

ISSN 0452-2982  
UDC 629.7.017

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-462

汎用飛行シミュレータ(FSK-II)用  
関数表示プログラム(FVP)

渡辺 顯・坂東俊夫・佐々修一

1982年4月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 関数表示プログラム(FVP)概要 .....	1
2-1 FVPプログラムの概要 .....	1
2-2 使用機器 .....	2
3. データ入力 .....	3
3-1 データ入力法(1) .....	3
3-2 データ入力法(2) .....	5
3-3 データエラーチェック .....	5
4. グラフィック機能 .....	7
4-1 メニューモード .....	7
4-2 初期グラフ作成モード .....	7
4-3 修正モード .....	8
4-4 拡大モード .....	11
4-5 座標軸変換モード .....	11
4-6 選択モード .....	11
4-7 コメントモード .....	12
4-8 コメント消去モード .....	12
4-9 データリストアウトモード .....	12
5. FVPの操作 .....	12
6. まとめ .....	15
参考文献 .....	15
付録1. FVP詳細フローチャート .....	16
付録2. FVP起動法 .....	20

# 汎用飛行シミュレータ(FSK-II)用 関数表示プログラム(FVP)\*

渡辺 顯\*\* 坂東俊夫\*\* 佐々修一\*\*

## 1. はじめに

航空機の飛行シミュレーションに用いられるデータ(空力係数、脚特性、エンジン特性等)は、一般に非線形な多変関数である。例えば、航技研でのSTOL実験機シミュレーションでは揚力係数の翼胴寄与分( $C_{LWB}$ )は低速域に於て、フラップ角( $\delta_f$ )、迎角( $\alpha$ )、及び推力係数( $C_j$ )の非線形関数であり、これが高速域になると更にマッハ数( $M$ )及び動圧( $q_\infty$ )を含んだ関数として表わされることになる。

この例に限らず、シミュレーション時には、多くの多変数データを用いる。従来はこれらのデータの微係数(線形化)を用いていたが、シミュレータ計算機がデジタル化されて、これらの関数(主にデータ)をテーブルとして計算機に与える方式を採用することにより、関数の扱いが容易になったり、シミュレーションの精度が向上するようになった。

この時、これらのデータは多量になることが多いため、このテーブルの計算機への入力を容易にし、かつ入力ミスをなくすことが重要である。しかしデータ数が多いこと、非線形であること等から、これらの作業、特にデータそのもの(主に数値)を計算機に入力する際、目視によってエラーを見つけることは、なかなかむずかしい。

このため、ここで述べるプログラムは、以上の難点を解決すると同時に、計算機への関数データのテーブルセットアップを容易に行うことができるものである。

以下本プログラムについて、順を追って述べる。

### 略号

CAD : Computer Aided Design

FSK-II : 航技研実時間シミュレーション用デジタル演算部

FVP : 関数表プログラムの名称  
(Function Visualization Program)

PFP2 : 風胴実験データより、RTSL-II用データを発生するプログラムの名称  
RTSL-II : FSK-IIにおける実時間シミュレーション用プログラム言語およびコンパイラ

上記以外の、FVPの機能に関連した記号は、表1にまとめた。なお本レポートでは、説明をわかりやすくするため、例として空力データを用いている。その中でもいくつかの記号が現われるので、以下、簡単にその意味をまとめておく。

### 記号

$C_{LWB}$  : 揚力係数の翼胴寄与分  
 $C_{DTAIL}$  : 尾翼の抗力係数  
 $C_N$  : 片揺れモーメント係数  
 $C_j$  : 推力係数  
 $M$  : マッハ数  
 $\alpha_{(\text{ALPHA})}$  : 迎角  
 $\beta_{(\text{BETA})}$  : 横すべり角  
 $q_\infty$  : 動圧

## 2. 関数表示プログラム(FVP)概要

### 2-1 FVPプログラムの概要

FVPプログラムは、汎用飛行シミュレータのデジタル演算部(FSK-II)<sup>1)</sup>のプログラム言語(RTSL-II)<sup>2)</sup>で記述された関数(1~3変数)のデータを、グラフィックディスプレイに作図し、この図よりデータのチェックを容易に行い、かつデータの修正もやりやすくしたものであり、我々が進めている、CAD(Computer Aided Designの略)航技研計測部においては、航空機制御系設計用CAD/CSを既に製作している。)の一環として考えている。なおこのFVPには、風胴試験データをシミュレーションで用いるのに、RTSL-IIのフォーマットで1

\* 昭和56年12月23日受付

\*\* 計測部

～3変数関数を記述することの煩わしさを解消するため、風洞試験データのある形式のフォーマットのデータカードから、RTSL-II表記の関数プログラムを発生するプログラム(PFP2)が組み込まれている。

FVPプログラムを用いる場合の概略フローチャートを図1に示す。(付録1にFVPプログラムの詳細フローチャートを示す。)各機能については3章で述べる。

また本プログラムには、RTSL-IIとの結合モードが含まれており、グラフを見て正しいものと判断された場合には、RTSL-IIへつなぐことができる。(RTSL-IIについては文献2)を参照するものとし、本報告では触れない。)

## 2-2 使用機器

FVPプログラムを実行するためには、以下のハードウェアを用いる。

- (1) 計算機 MELCOM70(32KW) 1台
- (2) ドラム 1台
- (3) ディスク 1台
- (4) カードリーダ 1台
- (5) グラフィックディスプレイ 2台  
(TEKTRONIX GRAPHIC 4010-1)  
(1台はシステム起動用)
- (6) 同ハードコピー装置(M6561-2) 1台

