

JAERI - M  
86-183

核融合実験におけるデータ蓄積システム

1987年1月

高田 晋<sup>\*</sup>・松田 俊明・三浦 幸俊  
森 雅博・河上 知秀・的場 徹

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

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。  
入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.  
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division  
Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura,  
Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1987

編集兼発行 日本原子力研究所  
印 刷 いばらき印刷株

核融合実験におけるデータ蓄積システム

日本原子力研究所那珂研究所核融合研究部

高田 晋<sup>\*</sup>・松田俊明・三浦幸俊・森 雅博

河上知秀・的場 徹

(1986年12月10日受理)

核融合実験において収集したデータを適切に保存し、かつ有効に利用する方式について考察する。既存のトカマク型核融合実験装置におけるいくつかの計算機システムの紹介をして、データ蓄積システムとして持つべき機能と最適な利用形態について計算機分野からの見解をまとめる。この考察をもとに、JFT-2Mトカマク装置用のデータ蓄積システムを作成した。

---

那珂研究所：〒311-02 茨城県那珂郡那珂町大字向山801-1

\* 三菱電機東部コンピュータシステム株式会社

Data Storage System for Fusion Experiment

Susumu TAKADA<sup>\*</sup>, Toshiaki MATSUDA, Yukitoshi MIURA,  
Masahiro MORI, Tomohide KAWAKAMI and Tohru MATOBA

Department of Thermonuclear Fusion Research,  
Naka Fusion Research Establishment,  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Naka-machi, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 10, 1986)

An appropriate archiving and an effective using of experimental data are examined in the field of fusion research. Several computer systems in tokamak type fusion experimental devices are reviewed, and then, indispensable functions and optimum utilizing form of data storage system are discussed from the standpoint of computer technology. According to these considerations, the data storage system was made in the JFT-2M tokamak.

Keywords: Data Storage System, Fusion Experiment, Experiment Data, JFT-2M Tokamak.

---

\* On leave from Mitsubishi Electric Computer Systems Tokyo Co.

## 目 次

1.はじめに	1
2.分野別データ蓄積システム	2
2.1 データ蓄積システム	2
2.2 データ蓄積システムとしての基本機能	3
2.3 適用分野別での相違	4
3.核融合実験におけるデータ蓄積システム	7
3.1 Doublet-IIIにおける既存のデータ蓄積システムおよびJFT-2Mでの作成例	7
3.2 利用形態による分類	16
3.3 今後の展開	18
4.むすび	19
謝 辞	19
参考文献	19

CONTENTS

1. Introduction .....	1
2. Data Storage System for Various Fields .....	2
2.1 Data Storage System .....	2
2.2 Fundamental Functions in Data Storage System .....	3
2.3 Difference among Various Fields .....	4
3. Data Storage System for Fusion Experiment .....	7
3.1 Data Storage Systems in Doublet-III and JFT-2M .....	7
3.2 Classification by Utilizing Form .....	16
3.3 Future Prospect .....	18
4. Summary .....	19
Acknowledgements .....	19
References .....	19

## 1. はじめに

現在稼動中の各種核融合開発装置における計算機システムは装置の中核として非常に重要な役割を担っている。その利用形態は、データの解析処理といった局所的なものから実験データの収集から開発装置全体の制御まで総合的に計算機で行う大規模なものまで多種多様である。核融合開発装置は実用化に向けて数多くの研究がなされているが、その中で現在最も先進的であると言われているのがトカマク型の装置である。現在世界の3大トカマクとしてTFTR(米国), JET(EC), JT-60(日本)があり、中型装置としてPLT/PDX(米国), Doublet-III(日米核融合協力協定による共同研究), ASDEX(西独), JFT-2M(日本)などの各装置があるが、それぞれ特色のある計算機システムを構築している。これらの開発装置では計算機の利用によって大容量のデータを効率良く収集・処理することが可能になっている。

しかしながら核融合開発装置の特長として短時間のうちにできるだけ大量のデータを間欠的に収集するため、計算機を利用していても実験中にすべてのデータを解析し吟味し尽くすことは不可能な状況となっている。このため実験終了後のデータ解析が容易に行えるようデータを適切に保存し、かつ有効に利用する方式について考察することは極めて重要な意味を持っている。これまでの所、実験後のデータ管理・保存に主眼をおいて収集データの有効利用法について詳細に触れた文献は1,2の例しかない。また事務処理業務指向の強い現在のデータ蓄積システムに対し、研究開発分野ではどのような機能を備えるべきか、あるいはどんなシステム構成を行うべきかについて言及した文献は皆無に等しい。

本稿では、主として計算機分野から見た核融合実験におけるデータ蓄積システムとして持つべき機能、最適な利用形態について述べる。第2章においては、データ蓄積システムをその適用分野から眺め「事務処理向け」、「研究開発向け」での相違、問題点を整理する。第3章においては「研究開発分野向けデータ蓄積システム」に的を絞り、Doublet-IIIおよびJFT-2Mにおける計算機システムの紹介をまじえながら今後の展開を考える。第4章においては、むすびとして計算機分野と核融合開発分野の接点に関し所感をまとめる。

## 2. 分野別データ蓄積システム

この章では、まずデータを蓄積し利用するシステムとして一般にどのような機構が必須であるかについて考察し、ついでデータ蓄積システムをその適用分野の面から大きく2つに分類し、それぞれの特徴や問題点をまとめる。

### 2.1 データ蓄積システム

データを蓄積し、利用するシステムに関する機能について触れる前に、使用する用語の簡単な説明を行う。

計算機を用いてデータの蓄積作業を行なおうとした場合、必ず出会う用語としては「データベース (database)」がある。データベースという用語は誰がどういう意味で最初に使ったかは明らかではないが、1963年頃には既に使用されており経験的に発生した言葉である。また明確な定義があるわけでもなく、いろいろな場所で、また時代によって様々に解釈されながら使われてきたのが実状である。特に近年はパーソナル・コンピュータの普及に伴って、個人ベースのデータ整理用ソフトウェアが「データベース」という名称で氾濫するに至り、その言葉の意味は一層漠然としたものになってきた。<sup>1,2,3)</sup>

データベースの意味を最大公約数的に表現するならば以下の様にまとめることができる。従来のデータ処理システムは業務主体であり、データはその業務対応にそれぞれ個別の存在であった。しかし、各業務間に関連した処理が要求されるようになると、第1に処理データと処理システムとが密接な関係にあるため変更の必要な点が多いこと、第2に同一データが複数ファイルに重複して存在するため内容の不一致が発生しやすいこと、などの問題が発生する。そこでこれまで個別に存在していたデータを1つにまとめ、複数業務間でのデータの共用を図る目的で登場したのがデータベースである。しかし、データを共同ファイルに何でもかんでも放り込めばデータベース・システムである、というわけではない。データベースという共同ファイルを設定して、これを中心に利用者の多様な要求に応じられるシステム環境を提供して初めてデータベース・システムと呼ばれるようになるのである。従って次に挙げる項目を満足していなければ、データベースとは呼び難い。

- (1) 複数の業務・利用分野にわたって重複することなく関連するデータを組織的にまとめてファイルし、保全されたデータ群となっていること。
- (2) (1)のデータ群と、(1)のデータ群を処理するプログラムとは互いに独立していること。
- (3) (1)のデータ群へのデータ入力、変更、削除、お互の関連付け、検索などのデータ操作用言語が用意されていること。
- (4) 誰れにでも簡単に使えるデータベース照会言語が用意されていること。

次に説明するのは、「データバンク」という言葉である。この言葉の定義も非常に曖昧で、「情報や資料を共有利用可能な状態にまとめあげたもの」という意味で用いられている。この言

葉には、「膨大な情報量が蓄積されている」とか「一般公開されている」、「商用ベースの」などの色あいが強い。

3番目に説明するのは本稿で頻繁に用いる「データ蓄積システム」という用語の定義である。本稿では、この言葉を規模・実現方式その他についての概念を一切排除して考え、単にデータを蓄積・管理し、利用するためのシステム全般という意味で用いる。従って既存のデータベース・システムもデータバンク・システムもこの言葉の範疇に入ってしまう。本稿の目的は、研究開発分野でデータの蓄積・利用を行うには、どのような形態が使い易いかを考えることであり、そのためには考察の対象を幅広くとり、実現方式についても柔軟に対応していかなければならない。そういう意味で、漠然とした意味のわりに制約が大きすぎるデータベースという用語ではなくデータバンクの概念もとり込める「データ蓄積システム」という言葉を用いることは当を得ているように思われる。

