

JAERI-M
92-178

トカマク・プラズマ・パワー・バランス計算コード
(TPC コード) 概要及び使用手引書

1992年11月

藤枝 浩文^{*}・村上 好樹^{**}・杉原 正芳

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, Tokai-mura,
Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1992

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 (株)原子力資料サービス

トカマク・プラズマ・パワー・バランス計算コード
(TPC コード) 概要及び使用手引書

日本原子力研究所那珂研究所 ITER 開発室
藤枝 浩文^{*}・村上 好樹^{**}・杉原 正芳

(1992 年 10 月 23 日受理)

本報告はトカマク・プラズマの運転パラメータを ITER のガイドラインに従って計算するコード (TPC コード) の使用手引書である。TPC コードはパソコン (マッキントッシュまたは J-3100) 上で動作し、トカマク・プラズマのパワー・バランスを 0 次元モデルを用いて解き、各種条件を満たす核融合炉の運転点を計算することができる。TPC コードではプラズマ形状、トロイダル磁場、プラズマ電流、電子温度、電子密度、不純物割合、補助加熱パワーなどの内の幾つかを入力データとして、核融合出力、プラズマ蓄積エネルギー、エネルギー閉じ込め時間、放射損失パワーを計算するほか、第一壁中性子負荷やダイバータ熱負荷などを計算する（但し、イオン温度は電子温度に等しいと仮定している）。また各種コイルの設計パラメーターを入力して供給磁束や燃焼時間を計算することもできる。計算結果として得られたエネルギー閉じ込め時間は、各種の L モード比例則と比較され、必要な閉じ込め改善係数 (H ファクター) が得られる。逆に、閉じ込め比例則と H ファクターを与えて、必要な補助加熱パワーを計算することもできる。TPC コードでは頻繁に用いる入力データは外部ファイルとして保存可能である。さらに電子温度とプラズマ電流（または電子密度）の空間で各種の出力データの等高線図を得るためのメッシュ・データを自動的に反復計算することもできる。本報告では等高線図作成用のプログラム (CONPLT) の使用法も説明してある。

那珂研究所 : 〒311-01 茨城県那珂郡那珂町大字向山 801-1

* 原子力資料サービス

** 東芝より出向中

Tokamak Plasma Power Balance Calculation Code
(TPC Code) Outline and Operation Manual

Hirobumi FUJIEDA*, Yoshiki MURAKAMI**
and Masayoshi SUGIHARA

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

(Received October 23, 1992)

This report is a detailed description on the TPC code, that calculates the power balance of a tokamak plasma according to the ITER guidelines. The TPC code works on a personal computer (Macintosh or J-3100/IBM-PC). Using input data such as the plasma shape, toroidal magnetic field, plasma current, electron temperature, electron density, impurities and heating power, TPC code can determine the operation point of the fusion reactor (Ion temperature is assumed to be equal to the electron temperature). Supplied flux (Volt·sec) and burn time are also estimated by coil design parameters. Calculated energy confinement time is compared with various L-mode scaling laws and the confinement enhancement factor (H-factor) is evaluated. Divertor heat load is predicted by using simple scaling models (constant- χ , Bohm-type- χ and JT-60U empirical scaling models). Frequently used data can be stored in a "device file" and used as the default values. TPC code can generate 2-D mesh data and the POPCON plot is drawn by a contour line plotting program (CONPLT). The operation manual about CONPLT code is also described.

Keywords: Manual, TPC Code, ITER, Tokamak Plasma, Divertor Heat Load, Burn Time, POPCON Plot, CONPLT Code

* Atomic Data Service

** On loan from Toshiba Corporation

目 次

1. はじめに	1
1-1 TPC コードの概要	1
1-2 プラズマ・パラメーターの計算	2
1-3 ダイバータ熱負荷の計算	16
1-4 供給磁束および燃焼時間の計算	17
2. TPC コードの使用方法	18
2-1 入力画面の説明	18
2-2 計算結果の例	36
3. 電子温度・プラズマ電流の自動反復計算の方法	46
3-1 入力画面の説明	46
3-2 計算結果の例	64
4. 電子温度・電子密度の自動反復計算の方法	68
4-1 入力画面の説明	68
4-2 計算結果の例	85
5. その他の入力画面の説明	86
5-1 デバイス・ファイルの入力画面	86
5-2 パワー・バランスの条件入力画面	88
5-3 不純物データの変更画面	91
謝　　辞	104
参考文献	104
付録1 TPC コードの起動方法	105
付録2 フローチャート	107
付録3 いろいろな計算の方法	111
付録4 デバイス・ファイルの説明	113
付録5 出力結果の説明	117
付録6 等高線表示プログラムの「CONPLT」の使用法	120
付録7 入力画面の索引	133

Contents

1. Introduction	1
1-1 Overview of TPC Code	1
1-2 Calculation of Plasma Parameters	2
1-3 Calculation of Divertor Heat Load	16
1-4 Calculation of Magnetic Flux and Burn Time	17
2. Basic Operation of TPC Code	18
2-1 Explanation of Input Panels	18
2-2 Sample of Calculation Results	36
3. Iteration in T_e - I_p Space	46
3-1 Explanation of Input Panels	46
3-2 Sample of Calculation Results	64
4. Iteration in T_e - n_e Space	68
4-1 Explanation of Input Panels	68
4-2 Sample of Calculation Results	85
5. Other Input Panels	86
5-1 Input Panel for Device File	86
5-2 Input Panel for Power Balance Calculation	88
5-3 Input Panel for Impurities	91
Acknowledgments	104
References	104
Appendix 1 Starting TPC Code	105
Appendix 2 Flow Chart	107
Appendix 3 Sample Operations	111
Appendix 4 Device File	113
Appendix 5 Detail of Output	117
Appendix 6 How to use CONPLT Code	120
Appendix 7 Index of Input Panels	133

1. はじめに

1-1. TPCコードの概要

本コードはトカマク型核融合炉の炉心プラズマにおけるパワー・バランスを0次元モデルを用いて解き、与えられた条件を満たす運転動作点を求めるためのものである。これは本研究所のメインフレーム上で開発された”TRESCODE” [1] のプラズマ炉心解析ルーチンをITERのガイドライン[2]および最新の成果を取り入れて拡張し、パソコン（マッキントッシュまたはJ-3100）上で動作するよう改良したものである。また、対話形式で運転条件やプラズマ・パラメーターの入力ができるようにユーザー・インターフェイスの整備をおこない、種々の制約条件のもとでプラズマ運転動作点の決定ができるように機能が強化されている。

本コードではプラズマの大半径、小半径、楕円度、三角度などの形状データ、トロイダル磁場、プラズマ電流、電子温度、電子密度、不純物割合、補助加熱パワーなどの内の幾つかを入力データとして、核融合出力、プラズマ蓄積エネルギー、エネルギー閉じ込め時間、放射損失パワーを計算するほか、第一壁中性子負荷やダイバータ熱負荷などを計算する（但し、イオン温度は電子温度に等しいと仮定している）。また、各種コイルの設計パラメーターを入力して、供給磁束や燃焼時間を計算することもできる。計算結果として得られたエネルギー閉じ込め時間は各種のLモード比例則と比較され、必要な閉じ込め改善係数（Hファクター）が得られる。逆に、閉じ込め比例則とHファクターを与えて、必要な補助加熱パワーを計算することもできる。計算には大きく分けて核融合利得Q値（ $Q = \infty$ を含む）を入力する高Q運転モード（自己点火モード）と一周抵抗を0とする定常運転モード及び長時間運転モードがあり、それぞれサンプルパラメーターがプリセット値として準備されている。また、頻繁に用いる入力データは外部ファイルとして保存可能で、必要に応じて読み込むことが可能である（付録4のデバイス・ファイルの項を参照）。なお、本コードでは電子温度とプラズマ電流（あるいは電子密度）の空間で、各種の出力データの等高線図を得るためのメッシュ・データを自動的に反復計算することができる。その結果は等高線図作成用のプログラム（CONPLT）の入力データとして用いられる。詳しくは付録6のCONPLTのマニュアルを参照されたい。

1-2. プラズマ・パラメーターの計算

ここでは幾つかのプラズマ・パラメーターを定義し、パワー・バランス計算に必要な各種の入力パワー、出力パワーなどの計算式を説明する。なお本コードでは $T_i = T_e = T$ を仮定している。ここで、 T_i はイオン温度、 T_e は電子温度である。また、 T_{10} は 10 keV で規格化した温度、 n_{20} は 10^{20} m^{-3} で規格化した電子密度を表すものとする。その他は特に断りのない限り、MKS A 単位系である。

1-2-1. プラズマ物理量の計算

基本的なプラズマ・パラメーターとしては以下のようなものがあり、それぞれ ITER のガイドライン [2] に従って計算される。

(1) 安全係数

安全係数には工学的安全係数 (q_I)、円柱近似の安全係数 (q_{CYL}) および MHD 安全係数 (q_ψ) があり、それぞれ以下の式で計算される。

$$\begin{aligned} q_I &= f_7 \times q \\ q_{CYL} &= f_8 \times q \\ q_\psi &= f_8 \times f_9 \times q \end{aligned}$$

但し

$$\begin{aligned} f_7 &= (1 + \kappa^2) / 2 \\ f_8 &= \{1 + \kappa^2 (1 + 2\delta^2 - 1.2\delta^3)\} / 2 \\ f_9 &= (1.17 - 0.65\epsilon) / (1 - \epsilon^2)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= a_p B_T / (R_p B_p) \\ &= 5a_p B_T / (A I_p [\text{MA}]) \end{aligned}$$

ここで、 a_p はプラズマ小半径、 R_p はプラズマ大半径、 κ は橿円度、 δ は三角度、 $A (= R_p / a_p)$ はアスペクト比、 $\epsilon (= 1/A)$ は逆アスペクト比、 B_p はポロイダル磁場、 B_T はトロイダル磁場、 I_p はプラズマ電流である。

(2) プラズマ体積 (V_p)

プラズマ体積はダブル・ヌル (DN) プラズマ、シングル・ヌル (SN) プラズマに対してそれぞれ次の式で計算される。

$$\begin{aligned} [\text{DNプラズマ}] \quad V_p &= 2V_0 & (\text{m}^3) \\ [\text{SNプラズマ}] \quad V_p &= V_0 + \kappa_u \pi a_p^2 \times \pi R_p & (\text{m}^3) \end{aligned}$$

但し

$$\begin{aligned} V_0 &= \pi (V_1 + V_2 + V_3) \\ z_x &= a_p \kappa_x \\ V_1 &= z_x (R_{C1}^2 + R_{R1}^2 - R_{C2}^2 - R_{R2}^2) \\ V_2 &= R_{C1} [z_x \{(R_{R1}^2 - z_x^2) + R_{R1}^2 \sin^{-1}(z_x / R_{R1})\}^{1/2}] \\ V_3 &= R_{C2} [z_x \{(R_{R2}^2 - z_x^2) + R_{R2}^2 \sin^{-1}(z_x / R_{R2})\}^{1/2}] \\ R_{C1} &= \{(R_p + a_p)^2 - (R_p - a_p \delta_x)^2 - (a_p \kappa_x)^2\} / 2a_p(1 + \delta_x) \\ R_{C2} &= \{-(R_p - a_p)^2 + (R_p - a_p \delta_x)^2 + (a_p \kappa_x)^2\} / 2a_p(1 - \delta_x) \\ R_{R1} &= R_p + a_p - R_{C1} \\ R_{R2} &= -R_p + a_p + R_{C2} \end{aligned}$$

ここで、 κ_x , δ_x はセパラトリックス磁気面の κ および δ で、 κ_u はSNの場合のヌル点と反対側の梢円度で、それぞれ以下の式で計算される。

[DNプラズマ]

$$\begin{aligned}\kappa_x &= 1.07\kappa + 0.08 \\ \delta_x &= 1.28\delta + 0.07\end{aligned}$$

[SNプラズマ]

$$\begin{aligned}\kappa_x &= 1.07(\kappa \times 1.1) + 0.08 \\ \kappa_u &= \kappa \times 0.9 \\ \delta_x &= 1.28(\delta \times 1.4) + 0.07\end{aligned}$$

(3) プラズマ表面積 (S_p)

プラズマ表面積は以下の式で計算される。

$$S_p = 2\pi R_p \times 2\pi a_p \times \{(1 + \kappa_x^2) / 2\}^{1/2} \quad (\text{m}^2)$$

また、第一壁表面積はスクレイプ・オフ層の厚み (d_{SOI}) を入力データとして

$$S_{WAL} = S_p \times (a_p + d_{SOI}) / a_p \quad (\text{m}^2)$$

で近似される。

1-2-2. パワー・バランス計算

トカマク・プラズマのパワー・バランスは以下の式で表される。

$$P_{\alpha} + P_{NBI} + P_{OH} = W_p / \tau_E + P_{BRM} + P_{SYN} + P_{LI}$$

ここで、 P_{α} はアルファ (α) 加熱パワー、 P_{NBI} は中性粒子ビーム入射 (NBI) による加熱パワー、 P_{OH} はオーム (OH) 加熱パワー、 W_p はプラズマ蓄積エネルギー、 τ_E はエネルギー閉じ込め時間、 P_{BRM} は制動輻射損失、 P_{SYN} はシンクロトロン輻射損失、 P_{LI} は線輻射損失であり、それぞれ以下に示される式で表される。また本コードでは簡単のため補助加熱としてNBIのみを考慮しているが、0次元コードであるから加熱パワーとしては加熱手段 (NBI, RFなど) による違いはない。また電流駆動の点では電流駆動効率の差のみであり計算結果としては燃焼時間の違いとなって現われる。

(1) α 加熱パワー (P_{α})

α 加熱パワーは以下の式で与えられる。

$$P_{\alpha} = f_p n_D n_T \langle \sigma v \rangle_{DT} k E_{\alpha} V_p \quad (W)$$

ここで、 f_p はプロファイル効果の係数、 n_D 、 n_T は重水素および三重水素の密度、 $k = 1.6021 \times 10^{-19}$ (J/eV) はボルツマン定数、 $E_{\alpha} = 3.52$ (MeV) は α 粒子のエネルギー、 V_p はプラズマ体積である。また、 $\langle \sigma v \rangle_{DT}$ は DT 反応の断面積で

$$\langle \sigma v \rangle_{DT} = 0.97397 \times 10^{-22} e^{f(T_e)} \quad (m^3/s)$$

$$f(T_e) = 0.038245 t^3 - 1.0074 t^2 + 6.3997 t - 9.75$$

$$t = \ln(T_e [keV])$$

で近似される。プロファイル効果 (f_p) は温度依存性を持っており、温度および電子密度の分布を A_N 、 A_T を用いて、

$$n_e(r) = n_{e0} \{ 1 - (r/a_p)^2 \}^{AN}$$

$$T_e(r) = T_{e0} \{ 1 - (r/a_p)^2 \}^{AT}$$

のように仮定したとき

$$f_p = (-0.395 + 1.128 A_N + 3.777 A_T - 1.022 A_N A_T) \{ T_e [\text{keV}] \}^\lambda$$

$$\lambda = 0.009 - 0.023 A_N - 0.385 A_T + 0.15 A_N A_T$$

で与えられる。但し、 $A_N + 4A_T > 1$ ($A_N, A_T > 0$) とする。

主な電子温度に対して $\langle \sigma v \rangle_{DT}$ および f_p ($A_N = 0.5, A_T = 1.0$) を示すと,

T_e (keV)	$\langle \sigma v \rangle_{DT}$ (m^3 / s)	f_p
5	0.146×10^{-22}	2.077
10	1.089×10^{-22}	1.673
15	2.525×10^{-22}	1.473
20	3.986×10^{-22}	1.347

なお、DD反応、D³H e反応、TCT効果については考慮されていない。

核融合利得Qが5程度以上ではTCT効果は小さいと考えられる。また、オプションでDDプラズマを選ぶことができるが、このときは $P_\alpha = 0$ となる。

(2) NB I加熱パワー (P_{NB_I})

加熱パワーは入力データであるか、もしくは核融合利得Qや一周電圧が所定の値になるようにコードの中で自動的に計算される。

(3) オーム加熱パワー (P_{OH})

オーム加熱パワーは以下の式で計算される。

$$P_{OH} = C_{OH} f_{OH} G_{NC} Z_{eff} \{ T_e [\text{eV}] \}^{-3/2} \times (I_{OH} [\text{A}] / \pi \kappa a_p^2)^2 V_p \quad (\text{W})$$

但し、

$$C_{OH} = 9.2083 \times 10^{-4}$$

$$f_{OH} = \{ (1+A_N) / (1+A_N+A_T) \}^{3/2} (1+3A_T/2)$$

$$G_{NC} = 4.3 - 0.6A \quad (2.5 < A \leq 4)$$

$$= 1 - 2.4/A + 24/A^2 \quad (4 < A)$$

ここで f_{OH} は分布効果、 G_{NC} は新古典効果による補正係数、 Z_{eff} は実効電荷数、 I_{OH} はOH駆動電流である。

(4) 制動輻射損失 (P_{BRM})

制動輻射損失は以下の式で評価される。

$$P_{BRM} = 1.6 \times 10^4 f_{BRM} n_{20}^2 Z_{eff} T_{10}^{1/2} V_p \quad (W)$$

ここで Z_{eff} は実効電荷数で

$$f_{BRM} = (1 + A_N)^{3/2} (1 + A_N + A_T)^{1/2} / (1 + 2A_N + A_T / 2)$$

である。 $A_N = 0.5$, $A_T = 1.0$ のときには $f_{BRM} = 1.16$ となる。また、制動輻射のパワー・スペクトラムのピーク波長は

$$\lambda_{MAX} = 6.20 / \{T_e [keV]\} \text{ Å}$$

で近似される。これは炉心プラズマの温度領域ではX線領域となるので制動輻射はすべてプラズマからの損失パワーとなる。

(5) シンクロトロン輻射損失 (P_{SYN})

シンクロトロン輻射損失は以下の式で評価される。

$$P_{SYN} = 6.2 \times 10^4 n_{20} T_{10} B_T^2 \Phi_s V_p \quad (W)$$

但し、 Φ_s は透過係数で

$$\Phi_s = G_{SYN} (1 - R_{REF})^{1/2} / \lambda_0^{1/2}$$

ここで、 G_{SYN} は幾何学的および温度補正係数で

$$G_{SYN} = 0.16 T_{10}^{3/2} (1 + \chi_{SYN})^{1/2}$$

で与えられる。また、

$$\lambda_0^{1/2} = \{a_p \omega_p^2 / (c \omega_c)\}^{1/2} = 77.7 (n_{20} a_p / B_T)^{1/2}$$

は不透明度 (Opacity Coefficient) である。ここで、 ω_p , ω_c はそれぞれ
プラズマ周波数、サイクロトロン周波数である。また、 R_{REF} は壁の反射係数、
 χ_{SYN} は非一様磁場およびドップラー効果に対する補正で

$$\begin{aligned}\chi_{SYN} &= (2a_p / R_p) / (\Delta\omega / \omega) \\ &= 5.7 / (AT_{10}^{-1/2})\end{aligned}$$

で与えられる。以上より

$$\begin{aligned}P_{SYN} &= 1.3 \times 10^2 n_{20}^{1/2} T_{10}^{5/2} B_T^{5/2} a_p^{-1/2} \\ &\quad \times (1 - R_{REF})^{1/2} (1 + \chi_{SYN})^{1/2} V_p\end{aligned}\quad (W)$$

となる。シンクロトロン輻射はサイクロトロン周波数とその整数倍の振動数の電磁波であり、波長領域はマイクロ波帯である。一般にこの周波数帯に対してプラズマは黒体であり、ほとんどはプラズマで再吸収される。

また、第一壁に金属を用いた場合には壁でほとんど反射されると考えられる。

本コードでは、デフォルトで $R_{REF} = 0.8$ としている。

(6) 線輻射損失 (P_{LI})

線輻射損失は主プラズマからの輻射損失 (P_{LI}) と、スクレイプ・オフ層での輻射損失 (P_{EDGE}) に分けられる。パワー・バランス式で考慮されるのは前者であり、ダイバータ熱負荷の計算では両者が用いられる。本コードでは P_{LI} のかわりに不純物による放射損失 P_{BULK} を以下の式で計算している。

$$\begin{aligned}P_{BULK} &= 0.9 P_{He} + 0.52 P_C + 0.52 P_O + 0.35 P_{Fe} \\ P_{EDGE} &= 0.1 P_{He} + 0.48 P_C + 0.48 P_O + 0.65 P_{Fe}\end{aligned}$$

ここで

$$P_{He} = F_{He} \times 6.58 \times 10^7 \times (n_e / n_0)^{1.5} \times (V / V_0) \quad (W)$$

$$P_C = F_C \times 1.12 \times 10^9 \times (n_e / n_0)^{1.5} \times (V / V_0) \quad (W)$$

$$P_O = F_O \times 2.24 \times 10^9 \times (n_e / n_0)^{1.5} \times (V / V_0) \quad (W)$$

$$P_{Fe} = F_{Fe} \times 4.48 \times 10^{10} \times (n_e / n_0)^{2.5} \times (V / V_0) \quad (W)$$

F_{He} などは各不純物の電子密度に対する比で、 $V = R_p \{ a_p (1 + \kappa) / 2 \}^2$ 、また、 V_0 および n_0 は基準となるプラズマ体積、電子密度で

$$V_0 = 58.652 \quad (m^3)$$

$$n_0 = 0.7 \times 10^{20} \quad (m^{-3})$$

である。いわゆる放射損失 P_{LI} は、

$$P_{LI} = P_{BULK} - P_{BRIMP}$$

で計算される。ここで

$$P_{BRIMP} = P_{BRM} \left(1 - (f_D + f_T) / Z_{eff} \right)$$

である。ただし、 f_D f_T は重水素および三重水素の電子密度に対する比である。

(7) 蓄積エネルギー (W_p)

蓄積エネルギーは次の式で評価される。

$$W_p = (3/2) k \{ T_e [eV] \} (n_e + n_i) V_p \quad (J)$$

ここで、 $k = 1.6021 \times 10^{-19}$ [J/eV] はボルツマン定数である。

(8) エネルギー閉じ込め時間 (τ_E)

本コードではパワー・バランス計算の結果として得られたエネルギー閉じ込め時間が次ページ以下の式で表される幾つかの L モード比例則と比較される。

本コードで単に閉じ込め改善係数 (H ファクター) と言った場合、パワー・バランスをとるために必要な閉じ込め時間と ITER 89 パワー則で計算される閉じ込め時間の比のことを意味する。その他の閉じ込め則に対する H ファクターを使用するときは H_{OL} , H_{GS} などと添字で示す。また、

$$P_{HT} = P_\alpha + P_{NBI} + P_{OH} - (P_{BRE} + P_{LI})$$

はエネルギー閉じ込め時間のパワー劣化で考慮される加熱パワーである。 P_{HT} の式中で損失パワーの項に P_{SYN} を含める考え方もあるが、ここではより小さな閉じ込め時間を与える上の式を採用した。また、 f_M は同位体効果で DT プラズマでは $f_M = 2.5$ であり DD プラズマでは $f_M = 2$ である。 n_{z0} は $10^{20} m^{-3}$ で規格化した電子密度を表し、 P_{HT} は MW 単位、 I_p は MA 単位、その他は特に断りのない限り MKSA 単位系である。

a) ITER 89 パワー則

$$\tau_E = 0.048 f_M^{0.5} I_p^{0.85} R_p^{1.2} a_p^{0.3} \times \kappa_x^{0.5} n_{20}^{0.1} B_T^{0.2} / P_{HT}^{0.5} \quad (s)$$

b) ITER 89 オフセット・リニア則

$$\begin{aligned} \tau_E = & 0.064 f_M^{0.2} I_p^{0.8} R_p^{1.6} a_p^{0.6} \\ & \times \kappa_x^{0.5} n_{20}^{0.6} B_T^{0.35} / P_{HT} \\ & + 0.04 f_M^{0.5} I_p^{0.5} R_p^{0.3} a_p^{0.8} \kappa_x^{0.6} \end{aligned} \quad (s)$$

c) Goldston則

$$\tau_E = 1 / (1 / \tau_{E1}^2 + 1 / \tau_{E2}^2)^{0.5} \quad (s)$$

但し

$$\tau_{E1} = 0.037 I_p \kappa^{0.5} a_p^{-0.37} R_p^{1.75} \times (f_M / 1.5)^{0.5} / P_{HT}^{0.5}$$

$$\tau_{E2} = 0.07 n_{20} a_p R_p^2 q_{CYL}^{0.5}$$

d) Rebut-Lallia則

$$\begin{aligned} \tau_E = & 0.012 I_p R_x^{1.5} (f_M / 2)^{0.5} / Z_{eff}^{0.5} \\ & + 0.146 n_{20}^{0.75} I_p^{0.5} B_T^{0.5} \\ & \times R_x^{2.75} Z_{eff}^{0.25} (f_M / 2)^{0.5} / P_{HT} \end{aligned} \quad (s)$$

但し

$$R_x = (R_p a_p^2 \kappa)^{0.333}$$

e) 小田島一下村 (JAERI-L) 則

$$\begin{aligned} \tau_E = & 0.085 a_p^2 \kappa f_M^{0.5} \\ & + 0.069 n_{20}^{0.6} I_p a_p^{0.4} B_T^{0.2} \\ & \times \kappa^{0.2} R_p^{1.6} Z_x Q_x f_M^{0.5} / P_{HT} \end{aligned} \quad (s)$$

但し

$$Z_x = Z_{eff}^{0.4} \{ (15 - Z_{eff}) / 20 \}^{0.6}$$

$$Q_x = [3 q_{CYL} (q_{CYL} + 5) / \{ (q_{CYL} + 2) (q_{CYL} + 7) \}]^{0.6}$$

1-2-3. 電流駆動計算

本コードではプラズマ電流 I_p および電子温度 T_e が与えられたとき次の式を満たすように必要な電流駆動パワーもしくは一周電圧が計算される。

$$I_p = I_{OH} + I_{BS} + I_{NBI}$$

ここで、 I_{OH} は誘導電流、 I_{BS} はブートストラップ電流、 I_{NBI} はビーム駆動電流であり、 それぞれ以下のように計算される。

(1) 誘導駆動電流 (I_{OH})

本コードでは I_p が入力データとして与えられているので実際にはまず I_{BS} と I_{NBI} が計算され、 それと I_p から I_{OH} が求められる。このとき I_{OH} が未知だと P_{OH} が計算できないので P_{NBI} が決まらず、 従って I_{NBI} も決まらないため、 この部分は反復によって計算される。また、 OH 電流はプラズマ抵抗 η_p 及び一周電圧 V_{LOOP} と

$$I_{OH} = V_{LOOP} / \eta_p$$

の関係がある。ここでプラズマ抵抗は

$$\eta_p = 2 \pi R_p \rho_p / (\pi \kappa a_p^2) \quad (\Omega)$$

で計算される。 ρ_p はスピツツァー抵抗で

$$\begin{aligned} \rho_p &= 1.075 \times 10^{-3} G_{NC} Z_{eff} \{ T_e [eV] \}^{-1.5} \\ G_{NC} &= 4.3 - 0.6 A \quad (2.5 < A \leq 4) \\ &= 1 - 2.4 / A + 24 / A^2 \quad (4 < A) \end{aligned} \quad (\Omega m)$$

で与えられる。ここで Z_{eff} は実効電荷数、 G_{NC} は新古典効果による補正係数である。

(2) ブートストラップ電流 (I_{BS})

ブートストラップ電流 (I_{BS}) は 1.5D コードによる輸送計算 [3] から得られた以下の簡易計算式を用いている。

$$I_{BS} / I_p = C_{BS} (\epsilon^{0.5} \beta_p *)^{1.3}$$

但し

$$C_{BS} = 1.32 - 0.235 (q_\psi / q_0) + 0.0185 (q_\psi / q_0)^2$$

$$\beta_p^* = \beta_T \times (B_T / B_\perp)^2$$

$$B_\perp = \mu_0 I_p / (2\pi a_p \kappa^{0.5})$$

ここで、 q_0 はプラズマ中心の安全係数、 β_T はトロイダル・ベータ値で1-2-4項を参照のこと。 β_p^* はポロイダル β 値（1-2-4項を参照）と異なっていることに注意すること。

