

JAERI-M

5 5 9 6

GCRVFIT

直交多項式を用いた最小二乗法による対話型  
カーブ・フィッティング・システム

1974年3月

中村康弘・小沼吉男・小林健介・鈴木忠和

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

GCRVFIT

直交多項式を用いた最小二乗法による対話型

カーブ・フィッティング・システム

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

中村康弘・小沼吉男・小林健介\*

鈴木忠和

(1974年2月5日)

グラフィック・ディスプレイを用いた対話型カーブ・フィッティング・システム  
GCRVFITがFACOM 230-35 とFACOM 230-60 の両計算機で開発された。このシステムでは、使用者によって与えられた生データは、直交多項式を用いた最小二乗法によって関数近似される。数値計算後、生データや計算された関数値は自動的にスケールされ、CRT面にグラフ表示される。使用者はCRT面のグラフを見て、カーブ・フィッティングの具合が直観的に把握できる。もし、そのカーブ・フィッティング結果に不満足な場合は、使用者は直交多項式の次数を直接文字キーボードから変更でき、直ちにカーブ・フィッティングの再計算ができる。さらに、縛り点、ウエイト、またはその他のデータもカード・リーダーから変更できる。

---

\* 日本原子力研究所動力炉開発管理室

GCRVFIT : An Interactive Least Squares Curve  
Fitting System by Orthogonal Polynomials

Yasuhiro NAKAMURA, Yoshio ONUMA, Kensuke KOBAYASHI<sup>†</sup>  
and Tadakazu SUZUKI

Division of Reactor Engineering, Tokai, JAERI  
( Received February 5, 1974 )

The interactive curve fitting system GCRVFIT which uses graphic display, has been developed for both computers of FACOM 230-35 and FACOM 230-60. In this system, raw data given by a user are approximated using orthogonal polynomials by method of least squares. After numerical calculation, the raw data and calculated function values are automatically scaled, and the graphs of these data and values are displayed on the CRT. By seeing the graphs on the CRT, the user can intuitively understand whether the result of curve fitting is satisfactory or not. If the result is not satisfactory, the user can modify the degree of orthogonal polynomial directly from alphanumeric keyboard, and can immediately reexecute the curve fitting. Moreover, constraints or weights or other data can be modified from a card reader.

<sup>†</sup> Office of Power Reactor Projects, JAERI

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. GCRVFIT の概要 .....	2
2.1 数値計算 .....	2
2.2 グラフィック処理 .....	3
3. グラフィックス仕様 .....	5
3.1 システムの開始 .....	5
3.2 入力データの読み込み .....	5
3.3 数値計算とプリント出力 .....	6
3.4 グラフ表示とハード・コピー .....	6
3.5 フィッティング結果の判定 .....	7
3.6 一部データの変更による再計算 .....	8
3.7 次のケースの実行 .....	9
3.8 システムの終了 .....	9
3.9 システム使用上の注意 .....	10
4. 入力データ .....	20
4.1 ジョブ・ヘッダ・カード .....	20
4.2 座標軸用タイトル・カード .....	20
5. 使用例 .....	23
6. プログラムの構成 .....	29
7. おわりに .....	32
謝 辞 .....	32
参考文献 .....	33

## 1. はじめに

従来のカーブ・フィッティング・プログラム<sup>1)2)3)</sup>では、その計算結果が数値データとしてプリンタに出力されるだけなので、そのプログラムの使用者は、カーブ・フィッティングの具合をすぐ視覚的に把握することがむずかしく、生データと計算結果を手でプロットして始めて可能であった。

さらに、同じ生データに対して、たとえばパラメータの個数やウエイトなどをいろいろと変化させて最も良いカーブ・フィッティングを求めようとした場合、満足できる結果が得られるまでには、使用者は繰り返し何ジョブも行なわねばならず、結局かなりの時間がかかっても止むを得なかった。

単に、生データや計算の結果求められた関数値をプロットする場合は、プロッタ<sup>4),5)</sup>の利用が考えられる。確かにプロッタによるデータ・プロットは、人間のそれに比べ速く正確であるが、1ジョブ当りのターン・アラウンド・タイムは必ずしも短いとは限らない。そして、この場合でも何ジョブも実行させる必要性には変りないので、良い結果が得られるまでに要する時間は従来と余り変らない。

これらに対して、最近科学技術計算に利用されつつあるグラフィック・ディスプレイ<sup>6),7),8)</sup>の場合は、計算結果をCRT (Cathode Ray Tube)面に高速度でグラフ表示でき、また人間がCRT面の結果を見て必要があれば、ライトペン、文字キーボード、およびファンクション・キーボードを通して一部入力の変更や再計算の指示がオンライン・リアルタイムで可能である。

したがってグラフィック・ディスプレイをカーブ・フィッティングに上手に<sup>9),10)</sup>利用すれば、最も望ましいフィッティング結果が得られるまでにかかる時間は前の場合に比べ大巾に短縮されることになる。

このような理由から、著者らは従来のカーブ・フィッティング・プログラムを、グラフィック・ディスプレイで利用できるように改良することにした。その最初のものとしてFACOM 230-35 ROS<sup>11)</sup>の下で、直交多項式を用いた最小二乗法による対話型カーブ・フィッティング・システムGCRVFIT<sup>1),12)</sup>が開発された。このGCRVFITシステム(以後簡単にGCRVFITとよぶ)は現在FACOM 230-60用にも整備され、両者の計算機で使用可能である。

グラフィック・プログラムとしてのGCRVFITプログラムは、関数近似部分がCRVFITサブルーチン<sup>1)</sup>によって、またグラフィック・ディスプレイによるグラフ表示や対話処理の部分がグラフィック・サブルーチン・パッケージ<sup>8),13)</sup>PGSやGSP<sup>7)</sup>によって、FORTRAN言語で書かれている。

以下GCRVFITの機能と使い方、およびGCRVFITプログラムを構成する各サブルーチンの機能について述べるが、本文ではおもにFACOM230-35ROS用のシステムを中心に説明する。

## 2. GCRVFIT の概要

GCRVFIT は、入出力とも可能なグラフィック・ディスプレイを介して、人間と計算機との対話によってカーブ・フィッティングを行なう計算システムである。このシステムは、カーブ・フィッティング計算機能としての数値計算と、対話機能としてのグラフィック処理との二つの面をもっている。

まず数値計算について簡単に述べる（詳細は参考文献 1）を参照）。その後でグラフィック処理のあらましについて述べる（詳細は第 3 章のグラフィックス仕様参照）。

### 2.1 数値計算

GCRVFIT では、ORTFIT サブルーチンによってカーブ・フィッティングに関する数値計算が行なわれる。特に関数近似計算そのものは、ORTFIT サブルーチンの中で CRVFIT サブルーチン<sup>1)</sup>が呼び出されて実行される。すなわち使用者によって与えられた生データは、一般に  $n$  次の直交多項式を用いた最小二乗法によって関数近似される。さらに、生データに対して縛り点付き、またはウエイト付きでのカーブ・フィッティングも行なえる。

ORTFIT サブルーチンでは、CRVFIT サブルーチンによって実行されたカーブ・フィッティングの適合の具合を示す量としての誤差ノルムが、つぎのような式で計算される ( $L_2$  ノルム)。

$$\sum_{i=1}^m w_i \left( \left( \sum_{j=0}^n a_j x_i^j \right) - y_i \right)^2$$

ここで、

$(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) : 生データ

$w_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) : ウエイト

$a_j$  ( $j=0, 1, 2, \dots, n$ ) : 直交多項式の係数

これらの数値計算結果は、入力された生データなどと共にケースごとにプリンタに出力される。また、つぎの 2.2 で後述されるように CRT 面上にグラフなどの図形情報としても表示される。

数値計算に要する時間は、カード・リーダーやプリンタの入出力時間も含めて、1 ケースにつき約 20 秒である。

## 2.2 グラフィック処理

GCRVFIT は実行に入ると、まずカーブ・フィッティングに必要な入力データが、カードリーダーから読み込まれる。つぎにCRVFITサブルーチンが呼び出されて、カーブ・フィッティングに関する数値計算が行なわれる。そして入力データや計算結果は数値データとしてプリンタに出力される。

この計算が終ると生データ、縛り点、および計算の結果得られた関数値は自動的にスケールされ、これらはCRT面上に重ねてグラフ表示される。また直交多項式の次数、生データの個数、縛り点の個数、計算された誤差ノルムの値、およびウエイト付きか否かのメッセージなども同じ画面に表示される。

数値計算後、これらの図形情報がCRT面に表示されるまでの時間は、約40秒程度である。したがって使用者は、実行に入ってから約1分でCRT面に表示されるカーブ・フィッティング結果を目で見て、その適合の具合を直観的にとらえることができる。

もし現在のカーブ・フィッティング結果に不満足な場合は、ライトペン・ボタンによって、文字キーボードからは直交多項式の次数を、またカード、リーダーからは直交多項式の次数、縛り点、またはウエイトをオンライン・リアルタイムで変更し、即座に再計算できる。この場合再計算後に自動スケールのための計算は行なわれないので、再計算後計算結果は約2~3秒程度でグラフ表示される。

上記以外のデータの変更もカード・リーダーから可能である。しかしこの場合、再計算は新しいケースとして処理され、自動スケール計算も行なわれるので、再計算後計算結果がグラフ表示されるまでには約40秒程度かかる。

このようにして使用者は、1ジョブの中で満足のゆくまで繰り返しカーブ・フィッティングの計算が行なえる。

CRT面に表示されたグラフなどはハード・コピーとして、ライトペン・ボタンによってプロッタ・テープに出力される。プロッタ・テープはオフライン・プロッタ<sup>5)</sup>にかけられてプロットされる。ハード・コピーのためのプロッタ・テープ作成に要する時間は、1画面平面的で約10秒程度である。

GCRVFITによるこのようなカーブ・フィッティング処理の場合、カーブ・フィッティングの数値計算、グラフ表示、およびハード・コピーに要する時間はわずかであり、むしろ人間がCRT面を見て、判断、操作する時間の方が長い。

つぎのFig. 2.1は、GCRVFITにおけるグラフィック処理の概要を示している。



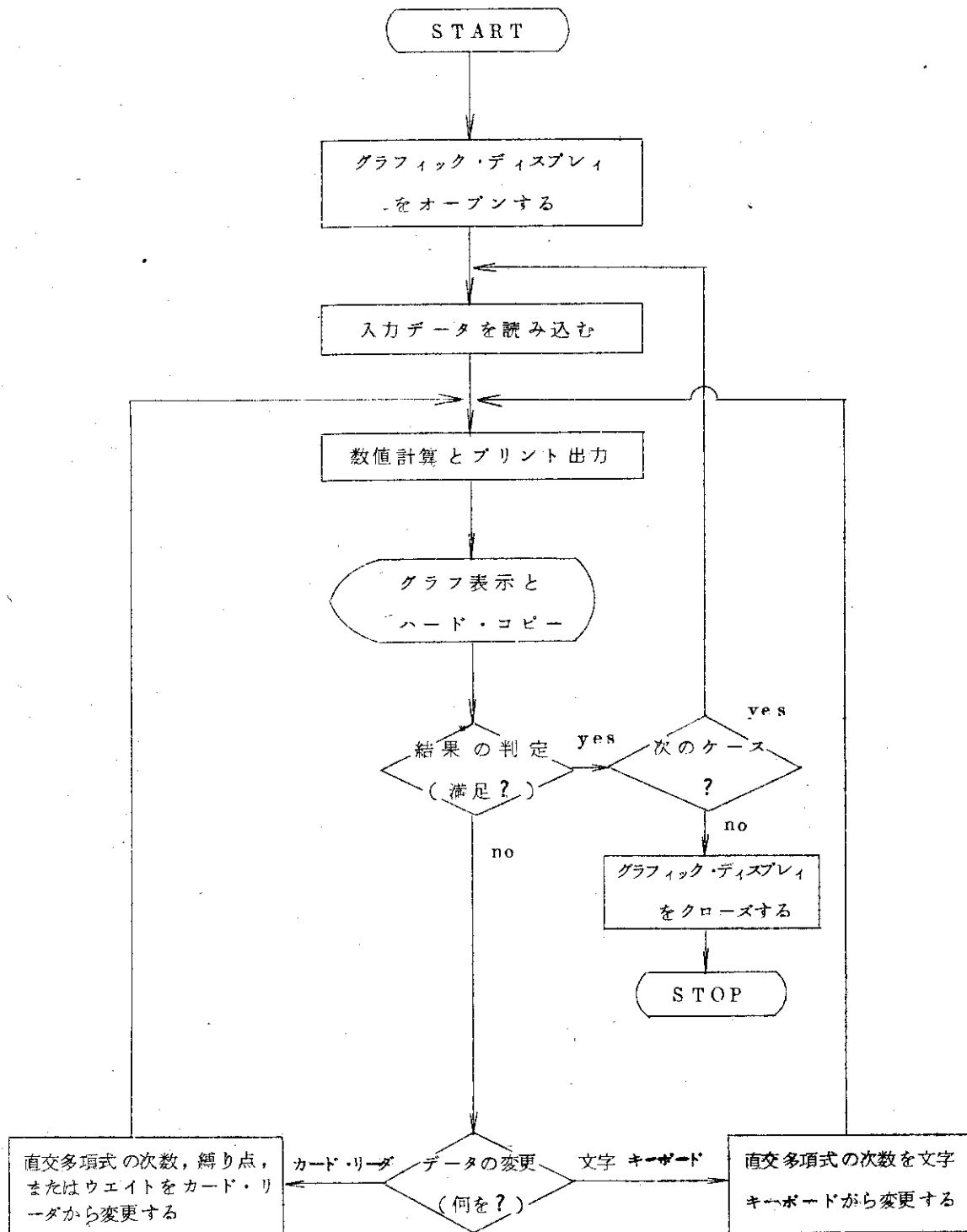


Fig. 2.1 GCRFITにおけるグラフィック処理の概要

### 3. グラフィックス仕様

GORVFITにおけるグラフィック処理のあらましについてはすでに第2章で述べた。ここではグラフィック処理の詳細について説明する。以下の記述は、GORVFITのグラフィックス仕様について述べているばかりでなく、使い方の説明にもなっている。

