

JAERI-M

6 3 2 4

グラフィック・ディスプレイを用いたポロイダル
コイル設計プログラム

(臨界プラズマ試験装置設計報告, XI)

1975年11月

亀有昭久*・二宮博正・相川裕史**・鈴木康夫

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

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

グラフィック・ディスプレイを用いたポロイ
ダルコイル設計プログラム

(臨界プラズマ試験装置設計報告, XI)

日本原子力研究所東海研究所核融合研究部
亀有昭久^{*}・二宮博正・相川裕史^{**}・鈴木康夫

(1975年11月11日受理)

臨界プラズマ試験装置 (JT-60) のポロイダル・コイル類 (変流器コイル, 垂直磁場コイル, 四重極磁場コイル, 水平磁場コイル) の配置を設定する方法として, グラフィック・ディスプレイを用いたダイアログ型式の計算コードを開発した。この方法によって, 計測用ポート位置, 中性粒子入射用スペース, 真空系用引口等々のコイルの設定不可能な禁止領域を考慮し, 更に各種コイル間の相互干渉も考慮した上で, 最適なコイル位置を決定する事ができる。現在の例では, 変流器コイルによる, もれ磁場はプラズマ周辺で15 Gに押さえ, 他の制御用磁場も, 目的関数の5%以内に押さえる事が可能となった。

* 外来研究員: 三菱原子力工業大宮研究所

** 特別研究生: 名古屋大学プラズマ研究所

Computing Code for the Positioning of Poloidal Coils
using a Graphic Display

Akihisa KAMEARI*, Hiromasa NINOMIYA, Hiroshi AIKAWA**,
and Yasuo SUZUKI

Division of Thermonuclear Fusion Research, Tokai, JAERI

(Received November 11, 1975)

A computing code using a graphic display is developed for positioning various poloidal coils (transformer, vertical field, quadrupole field and horizontal field coils) in the large tokamak JT-60. It enables us to determine the optimum positions despite the constraints such as the interference between coils and the forbidden regions occupied by measuring ports, neutral beam injectors, vacuum system, etc.. It is possible to suppress the stray field due to current flowing in the transformer coils below 15G at the plasma periphery. The other control fields can be made less than 5% of the objective functions.

* On leave from Mitsubishi Atomic Power Industries Inc.,
Omiya.

** On leave from Institute of Plasma Physics, Nagoya
University, Nagoya.

目 次

1. はじめに.....	1
2. 計算方法.....	2
3. 計算コードの概要.....	3
4. コードの使用方法.....	7
5. 結 果.....	8
6. おわりに.....	9

1. はじめに

臨界プラズマ試験装置 (JT-60) のポロイダル・コイル類 (空心変流器コイル, 垂直磁場コイル, 四重極磁場コイル, 水平磁場コイル) の配置を設定する方法として, 従来, 線型計画法¹⁾, Zakharovの方法²⁾及び, 非線型計画法³⁾を適用する手法が使用されてきた。線型計画法ではあらかじめ, コイルの位置を設定した上で, 各コイルに流れる電流を評価関数を最小にする事によって求める手法である。それ故に, この方法では, 具体的なコイル巻数値に, 変換する際に, かなりの誤差磁場が生じる欠点がある。Zakharovの方法では, 閉曲線をあらかじめ, 設定し, その曲線上の電流分布をZakharovの積分方程式を解く事によって求め, 具体的なコイル配置を決定している。しかし, 閉路上の連続的電流分布を具体的なコイル配置に, 置き換える際に誤差磁場が生ずる。非線型計画法では, Zakharovの方法の欠点である連続的電流分布を, 実際的な非連続的電流分布に, 改善し, 具体的な, コイル配置を求めているが, 禁止領域が増加すると, 収束が悪くなったり, 収束しなくなったりする。また, これら従来の方法は, いずれも, コイル配置を自由に操作する事が實際上, 不可能であり, 円周上, 楕円周上を変動させる程度に限定されてしまう。

このグラフィック・ディスプレイを用いた方法では, コイルの位置も, 全く自由に置く事が可能であり, 各コイルに流すべき電流も, 各コイルの巻数だけを考慮するほかは, 自由に, 変動させる事ができる。大型核融合装置では, 各種のコイル類, ポート, 支持台等の設置場所の占める部分が大きくなり, ポロイダル・コイル類を置く場所も, 十分な, スペースがない場合が多い。それゆえに, この方法では空いた場所をうまく活用する様に, コイルを置く事によって, ケース毎に, 磁場計算をさせ, 目的関数に収束させる様に, try and errorで, 計算機との対話を行いつつ, 最終的に, 満足のゆく, コイル配置, 電流値を決定する事が可能となる。

このレポートでは, ポロイダル・コイルの設計プログラムの計算コード説明, 使用方法を重点的に述べ, マニュアルとしての役割を果せれば, 幸いである。

2. 計算方法

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、

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

$$B_\rho(r, z; \rho, \xi) = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{(r+\rho)^2 + (z-\xi)^2}} \frac{z}{r} \times \\ \times \left\{ -K(k) + \frac{r^2 + \rho^2 + (z-\xi)^2}{(r-\rho)^2 + (z-\xi)^2} E(k) \right\} \quad (2)$$

$$B_z(r, z; \rho, \xi) = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{(r+\rho)^2 + (z-\xi)^2}} \times \\ \times \left\{ K(k) - \frac{r^2 - \rho^2 + (z-\xi)^2}{(r-\rho)^2 + (z-\xi)^2} E(k) \right\} \quad (3)$$

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

である。ここで、 Φ 、 B_ρ 、 B_z 、 $K(k)$ 、 $E(k)$ は、それぞれ磁場のフラックス関数、径方向の磁場、z方向の磁場、そして、第一種、第二種完全楕円積分である。

本コードでは、コイル位置とコイル電流を与え、それによって作られる場を式(1)、式(2)、式(3)を計算して求め、目的関数との差を、グラフィック・ディスプレイによってCRT面上に、直接、映し出すものである。目的関数と実際の計算によって得られた磁場関数との差を収束させる様に、コイル位置、コイル電流を適当に、CRT面上で、変更する事によって、try and errorで、目的のコイル位置、コイル電流を決定する。ゆえに、プログラム作成上、数学的に、複雑な事は、全く存在しないと云ってもよく、ただ電子計算機にグラフィック・ディスプレイ用の基本ソフト・ウェアが、開発されておれば、事足りるものである。幸いにも、原研のFACOM230-75用に中村・小沼⁴⁾の開発したPGSLIB/BASICがあり、我々は、それに基づいて、プログラムを作成した。このグラフィック・ディスプレイを使う方法は実際使用してみると、非常に、強力であり、以前から使われてきた方法よりも、はるかに早く自由度が大きく、精密な解が得られる。

3. 計算コードの概要

Fig. 1に、プログラム・リストの一例をあげる。プログラムはM1～M6までのメイン・プログラムに、サブルーチン・プログラムとしてSUBROUTINE INPUT, SUBROUTINE CALC, SUBROUTINE FIELD, SUBROUTINE DISPLY SUBROUTINE LINFRG, SUBROUTINE ISOBと6つあり、ファンクション・プログラムとして、FUNCTION FUNCがある。SUBROUTINE INPUTは、プログラムに必要なデータを、インプットする。SUBROUTINE CALCとSUBROUTINE FIELDで、磁場計算を実行し、SUBROUTINE DISPLYでグラフィック・ディスプレイによって、計算機と対話を行いながらCRT面に計算結果をトレースさせる。なお、SUBROUTINE ISOBは、磁場の絶対値を求めるプログラムであり、SUBROUTINE LINFRGは、渡辺二太氏⁵⁾の開発した、等高線をトレースさせるプログラムである。FUNCTION FUNCは目的関数の計算を実行させる。以下プログラム・リストを順を追って説明する。

M1：グラフィック・ディスプレイをオープンし、使用可能状態にする。

M2：入力データを読み込む。

M3：グラフィック・ディスプレイ上に於て、ポロイダル・コイルの設計を行う。

M4：グラフィック・ディスプレイをクローズし、使用不能状態にする。

M5, 6：プログラムの終了。

I 1～10：各種宣言文。

I 11～12： $z=0$ の面に対してコイル電流が対称か、反対称かの判定条件。

I 13：目的関数として、FUNCTION FUNCを使うかどうかの判定条件。

I 14～36：CRT面上に書かせる、真空容器の形状、トロイダル・コイル、ポート、ポロイダル・コイルの形状、コイルの数、等々の入力。（入力データについては4で詳しく説明する。）

I 37～52

I 70～72

}入力データから読み込んだ値をラインプリンタでアウトプットする。

I 53～69：計算する磁場の値の座標の決定と、目的関数として、FUNCTION FUNCを使うかどうかの判定。（使わない時は、入力から読み込ませる。）

I 73～87：各種FORMAT文。

C 2～7：各種宣言文。

C 8： $z=0$ の面に対して、対称電流か否かの判定条件。

C 9～71：SUBROUTINE FIELDを使って、各点における磁場の値を各コイルからの寄与を加え合わす事によって、求めている。

F 1～17：式(1), (2), (3)を、線電流近似で計算する。

D 1～12：各種宣言文。

D 13～14：コイル位置のシンボル・マークの出現・消去の準備。

D 15：試行錯誤の回数を示す。（最初なので1）

D 16～40：入力データの単位(m)を、グラフィック・ディスプレイ用に収まる様に変換する。

- D 41 ~ 45 : コイルの位置, 電流を, 初期値として0 とおく。
- D 46 : ビームを原点より, X方向に 30 mm, Y方向に 190 mm 移動し, その点を新しく原点とする。
- D 47 : STEP NO を描かせる。
- D 48 : この命令以後に生成されるディスプレイ語列に対して図形単位名 "EL" "CASE" を与える。
- D 49 : CRT面上にCASE NO を描かせる。
- D 50 ~ 51 : この命令以後, CRT面上に描かせる全ての長さは, このファクター (0.75) との積になっている。
- D 52 ~ 54 : X軸, Y軸, グリッドを描かせる。
- D 55 ~ 77 : 真空容器の図形をCRT面上に描かせる。
- D 78 ~ 80 : トロイダル・コイルをCRT面上に描かせる。
- D 81 ~ 87 : ポロイダル・コイルをCRT面上に描かせる。
- D 88 ~ 109 : ポートをCRT面上に描かせる。
- D 110 : この命令以後, CRT面上に描かせる全ての長さはこのファクター (1.0) との積になっている。
- D 111 : I STEP = 1 とする。
- D 112 : この命令以後に生成される図形を "STEP" 1 とする。
- D 113 : 1 と描かせる。
- D 114 : これまでのディスプレイ語列をバッファに転送し, CRT面に図形を表示し, (この命令ではじめてCRT面に, 図形が現われる。) プログラムは, 待ち状態に入り, 外部より, コメント入力が, 可能となる。外部より, ライトペンで, ENDを押す。すると, プログラムは待ち状態を脱し, GDOA⁴⁾を初期化する。
- D 115 : プログラムは, 待ち状態に入り, ハード・コピー用のボタンを受けつける。ライトペンで, HARD COPYを押して得られた図形をFig. 2 - 1 に示す。ステップ番号が1である。
- D 116 : "STEP" 1 と描かれていた "1" の消去命令。
- D 117 ~ 120 : 目的関数のグラフを描かせるための準備。
- D 121 : ビームをY方向に - 160 mm 移動し, その点を原点とする。
- D 122 ~ 146 : 目的関数のグラフを描かせる。
- D 147 ~ 149 : I STEPを2とし, 以後の図形を "STEP" 2 と名づけ, 2 をCRT面上に描かせる。
- D 150 ~ 151 : D 114 ~ 115 と同じ。ライトペンでHARD COPYを押して得られた図形を Fig. 2 - 2 に示す。Fig. 2 - 1 に, 目的関数のグラフがつけ加わっている。ステップ番号は, 2 である。
- D 152 : "STEP" 2 の消去命令。
- D 153 ~ 154 : CRT面上に「CARD」と描かせ, その図形単位名を "EL", "CARD" とする。
- D 155 ~ 156 : CRT面上に「KEY」と描かせ, その図形単位名を "EL", "KEY" とする。
- D 157 ~ 158 : CRT面上に「PEN」と描かせ, その図形単位名を "EL", "PEN" とする。
- D 159 ~ 160 : CRT面上に「CALCULATE」と描かせ, その図形単位名を "EL", "CAL" と

する。

D 161 ~ 162 : CRT面上に, 「END」と描かせ, その図形単位名を“EL”, “END”とする。

D 163 : ビームを前の原点より X方向に 210 mm, Y方向に 160 mm ずらし, その点を新しく原点とする。

D 164 ~ 180 : コイルの位置と, 電流を CRT面上に描かせる。この場合, 初期値として, 0 が入っている。

D 181 ~ 184 : ISTEP = 3 とし, “3” を描かせ, D 153 から, これまでのディスプレイ命令をすべて, CRT面上に表示する。(Fig. 2 - 3 に STEP 3 の場合の CRT面の図形を示す。)

D 185 ~ 189 : ステップ番号 3 を消去し, ライトペンで, CAL, CARD, KEY, PEN, ENDのうち, いずれかを押す。(それ以外を押してしまった場合は D 180 に戻る。)
この命令は, コイルの位置, 電流をキーボード, ライトペン, カードのいずれからでも, 入力できるのである。CAL は, その結果を計算させるものである。ライトペンで, CARD を押した場合は, D 190 にとび, KEY を押した場合は, D 194 にとび, PEN を押した場合は, D 219 にとぶ。CAL を押した場合は, D 271 にとび, 磁場の強さを計算する。END を押した場合は, D 320 にとび, このプログラムは, 終了してしまう。

(まず, ライトペンで CARD を押した場合)

D 190 ~ 193 : カードより, コイルの位置, 電流を読み込み D 244 にとぶ。

(ライトペンで KEY を押した場合 → Fig. 2 - 4)

D 194 ~ 218 : ステップ番号を 4 とし, “4” を描かせ, 変化させたいもの (コイルの X座標, Y座標, コイル電流) をライトペンで押しカーソルが, CRT面上に表示された後キーボードより, 好みの数字をキー・インさせる。その後, ステップ番号 4 を消去させ, D 244 にとぶ。

(ライトペンで PEN を押した場合 → Fig. 2 - 5)

D 219 ~ 243 : ステップ番号を 5 とし, “5” を描かせる。動かしたいコイルの X座標をライトペンで押す。トラッキングシンボルが, 原点に出現する。それをライトペンで押し, 誘導しながら, 好みの位置でライトペンのボタンを離す。ステップ番号 “5” を消去し D 244 に行く。