最後に計算機分野と核融合開発分野とで、意味が異ってしまう用語について述べる。計算機の分野で「データベース」という言葉を用いた場合の意味は前述したとおりである。しかし、核融合の分野では、次期以降の開発計画推進のための各種定数や係数、情報などを蓄えたものという意味で使用している。また、実験データを解析のために蓄積しておいたり、解析結果を蓄積しておくシステムは、「データバンク」という言葉で表現する場合が多い。計算機分野の人間と核融合開発分野の人間がコミュニケーションする場合には、上記の点について混乱しないように十分留意する必要がある。この混乱を避けるためにも、「データ蓄積システム」という言葉は都合が良い。

## 2.2 データ蓄積システムとしての基本機能

いかなる分野にデータ蓄積システムを適用する場合においても、絶対に必要とされる基本機能としては以下のものが考えられる。まず、各種データの倉庫として用いるものであるから、保存しておくうちに異なったデータに変質してしまってはならない。また、うっかりと誤ったデータを大切に保存していてもまったく意味がない。さらに、倉庫内のデータを盗み出されたり破壊されたりしないための配慮も必要である。特にデータの盗難は物品の場合とは異なり、盗られたあともデータ自体は存在するので被害者は気が付かないという問題がある。このように考えていくと、データ蓄積システムに対して要求される最も基本的な機能は、「データをいつも安全で信頼のおける状態に保つ」ということである。これは使い勝手の良し悪しや性能以前の問題である。

次に基本機能の詳細について述べるが、これらの機能はデータベース論などでも必ずとりあげられる項目である。

### (1) 呼び出し制御

蓄積されているデータには、機密事項や利益関係のからむ項目があるので、データを利用する資格のない者によって、データが参照されたり改ざんされるようなことがあっては非常に危険である。データを利用する資格のない者からデータを保護する機構を呼び出し制御という。この制御には、以下の3種類のものが存在する。

- (i) 正式に許可を受けた者以外の利用を拒む機能。

- (ii) 利用可能なデータの対象範囲を制限する機能。
- (iii) 操作の種類を制限する機能。(一般利用者は、参照のみでデータの書き換えはできない等の機能)

#### (2) 一貫性制御

蓄積されているデータの内容が首尾一貫していつも正しいように制御すること。この制御にも以下の3種類が存在する。

- (i) データに対する操作が正しい操作であるかどうかを監視する機能。
- (ii) 同一のデータ項目に対して複数の利用者が更新を行った場合に矛盾が生じないよう制御する機能。
- (iii) システムに障害が発生した場合、すみやかにかつ正確に回復できるよう制御する機能。

### 2.3 適用分野別での相違

ここではデータ蓄積システムをその適用分野から、「事務処理向け」、「研究開発向け」の2つに大別し、お互いの相違や問題点を計算機分野の観点から整理してみる。両者の比較を表1にまとめて示すが、各項目ごとの詳細を以下に述べる。,

表1 データ蓄積システム適用の観点からの業務別比較

項目		事務処理業務	研究開発業務
データ構造		複雑	比較的単純
データ源		手入力データ	自動計測データ
不正データ発生の原因		誤入力など	計測装置不具合など
データ操作言語	平易なアクセス法の適用例	データの移植	利用者の種々の要求に対応
	エンドユーザの要求	定型化したものが多い	多種多様
	プログラム作成能力者	普通	多い
グラフ化	グラフの表現	定型	複雑
	演算処理	簡単	高度で複雑

#### (1) データ構造について

事務処理業務では様々な意味付けのされた大量のデータを管理することを目的としている。これに対し研究開発業務で取扱うデータは、後述するように実験で得られた数値データがその対象である。従って事務処理向けの様に複雑なデータ構造を表現する機能は不要である。収集データの他に、実験条件などのデータを含めて考えても、研究開発向けのデータ蓄積システムはデータ構造として、表形式でも十分対応できるほど簡単である。

## (2) データの入力について

事務処理業務では、データの元をたどればほとんどが人間が手で入力したものである。他方、研究開発業務でのデータは大部分計測装置が収集したものである。現在、実験時のデータ収集方式は計算機利用による自動計測が主流である。従って、データ蓄積システムへのデータ入力方式は計算機を使用して、計測装置からの自動投入が望ましい。もちろん、この機能を実現させるには、データ処理用計算機と計測装置間のハードウェア・ソフトウェアインターフェースを準備する必要がある。

## (3) データ自身の正当性について

事務処理業務では、誤入力でない限りデータ自身の正当性に対する疑問が発生することはない。しかし、研究開発業務では計測装置などの不調によって不正なデータが発生することがある。(2)で述べたデータの自動入力を行う場合、データに対して厳重なチェックを施して不正データの排除を行う必要がある。さもないと、後で大きな混乱を招くことになる。またチェック作業は最悪の場合、逐一人間の目に頼らなければ不可能なケースもしばしば発生する。

## (4) データ操作言語との親和性について

対話的に簡単にデータ蓄積システム内のデータにアクセスできることは大切である。しかし、他の標準的なプログラミング言語を使用して、データ蓄積システムへのアクセスが容易に行えることは、研究開発業務では大きな効用をもたらす。この点について、データ蓄積システムの管理者と利用者という2つの立場から考えてみる。まずデータ蓄積システム管理者側から見れば、システムでのデータ作成・保守用プログラムの開発、及び利用者へ提供するツールの開発が効率良く行える利点がある。一方、利用者の立場から見れば、事務処理業務のような定型的業務が少ない職場であるため、各自の細かな要求を満足させるためのツールを利用者自身の手で作る必要が生じる。プログラム作成能力を有する者が多い職場環境であることから、データ操作言語との親和性が高ければ、利用者作成ツールの開発も効率的に行える。このように、他の標準的なプログラミング言語が使用できることは管理者・利用者一体となってシステムの機能を拡充するための重要な鍵となる。

## (5) グラフ化機能について

研究開発業務ではデータに対する様々な演算や検討が行われるためグラフ化の機能に対しての2点の機能拡充が必要である。

## (i) 強力な演算機能

- 計測データどうしの演算機能。
- データ値の範囲指定による選別。
- 平滑化。
- 自然科学分野特有の演算処理。

e.t.c.

## (ii) 豊富な表現力

- 時間変化出力。
- 相関図。
- 分布表示のための3次元処理。

- ・ 近似曲線のプロット。

- ・ エラー・バー表示。

e.t.c.

これらの機能を、対話的操作環境で十分な速度をもって実現することができれば、各研究者は従来からの鉛筆、電卓、グラフ用紙による手作業から解放されるであろう。

### 3. 核融合実験におけるデータ蓄積システム

ここでは、「研究開発分野向けデータ蓄積システム」に的を絞って考える。特に「研究開発分野向けデータ蓄積システム」のトカマク型核融合実験分野への適用を例にとって、既存の適用例、利用形態からの考察などを行う。

#### 3.1 Doublet-IIIにおける既存のデータ蓄積システムおよびJFT-2Mでの作成例

既存の核融合実験データ蓄積システムの例として、2つのシステムを簡単に紹介する。1つは日米核融合協力協定によるDoublet-IIIにおけるデータ蓄積システムであり、他方としては原研のJFT-2Mにおけるデータ蓄積システムである。

##### (1) Doublet-IIIにおけるデータ蓄積システム<sup>4)</sup>

この装置での研究は、日米の研究グループの活発な交流が行われていたため文献や情報も比較的入手しやすい。まず、Doublet-IIIにおけるデータ収集システムの構成を図1に示す。データの収集は、各計測装置からのアナログ信号をCAMACインターフェースを通して行う。2つの中央処理装置が、それぞれデータ収集制御、データ解析を担当している。ここでいうデータ解析とは、試験装置の放電運転に同期して短時間のうちに計算、グラフ表示などを行うものである。この解析をDoublet-IIIのシステムでは「オンライン用解析」という。これとは別に、データ収集後、実験とは非同期に詳細な解析を行う「オフライン用解析」というものも存在する。「オフライン用解析」のために収集データは、高速の回線で他の計算機に転送されて行く。図2にそれぞれの解析におけるデータの流れを示す。

