

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第27巻 第1号 (通巻第48号)

平成3年8月 (1991)

目 次

1. 有理Bezier曲面による格子点列の補間	岡 中 正 三 大 橋 晶 良 黒 瀬 能 事	1
2. マイクロコンピュータによる天井クレーンの制御	野 原 稔	11
3. 中空陰極放電の実験的研究 VII	山 崎 勉	19
4. まさ土地盤における降雨浸透解析研究	小 堀 慈 久	27
5. 都市施設の有効利用に関する基礎的研究～その4 : 河川整備に関する住民意識調査結果の分析～	西 名 大 作 藤 井 部 健 篠 部 橋 裕 大 橋 晶 良 藤 原 章 正	37
平成2年度本校教官による他誌発表論文一覧表		49

有理 Bezier 曲面による格子点列の補間

(一般科目)	岡	中	正	三
(土木工学科)	大	橋	晶	良
(近畿大学)	黒	瀬	能	聿

Data Interpolation by Rational Bezier Surface

Shozo OKANAKA
Akiyoshi OHASHI
Yoshinobu KUROSE

Our last report presented a method of generating a smooth surface that passed through given data points. By the method, however, some undesirable results were obtained.

In this paper, a $C^{1,1}$ surface interpolation method by rational Bezier surface are presented. If we use the method, we can solve these bad results. And then, the accuracies of both interpolation methods are compared.

§ 1. はじめに

3次元CAD(Computer Aided Design)システムのあり方を考えるとき、自由曲面の創成を精度よく取り扱うことが重要である。研究報告第26巻第1号においては、B-spline 曲面による格子点列の補間について述べた。その際、境界近辺での精度のよくないことが今後の課題として残った。しかも、一次微係数が不連続となる点を含む曲面を表現することは困難である。

本研究では、それらの問題点を克服すべく、有理 Bezier 曲面による補間について考察する。§2では、有理 Bezier 曲線の特性について述べる。有理 Bezier 曲線は有限でない制御点(無限遠点)を扱うことが可能であり、そのことによって、円錐曲線は正確に表現できることになる。§3では、与えられた点列を補間する方法について述べ、§4では、格子点列を補間する方法について述べる。§5では、半球面を例にとり、B-spline 曲面による補間と有理 Bezier 曲面による補間との精度を比較する。

§ 2. 有理 Bezier 曲線

2.1 n次有理 Bezier 曲線

有理曲線は、有限でない制御点(無限遠点)を扱うことが可能である。そのために3次元空間3D上の点 (x, y, z) を4次元射影空間4D上の同次座標 (hx, hy, hz, h) で表す。そして、以下に示す写

像Hによって、同次座標は3D上の通常座標に戻される。

$$H(x, y, z, w) = \begin{cases} \left(\frac{x}{w}, \frac{y}{w}, \frac{z}{w} \right) & (w \neq 0) \\ \text{ベクトル } (x, y, z) \text{ 方向の無限遠点} & (w = 0) \end{cases} \quad (1)$$

4D上の制御点

$$h_i P_i^A = (h_i x_i, h_i y_i, h_i z_i, h_i) \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n)$$

が与えられた時、次に示す n 次非有理 Bezier 曲線が一意に定義される。

$$R^A(u) = \sum_{i=0}^n h_i P_i^A B_i^n(u) \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (2)$$

曲線(2)は写像Hによって、次に示す n 次有理 Bezier 曲線となる。

$$R(u) = H \left\{ \sum_{i=0}^n h_i P_i^A B_i^n(u) \right\} \\ = \frac{\sum_{i=0}^n h_i P_i B_i^n(u)}{\sum_{i=0}^n h_i B_i^n(u)} \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (3)$$

ここで、 $B_i^n(u)$ は n 次の Bernstein 多項式であり、 P_i は制御点 $h_i P_i^A (h_i \neq 0)$ の3D上への像である。また、 h_i は重みと呼ばれ、 h_i を変えることにより制御点を変更することなく曲線の形状を変えることができる。

点 $(x_i, y_i, z_i, 0)$ は無限遠点と呼ばれ、3D上では方向ベクトル $P_j = (x_j, y_j, z_j)$ によって表される。4Dにおける制御多角形の中に無限遠点 $P_j^A = (x_j, y_j, z_j, 0)$ が含まれる場合、式(3)は次のようになる。

$$R(u) = \frac{\sum_{i=0, i \neq j}^n h_i P_i B_i^n(u) + P_j B_j^n(u)}{\sum_{i=0, i \neq j}^n h_i B_i^n(u)} \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (4)$$

2.2 3次有理 Bezier 曲線

Fig. 1 (a) に示すような $h_0 = h_3 = 1$ の3次有理 Bezier 曲線を考える。ここで、Fig. 1 (b) のように P_1 を点線に沿って無限遠点になるように動かすと、最初の曲線は3つの制御点と1つの方向ベクトルによって定義された曲線に変わる。曲線の方程式は次のようになる。

$$R(u) = \frac{(1-u)^3 P_0 + 3(1-u)^2 u P_1 + 3(1-u) u^2 h_2 P_2 + u^3 P_3}{(1-u)^3 + 3(1-u) u^2 h_2 + u^3} \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (5)$$

さらに、Fig. 1 (c) のように P_2 を無限遠点に移動すると、曲線は2つの端点 P_0, P_3 と2つの接線ベクトル P_1, P_2 によって定義された曲線に変わる。曲線の方程式は次のようになる。

$$R(u) = \frac{(1-u)^3 P_0 + 3(1-u)^2 u P_1 + 3(1-u) u^2 P_2 + u^3 P_3}{(1-u)^3 + u^3} \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (6)$$

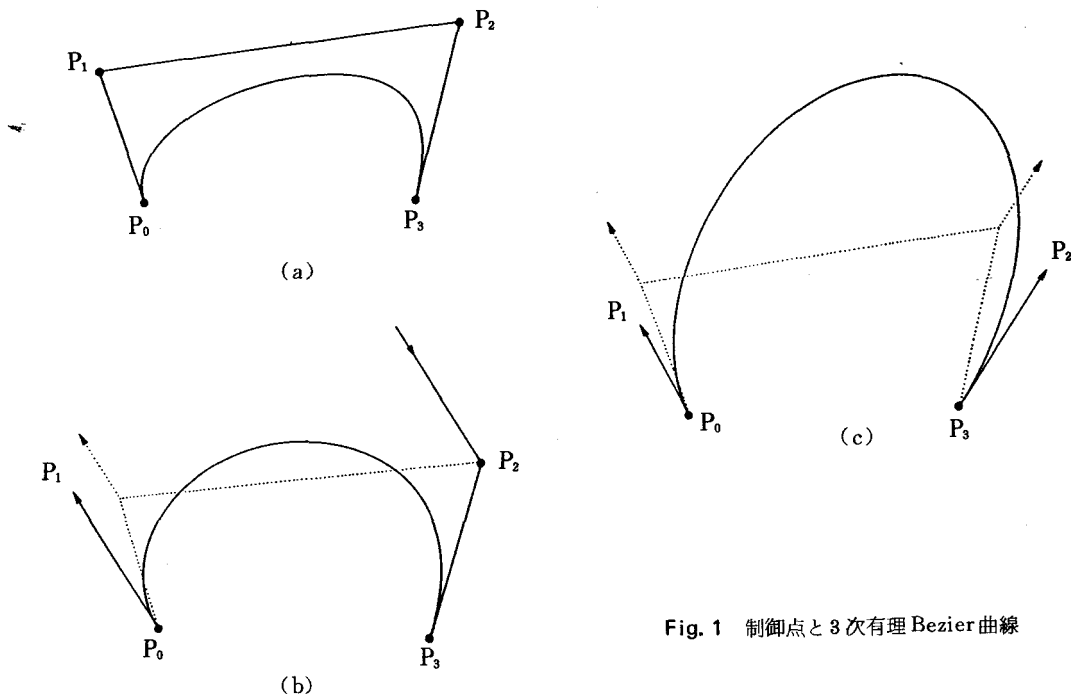


Fig. 1 制御点と3次有理 Bezier 曲線

§ 3. 点列補間の方法

ここで、与えられた点列 $P_i (i=0, 1, 2, \dots, n)$ を補間する 3 次有理 Bezier 曲線の求め方について述べる。その際重要なことは、曲線セグメントをどう定義するかということと、曲線セグメントをどう接続するかである。

3.1 曲線セグメント

曲線式 (6) を、円錐曲線も表現できるように次のように修正する。

$$\begin{aligned} R(u) &= \frac{(1-u)^2 P_0 + 2(1-u)^2 u P_1 + 2(1-u) u^2 P_2 + u^2 P_3}{(1-u)^2 + u^2} \\ &= \frac{(1-u)^2 P_0 + 2u(1-u) P_1(u) + u^2 P_3}{(1-u)^2 + u^2} \quad (0 \leq u \leq 1) \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、

$$P_1(u) = (1-u)P_1 + uP_2$$

である。

ここで注目すべきことは、曲線式 (7) は円錐曲線を正確に表現できることである。なぜならば、 $P_1 = P_2$ のとき、 $P_1(u) = P_1 (= P_2)$ となり、式 (7) は 2 次有理 Bezier 曲線となるからである。Fig. 2 (a)

は、楕円弧を表しており、Fig. 2 (b) は半円を表している。Fig. 2 (b) の場合は、2 端点を結ぶ線分に垂直で、絶対値がこの線分の長さの $\frac{1}{2}$ である接線ベクトルを与えている。

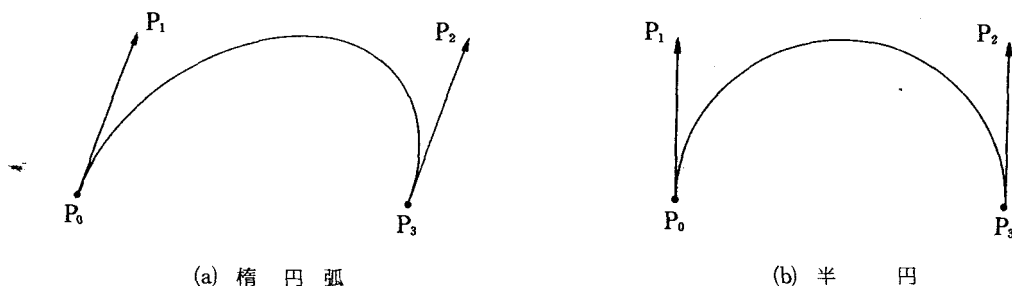


Fig. 2 2次有理 Bezier 曲線による曲線例

3.2 接線ベクトルの求め方

与えられた点列 $P_i (i=0, 1, 2, \dots, n)$ を補間する際、曲線セグメントを式 (7) で定義する。そのためには、両端点における接線ベクトルを入力する必要がある。ところが、接線ベクトルを決定することは容易なことではない。そこで、与えられた点列から自動的にそれを求める方法を以下に示す。

Fig. 3 に示す 5 つの連続するデータ点 $P_{i-2}, P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, P_{i+2}$ から、点 P_i における接線ベクトル t_i を次のように求める。

$$t_i = (1-\alpha)s_i + \alpha s_{i+1} \quad (8)$$

ここで、

$$\alpha = \frac{A}{A+B}$$

$$A = |s_{i-1} \times s_i|, B = |s_{i+1} \times s_{i+2}|, s_k = P_k - P_{k-1}$$

である。

上のように定義した理由は、 s_{i-1} が s_i に近づけば t_i は s_i に近づき、 s_{i+2} が s_{i+1} に近づけば t_i は s_{i+1} に近づかずだからである。 s_k の方向に注目すると、次のような特殊な場合を考えておく必要がある。

$C = |s_i \times s_{i+1}|$ とした場合、

- 1) $A=0, B \neq 0 \Rightarrow s_{i-1}$ と s_i は同一直線上にある: $t_i = s_i$
- 2) $A \neq 0, B=0 \Rightarrow s_{i+1}$ と s_{i+2} は同一直線上にある: $t_i = s_{i+1}$
- 3) $A=0, B=0, C \neq 0 \Rightarrow s_{i-1}$ と s_i が同一直線上にあり、 s_{i+1} と s_{i+2} も同一直線上にある:

$$t_i = \frac{s_i + s_{i+1}}{2}$$

- 4) $A=0, B=0, C=0 \Rightarrow s_{i-1}, s_i, s_{i+1}, s_{i+2}$ が同一直線上にある: $t_i = s_{i+1}$

定義式 (8) によって、接線ベクトル t_0, t_1, t_{n-1}, t_n を求めるためには、次の Bessel 条件式が必要である。

$$\begin{aligned} s_0 &= 2s_1 - s_2, & s_{-1} &= 2s_0 - s_1 \\ s_{n+1} &= 2s_n - s_{n-1}, & s_{n+2} &= 2s_{n+1} - s_n \end{aligned} \quad (9)$$

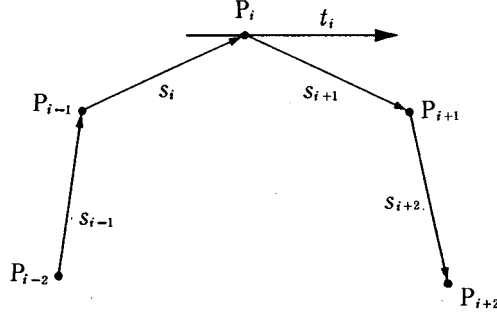


Fig. 3 曲線補間のための接線ベクトル

3.3 接続の方法

i 番目の曲線セグメントの両端点の位置ベクトルを $P_{i,0}, P_{i,2}$ とし、それぞれの端点における接線ベクトルを $P_{i,1}, P_{i,3}$ とする。このとき、 i 番目の曲線セグメントと $i+1$ 番目の曲線セグメントが C^1 連続となるように接続する。そのためには、次の条件が必要である。

$$\begin{aligned} P_{i,3} &= P_{i+1,0} \\ P_{i,2} &= -P_{i+1,1} \end{aligned} \quad (10)$$

式 (10) から、すべての接線ベクトルが計算されると、与えられた点列 $P_i (i=0, 1, 2, \dots, n)$ の補間曲線式は次式ようになる。

$$R^k(u) = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^2 h_{i,j} P_{i,j}^k B_j^2\left(\frac{u-u_i}{u_{i+1}-u_i}\right) \quad (u_0 \leq u \leq u_n) \quad (11)$$

ここで、 $h_{i,j} P_{i,j}^k (j=0, 2)$ は i 番目の曲線セグメントの端点であり、

$$h_{i,1} P_{i,1}^k = (1-a)t_i - at_{i+1}, \quad a = \frac{u-u_i}{u_{i+1}-u_i}$$

である。

§ 4. 格子点列補間の方法

考えられた格子状の点列 $P_{i,j} (i=0, 1, 2, \dots, n; j=0, 1, 2, \dots, m)$ を補間する双 3 次有理 Bezier 曲面の求め方について述べる。

4.1 曲面パッチ

Fig. 4 に示すように、四隅の位置ベクトル、二つのパラメータ方向の接線ベクトルおよび四隅の点における方向ベクトルが与えられた時、双 3 次有理 Bezier 曲面パッチが次式で定義される。

$$R^k(u, v) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 h_{i,j} P_{i,j}^k f_i(u) f_j(v) \quad (0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1) \quad (12)$$

ここで,

$$\begin{aligned} f_0(t) &= (1-t)^2 \\ f_1(t) &= 2t(1-t)^2 \\ f_2(t) &= 2t^2(1-t) \\ f_3(t) &= t^2 \end{aligned}$$

である。また、式(12)は、次のような双2次形式に変形することができる。

$$R^k(u, v) = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 h_{i,j} Q_{i,j}^k B_i^2(u) B_j^2(v) \quad (13)$$

ただし、 $h_{0,0}Q_{0,0}^k = h_{0,0}P_{0,0}^k$, $h_{0,2}Q_{0,2}^k = h_{0,3}P_{0,3}^k$, $h_{2,0}Q_{2,0}^k = h_{3,0}P_{3,0}^k$, $h_{2,2}Q_{2,2}^k = h_{3,3}P_{3,3}^k$ であり、

$$\begin{aligned} h_{0,1}Q_{0,1}^k &= (1-v)h_{0,1}P_{0,1}^k + v h_{0,2}P_{0,2}^k \\ h_{1,0}Q_{1,0}^k &= (1-u)h_{1,0}P_{1,0}^k + u h_{2,0}P_{2,0}^k \\ h_{1,2}Q_{1,2}^k &= (1-u)h_{1,3}P_{1,3}^k + u h_{2,3}P_{2,3}^k \\ h_{2,1}Q_{2,1}^k &= (1-v)h_{3,1}P_{3,1}^k + v h_{3,2}P_{3,2}^k \\ h_{1,1}Q_{1,1}^k &= (1-u)(1-v)h_{1,1}P_{1,1}^k + (1-u)v h_{1,2}P_{1,2}^k + u(1-v)h_{2,1}P_{2,1}^k + uv h_{2,2}P_{2,2}^k \end{aligned}$$

である。

4.2 補間曲面

与えられた格子状の点列 $P_{i,j}$ ($i=0, 1, 2, \dots, n$; $j=0, 1, 2, \dots, m$) を補間する双3次有理 Bezier 曲面を求めるためには、各点 $P_{i,j}$ における2つのパラメータ方向の接線ベクトル $t_{i,j}^u, t_{i,j}^v$ と方向ベクトル $n_{i,j}$ を求めなければならない。

接線ベクトル $t_{i,j}^u, t_{i,j}^v$ は、3.2 で述べた方法で求められるが、方向ベクトル $n_{i,j}$ は次式によって求める (Fig. 5 参照)。

$$n_{i,j} = (1-\alpha)(1-\beta)(s_{i,j} - s_{i-1,j}) + (1-\alpha)\beta(s_{i+1,j} - s_{i,j}) + \alpha(1-\beta)(s_{i,j+1} - s_{i-1,j+1}) + \alpha\beta(s_{i+1,j+1} - s_{i,j+1}) \quad (14)$$

ここに,

$$\alpha = \frac{|s_{i,j-1} \times s_{i,j}|}{|s_{i,j-1} \times s_{i,j}| + |s_{i,j+1} \times s_{i,j+2}|}$$

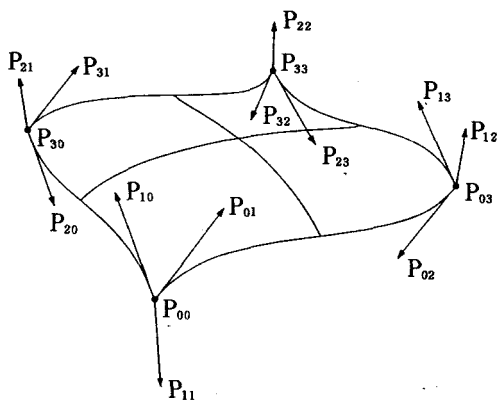


Fig. 4 双3次有理 Bezier 曲面パッチ

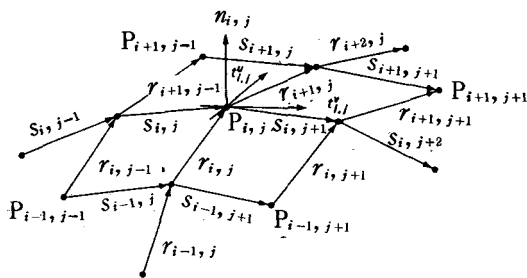


Fig. 5 曲面補間のための接線ベクトルと方向ベクトル

$$\beta = \frac{|\mathbf{r}_{i-1,j} \times \mathbf{r}_{i,j}|}{|\mathbf{r}_{i-1,j} \times \mathbf{r}_{i,j}| + |\mathbf{r}_{i+1,j} \times \mathbf{r}_{i+2,j}|}$$

$$\mathbf{s}_{i,j} = \mathbf{P}_{i,j} - \mathbf{P}_{i,j-1}, \quad \mathbf{r}_{i,j} = \mathbf{P}_{i,j} - \mathbf{P}_{i-1,j}$$

である。

すべての点における接線ベクトルと方向ベクトルが計算されると、与えられた点列 $\mathbf{P}_{i,j}$ ($i=0, 1, 2, \dots, n; j=0, 1, 2, \dots, m$) の補間曲面式は次式で表される。

$$B^k(u, v) = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{k=0}^2 \sum_{l=0}^2 h_{ij;kl} P_{ij;kl}^k B_k^2\left(\frac{u-u_i}{u_{i+1}-u_i}\right) B_l^2\left(\frac{v-v_j}{v_{j+1}-v_j}\right) \quad (u_0 \leq u \leq u_n, v_0 \leq v \leq v_m) \quad (15)$$

