

JAERI-M

5898

大型核融合装置の空心変流器コイルおよび
垂直磁場コイル配置の最適設計

(臨界プラズマ試験装置設計報告・VI)

1974年11月

小林 朋文^{*}・田村 早苗・谷 啓二

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

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合わせは、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.

大型核融合装置の空心変流器コイルおよび垂直磁場コイル配置の最適設計
(臨界プラズマ試験装置設計報告・VI)

日本原子力研究所東海研究所核融合研究室

* 小林朋文, 田村早苗, 谷 啓二

(1974年10月22日受理)

大型核融合装置の空心変流器コイルおよび垂直磁場コイルの配置を決める方法として、線形計画法およびZakharovの方法を適用する実際的な手法を開発し、臨界プラズマ試験装置(トカマク型)の設計に応用した。最初に、線形計画法およびZakharovの方法を適用する具体的な計算方法について論じ、ついでこの両方法を用いて臨界プラズマ試験装置の空心変流器コイルおよび垂直磁場コイルの配置設計を行なった結果について論じた。

* 外来研究員：日立製作所原子力研究所

Optimum Design of Ohmic Heating Field Coils for
an Air-Core System and Equilibrium Field Coils
of a Large Scale Fusion Device

Tomofumi KOBAYASHI*, Sanae TAMURA and Keiji TANI

Thermonuclear Fusion Laboratory, Tokai, JAERI

(Received October 22, 1974)

Numerical methods are presented for determining optimum configuration of ohmic heating (OH) field coils for an air-core system and equilibrium field coils of a large scale fusion device. In one method, the currents of the prescribed positions are optimized to produce a required magnetic field by a linear programming optimization procedure. The other method is an application of the virtual-casing principle developed by Zakharov and determines simultaneously the currents and their positions of a system of coils. These methods are applied successfully to the determination of the optimum configuration of the OH coils and the equilibrium field coils of a large tokamak currently under design at JAERI.

* Atomic Energy Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

目 次

1.はじめに	1
2.計算方法	2
2.1 Zakharov の方法	2
2.2 線形計画法を用いる方法	7
3.空心変流器コイルの配置	10
3.1 線形計画法を用いる場合	10
3.2 Zakharov の方法を用いる場合	10
4.垂直磁場コイルの配置	20
5.まとめ	34
6.参考文献	34
付録	36
I 各種プログラムのインプット・マニュアルおよびプログラムリスト	36
I.1 Zakharov の方法	36
I.2 線形計画法を用いる方法	53
I.3 イングクタンスおよび電磁力の計算	72
II 環状コイルのイングクタンスおよび電磁力の計算	81

1 はじめに

トカマク型装置の特徴の一つは、プラズマ中にトロイダル方向の電流を生じせしめることによって初めて閉じ込め磁場が形成され、同時にプラズマ自身がこの電流によって抵抗加熱されるという点にある。プラズマ中にトロイダル方向の電流を誘起させこれを持続させるため、トロイダル方向の誘導電場を与えるのが変流器の機能である。したがって、変流器電流の作る磁力線のすべてがプラズマ環で囲まれた空間を横切るいわゆる漏洩磁束のない状態が、プラズマ電流を誘起せしめる誘導電場を作る効率のうえでも、またプラズマ閉じ込め磁場を乱さないという点からも理想的であると言える。このことから、トカマク装置では通常鉄心変流器が用いられてきた。しかし、たとえば現在原研において設計検討中の臨界プラズマ試験装置などのようにプラズマ電流が大きく($\sim 3\text{ MA}$)かつ長時間のプラズマ閉じ込めを目的としたトカマク装置では、鉄の磁気飽和のため所要のプラズマ電流を発生させるための磁束変化を鉄心変流器によって得ることは一般には困難である。鉄心変流器の代りに空心変流器を用いることは技術的に可能な他の方法である。空心変流器では、励磁電流が大きく、プラズマとの結合も鉄心変流器に比べて劣るため必要なエネルギー、パワーが大きくなる。また、空心変流器の場合に問題になるのは、鉄心変流器と違って、プラズマ領域を横切る磁力線(漏洩磁束)を小さくするためには空心変流器コイルの配置について特別の考慮を必要とすることである。このため、空心変流器の設計で最も重要な点の一つは、漏洩磁束密度を最小にするような空心変流器コイルの配置を決めることがある。

トカマク型装置では、環状プラズマ電流の位置の平衡を保持するために、トーラス面に対してほぼ垂直な磁場が必要である。このような垂直磁場を発生する方法として、プラズマに近接して設置された導電性シエルによる方法と、プラズマとは独立な外部コイル、外部電源による方法とが考えられる。導電性シエルの場合は、プラズマ電流によりシエルに自動的に誘起される鏡像電流が平衡に必要な垂直磁場を発生する。プラズマ電流立上り時のように、制御すべき物理量の時間的変化が速い時間帯ではシエルは有效地に働く。しかし、シエル内の誘導電流はシエルの導電率で決まる有限の時間で減衰するため、この時間をこえては有效でなくなる。プラズマ電流の継続時間が長い場合には、放電初期にシエルを働かせるにしても、最終的には外部コイル系により平衡を得るために垂直磁場を発生させる方法によらざるを得ない。このため必要な平衡状態を達成する垂直磁場分布を得るためにコイルの最適配置を求めることが、垂直磁場コイルの設計においてもその眼目となる。

本報告はこのような大型核融合装置の空心変流器コイルおよび垂直磁場コイルの配置を決定する方法について述べたものである。以下では2において仮想シエルの原理(virtual-casing principle)に基いたZakhavouの方法および良く知られている線形計画法を実際のコイル配置の設計に適用する手法について述べる。3ではこの両方法を用いて臨界プラズマ試験装置の空心変流器コイルおよび垂直磁場コイルの配置設計を行なった結果をまとめる。上記装置の具体的なコイル設計に関してはコイルの配置のみならず実際的なコイルの構造、コイル巻数、電源との整合性など多くの技術的要因を考慮・検討する必要がありこれらの検討結果については別に報告することを予定している。

2 計 算 方 法

2.1 Zakharov の方法

変流器コイルや垂直磁場コイルのように、軸対称な電流の作る磁場のベクトル・ポテンシャルは φ 成分（トロイダル方向の角度成分）のみを持ち、 φ 方向依存性を持たない。したがって、軸対称な電流の作る磁場は、境界条件として 1 成分のみ考慮すれば一意的に決まってしまう。Zakharov はボロイダル断面内のある閉路 C に囲まれた空間内に、任意の磁場を実現させるための閉路 C 上の面電流が満たすべき積分方程式を導いた。¹⁾（単位系は MKS 単位系を用いる。）

図 1 に示す閉路 C を閉路 C_1 と C_2 に分割すると

$$\oint_C H \cdot d\ell = \oint_{C_1} H \cdot d\ell + \oint_{C_2} H \cdot d\ell$$

閉路 C_1 と C_2 は共に渦湧出点 P を通過する任意の閉路であるから

$$\oint_{C_1} H \cdot d\ell = \oint_{C_2} H \cdot d\ell$$

したがって

$$\oint_C H \cdot d\ell = 2 \oint_{C_1} H \cdot d\ell$$

Maxwell の方程式から

$$\oint_C H \cdot d\ell = I$$

ゆえに

$$\oint_{C_1} H \cdot d\ell = \frac{I}{2} \quad (1)$$

となる。式(1)より、境界面に対する磁場の接線成分の満たすべき境界条件は

$$B_\tau(\ell) - B_\tau(\ell^-) = \frac{\mu}{2} I \quad (2)$$

である。 $B_\tau(\ell)$ は境界面上の磁場の接線成分、 $B_\tau(\ell^-)$ は境界面内側近傍の接線成分である。

したがって、ボロイダル面内のある閉路 C 上の電流分布 $i(\ell')$ が、点 ℓ に作る磁場の接線成分は

$$B_\tau(\ell') = \oint_C b_\tau(\ell; \ell') i(\ell') d\ell'$$

であるから、式(2)から

$$B_\tau(\ell') = \oint_C b_\tau(\ell; \ell') i(\ell') d\ell' - \frac{\mu}{2} I \quad (3)$$

ここで、 $b_\tau(\ell; \ell')$ は、閉路 C 上の点 ℓ' に存在する単位電流が閉路 C 上の点 ℓ に作る接線方向の磁場である。

式(1)から

$$\oint_C b_\tau(\ell'; \ell) d\ell' = \mu/2$$

であるから式(3)に代入すれば

$$B_\tau(\ell^-) = \oint_C [b_\tau(\ell; \ell') i(\ell') - b_\tau(\ell'; \ell) i(\ell)] d\ell', \quad (4)$$

である。

式(4)は、閉路Cの内側近傍の接線成分が $B_\tau(\ell^-)$ である境界条件を満たす、閉路Cの電流分布が満足すべき積分方程式である。したがって、閉路Cで囲まれた領域内に磁場を作らない電流分布 $i_0(\ell)$ が満たすべき積分方程式は

$$\oint_C [b_\tau(\ell; \ell') i_0(\ell') - b_\tau(\ell'; \ell) i_0(\ell)] d\ell' = 0 \quad (5)$$

である。

環状線電流の中心軸をZ軸とする円柱座標系(ρ, θ, z)を用いれば、(ρ, ξ)にあるIなる環状線電流が点(r, z)に作る磁場は、

$$\Psi(r, z | \rho, \xi) = \frac{\mu_0 I}{\pi k} \sqrt{r\rho} \left\{ \left(1 - \frac{k^2}{2} \right) K(k) - E(k) \right\}$$

$$B_\rho(r, z | \rho, \xi) = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{(r+\rho)^2 + (z-\xi)^2}} \frac{z}{r}$$

$$\times \left\{ -K(k) + \frac{r^2 + \rho^2 + (z-\xi)^2}{(r-\rho)^2 + (z-\xi)^2} E(k) \right\}$$

$$B_z(r, z | \rho, \xi) = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{(r+\rho)^2 + (z-\xi)^2}}$$

$$\times \left\{ K(k) - \frac{r^2 - \rho^2 + (z-\xi)^2}{(r-\rho)^2 + (z-\xi)^2} E(k) \right\}$$

$$k^2 = \frac{4r\rho}{(r+\rho)^2 + (z-\xi)^2}$$

である。ここで $K(k)$, $E(k)$ はそれぞれ第一種, 第二種完全橍円積分である。式(6)を用いれば、積分方程式(5)の積分核 $b_\tau(\ell; \ell')$ が計算できる。積分方程式(5)は基本的には, Fredholmの第二種積分方程式であり、積分演算を有限個の和に変換することによって、 $i_0(\ell)$ の数値解を求めることができる。閉路Cをn個のメッシュに分割し、 $I_i \equiv i_0(\ell_i)$, $b_\tau(i, j) \equiv b_\tau(\ell_i, \ell_j)$ とすれば、積分方程式(1)は

$$\sum_{i=1}^n \{ I_i b_\tau(j, i) - I_j b_\tau(i, j) \} \Delta\ell_i = 0, \\ (j = 1, 2, \dots, n)$$

となり、 I_i ($i = 1, 2, \dots, n$) に対する連立一次方程式となる。式(7)を行列表示すれば、

$$\begin{pmatrix} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n} \\ a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n} \\ \vdots \\ a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$a_{ii} = - \sum_{k \neq i} b_{\tau}(k, i) \Delta \ell_k$$

$$a_{ij} = b_{\tau}(i, j) \Delta \ell_j \quad (i \neq j)$$

である。式(8)の左辺の n 行 n 列の正方行列 A の階数は ($n - 1$) で、 I_1, I_2, \dots, I_n の規格化定数だけの自由度が残る。

連立一次方程式(8)を解くことによって得られる $i_0(\ell)$ の数値解に基づいて、コイル位置を決める。すなわち、 $i_0(\ell)$ を閉路 C に沿って N 分割し、各分割点にコイルを配置するものとし、各分割点での巻数を n_i 、全巻数を M ($M = \sum_{i=1}^N n_i$) とすれば、

$$\left(\sum_{k=1}^i n_k / M \right) \oint_C i_0(\ell) d\ell = \int_0^{\omega_i} i_0(\ell) d\ell \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (9)$$

を満たす ω_i は、 $i_0(\ell)$ が一価関数であれば一意的に求まり、 N 分割したときの境界を与える。したがって、コイル位置を決めるポロイダル角 θ_i は

$$(\omega_i - \omega_{i-1}) i_0(\theta_i) = \frac{n_i}{M} \oint_C i_0(\ell) d\ell \quad (10)$$

を解くことによって得られる。式(9)および式(10)の意味を図 2 に示す。図 2 の右側の図は電流分布を示し、左側の図は周長 ℓ (ポロイダル角) に関する、電流分布の積分量を示す。電流分布の積分曲線と、式(9)の左辺の量から、 N 分割したときの境界を与える ω_i が決まる (左側の図)。 ω_i ($i = 1, 2, \dots, N$) と電流分布から、式(10)を解くことによって、コイル位置 θ_i が求まる (右側の図)。この方法によれば、コイル位置が閉路 C と、分割数 N および各分割点での巻数 n_i を与えれば自動的に決まり、各分割点に電流 $(n_i / M) \oint_C i_0(\ell) d\ell$ ($i = 1, 2, \dots, N$) を流せばよいことになる。

以上述べたことから明らかのように、垂直磁場コイル配置を決めるにあたっても Zakharov の方法を用いることができる。この場合は、閉路 C 内に磁場を作らない電流分布 $i_0(\ell)$ に対する積分方程式(5)の代りに

$$\oint_C [b_{\tau}(\ell; \ell') i_1(\ell') - b_{\tau}(\ell'; \ell) i_1(\ell)] d\ell = B_{\tau}(\ell) \quad (11)$$

を用いればよい。 $B_{\tau}(\ell)$ は閉路 C 上の点 ℓ での、外部磁場 B_{ext} の接線成分である。式(11)は、閉路 C 内の外部磁場 B_{ext} と同一である磁場をつくる閉路 C 上の電流分布 $i_1(\ell)$ を求めるものである。したがって、Zakharov の方法によって、垂直磁場コイル配置を決めるためには、

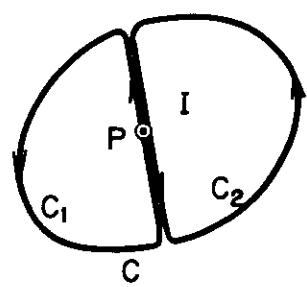
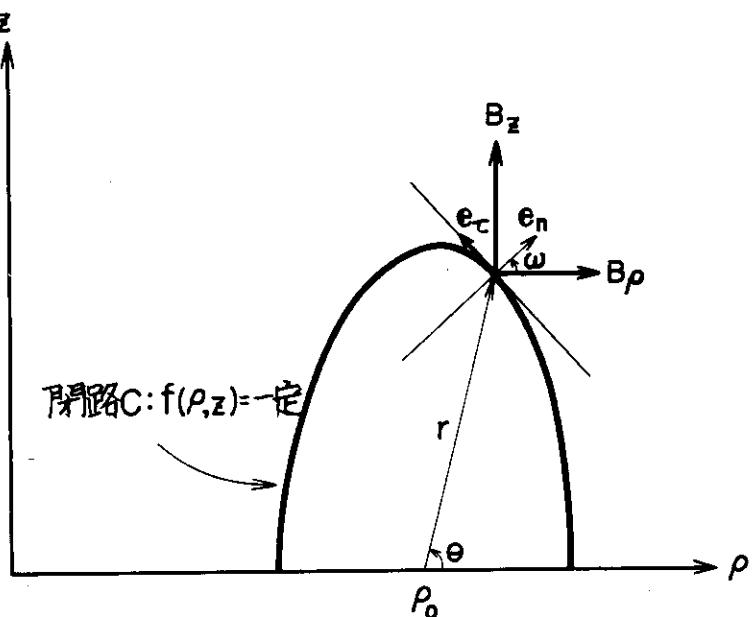
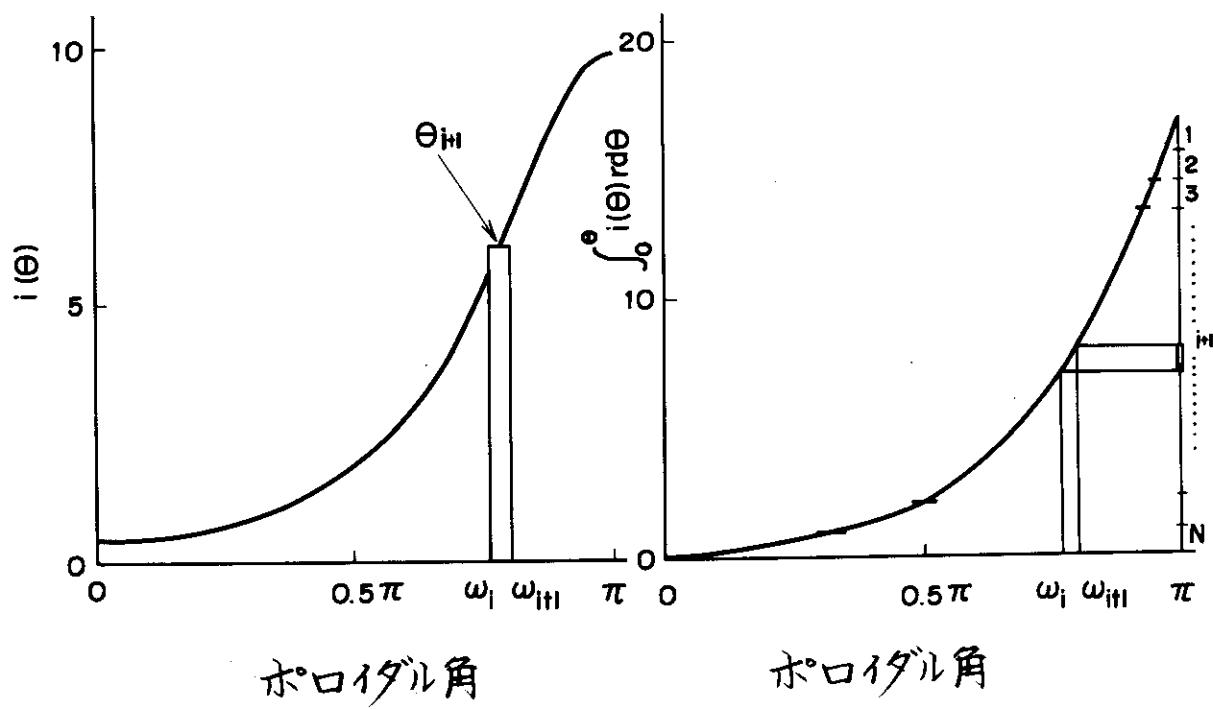
図 1 閉路 C, C_1, C_2 図 3 閉路 C として $f(\rho, z)$ 一定の曲線を取る場合

図 2 電流分布を分割する手順

$B_\tau (\ell)$ を知らなければならぬ。一様垂直磁場の場合には、全空間で B_z 一定であるから $B_\tau (\ell)$ は容易に求めることができるが、実際の装置設計にあたって垂直磁場コイル配置を決めるためには、プラズマの平衡問題を解いて定まる外部磁場を用いなければならない。

次に、閉路 C として一般の閉曲線をとる場合の定式化について述べる。図 3 に示したように、円柱座標系 (ρ, z) と、閉路 C に対する座標系 (r, θ) 一擬円柱座標系、 $\rho = \rho_0$ を原点とする座標系一をとる。閉路 C は、 $f(\rho, z) =$ 一定なる方程式を満たす閉曲線であるとする。閉路 C の外向きの法線単位ベクトルを e_n とすれば

$$e_n = \nabla f / |\nabla f|$$

である。（ ∇f が内向きの場合には $e_n = -\nabla f / |\nabla f|$ ）とすればよい。以後 ∇f が外向きの場合にのみ限定する）したがって、 e_n が ρ 軸となす角を ω とすれば

$$\tan \omega = f_z / f_\rho \quad (f_\rho \equiv \frac{\partial f}{\partial \rho}, f_z \equiv \frac{\partial f}{\partial z} \text{ である})$$

である。ある環状線電流が閉路 C 上の任意の点 (r, θ) に作る磁場は、閉路 C 上では独立変数を θ とすれば $r = r(\theta)$ で表わされ、式(6)から $B_\rho(\theta)$, $B_z(\theta)$ は容易に計算できる。したがって、閉路 C に対する接線成分 $B_\ell(\theta)$ は

$$B_\ell(\theta) = B_z(\theta) \cos \omega - B_\rho(\theta) \sin \omega ,$$

である。ゆえに、

$$B_\ell(\theta) = \frac{B_z(\theta) f_\rho(\theta) - B_\rho(\theta) f_z(\theta)}{\sqrt{f_\rho^2(\theta) + f_z^2(\theta)}} \quad (12)$$

である。

$$\begin{aligned} df &= f_\rho d\rho + f_z dz \\ &= (f_\rho \cos \theta + f_z \sin \theta) dr + (f_z \cos \theta - f_\rho \sin \theta) r d\theta \end{aligned}$$

であり、閉路 C 上では $df = 0$ であるから

$$dr = \frac{f_\rho \sin \theta - f_z \cos \theta}{f_\rho \cos \theta + f_z \sin \theta} r d\theta ,$$

である。したがって、

$$d\ell^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{f\rho \sin \theta - f_z \cos \theta}{f\rho \cos \theta + f_z \sin \theta} \right)^2 r^2 d\theta^2 + r^2 d\theta^2 \\
 &= \frac{f\rho^2(\theta) + f_z^2(\theta)}{(f\rho \cos \theta + f_z \sin \theta)^2} r^2 d\theta^2
 \end{aligned}$$

ゆえに

$$d\ell = \frac{\sqrt{f\rho^2(\theta) + f_z^2(\theta)}}{|f\rho(\theta) \cos \theta + f_z(\theta) \sin \theta|} r(\theta) d\theta , \quad (13)$$

である。閉路 C を示す $r(\theta)$, $f\rho(\theta)$, $f_z(\theta)$ を与え、式(12), (13)を用いれば、積分方程式(5)あるいは(11)を一般の閉路 C 上で数値的に解くことができる。

2.2 線形計画法を用いる方法

コイルの位置を与える、ある点での合成磁場が所要の磁場になるように各コイルに流れる電流(注)を線形計画法によって求める方法を定式化した。

空心変流器コイルや垂直磁場コイルは同軸環状コイルの重ね合せであり、環状線電流の重ね合せとして変流器コイルないしは垂直磁場コイルの作る磁場を計算することができる。式(6)から明らかのように、環状線電流の作る磁場は電流 I に関して一次式である。したがって、各コイル位置にある単位電流が作る磁場を $b_\rho(r, z; \rho_i, \xi_i)$, $b_z(r, z; \rho_i, \xi_i)$ と表わせば、n 個の同軸環状線電流の作る磁場は

$$B_\rho(\rho, z) = \sum_{i=1}^n b_\rho(\rho, z; \rho_i, \xi_i) I_i$$

$$B_z(\rho, z) = \sum_{i=1}^n b_z(\rho, z; \rho_i, \xi_i) I_i$$

で表わせる。したがって、合成磁場 $B_\rho(r, z)$, $B_z(r, z)$ が

注) 線形計画法とは、n 次元空間での m 個の線形制約条件を満たしながら線形評価関数を最小(又は最大)にする n 次元空間内の点を求める手法である。線形計画法には、数学的に難解な理論はそれほど用いられていない、むしろ電子計算機などを用いて計算できるような巧みな手法が開拓されている。線形計画法の定式化はつきのようになる。

* 制約条件

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

のもとで評価関数

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j$$

を最小(最大)にする点($x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$)を求ることである。

$$B_\rho(\rho, z) = g(\rho, z)$$

$$B_z(\rho, z) = h(\rho, z)$$

を満たすような I_i ($i = 1, 2, \dots, n$) を求める過程を、線形計画法の手法によって次のように定式化することができる。

制約条件

$$\left. \begin{aligned} g(\rho_j, z_j) - \epsilon_j' &\leq \sum_{i=1}^n b_\rho(\rho_j, z_j; \rho_i, z_i) I_i \leq g(\rho_j, z_j) + \epsilon_j \\ h(\rho_j, z_j) - \delta_j' &\leq \sum_{i=1}^n b_z(\rho_j, z_j; \rho_i, z_i) I_i \leq h(\rho_j, z_j) + \delta_j \\ \sum_{i=1}^n b_z(\rho_0, z_0; \rho_i, z_i) I_i &= h(\rho_0, z_0) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n I_i = \text{一定}$$

評価関数

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \{ b_\rho(\rho_{\ell+1}, z_{\ell+1}; \rho_i, z_i) - b_\rho(\rho_\ell, z_\ell; \rho_i, z_i) \} I_i &\rightarrow \\ g(\rho_{\ell+1}, z_{\ell+1}) - g(\rho_\ell, z_\ell) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

または

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \{ b_z(\rho_{\ell+1}, z_{\ell+1}; \rho_i, z_i) - b_z(\rho_\ell, z_\ell; \rho_i, z_i) \} I_i &\rightarrow \\ h(\rho_{\ell+1}, z_{\ell+1}) - h(\rho_\ell, z_\ell) \end{aligned} \right\}$$

制約条件(14)の最初の二つの条件は、ある空間点(ρ_j, z_j)での合成磁場 B_ρ, B_z が所要の磁場 g, h に対して極く近い範囲内にあることを要求し、第3の条件は、プラズマの中心(ρ_0, z_0)での磁場 $B_z(\rho_0, z_0)$ が $h(\rho_0, z_0)$ になること、第4の条件は、コイルに流れる全電流を一定に保つことを要求している。以上の条件下で、評価関数(15)をある値に近づける。(線形計画法では評価関数を最小または最大にする手法であるため、評価関数をある値に近づける問題の場合には、評価関数と同じ係数を持つ一次式を制約条件式の中に繰り入れてある)

合成磁場 $B_\rho(\rho, z), B_z(\rho, z)$ がそれぞれ $g(\rho, z), f(\rho, z)$ になるよう制約条件(14)、評価関数(15)で表わされる線形計画法の解として I_i ($i = 1, 2, \dots, n$)を求める具体的な過程は次の通りである。制約条件(14)のもとで、評価関数としてプラズマ中心(ρ_0, z_0)の ΔB_z をとる。この解による電流 I_i によって得られる合成磁場 $B_\rho(\rho_i, z_i), B_z(\rho_i, z_i)$ と $g(\rho_i, z_i), h(\rho_i, z_i)$ の差をそれぞれ ϵ_j, δ_j とした新たな制約条件(14)のもとで、評価関数としてプラズマ中心から1メッシュずれた点の ΔB_z をとる。以上の操作を繰り返すことによって所要

所要の磁場 $g(\rho, z)$, $h(\rho, z)$ を実現するコイルの電流値 I_i ($i = 1, 2, \dots, n$) を求めるものである。ここで $g(\rho, z)$ および $h(\rho, z)$ は、空心変流器の場合には $g(\rho, z) = 0$, $h(\rho, z) = 0$ であり、垂直磁場コイルの場合には、 $h(\rho, 0) = a\rho + b$ で表わせる ρ の一次式である。

最近、東井と竹田はこの種のコイル設計に、非線形計画法を適用する方法を提案した。⁴⁾

3 空心変流器コイルの配置

3.1 線形計画法を用いる場合

まず線形計画法を用いて得た結果を示す。 $\rho_0 = 3.25\text{ m}$, $r = 1.62\text{ m}$ なる円周上に 64 点のコイル位置を予め与え、このうち、独立変数として求める電流値は 15 ケである。予め与えたコイル位置は、トーラスの内側では 5° 間隔、トーラスの外側では 10° 間隔に配置した。図 4 は磁力線を示し、図中の数字は、空心変流器の全電流を 3.33 MA に規格化した場合に各コイルに流れる電流値を MA の単位で示している。コイル位置は、黒くぬりつぶした点で示し、白抜きの点はコイル位置として与えておいたにもかかわらず最終的には $I_i = 0$ となつた点である。図 5 は等磁束密度線であり、図中の数字は磁場の強さを gauss 単位で示してある。プラズマ境界で最大 8 gauss と非常に小さな漏洩磁場になつてゐることが分る。図 3 で示した各コイル位置での電流値を基礎にして、実際の巻数に焼直したもののが図 6 である。線形計画法によって得られた結果と実際の巻数に変換した結果を表 1 に示す。線形計画法で得られる電流分布は不規則な分布をしており、これを具体的なコイル配置に変換しなければならない。コイル総巻数を 240 として具体的なコイル配置を求めたものゝ一例が図 6 であり、図 6 に示した空心変流器コイルの電流が作る磁場を図 7、図 8 に示す。図 8 に示すように、プラズマ境界での最大の漏洩磁束密度は 50 gauss と、線形計画法で得られた電流分布による最大の漏洩磁束密度 8 gauss に比べるとかなり大きくなる。これは、各コイル電流が作る磁場を相殺することによって磁場の強さを小さくしているため、各位置での電流値の丸めが、漏洩磁場の大きさに敏感な影響を及ぼすからである。

このように、線形計画法で得られる結果から、具体的なコイル配置を求める過程は一意的に決まらず、しかも具体的なコイル配置に変換することによりかなりの漏洩磁場が生じる欠点がある。これは、コイル巻数を決めれば、1 本のコイルに流れる電流値 I_0 が決まり、 I_0 の整数倍の電流しか解として許されないにもかかわらず、その条件を全く考慮せずに線形計画法を解いているからに他ならない。したがつて、この欠点を克服するための一方法として、整数解の線形計画法を用いるという方法が考えられる。

3.2 Zakharov の方法を用いる場合

Zakharov の積分方程式により、空心変流器コイルの配置を決定する方法について述べる。

閉路 C として、 $\rho_0 = 3.25\text{ m}$, $r = 1.67$ なる真円の場合と

$$\left(\frac{\rho - 3.25}{1.67} \right)^2 + \left(\frac{z}{1.30} \right)^2 = 1$$

注) 空心変流器コイルの起磁力 (AT) は所要のプラズマ電流を得るために必要な磁束変化量から決まる。コイルの総巻数はいろいろな技術的要因を考慮して決める必要がある。

なる橿円曲線の場合について、Zakharov の積分方程式(5)を満たす電流分布 $i_0(\rho)$ を数値的に求めた。その結果を図 9 に示す。この電流分布から、2.1 の式(9)および(10)によりコイル配置を定める。表 2 は閉路 C を真円として、この電流分布を円周に沿って等荷重で分割した場合と、分割数の異なるものを組合せた場合について漏洩磁束密度の大きさを比較したものである。等荷重で分割した場合には、プラズマ領域のうちトーラス外側の境界で漏洩磁束密度が最大になる。併用型は、トーラスの内側は 40 等分、外側は 60 等分あるいは 80 等分により定まるコイル位置をとったもので、トーラス内側の境界での漏洩磁束密度は、40 等分の場合のそれ (14.5 gauss) に近い大きさになっている。表 3 に Zakharov の方法により得られた空心変流器コイルの配置を 40 等分と 60 等分の組合せによって定めた場合についてまとめた。巻数が 3 である位置は 40 等分によって決まった位置であり、巻数が 2 の位置は 60 等分によって決まったコイル位置である。図 10, 11 に、表 3 の配置による漏洩磁場の磁力線および等磁束密度線を示す。表 2 から分るように、分割数を組合せた場合には、40 等分のときが最大 25 gauss であったのに比べ最大 14 gauss と小さくなり、しかも観測孔などをとる余裕もある程度大きくなるという利点がある。具体的なコイル配置を図 12 に示す。

空心変流器コイルを配置すべき曲線として、真円の場合と橿円の場合についていくつかのパラメーターで比較した結果を表 4 に示す。閉路 C として、橿円 $\frac{(\rho-325)^2}{167} + \left(\frac{z}{b}\right)^2 = 1$ をとり、短軸 b を 1.67 (真円の場合), 1.60, 1.50, 1.40, 1.30 の 5 ケースについて比較した。コイルの分割数は 40 等分を 60 等分の併用型に統一し、コイル断面形状、全電流とともに同じものとした。真円から、離心率を大きくし橿円の周がプラズマ領域に近づくにつれて、プラズマとの結合係数は大きくなるが、変流器コイルがプラズマ領域に作る磁場エネルギーと変流器コイルに蓄積される磁気エネルギーの比 E/E_0 については、短軸 b が 1.50 m のときが最小で 2.48×10^{-7} である。表 4 では図 12 に示す垂直磁場コイルおよび磁気リミター・コイルとの結合係数も参考のために示してある。 k_{13} の値が不連続的に大きくなるのは b を変えることによって、変流器コイルが垂直磁場コイルに近接する部分が生じるためである。

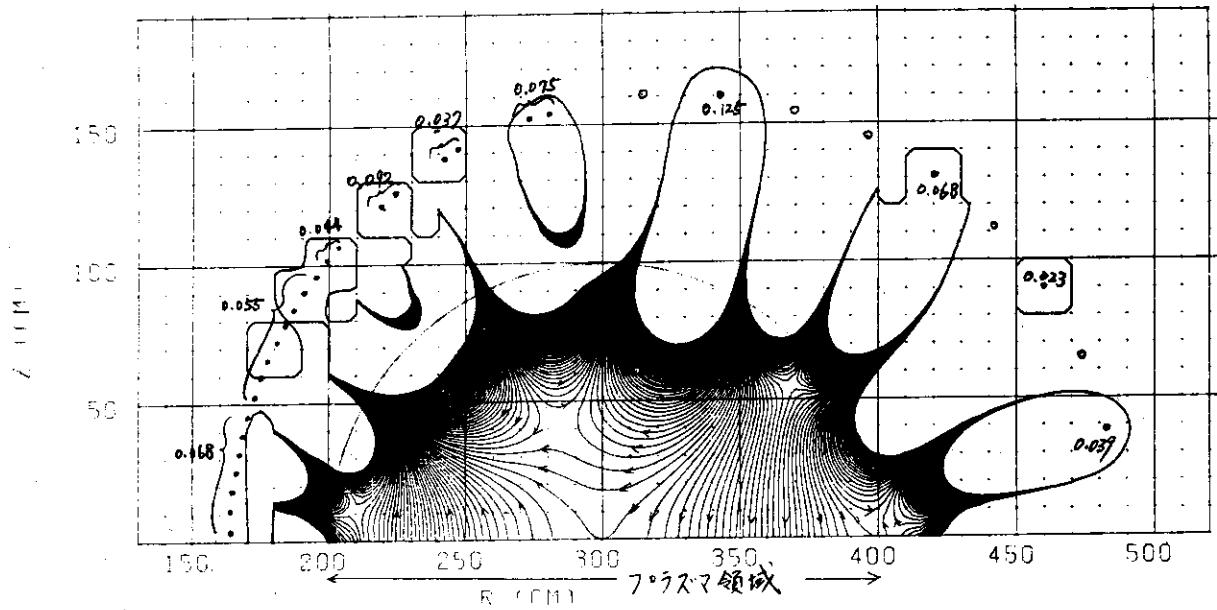


図 4 線形計画法によって得られた空心変流器の電流分布、および磁力線分布
(図中の数字は各位置の電流、MA)

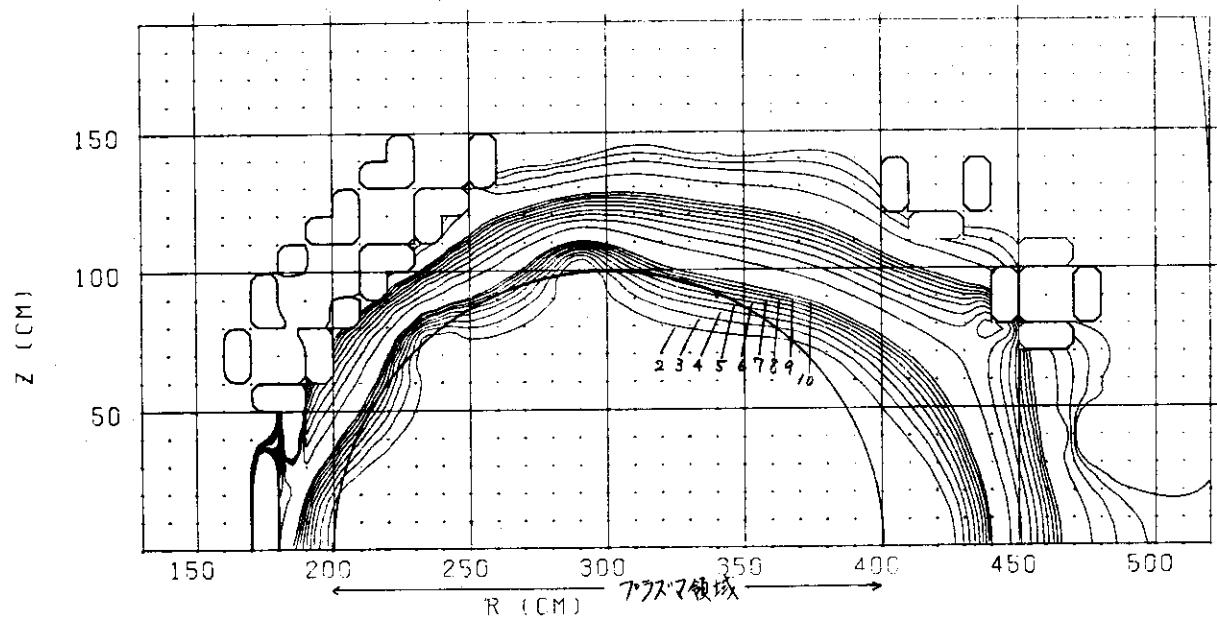


図 5 図 4 の電流分布による磁場の等磁束密度線分布
(図中の数字は磁束密度、gauss)

表 1 線形計画法による空心変流器コイル配置

コイル 中心 位 置		L.P.による結果	L.P.の結果から具体化した場合	
R (m)	Z (m)	電流値 (KA)	電 流 値	巻 数
1.630	± 0.035	6.80	6.94	5
1.634	± 0.106	6.80	"	"
1.640	± 0.176	6.80	"	"
1.649	± 0.246	6.80	"	"
1.661	± 0.316	6.80	"	"
1.676	± 0.385	6.80	"	"
1.695	± 0.453	6.80	5.55	4
1.716	± 0.521	5.47	"	"
1.740	± 0.587	5.47	"	"
1.767	± 0.653	5.47	"	"
1.797	± 0.717	5.47	"	"
1.830	± 0.779	5.47	"	"
1.865	± 0.840	5.47	"	"
1.903	± 0.900	5.47	"	"
1.944	± 0.958	5.47	"	"
1.987	± 1.014	4.45	4.16	3
2.032	± 1.068	4.45	"	"
2.182	± 1.218	9.20	18.04	13
2.236	± 1.263	9.20		
2.410	± 1.390	3.70	4.16	3
2.471	± 1.420	3.70	"	"
2.729	± 1.534	7.52	15.26	11
2.797	± 1.555	7.52		
3.426	± 1.610	12.47	12.49	9
4.208	± 1.306	6.76	6.94	5
4.597	± 0.900	2.31	1.39	1
4.824	± 0.385	3.87	4.16	3

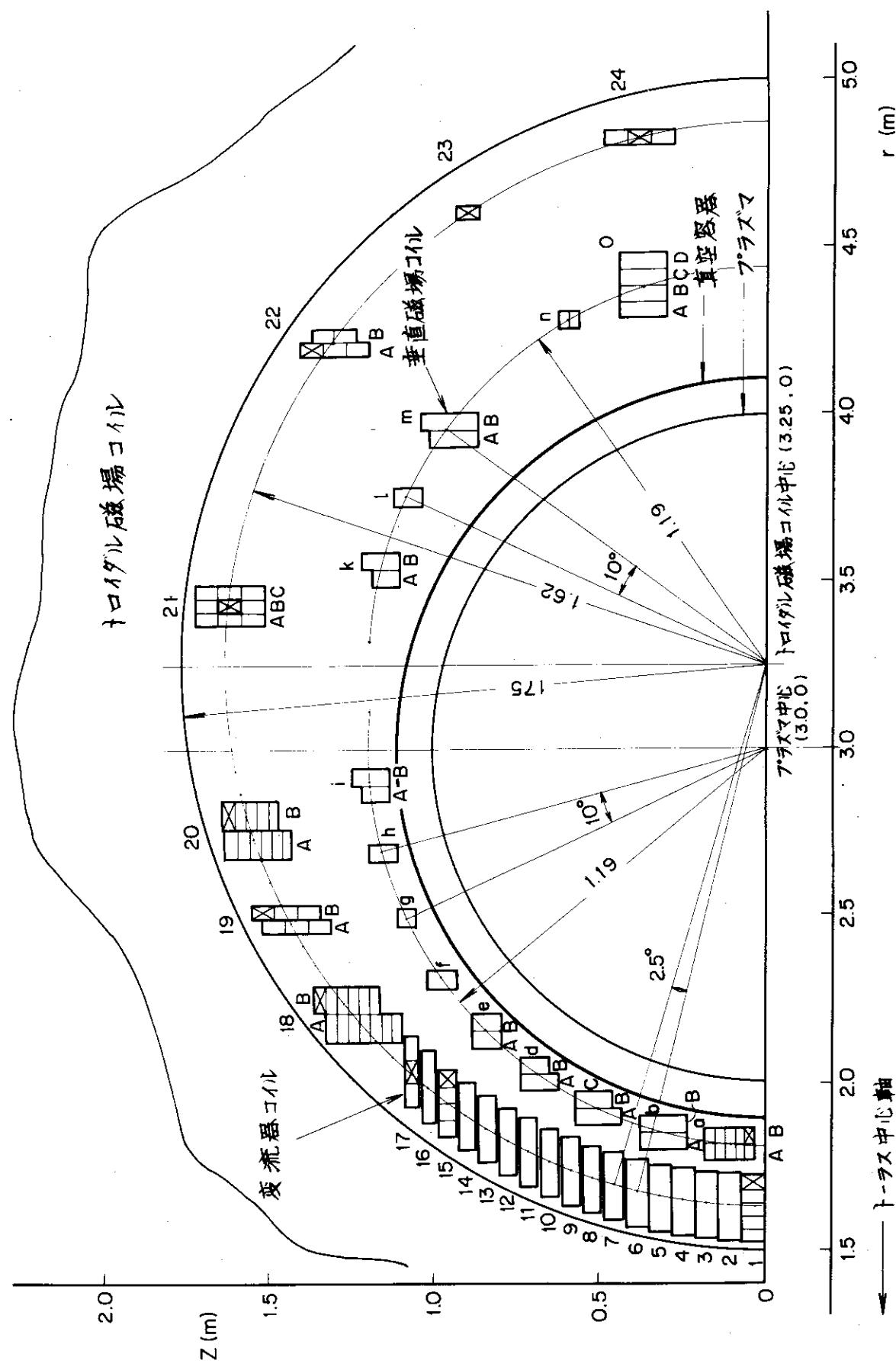


図 6 変流器コイル、垂直磁場コイル配置の一例

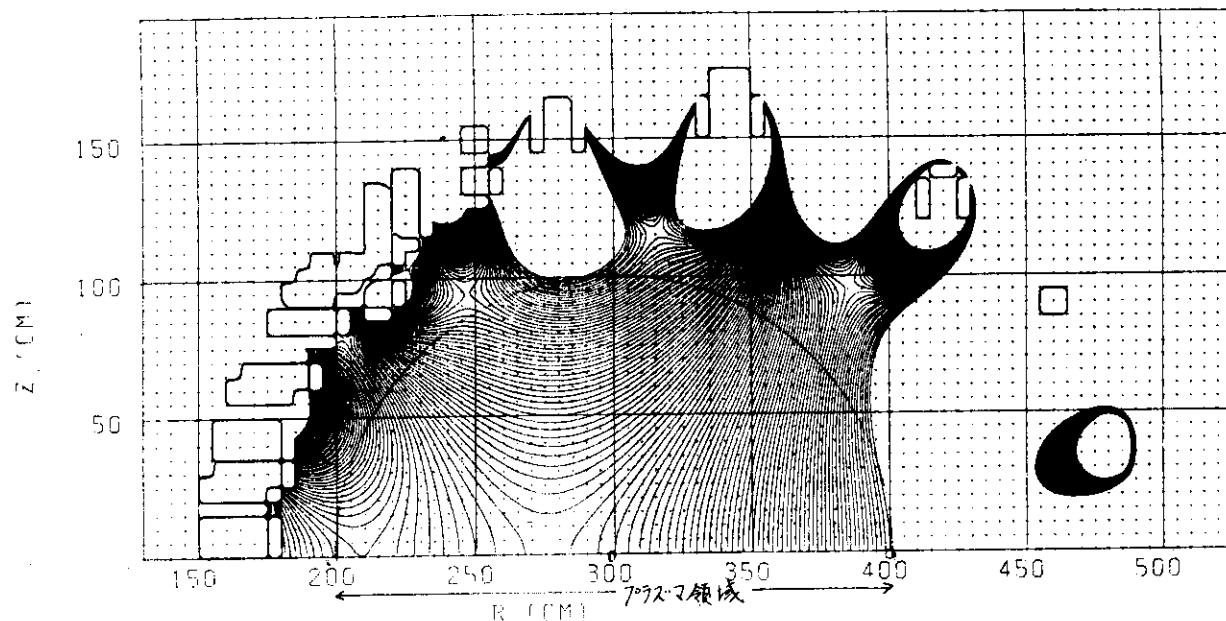


図 7 具体的な空心変流器コイル（設計番号 BC-01, 図 6)による磁力線分布の例

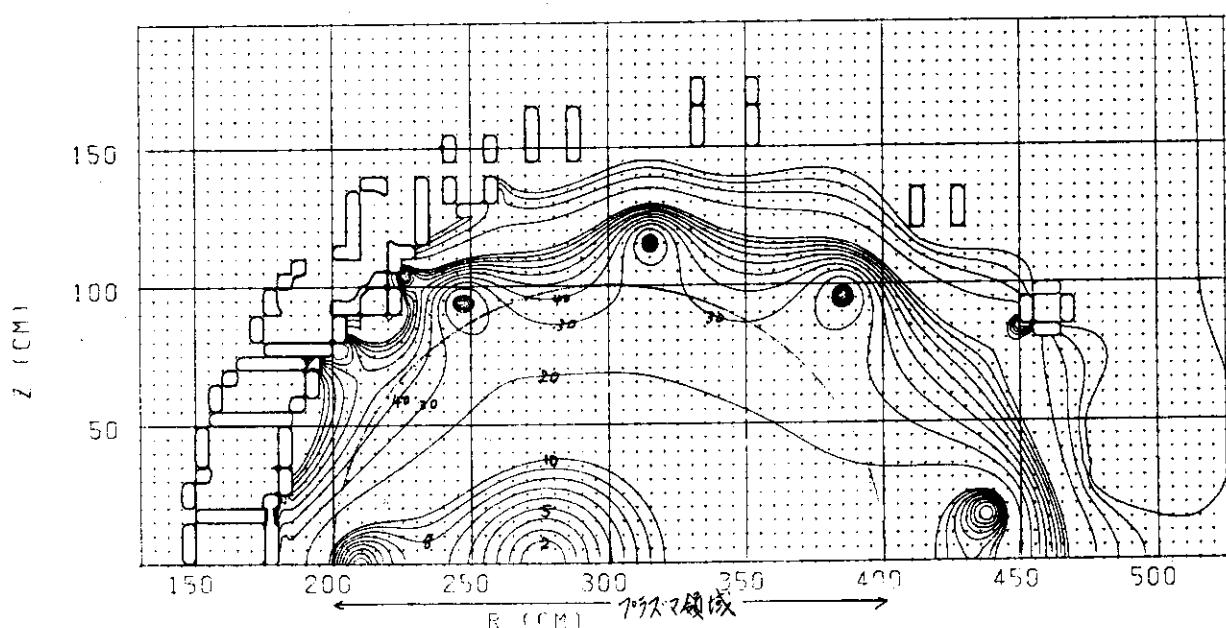


図 8 図 7 の磁场の等磁束密度線分布（図中の数字は磁束密度 gauss）

表 2 種々の分割数における漏洩磁場

(全電流は 3.33 MA, 閉路 C は円周)