D 244 ~ 270 : CRT面上に表示されてあった, コイルの X座標, Y座標, 電流値がすべて消去され, 新たに, 訂正されたコイル位置のマークを, CRT面に描かせる命令を出した後, D 164 に戻る。D 164 に戻った後は, 前に説明した様に新しいコイルの位置電流値が D 184 で表示され, D 185 でプログラムは再度待ち状態に入る。

(ライトペンで CAL を押した場合 → Fig. 2 - 6)

D 271 ~ 296 : CRT面上に表示されたコイルの位置, 電流値で磁場の強さを計算し, CRT面上に, そのグラフを描かせる。その時ステップ番号は, 6 と表示される。

D 297 ~ 303 : 今までに, 計算させた磁場のグラフのうち消去させたいものがあるならば, そのグラフの番号, 曲線, ケース番号をライトペンで押せば, 消去できる。消去させない

のなら、上記以外のものを押せば、D 304 にとぶ。

D 304 ~ 319 : ステップ番号を7とし、“7”を表示しSUBROUTINE ISOB で、磁場の絶対値のグラフを計算させる。後、ケース番号を1つ増してD 180に戻る。その後、D 184 で、磁場の絶対値の等高線をCRT面上に表示させ、D 185 で、再度待ち状態に入る。

(ライトペンでENDを押した場合)

D 320 ~ 322 : プログラムはこの後、メイン・プログラムのM4 ~ M6に戻り、グラフィック・ディスプレイをクローズして終了する。

FU1 ~ 4 : 目的関数を描かせるプログラム (水平磁場コイルの場合使用する。)

L 1 ~ 189 : 等高線のプログラム⁵⁾

IS1 ~ 65 : 磁場の絶対値を計算し、SUBROUTINE LINFRGを使って、等高線を描かせるプログラム。

以上で一応プログラムの概要は、説明したので実際、プログラムを使用する際のマニュアルを以下に記す。

STEP1 : END, NOCOPYをライトペンで押す。

(Fig. 2-1) (ハードコピーをとりたい時は、END, HARD COPY)

STEP2 : END, NOCOPYをライトペンで押す。

(Fig. 2-2) (ハードコピーをとりたい時は、END, HARD COPY)

STEP3 : CARD, KEY, PEN, CAL, ENDのいずれかをライトペンで押す。

(Fig. 2-3)

CARDを押した場合

(この場合は、入力データとしてカードで計算機にあらかじめ、読み込ませておかねばならない。)

STEP 3のまま

KEYを押した場合 (STEP4となる。) → Fig. 2-4

○訂正したいコイルのX座標or Y座標orコイル電流値をライトペンで押す。カーソルが、CRT面に現われる。キー・ボードより、数値を入力する。(最後にENDキーを押す。) → STEP3になる。

PENを押した場合 (STEP5となる。) → Fig. 2-5

○訂正したいコイルのX座標をライトペンで押す。トラッキング・シンボルが、原点に現われる。ライトペンで、トラッキング・シンボルを好みの位置まで移動し、その点でライトペンを離す。→ STEP3になる。

CALを押した場合 (STEP6となる) → Fig. 2-6

○画面に表示されているコイル位置、電流値で磁場計算をし、そのグラフが画面に現われる。もしそのグラフが、不必要であるならば、ライトペンで、そのグラフの曲線か、CASE NO. を押す事によって、消去する事ができる。→ STEP6のまま

ENDを押した場合

○画面は全部消去され、プログラムは終了となる。

STEP6 : 消したい磁場計算のグラフがあれば、ライトペンでそのグラフのCASE. NO. の番号 (Fig. 2-6) か、グラフの曲線か、曲線のわきのケース番号を、押せば消す事ができる。消したいも

のなければ、ENDを押す。→STEP7に行く。

STEP7: この段階で、磁場の絶対値の等高線のグラフを描き→STEP3に移る。
(Fig. 2-7)

4. コードの使用方法

入力データ・カードの説明(単位はすべてM・K・S.)

○カード1 (I 2, 8 X, 10 A 4) ←FORMAT

NVV: 真空容器の断面形状を形成している線分の個数

○カード2 (6 E 10.0)

XVV1, YVV1: 真空容器の断面形状を形成する線分の一端のX座標, Y座標

XVV2, YVV2: 真空容器の断面形状を形成する線分他端のX座標, Y座標

XVVC, YVVC: 真空容器の断面形状の線分が曲率をもっていた場合の曲率中心のX座標, Y座標
(直線の場合は, 0.0.0.0)

○カード3 (I 2, 8 X, 10 A 4)

NTC: トロイダルコイルの個数(通常は1)

○カード4 (6 E 10.0)

XTCC, YTCC: トロイダルコイルの内側の円の中心のX座標, Y座標

RTC: トロイダル・コイルの内側の円の半径

○カード5 (I 2, 8 X, 10 A 4)

NPC: CRT面上に描かせるポロイダル・コイルの数(禁止領域を設定するため)

○カード6 (6 E 10.0)

XPC, YPC: ポロイダル・コイルの断面の重心のX座標, Y座標

TATEPC, YOKOPC: ポロイダル・コイルの断面(長方形とした時)の縦の長さ, 横の長さ

○カード7 (I 2, 8 X, 10 A 4)

NPT: CRT面上に描かせるポートの数(禁止領域の設定のため)

○カード8 (6 E 10.0)

XPT1, YPT1: 円筒形ポートの中心軸の一端のX座標, Y座標

XPT2, YPT2: 円筒形ポートの中心軸他端のX座標, Y座標

PHIPT: 円筒形ポートの直径

○カード9 (I 2, 8 X, 10 A 4)

ICOIL: 求めたい磁場を形成するためのコイルの数

TAISHO: 求めたい磁場が, 変流器コイルのもれ磁場, 垂直磁場, 四重極磁場の場合はTAIS
とし, 水平磁場の場合はHANTとする。

○カード10 (I 2, 8 X, 10 A 4)

IGIVEN: 目的関数を決定する際の座標の点の数

FIELD0: 目的関数がY方向の磁場の値の時は, BZ, X方向の磁場の値の時は, BR

○カード11 (6 E 10.0)

のなければ、ENDを押す。→STEP7に行く。

STEP7: この段階で、磁場の絶対値の等高線のグラフを描き→STEP3に移る。
(Fig. 2-7)

4. コードの使用方法

入力データ・カードの説明(単位はすべてM・K・S.)

○カード1 (I 2, 8 X, 10 A 4) ←FORMAT

NVV: 真空容器の断面形状を形成している線分の個数

○カード2 (6 E 10.0)

XVV1, YVV1: 真空容器の断面形状を形成する線分の一端のX座標, Y座標

XVV2, YVV2: 真空容器の断面形状を形成する線分他端のX座標, Y座標

XVVC, YVVC: 真空容器の断面形状の線分が曲率をもっていた場合の曲率中心のX座標, Y座標
(直線の場合は, 0.0, 0.0)

○カード3 (I 2, 8 X, 10 A 4)

NTC: トロイダルコイルの個数(通常は1)

○カード4 (6 E 10.0)

XTCC, YTCC: トロイダルコイルの内側の円の中心のX座標, Y座標

RTC: トロイダル・コイルの内側の円の半径

○カード5 (I 2, 8 X, 10 A 4)

NPC: CRT面上に描かせるポロイダル・コイルの数(禁止領域を設定するため)

○カード6 (6 E 10.0)

XPC, YPC: ポロイダル・コイルの断面の重心のX座標, Y座標

TATEPC, YOKOPC: ポロイダル・コイルの断面(長方形とした時)の縦の長さ, 横の長さ

○カード7 (I 2, 8 X, 10 A 4)

NPT: CRT面上に描かせるポートの数(禁止領域の設定のため)

○カード8 (6 E 10.0)

XPT1, YPT1: 円筒形ポートの中心軸の一端のX座標, Y座標

XPT2, YPT2: 円筒形ポートの中心軸他端のX座標, Y座標

PHIPT: 円筒形ポートの直径

○カード9 (I 2, 8 X, 10 A 4)

ICOIL: 求めたい磁場を形成するためのコイルの数

TAISHO: 求めたい磁場が, 変流器コイルのもれ磁場, 垂直磁場, 四重極磁場の場合はTAIS
とし, 水平磁場の場合はHANTとする。

○カード10 (I 2, 8 X, 10 A 4)

IGIVEN: 目的関数を決定する際の座標の点の数

FIELD0: 目的関数がY方向の磁場の値の時は, BZ, X方向の磁場の値の時は, BR

○カード11 (6 E 10.0)

X, Y: 目的関数を決定する際の, X座標, Y座標

FLD: 目的関数の(X, Y)における磁場の強さただし, IGIVEN=2, でかつ, FLDをすべて0にした場合は, FUNCTION FUNCで, 目的関数の磁場を計算する。

○カード12(6 I 10)

NCALC: 求めたい磁場の座標の点の数

INORM: 求めたい磁場の規格化する点の順序

NNORM: $\neq 1$ の時, コイル電流を規格化する。 $= 1$ の時, 規格化しない。

○カード13(6 E 10.0)

FLDMIN, FLDMAX: 目的関数をCRT面上に描かせる場合のグラフのY座標の最小値, 最大値

○カード14(4 E 10.0)

XCOIL, YCOIL: 求めたい磁場配位のコイルのX座標, Y座標(初期値として, 適当に与えてやる。)

AICOIL: NNORM=1の時は, 求めたい磁場配位のコイルに流れる電流値。NNORM $\neq 1$ の時は, コイル間の巻数の整数比を示す。

DX: 1ブロックのコイルをX方向に, 3分割する際の中心ブロックコイルと両端ブロックコイル間の重心のX座標の差。線電流近似の際は0.0

なお, ここで用いたカード番号は, そのままデータ・カードの枚数とはならない。たとえば, NVVを5とおけば, Fig. 1のプログラム・リストを参照してもらえばわかる様にDOループが5回まわりカード2のXVV1, YVV1, XVV2, YVV2, XVVC, YVVCをそれぞれ5回読む事になるからである。

出力の例

Fig. 3にライン・プリンタでだした出力の例を示す。

5. 結 果

Fig. 4に本プログラムを用いて, 得られたJT-60に対するコイル配置図, 各種磁場配位を示す。

Fig. 4-1をみてもわかる様に与えられた空間を十分活用し, すべてのポロイダル・コイルを目的の磁場配位を獲得しつつ, 置く事ができた。(Fig. 4-1は, 線型計画法¹⁾で得られたコイル配置, 電流値を第0次近似として用いた。)これは, 従来の曲線上にコイルを配置するやり方では, 不可能と思われる配置である。Fig. 4-2に, Fig. 4-1における変流器コイル配置でのもれ磁場の等高線を示す。プラズマ周辺でわずか ~ 15 Gauss程度の値である。これは従来のやり方で求めた値(~ 170 G)の $1/10$ 程度である。Fig. 4-3, Fig. 4-4, Fig. 4-5にそれぞれFig. 4-1における垂直磁場コイル, 四重極磁場コイル, 水平磁場コイル配置での磁場のフラックス関数の等高線を示す。いずれも, 目的関数との誤差は, 5%以下である。また, これらの配置を得るまでのtry and errorの回数は, せいぜい30回程度であり, try and error 1回に要する計算時間は, ≤ 1 秒である。Fig. 4-2の変流器コイルのもれ磁場は内側のコイルの位置に, 非常に敏感であり, OH20をR方向に, ± 1 cm動かした場合に, もれ磁場はプラズマ周辺で ~ 25 G程度に増える。またFig. 4-2での

X, Y: 目的関数を決定する際の, X座標, Y座標

FLD: 目的関数の(X, Y)における磁場の強さただし, IGIVEN=2, でかつ, FLDをすべて0にした場合は, FUNCTION FUNCで, 目的関数の磁場を計算する。

○カード12 (6 I 10)

NCALC: 求めたい磁場の座標の点の数

INORM: 求めたい磁場の規格化する点の順序

NNORM: $\neq 1$ の時, コイル電流を規格化する。=1の時, 規格化しない。

○カード13 (6 E 10. 0)

FLDMIN, FLDMAX: 目的関数をCRT面上に描かせる場合のグラフのY座標の最小値, 最大値

○カード14 (4 E 10. 0)

XCOIL, YCOIL: 求めたい磁場配位のコイルのX座標, Y座標(初期値として, 適当に与えてやる。)

AICOIL: NNORM=1の時, 求めたい磁場配位のコイルに流れる電流値。NNORM $\neq 1$ の時, コイル間の巻数の整数比を示す。

DX: 1 ブロックのコイルをX方向に, 3分割する際の中心ブロックコイルと両端ブロックコイル間の重心のX座標の差。線電流近似の際は0.0

なお, ここで用いたカード番号は, そのままデータ・カードの枚数とはならない。たとえば, NVVを5とおけば, Fig. 1のプログラム・リストを参照してもらえばわかる様にDOループが5回まわりカード2のXVV1, YVV1, XVV2, YVV2, XVVC, YVVCをそれぞれ5回読む事になるからである。

出力の例

Fig. 3にライン・プリンタで出した出力の例を示す。

5. 結 果

Fig. 4に本プログラムを用いて, 得られたJT-60に対するコイル配置図, 各種磁場配位を示す。

Fig. 4-1をみてもわかる様に与えられた空間を十分活用し, すべてのポロイダル・コイルを目的の磁場配位を獲得しつつ, 置く事ができた。(Fig. 4-1は, 線型計画法¹⁾で得られたコイル配置, 電流値を第0次近似として用いた。)これは, 従来の曲線上にコイルを配置するやり方では, 不可能と思われる配置である。Fig. 4-2に, Fig. 4-1における変流器コイル配置でのもれ磁場の等高線を示す。プラズマ周辺でわずか ~ 15 Gauss程度の値である。これは従来のやり方で求めた値(~ 170 G)の $1/10$ 程度である。Fig. 4-3, Fig. 4-4, Fig. 4-5にそれぞれFig. 4-1における垂直磁場コイル, 四重極磁場コイル, 水平磁場コイル配置での磁場のフラックス関数の等高線を示す。いずれも, 目的関数との誤差は, 5%以下である。また, これらの配置を得るまでのtry and errorの回数は, せいぜい30回程度であり, try and error 1回に要する計算時間は, ≤ 1 秒である。Fig. 4-2の変流器コイルのもれ磁場は内側のコイルの位置に, 非常に敏感であり, OH20をR方向に, ± 1 cm動かした場合に, もれ磁場はプラズマ周辺で ~ 25 G程度に増える。またFig. 4-2での

