

JAERI-Data/Code

94-007



MVP/GMVP

連続エネルギー法及び多群法に基づく
汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード

1994年8月

森 貴正・中川正幸

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

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1994

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 株原子力資料サービス

MVP/GMVP 連続エネルギー法及び多群法に基づく
汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部

森 貴正・中川 正幸

(1994年7月1日受理)

高速高精度中性子・光子輸送モンテカルロ計算の実現のために、新しいベクトル化アルゴリズムを開発し、ベクトルスーパーコンピュータ FACOM VP シリーズ用に、2つのモンテカルロコード MVP と GMVP を開発した。前者は連続エネルギー法、後者は多群法に基づいている。これらのコードの計算速度は FACOM VP-2600 上で多くの問題に対して、既存スカラーコードの 10 倍以上の高速化を実現している。両コードは汎用コードとして必要な機能（物理モデル、幾何形状表現法、分散低減法等）を有している。また、ベクトルスーパーコンピュータだけでなく、ベクトルパラレル方式のスーパーコンピュータ上での並列計算や UNIX を OS とするワークステーション上での実行も可能となっている。さらに、連続エネルギー計算のために、主に JENDL 3 に基づいた多くの核種の核データライブラリーも用意されている。

本報告には、2つのコードで用いられている物理モデル、幾何形状表現法およびその使用方法が記載されている。

MVP/GMVP: General Purpose Monte Carlo Codes
for Neutron and Photon Transport Calculations
based on Continuous Energy and Multigroup Methods

Takamasa MORI and Masayuki NAKAGAWA

Department of Reactor Engineering
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received July 1, 1994)

In order to realize fast and accurate Monte Carlo simulation of neutron and photon transport problems, new algorithms have been studied, and two fully vectorized Monte Carlo codes MVP and GMVP have been developed for FACOM VP series vector supercomputers. The former and latter codes use the continuous energy model and the multi-group model, respectively. Compared with conventional scalar codes, these codes achieve higher computation speed by a factor of 10 or more on FACOM VP-2600. Both codes have functions for production use including accurate physics model, geometry description capability and variance reduction technique. In addition to the execution on the vector supercomputers, these codes can be used on vector-parallel supercomputers with parallel calculation capability and on workstations with an OS of UNIX. For the continuous energy method, many nuclear data libraries have been prepared based on mainly JENDL 3.

This report describes the physics model, geometry description method used in the codes and how to use them.

Keywords: Monte Carlo Method, Transport Calculation, Neutron, Photon, Continuous Energy, Multigroup, General Purpose, Nuclear Data Library, Vectorization, Parallel Computation, User's Manual

目 次

1. はじめに	1
2. コードの概要	2
2.1 機 能	2
2.2 ベクトル化計算	3
2.3 並列計算	3
3. 連続エネルギー法における物理モデルとサンプリング法	5
3.1 断面積の表現	5
3.2 衝突反応の解析	6
3.3 固有値の評価法	11
3.4 光子の反応	12
4. 幾何形状表現	15
4.1 組合せ形状表現	15
4.1.1 BODY の種類	15
4.1.2 ZONE の定義	24
4.1.3 物質の指定と境界条件	28
4.2 繰り返し形状表現	29
4.2.1 格子形状表現	29
4.2.2 多重格子表現の階層構造	31
4.2.3 格子形状の表現法と局所座標系	32
4.2.4 REGION 名の階層的表現	40
4.3 TALLY REGION	42
4.4 REGION 名と REGION 番号	43
5. 入力データと形式	44
5.1 入力データの概要	44
5.2 入力データの記述形式	46
5.2.1 データ名付き自由形式	46
5.2.2 シンボリックパラメータとシンボリック定数	51
5.2.3 REGION 毎に入力すべきデータ	54
5.3 入力データの説明	57
5.3.1 ジョブのタイトル	57
5.3.2 オプションの選択	57
5.3.3 Random Walk に用いるデータ	63
5.3.4 断面積データ：物質組成データ	66
5.3.5 幾何形状データ	70

5.3.6	線源データ	82
5.3.7	分散低減パラメータ	85
5.3.8	2次粒子（核分裂中性子，2次光子）に関するデータ	86
5.3.9	統計（タリー）に係わるデータ	87
5.3.10	体系断面図のプリント出力に関するデータ	89
6.	入力例	90
7.	ジョブ制御文及び入出力ファイル	101
7.1	ジョブ制御文	101
7.2	入出力ファイル	113
8.	幾何形状作図プログラム CGVIEW の使用法	134
8.1	概 要	134
8.2	入力データ	135
8.3	ジョブ制御文と入出力ファイル	137
8.4	TSS での実行	138
	謝 辞	140
	参考文献	140
付録A	MVP 断面積ライブラリー（核種 ID 名）	141
付録B	ユーザー線源ルーチン	147

Contents

1. Introduction	1
2. General Features of Codes	2
2.1 Functions	2
2.2 Calculation on Vector Supercomputers	3
2.3 Parallel Calculations	3
3. Physics Model and Sampling Methods for Continuous Energy Method	5
3.1 Cross Sections	5
3.2 Collision Analysis	6
3.3 Evaluation Method of Eigen-value	11
3.4 Photon Reactions	12
4. Geometry Model Description	15
4.1 Combinatorial Geometry	15
4.1.1 Description of BODY	15
4.1.2 Description of ZONE	24
4.1.3 Material Assignment and Boundary Condition	28
4.2 Repeated Geometry	29
4.2.1 Lattice Geometry	29
4.2.2 Hierarchy in Multiple Lattice	31
4.2.3 Description of Lattice Geometry and Local Coordinates System	32
4.2.4 Hierarchical Definition of REGION Name	40
4.3 TALLY REGION	42
4.4 REGION Name and REGION Number	43
5. Input Data Preparation	44
5.1 General Description of Input Data	44
5.2 Format of Input Data Description	46
5.2.1 Free Form Input with Data Name	46
5.2.2 Symbolic Parameter and Symbolic Constant	51
5.2.3 Description of REGION-wise Data	54
5.3 Input Instructions	57
5.3.1 Job Title	57
5.3.2 Selection of Options	57
5.3.3 Data for Random Walk Control	63
5.3.4 Cross Sections	66
5.3.5 Geometry Data	70

5.3.6	Source Data	82
5.3.7	Parameters for Variance Reduction Technique	85
5.3.8	Data for Creation of Secondary Particles	86
5.3.9	Data for Tallies	87
5.3.10	Data for Cross Sectional View in Print Out	89
6.	Sample Input Data	90
7.	Job Control Statements and Input/output Files	101
7.1	Job Control Statements	101
7.2	Input/output Files	113
8.	Plotting Program of Cross Sectional View of Geometry Model CGVIEW	134
8.1	General Features	134
8.2	Input Instruction	135
8.3	Job Control Statements and Input/output Files	137
8.4	Execution on TSS Mode	138
	Acknowledgement	140
	References	140
	Appendix A MVP Cross Section Libraries (Nuclide ID)	141
	Appendix B User's SOURCE Routine	147

1. はじめに

三次元の複雑な体系における中性子や光子等の粒子輸送計算には、近年モンテカルロ法が用いられることが多くなっている。本法は特に幾何形状表現の自由度が大きく且つ正確なモデルが作れる点に特徴がある。炉心核特性計算を初め遮蔽、臨界安全、核融合炉ニュートロニクス等の分野では、高精度の基準解を得る方法として用いられると共に、実験解析や詳細な設計を行う手段として用いられるに至っている。更に、近年開発されたコードは粒子のエネルギーを連続的に扱えるため精度が一層向上してきた。

一方この手法の特色でもある統計的取扱のため、信頼度の高い解をうるためには長時間の計算を必要とする課題は、今日の高速計算機においてもコスト上の負担となっている。従って計算速度の飛躍的な向上を計ることは計算コストをさげるだけでなく、モンテカルロ法の用途を大幅に拡大することにつながる。このため近年目覚ましい発展を遂げている計算機のハードウェア、アーキテクチャを用いて、計算速度を向上する努力が行われている。その代表的な方向としてベクトル処理演算装置を用いる場合と、スカラーではあるが高並列処理演算機を用いる方法がある。現在広く普及しているのが前者のタイプのスーパーコンピュータである。本報告書で述べるコードは、当初このベクトルスーパーコンピュータ用に開発したものであり、その計算速度はFACOM/VP-2600上では多くの問題に対してスカラーコードの10倍以上の高速化を実現している。(なおこれ等のコードは勿論スカラー計算機を用いても実行可能である。)

従来のスカラーモンテカルロコードはヒストリー駆動型のアルゴリズムに基づいているためベクトル計算機上では高速化が期待できなかった。このため事象駆動型のアルゴリズムに基づいて全く新規に開発したのがここで説明する多群コードGMVPと連続エネルギー法コードMVPである。これらは現在開発中のモンテカルロコードシステムPRESTOの中核となるコードである。これらのコードは並列化による高速化を図るためのバージョンも開発され、現在日本原子力研究所のMONTE4 (NEC-SX/3) 上では4cpuを用いたベクトル並列計算が可能である。なおこの計算機はUNIXを用いているので他のUNIXで動くワークステーション上でも単独計算またはネットワーク上の複数台のワークステーションによる並列計算が可能となっている。なおFujitsuのAP1000の様な高並列スカラー計算機用のコードも開発済みであるが日本ではまだこの種の計算機が普及していないのでここでは取上げない。

本文の第3章で述べるように用いた物理モデルは基本的には従来と変りはなく、幾何形状表現法も多くのユーザが慣れている組み合わせ形状 (Combinatorial Geometry) を採用しているのでモンテカルロコードの使用経験を有するユーザにとっては容易に本コードを使いこなせる事と考えている。特に、原子炉の炉心計算を詳細なモデルで計算するために多重格子表現法を開発し、容易に入力データが作成できると共に多様な出力結果が得られるように工夫した。本報告書の目的はコードの入、出力形式を中心にコードの使用法について詳細に説明することであるが用いた主要な物理モデルについても述べた。アルゴリズム等の詳細については別の文献¹⁾⁴⁾を参照して頂きたい。また複雑な幾何形状を持つ体系の計算の場合には入力誤りと作成したモデルの妥当性を確認する労力が小さくないのでこれを支援するために、モデルを任意の平面で切った時の断面図、及び鳥かん図を作図するCGVIEWコードの使用法も第8章で併せて述べる。

本コードが多くユーザによって使用され、その経験をフィードバックする事により汎用で使いやすく且つ、高性能を有するものにして行きたい。

2. コードの概要

多群GMVP及び連続エネルギーMVPコードの概略について機能とベクトル化法、並列化に分けて以下に述べる。

2.1 機能

本コードの機能の概略を以下に示すがその入出力説明部を読むと詳細が述べてある。

(1) 対象問題

固有値及び固定源問題を解くことができる。さらに、多群コードは中性子、光子、及びその結合問題についてforward及びadjoint粒子束等を求める。連続エネルギーコードではこれらの問題についてforward粒子束を求める。

(2) 幾何形状

形状表現は基本的には組合わせ形状(Combinatorial Geometry)に基づいている。現在使用可能なのは半空間、平行六面体、直方体、円筒、球、円錐台、楕円錐台、回転楕円体、三軸不等長楕円体、三角柱、正六角柱、トーラス及び多重四方格子、六方格子である。

(3) 線源の種類

核分裂中性子源、D-T中性子源、エネルギー、角度、空間依存固定中性子源

(4) 断面積

多群コードではANISN型 P_n 定数または二重微分型断面積⁹が使用できる。連続エネルギーコードでは専用の核データライブラリーを使う。このライブラリーは評価済ファイル(JENDL-3, ENDF/B-IV等)からライブラリー作成コードLICEMを用いて中性子、光子用のデータファイルが作成されている。なお、非分離共鳴領域の断面積は確率テーブル法を用いて表している。

(5) 境界条件

真空、完全反射、等方反射条件のいずれか又はその組合わせが可能である。

(6) 分散低減法

Russian roulette killとsplitting、及びそれらを用いたimportance sampling、weight window法

(7) 評価法

粒子束はtrack length, collision, point estimator (MVPでは作成中)が現在使用可能である。また固有値はtrack length, collision, analog estimator及び中性子バランス法でそれぞれ計算され、最尤法によりこれらを組合わせて最確値と分散が出力される。

(8) タリー

多群コードでは空間領域 (REGION)、エネルギー群毎の粒子束、反応率、固有値とそれらの分散が計算される。連続エネルギー法では上記に加え指定した領域の平均実効微視及び巨視断面積と反応率が計算される。これらは特に指定しなければREGION単位に計算されるが、それらの任意の組合わせに対して別にタリーを取る事も可能である。更に格子形状を用いた時はオプションを用いる事によりいかなる格子、セル、領域毎またはそれらの任意の組合わせに対してもタリーを取る事が可能である。またこれらの結果はファイルに出力され後に作図プログラムの入力データとして直接利用できる。

(9) 幾何形状作図

CGVIEWコードにより任意の視点から見た時の鳥かん図及び任意の平面で切った時の断面図が描かれ、NLP又はワークステーションのCRT上に表示される。図中には、幾何形状入力に誤りがありlost particleが生じた時はその位置が表示されるので誤りの検出に有効である。

2. 2 ベクトル化計算

従来のスカラーコードではヒストリー駆動型アルゴリズム (一つの粒子の起こす事象を逐次追跡し、そのヒストリーが終わった時次の新しい粒子の追跡を始めるという方式) を用いている。これに対し、ベクトル化コードは全く異なった事象駆動型方式を用いている。その方法もいくつか考えられるがここではスタック駆動領域選択型アルゴリズム¹⁾を主に用いている。この方法では多数の粒子 (1バッチの全ての粒子) を同時に追跡の対象としている。そして最もベクトル化効率を上げるために演算のベクトル長が最も長い事象及び領域から処理を行っている。従って演算は各粒子の時間経過とは独立に行われる。この事象単位とそのタスクの流れを図2. 1に示す。全ての計算はsourceの計算に始まりflight (粒子の自由飛行の追跡) に移る。その後はどのタスクが選択されるかはそのタスクを待つ各領域の粒子数によって決まるので前もっては予測できない。本コードはFORTRANEXで書かれているが、可能な限りベクトル化が出来るように工夫している。そのベクトル化率は多くの場合95%以上である。上に述べたことから分るようにベクトル化計算では高速化率はベクトル長に大きく依存する。そしてモンテカルロ計算の場合ベクトル長はほぼ1バッチ当たりの粒子数に比例するのでバッチサイズを大きく取ることが、より高速な計算を可能とする。しかし、必要な記憶容量もバッチサイズに比例して大きくなるので利用可能資源と統計処理に必要なバッチ数を勘案してバッチサイズを決める事になる。

2. 3 並列計算

並列計算のうちベクトル並列計算は上記のベクトル計算が複数台のcpuによってバッチ単位で分割処理されるので基本的には余り変らない。計算速度はVP-2600とMONTE4 (4cpu使用時) では平均的には大差がない。アルゴリズム的には並列化は計算機依存性が強いのでそれぞれ異

なってくる部分があるがユーザはそれを意識する必要がない。ただ固定源問題では2. 2と全く同じように考えて良いが、固有値問題では入力バッチサイズは各cpuに等分割されてベクトル計算されるのでベクトル長が小さくならないような配慮が欲しい。

ワークステーション上での並列計算は米国オークリッジ研究所で開発された並列化処理ソフトPVM (Paralle Virtual Machine)⁹⁾を用いている。

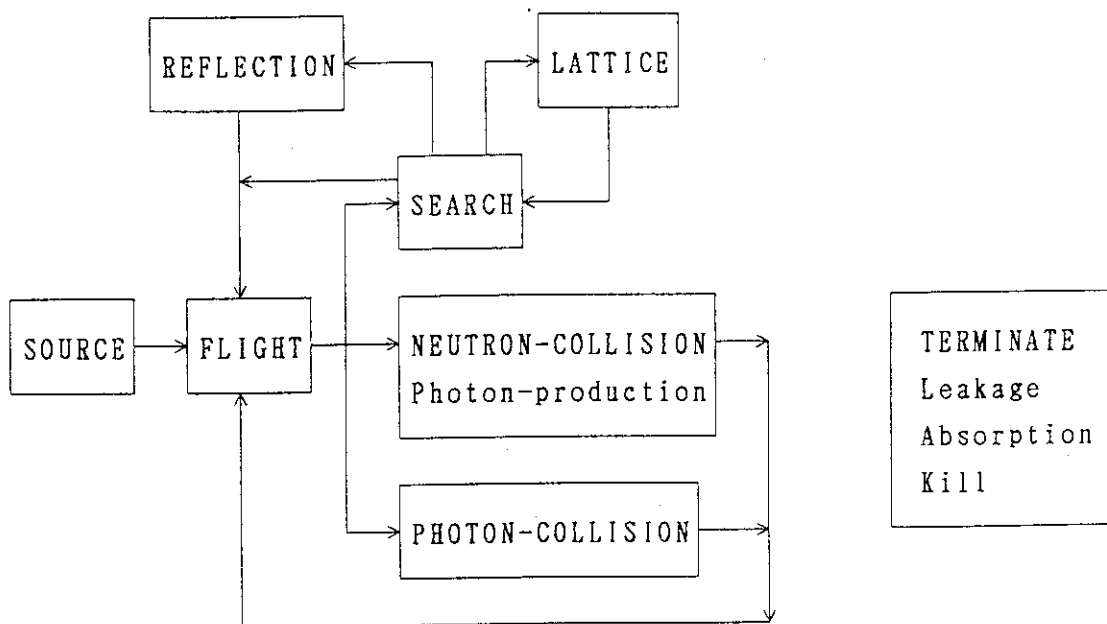


図2. 1 連続エネルギー法コードMVPにおける計算タスク

3. 連続エネルギー法における物理モデルとサンプリング法

3.1 断面積の表現

(1) 中性子

中性子の核反応及び輸送計算の対象となるエネルギー範囲は $20 \text{ MeV} - 10^{-5} \text{ eV}$ である。この範囲内において評価済み核データファイル（例えば JENDL3）に与えられている全ての反応は陽に扱われる。MVP で必要とする核データファイルはライブラリー作成コード LICEM で評価済みファイルから核種毎、温度毎に作成される。作成されたライブラリーでは、微視反応断面積は詳細なエネルギー点毎に与えられている。このエネルギー点は要求精度（通常は 0.1%）を満たすように選ばれている。

分離共鳴領域は、共鳴パラメータから各点の断面積がファイルに指示されている共鳴公式に従って生成される。与えられたエネルギー点間では直線-直線内挿によって任意のエネルギーに対する断面積が決定される。非分離共鳴領域では確率テーブル法に基づいて、そのつど断面積を決める。即ち σ_t , σ_e , σ_f の値のセットとそれをとる確率 p が与えられており、乱数を用いて決定する。

衝突後の二次中性子が持つエネルギーと角度も評価済みファイルに基づいて確率テーブルまたは分布関数として各エネルギー点で与えられる。角度分布は等確率余弦ビンテーブルで表現され、カイネマティックスの利用できる反応（弾性散乱と離散レベル非弾性散乱）に対しては重心系、その他の反応は実験室系で与えられる。テーブル形式のエネルギー分布では、直線-直線内挿できるように散乱後のエネルギー点が決めている。あるエネルギー E を持つ入射中性子に対して用いる確率テーブルは $E_{n+1} \leq E \leq E_n$ となる直近の二つのエネルギー点 E_{n+1} , E_n におけるいずれかが確率的に選択される。即ち、評価済み核データの内挿法の指定に応じて、
確率

$$p_n = (E - E_{n+1}) / (E_n - E_{n+1}) \quad : \text{linear-interpolation}$$

あるいは、

$$p_n = \ln(E/E_{n+1}) / \ln(E_n/E_{n+1}) \quad : \text{logarithmic-interpolation}$$

で n 番目が、確率 $(1-p)$ で $(n+1)$ 番目の確率分布が用いられる。これは、確率分布

$$P(x; E) = p_n \times P(x; E_n) + (1-p_n) \times P(x; E_{n+1})$$

からのサンプリングに対応している。分布関数で表現されている場合は、関数の各パラメータが直線-直線内挿できるように決められた入射エネルギーに対して与えられている、。

(2) 光子

光子の反応断面積ライブラリーは、ENDF/B-VI形式⁷⁾の評価済み核データファイルのFile 23 (smooth cross sections) とFile 27 (atomic form factors and scattering functions) に与えられている全ての反応を陽に取扱うことができる。光子輸送計算の対象となるエネルギー範囲は100MeV~1keVであり、任意のエネルギーにおける断面積は、ポイントワイズに与えられたデータから、log-log内挿によって求められる。したがって、全断面積に関しては、ライブラリーに与えられてはいるが、実際の計算では任意のエネルギーに対して計算された部分反応断面積の和が用いられる。

現在のMVP光子ライブラリーは、評価済み核データファイルを直接処理するかわりに、MCNP用光子断面積データファイルMCPL2⁸⁾を変換することによって作成したものである。

また、thick target 近似を用いたコンプトン反跳電子や対生成電子・陽電子等による制動X線の発生のためのデータは、MVP電子ライブラリーに含まれている。MVP電子ライブラリーは、元素毎にMCNP-4用電子断面積データファイルEL1⁹⁾のデータから作成した。

3.2 衝突反応の解析

中性子が高速及び熱エネルギー領域で起こす反応を図3.1に示す。また衝突解析の計算の流れを図3.2に示す。以下にこの流れに沿って衝突解析の説明を行う。

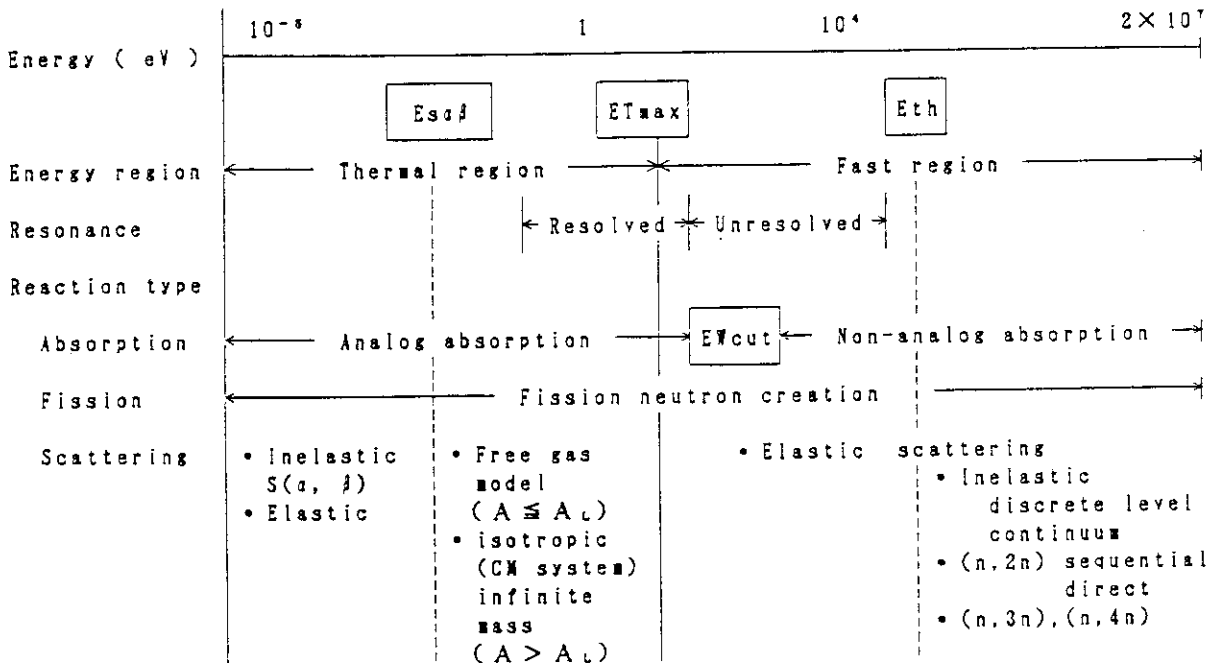


図3.1 連続エネルギー法で取扱う中性子の衝突反応

(1) 衝突核種の決定

今、K個の核種からなる媒質中において中性子が核種kと確率 p_k で衝突するとすれば

$$p_k = \frac{\rho^k \sigma_t^k}{\sum_{j=1}^K \rho^j \sigma_t^j} = \frac{\rho^k \sigma_t^k}{\Sigma_t},$$

ここで、 ρ 、 σ_t 、 Σ_t は原子数密度、微視断面積、巨視断面積である。従来のスカラーコードでは積算確率分布を用いて衝突核種を決定していた。一方、本コードではK個の乱数 ξ_k を(0、1)区間で発生させ $p_k > \xi_k$ のテストを順次行い、この条件を満足するkを候補として保存していく。そして最後に条件を満足する核種kを衝突核種と決定する。

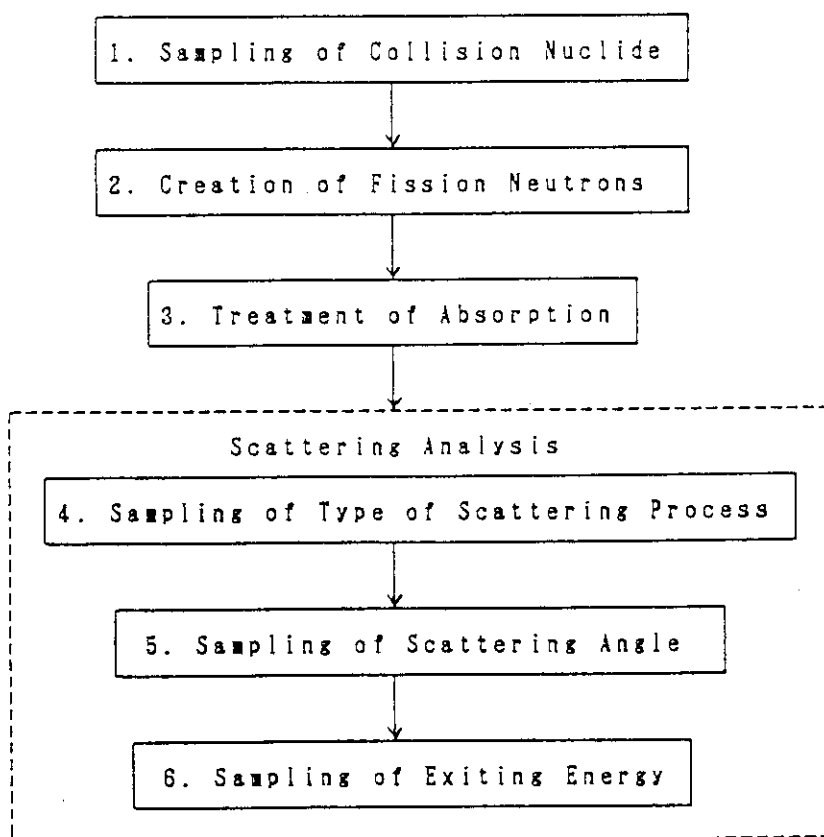


図3.2 中性子の衝突解析の流れ

(2) 核分裂中性子の発生

核分裂性核種を含む物質中では各衝突時における全核分裂中性子の重みの期待値は $w \nu \sigma_f / \sigma_t$ である。wは衝突前の中性子の重みである。核分裂で生成する中性子には全て同じ重み w_f が与えられる時、生成される中性子数 n はその期待値 $\langle n \rangle$ が保存されるように確率的に決定される。即ち

$$\langle n \rangle = \frac{W \sigma_f}{\sigma_t} \frac{1}{W_f}$$

ここで $\langle n \rangle$ より小さい最も大きい整数を n_1 とすれば、 $n = n_1 + 1$ が確率 $p = \langle n \rangle - n_1$ で選ばれ、 $n = n_1$ が確率 $(1 - p)$ で選ばれる。

次に放出される中性子のエネルギー分布はテーブルまたは確率分布関数で与えられる核分裂スペクトルよりサンプリングする。後者の場合は複数個の乱数を用いて一意的にエネルギーを決める方法を用いる。例えばマックスウエル分布の場合は三つの乱数 ξ_1, ξ_2, ξ_3 を用いて次式で直接決めることが出来る。なお角度分布は全て等方として扱う。

$$E = -R(E') \left\{ \ln \xi_1 + \ln \xi_2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \xi_3 \right) \right\}$$

$R(E')$ は入射エネルギーに依存する定数である。

(3) 吸収反応

連続エネルギーコードで常用される二つの扱い方がある。アナログ吸収は主に低エネルギー領域で用いられ吸収確率 σ_a / σ_t でそのヒストリーを終える。一方非アナログ吸収は多群法や高エネルギー領域で用いられるが、ヒストリーを終える代わりに非吸収確率により重みを減少させてトラッキングを継続する。このエネルギー境界値として 275 eV がデフォルト値として設定されているがユーザが計算効率を増すために、問題に応じて変えることが望ましい。例えば低エネルギー領域で強い吸収確率を持ちその領域での情報が重要な場合はより低エネルギー側に設定する。一方高エネルギー領域で主として散乱が重要な媒質に対しては高エネルギーにこれを設定することにより計算効率を上げる事が出来る。

(4) 散乱反応

散乱反応のタイプを決めるためには、反応 x の起る確率 $p_x = \sigma_x / (\sigma_t - \sigma_a)$ を用いる。このサンプリング法としては積算確率テーブルを用いて

$$\sum_{j=1}^{l-1} p_j < \xi \leq \sum_{j=1}^l p_j$$

となる l を求める。もし (n, mn) 反応($m > 1$)が選ばれた時には $(m-1)$ 個の中性を新しく発生させる。

弾性散乱の場合、散乱後のエネルギーと角度 Ω は散乱のカイネマテックスから決定できる。まず重心系での散乱角の余弦 μ_{cm} を決める。これには、評価済み核データファイルに与えられた各エネルギー点での分布を等確率余弦ビン形式の確率テーブルとしてライブラリーが持っているものを用いる。一般に任意の入射エネルギー E' に対する確率テーブルを必要とするので E' を挟む2点のエネルギーに対して用意されているテーブルから1)に述べた方法によって使用するテーブルを決める。1つの角度ビンの中では平坦分布を仮定している。 μ_{cm} が決まるとエネルギーと運動量の保存則から

$$E = \frac{E'(A^2 + 2A\mu_{cm} + 1)}{(A+1)^2} \quad A: \text{atomic weight ratio to neutron}$$

で散乱後のエネルギーが決まる。また μ_{cm} を実験室系へ変換するため次式を用いる。

$$\mu_{lab} = \frac{(1 + A\mu_{cm})}{(1 + A^2 + 2A\mu_{cm})^{1/2}}$$

方位角については等方であるから

$$\omega = 2\pi\xi$$

から決定する。

この様にして求めた μ_{lab} は粒子の飛行方向に対する相対角度であるから、更に (x, y, z) 座標系に変換する。

離散レベル非等方散乱の場合は弾性散乱と同様な方法で μ_{cm} の確率テーブルよりサンプリングする。散乱後のエネルギー E は次式で求める。

$$E = \frac{E'}{(A+1)^2} \{1 + 2\gamma(E')\mu_{cm} + \gamma^2(E')\}$$

ここで

$$\gamma(E') = A \left(1 + \frac{A+1}{A} \frac{Q_i}{E'}\right)^{1/2}$$

Q は Q value で負の値を取る。また実験室系での散乱角 μ_{lab} は次式で求められる。

$$\mu_{lab} = \frac{1 + \gamma(E') \mu_{cm}}{\{1 + 2\gamma(E') \mu_{cm} + \gamma^2(E')\}}$$

次に連続レベルの場合はエネルギー分布はテーブルか蒸発モデルで与えられる事が多い（JENDL3では殆どの場合テーブルで与えられている）。前者の場合は与えられた確率テーブルからEを乱数により決める。蒸発モデルの場合の分布は入射エネルギーE'の時

$$f(E; E') = C \cdot E e^{-E/T(E')} \quad T: \text{Nuclear temperature}$$

で与えられるので、

$$E = -T(E') \ln(\xi_1 \cdot \xi_2) \quad , \quad 0 < E < E' - U$$

から2つの乱数 ξ_1 、 ξ_2 を用いて決める。ここで、Uは評価済み核データの与える定数である。散乱角は、実験室系の等確率余弦ビンテーブルで表現された確率分布からサンプリングする。

(n, mn)反応の場合は通常、エネルギー分布、角度分布とも連続レベル非弾性散乱と同様にサンプリングする。また放出される粒子の重みは互いに相関を持たせず衝突前と同じ重みを持たせてm個の中性を放出する。

熱中性子散乱は図3.1に示したように自由ガスモデル、無限質量モデル、弾性散乱、S(α , β)を用いる非弾性散乱が、入力パラメータと核データに応じて選択できる。熱中性子散乱断面積が特に与えられていない核種では、 $E_{s\alpha\beta} = 0$ となっており、熱中性子散乱は自由ガスモデルまたは無限質量モデルで取扱われる。自由ガスモデルではまず標的核のスカラー速度と中性子の飛行方向とのなす余弦を確率分布を用いて決める。その後2体弾性衝突のカイネマテックスを用いて中性子の散乱後のエネルギーと方向が決まる。無限質量モデルは標的核の原子量がセットされた値より大きい場合に用いられ、この場合散乱は重心系等方で、中性子エネルギーは0.625 eV以上では弾性散乱によって減速し、それ以下のエネルギーでは変化しない。弾性散乱はENDF/B形式のファイル中のthermal libraryに使われている弾性散乱に対応する。中性子エネルギーは衝突後も変化しないが、散乱角は実験室系で与えられる角度分布から決定する。

物質の結晶効果を考慮するためいくつかの核種にはS(α , β)散乱則が与えられている。これはMVPライブラリーではエネルギー遷移確率と対応する角度分布テーブル⁹⁾で表現している。散乱後のエネルギービンはdiscrete conditional sampling法¹⁰⁾で決定され、対応した角度分布から散乱角が決められる。

3. 3 固有値の評価法

固有値 k_{eff} は2つの異なった方法で評価され最終的にこれらを組合せた結果の評価値と分散が出力される。

一つは中性子の増倍から計算されるもので

$$k_{\text{eff}} = \frac{\text{核分裂により生成される中性子の重み}}{\text{源の中性子総数の重み}}$$

$$= \frac{\int v \Sigma_f \phi dE dr}{\text{source neutron}}$$

他の方法は中性子バランスの式に基づくもので

$$k_{\text{eff}} = \frac{\text{核分裂により生成される中性子の重み}}{\text{漏れ + 正味の吸収}}$$

$$= \frac{\int v \Sigma_f \phi dE dr}{\text{Leakage} + \int \Sigma_{\text{loss}} \phi dE dr}$$

ここで $\Sigma_{\text{loss}} = \Sigma_a - \Sigma_{n,2n} - 2\Sigma_{n,3n} - 3\Sigma_{n,4n}$ 。

上式で断面積を含む項はtrack length, collision, analog estimator の三種の独立した評価法で計算される。この結果、 k_{eff} は6つの独立な評価法によって計算できる。MVPではこれを用いて最尤法により最も信頼度の高い k_{eff} を求める。この時これらの6つの結果は相関を持つので次式で計算する。

$$k_{\text{eff}} = \frac{\sum_i \sum_j T_{ij} X_j}{\sum_i \sum_j T_{ij}}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{\sum_i \sum_j T_{ij}}$$

ここで X_i は各評価法による結果、 T_{ij} は各バッチの結果から評価される共分散の逆行列の要素である。MVPでは各評価法による推定値と相関係数及び最尤法を用いた時の各評価法ごと（中性子増倍法、中性子バランス法等）の結果及び全ての評価法に対して最尤法により求めた k_{eff} と分散が出力される。

固有値問題を解くと k_{eff} の他にオプションで各種の物理量も計算できる。中性子束はtrack length 及びcollision estimatorで評価される。反応率、実効微視的断面積、巨視的断面積はどちらか一方の評価

法で評価される。

3. 4 光子の反応

光子の発生は固定源として与えられる場合と中性子の核反応によって生成される場合に分れる。後者に対しては、中性子断面積ライブラリーに中性子反応毎に各エネルギー点に対し生成量、エネルギー分布、角度分布が与えられている。これらのデータの表現には評価済み核データに従ってサブセクションが用いられている。光子の反応断面積は中性子と同様に各反応ごとにポイントワイズに与えられている。エネルギー範囲は1 keV-100 MeVである。任意のエネルギーにおける断面積はlog-log内挿することによって得られる。良く知られているように光子の起こす反応は光電効果、コヒーレント（トムソン）散乱、インコヒーレント（コンプトン）散乱、電子対生成に大別される。従って光子の全断面積はそれぞれの反応断面積の和として次式で与えられる。

$$\sigma_t(E) = \sigma_{pe}(E) + \sigma_{coh}(E) + \sigma_{inc}(E) + \sigma_{pp}(E)$$

log-log内挿を採用しているために、上式で計算される全断面積は、ポイントワイズに与えられた全断面積の内挿値より小さくなる。MVPでは詳細モデルと簡易モデルが選択できる。後者は高エネルギー光子を対象としたモデルで、光電効果にともなう蛍光X線の発生、コヒーレント散乱及びインコヒーレント散乱のKlein-Nishinaの微分断面積に対する補正因子は無視する。従って、これらの取扱いが重要となる低エネルギー光子、高Z核種あるいは深層透過問題に対して精度の高い計算を必要とする場合には、前者を選択することが望ましい。また両モデルとも、オプションを指定することによって、電子対生成により発生した陽電子と陰電子、コンプトン反跳電子、光電子等の減速にともなうBremsstrahlung光子を考慮することができる。

これらのモデルを以下に説明する。

(1) 光電効果

簡易モデルでは非アナログ吸収として扱われる。従ってこの反応は、衝突毎に光子の重みを $(1 - \sigma_{pe}) / \sigma_t$ 倍に減少することによって考慮される。詳細モデルでは、この反応が選ばれるとそのヒストリーは終了し、かわりに入射光子エネルギーに応じて蛍光X線が最大1つ実験室系で等方に放出される。

(2) 電子対生成

これはしきい値1.022 MeVの反応であり光子は消滅し、新たにその位置で2倍の重みと0.511 MeVのエネルギーを持つ1つの光子を実験室系で等方に放出する。

(3) インコヒーレント（コンプトン）散乱

エネルギー E' の光子に対するインコヒーレント（コンプトン）散乱の微分断面積は次式で与えられる。光子エネルギーの単位は電子質量 $(m_0 c^2 = 0.511 \text{ MeV})$ である。

$$\frac{d\sigma_{inc}(\mu, E; E')}{d\mu} = \frac{d\sigma_c(\mu, E; E')}{d\mu} \times S(q, Z)$$

ここで、

- μ, E : 実験室系での散乱角余弦と散乱後のエネルギー
 $d\sigma_c/d\mu$: Klein-Nishinaの微分断面積
 $S(q, Z)$: incoherent scattering function ($0 \leq S \leq Z$)
 q : 反跳電子の運動量

$$q = E' \left[1 + \left(\frac{E}{E'} \right)^2 + 2\mu \left(\frac{E}{E'} \right) \right]^{1/2}$$

Z : 原子番号

上式からの散乱角余弦 μ と散乱後エネルギー E の決定は、まずKlein-Nishinaの微分断面積からのサンプリングを行い、その結果に scattering function S を用いたrejection法を適用することによって行う。簡易モデルでは scattering function による補正は考慮しないので、rejection法は適用されず、前者の結果がそのまま採用される。

Klein-Nishinaの式の与える散乱光子の角度分布は次式により与えられる。

$$p(\mu; E') d\mu = \frac{\pi r_0^2}{\sigma_c(E')} \frac{1}{[1 + E'(1 - \mu)]^2} \left[E'(1 - \mu) + \mu^2 + \frac{1}{1 + E'(1 - \mu)} \right] d\mu$$

$$-1 \leq \mu \leq 1$$

r_0 : 電子の古典半径 ($= 2.817938 \times 10^{-13}$ cm)

方位角については一様分布であり、散乱後の光子のエネルギー E はエネルギーと運動量の保存則から

$$E = \frac{E'}{1 + E'(1 - \mu)}$$

となる。この関係を用いて、上述の角度分布を散乱後のエネルギーで書き直すと

$$p(E; E') dE = \frac{\pi r_0^2}{\sigma_c(E')} \frac{1}{E^2} \left[\frac{E}{E'} + \left(\frac{2}{E'} + \frac{1}{E^2} \right) + \left(E' - \frac{2}{E'} - 2 \right) \frac{1}{E} + \frac{1}{E^2} \right] dE$$

$$\frac{E'}{1 + 2E'} \leq E \leq E'$$

となり、散乱角余弦は E を用いて次のようになる。

$$\mu = 1 + \frac{1}{E'} - \frac{1}{E}$$

MVPでは上式のサンプリング法として $E' \geq 1.5$ MeV領域では Koblinger の直接サンプリング法¹¹⁾を、それ以下ではHorowitz等による非均一リジェクション法¹²⁾を用いている。

(4) コヒーレント (トムソン) 散乱

この散乱では光子はエネルギーを失うこと無く飛行方向のみ変る。方位角は一様分布から、散乱角は次の角度分布から決められる。

$$\frac{d\sigma_{coh}(\mu; E')}{d\mu} = \pi r_0^2 (1 + \mu^2) [C(q, E', Z)]^2$$

ここで、

C : エネルギーに依存しない微分断面積の補正因子

$$[C(q, E', Z)]^2 = (F(q, Z) + F_1(E'))^2 + F_2(E')^2$$

F : form factor ($0 \leq F \leq Z$)

F_1 : real anomalous scattering factor

F_2 : imaginary anomalous scattering factor

q : 反跳原子の運動量 ($q = E'[2(1-\mu)]^{1/2}$)

この散乱は簡易モデルでは考慮されない。

(5) Bremsstrahlung 光子

光子と物質の相互作用の結果、電子・陽電子対、コンプトン反跳電子、光電子 (オージェ電子) が発生する。これらの電子が原子核の電場中を飛行する時の減速によって生じるBremsstrahlung 光子は電子及び陽電子の輸送計算を行わなければ正確には発生位置、エネルギー等を決めることができない。MVPでは、いわゆるthick target 近似を導入して電子等の輸送を考慮しないで電子、陽電子が発生した位置で光子も発生すると仮定している。ここで用いたデータ及びモデルは I T S¹³⁾やMCNP⁸⁾コードで用いているものと同じなのでその説明は省略する。

4. 幾何形状表現

GMVPおよびMVPコードで採用している幾何形状モデルの表現法の特徴は以下のとおりである。

- (1) MORSE-CG、VIM等の汎用コードで用いられているCG (Combinatorial Geometry) 表現¹⁴⁾に準じた「組合せ形状表現法」を採用している。
- (2) 原子炉の炉心等でよく見られる階層構造を持った繰り返し形状を容易に表現するために、四方格子および六方格子による「多重格子表現の機能」を有している。
- (3) 格子表現において、繰り返しの単位が配置される異なる部分空間を、「部分空間毎に付けられる名前 (SUBSPACE名)」によって識別することができる。
- (4) 粒子束等の空間平均のタリーを、細かく分割された部分空間毎に取ると同時に、これらの部分空間の任意の組合せに対しても取ることができる (「TALLY REGIONの指定機能」)。

