

JAERI-M  
90-200

JFT-2MにおけるITER  
Hモードデータベースの構築と解析

1990年11月

松田 俊明・三浦 幸俊・鈴木 紀男  
森 雅博・玉井 広史

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。  
入手の間合わせは、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、お申しこしてください。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, Tokai-mura, Naka-gun,  
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1990

---

編集兼発行 日本原子力研究所  
印刷 日立高速印刷株式会社

JFT-2MにおけるITER Hモードデータベースの構築と解析

日本原子力研究所那珂研究所核融合研究部

松田 俊明・三浦 幸俊・鈴木 紀男

森 雅博・玉井 広史

(1990年10月22日受理)

ITERからの要請により、JETのJ. G. Cordey氏を責任者として、Hモード閉じ込めのデータベースの作成作業を実施し、JFT-2Mを始めASDEX, DIII-D, JET, PBX-M, PDXが参加した。JFT-2Mでは良好なHモードの放電を200ショット以上選び出し、実験の生データ、加工データを基にデータベースを作成した。最終的には全体のデータベースで時間点3000点以上、変数76個から成るデータベースが構築された。

データベースの解析は統計処理パッケージSASを用いて行い、まずJFT-2Mのデータで蓄積エネルギーの主要パラメータ依存性を調べ、次にその結果を全体のデータベースに適用し、回帰分析によりサイズに関する比例則を求めた。

The Assembly and Analysis of the ITER H-mode  
Database in JFT-2M

Toshiaki MATSUDA, Yukitoshi MIURA, Norio SUZUKI  
Masahiro MORI and Hiroshi TAMAI

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

(Received October 22, 1990)

At the request of the ITER project, an H-mode confinement database was planned to be assembled. JFT-2M and 5 other tokamak teams, that are ASDEX, DIII-D, JET, PBX-M and PDX, have joined the plan and Dr. J. G. Cordey at JET has been coordinating. In JFT-2M, we selected over 200 H-mode shots and constructed the JFT-2M database on the basis of raw data and KAKO databank. Assembled database consists of over 3000 datapoints and 76 variables.

A preliminary analysis of the database was done with the usage of the statistic analysis package SAS. Parameter dependences of the stored energy on main variables were investigated at the part of JFT-2M database and the results were applied to the full database to get a size scaling with the regression analysis.

Keywords : ITER, H-mode, Database, Regression Analysis, Scaling Law

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. JFT-2Mにおけるデータベースの作成 .....	5
2.1 Hモード放電の選択 .....	5
2.2 データベースの作成 .....	5
3. Hモードデータベースの概要 .....	11
4. 蓄積エネルギーの比例則の検討 .....	14
4.1 データの選択基準 .....	14
4.2 JFT-2Mでのパラメータ依存性 .....	14
4.3 サイズ依存性 .....	15
5. 考察 .....	22
5.1 現在のデータベースの問題点 .....	22
5.2 各種Lモード比例則との比較 .....	22
6. まとめ .....	24
謝辞 .....	24
参考文献 .....	25
付録 ITER Hモードデータベースの利用方法 .....	26

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Assembly of the database for JFT-2M .....	5
2.1 Selection of H-mode data .....	5
2.2 Assembly of the database .....	5
3. Characteristics of the H-mode database .....	11
4. Scaling of stored energy .....	14
4.1 Criteria for data selection .....	14
4.2 Parameter dependence in JFT-2M .....	14
4.3 Size dependence .....	15
5. Discussion .....	22
5.1 Problems on the present H-mode database .....	22
5.2 Comparison with L-mode scalings .....	22
6. Summary .....	24
Acknowledgments .....	24
References .....	25
Appendix How to use ITER H-mode database .....	26

## 1. はじめに

国際熱核融合炉（ITER）の設計作業が現在精力的に行なわれている。そこでのプラズマ閉じ込めの評価にはデータベースの蓄積の豊富なLモードのデータを用いて行なわれたが、Lモードでは閉じ込め性能が不十分であることが予想されている<sup>1)</sup>。そこで現在までの閉じ込め改善モードのなかでは最もデータが豊富なHモードのデータを基に閉じ込めの再評価を行なうため、Hモードを実現している世界の主要なトカマク実験チームにデータベース作成の要請がなされ、昨年12月JETのJ. G. Cordery氏を中心にデータベースの構築作業が開始された。

Hモードデータベースの構築にはJFT-2Mを始め、ASDEX、DIII-D、JET、PBX-M、PDXの6台のトカマク装置、5つの研究所が参加して行なわれた。参加したメンバーを第1図に示す。まず、昨年12月にデータベースに持寄るHモードデータの内容を規定するミーティングが行なわれ、以下の3項目が決められた。

- ①Hモードの持続時間がHモード変移前の閉じ込め時間以上であること。
- ②NBI加熱のみ。
- ③ダイバーク配位。

なお、データには1放電につき1～5点のデータ点を含んでよく、準定常状態以外にも、過渡的状态、オーミック加熱、Lモード時のデータも含めることとなった。また、低q放電、高ベータ放電のデータは含めるものの、MHD不安定性の大きい放電は除外することとし、選択したショットの主要放電波形等も持寄ることとし、各トカマクチームで100～200ショットを集めることになった。また、データベースの変数の定義及びスケジュールも決められた。

3月のミーティングには各チームがデータを持寄り、全体のデータベースを構築し、それを基に各チームがそれぞれの解析を開始した。JFT-2Mではべき乗型の比例則とオフセット型の比例則を求め、6月の解析結果を持寄るミーティング及び7月のITERのワークショップで発表した。なお、データベースは3月以降も適宜修正、追加が行なわれ、現在総データ点数は3466点（NBI加熱時で2273点）、76変数となっている。現在の変数の一覧を第1表に示す。全体の成果は10月のIAEA会議でJETのJ. G. Cordery氏が取りまとめて報告し<sup>2)</sup>、その後データベース公開の予定である。

次章以降では、データベースの詳細とその解析結果について述べる。まず、第2章ではJFT-2Mにおけるデータベースの作成作業を、第3章で各チームのデータを集積し構築された全体のデータベースの概要について述べる。第4章においては、蓄積エネルギーの比例則の検討結果を、第5章でデータベース及び求めた比例則に対する検討を述べ、第6章で全体をまとめる。

