

寄 書

土木技術に利用された図化システム\*

小池 長 春\*\*

はじめに

最近電子計算機を利用した図化システムは、図面処理用入出力装置の国産化とともに急速に発展し、広い分野で利用されるようになった。

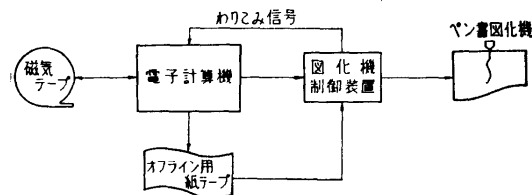
建設省土木研究所においても、昭和 40 年に電子計算機が導入されて以来、いくつかの図化システムが企画されたが、実用化された物の中で、興味のある土木構造物標準設計の自動図化、および道路設計の基礎実験に使用される道路環境シミュレータの 2 方式について述べる。

1. 土木構造物標準設計

昭和 39 年より建設省土木研究所において、建設事業の標準化作業のひとつとして、建設省制定土木構造物標準設計を作り公開している。

同一形式の設計図が多い標準設計を人力で作れば、時間もかかりミスも多く出る。そこで、全工程をプログラム化し、電子計算機により作図に至るまで自動的にこなせるシステムを開発した。

まず、機器構成については、プロッタの 0.1 mm 1/400 秒の速度に計算機をつきあわせては、時間的に見ても不経済となる。そこで、第 1 図に示したオフライン、または他の計算と併列運転を行なえるオンライン



第 1 図 設計用図化システムブロック図

\* Development of New Plotting Method in Civil Engineering Field, by Nagaharu Koike (Industrial Engineering Division, Public Works Research Institute, Ministry of Construction)

\*\* 建設省土木研究所技術管理室

方式を採用した。また、プログラムはアルゴリズムを使用し、external procedure を多数準備し、これを組み合わせて次第に大きな external procedure を作り、最後には天端長 10 m、天端幅 2 m、高さ 15 m、全荷重 40 t/m、死荷重 20 t/m、地震度 0.2 (垂直 0.1) の橋脚図面 (第 2 図) が必要なときには、次に示す簡単なプログラムで、設計製図が行なえるようにした。

```

begin
  external PIET, DPIERT;
  array ANS (1: 100);
  PIERT (10, 2, 15, 40, 20, 0.2, 0.1, ANS);
  DPIERT (ANS);
end;

```

すでにご存知のように、プロッタは、X, Y 2 台のパルスモータの正逆点とペン上下の 6 種の命令しかない。このままではデータ数が多すぎる。そこで図化機制御装置によりハード的に、次の 5 種の命令になおされる。

- =U, ペンを上げよ
- =D, ペンを下げよ
- =F,  $X_0, Y_0, X_1, Y_1, \dots, X_n, Y_n$ ,

現在ペンのある座標を、 $X_0, Y_0$  に設定して  $X_1 Y_1 \dots$  を経由して  $X_n Y_n$  に至る  $n$  本の連続した直線をかけ。