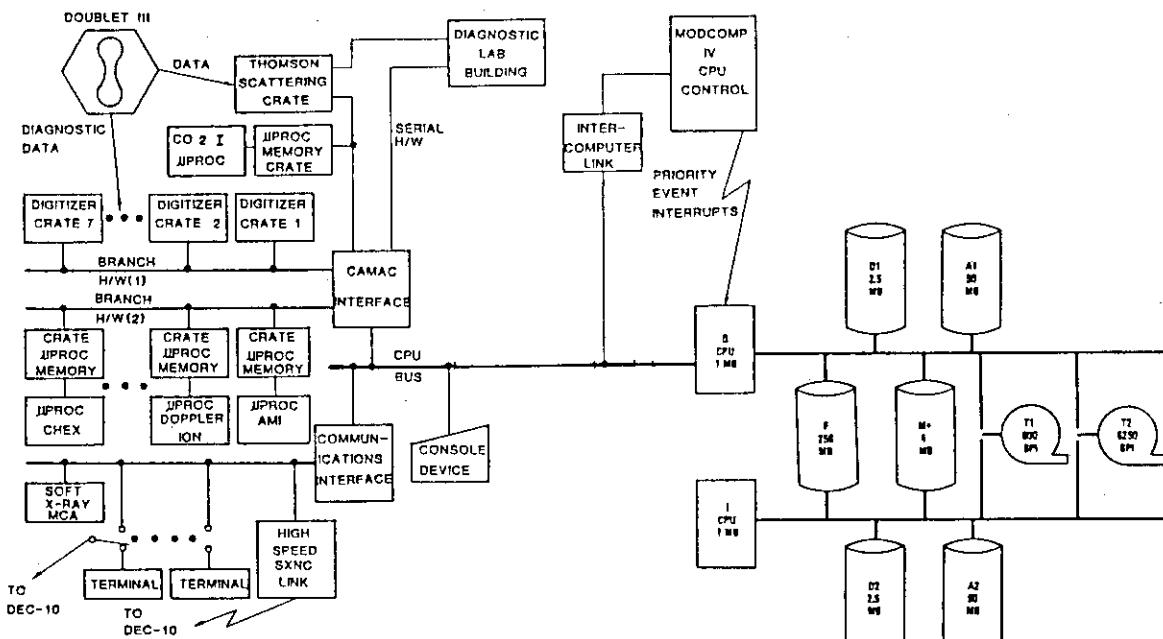
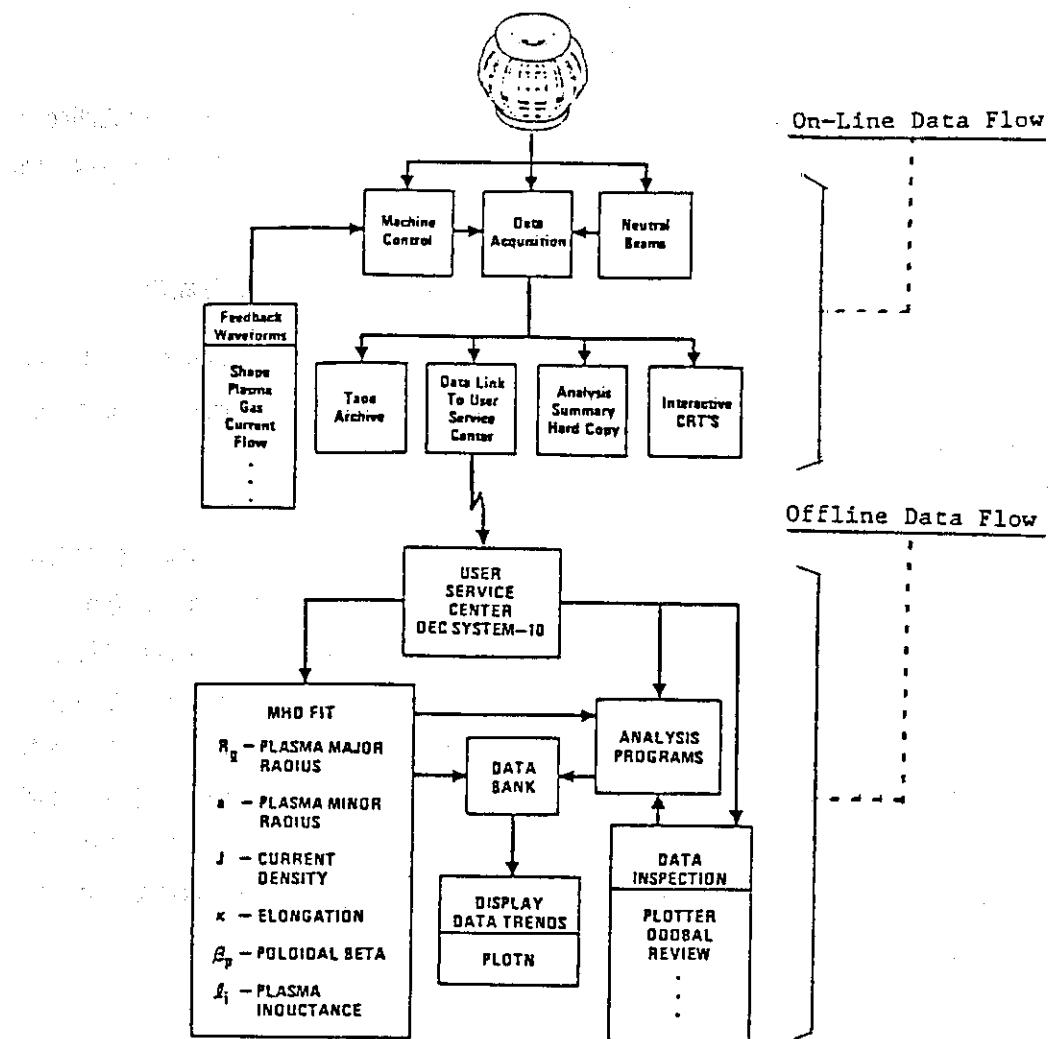
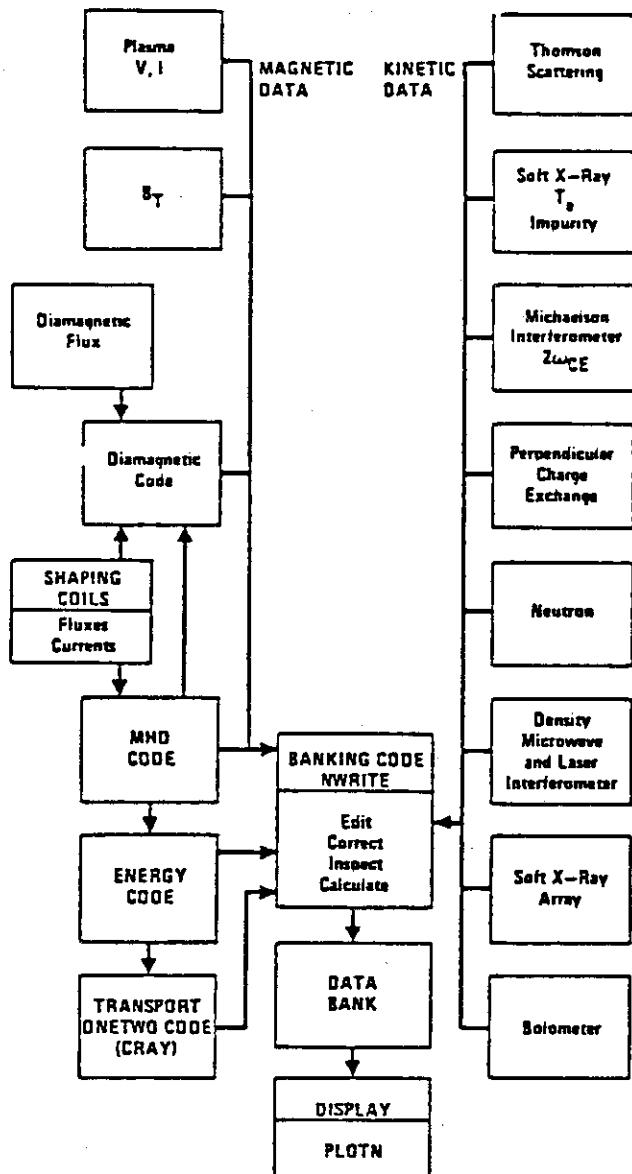


図1 Doublet-IIIデータ収集システム構成図<sup>6)</sup>

放電運転と非同期に解析を行う計算機は別に用意されている。両者は高速のデータ・リンクで結合されている。

図2 Doublet-IIIオンライン／オフライン データ・フロー図<sup>4)</sup>

実験データ蓄積システム (Doublet-IIIのシステムでは「データ・バンク」と呼ばれている)へのデータの作成は、「オフライン用解析」に位置し、休むことなく一日中行われている。基本となる処理プログラムは、MHD (磁気流体力学) 解析を行うものである。この解析のために必要なプラズマ主半径・副半径、プラズマ電流、非円形度、ポロイダル・ベータ値、プラズマ内部インダクタンスなどの情報もデータ蓄積システム内に保存される。この他にも、電子温度、電子密度の空間分布、イオン温度、放射損失分布などの情報が蓄えられ、MHD 解析の結果とあわせて輸送係数や他の計算値を得るために使用される。「オフライン用解析」のなかでデータ蓄積システムのデータ作成のために、どのような項目が計算されるかについての詳細なデータの流れを図3に示す。