値は、各コイルを線電流近似で求めたものであり、実際のコイル電流のつくる磁場とは、異なる。そこでもれ磁場に、敏感に効く内側のコイル10コ(OH11~20)をそれぞれ3分割し3線電流近似で求めたものがFig. 4-6である。Fig. 4-2とコイル配置は全く、同じであるにも拘わらず、もれ磁場はプラズマ周辺で~40 Gと増大する。故に、今後我々は、本プログラムを改良し、多重線電流近似で実際のもれ磁場を計算する必要がある。しかし、組立の際のコイルの設定誤差が1 cm程度である事は、もれ磁場を本コードによる計算によって15 G程度に押さえても実際は~25 G程度にならざるを得ない。また、今後変流器コイル電流の早い時間的変化の影響を考慮して、もれ磁場の計算を行える様に、改善したい。なお、現在のところグラフィック・ディスプレイ用に使用できる当研究所のFACOM230-75用のディスプレイ語列は、1024までである事は、プログラム作成上注意を要する点である。

6. おわりに

グラフィック・ディスプレイ使用上に於て、有益なる助言、便宜をはかって頂いた計算機センターの中村康弘氏、小沼吉男氏に感謝の意を表するとともに、SUBROUTINEプログラムの使用の許可を下さった、名古屋大学プラズマ研究所の渡辺二太氏に、お礼申し上げます。また、大型トカマク開発室長、吉川允二氏をはじめJT-60のグループの方々の御協力に感謝致します。

参考文献

- 1) 小林明文, 田村早苗, 谷 啓二: JAERI-M 5898
- 2) L. E. Zakharov: Nuclear Fusion, **13**, 595 (1973)
- 3) K. Toi and T. Takeda: JAERI-M 6018
- 4) 中村康弘, 小沼吉男: JAERI-M 6023
- 5) 渡辺二太: in “核融合・プラズマ・プログラムパッケージ”(FPPP)

値は、各コイルを線電流近似で求めたものであり、実際のコイル電流のつくる磁場とは、異なる。そこでもれ磁場に、敏感に効く内側のコイル10コ(OH11~20)をそれぞれ3分割し3線電流近似で求めたものがFig. 4-6である。Fig. 4-2とコイル配置は全く、同じであるにも拘わらず、もれ磁場はプラズマ周辺で~40 Gと増大する。故に、今後我々は、本プログラムを改良し、多重線電流近似で実際のもれ磁場を計算する必要がある。しかし、組立の際のコイルの設定誤差が1 cm 程度である事は、もれ磁場を本コードによる計算によって15 G程度に押さえても実際は~25 G程度にならざるを得ない。また、今後変流器コイル電流の早い時間的変化の影響を考慮して、もれ磁場の計算を行える様に、改善したい。なお、現在のところグラフィック・ディスプレイ用に使用できる当研究所のFACOM230-75用のディスプレイ語列は、1024までである事は、プログラム作成上注意を要する点である。

6. おわりに

グラフィック・ディスプレイ使用上に於て、有益なる助言、便宜をはかって頂いた計算機センターの中村康弘氏、小沼吉男氏に感謝の意を表するとともに、SUBROUTINEプログラムの使用の許可を下さった、名古屋大学プラズマ研究所の渡辺二太氏に、お礼申し上げます。また、大型トカマク開発室長、吉川允二氏をはじめJT-60のグループの方々の御協力に感謝致します。

参考文献

- 1) 小林明文, 田村早苗, 谷 啓二: JAERI-M 5898
- 2) L. E. Zakharov: Nuclear Fusion, **13**, 595 (1973)
- 3) K. Toi and T. Takeda: JAERI-M 6018
- 4) 中村康弘, 小沼吉男: JAERI-M 6023
- 5) 渡辺二太: in “核融合・プラズマ・プログラムパッケージ”(FPPP)

```

C **** DESIGN OF POLOIDAL FIELD COILS BY GRAPHIC DISPLAY ****
C
C
C
M 1  MAIN
2  CALL PLOTS(1BUF,1024)
3  CALL INPUT
4  CALL DISPLY
5  CALL PLOT(0.0,0.0,999)
6  STOP
7  END

C ***** INPUT *****
I 1  SUBROUTINE INPUT
2  COMMON / VV / NVV,XVV1(20),YVV1(20),XVV2(20),YVV2(20),
3  * XVVC(20),YVVC(20)
4  COMMON / TC / NTC,XTCC,YTCC,RTC
5  COMMON / PC / NPC,XPC(100),YPC(100),TATEPC(100),YOKOPC(100)
6  COMMON / PT / NPT,XPT1(100),YPT1(100),XPT2(100),YPT2(100),
7  * PHIPT(100)
8  COMMON / GIVEN / GIVEN,FIELD0,X(203),Y(203),FLD(203)
9  COMMON / COILS / ICOIL,TAISHO,XCOIL(20),YCOIL(20),AICOIL(20),DX(20)
10 COMMON / CALCS / NCALC,INORM,NNORM,YY(203),FLDCAL(203)
11 COMMON / INPT / INORM,FLDMIN,FLDMAX,NNORM
12 INTEGER TAISHO,FIELD0
13 ITAIS=4HTAIS
14 IHANT=4HHANT
15 IFUNC=0
C VACUUM VESSEL
16 READ(5,1000) NVV
17 DO 10 I=1,NVV
18 10 READ(5,1001) XVV1(I),YVV1(I),XVV2(I),YVV2(I),XVVC(I),YVVC(I)
C TOROIDAL COIL
19 READ(5,1000) NTC
20 READ(5,1001) XTCC,YTCC,RTC
C POLOIDAL COILS
21 READ(5,1000) NPC
22 IF(NPC.EQ.0) GO TO 21
23 DO 20 I=1,NPC
24 20 READ(5,1001) XPC(I),YPC(I),TATEPC(I),YOKOPC(I)
25 CONTINUE
C PORTS
26 READ(5,1000) NPT
27 DO 30 I=1,NPT
28 IF(NPT.EQ.0) GO TO 31
29 30 READ(5,1001) XPT1(I),YPT1(I),XPT2(I),YPT2(I),PHIPT(I)
31 CONTINUE
32 READ(5,1000) ICOIL,TAISHO
33 WRITE(6,35)TAISHO
34 35 FORMAT(5X,A4)
35 READ(5,1000) GIVEN,FIELD0
36 DO 40 I=1,GIVEN
37 40 READ(5,1001) X(I),Y(I),FLD(I)
38 READ(5,2009) NCALC,INORM,NNORM
39 READ(5,1001) FLDMIN,FLDMAX
40 *WRITE(6,2000)
41 *WRITE(6,2001)
42 DO 60 I=1,NVV
43 60 *WRITE(6,2002) XVV1(I),YVV1(I),XVV2(I),YVV2(I),XVVC(I),YVVC(I)
44 *WRITE(6,2003)
45 *WRITE(6,2002) XTCC,YTCC,RTC
46 IF(NPC.EQ.0) GO TO 71
47 *WRITE(6,2004)
48 DO 70 I=1,NPC
49 70 *WRITE(6,2002) XPC(I),YPC(I),TATEPC(I),YOKOPC(I)
50 *WRITE(6,2005)
51 DO 80 I=1,NPT
52 80 *WRITE(6,2002) XPT1(I),YPT1(I),XPT2(I),YPT2(I),PHIPT(I)
53 *WRITE(6,2006)
54 IF(TAISHO.EQ.HTAIS) *WRITE(6,2007) ICOIL
55 IF(TAISHO.EQ.HHANT) *WRITE(6,2008) ICOIL
56 *WRITE(6,2006) FIELD0
57 DELX=(X(GIVEN)-X(1))/(NCALC-1)
58 DELY=(Y(GIVEN)-Y(1))/(NCALC-1)
59 DO 110 I=1,NCALC
60 XX(I)=X(1)+DELX*(I-1)
61 YY(I)=Y(1)+DELY*(I-1)
62 110 CONTINUE
63 IF(GIVEN.EQ.2.AND.FLD(1).EQ.0.AND.FLD(2).EQ.0) IFUNC=1
64 IF(IFUNC.EQ.0) GO TO 86
65 GIVEN=NCALC
66 DO 82 I=1,GIVEN
67 X(I)=X(1)+DELX*(I-1)
68 Y(I)=Y(1)+DELY*(I-1)
69 82 FLD(I)=FUNC(X(I),Y(I))
70 CONTINUE
71 DO 90 I=1,GIVEN
72 90 *WRITE(6,2002) X(I),Y(I),FLD(I)
73 *WRITE(6,2010) NCALC,INORM,NNORM,FLDMIN,FLDMAX
74 1000 FORMAT(12,8X,10A4)
75 1001 FORMAT(6E10.0)
76 2000 FORMAT(/'***** INPUT DATA *****/)
77 2001 FORMAT(/' VACUUM VESSEL '/')
78 2002 FORMAT(6(5X,E15.5))
79 2003 FORMAT(/' TOROIDAL COIL '/')
80 2004 FORMAT(/' POLOIDAL COILS '/')
81 2005 FORMAT(/' PORTS '/')
82 2006 FORMAT(/' GIVEN FIELD ',A4/)
83 2007 FORMAT(/' COILS NO. ',I2,' JOGE TAISHO '/')
84 2008 FORMAT(/' COILS NO. ',I2,' JOGE HANTAISHO '/')
85 2009 FORMAT(6I10)
86 2010 FORMAT(/' NCALC = ',I12,' INORM = ',I12,' NNORM = ',I12//
*' FLDMIN = ',E12.7,' FLDMAX = ',E12.7//)
87 RETURN
88 END

```

Fig. 1: プログラム・リスト

```

C 1 SUBROUTINE CALC
2 COMMON / GIVEN/ IGIVEN,FIELD0,X(203),Y(203),FLD(203)
3 COMMON / COILS/ ICOIL,TAISHO,XCOIL(20),YCOIL(20),AICOIL(20),DX(20)
4 COMMON / KAI / KAISU
5 COMMON / CALCS / NCALC,XX(203),YY(203),FLDCAL(203)
6 COMMON / INPT / INORM,FLDMIN,FLDMAX,NNORM
7 INTEGER TAISHO,FIELD0
8 IHANT=4HHANT
9 DO 10 I=1,NCALC
10 FLDCAL(I)=0.
11 DO 10 IC=1,ICOIL
12 IF(XCOIL(IC),EQ,0.) GO TO 10
13 CALL FIELD(FIELD0,XX(I),YY(I),XCOIL(IC),YCOIL(IC),AICOIL(IC),BA)
14 IF(DX(IC),EQ,0.) GO TO 8
15 YC=YCOIL(IC)
16 XC=XCOIL(IC)-DX(IC)
17 CALL FIELD(FIELD0,XX(I),YY(I),XC,YC,AICOIL(IC),BA1)
18 XC=XCOIL(IC)+DX(IC)
19 CALL FIELD(FIELD0,XX(I),YY(I),XC,YC,AICOIL(IC),BA2)
20 8 CONTINUE
21 YCOIL2=-YCOIL(IC)
22 AICOIL2= AICOIL(IC)
23 IF(TAISHO,EQ,IHANT ) AICOIL2=-AICOIL2
24 CALL FIELD(FIELD0,XX(I),YY(I),XCOIL(IC),YCOIL2,AICOIL2,BAA)
25 IF(DX(IC),EQ,0.) GO TO 9
26 XC=XCOIL(IC)-DX(IC)
27 CALL FIELD(FIELD0,XX(I),YY(I),XC,YCOIL2,AICOIL2,BA3)
28 XC=XCOIL(IC)+DX(IC)
29 CALL FIELD(FIELD0,XX(I),YY(I),XC,YCOIL2,AICOIL2,BA4)
30 9 CONTINUE
31 IF(YCOIL(IC),EQ,0.) BAA=0.
32 IF(YCOIL2(IC),EQ,0.) BA3=0.
33 IF(YCOIL2(IC),EQ,0.) BA4=0.
34 FLDCAL(I)=FLDCAL(I)+BA+BAA
35 IF(DX(IC),NE,0.) FLDCAL(I)=FLDCAL(I)+BA1+BA2+BA3+BA4
36 10 CONTINUE
37 WRITE(6,1004) KAISU
38 WRITE(6,1005)
39 DO 15 I=1,ICOIL
40 15 WRITE(6,1001) XCOIL(I),YCOIL(I),AICOIL(I)
41 WRITE(6,1000) FIELD0
42 NN=1
43 IF(X(1),EQ,X(IGIVEN)) NN=2
44 IF(NNORM,EQ,1) GO TO 130
45 NCEN=INORM
46 DO 125 I=2,IGIVEN
47 IF(NN,EQ,2) GO TO 126
48 IF(X(I),GE,XX(NCEN))GO TO 127
49 GO TO 125
50 126 IF(Y(I),GE,YY(NCEN))GO TO 127
51 125 CONTINUE
52 127 CONTINUE
53 IF(NN,EQ,1) FLDCEN=FLD(I-1)+(FLD(I)-FLD(I-1))/(X(I)-X(I-1))
54 IF(NN,EQ,2) FLDCEN=FLD(I-1)+(FLD(I)-FLD(I-1))/(Y(I)-Y(I-1))
55 AA=FLDCEN/FLDCAL(NCEN)
56 DO 128 I=1,NCALC
57 FLDCAL(I)=FLDCAL(I)*AA
58 128 CONTINUE
59 WRITE(6,1003)
60 DO 30 I=1,ICOIL
61 AI=AICOIL(I)*AA
62 30 WRITE(6,1001) XCOIL(I),YCOIL(I),AI
63 130 CONTINUE
64 1000 FORMAT(// ' CALCULATED FIELD ',A4,/)
65 1001 FORMAT(10A,3E15.5)
66 1002 FORMAT(// ' NORMALIZED FIELD '///)
67 1003 FORMAT(// ' NORMALIZED COILS'///)
68 1004 FORMAT(1H ' CASE NO. ',I2///)
69 1005 FORMAT(// ' COILS (X,Y), CURRENT '///)
70 RETURN
71 END

