

有限円柱形状遮蔽体に対する 中性子計算コード PALLAS

竹内 清*

User's Manual for PALLAS Code

By

Kiyoshi Takeuchi

The computer code, PALLAS-2D-CY, has been written in FORTRAN IV language for an IBM 360 model 75 computer to solve the steady-state neutron integral transport equation by the numerical integration method, which has been presented by the same author. This code calculates the directional flux-density and the scalar flux-density of neutrons as a function of energy in two dimensional multilayered cylindrical geometry.

The limitations on some of the inputs are as follows;

Number of energy groups ≤ 50

Number of material regions ≤ 16

Number of spatial meshes ≤ 1200

Number of angular meshes = 24

The execution time is about 20 minutes in the case of a problem having 10 energy groups, 4 material regions, 987 spatial meshes, and 24 angular meshes, without inelastic scattering data.

1. まえがき

PALLAS-2D-CY 計算コードは IBM 360 モデル 75 計算機に対して FORTRAN IV で書かれており、有限円柱形状遮蔽体に対する速中性子透過計算用に作られたコードである。本コードは積分型中性子輸送方程式の数値解法¹⁾にもとづいている。有限円柱形状空間の中心を原点とし、中性子が軸に対して対称に分布すると仮定することにより、空間座標 (r, z, θ) から θ 変数を取り除くことができる。さらに原点で z 軸に垂直な面を考え、再び中性子がこの面に対して対称に分布すると仮定することにより、実際の計算は z 座標上 $z \geq 0$ についてだけ計算すればよいことになるから計算時間を $1/2$ に短縮することができる。中性子の線源は一般には (r, z) 空間の任意の位置に対して入力することが可能であるが、通常は原点を中心とした円柱形状体積線源である。境界条件としては円柱の

外側境界面でこの面を透過して外から内へ入る中性子はないと考えて、外側境界面で円柱形状の内側へ向う中性子の角度束密度は零と自動的に置かれ、特別に入力データとして与える必要はない。中性子の核との相互作用として散乱現象を考慮するが、これは弾性散乱と非弾性散乱を取り扱い、弾性散乱は非等方散乱扱いで散乱角度分布関数をルジャンドル展開した時のルジャンドル係数を各エネルギーメッシュに対して入力する。一方非弾性散乱は実験室系で等方散乱と仮定しているのでエネルギーの落ちに対する確率を入力すればよい。

本コードは計算結果として多重層円柱形状媒質内の任意の位置および遮蔽体背面の任意の位置における中性子角度束密度 $\Phi(r, z, \Omega(\omega, \varphi), E)$ および中性子角度束密度を角度について積分した中性子束密度 $\phi_0(r, z, E)$ をエネルギーの関数として与える。なお計算時間はエネルギー 10 グループ、4 領域、987 空間メッシュ、24 角度メッシュの問題で非弾性散乱データ無しの場合 IBM 360-75 計算機で約 20 分である。

* 原子力船舶

原稿受付 昭和45年4月30日

2. 計算式

図-1を参照して空間 r で進行方向が Ω でエネルギーが E の中性子角度束密度 $\Phi(r, \Omega, E)$ は次の積分方程式で書き表わすことができる。

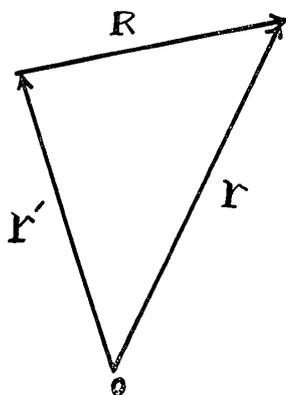


図-1

$$\begin{aligned} \Phi(r, \Omega, E) = & \Phi(r', E) \exp\left[-\int_0^R \Sigma_t(r-R'\Omega, E) dR'\right] \\ & + \int_0^R dR' \cdot S(r-R'\Omega, \Omega, E) \\ & \times \exp\left[-\int_0^{R'} \Sigma_t(r-R''\Omega, E) dR''\right] \\ & + \int_0^R dR' \cdot \left\{ \sum_i \int_0^{4\pi} d\Omega' \int_E^\infty dE' \right. \\ & \quad \left. \Sigma_{si}(r-R'\Omega; E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \right. \\ & \quad \left. \times \Phi(r-R'\Omega, \Omega', E') \right\} \\ & \times \exp\left[-\int_0^{R'} \Sigma_t(r-R''\Omega, E) dR''\right] \dots(1) \end{aligned}$$

上式の右辺の第1項は r' における中性子が r に向かって直進し、途中で媒質の核と衝突しないで r に到着する中性子を表わし、第2項は区間 $R = |r-r'|$ で中性子が純線源から生まれ、その中性子が r に向かって直進する間に核と衝突しないで r に到着することを表わし、第3項は区間 $R = |r-r'|$ でエネルギーの高い中性子が核と衝突し散乱されて、今注目しているエネルギーおよび進行方向を持ち、この中性子が r に向かって直進する間に核と衝突しないで r に到着することを表わす。(1)式で記号 $\Sigma_t(r, E)$ は巨視的全断面積を表わし、 $\Sigma_{si}(r; E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega)$ は i 番目の核の巨視的散乱角度分布を表わし、 $S(r, \Omega, E)$ は純線源を表わす。

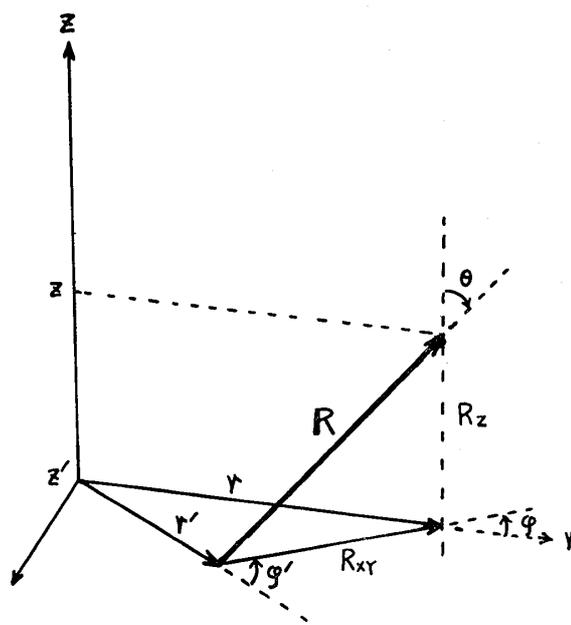
中性子の核との相互作用は散乱現象を考え、弾性散乱は非等方散乱扱いとし、非弾性散乱は実験室系で等方散乱を仮定している。(1)式を数値解法で解くために $\Sigma_t(r-R'\Omega, E)$ が区間 (r', r) で一定値 $\Sigma_t(r', E)$ を持つとし、純線源 $S(r-R'\Omega, \Omega, E)$ および散乱積分

$$\begin{aligned} & \iint d\Omega dE' \cdot \Sigma_{si}(r-R'\Omega; E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \\ & \times \Phi(r-R'\Omega, \Omega', E') \end{aligned}$$

がともに区間 (r', r) で線型な関数で近似できるとする。すなわち (r', r) を上述の2つの仮定が成立するように決めれば(1)式は数値積分できる。数値積分し形を整えた最終式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \Phi(r, \Omega, E) = & \Phi(r', \Omega, E) \exp[-\Sigma_t(r', E)R] \\ & \times K_2(r, r', R, E) \\ & + \{G'(r, \Omega, E) \{\Sigma_t(r', E)R \\ & + \exp[-\Sigma_t(r', E)R] - 1\} \\ & + G'(r', \Omega, E) \{1 - [1 + \Sigma_t(r', E)R] \\ & \times \exp[-\Sigma_t(r', E)R]\}\} \\ & \times K_1(r, r', R, E) \dots(2) \end{aligned}$$

