

二次元拡散有限要素法コード“DIFEM”

1978年7月

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)

二次元拡散有限要素法コード「DIFEM」

西山征夫,* 大竹俊英,** 松野義明***

要 旨

有限要素法による中性子拡散コード「DIFEM」を作成し、従来の差分コードでは扱い難い複雑な体系の核計算を行えるようにした。

有限要素法は従来の差分法に較べて次の利点がある。

1. 計算体系のメッシュの粗密化が可能なため、計算精度の向上が図れる。
2. 任意に計算体系のメッシュをとれるので、複雑な計算体系が扱える。

コードは、巨視断面積、微視断面積を与えて、2次元R-Z, X-Y, 三角, R- θ 体系の固有値計算が行える。

プログラムはバリアブルディメンションを採用し、FORTRAN-4で書かれている。

入力はFIDOフォーマットで行う。有限要素法の欠点である複雑な計算体系の入力の手間を軽減するため、オートメッシュ機能による入力も行える。又、入力チェック用に要素をプロットで出力する機能を持っている。

計算時間短縮のため、フラックスタグスが使え、再スタート機能を持っている。

本文では主に計算方法の説明を記し、付録では入力の方法とコードの構成を記した。

* 高速実験炉技術課(現;三菱原子力工業株式会社)

** 高速実験炉技術課

*** 高速実験炉技術課(現;高速増殖炉開発本部)

July, 1978

A Two Dimensional Finite Element Diffusion Code "DIFEM"

Yukio Nishiyama*, Hidetoshi Ohtake**,
and Yoshiaki Matsumo***

Abstract

A computer code ; "DIFEM" has been developed for solving neutron diffusion problem with a Finite Element Method, which has the following advantage points as compared with the Finite Difference Method :

1. to perform a calculation with any mesh size in arbitrary regions
2. to treat any geometry.

DIFEM code is programmed to treat two dimensional (RZ, XY, Rθ, Triangle) eigenvalue problems and to use the variable dimension to minimize the allocated memory.

A auto-mesh routine, plotting routine option and restart option are involved in the computer code to make mesh data and to save computing time.

Input data should be written with "FIDO" format. Programs are written in "FORTRAN IV" language.

The code description, and the input/output instruction will be stated in this report.

* Reactor Technology Section (Mitsubishi Atomic Power Industry inc. at present)

** Reactor Technology Section, Experimental Fast Reactor Division, O-arai Engineering Center, PNC.

*** Reactor Technology Section (Fast Breeder Reactor Development Project, at present)

目 次

1. はじめに	1
2. 拡散方程式	2
3. 有限要素法	3
4. 有限要素法の拡散方程式への適用	7
5. マトリックスの解法	13
6. リージョン加速法	17
7. アウタ加速法	19
8. 出力判定	20
9. 出力説明	21
10. 出力例	23
11. おわりに	36
12. 参考文献	37
付 録	
入力方法とプログラムの説明	
A FIDO入力	39
B 入力方法	42
C 入力例	49
D テープレットの説明	50
E コントロールカードの書き方	53
F 入力上の注意	58
G プランタコマンの内容	61
H プログラム構成図	67
I オプルーチンの説明	68
J サブルーチンのパラメータ説明	71
K 流れ図	86
L オートメツシツルーチン	117

1. はじめに

有限要素法 (Finite Element Method: FEM) による2次元多群拡散コード「DIFEM」は従来の差分法で詳細に模擬する事が難しい体系、或は、模擬出来ても計算時間が膨大になり実用的でない体系を現実的な計算時間範囲で扱える。

例えば、制御棒要素、常陽炉心の燃料ポット、或は、湾曲炉心等の形状が扱える。

「DIFEM」の主な機能、プログラム上の特長は次の通りである。

1. コードの主な機能

- a XY, RZ, R θ 体系等が扱える。
- b 境界条件は reflective, periodic, zero が扱える。
- c 巨視断面群の人力の他に、敬視断面群の人力による計算が出来る。
- d オートメモッシュ機能があるので、人力が簡単化されている。

2. プログラム上の特長

- a 有限要素は3角形及び長方形が扱える。
 - b 人力がFIDO形式で単純である。
 - c ECS (Extended Core Storage) を使用して、計算時間の短縮化を行っている。
- プログラム言語はFORTRAN-4, プログラム長さは29[KB]である。現在CDC6600 / SCOPB3.4で計算が可能である。

計算時間は、6群RZ29×22メッシュ, 3角形一次近似収束条件 $d\phi/\phi < 10^{-4}$, $d k/k < 10^{-5}$ で158[sec](cp)である。

2. 拡散方程式

多群拡散方程式は、以下のように書くことができる。

$$-D^g \nabla^2 \phi^g + \Sigma_1^g \phi^g = \frac{1}{K_{eff}} \sum_{l=1}^N \chi_l^g \text{Sum}(\nu \cdot \Sigma_f)_l^g \cdot \phi^g + \sum_{g'=1}^{g-1} \Sigma_{g' \rightarrow g}^g \cdot \phi^{g'} \quad (2-1)$$

g = 1, N

N = energy group の数

g = energy group の index

ϕ^g = g 群の flux

D^g = g 群の diffusion constant (= $1/3 \cdot \Sigma_{tr}^g$)

$(\nu \Sigma_f)_l^g$ = g 群の fission source cross section

$\Sigma_{g' \rightarrow g}^g$ = g' 群から g 群への group transfer cross section

Σ_{tot}^g = g 群の total cross section

$$\left[= \Sigma_a^g + \text{Sum}_{g'=1}^N \Sigma_{g \rightarrow g'}^g + D_{g \rightarrow g'}^g + B_{g \rightarrow g'}^g \right]$$

Σ_a^g = g 群の absorption cross section

$D_{g \rightarrow g'}^g$ = g 群の transverse diffusion coefficient

$B_{g \rightarrow g'}^g$ = g 群の transverse buckling

χ^g = g 群の fission source fraction (Sum $\chi^g = 1.0$)

K_{eff} = effective multiplication constant

本コードの中で $D_{g \rightarrow g'}^g$ は X-Y 体型でのみ使用され、option によって、 $D_{g \rightarrow g'}^g$ を使用するか D^g を使用するか選択できる。

micro cross section を使用の場合は、以下のように cross section を定義する。

$$\Sigma_x^g = \text{Sum}_{i=1}^{NP} \sigma_{x,i}^g \cdot N_i \quad (2-2)$$

NP = macro cross section を構成する核種の数

i = macro cross section を構成する核種の index

X = 反応の種類 (tr, a, s, f, ...)

$\sigma_{x,i}^g$ = g 群の i 番目の核種の micro cross section

N_i = i 番目の核種の number density

3. 有限要素法

3-1. 概説

有限要素法によって、場の問題を公式化する際の基本的な式が細部のつり合い条件を考慮することなく、取り取り系の全ポテンシャルエネルギーを最小にすることによって簡単に得られる。

通常、汎関数 Π とよばれる被積分量を最小にし、同時に、ある種の境界条件を満足させることにし、解が得られる場合が、しばしばある。

ここでは、物理的な学動が「準調和」微分方程式で、表わされる問題の解について述べて、そのような問題が、二次形式をもつ、ある汎関数を、ある領域内で最小にする問題として、取り換えることを示す。

3-2. 三角形要素における二次元問題

代表的な微分方程式は、次のように表わされる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) - Q \phi = 0 \quad (3-1)$$

これと等価で、最小化を必要とする汎関数は

$$\chi = \iint \left[\frac{1}{2} \left\{ k_x \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 \right\} - Q \phi \right] dx dy \quad (3-2)$$

となる。

三角形要素に分割された、図1の領域を考える。

ここで、要素内における関数 ϕ をその節点の値によって、定義すると、代表的な三角形要素 ijm に対して、次のように表わされる。

$$\phi = [N_i \ N_j \ N_m] \{ \phi \} \quad (3-3)$$

又、N は三角形一次近似では、下のよう表わされる。

$$N_i = (a_i + b_i x + c_i y) / 2\Delta \quad (3-4)$$

(3-4) 式は以下の方法で求まる。

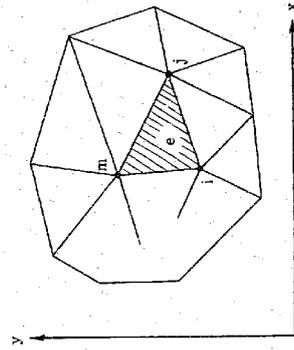


図1. 二次元領域の三角形要素への分割

今、要素内における ϕ が、要素の3節点に関する成分のベクトルとして表示することができ、一次多項式で表現できるとするとき

$$\phi = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y \quad (3-5)$$

定数 α は、節点座標を代入して得られる三元連立方程式を解くことにより、簡単に求まる。

$$\phi_1 = \alpha_1 + \alpha_2 x_1 + \alpha_3 y_1$$

$$\phi_2 = \alpha_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 y_2$$

$$\phi_m = \alpha_1 + \alpha_2 x_m + \alpha_3 y_m$$

$$(3-6)$$

上式より $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ を求め、 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_m で表わすと、

$$\phi = \frac{1}{2A} \{ (a_1 + b_1 x + c_1 y) \cdot \phi_1 + (a_2 + b_2 x + c_2 y) \cdot \phi_2 + (a_m + b_m x + c_m y) \cdot \phi_m \} \quad (3-7)$$

ここで、

$$a_1 = x_2 \cdot y_m - x_m \cdot y_2$$

$$b_1 = y_2 - y_m$$

$$c_1 = x_m - x_2 \quad (i, j, m, \text{は cyclic})$$

$$2A = \det \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_m & y_m \end{vmatrix} = 2 \times (\text{三角形 } ijm \text{ の面積}) \quad (3-8)$$

(3-3), (3-7)式より(3-4)式が求まる。

(3-3)式中の $\{\phi\}^e$ は、要素の3節点における ϕ の値を表わす。

$$\{\phi\}^e = \begin{Bmatrix} \phi^i \\ \phi^j \\ \phi^m \end{Bmatrix} \quad (3-9)$$

上記のように、関数 ϕ が全領域内でその節点値により一義的に、又、連続的に定義されるが、その節点値に関して、汎関数 χ を最小にすることが、解析の目標となる。

χ の微係数に対する各要素の寄与を求め、すべての要素について求め、その和を零にすればよい。

(3-2)式を微分することにより、

$$\frac{\partial \chi}{\partial \phi_i} = \iint \left\{ k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + k_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \cdot \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right) - Q \frac{\partial \phi}{\partial \phi_i} \right\} dx dy \quad (3-10)$$

(3-3), (3-4)を代入すると、

$$\frac{\partial \chi}{\partial \phi_i} = \frac{1}{(2A)^2} \iint \left(k_x \cdot [b_i \ b_j \ b_m] \{\phi\}^e \cdot b_i + k_y \cdot [c_i \ c_j \ c_m] \{\phi\}^e \cdot c_i \right) dx dy$$

3. 有限要素法

3-1. 概説

有限要素法によつて、場の問題を公式化する際の基本的な式が細部のつり合い条件を考慮することなく、取り取り系の全ポテンシャルエネルギーを最小にすることによつて簡単に得られる。

通常「汎関数 χ 」とよばれる被積分量を最小にし、同時に、ある種の境界条件を満足させることにより、解が得られる場合が、しばしばある。

ここでは、物理的な挙動が「準調和」微分方程式で、表わされる問題の解について述べ、そのような問題が、二次形式をもつ、ある汎関数をもつ、ある領域内で最小にする問題として、取り扱えることを示す。

3-2. 三角形要素における二次元問題

代表的な微分方程式は、次のように表わされる。

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \cdot \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \cdot \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) - Q \cdot \phi = 0 \quad (3-1)$$

これと等価で、最小化を必要とする汎関数は

$$\chi = \iint \left\{ \frac{1}{2} \left[k_x \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 \right] - Q \phi \right\} dx dy \quad (3-2)$$

となる。

三角形要素に分割された、図1の領域を考へる。

ここで、要素内における関数 ϕ をその節点の値によつて、定義すると、代表的な三角形要素 ijm に対して、次のように表わされる。

$$\phi = [N_i \ N_j \ N_m] \{\phi\}^e \quad (3-3)$$

又、 N は三角形一次近似では、下のよう表わされる。

$$N_i = (a_i + b_i x + c_i y) / 2A \quad (3-4)$$

(3-4)式は以下の方法で求まる。

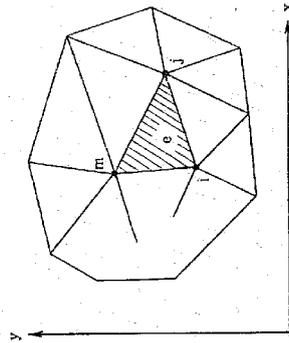


図1. 二次元領域の三角形要素への分割

今、要素内における ϕ が、要素の 3 節点に関する成分のベクトルとして表示することができ、一次多項式で表現できるとするとき

$$\phi = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y \quad (3-5)$$

定数 α は、節点座標を代入して得られる三元連立方程式を解くことにより、簡単に求まる。

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \alpha_1 + \alpha_2 x_1 + \alpha_3 y_1 \\ \phi_2 &= \alpha_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 y_2 \\ \phi_m &= \alpha_1 + \alpha_2 x_m + \alpha_3 y_m \end{aligned} \quad (3-6)$$

上式より $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ を求め、 ϕ_i, ϕ_j, ϕ_m で表わすと、

$$\phi = \frac{1}{2\Delta} \{ (a_i + b_i x + c_i y) \cdot \phi_i + (a_j + b_j x + c_j y) \cdot \phi_j + (a_m + b_m x + c_m y) \cdot \phi_m \} \quad (3-7)$$

ここで、

$$\begin{aligned} a_i &= x_j \cdot y_m - x_m \cdot y_j \\ b_i &= y_j - y_m \\ c_i &= x_m - x_j \end{aligned} \quad (i, j, m, \text{は cyclic})$$

$$2\Delta = \det \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_m & y_m \end{vmatrix} = 2 \times (\text{三角形 } ijm \text{ の面積})$$

(3-3), (3-7) 式より (3-4) 式が求まる。

(3-3) 式中の $\{\phi\}^e$ は、要素の 3 節点における ϕ の値を表わす。

$$\{\phi\}^e = \begin{Bmatrix} \phi^i \\ \phi^j \\ \phi^m \end{Bmatrix}$$

上記のように、関数 ϕ が全領域内でその節点値により一意的に、又、連続的に定義されるが、その節点値に関して、汎関数 χ を最小にすることが、解析の目標となる。

χ の微係数に対する各要素の寄与を求め、すべての要素について求め、その和を零にすればよい。

$$\frac{\partial \chi}{\partial \phi_i} = \iint \left\{ k_x \cdot \frac{\partial \phi}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + k_y \cdot \frac{\partial \phi}{\partial y} \cdot \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right) - Q \frac{\partial \phi}{\partial \phi_i} \right\} dx dy \quad (3-10)$$

$$\frac{\partial \chi}{\partial \phi_i} = \frac{1}{(2\Delta)^2} \iint (k_x \cdot [b_i \ b_j \ b_m] \{\phi\}^e \cdot b_i + k_y \cdot [c_i \ c_j \ c_m] \{\phi\}^e \cdot c_i) dx dy$$

$$-\frac{1}{2\Delta} \cdot Q \cdot (a_i + b_i x + c_i y) dx dy \quad (3-11)$$

各三角形要素は、その三頂点に関する微係数にのみ寄与し、その三つの寄与をベクトル表示すると、

$$\left\{ \frac{\partial \chi}{\partial \phi} \right\}^e = \begin{Bmatrix} \frac{\partial \chi}{\partial \phi_i} \\ \frac{\partial \chi}{\partial \phi_j} \\ \frac{\partial \chi}{\partial \phi_m} \end{Bmatrix} \quad (3-12)$$

同様に、残りの節点 j, m に関して同様の微分を用いると、上の式は、

$$\left\{ \frac{\partial \chi}{\partial \phi} \right\}^e = [H] \{\phi\}^e + \{F\}^e \quad (3-13)$$

節点値 ϕ に関する χ のすべての微係数を加え、それらを零にしておくことにより、最小化過程の最終方程式が得られる。

節点 i を例にとれば、

$$\frac{\partial \chi}{\partial \phi_i} = \text{Sum} \frac{\partial \phi^e}{\partial \phi_i} = 0 \quad (3-14)$$

但し、総和は考えている節点に頂点をもつ、すべての要素についてとるものとする。

3-3 境界条件

- (a) ϕ の値が境界上で指定されている場合
- (b) 境界上で下式のような場合

$$k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \ell_x + k_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \ell_y + q + \alpha \phi = 0 \quad (3-15)$$

ℓ_x, ℓ_y は、境界面上における外向き法線の方向余弦

この場合、(3-2) 式の汎関数を以下のように修正すればよい。

$$\chi = \iint \left\{ \frac{1}{2} \left[k_x \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 \right] - Q \phi \right\} dx dy + \int_0^1 q \phi ds + \int_0^1 \frac{1}{2} \alpha \phi^2 ds \quad (3-16)$$

3-4 不均質と異方性

これまでの式は、 k_x, k_y, Q が、要素内一定と仮定したが、二つの要素間で、これらの性質が変化したとしても、 ϕ の微係数は連続面で、やはり有限であり連続面から汎関数への寄与はない。

異方性があると \$k_x\$ と \$k_y\$ が等しくない。(3-2)式は、\$x\$ と \$y\$ の二つの軸が異方性の軸と一致する場合にのみ成立する。

4. 有限要素法の多群拡散方程式への適用

(2-1)式の拡散方程式に対し、(3-1.3), (3-1.4)式をあてはめれば、

$$[H]^g(\phi)^g = [S]^g \tag{4-1}$$

$$[H]^g = D^g \cdot \langle \nabla \xi^2 \rangle + \Sigma_t^g \cdot \langle \xi^2 \rangle + (\text{boundary condition})$$

$$[S]^g = \frac{1}{k_{eff}^g} \cdot \chi^g \cdot \sum_{g=1}^N [F]^g \cdot (\phi)^g + \sum_{g=1}^{g-1} [S_s]^g \cdot (\phi)^g$$

$$[F]^g = (\nu \Sigma_f)^g \cdot \langle \xi^2 \rangle$$

$$[S_s]^g = \sum_{g'=1}^{g-1} \Sigma_{s-g'}^g \cdot \langle \xi^2 \rangle \tag{4-2}$$

(3-4)式の \$N\$ を \$\xi\$ とおけば、

$$\langle \nabla \xi^2 \rangle = \begin{bmatrix} \langle \nabla \xi^2 \rangle_{ii} & \langle \nabla \xi^2 \rangle_{ij} & \langle \nabla \xi^2 \rangle_{im} \\ \langle \nabla \xi^2 \rangle_{ji} & \langle \nabla \xi^2 \rangle_{jj} & \langle \nabla \xi^2 \rangle_{jm} \\ \langle \nabla \xi^2 \rangle_{mi} & \langle \nabla \xi^2 \rangle_{mj} & \langle \nabla \xi^2 \rangle_{mm} \end{bmatrix}$$

$$\langle \xi^2 \rangle = \begin{bmatrix} \langle \xi^2 \rangle_{ii} & \langle \xi^2 \rangle_{ij} & \langle \xi^2 \rangle_{jm} \\ \langle \xi^2 \rangle_{ji} & \langle \xi^2 \rangle_{jj} & \langle \xi^2 \rangle_{jm} \\ \langle \xi^2 \rangle_{mi} & \langle \xi^2 \rangle_{mj} & \langle \xi^2 \rangle_{mm} \end{bmatrix}$$

$$\langle \nabla \xi^2 \rangle_{ij} = \iint (\nabla \xi_i \cdot \nabla \xi_j) dx dy$$

$$\langle \xi^2 \rangle_{ij} = \iint [\xi_i \cdot \xi_j] dx dy \tag{4-3}$$

\$\chi^g\$ が region 依存の場合、\$[S]^g\$ は以下のようになる。

$$[F]^g = \chi^g \cdot (\nu \Sigma_f)^g \cdot \langle \xi^2 \rangle$$

$$[S]^g = \frac{1}{k_{eff}^g} \cdot \sum_{g'=1}^N [F]_{g'}^g \cdot (\phi)^g + \sum_{g'=1}^{g-1} [S_s]_{g'}^g \cdot (\phi)^g \tag{4-2'}$$

4-1. 三角形一次近似 (X-Y 体系)

図2に示すごとく、三角形要素を考え、各頂点 \$i, j, k\$ が、反時計方向に番号がふられていいると考えると、

$$\alpha_i = x_j \cdot y_k - x_k \cdot y_j$$

$$\beta_i = y_j - y_k$$

$$\gamma_i = x_k - x_j \tag{4-4}$$

但し、\$i, j, k\$ は cyclic とすると

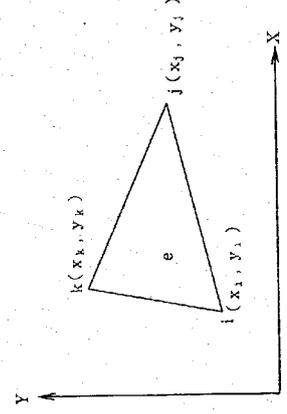


図2. 三角形要素図

$$A = \frac{1}{2} \cdot (\alpha_i + \alpha_j + \alpha_k)$$

Aは, element, eの面積

$$\langle \nabla \xi^2 \rangle_{ij} = \frac{1}{4\Lambda} \cdot (\beta_i \cdot \beta_j + \tau_i \cdot \tau_j)$$

$$\langle \xi^2 \rangle_{ij} = \frac{1}{12\Lambda} \cdot (1 + \delta_{ij})$$

但し, $\delta_{ij} = 0$ ($i \neq j$)

$\delta_{ij} = 1$ ($i = j$)

$$\iint_e \phi dx dy = \frac{A}{3} \cdot (\phi_i + \phi_j + \phi_k)$$

$$\iint_e dx dy = A$$

4-2 三角形一次近似 (R-Z体系)

図3に示すごとく, 三角形要素を考え, 各頂点 i, j, k が反時計方向に, 番号がふられていると考えると,

$$\alpha_i = r_j \cdot z_k - r_k \cdot z_j$$

$$\beta_j = z_j - z_k$$

$$\tau_i = r_k - r_j \quad (4-7)$$

但し, i, j, k は, cyclic とすると,

$$A = \frac{1}{2} \cdot (\alpha_i + \alpha_j + \alpha_k) \quad (4-8)$$

Aは element eの面積

$$r^* = r_i + r_j + r_k$$

$$\bar{r} = \frac{1}{3} \cdot r^*$$

$$\langle \Delta \xi^2 \rangle_{ij} = \frac{1}{12 \cdot A} \cdot r^* \cdot (\beta_i \cdot \beta_j + \tau_i \cdot \tau_j)$$

$$\langle \xi^2 \rangle_{ij} = \frac{1}{60} \cdot A \cdot (1 + \delta_{ij}) \cdot (r^* + r_i + r_j)$$

δ_{ij} は 4-1, (X-Y) と同様である。

$$2\pi \iint_0 \phi \cdot r \, dr dz = 2\pi \cdot \frac{1}{12} \cdot A \cdot \sum_{m=1}^k (r^* + r_m) \cdot \phi_m$$

$$2\pi \iint_0 r \cdot dr dz = 2\pi \cdot \bar{r} \cdot A \quad (4-11)$$

4-3 長方形一次近似 (X-Y体系)

図4に示すごとく, 長方形要素を考え, 各頂点 i, j, k, l が反時計方向に, 番号がふられていると考えると,

$$a = \frac{1}{2} \cdot ((x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot ((x_l - x_i)^2 + (y_l - y_i)^2)^{\frac{1}{2}} \quad (4-12)$$

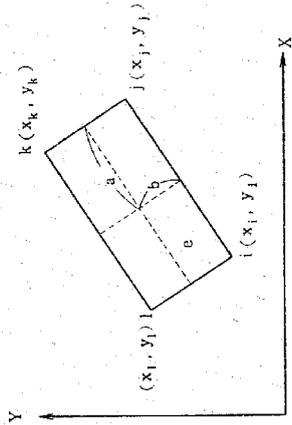


図4 長方形要素図

$$\langle \nabla \xi^2 \rangle = \frac{1}{8ab} \cdot \begin{bmatrix} 2(b^2 + a^2) & (a^2 - 2b^2) & -(b^2 + a^2) & -(b^2 - 2a^2) \\ (a^2 - 2b^2) & 2(b^2 + a^2) & (b^2 - 2a^2) & -(b^2 + a^2) \\ -(b^2 + a^2) & (b^2 - 2a^2) & 2(b^2 + a^2) & (a^2 - 2b^2) \\ (b^2 - 2a^2) & -(b^2 + a^2) & (a^2 - 2b^2) & 2(b^2 + a^2) \end{bmatrix}$$

$$\langle \xi^2 \rangle = \frac{ab}{9} \cdot \begin{bmatrix} 4 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 4 \end{bmatrix}$$

$$\iint_e \phi dx dy = a \cdot b \cdot (\phi_i + \phi_j + \phi_k + \phi_l)$$

$$\iint_e dx dy = 4 \cdot a \cdot b \quad (4-14)$$

4-4 長方形一次近似 (R-Z体系)