ここではそれぞれについて、その基本的な考え方を述べる。

4.1 組合せ形状表現

組合せ形状表現では、「BODY (ボディ)」、「ZONE (ゾーン)」および「REGION (リジョン)」の概念を用いて幾何形状モデルが表現される。

- (1) BODYは幾何形状を表現するために用意されている直方体・球等の単位形状である。
- (2) ZONEは幾何形状モデルの最小単位であり、BODYの組合せ (和、差、交わり等の集合演算) で定義される。ZONEは単一物質からなり、ただ1つのREGIONに属する。
- (3) REGIONは粒子束等のタリーをとる空間領域の単位であり、幾つかのZONEの和で定義される。タリーの分散低減のためのパラメータもREGION単位で設定される。

4.1.1 BODYの種類

BODYはその組合せ (集合演算) によってZONEを定義するものであり、内側と外側が一意的に決まっている。MVP/GMVPには次の16種類のBODYが用意されている。

- RPP (right parallelepiped, 座標軸に垂直な面からなる直方体)
- SPH (sphere, 球)
- RCC (right circular cylinder, 直円柱)
- CYL (cylinder in Z-direction, Z軸に平行な中心軸を持つ直円柱)
- TRC (truncated right cone, 円錐台)
- TEC (truncated elliptic cone, 楕円錐台)
- WED or RAW (wedge, 三角柱)

- BOX (parallelepiped, 任意の方向を向いた平行六面体)
- RHP (right hexagonal prism, 中心軸がZ軸に平行で1つの側面がX軸に垂直な正六角柱)
- HEX (hexagonal prism, 任意の方向を向いた正六角柱)
- ARB (arbitrary polyhedron with 4,5 or 6 faces, 任意の四、五 または六面体)
- ELL (ellipsoid by rotation, 回転楕円体)
- GEL (general ellipsoid, 三軸不等楕円体)
- ELT (elliptical torus, 断面が楕円のトーラス)
- HAF (half space with planer surface, 平面によって区切られた半空間)
- RCL (right cylinder with specified radial direction, 底面に方向性を持った直円柱)

これらのBODYの種類は上述の3文字のアルファベットからなる文字列で識別され、それぞれのBODYは以下で示すデータによって大きさおよび位置が決められる。また、実際の入力では各BODYにBODY識別番号を付け、これによってZONEの定義において各BODYを指定する。

(1) RPP (right parallelepiped, 座標軸に垂直な面からなる直方体)

- d1, d2 : $d1 \leq X \leq d2$
- d3, d4 : $d3 \leq Y \leq d4$
- d5, d6 : $d5 \leq Z \leq d6$

もし、 $d1=d2$ 、あるいは $|d1-d2| \geq \text{DINF}$ (コード内で無限大として扱われる距離：入力データ) ならばX軸方向に無限の長さを持つ四角柱と見なされる。Y軸およびZ軸方向についても同様となる。2つの方向とも無限の長さを持つ場合は1組の平行面の内側を表す。

格子の配置されるZONE (FRAME) の定義に使用した場合は格子内座標系のX1, Y1, Z1軸はそれぞれX, Y, Z軸に平行となる。

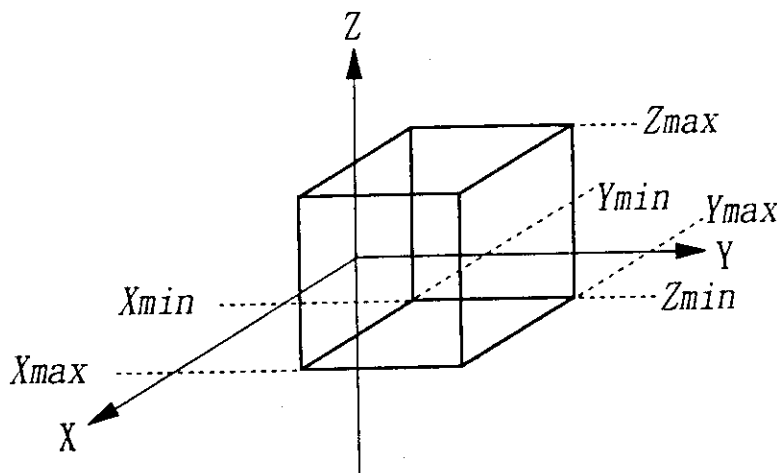


図4.1 RPP

(2) SPH (sphere, 球)

d1, d2, d3 : 球の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$
 d4 : 球の半径R

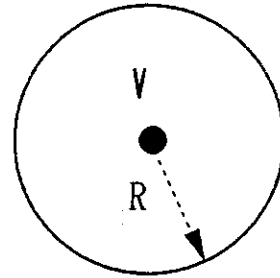


図4. 2 SPH

(3) RCC (right circular cylinder, 直円柱)

d1, d2, d3 : 底面の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$
 d4, d5, d6 : 中心軸の方向および長さを表すベクトル \mathbf{H}
 ($d1+d4, d2+d5, d3+d6$)が上面の中心となる。
 d7 : 半径R

もしベクトル \mathbf{H} の長さ ($\sqrt{d4^2+d5^2+d6^2}$) がDINFより
 大きい場合には無限に長い円柱と解釈される。

格子の配置されるZONE (FRAME) の定義に使用した
 場合は格子内座標系の X_I, Y_I, Z_I 軸は、それぞれ
 X, Y, Z 軸に平行となる。

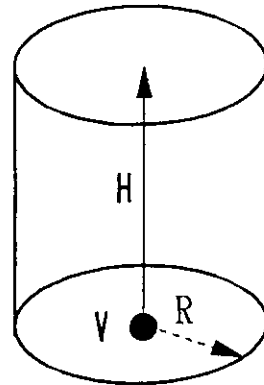


図4. 3 RCC

(4) CYL (cylinder in Z-direction, Z軸に平行な中心軸を持つ直円柱)

d1, d2, d3 : 底面の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, X)$
 d4, : 高さ $h (\geq 0)$
 d5 : 半径R

もし高さ $d4 \geq \text{DINF}$ あるいは $d4=0.0$ の場合には
 無限に長い円柱と解釈される。

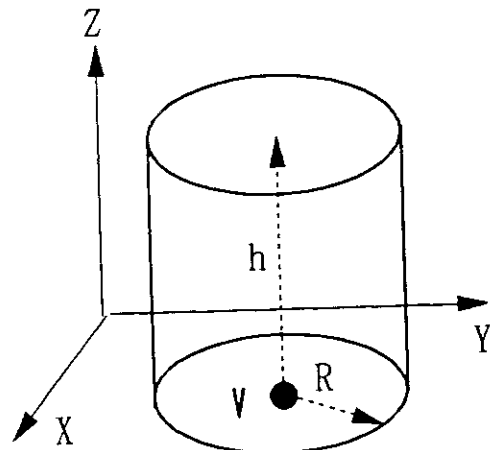


図4. 4 CYL

(5) TRC (truncated right cone, 円錐台)

d1, d2, d3 : 底面の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$

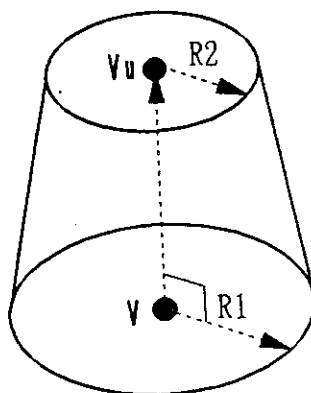
d4, d5, d6 : 上面の中心の座標 $\mathbf{Vu}(Xu, Yu, Zu)$

d7 : 底面の半径 $R1$

d8 : 上面の半径 $R2$

底面と上面は中心軸に垂直である。

図4.5 TRC



(6) TEC (truncated elliptic cone, 楕円錐台)

d1, d2, d3 : 底面の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$

d4, d5, d6 : 中心軸の方向と長さを示すベクトル \mathbf{H}

d7, d8, d9 : 底面の楕円の一方の軸を表すベクトル \mathbf{A}

d10, d11, d12 : 底面の楕円のもう一方の軸を表すベクトル \mathbf{B}

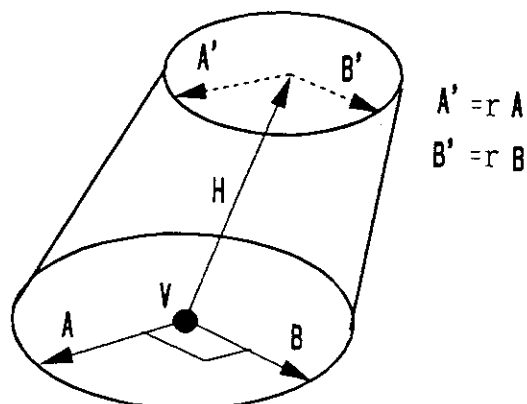
d13 : 底面ともう一方の面の大きさ(長さ)の比 r

2つのベクトル \mathbf{A} と \mathbf{B} は直交していなければならない。

底面に平行な面による断面は底面と相似な楕円であり、

その軸の方向は底面のものと平行である。

図4.6 TEC



(7) WED or RAW (wedge, 三角柱)

- d1, d2, d3 : 1つの頂点の座標 $V(X, Y, Z)$
 d4, d5, d6 : 上記頂点から延ばした第1辺ベクトル $A1$
 d7, d8, d9 : 上記頂点から延ばした第2辺ベクトル $A2$
 d10, d11, d12 : 上記頂点から延ばした第3辺ベクトル $A3$

点 V からベクトル $A1$ と $A2$ を2辺とする三角形を作り、これをベクトル $A3$ に沿って移動した跡にできる三角柱。3つの辺ベクトルは互いに垂直である必要はない。

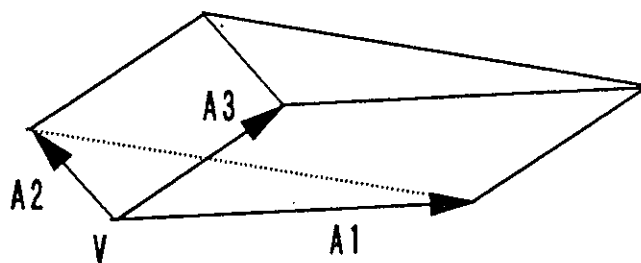


図4. 7 WED

(8) BOX (parallelepiped, 任意の方向を向いた平行六面体)

- d1, d2, d3 : 1つの頂点の座標 $V(X, Y, Z)$
 d4, d5, d6 : 上記頂点から延ばした第1辺ベクトル $A1$
 d7, d8, d9 : 上記頂点から延ばした第2辺ベクトル $A2$
 d10, d11, d12 : 上記頂点から延ばした第3辺ベクトル $A3$

3本の辺ベクトルは互いに直交している必要はない。

ただし、格子の配置されるZONE(FRAME)の定義に使用するときには直交していなければならない。さらに、 $A3$ の方向は $A1 \times A2$ の方向となっていなければならない ($A1, A2, A3$ は右手系をなす)。格子内座標系の $X1, Y1, Z1$ 軸はそれぞれ $A1, A2, A3$ の方向にとられる。

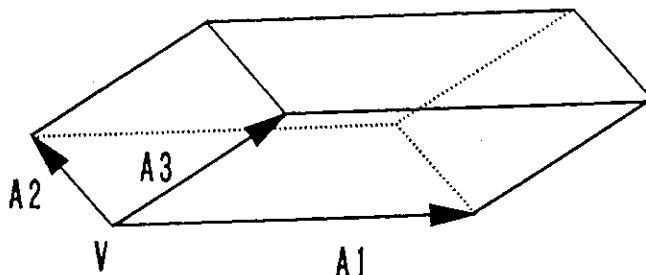


図4. 8 BOX

(9) RHP (right hexagonal prism, 中心軸がZ軸に平行で1つの側面がX軸に垂直な正六角柱)

d1, d2, d3 : 底面の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$

d4 : 中心軸の長さh

d5 : X-軸方向の幅W

六方格子の配置されるZONE (FRAME) の定義に使用した場合は格子内座標系の X_1, Y_1, Z_1 軸はそれぞれX, Y, Z軸に平行となる。

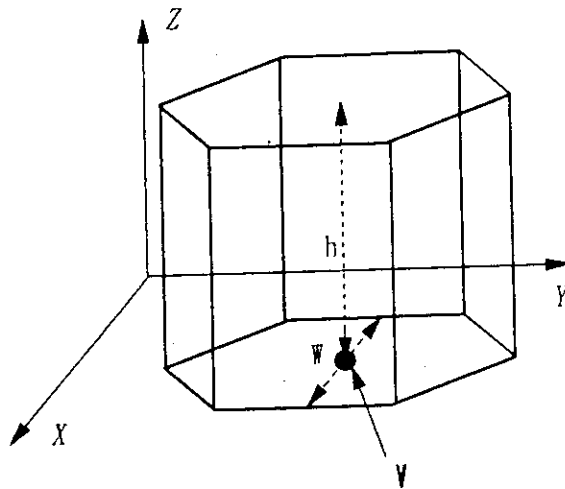


図4. 9 RHP

(10) HEX (hexagonal prism, 任意の方向を向いた正六角柱)

d1, d2, d3 : 底面の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$

d4, d5, d6 : 中心軸の方向と長さを示すベクトル \mathbf{H}

d7 : 底面の六角形の幅W

d8, d9, d10 : 側面のひとつに垂直なベクトル \mathbf{A} (長さは任意)。

2つのベクトル \mathbf{A} と \mathbf{H} は直交していなければならない。

六方格子の配置されるZONE (FRAME) の定義に使用された場合は、格子内座標系における X_1, Y_1, Z_1 軸はそれぞれ $\mathbf{A}, \mathbf{H} \times \mathbf{A}, \mathbf{H}$ の方向にとられる。

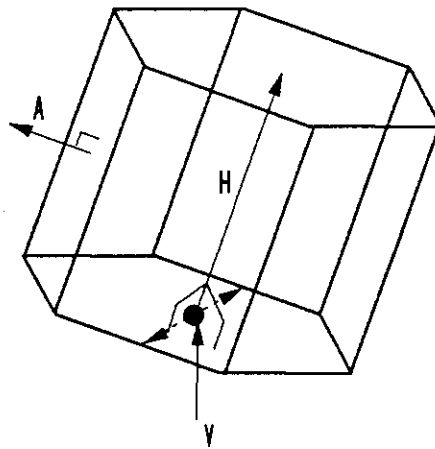


図4. 10 HEX

(11) ARB (arbitrary polyhedron with 4,5 or 6 faces, 任意の四、五または六面体)

d1, d2, d3 : 頂点1の座標**V1**(X1, Y1, Z1)

d4, d5, d6 : 頂点2の座標**V2**(X2, Y2, Z2)

d7, d8, d9 : 頂点3の座標**V3**(X3, Y3, Z3)

d10,d11,d12 : 頂点4の座標**V4**(X4, Y4, Z4)

d13,d14,d15 : 頂点5の座標**V5**(X5, Y5, Z5)

d16,d17,d18 : 頂点6の座標**V6**(X6, Y6, Z6)

d19,d20,d21 : 頂点7の座標**V7**(X7, Y7, Z7)

d22,d23,d24 : 頂点8の座標**V8**(X8, Y8, Z8)

d25,d26,d27,d28,d29,d30 : 6つの面を記述する各4桁の整数

各桁の数が時計まわり、または反時計まわりに定義された頂点番号を示している。平面は3点で決定され4点目はその面上にあるかどうかチェックされる。もし4点より少ない頂点で定義される面を指定したい時は、どれかの桁の数字を他の桁の数字と同じにするかまたはゼロにすればよい。また、4あるいは5面体の場合には、余分な面に対してはゼロを入力する。

使用しない頂点に対しては何を入力してもよい。

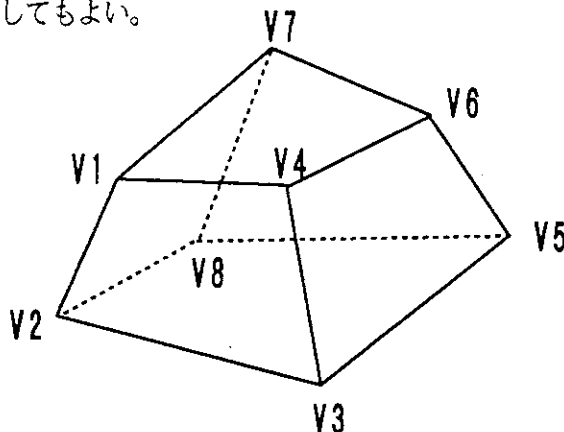


図4. 11 ARB

(12) ELL (ellipsoid by rotation, 回転楕円体)

d1, d2, d3 : 焦点の座標**V1**(X1, Y1, Z1)

d4, d5, d6 : もう一方の焦点の座標**V2**(X2, Y2, Z2)

d7 : 長軸の長さD (半長径ではない)

回転軸は2つの焦点を結ぶ直線である。短軸の長さは次のように表せる。

$$r = \sqrt{d7^2 - \{(d1-d4)^2 + (d2-d5)^2 + (d3-d6)^2\}}$$

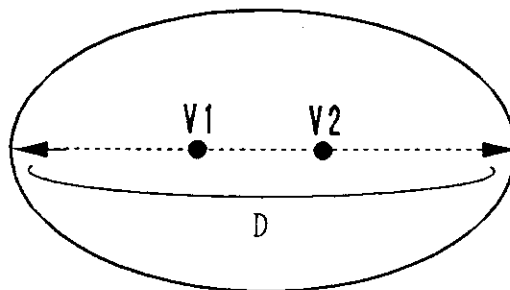


図4. 12 ELL

(13) GEL (general ellipsoid, 三軸不等楕円体)

d1, d2, d3 : 中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$

d4, d5, d6 : 第1の軸ベクトル $\mathbf{A1}$

d7, d8, d9 : 第2の軸ベクトル $\mathbf{A2}$

d10, d11, d12 : 第1、第2、第3の軸の長さ $R1, R2, R3$ (半径)

2つの軸ベクトル $\mathbf{A1}$ と $\mathbf{A2}$ は任意の長さでよいが直交していなければならない。第3の軸ベクトルはコード内で計算されるので入力する必要はない。

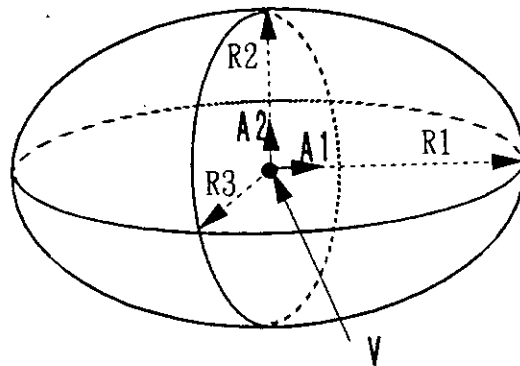


図4. 13 GEL

(14) ELT (elliptical torus, 断面が楕円のトーラス)

d1, d2, d3 : 中心の座標 \mathbf{V}

d4, d5, d6 : 回転軸の方向ベクトル \mathbf{N} (長さは任意)

d7 : 回転半径 Rm

d8 : 断面の楕円の半径1 $R1$

d9 : 断面の楕円の半径2 $R2$

d10 : 断面の楕円の回転角 τ (degree)

回転軸に垂直な平面と断面半径1の方向の成す角。

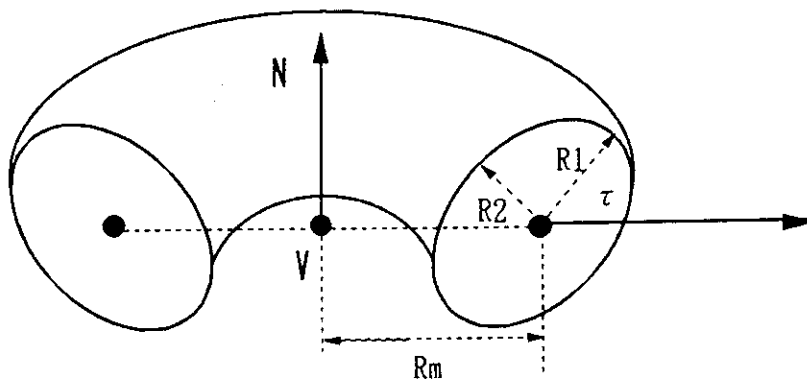


図4. 14 ELT

(15) HAF (half space with planer surface, 平面によって区切られた半空間)

d1, d2, d3 : 半空間の境界面の外向き法線ベクトル \mathbf{N} (長さは任意)

d4 : \mathbf{N} の方向に測った平面から原点への距離 (図中 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{N} / |\mathbf{N}|$)

半空間の内部は次の式を満たす点の集合である。

$$\mathbf{X} \cdot \mathbf{N} / |\mathbf{N}| + d4 < 0$$

この式からわかるように、原点が半空間内にある場合には、 $d4 < 0$ となる。

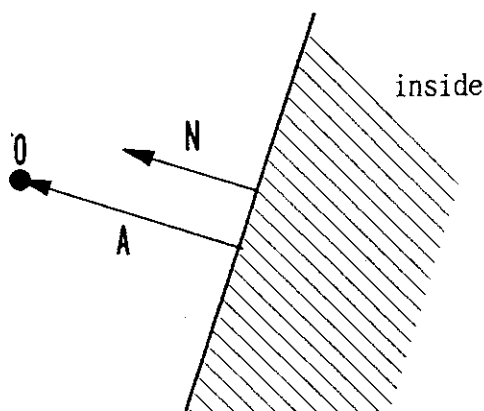


図4. 15 HAF

(16) RCL (right cylinder with specified radial direction, 底面に方向性を持った直円柱)

d1, d2, d3 : 底面の中心の座標 $\mathbf{V}(X, Y, Z)$

d4, d5, d6 : 中心軸の方向と長さを示すベクトル \mathbf{H}

d7 : 半径 R

d8, d9, d10 : 底面を方向付けるベクトル \mathbf{A}

六方格子の格子内座標系における XI 軸の方向を表すベクトルであり長さは任意。

2つのベクトル \mathbf{A} と \mathbf{H} は直交していなければならない。

このボディはRCC (直円柱) と同じで形であるが、六方格子の入るFRAMEの定義に使用する。

このとき、格子内座標系における XI, YI, ZI 軸はそれぞれ $\mathbf{A}, \mathbf{H} \times \mathbf{A}, \mathbf{H}$ の方向にとられる。

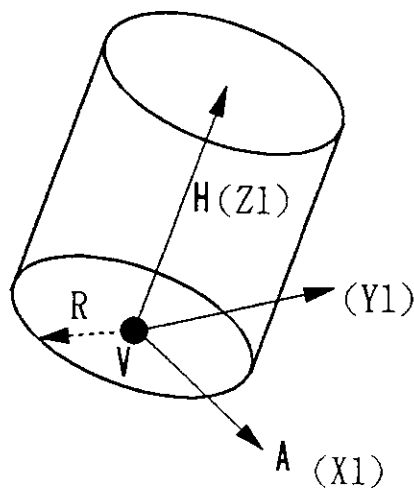


図4. 16 RCL

4. 1. 2 ZONEの定義

ZONEは幾何形状モデルの最小単位であり、BODYの組合せ（集合演算）で定義される。そのため
に使用できる集合演算は

"ブランク" : 共通部分 (intersection, AND)

"OR" : 和 (union, OR)

の2種類と、BODY識別番号に付けられた符号である。その符号はそれぞれ、

"+" : BODYの内側 (省略することができる)

"-" : BODYの外側

を意味する。1つのZONEの定義に使用するBODYの数に制限はない。

例:

"+1 +2" : "body 1 の中" かつ "body 2 の中"

"+1 -2" : "body 1 の中" かつ "body 2 の外"

"-1 +2" : "1の外" かつ "2の中"

"+1 OR +2" : "1の中" または "2の中"

"-1 -2 +3" : "1の外" かつ "2の外" かつ "3の中"

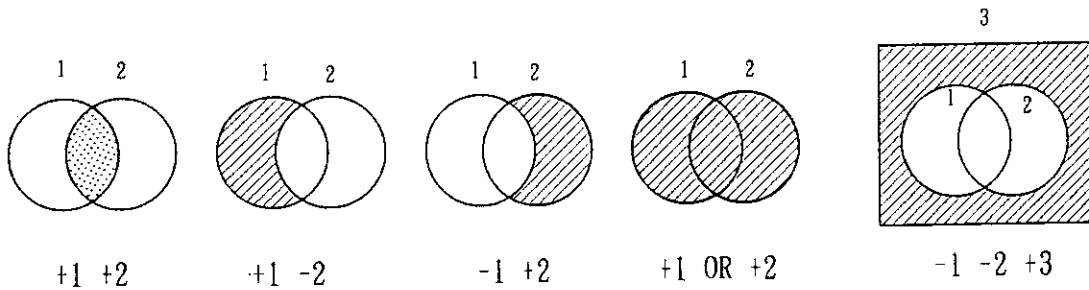


図4. 17 ZONEの表現

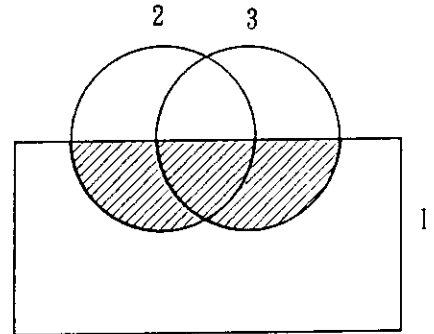
【注: "OR" の用法】

(1) 現在の組合せ形状表現では "AND" と "OR" の演算順序として前者を優先しており、MORSE等のCGと同様に演算順序をかえるための "()" は用意されていないので、下図の斜線で示された部分を定義するのに、

"1の中" かつ "2の中または3の中":
 $+1 (+2 \text{ OR } +3)$

という表現は許されていない。この場合は

"1の中かつ2の中" または "1の中かつ3の中":
 $+1 +2 \text{ OR } +1 +3$



$+1 (+2 \text{ OR } +3) \rightarrow +1 +2 \text{ OR } +1 +3$

と表現しなければならない。

図4. 18 "OR" と"AND"

(2) 2通りの記述形式: "+1 OR +2 OR +3" と "OR +1 OR +2 OR +3"

2通りの記述はともに、図4. 19の斜線で示された領域: "1の中" または "2の中" または "3の中" を意味する。前者の表現の方が自然と思われるがMORSEコード等のCG表現では後者を採用しているためMVP/GMVPでは両方の表現を許している。

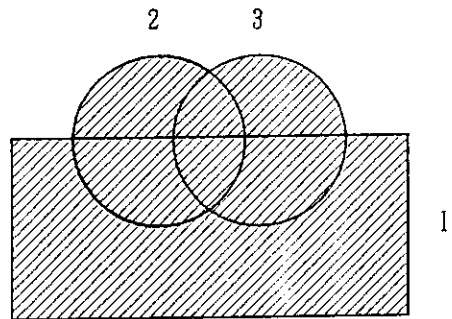


図4. 19 "OR" の用法

$+1 \text{ OR } +2 \text{ OR } +3$
 $= \text{OR } +1 \text{ OR } +2 \text{ OR } +3$

このように定義された部分空間 (ZONE) は正確には "INPUT-ZONE (入力ゾーン)" と呼ばれるもので、入力データ中で物質ID番号・REGION名を指定する単位として存在するものである。もし、INPUT-ZONEの定義に "OR" が含まれる場合には、"OR" 記号で区切られたINPUT-ZONEの各部分がそれぞれ別々のZONEとしてコード内で定義される。"OR"を含まなければINPUT-ZONE自体がひとつのZONEとなる。コード内の各種計算はZONE単位で行われる。

REGIONとは、空間積分あるいは空間平均した粒子束等のタリーを計算する空間領域である。また、

タリーの分散低減法に係わるパラメータもREGION毎に設定することになる。従って、後述の境界条件を設定するための仮想的なZONEや別途定義された格子形状を入れるためのバッファ的なZONEを除いて、粒子の存在する可能性のあるZONEに対しては必ずREGION名を与えなければならない。このREGIONは複数のZONEの組合せとして定義される。逆に1つのZONEは必ずREGION名に対応した1つのREGIONに属する。同じREGION名を持つZONEは同一のREGIONに属し、各REGIONは後述の規則に従ってREGION名に対応した1から始まる連続するREGION番号が付けられる。

【注：ZONEの二重定義】

ある部分空間が2つ以上のZONE（ここではINPUT-ZONEではない）に含まれているとき、「ZONEが二重に定義されている」という。二重定義されている部分空間に存在する粒子は、どのような経路を経てその部分空間に達したかによって異なるZONE（その部分空間を含むZONEのなかの1つ）に存在すると判断される。たとえば、右図のように、2つZONEがそれぞれ、BODY #1、#2の内部と定義され、斜線部分が二重に定義されている。AとBの間のパスを考えてみると、図中太線で示された部分は、

- 1) A→Bのとき : ZONE #1に属する、
- 2) B→Aのとき : ZONE #2に属する

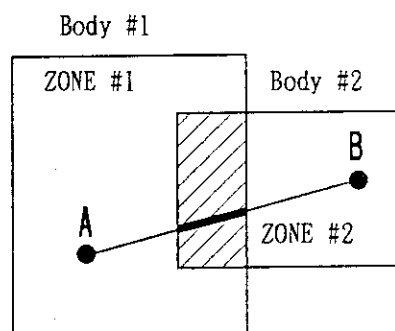


図4. 20 ZONEの二重定義

と判断され、経路によって属するZONEが異なる。2つのZONE以外の領域から、直接二重定義領域に入射した場合は、さらに複雑で、どちらのZONEと判断されるかは、ZONEを定義した順序や、random walkのそれまでの経過（注目している粒子のみではない）に依存する。

しかし、二重定義ZONEが

- ① 同じ物質からなり、かつ
- ② 同じREGIONに属している

ならば、その部分空間の物質とREGIONは一意的に定まるので、計算上問題は生じない。具体的な例として、重なりのある2つのBODY #1と#2を用いて定義されたINPUT-ZONE：

+1 OR +2

は、2つの異なるZONE（BODY #1の中とBODY #2の中）に分けられ、2つのbodyの共通部分は両方のZONEに属する。この時、物質とREGIONはINPUT-ZONEに対して与えられるので2つのZONEは上記2つの条件を満たしている。

一方、①あるいは②の条件を満たしていない場合に、二重定義されている部分空間が物理的に有意な大きさをもっていると、幾何形状モデルは一意的に定まらず、物理的に意味のないものとなる。この場合でも、コードは二重定義のチェックを行わないので注意を要する。ただし、断面図のプリントオプションを使用した場合には、その断面上でZONEが二重に定義されている点に対しては、上記2つの条件を満たしているかどうかのチェックを行う。

【注：trackingにおけるZONEの同定と未定義空間】

粒子の存在する可能性のある部分空間はすべてZONEとして定義されていなければならない。定義されていない部分空間に入射した粒子にたいしては、その粒子の属するZONEを決めることができないので、追跡を続行することができず、"Lost particle" としてヒストリを終了する。MVP/GMVPでは、粒子（空間座標 X 、飛行方向 Ω ）の存在するZONEの決定では、

$$X' = X + \epsilon\Omega$$

ここで、 ϵ はコードが区別する距離の最小値（入力データDEPS：省略値 $=10^{-5}$ cm）

に対して、条件を満たすZONEを見つけている。各ZONEに対する条件のチェックは、

- ① 既に学習により可能性のあるZONEと判断されたものを確率の高い順序で、
- ② 上記以外のZONEを定義された順序で、

行う。

隣り合う2つのZONEの境界面が、それぞれのZONEで異なるBODYを用いて表現されている場合に、数値データの表現精度のために完全には同一の面とならず、2つの面の間に未定義空間（ZONEとして定義されていない空間）が生じる場合がある。また、数値計算の誤差のために見掛け上、未定義空間があるかのように粒子の追跡に失敗する場合もある。これらの粒子はヒストリを終了し、"Lost particle" として処理される。これらの問題は、物理的には有意でない範囲で境界面附近の空間を二重に定義することによって避けることができる。

【ZONEの有限性】

粒子の存在するZONEは有限の大きさをもっており、無限に広がってはならない。すなわち、無限体系中の粒子のエネルギー変化のみを計算する場合でも、有限なZONEを定義し完全反射境界条件を用いて計算しなければならない。これは、粒子の追跡において、今いるZONEの境界までの距離が計算できなかった場合は粒子の追跡を終了するためである。従って、粒子が入ることのないZONE（後述の境界条件を表すための仮想的なZONE）は無限に広がってよい。すなわち、このようなZONEはあるBODYの外側と定義できる。

4. 1. 3 物質の指定と境界条件

各ZONE毎の物質の指定は断面積データで定義される物質ID番号で行う。また、境界条件の設定は直接境界面を定義する代わりに、MORSEコード等と同様に境界の外側に境界条件に対応した物質からなる仮想的なZONEを定義することによって行う。境界条件等に対応した物質を含めての物質ID番号は次のように分類されている。

物質ID	
>0	: "YXSEC" データで与えられる通常の物質
0	: 内部ボイド (粒子はこの領域を通過するだけで衝突反応は行わない)
-1~-998	: このZONEには別途定義された小宇宙 (後述; セルあるいはその規則的な並びからなる格子) が入ることを示す (このようなZONEを "FRAME" と呼ぶ)。絶対値が小宇宙 (通常は格子) の識別番号。
-999	: セル (後述; 繰り返し形状の単位、原子炉炉心を構成する燃料集合体や燃料集合体を構成する燃料ピンセル等) の外部境界を定める仮想的なZONEであることを示す。
-1000	: 外部ボイド (真空境界に相当し、このZONEに入った粒子は体系から漏れたとみなされ、そのrandom walkを終了させる。)
-1001~-1999	: アルベド反射物質 (現在のところ使用不可)。
-2000	: 完全反射体 (mirror reflection境界条件に相当)。
-3000	: 等方反射体 (white reflection境界条件に相当)。

【注: 完全反射 (物質) 条件の使用について】

次の場合には完全反射物質を用いてはならない。

(1) 曲面の外側

例: 円柱の円筒面の外側の領域、円柱の上下の平面の外側には使用できる。

(2) 2つ以上の面からなる凸な角を持ち、その角を含む面が反射面となるZONE。

例: 直方体RPPの内側として定義される領域

(3) 反射物質の入るZONEの定義に、ある反射面と交線を持つ平面を含みその面が反射面でないBODYを使用してはならない。

例: 2つの直方体 (RPP) で一方が他方を完全に含む場合に、反射物質ZONEとして両方の直方体の外側と定義すると、反射面は大きい直方体で決まり、小さい直方体を使用できないBODYとなる。

完全には含まれない場合には凸な角を持つ反射ZONEとなり、上記 (2) に反するので、やはり使用できない。

4. 2 繰り返し形状表現

4. 2. 1 格子形状表現

格子形状表現法の考え方を図 4. 2 1 に示す。格子形状表現では、次の用語が用いられる。

CELL (セル) : 繰り返しの単位となるもので、固有の座標系で表現される。

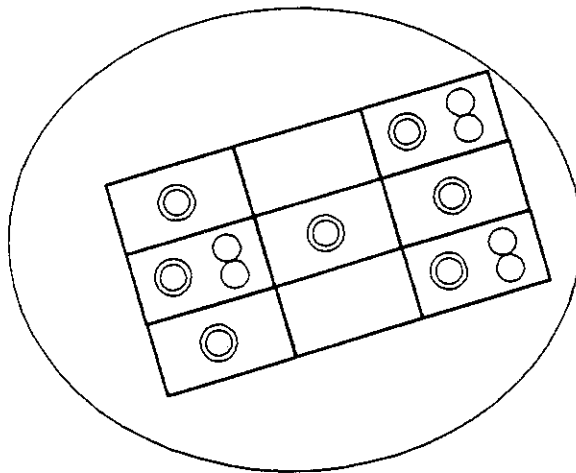
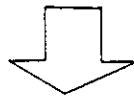
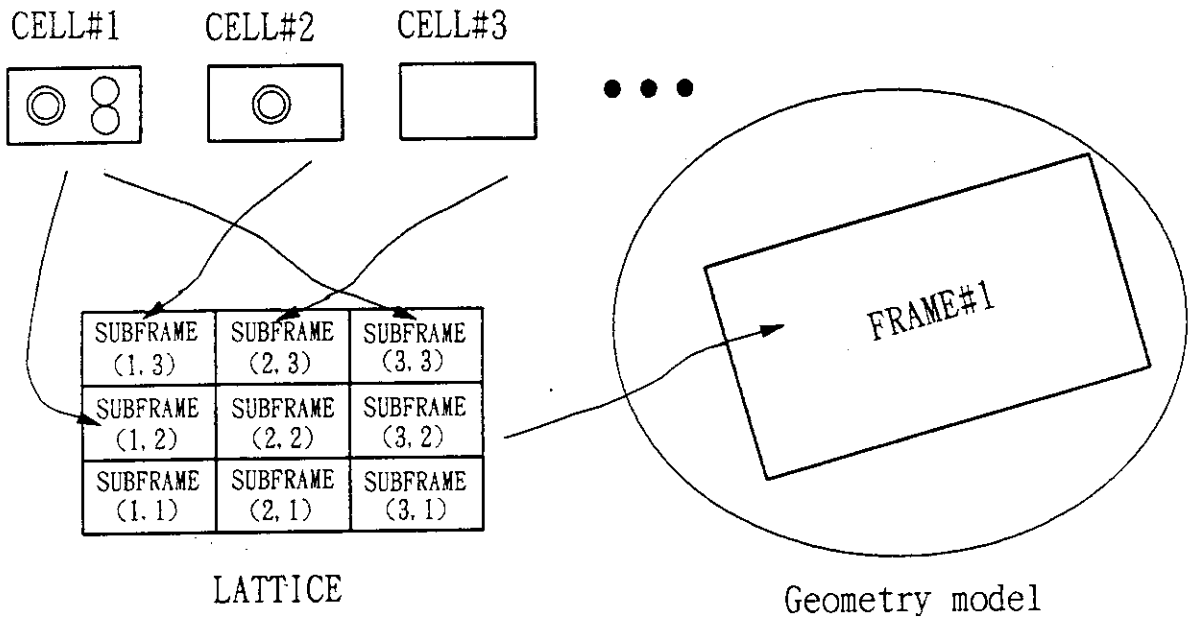
LATTICE (格子) : セルの規則的な 3 次元並びと格子の外部境界を定める外枠で定義される。

FRAME (フレーム) : 幾何形状モデルにおいて格子が配置される ZONE。

SUBFRAME (サブフレーム) : 格子において各セルが配置される部分空間。

MVP/GMVP の格子形状表現法は次の機能を有している。この機能は "LATTICE" オプションを指定することによって使用できる。

- (1) 格子形状として、直方体セルの並びである四方格子、正六角柱セルからなる六方格子が利用できる。
- (2) 任意の個数の格子を定義でき、空間の任意の位置、任意の方向に配置できる。同一の格子を空間の異なる位置に配置することもできる。
- (3) 格子には単純形状からなる外枠（格子の外部境界を定義する）がある。四方格子の外枠はセルの並びの最外部を取り囲む直方体である。一方、六方格子の場合は、正六角柱、円柱、直方体の 3 種類の外枠を使用できる。
- (4) 格子は任意の数の SUBFRAME で構成することができる。また、いくつかの SUBFRAME は格子には含ませず、FRAME の定義されている世界で別途定義することもできる。
- (5) セルは組合せ形状表現法で定義される。
- (6) セル自身が、別の格子を含むことができる（これを多重格子表現機能と呼ぶ）。
- (7) セルを格子内の SUBFRAME に配置するとき、反転、回転等を行うことができる。

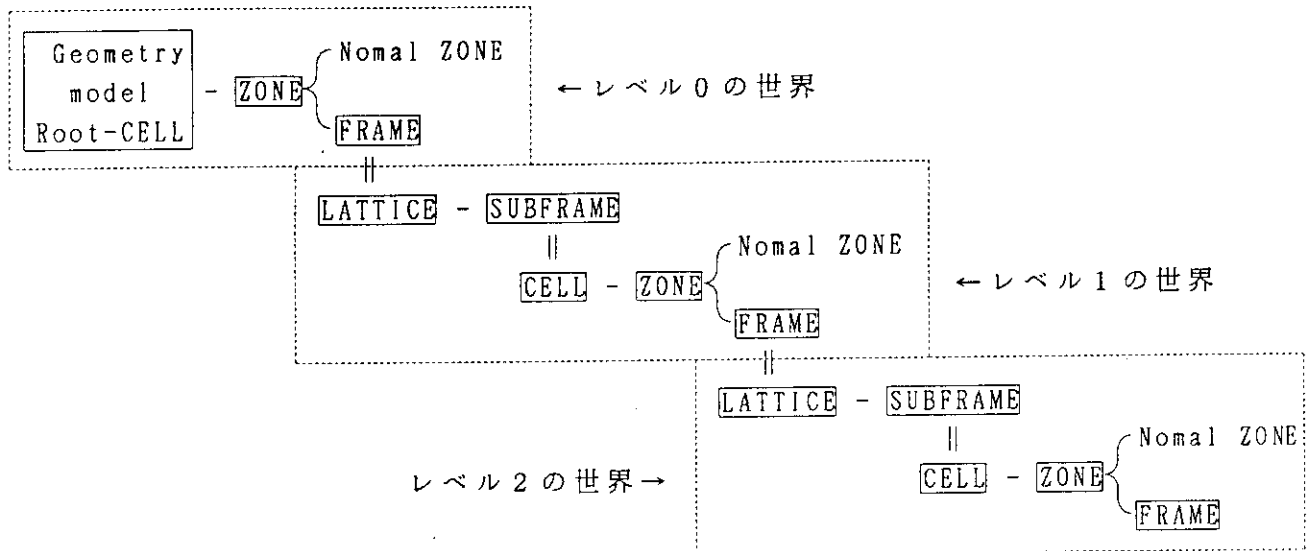


Geometry model defined with lattice capability

図4. 21 格子形状表現法の概念図

4. 2. 2 多重格子表現の階層構造

上述のようにセル自身が、別の格子を含むことができるので、幾何形状モデルは次のような階層構造を持つ。MVP/GMVPでは階層の深さをレベルと呼んでいる。



ここで、

- : 左側が右側のものに分割される、あるいは右側の組合せで左側が表現されることを示す。
- || : 上側の空間に下側の世界が入ることを示す。
- { : 左側が右側のように分類されることを示す。