- =R,  $X_1, Y_1, X_2, Y_2$ ,

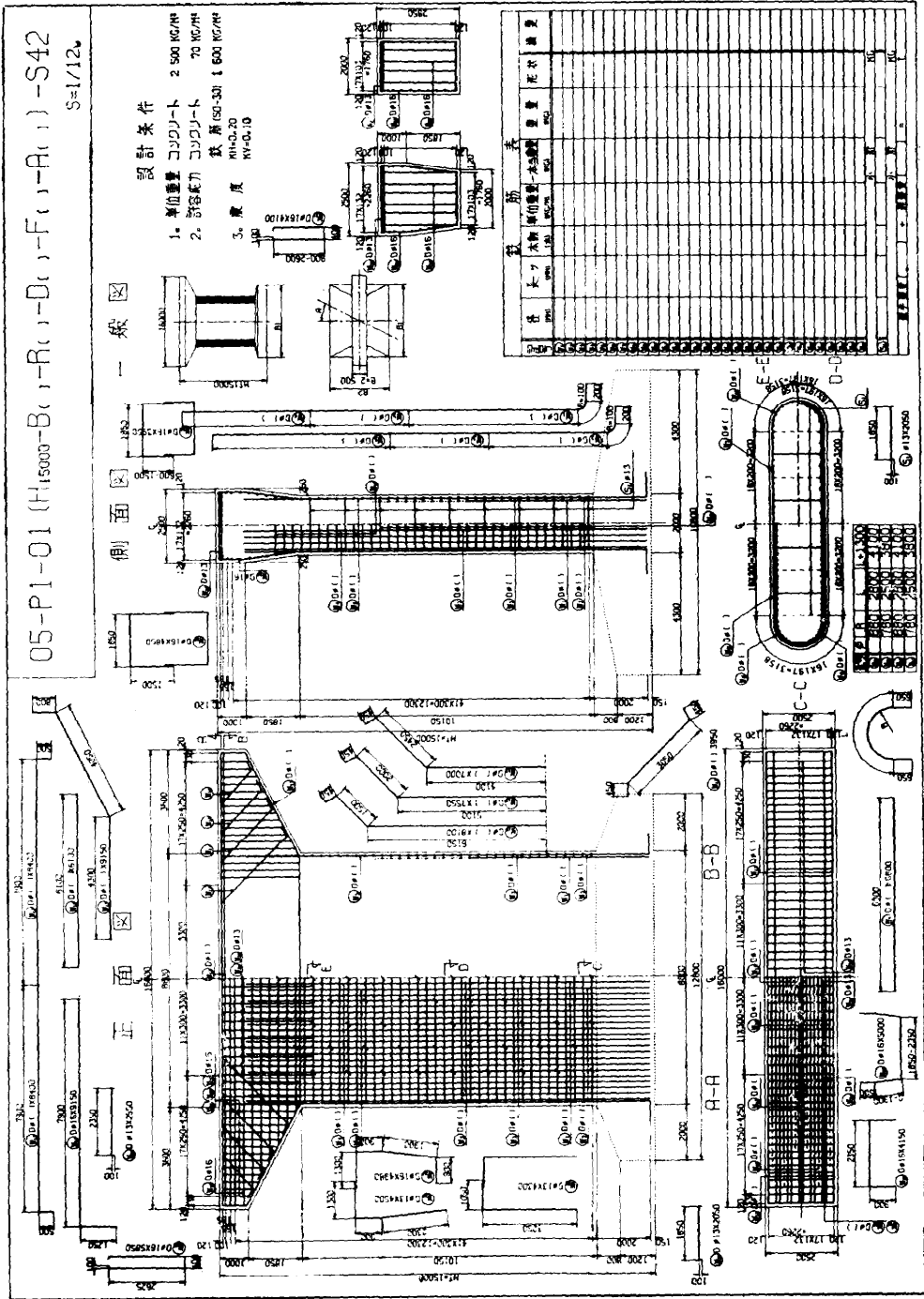
現在ペンのある座標を、 $X_1, Y_1$  として  $X_2, Y_2$  まで、座標原点を中心とした右回り円弧をかけ。

- =L,  $X_1, Y_1, X_2, Y_2$ ,

R と同様に左回りの円弧をかけ。

この際 X, Y は 0.1 mm 単位の 8 進数を 8 単位 BCD コードで紙テープ、または電子計算機チャネルコントロールより受け渡される。

次に、電子計算機により図化機制御装置用データを



第2図 土木構造物標準設計の一例(橋脚)

作するために中間語で書かれた次の external procedure がある。

PUP; PDP; PFP; PRP; PLP; =U, =D, =F, =R, =L, の文字を紙テープにパンチする。  
PNP (X, Y);

X, Y の値を 10 倍し, 8 進数にして紙テープにパンチする (X, Y は mm 単位の real 形)。

XYM (N, A, B);

N=0 のとき AB の値を格納しておく。

N=1 のとき AB に格納してある値を読み出す。

以上のほかに同一形式で磁気テープに書きこむ方法があるが, この方法では, 1 個の procedure ごとに IRG がはいる, 記録密度, 時間ともに不経済である。今後はデータのあるブロックにまとめて磁気テープに書込み, 読出しのできるうに, 紙テープとの切りかえも簡単な procedure を開発する予定である。

これらの procedure を利用して ALGOL で書かれた基本的な external procedure をいくつか紹介する。

PREADY (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>); 作図準備

現在ペンのある位置が新座標系で (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) となるように, 新座標系の原点を設定せよ。したがって, もし現在ペンのある位置を原点に取りたい場合は (そして, それが普通の場合であるが), PREADY (0, 0); とする。

PSEN (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>); 直線(1)

もし, 現在ペンのある位置の座標 (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) ならただちに (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) でなければそこまでペンを上げて移動した後に, その点から (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>) まで直線を引け。

PEN (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>, R); 円(1)

もし現在のペンの位置の座標が (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) ならば, ただちに (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) でなければそこまでペンを上げて移動した後に, その点から (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>) まで半径 R の円を R が正なら右回り(時計回り)で, 負なら左回り(反時計回り)でかけ。

PMOVE (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>); ペン移動

現在のペンの位置から (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>) までペンを上げて移動せよ。

PSENX (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>); 直線(2)