ここで、 $h_{ij;00} P_{ij;00}^k, h_{ij;02} P_{ij;02}^k, h_{ij;20} P_{ij;20}^k, h_{ij;22} P_{ij;22}^k$ は、曲面パッチの四隅の点であり、

$$h_{ij;01} P_{ij;01}^k = (1-b) t_{ij}^k - b t_{i,j+1}^k$$

$$h_{ij;10} P_{ij;10}^k = (1-a) t_{ij}^k - a t_{i+1,j}^k$$

$$h_{ij;12} P_{ij;12}^k = (1-a) t_{i,j+1}^k - a t_{i+1,j+1}^k$$

$$h_{ij;21} P_{ij;21}^k = (1-b) t_{i+1,j}^k - b t_{i+1,j+1}^k$$

$$h_{ij;11} P_{ij;11}^k = (1-a)(1-b) n_{ij} + \\ (1-a) b n_{i,j+1} + \\ a(1-b) n_{i+1,j} + a b n_{i+1,j+1}$$

$$a = \frac{u-u_i}{u_{i+1}-u_i}, \quad b = \frac{v-v_j}{v_{j+1}-v_j}$$

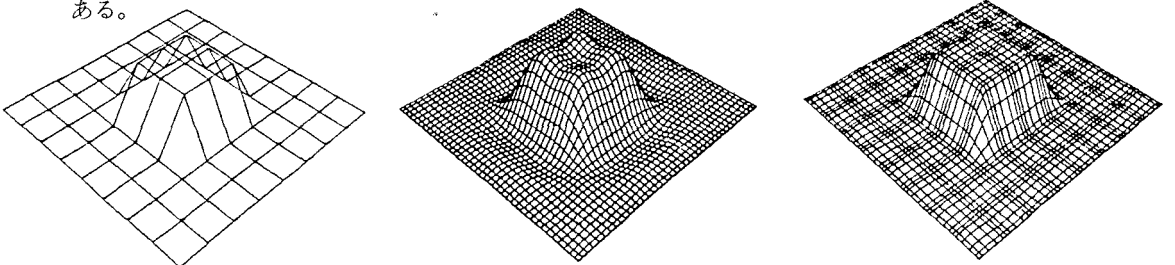
である。

4.3 適用例

4.1, 4.2 で述べた方法にもとづいて格子点列の補間を行った例を、ここに示す。

Fig. 6 (a) は与えられた格子点列を直線で結んだ図である。Fig. 6 (b) は、Fig. 6 (a) を B-spline 曲面で補間した図である。また、Fig. 6 (c) は、Fig. 6 (a) を有理 Bezier 曲面で補間した図である。このように、有理 Bezier 曲面で補間した場合の方が、与えられた点に近い曲面を得ることができる。

Fig. 7 は、自動車のボンネットの右半分のデータ点列を有理 Bezier 曲面で補間した曲面である。その際に使ったデータは、作成したクレイモデルをもとに 3 次元座標測定機で測定したものである。



(a) 与えられた格子点列

(b) B-spline 曲面による補間

(c) 有理 Bezier 曲面による補間

Fig. 6 • 格子点列に対する曲面補間

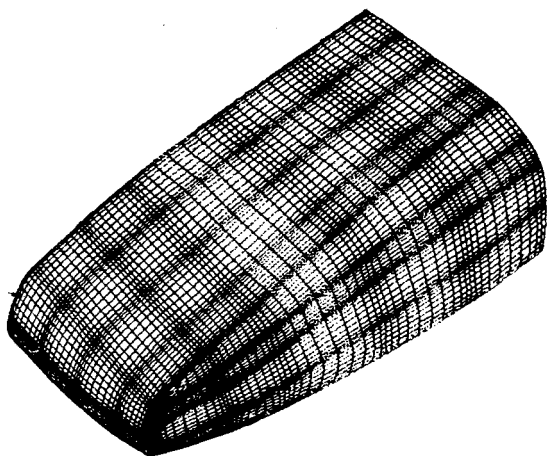


Fig. 7 自動車のボンネットの右半分

§ 5. 補間の精度

設計において自由曲面を取り扱う時、何等かの形で数式表現されていることが必要である。しかも精度よく表現されていることが極めて重要である。そこで、B-spline曲面による補間にとって最も表現の難しいものの一つである半球面を例にとり、B-spline補間曲面と有理 Bezier 補間曲面との精度を比較する。

ここに、中心 (5, 5, 0)、半径 5 の半球面を考える。Fig. 8 に示す 21×21 の縦横メッシュラインの作る格子点に対応する z 値 (真値) をもとに、B-spline 曲面による補間と有理 Bezier 曲面による補間を行う。

精度評価規範としては、41×41 のメッシュラインの作る格子点に対応する z 値 (真値) と補間値との 2 乗平均誤差と絶対平均誤差を求める。2 乗平均誤差と絶対平均誤差の定義式は次の通りである。

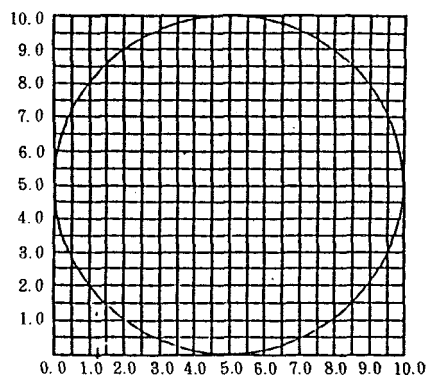


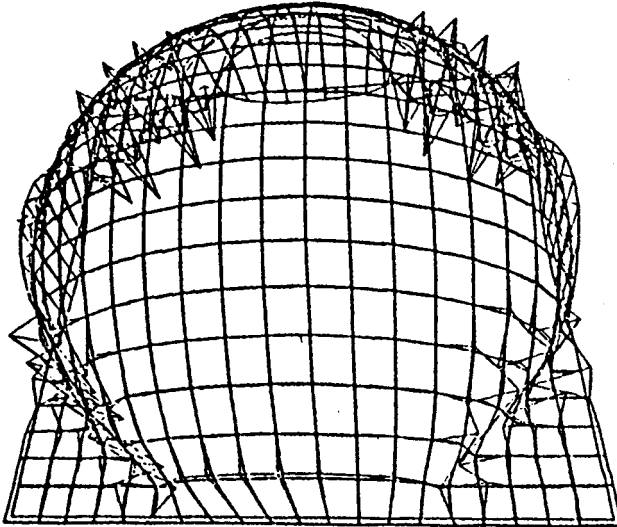
Fig. 8 21×21 のメッシュライン

$$\begin{aligned}
 \text{2 乗平均誤差} &: \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2}{n}} \\
 \text{絶対平均誤差} &: \frac{\sum_{i=1}^n |A_i - B_i|}{n}
 \end{aligned}$$

ここで、 A_i は真値、 B_i は補間値であり、 n はデータ数である。

Fig. 9 (a) には、B-spline 曲面によって補間した場合の半球面とその場合の 2 乗平均誤差および絶対平均誤差を示している。また、Fig. 9 (b) には、有理 Bezier 曲面によって補間した場合の半球面とその場合の 2 乗平均誤差および絶対平均誤差を示している。

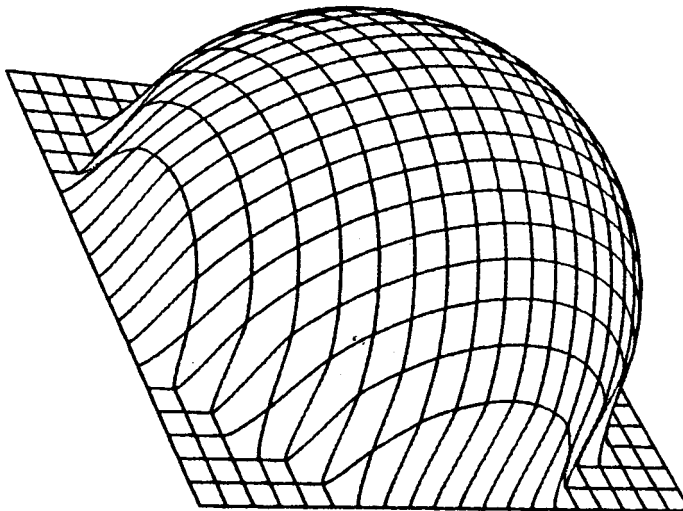
以上の結果から、B-spline 曲面による補間と有理 Bezier 曲面による補間の精度を比較すると、2 乗平均誤差においては 7%，絶対平均誤差においては 24% 程度有理 Bezier 曲面による補間の方が精度が良いことがわかる。



(a) B-spline 曲面による補間の精度

2 乗 平 均 誤 差	0.105208
誤 差 の 最 大	0.569590
その時の X 座 標	3.250000
その時の Y 座 標	0.250000
真 の Z 座 標	0.000000
計算の Z 座 標	0.569590

絶 対 平 均 誤 差	0.040028
誤 差 の 最 大	0.569590
その時の X 座 標	3.250000
その時の Y 座 標	0.250000
真 の Z 座 標	0.000000
計算の Z 座 標	0.569590



(b) 有理 Bezier 曲面による補間の精度

2 乗 平 均 誤 差	0.097355
誤 差 の 最 大	0.681962
その時の X 座 標	3.250000
その時の Y 座 標	0.250000
真 の Z 座 標	0.000000
計算の Z 座 標	0.681962

絶 対 平 均 誤 差	0.028481
誤 差 の 最 大	0.681962
その時の X 座 標	3.250000
その時の Y 座 標	0.250000
真 の Z 座 標	0.000000
計算の Z 座 標	0.681962

Fig. 9 補間の精度の比較

§ 6. おわりに

本研究では、与えられた格子点列の有理 Bezier 曲面による補間の方法と、その精度について考察した。その結果、B-spline 曲面による補間よりも、有理 Bezier 曲面による補間の方が精度も良いし、与えられた点列により近い曲面が得られることがわかった。

しかし、精度についてさらに深く検討すると、最大誤差が現れる位置は一次微係数が不連続となる点の付近であることがわかる。そこで、そのような点付近のデータを多く与えるか、予めその点の値を与えておけば、精度はさらによくなると考えられる。このことについては、今後の課題にしたい。また、今回は重みをすべて1としたが、重みを変化させることによって、与えられたデータにより近い補間が可能であろう。この点についても、今後の課題としたい。

最後に、本研究にあたり有益な御助言を頂いた近畿大学工学部 富田 豊 教授に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) L. Piegl: Hermite-and Coons-like interpolants using rational Bezier approximation form with infinite control points, computer-aided design, 1988
- 2) L. Piegl: Infinite Control Points—A Method for Representing Surface of Revolution Using Boundary Data, IEEE CG & A, 1987
- 3) L. Piegl: Interactive Data Interpolation by Rational Bezier Curves, IEEE CG & A, 1987
- 4) 岡中正三, 大橋晶良: B-スプライン曲線・曲面による点列および格子点列の補間, 呉高専研究報告 26巻1号, 1990
- 5) 山口富士夫: 形状処理工学 I, II, 日刊工業新聞社, 1982

(平成3年4月15日受付)

マイクロコンピュータによる天井クレーンの制御

(機械工学科) 野 原 稔

Operation Control of Overhead Crane by Micro Computer

Minoru NOHARA

As stepping motors can be closely controlled by digital signal, stepping motors are used recently in the many field.

This report says that the overhead crane, equipped with the stepping motors, can be controlled by micro computer.

§ 1. 緒 言

ステッピングモータは、ディジタル信号で制御できるため、マイクロコンピュータを使用して制御することができる。近年、ステッピングモータが多く使用されるようになった要因の一つに、マイクロコンピュータとの相性の良さがあるものと思われる。ステッピングモータの制御にマイクロコンピュータを使用する場合のメリットは、制御をプログラマブルに行なえることおよび複数のステッピングモータを同時に制御することが可能であることなどがあげられる。

本報では、ステッピングモータのドライバーを作成してその仕組みを理解した後、ステッピングモータやソレノイドを配置した天井クレーンを製作して、マイクロコンピュータにより制御した結果について報告する。

§ 2. 制御方法

2.1 制御方法の種類

本報においてステッピングモータ（以降、モータと呼ぶ）を制御するには、シャープ製のマイクロコンピュータ PC-G 801（以降、ポケコンと呼ぶ）を使用した。ポケコンを使用して機械などを制御する場合、使用するインターフェイスの違いによって、二通りの方法がある。一つは、ポケコンに内臓のシステムバスを使用して外部機器に対する入出力制御を行なう方法で、Z80のマシン語を使用する。もう一つは、ポケコンに内臓のミニ I/O ポートを使用して機器に対する入出力制御を行なう方法で、BASIC 言語を使用する。ここでは、後者の、ミニ I/O ポートを使用して機器の入出力制御を行なう方法を使用した⁽¹⁾⁽²⁾。

2.2 システムの構成

ポケコンは、縦100mm、横210mm、厚さ20mmのコンパクトなものであり、機械等に組込んで使用するには最適である。しかし、表示画面の狭さや作成プログラムを他の磁性体に保存できないという点においては不便であるため、プログラムの作成や保存は、パソコンを使用して行なった。作成したプログラムは、パソコンのRS 232C回路を使用してポケコンに転送し、ポケコン上で動作させて構成したシステムを動作できる。また、構成したシステムの動作修正を行なう場合、ポケコン上でプログラムの修正を行ない、RS 232C回路を使用してパソコンに転送することもできる。図1は、ポケコンを中心としたシステムの構成図を示している。

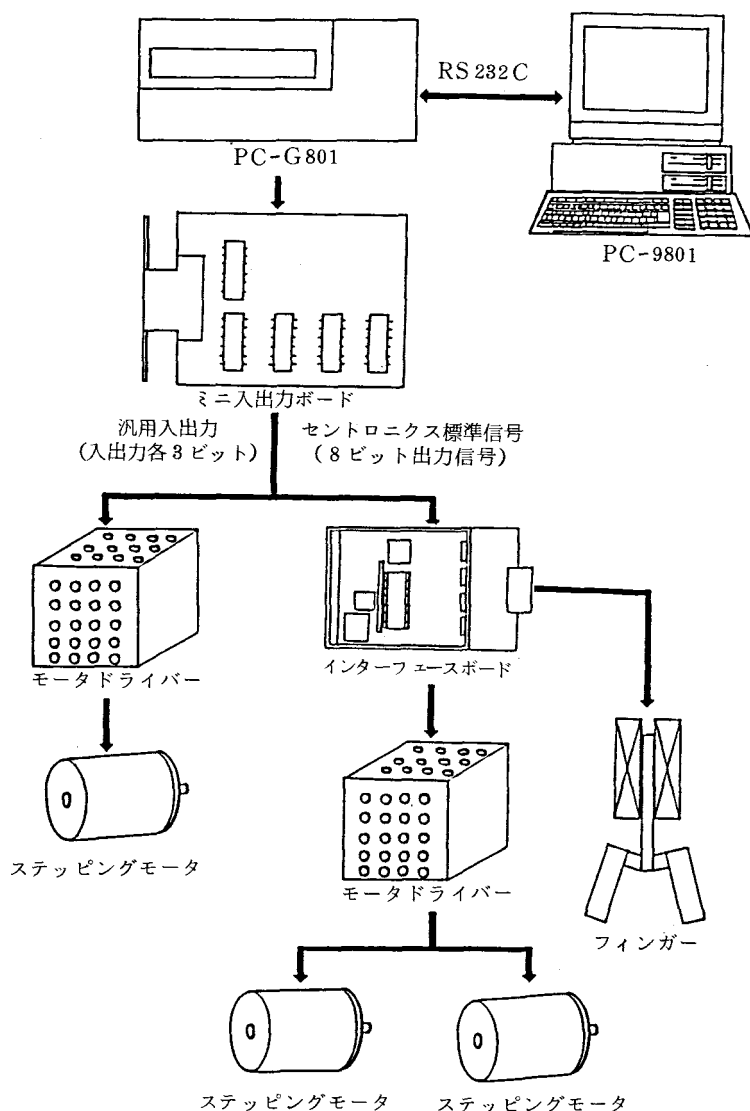


図1 システムの構成図

§ 3. 相励磁 IC PMM8713 とのインターフェース

ポケコンでモータを駆動（励磁）する方法の一つに、相励磁のための専用 IC PMM8713 を使用することが考えられる。PMM8713 を使用すると、ポケコン自身をパルス発生器として用い、入力パルス数に応じたモータの回転数やポケコンからの入力パルスの ON, OFF によって回転方向を決定できる。したがって、回路におけるモータの回転制御は、すべてポケコン、すなわちソフトウェアにゆだねられることになる。

ここでは、PMM8713 を含んだドライバーのキットを購入して、目的に合うように改造して使用した⁽³⁾⁽⁴⁾。また、使用したモータは、オリエンタル社製の PX243-10A である。図 2 は、1-2 相励磁方式の駆動回路を示している。

§ 4. 天井クレーンの仕組み

4.1 天井クレーンの概要

空間の物体移動を行なう方法として、天井クレーン方式がある。図 3 (a)(b) は、天井クレーンの写真を示している。この方式は、フィンガーで物体をつかみ、フィンガー上下用のモータを駆動して物体を持ち上げる。その後、所定の位置に移動するため、自動製図機に付属した 2 個のモータを駆動して平面移動を行なう。再びフィンガー上下用のモータを駆動して物体を降ろしてフィンガーを開き、物体をはなすという方式である。平面移動の機構には、グラフィック社製の、自動製図機を改造して使用した。自動製図機の機構を使用するため、自動製図機に付属したモータ、さらに、1 枚のインターフェイスボードに設置されたモータ駆動用のドライバーや入力データの動作範囲を規定する IC は、そのまま使用した⁽⁵⁾。

4.2 フィンガーの開閉機構とフィンガー部の上下機構

図 4 は、フィンガーの開閉機構とフィンガー部の上下機構を示している。フィンガーは、コイルの中心にある鉄心とフィンガー自身の重さにより左右に開く機構としている。また、フィンガーを閉じる場合、コイルに電流を流して磁力を発生させて、コイルの下方に下がった鉄心を引き上げることに

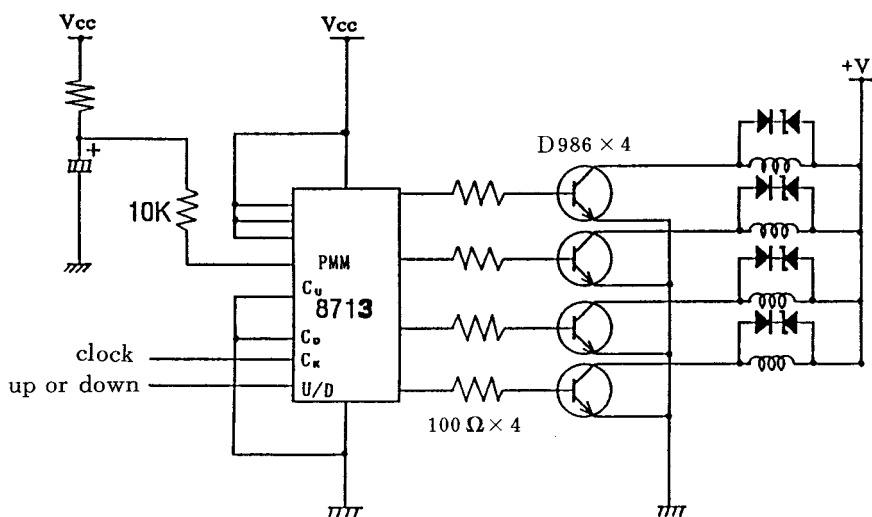
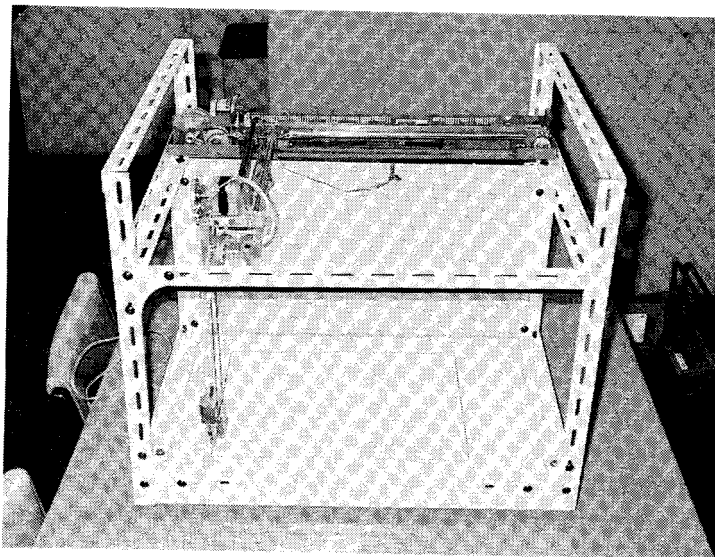
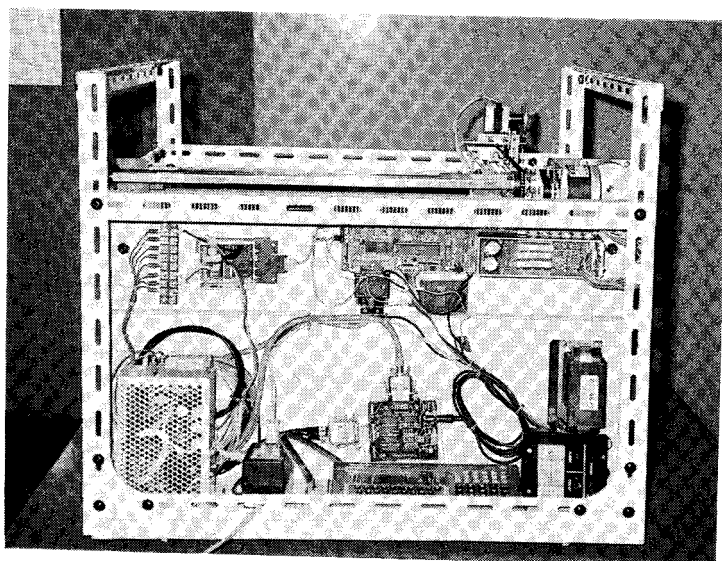


図 2 1-2 相励磁方式の駆動回路

より、鉄心と結合しているフィンガーを閉じる機構としている。また、コイルに作用する電圧を高くして磁力を大きくし、鉄心の引き上げ力を増加して、鉄心と結合しているフィンガーの閉じる力を強化した。フィンガーの上下機構は、モータの回転軸にドラムを取り付けた後、ケーブルの端をドラムに固定し、もう一方の端にフィンガー開閉機構を取付けてモータを正転、逆転することにより行なっ



