参照。

⑭ 『詩』 『毛詩』周頌・雝の小序に「雝、禘大祖也」とあり、鄭玄注に「祖大祭也、大於四時而小於禘、大祖謂文王」とある。又、経文に「克昌厥後」とある。

⑮ 『經』 注⑭参照。

明神に敬事するが故に、「傳」に「周人は諱を以て神に事ふ」と言ふ。子生まれて三月、之が爲に名を立つ。終はれば久しく必ず將に之を諱まんとす。故に須らく豫め辟くる所有るべきは、下の諸々の「廢」の爲の張本なり。「終はれば將に之を諱まんとす」とは、死後乃ち之を諱むを謂ふ。

〔疏〕注君父斥言

正義に曰はく、「君父の名は、固より臣子の斥す所に非ず」とは、君父生存の時、臣子は其の名を指斥することを得ざるを謂ふなり。『禮』に稱す、「父の前には子は名いひ、君の前には臣は名いふ」と。鄭玄云ふ、「至尊に對して大小無ければ、皆相名いふ」と。是れ父に對しては則ち弟は以て兄に名いふべく、君に對しては則ち子は以て父に名いふべし。此れに非ざれば則ち不可なり。文(公)十四年傳に曰はく、「齊の公子元、懿公の政を爲すを不順とするや、終に公と曰はずして夫の己氏と曰ふ」と。注に云ふ、「猶某甲と言ふがごとし」と。是れ君名を斥すなり。彼は不順なるを以ての故に其の名を斥すにて、平常は君を斥さざるを知るなり。成(公)十六年傳に曰はく、「欒書、將に晉侯を載せんとす。鍼曰はく、書は退け。國に大任有り。焉んぞ之を専らにするを得ん」と。注に云ふ、「君の前に在り。故に子は其の父に名いふ」と。彼は君に對するを以ての故に其の父に名いふにて、平常は父を斥さざるを知るなり。其の名を斥さざると雖も、猶未だ是れ諱と爲さず。『曲禮』に曰はく、「卒哭すれば乃ち諱む」と。鄭玄云ふ、「鬼神の名を敬ふなり。諱とは辟くるなり。生(前)には名を相辟けず。衛侯の名は惡、大夫に石惡有り。君臣名を同じふすれば、春秋には非とせず」と。是れ其の未だ之が爲

に諱まず。故に君と名を同じふするを得。但、君に及べば則ち君名を斥さざるを言ふのみ。既に生(前)には已に斥さずと言ひ、死(後)に復た之が爲に諱を加ふるは、諱を爲すことの節を表さんと欲するなり。故に(杜預注に)「然れども」と言ひて以て之を形す。(杜預注の)「『禮』に、既に卒哭して、木鐸を以て徇へて曰はく、故を捨てて新を諱めと。寢門より庫門に至る」とは、皆『禮記』檀弓の文なり。既に其の文を引き、更に其の意を解して「親盡くるの祖を捨てて新たに死する者を諱む」と謂ふなり。(杜預の)「親盡く」とは、高祖の父の服絶ち、廟毀れて親の情の盡くるを謂ふなり。卒哭の後は、則ち鬼神を以て之に事ふ。故に(「傳」に)「諱を以て神に事ふ」と言ふ。又(「傳」の)「終はれば將に之を諱まんとす」の諱む所の世數を解して、「父より上、高祖に至るまで皆敢へて斥言せず」とす。此れ天子・諸侯の禮を謂ふなり。『曲禮』に曰はく、「父母に事ふるに速べば、則ち王父母を諱む。父母に事ふるに速ばざれば、則ち王父母を諱まざ」と。鄭玄云ふ、「此れ庶人を謂ふ。適士以上の廟は祖に事ふ。父母に事ふるに速ばざると雖も、猶祖を諱む」と。其の廟を立てて之に事ふるを以て、容に之が爲に諱まざるべきこと無きなり。天子・諸侯は親廟四つを立つ。故に高祖より以下は皆諱を爲し、親盡ききて乃ち之を舍つ。既に(「傳」に)「諱を以て神に事ふ」と言へば、則ち是れ神名は必ず諱なり、文王の名は昌、武王の名は發なり。『詩』離の「大祖を禘す」とは、文王の廟を祭つるなり。其の「經」に曰はく、「克く厥の後を昌んにす」と。周公の制禮の醜人に、昌本の道あり。七月の詩の周公作る所の「經」に曰はく、「一の日、鷩發たり」と。烝民の詩に曰はく、「四方、

〔傳〕 不以畜牲

〔注〕 畜牲六畜

〔疏〕 注畜牲六畜

正義に曰はく、『爾雅』釋畜に、馬・牛・羊・豕・狗・鶏の下に於いて、題して「六畜」と曰ふ。故に鄭衆・服虔は皆六畜を以て馬・牛・羊・豕・犬・鶏と爲す。『周禮』牧人に「六牲を牧するを掌る」と。鄭玄も亦馬・牛等の六者を以て之と爲す。然らば則ち畜・牲は一物なり。之を養ふときは則ち畜と爲し、共し用ふるときは則ち牲と爲す。故に并びに六畜を以て六牲を解す。

① 『爾雅』釋畜 『爾雅』積畜に「馬属・牛属・羊属・狗属・鶏属、六畜」とある。

② 鄭衆 『春秋牒例章句』 本疏引。
『玉函山房輯佚書』所収。

③ 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

④ 『周禮』牧人 『周礼』地官・牧人に「掌牧六牲、而阜蕃其物、以共祭祀之牲牲」とあり、鄭玄注に「六牲謂牛・馬・羊・豕・犬・鶏」とある。

⑤ 鄭玄 注④参照。又、「天官」包人の「掌共六畜」の鄭玄注に「六畜六牲也」と、「天官」膳夫の「膳用六牲」の鄭玄注に「六牲、馬・牛・羊・豕・犬・鶏也」とある。

〔傳〕 不以器幣

〔注〕 幣玉帛

〔疏〕 注幣玉帛

正義に曰はく、『周禮』小行人に「六幣を合はす。圭は馬を以てし、璋は皮を以てし、璧は帛を以てし、琮は錦を以てし、琥は繡を以てし、璜は黼を以てす」と。然らば則ち「幣は玉帛なり」とは、此の圭・璋・璧・琮・帛・錦・繡・黼の屬を謂ふなり。「幣」を以て玉帛と爲せば、則ち「器」とは徒玉器のみに非ず。服虔以爲へらく、俎・豆・壘・饗・犧・象の屬なり、と。皆以て名と爲すべからざるなり。

① 『周禮』小行人 『周礼』秋官・小行人に「合六幣、圭以馬、璋以皮、璧以帛、琮以錦、琥以繡、璜以黼、此六物者、以和諸侯之好故」とある。

② 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

〔傳〕 周人以諱事神名、終將諱之

〔注〕 君父之名固非臣子所斥、然禮、既卒哭、以木鐸徇曰、舍故而諱新、謂舍親盡之祖、而諱新死者、故言以諱事神、名終將諱之、自父至高祖、皆不敢斥言

〔疏〕 周人諱之

正義に曰はく、殷より以往は未だ諱法有らず。諱は周より始まる。周人は神を尊ぶの故に、之が爲に名を諱む。此の諱法を以て

〔傳〕不以官、不以山川、不以隱疾

〔注〕隱痛、疾患、辟不祥也

〔疏〕注隱痛、祥也

正義に曰はく、鄭玄云ふ、「隱疾とは衣中の疾なり。黑臀・黑
 肱の若きを謂ふなり。疾の外に在るものは言ふを得ざると雖も、
 尙指摘すべし。此れ則ち時に辟くべきこと無し。俗語に云ふ、隱
 疾は醫を爲し難し」と。案ずるに、「周語」に「單襄公曰はく、
 吾聞く成公の生まれしとき、其の母夢に、神其の臀に規くかに黒を
 以てして曰はく、晉國を有たしめんと。故に之に命づけなけて黒臀と
 曰ふ」と。此れ叔虞・季友と復何を以て異なりて名づくることを
 得ずと云はんや。且つ黒臀・黒肱は本より疾病に非ずして以て隱
 疾を證するは、其の類に非ざるなり。『詩』に稱す、「隱憂有る
 が如し」と。是れ隱を痛と爲すなり。痛疾を以て名と爲すは則ち
 不祥の甚しきものなり。故に以て（杜預注に）「不祥を辟く」と
 爲す。

① 鄭玄 一七頁注⑤参照。

② 黑臀 注④参照。

③ 魯の成公、名は黑肱。『史記』魯周公世家に「十八年、

宣公卒。子成公黑肱立、是為成公」とある。

楚の公子黑肱、字は子皙。襄公二十七年伝に「壬戌、楚

公子黑肱先至、成言於晉」とある。昭公元年伝・十三年伝に

も見える。

邾の黒肱。昭公三十一年経に「冬、黒肱以濫來奔」とあ
 る。

鄭の公孫黒肱、字は子張。襄公二十二年伝に「九月、鄭
 公孫黒肱有疾、婦邑子公、召室老・宗人立段、而使黜官薄祭、
 祭以特牲、殷以少牢、足以共祀、尽歸其邑、曰、吾聞之、
 生於乱生、貴而能貧、民無求焉、可以後亡、敬共事与二三子、
 生在敬戒、不在富也、己巳、伯張卒、君子曰、善戒、詩曰、
 慎爾侯度、用戒不虞、鄭子張其有焉」とある。