現在のペンの位置から (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>) まで直線を引け。

PSENA (A, L); 直線(3)

現在のペン位置から, A 度の方向に長さ L(mm) の直線を引け。ただし, A は X 方

向を 0 度とした小数位置を度とする量で ±180 度に限らず何度でもよい。

PENX (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>, R); 円(2)

現在のペンの位置から半径 R の円を, R が正なら右回り(時計回り), 負なら左回り(反時計回り)でかけ。

POUTF (A, S, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, E);

式 E の値を角度 A の方向に大きさ S (mm) の字で次の形にかけ。

$$U \pm \underbrace{X \cdots X}_{n_1} \cdot \underbrace{X \cdots X}_{n_2} U$$

POUTR (A, S, N, E);

式 E の値を方向 A 度, 字の大きさ S (mm) で次の形にかけ。

$$U \pm \underbrace{X \cdots X}_N 10 \pm \frac{XXU}{2}$$

POUTI (A, S, N, E);

式 E の値を方向 A 度, 字の大きさ S (mm) で次の形にかけ。

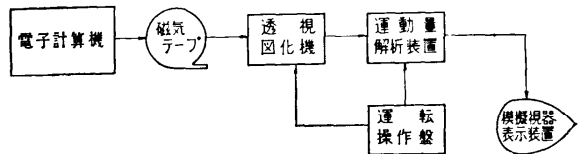
$$U \pm \underbrace{X \cdots X}_N U$$

これ以外にもこのレベルの procedure は, 電子計算機および図化機の種類に影響されないので, 他の計算センターで作られた物も含めて, 年々その数を増してゆき, 今後図化プログラムを作る際に役立つと考えられる。

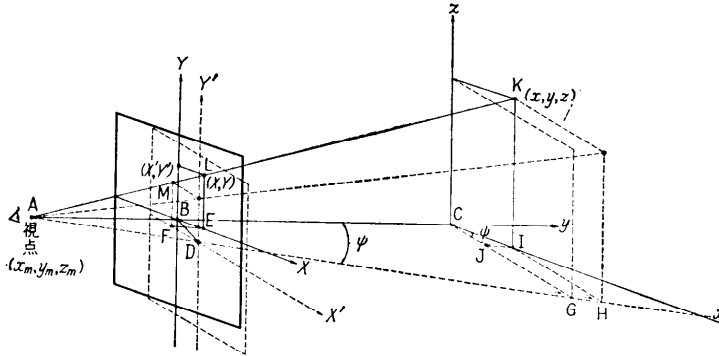
## 2. 道路環境シミュレータ

各種道路を設計する際に, あらかじめ電子計算機により計算された道路の透視図座標と運転操作盤のハンドル, アクセル等よりの方向角・速度の関数を入力条件として, 模擬視界を運転操作盤の前におかれたブラウン管面にうつし出し, 本設計前にすでに完成した道路を走行した状態を作り, 下記の項目について解析するために製作された。

- (1) 道路条件対走行条件の相関関係
- (2) 各種道路構成の解析
- (3) 道路障害物に対する運転者の反応条件



第3図 道路環境シミュレータブロック図



第4図 透視図原理図 (その1)

- (4) 道路標識の検討
- (5) 車走行に対する人間工学的見地の考案と道路条件の関連

この装置は第3図に示した特殊な電子計算機図化システムである。まず、第4図中の3次元空間内の1点  $(x, y, z)$  を透視平面  $(X, Y)$  にうつしたとすると、座標  $(X, Y)$  は透視図の原理により

$$X = \frac{y_0 - y_m}{y - y_m} (x - x_m) = \frac{a}{y - y_m} (x - x_m) \quad (1)$$

ただし、 $a = y_0 - y_m = \text{constant}$

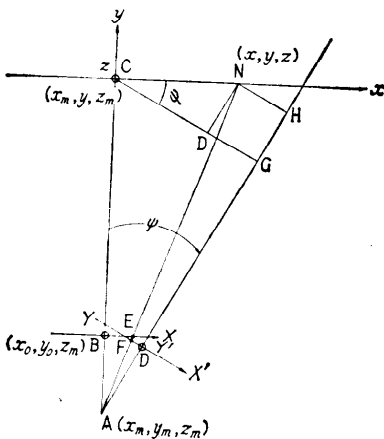
$$Y = \frac{y_0 - y_m}{y - y_m} (z - z_m) = \frac{a}{y - y_m} (z - z_m) \quad (2)$$

$$z_m = z_m' + h$$

$z_m'$ : 車体のある道路の高さ

$h$ : 地面よりの目の高さ

次にハンドルを握って方向角  $\psi$  だけ回ったとき視点と透視図の関係は  $\overline{AB} = \overline{AD} = a$  の関係を持ち、第4