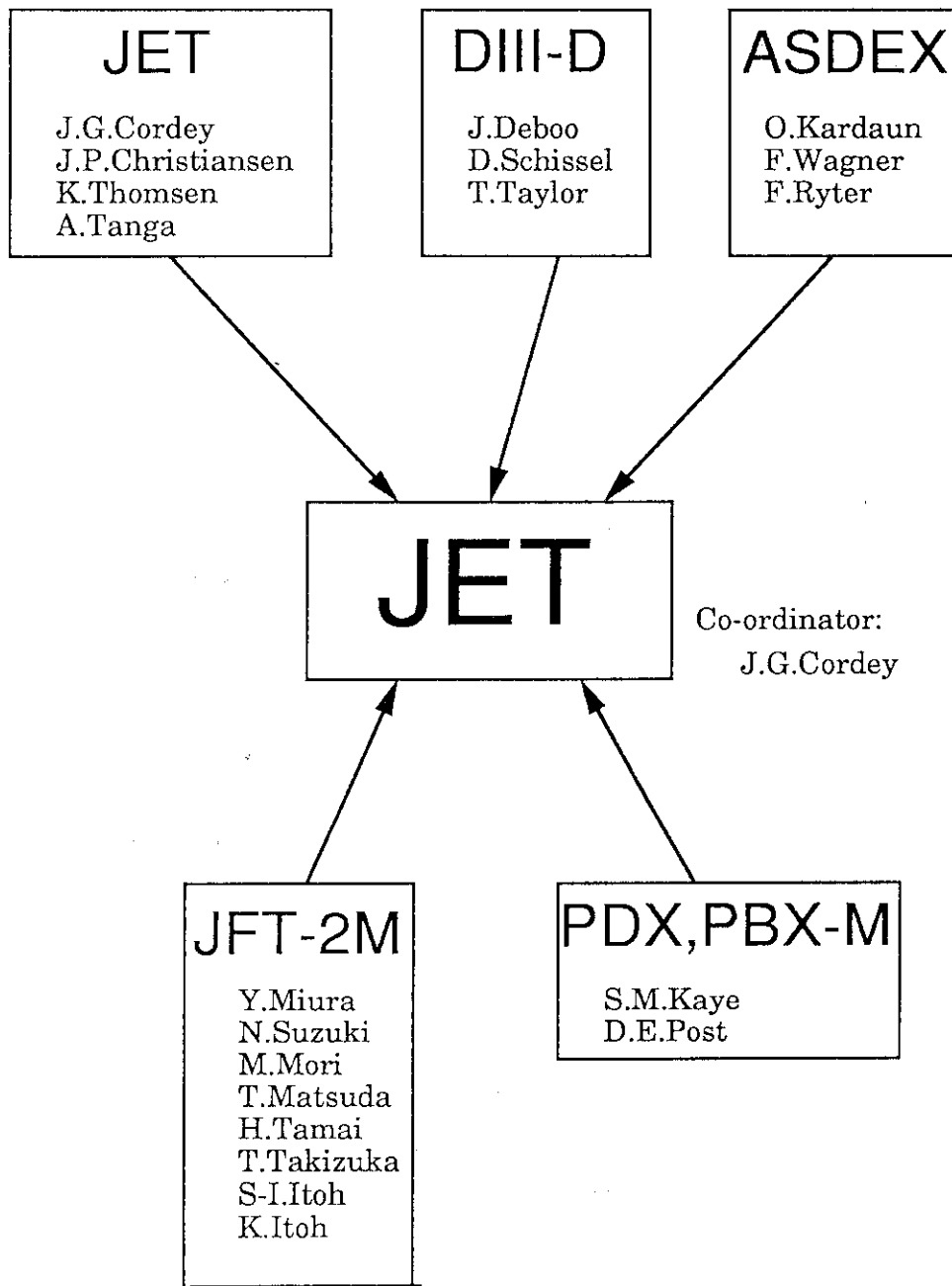
第1表 Hモードデータベースの変数一覧

	Variable	Format	Description	Unit
	General			
1	TOK	A8	name of machine	
2	UPDATE	I8	last date of update	
3	DATE	I8	shot date	
4	SHOT	I8	shot number	
5	TIME	1PE10.3	reference time	s
6	PHASE	A8	OHM, L, H(without ELM), HSELM, HGELM(H-mode with large ELM)	
7	LHTIME	1PE10.3	time of L/H transition	s
	Plasma composition			
8	PGASA	I8	mass number of plasma gas	amu
9	PGASZ	I8	charge of plasma gas	
10	BGASA	I8	mass number of beam gas	amu
11	BGASZ	I8	charge of beam gas	
	Geometry			
12	RGEO	1PE10.3	major radius of plasma (geometrical center)	m
13	RMAG	1PE10.3	major radius of plasma (magnetic axis)	m
14	AMIN	1PE10.3	horizontal minor radius (separatrix)	m
15	SEPLIM	1PE10.3	minimum distance plasma separatrix-wall/limiter	m
16	XPLIM	1PE10.3	distance X-point - wall/limiter	m
17	KAPPA	1PE10.3	elongation of plasma boundary	
18	DELTA	1PE10.3	triangularity of plasma boundary (avr. top and bottom)	
19	INDENT	1PE10.3	indentation of plasma boundary	
20	AREA	1PE10.3	area of plasma cross section	m <sup>2</sup>
21	VOL	1PE10.3	volume of plasma	m <sup>3</sup>
22	CONFIG	A8	plasma configuration SN(single null),DN(double null)	
	Machine condition			
23	WALMAT	A8	wall material SS(stainless steel), IN(inconel), C(carbon)	
24	DIVMAT	A8	divertor material (C:carbon,...)	
25	LIMMAT	A8	limiter material (C:carbon,...)	
26	EVAP	A8	evaporated material (BO:boron, NONE..) include getter material	
	Magnetics			
27	BT	1PE10.3	toroidal magnetic field at RGEO (T)	T
28	IP	1PE10.3	plasma current (A)	A
29	VSURF	1PE10.3	loop voltage at plasma boundary (V)	V
30	Q95	1PE10.3	QPSI(0.95) from equilibrium code	
31	BEILI2	1PE10.3	Beta Shafranov+li/2 from MHD	
32	BEIMHD	1PE10.3	Beta Shafranof from MHD	
33	BEPMHD	1PE10.3	$\beta_p$ from MHD	
34	BETMHD	1PE10.3	$\beta_t$ from MHD	
	Density			
35	NEL	1PE10.3	central line-averaged electron density from interferometer (M-3)	m <sup>-3</sup>
36	DNELDT	1PE10.3	time derivative of NEL from interferometer (M-3/s)	m <sup>-3</sup> /s
37	NEV	1PE10.3	volume-averaged electron density from interferometer (M-3)	m <sup>-3</sup>
38	NE0	1PE10.3	axial electron density from interferometer (M-3)	m <sup>-3</sup>
39	N E0TSC	1PE10.3	closest axial electron density from Thomson scattering (M-3)	m <sup>-3</sup>
	Impurity			



第 1 表 (続き)

40	ZEFF	1PE10.3	effective charge number from VIZ.BREM./ CHARGE EXCHANGE	
41	ZEFFNEO	1PE10.3	effective charge number from neoclassical resistivity only OH important	
42	PRAD	1PE10.3	total radiated power inside separatrix (W)	W
			Input power(deposited)	
43	POHM	1PE10.3	total OH input best estimate (W)	W
44	ENBI	1PE10.3	beam energy power weighted primary (V)	W
45	PINJ	1PE10.3	total injected NBI power (W)	W
46	PABS	1PE10.3	total absorbed power (W)	W
47	PFLOSS	1PE10.3	NBI power lost by CX and orbit (W)	W
48	DWDIA	1PE10.3	dW/dt diamagnetic	W
49	DWMHD	1PE10.3	dW/dt MHD	W
			Temperature(best diagnostics)	
50	TEV	1PE10.3	volume-averaged electron temperature (eV)	eV
51	TE0	1PE10.3	axial electron temperture (eV)	eV
52	TE0TSC	1PE10.3	closest axial electron temperature from Thomson scattering (eV)	eV
53	TIV	1PE10.3	volume-averaged ion temperature (eV)	eV
54	Ti0	1PE10.3	Axial ion temperature (eV)	eV
			Energies	
55	WDIA	1PE10.3	total plasma energy diamagnetic (J)	J
56	WMHD	1PE10.3	total plasma energy MHD (J)	J
57	WKIN	1PE10.3	total energy kinetic $\int(n_e \cdot Te + n_i \cdot Ti) dV$ (J)	J
58	WEKIN	1PE10.3	total electron energy kinetic $\int(n_e \cdot Te) dV$ (J)	J
59	WIKIN	1PE10.3	total ion energy kinetic $\int(n_i \cdot Ti) dV$ (J)	J
60	WPPER	1PE10.3	total perpendicular fast ion energy (J)	J
61	WFPAR	1PE10.3	total parallel fast ion energy (J)	J
62	WFFORM	1PE10.3	total fast ion energy from formula (J)	J
63	WFANI	1PE10.3	estimate of WPPER/(WPPER+WFPAR)	
			Energy confinement times	
64	TAUDIA	1PE10.3	tauE diamagnetic (S)	s
65	TAUMHD	1PE10.3	tauE MHD (S)	s
66	TAUTH1	1PE10.3	tauE from kinetic $\tau = (WE + WI) / (POHM + PABS - DWMHD - PFLOSS)$ (S)	s
67	TAUTH2	1PE10.3	tauE from MHD $\tau = (WMHD - WF) / (POHM + PABS - DWMHD - PFLOSS)$ (S)	s
			Extra information	
68	BMHDM DIA	1PE10.3	BEMHD - BEDIA(raw data, uncorrected) (ASDEX)	
69	PELLET	A8	Pellet Injection, H for Hydrogen pellet, D for Deutrium pellet	
70	COCTR	1PE10.3	Co/Ctr Injection, $COCTR = PCO / (PCO + PCTR)$	
71	BSOURCE	I8	Power fraction injected	
72	DALFMP	1PE10.3	D-alpha emission on the midplane (PDX/PBXM)	
73	DALFDV	1PE10.3	D-alpha emission in the divertor (PDX/PBXM)	
74	DWDIAPAR	1PE10.3	DWDIA from a parabolic fit to 3 pts(ASDEX)	W
75	BEPDIA	1PE10.3	corrected poloidal diamagnetic beta(ASDEX)	
76	DWHC	I8	both DWDIA and DWMHD are corrected(=1) or not(=0) (ASDEX)	
	*****	*****	missing value *****	
			character: ????????	
			integer: -9999999	
			real: -9.999E-09	
	*****	*****	missing value *****	



第1図 Hモードデータベース構築に参加したトカマク装置とメンバー一覧

## 2. JFT-2Mにおけるデータベースの作成

JFT-2Mでは昭和61年よりNBI加熱時のダイバータ配位でのHモードが実現されており<sup>3,4)</sup>、その前年より稼働していたモニター信号処理システム<sup>5)</sup>により、現在までに豊富なデータが蓄積されている。また、昭和61年より整備されてきた加工データ<sup>6)</sup>により、主要なパラメータは10ミリ秒毎に計算され、保存されている。今回のデータベース作成作業ではこれらのデータを利用して、良好なHモード放電及び時間点の選択を行なった。また、多くの変数は加工データ等を基に決定したが、不足する変数に関しては新規プログラムの作成、既存プログラムの改良を行ない、モニター信号処理システムのデータ処理用ミニコンピュータだけでなく、以前より開発を進めていたデータ変換プログラムを用いて大型計算機も利用し変数を決定した。データの取りまとめは、モニター信号処理システムのパソコン端末(マッキントッシュ)で表計算ソフトウェアを用いて行なった。概略の作業の流れを第2図に示す。

### 2.1 Hモード放電の選択

JFT-2Mでの代表的なHモードであるシングル・ヌル配位でのプラズマ電流、NBI入射パワースキャンの放電を中心に、電子密度、トロイダル磁場スキャン等の放電を加えた。また、比較のため、ダブル・ヌル配位及びペレット入射の放電も加えた。それらの放電の波形等をモニター信号処理システムの生データ、加工データを基に調べ、最終的に218ショットの放電を選び出した。時間点に関しては蓄積エネルギーの最大点の時間以外に、蓄積エネルギー上昇中の点(蓄積エネルギーの時間変化分/入力パワー=0.2~0.3)及びNBI入射加熱直前のオーミック加熱時の点を加えた。

### 2.2 データベースの作成

指定された76変数のうち大半のものは第2表に示すように値が固定(missing:欠損値を含む)又は既存の加工データで対処できたが、それ以外に関しては以下のようにプログラムの改良等を行なった。

#### (1) 加工データ作成プログラムの改良

SEPLIM、XPLIMに関しては、加工データ作成プログラムのうち、磁場フィッティング・コード部に機能を追加して求めた。DNELDTについては2次フィッティングで求める機能を追加した。なお、WDIAについては加工データ内の電子密度サーベいのデータから測定時のオフセットエラーを求め補正を行なった。PRADは加工データ中の全放射損失のデータにボロメータ・アレイ<sup>7)</sup>での空間分布の補正を加えて、セパラ

トリックス内の放射損失量を求めた。また、NEO、NEVは表の様なプロファイルを仮定して求めた。

(2) EQFITコードの改良

RMAG、Q95、BEILI2、BEIMHD、BEPMHD、BETMHD、WMHDについては、大型計算機上で整備を進めていた、JFT-2M実験データ変換コード及びそのデータを基にした平衡計算コードEQFITに機能を追加して求めた。

(3) NBI解析コードの改良

PABS、WPPER、WPPAR、WFFORM、WFANIについてはJT-60で開発されたモンテカルロ法によるNBIコード<sup>8)</sup>に1部機能を追加して求めた。