分割数 \ 位置(R, Z) m	(2, 0)	(3, 0)	(3, 1)	(4, 0)
40	14.50	5.65	9.27	25.0*
60	6.43	2.52	4.16	10.27*
80	3.61	1.43	2.38	5.55*
100	2.30	0.92	1.50	3.51*
46**	13.75*	2.13	4.68	5.76
44***	13.84*	2.81	1.90	10.35

*: プラズマ領域内で最大の磁束密度

**: 40分割と80分割の併用

***: 40分割と60分割の併用

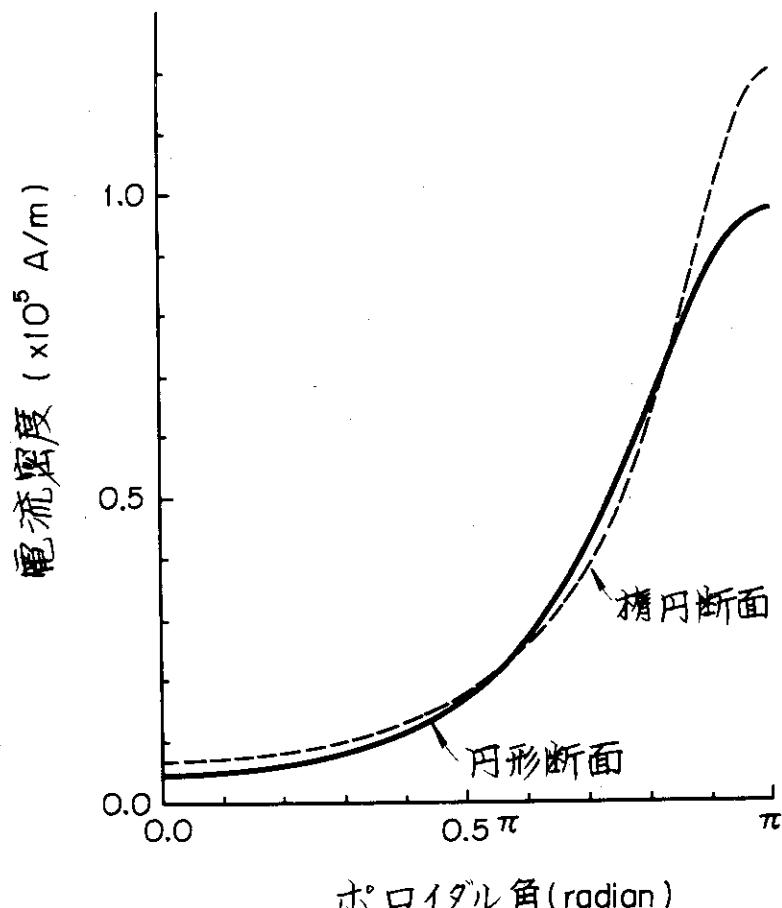


図 9 内部に磁場を作らない閉路 C 上の電流分布

表3 Zakharov の方法による空心変流器コイル配置

コイル 中心 位 置		電 流 値 (KA)	巻 数
R (m)	Z (m)		
1.581	± 0.049	83.25	3
1.585	± 0.131	"	"
1.594	± 0.216	"	"
1.608	± 0.302	"	"
1.626	± 0.390	"	"
1.650	± 0.480	"	"
1.681	± 0.571	"	"
1.718	± 0.664	"	"
1.763	± 0.760	"	"
1.818	± 0.859	"	"
1.885	± 0.961	"	"
1.966	± 1.068	"	"
2.066	± 1.178	"	"
2.191	± 1.291	"	"
2.351	± 1.407	"	"
2.560	± 1.521	"	"
2.787	± 1.605	55.50	2
3.025	± 1.654	"	"
3.334	± 1.668	"	"
3.743	± 1.596	"	"
4.275	± 1.318	"	"
4.793	± 0.639	"	"

(全電流を 3.33MA に規格化, 卷数は 120 ターン)

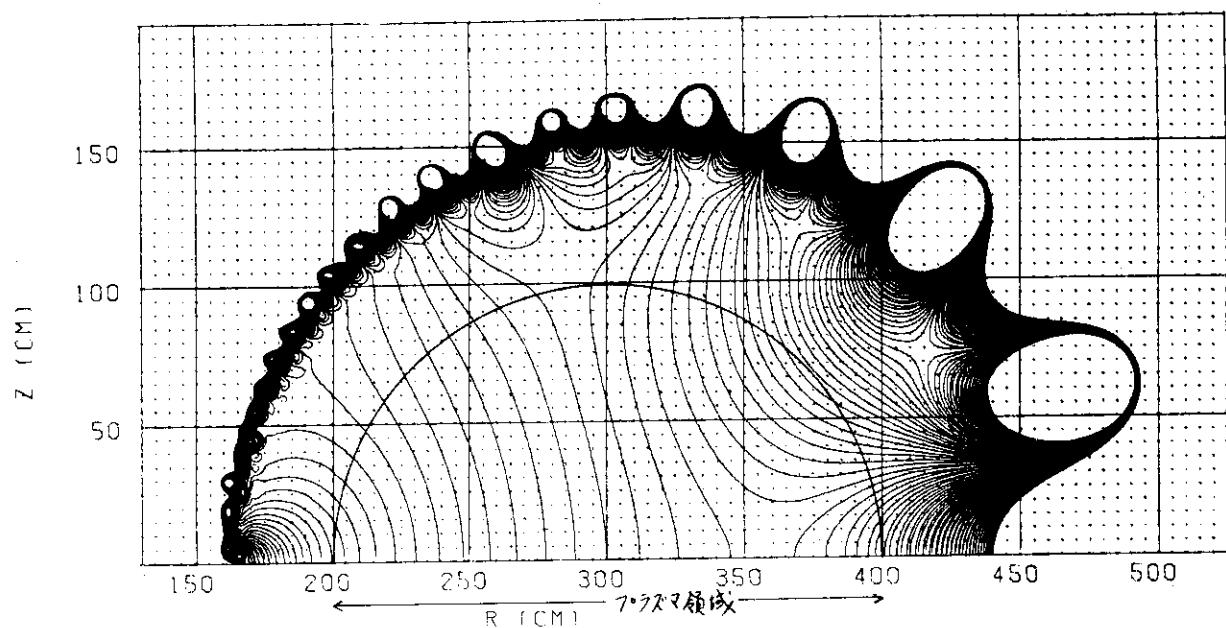


図10 Zakharov の方法により得られた空心変流器の磁力線分布

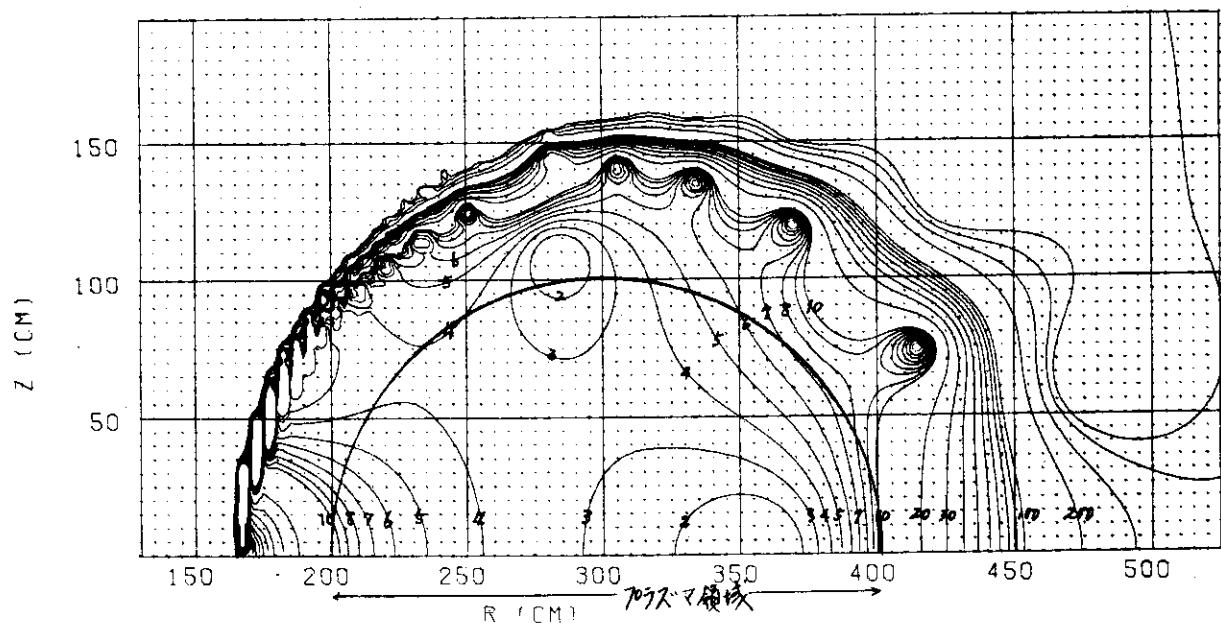


図11 図10の磁场の等磁束密度線分布（全電流を 3.33 MA に規格化, 図中の数字は磁束密度 gauss）

表 4 変流器コイルを配置する曲線の比較

b (m)	1.67	1.60	1.50	1.40	1.30
E/E_0	3.07×10^{-7}	2.50×10^{-7}	2.48×10^{-7}	2.72×10^{-7}	3.27×10^{-7}
L_1 (H)	3.347×10^{-2}	3.421×10^{-2}	3.533×10^{-2}	3.651×10^{-2}	3.776×10^{-2}
k_{12}	0.6718	0.6792	0.6903	0.7017	0.7137
k_{13}	0.00098	0.00092	0.00088	0.0042	0.0065
k_{14}	0.0045	0.0042	0.0039	0.0035	0.0032

$$b : 橢円曲線の短軸 \left(\frac{R - 3.25}{1.67} \right)^2 + \left(\frac{Z}{b} \right)^2 = 1$$

E : 変流器コイル電流がプラズマ領域内に作る磁場のエネルギー

E_0 : 変動器コイルに蓄積される磁気エネルギー

L_1 : 変流器コイルの自己インダクタンス

k : 結合係数 (添字 1 : 変流器, 2 : プラズマ, 3 : 垂直磁場コイル

4 : 磁気リミッターコイル)

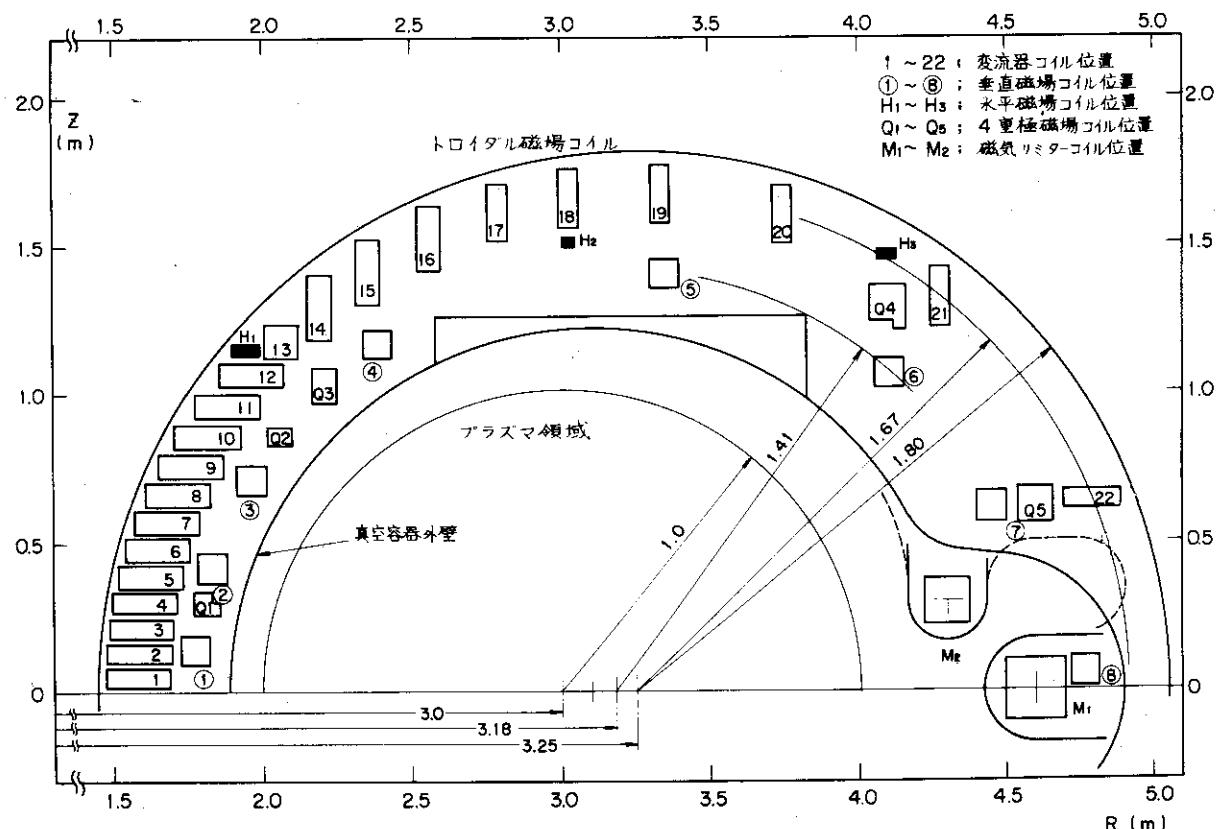


図12 ポロイダル磁場コイル配置図
(昭和49年7月現在, 予備設計第1次案)

4 垂直磁場コイルの配置

垂直磁場コイルは、プラズマの平衡と安定性を得るために必要な装置である。トカマク配位のプラズマではプラズマの輪を押し抜けようとする力は、環状電流の電気力学的な拡大作用、内部圧力の作用によるトロイダル環の伸長作用およびMaxwellの張力による半径方向の作用の三つである。この拡大力に対してプラズマの主半径方向の平衡を得るために、プラズマに対しても垂直な磁場を加えてプラズマ電流との相互作用によって生じる補正力を用いる。このために必要な垂直磁場は、主半径 R_p 、断面の半径 a の領域を一様な電流密度で電流 I_p が流れているようなプラズマ環の場合トーラス対称面上(水平面上)で^{2), 3)}

$$B_v(\rho) = \frac{\mu_0 I_p}{4\pi R_p} \left\{ \ln \frac{8R_p}{a} + \beta_I - \frac{5}{4} - \frac{\rho - R_p}{R_p} \left(\frac{3}{4} \ln \frac{8R_p}{a} - \frac{17}{16} \right) \right\} \quad (16)$$

で与えられる。ただし $\beta_I = \langle p \rangle / \frac{B a^2}{2\mu_0}$ 、 B_a はプラズマ電流 I_p によるプラズマ表面での

磁場、 $\langle p \rangle$ はプラズマ環の断面で平均したプラズマの圧力である。

水平面上で式(16)で表わされる垂直磁場分布を得るためにコイル配置を求める手続きは、2.2に述べた線形計画法を用いて定式化することが可能である。空心変流器の場合には、 B_ρ および B_z を 0 に近づけることが目標であったが、垂直磁場の設計では、 B_z を式(16)で表わされる値に近づければよく、 $h(\rho, \phi)$ として式(16)を用いればよいからである。線形計画法によって得られた結果を図 1.3 に示す。線形計画法によって得られる電流分布による磁場と、この電流分布を具体的なコイル配置に変換したときの磁場とは、空心変流器の場合と同じ理由により異なってくる。

式(16)で表わされる垂直磁場分布は、プラズマ電流の分布が一様な場合であり、しかも逆アスペクト比(臨界プラズマ試験装置の場合 $\frac{1}{3}$)でいろいろな物理量(ボロイダル磁場、磁束、電流分布など)を展開し 1 次の項まで考慮した議論から導かれるものである。したがって式(16)で表わされる垂直磁場分布を実際の装置でどの程度まで実現する必要があるかは議論の残るところである。

そこで、これに代る方法としてプラズマの平衡の式 3)

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} = - \left[\mu r^2 \frac{dp}{d\Psi} + \frac{d}{d\Psi} \frac{(r B_p)^2}{2} \right],$$

(ただし、 P : プラズマの圧力、 B_p : ボロイダル磁場)

⁵⁾を差分近似し、仮想的なシェルを設けた場合の平衡解を数値的に求める。平衡解を求める際流れれるシェル上の鏡像電流を Zakharov の方法によってコイル電流に変換すれば、より実際的な垂直磁場が得られるであろう。その手順の概略を図 1.4 に示す。平衡計算時の仮想的なシェル上の鏡像電流がプラズマ領域に作る磁場と同じ磁場を外部コイルによって作るというのがこの場合の基本的な考え方である。現在の平衡計算プログラム の制約から仮想的なシェルとして

真円しかとれない。しかし、実際の装置設計では、任意形状の閉路 C 上に垂直磁場コイルを配置する必要が往々にして生じる。仮想的なシェルにかこまれている領域に含まれる任意の閉路 C 上で、Zakharov の積分方程式(11)を解く。積分方程式(11)の右辺 $B_T(\ell)$ は、仮想的なシェル上の鏡像電流の作る磁場と同一の磁場を作る。仮想的なシェルとして、 $P_0 = 3.325 \text{ m}$, $r = 1.725 \text{ m}$ なる円周をとり、閉路 C として $P_0 = 3.18 \text{ m}$, $r = 1.41 \text{ m}$ なる円周 C_1 の場合と $P_0 = 3.18 \text{ m}$, $r = 1.41 \text{ m}$ なる円と $P_0 = 4.15 \text{ m}$, $r = 0.82 \text{ m}$ なる円 C_2 を滑らかにつないだ場合について、閉路 C 上の電流分布を求めた結果を図 1-5 に示す。全電流は零になるよう規格化してある。閉路 C が単一円でない後者については、磁気リミッター・コイルを設けた臨界プラズマ試験装置の予備設計案（昭和 49 年 7 月）について具体的な検討の一環として行なったものである。なお、全電流を零に規格化した理由は、垂直磁場コイルと空心変流器コイルとの磁気的な結合ができるだけ小さくするため、および垂直磁場コイルの電源容量を小さくするためである。閉路 C が円周の場合には、電流分布は単調な関数であるが、二つの円周を滑らかにつないだ場合には単調な関数ではなくなる。この場合閉路 C は、 $0 \leq \theta \leq 0.13\pi$ で $P_0 = 4.15 \text{ m}$, $r = 0.82 \text{ m}$ なる円周 C_2 , $0.13\pi \leq \theta \leq 0.29\pi$ で直線 C_3 , $0.29\pi \leq \theta \leq \pi$ で $P_0 = 3.18 \text{ m}$, $r = 1.41 \text{ m}$ なる円周 C_1 である。閉路 C が C_1 のみの場合に比べ、 C_1 , C_2 , C_3 を滑らかにつないだ場合には、 C_2 と C_3 の領域で電流分布が大きくなっている。これは、 C_2 , C_3 での曲率が C_1 と異なるため $B_T(\ell)$ が違ってくるからであると考えられる。 C_2 , C_3 の影響は $0 \leq \theta \leq 0.29\pi$ の範囲で大きいが、 $0.29\pi \leq \theta \leq \pi$ の C_1 の円周上の領域においても影響を及ぼしていることに注意しなければならない。

磁気リミッターなしの場合に、 $\beta_p = 1$ および電流分布を放物線分布と仮定して得られた平衡解が必要とする垂直磁場を図 1-6, 1-7 に示す。図 1-6 は磁力線、図 1-7 は等磁束密度線である。図 1-8 に、平衡計算より求められた水平面上での垂直磁場分布、およびこの磁場をつくる閉路 C 上の電流分布を等分割して求めたコイル配置について計算しなおした結果を比較して示した。各分割数の場合とも、全電流が零、かつ同方向に流れる電流の総和が一定となるよう規格化してある。図 1-8 から分るように、分割数が小さくなるに従って、水平面での垂直磁場の大きさも小さくなり、垂直磁場コイルの起磁力 (AT) が（同じ垂直磁場を作るとして）大きくなる。10 分割の場合、トーラスの内側では 6 分割、外側では 4 分割になっている。このため 10 分割の場合の垂直磁場分布は、トロイダル中心に近い方が 12 分割時の分布、外側は 8 分割時の分布になっている。したがって、垂直磁場コイルの位置を決める分割点の荷重は、トーラスの内側と外側で対称にしなければならない。臨界プラズマ試験装置予備設計の第 1 次案として観測孔や入射孔（中性粒子入射加熱のため必要）などの余裕を考慮して、16 分割によるコイル配置を選択した（本案に基いて予備設計において各種の技術的検討を行なっている）。この場合のコイル中心位置を表 5 に示す。外側の二つのコイルは、磁気リミッター・コイルと重複するため、少し変更して垂直磁場コイル配置を決定したものも併記した。これらのコイルのトーラス断面配置図はまとめて図 1-2 に示してある。図 1-9, 1-10 は 16 分割によって配置を定めた垂直磁場コイルによる磁場の磁力線と等磁束密度線である。

磁気リミッターありの場合に、 $\beta_p = 1$ および電流分布を放物線分布と仮定して得られた平衡解が必要とする垂直磁場を図 2-1, 2-2 に示す。図 2-1 は磁力線、図 2-2 は等磁束密度線で

ある。このとき閉路 C 上で必要とする電流分布は図 1 5 に示した。実際の装置の設計においては図 1 2 に示した真空器内に垂直磁場コイルが入るのを避けるために、垂直磁場コイルを配置するする閉路 C として図 1 4 に示したように二つの円周を滑らかにつないだ曲線を採用した。その場合の電流分布は図 1 5 の点線で示したものであり、異なる曲率の曲線上では電流分布の様相が異なる。このような局所的な分布の影響は、コイル位置を決めるために分割する際には反映されにくい。そのため、16 分割によって定めたコイル配置として表 6 に示した二つのケースについて、水平面上の垂直磁場分布を図 2 3 に示した。平衡計算により得られた垂直磁場分布に合うのは、図 2 2 から、ケース 1 とケース 2 の間にすることが分る。プラズマ中心 (ρ_0, z_0) = (3.0 m, 0.0 m) のところで平衡計算により得られた垂直磁場の大きさに合わせると、プラズマの外側の端 (4.0 m, 0.0 m) でケース 1 が相対誤差で +1 %、ケース 2 が -2 % の差である。図 2 4, 2 5 は、40 分割によって得られる垂直磁場コイルが作る磁力線と等磁束密度線を示し、図 2 6, 2 7 は、16 分割 (ケース 1) によって得られる垂直磁場コイルが作る磁力線と等磁束密度線を示している。平衡計算により得られた垂直磁場、40 分割および 16 分割によって得られたコイル配置による磁場の等磁束密度線の様相を図 2 2, 2 5, 2 7 で比較すると、分割数が少なくなると平衡計算によって得られたものゝそれから大きくずれてくることが分る。図 2 7 でプラズマ中心より外側の上方では磁場が弱くなるためプラズマがこの方向へふくらみ、内側の上方では磁場が強いため、プラズマが下方に押えられるであろうことが予想される。実際に 16 分割によって得られたコイル配置でのシェルなしの平衡計算を行なった結果 では、プラズマ境界が 1 ~ 2 cm ずれる程度であるので、この手法による垂直磁場コイル設計の精度としては十分であろうと思われる。

最後に、一様磁場を作る場合について述べる。一様垂直磁場ないし是一様水平磁場を作る電流分布を求めるためには、 B_z あるいは B_ρ が全空間で一定であるとして、Zakharov の積分方程式(1)を解けばよい。右辺の $B_\tau (\ell)$ の値は閉路 C 上の $B_z (\ell)$, $B_\rho (\ell)$ から容易に計算できる。(一様垂直磁場の場合は、 $B_z (\ell) = B_z$, $B_\rho (\ell) = 0$; 一様水平磁場の場合は、 $B_z (\ell) = 0$, $B_\rho (\ell) = B_\rho$)。 $\rho_0 = 3.18 \text{ m}$, $r = 1.41 \text{ m}$ で与えられる円周を閉路 C として積分方程式(1)を解いた結果を図 2 7 に示す。 $\pi \leq \theta \leq 2\pi$ の領域では、一様垂直磁場の場合は対称分布、一様水平磁場の場合は反対称分布である。40 分割によって定めたコイル配置により得られる磁場の磁力線を図 2 9, 30 に示す。

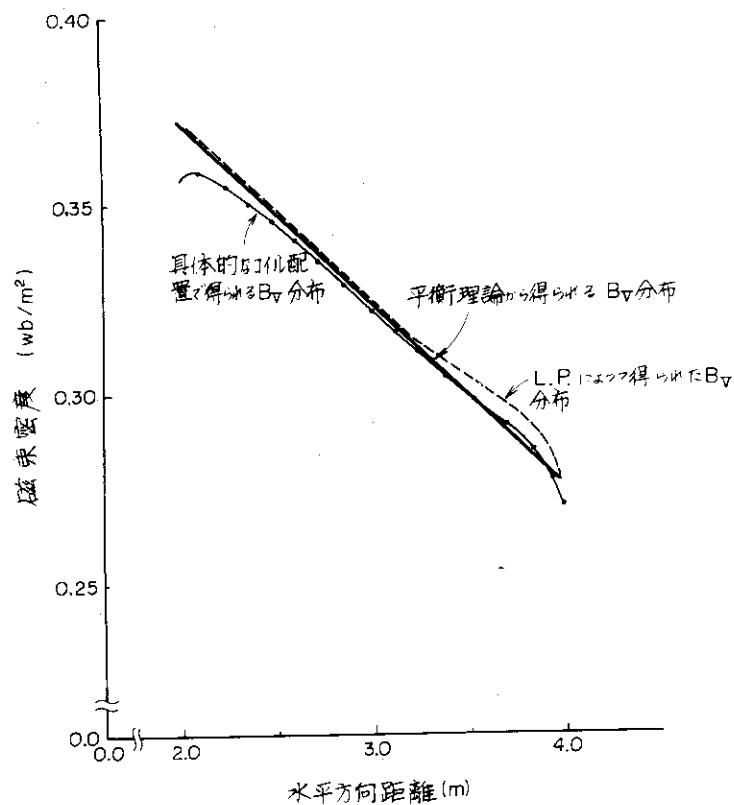
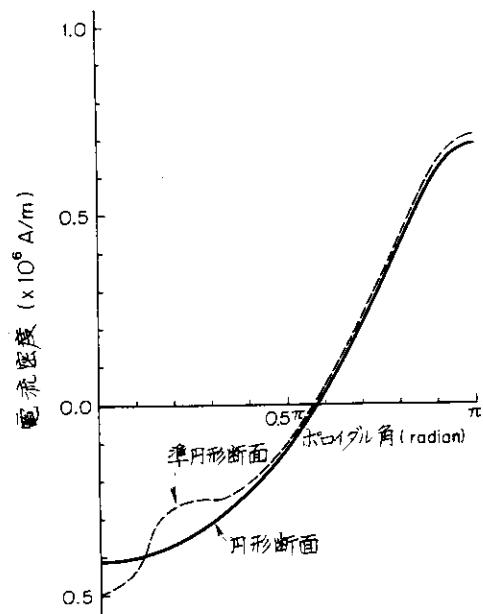
図13 水平面上での垂直磁場分布
(線形計画法による場合)

図15 平衡計算により得られた外部磁場を作る閉路 C 上の電流分布

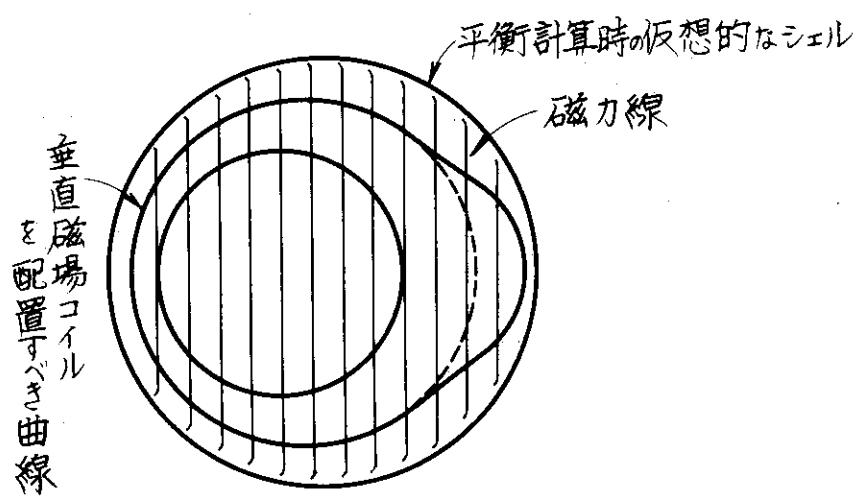


図14 垂直磁場コイル配置を決める手続

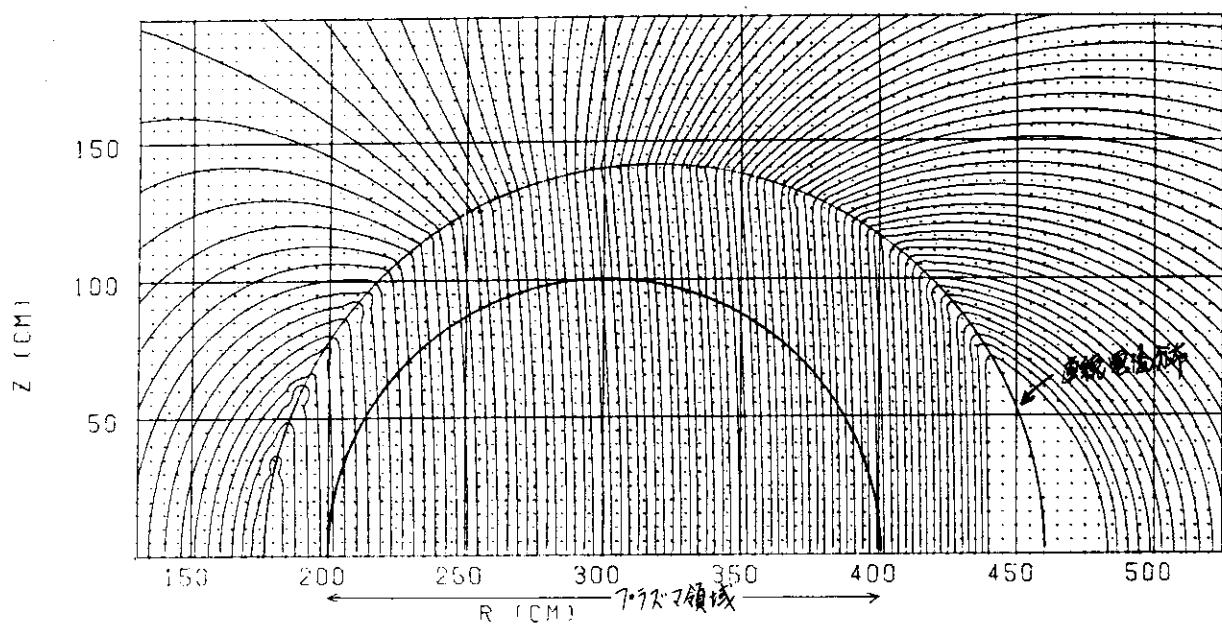


図16 平衡計算 ($\beta_p = 1$) により得られた垂直磁場の磁力線分布(磁気リミッターなし)

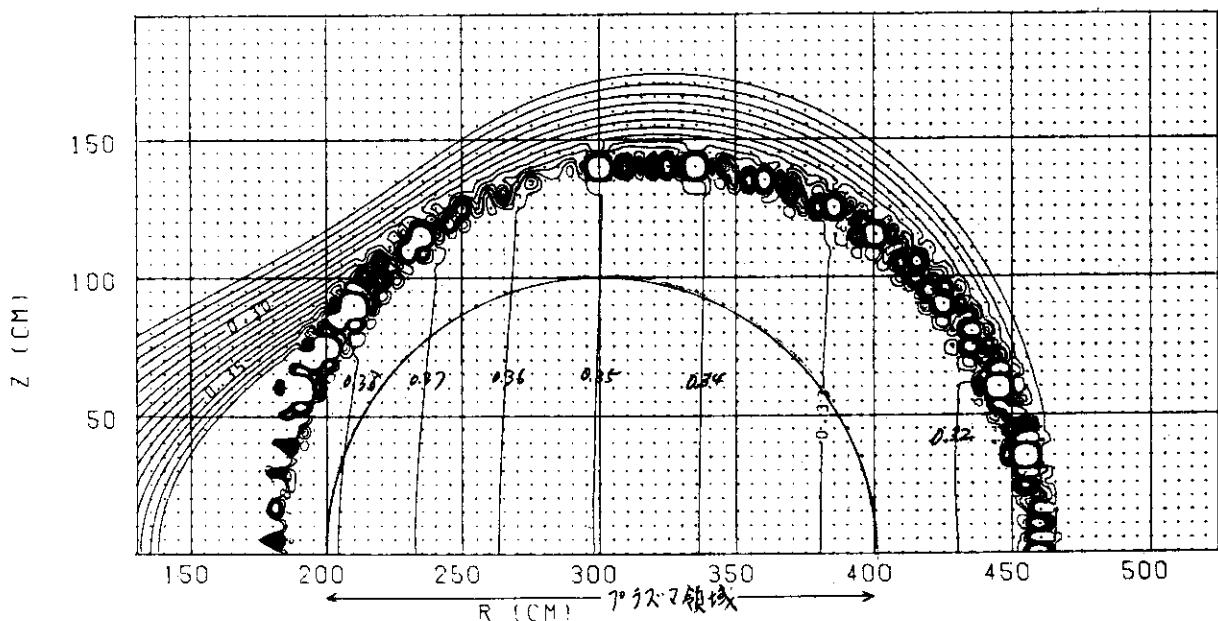


図17 図16の垂直磁場の等磁束密度線分布(磁気リミッターなし, 図中の数字は磁束密度 Wb/m²)

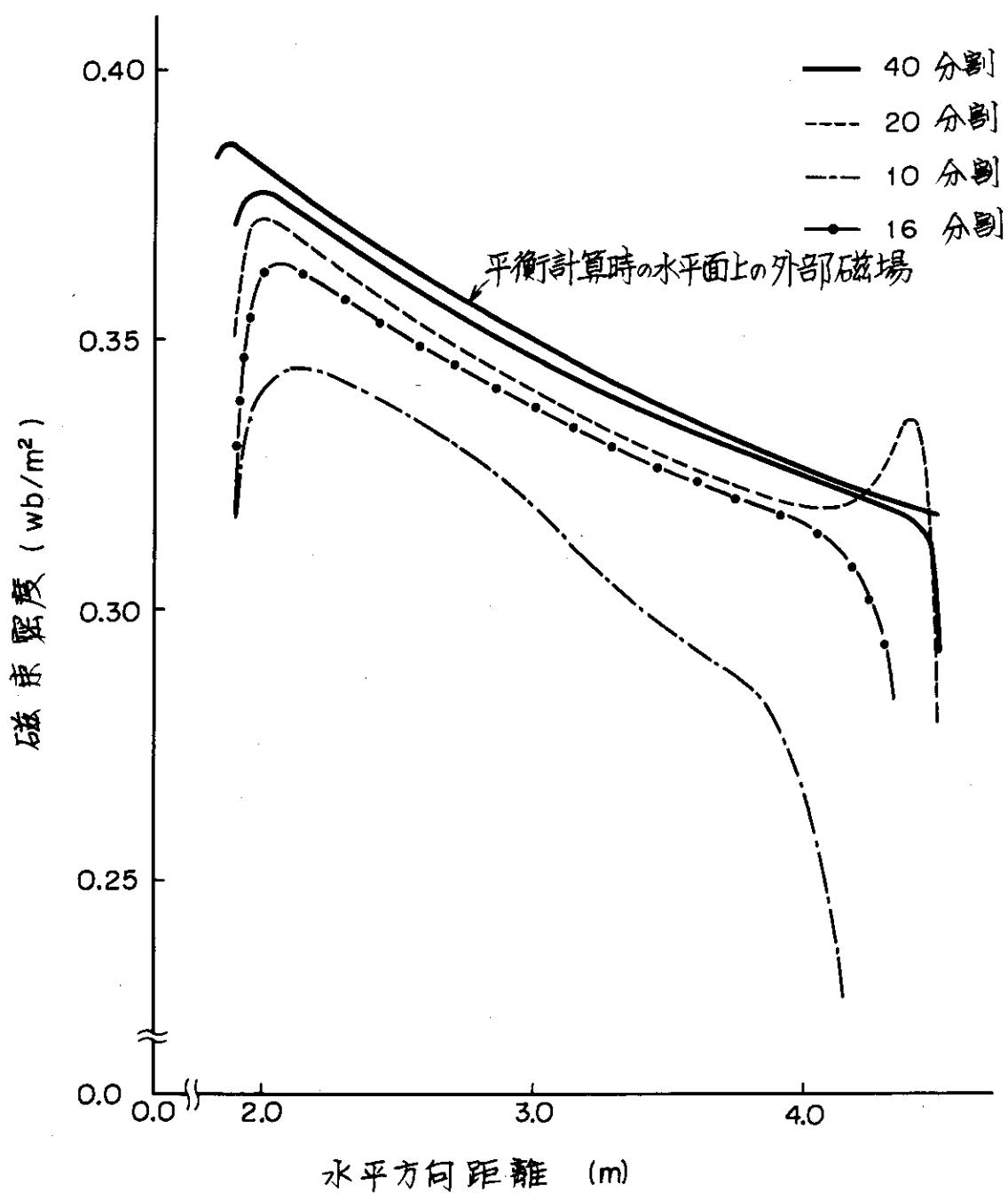


図18 水平面上での垂直磁場分布
(Zakharov の方法による場合)

表 5 平衡計算により得られた垂直磁場を作るコイル配置
(磁気リミッターなし, 16 分割)

Zakharov の方法による コイル中心位置		磁気リミッターコイルを考慮して 変更したコイル中心位置		電流値 (KA)
R (m)	Z (m)	R (m)	Z (m)	
1.777	±0.140	1.777	±0.140	205.7
1.833	±0.416	1.833	±0.416	"
1.962	±0.711	1.962	±0.711	"
2.386	±1.165	2.386	±1.165	"
3.349	±1.400	3.349	±1.400	-205.7
4.121	±1.050	4.105	±1.064	"
4.429	±0.654	4.447	±0.618	"
4.569	±0.241	4.770	±0.060	"

表 6 平衡計算により得られた垂直磁場を作るコイル配置
(磁気リミッターあり, 16 分割)

ケース 1		ケース 2		電流値 (KA)
R (m)	Z (m)	R (m)	Z (m)	
1.777	±0.140	1.777	±0.140	188.3
1.835	±0.422	1.835	±0.422	"
1.966	±0.718	1.966	±0.718	"
2.411	±1.182	2.411	±1.182	"
3.392	±1.394	3.392	±1.394	-188.3
4.307	±0.913	4.205	±0.968	"
4.725	±0.585	4.725	±0.585	"
4.941	±0.218	4.941	±0.218	"

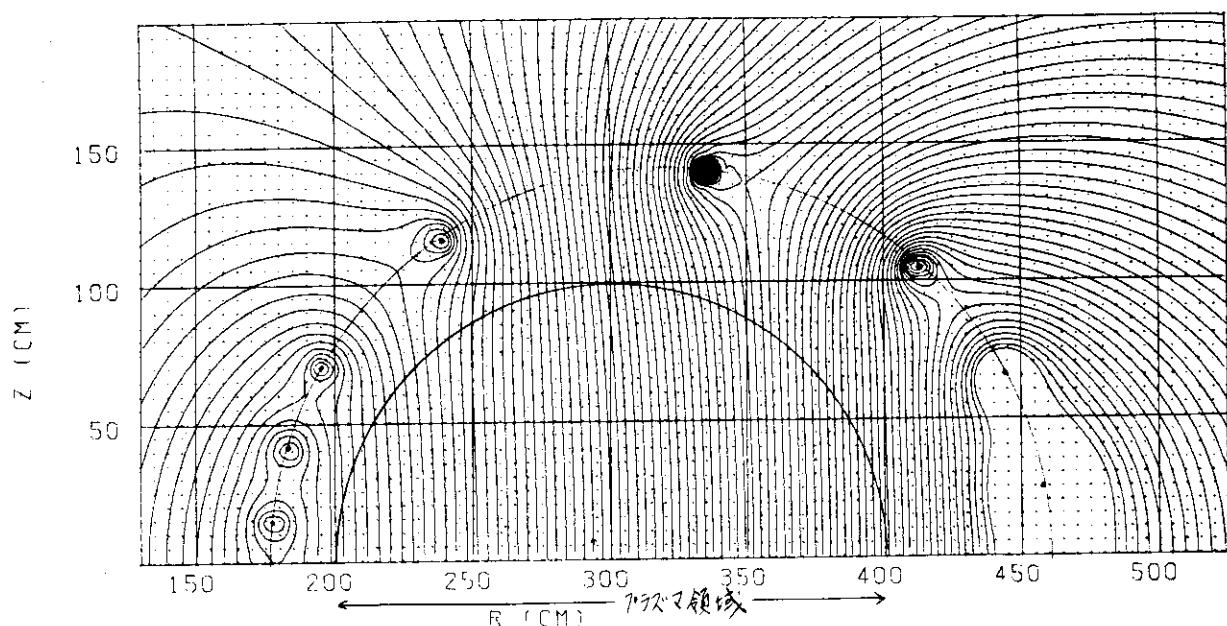
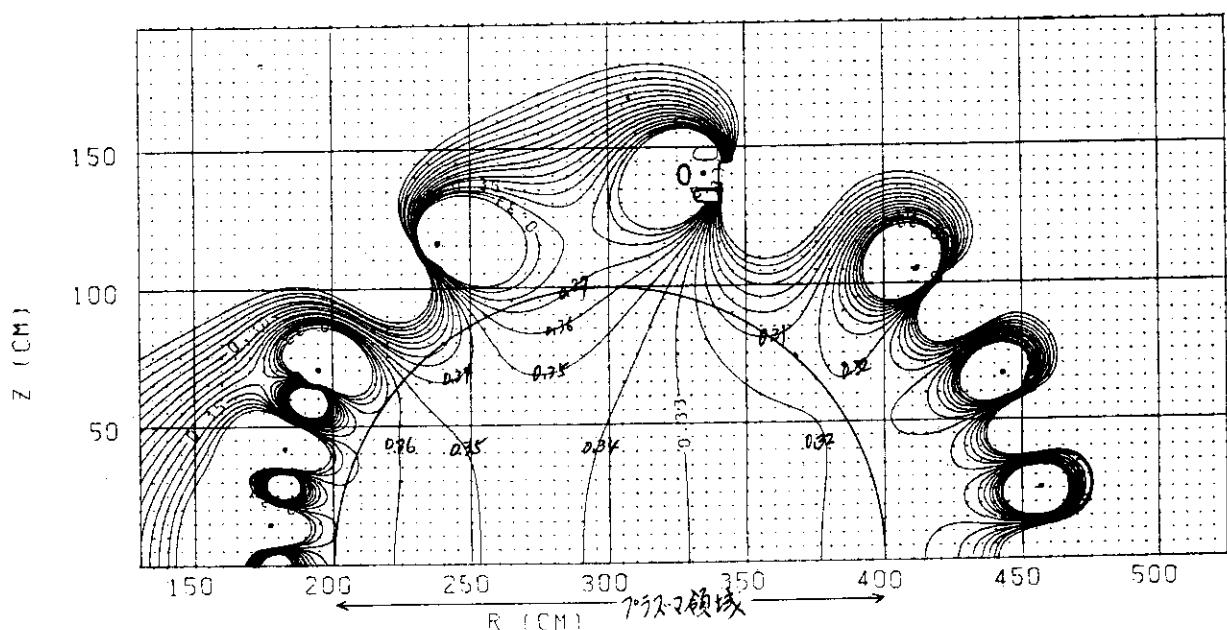