④ 「周語」 『國語』周語下に「且吾聞成公之生也、其母
 夢神規其臀以黒、曰、使有晋國、三而畀籬之孫、故名之曰黒
 臀、於今再矣」とある。

⑤ 叔虞 昭公元年伝に「其季世曰唐叔虞、当武王邑姜方震
 大叔、夢帝謂己、余命而子曰虞、將与之唐属諸參、而蕃育其
 子孫、及生有文在其手、曰虞、遂以命之、及成王滅唐、而封
 大叔焉、故參為晋星」とある。又『史記』晋世家に「晋唐叔
 虞者、周武王子、而成王弟、初武王与叔虞母会時、夢天謂武
 王曰、余命女生子、名虞、余与之唐、及生子、文在其手、故
 遂因命之曰虞」とある。

⑥ 魯の桓公の子、公子季友。閔公二年伝に「成季將生也、
 桓公使卜楚丘之父卜之、曰、男也、其名曰友、在公之右、間
 于兩社、為公室輔、季氏亡則魯不昌、又筮之、遇大有三三、
 之乾、☰☰、曰、同復于父、敬如君所、及生有文在其手、曰
 友、遂以命之」とある。

⑦ 『詩』 『毛詩』邶風・柏舟に「耿耿不寐、如有隱憂」
 とあり、毛伝に「耿耿猶敬也、隱痛也」とある。

① 「家語」本姓篇 『孔子家語』本姓解に「孔子三歳而叔

梁紇卒于防、至十九、娶于宋之并官氏、一歳而生伯魚、魚之生也、魯昭公以鯉魚賜孔子、榮君之賜、故因以名曰鯉、而字伯魚、魚年五十先孔子卒」とある。

〔傳〕 取於父爲類

〔注〕 若子同生有與父同者

〔傳〕 不以國

〔注〕 國君之子、不自以本國爲名也

〔疏〕 注國君ノ名也

正義に曰はく、下(「傳」)に「國を以てすれば則ち名を廢す」と云ふは、國は易ふるべからざるを以て、須らく名を廢して諱まざるべし。他國を以て名と爲せば、則ち須らく自づから名を廢すべからざるなり。且つ春秋の世、^①晉侯周・^②衛侯鄭・^③陳侯吳・^④衛侯晉の徒は皆他國を以て名と爲す。此れを以て「國を以てせず」とは、國君の子は自づから本國を以て名と爲すことを得ずと知る。

(「傳」)「山川を以てせず」とは、亦國內の山川を謂ふ。下

(「傳」)に「山川を以てすれば則ち主を廢す」と云ふは、國內の主^{つかさど}の祭りを廢するを謂ふなり。他國の山川の若きは則ち其の主^{つかさど}に非ざれば、須らく廢すべからざるなり。此れ公の問ひに因りて對ふるに此の法を以てすと雖も、「曲禮」^⑤に亦「子に名づく

るには國を以てせず。日月を以てせず。隱疾を以てせず。山川を以てせず」と云へば、則ち諸々の「不以——以てせず」と言ふは、臣民も亦以てすることを得ざるなり。此の(杜預)注は、其の(「傳」)に「國」を言ふを以ての故に、特に「國君の子」と云ふのみ。其の實は、國君の子に非ざると雖も亦國を以て名と爲すことを得ず。其の(「傳」)の「廢名——名を廢す」「廢禮——禮を廢す」の徒を言ふは、唯國君の子のみを謂ふ。若し臣民の名なれば、國家之が爲に廢せざるなり。然らば則ち臣民の名も亦山川を以てせず。而るに孔子は魯の人、尼丘は魯の山なるも、丘を以て名と爲すことを得るは、蓋し其の象有るを以ての故に特に類を以て命づくるにて、常禮に非ざるなり。

① 晉侯周 晉の悼公。襄公十五年經に「冬、十有一月癸亥、一七) 晉侯周卒」とある。

② 衛侯鄭 衛の成公。宣公九年經に「冬、十月癸酉、衛侯鄭卒」とある。

③ 陳侯吳 陳の惠公。定公四年經に「春、王二月癸巳、陳侯吳卒」とある。

④ 衛侯晉 衛の宣公。桓公十二年經に「丙戌、衛侯晉卒」とある。

⑤ 「曲禮」 『礼記』曲礼上に「名子者不以国、不以日月、不以隱疾、不以山川」とあり、鄭玄注に「隱疾衣中之疾也、謂若黑臀・黑肱矣、疾在外者、雖不得言、尚可指擿、此則無時可辟、俗語云、隱疾難為医」とある。

〔傳〕以徳命爲義

〔注〕若文王名昌、武王名發

〔疏〕注若文王名發

正義に曰はく、「周本紀」に稱す、「大王、季棼の昌を生みて聖瑞有るを見て、乃ち言ひて曰はく、我が世の當に興ること有るべきものは、昌に在るか」と。則ち是れ大王、其の瑞有るを見て、其の當に興るべきを度る。故に之に名づけて昌と曰ひ、昌をして周を盛んにせしめんと欲するなり。其の徳を度りて發と命づくるは、則ち以て之を言ふこと無し。服虔云ふ、「謂へらく、徳を度り、文王に命づけて昌と曰ひ、文王、武王に命づけて發と曰ふが若し」と。其の舊説有るに似たり。舊説に以爲へらく、文王、武王の生まるるを見、以て必ず兵を發して暴を誅すと爲す。故に名づけて發と曰ふ、と。

① 「周本紀」 『史記』周本紀に「古公有長子曰太伯、次

曰虞仲、太姜生少子季歷、季歷取太任、皆賢夫人、生昌、有聖瑞、古公曰、我世當有興者、其在昌乎」とある。

② 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

〔傳〕以類命爲象

〔注〕若孔子首象尼丘

〔疏〕注若孔子首象尼丘

正義に曰はく、「孔子世家」に云ふ、「叔梁紇、顔氏と尼丘に禱りて孔子を得たり。孔子生まれて、首の上に汙なる頂あり。故に因りて名づけて丘と曰ふ。字は仲尼」と。是れ其の尼丘に象るなり。

① 「孔子世家」 『史記』孔子世家に「防叔生伯夏、伯夏

生叔梁紇、紇と顔氏女野合、而生孔子、禱於尼丘、得孔子、

魯襄公二十二年而孔子生、生而首上圩頂、故因名曰丘云、字

仲尼、姓孔氏」とある。

〔傳〕取於物爲假

〔注〕若伯魚生、人有饋之魚、因名之曰鯉

〔疏〕注若伯魚曰鯉

正義に曰はく、「家語」本姓篇に云ふ、「孔子、年十九にして宋の并官氏に娶る。一歳にして伯魚を生む。伯魚生まるるや、魯の昭公、鯉魚を以て孔子に賜ふ。孔子、君の賜を榮とし、因りて子に名づけて鯉と曰ふ。字は伯魚」と。此の（杜預）注に、昭公の賜を言はずして、「人、之に饋ること有り」と云ふは、「家語」の如くんば、則ち伯魚の生まるるは昭公九年に當たる。昭公は庸君にして孔子は尙少く、未だ必ずしも能く聖人を尊重し、其の生子を禮せず。其の意を取りて其の人に遺るは、其れ昭公に非ざるを疑ふが故なり。

也」 「食子不使君妾、適妾有敵義、不相褻以勞辱事也、士妻・大夫之妾謂時自有子」とある。

③ 鄭玄 注②参照。

④ 「定本」 孔穎達『礼記正義』の基となっている『疏義』を指す。孔穎達『礼記正義』序に「逮于周隋、其伝礼業者、

江左尤盛、其為疏義者、南人有賀循・賀瑒・庾蔚・崔靈恩・沈重宣・皇甫侃等、北人有徐道明・李業興・李宝鼎・侯聰・熊安等、其見於世者、唯皇・熊二家而已、熊則違背本經、多

引外義、猶之楚而北行、馬雖疾、而去逾遠矣、又欲釈経文、唯聚難義、猶治絲而棼之、手雖繁、而絲益乱也、皇氏雖章句

詳正、微稍繁広、又既違鄭氏、乃時乖鄭義、此皆二家之弊、未為得也、然以熊比皇、皇氏勝矣」とある。

『四庫提要』礼記正義に「為之疏義者、唐初尚存皇侃・熊安生二家、貞觀中、敕孔穎達等、修正義、乃以皇氏為本、以熊氏補所未備」とある。

⑤ 『禮』 注②参照。

⑥ 賈逵 本疏引。

〔傳〕 公與文姜・宗婦命之

〔注〕 世子生三月、君夫人沐浴於外寢、立於阼階西鄉、世婦抱子升

自西階、君命之乃降、蓋同宗之婦

〔疏〕 注世子之婦

正義に曰はく、「乃降」以上は皆「内則」の文なり。鄭玄云ふ、

「子、西階より升れば、則ち人君は世子を路寢に見るなり。妾の子を見るには側室に就く。凡そ子生まるれば皆側室に就く」と。

其の側室に生まれ、路寢に見るを以ての故に、外従りして階を升るなり。襄(公)二年の「齊姜を葬る」の「傳」に曰はく、「齊

侯、諸姜・宗婦をして來りて葬を送らしむ」と。諸姜とは是れ同姓の女、宗婦とは是れ同宗の婦なり。公、夫人と共に之に命づく。故に宗婦をして夫人に侍らしむ。

① 「内則」 『礼記』内則に「世子生、則君沐浴朝服、夫人亦如之、皆于阼階西鄉、世婦抱子升自西階、君名之乃降」とあり、鄭玄注に「子升自西階、則人君見世子於路寢也、見