さらに、

- Nomal ZONE : 通常物質または境界条件に対応した仮想的な物質の入るZONE
物質ID番号 (KMAT) ≥ 0 , あるいは ≤ -999
- FRAME : 格子の配置されるZONE
 $-998 \leq$ 物質ID番号 (KMAT) ≤ -1
物質ID番号の絶対値が別途定義された格子の識別番号。
- LATTICE : 格子表現を用いて定義された世界
- SUBFRAME : 格子 (LATTICE) の各格子セル位置に対応した部分空間
- CELL : 固有の座標系で別途定義された世界

このように、多重格子表現はCELL-ZONEを単位としており、CELLはFRAMEと呼ぶZONEに配置されるLATTICEを介して他のCELLを含むことができる。従って、論理的には無限に深い階層構造を表現することができる(下記注参照)。

【注：階層構造の深さの制限】

MVP/GMVPコードでは実用性を考慮してレベル4の世界までしか扱わない。

【注：Root-CELL】

このようにして表現された幾何形状モデル自身も、境界条件を設定しなおすことによって他のSUBFRAMEに配置することができる。従って、現在のモデルにおける最も上位の階層におけるCELLとみなすことができるので、これをRoot-CELLと呼ぶ。そして、このRoot-CELLの配置されている空間はRoot-SUBFRAME (=Root-FRAME)とみなすことができる。ただし、これは階層構造上であって、実際には、現在のMVP/GMVPコードは直方体セルと正六角柱セルしか取扱うことができないという制限がある。

4. 2. 3 格子形状の表現法と局所座標系

(1) セルの定義

直方体セル及び六角柱セルは、それぞれ図4. 22に示したようなBODY、RPP及びRHPの内部に通常のZONEと同じように定義される。このセルの外部境界を定めるBODYの位置は任意であるが、セル内のZONEはすべてこのBODYの中に定義しなければならない。また、このBODYの内部はすべてZONEとして定義されていなければならない。そして、このBODYの外側にセルの外側であることを示す仮想的な物質からなるZONEを定義することによって、セルの外部境界が設定される。

このようにして定義されたセルは、セル毎に付けられるID番号によって識別される。

【注：セル内座標系】セル内の粒子の追跡は本図中に (X_c, Y_c, Z_c) で示したセル内座標系で行われる。この座標系はセルの中心を原点として、3つの座標軸がそれぞれX, Y, Z軸 (BODYが定義される空間) 方向に取られているが、セルを定義する時には意識する必要はない。

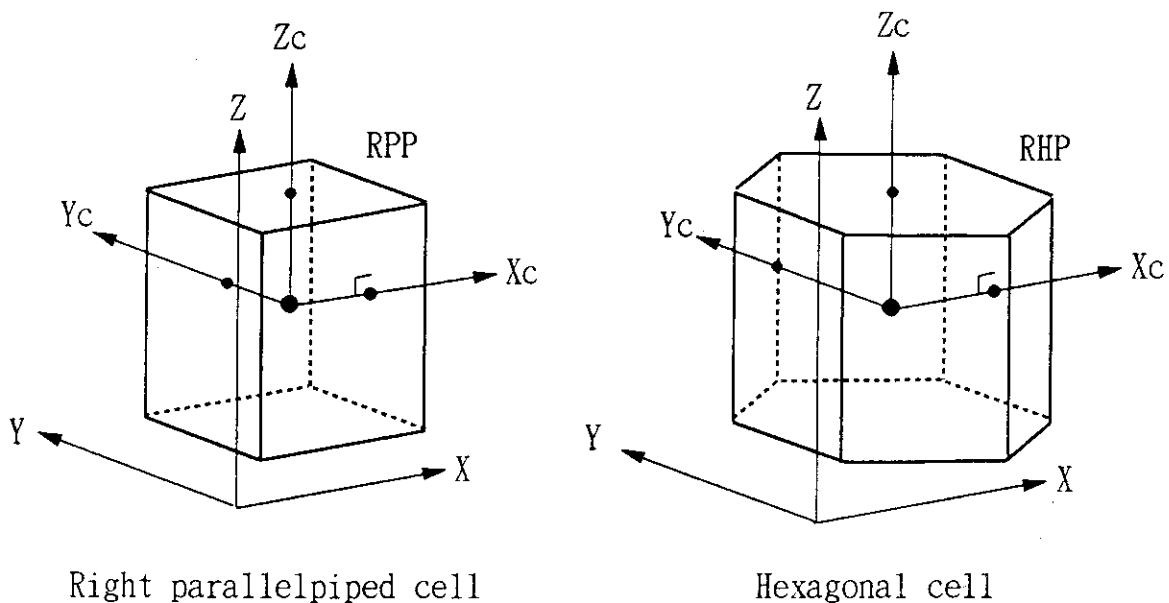


図4. 22 セル内座標系 (X_c, Y_c, Z_c)

(2) 格子の定義と座標変換

格子は次のように定義される。

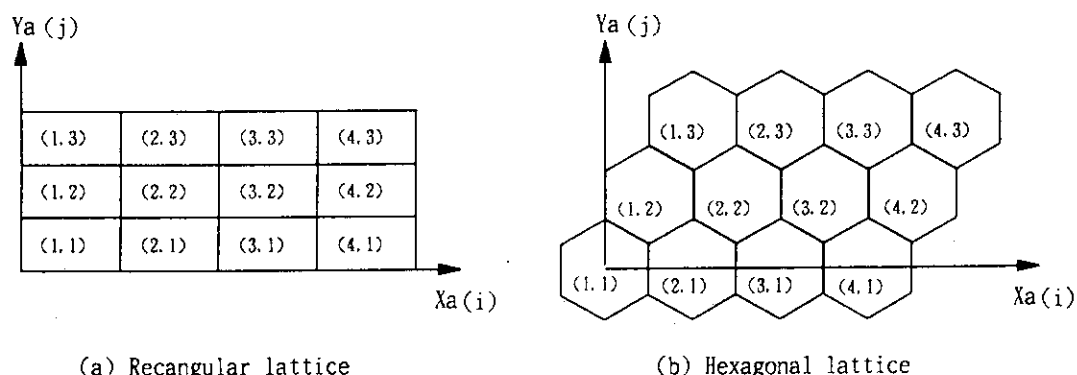
① 格子の種類指定

以下の4つの格子形状が用意されている。

- 変数LTYP= 1 : 四方格子（外枠は直方体）、
 2 : 外枠が正六角柱の六方格子、
 3 : 外枠が円柱の六方格子、
 4 : 外枠が直方体の六方格子。

② 格子配列の大きさとセル並び座標系

四方格子、六方格子における格子配列の例（水平断面図）を図4. 2 3に示す。この格子配列に対して、本図のようにセル並び座標系(X_a, Y_a, Z_a)が定義される。なお、 Z_a 方向は同図で紙面に垂直、下から上に、その原点は $k=1$ のSUBFRAMEの下端に取られる。格子配列中の各SUBFRAMEは3つのインデックス (i, j, k) で指示される。そして、各方向に並ぶSUBFRAMEの数によって格子配列の大きさが決まる（変数NVLAT）。図の例では、2つの配列とも、 X_a 方向に4、 Y_a 方向に3である。



Index k increases from low to high in Z_a -direction

図4. 2 3 格子配列とセル並び座標系 (X_a, Y_a, Z_a)

③ SUBFRAMEの大きさ（変数SZLAT）

1つの格子を構成するSUBFRAMEの大きさは一定であり、それは次のように定義される。

- ・四方格子： X_a, Y_a, Z_a 方向のピッチ。
- ・六方格子： X_a 方向の幅（ピッチ）と Z_a 方向の幅（ピッチ）。

【注1：セル並び座標系⇔セル内座標系】

この座標変換にはSUBFRAMEの大きさが用いられる。各座標軸の方向は標準的には

$$Xa \parallel Xc, \quad Ya \parallel Yc, \quad Za \parallel Zc$$

と取られるが、各方向でそれぞれ反転等を行うことができる。

四方格子のXa方向を考えてみると、セル並び座標系及びセル内座標系における座標XaとXcは次のように関係付けられる。

$$\begin{aligned} i &= \text{INT}(Xa/Px) + 1, \\ Xc &= (Xa - Px \times (i-0.5)) \times f, \\ Xa &= f \times Xc + Px \times (i-0.5). \end{aligned}$$

ここで、Px：Xa方向のピッチ、

INT(x)：xを越えない最大の整数、

f：セルをSUBFRAMEに配置する時の反転等を表す。

=1：反転しない。

-1：反転する。

他の2つの方向も同様に関係付けられる。また、六方格子でも幾分複雑であるが同様である。

【注2：SUBFRAMEとセルの大きさ】

SUBFRAMEの大きさはそこに配置されるセルと同じ大きさでなければならない。前者の方が大きいときには未定義空間が、後者が大きいときは二重定義空間が存在することになる。

④ 格子の外枠及び格子内座標系 (Xl, Yl, Zl)

- ・四方格子：②及び③から決まるすべてのSUBFRAMEをちょうど取り囲む直方体が格子の外枠として一意的に定められ、格子内座標系 (Xl, Yl, Zl) はセル並び座標系と同じになるように取られる。
- ・六方格子：格子の外枠として、3種類の形状（正六角柱、円柱、直方体）を使用でき、それぞれの枠に対して図4. 24に示したように格子内座標系 (Xl, Yl, Zl) が取られる。外枠の大きさは変数SZHEXで決められる。外枠はセルの並びとは独立に設定することができ、セルの並び（セル並び座標系）と外枠（格子内座標系）の位置関係が次のように決められる。

1) Za軸はZl軸と同じ方向にとられ、Za=0とZl=0の面が一致するように原点が取られる。

(Xa, Ya) と (Xl, Yl) の関係は図4. 25に示したように、次項2)と3)から決められる。

2) 外枠の中心と基準SUBFRAMEの中心の位置のずれ:

外枠の中心(図中●)から基準SUBFRAMEの中心(図中□)に向かうベクトル((X1, Y1)座標系での成分:変数SZHEX)。

ここで、

外枠の中心:枠の底面(六角形、円、長方形)の中心、

基準SUBFRAME:インデックス(i, j)で指定される

(変数RCELL、図の例ではRCELL(5 4))、

基準SUBFRAMEの中心:SUBFRAMEの底面の六角形の中心、

である。

3) θ : (Xa, Ya) の (X1, Y1) に対する回転角の指定

(反時計回り方向に測る)。

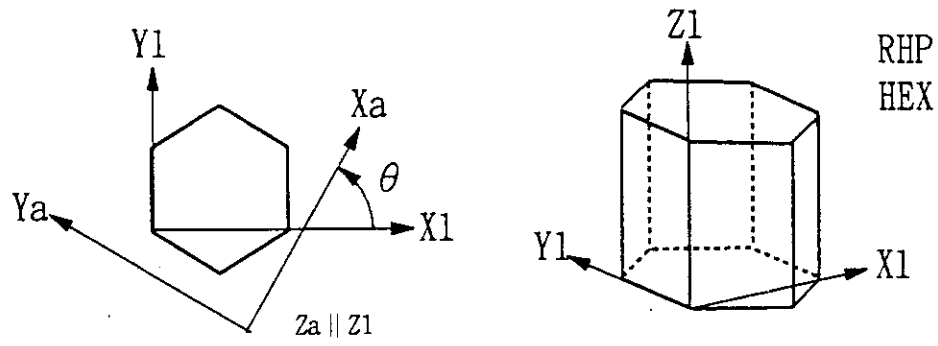
高速炉の燃料集合体等によく見られる本図の例では $\theta = -30$ 度であるが、実際のデータ入力(変数SZLAT(2))ではこの配置が標準(ゼロ)となるように

$$\theta + 30$$

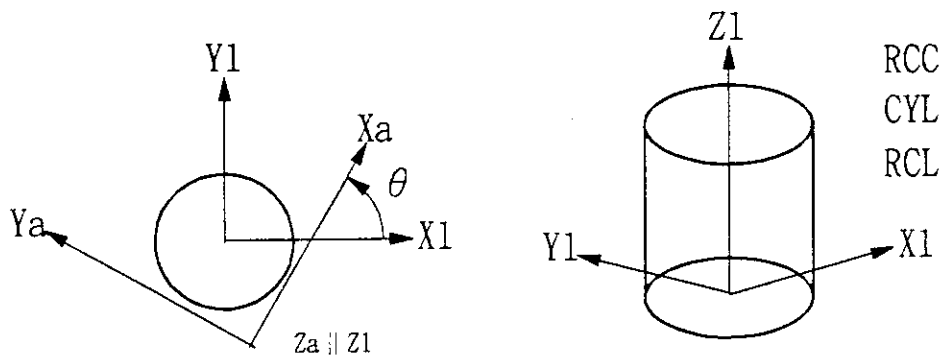
を入力する。

【注1】②及び③で定義された格子配列の中で、枠の内部のみが格子として定義されたことになる。すなわち、枠から外に出た粒子は格子から出たと判断される。また、格子配列(SUBFRAMEの並び)は完全に格子枠の内部を覆っていないといけない。そうでないと、枠の内部に定義されていない空間が存在することになる。

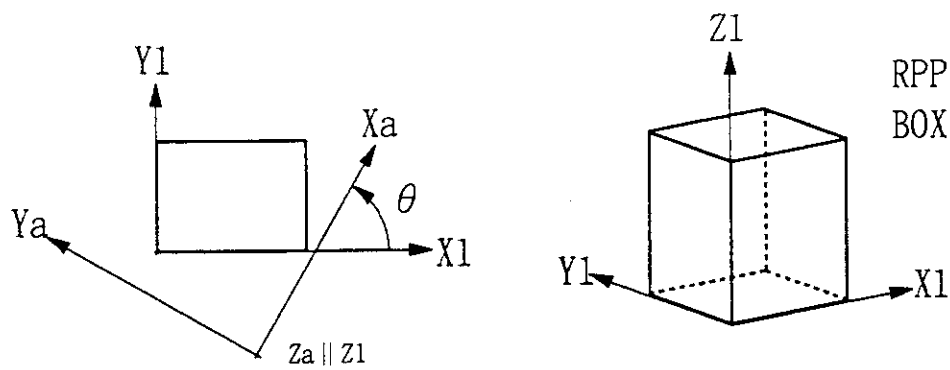
【注2】格子内座標系を介して格子内の世界(セル並び座標)が格子の外部の世界と関係付けられる(次項「格子の配置」参照)。



(a) FRAME = hexagonal prism (LTYP=2)



(b) FRAME = right cylinder (LTYP=3)



(c) FRAME = right parallelepiped (LTYP=4)

図4. 24 六方格子の外枠と格子内座標系 (X1, Y1, Z1)

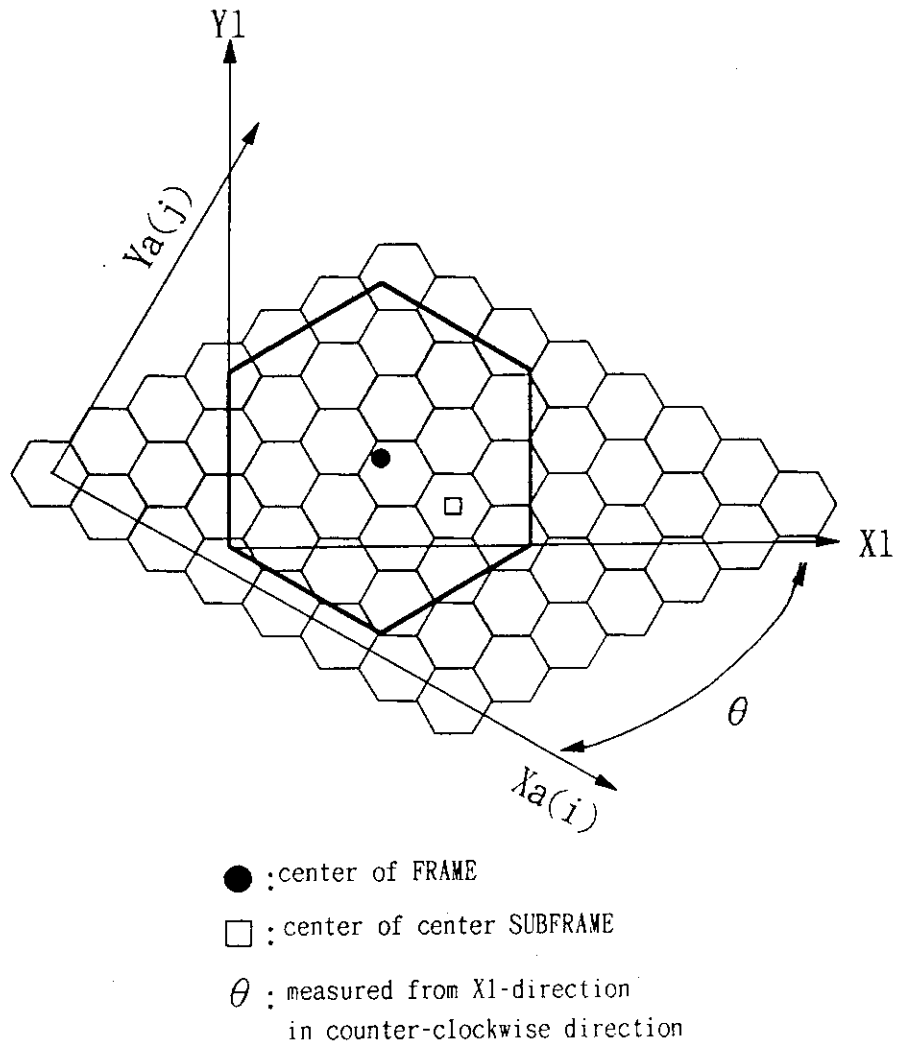


図4. 25 六方格子の格子内座標系 ($X1, Y1, Z1$)とセル並び座標系 (Xa, Ya, Za)

⑤ 各SUBFRAMEに配置されるセルの指定

SUBFRAME毎にそこに配置されるセルをID番号で指定し(変数KLATT)、配置されるセルの向きを指定する(変数KSLAT)。

・ KLATT=0のSUBFRAMEは格子には含まれず、そのSUBFRAMEのしめる部分空間は格子が配置されるFRAMEが定義されているレベルで別途定義されている。これを利用すると下図のようなピッチの異なる2つ格子で構成される体系を簡単に表現できる。簡単のために、2次元配列で考える。

格子 #1 : 5×4の四方格子 (内部の3×2のSUBFRAMEは格子に含まれない)

KLATT=	1	1	1	1	1
	1	0	0	0	1
	1	0	0	0	1
	1	1	1	1	1

格子 #2 : 4×3の四方格子

格子 #1の配置されるZONE (FRAME) = +1 -2

格子 #2の配置されるZONE (FRAME) = +2

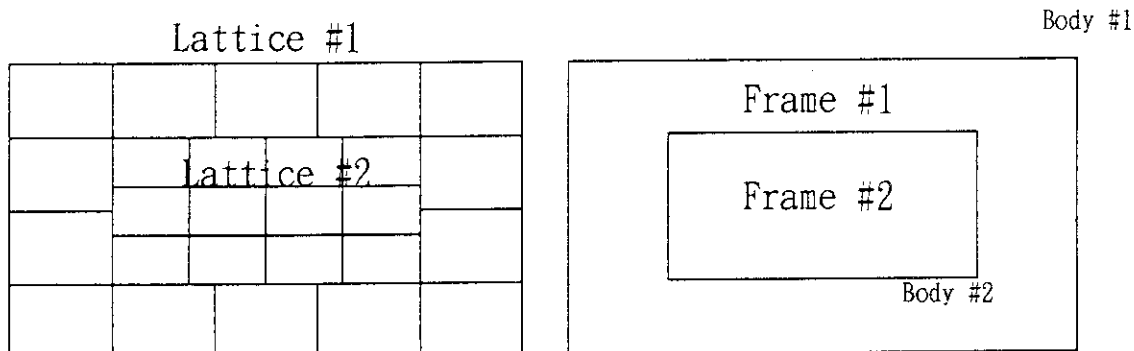


図4. 26 ピッチの異なる2つの格子の例

・セルをSUBFRAMEに配置する方向は、標準的には

$$Xa \parallel Xc, Ya \parallel Yc, Za \parallel Zc$$

として配置されるが、さらに次の方向の変換が可能である。

四方格子 : Xa, Ya, Za 方向の反転

六方格子 : ① Xa 方向の反転

② Za 軸(六角形セルの中心軸)の回りの60度単位の回転

③ Za 方向の反転

(変換の順序は①→②→③)

このように定義された格子は格子毎に付けられた格子ID番号で指定される。

(3) 格子の配置

幾何形状モデルにおいて格子の配置されるZONEはFRAMEと呼ばれ、負の物質ID番号 ($-998 \leq \text{KMAT} \leq -1$) によってFRAMEであることが指定される。この物質ID番号の絶対値が配置される格子のID番号であり、FRAME内に配置される格子の位置と方向は、FRAMEの定義に現れる最初のBODYによって決められる。すなわち、格子内座標系 (XI, YI, ZI) における各座標軸の方向がFRAMEに対して次のようにとられる。

表4. 1 格子内座標系の座標軸の方向

BODY	XI 軸	YI 軸	ZI 軸
RPP	X-方向	Y-方向	Z-方向
BOX	第1辺ベクトルの方向	第2辺ベクトルの方向	第3辺ベクトルの方向
RHP	X-方向	Y-方向	Z-方向
HEX	ベクトルAの方向	H×Aの方向	中心軸ベクトルHの方向
RCL	ベクトルAの方向	H×Aの方向	中心軸ベクトルHの方向

なお原点は、図4. 24の右側の図において、格子の外枠をFRAMEを定義するBODYとみなしたように取られる。

絶対座標 (FRAMEの定義されている空間での座標) $X^t=(x, y, z)$ から格子内座標 $X_l^t=(x_l, y_l, z_l)$ への座標変換は次のように行われる。

$$X_l^t = \begin{bmatrix} x_l \\ y_l \\ z_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{x_l}^t \\ e_{y_l}^t \\ e_{z_l}^t \end{bmatrix} (X - V_0)$$

ここで、 V_0 は格子内座標系の原点を表す位置ベクトル、

e_{x_l} 、 e_{y_l} 、 e_{z_l} はそれぞれ、XI、YI、ZI軸方向の単位ベクトルである。

【注：FRAMEと格子の大きさ】

FRAMEの大きさはそこに配置される格子の外枠の大きさに一致しなくてはならない。前者が大きい

い場合は未定義空間、後者が大きいときは二重定義空間が生じる。

4. 2. 4 REGION名の階層的表現

組合せ形状表現では、ZONE毎にREGION名が付けられ、同じREGION名を持つZONEは同一のREGIONに属した。従って、幾つかのSUBFRAMEに配置された同一のCELL内のZONEはそれぞれ絶対空間の異なる部分空間を占めているにもかかわらず、異なるREGIONとして識別することはできない。これを識別するための機能として "TALLY-LATTICE" と呼ぶオプションが用意されている。(オプション "FRAME-DEPENDENT-TALLY" も同じ機能を表す)。このオプションを指定すると、

- ① FRAMEに対して付けられたREGION名がFRAME名として意味を持つようになり、これによって同一の格子のはいる異なる部分空間が識別される。
- ② 格子配列の各SUBFRAMEはSUBFRAME毎に付けられたSUBFRAME名によって識別される。

その結果、レベル1の世界の各SUBFRAMEが絶対空間で占める部分空間 (SUBSPACE) は、

FRAME名+SUBFRAME名

によって識別される。これをSUBSPACE名と呼び、MVP/GMVPでは、次のように表記する。

! FRAME名 : SUBFRAME名

従って、このSUBSPACE名で指定される部分空間に配置されるCELL内のZONEは、階層構造を考慮して、次のREGION名を持つことになる。

! FRAME名 : SUBFRAME名 ! ZONE毎のREGION名

ここで「ZONE毎のREGION名」とはZONEの定義において与えられた「REGION名」である。レベル2の世界では、

! FRAME名 : SUBFRAME名 ! FRAME名 : SUBFRAME名 ! ZONE毎のREGION名
(レベル1) (レベル2)

となり、以下レベルが上がっても同様に表現できる。

上記表現で階層構造に対応して繰り返し現れる

! FRAME名 : SUBFRAME名

を「各レベルのSUBSPACE名」と呼び、これによって、そのレベルのSUBFRAMEを階層構造で1つ浅いレベルからみて識別する。従って、任意のレベルのSUBFRAMEは次のSUBSPACE名を持つ部分空間に属する。(UNIXにおけるディレクトリー構造と類似している。)

SUBSPACE名 = 上位のSUBSPACE名 ! FRAME名 : SUBFRAME名

ここで「上位のSUBSPACE」とは現レベルのSUBFRAMEの属するFRAMEが定義されている空間である。この形式から分るように同一のFRAME名 : SUBFRAME名を持ったSUBFRAMEでも上位のSUBSPACEが異なると別のSUBSPACEに属することになる。

レベル0の世界(階層構造ではRoot-CELLの入るRoot-FRAME=Root-SUBFRAMEとみなすことができる)にはSUBSPACE名はないものとする。

最終的に任意の階層レベルの任意のZONEのREGION名は次のようになる。

REGION名 = SUBSPACE名 ! ZONE毎のREGION名

4. 3 TALLY REGION

TALLY REGIONとは、track lengthあるいはcollision estimatorによる粒子束等のタリーの結果を出力する空間的な領域であり、複数のREGIONの組合せとして指定することができる。これらのタリーはコード内ではREGION (TALLY-LATTICEオプション使用時はSUBSPACE名！ZONE毎のREGION名、そうでない時はZONE毎のREGION名で識別される空間の領域) 毎に計算されており、特に指定のない場合にはすべてのREGIONそれぞれ自身がTALLY REGIONとなる。

MVP/GMVPではTALLY REGIONの指定法として、2つのモードが用意されている。いずれのモードでも、REGIONの和としてTALLY REGIONが定義できるが、次の違いがある。

- (1) ADDモード : 新たなTALLY REGIONを追加する。
この場合には、TALLY REGIONを構成する個々のREGIONのタリーも出力される。
- (2) DEFINEモード : 新たにTALLY REGIONを設定し、その構成要素である個々のREGIONのタリーは出力しない。

TALLY REGIONを指定することによって、次のことが可能となる。

- (1) 詳細なREGION毎のタリーとともにそれら全体を平均したタリー (例えば、燃料集合体中のピン単位の出力と集合体平均の出力) を同時に計算する (指定モード: ADDの利用)。
- (2) TALLY LATTICEオプションを使用した時にレベルの異なるSUBSPACEに属するZONEを合せたタリーを取る。例えば、燃料集合体 (全炉心計算ではレベル1の世界) が周辺のラッパー管と冷却材のZONE (レベル1の世界で定義される) と燃料ピンセル (レベル2の世界) の格子で定義されている場合には、FRAME-SUBFRAMEの指定では異なるレベルに属するZONEを同じREGIONとすることはできないが、同じTALLY REGIONに属するように定義することはできる。なお、TALLY LATTICEのオプションを使用しない場合は同一のREGION名を付けることによって計算できる。
- (3) REGION毎に必要なデータ (例えば分散低減のためのパラメータ) の入力でもREGIONをTALLY REGION名を用いて指定できる。この場合には、そのTALLY REGIONを構成するすべてのREGIONを指定したことになる。
- (4) 分散低減のパラメータ等の入力のために異なるREGIONとして区別して定義する必要があったが、それぞれのREGION毎のタリーの計算は必要ない場合には、同一のTALLY REGIONとすることによって出力量を少なくすることができる (指定モード: DEFINEの利用)。
- (5) プリントアウト等の出力において、特に指定したTALLY REGIONの結果は通常のREGIONの前に定義した順序で出力されるので、出力が分かりやすくなる。

4. 4 REGION名とREGION番号

REGION名に応じたREGION番号の割り当て方は、TALLY LATTICEオプションの使用時・不使用時で異なる。

TALLY LATTICEオプションを使用しないときには、まず、ZONE毎に付けられたREGION名が次の様に順序付けられ、それに応じてREGION番号が決められる。

1. 文字数の大小によって順序付ける--->短い方が順序が先。
2. 次に文字順序を以下のように決める（”<”は左側が順序が先であることを示す）。
特殊文字 < アルファベット (A~Z) < 数字 (0~9)
3. 上記手順で順序付けられたREGION名のうち、順序が先のREGION名を持つREGIONから順にREGION番号が付けられる。ただし、FRAME及び境界条件を表すための仮想的な物質からなるZONEにはREGION番号は割り当てられない。そのようなZONEに対してREGION名が与えられていても、そのREGION名は無視される。

例：正の整数のみの場合：数字の小さい順

```
A          < 1
A2         < A3
B2         < A10
@ABC       < ABCD
```

一方、TALLY-LATTICEオプションを使用した場合には、ZONEデータ（REGION名、FRAME名、SUBFRAME名の入力を含む）から決定される順にREGION番号が付けられる。この時には、入力データから各ZONEに割り当てられるREGION番号を知ることが困難である場合も多い。MVP/GMVPは幾何形状データを読み込み処理を行った後に、REGION番号とREGION名の対応表をプリントする。

【注】REGION毎の出力はREGION番号の順序で行われる。

5. 入力データと形式

5.1 入力データの概要

MVP/GMVPの入力データの特徴は次の点にある。

- (1) データの大部分はデータ名（入力すべき変数および配列毎にコードによって定められた名前）をともなった自由形式で入力できる（データ名付き自由形式）。これによって入力データの意味を明確にすることができ、また桁合せ等も不要となるのでデータの新規作成、修正が容易になる。省略（デフォルト）値の設定されている変数および配列については入力を省略することによってその省略値を用いることができる。
- (2) データの入力順序は概ね自由である。ただし2次元以上の配列となるデータについては各次元の大きさを決定するデータを先に入力する必要がある。
- (3) オプションの選択はそのオプションに対応した文字列で行われる。
- (4) オプションの選択等によって不必要となるデータは、特に【注】がない限り入力データに含まれていてもかまわない。これらのデータは、読みとばされるか、または読み込まれても計算には使用されない。逆に、選択したオプションによって必要となるデータが入力されない場合には、省略値の設定されている時はその値が使用されるが、省略値が設定されていない場合にはエラーとなり計算は行われない。
- (5) 使用者が任意に定めた文字列に任意の数値を与えて、これを普通の数値データのように使用することができる（シンボリックパラメータとシンボリック定数機能）。さらに、コード内で計算される変数の値をその変数値が計算された後にシンボリックパラメータとして使用できる。また、あるシンボリックパラメータの値の定義や入力データにそれまでに定義されているシンボリックパラメータおよびそれらの関数（三角関数、指数関数等）や四則演算を用いることができる。この機能によって、
 - ・ 何度も現れる数値をシンボリックパラメータで定義しておくことによって、一度にまとめて修正できる。
 - ・ 入力データの相互関係を明確にできる。（例：半径 ↔ 体積）
 - ・ 入力の際の手計算をなくすことによって入力ミスを減らす。
 などが可能となる。
- (6) 空間領域毎に必要なデータの入力をREGION番号順ではなくて、REGION名を指定することによって直接特定の領域に対してデータを入力することができる。

入力すべきデータは以下の3種類に分類される。

- ① 入力データに与えるタイトル（5.3.1節）
- ② オプション選択に関するデータ（5.3.2節）
- ③ 数値あるいは文字列データ。このデータはさらに次の7つに分けられる。
 1. ランダムウォークの制御に関するデータ（5.3.3節）
 2. 断面積に関するデータ（5.3.4節）
 3. 幾何形状に関するデータ（5.3.5節）

4. 線源に関するデータ (5. 3. 6 節)
5. 分散低減に係わるデータ (5. 3. 7 節)
6. 二次粒子発生に関するデータ (5. 3. 8 節)
7. 統計 (タリー) に係わるデータ (5. 3. 9 節)

入力データの全体的な構成は次のようになる。

- | | |
|-------------------|-----------------|
| ① 入力データに与えるタイトル | (72文字2行) |
| ② 制御オプション | (任意行数、空白行を含まない) |
| データの区切り | (最低1行の空白行) |
| ③ 数値データあるいは文字データ部 | (任意行数) |

③のデータ部の7種類のデータの順序は概ね任意であるが、2次元以上の配列となるデータの入力に先立ってその大きさを決めるデータの入力が行われなければならない。

5. 2 入力データの記述形式

5. 2. 1 データ名付き自由形式

入力データは2, 3の例外を除いてほとんどが以下のような「データ名付き自由形式」と呼ぶ形式で記述する。

```
name( data )
```

ここで、"name" は入力すべき変数あるいは配列毎にコードによって定められた名前（データ名）であり、"data" はその変数あるいは配列に与えるデータそのもの（データ部）である。

例：

```
NPART( 1000000 )
ENGYB( 2.0E+7 1.0E+7 0.1 )
NAMES( SPACE1 SPACE2 )
RUSSIAN-ROULETTE
```

NPART、ENGYB等がデータ名であり、()の中の数字、文字列等がデータとして入力される。最後の例はデータ部（data）が必要でない特殊な形式であり、「オプション」部で多用される。

入力データ作成に際しては次の記述規則に従わねばならない。

1. データ名 "name" は空白を含まない文字列であり、2行以上にまたがって記述することはできない。ただし、データ部の開始を示す左括弧（ "(" ）とデータ名の最後の文字との間にはブランク、コメント部およびコメント行（後述）を挿入することができる。
2. データ部 "data" は1個または2個以上の数値データまたは文字列データである。

(1) 文字列データ：

各文字列データは空白または改行で区切られる。従って、各文字列は空白を含むことはできない。

例： NAMES(NAME1 NAME2 NAME3)

(2) 数値データ：

この場合、data は数値データそのもの、または数値データの集まりであり、次の4つの形がある。

data =	value	(1 個の数値定数)
	data data ... data	(複数の data)
	n(data)	(括弧内の data の n 回繰返し)

n:value

(増分valueによるn個のデータ生成)

それぞれの形式は以下の記述規則に従わねばならない。

① value

数値定数あるいは<>で囲まれたシンボリック定数(後述)である。

数値定数としては以下の形式が許される。

・符号付き整数

1234 +1234 -1234 0123 等

・符号付き小数点数

0.1234 -.1234 +12.34 等

・"E" または "D" をともなった符号付き浮動小数点数

1.234E10 -12.34D-9 +1234E-07 等

【注】"E" または "D" を使わない

"1.234+10" あるいは "1.234 +10"

のような形式は許されない。このようなデータはそれぞれ、

"1.234+10=11.234"、

2つのデータ "1.234" と "+10" と見なされる。またFORTRANでは "E" が単精度、"D" が倍精度の意味するが、MVP/GMVPの入力ではどちらも倍精度定数として読み込まれる。

整数値が要求されているデータ項目に対して小数点データあるいは浮動小数点データを入力した場合には、小数部分は切捨てられる(関数INTの機能)。

逆に、実数値が要求されているときに整数データを入力した場合には関数FLOATの処理がなされる。

② data data ... data

複数のdataはひとつ以上の空白または改行で区切る(コンマは使えない)。ただしdataの先頭と左括弧 "("、dataの最後と右括弧 ")" の間には空白がなくてもよい。

③ n(data)

括弧内のdataをn回繰返すことを示す。n は正の整数定数または<>で囲まれたシンボリック定数(後述)であり、次に続く左括弧との間に空白を置いてはならない。

dataの定義から分かるように、この繰返し形式は2重以上の入れ子にして使用することが可能である(最大15重まで)。

データ名が配列名であるときは、nの代わりに文字 "R"を用いることによって配列の最後まで

同じdataを繰り返すことができる。

nも "R" もない場合は繰り返し数はゼロとみなされ()内のデータは無視される。

例：次の3通りのデータは同じ意味である（データ名が"M"）。

```
M( 2( 1 3( -1 8) ) )
M( 1 3(-1 8) 1 3(-1 8) )
M( 1 -1 8 -1 8 -1 8
  1 -1 8 -1 8 -1 8 )
```

--> M(1)=1, M(2)=-1, M(3)=8, M(4)=-1, M(5)=8, M(6)=-1, M(7)=8,
M(8)=1, M(9)=-1, M(10)=8, M(11)=-1, M(12)=8, M(13)=-1, M(14)=8

また、"R" の使用例として（データ名は"L"）

```
L( 3(1) R( 4 3 2) )
--> L(1)=L(2)=L(3)=1,
L(4)=4, L(5)=3, L(6)=2, L(7)=4, L(8)=3
(配列Lの長さが8である場合)
```

④ n: value

直前の数値入力データにvalueを加算する操作を繰り返してn個のデータを生成することを意味する。nは正の整数定数または<>で囲まれたシンボリック定数（後述）である。n と ":" の間には空白または改行を置いてはならない。また、n:valueが、あるデータ項目の最初のデータとなることはない。なぜならこのようにすると最初のデータを生成するための「直前」のデータが存在しないからである。

nがなかったりn=0の時は、 ":" が無視される。

例：次の2つの入力と同じ。

```
IA( 1 9:2 )
IA( 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 )
```

- ひとつの入力行中でデータ名およびデータを置く位置は有効な文字範囲内（1～72桁でコメント部以外）であればどこでも良い。データは2行以上にわたって記述することもでき、また可能ならばひとつの入力行中に2つ以上のデータ名付き自由形式入力データの項目を置くことも可能である。

例：次の3つのデータは同じ。

```

IDATA(1 2 3)
      IDATA(1      2 3)
IDATA(
      1 2
      3
      )

```

また、NPARTというデータとIRANDというデータを入力する場合、

```

NPART(1000000)
IRAND(1357)

```

のように2行にわたって入力することも、

```

NPART(1000000) IRAND(1357)

```

のように1行に収めるのも同じ意味である。

4. その他の基本的な約束として次の事項がある。

1行の有効文字数

- ・入力データの各行では1文字目から72文字目まで（blank含む）が有効なデータであり73文字目以降は無視される。以下では誤解のない場合には「X文字目」の代わりに「X桁目」という表現を用いる。

空白行

- ・空白文字のみの行は「タイトル」部（固定フォーマット）および「制御オプション」部（空白行はオプション指定の入力終了を意味する）以外では意味を持たない。これは、データを見やすくする目的等に使える。

コメントおよびコメント行

- ・「タイトル」部以外では、次のような行あるいは行の一部は入力データと見なされないので、コメント用あるいはデータを一時的に無効にする等の目的に使用することができる。

1桁目が *（アスタリスク）の行全部。

/*（スラッシュ+アスタリスク。間に空白がない）がある行の/*以降。

注意：

/* によるコメント化は1～72桁のどこからでも行なうことができるが、FACOM, IBM等のメインフレームあるいはそのシステムのOSにおけるジョブ制御言語中にデータを記述する場合には1桁目からの/*はデータの終了（End of File）を意味するため、/*を1桁目から入力するとそれ以降の行のデータは読み込まれないので注意を要する。

すべての入力データの終了

- ・次の2つの時、入力データの読み込みを終了する。
 - ①End of File (UNIXマシンでは無限ループとなる可能性がある)
 - ②パラメータ行(1桁目が%の行)、シンボリック定数、入力データのdata部(通常入力エラー)以外の/ (スラッシュ+空白)

使用できる文字の種類

- ・コメント部分以外のデータはいわゆる半角(1バイト文字)のアルファベット、数字、四則演算記号(+, -, *, /, =, (,))、ブランクおよび特殊記号でなければならない。漢字や倍角かな数字等をコメント部分で使うのは構わない。
- ・データでのアルファベットは基本的に大文字のみ使用できる。UNIX等の小文字中心の環境では小文字も使用できるが、大文字とは区別されるので入力データ作成には注意を要する。
- ・入力データに特殊記号 ¥ (Ethernet端末及びUNIX上では \$), #, &, @, %, :, !, <, > を使用している。使用環境(キーボード、言語、OS等)によってはどれかの文字が使えなかったり他の記号に化ける場合がある。この場合にはインストールの方法によってある記号を別の記号に置き換えて使用する必要がある。また、異なるシステムの間で入力データの転送を行った場合にも、同様の文字化けがおこる。原研のシステムにおける文字の一覧表を次に示す。

FACOM メインフレーム上	<u>¥</u>	#	&	@	%	:	!	<	>	
専用 端末	<u>¥</u>	#	&	@	%	:	!	<	>	
Ethernet 端末	<u>\$</u>	#	&	@	%	:]	<	>	!
UNIX マシン上	<u>\$</u>	#	&	@	%	:]	<	>	!