(a) 装置の正面



(b) 装置の背面

図3 天井クレーンの構成図

た。フィンガーは、ケーブルで吊り下げているため回転しやすく、フィンガー開閉機構の両側にガイドを設置した。

§ 5. 天井クレーンの動作例

いま、天井型走行クレーンの動作の一例として、原点からスタートしてA点にある物体をC点に移

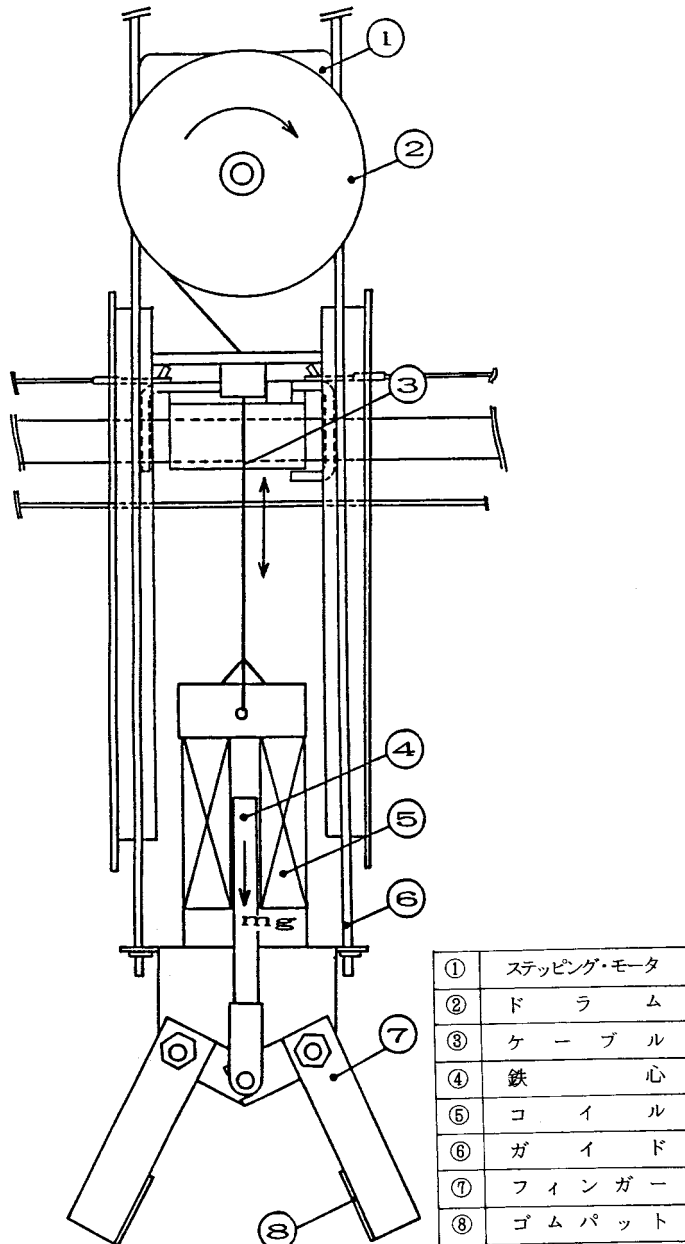


図4 フィンガーの開閉機構とフィンガー部の上下機構

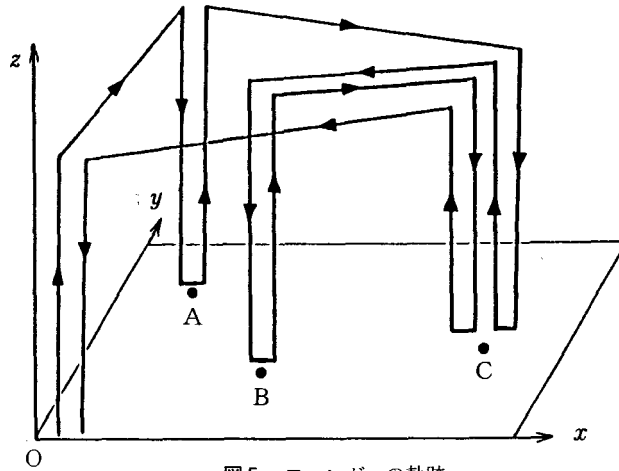


図5 フィンガーの軌跡

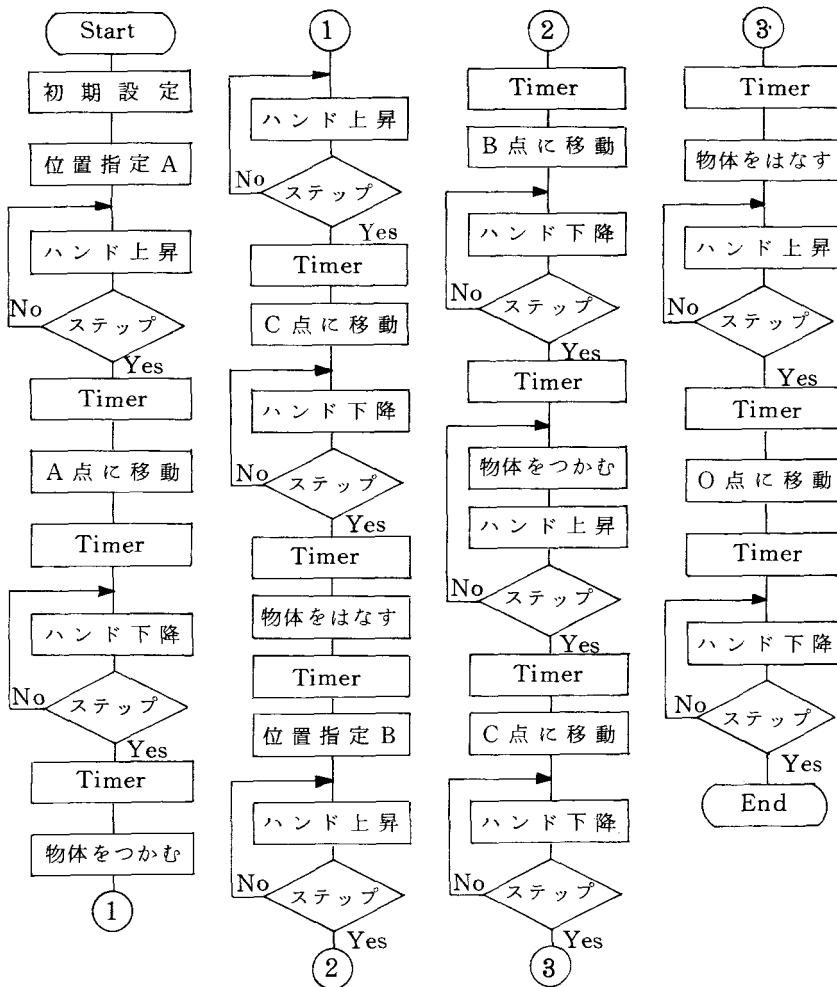


図6 フィンガーの軌跡におけるチャート図

動、再び、B点に戻って物体をC点に移動させた後、原点に戻るフィンガーの軌跡を図5に示す。図6は、そのチャート図を示している。また、フィンガーの移動先の設定変更は、容易に行なうことが可能である。

§ 6. 結 言

モータおよびソレノイドを配置した天井クレーンを製作して、ポケコンにより天井クレーンの動きを制御した結果についてまとめると以下のようなになる。

- (1) IC PMM8713を使用したドライバーを製作しその動作原理を理解した。
- (2) BASIC言語により、ポケコンに接続したミニI/Oボードのセントロニクス準拠信号で平面移動用の2つのモータを、汎用入出力を使用した信号により、フィンガー部の上下用モータを制御した。また、物体をつかむ機構として、フィンガーと結合したソレノイドを制御した。
- (3) モータおよびソレノイドを制御して、定められた位置に物体を移動させる天井クレーンの製作ができた。

最後に、本研究は竹内紀章氏（マツダ）および福森淳三氏（豊橋技科大）の卒業研究として行なわれたことを付記し、両氏に深謝する。

§ 7. 参考文献

- (1) 太平洋工業，シャープポケコンによる機械制御実習（1988），日刊工業新聞社。
- (2) シャープ，ポケットコンピュータ（PC-G801）取扱説明書。
- (3) 真壁，ステッピング・モータの制御回路設計，（1990），CQ出版。
- (4) 武藤，メカトロニクスとマイコンⅠ，（1985），工学図書。
- (5) グラフティク，パーソナルプロッタ取扱説明書。

（平成3年4月15日受付）

中空陰極放電の実験的研究 VII

(電気工学科) 山 崎 勉

Experimental Study on the Hollow-Cathode Discharge VII

Tsutomu YAMAZAKI

Spectroscopic properties of an argon hollow-cathode discharge are investigated experimentally. Firstly the emission spectra of the negative glow plasma in the center of the cylindrical hollow-cathode, of 19.2 mm in diameter and 150 mm in length, are recorded by a recording spectrophotometer. Analysing the emission spectra in the ultraviolet region, there found some band spectra emitted from impurities such as hydroxide and nitrogen among many spectral lines of ionized argon, ArII.

And then the intensity distribution of R-branch in the rotational spectra of nitrogen molecule second positive band $2^+(0,0)$ are measured in detail to derive rotational temperatures. Experiments are carried out under the discharge condition of the current 10-180 mA and the argon gas pressure 11-270 Pa. Typical rotational temperature is about 1500 °K at 30 mA and 40 Pa. When increasing the gas pressure the rotational temperature become higher but it decreased a little when increasing the discharge current.

§ 1 まえがき

放電プラズマの利用はグロー放電陽光柱プラズマを主とした照明や気体レーザに続いて、近年では陰極降下部を利用したイオンレーザやプラズマプロセッシングに拡大してきた⁽¹⁾。

ところでプラズマの分光学的診断法はいくつか開発され利用されている⁽²⁾。しかし、そのほとんどは高密度・高温プラズマを対象としている。一方、プラズマプロセッシング等で用いられているプラズマは弱電離で熱平衡状態の仮定は難しく高密度プラズマにおける診断法の適用には限界がある。そこでこれらのプラズマ計測法の開発が望まれており、その試みはレーザを用いるなどしてなされ始めている⁽³⁾。

さて、これまで中空陰極放電の電圧電流特性⁽⁴⁾や準安定原子密度の測定結果⁽⁵⁾を報告してきた。今回、中空陰極放電の分光学的研究の一端⁽⁶⁾として、放電気体中に含まれる不純物の発光を利用した測定を試みたのでここに報告する。

§ 2 実験方法と装置

アルゴン中空陰極放電の発光スペクトル分布の実験結果を以前に報告した⁽⁶⁾。それによると、中空陰極内の負グローからの発光スペクトルは陽光柱プラズマのそれに比べ、アルゴンイオンからの多数の発光スペクトル線が確認された。これはホローカソード効果としてよく知られている。そしてこの時両プラズマに共通して紫外域に強い発光が観測された。そこで今回初めに400nm以下の波長域での主たる発光スペクトルの測定を行った。

以前同様⁽⁶⁾、内径19.2mm長さ150mmステンレス製円筒形中空陰極と、これに同軸に内径40.5mm長さ40mm黄銅製円筒陽極を真空排気系に設置してある。図1のように配置し、陰極外面はガラス管でおおい放電は陰極中空部で発生させた。気体導入口からアルゴンガスを導入し、排気装置側にあるピラニ真空計で気圧を設定した。

中空陰極中心部の発光を軸方向よりとり出し、レンズ2枚と平面鏡2枚で光軸を調整した後、自記分光分析装置⁽⁷⁾に導き、XYレコーダで記録した。分光器(ツェルニーターナ型焦点距離100cm)は短波長域での測定のため、回折格子をブレース波長300nm、刻線数1200本/mmとした。また、光電子増倍管にはR292(浜松ホトニクス)を800Vの電圧で使用した。

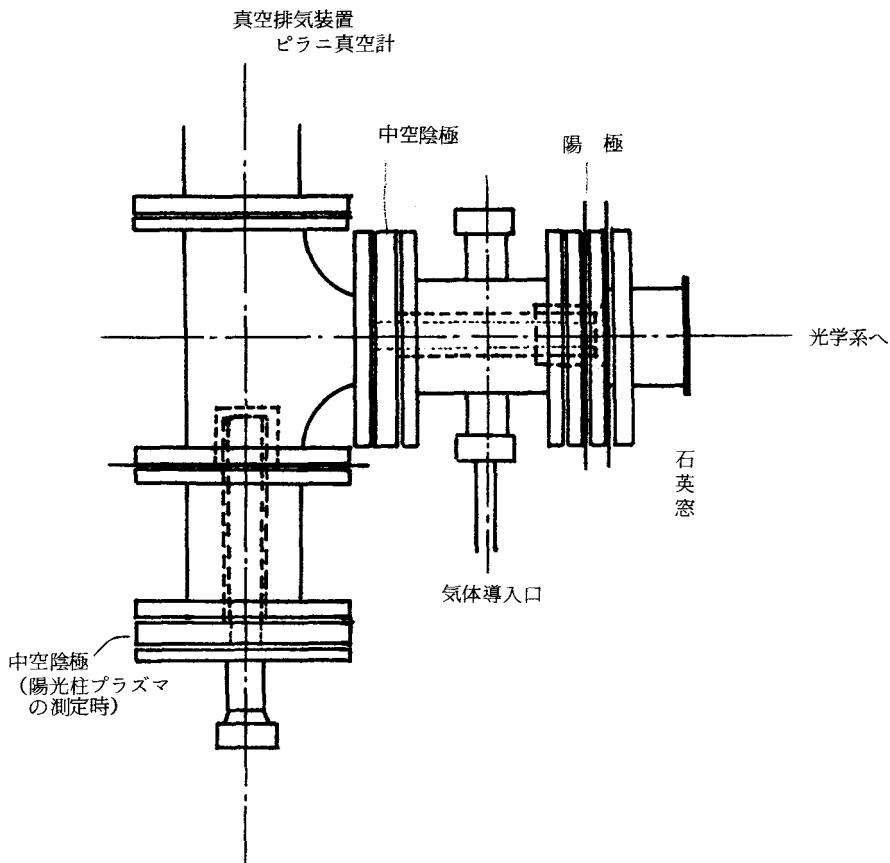


図1 放電装置 黄銅製円筒陽極とステンレス製中空陰極(19.2φ, 150ℓ)でグロー放電すると中空陰極内に負グロープラズマが生成される。真空系は1¹/₂インチ系真空フランジで構成してある。

図2に波長域250～500 nmでの負グロープラズマの発光スペクトル分布の測定例を示す。測定条件は波長掃引速度15 nm/min 紙送り10 nm/cm, スリットは幅0.020 mm 高さ1 mmである。放電条件, 気圧40 Pa, 放電電流100 mA 放電電圧360 V。ただし, 油回転ポンプのみで十分排気した後ガス導入し直流放電させたが, 実験中はわずかに排気しながら気圧を一定に保った。

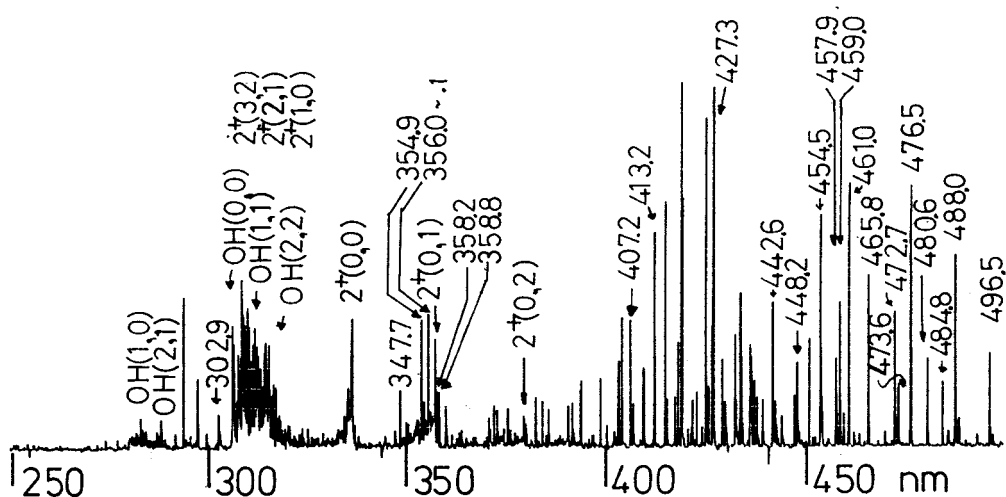


図2 負グロープラズマの発光スペクトル分布 不純物 N_2 やOHの発光帯が400 nm以下の波長域で強い。放電条件 気圧40 Pa, 放電電流100 mA, 放電電圧360 V。400 nm以上の領域に多数のイオン線 (Ar II 波長が示してある) が見られる。

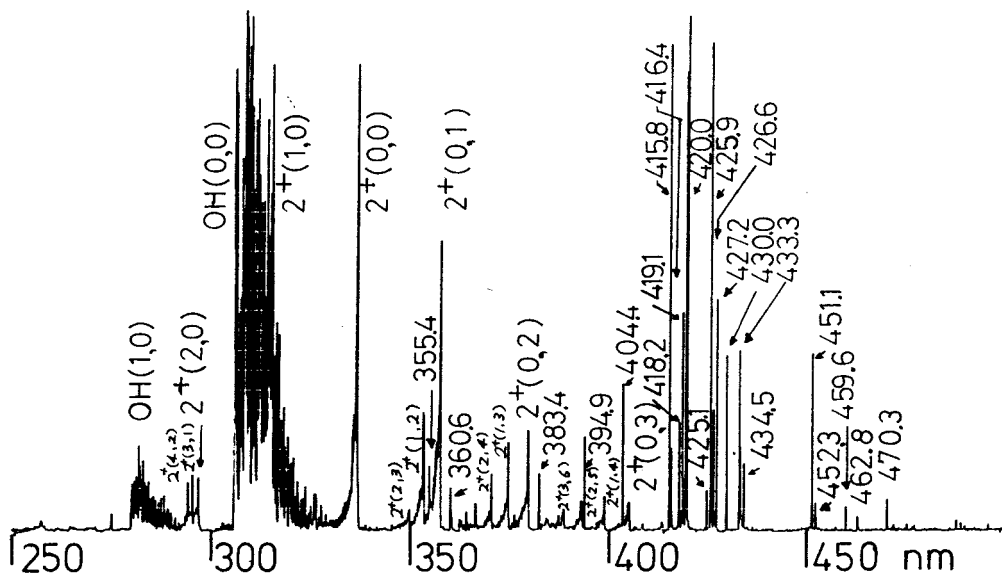


図3 陽光柱プラズマの発光スペクトル分布 負グローの場合と同様に N_2 やOHの発光帯がみられ, 特に強い。放電条件 40 Pa 100 mA 411 V。不純物の発光の他はアルゴン中性線 (Ar I 波長が記入してある) 発光強度, 負グローの場合の5倍程度。

この図には多数の線スペクトルがみられ、これらはアルゴンイオンからの発光と考えられる⁽⁶⁾。一方282 nmと306 nmから長波長側に広く分布している発光帯は水が解離してできたOHの $A^2\Sigma^+$ から $X^2\Pi_{1/2, 3/2}$ への遷移による発光と考えられる⁽⁸⁾。また窒素分子の第二正帯($C^3\Pi_u$ から $B^3\Pi_g$)の発光帯で振動量子数変化 $\Delta v = \pm 2, \pm 1, 0$ に対応するものが観測されている⁽⁹⁾。これらは放電気体中に含まれる水や真空もれで混入した窒素などの不純物によると考えられる。JISによるとアルゴンガスの純度は99.9%で他に水、酸素、水素などが含まれている(溶接用アルゴンガス)。

陽光柱プラズマにおいても不純物からの発光(OHや N_2)が確認できる。図3は陽光柱プラズマの発光スペクトルで、気圧40 Pa, 放電電流100 mA 放電電圧411 V 測定条件は負グローの場合と同じである。ここで現われている線スペクトルはほとんどすべてアルゴン中性原子によると考えられる。発光強度は陽光柱の方が5倍以上強い。

以上より負グロープラズマの特徴としては、多数のアルゴンイオン線の存在である。なお294.31と297.89 nmに負グロー特有の発光線がみられた。詳しい波長の同定は、現在資料不十分のため別の機会に報告したい。

さて、この波長域での分光感度を100 W電球により較正したところ⁽⁷⁾、ほぼ一樣であることがわかった。図4に示す。図2, 3と同じ測定条件で測定し、電球温度2800 Kと仮定している。320 nm以下では電球からの発光が弱く測定できない。これ以上の波長ではわずかながら単調に増加している(理論光強度/測定光強度)。

OHや N_2 の不純物は放電特性・プラズマパラメータに影響する。例えばアルゴン準安定原子とOH⁽¹¹⁾や N_2 が衝突して脱励起する過程が知られており⁽¹⁰⁾、放電条件によってはその過程による準安定原子密度の減少が考えられる。以前に報告した測定結果⁽⁵⁾にみられた、放電電流の増加にもかかわらず準安定原子密度が減少した特性は、これが原因かもしれない。

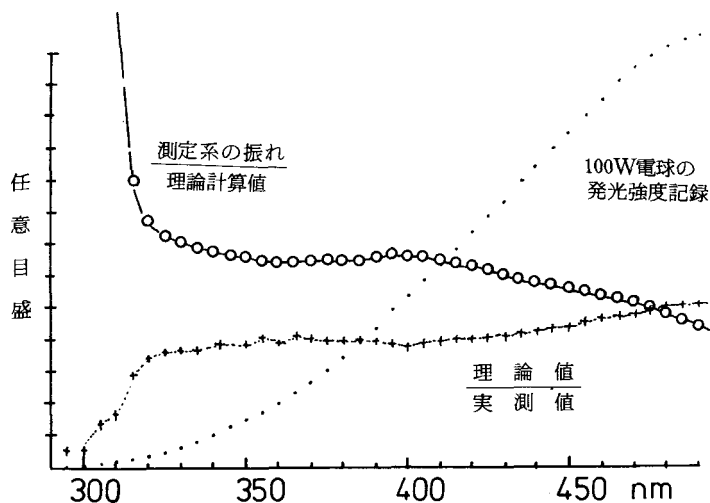


図4 分光感度特性 100W白熱電球を100Vにて点灯。温度を2800Kとして理論値を算出。測定条件 15 nm/min, スリット幅0.020 mm, 高さ1 mm, 回折格子プレート波長300 nm, 1200本/mm, 光電子増倍管R 292, 測定系入射光に対し330 ~ 400 nmではほぼ一定, 400以上でゆるやかに変化。330以下では光源が不適当なため急変している。