図3 Doublet-IIIデータ・バンクの詳細データ・フロー図<sup>4)</sup>

データ蓄積システム利用者向けの解析支援ツールとしては、「PLOTN」と呼ばれる相関図作成プログラムがある。これは、最大63個の計測値と98個の計算値をx軸、y軸に指定して、相関図をプロットさせるものである。さらに、作図の際に各値の範囲を指定してデータをふるいにかけることもできる強力なツールである。

Doublet-IIIにおけるデータ蓄積システムで、特に注目すべき点は以下の2点である。第1に、正当でないデータを排除するためのチェック機能である。これはデータの品質を向上させるための重要な鍵である。第2に、このデータ蓄積システムがコンピュータ・ネットワークを介して他の多くの研究者たちにも利用されているという点である。

## (2) JFT-2Mにおけるデータ蓄積システム

JFT-2M<sup>7)</sup>におけるデータ蓄積システムは、「共通データ・ファイル」という名で呼ばれている。

まず JFT-2M におけるデータ収集システムについての概要を紹介する。この収集システムは、「JFT-2M モニタ信号処理システム」と呼ばれ、計測用 CAMAC クレート群、それを制御する 16 ビット・ミニコン及びデータ格納・解析とユーザ・インターフェースを司る 32 ビット・スーパー・ミニコンからなる。その構成図を図 4 に示す。各利用者は、スーパー・ミニコンを通して収集条件などの設定を行う。各計測装置から収集されたデータは、CAMAC クレート、16 ビット・ミニコンを介して同じくスーパー・ミニコンの磁気ディスク装置に格納される。1 回の放電運転に対応して 1 個のファイル群が作成される。各ファイルは、論理的に区分されたファイルの集合で、収集条件の設定情報、収集データ等がカテゴリ別に納められている。また設定情報については世代管理されいつでも過去の設定を参照できるようになっている。図 5 に 1 回の実験で生成されるショット・ファイルの構成を示す。

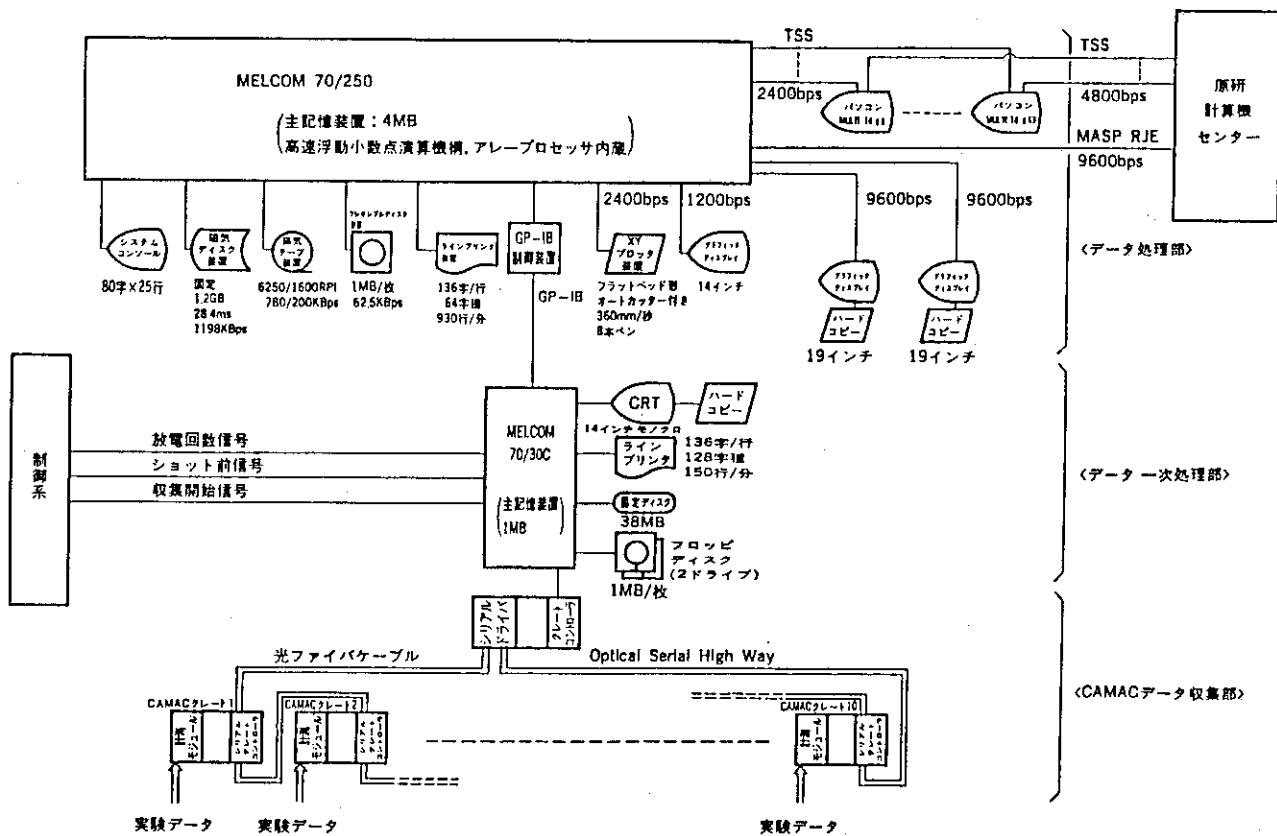


図 4 JFT-2M モニタ信号処理システムの構成ブロック図<sup>5)</sup>

計測装置からのデータを受ける〈CAMAC データ収集部〉、CAMAC のコントロールを受け持つ〈データ一次処理部〉、ユーザ・インターフェース及びデータ処理を受け持つ〈データ処理部〉というように 3 つの階層構造をなしている。

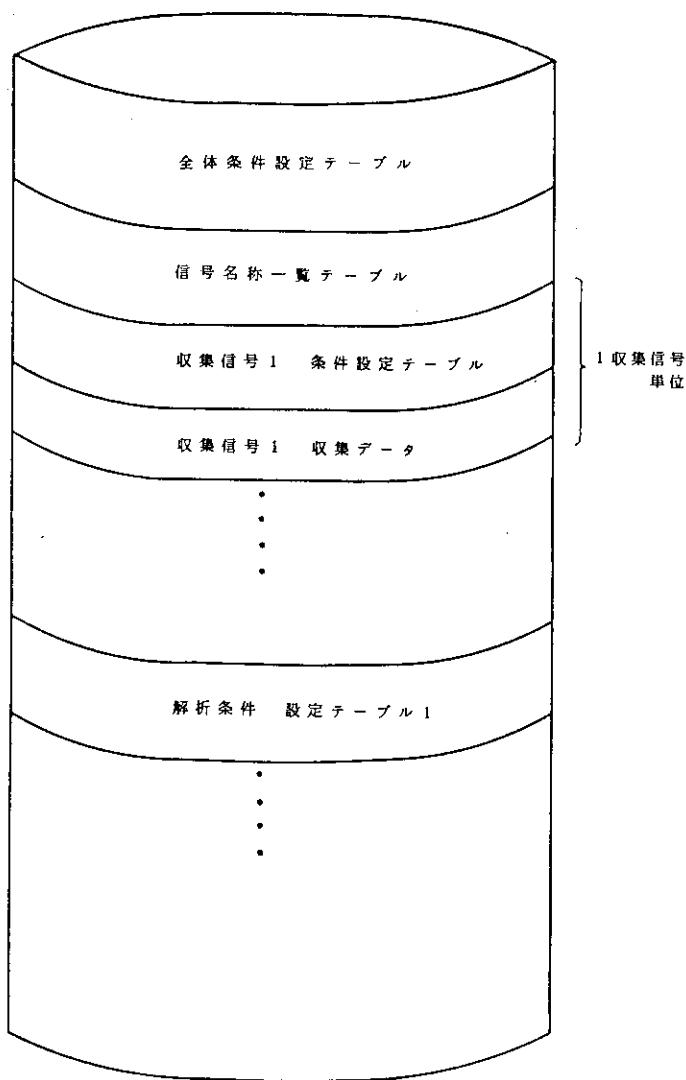


図5. ショット・ファイル構成図 (JFT-2M)