(3) NBI 駆動電流 (I_{NBI})

ビーム駆動電流は

$$I_{NBI} = \eta_{NBI} P_{NBI}$$

で与えられる。ここで η_{NBI} は電流駆動効率で

$$\eta_{NBI} = 2.675 \times C_p (R_{tang} / R_p) Z_b (1 - f_s) (T_{10} / n_{20})$$

$$\times J_b(x, y) \{1 - F(Z_b, Z_{eff}, \epsilon)\} \quad (\text{A/W})$$

で与えられる。 C_p はビーム・エネルギー依存性およびプロファイルの効果で

$$C_p = (1 - 0.2 E_b + 0.09 E_b^2)(1 - 0.35 A_N + 0.14 A_N^2)(1 - 0.21 A_T)$$

で与えられる。ここで、 E_b はビーム・エネルギー (MeV単位)、 R_{tang} (m) は接線入射位置、 Z_b はビーム粒子の電荷数で、

$$J_b(x, y) = x^2 / \{4 + 3y + x^2 (x + 1.39 + 0.61 y^{0.7})\}$$

$$x = (E_b / E_{crit})^{1/2}$$

$$y = 0.8 Z_{eff} / A_b$$

ここで、 y はピッチ角散乱パラメーター、 A_b はビーム粒子の質量数、 E_{crit} はクリティカル・エネルギーで

$$E_{crit} = 10.5 A_b \{T_e [\text{keV}]\} \quad (\text{keV})$$

で近似される。また、 $F(Z_b, Z_{eff}, \epsilon)$ は逆流電子電流の割合で

$$F(Z_b, Z_{\text{eff}}, \bar{\epsilon}) = (1 - G) Z_b / Z_{\text{eff}}$$

$$G = (1.55 + 0.85 / Z_{\text{eff}})^{-0.5} - (0.2 + 1.55 / Z_{\text{eff}})^{-1}$$

で与えられる。ここで $\bar{\epsilon}$ ($= \epsilon / 2$) は衝突パラメーターである。
 関数 G は、 $\bar{\epsilon} < 0.2$, $1.0 < Z_{\text{eff}} < 3.0$ のとき、バナナ領域で良い近似となる。
 また、 f_s は突き抜けの割合でペンシル・ビーム近似を用いたとき

$$f_s = 100 \times e^{-\tau} \quad (\%)$$

$$\tau = \sigma_{\text{eff}} D_L [\text{m}] n_e [\text{m}^{-3}]$$

$$\sigma_{\text{eff}} = 0.82 \times 10^{-20} / \{E_b [\text{MeV}]\}^{0.78} \quad (\text{m}^2)$$

で与えられる。ここで D_L はビームの透過経路の長さで接線ビームの入射半径 (R_{tang}) によって決まる。本コードのデフォルトでは $R_{\text{tang}} / R_p = 0.9873$ としている。
 なお、以上の計算式ではマルチステップ・イオン化 (MSI) の効果は考慮していない。
 MSIを考慮すると、 σ_{eff} が1~2割大きくなることが知られているので、
 ビーム入射位置は上記より外側にする必要がある。

$A_N = 0.5$, $A_T = 1$, $E_b = 1.3 \text{ MeV}$ のとき $C_p = 0.6061$ で、また $Z_b = 1$,
 $A_b = 2$ (重水素ビーム), $Z_{\text{eff}} = 2.17$ とすると、よい近似で

$$\eta_{\text{NBI}} = 0.0039 \{T_e [\text{keV}]\} / n_{20} \quad (\text{A/W})$$

と表せる。

1-2-4. その他

(1) トロイダル・ベータ値 (β_T)
 β_T 値はサーマル成分 (β_{th}), α 成分 (β_α) とビーム成分 (β_b) に分けられる。
 すなわち

$$\beta_T = \beta_{th} + \beta_\alpha + \beta_b$$

ここで

$$\beta_{th} = (n_e + n_i) k T_e [\text{eV}] / (B_T^2 / 2 \mu_0)$$

$$= 4.027 \times n_{20} (1 + f_{ei}) T_e [\text{keV}] / B_T^2 \quad (\%)$$

$$\begin{aligned}\beta_a &= f_a \beta_{th} \\ \beta_b &= 0.099825 \times I_{NB1} [\text{MA}] \times (B_T^{-2} a_p^2 \kappa)\end{aligned}$$

但し、 n_i はイオン密度 (m^{-3}) で、 $\kappa = 1.6021 \times 10^{-19}$ (J/eV) はボルツマン定数である。また f_a は β_a の β_{th} に対する比で以下の式で近似される。

($T_e < 3.7 \text{ keV}$)

$$f_a = 0$$

($3.7 \text{ keV} < T_e < 20 \text{ keV}$)

$$f_a = 0.029 (f_D + f_T)^2 \times (T_e [\text{keV}] - 3.7)$$

($20 \text{ keV} < T_e$)

$$f_a = 0.47 (f_D + f_T)^2$$

ここで f_D および f_T は重水素および三重水素密度の電子密度に対する比である。また、 β_T は以下の式でプラズマ電流と関係付けられる。

$$\beta_T = g I_p / (a_p B_T)$$

ここで、 g はトロヨン係数と呼ばれ、プラズマのMHD安定性の観点から

$$g \leq g_c$$

を満たしている必要がある。 g_c は限界 g 値で、数値シミュレーションもしくは実験によって得られ、 q_ψ や電流分布（または I_i ）によって異なるが、 $g_c = 3 \sim 5$ （もしくは $4 \times I_i$ ）程度とされている。

(2) ポロイダル・ベータ (β_p) 値

β_p 値はポロイダル磁場に対する β 値で、 β_T 値と以下の関係がある。

$$\beta_p = \beta_T \times (B_T / B_p)^2$$

但し

$$B_p = \mu_0 I_p / L$$

$$L = (1 + \kappa_x) \pi a_p [1 + \{(\kappa_x - 1) / (\kappa_x + 1)\}^2 / 4]$$

である。この β_p 値はブートストラップ電流の計算に用いた β_p^* と異なっていることに注意すること。

(3) 不純物およびHe灰(α粒子)の割合

不純物としては炭素(C), 酸素(O), および鉄(Fe)が考慮される。
本コードの計算では

- i) 不純物の割合を固定入力とする
- ii) 実効電荷数(Z_{eff})と炭素原子(C)の割合を入力する
- iii) 不純物の割合を密度依存とする

以上の3種類の指定が可能である。ii)の場合はOおよびFeの割合は0%とされる。

iii)の場合は、実験および計算結果($0.7 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$ で規格化)に対するフィッティングから、以下のような密度依存式が用いられる。

$$\begin{aligned} n_{\alpha} / n_e &= \text{固定} \quad (\text{デフォルト: } 10\%) \\ n_C / n_e &= [0.9 + 0.6 (0.7 / n_{20})^{2.6}] \% \\ n_O / n_e &= \text{固定} \quad (\text{デフォルト: } 0.1\%) \\ n_{Fe} / n_e &= [0.05 (0.7 / n_{20})^{2.3} + F_{\text{SEED}}] \% \end{aligned}$$

ここで n_{20} は 10^{20} m^{-3} で規格化した電子密度, F_{SEED} は付加的に注入された鉄イオンの割合である。

(4) 密度限界

本コードでは参考のために以下の密度限界値の計算を行う

i) 村上-Huggillの密度限界 [4]

$$n_{CR}^{\text{MH}} = 2 \times B_T / (R_p q_{CYL}) \quad (10^{20} / \text{m}^3)$$

ii) Greenwaldの密度限界 [5]

$$n_{CR}^{\text{GW}} = 0.27 \times I_p [\text{MA}] / a_p^2 \quad (10^{20} / \text{m}^3)$$

iii) Borrassの密度限界 [6]

$$n_{CR}^{\text{BR}} = 3.5 \times n_{CR}(s) \quad (10^{20} / \text{m}^3)$$

$$n_{CR}(s) = 1.8 \times (P_{\text{SOL}} / S_p)^{0.53} B_T^{0.31} / (q_\psi R_p)^{0.22}$$

ここで、 n_{CR} (s) はセパラトリックス磁気面の赤道面での密度、 P_{SOL} は S O L 部への流入パワーである。

(5) 壁負荷

第一壁中性子負荷 (L_{WAL})、 α 粒子のリップル損失による局所熱負荷 (L_α)、輻射熱負荷 (L_{RAD}) は

$$L_{WAL} = (P_{FUS} - P_\alpha) / S_{WAL}$$

$$L_\alpha = P_\alpha \times R_\alpha \times F_\alpha / S_{WAL}$$

$$L_{RAD} = (P_{MAIN} + P_{EDGE}) / S_{WAL}$$

で与えられる。ここで、 S_{WAL} は第一壁の表面積で、 R_α は α 粒子のリップル損失比率 (~3%)、 F_α はピーキング係数 (~50)、 $P_{MAIN} = P_{SYN} + P_{BR} + P_{LIN}$ 、また P_{EDGE} は S O L 部での放射損失 (線輻射損失の項を参照) である。

(6) 自己インダクタンス (L_P)

燃焼時間の計算 (1-4 参照) で用いられるプラズマ・リングの自己インダクタンスは、通常は入力パラメータ (BLINT) であるが、BLINT に負の値を入力したときには計算コード内で以下の式によって計算される。

$$L_P = \mu_0 R_P \left[\ln \left\{ \frac{16 R_P}{(1+\kappa) a_P} \right\} + \frac{1}{2} i - 2 \right] f_L$$

ここで i はプラズマの内部インダクタンスに $4\pi/\mu_0$ をかけた値で電流分布に対応する入力パラメータ (SLINT) である。 f_L は補正項で、ここでは ITER の自己点火運転に対する平衡計算から 1. 2 としている。

1-3. ダイバータ熱負荷の計算

本コードではダイバータ熱負荷の計算を簡単なスケーリング則を用いて行なっている。ダイバータ熱負荷 W_{div} (MW/m^2) は、スクレイプ・オフ層 (SOL) への流入パワー P_{div} (MW) を用いて

$$W_{div} = \{ (f_{div} P_{div}) / (2 \pi R_{div}) \} (1 / \Delta_p) \sin \Theta$$

で与えられる。ただし、 $1 / \Delta_p$ (m^{-1}) はピーキング・ファクター (熱流束の半値幅の逆数)、 Θ はダイバータ板へのポロイダル断面での磁力線入射角度、 R_{div} (m) は磁力線とダイバータ板の大半径方向での交点の位置である。

また、 f_{div} は考えているダイバータ板へのパワーフローの割合で、DN プラズマの外側ダイバータ板では 0.4、SN プラズマの外側ダイバータ板で 0.6 である。

一方、磁力線に垂直方向および平行方向の熱拡散の式 [7] から

$$1 / \Delta_p \propto Q_{div}^{5/9} n_s^{-7/9} \chi_\perp^{-7/9} L^{-4/9}$$

が得られる。ここで $Q_{div} = P_{div} / S_p$ で n_s は SOL 部の密度、 χ_\perp は磁力線に垂直方向の熱拡散係数、 L ($= R_p q_\psi$) は連結長である。 $n_s = n_e / 3.5$ と仮定すると、

i) $\chi_\perp = \text{一定}$ のとき

$$1 / \Delta_p \propto Q_{div}^{5/9} n_e^{-7/9} L^{-4/9} \quad [\text{Harrison - Kukushkin モデル}]$$

i i) $\chi_\perp \propto T_e$ (Bohm 型) のとき $T_e \propto P_{div}^{3/4} / n_e^{1/2}$ などから

$$1 / \Delta_p \propto n_e^{-0.4} L^{-4/9} \quad [\text{伊藤モデル}]$$

となる [5]。また、JT-60U における実験 [9] によると

$$1 / \Delta_p \propto Q_{div}^{0.49} n_e^{-0.46} L^{-0.67} \quad [\text{伊丹モデル}]$$

なる関係があることが見いだされている。但し、上記の式で比例定数は ITER の自己点火運転点 ($P_{div} = 116 MW$, $n_e = 1.22 \times 10^{20} m^{-3}$, $q_\psi = 3$, $R_{div} = 5.3 m$, $\theta = 15^\circ$) で $5 MW/m^2$ になるように規格化されている。

1-4. 供給磁束および燃焼時間の計算

プラズマのパワー・バランスが計算されるとプラズマ一周抵抗値が得られる。これと供給磁束から燃焼時間を計算することができる。供給磁束には中心ソレノイド・コイルによる部分と垂直磁場コイルによる部分があり、以下のように表される。

$$\Phi_{\text{TOTAL}} = 2 \times \Phi_{\text{OH}} + \Phi_{\text{VF}}$$

但し

$$\begin{aligned}\Phi_{\text{OH}} &= \pi R_{\text{OH}}^2 B_{\text{P MAX}} f_{\text{OH}} \\ \Phi_{\text{VF}} &= \pi R_p^2 B_v f_{\text{VF}}\end{aligned}$$

ここで

- R_{OH} : ソレノイド・コイルの中心半径
- $B_{\text{P MAX}}$: ソレノイド・コイルの最大磁場
- f_{OH} : ソレノイド・コイル導体の有限巾の効果
- f_{VF} : 平衡計算から得られた垂直磁場とシャフラー・ノフ磁場との比
- R_p : プラズマ大半径
- B_v : シャフラー・ノフ磁場

である。デフォルトでは $f_{\text{OH}} = 1.04$, $f_{\text{VF}} = 0.65$ である。一方、燃焼に用いられる磁束は

$$\Phi_{\text{BURN}} = \Phi_{\text{TOTAL}} - \Phi_{\text{HEAT}} - \Phi_{\text{RAMP}}$$

で与えられる。ここで Φ_{HEAT} ($\sim 10 \text{ Vs}$) は加熱のために必要な磁束, Φ_{RAMP} はプラズマ電流立ち上げのために必要な磁束であり,

$$\Phi_{\text{RAMP}} = (L_p + 0.4 \mu_0 R_p) I_p$$

で近似される。ここで L_p はプラズマの自己インダクタンスである。これらより、燃焼時間は次式

$$T_{\text{BURN}} = \Phi_{\text{BURN}} / V_{\text{LOOP}}$$

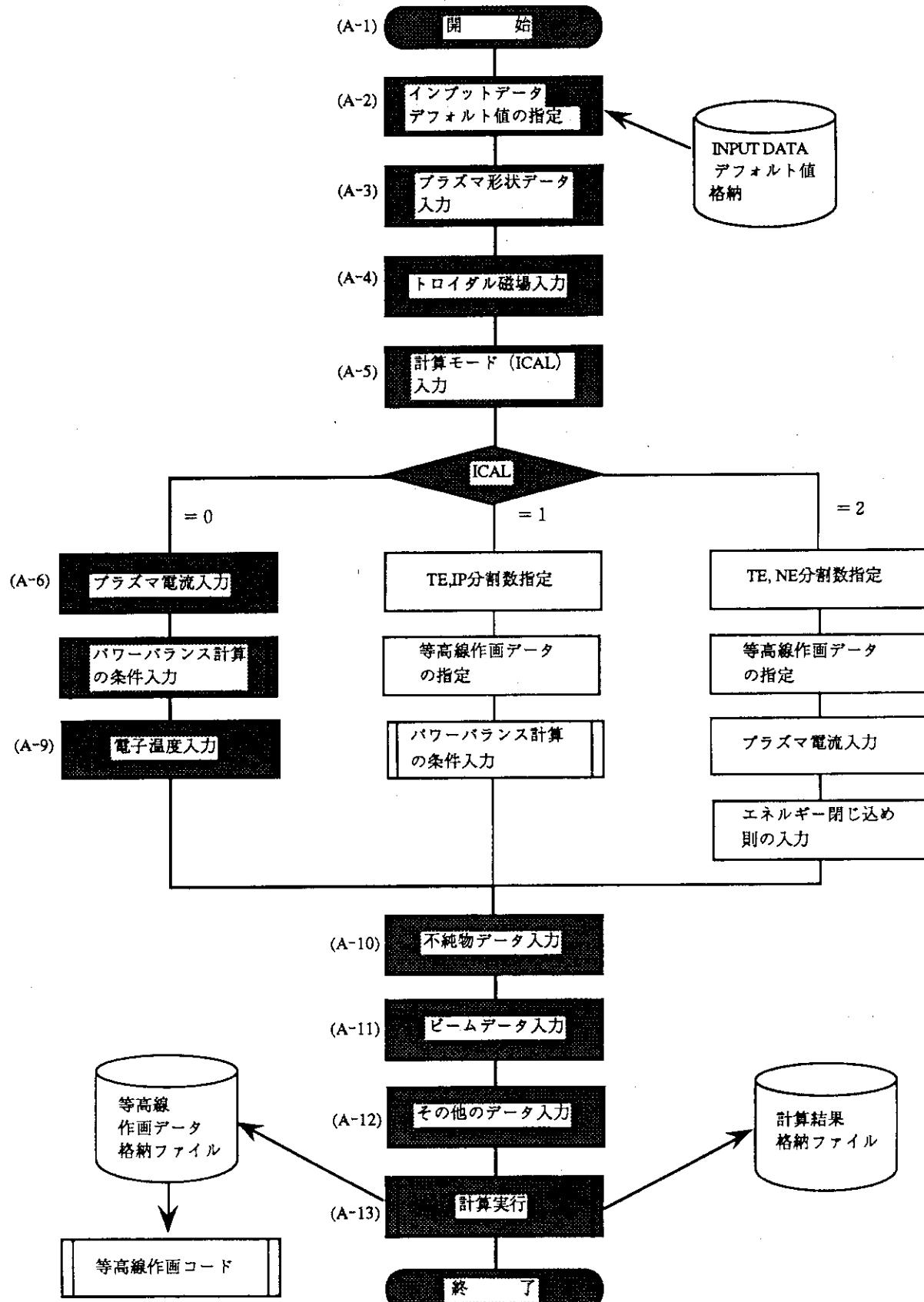
によって評価される。

2. TPC コードの使用方法

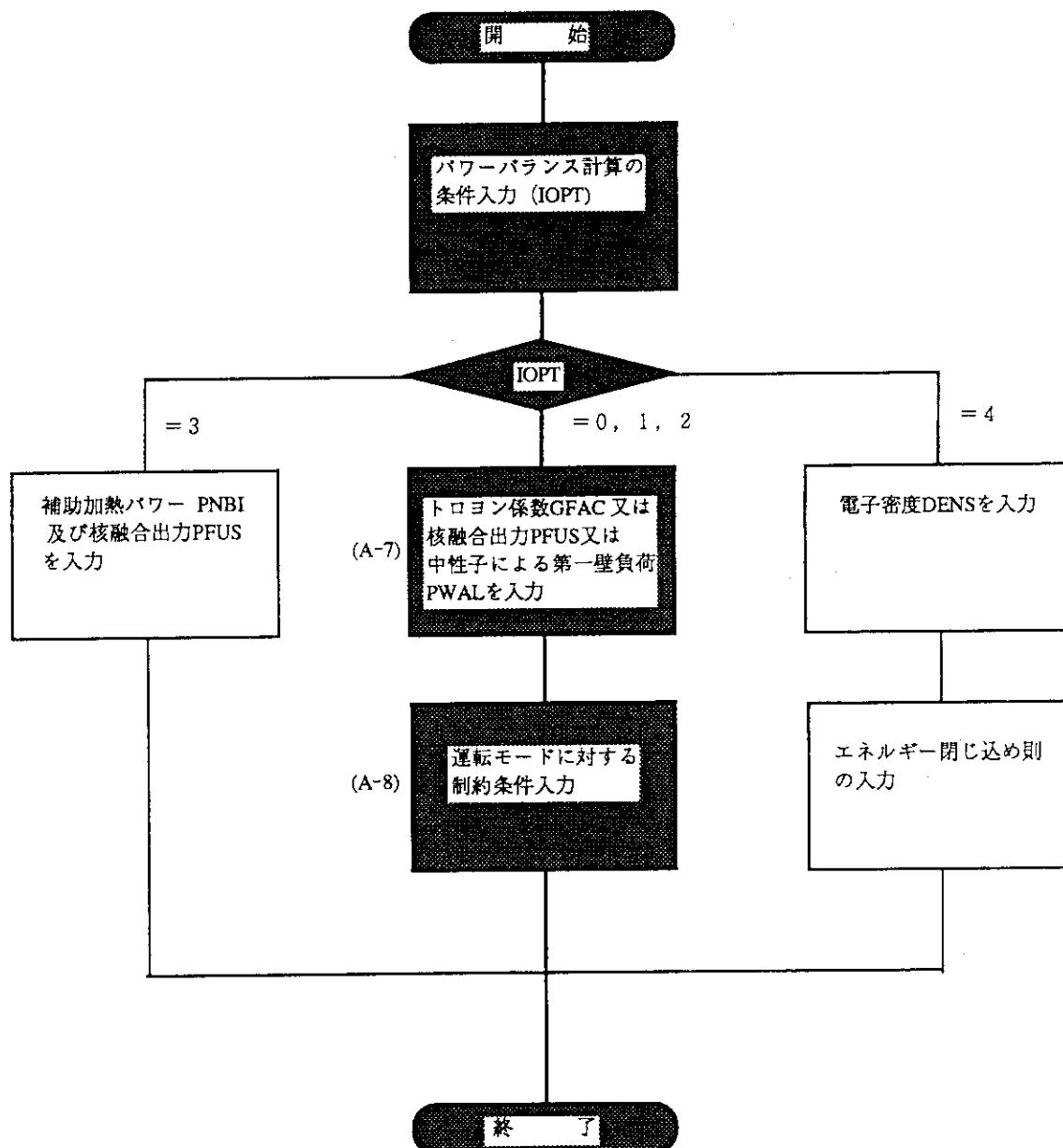
2-1. 入力画面の説明

本項では電子温度とプラズマ電流を与え、国際熱核融合炉（ITER）において核融合出力1GWの自己点火プラズマの運転点を求める場合を例にとりTPCコードの使用法の説明をする。この場合、電子密度は出力結果として得られる。この例の場合はデフォルト入力に対応しているので、使用者は入力画面に応じてリターン・キーをタイプし続けるだけで自動的に結果が得られるが、ここでは各々の入力画面における入力データの意味を実際の計算の流れに従って説明する。次頁および次々頁の図は計算の大まかな流れを示したものである。それぞれの四角形はデータ入力に対応しており、(A-1)などの記号は対応する入力画面の番号を示す。二重の枠でかこった四角形はサブ入力画面があることを示す。また入力データによっては入力フローに分岐が生じるが、詳細は付録2のフロー・チャートを参照されたい。

電子温度及びプラズマ電流による1点計算の場合 の計算の流れ



パワーバランス計算の条件入力



TPC コード 開始宣言

A-1

画面表示

```
*****
*****          TPC CODE / VERSION 3.1
*****          *****
```

CODED BY Y.MURAKAMI

< TYPE (COMMAND) & (.) TO EXIT >
 < TYPE (COMMAND) & (SHIFT) & 3 TO SAVE SCREEN >

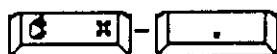
* TYPE CR KEY TO CONTINUE

処理内容

本画面により、TPC コードの開始宣言を行なう。

本コードを実行するにあたり、以下に 2 つの制御コマンドを紹介する。

1. コードを中止する場合



2. 画面のハードコピーを取る場合



注) ハードコピーは最大 10 枚まで可能 (System 7 では制限なし)
 SCREEN0 から SCREEN9 まで Mac Paint の
 File が、作成される。

インプット・データのデフォルト値設定

A-2

画面表示	<pre style="border-top: 1px dashed black; border-bottom: 1px dashed black; padding: 5px;"> DEFAULT DEVICE IDEV = 1 * IDEV = 1 --- ITER HIGH-Q * * = 2 --- ITER LONG-PULSE * * = 3 --- ITER STEADY-STATE * * = 0 --- LOAD DEVICE FILE * </pre> <p style="margin-top: 20px;">INPUT IDEV : DEF = 1</p>
処理内容 容	<p>各インプット・データのデフォルト値を設定する。</p> <p>I D E V = 1 : 自己点火モード = 2 : 長時間運転モード = 3 : 定常運転モード = 0 : デバイス・ファイルからの読み込み</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「1」以外の数字を入力する。</p> <p>本画面で「0」を指定した場合 D-1 のデバイス・ファイル名称指定画面を参照すること。</p>

プラズマ形状データ入力

A-3

画面表示

DEFAULT PARAMETERS	
IDD = 0 (0 : DT PLASMA / 1 : DD PLASMA)	IDIVER = 2 (1 : SN PLASMA / 2 : DN PLASMA)
A1 = 0.2150E+01, ASPCT = 0.2791E+01	ELIPT = 0.2000E+01, DELTA = 0.3500E+00
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])	

処理内容

- 本画面では、主にプラズマの形状等のデータを入力する。
1. 核融合反応の種類
 $IDD = 0$: 重水素 - 三重水素反応
 $= 1$: 重水素 - 重水素反応
 2. ダイバータの種類
 $IDIVER = 1$: Single null divertor
 $= 2$: Double null divertor
 3. プラズマ小半径, アスペクト比, 楕円度, 三角度の指定
A1 : プラズマ小半径 (m)
ASPCT : アスペクト比
ELIPT : 楕円度
DELTA : 三角度

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。

トロイダル磁場入力

A - 4

画面表示

TROIDAL FIELD	
IBT = 1	
* IBT = 1 --- BT IS GIVEN *	
* = 2 --- BTMAX IS GIVEN *	
BT = 0.4850E+01, BTMAX = 0.1120E+02	
RTFC = 0.2720E+01, BTPEK = 0.1047E+01	
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])	

処理内容

本画面では、トロイダル磁場の入力を行なう。

IBT = 1 : トロイダル磁場 (BT) をインプット・データとする。
 = 2 : 最大トロイダル磁場 (BTMAX),
 最大トロイダル磁場位置 (RTFC),
 トロイダル磁場リップル因子 (BTPEK) を
 それぞれインプット・データとする。

* $R_p \times B_T = R_{TFC} \times B_{TMAX} / B_{TPEK}$ の関係がある。
 但し R_p はプラズマの大半径である。

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。

計算モード入力

A-5

画面表示	<p style="text-align: center;">CALCULATION MODE</p> <p>TITLE : ITER HIGH-Q SAMPLE ICAL = 0</p> <p>* ICAL = 0 --- ONE POINT CALCULATION * * = 1 --- TE-IP PLOT WILL BE MADE * * = 2 --- TE-NE PLOT WILL BE MADE *</p> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、計算モードの入力を行なう。</p> <p>ICAL = 0 : 1点計算 (電子温度、プラズマ電流を入力することにより計算) = 1 : 電子温度とプラズマ電流によるイタレーション = 2 : 電子温度と電子密度によるイタレーション</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

プラズマ電流入力

A-6

画面表示	<pre> -----+-----+-----+ PLASMA CURRENT -----+-----+-----+ IPQPSI = 1 * IPQPSI = 1 --- IP IS GIUEN * * = 2 --- QPSI IS GIUEN * IP = 0.2200E+08, QPSI = 0.3000E+01 -----+-----+-----+ CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? <Y/[N]> </pre>
処理内容	<p>本画面では、プラズマ電流の入力を行なう。</p> <p>IPQPSI = 1 : プラズマ電流 (IP) をインプット・データとする。 = 2 : 安全係数 q_{ψ} (QPSI) をインプット・データとする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

パワー・バランス計算の条件入力

A-7

画面表示	<pre> 1 CONSTRAINT FOR POWER BALANCE 1 IOPT = 1 * IOPT = 0 --- GFAC IS FIXED TO CCB * * = 1 --- PFUS IS FIXED TO PTOT * * = 2 --- PWAL IS FIXED TO PWIN * * = 3 --- PNBI IS FIXED TO PAUX * * & PFUS IS FIXED TO PTOT * * = 4 --- DENE IS FIXED TO DENS * CCB = 0.3000E+01, PTOT = 0.1080E+10 PWIN = 0.1000E+07, PAUX = 0.6000E+08 DENS = 0.1000E+21 </pre> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、パワー・バランス計算の条件の入力を行なう。</p> <p>IOPT = 0 : Troyon 係数GFAC (デフォルト:CCB) を インプット・データとする。 = 1 : 核融合出力PFUS (デフォルト:PTOT) を インプット・データとする。 = 2 : 中性子による第一壁負荷PWAL (デフォルト:PWIN) を インプット・データとする。 = 3 : 補助加熱パワーPNBI (デフォルト:PAUX) 及び核融合出力 PFUS (デフォルト:PTOT) をインプット・データとする。 = 4 : 電子密度DENE (デフォルト:DENS) を インプット・データとする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。 各オプション毎の説明を D-2 に示す。</p>