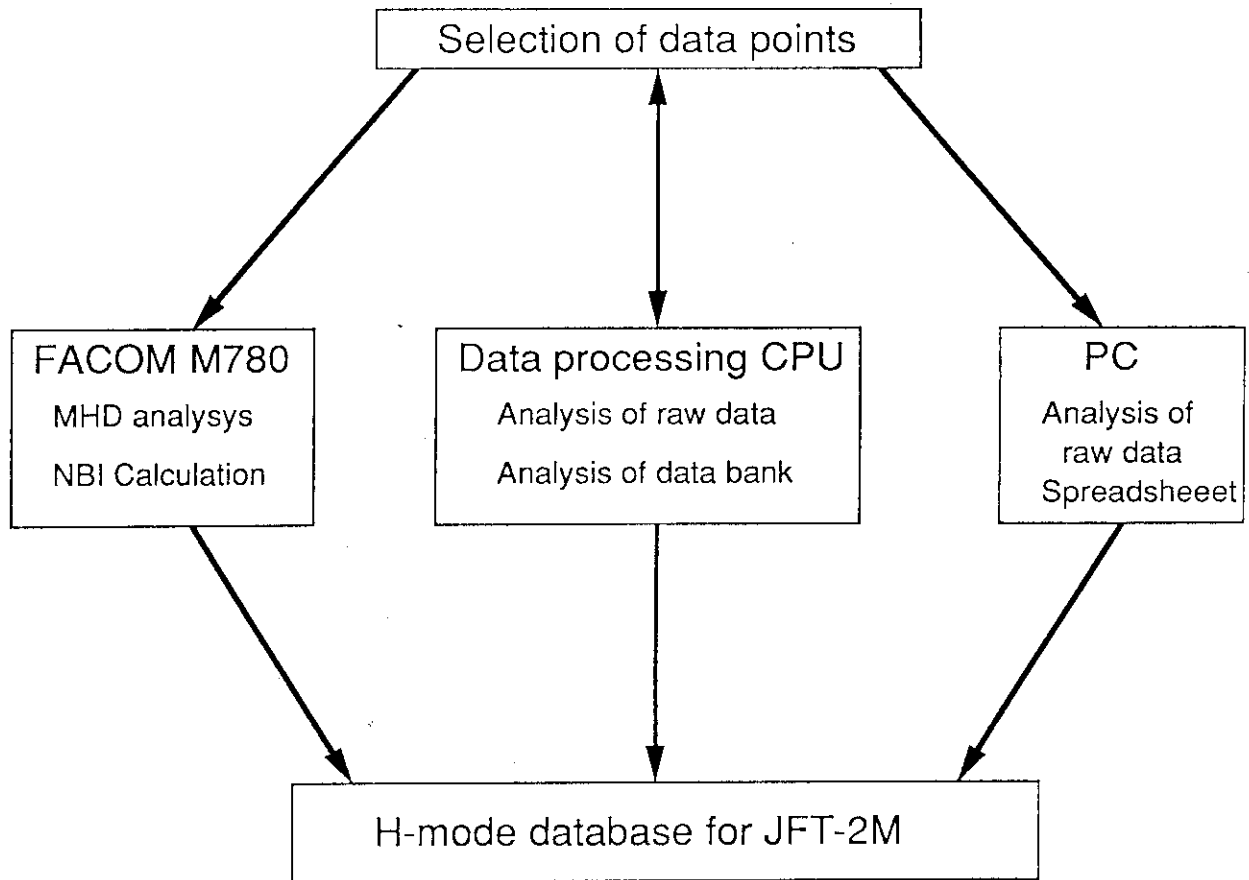
このようにして作成されたJFT-2Mのデータベースの主要な変数の分布図を第3図に示す。

第2表 JFT-2Mにおける各変数の決定方法

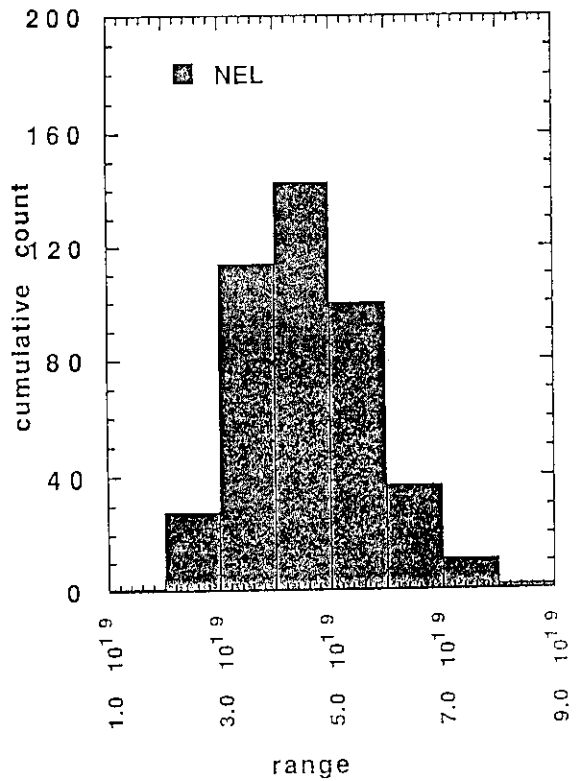
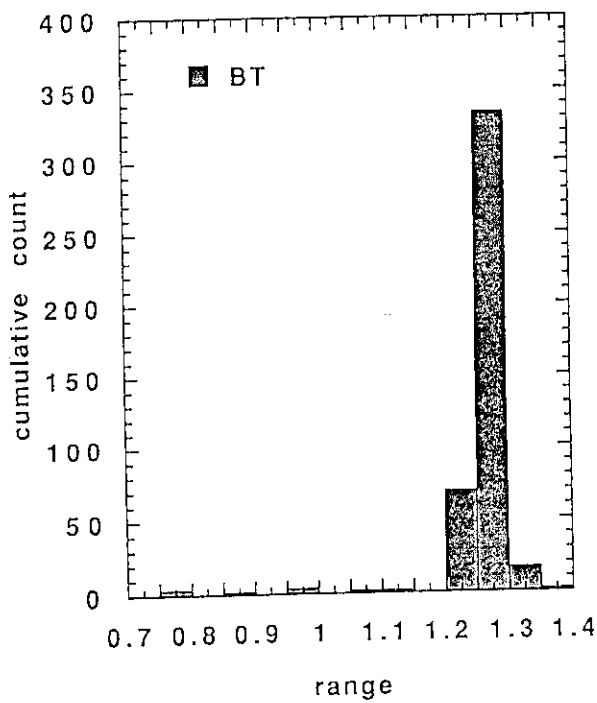
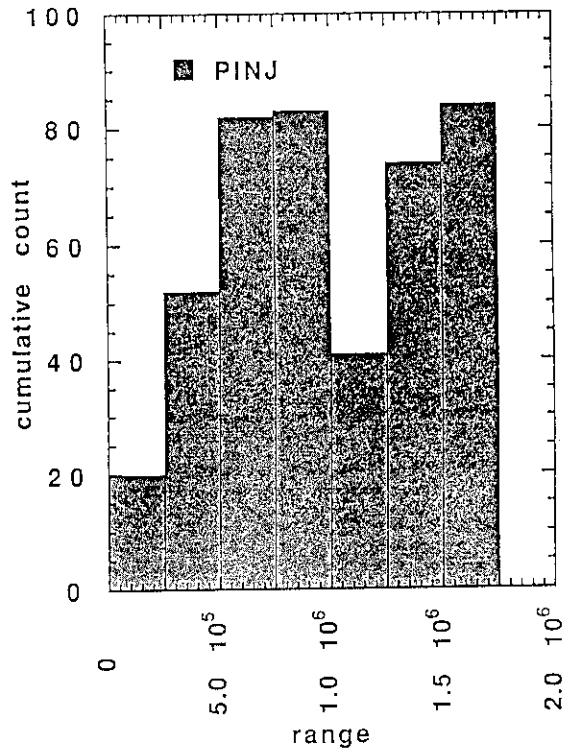
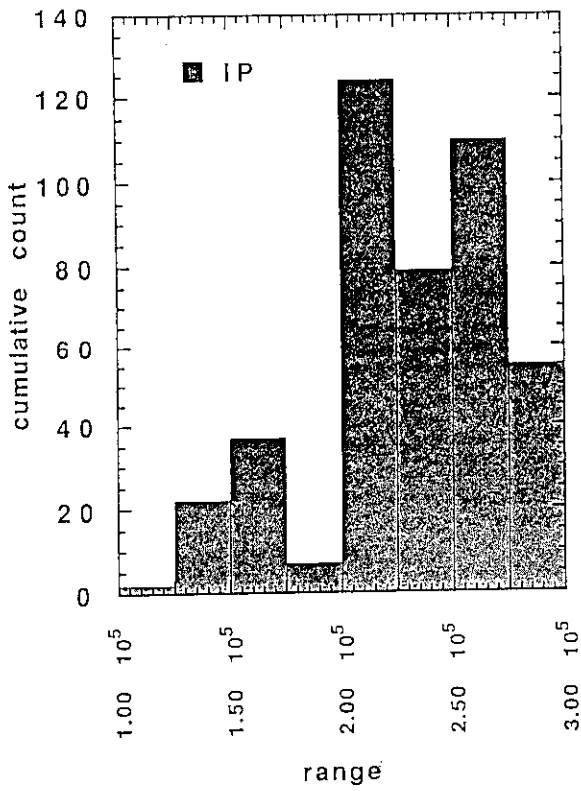
TOK	JFT2M
UPDATE	last date of update
DATE	shot date
SHOT	shot number
TIME	time
PHASE	OHM or H only, but there may be some mistake?
LHTIME	missing
PGASA	at H --> D PGASA=2, at H --> H PGASA=1
PGASZ	1 for every shot
BGASA	Hydrogen Beam only BGASA=1
BGASZ	only 1
RGEO	KAKO data, magnetic fitting code
RMAG	calculated by EQFIT code
AMIN	KAKO data, magnetic fitting code
SEPLIM	KAKO data, magnetic fitting code(added)
XPLIM	KAKO data, magnetic fitting code(added)
KAPPA	KAKO data, magnetic fitting code
DELTA	KAKO data, magnetic fitting code
INDENT	missing
AREA	KAKO data, magnetic fitting code
VOL	$2\pi \cdot \text{RGEO} \cdot \text{AREA}$
CONFIG	DN or SN
WALMAT	SS
DIVMAT	C
LIMMAT	C
EVAP	TI
BT	uncertainty less than a few % $\text{ABS}(\text{BT}) \cdot \text{RGEO} / 1.31$ , KAKO data
IP	uncertainty less than a few % KAKO data, magnetic fitting code
VSURF	KAKO data, averaged 2 loops (inside and outside, time average=10msec)
Q95	calculated by EQFIT code
BEIL12	calculated by EQFIT code
BEIMHD	calculated by EQFIT code
BEPMHD	calculated by EQFIT code
BETMHD	calculated by EQFIT code
NEL	KAKO data, at midplane by 2mm interferometer
DNELDT	Calculated 5point (5msec) data fitted as $y = a \cdot t^2 + b \cdot t + c$ ( $dy/dt = 2 \cdot a \cdot t + b$ )
NEV	Calculated by 2 code FIR average density (at R=1.24m and R=1.10m). Profile is assumed as follows
NE0	$ne(x) = ne0(xped^2 - x^2)^{1.5} + neped$ ( $x \leq xped$ ), $ne(x) = neped(1 - x^2)/(1 - xped^2)$ ( $xped \leq x \leq 1$ )

第 2 表 (続き)

