

JAERI-M

7067

シンセシス法による空間依存動特性コード

1977年4月

井 筒 定 幸\*・平 川 直 弘\*\*

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

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

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

シンセシス法による空間依存動特性コード

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部  
井筒定幸<sup>\*</sup>・平川直弘<sup>\*\*</sup>

( 1977年4月8日受理 )

2次元の時間依存拡散方程式の汎関数から導かれた連続シンセシスを対象とする空間時間シンセシスコードと時間シンセシスコードを作成した。前者のコードに行列分解法を用いることにより、問題が非常に有効に解けることが分かった。この報告では、基礎方程式から行列方程式を導出する過程を解説し、次にコードの使用法を説明した。そして最後に、コードを高速炉モデル（国際ベンチマーク問題）に適用して、他の機関の結果と比較することによりコードの有効性を検討した。

---

\* ) 学生研究生

\*\* ) 研究嘱託

Space Dependent Kinetics Codes by Synthesis Method

Sadayuki IZUTSU\* and Naohiro HIRAKAWA\*\*

Division of Reactor Engineering, Tokai, JAERI

(Received April 8, 1977)

A space time synthesis code and a time synthesis code have been developed for the continuous synthesis equations derived from the functional of the two-dimensional time dependent diffusion equation. The matrix factorization method is used in the former code; the solution is obtained effectively. Matrix equations to be solved are first derived from the basic equations. Usage of the codes is then given. And, results of the codes applied to the fast reactor model (international benchmark problem) are compared with those by other institutions; effectiveness of the codes is examined.

---

\* Postgraduate student

\*\* TOHOKU University

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 解 法 .....	3
2.1 シンセシス方程式の導出 .....	3
2.2 空間シンセシス .....	5
2.3 空間時間シンセシス .....	7
2.4 時間シンセシス .....	12
3. コードの説明 .....	15
3.1 コードの概要 .....	15
3.2 フローチャート .....	17
3.3 入力形式 .....	20
3.4 サンプル例と出力形式 .....	25
4. 数値計算例 .....	44
5. おわりに .....	47
謝 辞 .....	47
参考文献 .....	60

## 1. はじめに

原子炉の大型化と共に原子炉の過渡状態、特に反応度挿入事故に関して、1点炉動特性では解が近似的にも正しくない例が示され<sup>1), 2)</sup>、過渡状態における中性子束の空間分布の時間変化を考慮した解析、すなわち空間依存動特性を考慮することが必要になりつつある。しかしながら空間的に多次元の空間依存動特性方程式を直接解くことは最高性能の計算機をもってしても非常に長い計算時間を必要とする。従って空間依存動特性の研究を実行可能とするためには、まず、所要の計算を許容し得る時間内に所要の正確度で行ない得る方程式の解法を開発することが必要となる。

空間依存動特性方程式の解法は、大きく2つに分類できる。

第1の方法は、空間、時間およびエネルギーを差分化する方法（多群の有限差分法）である。この方法は、微分方程式の厳密解からのずれ（打切り誤差）の評価が明らかにでき、メッシュを細かくすることにより厳密解に収束する性質をもつが、計算時間がかかり、特に多次元の問題に対しては今日の電子計算機でもなお実用的でない。従って現状では、次に述べる第2の方法（近似解法）の正確さを検討するための標準解法として使われることが多い。

第2の方法は、中性子束の空間分布を適当に考慮しながら且つ計算時間の点から実用的であるような有限差分法と1点炉近似の中間に位置する一連の近似解法である。このような近似解法には、断熱近似（adiabatic approximation）、準静近似（improved quasistatic approximation）、モード近似（modal approximation）およびシンセシス法（synthesis method）。空間メッシュを粗くするものとしてノード近似（nodal approximation）、有限要素法（finite element method）等がある。これらの近似解法は、その近似の程度に応じて計算時間は短縮されるが、誤差が大きくなるのでその適用限界を明確にしておく必要がある。

動特性計算において問題としなければならない重要な点は、計算に要する時間の問題である。すなわち原子炉動特性方程式は、「stiffness」という性質（行列固有値が大きな広がりを有すること）のために、数値解法においては時間ステップを細かくとらなければならない一方、解析をすべき時間範囲は一般に広い。単純な差分化においては、 $\Lambda$ を中性子生成時間、 $\beta$ を遅発中性子生成率とするとき、時間ステップ巾は  $\Lambda/\beta$  程度以下に制限される。この値は、熱中性子炉では  $10^{-2}$  秒、高速炉では  $10^{-6}$  秒程である。従って、仮に1秒間の原子炉の過渡状態を計算する場合、必要な時間ステップ数は、熱中性子炉では100ステップであるが、高速炉では10万ステップに達し、計算時間の短縮化が重要な課題となる。動特性解析における核計算は、本来、膨大な核・熱・水力学結合計算の一部をなすものであり、又原子炉の設計段階では種々のパラメータを変化させて、それらが原子炉の過渡応答ひいては炉の安全性にどのように影響するのかを検討するための計算が要求される。この場合それぞれの計算のケースに対してはなるべく高い近似で且つ短かい計算時間で済むような計算手法が要求される。従って、そのような中に占める核的計算に要する計算時間は極めて制限されたものでなければならない。時間ステップ数からくる計算時間の増大を克服する方法としては、2つの方法が考えられる。

第1の方法は、時間ステップ巾を拡げる方法である。このために時間ステップ内を何らかの

関数で近似することが行なわれるが、これは、問題が初期値問題であるので、境界値問題よりも困難である。

第2の方法は、時間ステップ毎の方程式の解法を高速化する方法である。空間メッシュを粗くする方法もその一つであるが、他に行列の反転を繰り返し解法によらず直接解法により行なうことが考えられる。準静近似や時間シンセシスでは、時間ステップ毎に解くべき方程式が常微分方程式であり、解法は高速であるが、形状関数あるいは試行関数が空間的に多次元となり計算が大変になる。その点、空間時間シンセシスでは、試行関数の次元が減少し有利であるが、時間ステップ毎の方程式が1空間変数と時間からなる偏微分方程式になる。しかし、この場合には次章で説明するように直接解法が比較的容易に使えるので、方程式係数を計算するための数値積分における次元の減少の効果を合わせると時間ステップ毎の計算時間が時間シンセシスに匹敵していることが第4章の数値計算例からも分かる。

特に、シンセシス法においては、繰り返し解法を用いた場合、モデルや試行関数の選択によっては、方程式の1次独立性が失われ、反復行列のスペクトル半径が1に近くなり解の収束が著しく悪くなることがある、その意味でも直接解法を用いることは非常に有効である。著者は、第4章の数値計算例を繰り返し解法により解いたところ収束が著しく悪いことを認めた。

本研究では、空間依存動特性方程式の近似解法のうちでも最も有望な解法の1つと考えられるシンセシス法に着目し、2次元を対象とする空間時間シンセシスコードと時間シンセシスコードを作製したので、その解法とコードの説明を行なうと共に、数値計算例（国際ベンチマーク問題）によりその適用限界等に触れる。尚、数値計算に用いた計算機は、日本原子力研究所のFACOM 230/75である。

## 2. 解 法

### 2.1 シンセシス方程式の導出

〈展開型〉

2次元の動特性問題では、中性子束 ( $\phi$ )、随伴中性子束 ( $\phi^*$ )、先行核濃度 ( $C_m$ )、随伴先行核濃度 ( $C_m^*$ ) に対して次の2通りのシンセシス法による展開型が考えられる。 $\Psi_n$ が試行関数 (trial function) で、計算者が物理的あるいは経験的な判断により与える既知関数である。 $\rho_n$ 、 $C_{m,n}$  が展開係数 (expansion coefficient, amplitude function, mixing coefficient) で、シンセシス方程式の中で解くべき未知関数である。

#### A) 空間時間シンセシス (space time synthesis (STS))

$$\phi(r, z, t) = \sum_{n=1}^N \Psi_n(r) \rho_n(z, t) \quad (2-1)$$

$$\phi^*(r, z, t) = \sum_{n=1}^N \Psi_n^*(r) \rho_n^*(z, t) \quad (2-2)$$

$$C_m(r, z, t) = \frac{\beta_m}{\lambda_m} F^T \sum_{n=1}^N \Psi_n(r) \pi C_{m,n}(z, t) \quad (2-3)$$

$$C_m^*(r, z, t) = \chi_m^T \sum_{n=1}^N \Psi_n^*(r) \pi C_{m,n}^*(z, t) \quad (2-4)$$

#### B) 時間シンセシス (time synthesis (TS))

$$\phi(r, z, t) = \sum_{n=1}^N \Psi_n(r, z) \rho_n(t) \quad (2-5)$$

$$\phi^*(r, z, t) = \sum_{n=1}^N \Psi_n^*(r, z) \rho_n^*(t) \quad (2-6)$$

$$C_m(r, z, t) = \frac{\beta_m}{\lambda_m} F^T \sum_{n=1}^N \Psi_n(r, z) \pi C_{m,n}(t) \quad (2-7)$$

$$C_m^*(r, z, t) = \chi_m^T \sum_{n=1}^N \Psi_n^*(r, z) \pi C_{m,n}^*(t) \quad (2-8)$$

ここで、 $\beta_m$  : 遅発中性子生成率、 $\lambda_m$  : 先行核崩壊定数、Iをエネルギー群数とすると $\chi_m$  : 遅発中性子スペクトルを表わすI行の列ベクトル、F :  $\nu \Sigma_+ (\bar{\nu} \times \text{核分裂断面積})$ からなるI行の列ベクトルである。本コードでは、展開係数  $\rho_n$  をエネルギー群毎に得ることと全群で单一に得ることとを考慮するが、それによって試行関数行列  $\Psi_n$ 、展開係数行列  $\rho_n$ 、加算ベクトル  $\pi$  が異なる構造をもつ。ここでは、群毎の場合を展開係数がベクトル (vector) の場合、全群で单一の場合を展開係数がスカラー (scalar) の場合と呼ぶことにする。

○群毎の解を得る場合

$$\phi = \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \vdots \\ \phi_I \end{pmatrix} = \sum_{n=1}^N \begin{pmatrix} \Psi_1 \rho_1 \\ \Psi_2 \rho_2 \\ \Psi_3 \rho_3 \\ \vdots \\ \Psi_I \rho_I \end{pmatrix} = \sum_{n=1}^N \underbrace{\begin{pmatrix} \Psi_1 & & & & \rho_1 \\ & \Psi_2 & & & \rho_2 \\ & & \Psi_3 & & \rho_3 \\ & & & \ddots & \vdots \\ & & & & \Psi_I \end{pmatrix}_n}_{\Psi_n (I \times I \text{ 対角行列})} \underbrace{\begin{pmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \vdots \\ \rho_I \end{pmatrix}}_{\rho_n (I \times 1)} \quad (2-9)$$

$$\pi = \overbrace{(1, \dots, 1)^T}^{I \times 1} : I \text{ 行の単位ベクトル} \quad (2-10)$$

・全群で单一の解を得る場合

$$\phi = \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \vdots \\ \phi_I \end{pmatrix} = \sum_{n=1}^N \begin{pmatrix} \Psi_1 \rho_n \\ \Psi_2 \rho_n \\ \Psi_3 \rho_n \\ \vdots \\ \Psi_I \rho_n \end{pmatrix} = \sum_{n=1}^N \begin{pmatrix} \Psi_1 \\ \Psi_2 \\ \Psi_3 \\ \vdots \\ \Psi_I \end{pmatrix}_n \rho_n \quad (2-11)$$

$$\pi = 1 \quad (2-12)$$

さらに一般的には、いくつかの群で共通の展開係数を得る場合があるが、その例として1群と2群で单一の解を得る場合について示す。

$$\phi = \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \vdots \\ \phi_I \end{pmatrix} = \sum_{n=1}^N \begin{pmatrix} \Psi_1 \rho_{12} \\ \Psi_2 \rho_{12} \\ \Psi_3 \rho_3 \\ \vdots \\ \Psi_I \rho_{1n} \end{pmatrix} = \sum_{n=1}^N \begin{pmatrix} \Psi_1 & & & & \rho_{12} \\ \Psi_2 & \ddots & & & \rho_3 \\ \Psi_3 & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \rho_{In} \\ O & & & \Psi_I & \end{pmatrix}_n \quad (2-13)$$

$$\pi = \begin{pmatrix} I-1 \times 1 \\ 1, \dots, 1 \end{pmatrix}^T : I-1 \text{行の単位ベクトル} \quad (2-14)$$

### <汎関数>

シンセシス方程式を導くには、重みつき残差法と変分原理によることができる。ここでは、変分原理によりシンセシス方程式を導くために拡散方程式に対応する汎関数(2次の汎関数)<sup>14)</sup>を用いる。そして、連続シンセシスを対象とし(よって内部境界条件は考慮しない)、初期条件、終端条件、空間的外部境界条件が固定されているものとすると、用いる汎関数は次のものとなる。

$$F = \int_{t_0}^{t_f} dt \int_R \vec{dr} \{ \phi^{*T} [ \Sigma - (1-\beta) \chi F^T ] \phi + D \phi^{*T} \cdot D \nabla \phi + \phi^{*T} \tau \dot{\phi} - \phi^{*T} \sum_{m=1}^M \lambda_m C_m - \sum_{m=1}^M C_m^* \beta_m F^T \phi + \sum_{m=1}^M C_m^* \lambda_m C_m + \sum_{m=1}^M C_m^* \dot{C}_m \} \quad (2-15)$$

ここで、 $\tau$ ：中性子速度の逆数からなるI次の対角行列、D：拡散係数からなるI次の対角行列、 $\chi$ ：即発中性子スペクトルを表わすI行の列ベクトル、 $\Sigma = \Sigma_T - \Sigma_r$ で、 $\Sigma_T$ ：全除去断面積からなるI次の対角行列、 $\Sigma_r$ ：散乱断面積からなるI次の非対角行列である。Rは原子炉体積、 $t_0$ は初期時刻、 $t_f$ は終端時刻を意味する。

### <シンセシス方程式>

展開式(2-1)～(2-8)を汎関数(2-15)に代入し、随伴関数の展開係数の任意の変分に対して汎関数が停留であるという要求を置くことにより次のようにシンセシス方程式が得られる。

#### A) STS

$$\sum_{n=1}^N \langle \tau \rangle_{n,n} \dot{\rho}_n = \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\partial}{\partial Z} \langle D \rangle_{n,n} \frac{\partial}{\partial Z} \rho_n + \left\langle \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} D r \frac{\partial}{\partial r} - \Sigma + (1-\beta) \chi F \right\rangle_{n,n} \rho_n + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle_{n,n} \pi C_{m,n} \right\} \quad (2-16)$$

$$\sum_{n=1}^N \left\{ \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n' n} \left( \rho_n - \pi C_{m,n} - \frac{1}{\lambda_m} \pi \dot{C}_{m,n} \right) \right\} = 0 \quad m = 1, \dots, M \quad (2-17)$$

$n' = 1, \dots, N$

ここで  $\langle A \rangle_{n' n} \equiv \int_S r dr \Psi_{n'}(r) A(r, z, t) \Psi_n(r)$  であり,  $z, t$  の関数である。S はある Z における r 平面についての積分を意味する。

B) TS

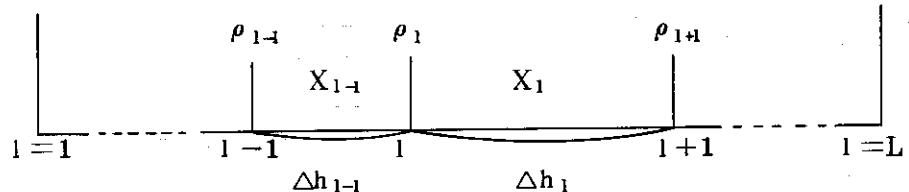
$$\sum_{n=1}^N \langle \tau \rangle_{n' n} \rho_n = \sum_{n=1}^N \left\{ \left\langle \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} D r \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial Z} D \frac{\partial}{\partial Z} - \Sigma + (1-\beta) \chi F \right\rangle_{n' n} \rho_n \right. \\ \left. + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle_{n' n} \pi C_{m,n} \right\} \quad (2-18)$$

$$\sum_{n=1}^N \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n' n} \left( \rho_n - \pi C_{m,n} - \frac{1}{\lambda_m} \pi \dot{C}_{m,n} \right) = 0 \quad m = 1, \dots, M \quad (2-19)$$

$n' = 1, \dots, N$

ここで  $\langle A \rangle_{n' n} = \int_V r dr dz \Psi_{n'}(r, z) A(r, z, t) \Psi_n(r, z)$  であり,  $t$  の関数である。V は全体積を意味する。

以下の節でこれらの方程式を数値的に解くことを考える。空間メッシュのとり方は以下の通りである。



群定数 (X) は、メッシュ点 (1) の間では一定であり  $X_1$  と略記する ( $E_1, D_1$  等)。メッシュ間隔は、 $\Delta h_1 = Z_{1+1} - Z_1$  である。

## 2.2 空間シンセシス

空間シンセシスの基礎方程式は、STS の基礎方程式の時間微分を 0 とおき固有値問題に直すことによって次のように得られる。

$$\sum_{n=1}^N \left\{ -\frac{\partial}{\partial Z} \langle D \rangle_{n' n} \frac{\partial}{\partial Z} \rho_n - \langle M \rangle_{n' n} \rho_n \right\} = \frac{1}{\lambda} \sum_{n=1}^N \langle \chi F^T \rangle_{n' n} \rho_n \quad n' = 1, \dots, N \quad (2-20)$$

ここで  $\langle M \rangle_{n' n} = \left\langle \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} D r \frac{\partial}{\partial r} - \Sigma \right\rangle_{n' n}$  である。

<差分方程式>

まず空間的に差分化する。

$$-\sum_{n=1}^N \frac{\langle D_{1-1} \rangle_{n' n}}{\Delta h_{1-1}} \rho_{n_{1-1}} + \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\langle D_{1-1} \rangle_{n' n}}{\Delta h_{1-1}} + \frac{\langle D_1 \rangle_{n' n}}{\Delta h_1} - \frac{1}{2} (\langle M_{1-1} \rangle_{n' n} \Delta h_{1-1} + \langle M_1 \rangle_{n' n} \Delta h_1) \right\} \\ \rho_{n_1} - \sum_{n=1}^N \frac{\langle D_1 \rangle_{n' n}}{\Delta h_1} \rho_{n_{1+1}} = \frac{1}{\lambda} \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} (\langle \chi F_{1-1}^T \rangle_{n' n} \Delta h_{1-1} + \langle \chi F_1^T \rangle_{n' n} \Delta h_1) \quad (2-21)$$

$n' = 1, \dots, N ; 1 = 2, \dots, L-1$

これをベクトル  $\underline{\rho} = (\underline{\rho}_{1=1}, \underline{\rho}_{1=2}, \dots, \underline{\rho}_{1=L})^T$  を導入して行列にまとめると次のようになる。

$$\begin{pmatrix} <E>_{1=1} & -<U>_{1=1} & & & \\ -<L>_{1=2} & <E>_{1=2} & -<U>_{1=2} & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & -<L>_{1=L} & <E>_{1=L} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{\rho}_{1=1} \\ \underline{\rho}_{1=2} \\ \vdots \\ \vdots \\ \underline{\rho}_{1=L} \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda} \begin{pmatrix} <F>_{1=1} & & & & \\ & <F>_{1=2} & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & <F>_{1=L} & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{\rho}_{1=1} \\ \underline{\rho}_{1=2} \\ \vdots \\ \vdots \\ \underline{\rho}_{1=L} \end{pmatrix} \quad (2-22)$$

これを  $(-\underline{L} + \underline{D} - \underline{U}) \underline{\rho} = \underline{R}$  と表わす。 (2-23)

ここで  $\underline{L}$  は、  $<L>$  からなる下三角ブロック行列、  $\underline{D}$  は、  $<E>$  からなる対角ブロック行列、  $\underline{U}$  は、  $<U>$  からなる上三角ブロック行列、  $\underline{R}$  は、 右辺から作られるベクトルである。

次に、  $i$  をエネルギー群 ( $I$  を群数)、  $n$  をモード ( $N$  をモード数) として  $N$  個の要素からなる  $I$  ブロックのベクトル  $\underline{\rho}_i = ((\rho_{n=1}, \rho_{n=2}, \dots, \rho_{n=N})_{i=1}, (\rho_{n=1}, \rho_{n=2}, \dots, \rho_{n=N})_{i=2}, \dots, (\rho_{n=1}, \rho_{n=2}, \dots, \rho_{n=N})_{i=I})_1$  を導入する。今、減速散乱だけが起こり加速散乱は起こらないとすると  $<E>_1$  は、 対角 + 下三角ブロック行列になっている。 $<U>_1$  と  $<L>_1$  は、 対角ブロック行列、  $<F>_1$  は、 密ブロック行列である。その様子を以下に示す。

$$<E>_1 = \begin{pmatrix} <Y>^1 & & & \\ <X>^1 & <Y>^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & <X>^{1=1} & <Y>^1 \end{pmatrix} \quad \text{注 次の群への減速のみ} \quad (2-24)$$

$$<U>_1 = \begin{pmatrix} <U>^1 & & & \\ & <U>^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & <U>^1 \end{pmatrix} \quad <L>_1 = \begin{pmatrix} <L>^1 & & & \\ & <L>^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & <L>^1 \end{pmatrix} \quad (2-25)$$

$$<F>_1 = \begin{pmatrix} <F>^{11} & <F>^{12} & \cdots & <F>^{1N} \\ <F>^{21} & <F>^{22} & \cdots & <F>^{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ <F>^1 & <F>^2 & \cdots & <F>^1 \end{pmatrix} \quad (2-26)$$

ここで、 それぞれの行列ブロックがモードの結合を表わす  $N \times N$  の密行列になっており、 その要素は以下に示す通りである。

$$<Y>_{n'n}^{i'} = \frac{<D_{1-i}>_{n'n}^{i'}}{\Delta h_{1-i}} + \frac{<D_1>_{n'n}^{i'}}{\Delta h_1} + \frac{1}{2} (<\Sigma_{T1-i}>_{n'n}^{i'} \Delta h_{1-i} + <\Sigma_{T1}>_{n'n}^{i'} \Delta h_1) \quad (2-27)$$

$$<X>_{n'n}^{i'} = \frac{1}{2} (<\Sigma_{r1-i}>_{n'n}^{i'} \Delta h_{1-i} + <\Sigma_{r1}>_{n'n}^{i'} \Delta h_1) \quad (2-28)$$

$$<U>_{n'n}^{i'} = \frac{<D_1>_{n'n}^{i'}}{\Delta h_1} \quad (2-29)$$

$$<L>_{n'n}^{i'} = \frac{<D_{1-i}>_{n'n}^{i'}}{\Delta h_{1-i}} \quad (2-30)$$

$$\langle F \rangle_{n'n}^{i'i} = \frac{1}{2} (\langle \chi F_{1-i}^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_{1-i} + \langle \chi F_1^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_1) \quad (2-31)$$

## &lt;行列の反転&gt;

以上で得られた行列方程式(2-22)の固有ベクトル  $\rho$  と固有値  $\lambda$  を適当な規格化条件のもとに求める。計算過程は、(2-22)の右辺のベクトル  $\rho$  を仮定して左辺の  $\rho$  を解く過程と左辺の  $\rho$  が右辺の  $\rho$  に一致するまで反復する過程( source iteration)からなる。本コードでは、前者の過程に反復解法を用いるのでこれを内部反復( inner iteration)，それに対して後者の反復過程を外部反復( outer iteration)と呼ぶ。

内部反復には、ブロック逐次過緩和法(SOR)を用いたが、加速ルーチンには問題があり、緩和因子  $a=1$  のブロックガウスザイデル法を用いる。ブロック毎の行列の反転は、エネルギー一群については下三角行列であるから一群からの逐次代入により、モードについてはガウスの消去法により行なう。収束の判定は、群、モード毎に空間メッシュ点での残差の和をとって次のように行なう。

$$\left| \frac{\sum_i |\rho^{(j)} - \rho^{(j-1)}|}{\sum_i |\rho^{(j)}|} \right| < \epsilon_1 \quad j : \text{反復回数} \quad (2-32)$$

外部反復には、定数加速(1次外挿法)を用いる。これは

$$\rho^{(j+1)} = \rho^{(j)} + a(\rho^{(j)} - \rho^{(j-1)}) = (1+a)\rho^{(j)} - a\rho^{(j-1)} \quad (2-33)$$

( $0 < a < 1$ ) とするもので、普通  $a=0.5$  を選択する。 $\rho$  の規格化条件は、全中性子数を 1 とする規格化と炉出力による規格化ができる。収束の判定は、固有値  $\lambda$  と群、モード、空間メッシュ点毎の右辺ベクトル  $R$  の要素  $\mu$  の収束の状態により次のように行なう。

$$\left| \frac{\lambda^{(j)} - \lambda^{(j-1)}}{\lambda^{(j)}} \right| < \epsilon_\lambda \quad (2-34)$$

$$\left| \frac{\mu^{(j)} - \mu^{(j-1)}}{\mu^{(j)}} \right| < \epsilon_\mu \quad (2-35)$$

## &lt;随伴関数のシンセシス&gt;

2次元の随伴関数を空間シンセシスにより計算するために次のように行列の置換を行なった。他の計算過程は中性子束の計算と同じである。

$$\begin{aligned} \rho_{ni1} &\longleftrightarrow \rho_{n,I-i+1,1} \\ \langle D_1 \rangle_{n'n}^{i'} &\longleftrightarrow \langle D_1 \rangle_{n'n}^{I-i+1}, \quad \langle \Sigma_{T1} \rangle_{n'n}^{i'} \longleftrightarrow \langle \Sigma_{T1} \rangle_{nn}^{I-i+1} \\ \langle \Sigma_{r1} \rangle_{n'n}^{i'} &\longleftrightarrow \langle \Sigma_{r1} \rangle_{nn}^{I-i}, \quad \langle \chi F_1^T \rangle_{n'n}^{i'} \longleftrightarrow \langle \chi F_1^T \rangle_{nn}^{I-i+1-I-i'+1} \end{aligned} \quad (2-36)$$

## 2.3 空間時間シンセシス

空間時間シンセシスの基礎方程式は、次のものである。

$$\sum_{n=1}^N \langle \tau \rangle_{n'n} \dot{\rho}_n = \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\partial}{\partial Z} \langle D \rangle_{n'n} \frac{\partial}{\partial Z} \rho_n + \langle M \rangle_{n'n} \rho_n + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n} \pi C_{m,n} \right\}$$

$$n' = 1, \dots, N \quad (2-37)$$

$$\sum_{n=1}^N \left\{ \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n} (\rho_n - \pi C_{m,n}) - \frac{1}{\lambda_m} \pi \dot{C}_{m,n} \right\} = 0 \quad (2-38)$$

$$m = 1, \dots, M; n' = 1, \dots, N$$

ここで  $\langle M \rangle_{n'n} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \langle D \rangle_{n'n} = \Sigma + (1 - \theta) \chi F^T \rangle_{n'n}$  である。

### <差分方程式>

まず  $\theta$  法を用いて時間微分を差分化する。p は時間ステップを表わし、解は  $\frac{1}{2} \leq \theta \leq 1$  で安定である。

$$\sum_{n=1}^N \langle \tau \rangle_{n'n} \frac{\rho_n^{p+1} - \rho_n^p}{\Delta t} = \sum_{n=1}^N \left\{ \theta (\langle H \rangle_{n'n}^{p+1} \rho_n^{p+1} + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^{p+1} \pi C_{m,n}^{p+1}) + (1 - \theta) \right.$$

$$\left. (\langle H \rangle_{n'n}^p \rho_n^p + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^p \pi C_{m,n}^p) \right\} \quad n' = 1, \dots, N \quad (2-39)$$

$$\sum_{n=1}^N \langle K \rangle_{n'n}^{p+1,p} \frac{C_{m,n}^{p+1} - C_{m,n}^p}{\Delta t} = \sum_{n=1}^N \left\{ \theta \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^{p+1} (\rho_n^{p+1} - \pi C_{m,n}^{p+1}) \right.$$

$$\left. + (1 - \theta) \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^p (\rho_n^p - \pi C_{m,n}^p) \right\} \quad m = 1, \dots, M; n' = 1, \dots, N \quad (2-40)$$

ここで  $\langle H \rangle_{n'n} \equiv \frac{\partial}{\partial Z} \langle D \rangle_{n'n} \frac{\partial}{\partial Z} + \langle M \rangle_{n'n}$

$$\langle K \rangle_{n'n}^{p+1,p} \equiv \theta \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^{p+1} \pi + (1 - \theta) \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^p \pi$$