図19 16分割によって得られた垂直磁場コイル配置による磁力線分布（磁気リミッターなし）



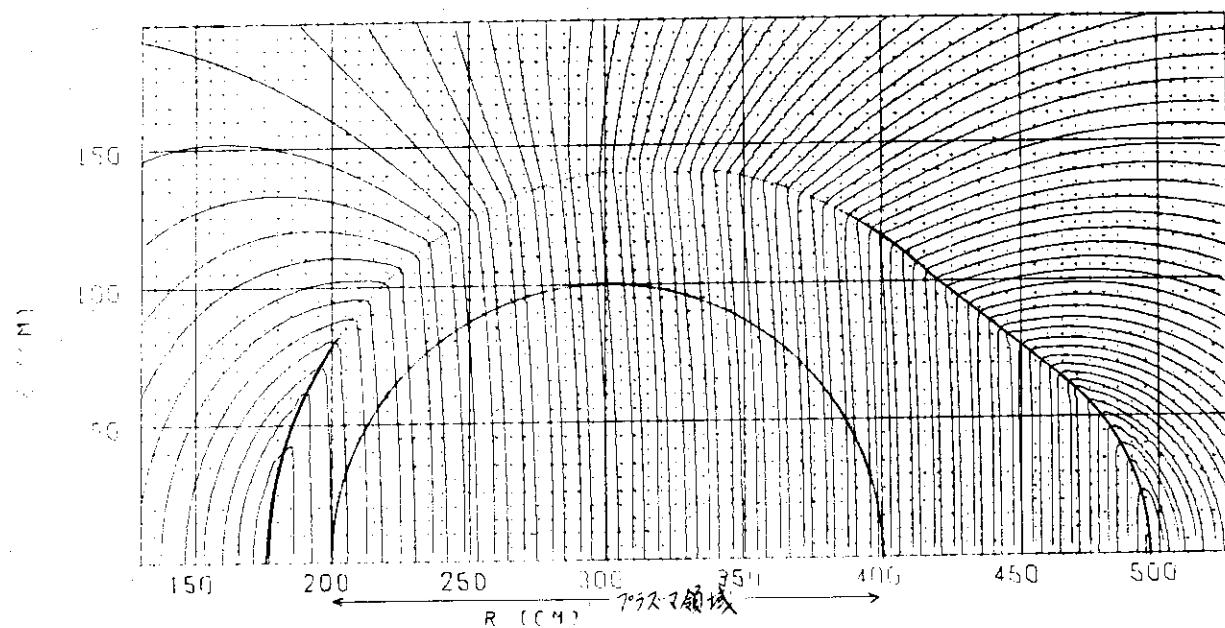


図21 平衡計算 ($\beta_p = 1$) により得られた垂直磁場の磁力線分布(磁気リミッターあり)

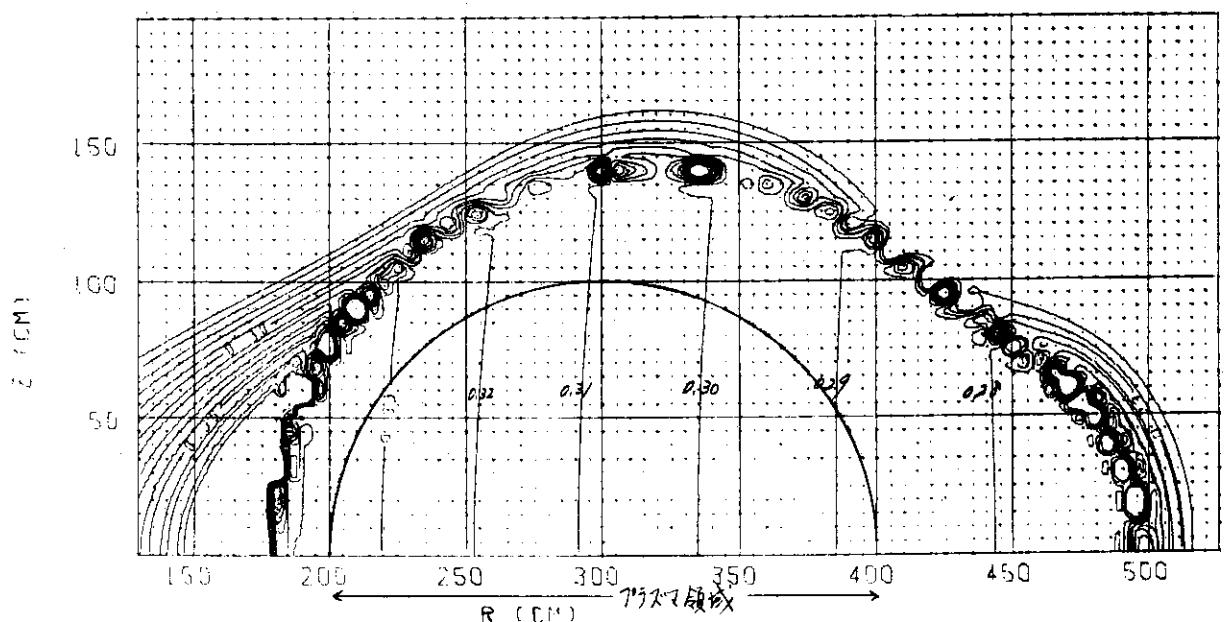


図22 図21の磁場の等磁束密度分布(磁気リミッターあり, 図中の数字は磁束密度 Wb/m^2)

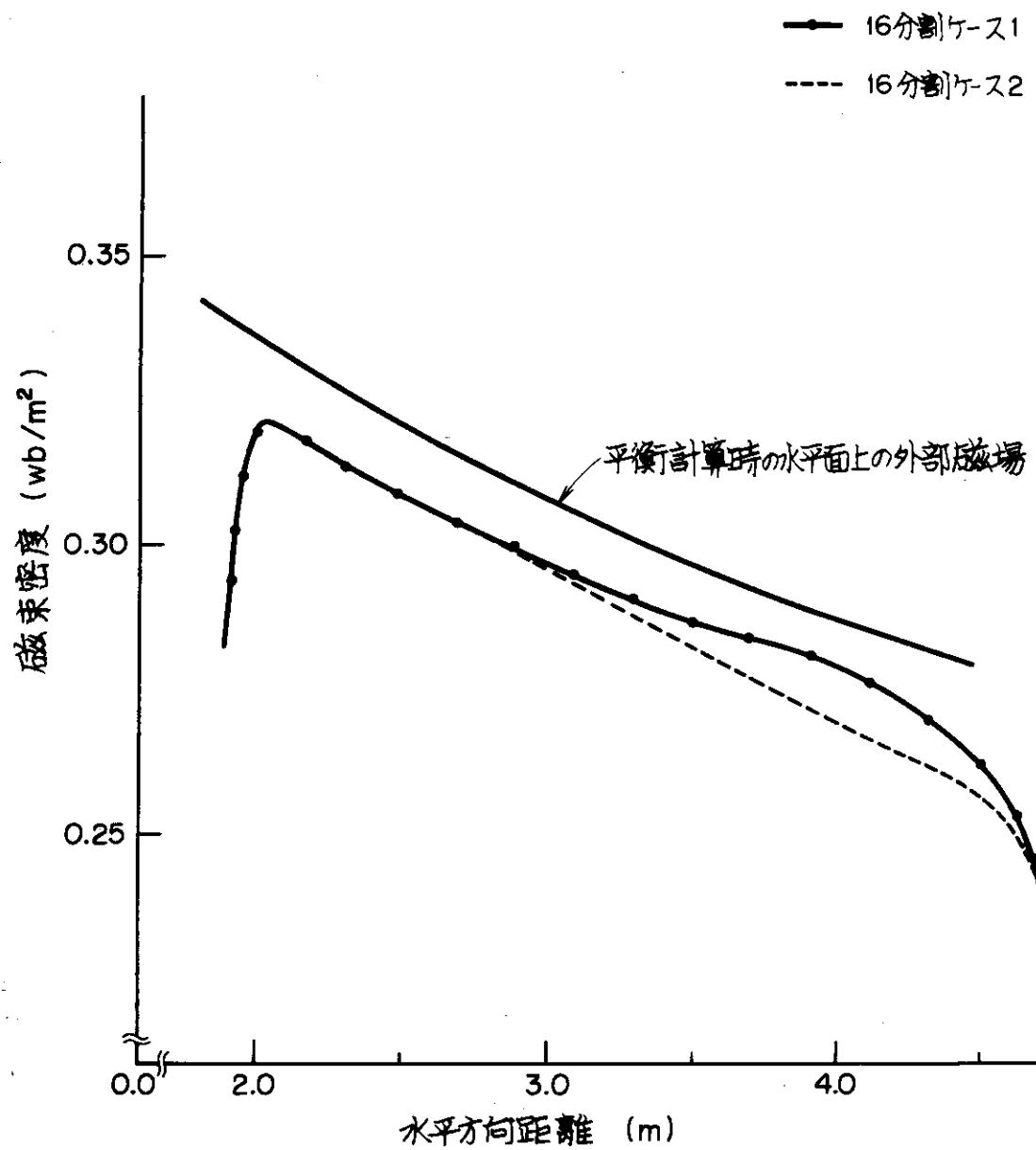


図23 水平面上での垂直磁場分布（磁気リミッターあり）

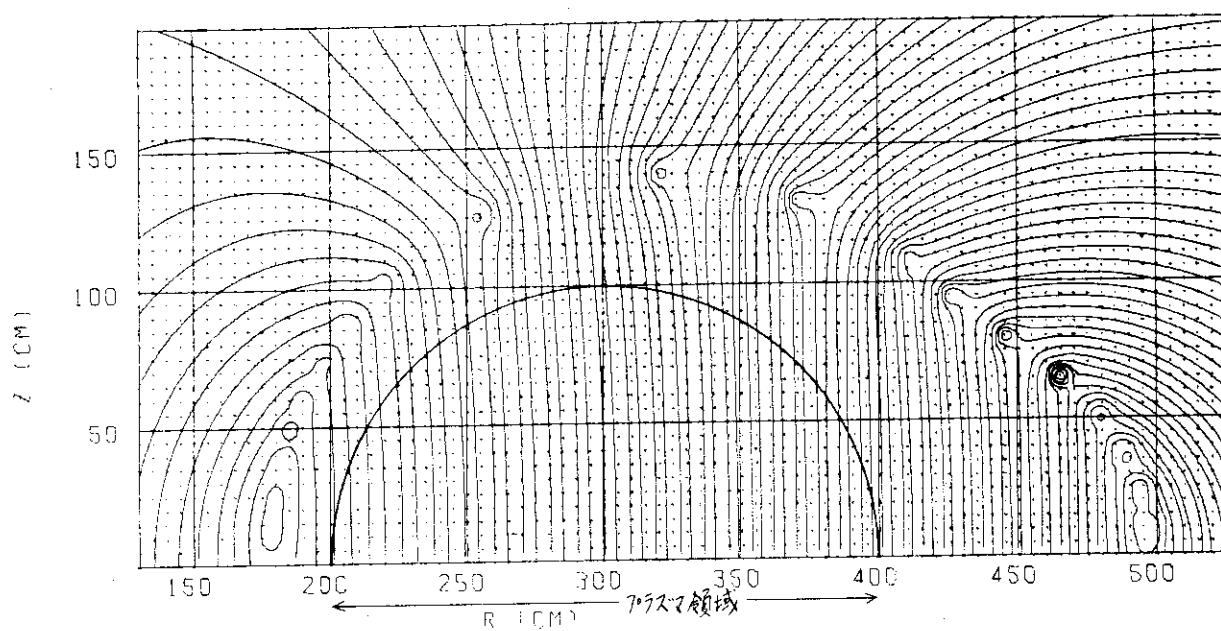


図24 40分割によって得られる垂直磁場配置による磁力線分布(磁気リミッターあり)

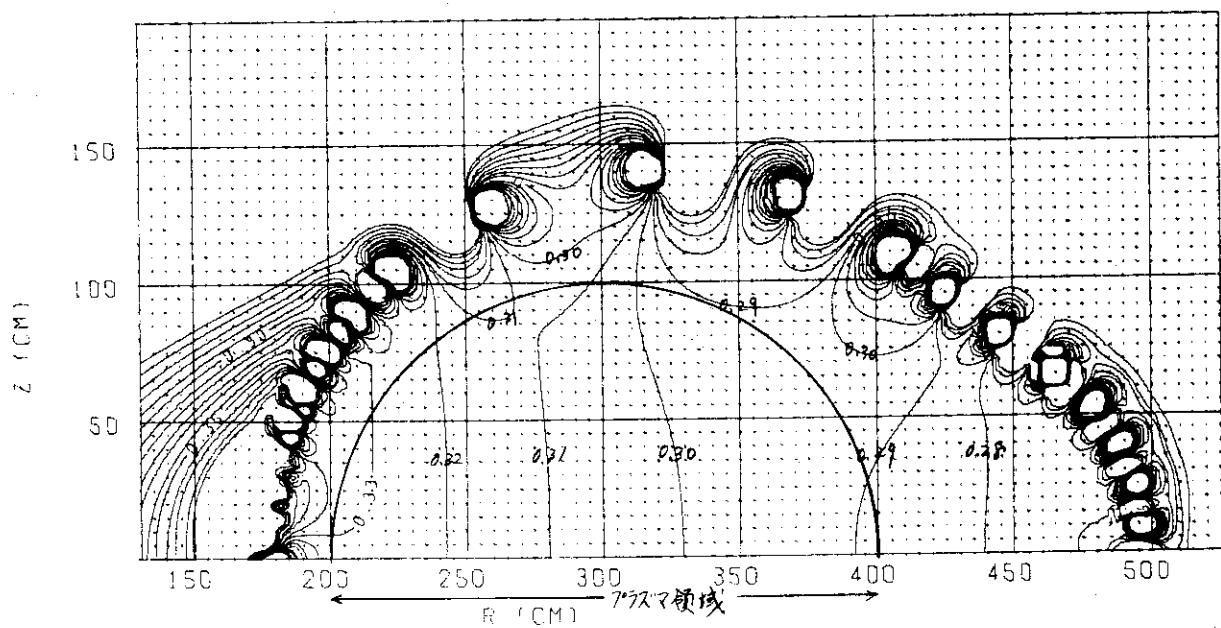


図25 図24の磁場の等磁束密度線分布(磁気リミッターあり, 図中の数字は磁束密度 Wb/m^2)

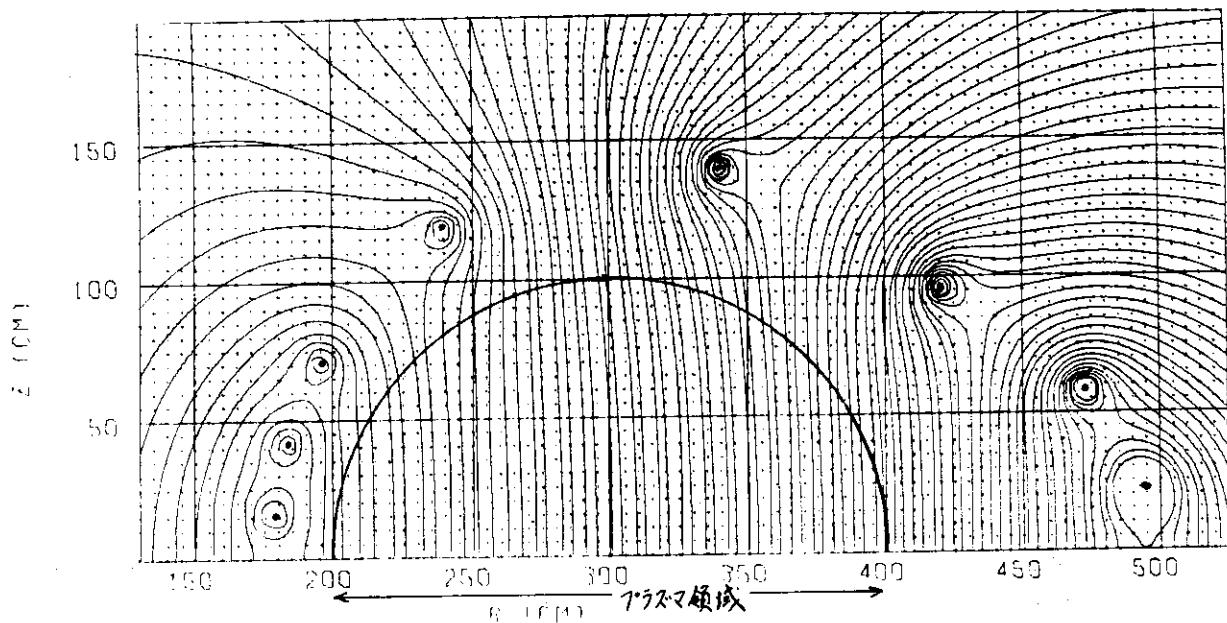


図26 16分割によって得られた垂直磁場コイル配置による磁力線分布(磁気リミッターあり)

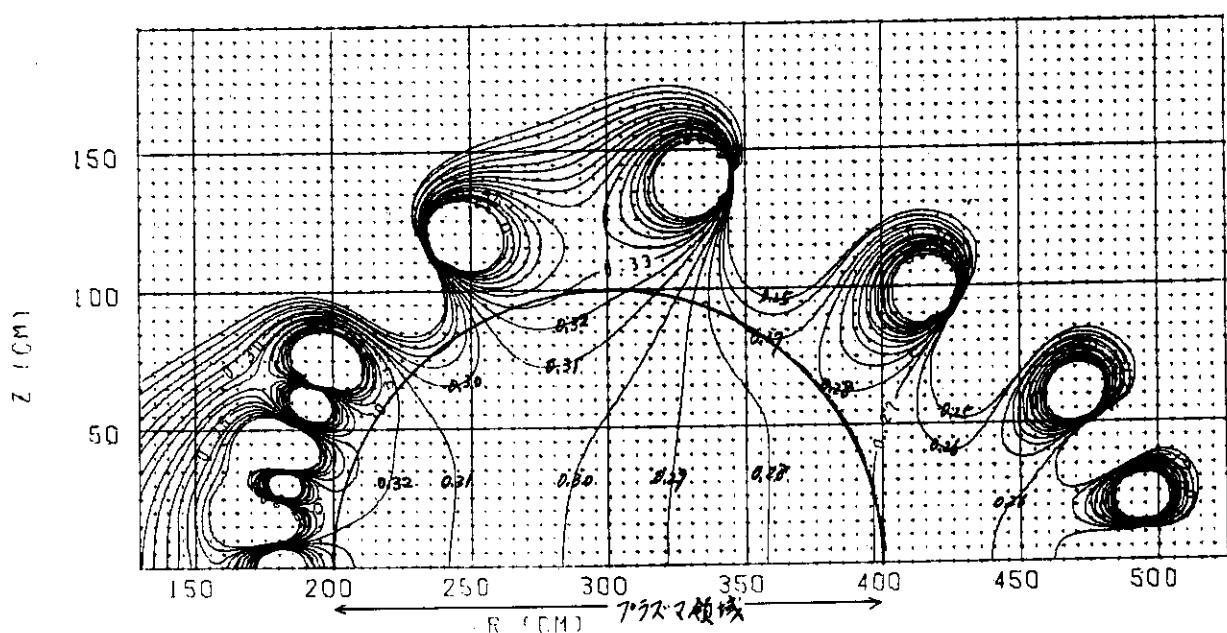


図27 図26の磁場の等磁束密度線分布(磁気リミッターあり, 図中の数字は磁束密度 Wb/m^2)

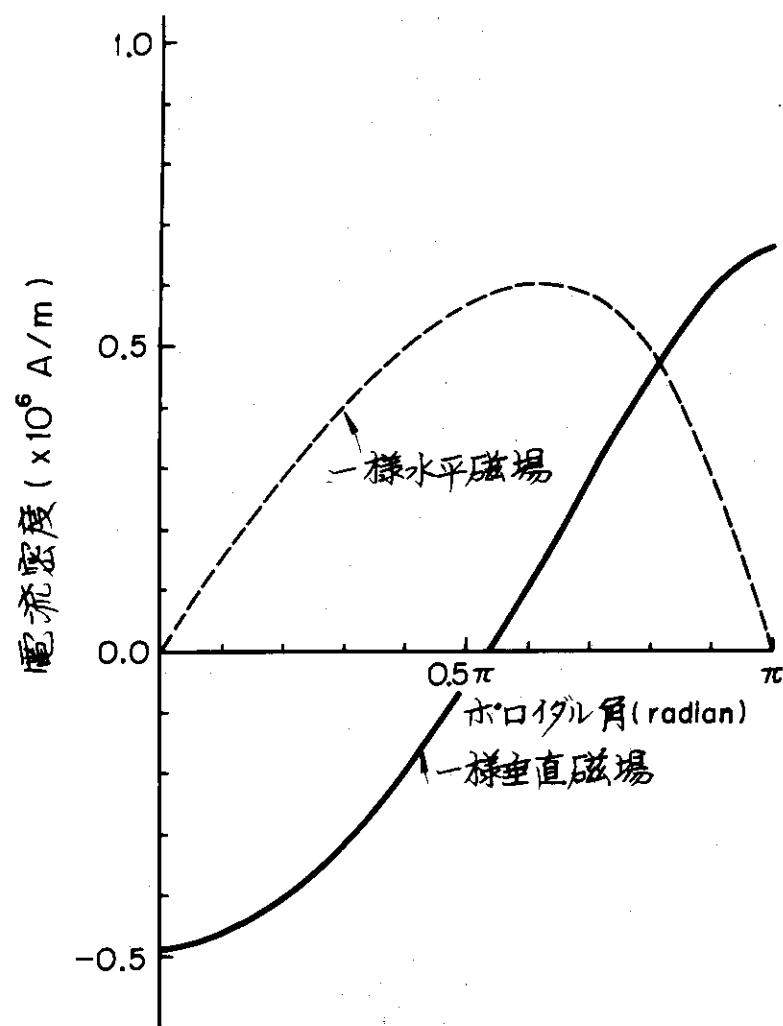


図28 一様磁場を作る閉路 C 上の電流分布

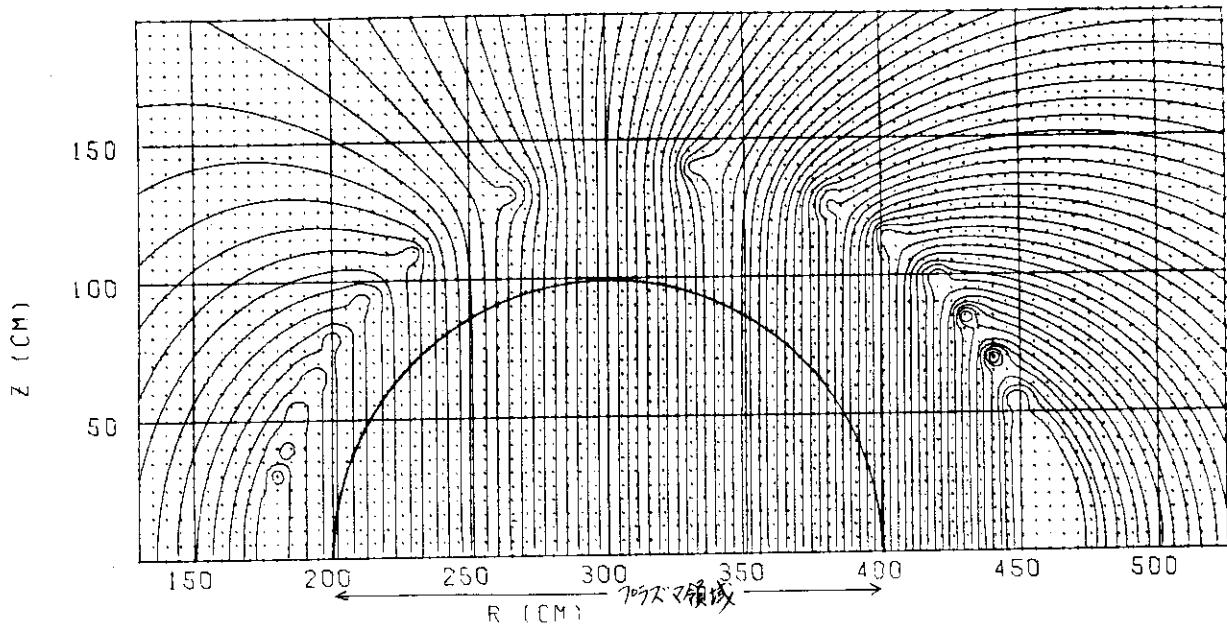


図29 一様垂直磁場を作るコイル配置(40分割)による磁力線

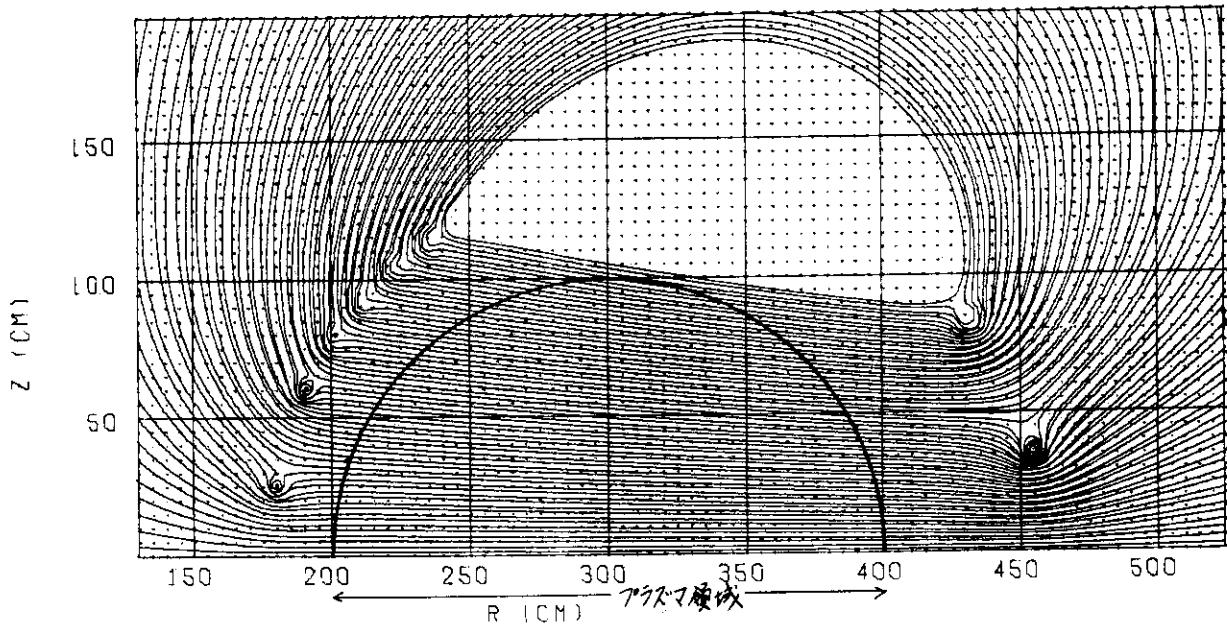


図30 一様水平磁場を作るコイル配置(40分割)による磁力線分布

5 ま と め

大型核融合装置の空心変流器コイルおよび垂直磁場コイルの配置を定める方法として、線形計画法およびZakharovの方法を適用する実際的な手法を開発し、臨界プラズマ試験装置の設計に応用した。線形計画法による場合には、コイル位置を予め与えておき、その位置のコイルに流すべき電流を決める。これに対してZakharovの方法では、コイルを設置する場所を閉路Cの形で与えておき（原理的には、閉路Cは任意の形状で可能である）、閉路C上において各コイル位置およびそこに流すべき電流を同時に決定する。いづれの方法によっても、変流器コイルからの漏洩磁場を小さくする、あるいは水平面上での必要な垂直磁場分布を実現する、という要求を十分満足する解が得られることが分かった。両者を比較すると線形計画法による場合には、コイルの巻数について考慮が含まれていないため、得られた電流分布を具体的なコイル配置に変換する際に丸めの誤差が生じてしまい、また収束計算をするため計算時間が長くなりがちである。これに対し、Zakharovの方法では、分割点の数とそれぞれの分割点での巻数を与えてやれば、自動的にコイル位置とそのコイルに流すべき電流が決まり、しかも連立一次方程式を1度解くだけであるから計算時間も短かくてすむ。Zakharovの方法における問題点は、連続電流分布を離散的な電流分布に変換しコイル位置を決める過程にある。表2に示したように、4×4分割の場合にはプラズマ領域での最大の漏洩磁場は14 gauss程度である。これに対し、閉路Cとして与えた円周を等角度に4×4分割し、それぞれのメッシュ点に $i(\ell_i) \Delta\ell_i$ なる電流があるものとして磁場計算すると、プラズマ領域での漏洩磁場はほぼ一様に 10^{-2} gauss程度になる。したがって、電流の大きさのみを考慮した式(10)のコイル位置決定方法については改良の余地があると思われる。

空心変流器コイルの配置を定める際にはプラズマ領域の漏洩磁場を一定値以下に抑えることを目標とすれば良いが、垂直磁場コイル配置を決定するためには、どのような垂直磁場配位を選択するかが重要なポイントである。このためには多くの異なったプラズマ状態に対して平衡および安定性の吟味が必要であり、プラズマの動的な制御法との関連からの検討も必要である。

最後に、田中正俊氏、吉川允二氏をはじめとして、議論、御指導いただいた核融合研究室の各氏、また、線形計画法の使用に際して御指導いただいた数値研鈴木忠和氏に感謝いたします。

6 参 考 文 献

- (1) Zakharov, L.E. : Nuclear Fusion, 13, 595 (1973)
- (2) Mukhovatov, V.S. and Shafranov, V.D. : Nuclear Fusion, 11, 605 (1971).
- (3) Shafranov, V.D. : "Review of Plasma Physics", Vol.2, Consultant Bureau, 103 (1966).
- (4) Suzuki, Y., Kameari, A., Ninomiya, H., Masuzaki, M and Toyama, H. : IAEA-CN-33/A 11-2, Paper presented at the Fifth Conference on

5 ま と め

大型核融合装置の空心変流器コイルおよび垂直磁場コイルの配置を定める方法として、線形計画法およびZakharovの方法を適用する実際的な手法を開発し、臨界プラズマ試験装置の設計に応用した。線形計画法による場合には、コイル位置を予め与えておき、その位置のコイルに流すべき電流を決める。これに対してZakharovの方法では、コイルを設置する場所を閉路Cの形で与えておき（原理的には、閉路Cは任意の形状で可能である）、閉路C上において各コイル位置およびそこに流すべき電流を同時に決定する。いづれの方法によっても、変流器コイルからの漏洩磁場を小さくする、あるいは水平面上での必要な垂直磁場分布を実現する、という要求を十分満足する解が得られることが分かった。両者を比較すると線形計画法による場合には、コイルの巻数について考慮が含まれていないため、得られた電流分布を具体的なコイル配置に変換する際に丸めの誤差が生じてしまい、また収束計算をするため計算時間が長くなりがちである。これに対し、Zakharovの方法では、分割点の数とそれぞれの分割点での巻数を与えてやれば、自動的にコイル位置とそのコイルに流すべき電流が決まり、しかも連立一次方程式を1度解くだけであるから計算時間も短かくてすむ。Zakharovの方法における問題点は、連続電流分布を離散的な電流分布に変換しコイル位置を決める過程にある。表2に示したように、4×4分割の場合にはプラズマ領域での最大の漏洩磁場は14 gauss程度である。これに対し、閉路Cとして与えた円周を等角度に4×4分割し、それぞれのメッシュ点に $i(\ell_i) \Delta \ell_i$ なる電流があるものとして磁場計算すると、プラズマ領域での漏洩磁場はほぼ一様に 10^{-2} gauss程度になる。したがって、電流の大きさのみを考慮した式(10)のコイル位置決定方法については改良の余地があると思われる。

空心変流器コイルの配置を定める際にはプラズマ領域の漏洩磁場を一定値以下に抑えることを目標とすれば良いが、垂直磁場コイル配置を決定するためには、どのような垂直磁場配位を選択するかが重要なポイントである。このためには多くの異なったプラズマ状態に対して平衡および安定性の吟味が必要であり、プラズマの動的な制御法との関連からの検討も必要である。

最後に、田中正俊氏、吉川允二氏をはじめとして、議論、御指導いただいた核融合研究室の各氏、また、線形計画法の使用に際して御指導いただいた数値研鈴木忠和氏に感謝いたします。

6 参 考 文 献

- (1) Zakharov, L.E. : Nuclear Fusion, 13, 595 (1973)
- (2) Mukhovatov, V.S. and Shafranov, V.D.: Nuclear Fusion, 11, 605 (1971).
- (3) Shafranov, V.D.: "Review of Plasma Physics", Vol.2, Consultant Bureau, 103 (1966).
- (4) Suzuki, Y., Kameari, A., Ninomiya, H., Masuzaki, M and Toyama, H.: IAEA-CN-33/A 11-2, Paper presented at the Fifth Conference on

JAERI-M 5898

Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research (Tokyo, 1974).

- (5) Toi, K. and Takeda, T.: (submitted for publication in Nuclear Fusion).

付録 I 各種プログラムのインプット・アニュアルおよびプログラムリスト

I. 1. Zakharov の方法

・ タイトルカード 2枚(1-72カラム)

・ Section 001 (2413)

NGC 1 (1-3) = -2 既知の i_1 分布から, $\int (i_1 + i_0) d\ell = \int i_1 d\ell$
+ TAT なる $(i_1 + i_0)$ 分布

= -1 既知の i_1 分布から, $\int (i_1 + i_0) d\ell = 0$
なる $(i_1 + i_0)$ 分布

= 1 contour ℓ 内の磁場を零にする i_0 分布
 $\int i_0 d\ell = \text{TAT}$

= 2 $\int i_2 d\ell = 0$ なる i_2 分布, $B_r(\ell)$ 指定

= 3 一様垂直磁場を実現する i_2 分布 $\int i_2 d\ell = 0$

= 4 一様水平磁場を実現する i_2 分布 $\int i_2 d\ell = 0$

NGC 2 (4-6) = 0 Zakharov equation を解き, i 分布を求めるのみ
≈ 0 Zakharov equation から得られた i 分布による磁場の計算もする。

NGC 3 (7-9) Zakharov equation を解く contour ℓ 上の mesh 数
(角度等分割)

NGC 4 (10-12) field 計算での ρ -方向 mesh 数 IMX

NGC 5 (13-15) field 計算での Z-方向 mesh 数 JMZ

NGC 6 (16-18) IRMI

NGC 7 (19-21) IRM0 } Ψ を plot する場合に必要なデータ

NGC 8 (22-24) IRM2 }

NGC 9 (25-27) $B_r(i, j)$ を edit する回数

NGC 10 (28-30) = 0 Zakharov equation の解 i 分布そのもので field
計算する

= 1 $i(\ell) \Delta\ell$ で field 計算する

≥ 2 i - 分布を分割し, その結果で field 計算する

= 3 $B_r(i, j)$ を記憶する

NGC 11 (31-33) ≈ 0 Ψ を plot

NGC 12 (34-36) ≈ 0 B を plot (=1 gauss 単位, =2 wb/m² 単位)

NGC 13 (37-39) ≈ 0 Ψ を edit する

NGC 14 (40-42) ≈ 0 B_r を edit する

NGC 15 (43-45) ≈ 0 B_z を edit する

NGC 16 (46-48) ≈ 0 B を edit する

NGC 17 (49-51) ≈ 0 プラズマ領域内にする磁場分布の計算をする

(円環座標系)

NGC18(52-54) = 1 current position ρ, z を edit する
 = -1 " card punch する
 = 2 " edit し, card
 punch する。

(card punch の format は 6E12.5)

NGC19(55-57) = 0 円環座標系での field edit しない
 = 1 B, B_p, B_r 全て edit する
 = 2 B_p, B_r のみ edit
 = 3 B, B_p のみ edit
 = 4 B のみ edit

NGC20(58-60)

NGC21(61-63) NWEI; θ 方向分割係数 (r 方向第 1 メッシュ上の θ 方向分割数であり, 第 2 ……第 NGC22 メッシュ上の θ 方向分割は等体積になるようにする)

 $r \Delta \theta \Delta r$ = 一定になるように $\Delta \theta$ を決めるNGC22(64-66) r - 方向 mesh 数

NGC23(67-69) 分布関数を求めるときの分布区切り幅 = 50 gauss/
NGC23

NGC24(70-72) = 0 統計処理をする

平均値, 標準偏差, エネルギー, 最大値, 分布関数

Section 002 (6E12.5)

Card 2

RCEN (1-12) 円環座標系の中心 ρ_0
 RADI (13-24) 円環座標系の半径 r (楕円面の水平軸)
 TAT (25-36) total current (NGC1=-2, -1, 1 のときのみ使用)
 TURN (37-48) 分割数の半分 ($0 \leq \theta \leq \pi$ 間の分割数)
 BBBB (49-60) 円環座標系の半径 b (楕円面の垂直軸) = 0 の場合は RADI となる。
 BMAG (61-72) 一様垂直磁場又は一様水平磁場の大きさ (Wb/m²)

Card 3 (field 計算 $\rho-z$ をする際の mesh 点を指定する)

RO (1-12) ρ - 座標の第 1 mesh 点の ρ - 値
 ZO (13-24) Z - 座標の第 1 mesh 点の Z - 値
 DR (25-36) $\Delta \rho$
 DZ (37-48) ΔZ
 EO (49-60) field を計算する場合の current position の近傍を指定する。

·Section 003 (6E12.5)

PLASI (1-12)	plasma 電流 (A)
BETP (13-24)	β_p
RT (25-36)	plasma 主半径 (m)
RA (37-48)	plasma 副半径 (m)

·Section 004 (6E12.5) (THET(I), I=1, NGC3)

角度 θ を NGC3 ケ入力する。ここで入力する角度は $0 \leq \theta \leq \pi$

角度 θ を入力しなければ、 $0 \leq \theta \leq 2\pi$ を NGC3 ケに等分割する。

·Section 005 (6E12.5) (CURR(I), I=1, NGC3)

電流分布 $i(\ell)$ を NGC3 ケ入力する (position は, $i(\ell_i)$ θ_i とが対応する)

$NGC1 \geq 1$ で、Section 005 の電流分布 $i(\ell)$ を入力した場合は、field 計算のみになる。

·Section 006 (6E12.5) (WEIT(I), I=1, TURN)

分割点での巻数を、TURN ケ入力する

Section 006 の入力がなければ、すべて 1.0 になる (最初のケースのみ)

·Section 007 (6E12.5)

·Card 2

RCNT (1-12)	Section 007 で入力する電流分布が存在する円周 C の中心座標
-------------	---

RHOL (13-24)	Section 007 で入力する電流分布が存在する円周 C の半径
--------------	---------------------------------------

LMESH (25-27)	円周 C の mesh 数 ($0 \leq \theta \leq \pi$)
---------------	--

·Card 3 (6E12.5) (THETL(I), I=1, LMESH)

円周 C 上の電流分布を入力する。LMESH ケ必要

·Card 4 (6E12.5) (CURRL(I), I=1, LMESH)

円周 C 上の mesh 点を指定する θ_i , LMESH ケ必要

·Section 999 (終り)

1 ケースで計算が終る場合には、"999" のカードの次にブランクカードを置く

数ケース続けて計算する場合には "999" の次にタイトルカードから始める。最後のケ

ースの場合には "999" の次にブランクカードを置く。以下のプログラムについても

同じ

JAERI-M 5898

付録 I.1

FACOM 230-60 FORTNIGHTLY - 130801Z (VDS-L-01) COMPILED 74.08.21 PAGE 1

```

C          SOLVE THE (KAWAHARA) EQUATION    1974.2.2   KUBAYASHI, I.
C
1      COMMON /IN1/ (IT1(18),IT1(18),NGC(24),PA1,
2      *          FO=0,D2=0,DR=0,RCLN=RADI,TAT,TURN,BB0B
3      COMMON /PLAM/ RT,RA,PLMI,GETP
4      COMMON /VART/ V1,VPLA,RCTN,THUL,BMAG,LME5H,CWNL(300),THETL(500)
5      DIMENSION THETL(500),CWNL(300),V1(500),RCLN(1000),WEIT(1000)
6      DATA (BLK/4)/
7      DOUBLE PRECISION PA1,RCLN,RADI,TAT,RT,RA,PLMI,GETP
8      DOUBLE PRECISION BB0B
9      DOUBLE PRECISION THETL,CWNL,WEIT,DTHT
10     DOUBLE PRECISION RCTN,MHOLY,CWNL,THETL,BMAG
11     MEMORY=32000
12     PA1 = 5.1415926535897*32344626433832795
13     LME5H=0
14     IOUT = 5
15     IOUTT = 6
16     INITIAL SETTING
17     GU 5 1$1,MEMORY
18     AC1200.0
19     > CONTINUE
20     GU 8 1$1,500
21     CWNL(1)=0.0
22     THETL(1)=0.0
23     > CONTINUE
24     GU 7 1$1,100
25     #IT(1)=1,000
26     > CONTINUE
27     GU 10 1$1,100
28     ISATEU
29     Jumpto
30     READ(CIN,1000) (ITIT1(I)+I=1,18)
31     GU 15 1$1,18
32     IF (ITIT1(1) .NE. 10L8) GU 10 20
33     > CONTINUE
34     GU TO 999
35     > CONTINUE
36     READ(CIN,1000) (ITIT2(I)+I=1,18)
37     #IT(2)=1,000
38     #IT(2)=IOUT+1,017(ITIT2(I)+I=1,18)
39     > CONTINUE
40     READ(CIN,1020) NTYP
41     #IT(2)=IOUT+1030/NTYP
42     #IT(2)=IOUT+1030/NTYP
43     1F(NTYP=999) 30,100,999
44     > CONTINUE
45     GU TO 40+50,60,70,80+85,86,NTYP
46     > CONTINUE
47     READ(CIN,1020) (NGC(I),I=1+24)
48     #IT(1)=IOUT+1030/111,I=1+24
49     #IT(1)=IOUT+1050/111,I=1+24
50     #IT(1)=NGC(3)
51     MESH = NGC(3)
52     GU TO 23
53     > CONTINUE
54     READ(CIN,1020) RCLN,RADI,TAT,TURN,BB0B,BMAG
55     READ(CIN,1020) RCLN,RADI,TAT,TURN,BB0B,BMAG
56     IF (DABS(4*BB0B).LT.1.0D-10) BB0B=RADI
57     #IT(1)=IOUT+107/10*RCLN,RADI+BB0B,BMAG,TAT,TURN,KG+20,DR,DZ,ED
58     BMAG=BMAG#2,007
59     GU TO 23
60     > CONTINUE

```

input section 004

Instruction 003

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (Y=05,L=01) COMPILEATION

74-04-21 PAGE 2

input action 003

input section 005

input section 576

input section 007

```

58 READ(IQIN,1060) PLMI,BETP,RT,RA
59 WRITE(1QUT,1080)PLM1,BETP,RT,RA
60 GO TO 23
61 TO CONTINUE
62 JS=1
63 READ(IQIN,1060) (THET(I),I=1,MESH)
64 GO TO 23
65 BO CONTINUE
66 ISWT=2
67 READ(IQIN,1060) (CURRE(I),I=1,MESH)
68 WRITE(1QUT,1110)
69 WRITE(1QUT,1110) (I,CURRE(I),I=1,MESH)
70 GO TO 23
71 85 CONTINUE
72 10-TURN
73 IF(D,LE,0) GO TO 23
74 READ(IQIN,1060) (WEIT(I),I=1,10)
75 WRITE(1QUT,1120)
76 WRITE(1QUT,1120) (I,WEIT(I),I=1,10)
77 GO TO 23
78 86 CONTINUE
79 READ(IQIN,1130) RCNT,RHOL,LMESSM
80 READ(IQIN,1130) (THETL(I),I=1,LMESSM)
81 READ(IQIN,1060) (CURRL(I),I=1,LMESSM)
82 I0=1
83 I1=0
84 IF(DABS(TheTL(I)) .LT. 1.0D-4) I0=2
85 IF(DABS(TheTL(LMESSM)-PA1).LT.1.0D-4) I1=1
86 IF(DABS(TheTL(LMESSM)-PA1).LT.1.0D-4) THETL(LMESSM)=PA1
87 LMESSM=LMESSM+2*I-10-11
88 DO 87 10,MESSM+1,IMESH
89 I1=IMESH+1,I0
90 THETL(I)=PA1+PA1*THETL(I1)
91 CURRL(I)=CURRL(I1)
92 87 CONTINUE
93 LMESSM=IMESH
94 #RITE(1QUT,1140) RCNT+RHOL+LMESSM
95 #RITE(1QUT,1150)
96 #RITE(1QUT,1160) (I,THETL(I),I=1,LMESSM)
97 WRITE(1QUT,1160) (I,CURRL(I),I=1,LMESSM)
98 GO TO 25
99 100 CONTINUE
100 IF((JURN,LT,1.0D-20) TURN=1,0D0
101 JURN
102 DO 101 I=1,10
103 IF(WEIT(I),LT,1.0D-20) WEIT(I)=1.0D0
104 101 CONTINUE
105 IF(JSWT,EW,1) GO TO 120
106 DINT=(PA1+PA1)/DFLOAT(IMESH)
107 THET(I)=0.0
108 DO 110 I=2,IMESH
109 THET(I)=DINT*DFLOAT(I-1)
110 110 CONTINUE
111 120 CONTINUE
112 IF(JSWT,EW,0) GO TO 110
113 I0 = 1
114 JSWT=0
115 IF(DABS(TheTL(I)) .LT. 1.0D-4) I0 = 2
116 IF(DABS(TheTL(MESH)-PA1).LT.1.0D-4) JSWT=1
117 IF(DABS(TheTL(MESH)-PA1).LT.1.0D-4) THETL(MESH)=PA1
118 IMESH=MESH+2-I0-SK1
119 I0 = 1,IMESH-SK1,IMESH

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05+E=01) COMPILETIME 14.08.81 PAGE 1