運転モードに対する制約条件入力

A-8

画面表示	<pre> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- CONSTRAINT FOR PNB1 ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- IQUL = 1 * IQUL = 1 --- Q IS FIXED TO QIN * * = 2 --- VLOOP IS FIXED TO VLIN * * = 3 --- YNBI/YIP IS FIXED TO FYNB * QIN = 0.1000E+07, VLIN = 0.0000E+00 FYNB = 0.2500E+00 CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? <Y/[N]> </pre>
処理内容	<p>本画面では、運転モードに対する制約条件の入力を行なう。</p> <p>I Q V L = 1 : 核融合利得Q値（デフォルト：QIN）を インプット・データとする。 = 2 : 一周電圧VLOOP（デフォルト：VLIN）を インプット・データとする。 = 3 : ビーム駆動電流のプラズマ電流に対する割合 （デフォルト：FYNB）をインプット・データとする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

電子温度入力

A-9

画面表示	<p>PLASMA TEMPERATURE</p> <p>TE = 0.10000E+02 (KEV)</p> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、電子温度の入力を行なう。</p> <p>電子温度（デフォルト：TE）を指定する。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

不純物入力

A-10

画面表示示

IMPURITY DATA	
IZEFF = 2	
* IZEFF = 0 --- FIXED IMPURITIES	*
* = 1 --- ZEFF & CF(3) ARE GIVEN	*
* = 2 --- DEPENDS DENSITY	*
FSEED = 0.0000E+00	
NION = 6	
ZF(1) = 1.0	CF(1) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(2) = 1.0	CF(2) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(3) = 2.0	CF(3) = .100000
ZF(4) = 6.0	CF(4) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(5) = 8.0	CF(5) = .001000
ZF(6) = 26.0	CF(6) : CALCULATED IN THE CODE
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])	

処理内容

本画面では、電子密度に対する不純物割合の入力を行なう。

IZEFF = 0 : 全ての不純物（ヘリウム灰、炭素不純物、酸素不純物、鉄不純物）の電子密度に対する割合を指定する。
 = 1 : 実効電荷数ZEFF及びヘリウム灰の電子密度に対する割合を指定する。
 = 2 : ヘリウム灰及び酸素不純物の電子密度に対する割合、及び追加注入鉄不純物の割合を指定する。

内容

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。
 この場合、D-3 に不純物データの変更画面を示す。

ビームデータ入力

A-11

画面表示	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">BEAM PARAMETERS</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">ABEAM = 0.2000E+01,</td><td style="padding: 5px;">ZBEAM = 0.1000E+01</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">EB = 0.1300E+04</td><td></td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">ABD = 0.1070E+00,</td><td style="padding: 5px;">BBD = 0.1000E+01</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">SNBI = 0.2200E+02</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>	BEAM PARAMETERS		ABEAM = 0.2000E+01,	ZBEAM = 0.1000E+01	EB = 0.1300E+04		ABD = 0.1070E+00,	BBD = 0.1000E+01	SNBI = 0.2200E+02	
BEAM PARAMETERS											
ABEAM = 0.2000E+01,	ZBEAM = 0.1000E+01										
EB = 0.1300E+04											
ABD = 0.1070E+00,	BBD = 0.1000E+01										
SNBI = 0.2200E+02											
処理内容	<p>本画面では、ビームデータの入力を行なう。</p> <p>ABEAM : ビーム粒子の質量数 ZBEAM : ビーム粒子の電荷数 EB : 中性粒子ビーム入射エネルギー ABD : 電流駆動効率計算のFitting係数 BBD : 電流駆動効率計算のFitting係数 SNBI : ビーム入射位置データ ($R_{TANG}=R_p-a_p/S_{NBI}$)</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>										

その他のデータ入力 (1/2)

A-12

画面表示

MISCELLANEOUS DATA	
AT	= 0.1000E+01, AN = 0.5000E+00
SOL	= 0.1000E+00, FETA = 0.1000E+01
REF	= 0.8000E+00, DANG = 0.1500E+02
FDIU	= 0.1000E+01, RDIV = 0.5300E+01
FBOOT	= 0.1000E+01
SLINT	= 0.6500E+00, BLINT = 0.9240E-05
BPMAX	= 0.1340E+02, FUF = 0.6521E+00
ROH	= 0.1725E+01
QPSIO	= 0.1000E+01, DELQ = 0.2000E+01
IQAX	= 0
*	IQAX = 0 --- QPSIO IS FIXED *
*	= 1 --- QPSIO = QSAFE-DELQ *
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])	

本画面では、その他のデータの入力を行なう。

処理内容

AT : 電子温度のプロファイル係数
 AN : 電子密度のプロファイル係数
 SOL : スクレーブ・オフ層の厚み (m)
 FETA : 電流駆動効率の増大係数
 REF : シンクロトロン輻射の第一壁での反射の割合
 DANG : ダイバータ板に対するセパラトリックス磁気面の角度 (deg)
 FDIV : ダイバータ熱負荷の工学的安全率
 RDIV : ダイバータ板と磁力線の交点の位置
 負の値を入力すると $R_{div} = R_p \times 5.3 / 6.0$ とされる。
 FBOOT : プートストラップ電流の増大係数

 SLINT : 内部インダクタンス $\times 4\pi/\mu_0$
 BLINT : プラズマの自己インダクタンス (H)
 BPMAX : 中心ソレノイド・コイルの最大磁場 (T)

(次頁につづく)

その他のデータ入力 (2/2)

A-12

画 面 表 示	
処 理 内 容	<p>FVF : 垂直磁場とシャフラー・ノフ磁場の比 ROH : 中心ソレノイド・コイルの半径 (m) QPSI0 : 中心の安全係数値 DELQ : 中心の安全係数値と表面の安全係数値との差</p> <p>IQA X = 0 : 中心の安全係数値QPSI0は固定とする。 = 1 : 中心の安全係数値QPSI0は (MHD安全係数値QSAFE) - (DELQ) とする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

サマリー

A-13

画 面 表 示	<hr/> CALCULATION MODE SUMMARY <hr/>
	<p>OUTPUT FILE : TPC.OUT</p> <pre> ICAL = 0 (0:ONE POINT/1:TE-IP/2:TE-NE) IOPT = 1 (0:GFAC/1:PFUS/2:PWAL/4:DENE) IQUL = 1 (1:QUAL /2:ULOOP) IZEFF = 2 (1:FIXED/2:DEPENDS NE) QUAL : INPUT / VALUE = 1.0000E+06 ULOOP : OUTPUT TE : INPUT / VALUE = 1.0000E+04 NE : OUTPUT IP(QPSI) : INPUT / VALUE = 2.2000E+07 GFAC : OUTPUT PFUS : INPUT / VALUE = 1.0800E+09 PWAL : OUTPUT PNBI : OUTPUT </pre> <p>* ALL RIGHT ? ([Y]/N)</p>
処 理 内 容	<p>本画面は入力データの終了を意味し、本画面までに入力された計算モード及びインプット・データ等の概要を示す。</p> <p>ここで、「Y」又はリターン・キーを押すと計算が実行されるが、 「N」を入力すると、画面はプラズマ電流入力画面に戻る。 よって、インプット・データに誤りがあった場合は、「N」キーを押しデータを再入力すること。</p>

計算実行

A-14

画面表示

```

PFUS      : INPUT    / VALUE = 1.0800E+09
PWAL      : OUTPUT
PNB1      : OUTPUT

* ALL RIGHT ? ([Y]/N)

*****
*   CALCULATION STARTS   *
*****


GFAC = 3.000      BTH = 5.774 (%) EPSCON = 0.00000
GFAC = 1.981      BTH = 3.806 (%) EPSCON = 0.00000
GFAC = 2.000      BTH = 3.849 (%) EPSCON = .00000
GFAC = 1.995      BTH = 3.839 (%) EPSCON = .00000
GFAC = 1.995      BTH = 3.840 (%) EPSCON = .00000

```

* DO YOU WANT TO SEE RESULTS ? (Y/[N])

処理内容

本画面までに入力されたデータにより、計算が実行される。

計算結果は、サマリーの画面で示されている Output File に格納されるが、
画面上での確認が必要であればここで「Y」と入力する。
「N」又はリターン・キーを入力すると画面上での確認は省略され、
結果は T P C. O U T の名前でファイルに出力される。

2-2. 計算結果の例

計算結果はCRT画面上で確認することもできるが、通常はファイルとして出力された結果をワープロ・ソフトやエディター・ソフト等で読み込んで印刷するなどして利用する。出力ファイルには下の図2-1に示すように計算結果の格納ファイル(TPC.OUT)と自動反復計算の場合にのみ出力される等高線作画プログラムの入力専用ファイル(TPC.PLT)の2つがある。ここではデフォルト入力として用意されている以下の3つの場合に対応する計算結果の出力ファイル(TPC.OUT)を次ページ以降に示す。各項目の詳細は付録5の出力結果の説明を参照されたい。また、等高線作画プログラム用のファイル(TPC.PLT)については3-2項を参照のこと。

	ページ
1) ITER自己点火モード	37
2) ITER長時間運転モード	40
3) ITER定常運転モード	43

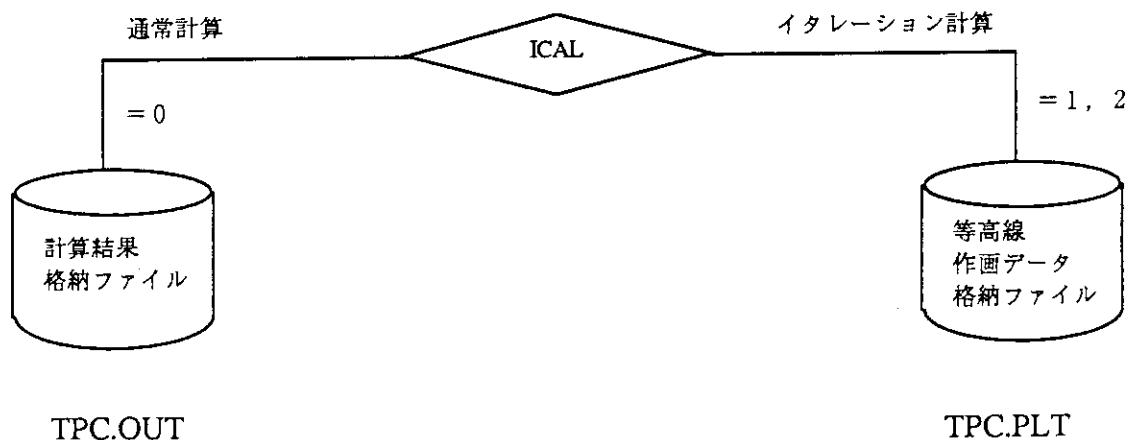


図2-1 出力ファイル

1) ITER自己点火モード

◎主な入力データを以下に示す。

プラズマ小半径	A 1	2. 1 5
アスペクト比	A S P C T	2. 7 9 0 7
楕円度	E L I P T	2. 0
三角度	D E L T A	0. 3 5
トロイダル磁場	B T	4. 8 5
プラズマ電流	Y I P	2 2. 0 E 6
電子温度	T E	1 0. 0 E 3
パワー・バランス	I O P T	1
核融合出力	P T O T	1 0 8 0. 0 E 6
運転オプション	I Q V L	1
核融合利得	Q I N	1. 0 E 6
不純物オプション	I Z E F F	2
ヘリウムの割合	C F (3)	0. 1
酸素の割合	C F (5)	0. 0 0 1

***** TPC CODE 3.1 ***

ITER HIGH-Q SAMPLE

***** (11:16:18, 5/7/92) ***

PLASMA MINOR RADIUS	(M)	: 2.1500
PLASMA MAJOR RADIUS	(M)	: 6.0000
ASPECT RATIO		: 2.7907
ELLIPTICITY	(95%)	: 2.0000
TRIANGULARITY	(95%)	: .3500
ELLIPTICITY	(SPX)	: 2.2200
TRIANGULARITY	(SPX)	: .5180
PLASMA VOLUME	(M**3)	: 1072.4082
SCRAPE OFF LAYER	(M)	: .1000
PLASMA SURFACE	(M*M)	: 876.8057
FIRST WALL SURFACE	(M*M)	: 917.5873
 TOROIDAL FIELD	(T)	: 4.8500
MAXIMUM TOROIDAL FIELD	(T)	: 11.2000
POSITION OF TF COIL	(M)	: 2.7200
TF COIL RIPPLE FACTOR		: 1.0469
SAFETY FACTOR (MHD)		: 3.0243
SAFETY FACTOR (CYLINDRICAL)		: 2.4517
SAFETY FACTOR (ENGINEERING)		: 2.1230
SAFETY FACTOR (AXIS)		: 1.0000
 PLASMA CURRENT	(MA)	: 22.0000
BOOTSTRAP CURRENT	(MA)	: 3.3202
NB DRIVEN CURRENT	(MA)	: 0.0000
OH CURRENT	(MA)	: 18.6798
FRAC. OF BOOTSTRAP CURRENT	(%)	: 15.0917
FRAC. OF BEAM CURRENT	(%)	: .0002
FRAC. OF OH CURRENT	(%)	: 84.9081
LOOP VOLTAGE	(V)	: .1135
PLASMA RESISTANCE	(NANO OHM)	: 6.0773
 TROYON FACTOR		: 1.9954
I(MA) / A1(M)*B(T)		: 2.1098
TOTAL BETA	(%)	: 4.2099
ALPHA BETA	(%)	: .3697
THERMAL BETA	(%)	: 3.8402
BEAM BETA	(%)	: 0.0000
DT BETA	(%)	: 2.5410
ALPHA EFFECT (FALPHA)		: 1.0963
SMALL LI (GIVEN)		: .6500
PLASMA SELF-INDUCTANCE	(MICRO H)	: 9.2400
PLASMA MAGNETIC ENERGY	(MJ)	: 593.0042
PLASMA STORED ENERGY	(MJ)	: 578.0606
BETA POLOIDAL		: .6055
BETA POLOIDAL*		: .4729
 ELECTRON TEMPERATURE	(KEV)	: 10.0000
PEAK TEMPERATURE	(KEV)	: 16.6667
VOLUME AVERAGE TEMPERATURE	(KEV)	: 8.3333
AT < TE(X)=TE(0)*(1-X*X)**AT >		: 1.0000
AN < NE(X)=NE(0)*(1-X*X)**AN >		: .5000
 ELECTRON DENSITY	(10**20/M**3)	: 1.2207
ION DENSITY	(10**20/M**3)	: 1.0223
DEUTERON DENSITY	(10**20/M**3)	: .4431
TRITON DENSITY	(10**20/M**3)	: .4431
DT DENSITY / ELECTRON DENSITY		: .7259
ION DENSITY / ELECTRON DENSITY		: .8375
Z EFFECTIVE		: 1.6588
HELIUM FRACTION (GIVEN)	(%)	: 10.0000
CARBON FRACTION	(%)	: 1.0413
OXYGEN FRACTION (GIVEN)	(%)	: .1000
IRON FRACTION	(%)	: .0139
IMPURITY SEEDING OF IRON	(%)	: .0000

FUSION POWER	(MW)	: 1080.0580
ALPHA POWER	(MW)	: 216.2573
HEATING POWER	(MW)	: .0011
OH POWER	(MW)	: 2.0671
BREMSSTRAHLUNG LOSS	(MW)	: 21.5654
LINE RADIATION LOS	(MW)	: 41.5467
SYNCHROTRON LOSS	(MW)	: 4.2515
WALL REFLECTIVITY		: .8000
FUSION GAIN (Q) (GIVEN)		: 100000.0000
RADIATION FROM MAIN	(MW)	: 67.3636
RADIATION FROM EDGE	(MW)	: 35.2772
NEUTRON WALL LOAD	(MW/M**2)	: .9414
RADIATION WALL LOAD	(MW/M**2)	: .1119
ALPHA WALL LOAD	(MW/M**2)	: .3535
POWER TO DIVERTOR	(MW)	: 115.6847
ANGLE OF DIVERTOR PLATE	(DEG)	: 15.0000
POSITION OF STRIKING POINT	(M)	: 5.3000
SAFETY FACTOR FOR WDIV		: 1.0000
TEMPERATURE AT DIVERTOR	(EV)	: 27.8489
DIVERTOR HEAT LOAD /HK	(MW/M**2)	: 5.0002
DIVERTOR HEAT LOAD /TOH	(MW/M**2)	: 5.0001
DIVERTOR HEAT LOAD /TAMI	(MW/M**2)	: 5.0002
REQUIRED CONFINEMENT TIME	(S)	: 3.8292
CONFINEMENT TIME <ITER89-P>	(S)	: 1.8980
CONFINEMENT TIME <ITER89-OL>	(S)	: 1.9886
CONFINEMENT TIME <GOLDSTON>	(S)	: 2.0271
CONFINEMENT TIME <REBUT-LALLIA>	(S)	: 2.2696
CONFINEMENT TIME <JAERI-L/OS>	(S)	: 1.9803
H-FACTOR FOR ITER89-P		: 2.0174
H-FACTOR FOR ITER89-OL		: 1.9256
H-FACTOR FOR GOLDSTON		: 1.8890
H-FACTOR FOR REBUT-LALLIA		: 1.6871
H-FACTOR FOR JAERI-L/OS		: 1.9336
BEAM ENERGY	(KEV)	: 1300.0000
Z OF BEAM PARTICLE		: 1.0000
A OF BEAM PARTICLE		: 2.0000
INJECTION RADIUS	(M)	: 5.9023
CD EFFICIENCY ENHANCEMENT		: 1.0000
CD EFFICIENCY	(A/W)	: .0328
CD FIGURE OF MERIT	(10**20A/WM**2)	: .2401
SHINE-THROUGH FRACTION	(%)	: .0104
PROFILE EFFECT FOR PFUS (FPROF)		: 1.6727
<SIGMA*V> * 10**22	(M**3/S)	: 1.0890
ALPHA RIPPLE LOSS FRACTION	(%)	: 3.0000
ALPHA RIPPLE LOSS PEAKING FACTOR		: 50.0000
CRITICAL DENSITY /GW	(10**20/M**3)	: 1.2850
CRITICAL DENSITY /MH	(10**20/M**3)	: .6594
CRITICAL DENSITY /BR	(10**20/M**3)	: 1.8569
RADIUS OF SOLENOID COIL	(M)	: 1.7250
MAXIMUM POLOIDAL FIELD	(T)	: 13.4000
VS / BP*PI*R0**2		: 1.0378
SUPPLIED FLUX BY OH-COIL	(VS)	: 130.0009
SHAFRANOV BV	(T)	: .8813
VS / BV*PI*R0**2		: .6521
SUPPLIED FLUX BY VF-COIL	(VS)	: 65.0018
TOTAL FLUX	(VS)	: 325.0037
FLUX FOR HEATING	(VS)	: 10.0000
FLUX FOR CURRENT RISE	(VS)	: 269.6301
AVAILABLE FLUX FOR FLAT TOP	(VS)	: 45.3736
BURN TIME (DOUBLE NULL PLASMA)	(S)	: 399.6849

2) I T E R長時間運転モード

◎主な入力データを以下に示す。

プラズマ小半径	A 1	2. 1 5
アスペクト比	A S P C T	2. 7 9 0 7
楕円度	E L I P T	2. 0
三角度	D E L T A	0. 3 5
トロイダル磁場	B T	4. 8 5
プラズマ電流	Y I P	1 5. 4 E 6
電子温度	T E	1 0. 6 E 3
パワー・バランス	I O P T	1
核融合出力	P T O T	8 6 0. 0 E 6
運転オプション	I Q V L	1
核融合利得	Q I N	7. 9
不純物オプション	I Z E F F	2
ヘリウムの割合	C F (3)	0. 1
酸素の割合	C F (5)	0. 0 0 1
添加鉄元素の割合	F S E E D	0. 0 0 0 7

***** TPC CODE 3.1 ***

ITER LONG-PULSE SAMPLE

***** (11:18:15, 5/7/92) ***

PLASMA MINOR RADIUS	(M)	:	2.1500
PLASMA MAJOR RADIUS	(M)	:	6.0000
ASPECT RATIO		:	2.7907
ELLIPTICITY	(95%)	:	2.0000
TRIANGULARITY	(95%)	:	.3500
ELLIPTICITY	(SPX)	:	2.2200
TRIANGULARITY	(SPX)	:	.5180
PLASMA VOLUME	(M**3)	:	1072.4082
SCRAPE OFF LAYER	(M)	:	.1000
PLASMA SURFACE	(M*M)	:	876.8057
FIRST WALL SURFACE	(M*M)	:	917.5873
TOROIDAL FIELD	(T)	:	4.8500
MAXIMUM TOROIDAL FIELD	(T)	:	11.2000
POSITION OF TF COIL	(M)	:	2.7200
TF COIL RIPPLE FACTOR		:	1.0469
SAFETY FACTOR (MHD)		:	4.3204
SAFETY FACTOR (CYLINDRICAL)		:	3.5025
SAFETY FACTOR (ENGINEERING)		:	3.0329
SAFETY FACTOR (AXIS)		:	1.0000
PLASMA CURRENT	(MA)	:	15.4000
BOOTSTRAP CURRENT	(MA)	:	4.7116
NB DRIVEN CURRENT	(MA)	:	4.4285
OH CURRENT	(MA)	:	6.2598
FRAC. OF BOOTSTRAP CURRENT	(%)	:	30.5951
FRAC. OF BEAM CURRENT	(%)	:	28.7568
FRAC. OF OH CURRENT	(%)	:	40.6481
LOOP VOLTAGE	(V)	:	.0455
PLASMA RESISTANCE	(NANO OHM)	:	7.2739
TROYON FACTOR		:	2.7636
I(MA) / A1(M)*B	(T)	:	1.4769
TOTAL BETA	(%)	:	4.0814
ALPHA BETA	(%)	:	.3487
THERMAL BETA	(%)	:	3.5295
BEAM BETA	(%)	:	.2033
DT BETA	(%)	:	2.2279
ALPHA EFFECT (FALPHA)		:	1.0988
SMALL LI (GIVEN)		:	.6500
PLASMA SELF-INDUCTANCE	(MICRO H)	:	9.2400
PLASMA MAGNETIC ENERGY	(MJ)	:	290.5720
PLASMA STORED ENERGY	(MJ)	:	526.3564
BETA POLOIDAL		:	1.1980
BETA POLOIDAL*		:	.9356
ELECTRON TEMPERATURE	(KEV)	:	10.6000
PEAK TEMPERATURE	(KEV)	:	17.6667
VOLUME AVERAGE TEMPERATURE	(KEV)	:	8.8333
AT <TE(X)=TE(0)*(1-X*X)**AT>		:	1.0000
AN <NE(X)=NE(0)*(1-X*X)**AN>		:	.5000
ELECTRON DENSITY	(10**20/M**3)	:	1.0613
ION DENSITY	(10**20/M**3)	:	.8655
DEUTERON DENSITY	(10**20/M**3)	:	.3728
TRITON DENSITY	(10**20/M**3)	:	.3728
DT DENSITY / ELECTRON DENSITY		:	.7026
ION DENSITY / ELECTRON DENSITY		:	.8155
Z EFFECTIVE		:	2.1668
HELIUM FRACTION (GIVEN)	(%)	:	10.0000
CARBON FRACTION	(%)	:	1.1034
OXYGEN FRACTION (GIVEN)	(%)	:	.1000
IRON FRACTION	(%)	:	.0892
IMPURITY SEEDING OF IRON	(%)	:	.0700

FUSION POWER	(MW)	: 859.9714
ALPHA POWER	(MW)	: 172.1900
HEATING POWER	(MW)	: 108.8571
OH POWER	(MW)	: .2778
BREMSSTRAHLUNG LOSS	(MW)	: 16.2432
LINE RADIATION LOS	(MW)	: 68.9567
SYNCHROTRON LOSS	(MW)	: 4.5414
WALL REFLECTIVITY		: .8000
FUSION GAIN (Q) (GIVEN)		: 7.9000
RADIATION FROM MAIN	(MW)	: 89.7413
RADIATION FROM EDGE	(MW)	: 93.4424
NEUTRON WALL LOAD	(MW/M**2)	: .7496
RADIATION WALL LOAD	(MW/M**2)	: .1996
ALPHA WALL LOAD	(MW/M**2)	: .2815
POWER TO DIVERTOR	(MW)	: 98.1413
ANGLE OF DIVERTOR PLATE	(DEG)	: 15.0000
POSITION OF STRIKING POINT	(M)	: 5.3000
SAFETY FACTOR FOR WDIV		: 1.0000
TEMPERATURE AT DIVERTOR	(EV)	: 29.8677
DIVERTOR HEAT LOAD /HK	(MW/M**2)	: 3.6840
DIVERTOR HEAT LOAD /ITOH	(MW/M**2)	: 3.8285
DIVERTOR HEAT LOAD /ITAMI	(MW/M**2)	: 3.2866
REQUIRED CONFINEMENT TIME	(S)	: 2.7474
CONFINEMENT TIME <ITER89-P>	(S)	: 1.2296
CONFINEMENT TIME <ITER89-OL>	(S)	: 1.5256
CONFINEMENT TIME <GOLDSTON>	(S)	: 1.2781
CONFINEMENT TIME <REBUT-LALLIA>	(S)	: 1.4042
CONFINEMENT TIME <JAERI-L/OS>	(S)	: 1.6953
H-FACTOR FOR ITER89-P		: 2.2344
H-FACTOR FOR ITER89-OL		: 1.8009
H-FACTOR FOR GOLDSTON		: 2.1496
H-FACTOR FOR REBUT-LALLIA		: 1.9566
H-FACTOR FOR JAERI-L/OS		: 1.6206
BEAM ENERGY	(KEV)	: 1300.0000
Z OF BEAM PARTICLE		: 1.0000
A OF BEAM PARTICLE		: 2.0000
INJECTION RADIUS	(M)	: 5.9023
CD EFFICIENCY ENHANCEMENT		: 1.0000
CD EFFICIENCY	(A/W)	: .0407
CD FIGURE OF MERIT	(10**20A/WM**2)	: .2591
SHINE-THROUGH FRACTION	(%)	: .0345
PROFILE EFFECT FOR PFUS (FPROF)		: 1.6426
<SIGMA*V> * 10**22	(M**3/S)	: 1.2470
ALPHA RIPPLE LOSS FRACTION	(%)	: 3.0000
ALPHA RIPPLE LOSS PEAKING FACTOR		: 50.0000
CRITICAL DENSITY /GW	(10**20/M**3)	: .8995
CRITICAL DENSITY /MH	(10**20/M**3)	: .4616
CRITICAL DENSITY /BR	(10**20/M**3)	: 1.5735
RADIUS OF SOLENOID COIL	(M)	: 1.7250
MAXIMUM POLOIDAL FIELD	(T)	: 13.4000
VS / BP*PI*ROH**2		: 1.0378
SUPPLIED FLUX BY OH-COIL	(VS)	: 130.0009
SHAFRANOV BV	(T)	: .7357
VS / BV*PI*R0**2		: .6521
SUPPLIED FLUX BY VF-COIL	(VS)	: 54.2610
TOTAL FLUX	(VS)	: 314.2629
FLUX FOR HEATING	(VS)	: 10.0000
FLUX FOR CURRENT RISE	(VS)	: 188.7411
AVAILABLE FLUX FOR FLAT TOP	(VS)	: 115.5218
BURN TIME (DOUBLE NULL PLASMA)	(S)	: 2537.0781

3) I T E R 定常運転モード

◎主な入力データを以下に示す。

プラズマ小半径	A 1	2. 1 5
アスペクト比	A S P C T	2. 7 9 0 7
楕円度	E L I P T	2. 0
三角度	D E L T A	0. 3 5
トロイダル磁場	B T	4. 8 5
プラズマ電流	Y I P	1 8. 9 E 6
電子温度	T E	2 0. 0 E 3
パワー・バランス	I O P T	1
核融合出力	P T O T	7 5 0. 0 E 6
運転オプション	I Q V L	2
核融合利得	V L I N	0. 0
不純物オプション	I Z E F F	2
ヘリウムの割合	C F (3)	0. 1
酸素の割合	C F (5)	0. 0 0 1