妾子就側室、凡子生皆就側室、諸侯夫人朝於君、次而椽衣也」とある。

② 鄭玄 注①参照。

③ 襄(公)二年 襄公二年経に「己丑、葬我小君齊姜」とあり、「伝」に「齊侯使諸姜・宗婦來送葬」とある。

〔傳〕 公問名於申繻、對曰、名有五、有信、有義、有象、有假、有類

〔注〕 申繻魯大夫

〔傳〕 以名生爲信

〔注〕 若唐叔虞・魯公子友

(一五)

と云ふも亦子に接するを以て文を爲す。其れ寔は母に接するが故に、(杜預注に)「禮を以て夫人に接するは、適を重んずるなり」と云ふ。鄭玄云ふ、「接は讀んで捷と爲す。捷は勝なり。其の母に食し、虚を補ひて氣を強せしむるを謂ふなり」と。此の禮を以て之に接すと言ふは、則ち鄭(玄)と異なるなり。「内則」に又云ふ、「子に接するには、庶人は特豚、士は特豕、大夫は少牢、國君の世子は大牢、其の冢子に非ざれば、則ち皆等を降す」と。

① 『儀禮』 『儀禮』少牢饋食礼に「牲北首東上、司馬刲羊、司士繫豕、宗人告備乃退」とある。

② 『詩』 『毛詩』大雅・公劉に「既登乃依、乃造其曹、執豕于牢」とあり、鄭玄箋に「搏豕於牢中、以為飲酒之殽」とある。

③ 『周禮』 『周禮』地官・充人に「掌繫祭祀之牲牲、祀五帝、則繫牢、芻之三月」とある。

④ 鄭玄 注②参照。

⑤ 『禮記』 『礼記』内則に「国君世子生、告于君、接以大牢、宰掌具、三日、卜士負之」とあり、鄭玄注に「接読為捷、捷勝也、謂食其母、使之補虚強氣也」とある。

⑥ 『記』 『礼記』内則に「凡接子扱日、冢子則大牢、庶人特豚、士特豕、大夫小牢、国君世子大牢、其非冢子、則皆降一等」とあり、鄭玄注に「雖三日之内、尊卑必皆選其吉日焉」とある。

⑦ 鄭(玄) 注⑥参照。

⑧ 鄭玄 注⑤参照。

⑨ 「内則」 注⑥参照。

〔傳〕卜士負之、士妻食之

〔注〕禮世子生三日、卜士負之、射人以桑弧蓬矢射天地四方、卜士之妻爲乳母

〔疏〕注禮世(乳母)

正義に曰はく、「四方」以上は皆「内則」の文なり。「内則」に又云ふ、「士の妻・大夫の妾をトして、子を食はしむ」と。食とは乳を謂ふなり。故に乳母を以て之を言ふ。鄭玄云ふ、「桑弧・蓬矢は大古に本づくなり。天地四方は男子の事有る所なり。士の妻・大夫の妾とは、時に自ら子有る者を謂ふ」と。「定本」に直ちに「四方を射る」と云ひて天地無し。案ずるに、「禮」に「桑弧蓬矢六」とあれば、今天地無きは誤りなり。賈逵云ふ、「桑は木中の衆きもの、蓬は草中の亂すもの。其の長大にして、衆を統べて亂を治むるに取る」と。

① 「内則」 『礼記』内則に「世子生、君沐浴朝服、夫人亦如之、皆立于阼階西鄉、世婦抱子升自西階、君名之乃降」とある。

② 「内則」 『礼記』内則に「国君世子生、告于君、接以大牢、宰掌具、三日、卜士負之、吉者宿斉朝服、寢門外詩負之、射人以桑弧蓬矢六、射天地四方、保受乃負之、宰醴負之、賜之束帛、卜士之妻・大夫之妾、使食子」とあり、鄭玄注に「詩之言承也、桑弧蓬矢、本大古也、天地四方、男子所有事

③ 十年 桓公十年伝に「初北戎病齊、諸侯救之、鄭公子忽有功焉、齊人餽諸侯、使魯次之、魯以周班、後鄭、鄭人怒、請師於齊、齊人以衛師助之、故不称侵伐」とある。

〔傳〕 鄭忽以其有功也怒、故有郎之師

〔注〕 郎師在十年

〔傳〕 公之未昏於齊也、齊侯欲以文姜妻鄭大子忽、大子忽辭、人問其故、大子曰、人各有耦、齊大、非吾耦也、詩云、自求多福

〔注〕 詩大雅文王、言求福由己、非由人也

〔傳〕 在我而已、大國何爲、君子曰、善自爲謀

〔注〕 言獨絜其身、謀不及國

〔傳〕 及其敗戎師也、齊侯又請妻之

〔注〕 欲以佗女妻之

〔傳〕 固辭、人問其故、大子曰、無事於齊、吾猶不敢、今以君命奔齊之急、而受室以歸、是以師昏也、民其謂我何

〔注〕 言必見怪於民

〔傳〕 遂辭諸鄭伯

〔注〕 假父之命以爲辭、爲十一年鄭忽出奔衛傳

〔傳〕 秋、大閱、簡車馬也、九月丁卯、子同生、以大子之禮擧之、接以大牢

〔注〕 大牢、牛・羊・豕也、以禮接夫人、重適也

〔疏〕 注大牢 適也

正義に曰はく、大牢とは牢の大なるもの。三牲の牛・羊・豕具はるを大牢と爲す。『儀禮』^①少牢饋食の禮に羊・豕を以て少牢と爲せば、牲の多少を以て大少を稱するなり。『詩』^②公劉に曰はく、「豕を牢に執る」と。『周禮』^③充人に「祭祀の牲脗を繋くるを掌る。五帝を祀るときは則ち牢に繋け、之を芻^{まぐさ}ふこと三月」と。是の牢とは牲を養ふ處なるが故に、因りて以て名と爲す。鄭玄の『詩』の箋に云ふ、「繋けて養ふを牢と曰ふ」と、是れ其の義なり。^④

⑤ 『禮記』内則に云ふ、「國君の世子生まれば君に告ぐ。接するに大牢を以てす」と。文「三日にして子を負ふ」の上に在れば、則ち三日の内に之に接するなり。『記』^⑥に云ふ、「凡そ子に接するには日を擇ぶ」と。鄭玄云ふ、「三日の内と雖も、必ず其の吉を選ぶ」と。是れ三日の内に日を擇んで之に接す。子の爲に母を接するが故に、『記』に「接子——子に接す」と稱す。此の『傳』の「擧之——之を擧ぐ」の下に、即ち「接するに大牢を以てす」

