

JAERI-M

6028

ポロイダル磁場配位設計のための
MHD平衡計算コード「EQUCO」

1975年3月

亀有 昭久*・鈴木 康夫・三宮 博正

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

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

ポロイダル磁場配位設計のための
MHD平衡計算コード「EQUCO」

日本原子力研究所東海研究所核融合研究室

亀有昭久^{*}・鈴木康夫・二宮博正

(1975年2月8日受理)

トカマク装置のプラズマ平衡用磁場設計のための計算法を開発し、その計算機コードを作成した。ADI法と三段階逐次近似法を組み合わせ、更に装置設計に適用するため、プラズマ位置形状等を指定する機構をもうけた。本コードは任意のプラズマ形状に対する外部磁場設計に応用できる。本レポートでは開発されたコードの説明を行なう。

* 外来研究員：三菱原子力工業大宮研究所

JAERI-6028

MHD Equilibrium Code for Design of Poloidal Magnetic
Configuration "EQUUCO"

Akihisa KAMEARI*, Yasuo SUZUKI, and Hiromasa NINOMIYA

Thermonuclear Fusion Laboratory, Tokai, JAERI

(Received February 8, 1975)

A numerical method for determining the magnetic configuration for MHD equilibrium has been developed, which is used in design of JT-60, a large Tokamak device. The alternating direction implicit method coupled with the 3-step iteration scheme is further improved by addition of the appointment process of plasma parameters (plasma position, shape and current). The code is usable in design of the magnetic field in a toroidal plasma of any shape.

*On leave of absence from Mitsubishi Atomic Power
Industries Inc.,

目 次

1	はじめに	1
2	計算方法	1
2.1	平衡方程式	1
2.2	A D I 法	2
2.3	3 段階逐次近似法	2
2.4	パラメーターの再設定	2
2.5	シェル	3
2.6	外部磁場	3
2.7	平衡量の計算	3
2.8	磁場の計算	4
2.9	電流分布	4
2.10	初期パラメーターとその再設定	5
3	コードの説明	6
3.1	入力形式およびその内容	6
3.2	収束判定条件, implicit parameter, 精度	8
3.3	記憶容量, 計算時間	9
3.4	アウト・プット	9
3.5	その他	9
4	おわりに	9
5	参考文献	9

1 はじめに

核融合研究開発において、最近、大型トカマク装置の建設計画が多数提案されている。これらの装置の設計のためには、トロイダル・プリズマの平衡磁場分布を精度よく、また広範囲のパラメーターに適用できる計算法を開発しなければならない。本レポートでは、臨界プリズマ試験装置（以下JT-60）の設計のために開発した、数値的平衡計算コード「EQUCO」について説明を行なう。

本コードは孤崎晶夫氏（核融合研究室）の「PLADI」平衡計算コード（文献1）を元、コードの計算方法の改良、変更を行なって、大型トカマクの設計に適するようにしたものである。

本コードの主なる改良点は、(1)プラズマ・パラメーターを与えて、平衡に必要な磁場配置および外部電流を求めることができる。(2)磁気リミター、あるいはダイバーターがある場合の計算ができ、その時セパトリックスを含む磁気面とプラズマ表面を一致させることができる。(3)有限のところシェルを置くが、そこに流れる電流を平衡に必要な外部電流とするので、シェル効果がない場合の計算と考えられる。など、である。本コードで求められた外部電流分布をもとに、種々の実験的・技術的制約を考慮の上でプロット化する（文献4）。本レポートは、計算方法とコードの説明を行ない、それによって得られた結果は別に述べることにする（文献2,3）。

2 計算方法

2.1 平衡方程式

平衡磁場分布は、磁場の流れ関数 ψ を用いて、次の式を解くことによって得られる。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial R^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial \psi}{\partial R} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial Z^2} + f(R, \psi + \psi_0) = 0 \quad (1)$$

$$\psi = \psi_{\text{Shell}} \quad (\text{シェル上で一定})$$

ここで

$$f(R, \psi) = \mu_0 R j_\phi \quad (2)$$

$$j_\phi = R \frac{dP(\psi)}{d\psi} + \frac{\mu_0}{2R} \frac{dI^2(\psi)}{d\psi} \quad (3)$$

座標系は (R, ϕ, Z) の円筒座標系を用い、 P はプラス圧力、 I はトロイダル電流の流れ関数、 j_ϕ はプラズマ中のトロイダル電流密度である。ここで外場は直流的とし、それのつくる流れ関数を ψ_0 とする。磁場及び電流は、この ψ および I を用いて次のように表わされる。

1 はじめに

核融合研究開発において、最近、大型トカマク装置の建設計画が多数提案されている。これらの装置の設計のためには、トロイダル・プリズマの平衡磁場分布を精度よく、また広範囲のパラメーターに適用できる計算法を開発しなければならない。本レポートでは、臨界プリズマ試験装置（以下JT-60）の設計のために開発した、数値的平衡計算コード「EQUOCO」について説明を行なう。

本コードは孤崎晶夫氏（核融合研究室）の「PLADI」平衡計算コード（文献1）を元、コードの計算方法の改良、変更を行なって、大型トカマクの設計に適するようにしたものである。

本コードの主なる改良点は、(1)プラズマ・パラメーターを与えて、平衡に必要な磁場配置および外部電流を求めることができる。(2)磁気リミター、あるいはダイバーターがある場合の計算ができ、その時セパトリックスを含む磁気面とプラズマ表面を一致させることができる。(3)有限のところシェルを置くが、そこに流れる電流を平衡に必要な外部電流とするので、シェル効果がない場合の計算と考えられる。など、である。本コードで求められた外部電流分布をもとに、種々の実験的・技術的制約を考慮の上でプロット化する（文献4）。本レポートは、計算方法とコードの説明を行ない、それによって得られた結果は別に述べることにする（文献2,3）。

2 計算方法

2.1 平衡方程式

平衡磁場分布は、磁場の流れ関数 ψ を用いて、次の式を解くことによって得られる。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial R^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial \psi}{\partial R} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial Z^2} + f(R, \psi + \psi_0) = 0 \quad (1)$$

$$\psi = \psi_{\text{Shell}} \quad (\text{シェル上で一定})$$

ここで

$$f(R, \psi) = \mu_0 R j_\phi \quad (2)$$

$$j_\phi = R \frac{dP(\psi)}{d\psi} + \frac{\mu_0}{2R} \frac{dI^2(\psi)}{d\psi} \quad (3)$$

座標系は (R, ϕ, Z) の円筒座標系を用い、 P はプラス圧力、 I はトロイダル電流の流れ関数、 j_ϕ はプラズマ中のトロイダル電流密度である。ここで外場は直流的とし、それのつくる流れ関数を ψ_0 とする。磁場及び電流は、この ψ および I を用いて次のように表わされる。

$$B_R = -\frac{1}{R} \frac{\partial \psi}{\partial R}, \quad B_\phi = \frac{\mu_0}{R} I, \quad B_z = \frac{1}{R} \frac{\partial \psi}{\partial z} \quad (4)$$

$$j_R = -\frac{1}{R} \frac{\partial I}{\partial z}, \quad j_z = \frac{1}{R} \frac{\partial I}{\partial R} \quad (5)$$

2.2 ADI法 (Alternating Direction Implicit Method)

$$L = L_R + L_z \quad (6)$$

$$L_R = \frac{\partial^2}{\partial R^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \quad (7)$$

$$L_z = \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad (8)$$

と置いて

$$(-L_R + \rho) \psi^{k+\frac{1}{2}} = (L_z + \rho) \psi^k + f(R, \psi^0 + \psi_e) \quad (9)$$

$$(-L_z + \rho) \psi^{k+1} = (L_R + \rho) \psi^{k+\frac{1}{2}} + f(R, \psi^0 + \psi_e) \quad (10)$$

の計算を差分化して解き、それをくり返す。 ρ はADIのimplicit parameterで、 $|\psi^{k+1} - \psi^k| < \epsilon_1$ になった時計算を終了する。

2.3 3段階逐次近似法

ADI法だけでは自由境界問題であるために、無意味な解に収束してしまうために、次のimplicit parameter G を含む、3段階逐次近似を行って、意味のある解に収束する範囲を拡げる。

$$L \psi^{n+\frac{1}{3}} = -f(R, \psi^n + \psi_e) \quad (11)$$

$$L \psi^{n+\frac{2}{3}} = -f(R, \psi^{n+\frac{1}{3}} + \psi_e) \quad (12)$$

$$\psi^{n+1} = (1-G) \psi^n + 2G \psi^{n+\frac{1}{3}} - G \psi^{n+\frac{2}{3}} \quad (13)$$

(11) (12)は、電流分布を与えて、その磁場分布を求めることに相当し、各々(9)(10)の ψ^0 に ψ^n あるいは $\psi^{n+\frac{1}{3}}$ を代入し、ADI法で解く。 $|\psi^{n+1} - \psi^n| < \epsilon$ になった時このくり返し計算を終了する。

2.4 パラメータの再設定

ADI法と3段階逐次近似においては、プラズマ電流分布、外部磁場、境界条件を固定して計算を行なう。そのため、得られた結果は、欲しいプラズマ・パラメータ（主半径 R_0 、

副半径 a_0 , 楕円度 $\epsilon_0 = l_z / l_r$, プラズマ電流 I_{p0} , 等) と異った値になる。そこで, 3 段階逐次近似を何度か行った後に, 収束はしてないが, その段階でのプラズマ・パラメーターを求め, 欲しいパラメーターと比較することによって, プラズマ電流分布, 外部磁場 境界条件を再設定して, 次の逐次近似に進む。本コードにおける再設定の行い方は後に別に示す。

2.5 シェル

シェルは求めた電流分布をブロック化するために, 内部にコイルを含み得るスペースをとる必要がある(文献4)。本コードでは十分大きな円型シェルを用いたが, 非円型シェルに適用できるように改変することは簡単であると思われる。

2.6 外部磁場

外部磁場 ψ_e は直流的とし, 次の二つを考えた。一つはプラズマの位置・形状を制御するためのもので, シェル上に $i(\theta) = \alpha_1 \cos \theta + \alpha_2 \cos 2\theta + \dots$ と分布させることによってできる磁場である。 $i(\theta)$ を離散化したコイルに直して, 楕円積分より $\cos \theta$ の項よりできる垂直磁場 ψ_v , $\cos 2\theta$ の項よりできる四重極磁場 ψ_Q 等を与える。他は磁気リミターあるいはダイバーターをつけた場合にできる磁場 ψ_{div} である。

2.7 平衡量の計算

計算結果を用いて, 次の諸量を計算する。

1) Magnetic Axis の位置

2) Current Peak の位置

3) プラズマの内辺, 外辺, 中心 (R) の位置, 巾 (l_r)

$$4) A = \sum \Delta S \quad (\text{全断面積}) \quad (14)$$

$$5) a = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (\text{平均半径}) \quad (15)$$

$$6) \epsilon = \frac{a^2}{l_r^2} = \frac{l_z}{l_r} \quad (\text{楕円度}) \quad (16)$$

7) セパトトリックスの位置

$$8) I_p = \sum j_\phi \cdot \Delta S \quad (\text{プラズマ電流}) \quad (17)$$

$$9) q = \frac{2\pi a^2}{\mu_0 I_p R} B_t \quad (\text{安全係数}) \quad (18)$$

$$10) l_i = \frac{B_\omega^2}{B_a^2} \quad (\text{内部インダクタンス}) \quad (19)$$

$$B_a = \frac{\mu_0 I_p}{2\pi a}$$

$$\overline{B_{\omega}^2} = \frac{\int B_{\omega}^2 dV}{\int dV}$$

$$\begin{aligned} \int B_{\omega}^2 dV &= -\int \frac{\psi}{R^2} L\psi dV = \int \frac{\psi}{R^2} f(R, \psi) dV \\ &= 2\pi \Sigma \frac{\psi}{R} f(R, \psi) \cdot \Delta S \end{aligned}$$

$$\int dV = 2\pi \Sigma R \cdot \Delta S$$

$$11) \beta_p = \frac{2\mu_0 \bar{P}}{B_a^2} \quad (\text{ポロイダル・ベータ値}) \quad (20)$$

$$\bar{P} = \frac{\int P dV}{\int dV}$$

$$\int P dV = 2\pi \Sigma P(\psi) \cdot \Delta S$$

2.8 磁場の計算

シエル上の接線方向の磁場を求めた磁束関数 ψ を差分することによって求める。その磁場よりシエル上のプラズマによるイメージ電流密度を次式によって求める。

$$i = \frac{B}{\mu_0} \quad (21)$$

この電流と、始めに与え再設定されたシエル上の分布電流を加え合わせることで、平衡に必要な外部電流とする。この電流分布により、基準面($Z=0$ の面)上の垂直磁場 B_V を求める。又 n -indexを求める。

$$n = -\frac{R}{B_V} \frac{dB_V}{dR} \quad .$$

2.9 電流分布

電流分布は次の2通りを与える。

1. パラボリック分布

$$j_{\phi} = R \cdot p_2 \psi + \frac{1}{R} \cdot b_2 \psi \quad (22)$$

2. フラット分布

$$j_{\phi} = R p_1 + \frac{1}{R} \cdot b_1 \quad (23)$$

以上の他に ψ に対する種々の依存性が考えられ、その計算も同様に行えると思われるが、パラメーターを再設定してゆく時には、個々の場合に電流分布の係数とプラズマの大きさ等との間の関係を考慮してゆく必要がある。

2.10 初期パラメーターとその再設定

求めるべきプラズマ・パラメーターとして、全電流 I_{p0} 、主半径 R_0 、副半径 a_0 、楕円度 ϵ_0 、内部インダクタンス ℓ_{i0} 、ポロイダル・ベータ値 β_{p0} が与えられたとする。

次に初期パラメーターとして次のものを与える。

1. 電流分布

$\ell_{i0} = 1$ の時にはパラボリック分布を与え、 $\ell_{i0} = 0.5$ の時にはフラット分布を与える。パラボリック分布の時には、 p_2 は適当な値を入力する。フラット分布の時には

$$p_1 = \frac{\mu_0 I_{p0}}{\pi a_0^2} \cdot \frac{\beta_{p0}}{R_0} \quad (24)$$

と与え、 b_2 、 b_1 は

$$\frac{b_2}{p_2}, \frac{b_1}{p_1} = \frac{R_0}{2} \frac{(R_0 + \sqrt{R_0^2 + a_0^2})}{\beta_{p0}} \cdot \frac{1 - \beta_{p0}}{\beta_{p0}} \quad (25)$$

と与える。

2. 境界条件

シェル上の磁束関数 ψ_{shell} を適当に与える。

3. 仮想電流

シェル上に電流を次のように分布させる。

$$i(\theta) = \alpha_1 \cos\theta + \alpha_2 \cos 2\theta \quad (26)$$

3段階逐次近似を数回行った時に、2.4に述べたパラメーターの再設定を行う。その時に得られている不完全な平衡解より、プラズマ・パラメーター、 I_p 、 R 、 a 、 ϵ を求める。そして次の再設定を行う。設定後の値にはダッシュをつけて示す。

1. 電流分布

$$p_2' = p_2 \cdot \frac{a}{a_0}, \quad b_2' = b_2 \cdot \frac{a}{a_0} \quad (\text{パラボリック分布}) \quad (27)$$

$$p_1' = p_1 \cdot \left(\frac{a_0}{a}\right)^2, \quad b_1' = b_1 \cdot \left(\frac{a_0}{a}\right)^2 \quad (\text{フラット分布})$$

2. 境界条件

$$\psi_{shell}' = \psi_{shell} \cdot \frac{I_{p0}}{I_p} \quad (28)$$

3. 仮想電流

$$\alpha_1' = \alpha_1 + \frac{(R_0 - R) I_{po}}{\pi b^2} \quad (b: \text{シェルの半径}) \quad (28)$$

$$\alpha_2' = \alpha_2 - \frac{(\epsilon^2 - \epsilon_0^2) I_{po} b}{4\pi a_0^2} \quad (29)$$

また、得られている磁束関数に対しては、

$$\psi' = \psi \cdot \frac{I_{po}}{I_p} \quad (30)$$

とする。

以上は楕円度までの二次の変形までしか考えていないが、高次の変形も同様な再設定が行えると思われる。磁気リミターあるいはダイバーターをつけた時に、セパトリックスを含む面と、プラズマ表面を一致させる場合には求めるべきプラズマ半径 a_0 を変化させることによつて求める。パラメーターの再設定の段階で、セパトリックス上の磁束関数 ψ_{sepa} を求め、 a_0 に $(1 + A\psi_{sepa})$ を掛け合わせる。ここで A は適当な負の数。

3 コードの説明

3.1 入力形式およびその内容

入力形式は 4 A 4, 8 F 1 0, 8 I 1 0 のいずれかである。次にカード一枚ごとにその内容を述べる。単位は全部 MKS A 単位を用いる。

- 1) CASE(4) タイトル
- 2) EPS ϵ : 3 段階逐次近似法(9)の収束判定条件
- EPS1 ϵ_1 : A D I 法(9)(10)の収束判定条件
- RHO ρ : A D I 法の implicit parameter
- G G : 3 段階逐次近似法の implicit parameter
- ALAMDA λ : パラボリック分布の時 = p_2
- ANU = 0.
- DELPS = 0.
- 3) PM = 0.
- CCC 初期関数 $\psi = CCC \cdot (1 - \frac{r^2}{b^2}) + \psi_{shell}$
- BETA β_{po}
- 4) IPROFL = 1 パラボリック分布
- = 2 フラット分布
- ILIM = 0
- IDOUBL = 0 単精度計算
- = 1 倍精度計算

3. 仮想電流

$$\alpha_1' = \alpha_1 + \frac{(R_0 - R) I_{po}}{\pi b^2} \quad (b: \text{シェルの半径}) \quad (28)$$

$$\alpha_2' = \alpha_2 - \frac{(\epsilon^2 - \epsilon_0^2) I_{po} b}{4\pi a_0^2} \quad (29)$$

