

「常陽」炉内中性子線量評価用解析コードの作成

中性子スペクトル推定コードNEUPACの使用マニュアル

1980年12月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

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

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

1980 年 12 月

「常陽」炉内中性子線量評価用解析コードの作成

中性子スペクトル推定コードNEUPACの使用マニュアル

佐々木 誠^{*} , 中澤 正治^{**}
谷口 武俊^{**} , 鈴木 惣十^{*}

要 旨

「常陽」ドジメトリー計画の一環として、放射化箔等の積分データから中性子束スペクトル、及び他の積分量を推定するプログラム・パッケージNEUPAC (Neutron Unfolding Package) を作成した。

NEUPACコードは、J₁型汎函数を用い、最尤法に基づいて中性子束を推定するものである。従来米国で使用されている、同様の中性子束スペクトル推定コードSAND-II等に比べ、本コードは、積分量の評価及び、その感度解析機能を持つ。又、入力データ間、及び得られた結果のデータ間に不都合がないかどうか、 χ^2 -検定を行う機能を持つ。その他、種々の入出力オプションが用意されており、使い易く成っている。

NEUPACコードは、これ迄にコードの妥当性の確認が行われており、SAND-IIコードとの比較も成されている。そこで本報告書では、一般ユーザーに使用してもらう目的で、NEUPACコードのアルゴリズムの説明、コードの機能説明、及び入力データの作成法等について、説明するものである。

* 高速実験炉技術課

** 東京大学工学部附属原子力工学施設

PNC TN941 80-192

Dec., 1980

Production of Analysis Code for "JOYO" Dosimetry Experiment

User's Manual of Neutron Unfolding Code (NEUPAC)

Makoto Sasaki*, Masaharu Nakazawa**
 Taketoshi Taniguchi**, Soujyu Suzuki*

Abstract

As part of the measurement and analysis plan for the Dosimetry Experiment at the "JOYO" experimental fast reactor, neutron flux spectra analysis is performed using the NEUPAC (Neutron Unfolding Package) computer program. The code calculates the neutron flux spectra and other integral quantities from the activation data of the dosimeter foils.

The NEUPAC code is based on the J1-type unfolding method, and the estimated neutron flux spectra is obtained as its solution. The program is able to determine the integral quantities and their sensitivities, together with an error estimate of the unfolded spectra and integral quantities. The code also performs a chi-square test of the input/output data, and contains many options for the calculational routines.

This report presents the analytic theory, the program algorithms, and a description of the functions and use of the NEUPAC code.

* Reactor Technology Section, Experimental Fast Reactor Division, OEC,
 PNC.

** Engineering Dep. of Tokyo University.

目 次

図表リスト

Chap 1 序	1
1 概 要	1
2 基本原理及びコメント	2
Chap 2 入力説明	7
1 入力項目	7
2 入力ファイル機番	11
3 データフロー	13
4 入力データのセットアップ	17
5 入力データ説明	29
6 入力データ例	56
Chap 3 出力説明	63
1 出力項目	63
2 出力例	65
3 計算時間例	88
Chap 4 プログラム説明	89
1 プログラム構成	89
2 プログラムフロー	99
2.1 入力部フロー	99
2.2 処理部フロー	103
2.3 出力部フロー	106
3 一次元可変ディメンジョンアレイの変数レイアウト	112
4 エラーメッセージ	122
Chap 5 コードの検証	125
1 コード検証法	125
2 結 果	125
謝 辞	136

Appendix	137
A 丸め誤差	137
A-1 丸め誤差について	137
A-2 一次方程式の解の評価	137
A-3 固有値の粗い評価について	138
A-4 ガウスの消去法とコレスキー法	138
A-5 一般化逆行列と特異値分解の適用について	139
A-6 反復法の収束について	139
B 内蔵データ	141
B-1 内蔵フラックス	141
B-2 内蔵群構造	143
C 内外挿の方法	148
D フラックスの結合方法と絶対値化	150

表 リ ス ト

第 2.1 表	入力項目一覧表	1
第 2.2 表	入力ファイル機番一覧表	12
第 2.3 表	KGTYPE 一覧表	33
第 2.4 表	断面積の ID. No と反応の対応表	36
第 2.5 表	内蔵スペクトル一覧表	41
第 3.1 表	出力項目一覧表	64
第 4.1 表	モジュール名一覧表	95
第 4.2 表	モジュールの機能一覧表	96
第 4.3 表	MAIN の work array PA の変数 lay out (in core 処理, IDIG = -1)	113
第 4.4 表	MAINOT での work array TRV の変数 lay out (in core 処理, IDIG = -1)	117
第 4.5 表	MAIN の work array PA の変数 lay out (IDIG = -1)	118
第 4.6 表	MAINOT での work array TRV の変数 lay out (IDIG = -1)	121
第 5.1 表	EE Central Reaction Rate Data	126
第 5.2 表	SAND-II Evaluated Cross Section Error Assignment	127
第 5.3 表	Reaction Rate before Neutron Flux Unfolding	128
第 5.4 表	Reaction Rate after Neutron Flux Unfolding	129
第 5.5 表	Comparison of Experimental and Calculated Reaction Rate	130
第 5.6 表	積分評価値 (I, ΔI) の比較	131

B.1 内蔵中性子束データ
B.2 内蔵エネルギー群構造データ

図 リ ス ト

第2.1図	データ・フロー	14
第2.2図	データ・入力シーケンス	18
第2.3図	入力データ例	57
第3.1図	箔反応率入力データのリスト	66
第3.2図	入力中性子束データのリスト	67
第3.3図	基本群化された中性子束のリスト	68
第3.4図	初期反応率テーブル	69
第3.5図	window function 入力データリスト	70
第3.6図	中性子束共分散のリスト	72
第3.7図	unfolding 後の中性子束	73
第3.8図	最終反応率データ	74
第3.9図	最終 confidence level	75
第3.10図	積分評価量とその誤差	76
第3.11図	中性子束 improvement ratio	77
第3.12図	積分評価量の感度	78
第3.13図	積分評価量の relative covariance	79
第3.14図	$^{55}\text{Mn}(n, \gamma)$ 断面積	80
第3.15図	window function 3のプロット図	81
第3.16図	入力初期中性子束	82
第3.17図	基本群化された中性子束	83
第3.18図	最終中性子束	84
第3.19図	improvement ratio	85
第3.20図	入力初期中性子束に対する全中性子束の感度	86
第3.21図	$^{55}\text{Mn}(n, \gamma)$ 断面積に対する全中性子束の感度	87
第4.1図	プログラムの構成	90
第4.2図	入力部のモジュール	91
第4.3図	処理部のモジュール	92
第4.4図	出力部のモジュール	93
第4.5図	オーバーレイ構造	94
第4.6図	入力部計算フロー	100

第4.7図	処理部計算フロー	104
第4.8図	出力部計算フロー	107
第5.1図	Initial Spectrum (135 groups)	132
第5.2図	Final Spectrum (36 groups)	133
第5.3図	Sensitivity of Estimated Window Function (Total Flux) to Initial Spectrum	134
第5.4図	Sensitivity of Estimated Window Function (Total Flux) to Each Energy Cross Section of $^{239}\text{Pu}(n, f)$ Reaction	135

Chap 1 序

§ 1 概 要

このマニュアルは、主として放射化箔等の積分的データから、中性子束・スペクトル、及び、他の積分量を推定するプログラム NEUPAC (Neutron Unfolding Package) の入力データについて解説したものである。

基礎となる方程式は、 $R_i = \sigma_i(u) \phi(u)$ ($i = 1$, 反応率数) であり、入力する量は測定された反応率 R_i 、対応する反応断面積 $\sigma_i(u)$ ($i = 1$, 反応率数) 及びスペクトル $\phi(u)$ の初期推定値 $\phi_0(u)$ であり、入力量にはすべて誤差をつけることが必須の条件である。これから、J1 型 Unfolding 法に基づいて解スペクトル $\phi(u)$ 及びその誤差、或いは他の積分量 $I = \int W(u) \phi(u) du$ (但し $W(u)$ は Input する) の値の推定値及びその誤差が求められる。従って、この形式の問題であれば放射化箔以外にも使用することが可能である。

プログラムでは、入力部、処理部、出力部の 3 つのモジュール群に分けられる。入力部では、Input されたデータから一次方程式を組み立てる。処理部ではこの一次方程式を解き、出力部ではスペクトル、積分量の出力、出力データの χ^2 検定、プロッター出力、あるいは積分量の誤差解析 (含 sensitivity analysis) が行われる。

パラメータ IDIG に応じて全ての処理をインコアで行う場合と DASD (外部記憶) を使用する場合の 2 つの流れがある。入力データの群数及び計算機のインコア容量に応じて使いわけられることを薦める。

このプログラムは IBM 370/168 上で開発され、開発言語は FORTRAN IV である。尚、現在本プログラムは、大洗工学センター計算機 M-190 で使用可能となっている。

§ 2 基本原理及びコメント

J1型 Unfolding 法は本報告書の著者の一人である中沢によって作られた理論である。詳しくは文献(1), (2)を参照していただくものとし、ここでは簡単に紹介する。

問題は次の形式で与えられる。

n 種類の反応率データ $R_i (i=1, n)$ が未知スペクトル $\phi(u)$ と次の関係にあるとする。

$$R_i = \int \sigma_i(u) \phi(u) du \quad (i=1, n) \quad (2-1)$$

但し、 $\sigma_i(u)$ は既知の response function である。

ここで、未知スペクトル $\phi(u)$ の推定値 $\phi_0(u)$ が与えられているとして

$$I = \int W(u) \phi(u) du \quad (2-2)$$

の値を評価する。

なお、既知量の誤差は次のように与えられているものとする。

$\Delta R_i, \Delta R_j$; 入力データ R の共分散マトリックス ($i, j=1, n$)

$\Delta \sigma_i(u_1), \Delta \sigma_j(u_2)$; response function $\sigma_i(u)$ の最も一般的な誤差行列 ($i, j=1, n$)

$\Delta \phi_0(u_1), \Delta \phi_0(u_2)$; 推定スペクトル $\phi_0(u)$ の誤差範囲

$W(u)$; 与えられた window 関数である。

J1型 Unfolding 法の解法手順は次の通りである。

真の解 $\phi(u)$ に対して (2-2) 式の I の値を停留値とする汎関数 $J1(\phi)$ を次のように構成する。

$$J1(\phi) = \int W(u) \phi(u) du + \sum_{i=1}^n C_i \{R_i - \int \sigma_i(u) \phi(u) du\} \quad (2-3)$$

ここで未知スペクトル $\phi(u)$ のかわりに推定値 $\phi_0(u)$ を代入した値 $J1(\phi_0)$ が I の値の最尤推定になるようにする。つまり

$$\Delta J1 = \int \{W(u) - \sum_{i=1}^n C_i \sigma_i(u)\} \Delta \phi_0(u) + \sum_{i=1}^n C_i \{ \Delta R_i - \int \Delta \sigma_i(u) \phi_0(u) du \} \quad (2-4)$$

を用いて、推定値の分散 $(\Delta J1)^2 = \text{Min.}$ (2-5)

となるように、係数 C_i を求めるというのが基本原理である。

この計算は、具体的には次の一次方程式を解く問題に帰着する。つまり

$$\sum_{j=1}^n H_{ij} \sigma_j^*(u) = B_i(u) \quad (i=1, n) \quad (2-6)$$

より $\sigma_j^*(u) (j=1, n)$ を求める。

但し、 $H_{ij} = \int du_1 \int du_2 \{ \Delta \sigma_i(u_1) \Delta \sigma_j(u_2) \phi_0(u_1) \phi_0(u_2) + \sigma_i(u_1) \sigma_j(u_2) \Delta \phi_0(u_1) \Delta \phi_0(u_2) \} + \Delta R_i \Delta R_j$ (2-7)

$$B_i(u) = \int \sigma_i(u_1) \Delta \phi_0(u_1) \Delta \phi_0(u) du_1 \quad (2-8)$$

ここで求められた $\sigma_j^*(u)$ を用いると C_i は次のように計算される。

$$C_i = \int W(u) \sigma_i^*(u) du \quad (2-9)$$

従って、評価値 I の推定値 $\bar{I}$ 及びその誤差はこの C_i を用いて次の形で求められる。

$$\bar{I} = J1(\phi_0) = \int W(u) \phi_0(u) du + \sum C_i \{R_i - \int \sigma_i(u) \phi_0(u) du\} \quad (2-10)$$

$$\begin{aligned} (\Delta I)^2 = (\Delta J1)^2 \text{ の最小値} &= \int du_1 \int du_2 W(u_1) W(u_2) \Delta \phi_0(u_1) \Delta \phi_0(u_2) \\ &\quad - \sum_{i=1}^n C_i \int W(u) B_i(u) du \quad (2-10') \end{aligned}$$

なお、 $\sigma_i^*(u)$ は $\sigma_i(u)$ の擬似的な双直交系を構成しており、これを用いると、解スペクトルは次のように求められる。

$$\phi(u) = \phi_0(u) + \sum_{i=1}^n \sigma_i^*(u) \{R_i - \int \sigma_i(u) \phi_0(u) du\} \quad (2-11)$$

$$\Delta \phi(u_1) \Delta \phi(u_2) = \Delta \phi_0(u_1) \Delta \phi_0(u_2) - \sum_i \sigma_i^*(u_1) B_i(u_2) \quad (2-12)$$

以上が基本原理であるが、以下にいくつかのコメントを加える。

① すべての入力データ $R_i, \sigma_i(u), \phi_0(u)$ には誤差を与えなければならない。又、これらの誤差が consistent であるかどうかは次の形の χ^2 検定により check されている。

$$\chi^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(R_i - R_i^0)^2}{H_{ii}} \quad (2-13)$$

但し、 $R_i^0 = \int \sigma_i(u) \phi_0(u) du$, $H_{ii} = (\Delta R_i^0)^2 + (\Delta R_i)^2$ (2-7 式参照) である。なお、 $\phi_0(u)$ が相対値入力するとき n は $n-1$ にする。

この χ^2 の値が例えば 95% 信頼区間 (この 95% という数値は入力 CONLEV で与える) を越えた場合、入力データの誤差の与え方が大きすぎる (χ^2 の値は小さすぎる値となる) か、逆に小さすぎる (χ^2 の値が大きくなりすぎる) ことを表わしている。特に後者の場合には最終解についての信頼性が乏しくなり、誤差も過少評価になる可能性が極めて強いので注意しなければならない。

この χ^2 検定と同時に 3σ test も実施しており

$$|R_i - R_{i0}| \geq 3 \sqrt{H_{ii}}$$

となる核種 i には×印 (P128, 第 5.3 表) がつけられているので、その核種の誤差 ΔR_i 又は $\Delta \sigma_i(u_1), \Delta \sigma_j(u_2)$ を検討することも必要である。

但し、この印がついたからといって、スペクトルの誤差 $\Delta \phi_0(u)$ が過少評価になっていることを否定するものではない。

② 最終結果も (2-13) 式と同様な χ^2 検定が実施されている。

①の χ^2 検定をパスすれば、この χ^2 検定は大体 reasonable になることは分っているが、最終結果の信頼性を示す重要な数値である。

③ 実際の数値計算は多群近似法により実施されている。又、内部で取扱う数値のオーダーをそろえるため(2-1)式のかわりにこれを R_i^0 で割った式

$$\frac{R_i}{R_i^0} = \sum_{g=1}^G z_{ig} f_g \quad (i=1, n) \quad (2-1)'$$

但し、

$$z_{ig} = \frac{\sigma_{ig} \phi_g^0}{R_i^0}, \quad f_g = \frac{\phi_g}{\phi_g^0}, \quad R_i^0 = \sum_{g=1}^G \sigma_{ig} \phi_g^0$$

を用いて同様の手順で一次方程式を構成している。どのような群構造を選ぶかは選択できるようになっているが、この群数により計算時間及び使用容量が大幅に変化する。大体、群数の1.5~2乗に比例すると考えてよい。なお、inputするときの群構造と内部計算用群構造(基本群と呼ぶ)は異なっている。また、

④ 積分評価量 I については、その誤差 $(\Delta I)^2$ の内訳を原因別に、つまり、反応率誤差による成分、反応断面積の誤差による成分及び推定スペクトルの誤差による成分に分けて示している。又、更に詳細に、次のような形で sensitivity を出力している。

I の i 種反応率の sensitivity $\equiv (\Delta I / I) / (\Delta R_i / R_i)$

I の i 種反応断面積の g 群の値の sensitivity $\equiv (\Delta I / I) / (\frac{\Delta \sigma_{ig}}{\sigma_{ig}})$

I に対する推定スペクトルの g 群の値への sensitivity $\equiv (\Delta I / I) / (\frac{\Delta \phi_g^0}{\phi_g^0})$

又、2種類以上の積分的評価量 I_1, I_2 があつた場合には、それぞれの間での共分散 $(\Delta I_1, \Delta I_2)$ 及び相関係数 $\rho(\frac{\Delta I_1}{I_1}, \frac{\Delta I_2}{I_2})$ を求められるようになっている。

⑤ 微分スペクトルの出力は、入力した放射化量の単位に応じて変る。例えば、 $R_i(1/\text{sec})$ とすれば $\phi_g \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{lethargy width} (\Delta u_g)$ であり、 R_i が時間積分量であれば $\phi_g \text{ n/cm}^2 \cdot \text{lethargy} (\Delta u_g)$ が出力される。又、各群 flux の improvement-ratio は次のように定義されたものである。

$$\text{improvement-ratio} \equiv \frac{\text{推定値の相対誤差}}{\text{最終解の相対誤差}} = \sqrt{\frac{(\Delta \phi_g^0 / \phi_g^0)^2}{(\Delta \phi_g / \phi_g)^2}}$$

なお、この improvement-ratio については積分的評価量についても同様に計算されている。これらの improvement-ratio を用いることにより、この Unfolding 自身の有効性が確認できることになる。但し、improvement-ratio = 1.0 の場合は、逆に Unfolding を行ったことが殆んど無益であったことを示す。例えばこれは、推定スペクトルが十分精度がよく、実際の反応率測定値或は反応断面積の精度が余りよくない場合に対応している。

⑥ $\sigma_i(u)$ と $\phi^0(u)$ のように、本来、関数値で与えられるものの誤差の入力については、エネルギー的に相関のある成分とない成分に区別して入力することが必要である。例えば $\phi^0(u)$ については

$$\Delta \phi^0(u_1) \cdot \Delta \phi^0(u_2) = s(u_1, u_2) + r^2(u_1) \cdot \delta(u_1 - u_2)$$

と表わされ、右辺第2項が無相関成分を表わしている。(但し、 $\delta(u)$ は Kronecker の delta function である。) これを実際の計算方式である多群近似にした場合

$$\frac{\Delta \phi_g^0 \cdot \Delta \phi_{g'}^0}{\Delta u_g \cdot \Delta u_{g'}} = \frac{\int du_1 \int du_2 \Delta \phi^0(u_1) \Delta \phi^0(u_2)}{\Delta u_1 \Delta u_2} = s(u_g, u_{g'}) + \frac{r^2(u_g)}{\Delta u_g} \delta_{gg'}$$

となり、右辺第2項の無相関成分は、群の幅 Δu_g によって値が変化するためである。このため、本コードでは、次の2つの誤差入力方式が用意されている。

KV Type, 1; 相対共分散 $\frac{\Delta \phi_g^0 \cdot \Delta \phi_{g'}^0}{\phi_g^0 \cdot \phi_{g'}^0}$ を基本群構造で入力する。

(IK1 ≈ 0)

この場合群構造の変換はないものとする。

KV Type, 2; 系統的相対誤差は、 $s(u_g, u_{g'}) = s(u_g) \cdot s(u_{g'})$ が成立するものとし、

(IK2 ≈ 0)

$s(u_g) (g=1, G)$ を入力する。

偶然相対誤差は $\sqrt{\frac{r^2(u_g)}{\Delta u_g}} (g=1, G)$ を入力する。この場合、入力に用

いた群構造から基本群への変換が内部で実施される。従って偶然誤差成分は、或る群構造で例えば5%と入力しても、内部で群幅が $\frac{1}{4}$ 倍と細くなったときは、10%という値になっている。

⑦ 反応断面積の誤差の入力も、⑥のKVタイプ1, 2と同様に行われており、IG1 ≈ 0 又は IG2 ≈ 0 によって選択される。なお、現在のところ、入力とは異なる核種 i, j の断面積の共分散 $\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{jg'} (i \neq j)$ は考慮されていないが、拡張は可能である。

又、KVタイプ2 (IG2 ≈ 0) を選択したときは、自己遮蔽因子の補正及びCdカバーなどのフィルタートランスミッションの補正などにおける箔の厚さの誤差も、伝播するようになっている。一方、KVタイプ1 (IG1 ≈ 0) を選択したときは、これらの誤差をすべて考慮して基本群形式にて数値入力することが必要である。

⑧ 群構造及び、推定スペクトルには、内蔵の標準データが用意されている。推定スペクトルは、内蔵のものをいくつか組み合わせて使用することが可能である。又、相対的な形のみを与えることも可能である。このような場合には、内部で flux の絶対値を自動的に決める option (IAR=0) を選ばせよ。但し、この場合には、推定スペクトルの誤差はスケール因子分が追加されて、初期データについての χ^2 検定をパスするように調整され、これが実際の推定スペクトルの誤差になっている。

絶対化しない場合 (IAR=1, 0) には、このような調整をしないので χ^2 検定をパスしない

とがある。

- ⑨ 反応断面積については ENDF/B-V から作製したデータが準備されている。但し、non-threshold reaction foil についての誤差は、ENDF/B-V からすべて作られているとは限らないので、完全なものとは言えない。

参考文献

- (1) M. NAKAZAWA & A. SEKIGUCHI, "New Data Processing Technique for Reactor Neutron Dosimetry", NUREG-CP-0004 (Vol.3), 1423-33 (1977). Proceeding of the 2nd ASTM-Euratom Symposium on Reactor Dosimetry (Palo Alto, 1977)
- (2) M. NAKAZAWA & A. SEKIGUCHI, "Several Applications of J1-Unfolding Method of Multiple-foil Data to Reactor Neutron Dosimetry" The 3rd ASTM-Euratom Symposium on Reactor Dosimetry (Ispira, 1979)

Chap 2 入力説明

§ 1 入力項目

入力項目の一覧を第 2.1 表に示した。

第2.1表 入力データ一覧表
(詳細は入力データ説明の章を参照)

*印はnamelist名である。

大項目	入力項目	説明
I. 計算パラメータ	① JSTART*	箱の数, 群構造の種類, 群構造の大きさ, window-functionの数など, 入力データの大きさに関するパラメータ。インコア/外部記憶のいずれかの選択オプションなどを, 指定する。
	② PARA*	データ入力式(スペクトルについて相対値か絶対値か, 分散の入れ方のタイプはどれかなど), 及び χ^2 検定, restartについてのパラメータを与える。
	③ IGUN*	スペクトル, 断面積, window-functionなどの入力用群構造, 計算上の基本群構造などをあらかじめinputしておく。各種の群構造は, ここで与えたKGTYPEの値で自動的に使用できるようになる。 なお, KGTYPE 1~4は内蔵データを使用, KGTYPE 5, 6のときは数値データをnamelistに続けて入力する。
II. 反応率	PARA*のINRPで指定した方式に従って, 反応率及びその分散を入力していく。	
III. 推定スペクトル	① FLUX*	推定スペクトルの入力方式を決めるIndex等を与える。 Index=1...内蔵パラメータ関数を組合せて使用 2...数値データ入力 3...内蔵数値データ使用 4...SAND-II型入力

(続 く)

表2.1表 入力項目一覧表(続き)

大項目	入力項目	説明
		又Index=1及び3のとき, 複数のスペクトルを組合せる際には, 結合係数を入力することが必要。 (なお, この結合係数は, 内部で反応率が実測値に出来るだけ合うように決めるオプションあり) 又, Index=1のときは, 内蔵スペクトル関数のパラメータを与える必要あり。
	② REFL*	入力スペクトルを絶対値化するオプションの際に使う断面積の指定を行う。
	③ 共分散の入力 (FLVARI*)	PARA*で指定した $\begin{pmatrix} IK1 \approx 0 \cdots \text{タイプ1} \\ IK2 \approx 0 \cdots \text{タイプ2} \end{pmatrix}$ にて入力する。IK $\approx$ 0のときFLVARI*を使用して入力。
IV. 反応断面積	① 断面積値の入力	断面積セットをJSTART*で指定したNOCS個だけ, パラメータで指定される群構造にて入力する。
	② RARCS*	各反応率に対応する反応断面積の番号を入力する。
	③ 自己遮蔽因子の計算 (CSITR) (CSITR2)	箱の厚さを考慮して, 自己遮蔽効果を補正した断面積を作るための入力データを与える。 CSITR*及びCSITR2の2方式で入れる。 なお, フィルタートランсмисシヨンの補正もここで行う。
	④ 共分散の入力 (CSVARI*)	PARA*で指定した方式(IG1 $\approx$ 0 タイプ1, IG2 $\approx$ 0 タイプ2)にて入力する。 IG2 $\approx$ 0のときはCSVARI*を使用して入力する。
V. 計算内容パラメータ	PSTN*	一次方程式の解法に関するパラメータ条件数などを入れる。
	CALC*	PSTN*及びCALC*を用いて入力する。

(続 く)

第 2.1 表 入力項目一覧表

大 項 目	入 力 項 目	説 明
Ⅵ.ウィンドウ関数 入力	WINDFN*	積分の評価量を求めるための window関数を, JSTART で指定した N WIND 個だけ用いて 入力する。なお, 内蔵の各種の window関数 を指定して使うこともできる。
Ⅶ.プロッタ出力 制御	(PLCON*)	プロッタにて出力するためのオプションを与 える。

§ 2 入力ファイル機番

第 2.2 表に入力ファイルの機番を示した。

第2.2表 入力ファイル機番一覧表

データ項目	機番	レコード数	ワ ー ド 構 成
箱 反 応 率	9	1	(オプション INRP = 3 のとき) 箱の順序
箱反応率の誤差	9	1	行の上三角成分を、カラムワイズに
箱反応率の誤差 {	9 9	反応率数 (NHAK) 1	(オプション INRP = 4 のとき) ($R_i, r_i, a_{ij}, (i=1..L)$) / レコード $S_i (i=1..L)$ 注) フォーマット付入力 INRP = 2 と 同じ
群 フ ラ ッ ク ス	9	INDEX = 4 の フラックス数	(オプション INDEX = 4) (群数 + 1 個) / レコード エネルギーの高い方から入力
断 面 積	20	ID. No < 0* の断面積数	(オプション ID. No. < 0) (群数) / レコード エネルギーの高い方から入力
断面積共分散	30	パラメータ IG 1 個	(オプション IDIG = -1) 行列の上三角成分を、カラムワイズに 入力される。