謂卒有死喪、此三族者、己及子皆為服期」とある。

①⑥ 『禮』雜記下 『礼記』雜記下に「大功之末、可以冠子、

可以嫁子、父小功之末、可以冠子、可以嫁子、可以取婦、己

雖小功、既卒哭、可以冠取妻、下殤之小功、則不可」とある。

①⑦ 『周禮』小宗伯 『周礼』春官・小宗伯に「掌三族之別、

以辨親疏、其正室皆謂之門子、掌其政令」とあり、鄭玄注に

「三族謂父子孫人屬之正名、喪服小記曰、親親以三為五、以

五為九、……」とある。

①⑧ 「喪服小記」 『礼記』喪服小記に「親親、以三為五、

以五為九、上殺、下殺、旁殺而親畢矣」とあり、鄭玄注に

「己上親父、下親子、三也、以父親祖、以子親孫、五也、以

祖親高祖、以孫親玄孫、九也、殺謂親益疏者、服之則輕」と

ある。

①⑨ 『詩』 『毛詩』 注①参照。

②⑩ 『詩』 『毛詩』 注①参照。

②⑪ 鄭玄 『礼記』曲礼上に「人生十年曰幼、学、二十曰弱、

冠、三十曰壯、有室」とあり、鄭玄注に「有室有妻也、妻称

室」とある。「内則」に「三十而有室、始理男事、博学無方、

孫友視志」とあり、鄭玄注に「室猶妻也」とある。

『周礼』地官・媒氏に「掌万民之判、凡男女自成名以上、皆

書年月日名焉、令男三十而娶、女二十而嫁」とある。

〔傳〕夏、會于成、紀來諮謀齊難

〔注〕齊欲滅紀、故來謀之

〔傳〕北戎伐齊、齊侯使乞師于鄭、鄭太子忽帥師救齊、六月、大敗

戎師、獲其二師大良・少良、甲首三百、以獻於齊

〔注〕甲首被甲者首

〔傳〕於是、諸侯大夫成齊、齊人饋之餼

〔注〕生曰餼

〔傳〕使魯爲其班、後鄭

〔注〕班次也、魯親班齊饋、則亦使大夫成齊矣、經不書、蓋史闕文

〔疏〕注班次 闕文

正義に曰はく、劉炫云ふ、「成に在りて饋を受け、而して魯を

して班を爲さしめば、明らかに魯人在るなり。襄(公)五年の陳

を成ること「經」に書せば、此の齊を成るも亦宜しく書すべし。

今「經」に書せざるは、疑ふらくは史の闕文ならん。史策本より

闕くるを以て、仲尼之を書するを得ず。十年に此れを説きて云ふ、

「北戎、齊を病ましめ、諸侯之を救ふ」と。或ひは魯も亦往きて

救ふべきも、但「傳」に魯の事の驗無きのみ。魯必ず救はずんば、

須らく之を解すべからず」と。

① 劉炫 『春秋左氏伝述義』 本疏引。

② 襄(公)五年 襄公五年経に「冬、成陳」とある。

謂之禮、祀謂許山川之祀」とある。

⑨ 九族 九族の中に異姓を含むとする今文説、異姓を含まないとする古文説の二つに分かれる。

今文説

○礼戴、尚書歐陽・夏侯、許慎——父族四^①「五服の同族で斬衰・齊衰・大功・小功・緦麻の親に当たる者、父の女昆弟（姑——日本でいう己の伯・叔母）とその子供達、己の女昆弟（姉妹）とその子供達、己の子（娘）とその子供達」。

母族三^⑤「母の父姓（己の母の実家の父方——外祖父等を含む）、母の母姓（己の母の実家の母方——外祖母等を含む）、母の女昆弟（母の姉妹、己から見て従母）とその子供達」。

妻族二^⑧「妻の父姓（妻の実家の父方——己の外舅を含む）、妻の母姓（妻の実家の母方——外姑を含む）」。

○『白虎通』宗族篇「族所以九何、九之為言究也、親疏戀愛究竟也、謂父族四・母族三・妻族二、父族四者、謂父之姓一族也、^②父女昆弟適人有子為二族也、^③身女昆弟適人有子為三族也、^④身女子適人有子為四族、母族三者、母之父母一族也、^⑥母之昆弟二族也、^⑦母昆弟子三族也、母昆弟者、男女皆在外親、故合言之、妻族二者、^⑧妻之父為一族、^⑨妻之母為二族、妻之親略、故父母各一族」。

○杜預——外祖父（己の母の父）、^②外祖母（己の母の母）、^③従母子（己の母の姉妹とその子供達）、^④妻の父（妻の父方）、^⑤妻の母（妻の母方）、^⑥姑（己の父の姉妹、日本でいう伯・叔母）の子（甥、日本でいう己とはいとこ）、^⑦姉妹の子（己の姉妹の子供達、出——日本でいうおいやめい）、^⑧女

子の子（己の娘の子供達）、己の同族。

古文説

○古尚書、鄭玄——高祖^①、曾祖^③、祖^④、父^⑤、己^⑥、子^⑦、孫^⑧、曾孫^⑨、玄孫。

※親族名称については、拙稿「中国古代の親族名称について」（呉高専研究報告第十六卷第二号）を参照されたい。

⑩ 『異義』 許慎『五經異義』 本疏引。

⑪ 禮戴 戴礼に同じ。『毛詩』王風・葛藟、王族刺平王也、周室道衰、棄其九族焉」の鄭玄箋に「九族者、摯己上至高祖、下及玄孫之親」とあり、正義に「此古尚書説、鄭取用之、異義、九族、今戴礼、尚書歐陽説云、九族乃異姓有親屬者、父族四、五属之内為一族、父女昆弟適人者与其子為一族、己女昆弟適人者与其子為一族、己之子適人者与其子為一族、母族三、母之父姓為一族、母之母姓為一族、母之女昆弟適人者為一族、妻族二、妻之父姓為一族、妻之母姓為一族、古尚書説九族者、上從高祖下至玄孫、凡九皆為同姓」とある。

⑫ 尚書歐陽説 『尚書』堯典の正義に「異義、夏侯、歐陽等以為、九族者父族四、母族三、妻族二、皆摯異姓有服」とある。

⑬ 『禮』 『儀礼』喪服・緦麻三月の章に「妻之父母、伝曰、何以緦、従服也」とある。

⑭ 鄭（玄） 鄭玄『駁五經異義』 本疏引。

⑮ 辭 『儀礼』士昏礼の請期の章に「請期曰、吾子有賜命、某既申受命矣、惟是三族之不虞、使某也請吉日」とあり、鄭玄注に「三族、謂父昆弟・己昆弟・子昆弟、虞度也、不憶度

と。鄭(玄)駁して云ふ、「玄の聞くや、婦人は宗に歸す。女子は人に適くと雖も、字は猶姓に繋く。明らかに父兄と異族爲るを得ず。其の子は則ち然り。婚禮の期を請ふの辭に曰はく、『唯是れ三族に之度らず』と。今の三族に施さんと欲すれば、未だ億度せざるの事有らずして婦を迎ふるなり。此(『儀禮』士昏禮)に云ふ所の如き三族は、當に異姓有るべからず。異姓には、其の服は皆總なり。『禮』雜記下にては、總麻の服には、女を嫁し婦を取ることを禁ぜず。是れ異姓は族の中に在らずと爲すこと明らかなり。『周禮』小宗伯に『三族の別を掌る』と。『喪服小記』に族の義を説きて曰はく、『親を親とするは、三を以て五と爲し、五を以て九と爲す』と。此れを以て之を言へば、高祖より玄孫に至ること、昭然として察なるを知るなり」と。是れ鄭(玄)は古尙書説に従ひ、九族を以て高祖より玄孫に至るまでと爲すなり。此の(杜預)注に云ふ所は、猶是れ禮戴・歐陽等の説のごとし。鄭玄の駁に「女子は父兄と異族爲るを得ず」と云ふを以ての故に、其の母を簡去し、唯其の子を取り、服の重き者を以て先と爲すのみ。其の意も亦異ならざるなり。古學と鄭(玄)説に従はざるは、此(本年傳)に「其の九族を親しむ」を言ひ、『詩』に九族に親しまざるを刺り、必ず九族を以てするは、疏遠にして恩情已に薄きが故に、其の親しまざるを刺りて其の能く親しむを美むのみ。高祖より父に至るまでは、己の稟承する所なり。子より玄孫に至るまでは、己の生育する所なり。人の此に於けるや、誰か或ひは親しまず、而して其の能く親しむを美めんや。『詩』の其の九族を棄つるを刺るは、豈復上は父母を遺て、下は子孫を棄つるや。若し「其の九族を棄つ」とは、高祖より出で、曾祖より出づる者

を棄つるを謂ふと言へば、然らば則ち豈亦其の曾孫より出で、玄孫より出づる者を棄つるや。又、鄭玄、昏は必ず三十にして取ると爲せば、則ち人の年九十にして始めて曾孫有り。高祖・玄孫相及ぶの理無ければ、則ち是の族に終に九無し。安んぞ九族を得て之に親しまん。三族・九族、族の名は同じと雖も、而も三・九の數は異なり。三族を引き以て九族を難するは、相値はざると爲す。若し三に緣りて九に及べば、則ち三・九は異ならず。設使高祖の喪、玄孫の死ありとせば、亦應に昏禮を爲すことを得ざるべし。何ぞ「九族之不貞——九族之虞らず」と言はざるや。此を以て九族は皆外親にして服有り、而して族を異にする者と知るなり。

- ① 馨香 『尚書』周書・呂刑に「上帝監民、罔馨香德」とある。
- ② 劉炫 『春秋左氏伝述義』 本疏引。
- ③ 「釋詁」 『爾雅』積詁上に「儀・若・祥・淑・鮮・省・臧・嘉・令・類・綝・綌・毅・攻・毅・介・徽・善也」とある。
- ④ 「詩」 『毛詩』大雅・生民に「誕后稷之穡、有相之道、弗厥豊草、種之黄茂、実方実苞、実種実褒、実発実秀、実賢実好、実穎実栗、即有邰之家室」とある。
- ⑤ 「論語」 『論語』八佾に「哀公問社於宰我、宰我对曰、夏后氏以松、殷人以柏、周人以栗、曰、使民戰栗」とある。
- ⑥ 劉炫 『春秋規過』 本疏引。
- ⑦ 「釋詁」 『爾雅』積詁下に「儼・恪・祗・翼・諶・恭・欽・寅・煖、敬也」とある。
- ⑧ 隱(公)十年の注 隱公十一年伝の「無滋他族、……吾子孫其覆亡之不暇、而況能禮祀許乎」の杜預注に「絜育以享、

れば、則ち神の心は説はず。君獨り豊かなりと雖も其れ何の福か之有らん。神の福せざる所は、民の與らざる所なり。此れを以て大に敵すれば必ず其の師を喪ふ。君且つ政を修めて其の民人を撫し、而して兄弟の國を親しみて以て外援を爲す。是の如くんば則ち庶幾はくは以て禍難を免るべきなり。牲の肥碩を告ぐるは民の畜の多きを言ひ、棗の豊稔を告ぐるは民の食の多きを言ひ、酒の嘉旨を告ぐるは民の酒の多きを言はずして民の徳の善なる者を言ふ。酒と食とは俱に米粟を以て之を爲る。「盛」に於いて已に年豊」を言ふが故に、「酒」に於いて變じて「嘉徳」と言ひ、重ねて「民和」の意を明らかにす。