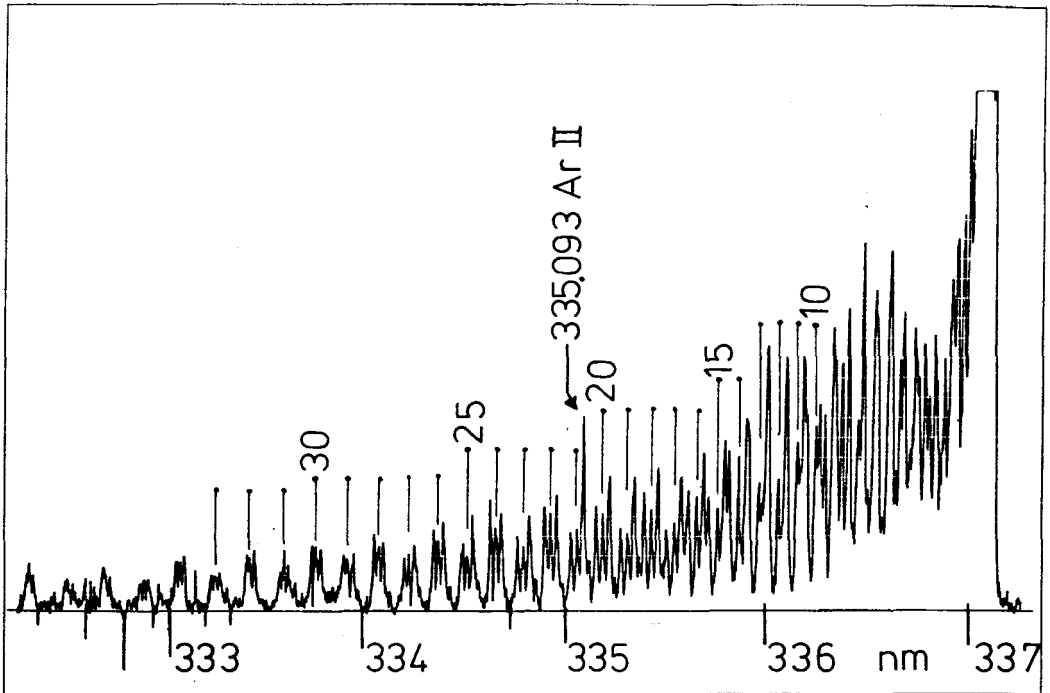


図5 窒素第二正帯 $2^+(0,0)$ の回転スペクトル分布 40Pa, 10mA, 336V。右側のピーク(入力過大でふりきれ一定になっている)がP枝, 数値はR枝の回転量子数を示す。

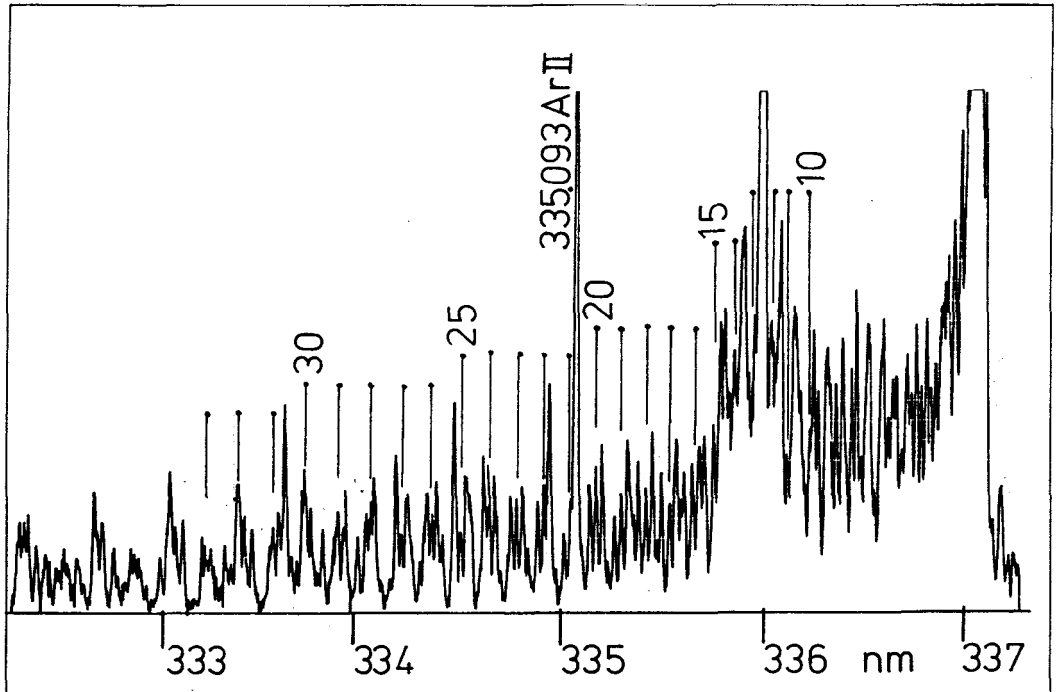


図6 窒素第二正帯 $2^+(0,0)$ の回転スペクトル分布 40Pa, 120mA, 357V。右側のP枝, R枝の回転量子数 $J=10\sim15$ でピークを構成している。333.9 nmから短波長側に $2^+(1,1)$ が始まる。

さて、微量含まれた不純物はプラズマパラメータの測定に利用される。ここでは、分子の回転スペクトル分布に着目して、その回転温度により放電内部の診断を試みる。分子としてはOHまたはN₂が考えられるが、最も強い発光を示し、他のスペクトル線と識別の良好な、窒素第二正帯 2⁺(0,0)の回転スペクトル分布を利用する。2⁺(0,0)のかつこ内は分子の振動量子数の上準位および下準位の量子数をそれぞれ表す。

分子中の電子が励起した状態から他の励起状態に遷移する時光子を放出する。二原子分子の場合、電子励起に加え分子振動や分子の回転運動も内部エネルギーであり、その状態変化に応じ放出される光子エネルギーも影響をうける。窒素分子の上準位 C³Π_g 振動量子数 v' = 0 から下準位 B³Π_g 振動量子数 v'' = 0 への遷移は 2⁺(0,0) と表わされる⁽¹²⁾。この上準位の回転量子数を J とし、その回転準位の占有密度分布がボルツマン分布に従うものと仮定すると回転スペクトルの発光強度は次式で表わされる。

$$I_J = A_J(2J+1)\exp\left(\frac{hcB_v J(J+1)}{kT}\right)$$

ここで A_J は比例定数、T は回転温度、B_v は回転量子のエネルギーである。A_J には遷移確率が含まれるが J によらず一定とみなした。なお B_v = 7.81565 cm⁻¹ を使用した。⁽¹³⁾

図5、図6に 2⁺(0,0)の回転スペクトル分布の測定例を示す。放電条件は 40Pa で放電電流 10mA、放電電圧 336V (図5) と 120mA、357V (図6) である。測定系は波長掃引速度 0.60nm/min、紙送り 0.05cm/s で行った。この発光スペクトル分布は、長波長側に最も強く現われている P 枝 (回転量子数 J' = J から J'' = J-1 への遷移) とそれより 0.1nm 短波長側からより短波長側へ向って多数分布する R 枝 (J' = J から J'' = J へ) で構成されている。詳しく調べると Q 枝 (J' = J から J'' = J+1 へ) の発光もあるが非常に弱い⁽¹²⁾ ここでは無視できる程度弱い。また、P、R 枝は三重項であるため、回転量子数に対し 3 本ずつスペクトル線が対応する。ただし P 枝はその間隔が小さく、測定系の分解能のため分裂は不明確。なお、図の中央付近にアルゴンイオン線 333.093nm があり、放電電流の増加とともに急激に強くなる。また 2⁺(1,1) の発光帯が 333.9nm 付近から始まるが 2⁺(0,0) に比べ弱い。

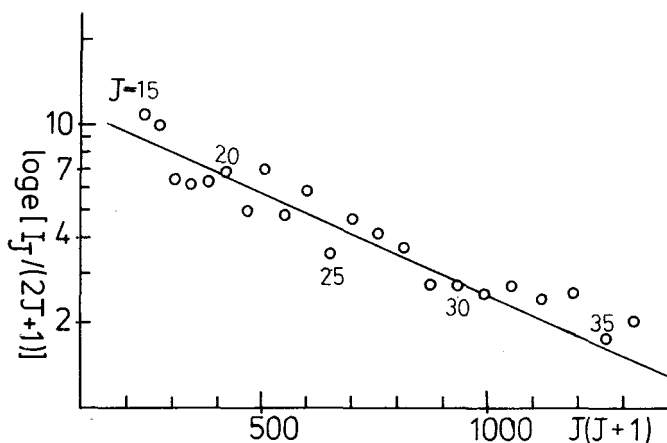


図7 R枝の発光強度と回転量子数 回転量子数 J の発光強度 I_J を縮退度 (2J+1) で割りその対数値を縦軸に、横軸は J 準位のエネルギー。直線の傾きは [hcB_v/kT] 回転温度 T を与える。放電条件 40Pa, 10mA, 330V。図では T=1460K

回転温度の算出にはR枝を利用した¹⁴⁾。R枝の三本のスペクトル線のうち中央の線に対し、 $J = 10$ または15から $J = 33$ までのスペクトル線の発光強度 (I_J) を実験結果より読みとり、図または計算により温度を求める。読みとった発光強度 I_J を多重度 $(2J+1)$ で割った値の対数値 $\log(I_J / (2J+1))$ と $J(J+1)$ の関係を図示し、その傾きから回転温度を求めることができる。図7にその一例を示す。気圧約40Pa、放電電流10mA、電圧333Vの放電条件である。正確にボルツマン分布をしていると直線上に各値が並ぶが、図では測定誤差(分光感度、分解能0.16Åなど)や熱平衡からわずかにずれているため、直線からばらついていく。

§ 3 結果とその検討

窒素分子の $2^+(0,0)$ 回転スペクトル分布を分光分析装置で記録し、発光強度分布を用いて回転温度を求めた。各線スペクトルのピーク値を強度として、最小二乗法により $\log(I_J / (2J+1))$ 対 $J(J+1)$ の直線の傾きより算出した(R枝の $J = 15 \sim 33$ を用いた)。

放電電流に対する中空陰極中心軸上の回転温度の関係を図8に示す。気圧を10~270Paで変えた場合について示してある。回転温度は放電電流が10mAから30mAで少し増加し、約0.13eV(1500K)、その後は電流とともにゆっくり低下している。気圧によりその減少の割合は異なっており、高気圧ではほぼ一定温度である。

気圧と温度の関係でみると、50Pa付近で最も温度が低く、気圧がそれより高くても低くてもともに温度は高くなっているようである。ただし図中の63.8および89.1Paの場合気流が他の実験時に比べて大きくなっていたため、温度が低く現われていた可能性がある。

実験中 $2^+(0,0)$ の発光は放電電流30mAを越えた付近で最も弱く、広い波長域に回転スペクトル線が分布している(図5)。その後放電電流の増加とともに発光全体が強くなり336nm付近(R枝と337nm(P枝)付近に集中して強い発光帯が現われる(図6)。このような回転スペクトル線分布の変化は、放電電流の増加による回転温度の低下を支持している。

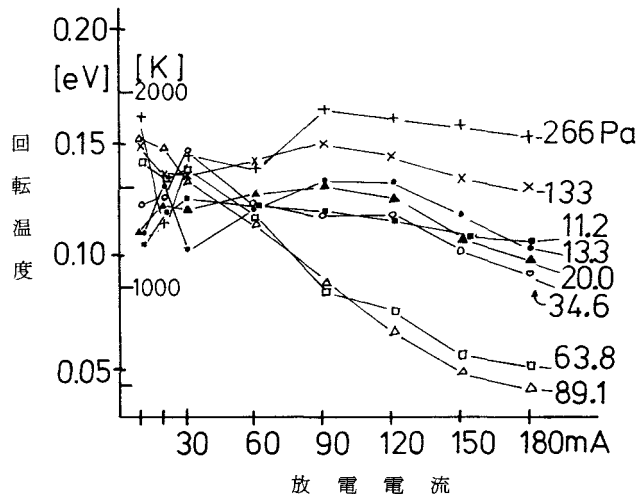


図8 中空陰極放電中心軸上の回転温度 室温(300K \approx 0.026 eV)に比べ、回転温度は500K~2000Kでかなり高い。放電電流60mAをこえるとわずかながら減少し、気圧による差もはっきりしてくる。63.8, 89.1Paの場合気流が少しあり温度が低く現われている。

さて、窒素分子 $2^+(0,0)$ 遷移の上準位への励起過程は電子衝突による直接励起の他に、アルゴン準安定原子との衝突による励起の存在が知られている⁽¹⁰⁾。これらはともに回転温度の決定に寄与する。一方、基底状態にあるアルゴン原子と窒素分子との衝突は、回転準位や振動準位の占有密度分布の決定に重要で、衝突数の多さから考えると決定的な役割を果たしていると推定される。そこで、回転温度を放電気体の温度に対応して考えると⁽⁹⁾、円筒形中空陰極の中心軸付近の気体温度は、相当地高くなっていることが推定される。陽光柱プラズマでの気体温度に比べると倍近くになっている⁽¹⁵⁾。その理由としては、陰極表面の温度が高く負グローはこれにより囲まれている。特に本実験装置では陰極の冷却をおこなっていないためより一層温度が上がる。そして発熱の中心は軸付近が最大と考えられ、その結果今回のような高い回転温度が現われたものと考えられる。回転温度の理論的解析は別の機会に行う予定である。

§ 4 ま と め

アルゴン中空陰極放電の分光学的診断を試みた。円筒形中空陰極（内径19.2mm、長さ150mm）の中心部の発光スペクトルを軸方向より観測し、紫外域に帯スペクトルがいくつかあるのを確認した。これらの発光帯は気体中に含まれる水や窒素等の不純物からの発光であることがわかった。

そこで、窒素の第二正帯の $2^+(0,0)$ 回転スペクトル発光分布（R 枝）を用いて、回転温度を求めた。回転温度が気体温度を反映すると考えると、中空陰極中心軸上の温度は約1500K 近くの高温になっていることが推定される。測定条件は、気圧10～170Pa、放電電流10～180mA である。回転温度は放電電流にほとんど依存せず、気圧の上昇に対しわずかながら上昇していた。

実験結果を中心にその定性的説明を試みた。今後の実験として気圧と回転温度の関係、放電電流依存性（放電電流 30mA 前後での変化の理由）や径方向分布、他のプラズマパラメータ、例えば振動温度や電子温度・密度の測定が、またそれらの理論的解析等多くの課題が明らかになった。

最後に本実験に協力してくれた23期生の上田一成君と新畑貴史君に感謝します。

参考文献

- (1) 「実用真空技術総覧」, 実用真空技術総覧編集委員会, 産業技術サービスセンター (1990)
- (2) 「分光技術ハンドブック」, 南茂男・合志陽一編, 朝倉書店 (1990)
- (3) "Laser Spectroscopy"; 3d ed. W. Demtröder, Springer-Verlag (1988)
- (4) 山崎勉; 呉高専研究報告, Vol. 22, No. 2 (1987) p. 73～
- (5) 山崎勉; 呉高専研究報告, Vol. 25, No. 1 (1989) p. 23～
- (6) 山崎勉; 呉高専研究報告, Vol. 25, No. 2 (1990) p. 33～, Vol. 26, No. 1 (1990) p. 75～
- (7) 山崎勉, 原田一彦; 呉高専研究報告, Vol. 23, No. 2 (1988) p. 27～
- (8) 高井正弘, 有安富雄; 電気学会論文誌 A, Vol. 92-A, No. 11 (1972) p. 524～
- (9) 西嶋喜代人, 水田佳男; 電気学会論文誌 A, Vol. 110, No. 11 (1990) p. 767～
- (10) H. Kirkici, D. Bruno, J. Preiss, G. Schaefer., J. Appl. Phys., Vol. 67, No. 10 (1990) p. 6041～
- (11) J. Balamuta, M. F. Bolde; J. Chem. Phys., Vol. 76 (1982) p. 2430～
- (12) "Spectra of Diatomic Molecules" 2nd. G. Herzberg, Van-Nostrand Reinhold Company (1950)
- (13) "Reference Data on Atoms, Molecules and Ions" A. A. Radzig, B. M. Smirnov, Springer-Verlag (1980)
- (14) M. Trkula, N. S. Soyars, G. L. Keaton, J. E. Anderson; J. Appl. Phys., Vol. 68, No. 11 (1990) p. 5540～
- (15) 「放電ハンドブック」, 電気学会 (昭和53年)

(平成3年4月15日受付)

まさ土地盤における降雨浸透解析研究

(土木工学科) 小 堀 慈 久

On Analytical Study of Rain Seepage of Granite Soil Ground

Shigehisa KOBORI

The purpose of this study is to find out the relationship between slope failure and rain water. Two experimental methods are employed in this study. One of them is to make laboratory equipment of slope model ground, and another one is to analyze the seepage of rain water by using computer.

We conclude from the experiment described above that,

- 1) At initial experiment, first stand up time of pore pressure and arrival time of most pore pressure, both more fast river sand than granite soil.
- 2) The analysis of seepage using the Finite Elements Method provides pore pressure distribution chart. As a result, over pore pressure is found in the point of slope.

1. まえがき

瀬戸内海沿岸部一帯には風化花崗岩、いわゆるまさ土が広く分布している。このまさ土分布地域において毎年多くの箇所では斜面災害が発生している。まさ土は降雨により急激に強度低下を来し地盤崩壊を起こす。すなわち、まさ土地盤の含水比の上昇による自重の増加、飽和に伴うサクシンの消失による見掛けの粘着力の消滅、及び間隙水圧の増加による土の強度低下により斜面崩壊を起こす。この斜面崩壊の主要要因である降雨の斜面地盤への浸透解析や地盤強度への影響等はこれまで各所でかなり研究がなされており多くの成果も見られる。

本研究ではこれらの降雨浸透の挙動をさらに検討すると同時に降雨浸透の種々の状況下での降雨による間隙圧の変化を把握し特に雨水の給排水量と排水位置による相違を見る。又降雨による斜面災害は単に当日の降雨のみによらないことはよく知られている。前日までの総雨量と当日降雨とに関連性がある。しかし前日までの降雨日がどれほどの間隔であったか、いわゆる連続の降雨であったか否かは崩壊に対する降雨量の関係から重要な問題となる。この連続降雨の定義づけについては未解明の部分が多くあり検討する必要がある。実験により斜面の降雨による崩壊機構も解明する。さらに有限要素法による降雨浸透解析を行い、解析結果と実験結果を比較検討する。

2. 実験装置、試料、実験条件

実験装置と模型斜面の概要を図-1に示す。土槽の奥行は50 cmで、排水口は底面に1ヶ所、測面

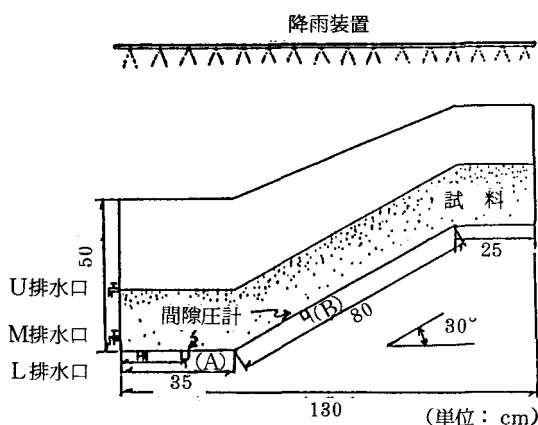


図-1 降雨実験装置

の下部に5ヶ所，上部に2ヶ所に設置し排水条件はコックにより制御できる。上部2ヶ所は表面水の排水口であるのでコックを付けず自由排水とした。又非排水実験を行う事も可能であるが今回は排水実験を行った。また，土層の側面は浸潤前線が観察できるようにアクリル板とし，底面2ヶ所には間隙圧測定のための小孔を設け，その測定には低容量圧力変換器 500 gf/cm^2 を用いた。人工降雨は外径 2.0 cm ，内径 1.5 cm の塩化ビニールパイプに径 1.0 mm の穴を 2 cm 間隔で開けた。この塩ビパイプを5本並べたものを降雨装置とし，雨の状態は霧状である¹⁾。

実験に用いた試料はまさ土，川砂の2種で，おのおのの最大粒径 D_{\max} ，平均粒径 D_{50} ，均等係数 U_c ，土粒子比重 G_s ，透水係数 k を表-1に示す。実験は，図-1の土層を使用し，不透水層を設

表-1 試料の物性値

	D_{\max}	D_{50}	U_c	G_s	$k(\text{cm/s})$
まさ土	3.4	0.70	6.0	2.62	3.8×10^{-3}
川 砂	5.3	0.82	5.2	2.64	5.9×10^{-3}

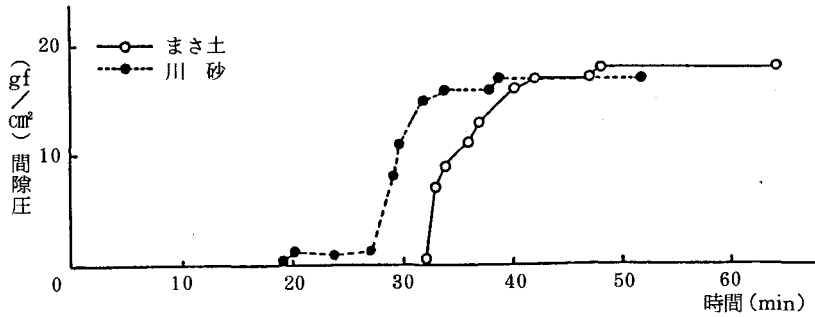
けない排水状態試験と，設けた非排水状態試験を行った。ここでは，排水状態試験を中心に述べる。