以上のハードウェア構成を図2に示した。

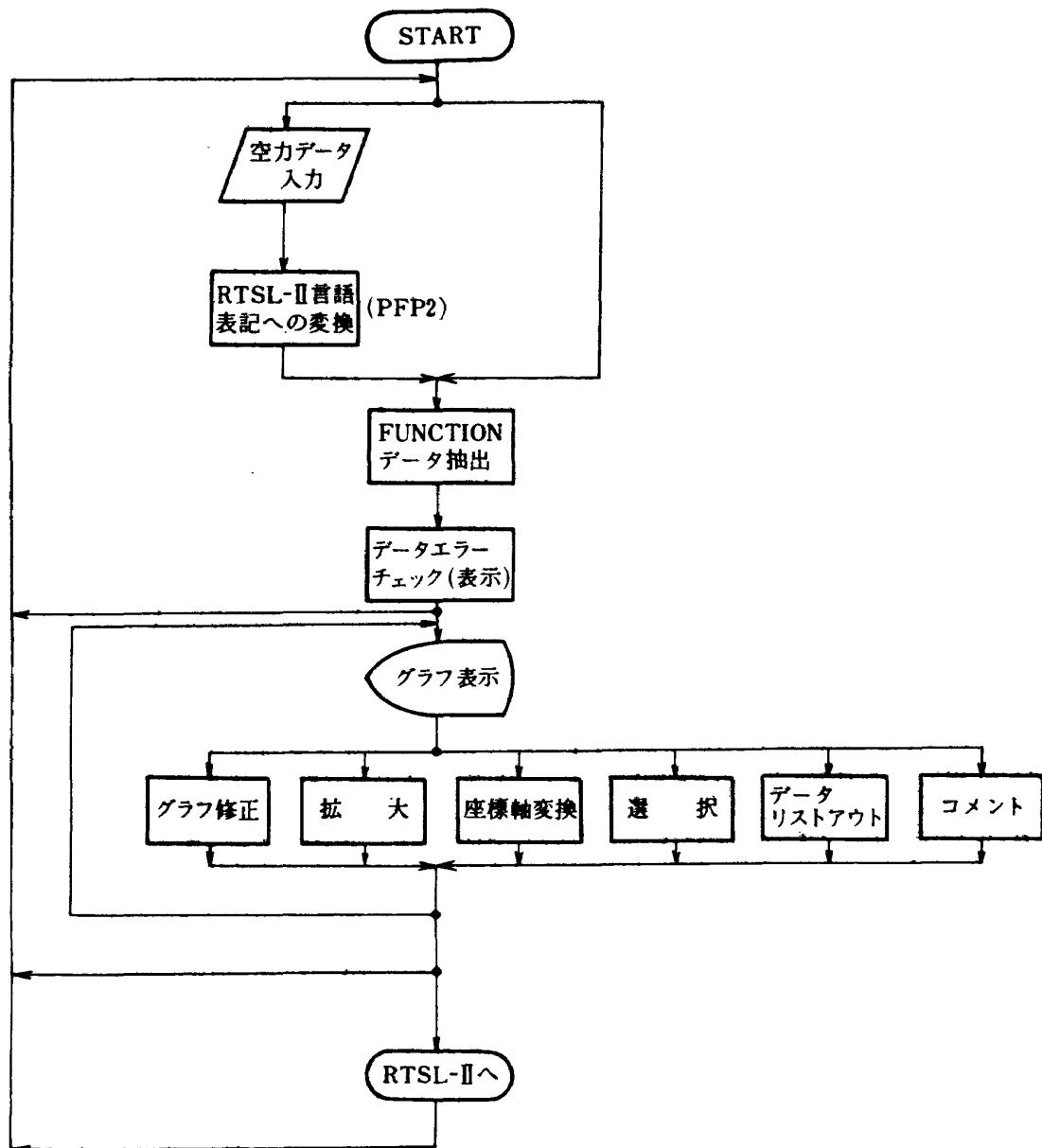


図1 概略フローチャート

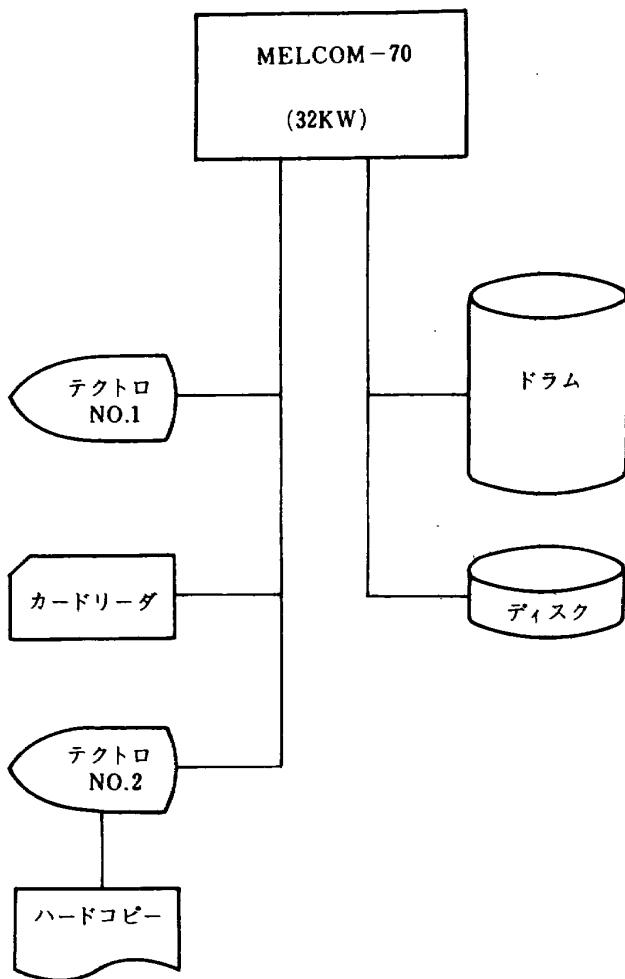


図2 ハードウェア構成

### 3. データ入力

#### 3-1 データ入力法(1)

入力法は2つある。第1の方法は空力データを、図3に示すような入力カード並びにより入力するものである。図4(a)(b)(c)はそれぞれ1次元、2次元、3次元関数のデータカードのリストである。(各行が1枚のカードに対応する。)例えば図4(b)は、揚力係数( $C_{LWB}$ )の推力係数( $C_j$ )、迎角( $\alpha$ )に関する関数テーブルである。このテーブルで最初のCLA40はテーブル名であり、関数名を示す。J11はCLA40データの固定小数点演算における小数点位置を示す。(16ビットの下から11ビット目に小数点のあるこ

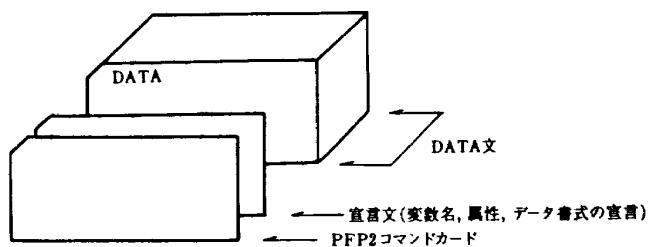


図3 データ入力法(1)入力カード並び

CDT	J 14	ELV	J 09						11			
	-25	-23	-20	-15	-10	0	10	15	20	23	25	
	.0619	.0470	.0389	.0339	.0316	.0294	.0316	.0339	.0389	.0470	.0619	

$$C_{Dtail} = f(\delta_e)$$

(a) 1次元データ

CLA40	J 11	CJ	J 12	ALPHA	J 08			5	12
	0.00	0.50	1.00	1.85	3.00				
-10.0	0.04	1.15	1.65	2.24	2.78				
-7.5	0.38	1.58	2.12	2.67	3.27				
-5.0	0.71	1.94	2.45	3.08	3.67				
0.0	1.29	2.57	3.09	3.87	4.49				
5.0	1.68	3.08	3.63	4.54	5.24				
10.0	1.93	3.49	4.10	5.13	5.90				
15.5	2.02	3.78	4.51	5.68	6.57				
19.6	1.85	3.93	4.77	6.02	7.00				
30.2	1.65	3.82	4.92	6.65	7.94				
34.5	1.15	3.20	4.00	6.65	8.10				
35.4	1.07	3.00	3.80	6.50	8.10				
40.0	0.66	2.40	3.15	5.02	7.05				

$$C_{LWB} = f(C_j, \alpha)$$

(b) 2次元データ

図4 データ入力法(1)

CNA40 J 15CJ	J 12ALPHA J 08BETA J 08	5	5	9
-10.0 0.0	10.0 20.0 30.0			
0.0 -30.0	-0.091-0.090-0.090-0.063-0.018			
0.0 -12.0	-0.055-0.061-0.061-0.043-0.012			
0.0 -9.0	-0.042-0.047-0.047-0.033-0.009			
0.0 -6.0	-0.028-0.031-0.031-0.022-0.006			
0.0 0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0			
0.0 6.0	0.028 0.031 0.031 0.022 0.006			
0.0 9.0	0.042 0.047 0.047 0.033 0.009			
0.0 12.0	0.055 0.061 0.061 0.043 0.012			
0.0 30.0	0.081 0.090 0.090 0.063 0.018			
0.5 -30.0	-0.144-0.127-0.127-0.127-0.064			
0.5 -12.0	-0.083-0.092-0.092-0.092-0.046			
0.5 -9.0	-0.069-0.077-0.077-0.077-0.039			
0.0 -6.0	-0.048-0.053-0.053-0.053-0.027			
0.5 0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0			
0.5 6.0	0.048 0.053 0.053 0.053 0.027			
0.5 9.0	0.069 0.077 0.077 0.077 0.039			
0.5 12.0	0.083 0.092 0.092 0.092 0.046			
0.5 30.0	0.114 0.127 0.127 0.127 0.064			
1.0 -30.0	-0.139-0.154-0.154-0.154-0.139			
1.0 -12.0	-0.096-0.107-0.107-0.107-0.096			
1.0 -9.0	-0.085-0.094-0.094-0.094-0.085			
1.0 -6.0	-0.059-0.066-0.066-0.066-0.059			
1.0 0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0			
1.0 6.0	0.059 0.066 0.066 0.066 0.059			
1.0 9.0	0.085 0.094 0.094 0.094 0.085			
1.0 12.0	0.096 0.107 0.107 0.107 0.096			
1.0 30.0	0.139 0.154 0.154 0.154 0.139			
1.85 -30.0	-0.145-0.170-0.170-0.170-0.170			
1.85 -12.0	-0.099-0.116-0.116-0.116-0.116			
1.85 -9.0	-0.088-0.104-0.104-0.104-0.104			
1.85 -6.0	-0.063-0.074-0.074-0.074-0.074			
1.85 0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0			
1.85 6.0	0.063 0.074 0.074 0.074 0.074			
1.85 9.0	0.088 0.104 0.104 0.104 0.104			
1.85 12.0	0.099 0.116 0.116 0.116 0.116			
1.85 30.0	0.145 0.170 0.170 0.170 0.170			
3.0 -30.0	-0.149-0.175-0.175-0.175-0.193			
3.0 -12.0	-0.103-0.121-0.121-0.121-0.133			
3.0 -9.0	-0.093-0.109-0.109-0.109-0.120			
3.0 -6.0	-0.067-0.079-0.079-0.079-0.087			
3.0 0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0			
3.0 6.0	0.067 0.079 0.079 0.079 0.087			
3.0 9.0	0.093 0.109 0.109 0.109 0.120			
3.0 12.0	0.103 0.121 0.121 0.121 0.133			
3.0 30.0	0.149 0.175 0.175 0.175 0.193			

$$C_n = f(C_j, \alpha, \beta)$$

(c) 3 次元データ

図 4 (続) データ入力法(1)

とを示す<sup>\*)</sup>。CJ J 12 は、 $C_j$ の小数点位置が 12 ビット目にあることを示し、ALPHA J 08 は、同様に 8 ビット目にあることを示す。さらに 5 12 とあるのは、第 1 の変数(この場合  $C_j$ )は 5 種類の値からなり、第 2 の変数(この場合  $\alpha$ )は 12 種類の値からなることを示す。よってデータ総数は 60 個ということになる。数値で一番上の行は変数  $C_j$  の 5 個の値を示し、一番左の列は変数  $\alpha$  の 12 個の値を示

す。それ以外の数値は、( $C_j, \alpha$ )に対応する  $C_{LWB}$  の関数値である。図 4(a)(c)も同様である。よってこのようなフォーマットに従ってデータカードを作成すれば、このFVPを用いて任意の 1 ~ 3 変数関数の計算機データを作ることができる。

実際には、このフォーマットで記述されたデータは、図 1 の概略フローチャートにも示したように、PFP2 というプログラムにより、次に述べる RTS L-II 言語の記述に変換されてから、グラフィック処理がなされることになる。

\*) RTSL-II は使用計算機の性質から、演算は全て固定小数点演算で行っている。このため、各変数、データ等は、固定小数点位置を指定する必要がある。

### 3-2 データ入力法(2)

データ入力の第2の方法は、RTSL-II言語で記述されたカードを用いる方法である。図5は、この場合の入力カード並びを示す。図6(a)(b)(c)は、1～3変数関数入力カード並びをリストアウトしたものの例で、RTSL-II言語で記述されている。例えば(b)で、第1行目のFUNCTION F2(Y, X)は、2次元の関数であることを示し、次の3枚(DCL文)は固定小数点演算における各変数の小数点位置を示す宣言文である。DATA以降は2次元データを示す。各数値は下に示すように、変数名・関数名に対応し、省略記号▼▼を用いている。

DATA	Y <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	F <sub>11</sub>
	⋮		
	X <sub>n</sub>		F <sub>1n</sub>
Y <sub>2</sub>	▼▼	F <sub>21</sub>	(▼▼はX <sub>1</sub> ～X <sub>n</sub> と同じであることを示す。)
Y <sub>m</sub>	▼▼	F <sub>m1</sub>	
			F <sub>mn</sub>