***** TPC CODE 3.1 ***

ITER STEADY-STATE SAMPLE

***** (9:54:10, 9/17/92) ***

PLASMA MINOR RADIUS	(M)	:	2.1500
PLASMA MAJOR RADIUS	(M)	:	6.0000
ASPECT RATIO		:	2.7907
ELLIPTICITY	(95%)	:	2.0000
TRIANGULARITY	(95%)	:	.3500
ELLIPTICITY	(SPX)	:	2.2200
TRIANGULARITY	(SPX)	:	.5180
PLASMA VOLUME	(M**3)	:	1072.4082
SCRAPE OFF LAYER	(M)	:	.1000
PLASMA SURFACE	(M*M)	:	876.8057
FIRST WALL SURFACE	(M*M)	:	917.5873
TOROIDAL FIELD	(T)	:	4.8500
MAXIMUM TOROIDAL FIELD	(T)	:	11.2000
POSITION OF TF COIL	(M)	:	2.7200
TF COIL RIPPLE FACTOR		:	1.0469
SAFETY FACTOR (MHD)		:	3.5203
SAFETY FACTOR (CYLINDRICAL)		:	2.8539
SAFETY FACTOR (ENGINEERING)		:	2.4712
SAFETY FACTOR (AXIS)		:	1.0000
PLASMA CURRENT	(MA)	:	18.9000
BOOTSTRAP CURRENT	(MA)	:	5.3903
NB DRIVEN CURRENT	(MA)	:	13.5076
OH CURRENT	(MA)	:	.0021
FRAC. OF BOOTSTRAP CURRENT	(%)	:	28.5204
FRAC. OF BEAM CURRENT	(%)	:	71.4687
FRAC. OF OH CURRENT	(%)	:	.0110
LOOP VOLTAGE	(V) (GIVEN)	:	0.0000
PLASMA RESISTANCE	(NANO OHM)	:	2.7991
TROYON FACTOR		:	2.9640
I(MA)/ A1(M)*B(T)		:	1.8125
TOTAL BETA	(%)	:	5.3723
ALPHA BETA	(%)	:	.8436
THERMAL BETA	(%)	:	3.9086
BEAM BETA	(%)	:	.6200
DT BETA	(%)	:	2.3379
ALPHA EFFECT (FALPHA)		:	1.2158
SMALL LI (GIVEN)		:	.6500
PLASMA SELF-INDUCTANCE	(MICRO H)	:	9.2400
PLASMA MAGNETIC ENERGY	(MJ)	:	437.6591
PLASMA STORED ENERGY	(MJ)	:	588.5522
BETA POLOIDAL		:	1.1371
BETA POLOIDAL*		:	.8177
ELECTRON TEMPERATURE	(KEV)	:	20.0000
PEAK TEMPERATURE	(KEV)	:	33.3333
VOLUME AVERAGE TEMPERATURE	(KEV)	:	16.6667
AT < TE(X)=TE(0)*(1-X*X)**AT >		:	1.0000
AN < NE(X)=NE(0)*(1-X*X)**AN >		:	.5000
ELECTRON DENSITY	(10**20/M**3)	:	.6365
ION DENSITY	(10**20/M**3)	:	.5054
DEUTERON DENSITY	(10**20/M**3)	:	.2150
TRITON DENSITY	(10**20/M**3)	:	.2150
DT DENSITY / ELECTRON DENSITY		:	.6757
ION DENSITY / ELECTRON DENSITY		:	.7940
Z EFFECTIVE		:	2.1610
HELIUM FRACTION (GIVEN)	(%)	:	10.0000
CARBON FRACTION	(%)	:	1.6684
OXYGEN FRACTION (GIVEN)	(%)	:	.1000
IRON FRACTION	(%)	:	.0622
IMPURITY SEEDING OF IRON	(%)	:	.0000

FUSION POWER	(MW)	: 749.9172
ALPHA POWER	(MW)	: 150.1541
HEATING POWER	(MW)	: 111.8220
OH POWER	(MW)	: 0.0000
BREMSSSTRAHLUNG LOSS	(MW)	: 24.6823
LINE RADIATION LOS	(MW)	: 6.7207
SYNCHROTRON LOSS	(MW)	: 15.5655
WALL REFLECTIVITY		: .8000
FUSION GAIN (Q)		: 6.7063
RADIATION FROM MAIN	(MW)	: 46.9685
RADIATION FROM EDGE	(MW)	: 25.0721
NEUTRON WALL LOAD	(MW/M**2)	: .6536
RADIATION WALL LOAD	(MW/M**2)	: .0785
ALPHA WALL LOAD	(MW/M**2)	: .2455
POWER TO DIVERTOR	(MW)	: 189.9355
ANGLE OF DIVERTOR PLATE	(DEG)	: 15.0000
POSITION OF STRIKING POINT	(M)	: 5.3000
SAFETY FACTOR FOR WDIV		: 1.0000
TEMPERATURE AT DIVERTOR	(EV)	: 635.6758
DIVERTOR HEAT LOAD /HK	(MW/M**2)	: 16.7729
DIVERTOR HEAT LOAD /ITOH	(MW/M**2)	: 9.9570
DIVERTOR HEAT LOAD /ITAMI	(MW/M**2)	: 12.7568
REQUIRED CONFINEMENT TIME	(S)	: 2.7374
CONFINEMENT TIME <ITER89-P>	(S)	: 1.2824
CONFINEMENT TIME <ITER89-OL>	(S)	: 1.5934
CONFINEMENT TIME <GOLDSTON>	(S)	: 1.4135
CONFINEMENT TIME <REBUT-LALLIA>	(S)	: 1.5137
CONFINEMENT TIME <JAERI-L/OS>	(S)	: 1.5708
H-FACTOR FOR ITER89-P		: 2.1346
H-FACTOR FOR ITER89-OL		: 1.7179
H-FACTOR FOR GOLDSTON		: 1.9366
H-FACTOR FOR REBUT-LALLIA		: 1.8084
H-FACTOR FOR JAERI-L/OS		: 1.7427
BEAM ENERGY	(KEV)	: 1300.0000
Z OF BEAM PARTICLE		: 1.0000
A OF BEAM PARTICLE		: 2.0000
INJECTION RADIUS	(M)	: 5.9023
CD EFFICIENCY ENHANCEMENT		: 1.0000
CD EFFICIENCY	(A/W)	: .1208
CD FIGURE OF MERIT	(10**20A/WM**2)	: .4613
SHINE-THROUGH FRACTION	(%)	: .8389
PROFILE EFFECT FOR PFUS (FPROF)		: 1.3470
<SIGMA*V> * 10**22	(M**3/S)	: 3.9861
ALPHA RIPPLE LOSS FRACTION	(%)	: 3.0000
ALPHA RIPPLE LOSS PEAKING FACTOR		: 50.0000
CRITICAL DENSITY /GW	(10**20/M**3)	: 1.1039
CRITICAL DENSITY /MH	(10**20/M**3)	: .5665
CRITICAL DENSITY /BR	(10**20/M**3)	: 2.3356
RADIUS OF SOLENOID COIL	(M)	: 1.7250
MAXIMUM POLOIDAL FIELD	(T)	: 13.4000
VS / BP*PI*ROH**2		: 1.0378
SUPPLIED FLUX BY OH-COIL	(VS)	: 130.0009
SHAFRANOV BV	(T)	: .8657
VS / BV*PI*R0**2		: .6521
SUPPLIED FLUX BY VF-COIL	(VS)	: 63.8521
TOTAL FLUX	(VS)	: 323.8540
FLUX FOR HEATING	(VS)	: 10.0000
FLUX FOR CURRENT RISE	(VS)	: 231.6368
AVAILABLE FLUX FOR FLAT TOP	(VS)	: 82.2172
BURN TIME (DOUBLE NULL PLASMA)	(S)	: 100000.0000

3. 電子温度・プラズマ電流の自動反復計算の方法

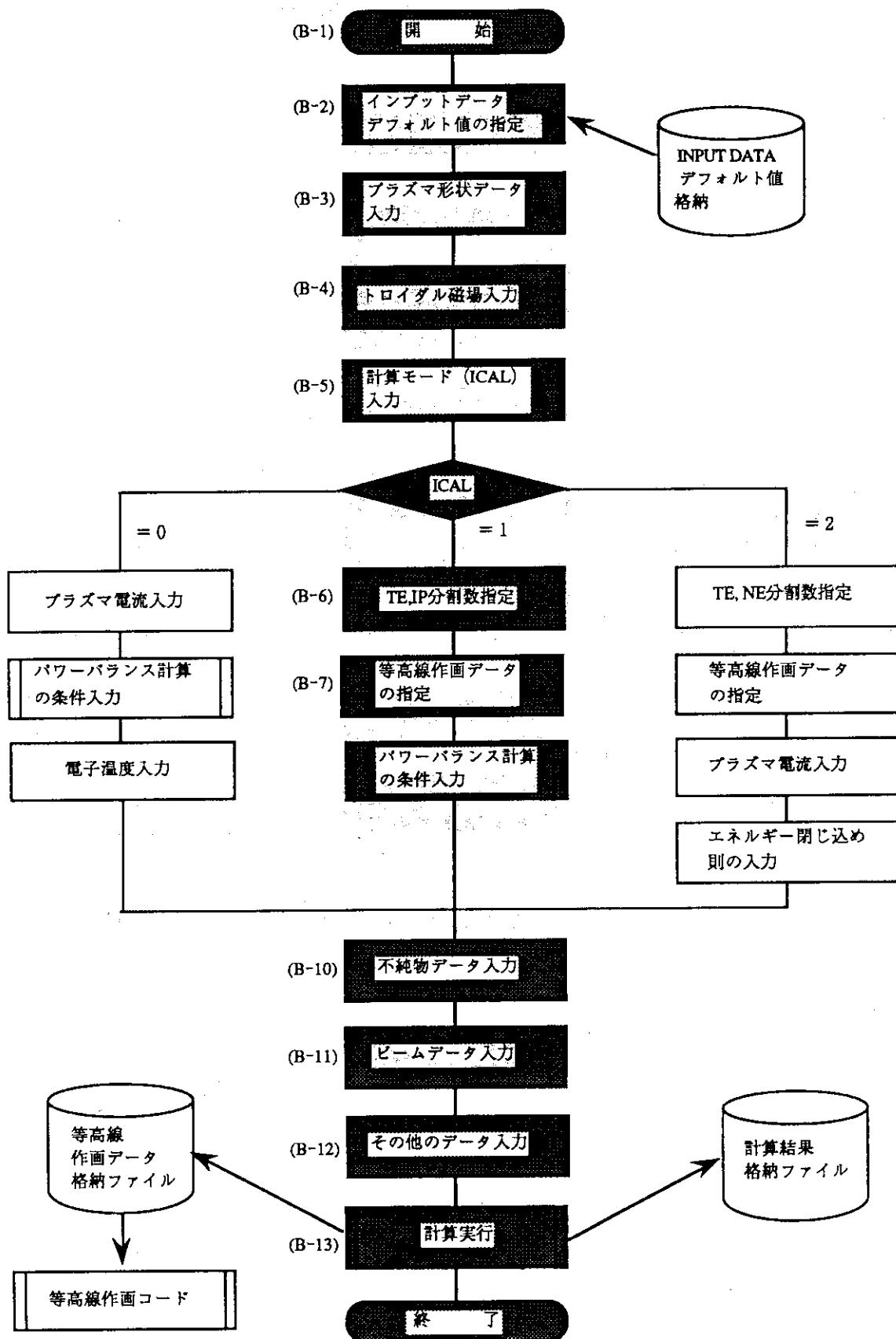
3-1. 入力画面の説明

炉心プラズマの運転点は、例えば定常運転モードの場合、核融合出力が750MWで、NB Iパワーが120MW以下、トロヨン係数が3以下、かつ閉じ込め改善係数が2以下というような条件を満たすように決定される（3-2の計算結果の例を参照）。

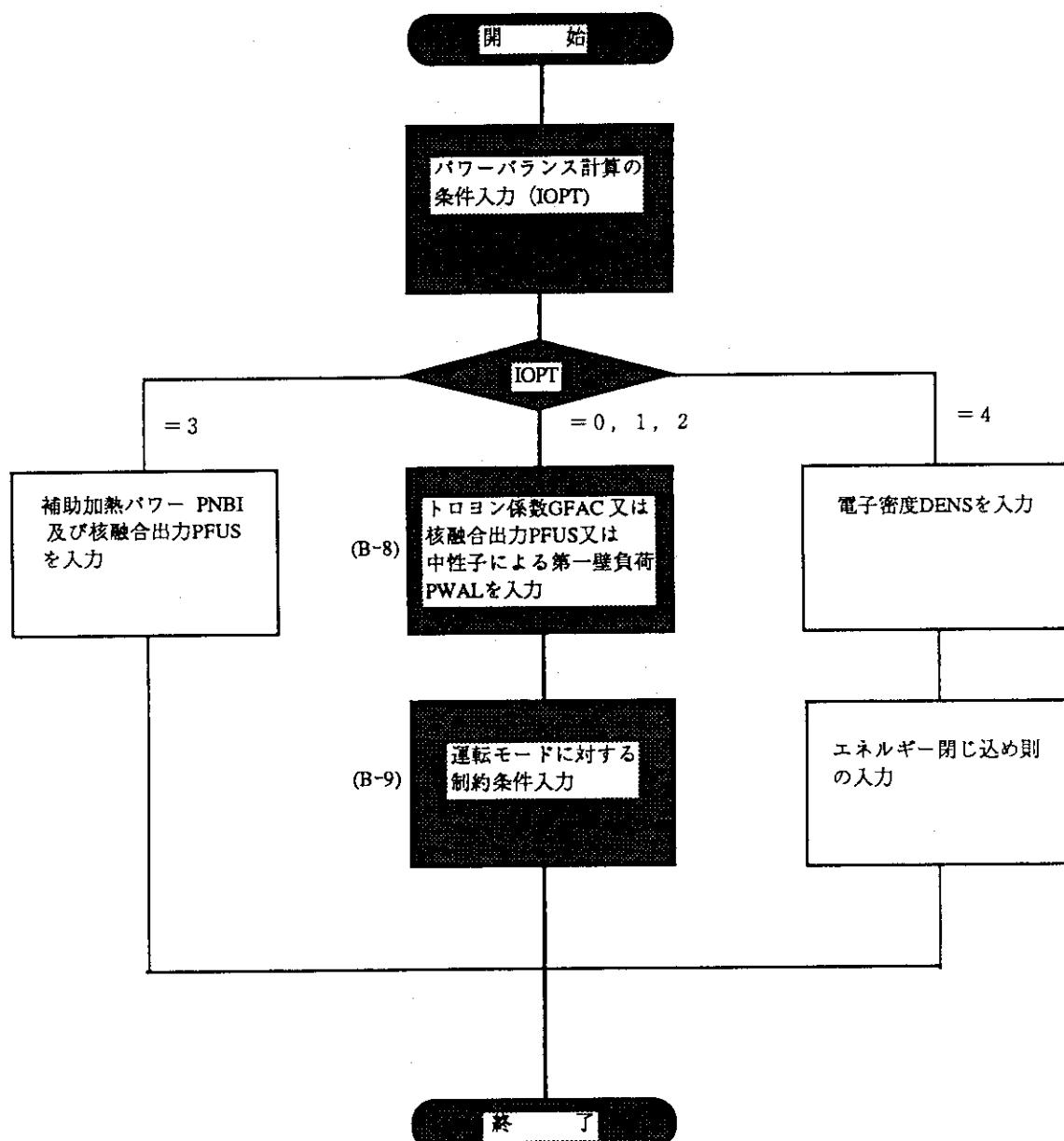
このような条件を満たす運転パラメーターを決定するためには、電子温度 (T_e) とプラズマ電流 (I_p) のパラメーター空間で反復計算をしてNB Iパワーとトロヨン係数の等高線を書き、運転領域を探すのが便利である。 $T_e - I_p$ 空間で運転点を探すのは、核融合出力が与えられているので、電子密度は電子温度が決まるとほとんど決まってしまうからである。

TPCコードには、このような計算を簡単に行う機能が組み込まれている。この章では電子温度・プラズマ電流のパラメーター空間での自動反復計算の方法について実際の計算例に従って説明する。

電子温度及びプラズマ電流による反復計算の場合の 計算の流れ



パワーバランス計算の条件入力



TPC コード 開始宣言

B-1

画面表示	<pre>***** ***** TPC CODE / VERSION 3.1 ***** *****</pre> <p>CODED BY Y.MURAKAMI</p> <p>< TYPE <COMMAND> & (.) TO EXIT > < TYPE <COMMAND> & (SHIFT) & 3 TO SAVE SCREEN ></p> <p>* TYPE CR KEY TO CONTINUE</p>
処理内容	<p>本画面により、TPC コードの開始宣言を行なう。</p> <p>本コードを実行するにあたり、以下に 2 つの制御コマンドを紹介する。</p> <p>1. コードを中止する場合</p>  <p>2. 画面のハードコピーを取る場合</p>  <p>注) ハードコピーは最大 10 枚まで可能 (System 7 では制限なし) SCREEN0 から SCREEN9 まで Mac Paint の File が、作成される。</p>

インプット・データのデフォルト値設定

B-2

画面表示	<p style="text-align: center;">DEFAULT DEVICE</p> <pre> IDEV = 1 * IDEV = 1 --- ITER HIGH-Q * * = 2 --- ITER LONG-PULSE * * = 3 --- ITER STEADY-STATE * * = 0 --- LOAD DEVICE FILE * </pre>								
処理内容	<p>INPUT IDEV : DEF = 1</p> <p>各インプット・データのデフォルト値を設定する。</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>IDEV = 1 :</td> <td>自己点火モード</td> </tr> <tr> <td>= 2 :</td> <td>長時間運転モード</td> </tr> <tr> <td>= 3 :</td> <td>定常運転モード</td> </tr> <tr> <td>= 0 :</td> <td>デバイス・ファイルからの読み込み</td> </tr> </table> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「1」以外の数字を入力する。</p> <p>本画面で「0」を指定した場合 D-1 のデバイス・ファイル名称指定画面を参照すること。</p>	IDEV = 1 :	自己点火モード	= 2 :	長時間運転モード	= 3 :	定常運転モード	= 0 :	デバイス・ファイルからの読み込み
IDEV = 1 :	自己点火モード								
= 2 :	長時間運転モード								
= 3 :	定常運転モード								
= 0 :	デバイス・ファイルからの読み込み								

プラズマ形状データ入力

B-3

画面表示	<p style="text-align: center;">DEFAULT PARAMETERS</p> <pre> IDD = 0 (0 : DT PLASMA / 1 : DD PLASMA) IDIVER = 2 (1 : SN PLASMA / 2 : DN PLASMA) A1 = 0.2150E+01, ASPCT = 0.2791E+01 ELIPT = 0.2000E+01, DELTA = 0.3500E+00 </pre> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/IN)</p>
処理内容 容	<p>本画面では、主にプラズマの形状等のデータを入力する。</p> <p>1. 核融合反応の種類</p> <p>IDD = 0 : 重水素 - 三重水素反応 = 1 : 重水素 - 重水素反応</p> <p>2. ダイバータの種類</p> <p>IDIVER = 1 : Single null divertor = 2 : Double null divertor</p> <p>3. プラズマ小半径、アスペクト比、楕円度、三角度の指定</p> <p>A1 : プラズマ小半径 (m) ASPCT : アスペクト比 ELIPT : 楕円度 DELTA : 三角度</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

トロイダル磁場入力

B-4

画面表示	<p style="text-align: center;">TROIDAL FIELD</p> <pre> IBT = 1 * IBT = 1 --- BT IS GIVEN * * = 2 --- BTMAX IS GIVEN * BT = 0.4850E+01, BTMAX = 0.1120E+02 RTFC = 0.2720E+01, BTPEK = 0.1047E+01 </pre> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、トロイダル磁場の入力を行なう。</p> <p>IBT = 1 : トロイダル磁場 (BT) をインプット・データとする。 = 2 : 最大トロイダル磁場 (BTMAX), 最大トロイダル磁場位置 (RTFC), トロイダル磁場リップル因子 (BTPEK) を それぞれインプット・データとする。</p> <p>* $R_p \times B_t = R_{TFC} \times B_{TMAX} / B_{TPEK}$ の関係がある。 但し R_p はプラズマの大半径である。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

計算モード入力

B-5

画面表示	<p style="text-align: center;">CALCULATION MODE</p> <p>TITLE : ITER HIGH-Q SAMPLE ICAL = 0</p> <p>* ICAL = 0 ---- ONE POINT CALCULATION * * = 1 ---- TE-IP PLOT WILL BE MADE * * = 2 ---- TE-NE PLOT WILL BE MADE *</p> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、計算モードの入力を行なう。</p> <p>ICAL = 0 : 1点計算 (電子温度、プラズマ電流を入力することにより計算) = 1 : 電子温度とプラズマ電流によるイタレーション = 2 : 電子温度と電子密度によるイタレーション</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p> <p>通常 ICAL のデフォルト値は「0」であるが、ここでは、「1」のときの入力データの説明を行なう。</p>

TE, IP分割数指定

B-6

画面表示

```

CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])
Y
  INPUT ICAL : DEF =      0
1
+++ TE MESH ***
  INPUT NT1 : DEF =      6
11 INPUT TE(MIN): DEF = 1.0000E+01 (KEV)
15 INPUT TE(MAX): DEF = 2.5000E+01 (KEV)
25
+++ IP MESH ***
  INPUT NY1 : DEF =      6
11 INPUT IP(MIN): DEF = 1.0000E+01 (MA)
10 INPUT IP(MAX): DEF = 2.5000E+01 (MA)
20
+++ DEBUG MODE ***
  INPUT IDEBUG: DEF =      0

```

処理内容

本画面では、電子温度(TE)－プラズマ電流(IP)イタレーションの際に必要な電子温度とプラズマ電流のメッシュ分割数の指定及び電子温度の最小、最大値、プラズマ電流の最小、最大値を指定するものである。

注) 変更しなくともよい項目は、省略(リターン・キーを押す)すれば、デフォルト値がとられる。

等高線作画データの指定

B-7

画面表示

OUTPUT DATA FOR CONTOUR PLOT		
+++ PLOT VALUE +++		
*	1 --- PNBI	/ 2 --- VLOOP *
*	3 --- QUAL	/ 4 --- GFAC *
*	5 --- INB/IP	/ 6 --- PFUS *
*	7 --- PWAL	/ 8 --- DENE *
*	9 --- YBOOT	/ 10 --- BETA *
*	11 --- BETAP	/ 12 --- FTAU *
*	13 --- PSY	/ 14 --- PBR *
*	15 --- BETABM	/ 16 --- ABETA *
*	17 --- ETANBI	/ 18 --- YNBI *
*	19 --- ZEFF	/ 20 --- HCPW)
*	21 --- HCOL)	/ 22 --- PLRHT *
*	23 --- TDIV	/ 24 --- HDIV *
*	25 --- HDIV2	/ 26 --- TBURN *
ISEL = 1		
INPUT ISEL : DEF = 1		

処理内容

本画面では、等高線作画データの指定を行なう。

ここで指定した項目のデータが、イタレーションの結果出力される。
 指定方法は、各項目を1から26までの数字で指定する。
 但し全項目を指定する場合には、「0」と指定すればよい。

注) 本画面で指定したデータは、そのまま等高線作画プログラム
 「CONPLT」のインプット・データとなる。

パワー・バランス計算の条件入力

B-8

画面表示

```

1           CONSTRAINT FOR POWER BALANCE           1

IOPT = 1

* IOPT = 0 --- GFAC IS FIXED TO CCB      *
*      = 1 --- PFUS IS FIXED TO PTOT      *
*      = 2 --- PWAL IS FIXED TO PWIN      *
*      = 3 --- PNBI IS FIXED TO PAUX      *
*          & PFUS IS FIXED TO PTOT      *
*      = 4 --- DENE IS FIXED TO DENS      *

CCB   = 0.3000E+01,    PTOT   = 0.1080E+10
PWIN = 0.1000E+07,    PAUX   = 0.6000E+08
DENS = 0.1000E+21

CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])

```

本画面では、パワー・バランス計算の条件の入力を行なう。

処理内容

IOPT = 0 : Troyon 係数GFAC (デフォルト:CCB) を
インプット・データとする。
 = 1 : 核融合出力PFUS (デフォルト:PTOT) を
インプット・データとする。
 = 2 : 中性子による第一壁負荷PWAL (デフォルト:PWIN) を
インプット・データとする。
 = 3 : 補助加熱パワーPNBI (デフォルト:PAUX) 及び核融合出力
PFUS (デフォルト:PTOT) をインプット・データとする。
 = 4 : 電子密度DENE (デフォルト:DENS) を
インプット・データとする。

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。
各オプション毎の説明を D-2 に示す。

運転モードに対する制約条件入力

B-9

画面表示	<pre> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- CONSTRANT FOR PNBI ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- IQUL = 1 * IQUL = 1 --- Q IS FIXED TO QIN * * = 2 --- VLOOP IS FIXED TO VLIN * * = 3 --- YNBI/YIP IS FIXED TO FYNB * QIN = 0.1000E+07, VLIN = 0.0000E+00 FYNB = 0.2500E+00 CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N]) </pre>
処理内容	<p>本画面では、運転モードに対する制約条件の入力を行なう。</p> <p>I Q V L = 1 : 核融合利得Q値（デフォルト：QIN）を インプット・データとする。 = 2 : 一周電圧VLOOP（デフォルト：VLIN）を インプット・データとする。 = 3 : ビーム駆動電流のプラズマ電流に対する割合 （デフォルト：FYNB）をインプット・データとする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

不純物入力

B-10

画面表示

IMPURITY DATA	
IZEFF	= 2
* IZEFF	= 0 --- FIXED IMPURITIES *
*	= 1 --- ZEFF & CF(3) ARE GIVEN *
*	= 2 --- DEPENDS DENSITY *
FSEED	= 0.0000E+00
NION	= 6
ZF(1)	= 1.0 CF(1) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(2)	= 1.0 CF(2) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(3)	= 2.0 CF(3) = .100000
ZF(4)	= 6.0 CF(4) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(5)	= 8.0 CF(5) = .001000
ZF(6)	= 26.0 CF(6) : CALCULATED IN THE CODE
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])	

処理内容

本画面では、電子密度に対する不純物割合の入力を行なう。

- I Z E F F = 0 : 全ての不純物（ヘリウム灰、炭素不純物、酸素不純物、鉄不純物）の電子密度に対する割合を指定する。
- = 1 : 実効電荷数ZEFF及びヘリウム灰の電子密度に対する割合を指定する。
- = 2 : ヘリウム灰及び酸素不純物の電子密度に対する割合、及び追加注入鉄不純物の割合を指定する。

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。
この場合、D-3 に不純物データの変更画面を示す。

ビームデータ入力

B-11

画面表示	<p style="text-align: center;">BEAM PARAMETERS</p> <hr/> <p> ABEAM = 0.2000E+01, ZBEAM = 0.1000E+01 EB = 0.1300E+04 ABD = 0.1070E+00, BBD = 0.1000E+01 SNBI = 0.2200E+02 </p> <p style="text-align: center;">CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、ビームデータの入力を行なう。</p> <p> A B E A M : ビーム粒子の質量数 Z B E A M : ビーム粒子の電荷数 E B : 中性粒子ビーム入射エネルギー A B D : 電流駆動効率計算のFitting係数 B B D : 電流駆動効率計算のFitting係数 S N B I : ビーム入射位置データ ($R_{TANG}=R_p \cdot a_p / S_{NBI}$) </p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

その他のデータ入力 (1/2)

B-12

画面表示

MISCELLANEOUS DATA	
AT	= 0.1000E+01, AN = 0.5000E+00
SOL	= 0.1000E+00, FETA = 0.1000E+01
REF	= 0.8000E+00, DANG = 0.1500E+02
FDIV	= 0.1000E+01, RDIV = 0.5300E+01
FBOOT	= 0.1000E+01
SLINT	= 0.6500E+00, BLINT = 0.9240E-05
BPMAX	= 0.1340E+02, FUF = 0.6521E+00
ROH	= 0.1725E+01
QPSIO	= 0.1000E+01, DELQ = 0.2000E+01
IQAX	= 0
* IQAX	= 0 --- QPSIO IS FIXED *
* IQAX	= 1 --- QPSIO = QSAFE-DELQ *
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? <Y/[N]>	