図5に示すごとく, 長方形要素を考え, 各頂点 i, j, k, l が反時計方向に, 番号がふられていると考えると,

$$\bar{r} = \frac{1}{4} \cdot (r_i + r_j + r_k + r_l)$$

$$\bar{z} = \frac{1}{4} \cdot (z_i + z_j + z_k + z_l)$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot \{ (r_j - r_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \}^{\frac{1}{2}}$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot \{ (r_j - r_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \}^{\frac{1}{2}}$$

$$c = \frac{1}{2a} (r_j - r_i) = \cos \theta$$

$$d = \frac{1}{2a} (z_j - z_i) = \sin \theta$$

(4-15)

$$A = 2 \cdot (b^2 + a^2) \cdot \bar{r} - (a^2 c - b^3 \cdot d)$$

$$B = 2 \cdot (b^2 + a^2) \cdot \bar{r} - (a^3 c + b^3 \cdot d)$$

$$C = 2 \cdot (b^2 + a^2) \cdot \bar{r} + (a^3 c - b^3 \cdot d)$$

$$D = 2 \cdot (b^2 + a^2) \cdot \bar{r} - (a^3 c + b^3 \cdot d)$$

$$E = (a^2 - 2b^2) \cdot \bar{r} - b^3 \cdot d$$

$$F = (b^2 - 2a^2) \cdot \bar{r} - a^3 \cdot c$$

$$G = (a^2 - 2b^2) \cdot \bar{r} + b^3 \cdot d$$

$$H = -(b^2 + a^2) \cdot \bar{r}$$

$$I = (b^2 - 2a^2) \cdot \bar{r} + a^3 \cdot c$$

$$A' = 4 \cdot \bar{r} - 2 \cdot (a \cdot c - b \cdot d)$$

$$B' = 4 \cdot \bar{r} + 2 \cdot (a \cdot c + b \cdot d)$$

$$C' = 4 \cdot \bar{r} + 2 \cdot (a \cdot c - b \cdot d)$$

$$D' = 4 \cdot \bar{r} - 2 \cdot (a \cdot c + b \cdot d)$$

$$E' = 2 \cdot \bar{r} + b \cdot d$$

$$F' = 2 \cdot \bar{r} + a \cdot c$$

$$G' = 2 \cdot \bar{r} - b \cdot d$$

$$H' = \bar{r}$$

$$I' = 2 \cdot \bar{r} - a \cdot c$$

$$\langle \xi^2 \rangle = \frac{1}{6 \cdot a \cdot b} \cdot \begin{bmatrix} A & E & H & I \\ E & B & F & H \\ H & F & C & G \\ I & H & G & D \end{bmatrix}$$

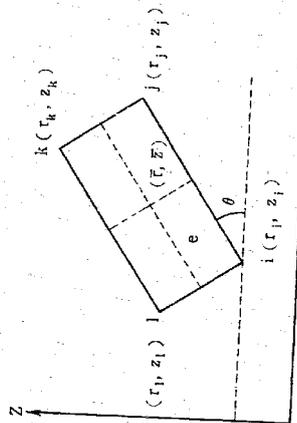


図 5. 長方形要素図

(4-16)

(4-17)

$$\langle \xi^2 \rangle = \frac{a \cdot b}{9} \cdot \begin{bmatrix} A' & E' & H' & I' \\ E' & B' & F' & H' \\ H' & F' & O' & G' \\ I' & H' & G' & D' \end{bmatrix} \quad (4-18)$$

$$2 \cdot \pi \cdot \iint_C \phi \cdot r \cdot dr \cdot dz = 2 \cdot \pi \cdot \{ a \cdot b \cdot \bar{r} \cdot (\phi_i + \phi_j + \phi_k + \phi_l) + \frac{1}{3} \cdot a \cdot c \cdot (\phi_j + \phi_k - \phi_i - \phi_l) + \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \cdot (\phi_i + \phi_j - \phi_k - \phi_l) \} \quad (4-18)'$$

$$2 \cdot \pi \cdot \iint_C r \cdot dr \cdot dz = 2 \cdot \pi \cdot \bar{r} \cdot 4 \cdot a \cdot b$$

4-5. 境界条件

(3-15)式で表現される boundary condition が使用されるときは、汎関数は、(3

16)式に示すように、表現すればよい。

このコードで使用される boundary condition は、以下の三通りである。

1. ϕ の値が境界上で指定される場合

特に、このコードでは、 $\phi = 0$ のみを使用する。

この境界条件を使用する境界上の flux point の値を "zero" に set し (4-1) 式の matrix を解けばよい。

2. Reflective Boundary Condition

(3-15)式の α , q 値を "zero" にすると、

$$k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \mathcal{L}_x + k_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \mathcal{L}_y = 0 \quad (4-19)$$

これより、汎関数を作ると、(3-16)式は、以下のようになる。

$$z = \iint \left[\frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 \right\} - Q \phi \right] dx dy$$

ゆえに、(4-2)式中の [H]^{*} は以下のようになる。

$$[H]^* = D^* \cdot \langle \mathcal{L} \xi^2 \rangle + \Sigma_1 \cdot \langle \xi^2 \rangle \quad (4-20)$$

これは、多群拡散方程式に基づく汎関数が(3-2)式のように、表現されることを意味し、Reflective boundary condition がすでに含まれていることになる。

ゆえに、reflective boundary condition を使用する境界上の flux point に関して、何の処置もいらない。

3. Periodic boundary Condition

periodic boundary conditionは、ある境界からの出ていくfluxが、対応する境界の入ってくるfluxに等しいとする境界条件である。

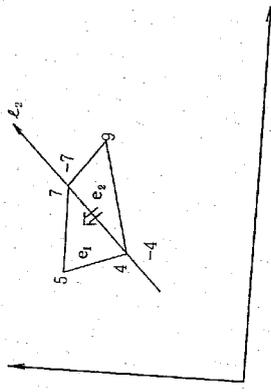
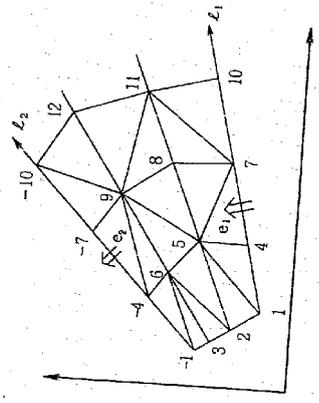
右図の如く、L1及びL2のラインをPeriodic lineとすると、代表的element, e1及びe2をとると、e2 elementの辺(-4, -7)から、出ていくfluxが, elementの辺(4, 7)から、入ってくるfluxに等しい。

今、辺の長さが等しいとき、右図の如く、辺をかざね合わせることによりfluxの収支は、満足するはずである。

FEMのglobal matrix作成にあたり、各element毎の形状matrixを作り、(phi = phi - phi - phi)の条件を与え)対応するnode pointにmatrix要素を加えることで、Periodic boundary Conditionを満足することになる。

L1及びL2ライン上の対応するpoint及び辺の長さが同じであれば、L1及びL2ラインがperiodic lineとなる。

ゆえに、L2をperiodic lineと称し、対応するnode pointに負の符号を付加し、global matrixに含まれないpointとして処理する。しかし、座標値は、e2 elementを表現できるように入力し、element matrix作成後、負の付号をはずし対応するglobal matrixに加える。



5. マトリックスの解法

有限要素法による、多群拡散方程式の解法は、最終的には、(4-1)式の連立一次方程式を解くことである。

(4-1)式のmatrixは、実数対称matrixであり、zero要素の多いmatrixである。programの計算スピードの大部分をしめるmatrix計算部分を、いかに有効な方法で、処理するか、FEM codeの最大の課題点である。

解法としては、直接法と反復法があるが、反復法には、"計算時間が少なくてすむ"利点と、"結果の精度及び収束性に問題がある"という欠点がある。

求めるべきfluxは、正の実数であり、かつ、matrixの対角要素が、非対角要素より、かなり大きいので、収束性及び精度に問題がないと思われる。ゆえに、ガウス・ザイデルの改良型SOR法(反復法)を採用した。

このコードには、バンド・マトリックス・SOR法と、スペース・マトリックス・SOR法の二つを内蔵し、optionで使用できるようになっている。

5-1. ガウス・ザイデル・SOR法

(4-1)式より

[H][phi] = {S}

今、flux point数をmとすると、k番目のflux pointを求める式は、

[H] = [a11 a12 a1m
 a21 a2m

 am1 amm]

ak1*phi1 + ak2*phi2 + + akk*phi_k + + akm*phi_m = sk (5-1)

(5-1)式より、

phi_k = 1/akk * (sk - Sum_{i=1}^m aki*phi_i) (5-2)

(5-2)式をk=1, mまで計算し、求めたphiをguessとし、(5-2)式を反復して、収束するまで、くりかえす。

直前に決まった近似値を用いると、

phi^n n回目のflux

$\phi^{n-1}, \dots, (n-1)$ 回目の flux

(5-2) 式より,

$$\phi_k^n = \frac{1}{a_{kk}} \cdot \left(s_k - \sum_{i=1}^{k-1} a_{ki} \cdot \phi_i^{n-1} - \sum_{i=k+1}^m a_{ki} \cdot \phi_i^{n-1} \right) \quad (5-3)$$

(5-3) 式が、ガウス・ザイデルの式である。

(5-3) 式より、もっと加速するために、SOR法を使用すると、(5-3) 式で求めた ϕ_k^n を以下のようにする。

$$\phi_k^* = \omega \phi_k^{n-1} + \beta \cdot (\phi_k^n - \phi_k^{n-1}) \quad (5-4)$$

(5-4) 式で求めた ϕ_k^* を、次の line に、うつる前に ϕ_k^n として使用する。

β は、over relaxation factor と呼ばれ、 $1 \leq \beta \leq 2$ の間で使用する。

5-2 バンド・マトリクス・SOR法

図6に示す如く、バンド・マトリクスになっているとき、k 番目の flux を求めるには、

(5-3) 式は、

$$\phi_k^n = \frac{1}{a_{kk}} \cdot \left(s_k - \sum_{i=1}^{k-1} a_{ki} \cdot \phi_i^{n-1} - \sum_{i=k+1}^k a_{ki} \cdot \phi_i^{n-1} \right) \quad (5-5)$$

B: バンド巾

$$k_1 = k+1 - B \quad (\text{if } k_1 \leq 0, k_1 = 1)$$

$$k_2 = k-1 + B \quad (\text{if } k_2 > M, k_2 = M)$$

$$M: \text{ノードポイント総数} \quad (5-6)$$

今、図1に示す如く、要素 \mathcal{L} が作られているとすると、

$$\delta_i = |i-j| + 1 \quad (5-7)$$

i, j, m は、cyclic とする。 (i, j, m) は、node point 番号

$$B_e = \max(\delta_i, \delta_j, \delta_m) \quad (5-8)$$

今、全体の要素数を \mathcal{L} とすると、

$$B = \max(B_1, B_2, \dots, B_e, \dots, B_{\mathcal{L}}) \quad (5-9)$$

B は、バンド巾である。

matrix の為に必要な area を Λ とすると、以下のようになる。

$$A = M \times B - \frac{1}{2} \times M \times (M-1)$$

このコードでは、A は以下のようになっている。

$$A = M \times B$$

5-3 格子形状におけるスパース・マトリクス・SOR法

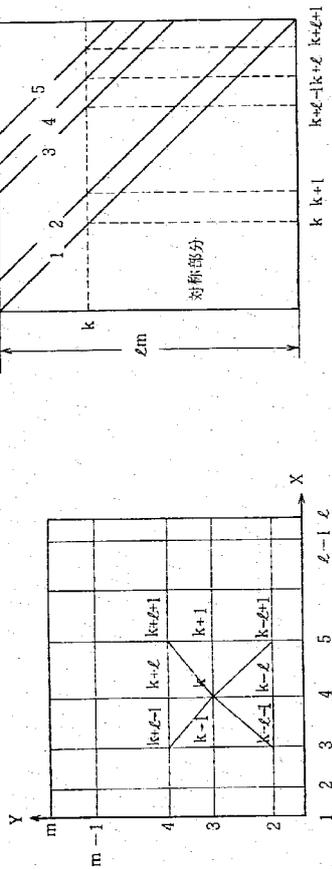


図7 格子状要素構成図

図7に示す如く、格子状に mesh がきめられている場合、x 方向の point 数を \mathcal{L} , y 方向の point 数を m とすると、point 総数 $\mathcal{L}m$ は、

$$\mathcal{L}m = \mathcal{L} \times m \quad (5-10)$$

$\mathcal{L}m$ の global matrix を考え、着目する point k に関係する point のうち、 k よりも大きい番号をもつ point 数は、(k を含めて)、5 つであり、バンド・マトリクスを作ると、図8の如くなる。バンド内に含まれる zero 要素をとりさることにより、matrix 要素を 1~5 の line だけ使用すれば、k 番目の flux を求めるには、(4-3) 式は、以下のようになる。

$$\phi_k^n = \frac{1}{a_{kk}} \cdot \left\{ s_k - (a_{k1k} \cdot \phi_1^n + a_{k2k} \cdot \phi_2^n + a_{k3k} \cdot \phi_3^n + a_{k4k} \cdot \phi_4^n + a_{k5k} \cdot \phi_5^n) - (a_{k6k} \cdot \phi_{k6}^{n-1} + a_{k7k} \cdot \phi_{k7}^{n-1} + a_{k8k} \cdot \phi_{k8}^{n-1} + a_{k9k} \cdot \phi_{k9}^{n-1}) \right\} \quad (5-11)$$

B = $\mathcal{L} + 2$: バンド巾

$$k_1 = k - \mathcal{L} - 1, \quad k_6 = k + 1$$

$$k_2 = k - \mathcal{L}, \quad k_7 = k + \mathcal{L} - 1$$

$$k_3 = k - \mathcal{L} + 1, \quad k_8 = k + \mathcal{L}$$

$$k_4 = k - 1, \quad k_9 = k + \mathcal{L} + 1$$

$$(5-12)$$

図8のスパース・マトリクスより、5 line だけを取り出し、図9のような配列を考え、matrix の為に必要な area を Λ とすると、

$$A = \mathcal{L}m \times 5$$

今、A なる長さをもつ、array を \mathcal{O} とすると、 $\mathcal{O}(\mathcal{L}m, 5)$ の二次元配列となる。

\mathcal{O} を使って、(5-11) 式を書きかえると、

$$\phi_k^n = \frac{1}{C(k, 1)} \cdot \left\{ S_k - \sum_{i=2}^k C(L_i, i) \cdot \phi_{L_i}^{n-1} - \sum_{i=2}^m C(k, i) \cdot \phi_{k-i}^{n-1} \right\} \quad (5-13)$$

但し、

$$N \times 3 = L - 3$$

$$J1 = k - i + 1$$

$$L_i = J1 \quad (k > 1 \text{ and } i = 2 \text{ のとき})$$

$$L_i = J1 - N \times 3 \quad (k > i \text{ and } i \geq 3 \text{ and } L_i \geq 0 \text{ のとき})$$

$$J2 = k + i - 1$$

$$M_i = J2 \quad (k < L_m \text{ and } i = 2 \text{ のとき})$$

$$M_i = J2 + N \times 3 \quad (k < L_m \text{ and } i \geq 3 \text{ and } M_i \leq L_m \text{ のとき})$$

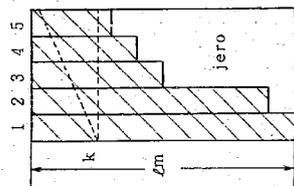


図9 area中での配列

6. リージョン加速法

region 加速は、指定された加速 region についての、region balance を計算し flux を加速する。inner iteration の収束を早めるのに、使用されている。

入力により、option で使用され、使用するとき、inner iteration の最初に行なわれ、その後は入力で指定された回数ごとに行なわれる。

加速 factor, Bmax が以下の条件になれば、その群の加速は以後行なわれない。

$$B_{max} = \max(\bar{\phi}, \bar{\psi}, \dots, \bar{\psi}_k) \quad (6-1)$$

$$|1.0 - B_{max}| \leq 0.01$$

6-1. Region 加速法

(4-1)式より、

$$[H] \cdot \{\phi\} = \{S\}$$

今、加速された flux を ψ_i とし、以下の関係式を作る。

$$\psi_i = \phi_i \cdot \sum_{k=1}^n \bar{\phi}_k \cdot R_k, \quad 1 \leq i \leq n \quad (6-2)$$

k は加速される、region の数、n は point 総数

$$R_k = \begin{cases} 1 : i \in k \\ 0 : i \notin k \end{cases} \quad (6-3)$$

weighting function W_j を以下の様に定義し、 ϕ の変りに ψ を使い、(4-1)式の両辺に掛け、Residual を zero とおけば、

$$W_j = \begin{cases} \phi_j : j \in k \\ 0 : j \notin k \end{cases}, \quad 1 \leq j \leq n \quad (6-4)$$

$$(W)^T \cdot [H] \cdot \{\psi\} = \{W\}^T \cdot \{S\} \quad (6-5)$$

$$(W)^T \cdot [H] \cdot \{\phi\} \cdot \sum_k \bar{\phi}_k \cdot R_k = \{W\}^T \cdot \{S\} \quad (6-5)'$$

$$[H] \cdot \{\bar{\phi}\} = \{S\}' \quad (6-6)$$

$$H_{k,j} = \sum_i \bar{\phi}_i \cdot \{H\}_{i,j} \cdot \{\phi\}_i \quad (6-7)$$

$$\begin{cases} i \in k \\ j \in \ell \end{cases} \quad (6-8)$$

$$S_k = \sum_i \{\phi\}_i \cdot \{S\}_i \quad (6-8)$$

$i \in k$

(6-6)式より求めた、 $\bar{\Sigma}_k$ を(6-2)式に代入し、 Ψ_i を求め、加速された flux として使用する。

7. アウタ加速法

(4-1)式を解き、各群ごとの flux が求まっても、fission source が, guess flux より決まった値なので、今、求めた flux より, fission source を求め直し、(4-1)式を、収束するまで繰り返す。これを outer iteration と呼ぶ。

このとき、収束を早めるために、fission source を加速する。

(2-1)式より、

$$P_i = \sum_{g=1}^N (\nu \Sigma_f)_{i,g}^* \phi_i^g \quad (7-1)$$

$$\lambda = \int P_i dV \quad (\lambda: \text{実効増倍率})$$

λ で P_i を normalize して、 P_i^* とすると、

$$P_i^* = \frac{1}{\lambda} P_i \quad (7-2)$$

P_i^* より, fission source F_i^* を以下のようになり定め、拡散方程式を解く。

$$F_i = \lambda^* \cdot P_i^* \quad (7-3)$$

求めた flux より、(7-2)式に代入して、求めた point source を P_i^{*n} とすれば、加速は、SOR法により、以下のようになり定める。

$$P_i = P_i^* + \beta \cdot (P_i^{*n} - P_i^*) \quad (7-4)$$

この P_i を、次の iteration の flux guess として使用する。

この加速は、outer iteration の4回以降に使用され、以下の条件を満足すれば、加速をやめる。

$$ERR \leq 10 \times EPS1 \text{ and } EPSIN \leq EPS2$$

$$ERR, \dots, \lambda \text{ の 相対誤差, } EPSIN, \dots, \text{ flux の 相対誤差}$$

$$EPS1, \dots, \text{ outer 収束条件, } EPS2, \dots, \text{ inner 収束条件}$$

8. 収束判定

収束判定は inner iteration と outer iteration ごとに判定され、収束条件は、入力値で決定する。

8-1. inner 収束判定

inner iteration は、SOR法により、matrix を解き flux を求め、その相対誤差で判定し、収束すれば、次の群の計算をする。inner iteration の回数が入力で決定されていて、その回数内で収束しない時は、次の群の計算を行う。

$$\phi_{n-1}^* = \phi_{n-1} + \beta \cdot (\phi_n - \phi_{n-1})$$

$$\left| \frac{\phi_n^* - \phi_{n-1}^*}{\phi_n^*} \right| \leq \text{EPS2} \quad (8-1)$$

8-2. outer 収束判定

outer は、求めた flux より、 λ^n (実効増倍率) を計算し、前回の λ^{n-1} との相対誤差により収束判定をする。outer iteration の回数が入力で、決定されていて、その回数内で収束しない時は、outer を打ち切り Return する。

$$\left| \frac{\lambda^n - \lambda^{n-1}}{\lambda^n} \right| \leq \text{EPS1} \quad (8-2)$$

8-3. 補足

最終的、収束判定は、(8-1)式、(8-2)式の両方が、iteration 回数内に満足したとき、収束とみなす。

9. 出力説明

計算結果に基づき出力の内容は次の通りである。
Breeding Ratio は、入力 option より、print される。

9-1. Power normalized flux

$$\alpha = \frac{\text{POWER} \times 10^6}{\sum_r K_{tr} \cdot \int_{\text{ker}} \sum_k \sigma_k^* \cdot \phi_r^* dV} \quad (9-1)$$

$$\phi_r^{*k} = \alpha \cdot \phi_r^k$$

POWER : 炉心出力 (MWatt)

K_{tr} : 等価核分裂エネルギー - [wait/fission]

ϕ_r^{*k} : Power normalized flux

9-2. Power distribution

$$PP_{\text{ker}} = K_{tr} \cdot \sum_k \sigma_k^* \cdot \phi_r^k \quad (9-2)$$

PP : Power [w/cm]

9-3. Region-wise power normalized flux

$$F_r^k = \sum_{\text{ker}} \phi_r^{*k} dV \quad (9-3)$$

9-4. Region-wise output

$$V_r = \sum_{\text{ker}} dV \quad (9-4)$$

$$BF_r = \frac{(\text{fertile の capture})}{(\text{fissile の absorption})}$$

$$= \frac{\sum_{\text{ker}} N_{\text{ker}} \cdot \sum_k \sigma_{f(\text{ker})}^* \cdot \phi_r^{*k} dV}{\sum_{\text{fiss}} N_{\text{fiss}} \cdot \sum_k \sigma_{a(\text{fiss})}^* \cdot \phi_r^{*k} dV} \quad (9-5)$$

fertile 核種 : Th^{232} (31), U^{238} (36), Pu^{240} (38)

fissile 核種 : U^{233} (32), U^{235} (34), Pu^{239} (37), Pu^{241} (39)

但し、カッコ内は、核種の Λ bagyan コード・ナンバー 3)

$$P_{Br} = K_{lr} \cdot \int_{\text{cell}} \text{Sum } \Sigma_{lr}^* \cdot \phi_1^* dV \quad (9-6)$$

$$POW = \text{Sum } P_{Br} \quad (9-7)$$

$$P_{FFr} = \frac{P_{Br}}{POW} \quad (9-8)$$

$$P_{FF} = \frac{P_{P_{\text{maxer}}}}{\frac{P_{Br}}{V_r}} \quad (9-9)$$

$$V = \text{Sum } V_r \quad (9-10)$$

$$BR = \text{Sum } BF_r \quad (9-11)$$

V_r : 領域ごとの Volume

BF_r : " の Breeding Ratio

P_{Br} : " の Power

POW : 全領域の Power

P_{FFr} : 領域ごとの Power fraction

P_{FF} : " の Power の peaking factor

V : 全領域の Volume

BR : Breeding ratio

$P_{P_{\text{maxer}}}$: r 領域に含まれる maximum point power

9-5. Edit 出力

flux 計算に使用した, region とは, 別に新たに edit 用 region を定義し, その edit region ごとく, (9-3) 式~(9-11) 式を計算し出力する。

10. 出力例

```

** DIFF 248 SAMPLE RUN SEP 14 1976
09/16/76 13.9139 PAGE 1
-----
-- D I F F E R --
-----
TWO-DIMENSIONAL DIFFUSION CODE BY FINITE ELEMENT METHOD
-----

```

MEMORY ARRANGMENT-INPUT -CORE REQUIRE 2629
ALLOW 47190
ECS REQUIRE 4248
ALLOW 5120

**** INPUT DATA LIST ****

Table with 2 columns: parameter name and value. Parameters include NNGRP, NNGEOM, NNELEM, NNMIX, NNRGN, NMC, N13NHA, N15NEVT, N17NOMAX, N19NMLM, N21NCOMP, N23NFI, N25NKRGN, N27NEDIT, N29NBAND, N31NXPIN, N33NQUES, N35NCS, N37NFTSDP, N39NRCOP, N41NPRINT, N43NKPOINT, N2NDW, N4NPOINT, N6NTYPE, N8NSEL, N10NMT, N12NTP, N14NRCON, N16NIMAX, N18NLIBMAX, N20NMS, N22NDATE, N24NASEL, N26NPRINT, N28NDOZPT, N30NAUTO, N32NYPIN, N34NNGOP, N36NNUOP, N38NKFOP, N40NKOPT, N42NKA1, N44NPLDT.

1 EPS1 PRECISION OF OUTER 1.00000E+05
3 SORF SOR FACTOR 1.70000E+00
2 EPS2 PRECISION OF INNER 1.00000E-04
4 POWER CORE POWER 1.30000E-01

Table for DISTANCE TO MESH BOUNDARIES. Columns: X, Y, and values. X values range from 4.7054E+00 to 4.7054E+00. Y values range from 4.7054E+00 to 4.7054E+00.

Table for PERIODIC POINT DATA. Columns: NODE NO., POINT NO., X, Y. Node 1: POINT -2, X 2.35270E+00, Y 4.07500E+00. Node 2: POINT -3, X 4.70540E+00, Y 8.15000E+00. Node 3: POINT -5, X 7.05811E+00, Y 1.22250E+01. Node 4: POINT -8, X 9.41081E+00, Y 1.63000E+01. Node 5: POINT -12, X 1.17635E+01, Y 2.03750E+01.