ただし、 $Y_1 < Y_2 < \dots < Y_m$ ,  $X_1 < X_2 < \dots < X_n$ でなければならない。これにRETURN文及びEND文が加わる。1次元(図6(a))、3次元(図6(c))データの場合もこれに準ずる。

なお入力データ数に関して、FVPにおいては

1次元:  $F(X_n)$   $n \leq 20$

2次元:  $F(Y_m, X_n)$   $n \leq 20, m \leq 15$

3次元:  $F(Z_l, Y_m, X_n)$   $n \leq 20, m \leq 15, l \leq 10$

に制限されている。(この制限は入力法によらない)

### 3-3 データエラーチェック

RTSL-II言語のFUNCTIONサブプログラムの

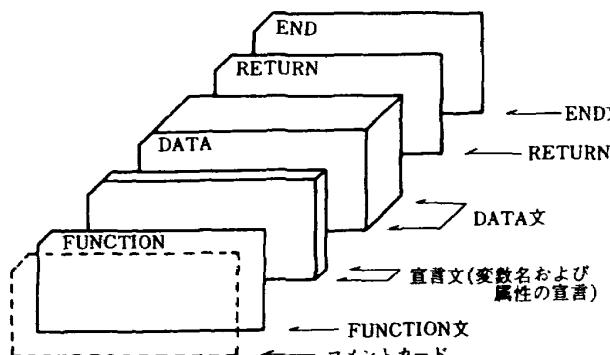


図5 データ入力法(2)入力カード並び

記述が正しいかどうかをチェックする。具体的なチェック項目を以下に示す。

#### (1) FUNCTION カードチェック

文字列FUNCTIONがカードの最初にあり、その後1個以上の空白があり、更に( )に囲まれた引数(8文字以内)が1個以上、3個以内であること。

```
FUNCTION F1(X);
DCL X J15;
DCL F1 J12;
DATA -0.07    0.0,
      0.10    2.9,
      0.15    3.3,
      0.20    3.0;
RETURN;
END;
```

(a) 1次元データ

```
FUNCTION F2(Y,X);
DCL Y J07;
DCL X J10;
DCL F2 J15;
DATA 20.0   -2.0    0.10,
      4.0     0.42,
      5.0     0.42,
      7.0     0.29,
      30.0    "      0.23,
                  0.57,
                  0.54,
                  0.38,
                  0.35,
                  0.73,
                  0.69,
                  0.48;
        40.0    "      0.23,
                  0.57,
                  0.54,
                  0.38,
                  0.35,
                  0.73,
                  0.69,
                  0.48;
RETURN;
END;
```

(b) 2次元データ

```
FUNCTION F3(Z,Y,X);
DCL Z J08;
DCL Y J09;
DCL X J10;
DCL F3 J11;
DATA 50.0   10.0   1.0    3.0,
      2.0    5.0,
      3.0    7.0,
      4.0    4.0,
      12.0   "      3.5,
                  5.5,
                  7.5,
                  4.5,
      15.0   "      4.0,
                  6.0,
                  8.0,
                  5.0,
      100.0  "      2.0,
                  3.0,
                  5.0,
                  4.0,
                  2.5,
                  3.5,
                  5.5,
                  4.5,
                  3.0,
                  4.0,
                  6.0,
                  5.0;
RETURN;
END;
```

(c) 3次元データ

図6 データ入力法(2)

FUNCTION F:CLAB80(CJ,ALPHA)

X ORDER	ERROR	0	Y ORDER	ERROR	1
			Y NUMBER	ERROR	0
X			Y ORDER	NUMBER	
-10.000			0.	12	
0.			*** 1.0000	12	
10.000			0.50000	12	
15.500			1.8500	12	
20.000			3.0000	12	
25.000					
25.700					
28.200					
30.000					
32.500					
35.000					
40.000					

! TYPE(P) FOR NEXT PAGE :

図 7 オーダーエラー

上の条件を満たしていない場合、エラーとしてディスプレイ画面上に “! FUNCTION CARD ERROR” と表示される。

(2) データ・チェック

(a) FUNCTION文の引数が示す次元と、DATA 文中のデータの次元とは一致しなければならない。

(b) データの次元は、1次元、2次元、3次元のいずれかでなければならない。

(c) オーダーチェック

変数 x, y, z はすべて昇順になっていなければならない。エラーが検出されると、図 7 に示すように \*\*\*マークでエラーの存在及びエラー個所を表示する。

(d) ナンバーチェック

すべてのパラメータ y には同じ数の変数 x を持っていないなければならない。(z に関しても同様)。エラーが検出されると、図 8 に示すように # #マークでエラーの存在及びエラー個所を表示する。

FUNCTION F:CYA80(CJ,ALPHA,BETA)

X ORDER	ERROR	0	Y ORDER	ERROR	0	Z ORDER	ERROR	0
			Y NUMBER	ERROR	1	Z NUMBER	ERROR	0
Y ORDER		Y NUMBER	ERROR					
		21	22	23	24	25		
-10.000		4	4	4	4	4		
0.		4	4	4	4	4		
10.000		4	4	4	4	4		
20.000		4	4	4	4	4		
30.000		4	4	# # 3	4	4		

! TYPE(P) FOR NEXT PAGE :

図 8 ナンバーエラー

#### 4. グラフィック機能

本プログラムは、前節で述べたような、入力カードの記述形式のエラーチェックを行った後、次にはそのデータから各種のグラフを発生させる。データをグラフ化することにより、目視で入力データの傾向を知ったり、またデータの異常点(データ作成時のミス、あるいはカードパンチミス等が原因と考えられる。)を検出することが容易になる。このため各種のモードを用意している。これらのモードは表1のグラフィックモード一覧表にまとめてある。各モードのコマンドは各モードに対応するもののほか、各モード内で用いるサブコマンドからなっている。これらについても合わせて表1に示してある。

##### 4-1 メニューモード

[入力キー] "M"

[機能] 3-3で説明したデータエラーチェックにより、データカードの順番の誤り等を修正した後、グラフィック処理に入るのであるが、その前に、各モード実行のためのキー入力法、及び計算機からの質問の意味、それらに対する応答法を示した簡単なリストが表示される。操作者は、このリストを見て、以下の操作のための簡単なマニュアルとすることができる。(ハードコピー装置に出力すれば、手元で参照できる)

[例] 図9に、このモードでの表示フォーマットを示す。

##### 4-2 初期グラフ作成モード

[入力キー] "I"

[機能] このモードは次のグラフを生成する。

(1) 1次元データの場合

横軸x, 縦軸F(x)

(2) 2次元データの場合

横軸x, 縦軸F(x, (y))

(yをパラメータとしたグラフ)

(3) 3次元データの場合

横軸x, 縦軸F(x, (y), z<sub>min</sub>)

(zをz<sub>min</sub>に固定した時の、yをパラメータとしたグラフ)

表1 グラフィックモード一覧表

入力	サブコマンド	機能
I		グラフィニシャライズ
M		修正モード移行
	N	グラフ番号指定サブコマンド
	S	カーソル修正値転送サブコマンド
Z		拡大モード移行
	L	max, min 値指定サブコマンド
	Y	ズームアップ画面表示サブコマンド
	N	max, min 値再指定サブコマンド
X		座標軸変換モード移行
	P <sub>1</sub> P <sub>2</sub> , N	横軸:P <sub>1</sub> , 縦軸:関数値, P <sub>2</sub> :パラメータ, N:グラフ番号
S		選択モード移行
	N or .	選択グラフ番号指定サブコマンド
C		コメントモード移行
	abc … d	コメント挿入
E		コメント消去
L		データリスト及び修正値リスト表示モード移行
	N	パラメータNの番号指定サブコマンド
	P	改頁指定サブコマンド
	.	データリストまたは修正値リスト表示終了

```

*** COMMAND KEY-IN GUIDANCE ***
?1 .... MODIFY (M), ZOOM (Z), COMMENT (C), SELECT (S)
      COMMENT ERASE (E), COORDINATE XFOMATION (X)
      GRAPH INITIALIZE (I), DATA LIST (L), FINISH (F) :

<MODIFY MODE>
?M1 .... SELECT PARAM :

!M2 .... SET CURSORS TO THE POINT TO BE MODIFIED THEN TYPE (S) :

<ZOOM MODE>
!Z1 .... MAX(SET CURSORS, TYPE L) :
!Z2 .... MIN(SET CURSORS, TYPE L) :
?Z3 .... ALL RIGHT. YES(Y) NO(N) :

<COMMENT MODE>
!C1 .... TYPE CHARACTERS :

<SELECT MODE>
?S1 .... GRAPH NUMBER OR FINISH(.) :

<COORDINATE XFOMATION MODE>
?X1 .... VARIABLE(X/Y/Z) PARAM(X/Y/Z), FIXED(NUMBER)

<INPUT EX. XY,2 >

! TYPE(P) FOR NEXT PAGE :

```

図 9 メニュー

(z の別のパラメータでのグラフは “P” (改頁コマンド)をタイプすることにより得られる。) 以上のように、修正・拡大などが行われていない、初期グラフを生成するモードである。

横軸、縦軸ともスケールは、データの最小値、最大値を含むように自動的に調整される。(これは、以下の各モードにおいても同様である。)

[例] 図 10 に 2 次元の場合の表示フォーマットを示す。図の左上に “?1 I” とあるのは、計算機と操作者との会話の記録である。グラフィック処理に入ると計算機はどのモードに移行すべきかを操作者に質問して来る。これが “?1” であり、図 9 のメニュー及び、表 2 のメッセージ一覧表にその意味が示してある。次の “I” は操作者の応答であり、この場合初期グラフ作成モードに移行すべきことを示している。このようにディスプレイ画面左には、会話型処理のための記録領域が確保されているのである。