Fig. 3.1~Fig. 3.6にGORVFITのフロー・チャートを示す。Fig. 3.1はGORVFITを1つのフロー・チャートで示したものであり、Fig. 3.2~Fig. 3.6はFig. 3.1を部分的に詳しくしたものである。そのため、Fig. 3.1とFig. 3.2~Fig. 3.6の間には内容的に重複している部分がある。

フロー・チャートについて、ボックス内の各Fig.はCRT面の画面図を指し、ボックス外の各Fig.はフロー・チャート図を指す。またボックス内のメッセージ(M1), (M2), (M3)は本文中のものを指す。

#### 3.1 システムの開始

GORVFITは、実行に入るとグラフィック・ディスプレイをオープンし、CRT面にFig. 3.8のような画面<sup>8), 13)</sup>を表示する。

Fig. 3.8で、CRT面中央の

```
***** WAIT A MOMENT *****
```

は、ウイंकする単なるメッセージに過ぎないが、

```
KEY, END, VLG, LAG, SML, VSM, HARDCOPY, NOCOPY
```

の各文字はライトペンによってピッキング可能なPGS用ボタン<sup>8), 13)</sup>である。すなわち、

```
KEY, END, VLG, LAG, SML, VSM
```

は、文字キーボードからのコメント入力を可能にするためのコメント入力用ボタンであり、

```
HARDCOPY, NOCOPY
```

は、プロッタへのハード・コピー出力をコントロールするためのハード・コピー用ボタンである。

CRT面へのPGS用ボタンの表示と同時に、ファンクション・キーボードの8番、16番キーのランプが点灯する。ランプはGORVFITの終了まで点灯している。8番、16番キーの働きは、それぞれHARDCOPY, NOCOPYのそれに対応している。

#### 3.2 入力データの読み込み

GORVFITはつぎに、ジョブのタイトル・カード、生データの $x, y$ 座標値( $X_1, Y_1$ ),  $x$ 座標値( $Z_1$ ), 直交多項式の次数, 縛り点の $x, y$ 座標値( $A_1, B_1$ ), および生データに対するウエイト( $W_1$ )などをカード・リーダーから読み込む。ここで $x$ 座標値( $Z_1$ )は、計算の結果得られた近似直交多項式から関数値を計算するために使用される。

上記のデータは、カーブ・フィッティングに関する数値計算のためのものである。

GCRVFIT を実行するためには、この他に次のような2種類のデータの入力が必要である。

1つは、ハード・コピーに関して入力すべきものとしての1枚のジョブ・ヘッダ・カード<sup>8)</sup>であり、2つは生データのグラフ表示に関して入力すべきものとしての3枚の座標軸用タイトル・カード<sup>14)</sup>である。なお、入力データの詳細については第4章で後述する。

### 3.3 数値計算とプリント出力

入力データの読み込みが終ると、GCRVFITはCRVFIT サブルーチン呼び出し、カーブ・フィッティングに関する数値計算を行なう。計算の結果は入力データと共に数値データとしてプリンタに出力される。

### 3.4 グラフ表示とハード・コピー

GCRVFIT はつぎに、カーブ・フィッティングの計算結果をCRT面にグラフ表示する。グラフ表示は汎用グラフ表示サブルーチンGPLOT2によって実行され、PGS用ボタンによるコントロールの下でFig. 3.2のように進行する。

GPLOT2は、プロッタ用の汎用グラフ作成サブルーチンGPLOT1<sup>14)</sup>を、PGSサブルーチン・パッケージ<sup>8), 13)</sup>によってグラフィック用に発展させたものを、さらにカーブ・フィッティング目的用に改良したものである。したがってGPLOT2は、GPLOT1と同じく自動スケールが可能であるばかりでなく、スケールに関する情報をプリンタに出力する。また、現在処理中の生データのグラフに関するディスプレイ語の集まりGDOA<sup>7)</sup>(Graphic Data Output Area)がコア上に保存されているので、GPLOT2は生データのグラフの再表示に時間がかからない特長をもっている。

#### (1) 生データの表示

GCRVFITはまず、生データのグラフ表示に先き立ち、生データを自動的にスケールする。つぎに、CRT面に表示されるグラフのx座標軸、y座標軸、およびグラフ表題用のそれぞれのタイトル・カード3枚をカード・リーダーから読み込む。(ただし、1ケースの生データに対して1回のみ3枚のタイトル・カードを読み込む)。生データのグラフに対するディスプレイ語の集まりGDOAの作成が完了すると、GCRVFITはCRT面中央のメッセージ

\*\*\*\*\* WAIT A MOMENT \*\*\*\*\*

を消去して、Fig. 3.9のような画面となり、待ち状態に入る。

ここでGCRVFITは使用者によるPGS用ボタンのピッキングを受付ける。まずコメント入力用ボタンを受付ける。使用者がKEYボタンで始まる一連のコメント入力を終ってENDボタンをピッキングすると、GCRVFITはFig. 3.10のような生データのグラフを(40cm×24cmの大きさで、かつデータに応じた線型または対数の座標軸と共に)表示する。Fig. 3.10で①は生データの点を示す。生データについて、上下の両x座標軸からはみ出るものはチェックされ、上か下のx座標軸上に表示される。

つぎにGCRVFITは再び待ち状態に入り、ハード・コピー用ボタンを受付ける。HARDCOPYボタンによって、現在CRT面に表示されている画面がPGS用ボタンを除いてプロッタへハード・コピーされる。すなわちハード・コピー用のプロッタ・テープが作成さ

れる。HARDCOPY ボタンは何回でもピックできるので、同一画面のハード・コピーが何枚もとれる。ハード・コピー処理が終わったら、つぎに使用者はNOCOPY ボタンをピックすればよい。ハード・コピーをとらないときは、最初からNOCOPY ボタンをピックすると、GCRVFIT は次に進む。

#### (2) 誤差ノルムなどの表示

GCRVFIT はつぎに、グラフの上側に直交多項式の次数、生データの個数、縛り点の個数ウエイト付きか否かのメッセージ、および計算の結果得られた誤差ノルムの値などを Fig. 3.11 のように表示する。

つぎにGCRVFIT は(1)の場合と同じく、再びコメント入力用ボタン、ハード・コピー用ボタンの順で受付ける。使用者によってEND ボタン、およびNOCOPY ボタンがピックされると、GCRVFIT は次に進む。

#### (3) 縛り点の表示

GCRVFIT はつぎに、縛り点を生データと同じスケールで Fig. 3.12 のように生データのグラフ上に重ねてグラフ表示する。Fig. 3.12 で\*は縛り点を示す。縛り点について、上下の両x座標軸上からはみ出るものはチェックされ、上か下のx座標軸上に表示される。

つぎにGCRVFIT は(1)の場合と同じく、再びコメント入力用ボタン、ハード・コピー用ボタンの順で受付ける。使用者によってEND ボタン、およびNOCOPY ボタンがピックされると、GCRVFIT は次に進む。

#### (4) 関数値の表示

GCRVFIT はつぎに、計算の結果得られた関数値を生データと同じスケールで、Fig. 3.13 のように生データのグラフ上に重ねてグラフ表示する。Fig. 3.13 で△は関数値の点を示し、△間は直線で結ばれている。関数値について、上下の両x座標軸からはみ出るものはチェックされ、上か下のx座標軸上に表示される。

### 3.5 フィッティング結果の判定

前の(4)の段階で、CRT 面には生データ、縛り点や関数値のグラフ、および誤差ノルムの値などが表示され、またプリンタには入力データや計算結果が数値データとして出力されている。

したがって使用者は、これらの図形情報や数値情報から、自分で与えた生データのカーブ、フィッティング結果について、その適合の具合を直観的に把握できる。

ここでGCRVFIT は待ち状態にあり、PGS 用ボタンを受付けることができるので、使用者はフィッティング結果の判定がついたら、PGS 用ボタンによって必要に応じコメント入力やハード・コピーを行ない、GCRVFIT を次へ進める。

使用者によってEND ボタン、およびNOCOPY ボタンがピックされると、GCRVFIT は現在の画面を消去して、CRT 面に Fig. 3.14 のような画面を表示する (Fig. 3.3)。ここで使用者は、前の画面 Fig. 3.13 のフィッティング結果に満足な場合はYES ボタンを、不満足な場合はNO ボタンをピックする。

YES ボタンの場合は、次のケースのカーブ・フィッティング計算に進むことができる。

NOボタンの場合は、文字キーボードまたはカード・リーダーからの一部データの変更による再計算が可能である。すなわち、文字キーボードからは直交多項式の次数の変更が可能であり、カード・リーダーからは直交多項式の次数、縛り点、またはウエイトの変更が可能である。

その他の入力データの一部変更は、YESボタンをピックしておいて最初から再計算するやり方で可能である。たとえば、生データや、関数値を計算するためのx座標値 ( $Z_i$ ) などの一部変更の場合などである。

### 3.6 一部データの変更による再計算

#### (a) 文字キーボードによる次数の変更

前のフィッティング結果の判定のための画面 Fig. 3.14 でNOボタンがピックされると、GORVFITはその画面を消去して、CRT面に Fig. 3.15 のような画面を表示する (Fig. 3.4)。

ここでYESボタンをピックすると、使用者は文字キーボードから直交多項式の次数を変更し、その他のデータをそのままとした再計算を行なうことができる (NOボタンをピックしたときはつぎの(b)を参照のこと)。

さてYESボタンがピックされたことによって、GORVFITは Fig. 3.15 についてメッセージ I 3 = の右側にカーソルを表示する。そこで使用者は、入力形式 (I 3) によって直交多項式の次数を文字キーボードから入力する。入力された文字は1文字ずつ表示されてゆき、カーソルは常に一番新しく表示された文字のすぐ右に、次に入力される文字の位置を示すために動かされる。次数の入力が終わってENDキーを押すと、次数とカーソルが消えて、次数のみが再表示される。

ENDキーが押されたとき、GORVFITはCRT面下側にメッセージ THEN, PLEASE PICK も表示する。そこで使用者はCONTボタンをピックすると、GORVFITは直交多項式の次数のみが変更されたカーブ・フィッティングの再計算に入る。つぎにGORVFITは現在の画面を消去して、CRT面に Fig. 3.8 のような画面を再表示し、さらにつぎのメッセージ

(M1) LET'S COMPUTE AGAIN WITH OLD DATA  
BY CHANGING ONLY THE DEGREE OF POLYNOMIAL

もCRT面上側に表示する。このメッセージはORTFITサブルーチンによる、再計算およびプリント出力が終るまで表示される。以後GORVFITは 3.4 以下の説明と同じ要領で進む。

なお、直交多項式の次数として999が入力されると、GORVFITはその実行を終了させる。

#### (b) カード・リーダーによる一部データの変更

(a)の次数入力のための画面 Fig. 3.15 でNOボタンがピックされると、GORVFITはその画面を消去して、CRT面に Fig. 3.16 のような画面を表示する (Fig. 3.5)。

ここで使用者は直交多項式の次数、縛り点、またはウエイトをカード・リーダーから変更し、その他のデータをそのままとした再計算を行なうことができる。すなわち、使用者はカード・

リーダに変更すべき入力データをセットしてから、CONTボタンをピックすることによって可能である。このとき入力した最初のカード(1~3列)が999であると(999カードとよぶ)、GORVFITはその実行を終了させる。

CONTボタンがピックされたことによって、GORVFITは一部データ変更による再計算に入る。つぎにGORVFITは現在の画面を消去して、CRT面にFig. 3.8のような画面を再表示し、さらにつぎのメッセージ

(M2) LET'S COMPUTE AGAIN WITH OLD DATA  
BY CHANGING DEGREE OR CONSTRAINTS OR WEIGHTS

もCRT面の upper 側に表示する。このメッセージはORTFITサブルーチンによる、再計算およびプリント出力が終るまで表示される。以後GORVFITは3.4以下の説明と同じ要領で進む。

### 3.7. 次のケースの実行

3.5のフィッティング結果の判定のための画面Fig. 3.14で、YESボタンがピックされると、GORVFITはその画面を消去して、CRT面にFig. 3.17のような画面を表示する(Fig. 3.6)。