Table for COORDINATE DATA. Columns: NODE NO., POINT 1, POINT 2, POINT 3, X, Y. Node 1: POINT 1, 2, -2, X 0, Y 0. Node 2: POINT 2, 3, 4, X 4.70540E+00, Y 0. Node 3: POINT 3, 4, -3, X 7.05811E+00, Y 0. Node 4: POINT 4, 5, 6, X 1.41162E+01, Y 0. Node 5: POINT 5, 6, 4, X 1.17635E+01, Y 4.07500E+00. Node 6: POINT 6, 7, 7, X 9.41081E+00, Y 8.15000E+00. Node 7: POINT 7, 8, -3, X 1.08216E+01, Y 0. Node 8: POINT 8, 9, 5, X 1.64689E+01, Y 4.07500E+00. Node 9: POINT 9, 10, 6, X 1.41162E+01, Y 8.15000E+00. Node 10: POINT 10, 11, 6, X 1.17635E+01, Y 1.22250E+01. Node 11: POINT 11, 12, 10, X 2.35270E+01, Y 0. Node 12: POINT 12, 13, 7, X 2.11743E+01, Y 4.07500E+00. Node 13: POINT 13, 14, 7, X 1.08216E+01, Y 8.15000E+00. Node 14: POINT 14, 15, 11, X 1.64689E+01, Y 1.22250E+01. Node 15: POINT 15, 16, -8, X 1.41162E+01, Y 1.63000E+01. Node 16: POINT 16, 17, 13, X 2.82324E+01, Y 0. Node 17: POINT 17, 18, 10, X 2.58797E+01, Y 4.07500E+00. Node 18: POINT 18, 19, 9, X 2.35270E+01, Y 8.15000E+00. Node 19: POINT 19, 20, 14, X 2.11743E+01, Y 1.22250E+01. Node 20: POINT 20, 21, 15, X 1.08216E+01, Y 1.63000E+01. Node 21: POINT 21, 22, 11, X 1.64689E+01, Y 2.03750E+01. Node 22: POINT 22, 23, 16, X 3.29378E+01, Y 0. Node 23: POINT 23, 24, -8, X 3.05851E+01, Y 4.07500E+00. Node 24: POINT 24, 25, 16, X 2.82324E+01, Y 8.15000E+00. Node 25: POINT 25, 26, 12, X 2.58797E+01, Y 1.22250E+01. Node 26: POINT 26, 27, 18, X 2.35270E+01, Y 1.63000E+01. Node 27: POINT 27, 28, 13, X 2.11743E+01, Y 2.03750E+01. Node 28: POINT 28, 29, 14, X 1.98216E+01, Y 2.44500E+01. Node 29: POINT 29, 30, 20, X 3.76432E+01, Y 0. Node 30: POINT 30, 31, 19, X 3.52905E+01, Y 4.07500E+00. Node 31: POINT 31, 32, 20, X 3.29378E+01, Y 8.15000E+00. Node 32: POINT 32, 33, 16, X 3.05851E+01, Y 1.22250E+01. Node 33: POINT 33, 34, 21, X 2.82324E+01, Y 1.63000E+01. Node 34: POINT 34, 35, -12, X 2.58797E+01, Y 2.03750E+01. Node 35: POINT 35, 36, 17, X 2.35270E+01, Y 2.44500E+01. Node 36: POINT 36, 37, 24, X 2.11743E+01, Y 2.85250E+01. Node 37: POINT 37, 38, 18, X 2.11743E+01, Y 0. Node 38: POINT 38, 39, 24, X 1.99959E+01, Y 4.07500E+00. Node 39: POINT 39, 40, 25, X 3.76432E+01, Y 8.15000E+00. Node 40: POINT 40, 41, 19, X 3.52905E+01, Y 1.22250E+01. Node 41: POINT 41, 42, 26, X 3.29378E+01, Y 1.63000E+01. Node 42: POINT 42, 43, 27, X 3.05851E+01, Y 2.03750E+01. Node 43: POINT 43, 44, 20, X 2.82324E+01, Y 2.44500E+01. Node 44: POINT 44, 45, 27, X 2.58797E+01, Y 2.85250E+01. Node 45: POINT 45, 46, 28, X 2.35270E+01, Y 3.26000E+01. Node 46: POINT 46, 47, 22, X 4.70540E+00, Y 0. Node 47: POINT 47, 48, 29, X 4.7013E+00, Y 4.07500E+00. Node 48: POINT 48, 49, -17, X 4.23486E+00, Y 8.15000E+00. Node 49: POINT 49, 50, 30, X 3.99959E+00, Y 1.22250E+01. Node 50: POINT 50, 51, 31, X 3.76432E+00, Y 1.63000E+01. Node 51: POINT 51, 52, 32, X 3.52905E+00, Y 2.03750E+01. Node 52: POINT 52, 53, 24, X 3.29378E+00, Y 2.44500E+01. Node 53: POINT 53, 54, 25, X 3.05851E+00, Y 2.85250E+01.

- 2 -

- 2 -

*** DIFEM *** DIFEM SAMPLE R/JN SEP 14 1976

09/16/76 13.31.39 PAGE 10

FISSION SPECTRUM

GROUP 0
1.137E-01 7.877E-01 8.792E-02 1.060E-02 0.

KF DATA (WATT/FISSION)
REGION 3
3.068E-11 3.068E-11 3.068E-11

POINT NO. OF BOUNDARY CONDITION FLUX=0

NRCON=15

122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137

*** MEMORY ARRANGEMENT-ELPLOT-CORE REQUIRE 3719
ALLOW 47190
ECS REQUIRE 1
ALLOW 5120

*** MEMORY ARRANGEMENT-MTRXEL-CORE REQUIRE 11066
ALLOW 47190
ECS REQUIRE 1
ALLOW 5120

*** MEMORY ARRANGEMENT-DIFFUS-CORE REQUIRE 7702
ALLOW 47190
ECS REQUIRE 4248
ALLOW 5120

***** CALCULATION TIME IN INPUT ROUTINE 9.37000E-01 SEC

***** PLOT IS COMPLETED AND WRITTEN ON UNIT NO.13

***** CALCULATION TIME IN ELPLOT ROUTINE 1.77400E+00 SEC

***** CALCULATION TIME IN MTRXEL ROUTINE 2.85200E+00 SEC

*** DIFEM *** DIFEM SAMPLE R/JN SEP 14 1976

09/16/76 13.31.39 PAGE 11

OUTER COUNT	OUTER TIME (SEC)	KEFF	OUTER ERROR	INNER GROUP	INNER COUNT	MAX. PROB POINT NO.	INNER TIME (SEC)	INNER ERROR
1	1.85420E+01	9.72094E-01	9.58527E+01	1	30	107	2.53400E+00	1.30241E+01
				2	30	107	2.61700E+00	2.26300E-02
				3	30	107	2.52500E+00	6.59245E-03
				4	30	107	2.53900E+00	3.92604E-03
				5	30	107	2.28500E+00	1.02939E-02
				1	30	107	2.46100E+00	6.63003E-04
				2	29	107	2.42900E+00	6.14593E-05
				3	22	120	1.76200E+00	9.84940E-05
				4	22	120	1.82800E+00	6.54462E-05
				5	24	121	2.07100E+00	6.97714E-05
2	3.48560E+01	9.96899E-01	2.48437E-02	1	30	107	2.65600E+00	1.30045E-04
				2	27	93	2.25100E+00	4.71660E-05
				3	20	108	1.70300E+00	8.17163E-05
				4	14	115	1.16800E+00	7.69904E-05
				5	18	107	1.51400E+00	6.70209E-05
				6	24	2	2.00900E+00	7.17246E-05
				1	27	121	2.23500E+00	9.71325E-05
				2	20	108	1.65000E+00	9.38367E-05
				3	14	115	1.20800E+00	4.78688E-05
				4	11	2	7.68000E-01	9.98453E-05
				5	13	107	1.05100E+00	8.05209E-05
				6	21	2	1.79700E+00	7.71686E-05
				1	25	107	2.11100E+00	8.05626E-05
				2	16	108	1.24200E+00	6.40952E-05
				3	12	80	1.01500E+00	6.81435E-05
				4	10	4	8.62000E-01	4.09885E-05
				5	10	108	8.56000E-01	7.01564E-05
				6	14	19	1.19100E+00	9.91461E-05
				1	22	121	1.72500E+00	6.93555E-05
				2	14	107	1.19000E+00	6.35067E-05
				3	10	108	8.66000E-01	6.60510E-05
				4	6	5	5.09000E-01	8.58688E-05
				5	8	107	6.81000E-01	9.33215E-05
				6	7	22	5.83000E-01	7.50515E-05
				1	19	108	1.51700E+00	7.55200E-05
				2	11	93	8.63000E-01	9.50567E-05
				3	7	93	5.64000E-01	8.27595E-05
				4	5	107	4.48000E-01	8.71607E-05
				5	6	108	4.83000E-01	8.35615E-05
				6	5	22	3.51000E-01	9.40539E-05
				1	12	93	1.05200E+00	6.24949E-05
				2	9	107	7.59000E-01	9.04688E-05
				3	3	111	2.43000E-01	9.76716E-05
				4	3	80	2.57000E-01	5.21734E-05
				5	4	107	3.35000E-01	8.76852E-05
				6	3	5	2.49000E-01	6.83226E-05
				1	12	93	9.66000E-01	7.45474E-05
				2	5	111	8.14000E-01	5.33322E-05
				3	3	112	2.53000E-01	7.56623E-05
				4	1	113	7.80000E-02	8.07912E-05
				5	2	119	2.35000E-01	9.75173E-05

DIFEN DIFEN SAMPLE RUN SEP 14 1976 09/16/76 13:31:39 PAGE 12

OUTER COUNT	OUTER TIME (SEC)	KEFF	OUTER ERROR	INNER COUNT	INNER POINT NO.	INNER TIME (SEC)	INNER ERROR
9	1.01767E+02	1.00853E+00	2.25061E-06	6	115	8.00000E-02	7.05318E-05

*****MEMORY ARRANGEMENT***** CORE REQUIRE 5595
 ALLOW 47190
 ECS REQUIRE 1
 ALLOW 5120

*****CALCULATION TIME IN DIFUS ROUTINE 1.03032E+02 SEC*****

*****RECORDS*****

GROUP	REGION	P	FLUX												
30	1	1.2375E+13	23	2.2071E+13	17	3.0620E+13	12	3.7985E+13	8	4.4169E+13	5	4.9114E+13	3	5.2732E+13	
2	5.0548E+13	8	4.159E+13	9	4.6255E+13	10	4.6948E+13	11	4.6255E+13	12	3.7985E+13	13	4.0657E+13	14	4.1978E+13
15	4.1978E+13	16	4.1978E+13	17	4.0669E+13	18	3.0620E+13	19	3.1801E+13	20	3.5615E+13	21	3.5621E+13	22	3.3909E+13
23	2.7782E+13	24	2.5646E+13	25	2.7763E+13	26	2.5646E+13	27	2.8773E+13	28	2.5646E+13	29	2.5665E+13	30	1.2375E+13
31	1.9151E+13	32	1.8049E+13	33	1.8013E+13	34	1.9130E+13	35	1.9151E+13	36	1.8049E+13	37	1.5991E+13	38	1.2375E+13

DIFEN DIFEN SAMPLE RUN SEP 14 1976 09/16/76 13:31:39 PAGE 13

POWER NORMALIZED FLUX

GROUP= 1 REGION= 1

P	FLUX												
30	1.2375E+13	23	2.2071E+13	17	3.0620E+13	12	3.7985E+13	8	4.4169E+13	5	4.9114E+13	3	5.2732E+13
2	5.0548E+13	8	4.159E+13	9	4.6255E+13	10	4.6948E+13	11	4.6255E+13	12	3.7985E+13	13	4.0657E+13
14	4.1978E+13	15	4.1978E+13	16	4.0669E+13	17	3.0620E+13	18	3.1801E+13	19	3.5615E+13	20	3.5621E+13
21	3.5621E+13	22	3.3909E+13	23	2.7782E+13	24	2.5646E+13	25	2.7763E+13	26	2.8773E+13	27	2.8781E+13
28	2.7782E+13	29	2.5665E+13	30	1.2375E+13	31	1.5960E+13	32	1.8013E+13	33	1.9130E+13	34	1.9494E+13
35	1.9151E+13	36	1.8049E+13	37	1.5991E+13								

GROUP= 1 REGION= 2

P	FLUX												
38	2.6927E+12	35	1.9151E+13	36	1.8049E+13	37	1.5991E+13	38	5.6576E+12	39	7.6671E+12	40	9.1742E+12
41	1.0089E+13	42	1.0523E+13	43	1.0534E+13	44	1.0137E+13	45	9.2468E+12	46	7.7215E+12	47	2.6927E+12
48	3.7025E+12	49	4.6197E+12	50	5.2825E+12	51	5.6659E+12	52	5.7923E+12	53	5.6823E+12	54	5.0404E+12
55	4.7782E+12	56	3.6027E+12	57	1.1728E+12	58	1.8124E+12	59	2.3558E+12	60	2.7943E+12	61	3.0886E+12
62	3.2330E+12	63	3.2198E+12	64	2.9929E+12	65	2.4515E+12	66	2.0242E+12	67	1.5621E+12	68	1.4495E+12

GROUP= 1 REGION= 3

P	FLUX												
122	0.	107	1.8269E+10	93	6.5183E+10	80	1.7649E+11	68	4.5327E+11	57	1.1728E+12	47	2.6927E+12
54	5.4606E+12	55	4.782E+12	56	3.6027E+12	57	1.1728E+12	58	1.8124E+12	59	2.3558E+12	60	2.7943E+12
61	3.0896E+12	62	3.2330E+12	63	3.2198E+12	64	2.9929E+12	65	2.4515E+12	66	2.0242E+12	67	1.5621E+12
68	4.5327E+11	69	7.0341E+11	70	9.7318E+11	71	1.1985E+12	72	1.3676E+12	73	1.4687E+12	74	1.4495E+12
75	1.4344E+12	76	1.2708E+12	77	1.0591E+12	78	8.5092E+11	79	6.4959E+11	80	4.7649E+11	81	2.7782E+11
82	3.4358E+11	83	5.0351E+11	84	5.9332E+11	85	6.5499E+11	86	6.9351E+11	87	6.7453E+11	88	6.2479E+11
89	5.4300E+11	90	4.4855E+11	91	3.5366E+11	92	2.6163E+11	93	6.5183E+10	94	1.0563E+11	95	1.5338E+11
96	2.0260E+11	97	2.4562E+11	98	2.8014E+11	99	3.0002E+11	100	3.0412E+11	101	2.9123E+11	102	2.6292E+11
103	2.2465E+11	104	1.8268E+11	105	1.4076E+11	106	1.0095E+11	107	1.8269E+10	108	3.3423E+10	109	5.0411E+10
110	6.8780E+10	111	8.6415E+10	112	1.0110E+11	113	1.1123E+11	114	1.1576E+11	115	1.1409E+11	116	1.0636E+11
117	9.3871E+10	118	7.8695E+10	119	6.2679E+10	120	4.6987E+10	121	3.2293E+10	122	0.	123	0.
124	0.	125	0.	126	0.	127	0.	128	0.	129	0.	130	0.
131	0.	132	0.	133	0.	134	0.	135	0.	136	0.	137	0.

GROUP= 2 REGION= 1

P	FLUX												
30	1.7719E+14	23	2.9321E+14	17	3.9963E+14	12	4.9157E+14	8	5.7068E+14	5	6.3441E+14	3	6.8122E+14
2	7.0965E+14	1	7.1948E+14	2	7.0985E+14	3	6.8122E+14	4	6.9071E+14	5	6.3441E+14	6	5.5295E+14
7	6.5295E+14	8	5.7068E+14	9	5.9755E+14	10	6.0651E+14	11	5.9755E+14	12	4.9157E+14	13	5.2576E+14
14	5.4269E+14	15	5.4270E+14	16	5.2579E+14	17	3.9863E+14	18	4.3889E+14	19	4.6220E+14	20	4.6949E+14
21	4.6226E+14	22	4.3896E+14	23	2.9321E+14	24	3.3778E+14	25	3.6504E+14	26	3.7821E+14	27	3.7827E+14
28	3.6520E+14	29	3.3793E+14	30	1.7719E+14	31	2.2208E+14	32	2.6912E+14	33	2.6629E+14	34	2.6918E+14
35	2.6637E+14	36	2.4935E+14	37	2.2226E+14								

POWER NORMALIZED FLUX

GROUP= 6 REGION= 3

P	FLUX	P	FLUX	P	FLUX	P	FLUX	P	FLUX	P	FLUX	P	FLUX	P	FLUX
-122	0.	-107	6.9828E+12	-93	1.8977E+13	-80	3.2600E+13	-68	4.3967E+13	-57	4.5893E+13	-47	3.7881E+13		
54	3.5252E+13	55	3.7632E+13	56	3.8126E+13	57	4.5893E+13	58	3.9983E+13	59	3.8348E+13	60	3.7921E+13		
61	3.4567E+13	62	3.9361E+13	63	4.1130E+13	64	4.3063E+13	65	5.3715E+13	66	5.4198E+13	67	5.1496E+13		
68	4.3967E+13	69	4.5581E+13	70	4.6446E+13	71	4.7854E+13	72	4.9490E+13	73	5.1013E+13	74	5.2369E+13		
75	5.3925E+13	76	5.5935E+13	77	5.6534E+13	78	5.4008E+13	79	4.9323E+13	80	3.2600E+13	81	3.7533E+13		
82	4.0745E+13	83	4.3259E+13	84	4.5454E+13	85	4.7274E+13	86	4.8628E+13	87	4.9538E+13	88	5.0018E+13		
89	4.9631E+13	90	4.7567E+13	91	4.3968E+13	92	3.8919E+13	93	1.8977E+13	94	2.4371E+13	95	2.8094E+13		
96	3.0836E+13	97	3.2996E+13	98	3.4711E+13	99	3.5964E+13	100	3.6725E+13	101	3.6963E+13	102	3.6551E+13		
103	3.5244E+13	104	3.2860E+13	105	2.9406E+13	106	2.4885E+13	107	6.9828E+12	108	1.0916E+13	109	1.3519E+13		
110	1.5384E+13	111	1.6901E+13	112	1.7904E+13	113	1.8726E+13	114	1.9257E+13	115	1.9478E+13	116	1.9348E+13		
117	1.8792E+13	118	1.7729E+13	119	1.6122E+13	120	1.3946E+13	121	1.1064E+13	122	0.	123	0.		
124	0.	125	0.	126	0.	127	0.	128	0.	129	0.	130	0.		
131	0.	132	0.	133	0.	134	0.	135	0.	136	0.	137	0.		

POWER DISTRIBUTION

REGION= 1

P	POWER	P	POWER	P	POWER	P	POWER	P	POWER	P	POWER	P	POWER	P	POWER
-30	1.3488E+02	-23	1.6035E+02	-17	1.9183E+02	-12	2.2437E+02	-8	2.5453E+02	-5	2.8002E+02	-3	2.9925E+02		
-2	3.1118E+02	1	3.1522E+02	2	3.1118E+02	3	2.9925E+02	4	3.0319E+02	5	2.8002E+02	6	2.8761E+02		
7	2.8751E+02	8	2.5453E+02	9	2.6524E+02	10	2.6447E+02	11	2.6524E+02	12	2.2437E+02	13	2.3739E+02		
14	2.4411E+02	15	2.4412E+02	16	2.3740E+02	17	1.9183E+02	18	2.0603E+02	19	2.1506E+02	20	2.1816E+02		
21	2.1510E+02	22	2.0509E+02	23	1.6035E+02	24	1.7414E+02	25	1.7445E+02	26	1.8988E+02	27	1.8995E+02		
28	1.8466E+02	29	1.7436E+02	30	1.3485E+02	31	1.4661E+02	32	1.5700E+02	33	1.6385E+02	34	1.6636E+02		
35	1.6629E+02	36	1.5778E+02	37	1.4749E+02										

REGION= 2

P	POWER	P	POWER	P	POWER	P	POWER										
-47	1.6019E+00	-38	2.1559E+00	-30	3.9369E+00	-23	5.3087E+00	-12	9.7712E+00	-8	1.4771E+01	-5	2.2904E+01	-3	3.5868E+01		
34	5.6872E+00	35	5.5973E+00	36	5.3087E+00	37	4.7885E+00	38	2.3559E+00	39	2.8474E+00	40	3.2409E+00				
41	3.9980E+00	42	3.6280E+00	43	3.5378E+00	44	3.5290E+00	45	3.2876E+00	46	2.8878E+00	47	1.6619E+00				
48	1.8440E+00	49	2.0973E+00	50	2.2972E+00	51	2.4234E+00	52	2.4745E+00	53	2.4566E+00	54	2.3850E+00				
55	2.2126E+00	56	1.9323E+00	57	1.2097E+00	58	1.3367E+00	59	1.4924E+00	60	1.5378E+00	61	1.7471E+00				
62	1.8104E+00	63	1.8290E+00	64	1.8185E+00												

REGION= 3

--- ALL ZERO ---

REGION WISE NORMALIZED FLUX

REGION	GROUP 1	GROUP 2	GROUP 3	GROUP 4	GROUP 5	GROUP 6
1	2.2370E+16	2.9143E+17	3.2921E+17	2.4689E+17	3.4011E+16	4.0444E+15
2	3.8694E+15	5.8350E+16	9.9014E+16	1.1191E+17	2.9820E+16	1.3547E+16
3	9.0622E+14	2.4579E+16	6.1370E+16	9.1151E+16	3.7936E+16	4.3408E+16

REGION WISE OUTPUT

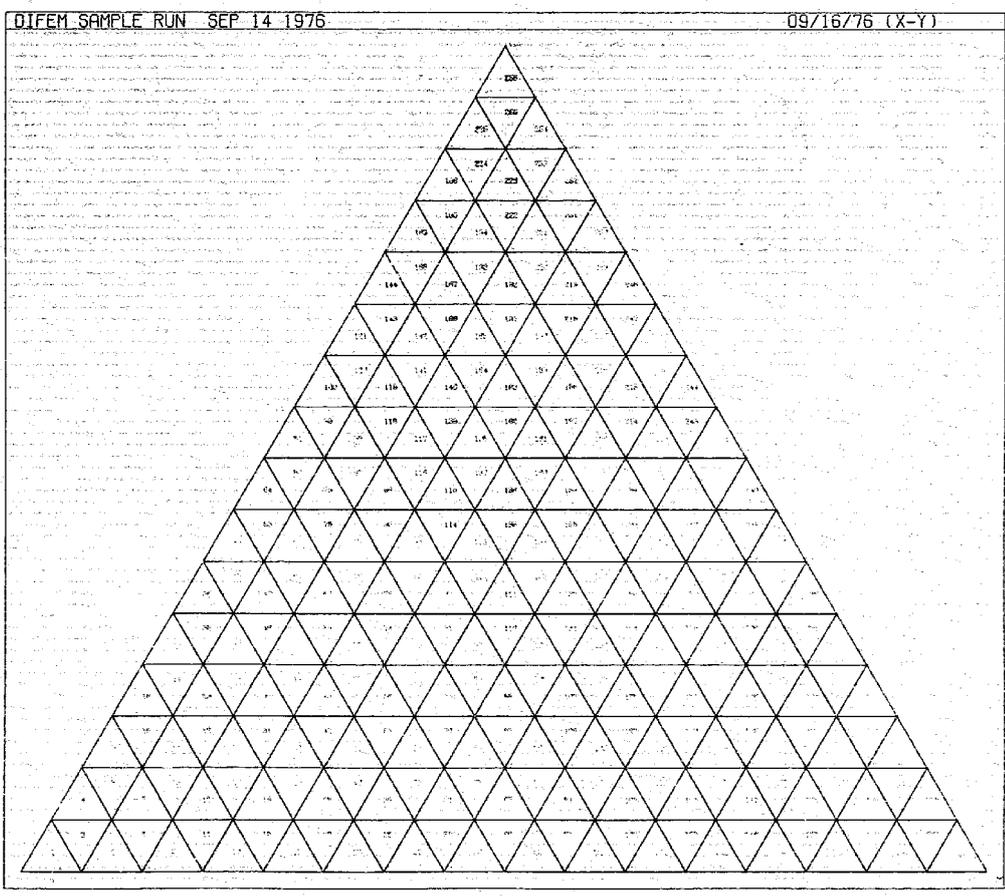
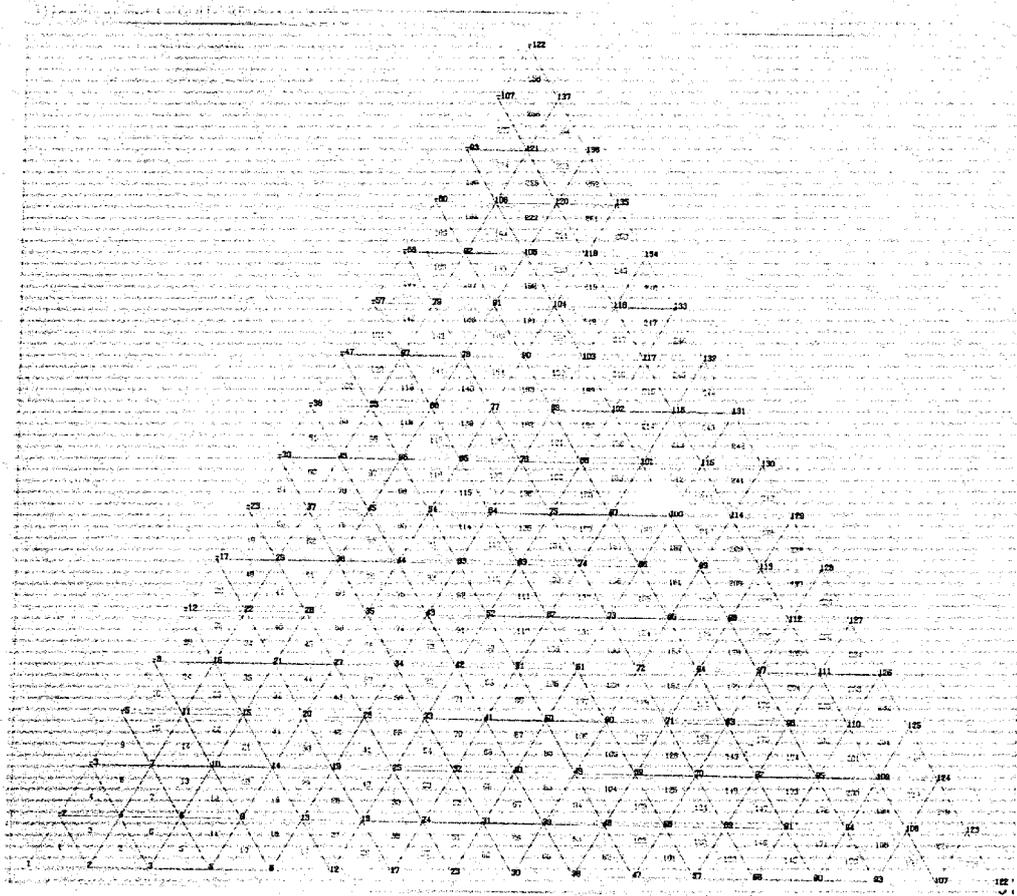
REGION NO.	VOLUME	POWER	POWER FRACTION	PEAKING FACTOR	PEAKING POWER	PEAKING POINT
1	6.1358E+02	1.3746E+05	9.8976E-01	1.4070E+00	3.15224E+02	1
2	4.7936E+02	1.4210E+03	1.0231E-02	1.9184E+00	5.68715E+00	34
3	1.3613E+03	0.	0.	0.	0.	0.
TOTAL	2.4543E+03	1.3888E+05	1.0000E+00			