P+1 に関する項を左辺に、P に関する項を右辺にまとめると

$$\sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle \tau \rangle_{n'n}}{\Delta t} - \theta \langle H \rangle_{n'n}^{p+1} \right) \rho_n^{p+1} - \theta \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^{p+1} \pi C_{m,n}^{p+1} \right\}$$

$$= \sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle \tau \rangle_{n'n}}{\Delta t} + (1 - \theta) \langle H \rangle_{n'n}^p \right) \rho_n^p + (1 - \theta) \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^p \pi C_{m,n}^p \right\} \quad (2-41)$$

$$\sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle K \rangle_{n'n}^{p+1}}{\Delta t} + \theta \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^{p+1} \pi \right) C_{m,n}^{p+1} - \theta \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^{p+1} \rho_n^{p+1} \right\}$$

$$= \sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle K \rangle_{n'n}^{p+1,p}}{\Delta t} - (1 - \theta) \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^p \pi \right) C_{m,n}^p + (1 - \theta) \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n}^p \rho_n^p \right\}$$

$$(2-42)$$

次に空間的に差分化する。

$$-\sum_{n=1}^N \theta \frac{\langle D_{1-i} \rangle_{n'n}^{p+1}}{\Delta h_{1-i}} \rho_{n_{1-i}}^{p+1} + \sum_{n=1}^N \left\{ \left[ \frac{\langle \tau \rangle_{n'n}}{\Delta t} \frac{\Delta h_{1-i} + \Delta h_1}{2} + \theta \left( \frac{\langle D_{1-i} \rangle_{n'n}^{p+1}}{\Delta h_{1-i}} + \frac{\langle D_1 \rangle_{n'n}^{p+1}}{\Delta h_1} \right) \right] \rho_{n_1}^{p+1} - \theta \sum_{m=1}^M \beta_m \frac{1}{2} (\langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n'n}^{p+1} \Delta h_{1-i} \right.$$

$$+ \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n'n}^{p+1} \Delta h_1) \pi C_{m,n_1}^{p+1} \left. \right\} - \sum_{n=1}^N \theta \frac{\langle D_1 \rangle_{n'n}^{p+1}}{\Delta h_1} \rho_{n_{1+i}}^{p+1}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{n=1}^N (1-\theta) \frac{\langle D_{1-i} \rangle_{n,n}^{P'}}{\Delta h_{1-i}} \rho_{n,1-i}^P + \sum_{n=1}^N \left\{ \left[ \frac{\langle \tau \rangle_{n,n}}{\Delta t} \frac{\Delta h_{1-i} + \Delta h_1}{2} - (1-\theta) \left( \frac{\langle D_{1-i} \rangle_{n,n}^{P'}}{\Delta h_{1-i}} \right. \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \left. + \frac{\langle D_1 \rangle_{n,n}^{P'}}{\Delta h_1} - \frac{1}{2} (\langle M_{1-i} \rangle_{n,n}^{P'} \Delta h_{1-i} + \langle M_1 \rangle_{n,n}^{P'} \Delta h_1) \right) \right] \rho_{n,1}^P + (1-\theta) \sum_{m=1}^M \beta_m \frac{1}{2} (\langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n,n}^{P'} \Delta h_{1-i} \right. \\
&\quad \left. \left. + \langle \chi_m F_1 \rangle_{n,n}^{P'} \Delta h_1) \pi C_{m,n}^P \right\} + \sum_{n=1}^N (1-\theta) \frac{\langle D_1 \rangle_{n,n}^{P'}}{\Delta h_1} \rho_{n,1+1}^P
\end{aligned} \tag{2-43}$$

$$\begin{aligned}
&\sum_{n=1}^N \left\{ \left[ \frac{1}{2} (\langle K_{1-i} \rangle_{n,n}^{P+1} \Delta h_{1-i} + \langle K_1 \rangle_{n,n}^{P+1} \Delta h_1) \frac{1}{\Delta t} + \theta \lambda_m \pi^T \frac{1}{2} (\langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n,n}^{P+1} \Delta h_{1-i} + \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n,n}^{P+1} \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \Delta h_1) \pi \right] C_{m,n}^{P+1} - \theta \lambda_m \pi^T \frac{1}{2} (\langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n,n}^{P+1} \Delta h_{1-i} + \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n,n}^{P+1} \Delta h_1) \rho_{n,1}^{P+1} \right\} \\
&= \sum_{n=1}^N \left\{ \left[ \frac{1}{2} (\langle K_{1-i} \rangle_{n,n}^{P+1} \Delta h_{1-i} + \langle K_1 \rangle_{n,n}^{P+1} \Delta h_1) \frac{1}{\Delta t} - (1-\theta) \lambda_m \pi^T \frac{1}{2} (\langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n,n}^P \Delta h_{1-i} \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n,n}^P \Delta h_1) \pi \right] C_{m,n}^P + (1-\theta) \lambda_m \pi^T \frac{1}{2} (\langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n,n}^P \Delta h_{1-i} + \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n,n}^P \Delta h_1) \rho_{n,1}^P \right\}
\end{aligned} \tag{2-44}$$

これをベクトル  $\underline{f} = (f_{1=1}, f_{1=2}, \dots, f_{1=L})^T$  を導入して行列にまとめる。ここで  $\underline{f}_1 = (\underline{\rho}_1, \underline{C}_1)^T$  であり、それに対応して  $\underline{R}_1 = (\underline{R}\underline{\rho}_1, \underline{R}\underline{C}_1)^T$  とする。

$$\begin{pmatrix} \langle E \rangle_{1-i} - \langle U \rangle_{1-i} & O \\ -\langle L \rangle_{1-i} & \langle E \rangle_{1-i} - \langle U \rangle_{1-i} \\ O & -\langle L \rangle_{1-L} \langle E \rangle_{1-L} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{f}_{1-i} \\ \underline{f}_{1=2} \\ \vdots \\ \underline{f}_{1-L} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{R}_{1-i} \\ \underline{R}_{1=2} \\ \vdots \\ \underline{R}_{1-L} \end{pmatrix} \tag{2-45}$$

ここで  $\underline{\rho}_1$  は N 個の要素(モード)からなる I ブロック(エネルギー群)のベクトル、 $\underline{C}_1$  は N 個の要素(モード)からなる M ブロック(先行核組)のベクトルとすると (2-45) の各ブロックは以下に示すようになる。

$$\langle E \rangle_1 = \begin{pmatrix} \langle Y \rangle^1 \langle F \rangle^{12} \dots \langle F \rangle^{1I} & \langle G \rangle^{11} \dots \langle G \rangle^{1M} \\ \langle X \rangle^1 \langle Y \rangle^2 \dots \langle F \rangle^{2I} & \langle G \rangle^{21} \dots \langle G \rangle^{2M} \\ \dots & \dots \\ \langle F \rangle^{II} \langle F \rangle^{I2} \dots \langle X \rangle^{I-i} \langle Y \rangle^I & \langle G \rangle^{II} \dots \langle G \rangle^{IM} \\ \langle P \rangle^{11} \langle P \rangle^{12} \dots \langle P \rangle^{1I} & \langle Q \rangle^1 \dots O \\ \dots & \dots \\ \langle P \rangle^{M1} \langle P \rangle^{M2} & O \end{pmatrix} \tag{2-47}$$

$$\langle U \rangle_1 = \begin{pmatrix} \langle U \rangle & O & & \\ \langle U \rangle & O & & \\ O & & O & \\ & \langle U \rangle & & \\ \hline & O & & O \end{pmatrix} \tag{2-48}$$

$\langle L \rangle_1$  については、(2-48) で U を L に置き換える。

$\underline{R}_1$  については、(2-45) の右辺から構成される。

ここで、それぞれの行列ブロックがモードの結合を表わす $N \times N$ の密行列になっており、その要素を以下に示す。

$$\begin{aligned} \langle Y \rangle_{n'n}^{i'} = & \frac{\langle \tau \rangle_{n'n}^i \Delta h_{1-i} + \Delta h_1}{2} + \theta \frac{\langle D_1 \rangle_{n'n}^i}{\Delta h_{1-i}} + \theta \frac{\langle D_1 \rangle_{n'n}^i}{\Delta h_1} + \theta \frac{1}{2} \left( \left( -\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} D_{1-i} r \frac{\partial}{\partial r} + \Sigma_{T_{1-i}} \right) \right. \\ & \left. \Delta h_{1-i} + \left( -\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} D_1 r \frac{\partial}{\partial r} + \Sigma_{T_1} \right) \Delta h_1 \right) - \theta (1-\beta) \frac{1}{2} \left( \langle \chi F_1^T \rangle_{n'n}^{i,i} \Delta h_{1-i} + \right. \\ & \left. \langle \chi F_1^T \rangle_{n'n}^{i,i} \Delta h_1 \right) \end{aligned} \quad (2-49)$$

$$\begin{aligned} \langle X \rangle_{n'n}^{i'} = & -\theta \frac{1}{2} \left( \langle \Sigma_{r_{1-i}} \rangle_{n'n}^i \Delta h_{1-i} + \langle \Sigma_{r_1} \rangle_{n'n}^i \Delta h_1 \right) - \theta (1-\beta) \frac{1}{2} \left( \langle \chi F_{1-i}^T \rangle_{n'n}^{i+i, i} \Delta h_{1-i} \right. \\ & \left. + \langle \chi F_1^T \rangle_{n'n}^{i+i, i} \Delta h_1 \right) \end{aligned} \quad (2-50)$$

$$\langle F \rangle_{n'n}^{i'm} = -\theta (1-\beta) \frac{1}{2} \left( \langle \chi F_{1-i}^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_{1-i} + \langle \chi F_1^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_1 \right) \quad (2-51)$$

$$\langle G \rangle_{n'n}^{i'm} = -\theta \beta_m \frac{1}{2} \left( \langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_{1-i} + \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_1 \right) \pi \quad (2-52)$$

$$\langle P \rangle_{n'n}^{m,i} = -\theta \lambda_m \pi^T \frac{1}{2} \left( \langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_{1-i} + \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_1 \right) \quad (2-53)$$

$$\begin{aligned} \langle Q \rangle_{n'n}^m = & \frac{1}{2} \left( \langle K_{1-i} \rangle_{n'n} \Delta h_{1-i} + \langle K_1 \rangle_{n'n} \Delta h_1 \right) \frac{1}{\Delta t} + \theta \lambda_m \pi^T \frac{1}{2} \left( \langle \chi_m F_{1-i}^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_{1-i} \right. \\ & \left. + \langle \chi_m F_1^T \rangle_{n'n}^{i'i} \Delta h_1 \right) \pi \end{aligned} \quad (2-54)$$

$$\langle U \rangle_{n'n}^i = \theta \frac{\langle D_1 \rangle_{n'n}^i}{\Delta h_1} \quad (2-55)$$

$$\langle L \rangle_{n'n}^i = \theta \frac{\langle D_{1-i} \rangle_{n'n}^i}{\Delta h_{1-i}} \quad (2-56)$$

### 〈行列の反転〉

行列方程式 (2-45) の右辺は、前の時間ステップの解から得られる既知量であるから左辺の行列を各時間ステップ毎に反転することにより新しい時間ステップの解が求められる。この計算過程を直接法により次のように行なう。

先行核に関する方程式は、

$$\langle Q \rangle^m \underline{C}_m = \sum_{i=1}^I \langle P \rangle^{mi} \underline{\rho}_i + \underline{R} \underline{c}_m \quad (2-57)$$

であるからよって

$$\underline{C}_m = \langle Q \rangle^{m-1} \sum_{i=1}^I \langle P \rangle^{mi} \underline{\rho}_i + \langle Q \rangle^{m-1} \underline{R} \underline{c}_m \quad (2-58)$$

これを用いて先行核濃度について消去する。

この結果、 $\underline{\rho}$ についての次の方程式を解けばよい。

$$-\langle U' \rangle_1 \underline{\rho}_{1+1} + \langle E' \rangle_1 \underline{\rho}_1 - \langle L' \rangle_1 \underline{\rho}_{1-i} = \underline{R}'_1 \quad (2-60)$$

ここで $\langle U' \rangle_1, \langle E' \rangle_1, \langle L' \rangle_1, \underline{R}'_1$ は、次のものである。

$$\langle E' \rangle_1 = \begin{pmatrix} \langle Y' \rangle^1 & \langle F' \rangle^{12} & \dots & \langle F' \rangle^{1I} \\ \langle X' \rangle^1 & \langle Y' \rangle^2 & \dots & \langle F' \rangle^{21} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \langle F' \rangle^{II} & \langle F' \rangle^{I2} & \langle X' \rangle^{I-1} & \langle Y' \rangle^I \end{pmatrix} \quad (2-61)$$

$$\langle U' \rangle_1 = \begin{pmatrix} \langle U \rangle^1 & & & \\ & \langle U \rangle^2 & & \\ & & O & \\ O & & & \langle U \rangle^I \end{pmatrix} \quad (2-62)$$

$$\underline{R}'_1 = (\underline{R}'_{11}, \underline{R}'_{12}, \dots, \underline{R}'_{1I})^T \quad (2-63)$$

又、各行列要素は、次のようになる。

$$\langle Y' \rangle_{n'n}^i = \langle Y \rangle_{n'n}^i + [\sum_{m=1}^M \langle G \rangle^{im} \langle Q \rangle^{m-1} \langle P \rangle^{mi}]_{n'n} \quad (2-64)$$

$$\langle X' \rangle_{n'n}^i = \langle X \rangle_{n'n}^i + [\sum_{m=1}^M \langle G \rangle^{i+1, m} \langle Q \rangle^{m-1} \langle P \rangle^{mi}]_{n'n} \quad (2-65)$$

$$\langle F' \rangle_{n'n}^{i,i} = \langle F \rangle_{n'n}^{i,i} + [\sum_{m=1}^M \langle G \rangle^{i'm} \langle Q \rangle^{m-1} \langle P \rangle^{mi}]_{n'n} \quad (2-66)$$

$$\underline{R}'_1 = \underline{R} \rho_1 - \sum_{m=1}^M \langle G \rangle^{im} \langle Q \rangle^{m-1} \underline{R} c_m \quad (2-67)$$

ここで  $\langle U' \rangle_1$  の逆行列により次の行列をつくる。

$$\langle \tilde{E} \rangle_1 = \langle U' \rangle_1^{-1} \langle E' \rangle_1, \quad \langle \tilde{L} \rangle_1 = \langle U' \rangle_1^{-1} \langle L' \rangle_1, \quad \tilde{R}_1 = \langle U' \rangle_1^{-1} \underline{R}'_1 \quad (2-68)$$

これらの行列を用いると

$$\underline{\rho}_{1+1} = \langle \tilde{E} \rangle_1 \underline{\rho}_1 - \langle \tilde{L} \rangle_1 \underline{\rho}_{1+1} - \tilde{R}_1 \quad (2-69)$$

今、 $\underline{\rho}_1$  と  $\underline{\rho}_{1+1}$  の間に次の関係があるとする。

$$\underline{\rho}_1 = \beta_{1+1} \underline{\rho}_{1+1} + \alpha_{1+1} \quad (2-70)$$

よって  $\underline{\rho}_{1+1}$  と  $\underline{\rho}_1$  の間の関係は次のようになる。

$$\underline{\rho}_{1+1} = \beta_1 \underline{\rho}_1 + \alpha_1 \quad (2-71)$$

これを (2-69) に代入すると

$$\underline{\rho}_{1+1} = (\langle \tilde{E} \rangle_1 - \langle \tilde{L} \rangle_1 \beta_1) \underline{\rho}_1 - \langle \tilde{L} \rangle_1 \alpha_1 - \tilde{R}_1 \quad (2-72)$$

よって

$$\underline{\rho}_1 = (\langle \tilde{E} \rangle_1 - \langle \tilde{L} \rangle_1 \beta_1)^{-1} (\underline{\rho}_{1+1} + \langle \tilde{L} \rangle_1 \alpha_1 + \tilde{R}_1) \quad (2-73)$$

(2-71) と比較すると係数行列  $\beta_1$  と  $\alpha_1$  に次の漸化的関係がある。

$$\underline{\beta}_{1+1} = (\langle \tilde{E} \rangle_1 - \langle \tilde{L} \rangle_1 \beta_1)^{-1} \quad (2-74)$$

$$\underline{\alpha}_{1+1} = \underline{\beta}_{1+1} (\langle \tilde{L} \rangle_1 \alpha_1 + \tilde{R}_1) \quad (2-75)$$

ここで  $\underline{\beta}_1$  は、 $(I \times N)$  次の正方行列、 $\underline{\alpha}_1$  は、 $(I \times N)$  行のベクトルである。

従って、計算過程は、(2-75), (2-76)により  $1=2$  から  $1=L-1$  まで逐次代入により係数行列を求め全係数を記憶する過程(前進除去過程)と(2-71)により  $1=L-1$  から  $1=2$  まで係数行列を逐次置換することにより  $\rho_1$  を求める過程(後退置換過程)からなる。

このとき境界条件は、 $\underline{\rho}_{1-L}=0$  (均一ディリクレ条件)に対しては、次のものである。

$$\underline{\beta}_2 = \underline{\alpha}_2 = 0 \quad (2-77)$$

$$\underline{\rho}_{L-1} = \underline{\alpha}_L = \underline{\beta}_L (\langle \widetilde{L} \rangle_{L-1} \underline{\alpha}_{L-1} + \widetilde{R}_{L-1}) \quad (2-78)$$

## 2.4 時間シンセシス

時間シンセシスの基礎方程式は、次のものである。

$$\sum_{n=1}^N \langle \tau \rangle'_{n,n} \dot{\rho}_n = \sum_{n=1}^N \left\{ \langle M \rangle'_{n,n} \rho_n + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n} \pi C_{m,n} \right\} \quad n'=1, \dots, N \quad (2-79)$$

$$\sum_{n=1}^N \left\{ \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n} \left( \rho_n - \pi C_{m,n} - \frac{1}{\lambda_m} \pi \dot{C}_{m,n} \right) \right\} = 0 \quad m=1, \dots, M; n'=1, \dots, N \quad (2-80)$$

ここで  $\langle M \rangle'_{n,n} \equiv \langle \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} D r \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial Z} D \frac{\partial}{\partial Z} - \Sigma + (1-\beta) \chi F^T \rangle'_{n,n}$  である。

時間微分を差分化するために  $\theta$  法と collocation 法による 2 種類の導出を行なう。

$\langle \theta$  法>

$P$  は時間ステップを表わし、解は  $\frac{1}{2} < \theta \leq 1$  で安定である。

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N \langle \tau \rangle'_{n,n} \frac{\rho_n^{P+1} - \rho_n^P}{\Delta t} &= \sum_{n=1}^N \left\{ \theta \left( \langle M \rangle'_{n,n} \rho_n^{P+1} + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^{P+1} \pi C_{m,n}^{P+1} \right) \right. \\ &\quad \left. + (1-\theta) \left( \langle M \rangle'_{n,n} \rho_n^P + \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^P \pi C_{m,n}^P \right) \right\} \quad n'=1, \dots, N \end{aligned} \quad (2-81)$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N \langle K \rangle'_{n,n}^{P+1,P} \frac{C_{m,n}^{P+1} - C_{m,n}^P}{\Delta t} &= \sum_{n=1}^N \left\{ \theta \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^{P+1} (\rho_n^{P+1} - \pi C_{m,n}^{P+1}) \right. \\ &\quad \left. + (1-\theta) \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^P (\rho_n^P - \pi C_{m,n}^P) \right\} \quad m=1, \dots, M; n'=1, \dots, N \end{aligned} \quad (2-82)$$

ここで  $\langle K \rangle'_{n,n}^{P+1,P} \equiv \theta \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^{P+1} \pi + (1-\theta) \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^P \pi$

$P+1$  に関する項を左辺に、 $P$  に関する項を右辺にまとめると

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle \tau \rangle'_{n,n}}{\Delta t} - \theta \langle M \rangle'_{n,n} \right) \rho_n^{P+1} - \theta \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^{P+1} \pi C_{m,n}^{P+1} \right\} \\ = \sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle \tau \rangle'_{n,n}}{\Delta t} + (1-\theta) \langle M \rangle'_{n,n} \right) \rho_n^P + (1-\theta) \sum_{m=1}^M \beta_m \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^P \pi C_{m,n}^P \right\} \end{aligned} \quad (2-83)$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle K \rangle'_{n,n}^{P+1,P}}{\Delta t} + \theta \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^{P+1} \pi \right) C_{m,n}^{P+1} - \theta \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^{P+1} \rho_n^{P+1} \right\} \\ = \sum_{n=1}^N \left\{ \left( \frac{\langle K \rangle'_{n,n}^{P+1,P}}{\Delta t} - (1-\theta) \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^P \pi \right) C_{m,n}^P + (1-\theta) \lambda_m \pi^T \langle \chi_m F^T \rangle'_{n,n}^P \rho_n^P \right\} \end{aligned} \quad (2-84)$$

これを次のように行列にまとめる。

$$\begin{aligned}
 & \left( \begin{array}{c|ccccc}
 \frac{\langle \tau \rangle}{\Delta t} - \theta \langle M \rangle^{P+1} & -\theta \beta_1 \langle \chi_1 F^T \rangle^{P+1} \pi & \cdots & -\theta \beta_M \langle \chi_M F^T \rangle^{P+1} \pi & | \rho^{P+1} \\
 -\theta \lambda_1 \pi^T \langle \chi_1 F^T \rangle^{P+1} & \frac{\langle K \rangle^{P+1, P}}{\Delta t} + \theta \lambda_1 \pi^T \langle \chi_1 F^T \rangle^{P+1} \pi & & & | C_{m=1}^{P+1} \\
 \vdots & & & O & | \vdots \\
 -\theta \lambda_M \pi^T \langle \chi_M F^T \rangle^{P+1} & O & \frac{\langle K \rangle^{P+1, P}}{\Delta t} + \theta \lambda_M \pi^T \langle \chi_M F^T \rangle^{P+1} \pi & | C_{m=M}^{P+1}
 \end{array} \right) \\
 = & \left( \begin{array}{c|ccccc}
 \frac{\langle \tau \rangle}{\Delta t} + (1-\theta) \langle M \rangle^P & (1-\theta) \beta_1 \langle \chi_1 F^T \rangle^P \pi & \cdots & (1-\theta) \beta_M \langle \chi_M F^T \rangle^P \pi & | \rho^P \\
 (1-\theta) \lambda_1 \pi^T \langle \chi_1 F^T \rangle^P & \frac{\langle K \rangle^{P+1, P}}{\Delta t} - (1-\theta) \lambda_1 \pi^T \langle \chi_1 F^T \rangle^P \pi & & O & | C_{m=1}^P \\
 \vdots & & & & | \vdots \\
 (1-\theta) \lambda_M \pi^T \langle \chi_M F^T \rangle^P & O & \frac{\langle K \rangle^{P+1, P}}{\Delta t} - (1-\theta) \lambda_M \pi^T \langle \chi_M F^T \rangle^P \pi & | C_{m=M}^P
 \end{array} \right)
 \end{aligned} \tag{2-84}$$

この右辺は、前の時間ステップの解から得られる既知量であるから左辺の行列を各時間ステップ毎に反転することにより新しい時間ステップの解が求められる。この反転をガウスの消去法により行なう。

#### < collocation 法 >

時間ステップ内で次のような 1 次関数内挿を行なった場合の結果を示す。

$$\rho_n = \rho_{n0} + \rho_{n1} \frac{t}{\Delta t} \tag{2-85}$$

$$\langle M \rangle_{n'n} = \langle M \rangle_{n'n0} + \langle M \rangle_{n'n1} \frac{t}{\Delta t} \tag{2-86}$$

$$\langle \chi_m F^T \rangle_{n'n} = \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n0} + \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n1} \frac{t}{\Delta t} \tag{2-87}$$

ここで、添字 0 は時間ステップの始め、添字 1 は時間ステップの終わりを示す。

このとき次式が得られる。

$$\begin{aligned}
 & \sum_{n=1}^N [ \langle \tau \rangle_{n'n} - (\frac{1}{2} \langle M \rangle_{n'n0} + \frac{1}{3} \langle M \rangle_{n'n1}) \Delta t - \sum_{m=1}^M \beta_m \{ (\frac{1}{2} - C_2) \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n0} \\
 & + (\frac{1}{3} - C_3) \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n1} \} \Delta t ] \rho_{n1} = \sum_{n=1}^N [ \langle M \rangle_{n'n0} + \frac{1}{2} \langle M \rangle_{n'n1} ) \Delta t \\
 & + \sum_{m=1}^M \beta_m \{ (1 - C_1) \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n0} + (\frac{1}{2} - C_2) \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n1} \} \Delta t ] \rho_{n0} \\
 & + \sum_{m=1}^M \eta_{n'm} (1 - e^{-\lambda_m \Delta t})
 \end{aligned} \tag{2-88}$$

$\eta_{n'm} \equiv \int_R d\tau \Psi_n^{*T} \chi_m C_m$  について

$$\begin{aligned}
 \eta_{n'm} &= \eta_{n'm0} e^{-\lambda_m \Delta t} + \beta_m \sum_{n=1}^N (C_1 \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n0} + C_2 \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n1}) \Delta t \rho_{n0} \\
 &+ \beta_m \sum_{n=1}^N (C_2 \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n0} + C_3 \langle \chi_m F^T \rangle_{n'n1}) \Delta t \rho_{n1}
 \end{aligned} \tag{2-89}$$

(2-88)の左辺を各時間ステップ毎に解くことにより新しい時間ステップの解が求められる。この反転をガウスの消去法により行なう。上式中のC関数は次のものである。

$$C_1 = \frac{1 - e^{-\lambda_m \Delta t}}{\lambda_m \Delta t}, \quad C_2 = \frac{1 - C_1}{\lambda_m \Delta t}, \quad C_3 = \frac{1 - 2C_2}{\lambda_m \Delta t} \quad (2-90)$$

### 3. コードの説明

#### 3.1 コードの概要

本研究で作製した2次元空間時間シンセシスコード（STSと略す）と2次元時間シンセシスコード（TSと略す）の概要は次の通りである。

##### A) STS

1次元試行関数（EXPANDAコードの出力等）をカードで入力し、まず空間シンセシスにより初期状態の2次元中性子束分布を計算する。このルーチンを用いて空間シンセシスによる2次元定常計算コードとして用いることもできる。又、反応度を計算する場合には、行列の置換を行なうことにより初期状態の2次元随伴中性子束分布も計算する。この空間シンセシスの計算には、内部反復解法を用いている。

次に、各時間ステップ毎に行列分解法により行列を反転することにより中性子束分布、炉出力、温度、反応度を必要に応じて計算し、指定された時間ステップ毎に出力する。

##### B) TS

1次元試行関数（同上）をカードで入力し、まず空間シンセシスによりいくつかの2次元試行関数とその随伴関数を計算する。この解法はSTSにおける初期状態の計算と同様であるが、展開係数は常にベクトルで求める。

過渡状態の計算は、時間差分にθ法を用いる場合とcollocation法を用いる場合のオプションをもつ。collocation法は、ここでは、1次関数内挿を用いているので常に有効であるとは限らない。各時間ステップ毎に中性子束分布、炉出力、温度、反応度を必要に応じて計算し、指定された時間ステップ毎に出力する。

両コードに共通する機能、制限、注意点は次の通りである。

#### 1) 機能

- 炉体系は、2次元x-y（平面）、2次元r-z（円柱）の選択ができる。境界条件は、  
x-yの場合原子炉境界で $\phi=0$ 、r-zの場合 $r=0$ で $\phi'=0$ 、他の境界では $\phi=0$ である。
- 初期状態のみの計算ができる、2次元定常計算コードとして使える。2次元随伴関数の計算もできる。
- 展開係数は、ベクトル、スカラーの選択ができる。
- 反応度の計算ができる。
- 断面積は巨視的断面積を与える。
- 炉出力を計算する場合は、中性子束を炉出力で規格化するが、炉出力が与えられない場合は、初期状態の中性子数を1とする。

#### 2) 制限

- 試行関数の数  $\leq 5$
- エネルギー群の数  $\leq 4$
- yあるいはz方向の領域の数  $\leq 6$
- xあるいはr方向の領域の数  $\leq 6$

- yあるいはz方向のメッシュ点の数  $\leq 50$
- xあるいはr方向のメッシュ点の数  $\leq 40$
- 先行核組の数  $\leq 6$
- 時間ステップ巾を同じくする時間領域の数  $\leq 3$
- 2次元試行関数を計算するための1次元試行関数の数  $\leq 5$  ( T.S のみ )
- 減速散乱の群の数  $\leq 1$
- 出力する時間ステップ間隔を同じくする時間領域の数  $\leq 3$

### 3) 注意点

- コードに融通性を持たせるため、外部摂動(制御棒の運動などによる断面積の変化)は、それぞれ外部摂動ルーチン(PERTUR)および内部摂動ルーチン(FEDBAK)を書き直すことによって与えることとした。現在の両サブルーチンは、第4章の数値計算を行なうために書かれたもので、その内容を3.4節に示す。このパラメータ定数を変更する場合もサブルーチンのDATA文の与え方を変更することにより行なわなければならない。
- 現在、それぞれのコードで下左欄の各量を求めるための積分範囲は次のようになっている。

S T S	T S	ルーチン
全炉出力	炉全体	EIGEN
全熱源	炉心	EIGEN
反応度	炉心	REACT

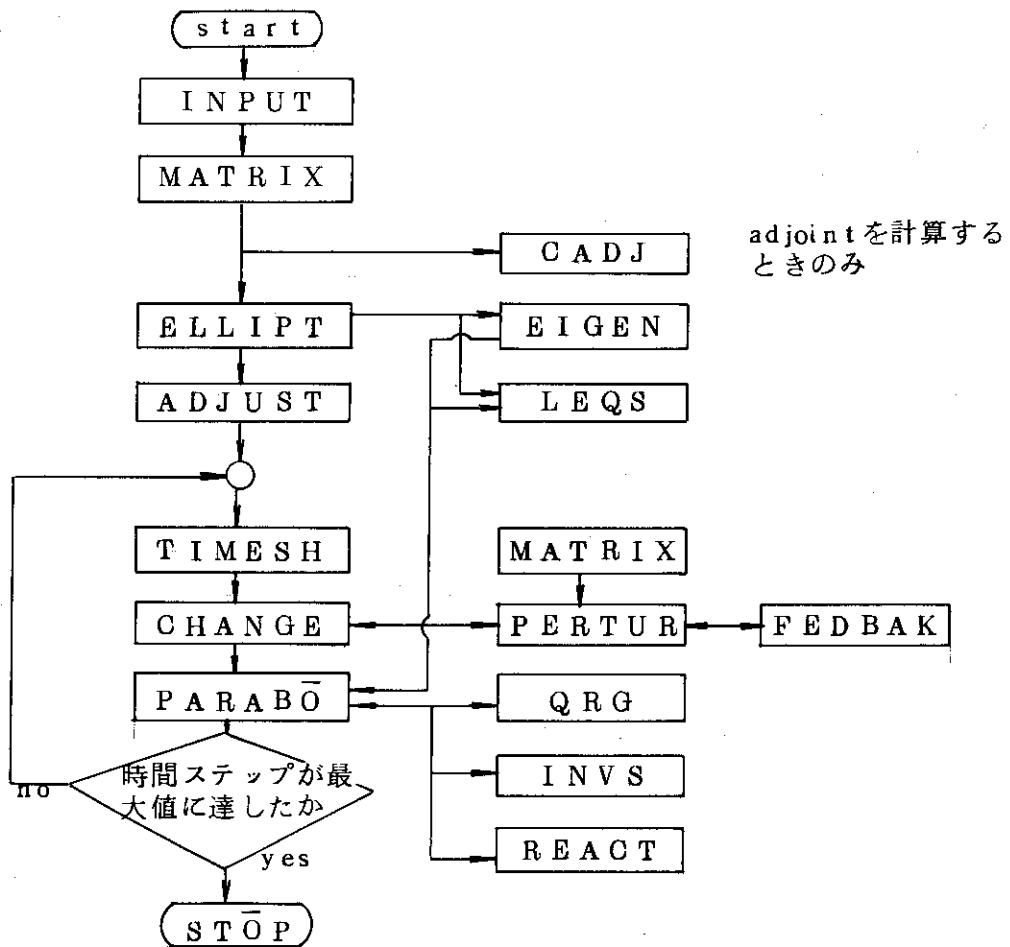
又、ブランケット領域は、炉の外周1領域と仮定してある(円柱の場合)。

従って、これらの諸点を変更するときは、右欄のルーチンの所定のパラメータを書き換えなければならない。

- 1核分裂当たりのワット数は  $3.06125 \times 10^{-11}$  としている。

## 3.2 フローチャート

## A) S T S



それぞれのサブルーチンは、次の機能をもっている。

## ◦ INPUT

コントロール・パラメータ、原子炉パラメータ、群定数、試行関数の入力

## ◦ MATRIX

シンプソンの公式により  $y$  あるいは  $z$  方向の各領域毎に  $x$  あるいは  $r$  方向についての数値積分を行ないシンセシス方程式の係数を計算する。展開係数がスカラーの選択である場合には、ここでエネルギー群について行列の行と列が加算され、他はエネルギー群数が 1 として計算される。