文字化けがおこるのは、入力データの説明で記述されている "¥" と"! "であるが、上記システムまたは端末上で使用すべき文字を下線で示す。特に注意を要するのは、"! "であり、ファイル転送(FACOM メインフレーム⇄UNIXマシン)した入力データがそのままでは使用できない。

- ・タブ文字を空白の代りに使用することはできない。

5. 2. 2. シンボリックパラメータとシンボリック定数

入力データの中で使用者が定義した文字列、あるいはコードが計算したパラメータを数値定数のように使用することができる。このように定まった数値に対応した文字列をシンボリックパラメータ、これを用いた入力データをシンボリック定数と呼ぶ。例えば

```
例： % NG=64,NGN=5                /* シンボリックパラメータの設定
      NGROUP ( <NG> )                /* シンボリック定数の使用
      NGROUP.N ( <NGN> ) NGROUP.P ( <NG-NGN> ) /*      "
```

は、次の入力データと同等である。

```
NGROUP ( 64 ) NGROUP.N ( 5 ) NGROUP.P ( 59 )
```

データ作成に際しては以下の規則に従わねばならない。

- (1) シンボリックパラメータはブランクを含まない8文字以内の英数字（ "." (ピリオド) は使用可）文字列で、最初の文字は英字でなければならない。使用できるパラメータの最大数は256個であり、入力データの途中でその値を変更することはできない。
- (2) シンボリックパラメータは次の2通りの方法で定義することができる。
 - ①パラメータ行（1桁目に "%" がある行）

```
例： % symbol1 = value1, symbol2 = value2, .....
```

パラメータ行は何行あっても良く、入力データ中のタイトル部を除く任意の位置に挿入することができる。また、一行のパラメータ行で複数のパラメータを定義することができる。この場合は各パラメータの定義を ", " (カンマ) で区切らなければならない。パラメータ行においてはブランクは意味を持たない。また、1つのパラメータの定義を2行以上にわたって行うことはできない。

- ②データ名付き自由形式データ入力のシンボリック定数（後述（4））の中

```
例： NGROUP ( <NG=value1> )
```

これは後述のシンボリック定数の特殊な用法で、この例の場合にはシンボリックパラメータNGにvalue1が与えられると同時に変数NGROUPにその値が読み込まれる。<>内の記述の規則はパラメータ行と同様である。<>内で2つ以上のパラメータが定義された時は最後のパラメータの値が変数の値として読み込まれる。

- (3) シンボリックパラメータの定義（ "="の右側、上の例ではvalue1, value2）には、整数または浮動小数点定数、あるいはすでに定義されたシンボリックパラメータと数値定数による数式が許される。その数式には、

数値演算子：+，-，*（掛け算），/（割り算），**（べき乗），

括弧（ "("と ")"）

18種類の関数：

SQRT（平方根），

SIN, COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN（角度の単位がラジアンである三角関数と逆三角関数），

SIND, COSD, TAND（角度の単位が度である三角関数）

EXP（指数関数），

ALOG（自然対数），LOG10（常用対数），

INT（整数部），ABS（絶対値），MOD（剰余），MAX（最大値），および

MIN（最小値）

を使用できる。最初の15個の関数の引数の数は1個、次（MOD）は2個、残りは2個以上である。なお、数値演算および関数の演算順序は通常の数式と同じである。

例：% PAI = 3.141592653, ALPHA=COS(PAI/7), BETA=SIN(PAI/7)

% D2=SQRT(B**2-4*A*C)

(A,B,Cは定義済みのシンボリックパラメータである)

- (4) パラメータ行以外の行でシンボリックパラメータを数値定数の代わりに使用するとき、シンボリックパラメータそのものあるいはそれらの数式を "<" と ">" で囲む。これをシンボリック定数と呼ぶ。シンボリック定数の特殊な用法として、上述のシンボリックパラメータの定義（(2)の②参照）および数値定数のみの数式が利用できる。

例：SPH(1 <X> <Y> <Z> <SQRT(X**2+Y**2+Z**2)>) /* 中心(X,Y,Z)で

/* 原点を通る球

H01H03J3(< 6.6E-2 * 2 >) O06003J3 (6.6E-2)

/* 軽水の組成

【注】現在のバージョンでは<>がなくてもシンボリック定数の記述（本来<>で囲まれる部分）にブランクが含まれていなければ同様の意味に解釈される。ただし、括弧（ "("あるいは ")"）が含まれる場合はこの限りではない。また、>のみあって<がない場合も同様であるが、<があつて>がない場合はコードは解釈できない。上述の数値定数の入力で "0.3+5" が 0.3+5=5.3とみなされるのはこのためである。

- (5) コード内で計算される変数の値をシンボリックパラメータとして参照できる。この場合はその

変数名の先頭に "%" を付ける。現在入力データ中で参照できる変数は表5. 1の通りである。ただし、変数の値が計算される前に参照した場合はその値は保障されないので注意を要する。

例：パラメータ行での使用例

```
% NR = %NREG, NG = %NGROUP
```

```
WKIL(< NR * NG >( 0.1 ))
```

シンボリック定数での使用例

```
WKIL(< %NREG * %NGROUP >( 0.1 ))
```

表5. 1 シンボリックパラメータとして参照することのできる変数

変数名	意味	設定される時
NGP1	中性子タリーの群数 (=NGROUP.N)	入力時
NGP2	光子タリーの群数 (=NGROUP.P)	入力時
NGROUP	全タリー群数	
NHIST	バッチ当りの線源粒子数	入力時
NINPZ	入力ゾーン (input-zone) 数	入力時
NMAT	巨視的断面積を用意する物質数	断面積データ入力時
NZONE	ゾーンZONE数	幾何形状データ入力時
NREG	領域REGION数	幾何形状データ入力時
NTREG	タリー領域tally-region数	幾何形状データ入力時
NPKIND	計算する粒子の種類	オプションデータ入力時
DEPS	コード内で判別する最短の距離	幾何形状データの入力の
DINF	コード内で「無限大」と見なす距離	開始時に省略値に
NUC	問題に含まれる核種数	断面積データ入力後
NPATOM	問題に含まれる元素数	断面積データ入力後
ETOP	計算する中性子エネルギーの上限	入力時
EBOT	計算する中性子エネルギーの下限	入力時
ETOPP	計算する光子エネルギーの上限	入力時
EBOTP	計算する光子エネルギーの下限	入力時
NGPX	多群断面積の1次粒子の群数	断面積データ入力時
NGGX	多群断面積の2次粒子の群数	断面積データ入力時
NTGX	多群断面積の群数	断面積データ入力時

(6) 1つのシンボリックパラメータの定義あるいはシンボリック定数の記述を2行に渡って行うことはできない。

例えば、次の記述は許されない。

```

%   NR =                               /* 許されない記述の例
%       1                               /*   "
      WKIL ( < NR *                       /*   "
              NG >( 0.1 ) )              /*   "

```

5. 2. 3 REGION毎に入力すべきデータ

REGION番号は直接入力されるのではなく、コードによってREGION名に対応した値に設定されるので、REGION依存のデータをREGION番号順に入力するのが困難な場合がある。特に、TALLY-LATTICEオプションを使用した場合には、幾何形状モデルがいくつかのREGIONを含むのかすら入力データから判定するのが困難な場合もある。

そこで、MVP/GMPではREGION毎に必要なデータの入力形式として、通常のデータ名付き自由形式に加えて、次の2通りの方法を用いることができる。

対象となるデータは

XIMP(NGROUP,NREG)	:	エネルギー群、REGION毎のインポートランス
WKIL(NGROUP,NREG)	:	" Russian-rouletteのパラメータ
WSRV(NGROUP,NREG)	:	" splittingのパラメータ
WGTF(NREG)	:	REGION毎の核分裂中性子に与える重み
WGTP(NREG)	:	" 2次光子に与える重み
RVOL(NREG)	:	REGIONの体積

である。

それぞれの配列は入力データが読み込まれる前に省略値に設定される。従って、省略値でよいREGIONに対しては入力する必要はない。

(1) 形式-1 (XIMPの入力を例にとる) :

```
XIMP( !REGION名 ( データ …… ) …… )
```

この形式では、次の規則に従って、入力配列名ごとにREGIONを指定しながら入力を行う。

①REGIONの指定にはREGION名またはTALLY-REGION名(@で始る)を用いることができる。後者で指定した場合はそのTALLY-REGIONに含まれるすべてのREGIONに対してデータが設定される。

- ②レベル 0 の世界 (root-cell) のREGION名には "!" を付けること。これによって、この形式の入力データでは、すべてのREGION名は "!" から始ることになる。TALLY-REGION名はこの限りではないが、この場合も@の前に "!" を付けても誤りとはならない。
- ③REGION名によるREGIONの指定ではワイルドカード文字 "*" と "?" を用いることができる。(後述)
- ④同じREGIONに複数のデータが入力された場合(ワイルドカードまたはTALLY-REGIONによる指定の結果)には、最後に入力されたデータが採用される。
- ⑤同じ配列に対する入力を一度に行ってもよいし、複数回に分けて行ってもよい。すなわち、次の2通りの入力は同じである。

例1 : XIMP(!region1(データ) !region2(データ))

例2 : XIMP(!region1(データ)) XIMP(!region2(データ))

- ⑥最初のREGION名の指定に相当する部分の先頭が "!" または "@" でない場合は、すべてのREGIONに対するデータをREGION番号の順に入力する(通常の名付き自由形式による入力である)ことを意味する。

例 : XIMP(<NG>(2.0) <NG>(0.5) R(1.0)) /* NGROUP*NREG個のデータ入力

【注】REGION番号はコードがREGION名の順序に従って付けるので、REGION名として1から連続した整数を指定した時等REGION番号が明らかな場合、あるいはすべてのREGIONに同じデータを与える場合以外にはこの方式は避けた方がよい。

(2) 形式-2 :

!REGION名(配列名(データ) 配列名(データ) ……)

この形式では、REGIONをREGION名あるいはTALLY-REGION名で指定し、そのREGIONに対して複数種類の配列に対して入力を行う。ワイルドカード・入力順序等に関する規則は形式-1の場合と同様である。

ただし、この形式の入力であることをREGION名に付いている "!" で行っているために、REGION名(TALLY-REGION名の場合も)は先頭に "!" を付ける必要がある。

(3) ワイルドカード文字 "*" と "?" を用いたREGIONの指定

REGION名の入力にMS-DOSあるいはUNIXで使用されるワイルドカード（メタキャラクター）に類似した入力方法が利用できる。ワイルドカード文字を用いた指定では、

- "?" : 1文字だけ任意の文字で置き換える、
- "*" : 任意の文字数の任意の文字列で置き換える、
(ZONE毎のREGION名、FRAME名、SUBFRAME名の範囲内のみで置き換える)

ことによって得られる名前の中で該当する名前を持つすべてREGIONを指定したことになる。

例:

- !*あるいは* ----> root-cell (レベル 0の世界) に属するすべてのREGION
(他のレベルは含まない)
- !*:*!*:*!* ----> レベル 2の世界のセル内のすべてのREGION
(他のレベルは含まない)
- !LAT1:SPEC1!*A ----> !LAT1:SPEC1で決まる部分空間のセルに属するZONEの中で、
ZONE毎のREGION名の最後の文字が "A" であるREGIONすべて

5. 3 入力データの説明

5. 3. 1 ジョブのタイトル (72字×2行)

入力データの最初に計算の内容等を示す任意の文字列を入力する。このデータは計算結果ファイル (入出力機番30) およびリスタートファイル (入出力機番20) に書出される。

5. 3. 2 オプションの選択

使用者が選択するそれぞれのオプションを次のような文字列データで指定する。

[NO-]word1[-word2- . . . -wordn][(.)]

ここで word1、word2 . . . はオプションを記述するための文字列であり、それぞれの間を "-" (マイナス) で結ぶ。[] は必要であれば記述すべきことを示す。もし、最初に "NO-" を付ければ、そのオプションを選択しないことを意味する。

文字列の入力位置は1~72桁の間で任意であるが、一つのオプションに関する入力を2行にわたって記述することはできない。

オプションの選択の入力の終了は空白行によって示される。

以下に選択可能なオプションを示す。コード内では下線を引いた文字 (4文字) の部分だけを見て判断する。

RESTART: リスタート計算であることを示す。入力機番10上にあるリスタートファイルから必要な情報を読み込んで計算を再開する。リスタートファイルは以前の計算で入出力機番20上に書出されたものを仮定している。

NEUTRON: 中性子輸送問題を解く。

PHOTON[(A)]: 光子輸送問題を解く。連続エネルギー法では、文字列 A によって光子反応モデルを選択する。Aとしては

PHOTON: 詳細モデル

GAMMA: 高エネルギー光子用の簡易モデル

(A)を省略した場合は詳細モデルが選ばれる。

BREMSSTRAHLUNG: 光子と原子の反応によって生じる電子による制動X線の発生を行う。このオプションは連続エネルギー法のみで有効である。

IMAGINARY-PARTICLE: 発生点から直進するだけで、いかなる物質とも反応しない仮想的な粒子のみの計算を行う (この場合、すべての領域の媒質を真空として扱う)。ただし、境界条件、

漏洩等の扱いは入力通りである。幾何形状が正しく入力されているかどうかのチェックに用いることができる。また、TALLY-REGIONの体積を1.0とすると同時に平行ビーム線源等の適当な線源を用いることによって、領域体積の計算にも利用できる。

FISSION：核分裂反応による二次中性子を発生する。EIGEN-VALUEオプションが選択されると自動的にこのオプションも選ばれる。

EIGEN-VALUE：固有値問題（keffを求める問題）を解くことを示す。

FIXED-SOURCE：固定源問題を解くことを示す。

TIME-DEPENDENT：時間依存の問題を解くことを示す（現在は使用できない）。

RUSSIAN-ROULETTE：Russian rouletteによって重みの小さく従って重要度の小さくなった粒子の random walkを早く終了させる（weight cutoff）。

この操作は以下のように行う；

粒子がある位相空間（REGIONとエネルギー）に入った時、そのREGIONとエネルギーに対して定義されている次の2つの量を用いてRussian rouletteを行う。

WKIL：Russian rouletteを行なう基準となる重み。

WSRV：Russian rouletteで生き残った粒子に与える重み（WSRV>WKIL）

粒子の重みをWとすると、

① $W > WKIL$ ならRussian rouletteは行なわない。

② $W \leq WKIL$ のとき、一様乱数 u ($0 < u < 1$) に対し；

$u < W/WSRV$ ----> 粒子は生き残り重みWSRVを与えてrandom walkを続行する。

$u \geq W/WSRV$ ----> 粒子のrandom walkは終了させる。

IMPORTANCE：分散低減のためのRussian roulette killとsplittingを、REGION、エネルギー群毎に定めたインポートランスによって行う。

方法は次の通りである。

Iold：もとのREGION、エネルギーでのインポートランス

Inew：新しいREGION、エネルギーでのインポートランス

とするとき、 $\xi = Inew/Iold$ に対して、

① $\xi < 1$ のとき：

生き残り確率 ξ でRussian rouletteを行う。

生き残った粒子の重みは $W' = W/\xi$ とする。

② $\xi \geq 1$ のとき：

$[\xi]$ を ξ の整数部分とすると、粒子をN個にsplitする。

$N = [\xi] + k$ $k=1$ ：確率 $\xi - [\xi]$

$k=0$ ：確率 $1 - (\xi - [\xi])$

split後の各粒子の重みは、 $W' = W/\xi$ とする。

WEIGHT-WINDOW：weight-window法による分散低減を行う。

粒子が新しく入った位相空間（REGION、エネルギー）に対して次の2つの値が定義されているものとする。

WKIL : Russian rouletteを行なう基準となる重み。

WSRV : Russian rouletteで生き残った粒子に与える重み ($WSRV > WKIL$)

粒子の重みを W とすると、

① $W > 2 \cdot WSRV$ のとき：

$\xi = W/WSRV$ の粒子に分裂させる。その小数部分に対してはインポートランスの場合と同様にRussian rouletteを行う。

新しい重みは $WSRV$ とする。

② $W < WKIL$ のとき：

生き残り確率 $W/WSRV$ のRussian rouletteを行なう。

生き残った粒子に対しては重み $WSRV$ を与える。

この方法によって粒子の重みは $WKIL < W < 2 \cdot WSRV$ の範囲に揃えられる。

RESPONSE : レスポンス関数を用いた反応率の評価を行う。

MONITOR : 特定の反応や事象に対して、**REGION**、エネルギー群ごとに、回数、平均の重みをモニターする。モニターされるのは衝突反応およびエネルギーの下限以下への散乱である。このオプションを使用すると計算時間が増加するために、分散低減のためのパラメータを設定する目的で行うテスト計算等にもみ用いると有用である。

PICTURE : 幾何形状モデルの断面図を文字パターンによって出力する。

LATTICEあるいは**REPEATED-GEOMETRY**

: 格子形状(繰り返し形状)表現を用いる。

TALLY-LATTICEあるいは**FRAME-DEPENDENT-TALLY**

: 格子形状(繰り返し形状)を用いる場合に、**FRAME-SUBFRAME**によって定義された部分空間毎のタリーを取る。

FLUX-PRINT : 各**REGION**、各エネルギー群ごとの粒子束の計算値(レサジー当り)をプリント出力する。

POINT-DETECTOR : 点検出器評価法を用いることを示す。(多群法のみで有効)

ADJOINT : 随伴問題を解くことを示す。(多群法でのみ有効)

以下のオプションは連続エネルギー法(MVP)のみで有効である。

EDIT-MICROSCOPIC-DATA(N) : 微視的断面積及び反応率を計算しファイルあるいはプリント出力するためのオプション。計算を行う場合は断面積と反応率の両者が計算される。 N は8桁の整数

$$(N=10^7N_1+10^6N_2+10^5N_3+10^4N_4+10^3N_5+10^2N_6+10N_7+N_8)$$

で、各桁は反応の種類、その入力値は反応毎の処理を示す。

反応の種類(N の桁)

N_1 : total

N_2 : ν -fission

N_3 : fission

N_4 : elastic scattering

N5 : capture (absorption-fission)

N6 : inelastic scattering

N7 : (n,2n)

N8 : net absorption:absorption-(n,2n)-2(n,3n)-3(n,4n)

(他の反応の反応率はレスポンス (エネルギーで積分したもの) としてRESPONSEオプションと下記 NSTALを用いて行う)

処理タイプ (Niの値)

0 : 計算しない。

1 : 計算する。ファイル(FT30)に出力し、プリント出力は行わない。

2 : 計算する。ファイル(FT30)に出力し、断面積のみプリント出力する。

3 : 計算する。ファイル(FT30)に出力し、反応率のみプリント出力する。

4 : 計算する。ファイル(FT30)に出力し、プリント出力する。。

(N)が省略された場合は、このオプションは選択されないと解釈される。

EDIT-MACROSCOPIC-DATA(N) : 巨視的断面積及び反応率を計算しファイルあるいはプリント出力を行うためのオプション。入力形式及び入力データの意味は上記微視的断面積の場合と同様である。

EDIT-BY-TRACK-LENGTH : 断面積と反応率の計算に track length estimator を用いる。
(省略時にはこれが用いられる。)

EDIT-BY-COLLISION : 断面積と反応率の計算に collision estimator を用いる。

PRINT-SUPPRESS(I1 I2 ...In) : 出力項目ごとのプリント出力抑制オプション。

Ijの項目の出力を行わない。

出力項目 (Ij)

1 : グループごとの粒子束

2 : 現在、定義されていない

3 : 時間依存粒子束

4 : レスポンス

5 : 時間依存レスポンス

6 : 源の情報 # 1

7 : 源の情報 # 2

8-16 : 現在、定義されていない

17 : 微視的反応率

18 : 微視的断面積

19 : 巨視的反応率

20 : 巨視的断面積

これらのオプションの間には相互に矛盾する意味をもつために同時に指定することができないものがある。それらの相容れないオプションおよびオプション指定データを入力しなかった場合の解釈（省略値）を表5. 2に示す。

もし相互に両立不可能なオプションが指定されたり、同じオプションに対して”NO-”の付いているデータと付かないデータが入力された場合には後から入力されたデータが有効となる。

表5. 2 オプションデータとその省略時の解釈

(onはそのオプションが採用されることを、offは採用されないことを示す)

オプション	省略時	両立しないオプション	コメント
RESTART	off		
NEUTRON	on		
PHOTON	off		反応モデルの省略値は光子モデル
BREMSSTRAHLUNG	off		
IMAGINARY-PARTICLE	off		
FISSION	off		EIGEN-VALUEが選択された場合自動的に指定される
EIGEN-VALUE	off	FIXED-SOURCE	
FIXED-SOURCE	on	EIGEN-VALUE	
TIME-DEPENDENT	off	EIGEN-VALUE	現在は使用できない
RUSSIAN-ROULETTE	on	WEIGHT-WINDOW	
IMPORTANCE	off	WEIGHT-WINDOW	
WEIGHT-WINDOW	off	RUSSIAN-ROULETTE IMPORTANCE	
RESPONSE	off		
MONITOR	off		
PICTURE	off		
LATTICE	off		
TALLY-LATTICE	off		FRAM-DEPEと同じ
FRAM-DEPE-TALL	off		TALL-LATTと同じ
POINT-DETECTOR	off		多群法のみ
FLUX-PRINT	off		
ADJOINT	off		多群法のみ
EDIT-MICR-DATA	off		連続エネルギー法のみ
EDIT-MACR-DATA	off		連続エネルギー法のみ
EDIT-BY-TRACK-LENGTH	on	EDIT-BY-COLL	連続エネルギー法のみ
EDIT-BY-COLLISION	off	EDIT-BY-TRAC-LENG	連続エネルギー法のみ
PRINT-SUPPRESS	off		

5. 3. 3 Random Walk に用いるデータ (ヒストリー、計算時間、物理モデル等に係わるデータ)

以下のデータはすべてデータ名付き自由形式で入力する。また、<>内にそのデータの必要または有効となるオプション、条件を示す。<>のないデータは基本的には常に必要である。

- 3-1 NPART : 発生させる粒子の総数。リスタート計算の時はこれから行う計算の終了時の通算の発生粒子数を入力する (以前の計算の粒子数も含む)。固有値 (keff) 問題では、反応率等の統計をとり始める前にスキップするバッチにおける粒子数も含む。
- 3-2 NHIST : バッチあたりの粒子数。このパラメータはリスタート計算の時に変更してはならない。
- 3-3 NBANK : 粒子バンクの長さ。NHIST以上の大きさであること (省略値=NHIST、連続エネルギー法による中性子-光子結合計算の場合にはNHIST/(1-BANKP)、さらに固定源核分裂問題またはWEIGHT-WINDOW、IMPORTANCEオプションを使用すれば省略値はこれらの値の2倍となる。BANKPは入力データ3-27で与えられる。)
- 3-4 NGROUP : 多群法 : random walkを行うエネルギー群数。断面積の群数とは一致しなくてよい。ただし断面積の群数より少ないか等しいこと。断面積の群数より小さい場合にはNGROUP以上の群へ散乱された粒子はヒストリーを終了する (エネルギーカットオフ)。連続エネルギー法 : 粒子束等のタリーをとる全エネルギー群数。
- ・中性子-光子結合問題ではコード内でNGROUP.X入力時に計算される (X は N あるいはP)。
- $$\text{NGROUP} = \text{NGROUP.N} + \text{NGROUP.P}$$
- (NGROUPの入力は必要ない。)
- ・単独問題では、NGROUP入力時に
- $$\text{NGROUP.X} = \text{NGROUP,}$$
- NGROUP.X入力時に
- $$\text{NGROUP} = \text{NGROUP.X}$$
- と設定される。(NGROUPあるいはNGROUP.Xの一方の入力でよい)。
- 3-5 NGROUP.N[EUTRON] : 中性子のエネルギー群数 (多群法、連続エネルギー法における意味はNGROUPと同様)。[]のなかは省略してもよい。またこの変数名の代わりにNGP1を用いることもできる。
- 3-6 NGROUP.P[HOTON] : 光子のエネルギー群数。変数名としてNGP2でもよい。
- 3-7 NTIME : 時間依存タリーの時間ビンの数。(省略値=1) <TIME-DEPENDENT>
- 3-8 TCPU : 使用するCPU時間の上限 (単位:分)。これを超過すると次のバッチには入らずに、既に終了したバッチに対して出力処理にはいる。
- 3-9 IRAND : 乱数列の初期値を与える整数 (0~2³¹-1)。リスタート計算では使用されない。(省略値=0)
- 3-10 NFBANK : 核分裂中性子バンクの長さ。NFBANK ≥ NHISTであること。

(省略値=NHIST) <EIGEN-VALUE>

3-11 NSKIP : 固有値問題において粒子束、反応率等の統計をとる(核分裂源分布が収束する)までにスキップするバッチ数(省略値=0)。リスタート計算で変更してはならない。

<EIGEN-VALUE>

3-12 NPICT : 文字パターンによって出力する幾何形状モデルの断面図の数。<PICTURE>

3-13 NMEMO : 粒子が次に入るゾーンの候補を記憶しておく配列の大きさ(ZONEあたり)。NMEMOはあるZONEから次に入っていく可能性のあるZONEの数の最大値、あるいはそれ以上とすることが望ましい。(省略値=5)

3-14 NMEMS : NSOURセットの各粒子源毎に記憶する粒子発生ゾーンの数。(省略値=5)

3-15 NMEMOP : 次に入るゾーンの候補を記憶しておく配列の最適化(頻度の多いゾーンから並べ直す)をバッチ数がNMEMOP以下である間を行う。(省略値=2)

3-16 NRSKIP : 計算の開始前または各バッチの前に「捨てる」乱数の数。NRSKIP>0の時はこの操作は計算開始前に一度だけ行われるが、NRSKIP<0なら|NRSKIP|個の乱数を各バッチの前に捨てる。(省略値=0)

3-17 DEPS : コード内で判別される最短の距離。(省略値= 10^{-5} cm)

3-18 DINF : コード内で「無限大」として扱われる距離。(省略値= 10^{30} cm = 10^{12} 光年)ただし、計算は倍精度実数計算で行っているために 10^7 cm以上の距離の幾何形状データの inputs は避けた方がよい。

3-19 TCUT : 粒子がrandom walkを行う時の経過時間の上限(現在は使用できない)。この時間を越えた粒子のrandom walkは終了する。<TIME-DEPENDENT>

これ以降のデータは連続エネルギー法(MVP)のみで有効あるいは必要である。

3-20 ETOP[N] : 計算する中性子のエネルギーの上限(eV)。核分裂等でETOP.N以上となったエネルギーはこの値にセットされる。ETOP.N>ETOPL(ライブラリーのエネルギーの上限:20MeV)を入力するとETOPLにセットされる。[]の中は省略できる。(省略値=20 MeV) <NEUTRON>

3-21 EBOT[N] : 計算の対象とする中性子のエネルギーの下限(eV)。EBOT.N<EBOTL(ライブラリーのエネルギーの下限: 10^{-5} eV)を入力するとEBOTLにセットされる。[]の中は省略できる。(省略値= 10^{-5} eV)

また、固有値問題及び熱中性子散乱を考慮する(ETHMAX≠0)問題では、自動的に(入力データの値に関わらず)EBOTLにセットされる。

<NEUTRON>

3-22 ETOP.P : 計算する光子のエネルギーの上限(eV)。ETOP.P以上となったエネルギーはこの値にセットされる。ETOP.P>ETOPLP(ライブラリーのエネルギーの上限:100 MeV)を入力するとETOPLにセットされる。

(省略値=100 MeV) <PHOTON>

3-23 EBOT.P : 計算の対象とする光子のエネルギーの下限 (eV)。EBOT.P<EBOTLP (ライブラリーのエネルギーの下限: 1 keV) を入力するとEBOTLPにセットされる。(省略値=1 keV) <PHOTON>

3-24 ETHMAX : 熱中性子散乱を考慮するエネルギーの上限 (eV)。ETHMAX≠0ならば熱中性子散乱を考慮する。ただし、ETHMAX≤EBOTの場合はETHMAX=ESABL (ライブラリーに与えられている使用する核種の熱中性子非弾性散乱データのエネルギー領域の上限) に自動的にセットされる。

(省略値=0.625eV) <NEUTRON>

3-25 AMLIM : Free gas model を適用する核種の質量 (中性子を1.0とした時) の上限。AMLIMより大きい質量を持つ核との熱中性子散乱は 0.625 eVまでは重心系等方の弾性散乱によって減速し、それ以下ではエネルギーは変化せず、方向のみ重心系等方で変化する。

(省略値=250.0 : すべての核種にfree gas modelを適用) <NEUTRON>

3-26 EWCUT : 中性子吸収反応の二つの取扱い法の適用エネルギー領域の境界 (eV)。EWCUT以下のエネルギー領域では analog absorption (吸収される確率でヒストリーを終了) が、それ以上ではweight reduction(non-analog absorption : 吸収反応によるヒストリーの終了は行わず、吸収確率だけ粒子の重みを減ずる) が用いられる。

(省略値=275eV) <NEUTRON>

3-27 BANKP : 連続エネルギー法による中性子-光子結合計算において、中性子反応からの光子発生時にバンク溢れが生じた場合に、2次粒子として光子を発生させる確率。

(省略値=0.5) <NEUTRONかつPHOTON>

3-28 MB : 各粒子ごとに巨視的断面積を記憶しておく物質の最大値。

(省略値=組成データの与えられた物質数)

5. 3. 4 断面積データ：物質組成データ

物質組成データは1～4桁に "YXSEC" という文字列をもつデータで始る。これに続けて以下のデータを入力する。入力法は多群法と連続エネルギー法では次のように異なる。

(1) GMVP (多群法)

このセクションのデータはMORSE-DDコードと同じものが多く、入力形式もMORSE-DDコード⁹⁾に準じており、データ名付き自由形式とはなっていない。したがって、このセクションの入力にはシンボリックパラメータは使用できない(定義を行うこともできない)。また、使用する断面積ライブラリーの形式もMORSE-DDと同じものを仮定している(ルジャンドル展開の場合はANISNタイプである)。データ番号の後の括弧内に入力書式を示す。(*)はFORTRAN77の標準自由書式を示す。

DATA X-0 (A72)

断面積データに与えるタイトル

DATA X-1 (*)

- 1) NGP : 一次粒子 (n- γ 結合問題では中性子) の断面積のエネルギー群数。
- 2) NDS : 一次粒子に対して考慮する下方散乱 (自群散乱を含む) の群数。
($NDS \leq$ ライブラリーの下方散乱の群数) でなければならない。
- 3) NGG : 二次粒子 (n- γ 結合問題では γ 線) の断面積のエネルギー群数。
- 4) NDGS : 二次粒子に対して考慮する下方散乱 (自群散乱を含む) の群数。
- 5) INGP : 断面積ライブラリーのエネルギー群数 ($\geq NGP + NGG$)。
IDDX (後述) = 1 のときは自動的に $INGP = NGP + NGG$ にセットされる。
- 6) ITBL : 断面積テーブルの長さ (下方散乱群数 + 上方散乱群数 + 3 が普通)。
IDDX (後述) = 1 のときは $ITBL = NGP + NGG + 3$ とすること。
- 7) ISGG : 断面積テーブルでの自群散乱断面積の位置 (通常は上方散乱の群数 + 4)。
- 8) NMED : 記憶領域上に断面積データが作成される物質の数。
- 9) NELEM : 断面積ライブラリーから読み込まれる断面積要素 (核種あるいは合成済の物質) の数。
- 10) NMIX : 断面積合成演算 (DATA X-5) の回数。全ての物質に対して巨視的断面積を入力した場合にも各物質毎に最低1 (原子数密度 = 1.0 として) の演算操作が必要である。
- 11) NCOEF : IDDX (後述) = 0 のとき、コード内で使用するルジャンドル展開の次数 + 1。
IDDX = 1 のときは1とする。
- 12) NSCT : IDDX = 0 のときはコード内で使用する離散的な散乱角度の数。

(NCOEF/2が望ましい)。

IDDX=1のときはDDXライブラリーの散乱角余弦の分割数。

- 13) ISTAT : >0なら点検出器のために必要な散乱の角度分布の情報を記憶領域上に保存する。
 14) IDDX : =0 ルジャンドル展開型断面積ライブラリーを用いる
 =1 二重微分型断面積 (DDX) ライブラリーを用いる

DATA X-2 (*)

- 1) IRDSG : >0 断面積を読み込んだ通りにプリントする。
 2) ISTR : >0 処理されて記憶領域の保存されている断面積データをプリントする。
 DDXモードのときはISTR<0とすると断面積のプリントは一切行わない。
 3) IFMU : >0 ルジャンドル展開型断面積から散乱角度を計算する途中経過をプリント
 する。
 4) IMON : >0 ジャンドル展開型断面積から計算したモーメントをプリント出力する。
 5) IPRIN : >0 散乱角度と散乱確率をプリントする。
 6) IPUN : >0 不適当な散乱角度を与えたルジャンドル係数をプリントする。
 7) IDTF : >0 入力されるルジャンドル展開型断面積がDTF-IV型 (2l+1の因子を展開
 係数は含まない) である。それ以外の場合はANISN型 (2l+1を含む) とする。
 標準入力からカードイメージの断面積データを読み込む (IXTAPE (後述)
 =0) ときは、この値によって読み込み形式を指定する (DATA X-3'参照)。

8) IXTAPE :

>0の場合

- ・ルジャンドル展開型 (IDDX=0) のとき;

ANISN型断面積ライブラリーの入出力機番、またはそれに1000を加えた値。1000を加えるかどうかによって、2種類のライブラリ形式を指定することができる。処理後の断面積データは入出力機番JXTAPEに出力される。

- ・二重微分型断面積 (IDDX=1) のとき;

DDXライブラリーは入出力機番99から読み込まれ、処理後のデータは入出力機番JXTAPEに出力される。

<0の場合

処理済み (以前の計算でJXTAPEに出力された) の断面積データを入出力機番 |IXTAPE| から読み込む。

【注】この場合、必要なデータはX-1、X-2のみであり、他のデータはあってはならない。

=0の場合 (IDDX=0でなければならない)

ルジャンドル展開型断面積データを次のX-3'のデータから読み込む。

- 9) JXTAPE : 処理後の断面積データが出力される入出力機番 (前項IXTAPE参照)。

以下のデータはIXTAPE \geq 0の時のみ入力する。

DATA X-22 (*) (IXTAPE $>$ 0かつIDDX=1の時必要)

DDXライブラリーを使用する時のDDXの角度(余弦)の境界値。NSCT+1個の値を大きい方から順に入力する。初めが1.0で終りが-1.0となる。

DATA X-3 (*) (IXTAPE $>$ 0の時必要)

断面積ライブラリーから読み込む断面積の核種または物質のID番号(NELEM*NCOEF個)。IDDX=1でID $<$ 0とした場合は、その絶対値が核種IDを示し、中性子の最後の群の断面積データを入力で与えることを意味する。これは、熱エネルギー群の断面積を別個に与えたい時に使用すると便利である。

DATA X-3' カードイメージの断面積データ (IXTAPE=0の時必要)

IDTF=0: FIDOフォーマット (ANISN形式)

IDTF=1: DTF-IV形式

各核種(物質)毎、各ルジャンドル展開の次数毎に

- 1) タイトル (A8)
- 2) ITBL*INGP個の断面積データ (6E12.5)

DATA X-4 (*) (X-3のID $<$ 0の核種に対して与える)

- 1) MAT : 核種のID番号
- 2) SIGT0 : NGP群の σ_t (全断面積)
- 3) SIGPR : NGP群の σ_{pr} (生成断面積)
- 4) SIGA : NGP群の σ_a (吸収断面積)
- 5) SIGF : NGP群の σ_f (核分裂断面積)
- 6) SIGFE : NGP群の $\nu\sigma_f$

DATA X-5 (*)

以下のデータをNMIX回繰り返す。

- 1) KM : 物質番号 ($1 \leq KM \leq NMED$)。ゾーンの入力データではこの番号で物質を指定する。
- 2) KE : 核種番号 (IDそのものではなく、読み込まれた順に番号付けられたもの)。この値が負の時物質KMに対する断面積合成演算データの終了を意味する。
- 3) RHO : 個数密度 (10^{24}atom/cm^3 単位)

(2) MVP (連続エネルギー法)

連続エネルギー法における物質組成を記述するデータは1～5桁目の "YXSEC" という文字列を持つデータから始めて1～9桁目の "YEND XSEC" で終了する。その間に、各物質に対して、次の規則に従って組成データを入力する。

- ① 1桁目が "&" であるデータで各物質の組成データの開始を示す。2桁目はブランク。
- ② まず、物質のID番号をデータ名付自由形式で入力する。

IDMAT(n) : nは1以上998以下の任意の整数。連続する数字になっている必要はない。
ZONEのデータの入力では、この番号で物質を指定する。

- ③ 物質を構成する核種のIDとその個数密度を変数名付自由形式で次のように入力する。

zzabttxx(d) 組成核種の数だけ繰り返す。順序は任意である。

zzabttxx : 核種ID名 (8文字)
d : 個数密度 (10^{24} atom/cm³)

次の "&" データ(次の物質の組成データの開始)が入力されるか、1～9桁の "YEND XSEC" (すべての物質組成データの入力終了)の入力によって各物質の組成データの終りを示す。

例. YXSEC
& IDMAT(100)
U05003J3(6.189E-4) U08W03J3(2.383E-2)
006W03B4(<2*(6.189E-4+2.383E-2)>)
& IDMAT(110)
H01H03J3(6.6856E-2) 006003J3(<0.5*6.6856E-2>)
YEND XSEC

【注1】 PHOTONオプションが選択されている時には、光子の断面積は光子ライブラリーから核種ID名の最初の2文字(元素記号に対応している)で決まる元素のデータが読み込まれる。光子のみの計算では元素の指定に、中性子ライブラリーにおける核種ID名・光子ライブラリーにおける元素ID名のどちらを使用してもよい。

【注2】 使用できる断面積ライブラリーにおける核種ID名は付録Aに示す。

5. 3. 5 幾何形状データ

幾何形状を記述するデータは1～5桁目の "YGEOM" という文字列を持つデータから始めて1～9桁目の "YEND GEOM" で終了する。

入力データの形式はMORSE-CGやVIM等のCG (Combinatorial Geometry) を使用しているコードと似ているが、データ名付き自由形式あるいはそれに類似の形式を用いていることに特徴がある。

入力の順序は基本的にはBODYのデータ、ZONEのデータの順であるが、格子形状等の繰り返し形状表現を使用する場合には格子等繰り返し形状に関するデータを最初に置く。繰り返しの単位となる格子セルの定義は通常のZONEのデータに続けて同様の形式で行う。さらに、このデータの最後で、必要ならTALLY REGIONの定義を行う。組合せ形状表現法及び格子形状表現法の詳細は第4章「幾何形状表現」を参照されたい。

データの構成は次のようになる。

```

YGEOM
  格子データ                                <LATTICEオプション>
END                                           /* 格子データの終り < " >
  BODYデータ
END                                           /* BODYデータの終り
  ZONEデータ
  ZONEの定義 (物質ID、REGION名)
  格子の入るZONE (FRAME) に対して
    #SUBFRAME                                <TALLY-LATTICEオプション>
      subframe名の指定                       < " >
    #END SUBFRAME                            < " >
#CELL                                         <LATTICEオプション>
  1つのセル及びそのセル内のZONEの定義     < " >
#END CELL                                    < " >
#CELL                                         < " >
  異なるセルについて繰り返す               < " >
#END CELL                                    < " >
#TALLY REGION                               <必要な場合のみ>
  TALLY REGIONの定義                       < " >
YEND GEOM                                    /* 幾何形状データの終り

```

(1) 格子データ ("LATTICE"オプション)

格子は任意の個数定義することができ、空間内の任意の位置、方向に置くことができる。同じ格子を2ヶ所以上の場所 (FRAME) に使うこともできる。ここでは各格子に対して次に示す一連の格子を定義するデータを入力する。すべての格子データの inputs は1から3桁目の "END" によって終了する。

【注】このデータは "LATTICE" オプションを使用しない場合は入力してはならない。

IDLAT : 格子のID番号。これは各格子のデータの最初になければならない ($1 \leq \text{IDLAT} \leq 998$)。ZONEの定義において、そのZONE内の物質としてこのID番号に負号をつけたものを指定することによってこの格子が入るFRAMEであることを示す。

LTYP : 格子のタイプ

- =1: 四方格子 (同じ大きさの直方体の「格子セル」から成る格子)
- =2: 外枠が六角柱の六方格子 (同じ大きさの六角柱の「格子セル」から成る格子)
- =3: 外枠が円柱の六方格子 (同じ大きさの六角柱の「格子セル」から成る格子)
- =4: 外枠が四角柱の六方格子 (同じ大きさの六角柱の「格子セル」から成る格子)
- =5: 任意形状のセルを直接入れる (格子ではない) (準備中)

NVLAT(i), i=1,3 : 格子の X_a -, Y_a -, Z_a -方向への分割数。空間内での実際の格子の向きは格子の入るZONE (FRAME) を定義するBODY (BOX等) の向きによって決まる (第4.2.3 (3) 節「格子の配置」を参照のこと)。 X_a , Y_a, Z_a 座標は格子に固有の局所的な座標 (セル並び座標) である。

<LTYP= 1~4の時必要>

SZLAT(i), i=1,3 : 格子の構成単位であるSUBFRAMEの寸法と六方格子におけるセル並び座標系と格子内座標系の方向を関係付けるデータ

<LTYP= 1~4の時必要>

表5. 3 変数SZLAT

SZLAT	四方格子 LTYP=1	六方格子 LTYP=2,3,4
1	格子セルの X_a -方向の幅	格子セルのピッチ
2	格子セルの Y_a -方向の幅	セル並び座標系が外枠 (格子内座標系) に対してなす角度 (degree)
3	格子セルの Z_a -方向の幅	格子セルの高さ

【注: 六方格子のSZLAT(2)】

第4.2.3節で述べたように、このデータに対しては、セル並び座標系のXa軸が格子内座標系のX1軸となす角度に30度を加えた値を入力する。

SZHEX(i),i=1,5: 六方格子の外枠の大きさの定義及び外枠とセル並び座標系を関係づけるデータ。
 <六方格子(LTYP=2~4)の場合に必要>

SZHEX(1)(2) 格子内座標系のX1-Y1平面における格子外枠の中心から基準とするSUBFRAMEの中心に向うベクトルのX1-成分とY1-成分。

基準とするSUBFRAMEは後述のRCELL(i j)で指定する。その中心はSUBFRAMEの枠となる六角形の中心で、この入力データは、基準SUBFRAMEの中心が外枠(六角柱、円柱、直方体)の中心からどれだけ離れているかを示す二次元ベクトルの格子内座標系での成分である。(第4.2.3(2)節「格子の定義と座標変換」を参照のこと)

【注】外枠の中心は外枠が円柱のときは格子内座標系の原点(底面の円の中心)となるが、その他の場合は枠の中心は六角形あるいは長方形の中心になることに注意を要する。

SZHEX(3)-(5) 格子枠の大きさを定義するデータ。

表5.4に示したように格子枠のタイプによって意味が異なる

表5.4 格子の外枠の大きさを定義するデータ

SZHEX	LTYP=2 枠:六角柱	LTYP=3 枠:円柱	LTYP=4 枠:四角柱
3	六角形の幅	半径	X1-方向の幅
4	高さ	高さ	Y1-方向の幅
5	-----	-----	Z1-方向の幅

RCELL(i),i=1,2: 基準とするSUBFRAMEの指定

二つの整数(I,J)によって格子の水平方向セル並びにおける基準とするセルの位置を指定する。

<六方格子(LTYP=2~4)の場合に必要>

例：

Ya

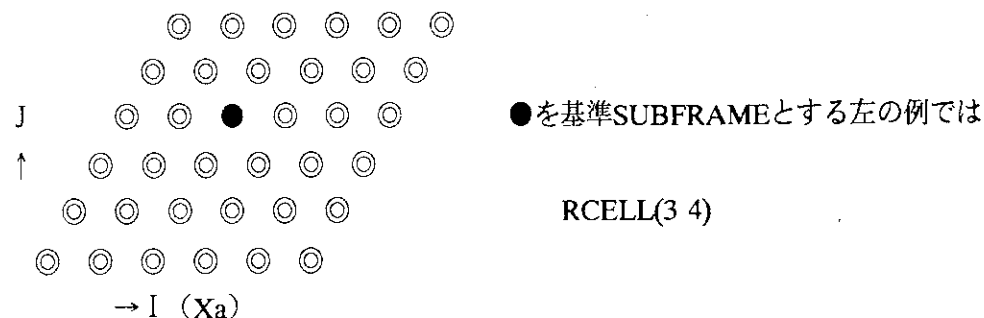


図5. 1 基準とするSUBFRAMEを指定する変数RCELL

KLATT(i,j,k), i=1,NVLAT(1), j=NVLAT(2),1, k=NVLAT(3),1 :

格子内の (i,j,k) で示される位置の各格子セルSUBFRAMEに入る「セル」のID番号（「ZONEのデータ」の項を参照）。i, j, kはそれぞれXa, Ya, Za方向に対応する。

KLATT=0のときは、そのSUBFRAMEは格子には含まれず、別途定義されていることを示す。なお、Yaおよび Za方向の入力は、入力データ上でのイメージが実際のセル配置と一致するように、インデックスが大きい方から小さい方向に行う。