***** CALCULATION TIME IN OUTPUT ROUTINE 1.16800E+00 SEC

***** CASE 1 --- CALCULATION TIME 1.82972E+00 MINUTES

***** TOTAL EXECUTION TIME 1.82988E+00 MINUTES

***** SUCCESSFUL ENDING *****



1.1. お わ り に

以上報告した「DIFEM」は一通りの計算機能を備えている。有限要素法の欠点である入力方法の複雑さを減らすため、オートメーション機能がある。

計算時間は、普通の計算体系を通常の差分法コードより数倍かかるが、有限要素法の特長を生かした体系では、十分短くなっている。

残された改良部分は、

1. 後断面/peopleと断面製作プログラムで作成した断面群の流れの確立
2. 摂動計算機能の追加
3. 燃焼計算機能の追加

等が考えられるが、現在、断面群の流れの確立を行い、後二者については、さしあたり、機能追加の必要はないと考えている。

最後に、プログラムのコーディングを担当していただいたセンター・リサーチセンター、久保諒洋氏に感謝する。

1.2. 参 考 文 献

- 1) 吉織雅夫訳, O. C. Zienkiewicz "マトリックス有限要素法"
第10章 培風館(1972)
- 2) B. F. Finlayson "Method of Weighted Residuals and Variational Principles" Academic Press (1972)
D. H. Nguyen et al "Finite Element Solution of Space Time Nonlinear Reactor Dynamics"
NSE vol 60 No 2 P120~130(1976)
- 3) L. P. Abagyan et al "Group Constants for Nuclear Reactor Calculations"
Consultants Bureau (1964) New York

付 録

入力方法とプログラムの説明

A "FIDO" 入力法

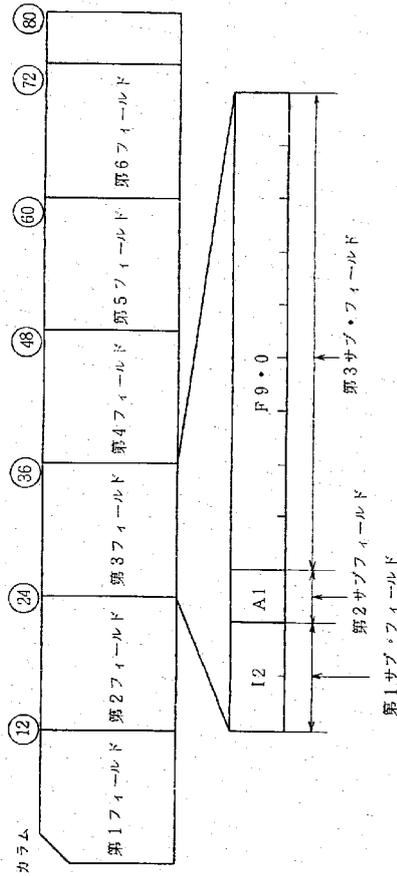
このコードに使用されている入力 format は、"FIDO" format と呼ばれていて、

"ANISN" (manual 編 K-1693; ORNL) に使用されている入力 format と同じである。

以下に "FIDO" format の説明を記す。

format 6 (I 2, A 1, F 9.0)

入力は、12 カラムから構成される 6 フィールド data form になっている。1 つのフィールドは、3 つのサブ・フィールドより構成されていて、第 2 サブ・フィールドのキャラクタターにより、data type が違っている。



data type は以下の 20 type である。

1. "\$" integer data array の始まりを意味し、第 1 サブ・フィールドにより、入力 data の種類を表わす。第 3 サブ・フィールドは、blank にしておく。
2. "*" floating data array の始まりを意味し、第 1 サブ・フィールドにより、入力 data の種類を表わす。第 3 サブ・フィールドは、blank にしておく。
3. "R" 第 3 サブ・フィールドの数値を第 1 サブ・フィールドの数だけ繰り返す。
4. "I" 第 3 サブ・フィールドの数値と次のフィールドの第 3 サブ・フィールドの値の間に第 1 サブ・フィールド個の値を内挿して作る。integer data において使用する値は set されるが、警告が出る。
5. "T" 現在、入力中 array 群の終りを表わす。実際に必要な個数と、入力された個数が違っている場合は、メッセージを出し、入力 data の内容を print し、error flag をたてる。

6. "S" 現在、入力中の entry position から、第1サブ・フィールド個 entry をスキップする。第3サブ・フィールドの値は、次の entry data として処理される。
7. "F" 現在、入力中 array の残りの entry に第3サブ・フィールドの値を入れる。第1サブ・フィールドは、blank にしておく。
8. "A" 第3サブ・フィールドの integer の値が、次に入力される data の entry address を表わす。第1サブ・フィールドは、blank にしておく。
9. "+" 第1サブ・フィールドの値が第3サブ・フィールドのスケール・ファクターを表わし、 $A \times 10^{+N}$ となる。
10. "-" 第1サブ・フィールドの値が、第3サブ・フィールドのスケール・ファクターを表わし、 $A \times 10^{-N}$ となる。
11. "Z" 第1サブ・フィールドと第3サブ・フィールドの integer data を加えた数だけ zero をうめる。
12. "V" 特殊な format の floating data の開始を表わし、次のカードより 4 (1X, B16.9, 1X) (ODDK format) で入力する。blank data は、data として含まれず、すぐに、次のカードを read する。必要な entry 数を read すると終る。
"\$", "*" と同様に第1サブ・フィールドが data の種類を表わす。
第3サブ・フィールドは、blank にする。
13. "W" 特殊な format の data の開始を表わし、次のカードで (18A4) で variable format を入力し、その次のカードより、その format にしたがって data を入力する。必要な entry 数を read すると終る。"\$", "*" と同様に扱いてある。
14. "U" 特殊な、format の floating data の開始を表わし、次のカードより、6B12.5 (WANL format) で入力する。blank は data として含まない。必要な entry 数を read すると終る。
"\$", "*" と同様に扱いてある。
15. "X" 特殊な format の data 開始を表わし、それ以前に "W" type として、入力された variable format にしたがって、次のカードより data を入力する。必要な entry 数だけ read すると終る。
"\$", "*" と同様に扱いてある。
16. "Q" sequence repeat の事であり、現在の entry から、第1サブ・フィールドと第3サブ・フィールドの integer data を加えた数だけ、さかのぼって、現在の entry の1つ前までを、現在の entry から、繰り返し入力する。
17. "N" inverted sequence repeat の事であり、"Q" と同様であるが、相異点は、現在の entry の1つ前から、逆に入力していく。
18. "M" "N" と同様であるが、相異点は、符号を逆にして入力する。

19. "E" 現在の array に対する入力を、ここで終了する。第1サブ・フィールド及び第3サブ・フィールドは blank とする。entry count は、last entry となる。
20. "blank" 第3サブ・フィールドの値が、この entry の data として与えられる。もし、第3サブ・フィールドも blank であれば、このフィールドは無視する。

B. 入力方法

data 入力方法は, "FIDO" format ("FIDO" 説明書参照) を使用しており, title card 以外は, 全て, "FIDO" 入力方法にしたから。

連続計算が可能であり, その時は, title card より, 繰り返す。

A. title card

カード1枚 -- format (18A4)

B. Integer Parameters [44]

- 1 \$ Parameters [44]
- 1 NGRP energy 群数
- 2 NDW down-scatter の数
- 3 NGEOM 0-XY geometry (R- θ も含む)
1-RZ "
- 4 NPOINT node point 数
- 5 NELEM element 数
- 6 NTYPE element 形状
1-3 角形及び4 角形
2-3 角形のみ
(但し, 正なら格子状, 負なら一般形状)
element 及び座標 data 入力 option
0-card 入力
1-tape 入力
2-previous data 使用
- 7 NMTX element 座標 matrix option
0-calculation
1-tape 入力
2-previous data 使用
- 8 NSEL region 数
- 9 NRGV total material 数 (MTT=MCR+MTP)
- 10 MTT card より入力される material 数
- 11 MCR micro c, s, より作成される material 数
- 12 MTP Σ_a c, s, position
- 13 NHA $\phi=0$ の boundary condition をもつ point 総数
- 14 NBGON

- 15. NEVT 計算 option (現在は, NEVT=1で, keff 計算のみ)
- 16. NIMAX inner iteration max count
- 17. NOMAX outer "
- 18. LIBMAX micro c, s, library の数 (if MTP ≤ 0 , set zero)
- 19. NELM micro library に含まれている nuclide 数 (")
- 20. MMS micro より の mixture set の数 (")
- 21. NGOMP micro より の component set の数 (")
- 22. NDATI flux, cross section の area 使用 option
0-in core
1-flux in ECS
2-flux, cross section in ECS
- 23. NFN flux guess input option
0-card 入力
1-tape "
2-previous data 使用
- 24. NACEL region 加速 option として使用の予定, 0 とする。
- 25. NKRGN 加速 region の数 (≥ 2 , if NACEL ≥ 0)
- 26. NPRNTI cross section print option
0-no
1-micro c, s, print
2-macro c, s, "
3-micro, macro c, s, print
- 27. NEDIT edit option
0-no
N-edit の回数
- 28. NDZOPT Dz input option
0-no
1-card 入力
2-previous data 使用
- 29. NBAND マトリックスのバンド巾
(IV-2) 参照
- 30. NAUTO auto-mesh routine の option
0-no

- 1-3 角形 element のみ (X-Y, R-Z)
- 2-4 角形 " (X-Y, R-Z)
- 4-3 角形 " (R- θ , periodic b.c.)
- 5-3 角形 " (正3角形 X-Y, periodic b.c.)
- 31. NXPOIN X(R) 方向の mesh point 数
- 32. NYPOIN Y (Z or θ) 方向の mesh point 数
- 33. NGUES flux guess print option
0-no
- 34. NRGOP 1-print
region data input option
0-card 入力
1-previous data 使用
- 35. NCS cross section input option
0-card 又は, micro library 入力
1-previous data 使用
- 36. NBUOP buckling data input option
0-card 入力
1-previous data 使用
- 37. NFISOP X data input option
0-card 入力
1-previous data 使用
- 38. NKPOP kf data input option
0-card 入力
1-previous data 使用
- 39. NBCOP $\phi=0$ boundary condition data input option
0-card 入力
1-previous data 使用
- 40. NKOPT 加速 region data input option
0-card 入力
1-previous data 使用
- 41. NPENT2 element data print option
0-no
1-print

- 42. NKA1 X data option
0-region 依存なし
1-region 依存あり
periodic boundary condition option
0-no
N-periodic point の総数
plotter 出力 option
0-no
|1|-element 構成 plot
|2|-|1|+node point no. plot
|3|-|1|+element no. plot
|4|-|2|+element no. plot
但し, 負の時, plot 後 calculation, 正の時, plot 後 next case.
terminate mark 必要
- (T)
- C. floating Parameters
2* Parameters (4)
1. EPS1 outer iteration 収束基準 (Keff 収束)
2. EPS2 inner " (flux "
3. SORF S.O.R. factor (1.0 < f < 2.0)
4. POWER 炉心出力 (MW)
terminate mark 必要
- (T)
- D. element data
3 \$ NELNO (NMTX=0 and NAUTO=0 のとき)
(NIGE, NELEM)
element を構成する point no. を反時計方向に入力する。
NIGE-element を構成する point の数
=3: |NTYPE|=2 のとき
=4: |NTYPE|=1 のとき
NTYPE=1 のときは, 3 角形と 4 角形の組合せが可能
で, 3 角形入力の場合は, NELNO (3, n)=NELNO (4, n)
として入力すること。
4 * PX (NPOINT)
point の x (R) 座標の入力

- 5 * PY (NPOINT)
point of y (z) 座標の入力
[T] terminate mark 必要
- D' periodic boundary condition data (KPOINT>0, NAUTO=0, NMIX=0のとき)
24 \$ KPNO (KPOINT)
periodic point no. 入力 (対応する periodic point
の no. に負の符号をつけたもの)
[T] (KPOINT)
- 25 * PPX
KPNO (n) の periodic point の x (R) 座標の入力
(KPOINT)
- 26 * PPY
KPNO (m) の periodic point の y (z) 座標の入力
[T] terminate mark 必要
- E auto-mesh data
6 * XNODE (NMTX=0, NAUTO > 0 のとき)
(NXPOINT) [cm]
中心から, x (R) 方向の point までの距離
(NYPOINT) [cm]
中心から, y (R or θ) 方向の point までの距離
(θ は $2\pi=1$ として normalize して入力すること)
NAUTO = 5 のときは, XNODE (1) のみ使用するが, 6 * と
7 * のデータ 必要。NXPOINT (=NYPOINT) 個。
[T] terminate mark 必要
- F. region data
8 \$ NREGN (NRGOP=0 のとき)
(NELEM)
各 element に region no. を入れる。
9 \$ NMRGN (NRGN)
各 region に material no. を入れる。
[T] terminate mark 必要
- G. macro cross section data (NCS=0, MCR > 0 のとき)
10 * CS (IHM, NGRP, MCR)
[T] terminate mark 必要

NHA-3	Σ_f
NHA-2	$\nu \Sigma_f$
NHA-1	Σ_{tr}
NHA	Σ_a
NHA+1	$\Sigma_s^{R \rightarrow R+1}$
:	:
IHM	$\Sigma_s^{R \rightarrow R+NDW}$

cross section table は左記の通り, IHM=NHA+NDW
material no. は, 1~MTP の順
に決定され, その後に MTP+1
~MTP+MCR が割り当てら
れる。

- H. micro cross section data (NCS=0, MTP > 0 のとき)
11 \$ LIBNO (MTP)
library no. の指定
12 \$ LIBCON (MMS, MTP)
mixing table 中の component no.
13 * CONGEN (MMS, MTP)
mixing table 中の体積比
14 * DENSNO (NELM, NCOMP)
number densities
[T] terminate mark 必要
- I. buckling data
15 * BSQ (NGEOM=0 and NBUOP=0 のとき)
(NRGN, NGRP)
B² z input
[T] terminate mark 必要
- J. Dz for axial Leakage (NGEOM=0 and NDZOPT=1 のとき)
16 * DZ (NRGN, NGRP)
[T] terminate mark 必要
- K. fission spectrum
17 * AKAI (NFISOP=0 のとき)
(NNKAI, NGRP)
NNKAI { =1 (NKAI=0 のとき)
=NRGN (NKAI=1 ")
[T] terminate mark 必要
- L. 等価核分裂エネルギー
18 * AKF (NRGN)
Kf (watl/fission)

(T)

M. boundary condition (NBCON>0 and NBCOP=0 のとき)
 19 \$ NBPOI (NBCON)

φ=0 なる condition をもつ node point no. を入力

terminate mark 必要

(NFN=0 のとき)

(NPOINT, NGRP)

terminate mark 必要

(NKRGN>0 and NKOPT=0 のとき)

(NPOINT)

各 point に加速 region 番号を入れる。

terminate mark 必要

(NEDIT>0 のとき)

format (I6)

edit region の数

(NELEM)

各 element に region 番号を入れる。

(NEDIT)

各 region に material を入れる。

terminate mark 必要

(注) NEDIT>1 のときは、上記 data set を NEDIT 回繰り返す。

補足

連続 case の場合は、data set A~P を繰り返し入力する。

C. 入力例

1\$	DIFEM	SAMPLE	RUN	SEP	14	1976	4	0	0	137	256
16	2	2R	0	3	2R	0	3	2R	0	137	256
2*	16	2	1	30	31	5	30	4R	0	4R	0
6*	0	0	1	0	0	0	0	0	17	17	17
7*	54.7054045	1.0-5	1	1.0-4	1.0-4	1.7	1.38888-1	T			
8*	F4.7054045	T									
9\$	64R	150R	2	255R	387R	3					
10*	7.48623-3	2.19883-2	1	1.18965-1	8.35625-3						
	2.93321-2	6.50278-3	1	1.47759-3	2.41951-5						
	4.15596-3	1.14639-2	1	7.5962-1	5.28950-3						
	1.93073-2	6.93832-4	2	7.69943-5	1.43567-6						
	4.09797-3	1.09474-2	2	3.6996-1	5.40090-3						
	1.01438-2	2.46801-6	2	3.64867-7	0.0						
	5.23741-3	1.37219-2	2	2.93489-1	9.15030-3						
	3.33459-3	1.41176-8	0	0.0	0.0						
	1.05315-2	2.72082-2	2	4.67252-1	2.25418-2						
	3.45521-3	0.0	0	0.0	0.0						
	2.50878-2	6.48359-2	2	3.94852-1	4.94895-2						
	0.0	0.0	0	0.0	0.0						
	5.65475-3	1.56222-2	1	1.30646-1	6.66347-3						
	3.49407-2	9.05134-3	2	2.38389-3	3.40425-5						
	1.38046-4	3.42667-4	2	2.01536-1	1.61520-3						
	2.48644-2	6.83569-4	1	1.95034-5	1.07853-6						
	3.12198-5	7.66761-5	2	2.72203-1	1.79950-3						
	1.49869-2	3.13462-7	4	4.45681-9	0.0						
	4.67120-5	1.13941-4	3	3.25143-1	4.34359-3						
	5.55762-3	8.97111-11	0	0.0	0.0						
	1.08115-4	2.63548-4	4	4.54965-1	1.02978-2						
	6.55987-3	0.0	0	0.0	0.0						
	3.57130-4	8.69919-4	3	3.74930-1	1.56419-2						
	0.0	0.0	0	0.0	0.0						
	0.0	0.0	1	1.81861-1	1.02718-3						
	4.86154-2	6.32873-3	1	1.49690-3	3.78167-5						
	0.0	0.0	1	1.62201-1	3.96992-4						
	1.47682-2	7.59901-4	6	9.8234-5	3.42133-6						
	0.0	0.0	2	2.04551-1	4.91855-4						
	1.01052-2	2.5922-13	1	1.7306-14	0.0						
	0.0	0.0	0	0.0	0.0						
	7.27572-3	9.0816-15	0	0.0	0.0						
	0.0	0.0	8	8.00541-1	3.26657-3						
	1.25807-2	0.0	0	0.0	0.0						
	0.0	0.0	8	8.07605-1	5.46094-3						
	0.0	0.0	0	0.0	0.0						
15*	1.214-3	8.930-4	6	6.100-4							
	1.214-3	8.930-4	6	6.100-4							
	1.214-3	8.930-4	6	6.100-4							
	1.214-3	8.930-4	6	6.100-4							
	1.214-3	8.930-4	6	6.100-4							
	1.214-3	8.930-4	6	6.100-4							
17*	0.1137354	0.7877316	8	8.79250-2	1.06059-2						
	280.0	T									
	383.068111	T									
18*	127	128	123	124	125						
19\$	133	134	129	130	131						
20*	37R	1.042R	135	136	137						
	37R	1.042R	0.158R	0.01							
	37R	1.042R	0.158R	0.01							
	37R	1.042R	0.158R	0.01							
	37R	1.042R	0.158R	0.01							
	37R	1.042R	0.158R	0.01							

D. テープユニットの説明

logical unit no.

1. 座標, element data, element matrix, element volume 等の入力用 tape であり, restart 及び同形状計算に使用される。

内容は

- 。 各ポイントの x (R) 座標, y (Z) 座標 data
- 。 element を構成する point 番号及び periodic data (KPOINT>0)
- 。 element matrix ($\langle \sigma_{ij} \rangle, \langle \nabla \phi^2 \rangle$)

- 。 element 形状 index
- 。 element volume

- 。 element volume flux 作成のための係数

(NMTX=1 or NSEL=1 の時使用)

2. micro cross section library 入力用 tape, 内容は

。 核種 no.

- 。 σ_a (NGRP)
- 。 σ_{tr} (")
- 。 σ_f (")
- 。 $\nu \sigma_f$ (")
- 。 $\sigma_{f \rightarrow g}^i$ ((g=1, NGRP), i=1, NGRP)

上記の data が核種ごと, Library ごとに構成されている。
(MTP)>0 の時使用)

3. unit no. 1 と同様の内容の出力 tape であり, 連続 case で使用されるか, あるいは, restart 用として Run 終了後 save されるべきものである。
4. scratch unit for matrix calculation
5. card read unit
6. print out unit
7. not used
8. final flux 出力用 unit
9. previous case 又は restart の為に使用される write unit save される内容は,

(1) NREGN (NELEM)

(2) NMRGN (NRGN)

(3) BSQ (NRGN, NGRP) (NGEOM=0 のとき)

logical unit no.