## ◦ ELLIPT

空間シンセシスにより初期状態を計算する。

## ◦ ADJUST

$\langle \chi F \rangle, \langle \chi_d F \rangle$  を初期状態の固有値で割り、初期状態を強制的に臨界にする。

## ◦ TIMESH

時間ステップ巾を入力の指示により決める。

## ◦ CHANGE

(2-45)の右辺ベクトル  $\underline{R}$  を計算すると共に、新しい時間ステップでの係数行列を計算する。

◦ PARABO

過渡状態を計算する。

◦ CADJ

随伴関数を計算するため行列を置換する。

◦ EIGEN

中性子数あるいは炉出力を計算する。

◦ LEQS

ガウスの消去法により連立方程式を解く。

◦ PERTUR

外部擾動（制御棒の運動等）を取り扱う。

◦ FEDBAK

内部擾動（温度フィードバック等）を取り扱う。

◦ QRG

(2-58)の  $Q^{m-1}$  を計算する。

◦ INV S

ガウスの消去法により逆行列を計算する。

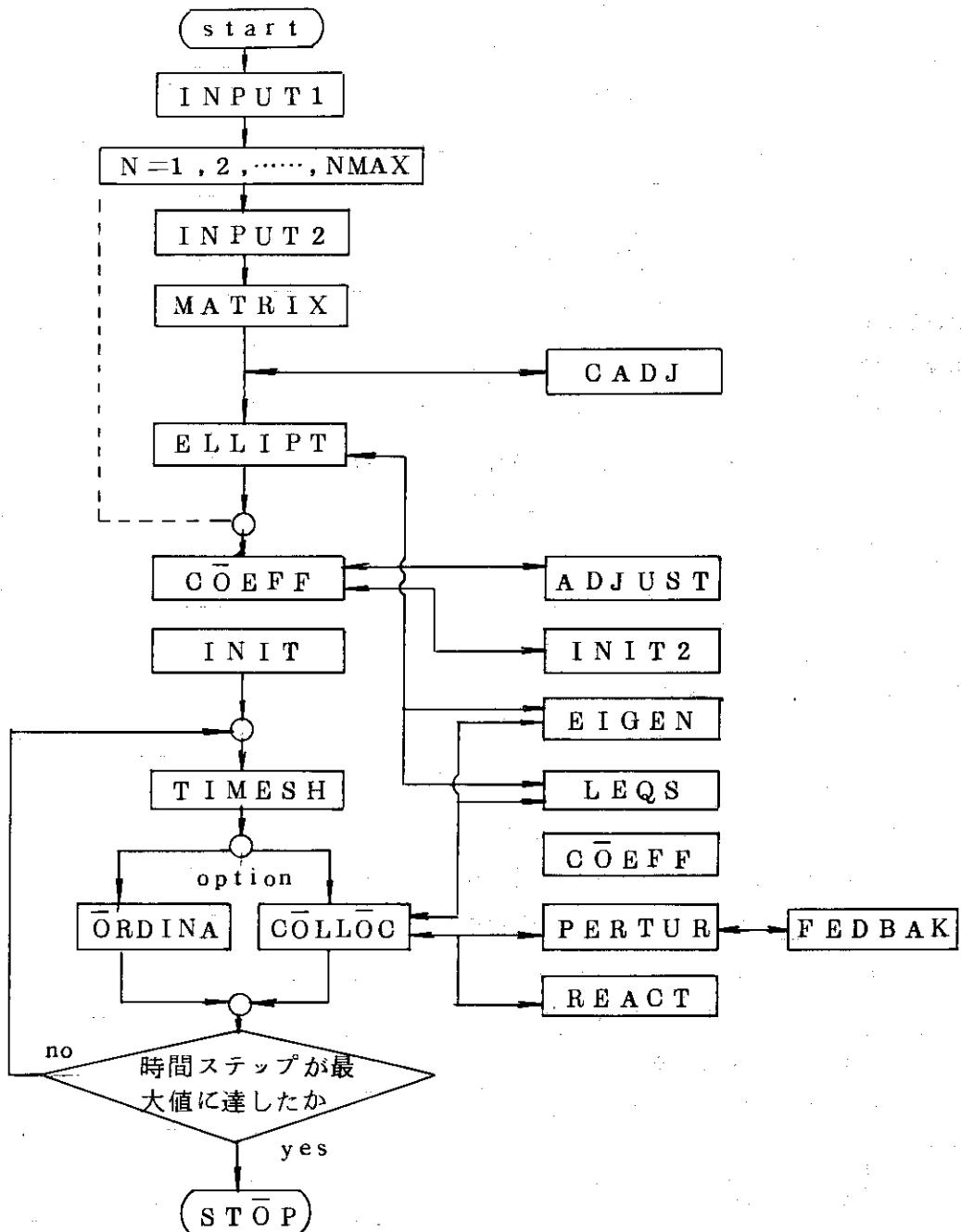
◦ REACT

瞬時の反応度を計算する。

◦ MESIA

積分の際の  $x - y$  体系と  $r - z$  体系の異なる重みを与える。

## B) TS



それぞれのサブルーチンは、次の機能をもっている。ただし、MATRIX, ELLIPT, TIMESH, CADJ, ADJUST, EIGEN, LEQS, PERTUR, FEDBAK, REACT, MASIAについてはSTSと同様である。

## ◦ INPUT1

コントロール・パラメータ、原子炉パラメータの入力

## ◦ INPUT2

各2次元試行関数を計算するための群定数、1次元試行関数の入力

## ◦ COEFF

台形公式により空間的に2次元の数値積分を行ないシンセシス方程式の係数を計算する。

展開係数がスカラーの選択である場合は、ここでエネルギー群について行列の行と列が加算され、他はエネルギー群数が1として計算される。

- INIT, INIT2

T S の展開係数は初期モードに対応するものが1で他は0であるべきであるが、数値的な誤差のために必ずしもそうなっているとは限らないので、固有値問題を解くことにより展開係数を求める。

$$\sum_{n=1}^N \langle \rho D \cdot v - \Sigma \rangle'_{nn} \rho_n = \frac{1}{\lambda} \sum_{n=1}^N \langle z F^T \rangle'_{nn} \rho_n \quad n' = 1, \dots, N$$

- ORDINA

時間差分にθ法を用いて過渡状態を計算する。

- COLLOC

時間差分にcollocation法を用いて過渡状態を計算する。

### 3.3 入力形式

#### A) STS コード

# 1 (415)

- Col.1~5 IG: 体系

$$\begin{cases} 0 & \cdots \cdots x - y \\ 1 & \cdots \cdots r - z \end{cases}$$

- Col.6~10 IS PAC : 計算の対象

$$\begin{cases} 0 & \cdots \cdots \text{初期状態のみ(定常計算を空間シンセシスにより行なう)} \\ 1 & \cdots \cdots \text{初期状態および過渡状態} \end{cases}$$

- Col.11~15 ISPEC : 展開係数の型

$$\begin{cases} 0 & \cdots \cdots \text{展開係数がスカラー} \\ 1 & \cdots \cdots \text{展開係数がベクトル} \end{cases}$$

- Col.16~20 IR : 反応度の計算

$$\begin{cases} 0 & \cdots \cdots \text{反応度を計算しない} \\ 1 & \cdots \cdots \text{反応度を計算する} \end{cases}$$

# 2 (815)

- Col.1~5 NMAX : 試行関数の数 (≤ 5)

- Col.6~10 IMAX : エネルギー群の数 (≤ 4)

- Col.11~15 KCMAX : yあるいはz方向の領域の数 (≤ 6)

- Col.16~20 KRMAX : xあるいはr方向の領域の数 (≤ 6)

- Col.21~25 LC MAX : yあるいはz方向のメッシュ点の数 (原点を1とする)  
(≤ 50)

- Col.26~30 LR MAX : xあるいはr方向のメッシュ点の数 (原点を1とする)  
(≤ 40)

- Col.31~35 MMAX : 先行核組数 (≤ 6)

- Col.36~40 J MAX : 時間ステップ巾を同じくする時間領域の数 ( $\leq 3$ )

## #3 (3E12.5)

- Col.1~12 HC : yあるいはz方向の原子炉の長さ(外挿距離を含める) [cm]
- Col.13~24 HR : xあるいはr方向の原子炉の長さ(外挿距離を含める) [cm]
- Col.25~36 BQS : バックリング( $r - z$ 体系では常に0.0と置く)

## #4 (6I5)

- Col.1 ~ 5 INTC(KC), KC=1, KCMAX  
26~30 yあるいはz方向の領域(KC)外端の空間メッシュ番号

## #5 (6I5)

- Col.1 ~ 5 INTR(KR), KR=1, KRMAX  
26~30 xあるいはr方向の領域(KR)外端の空間メッシュ番号(奇数)

## #6 (6E12.5)

- Col.1 ~ 12 DC(KC), KC=1, KCMAX  
61~72 yあるいはz方向の各領域のメッシュ巾[cm]

## #7 (6E12.5)

- Col.1 ~ 12 DR(KR), KR=1, KRMAX  
61~72 xあるいはr方向の各領域のメッシュ巾[cm]

## #8 (4E12.5, I5) 初期状態の計算について

- Col.1 ~ 12 EPSI : 内部反復の収束判定因子
- Col.13~24 EPSSR : 固有値の収束判定因子
- Col.25~36 EPSU : 各点での中性子源に関する収束判定因子  
(EPSI, EPSSR, EPSU共、通常  $10^{-6}$ 程度)
- Col.37~48 OMEGA : 定数加速における加速因子 ( $0 \leq \bar{\Omega}MEGA < 1$ , 通常 0.5)
- Col.49~53 NO : 内部反復の加速
 
$$\begin{cases} 0 & \dots\dots\dots\text{加速しない(ガウスザイデル法)} \\ 1 & \dots\dots\dots\text{SOR加速} \end{cases}$$

## #9 (E12.5)

- Col.1 ~ 12 TETA : 時間差分における陰的度 ( $0.5 \leq TETA \leq 1$ , 通常 0.5(クランク・ニコルソン法))

## #10 (E12.5, I5) J = 1, J MAX (J MAX枚必要)

- Col.1~12 TM(J) : 時間ステップ巾[sec]
- Col.13~17 NTM(J) : 上の時間ステップ巾の上限となる時間ステップ数(NTM(J MAX)で計算は終了する)

## #11 (4E12.5) (((I=1, IMAX), KR=1, KRMAX), KC=1, KCMAX)(IMAX\*KRMAX\*KCMAX枚必要)

- Col.1~12 D(I, KC, KR) : 領域KC, KR, 群Iにおける拡散係数(D)
- Col.13~24 SIGMT(I, KC, KR) : 領域KC, KR, 群Iにおける全除去断面積  
( $\Sigma_T$ , 吸収断面積+散乱除去断面積)

◦ Col. 25~36 SIGMR(I, KC, KR) : 領域 KC, KR, 群 I における散乱除去断面積 ( $\Sigma_r$ )

◦ Col. 37~48 SIGMFN(I, KC, KR) : 領域 KC, KR, 群 I における  $\nu \times$  核分裂断面積 ( $\nu \Sigma_f$ )

#12 (3E125) I=1, IMAX (IMAX枚必要)

◦ Col. 1~12 TAU(I) : 群 I における中性子速度の逆数 ( $\tau$ )

◦ Col. 13~24 CHI(I) : 核分裂即発中性子スペクトルの群 I における値 ( $\chi$ )

◦ Col. 25~36 CHID(I) : 核分裂遅発中性子スペクトルの群 I における値 ( $\chi_d$ )  
(各先行核組で共通)

#13 (2E125) M=1, MMAX (MMAX枚必要)

◦ Col. 1~12 BET(M) : 組 M における遅発中性子生成率

◦ Col. 13~24 RAM(M) : 組 M における先行核崩壊定数 (sec<sup>-1</sup>)

#14 と #15 を試行関数のモード順に N=1, NMAX 繰り返す。 (NMAX倍必要)

#14 (4E20.7) I=1, IMAX (IMAX倍必要)

◦ Col. 1~20 PSI(N, I, LR), LR=1, LRMAX

61~80 モード N, 群 I, x あるいは r 方向メッシュ点 LR における試行関数の  
値 (LR > 4 では同様にカードを繰り返す。)

#15 (4E20.7) I=1, IMAX (IMAX倍必要)

◦ Col. 1~20 APS(N, I, LR), LR=1, LRMAX

61~80 モード N, 群 I, x あるいは r 方向メッシュ点 LR における重み関数  
(たとえば試行関数の随伴関数) の値  
(LR > 4 では同様にカードを繰り返す。)

#16 (I5)

◦ Col. 1~5 NTBM: 出力する時間ステップ間隔を同じくする時間領域の数 ( $\leq 3$ )

#17 (2I5) J=1, NTBM (NTBM枚必要)

◦ Col. 1~5 NTBS(J) : 次に示す時間ステップ間隔の上限となる時間ステップ

◦ Col. 6~10 NDTB(J) : 出力する時間ステップ間隔 (時間ステップ NTBS(J-1)  
から NTBS(J) まででは NDTB(J) ステップごとに必要な結果を出力  
する。)

#18 (I5)

◦ Col. 1~5 NPF: 中性子束の空間分布の出力

$\begin{cases} 0 & \dots\dots\dots\text{中性子束の空間分布は出力しない} \\ 1 & \dots\dots\dots\text{中性子束の空間分布も出力する} \end{cases}$

#19 (3I5)

◦ Col. 1~5 NU: 炉出力の計算

$\begin{cases} 0 & \dots\dots\dots\text{炉出力を計算しない。以下の入力カードを必要としない} \\ 1 & \dots\dots\dots\text{炉出力を計算する} \end{cases}$

- Col. 6~10 NFD : #22 のカード (炉心の群定数)
  - { 0 ..... #22 を必要としない
  - { 1 ..... #22 を必要とする
- Col. 11~15 IU :  $\bar{v}$  の入力
  - { 0 .....  $\bar{v}$  を入力する, #21 を必要とする
  - { 1 .....  $\bar{v}$  をコードが与える, #21 を必要としない ( SUBROUTINE INPUT に DATA 文で与える )

## #20 ( E125 )

- Col. 1~12 POW : 初期状態の炉出力 [ watt ]
- #21 ( 6E125 ) ((KC=1, KCMAX), I=1, IMAX)) ( KCMAX \* IMAX 枚必要)
- Col. 1 ~12 UNBA( I, KC, KR ), KR=1, KRMAX  
61~72 群 I, 領域 KC, KR における  $\bar{v}$  値
- #22 ( 2E125 ) I=1, IMAX ( IMAX 枚必要 )
  - Col. 1~12 SIGMC( I ) : 群 I の炉心における捕獲断面積 (  $\Sigma_e$  )
  - Col. 13~24 SIGMF( I ) : 群 I の炉心における核分裂断面積 (  $\Sigma_f$  )

## B) TS コード

## #1 ( 5 I5 )

- Col. 1~5 IG : 体系
  - { 0 ..... x - y
  - { 1 ..... r - z
- Col. 6~10 ISPACE : 計算の対象
  - { 0 ..... 初期状態のみ ( 定常計算を空間シンセシスにより行なう )
  - { 1 ..... 初期状態および過渡状態
- Col. 11~15 ISPEC : 展開係数の型
  - { 0 ..... 展開係数がスカラー
  - { 1 ..... 展開係数がベクトル
- Col. 16~20 IR : 反応度の計算
  - { 0 ..... 反応度を計算しない
  - { 1 ..... 反応度を計算する
- Col. 21~25 IND : 解法の選択
  - { 1 .....  $\theta$  法
  - { 2 ..... collocation 法

## #2 ( 9 I5 )

- Col. 1~5 NMAX : 2 次元試行関数の数 (  $\leq 5$  )
- Col. 6~10 IMAX : エネルギー群の数 (  $\leq 4$  )
- Col. 11~15 KCMAX : y あるいは z 方向の領域の数 (  $\leq 6$  )
- Col. 16~20 KRMAX : x あるいは r 方向の領域の数 (  $\leq 6$  )
- Col. 21~25 LCMAX : y あるいは z 方向のメッシュ点の数 ( 原点を 1 とする )

( ≤ 50 )

- Col. 26~30 LRMAX: xあるいはr方向のメッシュ点の数(原点を1とする)  
( ≤ 40 )
- Col. 31~35 MMAX: 先行核組数( ≤ 6 )
- Col. 36~40 J MAX: 時間ステップ巾を同じくする時間領域の数( ≤ 3 )
- Col. 41~45 NSMAX: 2次元試行関数を計算するための1次元試行関数の数  
( ≤ 5 )

#3～#13のカードは、A) STSの場合と全く同様である。ただし#8は、2次元試行関数とその随伴関数の計算に関するものである。

#14と#15のカードは、不要である。

#16と#17のカードは、A) STSの場合と全く同様である。

#18 ( 215 )

- Col. 1~5 NPF: 中性子束の空間分布の出力
 
$$\begin{cases} 0 & \dots\dots\dots\text{中性子束の空間分布は出力しない} \\ 1 & \dots\dots\dots\text{中性子束の空間分布は出力する} \end{cases}$$
- Col. 6~10 IPP: 2次元試行関数の出力
 
$$\begin{cases} 0 & \dots\dots\dots\text{2次元試行関数は出力しない} \\ 1 & \dots\dots\dots\text{2次元試行関数も出力する} \end{cases}$$

#19～#22のカードは、A) STSの場合と全く同様である。

#23～#26を2次元試行関数のモード順にN=1, NMAX繰り返す。( NMAX倍必要)

#23は、A) STSの#11と同様であるが、モードNに対応する組成をとる。

#24 ( 15 )

- Col. 1~5 ITER: 次の入力の巡回
 
$$\begin{cases} 0 & \dots\dots\dots\#25が既に入力されていて必要としない \\ 1 & \dots\dots\dots\#25を新しく入力するために必要とする \end{cases}$$

#25と#26を1次元試行関数のモード順にNS=1, NSMAX繰り返す。( NSMAX倍必要)

#24 ( 4E20.7 ) I=1, IMAX( IMAX倍必要 )

- Col. 1 ~ 20 PSI( NS, I, LR ), LR=1, LRMAX  
61~80 モードNS, 群I, xあるいはr方向メッシュ点LRにおける試行関数の値( LR>4では同様にカードを繰り返す。)

#25 ( 4E20.7 ) I=1, IMAX( IMAX倍必要 )

- Col. 1 ~ 20 APS( NS, I, LR ), LR=1, LRMAX  
61~80 モードNS, 群I, xあるいはr方向メッシュ点LRにおける重み関数(たとえば試行関数の随伴関数)の値  
( LR>4では同様にカードを繰り返す。)

### 3.4 サンプル例と出力形式

第4章の数値計算例のための入力データシートをTable 1, サブルーチンFEDBAKとPERTURの内容をTable 2, 出力の一部分をTable 3に示す。STSコードとTSコードでは、これらについて類似しているので、ここではSTSコードの場合を示す。

- サブルーチンFEDBAKとPERTURにおける注意すべき変数名は次の意味をもっている。

(第4章参照)

NT: 時間ステップ, TS: 時刻(sec), DAF(i):  $a_f^i$ , DAC(i):  $a_c^i$ , ET:  $\rho \cdot C$  (cal/cm<sup>3</sup>·K), TEMP: 前の時間ステップの温度(K), TEMPN: 新しい時間ステップの温度(K), VOLC: 炉心体積(cm<sup>3</sup>), POWVO: 初期炉心出力密度(W/cm<sup>3</sup>), POWT1: 炉心の全出力(熱源)(W), CC: 燃料領域の燃料体積率

- 出力量のうちで瞬時的反応度(instantaneous reactivity)  $\rho$  は次の定義によっている。

$$\rho_{\text{inst}}^j = \frac{\int d\vec{r} \int dE \phi^{*j=0}(\vec{r}, E) \left[ \nabla D(\vec{r}, E) \nabla \phi^j(\vec{r}, E) - \Sigma_T(\vec{r}, E) \phi^j(\vec{r}, E) + \int dE' (\Sigma_r(\vec{r}, E' \rightarrow E) + \chi(E) \nu \Sigma_f(\vec{r}, E')) \phi^j(\vec{r}, E') \right]}{\int d\vec{r} \int dE \int dE' \phi^{*j=0}(\vec{r}, E) \chi(E) \nu \Sigma_f(\vec{r}, E') \phi^j(\vec{r}, E')}$$

Table 1-1

氏名	日付 / /	プログラム名	JOB NO.	PAGE								
				研究テーマ番号		カード色指定		PUNCH				
所属	電話	1BJOB DECKNAME								7 3--8 0		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	*
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	2	2	5	4	40	33	6	1				
174.	668		115.	708	0.	0.						
9	18		22	32	40							
9	13	23	33									
	5.2918		4.2778		1.625		4.5					
	2.125		2.25		4.7374		4.2334					
1.0	E-5		1.0	E-5	1.0	E-5	0.5	0.				
	0.5											
0.0001	100											
1.3895	0.006256		0.003598		0.000835							
0.80186	0.008686		0.0		0.000328							
1.851	E-9	1.0										
1.088	E-8	0.0										
0.81	E-4	0.0129										
6.87	E-4	0.0311										
6.12	E-4	0.134										
12345.6789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789	0123456789

Table 1-2

## INPUT DATA SHEET

氏名 所属	日付 / /	プログラム名 言語	研究テーマ番号	JOB NO. IBIJOB DECKNAME	カート色指定		PUNCH 73-80
					編番	YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	E-4	0.331	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	6	* 3 4 5 6 7 8 9 0
1.3.8	E-4	0.331		1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
5.12	E-4	1.26		1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	8	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
1.70	E-4	3.21		1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
{ 0.1020629E-01	{ 0.1019423E-01			0.1015804E-01	0.1015804E-01	10	0.10097161E-01
試行用数力ード(#[14) [ψ <sub>N=1</sub> ]				試行用数力ード(#[14) [ψ <sub>N=1</sub> ]			
0.0	0.0			0.7305531E-04	0.7282801E-04	11	0.7244996E-04
0.7313115E-04				重み用数力ード(#[15)	[ψ <sub>N=1</sub> ]	12	重み用数力ード(#[15)
0.0	0.0			0.7049482E-02	0.7020240E-02	13	0.6971688E-02
0.7059246E-02				試行用数力ード(#[14)	[ψ <sub>N=2</sub> ]	14	試行用数力ード(#[14)
0.0	0.0			0.4958928E-04	0.4940948E-04	15	0.4911236E-04
0.4964944E-04				重み用数力ード(#[15)	[ψ <sub>N=2</sub> ]	16	重み用数力ード(#[15)
0.0	0.0					17	
1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0	18	1.2.3.4.5.6.7.8.9.0
1	2	3	4	5	6	7	8

Table 1-3

## INPUT DATA SHEET

氏名		日付	プログラム名	JOB NO.										カーデ色指定										PAGE OF PUNCH							
所属	職種		研究テーマ番号	IBJOB DECKNAME																				参考	7 3 - 8 0						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
100	10	1	1	0	E+9	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756
2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	
0.001484	0.002520	0.003840	0.007939																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	
2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	
3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	
4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	
5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	
6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	
7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	
8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

JAERI-M 7067

Table 2-1

\* SOURCE STATEMENT \*

FACUN 230-75 (M7) FORTRAN-D -760820- V06-L08 77-02-26 PAGE 10

```

1      C
2      SUBROUTINE FEUBAK
3      COMMON /BLKONT/NTMAX,NTBS(3),NOTB(3),NT1,JUST,ISPAC
4      COMMON /BLK1IG,ISYH,HC,HR,NMAX,I MAX,KMAX,LMAX,NMAX,NSMAX,
5      I KMAX,NIMAX,I KMAX,NKMAX,KMAX,I MAX,I NTC(6),INTR(6),DC(6),
6      DR(6),ROW,EPS,(EPSA,EPSU,OMEGA,TETA,D,PA,BQ,S,RMAX(6),VOL,
7      SISPEC,1DMAX,NMAX,I MAX,EPSJ
8      COMMON /BLK2/((4,6,6),SIGMT(4,6,6),SIGMFN(4,6,6),
9      ICH1(4),TAU(4,BET(6),RAM(6)),BETT,PS1,C,4,40,APS1,4,40,CHID(4)
10     COMMON /BLK4/NU,UNBA(4,6,6),POW0,SIGF(4),SIGMC(4)
11     1, RAMDAO
12     COMMON /BLK9/TM(3),NTM(3),TMAX(3),JMAX,TS
13     COMMON /BLK4/NU,UNBA(4,6,6),POW0,SIGF(4),SIGMC(4)
14     COMMON /BLK10/I1,NIBM
15     COMMON /BLKF/POWT1
16     DIMENSION UAF(2),DCC(2),DXF(2),DXCC(2)
17
18     ****THE FAST REACTOR BENCHMARK PROBLEM*****
19     DATA DAF/2,1677E-9,2.8905E-7/.DAC/3.376E+8,2.2759E-6/
20     DATA ET/0.63/TEMP/1000,0/,TEMPN/1000,0/
21     DATA VOLC/1.41280E+6/,POW0/6,73174E+2/
22     DATA CC/0,335/
23
24     IF(NT.EQ.0) GO TO 10
25     POWC=PC*T1/VOLC
26     TEMPN=TEMP+0.24*(POWC-POWCO)*DT/ET/CC
27     DO 100 I=1,2
28     AL=300,*ALOG(TEMPN/TEMP)
29     SIGMC(I)=SIGMC(I)+DCC(I)*AL
30     SIGMF(I)=SIGMF(I)+DAF(I)*AL
31     DO 100 KC=2,4
32     DO 100 KR=1,3,2
33     SIGMFN(I,KC,KR)=SIGMF(I)*UNBA(I,2,1)
34     SIGMT(I,KC,KR)=SIGMF(I)+SIGMC(I)+SIGMR(I,KC,KR)
35     100 CONTINUE
36     TEMP=TEMPN
37
38     IF(C11.EQ.0) GO TO 150
39     WRITE(6,1) TEMPN,12HTEMPERATURE=,E12.5,4H(C,K)
40     CHECKS,
41     WRITE(6,5)
42     D6 101 1=1,2
43     101 WRITE(6,2) 1,SIGMFN(I,2,1),SIGMC(I),SIGMT(I,2,1)
44     2 FORMAT(1H,10X,1.3,3X,10E12.5)
45     3 FORMAT(1H,12X,1H,4X,11HNU*SIGMA(F)+3X,8HSIGMA(C)+4X,8HSIGMA(T))
46     CHECKE,
47     150 CONTINUE
48     C *****
49     RETURN
50     END

```

Table 2-2

## \* SOURCE STATEMENT \*

```

FACOM 230-75 (MT) FORTAN-D      -760820- V06-L08      77.02.26      PAGE 11

* SOURCE STATEMENT *

1      C
2      SUBROUTINE PERTURB
3      COMMON /BLK0/NT,NTMAX,NTBS(3),NTD(3),NT1,JUST,ISPA,
4      COMMON /BLK1/G,ISYM,H,HR,NMAX,IMAX,KCMA,LCMAX,MMAX,NSMAX,
5      1KMAX,NMAX,1KMAX,1KMAX,1KMAX,1INTC(6),INTR(6),DC(6),
6      2DR(6),POW,EPS,EPSE,EPSE,OMEGA,TETADT,PA,BUS,RMAX(6),VOL,
7      3ISPEC,1DMAX,MMAX,IMMAX,EP SJ
8      COMMON /BLK2/D(4,6,6),SIGMT(4,6,6),SIGMR(4,6,6),
9      ICH(4),TAU(4),BET(6),RAM(6),BETT,PS(5,4,40),CH10(4),
10     COMMON /BLK3/SD(5,5,24),SM(5,5,24),SR(5,5,24),SX(5,5,24),
11     1ST(5,2,4),SF(20,20,6),ROU(5,4,50),ROUN(5,4,50),
12     2CON((6,1,50),CONN(6,5,50),PR(5,4,50),PC(6,1,50),CPH(4),CF(4),
13     3SFO(5,4),SPU(5,4),SDO(5),SMO(5),SX0(5),PFO(5,4),PFI(5,4),
14     4SP(20,20,6),SO(5,4,50),GF(5,4,50),PH(4,50,40),ZM(5),LP(5),
15     5A(20,20),B(20),X(20),SPJ(20,20,6)
16     COMMON /BLK5/SDS(5,5,6),SMS(5,5,6),SRS(5,5,6),SFS(5,5,6),
17     1SP(5,1,6),SIS(5,5),
18     COMMON /BLK9/TMC(3),NTM(3),TMAX(3),JMAX,TS
19     COMMON /ALK10/I1,NTBM
20
21     **** THE FAST REACTOR BENCHMARK PROBLEM *****
22     *** ROD REMOVAL PERTURBATION ***
23
24     IF(CTS.GE.0.015) GO TO 1000
25     DC1(3,2)=210.9333*TS+1,9900
26     SIGMT(1,3,2)=0,44175+0,107922
27     SIGMR(1,3,2)=0,1204667*TS+0,003101
28     D(2,3,2)=122.3533*TS+0,91500
29     SIGMT(2,3,2)=1,902533*TS+0,028639
30     SIGMR(2,3,2)=0,0
31     GO TO 1001
32
33     CONTINUE
34
35     CALL FEDBAK
36     CALL MATRIX
37     CALL ADJUST
38
39     RETURN
40
41     END