```

```

C ***** FIELD ***
F 1 SUBROUTINE FIELD(OPTION,R,Z,CR,CZ,CI,BA)
2 INTEGER OPTION
3 IPSI=4HPSI
4 IBZ=4HYZ
5 IBR=4HBR
6 UM=4,E-7
7 S=R*CR+CR*CR*(Z-CZ)*(Z-CZ)
8 P=2.0*R*CR
9 RK=2.0*P/(S+P)
10 RK=SQRT(RK)
11 IF(RK,GE,0.99999999) RK=0.99999999
12 CALL CEP12S(RK,1,ZK,ZE,ILL)
13 IF(OPTION,EQ,IPSI )
14 * BA =UM*CI*SQRT(R*CR)*((1.0-RK*RK/2.)*ZK- ZE)/RK
15 * IF(OPTION,EQ,IBZ )
16 * BA =UM*CI/(2.0*SQRT(S+P))*(ZK-(S-2.0*CR*CR)/(S-P)*ZE)
17 * IF(OPTION,EQ,IBR )
18 * BA =UM*CI/(2.0*SQRT(S+P))*(Z-CZ)/R*(-ZK+S/(S-P)*ZE)
19 RETURN
20 END

```

```

C ***** DISPLAY *****
D 1 SUBROUTINE DISPLY
2 COMMON / CALCS / NCALC,XX(203),YY(203),FLDCAL(203)
3 COMMON / VV /NVV,XVV1(20),YVV1(20),XVV2(20),YVV2(20),
* XVVC(20),YVVC(20)
4 COMMON / TC / NTC,XTCC,YTCC,RTC
5 COMMON / PC / NPC,XPC(100),YPC(100),TATEPC(100),YOKOPC(100)
6 COMMON / PT / NPT,XPT1(100),YPT1(100),XPT2(100),YPT2(100),
* PHIPT(100)
7 COMMON / GIVEN /GIVEN,FIELD0,X(203),Y(203),FLD(203)
8 COMMON / COILS / ICOIL,TAISHO,XCOIL(20),YCOIL(20),AICOIL(20),DX(20)
9 COMMON / KAI / KAISU
10 COMMON / INPT / INORM,FLDMIN,FLDMAX
11 DIMENSION IBUF(1024)
12 DIMENSION ISHO(100)
13 NSHOKY=0
14 ISHOKY=NSHOKY
15 KAISU=1
16 DO 2 I=1,NVV
17 XVV1(I)=(XVV1(I)-1.0)*100.0
18 XVV2(I)=(XVV2(I)-1.0)*100.0
19 XVVC(I)=(XVVC(I)-1.0)*100.0
20 YVV1(I)=YVV1(I)+100.0
21 YVV2(I)=YVV2(I)+100.0
22 2 YVVC(I)=YVVC(I)+100.0
23 XTCC=(XTCC-1.0)*100.0
24 YTCC=(YTCC-1.0)*100.0
25 RTC=RTC*100.0
26 IF(NPC.EQ.0) GO TO 5
27 DO 4 I=1,NPC
28 XPC(I)=(XPC(I)-1.0)*100.0
29 YPC(I)=YPC(I)+100.0
30 TATEPC(I)=TATEPC(I)+100.0
31 4 YOKOPC(I)=YOKOPC(I)+100.0
32 5 CONTINUE
33 IF(NPT.EQ.0) GO TO 7
34 DO 6 I=1,NPT
35 XPT1(I)=(XPT1(I)-1.0)*100.0
36 YPT1(I)=YPT1(I)+100.0
37 XPT2(I)=(XPT2(I)-1.0)*100.0
38 YPT2(I)=YPT2(I)+100.0
39 6 PHIPT(I)=PHIPT(I)+100.0
40 7 CONTINUE
41 DO 8 I=1,ICOIL
42 AICOIL(I)=0.
43 XCOIL(I)=0.
44 8 YCOIL(I)=0.
45 PAI=3.141592654
C ***** CROSS SECTION *****
46 CALL PLOT(30.,190.,-3)
47 CALL SYMBOL(50.,170.,6.5,'STEP NO. ',0,0,9)
48 CALL PLOT('EL','CASE',333)
49 CALL SYMBOL(50.,160.,6.5,'CASE NO. ',0,0,9)
50 FACT=0.75
51 CALL FACTOR(FACT)
52 CALL AXIS(0,0,0,0,4HR(M),-4,450,0,0,0,1,0,0,01,10,0)
53 CALL AXIS(0,0,0,0,4HZ(M),-4,200,0,90,0,0,0,0,01,10,0)
54 CALL GRID(0,0,0,0,50,0,50,0,9,4)
C VACUUM VESSEL
55 DO 10 I=1,NVV
56 IF(XVVC(I).EQ.0.0) GO TO 20
57 IF(XVV1(I).EQ.XVVC(I)) GO TO 30
58 THO=ATAN((YVV1(I)-YVVC(I))/(XVV1(I)-XVVC(I)))
59 IF(XVV1(I).LT.XVVC(I)) THO=THO+PAI
60 THO=THO*180.0/PAI
61 GO TO 40
62 30 THO=90.0
63 40 CONTINUE
64 IF(XVV2(I).EQ.XVVC(I)) GO TO 50
65 THF=ATAN((YVV2(I)-YVVC(I))/(XVV2(I)-XVVC(I)))
66 IF(XVV2(I).LT.XVVC(I)) THF=THF+PAI
67 THF=THF*180.0/PAI
68 GO TO 60
69 50 THF=90.0
70 60 CONTINUE
71 RO=SQRT((XVV1(I)-XVVC(I))**2+(YVV1(I)-YVVC(I))**2)
72 RF=SQRT((XVV2(I)-XVVC(I))**2+(YVV2(I)-YVVC(I))**2)
73 CALL CIRCL(XVV1(I),YVV1(I),THO,THF,RO,RF,0,0)
74 GO TO 10
75 20 CALL PLOT(XVV1(I),YVV1(I),3)
76 CALL PLOT(XVV2(I),YVV2(I),2)
77 10 CONTINUE
C TOROIDAL COIL
78 XU=XTCC-RTC
79 YU=YTCC-0.0
80 CALL CIRCL(XU,YU,180,0,0,0,0,RTC,RTC,0,0)
C POLOIDAL COILS
81 IF(NPC.EQ.0) GO TO 71
82 DO 70 I=1,NPC
83 X)=XPC(I)-YOKOPC(I)/2,
84 YU=YPC(I)-TATEPC(I)/2,
85 CALL RECT(XU,YU,TATEPC(I),YOKOPC(I),0,3)
86 70 CONTINUE
87 71 CONTINUE
C PORTS
88 IF(NPT.EQ.0) GO TO 81
89 DO 80 I=1,NPT
90 IF(XPT1(I).EQ.XPT2(I)) GO TO 90
91 TH=ATAN((YPT1(I)-YPT2(I))/(XPT1(I)-XPT2(I)))
92 IF(TH.LT.0.) TH=TH+PAI
93 GO TO 100
94 90 TH=PAI/2.
95 100 CONTINUE
96 YU=YPT1(I)
97 XU=XPT1(I)
98 IF(YU.LT.YPT2(I)) GO TO 110
99 IF(YU.EQ.YPT2(I).AND.XU.LT.XPT2(I)) GO TO 110
100 YU=YPT2(I)
101 XU=XPT2(I)
102 110 CONTINUE
103 XU=XU+PHIPT(I)/2.*SIN(TH)
104 YU=YU+PHIPT(I)/2.*COS(TH)
105 TH=TH+180./PAI
106 **=SQRT((XPT1(I)-XPT2(I))**2+(YPT1(I)-YPT2(I))**2)
107 CALL RECT(XU,YU,PHIPT(I),**,TH,3)
108 80 CONTINUE
109 81 CONTINUE
110 CALL FACTOR(1,0)

```

```

111 ISTEP=1
112 CALL PLOT('STEP',ISTEP,333)
113 CALL GWRITE(110.,170.,6.5,ISTEP,0.,*337)
114 CALL PLOT(0,0,0,0,777)
115 CALL PLOT(0,0,0,888)
116 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
117 IGVN1=IGIVEN+1
118 IGVN2=IGIVEN+2
119 NCALC1=NCALC+1
120 NCALC2=NCALC+2
C ***** GRAPH OF GIVEN DATA *****
121 CALL PLOT(0,0,-160.,-3)
122 W=150.
123 W2=200.
124 FLD(IGIVN1)=FLDMIN
125 FLD(IGIVN2)=(FLDMAX-FLDMIN)/W
126 CALL PLOT('GIVEN','DATA',333)
127 CALL AXIS(0,0,0,0,0,FIELD0,4,W,90,0,FLD(IGIVN1),FLD(IGIVN2),10.)
128 NN=1
129 IF(X(1).EQ.X(IGIVEN)) NN=2
130 IF(NN.EQ.2) GO TO 130
131 CALL SCALE(X,W2,IGIVEN,1,10,0)
132 CALL AXIS(0,0,0,0,0.5HZ (M),-4,W2,0,0,X(IGIVN1),X(IGIVN2),10.0)
133 CALL DASHL(X,FLD,IGIVEN,1)
134 XX(NCALC1)=X(IGIVN1)
135 FLDCAL(NCALC1)=FLD(IGIVN1)
136 XX(NCALC2)=X(IGIVN2)
137 FLDCAL(NCALC2)=FLD(IGIVN2)
138 GO TO 140
139 130 CALL SCALE(Y,W2,IGIVEN,1,10,0)
140 CALL AXIS(0,0,0,0,0.5HZ (M),4,W2,0,0,Y(IGIVN1),Y(IGIVN2),10.)
141 CALL DASHL(Y,FLD,IGIVEN,1)
142 YY(NCALC1)=Y(IGIVN1)
143 FLDCAL(NCALC1)=FLD(IGIVN1)
144 YY(NCALC2)=Y(IGIVN2)
145 FLDCAL(NCALC2)=FLD(IGIVN2)
146 140 CONTINUE
147 ISTEP=2
148 CALL PLOT('STEP',ISTEP,333)
149 CALL GWRITE(110.,330.,6.5,ISTEP,0.,*337)
150 CALL PLOT(0,0,0,0,777)
151 CALL PLOT(0,0,0,888)
152 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
C ***** DATA LIST *****
153 CALL PLOT('EL','CARD',333)
154 CALL SYMBOL(0,0,-20.,6.5,'CARD',0.,4)
155 CALL PLOT('EL','KEY',333)
156 CALL SYMBOL(34,00,-20.,6.5,'KEY',0.,3)
157 CALL PLOT('EL','PEN',333)
158 CALL SYMBOL(70,20,-20.,6.5,'PEN',0.,3)
159 CALL PLOT('EL','CAL',333)
160 CALL SYMBOL(0,-35.,6.5,'CALCULATE',0.,9)
161 CALL PLOT('EL','END',333)
162 CALL SYMBOL(68,-35.,6.5,'END',0.,3)
163 CALL PLOT(210.,160.,-3)
164 190 CONTINUE
165 YIN=-10.
166 DO 200 I=1,ICOIL
167 YIN=YIN-8.
168 IEL=100+I
169 CALL PLOT('EL',IEL,333)
170 CALL GWRITE(0.,YIN,4.2,XCOIL(I),0.,*1000)
171 IEL=200+I
172 CALL PLOT('EL',IEL,333)
173 CALL GWRITE(50.,YIN,4.2,YCOIL(I),0.,*1000)
174 IEL=300+I
175 CALL PLOT('EL',IEL,333)
176 CALL GWRITE(100.,YIN,4.2,AICOIL(I),0.,*1007)
177 200 CONTINUE
178 1000 FORMAT(F9.3)
179 1007 FORMAT(F15.3)
C
180 390 CONTINUE
181 ISTEP=3
182 CALL PLOT('STEP',ISTEP,333)
183 CALL GWRITE(-100.,170.,6.5,ISTEP,0.,*337)
184 CALL PLOT(0,0,0,0,444)
185 CALL GETJDF(11,12)
186 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
187 CALL GJUMP(*210,11,12,*220,*230,*240,*250,*999)
188 GO TO 390
189 210 CALL GLIST('EL','CAL','EL','CARD','EL','KEY','EL','PEN','EL','END'
)
190 250 DO 260 I=1,ICOIL
191 260 READ(5,1010) XCOIL(I),YCOIL(I),AICOIL(I),DX(I)
192 1010 FORMAT(4E10,0)
193 GO TO 270
194 240 CONTINUE
195 ISTEP=4
196 CALL PLOT('STEP',ISTEP,333)
197 CALL GWRITE(-100.,170.,6.5,ISTEP,0.,*337)
198 CALL PLOT(0,0,0,444)
199 YIN=YIN-8.
200 284 CONTINUE
201 CALL GETJDF(11,12)
202 DO 280 I=1,ICOIL
203 IA=100+I
204 IB=200+I
205 IC=300+I
206 CALL GJUMP(*285,11,12,*290,*300,*310)
207 285 CALL GLIST('EL',IA,'EL',IB,'EL',IC)
208 280 CONTINUE
209 GO TO 284
210 290 CALL GREADD(0,0,YIN,4.2,XCOIL(I),0,0,*1000)
211 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
212 GO TO 270
213 300 CALL GREADD(50.,YIN,4.2,YCOIL(I),0,0,*1000)
214 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
215 GO TO 270
216 310 CALL GREADD(100.,YIN,4.2,AICOIL(I),0,0,*1007)
217 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
218 GO TO 270
219 250 CONTINUE
220 ISTEP=5
221 CALL PLOT('STEP',ISTEP,333)
222 CALL GWRITE(-100.,170.,6.5,ISTEP,0.,*337)
223 CALL PLOT(0,0,0,444)
224 CALL GETJDF(11,12)