注) 各レコードはバイナリーデータを持つ。詳細は後述。

注) カード入力は、5 番で行われる。

*) ID.No (Identification No.) の前に負号をつけたものは binary data の形で
20 の機番から読み込まれる。

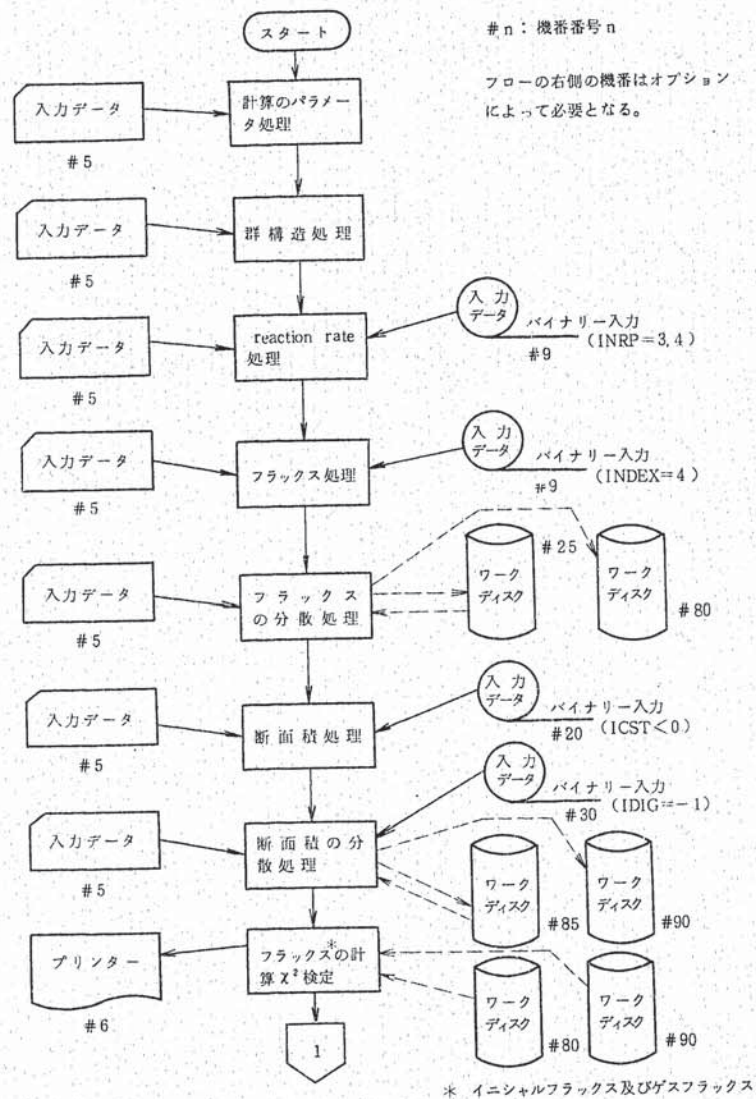
§ 3 データフロー

第2.1図に NEUPAC コードのデータフローを示した。

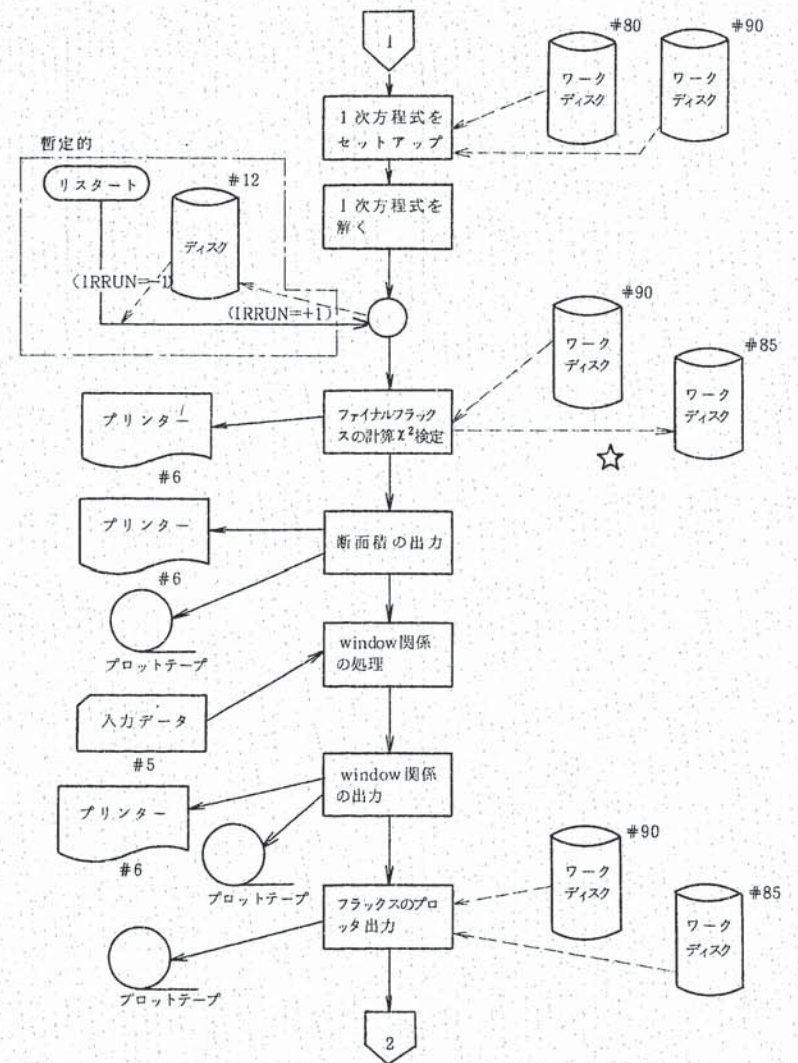
ワークディスクに関する注意を以下に示す。

- #80 : イニシャルフラックスの共分散行列
- #85 : ファイナルフラックスの共分散行列
- ただし、☆以降
- #90 : 断面積の共分散行列

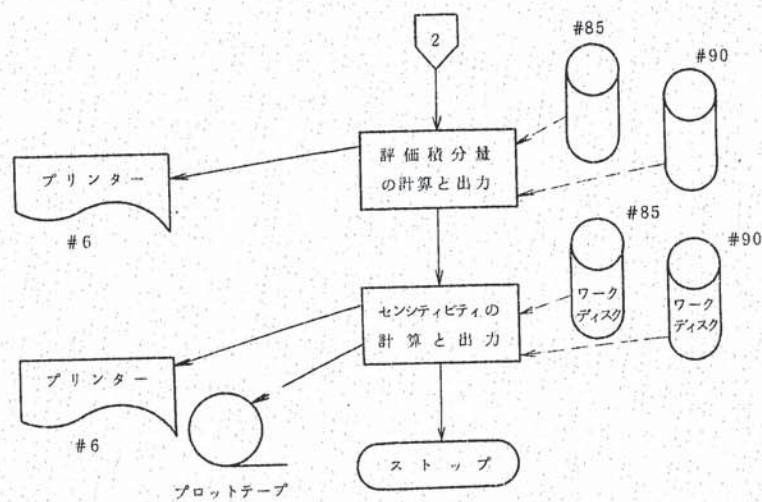
が書かれている。#80, #85 は1レコード, #90 は断面積毎に、1レコードとなっている。各レコードは、群数×群数のワード数を持つ。行列は、カラムワイズに扱われる。これらは IDIG = -1 のとき、使用される。



第2.1図 データフロー



第2.1図 データフロー (続 き)

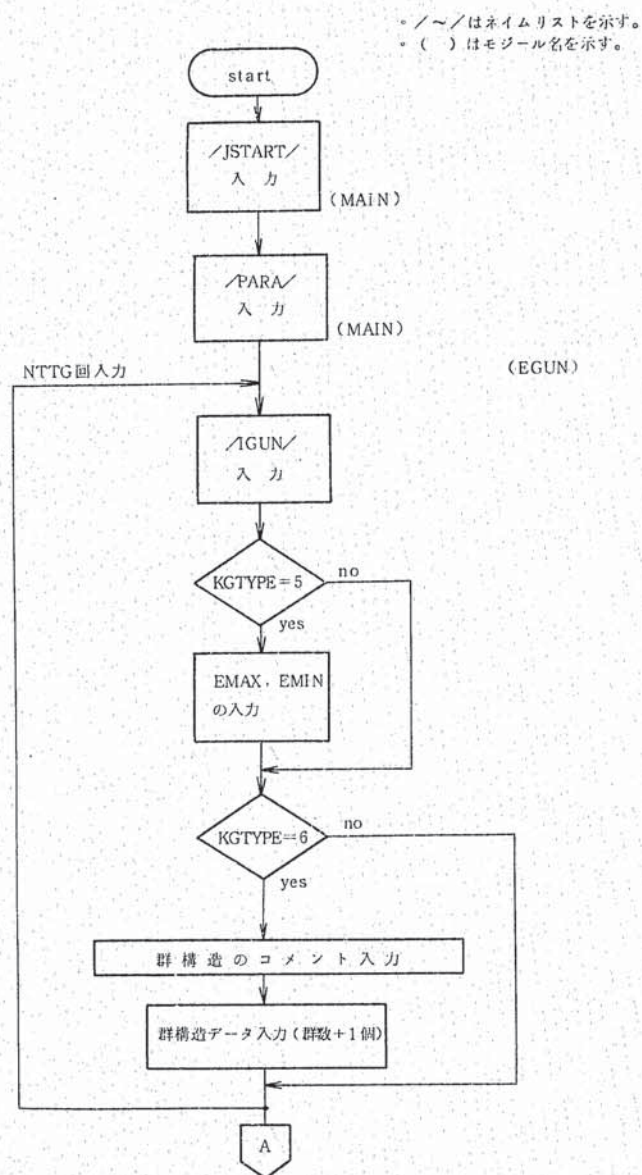


第2.1図 データ・フロー (続き)

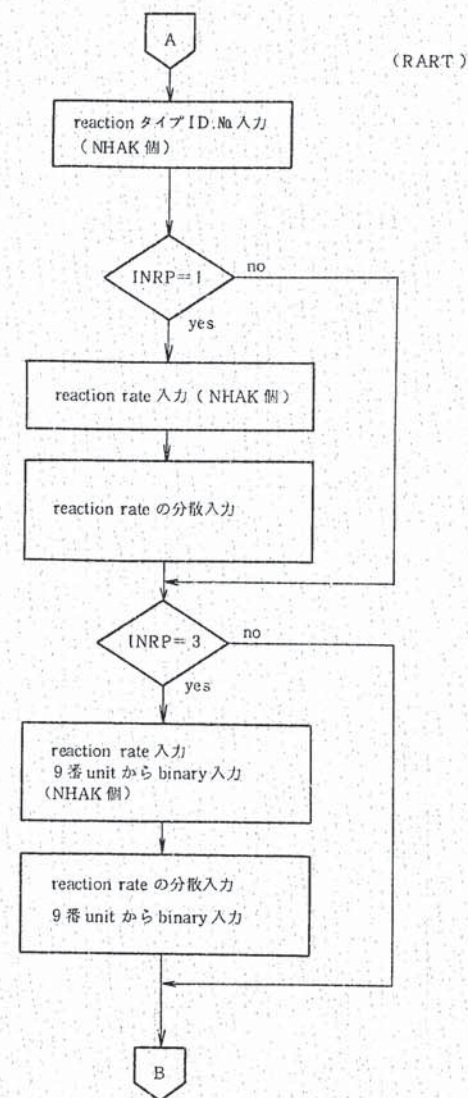
§4 入力データのセットアップ

第2.2図に入力データのセットアップ手順を示した。但し、

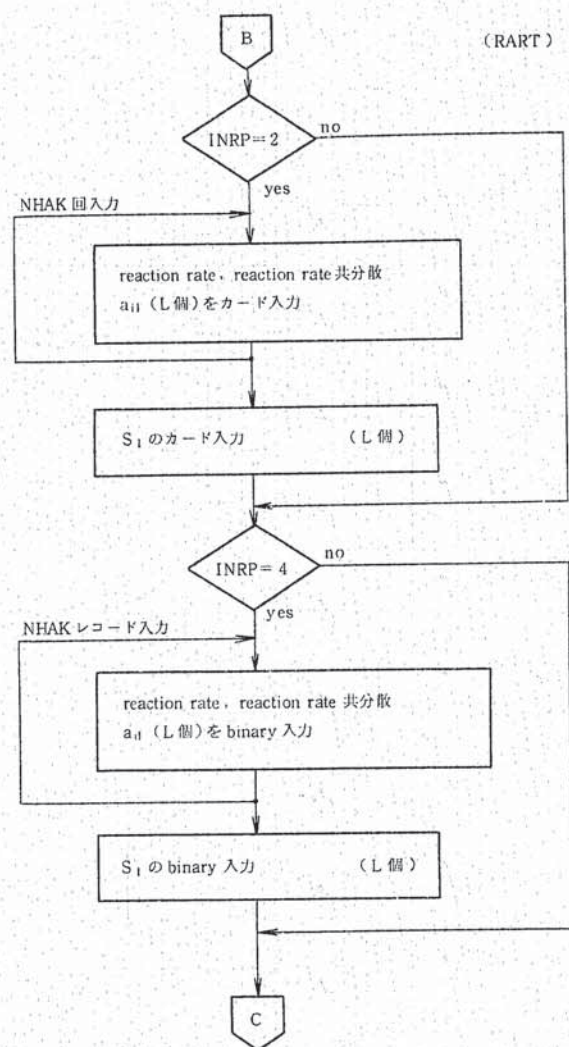
- /~/は、ネームリストを示す。
- () は、モジュール名を示す。



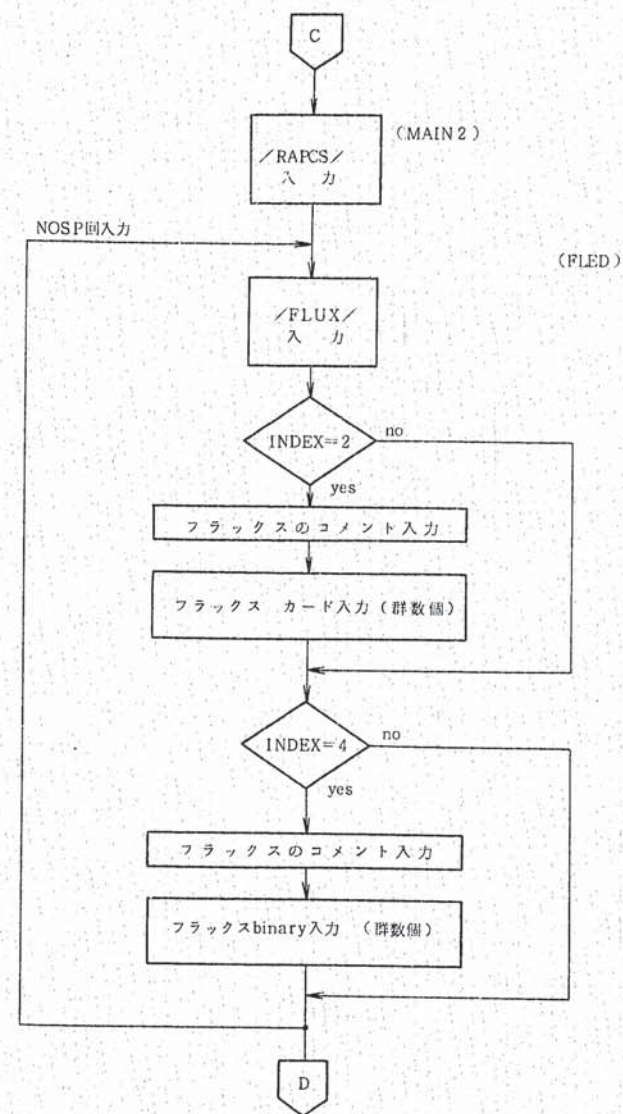
第2.2図 データ入力シーケンス



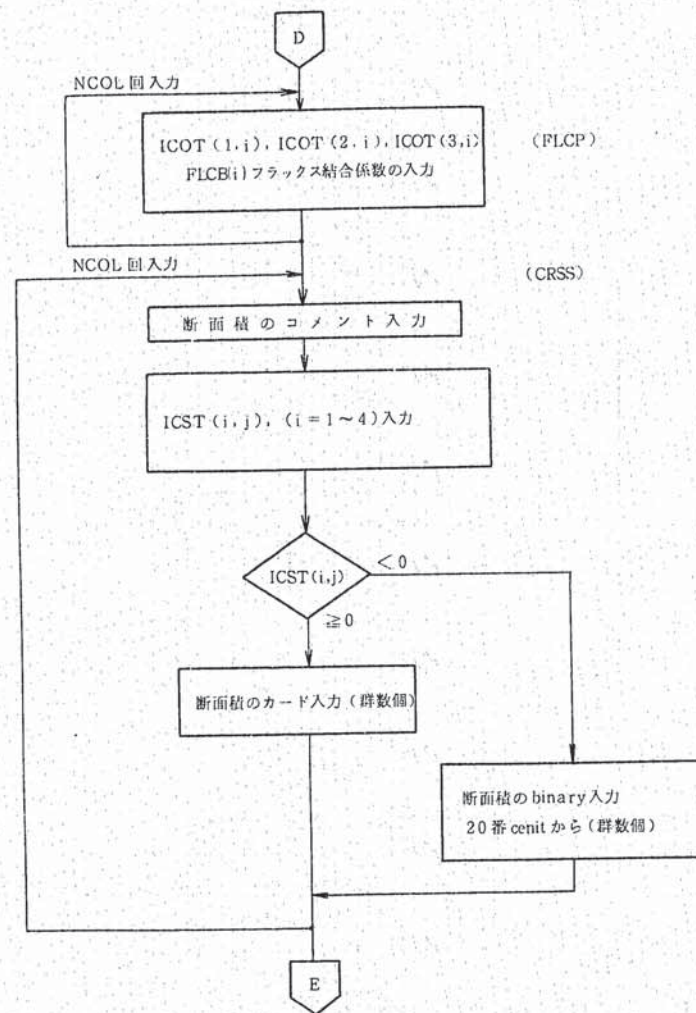
第2.2図 データ入力シーケンス (続 き)



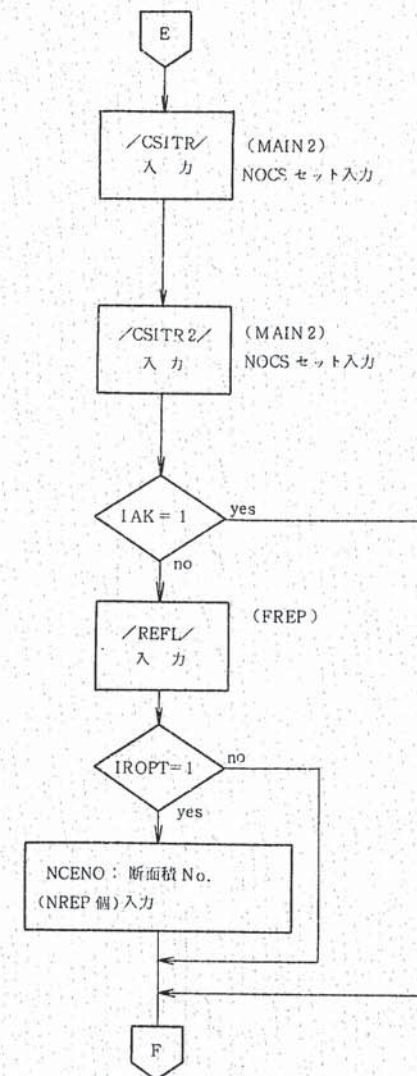
第2.2図 データ入力シーケンス (続き)



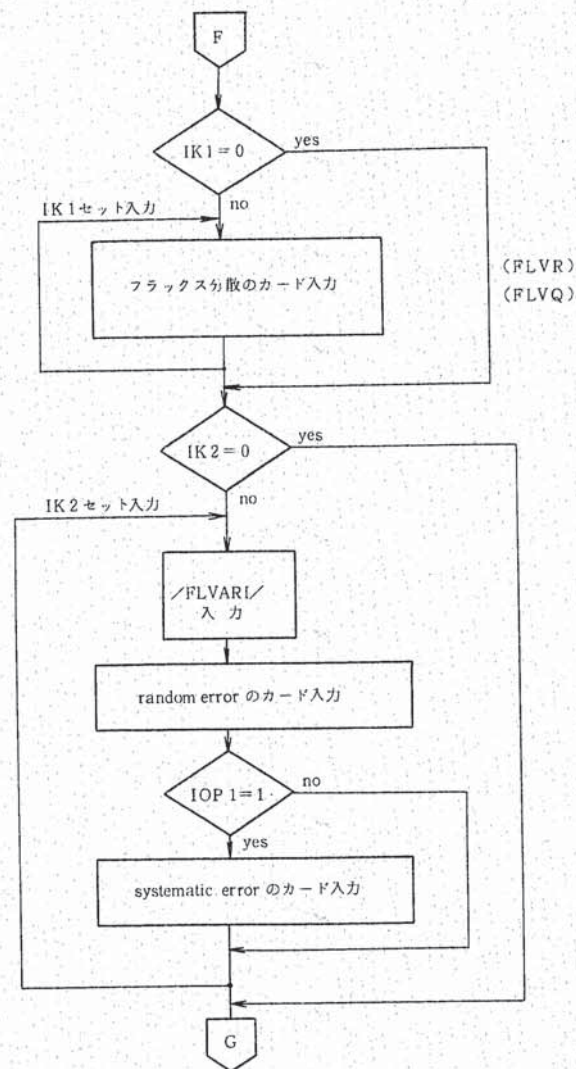
第2.2図 データ入力シーケンス (続き)



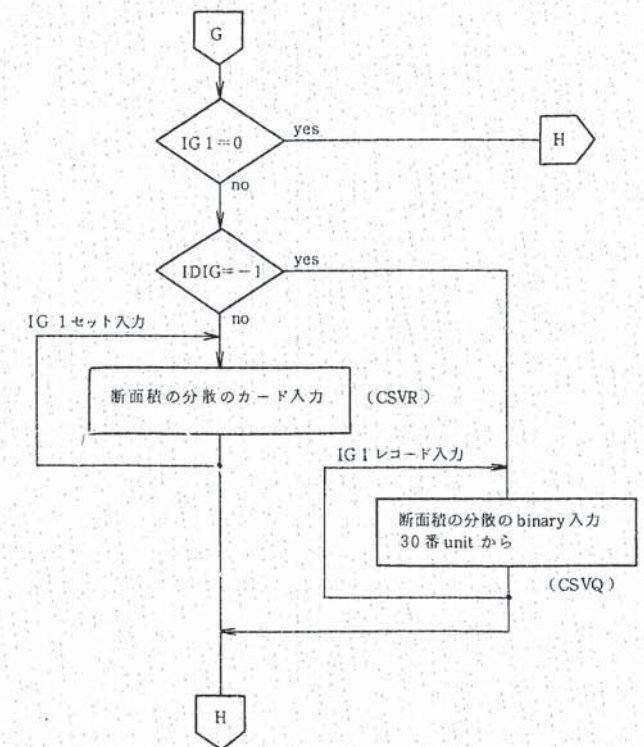
第 2.2 図 データ入力シーケンス (続 き)



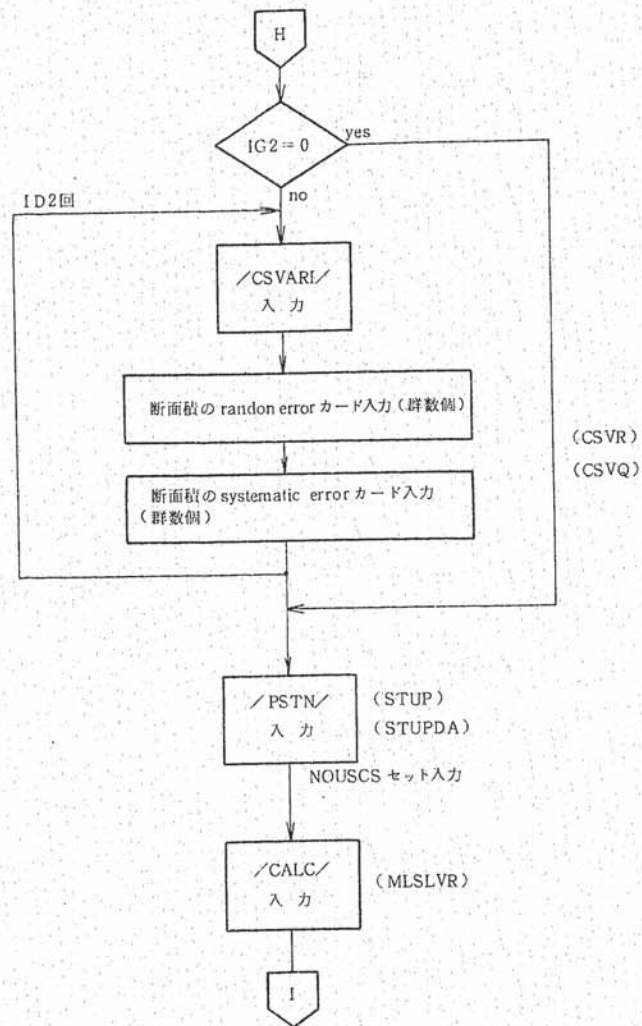
第 2.2 図 データ入力シーケンス (続 き)



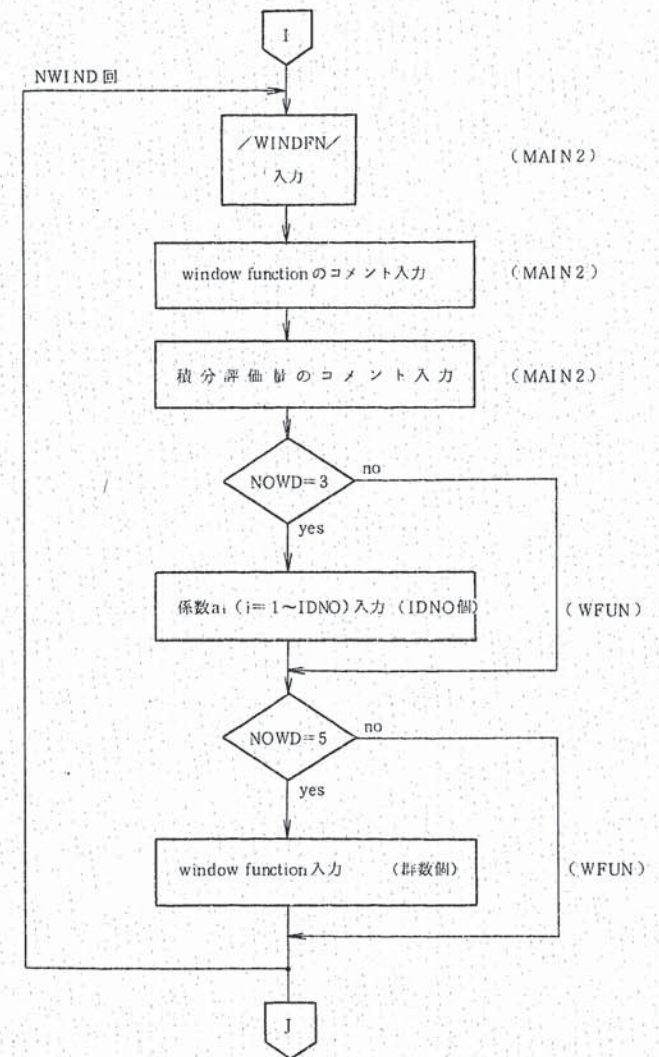
第2.2図 データ入力シーケンス (続き)



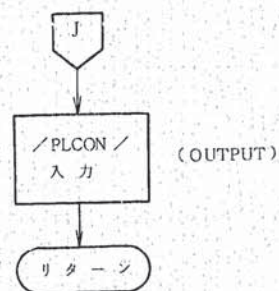
第2.2図 データ入力シーケンス (続き)



第2.2図 データ入力シーケンス (続き)



第2.2図 データ入力シーケンス (続き)



第2.2図 データ入力シーケンス (続 き)

§ 5 入力データ説明

原 則

1. パラメーターは、ネームリスト入力である。
2. 数値データは、フリーフォーマットで読まれる。
3. バイナリー入力の行列は、上三角分の要素が列毎に入力される。
4. コメントレコードは、カード1枚(18 A 4)からなる。
5. エネルギー構造を持つデータは、高エネルギー側から入力される。
6. 群構造、フラックス、断面積は、ネームリスト (& IGUN, & FLUX) 及び、断面積データの入力順に、通し番号が付けられる。そして、後続の入力では、群構造、フラックス、断面積の引用に、この通し番号を用いる。尚、数値データ、内蔵データ、関数形で決定されるデータの種類にかかわらず、この通し番号がふられる。
7. カード入力データは入力フォーマットにかかわらず、1カラムから72カラムの間に入れる。
8. リスタートについて

パラメーター IRRUN = 1* が指定されたとき、出力部の前で、リスタートデータを機番番号12番のファイルに書き出す。IRRUN = -1 が指定されたとき、機番番号12番のファイルから、リスタートデータを読み込み、出力部から実行が行われる。IRRUN = 1 が指定されたときには、リスタートに関する全ての機能は無視される。

* 実 は IRRUN = -1, 0 であれば良い。

(1) 計算用コントロールパラメーター入力

namelist / PARA /

Variable	Type	Size	Explanation
NKH	I 4		基本群 No 入力した群構造のうち、NKH 番目を基本群として使用する
IAR	I 4		結合フラックスの絶対値化オプション $\begin{cases} = 0; \text{絶対値化する} \\ = 1; \text{絶対値化しない} \end{cases}$
IK 1	I 4		入力フラックスのうち、KV Type 1 の形をしているフラックスの数
IK 2	I 4		入力フラックスのうち、KV Type 2 の形をしているフラックスの数
IG 1	I 4		入力断面積のうち、KV Type 1 の形をしている入力断面積の数
IG 2	I 4		入力断面積のうち、KV Type 2 の形をしている入力断面積の数
JOPF	I 4		フラックス共分散のうち、使用するフラックスを指定するパラメータ $1 \leq JOPF \leq ITF$
IPR	I 4		χ^2 分布確率計算オプション $\begin{cases} = 0; \text{数表から補間} \\ = 1; \text{近似式から計算} \end{cases}$
CONLEV	R 4		χ^2 検定の confidence level (%)
ISJ	I 4		not used
IRRUN	I 4		リスタート・オプション $\begin{cases} = 0; \text{無視} \\ = 1; \text{FT 12 (restart tape) への書き出し} \\ = -1; \text{FT 12 からの読み込み} \end{cases}$
INRP			箱データ入力形式オプション $\begin{cases} = 1; R_i, (\Delta R_i \cdot \Delta R_j) / R_i R_j \text{ をカード入力} \\ = 2; R_i, r_i, a_{ij} (i=1 \sim L) \left\{ \begin{array}{l} S_i (i=1 \sim L) \end{array} \right\} \text{ をカード入力} \\ \quad \left(\text{内部で } \frac{\Delta R_i \Delta R_j}{R_i R_j} = r_i^2 + \sum_{j=1}^L a_{ij} a_{ji} S_i^2 \text{ と計算する} \right) \\ = 3; R_i (\Delta R_i \cdot \Delta R_j) / R_i R_j \text{ を binary 入力} \\ = 4; R_i, r_i, a_{ij} (i=1 \sim L) \left\{ \begin{array}{l} S_i (i=1 \sim L) \end{array} \right\} \text{ を binary 入力} \end{cases}$

(注) Size の欄には、配列の大きさが書かれている。もし、入力データがスカラーならば、空白としている。

(2) 計算用コントロールパラメーター入力

namelist / JSTART /

Variable	Type	Size	Explanation
NHAK	I 4		反応率数
NTTG	I 4		使用する群構造の総数
NGNS	I 4		全ての群構造の境界を 1 次元アレイで格納する。そのアレイの長さ
NOCS	I 4		入力する断面積の総数
NTCS	I 4		全ての断面積を 1 次元アレイで格納する。そのアレイの長さ
NCOL	I 4		フラックス結合数 NCOL 個のフラックスを合成して initial-flux を作る。
NFGN	I 4		基本群の群数
NOSP	I 4		使用するフラックスの種類の総数
KSP	I 4		使用するフラックスを 1 次元アレイに格納する。その長さ
NREP	I 4		フラックスの結合に使用する断面積数
NFAT			NAFT ≈ 0 のとき結合係数の入力が必要
*ITF	I 4		フラックス共分散の入力数
*ITS	I 4		断面積共分散の入力数
NOUSCS	I 4		使用断面積数 (NHAK - window function 共分散計算で使用する断面積数)
NWIND	I 4		window function 数
NWN	I 4		積分評価量の基準となる window function の指定パラメータ ($1 \leq NWN \leq NWIND$)
IDIG	I 4		インコア/外部記憶選択オプション $\begin{cases} = 1; \text{インコア} \\ = -1; \text{外部記憶} \end{cases}$
L	I 4		reaction rate の誤差共分散計算式での展開項数 (入力データ数)

* IDIG = -1 のときは、ITF = ITS = 1 でよい。

(3) 群構造入力

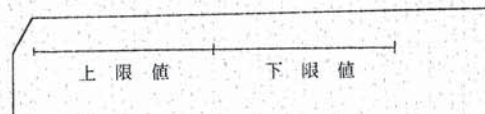
namelist /IGUN/

Variable	Type	Size	Explanation
KGTYPE	I 4		群タイプ指定パラメータ $1 \leq \text{KGTYPE} \leq 6$ (第2.3表参照)
IG	I 4		群数