1回の放電運転に対応して1個のショット・ファイルが作成される。ショット・ファイルはショット・ファイル用アカウントに納められていく。

JFT-2Mにおける実験データ蓄積システム開発の要求は、モニタ信号処理システム運用開始の早い時期からあった。その理由は以下の2つにまとめられる。

(i) 計算機資源の有効利用

約400回分の実験に対する収集データで磁気ディスク装置への格納が限界に達してしまう。磁気ディスク装置には、利用者作成のプログラムやシステム用のファイルも混在しているので、利用者が実験データへアクセスできるのは次の週の実験が始まるまでである。それ以降は、磁気テープへ吸い上げられたデータを磁気ディスクへ復元してもらわなければならない。

(ii) 実験データの有効利用

1回の実験に対応して作成されるファイルの内容は、1msより短かい間隔で電圧変化を

記録したものである。研究者の作業効率を考えれば、生のデータよりも実際の物理量に変換されていたほうが都合が良い。

次に JFT-2Mでの実験データ蓄積システムの構造について説明する。1回の放電で収集したデータは、すべて1つのファイルに格納する。納められている形式は論理的には2次元の表と考えて良い。図6にその構造図を示す。2次元の表は実際には索引付順編成ファイルを使用して実現させている。1 record に1計測信号の時間変化状態を納め、計測信号名（8文字以内）を索引としている。このように構造は非常に簡単であるが十分実用に耐えるものとなっている。またOSの標準的なデータ管理機能を利用していているため、特殊なアクセス法、ライブラリ等を使用せずにメーカ提供のFortranコンパイラのみで手軽に、かつ効率の良いデータ処理を行うことが可能となっている。1回の放電で収集したデータを1個のファイルに納めるため、利用者にとっても実験とデータの対応がわかりやすくなっている。全体として、エンド・ユーザのプログラムの作成・実行が楽に行える環境になっていると言える。

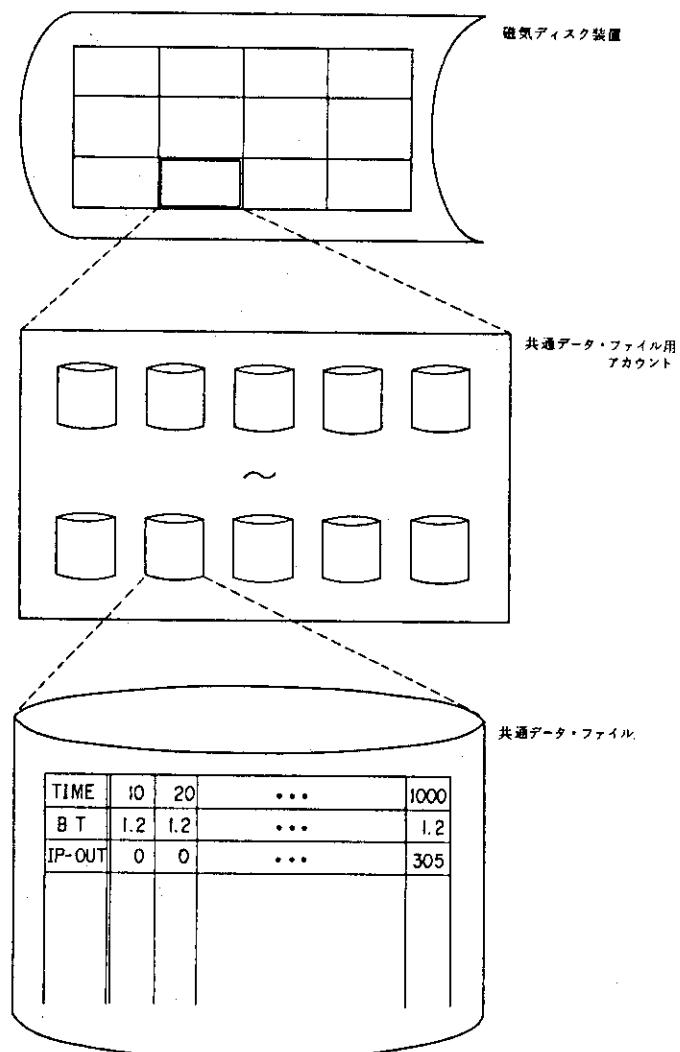


図6 共通データ・ファイル構成図 (JFT-2M)

1回のショット・ファイルに対応して1個の共通データ・ファイルが作成される。共通データ・ファイルは共通データ・ファイル用アカウントに納められていく。

各計測信号の内容は、現在は時間変化の記録のみである。作成しているデータの一覧を表2に示す。

表2 共通データ・ファイル信号一覧 (JFT-2M)

No	信号番号	内 容	単 位	備 考
1	DATE	このショットが打たれた日付	-	A変換で8文字。(例) '86-01-10'
	TIME	サンプリング時間	ms	10 msから10 ms間隔で1000 ms迄
	IP-OUT	プラズマ電流(測定値)	kA	
	BT	トロイダル磁場	T	電圧/(4.251 * 0.5)
	N2MM	電子密度(μ波)	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.273
	N2MMJ	電子密度(μ波) 跳び補正あり	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.273
	NFIR1	電子密度(FIR1)	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.964
	NFIR1J	電子密度(FIR1) 跳び補正あり	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.964
	NFIR2	電子密度(FIR2)	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.964
10	NFIR2J	電子密度(FIR2) 跳び補正あり	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.964
	NFIR3	電子密度(FIR3)	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.964
	NFIR3J	電子密度(FIR3) 跳び補正あり	E19/m³	De Lを表す。電圧*1.964
	HALIN	Hα(内側)	HALFS1(07)	V
	HALCTR	Hα(中心)	HALFS1(21)	V
	HALOUT	Hα(外側)	HALFS2(04)	V
	HALZMM	Hα(μ波ポート)	V	電圧*FACT/GAIN (但し、FACT, GAINで0.0 のものは1.0 と見なす。)
	HALDV	Hα(ダイバータ)	V	電圧*FACT/GAIN (但し、FACT, GAINで0.0 のものは1.0 と見なす。)
	MHD	MHD振動	V	電圧*FACT/GAIN (但し、FACT, GAINで0.0 のものは1.0 と見なす。)
	PRAD	放射損失	V	電圧*FACT/GAIN (但し、FACT, GAINで0.0 のものは1.0 と見なす。)
20	PRADDV	放射損失(ダイバータ部)	V	電圧*FACT/GAIN (但し、FACT, GAINで0.0 のものは1.0 と見なす。)
	PIN	PINダイオード	V	電圧*FACT/GAIN (但し、FACT, GAINで0.0 のものは1.0 と見なす。)
	IS	S電流	kA	電圧*1.59518
	IOH	OH電流	kA	電圧*0.746423
	IQ	Q電流	kA	電圧*1.99760
	VS	S電圧	V	電圧*2000.0
	VOH	OH電圧	V	電圧*2000.0
	VQ	Q電圧	V	電圧*50.0
	SXCL	SX波高分析器のカウント・レート	kcps	
	DIAMAG	反磁性測定による Stored Energy	kJ	b y DIAMAG ★ SOHのみ
30	VS-FIT	FITTING による Stored Energy	kJ	( $\ell i = 1$ を仮定)
	RP	プラズマ位置 R方向	m	b y FITTING
	ZP	Z方向	m	b y FITTING
	RJ	電流重心の位置 R方向	m	b y FITTING
	ZJ	Z方向	m	b y FITTING
	ELL	非円形度(b/a)	-	b y FITTING
	TRG	三角度	-	b y FITTING
	SCROS	プラズマ断面積	m²	b y FITTING
	AHALF	副半径	m	b y FITTING
	IP-FIT	プラズマ電流(計算値)	kA	b y FITTING
40	Q-PSI	q *	-	b y FITTING
	Q-ELL	q ell	-	b y FITTING
	LAMBDA	$\beta_p + \ell i / 2 - 1 / 2$	-	b y FITTING
	VLOOP	ワントーン電圧	V	(VLL + VL4) / 2 / (SEN * GAIN)
	DIPDT	d Ip / dt	MA/s	電圧/(SEN * GAIN) 但し、IP-OUTと極性が逆。
	LXID	赤道面のLINE長	m	b y FITTING
	LFIR1	FIR1のLINE長	m	b y FITTING
	LFIR2	FIR2のLINE長	m	b y FITTING
	LFIR3	FIR3のLINE長	m	b y FITTING
	PNBIA	NBIパワー(下記2系統の和)	kW	PNBIAとPNBIBの和。
50	PNBIA	パワー(A系)	kW	0.38 * VA * IA
	PNBIB	パワー(B系)	kW	0.38 * VB * IB
	PICRF	ICRFパワー(下記3系統の和)	kW	PICRF1, PICRF2, PICRF3の和。
	PICRF1	(1系)	kW	ICRF 1系NETパワー。
	PICRF2	(2系)	kW	2系NETパワー。
	PICRF3	(3系)	kW	3系NETパワー。
60				