ここで使用者は一般に新しいケースの入力データに関するカーブ・フィッティングを実行できる。したがってまた、直交多項式の次数、縛り点、およびウエイト以外に入力データについて、その一部変更による再計算も可能である(勿論、直交多項式の次数、縛り点またはウエイトの変更による再計算もここから可能であるが、それは3.6の(b)によるべきである)。

これを行なうためには、使用者は入力データをカード・リーダにセットしてからCONTボタンをピックすればよい。このとき入力した最初のカードが999カードであると、GORVFITはその実行を終了させる。

CONTボタンがピックされたことによって、GORVFITは新しいケースのカーブ・フィッティング計算に入る。つぎにGORVFITは現在の画面を消去して、CRT面にFig. 3.8のような画面を再表示し、さらにつぎのメッセージ

(M3) LET'S COMPUTE AGAIN WITH NEW DATA

もCRT面の upper 側に表示する。このメッセージはORTFITサブルーチンによる、入力データの読み込み、数値計算、およびプリント出力が終るまで表示される。以後GORVFITは3.4以下の説明と同じ要領で進む。

### 3.8 システムの終了

すでに述べたように、3.6の(a)で文字キーボードから直交多項式の次数として999が入力されるか、または3.6の(b)や3.7で999カードがカード・リーダから入力されるかによって、GORVFITはその実行を終了させる。このとき、CRT面は全部消去され、ファンクションキーボードの8番、16番キーのランプも消える。

## 3.9 システム使用上の注意

FACOM230-35ROS でGCRVFIT を使用するときは、使用者はまず、GCRVFIT の実行形式プログラム・テープから、KEEP, IPL 操作によってROSシステム・プログラムをコアにロードする必要がある。

つぎにカード・リーダーに、ジョブ制御文

¥ GEXEC MAINSEG , DBG, 1

, GCRVFIT の入力データ, ジョブ制御文

¥ END

, ブランク・カードの順にセットし、スタートさせる ( Fig. 3.7 )。

¥ GEXECによってGCRVFIT は、グラフィック・ジョブとして起動され、入力データを読み込み、カーブ・フィッティングを実行する。¥ ENDが実行されることによって、グラフィック・ジョブは終了となる。

一切のグラフィック・ジョブが完了したら、ハード・コピー用のプロッタ・テープのクローズは、ジョブ制御文

¥ CLSPLOT

によって行なう。これによってプロットの終了を意味するために、テープ上に文字列FINISに相当するプロッタ・コマンドが書き込まれ、テープはアンロードする。

その他、FACOM230-35ROS におけるグラフィック・システム使用に関する詳細は、参考文献(8)を参照下さい。

なお、FACOM230-60の場合GCRVFIT プログラムは集団ディスクの永久プログラム領域に登録されているので、つぎのジョブ制御文

¥ EXEC DP GCRVFT, J1622.GCRVFT, GDSP=ON, GDBG=ON

で呼び出し可能である。

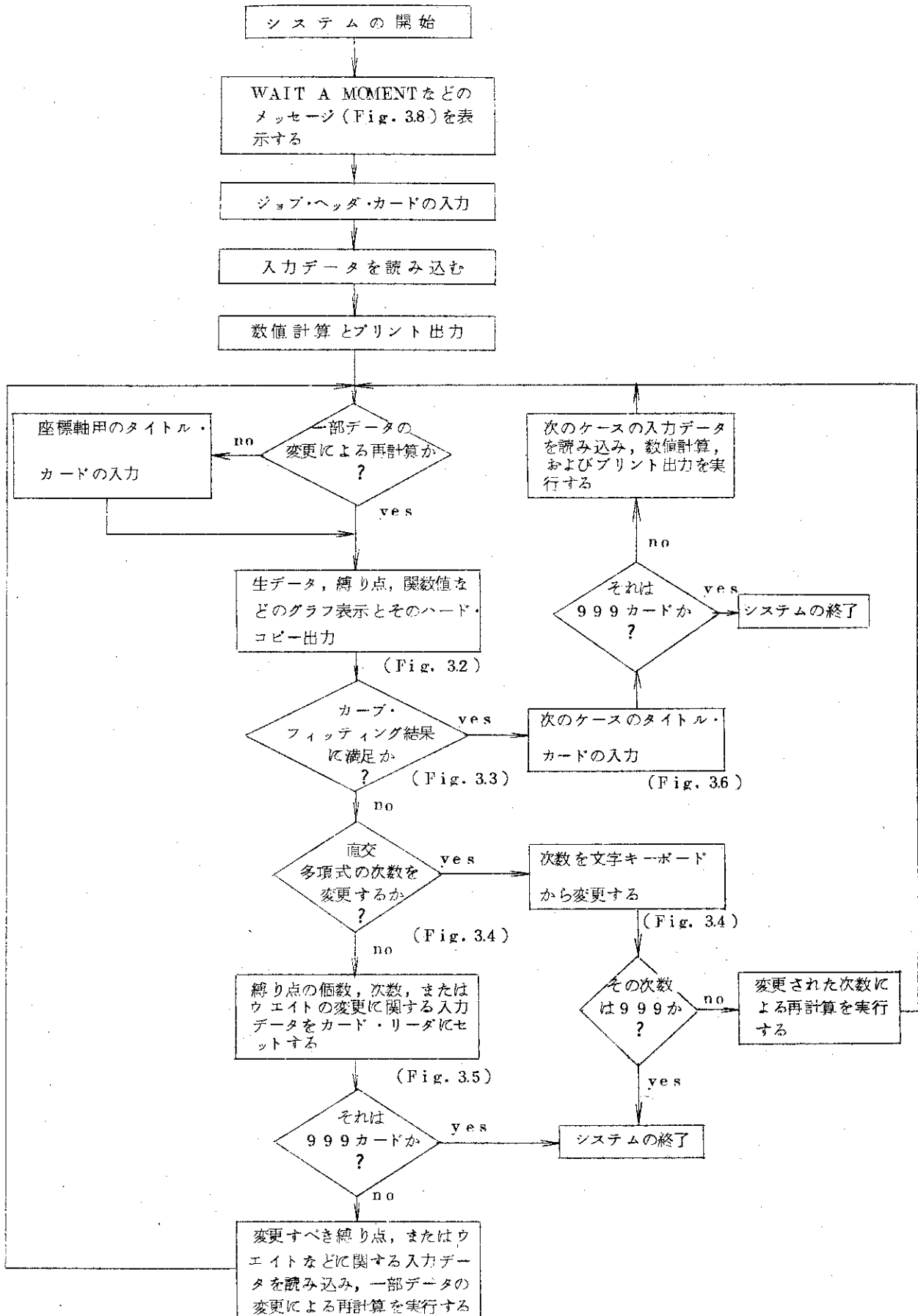


Fig. 3.1 GCRVFITのフロー・チャート



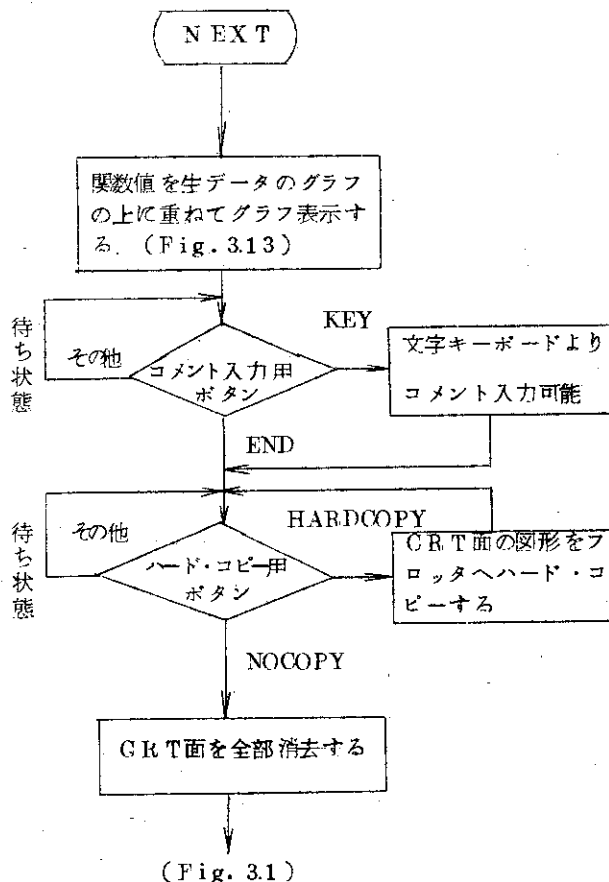
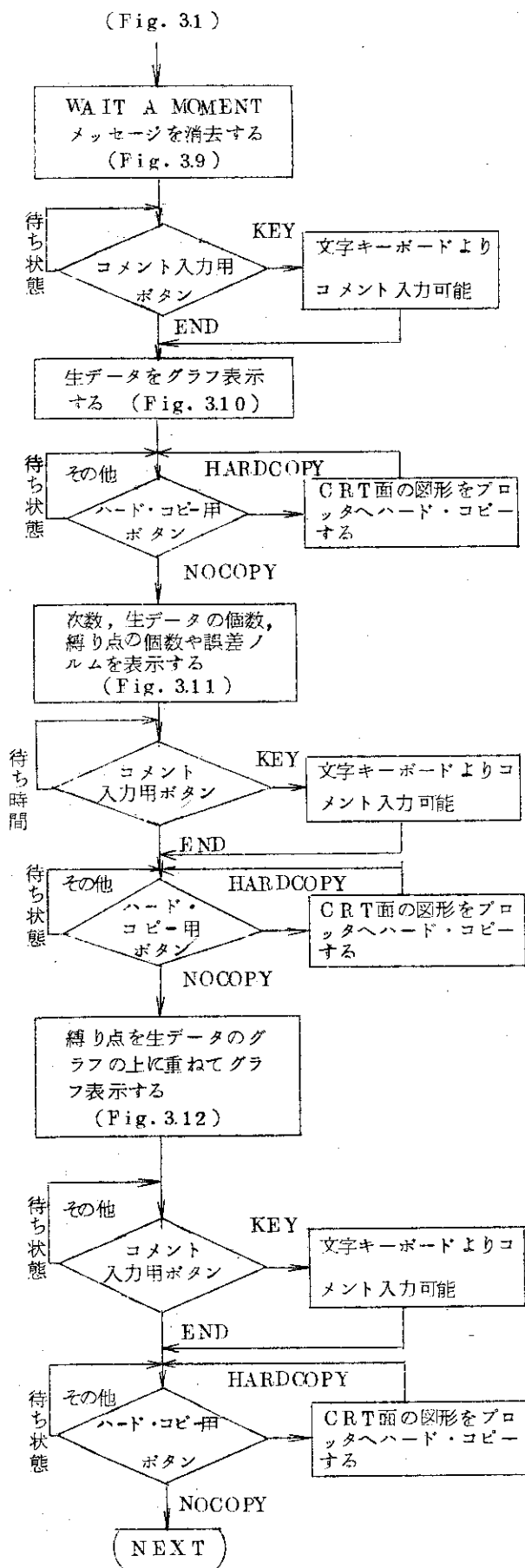