KGTYPE = 1 ~ 4, 7 の内蔵群構造については, Appendix B-2 を参照すること。

KGTYPE = 5 のとき

群構造の上限値と下限値が必要



KGTYPE = 6 のとき

1. タイトルカード
2. 入力数値データ

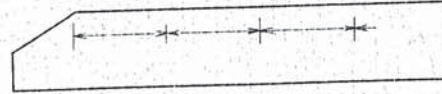
(注) NTTG (& JSTART) セットのネームリスト入力 (& IGUN) と, これに続く
数値入力データを用意する。又, この入力データの入力順に通し番号が付き, 後
続の入力データが引用する群構造番号となる。

第2.3表 KGTYPE 一覧表

KGTYPE	説 明	群数
1	JAERI + 3 群 (内蔵)	103
2	SAND - II タイプ (*)	620
3	ABBN タイプ (*)	26
4	JOYO タイプ (*)	20
5	等レサジー群	
6	数値入力	
7	弥生タイプ (内蔵)	39

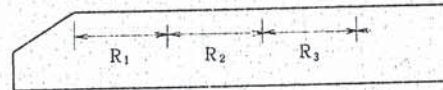
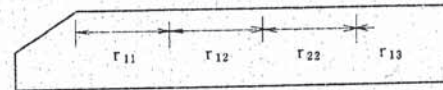
(4) reaction rate 関係入力

1. ID. No.

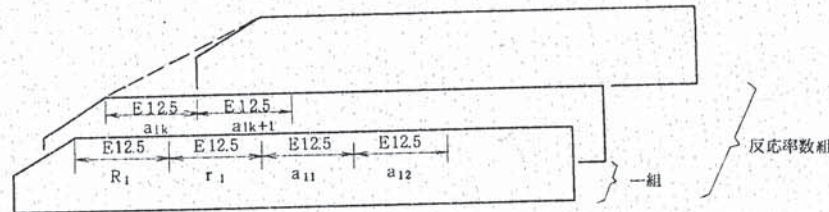
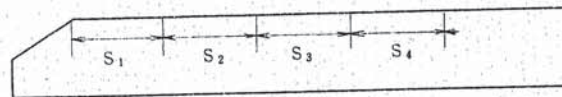


○断面積の ID. No を NHAK 個入力する。ID. No と反応の対応表は第 2.4 表に示す。

スタンダード入力するとき (INRP=1)

2. reaction rate (R_i)3. reaction rate covariance (r_{ij})

ノンスタンダード入力するとき (INRP=2)

2' $\{R_i, r_i, (a_{il}, l=1, L)\}$ 3' $\{S_l, l=1, L\}$ 

以上の入力後、反応率共分散は、次のように計算される。

$$\frac{dR_i \cdot dR_j}{R_i \cdot R_j} = r_{ij}^2 + \sum_{l=1}^L a_{il} a_{jl} S_l^2$$

バイナリー入力 (入力機番号 9)

INRP=3 のとき INRP=1 の形の reaction rate と reaction rate covariance を、それぞれ 1 レコードで入力する。

INRP=4 のとき INRP=2 の形のデータを $\{R_i, r_i, (a_{il}, l=1, L)\}$ を 1 レコードずつ箱数組入力し、 $\{S_l, l=1, L\}$ を 1 レコードで入力する。

第 2.4 表 断面積の ID, No と反応の対応表

No	Reaction Type	No	Reaction Type	No	Reaction Type
1	6 Li (n, α)	17	55 Mn (n, γ)	33	197 Au (n, γ)
2	10 B (n, α)	18	56 Fe (n, p)	34	232 Th (n, γ)
3	23 Na (n, γ)	19	58 Fe (n, γ)	35	232 Th (n, f)
4	24 Mg (n, p)	20	58 Ni (n, p)	36	235 U (n, f)
5	27 Al (n, α)	21	58 Ni (n, 2n)	37	237 Np (n, f)
6	27 Al (n, p)	22	59 Co (n, α)	38	238 U (n, f)
7	28 Si (n, p)	23	59 Co (n, γ)	39	238 U (n, γ)
8	31 P (n, p)	24	60 Ni (n, p)	40	239 Pu (n, f)
9	32 S (n, p)	25	63 Cu (n, α)	41	103 Rh (n, p)
10	34 S (n, α)	26	63 Cu (n, γ)	42	103 Rh (n, n')
11	35 Cl (n, α)	27	63 Cu (n, 2n)	43	193 Nb (n, n')
12	45 Sc (n, γ)	28	64 Zn (n, p)	44	181 Ta (n, γ)
13	46 Ti (n, p)	29	90 Zr (n, 2n)	45	181 Ta (n, p)
14	47 Ti (n, p)	30	115 In (n, n')	46	Cd cover
15	48 Ti (n, p)	31	115 In (n, n')	47	B cover
16	54 Fe (n, p)	32	127 I (n, 2n)	48	Au cover

(5) 箔・断面積対応表

namelist /RARCS/

Variable	Type	Size	
L A(1)	I 4		1 番目の反応率の断面積No
L A(2)	I 4		2 番目の反応率の断面積No
L A(3)	I 4		3 番目の反応率の断面積No
L A(4)	I 4		4 番目の反応率の断面積No
⋮	⋮		⋮
L A(20)	I 4		20 番目の反応率の断面積No

(6) フラックス関係入力

namelist /FLUX/

Variable	Type	Size	Explanation
INDEX	I 4		フラックス入力オプション $1 \leq \text{INDEX} \leq 4$
IOPT	I 4		関数選択オプション $1 \leq \text{IOPT} \leq 6$
GUNNO	I 4		群構造入力番号指定パラメーター $1 \leq \text{GUNNO} \leq \text{NTTG}$
N	I 4		関数形で入力するフラックスを決定するパラメーター $1/E^n$ の n の指定
T	R 4		温度
IFG	I 4		入力フラックス形式指定オプション $\begin{cases} \geq 0; \phi(u) du \text{ 形式} \\ < 0; \phi(u) \text{ 形式} \end{cases}$
IBR	I 4		入力フラックスの絶対化オプション $\begin{cases} 1 \text{ ノーマライズされない} \\ 0 \text{ ノーマライズされる} \end{cases}$

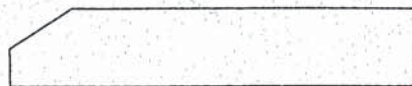
1) INDEX = 1 ……関数値をセットする。

関数No及び温度等のパラメーターが必要。

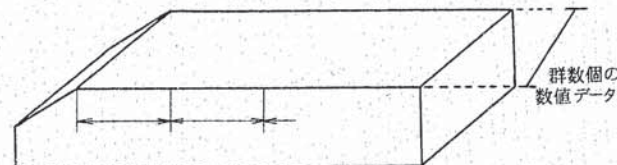
2) 参照のこと。

○ INDEX = 2 ……数値入力

1. コメント文



2. 数値入力



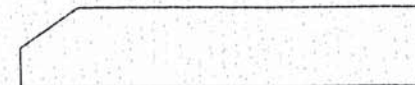
データは、群数個必要

○ INDEX = 3 ……内蔵フラックスをセット

3) を参照のこと。

○ INDEX = 4 ……SAND-II タイプ

1. コメント文



2. 数値入力



バイナリー入力であって、1レコードあたり(群数+1)個データが必要

2) パラメーター入力フラックス計算式 (INDEX = 1)

E の単位は Mev

IOPT = 1 ^{235}U fission spectrum

$$\phi(E) = \mu(E) \cdot \chi(E)$$

ここに

$$\chi(E) = 0.7501 \sqrt{E} \exp(-1.50 E / 1.97)$$

エネルギー範囲 (Mev)	$\mu(E)$
0 ~ 0.25	$1 + 0.800 E - 0.153$
0.25 ~ 0.8	$1 - 0.140 E + 0.082$
0.8 ~ 1.5	$1 + 0.040 E - 0.062$
1.5 ~ 6.0	$1 + 0.010 E - 0.017$
6.0 ~	$1.043 \{ \exp(-0.06(E-6.0)) / 1.043 \}$

IOPT = 2

$$\phi(E) = \frac{1}{E^n}$$

IOPT = 3 Maxwellian spectrum

$$\phi(E) = 4.5408 \times 10^{-12} \sqrt{E} \exp(-E / 0.0253 \times 10^{-6})$$

IOPT = 4 fission spectrum

$$\phi(E) = \mu(E) \cdot \chi(E)$$

$$\chi(E) = \sqrt{E} \exp(-E / 8.617 \times 10^{-11} T)$$

 $\mu(E)$ は No 1 と同じ

IOPT = 5

$$\phi(E) = \sqrt{E} \exp(-E/(-8.617 \times 10^{-11} T))$$

IOPT = 6

$$\phi(E) = 1.0/E$$

3) 内蔵スペクトルについて (INDEX=3)

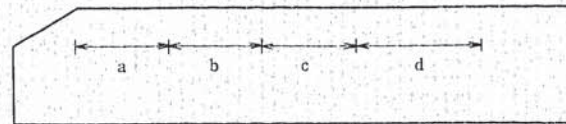
内蔵データは Appendix B-1 を参照のこと。又、内蔵スペクトルの ID.No と内容は、第 2.5 表を参照のこと。

NOSP (& JSTART) セットのネームリスト入力 (& FLUX) と、これに続く数字入力データを用意する。又、この入力データの入力順に通し番号が付き、後続の入力データが引用するフラックス入力番号となる。

- IOPT = 1 「常陽」サベランス位置 ((9A1)) の中性子束
 = 2 「常陽」径方向ブランケットの中心位置の中性子束
 = 3 「常陽」炉中心位置の中性子束
 = 4 「弥生」炉グローリー・ホール中性子束
 = 5 「弥生」炉インターミディエイト中性子束

第 2.5 表 内蔵スペクトル一覧表

No.	内 容	正規化	IFG	KG Type
1	常陽サーベイランスポジション (20 群)	済	0	4
2	常陽ブランケットポジション (・)	済	0	4
3	常陽炉心 (・)	済	0	4
4	弥生炉 (39 群)	済	-1	7
5	弥生炉中速中性子柱 (26 群)	済	-1	3

(7) フラックス結合係数の入力 (オプション NFAT $\approx$ 0 のとき)

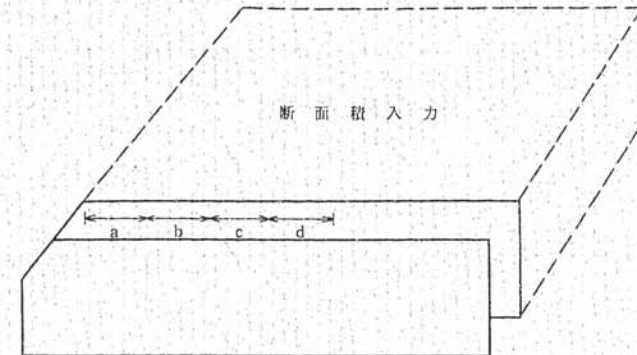
- a : フラックスの入力番号
 b : 基本群での上限
 c : 基本群での下限
 d : 結合係数

注) 結合するフラックス数だけ入力カード枚数が必要。

注) $b = 0$ のときは, 第 1 群が $c = 0$ のとき最終群がセットされる。

注) 結合法については Appendix D を参照のこと。

(8) 断面積入力



- a : ID. No
 b : 群構造入力番号
 c : 使用する群の上限 (もし, 0 がセットされれば 1 群から使用される)
 d : 使用する群の下限 (もし, 0 がセットされれば最終群がセットされる)

注) 上記のデータが断面積数 NOCS (& JSTART) 組必要

注) 断面積データは高エネルギー側から入力される。

又, 20 番ユニットからバイナリーで入力される事もある (ID. No の前にマイナス記号があるとき)。このときには, 1 レコードに (群数) 個のデータを高い方から並べる必要がある。第 2.2 表参照のこと。

(9) 自己遮蔽因子パラメータ入力

namelist /CSITK/

Variable	Type	Size	Explanation
SHA 1	R4	100	自己遮蔽因子関数の係数 (N_i)
SHA 2	R4	100	自己遮蔽因子関数の係数 (t_i)
			N_i, t_i は自己遮蔽因子関数 $\begin{cases} f(u) = 1 / (1 + N_i \sigma_i(u) t_i) \text{ or} \\ f(u) = \exp(-N_i \sigma_i(u) t_i) \text{ etc} \end{cases}$ N_i, t_i である。
IKPF 1	I 4	100	自己遮蔽因子計算オプション ($f_0(u)$)
IKPF 2	I 4	100	フィルター補正計算オプション ($f_1(u)$) $\begin{cases} = 0 \text{ でフィルター補正の計算をしない。} \\ \neq 0 \text{ でフィルター補正の計算をする。} \end{cases}$ $\begin{cases} f_0(u) \text{ は自己遮蔽補正} \\ f_1(u) \text{ は filter transmission の場合に対応する。} \end{cases} $

(10) 自己遮蔽因子関数指定入力

namelist /CSITR 2/

Variable	Type	Size	Explanation
IKN 1	I 4	100	自己遮蔽因子関数形指定パラメータ ($f_0(u)$)
IKN 2	I 4	100	フィルター補正関数形指定パラメータ ($f_1(u)$)
ISA 1	I 4	100	自己遮蔽因子係数指定パラメータ ($f_0(u)$)
ISA 2	I 4	100	フィルター補正係数指定パラメータ ($f_1(u)$) 係数 N_i, t_i の何番目を使用するか指定。 $N_i = \text{SHA } 1,$ $t_i = \text{SHA } 2$ であり, ISA 1 番目, ISA 2 番目の係数を使用 する事を意味する。 $1 \leq \text{ISA } 1 \leq \text{NOCS}$ $1 \leq \text{ISA } 2 \leq \text{NOCS}$ $\begin{cases} f_0(u) \text{ は自己遮蔽補正} \\ f_1(u) \text{ は filter transmission の場合に対応する。} \end{cases} $

自己遮蔽補正関数

IKN 1 = 1

$$\frac{df_0(u)}{f_0(u)} = \frac{N_i \sigma_i(u) \mathcal{L}_i}{1 + N_i \sigma_i(u) \mathcal{L}_i} \left(\frac{d\mathcal{L}_i}{\mathcal{L}_i} \right)$$

IKN 1 = 2

$$\frac{df_0(u)}{f_0(u)} = N_i \sigma_i(u) \mathcal{L}_i \left(\frac{d\mathcal{L}_i}{\mathcal{L}_i} \right)$$

IKN 1 = 3

$$\frac{df_0(u)}{f_0(u)} = \frac{\partial \mathcal{L}_n f_0(u)}{\partial \mathcal{L}_n \tau} \left(\frac{d\mathcal{L}}{\mathcal{L}_i} \right)$$

filter transmission 関数

IKN 2 = 1

$$f_1(u) = \frac{1}{1 + N_i \sigma_i(u) t_i}$$

IKN 2 = 2

$$f_1(u) = e^{-N_i \sigma_i(u) t_i}$$

IKN 2 = 3

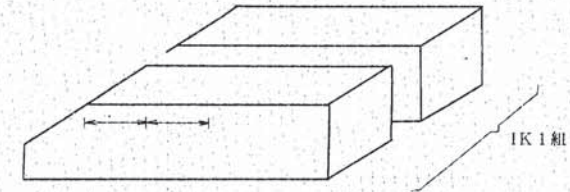
数表 (予定)

(10) 推定スペクトル絶対値化オプション入力

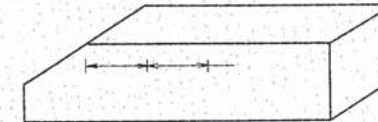
namelist /REFL/

Variable	Type	Size	Explanation
IROPT	I 4		推定スペクトル絶対値化での使用断面積指定オプション = 0 ; NOUSCS セットの断面積をすべて使用 = 1 ; NREP 個の断面積を使用し, 使用断面積 NO, (NCSNO (i), i = 1 ~ NREP) は入力する。

(12) フラックス共分散行列の入力

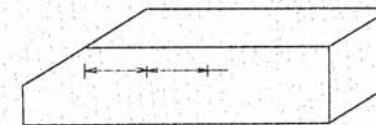
IK 1 $\neq$ 0 のとき, 行列の上三角成分を IK 1 組入力する。IK 2 $\neq$ 0 のとき, 下記の入力を IK 2 組必要とする。

1. ネイムリスト FLVARI
2. ランダムエラー



データ数は, (群数) 個必要

3. システマティックエラー



データ数は, (群数) 個必要

namelist /FLVARI/

Variable	Type	Size	Explanation
IGNO	I 4		フラックス covariance データ入力での群番号指定 (covariance の第 1 項 *, random error の項について)
ISNO	I 4		フラックス covariance データ入力での群番号指定 (covariance の第 2 項 *, systematic error の項について)
IOP 1	I 4		0 を入力すると IGNO にセットされる。 フラックス covariance の第 2 項 *, (systematic error term) の計算オプション $\begin{cases} = 1; \text{第 2 項}^* \text{を計算する。} \\ \neq 1; \text{第 2 項}^* \text{を計算しない。} \end{cases}$ フラックス covariance の第 3 項 * の計算オプション $\begin{cases} = 1; \text{第 3 項}^* \text{の計算をする。} \\ \neq 1; \text{第 3 項}^* \text{の計算をしない。} \end{cases}$
数値データが引き続く。ただし, 機番番号に注意。 例参照 (§ 6)			

$$\frac{\Delta \phi_g^0 \Delta \phi_k^0}{\phi_g^0 \phi_k^0} = r_g^2 \delta_{gk} + s_g^2 H_{gk} + \sum_{i=1}^{NOSP} \left(\frac{\Delta \sigma_x(i)}{\sigma_x(i)} \right)^2 \frac{\sigma_x(i)^2 \phi_{0g}(i) \phi_{0k}(i)}{\phi_{0g} \cdot \phi_{0k}}$$

ϕ^0 : フラックス,

σ_x : 断面積,

δ_{gk} : クロネッカー関数,

$\Delta \sim$: ~のエラー

H_{gk} : エラーの群毎の相関

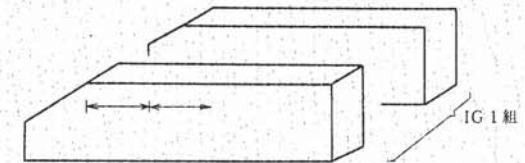
r_g, s_g : 入力

⑬ 断面積共分散関係入力

○ cross-section共分散行列

IG 1 $\neq 0$ のとき 行列の上三角成分を, IG 1 個入力する。

IDIG = 1 のとき フリーフォーマットで入力する。



IDIG = -1 のとき バイナリー入力

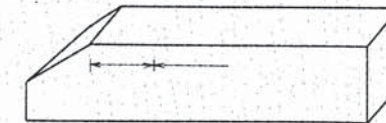


分散行列の上三角部分が, 1 レコードで断面積組入力される。

入力の並びは, カラムワイズである。

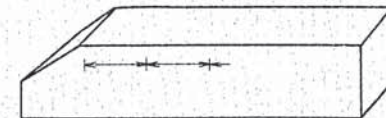
IG 2 $\neq 0$ のとき 下記入力を IG 2 組必要とする。

1. ネイムリスト CSVARI
2. ランダムエラー



データは(群数) 個必要

3. システマティックエラー



データは(群数) 個必要

namelist /CSVARI/

Variable	Type	Size	Explanation
NOVSCS	I 4		断面積入力番号
IGN	I 4		群入力番号
ICS MAX	I 4		使用する断面積の群の上限
ICS MIN	I 4		使用する断面積の群の下限
IPF	I 4		自己遮蔽因子の関数形指定パラメーター ($\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik}$) の 3 項目の計算
LPF	I 4		filter transmission の関数形指定パラメーター ($\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik}$) の 4 項目の計算
KPF	I 4		自己遮蔽因子の関数形指定パラメーター flux の自己遮蔽補正の計算
MPF	I 4		filter transmission の関数形指定パラメーター
ICS 1	I 4		自己遮蔽因子計算での断面積指定パラメーター flux の自己遮蔽補正の計算
ICS 2	I 4		filter transmission での断面積指定パラメーター
ICS 3	I 4		自己遮蔽因子計算での断面積指定パラメーター ($\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik}$) の 3 * 項目の計算
ICS 4	I 4		自己遮蔽因子計算での断面積指定パラメーター ($\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik}$) の 4 * 項目の計算
ICD 1	I 4		自己遮蔽因子誤差関数のパラメーター ($\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik}$) の 3 * 項目の計算
ICD 2	I 4		filter transmission 誤差関数のパラメーター ($\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik}$) の 4 * 項目の計算

数値データが引き続く機番番号に注意。例参照 (§ 6)

$$* \frac{\Delta \sigma_i(u_g) \Delta \sigma_i(u_k)}{\sigma_i(u_g) \sigma_i(u_k)} = \frac{r_i^2(u_g)}{\Delta u_g} \delta_{gk} + S_g \cdot S_k H_{gk} + \left(\frac{\Delta f_0(u_g) \Delta f_0(u_k)}{f_0(u_g) f_0(u_k)} \right) + \left(\frac{\Delta f_1(u_g) \Delta f_1(u_k)}{f_1(u_g) f_1(u_k)} \right)$$

自己遮蔽因子と filter transmission については前述。(00 参照)

00 一次方程式の組み立てに関する入力

namelist /PSTN/

Variable	Type	Size	Explanation
ICSVR	I 4		正規方程式の左辺の係数行列に使われる, 断面積共分散の番号
IPOS 1	I 4		一次方程式左辺の係数行列に含ませる, 断面積 covariance term の位置の指定
IPOS 2	I 4		IPOS 1 と同様 IPOS 1 は係数行列の行方向 IPOS 2 は係数行列の列方向 } を指定する。 $\left(\begin{array}{l} 1 \leq \text{IPOS 1} \leq \text{NHAK} \\ 1 \leq \text{IPOS 2} \leq \text{NHAK} \end{array} \right)$ INCS (2, i) = IPOS 1 } にセットされる。 INCS (3, i) = IPOS 2 } (i = 1 ~ NOUSCS) IPOS 2 = 0 のとき IPOS 2 = IPOS 1 (対角成分) となる。

(15)

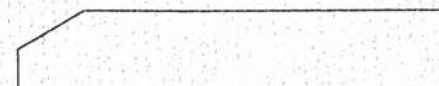
namelist /CALC/

Variable	Type	Size	Explanation
CONDNO	R 4		正規方程式の条件数。丸め誤差の成長の下限を与える。 (推奨値 10^6) 丸め誤差が成長して 10^6 倍になる可能性があるとき、特異値分解が行われる。

(16) Window関数関係入力

下記入力を NWIND 組必要とする。

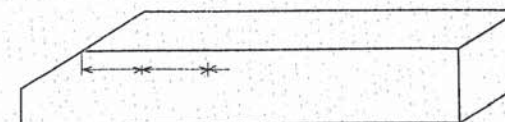
1. ネイムリスト WINDFN
2. コメントカード (プロッタータイトル用)



3. コメントカード



4. NOWD = 3 又は 5 のとき 数値データ



namelist /WINDFN/

Variable	Type	Size	Explanation
NOWD	I 4		window function 選択オプション
IGNO	I 4		integral flux の下限 energy 群指定 (NOWD = 2 のときに入力) フラックスの中心を示す入力データ数 (NOWD = 3 のときに入力)
ICSNO	I 4		断面積 NO (NOWD = 4 のときに入力)
ISENS	I 4		JSENS = $\begin{cases} 0 & \text{sensitivity を出力する} \\ 1 & \text{sensitivity を出力しない} \end{cases}$

window function は基本群構造で入力される。

Window 関数

- NOWD = 1 total flux
 $W_g = 1.0$ $g = 1$ 群数
- NOWD = 2 integral flux
 $W_g = \begin{cases} 1.0 & g \geq \text{IGND} \\ 0.0 & \text{その他} \end{cases}$
- NOWD = 3 smoothing
 入力数値データ ($a_1, \dots, a_{\text{IDNO}}$) から
 $W_g = \begin{pmatrix} a_0 \\ \vdots \\ a_{\text{IDNO}} \end{pmatrix}$ $g = \text{IGNO}$
 $g = \text{IGNO} \pm \text{IDNO}$
 を計算して正規化する。
- NOWD = 4 断面積
 ICSNO めの断面積を使用
- NOWD = 5 数値入力
 エネルギーの高い方から群数入力される。

(17) プロッター出力関係の入力

プロッタールーチンは、CALCOMP を使用している。

プロッター関係のパラメーターは、ネームリスト PLCON だけで制御される。

namelist /PLCON/

Variable	Type	Size	Explanation
IWPLT	I 4	20	window function プロッター出力コントロールフラッグ (NWIND 個入力)
ICIPLT	I 4	30	入力断面積のプロッター出力コントロールフラッグ (NHAK 個入力)
ICMPLT	I 4	30	基本群に変換後の断面積プロッター出力コントロールフラッグ (NHAK 個入力)
ISPLT	I 4	20	sensitivity のプロッター出力コントロールフラッグ (NWIND 個入力)
ISPPLT	I 4		スペクトルに対する sensitivity ($dI/I / d\varphi_g / \varphi_g$) のプロッター出力コントロールフラッグ
ISCPLT	I 4	30	断面積に対する sensitivity ($dI/I / d\sigma_{gi} / \sigma_{gi}$) のプロッター出力コントロールフラッグ (NHAK 個入力)
IISPLT	I 4	30	initial スペクトルのプロッター出力コントロールフラッグ (NOSP 個入力)

(注1) 以上のフラッグは

$\begin{cases} = 0 & \text{でプロッター出力をする。} \\ \neq 0 & \text{でプロッター出力をサプレスする。} \end{cases}$

(注2) ISPPLT と ISCPLT (i) ($i = 1 \sim \text{NHAK}$) は
 ISPLT (i) = 0 ($i = 1 \sim \text{NWIND}$) のもとでのみプロッター出力コントロール機能をもつ。
 ISPLT (i) $\neq 0$ であれば i-th sensitivity については全くプロットされない。

(注3) 常に入力初期推定スペクトル、基本群化された初期推定スペクトル及び、最終推定スペクトルは、プロット出力される。

以下第 2.3 図に、入力データ例を示す。

[illegible]

第23図 入力データ例

[illegible]

第2.3図 入力データ例(続き)

[illegible]

第2.3図 入力データ例 (続き)

[illegible]

第2.3図 入力データ例(続き)

PNC TN941 80-192[illegible]

第2.3図 入力データ例(続き)

Chap 3 出力説明

§ 1 出力項目一覧表

第 3.1 表に NEUPAC コードの出力項目一覧表を示す。

第 3.1 表 出力項目一覧表

項 目	LP	形 式	PLOTTER	そ の 他
reaction rate	○			
reaction rate 共分散	○			
initial spectrum	○			
initial spectrum 共分散	○			
guess spectrum	○			
guess spectrum 共分散	○			
cross section	○	ID.No	オプション	
window function	○	ID.No	オプション	
入力データの χ^2 検定	○			
正規方程式の左辺 (共分散行列)	○			
正規方程式の右辺	○			
正規方程式の解	○			
評価値分量	○			
sensitivity	○		オプション	
final spectrum	○		○	90% confidence level 出力
final spectrum 共分散	○			
improvement ration	○		○	
final spectrum	○			
積分量相関係数	○			

§ 2 出 力 例

NEUPAC コードの出力例を第 3.1 図に示す。本出力例は、前章の入力例を実際に用いて解析した場合の出力に相当している。従って、今後、コードの妥当性のチェックに用いることが出来る。

尚、以下の出力例は、実際の計算の場合にコードから出力されるデータの順に並べてある。

IDNO	REACTION TYPE	REACTION RATE R.R. ERROR	
1	55MN(N,G) 17	1.10108E+09	5.78956E-02
2	56FE(N,P) 18	1.26891E+08	6.05310E-02
3	27AL(N,P) 6	3.86665E+08	8.42532E-02
4	24MG(N,P) 4	1.50718E+08	3.10421E-02
5	23NA(N,G) 3	7.85421E+07	2.67030E-02
6	115IN(N,N') 30	1.99055E+10	3.22428E-02
7	197AU(N,G) 33	2.90698E+10	3.20125E-02

REACTION RATE CO-VARIANCE							
1	2	3	4	5	6	7	
1	3.35190E-03	8.45710E-04	8.38570E-04	8.69990E-04	7.60040E-04	8.86500E-04	9.04990E-04
2	8.45710E-04	3.66400E-03	8.20520E-04	8.25800E-04	7.51890E-04	8.49140E-04	8.63020E-04
3	8.38570E-04	8.20520E-04	7.07860E-03	8.14230E-04	7.51320E-04	8.59790E-04	8.52270E-04
4	8.69990E-04	8.25800E-04	8.14230E-04	9.63610E-04	7.24590E-04	8.91920E-04	9.16790E-04
5	7.60040E-04	7.51890E-04	7.51320E-04	7.24590E-04	7.13050E-04	7.54670E-04	7.62060E-04
6	8.86500E-04	8.49140E-04	8.59790E-04	8.91920E-04	7.54670E-04	1.03960E-03	9.24470E-04
7	9.04990E-04	8.63020E-04	8.52270E-04	9.16790E-04	7.62060E-04	9.24470E-04	1.02480E-03