放電開始後10ms から 1000 ms まで 10ms 間隔で合計 100 点 のデータを作成している。計測値は、収集時の換算係数などを考慮して可能な限り意味をもった物理量に変換されているが、なかには電圧値をそのまま格納しているものもある。モニタ信号処理システムが 1 回の放電で作成するファイルの大きさは平均すると約 1.2 MByte である。この内設定条件などの部分を除いた実データの大きさは、約 850 kByte ある。共通データ・ファイルとして作成した場合は約 20 kByte となるので、ディスク専有率は 1/60 以下となる。

計測装置の不調などによって発生する不正データを共通データ・ファイルに作成してしまうのをさけるため、格納前に簡単なチェックを行っている。一例をあげれば、計測信号のレベルをプログラムで追いかけ一定水準以上の値が計測されていなければ装置の不調として格納は行なわない。実験状況と照らしあわせてデータの選別を行っている訳ではないので、最良の条件下でのデータばかりを蓄積していることにはなっていない。しかし、最良の条件下以外でも何らかの成果を得られる可能性はあるので排除することはしない。いずれにせよデータの正当性のチェックを厳密に行なおうとした場合には相当の人手を必要とすることになるであろう。

次に共通データ・ファイル作成作業の手順について述べる。作業は非常に簡単である。実験終了後、作成したい放電運転番号（ショット番号）の範囲を入力するだけで良い。あとは夜間のうちに自動的に実験時に作成された収集データ・ファイルからデータが作られる。使用するプログラムとしては、プラズマ電流、電子密度などのデータを作成する基本データ作成ジョブ、フィッティング（Fitting）コードによるプラズマ蓄積エネルギーを計算するフィッティングデータ作成ジョブ、反磁性測定によるプラズマ蓄積エネルギーを計算する反磁性（DIAMAG）データ作成ジョブがある。この 3 種類のプログラムが並行してデータを作成するため 1 日分（約 100 ショット）のデータの処理は 3 時間程度で終了する。図 7 に共通データ・ファイル作成時のデータの流れを示す。

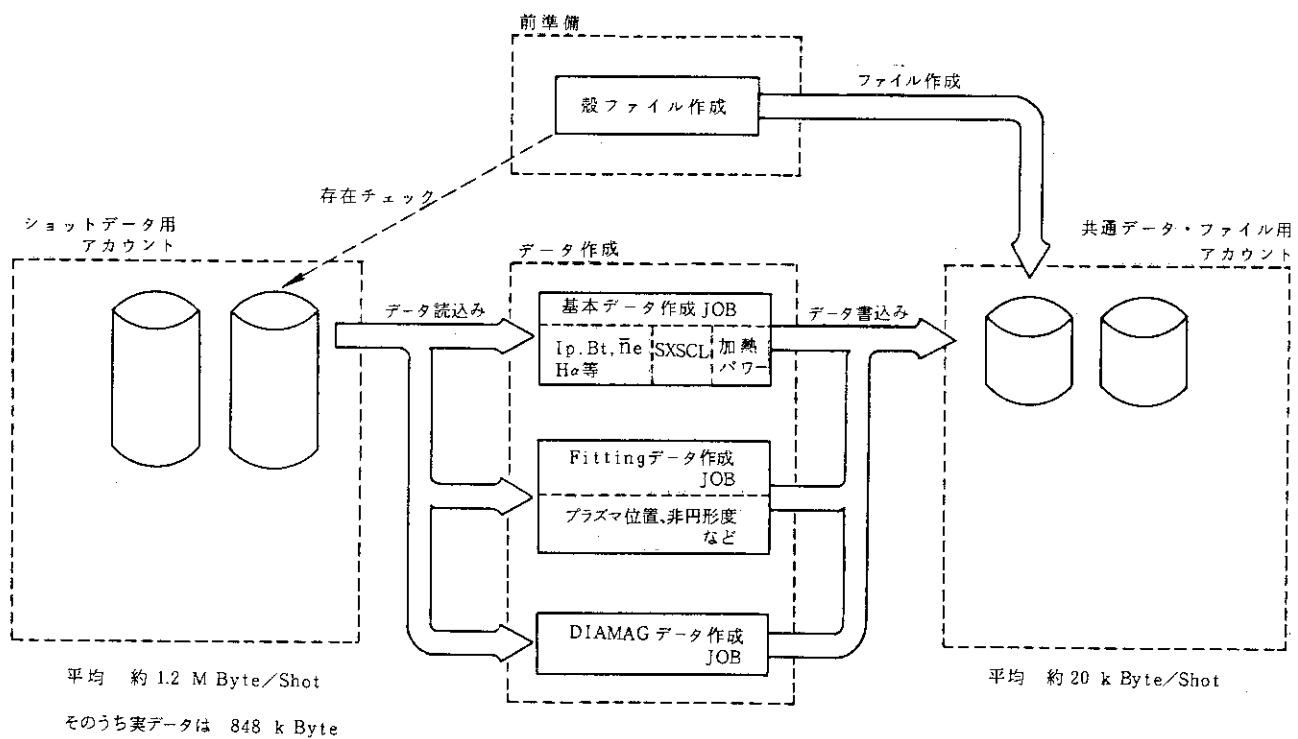


図 7 共通データ・ファイル作成のデータ・フロー図 (JFT-2M)

作成された共通データ・ファイルをエンド・ユーザが利用するためのツールとして、現在次の2つのものがある。2つとも端末から対話的に簡単な操作で作図を行えるツールであり、原研において利用者側で作成した。

- (i) 1ショットごとに最大6計測信号分の時間変化をグラフ化するツール。
- (ii) ショット番号の範囲、各計測信号値の範囲を指定して相関図を作成するツール。同時に計測値に対する演算処理や相関図上で近似曲線もプロットしてくれる。

それぞれのツールの出力結果の一例を図8、図9に示す。

現在、共通データ・ファイルに作成されているデータは計測値の時間変化を解析するものだけであるが、今後必要とされるデータとして2つのものが考えられている。第1のものとしては、追加熱時やペレット入射実験の場合、特定の短い時間帯の詳しい解析を行うために必要となるデータである。第2のものとしては、計測装置の個数や精度の関係で、1回の実験では正確な値を算出することが不可能な信号に対する配慮である。このような信号に対しては、同一の条件で数回実験を行い、その結果から適当な平均化処理によりデータを作成する必要がある。以上2項目については、実現のための準備が現在進められている。

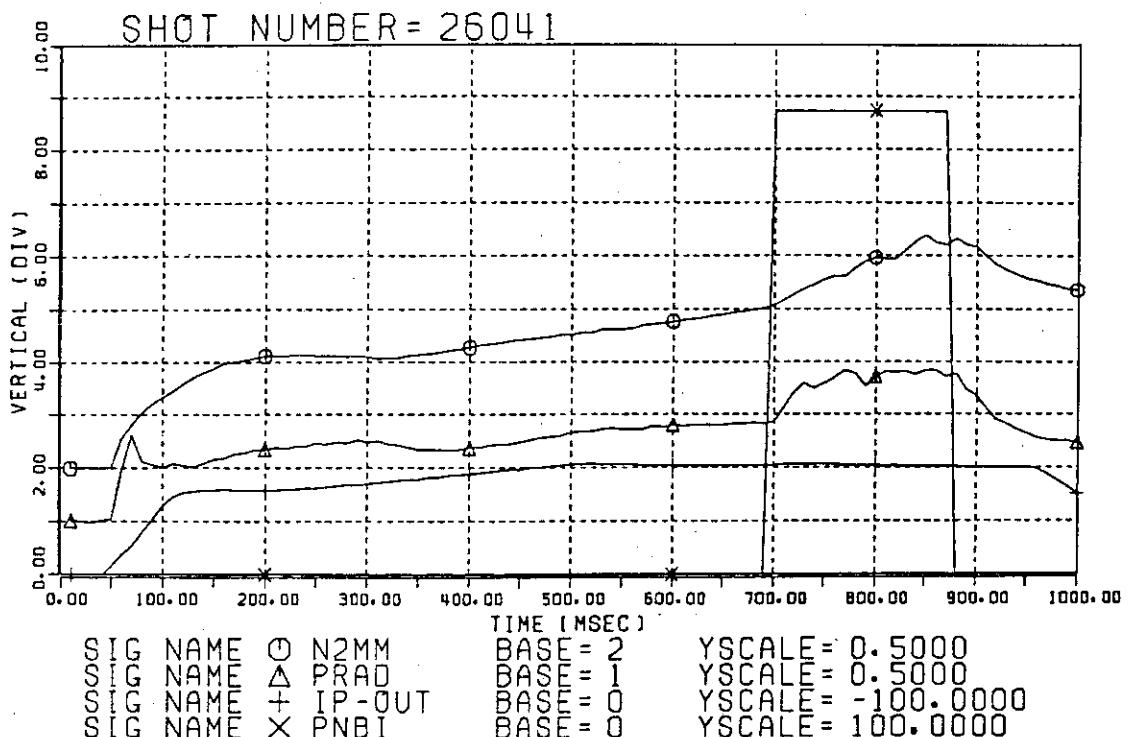


図8 時間変化出力例 (JFT-2M)