〔疏〕注雖告一所闕

正義に曰はく、劉炫云ふ、「杜(預)以へらく、『博碩肥腍』は牲の體に據りて言ふも、季梁は此の理を推出す、と。其の寔ならざるを嫌ふが故に、(杜預注に)『其の寔皆當に此の四つの謂を兼ぬべし』と云ふ。又『民力普く存す』とは畜の形貌に非ざるも、而も季梁は之を以て情を解き、又之を申ぶ。民力適に完なれば則ち六畜を生養するを得。故に六畜既に大にして滋息するなり。『博碩』とは其の生乳の多きを言ふ。碩大・蕃滋は皆複語なり。『瘞蠱』とは畜の小病なるが故に、以て疥癬の疢と爲すなり。『不疾——疾まず』とは、猶此の病を患はずと言ふがごときなり」と。

〔疏〕注嘉善一敬也

正義に曰はく、「嘉は善なり」とは、「釋詁」の文なり。杜(預)、粟を訓じて謹敬と爲せば、善く敬して酒を爲るを言ふなり。案するに、『詩』の「實に穎、實に粟」は、田事と相連なるが故に、粟を穂の貌と爲す。此の粟は嘉善旨酒と相類するが故に、

粟を謹啓の心と爲す。即ち『論語』に云ふ「民をして戰栗せしむ」と此とは相似たり。劉炫、粟を以て穂の貌と爲して以て杜(預)の過ちを規すは、理に於いて恐らくは非なり。

〔疏〕注父義一子孝

正義に曰はく、父母の子に於けるは並びに慈を爲す。但、父は教訓を主とし、母は撫養を主とす。撫養するは恩愛に在るが故に慈を以て名と爲し、教訓は愛して教へを加ふるが故に義を以て稱と爲す。義とは宜なり。教への義は方に其の宜しきを得さしむるなり。弟の兄に於けるも亦宜しく友爲るべし。但、兄弟相敬ひて乃ち長幼尊卑有り。故に其の弟を分出し、之をして共(恭)を爲さしむ。其の兄を敬ひて(弟を)友愛するを言ふ。

〔疏〕注禮契一族者也

正義に曰はく、「釋詁」に云ふ、「禮は敬なり」と。故に禮を以て契敬と爲す。隱(公)十一年の注に云ふ、「契齊して以て享す、之を禮と謂ふ」と。意も亦此と同じきなり。

漢の世の儒者、九族を説くに二つ有り。『異義』に、「今の禮戴・尙書歐陽の九族を説くは、乃ち異族に屬する者有り。父の族は四。五屬の内を一族と爲し、父の女昆弟の人に適きし者と其の子を一族と爲し、己の女昆弟の人に適きし者と其の子を一族と爲す。母の族は三。母の父姓を一族と爲し、母の母姓を一族と爲し、母の女昆弟の人に適きし者と其の子を一族と爲す。妻の族は二。妻の父姓を一族と爲し、妻の母姓を一族と爲す。謹んで案するに、『禮』にては、總麻三月以上恩の及ぶ所の禮に、妻の父母の爲に服有り。明らかに九族の中に在り。九族は但同姓のみに施すことを得ず」

主

〔注〕民饑餒也

〔傳〕君雖獨豐、其何福之有、君姑脩政、而親兄弟之國、庶免於難、隨侯懼而修政、楚不敢伐

〔疏〕夫民一於難

正義に曰はく、鬼神の情は人に依りて行はるが故に、(本年傳に)「夫れ民は神の主なり」と云ふ。民の和するを以て乃ち神説ぶ。故に(本年傳の)「聖王は先づ其の民を成して、而る後に力を神に致す」とは、民を養ひて成就せしめ、然る後に孝享を致すを言ふ。是れに由りて、神に告ぐるの辭に各々百姓を成すの意有り。祭りの用ふる所に牲有り、食有り、酒有るのみ。聖人の文辭義を飾るは、嘉名を立てて以て神に告ぐるが爲なり。季梁は其の告辭を擧げて其の告意を解く。故に(本年傳の)「牲を奉げて以て神に告げて曰はく、博碩肥腍」とは、祭る所の牲の廣大肥充なるを謂ふのみに非ず。乃ち民の畜産盡く肥充なるを言ふ。皆博碩肥腍を得る所以は、四種の「謂」に由りての故に又、四種の事を申説すればなり。四つの「謂」とは、第一は民力の普遍安存するを謂ふ。故に第二の畜の碩大滋息なるを致す。民力普く存して之を致す所以は、民に勞役無きに由りて、畜を養ふに時を以てするが故に六畜は碩大、蕃多、滋息す。民力普く存して、又第三の疾病、疥癬有らざるを致す。然る所以は、民力普く存するに由りて、身に疲苦無きが故に養ふ所の六畜の飲食は理を以てし、埽刷は法

に依る。故に皮毛身體に疥癬疾病無し。民力普く存して、又第四の備腍して成く有るを致す。然る所以は、民力普く存するに由りて、人皆逸樂し、種種に畜を養ひ、群牲備はり有るなり。(本年傳の)「盛を奉げて以て神に告げて曰はく、絜粢豐盛」とは、祭る所の食の絜淨豐多なるを謂ふのみに非ず。乃ち民の糧食盡く豐多なるを言ふなり。豐絜と言ふは、謂へらく、春・夏・秋の農の要節に政を爲すに民を害せず、力を盡しく耕耘し、自ら生産に事へしむるを得るが故に、百姓は和して年歲豐かなり。(本年傳の)「酒醴を奉げて以て神に告げて曰はく、嘉栗旨酒」とは、祭る所の酒の栗善にして味美なるを謂ふのみに非ず。乃ち百姓の情は上下皆善なるを言ふなり。嘉旨と言ふは、其の國內の上下、群臣及び民は皆善徳有りて上に違ふの心無きを謂ふ。若し民の心和せざれば、則ち酒食は腥穢なり。上下皆善なるに由るが故に、酒食は馨香なり。酒食は馨香にして、腥醴臭穢無きを言ふには非ず。乃ち民の徳は馨香にして、讒諛邪惡無きを謂ふなり。①所謂馨香」とは、上の三者(博碩肥腍・絜粢豐盛・嘉栗旨酒)を摠ぶ。是れに由りて王者は、將に神の心を説ばさんとして先づ民の志を和す。故に其の三時を務めて農をして廢業無からしめ、其の五教を脩めて家道をして協和せしめ、其の九族に親しみて内外をして怨み無からしむ。然る後、其の絜敬の祀を神明に致すなり。是に於いて民俗大いに和し、而して神は之に福を降す。故に動けば則ち成る事有り、戰へば克たざること無し。今、民に各々心有り。或ひは主に従はんと欲し、或ひは君に叛かんと欲すれば、上に違ふの心無しと爲すを得ず。而して鬼神は主に乏しく、百姓は飢餓し、民力彫竭すれば、年歲豐かなりと爲すを得ざるなり。民既に和せざ

米・黍・稷を多と爲すが故に、(杜預注に)「黍稷を粢と曰ふ」と云ふ。粢は是れ穀の體なり。盛とは器に盛るを謂ふ。故に(杜預注に)「器に在るを盛と曰ふ」と云ふ。

大而滋也、皮毛無疥癬、兼備而無有所闕

〔傳〕奉盛以告曰、粢粢豐盛、謂其三時不害、而民和年豐也

〔注〕三時春・夏・秋

〔傳〕奉酒禮以告曰、嘉栗旨酒

〔注〕嘉善也、栗謹敬也

〔傳〕謂其上下皆有嘉德、而無違心也、所謂馨香無譏慝也

〔注〕馨香之遠聞

〔傳〕故務其三時脩其五教

〔注〕父義、母慈、兄友、弟恭、子孝

〔傳〕親其九族、以致其禮祀

〔注〕禮絜敬也、九族謂外祖父・外祖母・從母子、及妻父・妻母・

姑之子・姊妹之子・女子之子、并己之同族、皆外親有服、而異族者也

〔傳〕於是乎民和而神降之福、故動則有成、今民各有心、而鬼神乏

① 『周禮』牧人 『周禮』地官・牧人に「牧人、掌牧六牲

而阜蕃其物、以共祭祀之牲牲」とあり、鄭玄注に「鄭司農云、牲純也、玄謂、牲体完具」とある。

② 「曲禮」 『礼記』曲礼下に「凡祭完廟之礼、牛曰一元大武、豕曰剛鬣、豚曰腍肥、羊柔毛、……」とあり、鄭玄注に「腍亦肥也、春秋伝作膾」とある。

③ 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

④ 『禮記』 注②参照。

〔傳〕對曰、夫民神之主也

〔注〕言鬼神之情依民而行

〔傳〕是以聖王先成民、而後致力於神、故奉牲以告曰、博碩肥腍、

謂民力之普存也

〔注〕博廣也、碩大也

〔傳〕謂其畜之碩大蕃滋也、謂其不疾瘠蠹也、謂其備腍咸有也

〔注〕雖告神以博碩肥腍、其實皆當兼此四謂、民力適完、則六畜既

〔傳〕 今民餒而君逞欲

〔注〕 逞快也

〔傳〕 祝史矯擧以祭、臣不知其可也

〔注〕 詐稱功德、以欺鬼神

〔疏〕 天方授楚

正義に曰はく、楚の先君熊繹始めて楚に封せられ、蠻夷の間に在りて子男の地を食む。此に至りて君始めて彊盛にして鄰國を威服し、天助有るに似たり。故に(本年傳に)「天方に楚に授く」と言ふ。