本画面では、その他のデータの入力を行なう。

処理内容

AT : 電子温度のプロファイル係数
 AN : 電子密度のプロファイル係数
 SOL : スクレーブ・オフ層の厚み (m)
 FETA : 電流駆動効率の増大係数
 REF : シンクロトロン輻射の第一壁での反射の割合
 DANG : ダイバータ板に対するセパラトリックス磁気面の角度 (deg)
 FDIV : ダイバータ熱負荷の工学的安全率
 RDIV : ダイバータ板と磁力線の交点の位置
 負の値を入力すると $R_{div} = R_p \times 5.3 / 6.0$ とされる。
 FBOOT : プートストラップ電流の増大係数
 SLINT : 内部インダクタンス $\times 4\pi/\mu_0$
 BLINT : プラズマの自己インダクタンス (H)
 BPMAX : 中心ソレノイド・コイルの最大磁場 (T)

(次頁につづく)

その他のデータ入力 (2 / 2)

B - 1 2

画 面 表 示	
処 理 内 容	<p>F V F : 垂直磁場とシャフラー・ノフ磁場の比 R O H : 中心ソレノイド・コイルの半径 (m)</p> <p>Q P S I 0 : 中心の安全係数値 D E L Q : 中心の安全係数値と表面の安全係数値との差</p> <p>I Q A X = 0 : 中心の安全係数値QPSI0は固定とする。 = 1 : 中心の安全係数値QPSI0は (MHD安全係数値QSAFE) - (DELQ) とする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

サマリー

B-13

画面表示

CALCULATION MODE SUMMARY

OUTPUT FILE : TPC.PLT

ICAL = 1 (0:ONE POINT/1:TE-IP/2:TE-NE)
 IZEFF = 2 (1:FIXED/2:DEPENDS NE)

QUAL	:	INPUT	/ VALUE = 1.0000E+06
VLOOP	:	OUTPUT	
TE	:	INPUT	/ ITERATION
NE	:	OUTPUT	
IP(QPSI)	:	INPUT	/ ITERATION
GFAC	:	OUTPUT	
PFUS	:	INPUT	/ VALUE = 1.0800E+09
PWAL	:	OUTPUT	
PNBI	:	OUTPUT	

* ALL RIGHT ? (Y/N)

処理内容

本画面は入力データの終了を意味し、本画面までに入力された計算モード及びインプット・データ等の概要を示す。

ここで、「Y」又はリターン・キーを押すと計算が実行されるが、「N」を入力すると、画面はパワー・バランス計算の条件入力画面に戻る。
 よって、インプット・データに誤りがあった場合は、「N」キーを押しデータを再入力すること。

計算実行

B-14

画面表示

```

* ALL RIGHT ? <[Y]/N>

*****
*      ITERATION STARTS      *
*****

*** J = 1 ( JMAX = 2 ) ***
PNB1    = 0.1080E+04
PNB1    = 0.1080E+04
*** J = 2 ( JMAX = 2 ) ***
PNB1    = 0.1080E+04
PNB1    = 0.1080E+04

*****
*      ITERATION ENDS      *
*****
```

* TYPE CR KEY TO CONTINUE

処理内容

本画面までに入力されたデータにより、計算が実行される。

計算結果は等高線作画プログラムの入力ファイルの形式でT P C. P L Tの名前で出力される。

3-2. 計算結果の例

図3-1, 図3-2はそれぞれ、計算結果の出力ファイル (TPC.PLT) から、等高線作画プログラム (CONPLT) を用いて作成したNBIパワー (PNBI) が120MWの等高線、およびHファクター (H) が2.1の等高線である。

参考のため次頁以降に TPC.PLT の内容を示す。また、CONPLT の詳しい使用法は付録6を参照されたい。

図3-3は図3-1と図3-2から Mac Paint を用いて作成した運転領域を表す図である。運転領域は PNBI < 120MW と H < 2.1 以外にMHD安全係数 $q_\psi > 3$ によっても制限されるので、図3-3で斜線の領域が運転領域となる。

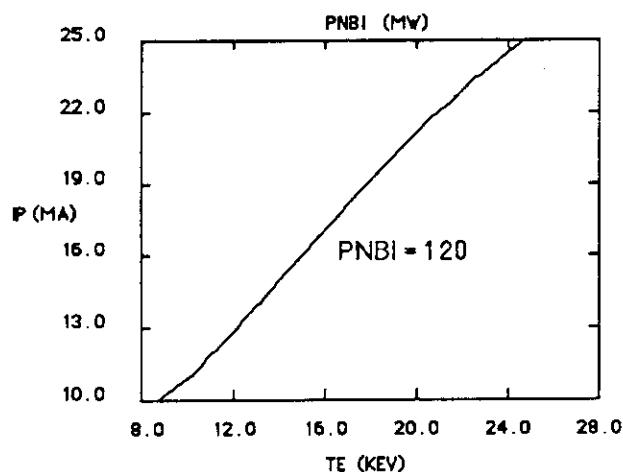


図3-1. NBIパワーの等高線

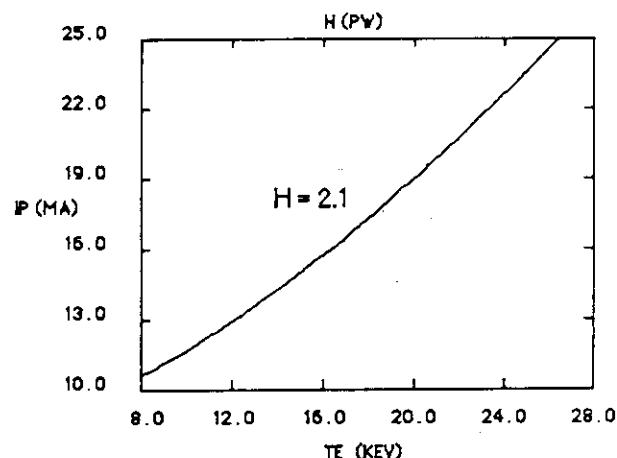


図3-2. Hファクターの等高線

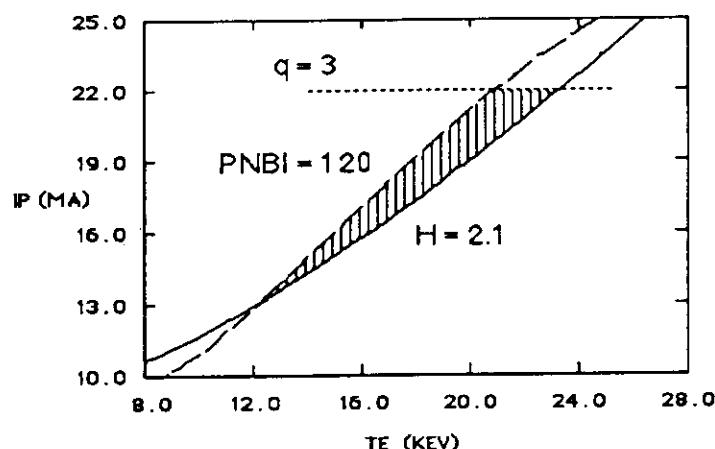


図3-3. 運転領域の図

◎ 等高線作画データ格納ファイル

本ファイルは、イタレーション計算を実行した結果出力されるもので、
等高線作画プログラム「CONPLT」の入力データとなる。

以下に、出力例を添付する。

PNBI (MW)

TE (KEV)

IP (MA)

5	5			
0.10000E+05	0.20000E+05	0.10000E+08	0.20000E+08	
0.10000E+04	0.10000E+07	0.10000E+07		
PNBI (MW)		(1 --- 25)		
0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04
0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04
0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04
0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04
0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04	0.30000E+04

***** END OF PNBI (MW) *****

VLOOP

TE (KEV)

IP (MA)

5	5			
0.10000E+05	0.20000E+05	0.10000E+08	0.20000E+08	
0.10000E+04	0.10000E+07	0.10000E+01		
VLOOP		(1 --- 25)		
0.15799E-01	0.76390E-02	0.13786E-02	-0.34038E-02	-0.71684E-02
0.56810E-01	0.37819E-01	0.25347E-01	0.16641E-01	0.10236E-01
0.90916E-01	0.62732E-01	0.44914E-01	0.32793E-01	0.24064E-01
0.12194E+00	0.85293E-01	0.62515E-01	0.47205E-01	0.36295E-01
0.15113E+00	0.10646E+00	0.78951E-01	0.60588E-01	0.47579E-01

***** END OF VLOOP *****

QVAL

TE (KEV)

IP (MA)

5	5			
0.10000E+05	0.20000E+05	0.10000E+08	0.20000E+08	
0.10000E+04	0.10000E+07	0.10000E+01		
QVAL		(1 --- 25)		
0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06
0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06
0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06
0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06
0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06	0.10000E+06

***** END OF QVAL *****

GFAC
TE (KEV)

IP (MA)

5 5

0.10000E+05 0.20000E+05 0.10000E+08 0.20000E+08

0.10000E+04 0.10000E+07 0.10000E+01

GFAC (1 --- 25)
0.36563E+01 0.38407E+01 0.41284E+01 0.44878E+01 0.49047E+01
0.29250E+01 0.30725E+01 0.33027E+01 0.35902E+01 0.39238E+01
0.24375E+01 0.25604E+01 0.27523E+01 0.29919E+01 0.32698E+01
0.20893E+01 0.21947E+01 0.23591E+01 0.25645E+01 0.28027E+01
0.18281E+01 0.19203E+01 0.20642E+01 0.22439E+01 0.24524E+01

***** END OF GFAC

4. 電子温度・電子密度の自動反復計算の方法

4-1. 入力画面の説明

前章では定常運転プラズマの場合に電子温度とプラズマ電流のパラメーター空間で反復計算する方法について説明した。自己点火プラズマの運転領域を決定する場合は、むしろ電子温度 (T_e) と電子密度 (n_e) のパラメーター空間で Q 値あるいは NBI パワーの等高線を書いて運転領域を表すのが一般的である。

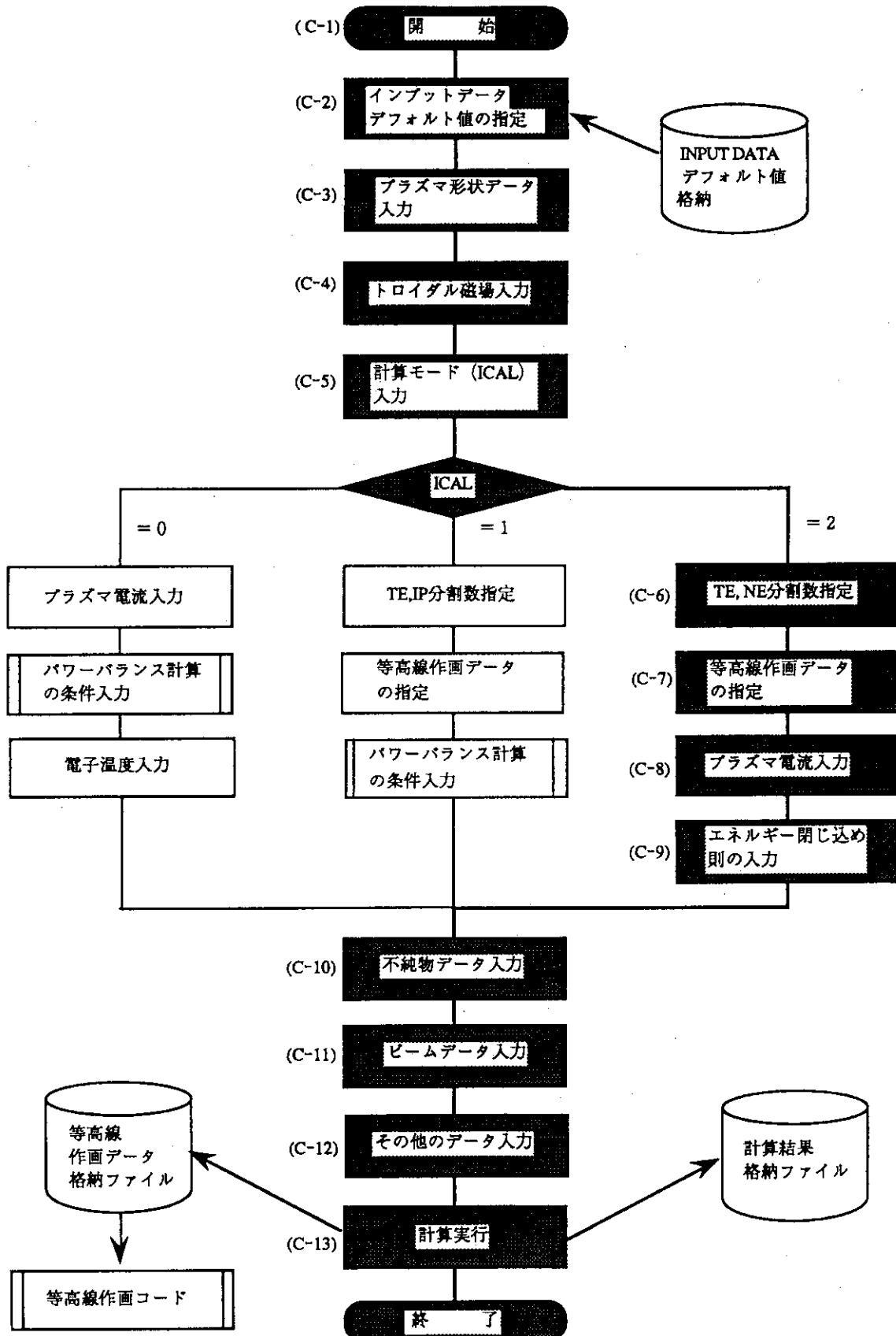
このような図を一般に POPCON (Point of Operation Contour) プロットという。

この場合は当然、核融合出力を入力パラメーターとすることはできない。そのかわり、プラズマ電流と H ファクター (または Q 値) を入力として、Q 値 (または H ファクター) の等高線を得ることができる。

H ファクターを入力とした場合は、与えられたプラズマ電流と H ファクターに対して自己点火を達成するために必要なプラズマ・パラメーター (T_e と n_e) の領域がわかる。

Q 値 (例えば 100) を与えた場合は、与えられた運転点でその値を達成するために必要な閉じ込め改善の度合が分かることになる。

電子温度及び電子密度による反復計算の場合の 計算の流れ



TPC コード 開始宣言

C-1

画面表示

```
*****
***** TPC CODE / VERSION 3.1 *****
*****
```

CODED BY Y.MURAKAMI

< TYPE <COMMAND> & <. > TO EXIT >
< TYPE <COMMAND> & <SHIFT> & 3 TO SAVE SCREEN >

* TYPE CR KEY TO CONTINUE

処理内容

本画面により、TPCコードの開始宣言を行なう。

本コードを実行するにあたり、以下に2つの制御コマンドを紹介する。

1. コードを中止する場合



2. 画面のハードコピーを取る場合



注) ハードコピーは最大10枚まで可能 (System 7では制限なし)
SCREEN0 から SCREEN9 まで Mac Paint の
File が、作成される。

インプット・データのデフォルト値設定

C-2

画
面
表
示

DEFAULT DEVICE	
IDEV = 1	
* IDEV = 1 --- ITER HIGH-Q	*
* = 2 --- ITER LONG-PULSE	*
* = 3 --- ITER STEADY-STATE	*
* = 0 --- LOAD DEVICE FILE	*
INPUT IDEV : DEF = 1	

処
理
内
容

各インプット・データのデフォルト値を設定する。

IDEV = 1 : 自己点火モード
 = 2 : 長時間運転モード
 = 3 : 定常運転モード
 = 0 : デバイス・ファイルからの読み込み

デフォルト値を変更する場合は、ここで「1」以外の数字を入力する。

本画面で「0」を指定した場合 D-1 のデバイス・ファイル名称指定画面を参照すること。

プラズマ形状データ入力

C-3

画面表示	<pre> ----- DEFAULT PARAMETERS ----- IDD = 0 < 0 : DT PLASMA / 1 : DD PLASMA > IDIVER = 2 < 1 : SN PLASMA / 2 : DN PLASMA > A1 = 0.2150E+01, ASPCT = 0.2791E+01 ELIPT = 0.2000E+01, DELTA = 0.3500E+00 CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</pre>
処理内容	<p>本画面では、主にプラズマの形状等のデータを入力する。</p> <p>1. 核融合反応の種類 $IDD = 0$: 重水素 - 三重水素反応 $= 1$: 重水素 - 重水素反応</p> <p>2. ダイバータの種類 $IDIVER = 1$: Single null divertor $= 2$: Double null divertor</p> <p>3. プラズマ小半径、アスペクト比、楕円度、三角度の指定 $A1$: プラズマ小半径 (m) $ASPCT$: アスペクト比 $ELIPT$: 楕円度 $DELTA$: 三角度</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

トロイダル磁場入力

C-4

画面表示	<p style="text-align: center;">TOIDAL FIELD</p> <pre> IBT = 1 * IBT = 1 --- BT IS GIVEN * * = 2 --- BTMAX IS GIVEN * BT = 0.4850E+01, BTMAX = 0.1120E+02 RTFC = 0.2720E+01, BTPEK = 0.1047E+01 </pre> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、トロイダル磁場の入力を行なう。</p> <p>IBT=1 : トロイダル磁場 (BT) をインプット・データとする。 =2 : 最大トロイダル磁場 (BTMAX), 最大トロイダル磁場位置 (RTFC), トロイダル磁場リップル因子 (BTPEK) をそれぞれ インプット・データとする。</p> <p>* $R_p \times B_T = R_{TFC} \times B_{TMAX} / B_{TPEK}$ の関係がある。 但し R_p はプラズマの大半径である。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

計算モード入力

C-5

画面表示

CALCULATION MODE	
TITLE : ITER HIGH-Q SAMPLE	
ICAL = 0	
* ICAL = 0 --- ONE POINT CALCULATION *	
* = 1 --- TE-IP PLOT WILL BE MADE *	
* = 2 --- TE-NE PLOT WILL BE MADE *	
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? <Y/[N]>	

処理内容

本画面では、計算モードの入力を行なう。

ICAL = 0 : 1点計算
 (電子温度、プラズマ電流を入力することにより計算)
 = 1 : 電子温度とプラズマ電流によるイタレーション
 = 2 : 電子温度と電子密度によるイタレーション

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。

通常ICALのデフォルト値は「0」であるが、ここでは、「2」のときの入力データの説明を行なう。

TE, NE分割数指定

C-6

画面表示	<pre> CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? <Y/[N]> Y INPUT ICAL : DEF = 0 2 +++ TE MESH +++ INPUT NT1 : DEF = 6 11 INPUT TE(MIN): DEF = 1.0000E+01 <KEV> 15 INPUT TE(MAX): DEF = 2.5000E+01 <KEV> 25 +++ NE MESH +++ INPUT ND1 : DEF = 6 11 INPUT NE(MIN): DEF = 5.0000E-01 <10**20/M**3> 10 INPUT NE(MAX): DEF = 1.5000E+00 <10**20/M**3> 20 +++ DEBUG MODE +++ INPUT IDEBUG: DEF = 0 </pre>
処理内容	<p>本画面では、電子温度（TE）－電子密度（NE）イタレーションの際に必要な電子温度と電子密度のメッシュ分割数の指定及び電子温度の最小、最大値、電子密度の最小、最大値を指定するものである。</p> <p>注) 変更しなくともよい項目は、省略（リターン・キーを押す）すれば、デフォルト値がとられる。</p>

等高線作画データの指定

C-7

画面表示

```

-----  

|           OUTPUT DATA FOR CONTOUR PLOT           |
-----  

+++ PLOT VALUE +++  

* 1 --- PNBI    / 2 --- VLOOP    *  

* 3 --- QVAL    / 4 --- GFAC     *  

* 5 --- INB/IP   / 6 --- PFUS     *  

* 7 --- PWAL    / 8 --- DENE     *  

* 9 --- YBOOT    / 10 --- BETA    *  

* 11 --- BETAP   / 12 --- FTAU    *  

* 13 --- PSY     / 14 --- PBR     *  

* 15 --- BETABM  / 16 --- ABETA   *  

* 17 --- ETANBI  / 18 --- VNBI   *  

* 19 --- ZEFF    / 20 --- HCPW    *  

* 21 --- HCOL    / 22 --- PWRHT   *  

* 23 --- TDIU    / 24 --- WDIU    *  

* 25 --- WDIU2   / 26 --- TBURN   *
  

ISEL = 1  

INPUT ISEL : DEF = 1

```

処理内容

本画面では、等高線作画データの指定を行なう。

ここで指定した項目のデータが、イタレーションの結果出力される。
 指定方法は、各項目を 1 から 26 までの数字で指定する。
 但し全項目を指定する場合には、「0」と指定すればよい。

注) 本画面で指定したデータは、そのまま等高線作画プログラム
 「CONPLT」のインプット・データとなる。

プラズマ電流入力

C-8

画面表示	<pre> ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- PLASMA CURRENT ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- IPQPSI = 1 * IPQPSI = 1 --- IP IS GIIVEN * * = 2 --- QPSI IS GIIVEN * IP = 0.2200E+08, QPSI = 0.3000E+01 ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- </pre> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、プラズマ電流の入力を行なう。</p> <p>IPQPSI = 1 : プラズマ電流 (IP) をインプット・データとする。 = 2 : 安全係数 q_w (QPSI) をインプット・データとする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

エネルギー閉じ込め則の入力

C-9

画面表示

DATA FOR POPCONE PLOT	
ITAU = 1	
* I T A U = 1 --- ITER-89 POWER LOW	*
* = 2 --- ITER-89 OFFSET LINEAR	*
* = 3 --- GOLDSTONE	*
* = 4 --- REBUT-LALLIA	*
* = 5 --- SHIMOMURA-ODAJIMA	*
INTE = 1	
* INTE = 1 --- HFACT IS FIXED TO CCE	*
* = 2 --- PNBI IS FIXED TO PAUX	*
* = 3 --- PNBI IS ADJUSTED TO UL=0.0	*
CCE = 0.2000E+01, PAUX = 0.6000E+08	
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/INI)	

処理内容

本画面では、エネルギー閉じ込め則の選択及び、パワー・バランス計算のオプションを指定する。

1. エネルギー閉じ込め則の選択

- I T A U = 1 : I T E R 8 9 パワー則
- = 2 : I T E R 8 9 オフセットリニア則
- = 3 : ゴールドストーン則
- = 4 : レブー・ラリア則
- = 5 : 下村・小田島則

2. パワー・バランス計算のオプション指定

- I N T E = 1 : H ファクターを与える
- = 2 : 補助加熱パワーを与える
- = 3 : 一周電圧VLOOPが0.0になるように補助加熱パワーをコード内部で計算する

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。

不純物入力

C-10

画面表示	<p style="text-align: center;">IMPURITY DATA</p> <pre> IZEFF = 2 * IZEFF = 0 --- FIXED IMPURITY * * = 1 --- ZEFF & CF(3) ARE GIVEN * * = 2 --- CF(4) & CF(6) DEPEND NE * ZEFF = 0.1740E+01 FSEED = 0.0000E+00, FEI = 0.1204E+01 FRACD = 0.3590E+00, FRACT = 0.3590E+00 DENE = 0.1000E+21, DENI = 0.8306E+20 DEND = 0.3590E+20, DENT = 0.3590E+20 ZF(1) = 1.0 CF(1) = .359017 ZF(2) = 1.0 CF(2) = .359017 ZF(3) = 2.0 CF(3) = .100000 ZF(4) = 6.0 CF(4) = .011374 ZF(5) = 8.0 CF(5) = .001000 ZF(6) = 26.0 CF(6) = .000220 CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N]) </pre>
処理内容	<p>本画面では、電子密度に対する不純物割合の入力を行なう。</p> <p>IZEFF = 0 : 全ての不純物（ヘリウム灰、炭素不純物、酸素不純物、鉄不純物）の電子密度に対する割合を指定する。</p> <p>= 1 : 実効電荷数ZEFF及びヘリウム灰の電子密度に対する割合を指定する。</p> <p>= 2 : ヘリウム灰及び酸素不純物の電子密度に対する割合、及び追加注入鉄不純物の割合を指定する。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。 この場合、D-4 に不純物データの変更画面を示す。</p>

ビームデータ入力

C - 1 1

画
面
表
示

BEAM PARAMETERS

ABEAM	=	0.2000E+01,	ZBEAM	=	0.1000E+01
EB	=	0.1300E+04			
ABD	=	0.1070E+00,	BBD	=	0.1000E+01
SNBI	=	0.2200E+02			

CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/INI)

処
理
内
容

本画面では、ビームデータの入力を行なう。

A B E A M : ビーム粒子の質量数
 Z B E A M : ビーム粒子の電荷数
 E B : 中性粒子ビーム入射エネルギー
 A B D : 電流駆動効率計算のFitting係数
 B B D : 電流駆動効率計算のFitting係数
 S N B I : ビーム入射位置データ ($R_{TANG} = R_p - a_p / S_{NBI}$)

デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。

その他のデータ入力 (1 / 2)

C - 1 2

画面表示	<p style="text-align: center;">MISCELLANEOUS DATA</p> <hr/> <table border="0"> <tbody> <tr><td>AT</td><td>=</td><td>0.1000E+01,</td><td>AN</td><td>=</td><td>0.5000E+00</td></tr> <tr><td>SOL</td><td>=</td><td>0.1000E+00,</td><td>FETA</td><td>=</td><td>0.1000E+01</td></tr> <tr><td>REF</td><td>=</td><td>0.8000E+00,</td><td>DANG</td><td>=</td><td>0.1500E+02</td></tr> <tr><td>FDIV</td><td>=</td><td>0.1000E+01,</td><td>RDIV</td><td>=</td><td>0.5300E+01</td></tr> <tr><td>FBOOT</td><td>=</td><td>0.1000E+01</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SLINT</td><td>=</td><td>0.6500E+00,</td><td>BLINT</td><td>=</td><td>0.9240E-05</td></tr> <tr><td>BPMAX</td><td>=</td><td>0.1340E+02,</td><td>FUF</td><td>=</td><td>0.6521E+00</td></tr> <tr><td>ROH</td><td>=</td><td>0.1725E+01</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>QPS10</td><td>=</td><td>0.1000E+01,</td><td>DELQ</td><td>=</td><td>0.2000E+01</td></tr> <tr><td>IQAX</td><td>=</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="6">* IQAX = 0 --- QPS10 IS FIXED *</td></tr> <tr><td colspan="6">* = 1 --- QPS10 = QSAFE-DELQ *</td></tr> <tr><td colspan="6">CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</td></tr> </tbody> </table> <hr/>	AT	=	0.1000E+01,	AN	=	0.5000E+00	SOL	=	0.1000E+00,	FETA	=	0.1000E+01	REF	=	0.8000E+00,	DANG	=	0.1500E+02	FDIV	=	0.1000E+01,	RDIV	=	0.5300E+01	FBOOT	=	0.1000E+01				SLINT	=	0.6500E+00,	BLINT	=	0.9240E-05	BPMAX	=	0.1340E+02,	FUF	=	0.6521E+00	ROH	=	0.1725E+01				QPS10	=	0.1000E+01,	DELQ	=	0.2000E+01	IQAX	=	0				* IQAX = 0 --- QPS10 IS FIXED *						* = 1 --- QPS10 = QSAFE-DELQ *						CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])					
AT	=	0.1000E+01,	AN	=	0.5000E+00																																																																										
SOL	=	0.1000E+00,	FETA	=	0.1000E+01																																																																										
REF	=	0.8000E+00,	DANG	=	0.1500E+02																																																																										
FDIV	=	0.1000E+01,	RDIV	=	0.5300E+01																																																																										
FBOOT	=	0.1000E+01																																																																													
SLINT	=	0.6500E+00,	BLINT	=	0.9240E-05																																																																										
BPMAX	=	0.1340E+02,	FUF	=	0.6521E+00																																																																										
ROH	=	0.1725E+01																																																																													
QPS10	=	0.1000E+01,	DELQ	=	0.2000E+01																																																																										
IQAX	=	0																																																																													
* IQAX = 0 --- QPS10 IS FIXED *																																																																															
* = 1 --- QPS10 = QSAFE-DELQ *																																																																															
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])																																																																															
処理内容	<p>本画面では、その他のデータの入力を行なう。</p> <p>AT : 電子温度のプロファイル係数 AN : 電子密度のプロファイル係数 SOL : スクレーブ・オフ層の厚み (m) FETA : 電流駆動効率の増大係数 REF : シンクロトロン輻射の第一壁での反射の割合 DANG : ダイバータ板に対するセパラトリックス磁気面の角度 (deg) FDIV : ダイバータ熱負荷の工学的安全率 RDIV : ダイバータ板と磁力線の交点の位置 負の値を入力すると $R_{div} = R_p \times 5.3 / 6.0$ とされる。 FBOOT : プートストラップ電流の増大係数</p> <p>SLINT : 内部インダクタンス $\times 4\pi/\mu_0$ BLINT : プラズマの自己インダクタンス (H) BPMAX : 中心ソレノイド・コイルの最大磁場 (T)</p> <p style="text-align: right;">(次頁につづく)</p>																																																																														