Fig. 3.2 グラフ表示とハード・コピー

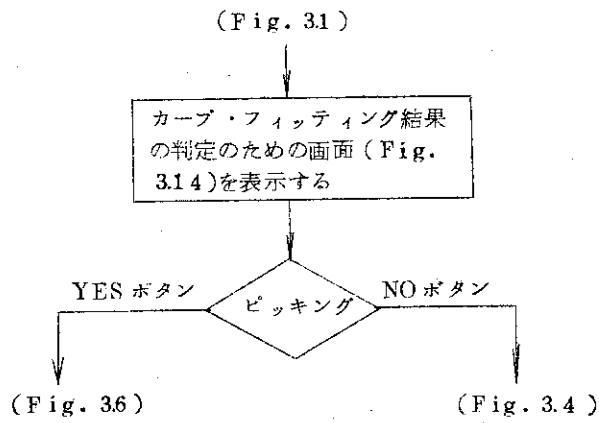


Fig. 3.3 カーブ・フィッティング結果の判定

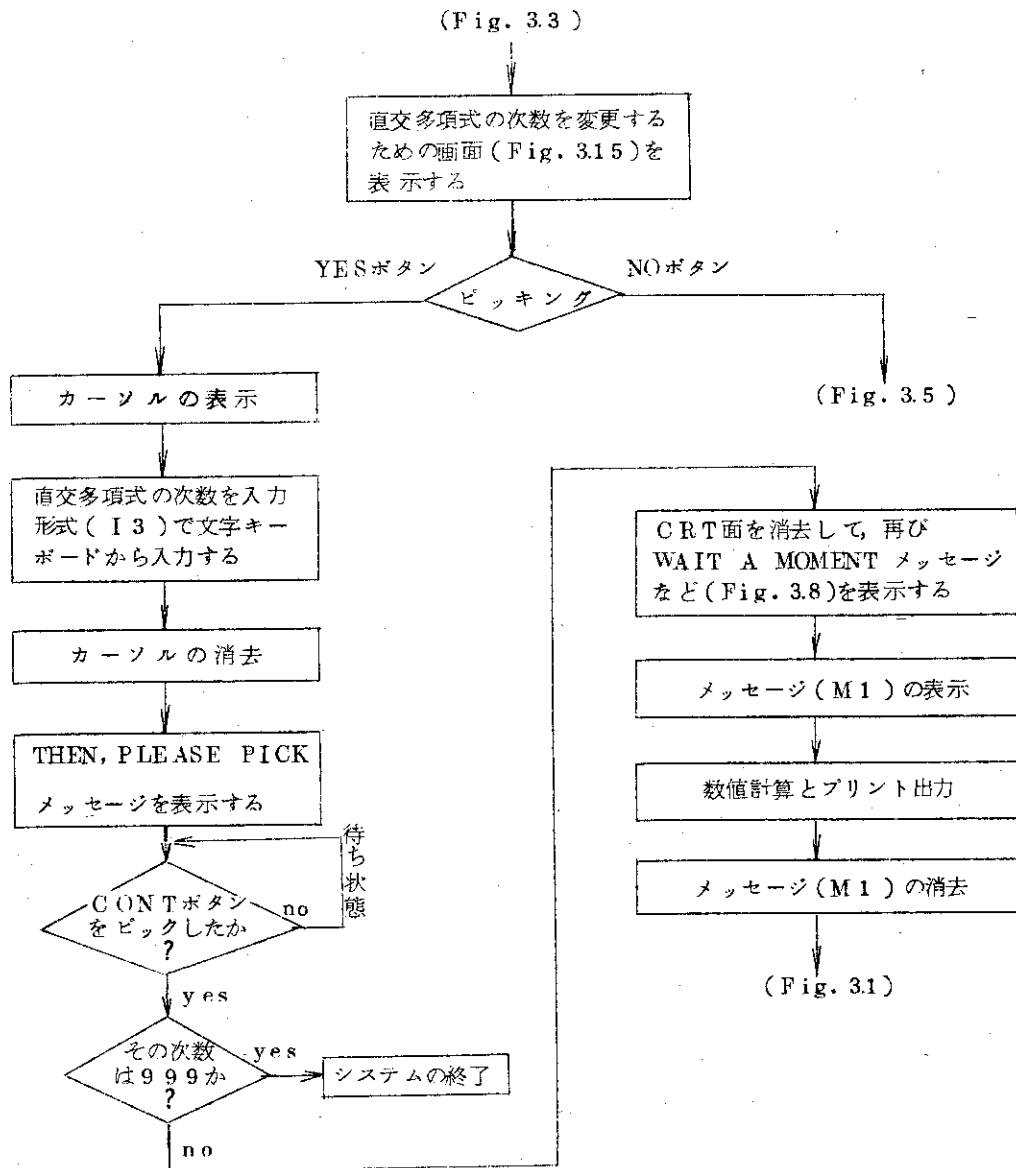


Fig. 3.4 文字キーボードによる直交多項式の次数の変更とそれによる再計算

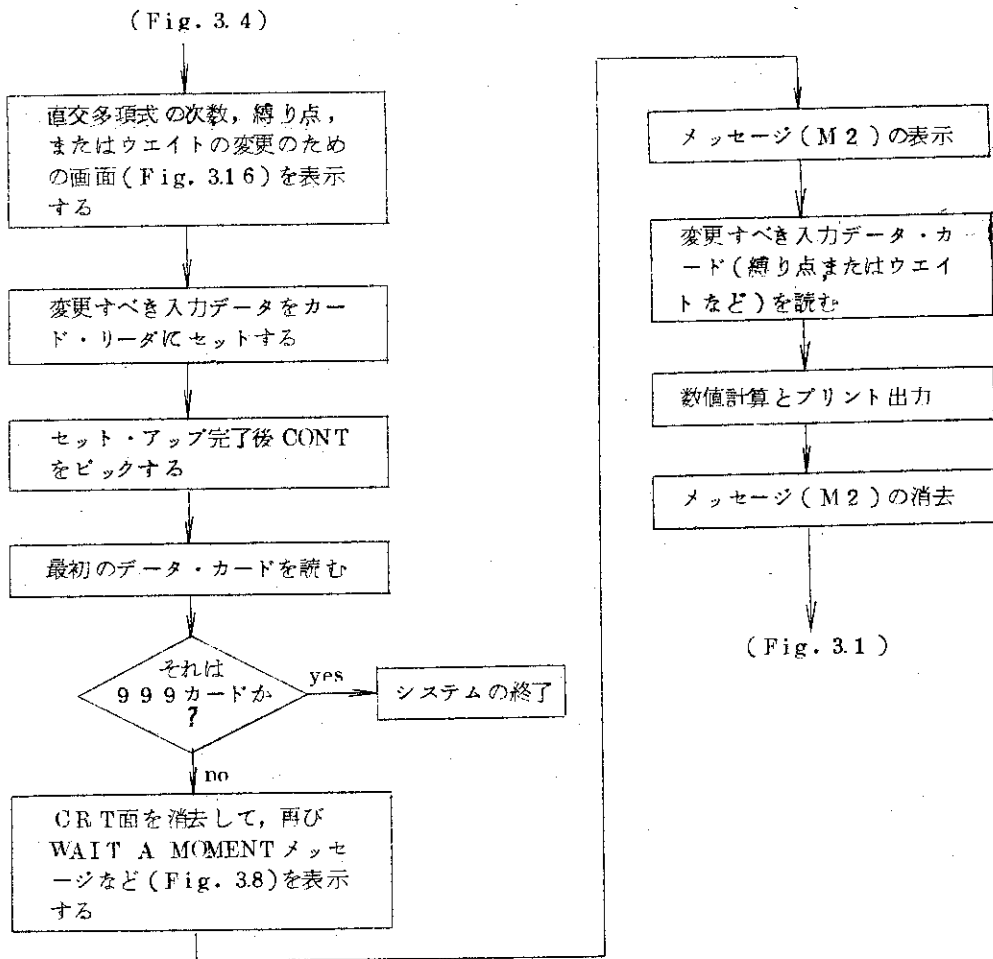


Fig. 3.5 直交多項式の次数, 縛り点, またはウエイトのカード・リーダーからの変更とそれによる再計算

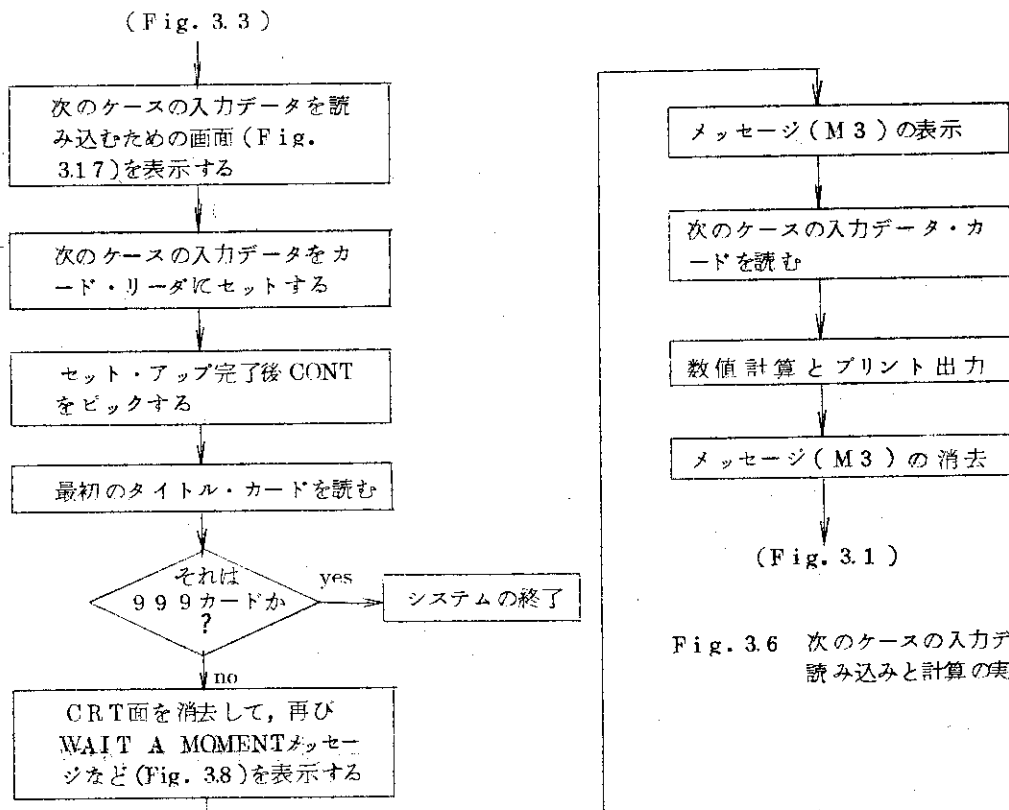


Fig. 3.6 次のケースの入力データの読み込みと計算の実行

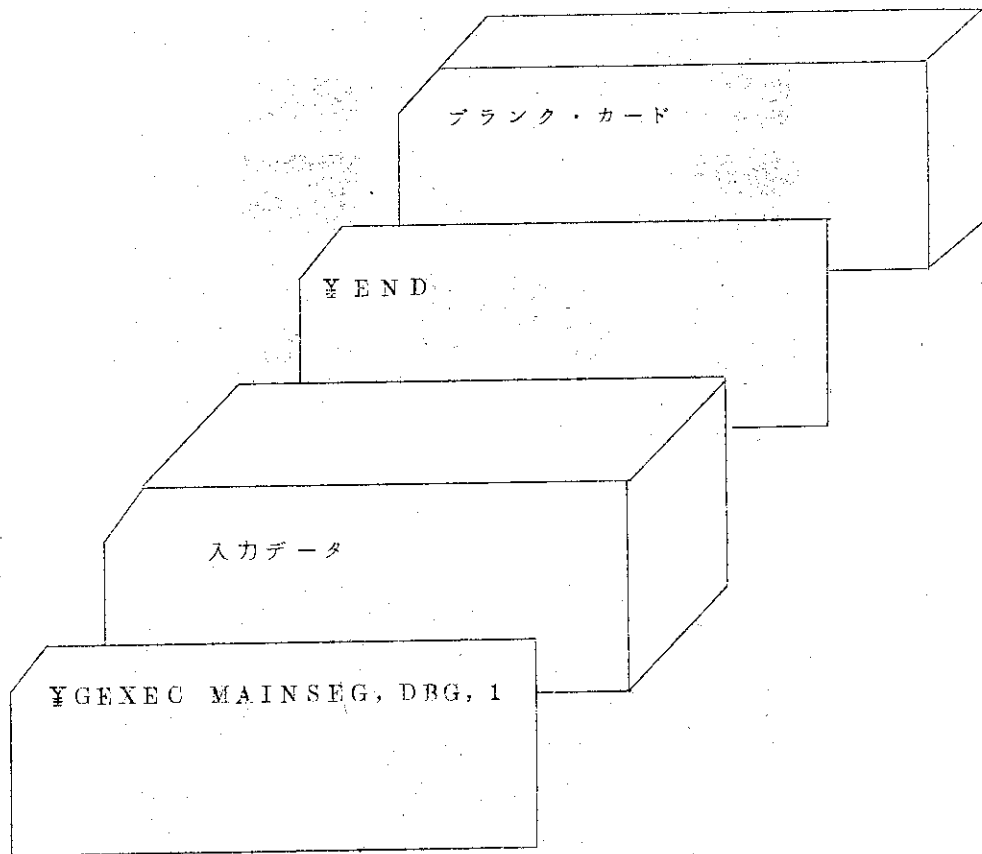


Fig. 3.7 グラフィック・ジョブにおける入力カードのセット・アップ

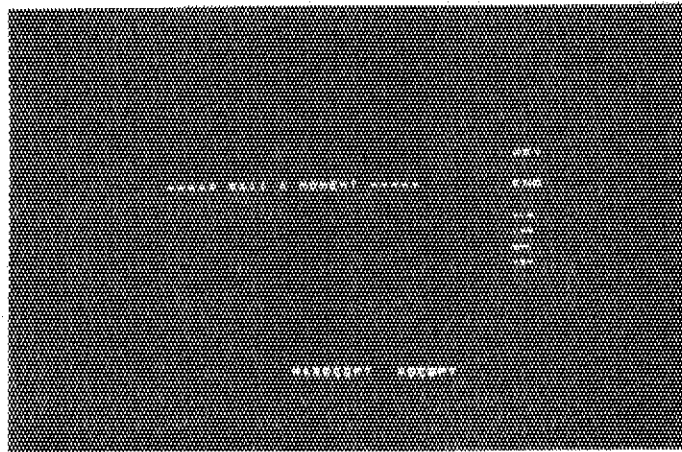


Fig. 3.8 PGS 用ボタンとメッセージの表示

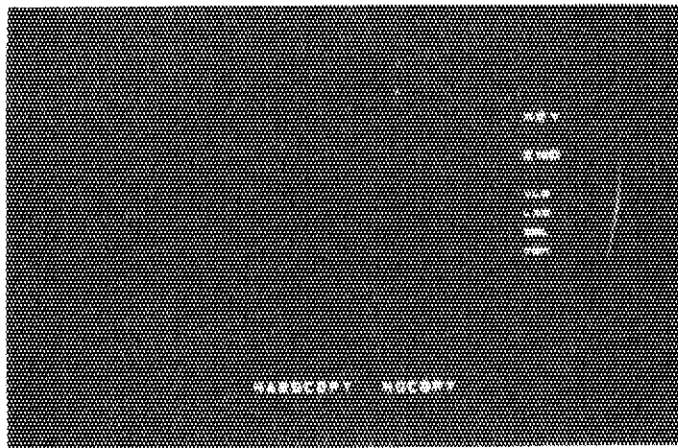


Fig. 3.9 WAIT A MOMENTメッセージの消去

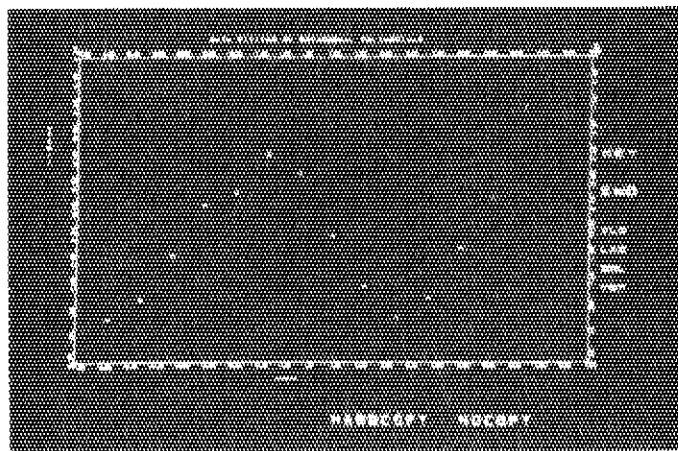


Fig. 3.10 生データの表示

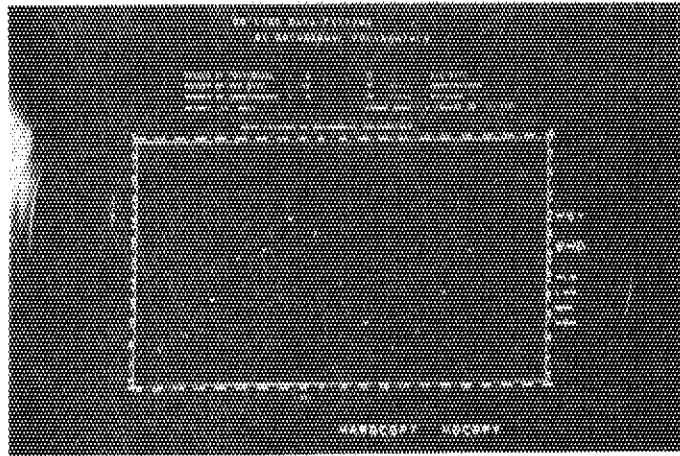


Fig. 3.11 誤差ノルムなどの表示

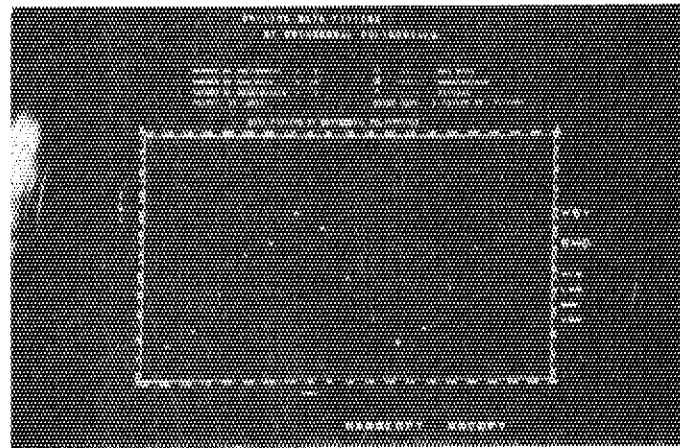


Fig. 3.12 縛り点の表示

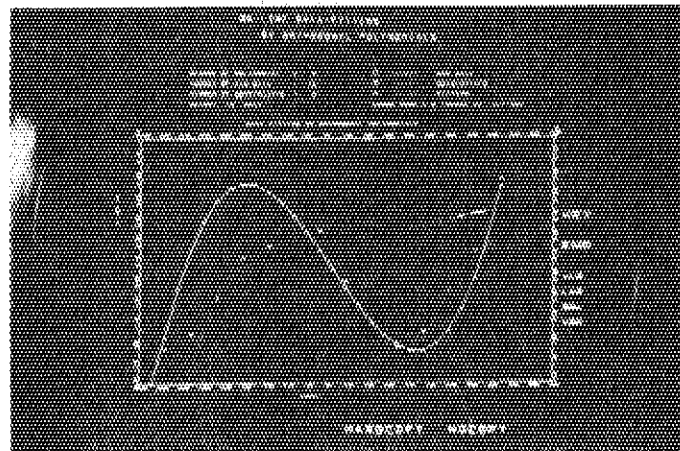


Fig. 3.13 関数値の表示

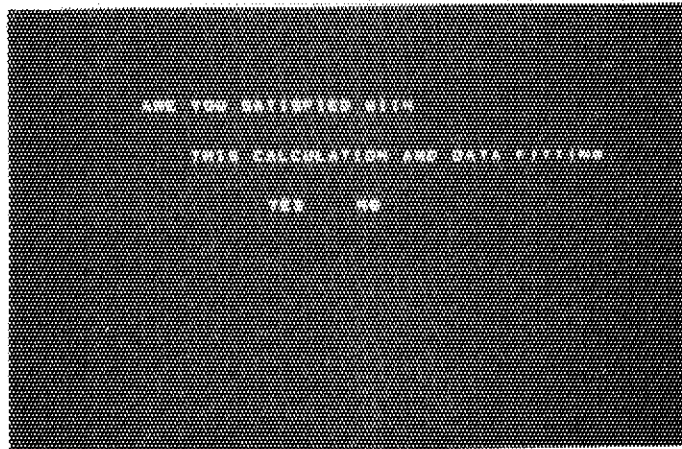


Fig. 3.14 フィッティング結果の判定

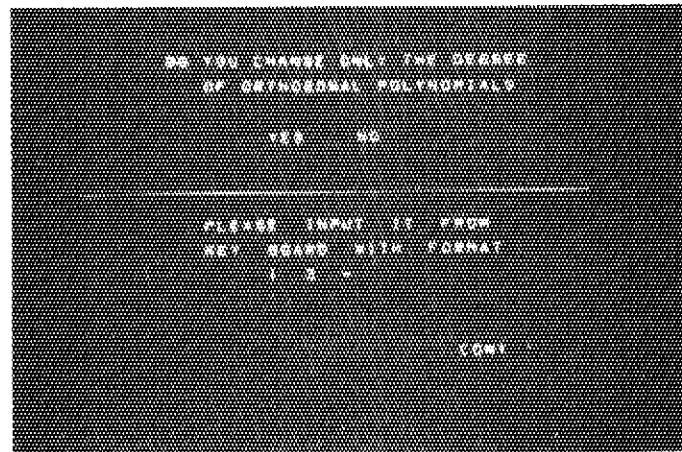


Fig. 3.15 文字キーボードによる次数の変更

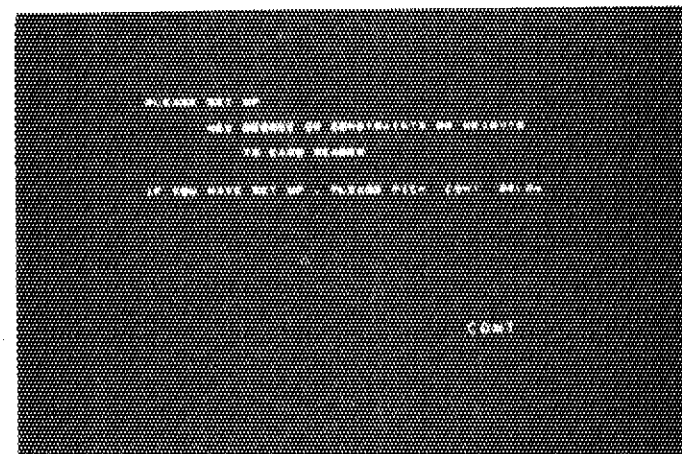


Fig. 3.16 カード・リーダーによる一部データの変更

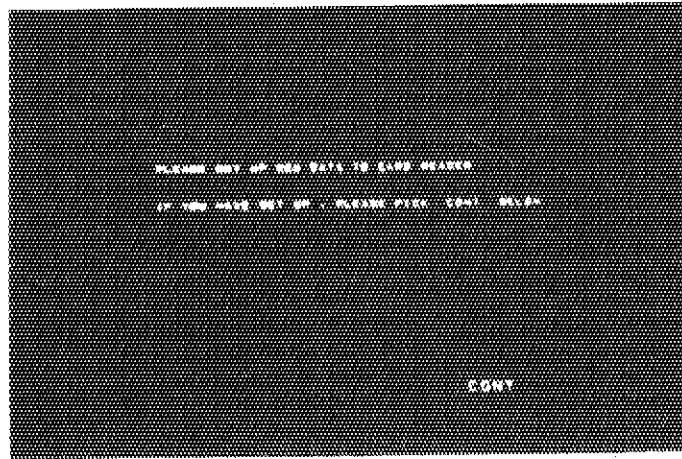


Fig. 3.17 次のケースの実行



## 4. 入力データ

GCRVFIT の入力データを Table 4.1 に示す。これはカーブ・フィッティングに関する数値計算のために必要な入力データである。GCRVFIT を実行する場合、Table 4.1 の入力データの他に、さらにつぎのような2種類の入力データが必要である。

### 4.1 ジョブ・ヘッダー・カード

これは、ハード・コピー用の入力データ<sup>8)</sup>であり、このカードの内容は、ハード・コピー用のプロッタ・テープがプロットされる時、ジョブの区別をするジョブ・ヘッダとしてプロットされる。したがってハード・コピーをとる場合は必ず入力しなければならない。しかしハード・コピーを全然とらない場合は不要である。そのかわり、グラフィック・ディスプレイ装置のASWスイッチ8番をオンとする。