```

121      THET(1)=PA1*PI-THET(1)
122      CUM(1)=CUMR(1)
123
130      CONTINUE
124      MESH=MESH
125      VOF(3)=IMESH
126
140      CONTINUE
127      #KITE(IOUT,10,0)
128      #KITE(IOUT,11,I001,(1+THET(1)+I-1,MESH))
129      CALL ALAR(THET,CUM,VOF,MEMORY,ISWT)
130
131      GO TO 10
132      999 STOP
133      1300 FORMAT(18A4)
134      1310 FORMAT(1M1.18A4)
135      1311 FORMAT(1M1.1D8A4)
136      1320 FORMAT(24/13)
137      1330 FORMAT(1M0.13HINPUT SECTION:13)
138      1340 FORMAT(1M .15X,3HNGC,2A,24I3/1M .2UX,20H-----)
139      1350 FORMAT(1M .10A,24I3)
140      1360 FORMAT(6E12.5)
141      1370 FORMAT(1M .13HCENTER OF TOROIDAL-COORDINATE A=:1PE12.5+2H M;
142      1     1M .15X,3HADIUS OF TOROIDAL-COORDINATE R=: E12.5+2H M /
143      *     1M .15X,3HNUMBER OF VERTICAL-DIRECTION R-V=: E12.5+2H M /
144      *     1M .15X,3HNUMBER OF TURN S=: E12.5 /
145      *     1M .15X,3HNUMBER OF MESHES=: E12.5 /
146      1     1M .15X,3HVALUES OF MAGNETIC FIELD=: E12.5;
147      2     1M .15X,3HTOTAL OF TOROIDAL CURRENT ==: E12.5+2H A +
148      *     1M .15X,3HNUMBER OF TURNS ==: E12.5 /
149      3     1M .15X,7AHVALUES FOR DEVIDED INTO MESHES ON CYLINDRICAL-COORDINATE
150      *     1M .15X,TOROIDAL COORDINATE (M) /
151      1M .15X,3HNU= E12.5+5A,3H2D= E12.5+5X,3HDR= E12.5+5X,
152      1M .15X,3HNU= E12.5+5A,3HED= E12.5 /
153      3H2D= E12.5+5A,3HED= E12.5 /
154
141      1380 FORMAT(1M .15X,3HINFORMATION OF PLASMA )
155      1     1M .15X,3HPLASMA CURRENT ==: 1PE12.5+3H M,A
156      2     1M .15X,3HPLASMA CURRENT (A) ==: E12.5 /
157      3     1M .15X,3HMAJOR RADIUS OF PLASMA ==: E12.5+2H M,
158      4     1M .15X,3HMINOR RADIUS OF PLASMA ==: E12.5+2H M )
159
160      1390 FORMAT(1M .15X,3HTHETA-VALUES OF TOROIDAL-COORDINATE )
161      1100 FORMAT(1M .15A,1PE12.5+5A,13+E12.5,5A,[3+E12.5,
162      *     2A,13+E12.5,5A,13+E12.5)
163
163      1110 FORMAT(1M .15X,3HPOLOIDAL CURRENT (A))
164      1110 FORMAT(1M .15X,3HWEIGT OF CURRENT IN QUANTITY ) )
165      1130 FORMAT(2E12.5,3+.13)
166
167      1150 FORMAT(1M .15X,3HLENTER OF TOROIDAL-COORDINATE R0=:1PE12.5+2H M/
168      *     1M .15X,3HADIUS OF TOROIDAL-COORDINATE R=:1PE12.5+2H M,
169      *     1M .15X,3HNUMBER OF MESH IN OUTER CONTOUR ==:13)
170
168      1150 FORMAT(1M .15X,3HTHETA VALUES AND CURRENT VALUES .10(1H))
169
170      END

```

```

1      SUBROUTINE CALK(THET,CURR,WEIT,MEMORY,ISW)
2      COMMON /INPT/ ITIT(16),ITIT2(18),NGC(3),PAI,
3      *                   ED+0.201DRD4,NCEN,RADI,TAT,TURN,BB88
4      COMMON AVAR1/A100000/
5      COMMON /PLAM/ RT,NA,PLM1,BETP
6      DIMENSION THET(1),CURK(1),WEIT(1)
7      DOUBLE PRECISION THET,CURR,WEIT,
8      DOUBLE PRECISION PAI,RCLEN,RADI,TAT,RT,RA,PLM1,BETP
9      DOUBLE PRECISION BB88
10     IOUT = 6
11     MESH = NGC(3)
12     IMX = NGC(4)

```

FACOM 23G-60 FORTMAN D -730801- (V-05-L-01) COMPILATION 74-08-21 PAGE

FACOM 230-60 FORTRAN D -730601- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 5

```

      * 10X,5H N=,15,5X,5H NN=,15,5X,5H M=,15
70  1010 FORMAT(1H0,24H LOCATION OF VARIABLE=A )
71  1020 FORMAT(1H ,5A,1D10)
72  1030 FORMAT(1H0,33H***** VARIABLE OF DIMENSION *****/1H ,
      * 10X,5H JMX=,15,5X,5H JMK=,15)
73  1040 FORMAT(1H0,30HMEMORY OVER FOR ZAKAROV *****,110)
74  1050 FORMAT(1H0,30HMEMORY OVER FOR FIELD *****,110)
75  END

```

1 SUBROUTINE ZAKAROV(NN,MESH,M,K1,K2,MEMORY,NTM,
 * THET,CURR,WEIT,BMTX,DELT,TAUD,BTAU,ILL)
2 COMMON /INOUT/ ITIT1(18),ITIT2(18)*NGC(24),PAI,
 * EO,RU,ZU,DR,DZ,RCEN,RADI,TAT,TURN,BBBB
3 COMMON /VANIA/ AC10000
4 COMMON /PLAIN/ RT,RA,PLMI,BEP
5 DIMENSION BTAU(NN,NN),TAUB(NN),DELT(MESH),BMTX(M,M)
6 DIMENSION THET(1),CURR(1),WEIT(1)
7 DOUBLE PRECISION BTAU,TAUB,DELT,ANORM,BMTA
8 DOUBLE PRECISION PAI,RCEN,RADI,TAT,RT,RA,PLMI,BEP
9 DOUBLE PRECISION BBBB,SCAL,WEIT
10 DOUBLE PRECISION XU,X1,DLNG,DFDR,DFDZ,MADS
11 TAU1 = 0
12 EPS = 1.0D-15
13 ANORM=1.0
14 ISWT=1
15 IF(NGC(1),EQ.,-2) ISWT=2
16 IF(NGC(1),EQ.,-13 GO TO 40
17 40 CONTINUE
18 IF(NGC(1),GE.,2,AND,ISWT,EW,0) GO TO 20
19 DO 15 I=1,MESH
20 TAUB(I)=0.0
21 20 CONTINUE
22 GO TO 40
23 20 CONTINUE
24 CALL BTAG(MESH,N,TAUB,THET) ← ZAKAROV の補方程式(1) の解 B(I) を得る。
25 SCAL=0.0
26 DO 35 I=1,MESH
27 IF(SCAL,LT,1.0D-10) SCAL=DABS(TAUB(I))
28 35 CONTINUE
29 DO 36 I=1,MESH-1
30 TAUB(I)=TAUB(I)/SCAL
31 36 CONTINUE
32 40 CONTINUE
33 IF(NGC(1),NE.,-2,AND,ISWT,EW,1) GO TO 60
34 DO 30 I=1,MESH
35 IF(I,EW,1) A0=(THET(I)+THET(MESH)-PAI)/2.0D+0
36 IF(I,NE,1) A0=(THET(I)+THET(-I)) /2.0D+0
37 IELL,AN,MESH A0=(THET(I)+THET(I+1)) /2.0D+0
38 IFFL,AN,MESH A0=(THET(I)+THET(I-1)) /2.0D+0
39 CALL COTH(A0,1,DLNG)
40 DELT(I)=DLNG
41 30 CONTINUE
42 40 CONTINUE
43 IF(NGC(1),EQ.,-1,AND,ISWT,EW,0) GO TO 165
44 BTAU(1,J)
45 C /* OBSERVED POINT J=SOURCE POINT
46 CT=1.0
47 DO 70 J=1,MESH
 XU = THET(J)

FACOM 230-60 FORTRAN D -730601- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 6

```

48  CR = RCEN+RADSC(X1)*DCOS(X1)
49  CZ = RADSC(X0)*DSIN(X0)
50  DO 70 I=1,MESH
51  IF(I,EW,0) GO TO 70
52  X1 = THET(I)
53  R1 = RCEN+RADSC(X1)*DCOS(X1)
54  Z1 = RADSC(X1)*DSIN(X1)
55  CALL FILD(R1,C1,CH,C2,CT,O,DUHY,BZ2,BRR)
56  BTAU(I,J)=(BZ2*DFDR(X1)+BRR*DFDZ(X1))/
      * DSQRT(DFDR(X1)*DFDZ(X1)+DFDZ(X1)*DFDR(X1))
57  70 CONTINUE
58  DO 80 I=1,MESH
59  BTAU(I,I)=0.0
60  80 CONTINUE
61  DO 100 I=1,MESH
62  DO 90 J=1,MESH
63  IF(I,EW,J) GO TO 90
64  BTAU(I,J)=BTAU(I,J)+DELT(J)
65  90 CONTINUE
66  100 CONTINUE
67  DO 110 I=1,MESH
68  DO 110 J=1,MESH
69  IF(I,EW,J) GO TO 110
70  BTAU(I,J)=BTAU(I,J)+DELT(J)
71  110 CONTINUE
72  DO 115 I=1,M
73  DO 115 J=1,M
74  BMTX(I,J)=BTAU(I,J)
75  115 CONTINUE
76  IF(NGC(1),LT,2,OR,ISWT,NE,0) GO TO 119
77  ANORM=0.0
78  DO 116 I=1,MESH-1
79  DO 116 J=1,MESH-1
80  IF(ANORM,LT,1.0D5(BTAU(I,J))) ANORM=DABS(BTAU(I,J))
81  116 CONTINUE
82  DO 117 I=1,MESH-1
      TAU(1)=TAU(1)*ANORM
83  117 CONTINUE
84  SCAL=SCAL/ANORM
85  119 CONTINUE
86  DO 120 I=1,MESH-1
      TAUB(I)=TAUB(I)-BTAU(I,MESH)
87  120 CONTINUE
88  DO 130 I=1,MESH-1
      BTAU(I,MESH)=BTAU(I,J)
89  130 CONTINUE
90  IF(NGC(1),LT,0,AND,ISWT,EW,1) GO TO 134
91  WRITE(IOUT,1002) ITIT1(I),J=1,18
92  WRITE(IOUT,1001) ITIT2(I),J=1,18
93  WRITE(IOUT,1000) J,DELT(I),I=1,MESH
94  134 CONTINUE
95  IF(NGC(1),EQ.,0) GO TO 135
96  IF(NGC(1),EQ.,1,AND,NGC(1),EQ.,0,AND,ISWT,EW,1) GO TO 135
97  WRITE(IOUT,1010)
98  CALL POUT(BTAU,N,NN)
99  135 CONTINUE
100  IMAX=MESH-1
101  ***** SCALING OF MATRIX=COEFFICIENTS
102  DO 143 I=1,IMAX
103  TAUB(I)=0.0
104  DO 144 I=1,IMAX+1

```

FACUM 230-60 FORTRAN J -750801- LV-054L-012 COMPILE 74,08,21 PAGE T

```

108   177=TAUB(1)+DABS(B-AU(1,1)) TAUB(1)=DABS(B/AU(1,1))
109   141 CONTINUE
110   DO 142 J=1,IMA+1
111   BTAU(I,J)=BTAU(I,J)/TAUB(1)
112   144 CONTINUE
113   145 CONTINUE
114   C**** SCALING OF VARIABLES
115   DO 147 J=1,IMA
116   TAUB(J)=0.0
117   DO 148 I=1,IMA
118   IF(TAUB(I,J).LT.DABS(BTAU(I,J))) TAUB(I,J)=DABS(BTAU(I,J))
119   149 CONTINUE
120   DO 146 I=1,IMA
121   BTAU(I,J)=BTAU(I,J)/TAUB(I,J)
122   147 CONTINUE
123   C**** SOLVE THE ZAKHAROV EQUATION
124   CALL GAULEB(BTAU,N,IMX+IMA+1,EPS+ILL) ←
125   IF(.NOT.(ILL.EQ.30000)) GO TO 999
126   IF(.NOT.(LT.GT.0.0 AND .NOT.(ILL.LT.-30000)) .NOT. WRITE(IOUT,1950) ILL
127   ANORM=0.0
128   DO 150 I=1,IMA
129   ANORM=ANORM+BTAU(I,IMA+1)/TAUB(I)*DELT(I)
130   150 CONTINUE
131   IF((NGC(1).GE.2 .AND. ISWT.EQ.0) TAT = SCAL*(ANORM*DELT(IMX+1)
132   IF((NGC(1).GE.2 .AND. ISWT.EQ.0) ANOHN=SCAL
133   IF((NGC(1).LT.2 .OR. .NOT.ISWT.NE.0) ANOHM=SCAL
134   151 CONTINUE
135   IF((NGC(1).NE.1 .AND. ISWT.EQ.1) GO TO 170
136   DU 160 I=1,IMA
137   CURK(I)=BTAU(I,IMA+1)/TAUB(I)*ANOHM
138   160 CONTINUE
139   CURK(IMA+1)=ANOHM
140   GO TO 190
141   165 CONTINUE
142   TAT=0.0
143   DU 166 I=1,EMSH
144   TAT=TAT+CURK(I)*DELT(I)
145   168 CONTINUE
146   GO TO 190
147   170 CONTINUE
148   DU 180 I=1,MESH-1
149   CURK(I)=CURK(I)+BTAU(I,MESH)/TAUB(I)*ANORN
150   180 CONTINUE
151   CURK(MESH)=CURK(MESH)+ANORM
152   190 CONTINUE
153   #WRITE(IOUT,1020) TAT
154   IF((NGC(1).LE.0 .AND. ISWT.EQ.0) GO TO 201
155   X0=0.0
156   DU 200 I=1,MESH
157   IF((I,NE,MESH) X0=X0+BTAU(MESH,I)/BTAU(I,MESH)/TAUB(I)*ANORM
158   IF((I,LE,MESH) X0=X0+BTAU(MESH,I)*ANORM
159   200 CONTINUE
160   #WRITE(IOUT,1000) X0,TAUB(MESH)
161   201 CONTINUE
162   IF((NGC(1).LE.1,0.0,ISWT.EQ.1) GO TO 210
163   ISWT=ISWT+1
164   TAT = -TAT
165   GU TO 10
166   210 CONTINUE
167   IF(NGC(10).EQ.0) RETURN
}
} Zakharov
}
} Zakharov

```

Zahoor 分子式： $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ 熔點：55
有機酸，如乙酸鹽，得乙酸，更是一次乙酸
乙酸。

Zakharov 方程 (4), (11) 在满足电荷分布

② 橫流方程式(II) 在湍流中更流分布
(全通流正規化)

COMPILED 7-28-21 BY

FACUM 230-60 FORTRAN U -730001- CV-05,L-01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 8

FACOM 230-60 FORTRAN U -730601- (V=05,L=01) COMPILE 74.06.21 PAGE 9

```

      * R1=R2,ZU=DRAZ,RHOL,BMAG,LMESH,CURRL(000),THETL(500)
      * COMMON /PL4M/ RT,K,A,PLMI,BTP
      * COMMON /INFL/ HONT,RRHOL,BMAG,LMESH,CURRL(000),THETL(500)
      * DIMENSION TAUB(11),THET(11)
      * DOUBLE PRECISION PAI,RCEN,RADI,TAT,RT,K,A,PLMI,BTP,BBBB,THET
      * DOUBLE PRECISION DFDZ,RADZ,X1TAUB
      * DOUBLE PRECISION RCNT,RHOL,CURRL,THETL,BMAG
      * DOUBLE PRECISION RI,IZ,I,CV,CZ,CT,BZZ,BRR,DUMY,V,TBZ,TBK
      * IOUT=6
      10 CONTINUE
      11 IF(LMESH.GT.0) GO TO 30
      12 DO 20 J=1,MESH
      13 X=THET(J)
      14 IF(NGL(J,J,LEN2)
      * TAUB(J)=PLM(I+1)*DLOG(0.5*DCOS(XA)+BETH-1,2500-(RCEN-
      * RAL5(XA)*DCOS(XA)-RT)/RT*(0.7500*DLOG(0.5*DCOS(XA))-
      * 17.00/18.00))*DFDR(X)/USQRT(DFDR(X)*DFDR(X))-
      * DFDZ(X)*DFDZ(X))
      15 IF(NGL(J,J,LEN2)
      * TAUB(J)=BMAG*DFDR(X)/USQRT(DFDR(X)*DFDR(X)*DFDZ(X)*DFDZ(X)) --- 一様電場の場合
      16 IF(NGL(J,J,LEN2)
      * TAUB(J)=BMAG*DFDR(X)/USQRT(DFDR(X)*DFDZ(X)*DFDZ(X)) --- 一様電場の場合
      17 IF(NGL(J,J,LEN2)
      * TAUB(J)=BMAG*DFDZ(X)/USQRT(DFDR(X)*DFDR(X)*DFDZ(X)*DFDZ(X)) --- 一様電場の場合
      18 GO TO 60
      19 20 CONTINUE
      20 DO 50 J=1,MESH
      21 TBK=0.000
      22 TBZ=0.000
      23 X=THET(J)
      24 RI=RCEN+RADZ(X)*DCOS(X)
      25 ZI=RADZ(X)*DSIN(X)
      26 DO 40 J=1,MESH
      27 Y=THET(J)
      28 CRNCNT=RADZ(Y)*DCOS(Y)
      29 CZ=RHOL*DSIN(Y)
      30 CT=CURRL(J)
      31 CALL FILD(F1,ZI*CH+CZ*CT,V,DUMY+BZZ,BRR)
      32 TBK=TBK-BRK
      33 TBZ=TBZ-BRZ
      34 40 CONTINUE
      35 TAUB(J)=(TBZ*DFDR(X)-TBK*DFDZ(X))
      36 * /USQRT(DFDR(X)*DFDR(X)*DFDZ(X)*DFDZ(X))
      37 50 CONTINUE
      38 60 CONTINUE
      39 WRITE(1000,1000) ((TAUB(J),J=1,MESH)
      40 1000 FORMAT(1H0//1H,1U(1H),2U(1H),20HMAGNETIC FIELD COMPONENT TANGENTIAL
      * \Y TO CONTUR-L5A10(1H),//)
      41 1010 FORMAT(1H .5X,13+PE12.5,5X,13,E12.5,5X,13+E12.5,
      * .5X,13+E12.5,5X,13,E12.5)
      42 RETURN
      43
      44 END
  
```

平行電場の導電的方程式(円筒断面)上の緩慢電場
から電場上々式(1)を計算

平行電場の導電的方程式(円筒断面)上の緩慢電場

SUBROUTINE BPS((IMX,JMA,MESH,THET,CURR,
 * R1,I,J,ZU,BR,PSI,RRR,BRR,CURR),
 * COMMON /INPT/ ITIT(18),ITIT2(18),NGC(24),PAI,
 * ED,HD,ZU,DRAZ,RCEN,RADI,TAT,TURN,BBBB
 * DIMENSION R((IMX),ZU(IMX),B((IMX,IMX)),BZ((IMX,IMX)),BR((IMX,IMX)),
 * PSI((IMX,IMX)),RRH(MESH),ZZZ(MESH),CURT(MESH)
 * DIMENSION THET(11),CURR(1)

平行電場の導電的方程式

FACOM 230-60 FORTRAN U -730601- (V=05,L=01) COMPILE 74.06.21 PAGE 10

```

      5 DOUBLE PRECISION PAI,RCEN,RADI,TAT
      6 DOUBLE PRECISION BBBB
      7 DOUBLE PRECISION THET,CURR
      8 DOUBLE PRECISION RI,I,J,CRK,CZK,CUK,PSAY,BZZ,BRR,TBSAY
      9 DOUBLE PRECISION X0,X1,RADS
      10 IOT=1
      11 IOUT=6
      12 ISWT=1
      13 RI=0.0
      14 Z(1)=ZU
      15 DO 5 I=2,IMX
      16 RI=(I-1)*R
      17 5 CONTINUE
      18 DO 6 J=2,IMX
      19 Z(J)=Z(J-1)+DZ
      20 6 CONTINUE
      21 10 CONTINUE
      22 DO 60 J=1,IMX
      23 RI=R(J)
      24 DO 50 J=1,IMX
      25 ZdZ(J)
      26 TBZ=0.0
      27 TBK=0.0
      28 TPSAY=0.0
      29 DO 30 N=1,MESH
      30 X0=THET(N)
      31 CRN=RCEN+RADZ(X0)*DCOS(X0)
      32 CZK=RADS(X0)*DSIN(X0)
      33 CUK=CURR(N)
      34 IF(DABS(CUK)<LT-1.0D-15) GO TO 30
      35 IF(DABS(RI-CRK)<LT,ED,AND,DABS(ZJ-CZK),LT,ED) GO TO 40
      36 CALL FILD(R((1,J),CRK,CZK,CUK,ISWT,PSAY,BZZ,BRR)
      37 TBZ=TBZ+BRZ
      38 TBK=TBK+BRK
      39 TPSAY=TPSAY+PSAY
      40 30 CONTINUE
      41 BR((1,J)=TBK
      42 BZ((1,J)=TBZ
      43 PSI((1,J)=TPSAY
      44 GO TO 50
      45 40 CONTINUE
      46 BX((1,J)=1000.0*CUK/DABS(CUK)
      47 BZ((1,J)=1000.0*CUK/DABS(CUK)
      48 B((1,J)=1000.0*CUK/DABS(CUK)
      49 PSI((1,J)=1000.0*CUK/DABS(CUK)
      50 50 CONTINUE
      51 60 CONTINUE
      52 IF(NGC(18),20,0) GO TO 80
      53 DO 70 I=1,MESH
      54 K=MESH-14*1
      55 J=14*1
      56 X0=THET(K)
      57 X1=THET(J)
      58 IF((I/2+1,N1,1) RRR(J)=RCEN+RADZ(X0)*DCOS(X0)
      59 IF((I/2+2,N1,1) ZZZ(J)=RADZ(X0)*DSIN(X0)
      60 IF((I/2+2,N1,1) RRR(J)=RCEN+RADZ(X1)*DCOS(X1)
      61 IF((I/2+2,N1,1) ZZZ(J)=RADZ(X1)*DSIN(X1)
      62 IF((I/2+2,N1,1) CURT(J)=CURR(J)
      63 IF((I/2+2,N1,1) CURT(J)=CURR(K)
      64 70 CONTINUE
      65 60 CONTINUE
  
```

すべての点で電場の計算

リソルューションと並行電場の計算

一致して得た方程式

南北C上での位相電場内核座標系(0,0)
に変換

FACOM 230-60 FORTRAN C -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74,08,21 PAGE 11

```

67      WRITE(OUT,1060) (ITIT1(I),I=1,18)
68      WRITE(OUT,1010) (ITIT2(I),I=1,18)
69      WRITE(OUT,1020)
70      DO 900 I=1,IMA,10
71      N=19
72      IF(N.GT.1MX) N=1MX
73      WRITE(OUT,1040) (J,R(J),J=1,N)
74      GO TO 900
75      CONTINUE
76      WRITE(OUT,1030)
77      DU 905 I=1,IMA,10
78      N=19
79      IF(N.GT.JMA) N=JMA
80      WRITE(OUT,1040) (J,Z(J),J=1,N)
81      GO TO 900
82      CONTINUE
83      IF(CGL(18),LE,03 GO TO 908
84      WRITE(OUT,1090)
85      WRITE(OUT,1100) (J,RH(K),K=1,MESH)
86      WRITE(OUT,1110)
87      WRITE(OUT,1120) (J,CURTC(I),I=1,MESH)
88      GO TO 900
89      IF(NGC(1),NE,-1,AND,NGC(18),NE,2) GO TO 907
90      WRITE(OUT,1140) (ITIT3(I),I=1,18)
91      WRITE(OUT,1140) (ITIT2(I),I=1,18)
92      WRITE(OUT,1130) (HR(R(I)),Z2Z(I),I=1,MESH)
93      WRITE(OUT,1130) (CURTC(I),I=1,MESH)
94      GO TO 900
95      CONTINUE
96      CALL POUT(S$1,IMX,JMX)
97      IF(NGC(1),EQ,0) GO TO 920
98      IRM1=NGC(6)
99      IRM2=NGC(7)
100     IRM2=NGC(8)
101     ANORM=PSI(IRM1,1)
102     IF(NGC(12),EQ,4) ANORM=PSI(IRM0+IRM1)
103     DO 910 J=1,IMA
104     DO 910 I=1,IMX
105     PSI(I,J)=PSI(I,J)-ANORM
106     GO TO 910
107     ANORM=ABS(PSI(IRM1,1))
108     IF(ABS(PSI(IRM2,1)),GT,ABS(PSI(IRM1,1))) ANORM=ABS(PSI(IRM2,1))
109     IF(NGC(12),EQ,4) ANORM=ABS(PSI(IRM0,IRM2))
110     CONST=1.0/ANORM
111     DU 912 J=1,IMA
112     DU 912 I=1,IMX
113     PSI(I,J)=PSI(I,J)*CONST
114     GO TO 910
115     CONTINUE
116     CALL PLOT(PSI,1,IMA+1,IMX+JMX+0)
117     IF(NGC(12),EQ,0) GO TO 922
118     WRITE(OUT,1080)
119     CALL POUT(BR,IMX,JMA)
120     GO TO 922
121     IF(NGC(12),EQ,0) GO TO 922
122     WRITE(OUT,1070)
123     CALL POUT(BL,IMX,JMX)
124     GO TO 922
125     IF(NGC(12),EQ,0) GO TO 923
126     WRITE(OUT,1080)
127     CALL POUT(B,IMA+JMA)
128     GO TO 923
129     CONTINUE

```

FACOM 230-60 FORTRAN C -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74,08,21 PAGE 12

```

129     IF(NGC(12),EQ,0) GO TO 940
130     IF(NGC(12),EQ,1) CONST=1.0E+4
131     IF(NGC(12),EQ,2) CONST=1.0
132     DU 930 I=1,IMA
133     DU 930 J=1,IMX
134     B(I,J)=B(I,J)*CONST
135     GO TO 940
136     CONTINUE
137     CALL PLOT(B,1,;IMX+1,JMA+1,IMA+JMA+0)
138     GO TO 940
139     RETURN
140     1000 FORMAT(1M1,18A4)
141     1010 FORMAT(1M,18A4)
142     1020 FORMAT(1M,5X,12H=MESN,NO,AND ITS VALUES)
143     1030 FORMAT(1M,5X,24H2=MESN,NO,AND ITS VALUES)
144     1040 FORMAT(1M,5X,1D(13,F8,4,2))
145     1050 FORMAT(1M,1//1M ,15H***** PSI ***** )
146     1060 FORMAT(1M,1//1M ,15H***** BR ***** )
147     1070 FORMAT(1M,1//1M ,15H***** BL ***** )
148     1080 FORMAT(1M,1//1M ,15H***** B ***** )
149     1090 FORMAT(1M,3H***** CURRENT POSITION R,2,***** )
150     1100 FORMAT(1M ,3X(13.1P13.5,E13.5,3X(13.2E13.5,3X(13.2E13.5,
151     *          3X(13.2E13.5))
152     1110 FORMAT(1M ,3X(13.1P13.5,E13.5,3X(13.2E13.5,3X(13.2E13.5,
153     *          3X(13.2E13.5,3X(13.2E13.5))
154     1120 FORMAT(1P6E12.5)
155     1130 FORMAT(18A9)
156     END

```

1 SUBROUTINE GIVECM(MESH,NMA,KMX,NTN,NTM+LMX,
* THET,CURR,+EIT,BMTX,AA+BB+CC,TINT,UVOL1+UVOL2+OMEG,
* CLEG)
2 COMMON /INFT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),PAI,
* EOMG,ZU+UR,JL,RCEN,RADI,TAT,TURN,BBBB,
3 DIMENSION PMTA(MN,MN),AA(MN,MN),BB(MN,MN),CC(MN,MN),T1,T(NM),OMEG(NTN)
4 DIMENSION ITET(IJ),CURR(IJ),UVOL1(NTN),UVOL2(NTN)
5 DIMENSION ACDF(4),PCDF(3),RMAT(3)
6 DIMENSION CLEG(MN,MN),EIT(IJ)
7 DOUBLE PRECISION BMTX,AA+BB+CC,THET,CURR,TINT,OMEG
8 DOUBLE PRECISION UVOL1,UVOL2+OMEG,UVOL2+UVOL1+UVOL2
9 DOUBLE PRECISION PAI,RCEN,RADI,TAT,AA+BB+CC,DVOL1+DVOL2
10 DOUBLE PRECISION BDBB+EIT
11 DOUBLE PRECISION ACDF,PCDF,MAT(MA),QUAM,XZRO,X3
12 DOUBLE PRECISION AINT,CLEG
13 ICUT=6
14 GO TO 10
15 JSAT=0
16 IMZHU=0
17 XINT=0.0
18 DU 30 I=1,LMX
19 IF(I.LEL,1) X0=0.0
20 IF(I,.NE.,1) X0=THET(I-1)
21 X1=THET(I)
22 IF(ACDF(X1-X0),LT,1.0E-20) GO TO 25
23 CALL CURR(X0,A+,I,TINT)
24 CLEG(I,1)=TINT
25 GO TO 30
26 GO TO 10
27 GO TO 10
28 CLEG(I,1)=0.0
29 GO TO 10

FACOM 230-60 FORTAN U -730801- (V=05,L=01) COMPILEATION 74.08.21 PAGE 13

```

24      TSUM=0.0
25      DO 35 I=1,NMX
26      TSUM=TSUM+CLEG(I)
27      CLEG(I)=TSUM
28      CONTINUE
29      TSUM=0.0
30      IF (DABE(THE1(LMX)-FA1),LT,1.0D-20) GO TO 30
31      IF (THE1(LMX)-FA1,GT,1.0D-20) GO TO 36
32      XU=THE1(LMX)
33      X1=PA1
34      CALL COTH(XU+X1+TSUM)
35      GU TO 40
36      CONTINUE
37      XU=PA1
38      X1=THE1(LMX)
39      CALL COTH(XU+X1+TSUM)
40      TSUM=TSUM
41      OMEG(NTN)=CLEG(LMX)+TSUM
42      KSWT=0
43      IF (THE1(1),LT,1.0D-6) IS=2
44      IF (THE1(1),GE,1.0D-4) IS=1
45      IF (DABS((CURR(1)*CURR(1))/LURR(MESH)),LT,1.0D-10) NSWT=1
46      DO 50 I=1,NMX
47      IS=0
48      IF (I,LE,1,AND,KSWT,EW,1) GO TO 45
49      X0 = CLEG(1)
50      X1 = CLEG(1)
51      X2 = CLEG(1+1)
52      Y1 = CURR(1)
53      Y2 = CURR(1+1)
54      IF (I,NE,1,ALPU=2,0*AA(1-1)*X0*BB(I-1)
55      ALPU=1,ALPU=0
56      IF (I,LE,1,AND,DABS(XU),GT,1.0D-10) X0=0.0D+0
57      IF (I,LE,NMX,AND,DABS(X2-OMEG(NTN)),GT,1.0D-10) X2=OMEG(NTN)
58      IF (I,LE,NMX,AND,DABS(X2-OMEG(NTN)),GT,1.0D-10) IS=1
59      IF (I,LE,NMX,AND,DABS(X2-OMEG(NTN)),LE,1.0D-10) IS=2
60      IF (KSWT,EW,1,AND,I,LE,NMX) ALP2=0.0D0
61      IF (KSWT,EW,1,AND,I,LE,NMX) ALP2=BB(1)
62      GO TO 47
63      CONTINUE
64      IS=3
65      IF (DABS(CLEG(1)),GT,1.0D-10) GO TO 66
66      X0=CLEG(1)
67      X1=CLEG(1+2)
68      X2=CLEG(1+1)
69      ALP0=CURR(1)
70      Y1 = CURR(1+2)
71      Y2 = CURR(1+1)
72      GO TO 47
73      CONTINUE
74      X0=0.0D0
75      X1=CLEG(1)
76      X2=CLEG(1+1)
77      ALP0=0.0D0
78      Y1 = CURR(1)
79      Y2 = CURR(1+1)
80      GO TO 47
81      CONTINUE
82      CALL QUAD(ALPU,X0,Y1,X1,Y2,X2,X3,ALP2,IS+ISWT,
83          AAA,BBB,CCC,AAD,BBD,CCD,TSUM)
84      AA(1)=AAA
85      BB(1)=BBB

```

電流の電極を2次式に近似する。

$$I(t) = A_1 \cdot t^2 + B_2 \cdot t + C_0$$

for local

$I(t) = A_1 t^2 + B_2 t + C_0$

電極の各部を求める。

FACOM 230-60 FORTAN U -730801- (V=05,L=01) COMPILEATION 74.08.21 PAGE 14

```

90      CC(1)=CCC
91      TINT(1)=TSUM
92      IF (I,NE,1,TSUM=0.0) GO TO 50
93      IM2M1
94      X2=OMEG
95      XINTALPO
96      IF (DABS(Y2),GT,1.0D-15) GO TO 50
97      IM2M1=1
98      JSWT
99      CONTINUE
100     IF (IM2M1,GE,NMX) IM2M1=0
101     TSUM=0.0
102     DO 60 I=1,NMX
103     TSUM=SUM+TINT(1)
104     TINT(1)=TSUM
105     CONTINUE
106     AAA=0.0D0
107     DO 61 I=1,NTN
108     AAA=AAA+WEIT(I)
109     CONTINUE
110     IF (IM2M1,LE,0) GO TO 63
111     BBB=0.0D0
112     JMX=NTR/2
113     DO 62 I=1,JMX
114     BBB=BBB+WEIT(I)
115     CONTINUE
116     Q1=INT(1)
117     Q2=INT(1)
118     Q3=INT(1)
119     Q4=INT(1)
120     Q5=INT(1)
121     Q6=INT(1)
122     Q7=INT(1)
123     Q8=INT(1)
124     Q9=INT(1)
125     Q10=INT(1)
126     Q11=INT(1)
127     Q12=INT(1)
128     Q13=INT(1)
129     Q14=INT(1)
130     Q15=INT(1)
131     Q16=INT(1)
132     Q17=INT(1)
133     Q18=INT(1)
134     Q19=INT(1)
135     Q20=INT(1)
136     Q21=INT(1)
137     Q22=INT(1)
138     Q23=INT(1)
139     Q24=INT(1)
140     Q25=INT(1)
141     Q26=INT(1)
142     Q27=INT(1)
143     Q28=INT(1)
144     Q29=INT(1)
145     Q30=INT(1)
146     Q31=INT(1)
147     Q32=INT(1)
148     Q33=INT(1)
149     Q34=INT(1)
150     Q35=INT(1)
151     Q36=INT(1)
152     Q37=INT(1)
153     Q38=INT(1)
154     Q39=INT(1)
155     Q40=INT(1)
156     Q41=INT(1)
157     Q42=INT(1)
158     Q43=INT(1)
159     Q44=INT(1)
160     Q45=INT(1)
161     Q46=INT(1)
162     Q47=INT(1)
163     Q48=INT(1)
164     Q49=INT(1)
165     Q50=INT(1)
166     Q51=INT(1)
167     Q52=INT(1)
168     Q53=INT(1)
169     Q54=INT(1)
170     Q55=INT(1)
171     Q56=INT(1)
172     Q57=INT(1)
173     Q58=INT(1)
174     Q59=INT(1)
175     Q60=INT(1)
176     Q61=INT(1)
177     Q62=INT(1)
178     Q63=INT(1)
179     Q64=INT(1)
180     Q65=INT(1)
181     Q66=INT(1)
182     Q67=INT(1)
183     Q68=INT(1)
184     Q69=INT(1)
185     Q70=INT(1)
186     Q71=INT(1)
187     Q72=INT(1)
188     Q73=INT(1)
189     Q74=INT(1)
190     Q75=INT(1)
191     Q76=INT(1)
192     Q77=INT(1)
193     Q78=INT(1)
194     Q79=INT(1)
195     Q80=INT(1)
196     Q81=INT(1)
197     Q82=INT(1)
198     Q83=INT(1)
199     Q84=INT(1)
200     Q85=INT(1)
201     Q86=INT(1)
202     Q87=INT(1)
203     Q88=INT(1)
204     Q89=INT(1)
205     Q90=INT(1)
206     Q91=INT(1)
207     Q92=INT(1)
208     Q93=INT(1)
209     Q94=INT(1)
210     Q95=INT(1)
211     Q96=INT(1)
212     Q97=INT(1)
213     Q98=INT(1)
214     Q99=INT(1)
215     Q100=INT(1)
216     Q101=INT(1)
217     Q102=INT(1)
218     Q103=INT(1)
219     Q104=INT(1)
220     Q105=INT(1)
221     Q106=INT(1)
222     Q107=INT(1)
223     Q108=INT(1)
224     Q109=INT(1)
225     Q110=INT(1)
226     Q111=INT(1)
227     Q112=INT(1)
228     Q113=INT(1)
229     Q114=INT(1)
230     Q115=INT(1)
231     Q116=INT(1)
232     Q117=INT(1)
233     Q118=INT(1)
234     Q119=INT(1)
235     Q120=INT(1)
236     Q121=INT(1)
237     Q122=INT(1)
238     Q123=INT(1)
239     Q124=INT(1)
240     Q125=INT(1)
241     Q126=INT(1)
242     Q127=INT(1)
243     Q128=INT(1)
244     Q129=INT(1)
245     Q130=INT(1)
246     Q131=INT(1)
247     Q132=INT(1)
248     Q133=INT(1)
249     Q134=INT(1)
250     Q135=INT(1)
251     Q136=INT(1)
252     Q137=INT(1)
253     Q138=INT(1)
254     Q139=INT(1)
255     Q140=INT(1)
256     Q141=INT(1)
257     Q142=INT(1)
258     Q143=INT(1)
259     Q144=INT(1)
260     Q145=INT(1)
261     Q146=INT(1)
262     Q147=INT(1)
263     Q148=INT(1)
264     Q149=INT(1)
265     Q150=INT(1)
266     Q151=INT(1)
267     Q152=INT(1)
268     Q153=INT(1)
269     Q154=INT(1)
270     Q155=INT(1)
271     Q156=INT(1)
272     Q157=INT(1)
273     Q158=INT(1)
274     Q159=INT(1)
275     Q160=INT(1)
276     Q161=INT(1)
277     Q162=INT(1)
278     Q163=INT(1)
279     Q164=INT(1)
280     Q165=INT(1)
281     Q166=INT(1)
282     Q167=INT(1)
283     Q168=INT(1)
284     Q169=INT(1)
285     Q170=INT(1)
286     Q171=INT(1)
287     Q172=INT(1)
288     Q173=INT(1)
289     Q174=INT(1)
290     Q175=INT(1)
291     Q176=INT(1)
292     Q177=INT(1)
293     Q178=INT(1)
294     Q179=INT(1)
295     Q180=INT(1)
296     Q181=INT(1)
297     Q182=INT(1)
298     Q183=INT(1)
299     Q184=INT(1)
300     Q185=INT(1)
301     Q186=INT(1)
302     Q187=INT(1)
303     Q188=INT(1)
304     Q189=INT(1)
305     Q190=INT(1)
306     Q191=INT(1)
307     Q192=INT(1)
308     Q193=INT(1)
309     Q194=INT(1)
310     Q195=INT(1)
311     Q196=INT(1)
312     Q197=INT(1)
313     Q198=INT(1)
314     Q199=INT(1)
315     Q200=INT(1)
316     Q201=INT(1)
317     Q202=INT(1)
318     Q203=INT(1)
319     Q204=INT(1)
320     Q205=INT(1)
321     Q206=INT(1)
322     Q207=INT(1)
323     Q208=INT(1)
324     Q209=INT(1)
325     Q210=INT(1)
326     Q211=INT(1)
327     Q212=INT(1)
328     Q213=INT(1)
329     Q214=INT(1)
330     Q215=INT(1)
331     Q216=INT(1)
332     Q217=INT(1)
333     Q218=INT(1)
334     Q219=INT(1)
335     Q220=INT(1)
336     Q221=INT(1)
337     Q222=INT(1)
338     Q223=INT(1)
339     Q224=INT(1)
340     Q225=INT(1)
341     Q226=INT(1)
342     Q227=INT(1)
343     Q228=INT(1)
344     Q229=INT(1)
345     Q230=INT(1)
346     Q231=INT(1)
347     Q232=INT(1)
348     Q233=INT(1)
349     Q234=INT(1)
350     Q235=INT(1)
351     Q236=INT(1)
352     Q237=INT(1)
353     Q238=INT(1)
354     Q239=INT(1)
355     Q240=INT(1)
356     Q241=INT(1)
357     Q242=INT(1)
358     Q243=INT(1)
359     Q244=INT(1)
360     Q245=INT(1)
361     Q246=INT(1)
362     Q247=INT(1)
363     Q248=INT(1)
364     Q249=INT(1)
365     Q250=INT(1)
366     Q251=INT(1)
367     Q252=INT(1)
368     Q253=INT(1)
369     Q254=INT(1)
370     Q255=INT(1)
371     Q256=INT(1)
372     Q257=INT(1)
373     Q258=INT(1)
374     Q259=INT(1)
375     Q260=INT(1)
376     Q261=INT(1)
377     Q262=INT(1)
378     Q263=INT(1)
379     Q264=INT(1)
380     Q265=INT(1)
381     Q266=INT(1)
382     Q267=INT(1)
383     Q268=INT(1)
384     Q269=INT(1)
385     Q270=INT(1)
386     Q271=INT(1)
387     Q272=INT(1)
388     Q273=INT(1)
389     Q274=INT(1)
390     Q275=INT(1)
391     Q276=INT(1)
392     Q277=INT(1)
393     Q278=INT(1)
394     Q279=INT(1)
395     Q280=INT(1)
396     Q281=INT(1)
397     Q282=INT(1)
398     Q283=INT(1)
399     Q284=INT(1)
400     Q285=INT(1)
401     Q286=INT(1)
402     Q287=INT(1)
403     Q288=INT(1)
404     Q289=INT(1)
405     Q290=INT(1)
406     Q291=INT(1)
407     Q292=INT(1)
408     Q293=INT(1)
409     Q294=INT(1)
410     Q295=INT(1)
411     Q296=INT(1)
412     Q297=INT(1)
413     Q298=INT(1)
414     Q299=INT(1)
415     Q300=INT(1)
416     Q301=INT(1)
417     Q302=INT(1)
418     Q303=INT(1)
419     Q304=INT(1)
420     Q305=INT(1)
421     Q306=INT(1)
422     Q307=INT(1)
423     Q308=INT(1)
424     Q309=INT(1)
425     Q310=INT(1)
426     Q311=INT(1)
427     Q312=INT(1)
428     Q313=INT(1)
429     Q314=INT(1)
430     Q315=INT(1)
431     Q316=INT(1)
432     Q317=INT(1)
433     Q318=INT(1)
434     Q319=INT(1)
435     Q320=INT(1)
436     Q321=INT(1)
437     Q322=INT(1)
438     Q323=INT(1)
439     Q324=INT(1)
440     Q325=INT(1)
441     Q326=INT(1)
442     Q327=INT(1)
443     Q328=INT(1)
444     Q329=INT(1)
445     Q330=INT(1)
446     Q331=INT(1)
447     Q332=INT(1)
448     Q333=INT(1)
449     Q334=INT(1)
450     Q335=INT(1)
451     Q336=INT(1)
452     Q337=INT(1)
453     Q338=INT(1)
454     Q339=INT(1)
455     Q340=INT(1)
456     Q341=INT(1)
457     Q342=INT(1)
458     Q343=INT(1)
459     Q344=INT(1)
460     Q345=INT(1)
461     Q346=INT(1)
462     Q347=INT(1)
463     Q348=INT(1)
464     Q349=INT(1)
465     Q350=INT(1)
466     Q351=INT(1)
467     Q352=INT(1)
468     Q353=INT(1)
469     Q354=INT(1)
470     Q355=INT(1)
471     Q356=INT(1)
472     Q357=INT(1)
473     Q358=INT(1)
474     Q359=INT(1)
475     Q360=INT(1)
476     Q361=INT(1)
477     Q362=INT(1)
478     Q363=INT(1)
479     Q364=INT(1)
480     Q365=INT(1)
481     Q366=INT(1)
482     Q367=INT(1)
483     Q368=INT(1)
484     Q369=INT(1)
485     Q370=INT(1)
486     Q371=INT(1)
487     Q372=INT(1)
488     Q373=INT(1)
489     Q374=INT(1)
490     Q375=INT(1)
491     Q376=INT(1)
492     Q377=INT(1)
493     Q378=INT(1)
494     Q379=INT(1)
495     Q380=INT(1)
496     Q381=INT(1)
497     Q382=INT(1)
498     Q383=INT(1)
499     Q384=INT(1)
500     Q385=INT(1)
501     Q386=INT(1)
502     Q387=INT(1)
503     Q388=INT(1)
504     Q389=INT(1)
505     Q390=INT(1)
506     Q391=INT(1)
507     Q392=INT(1)
508     Q393=INT(1)
509     Q394=INT(1)
510     Q395=INT(1)
511     Q396=INT(1)
512     Q397=INT(1)
513     Q398=INT(1)
514     Q399=INT(1)
515     Q400=INT(1)
516     Q401=INT(1)
517     Q402=INT(1)
518     Q403=INT(1)
519     Q404=INT(1)
520     Q405=INT(1)
521     Q406=INT(1)
522     Q407=INT(1)
523     Q408=INT(1)
524     Q409=INT(1)
525     Q410=INT(1)
526     Q411=INT(1)
527     Q412=INT(1)
528     Q413=INT(1)
529     Q414=INT(1)
530     Q415=INT(1)
531     Q416=INT(1)
532     Q417=INT(1)
533     Q418=INT(1)
534     Q419=INT(1)
535     Q420=INT(1)
536     Q421=INT(1)
537     Q422=INT(1)
538     Q423=INT(1)
539     Q424=INT(1)
540     Q425=INT(1)
541     Q426=INT(1)
542     Q427=INT(1)
543     Q428=INT(1)
544     Q429=INT(1)
545     Q430=INT(1)
546     Q431=INT(1)
547     Q432=INT(1)
548     Q433=INT(1)
549     Q434=INT(1)
550     Q435=INT(1)
551     Q436=INT(1)
552     Q437=INT(1)
553     Q438=INT(1)
554     Q439=INT(1)
555     Q440=INT(1)
556     Q441=INT(1)
557     Q442=INT(1)
558     Q443=INT(1)
559     Q444=INT(1)
560     Q445=INT(1)
561     Q446=INT(1)
562     Q447=INT(1)
563     Q448=INT(1)
564     Q449=INT(1)
565     Q450=INT(1)
566     Q451=INT(1)
567     Q452=INT(1)
568     Q453=INT(1)
569     Q454=INT(1)
570     Q455=INT(1)
571     Q456=INT(1)
572     Q457=INT(1)
573     Q458=INT(1)
574     Q459=INT(1)
575     Q460=INT(1)
576     Q461=INT(1)
577     Q462=INT(1)
578     Q463=INT(1)
579     Q464=INT(1)
580     Q465=INT(1)
581     Q466=INT(1)
582     Q467=INT(1)
583     Q468=INT(1)
584     Q469=INT(1)
585     Q470=INT(1)
586     Q471=INT(1)
587     Q472=INT(1)
588     Q473=INT(1)
589     Q474=INT(1)
590     Q475=INT(1)
591     Q476=INT(1)
592     Q477=INT(1)
593     Q478=INT(1)
594     Q479=INT(1)
595     Q480=INT(1)
596     Q481=INT(1)
597     Q482=INT(1)
598     Q483=INT(1)
599     Q484=INT(1)
600     Q485=INT(1)
601     Q486=INT(1)
602     Q487=INT(1)
603     Q488=INT(1)
604     Q489=INT(1)
605     Q490=INT(1)
606     Q491=INT(1)
607     Q492=INT(1)
608     Q493=INT(1)
609     Q494=INT(1)
610     Q495=INT(1)
611     Q496=INT(1)
612     Q497=INT(1)
613     Q498=INT(1)
614     Q499=INT(1)
615     Q500=INT(1)
616     Q501=INT(1)
617     Q502=INT(1)
618     Q503=INT(1)
619     Q504=INT(1)
620     Q505=INT(1)
621     Q506=INT(1)
622     Q507=INT(1)
623     Q508=INT(1)
624     Q509=INT(1)
625     Q510=INT(1)
626     Q511=INT(1)
627     Q512=INT(1)
628     Q513=INT(1)
629     Q514=INT(1)
630     Q515=INT(1)
631     Q516=INT(1)
632     Q517=INT(1)
633     Q518=INT(1)
634     Q519=INT(1)
635     Q520=INT(1)
636     Q521=INT(1)
637     Q522=INT(1)
638     Q523=INT(1)
639     Q524=INT(1)
640     Q525=INT(1)
641     Q526=INT(1)
642     Q527=INT(1)
643     Q528=INT(1)
644     Q529=INT(1)
645     Q530=INT(1)
646     Q531=INT(1)
647     Q532=INT(1)
648     Q533=INT(1)
649     Q534=INT(1)
650     Q535=INT(1)
651     Q536=INT(1)
652     Q537=INT(1)
653     Q538=INT(1)
654     Q539=INT(1)
655     Q540=INT(1)
656     Q541=INT(1)
657     Q542=INT(1)
658     Q543=INT(1)
659     Q544=INT(1)
660     Q545=INT(1)
661     Q546=INT(1)
662     Q547=INT(1)
663     Q548=INT(1)
664     Q549=INT(1)
665     Q550=INT(1)
666     Q551=INT(1)
667     Q552=INT(1)
668     Q553=INT(1)
669     Q554=INT(1)
670     Q555=INT(1)
671     Q556=INT(1)
672     Q557=INT(1)
673     Q558=INT(1)
674     Q559=INT(1)
675     Q560=INT(1)
676     Q561=INT(1)
677     Q562=INT(1)
678     Q563=INT(1)
679     Q564=INT(1)
680     Q565=INT(1)
681     Q566=INT(1)
682     Q567=INT(1)
683     Q568=INT(1)
684     Q569=INT(1)
685     Q570=INT(1)
686     Q571=INT(1)
687     Q572=INT(1)
688     Q573=INT(1)
689     Q574=INT(1)
690     Q575=INT(1)
691     Q576=INT(1)
692     Q577=INT(1)
693     Q578=INT(1)
694     Q579=INT(1)
695     Q580=INT(1)
696     Q581=INT(1)
697     Q582=INT(1)
698     Q583=INT(1)
699     Q584=INT(1)
700     Q585=INT(1)
701     Q586=INT(1)
702     Q587=INT(1)
703     Q588=INT(1)
704     Q589=INT(1)
705     Q590=INT(1)
706     Q591=INT(1)
707     Q592=INT(1)
708     Q593=INT(1)
709     Q594=INT(1)
710     Q595=INT(1)
711     Q596=INT(1)
712     Q597=INT(1)
713     Q598=INT(1)
714     Q599=INT(1)
715     Q600=INT(1)
716     Q601=INT(1)
717     Q602=INT(1)
718     Q603=INT(1)
719     Q604=INT(1)
720     Q605=INT(1)
721     Q606=INT(1)
722     Q607=INT(1)
723     Q608=INT(1)
724     Q609=INT(1)
725     Q610=INT(1)
726     Q611=INT(1)
727     Q612=INT(1)
728     Q613=INT(1)
729     Q614=INT(1)
730     Q615=INT(1)
731     Q616=INT(1)
732     Q617=INT(1)
733     Q618=INT(1)
734     Q619=INT(1)
735     Q620=INT(1)
736     Q621=INT(1)
737     Q622=INT(1)
738     Q623=INT(1)
739     Q624=INT(1)
740     Q625=INT(1)
741     Q626=INT(1)
742     Q627=INT(1)
743     Q628=INT(1)
744     Q629=INT(1)
745     Q630=INT(1)
746     Q631=INT(1)
747     Q632=INT(1)
748     Q633=INT(1)
749     Q634=INT(1)
750     Q635=INT(1)
751     Q636=INT(1)
752     Q637=INT(1)
753     Q638=INT(1)
754     Q639=INT(1)
755     Q640=INT(1)
756     Q641=INT(1)
757     Q642=INT(1)
758     Q643=INT(1)
759     Q644=INT(1)
760     Q645=INT(1)
761     Q646=INT(1)
762     Q647=INT(1)
763     Q648=INT(1)
764     Q649=INT(1)
765     Q650=INT(1)
766     Q651=INT(1)
767     Q652=INT(1)
768     Q653=INT(1)
769     Q654=INT(1)
770     Q655=INT(1)
771     Q656=INT(1)
772     Q657=INT(1)
773     Q658=INT(1)
774     Q659=INT(1)
775     Q660=INT(1)
776     Q661=INT(1)
777     Q662=INT(1)
778     Q663=INT(1)
779     Q664=INT(1)
780     Q665=INT(1)
781     Q666=INT(1)
782     Q667=INT(1)
783     Q668=INT(1)
784     Q669=INT(1)
785     Q670=INT(1)
786     Q671=INT(1)
787     Q672=INT(1)
788     Q673=INT(1)
789     Q674=INT(1)
790     Q675=INT(1)
791     Q676=INT(1)
792     Q677=INT(1)
793     Q678=INT(1)
794     Q679=INT(1)
795     Q680=INT(1)
796     Q681=INT(1)
797     Q682=INT(1)
798     Q683=INT(1)
799     Q684=INT(1)
800     Q685=INT(1)
801     Q686=INT(1)
802     Q687=INT(1)
803     Q688=INT(1)
804     Q689=INT(1)
805     Q690=INT(1)
806     Q691=INT(1)
807     Q692=INT(1)
808     Q693=INT(1)
809     Q694=INT(1)
810     Q695=INT(1)
811     Q696=INT(1)
812     Q697=INT(1)
813     Q698=INT(1)
814     Q699=INT(1)
815     Q700=INT(1)
816     Q701=INT(1)
817     Q702=INT(1)
818     Q703=INT(1)
819     Q704=INT(1)
820     Q705=INT(1)
821     Q706=INT(1)
822     Q707=INT(1)
823     Q708=INT(1)
824     Q709=INT(1)
825     Q710=INT(1)
826     Q711=INT(1)
827     Q712=INT(1)
828     Q713=INT(1)
829     Q714=INT(1)
830     Q715=INT(1)
831     Q716=INT(1)
832     Q717=INT(1)
833     Q718=INT(1)
834     Q719=INT(1)
835     Q720=INT(1)
836     Q721=INT(1)
837     Q722=INT(1)
838     Q723=INT(1)
839     Q724=INT(1)
840     Q725=INT(1)
841     Q726=INT(1)
842     Q727=INT(1)
843     Q728=INT(1)
844     Q729=INT(1)
845     Q730=INT(1)
846     Q731=
```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN II -730601- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 15