その他のデータ入力 (2/2)

C-12

画面表示	
処理内容	<p>FVF : 垂直磁場とシャフラーノフ磁場の比 ROH : 中心ソレノイド・コイルの半径 (m)</p> <p>QPSI0 : 中心の安全係数値 DELQ : 中心の安全係数値と表面の安全係数値との差</p> <p>IQAX = 0 : 中心の安全係数値QPSI0は固定とする。 = 1 : 中心の安全係数値QPSI0は (MHD安全係数値QSAFE) - (DELQ) とする。</p> <p>デフォルト値を変更する場合は、ここで「Y」を入力する。</p>

サマリー

C-13

画面表示

CALCULATION MODE SUMMARY																													
OUTPUT FILE : TPC.PLT																													
ICAL = 2 (0:ONE POINT/1:TE-IP/2:TE-NE) IZEFF = 2 (1:FIXED/2:DEPENDS NE)																													
<table> <tbody> <tr> <td>QVAL</td><td>OUTPUT</td><td></td></tr> <tr> <td>VLOOP</td><td>OUTPUT</td><td></td></tr> <tr> <td>TE</td><td>INPUT</td><td>/ ITERATION</td></tr> <tr> <td>NE</td><td>INPUT</td><td>/ ITERATION</td></tr> <tr> <td>IP(QPSI)</td><td>INPUT</td><td>/ VALUE = 2.2000E+07</td></tr> <tr> <td>GFAC</td><td>OUTPUT</td><td></td></tr> <tr> <td>PFUS</td><td>OUTPUT</td><td></td></tr> <tr> <td>PWAL</td><td>OUTPUT</td><td></td></tr> <tr> <td>PNBI</td><td>OUTPUT</td><td></td></tr> </tbody> </table>			QVAL	OUTPUT		VLOOP	OUTPUT		TE	INPUT	/ ITERATION	NE	INPUT	/ ITERATION	IP(QPSI)	INPUT	/ VALUE = 2.2000E+07	GFAC	OUTPUT		PFUS	OUTPUT		PWAL	OUTPUT		PNBI	OUTPUT	
QVAL	OUTPUT																												
VLOOP	OUTPUT																												
TE	INPUT	/ ITERATION																											
NE	INPUT	/ ITERATION																											
IP(QPSI)	INPUT	/ VALUE = 2.2000E+07																											
GFAC	OUTPUT																												
PFUS	OUTPUT																												
PWAL	OUTPUT																												
PNBI	OUTPUT																												
* ALL RIGHT ? (Y/N)																													

処理内容

本画面は入力データの終了を意味し、本画面までに入力された計算モード及びインプット・データ等の概要を示す。

ここで、「Y」又はリターン・キーを押すと計算が実行されるが、「N」を入力すると、画面はプラズマ電流入力画面に戻る。よって、インプット・データに誤りがあった場合は、「N」キーを押しデータを再入力すること。

計算実行

C - 1 4

画面表示	<pre> PNB1 = -0.2302E+07 PNB1 = 0.8945E+07 PNB1 = 0.5819E+08 PNB1 = 0.1450E+09 PNB1 = 0.2724E+09 *** J = 5 < JMAX = 6 > *** PNB1 = -0.1619E+07 PNB1 = -0.1646E+08 PNB1 = -0.1146E+08 PNB1 = 0.3584E+08 PNB1 = 0.1463E+09 PNB1 = 0.3094E+09 *** J = 6 < JMAX = 6 > *** PNB1 = -0.1078E+08 PNB1 = -0.3504E+08 PNB1 = -0.3305E+08 PNB1 = 0.3035E+07 PNB1 = 0.1378E+09 PNB1 = 0.3410E+09 ***** * ITERATION ENDS ***** * TYPE CR KEY TO CONTINUE </pre>
処理内容	<p>本画面までに入力されたデータにより、計算が実行される。</p> <p>計算結果は等高線作画プログラムの入力ファイルの形式で T P C, P L T の名前で出力される。</p>

4 - 2. 計算結果の例

図4-1は計算結果の出力ファイル (TPC.PLT) から等高線作画プログラム (CONPLT) を用いて作成したNB Iパワー (PNBI) の等高線を Mac Paint を用いて編集したものである。CONPLTの詳しい使用法は付録6を参照されたい。この場合、プラズマ電流 (IP) は 22 MA, 閉じ込め改善係数 (H ファクター) は 2.0 である。この図より自己点火を達成するには斜線部のパラメーターで運転する必要があることが分かる。

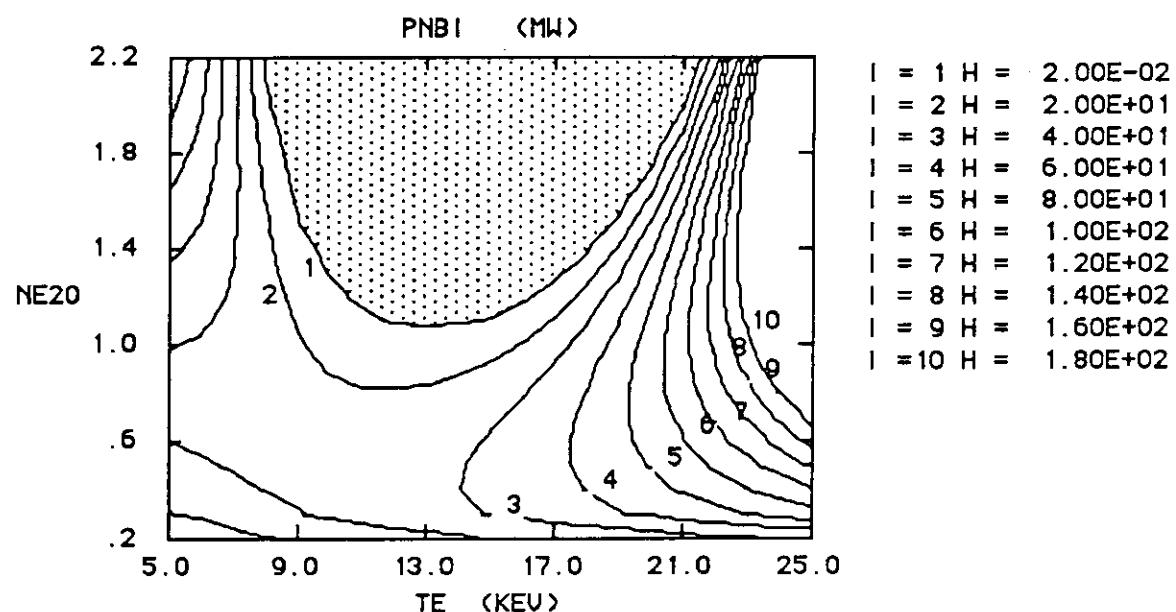


図4-1. ポップコーン図

5. その他の入力画面の説明

5-1. デバイス・ファイルの入力画面

TPCコードでは入力データをデバイス・ファイルとしてあらかじめ作成しておくことにより、入力を簡単化することができる。

頻繁に計算する装置パラメーターなどはデバイス・ファイルを作成しておくとよい。

デフォルト入力画面（A-2）で、IDEV=0を指定すると、次ページのような画面となる。ここでデバイス・ファイル名を指定すると、その内容がデフォルト値に設定されるので、その後はリターン・キーを押し続けるだけで必要な入力をすることができる。なお、デバイス・ファイルの形式は付録4を参照されたい。

デバイス・ファイル 名称指定

D-1

画面表示

INPUT FILE FOR DEFAULT DEVICE

+++ DEVICE FILE +++

* FILE : ITER.DEV

CHANGE FILE NAME ? (Y/[N])

処理内容

IDEV=0 を指定すると上記のようにデバイス・ファイル名称指定画面が表示される。ここでデバイス・ファイル名称がデフォルトの名称と同じ場合には、リターン・キーを押す。また、デフォルトの名称が異なる場合には、「Y」と入力しデバイス・ファイルの名称を指定する。

注) このときデバイス・ファイルは必ずコードと同じディレクトリーに存在していなければならない。

5-2. パワー・バランスの条件入力画面

パワー・バランスの計算では、

I O P T = 0	—————	トロヨン係数を与える
= 1	—————	核融合出力を与える
= 2	—————	第一壁中性子負荷を与える
= 3	—————	核融合出力と加熱パワーを与える
= 4	—————	電子密度を与える

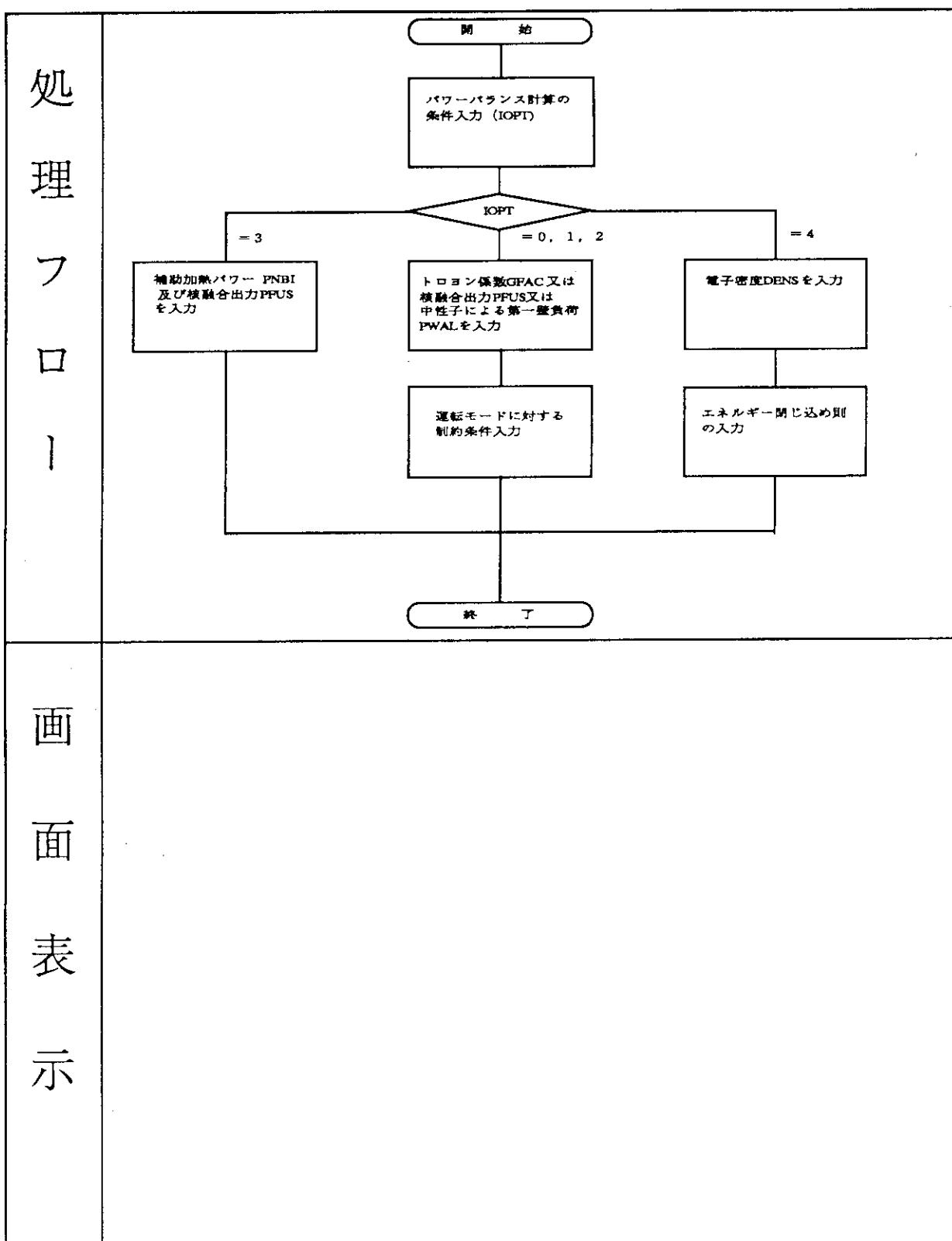
という計算条件を課することができます。オプションの1と2は本質的にオプションの0と同じことであり、核融合出力（従って第一壁中性子負荷）が、ほぼトロヨン係数の二乗に比例することを用いて反復計算によりトロヨン係数を調整しているだけである。オプション3はオプション1でQ値を与えた時と同じである。

オプション4の場合は全く異なるアルゴリズムで計算がなされる。すなわち、オプション0～3ではエネルギー閉じ込め時間が計算された後、いくつかの比例則と比較して閉じ込め改善係数が評価されるのに対して、オプション4では、まずエネルギー閉じ込め比例則を選び、例えばHファクターを与えて最後に必要な加熱パワーが計算結果として得られる。というのは、エネルギー閉じ込め時間はここで用いている比例則では一般に加熱パワーの関数であるからである。エネルギー閉じ込め時間が分からないとパワー・バランスが解けずに加熱パワーが分からないが、ここでは、反復計算により加熱パワーとエネルギー閉じ込め時間を同時に収束させている。

次ページに計算のフロー・チャートと入力画面を示す。

パワー・バランス計算の条件入力変更 (1/2)

D-2



パワー・バランス計算の条件入力変更 (2/2)

D-2

画面表示	<pre> ----- CONSTRANT FOR POWER BALANCE ----- IOPT = 1 * IOPT = 0 --- GFAC IS FIXED TO CCB * * = 1 --- PFUS IS FIXED TO PTOT * * = 2 --- PWAL IS FIXED TO PWIN * * = 3 --- PNBI IS FIXED TO PAUX * * & PFUS IS FIXED TO PTOT * * = 4 --- DENS IS FIXED TO DENS * CCB = 0.3000E+01, PTOT = 0.1080E+10 PWIN = 0.1000E+07, PAUX = 0.5000E+08 DENS = 0.1000E+21 CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</pre>
処理内容	<p>本処理は、オプション (I O P T) を指定した後、入力データがオプションにより異なる。以下に各オプション毎の入力データを示す。</p> <p>I O P T = 0, 1, 2 の時 GFAC又はPFUS又はPWAL入力後、運転モードに対する制約条件の入力を行なう。 (A-8 参照のこと)</p> <p>I O P T = 3 の時 PNBI及びPFUSを入力 但し、このときQ値の入力はスキップされる。</p> <p>I O P T = 4 の時 DENS入力後、エネルギー閉じ込め則の種類等を入力する。 (C-9 参照のこと)</p>

5-3. 不純物データの変更画面

TPCコードではプラズマの不純物の割合を以下のような種々の方法で設定できるようになっている（詳細は1-2-4項を参照）。

- | | |
|---------------|--------------------------------|
| I Z E F F = 0 | 各不純物の割合を直接入力する |
| = 1 | 実効電荷数とヘリウムの割合を与える |
| = 2 | ヘリウムおよび酸素のみ与え,
他はコードの中で計算する |

ここでは、それぞれの場合の入力方法の説明をする。

不純物データの変更 (I C A L = 0 , 1)

D - 3

画
面
表
示

IMPURITY DATA	
I ZEFF = 2	
* I ZEFF = 0 --- FIXED IMPURITY	*
* = 1 --- ZEFF & CF(3) ARE GIVEN	*
* = 2 --- CF(4) & CF(6) DEPEND NE	*
ZEFF = 0.1740E+01	
FSEED = 0.0000E+00, FEI = 0.1204E+01	
FRACD = 0.3590E+00, FRACT = 0.3590E+00	
DENE = 0.1000E+21, DENI = 0.8306E+20	
DEND = 0.3590E+20, DENT = 0.3590E+20	
ZF(1) = 1.0 CF(1) = .359017	
ZF(2) = 1.0 CF(2) = .359017	
ZF(3) = 2.0 CF(3) = .100000	
ZF(4) = 6.0 CF(4) = .011374	
ZF(5) = 8.0 CF(5) = .001000	
ZF(6) = 26.0 CF(6) = .000220	
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])	

処
理
内
容

電子密度に対する不純物の割合を変更する場合の処理を以下に示す。

I Z E F F = 2 : D - 3 (1) を参照
 = 1 : D - 3 (2) を参照
 = 0 : D - 3 (3) を参照

不純物データの変更 (ICAL=0, 1)

D-3 (1)

画
面
表
示

```

CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])
y

* IZEFF = 0 ---- FIXED IMPURITIES      *
*      = 1 ---- ZEFF & CF(3) ARE GIVEN   *
*      = 2 ---- DEPENDS DENSITY          *

INPUT IZEFF : DEF =      2
2

+++ HELIUM & OXYGEN FRACTION  +++
*   CARBON & IRON FRACTION ARE CALCULATED BY      *
*   THE ELECTRON DENSITY IN THE CODE                *

INPUT F(HE) : DEF = 1.0000E-01
INPUT F(O) : DEF = 1.0000E-03

+++ IMPURITY (FE) SEEDING FRACTION  +++
INPUT FSEED : DEF = 0.0000E-01

```

処
理
内
容

本画面では、IZEFFが「2」の時、つまりヘリウム灰及び酸素不純物の電子密度に対する割合、及び追加注入鉄不純物の割合を指定する。
(炭素不純物及び鉄不純物の割合は、コードの中で自動計算となる。)

F (HE) : ヘリウム灰の割合
 F (O) : 酸素不純物の割合
 FSEED : 追加注入鉄不純物の割合

不純物データの変更 (I C A L = 0 , 1)

D - 3 (2)

画
面
表
示

```

FSEED = 0.0000E+00
NION = 6
ZF(1) = 1.0 CF(1) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(2) = 1.0 CF(2) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(3) = 2.0 CF(3) = .050000
ZF(4) = 6.0 CF(4) : CALCULATED IN THE CODE
ZF(5) = 8.0 CF(5) = .000000
ZF(6) = 26.0 CF(6) : CALCULATED IN THE CODE

OK ? ([Y]/N)
N
* IZEFF = 0 --- FIXED IMPURITIES      *
*          = 1 --- ZEFF & CF(3) ARE GIVEN   *
*          = 2 --- DEPENDS DENSITY        *

INPUT IZEFF : DEF = 2
1

INPUT ZEFF : DEF = 1.6590E+00
INPUT CF(3) : DEF = 5.0000E+00 (%)
```

処
理
内
容

本画面では、 I Z E F F が「1」の時に実効電荷数及びヘリウム灰の電子密度に対する割合を指定する。

Z E F F : 実効電荷数
 C F (3) : ヘリウム灰の割合

不純物データの変更 (ICAL=0, 1)

D-3 (3)

画面表示

```

ZF(6) = 26.0      CF(6) = .000000
OK ? <[Y]/N>
N
* IZEFF = 0 ---- FIXED IMPURITIES      *
*      = 1 ---- ZEFF & CF(3) ARE GIVEN   *
*      = 2 ---- DEPENDS DENSITY          *
INPUT IZEFF : DEF =      1
0
* I = 3 ---- HE / I = 4 ---- C      *
*      = 5 ---- O / = 6 ---- FE      *
I =      3
INPUT CF(I) : DEF = 5.0000E-02
I =      4
INPUT CF(I) : DEF = 1.8633E-02
I =      5
INPUT CF(I) : DEF = 0.0000E-01
I =      6
INPUT CF(I) : DEF = 0.0000E-01

```

処理内容

本画面では、IZEFFが「0」の時に全ての不純物の電子密度に対する割合を指定する。

CF(3) : ヘリウム灰の割合
 CF(4) : 炭素不純物の割合
 CF(5) : 酸素不純物の割合
 CF(6) : 鉄不純物の割合

不純物データの変更 (ICAL = 2)

D-4

画面表示

IMPURITY DATA	
IZEFF = 2	
$\begin{array}{ll} * \text{ IZEFF} = 0 \text{ --- FIXED IMPURITY} \\ * \quad = 1 \text{ --- ZEFF \& CF(3) ARE GIVEN} \\ * \quad = 2 \text{ --- CF(4) \& CF(6) DEPEND NE} \end{array}$	
ZEFF = 0.1740E+01	
FSEED = 0.0000E+00,	FEI = 0.1204E+01
FRACD = 0.3590E+00,	FRACT = 0.3590E+00
DENE = 0.1000E+21,	DENI = 0.8306E+20
DEND = 0.3590E+20,	DENT = 0.3590E+20
ZF(1) = 1.0	CF(1) = .359017
ZF(2) = 1.0	CF(2) = .359017
ZF(3) = 2.0	CF(3) = .100000
ZF(4) = 6.0	CF(4) = .011374
ZF(5) = 8.0	CF(5) = .001000
ZF(6) = 26.0	CF(6) = .000220
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])	

電子密度に対する不純物の割合を変更する場合の処理を以下に示す。

処理内容

IZEFF = 2 : D-4 (1), (2), (3) を参照
 = 1 : D-4 (4), (5) を参照
 = 0 : D-4 (6), (7) を参照

注) IZEFF = 0, 1 の時、本画面の後で電子密度を変更することができる。

不純物データの変更 (ICAL = 2)

D-4 (1)

画面表示

```

----- IMPURITY OPTION -----
IZEFF = 2

* IZEFF = 0 --- FIXED      *
*      = 1 --- ZEFF IS GIVEN *
*      = 2 --- DEPENDS ON NE *
CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])

```

処理内容

本画面で、不純物の入力オプションを指定する。

ここでは、IZEFFが「2」の時にヘリウム灰及び酸素不純物の電子密度に対する割合、及び追加鉄不純物の割合を指定する。

不純物データの変更 (I C A L = 2)

D - 4 (2)

画面表示	<p style="text-align: center;">HELIUM & OXYGEN FRACTION</p> <p>CF(3) = 10.000 (%) CF(5) = .100 (%)</p> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、ヘリウム灰の割合及び酸素不純物の割合を指定する。</p> <p>CF (3) : ヘリウム灰の割合 CF (5) : 酸素不純物の割合</p>

不純物データの変更 (I C A L = 2)

D-4 (3)

画面表示	<pre>----- IMPURITY SEEDING FSEED = .000 (%) CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/IN) </pre>
処理内容	本画面では、追加注入鉄不純物の割合F S E E Dを指定する。

不純物データの変更 (I C A L = 2)

D - 4 (4)

画面表示

IMPURITY OPTION	
I	I ZEFF = 1
	<ul style="list-style-type: none"> * I ZEFF = 0 --- FIXED * = 1 --- ZEFF IS GIVEN * * = 2 --- DEPENDS ON NE *
	OK ? ([Y]/N)

処理内容

本画面で、不純物の入力オプションを指定する。

ここでは、 I Z E F F が「1」の時、つまり実効電荷数及びヘリウム灰の電子密度に対する割合を指定する。

不純物データの変更 (I C A L = 2)

D - 4 (5)

画
面
表
示-----
| ZEFF & HELIUM FRACTION |
-----ZEFF = 2.000
CF(3) = 5.000 (%)

CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])

処
理
内
容

本画面では、実行電荷数及びヘリウム灰の電子密度に対する割合を指定する。

Z E F F : 実効電荷数
C F (3) : ヘリウム灰の割合

不純物データの変更 (I C A L = 2)

D - 4 (6)

画
面
表
示

IMPURITY OPTION	
IZEFF =	0
<ul style="list-style-type: none"> * IZEFF = 0 --- FIXED * = 1 --- ZEFF IS GIVEN * * = 2 --- DEPENDS ON NE * 	
OK ? ([Y]/N)	

処
理
内
容

本画面で、不純物の入力オプションを指定する。

ここでは、 I Z E F F が「0」の時に全ての不純物の割合を指定する。

不純物データの変更 (I C A L = 2)

D - 4 (7)

画面表示	<p style="text-align: center;">IMPURITY FRACTION</p> <hr/> <p> CF(3) = 10.000 (%) CF(4) = 1.041 (%) CF(5) = .100 (%) CF(6) = .014 (%) </p> <p>CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、全ての不純物の割合を指定する。</p> <p> C F (3) : ヘリウム灰の割合 C F (4) : 炭素不純物の割合 C F (5) : 酸素不純物の割合 C F (6) : 鉄不純物の割合 </p>

謝 詞

本コードの作成および使用マニュアルの整備にあたり下村安夫 I T E R 開発室次長、
松田慎三郎 I T E R 開発室計画管理グループリーダーより多くの有益な御助言と御支援
をいただいたことに感謝致します。

参 考 文 献

- [1] T.Mizoguchi *et. al.*, JAERI-M 87-120 日本原子力研究所 (1987).
- [2] N.A.Uckan and ITER Physics Group, "ITER Document series, No.10 ",
IAEA / ITER / DS / 10.IAEA, Vienna (1990) .
- [3] N.FUJISAWA , " Bootstrap Current and Neutral Beam Current Drive ",
ITER-IL-PH-6-9-J-1 (1989) .
- [4] M.Murakami *et. al.* , Nucl. Fusion 16 (1976) 347.
- [5] M.Greenwald *et. al.* , Nucl. Fusion 28 (1988) 2199.
- [6] K.Borrass, " Disruptive Tokamak Density Limit as Scrape - off Layer /
Divertor Phenomenon ", NET Report No.95, EUR - FU / 80 / 89 - 95.
- [7] M.F.A Harrison and E.Hotston , in *Proc. 9th Intl. Conf. on Plasma-Surface
Interactions in Contr. Fusion Devices*, Bournemouth, UK, J. Nucl. Mater (1990) .
- [8] S-I. Itoh, *et. al.* , Plasma Physics and Controlled Fusion, 32 (1990) 415.
- [9] K.Itami, Private communication.

謝 詞

本コードの作成および使用マニュアルの整備にあたり下村安夫 I T E R 開発室次長、
松田慎三郎 I T E R 開発室計画管理グループリーダーより多くの有益な御助言と御支援
をいただいたことに感謝致します。

参 考 文 献

- [1] T.Mizoguchi *et. al.*, JAERI-M 87-120 日本原子力研究所 (1987).
- [2] N.A.Uckan and ITER Physics Group, "ITER Document series, No.10 ",
IAEA / ITER / DS / 10.IAEA, Vienna (1990) .
- [3] N.FUJISAWA, "Bootstrap Current and Neutral Beam Current Drive ",
ITER-IL-PH-6-9-J-1 (1989) .
- [4] M.Murakami *et. al.*, Nucl. Fusion 16 (1976) 347.
- [5] M.Greenwald *et. al.*, Nucl. Fusion 28 (1988) 2199.
- [6] K.Borrass, "Disruptive Tokamak Density Limit as Scrape-off Layer/
Divertor Phenomenon", NET Report No.95, EUR - FU / 80 / 89 - 95.
- [7] M.F.A Harrison and E.Hotston, in *Proc. 9th Intl. Conf. on Plasma-Surface
Interactions in Contr. Fusion Devices*, Bournemouth, UK, J. Nucl. Mater (1990).
- [8] S-I. Itoh, *et. al.*, Plasma Physics and Controlled Fusion, 32 (1990) 415.
- [9] K.Itami, Private communication.