NEOTSC	missing
ZEFF	missing
ZEFFNEO	missing
PRAD	calculated by Bolometer array, error $\leq 10-20\%$
POHM	VSURF*IP
ENBI	uncertainty less than a few %, calculated from KAKO data
PINJ	uncertainty less than several % [calibrated by 2 dimensional calorimeter array], KAKO data
PABS	uncertainty less than 10% [calculated by Monte Carlo Code and estimated by the results of parameter scan]
PFLOSS	uncertainty is about 20%. [calculated by Monte Carlo Code and estimated by the results of parameter scan]
DWDIA	KAKO data, calculated as $DWDIA = [W(i+1) - W(i-1)] / [T(i+1) - T(i-1)]$ where $\Delta t$ is 10msec
DWMHD	KAKO data, calculated as $DWMHD = [W(i+1) - W(i-1)] / [T(i+1) - T(i-1)]$ where $\Delta t$ is 5msec
TEV	missing
TE0	missing
TEOTSC	missing
TIV	missing
TIO	missing
WDIA	well compensated, error may be less than 1-2kJ at OH, KAKO data
WMHD	calculated by EQFIT code
WKIN	missing
WEKIN	missing
WIKIN	missing
WPPER	Method of estimation and typical error is the same as PFLOSS
WFPAR	Method of estimation and typical error is the same as PFLOSS
WFFORM	Method of estimation and typical error is the same as PFLOSS
WFANI	Method of estimation and typical error is the same as PFLOSS
TAUDIA	$WDIA / (POHM + PABS - PFLOSS - DWDIA)$ ; subtract PFLOSS is different from the definition
TAUMHD	$WMHD / (POHM + PABS - PFLOSS - DWMHD)$ ; subtract PFLOSS is different from the definition
TAUTH1	missing
TAUTH2	missing
BMHMDIA	missing
PELLET	H or D according to H or D pellets
COCTR	$P_{nb}[co] / (P_{nb}[co] + P_{nb}[ctr])$
BSOURCE	beam proton ratio
DALFMP	missing
DALFDV	missing
DWDIAPAR	missing
BEPDIA	missing
DWHC	missing



第2図 JFT-2Mでのデータベース構築フロー図



第3図 JFT-2Mデータベースでの主要変数分布図



## 3. Hモードデータベースの概要

始めに述べたように、各装置で作成されたデータは3月にJETに持寄られ、全体のデータベースが構築された。全体のHモードデータベースは、磁気テープおよびフロッピーディスクの形で各研究所に配付されたが、それ以降もデータの更新が継続的に行なわれている。その経緯を示すと、

- 90/03/08 ASDEX、DIII-D、JET、JFT-2M、PBX-M、PDXのデータを基にHモードデータベース作成
- 90/03/30 JETのデータを更新
- 90/04/12 ASDEX、PBX-M、PDXのデータを更新
- 90/05/02 ASDEX、JFT-2M、PBX-M、PDXのデータを更新
- 90/05/09 ASDEXのデータを更新
- 90/05/21 ASDEX、DIII-Dのデータを更新
- 90/08/29 ASDEX、DIII-Dのデータを更新

のように、最初のデータベース構築後、合計6回更新されており、異常データの除外、不足データの補充、変数の追加によりデータベースの質の向上が図られている。現在総データ点数は3466点、NBI加熱時で2273点であり、放電数にして975ショットに達し、変数の数は第1表に示すように76個である。最新のデータでのNBI加熱時の各装置の変数値の一覧を第3表に示す。全体的に基本的データは揃っているものの、プロフィール関連のデータ(TE0、TEV、TIO、TIVなど)等がまだ不十分であることがわかる。

第3表 NBI加熱時の変数値の平均値一覧。括弧内は変化幅。単位は第1表と同じ。但し、エネルギー、パワー、電流はそれぞれMJ、MW、MAで、温度はkeV、密度は $10^{19}m^{-3}$ 、BETMHDは%。

TOK	JFT2M	JET	D3D	ASDEX	PDX	PBXM	TOTAL NO
UPDATE							2273
DATE							2267
SHOT	218(436)	176(658)	118(149)	153(612)	154(154)	156(264)	975
TIME							2273
PHASE	H,S	H, S, G	L,H,S,G	L,H,S,G	H, S, G	H, S, G	2273
LHTIME							2261
PGASA	2,1	2	2,1	2	2	2	2273
PGASZ	1	1	1	1	1	1	2273
BGASA	1	2	2,1	1	2, 1	2	2273
BGASZ	1	1	1	1	1	1	2273
RGEO	1.30(1.29-1.32)	2.81(2.72-2.91)	1.67(1.66-1.69)	1.67(1.63-1.71)	1.4	1.64(1.62-1.66)	2273
RMAG	1.33(1.31-1.38)	2.98(2.87-3.15)	1.75(1.70-1.84)	1.76(1.69-1.84)	1.4(1.35-1.45)	1.64(1.62-1.66)	2273
AMIN	.269(.249-.287)	1.09(1.05-1.14)	0.62(0.61-0.63)	0.39(0.35-0.43)	0.4(0.4-0.42)	0.27(0.25-0.29)	2273
SEPLIM	0.06(0.05-0.095)	.058(0-.099)	0.04(0.03-0.05)	0.20(0.14-0.26)	0.18	0.02(.00002-.04)	2028
XPLIM	0.06(.006-0.11)	.036(0-.084)	0.08(0.04-0.17)	?	0.09	0.16(0.09-0.19)	1499
KAPPA	1.41(1.30-1.50)	1.84(1.70-1.92)	1.86(1.76-2.03)	1.0(0.93-1.05)	1	1.61(1.52-1.70)	2273
DELTA	0.33(0.17-0.50)	.126(.077-.163)	0.34(0.26-0.45)	?	0	0.29(0.24-0.34)	1661
INDENT	?	?	0	?	0	0.16(0.11-0.21)	567
AREA	0.32(0.26-0.36)	6.29(5.93-6.87)	2.05(1.9-2.3)	0.48(0.39-0.54)	0.51(0.50-0.55)	0.49(0.45-0.57)	2273
VOL	2.61(2.17-2.95)	111(104-122)	20.8(19.6-23.7)	5.07(4.10-5.71)	4.45(4.3-4.9)	4.8(4.4-5.6)	2273
CONFIG	SN, DN	SN, DN	SN	DN, SN	SN	DN	2273
WALMAT	SS	IN/C	IN	SS	SS	SS	2273
DIVMAT	C	C	C	TI	SS	SS	2273
LIMMAT	C	C	C	?	C	C	1661
EVAP	Ti	?	NONE	NONE, CARB	Ti	Ti	1615
BT	1.25(0.78-1.39)	2.57(1.80-3.72)	1.96(1.46-2.13)	2.20(1.57-2.61)	1.6(0.89-2.04)	1.34(1.3-1.43)	2273
IP	0.23(.118-.291)	3.2(2.0-5.16)	1.39(0.61-2.52)	0.34(0.20-0.45)	0.37(0.24-0.46)	0.33(0.28-0.38)	2273
VSURF	0.77(0.18-1.54)	0.08(-0.23-0.6)	?	0.44(-1.1-1.7)	0.53(-0.04-0.95)	0.47(-0.58-1.41)	2124
Q95	2.98(2.17-5.05)	4.0(2.8-6.3), 413	4.7(2.8-9.7)	3.63(2.30-9.15)	3.0(1.9-4.8)	4.3(3.4-5.8)	2028
BEIL2	1.35(0.94-2.4)	0.91(0.58-1.41)	1.02(0.58-2.19)	2.08(1.17-3.83)	1.44(1.03-2.0)	1.92(1.35-2.75)	2273
BEIMHD	0.97(0.53-1.99)	0.37(.08-0.75)	0.64(0.21-1.76)	1.48(0.61-3.11)	0.81(0.42-1.31)	1.61(1.01-2.36)	2273
BEPMHD	1.08(0.6-2.16)	?	0.83(0.27-2.34)	same as BEIMHD	0.81(0.42-1.31)	2.12(1.31-3.18)	1615
BETMHD	1.17(0.52-2.41)	1.18(0.54-2.13)	1.82(0.79-3.18)	0.88(0.35-1.54)	1.07(0.4-2.25)	2.7(1.59-4.08)	2273
NEL	4.6(1.6-8.6)	4.0(1.65-6.69)	7.04(2.72-12.5)	3.80(1.65-9.31)	4.0(2.31-9.86)	4.95(2.35-8.98)	2158
DNELDT	21.8(-35.9-58.1)	1.55(0.07-8.3)	?	3.21(-55.9-30.5)	3.87(-205-66)	23(-3.1-39.1)	2029
NEV	partly ?	3.8(1.47-7.42)	mostly ?	3.01(1.21-6.62)	?	?	1353
NE0	partly ?	4.7(1.7-12.2), 621	mostly ?	5.28(2.45-13.94)	?	?	1316

第3表 (続き)