```

Table 3

IG=	1	ISPACE=	1	ISPEC=	1	IR=	1	
NMAX=	2	IMAX=	2	KMAX(COLUMN)=	5	KMAX(ROW)=	4	
HC=	0.17467E+03	HR=	0.11571E+03	BQS=	0,0	LMAX(COLUMN)=	40	
DH(COLUMN)	INTER(COLUMN)	9	18	22	32	40	VOLUME= 0.73467E+01	
INTER(ROW)	9	13	23	33			JMAX= 1	
DH(ROW)	0.5918E-01	0.42778E+01	0.16250E+01	0.45000E+01	0.52918E+01			
R(ROW)	0.0	0.17000E+02	0.26000E+02	0.47374E+02				
EPSI=	0.10000E-04	EPSR= 0.10000E-04	EPSU= 0.10000E-04	0.1EGA= 0.50000E+00			NO= 0	
TETA=	0.50000E+00							
0.10000E+03	100							
NTMAX=	100							
KC	KR	D	SIGMA(A)	SIGMA(T)	SIGMA(R)	SIGMA(I)	NU*SIGMA(F)	
1	1	1	1.3849999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
1	1	2	0.00168600	0.00868600	0.00028600	0.00083500	0.00868600	
1	2	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
1	2	2	0.00186000	0.009868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600	
1	3	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
1	3	2	0.00186000	0.00868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600	
1	4	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
1	4	2	0.00168600	0.00868600	0.00028600	0.00083500	0.00625600	
2	1	1	1.6136000	0.00400400	0.00608900	0.00208500	0.00608900	
2	1	2	0.9120000	0.01177900	0.01177900	0.01106900	0.01177900	
2	2	1	1.9459999	0.00482100	0.00792200	0.00310100	0.00792200	
2	2	2	0.9150000	0.02863900	0.02863900	0.0	0.02863900	
2	3	1	1.6136000	0.00400400	0.00608900	0.00208500	0.00608900	
2	3	2	0.9120000	0.01177900	0.01177900	0.01106900	0.01177900	
2	4	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
2	4	2	0.80186000	0.00868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600	
3	1	1	1.6136000	0.00400400	0.00608900	0.00208500	0.00608900	
3	1	2	0.9120000	0.01177900	0.01177900	0.01106900	0.01177900	
3	2	1	1.9459999	0.00482100	0.00792200	0.00310100	0.00792200	
3	2	2	0.9150000	0.02863900	0.02863900	0.0	0.02863900	
3	3	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
3	3	2	0.80186000	0.00868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600	
4	1	1	1.9136000	0.00400400	0.00608900	0.00208500	0.00608900	
4	1	2	0.9150000	0.02863900	0.02863900	0.0	0.02863900	
4	2	1	1.8136000	0.01400400	0.00608900	0.00208500	0.00608900	
4	2	2	0.9120000	0.01177900	0.01177900	0.01106900	0.01177900	
4	3	1	1.3849999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
4	3	2	0.80186000	0.00868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600	
4	4	1	1.9136000	0.00400400	0.00608900	0.00208500	0.00608900	
4	4	2	0.9120000	0.02863900	0.02863900	0.0	0.02863900	
4	4	3	1	1.5999997	0.002001300	0.00130700	0.00129400	0.00130700
4	4	4	2	2.7029999	0.000101026	0.000101010	0.0	0.00101010
4	4	5	1	1.6136000	0.01400400	0.00508900	0.00208500	0.006060900
4	4	6	2	3.1200000	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600
4	4	7	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600
4	4	8	2	0.9150000	0.02863900	0.02863900	0.0	0.02863900
4	4	9	3	1.8018600	0.00868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600
5	1	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
5	1	2	0.80186000	0.00868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600	
5	2	1	1.3849999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
5	2	2	0.9150000	0.02863900	0.02863900	0.0	0.02863900	
5	3	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600	
5	3	2	0.9120000	0.01177900	0.01177900	0.01106900	0.01177900	
5	3	3	1	1.3949999	0.00265800	0.00625600	0.00359800	0.00625600
5	3	4	2	1.8018600	0.00868600	0.00868600	0.00032400	0.00868600

5	4	1	1.3874999E+00	0.00265800	0.00525600	0.00159800	0.00056500	0.000625600
5	4	2	0.80186000	0.00368600	0.00868600	0.0	0.0032800	0.00868600
<b>TAU CHI</b>								
1	0.18510E-08	1.00000000	1.00000000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.10880E-07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>BETACTOTAL= 0.00320000</b>								

M	BETA	LAMBDA	CHI	CHI10				
1	0.90008100	0.12900000	0.00068700	0.03110000	0.9608116E-02	0.1015804E-01	0.1003761E-01	0.9903192E-02
2	0.97685225E-02	0.94221353E-C2	0.9365082E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02
3	0.93818625E-02	0.9360844E-02	0.9360844E-02	0.9360844E-02	0.9360844E-02	0.9360844E-02	0.9360844E-02	0.9360844E-02
4	0.90113800	0.93100100	0.9498364E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02
5	0.90051200	1.25999999	0.1520202E-02	0.1112961E-02	0.1045961E-03	0.1045961E-03	0.1045961E-03	0.1045961E-03
6	0.10017000	3.09999998	0.1120369E-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## TRIAL FUNCTION PHI

N=	1	1=	1	0.1019423E-01	0.1015804E-01	0.1003761E-01	0.100175E-01	0.9903192E-02
0.1020629E-01	0.9608116E-02	0.94221353E-C2	0.9365082E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02	0.9343077E-02
0.97685225E-02	0.9360844E-02							
0.93818625E-02	0.9498364E-02	0.9498364E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02	0.9488219E-02
0.90113800	0.93100100	0.1520202E-02	0.1112961E-02	0.1045961E-03	0.1045961E-03	0.1045961E-03	0.1045961E-03	0.1045961E-03
0.90051200	1.25999999	0.1120369E-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>BETACTOTAL= 0.00320000</b>								
N=	1	1=	2	0.1880889E-02	0.1882698E-02	0.1898163E-02	0.1913272E-02	0.1934951E-02
0.1880889E-02	0.2006017E-02	0.20561026E-02	0.2072764E-02	0.2065917E-02	0.2042344E-02	0.2042344E-02	0.2042344E-02	0.2042344E-02
0.1962059E-02	0.1979177E-02	0.1981696E-02	0.1984169E-02	0.1984169E-02	0.1984169E-02	0.1984169E-02	0.1984169E-02	0.1984169E-02
0.203375E-02	0.7711333E-02	0.8122376E-02	0.8217870E-02	0.8169807E-02	0.7889273E-02	0.7889273E-02	0.7889273E-02	0.7889273E-02
0.1237606E-02	0.6744643E-02	0.7505346E-02	0.7505346E-02	0.7418988E-02	0.7469324E-02	0.7469324E-02	0.7469324E-02	0.7469324E-02
0.1237606E-02	0.71130466E-02	0.1030177E-02	0.9981515E-03	0.9102022E-03	0.847016E-03	0.847016E-03	0.847016E-03	0.847016E-03
0.1329093E-03	0.66051266E-03	0.48222909E-03	0.37119984E-03	0.2761118E-03	0.19352849E-03	0.19352849E-03	0.19352849E-03	0.19352849E-03
0.1220206E-03	0.58449954E-04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N=	2	1=	1	0.7059246E-02	0.7020240E-02	0.6971688E-02	0.6904108E-02	0.6817897E-02
0.7059246E-02	0.6591772E-02	0.6452276E-02	0.6392175E-02	0.64496807E-02	0.667496E-02	0.667496E-02	0.667496E-02	0.667496E-02
0.6213571E-02	0.6997983E-02	0.7113333E-02	0.7122376E-02	0.718770E-02	0.7889273E-02	0.7889273E-02	0.7889273E-02	0.7889273E-02
0.6997983E-02	0.7711333E-02	0.6744643E-02						
0.700272E-02	0.2192683E-02	0.2182202E-02						
0.2192683E-02	0.1614911E-02							
0.22528074E-03	0.1195725E-03							
N=	2	1=	2	0.1048368E-02	0.10466138E-02	0.1048158E-02	0.1048158E-02	0.1048158E-02
0.1048368E-02	0.9526398E-03							
0.983637E-03	0.104133E-02	0.1127462E-02						
0.104133E-02	0.122925E-02	0.1127462E-02						
0.122925E-02	0.7701508E-03	0.637537E-03	0.5091461E-03	0.3933471E-03	0.29233351E-03	0.19223351E-03	0.12923351E-03	0.12923351E-03
0.1294139E-03	0.6207135E-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TRIAL FUNCTION ADJ</b>								
N=	1	1=	1	0.7313115E-04	0.7305531E-04	0.7282801E-04	0.7244996E-04	0.7192234E-04
0.7313115E-04	0.702548E-04	0.6946092E-04	0.68335615E-04	0.6784695E-04	0.6782883E-04	0.6782883E-04	0.6782883E-04	0.6782883E-04
0.6792405E-04	0.6519464E-04	0.6316858E-04	0.61706160E-04	0.60406266E-04	0.5739993E-04	0.5739993E-04	0.5739993E-04	0.5739993E-04
0.5221655E-04	0.46101836E-04	0.4103153E-04	0.3411251E-04	0.3119222E-04	0.2148638E-04	0.2148638E-04	0.2148638E-04	0.2148638E-04
0.1676220E-04	0.1222075E-04	0.9091464E-05	0.66644181E-05	0.4763630E-05	0.3250440E-05	0.3250440E-05	0.3250440E-05	0.3250440E-05
0.2041551E-05	0.9541763E-06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N=	1	1=	2	0.561649E-04	0.561649E-04	0.56184463E-04	0.5577288E-04	0.5524517E-04
0.561649E-04	0.528483E-04	0.528483E-04	0.528483E-04	0.5260563E-04	0.5225863E-04	0.5225863E-04	0.5225863E-04	0.5225863E-04
0.5460323E-04	0.5013709E-04	0.45013709E-04	0.35013709E-04	0.4751233E-04	0.4414355E-04	0.4414355E-04	0.4414355E-04	0.4414355E-04
0.526549E-04	0.5283062E-04	0.5283062E-04	0.5283062E-04	0.508229E-04	0.468229E-04	0.468229E-04	0.468229E-04	0.468229E-04
0.4040679E-04	0.341440E-04	0.3045519E-04	0.2394500E-04	0.1789596E-05	0.1137150E-05	0.1137150E-05	0.1137150E-05	0.1137150E-05

0.4044909E-06      0.1832312E-06      0.0

N=      2      1      0.4964944E-04      0.4958928E-04      0.4940948E-C4  
   0.4756345E-04      0.4683595E-04      0.4607048E-04      0.4576424E-04  
   0.4969961E-04      0.542433E-04      0.560933E-04      0.578398E-04  
   0.5172645E-04      0.4726712E-04      0.419856E-04      0.3592163E-04  
   0.1697450E-04      0.1278355E-04      0.9530217E-05      0.697851E-05  
   0.2119878E-05      0.1006109E-05      0.0

N=      2      1      0.324517E-04      0.3227218E-04      0.312846E-04  
   0.2536777E-04      0.2246397E-04      0.185859E-04      0.1640331E-04  
   0.2505336E-04      0.3605106E-04      0.421867E-04      0.474823E-04  
   0.119638E-04      0.3725398E-04      0.326658E-04      0.2590958E-04  
   0.7416794E-05      0.4749221E-05      0.3048418E-05      0.1553066E-05  
   0.4431740E-06      0.2008761E-06      0.0

POWER = 0.10000E+10(WATT)      POWER D. = 0.13612E+03(WATT/CM3)

NUBAK

0.27560E+01	0.27560E+01	0.27560E+01	0.27560E+01	0.29591E+01	0.10000E+01	0.29591E+01	0.27560E+01	0.29591E+01	0.10000E+01
0.2591E+01	0.27560E+01	0.29591E+01	0.10000E+01	0.29591E+01	0.27560E+01	0.27560E+01	0.27560E+01	0.27560E+01	0.27560E+01
0.24900E+01	0.24900E+01	0.24300E+01	0.24300E+01	0.24300E+01	0.10000E+01	0.28826E+01	0.28825E+01	0.24300E+01	0.24300E+01
0.28825E+01	0.24300E+01								

SIGMA(C), SIGMA(F) IN CORE REGION

1	0.0014400	0.0052060
2	0.00793900	0.00384000

- INITIAL SOLUTION ( N=0 • TS=0 )

RANDAL= 0.99553E+00

INSTANTANEOUS REACTIVITY

0.0 DR/K 0.0 \*

MOD:AMPLITUDE FUNCTION

N=

1 0.13762E+17 0.28327E+17 0.44295E+17 0.62081E+17 0.81531E+17 0.10142E+18 0.11651E+18 0.12594E+18 0.10877E+18  
 0.10282E+18 0.10739E+18 0.12267E+18 0.14986E+18 0.19094E+18 0.24922E+18 0.32918E+18 0.43678E+18 0.48689E+18 0.54255E+18  
 0.60422E+18 0.67261E+18 0.74076E+18 0.83030E+18 0.89186E+18 0.97493E+18 0.89147E+18 0.87860E+18 0.86418E+18  
 0.85490E+18 0.85988E+18 0.85934E+18 0.40954E+18 0.28078E+18 0.18969E+18 0.12387E+18 0.74494E+17 0.34953E+17 0.0

2 0.34722E+17 0.70735E+17 0.10874E+18 0.14805E+18 0.18505E+18 0.21094E+18 0.20704E+18 0.21773E+18 0.77226E+17  
 0.51886E+17 0.44822E+17 0.48782E+17 0.61538E+17 0.84237E+17 0.12137E+18 0.16229E+18 0.26501E+18 0.34402E+18 0.41713E+18  
 0.50883E+18 0.62268E+18 0.76192E+18 0.85508E+18 0.91377E+18 0.94674E+18 0.96110E+18 0.95566E+18 0.94407E+18  
 0.92850E+18 0.90438E+18 0.76747E+18 0.60970E+18 0.46260E+18 0.33644E+18 0.23165E+18 0.14349E+18 0.69162E+17 0.0

N=

1 0 0.66555E+16 0.15140E+16 0.27727E+17 0.47638E+17 0.80051E+17 0.13263E+18 0.21684E+18 0.35874E+18 0.48584E+18  
 0.59397E+18 0.66339E+18 0.72532E+18 0.80652E+18 0.83477E+18 0.83609E+18 0.80512E+18 0.73504E+18 0.69587E+18 0.64926E+18  
 0.59466E+18 0.53141E+18 0.44464E+18 0.37106E+18 0.30613E+18 0.24520E+18 0.18416E+18 0.11904E+18 0.45529E+17 0.41519E+17  
 -0.14879E+18-0.28561E+18-0.18933E+18-0.12559E+18-0.83015E+17-0.54277E+17-0.34478E+17-0.20297E+17-0.93944E+16 0.0

2 0 0.26058E+17 0.55627E+17 0.92532E+17 0.14118E+18 0.20663E+18 0.29428E+18 0.40856E+18 0.54946E+18 0.63973E+18  
 0.71776E+18 0.78897E+18 0.90759E+18 0.96475E+18 0.95098E+18 0.95994E+18 0.95098E+18 0.83066E+18 0.76279E+18  
 0.67345E+18 0.56690E+18 0.41909E+18 0.31624E+18 0.23525E+18 0.16708E+18 0.10559E+18 0.60164E+17 0.196559E+16 0.61376E+17  
 -0.97970E+17-0.96132E+17-0.23553E+17 0.11057E+17 0.24343E+17 0.26261E+17 0.22331E+17 0.15763E+17 0.80724E+16 0.0

CON:AMPLITUDE FUNCTION

M=

1 0 0.14456E+17 0.29621E+17 0.46125E+17 0.64206E+17 0.83466E+17 0.10223E+18 0.11652E+18 0.11654E+18 0.92072E+17  
 0.82778E+17 0.82392E+17 0.98164E+17 0.121214E+18 0.15711E+18 0.20848E+18 0.28313E+18 0.38944E+18 0.44249E+18 0.50385E+18  
 0.57511E+18 0.62428E+18 0.76597E+18 0.83953E+18 0.85818E+18 0.91041E+18 0.91823E+18 0.91381E+18 0.90157E+18 0.88592E+18  
 0.87113E+18 0.85769E+18 0.59929E+18 0.41811E+18 0.28925E+16 0.196631E+18 0.12923E+18 0.78013E+17 0.36681E+17 0.0

N=

0 0 0.87663E+16 0.19545E+17 0.34797E+17 0.57910E+17 0.93943E+17 0.15063E+18 0.23991E+18 0.40570E+18 0.52669E+18  
 0.62836E+18 0.71417E+18 0.83710E+18 0.86933E+18 0.87616E+18 0.85032E+18 0.78064E+18 0.73800E+18 0.68501E+18  
 0.61993E+18 0.54606E+18 0.43816E+18 0.35572E+18 0.28572E+18 0.22228E+16 0.16066E+18 0.96816E+17 0.72289E+17-0.50877E+17  
 -0.13973E+18-0.23994E+16-0.17133E+18-0.11093E+18-0.11057E+17 0.24343E+17-0.45743E+17-0.28473E+17-0.16491E+17-0.75519E+16 0.0

M=

1 0 0.14450E+17 0.29627E+17 0.46125E+17 0.64206E+17 0.83466E+17 0.10223E+18 0.11652E+18 0.11654E+18 0.92072E+17  
 0.82778E+17 0.82392E+17 0.98164E+17 0.121214E+18 0.15711E+18 0.20848E+18 0.28313E+18 0.38944E+18 0.44249E+18 0.50385E+18  
 0.57511E+18 0.62828E+18 0.76597E+18 0.83953E+18 0.85818E+18 0.91041E+18 0.91823E+18 0.91381E+18 0.90157E+18 0.88592E+18  
 0.87113E+18 0.85789E+18 0.59929E+18 0.41811E+18 0.28925E+18 0.196631E+18 0.12923E+18 0.78013E+17 0.36681E+17 0.0

N=

0 0 0.87663E+16 0.19545E+17 0.34797E+17 0.57910E+17 0.93943E+17 0.15063E+18 0.23991E+18 0.40570E+18 0.52669E+18  
 0.62836E+18 0.71417E+18 0.83710E+18 0.86933E+18 0.87616E+18 0.85032E+18 0.78064E+18 0.73800E+18 0.68501E+18  
 0.61993E+18 0.54606E+18 0.43816E+18 0.35572E+18 0.28572E+18 0.22228E+16 0.16066E+18 0.96816E+17 0.72289E+17-0.50877E+17  
 -0.13973E+18-0.23994E+16-0.17133E+18-0.11093E+18-0.11057E+17 0.24343E+17-0.45743E+17-0.28473E+17-0.16491E+17-0.75519E+16 0.0

M=

1 0 0.14450E+17 0.29627E+17 0.46125E+17 0.64206E+17 0.83466E+17 0.10223E+18 0.11652E+18 0.11654E+18 0.92072E+17  
 0.82778E+17 0.82395E+17 0.98164E+17 0.121214E+18 0.15711E+18 0.20848E+18 0.28313E+18 0.38944E+18 0.44249E+18 0.50385E+18  
 0.57511E+18 0.62828E+18 0.76597E+18 0.83953E+18 0.85818E+18 0.91041E+18 0.91823E+18 0.91381E+18 0.90157E+18 0.88592E+18  
 0.87113E+18 0.85789E+18 0.59929E+18 0.41811E+18 0.28925E+18 0.196631E+18 0.12923E+18 0.78013E+17 0.36681E+17 0.0

N=

0 0 0.87663E+16 0.19545E+17 0.34797E+17 0.57910E+17 0.93943E+17 0.15063E+18 0.23991E+18 0.40570E+18 0.52669E+18  
 0.62836E+18 0.71417E+18 0.83710E+18 0.86933E+18 0.87616E+18 0.85032E+18 0.78064E+18 0.73800E+18 0.68501E+18  
 0.61993E+18 0.54606E+18 0.43816E+18 0.35572E+18 0.28572E+18 0.22228E+16 0.16066E+18 0.96816E+17 0.72289E+17-0.50877E+17  
 -0.13973E+18-0.23994E+16-0.17133E+18-0.11093E+18-0.11057E+17 0.24343E+17-0.45743E+17-0.28473E+17-0.16491E+17-0.75519E+16 0.0

0.0 0.14420E+17 0.29627E+17 0.46125E+17 0.64206E+17 0.83466E+17 0.10223E+18 0.11652E+18 0.11654E+18 0.92072E+17  
 0.82778E+17 0.85393E+17 0.98164E+17 0.12141E+18 0.15711E+18 0.20898E+16 0.28313E+18 0.38944E+16 0.44249E+18 0.50385E+18  
 0.57511E+16 0.62828E+18 0.76597E+18 0.83953E+18 0.88581E+18 0.91041E+18 0.91823E+18 0.91381E+16 0.90157E+18 0.88592E+18  
 0.87113E+16 0.85789E+16 0.59926E+18 0.41811E+18 0.28925E+18 0.19681E+16 0.12923E+18 0.78013E+17 0.36681E+17 0.0  
  
 N= 2  
 0.0 0.82636E+18 0.74471E+18 0.78432E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18  
 0.61993E+18 0.54060E+18 0.43816E+18 0.28572E+18 0.28572E+18 0.16066E+18 0.16066E+18 0.16066E+18 0.16066E+18 0.16066E+18  
 -0.13973E+18-0.23994E+18-0.17133E+18-0.11093E+18-0.71583E+17-0.45743E+17-0.28473E+17-0.16491E+17-0.75519E+16 0.0  
  
 M= 5  
 N= 1  
 0.0 0.14450E+17 0.29627E+17 0.46125E+17 0.64206E+17 0.83466E+17 0.10223E+18 0.11652E+18 0.11654E+18 0.92072E+17  
 0.82778E+17 0.85393E+17 0.98164E+17 0.12141E+18 0.15711E+18 0.20898E+16 0.28313E+18 0.38944E+18 0.44249E+18 0.50385E+18  
 0.57511E+18 0.62828E+18 0.76597E+18 0.83953E+18 0.88581E+18 0.91041E+18 0.91823E+18 0.91381E+16 0.90157E+18 0.88592E+18  
 0.87113E+18 0.85789E+18 0.59926E+18 0.41811E+18 0.28925E+18 0.19681E+16 0.12923E+18 0.78013E+17 0.36681E+17 0.0  
  
 N= 2  
 0.0 0.82836E+16 0.74471E+16 0.78432E+16 0.83710E+16 0.86933E+16 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18  
 0.61993E+16 0.54060E+16 0.43816E+16 0.35572E+18 0.28572E+18 0.22228E+16 0.22228E+16 0.16066E+18 0.16066E+18 0.16066E+18  
 -0.13973E+16-0.23994E+16-0.17133E+16-0.11093E+16-0.71583E+17-0.45743E+17-0.28473E+17-0.16491E+17-0.75519E+16 0.0  
  
 M= 6  
 N= 1  
 0.0 0.14450E+17 0.29627E+17 0.46125E+17 0.64206E+17 0.83466E+17 0.10223E+18 0.11652E+18 0.11654E+18 0.92072E+17  
 0.82778E+17 0.85393E+17 0.98164E+17 0.12141E+18 0.15711E+18 0.20898E+16 0.28313E+18 0.38944E+18 0.44249E+18 0.50385E+18  
 0.57511E+18 0.62828E+18 0.76597E+18 0.83953E+18 0.88581E+18 0.91041E+18 0.91823E+18 0.91381E+16 0.90157E+18 0.88592E+18  
 0.87113E+18 0.85789E+18 0.59926E+18 0.41811E+18 0.28925E+18 0.19681E+18 0.12923E+18 0.78013E+17 0.36681E+17 0.0  
  
 N= 2  
 0.0 0.82836E+16 0.74471E+16 0.78432E+16 0.83710E+16 0.86933E+16 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18 0.87616E+18  
 0.61993E+16 0.54060E+16 0.43816E+16 0.35572E+18 0.28572E+18 0.22228E+16 0.22228E+16 0.16066E+18 0.16066E+18 0.16066E+18  
 -0.13973E+16-0.23994E+16-0.17133E+16-0.11093E+16-0.71583E+17-0.45743E+17-0.28473E+17-0.16491E+17-0.75519E+16 0.0  
  
 PHI:FLUX  
 I= 1  
 LC= 1  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
  
 LC= 2  
 0.18764E+15 0.18741E+15 0.18672E+15 0.18556E+15 0.18394E+15 0.18186E+15 0.17931E+15 0.17629E+15 0.17279E+15 0.17162E+15  
 0.17182E+15 0.17347E+15 0.17581E+15 0.18224E+15 0.18346E+15 0.18037E+15 0.17357E+15 0.17078E+15 0.17560E+15  
 0.181860E+15 0.19203E+14 0.179183E+14 0.184468E+14 0.193116E+14 0.171246E+14 0.22095E+14 0.16786E+14 0.11874E+14 0.83937E+13  
 0.19486E+13 0.13399E+13 0.0  
  
 LC= 3  
 0.39599E+15 0.39550E+15 0.39403E+15 0.39159E+15 0.38816E+15 0.38375E+15 0.37836E+15 0.37197E+15 0.36558E+15 0.36208E+15  
 0.36261E+15 0.36587E+15 0.37117E+15 0.35848E+15 0.38994E+15 0.38814E+15 0.36872E+15 0.37772E+15 0.36702E+15 0.28856E+15  
 0.22204E+15 0.21871E+15 0.16862E+15 0.12447E+15 0.91821E+14 0.67564E+14 0.49430E+14 0.37515E+14 0.23291E+14 0.17124E+14  
 0.11207E+14 0.12627E+14 0.0  
  
 LC= 4  
 0.64782E+15 0.64701E+15 0.646660E+15 0.64058E+15 0.63494E+15 0.62770E+15 0.61884E+15 0.60836E+15 0.59625E+15 0.59209E+15  
 0.68853E+15 0.65916E+15 0.60960E+15 0.64460E+15 0.61136E+15 0.61029E+15 0.67902E+15 0.62086E+15 0.61984E+15 0.47856E+15  
 0.181823E+15 0.21711E+15 0.27998E+15 0.20667E+15 0.15247E+15 0.112149E+15 0.17149E+15 0.12548E+15 0.90766E+14 0.24204E+14 0.28441E+14  
 0.26767E+14 0.12627E+14 0.0  
  
 LC= 5  
 0.97023E+15 0.96920E+15 0.94538E+15 0.92931E+15 0.90826E+15 0.92991E+15 0.92657E+15 0.91081E+15 0.91339E+16 0.12447E+16  
 0.88853E+15 0.85964E+15 0.91613E+15 0.93747E+15 0.91029E+15 0.87902E+15 0.92687E+15 0.89648E+15 0.81021E+15 0.73025E+15  
 0.12797E+16 0.12953E+16 0.13251F+16 0.13919E+16 0.14159E+16 0.14037E+16 0.13600E+16 0.12486E+16 0.11930E+16 0.10766E+16  
 0.94248E+15 0.19347E+15 0.63191E+15 0.46656E+15 0.34426E+15 0.25337E+15 0.18540E+15 0.13412E+15 0.94397E+14 0.64261E+14  
 0.39229E+14 0.18706E+14 0.0  
  
 LC= 6  
 0.13929E+16 0.13902E+16 0.13902E+16 0.13814E+16 0.13690F+16 0.13532E+16 0.13110E+16 0.12447E+16 0.1253E+16  
 0.12797E+16 0.12953E+16 0.13251F+16 0.13919E+16 0.14159E+16 0.14037E+16 0.13600E+16 0.12486E+16 0.11930E+16 0.10766E+16  
 0.94248E+15 0.19347E+15 0.63191E+15 0.46656E+15 0.34426E+15 0.25337E+15 0.18540E+15 0.13412E+15 0.94397E+14 0.64261E+14  
 0.39229E+14 0.18706E+14 0.0  
  
 LC= 7  
 0.19127E+16 0.19702E+16 0.19527E+16 0.19501E+16 0.19325E+16 0.19099E+16 0.18824E+16 0.18500E+16 0.18126E+16 0.17989E+16

0.18069E+16	0.18346E+16	0.18810E+16	0.19878E+16	0.20316E+16	0.20214E+16	0.19640E+16	0.18952E+16	0.17301E+16	0.15635E+16
0.11302E+16	0.11524E+16	0.11961E+15	0.19196E+15	0.67910E+15	0.50119E+15	0.36869E+15	0.26994E+15	0.19529E+15	0.93585E+15
0.57613E+14	0.21245E+14	0.0							
LC = 8									
0.21544E+16	0.21298E+16	0.27401E+16	0.27223E+16	0.26975E+16	0.26626E+16	0.25812E+16	0.25267E+16	0.25088E+16	0.25267E+16
0.25220E+16	0.22664E+16	0.26433E+16	0.28116E+16	0.28911E+16	0.28091E+16	0.28181E+16	0.26818E+16	0.24922E+16	0.22568E+16
0.19198E+16	0.16694E+16	0.13304E+16	0.98249E+15	0.72511E+15	0.53338E+15	0.39067E+15	0.28267E+15	0.20004E+15	0.13548E+15
0.83908E+14	0.39442E+14	0.0							
LC = 9									
0.38118E+16	0.38129E+16	0.37777E+16	0.37777E+16	0.36930E+16	0.36387E+16	0.35748E+16	0.35016E+16	0.34726E+16	0.34726E+16
0.34976E+16	0.35735E+16	0.36920E+16	0.35933E+16	0.40980E+16	0.41143E+16	0.38451E+16	0.35827E+16	0.32498E+16	0.32498E+16
0.28588E+16	0.24074E+16	0.19209E+16	0.14887E+16	0.10472E+16	0.77101E+15	0.40859E+15	0.28904E+15	0.19577E+15	0.19577E+15
0.12054E+15	0.57058E+14	0.0							
LC = 10									
0.45338E+16	0.45337E+16	0.45150E+16	0.44854E+16	0.44434E+16	0.43896E+16	0.43242E+16	0.42476E+16	0.41600E+16	0.41243E+16
0.41594E+16	0.42521E+16	0.44204E+16	0.47666E+16	0.49100E+16	0.50104E+16	0.49188E+16	0.47098E+16	0.43956E+16	0.39933E+16
0.35150E+16	0.29612E+16	0.32664E+16	0.17480E+16	0.12904E+16	0.9504E+15	0.69559E+15	0.50337E+15	0.36297E+15	0.24134E+15
0.14880E+15	0.70219E+14	0.0							
LC = 11									
0.52444E+16	0.52324E+16	0.52143E+16	0.51792E+16	0.51304E+16	0.50579E+16	0.49922E+16	0.48018E+16	0.46000E+16	0.44243E+16
0.48034E+16	0.49222E+16	0.51213E+16	0.55561E+16	0.57931E+16	0.58514E+16	0.55144E+16	0.55252E+16	0.51530E+16	0.46838E+16
0.41225E+16	0.36439E+16	0.27761E+16	0.20524E+16	0.15152E+16	0.11151E+16	0.81688E+15	0.59111E+15	0.41644E+15	0.28344E+15
0.1753E+15	0.82512E+14	0.0							
LC = 12									
0.59215E+16	0.59163E+16	0.58922E+16	0.58527E+16	0.57974E+16	0.57267E+16	0.56403E+16	0.55403E+16	0.54255E+16	0.53778E+16
0.54213E+16	0.52688E+16	0.57933E+16	0.62935E+16	0.65674E+16	0.66370E+16	0.65629E+16	0.62613E+16	0.58523E+16	0.53210E+16
0.46864E+16	0.39586E+16	0.31574E+16	0.23323E+16	0.17219E+16	0.12686E+16	0.92830E+15	0.67180E+15	0.47556E+15	0.32214E+15
0.19830E+15	0.95614E+14	0.0							
LC = 13									
0.62845E+16	0.65725E+16	0.65489E+16	0.65049E+16	0.64436E+16	0.63646E+16	0.62695E+16	0.61576E+16	0.60303E+16	0.59773E+16
0.60336E+16	0.61818E+16	0.64367E+16	0.69911E+16	0.72912E+16	0.73676E+16	0.72466E+16	0.69476E+16	0.64935E+16	0.59032E+16
0.51966E+16	0.43904E+16	0.35020E+16	0.25874E+16	0.19101E+16	0.14065E+16	0.10297E+16	0.74525E+15	0.52752E+15	0.35734E+15
0.22003E+15	0.10406E+15	0.0							
LC = 14									
0.72227E+16	0.72130E+16	0.71844E+16	0.71352E+16	0.70688E+16	0.69823E+16	0.68763E+16	0.67560E+16	0.66163E+16	0.65587E+16
0.66117E+16	0.67831E+16	0.70494E+16	0.76444E+16	0.79620E+16	0.80383E+16	0.78994E+16	0.76213E+16	0.64272E+16	0.64272E+16
0.56261E+16	0.47784E+16	0.36114E+16	0.28152E+16	0.20785E+16	0.15305E+16	0.11205E+16	0.81090E+15	0.57398E+15	0.36880E+15
0.23940E+15	0.11324E+15	0.0							
LC = 15									
0.78415E+16	0.78311E+16	0.77997E+16	0.77477E+16	0.76751E+16	0.75822E+16	0.74699E+16	0.73371E+16	0.71242E+16	0.70785E+16
0.71842E+16	0.73559E+16	0.76330E+16	0.82523E+16	0.85774E+16	0.86456E+16	0.84861E+16	0.81243E+16	0.75840E+16	0.68882E+16
0.60594E+16	0.51170E+16	0.40813E+16	0.30146E+16	0.22255E+16	0.16338E+16	0.11996E+16	0.86814E+15	0.61447E+15	0.41622E+15
0.25628E+15	0.12124E+15	0.0							
LC = 16									
0.84457E+16	0.84346E+16	0.84011E+16	0.83454E+16	0.82678E+16	0.81684E+16	0.80476E+16	0.79508E+16	0.77182E+16	0.76785E+16
0.77376E+16	0.79096E+16	0.81626E+16	0.88162E+16	0.91863E+16	0.90056E+16	0.88044E+16	0.86032E+16	0.72807E+16	0.68032E+16
0.64002E+16	0.54033E+16	0.43088E+16	0.31823E+16	0.23490E+16	0.17293E+16	0.12660E+16	0.91617E+15	0.64844E+15	0.43921E+15
0.27043E+15	0.1427784E+15	0.0							
LC = 17									
0.90432E+16	0.90316E+16	0.89962E+16	0.89372E+16	0.88548E+16	0.87494E+16	0.86210E+16	0.84702E+16	0.82297E+16	0.80776E+16
0.88363E+16	0.84508E+16	0.67226E+16	0.93712E+16	0.96343E+16	0.96571E+16	0.94379E+16	0.90408E+16	0.83833E+16	0.75982E+16
0.66732E+16	0.56450E+16	0.44883E+16	0.33149E+16	0.24467E+16	0.18013E+16	0.13185E+16	0.67519E+15	0.45731E+15	0.34921E+15
0.28156E+15	0.13315E+15	0.0							
LC = 18									
0.96467E+16	0.96343E+16	0.95974E+16	0.95349E+16	0.94481E+16	0.93369E+16	0.92014E+16	0.90419E+16	0.88585E+16	0.87893E+16
0.90510E+16	0.91959E+16	0.94376E+16	0.92416E+16	0.98183E+16	0.10074E+17	0.10053E+17	0.97933E+16	0.93187E+16	0.86571E+16
0.68712E+16	0.57926E+16	0.46159E+16	0.34087E+16	0.25156E+16	0.18510E+16	0.13553E+16	0.86059E+15	0.69392E+15	0.66966E+15
0.28933E+15	0.13683E+15	0.0							
LC = 19									
0.98816E+16	0.98689E+16	0.98310E+16	0.97678E+16	0.96794E+16	0.95661E+16	0.94279E+16	0.92631E+16	0.90776E+16	0.89082E+16
0.90363E+16	0.89889E+16	0.91921E+16	0.94376E+16	0.99218E+16	0.10226E+17	0.10166E+17	0.99054E+16	0.97363E+16	0.78988E+16
0.69245E+16	0.58325E+16	0.46491E+16	0.36331E+16	0.25335E+16	0.18648E+16	0.13646E+16	0.98736E+15	0.69870E+15	0.47137E+15
0.29130E+15	0.13776E+15	0.0							
LC = 20									
0.10121E+17	0.10108E+17	0.10096E+17	0.10005E+17	0.99150E+16	0.97996E+16	0.96588E+16	0.93014E+16	0.92316E+16	0.88015E+16
0.92696E+16	0.94053E+16	0.96337E+16	0.10161E+17	0.10370E+17	0.10005E+17	0.97040E+16	0.95070E+16	0.95070E+16	0.95070E+16