模型斜面はそれぞれ3層に分けて土を入れ密詰，中位詰，緩詰と密度を変え，単位体積重量試験を行った。また，土の層厚はいずれも 20 cm で実験を行った。降雨強度はすべての実験で 100 mm/h とし，間隙圧を連続的に自動記録させ，所定の時刻に浸潤前線の位置を知るため写真撮影を行った。降雨強度は 100 mm/h は実際の降雨としてはかなり強いが実験の目的は雨水の浸透による斜面内間隙圧分布，排水状態及び斜面の崩壊状態を調べるためであるので，この値を用いた²⁾。

3. 実験結果および考察

a) 斜面内発生間隙圧

排水状態試験で中位詰による斜面内発生間隙圧変化を図-2に示す。実験装置の模型斜面の最も低い所での間隙圧を測定した。計測結果で白丸で表示したものがまさ土で，黒丸で表示したものが川砂である。縦軸が間隙圧，横軸に経過時間を取りその発生間隙圧の変化を見た。尚，その時点での試料性状（初期値）を表-2に示す。試料を模型斜面に詰めて最初の実験における降雨を初期降雨とした。



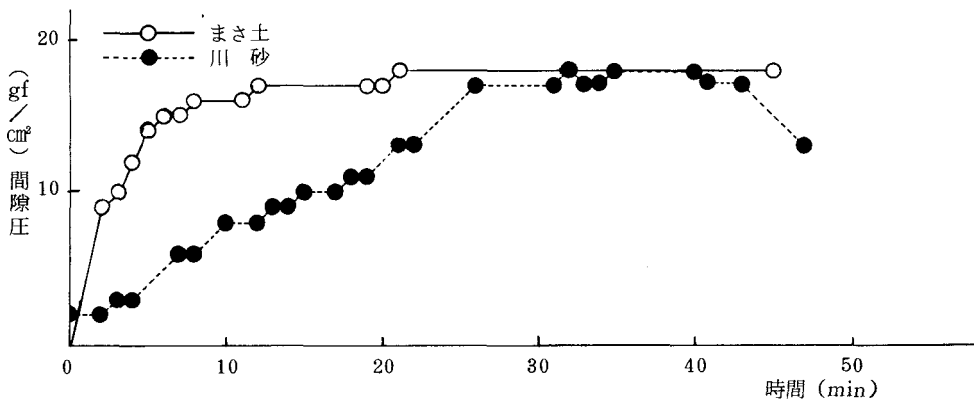
図一2 発生間隙圧と経過時間の関係（初期降雨）

表一2 試料の性状（初期値）

	$\omega(\%)$	$\gamma_d(\text{gf/cm}^3)$	G_s	e
まさ土	6.43	1.75	2.62	0.50
川砂	4.35	1.77	2.64	0.49

又この実験では降雨を降らしたのち数日間排水させ、また同じ試料で実験を行う繰り返し降雨実験を行った。この図一2の初期降雨実験ではまさ土模型地盤の場合、間隙圧の立上がり開始時間は降雨開始後32分で、グラフの立上がりは急勾配である。そして最大間隙圧 18 kg/cm^2 に至った時間は降雨開始後48分であった。一方、川砂の場合は立上がり開始時間は降雨開始後19分で始まり、立上がり方も初期間隙圧 1.0 gf/cm^2 が7分間程度続いた後、急激に間隙圧が上昇し、最大間隙圧 17 gf/cm^2 に至った時間は降雨開始後41分であった。間隙圧の立上り時間、最大間隙圧への到達時間のいずれも川砂がまさ土よりも早くなっている。これらの相違は、ほぼ同様の単位重量、降雨強度の場合、透水係数はまさ土が $3.8 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ 、川砂では $5.9 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ の違いによるものと考えられる。

b) 繰り返し降雨における斜面内発生間隙圧



図一3 発生間隙圧と経過時間の関係（繰り返し降雨）

斜面における降雨の影響を考える時、初期降雨については降雨強度が強いものであっても大きな崩壊土砂量あるいは多数の崩壊件数には至ることは少ない。降雨による崩壊の条件は前日までの先行雨量と当日雨量との関係が重要な問題となる。先行雨量、あるいは当日雨量のいずれかでは崩壊に至る十分な条件とはならない。この観点から、繰返し降雨を受ける地盤の浸透状況はどのような形態を示すかを調べるために同じ模型地盤に繰返し降雨実験を行い初期降雨と同様の方法で計測データを得た。図-3は3回目の繰返し降雨実験の結果で、まさ土模型地盤、川砂模型地盤のいずれも初期降雨から3日目の降雨浸透状況を示す。まさ土模型地盤の場合、間隙圧の上昇は降雨散水と同時に起こり、しかも上昇勾配は最初の降雨実験の初期降雨とほぼ同様の傾向を示している。又ほぼ定常状態と思われる間隙圧 17 gf/cm^2 に至るまでの時間は第1回目降雨で10分、繰返し降雨では12分と大差はない。まさ土の場合は降雨1日目の雨水浸透状態が3日目でも地盤中の間隙圧が変わらず明らかに連続降雨と見なす事が出来る。次に川砂の繰返し降雨による間隙圧変化では初期降雨の第1日目の降雨浸透による間隙圧が3日目でもなお残っており3回目の繰返し降雨開始時にも間隙圧 2 gf/cm^2 があり、その残留間隙圧に3回目の繰返し降雨実験を行った。降雨浸透により時間と共に間隙圧の上昇が見られた。しかし上昇の勾配はゆるやかでほぼ定常状態に至るまでに24分の時間を要した。第1回目の降雨状態と比較すると立上がり開始時刻に差があり第1回は立上りに19分を要し、さらに定常状態まで20分を要し、合計すると39分を要している。繰返し降雨では完全な定常状態と思われる間隙圧 18 gf/cm^2 になるまでには35分を要している。これらの事から第1回目の降雨から3日目の繰返し降雨におけるまさ土と川砂の斜面内間隙圧の比較ではまさ土は降雨開始と同時に間隙圧が上昇し、ほぼ12分で定常状態になった。川砂は残留間隙圧をもち、降雨開始と同時に間隙圧は上昇したがその勾配がゆるやかで定常状態になるまで35分を要した。この事はまさ土と川砂の透水係数の相違がこの結果の差となって表われたと考えられる。まさ土は細粒分が多く、1日目の降雨での排水に時間を要し3日目になってもなお高い含水比を保ち、地中に多くの浸透水をかかえていたため、3日目の降雨に対して急激な間隙圧の上昇が見られたが比較的短時間に定常状態となった。川砂は透水係数が大きく1日目の初期降雨の浸透水はよく排水された。残留間隙圧は透水性がよく上部からの浸透水が排水口の大きさにより十分な排水ができず底部で留っている状態と、下部の川砂地盤がスポンジ状の保水性により排水に時間がかかり留っている状態等が考えられる。繰返し降雨による間隙圧のゆるやかな上昇は、排水され気乾状態になりつつある地盤に降雨があり地盤浸透に時間がかかったためである。つまり初期の地盤含水状態にもどりつつあったためであると考えられる。まさ土では1日目の降雨と3日間の降雨は連続している、いわゆる連続降雨の状況にあり、川砂は1日目と3日目の間隙圧の上昇グラフが異なり初期降雨と連続降雨の中間的な傾向を示している事から、不連続降雨であると言える。

c) 排水量と時間の関係

模型斜面への降雨は地盤に浸透の後に底部(1コック)、前面中部(5コック)、前面上部(2コック)の3ヶ所8コックの排水降雨浸透実験を行った。先ず図-4のまさ土模型斜面の場合であるが、初期降雨(1日目)における初期排水状況は降雨給水開始から18分後に排水が始まり、その時の排水量は 380 ml/mm であった。その後、徐々に排水量が増加しほぼ定常排水に至ったのは給水開始から47分後、排水開始から29分後であった。その時の排水量は 1200 ml/min であった。一方、繰返し降雨(3日目)においては給水開始からわずか3分後に排水が始まり、排水量は急上昇し、8分後には 900 ml/min となった。その後ゆるやかに上昇し、降雨給水後37分で排水量は定常状態になり、量は 1200 ml/min となった。降雨停止後、排水量の減少は急激で、その傾向は1日目と3日目の実験とも同様で停止10分後で排水量は 50 ml/min になった。

同様に図-4に示す川砂模型斜面の初期降雨(1日目)における初期排水状況として排水の開始は

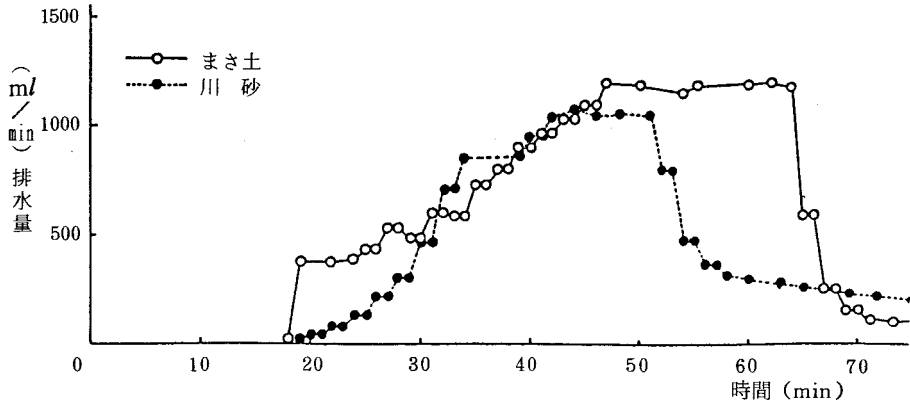


図-4 排水量（1分間）と時間の関係（初期降雨）

降雨給水開始から19分後で排水量は10 ml/minであった。その後排水量が増加して34分に860 ml/min ほぼ定常排水に至ったのは給水開始から42分後、排水開始から23分後であった。その時の排水量は1050 ml/minである。又繰返し降雨（3日目）においては給水開始から1分後に排水が始まり排水量はゆるやかに上昇し10分では270 ml/min、20分で440 ml/min、その後もゆるやかに上昇し、降雨給水後34分で定常状態になり排水量は1050 ml/minとなった。降雨給水停止後の排水量の急激な減少となり1日目、3日目の実験とも同じで停止10分では排水量は300 ml/minとなった。その後は非常にゆるやかな曲線を描き徐々に減少した。初期状態における、まさ土と川砂を比較すると初期排水の時間はほぼ同様であるが排水量の上昇傾向を見ると川砂が早く、定常状態への到達時間も約5分程度早い。給水停止後の排水量の減少ではまさ土は急激に減少し、3分程度で150 ml/minにまで落ちる。川砂では排水量が150 ml/minにまで減少するには39分間を要した。これはまさ土が過飽和状態から飽和状態まで移行するための排水時間が3分で、まさ土地盤中には多くの土中水が残っており、長時間にわたり排水が続くものと思われる。川砂の場合は急激な排水期間は3分後の370 ml/minまででその後はゆるやかに排水が続くが短時間に集束する。いずれも透水係数の相違が結果として表れたものと思われる。

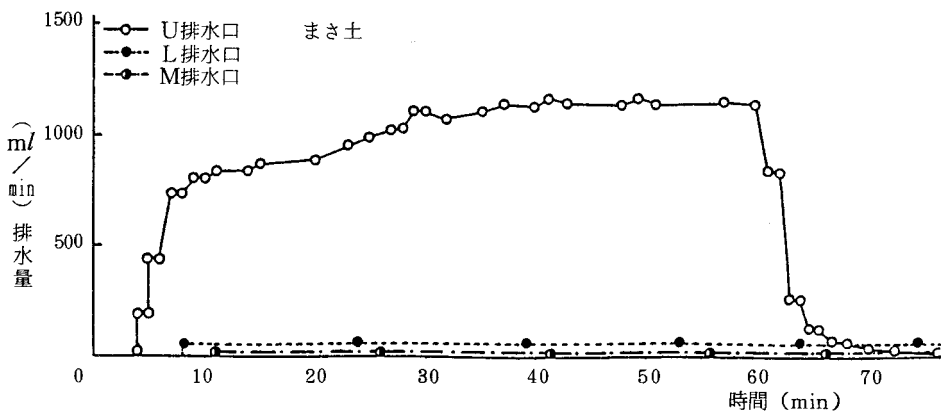


図-5 まさ土の各排水位置による排水量と時間の関係（繰返し降雨）

d) 排水口の位置における排水量変化

同一模型地盤における、繰返し降雨実験の3回目の定常状態に至った時点での3ヶ所の排水口からの各流量を計測した。排水口の位置は図-1に示したが、(1)表面水の排水口：U（底部から20 cm高さで2コック）、(2)中位の排水口：M（底部から5 cmの高さで5コック）、(3)底部の排水口：L（1コック）の3ヶ所8コックからなる。図-5はまさ土模型斜面の場合の各排水量である。U排水の表面水は4分後に始まり29分後に最大排水量100 ml/minになった。M排水は11分後に始まり10 ml/minの定常状態が終始つづいた。L排水は8分後に始まり50 ml/minの定常排水が同様に終始つづいた。これらの事からまさ土は透水係数により透過した一部が浸透排水され、その他のほとんどは地表面を流下し排水されることが判る。川砂模型斜面の場合の各排水量を図-6に示す。降雨開始後1分で排

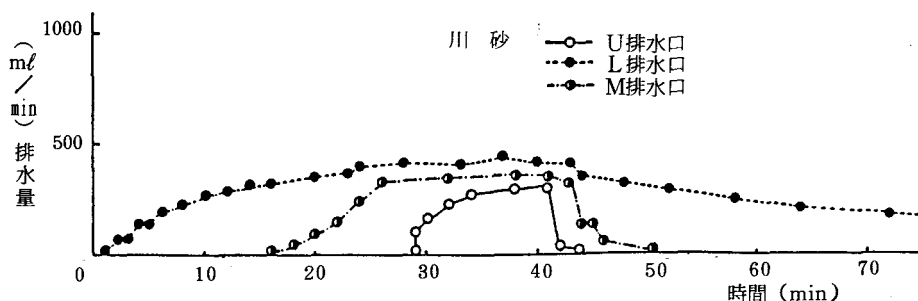


図-6 川砂の各排水位置による排水量と時間の関係（繰返し降雨）

水開始となり、その時の排水量はL排水のみで15分後からM排水が始まり、U排水は28分後に始まり、底部口から順に排水が始まり上部口が最後に始まる。これらは透水係数の良さを示すものである。又排水量も底部が多く、地表面の排水が少ないことが判る。

4. 降雨浸透解析

a) 基礎方程式および解析方法

飽和 - 不飽和領域の浸透を支配する基礎方程式は連続の式と Darcy の法則を不飽和領域へ拡張することにより次の非線形方程式で表わされている³⁾。

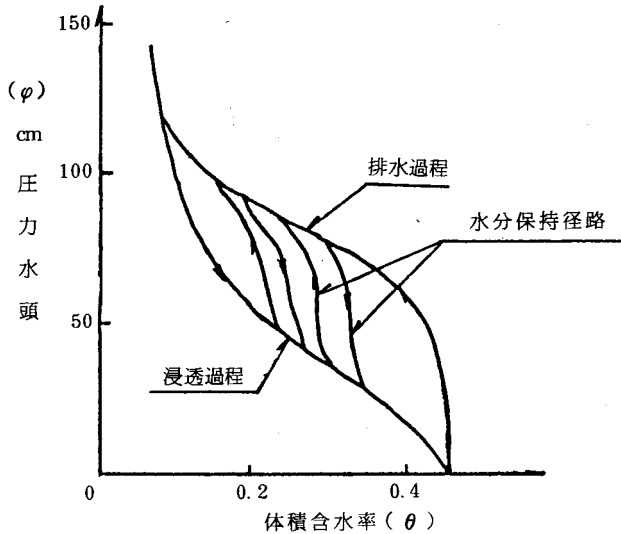
$$\operatorname{div} K(\theta) \vec{\nabla}(\varphi+z) = (C(\theta) + \alpha S_s) \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $K(\theta)$ は透水係数、 φ は圧力水頭、 α は不飽和領域で0、飽和領域で1である。 S_s は比貯留係数、 z は鉛直座標、 t は時間、 θ は体積含水率である。また $C(\theta)$ は比水分容量 ($=\partial\theta/\partial\varphi$) で不飽和土の浸透特性曲線 ($\varphi \sim \theta$ 曲線) の勾配から求められる⁴⁾。

式(1)の有限要素法による定式化は、重みつき残差法で行い、重み関数としては Galerkin 法を用いた。そしてその手順は赤井ら³⁾が示したものに従った。時間項の取扱いは後退差分法により行った。その誘導および解析手順は割愛する。また、初期条件、境界条件は次のようである。

- ① 初期条件 $h(x_i, 0) = H_0(x_i) \quad (h = \varphi + z)$
- ② 境界条件
 1. 水頭が既知の境界: $h(x_i, t) = H_b(x_i, t)$
 2. 流量が既知の境界: $\partial h / \partial \vec{n} = V(x_i, t)$
 (\vec{n} は境界面に垂直なベクトル)

計算に際して境界条件の導入は、初期条件に応じてまず定めておき、時間ステップの移行とともに雨水浸透を許す斜面上の境界で2つの条件を計算結果に応じ変換させた。なお、斜面内への雨水浸透を考える際には、間隙空気の影響を考慮する必要がある。しかし、それは現段階で非常に難しい問題であり、解析の目的をおもに定常状態の間隙圧分布においたので、今回は崩壊の多発する斜面に砂質系地盤が多いことから、間隙空気は抜け道等により自由に斜面外へ排出されると仮定し解析を行った。また、図-7に浸透解析で用い、又、八木ら⁶⁾が求めた不飽和土の浸透特性曲線を示す。この関係は

図-7 浸透特性曲線²⁾

求めることが難しいため毛管高さを $h_c = C/eD_{10}$ (ここに、 e は間隙比、 D_{10} は有効径、 C は係数) の式より求め、標準的な浸透特性曲線にならない仮定したものである。

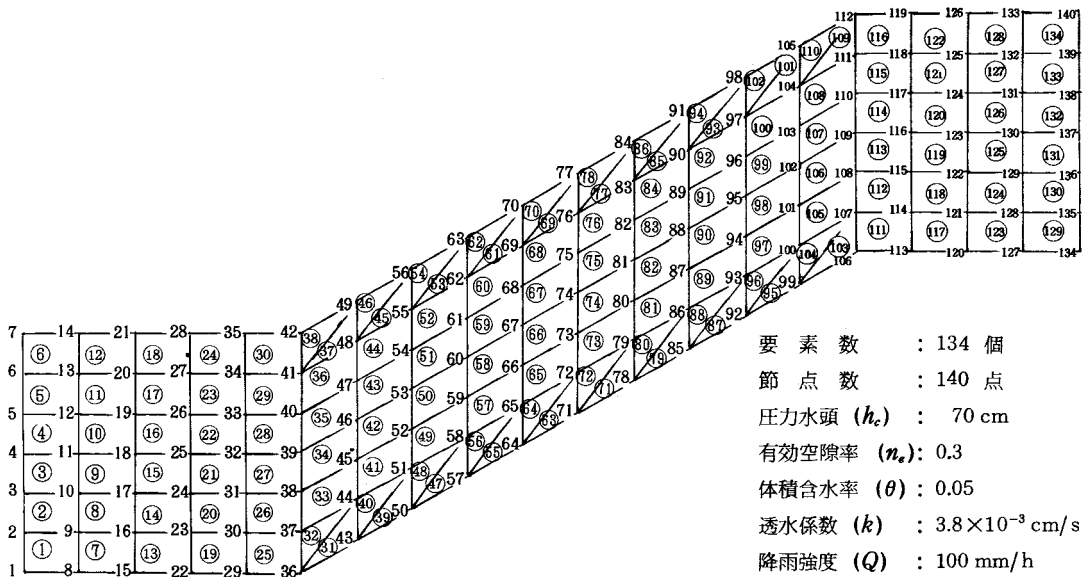


図-8 F・E・Mによる浸透解析の要素分割(まさ土)

b) 解析結果と考察

解析を行ったモデル地盤は、斜面角度 30° 、斜面高さ10 mの斜面で、一つは斜面に平行な不透水層を考えた。図-8に要素分割を示す。また地盤の物理定数入力データは、 $n_s = 0.3$ 、 $k = 5 \times 10^{-3}$

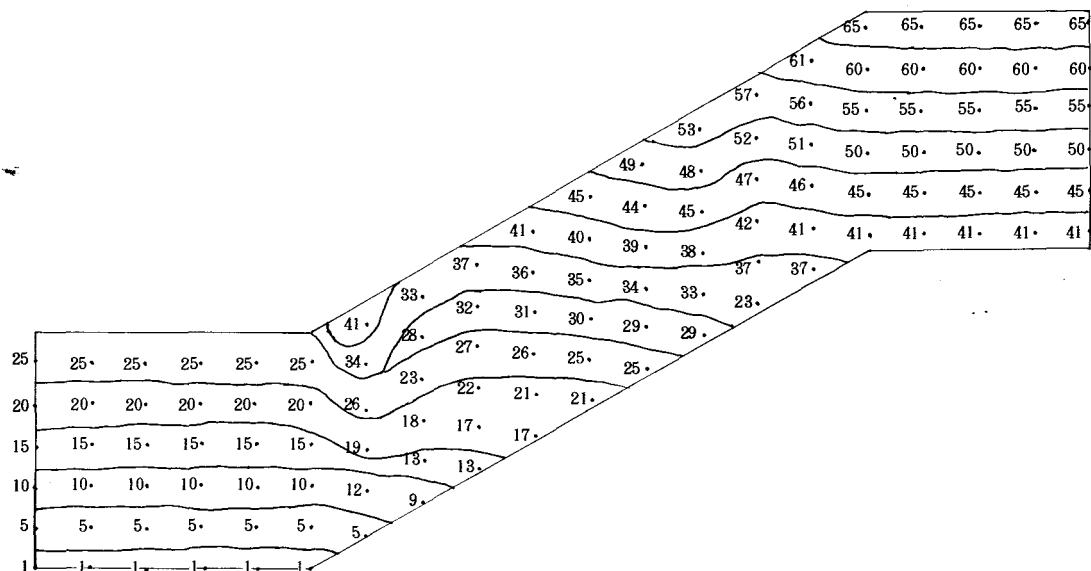


図-9 定常状態における間隙水圧分布 (全水頭等圧線)
(降雨強度 100mm/h)