(2)式は一般座標形状に対して求めた式である。この式を有限円柱 (r, z) 座標で書き表わすことは容易であり図-2を参照して以下の式で書き換えればよい。

図-2 円柱座標における R の表示

$$R = \frac{r \cos \varphi - r' \cos \varphi'}{(1 - \omega^2)^{\frac{1}{2}}} = \frac{z - z'}{\omega} \dots(3)$$

$$\Phi(r, \Omega, E) \equiv \Phi(r_m, z_n, \omega_p, \varphi_{pq}, E_j) \dots(4)$$

$$\Phi(r', \Omega, E) \equiv \Phi(r', z', \omega_p, \varphi', E_j) \dots(5)$$

$$G'(r, \Omega, E) \equiv G'(r_m, z_n, \omega_p, \varphi_{pq}, E_j) \dots(6)$$

$$G'(r', \Omega, E) \equiv G'(r', z', \omega_p, \varphi', E_j) \dots(7)$$

$$\varphi' = \sin^{-1} \left(\frac{r_m}{r'} \sin \varphi_{pq} \right) \dots(8)$$

数式の詳細については他の論文¹⁾を参照されたい。

3. PALLAS-2 D-CY コード

3.1 PALLAS-2 D-CY コードの大きさ

本コードは IBM 360 モデル 75 計算機に対して作られている。本コードの大きさは次のようである。

- エネルギー・メッシュ数 ≤ 50
- 物質領域数 $\leq 16 (4 \times 4)$
- 空間メッシュ数 $\leq 1,200$
(50×24 あるいは 24×50)
- 角度メッシュ数 = 24

以上の制限は計算機システムのコアの容量によって決まる。本コードは以上の制限のもとにコア約 372 K バイト, ドラム約 2,350 K バイト, 磁気ディスク約 3,470 K バイトを使用する。なお物質領域の定め方は図-3 のようであり, 空間メッシュは r 方向 50 メッ

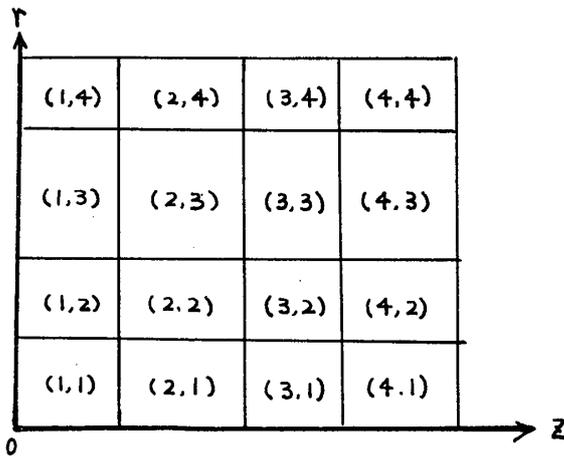


図-3 物質領域の定め方

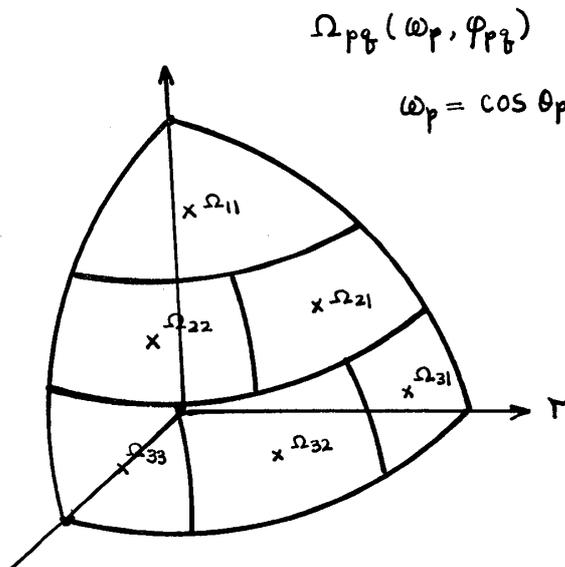


図-4 角度方向メッシュの定め方

シュ× z 方向 24 メッシュか, あるいは r 方向 24 メッシュ× z 方向 50 メッシュかの 2 通りのとり方ができる。角度メッシュ 24 個の定め方は図-4 を参照して次のようである。

ω_p	重値
0.93247	0.17132
0.66121	0.36072
0.23862	0.46791
-0.23862	0.46791
-0.66121	0.36072
-0.93247	0.17132

φ_{pq} (ラジアン)	重値
$\varphi_{11}=0.7854$	$\pi/2$
$\varphi_{12}=2.3562$	$\pi/2$
$\varphi_{21}=0.3927$	$\pi/4$
$\varphi_{22}=1.1781$	$\pi/4$
$\varphi_{23}=1.9635$	$\pi/4$
$\varphi_{24}=2.7489$	$\pi/4$
$\varphi_{31}=0.2618$	$\pi/6$
$\varphi_{32}=0.7854$	$\pi/6$
$\varphi_{33}=1.3090$	$\pi/6$
$\varphi_{34}=1.8326$	$\pi/6$
$\varphi_{35}=2.3562$	$\pi/6$
$\varphi_{36}=2.8798$	$\pi/6$

したがって Ω_{pq} に対する重値は次のように定まる。

Ω_{pq}	重値
Ω_{11}, Ω_{12}	0.26912
$\Omega_{21}, \Omega_{22}, \Omega_{23}, \Omega_{24}$	0.28334
$\Omega_{31}, \Omega_{32}, \dots, \Omega_{36}$	0.24500
$\Omega_{41}, \Omega_{42}, \dots, \Omega_{46}$	0.24500
$\Omega_{51}, \Omega_{52}, \dots, \Omega_{54}$	0.28334
Ω_{61}, Ω_{62}	0.26912

3.2 インプットデータの作り方

3.2.1 パラメータインプット

- (1) 問題名称 8 文字以内
- (2) E_{max} E 10.3
問題の中性子の最大エネルギー (MeV)
- (3) H E 10.3
レサジ幅
- (4) $J \leq 50$ I 3
エネルギーメッシュ数 ≤ 50
- (5) $I(i) \quad i=1, 2, \dots, 4$ 4 I 3
物質領域数 i は z 方向領域の i 番目を意味する。したがって $I(3)=3$ は z 方向第 3 領域に r 方向 (3,1), (3,2), (3,3) の 3 個の

領域があることを意味する。

- (6) $MER(n)$ $n=1, 2, \dots, 4$ 4 I 3
 r 方向の各領域に対するメッシュ数
- (7) $RR(n)$ $n=1, 2, \dots, 4$ 4 E 10.3
 r 方向の各領域の幅 (cm)
- (8) $MEz(n)$ $n=1, 2, \dots, 4$ 4 I 3
 z 方向の各領域に対するメッシュ数
- (9) $zz(n)$ $n=1, 2, \dots, 4$ 4 E 10.3
 z 方向の各領域の幅 (cm)
- (10) $\Sigma_l(i, j, k)$ 8 E 10.3
 (i, j) は物質領域の番号に相当し, k は k 番目のエネルギーメッシュを意味する。 $\Sigma_l(1, 2, 3)$ は 3 番目のエネルギーメッシュに対する領域 (1, 2) の巨視的全断面積 (cm^{-1})。各エネルギーメッシュに対し 2 枚データカードが必要となる。
- (11) 線源 8 E 10.3
 線源は等方角度分布を仮定した体積線源で $S(r, z, E)$ の形である。 $S(r, z, E)$ は 3 変数の積の形で入力する。すなわち

$$S(r, z, E) = S(r)S(z)S(E)$$

$$S(r) \quad r=1, 2, \dots, \sum_{n=1}^4 MER(n)$$

$$S(z) \quad z=1, 2, \dots, \sum_{n=1}^4 MEz(n)$$

$$S(E) \quad E=1, 2, \dots, J$$
- (12) $NOEL(i, j)$ 16 I 3
 各領域における核種の数。 (i, j) 領域における入力すべき核種の数。(1, 1), (1, 2), ..., (1, 4), (2, 1), ..., (2, 4), ..., (4, 4) の順。
- (13) $NEK(i, j)$ 16 I 3
 各領域における物質の区別。(1, 1)=1, (1, 2)=2, ..., (1, 4)=4, (2, 1)=5, ..., (2, 4)=8, (3, 1)=9, ..., (3, 4)=12, (4, 1)=13, ..., (4, 4)=16 のように各領域に番号を付ける。例えば (1, 3) と (2, 1) 領域の物質が (1, 2) 領域の物質と同一物質であれば (1, 3) および (2, 1) に 3 および 5 を入力する代わりに (1, 2)=2 を入力すれば, 重複して核の入力データを読み込む必要はない。 (i, j) 領域に物質が存在しない場合はblankにする。