0.69964E+16 0.58671E+16 0.46735E+16 0.34509E+16 0.25465E+16 0.18743E+16 0.13716E+16 0.99227E+15 0.70213E+15 0.47548E+15  
 0.2971E+15 0.1362E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 21  
 0.10365E+17 0.10332E+17 0.10313E+17 0.10247E+17 0.10156E+17 0.10039E+17 0.98951E+16 0.97238E+16 0.95305E+16 0.94607E+16  
 0.94330E+16 0.9680E+16 0.98306E+16 0.10366E+17 0.10305E+17 0.10455E+17 0.10091E+17 0.95609E+16 0.98550E+16 0.79885E+16  
 0.69933E+16 0.58817E+16 0.46869E+16 0.34620E+16 0.25344E+16 0.18800E+16 0.13735E+16 0.99519E+15 0.70415E+15 0.47683E+15  
 0.29353E+15 0.13660E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 22  
 0.10165E+17 0.10603E+17 0.10533E+17 0.10497E+17 0.10404E+17 0.10284E+17 0.10136E+17 0.99624E+16 0.97652E+16 0.96964E+16  
 0.97222E+16 0.98338E+16 0.10092E+17 0.10488E+17 0.10633E+17 0.10313E+17 0.10162E+17 0.96127E+16 0.88647E+16 0.80115E+16  
 0.70016E+16 0.58964E+16 0.46947E+16 0.34660E+16 0.25372E+16 0.18819E+16 0.13770E+16 0.99604E+15 0.70471E+15 0.47718E+15  
 0.29374E+15 0.13691E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 23  
 0.10590E+17 0.10937E+17 0.10886E+17 0.10828E+17 0.10733E+17 0.10611E+17 0.10461E+17 0.10235E+17 0.10010E+17 0.10010E+17  
 0.102027E+17 0.10123E+17 0.10222E+17 0.10499E+17 0.1098E+17 0.10637E+17 0.10253E+17 0.96721E+16 0.89281E+16 0.80361E+16  
 0.70211E+16 0.59033E+16 0.46986E+16 0.34685E+16 0.25367E+16 0.18828E+16 0.13775E+16 0.99333E+15 0.70466E+15 0.47725E+15  
 0.29376E+15 0.13691E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 24  
 0.11091E+17 0.11977E+17 0.11036E+17 0.10966E+17 0.10873E+17 0.10750E+17 0.10599E+17 0.10421E+17 0.10215E+17 0.10146E+17  
 0.10167E+17 0.10368E+17 0.10342E+17 0.10312E+17 0.10469E+17 0.10304E+17 0.94242E+16 0.86802E+16 0.79638E+16  
 0.69235E+16 0.28428E+16 0.4692E+16 0.34317E+16 0.25314E+16 0.18826E+16 0.13626E+16 0.98545E+15 0.69711E+15 0.47198E+15  
 0.29951E+15 0.13736E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 25  
 0.11048E+17 0.11035E+17 0.10994E+17 0.10927E+17 0.10832E+17 0.10711E+17 0.10561E+17 0.10364E+17 0.10179E+17 0.10112E+17  
 0.10166E+17 0.1084E+17 0.10312E+17 0.1032E+17 0.10662E+17 0.1049E+17 0.1030E+17 0.94242E+16 0.86802E+16 0.77953E+16  
 0.68800E+16 0.27110E+16 0.45433E+16 0.33233E+16 0.24734E+16 0.18197E+16 0.13311E+16 0.96266E+15 0.66032E+15 0.46101E+15  
 0.28775E+15 0.13456E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 26  
 0.10593E+17 0.10821E+17 0.10781E+17 0.10715E+17 0.10623E+17 0.10504E+17 0.10359E+17 0.10186E+17 0.99852E+16 0.99206E+16  
 0.99193E+16 0.96192E+16 0.10084E+17 0.97082E+16 0.99445E+16 0.10363E+17 0.10316E+17 0.10137E+17 0.97135E+16 0.92143E+16  
 0.65381E+16 0.55532E+16 0.43178E+16 0.32216E+16 0.23935E+16 0.17335E+16 0.17335E+16 0.12262E+16 0.92749E+15 0.65034E+15 0.44413E+15  
 0.27135E+15 0.12224E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 27  
 0.10595E+17 0.10447E+17 0.10409E+17 0.10346E+17 0.10257E+17 0.10143E+17 0.10003E+17 0.98352E+16 0.96433E+16 0.95822E+16  
 0.95161E+16 0.96192E+16 0.99192E+16 0.97082E+16 0.99201E+16 0.99201E+16 0.96171E+16 0.92614E+16 0.91231E+16 0.79738E+16  
 0.62635E+16 0.52243E+16 0.44544E+16 0.38701E+16 0.28558E+16 0.20585E+16 0.22160E+16 0.15491E+16 0.12166E+16 0.87396E+15 0.62220E+15  
 0.27135E+15 0.12226E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 28  
 0.99889E+16 0.99270E+16 0.98913E+16 0.98316E+16 0.97479E+16 0.97445E+16 0.96400E+16 0.92015E+16 0.9301E+16 0.91670E+16 0.91103E+16  
 0.90992E+16 0.91290E+16 0.91967E+16 0.9357E+16 0.9350E+16 0.9082E+16 0.86767E+16 0.86767E+16 0.81231E+16 0.74415E+16 0.66668E+16  
 0.58050E+16 0.48860E+16 0.46880E+16 0.38701E+16 0.28558E+16 0.20585E+16 0.21060E+16 0.15491E+16 0.11329E+16 0.81917E+15 0.57323E+15 0.39217E+15  
 0.27135E+15 0.12226E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 29  
 0.92886E+16 0.92776E+16 0.92445E+16 0.91692E+16 0.91115E+16 0.90113E+16 0.90400E+16 0.88883E+16 0.87119E+16 0.85158E+16  
 0.82034E+16 0.82234E+16 0.82615E+16 0.86644E+16 0.86167E+16 0.83331E+16 0.79655E+16 0.74395E+16 0.68093E+16 0.60882E+16  
 0.52939E+16 0.49236E+16 0.39257E+16 0.26104E+16 0.19181E+16 0.14108E+16 0.1031E+16 0.74399E+15 0.52748E+15 0.35704E+15  
 0.27135E+15 0.12226E+15 0.0  
 LC<sup>c</sup> 30  
 0.83710E+16 0.83117E+16 0.84870E+16 0.84367E+16 0.83662E+16 0.82751E+16 0.81621E+16 0.80296E+16 0.78244E+16 0.70394E+16  
 0.70255E+16 0.78055E+16 0.74717E+16 0.78881E+16 0.77338E+16 0.75115E+16 0.71260E+16 0.66335E+16 0.60599E+16 0.54021E+16  
 0.44935E+16 0.39288E+16 0.31210E+16 0.23024E+16 0.16974E+16 0.12483E+16 0.91271E+15 0.65978E+15 0.46653E+15 0.31575E+15  
 0.14450E+15 0.91262E+14 0.0  
 LC<sup>c</sup> 31  
 0.76756E+16 0.76908E+16 0.76402E+16 0.75532E+16 0.74524E+16 0.73528E+16 0.65600E+16 0.64789E+16 0.62276E+16 0.62276E+16  
 0.70254E+16 0.70004E+16 0.69199E+16 0.69331E+16 0.69331E+16 0.65330E+16 0.61678E+16 0.57159E+16 0.51971E+16 0.46227E+16  
 0.40924E+16 0.334942E+16 0.26248E+16 0.19360E+16 0.14431E+16 0.10910E+16 0.77560E+15 0.56034E+15 0.39628E+15 0.26816E+15  
 0.14450E+15 0.11999E+14 0.0  
 LC<sup>c</sup> 32  
 0.67597E+16 0.67522E+16 0.67294E+16 0.66913E+16 0.66376E+16 0.65600E+16 0.64789E+16 0.63798E+16 0.62276E+16 0.62276E+16  
 0.61829E+16 0.61330E+16 0.60684E+16 0.59642E+16 0.57919E+16 0.54515E+16 0.50959E+16 0.46559E+16 0.42220E+16 0.37338E+16  
 0.32162E+16 0.26179E+16 0.21235E+16 0.15554E+16 0.11533E+16 0.84419E+15 0.61925E+15 0.31616E+15 0.21388E+15  
 0.13126E+15 0.62164E+14 0.0  
 LC<sup>c</sup> 33  
 0.47511E+16 0.47198E+16 0.47038E+16 0.46771E+16 0.46395E+16 0.45908E+16 0.45305E+16 0.44584E+16 0.43522E+16 0.26311E+16  
 0.43348E+16 0.42831E+16 0.42554E+16 0.41207E+16 0.38310E+16 0.32910E+16 0.29398E+16 0.26311E+15 0.22317E+15 0.15098E+15

0.92875E+14	0.45898E+14	0.0
LC= 34		
0.32895E+16	0.32784E+16	0.32335E+16
0.29907E+16	0.29639E+16	0.29212E+16
0.13286E+16	0.13207E+16	0.12921E+16
0.10534E+16	0.10534E+16	0.10534E+16
0.62500E+14	0.30886E+14	0.0
LC= 35		
0.22790E+16	0.22765E+16	0.22376E+16
0.20857E+16	0.20702E+16	0.20229E+16
0.11100E+16	0.92611E+15	0.54145E+15
0.45233E+14	0.21524E+14	0.0
LC= 36		
0.15254E+16	0.15599E+16	0.15454E+16
0.14101E+16	0.13990E+16	0.13828E+16
0.76120E+15	0.63471E+15	0.50339E+15
0.31240E+14	0.14157E+14	0.0
LC= 37		
0.10208E+16	0.10197E+16	0.10162E+16
0.93422E+15	0.92790E+15	0.92081E+15
0.50297E+15	0.41948E+15	0.33269E+15
0.20637E+14	0.97548E+13	0.0
LC= 38		
0.61707E+15	0.61637E+15	0.61427E+15
0.56731E+15	0.26409E+15	0.26218E+15
0.30513E+15	0.14392E+15	0.14884E+15
0.12233E+14	0.29199E+13	0.0
LC= 39		
0.29042E+15	0.29009E+15	0.28910E+15
0.26579E+15	0.26409E+15	0.25953E+15
0.14392E+15	0.12006E+15	0.92226E+14
0.29081E+13	0.212927E+13	0.0
LC= 40		
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
LC= 1		
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
LC= 2		
0.93148E+14	0.93152E+14	0.93171E+14
0.93340E+14	0.93645E+14	0.96248E+14
0.63066E+14	0.58501E+14	0.56312E+14
0.76091E+13	0.36648E+13	0.0
LC= 3		
0.19247E+15	0.19247E+15	0.19250E+15
0.16652E+15	0.16715E+15	0.19286E+15
0.13114E+15	0.12167E+15	0.11713E+15
0.12830E+14	0.75907E+13	0.0
LC= 4		
0.30339E+15	0.30333E+15	0.30336E+15
0.30990E+15	0.31261E+15	0.30382E+15
0.42925E+15	0.42921E+15	0.42896E+15
0.43371E+15	0.43631E+15	0.44114E+15
0.20893E+15	0.19391E+15	0.86714E+15
0.36333E+14	0.17423E+14	0.0
LC= 5		
0.56880E+15	0.56868E+15	0.56832E+15
0.26948E+15	0.27403E+15	0.28233E+15
0.40108E+15	0.37813E+15	0.36433E+15

0.49320E+14 0.23621E+14 0.0  
 LC<sub>7</sub>  
 0.7109E+15 0.71082E+15 0.71002E+15 0.70879E+15 0.70728E+15 0.70442E+15 0.70378E+15 0.70344E+15 0.70027E+15  
 0.70322E+15 0.70094E+15 0.72391E+15 0.72331E+15 0.72166E+15 0.70929E+15 0.68710E+15 0.69306E+15 0.61202E+15 0.57030E+15  
 0.52524E+15 0.49525E+15 0.4093E+15 0.43377E+15 0.38122E+15 0.31524E+15 0.25155E+15 0.19421E+15 0.10120E+15  
 0.63919E+14 0.30804E+14 0.0  
 LC<sub>8</sub>  
 0.8292E+15 0.82533E+15 0.82379E+15 0.82224E+15 0.81785E+15 0.81342E+15 0.80933E+15 0.80603E+15 0.80108E+15 0.79443E+15  
 0.7987E+15 0.81061E+15 0.83212E+15 0.85722E+15 0.85050E+15 0.85186E+15 0.82977E+15 0.79443E+15 0.74770E+15 0.69408E+15  
 0.64427E+15 0.2998UE+15 0.57375E+15 0.53187E+15 0.46640E+15 0.38576E+15 0.30787E+15 0.23773E+15 0.17660E+15 0.12390E+15  
 0.76137E+14 0.31472E+14 0.0  
 LC<sub>9</sub>  
 0.84608E+15 0.84510E+15 0.84218E+15 0.83735E+15 0.83067E+15 0.81206E+15 0.81206E+15 0.80394E+15 0.78713E+15 0.77613E+15  
 0.78332E+15 0.80277E+15 0.83304E+15 0.83212E+15 0.85186E+15 0.85050E+15 0.92206E+15 0.92222E+15 0.87833E+15 0.83141E+15 0.7759E+15  
 0.71196E+15 0.66897E+15 0.64318E+15 0.64211E+15 0.60414E+15 0.52421E+15 0.43364E+15 0.346418E+15 0.26736E+15 0.19865E+15 0.13939E+15  
 0.81713E+14 0.42163E+14 0.0  
 LC<sub>10</sub>  
 0.82812E+15 0.82743E+15 0.82357E+15 0.81712E+15 0.80808E+15 0.79544E+15 0.78212E+15 0.76511E+15 0.74535E+15 0.73202E+15  
 0.73110E+15 0.76487E+15 0.83888E+15 0.99588E+15 0.93574E+15 0.95127E+15 0.94114E+15 0.91445E+15 0.86312E+15 0.80832E+15  
 0.74595E+12 0.69991E+12 0.67665E+15 0.63239E+15 0.543229E+15 0.45458E+15 0.43364E+15 0.43364E+15 0.26736E+15 0.19865E+15 0.14620E+15  
 0.92233E+14 0.44226E+14 0.0  
 LC<sub>11</sub>  
 0.84438E+15 0.86287E+15 0.82835E+15 0.835077E+15 0.84010E+15 0.82527E+15 0.80917E+15 0.78867E+15 0.76457E+15 0.74921E+15  
 0.72398E+15 0.78133E+15 0.83889E+15 0.93613E+15 0.99223E+15 0.99223E+15 0.10349E+16 0.10349E+16 0.10063E+16 0.9759E+15 0.86738E+15  
 0.80321E+12 0.72220E+15 0.72752E+15 0.68669E+15 0.59380E+15 0.48898E+15 0.48898E+15 0.39066E+15 0.39066E+15 0.30182E+15 0.22435E+15 0.15220E+15  
 0.99221E+14 0.47188E+14 0.0  
 LC<sub>12</sub>  
 0.92522E+15 0.92249E+15 0.92049E+15 0.91204E+15 0.90013E+15 0.88466E+15 0.86550E+15 0.93655E+15 0.91166E+15 0.88246E+15 0.81531E+15 0.79828E+15  
 0.80136E+12 0.84333E+15 0.89780E+15 0.93980E+15 0.10079E+16 0.10105E+16 0.10451E+16 0.10884E+16 0.10564E+16 0.10055E+16 0.94000E+15  
 0.8264E+15 0.88112E+15 0.85306E+15 0.85306E+15 0.78860E+15 0.64048E+15 0.53012E+15 0.42332E+15 0.42332E+15 0.32701E+15 0.24302E+15 0.17035E+15  
 0.11637E+12 0.22612E+14 0.0  
 LC<sub>13</sub>  
 0.10333E+16 0.10044E+16 0.99600E+15 0.78868E+15 0.97399E+15 0.95726E+15 0.93655E+15 0.93655E+15 0.91166E+15 0.88231E+15 0.86390E+15 0.86390E+15  
 0.87311E+12 0.94946E+15 0.97150E+15 0.10302E+16 0.11281E+16 0.11847E+16 0.11775E+16 0.11775E+16 0.11775E+16 0.11775E+16 0.10887E+16 0.10171E+16  
 0.94298E+15 0.88112E+15 0.85306E+15 0.85306E+15 0.79321E+15 0.69283E+15 0.57345E+15 0.45792E+15 0.45792E+15 0.35374E+15 0.26288E+15 0.18447E+15  
 0.11637E+12 0.22612E+14 0.0  
 LC<sub>14</sub>  
 0.10545E+16 0.10835E+16 0.10777E+16 0.10681E+16 0.110546E+16 0.10370E+16 0.10152E+16 0.98914E+15 0.95846E+15 0.93899E+15 0.93899E+15 0.93899E+15  
 0.94296E+15 0.98102E+15 0.10228E+16 0.11773E+16 0.12499E+16 0.12552E+16 0.12665E+16 0.12665E+16 0.12665E+16 0.12835E+16 0.11692E+16 0.10928E+16  
 0.10141E+16 0.94736E+15 0.97482E+15 0.97482E+15 0.91625E+15 0.85729E+15 0.74408E+15 0.61566E+15 0.49118E+15 0.37998E+15 0.26288E+15 0.19812E+15  
 0.12496E+15 0.59932E+14 0.0  
 LC<sub>15</sub>  
 0.1110E+16 0.11688E+16 0.11639E+16 0.11551E+16 0.11551E+16 0.11211E+16 0.11211E+16 0.11092E+16 0.10788E+16 0.1049E+16 0.10218E+16  
 0.1025E+16 0.1114E+16 0.11392E+16 0.12631E+16 0.13361E+16 0.13693E+16 0.13513E+16 0.13513E+16 0.13513E+16 0.12441E+16 0.11634E+16  
 0.10194E+16 0.10081E+16 0.10081E+16 0.97482E+15 0.91200E+15 0.95959E+15 0.52309E+15 0.52309E+15 0.40401E+15 0.30021E+15 0.21072E+15  
 0.13911E+12 0.63146E+14 0.0  
 LC<sub>16</sub>  
 0.12603E+16 0.12549E+16 0.12526E+16 0.12429E+16 0.12293E+16 0.12118E+16 0.11903E+16 0.11903E+16 0.11552E+16 0.112728E+16 0.11152E+16  
 0.11159E+16 0.11671E+16 0.12326E+16 0.13532E+16 0.14202E+16 0.14202E+16 0.14288E+16 0.14288E+16 0.13821E+16 0.13122E+16 0.12266E+16  
 0.111569E+16 0.11055E+16 0.10951E+16 0.10251E+16 0.95959E+15 0.86650E+15 0.73231E+15 0.68930E+15 0.55037E+15 0.42512E+15 0.31590E+15 0.22166E+15  
 0.13982E+15 0.67060E+14 0.0  
 LC<sub>17</sub>  
 0.13898E+16 0.13511E+16 0.13511E+16 0.13428E+16 0.13304E+16 0.13105E+16 0.12953E+16 0.12953E+16 0.12471E+16 0.12281E+16 0.11152E+16  
 0.12361E+16 0.12479E+16 0.13391E+16 0.14430E+16 0.15093E+16 0.15181E+16 0.14976E+16 0.14976E+16 0.13676E+16 0.12783E+16 0.12783E+16  
 0.111640E+16 0.11055E+16 0.10951E+16 0.10251E+16 0.95959E+15 0.86650E+15 0.73231E+15 0.68930E+15 0.55037E+15 0.42512E+15 0.31590E+15 0.23604E+15  
 0.14431E+15 0.69635E+14 0.0  
 LC<sub>18</sub>  
 0.14779E+16 0.14721E+16 0.146520E+16 0.14552E+16 0.15237E+16 0.15156E+16 0.14945E+16 0.14945E+16 0.14557E+16 0.14557E+16 0.14557E+16  
 0.13535E+16 0.13333E+16 0.13298E+16 0.13298E+16 0.1593E+16 0.1593E+16 0.15181E+16 0.15181E+16 0.14250E+16 0.14250E+16 0.14250E+16  
 0.14432E+16 0.14910E+16 0.15393E+16 0.15393E+16 0.16191E+16 0.16191E+16 0.16187E+16 0.16187E+16 0.13782E+15 0.13782E+15 0.13782E+15  
 0.12245E+16 0.11434E+16 0.11434E+16 0.11434E+16 0.11003E+16 0.11003E+16 0.10284E+16 0.10284E+16 0.45278E+15 0.33640E+15 0.23604E+15  
 0.14938E+15 0.71632E+14 0.0

LC=	20	0.1598E+16 0.1598E+16 0.15958E+16 0.15913E+16 0.15854E+16 0.15786E+16 0.15713E+16 0.15643E+16 0.15587E+16 0.15466E+16 0.15398E+16 0.15279E+16 0.15143E+16 0.15028E+16 0.14930E+16 0.14831E+16 0.14730E+16 0.14635E+16 0.14538E+16 0.14331E+16 0.14229E+16 0.14143E+16 0.14028E+16 0.13931E+16 0.13834E+16 0.13737E+15 0.13642E+15 0.13545E+15 0.13448E+15 0.13351E+16 0.14229E+15 0.14143E+14 0.0
LC=	21	0.1675E+16 0.1670E+16 0.16733E+16 0.16707E+16 0.16676E+16 0.16646E+16 0.16620E+16 0.16647E+16 0.16557E+16 0.16557E+16 0.16662E+16 0.16632E+16 0.16602E+16 0.16572E+16 0.16542E+16 0.16512E+16 0.16482E+16 0.16452E+16 0.16422E+16 0.16392E+16 0.16404E+15 0.16374E+15 0.16344E+15 0.16314E+15 0.16284E+15 0.16254E+15 0.16224E+15 0.16194E+15 0.16164E+15 0.16134E+15 0.16104E+15 0.16074E+15 0.16044E+15 0.16014E+15 0.15984E+15 0.15954E+15 0.15924E+15 0.15894E+15 0.15864E+15 0.15834E+15 0.15804E+15 0.15774E+15 0.15744E+15 0.15714E+15 0.15684E+15 0.15654E+15 0.15624E+15 0.15594E+15 0.15564E+15 0.15534E+15 0.15504E+15 0.15474E+15 0.15444E+15 0.15414E+15 0.15384E+15 0.15354E+15 0.15324E+15 0.15294E+15 0.15264E+15 0.15234E+15 0.15204E+15 0.15174E+15 0.15144E+15 0.15114E+15 0.15084E+15 0.15054E+15 0.15024E+15 0.15004E+15 0.14974E+15 0.14944E+15 0.14914E+15 0.14884E+15 0.14854E+15 0.14824E+15 0.14794E+15 0.14764E+15 0.14734E+15 0.14704E+15 0.14674E+15 0.14644E+15 0.14614E+15 0.14584E+15 0.14554E+15 0.14524E+15 0.14494E+15 0.14464E+15 0.14434E+15 0.14404E+15 0.14374E+15 0.14344E+15 0.14314E+15 0.14284E+15 0.14254E+15 0.14224E+15 0.14194E+15 0.14164E+15 0.14134E+15 0.14104E+15 0.14074E+15 0.14044E+15 0.14014E+15 0.13984E+15 0.13954E+15 0.13924E+15 0.13894E+15 0.13864E+15 0.13834E+15 0.13804E+15 0.13774E+15 0.13744E+15 0.13714E+15 0.13684E+15 0.13654E+15 0.13624E+15 0.13594E+15 0.13564E+15 0.13534E+15 0.13504E+15 0.13474E+15 0.13444E+15 0.13414E+15 0.13384E+15 0.13354E+15 0.13324E+15 0.13294E+15 0.13264E+15 0.13234E+15 0.13204E+15 0.13174E+15 0.13144E+15 0.13114E+15 0.13084E+15 0.13054E+15 0.13024E+15 0.13004E+15 0.12974E+15 0.12944E+15 0.12914E+15 0.12884E+15 0.12854E+15 0.12824E+15 0.12794E+15 0.12764E+15 0.12734E+15 0.12704E+15 0.12674E+15 0.12644E+15 0.12614E+15 0.12584E+15 0.12554E+15 0.12524E+15 0.12494E+15 0.12464E+15 0.12434E+15 0.12404E+15 0.12374E+15 0.12344E+15 0.12314E+15 0.12284E+15 0.12254E+15 0.12224E+15 0.12194E+15 0.12164E+15 0.12134E+15 0.12104E+15 0.12074E+15 0.12044E+15 0.12014E+15 0.11984E+15 0.11954E+15 0.11924E+15 0.11894E+15 0.11864E+15 0.11834E+15 0.11804E+15 0.11774E+15 0.11744E+15 0.11714E+15 0.11684E+15 0.11654E+15 0.11624E+15 0.11594E+15 0.11564E+15 0.11534E+15 0.11504E+15 0.11474E+15 0.11444E+15 0.11414E+15 0.11384E+15 0.11354E+15 0.11324E+15 0.11294E+15 0.11264E+15 0.11234E+15 0.11204E+15 0.11174E+15 0.11144E+15 0.11114E+15 0.11084E+15 0.11054E+15 0.11024E+15 0.10994E+15 0.10964E+15 0.10934E+15 0.10904E+15 0.10874E+15 0.10844E+15 0.10814E+15 0.10784E+15 0.10754E+15 0.10724E+15 0.10694E+15 0.10664E+15 0.10634E+15 0.10604E+15 0.10574E+15 0.10544E+15 0.10514E+15 0.10484E+15 0.10454E+15 0.10424E+15 0.10394E+15 0.10364E+15 0.10334E+15 0.10304E+15 0.10274E+15 0.10244E+15 0.10214E+15 0.10184E+15 0.10154E+15 0.10124E+15 0.10094E+15 0.10064E+15 0.10034E+15 0.10004E+15 0.9974E+15 0.9944E+15 0.9914E+15 0.9884E+15 0.9854E+15 0.9824E+15 0.9794E+15 0.9764E+15 0.9734E+15 0.9704E+15 0.9674E+15 0.9644E+15 0.9614E+15 0.9584E+15 0.9554E+15 0.9524E+15 0.9494E+15 0.9464E+15 0.9434E+15 0.9404E+15 0.9374E+15 0.9344E+15 0.9314E+15 0.9284E+15 0.9254E+15 0.9224E+15 0.9194E+15 0.9164E+15 0.9134E+15 0.9104E+15 0.9074E+15 0.9044E+15 0.9014E+15 0.8984E+15 0.8954E+15 0.8924E+15 0.8894E+15 0.8864E+15 0.8834E+15 0.8804E+15 0.8774E+15 0.8744E+15 0.8714E+15 0.8684E+15 0.8654E+15 0.8624E+15 0.8594E+15 0.8564E+15 0.8534E+15 0.8504E+15 0.8474E+15 0.8444E+15 0.8414E+15 0.8384E+15 0.8354E+15 0.8324E+15 0.8294E+15 0.8264E+15 0.8234E+15 0.8204E+15 0.8174E+15 0.8144E+15 0.8114E+15 0.8084E+15 0.8054E+15 0.8024E+15 0.7994E+15 0.7964E+15 0.7934E+15 0.7904E+15 0.7874E+15 0.7844E+15 0.7814E+15 0.7784E+15 0.7754E+15 0.7724E+15 0.7694E+15 0.7664E+15 0.7634E+15 0.7604E+15 0.7574E+15 0.7544E+15 0.7514E+15 0.7484E+15 0.7454E+15 0.7424E+15 0.7394E+15 0.7364E+15 0.7334E+15 0.7304E+15 0.7274E+15 0.7244E+15 0.7214E+15 0.7184E+15 0.7154E+15 0.7124E+15 0.7094E+15 0.7064E+15 0.7034E+15 0.7004E+15 0.6974E+15 0.6944E+15 0.6914E+15 0.6884E+15 0.6854E+15 0.6824E+15 0.6794E+15 0.6764E+15 0.6734E+15 0.6704E+15 0.6674E+15 0.6644E+15 0.6614E+15 0.6584E+15 0.6554E+15 0.6524E+15 0.6494E+15 0.6464E+15 0.6434E+15 0.6404E+15 0.6374E+15 0.6344E+15 0.6314E+15 0.6284E+15 0.6254E+15 0.6224E+15 0.6194E+15 0.6164E+15 0.6134E+15 0.6104E+15 0.6074E+15 0.6044E+15 0.6014E+15 0.5984E+15 0.5954E+15 0.5924E+15 0.5894E+15 0.5864E+15 0.5834E+15 0.5804E+15 0.5774E+15 0.5744E+15 0.5714E+15 0.5684E+15 0.5654E+15 0.5624E+15 0.5594E+15 0.5564E+15 0.5534E+15 0.5504E+15 0.5474E+15 0.5444E+15 0.5414E+15 0.5384E+15 0.5354E+15 0.5324E+15 0.5294E+15 0.5264E+15 0.5234E+15 0.5204E+15 0.5174E+15 0.5144E+15 0.5114E+15 0.5084E+15 0.5054E+15 0.5024E+15 0.4994E+15 0.4964E+15 0.4934E+15 0.4904E+15 0.4874E+15 0.4844E+15 0.4814E+15 0.4784E+15 0.4754E+15 0.4724E+15 0.4694E+15 0.4664E+15 0.4634E+15 0.4604E+15 0.4574E+15 0.4544E+15 0.4514E+15 0.4484E+15 0.4454E+15 0.4424E+15 0.4394E+15 0.4364E+15 0.4334E+15 0.4304E+15 0.4274E+15 0.4244E+15 0.4214E+15 0.4184E+15 0.4154E+15 0.4124E+15 0.4094E+15 0.4064E+15 0.4034E+15 0.4004E+15 0.3974E+15 0.3944E+15 0.3914E+15 0.3884E+15 0.3854E+15 0.3824E+15 0.3794E+15 0.3764E+15 0.3734E+15 0.3704E+15 0.3674E+15 0.3644E+15 0.3614E+15 0.3584E+15 0.3554E+15 0.3524E+15 0.3494E+15 0.3464E+15 0.3434E+15 0.3404E+15 0.3374E+15 0.3344E+15 0.3314E+15 0.3284E+15 0.3254E+15 0.3224E+15 0.3194E+15 0.3164E+15 0.3134E+15 0.3104E+15 0.3074E+15 0.3044E+15 0.3014E+15 0.2984E+15 0.2954E+15 0.2924E+15 0.2894E+15 0.2864E+15 0.2834E+15 0.2804E+15 0.2774E+15 0.2744E+15 0.2714E+15 0.2684E+15 0.2654E+15 0.2624E+15 0.2594E+15 0.2564E+15 0.2534E+15 0.2504E+15 0.2474E+15 0.2444E+15 0.2414E+15 0.2384E+15 0.2354E+15 0.2324E+15 0.2294E+15 0.2264E+15 0.2234E+15 0.2204E+15 0.2174E+15 0.2144E+15 0.2114E+15 0.2084E+15 0.2054E+15 0.2024E+15 0.1994E+15 0.1964E+15 0.1934E+15 0.1904E+15 0.1874E+15 0.1844E+15 0.1814E+15 0.1784E+15 0.1754E+15 0.1724E+15 0.1694E+15 0.1664E+15 0.1634E+15 0.1604E+15 0.1574E+15 0.1544E+15 0.1514E+15 0.1484E+15 0.1454E+15 0.1424E+15 0.1394E+15 0.1364E+15 0.1334E+15 0.1304E+15 0.1274E+15 0.1244E+15 0.1214E+15 0.1184E+15 0.1154E+15 0.1124E+15 0.1094E+15 0.1064E+15 0.1034E+15 0.1004E+15 0.974E+15 0.944E+15 0.914E+15 0.884E+15 0.854E+15 0.824E+15 0.794E+15 0.764E+15 0.734E+15 0.704E+15 0.674E+15 0.644E+15 0.614E+15 0.584E+15 0.554E+15 0.524E+15 0.494E+15 0.464E+15 0.434E+15 0.404E+15 0.374E+15 0.344E+15 0.314E+15 0.284E+15 0.254E+15 0.224E+15 0.194E+15 0.164E+15 0.134E+15 0.104E+15 0.74E+15 0.44E+15 0.14E+15 0.0E+15 0.0E+15 0.0E+15