(4) DZ (NRGN, NGRP) (NGEOM=0 and NDZOPT>0 のとき)

(5) AKAI (NRGN, NGRP) (NKAI=1 のとき)

(6) AKF (NRGN) (NKAI=0 のとき)

(7) NBPOI (NBON) (NBON>0 のとき)

(8) KRPT (NPOINT) (NKRCN>0 のとき)

10. flux guess 入力用 unit

(NFN=1 のとき read)

11. unit no. 9 と同様の内容の入力用 unit

使用される内容は,

(1) NRGOP=1 のとき使用

(2) " "

(3) NBUOP=1 のとき使用

(4) NDZOPT=2 " "

(5) NFISOP=1 " "

(6) NKPOP=1 " "

(7) NBCOP=1 " "

(8) NKOPT=1 " "

12. macro cross section data の unit

計算ごとに write され, 又 restart 入力にも使用される内容は,

(a) MTP

(b) fertile capture, fissile absorption (MTP>0 のとき)

(c) macro cross section

13. plotter 出力用 unit

unit 使用上の注意

I 連続 Run における previous data 使用のとき, unit 操作なし。

II restart の為に入力 data 及び計算結果を save するとき, unit no. 3, 8, 9, 12 を save する。(Dump tape と呼ぶ)

III Dump tape を使用して restart をするとき,

(a) Complete restart のときは, II で save した unit の内容を下記のように入力用 unit no. を変更して使用する。

unit 3 → unit 1

logical unit no.

unit 8 → unit 10
 unit 9 → unit 11
 unit 12 → 変更なし

(b) data 変更による restart は, 1 \$, 2 * で指定し, Dump tape の内で使用可能な data は, 上記の方法で使用する。

W 連続 Run において, unit 9 と unit 11 は swapping されているので 2 care 以上の連続 Run の後に, save される input data については注意が必要である。

V plotter 出力は, 1 case (1 file) 用なので, 連続 Run のときには, 最後の plotter 出力のみ, 作成される。

E. コントロールカードの書き方

大洗工学センタの C D C 6 6 0 0 に於ける D I F F E M コードのコントロールカード例を次に記す。

D I F F E M のコントロールカードは次の 3 ケースが考えられる。

1. 入力はカードのみで計算する。
2. 入力はカードのみで計算し, リスタート (再計算) 用テープ, 或は, プロット用テープを作成する。
3. 入力はカードと 2 で作成したリスタート用テープとで, 計算し, リスタート用テープも作成する。

例1 説明 (入力はカードのみ)

1. ジョブカード。(使用コア80KEYWORDS以下の場合)

```

EOS 3KEYWORDS
CP時間 200(sec)以下
7トラック磁気テープユニット 1台
priority 4
P2 翌朝渡し
P4 普通
P6 急行
アカウンタカード
XXXXXXXXXX チャージ番号を記入
NAME ユーザー名を記入
EOSを零にする。
テープ指定
ロジカルファイル名をA
R:リードオンリー
DIFEM*LG*UP ラベル名
PXXXXXX テープ番号XXXXX
AをLGOにコピー
テープをはずす。
EOSを3K wordsにする。
LGOをロードし実行する。
EOF(end of file) 第1コラムに7,8,9のマルチパンチ。
EOI(end of information) 第1コラムに6,7,8,9のマルチパンチ。

```

を宣言

注意

EOSを使わない時は、1でEOC03→EOIとする。

例2 説明 (入力はカード, リスタート用テープを作成)

1~8, 例1の説明に同じ。

9. ユニット3,8,9,12をリワインドする。(実際はディスク)

10. 書くテープを指定。ラベル名 DIFEM*DUMP

T=7 保存日数7日間

11. Tape 3をAにコピー (ファイル1)

12. Tape 8 " (2)

13. Tape 9 " (3)

14. Tape 12 " (4)

15. テープをはずす。

16. ユニット13をリワインド (実際はディスク)

17. 書くテープを指定。ラベル名 DIFEM*PLOT

T=7 保存日数7日間

18. Tape 13をAにコピー

19. テープをはずす。

20. EOF

21~22. テータカード

23. EOF

24. EOI

18で作成したTape13 (ラベル名DIFEM*PLOT) のプロット処理をオペレータに依

頼する時, 26~35が必要。

これは, オペレータにプロッタの概要をメッセージとして送る作業である。

26. ジョブカード

27. アカウンタカード

XXXXXXXXXX チャージ番号を記入

NAME ユーザー名を記入

28. パーマネントファイル上のPLOTREQを用意する。

29. PLOTREQをロードし実行する。

30. EOF (end of file)

31~33. 入力データ

31. Format (16A5)

1~5 第1コラムに1を入れる。

6~10 1136 (プロッタの機種)

- 11~15 プロッタの推定作業時間
- 16~20 プロッタの入力となるテープ番号。P×××××のラベル名。
- 21~30 " のラベル名。
- 31~80 プランク
- 32. Format (16A5)
- 1~5 第1カラムに?を入れる。
- 6~10 プロッタ用紙の推定使用長さ(m)
- 11~15 " の巾(インチ)
- 16~80 プランク
- 33. Format (16A5)
- 1~5 第1カラムに3を入れる。
- 6~8 各カラムに1を記入(ペンの種類, イントク)
- 11 ペン1(タイトルとエレメントプロット用)の色。
- 12 ペン2(エレメント番号プロット用)の色。
- 13 ペン3(ノードポイント番号プロット用)の色。

ペンの色		ペンの太さ	
0	黒	A	0.3 (mm)
1	赤	B	0.4 (mm)
2	青	C	0.5 (mm)
3	緑	D	0.6 (mm)

- 16 ペン1の太さ
- 17 ペン2の太さ
- 18 ペン3の太さ
- 21~80 プランク
- 34. EOF
- 35. EOI

例3 説明(入力はカードとリストスタート用テープ)

1~6 例1の説明に同じ。

7. テープ指定

ロジカル名をA

R リードオンリー

DIFEM*DUMP ラベル名

P××××× テープ番号

8. Aのフアイル1をTape 1にコピー

9. " 2をTape10にコピー

10. " 3をTape11にコピー

11. テープをはずす。

12. テープ指定。既に作成されているマイクロライブラリテープP×××××を使用。ロジカル名をA

13. Aのフアイル1をTape 2にコピー。

14. テープをはずす。

15. ECSを3K wordsにする。

16. LGOをロードし実行する。

17~22 例2の9~15に同じ。(Tape12は12でマイクロライブラリを指定しているのと同じ)

23. EOF

24~26. DIFEMテープ

27. EOF

28. EOI

F. 入力上の注意

1. Memory Arrangement

このコードは、blank commonのvariable dimensionを使用しているので、入力すべきdataから、あらかじめ、memoryの使用量を計算することができる。以下の計算式より、core使用量、ECS使用量を、だいたい決定することができる。

```

CORE  .....core使用量
ECS   .....ECS  "
PL     .....program "
BLK   .....blank common使用量
*PL=35000
*NIGE={
3     if |NTYPE|=2
4     if |NTYPE|=1
*MIGE=NIGE*(NIGE+1)/2
*MPXL={
1     if NGEOM=0
3     if NGEOM=1
1     if NDAT1>0
*IGL={
NGRP if NDAT1=0
1     if NDAT1=2
NGRP if NDAT1<2
*IGM={
0     if NGEOM=1
1     if NGEOM=0
0     if NDZOPT=0
1     if NDZOPT>0
*K00={
10    if NTYPE>0
NBAND if NTYPE<0
*NBBAN={
5     if NTYPE>0
NBAND if NTYPE<0
*I01={
0     if NDAT1<2
1     if NDAT1=2
*I02={
0     if NDAT1=0
1     if NDAT1>0
*I03={
0     if NTYPE>0
1     if NTYPE<0

```

```

BLK=NEL*EM*(3+2*MIGE+MPXL+NIGE)+NPOINT*(3+IGL+K00)
+IHM*MTT*IGM+NGRP*(8+NGRP*(NBD2+NDZ+NKAI))
+NBCON+270+3*KPOINT (1-1)
CORE=PL+BLK (1-2)
CORE<=94000words (CRCでの制限) (1-3)
ECS =I01+I02+I03+1 (1-4)
ECS <=250000words (CRCでの制限) (1-5)
Subroutine "ERROR" より出力される値は、(1-1)式と(1-4)式の値である。
"JOB" cardに set すべき値は、(1-2)式と(1-4)式の値である。

```

2. 入力dataに対する注意

a. NTYPE: matrix 解法 type

三角形又は、長方形において、band matrixで処理するよりも、スベースmatrix SOR法で処理した方が、coreの使用量が、少なくて済むので、可能なかぎり、NTYPE>0で使用するべきである。

b. NIMAX: inner iteration 回数

inner iteration 回数は、収束性との問題にも関係がある。Runの結果、NIMAX=5が一番よく、5<NIMAX<=10の間で使用するのが望ましい。

c. NDAT1: ECS 使用 option

ECS 使用は、(1-3)式を満足する場合には、すべて、in-coreで処理し、overflowする場合には、ECS=2として、使用するべきである。

多群問題で使用すべきである。

d. NKAI: X data の region 依存性

NKAI=1のときは、X(P)matrixが、region ごとに必要であり、計算時間がかなり増大しそりである。

e. NAUTO: auto-mesh routine

座標data, element dataの入力量はかなり多くなるので、auto-mesh routineを使用した方が有利であり、core使用量には、影響しない。

f. NSEL: element submatrix

element submatrixの作成は、組成等に関係なく、形状、座標のみに依存するdataなので、同形状問題では、NSEL>0とすべきである。

h. restart 及び previous case 使用

card入力 of 減少だけでなく、計算時間の短縮にもつながるので、極力、使用するべきである。

- i. SORF : Successive Over Relaxation Factor
 $1 \leq \text{SORF} \leq 2$ の間で使用され, $\text{SORF}=1.7$ が適当である。

G プランクコモンの内容

position	name	arrayのpointer	説	明
1	LECMAX		ECS common blockのmaximum length	
2	LAMAX		blank common blockの "	
3	LINT		" 1\$ (integer data)のentry address	
4	LFLT		" 2* (floating data)の "	
5	LELNO	NELENO(NIGE, NELEM)	要素構成 data	
6	L P X	PX(NPOINT)	node pointのx(R)座標	
7	L P Y	PY(")	" のy(Z) "	
8	LXNDE	XNODE(NXPOIN)	中心からx(R)方向, 各mesh pointまでの距離	
9	LYNDE	YNODE(NYPOIN)	" y(Z)方向, "	
10	LREGN	NREGN(NELEM)	elementごとのregion table	
11	LMRGN	NMRGN(NRCN)	regionごとのmaterial table	
12	L C S	CS(IHM, NGRP, MTT)	material data (macro cross section)	
13	LLIBN	LIBNO(MTP)	materialごとのlibrary number	
14	LLIBC	LIBCON(MMS, MTP)	mixing tableに含まれるcomponent table	
15	LCONC	CONCEN(MMS, MTP)	" 体積比 table	
16	LDENS	DENSNO(NELM, NCOMP)	number density table	
17	LBCKL	BSQ(NRGN, NGRP)	B ² (backling) data	
18	LSTRZ	DZ(NRGN, NGRP)	D _z (transverse 拡散係数) data	
19	LKAI	AKAI(NNKAI, NGRP)	X (fission spectrum) data	
20	LAKF	AKF(NRGN)	κ_f (等価分裂エネルギー) data	
21	LB POT	NBPOT(NBCON)	$\phi=0$ なるboundary conditionをもつpoint table	
22	LFLUX	FLUX(NPOINT, IGL)	flux	
23	LKPNT	KRPNT(NPOINT)	pointごとの加速region table	
24	LEDRN	KEDRGN(NELEM)	elementごとのedit region table	
25	LEDMT	KEDMAT(NEDIT)	edit regionごとのmaterial table	
26	LKPNO	KPNO(KPOINT)	periodic point table	
27	LPPX	PPX(")	" のx(R)座標	
28	LPPY	PPY(")	" のy(Z) "	
29	LASTIN		input dataのlast address	
30			not used	
50			/	
51	LMTRX		subroutine MTRXELでのtemporaryのfirst entry	

position	name	array of pointer	説	明
52	LDIFF		subroutine "DIFFUS"での temporary の first entry	
53	LOUT		" " "OUTPUT"	
54	LEDIT		" " "EDIT"	
55	LDB2	DB2 (NRGN, NGRP)	DB ² (Transverse leakage)	
56	LDGSI	DGSI (MIGC, NLELEM)	<▽ ϕ > ² , element ごとに sub-matrix	
57	LGSI	GSI (MIGC, NLELEM)	< ξ > ²	
58	LVPXF	VFLXF (MFXL, NELEM)	$\int_{\phi} \phi dV$ の係数	
59	LVP	VP (NELEM)	$\int_{\phi} dV$ の係数	
60	LIZTAB	IZTAB (NELEM)	element ごとに element 構成 point 数	
61	LH	H (NBAN, NPOINT)	matrix (H) ^g	
62	LF	F (NBAN, NPOINT)	matrix (F) ^g	
63	LSS	SS (" , ")	matrix (SS) ^g → g'	
64	LECCS		cross section の ECS での entry address	
65	LECF1		flux の ECS での entry address	
66	LPS1	P (NPOINT, 2)	outer iteration で使用する point fission source	
67	LECH		matrix (H) ^g の ECS での entry address	
68			not used	
69	LNBP	NBPT (NPOINT)	$\phi=0$ の boundary condition を持つ point ごとに flag	
70	LG	G (NPOINT)	{S} ^g (total source)	
71	LB	B (NRGN, NKPI)	region 加速で使用する temporary (B) matrix	
72	LFLAG	NFLAG (NGRP)	群ごとの region 加速判定 flag	
73	LPSS	S (NPOINT)	region-wise γ^g 配用 のとき, suboutline "SOURCE" ^g での temporary	
74	LFP11	MFP11 (NRGN)	各 region に含まれる point 数	
75	LFP12	MFP12 (MPOINT)	region ごとに番号の小さい方からならべた node point no.	
76	LFXVE	FXVE (NGRP, NELEM)	$\int_{\phi} \phi^k dV$	
77	LPPWR	PPWR (MPOINT)	region ごとに, point power	
78	LRPWR	RPWR (NRGN)	region power	
79	LRVOL	RVOL (NRGN)	region volume	
80	LPRGN	NPRGN (NRGN)	fission region の有無の flag	
81	LPFR	PFR (NRGN)	region ごとに peaking factor	
82	LPPM	PPMAX (NRGN)	region ごとに max point power	
83	LPMX	NPMAX (NRGN)	" max power point no.	
84	LFXVR	FXVR (NGRP, NRGN)	region volume flux	
85	LFERT	SFERT (NGRP, MTP)	fertile capture C. S.	
86	LFISL	SFISL (NGRP, MTP)	fissile absorption C. S.	

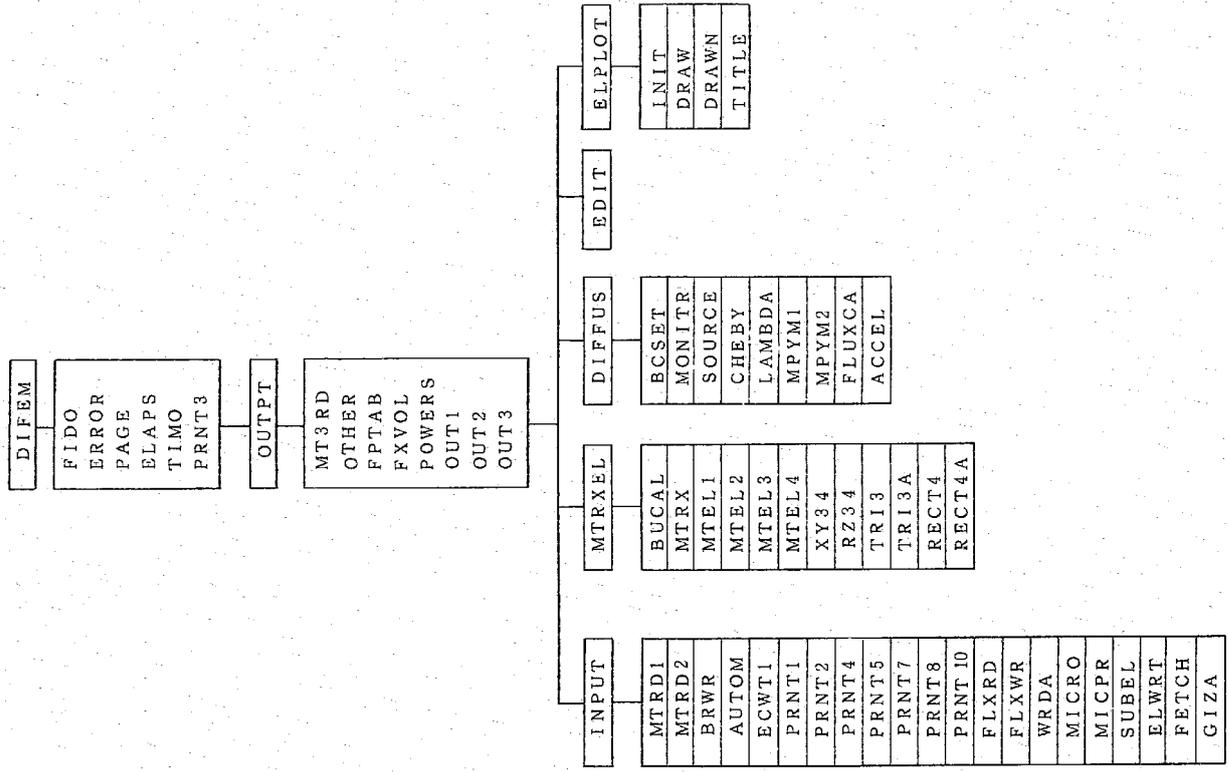
position	name	array of pointer	説	明
87	LPWPR	PWPR (NRGN)		region ごとに power fraction
88	LBRFR	BRFR (")		" breeding fraction
89	LXP	XP (NPOINT)		PX の plot 用 area
90	LYP	YP (")		PY の "
91	LZX	ZX (NELEM)		element の 重心 x (R) 座標 (plot 用)
92	LZY	ZY (")		" y (Z) "
93	LXPP	XPP (KPOINT)		PPX の plot 用 area
94	LYPP	YPP (")		PPY の "
95				not used
100				not used
101		ITITLE (18)		入力 data title
118				↓
119		NTIME		Job 開始時刻 (時, 分, 秒)
120				not used
121				"
122		NDATE		日付 (年, 月, 日)
123				not used
125				↓
126	IGM			C. S. group index NDAT1 = 2 のとき IGM = 1, NDAT1 ≠ 2 とし, IGM = NGRP
127	NIGE			element data の first index. INTYPE1 = 1 のとき, NIGD = 4, INTYPE1 ≠ 1 のとき, NIGE = 3
128	NPAGE			page count
129				not used
130	IHM			cross section total length. IHM = NHA + NDW
131	IICNT			inner iteration count
132	IOCNT			outer "
133	MT1			unit no. 1
134	MT2			" 2
135	MT3			" 3
136	MT4			" 4
137	MT5			" 5 (input)

position	name	array の pointer	説 明
138	MT6		unit no. 6 (output)
139	MT7		" 7 (punch)
140	MT8		" 8
141	MT9		" 9
142	MT10		" 10
143	MT11		" 11
144	MT12		" 12
145	MLINE		1 page 当りの print 行数
146	LAS		print 行数 count
147			not used
153			
154	MIGE		element submatrix length. MIGE = NIGE × (NIGD + 1) / 2
155	MFXL		" VPLXF" の first index. NGEON = 1 のとき MFXL = 3, それ以外は, MFXL = 1 とする。
156	MGSL		IHM × MTT
157	MLPL		NBBAN × NPOINT
158	NBBAN		実効 Band 巾, NTYPE < 0 のとき, NBBAN = NBAND それ以外は, NBBAN = 5 とする。
159			not used
160	IGL		" FLUX" の second index. NDATA1 > 0 のとき, IGL = 1, それ以外は, IGL = NGRP とする。
161	RAMDA		keff
162	TPOWER		Power normalized factor
163	NX3		NXPOIN - 3
164	NKP1		NKRG + 1
165	M2		NKRG × NKP1
166	NPERR		flux inner maximum error point number
167			not used
168			"
169	TINT		Job の initial time
170	TCASE		case ごと の initial time
171	NGRG		NGRP × NRG
172	LLAST		使用される ECS maximum length

position	name	array の pointer	説 明
173	LAST1		subroutine "MTRXEL" で使用される core max. length
174	LAST2		subroutine "DIFFUS" で
175	MPOINT		region ごと の node point の総数
176			not used
177			
200			energy group
201	NGRP		down-scatter の数
202	NDW		形状 option. NGEOM = 0 のとき (X-Y) 形状
203	NGEON		NCEOM = 1 のとき (R-Z) 形状
204	NPOINT		node point の数
205	NELEM		要素 (element) の数
206	NTYPE		要素形状 option
207	NMTX		要素 data 入力 option
208	NSEL		element submatrix 使用 option
209	NRGN		region の数
210	MTT		material 総数, MTT = MCR + MTP
211	MCR		card 入力される material の数
212	MTP		micro library より作成される material の数
213	NHA		Σ a cross section position
214	NECON		φ = 0 の boundary condition をもつ point の数
215	NEVT		計算 option (NEVT = 1 のとき, Keff 計算)
216	NIMAX		inner iteration 打切り回数
217	NOMAX		outer iteration 打切り回数
218	LIBMAX		micro library の数
219	NELM		library より入力される nuclide の数
220	MMS		mixture set の数
221	NCOMP		number density set の数
222	NDAT1		core 及び ECS 使用 option
223	NFN		flux guess input option
224	NACEL		region 加速使用 option
225	NKRG		加速 region の数
226	NPRNT1		cross section print option
227	NEDIT		edit 計算 option

H. プログラムの構成図

position	name	array の pointer	説 明
228	NDZOPT		Dz (transverse 振数係数) input option
229	NHAND		global matrix の band 巾
230	NAUTO		auto mesh routine 使用 option
231	NXPOIN		X(R) 方向の mesh point 数
232	NYPOIN		Y(Z) 方向の "
233	NGUES		flux guess print option
234	NRGOP		region data restart option
235	NCS		cross section data restart option
236	NBUOP		backling data "
237	NFISOP		X data "
238	NKPOP		K _t data "
239	NBCOP		b.c. data restart option
240	NKOPT		加速 region data "
241	NPRT2		element data print option
242	NKAI		X data region 依存 option
243	KPOINT		periodic point の数
244	NPLOT		plot option
245			not used
260			outer iteration 収束基準
261	EPS1		inner iteration "
262	EPS2		SOR factor
263	SORF		サロ心出方
264	POWER		not used
265			variable dimension area
270			
271			
LAMAX			



1 サブルーチンの説明

1. DIFEM main program であり、全体のコントロールをする。
2. INPUT 入力 data を処理し、print する。入力 data より、variable dimension location を set する。
3. FIDO "FIDO" format 入力を処理する。
4. MTRD1 "unit1" 又は "unit3" より、座標及び形状 data を read する。
5. MTRD2 (CSWR) "unit12" の内容を read 又は write する。
6. MTRD3 "unit1" 又は "unit3" より element volume, element volume flux 係数等を read する。
7. ERROR memory 使用状況の print 及び overflow のとき stop する。
8. BRWR "unit12" に fertile capture, fissile absorption の cross section を write する。
9. AUTOM auto-mesh 作成 routine であり、all 三角形 element 及び all 長方形 element を作成する。
10. PAGE print out するとき、各 page の header を print する。
11. ELAPS 指定された routine での使用した cp time を print する。
12. TIMO "TIMO" は呼ばれ時の cp time を setし、"TIM1" は、使用した cp time を計算し返す。
13. ECWT1 cross section を group ごとに ECS に write する
14. PRNT1 "1\$", "2*" の data を print する。
15. PRNT2 座標及び element 形状 data を print する。
16. PRNT3 region data を print する。
17. PRNT4 macro cross section data を print する。
18. PRNT5 Buckling data, Dz data, region 依存 X を print する。
19. PRNT7 boundary data 及び region 加減 data を print する。
20. PRNT8 flux guess を print する。
21. PRNT10 λ, K_f data を print する。
22. FLXRD flux を ECS に write する。
23. WRDA "unit9" に restart 用 data を write する
(RDDA) "unit11" より restart 用 data を read する。
24. MICRD library より micro cross section を read し、カード入力の

- density 等より、macro cross section を作成する。macro 作成に關する。入力 data を print する。
25. MICPR library より micro cross section を read し、print する。
 26. BUCAL transverse leakage ($Dz B^2$) を計算する。
 27. BCSET $\phi_j = 0$ なる boundary condition を持つ Point を zero set する。
 28. MTRXEL global matrix を作成する program を control する routine。
 29. MTRX (III-2) 式中の $(F)^k, (S_j)^k \rightarrow (H)^k$ を作成する。
 30. MTEL1 $(H)^k$ を band matrix で作成する。
 31. MTEL2 $(F)^k, (S_j)^k$ を band 又は sparse matrix で作成する。
 32. MTEL3 $(H)^k, (F)^k$ を sparse matrix で作成する。
 33. XY34 (X-Y) geometry における、三角形又は長方形の element matrix を作成し、"unit3" に write する。
 34. RZ34 (R-Z) geometry における、三角形又は長方形の element matrix を作成し、"unit3" に write する。
 35. TRI3 (X-Y) geometry において三角形一次近似で、element matrix を作成する。
 36. TRI3A (R-Z) geometry において、三角形一次近似で、element matrix を作成する。
 37. RECT4 (X-Y) geometry において、長方形一次近似で、element matrix を作成する。
 38. RECT4A (R-Z) geometry において、長方形一次近似で、element matrix を作成する。
 39. DIFFUS Diffusion equation を解 routine であり、outer iteration と keff を計算する。
 40. MONTR outer 及び inner 収束状況を print する。
 41. SOURCE (III-2) 式中の $(S)^k$ を計算する。
 42. MTEL4 (III-2) 式中の $(F)^k, (S_j)^k$ を計算する。
 43. CHEBY outer iteration における、point source の加減を SUR 法で行う。
 44. LAMBDA (III-2) 式より (P) 及び λ を以下の式で計算する。
 $(P) = \sum_k (F)^k (\phi), \lambda = \sum_k (P)$
 45. MPYM1 $(F)^k \times (\phi)$ の計算を、バンド・マトリックスで行う。
 46. MPYM2 $(F)^k \times (\phi)$ の計算を、sparse・マトリックスで行う。
 47. FLUXCA inner iteration routine であり、(III-1) 式を SUR 法で解く。

- 48. ACCEL inner iteration における, flux の region 加速を行う。
- 49. OUTPUT 計算結果の flux を使用し, 出力項目ごとに計算し, 出力する routine control する。
- 50. OUT3 region-wise 出力を行う。
- 51. OTHER Breeding fraction を計算する。
- 52. FPTAB region ごとに flux を node 番号の小さい方から, ならべる index table を作成する。
- 53. FXVOL element ごとの flux volume を計算する。
- 54. POWERS power normalized flux 及び region-wise flux volume, power peaking power 等の計算を行う。
- 55. OUT1 region-wise point flux, power を出力する。
- 56. OUT2 region volume flux を出力する。
- 57. EDIT edit data の入力及び edit routine の control を行う。
- 58. ELPLOT plot routine の control を行う。
- 59. INIT plot のための scaling 等を行う。
- 60. DRAW element plot 及び element no, plot する。
- 61. DRAW node point no, plot する。
- 62. TITLE 図に Title を plot する。
- 63. SUBBL (R-θ) element 形状の set routine。
- 64. ELWRT 隣接 data, element data 等を MT3 に write する。
- 65. FETCH periodic point data 参照 routine。
- 66. GIZA 正三角形 element で periodic b.c. をもつピラミッド型 auto-mesh routine。以下は, CRC 特有の library routine の説明。
- 1. CHGFL0 Job card で与えた max. core length と現在の core length を参照する。
- 2. CHGFL1 blank common length を変更する。
- 3. CHGEC0 Job card で与えた max. ECS length と現在の ECS length を参照する。
- 4. CHGEC1 ECS length を変更する。
- 5. MEMSET 指定された area に与えられた constant を高速で set する。
- 6. DATE 現在の年月日を参照する。
- 7. TIME 現在の時刻 (時, 分, 秒) を参照する。
- 8. EOF unit の end of file を check する。
- 9. READEC ECS に対する read 命令。
- 10. WRITEC ECS に対する write 命令。