NEOTSC	?	?	?	partly ?	?	?	188
ZEFF	?	2.8(1.13-6.1)	2.21(1.09-4.3)	?	?	?	731
ZEFFNEO	?	2.55(1.1-6.9)	?	?	?	?	439
PRAD	0.4(0.16-0.85)	4.7(1.6-19.1)	partly ?	partly ?	?	1.0(.003-3.24)	1602
POHM	0.18(.021-.41)	0.68(0-3.3)	0.54(0.07-1.82)	0.16(0-0.72)	0.19(0.03-0.38)	0.16(-0.2-0.49)	2273
ENBI	32.1(24.2-38)	77.4(64.5-80.8)	73.4(62.9-76.2)	42	32.5(15-45.5)	40.6(34.7-45)	2273
PINJ	0.97(0.18-1.64)	7.86(3.2-18.2)	5.62(1.23-11.13)	2.84(1.2-4.05)	2.61(1.01-4.92)	3.34(1.59-5.55)	2273
PABS	0.94(0.18-0.16)	7.7(3.1-17.9)	5.53(1.16-11.1)	2.30(0.86-3.56)	2.25(0.94-4.55)	2.88(1.4-5.1)	2273
PFLOSS	0.15(0.008-0.45)	0	?	0.55(0.13-2.01)	0.74(0.29-1.67)	0.34(0-0.73)	2124
DWDIA	0.04(-0.14-0.39)	1.55(-1.2-7.4)	0	0.47(-.06-1.87)	?	?	1820
DWMHD	0.02(-0.13-0.36)	1.63(-1.5-8.1)	0.45(0-3.7)	0.54(-.04-2.97)	0.07(-1.24-0.55)	0.21(-0.74-1.51)	2270
TEV	?	2.6(0.85-4.04)	mostly ?	partly ?	0.92(0.23-1.51)	1.29(0.54-2.31)	1269
TEO	?	4.9(2.4-8.3)	mostly ?	partly ?	?	?	846
TEOTSC	?	?	mostly ?	partly ?	?	?	211
TIV	?	2.9(1.26-7.95)	mostly ?	?	same as TEV	same as TEV	818
TIO	?	5.6(3.2-15.2)	mostly ?	?	?	?	401
WDIA	.025(.012-.048)	5.4(2.35-10.7)	0.86(0.19-1.54)	0.10(0.03-0.19)	?	?	1815
WMHD	.031(.013-.058)	4.8(2-10.2)	0.9(0.22-1.59)	0.13(0.05-0.22)	0.07(0.02-0.12)	0.14(0.08-0.21)	2273
WKIN	?	4.46(2.3-7.9)	mostly ?	?	?	?	284
WEKIN	?	2.96(0.83-5.63)	mostly ?	partly ?	?	?	664
WIKIN	?	1.52(0.74-2.75)	mostly ?	?	?	?	284
WPPER	.002(.0004-.005)	0.3(0.08-0.86)	?	?	0.02(.003-0.04)	0.01(.005-0.03)	1473
WPPAR	.002(.0002-.004)	.08(.02-.35)	?	?	0.003(.0007-.008)	0.02(.002-0.04)	1473
WFFORM	.004(.0007-.009)	0.36(0.12-1.61)	0.11(0.01-0.47)	?	0.02(.004-0.05)	0.03(.007-0.07)	1628
WFANI	0.58(0.53-0.63)	0.78(0.64-0.89)	0.80(0.73-0.89)	?	0.83	0.66(0.5-0.83)	1629
TAUDIA	.027(.011-.065)	0.82(0.4-1.6)	partly ?	0.06(0.03-0.20)	?	?	1783
TAUMHD	.032(.014-.075)	0.74(0.37-1.5)	0.17(.05-.33)	0.08(-6.68-10.07)	0.03(0.01-0.09)	0.05(0.03-0.08)	2270
TAUTH1	?	0.69(0.33-1.33)	?	?	?	?	275
TAUTH2	.032(.012-.077)	0.69(0.32-1.39)	?	?	0.04(.009-0.09)	0.04(0.02-0.07)	1480
BMHMDIA	?	?	?	0.35(-0.56-0.8)	?	?	612
PELLET	?,H,D	?	?	?	N	N	432
COCTR	0-1	1	1	1	1	1	2273
BSOURCE	603010-801010	791803	801010	404020	453025	453025	2273
DALFMP	?	?	?	?	0.27(0.07-1.1)	0.07(0.03-0.17)	418
DALFDV	?	?	?	?	1.08(0.19-4.67)	0.001(-0.01-0.02)	418
DWDIAPAR	?	?	?	0.50(-0.3-1.96)	?	?	459
BEPDIA	?	?	?	1.18(0.48-2.28)	?	?	612
DWHC	?	?	?	0,1	?	?	612

## 4. 蓄積エネルギーの比例則の検討

ここでは今回のデータベース作成の目的である閉じ込めの比例則について、統計解析パッケージSASを用いて検討を行なう。比例則としては、工学的変数のべき乗タイプの

$$W_s = C \cdot I_p^a \cdot P_t^b \cdot B_t^c \cdot n_e^d \cdot R_p^e \cdot a_p^f \cdot k^g \cdot A_1^h \quad (1)$$

を考える。ただし、 $W_s$ は蓄積エネルギー(WMHD)、 $I_p$ はプラズマ電流(IP)、 $P_t$ は入力パワー(PABS+POHM-DWMHD)、 $B_t$ はトロイダル磁場(BT)、 $n_e$ は電子密度(NEL)、 $R_p$ は主半径(RGEO)、 $a_p$ は小半径(AMIN)、 $k$ は楕円度(KAPPA)、 $A_1$ は平均質量数((PGASA+BGASA)/2)である。なお、括弧内はデータベースの対応する変数名であり、第3表の中で出来るだけデータの完備しているものを使用している。各トカマク装置でのこれら代表的な変数の値を第4表に示す。

## 4.1 データの選択基準

Hモードデータベースは始めに述べたように、色々なアプローチが出来るようある意味でバラエティに富んだHモード放電を集めている。しかし、比例則を検討するには出来るだけ良好なHモード放電を選択する必要がある。ここでは、

- ①完備していない変数、又、精度の高くない変数を用いての選択は避ける。
- ②出来るだけ各装置に共通の選択基準とする。
- ③各装置のデータ数を出来るだけ合わせる。

という方針で、以下の3つの選択基準を設けた。

- ①良好なHモードであること。  
ELMなしのHモード又はジャイアントELM付のHモード。
- ②ほぼ定常状態であること。  
(蓄積エネルギーの変化分)/(入力パワー)が0.2未満
- ③低qによって閉じ込めが劣化していないこと。

95% qが2.7より大きい

この選択基準でデータを選択すると、ASDEXで165点、DIII-Dで114点、JETで159点、JFT-2Mで165点、PBX-Mで150点、PDXで58点となり、元々データ点の少ないDIII-D、PDXを除いて各装置ほぼ160点前後のデータ点を選択出来た。なお、JFT-2Mの場合、入力パワーの範囲を広くとるため、NBIビームの入射方向としてCO+CTRの条件を加えた。

## 4.2 JFT-2Mでのパラメータ依存性

(1)式の比例則の工学的変数のうち、各トカマク装置にほぼ固定で変数範囲の狭い $R_p$ 、 $a_p$ 、 $k$ に関しては全体のデータベースから依存性を求めるしかないが、 $I_p$ 、 $P_t$ 、

$B_t$ 、 $n_e$ 、 $A_i$ に関しては実験環境の均一な個々のトカマクで依存性を求める方がより信頼性が高いと考えられる。つまり、これらの変数の依存性については各トカマクでほぼ共通に決められ、それを全体のデータベースに適用し、装置寸法に関する依存性を決定するアプローチが望ましい。しかし、SASを用いて4.1の選択基準で選び出したデータに回帰分析を行なった結果である第5表から明らかなように、各トカマクで依存性に大きな違いがあり、全体に共通性を見出すことは困難である。そこで、ここではJFT-2M単独でパラメータ依存性を調べ、それを全体に適用するというアプローチを行なった。

JFT-2Mのパラメータ依存性のうち、 $n_e$ に関しては $I_p$ との相関が強く、その強い依存性に吸収されてしまい、第5表のように $n_e$ 単独での依存性はほとんど無視できる。また、 $A_i$ に関してはJFT-2Mでは変動範囲が狭く、かつ水素と重水素混合の場合の $A_i$ 自体の不確定性もあるので、ここでは最後に依存性なしの場合と後述するITERでのLモード比例則の場合のように $A_i$ の0.5乗の場合を比較する。従って、以下 $I_p$ 、 $P_t$ 、 $B_t$ の依存性を調べてみる。但し、たとえば $B_t$ に関していえば、第3図にみるようにほとんど1.2~3T近傍にデータが集中しており、このままでは統計的に処理しても正確な依存性を得ることは難しい。しかし、JFT-2Mの場合、データベースを構築しているのは各種の単一パラメータスキャンのデータであり、単一の変数のみの依存性を他の変数の範囲を十分狭くして調べれば、元々の単一パラメータスキャンのデータを抽出出来るはずである。このようにしてパラメータ依存性を求めた結果を第4~6図に示す。第4図は $W_e$ の $I_p$ 依存性を $P_t$ 、 $B_t$ の範囲を狭くして調べた1例であり、いずれの場合も傾きはほぼ1.0であった。第5図は同様にして $W_e$ の $P_t$ 依存性を調べた1例であり、いずれの場合も傾きはほぼ0.5であった。 $B_t$ 依存性に関しては元々2例しかデータベースには入っていないが、いずれも第6図に示すように低q領域での閉じ込めの劣化した部分を除けば、 $B_t$ 増加と共に $W_e$ はほぼ一定となり、依存性は極めて弱いのでここでは依存性はなしとする。以上をまとめるとJFT-2Mのデータからは次式が導かれる。

$$W_e \sim I_p^{1.0} \cdot P_t^{0.5} \cdot B_t^{0.0} \quad (2)$$

この結果をJFT-2Mの水素放電、重水素放電の場合に適用すると第7~8図のように十分に精度よくあてはめることが出来る。

#### 4.3 サイズ依存性

(2)式を全体のデータベースに適用し、サイズ依存性を調べる。4.1で選択したデータに対し $R$ 、 $a$ 、 $k$ に関してSASで回帰分析を行なうと、

$$W_e = 0.073 \cdot I_p^{1.0} \cdot P_t^{0.5} \cdot B_t^{0.0} \cdot R^{2.26} \cdot a^{-0.08} \cdot k^{-0.11} \quad (3)$$

となり、 $a$ 、 $k$ に対する依存性は負でかつ弱い。そこで $R$ のみを用いて再度回帰分析を行なうと

$$W_s = 0.083 \cdot I_p^{1.0} \cdot P_t^{0.5} \cdot B_t^{0.0} \cdot R^{2.06} \quad (4)$$

となり、フィッティングの程度を示す  $rms e$  (root mean square error) は (3) 式の場合で 16.7%、(4) 式の場合で 16.9% であり、(4) 式の単純な式で十分精度よく表現出来ていることが分る。なお、4.2 で述べたように  $A_1$  の依存性を含めると (4) 式は

$$W_s = 0.072 \cdot I_p^{1.0} \cdot P_t^{0.5} \cdot B_t^{0.0} \cdot R^{1.84} \cdot A_1^{0.5} \quad (5)$$