0.14183E+16 0.14191E+16 0.14242E+16 0.14320E+16 0.14440E+16 0.14611E+16 0.14846E+16 0.15170E+16 0.15601E+16 0.15697E+16  
 0.15611E+16 0.1513E+16 0.1349E+16 0.12424E+16 0.12424E+16 0.1158E+16 0.1060E+16 0.1060E+16 0.1022E+16 0.92145E+15 0.84096E+15  
 0.7632E+15 0.7053E+15 0.6764E+15 0.6293E+15 0.54432E+15 0.44343E+14 0.43433E+14 0.0  
 0.90325E+14 0.43433E+14 0.0  
 LC= 34  
 0.11566E+16 0.11591E+16 0.11630E+16 0.11689E+16 0.11719E+16 0.11909E+16 0.12090E+16 0.12336E+16 0.12667E+16 0.12737E+16  
 0.12666E+16 0.12557E+16 0.12320E+16 0.11058E+16 0.10266E+16 0.9589E+15 0.8969E+15 0.8360E+15 0.7676E+15 0.70168E+15  
 0.63999E+15 0.58994E+15 0.56565E+15 0.52644E+15 0.45531E+15 0.37600E+15 0.29968E+15 0.23116E+15 0.17126E+15 0.12030E+15  
 0.72837E+14 0.36354E+14 0.0  
 LC= 35  
 0.89610E+15 0.96688E+15 0.99930E+15 0.90360E+15 0.91020E+15 0.91974E+15 0.93301E+15 0.95120E+15 0.97573E+15 0.98063E+15  
 0.97774E+15 0.96774E+15 0.95167E+15 0.85890E+15 0.79753E+15 0.74829E+15 0.70126E+15 0.65260E+15 0.60180E+15 0.55037E+15  
 0.50206E+15 0.46327E+15 0.44427E+15 0.41355E+15 0.35779E+15 0.29545E+15 0.23550E+15 0.18166E+15 0.13488E+15 0.94546E+14  
 0.59599E+14 0.28513E+14 0.0  
 LC= 36  
 0.66088E+15 0.66136E+15 0.66300E+15 0.66609E+15 0.67015E+15 0.57750E+15 0.68699E+15 0.69990E+15 0.71742E+15 0.72080E+15  
 0.71810E+15 0.71200E+15 0.70086E+15 0.63433E+15 0.59077E+15 0.55558E+15 0.52105E+12 0.49539E+15 0.44794E+15 0.40987E+15  
 0.37405E+15 0.34522E+15 0.33111E+15 0.30832E+15 0.26677E+15 0.22036E+15 0.17556E+15 0.13547E+15 0.10055E+15 0.70507E+14  
 0.44445E+14 0.21304E+14 0.0  
 LC= 37  
 0.45537E+15 0.45994E+15 0.46105E+15 0.46312E+15 0.46622E+15 0.47082E+15 0.47724E+15 0.48600E+15 0.49790E+15 0.50013E+15  
 0.49886E+15 0.49431E+15 0.46639E+15 0.44183E+15 0.41238E+15 0.38790E+15 0.36433E+15 0.33966E+15 0.31356E+15 0.28704E+15  
 0.26202E+15 0.24130E+15 0.23205E+15 0.21609E+15 0.18698E+15 0.15444E+15 0.12305E+15 0.94956E+14 0.70490E+14 0.49426E+14  
 0.31145E+14 0.14933E+14 0.0  
 LC= 38  
 0.24884E+15 0.28565E+15 0.28935E+15 0.29060E+15 0.29253E+15 0.29533E+15 0.29926E+15 0.30468E+15 0.31203E+15 0.31338E+15  
 0.31203E+15 0.30988E+15 0.30544E+15 0.27753E+15 0.25922E+15 0.24413E+15 0.22944E+15 0.21401E+15 0.19766E+15 0.18099E+15  
 0.16528E+15 0.15220E+15 0.14644E+15 0.13632E+15 0.11736E+15 0.97423E+14 0.77663E+14 0.57733E+14 0.44479E+14 0.31186E+14  
 0.19628E+14 0.94231E+13 0.0  
 LC= 39  
 0.13887E+15 0.13882E+15 0.13915E+15 0.13974E+15 0.14066E+15 0.14199E+15 0.14386E+15 0.14644E+15 0.14994E+15 0.15058E+15  
 0.12030E+15 0.14891E+15 0.14633E+15 0.13352E+15 0.12488E+15 0.11767E+15 0.11066E+15 0.10311E+15 0.14644E+15 0.15058E+15  
 0.79706E+14 0.75594E+14 0.70623E+14 0.65763E+14 0.65763E+14 0.56907E+14 0.46998E+14 0.37466E+14 0.28904E+14 0.21426E+14 0.15045E+14  
 0.94639E+13 0.42470E+13 0.0  
 LC= 40  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 \*\*\*\* \* I JUS I = 1

\*\*\*\*\*NT= 10 TS= 0.10000E-02 SEC\*\*\*\*\*

TEMPERATURE= 0, 10000E+04 (K)

```

 1   NU*SIGHM(A(F))   SIGMA(C)   SIGMA(T)
 1   0.74598E-02  0.14840E-02  60890E-02
 2   0.11069E-01  0.79390E-02  0.11779E-01

FISSION RATE= 0.39132E+20  POWER= 0.11949E+10(WATT)  RAMDA= 0.11979E+01  HEAT SOURCE= 0.11364E+10(WATT)

INSTANTANEOUS REACTIVITY
0.49436E-03D/K  0.15449E+00
```

#### HOU:AMPLITUDE FUNCTION

N= 1

```

 1   0.16522E+17  0.33969E+17  0.5341E+17  0.74531E+17  0.97983E+17  0.12207E+18  0.14201E+18  0.15271E+18  0.13291E+18
 0.12673E+18  0.1394E+18  0.15330E+18  0.1882E+18  0.23974E+18  0.3104E+18  0.4133E+18  0.2441E+18  0.6064E+18
 0.17398E+18  0.8161E+18  0.9226E+18  0.9941E+18  0.10461E+19  0.1010E+19  0.10515E+19  0.10615E+19  0.6704E+18
 0.10239E+19  0.14276E+19  0.70289E+18  0.48341E+18  0.33293E+18  0.22658E+18  0.14738E+18  0.83988E+17  0.10338E+19
 0.11096E+19  0.18086E+19  0.91833E+18  0.72292E+18  0.55251E+18  0.40179E+18  0.26636E+18  0.17242E+18  0.82589E+17  0.0
```

N= 2

```

 1   0.84153E+17  0.84651E+17  0.13037E+17  0.17242E+18  0.22164E+18  0.25255E+18  0.24831E+18  0.16510E+18  0.93531E+18
 0.62511E+17  0.61261E+17  0.6125E+17  0.7741E+17  0.1016E+18  0.15224E+18  0.23452E+18  0.36901E+18  0.43946E+18
 0.62511E+18  0.73493E+18  0.71813E+18  0.10273E+19  0.10599E+19  0.1132E+19  0.11504E+19  0.11535E+19  0.52431E+18
 0.11096E+19  0.18086E+19  0.91833E+18  0.72292E+18  0.55251E+18  0.40179E+18  0.26636E+18  0.17242E+18  0.82589E+17  0.0
```

#### CON:AMPLITUDE FUNCTION

M= 1

```

 1   0.7894E+16  0.17967E+17  0.32922E+17  0.56617E+17  0.95013E+17  0.15779E+18  0.26003E+18  0.42655E+18
 0.70275E+18  0.81205E+18  0.69374E+18  0.95480E+18  0.98275E+18  0.98364E+18  0.94180E+18  0.85516E+18
 0.69388E+18  0.62212E+18  0.52032E+18  0.43532E+18  0.3532E+18  0.28713E+18  0.21558E+18  0.13871E+18  0.7536E+18
 0.17957E+18  0.34246E+18  0.22703E+18  0.15022E+18  0.99499E+17  0.65021E+17  0.41238E+17-J 0.24307E+17-J 0.1249E+17  0.0
```

N= 2

```

 1   0.31062E+17  0.66309E+17  0.11030E+18  0.16428E+18  0.24631E+18  0.35062E+18  0.48173E+18  0.65532E+18
 0.82662E+18  0.99063E+18  0.10166E+19  0.10820E+19  0.11227E+19  0.11498E+19  0.11116E+19  0.96216E+18  0.8838E+18
 0.7839E+18  0.95476E+18  0.49251E+18  0.37165E+18  0.7620E+18  0.12323E+18  0.2564E+17  0.13391E+17  0.74828E+17
 0.11830E+18  0.11599E+18  0.29033E+17  0.12544E+17  0.2860U+17  0.30391E+17  0.26466E+17  0.18701E+17  0.95828E+16  0.0
```

#### HOU:AMPLITUDE FUNCTION

M= 1

```

 1   0.14450E+17  0.29622E+17  0.46126E+17  0.64207E+17  0.83467E+17  0.10223E+18  0.11653E+18  0.11654E+18
 0.82766E+17  0.85400E+17  0.38162E+17  0.12142E+18  0.15711E+18  0.20894E+18  0.28313E+18  0.38945E+18
 0.57511E+18  0.65822E+18  0.76594E+18  0.85681E+18  0.91043E+18  0.91825E+18  0.91382E+18  0.90158E+18
 0.87114E+18  0.85789E+18  0.29922E+18  0.41811E+18  0.19688E+18  0.12923E+18  0.78013E+17  0.36682E+17  0.0
```

N= 2

```

 1   0.87661E+16  0.19546E+17  0.34796E+17  0.57908E+17  0.93942E+17  0.15063E+18  0.23991E+18  0.40570E+18  0.52689E+18
 0.62837E+18  0.71410E+18  0.76432E+18  0.63709E+18  0.86933E+18  0.87013E+18  0.85032E+18  0.73799E+18  0.68503E+18
 0.61993E+18  0.54064E+18  0.43816E+18  0.22927E+18  0.22872E+18  0.2227E+18  0.16064E+18  0.22284E+17  0.50882E+17
 0.13973E+18  0.23994E+18  0.17134E+18  0.11093E+18  0.71586E+17  0.45747E+17  0.28474E+17  0.16492E+17  0.75523E+16  0.0
```

M= 2

```

 1   0.14450E+17  0.29622E+17  0.46126E+17  0.64207E+17  0.83467E+17  0.10223E+18  0.11653E+18  0.11654E+18
 0.82766E+17  0.85396E+17  0.38162E+17  0.12142E+18  0.15711E+18  0.20894E+18  0.28313E+18  0.38945E+18
 0.57511E+18  0.52828E+18  0.63597E+18  0.83709E+18  0.91043E+18  0.91825E+18  0.91381E+18  0.90158E+18
 0.87114E+18  0.95789E+18  0.59927E+18  0.41811E+18  0.19688E+18  0.12923E+18  0.78013E+17  0.36681E+17  0.0
 2   0.87660E+16  0.19546E+17  0.34796E+17  0.57908E+17  0.93942E+17  0.15063E+18  0.23991E+18  0.40570E+18  0.52690E+18
 0.71417E+18  0.54064E+18  0.78432E+18  0.83710E+18  0.86933E+18  0.87013E+18  0.85032E+18  0.73801E+18
 0.61993E+18  0.54064E+18  0.43816E+18  0.22927E+18  0.22272E+18  0.22284E+18  0.16064E+18  0.27866E+17
 0.13973E+18  0.23994E+18  0.17134E+18  0.11093E+18  0.71586E+17  0.45747E+17  0.28475E+17  0.16492E+17  0.75522E+16  0.0
```

M= 3

```

 1   0.14450E+17  0.29622E+17  0.46126E+17  0.64207E+17  0.83467E+17  0.10223E+18  0.11653E+18  0.11654E+18
 0.82766E+17  0.85400E+17  0.38162E+17  0.12142E+18  0.15711E+18  0.20894E+18  0.28313E+18  0.38945E+18
 0.57511E+18  0.52828E+18  0.63597E+18  0.83709E+18  0.91043E+18  0.91825E+18  0.91381E+18  0.90158E+18
 0.87114E+18  0.95789E+18  0.59927E+18  0.41811E+18  0.19688E+18  0.12923E+18  0.78013E+17  0.36681E+17  0.0
 2   0.87660E+16  0.19546E+17  0.34796E+17  0.57908E+17  0.93942E+17  0.15063E+18  0.23991E+18  0.40570E+18  0.52690E+18
 0.71417E+18  0.54064E+18  0.78432E+18  0.83710E+18  0.86933E+18  0.87013E+18  0.85032E+18  0.73801E+18
 0.61993E+18  0.54064E+18  0.43816E+18  0.22927E+18  0.22272E+18  0.22284E+18  0.16064E+18  0.27866E+17
 0.13973E+18  0.23994E+18  0.17134E+18  0.11093E+18  0.71586E+17  0.45747E+17  0.28475E+17  0.16492E+17  0.75522E+16  0.0
```

N=	2	0.87664E+16 0.19549E+17 0.34796E+17 0.57909E+17 0.93942E+17 0.15063E+18 0.23994E+18 0.40571E+18 0.52690E+18 0.62637E+18 0.7147E+18 0.78439E+18 0.83710E+18 0.86932E+18 0.87611E+18 0.85032E+18 0.78062E+18 0.68502E+18 0.61994E+18 0.54061E+18 0.4381E+18 0.3557E+18 0.28512E+18 0.22248E+16 0.15065E+18 0.96820E+17 0.50879E+17 -0.13975E+18 0.23994E+18-0.17134E+18-0.11094E+18-0.11093E+17-0.45746E+17-0.28473E+17-0.46491E+17-0.75521E+16 0.0	
M=	4	0.0 0.14451E+17 0.29626E+17 0.46127E+17 0.64209E+17 0.83469E+17 0.110224E+18 0.111653E+18 0.111654E+18 0.92074E+17 0.82771E+17 0.8539E+17 0.9163E+17 0.12141E+18 0.15711E+18 0.20896E+18 0.28314E+18 0.38546E+18 0.50386E+18 0.57515E+18 0.62830E+18 0.67599E+18 0.53956E+18 0.88503E+18 0.91044E+18 0.91826E+18 0.91364E+18 0.88596E+18 0.87115E+18 0.85792E+18 0.59928E+18 0.41812E+18 0.28926E+18 0.19682E+18 0.12923E+18 0.78015E+17 0.36682E+17 0.0	
N=	2	0.0 0.37655E+16 0.19550E+17 0.34798E+17 0.57911E+17 0.93942E+17 0.12063E+18 0.23992E+16 0.40571E+18 0.52690E+18 0.62839E+18 0.71418E+18 0.78434E+18 0.83712E+18 0.86935E+18 0.87611E+18 0.85034E+18 0.78066E+18 0.68504E+18 0.61994E+18 0.54062E+18 0.43811E+18 0.35573E+18 0.28513E+18 0.16066E+18 0.96820E+17 0.27287E+17-0.50883E+17 -0.13975E+18 0.23994E+18-0.17134E+18-0.11093E+18-0.11094E+17-0.45746E+17-0.28473E+17-0.46491E+17-0.75521E+16 0.0	
M=	5	0.0 0.14455E+17 0.29631E+17 0.46130E+17 0.64214E+17 0.83471E+17 0.110224E+18 0.111654E+18 0.111655E+18 0.92085E+17 0.82791E+17 0.65410E+17 0.98181E+17 0.12143E+18 0.15713E+18 0.20901E+18 0.28318E+18 0.38950E+18 0.50392E+18 0.57515E+18 0.62834E+18 0.67660E+18 0.83964E+18 0.88592E+18 0.91053E+18 0.91834E+18 0.90168E+18 0.88603E+18 0.87124E+18 0.85794E+18 0.59933E+18 0.41816E+18 0.28929E+18 0.19683E+18 0.12925E+18 0.78022E+17 0.36683E+17 0.0	
N=	2	0.0 0.8/t/2E+16 0.19551E+17 0.34800E+17 0.57916E+17 0.93952E+17 0.12064E+18 0.23994E+18 0.40570E+18 0.52695E+18 0.62844E+18 0.71424E+18 0.76641E+18 0.83719E+18 0.86942E+18 0.87625E+18 0.85040E+18 0.78071E+18 0.68508E+18 0.62000E+18 0.54066E+18 0.43820E+18 0.35576E+18 0.28574E+18 0.16067E+18 0.96830E+17 0.27290E+17-0.20882E+17 -0.13975E+18 0.23994E+18-0.17134E+18-0.11094E+18-0.11093E+17-0.45750E+17-0.28476E+17-0.46493E+17-0.75527E+16 0.0	
M=	6	0.0 0.14455E+17 0.29637E+17 0.46140E+17 0.64228E+17 0.83495E+17 0.10227E+18 0.111657E+18 0.111658E+18 0.92104E+17 0.82804E+17 0.65529E+17 0.82146E+17 0.12146E+18 0.15717E+18 0.20906E+18 0.28325E+18 0.38960E+18 0.50403E+18 0.57515E+18 0.62820E+18 0.67662E+18 0.83978E+18 0.88608E+18 0.91068E+18 0.91850E+18 0.91409E+18 0.88619E+18 0.87140E+18 0.85795E+18 0.59945E+18 0.418324E+18 0.28955E+18 0.19687E+18 0.12927E+18 0.78037E+17 0.36693E+17 0.0	
N=	2	0.0 0.8/t/2E+16 0.19554E+17 0.34806E+17 0.57916E+17 0.93952E+17 0.12065E+18 0.23994E+18 0.40570E+18 0.52695E+18 0.62844E+18 0.71437E+16 0.76641E+18 0.83719E+18 0.86942E+18 0.87625E+18 0.85040E+18 0.78071E+18 0.68508E+18 0.62010E+18 0.54066E+18 0.43820E+18 0.35576E+18 0.28574E+18 0.16067E+18 0.96830E+17 0.27290E+17-0.20882E+17 -0.13977E+18-0.24062E+18-0.17139E+18-0.11093E+18-0.11094E+17-0.45762E+17-0.28483E+17-0.46497E+17-0.75547E+16 0.0	
FLUX (INT= 10 15= 0.10000E+02 )			
I=	1		
LC=	1	0.0 0.0	
LC=	2	0.22438E+15 0.224410E+15 0.223227E+15 0.22189E+15 0.211995E+15 0.21744E+15 0.21441E+15 0.21080E+15 0.20662E+15 0.20522E+15 0.20546E+15 0.20546E+15 0.210217E+15 0.21297E+15 0.21555E+15 0.204242E+15 0.19545E+15 0.16201E+15 0.16201E+15 0.59118E+15 0.27525E+15 0.11668E+15 0.145598E+14 0.59826E+14 0.51509E+14 0.37900E+14 0.27727E+14 0.20053E+14 0.14186E+14 0.96046E+13	
LC=	3	0.4352E+15 0.47234E+15 0.47118E+15 0.453426E+15 0.46416E+15 0.45889E+15 0.452244E+15 0.44481E+15 0.43299E+15 0.3361E+15 0.43748E+15 0.44442E+15 0.46123E+15 0.46487E+15 0.45449E+15 0.44061E+15 0.41548E+15 0.34476E+15 0.36112E+15 0.29312E+15 0.20444E+15 0.145010E+15 0.14949E+15 0.80166E+14 0.39051E+14 0.42110E+14 0.2057E+14	
LC=	4	0.71470E+15 0.71574E+15 0.71517E+15 0.71088E+15 0.71605E+15 0.15931E+15 0.72065E+15 0.74006E+15 0.71305E+15 0.70099E+15 0.70943E+15 0.71647E+15 0.72888E+15 0.73861E+15 0.66630E+15 0.752447E+15 0.72865E+15 0.68189E+15 0.57776E+15 0.49966E+15 0.42017E+15 0.33445E+15 0.24489E+15 0.18214E+15 0.13403E+15 0.98062E+14 0.50119E+14 0.33916E+14	
LC=	5	0.11604E+16 0.11589E+16 0.11549E+16 0.11473E+16 0.11241E+16 0.11241E+16 0.10933E+16 0.10765E+16 0.10599E+16 0.10626E+16 0.10746E+16 0.110954E+16 0.11446E+16 0.11461E+16 0.11598E+16 0.114076E+16 0.10493E+16 0.8745E+15 0.76301E+15 0.64110E+15 0.51110E+15 0.37730E+15 0.27639E+15 0.2038/E+15 0.14990E+15 0.10843E+15 0.76714E+14 0.51945E+14 0.31975E+14 0.1520E+14 0.0	

#### 4. 数値計算例(高速炉モデルへの適用)

ここで対象とするモデルは、1973年にNEACRP(Nuclear Energy Agency Committee on Reactor Physics)から提出された高速炉の2次元動特性ベンチマーク問題である。<sup>15)</sup>

これは、Fig.1, Table 4に示すような半径113.374 cm, 高さ170 cmの円筒型高速増殖炉モデルであり、m.1が炉心, m.2がブランケット, m.3が制御棒, m.4が冷却材(Na)に対応する。中性子のエネルギー群数: 2群, 先行核組数: 6組である。境界条件は、対数微分条件であるが、本計算では、群毎の外挿距離を平均して外挿距離を233.4 cmとした。熱方程式と断面積の温度変化によるフィードバックを通して結合している。各方程式は次のものであり、パラメータをTable 5に示す。

- 热方程式

$$\rho \cdot C \frac{\partial T}{\partial t} = \bar{q}(t) - \bar{q}(t=0) \quad (4-1)$$

ここで、 $\rho$ : 燃料密度,  $C$ : 燃料比熱,  $\bar{q}$ : 炉心で平均した熱源,  $T$ : 温度

- フィードバックモデル(炉心のみ)

$$\frac{\partial \Sigma_s^i}{\partial T} = a_s^i \left( \frac{300}{T} \right) \quad (4-2)$$

添字Sはcかfで、 $\Sigma_c^i$ は第i群の捕獲断面積、 $\Sigma_f^i$ は第i群の核分裂断面積である。

- 出力Pと熱源 $\bar{q}$ は次式で定義される。

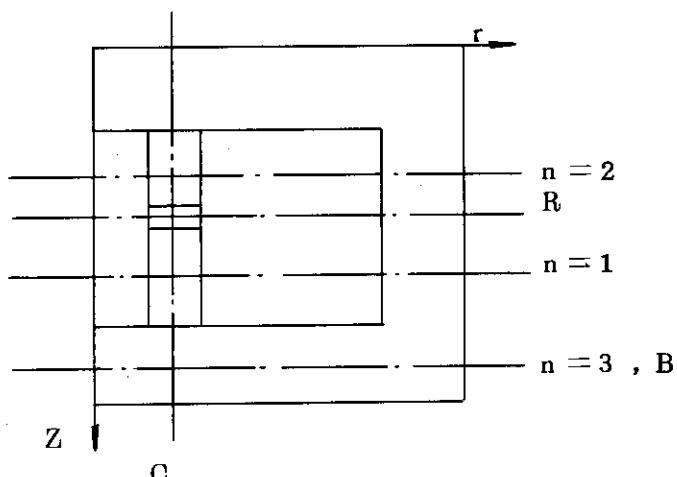
$$P = 7.347 \times 10^{-12} \int_{m.1 \text{ to } m.2} dV \sum_i \Sigma_f^i \phi^i \quad (\text{cal/sec}) \quad (4-3)$$

$$\bar{q} = \frac{7.347 \times 10^{-12}}{0.335} \int_{m.1} dV \sum_i \Sigma_f^i \phi^i / \int_{m.1} dV \quad (\text{cal/sec} \cdot \text{cm}^3) \quad (4-4)$$

外部擾動は、制御棒(m.3)を15 msecで6.5 cm引き上げることにより正の反応度が与えられた。

##### A) STS コードによる結果

試行関数 $\Psi_n(r)$ は、下図に示すようにZ方向の制御棒の挿入されている領域と制御棒の挿入されていない領域でr方向の1次元中性子束分布をEXPANDAコードにより計算した。



さらにこのモデルではプランケット領域が大きいので軸方向プランケットでの試行関数を考慮し、これを第3のモードとした。

炉心部の試行関数  $\Psi_{n=1}(r)$ ,  $\Psi_{n=2}(r)$  を計算するためにバックリング  $B^2$  としては

$$B^2 = \left( \frac{\pi}{\text{炉高}} \right)^2 = \left( \frac{\pi}{170} \right)^2$$

を与えた。その結果得られた  $\Psi_{n=1}(r)$ ,  $\Psi_{n=2}(r)$  を Fig. 2 に示す。

軸方向プランケットの試行関数  $\Psi_{n=3}(r)$  について最適な関数を決めるためにいくつかの関数とそこでのKAKコードによる分布の比較を行なったのがFig. 3である。比較する関数として次の3つを選んだ。  
②プランケット媒質で  $r$  方向の1次元中性子束分布を解く（中性子源：0）  
⑤中性子源として炉心部の中性子源分布を与える  
⑥中性子源として（炉心部の試行関数）×（プランケットの拡散係数）を与える。これらの比較から⑥の場合がKAKコードの結果に最も良く一致しているので以下でこれを用いる。本計算では、試行関数として⑤, ⑥を選択した場合、その重み関数にガラーキン法を用いた。又、フィードバックによる試行関数の有意の変化は認められなかったものとした。

以上の試行関数を用いて2モードあるいは3モードで展開した。

$$\phi(r, z, t) = \Psi_{n=1}(r) \rho_{n=1}(z, t) + \Psi_{n=2}(r) \rho_{n=2}(z, t) + (\Psi_{n=3}(r) \rho_{n=3}(z, t)) \quad (4-5)$$