第5図 透視図原理図 (その2)

図、第5図の関係により、 $XY$  平面が  $X'Y'$  平面にうつり、座標  $(X, Y)$   $L$  点は座標  $(X', Y')$   $M$  点に変わったことになる。したがって、第3図、第4図から  $X', Y'$  については

$$X' = \frac{(y - y_m) \sin \psi - (x - x_m) \cos \psi}{(y - y_m) \cos \psi + (x - x_m) \sin \psi} a \quad (3)$$

$$Y' = \frac{(z - z_m)}{(y - y_m) \cos \psi + (x - x_m) \sin \psi} a \quad (4)$$

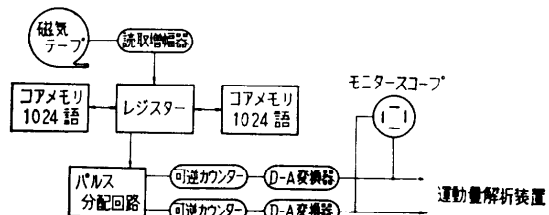
となるが、実際には車体はある速度  $V$  で走っており、ハンドル切り角  $\eta$  に従って車体の座標系も変わり、視点座標  $(x_m, y_m, z_m)$  は新しい座標  $(x_N, y_N, z_N)$  に変わっていて、そのときの方向角  $\psi$  となったとして新しい透視図平面を  $(X'', Y'')$  とすれば、同様の原理により次の式となる。

$$X'' = \frac{(y - y_N) \sin \psi - (x - x_N) \cos \psi}{(y - y_N) \cos \psi + (x - x_N) \sin \psi} a \quad (5)$$

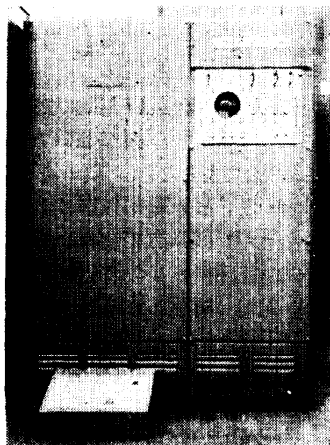
$$Y'' = \frac{(z - z_N)}{(y - y_N) \cos \psi + (x - x_N) \sin \psi} a \quad (6)$$

以上の原理により第3図に示す機器構成が考えられた。すなわち、電子計算機により道路中心に並行に見た折れ線近似的透視図面の折れ点の座標を一定距離ごとに、(3)、(4)式により計算し、1画面ごとを1ブロックとして磁気テープに書きこんでおく。

このデータを第6図、および第7図に示された透視



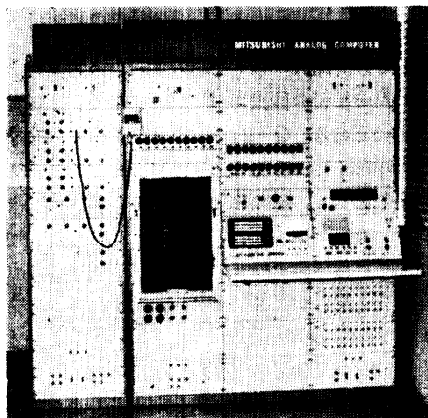
第6図 透視図化機ブロック図



第7図 透視図化機



第9図 運転操作盤および模擬視器表示装置



第8図 運動量解析装置

図化機中の2個のメモリー(1語 10ビット 1,024語)に画面ごとの透視図データを運転操作盤の速度信号により交互に読み込み、パルス分配器と可逆カウンタにより2点間の中間データを作り DA 変換し、毎秒 20

枚の透視図を作り、モニタースコープおよび運動量解析装置に渡される。

第8図からもわかるように、運動量解析装置は、汎用アナログ計算機を利用し、透視図化機と第9図の運転操作盤ハンドルからのデータにより、(3)、(4)式に従って計算を行ない、同じ第9図の中に見える14型静電変更ブラウン管の模擬視界表示装置に変更された透視図となって写し出され、実験者はこれを見ながら、さらに運転操作を行なうことができる。

最後にこの装置の問題点をいくつか上げておく。

(1) 透視図化機のモニタースコープに出る図形は線も細く明瞭であるが、運動量解析装置の演算増幅器が電子管方式のためか、パルプノイズによると思われる雑音により、模擬視界表示装置のブラウン管に現われる透視図の線が不鮮明になった。

(2) 計算機および装置全体に車の前後左右のゆれおよび視線の動きを与えていないため、実際に、自動車に乗っている感じが出にくいのではないかとと思われる。

(昭和44年2月13日受付)