第3.1図 箔反応率入力データのリスト

SAMPLE PROBLEM OF YAYOI GY - HOLE					
GROUP NO.	ENERGY RANGE		MID POINT	LETHARGY	FLUX
1	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	2.67470E+08
2	1.05000E+01	6.50000E+00	8.50000E+00	4.79573E-01	3.50540E+09
3	6.50000E+00	4.00000E+00	5.25000E+00	4.85508E-01	1.58050E+10
4	4.00000E+00	2.50000E+00	3.25000E+00	4.70003E-01	3.50540E+10
5	2.50000E+00	1.40000E+00	1.95000E+00	5.79818E-01	5.47090E+10
6	1.40000E+00	8.00000E-01	1.10000E+00	5.59615E-01	5.53170E+10
7	8.00000E-01	4.00000E-01	6.00000E-01	6.93147E-01	5.16700E+10
8	4.00000E-01	2.00000E-01	3.00000E-01	6.93147E-01	3.42440E+10
9	2.00000E-01	1.00000E-01	1.50000E-01	6.93147E-01	1.64130E+10
10	1.00000E-01	4.65000E-02	7.32500E-02	7.65718E-01	5.87620E+09
11	4.65000E-02	2.15000E-02	3.40000E-02	7.71399E-01	1.88040E+09
12	2.15000E-02	1.00000E-02	1.57500E-02	7.65468E-01	4.76170E+08
13	1.00000E-02	4.65000E-03	7.32500E-03	7.65718E-01	1.03340E+08
14	4.65000E-03	2.15000E-03	3.40000E-03	7.71399E-01	2.10730E+07
15	2.15000E-03	1.00000E-03	1.57500E-03	7.65468E-01	3.01910E+06
16	1.00000E-03	4.65000E-04	7.32500E-04	7.65718E-01	7.04330E+05
17	4.65000E-04	2.15000E-04	3.40000E-04	7.71399E-01	1.44230E+05
18	2.15000E-04	1.00000E-04	1.57500E-04	7.65468E-01	3.24810E+04
19	1.00000E-04	4.65000E-05	7.32500E-05	7.65718E-01	7.50930E+03
20	4.65000E-05	2.15000E-05	3.40000E-05	7.71399E-01	1.59100E+03
21	2.15000E-05	1.00000E-05	1.57500E-05	7.65468E-01	4.36860E+02
22	1.00000E-05	4.65000E-06	7.32500E-06	7.65718E-01	1.14710E+02
23	4.65000E-06	2.15000E-06	3.40000E-06	7.71399E-01	1.30390E+02
24	2.15000E-06	1.00000E-06	1.57500E-06	7.65468E-01	2.41940E+01
25	1.00000E-06	4.65000E-07	7.32500E-07	7.65718E-01	4.20040E+00
26	4.65000E-07	1.00000E-07	2.33000E-07	6.14204E+00	1.15380E-01

第3.2図 入力中性子束データのリスト

GROUP NO.	ENERGY RANGE		MID POINT	LETHARGY	FLUX
1	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	2.67470E+08
2	1.05000E+01	6.50000E+00	8.50000E+00	4.79573E-01	3.50540E+09
3	6.50000E+00	4.00000E+00	5.25000E+00	4.85508E-01	1.58050E+10
4	4.00000E+00	2.50000E+00	3.25000E+00	4.70003E-01	3.50540E+10
5	2.50000E+00	1.40000E+00	1.95000E+00	5.79019E-01	5.47090E+10
6	1.40000E+00	8.00000E-01	1.10000E+00	5.59615E-01	5.53170E+10
7	8.00000E-01	4.00000E-01	6.00000E-01	6.93147E-01	5.16700E+10
8	4.00000E-01	2.00000E-01	3.00000E-01	6.93147E-01	3.42440E+10
9	2.00000E-01	1.00000E-01	1.50000E-01	6.93147E-01	1.64130E+10
10	1.00000E-01	4.65000E-02	7.32500E-02	7.65718E-01	5.87620E+09
11	4.65000E-02	2.15000E-02	3.40000E-02	7.71399E-01	1.88040E+09
12	2.15000E-02	1.00000E-02	1.57500E-02	7.65467E-01	4.76170E+08
13	1.00000E-02	4.65000E-03	7.32500E-03	7.65718E-01	1.03340E+08
14	4.65000E-03	2.15000E-03	3.40000E-03	7.71399E-01	2.10730E+07
15	2.15000E-03	1.00000E-03	1.57500E-03	7.65468E-01	3.01910E+06
16	1.00000E-03	4.65000E-04	7.32500E-04	7.65717E-01	7.04330E+05
17	4.65000E-04	2.15000E-04	3.40000E-04	7.71399E-01	1.44230E+05
18	2.15000E-04	1.00000E-04	1.57500E-04	7.65468E-01	3.24810E+04
19	1.00000E-04	4.65000E-05	7.32500E-05	7.65718E-01	7.50930E+03
20	4.65000E-05	2.15000E-05	3.40000E-05	7.71399E-01	1.59100E+03
21	2.15000E-05	1.00000E-05	1.57500E-05	7.65468E-01	4.36860E+02
22	1.00000E-05	4.65000E-06	7.32500E-06	7.65718E-01	1.14710E+02
23	4.65000E-06	2.15000E-06	3.40000E-06	7.71399E-01	1.30390E+02
24	2.15000E-06	1.00000E-06	1.57500E-06	7.65467E-01	2.41940E+01
25	1.00000E-06	4.65000E-07	7.32500E-07	7.65718E-01	4.20040E+00
26	4.65000E-07	1.00000E-07	2.33000E-07	6.14204E+00	1.15380E-01

第3.3図 基本群化された中性子束のリスト

TD NO.	REACTION RATE				CALC./EXP.		CHI-SQUARE	3-SIGMA
	EXP.		CALC.				COMPONENT	TEST
1	1.10108E+09	5.78956E-02	1.31255E+09	1.15102E-01	1.19206E+00	1.28343E-01	1.66319E+00	
2	1.26891E+03	6.05310E-02	2.10366E+08	2.11942E-01	1.65785E+00	2.20417E-01	3.40431E+00	
3	3.86665E+08	8.42532E-02	7.72749E+08	1.91798E-01	1.99850E+00	2.09487E-01	6.47304E+00	
4	1.50718E+08	3.10431E-02	2.56671E+08	2.62350E-01	1.70299E+00	2.64210E-01	2.46331E+00	
5	7.85421E+07	2.67030E-02	1.10365E+08	1.18027E-01	1.40517E+00	1.21010E-01	5.81747E+00	
6	1.94055E+10	3.22428E-02	3.15241E+10	1.59639E-01	1.58369E+00	1.62962E-01	5.24492E+00	
7	2.90698E+10	3.20125E-02	3.44461E+10	1.61052E-01	1.18666E+00	1.64203E-01	9.27941E-01	

TOTAL CHI-SQUARE VALUE = 2.59942E+01, DEGREE OF FREEDOM = 6

PROBABILITY = 2.63155E-04

INPUT DATA DO NOT SATISFY CHI-SQUARE TEST.

CONFIDENCE LEVEL IS 1.00000E+01 PERCENT

FEED INITIAL SPECTRUM AGAIN

NO.	REACTION
1	55MN(N,G) 17
2	56FE(N,P) 18
3	27AL(N,P) 6
4	24MG(N,P) 4
5	23NA(N,G) 3
6	115IN(N,N') 30
7	197AU(N,G) 33

第3.4図 初期反応率テーブル

CS IDENT 1

ID NO. = 1

INPUT CS

GROUP NO. = 1

入力データ

6.50541E-04	7.26279E-04	1.05910E-03	1.52731E-03	2.00547E-03	2.71866E-03	3.83783E-03	7.23383E-03
1.45623E-02	2.50705E-02	4.93556E-02	8.09986E-02	5.52226E-02	2.01039E-01	1.39709E+00	1.75048E-01
9.86580E+00	5.08498E-01	3.75485E-01	4.44147E-01	5.97831E-01	8.44523E-01	1.21954E+00	1.77624E+00
2.59450E+00	2.08525E+01						

MODIFIED CS

基礎群化されたデータ

6.50540E-04	7.26278E-04	1.05910E-03	1.52731E-03	2.00547E-03	2.71866E-03	3.83783E-03	7.23392E-03
1.45623E-02	2.50705E-02	4.93553E-02	8.09985E-02	5.52226E-02	2.01039E-01	1.39709E+00	1.75048E-01
9.86580E+00	5.08498E-01	3.75485E-01	4.44147E-01	5.97831E-01	8.44523E-01	1.21954E+00	1.77624E+00
2.59450E+00	2.08525E+01						

第3.5図 断面積データのリスト

TABLE OF WINDOW FUNCTION

1	WIND 1
2	WIND 2
3	WIND 3
4	WIND 4
5	WIND 5

WIND 1

1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00
1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00
1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00
1.00000E+00	1.00000E+00						

WIND 2

1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00	1.00000E+00
1.00000E+00	1.00000E+00	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						

WIND 3

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.72414E-01	1.37931E-01	1.03448E-01
6.89655E-02	3.44828E-02	6.89655E-02	1.03448E-01	1.37931E-01	1.72414E-01	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0						

WIND 4

9.44447E-02	3.79206E-02	3.29984E-03	7.00389E-07	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						

WIND 5

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2.13060E+00	5.40760E+00	1.35920E+01	3.89140E+01	4.37320E+01	1.49390E+02
1.57960E+02	2.61280E+02	4.26540E+02	7.37890E+02	1.03230E+03	2.11940E+03	3.02570E+03	4.65590E+03
5.87050E+03	0.0						
10.0000000	82.7437335	91.8181915	100.884705	110.021454	119.090927	128.157425	
137.294174	146.363647	155.430145	164.566910	173.636369	182.702881	191.839661	
200.909103	209.975601	219.112350	228.151824	236.391739	244.601624	252.811539	
259.443967	266.307373	271.274268	277.624756	283.304932	287.529541	290.999861E-02	
3.6666690E-01	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

第3.5図 Window function 入力データリスト

THE COVARIANCE OF THE FLUX

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8.6361E-02	-1.54812E-02	2.24596E-03	2.06555E-03	-1.18577E-03	-2.98017E-04	1.32969E-04	2.15699E-04
2	-1.54812E-02	2.24596E-03	-8.27366E-03	3.04575E-03	1.01937E-03	4.83372E-04	2.74643E-04	2.96647E-04
3	2.24596E-03	-8.27366E-03	2.56807E-02	-1.50534E-02	3.25007E-03	1.12384E-03	1.57964E-04	4.35109E-05
4	2.06555E-03	3.04575E-03	-1.50534E-02	5.62475E-02	-3.36218E-02	-9.33002E-03	2.22534E-03	4.23946E-03
5	-1.18577E-03	1.01937E-03	3.25007E-03	-3.36218E-02	4.07263E-02	-1.62502E-02	-1.33001E-03	7.87036E-04
6	-2.98017E-04	4.83372E-04	1.12384E-03	-9.33002E-03	-1.62502E-02	7.92919E-02	-7.77974E-03	-1.14427E-02
7	1.32969E-04	2.74643E-04	1.57964E-04	2.22534E-03	-1.33001E-03	-7.77974E-03	7.36329E-02	-2.03641E-02
8	2.15699E-04	2.96647E-04	4.35109E-05	4.23946E-03	7.87036E-04	-1.14427E-02	-2.03641E-02	6.40145E-02
9	1.61927E-04	2.85704E-04	5.81928E-05	3.12121E-03	9.53931E-04	-1.00914E-02	-1.78187E-02	-2.46691E-02
10	9.83568E-05	2.10424E-04	8.96323E-05	1.71116E-03	6.98179E-04	-5.30509E-03	-9.37995E-03	-1.27867E-02
11	6.85527E-05	1.70266E-04	1.12607E-04	1.01452E-03	5.30664E-04	-2.50091E-03	-4.46317E-03	-5.46459E-03
12	3.27617E-05	8.34523E-05	6.40497E-05	4.42530E-04	2.42262E-04	-3.02299E-04	-1.46348E-03	-1.45810E-03
13	6.04084E-06	9.70383E-06	4.85337E-06	1.05525E-04	2.30410E-05	-2.13774E-04	-3.86370E-04	-4.14739E-04
14	-3.61027E-06	-1.20120E-05	-2.24118E-05	1.22646E-05	-1.03770E-05	-4.81042E-04	-8.19749E-04	-1.54781E-03
15	2.84846E-06	7.17754E-06	7.39115E-06	3.49773E-05	2.91043E-05	-7.37997E-05	-1.31993E-04	-1.46972E-04
16	2.10730E-07	1.25550E-07	-6.09107E-08	4.43328E-06	-7.10206E-06	-3.49391E-06	-1.54407E-05	-1.57991E-05
17	9.92301E-07	3.25001E-06	2.76733E-06	1.03094E-05	1.03657E-05	-2.02058E-05	-3.64265E-05	-3.72241E-05
18	1.61578E-08	3.13251E-08	1.96362E-08	2.60004E-07	8.17059E-08	-5.07170E-07	-9.18142E-07	-9.58541E-07
19	7.39336E-09	1.45696E-09	-4.73489E-09	1.63673E-07	-1.59773E-08	-2.85985E-07	-5.23228E-07	-4.91406E-07
20	4.10234E-10	1.41569E-09	1.03326E-09	4.77363E-09	4.82257E-09	-1.37217E-08	-2.42509E-08	-3.23090E-08
21	1.56111E-10	5.10724E-10	3.79129E-10	1.91458E-09	1.72704E-09	-5.48721E-09	-9.70699E-09	-1.28641E-08
22	3.12081E-09	-2.12939E-09	-4.81499E-09	7.81584E-08	-1.83688E-08	-1.27339E-07	-2.34481E-07	-2.03804E-07
23	4.72872E-10	2.13807E-11	-3.85911E-10	1.07430E-08	-1.30412E-09	-1.88885E-08	-3.45491E-08	-3.26306E-08
24	3.35856E-11	7.68936E-11	4.78126E-11	5.21032E-10	2.31625E-10	-1.25585E-09	-2.24476E-09	-2.71103E-09
25	7.65659E-12	2.01314E-11	1.34869E-11	1.10465E-10	6.40193E-11	-2.83772E-10	-5.05268E-10	-6.32939E-10
26	1.60195E-12	4.50815E-12	3.11558E-12	2.21680E-11	1.45724E-11	-5.91155E-11	-1.05030E-10	-1.34216E-10

(以下略)

第3.6図 中性子束共分散のリスト

GUESS FLUX AND FINAL FLUX							
GROUP NO.	ENERGY	RANGE	MID POINT	LETHARGY	GUESS FLUX	FINAL FLUX	ERROR(%)
1	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	2.67470E+08	2.57503E+09	2.93874E+01
2	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	3.50540E+09	1.96534E+09	9.89265E+00
3	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.59050E+10	7.68019E+09	1.60252E+01
4	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	3.50540E+10	3.04075E+10	2.37166E+01
5	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	5.47690E+10	5.39977E+10	2.01809E+01
6	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	5.53170E+10	4.62916E+10	2.81570E+01
7	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	5.16700E+10	3.69821E+10	2.71354E+01
8	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	3.42440E+10	2.16921E+10	2.54011E+01
9	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.64130E+10	1.04922E+10	2.44392E+01
10	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	5.87620E+09	5.10615E+09	2.85573E+01
11	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.89040E+09	1.91639E+09	2.93426E+01
12	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	4.76170E+08	4.35610E+08	2.97650E+01
13	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.03340E+08	1.03243E+08	2.89961E+01
14	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	2.10730E+07	1.99846E+07	2.98742E+01
15	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	3.01910E+06	3.03312E+06	2.99976E+01
16	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	7.04330E+05	7.04160E+05	3.00000E+01
17	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.44230E+05	1.44524E+05	2.97996E+01
18	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	3.24810E+04	3.24812E+04	3.00000E+01
19	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	7.50230E+03	7.50923E+03	3.00000E+01
20	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.59100E+03	1.59100E+03	3.00000E+01
21	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	4.36860E+02	4.36860E+02	3.00000E+01
22	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.14710E+02	1.14709E+02	3.00000E+01
23	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.30390E+02	1.30390E+02	3.00000E+01
24	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	2.41940E+01	2.41940E+01	3.00000E+01
25	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	4.20040E+00	4.20040E+00	3.00000E+01
26	1.50000E+01	1.05000E+01	1.27500E+01	3.56674E-01	1.15320E-01	1.15380E-01	3.00000E+01

第3.7図 Unfolding 後の中性子束

ID NO.	REACTION RATE						CHI-SQUARE COMPONENT	3-SIGMA TEST
	EXP.		CALC.		CALC./EXP.			
1	1.10102E+00	5.78956E-02	1.02022E+09	5.28153E-02	9.26560E-01	7.83668E-02	9.38521E-01	
2	1.26891E+00	6.05310E-02	1.24212E+08	6.95990E-02	9.78885E-01	9.22390E-02	5.36800E-02	
3	3.86665E+08	8.42532E-02	4.49787E+08	8.87111E-02	1.16325E+00	1.22342E-01	1.50162E+00	
4	1.50715E+08	3.01042E-02	1.58679E+08	1.02926E-01	1.05282E+00	1.07505E-01	2.19561E-01	
5	7.85421E+07	2.67040E-02	8.30303E+07	4.89242E-02	1.06478E+00	5.57371E-02	1.22470E+00	
6	1.99055E+10	3.22428E-02	2.40175E+10	1.05212E-01	1.20658E+00	1.10041E-01	2.48754E+00	
7	2.90698E+10	3.20125E-02	2.90106E+10	6.34648E-02	9.97964E-01	7.10813E-02	8.23358E-04	

TOTAL CHI-SQUARE VALUE = 6.42644E+00, DEGREE OF FREEDOM = 6

PROBABILITY = 3.77241E-01

INPUT DATA SATISFY CHI-SQUARE TEST.

CONFIDENCE LEVEL IS 10.00 PERCENT

FINAL SPECTRUM IS PHYSICALLY REASONABLE.

NO.	REACTION
1	55MN(N,G) 17
2	56FE(N,P) 18
3	27AL(N,P) 6
4	24MG(N,P) 4
5	23NA(N,G) 3
6	115IN(N,N*) 30
7	197AU(N,G) 33

第 3.8 図 最終反応率データ

90 % CONFIDENCE LEVEL

NO	REACTION TYPE	LOWER ENERGY (MEV)	UPPER ENERGY (MEV)
1	55MN(N,G) 17	2.01658E-02	2.66665E+00
2	56FE(N,P) 18	4.61054E+00	1.38508E+01
3	27AL(N,P) 6	2.85216E+00	1.08688E+01
4	24MG(N,P) 4	6.61435E+00	1.40367E+01
5	23NA(N,G) 3	3.27669E-02	3.26162E+00
6	115IN(N,N*) 30	3.24460E-02	2.42845E+00
7	197AU(N,G) 33	9.81944E-01	5.64807E+00

第 3.9 図 最終 90 % Confidence level

NO.	I	DI	DI/I (%)	PERCENT ITEMS OF VARIANCE VALUES OF I			IMPROVEMENT RATIO
				REACTION RATE	CROSS-SECTION	GUESS-FLUX	
1	2.17411E+11	1.45710E+10	6.702	16.820	19.746	63.434	1.75800
2	2.14872E+11	1.46406E+10	6.814	16.447	19.654	63.900	1.74467
3	1.64271E+10	2.81173E+09	17.116	2.832	7.255	89.913	1.00590
4	1.24212E+08	9.12505E+06	7.427	79.938	62.461	7.601	2.78442
5	9.21862E+09	1.47276E+09	15.976	1.867	1.866	96.266	1.04135

第 3.10 図 積分評価値とその誤差

IMPROVEMENT RATIO BETWEEN)) GUESS SPECTRUM >> AND)) FINAL SPECTRUM >>			
GROUP	UPPER-ENERGY (MEV)	LOWER-ENERGY (MEV)	I.R.
1	1.50000E+01	1.05000E+01	9.82323E-01
2	1.05000E+01	6.50000E+00	1.70023E+00
3	6.50000E+00	4.00000E+00	9.09694E-01
4	4.00000E+00	2.50000E+00	1.09727E+00
5	2.50000E+00	1.40000E+00	1.46724E+00
6	1.40000E+00	8.00000E-01	8.91615E-01
7	8.00000E-01	4.00000E-01	7.91296E-01
8	4.00000E-01	2.00000E-01	7.51103E-01
9	2.00000E-01	1.00000E-01	7.84716E-01
10	1.00000E-01	4.65000E-02	9.12354E-01
11	4.65000E-02	2.15000E-02	1.04197E+00
12	2.15000E-02	1.00000E-02	1.04904E+00
13	1.00000E-02	4.65000E-03	9.99192E-01
14	4.65000E-03	2.15000E-03	9.52346E-01
15	2.15000E-03	1.00000E-03	1.00472E+00
16	1.00000E-03	4.65000E-04	9.99759E-01
17	4.65000E-04	2.15000E-04	1.00205E+00
18	2.15000E-04	1.00000E-04	1.00000E+00
19	1.00000E-04	4.65000E-05	9.99991E-01
20	4.65000E-05	2.15000E-05	1.00000E+00
21	2.15000E-05	1.00000E-05	1.00000E+00
22	1.00000E-05	4.65000E-06	9.99999E-01
23	4.65000E-06	2.15000E-06	9.99999E-01
24	2.15000E-06	1.00000E-06	1.00000E+00
25	1.00000E-06	4.65000E-07	1.00000E+00
26	4.65000E-07	1.00000E-09	1.00000E+00

第 3.11 図 中性子束の Improvement ratio

SENSITIVITY OF ESTIMATED		WIND	1
TO REACTION RATE			
REACTION TYPE		SENSITIVITY	
55MN(N,G) 17		1.37296E-01	
56FE(N,P) 18		2.17803E-03	
27AL(N,P) 6		-1.46509E-02	
24MG(N,P) 4		1.06596E-03	
23NA(N,G) 3		2.36323E-01	
115IN(N,N') 30		1.08667E-01	
197AU(N,G) 33		3.91686E-01	

SENSITIVITY OF ESTIMATED		WIND	1
TO EACH ENERGY CROSS-SECTION			
OF 55MN(N,G) 17		REACTION	
GROUP SENSITIVITY			
1	-2.08804E-05		
2	-1.77954E-04		
3	-1.01426E-03		
4	-5.79092E-03		
5	-1.35030E-02		
6	-1.56926E-02		
7	-1.76977E-02		
8	-1.95663E-02		
9	-1.90518E-02		
10	-1.59623E-02		
11	-1.17940E-02		
12	-5.00561E-03		
13	-7.10914E-04		
14	-5.00974E-04		
15	-5.28388E-04		
16	-1.53698E-05		
17	-1.77791E-04		
18	-2.05949E-06		
19	-3.51582E-07		
20	-8.81122E-08		
21	-3.25657E-08		
22	-1.20795E-08		
23	-1.98280E-08		
24	-5.35857E-09		
25	-1.35889E-09		
26	-3.00004E-10		

(以下略)

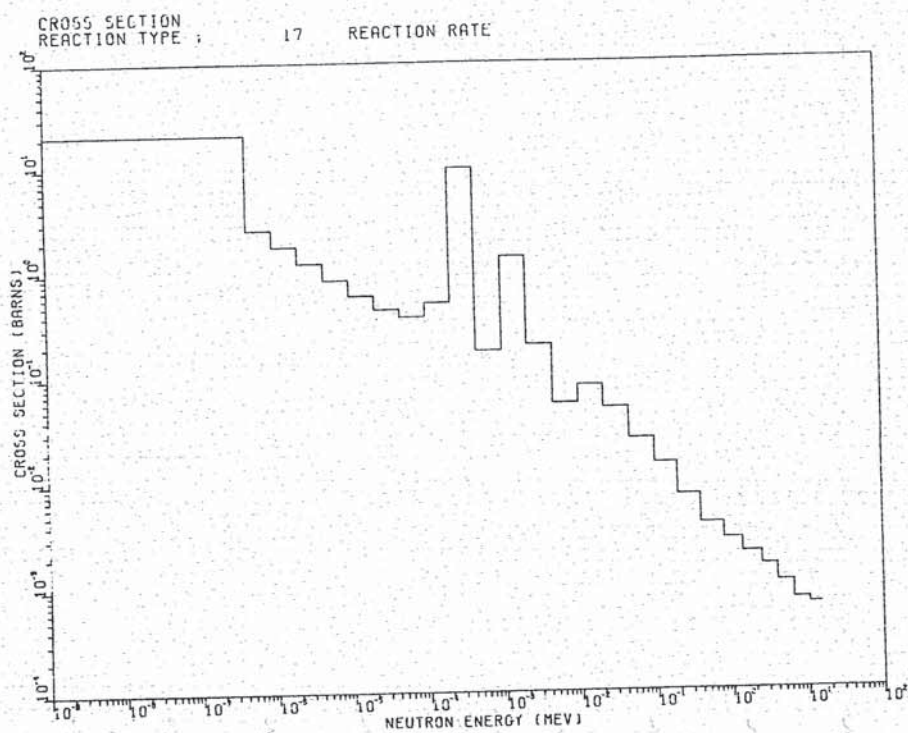
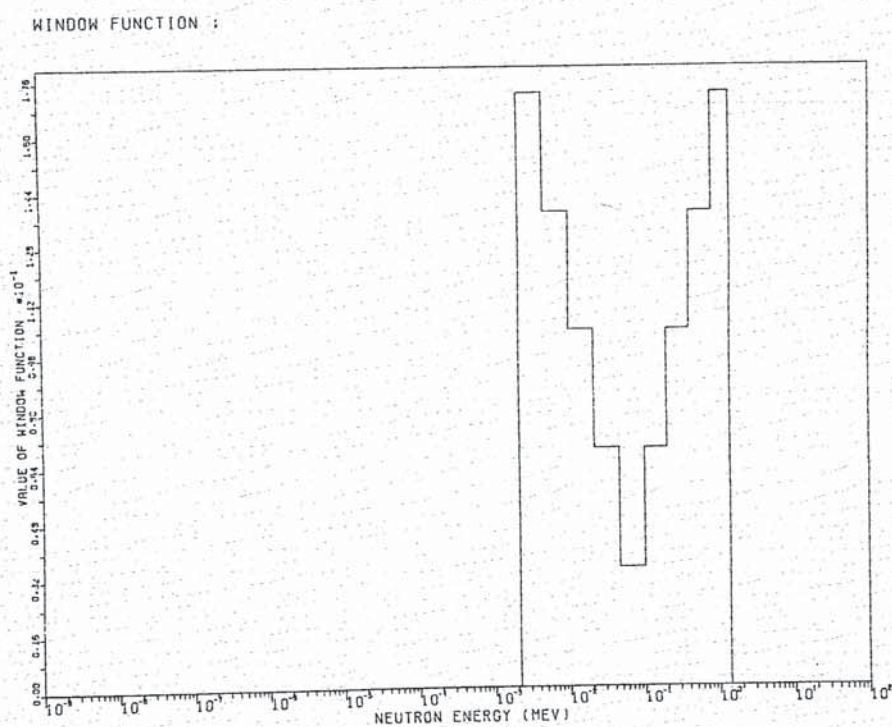
(以下略)

第 3.12 図 積分評価量の感度

< RELATIVE COVARIANCE MATRIX OF WINDOW >		WIND 1				
STANDARD WINDOW FUNCTION NO. = 1 ;		1	2	3	4	5
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	3.02878E-23	1.85541E-23	3.17427E-23	-9.32614E-19	
3	0.0	1.85541E-23	3.48549E-23	-2.25138E-22	-8.27184E-19	
4	0.0	3.17428E-23	-2.25138E-22	4.31604E-20	-8.32558E-19	
5	0.0	-8.32613E-19	-8.27183E-19	-8.32557E-19	7.59301E-14	
< RELATIVE CORRELATION MATRIX OF EACH WINDOW NO. >		>				
< ABOUT ESTIMATED INTEGRAL QUANTITY		>				
1	1	1	2	3	4	5
1	1.69767E-01	1.71689E-01	1.72357E-01	1.28873E-02	4.64701E-03	
2	1.71689E-01	1.73718E-01	1.74314E-01	1.30396E-02	0.0	
3	1.72357E-01	1.74314E-01	3.53277E-01	0.0	4.62040E-03	
4	1.28873E-02	1.30396E-02	0.0	4.39963E-01	0.0	
5	4.64701E-03	0.0	4.62040E-03	0.0	3.11311E-01	

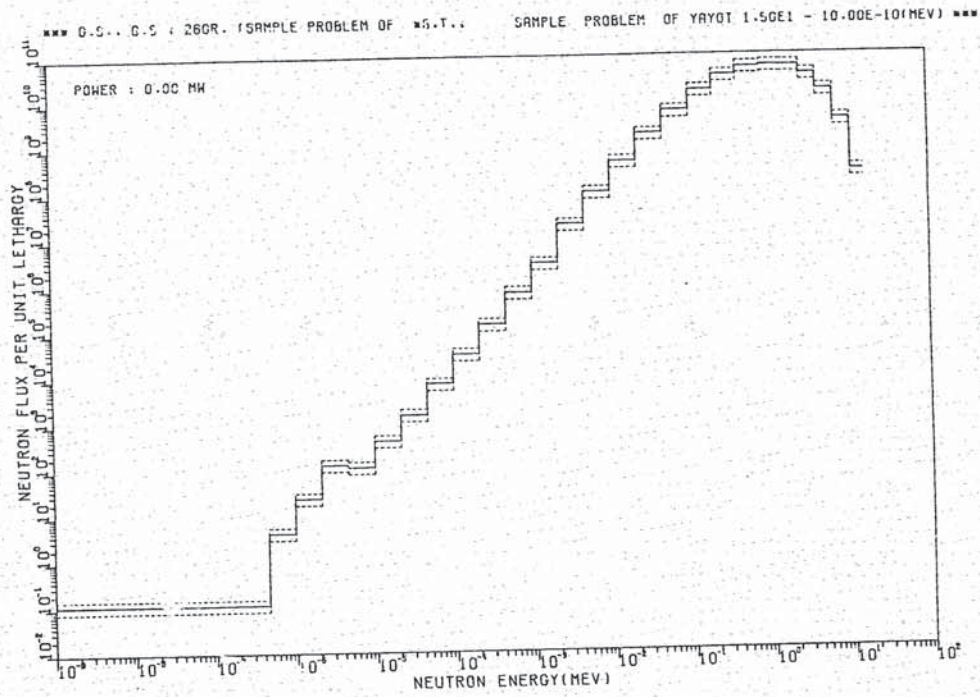
(以下略)