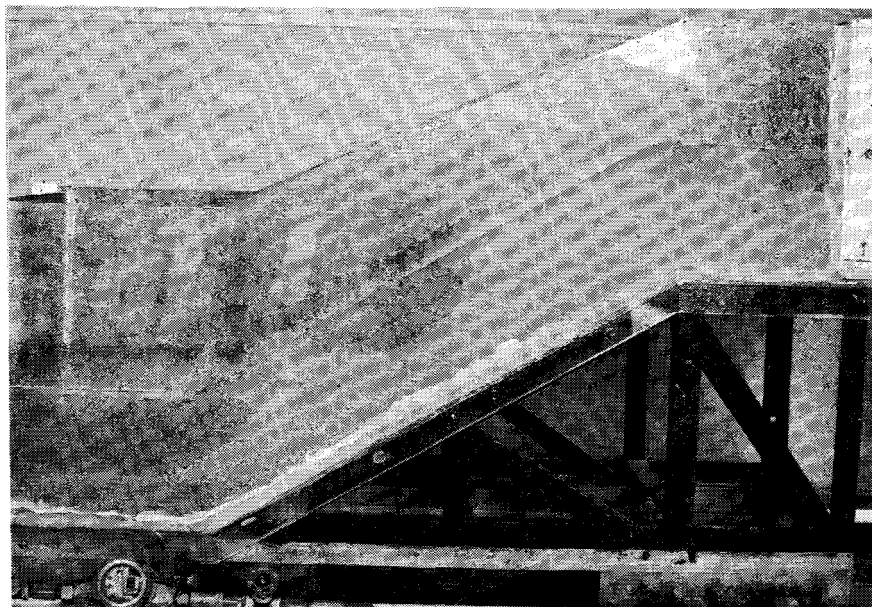


写真-1 降雨浸潤状況 (まさ土・降雨開始6分後)

(cm/s), $h_c = 70$ cm, 初期体積含水率 $\theta_0 = 0.05$ で均一とし, 浸透特性曲線は先に述べたものを用いた。降雨強度は 100 mm/h とした。図-9 に定常状態における間隙水圧の分布を示す。図中で等ポテンシャル線も容易に推測出来る。これを見ると等圧線は斜面の肩から斜面先にくにつれて斜面にくい込み, 斜面先近傍の下部において過剰間隙水圧が発生することがわかる。その傾向は等ポテンシャル線にはっきりと現われている⁵⁾。また, 定常状態に達するまでの時間は早い。これらの事は実験中の目視観察における浸潤線が斜面先に拡がっていく事からも写真-1 等で判る。

5. まとめ

本研究では室内での模型斜面により降雨浸透実験を行い, まさ土及び川砂を用い地盤中の降雨間隙圧, 降雨排水状況を比較検討した。また, 有限要素法による降雨浸透解析を行い地中間隙圧の挙動を考察した。以上の本研究の結果をまとめると次の通りである。

- (1) 初期降雨において間隙圧の立上がり時間, 最大間隙圧への到達時間のいずれも川砂がまさ土よりも早くなっている。
- (2) 初期降雨と 3 日目降雨から, まさ土は定常状態において同様の間隙圧立上がり傾向を示し連続降雨の形態を取り, 川砂は異なった間隙圧の立上がり傾向を示し不連続降雨の形態を取った。
- (3) 排水状況では, まさ土, 川砂とも初期排水の時間は同様であるが排水量の上昇傾向は川砂が早い。給水停止後の排水状況はまさ土は急激に減少するが残留水の排水は長時間を要す。
- (4) まさ土地盤では表面部の排水が大部分であり, また, 中位部, 底部排水は終始一定量の排水を行う。川砂地盤の場合は底部排水が最も多く, 次に中位部, 表面部排水の順となる。
- (5) 有限要素法による浸透解析では間隙圧分布から, 斜面先近傍の下部に過剰間隙水圧が発生することがわかる。
- (6) 実験の目視観察等から斜面先に浸潤線が拡がっていくのが確認出来た。

本研究で以上の結果が得られた。今後はこの降雨浸透実験をより詳細に行い, まさ土地盤の不透水層の実験, また, 連続降雨の定義付け, 浸透解析をより厳密に各種の条件により行いまさ土地盤災害の解明と防災の研究をさらに進めたい⁶⁾。最後に本研究を行うにあたり, 貴重な助言, 御指導を頂いた愛媛大学工学部の八木則男教授に心より感謝申し上げます。又実験を行うに当たり, 石川島鉄工建設KKの佃浩次君, KKフジタの森脇正博君, 府中市役所の隠地聖君, 呉市役所の佐竹章君の協力を得た事を感謝いたします。尚, 数値計算には土木工学科のEWS, AS・8160Mを使用した。

参考文献

- 1) 小堀慈久・佃浩次：砂質土地盤の降雨浸透実験について, 第43回土木学会中国四国支部学術講演会概要集第Ⅲ部, pp. 323~324, 1991.
- 2) 八木則男・矢田部龍一・山本浩司：雨水浸透による斜面崩壊, 土木学会論文報告集第830号, pp. 107~114, 1983.
- 3) 赤井浩一・大西有三・西垣 誠：有限要素法による飽和-不飽和浸透流の解析, 土木学会論文報告集, 第264号, pp. 87~96, 1977.
- 4) 矢田部龍一：まさ土地帯における降雨時の斜面崩壊の機構と予測に関する研究, 京都大学学位論文, pp. 18~22, 1986.
- 5) 八木則男・矢田部龍一：まさ土斜面の崩壊, 文部省科研・自然災害特別研究(I)・研究成果報告書, pp. 95~101, 1986.
- 6) 八木則男・榎明潔・矢田部龍一：降雨による砂質土斜面の崩壊予測, 斜面崩壊および地すべりの予知と対策に関するシンポジウム発表論文集, pp. 41~42, 1988.

(平成3年4月15日受付)

都市施設の有効利用に関する基礎的研究

～その4：河川整備に関する住民意識調査結果の分析～

(建築学科)	西	名	大	作
(建築学科)	藤	井		健
(建築学科)	篠	部		裕
(土木工学科)	大	橋	晶	良
(土木工学科)	藤	原	章	正

On the Effective Use of Urban Facilities

—Case 4: Analyses of Information
through the Questionnaire on River Improvement—

Daisaku NISHINA
Takeshi FUJII
Hiroshi SHINOBE
Akiyoshi OHASHI
Akimasa FUJIWARA

We conducted the questionnaire on inhabitants around the Seno River, in the east of Hiroshima city. The purpose of this questionnaire is to obtain the characteristics of inhabitants—e.g. their way of thinking about river, their recognition of the river, their recreational use in the river, and so on—and their evaluation about the pictures of improvement plans.

We analysed the relationships between the characteristics of inhabitants by the Quantity Theory Cluster III and found the main factors to classify the inhabitants. On the basis of these results, we analyzed the effect that characteristics of inhabitants have on preference in the improvement plans by the Quantity Theory Cluster II.

§ 1 序

近年の河川空間の整備・計画においては、従来の治水・利水一辺倒から、さらに親水を考慮した提案が種々なされるようになってきている。しかし、多くの場合整備の具体的内容はその地域の実状が十分に反映されたものでなく画一的である場合が多い。都市域に残された貴重な自然空間としての河川を整備するにあたっては、その地域における河川のこれまでのあり方や住民との日常的な接触の履歴等をふまえ慎重な配慮が必要である。以上の観点から本研究では、河川周辺住民に意識調査を実施し、河川に対する意識や行動、河川整備に対する考え方等を抽出すると共に、コンピュータ画像処理により作成した数種の河川整備案について評価を求め、住民の様々な特性が整備案の評価や選択にどのような影響を与えるか検討を行った。

§ 2 調査概要

2.1 調査対象河川の選定

調査対象河川として、広島市東部を流下する瀬野川を選定した。瀬野川は、東広島市志和町に源を発し、上・中流では広島市安芸区を、下流では安芸郡海田町を流れ、河口部付近では広島市と海田町との境界を形成する延長22.5kmの二級河川である。この瀬野川流域の上・中・下流部からそれぞれの河川環境の特徴を代表すると考えられる1地点を、整備案を作成する対象地点として選定した。住民意識調査の対象区域は、これら各地点の周辺、河川から約500m程度の範囲とした。図1に瀬野川と各評価対象地点・調査対象区域を示す。

2. 2 河川環境の現況

上・中・下流の各評価対象地点付近の河川現況について概説する。上流部は両岸に山体が迫り、全体的には自然が豊富な印象であるが、両岸の整備状況はかなり異なる。すなわち、左岸側は天端に国道2号線があり、護岸は未整備で高水敷もなく堤内部から河川への頻繁なアクセスは困難であるのに対して、右岸側には親水性を考慮して造られた高水敷（ほことり広場）があり、天端から水面まで容易に接近可能である。中流部もこれと同様に、左岸側は垂直護岸に近く高水敷も未整備であるのに対し、右岸には芝の植えられた高水敷がある。下流部は河川際まで住戸が密集しており、両岸とも、天端は交通量の比較的多い生活道路で、コンクリートの傾斜護岸が直接水際に至り高水敷は存在しない。感潮域にあたるため水量の変化が著しく、干潮時は干潟が現れる。

2. 3 河川整備案の作成方法と内容

整備案として住民に呈示した景観は、各対象地点付近の橋梁中央から河道方向を眺めた、いわゆる流軸景である。画像処理の対象としたのは、河道方向とその左右を撮影した3方向の写真で、併せて約180°の水平視野を確保しており、住民へはそれらをパノラマ状に組み合わせて呈示した。写真1に上・中・下流それぞれの現況写真を示す。

整備案の作成は、これら現況写真に他の実在河川の写真の一部を挿入、整合させる方法をとった。各写真はイメージスキャナにより640×400ドット、約1670万色の画像データとして取り込み、作成作業の一切は市販のソフトを用いてコンピュータ上で行った。完成した整備案の出力は、CRT上の画像を直接撮影することによった。

整備案の内容は6種類で、上・中・下流の各対象

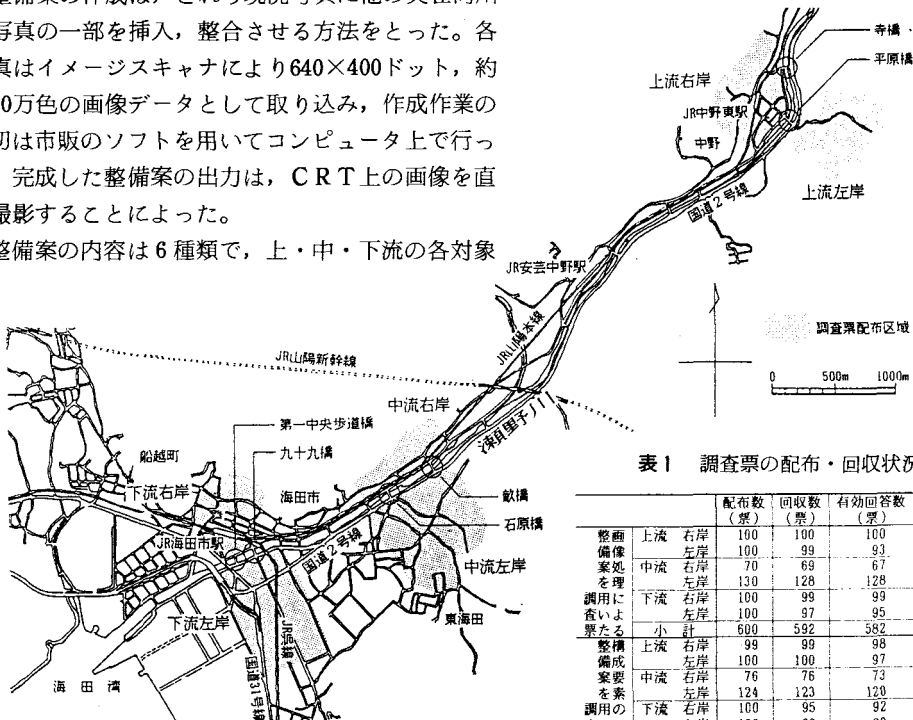


図1 評価対象地点および調査対象区域の位置

表1 調査票の配布・回収状況

		配布数 (票)	回収数 (票)	有効回答数 (票)	有効回答率 (%)
整備 案の 作成	上流 右岸	100	100	100	100.0
	上流 左岸	100	99	93	93.0
	中流 右岸	70	69	67	95.7
調査 票の 回収	中流 左岸	130	128	128	98.5
	下流 右岸	100	99	99	99.0
	下流 左岸	100	97	95	95.0
小計		600	582	582	97.0
整備 案の 作成	上流 右岸	99	99	98	99.0
	上流 左岸	100	100	97	97.0
	中流 右岸	76	76	73	96.1
調査 票の 回収	中流 左岸	124	123	120	96.8
	下流 右岸	100	95	92	92.0
	下流 左岸	100	99	99	99.0
小計		599	582	579	96.7
合計		1199	1184	1161	96.8

地点共通である。写真2に上流の例を示す。これらの内容は、本研究と同様にコンピュータ画像処理による整備案を用いて行った、呉市二河川における調査分析結果を参考とし、著しく低評価になると思われる整備案を避けて決定した。

実際の調査においては、この6案に現況を加えた7種の景観を印刷したポスター様の写真票を各地点ごとに作成し、調査票と共に配布、住民へ呈示した。

2.4 住民意識調査の概要

住民意識調査は、1989年8月24日より9月6日までの期間に、調査員の戸別訪問による配布・回収で行った。なお、本報で取り上げる画像処理による整備案を用いた調査と同時に、河川空間の各部分を天端・護岸・高水敷等の構成要素に分割し、各要素12種類ずつの整備案に対して評価を求める調査を、調査対象区域を同じくして実施しており、上・中・下流の右岸・左岸計6区域に対して100票ずつ、両調査それぞれ600票の配布を目標とし、総計1199票を配布、1184票を回収、有効回答数は1161票であった。各調査票の配布・回収状況の詳細を表1に示す。中流では右岸の対象区域が他に比して狭いため、右岸・左岸で配布数に多少偏りが生じている。

調査票に掲載した質問項目の内容は、a)回答者属性、b)河川に対する意識、c)対象河川に対する接触・利用、d)対象河川に対する評価、e)整備案に対する評価の5つに大別される。なお、両調査における調査票の内容は、



上 流 (寺橋より下流方向を眺めた)



中 流 (石原橋より上流方向を眺めた)



下 流 (第一中央歩道橋より上流方向を眺めた)

注) () 内は視点位置と方向を示す

写真1 対象地点河川現況



B案 護岸を階段状にした (太田川古川)



C案 護岸を緩やかな傾斜にした (鴨川)



D案 護岸を石垣とし、河川敷にベンチや植栽を配置した (鴨川)



E案 河川敷に遊具等を設けた (武庫川)



F案 護岸を石積みとし、河川敷を芝で整備した (太田川本川)



G案 河川を石の川原とし、自然を豊富にした (太田川上流部)

注) 各整備案についてのコメントは、整備案の写真と共に住民に呈示した。() 内は画像処理による作成作業で用いた実在河川の名称を示す。

写真2 整備案の内容 (上流)

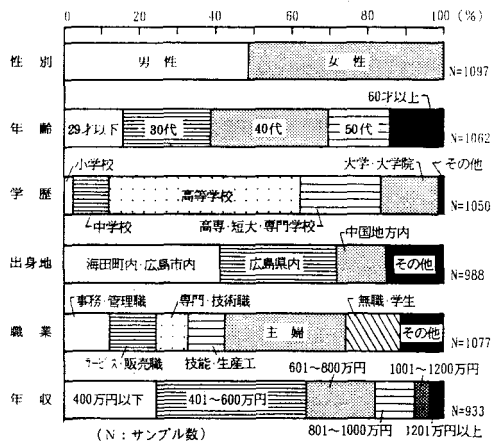


図2 調査対象住民の属性

e)整備案に対する評価を除いて全く同一であるため、本報では、a)～d)の各質問項目のみに関する分析（第3章）は、両調査のデータを併せて行っている。

§ 3 住民の属性と河川に対する意識・行動・評価

3.1 住民の属性

調査対象住民の基本的な属性を図2に、各区域ごとの「居住年数」を図3に、「住戸の形式」を図4に示す。中流右岸及び下流右岸は旧山陽道沿いの集落として発達した経緯があり、居住年数の長い古くからの住民が多い。これに対して、上流部は比較的最近開発された新興住宅地であり、一戸建て持ち家の比率が高い。

3.2 河川に対する意識

「河川整備に関する意見」として、「治水・保全」等のように河川の有する相反する2つの機能の組合せについて、いずれか一方を重視する意見を対比させて呈示し、いずれの意見に賛成するか回答を求めた。3種の組み合わせについて、各区域ごと及び全体の結果を図5に示す。全体では、治水・利水を重視する住民が若干多いが、親水的な整備がなされている上・中流の右岸では、環境保全や親水面をより重視する傾向がみられる。また、建物や人口密度の増加に関連して、下流になるに従い親水面より安全性を重視する傾向がみられる。

図6に「瀬野川に対する関心」についての回答結果を示す。全般に関心の程度はどの区域においても高いが、下流より上流で、左岸より右岸で若干関心の高い傾向がみられる。図7は「関心のある分野」についての複数回答による結果で、各分野に対し関心を有する者の割合を示す。いずれの区域でも『保全面』に対する関心が高く、次いで『親水面』、『治水水面』または『利水面』の順で、自然と

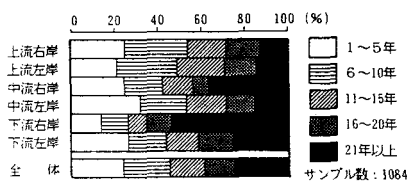


図3 居住年数の回答構成

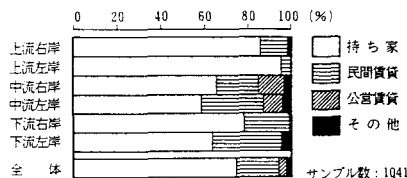
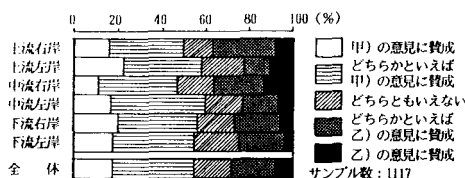


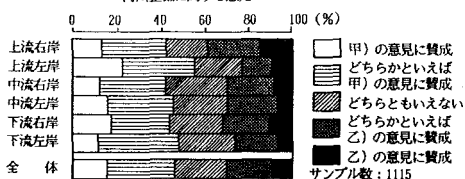
図4 住戸形式の回答構成



甲) 洪水や氾濫を防ぐための河川整備ならば、河川の自然が破壊されてもかまわない

乙) 安全性は多少問題でも、河川整備によって河川の自然が破壊されるのはよくない

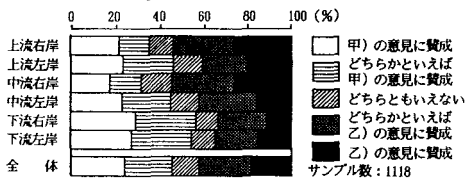
河川整備に関する意見 1



甲) 各戸に豊富な水を安い価格で供給するためには、河川の水量が減少してもかまわない

乙) 料金が多少高かったり水が豊富に出なくても、河川の水量がそのまま保てる方がよい

河川整備に関する意見 2



甲) 転落事故等を防ぐためには、水辺に近づきにくくても、水際に柵などを設けた方がよい

乙) 安全性は多少問題でも、水際に柵などを設けず、水辺に近づきやすい方がよい

河川整備に関する意見 3

図5 河川整備に関する意見

親しめる身近な空間としての関心が高い。『親水面』については自然が豊富で整備の進んだ上流から下流になるに従い関心が低下し、逆に、『治水面』では水量が増加し高潮等の危険性もある下流で関心が高い。

3.3 河川に対する接触と利用行動

図8に河川との様々な接触の経験及び「レク等の利用有無」についての回答結果を示す。「河岸や橋の通過」は上流左岸で高い割合を示すが、これは右岸側にJR駅や商店が多くあり河川を横断するためと考えられる。それ以外の接触行為では中流右岸が最も高い。「レク等の利用有無」では、中流及び上流で右岸・左岸の差異が顕著で国道2号線の影響がみられる。下流では全般に河川との接触は乏しく、特に利用者は少ない。

図9に、河川を利用すると回答した住民の利用行為をレクリエーションの行為別に利用者の割合で示す。上・中・下流を通じて最もよく行われるのは、手軽な「夕涼み・散策」であり、次いで「休憩」や、高水敷のある区域では「スポーツ活動」も比較的多い。「夕涼み・散策」・「ランニング」等の利用行為は左岸に比して右岸の方が多いが、「水遊び」や「釣り」・「スポーツ活動」は、逆に左岸の利用の方が多傾向がみられる。これは、左岸からは国道2号線等が障壁となり、強い動機づけを伴わない行為に河川が利用されず、相対的に目的意識の明確な利用行為の割合が増えているものと考えられる。中流右岸では「お祭り等の行事」を行う利用者が著しく多く、図8の結果と併せて考察するなら、河川を利用して何らかの地域のコミュニティ活動が行われていることも予想される。