ジョブ・ヘッダ・カードはグラフィック・ジョブの実行制御文 $\forall$  GEXEC の次で、かつ Table 4.1 の入力データに先行して入力されなければならない。しかし1ジョブに対して1回のみでよく、その入力形式は(8A4)である。

### 4.2 座標軸用タイトル・カード

すでに3.2 や3.4で述べたように、CRT面に表示される生データのグラフについて、そのx座標軸、y座標軸、およびグラフ表題用のタイトル・カード<sup>14)</sup>3枚の入力が必要である。これらのカードはTable 4.1の入力データの後に続けて入力する。1ケースの生データに対して1回のみでよい。入力形式はそれぞれ(10A4)であり、ブランク・カードが入力されてもかまわない。

これら3枚のカードは、汎用グラフ表示サブルーチンGPLOT2によってその入力が要求される。ただし、生データを変えず、直交多項式の次数、縛り点、またはウエイトの変更による再計算の場合は不要である。

つぎのFig. 4.1に入力データのセット・アップの仕方を示す。次のケースの入力データに関するカーブ・フィッティングを実行する場合は、③から①と同じ形式で入力する。生データをそのままとして直交多項式の次数、縛り点、またはウエイトを変更する場合は、③から②と同じ形式で入力し、座標軸用タイトル・カードは入力しない。

Table 4.1 GCRVFITの入力データ

項番号	FORMAT	記号	説明
1	20A4	(CMT(J), J=1, 20)	ジョブのタイトル・カード・2ケース目以降の計算で999カードのときは、システムの終了となる
2	2I6	M, IR	M: 生データ( $X_{1i}, Y_{1i}$ )の個数 ( $\leq 200$ ) IR: 近似直交多項式から関数値を計算するためのx座標値( $Z_i$ )の個数 ( $\leq 200$ )
3	6E12.5	(X1(I), I=1, M)	M個の生データのx座標値
4	6E12.5	(Y1(I), I=1, M)	M個の生データのy座標値
5	12F6.2	(Z(I), I=1, IR)	IR個のx座標値, IR=0のときは不要
6	4I6	K, N, KWCHK, JK	K: 縛り点( $A_i, R_i$ )の個数 ( $\leq 200$ ) 2ケース目以降の計算で999カードのときは、システムの終了となる N: 求めようとする直交多項式の次数 KWCHK = 0: unit weight 1: unequal weight JK: 現在未使用なので0またはblankでよい
7	6E12.5	(A(I), I=1, K)	K個の縛り点のx座標値, K=0のときは不要
8	6E12.5	(R(I), I=1, K)	K個の縛り点のy座標値, K=0のときは不要
9	12F6.2	(W1(I), I=1, M)	M個の生データにかかるweight KWCHK=0のときは不要