3.2.2 核データ入力

- (1) 物質名 8 文字以内

- (2) 核の記号 8 文字以内
- (3) ρ E 10.3
 $\rho=1/M$ 核の質量の逆数
- (4) $n(r, z)$ E 10.3
 核の原子密度 ($\times 10^{24}/\text{cm}^3$)
- (5) $\sigma_s(E_j)$ 8 E 10.3
 各エネルギーメッシュ ($j=1, 2, \dots, J$) に対する弾性散乱の微視的断面積 (バーン)
 水素原子以外の核の場合は以下に続く。

- (6) $L \leq 15$ I 3
 弾性散乱角度分布関数をルジャンドル展開した時の最大項数

$$f(E, \mu) = \sum_{l=0}^{LL} \frac{2l+1}{4\pi} f_l(E) P_l(\mu)$$

において $L=LL+1$

- (7) $f_l(E_j)$ 8 E 10.3
 各エネルギー毎に $l=1, 2, \dots, L$ 個入力する。
 $j=1, 2, \dots, J$

- (8) $INELA$ I 3

$$INELA = \begin{cases} 1 & \text{非弾性散乱入力データあり} \\ 0 & \text{非弾性散乱入力データなし} \end{cases}$$

$INELA=1$ の場合以下の入力データが必要となる。

- (9) $JIN \leq 20$ I 3
 非弾性散乱現象を JIN 番目のエネルギーメッシュまで考慮する。

- (10) $JB \leq 20$ I 3
 非弾性散乱減速関数を核の励起エネルギー準位にしたがって連続関数近似と離散スペクトル表示する場合の境界のエネルギーメッシュ。 JB 番目までのエネルギーは連続関数で近似できる。

$$g(E', E) = \begin{cases} g_c(E', E_j) & E' \geq E_{JB} \text{ の範囲} \\ & \text{で連続関数近似} \\ \sum_{\nu} a_{\nu}(E') \delta(E' - [E + E^{\nu}]) & E_{JB} > E' > E^1 \text{ の範囲で離散} \\ & \text{スペクトル} \end{cases}$$

- (11) $JAM \leq 50$ I 3
 JAM 番目のエネルギーメッシュまで非弾性散乱の計算をすすめる。

- (12) $\sigma_{in}(E_j)$ 8 E 10.3
 非弾性散乱の微視的断面積 (バーン)。毎エネルギーメッシュ $j=1, 2, \dots, JIN$ に対して入力

- する。
- (13) $G_c(k, j)$ 8 E 10.3
 $G_c(E_k, E_j)$ が $j=1, 2, \dots, JAM$ に対して次のように入力される。
 $G_c(1, 1)$
 $G_c(1, 2), G_c(2, 2)$

 $G_c(1, j), G_c(2, j), \dots, G_c(JB, j)$

 $G_c(1, JAM), G_c(2, JAM), \dots, G_c(JB, JAM)$

$JB=JIN$ の場合は以上のデータまで入力すればよいが $JIN > JB$ の場合離散スペクトルのデータを以下のように作る。

- (14) $\nu_{max} \leq 8$ I 3
 核の励起準位を離散スペクトル扱いした場合のエネルギーレベルの数
- (15) E^ν $\nu=1, 2, \dots, \nu_{max}$ 8 E 10.3
 ν 番目の核の励起エネルギー準位 (MeV).
- (16) $a_\nu(E_j)$ 8 E 10.3
 各エネルギーメッシュに対し $\nu=1, 2, \dots, \nu_{max}$.
 $j=JB, JB+1, \dots, JIN$

なお核データインプットの作製について注意する点は、問題が異なった物質から成る多領域の問題の場合異なった物質の数だけ上述の核データインプットの(1)物質名から繰り返す必要がある。物質が2種類以上の核から構成されている場合は上述の核データインプットの(2)核の記号から繰り返し構成核種の数だけインプットデータを作る必要がある。また核が水素の場合は核のインプットデータは(5)弾性散乱断面積までで終りにしてよく、水素以外の核では(5)以下に続くが非弾性散乱データのない場合は(8) INELA を0とおき以下のインプットデータは省く。(8)の INELA=1 の場合でも核の励起エネルギー準位に関する離散スペクトルのデータのない場合あるいは $JIN=JB$ の場合(14)以下のデータは省いてよい。

3.2.3 計算結果の印字の制限に関するインプット

計算結果として本コードは中性子角度束密度 $\Phi(r, z, \Omega(\omega, \varphi), E)$ を各エネルギーメッシュ単位で印字し、さらに中性子束密度 $\Phi_0(r, z, E)$ を各エネルギーメッシュ単位で印字する。角度束密度は5次元変数であるからこれらの全てのメッシュに対して解を印字することは大変である。したがって次に述べるインプットデータにより印字したい (r, z) に関するメッシュに対してだけ角度束密度を印字するようにした。

- (1) MRK I 3

r メッシュに関して MRK 個の r メッシュについて $\Phi(r, z, \Omega(\omega, \varphi), E)$ を出力する。空間メッシュ数 (50×24) の場合は最大50まで、(24×50) の場合は最大24までである。

- (2) MzK I 3
 z メッシュに関して MzK 個の z メッシュについて $\Phi(r, z, \Omega(\omega, \varphi), E)$ を出力する。空間メッシュ数 (50×24) の場合は最大24まで、(24×50) の場合は最大50までである。

- (3) $KR(n)$ 20 I 3
 $n=1, 2, \dots, MRK$ 。 $\Phi(r, z, \Omega(\omega, \varphi), E)$ の出力で r メッシュに関して、 $KR(1), KR(2), \dots, KR(MRK)$ のメッシュにおける角度束密度が印字される。

- (4) $Kz(n)$ 20 I 3
 $n=1, 2, \dots, MzK$ 。 $\Phi(r, z, \Omega(\omega, \varphi), E)$ の出力で z メッシュに関して、 $Kz(1), Kz(2) \dots, Kz(MzK)$ のメッシュにおける角度束密度が印字される。

なお中性子束密度 $\Phi_0(r, z, E)$ の出力に関しては r メッシュについて $KR(1), KR(2), \dots, KR(MRK)$ のメッシュ点での、また z メッシュについては全てのメッシュ点での $\Phi_0(r, z, E)$ が各エネルギーメッシュ毎に印字される。

3.3 インプットデータ作製と例

- | | |
|----------|---|
| カード 1 | (1) 問題名称 |
| カード 2 | (2) E_{max} (3) H (4) J (5) I
(i), $i=1, 2, \dots, 4$ |
| カード 3 | (6) $MER(n)$, $n=1, 2, \dots, 4$ |
| カード 4 | (7) $RR(n)$, $n=1, 2, \dots, 4$ |
| カード 5 | (8) $MEz(n)$, $n=1, 2, \dots, 4$ |
| カード 6 | (9) $zz(n)$, $n=1, 2, \dots, 4$ |
| カード 7 | (10) $\Sigma_i(i, j, 1)$ $j=1, \dots, 4$, $i=1, 2$
$\Sigma_i(i, j, 1)$ $j=1, \dots, 4$, $i=3, 4$ |
| カード 8 | |
| | } $2 \times J$ 枚 |
| | |
| カード 7+2J | (11) $S(r)$, $r=1, 2, \dots, \sum_{n=1}^4 MER(n)$ |
| | |
| カード | } $S(z)$, $z=1, 2, \dots, \sum_{n=1}^4 MEz(n)$ |
| | |
| カード | } $S(E)$, $E=1, 2, \dots, J$ |
| | |
| カード | (12) $NOEL(i, j)$, $j=1, \dots, 4$, $i=1, \dots, 4$ |