第 3.13 図 積分評価量の Relative covariance

第3.14図 $^{55}\text{Mn}(n, \gamma)$ 断面積

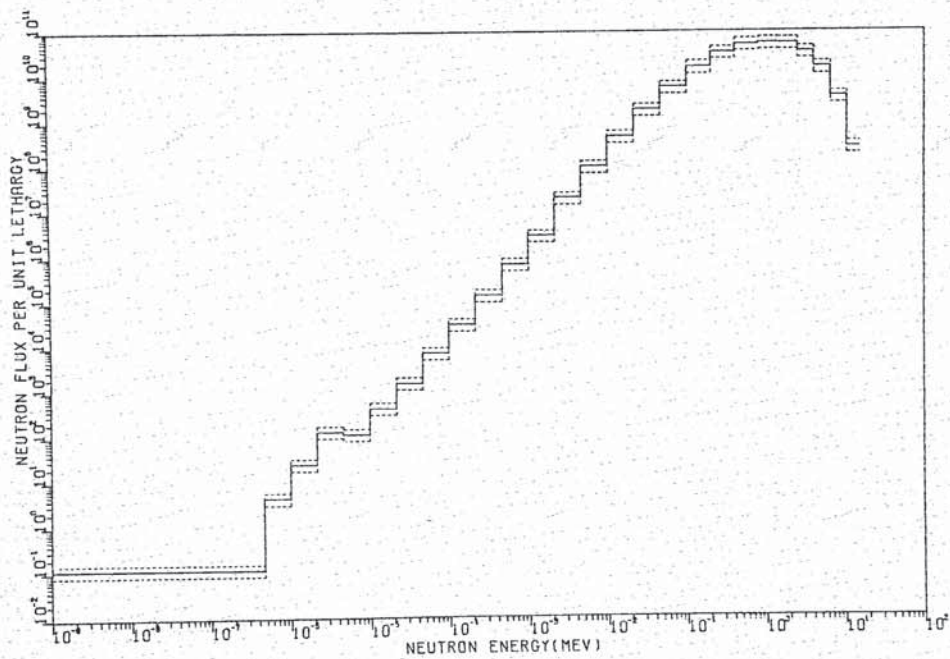
第3.15図 Window function 3のプロット図

INITIAL SPECTRUM



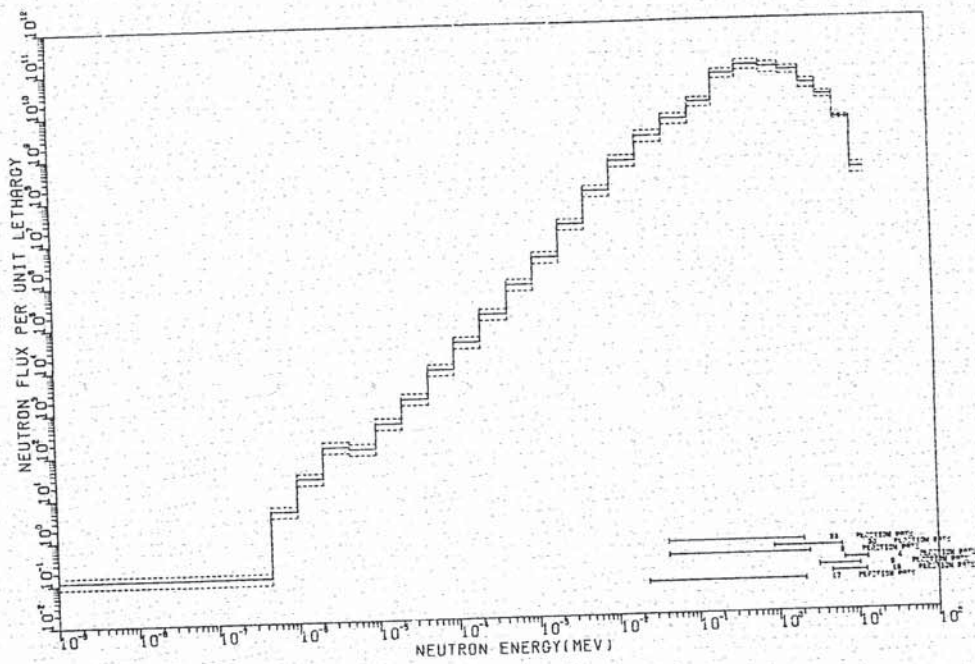
第 3. 16 図 入力初期中性子束

GUESS SPECTRUM



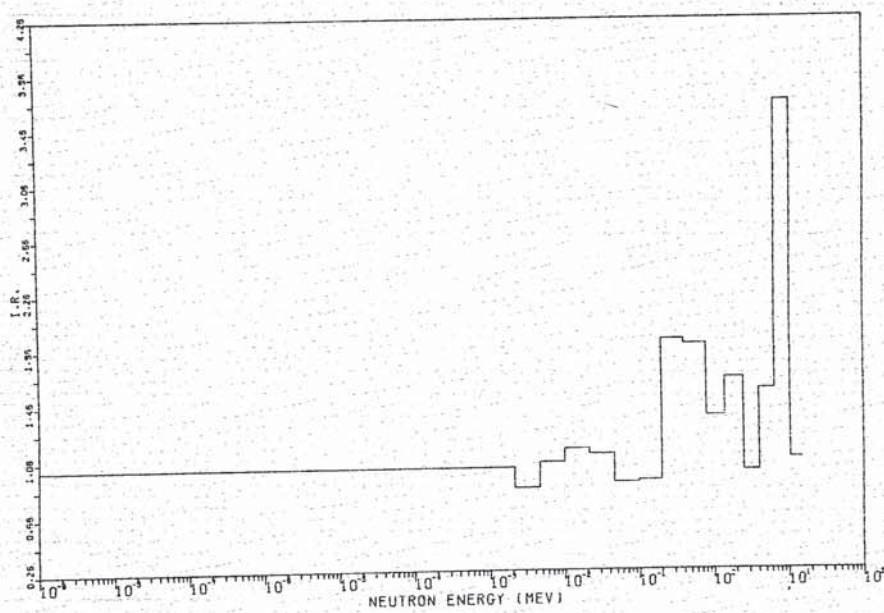
第 3. 17 図 基本群化された中性子束

FINAL SPECTRUM



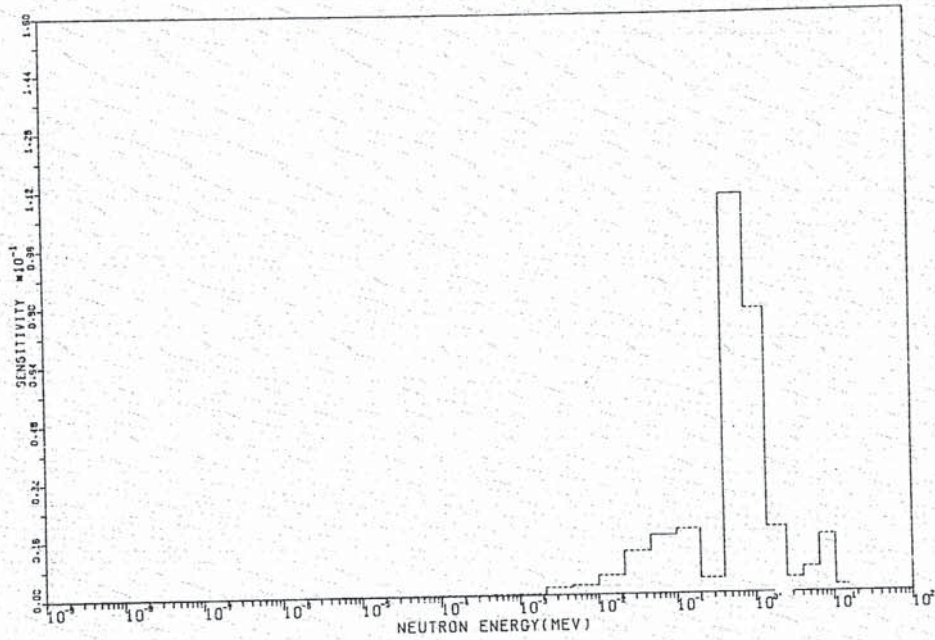
第 3.18 図 最終中性子束

IMPROVEMENT RATIO BETWEEN GUESS SPECTRUM AND FINAL SPECTRUM



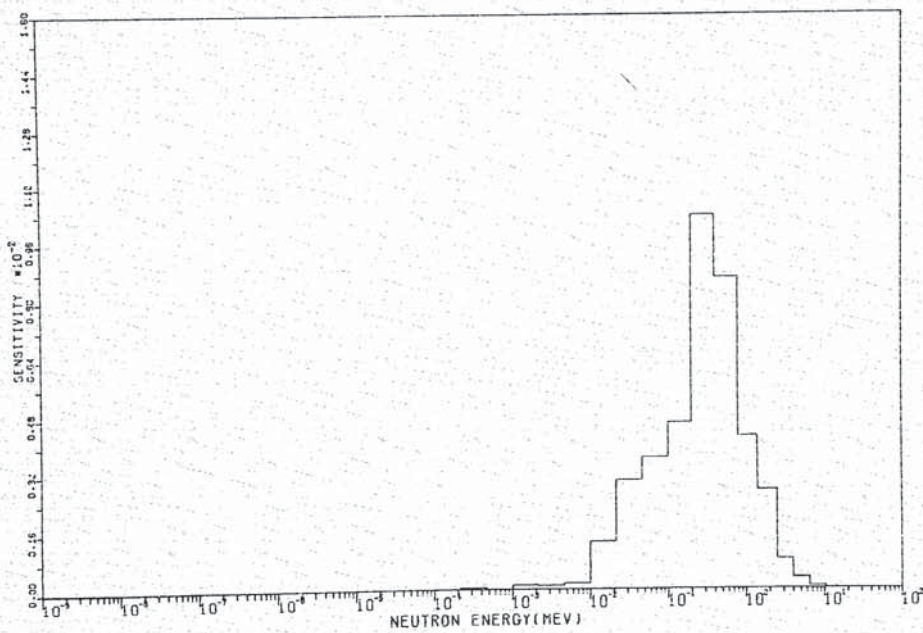
第 3.19 図 Improvement ratio

SENSITIVITY OF ESTIMATED TOTAL NEUTRON FLUX TO INITIAL SPECTRUM



第 3.20 図 入力初期中性子束に対する全中性子束の感度

SENSITIVITY OF ESTIMATED TOTAL NEUTRON FLUX TO EACH ENERGY CROSS-SECTION OF 17 REACTION RATE REACTION



第 3.21 図 $^{55}\text{Mn}(n, r)$ 断面積に対する全中性子束の感度

§ 3 計 算 時 間 例

NEUPACコードの計算時間例を示す。ケース1は、前章の出力例に相当する計算時間を示す。
又、ケース2は、第5章のコード検証に用いた計算例に対するものである。

ケース1 (IDIG = 1, インコア処理)

箱数	7
群数	26
window関数	5
CPU time	12.1 sec
region size	1176 KB
I/O time	2.6 sec

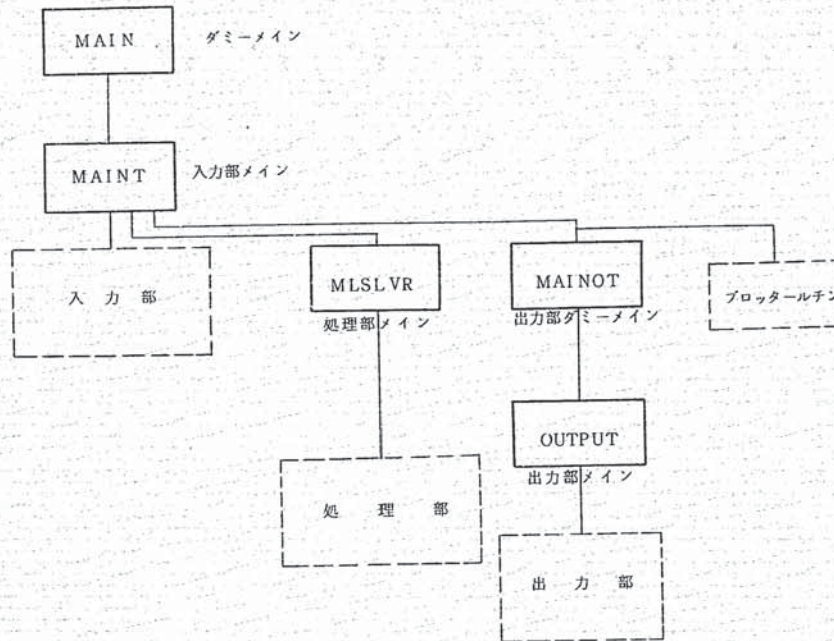
ケース2 (IDIG = 1, 外部記憶使用)

箱数	15
群数	620
window関数	9
CPU time	3240.0 sec
region size	3332 KB
I/O time	452.4 sec

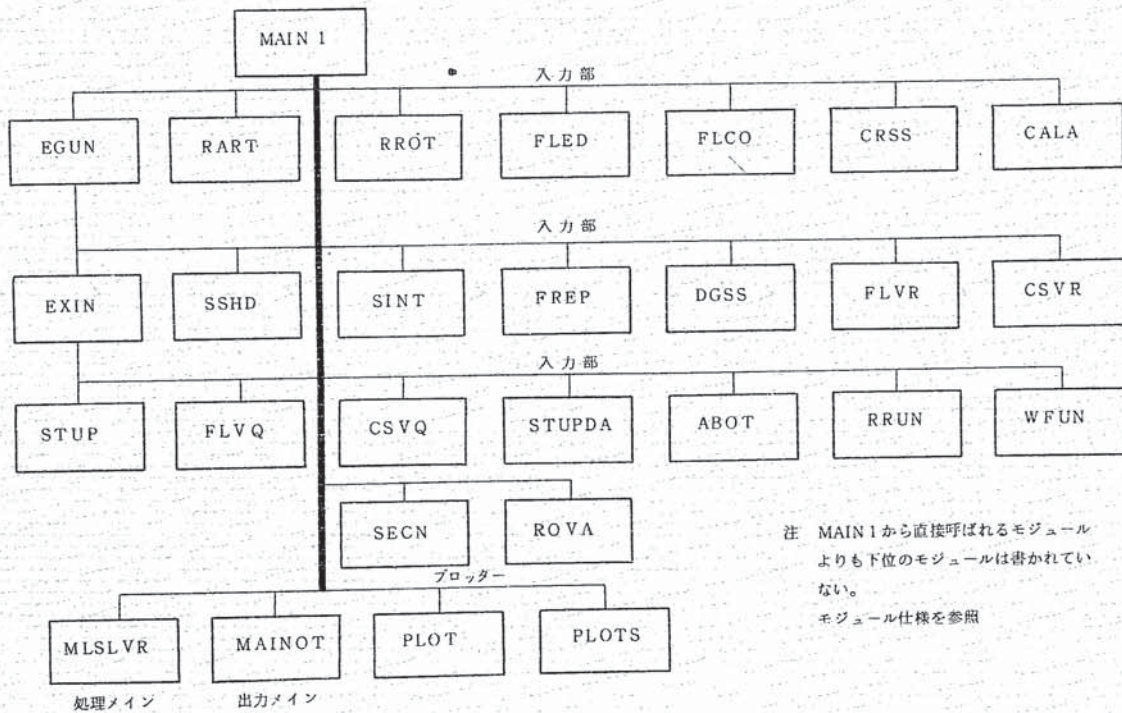
Chap 4 プログラム説明

§ 1 プログラム構成

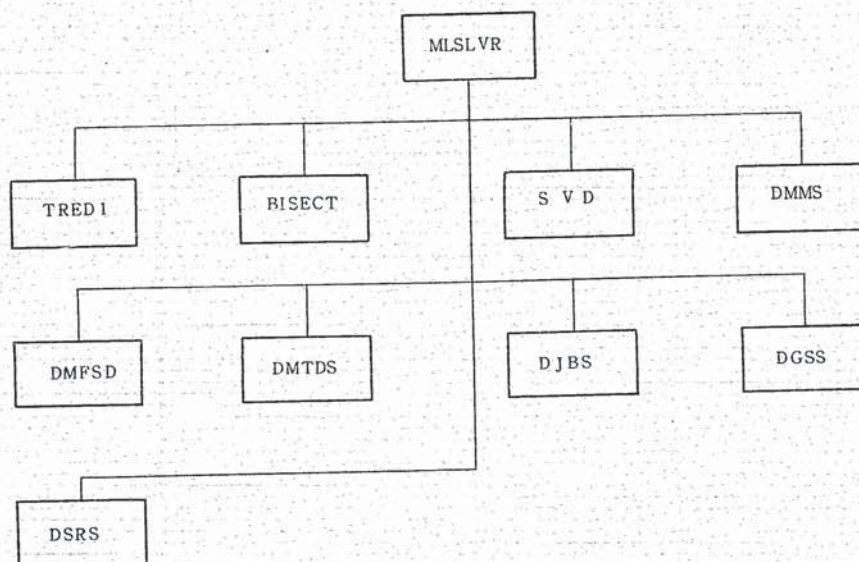
本プログラムは、入力部、処理部、出力部の3つの部分からなる。各部分は、1つのコントロールモジュールと、それから呼ばれる下位モジュールからなる。バリエブルレングスのために、プログラム全体と出力部はダミーメインを持っている。また、このプログラムは、簡単なオーバーレイ構造を持っている。それらを次頁以降（第4.1図～第4.5図）に示す。又、各セグメントに属するモジュール名を第4.1表に示す。第4.2表のモジュール一覧表には、各モジュールの機能の説明を示す。



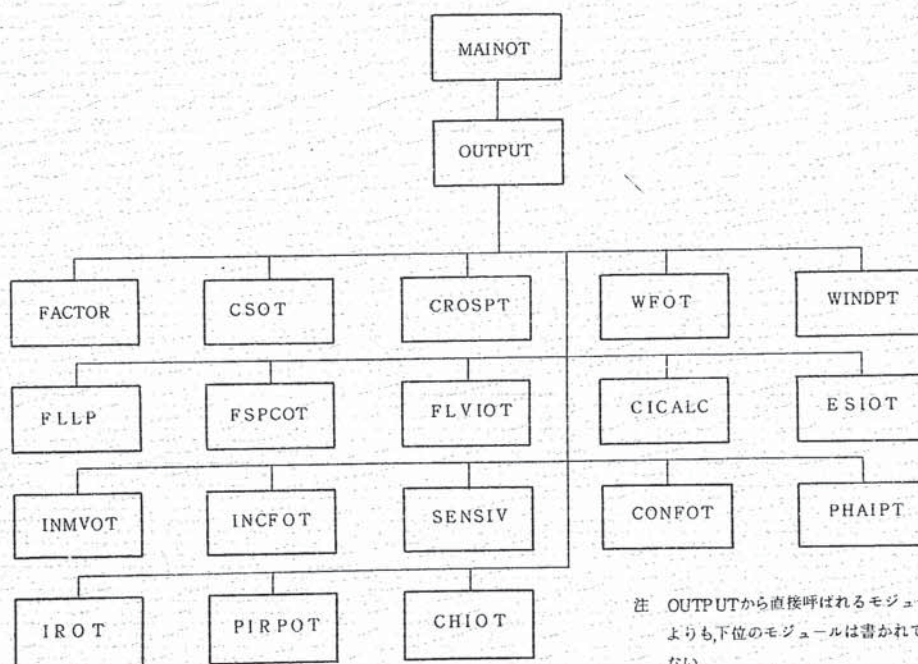
第4.1図 プログラムの構成



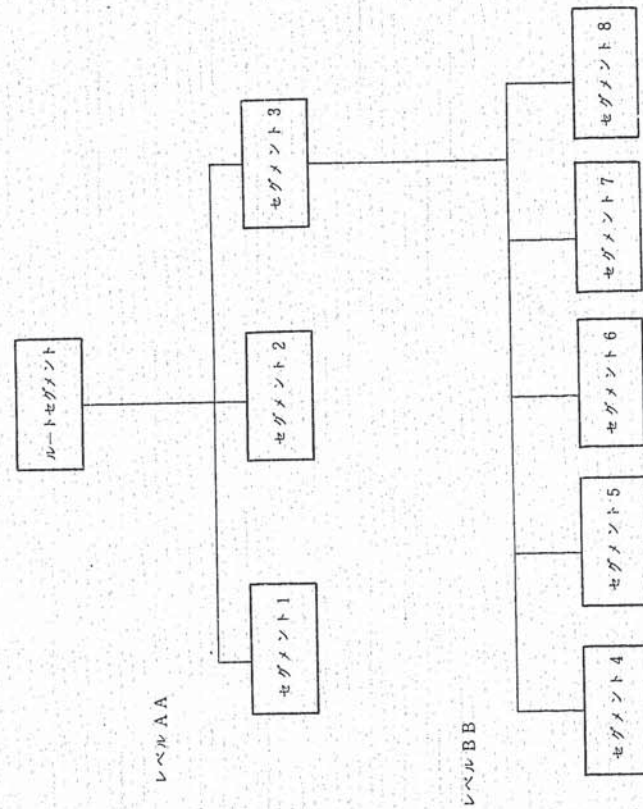
第4.2図 入力部のモジュール



第4.3図 処理部のモジュール



第4.4図 出力部のモジュール



第4.5図 オーバーレイ構造

第4.1表 モジュール名一覧表

- セグメント1
EGUN, PART, RROT, FLEP, FLCO, CALA, EXIN, SSHD, SINT, FREP,
FLVR, FLVQ, CSVQ, ABOT, CRSS, STUPDA, DSLF, STUP, HIJ,
HGR, FUNC1, FUNC2, FUNC3, FUNC4, FUNC5, FUNC6, AMU
- セグメント2
WFUN, MSLVR, SVD, BISECT, DSRS, DJBS, DMMS, DMTDS, DMFSD,
TRED1
- セグメント3
MAINOT, OUTPUT, OPLOT, CICALC, IROT, INCFOT
- セグメント4
CHIOT, CIPROB, CIP2, INTERP
- セグメント5
FSIOT, FLVIOT, FSPCOT, INMVOT, FLLP
- セグメント6
SESOL, SEMSIV, SENSPT, SENSOT
- セグメント7
PHAIPT, CONFOT, RCON
- セグメント8
PIRPOT, WINDPT, CROSPT, WFOT

表 4.2 モジュールの機能一覧表

モジュール名	機能
1. ルート・セグメント	
MAIN1 (MAIN2)	入力モジュール部のコントロール
MAIN	バリアブルレングスのコントロール
RRON	リ・スタートテーブルへの入出力ルーチン
ARRAY2	表のラインプリンター出力
DGSS	ガウスニザイデル法を実行
DGTS	補間を行なう
2. レベルAA	
FLVQ	フラックス共分散行列の処理 (DASD)
HIJ	共分散行列の一部の作製
FILED	フラックスの編集
FLVR	フラックス共分散行列の処理 (インコア)
STUPDA	一次方程式の係数行列の作業 (DASD)
STUP	" " (インコア)
FREP	フラックス再結合係数の決定の準備
FLCO	フラックス再結合を行なう
CSVQ	断面積共分散行列の処理
EGUN	群構造の準備
EXIN	群構造上の補間を行なう
RART	箔反応率の計算
CRSS	断面積の処理
FUNC1	関数値の計算
2	
3	
4	
5	
6	
SECN	最小値の計算
OBMN	関数値の計算
AMU	"
LGK	共分散行列の一部を作製
SIVT	多数群を少数群へ編約

(続く)

表 4.2 モジュールの機能一覧表

モジュール名	機能
ABOT	一次方程式の両辺を出力
RROT	箔反応率の LP 出力
CSVR	断面積共分散の計算 (インコア)
CALA	1 つの群構造を合併する
SSHD	自己遮蔽因子の計算
DSLIF	自己遮蔽因子共分散の計算
SVD	特異値分解の計算
WEUN	windim 関数の計算
TRED1	対称行列を三重対角にする
DMESD	コレスキ分解を行なう
DMTDS	コレスキ分解を用いて一次方程式を解く
DMMS	特異値分解を用いて一次方程式を解く
DJBS	ヤコビ法を実行
DSRS	ガウスニザイデル法を実行
MLSLVR	処理部のコントロール
BISECT	二分法を実行
OUTPUT	出力コントロール
INCIOT	評価積分量相関係数の計算と LP 出力 ^(注)
CICALC	係数 Ci の計算
IROT	improvement ratio の計算と LP 出力
MAINOT	出力モジュール部ダミーメイン
OPLOT	プロッター出力ルーチン
3. レベルBB	
CHIOT	χ^2 検定の計算と結果の LP 出力
INTERP	χ^2 -値のテーブル補間による計算
CIPROB	χ^2 -分布の確率計算
CIPZ	正規分布確率値の計算
FLVIOT	フラックス共分散の計算と LP 出力
FSPCOT	最終フラックスの計算
FLLP	フラックスの LP 出力
ESIOT	評価積分量とその誤差の計算の LP 出力

(続く)

第 4.2 表 モジュールの機能一覧表

モジュール名	機 能
INMVO	評価積分値の相対共分散の計算と LP 出力
SESSAL	sensitivity の計算
SENSIV	sensitivity の LP, PL 出力コントロール
SENSPT	sensitivity の PL 出力
SENSOT	sensitivity の LP 出力
PHAIPT	フラックスの PL 出力
RCON	confidence level の計算
CONFOT	90% confidence level の計算と LP 出力
PIRPOT	improvement ratio (ϕ_g に関する) の計算と出力
NINDPT	window function の PL 出力
CSOT	断面積データの LP 出力
CROSPT	断面積データの PL 出力
WIOT	window function の LP 出力

(注) LP 出力: line printer 出力

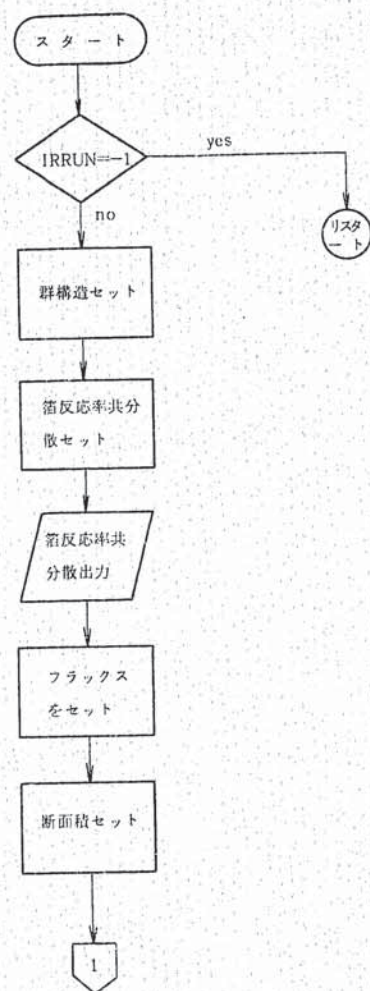
PL 出力: plotter 出力

の略である。

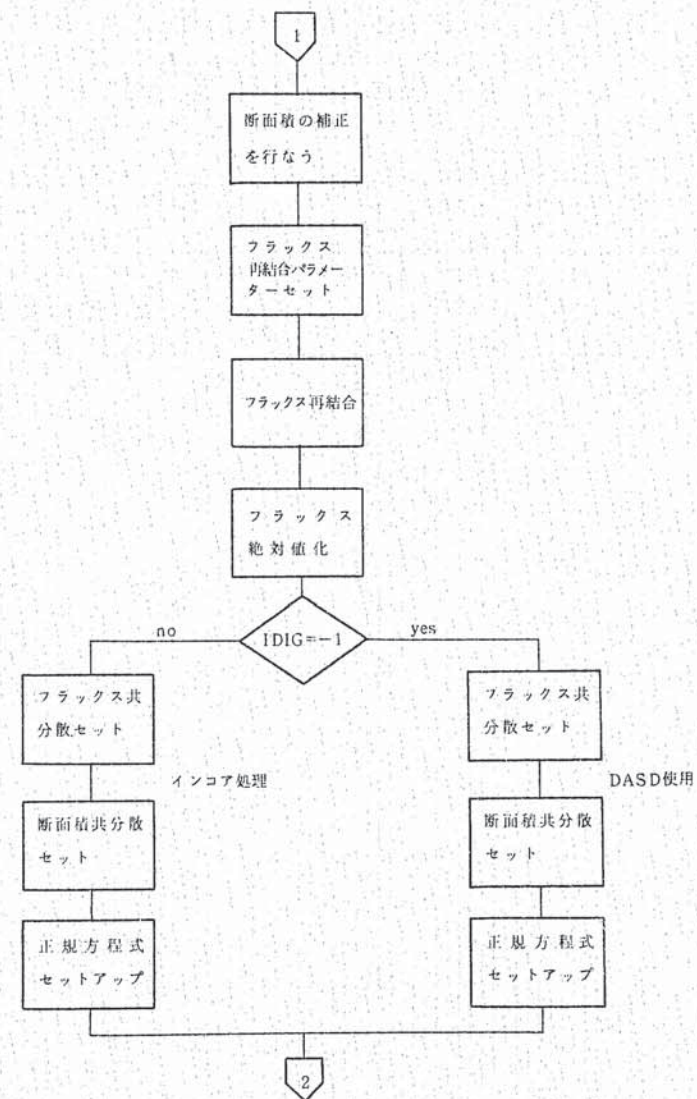
§ 2 プログラムフロー

§ 2.1 入力部フロー

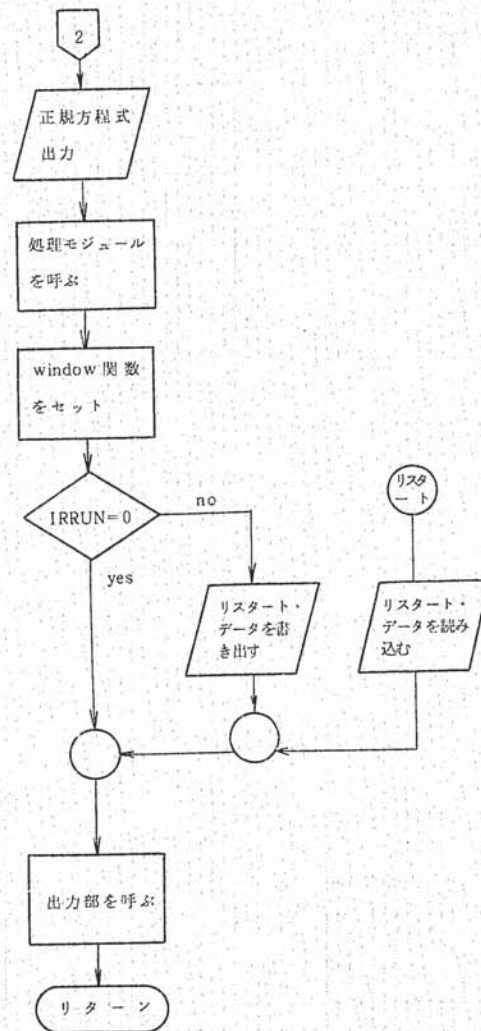
入力部の詳細計算フローを第 4.6 図に示す。



第4.6図 入力部計算フロー



第4.6図 入力部計算フロー(続き)