炉心部試行関数による2モードの場合に  $\Delta t = 100 \mu\text{sec}$  として得られた展開係数  $\rho_{n=1}(z, t)$ ,  $\rho_{n=2}(z, t)$  の時間変化をそれぞれFig. 4, Fig. 5に示す。それぞれの図の下部に示した矢印が制御棒の移動区間である。展開係数の群毎の空間分布が似ているので展開係数をスカラーで解くこともできるが、展開係数の群毎の空間分布が異なるプランケット中では誤差は大きくなる。プランケット試行関数を加えた3モードの場合の展開係数についてはFig. 6, Fig. 7, Fig. 8に示す。

試行関数を展開係数で合成した中性子束  $\phi(r, z, t)$  の初期状態のC線（制御棒の中心線）での  $z$  分布をFig. 9に、R線（制御棒の移動区間の中央における  $r$  方向）での  $r$  分布をFig. 10に、B線（軸方向プランケットの中央における  $r$  方向）での  $r$  分布をFig. 11に示しKAKコードによる結果と比較した。3モードではいたる所でKAKコードの結果と一致し、又すべての場合に炉心および径方向プランケットでは一致を示している。しかし、2モード、ベクトルにすると炉心の上下位置では良好であるが、軸方向プランケットと径方向プランケットの会合する隅では誤差が大きい。又、2モード、スカラーにすると軸方向プランケット全体で誤差が大きくなる。

炉出力、温度、反応度の計算結果をそれぞれFig. 12, Fig. 13, Fig. 14に示す。時間ステップ幅  $\Delta t$  を変えてみると  $\Delta t = 10 \mu\text{sec}$  と  $\Delta t = 100 \mu\text{sec}$  では、結果にはほとんど差異がなかったので  $\Delta t = 100 \mu\text{sec}$  で計算できることが分かった。これらの炉心の影響を強く受けた量を計算するときは、3モードにすることは2モードより特に利点はなく、2モード、スカラーでも十分良好な結果を与えている。

初期状態および  $10 \text{ m sec}$ までの過渡状態に対する計算時間（CPU time）は次の通りである。

	初期状態	過渡状態
STS 2 mode, vector	4.3 sec	1.2 min
STS 2 mode, scalar	2.8 sec	5.2 sec
STS 3 mode, vector	1.5 min	2.3 min

## B) TS コードによる結果

2次元試行関数  $\Psi_n(r, z)$  は、 A) での試行関数  $\Psi_{n=1,2}(r)$  を用いて空間シンセシスにより  $t = 0$  での初期状態の空間分布  $\Psi_1(r, z)$  と  $t = \infty$  での漸近的な空間分布  $\Psi_2(r, z)$  を計算した。重み関数は、空間シンセシスにより得た試行関数の随伴関数である。

よって試行関数 2 モードで次のように展開した。

$$\phi(r, z, t) = \Psi_{n=1}(r, z) \rho_{n=1}(t) + \Psi_{n=2}(r, z) \rho_{n=2}(t) \quad (4-6)$$

$\Delta t = 100 \mu\text{sec}$  として得られた展開係数  $\rho_{n=1}(t)$ ,  $\rho_{n=2}(t)$  の時間変化を Fig.15 に示す。 $\rho_{n=1}(t)$  の  $15 \text{ msec}$  における著しい変化は、制御棒の運動停止と同時である。

合成された中性子束分布  $\phi(r, z, t)$  の過渡状態における C 線での Z 分布, R 線での r 分布をそれぞれ Fig.16, Fig.17 に STS の結果と比較して示した。

炉出力, 温度, 反応度の計算結果をそれぞれ Fig.18, Fig.19, Fig.20 に示す。時間ステップ幅  $\Delta t$  を変えてみても  $\Delta t = 10 \mu\text{sec}$  と  $\Delta t = 100 \mu\text{sec}$  では、結果にはほとんど差異がなかったので  $\Delta t = 100 \mu\text{sec}$  で計算できることが分かった。ここでは、初期モード  $\Psi_{n=1}(r, z)$  を空間分布とする 1 点炉近似に相当する結果も合わせて示した。

試行関数および  $10 \text{ msec}$  までの過渡状態に対する計算時間 ( CPU time ) は次の通りである。

	試行関数	過渡状態
TS 2 mode, scalar	3.7 min	1.4 min
TS 1 mode, scalar	1.4 min	4.3 sec

## 5. おわりに

空間依存動特性を空間時間シンセシス法および時間シンセシス法により解析するコードを作成し、実際に典型的なモデルの数値計算を行なった結果次のような結論を得た。

第1に、直接解法を用いた空間時間シンセシスにより高速炉ベンチマーク問題の  $10 \text{ m sec}$  までの過渡状態を最も速い場合（2モード、展開係数がスカラー）には約  $50 \text{ sec}$  で解くこと<sup>16)</sup> ができた。これは1点炉近似にも近い速さであり、有限差分法による4時間に比べて大巾な計算時間の短縮が達成された。これにより空間時間シンセシスによる高速炉の空間依存動特性解析を実用化し得ると考えられる。

第2に、空間時間シンセシスにおける試行関数の選択が誤差および計算時間に対して与える影響については次のことが分かった。

- 炉心の中性子束分布および炉心に影響を強く受けた量（出力、温度等）を計算するときは炉心の試行関数のみを用いることで十分である。この場合、展開係数をスカラーにすることもでき、それによって計算時間は群数に比例して減少する。
- ブランケット中の中性子束分布まで考慮するときはそこでの試行関数を必要とするが、軸方向ブランケットでの試行関数としては、（ブランケットでの拡散係数×炉心部の試行関数）を中性子源とするブランケットの拡散方程式の解が良い。しかし、2モードを3モードにすることにより計算時間は2倍程度長くなる。

第3に、空間時間シンセシスと時間シンセシスを比較することにより空間時間シンセシスが、単に試行関数の選択と計算において優れているのみならず、過渡状態の計算においても時間シンセシスに匹敵していることが分かった。

なお、今後の課題としては、一層現実的な熱水力学モデルと結合させることにより空間依存事故解析コードへ発展させることであるが、その場合、試行関数の変化を考慮することが必要になるので、ある試行関数の組の有効な時間範囲を限定する時間不連続シンセシスへと修正することが必要となる。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり激励と助言をいただいた東北大学工学部の百田光雄教授に深く感謝の意を表する。また、著者の1人（井筒）の日本原子力研究所滞在に際して種々の便宜や援助を与えられた日本原子力研究所高速炉物理研究室の黒井英雄博士および小山謙二氏に篤く御礼する次第である。

## 5. おわりに

空間依存動特性を空間時間シンセシス法および時間シンセシス法により解析するコードを作成し、実際に典型的なモデルの数値計算を行なった結果次のような結論を得た。

第1に、直接解法を用いた空間時間シンセシスにより高速炉ベンチマーク問題の  $10 \text{ m sec}$  までの過渡状態を最も速い場合（2モード、展開係数がスカラー）には約  $50 \text{ sec}$  で解くこと<sup>16)</sup> ができた。これは1点炉近似にも近い速さであり、有限差分法による4時間に比べて大巾な計算時間の短縮が達成された。これにより空間時間シンセシスによる高速炉の空間依存動特性解析を実用化し得ると考えられる。

第2に、空間時間シンセシスにおける試行関数の選択が誤差および計算時間に対して与える影響については次のことが分かった。

- 炉心の中性子束分布および炉心に影響を強く受けた量（出力、温度等）を計算するときは炉心の試行関数のみを用いることで十分である。この場合、展開係数をスカラーにすることもでき、それによって計算時間は群数に比例して減少する。
- ブランケット中の中性子束分布まで考慮するときはそこでの試行関数を必要とするが、軸方向ブランケットでの試行関数としては、（ブランケットでの拡散係数×炉心部の試行関数）を中性子源とするブランケットの拡散方程式の解が良い。しかし、2モードを3モードにすることにより計算時間は2倍程度長くなる。

第3に、空間時間シンセシスと時間シンセシスを比較することにより空間時間シンセシスが、単に試行関数の選択と計算において優れているのみならず、過渡状態の計算においても時間シンセシスに匹敵していることが分かった。

なお、今後の課題としては、一層現実的な熱水力学モデルと結合させることにより空間依存事故解析コードへ発展させることであるが、その場合、試行関数の変化を考慮することが必要になるので、ある試行関数の組の有効な時間範囲を限定する時間不連続シンセシスへと修正することが必要となる。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり激励と助言をいただいた東北大学工学部の百田光雄教授に深く感謝の意を表する。また、著者の1人（井筒）の日本原子力研究所滞在に際して種々の便宜や援助を与えられた日本原子力研究所高速炉物理研究室の黒井英雄博士および小山謙二氏に篤く御礼する次第である。

Table 4

Number of neutron groups : 2  
 Number of precursor groups : 6

Geometry : Cylindrical FBR r-z  
 $\Delta r = 2.125(0-8), 2.25(8-12), 4.7374(12-22), 4.0(22-32)$   
 $\Delta z = 5.0(0-8), 4.5(8-18), 1.625(18-22), 4.2778(22-31), 5.0(31-39)$   
 (cm)

## Precursor Constants :

#	$\lambda_m$	$\beta_m$	$\chi_{im}=1.0$ , $\chi_{zm}=0.0$
1	0.0129	$0.81 \times 10^{-4}$	
2	0.0311	$6.87 \times 10^{-4}$	
3	0.134	$6.12 \times 10^{-4}$	
4	0.311	$11.38 \times 10^{-4}$	
5	1.26	$5.12 \times 10^{-4}$	
6	3.21	$1.70 \times 10^{-4}$	

## Material Properties :

	Group 1	Group 2
$1/v$	$1.851 \times 10^{-9}$	$1.088 \times 10^{-8}$
$\chi$	1.0	0.0
(m.1)		
D	1.8136	0.912
$\Sigma_T$	0.006089	0.011779
$\nu\Sigma_f(v)$	0.007457(2.9591)	0.011069(2.88255)
$\Sigma_r$	0.002085	0.0
(m.2)		
D	1.3895	0.80186
$\Sigma_T$	0.006256	0.008686
$\nu\Sigma_f(v)$	0.000835(2.756)	0.000328(2.430)
$\Sigma_r$	0.003598	0.0
(m.3)		
D	1.9960	0.91500
$\Sigma_T$	0.007922	0.028639
$\nu\Sigma_f$	0.0	0.0
$\Sigma_r$	0.003101	0.0
(m.4)		
D	5.1600	2.7503
$\Sigma_T$	0.001307	0.000101
$\nu\Sigma_f$	0.0	0.0
$\Sigma_r$	0.001294	0.0

Table 5

## • Parameters for power and temperature calculation

$\rho = 9.0 \text{ g/cm}^3$   
 $C = 0.07 \text{ cal/(g}\cdot\text{K)}$   
 $T(t=0) = 1000 \text{ }^\circ\text{K}$   
 $P(t=0) = 1.000 \text{ MW}$

## • Parameters of cross section derivatives

type	group	a
capture	1	$3.4376 \times 10^{-8}$
	2	$2.2759 \times 10^{-6}$
fission	1	$2.1677 \times 10^{-9}$
	2	$2.8906 \times 10^{-7}$

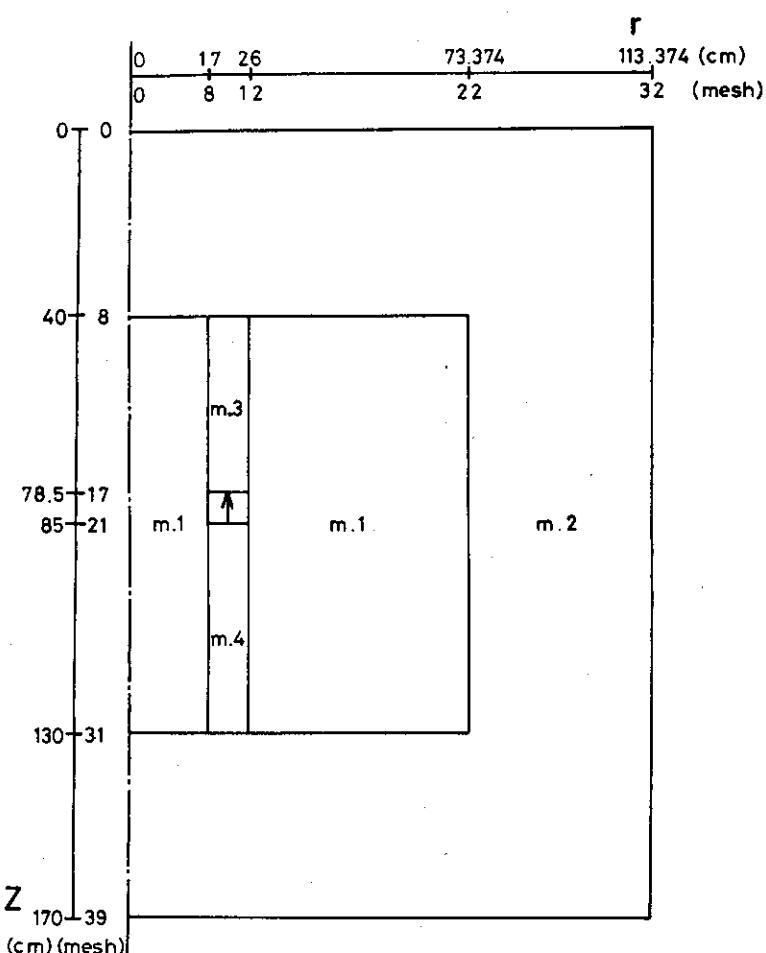


Fig. 1 NEACRP の高速炉ベンチマーク問題  
 および本解析で与えたメッシュ番号  
 (コードの中では 1だけ多い)

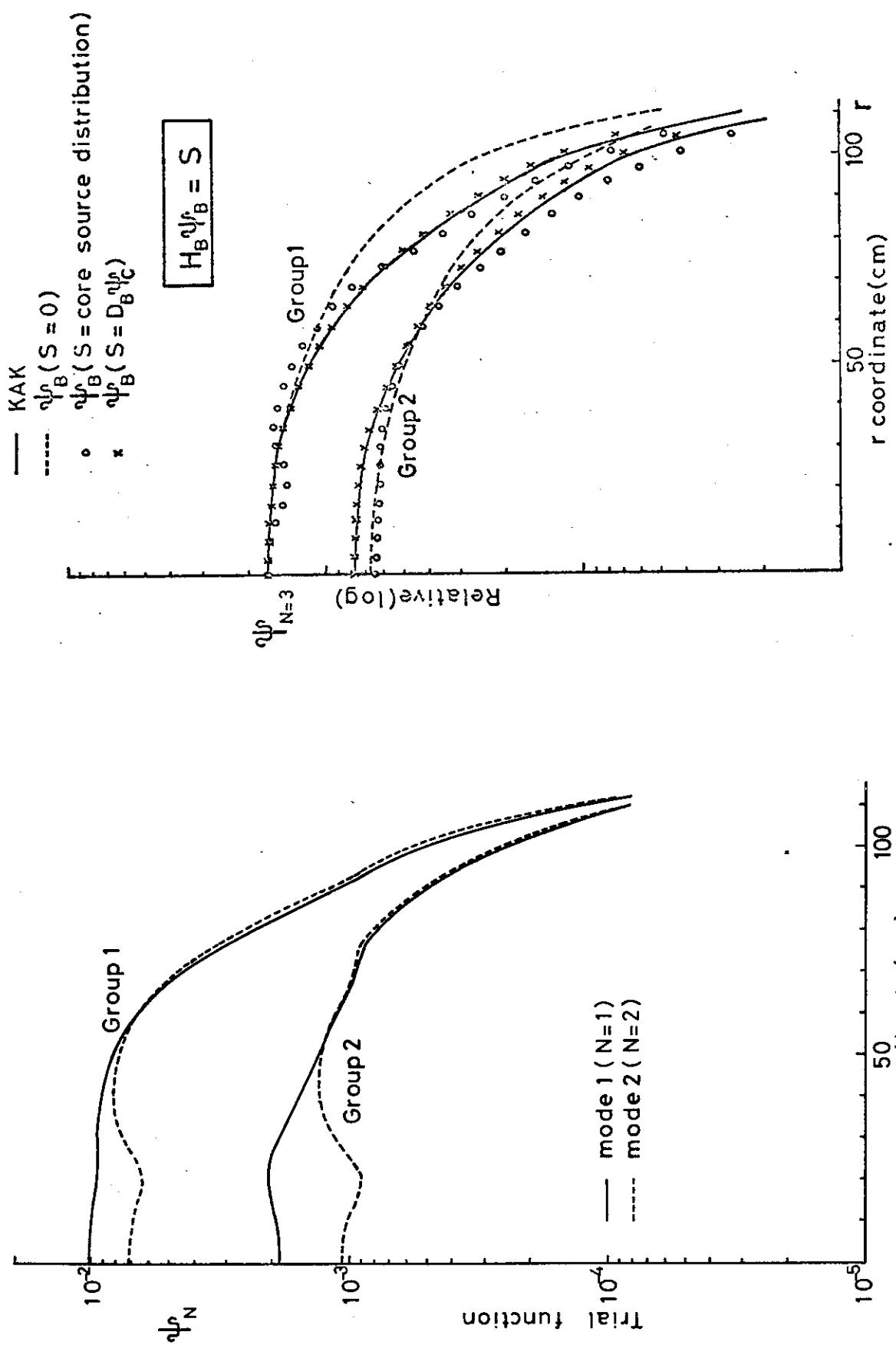


Fig. 2 S TSにおける炉心部の試行関数(モード1, モード2)

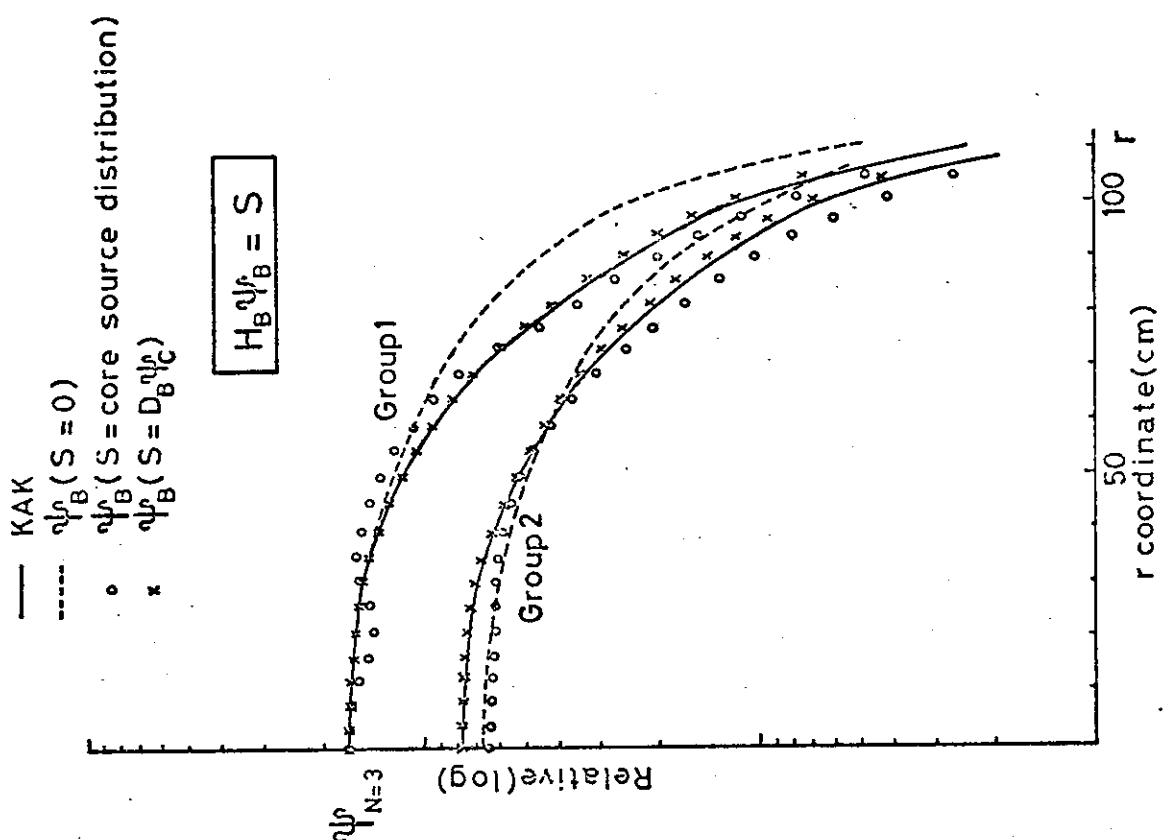


Fig. 3 ブランケット試行関数(モード3)の比較

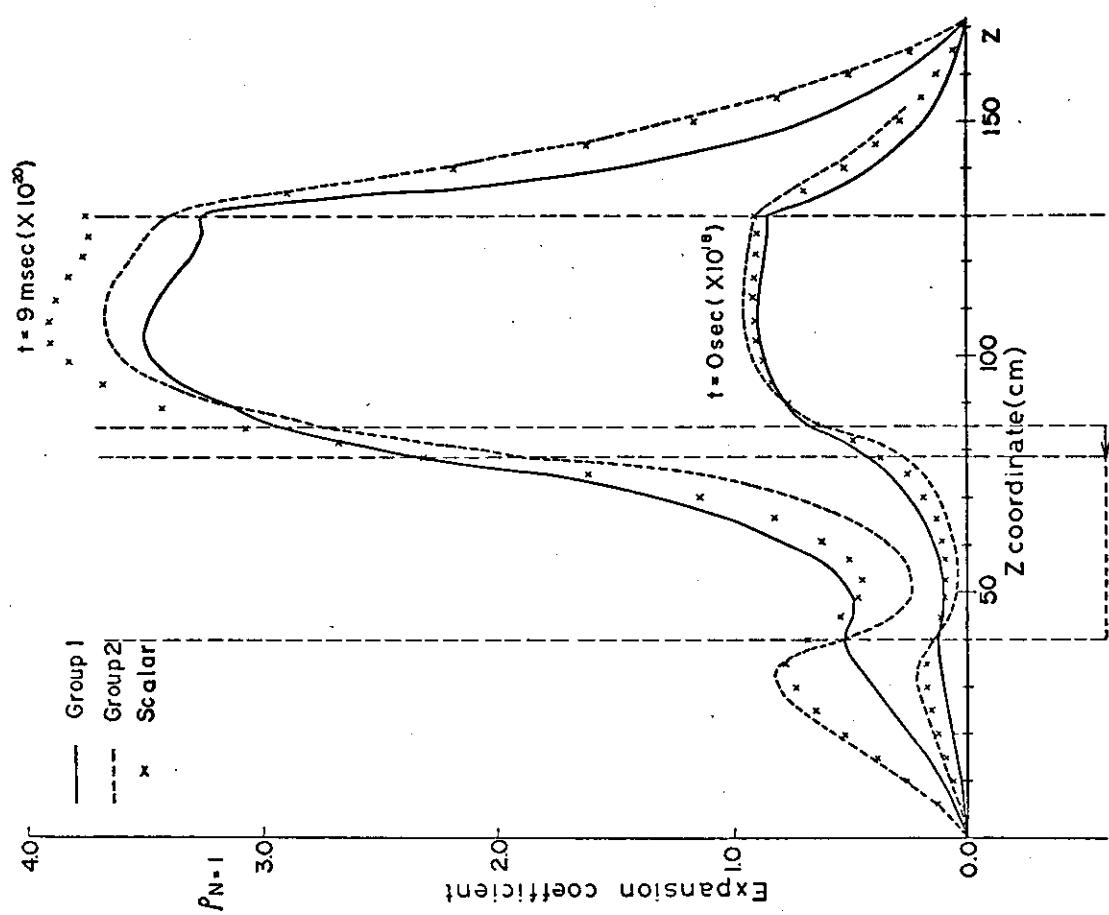
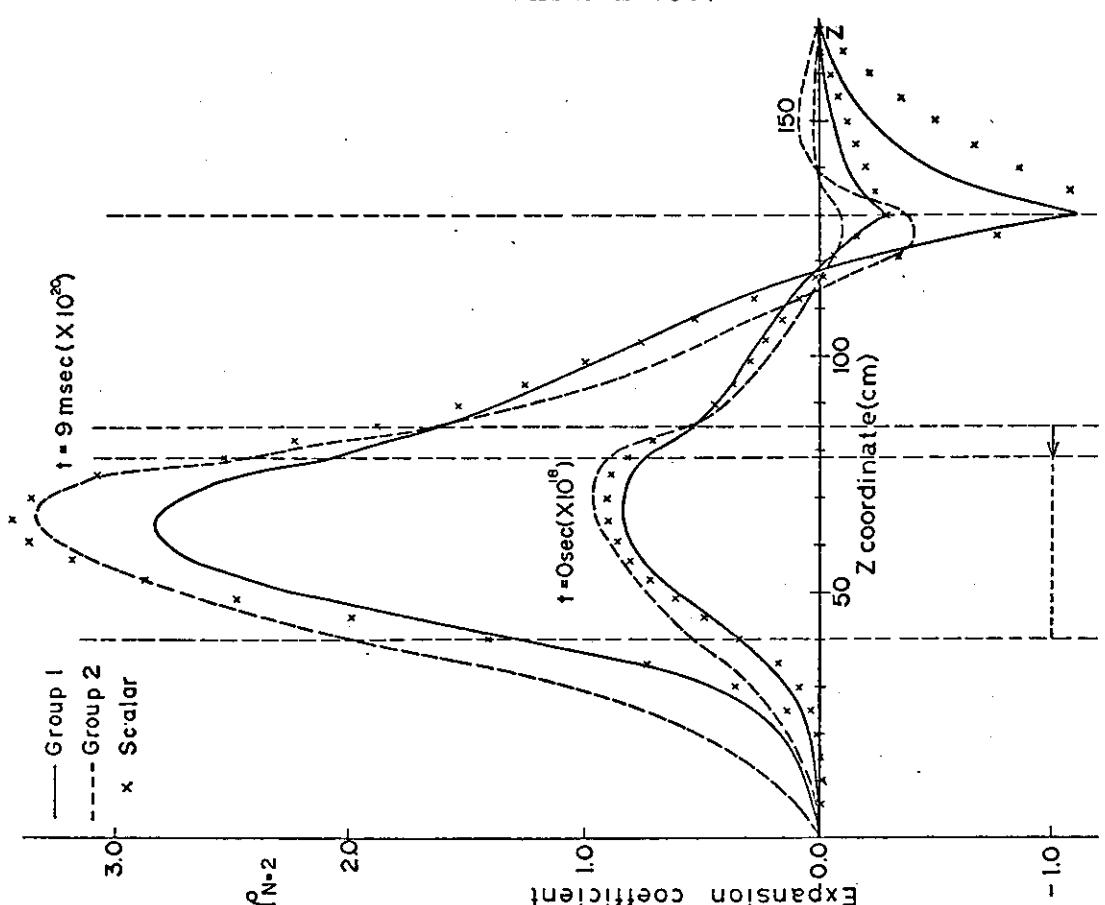


Fig. 5 2モードの場合のモード2の展開係数(STS)

Fig. 4 2モードの場合のモード1の展開係数(STS)

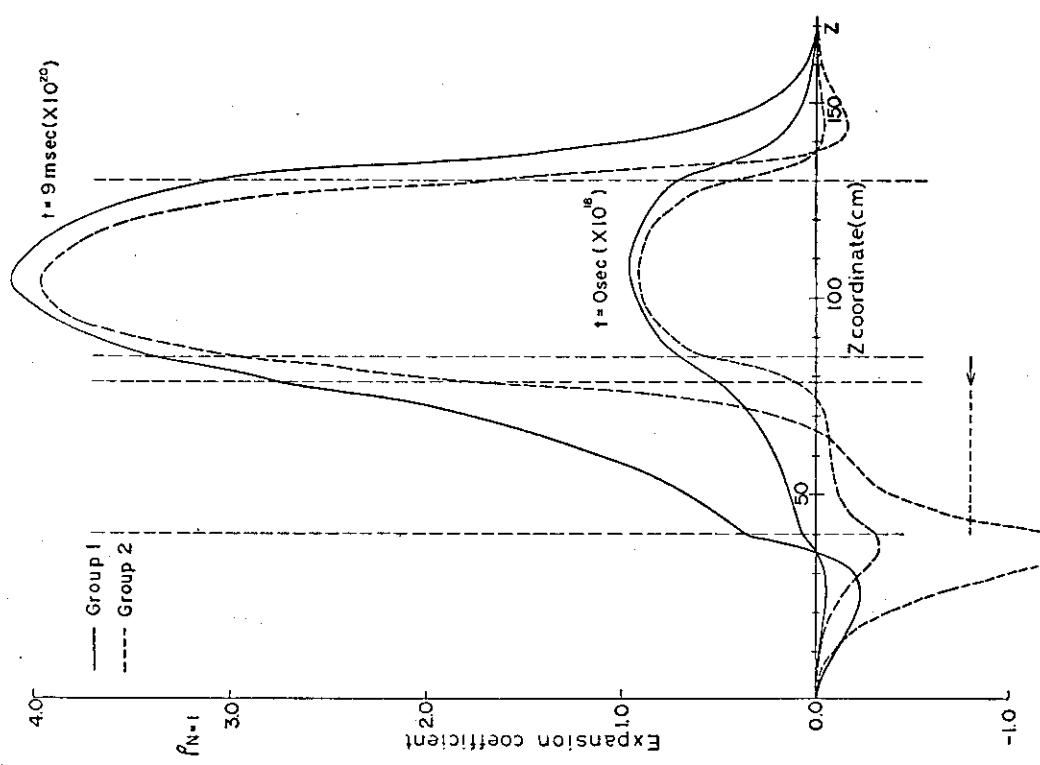


Fig. 6 3 モードの場合のモード 1 の展開係数 (STS)

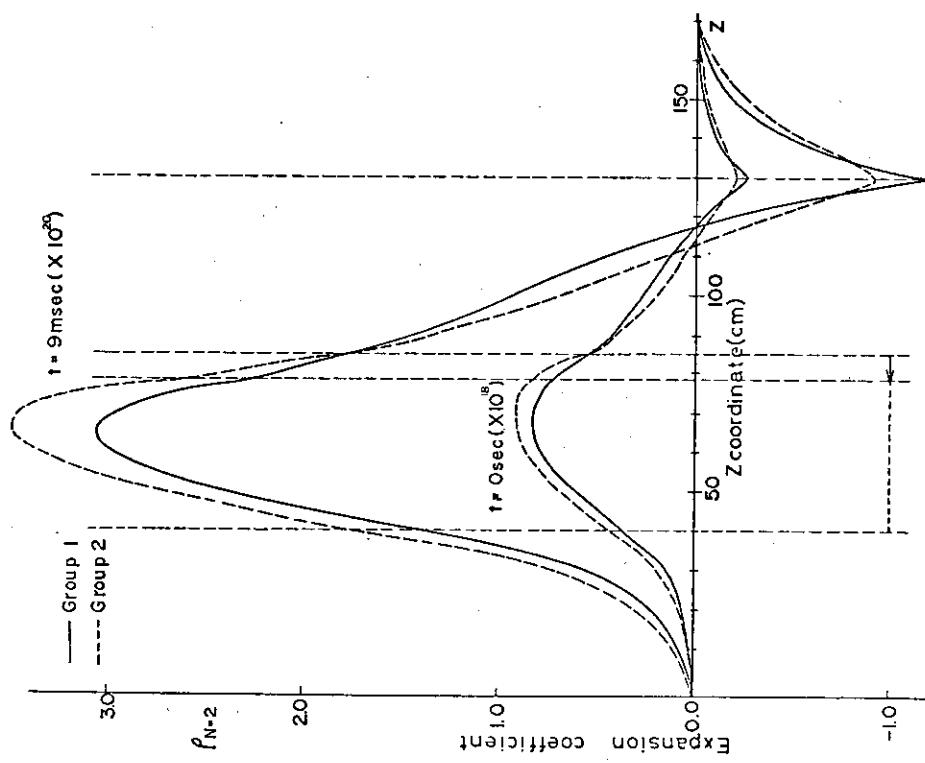


Fig. 7 3 モードの場合のモード 2 の展開係数 (STS)