KSLAT(i,j,k), i=1,NVLAT(1), j=NVLAT(2),1, k=NVLAT(3),1 :

各格子セルSUBFRAMEに入る「セル」の向きを示す。KSLAT=0の時は、セルのデータ（「ZONEのデータ」の項を参照）で定義された通りの向きに置かれる（ただしセルを定義したときの座標系 (X,Y,Z) の向きが格子のセル並び座標系 (Xa,Ya,Za) の向きと同じになるようにする）。なお、入力の順番はKLATTと同じである。入力の意味は四方格子と六方格子で次のように異なる。

四方格子：

$$KSLAT=ix \times 100 + iy \times 10 + iz$$

- ①ix=1/0=Xa軸方向に反転する/反転しない
- ②iy=1/0=Ya軸方向に反転する/反転しない
- ③iz=1/0=Za軸方向に反転する/反転しない

六方格子：

$$KSLAT=IX \times 100 + I\theta \times 10 + IZ$$

- ①IX=1/0=Xa軸方向に反転する/反転しない
- ②Iθ=n =六角形セルの中心軸の回りに反時計方向に n×60度回転する
(0≤n≤5)
- ③IZ=1/0=Za軸方向に反転する/反転しない

変換の順序は、①→②→③である。

すべての格子データの入力の後には1～3桁目が"END"である行を置く。

```

例： IDLAT(100)  LTYPE(1)                                /* 四方格子
      NVLAT(10 4 2)  SZLAT(0.5 0.5 100.)
      KLATT( 2( 10(1) 2(1 1 2 2 5 5 2 2 1 1) 10(1) ) )
      KSLAT( 2( 5(110) 5(010) ) 2( 5(100) 5(000) )
            2( 5(111) 5(011) ) 2( 5(101) 5(001) ) )
      IDLAT(200)  LTYPE(2)                                /* 六方格子
      NVLAT(7 7 1)  SZLAT( <P> 0.0 <HT> )
      RCELL( <INT(7/2+1> <INT(7/2+1> )
      SZHEX( 0.0 0.0 9.62 <HT> 0.0 )
      KLATT(
                1 1 1 1 0 0 0
                1 2 2 2 1 0 0
                1 2 2 2 2 1 0
                1 2 2 2 2 2 1
                0 1 2 2 2 2 1
                0 0 1 2 2 2 1
                0 0 0 1 1 1 1 )
      KSLAT( <7*7>(0) )
      .....
      (他の格子のデータ)
      .....
      END                                                    /* 格子データの終り

```

(2) BODYの定義

幾何形状モデルは"BODY"と呼ばれる曲面（あるいはいくつかの曲面を一定の関係で組合せたもので、内側と外側が一意的に決まっている）を用いて定義される。いくつかのBODYの内側または外側の空間の組合せで部分空間（ZONE）が定義される（次項「ZONEのデータ」を参照）。

ひとつのBODYのデータは次のようになる。

```
itype ( ibody d1 d2 d3 ..... )
```

ここで、

itype : BODYのタイプを示す3文字から成るデータ
("RPP" (直方体)、"WED" (三角柱) 等)。各文字の間に空白を置いてはならない。

ibody : BODYのID番号。各BODY毎に異なっていればどんな正の整数値でも良い。

di : BODYの位置・大きさを表すための数値データ

BODYのタイプ毎に必要なデータ数が異なる。(単位は特に指定がなければcm)。

例: % R=2.5 /*シンボリックパラメータ Rの定義

```
SPH ( 10 3(1.0) <R> )
```

この例はBODY番号が10で、中心が(1.0,1.0,1.0)、半径が R (=2.5) の球を表している。

"END" という文字列を1～3桁目に持つ行によって、BODYのデータは終了する。

MVP/GMVPで使用できる16種類のBODYの詳細は第4. 1. 1節を参照されたい。

(3) ZONEのデータ

この部分では前項で定義したBODYを組合せて空間内にZONEを定義してゆく。ただし、ここで定義する部分空間は正確には「入力ゾーン (input-zone)」と呼ばれるものである。

ここで、各ZONE毎にREGION名と物質を割り当てる。さらに、TALLY-LATTICE (FRAME-DEPENDENT-TALLY) のオプションを選択した場合は、格子の入るZONE (FRAMEと呼ばれる) に対しては格子内のSUBFRAME毎にSUBFRAME名を付ける。

ZONEのデータは1~9桁目に "YEND GEOM" を持つ行によって終了する。ただし、格子形状を用いる場合にはセルおよびセル内のZONEを定義するデータを "YEND GEOM" 行の前に入力しなければならない。また、TALLY-REGIONをREGIONとは別に定義する場合にはそのデータをセルデータの後、"YEND GEOM" 行の前に入力する。

ひとつの「入力ゾーン」は以下の二項目からなるデータで定義する。

① 空間的な配置の定義とREGIONと物質の指定

IALP : KREGN : KMAT : (IIBIAS JTY) によるBODYの組合せ

ここで、

IALP : 12文字以内の任意の文字列 (最初の文字が1~5桁目から始まり、あいだに空白を含むことはできない)。1~5桁目がブランクの行は前の行の入力ゾーンのデータの続きと見なされる。このデータは入力ゾーンに与えられる名前であるが、コード内では入力ゾーンの入力順に付けられた番号が入力ゾーンの識別に使用されているので、この文字列はユーザーの便宜のために用いる。

KREGN : REGION名 (12文字以内の英数字文字列)

コード内では後述の規則に従って順序付けられたREGION番号で置き換えられる。境界条件を表す仮想的なZONE ($KMAT \leq -999$) に対しては、この入力は無視される (この場合はブランクで良い)。従って、連続する整数値をREGION名とした場合に仮想的なZONEがその中に含まれているとコード内で付けられたREGION番号とREGION名が一致しなくなるので注意を要する。また、格子の入るFRAMEを表すZONE ($-998 \leq KMAT \leq -1$) の場合は、TALLY-LATTICE (FRAME-DEPENDENT-TALLY) のオプションが選ばれていなければ、同様にこの入力は無視される。ただし、上記オプションが選ばれているときは、この入力KREGNはFRAME名と呼ばれ、これによって同一の格子 (同じIDを持つ) の入る2つ以上のFRAMEが識別される。

KMAT : 物質ID番号

- >0 : "YXSEC"で与えられる通常物質
- 0 : 内部ボイド (粒子はこの領域を通過するだけで衝突反応は行わない)
- 1~-998 : このZONEがFRAME (格子の入るZONE)であることを示す。絶対値が格子の識別 (ID) 番号。
- 999 : セル (繰り返し形状の単位、原子炉炉心を構成する燃料集合体や燃料集合体を構成する燃料ピンセル等) の外部境界を定めるための仮想的なZONEであることを示す。
- 1000 : 外部ボイド (真空境界に相当し、このZONEに入った粒子のrandom walkを終了させる。その量はleakageとして評価される)
- 1001~-1999 : アルベド反射物質 (現在のところ使用不可)
- 2000 : 完全反射体 (mirror reflection境界条件に相当)
- 3000 : 等方反射体 (white reflection境界条件に相当)

IIBIAS : "OR" 演算子またはブランク

JTY : BODYの識別番号またはそれに "-" (マイナス) を付けたもの。符号をなにも付けないか "+" 符号を付けた場合はBODYの中を、マイナスの場合はBODYの外を示す。

【注1】 IALPとKREGN等を区切る ":" とその両側の入力データの間のブランクは在っても無くてもよい。

【注2】 IIBIASとJTYの位置は5桁目より後であれば任意であるが一つ以上のブランクで区切らなければならない。

【注3】 通常ZONEの定義では、使用するBODYの入力の順序は任意であるが、格子の入るZONE (FRAME) の定義では最初のBODYがFRAMEの外枠 (格子内座標系を決めるのに用いる) となっていなければならない。

```
例: ZONE1   : REGION1   :    2   : OR 11 22 OR -33 44
     ZONE2   : FRAME1    :  -100   :  33 -11
     OUTVD   :           : -1000  :  -44
```

入力ゾーン "ZONE1" は2つのZONEからできていて、一つはBODY 11の内側とBODY 22の内側の共通部分で、もう一つのZONEはBODY 33の外側とBODY 44の内側の共通部分であり、ID=2の物質に満たされている。そのREGION名は "REGION1" である。

"ZONE2" はID=100の格子の入るFRAMEでREGION名 (この場合はFRAME名) は "FRAME1" であり、FRAMEの外枠は BODY 33 で定義されている。また、BODY 11 の内側はこのFRAMEには属さず別途定義されていることを示している。次のOUTVDは BODY 44 の外側と定義されており、外部ボイド (物質ID=-1000) によって真空境界を定義している。この

ZONEのREGION名は与えられていない。

② SUBFRAMEの識別データ

("TALLY-LATTICE" あるいは "FRAME-DEPENDENT-TALLY" オプション使用時に必要)

各FRAMEに対して、FRAMEを定義するZONEのデータに続けて、1桁目から始まる "#SUBFRAME" と "#END SUBFRAME" ではさんだ次の2種類のデータを入力する。

NAMES : SUBFRAME名のリスト。実際のSUBFRAME名の入力はこのリストに現れる順序番号で行う。各SUBFRAME名は12文字以内の英数字からなる任意の文字列であり、REGION名、FRAME名と重なってもよいが、一つのFRAMEに対して定義できる名前は1024個以内である。この入力省略された場合は、次のSPACEデータの数字がそのままSUBFRAME名となる。

SPACE : 各格子セル位置毎のSUBFRAME名をNAMESリスト内での順序番号で指定する。入力順序は格子データ中のKLATTの順序と同じである。

【注】格子に含まれないSUBFRAME (KLATT=0) に対しては、SPACE=0としなければならない。

```
例: ZONE3 : FRAME1 : -100 : +1000          /* ZONE3は格子(ID=100)の入る
                                           /* FRAMEでそのFRAME名はFRAME1

#SUBFRAME
  NAMES( name1 name2 name3 )             /* SUBFRAME名の登録
  SPACE( 1 1 1 1 1                       /* SUBFRAME名の指定
          1 2 2 2 1                       /*      "
          1 2 3 2 1                       /*      "
          1 2 2 2 1                       /*      "
          1 1 1 1 1 )                     /*      "

#END SUBFRAME
.....
(他のZONEのデータ)
.....
```

【注】FRAMEでないZONEに対してはこのデータを入力してはならない。また、同じ(格子ID、FRAME名)の組合せに対しては一組だけ入力できる。2重に入力するとエラーとなる。

(4) セルのデータ

格子形状を用いる場合はZONEデータの "YEND GEOM" 行の前、セルに含まれないZONEのデータの後にセルを定義するデータを入力する。

各セルの入力は以下の通りを行う。

```
#CELL ID(IDCELL) TYPE(CTYPE)
```

セルに含まれるZONEの定義

```
#END CELL
```

ここで、

IDCELL : セルのID番号。任意の正の整数で格子データのKLATTで指定するのはこの番号である。

CTYPE : セルのタイプを表す文字列 (下線部のみ有効)

BOX : タイプ1 (直方体セル)

HEXAGONAL : タイプ2 (六角柱セル)

FREE : タイプ3 (自由形状セル: 現在使用不可)

セルに含まれるZONEの定義は上述の通常のZONEの定義と同様に行われる。ただし、以下の規則に従わねばならない。

① あるセルに含まれる最初の入力ゾーンは、セル内部全体を取り囲むように定義する。この入力ゾーンそのものはセルの外側にあることになり、セルの外側境界を定義するための仮想的ゾーンである。

② 上記入力ゾーンを構成する最初のBODYは

直方体セル (セルタイプ: BOX) -----> "RPP" ("BOX"は不可)

六角柱セル (セルタイプ: HEXA) -----> "RHP" ("HEX"は不可)

自由形状セル (セルタイプ: FREE) -----> 準備中

でなければならない。このBODYの空間内の位置は任意であるが、このセルに属する他のZONEはすべてこのBODYの内部に定義しなければならない。

③ 上記入力ゾーンの物質番号 (KMAT) は"-999"とする。これは、セルの外側を定義する仮想的ゾーンであることを示す物質番号である。

必要なセルの定義の後に、"YEND GEOM"行によって幾何形状入力を終了する。ただし、TALLY-REGIONを定義する場合には、そのデータをセルデータの後、"YEND GEOM" 行の前に入力する。

```

例： .....
      (通常のZONEの定義の終了)
#CELL ID(10) TYPE(BOX)                /* ID=10のセルのデータの開始
      CELL10 :                : -999      : -100          /* セルの外側境界の定義
      ZONE1  : REGION1        : <MAT1>   : 100 -110       /* セル内のZONEの定義
      ZONE2  : REGION2        : <MAT2>   : 110           /*      "
#END CELL                               /* ID=10のセルのデータの終了
#CELL ID(20) TYPE(BOX)                /* ID=20のセルのデータの開始
      .....
#END CELL                               /* ID=20のセルのデータの終了
      (他のセルのデータ)
      .....
      (TALLY-REGIONの定義)
#END GEOM                               /* 幾何形状データの終了

```

(5) TALLY-REGIONの定義データ

TALLY-REGIONとは、track lengthあるいはcollision estimatorによる粒子束等のタリーの結果を出力する空間的な領域であり、複数のREGIONの組合せとして指定することができる。これらのタリーはコード内ではREGION (TALLY-LATTICEオプション使用時はspace名!ZONE毎のREGION名、そうでない時はZONE毎のREGION名で識別される空間の領域) 毎に計算されている。このセクションのデータが与えられない場合にはすべてのREGIONがそれ自身でTALLY-REGIONとなる。詳細は第4. 3節を参照されたい。

入力形式は次の通りであるが、以下の規則に従って行わなければならない。

```

#TALLY REGION
  [指定モード]   @TALLY-REGION名 ( REGION名リスト )
                .
                .
                .
      (必要なだけ繰り返し)
#END GEOM

```

- ①このセクションのデータ入力はセルのデータを含むZONEデータの後の幾何形状データブロックの最後に "#TALLY REGION" で始るTALLY-REGION指定データを置くことができ、そのデータ入力は幾何形状データの終了を示す "YEND GEOM" 行によって終了する。
- ②指定モードは次の2通りである。

ADD : 次に続くREGION名リストで指定されたREGIONを足し合わせた領域を新たにタリーを取る領域 (TALLY-REGION) として追加する。この場合にはREGION名リストに載っている個々のREGIONのタリーも計算される。

DEFINE : TALLY-REGIONを新たにREGION名リストで指定されたREGIONの和として定義する。この場合はリスト内の各REGION自身はTALLY-REGIONとはならず結果の出力は行われない。

- ③指定モードが省略された場合は直前のTALLY-REGION入力の指定モードと見なされる。一つもモード指定がなされていない時はADDモードと解釈される。
- ④ここで定義されるTALLY-REGION名は先頭が "@" で始る12文字以内の文字列で、"!",";"等の特殊文字を含んではならない。なお、入力されたTALLY-REGION名の先頭が "@" でない場合には、コードが自動的に1文字分後へずらし先頭に "@" を挿入する。このブロックで指定されたTALLY-REGIONはREGION名の先頭に "@" をもつREGIONとして通常のREGIONと区別され、プリントアウト等において通常のREGIONの前に定義した順序で出力される。
- ⑤REGION名リストにはいくつでもREGIONを指定できる。また、MS-DOSやUNIXで使用されるワイルドカード (メタキャラクター) に類似した入力が可能である。
- ⑥1つのREGIONを複数の異なるTALLY-REGIONに属させることができる。

5. 3. 6 線源データ

6-1 NSOUR : 固定粒子源の数

6-2 KSOUR(NSOUR) : 粒子源のタイプ (空間分布と角度分布)

- 1 : 等方点線源
- 2 : 単一方向点線源
- 3 : 直方体内の一様等方線源
- 4 : 球内一様等方線源
- 5 : 使用せず
- 6 : 単一方向長方形一様面線源 (方向は面に垂直)
- 7 : 任意方向 (μ 方向依存、極は任意の方向) 点線源
- 9 : (d,t) 中性子源⁹⁾ (エネルギー分布の入力は不要)
- 1 : ユーザー線源発生ルーチンSRCU1による発生
- 2 : ユーザー線源発生ルーチンSRCU2による発生

【注 : ユーザー線源発生ルーチン】

現在2つのSUBROUTINE (SRCU1, SRCU2)は Dummy SUBROUTINEとなっており、コールされると、メッセージを書出した後にジョブの実行を中止する。これらのSUBROUTINEの引数、決定すべきパラメータ、代表的なサンプリング法等は、付録Bに示した。これらのSUBROUTINEには、本節で入力したデータはすべて引数として渡されている。

6-3 ISZON(2,NSOUR) : 粒子を発生するZONEを指定するためのデータ。粒子の発生ZONEがすべて同じZONEであることがあらかじめ分かっている場合にこのデータを指定すると計算時間を節約できる。このデータを省略した場合は粒子の発生ZONEはコードが自動的に探して決定する。格子を構成するセル内のZONEをこのデータで指定することはできない。

ISZON(1,n) : 線源nの粒子を発生するZONEを含む入力ゾーンの番号 (幾何形状データの説明を参照)

ISZON(2,n) : 線源nの粒子を発生するZONEが入力ゾーン ISZON(1,n)に含まれる何番目のZONEであるかを示す。入力ゾーン ISZON(1,n)の定義に "OR" が用いられていない場合はISZON(2,n)=1とする。

6-4 SOUR(NSOUR) : 各線源の相対強度。和が1.0に規格化されている必要はない。

6-5 PSPAC(10,NSOUR) : 線源の空間分布を表すパラメータ。線源タイプ毎に必要なデータ数と意味が異なる。意味を持たないデータも入力する必要がある (値は何でもよい)。

KSOUR(n)=1 (等方点線源) の時 :

(PSPAC(1,n),PSPAC(2,n),PSPAC(3,n)) : 粒子を発生する点の(X,Y,Z)座標

(PSPAC(9,n),PSPAC(10,n)) : Z軸に対する方向余弦 μ が

$PSPAC(9,n) \leq \mu \leq PSPAC(10,n)$

を満たす範囲に等方的に放出する。

KSOUR(n)=2 (単一方向点線源)の時

(PSPAC(1,n),PSPAC(2,n),PSPAC(3,n))

: 粒子を発生する点の(X,Y,Z)座標

(PSPAC(4,n),PSPAC(5,n),PSPAC(6,n))

: 粒子の発生方向(X,Y,Z軸に対する余弦)

KSOUR(n)=3 (等方直方体線源)の時

PSPAC(1,n) ≤ X ≤ PSPAC(2,n),

: 線源となる領域をX,Y,Zの区間で定義する

PSPAC(3,n) ≤ Y ≤ PSPAC(4,n),

PSPAC(5,n) ≤ Z ≤ PSPAC(6,n)

KSOUR(n)=4 (等方球線源)の時

(PSPAC(1,n),PSPAC(2,n),PSPAC(3,n))

: 球の中心座標

(PSPAC(4,n))

: 球の半径

KSOUR(n)=6 (単一方向長方形内一様面線源、方向は面に垂直)

(PSPAC(1,n),PSPAC(2,n),PSPAC(3,n))

: 長方形の1頂点の(X,Y,Z)座標

(PSPAC(4,n),PSPAC(5,n),PSPAC(6,n))

: 長方形の1辺を表すベクトルA

PSPAC(7,n)

: 長方形の他の辺の長さ (方向は $\mathbf{A} \times \mathbf{\Omega}$)

(PSPAC(8,n),PSPAC(9,n),PSPAC(10,n))

: 粒子の発生方向 $\mathbf{\Omega}$ (X,Y,Z軸に対する余弦)

KSOUR(n)=7 (任意方向点線源)の時:

(PSPAC(1,n),PSPAC(2,n),PSPAC(3,n))

: 粒子を発生する点の(X,Y,Z)座標

KSOUR(n)=9 ((d,t)中性子源)

(PSPAC(1,n),PSPAC(2,n),PSPAC(3,n))

: 線源の中心(X,Y,Z)座標

PSPAC(4,n)

: dビームの広がり (半径 (cm))

PSPAC(5,n)

: dビーム方向の回転

回転しない時はZ軸の方向

1:回転しない

2:X→Y,Y→Z,Z→X

3:X→Z,Y→X,Z→Y

4:使用してはならない

5:6~8のデータによる任意の回転

(PSPAC(6,n),PSPAC(7,n),PSPAC(8,n))

: 回転を表す (θ, ϕ, ψ : degree)

6-6 PENRG(NGROUP,NSOUR)あるいは

PENRG.N(NGROUP.N,NSOUR)とPENRG.P(NGROUP.P,NSOUR):

各線源のエネルギー分布。このデータは固定源問題では使用するしないに係わらず必要である。多群コードGMVPでは前者の形式のみ使用可。

<FIXED-SOURCE>

- 6-7 NSANG(NSOUR) : 極角の分割 (ビン) 数 (KSOUR=7に対して有効)
- 6-8 SANG(NSANG(j)+1,NSOUR) : 各角度ビンの境界 (KSOUR=7に対して有効)
 極軸 (6-10)に対する方向余弦を +1 から降順に入力する。
 【注】 NSANG=0の線源に対してもダミーの入力 (1個) が必要である。
- 6-9 PSANG(NSANG(j),NSOUR) : 各角度ビン内に放出される確率 (KSOUR=7に対して有効)
- 6-10 SAXIS(3,NSOUR) : 極軸の方向余弦 (KSOUR=7に対して有効)
- 6-11 IFISM(NSOUR) : 固有値問題の最初のバッチの中性を発生させるときに各中性子源に対して核分裂スペクトルを使用する物質を示すデータ。 <EIGEN-VALUE>
 多群法 (GMVP) と連続エネルギー法 (MVP) では指定法が異なる。
 GMVP (多群法) : 巨視的断面積を定義した順に付けられた物質番号。
 例えば、
 IFISM(2)
 MVP (連続エネルギー法) : 核種のID名。
 例えば、
 IFISM(U05003J3)
- 【注】 YXSECで使用された核種の中で核分裂性核種を指定すること。
- 6-12 EINCD : MVPを用いた固有値問題の最初のバッチの核分裂源の中性子エネルギーを決めるのに用いられる核分裂を起こす中性子のエネルギー (eV)。この入射中性子エネルギーに対する核分裂スペクトルからサンプリングされる。多群コードではこの入力の意味を持たない。(省略値=0.0253 eV)
 <連続エネルギー法、かつEIGEN-VALUE>

5. 3. 7 分散低減パラメータ

7-1 XIMP(NGROUP,NREG)あるいは

XIMP.N(NGROUP.N,NREG) & XIMP.P(NGROUP.P,NREG) :

エネルギー群、REGION毎のインポートランス (省略値=1.0)。

NREGは領域の数で幾何形状データからコードが決める。

<IMPORTANCE>

7-2 WKIL(NGROUP,NREG)あるいは

WKIL.N(NGROUP.N,NREG) & WKIL.P(NGROUP.P,NREG) :

これ以下の重みになった粒子に対してRussian rouletteを行う。(省略値=0.00001)。

NREGはREGION数。

<RUSSIAN-ROULETTE あるいはWEIGHT-WINDOW>

7-3 WSRV(NGROUP,NREG)あるいは

WSRV.N(NGROUP.N,NREG) & WSRV.P(NGROUP.P,NREG) :

Russian rouletteで生き残った粒子あるいはWEIGHT-WINDOWのsplittingを行った後の粒子に与える重み (省略値は0.0001)。

WEIGHT-WINDOWのsplittingは重みが $2 \times$ WSRVより大きい粒子に対して行われる。

NREGはREGION数。

<RUSSIAN-ROULETTE あるいはWEIGHT-WINDOW>

【注：REGION毎に入力すべきデータについて】

REGION番号は直接入力されるのではなくプログラムによって設定されるので、REGION依存のデータをREGION番号順に入力するのが困難な場合がある。特に、TALLY-LATTICEオプションを使用した場合には、いくつのREGIONがあるのかすら入力データから判定するのが困難な場合もある。

そこで、MVP/GMVPではREGION依存データの入力形式として、通常のデータ名付き自由形式によるREGION番号順の入力法に加えて、REGION名を直接指定し、そのREGIONのデータを入力する方法を用いることができる。入力法の詳細は第5. 2. 3節に記述されている。

対象となるデータは、本セクションの

XIMP, WKIL, WSRV,

2次粒子に関する (第5. 3. 8節)

WGTF, WGTP,

統計 (タリー) に関する (第5. 3. 9節)

RVOL

である。それぞれの配列は入力データが読み込まれる前に省略値に設定される。従って、省略値でよいREGIONに対しては入力する必要はない。

5. 3. 8 2次粒子（核分裂中性子、2次光子）に関するデータ

8-1 FKAI(NTGX,NMAT)：物質毎の核分裂エネルギースペクトル。

NTGX、NMATは巨視的断面積の群数と物質の数であり、それぞれNGP+NGG、NMED（断面積データ入力参照）に等しい。

<多群法で、FISSION あるいは EIGEN-VALUE>

8-2 WGTF(NREG)：各REGION毎に核分裂で発生した中性子に与える重み。

NREGはREGION数。WGTFを用いて核分裂中性子の発生個数 ($W \times (v\sigma_f/\sigma_t)/WGTF$ ；Wは衝突を起こした中性子の重み) が決められる。固有値問題（核分裂粒子バンクに入れられた粒子が次のバッチで中性子源として用いられる）の場合は、重みの総和が（そのバッチの総線源粒子発生数） $\times 1.0$ となるように規格化されるので、必ずしも重みはWGTFとはならない。（この場合には核分裂で発生する粒子数がNHISTより大きくなるように設定するのが望ましい。通常は $k_{eff} \times 0.8$ 程度の値が用いられる）

（省略値=1.0）

<FISSION あるいは EIGEN-VALUE>

8-3 WGTP(NREG)：各REGION毎に中性子の衝突反応で発生した2次光子に与える重み。

NREGはREGION数。WGTPを用いて2次光子の発生個数 ($W \times (\sigma_p/\sigma_t)/WGTP$ ；Wは衝突を起こした中性子の重み、 σ_p は光子生成断面積) が決められる。（省略値=1.0）

<NEUTRON かつ PHOTON>

5. 3. 9 統計(タリー)に係わるデータ

(1) エネルギービン・時間ビン・体積のデータ

9-1 ENGYB[N](NGROUP.N+1) : 中性子のエネルギー境界 (eV)。

エネルギーの高い方から順に入力する。コードが次のチェックを行い

ENGYB.N(1) <ETOP.N ----> ENGYB.N(1)=ETOP.N、

ENGYB.N(NGROUP.N+1)>EBOT.N ----> ENGYB.N(NGROUP.N+1)=EBOT.N

とセットされる。(省略値=ETOP.NからEBOT.Nまで等レサジー幅で取られる)

<NEUTRON>

9-2 ENGYB.P(NGROUP.P+1) : 光子のエネルギー境界 (eV)。

エネルギーの高い方から順に入力する。ETOP.P、EBOT.Pに対するチェックは中性子の場合と同様である。

(省略値=ETOP.PからEBOT.Pまで等レサジー幅で取られる)

<PHOTON>

9-3 TIMEB (NTIME+1) : タイムビンの境界 (μ s)。短い方から入力。

<TIME-DEPENDENT>

9-4 VOL(NINPZ) : 各入力ゾーンの体積。NINPZは入力ゾーンの数。直接計算には使用されない。

9-5 RVOL(NREG) : 各REGIONの体積。NREGはREGION数で幾何形状データからコードが計算する。このデータが入力されない時は各REGIONを構成するZONEの体積 (VOL) の和として計算される(ただし、繰り返し形状表現によって、何度も現れるZONEの個数は考慮されない)。VOLも入力されていない時は、すべてのREGIONの体積を1.0とする。

9-6 TRVOL(NTREG) : 各TALLY-REGIONの体積。NTREGはTALLY-REGIONの数。このデータが入力されない時は各TALLY-REGIONを構成するREGIONの体積 (RVOL) の和として計算される(ただし、繰り返し形状表現によって、何度も現れるREGIONの個数は考慮されない)。RVOLも入力されていない時は、すべてのTALLY-REGIONの体積を1.0とする。

(2) レスポンスデータ <RESPONSE>

9-7 NRESP : 反応率を計算するために入力する多群形式の応答関数の数。

9-8 NSTAL : 反応率を計算するためにMVPライブラリーから読み込む応答関数の数。連続エネルギー法MVPのみで有効。(現在使用できない)

9-9 RESP(NGROUP,NRESP)あるいは

RESP.N(NGROUP.N,NRESP)&RESP.P(NGROUP.P,NRESP) :

多群形式の応答関数。(省略値=1.0)

(3) 点検出器に係わるデータ <POINT-DETECTOR:多群法のみで有効>

9-10 NPDET : 点検出器の数

9-11 IMPMAX : 点検出器のための仮想粒子バンクの大きさ

(省略値=NBANK)

9-12 XPDET(5,NPDET) : 点検出器の位置等

1-3 : 点検出器の位置 (絶対座標(X, Y, Z)で与える)

4 : 点検出器を中心とし半径RMINの球の外側で起った衝突からの寄与は検出器までの距離の2乗の逆数に比例する確率でのみカウントすることによって計算効率を高める⁹⁾。5 : bounded sphere approximation⁹⁾を行う球の半径 (RMAX)

検出器の極近傍における散乱粒子からの寄与により分散が増大するのを避けるために、この球内での粒子束は一定と近似する。

9-13 SUPPLY : 点検出器のための仮想粒子の追跡を行う仮想粒子数の下限

IMPMAXに対する割合で入力する。多くの場合は省略値でよい。

(省略値=0.5)

【注: 直達線の評価について】

現在のGMVPは次の線源タイプに対して、直達線の寄与を評価することができる。

- ・ 等方線源 (KSOUR = 1, 3, 4)
- ・ 任意方向 (μ 方向依存、極軸は任意方向) 線源 (KSOUR = 7)

5. 3. 10 体系断面図のプリント出力に関するデータ

<PICTURE>

10-1 NPICT : 出力する幾何形状モデル断面図の数

10-2 PAPER(12,NPICT) : 断面図の位置、範囲を指定するデータ

リスト用紙の長辺をx軸、他をy軸とした長方形にプリントされる。

PAPER(1,n)~PAPER(3,n)	: 断面図の左下隅の座標 (Vx,Vy,Vz)
PAPER(4,n)~PAPER(6,n)	: 断面図の下辺 (x軸) を示すベクトル (Ax,Ay,Az)
PAPER(7,n)~PAPER(9,n)	: 断面図の左辺 (y軸) を示すベクトル (Bx,By,Bz)
PAPER(10,n)	: x方向のメッシュ数 Nx
PAPER(11,n)	: y方向のメッシュ数 Ny
PAPER(12,n)	: 使用せず

ベクトルV=(Vx,Vy,Vz)、A=(Ax,Ay,Az)、B=(Bx,By,Bz)を定義したとき、位置X :

$$\mathbf{X} = \mathbf{V} + \frac{i-1}{N_x} \mathbf{A} + \frac{j-1}{N_y} \mathbf{B}$$

における物質番号及びREGION番号が出力される。この時、各位置に対して、次の二項目のチェックを行う。

- ① 同一のZONEに異なる2つ以上のREGION番号や物質番号が指定されていないか？
- ② ZONEとして定義されていない部分空間がないか？

幾何形状データに矛盾や不備を発見するとコードは詳細なメッセージを書出した後に実行を中止する。ただし、現バージョンは格子形状には対応していないので、格子内のチェックは行わない。

精度の良い断面図の作図には第8章のCGVIEW-SLICEを用いた方が良い。

6. 入 力 例

次の3つの代表的な問題に対して、MVPの入力データの例を示す。

- (1) 例題1：格子形状（一重格子）を用いた単一燃料集合体計算
- (2) 例題2：格子形状（二重格子）を用いた複数燃料集合体から構成される体系の計算
- (3) 例題3：中性子-光子結合問題

(1) 例題1 格子形状（一重格子）を用いた単一燃料集合体計算

燃料集合体の計算は格子形状を用いる事により簡単にその幾何形状を表現する事ができる。本例は高速炉に対する例で六角格子を用いている。体系は図6. 1に示すように91本の燃料ピンとSUSのラッパー管、その内外部のナトリウム領域から構成されている。全ての方向に対して完全反射条件を課している。

入力データを図6. 2に示す。ラッパー管内部は'100'と定義する格子として扱う。この部分には91個の単位燃料ピンセル（ID=1）とその外部のナトリウムのみからなる36個のセル（ID=2）が含まれる。但し後者は完全な六角柱セルでなくラッパー管の内側に含まれる部分のみがセルの一部をなすことに注意して欲しい。ラッパー管及びその外部は通常のCGで表現できる。タリーは TALLY-LATTICE のオプションを用いて中性子束を計算する。#SUBFRAMEカードでは各層毎の積分値を求めるための指定を行っている。また#TALLY REGIONカードでは集合体全体の積分値を求めるため@SUBASSEMBLY という出力領域名で括弧内に全ての領域名を指定した。なおこの名前は WKIL と WSRV でRUSSIAN-ROULETTE のパラメーターを指定する時にも用いている。

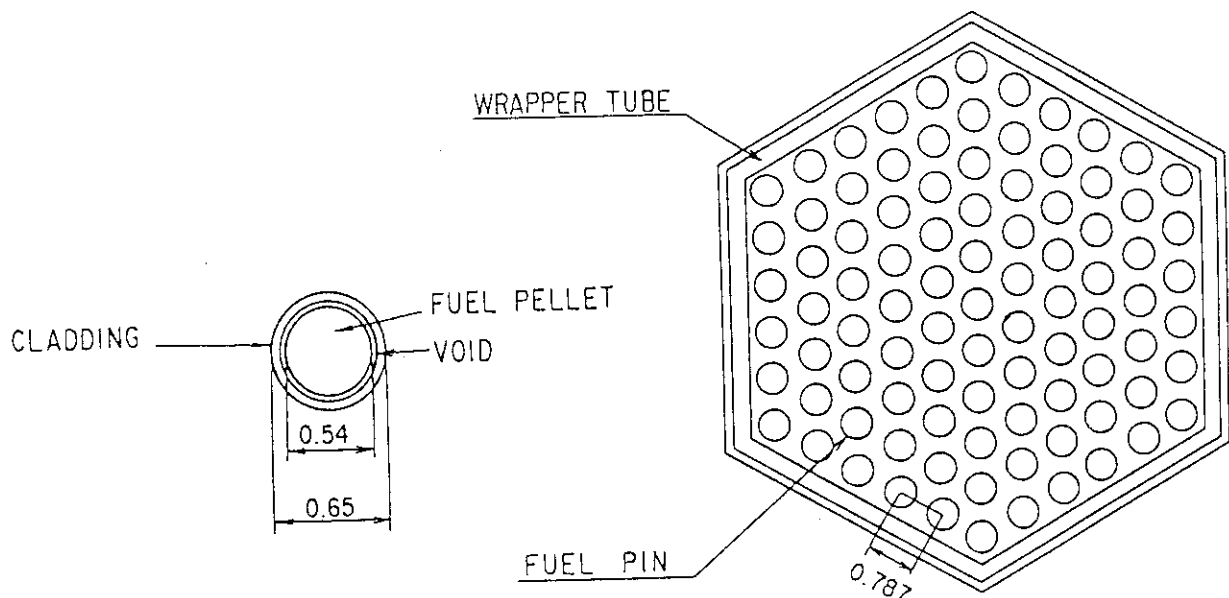


図6. 1 単一燃料集合体計算の幾何形状モデル（水平断面図）

```

LMFBR SUBASSEMBLY (HEXAGONAL LATTICE ) 91 PIN POWER

LATTICE NO-RESTART TALLY-LATTICE
NO-RESPONSE FISSION EIGEN-VALUE FLUX-PRINT
NO-EDIT-MACR-DATA(00303000)

% NG=70
NGROUP(<NG>) NMEMO(10) TCPU(19.0)
NPART(512000) NHIST(10000) IRAND(19940129) NBANK(11000)
ETOP(1.0E+7) ETHMAX(0.) AMLIM(13.) NSKIP(1)
%KSEC
* FUEL
& IDMAT(1)
UO5O15J3( 5.070E-5)
UO8O03J3( 1.685E-2)
UO8O15J3( 1.685E-2)
UO5O03J3( 3.046E-3)
PU9O15J3( 3.046E-3)
PUO015J3( 8.122E-4)
PU1O15J3( 2.031E-4)
OO6O03J3( 4.150E-2)
OO6O03J3( 4.000E-2)
* CLAD SUS
& IDMAT(2)
CRNO03J3( 1.399E-2)
MNSO03J3( 1.169E-3)
FENO03J3( 5.138E-2)
NINO03J3( 8.749E-3)
MONO03J3( 1.114E-3)
* SODIUM
& IDMAT(3)
NA3O03J3( 2.180E-2)
%END KSEC
%GEOM
% P = 0.787 , HT = 93.0
% PZ = P/SQRT(3), DH = 17.0*P2
% C = 0.540/2., D=0.33124
***** LATTICE DATA *****
IDLAT(100)
LTYP(2) NVLAT( 13 13 1)
SZLAT(<P> 0.0 <HT> )
SZHEX( 0.0 0.0 <DH> <HT> 0.0 )
RCELL( 7 7 )
*****
KLATT(
                2 2 2 2 2 2 2 0 0 0 0 0 0
                2 1 1 1 1 1 1 2 0 0 0 0 0
                2 1 1 1 1 1 1 1 2 0 0 0 0
                2 1 1 1 1 1 1 1 1 2 0 0 0
                2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 0 0
                2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 0
                2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2
                0 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2
                0 0 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2
                0 0 0 2 1 1 1 1 1 1 1 1 2
                0 0 0 0 2 1 1 1 1 1 1 1 2
                0 0 0 0 0 2 1 1 1 1 1 1 2
                0 0 0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 )
KSLAT( <13*13>(0) )
*****
END
RHP ( 10000 0.0 0.0 0.0 <HT> <DH> )
RHP ( 20000 0.0 0.0 0.0 <HT> <DH+0.3> )
RHP ( 30000 0.0 0.0 0.0 <HT> <DH+0.55> )
RFP ( 40000 -100.0 100.0 -100.0 100.0 -8.0 <HT+8.0> )
RHP ( 1111 0.0 0.0 0.0 <HT> <P> )
***** PINS : LEVEL 1
RCC ( 1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <HT> <C> )

```

図6. 2 例題1 (単一燃料集合体計算)の入力データ

```

RCC ( 11      0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <HT> <D> )
END
% MFUEL = 1, MSUS = 2, MNA = 3
  ETV:      :-1000 : -40000
  REF:      :-2000 : 40000 -30000
  NAOL:OUTNA: 3 : 30000 -20000
  LAPP:TUBE :<MSUS>: 20000 -10000
*****
  LAT:INNER: -100 : 10000
#SUBFRAME
  NAMES(P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 SODIUM )
  SPACE(
                13 13 13 13 13 13 13 0 0 0 0 0 0
                13 10 11 12 12 11 10 13 0 0 0 0 0
                13 11 7 8 9 8 7 11 13 0 0 0 0
                13 12 8 5 6 6 5 8 12 13 0 0 0
                13 12 9 6 3 4 3 6 9 12 13 0 0
                13 11 8 6 4 2 2 4 6 8 11 13 0
                13 10 7 5 3 2 1 2 3 5 7 10 13
                0 13 11 8 6 4 2 2 4 6 8 11 13
                0 0 13 12 9 6 3 4 3 6 9 12 13
                0 0 0 13 12 8 5 6 6 5 8 12 13
                0 0 0 0 13 11 7 8 9 8 7 11 13
                0 0 0 0 0 13 10 11 12 12 11 10 13
                0 0 0 0 0 0 13 13 13 13 13 13 )
#END SUBFRAME
***** FUEL PIN *****
#CELL ID(1) TYPE(HEXA) /* FUEL
  C11: 1 : -999 : -1111
  C12: INFUEL :<MNA>: 1111 -11
  C13: INFUEL :<MSUS>: 11 -1
  C14: INFUEL :<MFUEL>: 1
#END CELL
#CELL ID(2) TYPE(HEXA) /* SODIUM
  C21: 1 : -999 : -1111
  C22: INNA :<MNA>: 1111
#END CELL
#TALLY REGION
  ADD @SUBASSEMBLY(OUTNA TUBE INNER:!**)
#END GEOM
***** TALLY ENERGY GROUP *****
  ENGYB(
    1.000E+7 7.788E+6 6.065E+6 4.723E+6 3.678E+6 2.865E+6 2.231E+6
    1.737E+6 1.353E+6 1.054E+6 8.208E+5 6.392E+5 4.978E+5 3.877E+5
    3.019E+5 2.351E+5 1.831E+5 1.426E+5 1.110E+5 8.651E+4 6.737E+4
    5.247E+4 4.086E+4 3.182E+4 2.478E+4 1.930E+4 1.503E+4 1.170E+4
    9.118E+3 7.101E+3 5.530E+3 4.307E+3 3.354E+3 2.612E+3 2.034E+3
    1.584E+3 1.234E+3 9.611E+2 7.485E+2 5.829E+2 4.540E+2 3.535E+2
    2.753E+2 2.144E+2 1.670E+2 1.300E+2 1.013E+2 7.889E+1 6.144E+1
    4.785E+1 3.726E+1 2.902E+1 2.260E+1 1.760E+1 1.371E+1 1.067E+1
    8.315E+0 6.476E+0 5.043E+0 3.927E+0 3.059E+0 2.382E+0 1.855E+0
    1.445E+0 1.125E+0 8.764E-1 6.825E-1 5.315E-1 4.139E-1 3.224E-1
    1.000E-5 )
% NR = %NREG
% NRG = NR*NG
***** VARIANCE REDUCTION PARAMETERS *****
  WKIL( !@SUBASSEMBLY( 70(0.5) ) )
  WSRV( !@SUBASSEMBLY( 70(1.0) ) )
***** RESPONSE PARAMETERS *****
  NRESP(1) RESP( <NG>(1.0) )
***** INITIAL SOURCE *****
% DH2 = DH/2 -0.2 , DHH = 0.5*(DH/SQRT(3))/2 - 0.2
  NSOUR(1) KSOUR(3) IFISM(U05003J3) SOUR(1.0) EINCD( 2.0E+5)
  PSPAC( <-DH2> <DH2> <-DHH> <DHH> 0.1 <HT-0.1> R(0) )
***** FISSION NEUTRON GENERATION *****
  WGF( !OUTNA(0.1) !TUBE(0.1) !INNER:!**(0.8) )
/

```

図 6. 2 例題 1 (単一燃料集合体計算) の入力データ (続き)