第 4.6 図 入力部計算フロー

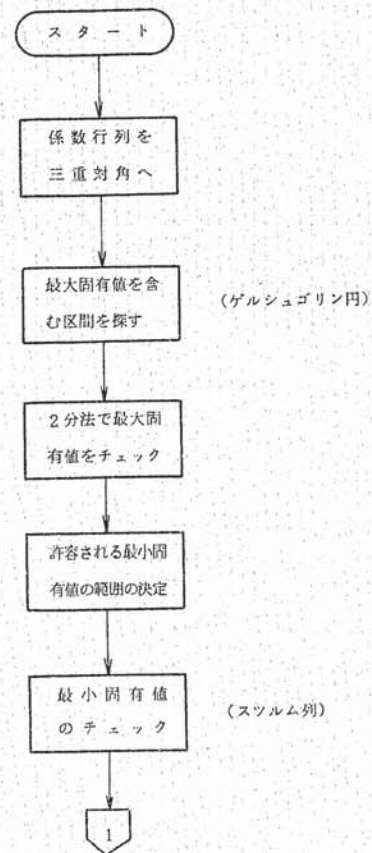
§2.2 処理部フロー

処理部では、入力部によって組み立てられた一次方程式を解く。この一次方程式の係数行列は、正定値対称であるが、ill-posedである可能性がある。このために、一次方程式の係数行列について、条件数の評価をまず行なう。これは、係数行列が、比較的小さく、右辺の列数が、かなり多くなると思われるためである。

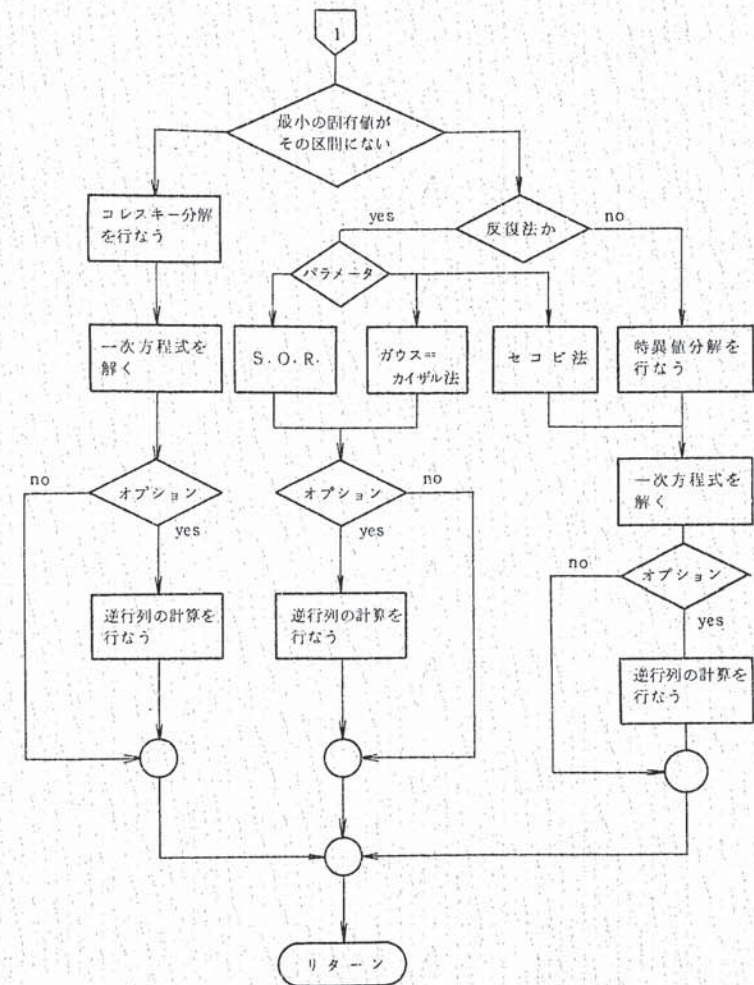
もし、方程式が、well-posed であるなら、コレスキー分解が選択され、ill-posed であるなら、特異値分解 (S. V. D) を用いて、Moore-Penrose 型の一般化逆行列を計算する。

入力パラメータで指定すれば、反復法を使用する事も出来る。反復法として、ヤコビ法、ガウス=ザイデル法、S. O. R. が用意されている。行列が正定値対称だから反復法は収束する。ただし、S. O. R. の加速係数を μ とすると $0 < \mu < 2$ でなければならない。反復法は、右辺の列数が少ない場合に推薦される。

計算フローを第 4.7 図に示す。



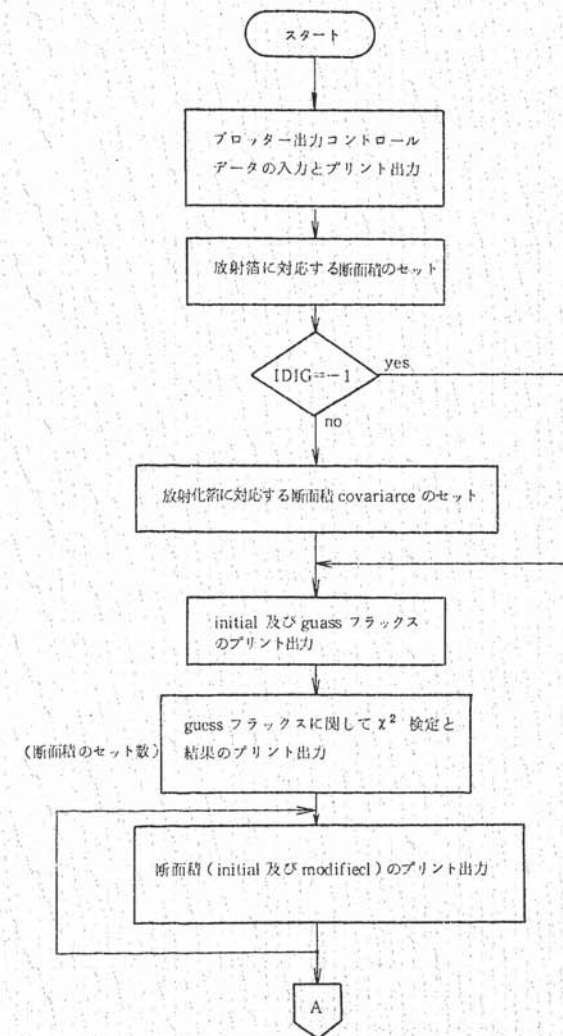
第4.7図 処理部計算フロー



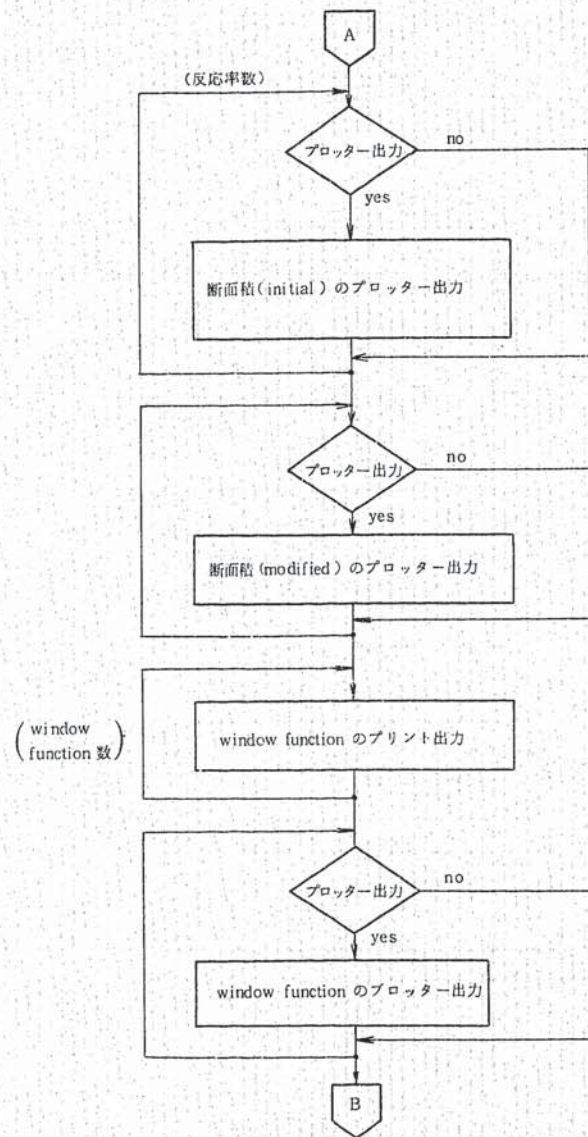
第4.7図 処理部計算フロー (続き)

§2.3 出力部フロー

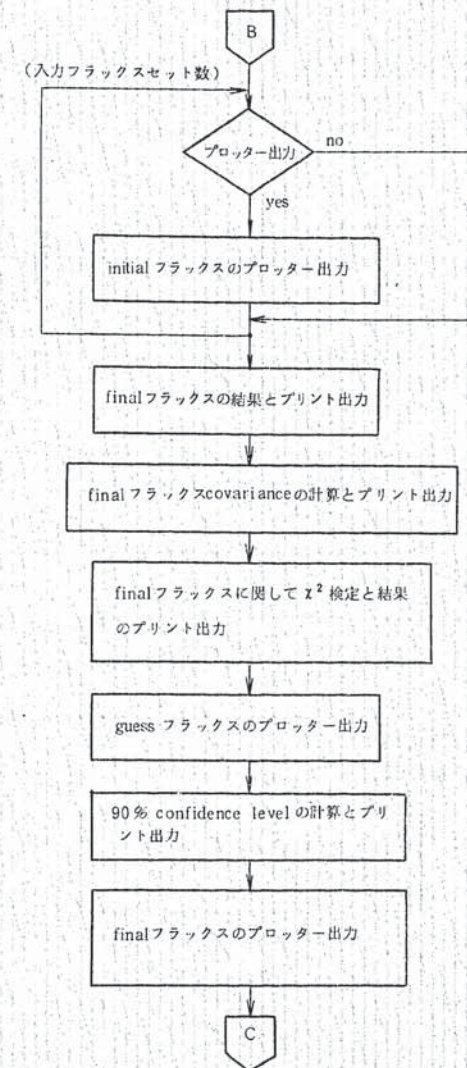
出力部の詳細計算フローを第4.8図に示す。



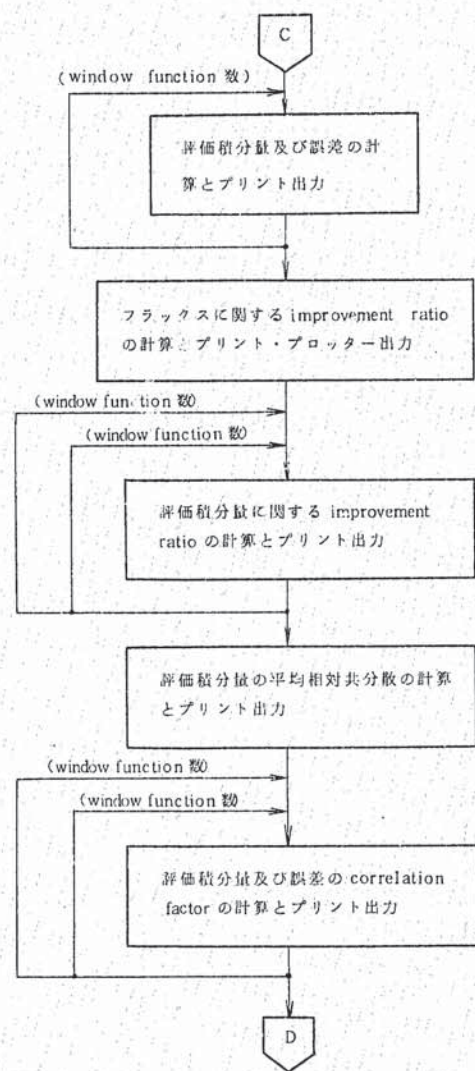
第4.8図 出力部計算フロー



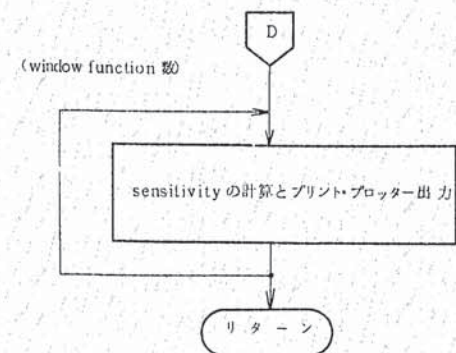
第4.8図 出力部計算フロー (続 き)



第4.8図 出力部計算フロー (続 き)



第 4.8 図 処理部計算フロー（続 き）



第 4.8 図 処理部計算フロー（続 き）

§ 3 一次元可変ディメンジョンアレイの変数レイアウト

このarrayは、IDIGパラメータにより異なるlay outをとる。IDIG $\neq$ -1では、すべてin core 処理であるが、IDIG = -1では、(群数 $\times$ 群数)の大きさの変数は、一度に一変数しかこのarray にアサインせず core memory の増大を押さえている。

第4.3表～第4.4表は、IDIG $\neq$ -1でin core 処理の場合のlay outを第4.5表～第4.6表はIDIG = -1でscratch disk を外部記憶として使用する場合のlay outを示す。

このarrayは、MAIN及びMAINOTの2つのルーチンで配列宣言されており、それぞれ別に表で示してある。

第4.3表 MAINのwork array PAの変数lay out (in core処理)

IDIG $\neq$ -1

start locatcion	length	content
L 1=1	NHAK	R:reaction rate
L 2=L 1+NHAK	NHAK	RER:reaction rate error
L 3=L 2+NHAK	NHAK	SMR:work array
L 4=4 3+NHAK	NHAK	WEIGEN:固有値格納 array
L 5=L 4+NHAK	NHAK	Y:work array (MLSLVR)
L 6=L 5+NHAK	NHAK	E:work array (BISECT MLSLVR)
L 7=L 6+NHAK	NHAK	E2:work array (BISECT MLSLVR)
L 8=L 7+NHAK	NHAK	RV4:work array
L 9=L 8+NHAK	NHAK	RV5:work array
L 10=L 9+NHAK	NHAK	NCSNO:断面積No array
L 11=L 10+NREP	NREP	CS:結合係数 array (FLVR, FLVQ)
L 12=L 11+NOSP	NOSP	RBI:一次方程式の右辺 (FREP) (フラックス再結合係数の計算)
L 13=L 12+NOSP	NOSP	DLCS:結合係数誤差 array (FLVR, FLVQ)
L 14=L 13+NOSP	NFGN	SIGM:出力少数群 array (SINT)
L 15=L 14+NFGN	NFGN	FCOM:基本群構造 array
L 16=L 15+NFGN	NFGN	FCAL:work array
L 17=L 16+NFGN	NFGN	WFAR:window function 出力 array (WFON)
L 18=L 17+NFGN	NFGN	CSCS:work array (CSVV, CSVQ)
L 19=L 18+NFGN	NGNS	ARYG:1次元群構造 array
L 20=L 19+NGNS	(NHAK+1) $\times$ NHAK/2 =NWOR	VT:work array (RART)
L 21=L 20+NWOR	L	SL: " (RART)
L 22=L 21+L	NTCS	CSAR:1次元断面積 array
L 23=L 22+NTCS	NCOL	FLCB:flux 結合係数 array (FLCO)

(続 く)

第 4.3 表 (続き)

start location	length	content
L 24=L 23+NCOL	KSP	SPAR: 1 次元 flux array
L 25=L 24+KSP	(NFGN+1)×NFGN/2 =NF 12	W1: work array (FLVQ)
L 26=L 25+NF 12	NF 12	SW: work array
L 27=L 26+NF 12	NHAK×NHAK	RVAR: reaction rate covariance
L 28=L 27+NHAK ×NHAK	NHAK×NHAK	AIJ: 1 次方程式の左辺 (ABOT)
L 29=L 28+NHAK ×NHAK	20×NTTG	GCOMMT: 群構造コメント array
L 30=L 29+20×NTTG	L×NHAK	AIL: work array (RART)
L 31=L 30+L×NHAK	20×NHAK	RCOM: reaction rate コメント array
L 32=L 31+20×NHAK	20×50	CSID: 断面値コメント array
L 33=L 32+20×50	NFGN×NOSP	SPFD: 基本群 feux array
L 34=L 33+NFGN ×NOSP	20×NOSP	FCOMMT: flux コメント array
L 35=L 34+20×NOSP	NREP×NOSP	RRIJ: work array
L 36=L 35+NREP ×NOSP	NOSP×NOSP	RAIJ: 1 次方程式の係数行列 (flux 再結合係数計算での)
L 37=L 36+NOSP ×NOSP	NFGN×NFGN	W2: work array
L 38=L 37+NFGN ×NFGN	NHAK×NFGN	BIG:
L 39=L 38+NHAK ×NFGN	NFGN×NHAK	Z: work array
L 40=L 39+NFGN ×NHAK	2×NOCS	SHA: 自己遮蔽因子 array
L 41=L 40+2×NOCS	NFGN×NOCS	SGMM: 基本群構造断面値 array
L 42=L 41+NFGN× NOCS	NFGN×NFGN	SW2: work array
L 43=L 42+NFGN× NFGN	NFGN×NFGN ×(ITF+1)	FVRI: flux covariance

(続く)

第 4.3 表 (続き)

start location	length	content
L 44=L 43+NFGN ×NFGN×(ITF+1)	NFGN×NFGN×ITS (ITF+1)	CVRI: 断面値 covariance
L 45=L 44+NFGN ×NFGN×ITS	NHAK	IRACS: 箱-断面値No対応テーブル
L 46=L 45+NHAK	NFGN	ILSP: work array
L 47=L 46+NFGN	3×NTTG	IPNT: 群構造データ管理テーブル
L 48=L 47+3×NTTG	5×NOCS	IPNT: 断面値管理テーブル
L 49=L 48+5×NOCS	3×NCOL	ICST: 管理テーブル
L 50=L 49+3×NCOL	3×NOSP	ICOT: flux 管理テーブル
L 51=L 50+3×NOSCS	3×NOSCS	INCS: 断面値行列対応 table
L 52=L 51+3 ×NOSCS	4×NOCS	IKPF: 自己遮蔽因子関数形指定パラ メータ array
L 53=L 52+4×NOCS	NHAK×2	APR: work array
L 54=L 53+NHAK×2	NHAK×2	SIGMA: 特異値 array (DMMS)
L 55=L 54+NHAK×2	NHAK×2	AR1 work array
L 56=L 55+NHAK×2	NHAK×2	AR2 "
L 57=L 56+NHAK×2	(NHAK+1)×NHAK	"
L 58=L 57+(NHAK+1) ×NHAK	NCOL×2	DAS1: " (DGSS)
L 59=L 58+NCOL×2	NHAK×NHAK×2	AD: work array
L 60=L 59+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	WI: "
L 61=L 60+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	AMP: 一般化逆行列 (DMMS)
L 62=L 61+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	U1: work array (MLSLVR)
L 63=L 62+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	U2: work array (MLSLVR)
L 64=L 63+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NFGN×2	CSOL: (MLSLVR)
L 65=L 64+NHAK ×NFGN×2	NHAK×NFGN×2	BD: 1 次方程式の解

* L 53 は, even 番地

(続く)

第4.3表 (続き)

start location	length	content
L 66=L 65+NHAK ×NFGN×2	NCOL×NCOL×2	DRAIJ : 1次方程式の係数行列
L 67=L 66+NCOL ×NCOL×2	NCOL×2	DBI : 1次方程式の右辺
L 68=L 67+NCOL×2	20×50 = 1.000	WCOMMT : window function コメント array
L 69=L 68+20×50	NFGN×NWIND	WIND : window function
L 70=L 69+NFGN ×NWIND	NHAK×NFGN	ZIG :
L 71=L 70+NHAK ×NFGN	NFGN×NWIND	SOL : σ_{ig}^*
L 72=L 71+NFGN ×NWIND		: last location = used length

第4.4表 MAINOTでのwork array TRVの変数 layout (in core処理)

IDIG A-1		
start location	length	content
IA 1=1	max (NWIND, NHAK)	WRK1 work array
IA 2=IA 1+ max (NWIND NHAK)	NWIND×NWIND	WRK2 work array
IA 3=IA 2+NWIND ×NWIND	NFGN×NFGN ×NHAK	SGCOV 断面積 covariance
IA 4=IA 3+NFGN ×NFGN×NHAK	NFGN×NHAK	SIG : 基本群構造断面積 array
IA 5=IA 4+NFGN ×NHAK	NWIND	A1 評価値分量(I)
IA 6=IA 5+NWIND	NWIND	DA1 評価値分量の誤差 (ΔI)
IA 7=IA 6+NWIND	NHAK	S1 sensitivity $\Delta I/I/\Delta R_i/R_i$
IA 8=IA 7+NHAK	NFGN×NHAK	S2 " $\Delta I/I/\Delta \sigma_{ip}/\sigma_{ig}$
IA 9=IA 8+NFGN ×NHAK	NFGN	S3 " $\Delta I/I/\Delta \varphi_R/\varphi_R$
IA 10=IA 9+NFGN	2×NHAK	CON : 90% confidence level
IA 11=IA 10+2×NHAK	NCOL	EUP : spectrum upper energy
IA 12=IA 11+NCOL	NCOL	ELO : spectrum lower energy
IA 13=IA 13+NCOL	NCOL	NSPTC : flux no.array
IA 14=IA 14+NCOL	NFGN	PHF : final flux
IA 15=IA 15+NFGN	NHAK	CI : coefficient Ci
ILAST=IA 15+NHAK		: last location = used length

第4.5表. MAINのwork array PAの変数lay out (IDIG=-1)

start location	length	content
L1 = 1	NHAK	R
L2 = L1 + NHAK	NHAK	RER
L3 = L2 + NHAK	NHAK	SMR
L4 = L3 + NHAK	NHAK	WEIGEN
L5 = L4 + NHAK	NHAK	Y
L6 = L5 + NHAK	NHAK	E
L7 = L6 + NHAK	NHAK	E2
L8 = L7 + NHAK	NHAK	RV4
L9 = L8 + NHAK	NHAK	RV5
L10 = L9 + NHAK	NHAK	NCSNO
L11 = L10 + NREP	NREP	CS
L12 = L11 + NOSP	NOSP	RBI
L13 = L12 + NOSP	NOSP	DLCS
L14 = L13 + NOSP	NFGN	SIGM
L15 = L14 + NFGN	NFGN	FCOM
L16 = L15 + NFGN	NFGN	FCAL
L17 = L16 + NFGN	NFGN	WFAR
L18 = L17 + NFGN	NFGN	CSCS
L19 = L18 + NFGN	NGNS	ARYG
L20 = L19 + NGNS	(NHAK+1)×NHAK/2 =NWOR	VT
L21 = L20 + NWOR	L	SL
L22 = L21 + L	NTCS	CSAR
L23 = L22 + NTCS	NCOL	FLCB
L24 = L23 + NCOL	KSP	SPAR
L25 = L24 + KSP	0	—
L26 = L25 +	NF12	SW
L27 = L26 + NF12	NHAK×NHAK	RVAR
L28 = L27 + NHAK ×NHAK	NHAK×NHAK	AIJ

(続く)

第4.5表 (続き)

start location	length	content
L29 = L28 + NHAK ×NHAK	20×NTTG	GCOMMT
L30 = L29 + 20×NTTG	L×NHAK	AIL
L31 = L30 + L×NHAK	20×NHAK	RCOM
L32 = L31 + 20×NHAK	20×50	CSID
L33 = L32 + 20×50	NFGN×NOSP	SPFD
L34 = L33 + NFGN ×NOSP	20×NOSP	FCOMMT
L35 = L34 + 20×NOSP	NREP×NOSP	RRIJ
L36 = L35 + NREP ×NOSP	NOSP×NOSP	RAIJ
L37 = L36 + NOSP ×NOSP	NFGN×NFGN	W2
L38 = L37 + NFGN ×NFGN	NHAK×NFGN	BIG
L39 = L38 + NHAK ×NFGN	NFGN×NHAK	Z
L40 = L39 + NFGN ×NHAK	2×NOCS	SHA
L41 = L40 + 2×NOCS	NFGN×NOCS	SGMM
L42 = L37	0	—
L43 = L37	0	—
L44 = L37	0	—
L45 = L42	NHAK	IRCS
L46 = L45 + NHAK	NFGN	ILSP
L47 = L46 + NFGN	3×NTTG	IPNT
L48 = L47 + 3×NTTG	5×NOCS	ICST
L49 = L48 + 5×NOCS	3×NCOL	ICOT
L50 = L49 + 3×NCOL	3×NOSP	ISPT
L51 = L50 + 3×NOSP	3×NOUSCS	INCS
L52 = L51 + 3 ×NOUSCS	4×NOCS	IKPF

(続く)

第 4.5 (続き)

start location	length	content
L53=L52+4×NOCS	NHAK×2	APR
L54=L53+NHAK×2	NHAK×2	SIGMA
L55=L54+NHAK×2	NHAK×2	AR1
L56=L55+NHAK×2	NHAK×2	AR2
L57=L56+NHAK×2	(NHAK+1)×NHAK	AHD
L58=L57+(NHAK+1) ×NHAK	NCOL×2	DAS1
L59=L58+NCOL×2	NHAK×NHAK×2	AD
L60=L59+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	WI
L61=L60+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	AMP
L62=L61+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	U1
L63=L62+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NHAK×2	U2
L64=L63+NHAK ×NHAK×2	NHAK×NFGN×2	CSOL
L65=L64+NHAK ×NFGN×2	NHAK×NFGN×2	BD
L66=L65+NHAK ×NFGN×2	NCOL×NCOL×2	DRAIJ
L67=L66+NCOL ×NCOL×2	NCOL×2	DBI
L68=L67+NCOL×2	20×50=1,000	WCOMMT
L69=L68+20×50	NFGN×NWIND	WIND
L70=L69+NFGN ×NWIND	NHAK×NFGN	ZIG
L71=L70+NHAK ×NFGN	NFGN×NWIND	SOL
L72=L71+NFGN ×NWIND		: last location = used length

(*) L 53 は even 番地

第 4.6 表 MAINOT での work array TRV の変数 lay out

(IDIG = -1)

start location	length	content
IA1=1	max (NWIND, NHAK)	WRK1 work array
IA2=IA1+ max (NWIND, NHAK)	NWIND×NWIND	WRK2 work array
IA3=IA2+NWIND ×NWIND	NFGN×NFGN ×NHAK	SGCOV
IA4=IA3	0	
IA5=IA4+NFGN ×NHAK	NWIND	AI
IA6=IA5+NWIND	NWIND	DAI
IA7=IA6+NWIND	NHAK	S1
IA8=IA7+NHAK	NFGN×NHAK	S2
IA9=IA8+NFGN ×NHAK	NFGN	S3
IA10=IA9+NFGN	2×NHAK	CON
IA11=IA10+2×NHAK	NCOL	EUP
IA12=IA11+NCOL	NCOL	ELO
IA13=IA12+NCOL	NCOL	NSPTC
IA14=IA13+NCOL	NFGN	PHF
IA15=IA14+NFGN	NHAK	CI
ILAST=IA15+NHAK		: last location = used length

§ 4 エラーメッセージ

1. 入力部のエラー

リターンコード 1

メッセージ

- NUMBER OF FLUX IS WRONG
フラックスの共分散計算で $ITF \Leftarrow IK1 + IK2$
- NUMBER OF CS IS WRONG
(IDIG = -1 のときのみ)
断面積の共分散計算で $ITS \Leftarrow IG1 + IG2$
- REACTION RATE PARAMETER IS WRONG
パラメータ INRP の値がおかしい。

2. 処理部のエラー

リターンコード 2

メッセージ

- TROUBLE SVD IERR=n
SVD ができなかった。
IERR = n n 番目の特異値の計算に失敗した。
- TROUBLE DMFSD IER=n
係数行列の三重対角化ができなかった。

$$IER = \begin{cases} -1 & \text{行列は、正定値ではない。}^+ \\ \text{正数} & \text{ケタ落ちが発生した。}^+ \end{cases}$$
- TROUBLE DMTDS IER=n

$$IER = \begin{cases} 1 & \text{三重対角行列がシンギュラー}^+ \\ -1 & \text{箱数が負} \end{cases}$$
- TROUBLE DJBS IER=n CONTINUED¹⁾
IER = 1²⁾ のときヤコビ法の収束条件が満たされなかった。
- TROUBLE DGSS IER=n CONTINUED¹⁾
IER = 1²⁾ のとき、ガウス=ザイデル法で収束の条件が満たされなかった。
- TROUBLE DSR IER=n CONTINUED¹⁾
IER = 1²⁾ のとき、S.O.R. で収束の条件が満たされなかった。

3. ワークディスク関係のエラー

リターンコード 3

*** READ ERROR IN ~ ROUTINE ***

LOGICAL UNIT NO = n

サブルーチン ~ で、n 番入力のデータが不足した。実行は中止される。

注 1) 収束が、理論的に保証されているので計算はつづける。

注 2) 収束しなかった群に 1 が表示される。

+) これは、事前に回避されている。従ってこのメッセージが出たらプログラムバグのある表になる。

Chap 5 コードの検証

5.1 コードの検証方法

NEUPAC コードの妥当性を検証する為、1970 年 4 月に組まれた、中速中性子の第二種国際標準場である mol $\Sigma\Sigma$ がでのドジメトリ・実験を解析した。