```

160    80 CONTINUE
161    IF((M2X,NE,0,AND,1,EN,NTN/2)) GO TO 90
162    GO TO 990
163    90 CONTINUE
164    ACUFC2=MAR(J2/J,0,0)+0
165    ACUFC2=ACUFC2/2,00*0
166    ACUFC2=C2(J)
167    ACUFC2=ACUFC2*XU*XU*XU-ACUF(2)*XU*XU-ACUF(3)*XU*DUD1(I)
168    IF(J,LE,1) ACUF(4)=ACUF(4)+INT(J-1)
169    CALL CARDND(ACUF,KPSD0+KMA+ILL),
170    IF(J,LE,0) GO TO 999
171    DO 100 K=1,J
172    IF(DADS(KMA(K)),LT,1,UD=1>,AND,(KPSD0(K),GE,CLEG(J)),AND,
173    KPSD0(K),LT,CLEG(J+1))) GO TO 110
174    100 CONTINUE
175    GO TO 991
176    110 CONTINUE
177    120 CONTINUE
178    OMEG(I)*HPSU(J)
179    120 CONTINUE
180
181    C   FIT THE CURRENT POSITION FOR THE ZAKHAROV CURVE
182    DO 220 I=1,NTN
183    IF((I,EN,1) V1=0,0
184    IF((I,NE,1) V1=OMEGL(I-1)
185    V2=OMEGL(I)
186    IF((I,LE,1) QUAM=DV1(I)/OMEGL(I))
187    IF((I,NE,1) QUAM=(DV1(I-1))/OMEGL(I-1))
188    DV1(I)=QUAM-NMA1
189    DO 195 J=2,NMA1
190    IF(CLEG(J-1),LE,OMEGL(I) .AND.,CLEG(J),GT,OMEGL(I) > JMN=J-1
191    IF(L,LE,Y1)
192    IF((I,EN,1) GO TO 194
193    IF((I,LE,1) .AND.,CLEG(J),GT,OMEGL(I-1)) JMN=J-1
194    GO TO 195
195    195 CONTINUE
196    JMN=1
197    195 CONTINUE
198    200 CONTINUE
199    DO 202 J=MN,UMX
200    IF((CUNH(J),LE,QUAM,AND,CURR(J+1),GT,QUAM),OR,
201    * (CUNP(J),GE,QUAM,AND,CUNH(J+1),LT,QUAM)) GO TO 211
202    IF((S,NF,1,OR,J,NE,NMA) GO TO 201
203    XU=AL(J)*OMEGLNTN*OMEGLNTN+BB(J)*OMEGLNTN+CC(J)
204    IF((CUNH(J),LE,QUAM,AND,XU,GT,QUAM),OR,
205    * (CUNH(J),GE,QUAM,AND,XU,LT,QUAM)) GO TO 211
206    205 CONTINUE
207    X1=0,0+AA(J)*CLEG(J) +BB(J)
208    X2=0,0+AA(J)*CLEG(J+1) +BB(J)
209    IF(X1*AA(J),GT,1,00=20) GO TO 202
210    X3=BB(J)/(AA(J)+AA(J))
211    X1=AA(J)*X3*X3 +BB(J)*X3 +CC(J)
212    IF((CUNH(J)-QUAM)*X1=QUAM),LT,1,00=20>,OR,
213    * (CUNH(J+1)-QUAM)*X1=QUAM),LT,1,00=20>) GO TO 211
214    202 CONTINUE
215    GO TO 992
216    216 CONTINUE
217    AAABD2=MM((BB(J)*BB(J)-4,0D+0*AA(J)*(CC(J)-QUAM))
218    BB=(=BB(J)-AAA)/(AA(J)+AA(J))
219    CCC=(-BB(J)+AAA)/(AA(J)+AA(J))
220    X1=Y1
221    X2=Y2
222    F(Y1,LT,CLEG(J)) X1=CLEG(J)
223

```

FACOM 230-60 FORTRAN II -730601- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 16

```

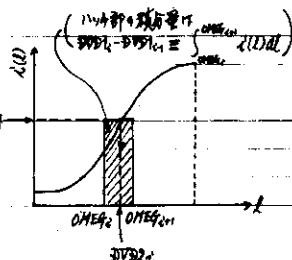
224    IF(Y2,GT,CLEG(J+1)) X2=CLEG(J+1)
225    IFL((A1-BB)*(X2-BB),LT,1,00=20>,AND,
226    * ((A1-CC)*(X2-CC),LT,1,00=20>) GO TO 212
227    IF((Y1,LE,BM,AND,Y2,GE,BB)) AND,
228    * (CLEG(J),LE,BB,AND,CLEG(J+1),GE,BB)) DV02(I)=BBB
229    IF((Y1,LE,CC,AND,Y2,GE,CC)) AND,
230    * (CLEG(J),LE,CC,AND,CLEG(J+1),GE,CC)) DV02(I)=CCC
231    GO TO 213
232    212 CONTINUE
233    IF((I,EN,1) X1=OMEGL(I)/2,00*0
234    IF((I,NE,1) X1=OMEGL(I-1)/OMEGL(I))/2,00*0
235    IF(DABS(X1-BB),LT,DABS(X1-CC)) DV02(I)=BBB
236    IF(DABS(X1-CC),LT,DABS(X1-CC)) DV02(I)=CCC
237    213 CONTINUE
238    IF((DV02(I)),LT,Y1,OR,DV02(I),GT,Y2)
239    * .AND.,(J,LT,JMN)) JMN=J+1
240    IF((DV02(I)),LT,Y1,OR,DV02(I),GT,Y2)
241    * .AND.,(J,LT,JMN)) GO TO 200
242    IF((DV02(I)),LT,Y1,OR,DV02(I),GT,Y2)
243    * .AND.,(J,LE,JMN)) GO TO 214
244    GET THE ANGLE-VALUE FROM CONTOUR-LENGTH
245    IS=T+1
246    Y1 =CLEG(J)
247    Y2 =DV02(I)
248    AC =THETC(J)
249    X1 =X0
250    X2 =(IMET(J+1)-THET(J))/10,00*0
251    214 CONTINUE
252    X1=A1*X2
253    CALL CUTR(X0+A1,TSM)
254    IF(DABS((Y1-TSM-Y2)/2),LT,1,UD=0) GO TO 217
255    IF(Y1+TSM,LT,Y2) GO TO 215
256    IF(Y1+TSM,GT,Y2) GO TO 216
257    215 CONTINUE
258    IF((IS+1,GT,0) X2=X2/2,00*0
259    IF((IS+1,LE,0) X2=X2/2,00*0
260    IF((IS+1,LE,2) X2=X2*2,00*0
261    IF((IS+1,LE,0) IS+1=IS+1
262    IF((IS+1,GT,0) IS+1=0
263    X2=DABS(X2)
264    GO TO 214
265    216 CONTINUE
266    IF((IS+1,GT,0) X2=X2/2,00*0
267    IF((IS+1,LE,2) X2=X2*2,00*0
268    IF((IS+1,LE,0) IS+1=IS+1
269    IF((IS+1,GT,0) IS+1=0
270    X2=DABS(X2)
271    GO TO 214
272    217 CONTINUE
273    DV02(I)=X1
274    218 CONTINUE
275    DV DIV I=1,NTN
276    K2=NTN-I+1
277    THETC(I)=PA1+PA1-DV02(I)
278    THETC(I)= DV02(I)
279    510 CONTINUE
280    520 CONTINUE
281    DO 530 I=1,NTN
282    K2=NTN-I+1
283    IF((I,EN,1) GO TO 545
284    CURH(I)=DV02(I)-DV1(I-1)
285    CURH(I)=CURH(I)
286    IF(KSA1,EN,1) CURH(K)=CURH(I)

```

$$\int [A_1 x^k + B_1 x^k + C_1] dx$$

$$= DUD1 - TDNT$$

$$43l \text{を} \times 3 (l=OMEGL)$$



$y \leq QUAM \leq y_{j+1}$ の範囲の面積

$$A_1 x^k + B_1 x^k + C_1 + QUAM$$

$$を補正する式 (l=DV02)$$

周囲C上の弧長と角度θを算出

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -730001- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 17

```

259      GO TO 530
260  525 CONTINUE
261  CURH(I)=DUD1(I)
262  CUMC(K)=CUMC(K)
263  IF(LSAT,EW,1) CURR(K)=CURR(K)
264  CONTINUE
265  K=2*NTN
266  IF(LMCH,NE,L) WHITE(IOUT,1080) XZHO,IMZH
267  WRITE(IOUT,1090) (I,CLEG(I)+I=1,LMX)
268  WRITE(IOUT,1100) (I,TINT(I)+I=1,NMX)
269  WRITE(IOUT,1100) (I,TINT(I)+I=1,NMX)
270  WRITE(IOUT,1040)
271  WRITE(IOUT,1000) (I,OMEG(I)+I=1,NTN)
272  WRITE(IOUT,1050)
273  WRITE(IOUT,1000) (I,DUD1(I)+I=1,NTN)
274  WRITE(IOUT,1080) (I,CLEG(K)+K=1,LMX)
275  WRITE(IOUT,1000) (I,TINT(I)+I=1,K)
276  WRITE(IOUT,1050)
277  WRITE(IOUT,1000) (I,CURR(I)+I=1,K)
278  RETURN
279  990 CONTINUE
280  WRITE(IOUT,1090) (K,CLEG(K)+K=1,LMX)
281  WRITE(IOUT,1100) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
282  WRITE(IOUT,1000) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
283  WRITE(IOUT,1010) I
284  RETURN
285  991 CONTINUE
286  WRITE(IOUT,1090) (K,CLEG(K)+K=1,LMX)
287  WRITE(IOUT,1100) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
288  WRITE(IOUT,1100) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
289  WRITE(IOUT,1100) (K,AA(K)+K=1,NMX)
290  WRITE(IOUT,1100) (K,BB(K)+K=1,NMX)
291  WRITE(IOUT,1100) (K,CC(K)+K=1,NMX)
292  WRITE(IOUT,1100) (K,CC(K)+K=1,NMX)
293  WRITE(IOUT,1100) (K,AA(K)+K=1,NMX)
294  WRITE(IOUT,1100) (K,BB(K)+K=1,NMX)
295  WRITE(IOUT,1100) (K,CC(K)+K=1,NMX)
296  WRITE(IOUT,1020) I,J
297  RETURN
298  992 CONTINUE
299  WRITE(IOUT,1090) (K,CLEG(K)+K=1,LMX)
300  WRITE(IOUT,1100) (K,CLEG(K)+K=1,LMX)
301  WRITE(IOUT,1100) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
302  WRITE(IOUT,1100) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
303  WRITE(IOUT,1100) (K,AA(K)+K=1,NMX)
304  WRITE(IOUT,1100) (K,AA(K)+K=1,NMX)
305  WRITE(IOUT,1110) (K,AA(K)+K=1,NMX)
306  WRITE(IOUT,1100) (K,DUD2(K)+K=1,NTN)
307  WRITE(IOUT,1100) (K,AA(K)+K=1,NMX)
308  WRITE(IOUT,1100) (K,BB(K)+K=1,NMX)
309  WRITE(IOUT,1100) (K,CC(K)+K=1,NMX)
310  WRITE(IOUT,1000) (K,AA(K)+K=1,NMX)
311  WRITE(IOUT,1070) I,J
312  RETURN
313  999 CONTINUE
314  WRITE(IOUT,1090) (K,CLEG(K)+K=1,LMX)
315  WRITE(IOUT,1100) (K,CLEG(K)+K=1,LMX)
316  WRITE(IOUT,1100) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
317  WRITE(IOUT,1100) (K,TINT(K)+K=1,NMX)
318  WRITE(IOUT,1100) (K,AA(K)+K=1,NMX)
319  WRITE(IOUT,1100) (K,BB(K)+K=1,NMX)
320  WRITE(IOUT,1100) (K,CC(K)+K=1,NMX)

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730001- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 18

```

321      WRITE(IOUT,1000) (K,CC(K),K=1,NMX)
322      WRITE(IOUT,1030) ILL,I,J
323      RETURN
324  1000 FORMAT(1H ,5X,13,1PE12.3,5X,(3.E12,5.5X+13.E12,5.5X+13.E12,5,
*      5X,13,E12,5.5X(13.E12,5))
325  1010 FORMAT(1H,6D01H*) ,33H | CANNOT DIVIDE THE INTEGRALS .20(1H*)/,
*      1H ,7D,16H DIVIDED NUMBER =.15)
326  1020 FORMAT(1H,6D01H*) ,30H NO EXISTED SUITABLE SOLUTION .20(1H*)/,
*      1H ,7D,16H DIVIDED NUMBER =.15*9+12MTHETA VALUE J =.15)
327  1030 FORMAT(1H,6D01H*) ,33H | CANNOT SOLVE THE 3-D EQUATION .15/
*      1H ,6D01H*) ,17A,16H DIVIDED NUMBER =.15.9,
*      15MTHETA VALUE J =.15)
328  1040 FORMAT(1H,6D01H*) /,
*      1H ,15A,36H CONTOUR-LENGTH OF THE DIVIDED RESULT//)
329  1050 FORMAT(1H,6D01H*) //,
*      1H ,15A, 7H CURRENT//)
330  1060 FORMAT(1H,6D01H*) //,
*      1H ,15A,31H THETA VALUE OF CURRENT POSITION//)
331  1070 FORMAT(1H,6D01H*) ,33H | CANNOT FIT THE ZAKHAROV-CURVE .20(1H*)/,
*      1H ,7D,16H DIVIDED NUMBER =.15.9+15HETA VALUE J =.15)
332  1080 FORMAT(1H,6D01H*) ,33H ZERO POINT OF CURRENT =.1PE12.5,10X,
*      15** MESH POINT =.13)
333  1090 FORMAT(1H,6D01H*) /,
*      1H ,15A,46H CONTOUR-LENGTH FROM 0-ANGLE TO THIS MESH-POINT//)
334  1100 FORMAT(1H,6D01H*) /,
*      1H ,15A,45H CURRENT SUMED FROM START-POINT TO (1*1) POINT//)
335  1110 FORMAT(1H,6D01H*) /,
*      1H ,15A,47H CONTOUR-LENGTH FROM 0-ANGLE TO CURRENT POSITION
*      1120 FORMAT(1H,6D01H*) ,33H COEFFICIENTS OF QUASI-CURVE(2-D)
336  1140 FORMAT(1H,6D01H*) ,33H
337  END

```

```

1      SUBROUTINE GUARD(ALP0,AU,Y1,X1,Y2,X2,X3,ALP2,IS,IS*T,
*      AA,BB,CC,AD,BD,CD,TINT)
2      DOUBLE PRECISION ALP0,ALP2,TINT,AD,BD,CD,X1
3      DOUBLE PRECISION XU,X1,X2,Y1,Y2,AA,BB,CC
4      DOUBLE PRECISION A3,X4,XX
5      IS=1#0
6      IF(Y1*Y2.LT.-1.0D-15) IS=T=1
7      IF(IS.EQ.1) GU TO 20
8      IF(IS.EQ.2) GU TO 40
9      IF(IS.EQ.3) GU TO 25
10     CONTINUE
11     AA = ((Y1-Y2)/(X1-X2))-ALP0/(X1+X2-2.0*X0)
12     BB = ALP0-2.0*AA*X0
13     CC = Y1-AA*X1-X1-BB*X1
14     GU TO 30
15     40 CONTINUE
16     AA = (ALP0-ALP2)/L*(X0-A2)
17     BB = ALP2-2.0*AA*X0
18     CC = Y1-AA*X1-X1-BB*X1
19     GU TO 30
20     25 CONTINUE
21     AA = ((X2-X1)*(Y1-ALP0)+(X1-X0)*(Y2-Y1))/
*      ((X2-X1)*(X1-X0)*(X0-X2))
22     BB = ((Y1-ALP0)-AA*(X1*X1-(U*XU))/(X1-X0)
23     CC = Y2-(AA*X2+B*B*A2+CC)
24     GU TO 30

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN U -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 19

```

25      30 CONTINUE
26      TINT=AA*(X2*X2*X2-X0*AU*X0)/3.0+BD*(X2*X2-X0*X0)/2.0+
*          CC*(X2-X0)
27      IF(INSI,E,IY,GO TO 50
28      RETURN
29
30      40 CONTINUE
31      X10=.99D+U*A2+U-0*A1
32      AA=(ALPU-ALP2)/2.0*(A2*X1)+V1*Y2-ALPU*X1+ALP2*X2)/(X0*X2-X1*X2+
*          X1*X0+X0*X1-2.0*X1*X0)
33      CC=Y1-AA*(X1*X1-2.0*X1*X0)-ALPU*X3
34      AD=(AA*(X1*X0+X1*X1-2.0*X1*X0)-X1/2.0)*(ALPU-AL-23)-Y1*Y2+
*          ALPU*X1-ALP2*X2)/(X1*X2-X2*X2)
35      BD=ALP2*U*A2*X2
36      CC=Y2*AD*(X2-X1-ALP2*X2)
37      TINT=AA*(X1*X1-4.0*X0*X0)/3.0+BB*(X1*X1-X0*X0)/2.0+CC*(X1-X0)+*
*          AD*(X2*X2-X2-X1*X1)/3.0+BD*(X2*X2-X1*X1)/2.0+CD*(X2-X1)
38      RETURN
39
40      50 CONTINUE
41      XX=DD*W*T(BP*BP*E,U*AA*CC)
42      X3=(DB*X3)/(2.0*A2)
43      X4=(B*B-X3)/(2.0*A2)
44      IF(X4,SE,A1,AND,X4,LE,A2) X3=X4
45      ALPU=
*          AA*(X3*X3*X3-X2*X2*X2)/3.0+BB*(X3*X3-X2*X2)/2.0+CC*(X3-X2)
46      RETURN
END

```

7927 7938 7948 7953 7958 7963

Subroutine

```

1      SUBROUTINE VALUE (IMXC,JMXC,MES2,KMAX)
2      COMMON /INPT/ ITIT1,BP,BV
3      COMMON /PLAM/ RT,RA,PLM1,BETP
4      DIMENSION K(MMAX),ANG(JMXC),BUK(MAX),BP(MAX),BV(KMAX)
5      DIMENSION THET(1),CURK(1)
6      DOUBLE PRECISION HI,ANGR,CRK,CUK,PSAY,BZZ,BRR,TBZ,TBR,TPSAY
7      DOUBLE PRECISION ENGR,ENGBP,ENGBV,UMH,DELVK,TOFB0,TOFBP,TOFBV+
*          AVRBD,AVRBP,AVRBV,AVTB0,AVTBp,AVTBv,
8      *          TOMB0,TOMBp,TOMBv,BOMAX,BPMAX,BYMAX,
9      *          THET,CURK,PAI,RCEN,RADI,TAT,
10     *          RT,RA,PLM1,BETP,DIFFL0,DIFFL1,DRB+
11     *          BBOOK,BPPPK,BVVVK,ZJ
12
13     DOUBLE PRECISION BB88
14     DOUBLE PRECISION AU,X1,RADS
15     ISATW
16     NEL=NGC(21)
17     DHK=RA/FLDATC(IMXC)
18     R11=DHK/2.0
19
20     DO 20 J=1,IMXC
21     IF(J,NEL,1) R(J)=R(J)-DRK
22     J1=M+NEL+1
23     DO 10 J=1,J1
24     KMM=NEL+1-J/2+J
25     ANGK(J)=UFLOAT(J)-0.5*PAI/FLDATC(JIM2)
26
27     10 CONTINUE
28     20 CONTINUE
29     DO 60 J=1,IMXC
30     JMM=NEL+1
31     DO 50 J=1,JMM
32
33     50 CONTINUE
34     60 N=1,MES2
35     X0=THET(N)
36     CRN=RCEN*HAD3(X0)*DCOS(X0)
37     CUR=CURN(N)
38     CALL FLD (R),ZJ,CRK,CUK,ISHT,PSAY+BZZ,BRR
39     TBZ=TBZ+BZL
40     TBR=TBR+BRR
41
42     30 CONTINUE
43     BOK(1)=DSQRT(TBZ+TBR+TBZ*TBZ+1.0E-3
44     ANGK=ANGK;
45     BP(1)=(TBZ*DCOS( ANGK )+TBR*DSIN( ANGK ))*1.0E-3
46     BV(1)=(TBZ*DSIN( ANGK )+TBR*DCOS( ANGK ))*1.0E-3
47
48     50 CONTINUE
49     WRITE (6,2700)
50     IF(NGC(19),EQ,10) GO TO 90
51     IF(NGC(19),EQ,0) GO TO 90
52     IF(NGC(19),EQ,2) GO TO 83
53     WRITE (6,1000)
54     CALL PRINT (N=EL+IMXC+KMAX+80)
55
56     83 CONTINUE
57     IF(NGC(19),GE,3) GO TO 90
58     WRITE (6,1020)
59     CALL PRINT (N=EL+IMXC+KMAX+80)
60
61     90 CONTINUE
62     ENERGY MU KEISAN
63     ENGBP=0.0
64     ENGBV=0.0
65     ENBVK=0.0
66     DU 100 I=1,IMXC
67     JIM=NEL+1
68     DU 99 J=1,JIM
69     K=NE1+1-(I-1)/2+J
70     UMM=PAI*0.07
71     DELVK=2.0*2.0*PAI*PAI*UVR*(HT+RC1)*DCOS( ANGK )+RC1)/UFLOAT(JIM)
72     BUOK=DCOK;
73     BPPPK=DP(K)
74     BVVVK=BVK();
75     ENGBP=ENGBP+DELVK*BPPPK/(2.0*UMM)*1.0D-8
76     ENGBV=ENGBV+DELVK*BVVVK*BVVVK/(2.0*UMM)*1.0D-8
77
78     100 CONTINUE
79     WRITE (6,1100) ENGBP+ENGBV+ENBVK
80     TURKEI=SMR1;
81     TUMB0=0.0
82     TUMBp=0.0
83     TUMBv=0.0
84     WRITE (6,1200)
85     DU 210 I=1,IMXC

```

7953 (Genus #18)

7958 (Genus #18)

7963 (Genus #18)

FACOM 230-60 FORTRAN U -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 20

```

25     K=NE1+1-(I-1)/2+J
26     ANGK=ANGK;
27     RI=RT+RC1*DCOS(ANGK)
28     ZJ=RC1*(DS1*ANGK)
29     TBZ=0.0
30     TBR=0.0
31     DO 30 N=1,MES2
32     X0=THET(N)
33     CRN=RCEN*HAD3(X0)*DCOS(X0)
34     CUR=CURN(N)
35     CALL FLD (R),ZJ,CRK,CUK,ISHT,PSAY+BZZ,BRR
36     TBZ=TBZ+BZL
37     TBR=TBR+BRR
38
39     30 CONTINUE
40     BOK(1)=DSQRT(TBZ+TBR+TBZ*TBZ+1.0E-3
41     ANGK=ANGK;
42     BP(1)=(TBZ*DCOS( ANGK )+TBR*DSIN( ANGK ))*1.0E-3
43     BV(1)=(TBZ*DSIN( ANGK )+TBR*DCOS( ANGK ))*1.0E-3
44
45     50 CONTINUE
46     WRITE (6,2700)
47     IF(NGC(19),EQ,10) GO TO 90
48     IF(NGC(19),EQ,0) GO TO 90
49     IF(NGC(19),EQ,2) GO TO 83
50     WRITE (6,1000)
51     CALL PRINT (N=EL+IMXC+KMAX+80)
52
53     83 CONTINUE
54     IF(NGC(19),GE,3) GO TO 90
55     WRITE (6,1020)
56     CALL PRINT (N=EL+IMXC+KMAX+80)
57
58     90 CONTINUE
59     ENERGY MU KEISAN
60     ENGBP=0.0
61     ENGBV=0.0
62     ENBVK=0.0
63     DU 100 I=1,IMXC
64     JIM=NEL+1
65     DU 99 J=1,JIM
66     K=NE1+1-(I-1)/2+J
67     UMM=PAI*0.07
68     ANGK=ANGK;
69     DELVK=2.0*2.0*PAI*PAI*UVR*(HT+RC1)*DCOS( ANGK )+RC1)/UFLOAT(JIM)
70     BUOK=DCOK;
71     BPPPK=DP(K)
72     BVVVK=BVK();
73     ENGBP=ENGBP+DELVK*BPPPK/(2.0*UMM)*1.0D-8
74     ENGBV=ENGBV+DELVK*BVVVK*BVVVK/(2.0*UMM)*1.0D-8
75     ENBVK=ENBVK+DELVK*BVK();BVVVK/(2.0*UMM)*1.0D-8
76
77     100 CONTINUE
78     WRITE (6,1100) ENGBP+ENGBV+ENBVK
79     TURKEI=SMR1;
80     TUMB0=0.0
81     TUMBp=0.0
82     TUMBv=0.0
83     WRITE (6,1200)
84     DU 210 I=1,IMXC

```

JAERI-M 5898

FACUM 230=60 FORTKAN U -7308U1- (Y=05,L=01) COMPILATION 74,08,21 PAGE 21

```

85 .JINMAX(I+1)
86 TUFBD=0.0
87 TUFBD=J,0
88 TUFBD=J,0
89 DU 230 J=JIM
90 K=MNEI*I*(I-1)/2+J
91 BDUK=B(CK);
92 DPPK=H(CK);
93 BVVVK=B(VK);
94 TUFBD=10MB)+DAB5(B(COK))
95 TUFBD=10MB)+DAB5(B(PPK))
96 TUFBD=10MB)+DAB5(B(VVK))
97 TUFBD=10FB)+DAB5(B(LOCA))
98 TUFBD=10FB)+DAB5(B(PPK))
99 TUFBD=TUFBD+DAB5(B(VVK))
100 AVEBD=10FB)+DFLOAT(JIM)
101 AVEBP=10FB)+DFLOAT(JIM)
102 AVEB=10FB)+DFLOAT(JIM)
103 200 CONTINUE
104 WRITE (6+2300) L,AVRBC,AVRBP,AVRBV
105 210 CONTINUE
106 AVEBD=10MB)+DFLOAT(KMAX)
107 AVEBP=10MB)+DFLOAT(KMAX)
108 AVEB=10MB)+DFLOAT(KMAX)
109 WRITE (6+2300) AVEBD,AVEBP,AVEB
C SAIDAI ZIBA
110 BUMAX=0.0
111 BMAX=0.0
112 BMAX=0.0
113 DU 350 I=1,IMAC
114 JIM=MNEI*I
115 DG 340 J=JIM,JIM
116 K=MNEI*I*(I-1)/2+J
117 IF (ABS(BD(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BD(K))
118 IF (ABS(BD(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BD(K))
119 IF (ABS(BP(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BP(K))
120 IF (ABS(BV(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BV(K))
121 IF (ABS(BV(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BV(K))
122 ILABS(BV(L)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BV(L))
123 IF (ABS(BD(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BD(K))
124 IF (ABS(BP(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BP(K))
125 IF (ABS(BV(K)),GE,BMAX) BMAX=ABS(BV(K))
126 350 CONTINUE
127 350 CONTINUE
128 WRITE (6+2400) BUMAX,BMAX,BVMAX
129 WRITE (6+2200) 10+J,IP,JP,IV,JV
C BUNPU KANSU
130 IF (NGC(247,EW,0)) GO TO 3000
131 DRB=0.0/DFLOAT(NGC(232))
132 LMAX=10*INT(BMAX/DRB)+1
133 LMAXP=10*INT(BMAX/DRB)+1
134 LMAXV=10*INT(BMAX/DRB)+1
135 WRITE (6+2300)
136 DU 430 L=1,LMAX
137 NOBOD=0
138 DU 430 I=1,IMAC
139 JIM=MNEI*I
140 DU 420 J=JIM,JIM
141 K=MNEI*I*(I-1)/2+J
142 DIFFLU=DFLOAT(L-1)*DRB
143 DIFFLU=DFLOAT(L)*DRB
144 IF (BD(K),GE,DIFFLU,AND,BD(K),LT,DIFFLU) NOBO=NOBO+1

```

平均磁场，断开

最大磁场，断开

ΔB の间隔 (以下の断开时, $J \leq B, B = B < (I-1)*AB$
ノルム内に表示される数値は、各物理量の初期値を示す)

FACUM 230=60 FORTKAN U -7308U1- (Y=05,L=01) COMPILATION 74,08,21 PAGE 22

```

145 420 CONTINUE
146 430 CONTINUE
147 WRITE (6+2300) L, NOBP
148 450 CONTINUE
149 WRITE (6+2300)
150 DU 550 L=1,LMAX
151 NOBPP=0
152 NOBPM=0
153 DO 530 I=1,IMAC
154 JIM=MNEI*I
155 DU 520 J=JIM,JIM
156 K=MNEI*I*(I-1)/2+J
157 IF (BP(K)) 1,152
158 1 DIFFLU=-1,0/DFLOAT(L)*DRB
159 DIFFLU=-1,0/DFLOAT(L-1)*DRB
160 IF (BP(K),GE,DIFFLU,AND,BP(K),LT,DIFFLU) NOBPM=NOBPM+1
161 2 DIFFLU=DFLOAT(L-1)*DRB
162 DIFFLU=DFLOAT(L)*DRB
163 IF (BV(K),GE,DIFFLU,AND,BV(K),LT,DIFFLU) NOBPP=NOBPP+1
164 520 CONTINUE
165 530 CONTINUE
166 WRITE (6+2400) L,NOBPP,NOBPM
167 550 CONTINUE
168 WRITE (6+2450)
169 DU 650 L=1,LMAX
170 NOBVP=0
171 NOBVM=0
172 DU 630 I=1,IMAC
173 JIM=MNEI*I
174 DU 620 J=JIM,JIM
175 K=MNEI*I*(I-1)/2+J
176 IF (BV(K)) 3,535
177 3 DIFFLU=-1,0/DFLOAT(L)*DRB
178 DIFFLU=-1,0/DFLOAT(L-1)*DRB
179 IF (BV(K),GE,DIFFLU,AND,BV(K),LT,DIFFLU) NOBVM=NOBVM+1
180 5 DIFFLU=DFLOAT(L-1)*DRB
181 DIFFLU=DFLOAT(L)*DRB
182 IF (BV(K),GE,DIFFLU,AND,BV(K),LT,DIFFLU) NOBVP=NOBVP+1
183 620 CONTINUE
184 630 CONTINUE
185 WRITE (6+2500),L,NOBVP,NOBVM
186 650 CONTINUE
187 1000 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
188 1010 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
189 1020 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
190 1100 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
191 1800 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
192 * 1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
193 2000 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
194 2050 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
195 2200 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
196 2250 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
197 2300 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
198 2350 FORMAT (1H,1H*****+2X,2M80+2X,1H*****)
199 1 - +00X+1H++/A+1H+)

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILE 74.08.21 PAGE 23

```

199 240U FORMAT (1H ,3UX+13,3X+15+3X+15)
200 240U FORMAT (1H+2MBV+1A+2M0+1A+5HDUNPU+2X+5H*****,+/
201 1H ,4U+1M+7X,1H+)
202 250U FORMAT (1H ,3UX+13+3X+15+3X+15)
203 270U FORMAT (1H ,//)
204 300U RETURN
END

```

```

1 SUBROUTINE PRINT (NWEI,IMAX,KMAX,B)
2 DIMENSION FMT(10),B(KMAX)
3 DO 10 I=1,NWEI
4 IFMT(I)=4
5 10 CONTINUE
6 IFMT(1)=4*(LH+
7 IFMT(2)=4*
8 IFMT(4)=4*X+13
9 IFMT(5)=4*X+12
10 IFMT(6)=4*X+12.5
11 IFMT(7)=4*X+2X
12 DO 30 I=1,IMAX
13 WRITE (6,1000)
14 WRITE (6,1000)
15 J=1
16 30 J=J+1
17 DU 20 J=1,LH
18 K=NWEI*I*(LH+1)/2+J
19 L=1+(J-1)*1
20 IFMT(3)=L100(L)
21 WRITE (6,IFMT) J,B(K)
22 IF(J>7)T=EX,J) WRITE (6,1100)
23 IF(J>7)T=EX,J) J=J+1
24 J=J+1
25 40 CONTINUE
26 50 CONTINUE
27 100U FORMAT (1H ,5A,2H1=,13)
28 110U FORMAT (1)
29 RETURN
30 END

```

```

1 DOUBLE PRECISION FUNCTION RADS(X)
2 COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),PAI,
3 * E0,R0,Z0,DR,DZ,RCEN,RADI,TAT,TURN,BBBB
4 * DOUBLE PRECISION BBBB
5 * DOUBLE PRECISION AA,RAUS
6 * AA=RADI
7 * BB =BBB
8 * RADS=1.0D+0/DSQRT(DCOS(X)+DCUS(X)/(AA*AA)+DSIN(X)*DSIN(X)/(BB*BB))
9 * RETURN
10 END

```

#88C 9 r(θ) & #233 function

```

1 SUBROUTINE COTR(X0,X1,Y)
2 COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),PAI,
3 * E0,R0,Z0,DR,DZ,RCEN,RADI,TAT,TURN,BBBB
4 * DOUBLE PRECISION PAI,RCEN,RADI,TAT
5 * DOUBLE PRECISION BBBB

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILE 74.08.21 PAGE 24

```

5 DOUBLE PRECISION DFDR,DFDZ,RADS,X0,X1,Y,DCOR,EPS
6 EXTERNAL DCOR
7 CALL GASD0(X0,X1,DCUR,Y)
8 RETURN
9 END

```

```

1 DOUBLE PRECISION FUNCTION DFDR(X)
2 COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),PAI,
3 * E0,R0,Z0,DR,DZ,RCEN,RADI,TAT,TURN,BBBB
4 * DOUBLE PRECISION PAI,RCEN,RADI,TAT,X
5 * DOUBLE PRECISION BBBB
6 * DOUBLE PRECISION AA,RAUS
7 * AA=RADI
8 * DFDR=2.0D+0*RADS(X)+DCUS(X)/(AA*AA)
9 * RETURN
10 END

```

#88C f(p,z) = const.

```

1 DOUBLE PRECISION FUNCTION DFDZ(X)
2 COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),PAI,
3 * E0,R0,Z0,DR,DZ,RCEN,RADI,TAT,TURN,BBBB
4 * DOUBLE PRECISION PAI,RCEN,RADI,TAT,X
5 * DOUBLE PRECISION BBBB
6 * DOUBLE PRECISION RR=RADS
7 * RR =BBB
8 * DFDZ=2.0D+0*RADS(X)+DSIN(X)/(BB*BB)
9 * RETURN
10 END

```

#88C f(z) = const.