J サブルーチンのパラメータ説明

name	parameters	comment
MT3RD	IZTAB (NELEM) VF (NELEN) VPLXF (MFXL, NELEM) NELEM MFXL	* blank common の内容 " 参照 " " " "
ERROR	I1 I2 I3 I4 N M	必要な blank common length maximum blank common length 必要な ECS common length maximum ECS length overflow indicator, N=1 なら overflow, stop, N=2 なら normal return * ERROR " を call する routine 名, M=1 なら " INPUT " M=2 なら " MTRXEL ", M=3 なら " DIFFUS " M=4 なら " OUTPT ", M=5 なら " EDIT "
BRWR	A (NG, MTP) B (NG, MTP) NG MTP MT	fertile capture, * SFERT " と同じ fissile absorption, * SFISL " と同じ NGRP と同じ * input " 参照 unit no.
FIDO	LL2 J3	blank common における入力 data 群の first address この program では, LL2=3 である。 data error indicator, J3=0 なら normal, J3=1 なら data error
MTRD2	CS (IHM, NGRP, MTT) IHM NGRP MTT	macro cross section * input " 参照 " "
ELAPS	N	* ELAPS " を call する routine 名, ERROR " の M と同じ
MTRD1	MT PX (NPOINT) PY (") NELNO (NICE, NELEM) KPNO (KPOINT) PPX (")	unit no * input " 参照 " " " " (periodic point data) " (")

name	parameters	comment
DRAW	X1 (KPOINT) Y1 (") KPNO (") NIGE ZX (NELEM) ZY (") KPLOT	* INIT "のXPPP " のYPPP * input "参照 * blank commonの内容"参照 * INIT "のZX " のZY plot option
FETCH	KPNO (KPOINT) PPX (") PPY (") X T M	* input "参照 " " periodic pointのx座標 " y座標 指定されたperiodic point
TIM0 (TIM1)	T T	* TIM0 "をcallした時のcptime (時刻) * TIM0 "から"TIM1 " callまでのcptime (時間)
ECWT1	CS(IHM,NGRP,MTT) CSI(IHM,MTT) IHM MTT NGRP	macro cross section cross sectionのECS writeのためのbuffer * input "参照 " "
PRNT2	NELNO(NIGE,NELEM) PX (NPOINT) PY (") KPNO (KPOINT) PPX (") PPY (") XND (NXPOIN) YND (NYPOIN) NIGE	* input "参照 " " " " " * input "の"XNODE " " *YNODE " * blank commonの内容"参照
PRNT1	IA(44) A(4) MT6	* IS "data array * 2* " " output unit no
PRNT3	NREGN(NELEM) NMRGN(NRGN) NELEM	* input "参照 " "

name	parameters	comment
PRNT3	NRGN MT6 LAS MLINE L	* input "参照 output unit no * blank commonの内容"参照 " data save option, L=0なら, restart用にsave, L=1ならnot save
PRNT4	CS(IHM,NGRP,MTT) IHM MTT NGRP	macro cross section * input "参照 " "
PRNT5	ARRAY(IND1,IND2) IND1 IND2 N	printすべき2次元array * ARRAY "のfirst index * ARRAY "のsecond index print option = 1 : Buckling date = 2 : Dz = 3 : not used = 4 : region依存x data
WRDA (RDDA)	N ARRAY(IND1) IND1	read又はwriteすべきarrayのoption * tape unit 説明"のunit9を参照 read又はwriteされるarray arrayの長さ
PRNT7	NARRAY(IND1) IND1 MT6 LAS MLINE N	printされる1次元array arrayの長さ output unit no * blank commonの内容"参照 " print option, N=1ならboundary condition data, N=2なら, region加速data
PRNT8	FLUX(NP,NG) NP NG MT6 LAS MLINE	flux NPOINTと同じ NGRPと同じ output unit no * blank commonの内容"参照 "

name	parameters	comment
PRNT10	ARRAY(IND1)	printされる1次元array
	IND1	arrayの長さ
	MT6	output unit no
	LAS	* blank common内容"参照
	MLINE	"
	N	print option, N=1なら, X, N-2はKf
FLXRD	FLUX(NP, NG)	flux
	NP	NPOINTと同じ
	NG	NGRPと同じ
	NPN	* input"参照
	MT8	unit no 8
	MT10	unit no 10
MICRO	CS(IHM, NGRP, MTP)	macro cross section
	LIBNO(MTP)	* input"参照
	LIBCON(MMS, MTP)	"
	CONCEN(MMS, MTP)	"
	DENSNO(NELM, NCOMP)	libraryに含まれるnuclide code no
	NCODE(NELM)	micro cross section read用 temporary
	CS1(4, NGRP)	micro scattering c.s read用 temporary
	CS2(NGRP, NGRP)	effective density 作成用 temporary
	CS3(NELM, MTP)	* blank common内容"参照
	SFERT(NGRP, MTP)	"
	SFISL(NGRP, MTP)	* input"参照
	IHM	NHAと同じ
	IHA	* input"参照
	NDW	"
	NGRP	"
	MTP	"
	MMS	"
	NELM	"
MICPR	CS(4, NGRP)	* a, σ_{tr} , σ_f , σ_{af} の cross section
	SCAT(NGRP, NGRP)	σ_s^{k-w} の cross section
	LIB	library unit no
	MT6	* input"参照
	MLINE	"

name	parameters	comment
MICPR	LAS	* input"参照
	NGRP	"
	NELM	"
	LIBMAX	"
	NDW	"
BUCAL	DB2(NRGN, NGRP)	transverse leakage
	CS(IHM, IGM, MTT)	macro cross section
	BSQ(NRGN, NGRP)	B ²
	DZ(NRGN, NGRP)	Dz
	NMRGN(NPGN)	* input"参照
	NRGN	"
	NGRP	"
	NDZOP	"
	IHM	"
	IGM	* blank commonの内容"参照
BCSET	NBPT(NPOINT)	* blank commonの内容"参照
	NBPOT(NBCON)	* input"参照
	FLUX(NPOINT, IGL)	* blank commonの内容"参照
	NGRP	* input"参照
	NDAT1	"
	LECF1	* blank commonの内容"参照
	NBCON	* input"参照
	NPOINT	"
XY34	PX(NPOINT)	* input"参照
	PY(NPOINT)	"
	NELNO(NICE, NELEM)	"
	DGSI(MIGE, NELEN)	* blank commonの内容"参照
	GSI(MIGE, NELEM)	"
	VFLXF(NELEM)	"
	VF(NELEM)	"
	IZTAB(NELEM)	"
	MPXL	"
	NELEM	* input"参照
	NIGE	* blank commonの内容"参照
	MIGE	"

name	parameters	comment
MTEL1	NIGE MIGE NBBAN IHM NRGN IGM	" blank commonの内容"参照 " " " " input参照 " blank commonの内容"参照 " input参照
MTEL2	CS(IHM, IGM, MTT) NREGN(NELEM) NMRGN(NRGN) IZTAB(NELEM) GSI(MIGE, NELEM) X(NBBAN, NPOINT) NELNO(NIGE, NELEM) NELEM KG NIGE MIGE NBBAN IHM IGM NH1 NTYPE	" " " blank commonの内容"参照 " global matrix(F) * XH(Ss) * " input参照 " cross sectionのenergy group index " blank commonの内容"参照 " " " " 現在、使用している cross section position " input参照
MTEL3	CS(IHM, IGM, MTT) NREGN(NELEM) NMRGN(NRGN) DB2(NRGN, NGRP) IZTAB(NELEM) DGS1(MIGE, NELEM) GSI(MIGE, NELEM) H(NBBAN, NPOINT) F(NBBAN, NPOINT) NELNO(NIGE, NELEM) NELEM NGRP IG	" input参照 " " " blank commonの内容"参照 " " " " " " " input参照 " " 現在のenergy群のnumber

name	parameters	comment
MTEL3	KG NIGE MIGE NBBAN IHM NRGN IGM	cross sectionのenergy group index " blank commonの内容"参照 " " " input参照 " blank commonの内容"参照 " input参照
MTEL4	CS(IHM, IGM, MTT) NREGN(NELEM) NMRGN(NRGN) IZTAB(NELEM) GSI(MIGE, NELEM) AKAI(NRGN, NGRP) XF(NB, NPOINT) NELNO(NIGE, NELEM) NELEM IGM JG IG NIGE MIGE NB IHM NTYPE NRGN NH1	" input参照 " " blank commonの内容"参照 " " input参照 matrix(F) " input参照 " " blank commonの内容"参照 cross sectionのenergy group index 現在のenergy群のnumber " blank commonの内容"参照 " " " " input参照 " " input参照 " Σfのcross section position
DIFPUS	FLUX(NPOINT, IGL) P(NPOINT, 2) NPOINT	flux " blank commonの内容"参照 " input参照
MONITR	IG EPS TM IOPT	inner group 現在の収束状況 使用時間(sec) inner又はouterのoption. IOPT=1のとき, outer print IOPT=2のとき, inner print

name	parameters	comment
SOURCE	H(NB, NPOINT) G(NPOINT) P(NPOINT) SS(NB, NPOINT) FLUX(NPOINT, IGL) AKAI(NGRP) NPOINT	* blank commonの内容 "参照" " " " flux * input "参照" " 現在の energy 群の number NBBANと同じ * blank commonの内容 "参照"
CHEBY	IG NB S(NPOINT) P(NPOINT) PMI(NPOINT)	今回の point source 前回の " flux * blank commonの内容 "参照" point source * input "参照" * blank commonの内容 "参照"
LAMBDA	FLUX(NPOINT, IGL) F(NBBAN, NPOINT) P(NPOINT) NPOINT NBBAN	global matrix flux * blank commonの内容 "参照" point source * input "参照" * blank commonの内容 "参照"
MPYMI	U(NB, NPOINT) FLUX(NPOINT) B(NPOINT) NPOINT NB	global matrix flux {B}={F}×{φ}の値 * input "参照" NBBANと同じ
MPYM2	U(NB, NPOINT) FLUX(NPOINT) B(NPOINT) NPOINT NB	global matrix flux {B}={F}×{φ}の値 * input "参照" NBBANと同じ
FLUXCA	NBPT(NPOINT) H(NBBAN, NPOINT) G(NPOINT) B(NKRG, NKPI) FLUX(NPOINT) NFLAG NBBAN	* blank commonの内容 "参照" " " " flux * blank commonの内容 "参照" " inner 収束の 相対 誤差

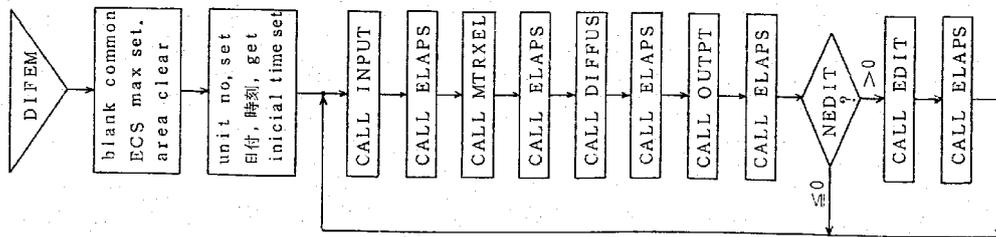
name	parameters	comment
FLUXCA	IG	現在の energy 群の number
ACCEL	B(NKRG, NKPI) H(NB, NPOINT) G(NPOINT) FLUX(NPOINT) NFLAG KPOINT(NPOINT) NKRG NB	* blank commonの内容 "参照" matrix {H} " source term flux region 加速収束の indication * input "の" KRPNT "と同じ * input "参照" NBBANと同じ
OUTPT	LREGN LMRGN K01	region data の entry material data の entry output option, K01=0なら標準出力, K01=1なら, edit出力
OUT1	FLUX(NPOINT, IGL) PPWR(MPOINT) MFP11(NRGN) MFP12(MPOINT) NPRGN(NRGN) NPOINT	flux * blank commonの内容 "参照" " " " * input "参照"
OUT2	FXVR(NGRP, NRGN) NGRP	* blank commonの内容 "参照" * input "参照"
OUT3	RVOL(NRGN) BRFR(NRGN) RPWR(NRGN) PWFR(NRGN) PFR(NRGN) PPMAX(NRGN) NPRGN(NRGN) NPMAX(NRGN)	* blank commonの内容 "参照" " " " " " " "
OTHER	BRFR(NRGN) PWFR(NRGN) SFERT(NGRP, MTP) SFISL(NGRP, MTP) FXVR(NGRP, NRGN) RPWR(NRGN) NMVRGN(NRGN)	* blank commonの内容 "参照" " " " " " * input "参照"

name	parameters	comment	
OTHER	NGRP	* input "参照"	
FPTAB	NELNO(NIGE, NELEM)	* input "参照"	
	NREGN(NELEM)	"	
	MFP11(NRGN)	* blank commonの内容 "参照"	
	MFP12(MPOINT)	"	
	IZTAB(NELEM)	"	
	NELEM	* input "参照"	
	NRGN	"	
	NIGE	* blank commonの内容 "参照"	
	M	MPOINTと同じ	
	FXVOL	FXVE(NGRP, NELEM)	* blank commonの内容 "参照"
		FLUX(NPOINT, ICL)	flux
		NELNO(NIGE, NELEM)	* input "参照"
VFLXF(MFXL, NELEM)		* blank commonの内容 "参照"	
IZTAB(NELEM)		"	
NGRP		* input "参照"	
NPOINT		"	
NIGE		* blank commonの内容 "参照"	
MFXL		"	
POWERS		PPWR(MPOINT)	* blank commonの内容 "参照"
	RPWR(NRGN)	"	
	RVOL(NRGN)	"	
	FLUX(NPOINT, NGRP)	* input "参照"	
	CS(IHM, IGM, MTT)	"	
	VOLE(NELEM)	* blank commonの内容 "参照"	
	FXVE(NGRP, NELEM)	"	
	NREGN(NRGN)	"	
	MFP11(NRGN)	"	
	MFP12(MPOINT)	"	
	NMRGN(NRGN)	* input "参照"	
	NREGN(NELEM)	"	
	AKF(NRGN)	"	
	PPR(NRGN)	* blank commonの内容参照	
	PPMAX(NRGN)	"	
NPMAX(NRGN)	"		

name	parameters	comment
POWERS	FXVR(NGRP, NRGN)	* blank commonの内容 "参照"
	MPOINT	"
	NPOINT	* input "参照"
	IHM	* blank commonの内容 "参照"
	IGM	"
	NGRP	* input "参照"
	K01	output option, K01=0なら標準出力 K01=1ならedit出力
CHGFL0	M	Job cardでsetしたcore使用量 (word単位)
	N	現在のcore使用量 (word単位)
CHGFL1	A	blank commonに含まれている名前
	N	* Aのlengthのこの値にset ことによって blank commonのlengthが変更される。
CHGEC0	M	Job cardでsetしたECS使用量 (1024words単位)
	N	現在のECSの使用量 (1024words単位)
CHGEC1	M	ECSのlengthのこの値にsetし、変更する (1024words単位)
	F	setされる値
MEMSET	A	setされるfirst location
	N	* Aのlength
	N	現在の日付が、ホレリスでsetされる
DATE	N	現在の時刻が、ホレリスでsetされる
TIME	N	unit number
EOF	N	dataが読みこまれるcoreのfirst location
READEC	A	転送したいdataのECS first location
	B	転送されるword数
	N	書き出したいdataのcore first location
WRITEC	A	転送されるdataのECS first location
	B	転送されるword数
	N	書き出されるdataのECS first location

K. 流れ 図

1. DIFEM



data入力とそのPrint, Variable dimension set

"INPUT" での使用時間計算と Print

global matrixの作成

"MTRXEL" での使用時間計算と Print

diffusion equationを解く。

"DIFPUS" での使用時間計算と Print

標準出力 routine

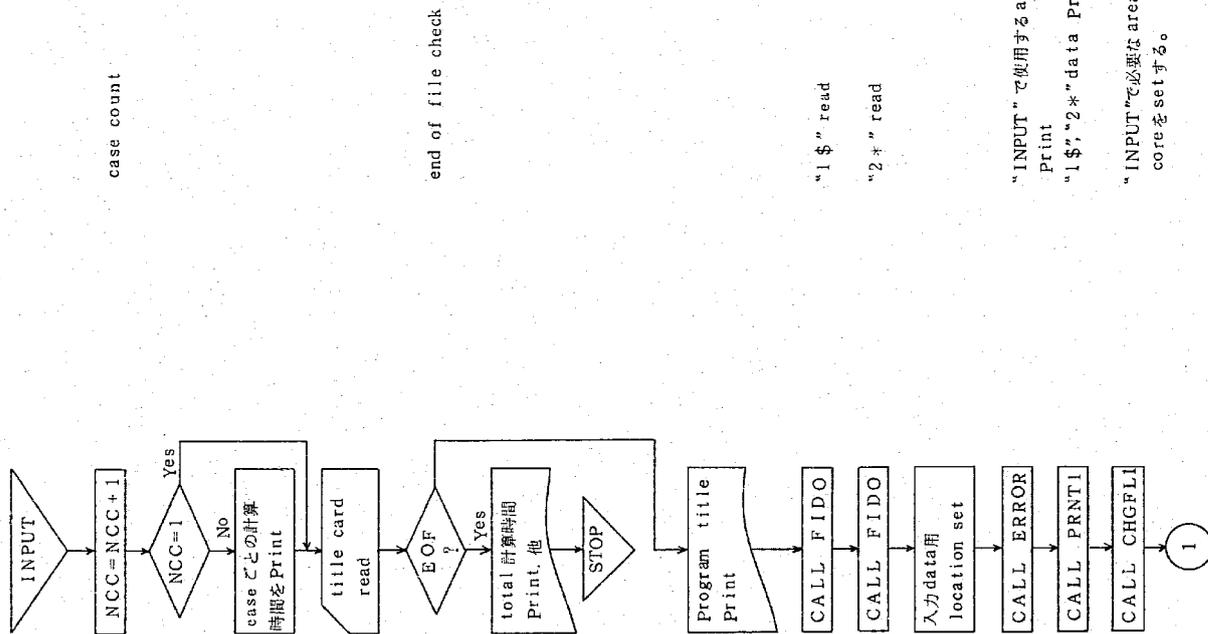
"OUTPT" での使用時間計算と Print

edit option

edit data入力とそれに基づく出力

"EDIT" での使用時間計算と Print

2. INPUT



case count

end of file check

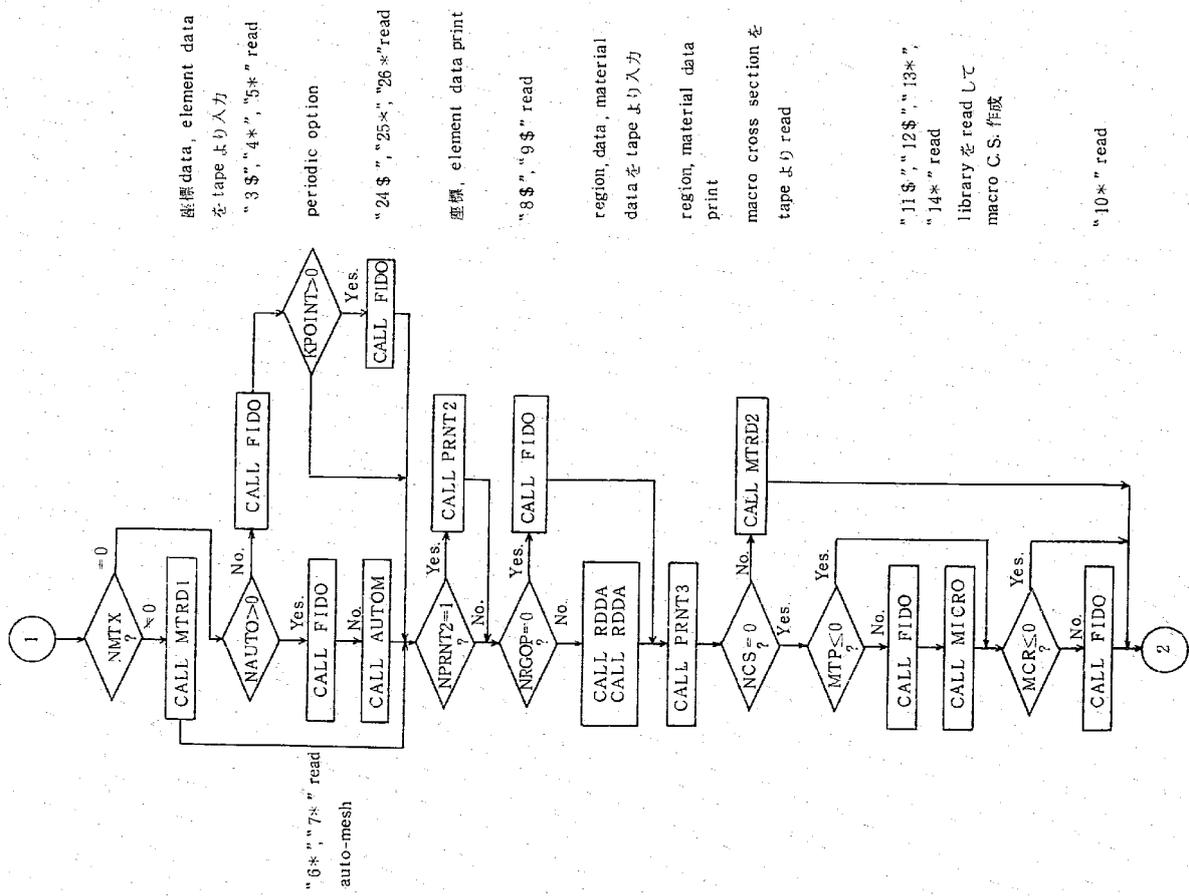
"1 \$" read

"2 *" read

"INPUT" で使用する area lengthを
Print

"1 \$", "2 *" data Print

"INPUT" で必要な area lengthに
coreを setする。



座標 data, element data
を tape より 入力
"3\$", "4\$", "5\$" read

periodic option
"24\$", "25\$", "26\$" read

座標, element data print
"8\$", "9\$" read

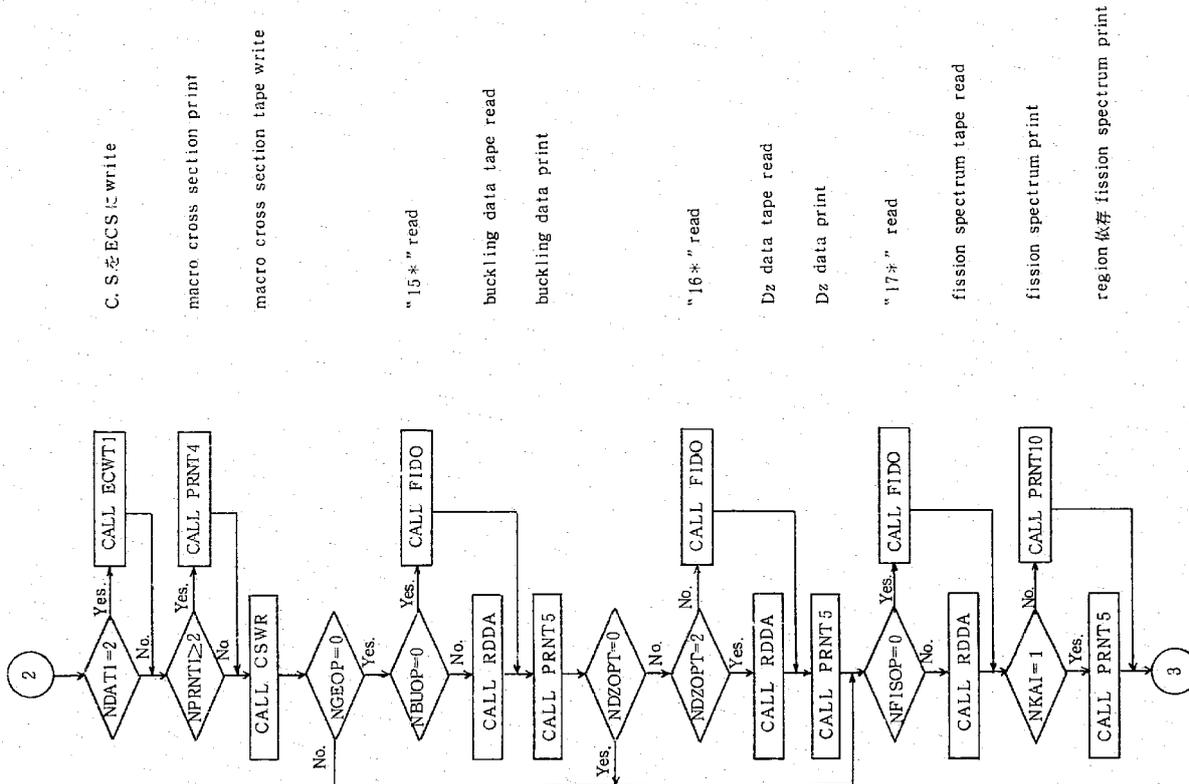
region, data, material
data を tape より 入力

region, material data
print

macro cross section を
tape より read

"11\$", "12\$", "13\$",
"14\$" read
library を read して
macro C.S. 作成

"10\$" read



C.S.をECSにwrite

macro cross section print

macro cross section tape write

"15\$" read

buckling data tape read

buckling data print

"16\$" read

Dz data tape read

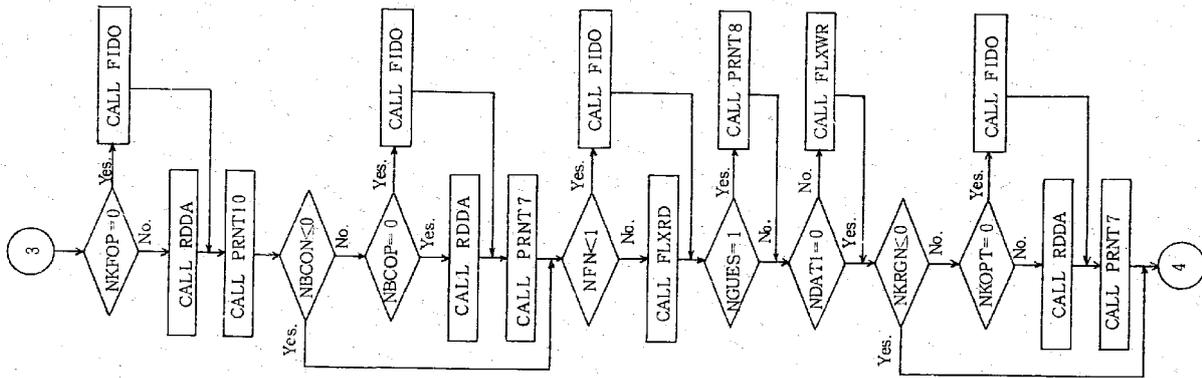
Dz data print

"17\$" read

fission spectrum tape read

fission spectrum print

region 依存 fission spectrum print



" 18 * " read

k_f data tape read

k_f data print

" 19 \$ " read

boundary condition data tape read

boundary condition data print

" 20 * " read

flux guess tape read

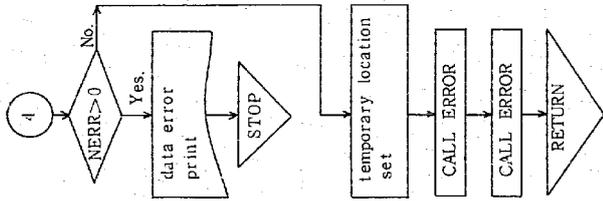
flux guess print

f flux を ECS に write

" 21 \$ " read

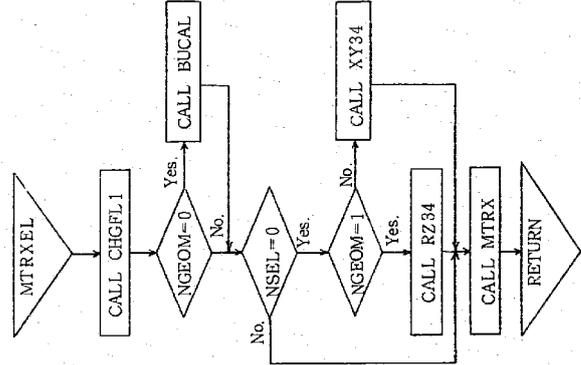
region 加速 data tape read

region 加速 data print



" MTRXEL " で使用する area
length を print
" DIFFUS " で使用する area
length を print

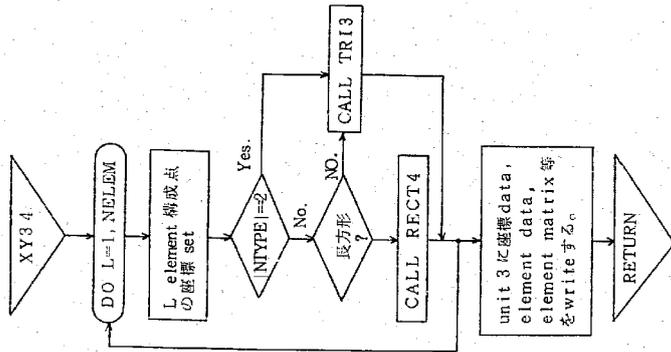
3. MTRXEL



core length を必要な長さに変更
する。
Dz B² を計算する。

(X-Y) geometry での element
matrix 作成
(R-Z) geometry での element
matrix 作成
global matrix 作成