3.4 河川に対する評価

図10に各評価対象地点の総体的・個別的評価に関する平均評価得点プロフィールと、上・中・下流の内で異なる二者を選択して相互の評価得点をt-検定により比較した結果を示す。全般には、「水難事故に関する安全性」や「洪水・氾濫に関する安全性」・「レクリエーションへの適用性」・「自然の豊富さ」等の評価がやや高く、他の項目は中庸で、上・中・下流共ほぼ類似した評価パターンを呈する。「自然の豊富さ」・「建てこみ」・「緑量」等の評価では、上流から下流になるに従い評価が低下し、市街化の程度が反映しているが、「満足意識」や「景色」等、環境の総体的評価に関連する項目では中流の評価が若干高い。

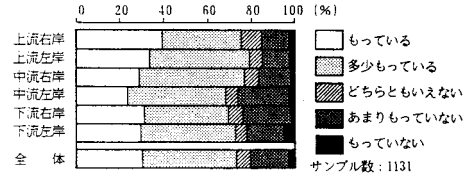


図6 瀬野川に対する関心

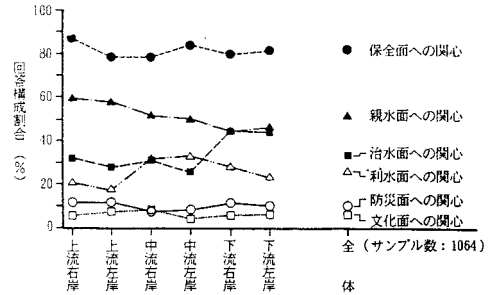


図7 関心のある分野

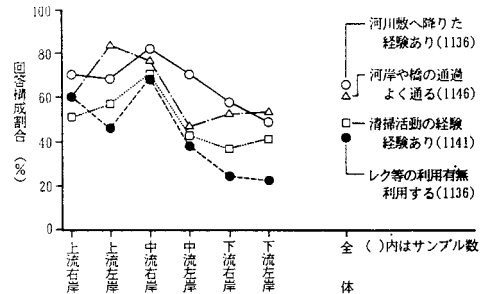


図8 河川との接触・利用行動

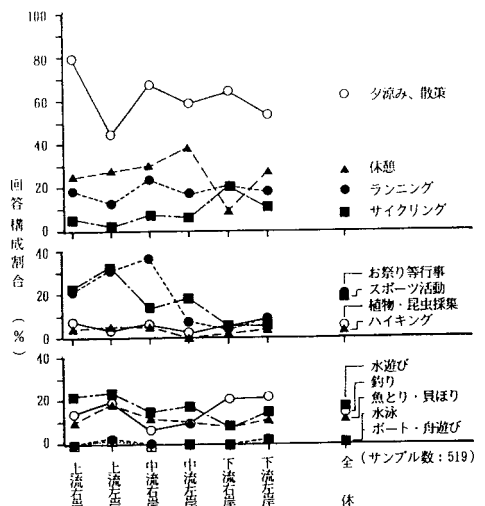


図9 レクリエーション利用内容

図11に各河川利用行為に対する適用性の評価結果を図10と同様に示す。全般に、「夕涼み・散策」や「休憩」等、現在ある程度利用されている行為の適用性が高く、水質や水量、安全性について条件が厳しい「水泳」や「ボート・舟遊び」の適用性は低い共通した傾向がみられる。対象地点別にみると、「夕涼み・散策」・「スポーツ活動」等の河川陸域部を使用した利用行為では、下流が低く上・中流で高い傾向がみられ、河川利用や接触の多い中流の評価が最も高くなっている。これに対して、豊富な水量を必要とする「釣り」や「ボート・舟遊び」では、下流の評価が最も高い。

3. 5 住民の属性・意識・行動の相互関連分析

以上述べてきた各質問項目間の相互関連性を把握し、住民を類型化しうる代表的な項目を抽出するため、サンプルである住民と変数である項目との同時分類を行う数量化理論第Ⅲ類による分析を行った。使用した項目は26項目で、表2にその内容とカテゴリ区分及び図中の略号を示す。第Ⅰ軸（最大固有値に対応、以下同様）・第Ⅱ軸に関するカテゴリの布置を図12に、第Ⅰ軸・第Ⅲ軸に関する同様の結果を図13に示す。以下、各軸の示す意味について検討する。

第Ⅰ軸は、「瀬野川に対する関心」・「瀬野川と親しんできたか」・「実際の状況の認識度」等多くの項目と関連がみられ、正側に関心や認識なし、負側にありのカテゴリが布置されている。これより、瀬野川全般に対する関心や知識の程度を示す軸と考えられる。

第Ⅱ軸は、「関心のある分野」や「河川整備に関する意見」との関連が強く、正側に治水面・利水面に関心あり、負側に環境保全面・親水面に関心ありのカテゴリが布置されており、河川の機能に対する考え方

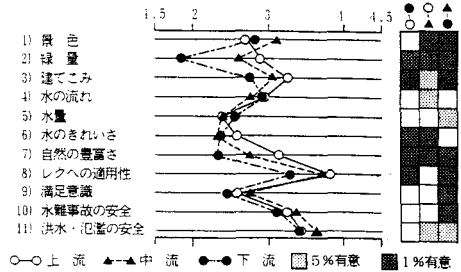
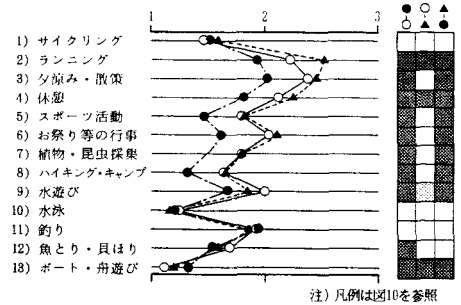


図10 総体的・個別的評価結果



注) 凡例は図10を参照

図11 利用適用性評価結果

表2 質問項目 (アイテム・カテゴリ) 一覧

質問項目	選択肢 (カテゴリ)	記号
住民の属性		
性別	男性 女性	男 女
年齢	39歳以下 40歳代 50歳以上	~39 40代 50~
居住年数	10年以下 11年以上	~10 11~
出身地	広島市内 広島県内 広島県外	市内 県内 県外
日頃よく外出するか	よく外出する 時々外出する 外出しない	外有 外時 外無
趣味や余暇活動の場所	戸外が多い どちらでもない 屋内が多い	戸外 中立 屋内
住民意識調査対象区域		
対象区域	上流 中流 下流	右岸 左岸 右岸 左岸 右岸 左岸

河川整備に関する一般的な意識		
河川整備に関する意見	治水面を重視 どちらでもない 環境保全を重視	治1 中1 保1
河川整備に関する意見	利水面を重視 どちらでもない 環境保全を重視	利2 中2 保2
河川整備に関する意見	安全面を重視 どちらでもない 親水面を重視	安3 中3 親3
瀬野川への関心・認識		
瀬野川に対する関心	ある やある ない	関有 関少 関無
関心の分野	治水面への関心	ある ない 治有 治無
	利水面への関心	ある ない 利有 利無
	保全面への関心	ある ない 保有 保無
	親水面への関心	ある ない 親有 親無
防災機能に対する関心	防災機能に対する関心	ある ない 防有 防無
	文化面への関心	ある ない 文有 文無

実際の状況の認識度	知っている 多少知っている 知らない	認有 認少 認無
河川整備の必要性	すぐにでも必要 将来的には必要 必要ではない	直要 将要 不要
瀬野川との接触経験		
瀬野川と親しんできたか	大変親しんできた 親しんできた 親しんでこなかった	大親 少親 無親
行く回数	増えた 変わらない 減った	増 不変 減
水との接触経験	下半身まで入った 裸まで入った 入ったことはない	半身 裸 人無
河川敷に降りた経験	ある ない	降有 降無
清掃活動等へ参加した経験	ある ない	参有 参無
瀬野川との接触の現況		
河岸や橋の通過	よく通る 通らない	通有 通無
通るとき川を眺めるか	眺める 眺めない	眺有 眺無
レク等の利用有無	利用している 利用していない	利用 非利用

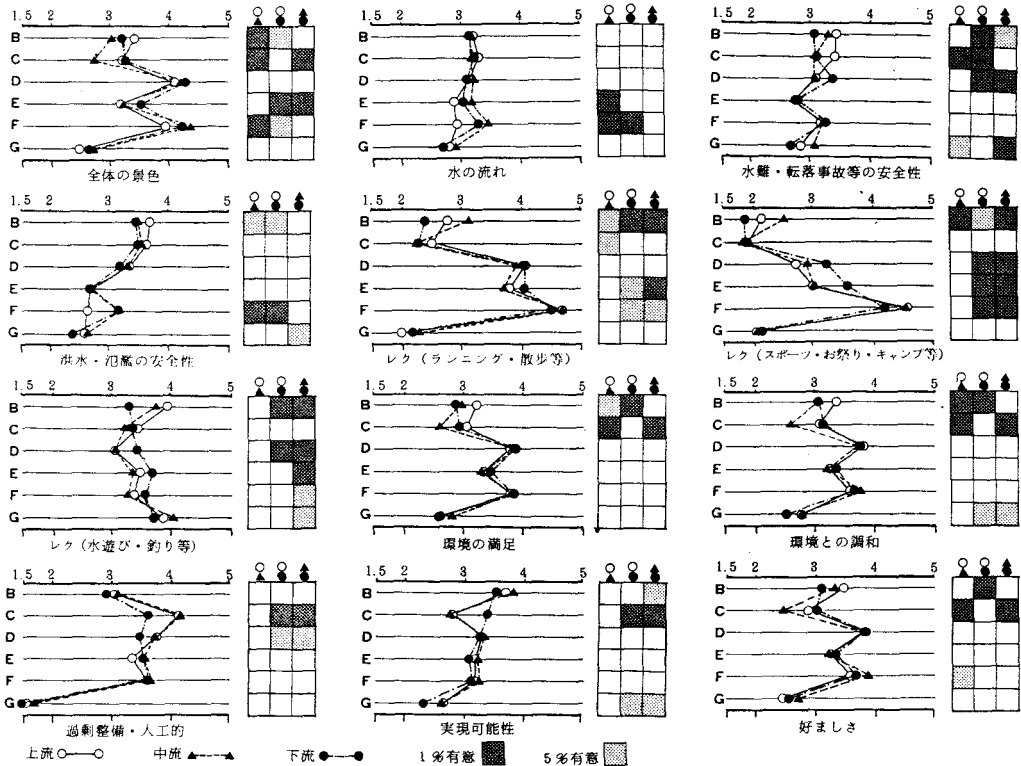


図14 各整備案の総体的・個別的評価結果

す。これより、整備案に対する評価の全体的傾向は、上・中・下流の各対象地点間である程度一致しているが、いくつかの整備案については、地点の違いによって評価に差異のあることがわかる。以下、各評価項目について個別に検討する。

河川環境の総体的な評価項目と考えられる「全体の景色」・「環境の満足」・「環境との調和」・「好ましさ」では、いずれも評価傾向が類似する。すなわち、緑量が多くある程度の整備がなされたD・F案の評価が高く、自然が豊富で未整備なG案や、著しく人工的な印象のC案の評価が低くなっている。

「水の流れ」・「水難・転落事故等の安全性」・「水遊び・釣り等のレクへの適用」の各項目は水体の状況に関連すると考えられるが、整備案作成時に低水路内の状況を変化させていないため、整備案間で著しい評価の差異は少ない。しかし、「水遊び・釣り等のレクへの適用」の場合、生物が豊富な印象のG案の評価が高く、上・中流では階段状で水との接触が容易なB案も比較的高い等、ある程度の傾向も把握できる。「洪水・氾濫等の安全性」では低水路より護岸や堤防の状況が着目され、コンクリートで固められたB・C案の評価が高い。

「ランニング・散歩等のレクへの適用」・「スポーツ・祭り・キャンプ等のレクへの適用」では、いずれも整備案間の評価の差が大で、F案の評価が高くB・C・G案が低い共通した傾向がみられる。ただし、後者では、平均的な広がりも必要となるため、D・E案の評価が相対的に低くなっている。

「過剰整備・人工的」ではC案の評価が上・中流で高いが下流ではそれほど著しくなく、対象地点による違いがみられる。これは、下流の現況が人工的なコンクリート護岸であり、それを基準に判断がなされたためと考えられる。「実現可能性」でも同様な傾向がみられ、現況を基準としてあまり

変化が顕著ではない整備案が高く評価されており、上・中流と比べ下流ではC案の評価が高い。

4.2 最良・最悪の整備案とその理由

6種の整備案の中から、自宅近くの瀬野川に適用したとき、最も好ましいと思われるもの、最も好ましくないと思われるものそれぞれ1つを選定させた結果を図15に示す。「最も好ましい整備案」としては上・中・下流ともF案が最も高く、次いでD案となるが、河川利用の盛んな中流ではF案をより好む傾向にある。一方、「最も好ましくない整備案」ではC・G案の回答が多いが、上・中・下流で多少回答構成に差異がみられ、上流ではG案とC案が同程度に選ばれるが、中流ではC案、下流ではG案の回答が多くなる。

「最も好ましい整備案」として回答の多いD・F案及びその逆のC・G案について、それらを選択した理由の回答構成を図16に示す。住民からの回答は自由記述式で得たが、内容を整理

し、共通項目ごとにまとめている。これより、好ましい理由については、D 案の場合『利用に適している』・『緑が豊富』・『環境がよい』・『景色がよい』等の回答がそれぞれ同程度に多いのに対し、F 案では、他に比べ『利用に適している』の回答がかなり多くなっている。好ましくない理由については、C 案では『自然が少ない』・『利用に不適』等の回答が多く、G 案では『景色が悪い』・『洪水・氾濫の危険』等が多い。

なお、対象地点による違いがC・G案の『利用に不適』やG案の『洪水・氾濫の危険』の回答等に現れている。前者については、中流で回答が多く下流で少なくなっており、現在の河川利用・接触の多少によって、利用の適否を重視するか否かが左右されるものと考えられる。また、後者については、治水面に対する関心の強い下流で回答が多くなっている。

4.3 整備案の選好と住民の特性との関連

本節では、整備案の選択に影響を及ぼす要因についてさらに検討するため、2種の整備案のいずれを選んだかを外的基準とし、住民の属性・河川に対する意識・利用行動等に関する代表的な11項目を説明変数として数量化理論第Ⅱ類による分析を行った。なお、説明変数は**3.5**の結果に基づき、住民を類型化する上で重要と思われる項目を選択している。

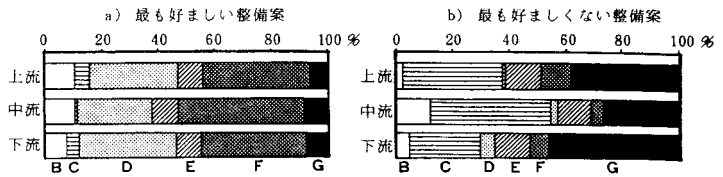


図15 最良・最悪整備案の回答構成

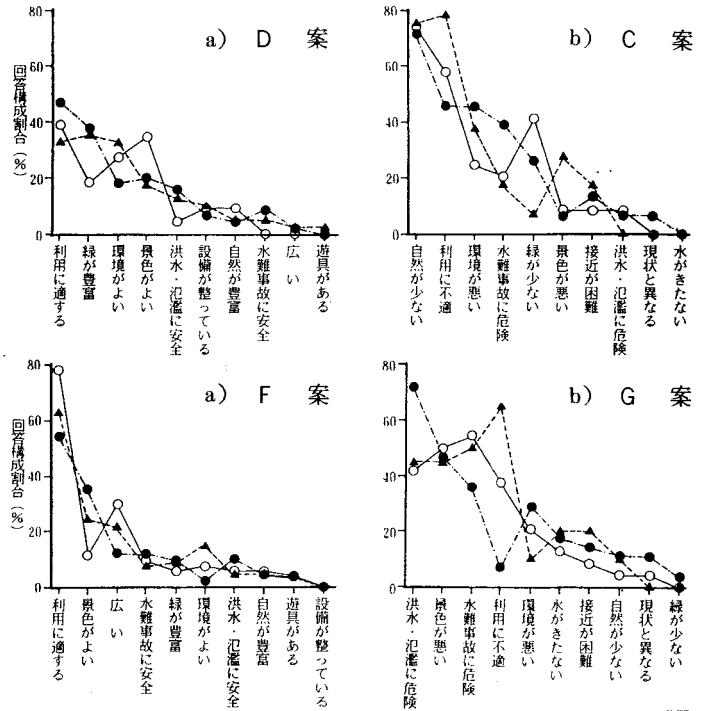


図16 最良・最悪整備案の選定理由

注) 凡例は別紙を参照

「最も好ましい整備案」について、D・F案のいずれを選んだかを外的基準とした分析結果を図17に示す。相関比が低く判別の程度はよくないが、偏相関係数を基準に寄与の高い項目を挙げるなら、「出身地」・「対象地点」・「これまで親しんできたか」・「河川整備に関する意見1・3」等となる。カテゴリスコアから判断するなら、広島県外の出身で治水面・安全面を重視する住民がD案を、環境保全面・親水面を重視し、瀬野川にこれまで親しんできた中流の住民がF案を選択する傾向があると考えられる。

前節と併せて検討するなら、D案は、ベンチや植栽が整然と配置され景観的にも優れ、公園的な利用可能性があると同時に、高水敷から水体へ至る護岸は堅牢な印象を与え、河川環境が総合的に高く評価されたと考えられる。これに対してF案は、芝生の緩やかなスロープが河岸まで至り広々とした印象で、多くのレクリエーション活動への適用可能性が大きく評価されたと考えられる。

次に、「最も好ましくない整備案」について、C・G案を対象に同様な分析を行った結果を図18に示す。偏相関係数の高い項目は「年齢」・「河川整備に関する意見1」・「対象地点」・「水との接触経験」等であり、高年齢で治水面を重視する住民が自然な河川状況を残したG案

を好ましくないとし、若年齢で環境保全を重視する住民が水際までコンクリートで固められたC案を好ましくないとしている。以上の分析結果は、D・F案の結果に比して相関比も高く、3.5で述べた数量化理論Ⅲ類による第Ⅱ軸の内容と直接的に関連すると思われる。

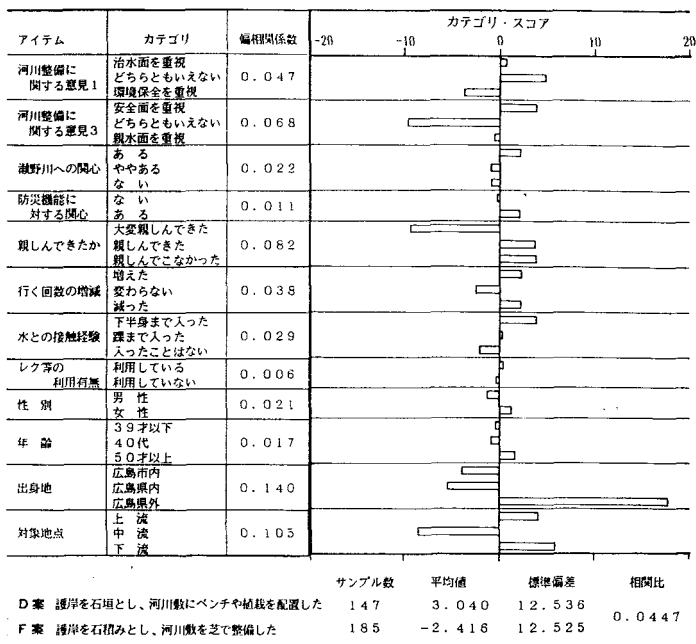


図17 数量化理論第Ⅱ類の結果(最も好ましい整備案)

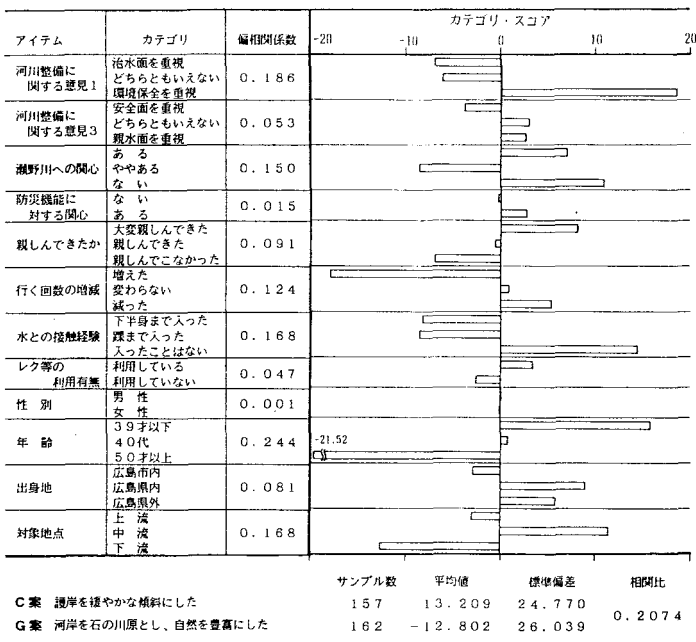


図18 数量化理論第Ⅱ類の結果(最も好ましくない整備案)

§ 5 結 語

以上，本研究では，広島市東部瀬野川を対象河川として実施した，画像処理により作成した河川整備案を用いた住民意識調査結果の分析を行った。得られた結果をまとめると次の通りである。

- 1) 河川周辺住民の河川に対する考え方・接触・利用行動等について把握し，各対象地点・区域の有する特徴を概括した。また，それらの相互関連分析から，住民を類型化する基本的な軸として，低認識 - 高認識，治水・利水重視 - 環境保全・親水重視，利用積極化 - 消極化の3軸を抽出した。
- 2) 呈示した6種の整備案については，対象地点にかかわらず，過度に人工的または自然的な整備案は避けられ，緑量が豊富である程度手の加えられた整備案が好まれる共通した傾向がみられた。
- 3) 整備案を好ましいまたは好ましくないと判断する要因について検討を行い，同程度に好ましい整備案2案については，環境の総合的状況と利用適用性の点で判断が分かれ，実際の河川利用行動の有無が影響を及ぼしていること，同程度に好ましくない整備案2案については，河川機能に対する考え方の違いが直接的に判断に影響を与えていることを把握した。