```

1 DOUBLE PRECISION FUNCTION DCOR(X)
2 DOUBLE PRECISION DFDR,DFDZ,RADS,X
3 DCOR=RADS(X)+DSQRT((DFDR(X)*DFDZ(X)+DFDZ(X)*DFDR(X))/((DFDR(X)*DCOS(X)+DFDZ(X)*DSIN(X)))
4 * RETURN
5 END

```

#88C Subroutine (P0, B0, Y)

```

1 SUBROUTINE FIL0(R1,Z1,C1,C2,C1,ISAT,
2 * PSAY,B2,BR)
3 * DOUBLE PRECISION R1,Z1,C1,C2,C1,UM,5,Y
4 * DOUBLE PRECISION PSAY,B2,B1,ELPK,ELPE,RR
5 * IF (ISAT<1.0) UMA=4.0
6 * IF (ISAT>1.0) UMA=4.0D7
7 * U1=1.0
8 * S=1.0+C1*RR-(Z1-C2)*(Z1-C2)
9 * P=2.0*RR*C1*RR
10 * RR=2.0*P/(S*D7)
11 * RR=SQRT(S)
12 * CALL CLP12(R1,Z1,ELPK+ELPE+ILL)
13 * IF (ILL>1.0) GO TO 999
14 * B1=-B1+C1*(Z1+D2*DSWRT(S+P1))+(ELPK-(S-2.0*CH*CH)/(S-P)*ELPE)
15 * RR=RR+C1*(Z1+D2*DSWRT(S+P1))+(Z1-C2)/RR+(-ELPK+S/(S-P)*ELPE)
16 * IF (ILL>1.0) GO TO 999
17 * PSAY=RR+C1*(Z1+DSNRT(R1+C2))*((1.0-RR*RR/2.0)*ELPK-ELPE)
18 * RETURN
19 * 999 CALL T1
20 END

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTAN U -/30801- (V=05,L=01) COMPILE DATE 74.08.21 PAGE 25

```

19      WRITE(OUT,1000) ILL
20      RETURN
21      1000 FORMAT(1HD,10H***** ILL =,110,12H ****)
22      END

```

```

1      SUBROUTINE POUT(X,IMX,JMX)
2      DIMENSION X(IIMX+JMAJ)
3      JMX=0
4      IOUT=6
5      IF(JMX.GT.JM) JM=JMX/2
6      DO 130 J=1+JM+10
7      IZ=1+9
8      IF(IZ.GT.IMA) IZ=IMX
9      ISWT=0
10     JM=1
11     JZ=JM
12     IF(JZ.GT.JM) JZ=JM
13     100 CONTINUE
14     IF(.ISAT.EQ.0) GO TO 110
15     JM=J1+JM
16     JZ=J2+JM
17     IF(JZ.GT.JM) JZ=JM
18     110 CONTINUE
19     **RITE(OUT,1000) I,I=J1+12
20     DO 120 JM=J1,JZ
21     **RITE(OUT,1010) J,(I,J)+I=J1+12
22     I=J1+5+I*JZ
23     120 CONTINUE
24     IF(CJ2,GE,JMX) GO TO 130
25     ISWT=1
26     GU TO 100
27     130 CONTINUE
28     RETURN
29     1000 FORMAT(1HD,7H J I,J+2A+13+5X+9(4X+13+5X))
30     1010 FORMAT(1H ,13+2X+1P10E12.4)
31     1020 FORMAT(1H )
32     END

```

```

1      SUBROUTINE POUTD(.,[IMX+JMAJ]
2      DIMENSION X(IIMX+JMAJ)
3      DOUBLE PRECISION 4
4      JMX=0
5      IOUT=6
6      IF(IMX.GT.JM) JM=IMX/2
7      DO 130 J=1+JM+10
8      JZ=J1+9
9      IF(CJ2,GT,IMX) JZ=IMX
10     ISWT=0
11     JM=1
12     JZ=JM
13     IF(IZ.GT,IMX) IZ=IMX
14     100 CONTINUE
15     IF(.ISAT.EW,0) GO TO 110
16     JM=1+JM
17     JZ=12+JM
18     IF(IZ.GT,IMX) IZ=IMX
19     110 CONTINUE
20     **RITE(OUT,1000) I,J=J1,JZ

```

FACOM 230-60 FORTAN U -/30801- (V=05,L=01) COMPILE DATE 74.08.21 PAGE 26

```

21     DO 120 I=1,I2
22     **RITE(OUT,1010) I,(I,J,J=J1,JZ)
23     I=J1+5+I*JZ **RITE(OUT,1020)
24     120 CONTINUE
25     IF(CJ2,GE,IMX) GO TO 130
26     ISWT=1
27     GU TO 100
28     130 CONTINUE
29     RETURN
30     1000 FORMAT(1HD,7H J I,J+2A+13+5X+9(4X+13+5X))
31     1010 FORMAT(1H ,13+2X+1P10E12.4)
32     1020 FORMAT(1H )
33     END

```

```

1      SUBROUTINE PLOT(.,[MN+IMX+JM+JMX+IVX+JVX+ISWT])
2      DIMENSION X(IVX+JVX)
3      I001 = 3
4      IOUT = 6
5      IX=ISWT,NB,0) GO TO 110
6      **RITE(1001,1000) IMN+INX,JMN,JMX
7      **RITE(1001,1010) IMN+INX,JMN,JMX
8      DO 100 JM=JM+JMX
9      **RITE(1001,1020) ((I,J),I=IMN+IMX)
10     **RITE(1001,1030) ((I,J),I=JM+JM)
11     100 CONTINUE
12     GO TO 130
13     110 **RITE(1001,1000) JMN,JMX+IMN+IMX
14     **RITE(1001,1010) JMN,JMX+IMN+IMX
15     DO 120 I=1+IN+1,IMX
16     **RITE(1001,1020) ((I,J),J=JM+JM)
17     **RITE(1001,1030) ((I,J),J=JM+JM)
18     120 CONTINUE
19     130 CONTINUE
20     **RITE(1001,1040)
21     **RITE(OUT,3050)
22     RETURN
23     1000 FORMAT( 9HAKAY,1X+4(5,5D)
24     1010 FORMAT(1H .9HAKAY,1X+4(5,5D)
25     1020 FORMAT( 9HAKAY,1X,1P5E14.7,5X)
26     1030 FORMAT(1H ,9HAKAY,1X,1P5E14.7,5X)
27     1040 FORMAT( 9HBEND,76X)
28     1050 FORMAT(1H ,9HBEND,76X)
29     END

```

```

1      SUBROUTINE GRAPL(X,Y,Z,[MN+IMX+JM+JMX+ISWT])
2      DIMENSION Y(Z),Y(1)
3      IF(MA=1)MN,UT,JM+JMX) RETURN
4      I001= 3
5      IOUT= 6
6      J = JM
7      DO 20 I=IMN+IMX
8      **RITE(OUT,1000) X(I)+Y(J)+Z
9      **RITE(OUT,1010) X(I)+Y(J)+Z
10     J=J+1
11     20 CONTINUE
12     IF(.ISAT,E2,0) GO TO 30
13     **RITE(OUT,1020)
14     **RITE(OUT,1030)

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V-05-L-01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 27

```
15      30 CONTINUE
16      RETURN
17      1000 FORMAT(1H ,4HCTRL,1X,2F10.2,35X,2H 1,8X)
18      1010 FORMAT(1H ,4HCTRL,1X,3F10.3,35X,2H 1,8X)
19      1020 FORMAT(1H ,4HBEND,76X)
20      1030 FORMAT(1H ,4HBEND,76X)
21      END
```

I. 2 線形計画法を用いた方法

・タイトルカード(1-72カラム)2枚

・Section 001

Card 2

NGC 1 (1 - 3) B_r , Ψ の計算のみ = 0 B の plot は Wb/m^2 の単位

= 1 B の plot は gauss の単位

= 2 : B_v の最適化

= 3 : B_c の最適化

NGC 2 (4 - 6) 中央面以外のメッシュ点で、制約条件に加える磁場

= 0 $B_r = 1$ $B_r = 2$ $B_z = 3$ B_r と B_z

NGC 3 ((7 - 9)) ∇B_v optimize に際し、全電流 = 一定を条件に加える。

NGC 4 (10-12) 中央面以外に、制約条件式に加えるメッシュの指定
ライン数を入れる(<0の場合には角度入力、それ以外では等角度に分解)

NGC 5 (13-15)

NGC 6 (16-18)

NGC 7 (19-21)

NGC 8 (22-24) = 1 各グループの電流値が平均電流の $1/10$ 以上になる
よう制約条件を加える

= 0

= -1 電流 0 のグループに対し、平均電流の $1/10$ 流す

= -2 電流 0 のグループに対し、有限電流のうちの最小
値を流す

NGC 9 (25-27) optimize するための最初のメッシュ } optimize する
NGC 10 (28-30) optimize するための最後のメッシュ } 回数

NGC 11 (31-33) $\Delta \epsilon_i$ を半分にする回数

NGC 12 (34-36) $\neq 0$ ϵ_i を滑らかにする

NGC 13 (37-39) $\neq 0$ Ψ を plot する

NGC 14 (40-42) $\neq 0$ B を plot する

card 3

NGC 25 (1 - 3) コイルのグループ数

NGC 26 (4 - 6) R 方向メッシュ数

NGC 27 (7 - 9) Z 方向メッシュ数

NGC 28 (10-12) optimize する R 方向メッシュの始点番号 I RM1

NGC 29 (13-15) $B=0$ を条件とする R 方向メッシュ番号 I RM0

NGC 30 (16-18) optimize する R 方向メッシュの終点番号 I RM2

JAERI-M 5898

NGC31(19-21) $\theta = \pi/2$ の line 上で optimize する Z 方向メッシュの
始点番号

NGC32(22-34) $\theta = \pi/2$ の line 上で optimize する Z 方向メッシュの
終点番号

NGC(40+i) ··· ··· B_v を optimize する場合

card 3' ··· NGC4 < 0 の場合に必要なデータ (6 E 1 2 5)
line の角度を |NGC4| ケ入力する

Section 002 (6 E 1 2 5)

card 2.

第1グループの各コイルの位置を入力する。(R, Z) をペアで並べる。この
データの区切りはブランク・フィールドで示す

card 3.

第1グループの各コイルに流れる電流

card 2 と card 3 のペアを NGC 25 組並べる

Section 003 (6 E 1 2 5)

card 2.

RO (1-12) R 方向メッシュ番号 1 の R の値

ZO (13-24) Z 方向メッシュ番号 1 の Z の値

DR (25-36) Δr

DZ (37-48) Δz

EO (49-60) コイル位置に近い場所の field 計算しない近傍値

TAT (61-72) 全電流

cord 3' (NGC1 ≥ 2 の場合に必要)

EP1 (1-12) 初期値としての ϵ_i , δ_i

EP2 (13-24) " ϵ'_i , δ'_i

EP3 (25-36) NGC 2 = 0 のときのみ使用

Section 004 (6 E 1 2 5)

card 2.

RT (1-12) plasma 主半径 (m)

RP (13-24) plasma 副半径 (m)

card 3

PLAS I (1-12) plasma 電流 (A)

BEP (13-24) β_p

Section 999 終り

JAERI-M 5898

付録L.2

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILEATION 74.08.21 PAGE 1

```

C   OPTIMIZE THE VERTICAL AND TRANSFORMER FIELD
      1973,10,26 KOBAYASHI,T,
1      COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(48),RT,RP,IJMN(51),ICMX(50),
      * UMH(4),ZU,DR,D2,E0,TAT,EP1,EP2,EP3,PLASI,BEP,THET(10)
2      COMMON /VARI/ A(1:5000)
3      DIMENSION RC(500),ZC(500),CURR(500)
4      DATA IBLK /0M/
5      MEMORY = 105000
6      UMH=0.03,1+1592653*1.0E-7
7      IJMN=5
8      IBLK=6
9      10 CONTINUE
10     WRITE(IOUT,1000) (ITIT1(I),I=1,18)
11     DO 20 I=1,18
12     IF(ITIT1(I),NE,IBLK) GO TO 30
13     20 CONTINUE
14     GO TO 999
15     30 CONTINUE
16     READ(IIN,1000) (ITIT2(I),I=1,18)
17     WRITE(IOUT,1010) (ITIT1(I),I=1,18)
18     WRITE(IOUT,1011) (ITIT2(I),I=1,18)
19     40 CONTINUE
20     READ(IIN,1020) NTYP
21     WRITE(IOUT,1030) NTYP
22     IF(NTYP=999) 50+100+999
23     50 CONTINUE
24     GO TO (60,70,80,90),NTYP
25     60 CONTINUE
26     READ(IIN,1020) (NGC(I),I=1,48)
27     WRITE(IOUT,1040) (I,I=1,24)
28     WRITE(IOUT,1050) (NGC(I),I=1,48)
29     NGC=NGC(25)
30     MLIN =ABS(NGC(4))
31     IF(NGC(4),LT,0) READ(IIN,1060) (THET(I),I=1,MLIN)
32     IF(NGC(4),LT,0) WRITE(IOUT,1150) (THET(I),I=1,MLIN)
33     GO TO 40
34     70 CONTINUE
35     I1=1
36     I2=3
37     I5=2
38     IJMN(1)=1
39     71 CONTINUE
40     READ(IIN,1060) (RC(I),ZC(I),I=1,12)
41     DO 72 I=1,12
42     IF(ABS(RC(I)),LE-1.0E-6) GO TO 73
43     72 CONTINUE
44     I1=I1+3
45     I2=I2+3
46     GO TO 71
47     73 CONTINUE
48     IJMN(15)=I
49     ISTA=IJMN(15)-1
50     ILAS=IJMN(15)+1
51     IC MX(15)=ILAS-ISTA+1
52     READ(IIN,1060) (CUHR(J),J=ISTA,ILAS)
53     I1=IJMN(15)
54     I2=I1+2
55     IS=IS+1
56     IF(IS,LE,NGROP+1) GO TO 71
57     74 CONTINUE
58     WRITE(IOUT,1080)

```

} input section 001

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILEATION 74.08.21 PAGE 2

```

59     DO 75 IS=1,NGROP
60     ISTA=IJMN(IS)
61     ILAS=IJMN(IS+1)
62     WRITE(IOUT,1090) IS
63     WRITE(IOUT,1100) (KC(I),ZC(I),I=ISTA,ILAS)
64     WRITE(IOUT,1110) (CURH(I),I=ISTA,ILAS)
65     75 CONTINUE
66     GO TO 40
67     80 CONTINUE
68     READ(IIN,1060) R0,Z0,DR,D2,E0,TAT
69     IF(NGC(1),GE,2) READ(IIN,1060) EP1,EP2,EP3
70     WRITE(IOUT,1120) R0,Z0,DR,D2,E0,TAT
71     IF(NGC(1),GE,2) WRITE(IOUT,1130) EP1,EP2,EP3
72     GO TO 40
73     90 CONTINUE
74     READ(IIN,1060) RT,RP
75     READ(IIN,1060) PLASI,BEP
76     WRITE(IOUT,1070) RT,RP
77     WRITE(IOUT,1140) PLASI,BEP
78     GU TO 40
79     100 CONTINUE
80     IMX=NGC(26)
81     JMX=NGC(27)
82     K1 =1
83     K2 =K1+IMX
84     K3 =K2+JMX
85     CALL CALR(A(K1),A(K2),RC,ZC,CURR,IMX,JMX,K1+K2+K3,NGROP,MEMORY)
86     GC TO 1C
87     999 STOP
88     1000 FORMAT(1$A4)
89     1010 FORMAT(1$1,1RA4)
90     1011 FORMAT(1$1,1RA4)
91     1020 FORMAT(2$13)
92     1030 FORMAT(1$0,13H INPUT SECTION:1$)
93     1040 FORMAT(1$H ,5$X,3HNGC,2$X,24$13/$1H ,20$-----)
94     1050 FORMAT(1$H ,10$,24$13)
95     1060 FORMAT(6E12.5)
96     1070 FORMAT(1$H ,5$X,24HMAJOR RADIUS OF PLASMA =,1PE12.5,2H M /
97     * 1$H ,5$X,24HMINOR RADIUS OF PLASMA =,1PE12.5,2H M )
98     1080 FORMAT(1$H ,4$X,3HCCIL POSITION R(1),Z(1) AND CURRENT(1))
99     1090 FORMAT(1$H ,4$X,9H# GROUP=1,3,3H #)
100    FORMAT(1$H ,6$X,1F2E12.4,1X,E12.4,1X,2E12.4,1X,E12.4)
101    FORMAT(1$H ,6$X,1PE12.4,13X,E12.4,13X,E12.4,13X,E12.4)
102    FORMAT(1$H ,5$X,1M H0,20,DR,D2,E0,TAT,1M ,5,A,1P6E12.5)
103    FORMAT(1$H ,12$X,5HE1 =,1PE12.5,7,X,5HEP2 =,E12.5,7,X,5HEH3 =,E12.5)
104    FORMAT(1$H ,5$X,24HPLASMA CURRENT =,1PE12.5,3H A /
105    * 1$H ,5$X,24HPLA VALUE OF PONOIDAL =,1PE12.5 )
106    FORMAT(1$H ,5$X,3RHTHETA OF OPTIMAL LINE IN Z-DIRECTION =,1PE12.5)
107    END

```

} input section 003

} input section 004

```

1      SUBROUTINE CALR(R,Z,RC,ZC,CURR,IMX,JMX,K1,K2,K3,NGROP,MEMORY)
2      COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(48),RT,RP,IJMN(51),ICMX(50),
      * UMH(4),ZU,DR,D2,E0,TAT,EP1,EP2,EP3,PLASI,BEP,THET(10)
3      COMMON /VARI/ A(40000)
4      DIMENSION RC(1),ZC(1),CURR(1)
5      DIMENSION RC(IMX),Z(JMX)
6      IMR = NGC(28)
7      IMZ = NGC(30)
8      IOUT = 6
9      10 CONTINUE

```

} subroutine

FACOM 230-60 FORTRAN D -730M01- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 3

```

      R(1)=E0
      Z(2)=ZD
      DO 20 I=2,IMX
      R(I)=R(I-1)+DR
  20 CONTINUE
      DO 30 I=2,JMX
      T(I)=T(I-1)+DZ
  30 CONTINUE
      WRITE(IOUT,1000) (ITII1(I),I=1,18)
      WRITE(IOUT,1010) (ITII2(I),I=1,18)
      WRITE(IOUT,1020)
      DO 40 J=1,IMX+10
      DO 40 J=1,IMX+10
      WRITE(IOUT,1040) (J,R(J),J=1,I+9)
  40 CONTINUE
      WRITE(IOUT,1030)
      DO 50 I=1,JMX+10
      WRITE(IOUT,1040) (J,Z(J),J=1,I+9)
  50 CONTINUE
      IF(NGC(1).LE.1) GO TO 60
      C*** OPTIMIZATION
      MLIN=1ABS(NGC(4))
      IF(NGC(2).NE.3) JOPT=(NGC(32)-NGC(31)+1)*MLIN
      IF(NGC(2).EQ.3) JOPT=(NGC(32)-NGC(31)+1)*MLIN+2
      IF(NGC(1).EQ.2) GO TO 52
      JOPT=0
      IF(MLIN.EQ.0) GO TO 52
      DO 51 M=1,MLIN
      JOPT=JOPT+(NGC(29)-NGC(M+4U))*2+1
  51 CONTINUE
      IF(NGC(2).EQ.3) JOPT=JOPT+2
  52 CONTINUE
      JOPT=IM2*IM1+1+JOPT
      NCORT=JOPT+2+1
      IF(NGC(1).EQ.2.AND.NGC(3).EQ.0) NCORT=JOPT+2
      IF(NGC(2).EQ.3) NCORT=NCORT-JOPT
      IF(NGC(8).GT.0) NCORT=NCORT+NGROP
      NINJ =NGROP+NCORT+2
      IF(NGC(1).EQ.2.AND.NGC(3).EQ.0) NINJ=NGROP+NCORT+1
      NGCM=NGROP+NCORT+NGROP+NCORT+2
      NCUR=IMIN(NGROP+1)+1
      MLINE=MLIN+1
      IF(NGC(2).EQ.3) MLINE=MLIN+2+1
      IF(NGC(1).EQ.3) MLINE=1
      WRITE(IOUT,1090)
      WRITE(IOUT,1060) IMX,JMX,NGROP,JOPT,NCORT,NINJ,NGCM,NCUR,MLIN
      IF(K3/2>2,E9,K3) K3=K3+1
      K4 =K3 +2*NCORT
      K5 =K4 +2*NINJ
      K6 =K5 +2*NCORT
      K7 =K6 +2*NCORT
      K8 =K7 +2*NINJ
      K9 =K8 +2*NCORT
      K10=K9 +NGCM
      K11=K10+NGCM
      K12=K11+NCORT
      K13=K12+NINJ
      K14=K13+NINJ
      K15=K14+NINJ+NINJ
      K16=K15+NINJ
      K17=K16+NCORT
      K18=K17+NINJ
      K19=K18+JOPT
  70

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 4

```

      K20*K19+JOPT
      K21*K20+JOPT
      K22*K21+NCUR
      K23*K22+MLINE
      K24*K23+NCORT
      K25*K24+NGROP
      WRITE(IOUT,1050)
      WRITE(IOUT,1060) K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,
      K13+K14,K15+K16,K17,K18,K19+K20,K21,K22,K23,K24
  *     IF(K25.GT.MEMORY) GO TO 990
  80     CALL OPT2(IMX,JMX,NCORT,NGROP,JOPT,NINJ,NGCM,NCUR,MLINE,
      RC,LC,CURR,
      1 A(K1),A(K2),A(K3),A(K4),A(K5),A(K6),A(K7),A(K8),A(K9),
      2 A(K10),A(K11),A(K12),A(K13),A(K14),A(K15),A(K16),A(K17),
      3 A(K18),A(K19),A(K20),A(K21),A(K22),A(K23),A(K24)) } 線形計算法を用いて欲しい
      81     60 CONTINUE
      C*** CALCULATION OF FIELD
      K4=K3+IMx*JMX
      K5=K4+IMx*JMX
      K6=K5+IMx*JMX
      K7=K6+IMx*JMX
      WRITE(IOUT,1050)
      WRITE(IOUT,1060) K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7
  87     IF(K7.GT.MEMORY) GO TO 999
  88     CALL BPSI1(IMX,JMX,NGROP,RC,LC,CURR,
      1 A(K1),A(K2),A(K3),A(K4),A(K5),A(K6),A(K7),A(K8),A(K9),
      2 A(K10),A(K11),A(K12),A(K13),A(K14),A(K15),A(K16),A(K17),
      3 A(K18),A(K19),A(K20),A(K21),A(K22),A(K23),A(K24)) } 離散化法に替へ
      89
      90     RETURN
  91     990 WRITE(IOUT,1070) K24
      92     RETURN
  93     999 WRITE(IOUT,1080) K7
      94     RETURN
  95     1000 FORMAT(1H,18A4)
  96     1010 FORMAT(1H,18A4)
  97     1020 FORMAT(1H,5X,24H=MESH NO,AND ITS VALUES)
  98     1030 FORMAT(1H,5X,24H=L=MESH NO,AND ITS VALUES)
  99     1040 FGWMAT(1,5X,10!3,F9.4)
 100     1050 FORMAT(1H,5X,24H=LOCATION OF VARIABLE=A )
 101     1060 FORMAT(1H,5X,10!11)
 102     1070 FORMAT(1H,5X,30H=MEMORY OVER FOR OPTIMIZE *****,I10)
 103     1080 FORMAT(1H,5X,30H=MEMORY OVER FOR FIELD *****,I10)
 104     1090 FORMAT(1H,5X,33H=**** VARIABLE OF DIMENSION *****/1H ,
      1      5X,50H   IMX      JMX      NGROP      JOPT,
      2      50H      NCORT      NINJ      NGCM      NCUR      MLIN)
 105     END
      1
      SUBROUTINE OPT2(IMX,JMX,NCORT,NGROP,JOPT,NINJ,NGCM,NCUR,MLINE,
      1      P,L,Z,DELTA,EM,B,X,Y,D,IR,ISITE,NADRES,NUMX,
      2      BZ,C,IS,NUM1,BY,EP51,EP52,SECUR,MIDP,XNOM,XVAR)
      2 COMMON /INPT/ ITII1(18),ITII2(18),NGC(48),HT,RP,IMIN(51),ICMX(50),
      1      UMI=0.20,DR,D2,ED,TAT,EP1,EP2,EP3,PLASI,BEP,TMET(10)
      2      RP,X,Y,FC,FFR(5),BTR,TACT,M1,N1,AM,IS,P,N,JN
      3 COMMON /PRINT/ IPINT
      3 DIMENSION RC(1),LC(1),CURR(1),CMT(15)
      4 DIMENSION R(1),Z(1),BZ(NINJ,NINJ),B(NCORT),C(NINJ),
      1      S(NCORT),L(NGCM),J(NGCM),ZZ(NCORT),ISITE(NCORT),
      2      DELTA(NINJ),EM(NCORT),NADRS(NINJ),NUMX(NINJ),
      3      UMI(NINJ),V(NINJ),W(NCORT),XU(NCORT),XVAR(NGROP)
      4 DIMENSION EPV(JOPT),EPSC(JOPT),EPS2(JOPT),SECUR(NCLR),MIDP(MLINE)
      5 COMMON PRECISION DUMY,BZ,IR,FFR,TBP

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -730RC1- (V=05,L=01) COMPILE 74.08.21 PAGE 0
 9 * /Z,B,E,BX,FC,A+DELTA,Y
 10 D1 = 3.141592653
 11 CONST = 1.0E-8
 12 NDL = 0.1
 13 GLT1 = 2.0E-4
 14 GET1 = 5.0E-1
 15 TGLT = 6
 16 JSWT = 0
 17 F1 = XCRCRT
 18 NJ = NGROUP
 19 IGP = 0
 20 LMN = NGC(9)
 21 LMX = NGC(11)
 22 LM = NGC(11)
 23 LMN1 = NGC(23)
 24 LMN2 = NGC(29)
 25 LMN3 = NGC(31)
 26 LMN4 = LMN+NGC(1)+1
 27 JMESS = LMN2+LMN1+1
 28 MLIN = JMESS+NGC(4)
 29 JMESS1 = NGC(32)+NGC(31)+1+MLIN
 30 JMESS2 = NGC(1),E1,3) GO TO 7
 31 JMESS=0
 32 M1DP(1)=JMESS
 33 IF(JMESS,EU,1) GO TO 7
 34 M1DP(2)=JMESS+NGC(29)+NGC(4)+1
 35 DO 5 N=1,MLIN
 36 IF(M,GT,1) M1DP(M+1)=JMESS+JMESS+NGC(29)+NGC(M+40)+1
 37 JMESS=JMESS+(NGC(29)+NGC(M+40))*2+1
 38 CONTINUE
 39 IF(NGC(2),NE,3) GO TO 7
 40 DO 6 N=1,MLIN
 41 MM=M+MLIN+1
 42 M1DP(MM)=M1DP(M+1)+JMESS
 43 b CONTINUE
 44 7 CONTINUE
 45 NCNS=NCRT
 46 IF(NGC(1),EN,2) GET1=GLT1*1.0E+1
 47 IF(NGC(2),GT,0) NCNS=NCRT-NGHOP
 48 IF(LM .LE. 0) LM = 5
 49 IF(LMN,LT,0) LMN= 1
 50 IF(LMX,LT,LMN) LMX=LMN
 51 IF(NGC(14),NE,0) ISWT=2
 52 EMM(1)=1.0E-9
 53 EMM(2)=1.0E-5
 54 EMM(3)=1.0E-7
 55 EMM(4)=1.0E-7
 56 EMM(5)=1.0E-9
 57 10 CONTINUE
 C**** OPTIMAL LINE
 58 IF(NGC(1),GE,3) GO TO 30
 59 AHTP=ALOG(8.0*M1/MH)
 60 MH=DMLN*1
 61 ISTA=IM1
 62 IEND=IM2
 63 I1=L
 64 DO 20 M=1,MEND
 65 IF(M,GT,1) ISTA=NGC(M+39)
 66 IF(M,GT,1) IEND=NGC(29)+2-NGC(M+39)
 67 DO 20 I=ISTA,IEND
 68 I1=I1+1

FACOM 230-60 FORTRAN D -730RC1- (V=05,L=01) COMPILE 74.08.21 PAGE 0
 69 BVI(I)=PLAS/RHT*(AHTP+BEP*1.25*(A(I)-RHT)/RHT*(0.75*AHTP-17./16.))
 70 20 CONTINUE
 71 * 1.0E-7
 72 IF(NGC(2),NE,3) GO TO 50
 73 ISTA=JMESS+JMESS*1
 74 IEND=JMESS+JMESS*2
 75 DO 21 I=ISTA,IEND
 76 BV(I)=0.0
 77 21 CONTINUE
 78 GU TO 50
 79 30 CONTINUE
 80 I=JMESS+JMESS
 81 IF(NGC(2),EN,3) I=I+JMESS
 82 DO 40 I=1,I*
 83 BV(I)=0.0
 84 40 CONTINUE
 85 50 CONTINUE
 86 WRITE(OUT,1070)
 87 WRITE(OUT,1060) ((BV(I),I=1,10PT)
 C**** EPSIRON
 88 DO 60 I=1,10PT
 89 IF(NGC(2),EQ,0.AND.,I,GT,IMESH) GO TO 55
 90 IF(NGC(5),EQ,0) GO TO 54
 91 EPS1(I)=BV(I)-EP1
 92 EPS2(I)=BV(I)
 93 IF(.E.,IMMO) EPS1(I)=BV(I)
 94 GO TO 60
 95 60 CONTINUE
 96 EPS1(I)=BV(I)+EP1
 97 EPS2(I)=BV(I)-EP2
 98 IF(.I.,LE,1)JMUD
 99 IF(.I.,GE,1)MMO,AND,.I.,LE,IMESH) EPS1(I)=BV(I)
 GO TO 60
 100 52 CONTINUE
 101 EPS1(I)=BV(I)+EP3
 102 EPS2(I)=BV(I)
 103 60 CONTINUE
 C**** OPTIMIZE ITERATION
 104 DU 500 L=LMN,LMX
 105 I=(L/LM*LM,EG,L) GET1=GET1*0.5
 106 IPRINT=1
 107 IF(NGC(15),EQ,1.AND.,(L,EG,LMN,OH,L,EG,LMX)) IPRINT=0
 108 IF(NGC(15),EQ,2) IPRINT=0
 C**** MATRIX COEFFICIENT
 109 M=DMLN*1
 110 DTETP=1/FLOAT(MEND)
 111 DO 100 N=1,NGHOP
 112 IC = ICMAX(N)
 113 ISTA=IM1
 114 IEND=IM2
 115 I1=0
 116 DO 99 N=1,MEND
 117 IF(M,GT,1) ISTA=IEND+1
 118 IF(M,GT,1) IEND=IEND+JMESS+MLIN
 119 IF(NGC(1),EQ,1) GO TO 64
 120 IF(NGC(1),EQ,2) ISTA=NGC(M+39)
 121 IF(M,GT,1) IEND=NGC(29)+2-NGC(M+39)
 122 64 CONTINUE
 123 DU 99 I=ISTA,IEND
 124 I1=I1+1
 125 IF(NGC(1),EQ,3.AND.,M,GT,12) GO TO 66
 126 IF(NGC(1),EQ,3.AND.,M,GT,13) GO TO 65

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 7

```

127      P1 = X(1)
128      ZJ = Y(1)
129      GO TO 67
130
131      65 CONTINUE
132      THETA=TET*FLOAT(N-1)
133      I=(NSC(2),LT,0). THETA=THET(M-1)
134      J = I-1
135      H1 = Z(J)*W(J)+Z(J)*COS(1*THETA)
136      ZJ = Z(J)+-Z(J)*SIN(1*THETA)
137      GO TO 67
138
139      66 CONTINUE
140      J = G((v+29)
141      R1 = W(J)
142      ZJ = Z(J)
143
144      67 CONTINUE
145      GO TO 141
146      KK = 1*M(N)-K-1
147      IF(AHS(K1-KC(KK)),LT,EC,AND,ABS(ZJ-ZC(KK)),LT,EO) GO TO 999
148
149      70 CONTINUE
150      TB=0.0
151      TCH=0.0
152      DO 80 K=1,IC
153      KK = JMN(N)-K-1
154      CKH=HG(KK)
155      CKC=CLKH(KK)
156      CALL FLD(H1+ZJ,CKH,CKC,CKH,ISWT,BUMY,B2Z,BRR)
157      T2Z=T2Z+B2Z
158      I=(IS1,EW,1) TB=TB+TBH+BRR
159
160      80 CONTINUE
161      IF(M1,GT,1) GO TO 81
162      B1(I1+N)=TBZ
163      GO TO 82
164
165      81 CONTINUE
166      IF(NGC(2),EQ,0) B2(I1,N)=DSORT(TBZ+TBH+TBH)
167      IF(NGC(2),EQ,1) B2(I1,N)=TBH
168      IF(NGC(2),GE,2) B2(I1,N)=TBZ
169      IF(NGC(2),NE,3) GO TO 82
170      I=I1+JMESH
171      B2(I1+N)=TBZ
172
173      82 CONTINUE
174      I=I1+JMESH
175      B2(I1+N)=TBZ
176
177      90 CONTINUE
178      C*** OBJECT FUNCTION
179      LGIT=L-1
180      MU=MLIN
181      IF(NGC(2),EQ,3) MU = MLIN*2
182      IF(NGC(1),EQ,2) MU = MU*2
183      IF(NGC(6),NE,0) LGIT=(L-1)/(MU+2)+1
184      DO 104 MU=1,MU*2
185      IF((L-1)/(MU+2)+(MU+2)*EQ,L) GO TO 105
186
187      104 CONTINUE
188      IF(NGC(1),EQ,2) GO TO 106

```

} 制約条件の係数 B₂(I,J)
(丁番目候補, 工番Bの制約条件)

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 8

```

189      IF(MM,GE,1) LL= LGIT+IMMO
190      IF(MM,GE,2) LL= LGIT+IMMO
191      IF(MM,GE,3) LL= LGIT+IMSH +JMESH/MLIN*(MM-3)
192      IF(MM,GE,MLIN+3) LL= LGIT+IMSH+JMESH/JMESH/MLIN*(MM-3-MLIN)
193      GO TO 107
194
195      106 CONTINUE
196      I=(MM+1)/2
197      IF(MM/2>NE,MM) LL= LGIT+MIDP(I)
198      IF(MM/2>2,EQ,MM) LL= LGIT+MIDP(I)
199
200      107 CONTINUE
201      DO 110 N=1,NGUP
202      C(N)=B2(LL+1,N)-B2(LL,N) ←———— 詳細関数の係数計算 C(N)
203
204      110 CONTINUE
205      C*** CONSTRAINT VALUES
206      DO 130 I=1,104T
207      IF(I,EQ,1) GO TO 120
208      IS(I)=1
209      B(I)=EPS1(I) ←———— B(I); 工番Bの制約条件の右辺の値
210      GO TO 130
211      IS(I)=0
212      B(I)=BV(I)
213
214      130 CONTINUE
215      I=I+OPT
216      IF(NGC(2),EQ,0) I=I+OPT+IMSH
217      I=I+OPT+1
218      DO 140 I=I+OPT+1,I
219      IF(I,EQ,1) GO TO 140
220      I=I+OPT
221      IS(I)=1
222      B(I)=EPS2(N)
223      II =II+1
224
225      140 CONTINUE
226      145 CONTINUE
227      IF(NGC(1),EQ,3,OR,MLIN,Eq,0) GO TO 147
228      ME1D=MLIN
229      IF(NGC(2),EQ,3) ME1D=MLIN*2
230      DO 146 M=1,WEEND
231      I=M+1DP(+1)
232      I=I+OPT-1
233      B(M)=BV(M)
234      A(I)=BV(M)
235
236      146 CONTINUE
237      SUM = 0.0
238      A(I)=BV(I)-BV(LL)
239      DO 150 N=1,NGUP
240      B(I)=BV(N)
241      SUM=SUM + B(N)
242
243      150 CONTINUE
244      IF(NGC(1),EQ,2,AND,NGC(3),EQ,0) GO TO 200
245      I=(NCN5)+1
246      B(NCN5)= TAT+CONST
247      I= I+1,ISGP
248      B(NCN5-N)=B(N)

```

} 詳細関数を用いたメッシュ点の決定

} 詳細関数の係数計算 C(N)

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 9

```

249      IC=ICN=N
250      DO 180 K=1,IC
251      KK=JMN(N)-K+1
252      BZ(NCONS,N)=BZ(NCONS,N)+CURN(KK)*CONST
253      180 CONTINUE
254      190 CONTINUE
255      200 CONTINUE
256      IF(NGC(8).LE.0) GO TO 205
257      NOCUR=JMN(NGROP+1)-1
258      AYCURE=TAT/FLOAT(NOCUR)
259      DO 204 N=1,NGROP
260      NOCUR=JMN(N+1)-JMN(N)
261      SUM=0.0
262      IC=ICNX(N)
263      DO 201 K=1,IC
264      KK=JMN(N)-K+1
265      SUM=SUM+CURN(KK)
266      201 CONTINUE
267      IC=NCNS+N
268      IS(I)=I
269      B(I)=AVCUR*UNDL*(CONST*1.0E+2)
270      DO 203 NCNS=1,NCORT
271      BZ(I,N)=0.0
272      IF(I.EQ.1) BZ(I,N)=SUM/FLOAT(NOCUR)*(CONST*1.0E+2)
273      203 CONTINUE
274      204 CONTINUE
275      205 CONTINUE
C**** REGULATE THE CONSTRAINT
276      DO 220 I=1,NCORT
277      IF(B(I),GT,-1.0E-10) GO TO 220
278      B(I)=-B(I)
279      IS(I)=IS(I)
280      DO 210 N=1,NGROP
281      BZ(I,N)=BZ(I,N)
282      210 CONTINUE
283      220 CONTINUE
284      *WRITE(OUT,1120) L,LL
285      IF(NGC(16).EQ.0) GO TO 231
286      IF(NGC(16).EQ.1,AND.(L.GT.LMN,AND.L,LT,LMX)) GO TO 231
287      WRITE(OUT,1000) ...
288      DO 230 N=1,NGROP
289      WRITE(OUT,1010) (B(I),I=1,NCORT)
290      230 CONTINUE
291      231 CONTINUE
292      WRITE(OUT,1020)
293      WRITE(OUT,1010) (C(N),N=1,NGROP)
294      WRITE(OUT,1030)
295      *WRITE(OUT,1010) (B(I),I=1,NCORT)
296      WRITE(OUT,1040) (IS(I),I=1,NCORT)
C*** SCALING OF MATRIX COEFICIENT
297      DO 234 I=1,NCORT
298      XNOM(I)=0.0
299      DO 232 N=1,NGROP
300      IF(XNOM(I).LT.-ABS(BZ(I,N))) XNOM(I)=ABS(BZ(I,N))
301      232 CONTINUE
302      IF(XNOM(I).LT.-DABS(B(I))) XNOM(I)=DABS(B(I))
303      DO 233 N=1,NGROP
304      BZ(I,N)=BZ(I,N)/XNOM(I)
305      233 CONTINUE
306      B(I)=B(I)/XNOM(I)
307      234 CONTINUE
308      XMX=0.0

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 10

```

309      DO 235 N=1,NGROP
310      IF(XMX.LT.ABS(C(N))) XMX=ABS(C(N))
311      235 CONTINUE
312      DO 236 N=1,NGROP
313      C(N)=C(N)/XMX
314      236 CONTINUE
C*** SCALING OF VARIABLE
315      DO 239 N=1,NGROP
316      XVAR(N)=0.0
317      DO 237 I=1,NCORT
318      IF(XVAR(N).LT.ABS(BZ(I,N))) XVAR(N)=ABS(BZ(I,N))
319      237 CONTINUE
320      IF(XVAR(N).LT.ABS(C(N))) XVAR(N)=ABS(C(N))
321      DO 238 I=1,NCORT
322      BZ(I,N)=BZ(I,N)/XVAR(N)
323      238 CONTINUE
324      C(N)=C(N)/XVAR(N)
325      239 CONTINUE
326      CALL LPMID(R,BZ,ZZ,B,ISWITE,(S+DELT,A+C,X,EH,NADRES,NUMX,NINJ,
327      Y,NUM))
328      DO 240 N=1,NGROP
329      X(N)=X(N)/XVAR(N)
330      240 CONTINUE
331      *WRITE(OUT,1140)
332      *WRITE(OUT,10800) (N+X(N),N=1,NGROP)
333      *WRITE(OUT,11500)
334      *WRITE(OUT,10800) (I+XNUM(I),I=1,NCORT)+NCORT*XMX
335      *WRITE(OUT,11600)
336      *WRITE(OUT,10800) (N+XVAR(N),N=1,NGROP)
C*** SETTING OF EPSILON <----- Statement No.310 #2-3) 前条件の値を setting
337      DO 250 I=1,TOPT
338      IF(I,LT,IMMO) GO TO 250
339      I=I+NGROP
340      IF(I,GT,IMMO) I=I-1
341      IF(I,GT,IMMO,AND.,LE,[MESM,AND,NGC(5),EQ,0]) GO TO 249
342      DELT=EPS1(I)+X(I)*XNOM(I)-BV(I)
343      IF(DELT,LT,-1.0E-20,AND,NGC(2),NE,0,AND,I,GT,IMESH) GO TO 249
344      GET=DELT+GET2
345      IF(GET,LT,GET1) GET=GET1
346      IF(GET,LT,GET2) GET=GET2
347      IF(EPS1(I)-BV(I),LT,DELT+GET,AND,EPS1(I)-BV(I),GE,DELT+GET1)
348      GET=GET1
349      IF(EPS1(I)-BV(I),LT,DELT+GET,AND,EPS1(I)-BV(I),LT,DELT+GET1)
350      GET=0.0
351      EPS2(I)=BV(I)
352      249 CONTINUE
353      DELT+BV(I)-(EPS1(I)-X(I)*XNOM(I))
354      GET=DELT+GET2
355      IF(GET,LT,GET1) GET=GET1
356      IF(BV(I)-EPS2(I),LT,DELT+GET,AND,BV(I)-EPS2(I),GE,DELT+GET1)
357      GET=GET1
358      IF(BV(I)-EPS2(I),LT,DELT+GET,AND,BV(I)-EPS2(I),LT,DELT+GET1)
359      GET=0.0
360      IF(GET1,LT,DELT+GET) GET=GET1-DELT
361      EPS1(I)=BV(I)
362      EPS2(I)=BV(I)-DELT+GET
363      250 CONTINUE
364      IF(MLIN.EQ.0,OR,NGC(2).EQ.0) GO TO 255
365      DO 254 I=MESH+1,OPT

```

FACOM 230-60 FORTNAN D -73001- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 11

```

364      IF(ABS(EPS1())>BV(1)),GT,1.0E-10) GO TO 253
365      EPS1()=2.0*BV(1)-EPS2()
366 253 CONTINUE
367      IF(CARS((PS2()-BV(1)),GT,1.0E-10)) GO TO 254
368      EPS2()=2.0*BV(1)-EPS1()
369 254 CONTINUE
370 255 CONTINUE
371      IF(NGC(12),LE,0) GO TO 310
C*** RECURATE EPS1() AND MEND
372      MEND=MEND+MLIN
373      IF(MGL(2),EW,3) MEND=MEND+MLIN
374      ISTA=1
375      JEND=MESH
376      DO 300 M=1,MEND
377      IF(NGC(1),LT,2) J=(NGC(2))-NGC(M+39)*2+1
378      IF(NGC(1),LT,3) J=MESH/4LIN
379      IF(M,GT,1) ISTA=JEND+1
380      IF(M,GT,1) JEND=JEND+1
381      IF(PDPM)WNU
382      IF(NGC(1),EW,2) M=PDPM/DF(M)
383      DC 300 J=ISTA,JEND
384      IF(NGC(1),LT,2,AND,1,EW,ISTA) GO TO 300
385      IF(NGC(1),LT,3,AND,1,EW,1) GO TO 300
386      IF(1,EW,MPO ,0.0,1,EW,1END) GO TO 300
387      IF(1,GT,MPO ) GO TO 290
388      IF((EPS1()>BV(1)),LE,(EPS1(i-1)-BV(i-1))) GO TO 270
389      DO 280 J=ISTA,
390      IF((EPS1(i)-BV(i)),GT,(EPS1(i)-BV(i))) GO TO 260
391      EPS1(i)=EPS1(i)-BV(i)+BV(i)
392 260 CONTINUE
393 270 CONTINUE
394      IF((BV(i)>EPS2(i)),LE,(BV(i-1)-EPS2(i-1))) GO TO 300
395      DO 280 J=ISTA,
396      IF((BV(i)-EPS2(i)),GT,(BV(i)-EPS2(i))) GO TO 280
397      EPS2(i)=EPS2(i)-BV(i)+BV(i)
398 280 CONTINUE
399      GO TO 300
400 290 CONTINUE
401      IF((EPS1(i)-BV(i)),GT,(EPS1(i-1)-BV(i-1)),
402      *           EPS1(i-1)=EPS1(i)-BV(i)+BV(i))
403 300 CONTINUE
404 310 CONTINUE
C*** CURRENT SETTING
405      TNCUR=0.0
406      SUM=0.0
407      SUMN=0.0
408      DO 312 N=1,NGROP
409      IC=ICMX(N)
410      DO 312 K=1,IC
411      KN=1,MN(N)*K-1
412      IF(CURR(KK)*X(N),LE,1.0E-10) GO TO 311
413      SUM=SUM+CURR(KK)*X(N)
414      TNCUR=TNCUR+1.0
415      GO TO 312
416 311 CONTINUE
417      SUMN=SUMN+CURR(KK)*X(N)
418 312 CONTINUE
419      TCUR=SUMN/SUMN
420      WRITE(IOUT,1130) TCUR
421      AVCUR=SUM/TNCUR

```

FACOM 230-60 FORTNAN D -73001- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 12

```

422      IF(ABS(TAT),GT,1.0E-2,AND,ABS(1.0-TCUR/TAT),GT,1.0E-3) GO TO 510
423      IF(ABS(TAT),LE,1.0E-2,AND,ABS(1.0+SUMN/SUMN),GT,1.0E-3) GO TO 510
424      IF(1,EW,LMX) GO TO 501
425      DC 514 N=1,NGROP
426      IC=ICMX(N)
427      DO 513 K=1,IC
428      KK=1,MN(N)*K-1
429      BECUR(KK)=CUPR(KK)*X(N)
430 513 CONTINUE
431 514 CONTINUE
432 500 CONTINUE
433 502 CONTINUE
434      DC 503 N=1,NGROP
435      IC=ICMX(N)
436      DO 502 K=1,IC
437      KK=1,MN(N)*K-1
438      CURR(KK)=X(N)*CURR(KK) ← 線形計画法の解として得られた電流分布
439 502 CONTINUE
440 503 CONTINUE
441      DO 504 N=1,NGROP
442      ISTA=1,MN(N)
443      ILAS=1,MN(N)-1
444      WRITE(IOUT,1090) N
445      WRITE(IOUT,1110) (CURR(I) ,I=ISTA,ILAS)
446 504 CONTINUE
447      RETURN
448 510 CONTINUE
449      IF(1,EW,LMN) STOP
450      DO 520 K=1,NCUR
451      CURR(K)=BECUR(K)
452 520 CONTINUE
453      RETURN
454 990 CONTINUE
455      WRITE(IOUT,1080)
456      RETURN
457 999 CONTINUE
458      WRITE(IOUT,1090).
459      HETCRN
460      1000 FORMAT(1H0,34HCOEFFICIENT MATRIX FOR OPTIMIZATION)
461      1010 FORMAT(1H0,1P10E12.5)
462      1020 FORMAT(1H0,32HCOEFFICIENT OF OBJECTIVE FUNCTION)
463      1030 FORMAT(1H0,34HHIGH-SIDE VALUE OF RESTRAINT)
464      1040 FORMAT(1H0,1D11.2)
465      1050 FORMAT(1H0,49H***** I CANNOT OPTIMIZE THIS MAGNETIC FIELD *****)
466      1060 FORMAT(1H0,5DH***** L.P. SETTING ERROR *****)
467      1070 FORMAT(1H0,5X*24H***** OPTIMAL LINE *****)
468      1080 FORMAT(1H0,5X*13*1PE13.5,5X*13*E13.5,5X*13*E13.5,
469      *           5X*13*1PE13.5)
470      1090 FORMAT(1H0,4X,9H*** GROUPP,13,3H **)
471      1110 FORMAT(1H0,1P10E12.5)
472      1120 FORMAT(1H0,11-11-11-11H***** ITERATION =,13,4H *****.10*,13)
473      1130 FORMAT(1H0,7/1H *25H***** TOTAL CURRENT =1PE12.5*2H A)
474      1140 FORMAT(1H0,6G(1H)/
475      *           1H *4G CURRENT NORMALIZED BY INITIAL CURRENT */
476      *           1H *6G(1H))
477      1150 FORMAT(1H0,1G(1H),40H NORMALIZED FACTOR OF MATRIX COEFICIENT
478      *           1G(1H))
479      1160 FORMAT(1H0,1G(1H)*,31H NORMALIZED FACTOR OF VARIABLE ,10(1H*))
480      END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.06.21 PAGE 13