但し、他の各モードの説明に際し、例として示すグラフには、煩雑を避けるため、この対話記録は省略した。

#### 4-3 修正モード

[入力キー] “M”

(この入力キーは、メニュー モードにおける入力キーと同じであるが、メニュー モードはグラフィック処理に入る前のモードなので、混乱は生じない。)

[機能] 現在画面上に表示されているグラフを修正する。

(1) 修正できるのは関数値だけであり、変数値は修正できない。

(2) 修正点を指定するには、グラフィックディスプレイのカーソルを用いる。

(3) データが 2 次元、3 次元の場合には、修正されるグラフのパラメータ値も入力する。

[例] 図 11 に修正した結果の表示を示す。すなわちパラメータ Y2 の折線の右側の部分で谷になっている分が修正したい個所で、図の・にカーソル (X, Y 軸平行な線) の交点をもってゆき、サブコマンド “S” をタイプすると、修正が行われ、修正点の座標が、グラフ左下に表示される。修正されたグラフを表示したい場合には、“P” とタイプする

?1 I FUNCTION F:CLAS0(CJ,ALPHA)  
 Y1: 0. Y2: 0.50000 Y3: 1.00000 Y4: 1.85000 Y5: 3.00000

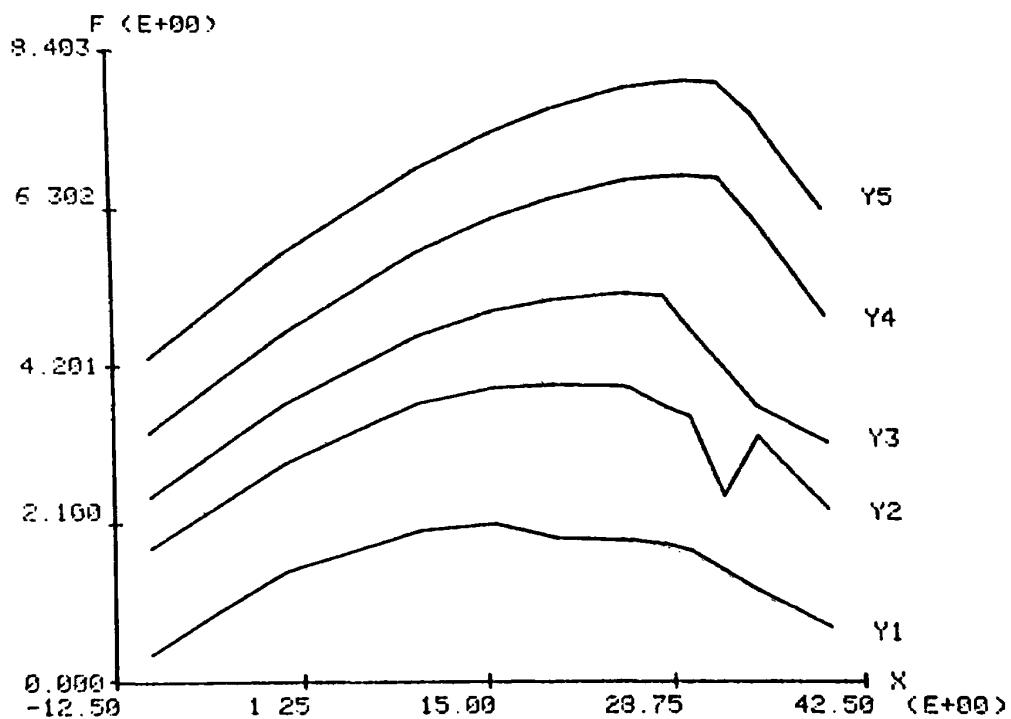


図10 初期グラフモード

FUNCTION F:CLAS0(CJ,ALPHA)  
 Y1: 0. Y2: 0.50000 Y3: 1.00000 Y4: 1.85000 Y5: 3.00000

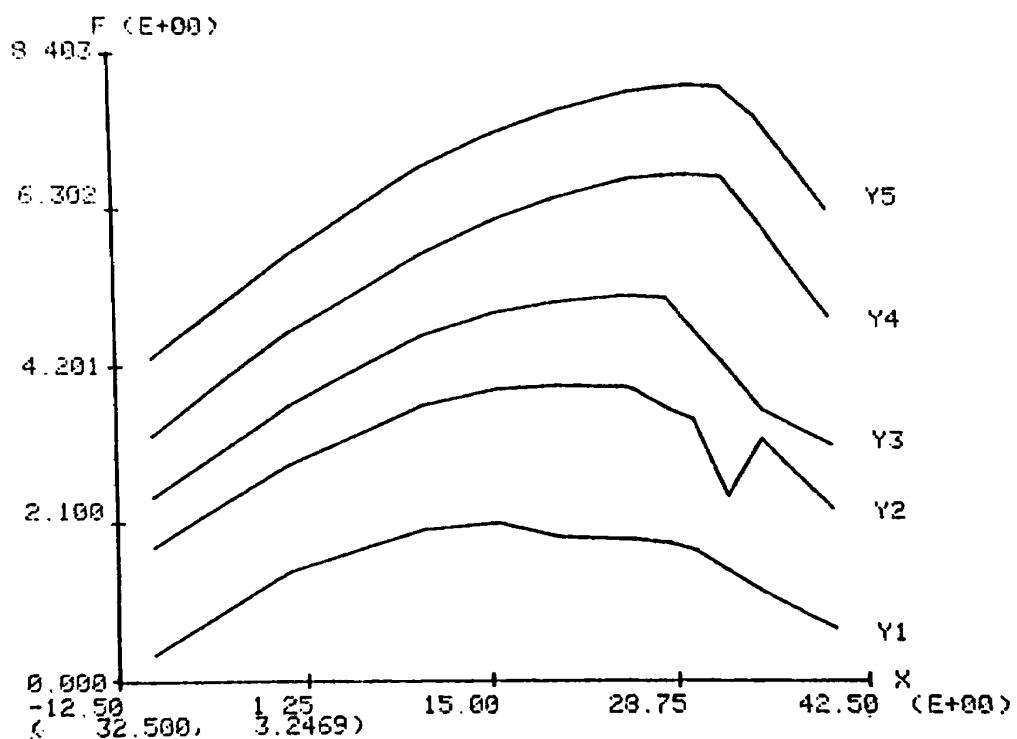


図11 修正モード

FUNCTION F:CLA80(CJ,ALPHA)  
 Y1: 0. Y2: 0.50000 Y3: 1.0000 Y4: 1.8500 Y5: 3.0000

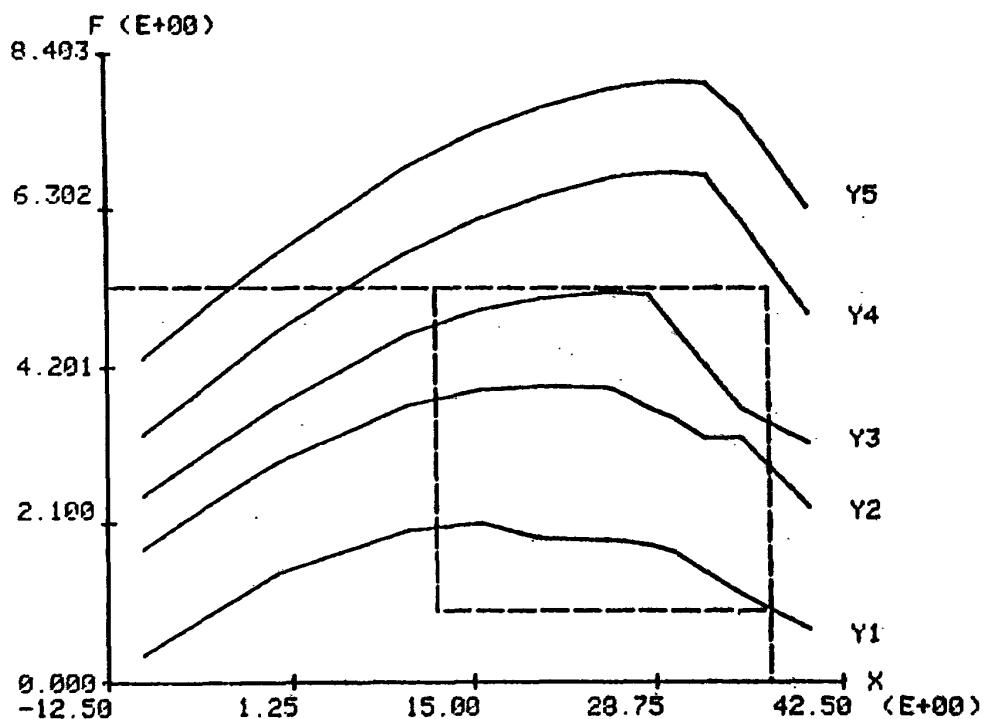


図 12 拡大モード(1)