4. XY34



(X-Y) geometryでの三角形 element matrix 作成

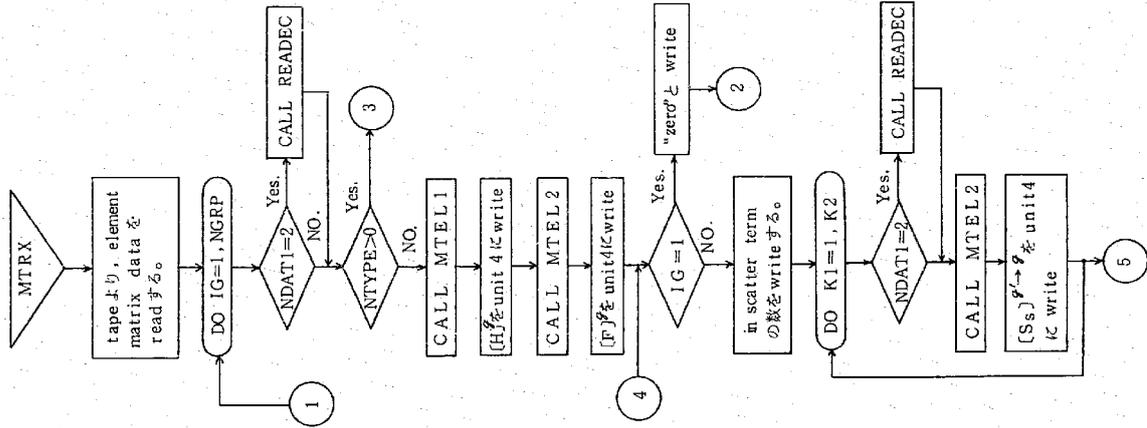
(R-Z) geometryでの長方形 element matrix 作成

5. RZ34

flow は "XY34" と同じで、以下の routine を取りかえればよい。

"TRI3" → "TRI3A"
"RECT4" → "RECT4A"

6. MTRX



energy loop

cross section を ECS から read

matrix option

band matrix で [H] を作成

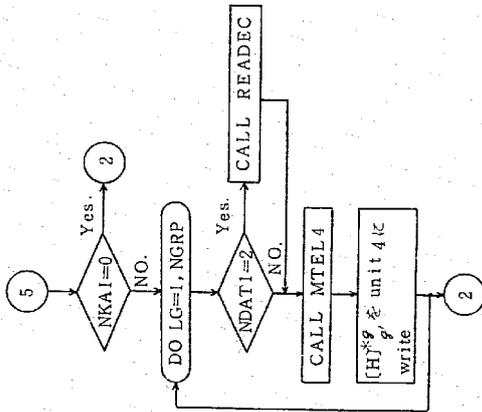
band matrix で [F] を作成

k2 は g 群への in-scatter 群の数

cross section を ECS から read

[Ss] を band 又は sparse

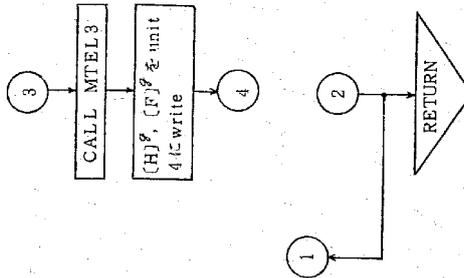
matrix で作成



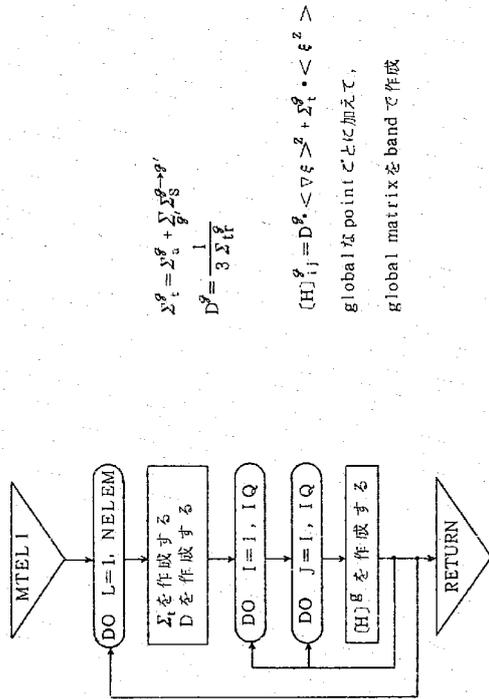
region 毎 λ^g に関する loop
 cross section を ECS から read
 $[F]_g$ を band X は スペース matrix
 で作成

スペース matrix で, $[H]_g, [F]_g$
 を作成

group loop end



7. MTEL1



$$\Sigma_i^g = \Sigma_a^g + \sum_{s=1}^S \Sigma_s^g \rightarrow g'$$

$$D^g = \frac{1}{3 \Sigma_t^g}$$

$(H)_{ij}^g = D_{ij}^g \cdot \nabla \epsilon^g + \Sigma_{ij}^g \cdot \langle \epsilon^2 \rangle$
 global point ごとに加えて,
 global matrix を band で作成

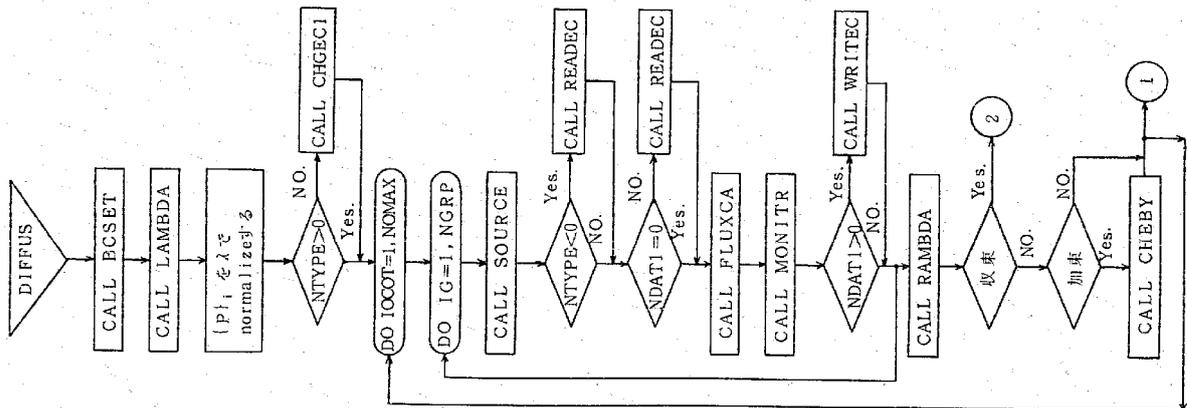
8. MTEL2

"MTEL1" と同様の flow であり, band 又は スペース matrix で $[F]_g$ 又は $[S_s]^{g' \rightarrow g}$ を作成する。

9. MTEL3

"MTEL1" と同様の flow であり, スペース matrix で $[H]_g, [F]_g$ を作成する。

10. DIFFUS



boundary condition set

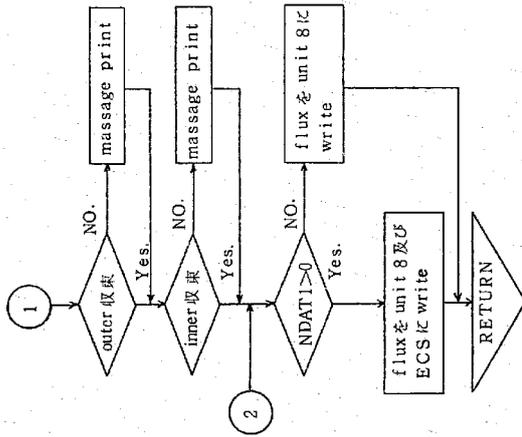
$$(P)_i = \sum_{\phi} [F]_{\phi} \cdot |\phi|^{g_{\phi}}$$

$$\lambda_0 = \sum_{\phi} (P)_i$$

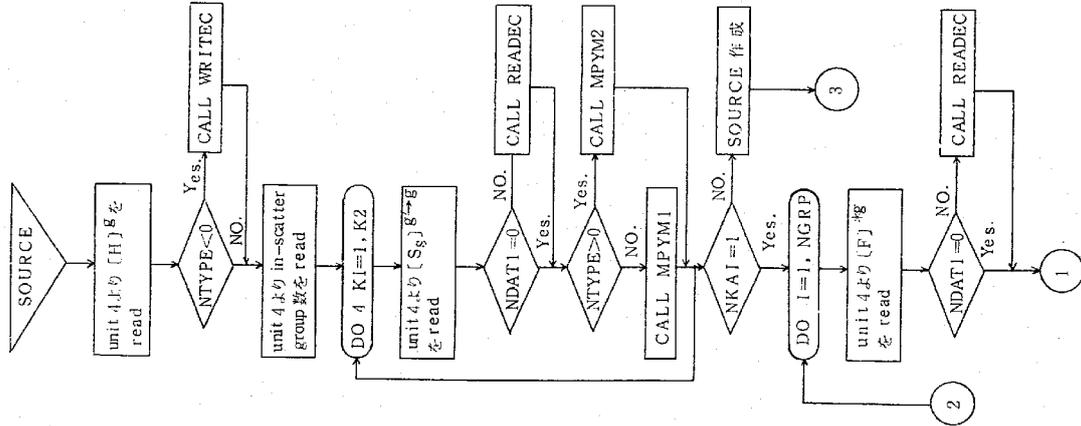
$$(P)_i = \frac{1}{\lambda} (P)_i$$
 ECS length を変更する。
 outer iteration
 group loop

$$(S)_i = \lambda^{g_{\phi}} \cdot (P)_i + \sum_{\phi} [S_{\phi}]_{\phi} \cdot |\phi|^{g_{\phi}}$$

$$[H]_{\phi}$$
 を ECS より read
 flux を ECS より read
 inner iteration
 inner 収束状況 print
 flux を ECS に write
 λ 計算



11. SOURCE



(H) ϕ を ECS に write

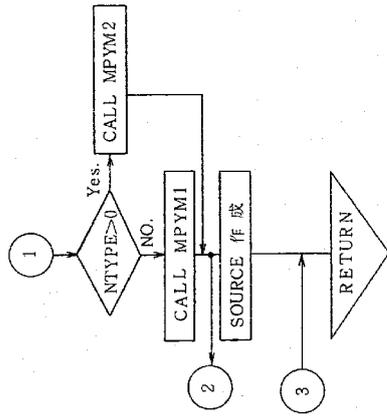
in-scatter term loop

flux を ECS より read

$(S_s)_{\phi}^{g \rightarrow g} \times \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$ を スパース matrix で計算する。
 $(S_s)_{\phi}^{g \rightarrow g} \times \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$ を band matrix で計算する。
 $(S)_{\phi}^{g \rightarrow g} = X_{\phi}^{g \rightarrow g} (P) + \sum_{\phi'} (S_s)_{\phi}^{g \rightarrow g} \cdot \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$

region 依存 λ を使った source loop

flux を ECS より read

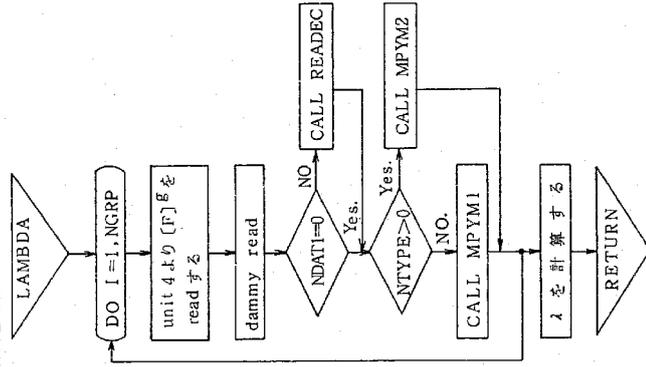


$(F)_{\phi}^{g \rightarrow g} \times \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$ を スパース matrix で計算する。

$(F)_{\phi}^{g \rightarrow g} \times \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$ を band matrix で計算する。

$(S)_{\phi}^{g \rightarrow g} = \sum_{\phi'} (F)_{\phi}^{g \rightarrow g} \cdot \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g} + \sum_{\phi'} (S_s)_{\phi}^{g \rightarrow g} \cdot \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$

12. LAMBDA



group loop

(H) ϕ , $(S_s)_{\phi}^{g \rightarrow g}$, $(F)_{\phi}^{g \rightarrow g}$ 等

flux を ECS より read

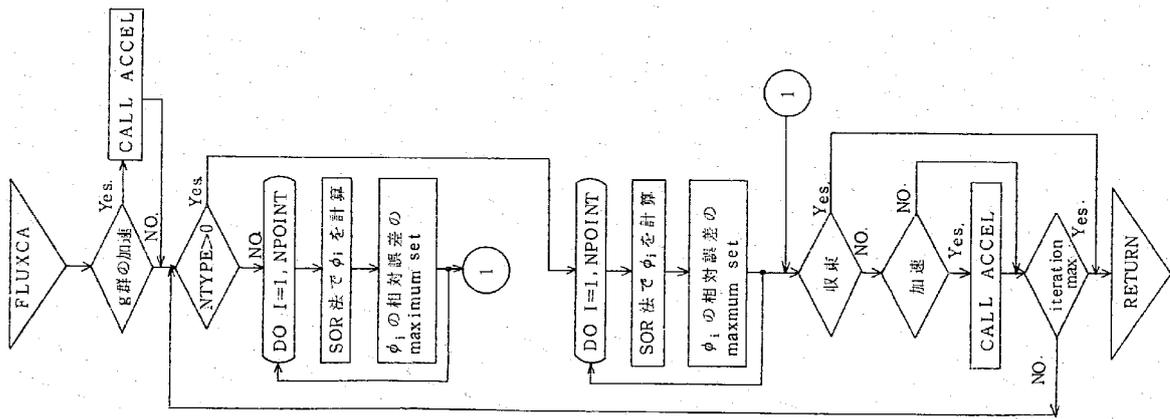
$(F)_{\phi}^{g \rightarrow g} \times \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$ を スパース matrix で計算

$(F)_{\phi}^{g \rightarrow g} \times \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$ を band matrix で計算

$(P)_{\phi} = \sum_{\phi'} (F)_{\phi}^{g \rightarrow g} \times \{\phi\}_{\phi}^{g \rightarrow g}$

$\lambda = \sum_i (P)_{\phi_i}$

1.3. FLUXCA



φ 群の region 加速

inner iteration (band matrix)

$$\phi_i^n = \phi_i^{n-1} + \beta (\phi_i^0 - \phi_i^{n-1})$$

$$\phi_i^0 = (S_i - \sum_{j=1}^{NPOINT} H_{ij} \cdot \phi_j) / H_{ii}$$

$$EPSI = |\phi_i^n - \phi_i^{n-1}| / \phi_i^n$$

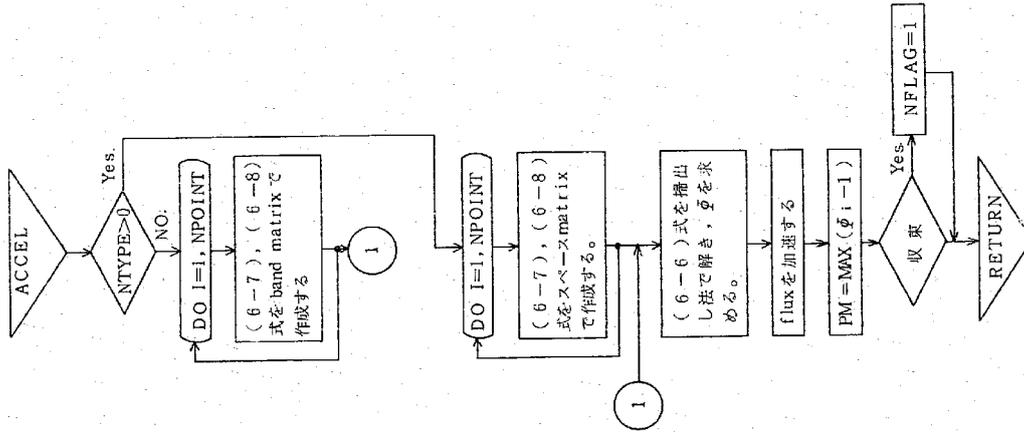
$$EPSA = \max(EPSI) \quad i=1, NPOINT$$

inner iteration (スパース matrix)

inner 収束

φ 群の region 加速

1.4. ACCEL



$$(S)_k' = \sum_{iek} (\phi)_i \cdot (S)_i$$

$$(H)_{kl}' = \sum_{i,j} (\phi)_i (H)_{ij} \cdot (\phi)_j$$

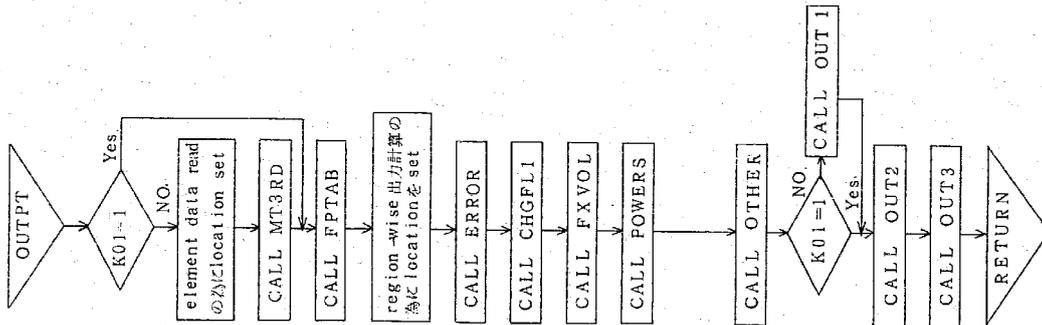
iek, j=1

$$(H)'(\phi) = (S)'$$

$$\phi_i = \phi_i \times \phi_k, \quad iek$$

PM ≤ 0.01 なら、収束とみなし、φ 群の加速を skip する flag をたてる。

15. OUTPT



edit skip option

tape より/dv 及び /φdv の factor を read

region ごと の point notable 作成

output での area 使用状況を print

core length を変更する

element ごと の flux volume 計算

region power, point power, region volume, region flux 等計算

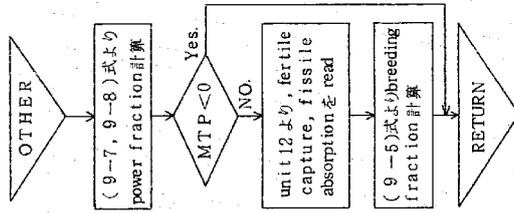
power fraction, breeding fraction 等計算

flux power print

region volume flux print

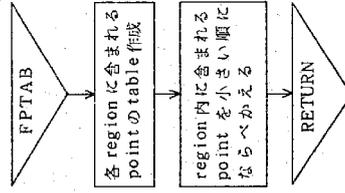
region wise 出力 print

16. OTHER

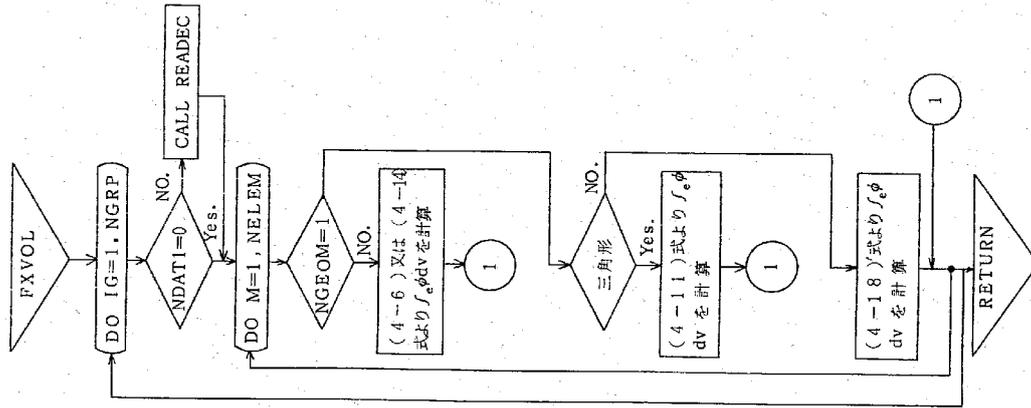


Breeding fraction 計算 skip

17. FPTAB



18 FXVOL



f lux を ECS より read

$$f_e \phi dv = \frac{A}{3} \sum \phi_i \quad (X-Y) \text{ 体系}$$

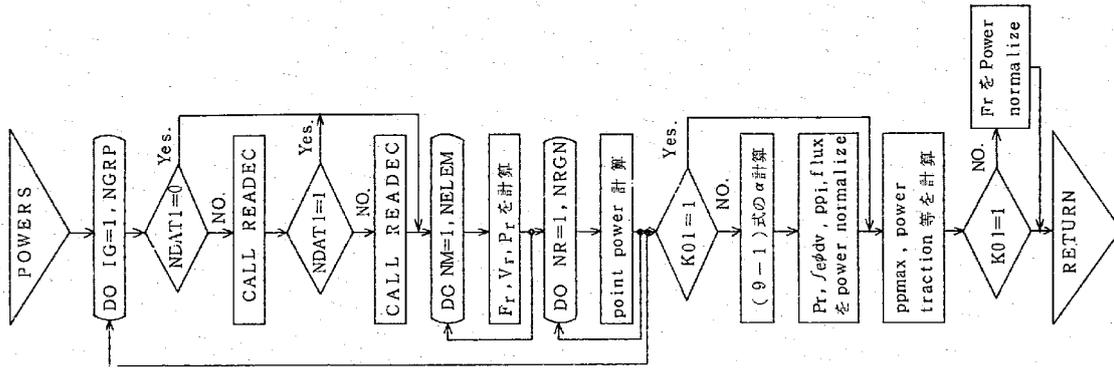
$$f_e \phi dv = a \cdot b \cdot \sum \phi_i \quad (X-Y) "$$

(R-Z) 体系

$$f_e \phi dv = \frac{2\pi}{12} \cdot A \cdot \sum (r_i^2 \cdot r_i) \cdot \phi_i$$

$$f_e \phi dv = 2\pi \cdot \left\{ a \cdot b \cdot \bar{r} \cdot \frac{1}{3} \phi_i + \frac{1}{3} a \cdot b (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3 - \phi_1 - \phi_4) + \frac{1}{3} b \cdot d (\phi_1 + \phi_2 - \phi_3 - \phi_4) \right\}$$