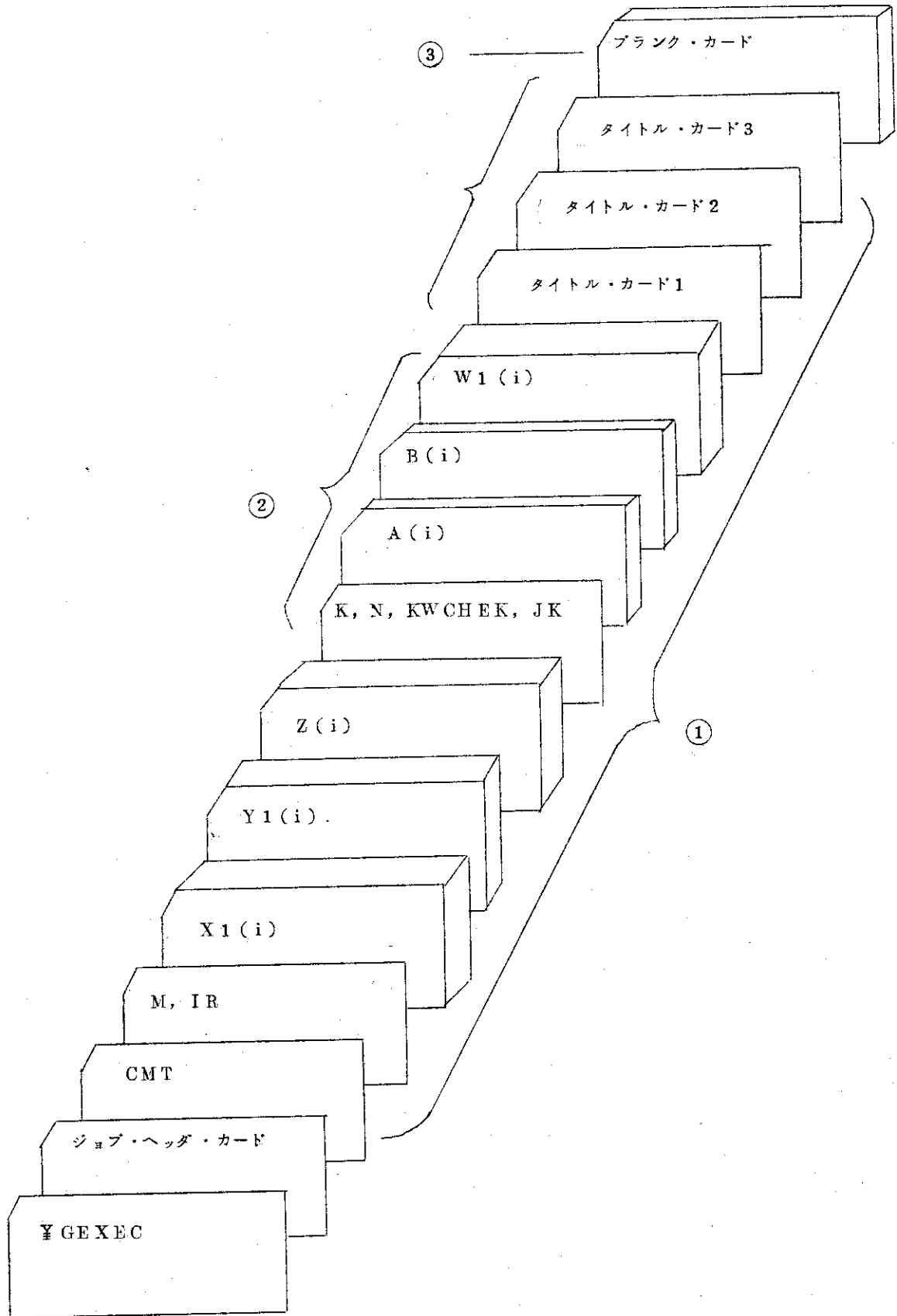


Fig. 4.1 GCRVFITにおける入力データのセット・アップ

## 5. 使用例

GCRVFITの入力データとして参考文献1)の生データを使用し、4ケース分実行させた結果を、入力データのリスト、出力データのリスト、およびハード・コピー図で示す。

入力データのリストはTable 5.1に示すが、これはカード・リーダーから入力されるデータ3ケース分を含む。

第1ケースは、15個の生データを3次の直交多項式でカーブ・フィッティングする。

第2ケースは、生データをそのままとして、直交多項式の次数のみを5次に変更する。

第3ケースは、生データをそのままとして、3次の直交多項式と2個の縛り点つきでカーブ・フィッティングする。

第4ケースは、Table 5.1には含まれていないが、第3ケースの生データと縛り点をそのままとして、直交多項式の次数のみを文字キーボードから5次に変更する。

出力データのリストは第1ケースのみTable 5.2に示す。各ケースのハード・コピー図はFig. 5.1~Fig. 5.4に示す。

Table 5.1 入力データのリスト

```

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8
*GEXFC MAINSEG+DBG,1
447-03 /Y.NAKAMURA /GCRVFIT
CURVE FITTING BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS
15 29
-7.00 -6.00 -5.00 -4.00 -3.00 -2.00
-1.00 +0.00 +1.00 +2.00 +3.00 +4.00
+5.00 +6.00 +7.00
+0.00 +0.70 +1.00 +1.70 +2.50 +2.70
+3.30 +3.00 +2.00 +1.20 +0.70 +1.00
+1.80 +2.60 +4.00
-7.0 -6.5 -6.0 -5.5 -5.0 -4.5 -4.0 -3.5 -3.0 -2.5 -2.0 -1.5
-1.0 -0.5 +0.0 +0.5 +1.0 +1.5 +2.0 +2.5 +3.0 +3.5 +4.0 +4.5
+5.0 +5.5 +6.0 +6.5 +7.0
0 3 0 0
X-DATA
Y-DATA
DATA FITTING BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS
0 5 0 0
2 3 0 0
-1.00 3.00
3.30 0.75
999
*END
    
```

Table 5.2 出力データのリスト

CURVE FITTING BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

(DEGREE OF POLYNOMIAL = 3)

(NUMBER OF RAW DATA = 15)

\*\* RAW DATA AND WEIGHTS ARE ...

I	X(I)	Y(I)	W(I)
1	-0.70000E 01	0.0	0.10000E 01
2	-0.60000E 01	0.70000E 00	0.10000E 01
3	-0.50000E 01	0.10000E 01	0.10000E 01
4	-0.40000E 01	0.17000E 01	0.10000E 01
5	-0.30000E 01	0.25000E 01	0.10000E 01
6	-0.20000E 01	0.27000E 01	0.10000E 01
7	-0.10000E 01	0.33000E 01	0.10000E 01
8	0.0	0.30000E 01	0.10000E 01
9	0.10000E 01	0.20000E 01	0.10000E 01
10	0.20000E 01	0.12000E 01	0.10000E 01
11	0.30000E 01	0.70000E 00	0.10000E 01
12	0.40000E 01	0.10000E 01	0.10000E 01
13	0.50000E 01	0.18000E 01	0.10000E 01
14	0.60000E 01	0.26000E 01	0.10000E 01
15	0.70000E 01	0.40000E 01	0.10000E 01

\*\* THERE ARE NO CONSTRAINTS.

CURVE FITTING BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

(DEGREE= 3)

\*\* COEFFICIENTS ARE ...

C( 0)= 0.21003619E 01  
 C( 1)=-0.32323553E 00  
 C( 2)=-0.11805106E-01  
 C( 3)= 0.12981817E-01

\*\* EVALUATION FOR GIVEN X(I)

X	F(X)
-0.70000E 01	-0.66820264E 00
-0.65000E 01	0.13749572E 00
-0.60000E 01	0.81071892E 00
-0.55000E 01	0.13612032E 01
-0.50000E 01	0.17986849E 01
-0.45000E 01	0.21325004E 01
-0.40000E 01	0.23735861E 01
-0.35000E 01	0.25304784E 01
-0.30000E 01	0.26133136E 01
-0.25000E 01	0.26318280E 01
-0.20000E 01	0.25957580E 01
-0.15000E 01	0.25148401E 01
-0.10000E 01	0.23988106E 01
-0.50000E 00	0.22574057E 01
0.0	0.21003619E 01
0.50000E 00	0.19374157E 01
0.10000E 01	0.17783031E 01
0.15000E 01	0.16327608E 01
0.20000E 01	0.15105250E 01
0.25000E 01	0.14213321E 01
0.30000E 01	0.13749185E 01
0.35000E 01	0.13810205E 01
0.40000E 01	0.14493744E 01
0.45000E 01	0.15897167E 01
0.50000E 01	0.18117837E 01
0.55000E 01	0.21253119E 01
0.60000E 01	0.25400374E 01
0.65000E 01	0.30656967E 01
0.70000E 01	0.37120262E 01

(ERROR NORM = 0.4085258E 01 (L-TWO) )

CURVE FITTING BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

\*\*\*\* SUBROUTINE Gplot2 START \*\*\*\*

IPLT	IMAX3	WITHX	WITHY	IP	NP	IST	MSCALE	RATIOX	RATIOY
1	18	400.000	240.000	0	1	1	0	0.4000E 03	0.2400E 03

Y-DATA  
 Y-DATA

DATA FITTING BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

\*\*\*\* SUBROUTINE Gplot2 END \*\*\*\*

\*\*\*\* SUBROUTINE Gplot2 START \*\*\*\*

IPLT	IMAX3	WITHX	WITHY	IP	NP	IST	MSCALE	RATIOX	RATIOY
0	32	400.000	240.000	1	2	1	0	0.4000E 03	0.2400E 03

\*\*\*\* SUBROUTINE Gplot2 END \*\*\*\*

ON-LINE DATA-FITTING  
BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

DEGREE OF POLYNOMIAL = 3      ○      RAW DATA  
 NUMBER OF RAW DATA = 15      \*      CONSTRAINTS  
 NUMBER OF CONSTRAINTS = 0      △      FITTING  
 WEIGHT IS UNIT  
 ERROR NORM = 0.40953E 01 (L-TWO)

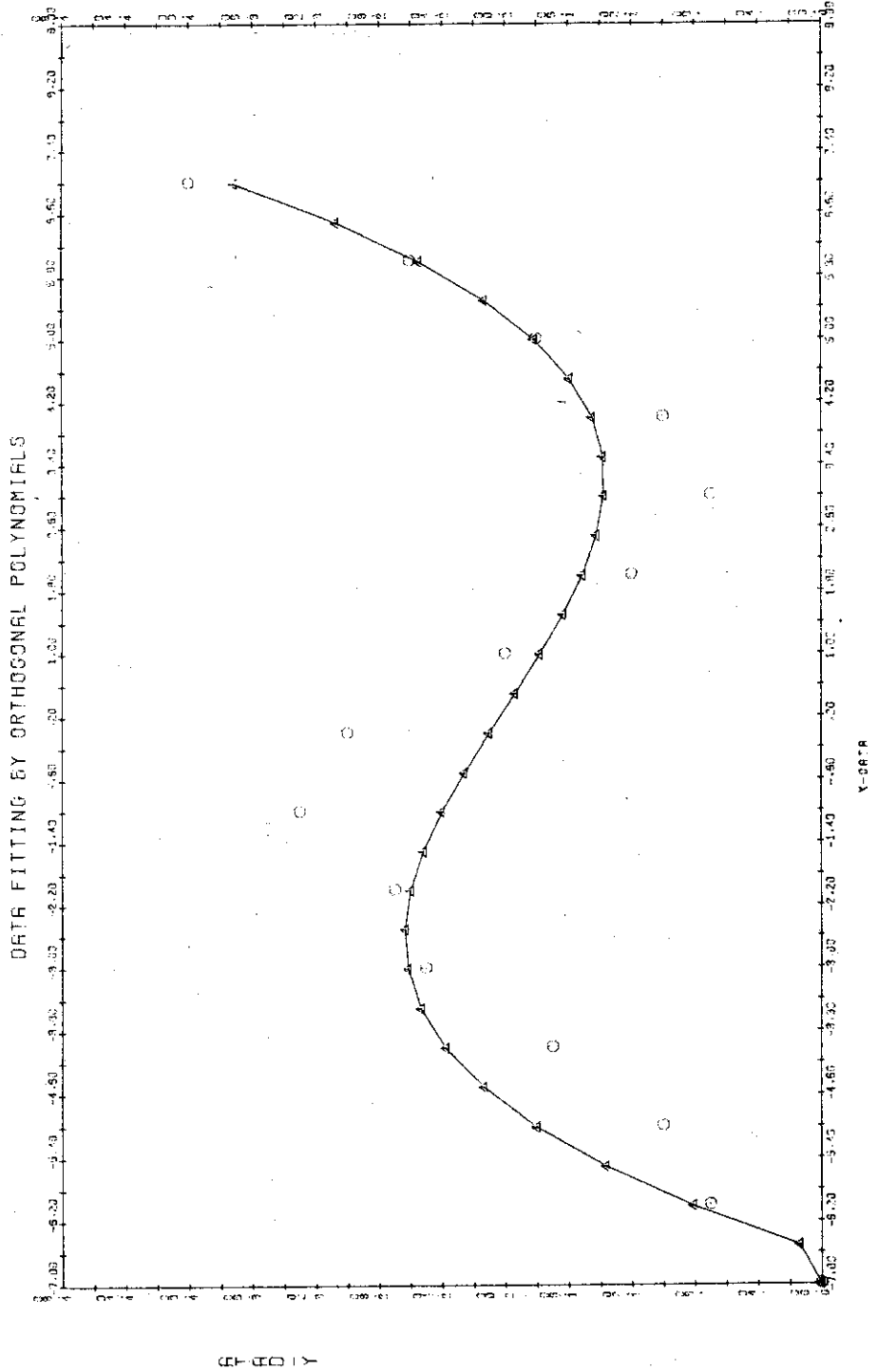


Fig. 5.1 第1ケースのヘッド・コピー

ON-LINE DATA-FITTING  
BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

DEGREE OF POLYNOMIAL = 5  
 NUMBER OF RAW DATA = 15  
 NUMBER OF CONSTRAINTS = 0  
 WEIGHT IS UNIT  
 RAW DATA  
 CONSTRAINTS  
 FITTING  
 ERROR NORM = 0.95135E 00 (L-TWO)