また、得られている磁束関数に対しては、

$$\psi' = \psi \cdot \frac{I_{po}}{I_p} \quad (30)$$

とする。

以上は楕円度までの二次の変形までしか考えていないが、高次の変形も同様な再設定が行えると思われる。磁気リミターあるいはダイバーターをつけた時に、セパトリックスを含む面と、プラズマ表面を一致させる場合には求めるべきプラズマ半径 a_0 を変化させることによつて求める。パラメーターの再設定の段階で、セパトリックス上の磁束関数 ψ_{sepa} を求め、 a_0 に $(1 + A\psi_{sepa})$ を掛け合わせる。ここで A は適当な負の数。

3 コードの説明

3.1 入力形式およびその内容

入力形式は 4A4, 8F10, 8I10 のいずれかである。次にカード一枚ごとにその内容を述べる。単位は全部 MKSA 単位を用いる。

- | | |
|------------|--|
| 1) CASE(4) | タイトル |
| 2) EPS | ϵ : 3段階逐次近似法(8)の収束判定条件 |
| EPS1 | ϵ_1 : ADI法(9)(10)の収束判定条件 |
| RHO | ρ : ADI法の implicit parameter |
| G | G: 3段階逐次近似法の implicit parameter |
| ALAMDA | λ : パラボリック分布の時 = p_2 |
| ANU | = 0. |
| DELPS | = 0. |
| 3) PM | = 0. |
| CCC | 初期関数 $\psi = CCC \cdot (1 - \frac{r^2}{b^2}) + \psi_{shell}$ |
| BETA | β_{po} |
| 4) IPROFL | = 1 パラボリック分布 |
| | = 2 フラット分布 |
| ILIM | = 0 |
| IDOUBL | = 0 単精度計算 |
| | = 1 倍精度計算 |

ITAPE	=0 等磁束線, グラフのプロットをしない。
	=1 等磁束線のプロットのみ。
	=2 グラフのプロットのみ。
	=3 等磁束線, グラフのプロットを行う。
NPR	この回数ごとにパラメーターの再設定を行う。再設定を行わない時には NPR=NMAXとする。
NMAX	3段階逐次近似法の回数
ICARD	=0 電流分布をカード・アウトプットする。
	=1 " " " しない。
IDISK	=0 下のいずれも行わない。
	=1 初期函数としてディスクよりイン・プット。
	=2 結果の磁束函数をディスクにアウト・プット。
	=3 上の両方を行う。
5) X1	R方向の計算領域の下限
X2	" " 上限
Y1	Z方向の計算領域の下限(=0.)
Y2	" " 上限
6) Y0	シェルの中心座標(Z座標)(=0.)
R0	" " (R座標)
AA	b:シェルの半径
EP2	=0.
EP3	=0.
7) A	=0.
RX	=0.
RY	=0.
VRTLMT	=0.
RLIM	=0.
ZLIM	=0.
BV	=0.
8) PSIS	ψ_{shell} : シェル上の磁束函数(負数)
AIP	I_{p0}
AP	a_0
RP	R_0
ELPO	ϵ_0
9) NX	R方向のメッシュ数
NY	Z方向のメッシュ数
MESHDB	メッシュの自然増倍の回数
10) TIMAX	くり返し計算をする最大時間

- 11) TOTALJ = 0.
 RRING = R0
 ARING = AA
- 12) MR 仮想電流の分割数
 IF 仮想電流の考える次数 (= 2)
- 13) A(I) α_I
- 14) IDIVPS = 0 ダイバータをつけない。
 = 1 外側にダイバータをつける。
 = 2 内側にダイバータをつける。
 = 3 上下にダイバータをつける。
 IDIV ダイバータ・コイルの本数
 ISEPSF = 0 セパトリックスを含む磁気面とプラズマ表面を一致させない。
 = 1 セパトリックスを含む磁気面とプラズマ表面を一致させる。
- 15) SEPAXO セパトリックスの予想位置, R座標
 SEPAYO " , Z座標
- 16) ADV(I) I番目のダイバータ・コイルの電流(KA)
 RDV(I) " 位置, R座標
 ZDV(I) " 位置, Z座標
- 17) XLIMD1 }
 XLIMD2 }
 YLIMD1 } ダイバータを上下につけた場合にセパトリックスを探す領域
 YLIMD2 }

インプットの1例を付録1に示す。

3.2 収束判定条件, implicit parameter, 精度

ϵ_1 は ϵ よりも1桁から2桁大きな数を選ぶ。例の場合には, ϵ_1 に0.005, ϵ に 10^{-6} を入れた。 ϵ に対する判定条件が小さいので, くり返し回数240回で計算を終り, 収束条件を満足していない。しかし最終的に $|\psi_n - \psi_{n-1}|$ は0.00027となり十分な精度に達していると思われる。ADI法に対するimplicit parameter ρ はメッシュの逆二乗に比例させればよいと思われる。 ρ を小さくすると振動を起すことがあり, 大きくすると収束がおそくなり精度が落ちる。又3段階逐次近似法のimplicit parameter Gは我々の場合0.45をとった。Gは大きくすれば, 反復計算ごとの変化が大きくなる。以上の数値は個々の計算において経験的に決定されればよい。

精度に関しては, プラズマ全電流とシェルのイメージ電流の比較, $L\psi$ と $L\psi + f(R, \psi)$ を差分によって求めたものの比較をして考察した。我々の場合には2~3%の誤差に押えることができた。

3.3 記憶容量, 計算時間

上記の例で記憶容量は79K語であり、計算時間は、FACOM 230-60で50分を要した。

3.4 アウト・プット

イン・プットの例のアウト・プットを図1～4に示す。図1には得られたプラズマの主要パラメーターを、図2には、磁束函数、電流、圧力分布を基準面上で示す。又図3には基準面上のダイバータ磁場を加えない時と加えた時の垂直磁場とn-indexを示す。図4には、全磁束函数による等磁束面を示す。 $\psi=0$ のところはプラズマ境界である。

3.5 その他

コードの大まかな流れ図を図5に示す。付録2に本コードのプログラム・リストを示す。

4 おわりに

本コードはトロイダル・プラズマ装置の磁場設計に有効に使用することができる。我々は主として円形プラズマに適用したが、非円形プラズマ設計にも、多少の変更によって計算を行うことができる。

本コードは核融合研究室、狐崎晶雄氏が整備されたコードを元に作成したものであり、又多くの助言を頂き、謝意を表します。又吉川允二氏をはじめとする、JT-60グループの各位および核融合研究室の各位の議論・御指導に対して感謝いたします。

5 参考文献

- (1) 狐崎晶雄 Private
- (2) 亀有昭久, 鈴木康夫, 二宮博正 JAERI-M 6027
- (3) Suzuki Y., Kameari A., Ninomiya H., Masuzaki M., Toyama H. : IAEA-CN-33/A1.1-2 (Tokyo Conference, 1974)
- (4) 小林朋文, 田村早苗, 谷啓二 JAERI-M 5398

上記の例で記憶容量は79K語であり、計算時間は、FACOM 230-60で50分を要した。

3.4 アウト・プット

イン・プットの例のアウト・プットを図1～4に示す。図1には得られたプラズマの主要パラメーターを、図2には、磁束函数、電流、圧力分布を基準面上で示す。又図3には基準面上のダイバータ磁場を加えない時と加えた時の垂直磁場とn-indexを示す。図4には、全磁束函数による等磁束面を示す。 $\psi=0$ のところはプラズマ境界である。

3.5 その他

コードの大まかな流れ図を図5に示す。付録2に本コードのプログラム・リストを示す。

4 おわりに

本コードはトロイダル・プラズマ装置の磁場設計に有効に使用することができる。我々は主として円形プラズマに適用したが、非円形プラズマ設計にも、多少の変更によって計算を行うことができる。

本コードは核融合研究室、狐崎晶雄氏が整備されたコードを元に作成したものであり、又多くの助言を頂き、謝意を表します。又吉川允二氏をはじめとする、JT-60グループの各位および核融合研究室の各位の議論・御指導に対して感謝いたします。

5 参考文献

- (1) 狐崎晶雄 Private
- (2) 亀有昭久, 鈴木康夫, 二宮博正 JAERI-M 6027
- (3) Suzuki Y., Kameari A., Ninomiya H., Masuzaki M., Toyama H. : IAEA-CN-33/A1.1-2 (Tokyo Conference, 1974)
- (4) 小林朋文, 田村早苗, 谷啓二 JAERI-M 5398

上記の例で記憶容量は79K語であり、計算時間は、FACOM 230-60で50分を要した。

3.4 アウト・プット

イン・プットの例のアウト・プットを図1～4に示す。図1には得られたプラズマの主要パラメーターを、図2には、磁束函数、電流、圧力分布を基準面上で示す。又図3には基準面上のダイバータ磁場を加えない時と加えた時の垂直磁場とn-indexを示す。図4には、全磁束函数による等磁束面を示す。 $\psi=0$ のところはプラズマ境界である。

3.5 その他

コードの大まかな流れ図を図5に示す。付録2に本コードのプログラム・リストを示す。

4 おわりに

本コードはトロイダル・プラズマ装置の磁場設計に有効に使用することができる。我々は主として円形プラズマに適用したが、非円形プラズマ設計にも、多少の変更によって計算を行うことができる。

本コードは核融合研究室、狐崎晶雄氏が整備されたコードを元に作成したものであり、又多くの助言を頂き、謝意を表します。又吉川允二氏をはじめとする、JT-60グループの各位および核融合研究室の各位の議論・御指導に対して感謝いたします。

5 参考文献

- (1) 狐崎晶雄 Private
- (2) 亀有昭久, 鈴木康夫, 二宮博正 JAERI-M 6027
- (3) Suzuki Y., Kameari A., Ninomiya H., Masuzaki M., Toyama H. : IAEA-CN-33/A1.1-2 (Tokyo Conference, 1974)
- (4) 小林朋文, 田村早苗, 谷啓二 JAERI-M 5398

PLASMA EQUILIBRIUM	EOI 750120-1
PLASMA CURR. (KA)	3419.335
MAJOR RADIUS	3.117
AVERAGE RADIUS	2.155
MAGNETIC AXIS	3.325
CURRENT MAX.	3.325
BETAC	0.515
SMALL LI	0.936
ELLIPTICITY, Z/R	0.955