```

1      SUBROUTINE RFS1(IMX,JMX,NHOP,HC,ZC,CUHP,
2           RZ,JM,JW,PSI)
3      COMMON /INPT/ IT1(1),IT2(18),NGC(48),RT,RP,1JMN(51),1CMZ(50),
4           UY,HU,UO,DZ,EU,TAT+EP1,EP2,EP3,PLAS1,BEP,THET(10)
5      DIMENSION HC(1),ZC(1),CURR(1)
6      DIMENSION H(1),Z(JM),Z(JMX),H(1),JM,JMX,BZ((IMX+JMX)+
7           * PSI((IMX+JMX)))
8      DOUBLE PRECISION KZ,TBZ,BRK+TBH+PSAY+TPSAY
9      IOUT=6
10     ISAT=1
11     10 CONTINUE
12        DO 60 I=1,IMX
13          PI(R1)
14          DO 50 J=1,JMX
15            ZJ=Z(J)
16            TBZ=0.0
17            TBH=0.0
18            TPSAY=0.0
19            DO 30 N=1,NGROP
20              IC=1CHN(N)
21              DO 20 K=1,IC
22                KK=1JMN(N)-K-1
23                CRK=HC(KK)
24                CZK=ZC(KK)
25                CUR=CURR(K)
26                IF(ABS(CUR),LT,1.0E-10) GO TO 20
27                IF(ABS(CRK)-CRK),LT,0.0,AND,ABS(ZJ-CZK),LT,0.0) GO TO 40
28                CALL FILD(R1,JJ,CRK,CZK,CUR,ISAT,PSAY,BZ,Z,BRK) ← 14. 離子線源の位置を計算する
29                TBZ=TBZ+BZ
30                TBH=TBH+BRK
31                TPSAY=TPSAY+PSAY
32            20 CONTINUE
33            BR ((1,J))=TBZ
34            BZ ((1,J))=TBZ
35            B ((1,J))=DSRT(TBK+TBH+TBZ+TBZ)
36            PSI((1,J))=TPSAY
37            GO TO 50
38        40 CONTINUE
39        50 CONTINUE
40        BR ((1,J))=1000.0*CUK/AB5(CUK)
41        BZ ((1,J))=1000.0*CUK/AB5(CUK)
42        B ((1,J))=1000.0*CUK/AB5(CUK)
43        PSI((1,J))=1000.0*CUK/AB5(CUK)
44    60 CONTINUE
45    60 CONTINUE
46    60 WRITE(IOUT,1000) (IT1(I),I=1,18)
47    60 WRITE(IOUT,1010) (IT2(I),I=1,18)
48    60 DO 900 IS=1,NGROP
49      IS=1JMN(1S)
50      ILAS=1JMN(1S+1)-1
51      WRITE(IOUT,1020) IS
52      WRITE(IOUT,1030) (HC(I),ZC(I),I=ISTA,ILAS)
53      WRITE(IOUT,1040) (CURH(I),I=ISTA,ILAS)
54    900 CONTINUE
55    900 WRITE(IOUT,1050)
56    900 CALL POUT(PSI,IMX,JMX)
57    900 IF(NGC(13),EQ,0) GO TO 920
58    900 IRM1=NGC(28)
59    900 IRM0=NGC(29)
60    900 IRM2=NGC(30)
61    900 CONST=10.0
62    900 ANORM=PSI((IRM1,1))
63    910 CONTINUE
64    910 ANORM=ABS(PSI((IRM1,1)))
65    910 IF(CASS(PSI((IRM2,1)),GT,ABS(PSI((IRM1,1)))) ANORM=ABS(PSI((IRM2,1)))
66    910 CONST=1.0/ANORM
67    910 DO 915 J=1,JMX
68    910 DO 915 I=1,IMX
69    910 PSI((1,J))=PSI((1,J))*CONST
70    915 CONTINUE
71    915 CALL PLOT(PSI,1,IMX,1,JMX,IMX,JMX,0)
72    920 CONTINUE
73    920 WRITE(IOUT,1060)
74    920 CALL POUT(BR,IMX,JMX)
75    920 WRITE(IOUT,1070)
76    920 CALL POUT(BZ,IMX,JMX)
77    920 WRITE(IOUT,1080)
78    920 CALL POUT(B,IMX,JMX)
79    920 IF(NGC(14),EQ,0) GO TO 940
80    920 CONST=1.0E+4
81    920 IF(NGC(1),GE,0.OR.NGC(1),EQ,2) CONST=1.0
82    920 DO 930 J=1,JMX
83    920 DO 930 I=1,IMX
84    920 B(I,J)=B(I,J)*CONST
85    930 CONTINUE
86    930 CALL PLOT(B,1,IMX,1,JMX,IMX,JMX,0)
87    940 CONTINUE
88    940 RETURN
89    1000 FORMAT(1H1,18A4)
90    1010 FORMAT(1H1,18A4)
91    1020 FORMAT(1H1,4X,9M0*, GROUP=,13,3M **)
92    1030 FORMAT(1H1,6X,1P2E12.4,1X,2E12.4,1X,2E12.4,1X,2E12.4)
93    1040 FORMAT(1H1,6X,1PE12.4,13X,E12.4,13X,E12.4,13X,E12.4,13X,E12.4)
94    1050 FGHMAT(1H1,1H,15H***** PSI *****)
95    1060 FGHMAT(1H1,1H,15H***** BR *****)
96    1070 FGHMAT(1H1,1H,15H***** BZ *****)
97    1080 FGHMAT(1H1,1H,15H***** B *****)
98    END

```

```

1      SUBROUTINE FILD(R1,ZJ,CR,CZ,C1,ISAT,
2           PSAY,BZ,BR,ELPK,ELPE)
3      DOUBLE PRECISION PSAY,BZ,BR,ELPK,ELPE,RC
4      UM=5.0E-7
5      IOUT=6
6      S=(R1+R)+(ZJ+CZ)*(ZJ-CZ)
7      P=2.0*(R+CZ)
8      RK=2.0*P/(S+P)
9      RK=DSRT(RK)
10     CALL CEP12U(R1,1,ELPK,ELPE,I1L)
11     IF(I1L,NE,0) GO TO 999
12     BZ =UM*C1/(2.0*SWRT(S+P))*(ELPK-(S-2.0*CR+CR)/(S-P)*ELPE)
13     IF(ISAT,EQ,0) RETURN
14     BK =UM*C1/(2.0*SWRT(S+P))*(ZJ-CZ)/M1*((-ELPK+S)/(S+P)+ELPE)
15     PSAY=UM*C1/RK*SWRT(R)*CR*((1.0-RK*RK/2.0)*ELPK-ELPE)
16     RETURN
17   999 CONTINUE
18   999 WRITE(IOUT,1000) I1L
19   999 RETURN
20   999 FGHMAT(1H1,16H***** I1L =1H *****)

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 15

20 END

```

1      SUBROUTINE POUT(W,[MX,JMX])
2      DIMENSION W([MX+JMX])
3      JMX=0
4      IOUT=5
5      DO 130 J=1,[MX+1]
6      IZ=1+9
7      IF((IZ.GT.)\W) IZ=[MX
8      ISWT=0
9      J1=1
10     J2=JMX
11     IF((J2.GT.JMX) J2=JMX
12     100 CONTINUE
13     IF((ISWT.EQ.0) GO TO 110
14     J1=J1+J
15     Jc=J2-JM
16     IF((J2.GT.JMX) J2=JMX
17     110 CONTINUE
18     WRITE(IOUT,1000) (I,I=1,J)
19     DO 120 J=j1,J2
20     WRITE(IOUT,1010) J,(((I,J),I=1,J)
21     IF(J/>5,EQ,J) WRITE(IOUT,1020)
22     120 CONTINUE
23     IF((J2.GE.JMX) GO TO 130
24     ISWT=1
25     GO TO 100
26     130 CONTINUE
27     1000 FORMAT(1H-G,7H J ,I,2X,I3.5X,9(4X,I3.5X))
28     1010 FORMAT(1H ,I3.2X,1P10E12.4)
29     1020 FORMAT(1H )
30     RETURN
31     END

```

```

1      SUBROUTINE PLOT(*,[MN,MN+JMN+JMX],[VX,JVX,ISWT])
2      DIMENSION W([VX,JVX])
3      ICO1 = 3
4      ICO2 = 6
5      IF(ISWT.NE.0) GO TO 110
6      WRITE(ICO1,1000) [MN],[MX,JMN,JMX
7      WRITE(ICO1,1010) MN,[MX+JMN+JMX
8      DO 100 J=MN,JMX
9      WRITE(ICO1,1020) ((I,J),I=[MN,]MX)
10     WRITE(ICO1,1030) ((I,J),I=[MN,]MX)
11     100 CONTINUE
12     GO TO 130
13     110 WRITE(ICO1,1000) JMN,JMX,[MN,]MX
14     WRITE(ICO1,1010) JMN,JMX,[MN,]MX
15     DO 120 I=MN,IMX
16     WRITE(ICO1,1020) ((I,J),J=JMN,JMX)
17     WRITE(ICO1,1030) ((I,J),J=JMN,JMX)
18     120 CONTINUE
19     130 CONTINUE
20     WRITE(ICO1,1040)
21     WRITE(ICO1,1050)
22     RETURN
23     1000 FORMAT( 6HARAY,1X,4I5.55X)
24     1010 FORMAT(1H ,6HARAY,1X,4I5.55X)

```

FACOM 230-60 FORTAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 16

```

25    1020 FORMAT( 6HARAY,1X,1P5E14.7,5X)
26    1030 FORMAT(1H ,6HARAY,1X,1P5E14.7,5X)
27    1040 FORMAT( 6HBEND,76X)
28    1050 FORMAT(1H ,6HBEND,76X)
29    END

```

```

1      SUBROUTINE GRAP(X,Y,Z,[MX,JMN,JMX,ISWT])
2      DIMENSION X(1),Y(1)
3      IF(MX-[MN,GT,JMX-JMN]) RETURN
4      ICO1= 3
5      ICO2= 6
6      J = JMN
7      DO 20 I=MN,IMX
8      WRITE(ICO1,1000) X(I),Y(J),Z
9      WRITE(ICO1,1010) X(I),Y(J),Z
10     J=J+1
11     20 CONTINUE
12     IF((ISWT.EQ.0) GO TO 30
13     WRITE(ICO1,1020)
14     WRITE(ICO1,1030)
15     30 CONTINUE
16     RETURN
17     1000 FORMAT(1M ,4HENTL,1X,3F10.5+35X,2H 1+BX)
18     1010 FORMAT( 4HENTL,1X,3F10.5+35X,2H 1+BX)
19     1020 FORMAT(1H ,4HBEND,76X)
20     1030 FORMAT( 4HBEND,76X)
21     END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06) COMPILATION 73-10-03 PAGE 5

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE LPM(A,I,R,E,Z,B,ISWHITE,IS+DELTA,C,X+EH+NADRES+NUMX+NDE,
1      Y,NUM1)
2      C      SUBROUTINE LPM(A,I,R,E,Z,B,ISWHITE,IS+DELTA,C,X+EH+NADRES+NUMX+NDE)
3      C      DIMENSION A(1),IR(1),E(NDE,NDE),I(1),B(1),ISWTF(1),S(1),
4      C      DELTA(1),C(1),X(1),EH(1),NADRES(1),NUMX(1),
5      C      ERR(5)*Y(1)*NUM1(1)
6      C      COMMON IRR,XH,FC,ERR,BTH,ITACT,M,N,XM,IPS,NJ
7      C      DOUBLE PRECISION Z,B,EH,BH,FC,X,DELTA
8      C      DOUBLE PRECISION TEMP,DMAX,FMIN,DEVMAX
9      C      DOUBLE PRECISION Y
10     C      INITIALIZATION
11     C      READ(5,501)(TS(I),I=1,NJ)
12     C      501 FORMAT(24I3)
13     C      READ(5,403)(C(J),J=1,NJ)
14     C      403 FORMAT(6E12.5)
15     C      WRITE(6,1010)
16     C      1010 FORMAT(1H0,5X'COEFFICIENTS OF OBJECTIVE FUNCTION C(J) ')
17     C      WRITE(6,1020)(C(J),J=1,NJ)
18     C      1020 FORMAT(1H *8E15.5)
19     C      K=1
20     C      WRITE(6,1000)
21     C      1000 FORMAT(1H0,5X'* MATRIX ELEMENTS *')
22     C      REWIND 1
23     C      DO 1200 J=1,NJ
24     C      READ(5,403)(B(I),I=1,NJ)
25     C      WRITE(6,J)(B(I),I=1,NJ)
26     C      WRITE(6,1030)J
27     C      1030 FORMAT(1H0,5X'A( I, :,[14,:]) ,I=1,NJ')
28     C      NUMX(J)=0
29     C      DO 1100 I=1,NJ
30     C      IF(CABS(E(I,J))-LE-ERR(1))GO TO 1100
31     C      IF(DABS(B(I))-LE-ERR(1))GO TO 1100
32     C      A(K)=B(I)
33     C      A(K)=E(I,J)
34     C      IR(K)=J
35     C      NUMX(J)=NUMX(J)+1
36     C      K=K+1
37     C      1100 CONTINUE
38     C      1200 CONTINUE
39     C      NK=K-1
40     C      WRITE(6,1050)NK
41     C      1050 FORMAT(1H0,5X'NO. OF NON-ZERO ELEMENTS =',I6//)
42     C      WRITE(6,1020)(A(I),I=1,NK)
43     C      READ B(I) CARD
44     C      READ(5,403)(B(I),I=1,NJ)
45     C      WRITE(6,J)(B(I),I=1,NJ)
46     C      WRITE(6,B(I),I=1,NJ)
47     C      CALL LP2(NJ+NJ,IS+NK)
48     C      CALL LP2(NK+NDE,A+I,R+E,Z+B,ISWHITE,IS+DELTA,C+X+EH+NADRES+NUMX+Y)

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06) COMPILATION 73-10-03 PAGE 6 LPM

* SOURCE STATEMENT (LPM) *

```

27      WRITE(6,1500)FC
28      1500 FORMAT(1H0,10X'OPTIMAL VALUE OF OBJECTIVE FUNCTION ',E20.8)
29      IF(IPS.LE.0)RETURN
30      DO 110 I=1,NJ
31      X(I)=X(1)-X(NJ)
32      WRITE(6,1600)
33      WRITE(6,1650)(X(I),I=1,NJ)
34      1600 FORMAT(1H0,5X'SOLUTIONS OF LINEAR EQUATIONS')
35      1650 FORMAT(1H *E20.8)
36      GO TO (100+120),IPS
37      120 CONTINUE
38      C      FM=1.E+70
39      C      WRITE(6,J)(X(I),I=1,NJ)
40      C      REWIND 1
41      C      NJ=NJ+NJ-2
42      C      DO 200 I=1,NJ
43      C      K=1
44      C      DO 150 J=1,NJ
45      C      READ(5,B(I),I=1,NJ)
46      C      C(I,J)=B(I,J)
47      C      NUMX(I,J)=0
48      C      DO 130 J=1,NJ
49      C      J1=J
50      C      IF(J,E0,11)GO TO 130
51      C      IF(C(J,J)-GT,11)J1=J-1
52      C      IF(DABS(B(J))-LE-ERR(1))GO TO 130
53      C      A(K)=B(J)
54      C      IR(K)=J1
55      C      NUMX(I,J)=NUMX(I,J)+1
56      C      K=K+1
57      C      130 CONTINUE
58      C      A(K)=I
59      C      IR(K)=NJ
60      C      K=K+1
61      C      NUMX(I,J)=NUMX(I,J)+1
62      C      150 CONTINUE
63      C      REWIND 1
64      C      NK=NK+1
65      C      DO 151 I=1,NK
66      C      NK=NK+1
67      C      A(NK)=A(I)
68      C      IR(NK)=IR(I)
69      C      IF(IR(I)>EW-NJ)A(NK)=1.
70      C      151 CONTINUE
71      C      DO 152 I=1,NJ
72      C      NK=NK+1
73      C      152 NUMX(NI)=NUMX(I)
74      C      K=NK+1
75      C      NK=NK+1+2*NJ-2
76      C      NI=NI-1
77      C      DO 153 I=1,NJ
78      C      NI=NI-1
79      C      NK=NK+1
80      C      NUMX(NI)=1

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06)

COMPILE 73.10.03 PAGE 7 LPM

```
* SOURCE STATEMENT (LPM) */

81      NUMX(N12X)=1
82      A(K)=1.
83      IK(K)=1
84      KN*(K)=1
85      A(KN1)=1.
86      IK(KN1)=1
87      K=k+1
88      155 CONTINUE
89      DO 160 I=1,N1
90      R(I)=0.
91      N11=N1+1
92      160 C(N1)=C(I)
93      B(N1)=1.
94      N12=2*N1-2
95      DO 170 I=2,N12
96      N11=N1+1
97      170 C(N1)=C(I)
98      DO 171 I=1,NJ
99      NUM1(I)=NUMX(I)
100     CALL LP2(NK,NE,A+IR+E+Z+R+ISWITE+IS+DELTA,C+X+EH+NADRES+NUMX+Y)
101     WRITE(6,1500)FC
102     N12=2*N1
103     IF(FC.LT.FMIN)FMIN=FC
104     DO 180 I=1,N12
105     C(I)=C(I)
106     DO 181 I=1,N1
107     B(I)=0.
108     B(N1)=1.
109     DO 182 I=1,NJ
110     182 NUMX(I)=NUM1(I)
111     CALL LP2(NK,NE,A+IR+E+Z+R+ISWITE+IS+DELTA,C+X+EH+NADRES+NUMX+Y)
112     WRITE(6,1500)FC
113     IF(FC.LT.FMIN)FMIN=FC
114     200 CONTINUE
115     DO 210 J=1,N1
116     READ(I)(B(J),I=1,N1)
117     DO 220 I=1,N1
118     E(I,J)=B(I)
119     220 CONTINUE
120     READ(I)(B(I),I=1,N1)
121     READ(I)(B(I),I=1,N1)
122     READ(I)(X(I),I=1,N1)
123     DMAX=0.
124     DO 230 I=1,N1
125     TEMP=0.
126     DO 240 J=1,N1
127     240 TEMP=TEMP+E(I,J)*X(J)
128     IF(DABS(TEMP-B(I)),LE.DMAX) GO TO 230
129     DMAX=DAR5(TEMP-B(I))
130     230 CONTINUE
131     WRITE(6,1020)(B(I),I=1,N1)
132     WRITE(6,1020)(X(I),I=1,N1)
133     WRITE(6,1900)DMAX,FMIN
134     1900 FORMAT(1HO,10X,DMAX =',E20.8,5X,F-MIN =',E20.8)
135     DEVMAX=DMAX/DMIN
135
```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06)

COMPILE 73.10.03 PAGE 6 LPM

```
* SOURCE STATEMENT (LPM) */

136     136   WRITE(6,1700)DEVMAX
137     1700 FORMAT(1HO,/10X,MAXIMUM DEVIATION =',E20.8)
138     100 RETURN
139     END
```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V-04,L-06) COMPIRATION 73.10.03 PAGE 1

LP2

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE LP2(NK,NDE,A,IH,E,Z+B+ISW*TE,IS,DELTA+C,X,EH,NADRES,
2           NUMX,Y)
3      DIMENSION A(1),IH(1),E(NDE,NDE),Z(1),B(1),ISW(TE(1)+IS(1)*DELTA(1),
4           (C(1),X(1),EH(1)),NADRES(1),NUMX(1)),
5           ERR(5),Y(1)
6      DOUBLE PRECISION Z+B+EH,BIR,FC,X+DELTA
7      DOUBLE PRECISION Y
8      COMMON IRR,KH,FC,ERR,BIR,(TACT,M+N,XM,IPS,NI,NJ
9      TACT=0
10     403 FORMAT(6E12.5)
11     1020 FORMAT(1H .8E15.5)
12     DC 1120 J=2:NJ
13     1130 NUMX(J)= NUMX(J) + NUMX(J-1)
14     L = NK
15     K = 1
16     DO 2000 I=1,NJ
17     IF (IS(I)) 2050, 2000, 2050
18     2050 CONTINUE
19     J=NJ+K
20     NUMX(J)= 1
21     L = NK + K
22     TX(J) = TB(I)
23     K = K + 1
24     IR(K) = 1
25     IF (IS(I)) 2060, 2000, 2070
26     2060 CONTINUE
27     AKL = -1.0
28     GO TO 2000
29     2070 CONTINUE
30     AKL = 1.0
31     2000 CONTINUE
32     K = K - 1
33     C PRINT OF COEFFICIENT OF OBJECTIVE FUNCTION
34     NC = 0
35     DO 1400 J=1,NJ
36     IF (C(J)) 1410, 1400, 1410
37     1410 CONTINUE
38     NC = NC + 1
39     KC = L + NC
40     AKC = C(J)
41     IR(KC) = J
42     1400 CONTINUE
43     NB = 0
44     DO 1080 I=1,NI
45     IF (DABS(B(I))) .LE. ERR(1) GO TO 1080
46     NB = NB + 1
47     KB = KC + NB
48     AKR=B(I)
49     IR(KB)=I
50     1080 CONTINUE
51     C WRITE PARAMETER
52     WRITE (6,2001) NK, L, NC, NB, KB
53     2001 FORMAT(6H0NK = + 15, 5H L = + 15, 6H NC = + 15, 6H NB = + 15,
54     1 6H KB = + 15)

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V-04,L-06)

COMPIRATION 73.10.03 PAGE 2

LP2

* SOURCE STATEMENT (LP2) *

```

48     M = NI
49     N = NJ + K
50     WRITE (6,2004) M, N
51     2004 FORMAT(5H0M = + 15, 5H N = + 15)
52     NN = NJ + 1
53     IF (K) 2345, 2345, 2340
54     2340 CONTINUE
55     DO 2380 J=NN+N
56     C(J)=0.
57     NUMX(J)= NUMX(J-1) + NUMX(J)
58     2380 CONTINUE
59     2345 CONTINUE
60     WRITE (6,2002) (NUMX(J), J=1,N)
61     2002 FORMAT(10Cx,15))
62     C INITIAL MATRIX
63     DO 2300 I=1,M
64     ISWITE(I) = 0
65     DO 2350 J=1,M
66     E(I,J) = 0.0
67     2350 CONTINUE
68     E(I,I) = 1.0
69     2300 CONTINUE
70     DO 2305 J=1,N
71     X(J)=0.
72     NADRES(J)= 0
73     2305 CONTINUE
74     IF (K) 2306, 2306, 2308
75     2308 CONTINUE
76     DO 2400 J=NN+N
77     JK = NUMX(J)
78     IROW = IR(JK)
79     ISWITE(IROW) = J
80     NADRES(J)= IROW
81     IF (IS(IROW)) 2450, 2400, 2400
82     2450 CONTINUE
83     E(IROW,IROW) = -1.0D+0
84     B(IROW) = -B(IROW)
85     2400 CONTINUE
86     2306 CONTINUE
87     DO 2500 J=1,NJ
88     CALL NUMX(J,NUMX,J1,J2,J3)
89     IF ((J-1) 2500, 2550, 2500
90     2550 CONTINUE
91     JK = NUMX(J)
92     IROW = IR(JK)
93     IF (ISWITE(IROW)) 2500, 2600, 2500
94     2600 CONTINUE
95     ISWITE(IROW) = J
96     NADRES(J)= IROW
97     E(IROW,IROW) = 1.0D+0 / A(JK)
98     B(IROW) = B(IROW) / A(JK)
99     2500 CONTINUE
100    3000 CONTINUE
      SWIT = 0.

```

PLEASE ONE

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V-04,L-06)

COMPILATION 73.10.03 PAGE 3

LP2

```
* SOURCE STATEMENT (LP2) */

101      DO 3030 I=1,M
102      Y(I) = 0.
103      IF (B(I)-EHR(1)) 3100, 3150, 3150
104      3100 CONTINUE
105      Y(I) = 1.0
106      SWIT = 1.0
107      GO TO 3050
108      3150 CONTINUE
109      IF ((SWITE(I))) 3200, 3200, 3050
110      3200 CONTINUE
111      IF (B(I)-EHR(1)) 3050, 3050, 3250
112      3250 CONTINUE
113      Y(I) = -1.0
114      SWIT = 1.0
115      3050 CONTINUE
116      IF (SWIT) 3300, 3300, 3260
117      3260 CONTINUE
118      CALL DEL(Y,E,Z,DELTA,C,IR,A,KH,1,ERR(1),M,N,NUMX,TEST,NDE)
119      IF (KH) 3270, 3270, 3280
120
121      3270 CONTINUE
122      STOP
123      3280 CONTINUE
C      CALL SELECT(1)
C      CALL SELECT(1,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,NUMX)
C      CALL PIVOT(1)
C      CALL PIVOT(1,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,NUMX)
C      CALL PRINT(1)
125      CALL PRINT(1,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA+C,X,EH,NADRES,NUMX)
126      IF (ITACT-2=M+N) 4100, 4200, 4200
127      4200 CONTINUE
128      STOP
129      4100 CONTINUE
130      CALL DELL(DELTA,KHM,ERR(2)+N)
131      IF (<MH>3300, 3300, 3000
C      GO TO 3000
C      END OF PHASE ONE
132      3300 CONTINUE
133      WRITE (6,3301)
134      3301 FORMAT(17H0END OF PHASE ONE)
135      DO 8100 I=1,M
136      Y(I) = 0.0
137      8100 CONTINUE
L1 = L + 1
138      DO 3350 L2=L1+KC
139      IRW = IR(L2)
140      IF (NADRES(IRW)) 3350, 3350, 3400
141
142      3400 CONTINUE
143      I = NADRES(IRW)
144      Y(I) = A(L2)
145      3350 CONTINUE
146      CALL DEL(Y,E,Z,DELTA,C,IR,A,KH,2,ERR(2),M,N,NUMX,TEST,NDE)
147      IF (TEST.GT.0) GO TO 3500
148      WRITE(6,3302)
149      3302 FORMAT(1H1,10X*, WE GOT THE OPTIMAL SOLUTIONS JUST AFTER THE PH
1ASE-1 PROCEDURE *)
```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V-04,L-06)

COMPILATION 73.10.03 PAGE 4

LP2

```
* SOURCE STATEMENT (LP2) */

150      C      CALL PRINT(2)
151      C      CALL PRINT(2,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,NUMX)
152      RETURN
153      3500 CONTINUE
C      CALL SELECT(2)
C      CALL SELECT(2,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,NUMX)
DO 8450 J=1,N
CALL NUM(J,J-1,1,J-1,J)
CALL SEA(J,J-1,X,IRR+,A,J,IR,NDE)
8450 CONTINUE
CALL PIVOT(1,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,NUMX)
CALL PRINT(1,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA+C,X,EH,NADRES,NUMX)
CALL DELL(DELTA,KHM,ERR(2)+N)
IF (KH) 3550, 3550, 3600
3600 CONTINUE
GO TO 3500
C      END OF PHASE
3550 CONTINUE
DO 7000 J=1,N
IF (DELTA(J)>ERR(1)) 7100, 7100, 7000
7100 CONTINUE
DELTA(J) = 0.0
7000 CONTINUE
CALL PRINT(2,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,NUMX)
RETURN
END
```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06)

COMPILEATION 73.10.03 PAGE 9

DELL

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE DELL(DELTA,KH,ERROR,N)
2      DIMENSION DELTA(1)
3      DOUBLE PRECISION DELTA
4      XMIN = -EMIN
5      KH = 0
6      DO 1000 J=1,N
7      IF (XMIN(N-DELTA(J))) 1010, 1010, 1020
8      1020 CONTINUE
9      XMIN = DELTA(J)
10     KH = J
11     1010 CONTINUE
12     1000 CONTINUE
13     RETURN
14     END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06)

COMPILEATION 73.10.03 PAGE 10

NUMJ

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE NUMJ(J,NUMX,J1,J2,J3)
2      C      NUMBER OF AJ(J)
3      DIMENSION NUMX(1)
4      IF (J>1) 355, 355, 360
5      355 CONTINUE
6      J1 = 1
7      GO TO 365
8      360 CONTINUE
9      J1 = NUMX(J-1) + 1
10     365 CONTINUE
11     J2 = NUMX(J)
12     J3 = J2 - J1 + 1
13     RETURN
14     END

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTHAN D -721123- (V=04,L=06)

COMPILATION 73.10.03 PAGE 11 SEA

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE S2A(J1,J2,T,I,E,A,II,IM,NDE)
2      C      SIGMA OF E * A
3      DIMENSION T(1),E(NDE*NDE),A(1),IR(1)
4      DOUBLE PRECISION T
5      T(1) = 0.
6      DO 1000 K1=J1,J2
7      IROW = IR(K1)
8      T(1) = T(1) + E(I+IROW) * A(K1)
9      1000 CONTINUE
10     RETURN
11     END

```

FACOM 230-60 FORTHAN D -721123- (V=04,L=06)

COMPILATION 73.10.03 PAGE 12 PKZU

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE PRINT(KX,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,
2                           NUMX)
3      C      SUBROUTINE PRINT(KX)
4      DIMENSION A(1),IR(1),E(NDE*NDE),Z(1),B(1),ISWITE(1),DELTA(1),
5      C(1),X(1),EH(1),NADRES(1),NUMX(1),
6      2 ERR(5),
7      DOUBLE PRECISION Z,B,EH,BIR,TACT,M+N,XM,IPS,NI<NJ
8      COMMON IRH,KH,FC,ERR,BIR,TACT,M+N,XM,IPS,NI<NJ
9      CALL SUM(FC,NADRES),X,C,B,N)
10     WRITE (6, 4850) (TACT, FC, KH, IRH, Z(IRH)
11     4850 FORMAT( 9H TACT = ,15, 8H COST = ,E20.10,10H INSERT = ,15,
12     1,1H HEMCOVL = ,15, 9H PIVOT = ,E20.10)
13     GG TC (1+2), KX
14     2 CONTINUE
15     WRITE (6, 4875)
16     4875 FORMAT( 9H0DELTA(JJ),
17     WRIT(6,1100) (DELTA(J), J=1,N)
18     1100 FORMAT( 5F20.8)
19     WRIT(6, 4870)
20     4870 FORMAT( 7H0 X(J) )
21     WRIT(6,1100) (X(J), J=1,N)
22     C     WRITE(6,1200)
23     C1200 FORMAT(1H0,5X* INVERSION OF OPTIMAL BASIC MATRIX *)
24     DO 10 I=1,M
25     C     10  WRIT(6,1300) (E(I,J),J=1,M)
26     C1300 FORMAT(1H ,6E20.8)
27     C     WRITE(6,1400)
28     C     WRITE(6,1500) (NADRES(J),J=1,N)
29     C1400 FORMAT(1H0,5X*NADRES ( J ))
30     C1500 FORMAT(1H0,30I4)
31     1 CONTINUE
32     RETURN
33     END

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06) COMPILATION 73.10.03 PAGE 13 SELECT

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE SELECT(RX,NDE,A,IR,E,Z,B,ISWHITE,DELTA,C,X,EH,NADRES,
1                         NUMX)
C      SUBROUTINE SELECT(RX)
C      SELECT PIVOT ROUTINE
2      DIMENSION A(1),IR(1),ENDE(NDE),Z(1),B(1),ISWHITE(1),DELTA(1),
1           C(1),X(1),EH(1),NADRES(1),NUMX(1),
2     ERR(5)
3      DOUBLE PRECISION Z,B,EH,BIR,FC,X,DELTA
4      COMMON IRR,KH,FC,ERR,BIR,ITACT,M,N,XM,IPS,N1,NJ
5      CALL NUMJKH,NUMX,J1,J2,J3
6      DO 3250 I=1,M
7      CALL SEA(J1,J2,Z,I,E,A,I,IR,NDE)
8      3250 CONTINUE
9      IRN = 0
10     ZX = 0.0
11     IA = 0
12     DO 1050 I=1,M
13     IF (Z(I)) 1050, 1041, 1050
14     1041 CONTINUE
15     YI = DABS(Z(I))
16     IF (YI - ERR(2)) 1050, 1050, 1042
17     1042 CONTINUE
18     IF (ISWHITE(I)) 1043, 1044, 1043
19     1043 CONTINUE
20     IF (IA), 1050, 1048, 1050
21     1048 CONTINUE
22     IF (Z(I)) 1050, 1050, 1045
23     1044 CONTINUE
24     IF (IA), 1045, 1046, 1045
25     1045 CONTINUE
26     IF (YI - ZX) 1050, 1050, 1047
27     1046 CONTINUE
28     IA = 1
29     1047 CONTINUE
30     ZX = YI
31     IRN = 1
32     1050 CONTINUE
33     IF (IRR) 1099, 1001, 1099
34     1001 CONTINUE
35     ZX = 1.0E+20
36     ZX=1.0E-70
C      FIND MIN. PIVOT AMONG POSITIVE EQUATIONS
36     DO 1010 IT=1,M
37     IF (Z(IT)=ERR(2)) 1010, 1010, 1002
38     1002 CONTINUE
39     IF (B(IT)) 1010, 1010, 1003
40     1003 CONTINUE
41     XY = B(IT) / Z(IT)
42     IF (XY-ZK) 1004, 1005, 1010
43     1005 CONTINUE
44     IF (ISWHITE(IT)) 1010, 1004, 1010
45     1004 CONTINUE
46     ZX = XY
47     IRR = IT
48     1010 CONTINUE

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06) COMPILATION 73.10.03 PAGE 14 SELECT

* SOURCE STATEMENT (SELECT) *

```

49     GO TO (1016,1099), XX
C      FIND PIVOT AMONG NEGATIVE EQUATIONS, IN WHICH X/Y IS LESS THAN THE
C      MINIMUM X/Y IN THE POSITIVE EQUATIONS, THAT HAS THE LARGEST ABS(Y)
50     1016 CONTINUE
51     BB = -ERR(2)
52     DO 1030 IT=1,M
53     IF (B(IT)) 1012, 1030, 1030
54     1012 CONTINUE
55     IF (Z(IT) - BB) 1022, 1030, 1030
56     1022 CONTINUE
57     IF (Z(IT) * ZX - B(IT)) 1024, 1024, 1030
58     1024 CONTINUE
59     BB = Z(IT)
60     IRR = IT
61     1030 CONTINUE
62     1099 CONTINUE
63     IF (IRR) 1100, 1100, 1101
64     1100 CONTINUE
65     WRITE (6, 1102)
66     1102 FORMAT(19HNON-EXIST OF PIVOT)
67     STOP
68     1101 CONTINUE
69     RETURN
70     END

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06) COMPILED 73-10-03 PAGE 15 DEL

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE DEL(Y,E,Z+DELTA+C+(R+A+KH+KX+ERRCR+M+N+NUMX,I TEST,NDE)
2      C      COMPUTATION OF PA]
3      DIMENSION Y(I), E(NDE+NDF), Z(I), DELTA(I), C(I), A(I), IR(I)
4      1 + NUMX(I)
5      DOUBLE PRECISION Y, Z
6      1 , DELTA
7      DC 1000 J=1,M*
8      Z(J) = 0.
9      DO 1050 J=1,M
10     IF (Y(I)) 1060, 1050, 1060
11     1060 CONTINUE
12     IF (E(I,J)) 1070, 1050, 1070
13     1070 CONTINUE
14     Z(J) = Z(J) + Y(I) * E(I,J)
15     1050 CONTINUE
16     1000 CONTINUE
17     DC 1100 J=1,N
18     CALL NUMJ(J,NUMX+J1+J2+J3)
19     DELTA(J) = 0.
20     DO 1150 JK=J1,J2
21     1150 CONTINUE
22     GO TO (1250, 1200)* KX
23     1200 CONTINUE
24     ITEST=0
25     DC 1300 J=1,N
26     DELTA(J) = DELTA(J) - C(J)
27     IF (DELTA(J),GE.-0.1E-20) GO TO 1300
28     ITEST=TEST+1
29     1300 CONTINUE
30     IF (TEST,LE.0) RETURN
31     1250 CONTINUE
32     XMIN = -ERRCR
33     KH = 0
34     DO 1450 J=1,N
35     IF (XMIN-DELTA(J)) 1410, 1410, 1420
36     1420 CONTINUE
37     XMIN = DELTA(J)
38     KH = J
39     1410 CONTINUE
40     1400 CONTINUE
41     IF (KH) 1500, 1500, 1550
42     1500 CONTINUE
43     WRITE(6,2000)
44     2000 FORMAT(1H1,10X*** - DELTA(J) + E(I,J) + FCR ALL J ***)
45     STOP
46     1550 CONTINUE
47     RETURN
48     END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V=04,L=06) COMPILED 73-10-03 PAGE 16 SUM

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE SUM(FC,NADRES,X,C,B,N)
2      DIMENSION NADRES(1),X(1),C(1),B(1)
3      DOUBLE PRECISION X+ B+ FC
4      FC = 0.
5      DC 4750 J=1,N
6      IF (NADRES(J)) 4800, 4800, 4840
7      4840 CONTINUE
8      NA = NADRES(J)
9      XCJ = B(NA)
10     IF (XCJ) 4850, 4750, 4850
11     4850 CONTINUE
12     FC = FC + C(J) * X(J)
13     GO TO 4750
14     4800 CONTINUE
15     XCJ = 0.
16     4750 CONTINUE
17     RETURN
18     END

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V-04-L-06) COMPILATION 73-10-03 PAGE 17 PIVOT

* SOURCE STATEMENT *

```

1      SUBROUTINE PIVOT(KX,NDE,A,I,R,E,Z,B,ISWITE,DELTA,C,X,EM,NADRES,
1                         NUMX)
2      C      SWEEP OUT ROUTINE
3      DIMENSION A(1),R(1),E(NDE,NDE)+2(1),B(1),ISWITE(1),DELTA(1),
1                         C(1),X(1),EM(1),NADRES(1),NUMX(1),
2      ERR(5)
3      DOUBLE PRECISION Z,R=LH,BIN,FC,X,DELTA
4      COMMON IRR,KH,FC,ERR,BIR,ITACT,M,N,XM,IPS,NJ
5      ISWITE(IRRA)=KH
6      BH=B(IRR)
7      SWITZ=0.
8      ERORR=ERR(5)*DABS(Z(IRR))
9      IF (ZIRR-ERR(1)) 4011, 4011, 4012
10     4012 CONTINUE
11     SWITZ=1.
12     4011 CONTINUE
13     DO 3700 J=1,M
14       EH(J)= E(IRR,J)
15     3700 CONTINUE
16     DO 6000 I=1,M
17       IF (DABS(Z(I)) - ERORR) 4450, 4450, 4001
18     4001 CONTINUE
19     DO 4050 J=1,M
20       IF (ISWITE(J)) 4150, 4150, 4100
21     4100 CONTINUE
22       IF (I-IRR) 4200, 4250, 4200
23     4250 CONTINUE
24       IF (E(I,J)) 4053, 4300, 4053
25     4053 CONTINUE
26       IF (SWITZ) 4300, 4300, 4003
27     4003 CONTINUE
28       E(I,J)= E(I,J) / Z(IRR)
29       GO TO 4300
30     4200 CONTINUE
31       IF (EH(J)) 4054, 4300, 4054
32     4054 CONTINUE
33       IF (SWITZ) 4004, 4004, 4005
34     4004 CONTINUE
35       E(I,J)= E(I,J) + EH(J) * Z(I)
36       GO TO 4006
37     4005 CONTINUE
38       E(I,J)= E(I,J) - EH(J) * Z(IRR)
39     4006 CONTINUE
40       IF (ABS(E(I,J))-ERR(4)) 4055, 4055, 4300
41     4055 CONTINUE
42       E(I,J)= 0.
43     4300 CONTINUE
44     4150 CONTINUE
45     4050 CONTINUE
46       IF (I-IRR) 4350, 4400, 4350
47     4400 CONTINUE
48       IF (SWITZ) 4450, 4450, 4401
49     4401 CONTINUE
50       R(I)= R(I) / Z(I)
51

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -721123- (V-04-L-06) COMPILATION 73-10-03 PAGE 18 PIVOT

* SOURCE STATEMENT (PIVOT) *

```

32       GO TO 4450
33   4350 CONTINUE
34       IF (SWITZ) 4351, 4351, 4352
35   4351 CONTINUE
36       B(I)= B(I) - BIR * Z(I)
37       GO TO 4450
38   4352 CONTINUE
39       B(I)= B(I) - BIR * Z(I) / Z(IRR)
40   4450 CONTINUE
41       IF (B(I)-ERR(3)) 4451, 4451, 4452
42   4451 CONTINUE
43       IF (B(I)+ERR(3)) 4453, 4453, 4454
44   4454 CONTINUE
45       B(I)= 0.
46   4453 CONTINUE
47   4452 CONTINUE
48   4000 CONTINUE
49       GO TO (9303, 9302), KX
50   9302 CONTINUE
51       DO 9350 J=1,N
52       DELTA(J)= DELTA(J) + XM * X(J)
53       IF (DABS(DELTA(J))-ERR(2)) 9351, 9351, 9352
54       IF (DELTA(J)-ERR(2)) 9351, 9351, 9352
55   9351 CONTINUE
56       DELTA(J)= 0.
57   9352 CONTINUE
58   9350 CONTINUE
59   9301 CONTINUE
60       ITACT = (ITACT + 1
61       NADRES(KH)= IRR
62       DO 4550 J=1,N
63       IF (NADRES(J) - IRR) 4650, 4600, 4650
64   4600 CONTINUE
65       IF (J-KH) 4700, 4550, 4700
66   4700 CONTINUE
67       NADRES(J)= 0
68   4650 CONTINUE
69   4550 CONTINUE
70       RETURN
71   9303 CONTINUE
72       DELTAK= DELTA(KH)
73       DO 9304 J=1,N
74       DELTA(J)= DELTA(J) - X(J) * DELTAK / Z(IRR)
75   9304 CONTINUE
76       GO TO 9301
77   FNU

```

I. 3. インダクタンスおよび電磁力の計算

・タイトルカード 2枚(1-72カラム)

·Section 001

card 2 (2413)

NGC 1 (1-3) : 入力するコイルのグループ数

NGC 2 (4-6) : プラズマの所属するグループ番号

NGC 3 (7-9)

NGC 4 (10-12)

NGC 5 (13-15)

NGC 6 (16-18) : NGC($g+5$)=1の場合には、第 g グループに属するコ
イル間の相互インダクタンスは出力しないNGC 11 (31-33) : NGC($g+10$)=1の場合には、第 g グループの短形断
面の各辺を入力するNGC 16 (46-48) : NGC($g+15$)=1の場合には、第 g グループに属する
コイルに、各コイルから働く電磁力を出力しない

NGC 21 (61-63)

NGC 22 (64-66)

NGC 23 (67-69)

NGC 24 (70-72)

card 3 (2E124)

UM (1-12) $\pi=1$ に規格化した透磁率

RP (13-24) プラズマ副半径 (m)

·Section 002

card 2 (6E124)

第1グループの各コイルの位置を入力する。(R, Z)をペアで並べる。このデ
ータの区切りは、ブランクフィールドで示す。第1グループに所属するコイル個数
IMXは自動的に数える

card 3 (6E124)

第1グループの各コイルに流れる電流(CURR(I), I=1, IMX)
(card 2とcard 3のペアをNGC1組並べる)

·Section 003

card 2 (6E124)

NGC($g+10$)=1とした各グループの最も若いグループの、各コイル断面の各
辺(a, b)をペアで並べる

(必要とするグループの若い順にcard 2を繰り返す)

Section 004

card 2 (6E124)

プラズマの所属するグループを除いて、最も若いグループに属するコイルの巻数を入力する。

必要とするグループの若い順に card 2 を繰返す。（この section の入力をしない場合は、すべて巻数は 1 にセットされる）

Section 999 (終り)

付録L3

FACOM 230-60 FORTRAN I -730801- (V-05,L-01) COMPILATION 74.06.21 PAGE 1