```

```

225 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
226 IEL=2HEL
227 IF(I1,NE,IEL) GO TO 250
228 IF(I2,LE,100,OR,I2,GT,100+ICOIL) GO TO 250
229 CALL PLOT(-210,0,,-3)
230 CALL GBGTR(0,0,0,5)
231 255 CALL GETIDF(I1,I2)
232 CALL GJUMP(#254,J1,J2,#255,#256)
233 GO TO 255
234 254 CALLGLIST(0+35,0,34)
235 256 CALL WRDTRK(XCO,YCO)
236 CALL GENTRK
237 XCO=XCO/FACT
238 YCO=YCO/FACT
239 I2=I2-100
240 XCOIL(I2)=XCO/100,+1.0
241 YCOIL(I2)=YCO/100
242 CALL PLOT(0,0,0,333)
243 CALL PLOT(210,0,,-3)
244 270 CONTINUE
245 DO 320 I=1,ICOIL
246 IA=I+100
247 IB=I+200
248 IC=I+300
249 CALL PLOT('EL',IA,666)
250 CALL PLOT('EL',IB,666)
251 CALL PLOT('EL',IC,666)
252 320 CONTINUE
253 CALL PLOT(-210,0,,-3)
254 IF(NSHOKY.EQ,1) CALL PLOT('COIL',NSHOKY,666)
255 ISHOKY=NSHOKY
256 NSHOKY=NSHOKY+1
257 CALL PLOT('COIL',NSHOKY,333)
258 DO 330 I=1,ICOIL
259 XCOI=(XCOIL(I)-1,)*100.0*FACT
260 YCOI=YCOIL(I)*100.0*FACT
261 IF(XCOI.LT,0,.) XCOI=0.
262 IF(YCOI.GT,337.5) XCOI=337.5
263 IF(YCOI.LT,0,.) YCOI=0.
264 IF(YCOI.GT,150,.) YCOI=150.
265 IF(AICOIL(I).GE,0,.)
266 *CALL SYMBOL(XCOI, YCOI,4,2,0,0,,-1)
267 IF(AICOIL(I).LT,0,.)
268 *CALL SYMBOL(XCOI, YCOI,4,2,5,0,,-1)
269 CALL GWRITE(XCOI,YCOI,5,0,KAISU,0,0,337)
270 330 CONTINUE
271 CALL PLOT(210,0,,-3)
272 GO TO 190
273 220 CONTINUE
C ***** RESULT *****
274 ISHO(KAISU)=NSHOKY
275 NSHOKY=NSHOKY+1
276 CALL PLOT('RESLT',KAISU,333)
277 CALL CALC
278 CALL PLOT(-210,0,,-3)
279 XCOO=110,+21,*(KAISU-1)
280 335 IF(XCOO.LT,350,.)GO TO 336
281 XCOO=XCOO-240.
282 GO TO 335
283 336 CALL GWRITE(XCOO,320,6,5,KAISU,0,0,337)
284 337 FORMAT(I2)
285 IF(MN,EG,2) GO TO 338
286 CALL LINE(XA,FLDCAL,NCALC,1,0,0)
287 XCO=(XA(NCALC)-XA(NCALC+1))/XA(NCALC+2)
288 GO TO 340
289 338 CALL LINE(YA,FLDCAL,NCALC,1,0,0)
290 XCO=(YA(NCALC)-YA(NCALC+1))/YA(NCALC+2)
291 340 CONTINUE
292 YCO=(FLDCAL(NCALC)-FLDCAL(NCALC+1))/FLDCAL(NCALC+2)
293 CALL GWRITE(XCO,YCO,4,2,KAISU,0,0,337)
294 CALL PLOT(210,0,160,,-3)
295 ISTEP=6
296 CALL PLOT('STEP',ISTEP,333)
297 CALL GWRITE(-100,170,6,5,ISTEP,0,0,337)
298 CALL PLOT(0,0,0,444)
299 380 CALL GETIDF(I1,I2)
300 DO 350 I=1,KAISU
301 350 IF(I1,EG,'RESULT',AND,I2,EG,1) GO TO 360
302 GO TO 370
303 360 CALL PLOT(I1,I2,666)
304 CALL PLOT('COIL',ISHO(I),666)
305 GO TO 380
306 370 CONTINUE
307 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
308 ISTEP=7
309 CALL PLOT('STEP',ISTEP,333)
310 CALL GWRITE(-100,170,6,5,ISTEP,0,0,337)
311 CALL PLOT(-210,0,,-3)
312 CALL FACTOR(0,75)
313 CALL PLOT(0,0,0,,-3)
314 CALL PLOT(0,0,0,444)
315 CALL JSOB
316 CALL PLOT(-50,0,,-3)
317 CALL FACTOR(1,0)
318 CALL PLOT(210,0,,-3)
319 CALL PLOT('STEP',ISTEP,666)
320 KAISU=KAISU+1
321 GO TO 390
322 999 CONTINUE
323 RETURN
324 END

```

```

FU 1 C ***** FUNC *****
2 FUNCTION FUNC(X,Y)
3 FUNC=0.01*3./X
4 RETURN
5 END

```

```

L 1  SUBROUTINE LINFR
2  COMMON /TOKO/Z(2047),ZMIN,DZ,ZMAX,XS,YS,XL,YL,IZPLOT,J,I
3  DIMENSION MSC(4),MC(5),NL(2047)
4  IXXX=1
5  CALL PLOT('ISO',IXXX,333)
6  MC(1)=2048
7  MC(2)=4096
8  MC(3)=8192
9  MC(4)=16384
10 MC(5)=32767
11 MSC(1)=0
12 MSC(2)=J-1
13 MSC(3)=I-1
14 MSC(4)=0
15 C  ATAI NO NARABEKAE
16 M=I*J
17 NL(1)=1
18 X=Z(1)
19 Y=X
20 DJ 5130 K=2*M
21 ZN=Z(K)
22 IF(Y-ZN) 5020,5010,5010
23 5010 NL(K)=K
24 Y=ZN
25 GO TO 5130
26 5020 I=(ZN-X) 5040,5030,5030
27 5030 I=1
28 X=ZN
29 GO TO 5100
30 5040 JJ=I
31 I=K-1
32 5050 NH=(I-JJ)/2
33 IF(NH) 5100,5100,5060
34 5060 NH=NH+JJ
35 KK=NL(NH)
36 IF(Z(KK)-ZN) 5070,5090,5080
37 5070 I=NH
38 GO TO 5050
39 5080 JJ=NH
40 GO TO 5050
41 5090 I=NH+1
42 5100 L=K
43 5110 NH=L
44 L=L-1
45 NL(NH)=NL(L)
46 IF(L=1) 5120,5120,5110
47 5120 NL(I)=K
48 5130 CONTINUE
49 JJ=NL(1)
50 ZF=Z(JJ)
51 I=NL(M)
52 ZN=Z(I)
53 IF(IZPLOT) 5210,5210,5200
54 5200 DZ=(ZF-ZN)/IZPLOT
55 IZPLOT=0
56 5210 CONTINUE
57 NH=(ZN-ZMIN)/DZ
58 WRITE(6,5260) I,ZN,JJ,ZF,ZMIN,DZ,ZMAX
59 5260 FORMAT(1H, '///6H M(IN)=',I5,'E15.7,6H MAX=',I5,'E15.7,
60 1 16H (ZMIN,DZ,ZMAX)=',3E15.7//)
61 C  SCALE O KAKU
62 ZMIN=DZ-ZMAX TOKUSEN O KAKU
63 ZL=ZMIN
64 DX=(XL-XS)/(J-1)
65 DY=(YL-YS)/(I-1)
66 5350 L=M
67 C  HITOTSU NO TAKASA NI TSUITE
68 SHUPPATSHU-TEN NO KETTEI
69 5360 NKITEN=NL(L)
70 N=NKITEN*(TEN/2048)*2048
71 ZN=Z(N)
72 IF(ZN-ZL) 5370,5630,5630
73 5370 NH=NL(N)
74 IF(NH=30720) 5380,5380,5620
75 5380 N1=1
76 N2=0
77 JJ=(N-1)/J
78 I1=(N-JJ)*J-1
79 IND=0
80 5390 IF(IND=4) 5400,5620,5620
81 5400 IND=IND+1
82 NZ=N1
83 N1=N2
84 N2=NZ
85 IF(I1*N1+JJ*N2-MSD(IND)) 5405,5390,5405
86 5405 NZ=N2+J*N1
87 ZF=Z(NZ)
88 IF(ZF-ZL) 5410,5410,5410
89 5410 IF(NH/MC(IND)-(NH/MC(IND+1))*2=1) 5420,5390,5390
90 5420 N=IND
91 X=(ZL-ZN)/(ZF-ZN)
92 X1=(X*N1+I1)*DA
93 Y1=(X*N2+JJ)*DY
94 CALL PLOT(0.,0.,444)
95 IXXX=IXXX+1
96 CALL PLOT('ISO',IXXX,333)
97 CALL PLOT(X1,Y1,3)
98 CALL PLOT(X1,Y1,2)
99 NKITEN=N
100 N1=N1
101 N2=N2
102 C  MGI-MAWARI NI TOKUSEN O KAKU
103 5430 NL(N)=NL(N)+MC(IND)
104 IND=IND+1
105 NZ=N1
106 N1=N2
107 N2=NZ
108 IF(IND=5) 5445,5440,5440
109 5440 IND=1
110 5445 IF(I1*N1+JJ*N2-MSD(IND)) 5450,5490,5450
111 5450 NZ=N2+J*N1+N
112 ZF=Z(NZ)
113 IF(ZF-ZL) 5460,5480,5480
114 5460 N=NZ
115 ZN=ZF
116 IND=IND+1
117 NZ=N2
118 N2=N1

```

```

112      N1=NZ
113      IF(IND) 5470,5470,5450
114      5470 IND=4
115      GO TO 5450
116      5480 X=(ZL-ZN)/(ZF-ZN)
117      JJ=(N-1)/J
118      II=N-JJ*J-1
119      Y=(X*N2+JJ)*DY
120      X=(X*N1+II)*DX
121      CALL PLOT(0.,0.,444)
122      IXXX=IXXX+1
123      CALL PLOT('ISO',IXXX,333)
124      CALL PLOT(X,Y,2)
125      IF(IABS(NK1TEN-N)+IABS(NH-IND)) 5620,5620,5430
C
126      5490 IND=NH
127      N=NK1TEN
128      ZN=Z(N)
129      N1=N1I
130      N2=N2I
131      CALL PLOT(0.,0.,444)
132      IXXX=IXXX+1
133      CALL PLOT('ISO',IXXX,333)
134      CALL PLOT(XI,YI,3)
135      CALL PLOT(XI,YI,2)
136      JJ=(N-1)/J
137      II=N-JJ*J-1
138      5520 IND=IND-1
139      IF(IND) 5530,5530,5540
140      5530 IND=4
141      5540 NZ=N2
142      N2=-N1
143      N1=NZ
144      IF(II*N1+JJ*N2-MS(IND)) 5550,5620,5550
145      5550 NZ=N2*J+N1+N
146      ZF=Z(NZ)
147      IF(ZF-ZL) 5560,5590,5590
148      5560 N=NZ
149      ZN=ZF
150      IND=IND+1
151      IF(IND=5) 5580,5570,5570
152      5570 IND=1
153      5580 NZ=N1
154      N1=-N2
155      N2=NZ
156      GO TO 5550
157      5590 X=(ZL-ZN)/(ZF-ZN)
158      NL(N)=NL(N)+MC(IND)
159      JJ=(N-1)/J
160      II=N-JJ*J-1
161      Y=(X*N2+JJ)*DY
162      X=(X*N1+II)*DX
163      CALL PLOT(0.,0.,444)
164      IXXX=IXXX+1
165      CALL PLOT('ISO',IXXX,333)
166      CALL PLOT(X,Y,2)
167      GO TO 5520
168      5620 L=L-1
169      IF(L) 5670,5670,5360
170      5630 JJ=L
171      5635 L=L+1
172      IF(L=M) 5640,5640,5660
173      5640 N=NL(L)-(NL(L)/2048)*2048
174      IF(NL(N)-2048) 5635,5635,5650
175      5650 JJ=JJ+1
176      NL(JJ)=(NL(JJ)/2048)*2048+N
177      NL(N)=NL(N)-(NL(N)/2048)*2048
178      GO TO 5635
179      5660 M=JJ
180      ZL=ZL+DZ
181      IF(ZL-ZMAX) 5350,5350,5670
182      5670 X=-XS
183      Y=-YS
184      CALL PLOT(0.,0.,777)
185      CALL PLOT(0.,0.,888)
186      DO 1 J=1,IXXX
187      1 CALL PLOT('ISO',I ,666)
188      RETURN
189      END

```



```

IS 1  SUBROUTINE ISOB
2  COMMON /COILS/ ICOIL,TAISHO,XCOIL(20),YCOIL(20),AICOIL(20),DX(20)
3  COMMON /TOKO/Z(2047),ZMIN,DZ,ZMAX,XS,YS,XL,YL,IZPLOT,J,I
4  J=33
5  I=13
6  DO 10 M=1,I
7  Y=0. +0.1 *(M-1)
8  DO 10 N=1,J
9  X=1.5 +0.1 *(N-1)
10 MN=J*(M-1)+N
11 ZBZ=0.
12 ZBR=0.
13 DO 20 IC=1,ICOIL
14 IF(XCOIL(IC).LE.0.) GO TO 20
15 XC=XCOIL(IC)
16 YC=YCOIL(IC)
17 AC=AICOIL(IC)
18 CALL FIELD(4HBZ ,X,Y,XC,YC,AC,BZ1)
19 CALL FIELD(4HBR ,X,Y,XC,YC,AC,BR1)
20 IF(DX(IC).EQ.0.) GO TO 2
21 XC=XCOIL(IC)+DX(IC)
22 CALL FIELD(4HBZ ,X,Y,XC,YC,AC,BZ2)
23 CALL FIELD(4HBR ,X,Y,XC,YC,AC,BR2)
24 XC=XCOIL(IC)-DX(IC)
25 CALL FIELD(4HBZ ,X,Y,XC,YC,AC,BZ3)
26 CALL FIELD(4HBR ,X,Y,XC,YC,AC,BR3)
27 2 CONTINUE
28 YC=-YC
29 XC=XCOIL(IC)
30 CALL FIELD(4HBZ ,X,Y,XC,YC,AC,BZ4)
31 CALL FIELD(4HBR ,X,Y,XC,YC,AC,BR4)
32 IF(DX(IC).EQ.0.) GO TO 3
33 XC=XCOIL(IC)-DX(IC)
34 CALL FIELD(4HBZ ,X,Y,XC,YC,AC,BZ5)
35 CALL FIELD(4HBR ,X,Y,XC,YC,AC,BR5)
36 XC=XCOIL(IC)+DX(IC)
37 CALL FIELD(4HBZ ,X,Y,XC,YC,AC,BZ6)
38 CALL FIELD(4HBR ,X,Y,XC,YC,AC,BR6)
39 3 CONTINUE
40 IF(DX(IC).NE.0.) GO TO 4
41 BZ2=0.
42 BZ3=0.
43 BZ5=0.
44 BZ6=0.
45 BR2=0.
46 BR3=0.
47 BR5=0.
48 BR6=0.
49 4 CONTINUE
50 ZBZ=ZBZ+BZ1+BZ2+BZ3+BZ4+BZ5+BZ6
51 ZBR=ZBR+BR1+BR2+BR3+BR4+BR5+BR6
52 20 CONTINUE
53 Z(MN)=SQRT(ZBZ**2+ZBR**2)
54 10 CONTINUE
55 XS=0.
56 YS=0.
57 XL=320.0
58 YL=120.0
59 ZMIN=0.005
60 DZ=0.005
61 ZMAX=0.005
62 IZPLOT=0
63 CALL LINFRC
64 RETURN
65 END