44

カード	(13) $NEK(i, j), j=1, \dots, 4, i=1, \dots, 4$	カード	(6) L
以上がパラメータインプットデータであり、以下に		カード	} (7) $f_l(E_j), l=1, 2, \dots, L,$ $j=1, 2, \dots, J$
核データインプットが続く。		
カード 1	(1) 物質名	カード	(8) $INELA$
カード 2	(2) 核の記号	カード	(9) $JIN, (10) JB, (11) JAM$
カード 3	(3) $\rho, (4) n(r, z)$	カード	} (12) $\sigma_{in}(E_j), j=1, 2, \dots, J$
カード 4	} (5) $\sigma_s(E_j), j=1, \dots, J$	

BSR-11

```

1.208E 01 2.000E-01 2 2 2
10 11
2.040E 01 2.040E 01
14 33
2.600E 01 6.400E 01
1.023E-01 1.019E-01 1.019E-01 1.019E-01
1.099E-01 1.052E-01 1.052E-01 1.052E-01
1.000E 00 1.000E 00
1.000E 00 1.000E 00
1.400E 06 1.390E 06 1.380E 06 1.350E 06 1.320E 06 1.300E 06 1.250E 06 1.190E 06
1.130E 06 1.050E 06 1.000E 06 9.500E 05 9.800E 05 1.100E 06

```

A

```

2.000E-04 1.000E-03
3 2 0 0 2 2
1 2 0 0 2 2

```

H20+AL

H

```

1.000E 00 3.900E-02
7.954E-01 9.498E-01

```

C

```

6.250E-02 1.950E-02
7.455E-01 7.069E-01

```

C

```

1.000E 00 5.118E-01 3.555E-01 2.770E-01 2.449E-01 1.692E-01 1.042E-01 3.683E-02
1.658E-02
1.000E 00 2.407E-01 2.237E-01 1.815E-01 1.731E-01 6.740E-02 5.241E-02 7.260E-03
1.590E-03

```

AL

```

3.706E-02 2.498E-02
7.310E-01 8.683E-01

```

10

```

1.000E 00 6.258E-01 4.417E-01 3.181E-01 3.429E-01 2.632E-01 1.546E-01 7.183E-02
1.806E-02 6.100E-03
1.000E 00 4.242E-01 3.915E-01 2.889E-01 2.763E-01 1.873E-01 1.182E-01 3.910E-02
2.247E-02 4.610E-03

```

WATER

H

```

1.000E 00 6.690E-02
7.954E-01 9.498E-01

```

C

```

6.250E-02 3.345E-02
7.455E-01 7.069E-01

```

C

```

1.000E 00 5.118E-01 3.555E-01 2.770E-01 2.449E-01 1.692E-01 1.042E-01 3.683E-02
1.658E-02
1.000E 00 2.407E-01 2.237E-01 1.815E-01 1.731E-01 6.740E-02 5.241E-02 7.260E-03
1.590E-03

```

8 13

1 2 4 6 10 13 16 21

1 3 6 10 14 15 20 25 30 35 40 45 47

図-5 インプットデータ作製例

(240)

カード	}	(13) $G_c(1, 1)$
カード		$G_c(1, 2), G_c(2, 2)$
.....	
.....	}	$G_c(1, JAM), \dots, G_c(JB, JAM)$
カード		(14) ν_{max}
カード	}	(15) $E^\nu, \nu=1, 2, \dots, \nu_{max}$
カード		(16) $a_\nu(E_{JB}), \nu=1, 2, \dots, \nu_{max}$
.....	}	$a_\nu(E_{JB+1}), \nu=1, 2, \dots, \nu_{max}$
.....	
.....	}	$a_\nu(E_{JIN}), \nu=1, 2, \dots, \nu_{max}$
.....	

以上の核データインプットは多領域異物質の場合および多種類の核より成る物質の場合等により繰り返される。最後に計算結果印字制限のインプットデータが作られる。

カード 1	}	(1) $MRK, (2) MzK$
カード 2		(3) $KR(n), n=1, 2, \dots, MRK$
.....	}	(4) $Kz(n), n=1, 2, \dots, MzK$
カード	

図-5にインプットデータ作成の1例を示す。第1行は問題名称を示し、第2行は $E_{max}, H, J, I(1), I(2)$ をこの場合は $E_{max}=12.08 MeV, h=0.2, 2$ エネルギーグループ、 $2+2=4$ 領域問題である。第3行は r 方向第1領域が10メッシュ、第2領域が11メッシュであることを示す。ここで本コードのインプットデータ作成に関する注意すべき点を記しておく。本計算コードは円柱形状の z 軸上すなわち $r=0$ に対する線束密度の計算をしないように作られている。したがって第1 r メッシュは $r=0$ ではない。なお r, z 両空間メッシュについて内側境界では2ケのメッシュが与えられる。これらのことは図-6, 7に図示されている。第

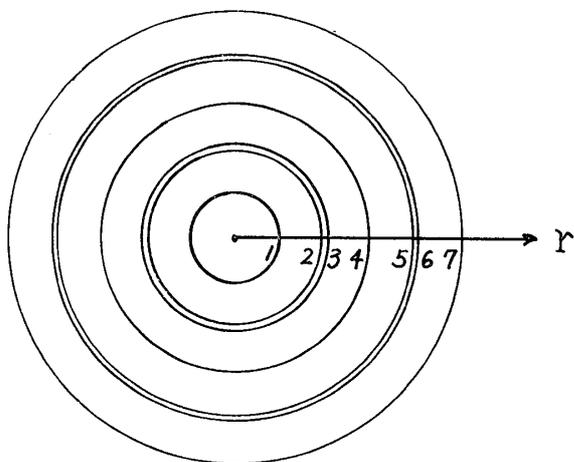


図-6 r 方向メッシュの定め方

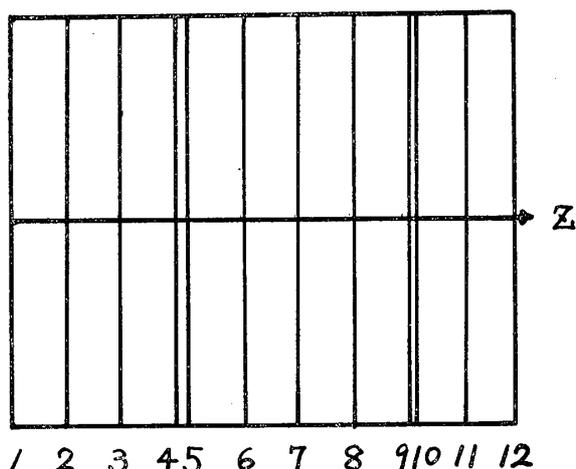


図-7 z 方向メッシュの定め方

4行は r 方向の第1, 第2領域の厚さでこの場合両領域とも 20.4 cm の厚さである。第5行は z 方向の第1, 第2領域が各々14メッシュ, 33メッシュであることを示し、第6行はその各々の領域の厚さが 26.0 cm, 64.0 cm であることを示す。第7行は (1, 1) 領域における第1エネルギーグループの全巨視的断面積が 0.1023 cm^{-1} , (1, 2) 領域が 0.1019 cm^{-1} , (1, 3) 領域, (1, 4) 領域は空白でこれはともに0, (2, 1), (2, 2) 領域がともに 0.1019 cm^{-1} , (2, 3), (2, 4) 領域は0であることを示し、次いで第8行は (3, 1), (3, 2), \dots , (4, 4) 領域における断面積が全て0であることを示して空白のカードである。第9行は第2エネルギーグループの全巨視的断面積の (1, 1), (1, 2), \dots , (2, 4) 領域での値を示し、次の空白は (3, 1), \dots , (4, 4) 領域での値が0であることを示す。第11行, 12行, 13行は線源のうちの $S(r)$ で r に関する第1 r メッシュから第10 r メッシュまで1.0の値が入力され第11 r メッシュから第21 r メッシュまでは0である。次の第14行から空白カードを含む第19行までの6行は $S(z)$ の値で z に関する第1 z メッシュから第14 z メッシュまでは値を持ち、第15 z メッシュから第47 z メッシュまでは0である。第20行は $S(E)$ の値で第1エネルギーグループでは 2.0×10^{-4} の値を次のグループでは 1.0×10^{-3} の値を持つことを示す。この例の問題は (1, 1) 領域が炉心であり、炉心のまわりの他の3領域は遮蔽体である。第21行は各領域における入力されるべき元素の数を示しており (1, 1) 領域は3種類の元素より成り、(1, 2), (2, 1), (2, 2) 領域は2種類の元素より構成されていることを示す。第22行は各領域が同一の物質より成るかどうかの区別を示しており、(1, 1) 領域以