〔疏〕 臣聞く可也

正義に曰はく、臣聞く、小國の能く大國に敵するや、必ず小國は道を得て大國は淫辟す、と。是の如きは乃ち敵爲るを得るなり。其の意は、隨は未だ道有らずして、楚は未だ淫辟を爲さざれば、隨は楚に敵すること能はざるを言ふなり。既に隨の未だ道有らざるを言ひ、更に道有るの事を説けば、道は猶道略のごとし。行くに正しきを失はず、之を名づけて道と曰ふ。人君に施せば則ち民を治め、神に事ふ。之をして所を得さしむるは、乃ち道を爲すと稱すべきなり。故に(本年傳に)「所謂道とは、民に忠恕にして神に誠信あるなり」と云ふ。此れ忠・信の義を覆説す。文に於いて中心を忠と爲し、中心より物を愛するを言ふなり。人の言を信と爲し、言の虚妄ならざるを謂ふなり。上位に在る者、民を利せ

んことを思ひ、民の安飽を欲するは、是れ其の忠なり。祝官・史官、其の言辭を正しくし、鬼神を欺誑せざるは、是れ其の信なり。今、隨國の民は皆飢餓し、君情欲を快くするは、是れ民を利せんことを思はず。是れ不忠なり。祝史功德を詐り稱して以て鬼神を祭るは、是れ言辭を正しくせず。是れ不信なり。忠無く信無きは、道と謂ふべからず。小にして道無きは、何を以てか大に敵せんや。君、之に敵せんと欲せども、臣は其の可なるを知らざるなり。君の楚より下らんことを欲するなり。

〔傳〕 公曰、吾牲脗肥臄、粢盛豐備、何則不信

〔注〕 牲、牛・羊・豕也、脗、純色完全也、臄亦肥也、黍稷曰粢、在器曰盛

〔疏〕 注牲牛、曰盛

正義に曰はく、諸侯の祭りは大牢を用ひ、祭るに三牲を以て主と爲せば、牲は三牲の牛・羊・豕爲るを知るなり。〔周禮〕^①牧人に「祭祀の牲脗を共するを掌る」と。祭りは純色を用ふるが故に、脗とは純色にして完全なるを謂ふ、と知るなり。毛體全く具はるを言ふなり。〔曲禮〕^②に曰はく、「豚を臄肥と曰ふ」と。肥臄は文を共にすれば、臄も亦肥なるを知るなり。肥臄と重ねて言ふは、古人に自づから複語有るのみ。服虔云ふ、「牛・羊を肥と曰ひ、豕を臄と曰ふ」と。案ずるに、〔禮記〕^④に豚も亦肥と稱すれば、獨り牛・羊のみに非ざるなり。

粢は是れ黍稷の別名にして、亦諸穀の摠號爲り。祭りの用には

〔注〕 蒞葦楚大夫

〔傳〕 軍於瑕以待之

〔注〕 瑕隨地

〔傳〕 隨人使少師董成

〔注〕 少師隨大夫、董正也

〔傳〕 鬬伯比言于楚子曰、吾不得志於漢東也、我則使然

〔注〕 鬬伯比楚大夫、令尹子文之子

〔傳〕 我張吾三軍、而被吾甲兵、以武臨之、彼則懼而協、以謀我、

故難問也、漢東之國隨爲大、隨張必棄小國

〔注〕 張自侈大也

〔傳〕 小國離楚之利也、少師侈、請羸師以張之

〔注〕 羸弱也

〔傳〕 熊率且比曰、季梁在何益

〔傳〕 鬬伯比曰、以爲後圖、少師得其君

〔注〕 言季梁之諫、不過一見從、隨侯卒當以少師爲計、故云以爲後圖、二年蔡侯・鄭伯會于鄧、始懼楚、楚子自此遂盛、終於抗衡中國、故傳備言其事、以終始之

〔疏〕 以爲 其君

正義に曰はく、此の計は今益無しと雖も、以て後の圖謀に在るが爲なるを言ふなり。季梁の諫めは一たび從へらるるに過ぎざるを言ふのみ。少師、其の君の心を得れば、君は將に其の計を用ひんとす。故に弱を示して以て後日の利を希はんことを請ふ。

〔傳〕 王毀軍而納少師

〔注〕 從伯比之謀

〔傳〕 少師歸、請追楚師、隨侯將許之

〔注〕 信楚弱也

〔傳〕 季梁止之曰、天方授楚、楚之羸、其誘我也、君何急焉、臣聞、小之能敵大也、小道大淫、所謂道忠於民而信於神也、上思利民、忠也、祝史正辭、信也

〔注〕 正辭不虛稱君美

文公	父は僖公、母は明文無し。
宣公	父は文公、母は二妃である敬嬴(嬴氏)。
成公	父は宣公、母は齊の娘である穆姜(夫人婦姜・夫人姜氏・姜)。
襄公	父は成公、母は齊の娘である夫人婦姜氏(齊姜・姜氏)。
昭公	父は襄公、母は胡の娘である齊婦。齊婦の姉は子野の母である敬婦(夫人婦氏)。
定公	父は襄公、母は明文無し。(『史記』魯周公世家に「三十二年、昭公卒於乾侯、魯人共立昭公弟宋為君、是為定公」とある)。
哀公	父は定公、母は明文無し。

② 又云ふ 出典不明。

③ 『釋例』 『春秋釋例』終篇第四十六に見える。成公元

年經の正義に「釈例曰、計公衡之年、成公又非穆姜所生、不知其母何氏也」とある。

④ 公衡 公衡は魯の成公の子。成公二年伝に「皆百人、公衡為質」とあり、杜預注に「公衡成公子」とある。

〔經〕 冬、紀侯來朝

〔傳〕 六年、春、自曹來朝、書曰寔來、不復其國也

〔注〕 亦承五年冬傳淳于如曹也、言奔、則來行朝禮、言朝、則遂留

不去、故變文言實來

〔傳〕 楚武王侵隨

〔注〕 隨國今義陽隨縣

〔疏〕 注隨國 隨縣

正義に曰はく、「世本」に「隨國は姬姓」と。始めて封ぜらるるは誰爲るかを知らず。隨は此の年を以て「傳」に見ゆ。僖(公)二十年經に「楚人、隨を伐つ」と書せば、是れより以後遂に楚の私屬と爲り、諸侯と會同せず。定(公)四年に至りて呉、郢に入り、昭王、隨に奔る。隨人、之を免れて卒に楚國を復す。楚人、之を德として諸侯に列せしむ。哀(公)元年に隨侯は「經」に見ゆれども、其の後誰の滅ぼす所と爲るかを知らず。

① 『世本』 本疏引。

② 僖(公)二十年經 僖公二十年經に「冬、楚人伐隨」とある。

③ 定(公)四年 定公四年伝に「庚辰、呉入郢、以班処宮、……逃王、而已為王、曰、以我与之、王必免、隨人卜与之、不吉、乃辭呉曰、以隨之辟小、而密邇於楚、楚夷存之」とある。

④ 哀(公)元年 哀公元年經に「楚子・陳侯・隨侯・許男

冊蔡」とある。

〔傳〕 使薳章求成焉

之、故不称侵伐、先書齊・衛、王爵也」とある。

〔經〕 蔡人殺陳佗

〔注〕 佗立踰年、不稱爵者、篡立未會諸侯也、傳例在莊二十二年

〔疏〕 注佗立 二年

正義に曰はく、陳の佗を殺すこと「傳」に文無し。(杜預注に)「無傳——傳無し」と言はざるは、「傳」の此の事を説くは莊(公)二十二年に在りて、是れ全く其の事無しとせざるを以ての故に、(杜預注に)「無傳——傳無し」とは言はず。

① 莊(公)二十二年 莊公二十二年伝に「陳厲公、蔡出也、蔡人殺五父而立之」とあり、杜預注に「五父陳佗也、殺陳佗在桓六年」とある。

〔經〕 九月丁卯、子同生

〔注〕 桓公子、莊公也、十二公唯子同是適夫人之長子、備用大子之禮、故史書之於策、不稱大子者、書始生也

〔疏〕 注桓公 生也

正義に曰はく、適妻の長子は法に於いて當に大子と爲るべし。故に大子の禮を以て之を擧ぐ。擧ぐるに正禮を以てするに由るが故に、史は策に書す。古人の大子を立つること、其の禮は則ち文