```

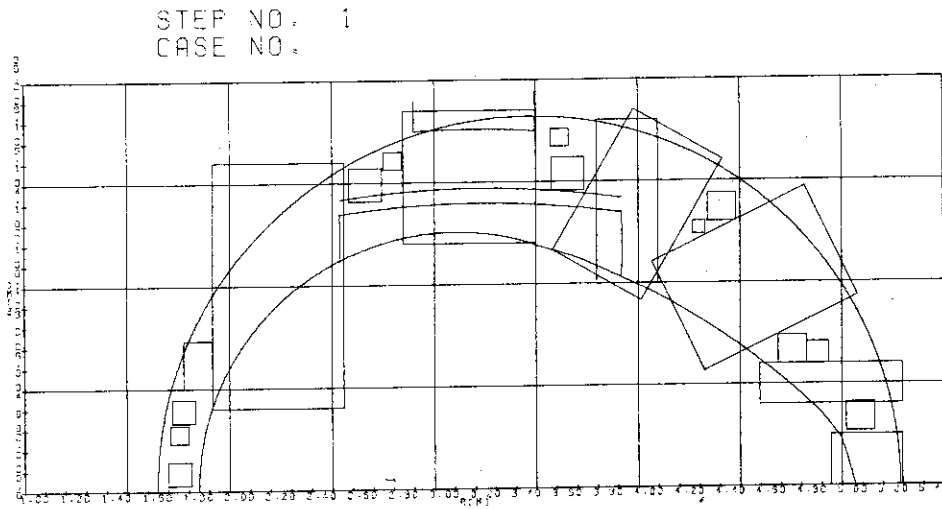


Fig. 2 - 1 : グラフィック・ディスプレイにおけるSTEP1状態

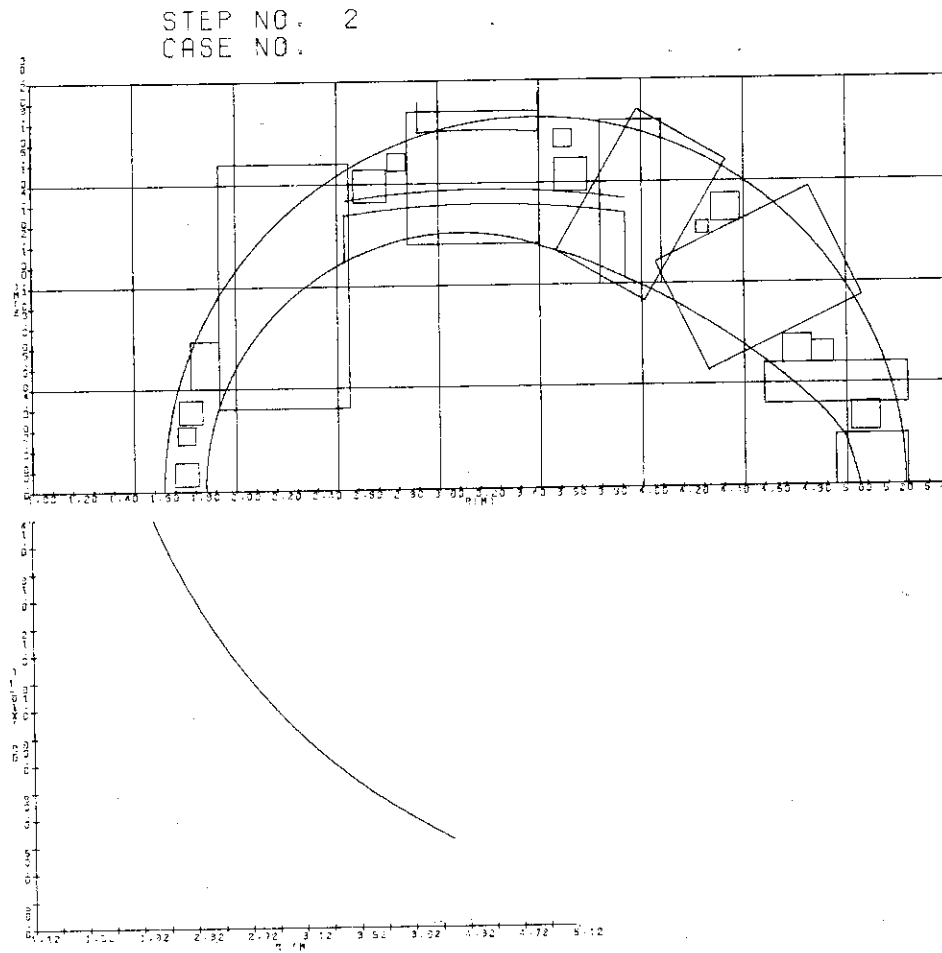


Fig. 2 - 2 : グラフィック・ディスプレイにおけるSTEP2状態

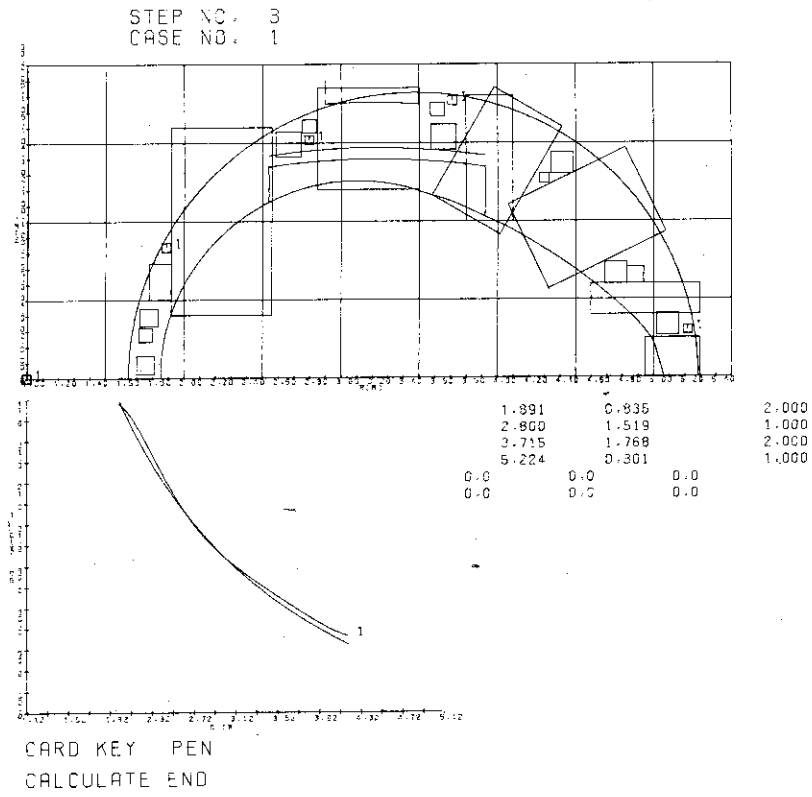


Fig. 2-3 : グラフィック・ディスプレイにおけるSTEP3 状態

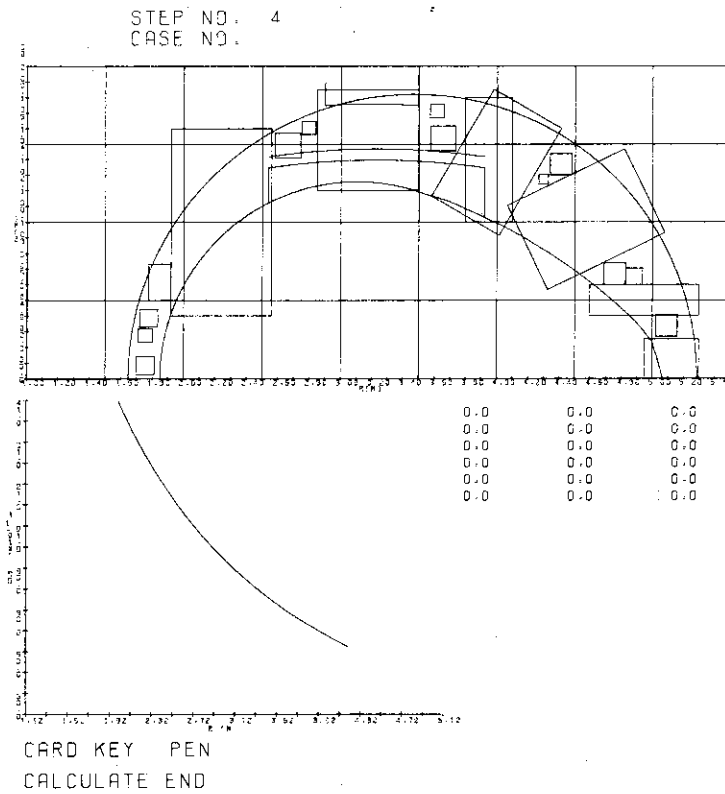


Fig. 2-4 : グラフィック・ディスプレイにおけるSTEP4 状態

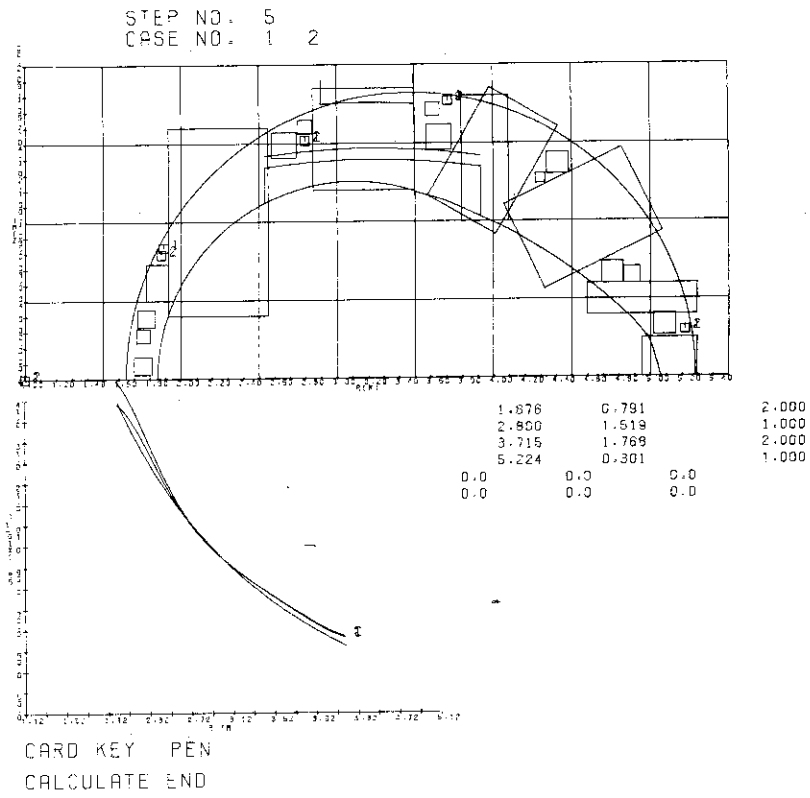


Fig. 2-5 : グラフィック・ディスプレイにおけるSTEP5 状態

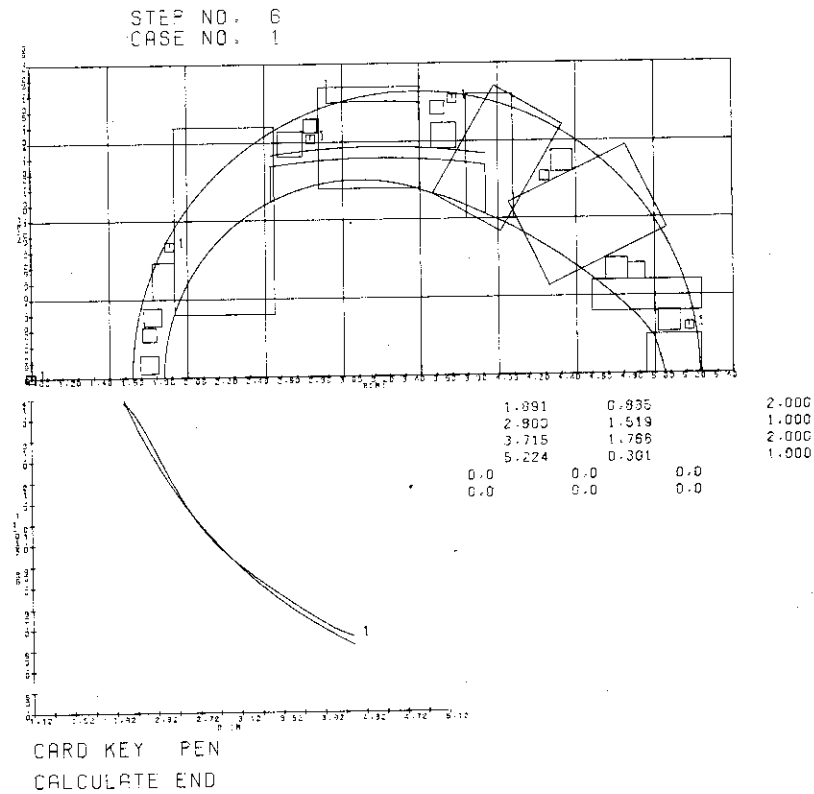


Fig. 2-6 : グラフィック・ディスプレイにおけるSTEP6 状態

STEP NO. 7
CASE NO. 1

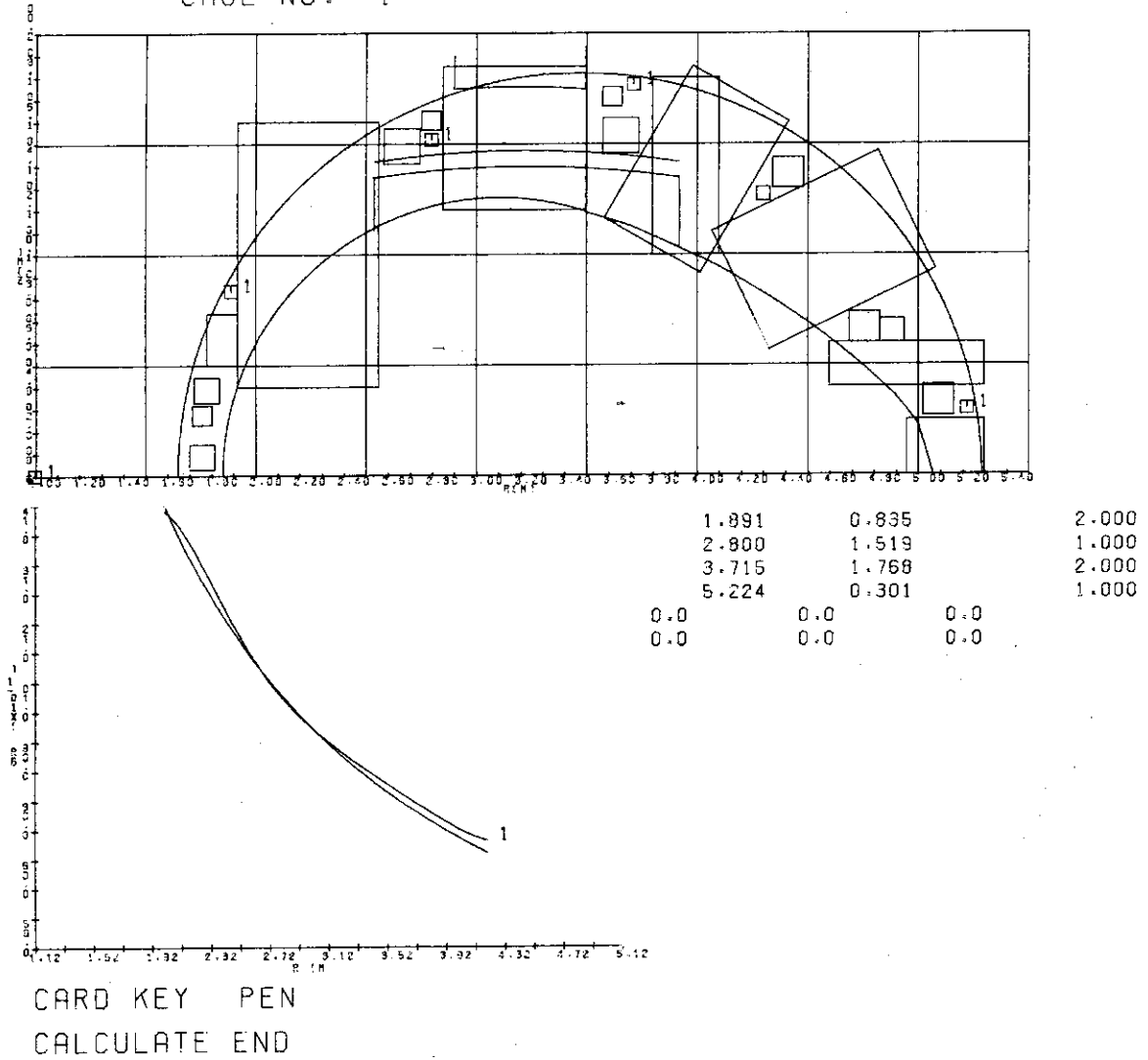


Fig. 2-7: グラフィック・ディスプレイにおける STEP7 状態

HANT

**** INPUT DATA ****

VACUUM VESSEL

0.18500E+01	0.0	0.35000E+01	0.11920E+01	0.31000E+01	0.0
0.35000E+01	0.11920E+01	0.37000E+01	0.11300E+01	0.0	0.0
0.37000E+01	0.11300E+01	0.39000E+01	0.10400E+01	0.0	0.0
0.39000E+01	0.10400E+01	0.41000E+01	0.74500E+00	0.0	0.0
0.41000E+01	0.94500E+00	0.43000E+01	0.82700E+00	0.0	0.0
0.43000E+01	0.82700E+00	0.45000E+01	0.69500E+00	0.0	0.0
0.45000E+01	0.69500E+00	0.47000E+01	0.54000E+00	0.0	0.0
0.47000E+01	0.54000E+00	0.49000E+01	0.36000E+00	0.0	0.0
0.49000E+01	0.36000E+00	0.50000E+01	0.23500E+00	0.0	0.0
0.50000E+01	0.23500E+00	0.50700E+01	0.0	0.0	0.0
0.25400E+01	0.11100E+01	0.25400E+01	0.13500E+01	0.0	0.0
0.25400E+01	0.13500E+01	0.39200E+01	0.13500E+01	0.0	0.0
0.39200E+01	0.13500E+01	0.39200E+01	0.10300E+01	0.0	0.0
0.29000E+01	0.19000E+01	0.29000E+01	0.17500E+01	0.0	0.0
0.29000E+01	0.17500E+01	0.35000E+01	0.17500E+01	0.0	0.0
0.35000E+01	0.17500E+01	0.35000E+01	0.19400E+01	0.0	0.0
0.25400E+01	0.14200E+01	0.39200E+01	0.14200E+01	0.0	0.0

TOROIDAL COIL

0.34700E+01	0.0	0.16200E+01
-------------	-----	-------------

POLOIDAL COILS

0.17600E+01	0.85000E-01	0.11400E+00	0.11400E+00
0.17800E+01	0.38780E+00	0.11400E+00	0.11400E+00
0.18500E+01	0.61650E+00	0.23150E+00	0.14000E+00
0.26698E+01	0.14900E+01	0.16100E+00	0.16100E+00
0.36575E+01	0.15370E+01	0.16100E+00	0.16100E+00
0.44140E+01	0.13670E+01	0.13946E+00	0.13946E+00
0.47599E+01	0.66764E+00	0.13946E+00	0.13946E+00
0.50937E+01	0.53708E+00	0.13946E+00	0.13946E+00
0.17590E+01	0.27500E+00	0.87700E-01	0.87700E-01
0.27980E+01	0.16060E+01	0.87700E-01	0.87700E-01
0.36180E+01	0.17140E+01	0.87700E-01	0.87700E-01
0.43010E+01	0.12700E+01	0.62000E-01	0.62000E-01
0.48840E+01	0.65200E+00	0.10700E+00	0.10700E+00

PORTS

0.22400E+01	0.40000E+00	0.22400E+01	0.16000E+01	0.64000E+00
0.31750E+01	0.12000E+01	0.31750E+01	0.18500E+01	0.65000E+00
0.38000E+01	0.10400E+01	0.42000E+01	0.17250E+01	0.50000E+00
0.42000E+01	0.83500E+00	0.49500E+01	0.12000E+01	0.60000E+00
0.46000E+01	0.50000E+00	0.53000E+01	0.50000E+00	0.20000E+00