図1 アウト・ブット 平衡解の主要パラメーター

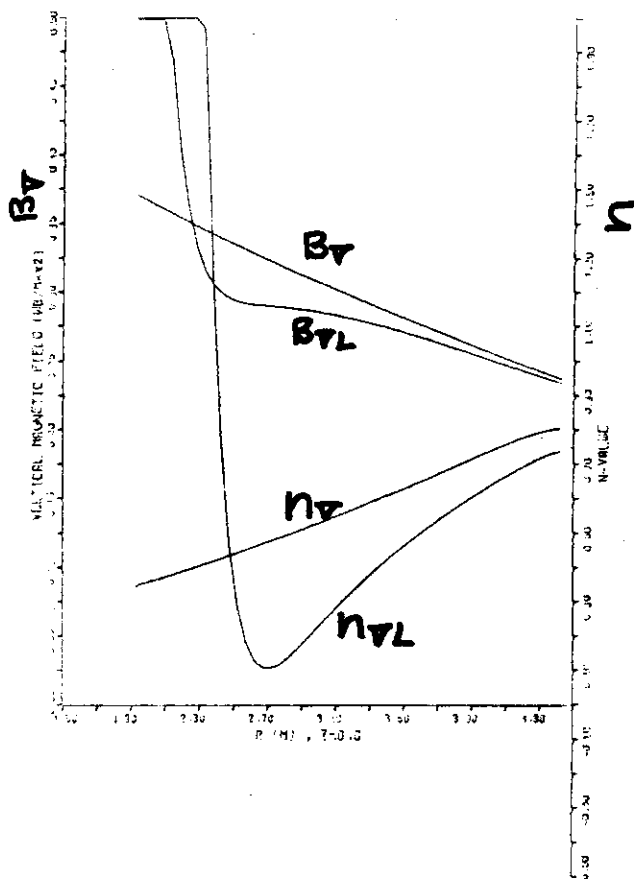


図3 アウト・ブット 平衡に必要な磁場と n-index

B_v, n_v はシェル電流のみによるもの。
 B_{vL}, n_{vL} は磁気リミター電流によるものを加えたもの

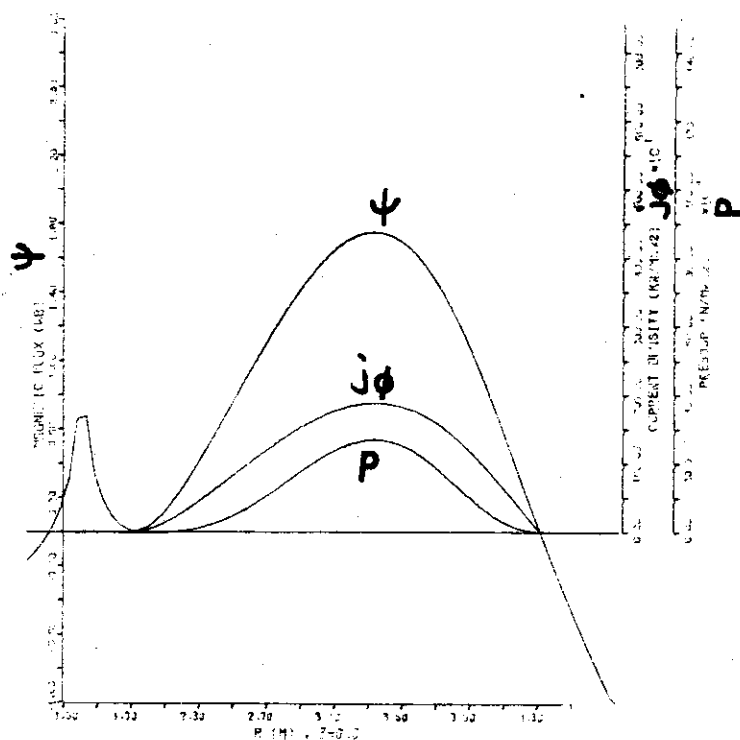


図2 アウト・ブット 平衡解の磁束, 電流, 圧力分布

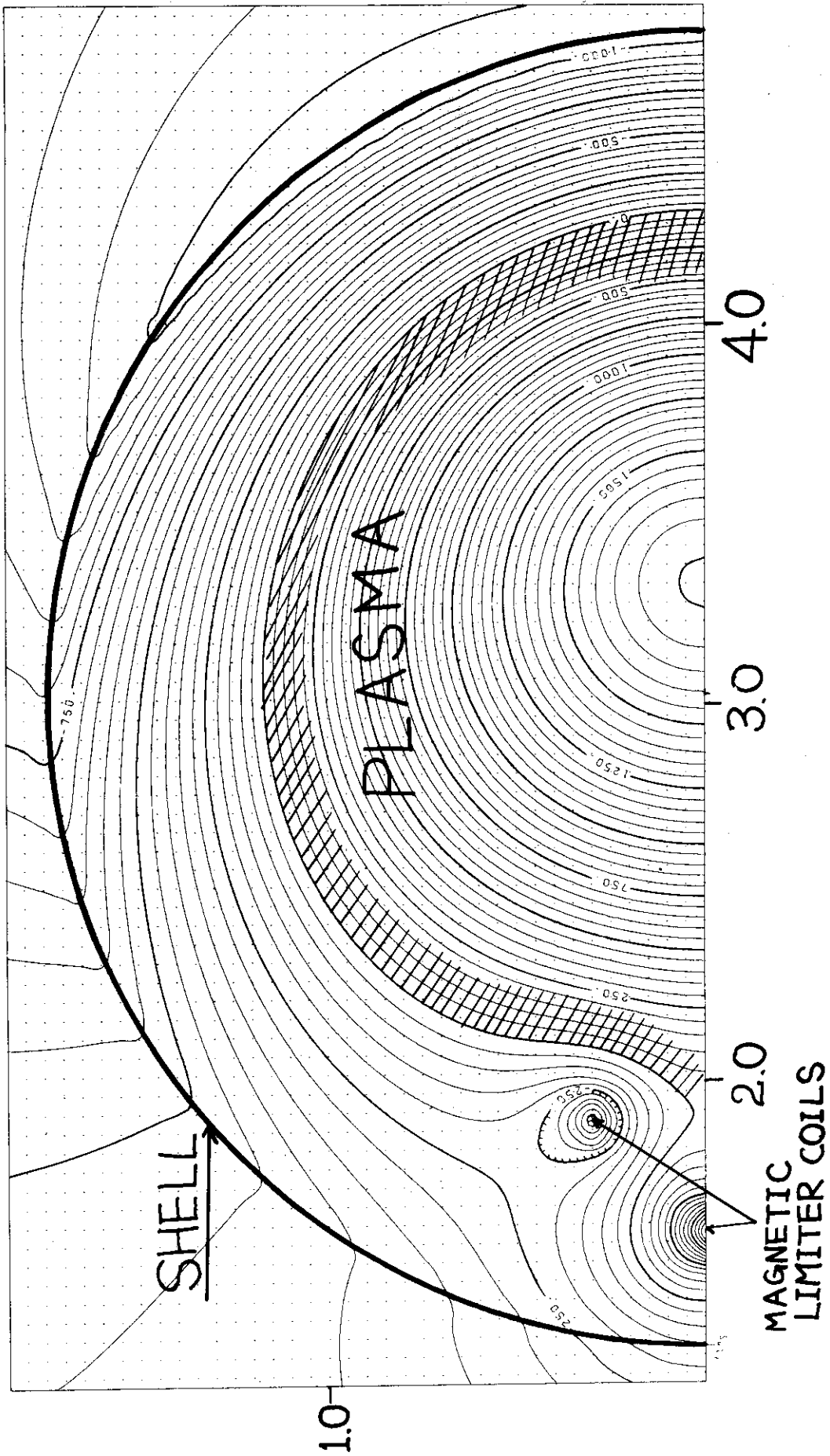


図4 アウト・ブット平衡磁場配位の等磁束面

FLOW CHART

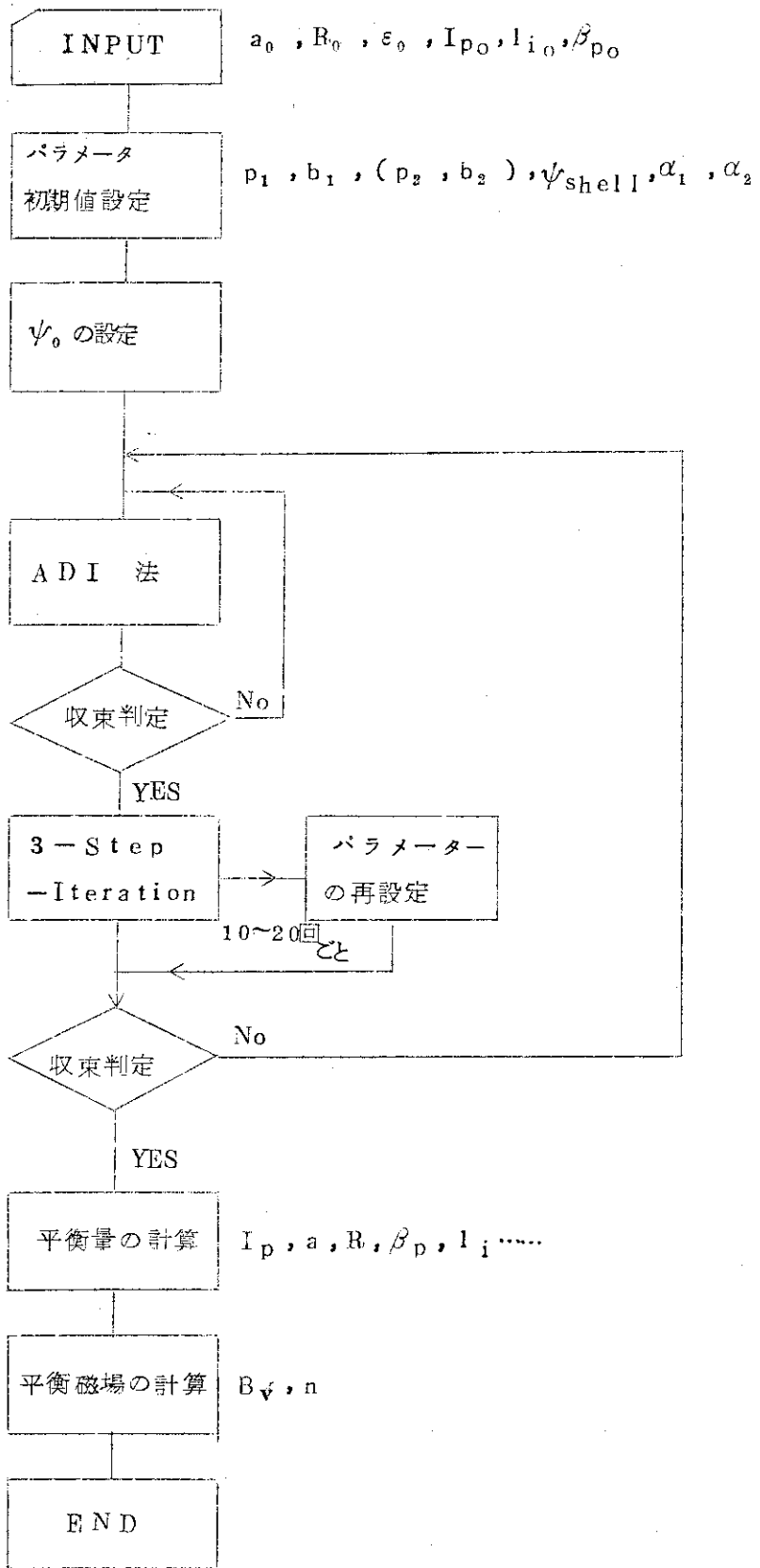


図5 コードの大まかな流れ図

付録 I

*** INPUT DATA *** FGI 75U120-1

CARD NO.1

EPS 0.00001
 EPS1 0.00500
 RHC -CAL 20.00000
 G 0.45000
 ALAMFA 0.24000
 ANU -CAL 0.0
 DELPS 0.0
 PF 0.0
 GCC 0.50000
 BETA 0.50000

CARD NO.2

1/273 -- PARAL(0)IC/FLAT/SHARP
 IPRCFL 1
 ILIP 0
 INOUBL 0
 ITAPT 3
 ITP 20
 NMAX 240
 ICARC 1
 ICISR 3

CARD NO.3

X1 1.27500
 X2 4.77500
 Y1 0.0
 Y2 1.77500

CARD NO.4

V1 0.0
 RC 3.02600
 AA 1.72500
 ES2 0.0
 ES3 0.0

CARD NO.5

A 0.0
 BX 0.0
 BY 0.0
 VRTLIT 0.0
 RLIP 0.0
 ZLIK 0.0
 EV 0.0

CARD NO.6

PSIS -0.66217
 ATP (KA) 3330.00000
 AP 1.15000
 RP 3.10000
 ELPG 0.95700

CARD NO.7

NX 73
 NY 38
 MESHDS 1

CARD NO.8

TIMAX 35.00000

CURRENT DISTRIBUTION (PARABOLIC)

J = (P2*H + I2/R) * PSI

P0 0.0
 P1 0.0
 P2 2.40000E-01
 B0 0.0
 B1 0.0
 B2 2.22411E 00

CARD NO.9

TOTALJ 0.0
 MRING 3.02600
 ARING 1.72500
 MR 120
 IF 2
 A1(1) -150.00000
 A1(2) 120.00000

CARD NO.9

IDIVFS 2
 IDIV 3
 ISEPSF 1
 SEPAZO 1.90000
 SEPAVO 0.0

DIVETER COIL (CURRENT(KA),POSITION(R,Z))

1000.00000 1.60000 0.0
 -500.00000 1.90000 0.30000
 -500.00000 1.90000 -0.30000

USED DIMENSION A SIZE 14733

付録 2

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V-05-L-01) COMPILATION 75.01.20 PAGE 1

```

C      MAIN
C*****
C      EWUL=UT60
C      PLASMA EQUILIBRIUM WITH SHELL FOR DESIGN OF UT-60
C      JAERI THERMONUCLEAR FUSION AB. AKAHARA
C      APPOINTING MAJOR RADIUS
C      MINOR RADIUS
C      CURRENT
C      ELLIPTICITY
C      SEPARATRIX
C*****
1  DIMENSION A(20000)
2  COMMON / SEISU / A(20) ,K15
C*****
3  10 DO 1 I=1,20000
4  1 A(I)=0.
5  CALL INPUT(NX,NY,ID,IT,MESHDB) ← 入力データの読み込み
6  N=1
7  30 CALL SEIGO(NX,NY,ID,IT,N,MESHDB,A) ← 主要部
8  N=N+1
9  IF (N.LE.MESHDB) GO TO 40
10 → CALL EWUL(NX,NY,A(K(1)),A(K(2)),A(K(3)),A(K(4)),A(K(5)),A(K(6)),
    * A(K(7))) ← 平衡量の計算
11 → CALL JIB(A(NX,NY,A(K(1)),A(K(2)),A(K(3)),A(K(4)),A(K(5)),A(K(6)),
    * A(K(7)),A(K(8)),A(K(9)),A(K(10)),A(K(11)),A(K(12))) ← 磁場の計算
12 → CALL CUNIOR(NX,NY,IT,A(K(1)),A(K(2)),A(K(3)),A(K(4)),A(K(5)),
    * A(K(6)),A(K(7)),A(K(8)),A(K(9)),A(K(10))) ← 等価線面プロットのためのデータ整理
13 → CALL CHECK(NX,NY,A(K(1)),A(K(2)),A(K(3)),A(K(4)),A(K(5)),A(K(6)),A(K(7)),
    * A(K(8)),A(K(9)),A(K(10)),A(K(11)),A(K(12)),A(K(13))) ← 結果のチェック
14 → IF (IT,EW,1,OR,IT,EW,3) CALL PLOTER(NX,A(K(5))) ← グラフのプロット
15 GO TO 10
16 20 CONTINUE
17 NXD=2*NX-3
18 NYD=2*NY-3
19 → CALL HUKAN(NX,NY,NXD,NYD,A(K(1)),A(K(2)),A(K(3)),A(K(4)),A(K(5)),
    * A(K(6)),A(K(7)),A(K(8)),A(K(9)),A(K(10)),A(K(11))) ← マッシュの増設
20 NX=NXD
21 NY=NYD
22 GO TO 30
23 END

C ** SEIGO 主要部
1 SUBROUTINE SEIGO(NX,NY,ID,IT,KAISU,MESHDB,A)
2 COMMON / SEISU / A(20) ,K15
3 DIMENSION A(1)
4 CALL PRINT(NX,NY,ID,IT,MESHDB)
5 CALL SSET(NX,NY,ID,NX*2)
6 IF (KAISU.EW,1) K15=K(15)
7 → CALL SHELL(NX,NY,A(K(1)),A(K(2)),A(K(3)),A(K(4)),A(K(5)),A(K(6)),
    * A(K(7)),A(K(8)),A(K(9)),A(K(10)),A(K(11))) ← シェルの設定
8 → CALL SPOKTI(NX,NY,KAISU,A(K(1)),A(K(2)),A(K(15)),A(K(7)),A(K(5)),
    * A(K(15)),A(K(17))) ← 初期値の設定
9 IP=1

```

```

10 IF(KAISU.LT.MESHDB) IP=0 716
11 CALL HANPKU(IP,NX,NX2,NY,A(K(1)),A(K(2)),A(K(3)),A(K(4)),A(K(5)),
      * A(K(6)),A(K(7)),A(K(8)),A(K(9)),A(K(10)),A(K(11)),A(K(12)),
      * A(K(13)),A(K(14)),A(K(15)),A(K(16)),A(K(17)),A(K(18)),A(K(19))) 72-
      C*****
12 K15=k(15) 721
13 RETURN 722
14 END 723

C ** INPUT 入力データの読み込み 724
1 SUBROUTINE INPUT(NX,NY,IDOUBL,ITAPP,MESHDB)
2 COMMON/COMM / AIP,AP,RP,ELPO,BVKAKC,AJKAKE,OKAKE
3 COMMON / SHOK / PCEN
4 COMMON / JTR / PD,P1,P2,B0,B1,B2,IPROFL
5 COMMON / RING / A,RX,RY,VRTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
6 COMMON / INPT / EPS,EPS1,RHO,G,ALAMDA,ANU,PM,X1,X2,Y1,Y2,PSIS,BETA
7 COMMON / SHAPE / KO,AA,ES2,ES3,YO
8 COMMON / FAC / CCC
9 COMMON / PRNT / NPR,NMAX
10 COMMON/ VERTFL / BV
11 COMMON / ZEIT / TIMAX
12 COMMON/ DISK / IDISK
13 COMMON / RUNC / ICARD
14 COMMON / RINGC / TOTALJ,RRING,ARING,MR,IF,AI(10)
15 COMMON /DIVETH/ ADV(50),RDV(50),ZDV(50),HDIV(100,50)
16 COMMON /SEPA / ISEPA, XSPCAL,PSISEP,SEPA0,SEPAYO
17 COMMON / ELLIP / ELL(5000)
18 COMMON / TYPE / CASE(4)
19 COMMON /PLOFL4 / DELPS
20 COMMON / DIVLIM / IDIVPS, IDIV, ISEPSF, XLIMD1, XLIMD2, YLIMD1, YLIMD2,
      * ILIMD1, ILIMD2, JLIMD1, JLIMD2, LMTX, LMTY

C
21 PAI=3.14159265358979
22 READ(5,90,END=999)(CASE(I),I=1,4)
23 READ(5,100) EPS,EPS1,RHO,G,ALAMDA,ANU,DELPS
24 READ(5,100) PM,CCC,BETA
25 READ(5,110) IPROFL,ILIM,IDOUBL,ITAPP,NPR,NMAX,ICARD,IDISK
26 READ(5,100) X1,X2,Y1,Y2
27 READ(5,100) YO,RO,AA,ES2,ES3
28 READ(5,100) A,RX,RY,VRTLMT,RLIM,ZLIM,BV
29 READ(5,100) PSIS,AIP,AP,RP,ELPO
30 READ(5,110) NX,NY,MESHDB
31 READ(5,100) TIMAX
32 READ(5,100) TOTALJ,RRING,ARING
33 READ(5,110) MR,IF
34 IF(IF.EQ.0) GO TO 40
35 READ(5,100) (AI(I),I=1,IF)
36 40 CONTINUE
37 READ(5,110) IDIVPS, IDIV, ISEPSF
38 IF(IDIVPS.EQ.0) GO TO 50
39 READ(5,100) SEPA0,SEPAYO
40 DO 45 I=1,IDIV
41 45 READ(5,100) ADV(I),RDV(I),ZDV(I)
42 IF(IDIVPS.EQ.3) READ(5,100) XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2
43 50 CONTINUE
44 READ(10) ELL

C
45 PCEN=1.E-7*(AIP*1.E3)*KO
46 Y1=0.0
47 PU=0.
    
```



```

48      BU=0.
49      GO TO (10,20,30,20),IPROFL
      C
50      10 CONTINUE
51         P1=0.
52         P2=ALAMDA
53         R1=0.
54         B2=P2*RP/BETA*(RP+SQRT(RP**2-AP**2))/2.*(1.-BETA)
55         RETURN
      C
56      20 P1=P41*4.,E=7*(AIP*1.,E+3)*BETA/PAI/ P**2/RP
57         B1=P1*RP/BETA*(RP+SQRT(RP**2-AP**2))/2.*(1.-BETA)
58         P2=0.0
59         B2=0.0
60         RETURN
      C
61      30 CONTINUE
62         P1=ALAMDA
63         P2=ANU
64         B1=P1*0.5*SQRT(R0*R0-AA*AA)/R0*(1.0-BETA)/BETA
65         B2=0.0
66         RETURN
67      999 STOP 9999
68         90 FORMAT(4A4)
69         100 FORMAT(8F10.0)
70         110 FORMAT(8I10)
71         END

```

IP 1150
IP 1160
IP 1480

```

      C **    PRINT    入力-9の出力
1    SUBROUTINE PRINT(NX,NY,IDOUBL,ITAPL,MESHDB)
2    COMMON / JTR / PU,P1,P2,B0,B1,B2,IPROFL
3    COMMON/COMM / AIP,AP,RP,ELPO,BVKAKE,AJKAKE,OKAKE
4    COMMON / SHOK / PCEN
5    COMMON / INPT / EPS,EPS1,RHO,G,ALAMDA,ANU,PM,X1,X2,Y1,Y2,PSIS,BETA
6    COMMON / RING / A,RX,RY,VRTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
7    COMMON / SHAPE / R0,AA,ES2,ES3,Y0
8    COMMON / FAC / CCC
9    COMMON / PRNT / NPR,NMAX
10    COMMON/ VERTEL / BV
11    COMMON / ZEIT / TIMAX
12    COMMON / RUNCH / ICARD
13    COMMON /RINGC / TOTALJ,RRING,ARING,PR,IF,AI(10)
14    COMMON /DIVE TK/    ALV(50),RDV(50),ZDV(50),HDIV(100,50)
15    COMMON /SEPA / ISEPA,    XSPCAL,PSISEP,SEPA0,SEPAY0
16    COMMON / TYPE / CASE(4)
17    COMMON /PLOFL4 / DELPS
18    COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPSF,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
19    *    ILIMD1,    ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
20    COMMON/ DISK / IDISK
21    *WRITE(6,200) (CASE(I),I=1,4)
22    *WRITE(6,201) EPS,EPS1,RHO,G,ALAMDA,ANU,DELPS,PM,CCC,BETA
23    *WRITE(6,202) IPROFL,ILIM,IDOUBL,ITAPL,E,NPR,NMAX,ICARD,IDISK
24    *WRITE(6,203) X1,X2,Y1,Y2
25    *WRITE(6,204) Y0,R0,AA,ES2,ES3
26    *WRITE(6,205) A,RX,RY,VRTLMT,RLIM,ZLIM,BV
27    *WRITE(6,206) PSIS,AIP,AP,RP,ELPO
28    *WRITE(6,207) NX,NY,MESHDB
29    *WRITE(6,213) TIMAX
30    GO TO (10,20,30,35),IPROFL

```

```

31      GO TO 40
32      20 *WRITE(6,210)
33      GO TO 40
34      30 *WRITE(6,211)
35      GO TO 40
36      35 *WRITE(6,1212)
37      40 *WRITE(6,212)P0,P1,P2,BU,B1,B2
38      *WRITE(6,215) TOTALJ,RRJNG,ARJNG,MR,IF
39      IF(IF,EQ,0) GO TO 45
40      DO 60 I=1,IF
41      60 *WRITE(6,214) I,A(I)
42      45 CONTINUE
43      50 CONTINUE
44      *WRITE(6,219) IDIVPS,IDIV,ISEPSF
45      IF(IDIVPS,EQ,0) GO TO 70
46      IF(IDIVPS,EQ,3) *WRITE(6,218)XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2
47      *WRITE(6,220) SEPAX0,SEPAY0
48      *WRITE(6,216)
49      DO 65 I=1,IDIV
50      65 *WRITE(6,217) ADV(I),RDV(I),ZDV(I)
51      70 CONTINUE
52      RETURN
53
54      200 FORMAT('1'//10X,'*** INPUT DATA *** '1,4A4/)
55      201 FORMAT(/10X,'CARD NO.1'/
*          /15X,'EPS'      'F15.5
*          /15X,'EPS1'     'F15.5
*          /15X,'RHO'      -CAL'F15.5
*          /15X,'G'        'F15.5
*          /15X,'ALAMDA'   'F15.5
*          /15X,'ANU'      -CAL'F15.5
*          /15X,'DELPS'    'F15.5
*          /15X,'PM'       'F15.5
*          /15X,'CCC'      'F15.5
*          /15X,'BETA'     'F15.5
*          )
56      202 FORMAT(/10X,'CARD NO.2'/
*          /15X,'IPROFL'    'I10,' 1/2/3 -- PARABOLIC/FLAT/SHARP'
*          /15X,'ILIM'     'I10,
*          /15X,'IDOUBL'    'I10
*          /15X,'ITAPE'     'I10
*          /15X,'NPR'       'I10
*          /15X,'NMAX'      'I10
*          /15X,'ICARD'     'I10
*          /15X,'IDISK'     'I10
*          )
57      203 FORMAT(/10X,'CARD NO.3'/
*          /15X,'X1'        'F15.5
*          /15X,'X2'        'F15.5
*          /15X,'Y1'        'F15.5
*          /15X,'Y2'        'F15.5
*          )
58      204 FORMAT(/10X,'CARD NO.4'/
*          /15X,'Y0'        'F15.5
*          /15X,'R0'        'F15.5
*          /15X,'AA'        'F15.5
*          /15X,'ES2'       'F15.5
*          /15X,'ES3'       'F15.5
*          )
59      205 FORMAT(/10X,'CARD NO.5'/
*          /15X,'A'         'F15.5
*          /15X,'RX'        'F15.5
*          /15X,'RY'        'F15.5