19. POWERS



f lux を ECS より read

cross section を ECS より read

$$Pr = \sum_{er} f_e \phi dv$$

$$Vr = \sum_{er} f_e dv$$

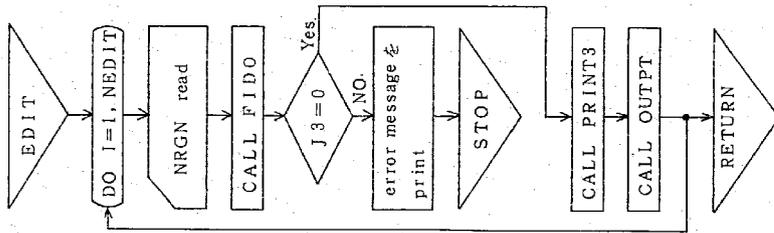
$$Pr = Kf_r \cdot \sum_{er} \sum_{\phi} f_e \phi dv$$

$$PPr_{er} = Kf_r \cdot \sum_{\phi} f_e \phi dv$$

edit skip option

$$\alpha = \frac{POWER \times 10^6}{\sum Pr}$$

20 EDIT



edit loop

edi region 数

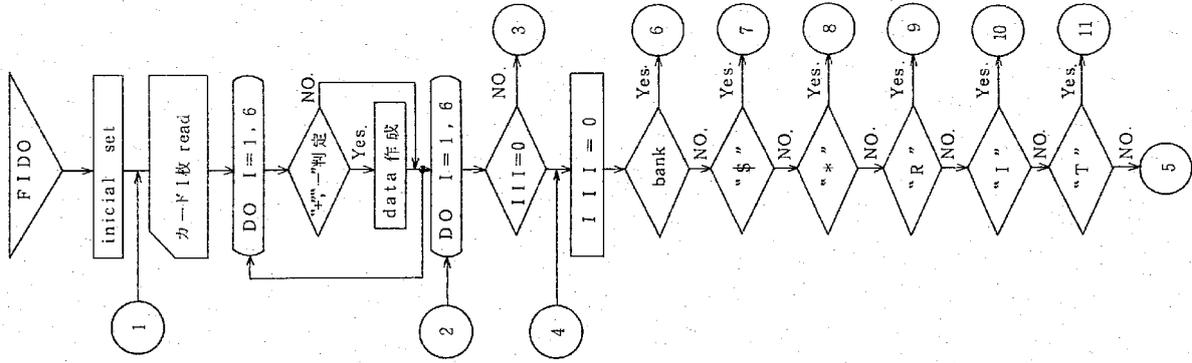
"22\$", "3\$" data read

data error check

"22\$", "23\$" data print

region wise 出力計算と print

22 FIDO



"FIDO" format read
(IN, K, V) read
field loop

C=V x 10^{±IN}

field loop

1枚前のカードの第6 fieldが

interpolate option のとき skip

standard data

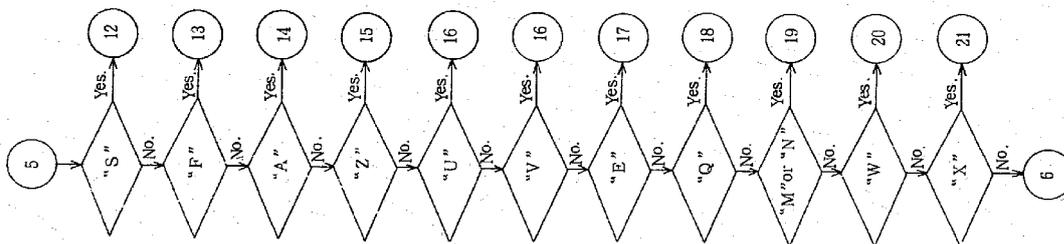
integer data の開始

floating data の開始

repeat data

interpolate data

terminate



entry skip

fill data

address set

zero data

"WANL" format set

"ODDK" format set

entry last set

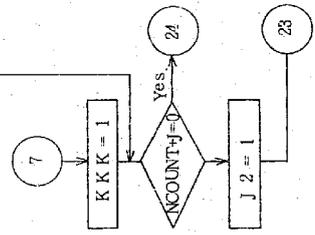
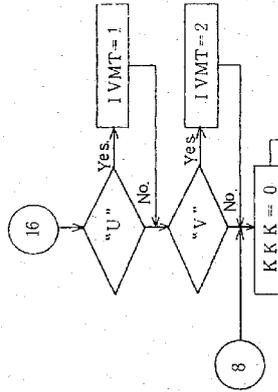
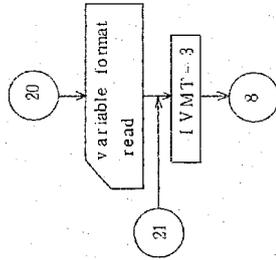
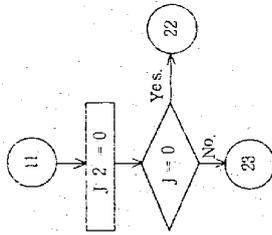
sequence repeat

inverted sequence repeat

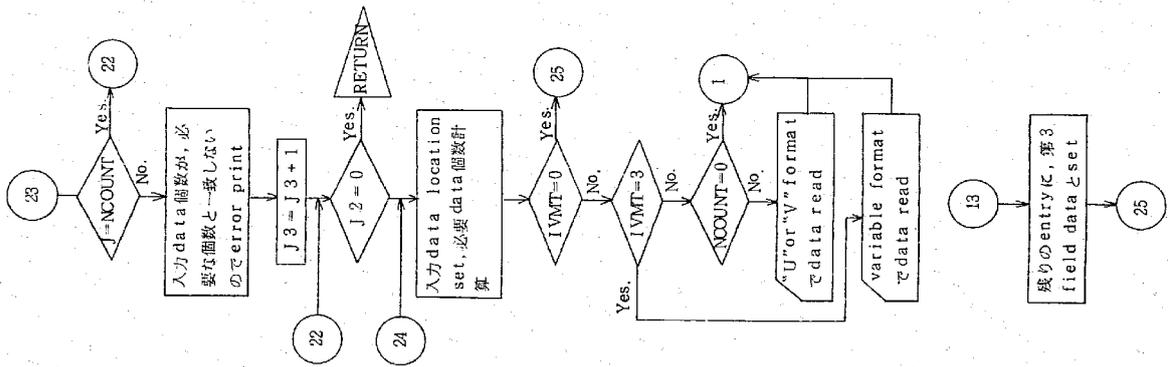
variable format set

"W" type format set

data入力なし



data入力開始のset



入力データ個数 check

error flag set

end loop ~ skip

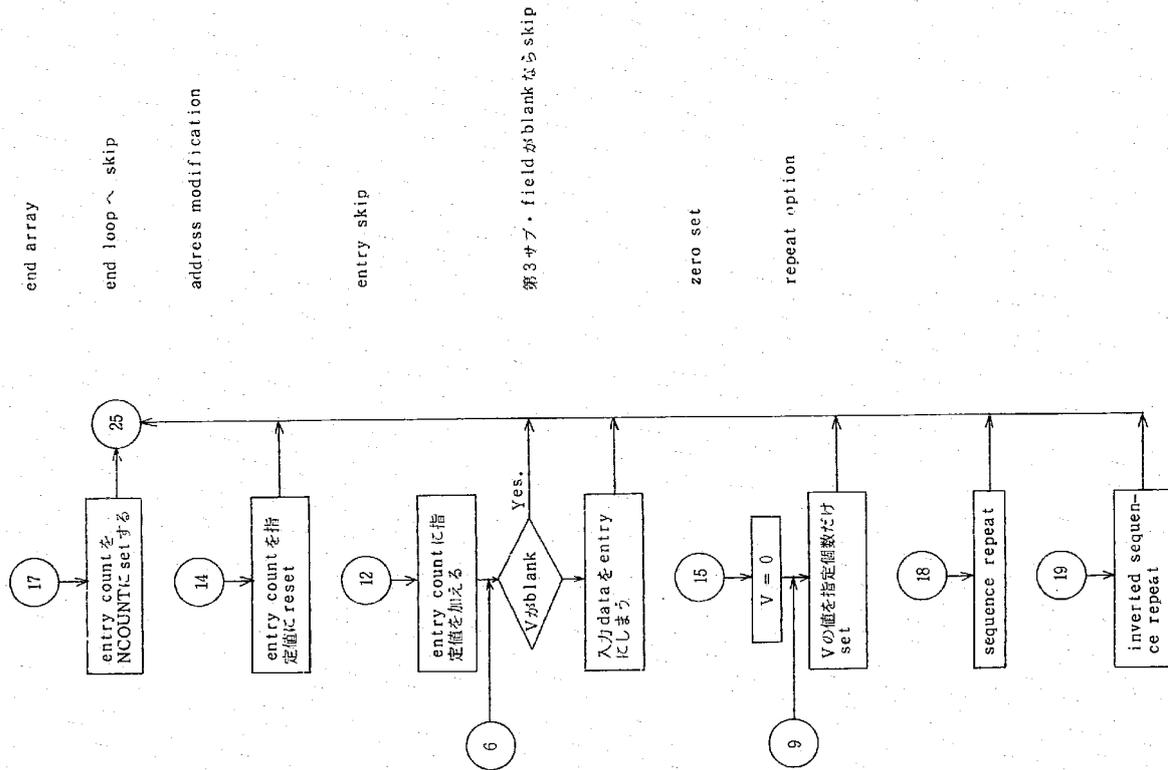
variable format

"FIDO" 入力

[IVMTをclear]
U: 6E1.25
V: 4(1X, E1.69, 1X)

fill option

end loop ~ skip



end array

end loop ~ skip

address modification

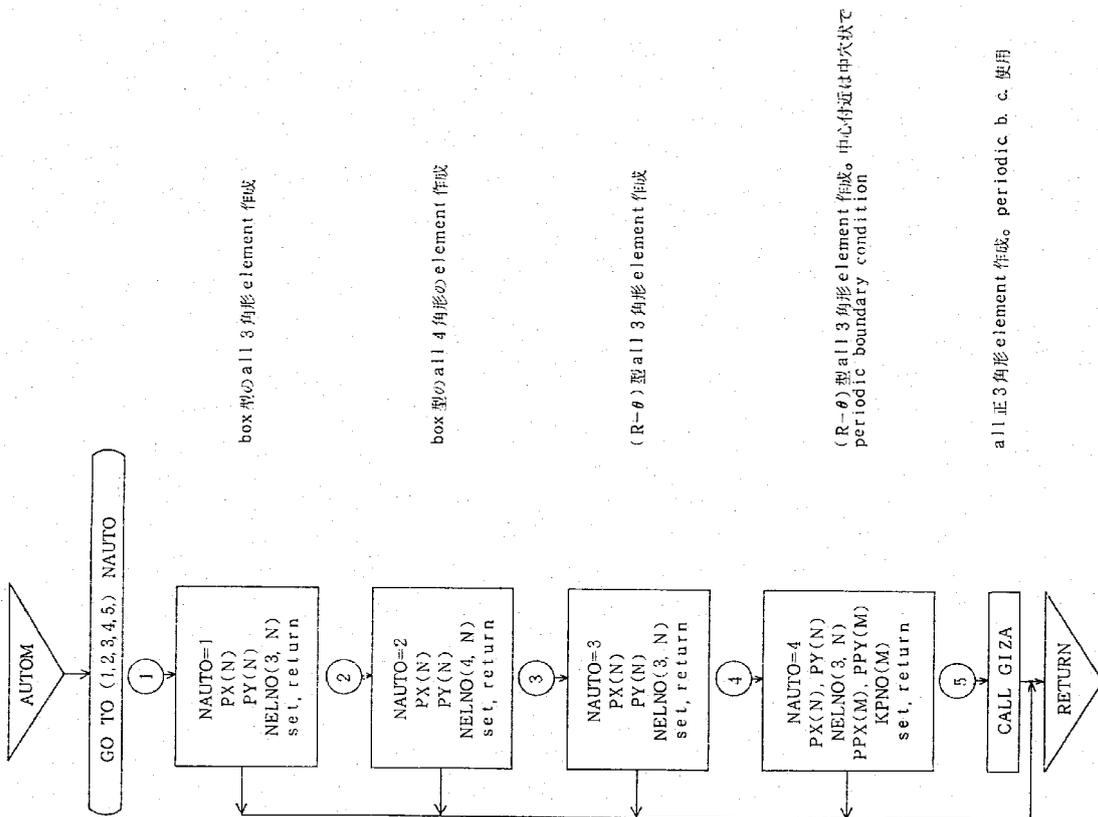
entry skip

第3サブ・fieldがblankならskip

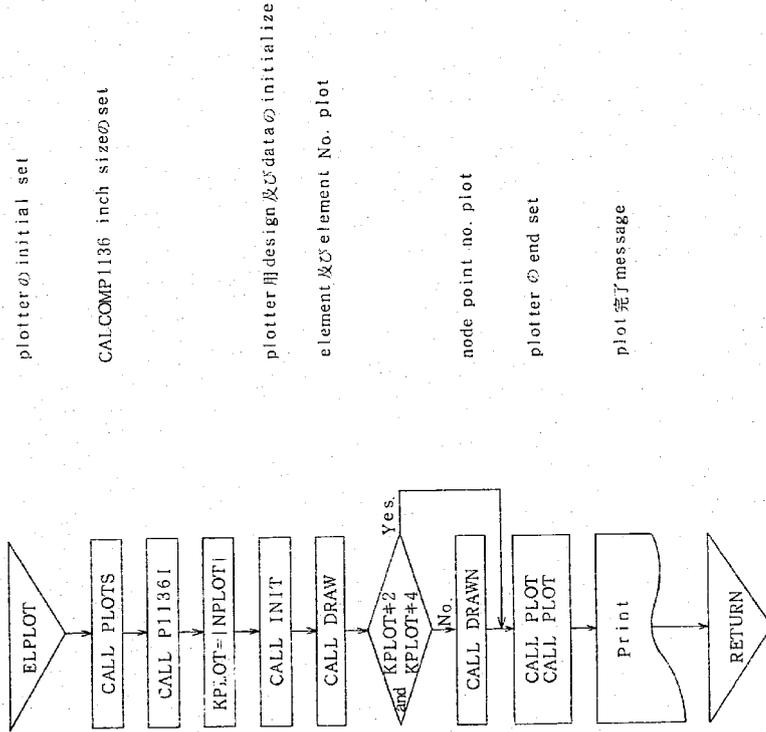
zero set

repeat option

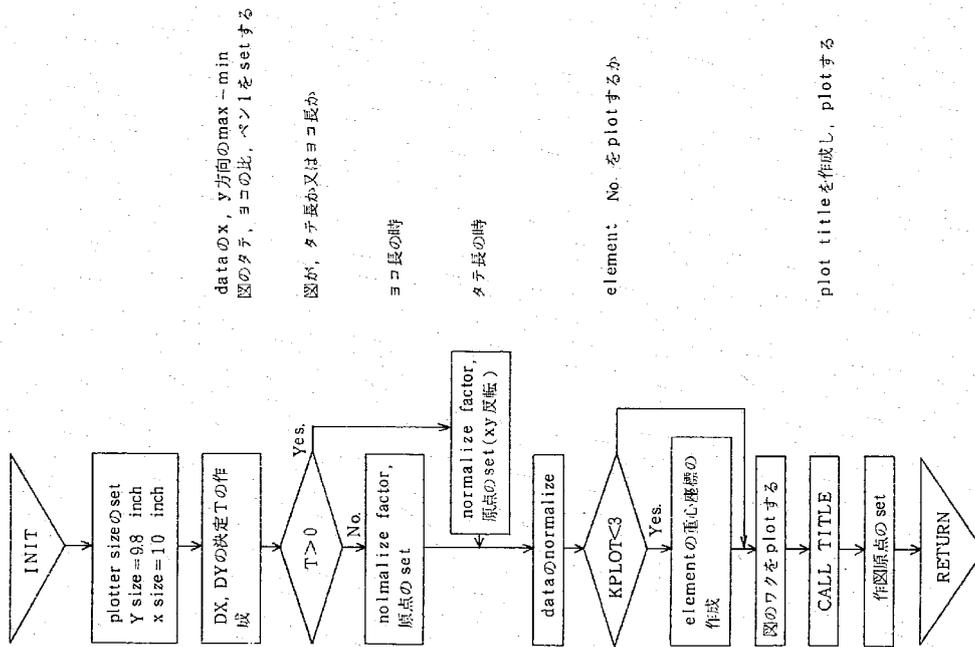
2.3. AUTOM



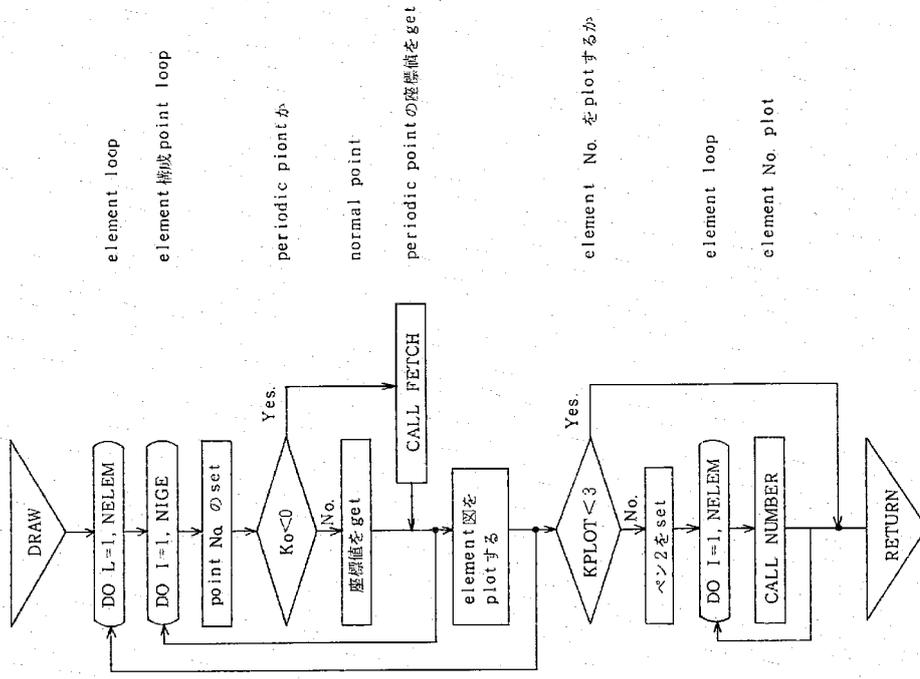
2.4. ELPLOT



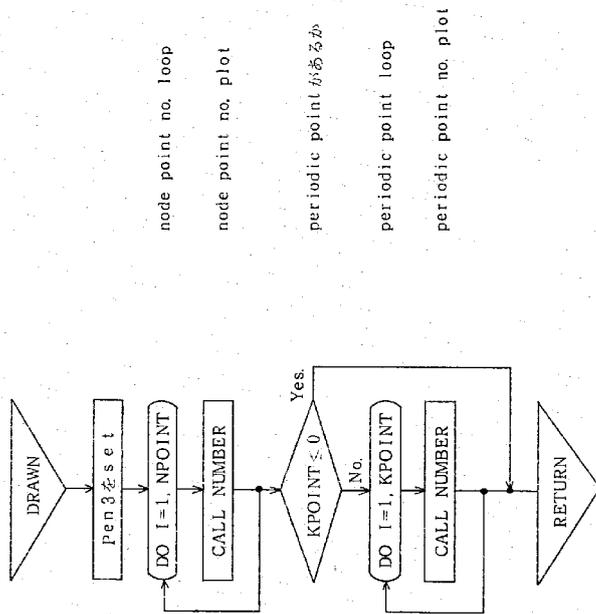
2.5. INIT



2.6. DRAW



27. DRAWN



L オートメツシユルーション

auto-mesh routine は、element data 入力の手力を、はぶくため追加されており規則性のある mesh 構成を、program 内で、作成するものである。

現在、5つの type が内蔵されており、以下に記す。

1. NAUTO=1 格子形状で三角形のみで構成されている。
2. NAUTO=2 " 四角形のみで "
3. NAUTO=3 R-θ 形状で三角形のみで構成されている。
4. NAUTO=4 R-θ " " 中心付近の要素の削除と

periodic boundary の set
 5. NAUTO=5 正三角形形状で、ピラミッド体型を構成し、periodic boundary condition の set

1. NAUTO=1 のとき

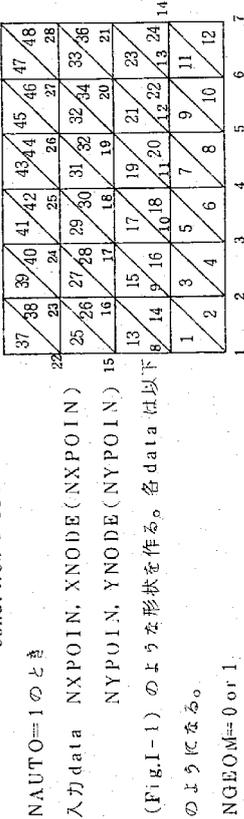


Fig. I-1. 格子状 all 三角形

NPOINT=NXPOINT*NYPOINT

NELEM=(NXPOINT-1)*(NYPOINT-1)*2

NTYPE 2

NBAND=5

KPOINT=0

2. NAUTO=2 のとき

入力 data NXPOINT, XNODE(NXPOINT)

NYPOINT, YNODE(NYPOINT)

(Fig. I-2) のような形状を作る。各 data は以下の

ようになる。

NGEOM=0 or 1

NPOINT=NXPOINT*NYPOINT

NELEM=(NXPOINT-1)*(NYPOINT-1)

NTYPE=1

NBAND=5

KPOINT=0

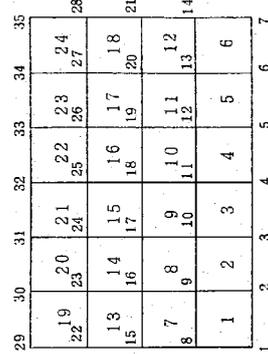


Fig. I-2. 格子状 all 四角形

3. NAUTO=3のとき

入力data NXPOIN, XNODE(NXPOIN)

NYPOIN, YNODE(NYPOIN)

(Fig.1-3)のような形状を作る。各dataは以下のようになる。

XNODE(1)=0.0

YNODE(1)=0.0 } と決める

$\theta_i = 2\pi * YNODE(i)$

$X_k = XNODE(j) * \cos(\theta_j)$

$Y_k = XNODE(j) * \sin(\theta_j)$ としてX, Y座標を決定する。

NGEOM=0

NPOINT=(NXPOIN-1)*NYPOIN+1

NELEM=(2*NXPOIN-3)*(NYPOIN-1)

NTYPE=-2

NBAND=NYPOIN+2

KPOINT=0

4. NAUTO=4のとき

入力data NXPOIN, XNODE(NXPOIN)

NYPOIN, YNODE(NYPOIN)

(Fig.1-4)のような形状を作る。

各dataは、以下のようになる。

XNODE(1) > 0.0

YNODE(1)=0.0 } と決める。

$\theta_i = 2\pi * YNODE(i)$

$X_k = XNODE(j) * \cos(\theta_j)$

$Y_k = XNODE(j) * \sin(\theta_j)$ としてX, Y座標を決定する。

NGEOM=0

NPOINT=NXPOIN*(NYPOIN-1)

NELEM=2*(NXPOIN-1)*(NYPOIN-1)

NTYPE=-2

NBAND=2*(NYPOIN-1)

KPOINT=NXPOIN

KPNO(i) = -(i-1)*(NYPOIN-1)+1

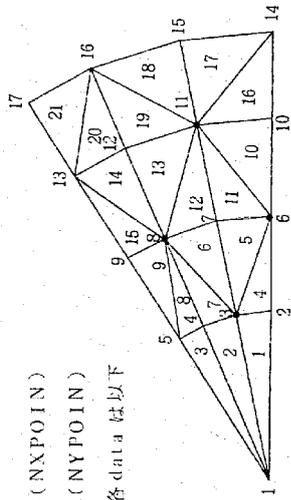


Fig. 1-3 R- θ all 三角形

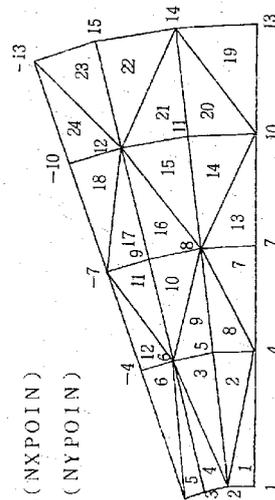


Fig. 1-4 R- θ Periodic all 三角形

5. NAUTO=5のとき

入力data NXPOIN, XNODE(NXPOIN)

NYPOIN, YNODE(NYPOIN)

(Fig.1-5)のような形状を作る。各dataは、以下のようになる。

XNODE(1)= ΔX , NYPOIN=NXPOIN

NXPOINはx方向、底辺のpoint数とする。

NGEOM=0

NPOINT=NXPOIN*(NXPOIN-1)/2+1

NELEM=KPOINT*KPOINT

NTYPE=-2

NBAND=2*NXPOIN-3

KPOINT=NXPOIN-1

KPNO(i+1)=KPNO(i)-i

KPNO(1)=-2

(注意)

入力dataのうち, NXPOINとXNODE(1)のみを使用する。

しかし, 入力dataは, NYPOIN=NXPOINとし

XNODE(NXPOIN), YNODE(NYPOIN) readを必要とする。

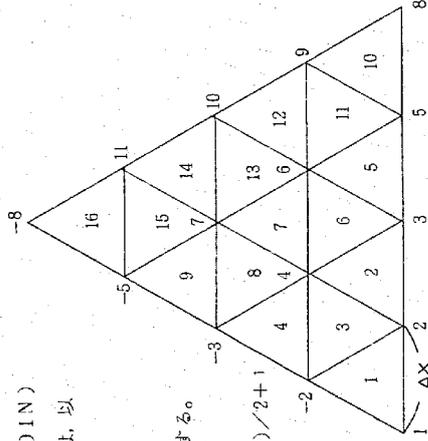


Fig. 1-5 正三角形ピラミッド型Periodic