FUNCTION F:CLA80(CJ,ALPHA)  
 Y1: 0. Y2: 0.50000 Y3: 1.0000

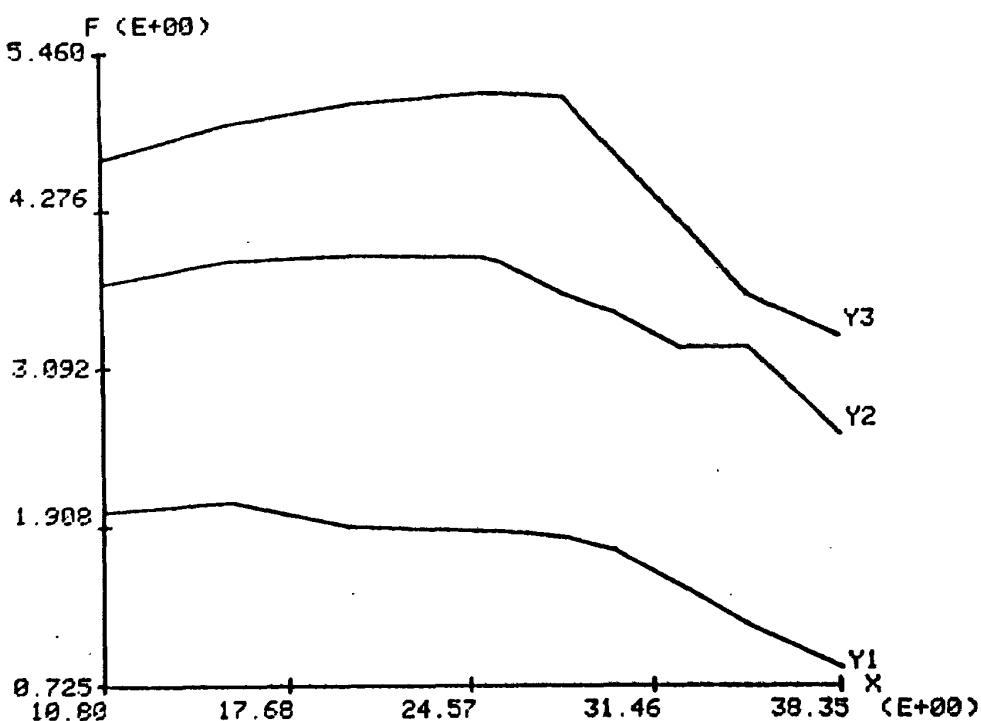


図 13 拡大モード(2)

と図12のようになる。

#### 4-4 拡大モード

[入力キー] "Z"

[機能] 現在画面上に表示されているグラフの部分を拡大する。

(1) 拡大すべき矩形領域の2つの頂点(右上と左下)をカーソルにより指定する。

(2) 次にその部分の拡大を実行させる。

[例] 図12に拡大領域を指定した直後の表示図を示す。(点線の部分が拡大される)。図13に拡大された表示図を示す。

(横軸: x, 縦軸: 関数值として, yをパラメータとしたすべてのグラフが表示される。この時 zの値は  $\alpha_1$  に固定される。)

XZ,  $\alpha_2$

YX,  $\alpha_3$

YZ,  $\alpha_4$

等も同様である。

[例] 図14に表示例を示す。この図は図12のxとyとを変換したものである。

なお表示中の番号のつけ方は、9より上は、A, B, Cとアルファベット順につけるものとする。

#### 4-5 座標軸変換モード

[入力キー] "X"

[機能] 2次元, 3次元データのグラフの座標系を変換して、新しい座標系の表示を得る場合に用いる。例えば3次元データの場合、サブコマンドとして、

XY,  $\alpha_1$ と入力することにより、

$x : F(x, (y), z = \alpha_1)$

#### 4-6 選択モード

[入力キー] "S"

[機能] 画面上に表示されているグラフが、2次元または3次元データの場合、複数本のグラフの中から任意のグラフを選択的に表示するために用いられる。グラフのパラメータ番号を入力すると、その番号のグラフが表示される。

[例] 図15に表示例を示す。これは図12に示したグラフの中で、Y2パラメータのものだけを抽出

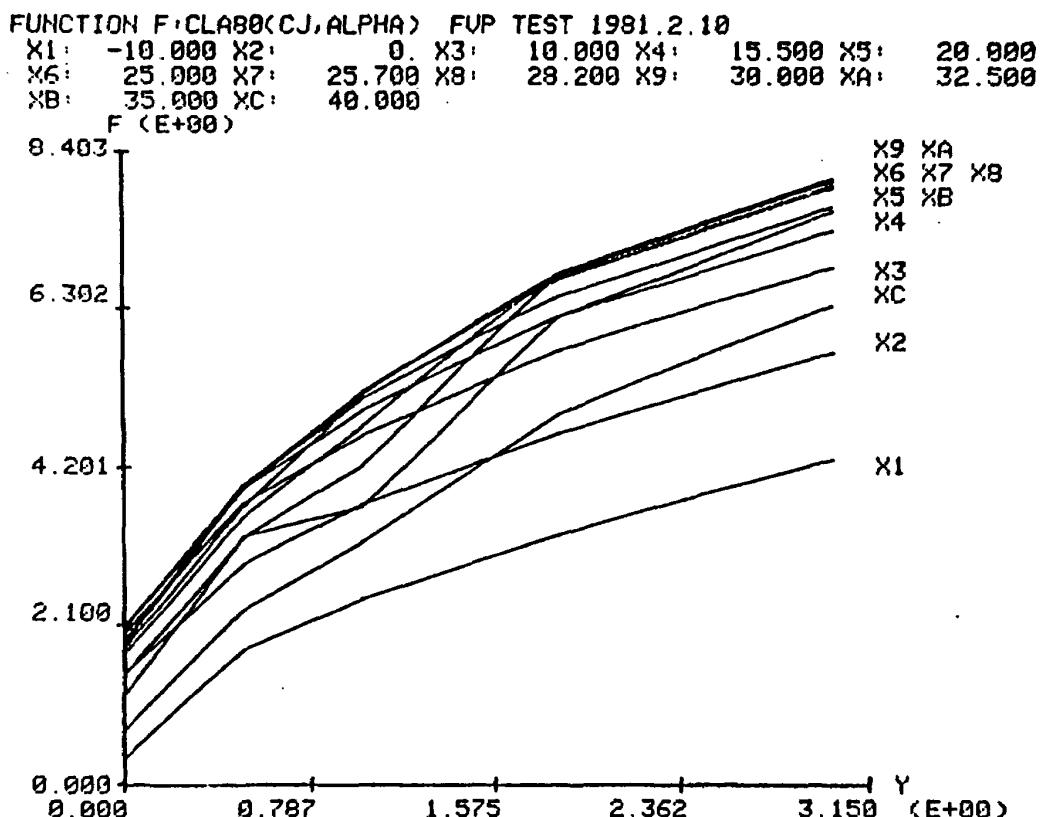


図14 座標軸変換モード

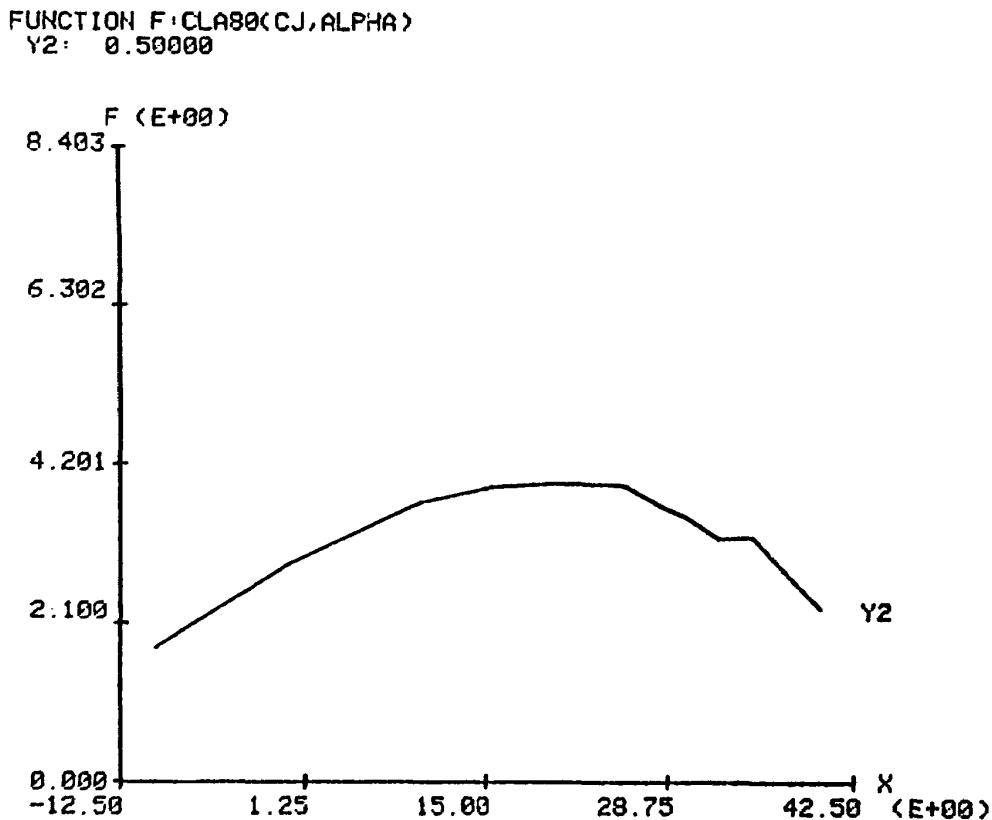


図 15 選択モード

して表示したものである。

#### 4-7 コメントモード

[入力キー] “C”

[機能] 現在表示されている画面にコメントを挿入する。ただしコメントは画面右上の指定された領域にしか書き込めない。

[例] 図 14 の右上 “FVP TEST 1981. 2. 10” がコメントの一例である。

#### 4-8 コメント消去モード

[入力キー] “E”

[機能] 画面に表示されているコメントをすべて消去する。

#### 4-9 データリストアウトモード

[入力キー] “L”

[機能] データリストを画面上に表示する。

##### (1) 1次元データの場合

表示データは  $x$  と関数値  $F$  からなり、一画面に

全データを表示する。

##### (2) 2次元データの場合

縦方向には  $x$  の値を変化させ、横方向には  $y$  の値を変化させて、データリストを表示する。 $y$  の種類が多い時には、2頁にわたって表示される。(ただし2頁目の表示には “P” を入力する。)