外の3領域は皆(1,2)領域と同じ物質であることを示している。以上がパラメータインプットであり、次に核データが続いて入力される。(1,1)領域の物質は水とアルミより構成される炉心(ウラニウムは水やアルミに比べて桁違いに少ないので本問題の場合省略した)故第23行は H_2O+AL であり、この領域の最初の元素を水素としたので第24行は H を第25行は水素の ρ の値と原子密度を第26行は第1,第2エネルギーメッシュにおける水素の微視的弾性散乱断面積(バーン単位)を示す。第27行は次の元素である酸素を、第28行は酸素の ρ および原子密度を、第29行は酸素の微視的弾性散乱断面積を、第30行はルジャンドル展開の最大項数を、第31行,第32行は第1エネルギーメッシュにおける酸素のルジャンドル展開係数を、第33,34行は第2エネルギーメッシュにおける展開係数を示している。第35行のブランクカードは酸素の非弾性散乱のデータを入力しないとして $INEL=0$ を

示す。第36行にアルミの記号が、第37行はアルミの ρ および原子密度を、第38行はアルミの弾性散乱断面積を、第39行は $L=10$ を、第40~第43はルジャンドル展開係数を示す。第44行のブランクは $INEL=0$ を示す。次に(1,2)領域の物質である水に関するインプットデータが続き、この説明は上述の場合と同様であるので省略する。最後の3行は計算結果印字の字数制限のためのインプットデータである。

非弾性散乱のインプットデータ例を図-8は示す。第1行が $JIN=8, JB=5, JAM=8$ であることを示し、第2行は微視的非弾性散乱断面積を、第3行から第10行までが減速関数を連続関数で近似した時のエネルギー減速確率を示し、第11行は離散スペクトル領域の核の励起準位の数、第12行がその励起エネルギーを示し、第13行から第16行までは離散スペクトル表示のエネルギー減速の確率を示す。

3.4 計算結果例

```

      8 5 8
      1.310E 00 1.340E 00 1.370E 00 1.390E 00 1.360E 00 1.300E 00 1.210E 00 1.070E 00
      0.0
      6.144E-03 0.0
      1.002E-02 2.247E-02 0.0
      3.123E-02 1.839E-02 7.184E-02 0.0
      6.735E-02 4.772E-02 5.905E-02 1.808E-01 0.0
      1.184E-01 9.709E-02 7.168E-02 1.536E-01 3.507E-01
      1.749E-01 1.580E-01 1.332E-01 1.296E-01 2.957E-01
      2.274E-01 2.200E-01 2.024E-01 1.547E-01 2.479E-01
      6
      0.845E 00 2.000E 00 2.660E 00 2.950E 00 3.010E 00 3.380E 00
      4.025E-01 1.788E-01 6.797E-02 1.896E-01 6.261E-02 9.838E-02
      3.978E-01 2.079E-01 1.792E-01 1.290E-01 2.867E-02 5.734E-02
      4.795E-01 1.828E-01 2.250E-01 9.842E-02 1.406E-02 0.0
      8.302E-01 6.478E-02 1.049E-01 0.0 0.0 0.0

```

図-8 非弾性散乱インプットデータ作製例

```

NEUTRON ENERGY= 0.121E 02MEV
ANGULAR FLUXES OF NEUTRONS
***** R-MESH = 1
*****Z-MESH = 1
FN = 0.217E 03 0.217E 03 0.227E 03 0.227E 03 0.223E 03 0.222E 03 0.223E 03 0.221E 03 0.217E 03 0.213E 03 0.211E 03 0.210E 03
FN = 0.223E 03 0.221E 03 0.217E 03 0.213E 03 0.211E 03 0.210E 03 0.227E 03 0.227E 03 0.223E 03 0.222E 03 0.217E 03 0.217E 03
*****Z-MESH = 2
FN = 0.224E 03 0.224E 03 0.230E 03 0.230E 03 0.227E 03 0.225E 03 0.224E 03 0.222E 03 0.218E 03 0.214E 03 0.211E 03 0.210E 03
FN = 0.221E 03 0.219E 03 0.215E 03 0.211E 03 0.209E 03 0.207E 03 0.222E 03 0.222E 03 0.219E 03 0.217E 03 0.209E 03 0.209E 03
*****Z-MESH = 4
FN = 0.234E 03 0.234E 03 0.233E 03 0.233E 03 0.229E 03 0.227E 03 0.221E 03 0.218E 03 0.214E 03 0.210E 03 0.208E 03 0.206E 03
FN = 0.213E 03 0.210E 03 0.207E 03 0.203E 03 0.201E 03 0.200E 03 0.209E 03 0.209E 03 0.206E 03 0.205E 03 0.189E 03 0.189E 03
*****Z-MESH = 6
FN = 0.237E 03 0.237E 03 0.230E 03 0.230E 03 0.226E 03 0.224E 03 0.213E 03 0.211E 03 0.207E 03 0.203E 03 0.200E 03 0.199E 03
FN = 0.201E 03 0.199E 03 0.196E 03 0.192E 03 0.190E 03 0.189E 03 0.187E 03 0.187E 03 0.187E 03 0.187E 03 0.163E 03 0.163E 03

TOTAL FLUXES OF NEUTRONS
**R-MESH = 3
F-0 = 0.278E 04 0.277E 04 0.274E 04 0.269E 04 0.263E 04 0.256E 04 0.246E 04 0.235E 04 0.222E 04 0.207E 04 0.191E 04 0.172E 04
F-0 = 0.148E 04 0.111E 04 0.111E 04 0.690E 03 0.449E 03 0.305E 03 0.216E 03 0.156E 03 0.115E 03 0.843E 02 0.637E 02 0.479E 02
F-0 = 0.358E 02 0.268E 02 0.203E 02 0.158E 02 0.124E 02 0.971E 01 0.765E 01 0.602E 01 0.475E 01 0.374E 01 0.294E 01 0.231E 01
F-0 = 0.181E 01 0.142E 01 0.111E 01 0.863E 00 0.671E 00 0.521E 00 0.404E 00 0.312E 00 0.241E 00 0.185E 00 0.142E 00

```

図-9 計算結果印字例

図-9に計算結果の印字例の一部を示す。中性子角度束密度および中性子束密度がエネルギーに対してまとめられて印字される。この例ではエネルギー=12.1MeVに対する角度束密度および中性子束密度が空間メッシュについて印字されている。角度束密度についてはまず半径方向メッシュが印字され、この半径方向メッシュに対する z 方向メッシュが印字され、この (r, z) 空間メッシュに対する角度束密度が角度方向メッシュ $\Omega_{11}, \Omega_{12}, \Omega_{21}, \dots, \Omega_{24}, \Omega_{31}, \dots, \Omega_{36}, \Omega_{41}, \dots, \Omega_{46}, \Omega_{51}, \dots, \Omega_{54}, \Omega_{61}, \Omega_{62}$ の合計24メッシュについて印字されている。中性子束密度については半径方向メッシュが印字され、この半径方向メッシュに対する全ての方向メッシュに対して $z=1, 2, \dots$ の順に印字されている。