0.49500E+01	0.12500E+00	0.53000E+01	0.12500E+00	0.25000E+00
0.39500E+01	0.10000E+01	0.39500E+01	0.18000E+01	0.30000E+00

COILS NO. 6 JOGE HANTAISHO

GIVEN FIELD BR

0.20000E+01	0.0	0.15000E-01
0.20500E+01	0.0	0.14634E-01
0.21000E+01	0.0	0.14286E-01
0.21500E+01	0.0	0.13953E-01
0.22000E+01	0.0	0.13636E-01
0.22500E+01	0.0	0.13333E-01
0.23000E+01	0.0	0.13043E-01
0.23500E+01	0.0	0.12766E-01
0.24000E+01	0.0	0.12500E-01
0.24500E+01	0.0	0.12245E-01
0.25000E+01	0.0	0.12000E-01
0.25500E+01	0.0	0.11765E-01
0.26000E+01	0.0	0.11538E-01
0.26500E+01	0.0	0.11321E-01
0.27000E+01	0.0	0.11111E-01
0.27500E+01	0.0	0.10909E-01
0.28000E+01	0.0	0.10714E-01
0.28500E+01	0.0	0.10526E-01
0.29000E+01	0.0	0.10345E-01
0.29500E+01	0.0	0.10169E-01
0.30000E+01	0.0	0.10000E-01
0.30500E+01	0.0	0.98361E-02
0.31000E+01	0.0	0.96774E-02
0.31500E+01	0.0	0.95238E-02
0.32000E+01	0.0	0.93750E-02
0.32500E+01	0.0	0.92308E-02
0.33000E+01	0.0	0.90909E-02
0.33500E+01	0.0	0.89552E-02
0.34000E+01	0.0	0.88235E-02
0.34500E+01	0.0	0.86957E-02
0.35000E+01	0.0	0.85714E-02
0.35500E+01	0.0	0.84507E-02
0.36000E+01	0.0	0.83333E-02
0.36500E+01	0.0	0.82192E-02
0.37000E+01	0.0	0.81081E-02
0.37500E+01	0.0	0.80000E-02
0.38000E+01	0.0	0.78947E-02
0.38500E+01	0.0	0.77922E-02
0.39000E+01	0.0	0.76923E-02
0.39500E+01	0.0	0.75949E-02
0.40000E+01	0.0	0.75000E-02
0.40500E+01	0.0	0.74074E-02
0.41000E+01	0.0	0.73173E-02
0.41500E+01	0.0	0.72289E-02
0.42000E+01	0.0	0.71429E-02

NCALC = 45 INORM = 21 NNORM = 0

FLDMIN = 0.50000E-02 FLDMAX = 0.15000E-01

Fig. 3 : ライン・プリンタからのアウトプット

CASE NO. 1

COILS (X,Y), CURRENT

0.18907E+01	0.83472E+00	0.20000E+01
0.27996E+01	0.15186E+01	0.10000E+01
0.37145E+01	0.17678E+01	0.20000E+01
0.52240E+01	0.30060E+00	0.10000E+01
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0

CALCULATED FIELD BR

NORMALIZED COILS

0.18907E+01	0.83472E+00	-0.45189E+04
0.27996E+01	0.15186E+01	-0.42594E+04
0.37145E+01	0.17678E+01	-0.45189E+04
0.52240E+01	0.30060E+00	-0.42594E+04
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0

CASE NO. 2

COILS (X,Y), CURRENT

0.18760E+01	0.79075E+00	0.20000E+01
0.27996E+01	0.15186E+01	0.10000E+01
0.37145E+01	0.17678E+01	0.20000E+01
0.52240E+01	0.30060E+00	0.10000E+01
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0

CALCULATED FIELD BR

NORMALIZED COILS

0.18760E+01	0.79075E+00	-0.46009E+04
0.27996E+01	0.15186E+01	-0.43004E+04
0.37145E+01	0.17678E+01	-0.46009E+04
0.52240E+01	0.30060E+00	-0.43004E+04
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0

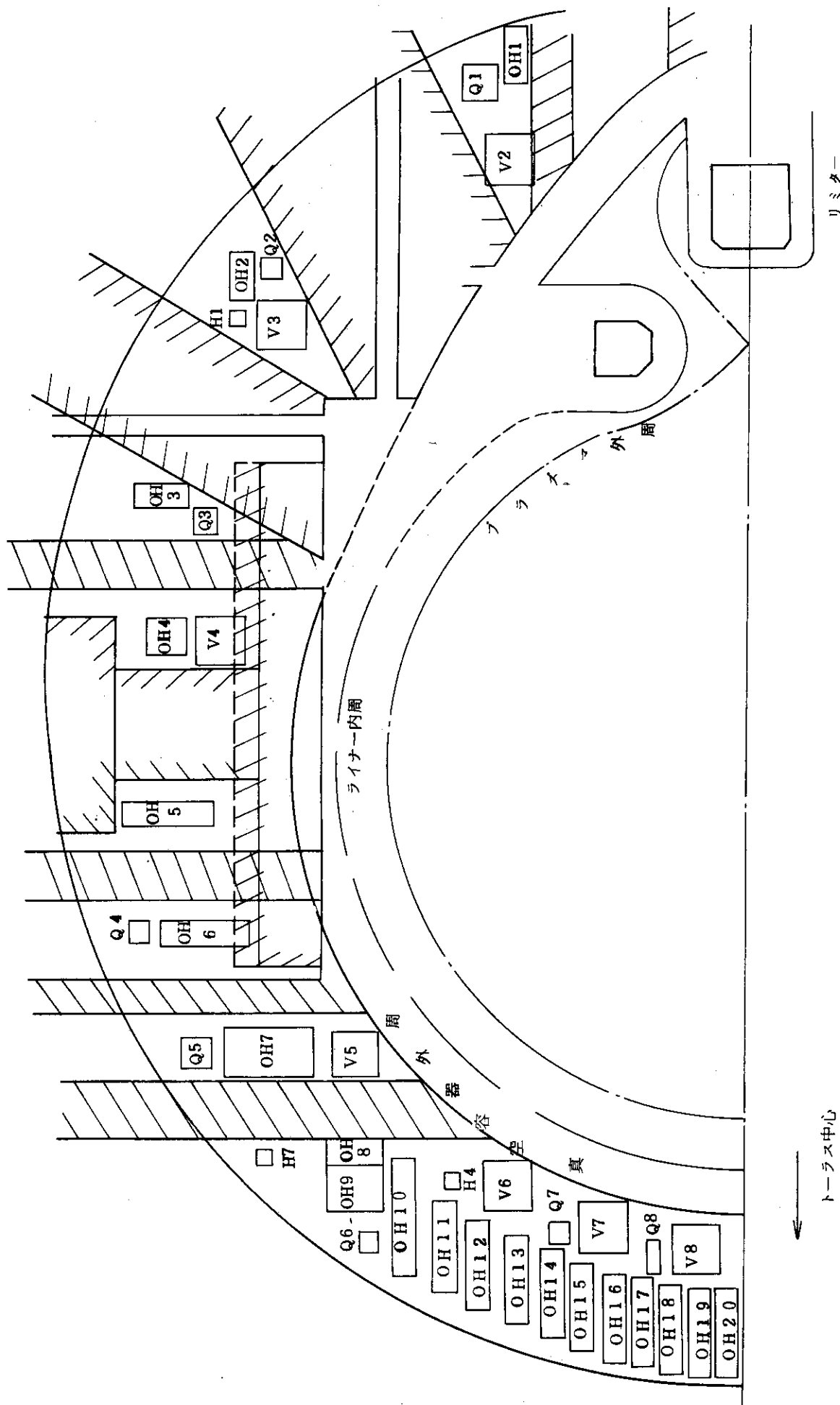


Fig. 4-1: グラフィック・ディスプレイによって得られたコイル配置図 (OH: 変流器コイル, V: 垂直磁場コイル, Q: 四重極磁場コイル, H: 水平磁場コイル)