無しと雖も、蓋し亦其の長大なるを待ちて特に禮命を加ふ。今の臨軒策拜の如し。始めて生まるるの時、未だ即ち大子と爲るを得ざるなり。其の正禮を備用するを以ての故に其の生まるるを書し、未だ命を得ざるが故に大子を言はざるなり。杜(預)云ふ、「十二公は唯子同のみ是れ適夫人の長子なり」と。又云ふ、「文公・哀公、其の母並びに明文無ければ、其の母は是れ適なるか否かを知らず」と。蓋し其の父未だ君と爲らざるの前に已に生まるれば、縱令是れ適なるも書せざるなり。『釋例』に云ふ、「公衡の年に據れば、成公は又穆姜の生む所に非ず」と。杜(預)此の注に云ふ、「子同は是れ適夫人の長子、大子の禮を備用す。故に史、之を策に書す」と。然らば則ち適夫人の長子と雖も、大子の禮を用ひざるも亦書せざるなり。

① 魯の十二公について、『左伝』の記載に依って示すと次の如くである。

隱公	父は恵公、母は声子(君氏)。
桓公	父は恵公、母は宋の武公の娘である仲子(夫人子氏・子氏)。
莊公	父は桓公、母は明文無し。(『史記』魯周公世家に「三年、使揮迎婦于齊為夫人、六年、夫人生子、与桓公同日、故名曰同、同長、為太子、……立太子同、是為莊公」とある)
閔公	父は莊公、母は齊の叔姜。叔姜の姉は哀姜(夫子姜氏・姜氏)。
僖公	父は莊公、母は須句の娘である成風(風氏)。

ず自づから民に戦ひを教ふるには非ず。以へらく、魚を棠に矢ぬるは戦ひ教ふる事に非ず、主として遊戯を爲し、而して「公」を斥言すれば、則ち郎・禚に狩りするも亦主として遊戯を爲すが故に特に「公」を書するなり。大蒐・大閱は國の常禮なれば、公の身蒐に在りと雖も、遊戯を爲すには非ず。此の如きの類は、例として「公」を書せず。定(公)十四年に「比蒲に大蒐す。邾子、來りて公に會す」と。公の身は蒐に在りて「經」に「公」を書せざれば、其の法として書せざる所は、其の國家の大事は公の私欲に非ざるを以ての故なるを知るなり。且つ比蒲・昌間には皆蒐地を擧げ、此に地を言はざるは、蓋し國に在りては、簡閱は未だ必ずしも田獵せざればならん。昭(公)十八年の「鄭人、兵を簡びて大蒐す」は、城内に在り。此も亦當に城内に在るべし。

〔疏〕注齊爲一車馬

正義に曰はく、大閱の禮は仲冬に在るも、今農時に兵を閱ふは必ず爲す所有り。「傳」に其の意を言はざるが故に(杜預)注は之を原ぬ。時に於いて四鄰(齊・衛・鄭・宋)と魯とは怨無く、又竟に征伐の處、諸侯の齊を成ること無し。「經」見えざる所にして「傳」は鄭の(公子)忽の怒事を、大閱の上及び十年の鄭と齊・衛と來りて郎に戦ふことに於いて説く。此の大閱は、是れ鄭の(公子)忽を懼れて齊人を畏るるが故に、非時を以て車馬を簡ぶと知るなり。

- ① 郎 桓公四年經に「四年、春、正月、公狩于郎」とある。
- ② 禚 莊公四年經に「冬、公及齊人狩于禚」とある。
- ③ 「大閱」の例は本年のみ。「大蒐」の例は左の如くである。

昭11經	大蒐于比蒲
22經	大蒐于昌間
定13經	大蒐于比蒲
14經	大蒐于比蒲

④ 『周禮』 『周礼』春官・大司馬

「中春教振旅、司馬以旗致民、平列陳如戰之陳、……遂以蒐田」

「中夏教芟舍、如振旅之陳、……遂以苗田」

「中秋教治兵、如振旅之陳、……遂以獮田」

「中冬教大閱、……遂以狩田」

⑤ 注②参照。

⑥ 魚を棠に矢ぬ 隱公五年經に「春、公矢魚于棠」とある。

⑦ 郎 注①参照。

⑧ 禚 注②参照。

⑨ 定(公)十四年 定公十四年經に「大蒐于比蒲、邾子來會公」とある。

⑩ 昌間 注③参照。

⑪ 昭(公)十八年 昭公十八年伝に「乃簡兵大蒐、將為蒐除、子大叔之廟在道南、其寢在道北、其庭小、過期三日、使除陳於道南廟北」とある。

⑫ 大閱の禮 注④参照。

⑬ 十年 桓公十年伝に「冬、齊・衛・鄭來戰于郎、我有辭也、初北戎病齊、諸侯求之、鄭公子忽有功焉、齊人饋諸侯、使魯次之、魯以周班後鄭、鄭人怒、請師於齊、齊人以衛師助

春秋正義 註 (九)

国語 榎本 紘 二

The Japanese Translation and Annotation of *Chung-kiu Zheng-yi* (春秋正義) Part 9

Hiroji MASUMOTO

This paper is part 9 of the Japanese translation and annotation of *Chung-kiu Zheng-yi* (春秋正義).

Part 9 contains the 6th, 7th, 8th, 9th, 10th, and 11th year of duke Huan (桓公).

(一)

〔經〕 六年、春、正月、寔來

〔注〕 寔實也、不言州公者、承上五年冬經如曹、間無異事、省文從

可知

〔經〕 夏、四月、公會紀侯于成

〔注〕 成魯地、在泰山鉅平縣東南

〔經〕 秋、八月壬午、大閱

〔注〕 齊爲大國、以戎事徵諸侯之成、嘉美鄭忽、而忽欲以有功爲班、怒而訴齊、魯人懼之、故以非時簡車馬

〔疏〕 大閱

正義に曰はく、公、^①郎に狩りし、^②禚に狩りするに皆「公」を書す。^③「大蒐——大いに蒐す」「大閱——大いに閱す」に「公」を書せざるは、『周禮』に四時に戦ひを教へて遂に田獵を以てすと雖も、但車馬を蒐閱して未だ必ずしも皆田獵に囚らず。田獵は禽に従ひて未だ必ずしも皆車馬を閱せず。何となれば則ち怠慢の主は、外に禽の荒みを作す。豈に戦ひを教ふるを待ちて方に始めて獵するや。^⑤公、齊人と禚に狩りするは、乃ち鄰國と共に獵し、必

昭和59年度(1月~12月)本校教官による他誌発表論文一覧表

著者名	論文題目	発表誌名または発表場所
宇根 俊範	「律令体制と氏族」について	「日本史研究」261号
宇根 俊範	「新撰姓氏録」に関する若干の問題	中国四国歴史学地理学社会科教育研究大会(岡山)
白川 洋二	DATA BOOK OF PEDATRON 2000 長文総合英語	文化評論出版(59. 2. 6)
白川 洋二	新教育課程におけるLLの役割	Language Laboratory Forum of Hiroshima (March, 1984)
白川 洋二	高校英語の基礎と充実 FOUNDATION AND FULL- NESS OF HIGH SCHOOL ENGLISH	文化評論出版(59. 4. 3)
川尻 武信	「機器を使った指導形態」	『英語のリスニング』大修館書店
左古 悦雄	数学教育現代化再考	数学教育学研究紀要(第10号)
笠松 義隆 小山 通榮 檜原 忠幹(広大) 小島 健一(〃) 上垣内孝彦(〃)	MnAl および MnBi _{1-x} Sb _x の NMR	第8回日本応用磁気学会学術講演概 要集(59年, 広島)
堀 武夫 金柁 晴海(前中国新 聞運動部長)	広島スポーツ史	財団法人広島県体育協会 昭和59年6月15日発行(670頁)
茶木 正吉・畑 利一 石井 義明・星 健三 小堀 慈久	地域環境特性の基礎的共同研究(Ⅱ)	特定研究昭和58年度研究成果報告書 昭和59年4月
大下 隆章 武井 英雄(広大工) 畑山 東明(〃)	超塑性 Zn-22Al 合金の閉そく型鍛 造	日本金属学会誌; 48(1984), 742.
大下 隆章 武井 英雄(広大工) 畑山 東明(〃)	超塑性 Zn-22Al 合金の圧接	日本金属学会秋期大会講演概要集 (昭和59年度, 広島)
灘野 宏正 寺内 喜男(広大工)	四球試験におけるりん酸トリエチル の摩擦特性に及ぼす影響	潤滑, 29巻, 7号(1984), p. 522~ 528.