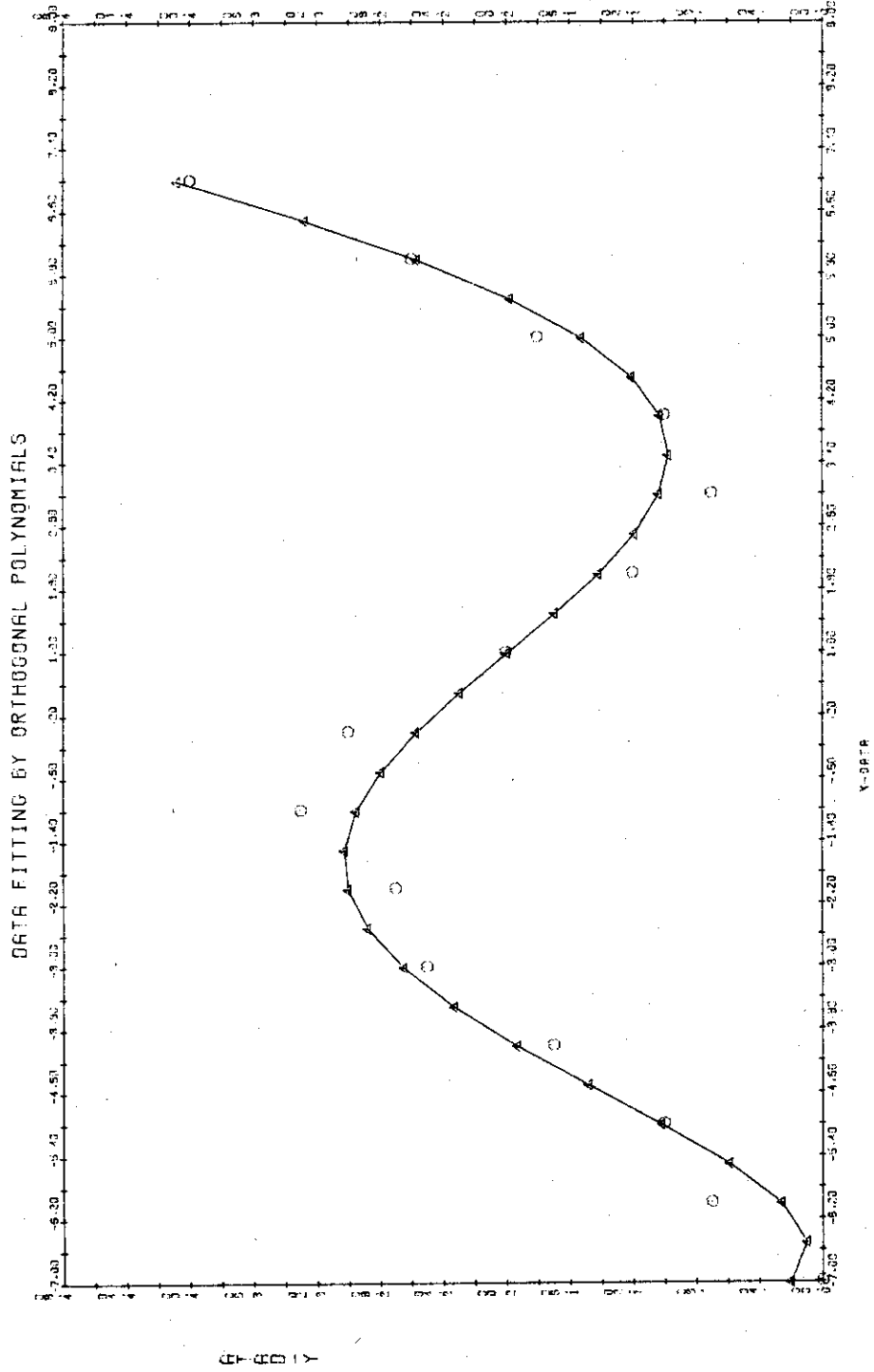


Fig. 5.2 第2ケースのヘッド・コピー

ON-LINE DATA-FITTING  
BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

DEGREE OF POLYNOMIAL = 3  
 NUMBER OF RAW DATA = 15  
 NUMBER OF CONSTRAINTS = 2  
 WEIGHT IS UNIT  
 ERROR NORM = 0.13463E 02 (L-TWO)

○ RAW DATA  
 \* CONSTRAINTS  
 △ FITTING

DATA FITTING BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

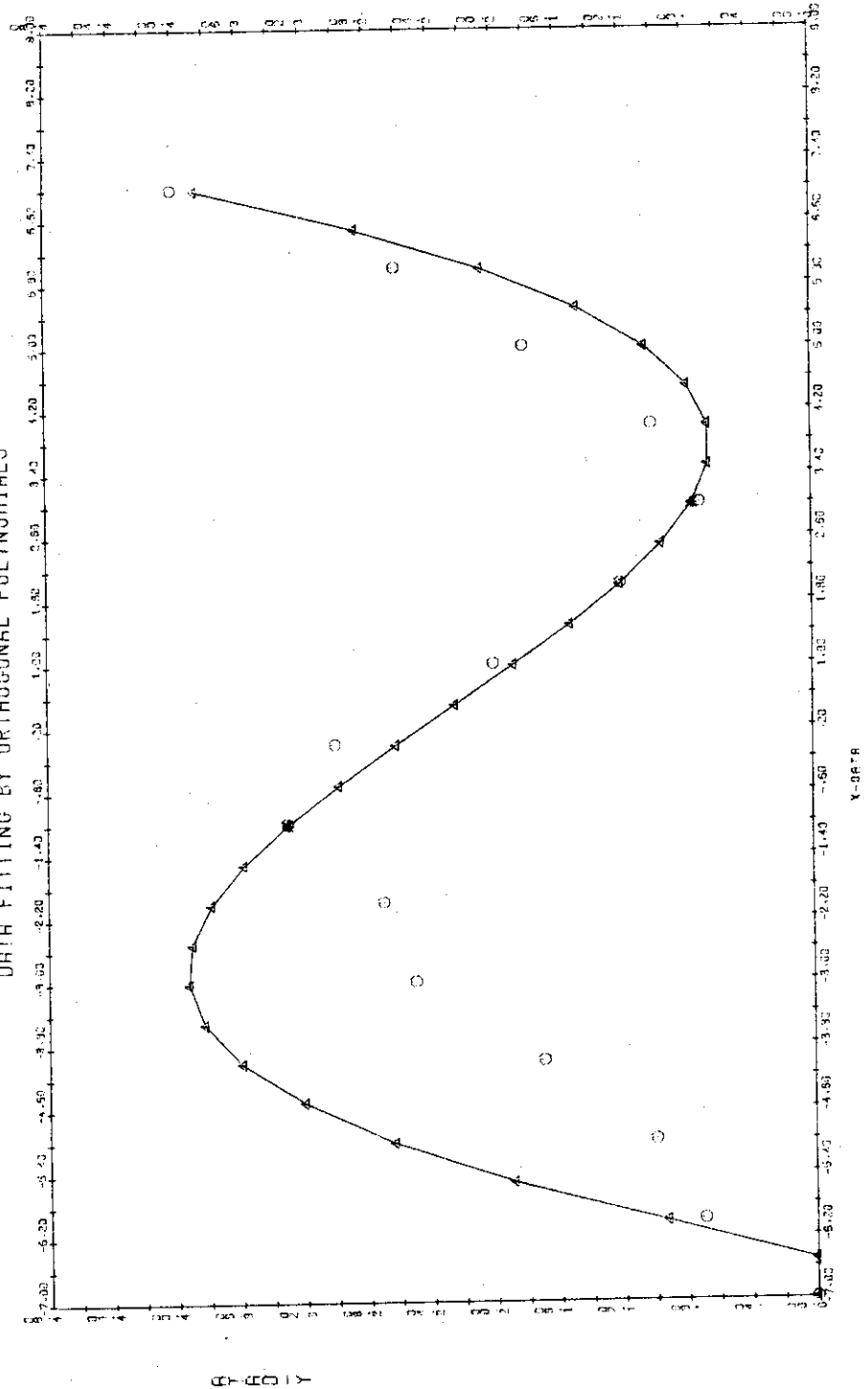


Fig. 5.3 第3ケースのハード・コピー



ON-LINE DATA-FITTING  
BY ORTHOGONAL POLYNOMIALS

DEGREE OF POLYNOMIAL = 5  
 NUMBER OF RAW DATA = 15  
 NUMBER OF CONSTRAINTS = 2  
 WEIGHT IS UNIT  
 ERROR NORM = 0.16547E 01 (L-TWO)

○ --- RAW DATA  
 \* --- CONSTRAINTS  
 △ --- FITTING

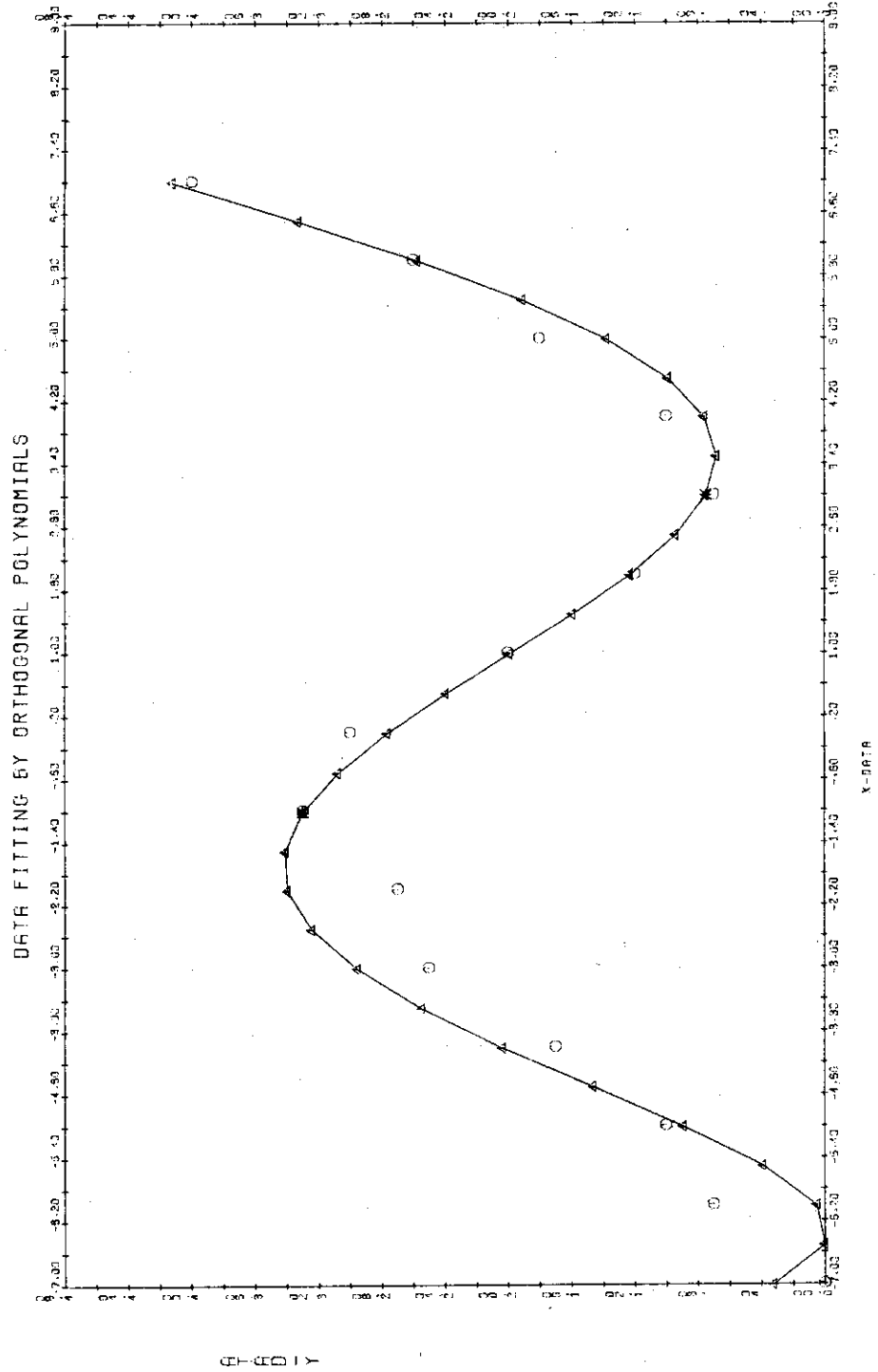


Fig. 5.4 第4ケースのハート・ヨビー

## 6. プログラムの構成

グラフィック・プログラム GCRVFIT は、FORTRAN で約 4,500 文からなり、Fig. 6.1 に示すようなセグメント構造（オーバレイ構造でもある）を成す。ここでは以下、GCRVFIT プログラムを構成する各種のサブルーチンについてその機能を説明する。