##### (3) 3次元データの場合

オペレータのキー入力によりパラメータ  $z$  の値を指定する。以下は2次元データリスト表示と同様である。

(4) 修正モードでデータを修正した場合には、データリストアウトの後 “P” とタイプすることにより、修正値のリストを表示できる。

##### [例]

- (1) 2次元データリストの表示例を図 16 に示す。
- (2) 2次元修正値リストの表示例を図 17 に示す。

### 5. FVP の操作

FVPを用いる場合は、第2章で示したハードウェアを正しく接続し、IPL(Initial Program Load)

FUNCTION F:CLAB0(CJ,ALPHA)

X	Y	0.	0.50000	1.0000	1.8500	3.0000
-10.000	0.34500		1.7500	2.4500	3.2820	4.3020
0.	1.4420		2.8990	3.6810	4.6500	5.6980
10.000	2.0090		3.6990	4.6220	5.7210	6.8480
15.500	2.0920		3.8980	4.9400	6.1750	7.3420
20.000	1.9020		3.9410	5.0920	6.4600	7.6530
25.000	1.8730		3.9300	5.1740	6.6980	7.9010
25.700	1.8710		3.9000	5.1750	6.7220	7.9200
28.200	1.8200		3.6500	5.1500	6.7710	7.9900
30.000	1.7260		3.5210	4.7400	6.7810	8.0200
32.500	1.4500		2.4700	4.2090	6.7560	8.0000
35.000	1.1700		3.2500	3.6500	6.1800	7.5900
40.000	0.70000		2.3000	3.1800	4.9000	6.3200

? NEXT PAGE(P) OR FINISH(F) :

図 16 データリスト

FUNCTION F:CLAB0(CJ,ALPHA)

MODIFIED LIST                  1 / 1

Y	X	F	OLD F
0.50000	32.500	3.2469	( 2.4700 )

! TYPE(P) FOR NEXT PAGE :

図 17 修正値リスト

表 2 メッセージ一覧表

略号	メッセージ	意味	表示個所	入力例
	? DISK(D), CARD(C), RTSL(R) :	データ入力形式		D
	*NO. ERROR IN DATA FORMAT:	データエラーチェック	データチェック	
	! FUNCTION CARD ERROR:	データエラーチェック	データチェック	
	! NO DATA STATEMENT:	データエラーチェック	データチェック	
	! DATA ERROR CARD NO. <i>aaaaa</i> :	データエラーチェック	データチェック	
	! ERROR XDATA OVER:	データエラーチェック (≤20)	データチェック	
	! ERROR YDATA OVER:	データエラーチェック (≤15)	データチェック	
	! ERROR ZDATA OVER:	データエラーチェック (≤10)	データチェック	
	! NO DATA END CARD:	データエラーチェック	データチェック	
	! TYPE(P) FOR NEXT PAGE:	改頁		P
	? GRAPHIC(G), RTSL(R), FINISH(F) :			G
? 1	? MODIFY(M), ZOOM(Z), COMMENT(C), COMMENT ERASE(E), SELECTION(S), COORDINATE XFORM(X), GRAPH INIT(I), DATA LIST(L), FINISH(F)	モード指定		M
? M 1	? SELECT PARAMETER:	修正グラフの パラメータ指定	修正モード	2
? M 2	! SET CURSORS TO THE POINT TO BE MODIFIED. THEN TYPE(S)	修正点の指定	修正モード	S
? Z 1	! MAX(SET CURSORS, TYPE L)		拡大モード	L
? Z 2	! MIN(SET CURSORS, TYPE L)		拡大モード	L
? Z 3	? ALL RIGHT. YES(Y) NO(N)		拡大モード	Y
? C 1	! TYPE CHARACTERS:		コメントモード	SASA ↗
? S 1	? GRAPH NUMBER OR FINISH(..):		選択モード	3, 5
? X 1	? VARIABLE(X/Y/Z) PARAM(X/Y/Z), FIXED(NUMBER):		座標軸 変換モード	XY, 2
	? NEXT PAGE(P), SELECT Z(NUMBER) FINISH(..)		データリスト 3次元	3
	# FVP END	FVP終了		

操作後、テクトログラフィックのキーを用いて、目的のグラフを表示、修正、あるいはRTSL-IIへの接続等を行う。（詳細な起動法は付録2に示してある。）

FVPが起動されるとテクトログラフィックに、各モード移行に対応した質問が表示され、オペレータは機能の項で説明した目的によって、M, I, Z, X, C等のコマンドのいずれかをキー入力することにより、次のモードに移ってゆく。

表1に各機能に対応するコマンドをサブコマンドと共に示したが、モードによってFVP側から質問が略号によって出される。またエラー入力の場合には、エラーの内容が示され、再入力待ちとなる。これらの表示とその意味を表2に示す。

操作としては、テクトログラフィックと対話形式で必要に応じて、目的のコマンドに対応するキーを入力することにより進めてゆくことになる。

## 6. まとめ

本プログラムの特徴としては次のものがある。

### (1) シミュレーション準備の高能率化

#### (a) ミスデータ発見の容易化

従来はデータカードそのもの、あるいはデータリストから、目視によりミスデータの有無を検証していたが、本FVPプログラムのグラフによる図形情報を利用することにより、作業効率が向上した。

#### (b) グラフ作成の自動化

データグラフを座標軸のスケールの決定も含めて自動的に作成できる。

#### (c) ハードコピーが可能

テクトロハードコピー装置により、実用に耐え得るグラフ及びリストのハードコピーが得られる。

### (2) シミュレーション試験の精度向上

風胴実験データのグラフ化により、データの傾向を知ることができ、風胴実験そのものの評価が可能となる。場合によっては実験のやり直し、詳しいチェックを行う等により、風胴実験をも含んだシミュレーション試験の精度向上が期待できる。

### (3) シミュレーションデータ作成の自動化

RTSL-IIコンパイラと結合されており、グラフでデータチェックの後、シミュレーション用データとして、ファイル化が可能である。

以上の様な特徴を有するが、これまでの使用での評価の結果、更に本プログラムを改良すべき点として、以下の点が考えられている。

- (1) 入出力装置（グラフィックディスプレイ）との対話のみで、任意のデータが作成できること。
- (2) シミュレーションデータとして、ファイル化されたデータの修正ができること。
- (3) 4変数以上の関数も扱えること。

これ等は、現在FVPが用いているハードウェア及びRTSL-IIの制約上難しいものであり、今後計算機部が更新された段階で、FVPの機能に含めてゆく予定である。また我々はこのFVPをシミュレーション技術あるいはCADの一環として考えており、上記の改良点も含めて、今後も検討を続けてゆきたいと考えている。最後に本プログラム製作に当っては、アプリケーションウェア研究所の笹田浩一、徳田弘司、後藤庄一郎氏の協力を得た。ここに付記し感謝する。

## 参考文献

- (1) FSK-II 取扱説明書.
- (2) RTSL-II 取扱説明書.
- (3) 関数グラフィック表示プログラム(FVP).

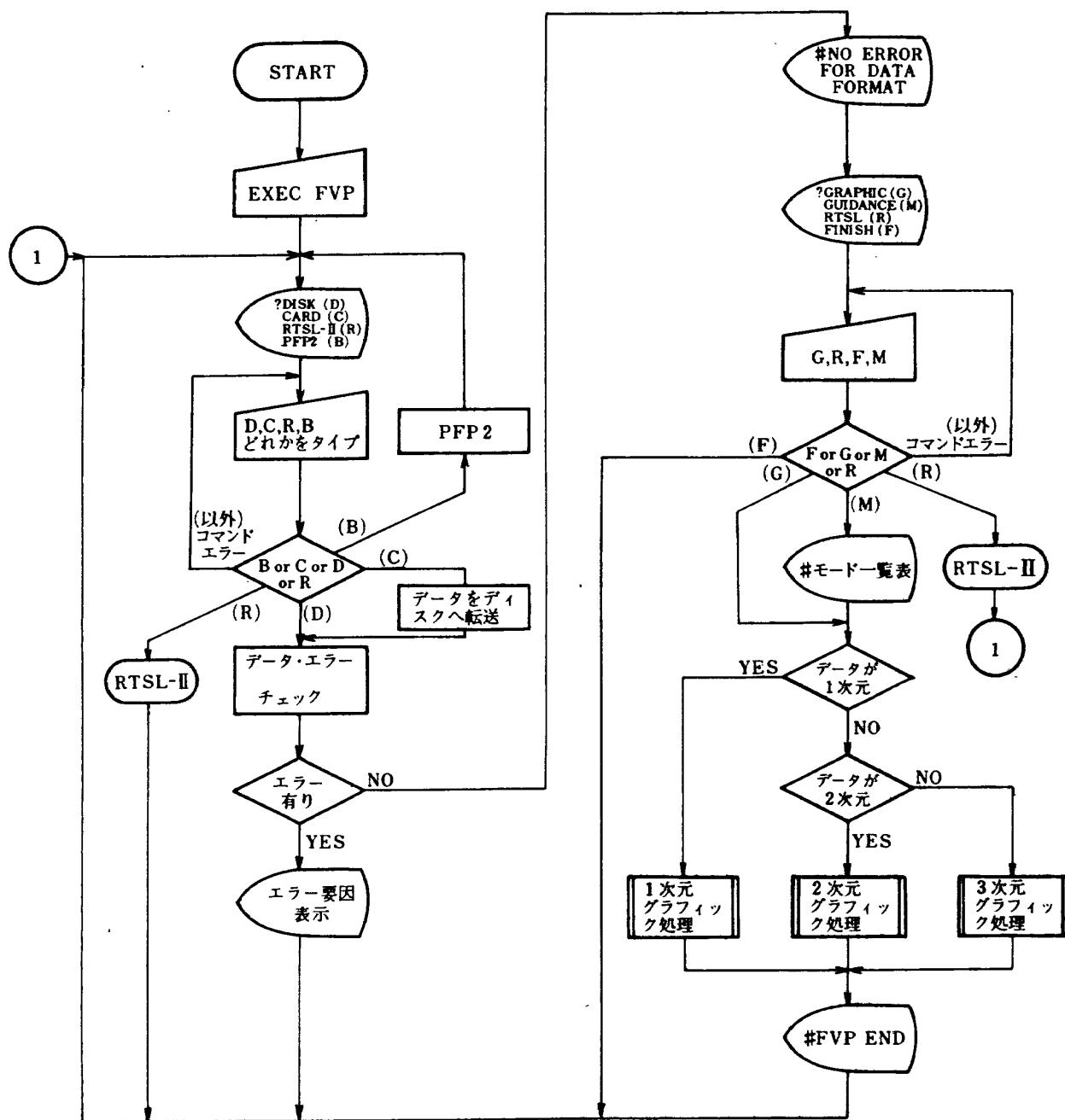
操作説明書 (1980年9月).