となり、 $rms e$  は若干悪化し 17.7% となる。(3) ~ (5) 式のフィッティングの様子を第 9 ~ 11 図に示す。なお  $rms e$  は次式で表される。

$$(rms e)^2 = \frac{1}{N-M} \sum (\log W_s - \log W_{model})^2 \quad (6)$$

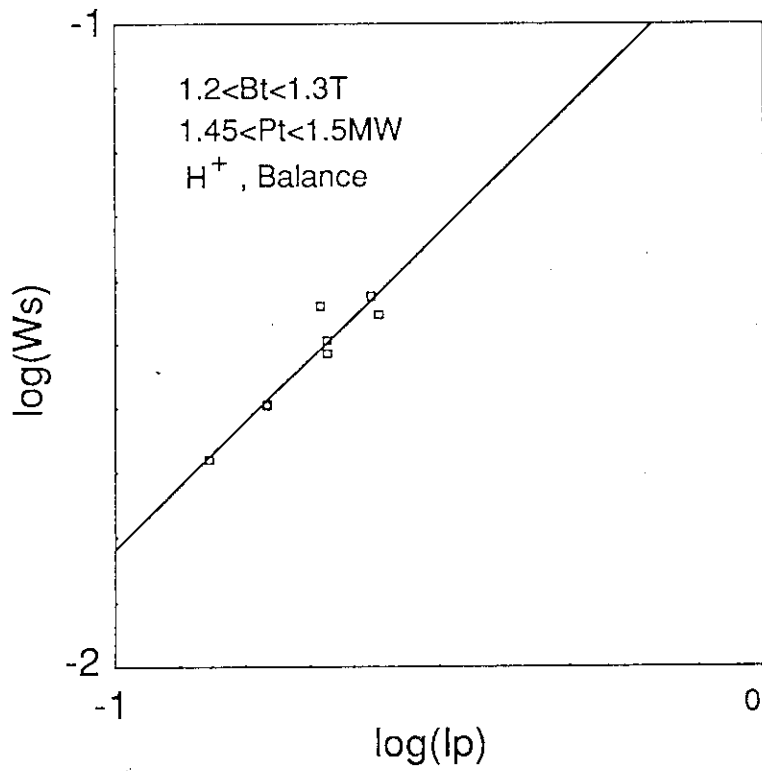
但し、 $N$  はデータの数、 $M$  は回帰分析を行なう変数の数である。

第4表 主要な変数値一覧

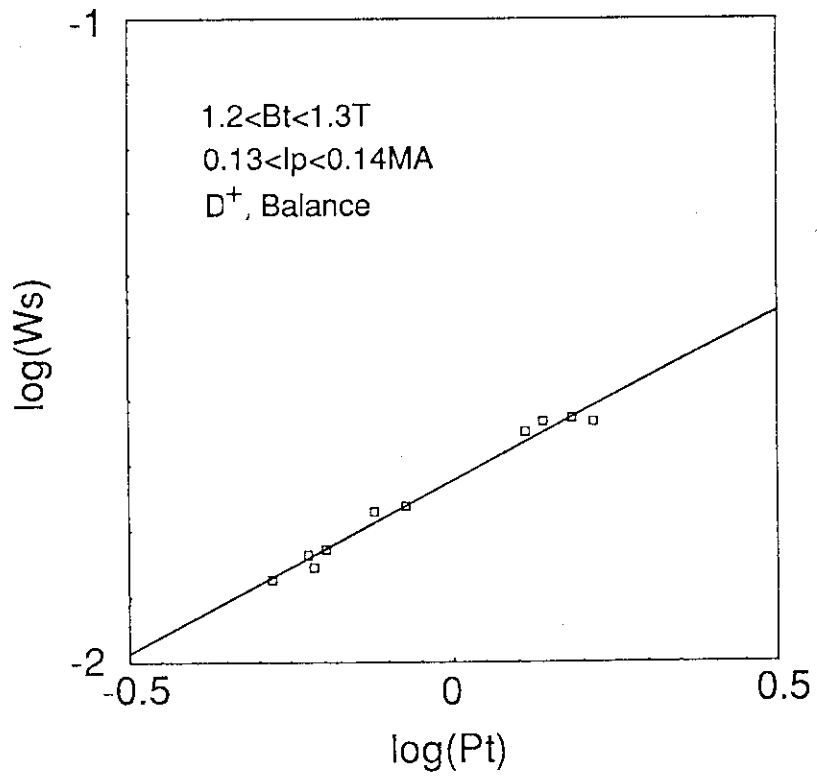
	a	R	kappa	Bt	Ip	ne	Pt	Ai
	m	m		T	MA	$10^{19} / m^3$	MW	
JFT-2M	0.25-0.29	1.29-1.32	1.30-1.50	0.78-1.39	0.12-0.29	1.6-8.6	0.31-1.98	1.0-1.5
JET	1.05-1.14	2.72-2.91	1.70-1.92	1.80-3.72	2.00-5.16	1.65-6.7	2.60-15.96	2
D3D	0.61-0.63	1.66-1.69	1.76-2.03	1.46-2.13	0.61-2.52	2.72-12.5	1.40-11.84	1.0-2.0
ASDEX	0.35-0.43	1.63-1.71	0.93-1.05	1.57-2.61	0.20-0.45	1.65-9.31	.003-3.86	1.5
PDX	0.40-0.42	1.4	1	0.90-2.0	0.24-0.46	2.30-9.9	1.14-4.51	1.5-2.0
PBX-M	0.25-0.29	1.62-1.66	1.52-1.70	1.30-1.43	0.28-0.38	2.40-9.0	1.40-5.66	2

第5表 各トカマク装置での依存性一覧

	Ip	Pt	Bt	ne	Ai
ASDEX	0.7	0.57	0.87	-0.34	?
D3D	0.29	0.45	0.31	0.57	0.42
JET	0.54	0.38	0.59	0.19	?
JFT2M	0.89	0.42	0.57	0.02	0.14
PBXM	0.26	0.72	0.87	-0.34	?
PDX	1.17	0.34	0.22	0.13	?