### (1) GCRVFT

これは GCRVFIT プログラムのメイン・プログラムで、グラフィック・ディスプレイによるカーブ・フィッティング処理全体を制御する。すなわち、カーブ・フィッティングに関する数値計算、計算結果のグラフ表示、文字キーボードやカード・リーダーによるオンライン・データ変更、およびライトペンによるシステム・フローのコントロールなどを行なう。

### (2) CRTFIT

これはカーブ・フィッティングに関する数値計算関係の処理を行なう。すなわち、入力データの読み込み、つぎの CRVFIT サブルーチンの呼び出し、および入力データや計算結果のプリント出力を行なう。

### (3) カーブ・フィッティング・ルーチン

( CRVFIT, EVALUE, CODA, GEFYT )

これは直交多項式を用いた最小二乗法によるカーブ・フィッティング計算を行なう。

### (4) 汎用グラフ表示ルーチン

( GPLOT2, SEPT, LSCALE, FLPLOT, TITLEP, FSCALE, PLTCL, CHAINP, BLKSEP )

これはプロッタ用の汎用グラフ作成ルーチン GPLOT1<sup>14)</sup> を PGS ルーチンによってグラフィック化し、さらにカーブ・フィッティング目的用に改良したものである。

### (5) 接続ルーチン

( PLOTS, PLOT, SYMBOL, NUMBER, SCALE, AXIS, OFFSET )

これは LINE, FACTOR, WHERE ルーチンと共に、接続サブルーチン・パッケージ<sup>8), 13)</sup> を構成する。これはプロッタ・ルーチンではなく、次の PGS ルーチンとの接続の役目をするものである。

### (6) PGS ルーチン

( GPLOTS, GPLOT, GSYMBL, GNUMBR, GSCALE, GAXIS, GOFFST )

これは GLINE, GFACTR, GWHERE ルーチンと共に、PGS サブルーチン・パッケージ<sup>8), 13)</sup> を構成する。PGS ルーチンは接続ルーチンと一緒に、プロッタ・プログラムをほとんどそのままの形でグラフィック・プログラムとして実行可能とする。

### (7) ハード・コピー・ルーチン

( HDMOVE, HDCOPY, DRREAD, CMDANL, BITON, BSHIFT, LINEST, LINTYP )

これはCRT面に表示されている図形のハード・コピーをプロッタへ出力可能とするサブルーチン・パッケージ<sup>8), 13)</sup>であり、富士通(株)より提供されたものである。

(8) プロッタ・ルーチン

(XPLOTS, XPLOT, BUFF, PLTHED, NEWPEN, XSYMBL, XNUMBR, XWHERE)

これはXSCALE, XAXIS, XLINE ルーチンと共に、プロッタのサブルーチン・パッケージ<sup>8), 13)</sup>を構成する。FACOM230-35ROS 用のプロッタ・ルーチン<sup>15)</sup>は、標準のプロッタ・ルーチン<sup>4), 5)</sup>の前にXをかぶせ、接続ルーチンやPGSルーチンとの区別をしている。

(9) I/O ルーチンなど

(MTPRO, SYSCON)

MTPROは、FACOM230-35ROS の非標準 I/O サブルーチン・パッケージ<sup>15)</sup>である。これはプロッタ・テープの出力ルーチン<sup>5)</sup>として使用されている。SYSCONは、日付取出しルーチン(DATE)である。

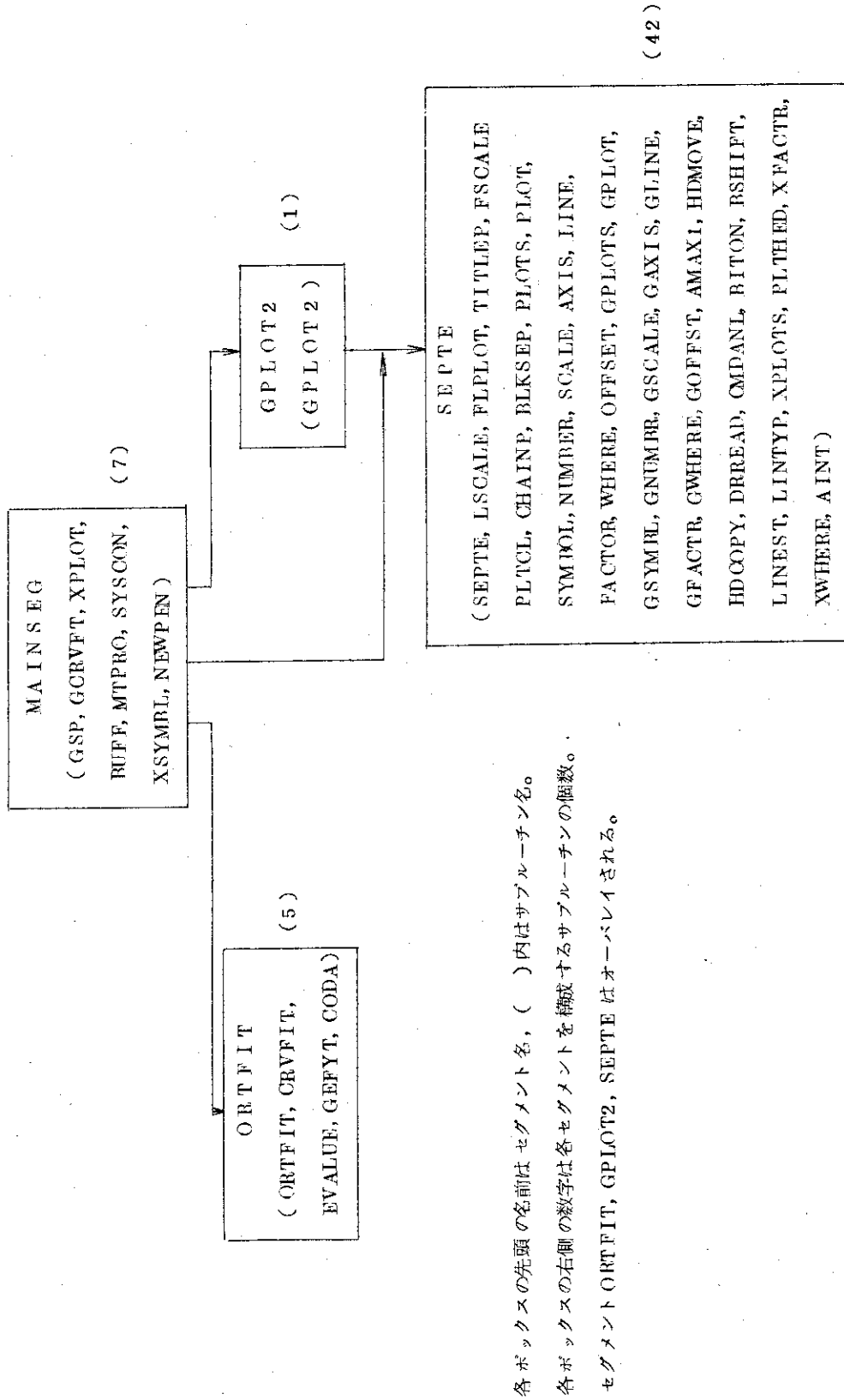
(10) 基本関数

(AMAX1, AINT)

これらの基本関数は、FACOM230-35ROS FORTRAN<sup>16)</sup>にはないので、著者らが作成し組込んだ。

(11) GSP ルーチン

これはライトペン、文字キーボード、ファンクション・キーボードおよび図形表示などの処理を行なうためのグラフィック・ディスプレイの基本的なサブルーチン・パッケージ<sup>7)</sup>であり、富士通(株)より提供されたものである。



各ボックスの先頭の名前はセグメント名，( )内はサブルーチン名。  
 各ボックスの右側の数字は各セグメントを構成するサブルーチン数の個数。  
 セグメント ORTFIT, GPLOT2, SEPTE はオーバーレイされる。

Fig. 6.1 GCRVFITプログラムのセグメント構造

## 7. お わ り に

GORVFITは、FACOM230-35ROSの下でカーブ・フィッティング関係にグラフィック・ディスプレイが最初に応用された計算システムである。このシステムは、グラフィック操作が簡単であり、計算時間がかからない利点がある。

グラフィック操作が簡単なのは、データの入力や変更がカード・リーダーからオンライン・リアルタイムで可能となっているためである。計算時間については、数値計算が入出力も含めて1ケース約20秒、グラフ表示が約40秒（再表示の場合は2～3秒）、ハード・コピーが1画面平均10秒程度である。

GORVFITプログラムにはその実行形式プログラム・テープが用意されているので、使用者は何らのグラフィック・プログラミングなしで、入力データのみ用意すればGORVFITが利用できるようになっている。

さらに、グラフィック・ディスプレイが1973年1月からFACOM230-35ROSとFACOM230-60の両計算機から切替使用が可能となってからは、GORVFITプログラムはFACOM230-60甲にも変換、整備され、FACOM230-60でも使用可能となっている。

FACOM230-60の場合、FACOM230-35ROSに比べその計算処理が数倍速いので使用者の待ち時間は大巾に短縮される。

しかし、カード・リーダーが実行時オンラインで利用できないため、使用者はスタックの際、予め入力データを全部そろえて入力する必要がある。またプリンタもオンライン利用ができないので、今後はそれらをグラフィック・ディスプレイでカバーすべく、グラフィック処理の充実化を検討している。

## 謝 辞

本システムの開発に際し、数値計算等で種々お世話になった数値解析研究室の堀上邦彦氏に深く感謝致します。

## 7. お わ り に

GCRVFITは、FACOM230-35ROSの下でカーブ・フィッティング関係にグラフィック・ディスプレイが最初に応用された計算システムである。このシステムは、グラフィック操作が簡単であり、計算時間がかからない利点がある。

グラフィック操作が簡単なのは、データの入力や変更がカード・リーダーからオンライン・リアルタイムで可能となっているためである。計算時間については、数値計算が入出力も含めて1ケース約20秒、グラフ表示が約40秒（再表示の場合は2～3秒）、ハード・コピーが1画面平均10秒程度である。

GCRVFITプログラムにはその実行形式プログラム・テープが用意されているので、使用者は何らのグラフィック・プログラミングなしで、入力データのみ用意すればGCRVFITが利用できるよになっている。

さらに、グラフィック・ディスプレイが1973年1月からFACOM230-35ROSとFACOM230-60の両計算機から切替使用が可能となつてからは、GCRVFITプログラムはFACOM230-60用にも変換、整備され、FACOM230-60でも使用可能となっている。

FACOM230-60の場合、FACOM230-35ROSに比べその計算処理が数倍速いので使用者の待ち時間は大巾に短縮される。

しかし、カード・リーダーが実行時オンラインで利用できないため、使用者はスタックの際、予め入力データを全部そろえて入力する必要がある。またプリンタもオンライン利用ができないので、今後はそれらをグラフィック・ディスプレイでカバーすべく、グラフィック処理の充実化を検討している。

## 謝 辞

本システムの開発に際し、数値計算等で種々お世話になつた数値解析研究室の堀上邦彦氏に深く感謝致します。

## 参 考 文 献

- 1) 堀上邦彦： Private communication
- 2) 鈴木忠和： Private communication
- 3) 堀上邦彦，辻本巖：任意初等関数の発生方法およびその応用プログラム：LSQR，  
JAERI-M 4703, 1972年2月
- 4) 計算センタ（原研）： Private communication
- 5) 計算センタ（原研）： Private communication
- 6) 富士通（株）：FACOM6233Aハードウェア解説書，1971年3月
- 7) 富士通（株）：FACOM230-25/35ROS GSP文法編，1971年4月
- 8) 中村康弘，小沼吉男，小林健介，鈴木忠和：グラフィック・ディスプレイの使い方と各種  
グラフィック・プログラムの概要（F230-35ROS），JAERI-M  
（to be published）
- 9) Smith L.B.： The Use of Interactive Graphics To Solve Numerical  
Problems, C.ACM 13, 10 (Oct. 1970), 625-634
- 10) Lafata, P., and Rosen, J.B. An Interactive Display for Approxima-  
tion by Linear Programming, C.ACM 13, 11 (Nov. 1970), 651-659
- 11) 富士通（株）：FACOM230-25/35 ROS 解説編，1970年4月
- 12) 中村康弘，小林健介，鈴木忠和，小沼吉男：グラフィック・ディスプレイのカーブ・フィ  
ッティングへの応用，第13回情報処理学会大会予稿集，1972年12月
- 13) 中村康弘，小沼吉男，小林健介，鈴木忠和：プロッタ・プログラムをグラフィック・プロ  
グラムとして利用する方法，第13回情報処理学会大会予稿集，1972年12月
- 14) 長谷川 明：汎用グラフ作成サブルーチンGPLOT1，自動グラフ作成コードGPLOT0  
の開発，JAERI-memo 4255（公開），1970年12月
- 15) 小沼吉男，中村康弘：FACOM230-35ROSのプロッタ・ルーチンと非標準磁気テープ  
入出力ルーチン，JAERI-M（to be published）
- 16) 富士通（株）：FACOM230-25/35 ROS FORTRAN 文法編 1971年5月