```

```

FACOM 230-60   FORTRAN D  -730801-  (V-05,L-01)   COMPILATION   75.01.20   PAGE   5

*          /15X,'VRTLMT'      'F15.5
*          /15X,'RLIM'       'F15.5
*          /15X,'ZLIM'       'F15.5
*          /15X,'BV'         'F15.5
*          )
59  206 FORMAT(/10X,'CARD NO.6'/
*          /15X,'PSIS'       'F15.5
*          /15X,'ATP (KA)'   'F15.5
*          /15X,'AP'         'F15.5
*          /15X,'KP'         'F15.5
*          /15X,'ELPU'       'F15.5
*          )
60  207 FORMAT(/10X,'CARD NO.7'/
*          /15X,'NX'         'I10
*          /15X,'NY'         'I10
*          /15X,'MESHUB'     'I10
*          )
61  213 FORMAT(/10X,'CARD NO.8'/
*          /15X,'TMAX'       'F15.5
*          )
62  209 FORMAT(/10X,'CURRENT DISTRIBUTION (PARABOLIC)'
*          /15X,'J = ( P2*R + b2/R ) * PS1')
63  210 FORMAT(/10X,'CURRENT DISTRIBUTION (FLAT)'
*          /15X,'J = P1*R + B1/R')
64  211 FORMAT(/10X,'CURRENT DISTRIBUTION (SHARP)'
*          /15X,'J = ( P1*R + b1/R ) * (EXP(P2*PS1)-1)')
65  1212 FORMAT(/10X,'CURRENT DISTRIBUTION (PARABOLIC+FLAT)'
*          /15X,'J=(P1*R+B2/R)*PS1/DELPS (PS,LE,DELPS)'
*          /15X,'J=P1*R+B1/R (PS,GT,DELPS ')
66  212 FORMAT(/15X,'P0'      'IPE15.5
*          /15X,'P1'      'IPE15.5
*          /15X,'P2'      'IPE15.5
*          /15X,'B0'      'IPE15.5
*          /15X,'B1'      'IPE15.5
*          /15X,'B2'      'IPE15.5
67  214 FORMAT(15X,'A|('I11.))  'F15.5
*          )
68  215 FORMAT(/10X,'CARD NO.9'/
*          /15X,'TOTALJ'    'F15.5
*          /15X,'RRING'    'F15.5
*          /15X,'AKING'    'F15.5
*          /15X,'MK'       'I10
*          /15X,'IF'       'I10
*          )
69  216 FORMAT(/10X,'DIVETER COIL (CURRENT(KA)+POSITION(R,Z))'/)
70  217 FORMAT(15X,3F15.5)
71  218 FORMAT(/15X,'XLIMD1'  'IPE15.5
*          /15X,'YLIMD2'  'IPE15.5
*          /15X,'XLIMD2'  'IPE15.5
*          /15X,'YLIMD1'  'IPE15.5
*          )
72  219 FORMAT(/10X,'CARD NO.9'/
*          /15X,'IDIVPS'   'I10
*          /15X,'IDIV'    'I10
*          /15X,'ISEPSF'  'I10
*          )
73  220 FORMAT(/15X,'SEPAXU'  'F15.5
*          /15X,'SEPAYC'  'F15.5
*          )
74  END
    
```

```

C ** SSET 乱数領域の割振り
1 SUBROUTINE SSET(NX,NY,JD,NX2) ST 1000
2 COMMON / SEISU / K(20),K12 ST 1010
C **** 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 ST 1030
C **** IL,IU,JL,JU,X,DZ,Y,DR1,DR2,ALPHA,B,C,D,XX,H,I,U,V,W ****ST 1020
3 NX2=2*NY
4 IF(NX.GT.NX2) NX2=NX
5 IDBL=1 ST 1040
6 IF(ID.NE.0) IDBL=2 ST 1050
7 K(1) = 1 ST 1060
8 K(2) = K(1) + NY ST 1070
9 K(3) = K(2) + NY ST 1080
10 K(4) = K(3) + NX ST 1090
11 K(5) = K(4) + NX ST 1100
12 K(6)=K(5)+NX*IDBL
13 K(7)=K(6)+NX*IDBL
14 DO 5 I=8,10
15 5 K(I)=K(I-1)+NY*IDBL
16 DO 10 I=11,15
17 10 K(I) = K(I-1) + NX2 * IDBL ST 1130
18 NN = NX * NY * IDBL ST 1140
19 DO 20 I=16,20
20 K(I) = K(I-1) + NN ST 1160
C ST 1170
21 WRITE(6,200) K(20)
22 200 FORMAT(/10X,'USED DIMENSION A SIZE ',110//) ST 1190
23 RETURN ST 1200
24 END ST 1210

```

```

C ** HOKAN フラッシュ増倍のための内挿
1 SUBROUTINE HOKAN(NX,NY,NXD,NYD,IL,IU,JL,JU,DZ,DR1,DR2,V,U)
2 COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETAR
3 DIMENSION V(NXD,NYD),U(NX,NY),IL(NX),IU(NY),JL(NX),JU(NX),
* DZ(NX),DR1(NY),DR2(NY)
4 DO 1 J=1,NY-1
5 JJ=2+J-1
6 IS2=IU(J+1)
7 IB1=IU(J)
8 IB2=IU(J+1)
9 DO 2 I=1,NX-1
10 II=2+I-1
11 JB1=JU(I)
12 JB2=JU(I+1)
13 V(II+1,JJ+1)=U(I+1,J+1)
14 IND2=0
15 IND3=0
16 IND4=0
17 IF(J+1.GE.JB1) IND2=1
18 IF(J+1.GE.JB2) IND3=1
19 IF(J .GE. JB2) IND4=1
20 N1=IND2+IND3
21 N2=IND3+IND4
22 IF(N1.NE.0.AND.N1.NE.2) GO TO 3
23 V(II,JJ+1)=0.5*(U(I,J+1)+U(I+1,J+1))
24 GO TO 4
25 3 IF(I.LT.IS2.OR.I+1.GT.IB2) GO TO 4
26 U1=THETA1*0.5
27 D2=D1
28 IF(I.EQ.IS2) D1=DR1(J+1)-U2
29 IF(I+1.EQ.IB2) D2=DR2(J+1)-D2

```

```

30      V(I1,JJ+1)=(D1*U(I+1,J+1)+D2*U(I+1,J))/ (D1+D2)
31      4 IF(N2,NE.0.AND,N2,NE.2) GO TO 5
32      V(I1+1,JJ)=0.5*(U(I+1,J+1)+U(I+1,J))
33      GO TO 2
34      5 IF(J,GE,JB2) GO TO 2
35      D1=THETA2*0.5
36      D2=D1
37      IF(J+1.EQ,JB2) D2=DZ(I+1)-D1
38      V(I1+1,JJ)=(D1*U(I+1,J+1)+D2*U(I+1,J))/ (D1+D2)
39      2 CONTINUE
40      1 CONTINUE
41      DO 6 J=1,NY-1
42      JJ=2*J-1
43      IS1=IL(J)
44      IS2=IL(J+1)
45      IB1=IU(J)
46      IB2=IU(J+1)
47      DO 7 I=1,NX-1
48      II=2*I-1
49      JB1=JU(I)
50      JB2=JU(I+1)
51      IND1=0
52      IND2=0
53      IND3=0
54      IND4=0
55      IF(J,GE,JB1) IND1=1
56      IF(J+1,GE,JB1) IND2=1
57      IF(J+1,GE,JB2) IND3=1
58      IF(J,GE,JB2) IND4=1
59      N1=IND1+IND3
60      N2=IND2+IND4
61      N3=N1+N2
62      IF(N3,NE.0.AND,N3,NE.4) GO TO 8
63      V(II,JJ)=0.25*(U(I,J)+U(I+1,J)+U(I,J+1)+U(I+1,J+1))
64      GO TO 7
65      8 IF(N1,NE.0.AND,N1,NE.2) GO TO 9
66      V(II,JJ)=0.5*(U(I,J)+U(I+1,J+1))
67      GO TO 7
68      9 IF(N2,NE.0.AND,N2,NE.2) GO TO 10
69      V(II,JJ)=0.5*(U(I,J+1)+U(I+1,J))
70      GO TO 7
71      10 IF(IND1+IND2.EQ.1)V(II,JJ)=0.5*(V(II-1,JJ)+V(II+1,JJ))
72      IF(IND2+IND3.EQ.1)V(II,JJ)=0.5*(V(II,JJ-1)+V(II,JJ+1))
73      7 CONTINUE
74      6 CONTINUE
75      RETURN
76      END

```

```

C ** SHELL
1  SUBROUTINE SHELL(NX,NY,IL,IU,JL,JU,X,DZ,Y,DR1,DR2,H,U)
2  DIMENSION IL(NY),IU(NY),JL(NX),JU(NX),Y(NY),X(NX),H(NX,NY),
   * U(NX,NY),DR1(NY),DR2(NY),DZ(NX)
3  COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THETA2,THETA2,THETA,THETA
4  COMMON / INPT / EPS,EPS1,RHO,G,ALA,DA,ANU,PM,X1,X2,Y1,Y2,PSIS,BETA
5  COMMON / RING / A,RX,RY,VRLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
6  COMMON / F / R,Z
7  COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPSF,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
   * ILIMD1, ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
8  COMMON /SEPA / ISEPA, XSPCAL,SISEP,SEPA0,SEPAY0
9  EXTERNAL FUNCRA,FUNCZA

```

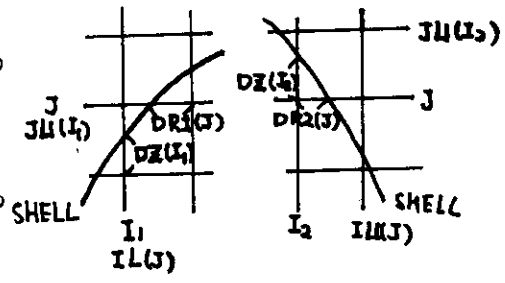
```

10      EP =1,E-5
11      C
12      THETA1 = (X2-X1)/(NX-3)
13      THETA2 = (Y2-Y1)/(NY-3)
14      THET12 = THETA1**2
15      THET22 = THETA2**2
16      THETA = THET12/THET22
17      THETAR = 1.0/THETA
18      LMT=(VRTLMT-X1)/THETA1+2
19      IF(VRTLMT.EQ.0.0) LMT=1000
20      LR=(RLIM-X1)/THETA1+2
21      LZ=(ZLIM-Y1)/THETA2+2
22      IF(DIVPS.EQ.0) GO TO 5
23      LMTX=(SEPAXO-X1)/THETA1+2
24      LMTY=(SEPAYO)/THETA2+2
25      IF(DIVPS.NE.3) GO TO 5
26      ILIMD1=(XLIMD1-X1)/THETA1+2
27      JLIMD1=(YLIMD1-Y1)/THETA2+2
28      JLIMD2=(YLIMD2-Y1)/THETA2+2
29      5 CONTINUE
30      DO 10 I=1,NX
31      10 X(I)=X1+(I-2)*THETA1
32      DO 20 I=1,NY
33      20 Y(I)=Y1+(I-2)*THETA2
34      C
35      DO 30 I=1,NX
36      E = X(I)
37      DO 30 J=1,NY
38      F = Y(J)
39      30 U(I,J)=FUNCG(E,F)
40      C
41      C SHELL
42      DO 45 J=1,NY
43      Z=Y(J)
44      DO 41 I=1,NX
45      41 IF(U(I,J).LT.0.) GO TO 42
46      42 I2=I+1
47      IL(J)=I2-2
48      IF(IL(J).LT.2) IL(J)=2
49      K=IL(J)
50      CALL HASAMI(0.0,FUNCRA,X(K),X(K+1),ANS,EP)
51      DR1(J)=X(K+1)-ANS
52      DO 43 I=I2,NX
53      43 IF(U(I,J).GE.0.) GO TO 44
54      IU(J)=I
55      IF(IU(J).GE.NX) IU(J)=NX-1
56      K=IU(J)
57      CALL HASAMI(0.0,FUNCRA,X(K-1),X(K),ANS,EP)
58      DR2(J)=ANS-X(K-1)
59      45 CONTINUE
60      DO 50 I=1,NX
61      R=X(I)
62      DO 46 J=1,NY
63      46 IF(U(I,J).LT.0.) GO TO 47
64      J2=J+1
65      JL(I)=J2-2
66      IF(JL(I).LT.1) JL(I)=1
67      DO 48 J=J2,NY
48      IF(U(I,J).GE.0.) GO TO 49
49      JU(I)=J
IF(JU(I).GE.NY) JU(I)=NY-1

```

SL 1060
SL 1070
SL 1080
SL 1090
SL 1100
SL 1110
SL 1120

SL 1100
SL 1190
SL 1200
SL 1200
SL 1200
SL 1200
SL 1200
SL 1200
SL 1200
SL 1200



```

68      K=JU(1)
69      CALL HASAMI(0,0,FUNCZA,Y(K-1),Y(K),ANS,EP )
70      DZ(1)=ANS-Y(K-1)
71      50 CONTINUE
C
72      WRITE(6,203)
73      MOJI = 'IL = '
74      *WRITE(6,200) MOJI
75      *WRITE(6,201) (IL(J),J=1,NY)
76      MOJI = 'IU = '
77      *WRITE(6,200) MOJI
78      *WRITE(6,201) (IU(J),J=1,NY)
79      MOJI = 'JL = '
80      *WRITE(6,200) MOJI
81      *WRITE(6,201) (JL(I),I=1,NX)
82      MOJI = 'JU = '
83      *WRITE(6,200) MOJI
84      *WRITE(6,201) (JU(I),I=1,NX)
C
85      IF (ILIM,E0,0) RETURN
86      WRITE(6,204) LK,LZ
87      204 FORMAT(/10X,'LIMITER POINT ('.13,','.13,')')
88      RETURN
89      200 FORMAT(/10X,A4)
90      201 FORMAT(2X,40I3)
91      203 FORMAT(/////10X,'SHELL SHAPE'///)
92      END

```

SL 1600
SL 1600
SL 1600
SL 1600
SL 1600
SL 1600
SL 1600
SL 1600
SL 1700
SL 1700
SL 1700
SL 1700
SL 1700
SL 1780

```

C **  形状の計算
1      FUNCTION FUNCG(X,Y)
2      COMMON / SHAPE / KO,AA,ES2,ES3,YO
3      R=SQRT((X-RO)**2+(Y-YO)**2)
4      IF (X,E0,RO) GO TO 100
5      T=ATAN((Y-YO)/(X-RO))
6      IF (X,LT,RO) T=T+3.14159265358979
7      GO TO 110
8      100 T=1.57079633
9      IF (Y,LT,YO) T=-T
10     110 FUNCG=R*R*((1,0-ES2*COS(2,0*T))-R/AA*ES3*COS(3,*T))-AA*AA
11     RETURN
12     END

```

```

C **  任意の位置での計算
1      SUBROUTINE RINGA(MR,TOTALJ,RR,ING,A [NG,IF,A],RR,RZ,AR)
2      DIMENSION A1(IF),RR(MR),RZ(MR),AR(MR),BI(10)
3      PAI=3.14159265358979
4      IF (IF,E0,0) GO TO 6
5      DO 5 J=1,IF
6      BI(J)=A1(J)*2.*PAI*ARING/MR
7      5 CONTINUE
8      6 CONTINUE
9      DO 10 I=1,MR
10     OMEGA=2.*PAI/MR*(I-1)
11     RR(I)=RRING+AHING*COS(OMEGA)
12     RZ(I)=ARING*SIN(OMEGA)
13     AR(I)=TOTALJ/MR
14     IF (IF,E0,0) GO TO 10
15     DO 20 J=1,IF