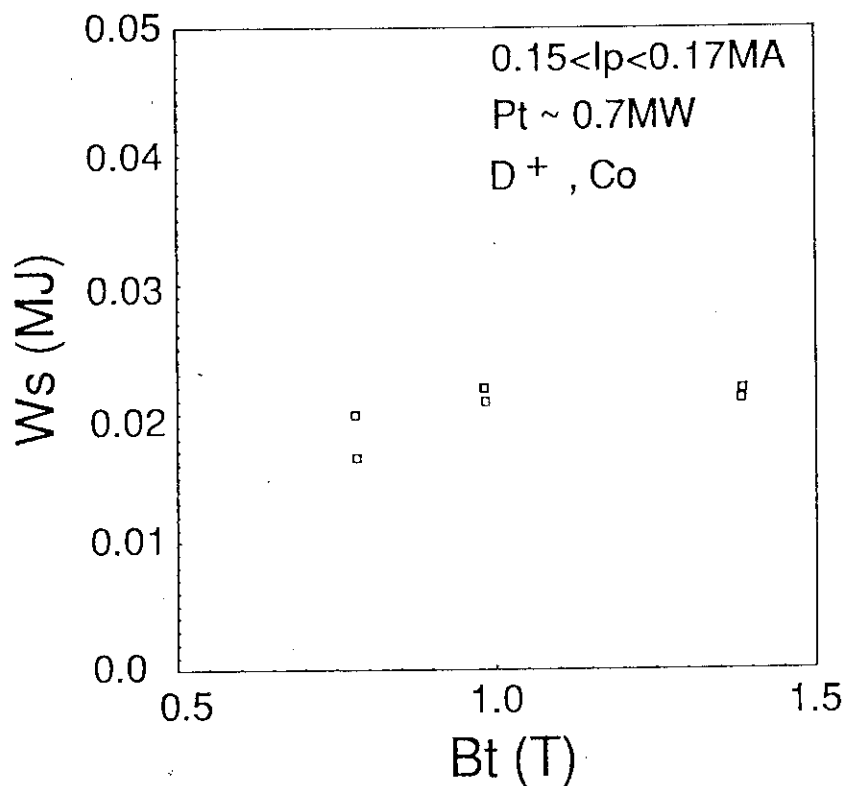


第4図 JFT-2Mの $W_s$ の $I_p$ 依存性

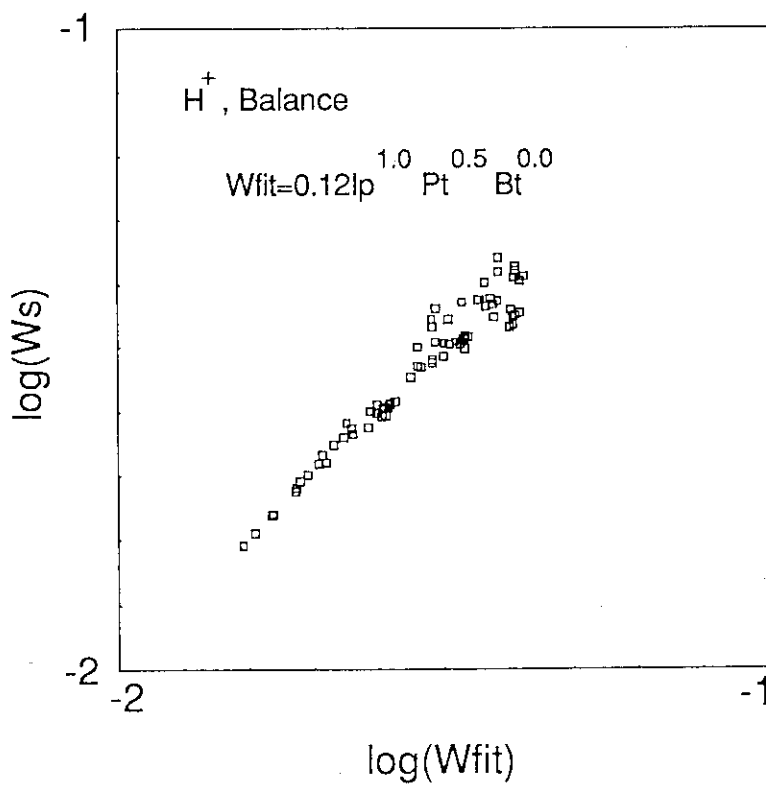


第5図 JFT-2Mの $W_s$ の $P_t$ 依存性

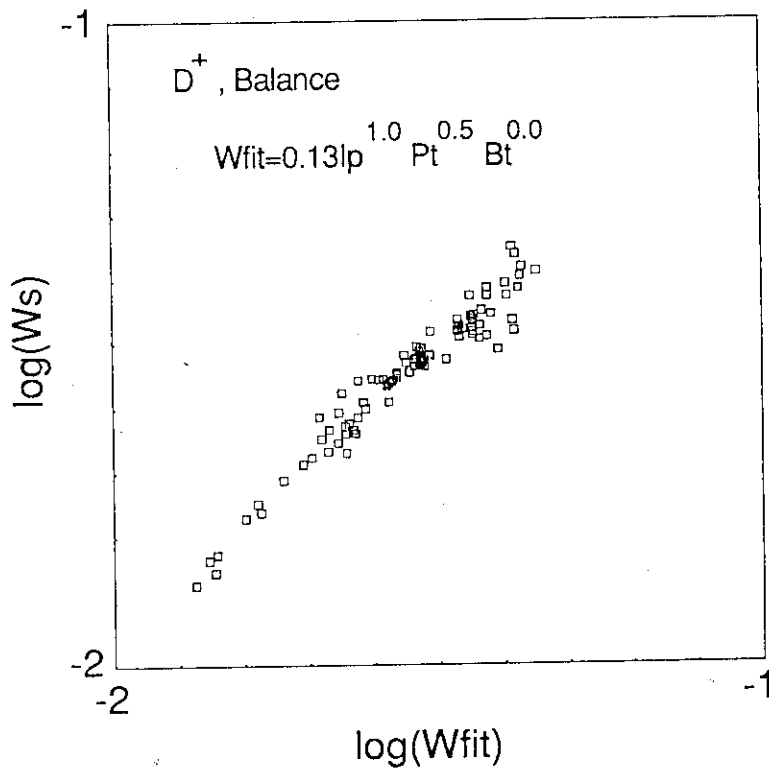




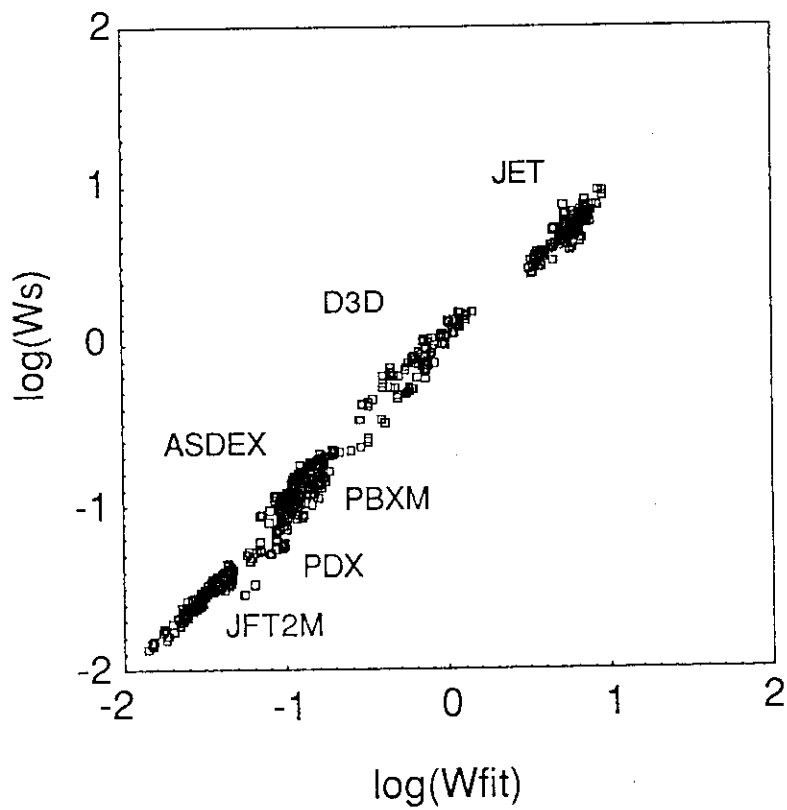
第6図 JFT-2Mの $W_s$ の $B_t$ 依存性



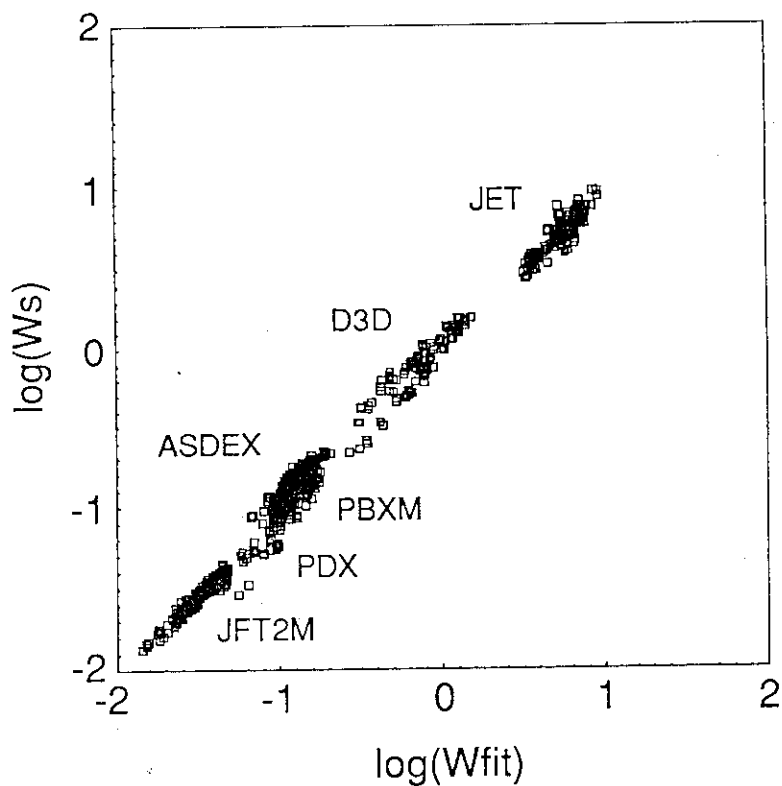
第7図 JFT-2Mにおける水素放電時の $W_s$ のフィッティング結果



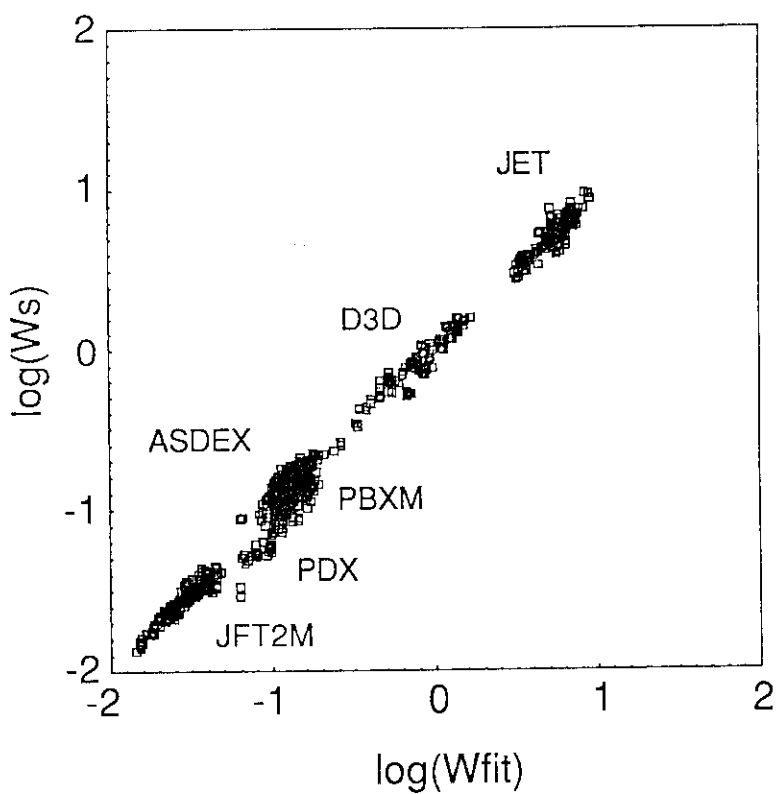
第8図 JFT-2Mにおける重水素放電時の $W_s$ のフィッティング結果



第9図 R、a、kでの回帰分析の結果



第10図 Rのみでの回帰分析の結果



第11図  $A_i$ を含めた場合の回帰分析の結果

## 5. 考察

本章では 以下の2点について検討する。

- ①現在のデータベースの問題点
- ②Lモード比例則との比較

## 5. 1 現在のデータベースの問題点

第4章でみてきたように現状のHモードデータベースには以下の問題点がある。

- ①各トカマク装置での依存性の違いが大きい。特にトロイダル磁場と電子密度に関して顕著である。各装置でこれらの単一パラメータ依存性のデータを集積すると共にその違いの原因を明らかにする必要がある。
- ②平均質量数に関するデータが少ない。特に、水素重水素混合プラズマでない、水素プラズマへの水素ビーム入射、及び、重水素プラズマへの重水素ビーム入射のデータはDIII-Dに若干あるだけであり、実現可能な装置でのデータの蓄積が望まれる。

## 5. 2 各種Lモード比例則との比較

第12図に代表的なべき乗型のLモード比例則である

- ①Goldston則<sup>9)</sup>
- ②Kaye-Goldston則<sup>10)</sup>
- ③Kaye-Big則<sup>11)</sup>
- ④ITER89-P則<sup>12)</sup>

との比較結果を示す。いずれも4.1の選択基準でデータを選択した後、各比例則の何倍でフィッティングされるかを求めたもので、1.5~2倍程度良くなっていることが分る。rmseはいずれも(4)~(5)式より悪く単純にLモード比例則を適用できないことが分る。なお、①、②には平均質量数の補正を加えてある。

## Comparison with L-mode scaling

$$(1) \text{Goldston scaling: } W_G = 0.037 * I_p^{1.0} P_t^{0.5} R^{1.75} a^{-0.37} k^{0.5} (A_i/1.5)^{0.5}$$

$$W_s = 1.46 W_G, \text{ rmse} = 26.8\%$$

$$(2) \text{Kaye-Goldston scaling: } W_{KG} = 0.055 * I_p^{1.24} P_t^{0.42} R^{1.65} a^{-0.49} k^{0.28} n_e^{0.26} B_t^{-0.09} (A_i/1.5)^{0.5}$$

$$W_s = 1.67 W_{KG}, \text{ rmse} = 27.8\%$$

$$(3) \text{Kaye-big scaling: } W_{KB} = 0.105 * I_p^{0.85} P_t^{0.5} R^{0.5} a^{0.8} k^{0.25} n_e^{0.1} B_t^{0.3} A_i^{0.5}$$

$$W_s = 2.03 W_{KB}, \text{ rmse} = 25.0\%$$

$$(4) \text{ITER-89 scaling: } W_{ITER} = 0.048 * I_p^{0.85} P_t^{0.5} R^{1.2} a^{0.3} k^{0.5} n_e^{0.1} B_t^{0.2} A_i^{0.5}$$

$$W_s = 2.03 W_{ITER}, \text{ rmse} = 21.0\%$$

第12図 各種Lモード比例則との比較結果。単位はMKS。但し、 $W_s$ はMJ、 $I_p$ はMA、 $P_t$ はMW、 $n_e$ は $10^{20} \text{m}^{-3}$ 。

## 6. まとめ

Hモードデータベースの作成及び検討を行ない以下の結果を得た。

- ①現在までに整備してきたモニター信号処理システム、加工データによりHモード閉じ込めのJFT-2Mのデータベースを構築できた。
- ②JFT-2Mのデータより蓄積エネルギーの $I_p$ 、 $P_t$ 、 $B_t$ のパラメータ依存性を調べ、その結果を全体のデータベースに適用することにより、サイズ依存性を含めた比較的単純な式で現在のHモードの閉じ込め性能を表すことが出来た。