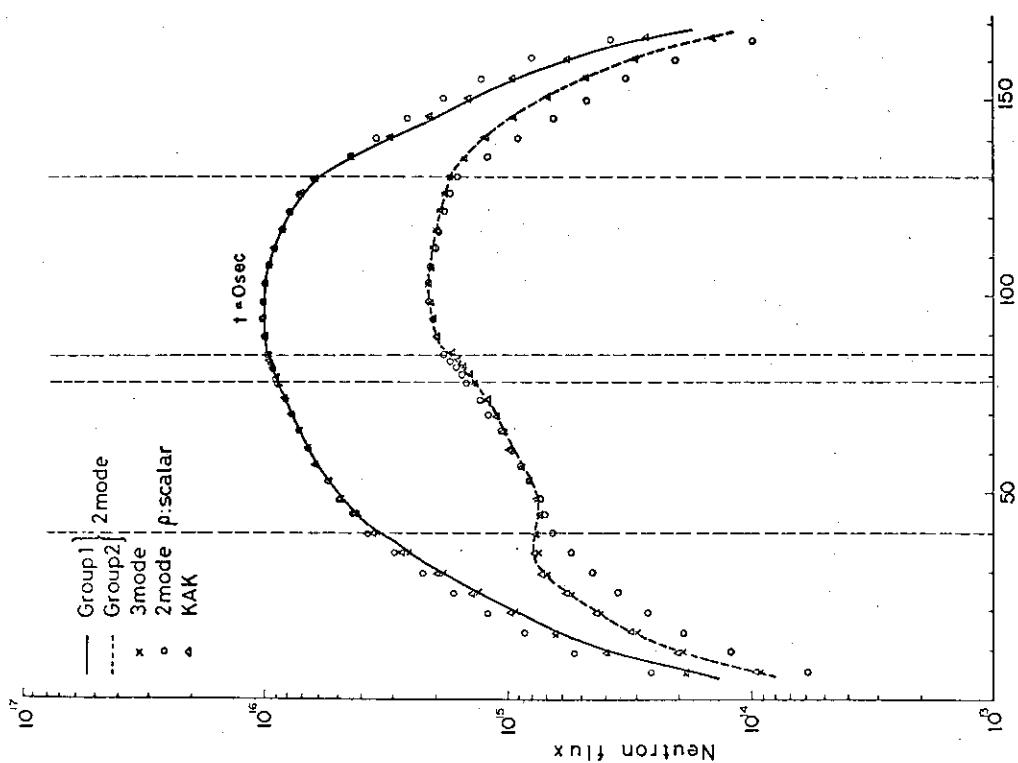


Fig. 9 C 線に沿う中性子束分布

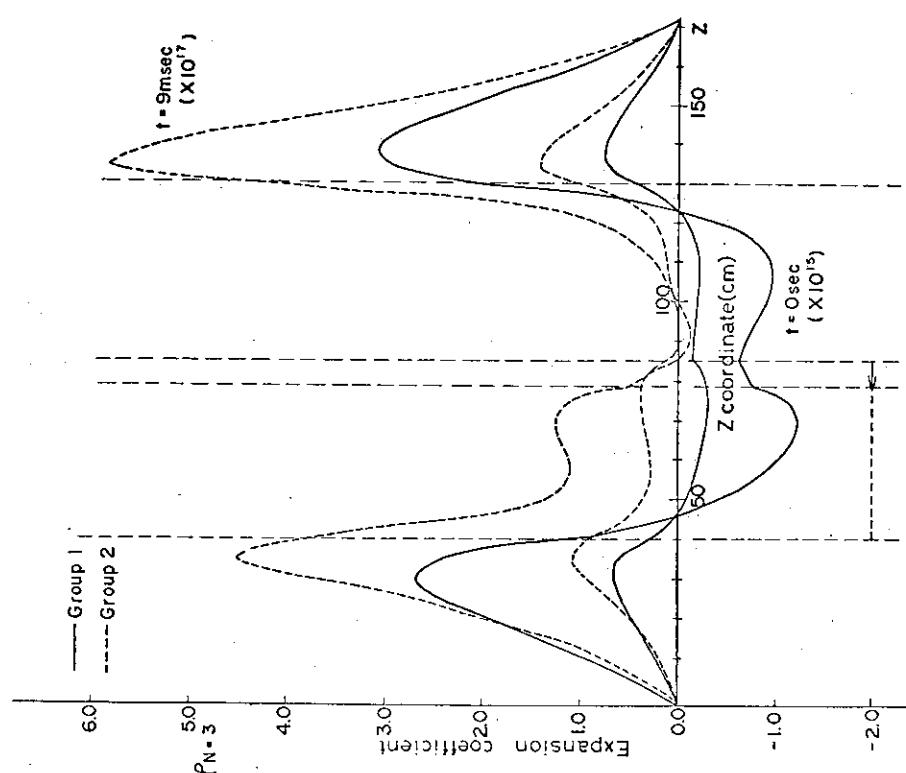


Fig. 8 3 モードの場合のモード3 の展開係数 ( S T S )

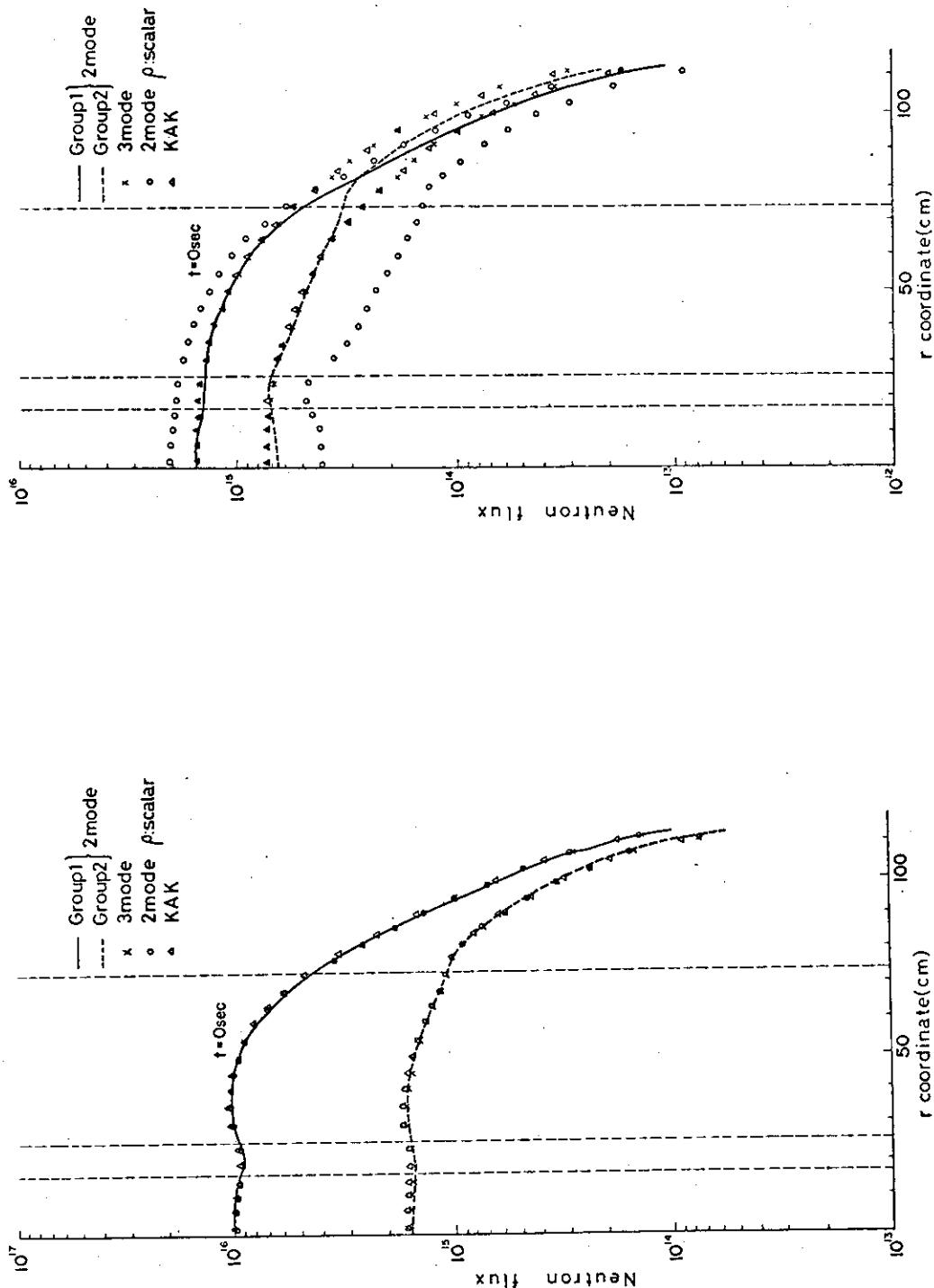


Fig. 10 B 線に沿う中性子束分布

Fig. 11 KAK 線に沿う中性子束分布

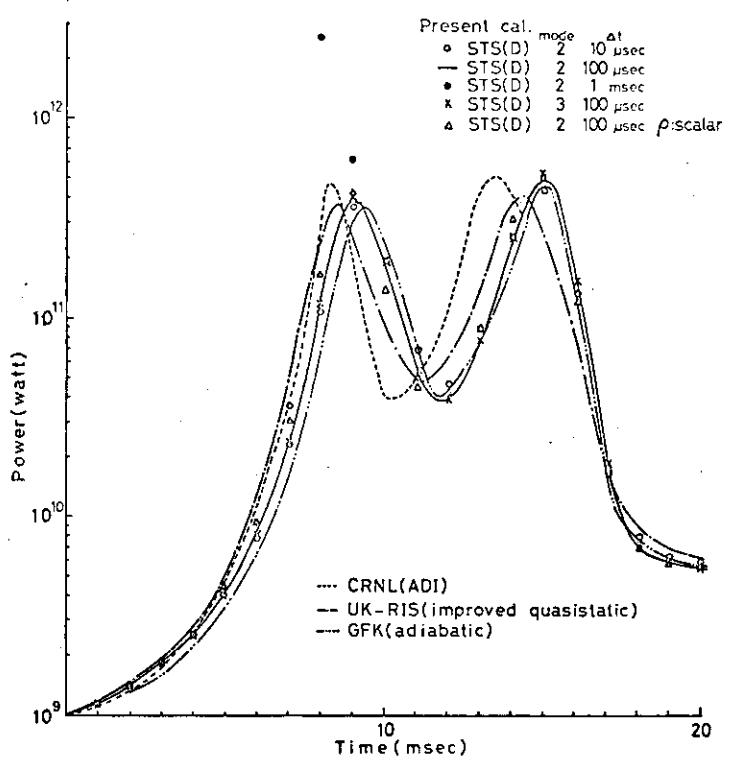


Fig. 12 炉出力の時間変化の比較 (STS の場合)

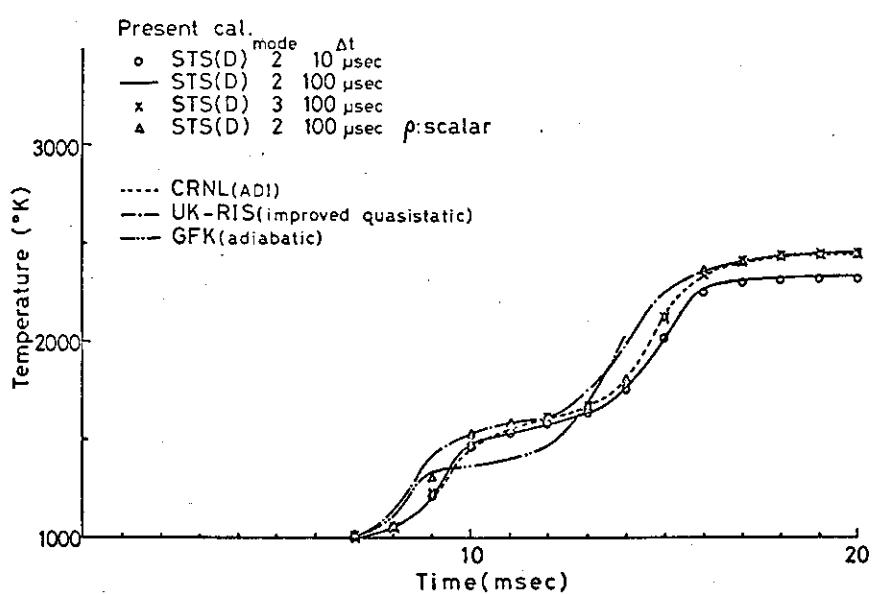


Fig. 13 溫度の時間変化の比較 (STS の場合)

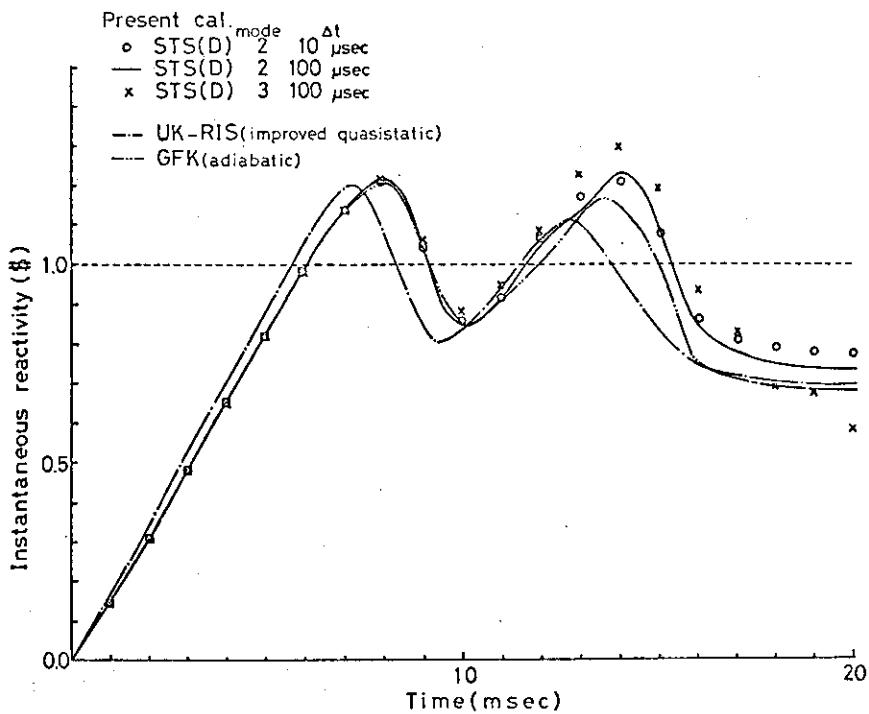


Fig. 1.4 反応度の時間変化の比較 (STS の場合)

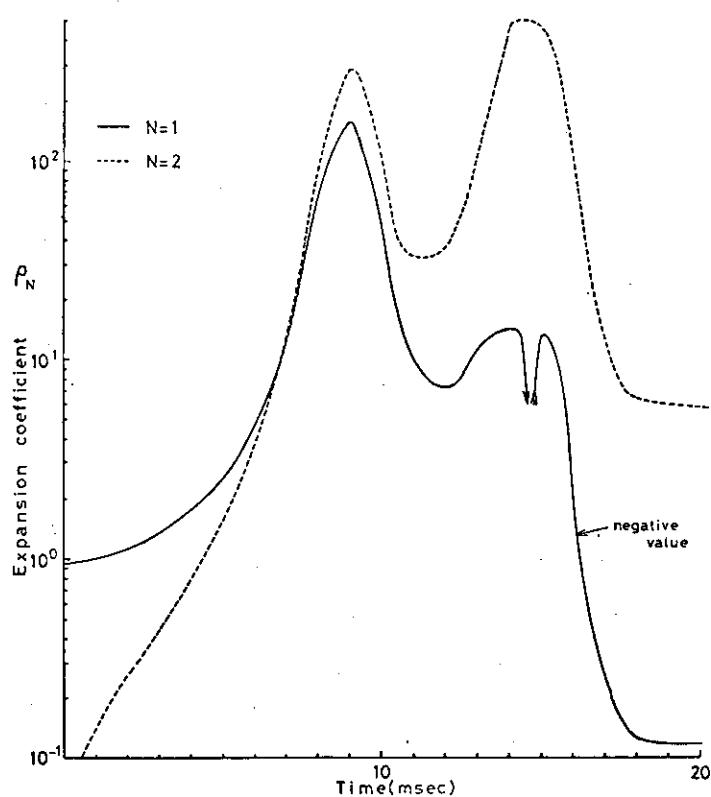


Fig. 1.5 2 モードの計算における展開係数 (TS)

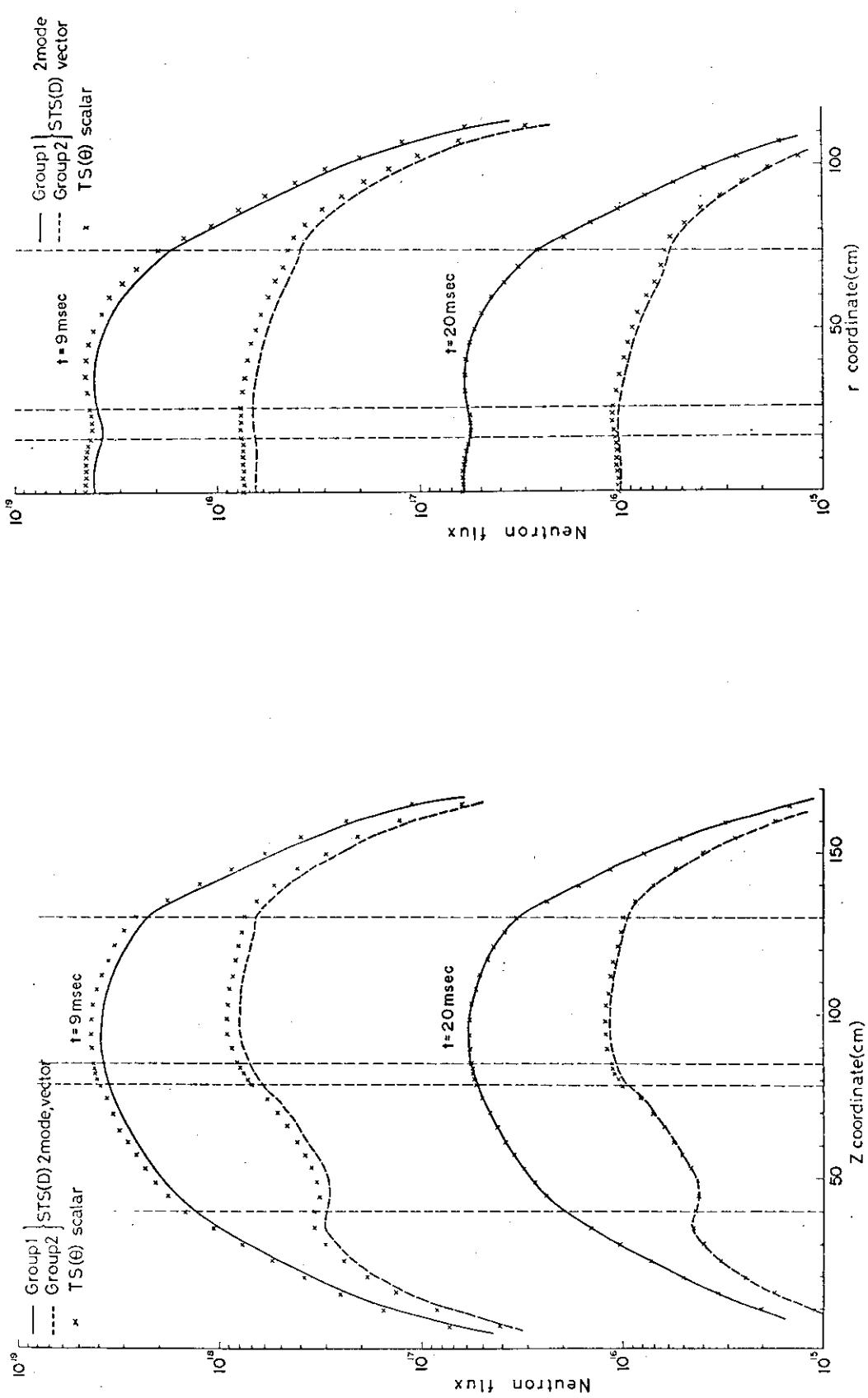


Fig. 1.6 C線に沿う中性子束分布の時間変化の比較

Fig. 1.7 R線に沿う中性子束分布の時間変化の比較

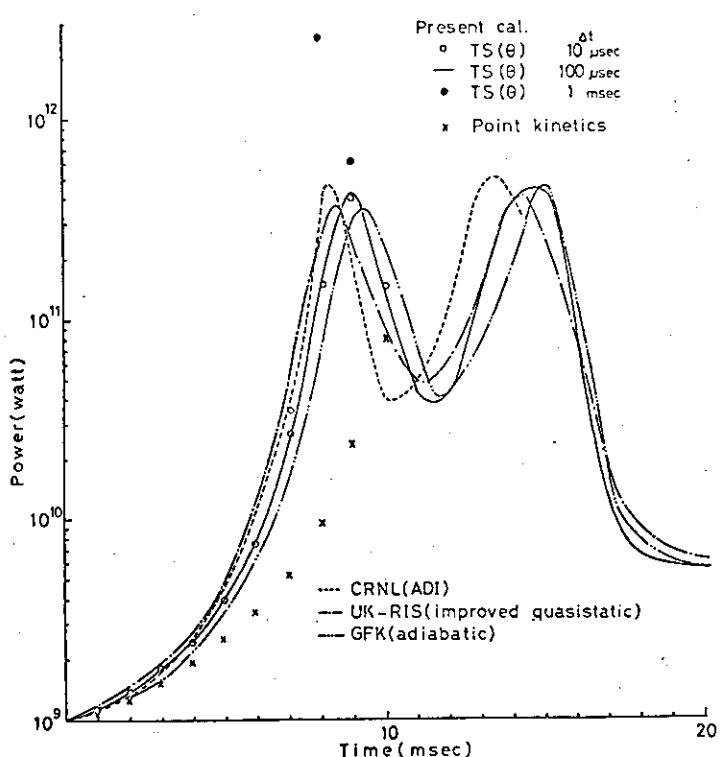


Fig. 18 炉出力の時間変化の比較 ( TS の場合 )

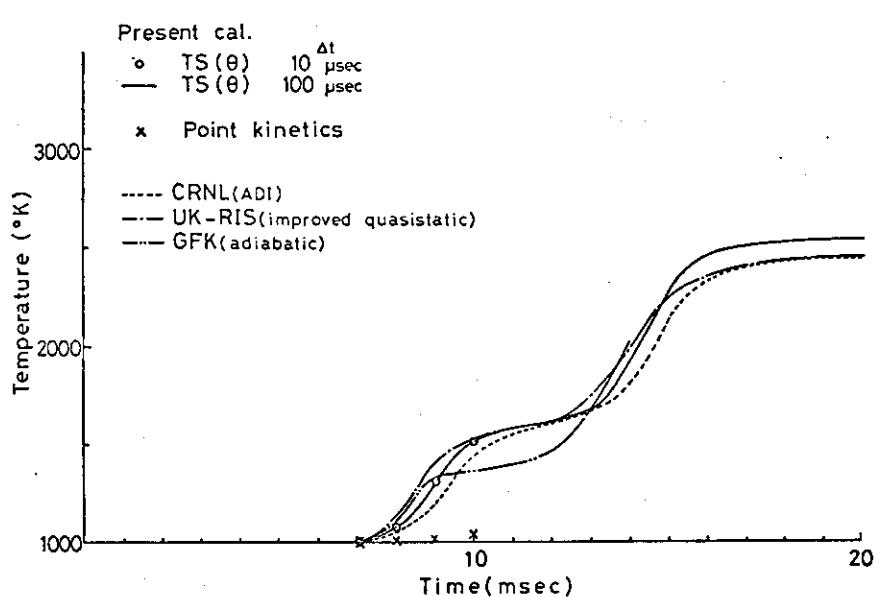


Fig. 19 溫度の時間変化の比較 ( TS の場合 )

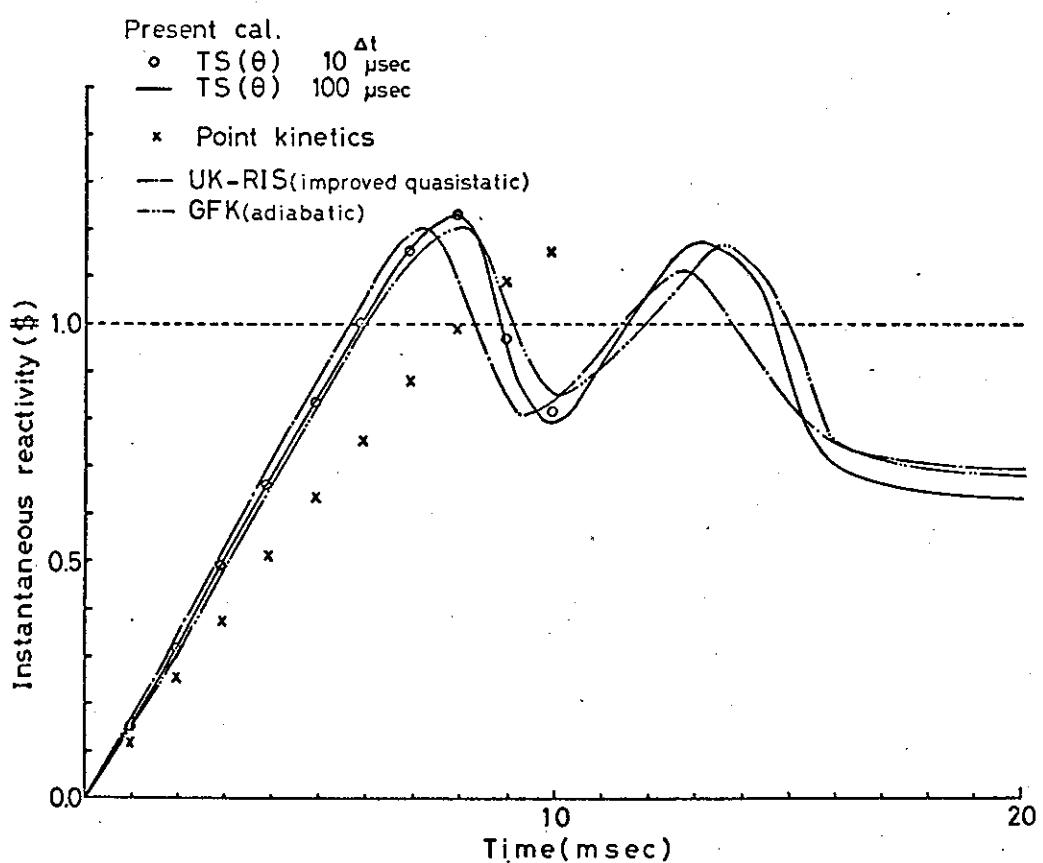


Fig. 20 反応度の時間変化の比較 ( TS の場合 )

## 参 考 文 献

- 1) J.F. Jackson and W.E. Kastenberg, "Space-Time Effects in Fast Reactor Dynamics", Nucl. Sci. Eng., 42, 278 (1970).
- 2) J.B. Yasinsky and A.F. Henry, "Some Numerical Experiments Concerning Space-Time Reactor Kinetics Behavior", Nucl. Sci. Eng., 22, 171 (1965).
- 3) S. Kaplan, O.J. Marlowe, and J. Bewick, "Application of Synthesis Techniques to Problems Involving Time Dependence" Nucl. Sci. Eng., 18, 163 (1964).
- 4) J.B. Yasinsky and S. Kaplan, "Synthesis of Three-Dimensional Flux Shapes Using Discontinuous Sets of Trial Functions", Nucl. Sci. Eng., 28, 426 (1967).
- 5) S. Kaplan, O.J. Marlowe, and W.R. Cadwell, "Equations and Programs for Solutions of the Neutron Group Diffusion Equations by Synthesis Approximations", WAPD-TM-230 (1963).
- 6) J.B. Yasinsky, "The Solution of the Space-Time Neutron Group Diffusion Equations by a Time-Discontinuous Synthesis Method", Nucl. Sci. Eng., 29, 381 (1967).
- 7) W.M. Stacey, Jr., "A Variational Multichannel Space-Time Synthesis Method for Nonseparable Reactor Transients", Nucl. Sci. Eng., 34, 45 (1968).
- 8) J.B. Yasinsky, "Numerical Studies of Combined Space-Time Synthesis", Nucl. Sci. Eng., 34, 158 (1968).
- 9) J.B. Yasinsky, "Combined Space-Time Synthesis with Axially Discontinuous Trial Functions", WAPD-TM-736 (1967).
- 10) E.L. Fuller and D.A. Meneley, "Weighted-Residual Methods in Space-Dependent Reactor Dynamics", Nucl. Sci. Eng., 40, 206 (1970).
- 11) G. Kessler, "Space-Dependent Dynamics Behavior of Fast Reactor Using the Time-Discontinuous Synthesis Method", Nucl. Sci. Eng., 41, 115 (1970).
- 12) W.L. Woodruff, "Some Improvements in Variational Flux Synthesis Methods", ANL-7696. Argonne Nat. Lab., Argonne, Illinois, 1970.
- 13) C.H. Adams and W.M. Stacey, Jr., "Flux Synthesis Calculation for Fast Reactors", Nucl. Sci. Eng., 51, 201 (1973).
- 14) W.M. Stacey, Jr., "Variational Flux Synthesis Methods for Multi-group Neutron Diffusion Theory", Nucl. Sci. Eng., 47, 449 (1972).

- 15) NEACRP/CSNI Specialist Meeting New Developments on Three-Dimensional Kinetics, München, (1975).
- 16) 吉川栄和, 他, 原子力学会昭51年会予稿集, I.D27(1976).