```

```

16 AR(I)=AR(I)+BI(J)*COS(OMEGA*J)
17 20 CONTINUE
18 10 CONTINUE
19 RETURN
20 END
    
```

```

C ** SHOKTI 初期値、初期環境の設定
1 SUBROUTINE SHOKTI(NX,NY,KA)SU,IL,IV,Y,X,H,U)
2 COMMON / SHOX / PCEN
3 COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETAR
4 COMMON / INPT / EPS,EPS1,RHO,G,ALPHA,DA,ANU,PM,X1,X2,Y1,Y2,PSIS,BETA
5 COMMON / RING / A,RX,RY,VRTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
6 COMMON / FAC / CCC
7 COMMON / SHAPE / RO,AA,ES2,ES3,YO
8 COMMON / RINGC / TOTALJ,RRING,ARING,MR,IF,AI(10)
9 COMMON / DIVETR / ADV(50),RDV(50),ZDV(50),MDIV(100,50)
10 COMMON / RRRZAR / RR(500),RZ(500),AR(500),ARV(500),ARQ(500),
    * HV(100,50),HQ(100,50)
11 COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPSF,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
    * ILIMD1, ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
12 COMMON / DISK / IDISK
13 DIMENSION Y(NY),X(NX),H(NX,NY),U(NX,NY), V(NX,NY),JL(NY),IU(NY) SK 1000
14 PAI=3.14159265358979
    
```

```

C SK 1000
C SHOKITI O TSUKURU SK 1200
    
```

```

15 IF(KA)SU,GE,2) GO TO 41
16 NXD=(NX+1)/2
17 FACTOR=4.0*PCEN/U(NXD,2)
18 FACTOR=FACTOR*CCC
19 DO 40 I=1,NX SK 1200
20 DO 40 J=1,NY SK 1200
21 40 U(I,J)=FACTOR*U(I,J)+PSIS ← 初期値
22 GO TO 43
23 41 DO 42 J=1,NY
24 DO 42 I=1,NX
25 42 U(I,J)=V(I,J)
26 DO 44 J=1,NY
27 DO 44 I=1,NX
28 44 H(I,J)=0.
29 43 CONTINUE
30 DO 53 J=1,NY
31 L=IL(J)
32 M=IU(J)
33 DO 51 I=1,L
34 51 U(I,J)=PSIS
35 DO 52 I=M,NX
36 52 U(I,J)=PSIS
37 53 CONTINUE
    
```

```

C SK 1300
38 IF(A.EQ,0.) GO TO 60
39 DO 10 I=1,NX SK 1000
40 E=X(I) SK 1000
41 DO 10 J=1,NY SK 1000
42 F=Y(J)-RY SK 1100
43 AKK= 4.0*RX *E/((RX+E)**2 + F**2) SK 1100
44 CALL CEP12S(AKK,0,ZK,ZE,ILL) SK 1100
45 IF(ILL.NE,0) WRITE(6,200)ILL SK 1100
46 200 FORMAT(/10X,'ERROR IN CEP12 (SHOKTI) * CODE =',I6/) SK 1100
47 ZR= SQRT(RX*E) SK 1100
48 10 H(I,J)= A*ZR*((1.0-0.5*AKK)*ZK - ZE)/ SQRT(AKK) SK 1100
    
```


FACUM 230-60 FORTRAN D -730601- (V-05,L-01) COMPILAT

```

49      60 CONTINUE
50      IF (TOTALJ.EQ.0.,AND.IF.EQ.0) GO TO 61
51      CALL RINGA(MR,TOTALJ,RR,ING,AR,ING,IF,AI,RR,RZ,AR)
52      CALL RINGA(MR,TOTALJ,RR,ING,AR,ING,1,AI,RR,RZ,ARV)
53      DO 1000 I=1,MR
54      OMEGA=360./MR*(I-1)
55      *WRITE(6,1010) I,OMEGA,RR(I),RZ(I),AR(I)
56      1010 FORMAT(5X,13,4F15,5)
57      1000 CONTINUE
58      DO 75 I=1,MR
59      75 AR0(I)=AR(I)-ARV(I)
60      DO 63 I=1,NX
61      DO 63 J=1,NY
62      HV(I,J)=0.
63      HW(I,J)=0.
64      DO 63 K=1,MR
65      CALL FIELD(X(I),Y(J),RR(K),RZ(K),ARV(K),APSI)
66      APSI=APSI*1.E+3
67      HV(I,J)=HV(I,J)+APSI ← 垂直磁場
68      APSI=APSI*AR0(K)/ARV(K)
69      HW(I,J)=HW(I,J)+APSI ← 四重極磁場
70      H(I,J)=HV(I,J)+HW(I,J)
71      63 CONTINUE
72      61 CONTINUE
73      IF (IDIVPS.EQ.0) GO TO 70
74      DO 65 I=1,NX
75      DO 65 J=1,NY
76      HDIV(I,J)=0.0
77      DO 66 K=1,IDIV
78      CALL FIELD(X(I),Y(J),RDV(K),ZDV(K),ADV(K),APSI)
79      APSI=APSI*1.E+3
80      HDIV(I,J)=HDIV(I,J)+APSI ← 磁感力線-磁場
81      H(I,J)=H(I,J)+HDIV(I,J)
82      70 CONTINUE
83      *WRITE(6,201)
84      201 FORMAT(///10X,'VACUUM FIELD')
85      DO 20 J=2,NY,5
86      20 *WRITE(6,202)(H(I,J),I=2,NX,5)
87      202 FORMAT(1X,1P10E12,3)
88      *WRITE(6,301)
89      301 FORMAT(/10X,'VERTICAL MAGNETIC FIELD')
90      DO 300 I=2,NX-1
91      B=(H(I+1,2)-H(I-1,2))/THETA1/2./X(I)
92      *WRITE(6,302) I,X(I),B
93      302 FORMAT(12,2F12,5)
94      300 CONTINUE
C
95      NC = 0
96      *WRITE(6,210)NC
97      210 FORMAT(/2X,'NC=',14)
98      IF (IDISK.EQ.1.OR.IDISK.EQ.3)
99      *READ(2) ((U(I,J),I=1,NX),J=1,NY)
100     3 CONTINUE
101     DO 50 J=2,NY,5
102     50 *WRITE(6,202) (U(I,J),I=2,NX,5)
103     208 FORMAT(6E12,5)
104     RETURN
104     END

```

C ** HANPKU 反復計算

```

1       SUBROUTINE HANPKU(IP,NX,NX2,NY,IL,IO,JL,JU,X,DZ,Y,DR1,DR2,ALPHA,
2       *       B,C,D,XX,H,T,U,V,W)
3       DIMENSION IL(NY),IU(NY),JL(NX),JU(NX),Y(NY),X(NX),ALPHA(NX2),
4       *       B(NX2),C(NX2),D(NX2),H(NX,NY),T(NX,NY),U(NX,NY),V(NX,NY),W(NX,NY)
5       *       ,XX(NX2),DZ(NX),DR1(NY),DR2(NY)
6       COMMON / JTR / PD,P1,P2,B0,B1,B2,IP,OFL
7       COMMON / COMM / AJP,AP,RP,ELPD,BVKAKE,AIKAKE,OKAKE
8       COMMON / PLASMA / APLSM,PLSCUR,XMIN,XMAX,PLSCEN
9       COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETAR
10       COMMON / INPT / EPS,EPS1,RHO,G,ALA=DA,ANU,PM,X1,X2,Y1,Y2,PSIS,BETA
11       COMMON / RING / A,RX,RY,VRTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
12       COMMON / PRNT / NPR,NMAX
13       COMMON / ZEIT / TIMAX
14       COMMON / RRRZAR / RR(500),RZ(500),AR(500),ARV(500),ARQ(500),
15       *       HV(100,50),HW(100,50)
16       COMMON / DISK / IDISK
17       COMMON / SEPA / ISEPA,           XSPCAL, SISEP,SEPA0,SEPAY0
18       COMMON / DIVETR /   ADV(50),RDV(50),ZDV(50),HDIV(100,50)
19       COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPSF,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
20       *       ILIMD1, ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
21       COMMON / RINGC / TOTALJ,RRING,ARING,MH,IF,AI(10)
22       COMMON / EQ / AIP,AREA,AVERAD,XIC,NP,XICUR,BETAP2,SMALL2,ELP
23       COMMON / SEP / ISEP,JSEP,XSP,YSP,PSISP
24       CALL CLOCK(MTIME)
25
26       C
27       PAI=3.14159265358979
28       AA=AIP*ARING/PAI/AP**2/4,
29       BB=AIP/PAI/ARING**2
30       NA=0
31       NC=0
32       BVKAKE=1,
33       TSPKAK=1,
34       OKAKE=1,
35       3 CONTINUE
36       DO 11 I=1,NX
37       11 U(I,1)=U(I,3)
38       1 NC = NC + 1
39       NOBU=1
40       NAD=0
41       PSURF=0.0
42       DO 10 I=1,NX
43       DO 10 J=1,NY
44       V(I,J) = U(I,J)
45       10 T(I,J) = U(I,J)
46       C** YOKO ***
47       2 IF(ILIM,NE.0,AND,NOBU,EQ.1) PSURF= (LR+LZ)+T(LR+LZ)
48       IF(ILIM,NE.0,AND,NOBU,EQ.2) PSURF=-1(LR+LZ)+W(LR+LZ)
49       DO 20 J=2,NY-1
50       L=IL(J)+1
51       M=IU(J)-1
52       IF(L.GT.M) GO TO 20
53       DO 30 I=L,M
54       FFF=T(I,J)
55       IF(NOBU,EQ.2) FFF=W(I,J)
56       IF(IDIVPS,EQ.1,AND,I.GT.LMTX) GO TO 32
57       IF(IDIVPS,EQ.2,AND,I.LT.LMTX) GO TO 32
58       IF(IDIVPS,EQ.3,AND,J.GT.LMTY) GO TO 32
59       IF(I=LMT)31,31,32
60       31 IF(H(I,J)+FFF-PSURF) 32,33,33
61       32 P=0.0
62       GO TO 34
63       33 P=1.0

```

HP 1000

HP 1000

HP 1000

HP 1000

HP 1100

HP 1100

HP 1100

HP 1100

HP 1000

↓ADI法

HP 1200

HP 1200

HP 1200

HP 1200

```

56      34 K=I-L+1
57      DS=THETA1
58      DB=THETA1
59      IF(K,EQ,1) DS=DR1(J)
60      IF(K,EQ,M-L+1) DB=DR2(J)
61      DES=1.0/(0.5*(DS+DB))
62      ALPHA(K)=-1.0/DS+0.5/X(I))*DES
63      B(K)=(1.0/DS+1.0/DB)*DES +RHO
64      C(K)=(1.0/DB+0.5/X(I))*DES
65      DES=THETA2
66      JM=JU(I)
67      IF(J+1.EQ,JM) DES=DZ(I)
68      D(K)=(U(I,J+1)-U(I,J))/DES-(U(I,J)-U(I,J-1))/THETA2)/(0.5*
* (THETA2+DES)) +RHO*U(I,J)
69      IF(K,EQ,1)D(K)=D(K)-ALPHA(K)*U(I-1,J)
70      IF(K,EQ,M-L+1)D(K)=D(K)-C(K)*U(I+1,J)
71      D(K)=D(K)+P*FUNCF(X(I),H(I,J)+FFF-PSURF)
72      30 CONTINUE
73      N=M-L+1
74      CALL SANKO (N,ALPHA,B,C,D,XX)
75      DO 21 K=1,N
76      21 V(K+L-1,J)=XX(K)
77      20 CONTINUE
78      DO 25 I=1,NX
79      25 V(I,1)=V(I,3)

```

C

```

C** TATE *****
80      NE=0
81      ANORM=0.0
82      DO 40 I=2,NX-1
83      L=JL(I)+1
84      M=JU(I)-1
85      IF(L.GT,M) GO TO 40
86      DO 50 J=L,M
87      FFF=T(I,J)
88      IF(NOBU,EQ,2) FFF=*(I,J)
89      IF(IDIVPS,EQ,1,AND,I.GT,LMTX) GO TO 52
90      IF(IDIVPS,EQ,2,AND,I.LT,LMTX) GO TO 52
91      IF(IDIVPS,EQ,3,AND,J.GT,LMTY) GO TO 52
92      IF(I-LMT) 51,51,52
93      51 IF (H(I,J)+FFF-PSURF) 52,53,53
94      P=0.0
95      GO TO 54
96      P=1.0
97      54 K=J-L+1
98      K=M-L+2-K
99      DES=THETA2
100     IF(K,EQ,1) DES=DZ(I)
101     DET=1.0/(0.5*(THETA2+DES))
102     ALPHA(K)=-1.0/DES*DET
103     B(K)=(1.0/THETA2+1.0/DES)*DET +RHO
104     C(K)=-1.0/THETA2*DET
105     DS=THETA1
106     DB=THETA1
107     IS=IL(J)
108     IB=IU(J)
109     IF(I-1.EQ,IS) DS=DR1(J)
110     IF(I+1.EQ,IB) DB=DR2(J)
111     DES=1.0/(0.5*(DS+DB))
112     D(K)= (1.0/DB-0.5/X(I)) *DES*V(I+1,J)-(1.0/DS+1.0/DB)*DES*V(I,J)
* (1.0/DS+0.5/X(I))*DES*V(I-1,J) +RHO*V(I,J)
113     IF(K,EQ,1) D(K)=D(K)-ALPHA(K)*V(I,J+1)

```

HP 1300
HP 1390
HP 1400
HP 1400
HP 1400
HP 1500
HP 1500
HP 1500

```

114      D(K)=D(K)+P*FUNCF(X(I),H(I,J))+FFF- SURF)
115      50 CONTINUE
116      N=M-L+1
117      NN=2*N-1
118      DO 55 K=N+1,NN
119      ALPHA(K)=C(NN-K+1)
120      B(K)=B(NN-K+1)
121      C(K)=ALPHA(NN-K+1)
122      55 D(K)=D(NN-K+1)
123      CALL SANKO (NN,ALPHA,B,C,D,XX)
124      DO 41 K=1,N
125      J=M+1-K
126      ABSD=ABS(XX(K)-U(I,J))
127      IF(ABSD-EPS1) 47,46,46
128      46 NE=NE+1
129      47 IF(ABSD-ANORM) 49,48,48
130      48 ANORM=ABSD
131      49 CONTINUE
132      41 U(I,M+1-K)=XX(K)
133      40 CONTINUE
134      DO 45 I=1,NX
135      45 U(I,1)=U(I,3)
136      C
137      IF(ANORM-EPS1) 63,65,65
138      63 IF(NOBU.EQ.2) GO TO 66
139      DO 64 I=1,NX
140      DO 64 J=1,NY
141      64 W(I,J)=U(I,J)
142      NOBU=2
143      GO TO 2
144      65 NAD=NAD+1
145      GO TO 2
146      66 CONTINUE
147      61 NE = 0
148      ANORM = 0.0
149      DO 80 I=1,NX
150      DO 80 J=1,NY
151      U(I,J)=(1.0-G)*T(I,J)+2.0*G*W(I,J)-G*U(I,J)
152      ABSD=(U(I,J)-T(I,J))
153      ABSD= ABS(ABSD)
154      IF(ABSD - EPS) 82,81,81
155      81 NE=NE+1
156      82 IF(ABSD-ANORM) 80,83,83
157      83 ANORM=ABSD
158      IF(ANORM-1000.0) 80,84,84
159      84 WRITE(6,203)
160      RETURN
161      80 CONTINUE
162      IF(NE.EQ.0) GO TO 86
163      WRITE(6,204) NC,NAD,ANORM
164      NA = NA + 1
165      IF(NA-NPR)1,86,85
166      85 NA=NA-NPR
167      GO TO 1
168      86 WRITE(6,200)NC,NE,ANORM,PSURF
169      DO 87 J=1,NY
170      DO 87 I=1,NX
171      87 W(I,J)=U(I,J)
172      DO 90 J=2,NY,5
173      90 WRITE(6,201)(U(I,J),I=2,NX,5)
174      IF(NE.EQ.0) GO TO 100
175      IF(NC.GE.NMAX) GO TO 100

```

3-Step-Iteration

HP 1600
HP 1600
HP 1700
HP 1700
HP 1700
HP 1700
HP 1790
HP 1800
HP 1800
HP 1800
HP 1800
HP 1800
HP 1800
HP 1800
HP 1900
HP 1900

```

175      CALL CLOCK(MMMM)
176      TIME=(MMMM-MTIME)/60
177      IF(TIME.GT.TINAX) GO TO 100
178      DO 91 I=1,NX
179      DO 91 J=1,NY
180      U(I,J)=U(I,J)+H(I,J)
181      91 CONTINUE
182      CALL PLSBOU(NX,NY,JL,JU,X,U)
183      IF(DIVPS,E0,0) GO TO 99
184      IF(DIVPS,E0,3) GO TO 89
185      CALL SPRTX(NX,NY,X,U)
186      GO TO 99
187      89 CALL VSPRTX(NX,NY,X,Y,U)
188      99 CONTINUE
189      DO 92 I=1,NX
190      DO 92 J=1,NY
191      U(I,J)=U(I,J)-H(I,J)
192      92 CONTINUE
193      AIKAKE=AP/PLSCUR
194      IF(DIVPS,E0,0) GO TO 98
195      IF(DIVPS,E0,3) GO TO 88
196      LMTX=ISEPA
197      SEPAX0=XSPCAL
198      GO TO 187
199      88 LMTY=JSEP
200      SEPAY0=YSP
201      PSISEP=PSISP
202      187 CONTINUE
203      IF(ISEPSF,E0,0) GO TO 98
204      AP1=AP*(1.+PSISEP/PSIS/5.0)
205      SA=ABS(AP1-AP)
206      THETAX=THETA1
207      IF(SA,LT,THETAX) GO TO 97
208      AP=AP-SIGN(THETAX,PSISEP)
209      GO TO 98
210      97 AP=AP1
211      98 CONTINUE
212      WRITE(6,207) AP
213      PSIS=PSIS*AIKAKE
214      Q=APLSM/AP
215      QQ=Q**2
216      GO TO (94,95,95),IPROFL
217      94 P2=P2*QQ
218      B2=B2*QQ
219      GO TO 96
220      95 CONTINUE
221      96 WRITE(6,205) PSIS,P0,P1,P2,B0,B1,B2
222      205 FORMAT(/15X,'PSIS = ',F15.5/
223      *      15X,'P0/P1/P2 = ',3F15.5/
224      *      15X,'B0/B1/B2 = ',3F15.5)
223      DII=BB*(RP-PLSCEN)
224      AKAKE=(A1(1)+DII)/A1(1)
225      A1(1)=A1(1)*AKAKE*AIKAKE
226      ELP=(APLSM/(XMAX-PLSCEN))**2
227      WRITE(6,209) ELP
228      DI=AA*(ELP**2-ELPU**2)
229      OKAK=(A1(2)+DI)/A1(2)
230      A1(2)=A1(2)*OKAK*AIKAKE
231      DO 93 J=1,NY
232      DO 93 I=1,NX
233      HV(I,J)=HV(I,J)*AKAKE*AIKAKE
234      HW(I,J)=HW(I,J)*OKAK*AIKAKE