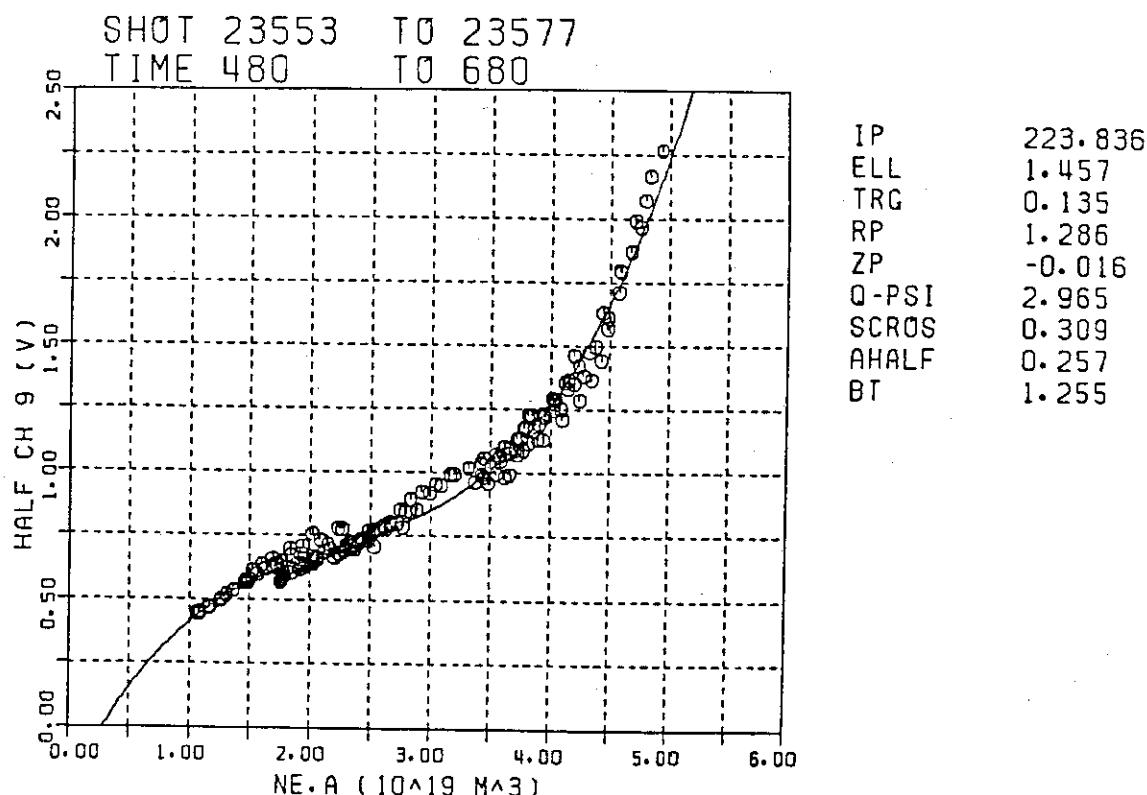
$$= (-.2441E+00) + (.9542E+00)*X + (-.3540E+00)*X^2 + (.5249E-01)*X^3$$


図9 相関図出力例 (JFT-2M)

### 3.2 利用形態による分類

ここでは核融合実験データ蓄積システムを利用形態の面から分類し、それぞれの場合についての特色をまとめてみる。

核融合実験で得られた実験データと一口に言っても、それを利用する側の立場によってデータの位置付けや必要とする情報に対する価値観も異なってくる。それに伴って蓄積されるデータの質も量も違ったものが要求される。ここでは、著者の観点から次の2つに分類し、それぞれ「玉石混交型データ蓄積システム」、「少数精録型データ蓄積システム」と呼ぶことにする。以下では両者の特色・利用形態などの違いをまとめしていく。簡単な比較表を表3に示す。

表3 核融合実験データ蓄積システムの利用形態による比較

項目	玉石混交型	少数精録型
目的	実験データの考察	物理量、定数などの一般公開
データの質	玉石混交	精選されたデータ
データの寿命	短期	長期
利用者層	主に実験担当者	研究者一般
システムのポイント	大量データ処理のための 小まわりのきくシステム	信頼のおける高品位なデータの保存・保守

### (1) 玉石混合型データ蓄積システム

このシステムの目的は各実験で収集したデータから成果を洗い出すことにある。蓄積されたデータの中には貴重な宝石も潜んでいるかもしれないが、使いものにならない石ころも多くころがっているであろう、という意味あいで命名した。従って実験時のデータは可能な限りそのまま保存されている。格納されているデータは実際の計測値によって構成されており、抽出する時間点や間隔なども各実験の状況を正確に把握できる精度で用意されていなければならない。また、データの質に関してはうまくいったデータのみを選別して蓄積するという考え方もあるが、最先端分野の研究であればあるほど失敗と思われていたデータの中から新しい発見が生まれる可能性があるので、その選択は難しいところである。利用者は実際に実験を担当した者、及びそれに近い立場の者がほとんどの割合を占める。データの寿命は比較的短期間であるが利用頻度は高く、また最近のデータほど高い頻度となる。しかし、典型的なデータや非常に重要なデータは時を経ても利用され続けていく。

### (2) 少数精録型データ蓄積システム

このシステムはデータの質のみに着目して言えば、多くの実験データの中から典型的なもの、あるいは重要なものを選りすぐって構成されたデータ蓄積システムであるという見方もできる。しかし(1)で述べた「玉石混交型データ蓄積システム」と比較すると、利用者層・システム存在の意義が大きく異なっている。一般公開という形式を原則として採用するので、利用者層は実験担当者以外の者が大多数を占めるようになる。例えば同じ研究を行っている他の実験研究者や理論分野の研究者などが利用するようになる。それに伴って、データ自体の位置付けも変化していく。すなわち単なる実験の解析用データではなく、一連の算出法によって導出された物理量といったレベルまで消化されたデータが要求されることになる。従って、「少数精録型データ蓄積システム」は、ある固有の物理量や係数などを提供する形態となる。また、値の算出の元となった生データや算出式を参照したいと望む利用者に対しては、それを提示できるようなデータ構造となっていることが必要である。すなわち利用者の要求レベルに応じて二段階の振舞いができるデータ構造と利用者インターフェースが必要である。

一方、ここで1つの問題が生じる。それはデータの正しさを保証するための問題である。つまり先端分野の研究であるため、値の算出方法や評価の方法は時とともに改良・訂正されて変化が生じる可能性があるという点についてである。これにどう対処していくかを以下で検討する。

まず考えられる方法は、データの新規再作成という手段である。これは再作成に要する膨大な時間を除いて考えれば比較的手軽で確実な手法と考えられがちである。しかし、同じデータが更新され別の値になっていた場合、利用者の混乱は避けられない点に問題が残るものと考えられる。

2番目の方法は、まだ不安定な変更される可能性のあるデータは登録を見あわせるという手法が考えられる。しかし、これは前向きの対処方法とは言えない。中を見たら結局何もなかった、ということになりかねない。

この問題に対する最も適切な解決策は、データ算出式と元データの分離、及び更新履歴管理による復元機能を用いることだと考えられる。データ算出式と元データの分離とは、利用者が

必要とするデータを直接登録するのではなく、算出の元データと算出式の2つを分離して登録しておき、どちらか一方でも更新されると利用者の参照するデータも自動的に更新された結果となる機能である。更新履歴管理による復元機能とは、更新の記録を管理しておき、必要とあれば過去の算出方式やデータでの値を参照することを可能にする機能である。このような機能を持ったデータ蓄積システムであれば利用者の混乱を最小限に抑えてデータや算出式の更新が行える。以上のような機能を実現するためには、データ間の主従関係管理や世代管理が必須となり、データ量も増大するのでデータベース方式でまとめるのが有効であろう。