4. その他

本計算コードの精度は計算コードの基になっている解析方法¹⁾の精度に関係しているのでここに簡単に論ずることはできない。他の報告で論ずるつもりである。

本コードは計算機システムのコアの容量により厳しい制限を受けているが、将来計算機のコアの容量が増せばその時点で現在の制限を緩和する予定である。

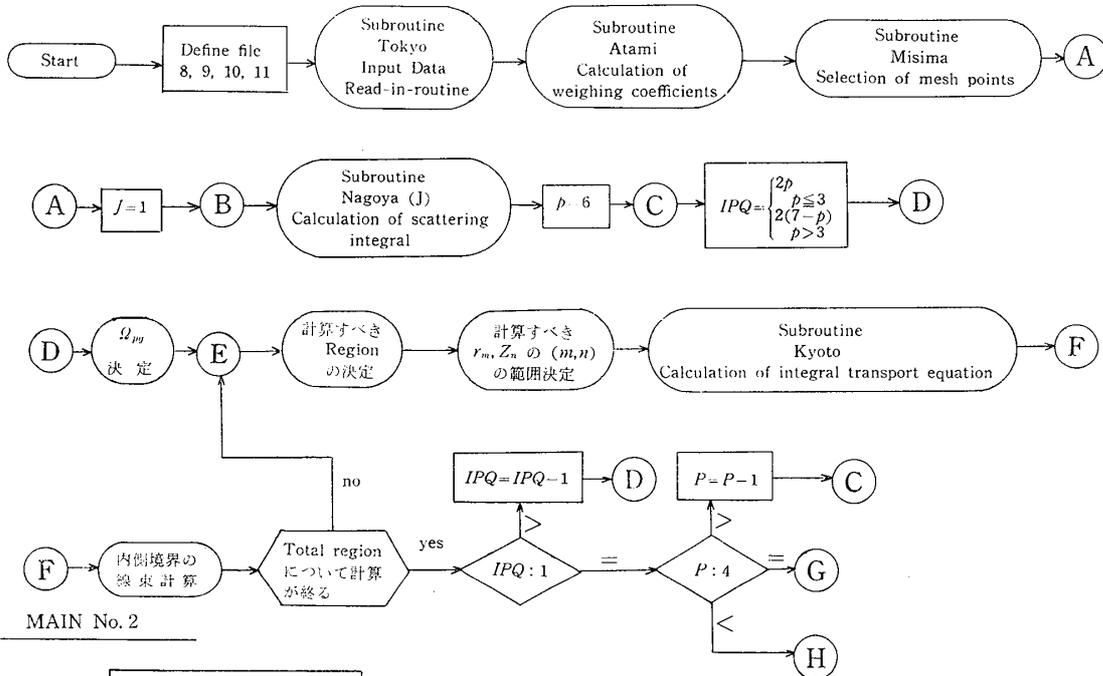
最後に原子力船部片岡室長の御指導と激励を感謝致します。

参 考 文 献

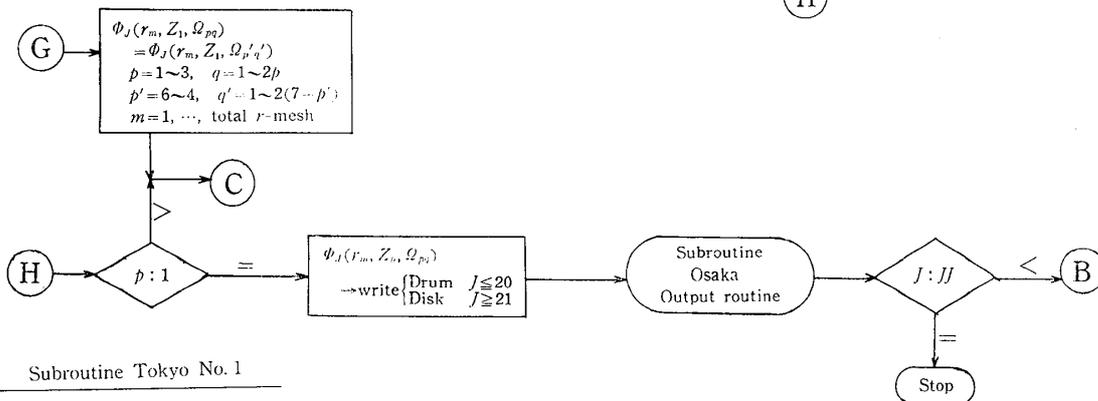
- 1) 竹内 清；船研報告として提出予定