付録-1. TPCコードの起動方法

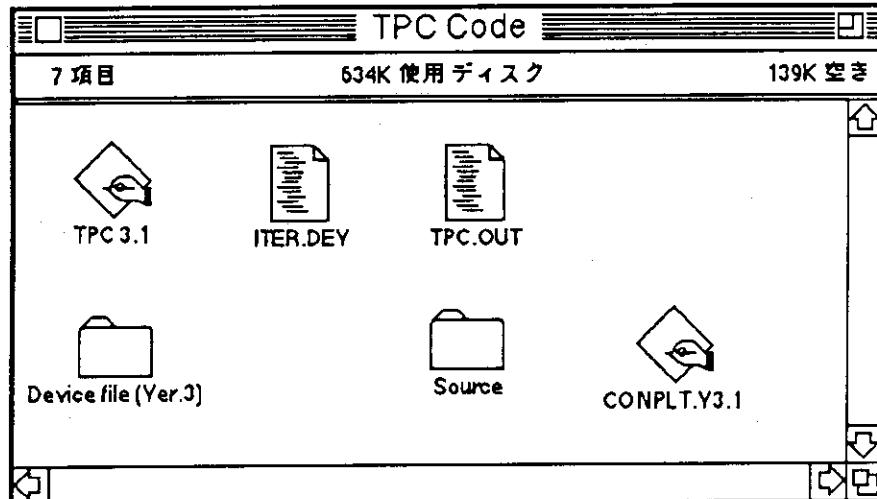
- ◎ 本コードは、マッキントッシュ、及びJ-3100両方の機種で使用することができる。起動方法は、実行ファイルの格納されているフロッピー・ディスクをドライブに挿入し、マッキントッシュの場合には、該当するアイコンをクリックすることにより起動する。また、J-3100の場合には、該当するシステムの名称(TPC.EXE)をタイプすることにより起動できる。起動後の説明は、入力データの説明を参照すること。

注) マッキントッシュ版とJ-3100版の相異点

マッキントッシュの場合、値を省略する場合には、リターン・キーを押せば省略できるがJ-3100の場合には、カンマ(,)を指定してからリターン・キーを押さなくてはならない。

- ◎ 次ページにディスクで供給されるファイルの内容を示す。

○マッキントッシュ版



===== 内容説明 =====

- TPC3.1 : TPCコード実行ファイル
 ITER.DEV : デバイス・ファイル
 Device file [Ver.3] : デバイス・ファイル格納フォルダー
 Source : TPCコード・ソースデータ格納フォルダー
 TPC.OUT : TPCコード出力結果
 CONPLT.V3.1 : CONPLT実行ファイル

○ J - 3 1 0 0 版

A : ¥> d i r

装置A : のディスクのボリュームラベルはありません。

ディレクトリィーは A : ¥

I T E R	D E V	2 3 8 4	9 2 - 0 4 - 1 3	1 5 : 2 1
T P C	E X E	2 8 2 9 2 6	9 2 - 0 4 - 2 7	1 4 : 2 2

2個のファイルがあります。

9 2 8 2 5 6 バイト使用可能です。

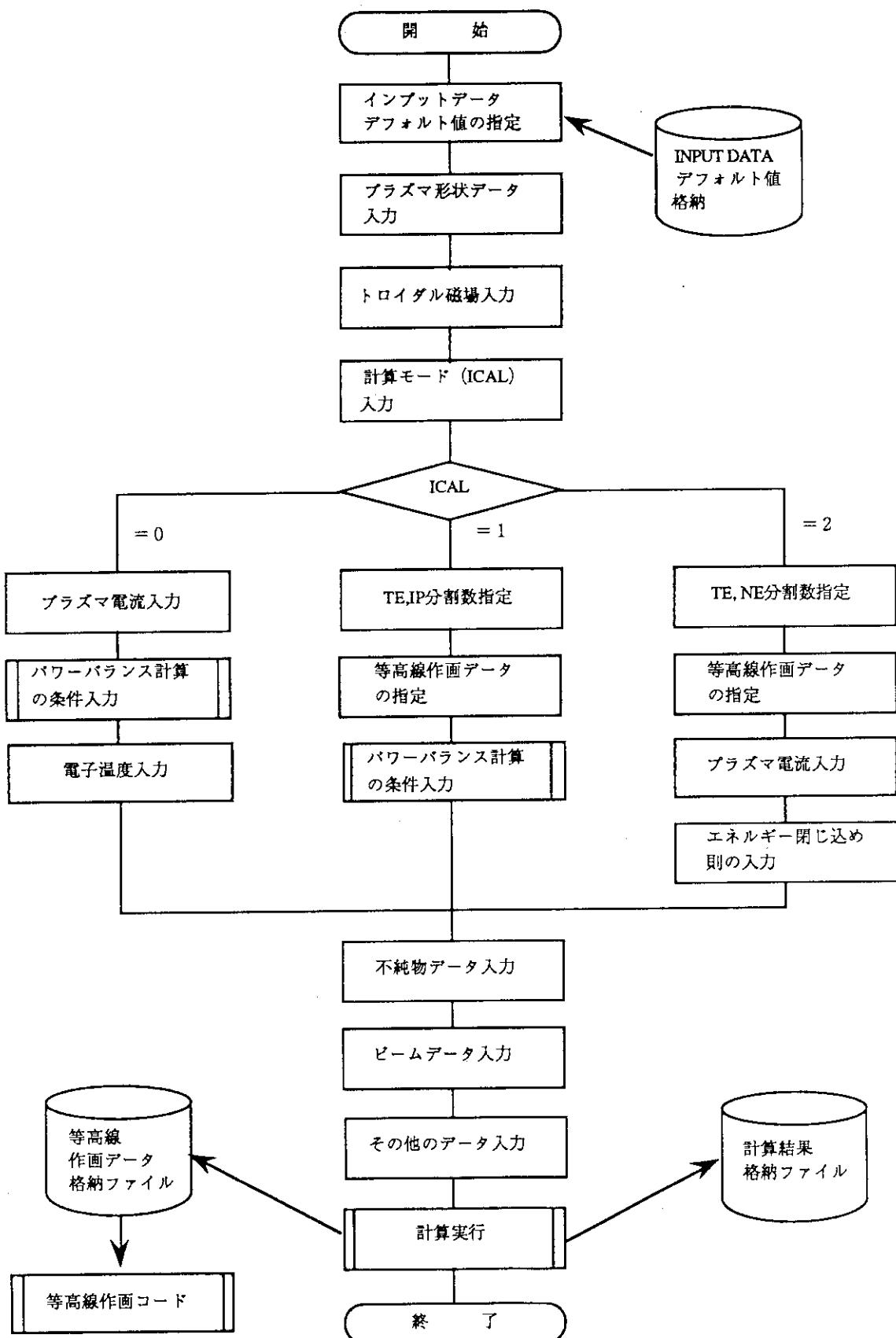
===== 内容説明 =====

- TPC.EXE : TPCコード実行ファイル
 ITER.DEV : デバイス・ファイル

付録-2. フローチャート

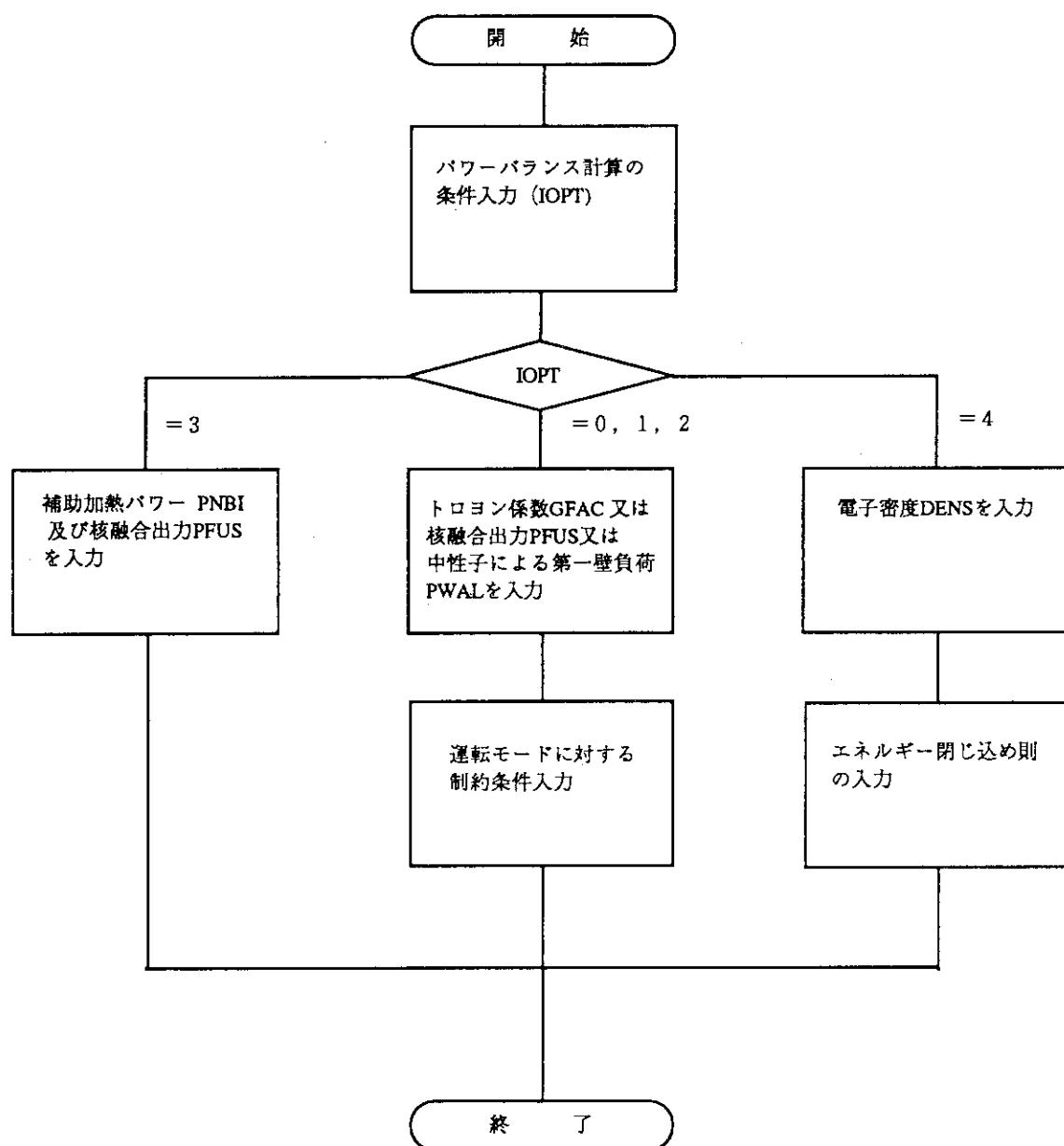
次頁以下に T P C コードの概略フローを示す。

TPC Code 概略フロー (1 / 3)



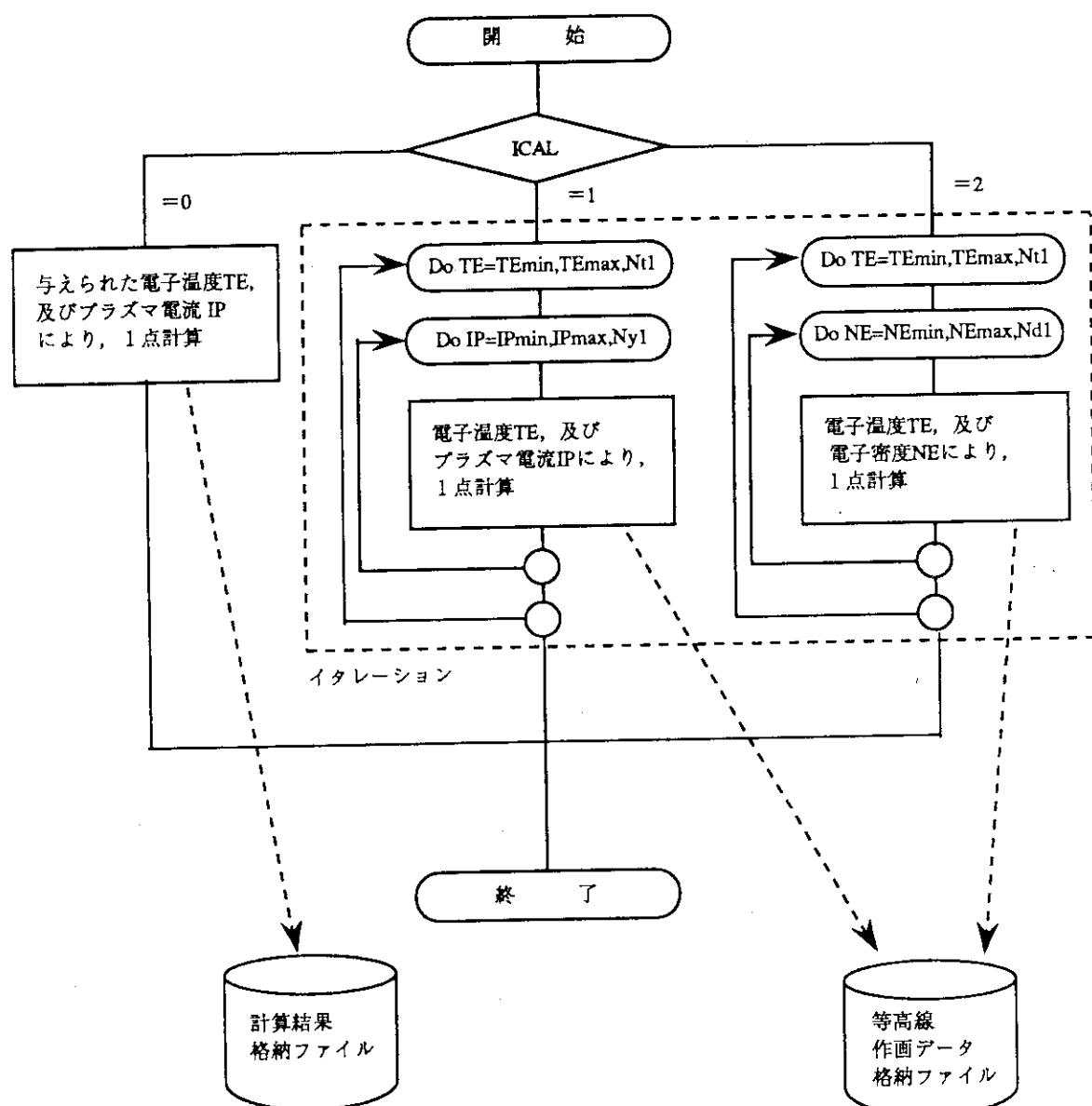
TPC Code 概略フロー (2/3)

パワーバランス計算の条件入力



TPC Code 概略フロー (3 / 3)

計算実行



T_{Emin} : 電子温度最小値
 T_{Emax} : 電子温度最大値
 N_{t1} : 電子温度分割数

I_{Pmin} : プラズマ電流最小値
 I_{Pmax} : プラズマ電流最大値
 N_{y1} : プラズマ電流分割数

N_{Emin} : 電子密度最小値
 N_{Emax} : 電子密度最大値
 N_{d1} : 電子密度分割数

付録-3. いろいろな計算の方法

ここでは幾つかの場合におけるフラグの設定例を示す。プラズマ電流（または q 値）は常に入力パラメータである。但し、ここに示した以外の設定方法もありえる。また、

デフォルト・ファイル (I D E V)	， 一点計算 (I C A L) ,
プラズマ電流入力 (I P Q S I)	， 不純物入力 (I Z E F F) ,
磁気軸の q 値入力 (I Q A X)	， トロイダル磁場入力 (I B T) ,
比例則の選択 (I T A U)	

については省略する。

付録-3-1. 高Q運転モード ($Q = \infty$ を含む) の計算

(1) 電子温度, トロヨン係数を与えて電子密度を求める場合

I O P T = 0, I Q V L = 1

(2) 電子温度, 核融合出力を与えて電子密度を求める場合

I O P T = 1, I Q V L = 1

(3) 電子温度, 中性子壁負荷を与えて電子密度を求める場合

I O P T = 2, I Q V L = 1

(4) 電子温度, 核融合出力と補助加熱パワーを与えて電子密度を求める場合

I O P T = 3

(5) 電子温度, 電子密度を与える場合

I O P T = 4, I N T E = 2 で P A U X = 0 とする

付録-3-2. 定常運転モードの計算

(1) 電子温度, トロヨン係数を与えて電子密度を求める場合

I O P T = 0, I Q V L = 2

(2) 電子温度, 核融合出力を与えて電子密度を求める場合

I O P T = 1, I Q V L = 2

(3) 電子温度, 中性子壁負荷を与えて電子密度を求める場合

I O P T = 2, I Q V L = 2

(4) 電子温度, 電子密度を与えて加熱パワーを求める場合

I O P T = 4, I N T E = 3

付録-3-3. その他

(1) 温度, 密度とHファクターを与えて P_{NB_1} を求める場合 (POPCONプロット)

I OPT = 4, INT E = 1

(2) 電子温度とトロヨン係数と一周電圧を与える

I OPT = 0, IQVL = 2 で VLOOP を入力

(3) 電子温度とトロヨン係数と FYNB ($= I_{NB_1} / I_p$) を与える

I OPT = 0, IQVL = 3

付録-4. デバイス・ファイルの説明

デバイス・ファイルは、本システムで入力しなければならないインプット・データをあらかじめ別ファイルへ格納しておくもので、システム起動時に読み込まれる。これにより、本コードのインプット・データの指定は、大幅に簡略化される。

以下に、デバイス・ファイルの例とその説明を示す。

```

*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
* = ( PULS.DEV ) = Sun Jan 19, 1992 16:42:48 *
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   ICAL * IDIVER *    IDD *   IOPT *   ISEL *
*   1*     2*     0*     1*     0* -----> (1)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   ITES *   JTES *
*   0*     0* -----> (2)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   NT1 *TMIN (KEV) *TMAX (KEV) *
*   5* 10.0 * 20.0 * -----> (3)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   NY1 * YMIN (MA) * YMAX (MA) *
*   5* 10.0 * 20.0 * -----> (4)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   ND1 *DMIN (E20) *DMAX (E20) *
*   11* 0.5 * 1.5 * -----> (5)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   IQVL *   QIN *   VLIN *
*   1* 9999.0 * 0.0 * -----> (6)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   ITAU *   INTE * PAUX(MW) *
*   1*     1*   60.0 * -----> (7)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   A1 *   ASPCT *   ELIPT *   DELTA *
*   1.75 * 4.00 * 1.8 * 0.3 * -----> (8)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   IBT *     BT *   BTMAX *   RTFC *
*   1* 9.00 * 16.5 * 3.911 * -----> (9)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   EB (MEV) *   CCE *   REF *   DANG *
*   2.0 * 2.0 * 0.8 * 15.0 * -----> (10)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   IPQPSI * YIP (MA) *   QSAFE *   QPSIO *
*   1* 14.789 * 5.0 * 1.0 * -----> (11)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   TE (KEV) *DENE (E20)* PTOT (GW) * PWIN (E6) *   CCB *
*   10.6 * 1.45 * 3.000 * 0.600 * 3.5 * -----> (12)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   FETA *   BED *   SNBI *   ABEAM *   ZBEAM *
*   1.00 * 1.0 * 22.0 * 2.0 * 1.0 * -----> (13)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   IZEFF *   ZF (3) *   ZF (4) *   ZF (5) *   ZF (6) *
*   1* 2.0 * 6.0 * 8.0 * 26.0 * -----> (14)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   NION *   CF (3) *   CF (4) *   CF (5) *   CF (6) *
*   6* 0.05 * 0.023333* 0.00 * 0.00 * -----> (15)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   AT *     AN *   FSEED *   ROH *   SOL *
*   1.0 * 0.5 * 0.00 * 1.777 * 0.1 * -----> (16)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   SLINT *   BLINT *   BPMAX *   FVF *   BTPEK *
*   0.65 * 14.46 * 13.4 * 0.65213 * 1.02433 * -----> (17)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   FBOOT *   FDIV *   RDIV *   ZEFF *
*   1.0 * 3.4 * 5.3 * 2.0 * -----> (18)
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*

```

デバイス・ファイルの変数の説明 (1/2)

NO	変 数	説 明
(1)	I C A L I D I V E R I D D I O P T I S E L	計算モード (A-5 参照) 磁場配位の種類 核融合反応の種類 パワー・バランス計算の条件入力オプション (A-7 参照) イタレーション出力項目 (B-7 参照)
(2)	I T E S J T E S	イタレーション計算において $I = I T E S$, $J = J T E S$ の時の出力結果を TPC.OUT に保存する。
(3)	N T 1 T M I N T M A X	電子温度メッシュ分割数 電子温度最小値 (KeV) 電子温度最大値 (KeV)
(4)	N Y 1 Y M I N Y M A X	プラズマ電流メッシュ分割数 プラズマ電流最小値 (MA) プラズマ電流最大値 (MA)
(5)	N D 1 D M I N D M A X	電子密度メッシュ分割数 電子密度最小値 ($10^{20}/m^3$) 電子密度最大値 ($10^{20}/m^3$)
(6)	I Q V L Q I N V L I N	運転モードに対する制約条件オプション (A-8 参照) 核融合利得 一周電圧 (V)
(7)	I T A U I N T E P A U X	エネルギー閉じ込め則のオプション (C-9 参照) パワー・バランス計算のオプション (C-9 参照) 補助加熱パワー (MW)
(8)	A 1 A S P C T E L I P T D E L T A	プラズマ小半径 (m) アスペクト比 楕円度 (95% 磁気面) 三角度 (95% 磁気面)
(9)	I B T B T B T M A X R T F C	トロイダル磁場入力オプション (A-4 参照) トロイダル磁場 (T) 最大トロイダル磁場 (T) 最大トロイダル磁場位置 (m)
(10)	E B C C E R E F D A N G	中性粒子ビーム入射エネルギー (KeV) エネルギー閉じ込め時間改善係数 シンクロトロン輐射の第一壁における反射の割合 ダイバータ板に対するセパラトリックス磁気面の角度 (deg)

デバイス・ファイルの変数の説明 (2/2)

N O	変 数	説 明
(11)	I P Q P S I Y I P Q S A F E Q P S I 0	プラズマ電流入力オプション (A-6参照) プラズマ電流 (MA) MHD 安全係数値 中心の安全係数値
(12)	T E D E N S P T O T P W I N C C B	平均電子温度 (KeV) 平均電子密度 ($10^{20}/m^3$) 核融合出力 (MW) 第一壁中性子負荷 (MW/m ²) トロヨン係数 (ビーム成分を含む)
(13)	F E T A B B D S N B I A B E A M Z B E A M	電流駆動効率の増大係数 電流駆動効率計算のFitting係数 ビーム入射位置データ ビーム粒子の質量数 ビーム粒子の電荷数
(14)	I Z E F F Z F (3) Z F (4) Z F (5) Z F (6)	不純物入力オプション (A-10参照) ヘリウムイオンの電荷数 炭素イオンの電荷数 酸素イオンの電荷数 鉄イオンの電荷数
(15)	N I O N C F (3) C F (4) C F (5) C F (6)	イオンの個数 ヘリウム灰の電子密度に対する比率 炭素不純物の電子密度に対する比率 酸素不純物の電子密度に対する比率 鉄不純物の電子密度に対する比率
(16)	A T A N S O L	電子温度のプロファイル係数 電子密度のプロファイル係数 スクレーブ・オフ層の厚み (m)
(17)	S L I N T B L I N T B P M A X F V F B T P E K	内部インダクタンス $\times 4\pi/\mu_0$ プラズマの自己インダクタンス (μH) 中心ソレノイド・コイルの最大磁場 (T) 垂直磁場とシャフラー・ノフ磁場の比 トロイダルコイル・リップル因子
(18)	F B O O T F D I V R D I V Z E F F	ブートストラップ電流の増大係数 ダイバータ熱負荷の工学的安全率 ダイバータ板と磁力線の交点の位置 (m) 実効電荷数

付録-5. 出力結果の説明

以下に、出力結果の意味を説明する。

***** TPC CODE 3.1 ***

ITER HIGH-Q SAMPLE

***** (11:16:18, 5/7/92) ***

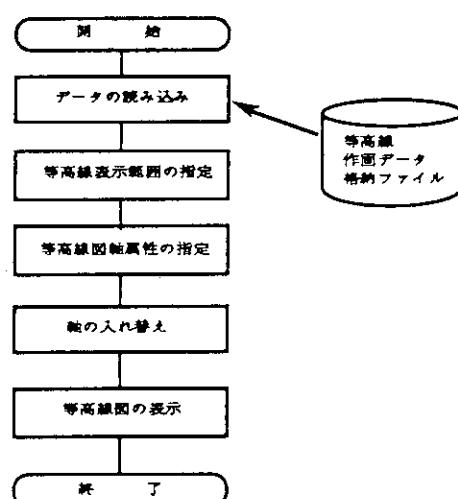
PLASMA MINOR RADIUS	(M)	: プラズマ小半径
PLASMA MAJOR RADIUS	(M)	: プラズマ大半径
ASPECT RATIO		: アスペクト比
ELLIPTICITY	(95%)	: 楕円度 (95% 磁気面)
TRIANGULARITY	(95%)	: 三角度 (95% 磁気面)
ELLIPTICITY	(SPX)	: セバラトリックス磁気面に於ける椭円度
TRIANGULARITY	(SPX)	: セバラトリックス磁気面に於ける三角度
PLASMA VOLUME	(M**3)	: プラズマ体積
SCRAPE OFF LAYER	(M)	: スクレーブ・オフ層の厚み
PLASMA SURFACE	(M*M)	: プラズマ表面積
FIRST WALL SURFACE	(M*M)	: 第一壁表面積
TOROIDAL FIELD	(T)	: トロイダル磁場
MAXIMUM TOROIDAL FIELD	(T)	: 最大トロイダル磁場
POSITION OF TF COIL	(M)	: 最大トロイダル磁場位置
TF COIL RIPPLE FACTOR		: トロイダル磁場リップル因子
SAFETY FACTOR (MHD)		: MHD 安全係数値
SAFETY FACTOR (CYLINDRICAL)		: 円柱近似の安全係数
SAFETY FACTOR (ENGINEERING)		: 工学的安全係数
SAFETY FACTOR (AXIS)		: 中心の安全係数値
PLASMA CURRENT	(MA)	: プラズマ電流
BOOTSTRAP CURRENT	(MA)	: ブーストランプ電流
NB DRIVEN CURRENT	(MA)	: ビーム駆動電流
OH CURRENT	(MA)	: 誘導電流
FRACT. OF BOOTSTRAP CURRENT	(%)	: ブーストランプ電流のプラズマ電流に対する割合
FRACT. OF BEAM CURRENT	(%)	: ビーム駆動電流のプラズマ電流に対する割合
FRACT. OF OH CURRENT	(%)	: 誘導電流のプラズマ電流に対する割合
LOOP VOLTAGE	(V)	: 一周電圧
PLASMA RESISTANCE	(NANO OHM)	: プラズマ一周抵抗
TROYON FACTOR		: トロヨン係数 (ビーム成分を含む)
I(MA) / A1(M)*B(T)		: $I_p / a_p * B_T$
TOTAL BETA	(%)	: ベータ値
ALPHA BETA	(%)	: ベータ値のアルファ成分
THERMAL BETA	(%)	: ベータ値のサーマル成分
BEAM BETA	(%)	: ベータ値のビーム成分
DT BETA	(%)	: ベータ値のDT燃料成分
ALPHA EFFECT (FALPHA)		: サーマル・ベータに対するアルファ粒子の寄与
SMALL LI (GIVEN)		: 内部インダクタンス $\times 4\pi/\mu_0$
PLASMA SELF-INDUCTANCE	(MICRO H)	: プラズマの自己インダクタンス
PLASMA MAGNETIC ENERGY	(MJ)	: プラズマの磁気エネルギー
PLASMA STORED ENERGY	(MJ)	: プラズマ蓄積エネルギー
BETA POLOIDAL		: ポロイダル・ベータ
BETA POLOIDAL*		: 電流密度から計算したポロイダル・ベータ
ELECTRON TEMPERATURE	(KEV)	: 平均電子温度
PEAK TEMPERATURE	(KEV)	: 中心電子温度
VOLUME AVERAGE TEMPERATURE	(KEV)	: 体積平均電子温度
AT <TE(X)=TE(0)*(1-X*X)**AT>		: 電子温度のプロファイル係数
AN <NE(X)=NE(0)*(1-X*X)**AN>		: 電子密度のプロファイル係数
ELECTRON DENSITY	(10**20/M**3)	: 平均電子密度
ION DENSITY	(10**20/M**3)	: イオン密度
DEUTERON DENSITY	(10**20/M**3)	: 重水素密度
TRITON DENSITY	(10**20/M**3)	: 三重水素密度
DT DENSITY / ELECTRON DENSITY		: DT密度の電子密度に対する比
ION DENSITY / ELECTRON DENSITY		: イオン密度の電子密度に対する比
Z EFFECTIVE		: 実効電荷数
HELIUM FRACTION (GIVEN)	(%)	: ヘリウム灰の電子密度に対する比率
CARBON FRACTION	(%)	: 炭素不純物の電子密度に対する比率
OXYGEN FRACTION (GIVEN)	(%)	: 酸素不純物の電子密度に対する比率
IRON FRACTION	(%)	: 鉄不純物の電子密度に対する比率
IMPURITY SEEDING OF IRON	(%)	: 追加注入鉄不純物の割合