```

↓
パラメータの再設定

```

235      H(I,J)=HV(I,J)+H0(I,J)
236      IF(IDIVPS,NE,0) H(I,J)=H(I,J)+HDI(I,J)
237      U(I,J)=U(I,J)*A1KAKE
238      93 CONTINUE
239      BVKAKE=BVKAKE*AKAKE*AIKAKE
240      OKAKE=OKAKE*OKAK*AIKAKE
241      WRITE(6,206) BVKAKE,OKAKE
242      206 FORMAT(/' HAJIME NO JIBA NI TAISHITE ',F15.5,5X,F15.5)
243      GO TO 1
244      100 CONTINUE
245      IF(IP,E0,0) GO TO 35
246      DO 36 I=1,IF
247      WRITE(6,304) I,AI(I)
248      304 FORMAT(10X,' AI(',I2,')=',F15.5/)
249      36 CONTINUE
250      DO 37 I=1,MR
251      ARV(I)=ARV(I)*BVKAKE
252      AR0(I)=AR0(I)*OKAKE
253      AR(I)=ARV(I)+AR0(I)
254      37 CONTINUE
255      35 CONTINUE
256      IF(IDISK,E0,2.OR.IDISK,E0,3)
257      *WRITE(3)((U(I,J),I=1,NX),J=1,NY)
258      IF(IP,E0,0) RETURN
259      DO 110 I=1,NX
260      DO 110 J=1,NY
261      U(I,J)=U(I,J)+H(I,J)
262      WRITE(6,202)
263      DO 120 J=2,NY,5
264      120 WRITE(6,201) (U(I,J),I=2,NX,5)
265      IF(IDISK,E0,2.OR.IDISK,E0,3)
266      *WRITE(3)((U(I,J),I=1,NX),J=1,NY)
267      CALL PLSBOU(NX,NY,JL,JU,X,U)
268      IF(IDIVPS,E0,0) GO TO 130
269      IF(IDIVPS,E0,3) GO TO 129
270      CALL SPRTRX(NX,NY,X,U)
271      GO TO 130
272      129 CALL VSPRTX(NX,NY,X,Y,U)
273      130 CONTINUE
274      ELP=(APLSM/(XMAX-PLSCEN))*2
275      WRITE(6,209) ELP
276      RETURN
277      200 FORMAT(/2X,'KURIKAESHI=',I4,5X,'NERROR=',I4,5X,'NORM=',F10.5
278      * ,5X,'PSI-SURFACE ',1PE10,5/)
279      201 FORMAT(/2X,1P10E12,3)
280      202 FORMAT(///10X,'KEKKA (PSI-P + PSI-V)')
281      203 FORMAT(/2X,'STOP 8400')
282      204 FORMAT(/2X,'KURIKAESHI=',I4,5X,'NA=',I4,5X,'NORM=',F10.5)
283      207 FORMAT(/2X,' APLSM = ',F15.5)
284      208 FORMAT(6E12,5)
285      209 FORMAT(//15X,' ELP = ',F15.5)
286      END

```

HP 1900

HP 1990
HP 2000
HP 2000
HP 2000
HP 2000

HP 2000

HP 2000

HP 2070

```

1      SUBROUTINE EQUIL(NX,NY,IL,IU,JL,JU,X,DR2,U)
2      DIMENSION IL(NY),IU(NY),JL(NX),JU(NX),X(NX),U(NX,NY),DR2(NY)
3      * ,PLM(120)
4      COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETAK
5      COMMON / SHAPE / KO,AA,ES2,ES3,YO
6      COMMON / EQ / A1PL,AREA,AVERAD,XICENP,XICUR,BETAPA,SMALLI
7      COMMON/COMM / A1P,AP,RP,ELPO,BVKAKE,A1KAKE,OKAKE

```

平均量の計算

```

7      COMMON / RING / A,RX,RY,VRTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
8      COMMON /PLOT1 /PSS(100),CC(100),PR,(100),L,M
9      COMMON /PLASMA / APLSM,PLSCUR,XMIN,XMAX,PLSCEN
10     COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPSF,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
*      ILIMD1, ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
11     TCP=0.0
12     TCI=0.0
13     TPP=0.0
14     TBP=0.0
15     TP1=0.0
16     TB1=0.0
17     V=0.0
18     DAREA=THETA1*THETA2
19     PA1=3.14159265358979
20     ZMYU=PA1*4.E-7
21     K=0
22     DO 10 I=2,NX-1
23     IF(I.GT.LMT) GO TO 15
24     IF((IDIVPS.EQ.1.AND.I.GT.LMTX) GO TO 15
25     IF((IDIVPS.EQ.2.AND.I.LT.LMTX) GO TO 10
26     L=JL(I)
27     M=JU(I)
28     IF(L.EQ.M) GO TO 10
29     R=X(I)
30     DO 20 J=3,M-1
31     IF((IDIVPS.EQ.3.AND.J.GT.LMTY) GO TO 20
32     PS=U(J,J)
33     IF(PS.LT.0.) GO TO 20
34     K=K+2
35     TCP=TCP+FUNTCP(R,PS)*DAREA *2.0
36     TCI=TCI+FUNTCI(R,PS)*DAREA *2.0
37     TPP=TPP+PRESSR(R,PS)*DAREA *2.0
38     TBP=TBP+PS*FUNCF(R,PS)/R**2*DAREA*2.0
39     TP1=TP1+PRESSR(R,PS)*DAREA *2.0*R
40     TB1=TB1+PS*FUNCF(R,PS)/R**2*DAREA*2.0*R
41     V=V+2.*R
42     CONTINUE
43     PS=U(I,2)
44     IF(PS.LT.0.) GO TO 10
45     K=K+1
46     TCP=TCP+FUNTCP(R,PS)*DAREA
47     TCI=TCI+FUNTCI(R,PS)*DAREA
48     TPP=TPP+PRESSR(R,PS)*DAREA
49     TBP=TBP+PS*FUNCF(K,PS)/R**2*DAREA
50     TP1=TP1+PRESSR(R,PS)*DAREA*R
51     TB1=TB1+PS*FUNCF(K,PS)/R**2*DAREA*R
52     V=V+R
53     10 CONTINUE
54     15 CONTINUE
55     IF(TCP+TCI.EQ.0.) GO TO 1000
56     BETAP=TCP/(TCP+TCI)
57     AREA=K*DAREA
58     V=V*2.*PA1/DAREA
59     AIPL=(TCP+TCI)/ZMYU*1.E-3
60     AIPL=ABS(AIPL)
61     BETAPA=TPP*8.*PA1/ZMYU/(AIPL*1.E+3)**2
62     SMALL1=TBP*4.*PA1/(ZMYU*AIPL*1.E+3)**2
63     BETAP1=TP1*8.*PA1/ZMYU/(AIPL*1.E+3)**2/PLSCEN
64     SMALL1=TB1*4.*PA1/(ZMYU*AIPL*1.E+3)**2/PLSCEN
65     AVERAD=SQRT(AREA/PA1)
66     BETAP2=TP1*16.*PA1**3*AVERAD**2/V/(AIPL*1.E+3)**2/ZMYU ←  $\beta_p = \frac{P}{\rho_0}$ 
67     SMALL2=TB1*8.*PA1**3*AVERAD**2/V/(ZMYU*AIPL*1.E+3)**2 ←  $\beta_s = \frac{B_1}{\rho_0}$ 

```

```

68      @SURF=2.0*PA1*(AVERAD*AVERAD)/RO/(TCP+TCI)
69      @SURF=ABS(@SURF)
70      PSURF=0.0
71      UM=0.0
72      CM=0.0
73      L=IL(2)
74      M=IU(2)
75      DO 50 I=L,M
76      R=X(I)
77      C=0.
78      PRS(I)=0.
79      CC(I)=C
80      PS=U(I+2)
81      PSS(I)=PS
82      IF(I.GT.LMT) GO TO 40
83      IF(IDIVPS.EQ.1.AND.I.GT.LMTX) GO TO 40
84      IF(IDIVPS.EQ.2.AND.I.LT.LMTX) GO TO 40
85      IF(PS.LT.0.) GO TO 40
86      IPP=I
87      IF(PS.LT.UM) GO TO 30
88      UM=PS
89      ICENP=I
90      30 CONTINUE
91      C=ABS(FUNTCP(R,PS)+FUNTCI(R,PS))
92      C=C/ZMYU*1.E-3
93      CC(I)=C
94      PRS(I)=PRESSR(R,PS)
95      IF(C.LT.CM) GO TO 40
96      CM=C
97      ICUR=I
98      40 WRITE(6,202) I,R,PS,C,PRS(I)
99      50 CONTINUE
100     XICENP=X(ICENP)
101     XICUR=X(ICUR)
102     AINDC=2.0*PA1*(UM-PSURF)/A1PL*1.E-3
103     ALI=AINDC/ZMYU*4.0*PA1/(2.0*PA1*RO)
104     JSHEL=IU(2)
105     DDD=THETA1
106     IF(IPP+1.EQ.JSHEL) DDD=DR2(2)
107     RPLASM=U(IPP,2)/(U(IPP,2)-U(IPP+1,4))*DDD +X(IPP)
108     GAP=X(JSHEL-1)+DR2(2)-RPLASM
109
110     C
111     WRITE(6,200)
112     200 FORMAT('1'//10X,'SUBROUTINE EQUIL RESULT'///
*      15X,'TYPE 6A')
*      WRITE(6,201) BETAP,BETAPA,GAP,X(ICENP),X(ICUR),A1PL,AKEA,AVERAD,
*      @SURF,ALI,SMALL1,AINDC,
*      BETAP1,SMALL1,V,BETAP2,SMALL2
112     201 FORMAT(/15X,'BETAP',F15.3
*      /15X,'BETAP(YOI KINJI)',F15.3
*      /15X,'RSHELL=RPLASMA',F15.3
*      /15X,'MAGNETIC AXIS',F15.3
*      /15X,'CURRENT MAX.',F15.3
*      /15X,'PLASMA CURR.(KA)',F15.3
*      /15X,'CROSS SECTION',F15.3
*      /15X,'AVERAGE RADIUS',F15.3
*      /15X,'W VALUE (W=A)',F15.3
*      /15X,'SMALL LI',F15.3
*      /15X,'SMALL LI(YOI KINJI)',F15.3
*      /15X,'SELF INDUCTANCE',F15.4
*      /15X,'BETAP(V)',F15.3
*      /15X,'SMALL LI (V)',F15.3

```

$$B_{\theta} = \frac{2\pi R^2}{A_0 I_p R}$$

$$B_{\theta} = \frac{A_0 I_p}{2\pi R}$$

$$F = \int P(R) dV / \int dV$$

$$\bar{B}_{\theta} = \int B_{\theta} dV / \int dV$$

$$= - \int \frac{d}{R} L I dV / \int dV$$

$$= \int \frac{d}{R} f(R,z) dV / \int dV$$


```

*      /15X,'VOLUME          ',F15.3
*      /15X,'BETAP          ',F15.3
*      /15X,'SMALL LI       ',F15.3
*      /)
113 1000 CONTINUE
114 202 FORMAT(10X,I4,1P4E15,5)
115 DO 100 J=1,NY
116 DO 99 I=1,NX
117 PLM(I)=1
118 IF(U(I,J),LT,U.) PLM(I)=-1
119 CONTINUE
120 WRITE(6,101) (PLM(I),I=1,NX)
121 100 CONTINUE
122 101 FORMAT(10X,120A1)
123 RETURN
124 END

```

```

C ** JIBA 磁場分布計算
1 SUBROUTINE JIBA(NX,NY,IL,IU,JL,JU,X,DZ,Y,DR1,DR2,U,H)
2 COMMON/COMM / AIP,AP,RP,ELPO,BVKAKE,AIKAKE,OKAKE
3 COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETAR
4 COMMON / SHAPE / KO,AA,ES2,ES3,YO
5 COMMON / EQ / AIP,AREA,AVERAD,XICENP,XICUR,BETAPA,SMALLI
6 COMMON / RUNCH / ICARD
7 COMMON / VERTFL / BV
8 COMMON /RINGC / TOTALJ,RRING,ARING,MR,IF,AI(10)
9 COMMON /RRRZAK / RR(500),RZ(500),A-(500),ARV(500),ARQ(500),
* HV(100,50),HW(100,50)
10 COMMON /PLOT2 / VF(100),VN(100),VF-DIV(100),VNDIV(100)
11 COMMON /PLASMA / APLSM,PLSCUR,XMIN,XMAX,PLSCEN
12 COMMON /DIVETR/ ADV(50),RDV(50),ZDV(50),HDIV(100,50)
13 COMMON / DIVLIM / IDIVS,IDIV,ISEPSF,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
* ILIMD1, ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
14 DIMENSION JL(NX),JU(NX),Y(NY),X(NX),U(NX,NY)
* ,IL(NY),JU(NY),DZ(NX),DR1(NY),DR2(NY),BB(200),TA(200),COF(10)
* ,H(NX,NY)
* ,DCOF(20),TAR(500),AIDEN(500)
15 PAI=3.14159265358979
16 ZMYU=4.E-7*PAI
17 N=0
18 K=0
19 MF=2
20 WRITE(6,200)
21 DO 100 I=1,NX
22 DO 100 J=1,NY
23 U(I,J)=U(I,J)-H(I,J)
24 100 CONTINUE
25 R1=0.0
26 Z1=0.0
27 M1=IL(2)
28 M2=IU(2)
29 RMMAX=X(M2-1)+DR2(2)
30 DO 1 I=M1,M2
31 M=JU(I+1)
32 IF(I+1.EQ,M2)M=2
33 IF(K,NE,0) MF=JU(1)
34 IF(MF-M,EQ,0) GO TO 3
35 L=ABS(M-MF)
36 DO 2 NN=1,L
37 J=MF+NN-1

```

```

38      IF(M=MF,LT,0) J=MF-NN
39      R=1.E5
40      IS=IL(J)
41      IB=IU(J)
42      IF(I,E0,IS) R=X(I+1)-DR1(J)
43      IF(I+1,E0,IB) R=X(I)+DK2(J)
44      IF(R,GT,RMMAX) GO TO 2
45      Z=Y(J)
46      IF(M=MF,LT,0) GO TO 4
47      DDDD=DR1(J)
48      BZ=(U(I+1,J)-U(I,J))/DDDD/R
49      IF(DDDD,GT,THETA1/5,0) GO TO 5
50      DDDD=DR1(J)+THETA1
51      BZ=(U(I+2,J)-U(I,J))/DDDD/R
52      GO TO 5
53      4 DDDD=DR2(J)+THETA1
54      BZ=(U(I+1,J)-U(I-1,J))/DDDD/R
55      IF(DDDD,LE,THETA1*1.20) GO TO 5
56      DDDD=DR2(J)
57      BZ=(U(I+1,J)-U(I,J))/DDDD/R
58      5 CONTINUE
59      IF(R,E0,R1) GO TO 2
60      T=ATAN((Z-Z1)/(R-R1))
61      IF(J,E0,2) T=0.5*PAI
62      BR=BZ/TAN(T)
63      NN=N+1
64      BB(N)=SQRT(BR**2+BZ**2)
65      IF(R,E0,R0) GO TO 12
66      TT=ATAN(Z/(R-R0))
67      IF(TT,LT,0,.) TT=TT+PAI
68      IF(TT,E0,0,0,AND,R,LT,R0) TT=PAI
69      GO TO 13
70      12 TT=0.5*PAI
71      13 TT=TT/PAI*180,0
72      TA(N)=TT
73      R1=R
74      Z1=Z
75      AIDEN(N)=-1.*BB(N)/ZMYU*1.E-3
76      *WRITE(6,201) N,R,Z,TA(N),BR,BZ,BB(N),AIDEN(N)
77      2 CONTINUE
78      K=1
79      3 R=X(I+1)
80      IF(R,GT,RMMAX) GO TO 1
81      Z=Y(M-1)+DZ(I+1)
82      DDDD=DZ(I+1)
83      IF(DDDD,LE,THETA2/5,0) DDDD=DDDD+THETA2
84      BR=(U(I+1,M)-U(I+1,M-1))/DDDD/R
85      IF(DDDD,GT,THETA2) BR=(U(I+1,M)-U(I+1,M-2))/DDDD/R
86      IF(R,E0,R1) GO TO 1
87      T=ATAN((Z-Z1)/(R-R1))
88      BZ=BR*TAN(T)
89      NN=N+1
90      BB(N)=SQRT(BR*BR+BZ*BZ)
91      IF(R,E0,R0) GO TO 14
92      TT=ATAN(Z/(R-R0))
93      IF(TT,LT,0,.) TT=TT+PAI
94      IF(TT,E0,0,0,AND,R,LT,R0) TT=PAI
95      GO TO 16
96      14 TT=0.5*PAI
97      16 TT=TT/PAI*180,0
98      TA(N)=TT
99      Z1=Z