PALLAS FLOW CHART

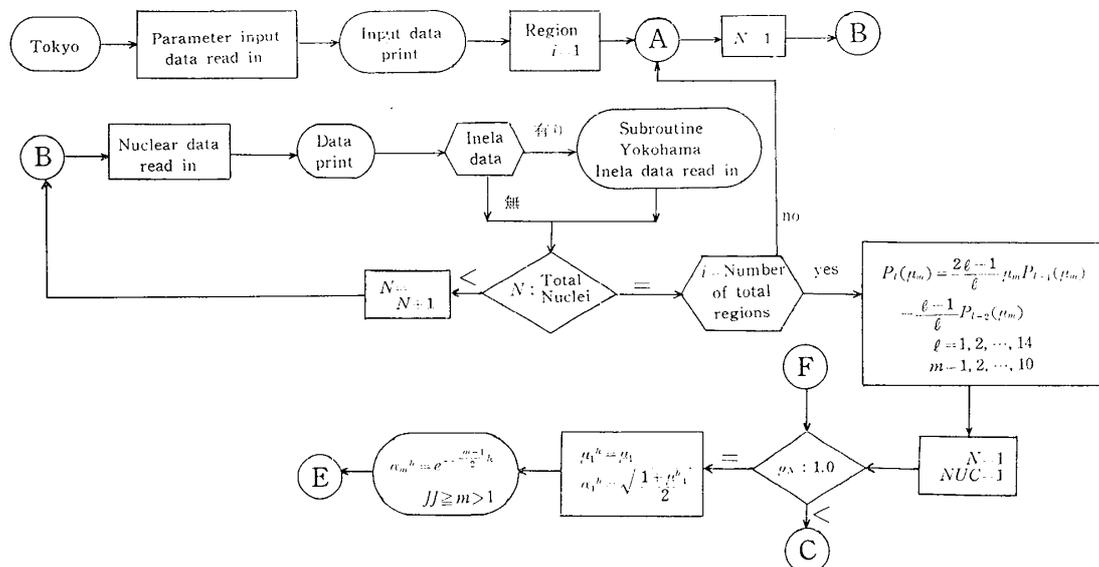
MAIN No. 1



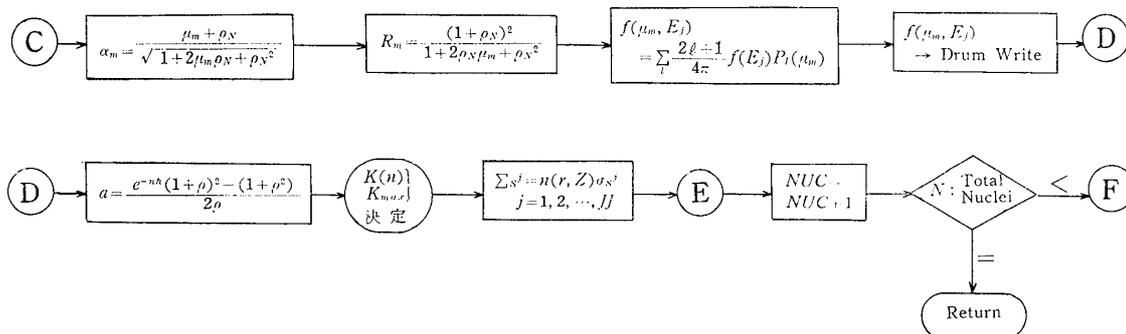
MAIN No. 2



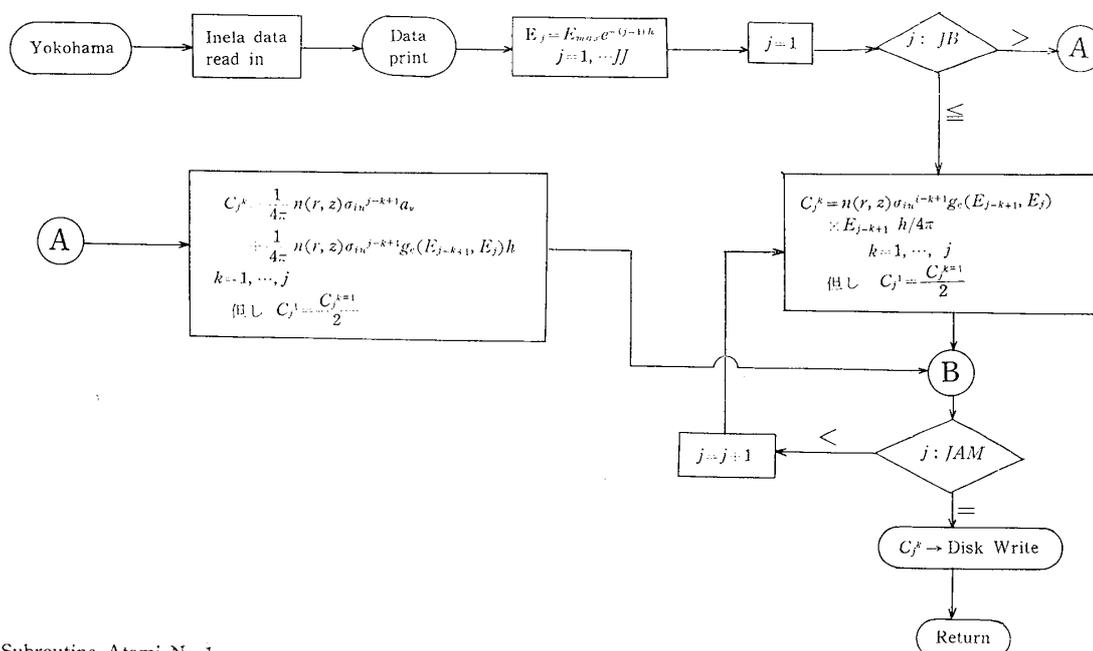
Subroutine Tokyo No. 1



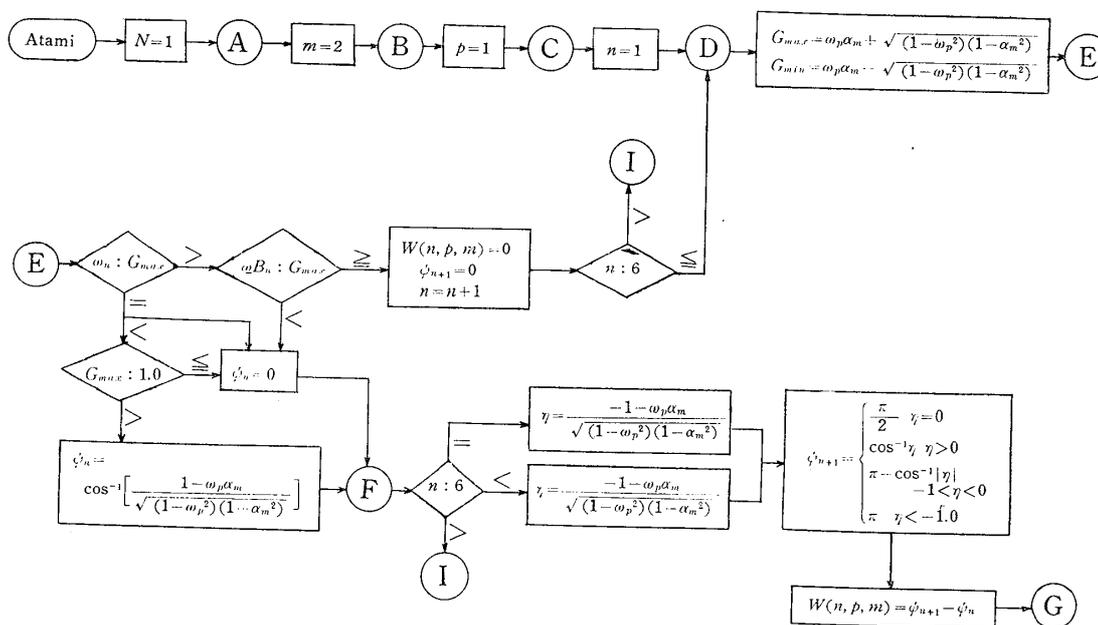
Subroutine Tokyo No. 2



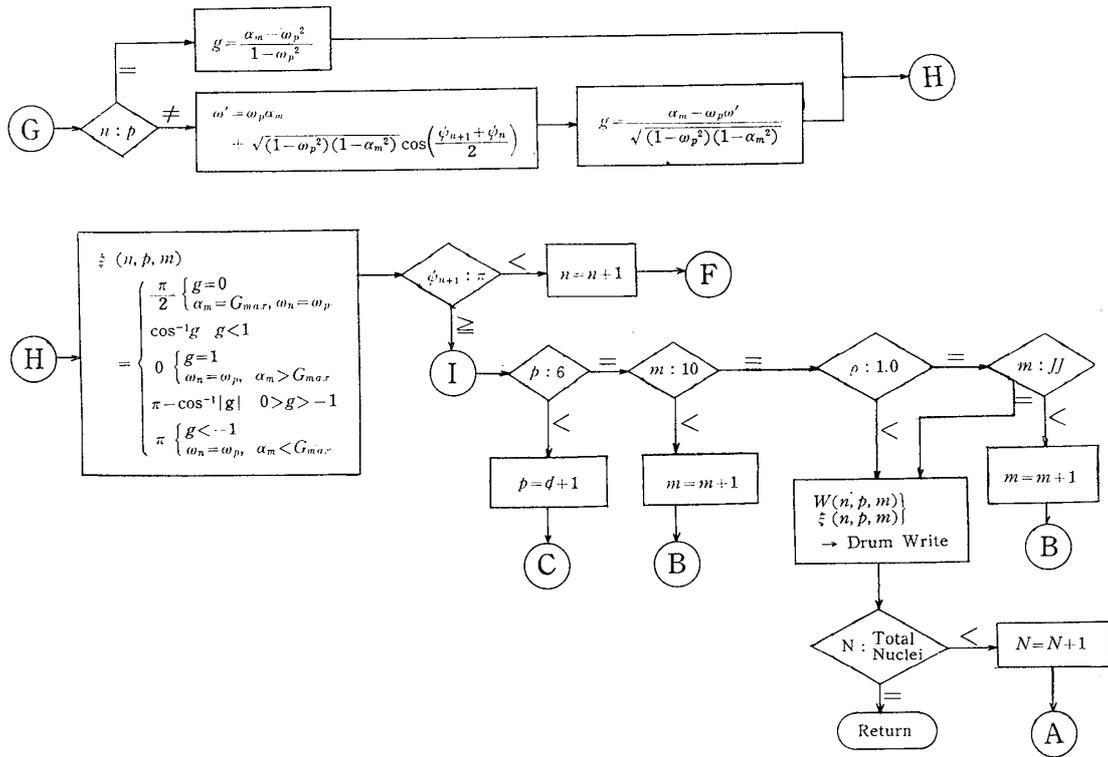