```

C CALCULATION OF COUPLING COEFFICIENT 1973.9.21 KOBAYASHI,T.
C
1 COMMON /VAR1/ A(1000)
2 COMMON /NET/ ITIT1(I8),ITIT2(I8),NGC(24),IJMN(6),IMX(5),UM,RP
3 DIMENSION R(1000),Z(1000),AA(1000),BB(1000),CURR(1000),TN(1000)
4 DATA IBLK /4H/
5 MEMORY = 40000
6
7 10 CONTINUE
8 11 CONTINUE
9 DO 11 I=1,1000
10 TN(I)=0.0
11 CONTINUE
12 READ(IN,1000) (ITIT1(I),I=1,18)
13 DO 20 I=1,18
14 IF(ITIT1(I),NE,IBLK) GO TO 30
15 CONTINUE
16 GO TO 399
17 30 CONTINUE
18 READ(10IN,1000) (ITIT2(I),I=1,18)
19 WRITE(OUT,1030) (ITIT1(I),I=1,18)
20 WRITE(OUT,1031) (ITIT2(I),I=1,18)
21 40 CONTINUE
22 READ(10IN,1010) NTYP
23 WRITE(OUT,1040) NTYP
24 IF(NTYP=9999,50+10,999
25 50 CONTINUE
26 GO TO (60,70,80,90),NTYP
27 60 CONTINUE
28 READ(10IN,1010) (NGC(I),I=1,24)
29 WRITE(OUT,1050) (I,I=1,24)
30 WRITE(OUT,1055) (NGC(I),I=1,24),
31 NGROP=NGC(1)
32 READ(10IN,1020) UM,RP
33 PAI=3.141592653
34 UM=UM*PAI
35 WRITE(OUT,1060) UM,RP
36 GO TO 40
37 70 CONTINUE
38 I=1
39 I2=3
40 IS=2
41 IJMN(1)=1
42 71 CONTINUE
43 READ(10IN,1020)(R(I),Z(I),I=1,12)
44 DC 72 I=1,I2
45 Y=ABS(R(I))
46 IF(Y.LE.,1.0E-6) GO TO 73
47 72 CONTINUE
48 I=1+3
49 I2=2+3
50 GO TO 71
51 73 CONTINUE
52 IJMN(1)=1
53 ISTA=IJMN(1)+1
54 ILAS=IJMN(1)+1
55 IMX(I)=1,ILAS=ISTA+1
56 READ(10IN,1020) (CURR(J),J=ISTA,ILAS)
57 I=IJMN(1)
58 I2=IJMN(1)+2
59 IS=IS+1

```

Input section 001

FACOM 230-60 FORTRAN I -730801- (V-05,L-01) COMPILATION 74.06.21 PAGE 2

```

60 IF(I5,,E,NGC(I)+1) GO TO 71
61 74 CONTINUE
62 WRITE(OUT,1070)
63 DC 73 IS=1,NGROP
64 WRITE(OUT,1080) IS
65 ISTA=IJMN(1)
66 ILAS=IJMN(1)+1
67 WRITE(OUT,1090) (R(I),Z(I),I=ISTA,ILAS)
68 WRITE(OUT,1100) (CURR(I),I=ISTA,ILAS)
69 75 CONTINUE
70 GO TO 40
71 80 CONTINUE
72 WRITE(OUT,1120)
73 DC 81 IS=1,NGROP
74 ISTA=IJMN(1)
75 ILAS=IJMN(1)+1
76 IF(NGC(I5+10),LT,1) GO TO 81
77 WRITE(OUT,1080) IS
78 READ(10IN,1020) (AA(I),BB(I),I=ISTA,ILAS)
79 WRITE(OUT,1090) (AA(I),BB(I),I=ISTA,ILAS)
80 81 CONTINUE
81 GO TO 40
82 90 CONTINUE
83 WRITE(OUT,1100)
84 DC 92 IS=1,NGROP
85 ISTA=IJMN(1)
86 ILAS=IJMN(1)+1
87 IF(I5,EW,NGC(2)) GO TO 92
88 WRITE(OUT,1080) IS
89 READ(10IN,1020) (TN(I),I=ISTA,ILAS)
90 WRITE(OUT,1130) (TN(I),I=ISTA,ILAS)
91 92 CONTINUE
92 GO TO 40
93 100 CONTINUE

```

Input section 002


```

C*** CALCULATION OF INDUCTANCE AND COUPLING COEFICIENT
C CALL CALI(NGROP,R,Z,AA,BB,CURR,TN,MEMORY) ← インダクタンスおよび結合係数の計算
C*** CALCULATION OF FORCE
C
95 IMAX=IMX(1)
96 DO 110 IS=1,NGROP
97 IF(IMAX,LT,IMX(IS)) IMAX=IMX(IS)
98 110 CONTINUE
99 K1=IMAX*NGROP+1
100 CALL CALF(NGROP,R,Z,AA,BB,LURR,A(1),A(K1),IMAX,MEMORY) ← 各コイル間の電磁力の計算

```

Input section 003


```

101 GO TO 10
102 1000 FORMAT(18A8)
103 1010 FORMAT(24I3)
104 1020 FORMAT(6E12.5)
105 1030 FORMAT(1H,18A8)
106 1031 FORMAT(1H,18A8)
107 1040 FORMAT(1H,13H INPUT SECTION,I3)
108 1050 FORMAT(1H ,5X,SHNGC,2X,24I3/1H +20X,10H-----)
109 1055 FORMAT(1H ,10X,80I3)
110 1060 FORMAT(1H ,5X,MMU *,1P12.0,5X,24HMINOR RADIUS OF PLASMA *,
111 * 1P12.0)
112 1070 FORMAT(1H ,3X,39HCOILED POSITION R(),Z() AND CURRENT())
113 1080 FORMAT(1H ,4X,5H* GROUP-,13,3H *)
114 1090 FORMAT(1H ,6X,1P2E12.4,1X,2E12.4,1X,2E12.4,1X,2E12.4)

```

Input section 004

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILEATION 74.08.21 PAGE 3

```

114 1100 FORMAT(1H ,4X,15HNUMBER OF TURNS)
115 1120 FORMAT(1H ,4X,9H A AND B )
116 1130 FORMAT(1H ,6X,IPE12,4,13X,E12,4+13X,E12,4+13X,E12,4)
117 * 999 STOP
118 END

```

```

1      SUBROUTINE CAL(NGROP,NZ,AA,BB,CUPR,TN,MEMORY)
2      COMMON /VARI/ A(40000)
3      COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),IJMN(6),IMX(5),UM,RP
4      DIMENSION R(1),T(1),AA(1),BB(1),CURR(1),TN(1)
5      IOUT=6
6      DO 140 K= 1,NGROP-1 } K グループと L グループの間の相互インダクタンスを計算対象とする
7      DO 140 L=K+1,NGROP
8      ISWTE=0
9      IF(L.EQ.NGC(2)) ISWTE=1
10     IF(L.EQ.NGC(2)) ISWTE=2
11     IVX1=IMX(K)
12     IVX2=IMX(L)
13     IX1=IVX1
14     IX2=IVX2
15     IX1=IVX1
16     IX2=IVX2
17     IF(NGC(K+5).EQ.1) INX1=1
18     IF(NGC(L+5).EQ.1) INX2=1
19     IF(NGC(K+5).NE.1.AND.NGC(L+5).NE.1) GO TO 110
20     IX1=1
21     IX2=1
22     110 CONTINUE
23     I12 =IVX1+IVX2
24     M1 =M
25     M2 =M
26     #RITE(OUT,1060) M1,M2
27     K1=IVX1+1
28     K2=K1+IVX2
29     K3=K2+INX1
30     K4=K3+INX2+INX2
31     K5=K4+IX1+IX2
32     K6=K5+12
33     K7=K6+12
34     K8=K7+12
35     K9=K8+12
36     K10=K9+12
37     K11=K10+12
38     IF(K11>1,GT,MEMORY) GO TO 990
39     DO 130 I=1,I12
40     I1=I+K5-1
41     I2=I+K6-1
42     I3=I+K7-1
43     I4=I+K8-1
44     I5=I+K9-1
45     I6=I+K10-1
46     IF(I.LE.IVX1) I=I+[IJMN(K)-1]
47     IF(I.GT.IVX1) I=I+[IJMN(L)-1]-IVX1
48     A(1)=R(1)
49     A(12)=T(1)
50     A(13)=AA(1)
51     A(14)=BB(1)
52     A(15)=CURR(1)
53     A(16)=TN(1)
54     130 CONTINUE

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILEATION 74.08.21 PAGE 4

```

55      CALL COPL(IVX1,IVX2,I12,ISWTE,M1,M2,INX1,INX2,IX1,IX2,X,L,
1      A(1),A(K1),A(K2),A(K3),A(K4),A(K5),A(K6),A(K7),A(K8),A(K9),
2      A(K10), AL1,AL2,AM,COEF)
56     140 CONTINUE
57     RETURN
58     990 CONTINUE
59     #RITE(OUT,1020) K11
60     RETURN
61     1020 FORMAT(1H,43H***** MEMORY OVER FOR INDUCTANCE ,110,
*           1H *****)
62     1060 FORMAT(1H,//
1      1H ,50H***** //*****
2      1H ,50H**** I N D U C T A N C E **** //
3      1H ,50H*** //
4      1H ,50H** //
5      1H ,50H***** //*****
6      1H ,11H GROUP=,13+11H AND GROUP=,13///)
63     END

```

```

1      SUBROUTINE COPL(IMX1,IMX2,ISWT,M1,M2,INX1,INX2,IX1,IX2,K,L,
*           SELF1,SELF2,GRMU1,GRMU2,AM12,R2,AA,BB,CURR,TN,
*           AL1,AL2,AM,COEF)
2      COMMON /VARI/ A(40000)
3      COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),IJMN(6),IMX(5),UM,RP
4      DIMENSION SELF1(INX1),SELF2(INX2),GRMU1(INX1,INX1),
*           GRMU2(INX2,INX2),AM12(IX1,IX2),R(1,IMX),Z(1,IMX),
*           AA(1,IMX),BB(1,IMX),CURR(1,IMX),TN(1,IMX)
5      IOUT=6
6      10 CONTINUE
7      ISW=1
8      AL1=0.0
9      AL2=0.0
10     AM=0.0
11     DO 11 I=1,INX1
12     DO 11 J=1,INX1
13     GRMU1(I,J)=0.0
14     11 CONTINUE
15     DO 12 J=1,IMX1
16     SELF1(J)=0.0
17     12 CONTINUE
18     DO 13 J=1,INX2
19     DO 13 I=1,INX2
20     GRMU2(I,J)=0.0
21     13 CONTINUE
22     DO 14 J=1,IMX2
23     SELF2(J)=0.0
24     14 CONTINUE
25     DO 16 J=1,IX2
26     DO 15 I=1,IX1
27     AM12(I,J)=0.0
28     15 CONTINUE
29     16 CONTINUE
30     20 CONTINUE
31     GO TO (30,40)+IS
32     30 CONTINUE
33     IC=1
34     IC=IMA1
35     GO TO 50
36     40 CONTINUE
37     IC=1+IMX1

```

JAERI-M 5898

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 5

```

38      J1=1+MAX2
39      50 CONTINUE
40      DO 70 I=10,11
41      I=I+1
42      IF(I>1,EW,2) J1=J1-MAX1
43      X1=A(I)
44      X2=B(I)
45      R1=P(I)
46      Z1=Z(I)
47      NCPD0
48      IF((S>1,EW,1) .AND. (S,EW,1)) NOP=1
49      IF((S>1,EW,2) .AND. (S,EW,2)) NOP=1
50      IF((S>0,1) SELF1(I)=ECL(X1,X2,R1+NOP,RP)*UM
51      IF((S>0,2) SELF2(I)=ECL(X1,X2,R1+NOP,RP)*UM
52      DU 60 J=10,11
53      J=J+1
54      IF((S>1,EW,2) J1=J-MAX1
55      IF((EW,J) GO TO 60
56      P2=R(J)
57      Z2=Z(J)
58      IF((S>0,1) AL1=AL1+AMUT(R1,R2,Z1,Z2)*UM=CURR(I)/ABS(CURR(I))
59      *     +CURR(J)/ABS(CURR(J))+TN(I)+TN(J)
60      IF((S>0,2) AL2=AL2+AMUT(R1,R2,Z1,Z2)*UM=CURR(I)/ABS(CURR(I))+CURR(J)/ABS(CURR(J))+TN(I)+TN(J)
61      *     +GRM1(1,J)=AMUT(R1,R2,Z1,Z2)*UM=CURR(I)/ABS(CURR(I))
62      *     +CURR(J)/ABS(CURR(J))
63      55 CONTINUE
64      IF((S>0,2,OR,NGC(L+5),EW,1) GO TO 60
65      GRM1(2,I,J)=AMUT(R1,R2,Z1,Z2)*UM=CURR(I)/ABS(CURR(I))
66      *     +CURR(J)/ABS(CURR(J))
67      60 CONTINUE
68      70 CONTINUE
69      IF((S>0,2) GO TO 100
70      DO 90 I=1,IMX1
71      AL1=AL1+SELF1(I)*TN(I)+TN(I) ← J1=JN-1の自己印加
72      90 CONTINUE
73      GO TO 130
74      100 CONTINUE
75      DO 120 I=1,IMX2
76      I=I+1+IMX1
77      AL2=AL2+SELF2(I)*TN(I)+TN(I) ← J2=JN-1の自己印加
78      120 CONTINUE
79      130 CONTINUE
80      IS=IS+1
81      IF((S>1,EW,2) GO TO 20
82      DO 135 I=1,IMX1
83      DO 140 J=1,IMX2
84      JJ=J+IMX1
85      R1=P(I)
86      R2=R(J)
87      Z1=Z(I)
88      Z2=Z(J)
89      IF((NGC(L+5),EW,1,OR,NGC(L+5),EW,1) GO TO 139
90      AM12(I,J)=AMUT(R1,R2,Z1,Z2)*UM
91      *     +CURR(I)/ABS(CURR(I))+CURR(J)/ABS(CURR(J))
92      139 CONTINUE
93      AM2=AM2+AMUT(R1,R2,Z1,Z2)*UM=CURR(I)/ABS(CURR(I))
94      *     +CURR(J)/ABS(CURR(J))+TN(I)+TN(J)
95      140 CONTINUE
96      150 CONTINUE
97      151 CONTINUE

```

J1=JN-1の自己印加 J2=JN-1の自己印加

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 6

```

94      COEF=AM/SQRT(AL1*AL2)
95      C WRITE RESULTS
96      WRITE(OUT,1000)(ITIT1(I),I=1,18)
97      WRITE(OUT,1001)(ITIT2(I),I=1,18)
98      WRITE(OUT,1010) M1
99      IF((S>1,EW,1) GO TO 160
100     WRITE(OUT,1020)
101     WRITE(OUT,1030)(SELF1(I),I=1,IMX1)
102     IF((NGC(L+5),EW,1,OR,K,GT,2) GO TO 152
103     WRITE(OUT,1040)
104     CALL POUT(GRMU1,IMX1,IMX1,IMX1)
105     152 CONTINUE
106     WRITER(OUT,1050) AL1
107     GO TO 170
108     160 CONTINUE
109     WRITE(OUT,1070) AL1
110     170 CONTINUE
111     WRITE(OUT,1010) M2
112     IF((S>1,EW,2) GO TO 180
113     WRITE(OUT,1020)
114     WRITE(OUT,1030)(SELF2(I),I=1,IMX2)
115     IF((NGC(L+5),EW,1,OR,K,GT,1) GO TO 171
116     WRITE(OUT,1040)
117     CALL POUT(GRMU2,IMX2,IMX2,IMX2)
118     171 CONTINUE
119     WRITER(OUT,1050) AL2
120     GO TO 190
121     180 CONTINUE
122     WRITE(OUT,1070) AL2
123     190 CONTINUE
124     IF((NGC(L+5),EW,1,OR,NGC(L+5),EW,1) GO TO 191
125     WRITE(OUT,1080) M1,M2
126     CALL POUT(AM12,IMX1,IMX2,IMX2)
127     191 CONTINUE
128     WRITE(OUT,1090) M1,M2
129     WRITE(OUT,1100) M1+AL1,M2+AL2,AM,COEF
130     1000 FORMAT(1H0,18A4)
131     1001 FORMAT(1H0,18A4)
132     1010 FORMAT(1H0,9H** GROUP=,13,3H **)
133     1020 FORMAT(1H0,8H SELF-INDUCTANCE OF EACH RECTANGULAR CROSS-SECTION
134     * COILS)
135     1030 FORMAT(1H ,5X,1P10E12.4)
136     1040 FORMAT(1H0,6H MUTUAL-INDUCTANCE OF EACH RECTANGULAR CROSS-SECTION
137     * ON COILS)
138     1050 FORMAT(1H0,20H TOTAL-INDUCTANCE=(,1P12.5,8H )****)
139     1070 FORMAT(1H0,29H SELF-INDUCTANCE OF PLASMA (:,1P12.5,8H )****)
140     1080 FORMAT(1H0,49H** MUTUAL-INDUCTANCE BETWEEN EACH COILS OF GROUP=,
141     * 13,1H AND GROUP=,13)
142     1090 FORMAT(1H0,30H** ACRO INFORMATION OF GROUP=,13,1H AND GROUP=,13,
143     * 11, ****)
144     1100 FORMAT(1H ,30H SELF-INDUCTANCE OF GROUP=,13,2H =,1P12.5,
145     1     1H ,30H SELF-INDUCTANCE OF GROUP=,13,2H =,1P12.5,
146     2     1H ,35H MUTUAL-INDUCTANCE =,1P12.5,
147     3     1H ,35H COEFFICIENT OF COUPLING =,1P12.5 )
148     RETURN
149     END

```

J1=JN-1の自己印加 J2=JN-1の自己印加

```

1      SUBROUTINE CALFINGHOP(X+Z,A+B,CURR,FORR,FORZ,[MAX,MEMORY]
2      COMMON /VAR1/ A(4000)
3      COMMON /INPT/ ITIT1(18),ITIT2(18),NGC(24),JHN(6),IMX(5),UM,RP

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V-05,L-01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 7

```

4      DIMENSION FORR(1:MAX,NGROP),FORZ(1:MAX,NGROP)
5      DIMENSION R(1),Z(1),AA(1),BB(1),CURN(1)
6      IOUT=6
7      DO 145 J=1,NGROP
8      DO 144 I=1,IMAX
9      FORR(I,J)=0.0
10     FORZ(I,J)=0.0
11     CONTINUE
12     CONTINUE
13     DO 240 K= 1,NGRD-1 } K7M1-L7M1とL7M1-L7M2の電磁力を計算対象とした。
14     DO 240 L=K+1,NGRD
15     IS=TE=0
16     IF(K,E6,NGC(2)) IS=TE=1
17     IF(L,E6,NGC(2)) IS=TE=2
18     IVX1=IXX(1)
19     IVX2=IXX(2)
20     IX1=IVX1
21     IX2=IVX2
22     IX1=IVX1
23     IX2=IVX2
24     IF(NGC(K+15),E6,1) IX1=1
25     IF(NGC(K+15),E6,1) IX2=1
26     IF(NGC(K+15),E6,1,OR,NGC(L+15),E6,1) IX2=1
27     M1 =K
28     M2 =L
29     WRTE(IOUT,1070) M1+M2
30     KO=1MAA*NGROP*2+1
31     K1=M0+IVX1
32     K2=M1+IVX1
33     K3=M2+IVX2
34     K4=M3+IVX2
35     K5=M4+IX1+IX2
36     K6=M5+IX1+IX2
37     K7=M6+IX2+IX1
38     K8=M7+IX2+IX1
39     K9=M8+IX2
40     K10=M9+IX2
41     K11=M10+IX2
42     K12=M11+IX2
43     K13=M12+IX2
44     K14=M13+IVX1
45     K15=M14+IVX1
46     K16=M15+IVX2
47     K17=M16+IVX2
48     IF(K17>L,GT,MEMORY) GO TO 990
49     DO 170 I=1,112
50     I1=1+K8=1
51     I2=1+K9=1
52     I3=1+K10=1
53     I4=1+K11=1
54     I5=1+K12=1
55     IF(I,LE,1,IVX1) I|=1+|JMN(K)-1
56     IF(I,GT,1,IVX1) I|=1+|JMN(L)-1-IVX1
57     A(I2)=M(1)
58     A(I3)=A(1)
59     A(I4)=A(1)
60     A(I5)=B(1)
61     A(I5)=CURN(1)
62     CONTINUE
63     CALL FORC((IVX1,IVX2,[12,IS=TE,M1,M2,IX1,IX2,N12,K,L,
1           A(K0),A(K1),A(K2),A(K3),A(K4),A(K5),A(K6),A(K7),A(K8),
2           A(K9),A(K10),A(K11),A(K12),A(K13),A(K14),A(K15),A(K16)])

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V-05,L-01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 8

```

64     DO 180 I=1,IVX1
65     I|=1+K9=1
66     I2=1+K10=1
67     FORR(I,K)=FORR(I,K)*AA(1)
68     FORZ(I,K)=FORZ(I,K)*AA(12) } 油圧カーラーの各コイルに働く電磁力を統計
69     CONTINUE
70     DO 190 I=1,IVX2
71     I1=1+K2=1
72     I2=1+K3=1
73     FORR(I,L)=FORR(I,L)*A(1)
74     FORZ(I,L)=FORZ(I,L)*A(12) } 油圧カーラーの各コイルに働く電磁力を統計
75     CONTINUE
76     CONTINUE
77     WRITE(IOUT,1080)
78     DO 240 J=1,NGROP
79     IVX=IMA(J)
80     WRITE(IOUT,1000) J
81     WRITE(IOUT,1090)
82     I1=1
83     I2=10
84     IS=0
85     IF(I2,GT,IVX) I2=IVX
86     CONTINUE
87     IF(S,E0,0) GO TO 242
88     I1=1+10
89     I2=12+10
90     IF(I2,GT,IVX) I2=IVX
91     CONTINUE
92     WRITE(IOUT,1010) (I,I=1+I2)
93     WRITE(IOUT,1020) (FORR(I,J),I=I1,I2)
94     IF(I2,LT,IVX) IS=1
95     IF(I2,LT,IVX) GO TO 241
96     CONTINUE
97     WRITE(IOUT,1100)
98     I1=1
99     I2=10
100    IS=0
101    IF(I2,GT,IVX) I2=IVX
102    CONTINUE
103    IF(S,E0,0) GO TO 245
104    I1=1+10
105    I2=12+10
106    IF(I2,GT,IVX) I2=IVX
107    CONTINUE
108    WRITE(IOUT,1010) (I,I=1+I2)
109    WRITE(IOUT,1020) (FORZ(I,J),I=I1,I2)
110    IF(I2,LT,IVX) IS=1
111    IF(I2,LT,IVX) GO TO 244
112    CONTINUE
113    CONTINUE
114    RETURN
115    CONTINUE
116    WRITE(IOUT,1030) S17
117    RETURN
118    1000 FORMAT(1H0,2X,I3,5H-GROUP --- TOTAL-FORCE ACTING ON COILE=I IN TH
119    *IS GROUP)
120    1010 FORMAT(1H ,5X,1D(4X,I3,5X))
121    1020 FORMAT(1H ,5X,1P10E12.4)
122    1030 FORMAT(1H0,43H***** MEMORY OVER FOR FORCE ,110,
123    *           11H ****)
124    1070 FORMAT(1H1,//
125    1   1H ,5D*****)

```

JAERI-M 5898

```

FACOM 230-60   FORTRAN 5 -730801- (V=5,L=01)          COMPILATION    74,08,21 PAGE 9
      2     1H,.50*****                         *****/  

      2     1H,.50*****                         *****/  

      2     1H,.50*****                         *****/  

      4     1H,.50*****                         *****/  

      5     1H,.50*****                         *****/  

      6     1H,11H     GROUP=1,13,11H AND GROUP=1,13//(/)  

123    1080 FORMAT(1H1,,7/1H,.45H***** TOTAL-FORCE ACTING ON COIL=1 IN GROUP-J)  

124    1090 FORMAT(1H1,,2X,14H _R=DIRECTION)  

125    1100 FORMAT(1H1,,2X,14H _Z=DIRECTION)  

126    END

```

```

1      SUBROUTINE FORC(I,IMX1,I,MX2,I,M1,M2,INX1,INX2,INMX,IL,
2      +          FORM1,OP21,FORR2,FORZ2,GRMR1,GRMZ1,GRMK2,GRMZ2,
3      *          H_2,AA,BB,CURR,FSR1,FSZ1,FSR2+FSZ2)
4      COMMON /VAR1/ A(42000)
5      COMMON /INPT/ IT1(I8),IT2(I8),NGC(24),IMN(6),IMX(5),UM,RP
6      DIMENSION FOR1(I,IMX1),FOR2(I,IMX1),FORR2(I,MX2),FORZ2(I,MX2),
7      +          FOSR1(I,IMX1),FOSZ1(I,IMX1),FOSR2(I,MX2),FOSZ2(I,MX2),
8      1          GRMR1(I,INX1,INMX),GRMZ1(INX1,INMX),
9      2          GRMZ2(INX2,INMX),GRMR2(INX2,INMX),
10     3          R(I,IMX),Z(I,IMX),AA(I,IMX),BB(I,IMX),CURR(I,IMX),
11
12    IOUT=6
13    10 CONTINUE
14    DO 20 I=1,INX1
15    DO 20 J=1,INMX
16    GMR1(I,J)=0.0
17    GMZ2(I,J)=0.0
18    20 CONTINUE
19    DO 30 I=1,IMX1
20    FORR1(I)=0.0
21    FORZ1(I)=0.0
22    FCSR1(I)=0.0
23    FOSZ1(I)=0.0
24    30 CONTINUE
25    DO 40 J=1,INMX
26    GMR2(J,J)=0.0
27    GMZ2(J,J)=0.0
28    40 CONTINUE
29    DO 50 I=1,IMX2
30    FORR2(I)=0.0
31    FORZ2(I)=0.0
32    FCSR2(I)=0.0
33    FGSZ2(I)=0.0
34    50 CONTINUE
35    IS=1
36    60 CONTINUE
37    IF((IS.EQ.1) .AND. IVX==IMX1
38    IF((IS.EQ.2) .AND. IVX==IMX2
39    DO 80 I=1,IVX
40    DO 70 J=1,IMX
41    IJ=I
42    JU=J
43    IF((IS.EQ.2) .AND. IJ==I+IMX1
44    IF((IS.EQ.2) .AND. JU.LE.1,IMX1) JJ=J+IMX2
45    IF((IS.EQ.2) .AND. JU.GT.1,IMX1) JJ=J-IMX1
46    R1=R(IIJ)
47    Z1=Z(IIJ)
48    R2=R(JJ)
49    Z2=Z(JJ)
50    X1=AA(IIJ)
51
52    END

```

FACOM 230-60 FORTRAN D -730801- (V=0.5,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 10
 45 X2=BB(1))
 46 NOP=0
 47 IF(I1S=1,E0,1,AND,IS,E0,1) NOP=1
 48 IF(I5WT,E0,2,AND,IS,E0,2) NOP=1
 49 IF(I5,E0,2) GO TO 62
 50 IF((I1,E0,J) GO TO 61
 51 FORR1()=FORR1(I)+FCIR(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ17ルバ+9ルコイル、平行アシマスアシマスアシマスアシマス
 52 FORZ1()=FONZ1(I)+FCIZ(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } 他アシマスから働く電磁力
 53 IF(J1,GT,IMX1) GO TO 64
 54 FCSR1()=FCSR1(I)+FCIR(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ17ルバ+9ルコイル、平行アシマスアシマスアシマス
 55 FOSZ1()=FOSZ1(I)+FCIZ(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } 他アシマスから働く電磁力
 56 GO TO 64
 57
 61 CONTINUE
 58 FORR1()=FORR1(I)+FCSR(X1,X2,R1,NOP,RP)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ17ルバ+9ルコイル、自己
 59 FCSR2()=FCSR2(I)+FCSR(X1,X2,R1,NOP,RP)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ17ルバ+9ルコイル、自己
 60 GO TO 64
 62 CONTINUE
 63 IF((I1,E0,J) GO TO 63
 64 FORR2()=FORR2(I)+FCIR(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ27ルバ+9ルコイル、平行アシマスアシマスアシマス
 65 FORZ2()=FORZ2(I)+FCIZ(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } 他アシマスから働く電磁力
 66 IF(J1,LE,IMX1) GO TO 64
 67 FCSR2()=FCSR2(I)+FCIR(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ27ルバ+9ルコイル、平行アシマスアシマス
 68 FOSZ2()=FOSZ2(I)+FCIZ(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM } 他アシマスから働く電磁力
 69 GO TO 64
 70
 63 CONTINUE
 70 FORR2()=FORR2(I)+FCSR(X1,X2,R1,NOP,RP)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ27ルバ+7ルコイルの自己
 71 FOSR2()=FOSR2(I)+FCSR(X1,X2,R1,NOP,RP)*CURN(I)+CURN(J)*UM } オ27ルバ+7ルコイルの自己
 72
 64 CONTINUE
 73 IF(NGC(X1+15),EV,1,OR,NGC(X1+15),E0,1) GO TO 63
 74 IF(I5,E0,1,AND,I1,E0,J) GRMH1(I,J)=CURN(I)+CURN(J)*UM
 *
 75 IF(I5,E0,1,AND,I1,NE,J) GRMRH1(I,J)=CURN(I)+CURN(J)*UM
 *
 76 IF(I5,E0,1,AND,I1,NE,J) GRM21(I,J)=FCIR(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM
 *
 77
 65 CONTINUE
 78 IF(NGC(X1+15),EV,1,OR,NGC(X1+15),E0,1) GO TO 70
 79 IF(I5,E0,2,AND,I1,E0,J) GRMH2(I,J)=FCSR(X1,X2,R1,NOP,RP)*CURN(I)+CURN(J)*UM
 *
 80 IF(I5,E0,2,AND,I1,NE,J) GRMRH2(I,J)=FCIR(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM
 *
 81 IF(I5,E0,2,AND,I1,NE,J) GRM22(I,J)=FCIZ(R1,R2,Z1,Z2)*CURN(I)+CURN(J)*UM
 *
 82
 70 CONTINUE
 83
 80 CONTINUE
 84 IS=1
 85 IF((I5,E0,2) GO TO 60
 86 WRITE(*,OUT,1000)
 87 WRITE(*,OUT,10102) M1
 88 IF((IS=1,E0,1)) WRITE(*,OUT,1070) M1
 89 WRITE(*,OUT,1040)
 90 WRITE(*,OUT,1030)
 91 WRITE(*,OUT,1040) (FOSW1(I),I=1,IMX1)
 92 WRITE(*,OUT,1050)
 93 WRITE(*,OUT,1040) (FOSZ1(I),I=1,IMX1)
 94 WRITE(*,OUT,1020)
 95 WRITE(*,OUT,1030)
 96 WRITE(*,OUT,1040) (FORR1(I),I=1,IMX1)
 97 WRITE(*,OUT,1050)
 98 WRITE(*,OUT,1040) (FONR1(I),I=1,IMX1)
 99 IF(IMX1>11,16,18,18,C(1),15,50,10,60) GO TO 500

FACOM 230-60 FORTNAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 11

```

100  WRITE(IOUT,1060)
101  WRITE(IOUT,1030)
102  CALL POUT(GRM1,IJM1,IMX1)
103  WRITE(IOUT,1050)
104  CALL POUT(GRM2,IJM1,IMX1)
105  500 CONTINUE
106  WRITE(IOUT,1010) M2
107  IF(LST.EQ.2) WRITE(IOUT,1070) M2
108  WRITE(IOUT,1080)
109  WRITE(IOUT,1090)
110  WRITE(IOUT,1090) (FOSH2(I),I=1,IMX2)
111  WRITE(IOUT,1090)
112  WRITE(IOUT,1090) (FOSZ2(I),I=1,IMX2)
113  WRITE(IOUT,1090)
114  WRITE(IOUT,1090)
115  WRITE(IOUT,1090) (FORR2(I),I=1,IMX2)
116  WRITE(IOUT,1090)
117  WRITE(IOUT,1090) (FORL2(I),I=1,IMX2)
118  IF(NGC<15) LEW=1,OR,NGC(L+15),LEW,1 GO TO 600
119  WRITE(IOUT,1060)
120  WRITE(IOUT,1030)
121  CALL POUT(GRM22,IMX2,IJM2,IMX2)
122  WRITE(IOUT,1050)
123  CALL POUT(GRM22,IMX2,IJM2,IMX2)
124  600 CONTINUE
125  IF(L.EQ.2) GO TO 620
126  DO 610 I=1,IMX1
127  FORR1(I)=FORR1(I)-FOSR1(I)
128  FORZ1(I)=FOHZ1(I)-FOSZ1(I)
129  610 CONTINUE
130  620 CONTINUE
131  IF(K.EQ.1) RETURN
132  DO 630 I=1,IMX2
133  FORR2(I)=FORR2(I)-FOSR2(I)
134  FORZ2(I)=FORZ2(I)-FOSZ2(I)
135  630 CONTINUE
136  RETURN
137  1000 FORMAT(1HO,//1H ,32H***** CALCULATION OF FORCE *****)
138  1010 FORMAT(1HO,9H** GROUP=,1,3H **)
139  1020 FORMAT(1HO,5H FORCE ACTING ON COIL-I BETWEEN TWO GROUP-COILS)
140  1030 FORMAT(1HO,4H ,4X+1H#-DIRECTION)
141  1040 FORMAT(1HO ,5X+1P10E12.)
142  1050 FORMAT(1HO,4H ,4X+1H#-DIRECTION)
143  1060 FORMAT(1HO,4H EACH FORCE ACTING ON COIL-I FROM COIL-J)
144  1070 FORMAT(1HO,9H GROUP=,1,3H COIL = PLASMA)
145  1080 FORMAT(1HO,5H FORCE ACTING ON COIL-I BETWEEN EACH COILS OF THIS
     * GROUP)
146  END

```

```

1      SUBROUTINE POUT(A,IJM1,JZMX,JK)
2      DIMENSION A(IRMX1:JZMX)
3      IOUT=6
4      DO 130 I1=1,IMX1,10
5      I2=I1+9
6      IF(I2.GT.1RMX) I2=1RMX
7      JM=JK
8      IS=TU
9      JI=1
10     JZ=JM
11     IF(J2.GT.JZMX) J2=JZMX

```

FACOM 230-60 FORTNAN D -730801- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 12

```

12    100 CONTINUE
13    IF(LIS#1,EQ.0) GO TO 110
14    JM=0
15    JI=JI+1
16    JZ=JI+JM
17    IF(JZ.GT.JZMX) JZ=JZMX
18    110 CONTINUE
19    WRITE(IOUT,1000) (I,I=[1:I2])
20    DO 120 JM=JI,JZ
21    WRITE(IOUT,1010) J,(A(I+J),I=[1:I2])
22    120 CONTINUE
23    IF(JZ.GE.JZMX) GO TO 130
24    IF(JZ.LT.JZMX) ISAT=1
25    IF(JZ.LT.JZMX) GO TO 100
26    130 CONTINUE
27    1000 FORMAT(1HO,5H J,I,1D(4X+,1.5X))
28    1010 FORMAT(1M ,13.2X,1P10E12.)
29    1020 FORMAT(1H )
30    RETURN
31    END

```

```

1      FUNCTION RECL(A,B,R,NOP,RF) 求める自己インダクタンスの計算子ルーチン
2      C SELF-INDUCTANCE OF RECTANGULAR CROSS SECTION COIL
3      C AND CIRCULAR CROSS SECTION COIL
4      C IF(NOP,EQ.1) GO TO 10
5      C RS=0.5*ALOG((A+B*B)-B*B/(12.0*A*A))*ALOG(1.0+A*A/(B*B))
6      C * -A*A/(12.0*B*B)*ALOG(1.0+B*B/(A*A))+2.0*B/(3.0*A)*ATAN(A/B)
7      C * +2.0*A/(3.0*B)*ATAN(B/A)-25.0/12.0
8      C GO TO 20
9      C 10 CONTINUE
10     C RF=ALOG(RP)-0.25
11     C 20 CONTINUE
12     C RECL=KK*(ALOG(B.0*M))-RS-2.0
13     C RETURN
14     C END

```

```

1      C FUNCTION AMUT(R1,R2,Z1,Z2) 求める互いインダクタンスの計算子ルーチン
2      C MUTUAL INDUCTANCE BETWEEN LOOP CURRENTS
3      C AK=SQRT((R1*R1+R2*R2)/((R1+R2)*(Z1+Z2)+(Z1-Z2)))
4      C CALL CEL11S(AK,ELPK)
5      C CALL CEL12S(AK,ELPK)
6      C AN=J=1.0/AK*SQRT(R1*R2)*((1.0-AK*A1/2.0)*ELPK-ELPK)
7      C RETURN
8      C END

```

```

1      C FUNCTION FCIR(R1,R2,Z1,Z2) 求める自己インダクタンス(PAX)の計算子ルーチン
2      C INTERNAL FORCE IN R-DIRECTION BETWEEN LOOP CURRENTS
3      C S=R1*R1+R2*R2+(Z1-Z2)*(Z1-Z2)
4      C P=Z1*Z1+Z2*Z2
5      C AK=2.0*DUP(S,P)
6      C AK=SQRT(AK)
7      C CALL CEL11S(AK,ELPK)
8      C CALL CEL12S(AK,ELPK)
9      C FCIR=R1/SQRT(S,P)*(ELPK-(S-Z1*R2+Z2)/S)*ELPK
10     C RETURN
11     C END

```

FACOM 230-60 FORTAN U -7308U1- (V=05,L=01) COMPILATION 74.08.21 PAGE 13

```

1      C FUNCTION FC1Z(Z1,Z2,Z1,Z2)
2      C INTER-FORCE IN Z-DIRECTION BETWEEN LOOP CURRENTS
3      C S=1*(Z1+Z2)*(Z1-Z2)*(Z1-Z2)
4      C Pz2,0*M1*M2
5      C AK=2.0*P/(3+P)
6      C AK=SQR(4*AK)
7      C CALL CEL1IS(AK,ELPK)
8      C CALL CEL1ZS(AK,ELPE)
9      C FC1Z=(Z1-Z2)/S*RT(S+P)*(ELPK-S/(S+P)*ELPE)
10     C RETURN
11     C END

1      C FUNCTION FCSR(A,B,R,NOP,RP)
2      C SELF-FORCE OF RECTANGULAR CROSS SECTION COIL
3      C AND CIRCULAR CROSS SECTION COIL
4      C IF(NOP.EQ.1) GO TO 10
5      C RS=0.5*ALOG(A*A+B*B)-B*R/(12.0*A*A)*ALOG(1.0+A*A/(B*B))
6      C 1   -A*A/(12.0*B*B)*ALOG(1.0+B*B/(A*A))+2.0*B/(3.0*A)*ATAN(A/B)
7      C 2   +2.0*A/(3.0*B)*ATAN(B/A)-25.0/12.0
8      C GO TO 20
9      C CONTINUE
10     C RS=ALOG(R/P)-0.25
11     C 20 CONTINUE
12     C FCSR=ALOG(8.0*M)-RS=1.0
13     C RETURN
14     C END

```

付録 II 環状コイルのインダクタンスおよび電磁力の計算

空心変流器コイルや垂直磁場コイルはそれぞれ同軸の環状コイルを複数個組合せて構成される。したがって空心変流器や垂直磁場コイルの自己インダクタンス、相互インダクタンスおよびそれぞれの環状コイルに働く電磁力を計算するプログラムは設計を進めるうえで必要となる。複数個の同軸環状コイルを幾つかのグループに分け、各グループごとの自己インダクタンス、相互インダクタンスおよび各コイルに働く電磁力を線状コイル近似のもとで計算するプログラムを作成した。

1. インダクタンスの計算式

同軸の環状コイル同志の相互インダクタンスは、線状コイル近似のもとで次のように書ける。

$$L_{ij} = \frac{2\mu}{k} \sqrt{r_i r_j} \left\{ \left(1 - \frac{k^2}{2} \right) K(k) - E(k) \right\} \quad , \quad (II-1)$$

ここで $k^2 = \frac{4 r_i r_j}{(r_i + r_j) + (z_i - z_j)}$

r_i, z_i : コイル i の半径および z 座標

$K(k), E(k)$: 完全橍円積分 である。

環状コイルの自己インダクタンスは

$$L_{ii} = \mu r_i \left(\ln \frac{8 r_i}{R_s} - 2 \right) \quad , \quad (II-2)$$

であり、ここで R_s は幾何学的平均距離と呼ばれ、環状コイルの断面が矩形の場合には、矩形の各辺の長さを a, b とすれば

$$R_s = \frac{1}{2} \ln \left(a^2 + b^2 \right) - \frac{b^2}{12 a^2} \ln \left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right) - \frac{a^2}{12 b^2} \ln \left(1 + \frac{b^2}{a^2} \right) \\ + \frac{2}{3} \frac{b}{a} \tan^{-1} \frac{a}{b} + \frac{2}{3} \frac{a}{b} \tan^{-1} \frac{b}{a} - \frac{25}{12} \quad , \quad (II-3)$$

となり、円形断面の場合には、その半径を a として、

$$\ln R_s = \ln a - \frac{1}{4} \quad , \quad (II-4)$$

で表わされる。

以上の式を用いて、第 g グループの自己インダクタンス L^g は、それぞれのコイル巻数を N_i として

$$L^g = \sum_{i \in g} \sum_{j \in g} L_{ij} N_i N_j \quad , \quad (II-5)$$

であり、第gグループのコイルと第g'グループのコイルの相互インダクタンス $M^{gg'}$

$$M^{gg'} = \sum_{i \in g} \sum_{j \in g'} L_{ij} N_i N_j \quad (\text{II-6})$$

で計算できる。したがって、第gグループと第g'グループの結合係数 $k^{gg'}$ が計算できる

$$k^{gg'} = M^{gg'} / \sqrt{L_g L_{g'}} \quad (\text{II-7})$$

2. 環状コイルに働く電磁力の計算

コイル i に働く α 方向の電磁力はインダクタンスを用いて

$$\begin{aligned} F_{i\alpha} &= \frac{1}{2} \sum_j \sum_k I_j I_k \frac{\partial L_{jk}}{\partial x_{i\alpha}} \\ &= \frac{1}{2} I_i^2 \frac{\partial L_{ii}}{\partial x_{i\alpha}} + I_i \sum_{j \neq i} I_j \frac{\partial L_{ij}}{\partial x_{i\alpha}} \end{aligned} \quad (\text{II-8})$$

と表わせる。したがって、式(II-1), (II-2)を r_i, z_i で微分すれば式(II-8)によって環状コイル i に働く電磁力 F_{ir}, F_{iz} が計算できる。

式(II-1)および

$$\begin{aligned} \frac{\partial K(k)}{\partial k} &= \frac{E(k) - (1-k^2)K(k)}{(1-k^2)k} \\ \frac{\partial E(k)}{\partial k} &= \frac{E(k) - K(k)}{k} \end{aligned}$$

を用いると環状コイル同志による相互作用力によってコイル i に働く電磁力は

$$\begin{aligned} I_i \sum_{j \neq i} I_j \frac{\partial L_{ij}}{\partial r_i} &= \sum_{j \neq i} \frac{I_i I_j \mu r_i}{\sqrt{(r_i + r_j)^2 + (z_i - z_j)^2}} \\ &\times [K(k) - \frac{r_i^2 - r_j^2 + (z_i - z_j)^2}{(r_i - r_j)^2 + (z_i - z_j)^2} E(k)] \quad (\text{II-9}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_i \sum_{j \neq i} I_j \frac{\partial L_{ij}}{\partial z_i} &= \sum_{j \neq i} \frac{I_i I_j \mu (z_i - z_j)}{\sqrt{(r_i + r_j)^2 + (z_i - z_j)^2}} \\ &\times [K(k) - \frac{r_i^2 + r_j^2 + (z_i - z_j)^2}{(r_i - r_j)^2 + (z_i - z_j)^2} E(k)] \quad (\text{II-10}) \end{aligned}$$

である。また、環状コイルの自己力は

$$\frac{1}{2} I_i^2 \frac{\partial L_{ii}}{\partial r_i} = \frac{1}{2} I_i^2 \mu \left(\ln \frac{8r_i}{R_s} - 1 \right) \quad (\text{II-11})$$

$$\frac{1}{2} I_i^2 - \frac{\partial L_{ii}}{\partial z_i} = 0 , \quad (\text{II-12})$$

である。従って、環状コイル i に働く電磁力、 F_{ir} および F_{iz} は式 (II-8) より計算できる。

表 II-1 に各々のケースにおける 1 ターンあたりのインダクタンスおよび結合係数をまとめ示した。

表 II -1 1 ターンあたりのインダクタンスおよび結合係数

B_c コイル	$L \cdot P. /C$ よる結果	閉路 C_1			閉路 C_2			閉路 C_3			閉路 C_4		
		40 分割	60 分割	(40+60) 分割	40 分割	(40+60) 分割	16 分割	40 分割	(40+60) 分割	16 分割	40 分割	(40+60) 分割	16 分割
B_v コイル	$L \cdot P. /C$ よる結果	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
L'_1 (H)	2.498×10^{-4}	2.476×10^{-6}	2.473×10^{-6}	2.467×10^{-6}	2.324×10^{-6}	2.324×10^{-6}	2.324×10^{-6}	2.377×10^{-6}					
M'_{12} (H)	2.512×10^{-6}	2.514×10^{-6}	2.513×10^{-6}										
k_{12}	0.692	0.688	0.689	0.690	0.690	0.690	0.690	0.690	0.690	0.690	0.690	0.690	
L'_a (H)	2.059×10^{-6}	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	
M'_{13} (H)	1.681×10^{-9}	-2.923×10^{-9}	-2.234×10^{-9}	-2.418×10^{-9}	-2.418×10^{-9}	-2.280×10^{-9}	-2.280×10^{-9}	-3.031×10^{-9}					
k_{13}	7.4×10 ⁻⁴	1.29×10^{-3}	9.9×10^{-4}	1.07×10^{-3}	9.80×10^{-4}	9.80×10^{-4}	9.80×10^{-4}	1.28×10^{-3}					
M'_{23} (H)	-9.310×10^{-7}	←	←	←	←	←	←	-8.531×10^{-7}	-8.531×10^{-7}	-8.531×10^{-7}	-7.922×10^{-7}	-7.922×10^{-7}	
k_{23} (H)	0.280	←	←	←	←	←	←	0.241	0.241	0.241	0.220	0.220	

閉路 C_1 : $\rho_o = 3.25\text{m}$ $r = 1.62\text{m}$ なる円周閉路 C_2 : $\rho_o = 3.25\text{m}$ $r = 1.67\text{m}$ なる円周閉路 C_3 : $\rho_o = 3.18\text{m}$ $r = 1.41\text{m}$ なる円周閉路 C_4 : $\rho_o = 3.18\text{m}$ $r = 1.41\text{m}$ なる円周と $\rho_o = 4.15\text{m}$ $r = 0.82\text{m}$ なる円周を滑らかにつないだ曲線

添字 1: 变流器コイル, 2: プラスマ, 3: 垂直磁場コイル