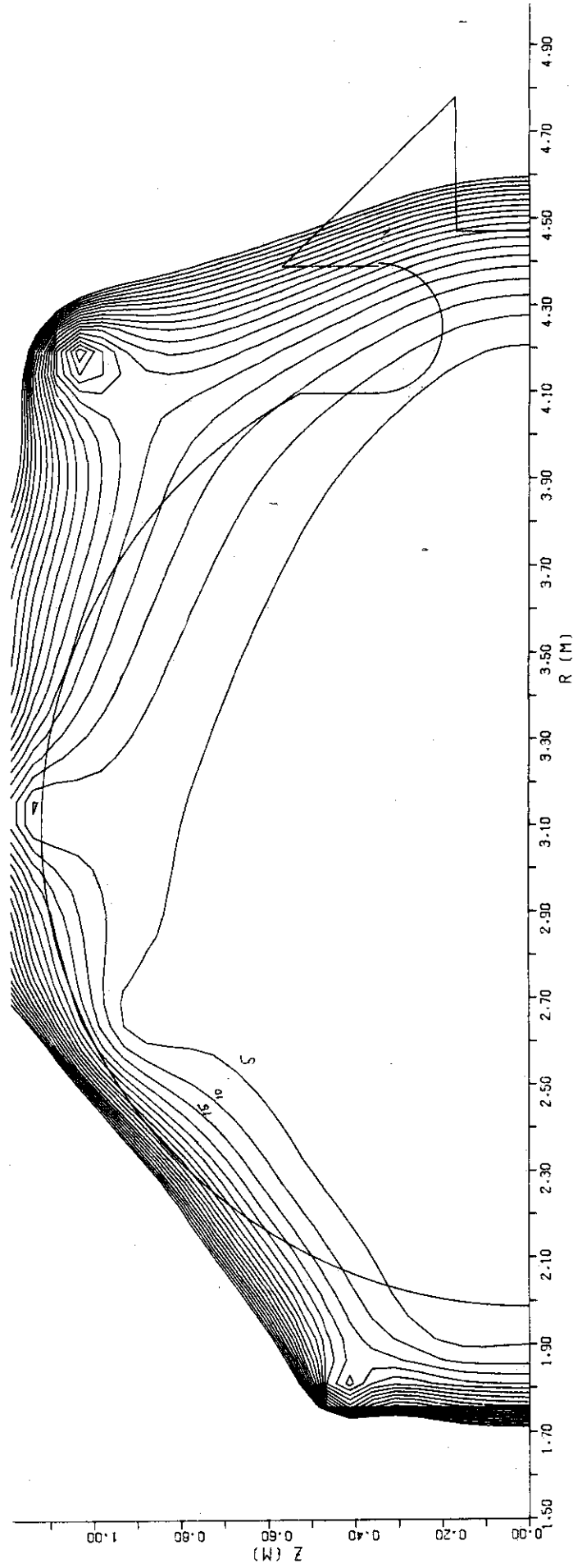


Fig. 4 - 2 : Fig. 4 - 1 でのコイル配置における変流器コイルによる、もれ磁場の絶対値の等高線 (5 G 毎)

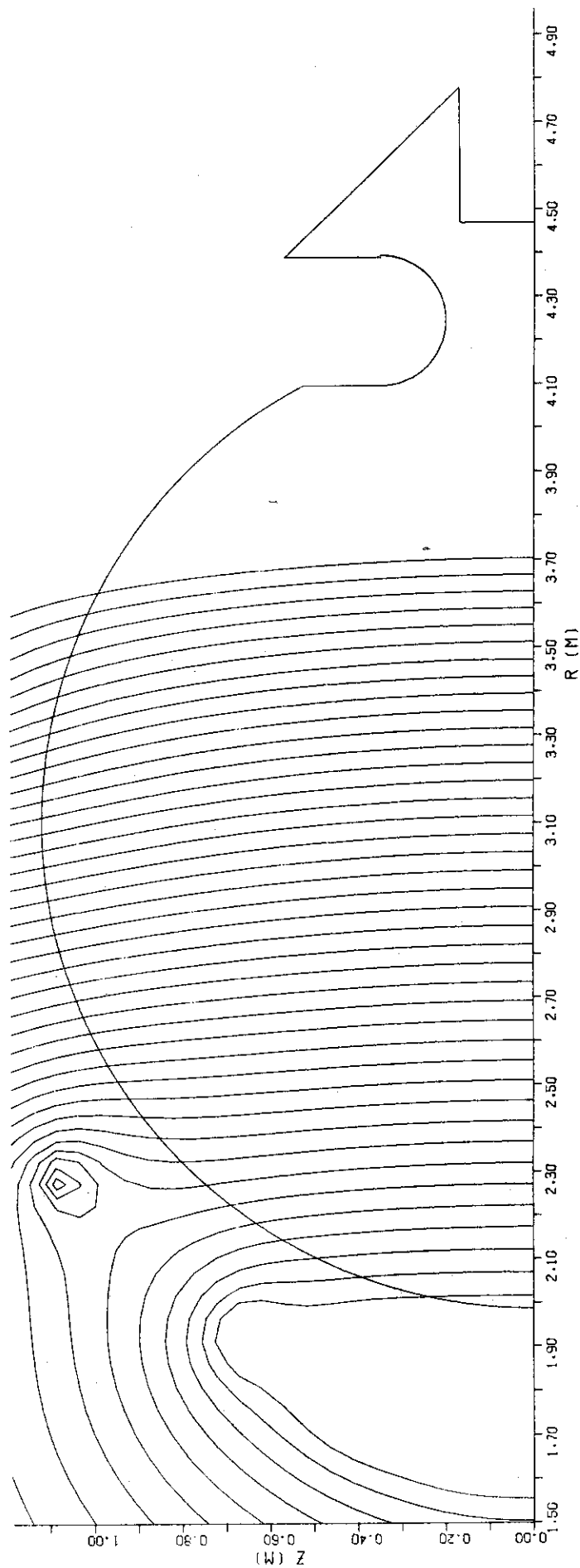


Fig. 4 - 3 : Fig. 4 - 1 でのコイル配置における垂直磁場コイルによる、磁場の等フラックス面

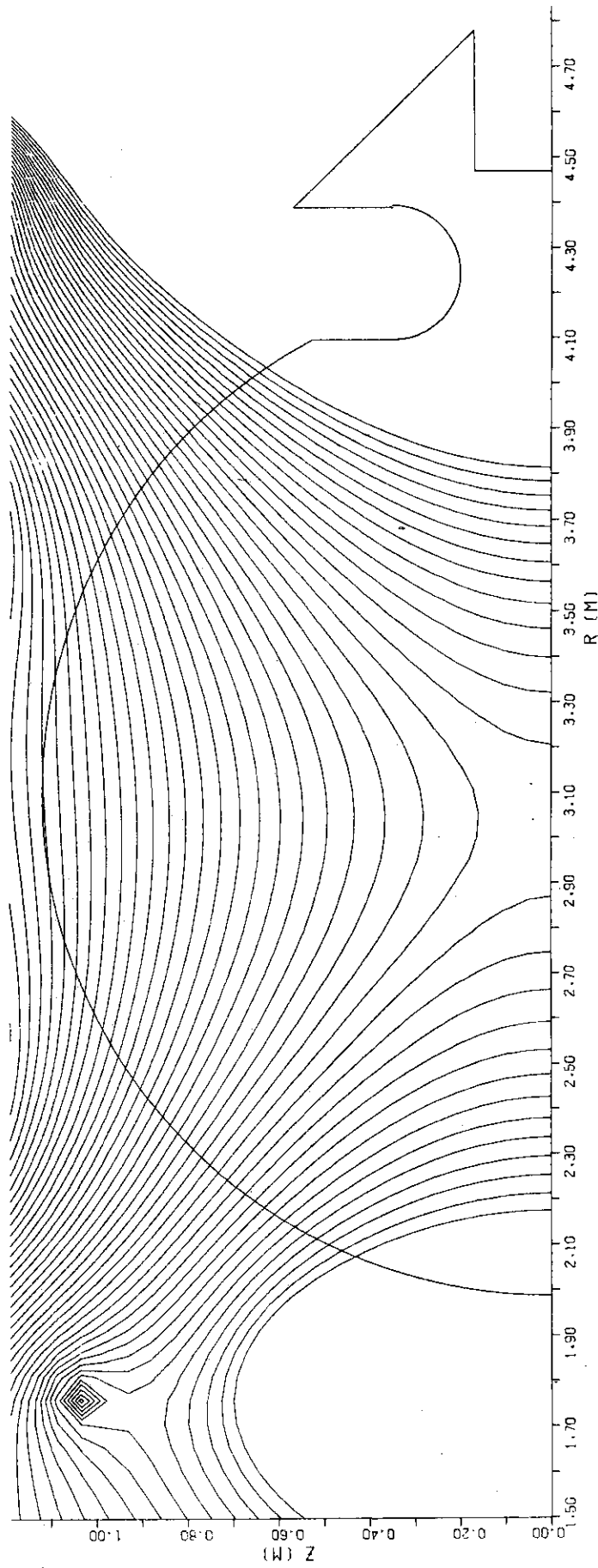


Fig. 4-4 : Fig. 4-1 でのコイル配置における四重極磁場コイルによる、磁場の等フラックス面

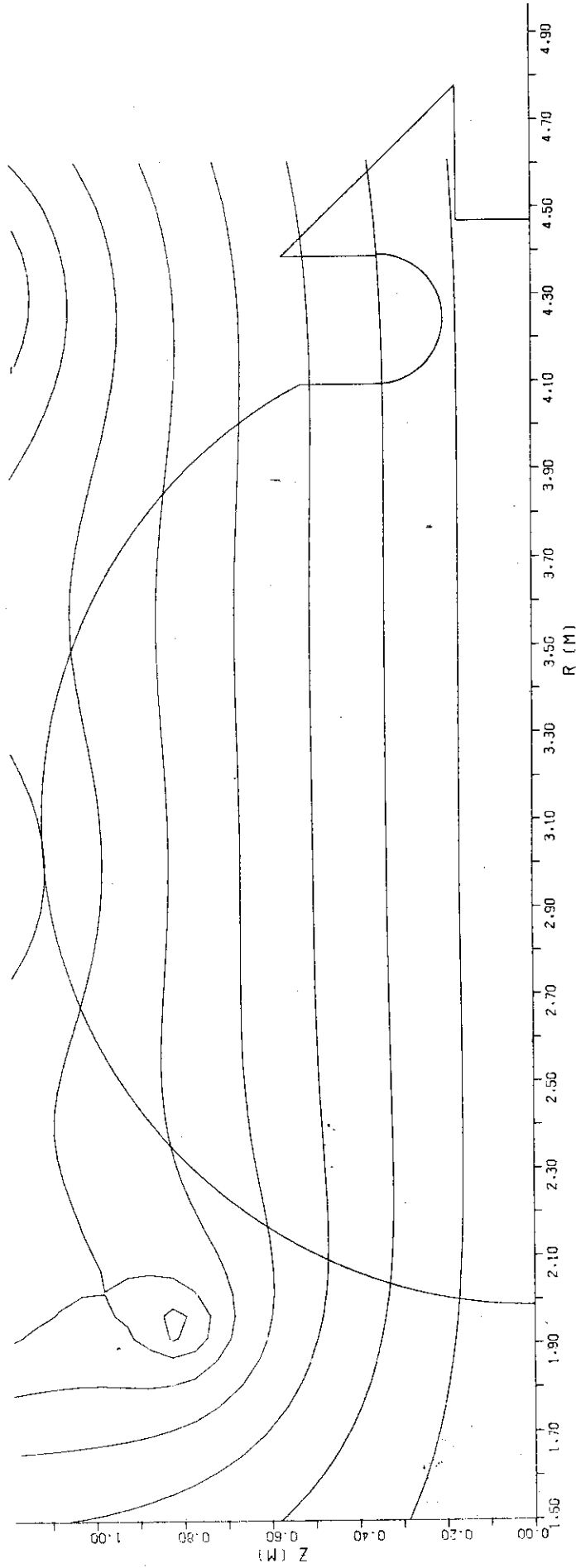


Fig. 4-5 : Fig. 4-1 でのコイル配置における水平磁場コイルによる, 磁場の等フラックス面

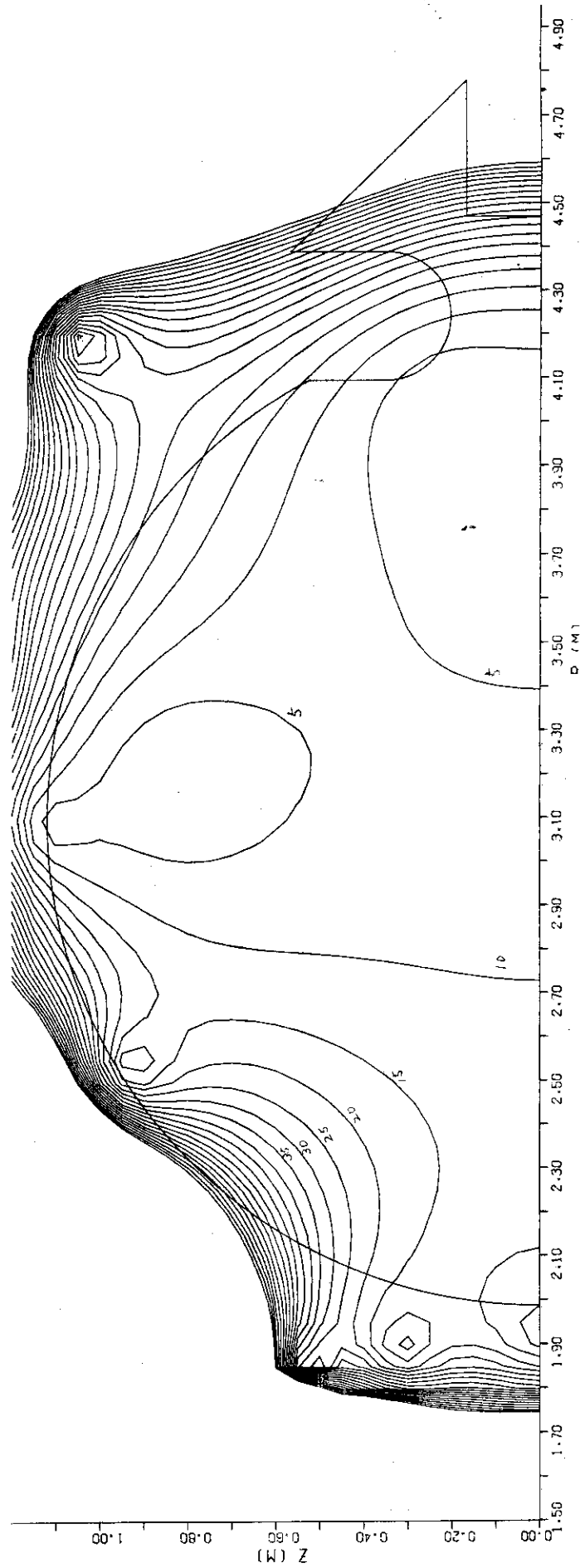


Fig. 4-6 : Fig. 4-1 でのコイル配置における変流器コイルをコイル11 ~ 20を3線電流近似で計算した、もれ磁場の絶対値の等高線 (5 G 毎)