本研究の内容は，整備案の内容を恣意的に決定したためケーススタディの域を出るものではないが，河川周辺住民の整備案に対する選好に，河川利用行動の現状や河川整備に対する意識等も大きく反映されることを確認した。今後はさらに実験・調査結果を蓄積し，選好の規定要因や判断の際の意識過程をより明確にしていく必要がある。

最後に，本研究は広島大学工学部 村川三郎助教授との共同研究であることをお断りしておく。

謝 辞

本研究の一部は，昭和68年度「財団法人河川環境管理財団」研究助成金及び昭和68年度文部省特定研究費（2年継続研究）によった。また，研究の遂行にあたっては，広島大学平成元年度卒論生 辰巳郁夫君，梅田直樹君，呉工業高等専門学校平成元年度卒論生 市川京子さんに多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 西名・村川：住民の河川認識に基づく河川環境整備計画の最適化に関する研究
その1．呉市二河川における調査の概要・結果
日本建築学会中国支部研究報告集，Vol. 15 (1989-3) pp. 369～372
- 2) 西名 ほか：同題 その2．瀬野川における調査概要と現況河川の評価
同題 その3．河川環境構成要素整備案に対する評価
同題 その4．合成写真による河川環境整備案に対する評価
日本建築学会研究報告中国・九州支部，Vol. 8・2 環境系 (1990-3) pp. 205～216
- 3) 西名・村川：同題 その5．整備案に対する評価構造の分析
同題 その6．住民と被験者との評価結果の比較
日本建築学会中国支部研究報告集，Vol. 16 (1991-3) pp. 337～344

(平成3年4月15日受付)

平成2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会名
岩根 三邦	生態学における生命観	広島倫理思想史学会第34回大会 (平成2年8月, 岡山)
白川 洋二 他20名	EVERYDAY ENGLISH New Course 1 New Course 2 New Course 3 (文部省検定教科書)	CHUKYO SHUPPAN 1990年3月31日発行
灘野 宏正 河野 正来 寺内 喜男 (広大工) 松本 政義 (東京熱処理工業)	四球試験, 二円筒試験及び歯車試験 による低温浸硫被膜の摩擦特性	日本設計工学会中国支部講演論文集, No. 9 (平成2年1月, 広島) pp. 12～17.
灘野 宏正 河野 正来 寺内 喜男 (広大工) 松本 政義 (東京熱処理工業) テオカシミロ・オー・ プラドー (フィリピン 工科大学)	四球試験における低温浸硫被膜の摩 擦特性	トライボロジスト, 第35巻, 第2号 (1990-2), pp. 129～136.
河野 正来 灘野 宏正 寺内 喜男 (広大工) 松本 政義 (東京熱処理工業)	乾燥摩擦における低温浸硫処理歯車 の焼付き強さ	日本機械学会論文集 (C編) 56巻, 581号 (1990-11), pp. 3068～3074.
Hiromasa NADANO Masaki KOHNO Yoshio TERAUCHI (広大工) Masayoshi MATSU- MOTO (東京熱処理工業)	Scoring Resistance of the Gears Sulphurized at Low Temperature (Combination Tests with Carbu- rized and Sulphurized Gears)	Proceeding of the Japan Inter- national Tribology Conference Nagoya, (1990-11), pp. 1533～ 1538.
Hiromasa NADANO Masaki KOHNO Yoshio TERAUCHI (広大工)	Frictional Characteristics of Films with Low Temperature Sulphurizing Process in Four Ball Test	Japanese Journal of Tribology, Vol. 35, No. 2 (1990), pp. 236～ 248.

著 者 名	論 文 題 名	発表誌名または発表会名
Masayoshi MATSU- MOTO (東京熱処理工業) T. O. Prado (フィリ ピン工科大学)		
寺内 喜男 (福山大) 永村 和照 (広大工) 野原 稔	リップリング損傷におよぼす潤滑油 の影響	日本機械学会論文集 (C 編), 56 巻 524 号
太田 光雄 (広大工) 藤田 幸史 廣光清次郎 (広修道大)	最小エントロピー法に基づく音響シ ステムの任意騒音入力に対する確率 応答	電子情報通信学会秋季全国大会 (広島)
藤田 幸史 太田 光雄 (近 大)	最小エントロピー法に基づく音響シ ステムの任意騒音入力に対する確率 応答	電気関係学会中国支部連合大会 (岡山)
深澤 謙次	Construction of Physical Vacuum in Curved Spacetime	Journal of Science of the Hiro- shima University A (54 巻 1 号)
深澤 謙次 浜田 賢二 (東大教養) 佐藤 晴正 (広大理)	Phase Diagrams of 3-Matrix Model	Modern Physics Letters A (5 巻 29 号)
森川 一 山本 克之 (北大工) 三上 智久 (北大工) 友近 晃 (北大歯) 中村 進治 (北大歯)	歯列の咬合接触面積の定量測定 ～3 次元画像処理に基づく定量測定 の試み～	医用電子と生体工学, 28 巻, 特別号 (1990 年 5 月, 仙台), pp. 293
友近 晃 (北大歯) 中村 進治 (北大歯) 森川 一 山本 克之 (北大工) 三上 智久 (北大工)	矯正治療に於ける咬合接触の観察 ～歯列模型形状計測システムを用い た咬合シミュレーション (第 2 報)～	日本矯正歯科学会誌, 49 巻, 6 号 (1990 年 10 月, 長野), pp. 662
友近 晃 (北大歯) 中村 進治 (北大歯) 森川 一 山本 克之 (北大工) 三上 智久 (北大工)	矯正治療保定期に於ける咬合接触の 観察	第 29 回日本 ME 学会北海道支部大会 (1990 年 10 月, 札幌)
山本 克之 (北大工) 森川 一 友近 晃 (北大歯) 林 俊輔 (北大歯)	Three-dimensional Measurement of Dental Cast Profiles and its Applications to Orthodontics	Annual Int. Conf. of the IEEE Engng. in Med. and Biol. Soc., Vol. 12, No. 5 (1990 年 10 月, Philadelphia), pp. 2052～2053

著 者 名	論 文 題 名	発表誌名または発表会名
中村 進治 (北大歯) 三上 智久 (北大工)		
井上 浩 (秋田大鍼山) 森川 一 飯田 秀博 (秋田脳研放医) 三浦 修一 (秋田脳研放医) 奥山大太郎 (秋田大鍼山) 上村 和夫 (秋田脳研放医)	Positron Emission Tomography 計測における重み付け積分法による 3 コンパートメントモデル 3 速度定 数の推定 ～推定誤差のシミュレ ーション～	RADIOISOTOPES. 39巻, 12号, (1990年12月) pp. 557-564
友近 晃 (北大歯) 中村 進治 (北大歯) 林 俊輔 (東日本学園大歯) 石井 英司 (東日本学園大歯) 森川 一 山本 克之 (北大工) 三上 智久 (北大工)	矯正治療における咬合接触状態の変 化 ～歯列模型形状計測システムを 用いた咬合シミュレーション (第1 報) ～	下顎運動機能と EMG 論文集, 8 号 (1990年7月, 札幌), pp. 59-62
森川 一 山本 克之 (北大工) 三上 智久 (北大工) 友近 晃 (北大歯) 中村 進治 (北大歯)	計算機処理に基づく歯列咬合接触面 積の定量測定	電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 90, No. 105, MBE90-36, (1990年6月, 札幌), pp. 7-12
岩本 英久 大崎 紘一 (岡大工) 梶原 康博 (岡大工) 関 洲二 (岡大医)	外科医支援エキスパートシステムに 関する研究 (第1報, 手術作業内容 のページモデルによる表現)	日本経営工学会平成2年度秋期大会 予稿集, (1990年11月, 大阪), pp. 180-181
関 洲二 (岡大医) 岩本 英久 大崎 紘一 (岡大工)	Theorization of Needle-Holder Handling for Aortic Valve Replacement	The 8th Congress of Michael E. DeBakey International Surgical Society (Sept., 11-15, 1990, Yokohama), p. 50
関 洲二 (岡大医) 岩本 英久 大崎 紘一 (岡大工)	Strategy of Suturing Technique for Confind Operating Space in Operation	The 8th Congress of Michael E. DeBakey International Surgical Society (Sept., 11-15, 1990, Yokohama), p. 60
関 洲二 (岡大医) 岩本 英久 大崎 紘一 (岡大工)	Quality of Surgeon's Suturing Technique and its Restriction, — A Role of the Forceps —	The 8th Congress of Michael E. DeBakey International Surgical Society (Sept., 11-15, 1990, Yokohama), p. 61
山崎 勉	ホローカソード中の電子エネルギー 分布関数の測定	日本物理学会1990秋の分科会講演予 稿集 (岐阜)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
小林 康秀 沖田 豪 (山工大) 田中 正吾 (山工大)	入出力雑音を受ける汎関数展開可能な系の同定	計測自動制御学会論文集 (26巻2号) pp. 167-173 (1990)
小林 康秀 沖田 豪 (山工大) 松井 利幸 (大島商船高専)	線形動的システムの次数決定法に対する一考察	大島商船高等専門学校紀要 (第23号) pp. 87-98 (1990)
小林 康秀 沖田 豪 (山工大) 田中 正吾 (山工大)	テスト入力を併用した線形系の適応制御	計測自動制御学会第16回システムシンポジウム講演論文集 (平成2年, 安浦) pp. 55-60
Y. KOBAYASHI T. OKITA (山工大) J. K. SHARMA (山工大)	Adaptive Control Based on Detection and Estimation of Changing Parameters	Preprints of the 22th JAACE Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (Hiroshima, 1990)
小林 康秀 沖田 豪 (山工大)	最適な同定入力による構造が未知な線形系の同定	第33回自動制御連合講演会論文集 (平成2年, 京都)
Yuichi Kato Shizuma Yamaguchi (Maritime Safety Academy)	A Prediction Method for Probability Distribution of Road Traffic Noise at an Intersection	Acoustics Australia, Vol. 18, No. 2, pp. 45-50
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	変動騒音を入力とする心理的応答システムの評価問題に対するファジィ理論の適用	日本ファジィ学会中国・四国支部第1回大会講演予稿集 (平成2年, 東広島)
山口 静馬 (海保大) 加藤 裕一	交通量情報に基づく周期的非定常道路騒音の分布予測	電気関係学会中国支部第41回連合大会講演論文集 (平成2年, 岡山)
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	変動騒音の心理評価へのファジィ理論の適用	同 上
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	交通量情報に基づく道路騒音予測	日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集 (平成2年, 東京)
山口 静馬 (海保大) 加藤 裕一	道路騒音の L_{eq} から L_{50} への変換式に関する一考察	日本音響学会平成2年度秋季研究発表会講演論文集 (平成2年, 名古屋)
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	道路騒音の心理的評価に対する一予測手法	同 上
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	交通流状態変数の推定法と騒音レベル分布予測への応用	日本音響学会誌46巻6号 (1990) pp. 458-467

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	ファジィ理論による変動騒音の心理 評価法	日本音響学会平成2年度春季研究発 表会講演論文集 (平成2年, 東京)
加藤 裕一 山口 静馬 (海保大)	非ガウス分布形騒音レベルに対する L ₅₀ 推定近似式の提案と実験的確認	同 上
山口 静馬 (海保大) 倉本 和興 (海保大) 加藤 裕一	任意不規則騒音に対する等価騒音レ ベル分布と等価音圧レベル分布との 統計的関連性	日本音響学会誌46巻1号 (1990) pp. 40 ~45
協本 隆之	インパルスディジタイザの性能評価 法	電気関係学会中国支部第41回連合大 会講演論文集 (平成2年, 岡山)
横瀬 義雄 岡野 博一 (広島文教大) 今井 秀樹 (横浜国大)	2重符号化RS符号の消失訂正復号 誤り率 Probabilities of miscorrection for double-encoding RS codes using erasure-correction	1990年電子情報通信学会秋季全国大 会講演論文集 [分冊1], pp. 1-157 (1990年, 広島)
横瀬 義雄 横瀬 宏 (広島工大)	交流電圧最大値の高速推定法	平成2年度電気関係学会中国支部第 41回連合大会講演論文集, pp. 136 (1990年, 岡山)
横瀬 宏 (広島工大) 横瀬 義雄	スイッチを持つ回路のRunge Kutta シミュレーションについて	平成2年度電気関係学会中国支部第 41回連合大会講演論文集, pp. 44 (1990年, 岡山)
横瀬 宏 (広島工大) 横瀬 義雄	交流電圧の最大値の高速推定法	計測自動制御学会論文集, Vol. 26, No. 12, 1990, pp. 1449-51
竹村 和夫 米倉亜州夫 (広工大) 谷村 充 (広工大)	アルカリ骨材反応を生じた帯鉄筋柱 の一軸圧縮特性	セメント・コンクリート論文集 No. 44, 1990
竹村 和夫 米倉亜州夫 (広工大) 谷村 充 (広工大) 牧田 孝光 (奥村組)	アルカリシリカ反応を生じたRC柱 の耐力における寸法効果の影響	第42回土木学会中国四国支部研究発 表会講演概要集 (平成2年5月, 東 広島)
谷村 充 (広工大) 竹村 和夫 米倉亜州夫 (広工大)	アルカリシリカ反応を生じた帯鉄筋 コンクリート柱の変形特性	土木学会第45回年次学術講演会講演 概要集第5部 (平成2年10月, 新潟)
小堀 慈久	昭和63年7月加計町山腹斜面崩壊に ついて	第42回土木学会中国四国支部研究発 表会講演概要集 (平成2年, 東広島)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
小堀 慈久	「がけ調査」における経年変化(2)について	第45回土木学会年次学術講演会講演概要集第3部(平成2年, 新潟)
大橋 晶良 原田 秀樹(アジア工科大) 桃井 清至(長岡技大)	脱窒処理生物膜の平板上における形成・生長過程	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集(平成2年5月, 東広島)
大橋 晶良 原田 秀樹 (アジア工科大) 桃井 清至(長岡技大)	河床礫付着生物の脱窒作用	土木学会第44回年次学術講演会講演概要集第2部(平成2年, 新潟)
長沼 司(広大工) 杉恵 頼寧(広大工) 藤原 章正 田中 潤一(広大工)	鉄道新駅の利用に関する選好意識データと行動結果データの比較	土木学会中国四国支部第42回研究発表会講演概要集(平成2年, 東広島)
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工)	選好意識データを用いた鉄道新駅の需要量推計手法に関する一考察	土木学会中国四国支部第42回研究発表会講演概要集(平成2年, 東広島)
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工)	選好意識データのパネル分析	土木学会第45回年次学術講演会講演概要集第4部(平成2年, 新潟)
藤原 章正	2時点で観測した選好意識データの分析	交通科学 (Vol. 20, No. 1)
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工)	選好意識データの安定性と信頼性	日本都市計画学会都市計画論文集 (No. 25)
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工)	選好意識データに基づく交通手段選択モデルの信頼性	土木学会土木計画学研究・論文集 (No. 8)
藤井 健 緒方信一郎 関根 毅(広大工)	音源室に結合する室の透過音響パワーとその減衰について ＜COUPLED ROOMの音響特性に関する研究＞	日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国) 1990年10月
福原 安洋 嶋津 孝之(広大工)	鉄筋コンクリート耐震壁における斜め配筋の効果に関する研究	第8回日本地震工学シンポジウム論文集(1990年, 東京)
福原 安洋 大田 和彦(広大工) 荒木 秀夫(広大工) 嶋津 孝之(広大工) 川島 正樹(広大工)	高軸力下における側柱の耐震性能に関する実験的研究 その1. 研究目的と実験方法	日本建築学会大会学術講演梗概集 (1990年10月, 中国)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
嶋津 孝之 (広大工) 佐藤 立美 (広工大) 福原 安洋 藤本 敬之 (近大工) 吉田 長行 (広大工)	鋼とコンクリートによる各種構造	森北出版 (株)
嶋津 孝之 (広大工) 福原 安洋	鉄筋コンクリート長柱の安定性	コンクリート工学 Vol.28, No. 10, 1990, pp. 17～24
小林 定教 (福山大工) 関根 毅 (広大工) 宮野 秋彦 (福山大工) 篠原 道正 (広工大) 黒谷 靖雄 (米子高専) 藤井 健 西名 大作 清田 誠良 (広工大) 成田 健一 (広大工)	山陰・山陽地方における模型建物の 熱環境について 第2報 山陰型、山陽型の地域環 境が建物室内環境に及ぼす影響 について その5	日本建築学会中国・九州支部研究報 告集 第8号 (平成2年3月, 広島)
西名 大作 村川 三郎 (広大工) 梅田 直樹 (積水ハウス㈱)	住民の河川認識に基づく河川環境整 備計画の最適化に関する研究 その2 瀬野川における調査概要 と現況河川の評価	日本建築学会中国・九州支部研究報 告集 第8号 (平成2年3月, 広島)
村川 三郎 (広大工) 西名 大作 梅田 直樹 (積水ハウス㈱)	住民の河川認識に基づく河川環境整 備計画の最適化に関する研究 その3 河川環境構成要素整備案 に対する評価	日本建築学会中国・九州支部研究報 告集 第8号 (平成2年3月, 広島)
村川 三郎 (広大工) 西名 大作	住民の河川認識に基づく河川環境整 備計画の最適化に関する研究 その4 合成写真による河川環境 整備案に対する評価	日本建築学会中国・九州支部研究報 告集 第8号 (平成2年3月, 広島)
村川 三郎 (広大工) 西名 大作	河川環境整備に対する住民意識評価 構造の研究 その3 広島・瀬野川における整 備案の評価結果	日本建築学会大会学術講演梗概集D (平成2年10月, 広島)
西名 大作 村川 三郎 (広大工)	河川環境整備に対する住民意識評価 構造の研究 その4 河川空間の部分的構成要 素に関する整備案の評価結果	日本建築学会大会学術講演梗概集D (平成2年10月, 広島)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
篠原 道正 (広工大) 関根 毅 (広工大) 小林 定教 (福山大工) 黒谷 靖雄 (米子高専) 西名 大作 清田 誠良 (広工大) 成田 健一 (広工大)	山陰と山陽の都市住宅における熱環境調節法に関する調査 山陰型, 山陽型の地域環境が建物室内環境に及ぼす影響について (その6)	日本建築学会中国・九州支部研究報告集 第8号 (平成2年3月, 広島)
村川 三郎 (広工大) 西名 大作 村田 浩之 (㈱市浦都市開発建築コンサルタンツ)	コンピュータ画像処理による河川景観評価に関する研究 その9 河岸から見た景観構成要素と評価の関連	日本建築学会中国・九州支部研究報告集 第8号 (平成2年3月, 広島)
間瀬 実郎 河合 和久 加藤 隆博 平本 建志 (豊橋技科大) 瀬口 哲夫 大岩 元	都市景観システムのための地図情報入力インタフェースについて	計測自動制御学会第6回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集 pp. 313-320
間瀬 実郎 瀬口 哲夫 (豊橋技科大学)	都市景観シミュレーションのための建物形状データ入力支援システムの研究 —外壁開口の表現—	都市計画論文集 No. 25 pp. 265-270
間瀬 実郎 瀬口 哲夫 (豊橋技科大学)	A Study on Computer Simulation for Drainage basin and Surface Run-off	International Symposium Urban Planning and Stormwater Management (Universiti Teknologi Malaysia, Faculty of Civil Engineering)
間瀬 実郎 瀬口 哲夫 (豊橋技科大学)	都市景観シミュレーションにおけるデータ入力方法に関する研究	日本建築学会第13回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集
間瀬 実郎 瀬口 哲夫 (豊橋技科大学)	都市景観シミュレーションのための3次元データ入力に関する研究 —建物の外壁開口の表現—	1990年度日本建築学会大会学術講演梗概集A (中国) pp. 1235-1236
篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技科大)	旧給与住宅地における居住環境と整備課題 —因島市を研究対象として— 産業構造の変化に伴う地域整備に関する研究 その6	日本建築学会中国・九州支部研究報告集 第8号 (平成2年3月) (広島工大)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表会名
篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技科大)	企業都市「高島町」の形成過程 —長崎県高島町を研究対象として— 産業構造の変化に伴う地域整備に 関する研究 その7	日本建築学会大会学術講演梗概集F 1990年10月 (広島工大)
篠部 裕 瀬口 哲夫 (豊橋技科大)	企業都市における企業の都市施設の 整備に関する研究 —長崎県高島町を研究対象として—	日本都市計画学会, 都市計画論文集 No.25, 1990

編 集 委 員

岩	根	三	邦
笠	松	義	隆
池	上	廉	平
横	瀬	義	雄
藤	原	章	正
篠	部		裕

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第27巻 第1号 (1991)

(通 巻 第48号)

平成3年8月 印刷

平成3年8月 発行

編集者
発行者

呉工業高等専門学校

〒737 呉市阿賀南2丁目2-11

電 話 (0823) 71-9121(代)

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 NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 27, No.1 (Consecutive No.48)
August, 3rd Year of Heisei (1991)

1 . Data Interpolation by Rational Bezier Surface	Shozo OKANAKA Akiyoshi OHASHI Yoshinobu KUROSE	1
2 . Operation Control of Overhead Crane by Micro Computer	Minoru NOHARA	11
3 . Experimental Study on the Hollow-Cathode Discharge VII	Tsutomu YAMAZAKI	19
4 .On Analytical Study of Rain Seepage of Granite Soil Ground	Shigehisa KOBORI	27
5 . On the Effective Use of Urban Facilities -CASE4 : Analyses of Information through the Questionnaire on River Improvement -	Daisaku NISHINA Takeshi FUJII Hiroshi SHINOBE Akiyoshi OHASHI Akimasa FUJIWARA	37
List of Papers Published or Read Outside The Kure National College of Technology in 1990.		49