FUSION POWER	(MW) (GIVEN)	: 核融合出力
ALPHA POWER	(MW)	: アルファ加熱パワー
HEATING POWER	(MW)	: 補助加熱パワー
OH POWER	(MW)	: ジュール加熱パワー
BREMSSTRAHLUNG LOSS	(MW)	: 制動輻射損失
LINE RADIATION LOS	(MW)	: 線輻射損失
SYNCHROTRON LOSS	(MW)	: シンクロトロン輻射損失
WALL REFLECTIVITY		: シンクロトロン輻射の第一壁における反射の割合
FUSION GAIN (Q) (GIVEN)		: 核融合利得
RADIATION FROM MAIN	(MW)	: 主プラズマからの輻射損失合計
RADIATION FROM EDGE	(MW)	: スクレーブ・オフ層からの輻射損失合計
NEUTRON WALL LOAD	(MW/M**2)	: 中性子による第一壁負荷
RADIATION WALL LOAD	(MW/M**2)	: 輻射による第一壁負荷
ALPHA WALL LOAD	(MW/M**2)	: アルファ粒子による第一壁負荷
POWER TO DIVERTOR	(MW)	: ダイバータ部への流入パワー
ANGLE OF DIVERTOR PLATE	(DEG)	: ダイバータ板に対するセバラトリックス磁気面の角度
POSITION OF STRIKING POINT	(M)	: ダイバータ板と磁力線の交点の位置
SAFETY FACTOR FOR WDIV		: ダイバータ熱負荷の工学的安全率
TEMPERATURE AT DIVERTOR	(EV)	: ダイバータ部の電子温度
DIVERTOR HEAT LOAD/HK	(MW/M**2)	: ダイバータ熱負荷 (Harrison-Kukushkin モデル)
DIVERTOR HEAT LOAD/ITOH	(MW/M**2)	: ダイバータ熱負荷 (伊藤 モデル)
DIVERTOR HEAT LOAD/ITAMI	(MW/M**2)	: ダイバータ熱負荷 (伊丹 モデル)
REQUIRED CONFINEMENT TIME	(S)	: エネルギー閉じ込め時間
CONFINEMENT TIME <ITER89-P>	(S)	: ITER89P 則による閉じ込め時間予測値
CONFINEMENT TIME <ITER89-OL>	(S)	: ITER89OL 則による閉じ込め時間予測値
CONFINEMENT TIME <GOLDSTON>	(S)	: ゴールドストーン則による閉じ込め時間予測値
CONFINEMENT TIME <REBUT-LALLIA>	(S)	: レブー・ラリア則による閉じ込め時間予測値
CONFINEMENT TIME <JAERI-L/OS>	(S)	: 下村・小田島則による閉じ込め時間予測値
H-FACTOR FOR ITER89-P		: ITER89P 則に対する閉じ込め時間改善係数
H-FACTOR FOR ITER89-OL		: ITER89OL 則に対する閉じ込め時間改善係数
H-FACTOR FOR GOLDSTON		: ゴールドストーン則に対する閉じ込め時間改善係数
H-FACTOR FOR REBUT-LALLIA		: レブー・ラリア則に対する閉じ込め時間改善係数
H-FACTOR FOR JAERI-L/OS		: 下村・小田島則に対する閉じ込め時間改善係数
BEAM ENERGY	(KEV)	: 中性粒子ビーム入射エネルギー
Z OF BEAM PARTICLE		: ビーム粒子の電荷数
A OF BEAM PARTICLE		: ビーム粒子の質量数
INJECTION RADIUS	(M)	: 入射位置 (接線入射時の半径)
CD EFFICIENCY ENHANCEMENT		: 電流駆動効率の増大係数
CD EFFICIENCY	(A/W)	: 電流駆動効率
CD FIGURE OF MERIT	(10**20A/WM**2)	: 電流駆動利得
SHINE-THROUGH FRACTION	(%)	: ビームの突き抜けの割合
PROFILE EFFECT FOR PFUS (FPROF)		: 核融合出力に対するプロファイル効果
<SIGMA*V> * 10**22	(M**3/S)	: 核融合反応断面積
ALPHA RIPPLE LOSS FRACTION	(%)	: アルファ粒子のリップル・ロス比率
ALPHA RIPPLE LOSS PEAKING FACTOR		: アルファ粒子リップル・ロスのビーキング係数
CRITICAL DENSITY /GW	(10**20/M**3)	: 電子密度限界 (Greenwald)
CRITICAL DENSITY /MH	(10**20/M**3)	: 電子密度限界 (Murakami - Hugill)
CRITICAL DENSITY /BR	(10**20/M**3)	: 電子密度限界 (Borrass)
RADIUS OF SOLENOID COIL	(M)	: 中心ソレノイド・コイルの半径
MAXIMUM POLOIDAL FIELD	(T)	: 中心ソレノイド・コイルの最大磁場
VS / BP*PI*ROH**2		: 中心ソレノイド・コイルの有限巾による効果
SUPPLIED FLUX BY OH-COIL	(VS)	: 中心ソレノイド・コイルによる供給磁束
SHAFRANOV BV	(T)	: シャフランノフ Bv
VS / BV*PI*R0**2		: 平衡計算による Bv と シャフランノフ Bv の比
SUPPLIED FLUX BY VF-COIL	(VS)	: VFコイルによる供給磁束
TOTAL FLUX	(VS)	: 全供給磁束
FLUX FOR HEATING	(VS)	: 加熱に必要な磁束
FLUX FOR CURRENT RISE	(VS)	: 電流立ち上げに必要な磁束
AVAILABLE FLUX FOR FLAT TOP	(VS)	: 燃焼に使用可能な磁束
BURN TIME (DOUBLE NULL PLASMA)	(S)	: 燃焼時間

付録-6. 等高線表示プログラム「CONPLT」の使用法

本プログラムは、TPCコードのイタレーション計算で得られたデータをもとに等高線図を表示するものである。

付録-6-1. システムフロー



付録-6-2 インプット・データの説明

インプット・データは、TPCコードの出力データとする。

付録-6-3 処理説明

処理説明を以下に示す。

CONPLTコード 開始宣言

1

画
面
表
示

```

CCCCCCCC 00000000 NN NN PPPPPPPP LL TTTTTTTTTT
CCCCCCCCCC 0000000000 NNN NN PPPPPP PPPP LL TTTTTTTTTT
CC CC 00 00 NNNN NN PP PP LL TT
CC 00 00 NN NN NN PP PP LL TT
CC 00 00 NN NN NN PPPPPP PPPP LL TT
CC 00 00 NN NN NN PPPPPP PPPP LL TT
CC 00 00 NN NNNN PP LL TT
CC CC 00 00 NN NNNN PP LL TT
CCCCCCCCCC 0000000000 NN NN PP LLLLLLLL TT
CCCCCCCC 00000000 NN NN PP LLLLLLLL TT

```

==< CONTOUR PLOT PROGRAM >==

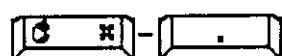
VER. 3.1 (07/01/1992) CODED BY Y.MURAKAMI

< TYPE (COMMAND) & (.) TO EXIT >
< TYPE (COMMAND) & (SHIFT) & 3 TO SAVE SCREEN >処
理
内
容

本画面により、CONPLTコードの開始宣言を行う。

本コードを実行するにあたり、以下に2つの制御コマンドを紹介する。

1. コードを中止する場合



2. 画面のハードコピーを取る場合



注) ハードコピーは最大10枚まで可能 (System 7では制限なし)
 SCREEN0 から SCREEN9 まで Mac Paint の
 Fileが、作成される。

インプット・ファイルの指定

2

画
面
表
示

	<pre> ----- INPUT FILE FOR CONTOUR PLOT ----- +++ INPUT FILE +++ FILE : TPC.PLT CHANGE FILE NAME ? (Y/[N])</pre>
--	--

処
理
内
容

本画面により、インプット・ファイル（等高線作画データ格納ファイル）の名称を指定する。

ファイル名称を変更する場合には、ここで「Y」を入力する。

等高線表示対象作画データの選択

3

画面表示	SELECT CONTOUR PLOT DATA <hr/> <table border="0"> <tbody> <tr><td>1: PNB1 (MW)</td><td>16: ABETA</td></tr> <tr><td>2: ULOOP</td><td>17: ETANBI</td></tr> <tr><td>3: QUAL</td><td>18: YNBI (MA)</td></tr> <tr><td>4: GFAC</td><td>19: ZEFF</td></tr> <tr><td>5: INBI/I</td><td>20: H (PW)</td></tr> <tr><td>6: PFUS (GW)</td><td>21: H (OL)</td></tr> <tr><td>7: PWAL (MW)</td><td>22: PWRHT (MW)</td></tr> <tr><td>8: NE</td><td>23: TDIU (EU)</td></tr> <tr><td>9: YBOOT (MA)</td><td>24: WDIU (MW/M**M)</td></tr> <tr><td>10: BETA</td><td>25: WDIU2 (MW/M**M)</td></tr> <tr><td>11: BETAP</td><td>26: TBURN (S)</td></tr> <tr><td>12: TAUE</td><td>27:</td></tr> <tr><td>13: PSY (MW)</td><td>28:</td></tr> <tr><td>14: PBR (MW)</td><td>29:</td></tr> <tr><td>15: BETABM</td><td>30:</td></tr> </tbody> </table> <hr/> <p>999: EXIT</p> <hr/> <p>INPUT ISEL : DEF = 1</p> <p>4</p>	1: PNB1 (MW)	16: ABETA	2: ULOOP	17: ETANBI	3: QUAL	18: YNBI (MA)	4: GFAC	19: ZEFF	5: INBI/I	20: H (PW)	6: PFUS (GW)	21: H (OL)	7: PWAL (MW)	22: PWRHT (MW)	8: NE	23: TDIU (EU)	9: YBOOT (MA)	24: WDIU (MW/M**M)	10: BETA	25: WDIU2 (MW/M**M)	11: BETAP	26: TBURN (S)	12: TAUE	27:	13: PSY (MW)	28:	14: PBR (MW)	29:	15: BETABM	30:
1: PNB1 (MW)	16: ABETA																														
2: ULOOP	17: ETANBI																														
3: QUAL	18: YNBI (MA)																														
4: GFAC	19: ZEFF																														
5: INBI/I	20: H (PW)																														
6: PFUS (GW)	21: H (OL)																														
7: PWAL (MW)	22: PWRHT (MW)																														
8: NE	23: TDIU (EU)																														
9: YBOOT (MA)	24: WDIU (MW/M**M)																														
10: BETA	25: WDIU2 (MW/M**M)																														
11: BETAP	26: TBURN (S)																														
12: TAUE	27:																														
13: PSY (MW)	28:																														
14: PBR (MW)	29:																														
15: BETABM	30:																														
本画面により表示対象となる等高線データの番号を選択する。																															
処理内容	<p>ここで、本システムを終了する場合は、「999」を指定する。</p> <p>以下のような番号を指定した場合は、特別な処理を行う。</p> <p>「888」 ----- 「2」のインプット・ファイルの指定へ移る。 「番号 * 100」 --- 「9」のグラフ表示の有無へ移る。</p>																														

インプット・ファイルの確認

4

画面表示	<pre> I IOPLOT STARTS I +++ DSK10 +++ READING PNBI (MW) (1 --- 900) LABEL : PNBI (MW) XAXIS : TE (KEV) YAXIS : NE20 NX = 30, NY = 30 XMIN = 0.5000E+04, XMAX = 0.2000E+05 YMIN = 0.5000E+20, YMAX = 0.1500E+21 XNOR = 0.1000E+04, YNOR = 0.1000E+21 ZNOR = 0.1000E+07 * TYPE CR KEY TO CONTINUE </pre>
処理内容	<p>本画面により、指定したインプット・データの内容確認を行なう。</p> <p>内容に誤りがない場合、リターン・キーを押し次へ進む。</p> <p>L A B E L : 等高線作画対象項目 「3」で指定した項目</p> <p>X A X I S : X (横) 軸の内容</p> <p>Y A X I S : Y (縦) 軸の内容</p> <p>N X : X軸の分割数</p> <p>X M I N , X M A X : X軸の最小値、最大値</p> <p>N Y : Y軸の分割数</p> <p>Y M I N , Y M A X : Y軸の最小値、最大値</p>

等高線概略表示

5

画
面
表
示

```

==< FCHCON >== PNBI (MW)      ======< RANGE >=====

JJJIHGFEDCBBAAAAAAA 21          BLANK < -0.838E+01
JJIIHGFEDCBBAAAAAAAB 20         -0.838E+01 < A < -0.240E+01
JJIIIHGFFEDCBBBBBBBBB 19         -0.240E+01 < B < 0.358E+01
JI1HHGFFEEDDCB BBBB BBC 18        0.358E+01 < C < 0.957E+01
IIIHHGFFEEDCCB BBBB BCC 17       0.957E+01 < D < 0.155E+02
IIHHHGFFEEDDDCCCCCDD 16        0.155E+02 < E < 0.215E+02
IHHHGGFFEEDDDCCCCCDDE 15       0.215E+02 < F < 0.275E+02
HHHHGGFFFEEEDDDDDDDDEE 14       0.275E+02 < G < 0.335E+02
HHHHGGFFFEEEDDDDDDEEEF 13       0.335E+02 < H < 0.395E+02
HHHGGGGFFFEEEEEFFFFFF 12       0.395E+02 < I < 0.454E+02
GGGGGGGGFFFEEEEEFFFFFG 11       0.454E+02 < J < 0.514E+02
GGGGGGGGFFFEEEEEFFFFGG 10       0.514E+02 < X
GGGGGGGGFFFEEEEEFFFFGGH 09
FGGGGGGGGGGGGGGGGGHH 08
FFFFFFFFFFFFGGGGHHH 07
FFFFFFFFFFFFGGGGHHH 06
FFFFFFFFFFFFGGGGHHH 05
EFFFFFFFFFFFFGGGGHHH 04
EFFFFFFFFFFFFGGGGHHH 03
EFFFFFFFFFFFFGGGGHHH 02
DEEEEEEFFFFGGGGHHH J 01
-----+-----+-----+

```

CHANGE CMIN & CMAX ? <[Y]/N>

処
理
内
容

本画面により、等高線の概略形状（画面左）及び表示対象等高線の範囲（画面右）を表示する。

(注) 本表示では、X軸、Y軸の分割数が21をこえる場合強制的に分割を21とする。

等高線の表示範囲及び表示等高線の数を変更する場合は、リターン・キーを押す。また、変更がない場合「N」を入力すると「8」の軸の属性変更へ移る。

等高線表示範囲変更

6

画
面
表
示

```

HHHHGGFFFFEEDDDDDDDDEE 14      0.275E+02 < G < 0.335E+02
HHHHGGFFFFEEEDDDDEEEF 13      0.335E+02 < H < 0.395E+02
HHHGGGFFFFEEEEEEEEEFF 12      0.395E+02 < I < 0.454E+02
GGGGGGGGFFFFEEEEEFFFG 11      0.454E+02 < J < 0.514E+02
GGGGGGGGFFFFEEEEEFFFG 10      0.514E+02 < X
GGGGGGGGGGGGGGGGGGHH 09
FGGGGGGGGGGGGGGGGGHH 08
FFFFFFFFFFFFFFFFFFGGGH 07
FFFFFFFFFFFFFFFFFFGGGH 06
FFFFFFFFFFFFFFFFFFGGGH 05
EFFFFFFFFFFFFGGGGHHH 04
EEEFFFFFFGGGGHHH 03
EEEEFFFFFFGGGGHHH 02
DEEEEEEFFFFFFGGGGHHH 01
-----+-----+-----+
CHANGE CMIN & CMAX ? <[Y]/N>

+++ NO. OF CONTOUR LINES & MIN & MAX OF CONTOUR +++

INPUT NCONT : DEF = 10
INPUT CMIN : DEF = -3.7995E+01
-38 INPUT CMAX : DEF = 9.0808E+01
90

```

処
理
内
容

本画面により、表示する等高線の数及び範囲を変更する。
 等高線の範囲の決定は、以下の通り。

CMIN : 最小値	CMAX : 最大値
NCONT : 等高線の数	D : 等高線の間隔
D = (CMAX - CMIN) / NCONT	

NCONT, CMIN, CMAXは、省略可能である。省略した場合には、
 デフォルト値がとられる。

(注) NCONTの指定で負の値を指定した場合には、等高線の高さを直接
 与える事ができる。(MAX 25)

(例) INPUT NCONT : DEF = 10

-1

+++ HEIGHT OF CONTOUR LINES +++

10, 20, 50, 70, 15, 125

↳ 必ずカンマかブランクで区切ること。
 また数値の指定順序に制限はない。

等高線表示範囲の確認

7

画面表示	<pre> ==< FCHCON >== PNB1 (MW) ======< RANGE >===== GGGGFFEEEDCCCCCCCCCCC 21 BLANK < -0.380E+02 GGGGFFFEEEDDDCCCCCCCCC 20 -0.380E+02 < A < -0.252E+02 GGGGFFFEEEDDDCCCCCCCC 19 -0.252E+02 < B < -0.124E+02 GGGGFFFEEEDDDCCCCCCCDD 18 -0.124E+02 < C < 0.400E+00 GGGFFFFEEEEEEDDDDDDDDD 17 0.400E+00 < D < 0.132E+02 GGGFFFFEEEEEEDDDDDDDDE 16 0.132E+02 < E < 0.260E+02 GGFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEE 15 0.260E+02 < F < 0.388E+02 FFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEEE 14 0.388E+02 < G < 0.516E+02 FFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEEE 13 0.516E+02 < H < 0.644E+02 FFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEEF 12 0.644E+02 < I < 0.772E+02 FFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEFF 11 0.772E+02 < J < 0.900E+02 FFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEFF 10 0.900E+02 < X FFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEFF 09 FFFFFFFEEEEEEDDDDDDDDEFF 08 EFFFFFFEEEEEEDDDDDDDFG 07 EEEEEEEEEEDDDDDDDFG 06 EEEEEEEEEEDDDDDDDFGG 05 EEEEEEEEEEDDDDDDDFGG 04 EEEEEEEEEEDDDDDDDFGG 03 EEEEEEEEEEDDDDDDDFGGG 02 EEEEEEEEEEDDDDDDDFGGG 01 -----+-----+-----+ </pre> <p>CHANGE CMIN & CMAX ? (Y/[N])</p>
処理内容	<p>本画面では、前画面で決定した等高線の範囲により再度概略形状及び、表示対象等高線の範囲を表示する。</p> <p>範囲を変更する場合には、ここで「Y」を指定する。</p>

軸の属性変更 (1 / 1)

8

画面表示	<pre> I CONTOUR PLOT DATA I IWIND = 5 * IWIND = 2 --- WITH CONTOUR VALUES * * = 5 --- WITH CONTOUR NUMBERS * * = 0 --- NO CONTOUR NUMBER * IDASH = 0 * IDASH = 1 --- DOTTED LINE * * -1 --- BROKEN LINE * IAxis = 0 * IAxis = 1 --- CHANGE AXIS * XGMIN = 0.5000E+01, XGMAX = 0.2000E+02, XTIC = 0.3000E+01 NXTIC = 1 YGMIN = 0.5000E+00, YGMAX = 0.1500E+01, YTIC = 0.2000E+00 NYTIC = 1 NCONT = 10 CMIN = -0.3800E+02, CMAX = 0.9000E+02 CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/IN) </pre>
処理内容	<p>本画面により、等高線の線種及び軸の変更を行なう。 変更がない場合にはリターン・キーを押し変更がある場合には「Y」を 入力する。変更項目は以下の通り。</p> <p>I W I N D : 表示フラグ</p> <ul style="list-style-type: none"> = 2 : 等高線に寸法を表示 = 5 : 等高線に番号を表示 = 0 : 番号及び寸法を表示しない = 6 : 番号及び寸法を表示しない (高さを表示する) <p>I D A S H : 等高線線種フラグ</p> <ul style="list-style-type: none"> = 0 : 等高線を実線で表示 = 1 : 等高線を点線で表示 = -1 : 等高線を破線で表示 <p>(次頁につづく)</p>

軸の属性変更 (2/2)

8

画 面 表 示	
処 理 内 容	<p>I A X I S : 軸の反転</p> <p>= 0 : 反転なし</p> <p>= 1 : X 軸, Y 軸を入れ替える。</p> <p>X G M I N : X 軸の最小値</p> <p>X G M A X : X 軸の最大値</p> <p>X T I K : X 軸の分割数</p> <p>N X T I K : X 軸寸法値の表示間隔</p> <p>Y G M I N : Y 軸の最小値</p> <p>Y G M A X : Y 軸の最大値</p> <p>Y T I K : Y 軸の分割数</p> <p>N Y T I K : Y 軸寸法値の表示間隔</p>

グラフ表示の有無

9

画
面
表
示

```

XGMIN = 0.5000E+01, XGMAX = 0.2000E+02, XTIC = 0.3000E+01
NXTIC = 1

YGMIN = 0.5000E+00, YGMAX = 0.1500E+01, YTIC = 0.2000E+00
NYTIC = 1

NCONT = 10
CMIN = -0.3800E+02, CMAX = 0.9000E+02

CHANGE DEFAULT PARAMETERS ? (Y/[N])
```

* MAC PLOT STARTS *

DO YOU NEED GRAPHICS ? (Y/N)

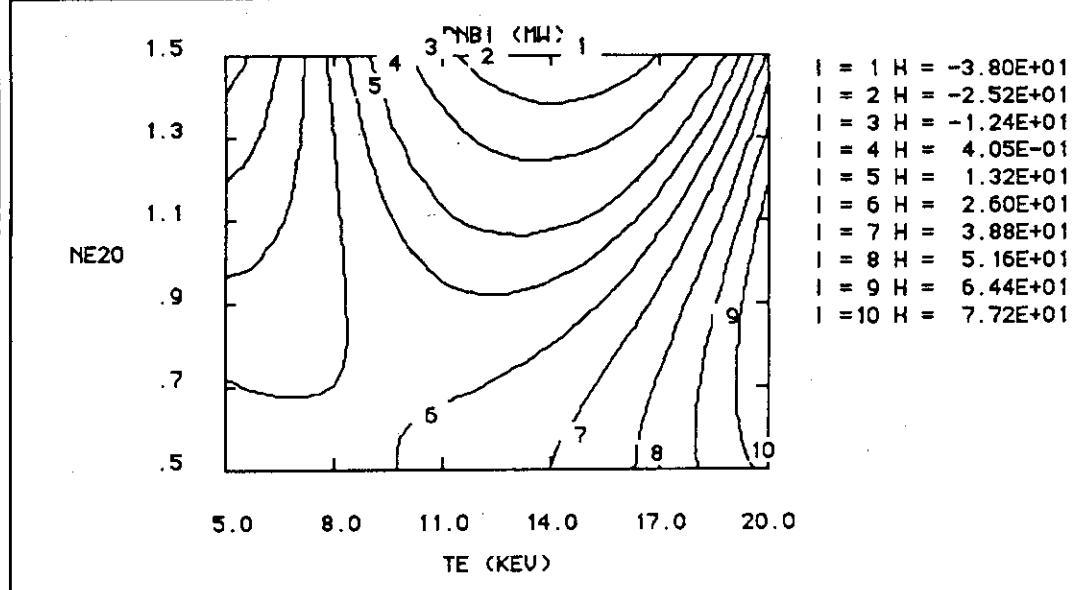
処
理
内
容

本画面により、グラフの表示を行なう。
 グラフを表示する場合には、ここでリターン・キーを押す。

グラフ表示

10

画面表示



処理内容

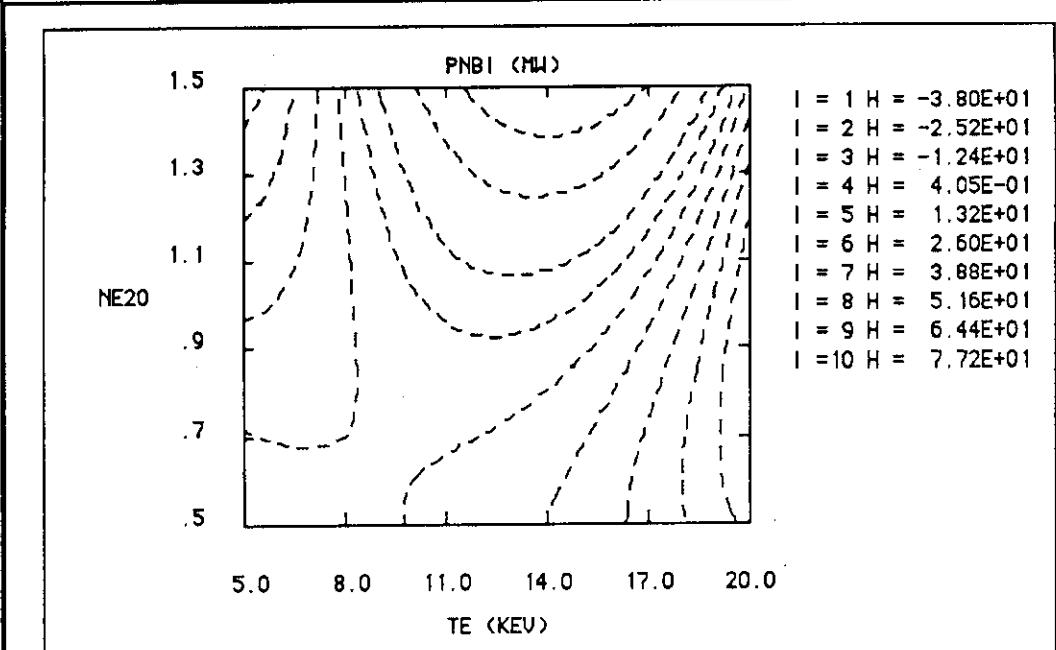
ここまで入力したデータによりグラフを表示する。

本グラフを編集する場合には、いったん Mac Paint のデータにおいてから行うこと。

次頁に、等高線を点線で表示した例を示す。

グラフ表示

1 1

画
面
表
示

* TYPE CR KEY TO CONTINUE

处
理
内
容

付録-7. 入力画面の索引

ここでは各入力データの説明ページを示す。 [] 内は関係するフラグを、
 ○はサブ・メニュー画面を示す。

◎デフォルト入力	[IDEV]	----- (A-2)
○デバイス・ファイル名称指定		(D-1)
◎プラズマ形状入力	[IDD, IDIVER]	--- (A-3)
◎トロイダル磁場入力	[IBT]	----- (A-4)
◎一点計算／反復計算入力	[ICAL]	----- (A-5)
○メッシュ・データ入力		(B-6)
○等高線データの選択	[ISEL]	----- (B-7)
◎プラズマ電流入力	[IPQPSI]	----- (A-6)
◎パワー・バランス計算条件	[IOPT]	----- (A-7)
○閉じ込め比例則入力	[ITAU]	----- (C-9)
○HFAC/PAUX	[INTE]	----- (C-9)
◎Q値／一周電圧入力	[IQVL]	----- (A-8)
◎電子温度入力		(A-9)
◎不純物入力モード	[IZEFF]	----- (A-10)
○不純物データの変更 (ICAL=0, 1)		(D-3)
○不純物データの変更 (ICAL=2)		(D-4)
◎ビーム・データ入力		(A-11)
◎その他の入力データ	[IQAX]	----- (A-12)
◎サマリー画面		(A-13)