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
灘野 宏正	移動熱源による温度上昇——二次元熱流による表面から放熱がある場合の温度計算——	機械の研究, 36巻, 8号(1984) p. 926~930.
灘野 宏正	歯車の振動および騒音の防止法	設計製図, 19巻, 115号(昭59-11) p. 349~353.
寺内 喜男(広大工) 灘野 宏正 中本 幸義(オカネツ工業)	歯先に面取りを施した歯車の負荷能力に関する研究	日本機械学会講演論文集, No. 884-8 (1984-11, 関西支部第224回講演会, 大阪)
京免 進 近江 宗一(阪大工) 碓井 建夫()	液体管路における乱流過渡流れの数値解析	日本機械学会論文集, B編, 50巻 457号(昭59-9), 1995~2003.
寺内 喜男(広大工) 永村 和照() 坂本 健二(広大院) 野原 稔	ローラ表面に発生するリップリング損傷に関する研究	日本設計製図学会中国支部講演論文集No. 4 (59年)
藤田 幸史 久良喜代彦 廣光清次郎(福井大工)	LANによるマイコン教育システムの利用について	電子通信学会技術報告 ET83-11
灘野 宏正 河野 正来 寺内 喜男(広大工)	歯面に銅及び二硫化モリブデン被膜を施した歯車の負荷能力に関する研究	日本設計製図学会中国支部講演論文集No. 4 (59年, 呉)
寺内 喜男(広大工) 灘野 宏正 河野 正来	歯面に銅めっきを施した歯車のスコアリング強さ	日本機械学会論文集, 50巻, 450号 (昭59-2), 379~388.
寺内 喜男(広大工) 灘野 宏正 河野 正来	On the Temperature Rise Caused by Moving Heat Sources (1st Report, Calculation of the Temperature under Three-dimensional Heat Flow)	Bulletin of the JSME, Vol. 27, No. 226 (1984), pp. 831~838.
寺内 喜男(広大工) 灘野 宏正 河野 正来	Effect of MoS ₂ Films on Scoring Resistance of Gears	ASME Fourth International Power Transmission and Gearing Conference (1984, Cambridge), Paper No. 84-DET-59.
寺内 喜男(広大工) 灘野 宏正 河野 正来	Scoring Resistance of Copper-plated Gears	Bulletin of the JSME, Vol. 27, No. 232 (1984), pp. 2287-2294.

著者名	論文題目	発表誌名または発表場所
近江 宗一(阪大工) 井口 学(〃) 赤尾不二雄	乱流遷移を伴う長方形管内振動流れの層流域における速度分布	日本機械学会講演論文集, No.840-4 (昭59-4) 東京
近江 宗一(阪大工) 井口 学(〃) 赤尾不二雄	Laminar-Turbulent Transition and Velocity Profiles of Oscillatory Rectangular Duct Flows	Bulletin of JSME, Vol. 27, No. 229, July, 1984, p. 1399.
近江 宗一(阪大工) 井口 学(〃) 赤尾不二雄	長方形管内層流過渡流れの壁面せん断応力に対する表示式	日本機械学会講演論文集, No.840-12 (昭59-10), 名古屋
井口 学(阪大工) 近江 宗一(〃) 赤尾不二雄	任意断面管路内非定常流における壁面せん断応力の表示式	日本機械学会講演論文集, No.844-6 (昭59-3), 神戸
山下 英生(広大工) 河野 信之(〃) 中前栄八郎(〃) 野村 利英	The iterative local 3-D finite element analysis method by modifying the machines from a simplified shape to a real one	Journal of APPLIED PHYSICS, Vol. 55, No. 6, 15 March, 1984.
野村 利英 中前栄八郎(広大工) 山下 英生(〃) 大谷 邦弘(中国電機製造) M. S. A. A. Hamman (Clarkson University)	A Novel Connection of the Coarse Winding of a Large Distribution Transformer with Divided Secondary Winding and its Voltage Control	Trans. I. E. E. of Japan, Vol. 104, No. 5/6, May/June, 1984.
野村 利英 山下 英生(広大工) 中前栄八郎(〃)	局所三次元有限要素解析における局所境界の設定位置による誤差の検討	電気四学会中国支部連合大会講演論文集 (No.30504)
山崎 勉 佐々木博司(広大工)	Fast Decoupled State Estimator の並列計算法	電気学会全国大会講演論文集 (昭和59年, 東京)
太田 光雄(広大工) 中村一正(広島商高専) 加藤 裕一	入力帯域幅と騒音計の時定数が Leq 評価量に及ぼす一効果	日本騒音制御学会 Vol. 8, No. 3 1984.
太田 光雄(広大工) 加藤 裕一 中村一正(広島商高専)	職場の実環境における遮音特性の一同定理論と任意騒音侵入下のレベル分布予測(最小自乗法)	日本音響学会講演論文集(昭和59年3月)春期大会, 東京理科大学
山口 静馬(海保大) 加藤 裕一 太田 光雄(広大工)	中央値の標本分布に基づく順序統計量からの騒音レベル分布推定	日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集(昭和59年9月) 東京教育会館

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
加藤 裕一 山口 静馬(海保大) 太田 光雄(広大工)	L50 標本データに基づく任意騒音レベル変動の分布推定	日本音響学会講演論文集(昭和59年10月)秋期大会, 山工工学部
山口 静馬(海保大) 加藤 裕一 太田 光雄(広大工)	中央値の標本データに基づく騒音レベル分布推定	昭和59年度電気四学会中国支部連合大会, 広島工大
石井 義明	呉市周辺の土砂崩壊地, 非崩壊地における土の工学特性の比較について	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集(昭和59年7月, 広島市)
竹村 和夫 阿部 康俱	砕砂を用いて微粉末を添加したコンクリートの強度と空気特性	セメント技術年報 38.
竹村 和夫 阿部 康俱	Strength and Air-Void Parameters of Crushed Sand and Crushed Stone Concrete Using Pulverized Blast-Furnace Slag as Admixture	Review of the 38th general meeting - Technical session.
竹村 和夫 阿部 康俱	コンクリートの強度に及ぼす再振動の効果	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集(59年, 広島)
網干 寿夫(広大工) 小堀 慈久	まさ土の分光反射特性について	第19回土質工学会研究発表会講演集(59年, 松山)
網干 寿夫(広大工) 小堀 慈久	貫入試験値による斜面風化状況調査——広島市・呉市の場合——	第36回土木学会中国四国支部研究発表講演概要集(59年, 広島)
網干 寿夫(広大工) 小堀 慈久	リモート・センシングによるまさ土斜面の危険箇所の判定について	文部省科学研究費・自然災害特別研究・計画研究, 昭和59年度中間報告書, pp. 47 ~52. (59年11月)
大橋 晶良 原田秀樹(長岡技大) 桃井清至()	流動層型反応器内の流体混合特性におよぼす流動粒子性状の影響	土木学会第39回年次学術講演会講演概要集第2部(59年, 京都)
清 和四士	現場型木材強度試験法について	広島県建築士会会報 (No.77)
西村 光正 松浦 誠(近大工)	マサ土地盤の宅地安定対策	基礎工, Vol. 12, No. 9 (1984)
西村 光正 山本 春行(広大工)	マサ地盤の圧縮性について (自然状態と浸水状態における載荷試験)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関連)昭和59年10月

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
岡本 二郎 石丸 紀興(広 大)	向島町における架橋インパクトに関する調査・研究(その1-住民意識調査による尾道大橋とフェリーボートの利用状況について)	日本建築学会東北支部研究報告集(第44号)
岡本 二郎 石丸 紀興(広 大)	向島町における架橋インパクトに関する調査・研究(その2-住民意識調査からみた生活圏域について)	日本建築学会東北支部研究報告集(第44号)

編 集 委 員

茶	木	正	吉
川	尻	武	信
京	免		進
野	村	利	英
中	野	修	治
西	村	光	正

呉工業高等専門学校
研究報告

第21卷 第1号 (1985)
(通巻 第36号)

昭和60年8月印刷
昭和60年8月発行

編集者 呉工業高等専門学校
発行者

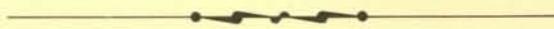
〒737 呉市阿賀南2丁目2-11
電話 (0823) 71-9121

印刷所 たくみ印刷株式会社

〒733 広島市西区井口明神
2丁目1-21
電話 (082) 278-2111

MEMOIRS OF THE KURE TECHNICAL COLLEGE

Vol. 21, No.1 (Consecutive No.36)
August, 60th Year of Showa (1985)



1. A Numerical Solution of Diffusion Equation.....	Isao IMAI	1
2. Solutions of Transition Waves, Pulses, Periodic Waves in a Nerve Conduction Equation.....	Shozo OKANAKA Mamoru SAKAMOTO	9
3. Analysis of Deformation Process and Stress Distribution on the Contact Zone of Spur Gear.....	Minoru NOHARA	27
4. Developed LAN Commands in OS Level of a Microcomputer System for Training Education and thier Composite Utilization.....	Yoshifumi FUJITA Tsutomu YAMAZAKI Kiyohiko KURO	39
5. Program Works by Microcomputer and the Fatigue of Eyes.....	Kazuhiko HARADA	53
6. An Application of Personal Computer to Processing Educational Information.....	Tsutomu YAMAZAKI	61
7. On the Effect of the Rainfall, Topographical and Engineering Property of Soils on the Slope Failure Disaster at Kure City (Report 1).....	Yoshiharu ISHII Kenzo HOSHI	71
8. General Higher-Order Theory of Thermoelastic Plates by Use of Fourier Series Expansion Along the Plate Thickness.....	Seiro MARUGAMI Ken-ichi HIRASHIMA	81
9. The Japanese Translation and Annotation of Chung-qiu Zheng-yi Part9.....	Hiroji MASUMOTO	94
List of Papers Published or Read outside This College by Its Teaching Staff in 1984.....		139