プログラム説明書 (1980年9月).

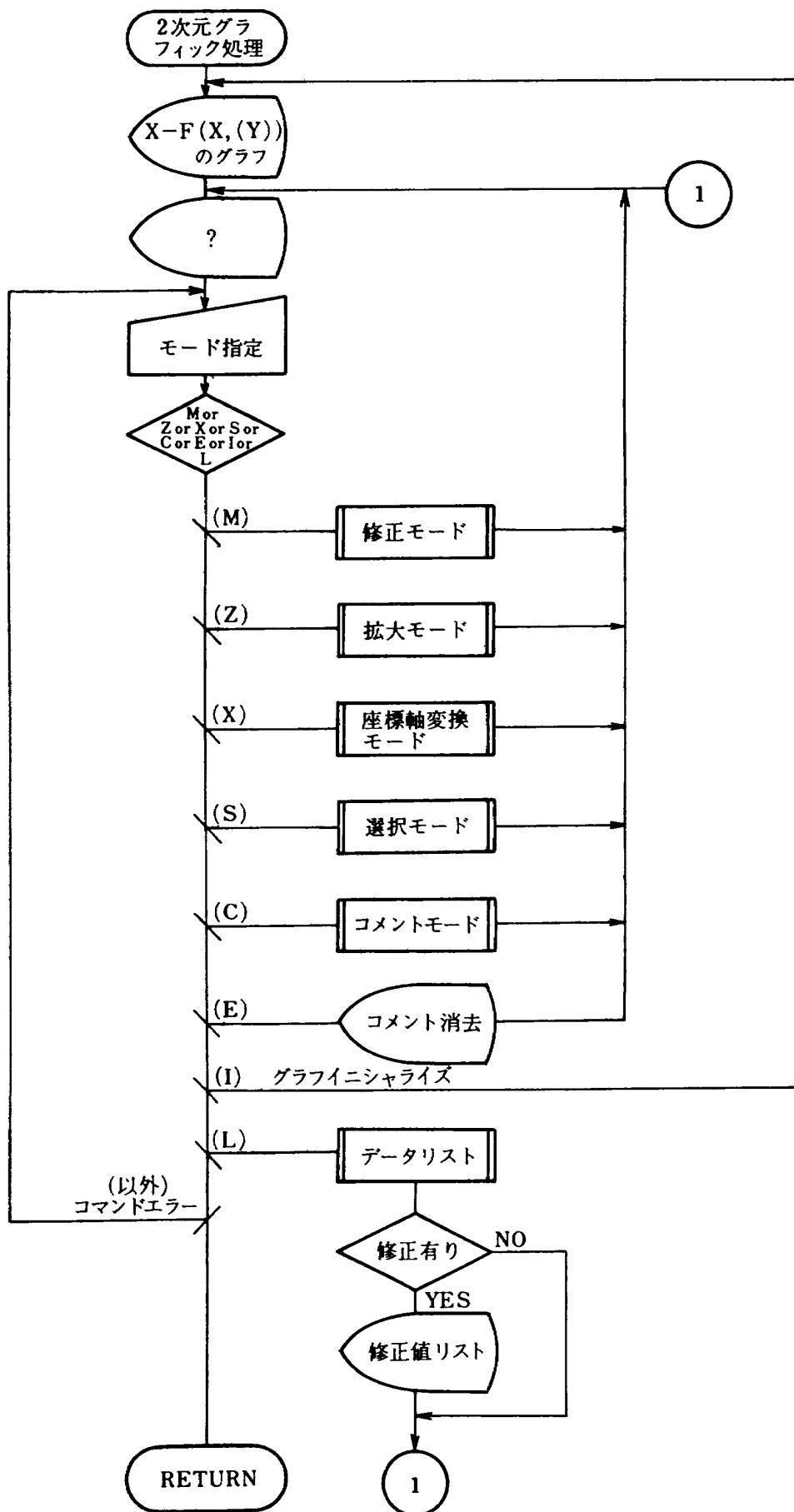
## 付録 1. FVP 詳細フローチャート

付図 1 に FVP の詳細フローチャートを示す。これは図 1 のフローチャートをより詳細にしたもので、( )で囲んだ文字がキーコマンド入力である。付図 2 ~ 付図 8 は各内部機能の詳細フローチャートである。本プログラムは対話型処理を目標としたため、

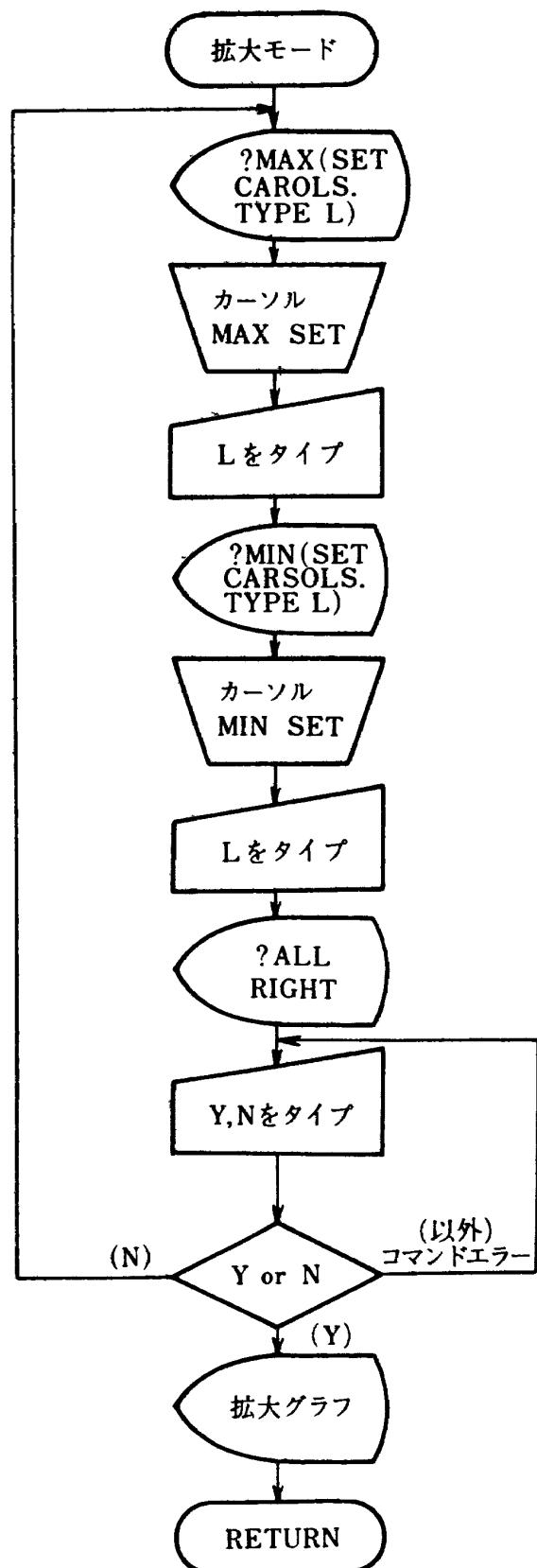
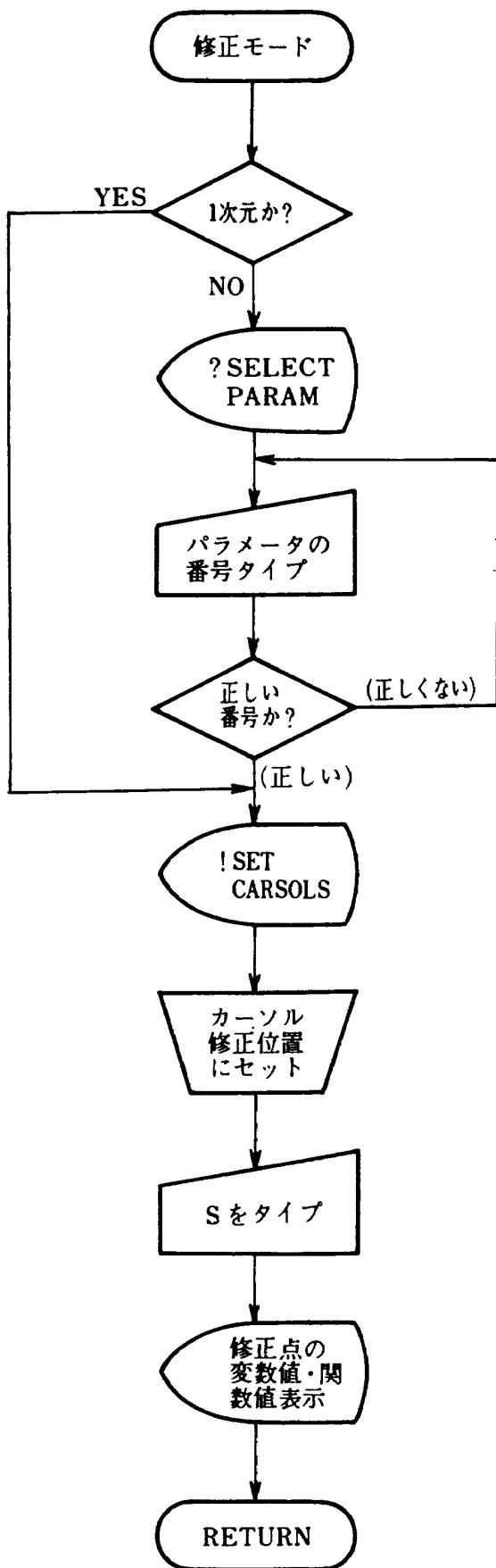
プログラムの各モードへの移行に際しては、計算機がテクトロ画面上に、オペレータキー入力を円滑にするための質問、あるいは指示を発してくれる。この質問、指示は画面面積の制約から略式記号でなされるが、その記号の意味については表 2 に示されている。