```

```

100      RI=R
101      AIDEN(N)=-1.*BB(N)/ZMYU*1.E-3
102      WRITE(6,201) N,R,Z,TA(N),BR,BZ,BB(N),AIDEN(N)
103      1 CONTINUE
104      NMAX=N
105      LLL=8
106      CALL SAI'SHO(NMAX,LLL,TA,BB,COF,DCOF(1),ILL)
107      IF(ILL.NE.0) WRITE(6,202) ILL
108      BD=0.1*COF(1)
109      K=0
110      DO 10 N=1,NMAX
111          T=TA(N)
112          BX=COF(LLL)
113          DO 20 LL=1,LLL-1
114      20 BX=BX*T+COF(LLL-LL)
115          AD=ABS(BX-BB(N))
116          IF(T.GT.160.0.OR.T.LT.20.0) GO TO 15
117          IF(AD.GT.BD) GO TO 10
118      15 CONTINUE
119          K=K+1
120          BB(K)=BB(N)
121          TA(K)=TA(N)
122          WRITE(6,208) N,TA(K),BB(K)
123      208 FORMAT(10,2E12,5)
124      10 CONTINUE
125          NMAX=K
126          WRITE(6,207) NMAX
127          CALL SAI'SHO(NMAX,LLL,TA,BB,COF,DCOF(1),ILL)
128          IF(ILL.NE.0) WRITE(6,203) ILL
129          WRITE(6,204) (I,COF(I),I=1,LLL)
130          MR=MR/2+1
131          DO 11 K=1,MR
132              T=180./ (MR-1)*(K-1)
133              BX=COF(LLL)
134              DO 21 LL=1,LLL-1
135      21 BX=BX*T+COF(LLL-LL)
136              IF(K.EQ.1) BZERO=BX
137              B=BX/BZERO
138              TAN(K)=T/180.*PI
139              AIDEN(K)=-1.*BX/ZMYU*1.E-3 ← sin 電流
140      11 WRITE(6,205) K,T,BX,AIDEN(K),B
141      300 FORMAT(1P6E12,5)
142      32 CONTINUE
143          HI=A1PL/BZERO
144          WRITE(6,206) HI
145          DO 101 I=1,NX
146          DO 101 J=1,NY
147              U(I,J)=U(I,J)+H(I,J)
148      101 CONTINUE
149          SHELCR=0.
150          DO 400 LL=1,LLL
151              SHELCR=SHELCR+COF(LL)*180.**LL/LL
152      400 CONTINUE
153          SHELCR=SHELCR*2.**AA*PI/180./ZMYU*1.E-3
154          WRITE(6,220) SHELCR
155      220 FORMAT(//2X,'TOTAL SHELL CURRENT (KA)'/5X,F15.5/)
156          WRITE(6,210)
157      210 FORMAT(//' RING CURRENT + SHELL CURRENT'//)
158          TJ=0.
159          MR=MR*2-2
160          DO 22 M=1,MR
161          MRR=M

```

```

162      IF(M.GT.MR/2+1) MRR=MR-M+2
163      IF(IF.EQ.0) AR(M)=0.0
164      AR(M)=AR(M)+AIDEN(MRR)*2.*AA/MR*PAI ← 与心電流に及ぼす外心電流の合計
165      TJ=TJ+AR(M)
166      T=2.*PAI/MR*(M-1)
167      RR(M)=R0+AA*COS(T)
168      RZ(M)=AA*SIN(T)
169      T=T*180./PAI
170      WRITE(6,209) T,RR(M),RZ(M),AR(M)
171      ARR=AR(M)*1000,
172      IF(ICARD.NE.0) WRITE(7,216) RR(M),RZ(M),ARR
173      22 CONTINUE
174      DO 25 I=M1,M2
175      VN(I)=0.0
176      DO 25 M=1,MR
177      CALL FIELD(X(I),Y(2),RR(M),RZ(M),A(M),PSI)
178      PSI=PSI*1000,
179      25 VN(I)=VN(I)+PSI ←
180      DO 26 I=M1+1,M2-1
181      26 VF(I)=(VN(I-1)-VN(I+1))/2./THETA1/X(I) ← 水母型上での垂直磁場
182      WRITE(6,303) TJ
183      303 FORMAT(/ ' TOTAL CURRENT (SHELL+RING) TJ = ' E15,5)
184      WRITE(6,211)
185      211 FORMAT(/ ' VERTICAL MAGNETIC FIELD Z=0.0 (RING+SHELL)')
186      DO 45 I=M1+2,M2-2
187      VN(I)=X(I)/VF(I)*(VF(I+1)-VF(I-1))/THETA1/2. ← n-index
188      VN(I)=-VN(I)
189      45 CONTINUE
190      VN(M1+1)=0,
191      VN(M2-1)=0,
192      IF(IDIVPS.EQ.0) GO TO 50
193      DO 52 I=M1+1,M2-1
194      VFDIV(I)=(HDIV(I-1,2)-HDIV(I+1,2))/2./THETA1/X(I)
195      52 VFDIV(I)=VF(I)+VFDIV(I) ← 外心-9磁場と内心電流磁場
196      DO 54 I=M1+2,M2-2
197      VNDIV(I)=X(I)/VFDIV(I)*(VFDIV(I+1)-VFDIV(I-1))/THETA1/2.
198      54 VNDIV(I)=-VNDIV(I) ← 外心-9磁場と内心電流 n-index
199      VNDIV(M1+1)=0,
200      VNDIV(M2-1)=0,
201      DO 56 I=M1+1,M2-1
202      56 WRITE(6,214) I,X(I),VF(I),VN(I),VFDIV(I),VNDIV(I)
203      50 CONTINUE
204      IF(IDIVPS.NE.0) GO TO 58
205      DO 24 I=M1+1,M2-1
206      WRITE(6,302) I,X(I),VF(I),VN(I)
207      24 CONTINUE
208      58 CONTINUE
209      DO 27 I=M1+1,M2-1
210      27 IF(X(I+1).GE.PLSCEN) GO TO 28
211      28 VFCEN=VF(I)+(VF(I+1)-VF(I))*(PLSCEN-X(I))/THETA1
212      VNCEN=VN(I)+(VN(I+1)-VN(I))*(PLSCEN-X(I))/THETA1
213      WRITE(6,213) VFCEN,VNCEN
214      IF(IDIVPS.EQ.0) GO TO 60
215      VFCEND=VFDIV(I)+(VFDIV(I+1)-VFDIV(I))*(PLSCEN-X(I))/THETA1
216      VNCEND=VNDIV(I)+(VNDIV(I+1)-VNDIV(I))*(PLSCEN-X(I))/THETA1
217      WRITE(6,215) VFCEND,VNCEND
218      60 CONTINUE
219      MMR=MR/2+1
220      DO 39 I=1,MMR
221      TA(I)=2.*PAI/MR*(I-1)
222      AR(I)=AR(I)*MR/2./PAI/AA*1.E+3
223      39 CONTINUE

```

```

224      WRITE(6,212) (TA(I),I=1,MMR)
225      WRITE(6,212) (AR(I),I=1,MMR)
226      IF(ICARD.EQ.0) GO TO 40
227      WRITE(7,212) (TA(I),I=1,MMR)
228      WRITE(7,212) (AR(I),I=1,MMR)
229      40 CONTINUE
230      212 FORMAT(1P6E12.5)
231      RETURN
232      200 FORMAT( ///10X,'MAGNETIC FIELD ON SHELL SURFACE POINT'//
*          6A,'R',11X,'Z',10A,'BR',10X,'L',10X,'IB1'//)
233      201 FORMAT(2X,I4,2F12.4,F10.3,1P4E12.3)
234      202 FORMAT(/10X,'ERROR IN 1-ST SAISHO ',I8/)
235      203 FORMAT(/10X,'ERROR IN 2-ND SAISHO ',I8/)
236      204 FORMAT(/10X,'SAISHO RESULT'/10(12,'COF(',I2,') = ',E15.5//)
237      205 FORMAT(2X,I4,F10.3,2E12.4,F10.3)
238      206 FORMAT(/2X,'A|PL / BZERO ',1PE15.5/)
239      207 FORMAT(/2X,'NMAX FOR 2-ND SAISHO ',I8)
240      209 FORMAT(4(5X,E15.5))
241      213 FORMAT(///15X,'VERTICAL FIELD (CENTER) ',F15.5
*          /15X,'N-VALUE (CENTER) ',F15.5)
242      214 FORMAT(5X,I2,5(5X,E15.5))
243      215 FORMAT(/5X,'VERTICAL + DIVERTOR (CENTER) ',F15.5
*          /5X,'N-VALUE (V+D) (CENTER) ',F15.5)
244      216 FORMAT(3E12.5)
245      302 FORMAT(5X,I2,3(5X,E15.5))
246      END

```

```

C **   CONTOR   等磁線図のための子-プログラム
1      SUBROUTINE CONTOR(NX,NY,ITAPE,IL,IU,JL,JU,X,DZ,Y,DR1,DR2,V)
2      COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETA R
3      COMMON / INPT / EPS,EPS1,RHO,G,ALA,DA,ANU,PM,X1,X2,Y1,Y2,PSIS,BETA
4      DIMENSION IL(NY),IU(NY),JL(NX),JU(NX),X(NX),Y(NY),V(NX,NY)
*      ,DZ(NX),DR1(NY),DR2(NY)
5      DO 10 I=1,NX
6      R=X(I)
7      DO 20 J=2,NY
8      Z=Y(J)
9      VV=V(I,J)*1000.0
10     WRITE(1,301) R,Z,VV
11     20 CONTINUE
12     10 CONTINUE
13     WRITE(1,302)
14     RETURN
15     200 FORMAT( ///10X,'INPUT DATA FOR GPCP'//)
16     201 FORMAT(2X,'CNTL ',2F10.3,F10.3,45X)
17     301 FORMAT( 'CNTL ',2F10.3,F10.3,45X)
18     202 FORMAT(2X,'BEND',76X)
19     302 FORMAT( 'BEND',76X)
20     END
CT 1100
CT 1100
CT 1100
CT 1100
CT 1190
CT 1210

```

```

C **   SANKU   行列の逆算
1      SUBROUTINE SANKU(N,A,B,C,D,X)
2      DIMENSION A(1),B(1),C(1),D(1),X(1)
3      C(1)=C(1)/B(1)
4      D(1)=D(1)/B(1)
5      DO 1 I=2,N
6      DAM=1.0/(B(I)-C(I-1)*A(I))
7      C(I)=DAM*C(I)

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V-05,L-01)

COMPLATION 75.01.20 PAGE 24

```

8      1 D(I)=DAM*(D(I)-D(I-1)*A(I))
9      X(N)=D(N)
10     DO 2 J=1,N-1
11     I=N-J
12     2 X(I)=D(I)-C(I)*X(I+1)
13     RETURN
14     END

```

```

C **   HASAMI ハサミの文庫の決定
1      SUBROUTINE HASAMI(A,FUNCX,XMIN,XMAX,RT1,EPS)
2      FPS=0,1*EPS
3      IND=0
4      RMIN=XMIN
5      RMAX=XMAX
6      170 IND=IND+1
7      105 DELR=(RMAX-RMIN)/(4**IND)
8      IF(DELR,LT,FPS) GO TO 300
9      R2=RMIN
10     110 R1=R2
11     R2=R1+DELR
12     IF(R2,GT,RMAX) GO TO 100
13     TES1=FUNCX(R1)-A
14     TES2=FUNCX(R2)-A
15     D=TES1*TES2
16     IF(D,LE,0.) GO TO 200
17     GO TO 110
18     200 CONTINUE
19     RMIN=R1
20     RMAX=R2
21     IND=1
22     GO TO 105
23     300 RT1=R2
24     RETURN
25     100 IF(IND,LT,6) GO TO 170
26     RT1=0,0
27     RETURN
28     END

```

```

C **   POUT 出力のプリント
1      SUBROUTINE POUT(W,IMX,JMX)
2      DIMENSION W(IMX,JMX)
3      JM=50
4      IOUT=6
5      K=0
6      DO 130 I1=1,IMX,10
7      I2=I1+9
8      IF(I2,GT,IMX) I2=IMX
9      ISWT=0
10     J1=1
11     J2=JM
12     IF(J2,GT,JMX) J2=JMX
13     100 CONTINUE
14     IF(ISWT,EQ,0) GO TO 110
15     J1=J1+JM
16     J2=J2+JM
17     IF(J2,GT,JMX) J2=JMX
18     110 CONTINUE
19     IF(K,EQ,0) WRITE(IOUT,1000)(I,I=I1,I2)

```

```

20      IF(K.NE.0) WRITE(IOUT,1001)(I,I=11,12)
21      K=1
22      DO 120 J=J1,J2
23      WRITE(IOUT,1010) J,(W(I,J),I=11,12)
24      IF(J/5*5.EQ.J) WRITE(IOUT,1020)
25      120 CONTINUE
26      IF(J2.GE.JMX) GO TO 130
27      ISWT=1
28      GO TO 100
29      130 CONTINUE
30      RETURN
31      1000 FORMAT(/// 7H J  1,2X,13,5X,9(4X,13,5X))
32      1001 FORMAT(1H1//7H J  1,2X,13,5X,9(4X,13,5X))
33      1010 FORMAT(1H  ,13,2X,1P10E12,4)
34      1020 FORMAT(1H )
35      END
    
```

```

C **  SAISHO 多項式最小二乗法
1      SUBROUTINE SAISHO(N,K,X,Y,COF,DCOF,ILL)
2      DIMENSION X(1),Y(1),COF(1),DX(200),DY(200),DCOF(K)
3      DOUBLE PRECISION DX,DY,DCOF
4      DO 1 I=1,N
5      DX(I)=X(I)
6      DY(I)=Y(I)
7      CALL LSTSQD(DX,DY,N,K,DCOF,ILL) ← FACOM230-60 組込サブルーチン
8      DO 2 I=1,K
9      COF(I)=SINGL(DCOF(I)) 最小二乗法
10     RETURN
11     END
    
```

```

C **  FUNCRA
1      FUNCTION FUNCRA(R)
2      COMMON / F / RR,Z
3      FUNCRA=FUNCGR(R,Z)
4      RETURN
5      END
    
```

```

C **  FUNCZ
1      FUNCTION FUNCZA(Z)
2      COMMON / F / R,ZZ
3      FUNCZA=FUNCGR(R,Z)
4      RETURN
5      END
    
```

```

C **  FUNCF R^P+(I^P)/M.
1      FUNCTION FUNCF(R,PS)
2      COMMON / JTR / P0,P1,P2,B0,B1,B2,IPROFL
3      COMMON / PLOFL4 / DELPS
4      GO TO (10,20,30,40),IPROFL
5      10 FUNCF=(P2*R*R+B2)*PS
6      RETURN
7      20 FUNCF=P1*R*R+B1
8      RETURN
9      30 FUNCF=(P1*R*R+B1)*(EXP(P2*PS)-1.0)
    
```

FACUM 230-60 FORTRAN D -730801- (V-05,L-01)

COMPILATION 75.01.20 PAGE 26

```

10 RETURN
11 40 FUNCF=(P1*R*R+B1)*PS/DELPS
12 IF(PS.GT.DELPS) FUNCF=P1*R*R+B1
13 RETURN
14 END

```

```

C ** FUNTCP
1 FUNCTION FUNTCP(R,PS) RP
2 COMMON / JTR / P0,P1,P2,B0,B1,B2,I,KOFL
3 COMMON /PLOFL4 / DELPS
4 GO TO (10,20,30,40),IPROFL
5 10 FUNTCP=P2*R*PS
6 RETURN
7 20 FUNTCP=P1*R
8 RETURN
9 30 FUNTCP=P1*R*(EXP(P2*PS)-1.0)
10 RETURN
11 40 FUNTCP=P1*R*PS/DELPS
12 IF(PS.GT.DELPS) FUNTCP=P1*R
13 RETURN
14 END

```

```

C ** FUNTCI
1 FUNCTION FUNTCI(R,PS) (P2/A) * 1/R
2 COMMON / JTR / P0,P1,P2,B0,B1,B2,I,KOFL
3 COMMON /PLOFL4 / DELPS
4 GO TO (10,20,30,40),IPROFL
5 10 FUNTCI=B2/R*PS
6 RETURN
7 20 FUNTCI=B1/R
8 RETURN
9 30 FUNTCI=B1/R*(EXP(P2*PS)-1.0)
10 RETURN
11 40 FUNTCI=P1/R*PS/DELPS
12 IF(PS.GT.DELPS) FUNTCI=B1/R
13 RETURN
14 END

```

```

C ** PRESSR PE
1 FUNCTION PRESSR(R,PS)
2 COMMON / JTR / P0,P1,P2,B0,B1,B2,I,KOFL
3 COMMON /PLOFL4 / DELPS
4 AMYU=4.*3.14159265358979E-7
5 GO TO (10,20,30,40),IPROFL
6 10 PRESSR=P2*PS*PS/2./AMYU
7 RETURN
8 20 PRESSR=P1*PS/AMYU
9 RETURN
10 30 PRESSR=P1*((EXP(P2*PS)-1.0)/P2-PS)/AMYU
11 RETURN
12 40 PRESSR=P1*PS*PS/2./AMYU/DELPS
13 IF(PS.GT.DELPS) PRESSR=P1*(PS-DELP./2.)/AMYU
14 RETURN
15 END

```



```

1 SUBROUTINE FIELD(K,Z,CH,CZ,CI,PSI) 線要素による格子上の磁場算出
2 COMMON / ELLIP / ELL(5000)
3 JM=4,JE=7
4 S=R*CR+CR*CR*(Z-CZ)*(Z-CZ)
5 P=2.0*K*CR
6 RK=2.0*P/(S+P)
7 RK=SQRT(RK)
8 IF(RK,LT,0.5.OR,RK,GE,0.985) GO TO 20
9 RK=RK*10000.0
10 K=FIX(RK)
11 DELK=RK-K
12 KA=K-4999
13 KB=KA+1
14 PSI=(ELL(KB)-ELL(KA))*DELK
15 PSI=ELL(KA)+PSI
16 PSI=PSI*CI*SQRT(R*CR)
17 RETURN
18 CONTINUE
19 CALL CEP12S(RK,1,ZK,ZE,ILL) FACOM 230-60 組込サブルーチン 完全階内積分
20 PSI=UM*CI*SQRT(R*CR)*((1.0-RK*RK/2.0)*ZK-ZE)/RK
21 RETURN
22 END

```

$$k = 0.5 + 0.0001 * (I-1)$$

$$ELL(I) = \mu \left\{ (1 - \frac{k}{2}) K(k) - E(k) \right\}$$