コードの検証の為比較コードとして、SAND-II Monte Carlo (以下 SAND-II MC と略す) コードを用いた。

mol $\Sigma\Sigma$ がで測定された筋の反応率は、Table 5.1 に示す 17 反応である。この内、 $^{235}\text{U}(n,f)$ と $^{240}\text{Pu}(n,f)$ については、断面積セットの問題から除き、15 反応を中性子束推定計算に用いた。

断面積としては、SAND-II original library (620 群) を両コードに対し共通に用いた。また、断面積の誤差も、Nuclear Technology Vol.25 (Table 5.2) に与えられていた値を使用した。

両コードに対する入力中性子スペクトルも、mol $\Sigma\Sigma$ 炉に対し評価されている 135 群の値が、前記の雑誌に載っているので、これを用いた。(Fig. 5.1) 但し、NEUPAC に対しては、系統誤差、10%、統計誤差 17.5% を中性子束誤差として与えた。

推定計算の群数としては、SAND-II の断面積群である 620 群を使用した。しかし、NEUPAC については、群縮的効果を推定する為、36 群計算も実施した。

5.2 結果

NEUPAC コードにおける、初期反応率及び χ^2 -検定の結果を Table 5.3 に示した。また、中性子束スペクトル推定後の最終反応率、C/E 及び χ^2 -検定結果を Table 5.4 に示した。また、推定された中性子束と反応率 90% 信頼区間を Fig. 5.2 に示した。

最終反応率、積分評価量については、NEUPAC 620 群計算及び 36 群計算と SAND-II MC 620 群計算の比較の為に Table 5.5、5.6 に示した。

Fig. 5.3 には、入力中性子束に対する、全中性子束に対する感度を、Fig. 5.4 には $^{239}\text{Pu}(n,f)$ 反応率断面積に対する全中性子束の感度を示した。

以上の図表に示される様に、NEUPAC コードと SAND-II MC コード 620 群の計算結果及び NEUPAC 36 群計算結果はよく一致している。即ち、Table 5.4、5.5 から知れる様に、三者の計算による最終反応率は、互いの計算の持つ誤差幅 (2.5% ~ 20%) に比べ十分小さい食い違いで一致している。また、Table 5.6 にある様に、全中性子束に互いの持つ誤差幅程度で一致している。

この様に、アルゴリズムは異なっているが、同一計算条件内では、NEUPAC コードと SAND-II MC コードは、ほぼ同一の結果を与える。

また、NEUPAC コードでは、620 群の群縮的効果は、積分量で見るとほとんどないことが判かった。

Table 5.1 $\Sigma\Sigma$ Central Reaction-Rate Data (Evaluation, Dec. 1973)

Reaction	Reaction Rate ^a ($\times 10^{27}$)	Reaction-Rate ^b Ratio	Average Cross Section ^c σ_{EXP} (mb)
$^{55}\text{Mn}(n,\gamma)^{56}\text{Mn}$	29.3 ($\pm 3\%$)	0.0250 ($\pm 4.5\%$)	39.7
$^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116\text{m}}\text{In}$	192.5 ($\pm 3.5\%$)	0.164 ($\pm 5\%$)	261
$^{197}\text{Au}(n,\gamma)^{198}\text{Au}$	326 ($\pm 2\%$)	0.278 ($\pm 3.5\%$)	442
$^{63}\text{Cu}(n,\gamma)^{64}\text{Cu}$	29.5 ($\pm 5\%$)	0.0252 ($\pm 6\%$)	40.0
$^{238}\text{U}(n,\gamma)^{239}\text{U}$	143 ($\pm 4\%$)	0.122 ($\pm 5\%$)	194
$^{235}\text{U}(n,f)$	1171 ($\pm 3.5\%$)	1.0 Reference	1589
$^{233}\text{U}(n,f)$	1723 ($\pm 4\%$)	1.47 ($\pm 4\%$)	2337
$^{239}\text{Pu}(n,f)$	1382 ($\pm 3.5\%$)	1.18 ($\pm 3.5\%$)	1875
$^{240}\text{Pu}(n,f)$	477 ($\pm 4\%$)	0.407 ($\pm 5\%$)	647
$^{237}\text{Np}(n,f)$	467 ($\pm 3.5\%$)	0.399 ($\pm 4\%$)	634
$^{238}\text{U}(n,f)$	64.4 ($\pm 3.5\%$)	0.0550 ($\pm 3.5\%$)	87.4
$^{232}\text{Th}(n,f)$	15.5 ($\pm 6\%$)	0.0132 ($\pm 6\%$)	21.0
$^{115}\text{In}(n,n')^{115\text{m}}\text{In}^d$	43.2 ($\pm 2\%$)	0.0369 ($\pm 3.5\%$)	58.6
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$	21.25 ($\pm 2.5\%$)	0.0181 ($\pm 4\%$)	28.8
$^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$	0.761 ($\pm 10\%$)	0.00065 ($\pm 10\%$)	1.033
$^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$	0.201 ($\pm 3\%$)	0.000172 ($\pm 4.5\%$)	0.273
$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$	0.134 ($\pm 3\%$)	0.000114 ($\pm 4.5\%$)	0.182

^a Absolute central reaction rates per nuclide for a unit available thermal-neutron flux.

^b Formed relative to $^{235}\text{U}(n,f)$ in denominator.

^c $\bar{\sigma}_{EXP} = \int_0^\infty \phi(E)\sigma(E)dE / \int_0^\infty \phi(E)dE$; errors same as for reaction rates (column 2) if possible systematic bias in normalization by transport theory is neglected.

^d Error does not include uncertainties in $^{115\text{m}}\text{In}$ level scheme: the gamma-ray intensity of the 335-keV isomeric transition is fixed to 46%, and the $^{115}\text{In}(n,n')^{115\text{m}}\text{In}$ differential energy cross sections to be tested must be renormalized for consistency with the present assumption.

Ref. Nuclear Technology Vol.25 (1975) P349

Table 5.2 SAND-II Evaluated Cross Section Error Assignment

Energy Bounds (MeV)	SAND-II Group No.	$1^{-10}, 4^{-7}$	$4^{-7}, 1^{-5}$	$1^{-5}, 1^{-2}$	$1^{-2}, 1^{-1}$	$1^{-1}, 1^{-6}$	$6^{-1}, 1^{-4}$	$1^{-4}, 2^{-2}$	$2^{-2}, 3^{-0}$	$3^{-0}, 4^{-0}$	$4^{-0}, 5^{-0}$	$5^{-0}, 6^{-0}$	$6^{-0}, 8^{-0}$	$8^{-0}, 11^{-0}$	$11^{-0}, 13^{-0}$	$13^{-0}, 18^{-0}$
$^{55}\text{Mn}(n,\gamma)$	1, 162	0.008	0.02	0.08	0.08	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
$^{115}\text{In}(n,\gamma)$	0.025	0.025	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
$^{197}\text{Au}(n,\gamma)$	0.005	0.005	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
$^{63}\text{Cu}(n,\gamma)$	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
$^{238}\text{U}(n,\gamma)$	0.15	0.05	0.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
$^{235}\text{U}(n,f)$	0.005	0.005	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
$^{239}\text{Pu}(n,f)$	0.005	0.005	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
$^{237}\text{Np}(n,f)$	0.16	0.16	0.10	0.10	0.10	0.20	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.10	0.10	0.10
$^{238}\text{U}(n,f)$	0	0	0	0	0	0.30	0.30	0.04	0.03	0.03	0.03	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
$^{232}\text{Th}(n,f)$	0	0	0	0	0	0	0.30	0.25	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10
$^{115}\text{In}(n,n')$	0	0	0	0	0	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10
$^{58}\text{Ni}(n,p)$	0	0	0	0	0	0	0.20	0.10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.10	0.10	0.20
$^{27}\text{Al}(n,p)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.30	0.10	0.08	0.08	0.08	0.06	0.15	0.15
$^{56}\text{Fe}(n,p)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.10	0.10
$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.30	0.20	0.06	0.06	0.10	0.10

Table 5.3 Reaction Rate before Neutron Flux Unfolding

ID No.	Reaction	EXP.		CALC.		CALC./EXP.		CHI-Square Component	3-SIGMA Test
1	$^{56}\text{Mn}(n,\gamma)$	2.930E-02	3.000E-02	2.945E-02	1.267E-01	1.005E+00	1.302E-01	1.597E-03	
2	$^{115}\text{In}(n,\gamma)$	1.925E-01	3.500E-02	3.029E-01	2.116E-01	1.574E+00	2.145E-01	2.935E+00	
3	$^{197}\text{Au}(n,\gamma)$	3.260E-01	2.000E-02	3.966E-01	9.633E-02	1.217E+00	9.838E-02	3.317E+00	
4	$^{63}\text{Cu}(n,\gamma)$	2.950E-02	5.000E-02	3.262E-02	7.583E-02	1.106E+00	9.083E-02	1.177E+00	
5	$^{238}\text{U}(n,\gamma)$	1.430E-01	4.000E-02	1.742E-01	4.511E-02	1.218E+00	6.029E-02	1.032E+01	×
6	$^{235}\text{U}(n,f)$	1.171E+00	3.500E-02	1.142E+00	2.321E-02	9.755E-01	4.200E-02	3.450E-01	
7	$^{239}\text{Pu}(n,f)$	1.382E+00	3.500E-02	1.257E+00	2.378E-02	9.099E-01	4.232E-02	4.800E+00	
8	$^{237}\text{Np}(n,f)$	4.670E-01	3.500E-02	3.989E-01	3.755E-02	8.542E-01	5.133E-02	9.438E+00	×
9	$^{238}\text{U}(n,f)$	6.440E-02	3.500E-02	5.249E-02	4.244E-02	8.150E-01	5.501E-02	1.413E+01	×
10	$^{232}\text{Th}(n,f)$	1.550E-02	6.000E-02	1.263E-02	4.241E-02	8.149E-01	7.347E-02	7.146E+00	
11	$^{115}\text{In}(n,n')$	4.320E-02	2.000E-02	3.740E-02	3.875E-02	8.657E-01	4.361E-02	1.183E+01	×
12	$^{58}\text{Ni}(n,p)$	2.125E-02	2.500E-02	1.475E-02	5.082E-02	6.940E-01	5.663E-02	5.009E+01	×
13	$^{27}\text{Al}(n,p)$	7.610E-04	1.000E-01	4.909E-04	6.323E-02	6.451E-01	1.183E-01	1.080E+01	×
14	$^{56}\text{Fe}(n,p)$	2.010E-04	3.000E-02	1.342E-04	7.669E-02	6.676E-01	8.234E-02	3.139E+01	×
15	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	1.340E-04	3.000E-02	7.838E-05	8.088E-02	5.850E-01	8.626E-02	5.489E+01	×

Table 5.4 Reaction Rate after Neutron Flux Unfolding

ID No.	Reaction	EXP.		CALC.		CALC./EXP.		CHI-Square Component	3-SIGMA Test
1	$^{56}\text{Mn}(n,\gamma)$	2.930E-02	3.000E-02	2.924E-02	4.559E-02	9.980E-01	5.457E-02	1.318E-03	
2	$^{115}\text{In}(n,\gamma)$	1.925E-01	3.500E-02	1.938E-01	1.870E-01	1.007E+00	1.903E-01	1.237E-03	
3	$^{197}\text{Au}(n,\gamma)$	3.260E-01	2.000E-02	3.280E-01	5.264E-02	1.006E+00	5.631E-02	1.141E-02	
4	$^{63}\text{Cu}(n,\gamma)$	2.950E-02	5.000E-02	3.026E-02	3.898E-02	1.026E+00	6.340E-02	1.625E-01	
5	$^{238}\text{U}(n,\gamma)$	1.430E-01	4.000E-02	1.552E-01	2.021E-02	1.085E+00	4.482E-02	3.511E+00	
6	$^{235}\text{U}(n,f)$	1.171E+00	3.500E-02	1.156E+00	1.635E-02	9.870E-01	3.863E-02	1.137E-01	
7	$^{239}\text{Pu}(n,f)$	1.382E+00	3.500E-02	1.292E+00	1.660E-02	9.349E-01	3.874E-02	2.893E+00	
8	$^{237}\text{Np}(n,f)$	4.670E-01	3.500E-02	4.379E-01	2.587E-02	9.377E-01	4.352E-02	2.140E+00	
9	$^{238}\text{U}(n,f)$	6.440E-02	3.500E-02	6.279E-02	1.824E-02	9.750E-01	3.947E-02	4.067E-01	
10	$^{232}\text{Th}(n,f)$	1.550E-02	6.000E-02	1.531E-02	1.830E-02	9.877E-01	6.273E-02	3.847E-02	
11	$^{115}\text{In}(n,n')$	4.320E-02	2.000E-02	4.388E-02	1.576E-02	1.016E+00	2.546E-02	3.820E-01	
12	$^{58}\text{Ni}(n,p)$	2.125E-02	2.500E-02	1.947E-02	2.627E-02	9.160E-01	3.627E-02	5.857E+00	
13	$^{27}\text{Al}(n,p)$	7.610E-04	1.000E-04	7.005E-04	3.478E-02	9.205E-01	1.059E-01	5.729E-01	
14	$^{56}\text{Fe}(n,p)$	2.010E-04	3.000E-02	2.020E-04	3.406E-02	1.005E+00	4.539E-02	1.210E-02	
15	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	1.340E-04	3.000E-02	1.198E-04	3.935E-02	8.938E-01	4.948E-02	5.280E+00	

Table 5.5 Comparison of Experimental and Calculation (Reaction Rate)

ID No.	Reaction	EXP.		C/E of NEUPAC		C/E of SAND-II MC
				620 gr	36 gr	
1	$^{56}\text{Mn}(n,\gamma)$	2.930E-02	3.000E-02 ^(%)	9.980E-01	9.989E-01	1.001E+00
2	$^{115}\text{In}(n,\gamma)$	1.925E-01	3.500E-02	1.007E+00	1.078E+00	9.780E-01
3	$^{197}\text{Au}(n,\gamma)$	3.260E-01	2.000E-02	1.006E+00	9.952E-01	9.995E-01
4	$^{63}\text{Cu}(n,\gamma)$	2.950E-02	5.000E-02	1.026E+00	1.086E+00	1.001E+00
5	$^{238}\text{U}(n,\gamma)$	1.430E-01	4.000E-02	1.085E+00	1.018E+00	1.020E+00
6	$^{235}\text{U}(n,f)$	1.171E+00	3.500E-02	9.870E-01	9.994E-01	9.638E-01
7	$^{239}\text{Pu}(n,f)$	1.382E+00	3.500E-02	9.349E-01	9.452E-01	1.064E+00
8	$^{237}\text{Np}(n,f)$	4.670E-01	3.500E-02	9.377E-01	9.572E-01	9.925E-01
9	$^{238}\text{U}(n,f)$	6.440E-02	3.500E-02	9.750E-01	9.821E-01	1.026E+00
10	$^{232}\text{Th}(n,f)$	1.550E-02	6.000E-02	9.877E-01	9.941E-01	1.017E+00
11	$^{115}\text{In}(n,n')$	4.320E-02	2.000E-02	1.016E+00	1.027E+00	9.461E-01
12	$^{58}\text{Ni}(n,p)$	2.125E-02	2.500E-02	9.160E-01	9.438E-01	1.014E+00
13	$^{27}\text{Al}(n,p)$	7.610E-04	1.000E-01	9.205E-01	9.387E-01	9.256E-01
14	$^{56}\text{Fe}(n,p)$	2.010E-04	3.000E-02	1.005E+00	1.024E+00	1.036E+00
15	$^{27}\text{Al}(n,\alpha)$	1.340E-04	3.000E-02	8.938E-01	9.559E-01	9.792E-01

note C/E means a ratio of Calculated value to experimental value.

Table 5.6 積分評価量(I, JI)の比較

Window Function	NEUPAC				SAND-II MC	
	620 gr		36 gr		620 gr	
		(%)		(%)		(%)
Total Flux	0.7356	1.65	0.7803	1.99	0.7628	3.12
Integral Flux($\geq 0.6\text{MeV}$)	0.2776	2.44	0.2881	3.34	0.2946	4.12
$^{238}\text{U}(n,f)$	0.06279	1.59	0.06325	1.83	0.06475	
$^{239}\text{Pu}(n,f)$	1.2920	1.49	1.3062	1.61	1.364	
$^{232}\text{Th}(n,f)$	1.01531	1.57	0.01541	1.74	0.01579	
$^{58}\text{Ni}(n,p)$	0.01947	1.91	0.02006	1.30	0.02202	
$^{54}\text{Fe}(n,p)$	0.01420	2.22	0.01461	2.42		
$^{58}\text{Fe}(n,\gamma)$	0.005246	6.69	0.005584	2.44		
$^{23}\text{Na}(n,\gamma)$	0.0007508	7.88	0.0008243	7.95		
Ferritic Steel Damage	315.8	1.36	325.5	1.61		

Fig.5.1 Initial Spectrum (135 groups)

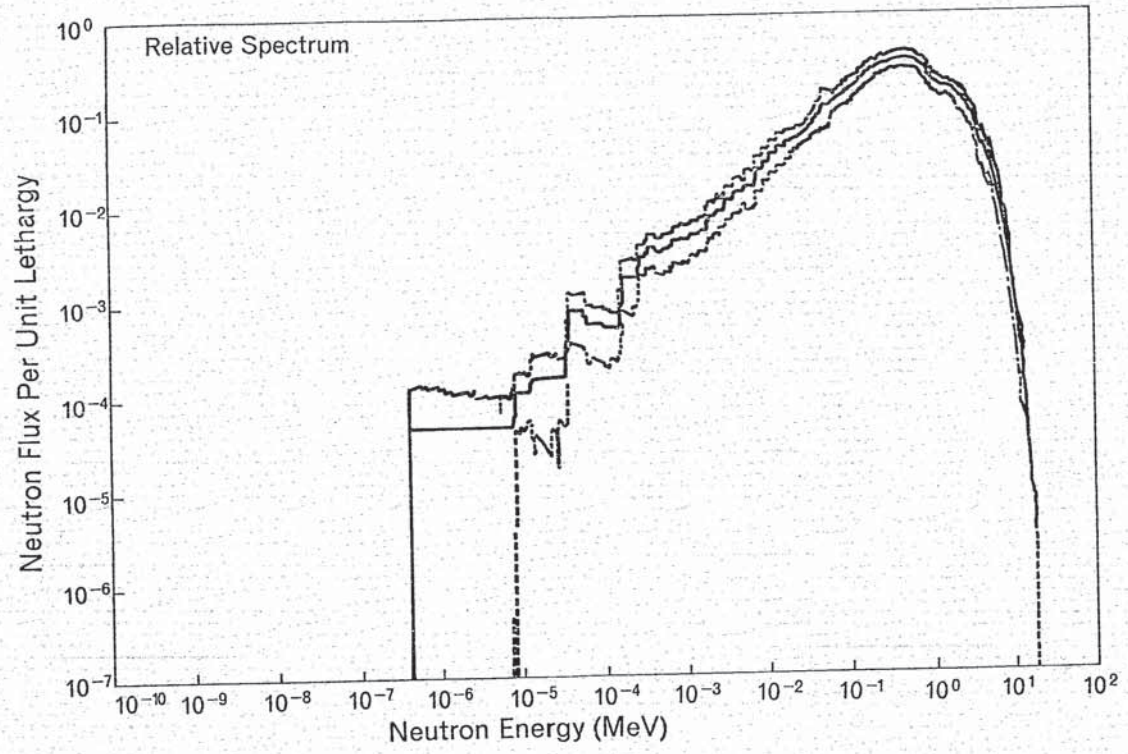


Fig.5.2 Final Spectrum (36 groups)

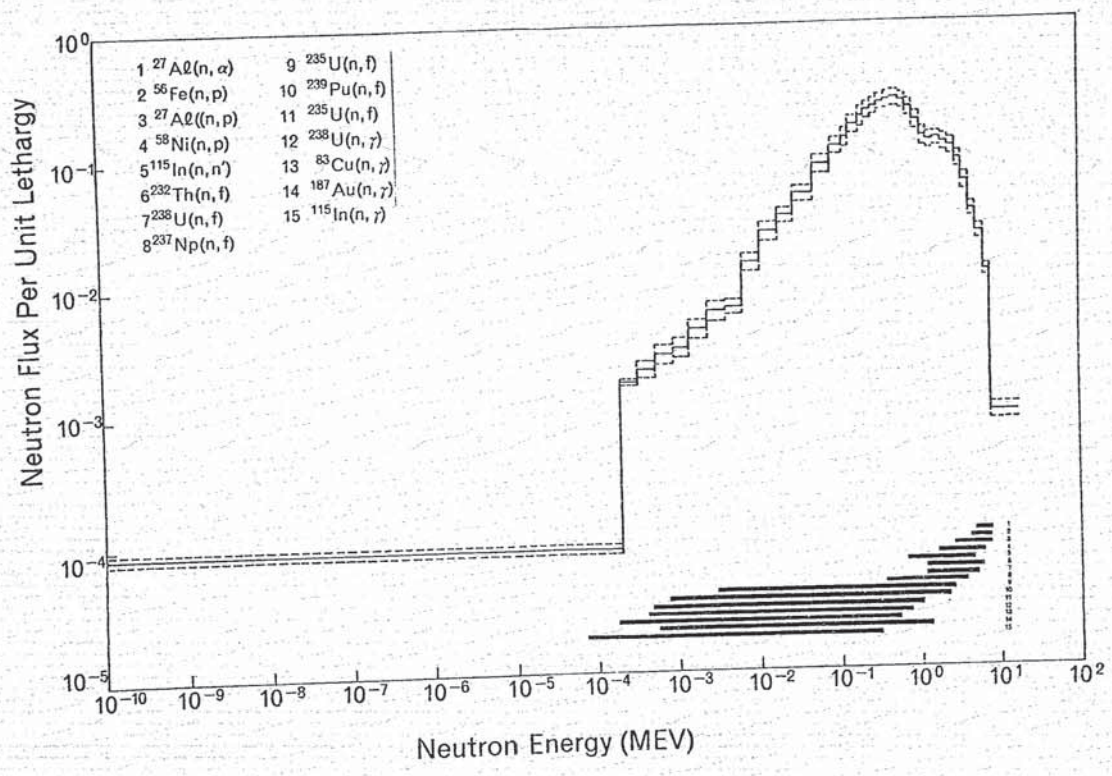
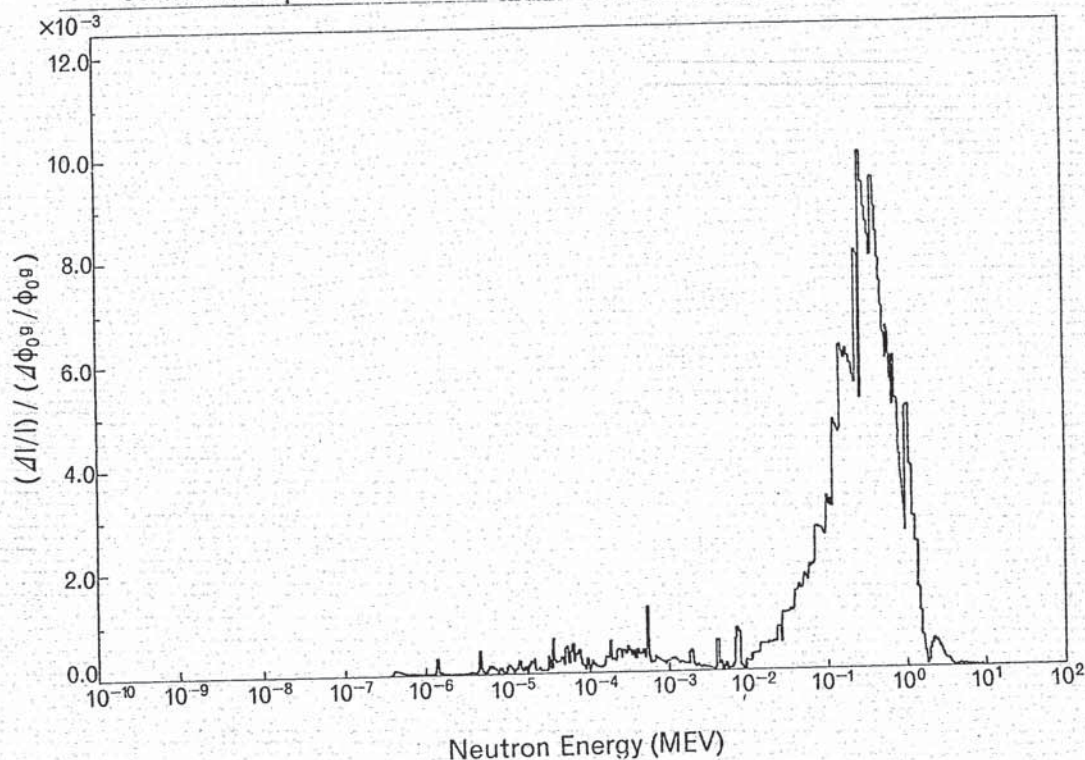
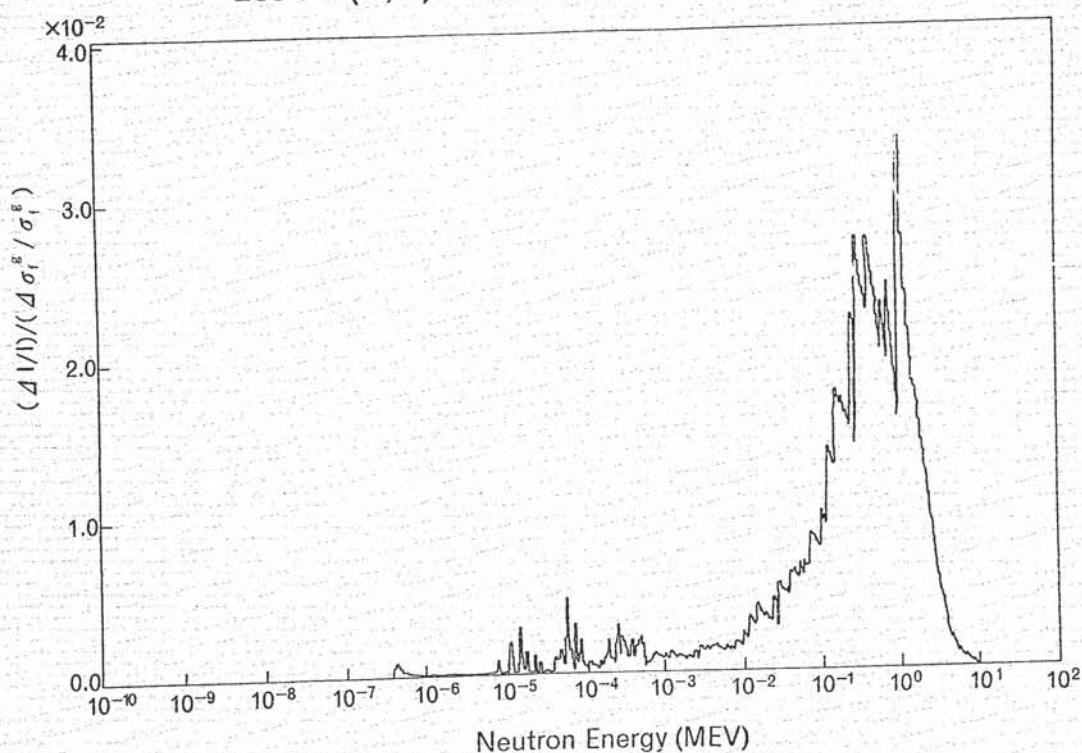


Fig.5.3 Sensitivity of Estimated Window Function (Total flux) to Initial Spectrum



- 134 -

Fig.5.4 Sensitivity of Estimated Window Function (Total flux) to Each Energy Cross Section of ^{239}Pu (N, F) Reaction



- 135 -

謝 辞

本NEUPACコードの作成にあたり、多大なる御尽力をいただいた、三菱総合研究所、応用システム室の 鈴木滋典、進藤裕二、安田英典 の各氏に感謝の意を表します。

Appendix

Appendix A 丸め誤差

§ A-1 丸め誤差について

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 + 10^{-10} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 + 10^{-10} \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (1)$$

(1)の解は $x_1 = x_2 = 1$

(1)をガウスの消去法で解くとする。

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 10^{-10} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 10^{-10} \end{pmatrix}$$

• か、丸の誤差によって、次のようになったとする。

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 10^{-10} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 10^{-10} \end{pmatrix}$$

この解は、 $x_1 = -98$ 、 $x_2 = 100$

このような事が起ったのは、(1)の係数行列のたちが悪いからである。最小二乗法の正規方程式には、しばしば、たちの悪い方程式が現われる。

NEUPACコードでは、たちの悪い行列を判定して、丸め誤差のために、無意味な解をさけるために、Moore-Penrose型の一般化行列を用いて、最小二乗解を求めている。

§ A-2 一次方程式の解の評価

一次方程式の解に対する、アプリアリ評価を与える。ノルムは ℓ_2 とする。

正則行列Aを係数に持つ連立一次方程式 $Ax = b$ の解を $\hat{x}$ とする。

このとき

$$\|A^{-1} \delta A\| < 1$$

ならば

連立一次方程式 $(A + \delta A)x = b + \delta b$ も解 $x + \delta x$ をもち、つぎの不等式が成り立つ。

$$\frac{\|\delta \hat{x}\|}{\|\hat{x}\|} = \frac{\lambda(A)}{1 - \|A^{-1} \delta A\|} \left(\frac{\|\delta b\|}{\|b\|} + \frac{\|\delta A\|}{\|A\|} \right)$$

ここに、Aのi番の固有値を $\lambda_i(A)$ とすると

$$\lambda(A) = \sqrt{\frac{\max_i |\lambda_i(A^T A)|}{\min_i |\lambda_i(A^T A)|}}$$

$$A \text{ が実対称だから } \kappa(A) = \frac{\max_i |\lambda_i(A)|}{\min_i |\lambda_i(A)|}$$