## 謝辞

本研究を推進するにあたり、吉川允二理事、田中正俊特別研究員、飯島 勉那珂研究所長、島本 進部長、前田彦祐プラズマ実験研究室長からは終始激励を頂いた。JET、DIII-D、ASDEX、PBX-M及びPDXの各トカマクのデータベース作成作業メンバーにはデータの提供及び解析の際の議論を頂いた。特に、JFT-2M側メンバーの一員である理論解析研究室滝塚知典副主任研究員、核融合科学研究所伊藤公孝助教授、伊藤早苗助教授には終始積極的な議論を頂いた。また、SASの利用に関しては、保健物理部線量計測課熊沢 蕃主任研究員、㈱カナザワコンピュータサース須田修司氏の助言を頂いた。プラズマ実験研究室、装置技術管理室の各員にはJFT-2Mのデータベース構築等に関し、終始積極的な御協力を頂いた。

以上の方々に深く感謝の意を表します。

## 6. まとめ

Hモードデータベースの作成及び検討を行ない以下の結果を得た。

- ①現在までに整備してきたモニター信号処理システム、加工データによりHモード閉じ込めのJFT-2Mのデータベースを構築できた。
- ②JFT-2Mのデータより蓄積エネルギーの $I_p$ 、 $P_t$ 、 $B_t$ のパラメータ依存性を調べ、その結果を全体のデータベースに適用することにより、サイズ依存性を含めた比較的単純な式で現在のHモードの閉じ込め性能を表すことが出来た。

## 謝辞

本研究を推進するにあたり、吉川允二理事、田中正俊特別研究員、飯島 勉那珂研究所長、島本 進部長、前田彦祐プラズマ実験研究室長からは終始激励を頂いた。JET、DIII-D、ASDEX、PBX-M及びPDXの各トカマクのデータベース作成作業メンバーにはデータの提供及び解析の際の議論を頂いた。特に、JFT-2M側メンバーの一員である理論解析研究室滝塚知典副主任研究員、核融合科学研究所伊藤公孝助教授、伊藤早苗助教授には終始積極的な議論を頂いた。また、SASの利用に関しては、保健物理部線量計測課熊沢 蕃主任研究員、(株)カナザワコンピュータサース須田修司氏の助言を頂いた。プラズマ実験研究室、装置技術管理室の各員にはJFT-2Mのデータベース構築等に関し、終始積極的な御協力を頂いた。

以上の方々に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) T.Takizuka : "Scaling of L-mode Energy Confinement", ITER-IL-PH-4-9-J-02(1989)
- 2) J.G.Cordey, et al., : "A Preliminary Analysis of the ITER Energy Confinement H-mode Database", paper F-3-19 presented at the 13th IAEA Int. Conf. on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, Washinton DC,1990
- 3) S.Sengoku, et al., : J. Nucl. Mater. 145/147(1987)556
- 4) N.Suziki, et al., : in Controlled Fusion and Plasma Physics (Proc. 14th Eur. Conf.,Madrid,1987), Part 1, European Physical Society(1987)217
- 5) 松田俊明 他 : JAERI-M 87-192(1987)
- 6) 高田晋 他 : JAERI-M 86-183(1986)
- 7) H.Tamai, et al., : JAERI-M 88-120(1988)
- 8) K.Tani, et al., : in Heating in Toroidal Plasmas (Proc. Joint Varenna-Grenoble Int. Symp. Grenoble,1978), Vol.1, Pergamon Press, New York(1979)31
- 9) R.J.Goldston : Plasma Phys. Controll. Fusion 26(1984)87
- 10) S.M.Kaye, R.J.Goldston : Nucl. Fusion 25(1985)65
- 11) S.M.Kaye : "Survey of Energy Confinement Scaling Exoressions", presented at the ITER Specialists' Meeting on Energy Confinement, Garching,1989
- 12) P.N.Yushmanov et al., : "Scaling for Tokamak Energy Confinement", Nucl. Fusion (to be published)



付録 I T E R Hモードデータベースの利用方法

Hモードデータベースは次の2種類の形態で配付されている。

①SASデータセット(磁気テープ)

②テキストデータファイル(磁気テープ及びフロッピィディスク)

①はSAS専用の直接編成ファイルであるが、大型計算機を利用する場合はこのファイルを使ったSASの利用が便利である。パソコン等でその他のプログラムを利用する場合は②のテキストデータファイルを用い、付図に示すフォーマットから変換する必要がある。なお、パソコンの表計算プログラムで標準的なタブ付テキストには当研究室で変換済である。

**Record Format and Example**

The table below shows the start byte and contents of each field in each physical record comprising a single logical record. The format of each field is also shown.

Record	Start byte						
	1	12	23	34	45	56	67
1	TOK A10,1X	UPDATE I10,1X	DATE I10,1X	SHOT I10,1X	TIME 1PE10.3,1X	PHASE A10,1X	LHTIME 1PE10.3,1X
2	PGASA I10,1X	PGASZ I10,1X	BGASA I10,1X	BGASZ I10,1X	RGEO 1PE10.3,1X	RMAG 1PE10.3,1X	AMIN 1PE10.3,1X
3	SEPLIM 1PE10.3,1X	XPLIM 1PE10.3,1X	KAPPA 1PE10.3,1X	DELTA 1PE10.3,1X	INDENT 1PE10.3,1X	AREA 1PE10.3,1X	VOL 1PE10.3,1X
4	CONFIG A10,1X	WALMAT A10,1X	DIVMAT A10,1X	LIMMAT A10,1X	EVAP A10,1X	BT 1PE10.3,1X	IP 1PE10.3,1X
5	VSURF 1PE10.3,1X	Q95 1PE10.3,1X	BELI12 1PE10.3,1X	BEIMHD 1PE10.3,1X	BEPMHD 1PE10.3,1X	BETMHD 1PE10.3,1X	NEL 1PE10.3,1X
6	DNELDT 1PE10.3,1X	NEV 1PE10.3,1X	NEO 1PE10.3,1X	NEOTSC 1PE10.3,1X	ZEFF 1PE10.3,1X	ZEFFNEO 1PE10.3,1X	PRAD 1PE10.3,1X
7	POHM 1PE10.3,1X	ENBI 1PE10.3,1X	PINJ 1PE10.3,1X	PABS 1PE10.3,1X	PFLOSS 1PE10.3,1X	DWDIA 1PE10.3,1X	DWMHD 1PE10.3,1X
8	TEV 1PE10.3,1X	TEO 1PE10.3,1X	TEOTSC 1PE10.3,1X	TIV 1PE10.3,1X	TIO 1PE10.3,1X	WDIA 1PE10.3,1X	WMHD 1PE10.3,1X
9	WKIN 1PE10.3,1X	WEKIN 1PE10.3,1X	WIKIN 1PE10.3,1X	WPPER 1PE10.3,1X	WFPAR 1PE10.3,1X	WFFORM 1PE10.3,1X	WFANI 1PE10.3,1X
10	TAUDIA 1PE10.3,1X	TAUMHD 1PE10.3,1X	TAUTH1 1PE10.3,1X	TAUTH2 1PE10.3,1X	BMHDMEDIA 1PE10.3,1X	PELLET A10,1X	COCTR 1PE10.3,1X
11	BSOURCE I10,1X	DALFMP 1PE10.3,1X	DALFDV 1PE10.3,1X	DWDIAPAR 1PE10.3,1X	BEPDIA 1PE10.3,1X	DWHC I10,1X	< EOD xxx >

TOK	UPDATE	DATE	SHOT	TIME	PHASE	LHTIME	
PGASA	PGASZ	BGASA	BGASZ	RGEO	RMAG	AMIN	
SEPLIM	XPLIM	KAPPA	DELTA	INDENT	AREA	VOL	
CONFIG	WALMAT	DIVMAT	LIMMAT	EVAP	BT	IP	
VSURF	Q95	BEI12	BEIMHD	BEPMHD	BETMHD	NEL	
DNELDT	NEV	NEO	NEOTSC	ZEFF	ZEFFNEO	PRAD	
POHM	ENBI	PINJ	PABS	PFLOSS	DWDIA	DWMHD	
TEV	TEO	TEOTSC	TIV	TIO	WDIA	WMHD	
WKIN	WEKIN	WIKIN	WPPER	WFPAR	WFFORM	WFANI	
TAUDIA	TAUMHD	TAUTH1	TAUTH2	BMHDMEDIA	PELLET	COCTR	
BSOURCE	DALFMP	DALFDV	DWDIAPAR	BEPDIA	DWHC	< EOD 0 >	
JET	900328	861003	10237	5.070E+01	OHM	-9.999E-09	
	2	1	-9999999	-9999999	2.900E+00	3.029E+00	1.116E+00
-9.999E-09	-9.999E-09	1.782E+00	8.465E-02	-9.999E-09	6.162E+00	1.123E+02	
SN	IN/C	C	C	????????	2.224E+00	-2.153E+06	
-6.536E-01	-9.999E-09	7.175E-01	1.278E-01	-9.999E-09	2.544E-03	9.612E+18	
-2.398E+17	9.177E+18	1.492E+19	-9.999E-09	2.936E+00	3.967E+00	7.252E+05	
1.275E+06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.583E+03	-1.162E+04	
1.333E+03	3.098E+03	-9.999E-09	-9.999E-09	-9.999E-09	7.131E+05	8.263E+05	
-9.999E-09	4.386E+05	-9.999E-09	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-9.999E-09	
5.612E-01	6.421E-01	-9.999E-09	6.421E-01	-9.999E-09	????????	-9.999E-09	
-9999999	-9.999E-09	-9.999E-09	-9.999E-09	-9.999E-09	-9999999	< EOD 1 >	
JET	900328	861003	10237	5.099E+01	OHM	-9.999E-09	
	2	1	-9999999	-9999999	2.900E+00	3.029E+00	1.115E+00
-9.999E-09	-9.999E-09	1.782E+00	8.501E-02	-9.999E-09	6.162E+00	1.123E+02	
SN	IN/C	C	C	????????	2.223E+00	-2.162E+06	
-6.625E-01	-9.999E-09	7.153E-01	1.243E-01	-9.999E-09	2.495E-03	9.532E+18	
-2.699E+17	9.114E+18	1.477E+19	-9.999E-09	2.892E+00	2.967E+00	7.346E+05	
1.178E+06	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.455E+04	-7.901E+04	
1.351E+03	3.190E+03	-9.999E-09	-9.999E-09	-9.999E-09	7.222E+05	8.102E+05	
-9.999E-09	4.391E+05	-9.999E-09	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-9.999E-09	
6.428E-01	6.446E-01	-9.999E-09	6.446E-01	-9.999E-09	????????	-9.999E-09	
-9999999	-9.999E-09	-9.999E-09	-9.999E-09	-9.999E-09	-9999999	< EOD 2 >	

付図 テキストデータファイルのフォーマット