```

** SPRTX ** 格子外、格子内、外側にある場合の位置の決定
1 SUBROUTINE SPRTX(NX,NY,X,U)
2 DIMENSION X(NX),U(NX,NY)
3 COMMON /SEPA / ISEPA, XSPCAL,PSISEP,SEPAZO,SEPAYO
4 COMMON / DIVLIM / IDIVPS, IDIV, ISEPSF, XLIMD1, XLIMD2, YLIMD1, YLIMD2,
5 * ILIMD1, ILIMD2, JLIMD1, JLIMD2, LMTX, LMTY
6 ISEPA=LMTX
7 XSPCAL=SEPAZO
8 PSISEP=0.0
9 DO 10 I=5,NX-1
10 K=I
11 IF(IDIVPS,EQ,2) K=NX-I+1
12 PSI1=U(K-1,2)
13 PSI2=U(K,2)
14 PSI3=U(K+1,2)
15 IF(PSI1,GT,PSI2,AND,PSI3,GT,PSI2) GO TO 20
16 CONTINUE
17 WRITE(0,100)
18 GOTO 30
19 20 XSPCAL=X(K)
20 ISEPA=K
21 PSISEP=PSI2
22 30 WRITE(0,200) ISEPA,XSPCAL,PSISEP
23 RETURN
24 100 FORMAT(' SEPARATRIX GA MITSUKARANAI ')
25 200 FORMAT(' ISEPA / XSPCAL / PSISEP = ',I15,2F15,5)
26 END

```

```

1 SUBROUTINE VSPRTX(NX,NY,X,Y,U) 格子外、格子内、上下にある場合の位置の決定
2 DIMENSION X(NX),Y(NY),U(NX,NY),II(50)
3 COMMON / DIVLIM / IDIVPS, IDIV, ISEPSF, XLIMD1, XLIMD2, YLIMD1, YLIMD2,
4 * ILIMD1, ILIMD2, JLIMD1, JLIMD2, LMTX, LMTY
5 COMMON / SEP / ISEP, JSEP, XSP, YSP, P, ISP
6 DO 20 J=JLIMD1,JLIMD2
7 DO 10 I=ILIMD1,ILIMD2-1

```

```

7       IF(U(1+1,J),LT,U(1,J)) GO TO 90
8       10 CONTINUE
9       90 I(J)=I
10      20 CONTINUE
11      DO 30 J=JLIMD1,JLIMD2-1
12      IF(U(1(J+1),J+1),GT,U(1(J),J)) GO TO 40
13      30 CONTINUE
14      40 CONTINUE
15      ISEP=1(J)
16      JSEP=J
17      XSP=X(ISEP)
18      YSP=Y(JSEP)
19      PSISP=U(ISEP,JSEP)
20      WRITE(6,100) ISEP,JSEP,XSP,YSP,PSISP
21      100 FORMAT(/10X,'SEPARATRIX'
*         /5X,'ISEP / JSEP / XSP / YSP / PSISP '
*         /5X,2I10,3F15.5)
22      RETURN
23      END

```

```

1       SUBROUTINE PLSBOU(NX,NY,JL,JU,X,U)    プラズマの非局所性、電流の決定
2       DIMENSION JL(NX),JU(NX),U(NX,NY),X(NX)
3       COMMON /PLASMA / APLSM,PLSCUR,XMIN,XMAX,PLSCEN
4       COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETAR
5       COMMON / RING / A,RX,RY,VRTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
6       COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPSF,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
*         ILIMD1, ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
7       DAREA=THETA1*THETA2
8       PAI=3.14159265358979
9       ZMYU=PAI*4.E-7
10      K=0
11      T=0.0
12      IF(IDIVPS,EQ,1) XMAX=X(LMTX)
13      IF(IDIVPS,EQ,2) XMIN=X(LMTX)
14      DO 10 I=2,NX-1
15      IF(I,GT,LMT) GO TO 15
16      IF(IDIVPS,EQ,1.AND,I,GT,LMTX) GO TO 10
17      IF(IDIVPS,EQ,2.AND,I,LT,LMTX) GO TO 10
18      L=JL(I)
19      M=JU(I)
20      IF(L,EQ,M) GO TO 10
21      R=X(I)
22      DO 20 J=3,M-1
23      IF(IDIVPS,EQ,3.AND,J,GT,LMTY) GO TO 20
24      PS=U(I,J)
25      IF(PS,LT,0.) GO TO 20
26      K=K+2
27      T=T+(FUNTCP(R,PS)+FUNTCI(R,PS))*2.0
28      20 CONTINUE
29      PS=U(I,2)
30      PS1=U(I+1,2)
31      IF(PS,LT,0.,AND,PS1,GT,0.) XMIN=X(I)+THETA1*PS/(PS-PS1)
32      IF(PS,LT,0) GO TO 10
33      K=K+1
34      T=T+(FUNTCP(R,PS)+FUNTCI(R,PS))
35      IF(PS,GE,0.,AND,PS1,LT,0.) GO TO 11
36      10 CONTINUE
37      GO TO 15
38      11 XMAX=X(I)+THETA1*PS/(PS-PS1)
39      15 CONTINUE

```

```

40 AREA=K*DAREA
41 PLSCUR=T/ZMYU*1,E=3*DAREA
42 APLSM=SQRT(APEA/PAI)
43 PLSCEN=(XMIN+XMAX)/2,
44 WRITE(6,100) APLSM,PLSCUR,XMIN,XMAX,PLSCEN
45 100 FORMAT(//15X,'AVERAGE RADIUS OF PLASMA ',F15,3
* /15X,'PLASMA CURRENT (KA) ',F15,3
* /15X,'MAJOR RADIUS OF PLASMA,XMIN/XMAX/CENTER/',F15,3)
46 RETURN
47 END

```

```

C ** CHECK 結果のチェック
1 SUBROUTINE CHECK(NX,NY,IL,IU,JU,X,UZ,Y,UR1,DR2,H,T,U,W)
2 COMMON / TETA / THETA1,THETA2,THET12,THET22,THETA,THETAR
3 COMMON / RING / A,RX,RY,VHTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
4 COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPSE,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
* ILIMD1, ILIMD2,JLIMD1,JLIMD2,LMTX,LMTY
5 DIMENSION IL(NY),IU(NY),JU(NX),X(NX),DZ(NX),Y(NY),DR1(NY),DR2(NY),
* H(NX,NY),T(NX,NY),U(NX,NY),W(NX,NY)
6 CALL POUT(U,NX,NY)
7 DO 5 J=1,NY
8 DO 5 I=1,NX
9 5 U(I,J)=U(I,J)-H(I,J)
10 CALL POUT(U,NX,NY)
11 DO 10 J=1,NY
12 DO 10 I=1,NX
13 I1=IL(J)
14 I2=IU(J)
15 J1=JU(I)
16 IF(I.EQ.1.OR.I.EQ.NX.OR.J.EQ.1.OR.J.EQ.NY) GO TO 15
17 IF(I.LE.I1.OR.I.GE.I2.OR.J.GE.J1) GO TO 15
18 D1=THETA1
19 D2=THETA1
20 D3=THETA2
21 D4=THETA2
22 IF(I.EQ.I1+1) D1=DR1(J)
23 IF(I.EQ.I2-1) D2=DR2(J)
24 IF(J.EQ.J1-1) D3=UZ(I)
25 T(I,J)=((U(I+1,J)-U(I,J))/D2-(U(I,J)-U(I-1,J))/D1)/(0.5*(D1+D2))
* +((U(I,J+1)-U(I,J))/D3-(U(I,J)-U(I,J-1))/D4)/(0.5*(D3+D4))
* -((U(I+1,J)-U(I,J))/D2+(U(I,J)-U(I-1,J))/D1)/2./X(I)
26 B=0.0
27 IF(U(I,J)+H(I,J).LT.0.U.OR.I.GT.LM ) GO TO 6
28 IF(IDIVPS.EQ.1.AND.I.GT.LMTX) GO TO 6
29 IF(IDIVPS.EQ.2.AND.I.LT.LMTX) GO TO 6
30 IF(IDIVPS.EQ.3.AND.J.GT.LMTY) GO TO 6
31 B=FUNCF(X(I),U(I,J)+H(I,J))
32 CONTINUE
33 W(I,J)=B+T(I,J)
34 GO TO 10
35 T(I,J)=0.
36 W(I,J)=0.
37 CONTINUE
38 DO 20 J=1,NY
39 DO 20 I=1,NX
40 20 U(I,J)=U(I,J)+H(I,J)
41 CALL POUT(T,NX,NY)
42 CALL POUT(W,NX,NY)
43 RETURN
44 END

```

$$T = L \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

$$W = L \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} + f(R, \psi)$$

```

1      SUBROUTINE PLOTER(NX,X)          73767000
2      DIMENSION IBUF(1024),X(NX),Y(100),Z(100)
3      COMMON /PLOT1 /PSS(100),CC(100),PRS(100),L,M
4      COMMON /PLOT2 / VF(100),VN(100),VFDIV(100),VNDIV(100)
5      COMMON / RING / A,RX,RY,VRTLMT,LMT,ILIM,RLIM,ZLIM,LR,LZ
6      COMMON / EQ / AIPL,AREA,AVERAD,XI,CI,NI,XICUR,BETAPA,SMALL,ELP
7      COMMON /PLASMA / APLSM,PLSCUR,XMIN,XMAX,PLSCEN
8      COMMON / TYPE / CASE(4)
9      COMMON / DIVLIM / IDIVPS,IDIV,ISEPS,XLIMD1,XLIMD2,YLIMD1,YLIMD2,
*      LIMD1, LIMD2,ULIMD1,ULIMD2,LMTX,LMTY
10     CALL PLOTS(IBUF,1024)
11     DO 10 I=L,M
12     Y(I-L+1)=X(I)
13     Z(I-L+1)=X(I)
14     CC(I-L+1)=CC(I)
15     PSS(I-L+1)=PSS(I)
16     PRS(I-L+1)=PRS(I)
17     VF(I-L+1)=VF(I)
18     VN(I-L+1)=VN(I)
19     10 CONTINUE
20     DO 20 I=1,M-L+1
21     IF(CC(I),EQ,0.,AND,CC(I+1),GT,0.) GO TO 30
22     IF(CC(I),GT,0.,AND,CC(I+1),EQ,0.) GO TO 40
23     GO TO 20
24     30 XX=Y(I)+(Y(I+1)-Y(I))*(0.-PSS(I))/(PSS(I+1)-PSS(I))
25     I1=I
26     20 CONTINUE
27     40 IF(PSS(I),GT,0.,AND,PSS(I+1),LT,0.) GO TO 45
28     XX1=Y(I)
29     PS1=PSS(I)
30     GO TO 46
31     45 XX1=Y(I)+(Y(I+1)-Y(I))*(0.-PSS(I))/(PSS(I+1)-PSS(I))
32     PS1=0.0
33     46 CONTINUE
34     I2=1
35     N=M-L+3
36     DO 50 I=I2+3,N
37     Y(N+I2+3-I)=Y(N+I2+1-I)
38     CC(N+I2+3-I)=CC(N+I2+1-I)
39     PSS(N+I2+3-I)=PSS(N+I2+1-I)
40     PRS(N+I2+3-I)=PRS(N+I2+1-I)
41     50 CONTINUE
42     DO 60 I=I1+2,I2+1
43     Y(I2+I1+3-I)=Y(I2+I1+2-I)
44     CC(I2+I1+3-I)=CC(I2+I1+2-I)
45     PSS(I2+I1+3-I)=PSS(I2+I1+2-I)
46     PRS(I2+I1+3-I)=PRS(I2+I1+2-I)
47     60 CONTINUE
48     Y(I1+1)=XX
49     Y(I2+2)=XX1
50     CC(I1+1)=0.
51     CC(I2+2)=0.
52     PSS(I1+1)=0.
53     PSS(I2+2)=PS1
54     PRS(I1+1)=0.
55     PRS(I2+2)=0.
56     Y(N+1)=1.5
57     Y(N+2)=0.02
58     PSS(N+1)=1.0
59     PSS(N+2)=0.02
60     CC(N+1)=0.0
61     CC(N+2)=50.0

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730601- (V-05.L-01) COMPILATION 75.01.20 PAGE 31

```

62     PRS(N+1)=0.0
63     PRS(N+2)=1.E+4
64     A=(0.0+PSS(N+1))/PSS(N+2)
65     B=200.0-A
66     CALL PLOT (0.0,80.0,-3)
67     CALL FACTOR(0.5)
68     CALL SYMBOL(-20.0,200.0,0.0,0.18HPLASMA EQUILIBRIUM,0.0,0.18)
69     DO 65 I=1,4
70     AA=100.0+(I-1)*24.0
71     65 CALL SYMBOL(AA,200.0,0.6,0.CASE(I),0.0,4)
72     CALL SYMBOL(0.0,160.0,0.5,0.16HPLASMA CURR.(KA),0.0,16)
73     CALL SYMBOL(0.0,165.0,0.5,0.16HMAJOR RADIUS  .0,0,16)
74     CALL SYMBOL(0.0,120.0,0.5,0.16HMAJORA E. RADIUS .0,0,16)
75     CALL SYMBOL(0.0,135.0,0.5,0.16HMAGNETIC AXIS  .0,0,16)
76     CALL SYMBOL(0.0,120.0,0.5,0.16HCURRENT MAX.  .0,0,16)
77     CALL SYMBOL(0.0,105.0,0.5,0.16HBETAP  .0,0,16)
78     CALL SYMBOL(0.0, 90.0,0.5,0.16HSMALL LI  .0,0,16)
79     CALL SYMBOL(0.0, 75.0,0.5,0.16HELLIPTICITY,Z/R .0,0,16)
80     CALL NUMBER(100.0,180.0,0.5,0.AIPL,0.0,3)
81     CALL NUMBER(100.0,165.0,0.5,0.PLSCEN,0.0,3)
82     CALL NUMBER(100.0,150.0,0.5,0.AVERAD,0.0,3)
83     CALL NUMBER(100.0,135.0,0.5,0.XICENP,0.0,3)
84     CALL NUMBER(100.0,120.0,0.5,0.XICUR,0.0,3)
85     CALL NUMBER(100.0,105.0,0.5,0.BETAPA,0.0,3)
86     CALL NUMBER(100.0, 90.0,0.5,0.SMALLI,0.0,3)
87     CALL NUMBER(100.0, 75.0,0.5,0.ELP  .0,0,3)
88     CALL PLOT(200.0,0.0,-3)
89     CALL AXIS(0.0,0.0,0.13HM (M) , Z=0.0,-13,150.,0.0,Y(N+1),Y(N+2),10.)
90     CALL AXIS(0.0,0.0,0.18HMAGNETIC FLUX (WB),18,200.0,90.0,PSS(N+1),
      * PSS(N+2),10.0)
91     CALL AXIS(165.0,A,25HCURRENT DENSITY (KA/M**2),-25,B,90.0,
      * CC(N+1),CC(N+2),10.0)
92     CALL AXIS(180.0,A,16HPRESSUR (N/M**2),-16,B,90.0,
      * PRS(N+1),PRS(N+2),10.0)
93     CALL LINE(Y,PSS,N+1,0,0)
94     CALL PLOT(0.0,A,-3)
95     CALL PLOT(150.0,0.0,2)
96     CALL LINE(Y,CC,N+1,0,0)
97     CALL LINE(Y,PRS,N+1,0,0)
98     C=0,-A
99     CALL PLOT(300.0,C,-3)
100    N=N-2
101    DO 80 I=1,N
102    80 IF(Z(I).GT.1.9) GO TO 70
103    70 I1=I
104    DO 90 I=I1,N
105    90 IF(Z(I).GT.4.4) GO TO 100
106    100 I2=I
107    N=I2-I1+1
108    DO 110 I=1,N
109    Z(I)=Z(I+I1-1)
110    VF(I)=VF(I+I1-1)
111    VN(I)=VN(I+I1-1)
112    VFMAX=0.5
113    VFMIN=-0.5
114    VNMAX=2.0
115    VNMIN=-1.0
116    DO 111 I=1,N
117    IF(VF(I).GT.VFMAX) VF(I)=VFMAX
118    IF(VF(I).LT.VFMIN) VF(I)=VFMIN
119    IF(VN(I).GT.VNMAX) VN(I)=VNMAX
120    111 IF(VN(I).LT.VNMIN) VN(I)=VNMIN

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V-05,L-01) COMPILATION 75.01.20 PAGE 32

```

121     Z(N+1)=Y(M-L+4)
122     Z(N+2)=Y(M-L+5)
123     VF(N+1)=0.0
124     VF(N+2)=0.0025
125     VN(N+1)=0.0
126     VN(N+2)=0.01
127     CALL AXIS(0.0,0.0,0.13HR (M) , Z=0.0,-13.150,.0,0,Z(N+1),Z(N+2),10.)
128     CALL AXIS(0.0,0.0,0.33HVERTICAL MAGNETIC FIELD (WB/M**2),33,200,0,
      * 90.0,VF(N+1),VF(N+2),10.0)
129     CALL AXIS(150.,-50., 7HN=VALUE,-7.450,.90,0,-0.5000,VN(N+2),10.0)
130     CALL LINE(Z,VF,N+1,0.0)
131     IF(DIVPS,E0,0) GO TO 120
132     CALL LINE(Z,VN,N+1,0.0)
133     DO 130 I=1,N
134     VFDIV(I)=VFDIV(I+11-1)
135     130 VNDIV(I)=VNDIV(I+11-1)
136     DO 131 I=1,N
137     IF(VFDIV(I).GT.VFMAX) VFDIV(I)=VFMAX
138     IF(VFDIV(I).LT.VFMIN) VFDIV(I)=VFMIN
139     IF(VNDIV(I).GT.VNMAX) VNDIV(I)=VNMAX
140     131 IF(VNDIV(I).LT.VNMIN) VNDIV(I)=VNMIN
141     VFDIV(N+1)=0.
142     VFDIV(N+2)=0.0025
143     VNDIV(N+1)=0.
144     VNDIV(N+2)=0.01
145     CALL LINE(Z,VFDIV,N+1,0.0)
146     CALL LINE(Z,VNDIV,N+1,0.0)
147     120 CONTINUE
148     CALL PLOT(200.,0.0,999)
149     RETURN
150     END

```