(2) 例題2 格子形状(二重格子)を用いた複数燃料集合体から構成される体系の計算

二重格子形状を用いて幾何形状を表現する体系の例を示す。原子炉の全炉心形状はこの例の拡張と考えて多くの場合二重格子形状で表現できる¹⁶⁾。

図6. 3は3×3の燃料ピンまたは制御棒、制御棒チャンネルから構成される4集合体が単位となった体系で、集合体2と3には制御棒が挿入されていて、集合体1と4では引き抜かれている。この4つの集合体が無限に続く体系を考える。従って、x及びy方向では外部境界条件は完全反射となる。z方向は有限で燃料ピンの上下端には30cm厚さの水の反射体が置かれている。この体系はまず4つの集合体から構成される格子(レベル1)と考えられる。更に各集合体は3×3の燃料ピン又は制御棒から構成される格子(レベル2)と考えると二重格子として扱う事が出来る。

入力データを図6. 4に示す。まずレベル1の格子はIDLAT(10)で定義し二種類の集合体セルは1、2とIDを付ける。この計算では各燃料ピン毎の出力等を計算するため対称性(90度)を利用したので集合体3と4はx及びy軸について集合体セル1と2を反転したものを定義した。従ってKSLATの3、4番目のデータは110を入力する。次にレベル2の格子としてIDLAT(100)、IDLAT(200)を定義する。その単位セルは各燃料ピンや制御棒等と周辺の減速材(この場合水)から構成される。その他の幾何形状入力の仕方は例題1とほぼ同じである。ここでは#SUBFRAMEデータにはNAMESを陽に定義した。LAT1は二種類の集合体を含むのでそれぞれASSN、ASSAの名前を付けた。#CELL ID(1)及びID(2)は対称性を利用すると6個の名前で全てのピンを区別できる事、1と2では対称性の面が異なるのでSPACEデータの定義が異なる事に注意して頂きたい。

#TALLY REGIONデータでは全てのピンまたは制御棒、チャンネルの反応率を求めるため出力領域@POWER1~12を定義した。その他は集合体の積分値を求めるための定義である。なお、TRVOLではピンの本数を入力する事により1本当たりの規格化した量が出力できる。

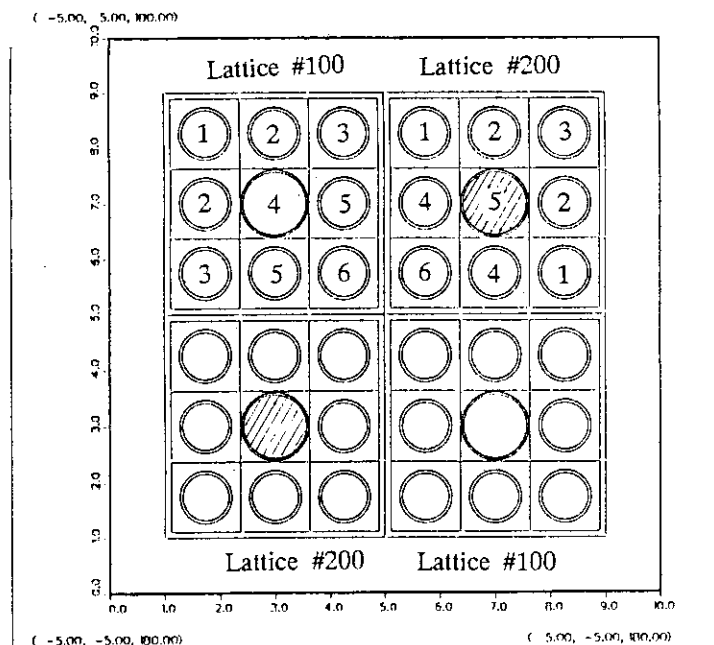


図6. 3 複数燃料集合体から構成される体系の幾何形状モデル(水平断面図)

```

A SAMPLE PROBLEM USING MULTIPLE LATTICE
PIN POWER DISTRIBUTION OF SUBASSEMBLY
LATTICE  RUSS-ROUL  NO-RESTART
FISSION  EIGEN-VALUE FLUX-PRINT  TALLY-LATTICE
EDIT-MACR-DATA(04404000)

% NG=4
NGROUP(<NG>)  NMEMO(45)  TCPU(29.0)
NPART(380000) NHIST(10000)  IRAND(199310182)  NBANK(11000)  NFBANK(10000)
ETOP(1.0E+7)  EBOT(1.0E-5)  EWCUT(0.1  )
ETHMAX(1.2  )  AMLIM(200.)  NSKIP(8)
***** CROSS SECTION DATA *****
%XSEC
* 2.6% FUEL
& IDMAT(1)
U05009J3( 5.798E-4)
U08W09J3( 2.145E-2)
O06W09J3( 4.405E-2)
* CLAD ZIRCALOY4
& IDMAT(2)
ZRNO03J3(4.2672E-2)
FENO03J3(1.5450E-4)
CRNO03J3(9.0126E-5)
* COOLANT H2O + SPACER
& IDMAT(3)
H01H06J3(4.6557E-2)
O06006J3(2.3279E-2)
NINO03J3(9.364E-4)
CRNO03J3(3.711E-4)
FENO03J3(3.994E-4)
* PURE WATER (INSIDE CRP AND UPPER AND LOWER REFLECTOR)
& IDMAT(4)
H01H06J3(4.751E-2)
O06006J3(2.375E-2)
* ABSORBER (CONTROL ROD MATERIAL)
& IDMAT(5)
AGNO06J3(4.489E-2)
IN3006J3(3.560E-4)
IN5006J3(8.061E-3)
CDNO06J3(2.806E-3)
%END XSEC
%GEOM
% PA = 4.0.  HT = 366.0
% K=3, P = 1.26 , WH = 21.5, WC = 1.26*3
***** LATTICE DATA *****
***** DATA FOR LATTICE ID = 10 *****
IDLAT( 10)
  LTYP( 1)  NVLAT(2 2 1)  SZLAT( <PA> <PA> <HT> )
  KLATT( 1 2
        2 1 )
  KSLAT( 0 0 110 110)
***** DATA FOR LATTICE ID = 100 *****
IDLAT(100)
  LTYP( 1)  NVLAT( 3 3 1)  SZLAT( <P> <P> <HT> )
  KLATT( 10 10 10
        10 20 10
        10 10 10 )
  KSLAT( < 3*3 >(0) )
***** DATA FOR LATTICE ID = 200 *****
IDLAT(200)
  LTYP( 1)  NVLAT( 3 3 1)  SZLAT( <P> <P> <HT> )
  KLATT( 10 10 10
        10 30 10
        10 10 10 )
  KSLAT( < 3*3 >(0) )
END

```

図6. 4 例題2 (複数燃料集合体から構成される体系の計算)の入力データ

```

% RF = 0.836/2, RC=0.95/2, D2 = 1.22/2, C2=(1.22-2*0.041)/2
% RH = 30.0 , GP = 0.11, CH = 426.0
*
***** BODY DATA *****
*
RPP ( 10 -10.0 10.0 -10.0 10.0 -5.0 <CH+5.0> )
RPP ( 20 <-PA> <PA> <-PA> <PA> 0.0 <RH> )
RPP ( 30 <-PA> <PA> <-PA> <PA> <CH-RH> <CH> )
***** CORE LATTICE *****
RPP ( 50 <-PA> <PA> <-PA> <PA> <RH> <RH+HT> )
***** SUBASSEMBLY LATTICE *****
RPP ( 100 0.0 <PA> 0.0 <PA> 0.0 <HT> )
RPP ( 500 <GP> <WC+GP> <GP> <WC+GP> 0.0 <HT> )
***** FUEL PIN CELL *****
RPP ( 1000 <-P/2> <P/2> <-P/2> <P/2> 0.0 <HT> )
RCC ( 2000 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <HT> <RC> )
RCC ( 2111 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <HT> <RF> )
*RCC ( 2222 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <HF> <RF> )
***** CONTROL ROD *****
RCC ( 3000 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <HT> <D2> )
RCC ( 3111 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <HT> <C2> )
END
% M26 = 1, MCLD = 2, MH2O = 3
% PWAT = 4, MABS = 5
*
***** ZONE DATA *****
*
ETV : : -1000 : -10
WAO : REFL:<PWAT>: OR 20 OR 30
BOUN: PERR:-2000 : 10 -20 -30 -50
LAT1: LAT1: -10 : 50
#SUBFRAME
NAMES( ASSN ASSA )
SPACE( 1 2 2 1 )
#END SUBFRAME
***** CORE LATTICE *****
#CELL ID(1) TYPE(BOX) / *FUEL 2.6% WITH CRP
AN26: ASN : -999 : -100
CEL2: F26N : -100 : 500
#SUBFRAME
NAMES( PN1 PN2 PN3 CRP PN5 PN6 )
SPACE(
1 2 3
2 4 5
3 5 6 )
#END SUBFRAME
WAT : WAT1 :<MH2O> : 100 -500
#END CELL
*
#CELL ID(2) TYPE(BOX) / *FUEL 2.6% WITH CR
AA26: ASA: -999 : -100
CEL2: F26A : -200 : 500
#SUBFRAME
NAMES( PA1 PA2 PA3 PA4 CR PA5 )
SPACE(
1 2 3
4 5 2
6 4 1 )
#END SUBFRAME
WAT : WAT2 :<MH2O> : 100 -500
#END CELL
***** FUEL CELL *****
#CELL ID(10) TYPE(BOX) / *FUEL 2.6%
CEL2: 3 : -999 : -1000
FU2 : P26 :<M26> : 2111
CL2 : Z26 :<MCLD>: -2111 2000

```

図 6. 4 例題 2 (複数燃料集合体から構成される体系の計算) の入力データ (続き)

```

WAT : H26 : <MH2O>: -2000   1000
#END CELL
*
#CELL ID(20) TYPE(BOX) / *C.R.P.
CR : CRP : -999 : -1000
WAT : CRP1 : <MH2O>: -3000   1000
CR1 : CRP2 : <MCLD>: -3111   3000
WAI : CRP3 : <PWAT>:  3111
#END CELL
*
#CELL ID(30) TYPE(BOX) / *C.R.
CR : CR : -999 : -1000
WAT : CR1 : <MH2O>: -3000   1000
CR1 : CR2 : <MCLD>: -3111   3000
ABS : CR3 : <MABS>:  3111
#END CELL
***** TALLY REGION DATA *****
#TALLY REGION
DEFINE @POWR1(LAT1:ASSN:F26N:PN1:P26 )
        @POWR2(LAT1:ASSN:F26N:PN2:P26 )
        @POWR3(LAT1:ASSN:F26N:PN3:P26 )
        @POWR4(LAT1:ASSN:F26N:CRP:CRP3 )
        @POWR5(LAT1:ASSN:F26N:PN5:P26 )
        @POWR6(LAT1:ASSN:F26N:PN6:P26 )
        @POWR7(LAT1:ASSA:F26A:PA1:P26 )
        @POWR8(LAT1:ASSA:F26A:PA2:P26 )
        @POWR9(LAT1:ASSA:F26A:PA3:P26 )
        @POWR10(LAT1:ASSA:F26A:PA4:P26 )
        @POWR11(LAT1:ASSA:F26A:CR:CR3 )
        @POWR12(LAT1:ASSA:F26A:PA5:P26 )
        @ASSN(LAT1:ASSN:F26N:*:P26)
        @ASSA(LAT1:ASSA:F26A:*:P26)
        @ASSN(LAT1:ASSN!*:*:*)
        @ASSA(LAT1:ASSA!*:*:*)
        @ALL(LAT1:*:*:*:*)
$END GEOM
TRVOL( 2.0 4.0 4.0 2.0 4.0 2.0 4.0 4.0 2.0 4.0 2.0 2.0
       16.0 16.0  R(1.0) )
ENGYB(
  1.00000E+7 6.73870E+4 1.30070E+2 6.82560E-1 1.00000E-5 )
% NR = %NREG
% NRG = NR*NG
WKIL( <NRG>(0.2) ) WSRV( <NRG>(1.0) )
* WKIL( <NG>(0.5) <NR-1>( 89(0.5) 14(0.8) 4(0.5) ) )
* WSRV( <NG>(1.0) <NR-1>( 89(1.0) 14(1.6) 4(1.0) ) )
NRESP(1)
RESP( <NG>(1.0) )
***** INITIAL SOURCE *****
NSOUR(1) KSOUR(3) PSPAC( -3. 3. -3. 3. 31. 395. R(0) )
IFISM(UO5009J3) SOUR(1.0) EINCD(0.0253)
WGTF( <NR>(0.8) )
/

```

図6. 4 例題2 (複数燃料集合体から構成される体系の計算)の入力データ (続き)

(3) 例題3 中性子-光子結合問題

本例題は原研のFNSで行われた14MeV中性子を線源としてSUS316中での中性子及び γ 線のスペクトル等を測定した実験¹⁾の解析例である。体系は図6.5に示すように比較的単純である。入力データを図6.6に示す。計算ではn- γ 結合問題を解き $z=0, 1.0, 2.3, 3.6, 5.3, 7.1, 9.1$ cmにおける検出器位置でのスペクトルをtrack length estimatorで求めている。SUSの厚さが約112cmと比較的大きいので分散低減法としてimportanceを用いる必要がある。そのため径方向に3分割、軸方向を8分割しそれぞれimportanceと γ 粒子の発生時のweightを領域依存で与えている。#TALLY REGIONを用いて検出器位置のtallyをわざわざ定義したのは出力が見やすい様に出力欄の先頭からこれらをプリントするためである。これがないとコードが自動的に設定した領域の順序で出力される。

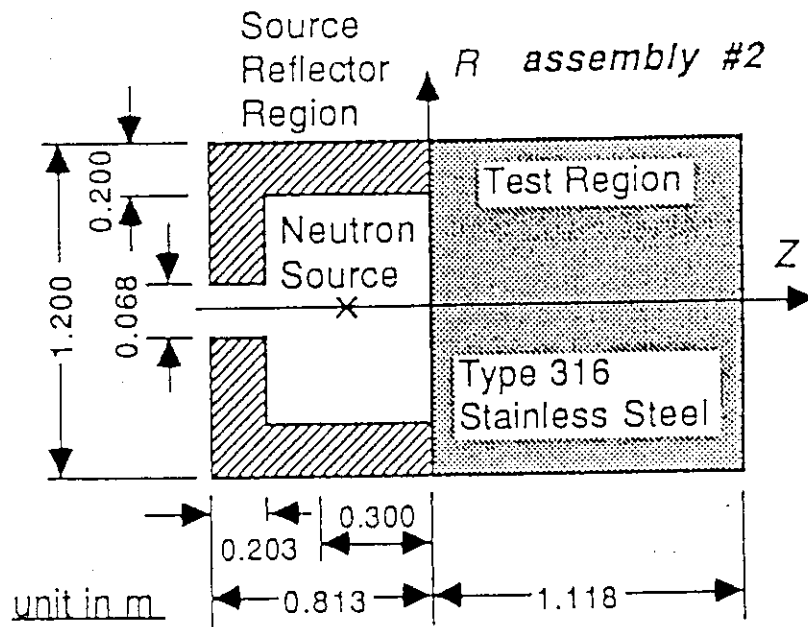


図6.5 中性子-光子結合問題 (FNSで行われた実験の解析) の幾何形状モデル

```

FNS EXPERIMENT, 112CM THICK SS316 ASSEMBLY #2
  NEUTRON-PHOTON COUPLED PROBLEM
  PHOTON(PHOTON) NEUTRON
  NO-MONITOR      IMPORTANCE      FIXED-SOURCE
  FLUX-PRINT      NO-RUSS-ROUL

%  NGP1 = 125, NGP2 = 41, NG = NGP1 + NGP2
  NGROUP.NEUTRON(<NGP1>)  NGROUP.PHOTON(<NGP2>)
  NMEMO(15) TCPU( 9.4)
  NPART(1000000) NHIST(10000) IRAND(19930617) NBANK( 20000)
***** DATA FOR CONTINUOUS ENERGY CROSS SECTION *****
  EWCUT(1.0E+5)
  ETOP(1.649E+7)      EBOT(1.0E-5)      ETHMAX(1.000)  AMLIM(230.)
  ETOP.P(1.400E+7)    EBOT.P(1.0E+5)    BANKP(0.5)
¥XSEC
& IDMAT(1)
  FENO03J3(5.759E-2)
  MN5003J3(9.796E-4)
  NINO03J3(9.713E-3)
  MONO03J3(1.050E-3)
  CRNO03J3(1.548E-2)
  SINO03J3(9.844E-4)
& IDMAT(2)
  NO4003J3(3.881E-5)
  OO6003J3(1.040E-5)
¥END XSEC
*****
¥GEOM
  RCC ( 1  0.0  0.0 -81.28  0.00  0.0  193.  60. )
  RCC ( 2  0.0  0.0 -60.96  0.00  0.0  60.96  40. )
  RCC ( 3  0.0  0.0 -81.28  0.00  0.0  20.32  6.83)
  RCC ( 4  0.0  0.0  -2.0  0.00  0.0  2.0  5.0 )
  RCC ( 5  0.0  0.0   9.0  0.00  0.0  2.0  5.0 )
  RCC ( 6  0.0  0.0  22.0  0.00  0.0  2.0  5.0 )
  RCC ( 7  0.0  0.0  35.0  0.00  0.0  2.0  5.0 )
  RCC ( 8  0.0  0.0  52.0  0.00  0.0  2.0  5.0 )
  RCC ( 9  0.0  0.0  70.0  0.00  0.0  2.0  5.0 )
  RCC (10  0.0  0.0  90.0  0.00  0.0  2.0  5.0 )
  RCC (11  0.0  0.0   0.0  0.00  0.0  12.0  20.0 )
  RCC (12  0.0  0.0  12.0  0.00  0.0  12.0  20.0 )
  RCC (13  0.0  0.0  24.0  0.00  0.0  11.0  20.0 )
  RCC (14  0.0  0.0  35.0  0.00  0.0  12.0  20.0 )
  RCC (15  0.0  0.0  47.0  0.00  0.0  12.0  20.0 )
  RCC (16  0.0  0.0  59.0  0.00  0.0  11.0  20.0 )
  RCC (17  0.0  0.0  70.0  0.00  0.0  12.0  20.0 )
  RCC (18  0.0  0.0  82.0  0.00  0.0  29.72  20.0 )
  RCC (19  0.0  0.0   0.0  0.00  0.0  12.0  40.0 )
  RCC (20  0.0  0.0  12.0  0.00  0.0  12.0  40.0 )
  RCC (21  0.0  0.0  24.0  0.00  0.0  11.0  40.0 )
  RCC (22  0.0  0.0  35.0  0.00  0.0  12.0  40.0 )
  RCC (23  0.0  0.0  47.0  0.00  0.0  12.0  40.0 )
  RCC (24  0.0  0.0  59.0  0.00  0.0  11.0  40.0 )
  RCC (25  0.0  0.0  70.0  0.00  0.0  12.0  40.0 )
  RCC (26  0.0  0.0  82.0  0.00  0.0  29.72  40.0 )
  RCC (27  0.0  0.0   0.0  0.00  0.0  12.0  60.0 )
  RCC (28  0.0  0.0  12.0  0.00  0.0  12.0  60.0 )
  RCC (29  0.0  0.0  24.0  0.00  0.0  11.0  60.0 )
  RCC (30  0.0  0.0  35.0  0.00  0.0  12.0  60.0 )
  RCC (31  0.0  0.0  47.0  0.00  0.0  12.0  60.0 )
  RCC (32  0.0  0.0  59.0  0.00  0.0  11.0  60.0 )
  RCC (33  0.0  0.0  70.0  0.00  0.0  12.0  60.0 )
  RCC (34  0.0  0.0  82.0  0.00  0.0  29.72  60.0 )
  RCC (35  0.0  0.0 -81.28  0.00  0.0  81.28  60.0 )
END
  DET1: D1: 2 : +4
  DET2: D2: 1 : +5

```

図 6. 6 例題 3 (中性子-光子結合問題) の入力データ

```

DET3: D3: 1 : +6
DET4: D4: 1 : +7
DET5: D5: 1 : +8
DET6: D6: 1 : +9
DET7: D7: 1 : +10
AIR : A1: 2 : OR +2      -4   OR +3
R11 : A : 1 : +11      -5
R12 : B : 1 : +12      -6
R13 : C : 1 : +13
R14 : D : 1 : +14      -7
R15 : E : 1 : +15      -8
R16 : F : 1 : +16
R17 : G : 1 : +17      -9
R18 : H : 1 : +18     -10
R21 : I : 1 : +19     -11
R22 : J : 1 : +20     -12
R23 : K : 1 : +21     -13
R24 : L : 1 : +22     -14
R25 : M : 1 : +23     -15
R26 : N : 1 : +24     -16
R27 : O : 1 : +25     -17
R28 : P : 1 : +26     -18
R31 : Q : 1 : +27     -19
R32 : R : 1 : +28     -20
R33 : S : 1 : +29     -21
R34 : T : 1 : +30     -22
R35 : U : 1 : +31     -23
R36 : V : 1 : +32     -24
R37 : W : 1 : +33     -25
R38 : X : 1 : +34     -26
REF : RF: 0 : +35     -2   -3
VACM: Z : -1000 : -1
#TALLY REGION
  DEFINE @D1( D1 )
        @D2( D2 )
        @D3( D3 )
        @D4( D4 )
        @D5( D5 )
        @D6( D6 )
        @D7( D7 )
#END GEOM
% DR = 5.0, DH = 2.0, DV = 3.1415*⟨DH⟩*⟨DR⟩**2
TRVOL( 7(⟨DV⟩) R(1.0) )
***** SOURCE *****
  NSOUR(1)  KSOUR(9)  SOUR(1.0)
  PSPAC( 2(0.0) -30.0  0.1  R(0.0) )
***** INITIAL WEIGHT OF SECONDARY PHOTON *****
  WGTP(
    !A(⟨ 1./2.0 ⟩)      !B(⟨ 1./2.0**2 ⟩)      !C(⟨ 1./2.0**3 ⟩)
    !D(⟨ 1./2.0**4 ⟩)      !E(⟨ 1./2.0**5 ⟩)
    !F(⟨ 1./2.0**6 ⟩)      !G(⟨ 1./2.0**7 ⟩)      !H(⟨ 1./2.0**8 ⟩)
    !I(⟨ 1.0 ⟩)           !J(⟨ 1./2.0 ⟩)
    !K(⟨ 1./2.0**2 ⟩)      !L(⟨ 1./2.0**3 ⟩)      !M(⟨ 1./2.0**4 ⟩)
    !N(⟨ 1./2.0**5 ⟩)      !O(⟨ 1./2.0**6 ⟩)      !P(⟨ 1./2.0**6 ⟩)
    !Q(⟨ 1.0 ⟩)           !R(⟨ 1.0 ⟩)           !S(⟨ 1./2.0 ⟩)
    !T(⟨ 1./2.0**2 ⟩)      !U(⟨ 1./2.0**3 ⟩)
    !V(⟨ 1./2.0**4 ⟩)      !W(⟨ 1./2.0**5 ⟩)      !X(⟨ 1./2.0**5 ⟩)
    !A1(⟨ 1.0 ⟩)          !RF(⟨ 1.0 ⟩)
    !D1(⟨ 1.0 ⟩)          !D2(⟨ 1./2.0 ⟩)      !D3(⟨ 1./2.0**2 ⟩)
    !D4(⟨ 1./2.0**4 ⟩)      !D5(⟨ 1./2.0**5 ⟩)
    !D6(⟨ 1./2.0**7 ⟩)      !D7(⟨ 1./2.0**7 ⟩)
  )
  ENGYB.N(
1.649E+07 1.623E+07 1.598E+07 1.573E+07 1.549E+07 1.525E+07 1.501E+07
1.478E+07 1.455E+07 1.432E+07 1.410E+07 1.388E+07 1.367E+07 1.346E+07
1.325E+07 1.304E+07 1.284E+07 1.264E+07 1.245E+07 1.225E+07 1.206E+07
1.188E+07 1.169E+07 1.151E+07 1.133E+07 1.116E+07 1.098E+07 1.081E+07

```

図 6. 6 例題 3 (中性子-光子結合問題) の入力データ (続き)

```

1.065E+07 1.048E+07 1.032E+07 1.016E+07 1.000E+07 9.394E+06 8.825E+06
8.290E+06 7.788E+06 7.316E+06 6.873E+06 6.456E+06 6.065E+06 5.698E+06
5.353E+06 5.028E+06 4.724E+06 4.437E+06 4.169E+06 3.916E+06 3.679E+06
3.456E+06 3.247E+06 3.050E+06 2.865E+06 2.691E+06 2.528E+06 2.375E+06
2.231E+06 2.096E+06 1.969E+06 1.850E+06 1.738E+06 1.534E+06 1.353E+06
1.194E+06 1.054E+06 9.301E+05 8.208E+05 7.244E+05 6.393E+05 5.642E+05
4.979E+05 4.394E+05 3.877E+05 3.422E+05 3.020E+05 2.665E+05 2.352E+05
2.075E+05 1.832E+05 1.616E+05 1.426E+05 1.259E+05 1.111E+05 9.804E+04
8.652E+04 7.635E+04 6.738E+04 5.946E+04 5.247E+04 4.631E+04 4.087E+04
3.607E+04 3.183E+04 2.809E+04 2.479E+04 2.187E+04 1.930E+04 1.503E+04
1.171E+04 9.119E+03 7.102E+03 5.531E+03 4.307E+03 3.355E+03 2.613E+03
2.035E+03 1.585E+03 1.234E+03 9.611E+02 5.829E+02 3.536E+02 2.144E+02
1.301E+02 7.889E+01 4.785E+01 2.902E+01 1.760E+01 1.068E+01 6.476E+00
3.928E+00 2.382E+00 1.445E+00 8.764E-01 5.316E-01 3.224E-01 1.000E-05 )
ENGYB.F(
1.400E+07 1.200E+07 1.000E+07 9.000E+06 8.000E+06 7.500E+06 7.000E+06
6.500E+06 6.000E+06 5.500E+06 5.000E+06 4.500E+06 4.000E+06 3.500E+06
3.000E+06 2.500E+06 2.250E+06 2.000E+06 1.750E+06 1.500E+06 1.375E+06
1.250E+06 1.125E+06 1.000E+06 9.000E+05 8.000E+05 7.000E+05 6.000E+05
5.200E+05 5.000E+05 4.000E+05 3.000E+05 2.000E+05 1.500E+05 1.000E+05
8.000E+04 6.000E+04 4.500E+04 3.000E+04 2.000E+04 1.000E+04 1.000E+03 )
XIMP( !A(<NG>(2.0)) !B(<NG>(2.0**2)) !C(<NG>(2.0**3))
!D(<NG>(2.0**4)) !E(<NG>(2.0**5))
!F(<NG>(2.0**6)) !G(<NG>(2.0**7)) !H(<NG>(2.0**8))
!I(<NG>(1.0 )) !J(<NG>(2.0 ))
!K(<NG>(2.0**2)) !L(<NG>(2.0**3)) !M(<NG>(2.0**4))
!N(<NG>(2.0**5)) !O(<NG>(2.0**6)) !P(<NG>(2.0**6))
!Q(<NG>(1.0 )) !R(<NG>(1.0 )) !S(<NG>(2.0 ))
!T(<NG>(2.0**2)) !U(<NG>(2.0**3))
!V(<NG>(2.0**4)) !W(<NG>(2.0**5)) !X(<NG>(2.0**5))
!A1(<NG>(1.0 )) !RF(<NG>(1.0 ))
!D1(<NG>(1.0 )) !D2(<NG>(2.0 )) !D3(<NG>(2.0**2))
!D4(<NG>(2.0**4)) !D5(<NG>(2.0**5))
!D6(<NG>(2.0**7)) !D7(<NG>(2.0**7))
)
NRESP(2)
RESP( <NGP1>(1.0) <NGP2>(0.0) <NGP1>(0.0) <NGP2>(1.0) )
/

```

図6. 6 例題3 (中性子-光子結合問題) の入力データ (続き)

7. ジョブ制御文及び入出力ファイル

7.1 ジョブ制御文

(1) FACOM VP-2600

図7.1と図7.2に日本原子力研究所のFACOM VP-2600におけるMVPとGMVPのジョブ制御文の例を示す。この例では記憶領域を拡張したメインプログラムをコンパイル/リンクして一時的なロードモジュールを作成して、それを実行している。記憶領域の大きさはパラメータMAXで指定する(単位はワード(=4バイト))。

(2) NEC MONTE-4

4CPUを持つベクトル-パラレル方式のスーパーコンピュータであるMONTE-4上には、シングルタスク用及びマルチタスク用のロードモジュールが作成されている。図7.3にはMVPのジョブ制御文(スクリプトファイル)を示す。本コンピュータはUNIXマシンであり、最近広く用いられているUNIXワークステーションのスクリプトファイル(SUN4での例を次項に示す)と同様な形式となっている。ただし、MONTE-4の標準的な使用法であるNQS(Network Queueing System)に対応したものとなっている。ここで、環境変数MVP_DIRはMVP及びGMVPのシステムが保存されているディレクトリーを示しており、以下の例に従って.cshrcファイルで設定しておくことが望ましい。

例: .cshrcファイルの記述例

```
#
# -- for MVP/GMVP --
#
setenv MVP_DIR /lab3/g0434/j3803/mvp-gmvp
```

また、本スクリプトファイルでは、cd(チェンジディレクトリー)コマンド:

```
cd /lab3/g0434/j3803/mvp-gmvp/mvprun
```

によって、入力データファイル、あるいは出力ファイルを作成するディレクトリーに移動している。これは、現在のNQSではホームディレクトリーで処理を行うためである。

さらに、UNIX版のロードモジュールは入出力ファイル等をスクリプトファイルで指定できるように任意の個数のパラメータを読み込む機能を有している。その記述形式の規則は以下の通りである。

・入出力ファイルの指定

形式: "/N" + "制御文字" + ":" + "ファイル名"
(あいだに空白があってはならない)

ここで、

N : 入出力機番 (1~99)

制御文字 :

<FORMパラメータ>

U または u = バイナリーファイル (FORM=UNFORMATTED)

F または f = テキストファイル (FORM=FORMATTED)

(省略値=U)

<STATUSパラメータ>

S または s = スクラッチファイル (STATUS=SCRATCH)

ジョブ終了後消去される。ただしファイル名として既存のファイルが指定された場合には消去されない。

R または r = 既存ファイル (STATUS=OLD)

通常、読み込みのみのファイルに指定する。

N または n = 新規作成ファイル (STATUS=NEW)

(省略値=UNKNOWN (ファイル名が与えられた時)、
SCRATCH (ファイル名が与えられない時))

例:

/5rf:test.inp

----> 入出力機番5にテキストファイルtest.inpをオープンする。

/99:DDL.lib.inp または /99ru:DDL.lib

----> 入出力機番99に既存のバイナリーファイルDDL.libをオープンする。

/30:RESULR または /30un:RESULT

----> 入出力機番30に新規バイナリーファイルRESULTをオープンする。

/15sf または /15f

----> 入出力機番15にテキスト形式のワークファイルをオープンする。

/16s または /16

----> 入出力機番16にバイナリー形式のワークファイルをオープンする。

・マルチタスクジョブのタスク数の指定

形式: "NTASK=N"

ここで、

NTASK= : タスク数の指定であることを示す ("ntask=" でもよい)

N : タスク数 (MONTE-4では1~4)

マルチタスク機能を持たないロードモジュールに対しては、このパラメータは意味を持たず指定は無視される。

(3) ワークステーションSUN-4

図7. 4にSUN4のためのスクリプトファイルの例を示す。UNIXをOSとするワークステーションでは、同様に記述される。入出力ファイルの指定法は上記MONTE-4と同様である。また、このスクリプトファイルでは、getsysyemというコマンドを実行している。これは使用しているシステムの名前を返すコマンド(スクリプトファイルで記述される)で内容は図7. 5に示した。

```

T(6) W(4) I(4) C(8) E(6) CLASS(1)
/******
/*          SAMPLE JCL OF MVP ON FACOM VP2600          *
/*          J3803.MONTE94.CNTL(JCLMVP)                  *
/******
// EXEC FORTEXVP
*VOCL TOTAL,SCALAR
  PARAMETER (MAX = 1300 0000)
  COMMON /ARRAY/ LIMIT,IDUM,A(MAX)
  LIMIT = MAX
  CALL CENTER
  STOP
  END
//SYSPRINT DD DUMMY
// EXEC LKEDEX
//OLDLM DD DSN=J3803.MVP94.LOAD,DISP=SHR
//SYSIN DD *
  ENTRY MAIN
  INCLUDE OLDLM(MVP94)
  NAME TEMPNAME
// EXEC GOEX,OBSIZE=137,RGN=68M
/******
/*  I/O UNIT
/*    5      BCD INPUT
/*    6      PRINTOUT
/*   15      WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
/*   16      WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
/*   55      WORKING FILE FOR INPUT DATA PROCESSING
/*   66      WORKING FILE FOR INPUT DATA PROCESSING
/*   75      WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
/*   10      RESTART FILE (IN)
/*   20      RESTART FILE (OUT)
/*   30      BINARY OUTPUT OF TALLY
/*   25      INDEX FILE FOR NEUTRON LIBRARY
/*   26      INDEX FILE FOR PHOTON LIBRARY
/*   27      INDEX FILE FOR ELECTRON LIBRARY
/*   50      CROSS SECTION LIBRARY AUTOMATICALLY ALLOCATED
/******
/****** WORK FILES *****
//FT15F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
//FT16F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(30,10))
/*
//FT55F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
//FT66F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
//FT75F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
/*

```

図7. 1 FACOM VP2600におけるMVPのジョブ制御文


```

/*+++++++ RESTART FILE (IN) ++++++
//FT10F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(30,10))
/*
/*+++++++ RESTART FILE (OUT) ++++++
//FT20F001 DD DSN=J3803.ASM PWR.RES.DATA,
// DISP=(NEW,CATLG),SPACE=(TRK,(10,2)),UNIT=TSSWK
/*
/*+++++++ BINARY OUTPUT OF TALLY ++++++
//FT30F001 DD DSN=J3803.ASM PWR.PLT.DATA,
// DISP=(NEW,CATLG),SPACE=(TRK,(10,2)),UNIT=TSSWK
/*
/*+++++++ INDEX FILES OF CROSS SECTION LIBRARIES+++++
//FT25F001 DD DSN=J3803.MVPLIB.INDEX91.DATA(NEUTRON),
// DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
//FT26F001 DD DSN=J3803.MVPLIB.INDEX91.DATA(PHOTON),
// DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
//FT27F001 DD DSN=J3803.MVPLIB.INDEX91.DATA(ELECTRON),
// DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
/*
//SYSIN DD *

      入力データ

/*
++
//

```

図7. 1 FACOM VP2600におけるMVPのジョブ制御文(続き)

```

T(06) W(03) I(04) C(08) E(01) CLASS(0) MSGCLASS(X)
/******
/*          SAMPLE JCL OF GMVP ON FACOM VP2600          *
/*          J3803.MONTE94.CNTL(JCLGMVP)                *
/******
// EXEC FORTEXVP
*VOCL TOTAL,SCALAR
  PARAMETER (MAX = 100 0000)
  COMMON /ARRAY/ LIMIT,IDUM,A(MAX)
  LIMIT = MAX
  CALL CENTER
  STOP
  END
//SYSPRINT DD DUMMY
// EXEC LKEDEX,A='NOMAP'
//OLDLM DD DSN=J3803.GMVP94.LOAD,DISP=SHR
//SYSIN DD *
  ENTRY MAIN
  INCLUDE OLDLM(GMVP94)
  NAME TEMPNAME
// EXEC GOEX,OBSIZE=137,RGN=38M
/*+++++
/*  I/O UNIT
/*    5      BCD INPUT
/*    6      PRINTOUT
/*   15     WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
/*   16     WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
/*   55     WORKING FILE FOR INPUT DATA PROCESSING
/*   66     WORKING FILE FOR INPUT DATA PROCESSING
/*   75     WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
/*   10     RESTART FILE (IN)
/*   20     RESTART FILE (OUT)
/*   30     BINARY OUTPUT OF TALLY
/*   99     CROSS SECTION LIBRARY (DDX:NEUTRON)
/*   98     CROSS SECTION LIBRARY (DDX:PHOTON)
/*   97     WORKING FILE FOR DDX-LIBRARY PROCESSING
/*   96     WORKING FILE FOR DDX-LIBRARY PROCESSING
/* |IXTAPE|  CROSS SECTION LIBRARY (LEGENDRE)
/*          OR ALREADY PROCESSED CROSS SECTION LIBRARY
/*  JXTAPE  OUTPUT FILE FOR PROCESSED CROSS SECTION
/*+++++
/*+++++ CROSS SECTION LIBRARY (DDX) ++++++
//FT99F001 DD DSN=J3803.***** ,DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
//FT98F001 DD DSN=J3803.***** ,DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
//FT97F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(20,10))
//FT96F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(20,10))
/*+++++ ( IXTAPE = 40 ) ++++++
/*T40F001 DD DSN=J2350.FBRPIN.XSEC.DATA,DISP=SHR,LABEL=(,,IN)
//FT40F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(30,10))
/*+++++ ( JXTAPE = 41 ) ++++++
//FT41F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(30,10))
/*

```

図7. 2 FACOM VP2600におけるGMVPのジョブ制御文

```

/*+++++++ WORK FILES ++++++
//FT15F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
//FT16F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(30,10))
//FT55F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
//FT66F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
//FT75F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(5,5)),
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=3200)
/*
/*+++++++ RESTART FILE (IN) ++++++
//FT10F001 DD UNIT=WK10,SPACE=(TRK,(30,10))
/*
/*+++++++ RESTART FILE (OUT) ++++++
//FT20F001 DD DSN=J3803.ASM PWR.RES.DATA,
// DISP=(NEW,CATLG),SPACE=(TRK,(10,2)),UNIT=TSSWK
/*
/*+++++++ BINARY OUTPUT OF TALLY ++++++
//FT30F001 DD DSN=J3803.ASM PWR.PLT.DATA,
// DISP=(NEW,CATLG),SPACE=(TRK,(10,2)),UNIT=TSSWK
/*
//SYSIN DD *
      入力データ

/*
++
//

```

図7.2 FACOM VP2600におけるGMVPのジョブ制御文(続き)

```

#!/bin/sh

qsub << 'END'
#!/bin/sh
#
# run MVP on MONTE4 :
#
# Usage:
#
#   qsub runMONTE
#
# ... commnads for NQS .....
#
#   -lt : CPU time limit
#   -lm : Memory size limit
#
#@$-lt "0:10:00"
#@$-lm "256mb"
#@$
#-eo
#-----
# Fortran logical unit usage
#
# 5 standard input
# 6 standard output
#
# 25 neutron library index file (text)
# 26 photon library index file (text)
#
# 10 restart file for input (binary)
# 20 restart file for output (binary)
# 30 output file of results (binary)
#
# 55 woking file (text) for input data processing
# 15 woking file (text) for geometry data handling
# 16 woking file (binary)
# 75 woking file (text) for geometry data handling
# 66 monitor file of calculation by DENTAK (text)
# 50 working file for cross section input (binary)
#-----
#
# ... Chdir to the current directory for safety ...
#
# cd /lab3/g0434/j3803/mvp-gmvp/mvprun
#
# ... input data filename : *.inp
#
# INP=phantom.inp
#
# ... executable
#
# EX=$MVP_DIR/bin/SX3/mvpt.para
#
# ... library index file
#
# INDX=$MVP_DIR/mvplib/nindex.dat
# PINDX=$MVP_DIR/mvplib/pindex.dat

```

図 7. 3 MONTE-4 における MVP のジョブ制御文

```

#
LANG=
export LANG
#
# ... Output file name : *.hostname.date.hh:mm:ss
#
OUT=`basename $INP .inp`.hostname`.date +%b%d.%H.%M.%S`
#
# ... restart files if necessary ...
#
#RESTOUT=`basename $INP .inp`.RESTART.$$
#RESTIN=`basename $INP .inp`.RESTART.11342
RESTOUT=/dev/null
RESTIN=
#
# ....unit 30 output file
#RESULTS=$INP.out.FT30.date +%b%d.%H.%M.%S`
#
RESULTS=
#
echo "MVP-RUN host: `hostname` system: `uname` date: `date`" > $OUT
echo COMMAND: $0 $argv >> $OUT
echo '' >> $OUT
cat $0 | sed 's/^/SHELL:/' >> $OUT
echo '' >> $OUT
#

F_PROGINF=DETAIL ; export F_PROGINF
#
# NTASK=number of task in multitasking mode
#
$EX NTASK=4 /5rf:$INP /25rf:$INDX /26rf:$PINDEX \
/10:$RESTIN /20:$RESTOUT /30:$RESULTS \
/15f /16 /55f /75f /66f >> $OUT 2>&1

'END'

```

7. 3 MONTE-4におけるMVPのジョブ制御文（続き）

```

#!/bin/csh
#
# run MVP :
#
# -----
# Fortran logical unit usage
#
# 5 standard input
# 6 standard output
#
# 25 neutron library index file (text)
# 26 photon library index file (text)
#
# 10 restart file for input (binary)
# 20 restart file for output (binary)
# 30 output file of results (binary)
#
# 55 working file (text) for input data processing
# 15 working file (text) for geometry data handling
# 16 working file (binary)
# 75 working file (text) for geometry data handling
# 66 monitor file of calculation by DENTAK (text)
# 50 working file for cross section input (binary)
#
# -----
if( ! $?MVPHOST ) then
  set MVPHOST = `../etc/getsystem 'your system'`
endif
set EX = $MVP_DIR/bin/$MVPHOST/mvp.lm
set INDX=$MVP_DIR/mvplib/nindex.dat
set PINDX=$MVP_DIR/mvplib/pindex.dat
#
if( $#argv > 0 ) then
  set INP = $1
else
#
  set INP = nptst.inp
#
endif
unsetenv LANG
set OUT = `basename $INP .inp`.`hostname`.`date +%b%d.%H.%M.%S`
#
# set RESTOUT = `basename $INP .inp`.RESTART.$$
# set RESTIN = `basename $INP .inp`.RESTART.11342
set RESTOUT = /dev/null
set RESTIN =
set RESULTS =
#
echo MVP-RUN host: `hostname` system: `uname` date: `date` > $OUT
echo COMMAND: $0 $argv >> $OUT
echo '' >> $OUT
cat $0 | sed 's/\/SHELL:\/' >> $OUT
echo '' >> $OUT
#
(time $EX /5rf:$INP /25rf:$INDX /26rf:$PINDX \
  /10:$RESTIN /20:$RESTOUT /30:$RESULTS \
  /15f /16 /55f /75f /66f) >>& $OUT &