付図 1 FVP 詳細フローチャート

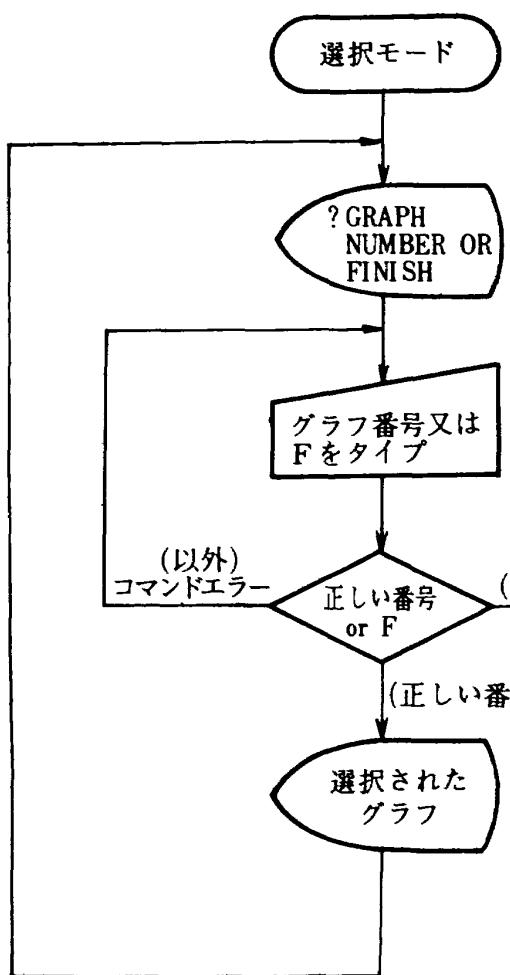
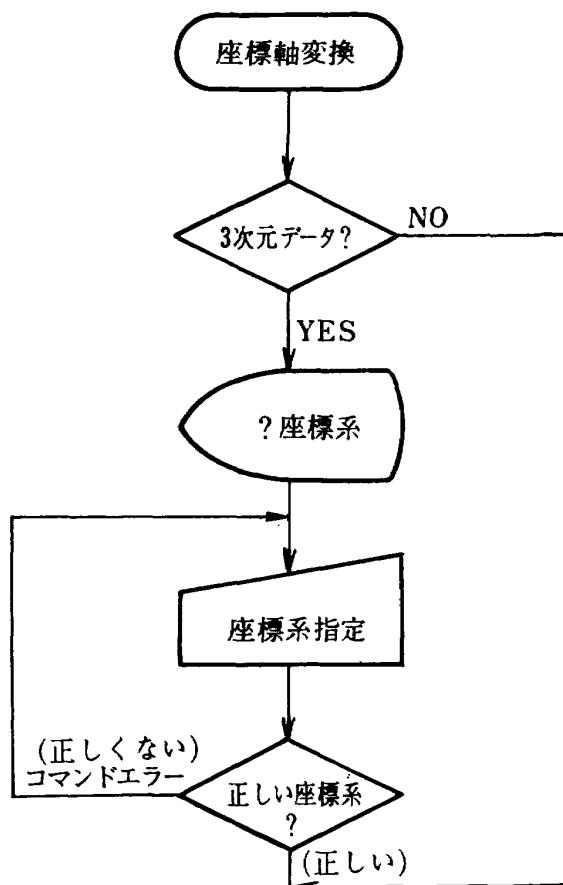
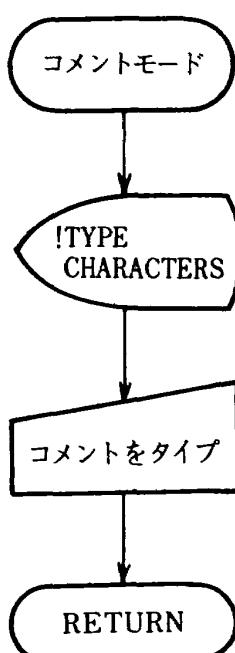


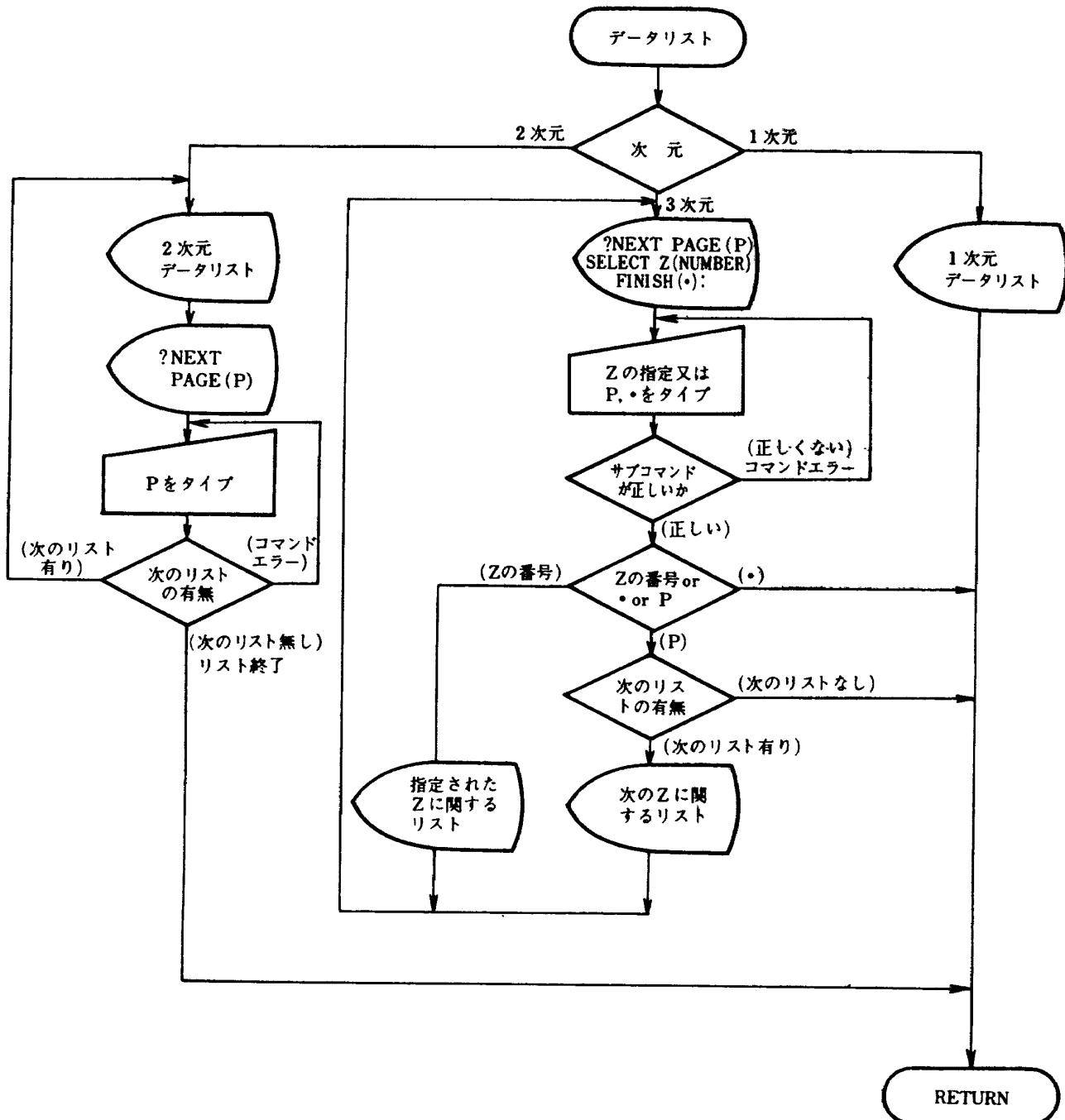
付図2 2次元グラフィック処理



付図 3 修正モード

付図 4 拡大モード





付図 8 データリスト

## 付録 2. FVP 起動法

- (1) FSK-II のメイン電源ON
- (2) テクトロ 2台, ドラム, ディスクの電源ON
- (3) ディスクにFVP用ディスクをセットする。
- (4) ディスクのRUNスイッチを入れる。この時,  
ディスクのプロテクトスイッチはOFFとなって  
いなければならない。
- (5) FSK-II のオペレータコンソールで、使用する  
計算機の電源を入れ、上記のドラム、ディスクの  
デバイスセレクタスイッチをONとする。

- (6) コンソールパネル上で 使用する計算機の  
**INITIAL PROGRAM** スイッチを押す。
- (7) テクトロ 1 にベル音がして  
\* IPL
- と表示される。
- (8) テクトロ 1 より  
EXEC FVP ↵  
とタイプする。
- (9) FVPが起動され、データ入力待ちとなる。

---

## 航空宇宙技術研究所資料 462号

昭和57年4月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺町1880

電話武藏野三鷹(0422)47-5911(大代表)〒182

印刷所 株式会社 三興印刷  
東京都新宿区信濃町12 三河ビル

---

Printed in Japan