### 3.3 今後の展開

既存の核融合実験データ蓄積システムを「玉石混交型」「少数精鋭型」の分類をあてはめると、どうなるであろうか。3.2で取り上げたJFT-2Mにおけるデータ蓄積システムは、完全な「玉石混交型」のシステムである。またDoublet-IIIにおけるデータ蓄積システムもネットワーク等で他の研究者に利用されているなどの点はあるが、やはり「玉石混交型」のシステムという位置付けであろう。今後、核融合実験での研究成果を管理する上で「少数精鋭型データ蓄積システム」は必ず必要となると考えられるので、「玉石混交型」ばかりではなく「少数精鋭型」の開発を精力的に進める必要がある。

## 4. む　す　び

事務処理分野ではデータ相互の関係が複雑であるが、端末利用者の要求はある程度定型化している。これに対して研究開発分野ではデータ構造自体は単純であるが、端末利用者の要求は様々である。またデータの寿命も事務処理分野では長期にわたるものが多いが、研究開発分野ではトライ・アンド・エラー・アンド・トライの作業であるから比較的短いのが普通である。そこでデータの最新性・正確さを保つため様々な配慮が必要となる。これは実際にデータ蓄積システムを構築しようとするときにネックの1つとなる。データの登録に限って考えれば、正当性のチェックはある程度までは計算機でも判定可能である。しかし最終的には膨大なデータに対し人が1つ1つチェックしなければならないという事態に我々はしばしば直面する。それだけの作業を行うことが不可能な場合、すべてを登録してしまうか、すべてを断念するかどちらかが現在の状況である。

本稿では、核融合開発分野を取り上げ、データ蓄積システムの例として、Doublet - III、今回作成したJFT - 2Mのシステムについて議論したが、最近の人工知能などの研究成果を適用していくけば将来は計測装置の診断などは完全自動化の可能性があると思われる。そのためにも、核融合開発分野側と計算機分野側との活発な交流が重要である。また、両者間のコミュニケーションを円滑に進めるため、用語などの定義を明確にしておくことの必要性は極めて高いものと考えられる。

### 謝　　辞

本稿を書くにあたり有用な議論をいただいた鈴木紀男副主任研究員および松本宏研究員をはじめとするプラズマ実験研究室の方々および鈴木喜八郎装置技術管理室長をはじめとする装置技術管理室の方々に感謝いたします。また終始御指導、御鞭達をいただきました船橋昭昌プラズマ実験研究室長、田中正俊核融合研究部長、苦米地顕那珂研究所長、磯康彦理事、森茂理事に深く感謝の意を表します。

### 参　考　文　献

- 1) 長尾 真・片山卓也・植村俊亮：『情報の構造とデータベース』、(岩波講座、情報科学 8 )<sup>1)</sup>、  
岩波書店、(1983)
- 2) 真鍋俊之：bit, 17, 186 (1985)
- 3) 望月 紀・矢内 好・神部敏彦：FUJITSU, 37, 14, (1986)
- 4) D. Drobis, J. DeBoo, B. Dy, S. Ejima, R. Stockdale : Proc. of 10th  
SOFT, 928 (1983)
- 5) 大藪 勲、安達和夫、松尾和馬、福地陽一、香本靖男：三菱電機技報, 59, 532 (1985)

## 4. む　す　び

事務処理分野ではデータ相互の関係が複雑であるが、端末利用者の要求はある程度定型化している。これに対して研究開発分野ではデータ構造自体は単純であるが、端末利用者の要求は様々である。またデータの寿命も事務処理分野では長期にわたるものが多いが、研究開発分野ではトライ・アンド・エラー・アンド・トライの作業であるから比較的短いのが普通である。そこでデータの最新性・正確さを保つため様々な配慮が必要となる。これは実際にデータ蓄積システムを構築しようとするときにネックの1つとなる。データの登録に限って考えれば、正当性のチェックはある程度までは計算機でも判定可能である。しかし最終的には膨大なデータに対し人間が1つ1つチェックしなければならないという事態に我々はしばしば直面する。それだけの作業を行うことが不可能な場合、すべてを登録してしまうか、すべてを断念するかどちらかが現在の状況である。

本稿では、核融合開発分野をとり上げ、データ蓄積システムの例として、Doublet - III、今回作成した JFT - 2M のシステムについて議論したが、最近の人工知能などの研究成果を適用していくけば将来は計測装置の診断などは完全自動化の可能性があると思われる。そのためにも、核融合開発分野側と計算機分野側との活発な交流が重要である。また、両者間のコミュニケーションを円滑に進めるため、用語などの定義を明確にしておくことの必要性は極めて高いものと考えられる。

### 謝　　辞

本稿を書くにあたり有用な議論をいただいた鈴木紀男副主任研究員および松本宏研究員をはじめとするプラズマ実験研究室の方々および鈴木喜八郎装置技術管理室長をはじめとする装置技術管理室の方々に感謝いたします。また終始御指導、御鞭撻をいただきました船橋昭昌プラズマ実験研究室長、田中正俊核融合研究部長、苦米地顕那珂研究所長、磯康彦理事、森茂理事に深く感謝の意を表します。

### 参　考　文　献

- 1) 長尾 真・片山卓也・植村俊亮：『情報の構造とデータベース』、(岩波講座、情報科学 8 )、  
岩波書店、(1983)
- 2) 真鍋俊之：bit, 17, 186 (1985)
- 3) 望月 紀・矢内 好・神部敏彦：FUJITSU, 37, 14, (1986)
- 4) D. Drobis, J. DeBoo, B. Dy, S. Ejima, R. Stockdale : Proc. of 10th  
SOFT, 928 (1983)
- 5) 大藪 勲、安達和夫、松尾和馬、福地陽一、香本靖男：三菱電機技報, 59, 532 (1985)

## 4. む　す　び

事務処理分野ではデータ相互の関係が複雑であるが、端末利用者の要求はある程度定型化している。これに対して研究開発分野ではデータ構造自体は単純であるが、端末利用者の要求は様々である。またデータの寿命も事務処理分野では長期にわたるものが多いが、研究開発分野ではトライ・アンド・エラー・アンド・トライの作業であるから比較的短いのが普通である。そこでデータの最新性・正確さを保つため様々な配慮が必要となる。これは実際にデータ蓄積システムを構築しようとするときにネックの1つとなる。データの登録に限って考えれば、正当性のチェックはある程度までは計算機でも判定可能である。しかし最終的には膨大なデータに対し人が1つ1つチェックしなければならないという事態に我々はしばしば直面する。それだけの作業を行うことが不可能な場合、すべてを登録してしまうか、すべてを断念するかどちらかが現在の状況である。

本稿では、核融合開発分野をとり上げ、データ蓄積システムの例として、Doublet - III、今回作成したJFT - 2Mのシステムについて議論したが、最近の人工知能などの研究成果を適用していくけば将来は計測装置の診断などは完全自動化の可能性があると思われる。そのためにも、核融合開発分野側と計算機分野側との活発な交流が重要である。また、両者間のコミュニケーションを円滑に進めるため、用語などの定義を明確にしておくことの必要性は極めて高いものと考えられる。

### 謝　　辞

本稿を書くにあたり有用な議論をいただいた鈴木紀男副主任研究員および松本宏研究員をはじめとするプラズマ実験研究室の方々および鈴木喜八郎装置技術管理室長をはじめとする装置技術管理室の方々に感謝いたします。また終始御指導、御鞭達をいただきました船橋昭昌プラズマ実験研究室長、田中正俊核融合研究部長、苦米地顕那珂研究所長、磯康彦理事、森茂理事に深く感謝の意を表します。

### 参　考　文　献

- 1) 長尾 真・片山卓也・植村俊亮：『情報の構造とデータベース』、(岩波講座、情報科学8)、岩波書店、(1983)
- 2) 真鍋俊之：bit, 17, 186 (1985)
- 3) 望月 紀・矢内 好・神部敏彦：FUJITSU, 37, 14, (1986)
- 4) D. Drobnis, J. DeBoo, B. Dy, S. Ejima, R. Stockdale : Proc. of 10th SOFT, 928 (1983)
- 5) 大藪 勲、安達和夫、松尾和馬、福地陽一、香本靖男：三菱電機技報, 59, 532 (1985)

- 6) 横溝英明：私信  
7) 莊司昭朗，小田島和男，森 雅博，鈴木紀男，松崎 誠，谷 孝志，横倉賢治，菊池一夫，  
長谷川浩一，岡野文範，石堀郁夫，樋村隆則，柏 好敏，柾沢 稔，的場 徹，船橋昭昌，  
田中裕二，鈴木喜八郎，国枝俊介，太田完治，柳沢一郎，木村晴行，松本 宏，松田俊明，  
小川俊英，川島寿人，河西 敏，三浦幸俊，上杉喜彦，小川宏明，河上知秀，山内俊彦，  
星野克道，山本 巧，山本 新，前野勝樹，仙石盛夫，大塚英男：JAERI - M 83-194  
(1983)