```

図 7. 4 UNIXワークステーションのためのMVPのジョブ制御文

```

#!/bin/sh
#
# ... Get system names auto matically or
#   extract from 'Systems' file and select
#
# Usage: getsystem [-a] [-i] what
#   -a : suppress automatic search of system name
#   -i : suppress interactive selection of system name
#   what : item specified with system.
#
automatic='yes'
interactive='yes'
what=' '
#
while [ $# -gt 0 ]
do
  case $1 in
    -a) automatic='no' ; shift ;;
    -i) interactive='no' ; shift ;;
    *) what=$1 ; shift ;;
  esac
done
#
S='UNKNOWN'
case $automatic in
yes)
if [ ! -f /bin/uname ] ; then
  UNAME=`arch`
  if [ $? -eq 0 ] ; then
    case $UNAME in
      sun*) S='SUN' ;;
    esac
  fi
else
  UNAME=`uname`
  case $UNAME in
    HP-UX)
      case `uname -m` in
        9000/8* ) S='HP800' ;;
        9000/7* ) S='HP700' ;;
      esac
    ;;
    OSF*)
      UNAME=`uname -m`
      if [ $UNAME = 'alpha' ];then
        S='DECOSF'
      fi
    ;;
    AIX*)
      S='IBMRS'
  esac

```

図 7. 5 SCRIPT FILE of GETSYSTEM

```

;;
UNIX_System_V*)
    S='NECEWS'
;;
SunOS*)
    S='SUNSV'
;;
Super-UX)
    S='SX3'
;;
Monte-UX)
#     S='MONTE4'
    S='SX3'
;;
*)
    UNAME=`uname -m`
    case $UNAME in
        mips) S='MIPS' ;;
        esac
    ;;
esac
fi
if [ $S != 'UNKNOWN' ];then
    echo $S
    exit
fi
;;
esac
#
# Specify system interactively if automatic determination failed or
# not done.
#
case $interactive in
    yes)
        SYS=$MVP_DIR/etc/Systems
        while true
        do
            sed -n 's/^ *\[^\%#\]*\):.*\1/p' $SYS |
            awk '{l=l+1;print " ("l") "$0}' >/dev/tty
            echo " select $what by number ->" > /dev/tty
            read N
            S=`sed -n 's/^ *\[^\%#\]*\):.*\1/p' $SYS|sed -n "${N}p`
            if [ -n "$S" ]
            then
                break
            fi
        done
    ;;
esac
echo $S

```

図 7. 5 SCRIPT FILE OF GETSYSTEM (続き)

7.2 入出力ファイル

MVP/GMVPで使用する入出力ファイルの機番、用途および内容の概要を表7.1に示す。断面面積関連のファイルを除いて、2つのコードの使用する入出力機番は共通である。

表7.1 MVP/GMVPの入出力ファイル

1. 共通ファイル

機番	形式	用途	I/O
5	テキスト (80バイト)	標準入力データ	I
6	テキスト (137バイト)	プリント出力	O
10	バイナリ	リスタート計算の時に入力するファイル。以前の計算でリスタート出力として書き出されたもの。	I
15	テキスト (80バイト)	幾何形状データ処理用作業ファイル	I/O
16	バイナリ	入力データ処理用作業ファイル	I/O
20	バイナリ	次のリスタート計算に必要なデータの出力	O
30	バイナリ	計算結果の出力ファイル	O
55	テキスト (80バイト)	入力データ処理用作業ファイル	I/O
75	テキスト (80バイト)	幾何形状データ処理用作業ファイル	I/O
66	テキスト	入力データ処理 (関数機能) のモニター出力	O

表7. 1 (続き)

2.MVPの断面積関連ファイル

機番	形式	用途	I/O
25	テキスト	中性子断面積ライブラリインデックスファイル	I
26	テキスト	光子断面積ライブラリインデックスファイル	I
27	テキスト	電子断面積ライブラリインデックスファイル (制動X線発生に必要)	I
50	バイナリ	MVPが各種毎の断面積ライブラリを自動的に割り当てる	I

3.GMVPの断面積関連ファイル

機番	形式	用途	I/O
IXTAPE	テキスト	ルジャンドル展開型断面積ライブラリ、または処理済みライブラリの入力 二重微分型断面積の処理を行う場合は作業用ファイルとして使用	I/O
JXTAPE	テキスト	処理済みライブラリ出力	O
99	テキスト	二重微分型中性子断面積ライブラリ入力	I
98	バイナリ	二重微分型光子断面積ライブラリ入力	I
97	バイナリ	二重微分型断面積処理用作業ファイル	I/O
96	バイナリ	二重微分型断面積処理用作業ファイル	I/O

以下に主要入出力について記述する。

(1) カードイメージ入力データ

入力ファイルの機番は5である。(詳細は第5章参照)。なお、使用する計算機システムおよび端末の種類によって、入力データ中の特殊文字に文字化けがおこるので注意を要する。文字化けのおこる文字は次のとおりである。

FACOM メインフレーム上	<u>¥</u>	<u>!</u>	<u>!</u>
専用 端末	<u>¥</u>	<u>!</u>	<u>!</u>
Ethernet 端末	<u>\$</u>	<u>]</u>	<u>!</u>
UNIX マシン上	<u>\$</u>	<u>]</u>	<u>!</u>

上記システムまたは端末上で使用すべき文字を下線で示す。特に注意を要するのは、"!" であり、ファイル転送 (FACOM メインフレーム→UNIXマシン) した入力データがそのままでは使用できない。

(2) プリント出力

出力ファイルの機番は6である。

プリント出力される内容は次の通りである (順序はこの通りでない場合がある)。

- ① 現在使用しているMVP/GMVPのバージョンに関する情報
- ② 入力データのリスト
- ③ 選択したオプションに関する情報
- ④ 断面積処理に関する出力
- ⑤ 幾何形状に関する出力
- ⑥ 体系断面図の出力 (PICTUREオプション)
- ⑦ 分散低減法に関するパラメータ - (XIMP, WKILおよびWSRV)
- ⑧ 2次粒子に関する情報 (核分裂スペクトル: 多群、WGTF及びWGTP)
- ⑨ 中性子源に関する情報。各中性子源の空間およびエネルギー分布等
- ⑩ 統計 (TALLY) に関する情報。エネルギー群境界, 各領域の体積, 反応率計算のための応答関数
- ⑪ 入力データのチェックの結果

チェックの結果を次の3項目に分類してその個数を書出す。

- 1.MESSAGE: 実行上まったく差し支えない
- 2.WARNING: 実行上差し支えない
- 3.FATAL: 実行不可能なエラー

1.及び2.の内容は入力データの処理時に "!!!!" (UNIXマシンでは "]]])") で始る文で書出さ

れる。

3.については "XXX" とともに、入力データ処理時にその内容が書出される。

⑫ Random walkの経過

各バッチごとに次のデータを出力する。

- ・バッチの始めまでに使用したCPU時間
- ・Random walkする粒子数（ヒストリー数）
- ・粒子の発生位置，方向，エネルギー（群）のバッチ平均および累積した値
- ・累積ヒストリー数
- ・固有値問題の場合
 - 核分裂反応の回数，発生した核分裂中性子の数，核分裂粒子バンクに入れられた粒子の数および固有値。

追跡に失敗した粒子（lost particle）の情報。

free flight解析、next zone search及びsource発生において "lost particle" となった粒子の情報をそれぞれ次のように出力する。

・ free flight

(FLIONE) n PARTICLES ARE LOST !!

X=xxx Y=yyy Z=zzz MU=aaa ETA=bbb XI=ccc SURFACE=j NO.=i

n行繰り返し

・ next zone search

!! (SEAONE) n PARTICLES ARE LOST !! ZONE # =k

以下、各lost particleに対して

i X=xxx Y=yyy Z=zzz MU=aaa ETA=bbb XI=ccc

LEVL = 1 LZZ = lz₁ LPOS = lp₁

LEVL = 2 LZZ = lz₂ LPOS = lp₂

現在の粒子のレベルまでの情報

各レベルのSUBSPACE名（TALLY LATTICE オプション使用時）

ここで、

lz₁ : レベル1の格子の入るFRAMEのZONE番号

lp₁ : レベル1の格子におけるSUBFRAMEの位置を表すインデックス

$$lp_1 = i-1 + NVLAT(1) \times ((j-1) + NVLAT(2) \times (k-1))$$

・ source

!!! CAUTION: YOU ARE GOING TO GENERATE PARTICLES IN A ZONE WHERE

PARTICLES SHOULD NOT EXIST !!!
 SOURCE NO. i MAT = m ZONE = iz n PARTICLES.
 THEY ARE TREATED AS LOST !!!

無限ループ検出の情報。

無限ループの検出は困難であるが、MVP/GMVPでは次の方法を採用している。各バッチにおいて、生き残り粒子数が線源粒子数の1%以下あるいは2個以下になった後の各計算タスク処理粒子ののべ数が、それまでの総数の20%以上となった時点で、無限ループの可能性があると判断し、次のメッセージを出す。

XXX n PARTICLES ARE PROBABLY IN ENDLESS LOOP.
 (MONITOR 30 EVENTS)

29回のモニター出力：

EVENT: k MZONE iz MMAX n

30回のモニターの後に、次のメッセージを出し、生き残っている粒子をすべて強制的にkillする。

XXX n PARTICLES ARE PROBABLY IN ENDLESS LOOP AFTER
 MONITORING 30 EVENTS.

全バッチ終了後に

- ・lost particleがあった場合にはその総数と線源粒子に対する割合(%)。

さらに、リスタートファイルに書き出される情報のうち次のもの。

- ・ジョブのタイトル
- ・粒子数
- ・バッチ数
- ・線源粒子の重みの総和
- ・Random walk終了時点での乱数

⑬ 計算結果

- ・固有値：

Track length estimator、collision estimator及びanalog estimator (MVPのみ) による multiplication法、neutron balance法の計算値が各バッチ毎、各バッチまでの平均、各バッチより後のバッチに対する平均として出力される。また、最尤推定 (Maximum Likelihood Estimation) によって評価した計算結果も出力される。最後に、NSKIPバッチ以降の結果の表が共分散マトリックスとともにプリントされる。

- ・各応答関数、各TALLY REGIONに対する反応率：

$$Response = \frac{\int_{TALLY-REGION} dr \int_{ENERGY} dE R(E) \times \phi(r, E)}{TRVOL}$$

- ここで、
 R : レスポンス関数 (入力値)
 ϕ : 粒子束 (n/cm²/単位エネルギー/1線源粒子)
 $TRVOL$: TALLY REGIONの体積 (入力値)

- ・粒子束：
 (オプションFLUX-PRINTによってプリントできる)

$$Flux = \frac{\int_{TALLY-REGION} dr \int_{\Delta E_g} dE \phi(r, E)}{TRVOL \times \Delta U_g}$$

- ここで、
 ϕ : 粒子束 (n/cm²/単位エネルギー/1線源粒子)
 $TRVOL$: TALLY REGIONの体積 (入力値)
 ΔU : レサジー幅

したがって、 $Flux$ は単位レサジー当たりとなっている。

- ・TALLY REGION毎、反応タイプ毎の巨視的反應率と実効断面積：
 巨視的反應率 $RMAC$ ：

$$RMAC = \int_{TALLY-REGION} dr \int_{\Delta E_g} dE \Sigma_x(r, E) \times \phi(r, E)$$

ここで、 Σ_x は反応タイプ x の巨視的断面積を表す。

巨視的実効断面積の単位は cm⁻¹。

- ・TALLY REGION毎、核種毎、反応タイプ毎の反應率と実効断面積：

微視的反応率 $RMIC$ ：

$$RMIC = \int_{TALLY-REGION} dr \int_{\Delta E_x} dE \rho^i(r) \times \sigma_x^i(E) \times \phi(r, E)$$

ここで、 x は反応のタイプを表す。また、 ρ^i は各種 i の原子数密度である。

微視的実効断面積の単位は barn。

上記の粒子束、反応率等の結果は線源粒子1個当りに規格化されている。したがって、固有値問題の場合の総核分裂中性子生成率は1.0ではなくて k_{eff} となっている。また、統計誤差は標準偏差（%1 σ ）の評価値である。

⑭ モニター

以下の事象に対して、起こった回数および重みの総和を出力する。

- ・ 中性子源からの粒子発生
- ・ 核分裂反応
- ・ 光子生成反応
- ・ 衝突反応すべて
- ・ Splitting
- ・ 粒子バンクの容量不足でsplittingできなかった数
- ・ 体系からの漏洩
- ・ エネルギー-下限に到達してrandom walkを打ち切った粒子
- ・ IMPORTANCEあるいはWEIGHT WINDOWオプションの場合の生き残りおよび打ち切り。
- ・ RUSSIAN ROULETTEオプション（weight cut off）の場合の生き残りおよび打ち切り。

また次の事象の回数

- ・ 粒子の自由飛行
- ・ ZONE境界の通過
- ・ 反射面での反射

MONITORオプションを使用した時には、各REGION（TALLY REGIONではない）、各エネルギー群ごとの衝突反応の回数と重み及び各領域ごとにエネルギーの下限以下に散乱された事象の回数と重みを出力する。

(3) 断面積関連ファイル

1) 多群コードGMVP

・断面積入力ファイル (GMVPによる処理前) の形式

(1) ルジャンドル展開型ライブラリー (入出力機番IXTAPE)

核種毎、ルジャンドル展開の次数毎に

IXTAPEの入力値が入力機番そのものの時:

① IGM,IHM,IC,MATNO,TITLE

② ((CRX(i,j),i=1,IHM),J=1,IGM)

IXTAPEの入力値が入力機番+1000の時:

① IGM,IHM,IC,MATNO,TITLE

J=1,IGM

② (CRX(i,j),i=1,IHM)

ここで、 IGM : 群数
 IHM : 1群あたりのテーブル長
 IC : ダミーデータ (通常はルジャンドル展開次数)
 MATNO : 核種毎、展開次数毎のID番号
 TITLE : タイトル (48文字)
 CRX : 断面積データ

(2) 中性子二重微分型断面積ライブラリー (入出力機番99)

核種毎に

① MAXN,IDUM,IDUM,MATNO,TITLE

② (MAXSD(i),i=1,MAXN)

③ ((CX(j,i),j=1,5),i=1,MAXN)

g'=1,MAXN

④ ((I(k,g'→g),k=1,MAXMU),i=g',g'+MAXSD(g')-1)

ここで、 MAXN : 群数
 IDUM : ダミーデータ
 MATNO : 核種毎のID番号
 TITLE : タイトル (48文字)
 CX : 断面積データ
 j= 1: 2次中性子生成散乱断面積
 2: 核分裂断面積

- 3: 中性子捕獲断面積
 4: ν × 核分裂断面積
 5: 全断面積
 I : 散乱のエネルギー角度分布

(3) 光子二重微分型断面積ライブラリー (入出力機番 9 8)

核種毎に

- ① MAXP, IDUM, MAXN, MATNO, TITLE
 ② (MAXSD(i), i=1, MAXP)
 ③ ((CX(j,i), j=1, 5), i=1, MAXP)
 g'=1, MAXP
 ④ ((I(k, g'→g), k=1, MAXMU), i=g', g'+MAXSD(g)-1)
 ⑤ (σ_p (i), i=1, MAXN)
 ⑥ ((Ip(g'→g), g=1, MAXP), g'=1, MAXN)

- ここで、 MAXP : 光子群数
 MAXN : 光子生成断面積を与える中性子群数
 IDUM : ダミーデータ
 MATNO : 核種毎のID番号
 TITLE : タイトル (4 8 文字)
 CX : 断面積データ
 I : 散乱のエネルギー角度分布
 σ_p : 光子生成断面積
 Ip : 2次光子のエネルギー分布

2) 連続エネルギーコード MVP

MVP に対しては、断面積ライブラリーファイルを直接指定するかわりに、入出力機番 2 5、2 6、2 7 上に、断面積ライブラリーインデックスファイルを指定する。中性子、光子、電子の、それぞれのインデックスファイルは、以下に示す規則で記述されたテキストファイルであり、核種の ID 名と実際の核種毎の断面積ライブラリーを対応付ける。

- ① 1 行に核種 ID 名とその核種の断面積データの保存されているファイル名を記述する。記述する位置は、1 ~ 7 2 桁目の範囲であればどこでもよい。

例：核種 ID 名とファイル名の記述形式

核種ID名	ファイル名
H01003J3	J3803.MVPLIB.H01003J3.DATA

- ②UNIX系OSへの対応のために、「パス名」(ディレクトリ、ユーザー名等)をファイル名とは別に記述できる。これをPATH行と呼び、次のように記述される。

```
PATH   パス名
```

この行の以降、次のPATH行が現れるまでは、各核種の実際のファイル名は

```
パス名+ファイル名
```

となる。PATH行による指定がない場合には、

```
UNIX系OS : パス名はインデックスファイルの存在するディレクトリ名、
FACOM : パス名はないとする。
```

例：次の記述は上述の記述と同じである。

```
PATH      J3803.MVPLIB.
H01003J3   H01003J3.DATA
```

- ③空白行、及び1桁目に"* (アスタリスク)"のある行は意味を持たず、読みとばされる。後者はコメント行として利用できる。

(4) リスタートファイル (出力機番: 20; 入力機番: 10)

リスタート計算の時に入力するファイル及び以前の計算でリスタート出力として書かれたもの。次のリスタート計算に必要なデータの出力 (機番20への出力) は常に行なわれる。このファイルはバイナリファイルであり、その内容は以下の通りである。タリーの結果は統計処理する前のものである。

① Header (80文字)

連続エネルギー : MVP RESTART FILE V2.1 DATE TIME

多群 : GMVP RESTART FILE V2.1 DATE TIME

ここで、 DATE=yy-mm-dd

TIME=hr:mn:sc

② (TITLE(i), i=1,2)

入力データのタイトル (72文字×2)

③ (PROGV(i), i=1,40)

各々が60文字からなる文字列で、MVP/GMVPのどの版で計算されているか等を示す (プリント出力の最初のページに出力されたもの)。

④ random walkパラメータ1

NTHIST : random walkを行なった粒子の総数

WSUM : random walkを行なった粒子の重みの総和 (倍精度)

IRAND : 計算終了時の最後の乱数

NBATCH : バッチ総数

NFISB : 核分裂粒子バンクに保存された粒子の個数

WLEK : 体系から漏れた粒子の重みの総和 (倍精度)

⑤ random walkパラメータ2 (固定)

NGROUP : エネルギー群数

NPKIND : 粒子の種類 (MVPのみ)

NREG : REGION数

NTREG : TALLY REGION数

NRESP : 多群形式応答関数の個数

NMEMO : ZONE毎の次に入るZONEの候補数

NZONE : ZONEの総数。

NFBANK : 核分裂粒子バンクの長さ

NLATT : 格子形状の個数
 NEST : 格子形状の多重度
 NUC : 核種数 (MVPのみ)
 NEMIC : 微視的断面積及び反応率を計算した反応数 (MVPのみ)
 NEMAC : 巨視的断面積及び反応率を計算した反応数 (MVPのみ)
 NSTAL : ポイントワイズ応答関数の個数 (MVPのみ)
 NPDET : 点検出器の個数 (現在はGMVPのみ)
 JEIGN : 固有値問題であることを示すフラッグ
 JRESP : 応答関数を用いたレスポンス計算を示すフラッグ
 JHLAT : 六方格子形状を使用していることを示すフラッグ
 JTLLT : TALLY-LATTICEオプションを使用していることを示すフラッグ

⑥ (KMEMO(i,j),i=1,NMEMO),j=1,NZONE) : ZONE毎の次に入るゾーン番号を記憶したもの

⑦ モニター : WCNTR,NCNTR (倍精度)

⑧ XAVT,YAVT,ZAVT,AAVT,BAVT,CAVT,EAVT

XAVT,YAVT,ZAVT : 粒子の発生点の座標の平均

AAVT,BAVT,CAVT : 粒子の発生方向の平均

EAVT : 発生粒子のエネルギー (多群ではエネルギー群) の平均

⑨-1 (((SFLTR(i,j,k),i=1,NGROUP),j=1,NTREG),k=1,2) (倍精度)

Track length estimatorによる粒子束の統計値 (総和および二乗和)

⑨-2 (((SFLCL(i,j,k),i=1,NGROUP),j=1,NTREG),k=1,2) (倍精度)

Collision estimatorによる粒子束の統計値。

(⑩はJRESP > 0 の時のみ出力)

⑩-1 (((SRETR(i,j,k),i=1,NTREG),j=1,NRESP),k=1,2) (倍精度)

Track length estimatorによるレスポンスの統計値 (総和および二乗和)

⑩-2(((SRECL(i,j,k),i=1,NTREG),j=1,NRESP),k=1,2) (倍精度)

Collision estimatorによるレスポンスの統計値 (総和および二乗和)

⑩-3 (((SRSTR(i,j,k),i=1,NTREG),j=1,NSTAL),k=1,2) (倍精度)

Track length estimatorによるレスポンス (ポイントワイズ) の統計値 (総和および二乗和)

⑩-4 (((SRSCL(i,j,k),i=1,NTREG),j=1,NSTAL),k=1,2) (倍精度)

Collision estimatorによるレスポンス (ポイントワイズ) の統計値 (総和および二乗和)

⑪～⑬は連続エネルギーのみ

⑪-1 (((((SRMIC(i,j,k,l,m),i=1,NGROUP),j=1,NRESP),k=1,NUC),l=1,NEMIC),m=1,2) (倍精度)
群毎の微視的反應率の統計値 (総和および二乗和)

⑪-2 (((((RMICR(i,j,k,l,m),i=1,NPKIND),j=1,NRESP),k=1,NUC),l=1,NEMIC),m=1,2) (倍精度)
エネルギー積分した微視的反應率の統計値 (総和および二乗和)

⑪-3

(((XMIC(i,j,k,l,m),i=1,NGROUP+NPKIND),j=1,NRESP),k=1,NUC),l=1,NEMIC),m=1,2) (倍精度)
群毎の微視的実効断面積の統計値 (総和および二乗和)

⑫-1 (((SRMAC(i,j,l,m),i=1,NGROUP),j=1,NRESP),l=1,NEMAC),m=1,2) (倍精度)
群毎の巨視的反應率の統計値 (総和および二乗和)

⑫-2 (((RMACR(i,j,l,m),i=1,NPKIND),j=1,NRESP),l=1,NEMAC),m=1,2) (倍精度)
エネルギー積分した巨視的反應率の統計値 (総和および二乗和)

⑫-3 (((XMAC(i,j,l,m),i=1,NGROUP+NPKIND),j=1,NRESP),l=1,NEMAC),m=1,2) (倍精度)
群毎の巨視的断面積の統計値 (総和および二乗和)

⑬はNEMIC > 0 の時のみ

⑬-1 ((WCXTY(i,j),i=1,NGROUP+NPKIND),J=1,NTREG) (倍精度)
微視的実効断面積計算のためのモニター

⑬-2 ((DNFLX(i,j,k),i=1,NGROUP),J=1,NREG),k=1,NUC) (倍精度)
微視的実効断面積計算のためのモニター

⑭⑮は固有値問題の時のみ

⑭-1 (XSOC(N),N=1,NBATCH) (倍精度)

⑭-2 (XSXV(N),N=1,NBATCH) (倍精度)

⑭-3 (XSYV(N),N=1,NBATCH) (倍精度)

⑭-4 (XSZV(N),N=1,NBATCH) (倍精度)

⑭-5 ((XKEF(J,N),J=1,NT),N=1,NBATCH) (倍精度)

keffの成分の統計値 (NT=7 (MVP) ; 5 (GMVP))

⑮-1 (XXXF(i),i=1,NFISB) (倍精度)

核分裂中性子の X 座標

⑮-2 (YYF(i),i=1,NFISB) (倍精度)

核分裂中性子の Y 座標

⑮-3 (ZZF(i),i=1,NFISB) (倍精度)

核分裂中性子の Z 座標

⑮-4 (IZZF(i),i=1,NFISB)

核分裂中性子の属するZONE番号

⑮-5 (EEEEF(i),i=1,NFISB)

核分裂反応を起こした親中性子のエネルギー (MVPのみ)

⑮-5 (INUF(i),i=1,NFISB)

核分裂反応を起こした核種のID番号 (MVPのみ)

⑮-6~9は格子形状を利用した時のみ

⑮-6 (LEVL(i),i=1,NFISB)

核分裂中性子の属するZONEのレベル

⑮-7 ((LZZF(i,j),j=1,NEST),i=1,NFISB)

核分裂中性子の属するZONEの各レベルのFRAMEのZONE番号

⑮-8 ((LPOSF(i,j),j=1,NEST),i=1,NFISB)

核分裂中性子の属するZONEの各レベルにおけるSUBFRAME番号

⑮-9 ((LCRSF(i,j),j=1,NEST),i=1,NFISB)

核分裂中性子の属する各レベルのSUBFRAMEが格子枠と交わるかどうかのフラッグ
(六方格子形状を使用した時のみ)

⑯はTALLY-LATTICEオプションを使用した時のみ

⑯-1 (IBRGF(i),i=1,NFISB)

各核分裂中性子の属するREGIONの番号

⑯-2 ((IBSPF(i,j),i=1,NFISB),j=0,NEST)

各核分裂中性子の属する各レベルのSUBSPACE ID番号

⑰はNPDET > 0の時のみ

⑰-1 (((SFLPD(i,j,k),i=1,NGROUP),j=1,NPDET),k=1,2) (倍精度)

Point estimatorによる粒子束の統計値 (総和および二乗和)

⑰-2 (((SREPD(i,j,k),i=1,NPDET),j=1,NRESP),k=1,2) (倍精度)

Point estimatorによるレスポンスの統計値 (総和および二乗和)

(5) 計算結果の出力ファイル (機番30:バイナリー)

このファイルに出力されたデータを用いて計算結果のプロットを行なう等の後処理を行なうことができる (グラフ出力用コード PLTJOINT¹⁵⁾ にこのファイルからグラフを作成する機能がある)。以下にこのファイルの内容を示す。MVP/GMVPとも同じ形式であり、#4レコード以降は、各レコードの先頭にそのレコードの内容を示す32文字のTAGが付けられている。また、各タリーの単位については、本節の「(2) プリント出力」の③項を参照されたい。

- ① 出力ファイルの形式 (コードのバージョンによって変わる可能性がある) を示す64文字の文字列。現在は次の文字列が出力される。

MVPコード:

'MVP OUTPUT FILE TYPE 3.0 (FROM 01/MAY/1994) ' (64文字)

GMVPコード:

'GMVP OUTPUT FILE TYPE 3.0 (FROM 01/MAY/1994) ' (64文字)

- ② 計算を行なった日付, 時刻を表わす27文字の文字列。形式は次のようになっている

DATE yy-mm-dd TIME hr:mn:sc

実行した日付がyy年mm月dd日,

時刻がhr時mn分sc秒。

- ③ 入力データのタイトル (72文字×2)

- ④ random walkのパラメータ:

TAG,WSUM,NTHIST,NBATCH,NGROUP,NREG,NRESP,NSKIP,NSTAL,NGP1,NGP2,
NTREG,NPDET,JNEUT,JPHOT,JRESP,JEIGN,JADJM

TAG = 'PROBLEM PARAMETERS

WSUM (倍精度): 粒子の重みの総和

NTHIST: 粒子の総数

NBATCH: バッチ総数

NGROUP: エネルギー群総数

NREG: REGION数

NRESP: 多群形式の応答関数の数

NSKIP: 固有値計算において粒子束等の統計をとり始める前の捨てバッチ数

NSTAL: ポイントワイズな応答関数の数 (GMVPではNSTAL=0)

NGP1: タリーの中性子群数

NGP2: タリーの光子群数

NTREG: TALLY REGION数

NPDET : 点検出器の個数 (現在MVPではNPDET=0)
 JNEUT : 1/0=中性子の追跡を行う/行わない
 JPHOT : 1/0=光子の追跡を行う/行わない
 JRESP : 1/0=反応率計算あり/なし
 JEIGN : 1/0=固有値問題/固定源問題
 JADJM : 1/0=adjoint計算/forward計算 (MVPではJADJM=0のみ)

⑤ エネルギー境界等 :

TAG,(ENGYB(I),I=1,NGP1+1),(ENGPB(I),I=1,NGP2+1),
 (TRVOL(I),I=1,NTREG),(RVOL(I),I=1,NREG)
 TAG = 'ENERGY & REG.VOLUME'
 ENGYB : 中性子タリーのエネルギー群境界 (eV)
 ENGPB : 光子タリーのエネルギー群境界 (eV)
 GMVPの場合は中性子あるいは光子の単独問題の場合にはENGYBあるいはENGPBの一方のみとなる。
 TRVOL : TALLY REGIONの体積 (入力値)
 RVOL : REGIONの体積 (入力値)

⑥-1 TALLY REGION, エネルギー群毎のtrack length estimatorによる粒子束と相対誤差 (%1 σ)。(倍精度)

TAG = 'FLUX & ERROR: TRACK LENGTH'
 SFLTR(IG,KR,j) : track length estimatorによる粒子束と相対誤差 (%1 σ)
 j=1 : 粒子束 ; j=2 : 誤差
 以下のタリー出力も同様に計算結果とその統計誤差が与えられる。

```
DO 1 KR=1,NTREG
WRITE(30) TAG,
@ (SFLTR(IG,KR,1),IG=1,NGROUP),(SFLTR(IG,KR,2),IG=1,NGROUP)
1 CONTINUE
```

⑥-2 TALLY REGION, エネルギー群毎のcollision estimatorによる粒子束と相対誤差 (%1 σ)。(倍精度)

TAG = 'FLUX & ERROR: COLLISION'
 DO 2 KR=1,NTREG
 WRITE(30) TAG,
 @ (SFLCL(IG,KR,1),IG=1,NGROUP),(SFLCL(IG,KR,2),IG=1,NGROUP)

2 CONTINUE

⑥-3 点検出器による粒子束と相対誤差 (1σ)。(倍精度)

TAG = 'FLUX & ERROR: POINT DETECTOR '

DO 3 KP=1,NPDET

WRITE(30) TAG,

@ (SFLPD(IG,KP,1),IG=1,NGROUP),(SFLPD(IG,KP,2),IG=1,NGROUP)

3 CONTINUE

⑦ (レスポンス) は JRESP = 1 の時のみ出力される。

⑦-1 track length estimator で計算された反応率と相対誤差 (1σ)。(倍精度)

TAG = 'REACTION RATE(Resp):TRACK LENGTH'

DO 3 N=1,NRESP

WRITE(30) TAG,

@ (SRETR(K,N,1),K=1,NTREG),(SRETR(K,N,2),K=1,NTREG)

3 CONTINUE

⑦-2 Collision estimator で計算された反応率と相対誤差 (1σ)。(倍精度)

TAG = 'REACTION RATE(Resp):COLLISION '

DO 4 N=1,NRESP

WRITE(30) TAG,

@ (SRECL(K,N,1),K=1,NTREG),(SRECL(K,N,2),K=1,NTREG)

4 CONTINUE

⑦-3 track length estimator で計算された反応率と相対誤差 (1σ)。(倍精度)

TAG = 'REACTION RATE(STAL):TRACK LENGTH'

DO 5 N=1,NSTAL

WRITE(30) TAG,

@ (SRSTR(K,N,1),K=1,NTREG),(SRSTR(K,N,2),K=1,NTREG)

5 CONTINUE

⑦-4 Collision estimator で計算された反応率と相対誤差 (1σ)。(倍精度)

TAG = 'REACTION RATE(STAL):COLLISION '

```

DO 6 N=1,NSTAL
WRITE(30) TAG,
@ (SRSC(L,K,N,1),K=1,NTREG),(SRSC(L,K,N,2),K=1,NTREG)
6 CONTINUE

```

⑦-5 点検出器で計算された反応率と相対誤差 ($\%1\sigma$)。(倍精度)
(NPDET \neq 0の時のみ)

```
TAG = 'REACTION RATE(RESPI):POINT
```

```

DO 7 N=1,NRESP
WRITE(30) TAG,
@ (SREPD(K,N,1),K=1,NPDET),(SREPD(K,N,2),K=1,NPDET)
7 CONTINUE

```

⑦-6 点検出器で計算された反応率と相対誤差 ($\%1\sigma$)。(倍精度)
(NPDET \neq 0の時のみ)

```
TAG = 'REACTION RATE(STAL):POINT
```

```

DO 8 N=1,NSTAL
WRITE(30) TAG,
@ (SRSPD(K,N,1),K=1,NPDET),(SRSPD(K,N,2),K=1,NPDET)
8 CONTINUE

```

⑧は巨視的及び微視的断面積等の計算結果 (MVPのみ) である。

⑧-1 TAG,NUC,NEMIC,NEMAC,JRTTR,JRTCL,(JMICE(L),L=1,8),(JMACE(L),L=1,8)

```
TAG = 'MICRO & MACRO TALLY DATA
```

NUC:核種数

NEMIC:微視的断面積、反応率を計算した反応タイプの数

NEMAC:巨視的断面積、反応率を計算した反応タイプの数

JRTTR:1/0=track length estimatorを使用/collision estimatorを使用

JRTCL:1/0=collision estimatorを使用/track length estimatorを使用

JMICE(L):1/0=L番目タイプの反応について微視的量を計算した/しない

L=1-8に関してはオプション入力データEDIT-MICRO-DATA参照。

JMACE(L):1/0=L番目タイプの反応について巨視的量を計算した/しない

L=1-8に関してはオプション入力データEDIT-MACRO-DATA参照。

⑧-2 TAG,(LEMIC(L),L=1,16),(LEMAC(L),L=1,16),(NUCID(N),N=1,NUC)

TAG = 'MICRO & MACRO TALLY DATA' (⑧-1と同じ)

LEMIC: 反応タイプ毎のSRMIC等における位置を示すインデックス

LEMIC(L),L=1,8: L番目のタイプ反応がLEMIC(L)番目の反応として計算されている。

すなわち、LEMIC(L)はSRMIC,RMICR,XMICにおけるMの値(後述)計算されていなければ0。(0 ≤ LEMIC(L) ≤ NEMIC)

LEMIC(M+8): M番目の反応としてとられたタリーの反応タイプ (M ≤ NEMIC)

1 ≤ LEMIC(M+8) ≤ 8

LEMAC: 巨視的量に対するLEMICと同様な情報

NUCID: 核種のID名(8文字)

⑧-3 TALLY REGION、エネルギー群毎の微視的反応率の結果と相対誤差(%1σ)(倍精度)

TAG,

(((SRMIC(IG,K,N,M,1),IG=1,NGROUP),K=1,NTREG),N=1,NUC),M=1,NEMIC),

(((SRMIC(IG,K,N,M,2),IG=1,NGROUP),K=1,NTREG),N=1,NUC),M=1,NEMIC)

TAG = 'MICROSCOPIC REACTION RATE'

⑧-4 TALLY REGION毎のエネルギー積分した微視的反応率の結果と相対誤差(%1σ)(倍精度)

TAG,

(((RMICR(J,K,N,M,1),K=1,NTREG),N=1,NUC),M=1,NEMIC),

((RMICR(J,K,N,M,2),K=1,NTREG),N=1,NUC),M=1,NEMIC), J=1,NPKIND)

TAG = 'MICROSCOPIC REACTION RATE' (⑧-3と同じ)

(J: 粒子のタイプ(中性子/光子等))

⑧-5 TALLY REGION、エネルギー群毎の微視的実効断面積の結果と相対誤差(%1σ)。1群に縮約した断面積を含む。(倍精度)

TAG,

(((XMIC(IG,K,N,M,1),IG=1,NGROUP+NPKIND),K=1,NTREG),N=1,NUC),M=1,NEMIC),

(((XMIC(IG,K,N,M,2),IG=1,NGROUP+NPKIND),K=1,NTREG),N=1,NUC),M=1,NEMIC)

TAG = 'MICROSCOPIC CROSS SECTION'

⑧-6 TALLY REGION、エネルギー群毎の巨視的反応率の結果と相対誤差(%1σ)(倍精度)

TAG,

(((RMAC(IG,K,M,1),IG=1,NGROUP),K=1,NTREG),M=1,NEMAC),

(((RMAC(IG,K,M,2),IG=1,NGROUP),K=1,NTREG),M=1,NEMAC)

TAG = 'MACROSCOPIC REACTION RATE'

⑧-7 TALLY REGION毎のエネルギー積分した巨視的反応率の結果と相対誤差 (%1 σ) (倍精度)

TAG,
(((RMACR(J,K,M,1),K=1,NTREG),M=1,NEMAC),
((RMACR(J,K,M,2),K=1,NTREG),M=1,NEMAC),J=1,NPKIND)

TAG = 'MACROSCOPIC REACTION RATE' (⑧-6と同じ)

(J: 粒子のタイプ (中性子/光子等))

⑧-8 TALLY REGION、エネルギー群毎の巨視的実効断面積の結果と相対誤差 (%1 σ)。1群に縮約した断面積を含む。(倍精度)

TAG,
(((XMAC(IG,K,M,1),IG=1,NGROUP+NPKIND),K=1,NTREG),M=1,NEMAC),
(((XMAC(IG,K,M,2),IG=1,NGROUP+NPKIND),K=1,NTREG),M=1,NEMAC)
TAG = 'MACROSCOPIC CROSS SECTION'

⑨~⑪はJEIGN=1 (固有値計算) の時のみ出力される。

⑨ TAG,((XKB(J,I),I=1,NBATCH),J=1,NES),((XKC(J,I),I=1,NBATCH),J=1,NES) (倍精度)

TAG = 'K-EFF: BATCH & CUMULATIVE'

XKB: バッチ毎のkeffの評価値 (Jは評価法; NES=6 (MVP)、4 (GMVP))

XKC: 1~Iバッチまでの各評価法毎のkeffの平均値

⑩ 評価法毎のkeffの結果 (倍精度)

DO 10 J=1,NES

10 WRITE(30) TAG,(XKEF(J,I),I=1,NBATCH-1),(VKEF(J,I),I=1,NBATCH-1)

TAG = 'K-EFF: AFTER EACH BATCH'

XKEF(J,I): J番目の評価法によるIバッチ以降 (I~NBATCH) のkeffの評価値

VKEF(J,I): 相対誤差 (%1 σ)

⑪ 最尤法によるkeffの推定値 (倍精度)

DO 20 J=1,N

20 WRITE(IORS) TAG,(XKMLE(J,I),I=1,NBATCH-1),(XKERR(J,I),I=1,NBATCH-1)

TAG = 'K-EFF: MAXIMUM LIKELYHOOD'

XKM(J,I) : 固有値の最尤推定値 (I バッチから N B A T C H までの平均)。

XKERR(J,I) : 相対誤差 (% 1σ)

Jは評価法の組合せ (N=6 (MVP) ; N=5 (GMVP)) を示す。

MVP :

- J= 1 : track length estimators (multiplication+balance)
- 2 : collision estimators (")
- 3 : analog estimators (")
- 4 : multiplication (track length+collision+analog)
- 5 : neutron balance (")
- 6 : all estimators

GMVP :

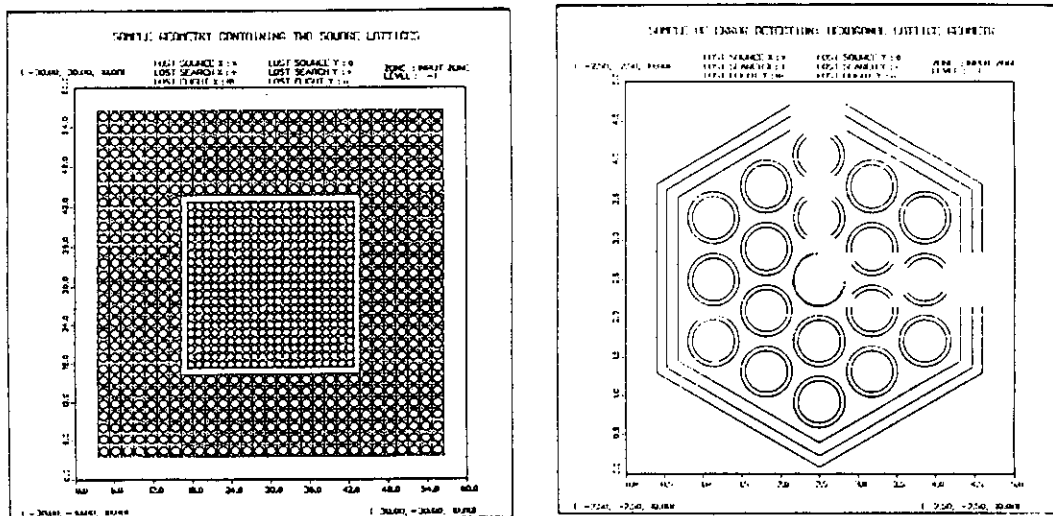
- J= 1 : track length estimators (multiplication+balance)
- 2 : collision estimators (")
- 3 : multiplication (track length+collision)
- 4 : neutron balance (")
- 5 : all estimators

8. 幾何形状作図プログラム CGVIEW の使用法

8.1 概要

複雑な幾何形状モデルの入力データの誤りの発見や妥当性の確認を支援するツールとして、断面図作図コードCGVIEW-SLICEが用意されている。このコードはモンテカルロコードのtracking routineを利用して、切断面図上の縦軸及び横軸方向のtrackingを行いその結果から断面図を作図する。このとき、trackingの失敗等から幾何形状入力データの不備を発見すると、図中に表示する。図8.1に作図例を示す。(a)はピッチの異なる2つの格子を用いてTCAの高転換炉模擬炉心を表現した例であり、(b)は幾何形状入力データのエラーの検出例で、中心の燃料ピンの記述が不十分であることを示している。

グラフィックスパッケージとしては、DISPLAを使用しており、FACOMのメインフレーム上で、TSSとバッチジョブの両方で実行することができる。



(a) Geometry containing two square lattices

(b) Sample of error detection

図8.1 CGVIEW-SLICEによる断面図作図例

8. 2 入力データ

MVP/GMVPの標準入力データ(入出力機番5)に続けて断面図1枚毎に、以下のデータをデータ名付き自由形式で入力する。作図される断面図は図8. 2のようになる。MVP/GMVPの入力データの終了は"/(スラッシュ)"で示す。

1) TITLE

断面図毎に与えるタイトル(50文字以内)

2) PAPER (i) ,i=1,10

PAPER (1:3) : 断面図の原点の座標**V**

PAPER (4:6) : 作図する切断面の横軸方向を示すベクトル**A**
(単位ベクトルである必要はない)

PAPER (7:9) : 作図する切断面の縦軸方向を示すベクトル**B**
(単位ベクトルである必要はない)

Aと**B**は直交している必要はないが断面図上では直交して描かれる。

PAPER (10) : 作図の分解能(1 cm当りの点の数)

3) XMAX (i) ,i=1,2

XMAX(1) : 横軸の長さ(cm)

XMAX(2) : 縦軸の長さ(cm)

4) LEVEL : 作図する階層構造のレベル

LEVEL < 0 によってSUBFRAMEの境界を作図することを示す。

5) SPTYP : 作図の種類オプション

0 = 入力ZONEの境界を作図

1 = REGIONの境界を作図

2 = 物質の異なるZONEの境界を作図

各断面図の入力データの終了は"/"によって示す。複数の断面図を作図する場合は上記データを繰り返す。ただしこの時は、前のデータから変更したいデータについてのみ入力すれば良い。