Subroutine Yokohama



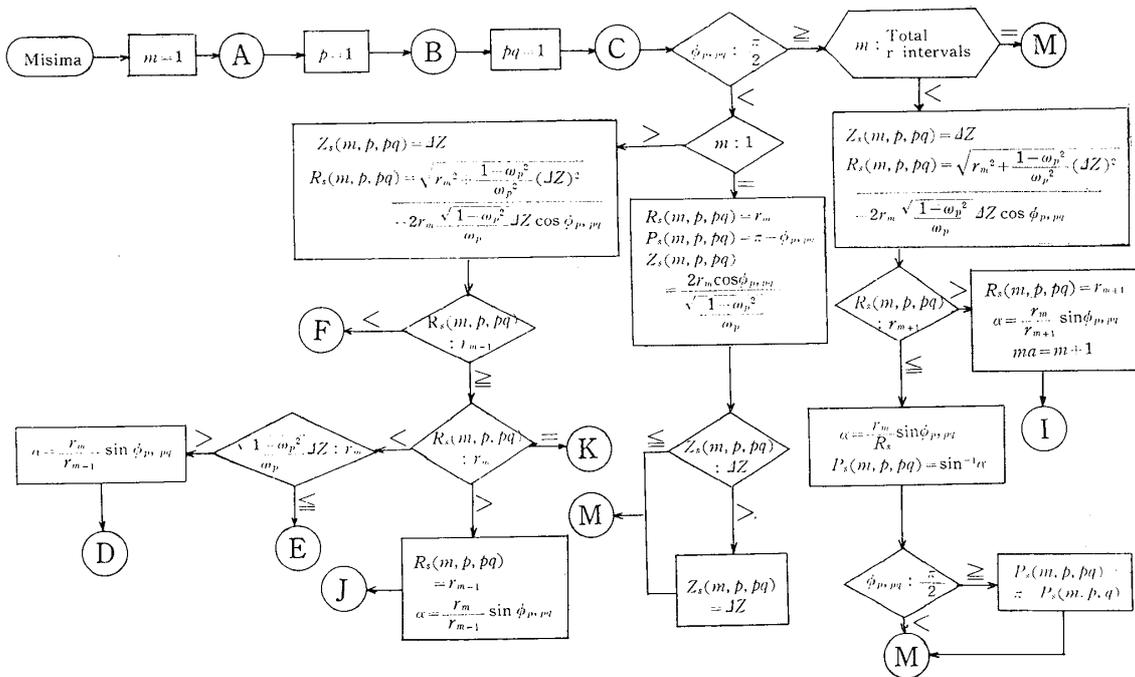
Subroutine Atami No. 1



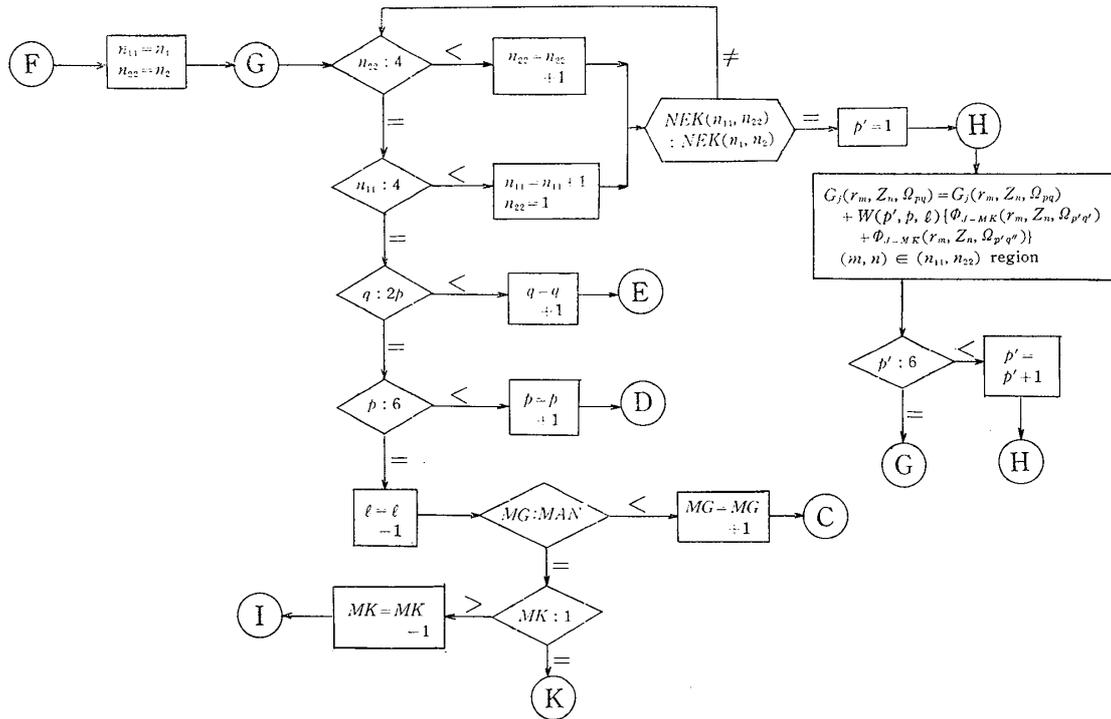
Subroutine Atami No. 2



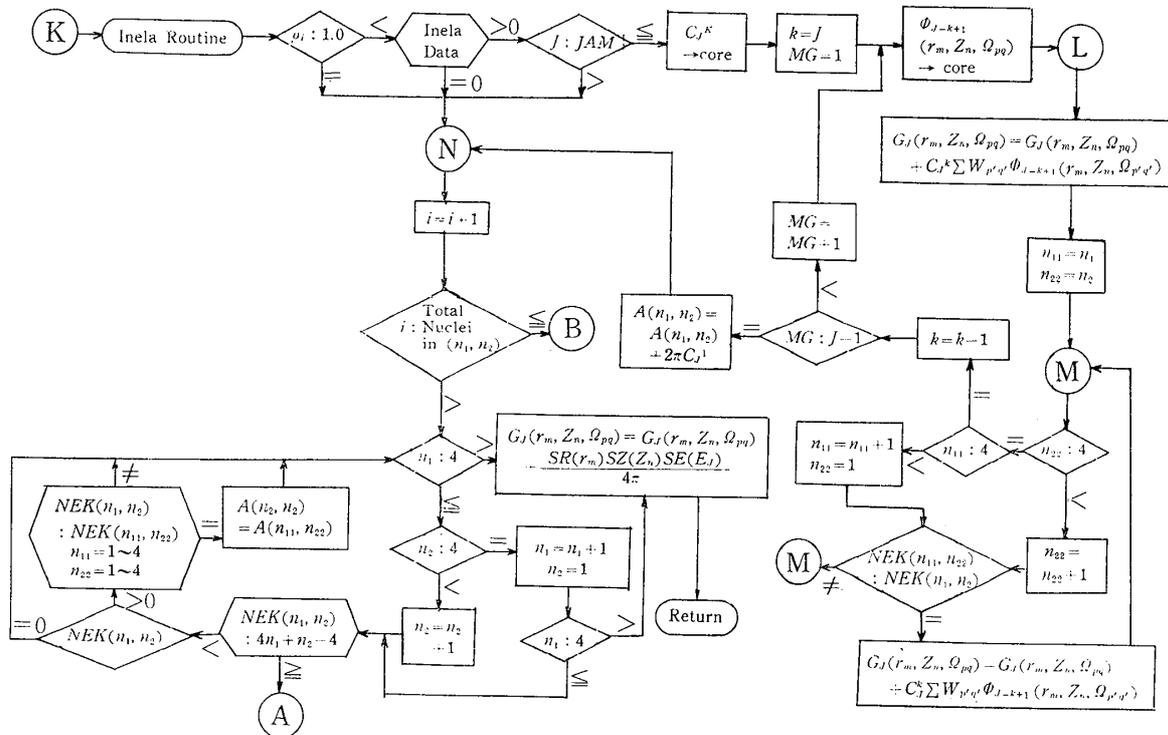
Subroutine Misima No. 1



Subroutine Nagoya (J) No. 2



Subroutine Nagoya (J) No. 3



Subroutine Kyoto