$\kappa(A)$ を条件数と呼ぶ

§ A-3 固有値の粗い評価について

n 次行列 $A = (a_{ij})$ に対し

$$r_i = \sum_{j=1}^n |a_{ij}|, \quad R_i = \{z \in \mathbb{C} \mid |z - a_{ii}| \leq r_i\}$$

とすれば、 $A = (a_{ij})$ のすべての固有値は閉円板 R_i の合併 $R = \bigcup_{i=1}^n R_i$ に属す。集合 R を連結な領域にわけるとき、その1つの連結成分 C が、 m 個の R_i から成れば、重複度もこめて、ちょうど m 個の固有値 C 内にある。このことは、ゲルシュゴリンの定理といわれる。NEUPACコードでは、この定理と二分法を用いて固有値を求めている。

§ A-4 ガウスの消去法とコレスキー法

n 次正方行列 A が、正則であるとする。 A は $A = LDR$ の形に一意に分解される。

ただし、 L, D, R は次の形の行列である。

$$L = \begin{pmatrix} 1 & & 0 \\ \ell_2 & 1 & \\ & \ddots & \ddots \\ \ell & & 1 \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} d_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & d_n \end{pmatrix}, \quad R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ & 1 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & 1 \end{pmatrix}$$

A が、正値対称行列のとき、 $A = S^T S$ と一意に分解される。ここで、 S は上三角行列であり、対角線上の要素は正である。

$$\text{即ち } A = LDR = R^T D^{1/2} D^{1/2} R = S^T S$$

コレスキー法

$S = (S_{ij})$ は、次式によって与えられる。

$$\begin{aligned} S_{11} &= \sqrt{a_{11}} \\ S_{ij} &= a_{ij} / S_{11} \quad (1 < j \leq n) \\ S_{ij} &= (a_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} S_{ki} S_{kj}) / S_{ii} \quad (1 < i < j < n) \\ S_{ji} &= (a_{ji} - \sum_{k=1}^{j-1} S_{kj}^2)^{1/2} \quad (1 < j \leq n) \\ S_{ij} &= 0 \quad (1 \leq j < i) \end{aligned}$$

$Ax = b$ を、次の二式に分けて解く方法をコレスキー法という。

$$S^T Sx = b$$

$$(1) \quad S^T y = b$$

$$(2) \quad Sx = y$$

この解法は、正定値対称行列を係数行列とする、一次方程式に対する高速の解法である。

§ A-5 一般化逆行列と特異値分解の適用について

不能な方程式

$$Ax = b$$

.....(1)

に対する最適解 $\bar{x}$ とは何か？

という問に対して、次のような解答を用意する。

誤差 $E = \|Ax - b\|$ を最小とする x

i. e.

$$A\bar{x} = p = Pb$$

P は A の列空間への射影

しかしながら、このような x は一意ではない。ところで、 $A\bar{x} = b$ のすべての「解」のうち、最適解は、最小の長さをもったものである。このような $\bar{x}$ は、次の条件で決定される。

(1) $A\bar{x}$ は A の列空間上への b の射影に等しい。

(2) $\bar{x}$ は A の行空間内にある。

$Ax = b$ を「解く」行列は $\bar{x} = A^+ b$ と定義される。 A^+ は、Moore-Penrose 型一般化逆行列と呼ばれる。この A^+ は係数行列 A の特異値分解によって与えられる。

特異値分解とは、行列 A を次の形に分解する事である。

$$A = Q_1 \Sigma Q_2^T$$

Q_1, Q_2 は直交行列、 Σ は対角線上の始めの r 個が正の数 μ_i で残りが 0 の特別な形をした対角行列である。

Σ の一般化行列は、対角線上の始めの r 個が μ_i^{-1} で、残りが 0 の行列 Z^+ である。

このとき、 A の擬似逆行列 A^+ は次式で与えられる。

$$A^+ = Q_2 \Sigma^+ Q_1^T$$

§ A-6 反復法の収束について

A : 正定値対称

D : 対角行列

F : 上三角行列

$$A = D + F + F^e \text{ とする。}$$

反復行列の固有値の絶対値が 1 より小さいとき、反復法は収束する。正定値対称行列については、下記定理が成立する。

定 理

ガウス、ザイテル法の反復行列 $M = -(D + F^e)^{-1}F$ の固有値の絶対値は、すべて 1 より小さい。

定 理

もし、 $0 < w < 2$ で、 $(D + wF^e)^{-1}$ が存在すれば、 $Ax = b$ に対する SOR 法の反復行列 M の固有値の絶対値は、1 より小さい。

B 内蔵データ

§ B-1 内蔵フラックス

内蔵フラックスのデータ値を第 B.1 表に示す。

第B.1表 内蔵中性子束データ

IOPT=1

*** JOYO SORVAILLANCE POSITION (20 GRP) namelid to 1.0
 1.40218E+06, 6.02271E+06, 1.99162E+07, 1.45650E+08, 2.03266E+09,
 3.70425E+10, 1.35903E+11, 1.53703E+12, 6.60791E+12, 1.29003E+13,
 1.88933E+13, 2.23934E+13, 1.79728E+13, 1.06660E+13, 1.06605E+13,
 1.28409E+13, 1.65304E+13, 5.70287E+12, 7.06488E+11, 1.17290E+10,

IOPT=2

*** JOYO BLANKET POSITION (20 GRP)
 1.48373E+07, 6.37585E+07, 2.17731E+08, 1.89537E+09, 2.37400E+10,
 4.61781E+11, 1.83413E+12, 1.42241E+13, 4.32383E+13, 7.35809E+13,
 8.76976E+13, 8.76103E+13, 7.02905E+13, 3.65617E+13, 2.76687E+13,
 2.60435E+13, 1.99280E+13, 1.56075E+12, 1.47974E+11, 5.62787E+09,

IOPT=3

*** JOYO CORE (20 GRP)
 4.92464E+08, 2.10352E+09, 7.35282E+09, 7.60455E+10, 9.82637E+11,
 1.65670E+13, 6.75111E+13, 3.86111E+14, 6.72850E+14, 7.12247E+14,
 5.27289E+14, 3.30452E+14, 1.63843E+14, 5.35363E+13, 2.37550E+13,
 8.64072E+12, 6.70392E+11, 6.35276E+08, 6.58218E+07, 6.26334E+04,

IOPT=4

*** YAYOI GLORY HOLE (39 GRP)
 7.701E-06, 2.339E-05, 1.093E-04, 2.208E-04, 5.947E-04, 1.085E-03,
 1.665E-03, 2.169E-03, 2.651E-03, 2.807E-03, 2.860E-03, 2.776E-03,
 2.710E-03, 2.613E-03, 2.410E-03, 2.116E-03, 1.728E-03, 1.404E-03,
 1.063E-03, 7.762E-04, 5.662E-04, 3.601E-04, 1.535E-04, 4.800E-05,
 1.299E-05, 3.390E-06, 7.796E-06, 1.254E-07, 3.476E-08, 7.118E-09,
 1.603E-09, 3.706E-10, 7.852E-11, 2.156E-11, 5.661E-12, 6.435E-12,
 1.194E-12, 2.073E-13, 5.694E-13,

IOPT=5

*** YAYOI INTERMEDIATE (26 GRP) SDPA(100)--SDPA(125)
 0.398179E-11, 0.476342E-10, 0.637189E-09, 0.125404E-07, 0.896351E-07,
 0.232160E-05, 0.338281E-05, 0.283432E-05, 0.321062E-05, 0.391221E-05,
 0.380066E-05, 0.312140E-05, 0.292228E-05, 0.260900E-05, 0.216858E-05,
 0.189086E-05, 0.168553E-05, 0.150728E-05, 0.134221E-05, 0.115677E-05,
 0.957703E-06, 0.746968E-06, 0.543261E-06, 0.355377E-06, 0.206244E-06,
 0.107677E-06,

(注) エネルギーに関し

降べき順に並んでいる。エネルギー構造は、Appendix B-2を参照のこと。これらは、
 正規化されて使用される。

§B-2 内蔵群構造

内蔵の群構造データを第B.2表に示す。

第B.2表 内蔵エネルギー群構造データ

KG TYPE = 1

*** JAERI GROUP + 3 GROUP STRUCTURE (103 GRP) in unit of MeV

0.20000E+02	0.18220E+02	0.16490E+02	0.14918E+02	0.13499E+02
0.12214E+02	0.11052E+02	0.10000E+02	0.90484E+01	0.81873E+01
0.74082E+01	0.67032E+01	0.60653E+01	0.54881E+01	0.49659E+01
0.44933E+01	0.40657E+01	0.36788E+01	0.33287E+01	0.30119E+01
0.27253E+01	0.24660E+01	0.22313E+01	0.20190E+01	0.18268E+01
0.16530E+01	0.14957E+01	0.13534E+01	0.12246E+01	0.11080E+01
0.10026E+01	0.90718E+00	0.82085E+00	0.74274E+00	0.67206E+00
0.60810E+00	0.55023E+00	0.49787E+00	0.45049E+00	0.40762E+00
0.36883E+00	0.33373E+00	0.30197E+00	0.27324E+00	0.24724E+00
0.22371E+00	0.20242E+00	0.18316E+00	0.16573E+00	0.14996E+00
0.13569E+00	0.12277E+00	0.11109E+00	0.86617E-01	0.67379E-01
0.52475E-01	0.40868E-01	0.31828E-01	0.24788E-01	0.19305E-01
0.15034E-01	0.11709E-01	0.91188E-02	0.71017E-02	0.55308E-02
0.43074E-02	0.33546E-02	0.26126E-02	0.20347E-02	0.15846E-02
0.12341E-02	0.96112E-03	0.74852E-03	0.58295E-03	0.45400E-03
0.35357E-03	0.27536E-03	0.21445E-03	0.16702E-03	0.13007E-03
0.10130E-03	0.78893E-04	0.61442E-04	0.47851E-04	0.37267E-04
0.29023E-04	0.22603E-04	0.17603E-04	0.13710E-04	0.10677E-04
0.83153E-05	0.64760E-05	0.50435E-05	0.39279E-05	0.30590E-05
0.23824E-05	0.18554E-05	0.14450E-05	0.11254E-05	0.87642E-06
0.68256E-06	0.53158E-06	0.41399E-06	0.10000E-08	

KG TYPE = 2

*** SAND-II GROUP STRUCTURE (620 GRP)

0.18000E+02	0.17900E+02	0.17800E+02	0.17700E+02	0.17600E+02
0.17500E+02	0.17400E+02	0.17300E+02	0.17200E+02	0.17100E+02
0.17000E+02	0.16900E+02	0.16800E+02	0.16700E+02	0.16600E+02
0.16500E+02	0.16400E+02	0.16300E+02	0.16200E+02	0.16100E+02
0.16000E+02	0.15900E+02	0.15800E+02	0.15700E+02	0.15600E+02
0.15500E+02	0.15400E+02	0.15300E+02	0.15200E+02	0.15100E+02
0.15000E+02	0.14900E+02	0.14800E+02	0.14700E+02	0.14600E+02
0.14500E+02	0.14400E+02	0.14300E+02	0.14200E+02	0.14100E+02
0.14000E+02	0.13900E+02	0.13800E+02	0.13700E+02	0.13600E+02
0.13500E+02	0.13400E+02	0.13300E+02	0.13200E+02	0.13100E+02
0.13000E+02	0.12900E+02	0.12800E+02	0.12700E+02	0.12600E+02
0.12500E+02	0.12400E+02	0.12300E+02	0.12200E+02	0.12100E+02
0.12000E+02	0.11900E+02	0.11800E+02	0.11700E+02	0.11600E+02
0.11500E+02	0.11400E+02	0.11300E+02	0.11200E+02	0.11100E+02
0.11000E+02	0.10900E+02	0.10800E+02	0.10700E+02	0.10600E+02
0.10500E+02	0.10400E+02	0.10300E+02	0.10200E+02	0.10100E+02
0.10000E+02	0.99000E+01	0.98000E+01	0.97000E+01	0.96000E+01
0.95000E+01	0.94000E+01	0.93000E+01	0.92000E+01	0.91000E+01
0.90000E+01	0.89000E+01	0.88000E+01	0.87000E+01	0.86000E+01
0.85000E+01	0.84000E+01	0.83000E+01	0.82000E+01	0.81000E+01
0.80000E+01	0.79000E+01	0.78000E+01	0.77000E+01	0.76000E+01
0.75000E+01	0.74000E+01	0.73000E+01	0.72000E+01	0.71000E+01
0.70000E+01	0.69000E+01	0.68000E+01	0.67000E+01	0.66000E+01

(続 <)

第B.2表 (続 き)

0.65000E+01	0.64000E+01	0.63000E+01	0.62000E+01	0.61000E+01
0.60000E+01	0.59000E+01	0.58000E+01	0.57000E+01	0.56000E+01
0.55000E+01	0.54000E+01	0.53000E+01	0.52000E+01	0.51000E+01
0.50000E+01	0.49000E+01	0.48000E+01	0.47000E+01	0.46000E+01
0.45000E+01	0.44000E+01	0.43000E+01	0.42000E+01	0.41000E+01
0.40000E+01	0.39000E+01	0.38000E+01	0.37000E+01	0.36000E+01
0.35000E+01	0.34000E+01	0.33000E+01	0.32000E+01	0.31000E+01
0.30000E+01	0.29000E+01	0.28000E+01	0.27000E+01	0.26000E+01
0.25000E+01	0.24000E+01	0.23000E+01	0.22000E+01	0.21000E+01
0.20000E+01	0.19000E+01	0.18000E+01	0.17000E+01	0.16000E+01
0.15000E+01	0.14000E+01	0.13000E+01	0.12000E+01	0.11000E+01
0.10000E+01	0.96000E+00	0.92000E+00	0.88000E+00	0.84000E+00
0.80000E+00	0.76000E+00	0.72000E+00	0.69000E+00	0.66000E+00
0.63000E+00	0.60000E+00	0.57500E+00	0.55000E+00	0.52500E+00
0.50000E+00	0.47500E+00	0.45000E+00	0.42500E+00	0.40000E+00
0.38000E+00	0.36000E+00	0.34000E+00	0.32000E+00	0.30000E+00
0.28000E+00	0.27000E+00	0.25500E+00	0.24000E+00	0.23000E+00
0.22000E+00	0.21000E+00	0.20000E+00	0.19000E+00	0.18000E+00
0.17000E+00	0.16000E+00	0.15000E+00	0.14250E+00	0.13500E+00
0.12750E+00	0.12000E+00	0.11500E+00	0.11000E+00	0.10500E+00
0.10000E+00	0.96000E-01	0.92000E-01	0.88000E-01	0.84000E-01
0.80000E-01	0.76000E-01	0.72000E-01	0.69000E-01	0.66000E-01
0.63000E-01	0.60000E-01	0.57500E-01	0.55000E-01	0.52500E-01
0.50000E-01	0.47500E-01	0.45000E-01	0.42500E-01	0.40000E-01
0.38000E-01	0.36000E-01	0.34000E-01	0.32000E-01	0.30000E-01
0.28000E-01	0.27000E-01	0.25500E-01	0.24000E-01	0.23000E-01
0.22000E-01	0.21000E-01	0.20000E-01	0.19000E-01	0.18000E-01
0.17000E-01	0.16000E-01	0.15000E-01	0.14250E-01	0.13500E-01
0.12750E-01	0.12000E-01	0.11500E-01	0.11000E-01	0.10500E-01
0.10000E-01	0.96000E-02	0.92000E-02	0.88000E-02	0.84000E-02
0.80000E-02	0.76000E-02	0.72000E-02	0.69000E-02	0.66000E-02
0.63000E-02	0.60000E-02	0.57500E-02	0.55000E-02	0.52500E-02
0.50000E-02	0.47500E-02	0.45000E-02	0.42500E-02	0.40000E-02
0.38000E-02	0.36000E-02	0.34000E-02	0.32000E-02	0.30000E-02
0.28000E-02	0.27000E-02	0.25500E-02	0.24000E-02	0.23000E-02
0.22000E-02	0.21000E-02	0.20000E-02	0.19000E-02	0.18000E-02
0.17000E-02	0.16000E-02	0.15000E-02	0.14250E-02	0.13500E-02
0.12750E-02	0.12000E-02	0.11500E-02	0.11000E-02	0.10500E-02
0.10000E-02	0.96000E-03	0.92000E-03	0.88000E-03	0.84000E-03
0.80000E-03	0.76000E-03	0.72000E-03	0.69000E-03	0.66000E-03
0.63000E-03	0.60000E-03	0.57500E-03	0.55000E-03	0.52500E-03
0.50000E-03	0.47500E-03	0.45000E-03	0.42500E-03	0.40000E-03
0.38000E-03	0.36000E-03	0.34000E-03	0.32000E-03	0.30000E-03
0.28000E-03	0.27000E-03	0.25500E-03	0.24000E-03	0.23000E-03
0.22000E-03	0.21000E-03	0.20000E-03	0.19000E-03	0.18000E-03
0.17000E-03	0.16000E-03	0.15000E-03	0.14250E-03	0.13500E-03
0.12750E-03	0.12000E-03	0.11500E-03	0.11000E-03	0.10500E-03
0.10000E-03	0.96000E-04	0.92000E-04	0.88000E-04	0.84000E-04
0.80000E-04	0.76000E-04	0.72000E-04	0.69000E-04	0.66000E-04
0.63000E-04	0.60000E-04	0.57500E-04	0.55000E-04	0.52500E-04
0.50000E-04	0.47500E-04	0.45000E-04	0.42500E-04	0.40000E-04
0.38000E-04	0.36000E-04	0.34000E-04	0.32000E-04	0.30000E-04
0.28000E-04	0.27000E-04	0.25500E-04	0.24000E-04	0.23000E-04

(続 <)

第B.2表 (続 き)

0.22000E-04, 0.21000E-04, 0.20000E-04, 0.19000E-04, 0.18000E-04,
 0.17000E-04, 0.16000E-04, 0.15000E-04, 0.14250E-04, 0.13500E-04,
 0.12750E-04, 0.12000E-04, 0.11500E-04, 0.11000E-04, 0.10500E-04,
 0.10000E-04, 0.96000E-05, 0.92000E-05, 0.88000E-05, 0.84000E-05,
 0.80000E-05, 0.76000E-05, 0.72000E-05, 0.69000E-05, 0.66000E-05,
 0.63000E-05, 0.60000E-05, 0.57500E-05, 0.55000E-05, 0.52500E-05,
 0.50000E-05, 0.47500E-05, 0.45000E-05, 0.42500E-05, 0.40000E-05,
 0.38000E-05, 0.36000E-05, 0.34000E-05, 0.32000E-05, 0.30000E-05,
 0.28000E-05, 0.27000E-05, 0.25500E-05, 0.24000E-05, 0.23000E-05,
 0.22000E-05, 0.21000E-05, 0.20000E-05, 0.19000E-05, 0.18000E-05,
 0.17000E-05, 0.16000E-05, 0.15000E-05, 0.14250E-05, 0.13500E-05,
 0.12750E-05, 0.12000E-05, 0.11500E-05, 0.11000E-05, 0.10500E-05,
 0.10000E-05, 0.96000E-06, 0.92000E-06, 0.88000E-06, 0.84000E-06,
 0.80000E-06, 0.76000E-06, 0.72000E-06, 0.69000E-06, 0.66000E-06,
 0.63000E-06, 0.60000E-06, 0.57500E-06, 0.55000E-06, 0.52500E-06,
 0.50000E-06, 0.47500E-06, 0.45000E-06, 0.42500E-06, 0.40000E-06,
 0.38000E-06, 0.36000E-06, 0.34000E-06, 0.32000E-06, 0.30000E-06,
 0.28000E-06, 0.27000E-06, 0.25500E-06, 0.24000E-06, 0.23000E-06,
 0.22000E-06, 0.21000E-06, 0.20000E-06, 0.19000E-06, 0.18000E-06,
 0.17000E-06, 0.16000E-06, 0.15000E-06, 0.14250E-06, 0.13500E-06,
 0.12750E-06, 0.12000E-06, 0.11500E-06, 0.11000E-06, 0.10500E-06,
 0.10000E-06, 0.96000E-07, 0.92000E-07, 0.88000E-07, 0.84000E-07,
 0.80000E-07, 0.76000E-07, 0.72000E-07, 0.69000E-07, 0.66000E-07,
 0.63000E-07, 0.60000E-07, 0.57500E-07, 0.55000E-07, 0.52500E-07,
 0.50000E-07, 0.47500E-07, 0.45000E-07, 0.42500E-07, 0.40000E-07,
 0.38000E-07, 0.36000E-07, 0.34000E-07, 0.32000E-07, 0.30000E-07,
 0.28000E-07, 0.27000E-07, 0.25500E-07, 0.24000E-07, 0.23000E-07,
 0.22000E-07, 0.21000E-07, 0.20000E-07, 0.19000E-07, 0.18000E-07,
 0.17000E-07, 0.16000E-07, 0.15000E-07, 0.14250E-07, 0.13500E-07,
 0.12750E-07, 0.12000E-07, 0.11500E-07, 0.11000E-07, 0.10500E-07,
 0.10000E-07, 0.96000E-08, 0.92000E-08, 0.88000E-08, 0.84000E-08,
 0.80000E-08, 0.76000E-08, 0.72000E-08, 0.69000E-08, 0.66000E-08,
 0.63000E-08, 0.60000E-08, 0.57500E-08, 0.55000E-08, 0.52500E-08,
 0.50000E-08, 0.47500E-08, 0.45000E-08, 0.42500E-08, 0.40000E-08,
 0.38000E-08, 0.36000E-08, 0.34000E-08, 0.32000E-08, 0.30000E-08,
 0.28000E-08, 0.27000E-08, 0.25500E-08, 0.24000E-08, 0.23000E-08,
 0.22000E-08, 0.21000E-08, 0.20000E-08, 0.19000E-08, 0.18000E-08,
 0.17000E-08, 0.16000E-08, 0.15000E-08, 0.14250E-08, 0.13500E-08,
 0.12750E-08, 0.12000E-08, 0.11500E-08, 0.11000E-08, 0.10500E-08,
 0.10000E-08, 0.96000E-09, 0.92000E-09, 0.88000E-09, 0.84000E-09,
 0.80000E-09, 0.76000E-09, 0.72000E-09, 0.69000E-09, 0.66000E-09,
 0.63000E-09, 0.60000E-09, 0.57500E-09, 0.55000E-09, 0.52500E-09,
 0.50000E-09, 0.47500E-09, 0.45000E-09, 0.42500E-09, 0.40000E-09,
 0.38000E-09, 0.36000E-09, 0.34000E-09, 0.32000E-09, 0.30000E-09,
 0.28000E-09, 0.27000E-09, 0.25500E-09, 0.24000E-09, 0.23000E-09,
 0.22000E-09, 0.21000E-09, 0.20000E-09, 0.19000E-09, 0.18000E-09,
 0.17000E-09, 0.16000E-09, 0.15000E-09, 0.14250E-09, 0.13500E-09,
 0.12750E-09, 0.12000E-09, 0.11500E-09, 0.11000E-09, 0.10500E-09,
 0.10000E-09,

(続 く)

第B.2表 (続 き)

KG TYPE = 3

*** ABBN GROUP STRUCTURE

(26 GRP)

0.10500E+02, 0.65000E+01, 0.40000E+01, 0.25000E+01, 0.14000E+01,
 0.80000E+00, 0.40000E+00, 0.20000E+00, 0.10000E+00, 0.46500E-01,
 0.21500E-01, 0.10000E-01, 0.46500E-02, 0.21500E-02, 0.10000E-02,
 0.46500E-03, 0.21500E-03, 0.10000E-03, 0.46500E-04, 0.21500E-04,
 0.10000E-04, 0.46500E-05, 0.21500E-05, 0.10000E-05, 0.46500E-06,
 0.21500E-06, 0.25200E-07,

KG TYPE = 4

*** JOYO GROUP STRUCTURE

(20 GRP)

0.20000E+02, 0.18220E+02, 0.16490E+02, 0.14918E+02, 0.12214E+02,
 0.90484E+01, 0.54881E+01, 0.33287E+01, 0.12246E+01, 0.45049E+00,
 0.16573E+00, 0.87379E-01, 0.24788E-01, 0.91188E-02, 0.33546E-02,
 0.12341E-02, 0.45400E-03, 0.47851E-04, 0.89279E-05, 0.41399E-06,
 0.10000E-08,

KG TYPE = 7

*** YAYOI 33 GROUP STRUCTURE

1.5000E+07, 1.2500E+07, 1.0000E+07, 8.6000E+06, 6.5000E+06,
 5.1000E+06, 4.0000E+06, 3.1000E+06, 2.5000E+06, 1.9000E+06,
 1.4000E+06, 1.1000E+06, 8.0000E+05, 6.5000E+05, 5.0000E+05,
 4.0000E+05, 3.1000E+05, 2.5000E+05, 2.0000E+05, 1.5000E+05,
 1.2000E+05, 9.0000E+04, 6.0000E+04, 3.0000E+04, 1.5000E+04,
 2.0000E+03, 4.0000E+03, 2.0000E+03, 1.0000E+03, 4.6500E+02,
 2.1500E+02, 1.0000E+02, 4.6300E+01, 2.1500E+01, 1.0000E+01,
 4.6500E+01, 2.1500E+01, 1.0000E+01, 4.6500E-01, 1.0000E-03,

C 内外挿の方法

$$\text{レサージ} \quad u_g = -\log E_g$$

入力群構造 u_g ($g=1, G+1$) が、入力値 ϕ_g ($g=1, G$) のとき。

出力用群構造 v_k ($k=1, K+1$) として出力値 ψ_k ($k=1, K$) を求める。

◎1日版方式 $F_g = \sum_{k=1}^g \phi'_k$ とし、 F_g について log-log

fit を行ない、 $F(u)$ とし

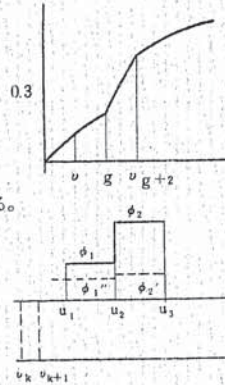
$$\psi = F(u_{k+1}) - F(u_k) \text{ としていた。}$$

◎新版方式 (次のように変更した)

$$\left. \begin{array}{l} v_1 < v_2 < v_3 \cdots \cdots \\ u_1 < u_2 < u_3 \cdots \cdots \end{array} \right\} \text{となっているものとする。}$$

① $v_k < v_{k+1} \leq u_1$ のとき (右図)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{u_1+u_2}{2} \text{ で } \frac{\phi_1}{u_2-u_1} = \phi'_1 \\ \frac{u_2+u_3}{2} \text{ で } \frac{\phi_2}{u_3-u_2} = \phi'_2 \end{array} \right\} \text{の値として log-log 外挿}$$

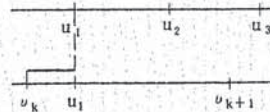


$$\text{つまり、} \log \phi'(u) = \frac{\log \phi'_1 - \log \phi'_2}{u_1 - u_3} \left(u - \frac{u_1 + u_2}{2} \right) + \log \phi'_1 \text{ として } \phi'(u) \text{ を求め}$$

$$\psi_k = \phi' \left(\frac{v_k + v_{k+1}}{2} \right) \times (v_{k+1} - v_k) \text{ として } \psi_k \text{ を求める。}$$

② $v_k < u_1 \leq v_{k+1}$

①で使った $\phi'(u)$ を用いてまず、



$$[v_k, v_{k+1}] \text{ の間の値を求める。} s = \phi' \left(\frac{v_k + u_1}{2} \right) (u_1 - v_k)$$

u_1 から v_{k+1} の間に、 u_2, u_3, u_g が入っているとき

(つまり、 $u_g < v_{k+1} < u_{g+1}$ のとき)

$$S_2 = \phi_1 + \phi_2 + \cdots + \phi_g$$

$u_g < v_{k+1} \leq u_{g+1}$ となったとき

$$S_3 = \phi_k \frac{v_{k+1} - u_g}{u_{g+1} - u_g}$$

以上加えて、 $\psi_k = S_1 + S_2 + S_3$

③ $u_k < v_k < u_{g+1} < \cdots < u_{g'} < v_{k+1} < u_{g'+1}$ のとき

$$\psi_k = \phi_g \frac{v_k - u_g}{u_{g+1} - u_g} + \phi_{g+1} + \cdots + \phi_{g'-1} + \phi_{g'} \frac{v_{k+1} - u_{g'}}{u_{g'+1} - u_{g'}}$$

④ 外挿になったとき $u_{g+1} < v_{k+1}$, 更には $u_{g+1} \leq u_g$ となったときは、上記①、②と同じような事を行なう。

D フラックスの結合方法と絶対値化

(1) フラックスの結合係数の決定

フラックスの結合係数が、入力で与えられないときには、NEUPACコード中で、結合係数を決める事ができる。

$$\phi_g^0 = \sum_{i=1}^{NOSP} C(i) \phi_g^i \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R_j^i = \sum_{g=1}^G \sigma_{ijg} \phi_g^i$$

ここで、 σ_{ij} は断面積、 ϕ^i は入力フラックスである。

最小化問題

$$\min_{C(i)} \sum_{j=1}^N \frac{(R_j - \sum_{i=1}^{NOSP} C(i) R_j^i)^2}{R_j^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

の解 $C(i) = C_i = 1, NOSP)$ を(1)の結合係数とする。

(2) フラックスの絶対値化

$$(\Delta R_i^0)^2 = \sum_{g,k=1}^G \left\{ (\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik}) \phi_g^0 \phi_k^0 + \sigma_{ig} \sigma_{ik} (\Delta \phi_g^0 \Delta \phi_k^0) \right\}$$

ここに $(\Delta \sigma_{ig} \Delta \sigma_{ik})$ は、断面積の共分散

$(\Delta \phi_g^0 \Delta \phi_k^0)$ は、フラックスの共分散

フラックスの絶対値化係数は、下記最小化問題の解である。

最小化問題

$$\min_{\alpha} \sum_{j=1}^N \frac{(R_j - \alpha R_j^0)^2}{(\Delta R_j)^2 + \alpha^2 (\Delta R_j^0)^2}$$

このとき、推定スペクトルは

$$\phi = \alpha \phi^0$$

となる。