例：CGVIEW-SLICEの入力データ

MVP/GMVPの入力データ

```

/
/* MVP/GMVPの入力データの終了
TITLE ( SAMPLE INPUT FOR CGVIEW-SLICE )
PAPER ( -70. -70. 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 15 )
XMAX ( 220. 140. )
LEVEL ( -1 )
SPTYP ( 0 )
/
SPTYP ( 2 )
/

```

この例では、まず、レベル1の世界まで入力ZONEの境界を作図している。この時、LEVEL < 0 とすることによって、SUBFRAMEの境界を作図する。LEVEL > 0 の場合には、同じセルの配置されているSUBFRAMEの境界の両側では同じ入力ZONEとなっているためにそのセルの境界は作図されない。さらに、2枚目の断面図として、物質の異なるZONEの境界を作図している。

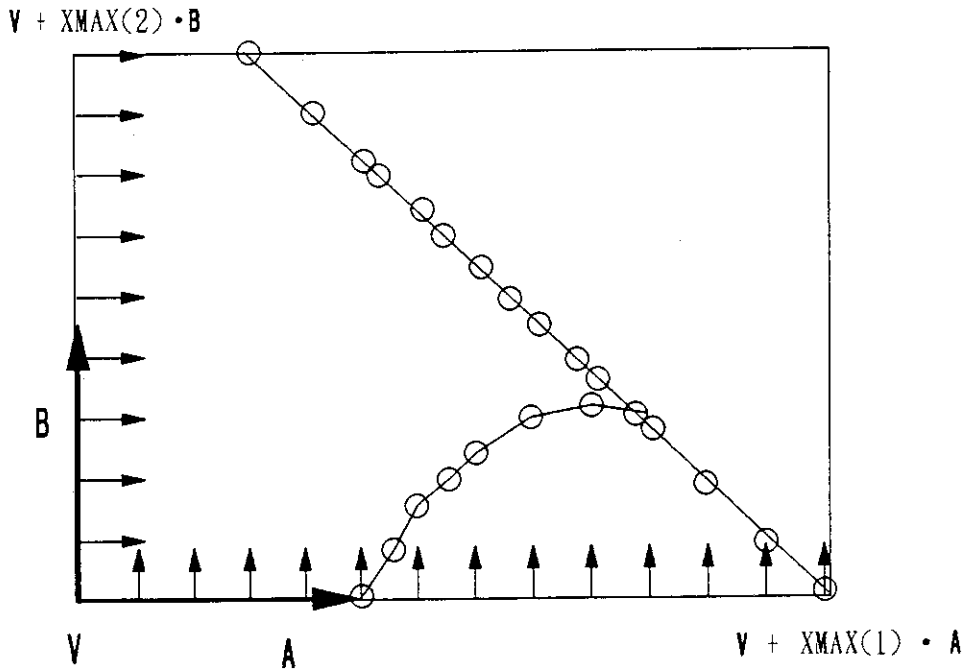


図8. 2 CIVIEW-SLICEの入力データと作図される断面図

8. 3 ジョブ制御文と入出力ファイル

図8. 3にジョブ制御文の例を示す。また、表8. 1に必要な入出力ファイルを示す。

表8. 1 CGVIEW-SLICEの入出力ファイル

機番	形式	用途
5	テキスト(80バイト)	標準入力データ
6	テキスト(137バイト)	プリント出力
15	テキスト(80バイト)	幾何形状データ処理用作業ファイル
16	バイナリ	入力データ処理用作業ファイル
55	テキスト(80バイト)	入力データ処理用作業ファイル
75	テキスト(80バイト)	幾何形状データ処理用作業ファイル
66	テキスト	入力データ処理(関数機能)のモニター出力

```
T(03) W(02) I(04) C(03) E(00) GRP MSGCLASS(X) NOTIFY(J3803)
//*+++++
//* I/O UNIT
//* 5 BCD INPUT
//* 6 PRINTOUT
//* 15 WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
//* 16 WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
//* 55 WORKING FILE FOR INPUT DATA PROCESSING
//* 66 WORKING FILE FOR INPUT DATA PROCESSING
//* 75 WORKING FILE FOR GEOMETRY DATA PROCESSING
//*+++++
// EXEC LMGO,LM='J3803.CGVIEW2',Q='.LOAD',OBSIZE=137,
// PNM=SLICENLP
// EXPAND GRNLP,SYSOUT=M
//SYSIN DD *
```

図8. 3 CGVIEW-SLICEのジョブ制御文

8. 4 TSSでの実行

CGVIEW-SLICEをTSSモードで実行するためには、図8. 4に示したTSS MACRO PROCEDUREにCGVIEWSコマンドを登録しておく必要がある。このコマンドでは、断面図の出力クラスはM（研究2棟3階）となっている。また、プリント出力はファイル名 "CGOUT.LIST" に書出される。そして、入力データをPOファイルとして作成しておく必要がある。実行は次のように行う。TSS端末からの入力はPOファイル名とメンバー名のみである。端末からの入力を下線で示す。

CGVIEWS

<< CGVIEW-SLICE STARTS >>

INPUT FILE NAME (PO) ==> "ファイル名"

----- MEMBER

メンバー名の一覧の表示

MEMBER NAME ==> "メンバー名"

(NLP)

17:20:30 ジョブ開始時刻を表示しCGVIEW-SLICEの実行にはいる。

この時、幾何形状が複雑であったり、断面図を何枚も作図するとTSSセッションのCPU時間制限（2分）によりセッションが終了してしまうので注意を要する。

```

PROC 0
GLOBAL ALDSN FLAG
CONTROL NOF NOLIST NOMSG
WRITE      << CGVIEW-SLICE STARTS >>
DEL CGOUT.LIST
IND: WRITENR WRITE INPUT FILE NAME (PO) =====>
READ &DSN1
FREE F(INDD)
ALLOC DA(&DSN1) F(INDD) SHR
IF &LASTCC > 0 THEN DO
    WRITE .....FILE ALLOCATION ERROR.....
    WRITE      &DSN1
    GOTO IND
END
FREE F(INDD)
SET &ALDSN = &DSN1
.DSNCHK
IF &FLAG = 1 THEN SET &DSN1 = &STR(&DSN1)
.DIR &DSN1
IDIR: WRITENR MEMBER NAME =====>
READ &IELM
IF &IELM = &STR() THEN GOTO IDIR
SET &WORK = &STR(&DSN1(&IELM))
SET &DSN1 = &STR(&WORK)
/*-----*/
/* NLP OUT---->      =SY(M)---->CLASS(M)          */
/* OUTPUT FILE      =CGOUT.LIST                    */
/*-----*/
NLPG:   WRITE      ( NLP )
        WRITE &SYSTIME
        FREE F(MPTMST GDFILE)
        ALLOC DA('SYS1.KPATNLB') F(MPTMST) SHR
        ALLOC F(GDFILE) SY(M) NOHOLD SHR
        ATTR FT06 LRECL(137) BLKSIZE(19043) RECFM(F B A)
        ALLOC DA(&DSN1) F(FT05F001) SHR REU
        ALLOC DA(CGOUT.LIST) F(FT06F001)      +
        NEW SP(50,50) T REU UNIT(TSSWK) US(FT06)
        CALL 'J3803.CGVIEW2.LOAD(SLICENLP)'
        FREEALL
        EXIT

```

図 8. 4 CGVIEWS コマンドプロセジャー (TSSMAC.CLIST)

謝 辞

ここで報告した2つのモンテカルロコードMVPとGMVPの開発においては、日本総合研究所の佐々木誠氏の協力を得た。ここに記して深く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Nakagawa M., Mori T., Sasaki M.: Nucl. Sci. Eng., **107**, 58 (1991).
- 2) Nakagawa M., Mori T., Sasaki M.: Ann. Nucl. Energy, **18**, 467 (1991).
- 3) Mori T., Nakagawa M., Sasaki M.: J. Nucl. Sci. Technol., **29**[4], 183 (1992).
- 4) Mori T., Nakagawa M., Sasaki M.: J. Nucl. Sci. Technol., **29**[12], 1224 (1992).
- 5) Mori T., Nakagawa M., Sasaki M.: "One-, Two- and Three-Dimensional Transport Codes Using Multi-Group Double-Differential Cross Sections," JAERI 1314 (1988).
- 6) Geist A. et al.: "PVM 3 User's Guide and Reference Manual," ORNL/TM-12187 (1993).
- 7) Rose P.F., Dunford C.L. (ed.): "ENDF-102; Data Formats and Procedures for the Evaluated Nuclear Data File, ENDF," ENDF-102, 1990.
- 8) "RSIC COMPUTER CODE SELECTION, MCNP 4, Monte Carlo Neutron and Photon Transport Code System," CCC-200A/B (1991).
- 9) Spanier J., Gelbard E.M.: "Monte Carlo Principles and Neutron Transport Problem," Addison-Wesley Pub., Reading Mass (1969).
- 10) Brown F.B., Martine W.R., Calahan D.A.: Trans. Am. Nucl. Soc., **39**, 755 (1981).
- 11) Koblinger L.: Nucl. Sci. Eng., **56**, 218 (1975).
- 12) Horowitz Y.S., Dubi A., Mordechai S.: Nucl. Sci. Eng., **60**, 461 (1976).
- 13) Halpleib J.A., Mehlhorn T.A.: "ITS: The Integrated TIGER Series of Coupled Electron/Photon Monte Carlo Transport Codes," SAND 84-0573(or CCC-467) (1984).
- 14) Emmett M.B.: "MORSE-CGA, A Monte Carlo Radiation Transport Code with Array Geometry Capability," ORNL-6174 (1985).
- 15) Sasaki M., et al.: "A Users' Guide of a Plotting Program PLTJOINT," JAERI-M 88-036 (1988).
- 16) Nakagawa M., Mori T.: J. Nucl. Sci. Technol., **30**[7], 692 (1993).
- 17) Maekawa F., Konno C., Kosako K., et al.: Fusion Technol., **21**, 2107 (1992).

謝 辞

ここで報告した2つのモンテカルロコードMVPとGMVPの開発においては、日本総合研究所の佐々木誠氏の協力を得た。ここに記して深く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Nakagawa M., Mori T., Sasaki M.: Nucl. Sci. Eng., **107**, 58 (1991).
- 2) Nakagawa M., Mori T., Sasaki M.: Ann. Nucl. Energy, **18**, 467 (1991).
- 3) Mori T., Nakagawa M., Sasaki M.: J. Nucl. Sci. Technol., **29**[4], 183 (1992).
- 4) Mori T., Nakagawa M., Sasaki M.: J. Nucl. Sci. Technol., **29**[12], 1224 (1992).
- 5) Mori T., Nakagawa M., Sasaki M.: "One-, Two- and Three-Dimensional Transport Codes Using Multi-Group Double-Differential Cross Sections," JAERI 1314 (1988).
- 6) Geist A. et al.: "PVM 3 User's Guide and Reference Manual," ORNL/TM-12187 (1993).
- 7) Rose P.F., Dunford C.L. (ed.): "ENDF-102; Data Formats and Procedures for the Evaluated Nuclear Data File, ENDF," ENDF-102, 1990.
- 8) "RSIC COMPUTER CODE SELECTION, MCNP 4, Monte Carlo Neutron and Photon Transport Code System," CCC-200A/B (1991).
- 9) Spanier J., Gelbard E.M.: "Monte Carlo Principles and Neutron Transport Problem," Addison-Wesley Pub., Reading Mass (1969).
- 10) Brown F.B., Martine W.R., Calahan D.A.: Trans. Am. Nucl. Soc., **39**, 755 (1981).
- 11) Koblinger L.: Nucl. Sci. Eng., **56**, 218 (1975).
- 12) Horowitz Y.S., Dubi A., Mordechai S.: Nucl. Sci. Eng., **60**, 461 (1976).
- 13) Halpleib J.A., Mehlhorn T.A.: "ITS: The Integrated TIGER Series of Coupled Electron/Photon Monte Carlo Transport Codes," SAND 84-0573(or CCC-467) (1984).
- 14) Emmett M.B.: "MORSE-CGA, A Monte Carlo Radiation Transport Code with Array Geometry Capability," ORNL-6174 (1985).
- 15) Sasaki M., et al.: "A Users' Guide of a Plotting Program PLTJOINT," JAERI-M 88-036 (1988).
- 16) Nakagawa M., Mori T.: J. Nucl. Sci. Technol., **30**[7], 692 (1993).
- 17) Maekawa F., Konno C., Kosako K., et al.: Fusion Technol., **21**, 2107 (1992).

付録A MVP断面積ライブラリー (核種ID名)

【中性子ライブラリー】

現在、主にJENDL-3.1に基づく以下の核種の断面積データが利用できる。作成温度は、300 K、325 K、600 K、900 K、1500 K、1800 Kである。

FACOMメインフレーム上のインデックスファイルは
J3803.MVPLIB.INDEX91.DATA(NEUTRON)

表A. 1 300 Kのライブラリー

NO	核種	ID名	MAT	核データ ファイル	RECENT ERROR(%)	γ -生成 断面積	発熱 定数	コメント
1	H-1	H01003J3	3011	JENDL-3	0.1	有	有	
2	H in H ₂ O*	H01H03J3	3011	JENDL-3	0.1	有	有	0-16と併用
3	H in CH ₂ *	H01P03J3	3011	JENDL-3	0.1	有	有	C-12と併用
4	H in ZrH*	H01Z03J3	3011	JENDL-3	0.1	有	有	Zr in ZrHと
5	D-2	D02003J3	3012	JENDL-3	0.1	無	有	
6	D in D ₂ O*	D02D03J3	3012	JENDL-3	0.1	無	有	0-16と併用
7	D in D ₂ O*	D02D03B4	1120	ENDF/B4	0.1	有	有	0-16と併用
8	HE-3	HE3003J3	3021	JENDL-3	0.1	無	有	
9	HE-4	HE4003J3	3022	JENDL-3	0.1	無	有	
10	LI-6	LI6003J3	3031	JENDL-3	0.1	有	有	
11	LI-7	LI7003J3	3032	JENDL-3	0.1	有	有	
12	BE-9	BE9003J3	3041	JENDL-3	0.1	有	有	
13	B-10	B00003J3	3051	JENDL-3	0.1	有	有	
14	B-11	B01003J3	3052	JENDL-3	0.1	有	有	
15	C-12	C02003J3	3061	JENDL-3	0.1	有	有	
16	GRAPHITE*	C02C03J3	3061	JENDL-3	0.1	有	有	
17	N-14	N04003J3	3071	JENDL-3	0.1	有	有	
18	N-15	N05003J3	3072	JENDL-3	0.1	有	有	
19	O-16	O06003J3	3081	JENDL-3	0.1	有	有	
20	O-16 in UO ₂ *	O06W03J3	3081	JENDL-3	0.1	有	有	U-238 in UO ₂ と
21	F-19	F09003J3	3091	JENDL-3	0.1	無	有	
22	NA-23	NA3003J3	3111	JENDL-3	0.1	有	有	
23	MG-NAT.	MGN003J3	3120	JENDL-3	0.1	有	有	
24	AL-27	AL7003J3	3131	JENDL-3	0.1	有	有	
25	SI-NAT.	SIN003J3	3140	JENDL-3	0.1	有	無	
26	P-31	P01003B6	1525	ENDF/B6	0.1	有	有	

表A. 1 300 Kのライブラリー (続き)

27	S-NAT.	SON003B6	1600	ENDF/B6	0.1	有	有	
28	CL-NAT.	CLN003B6	1700	ENDF/B6	0.1	有	有	
29	K-NAT.	KON003J3	3190	JENDL-3	0.1	無	無	
30	K-NAT.	KON003B6	1900	ENDF/B6	0.1	有	有	
31	CA-NAT.	CAN003J3	3200	JENDL-3	0.1	有	有	
32	TI-NAT.	TIN003J3	3220	JENDL-3	0.1	有	有	
33	CR-NAT.	CRN003J3	3240	JENDL-3	0.1	有	有	
34	MN-55	MN5003J3	3251	JENDL-3	0.1	有	有	
35	FE-NAT.	FEN003J3	3260	JENDL-3	0.1	有	有	
36	CO-59	CO9003J3	3271	JENDL-3	0.1	無	有	
37	NI-NAT.	NIN003J3	3280	JENDL-3	0.1	有	有	
38	NI-58	NI8003J3	3281	JENDL-3	0.1	有	有	
39	CU-NAT.	CUN003J3	3290	JENDL-3	0.1	有	有	
40	Y-89**	YO9003J3	3901	JENDL-3	0.1	無	有	
41	ZR-NAT.**	ZRN003J3	3400	JENDL-3	0.1	有	有	
42	ZR in ZrH*,**	ZRNZ03J3	3400	JENDL-3	0.1	有	有	H in ZrHと併用
43	NB-93	NB3003J3	3411	JENDL-3	0.1	無	無	
44	MO-NAT.**	MON003J3	3420	JENDL-3	0.1	有	無	
45	MO-95**	MO5003J3	3423	JENDL-3	0.1	無	有	
46	TC-99**	TC9003J3	4301	JENDL-3	0.1	無	有	
47	RU-101**	RU1003J3	4405	JENDL-3	0.1	無	有	
48	RH-103**	RH3003J3	4501	JENDL-3	0.1	無	有	
49	AG-109**	AG9003J3	3472	JENDL-3	0.1	有	有	
50	CD-NAT.	CDN003J3	3480	JENDL-3	0.1	有	無	
51	I-129*	IO9003J3	5302	JENDL-3	0.1	無	有	
52	SN-NAT.	SNN003C2	2500	CENDL-2	0.1	無	有	
53	XE-135	XE5003J3	5410	JENDL-3	0.1	無	有	
54	CS-133**	CS3003J3	5501	JENDL-3	0.1	無	有	
55	ND-143**	ND3003J3	6002	JENDL-3	0.1	無	有	
56	ND-145**	ND5003J3	6004	JENDL-3	0.1	無	有	
57	SM-147**	SM7003J3	6202	JENDL-3	0.1	無	有	
58	SM-149	SM9003J3	6204	JENDL-3	0.1	無	有	
59	SM-150**	SM0003J3	6205	JENDL-3	0.1	無	有	
60	SM-151**	SM1003J3	6206	JENDL-3	0.1	無	有	
61	SM-152**	SM2003J3	6207	JENDL-3	0.1	無	有	
62	EU-153**	EU3003J3	3633	JENDL-3	0.1	無	有	
63	GD-NAT.	GDN003B4	1030	ENDF/B4	0.1	無	有	
64	GD-155**	GD5003J3	6403	JENDL-3	0.1	無	有	

表A. 1 300 Kのライブラリー (続き)

65	ER-156	ER6003B5	9875	ENDF/B5	0.1	無	有	
66	ER-157	ER7003B5	9876	ENDF/B5	0.1	無	有	
67	HF-NAT.	HFN003J3	3720	JENDL-3	0.1	有	有	
68	W-NAT.	WON003J3	3740	JENDL-3	0.1	有	有	
69	AU-197	AU7003B5	1379	ENDF/B5	0.1	無	有	
70	PB-NAT.	PBN003J3	3820	JENDL-3	0.1	有	有	
71	PB-NAT.	PBN003B4	1288	ENDF/B4	0.1	有	有	
72	BI-209	BI9003J3	3831	JENDL-3	0.1	有	有	
73	TH-232	TH2003J3	3905	JENDL-3	0.1	無	有	
74	U-233	U03003J3	3922	JENDL-3	0.1	無	有	
75	U-234	U04003J3	3923	JENDL-3	0.1	無	有	
76	U-235	U05003J3	3924	JENDL-3	0.1	有	有	
77	U-235	U05003B5	1395	ENDF/B5	0.1	有	無	
78	U-236	U06003J3	3925	JENDL-3	0.1	無	有	
79	U-238	U08003J3	3926	JENDL-3	0.1	有	有	
80	U-238 in UO2*	U08W03J3	3926	JENDL-3	0.1	有	有	0-16 in UO2と
81	NP-237	NP7003J3	3931	JENDL-3	0.1	無	有	
82	PU-238	PU8003J3	3942	JENDL-3	0.1	無	有	
83	PU-239	PU9003J3	3943	JENDL-3	0.1	有	有	
84	PU-240	PU0003J3	3944	JENDL-3	0.1	無	有	
85	PU-241	PU1003J3	3945	JENDL-3	0.1	無	有	
86	PU-242	PU2003J3	3946	JENDL-3	0.1	無	有	
87	AM-241	AM1003J3	3951	JENDL-3	0.1	無	有	
88	AM-243	AM3003J3	3954	JENDL-3	0.1	無	有	
89	CM-243**	CM3003J3	3963	JENDL-3	0.1	無	有	
90	CM-244	CM4003J3	3964	JENDL-3	0.1	無	有	
91	CM-245**	CM5003J3	3965	JENDL-3	0.1	無	有	

* 熱中性子散乱断面積はENDF/B-IIIライブラリーを使用。

** 非分離共鳴領域は無限希釈断面積となっている。

表A. 2 325 Kのライブラリー

NO	核種	ID名	MAT	核データ ファイル	RECENT ERROR(%)	γ -生成 断面積	発熱 定数	コメント
1	H IN H ₂ O*	H01H0325	3011	JENDL-3	0.1	有	有	0-16と併用
2	Be金属*	BE9B0325	3041	JENDL-3	0.1	有	有	
3	O-16	O0600325	3081	JENDL-3	0.1	有	有	

* 熱中性子散乱断面積はENDF/B-IIIライブラリーを使用。

表A. 3 600 Kのライブラリー

NO	核種	ID名	MAT	核データ ファイル	RECENT ERROR(%)	γ -生成 断面積	発熱 定数	コメント
1	H IN H ₂ O*	H01H06J3	3011	JENDL-3	0.1	有	有	0-16と併用
2	O-16	O06006J3	3081	JENDL-3	0.1	有	有	
3	CR-NAT.	CRN006J3	3240	JENDL-3	0.1	有	有	
4	MN-55	MN5006J3	3251	JENDL-3	0.1	有	有	
5	FE-NAT.	FEN006J3	3260	JENDL-3	0.1	有	有	
6	NI-NAT.	NIN006J3	3280	JENDL-3	0.1	有	有	
7	ZR-NAT.**	ZRN006J3	3400	JENDL-3	0.1	有	有	
8	NB-93	NB3006J3	3411	JENDL-3	0.1	無	無	
9	AG-NAT.	AGN006J3	3470	JENDL-3	0.1	有	有	
10	CD-NAT.	CDN006J3	3480	JENDL-3	0.1	有	無	
11	IN-113	IN3006J3	4901	JENDL-3	0.1	無	有	
12	IN-115	IN5006J3	4902	JENDL-3	0.1	無	有	
13	SN-NAT.	SNN006C2	2500	CENDL-2	0.1	無	有	
14	U-235	U05006J3	3924	JENDL-3	0.1	有	有	
15	U-238	U08006J3	3926	JENDL-3	0.1	有	有	
16	PU-239	PU9006J3	3943	JENDL-3	0.1	有	有	
17	PU-240	PU0006J3	3944	JENDL-3	0.1	無	有	
18	PU-241	PU1006J3	3945	JENDL-3	0.1	無	有	
19	PU-242	PU2006J3	3946	JENDL-3	0.1	無	有	

* 熱中性子散乱断面積はENDF/B-IIIライブラリーを使用。

表A. 4 900 K ライブラリー

NO	核種	ID名	MAT	核データ ファイル	RECENT ERROR(%)	γ -生成 断面積	発熱 定数	コメント
1	O-16	O06009J3	3081	JENDL-3	0.1	有	有	
2	O-16 IN UO2*	O06W09J3	3081	JENDL-3	0.1	有	有	U-238 in UO2と
3	U-235	U05009J3	3924	JENDL-3	0.1	有	有	
4	U-238	U08009J3	3926	JENDL-3	0.1	有	有	
5	U-238 IN UO2*	U08W09J3	3926	JENDL-3	0.1	有	有	O-16 in UO2と
6	PU-239	PU9009J3	3943	JENDL-3	0.1	有	有	
7	PU-240	PU0009J3	3944	JENDL-3	0.1	無	有	
8	PU-241	PU1009J3	3945	JENDL-3	0.1	無	有	
9	PU-242	PU2009J3	3946	JENDL-3	0.1	無	有	

* 熱中性子散乱断面積はENDF/B-IIIライブラリーを使用。

表A. 5 1500 Kのライブラリー

NO	核種	ID名	MAT	核データ ファイル	RECENT ERROR(%)	γ -生成 断面積	発熱 定数	コメント
1	U-235	U05015J3	3924	JENDL-3	0.1	有	有	
2	U-238	U08015J3	3926	JENDL-3	0.1	有	有	
3	PU-239	PU9015J3	3943	JENDL-3	0.1	有	有	
4	PU-240	PU0015J3	3944	JENDL-3	0.1	無	有	
5	PU-241	PU1015J3	3945	JENDL-3	0.1	無	有	
6	PU-242	PU2015J3	3946	JENDL-3	0.1	無	有	

表A. 6 1800 Kのライブラリー

NO	核種	ID名	MAT	核データ ファイル	RECENT ERROR(%)	γ -生成 断面積	発熱 定数	コメント
1	U-235	U05018J3	3924	JENDL-3	0.1	有	有	
2	U-238	U08018J3	3926	JENDL-3	0.1	有	有	
3	PU-239	PU9015J3	3943	JENDL-3	0.1	有	有	
4	PU-240	PU0015J3	3944	JENDL-3	0.1	無	有	
5	PU-241	PU1015J3	3945	JENDL-3	0.1	無	有	
6	PU-242	PU2015J3	3946	JENDL-3	0.1	無	有	

【光子ライブラリー】

MCNP用光子ライブラリーから元素毎に作成されている。

元素ID名：XXNPTNMC

ここで、

XX：元素記号（Hなど1文字のものは”元素記号”+”0（ゼロ）”）

NPTNMC：固定

光子ライブラリーインデックスファイル：

J3803.MVPLIB.INDEX91.DATA(PHOTON)

(FT26F001 for MVP)

【電子ライブラリー】

MCNP用電子ライブラリーから元素毎に作成された。電子ライブラリーの元素ID名を直接入力する必要はない。

電子ライブラリーインデックスファイル：

J3803.MVPLIB.INDEX91.DATA(ELECTRON)

(FT27F001 for MVP)

付録B ユーザー線源ルーチン

MVP/GMVPには、2つのユーザー線源サブルーチン (SRCU1, SRCU2) が用意されている。両サブルーチンは、線源データで、それぞれ KSOUR=-1 あるいは -2 とすることによって、利用することができる。現在はダミールーチンとなっているので、必要に応じた線源発生ルーチンを作成して利用してほしい。サブルーチンの引数等は両サブルーチンで共通であり、MVP及びGMVPのサブルーチン SRCU1 を、それぞれ図B. 1とB. 2に示す。

これらのサブルーチンでは、線源データとして入力したデータがほぼそのまま利用できる。ただし、線源スペクトルは、効率的にサンプリングできるように、conditional discrete sampling用のデータに変換されている。このデータからのサンプリング法は図B. 1を参照されたい。また、核分裂中性子スペクトル等が利用できるように、中性子断面積データも両サブルーチン内から参照できる (MVPのみ)。

これらのサブルーチンを利用する場合は、次に示す粒子の属性をすべて決定しなければならない。

- XXX, YYY, ZZZ : 線源粒子の発生位置座標 (cm)。
- AAA, BBB, CCC : 線源粒子の飛行方向 (方向ベクトルの成分、長さは1. 0に規格化)。
- WWW : 線源粒子の重み (通常1. 0)。
- EEE : 線源粒子のエネルギー (eV)。GMVPでは必要ない。
- IGG : 線源粒子の属するエネルギー群。
光子のエネルギー群は、NGP1+1群から始る。
- TTT : 粒子の発生時刻 (s)。現在は使用されない。

発生する粒子数はNNで、それぞれの粒子 (I番目) に対して、上記配列のIBP(I)番の位置に値を設定する。

線源データ及び利用できる作業用配列については、図B. 1及びB. 2を参照されたい。

```

SUBROUTINE SRCU1
N ( IOW , NN , ID , IRAND, IBP ,
N  NGROUP, NGP1, NGP2 , NBANK, ENGYB, ENGPB,
B  XXX , YYY , ZZZ , AAA , BBB , CCC ,
B  EEE , IGG , WWW , TTT ,
S  KSOUR, PSPAC, PENRG, KENRG,
S  NSTIM, STIM , PSTIM,
S  NSANG, SANG , PSANG, SAXIS,
X  MCX , NUC , EBOT , ETOP , EBOTP, ETOPP,
X  CX , KLIB1, XLIB1, KLIB2, XLIB2, NMT ,
W  X,Y,Z,IWK1,IWK2,IWK3,IWK4, WK1, WK2, R )
C
C=<MVP>=====
C  PURPOSE: GENERATE PARTICLES (USER SOURCE ROUTINE #1 FOR MVP)
C  CALLED IN: SOURCE (KSOUR=-1)
C-----
C VARIABLES      TYPE  MEANINGS
C IOW            I4    LOGICAL UNIT FOR PRINTOUT
C NN             I4    NUMBER OF PARTICLES BEING GENERATED FROM NOW
C ID             I4    ID NUMBER OF THIS SOURCE ( 1 =< ID <= NSOUR )
C IRAND          I4    INITIAL RANDOM NUMBER
C IBF(NN)        I4    BANK POINTER FOR PARTICLES TO BE GENERATED
C                I4    DESCRIPTERS FOR N'TH PARTICLE ARE STORED IN
C                I4    IBP(N)'TH POSITION IN THE BANK.
C NGROUP         I4    NUMBER OF ENERGY GROUPS FOR TALLY AND SOURCE
C NGP1           I4    NUMBER OF ENERGY GROUPS OF NEUTRONS
C NGP2           I4    NUMBER OF ENERGY GROUPS OF PHOTONS
C NBANK          I4    SIZE OF PARTICLE BANK
C-----
C-----< PARTICLE BANK >: THESE ARRAYS SHOULD BE ASSIGNED VALUES. -----
C XXX(NBANK)     R8    X-POSITION (CM)
C YYY(NBANK)     R8    Y-POSITION (CM)
C ZZZ(NBANK)     R8    Z-POSITION (CM)
C AAA(NBANK)     R8    X-DIRECTION COSINE
C BBB(NBANK)     R8    Y-DIRECTION COSINE
C CCC(NBANK)     R8    Z-DIRECTION COSINE
C WWW(NBANK)     R4    PARTICLE WEIGHT
C EEE(NBANK)     R4    ENERGY (EV)
C IGG(NBANK)     I4    ENERGY GROUP
C TTT(NBANK)     R4    TIME (SEC) MEANINGLESS IN THE CODE.
C-----< SOURCE DATA >-----
C KSOUR          I4    TYPE OF THE SOURCE.
C PSPAC(10)      R4    SPATIAL DISTRIBUTION. (INPUT VALUES)
C
C PENRG(NGROUP)  R4    ENERGY DISTRIBUTIONS (MODIFIED DISCRETE SAMPLING)
C KENRG(2,NGROUP) I4    ENERGY BIN # (FOR DISCRETE SAMPLING)
C
C NSTIM          I4    TIME BIN NUMBER OF SOURCE. (INPUT VALUE)
C STIM(NSTIM+1)  R4    TIME BINS OF SOURCE. (INPUT VALUES)
C PSTIM(NSTIM)   R4    TIME DISTRIBUTION. (INPUT VALUES)
C
C NSANG          I4    ANGLE NUMBERS OF SOURCE. (INPUT VALUES)
C SANG(NSANG+1)  R4    ANGLES (COSINE) BINS OF SOURCE. (INPUT VALUES)
C PSANG(NSANG)   R4    ANGULAR DISTRIBUTION. (INPUT VALUES)
C SAXIS(3)       R4    DIRECTION COSINES TO SOURCE GENERATION AXES.
C*
C=====

```

図B. 1 MVPのユーザー線源ルーチン

```

C
C .... BANK POINTER .....
C
      INTEGER      IBP(NN)
C
C .... PARTICLE BANK .....
C
      REAL*8       XXX(NBANK),ZZZ(NBANK),YYY(NBANK),AAA(NBANK),
@      BBB(NBANK),CCC(NBANK)
      REAL         WWW(NBANK),TTT(NBANK),EEE(NBANK)
      INTEGER      IGG(NBANK)
C
C .... SOURCE DATA .....
C
      INTEGER      KSOUR,KENRG(2,NGROUP),NSTIM,NSANG
      REAL         PSPAC(10),PENRG(NGROUP),ENGYB(NGP1+1),ENGPB(NGP2+1),
@      STIM(NSTIM+1),PSTIM(NSTIM),
@      SANG(NSANG+1),PSANG(NSANG),SAXIS(3)
C
C CROSS SECTION ..... (NEUTRON)
C
      REAL         CX(MCX)
      REAL         XLIB1(NUC,9),XLIB2(NUC,NMT,4)
      INTEGER      KLIB1(NUC,27),KLIB2(NUC,NMT,21)
C
      REAL         EBOT,ETOP,ETOPP,EBOTP
C
C .... WORKING ARRAY FOR
C .... RANDOM NUMBER ETC.
      REAL         R(5*NBANK),WK1(NBANK),WK2(NBANK)
      INTEGER      IWK1(NBANK),IWK2(NBANK),IWK3(NBANK),IWK4(NBANK)
      REAL*8       X(NBANK),Y(NBANK),Z(NBANK)
C
C
C
      WRITE(IOW,*) ' '
      WRITE(IOW,*)
@      ' XXX YOU ARE USING USER SOURCE ROUTINE #1 (SRC1) XXX'
      WRITE(IOW,*)
@      ' XXX THIS JOB HAS BEEN TERMINATED BY THE CODE XXX'
      WRITE(IOW,*)
@      ' XXX PLEASE REPLACE SRC1 WITH YOURS XXX'
C
      STOP 888
C
C-----
CC  EXAMPLE : SAMPLING OF ENERGY FROM FISSION SPECTRUM OF
CC  IWK1(1:NN) : NUCLIDE #
CC  WK1(1:NN)  : INCIDENT NEUTRON ENERGY (EV)
CC  WK2(1:NN)  : FISSION NEUTRON ENERGY (EV)
C-----
C      CALL SEF5N2(
C      @ IOW , IWK1 , NN , WK1 , WK2 ,
C      @ CX,CX, MCX , KLIB1, XLIB1, KLIB2, XLIB2,
C      @ NBANK, NUC , NMT , IRAND,
C      W R(1) ,R(NN+1), R(2*NN+1), R(3*NN+1), R(4*NN+1),
C      W IWK2 , IWK3 , IWK4 , X , Y )
C-----
CC  EW1 MUST SATISFY EBOT =< WK2 <= ETOP
C-----
C      DO 100 I=1,NN
C          EW2(I) = MAX(EBOT, MIN(WK2(I), ETOP))
C 100 CONTINUE

```

図B. 1 MVPのユーザー線源ルーチン(続き)

```

-----
CC STORE ENERGY EEE AND DETERMINE ENERGY GROUP # IGG
-----
C CALL BSVDEC(ENGYB,NGP1+1,EW2, IWK2, NN)
C DO 200 I=1,NN
C EEE(IBP(I)) = EW2(I)
C IGG(IBP(I)) = IWK2(I)
C 200 CONTINUE
-----
C
C SAMPLING FROM PENRG : EXAMPLE OF DISCRETE CONDITIONAL SAMPLING
-----
C
CC SAMPLING OF ENERGY GROUP # BY DISCRETE CONDITIONAL SAMPLING
C CALL RANUZ(IRAND,R,3*NN,ICON)
C DO 300 I=1,NN
C KK = NGROUP*R(I) + 1
C KKK = 2.0+R(NN+1)-PENRG(KK)
C IGO = KENRG(KKK,KK)
C IGG(IBP(I)) = IGO
C
C..... FOR PHOTON ENERGY
C
C IF( IGO .GT. NGP1 ) THEN
C IGOP = IGO - NGP1
CC ... FLAT IN ENERGY WITHIN EACH GROUP
C EEE(IBP(I)) = ENGPB(IGOP)
C @ + R(2*NN+1)*(ENGPB(IGOP+1)-ENGPB(IGOP))
C
C..... FOR NEUTRON ENERGY
C
C ELSE
C ... 1/E IN EACH GROUP
C EEE(IBP(I)) = ENGYB(IGO)
C @ * (ENGYB(IGO+1)/ENGYB(IGO))**R(2*NN+1)
C ENDIF
C 300 CONTINUE
C
CC---- SET DEFAULT VALUES ( ISOTROPIC SOURCE AT THE ORIGIN )
C
C CALL RANUZ(IRAND,R,2*NN,ICON)
C DO 500 I=1,NN
C XXX(IBP(I)) = 0.0
C YYY(IBP(I)) = 0.0
C ZZZ(IBP(I)) = 0.0
C AAA(IBP(I)) = 1.0 - 2.0*R(I)
C AA = SQRT( 1.000 - AAA(IBP(I))**2 )
C FAI = 6.283185300 * R(NN+I)
C BBB(IBP(I)) = AA * COS( FAI )
C CCC(IBP(I)) = AA * SIN( FAI )
C 500 CONTINUE
CC
C DO 600 I=1,NN
C WWW(IBP(I)) = 1.0
C TTT(IBP(I)) = 0.0
C 600 CONTINUE
CC
RETURN
END

```

図B. 1 MVPのユーザー線源ルーチン(続き)

```

SUBROUTINE SRCU1
N ( IOW , NN , ID , IRAND, IBP ,
N  NGROUP, NGP1, NGP2 , NBANK, ENGYB, ENGPB,
B  XXX , YYY , ZZZ , AAA , BBB , CCC ,
B  IGG , WWW , TTT ,
S  KSOUR, PSPAC, PENRG, KENRG,
S  NSTIM, STIM , PSTIM,
S  NSANG, SANG , PSANG, SAXIS,
W  X,Y,Z,IWK1,IWK2,IWK3,IWK4, R )
C
C=<MVP>=====
C PURPOSE: GENERATE PARTICLES (USER SOURCE ROUTINE #1 FOR GMVP)
C CALLED IN: SOURCE (KSOUR=-1)
C-----
C VARIABLES      TYPE  MEANINGS
C IOW            I4   LOGICAL UNIT FOR PRINTOUT
C NN             I4   NUMBER OF PARTICLES BEING GENERATED FROM NOW
C ID             I4   ID NUMBER OF THIS SOURCE ( 1 =< ID <= NSOUR )
C IRAND          I4   INITIAL RANDOM NUMBER
C IBP(NN)        I4   BANK POINTER FOR PARTICLES TO BE GENERATED
C                I4   DESCRIPTORS FOR N'TH PARTICLE ARE STORED IN
C                I4   IBP(N)'TH POSITION IN THE BANK.
C NGROUP         I4   NUMBER OF ENERGY GROUPS FOR TALLY AND SOURCE
C NGP1           I4   NUMBER OF ENERGY GROUPS OF NEUTRONS
C NGP2           I4   NUMBER OF ENERGY GROUPS OF PHOTONS
C NBANK          I4   SIZE OF PARTICLE BANK
C-----
C-----< PARTICLE BANK >: THESE ARRAYS SHOULD BE ASSIGNED VALUES. -----
C XXX(NBANK)     R8   X-POSITION (CM)
C YYY(NBANK)     R8   Y-POSITION (CM)
C ZZZ(NBANK)     R8   Z-POSITION (CM)
C AAA(NBANK)     R8   X-DIRECTION COSINE
C BBB(NBANK)     R8   Y-DIRECTION COSINE
C CCC(NBANK)     R8   Z-DIRECTION COSINE
C WWW(NBANK)     R4   PARTICLE WEIGHT
C IGG(NBANK)     I4   ENERGY GROUP
C TTT(NBANK)     R4   TIME (SEC) MEANINGLESS IN THE CODE.
C-----< SOURCE DATA >-----
C KSOUR          I4   TYPE OF THE SOURCE.
C PSPAC(10)      R4   SPATIAL DISTRIBUTION. (INPUT VALUES)
C
C PENRG(NGROUP) R4   ENERGY DISTRIBUTIONS (MODIFIED DISCRETE SAMPLING)
C KENRG(2.NGROUP) I4  ENERGY BIN # (FOR DISCRETE SAMPLING)
C
C NSTIM          I4   TIME BIN NUMBER OF SOURCE. (INPUT VALUE)
C STIM(NSTIM+1) R4   TIME BINS OF SOURCE. (INPUT VALUES)
C PSTIM(NSTIM)  R4   TIME DISTRIBUTION. (INPUT VALUES)
C
C NSANG          I4   ANGLE NUMBERS OF SOURCE. (INPUT VALUES)
C SANG(NSANG+1) R4   ANGLES (COSINE) BINS OF SOURCE. (INPUT VALUES)
C PSANG(NSANG)  R4   ANGULAR DISTRIBUTION. (INPUT VALUES)
C SAXIS(3)      R4   DIRECTION COSINES TO SOURCE GENERATION AXES.
C*
C=====

```

図B. 2 GMVPのユーザー線源ルーチン


```

C
C .... BANK POINTER .....
C
C     INTEGER      IBP(NN)
C
C .... PARTICLE BANK .....
C
C     REAL*8       XXX(NBANK), ZZZ(NBANK), YYY(NBANK), AAA(NBANK),
@     BBB(NBANK), CCC(NBANK)
C     REAL         WWW(NBANK), TTT(NBANK)
C     INTEGER      IGG(NBANK)
C
C .... SOURCE DATA .....
C
C     INTEGER      KSOUR, KENRG(2, NGROUP), NSTIM, NSANG
C     REAL         PSPAC(10), PENRG(NGROUP), ENGYB(NGP1+1), ENGPB(NGP2+1),
@     STIM(NSTIM+1), PSTIM(NSTIM),
C     SANG(NSANG+1), PSANG(NSANG), SAXIS(3)
C
C .... WORKING ARRAY FOR
C .... RANDOM NUMBER ETC.
C     REAL         R(4*NBANK)
C     INTEGER      IWK1(NBANK), IWK2(NBANK), IWK3(NBANK), IWK4(NBANK)
C     REAL*8       X(NBANK), Y(NBANK), Z(NBANK)
C
C
C     WRITE(IOW,*) ' '
C     WRITE(IOW,*)
@     ' XXX YOU ARE USING USER SOURCE ROUTINE #1 (SRC1) XXX'
C     WRITE(IOW,*)
@     ' XXX THIS JOB HAS BEEN TERMINATED BY THE CODE XXX'
C     WRITE(IOW,*)
@     ' XXX PLEASE REPLACE SRC1 WITH YOURS XXX'
C
C     STOP 888
C
C     RETURN
C     END

```

図B. 2 GMVPのユーザー線源ルーチン(続き)