

分置

分置

「常陽」輸送コードシステムの作成

SN輸送コード・使用マニュアル

1981年8月

動力炉・核燃料開発事業団

「常陽」輸送コードシステムの作成
Sn輸送コード・使用マニュアル

佐々木 誠*

市川 真一**

要 旨

「常陽」炉心核特性データの解析評価のため、中性子輸送理論に基づいた、ディスクリット・オーディネイトコードシステムを作成した。本コードシステムは、米国Los Alamos 科学研究所で開発された。TWOTRAN-IIコードを核に、輸送摂動コードSN-PERTを連結している。又、「常陽」炉心核特性データの拡散理論による解析と比較できるように、拡散コード群から中性子断面積を本コードシステム用に変換するSNGCコードを含んでいる。

本報告書は、上記コードシステムの機能、データ入力法、及びコード間のデータの流れについてまとめたものである。

* 高速実験炉部・技術課 情報

** ファコム・ハイタック(株) ファコム本部システム第5部第1課

Production of "JOYO" Transport Code System

User's Manual of SN Transport Codes

Makoto Sasaki* and
Shinichi Ichikawa**

Abstract

For nuclear analysis of "JOYO" experimental fast reactor, a discrete ordinate code system based on the neutron transport theorem is produced.

This code system is found from a two-dimensional SN code "TWOTRAN-II", a SN perturbation code "SN-PERT" and a neutron group constant production code "SNGC". These codes are connected with each others.

The purpose of this code system production is comparison of results using this code system and ones using codes based on the neutron diffusion theorem.

In this report, the functions of this code, the method of data input and the relations of three codes are described.

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

** 5th System Dep., FACOM Division, FACOM-HITAC Limited.

目 次

List of Tables

List of Figures

1. コードシステムの説明	1
2. SNGCコード	3
2.1 コードの概要	3
2.2 コードの機能	4
2.3 入力データの説明	5
2.4 サンプル・データとJCL例	9
3. TWOTRAN-IIコード	19
3.1 コードの概要	19
3.2 コードの定式化とSn分点について	20
3.3 Macro Cross Sectionについて	22
3.4 Initial Flux GuessとFlux Dump	23
3.5 ファイル情報	24
3.6 入力データの説明	26
3.7 Restart Dumpと入力データの説明	39
3.8 計算上の注意	42
3.9 サンプルデータとJCL例	44
4. SN-PERTコード	55
4.1 コードの概要	55
4.2 輸送摂動計算式の定式化	56
4.3 コードの機能	62
4.4 使用ファイルの説明	63
4.5 入力データの説明	64
4.6 コード使用上の制限について	67

4.7	異常終了の原因	70
4.8	サンプルデータとJCL例	71

参 考 文 献

Appendix 1.	コードの保管	84
2.	核種のID番号	85
3.	擬似吸収断面積の計算法	86
4.	カード・データ作成時の注意点	87
5.	TWOTRAN-IIのRestart Tapeの内容	88

List of Tables

Table

4.1	Function of Subroutines
4.2	Table of Files
4.3	Condition Code and Source of Error
A.1	Restart Tape Composition
A.2	Restart Information Parameter
A.3	Record Block of Restart Tape
A.4	Contents of Blank COMMON Block IA
A.5	Contents of Common Block A
A.6	Contents of LCM
A.7	Data Blocks Continuously Stored in LCM
A.8	Contents of Named COMMON Block FWBCN1

List of Figures

- Fig. 1.1 Data Flow of S_N Transport Code System and Diffusion Code System
- 2.1 Data Flow of SNGC Code
 - 2.2 Functional Flow of SNGC Code
 - 2.3 Tree Structure of Subroutines
 - 2.4 Micro Cross Section I/O Format
 - 2.5 Macro Cross Section I/O Format
 - 2.6 Calculation Method of Macro Cross Section
 - 2.7 Sample of Input Data for SNGC Code
 - 2.8 Sample of JCL Cards for SNGC Code
 - 2.9 Sample Output Data of SNGC Code
 - 3.1 Coordinate System of TWOTRAN-II Code
 - 3.2 Data Flow of SNGC Code
 - 3.3 Inputted Macro Cross Section Format of TWOTRAN-II Code
 - 3.4 Sample of JCL Data for TWOTRAN-II Code
 - 3.5 Sample of Input Data for TWOTRAN-II Code
 - 3.6 Sample Output Data of TWOTRAN-II Code
 - 4.1 Data Flow of Exact Perturbation Calc.
 - 4.2 Data Flow of First Order Perturbation Calc.
 - 4.3 Tree Structure of Subroutines
 - 4.4 Macro Cross Section I/O Format
 - 4.5 Relation of Subroutines and Files
 - 4.6 Sample of Input Data for SN-PERT Code
 - 4.7 Sample of JCL Data for SN-PERT Code
 - 4.8 Sample Output Data of SN-PERT Code
 - A.1 TWOTRAN-II Code Call Flow

第1章 コードシステムの説明

「常陽」の炉心核特性の解析作業においては、これ迄中性子拡散理論に基づいた拡散コードシステムのみを用いている。この拡散コードシステムは、一次元拡散コード EXPANDA-70D⁽¹⁾ 又は EXPANDA-General⁽²⁾ と、三次元拡散コード CITATION⁽³⁾ 及び、三次元拡散摂動コード PERT-C⁽⁴⁾ 等から構成されている。

一方、ナトリウム・ボイド反応度実験のような希薄組成チャンネルのある場合や、中性子の拡散近似効果を評価する問題に対しては、この拡散コードシステムに対応した輸送コードシステムが必要となる。

今回作成した輸送コードシステムは、下記の三つのコードから構成されている。

- i) 中性子群定数変換コード SNGC
- ii) 二次元SN輸送コード TWO TRAN-II⁽⁵⁾
- iii) 二次元SN摂動コード SN-PERT^{(6),(7),(8)}

SNGCコードは、拡散コードシステムで使われる中性子群定数を輸送コードシステムでも共通に使用できるように、群定数の書式変換をする機能を持っている。TWO TRAN-IIは、炉心核計算用に米国 Los Alamos 科学研究所で開発された公開コードである。本コードは、SN-PERTの入力データのためにデータ出力する様、一部出力ルーティンが追加されている。SN-PERTコードは、本社炉物理 R & D Gr 委託研究により、三菱原子力工業^(株)で筆者等が作成したものであるが、改造し、バリアブルデメンジョン化している。

本コードシステムのデータの流れ及び、比較のため、拡散コードシステムのデータの流れを Fig. 1.1 に示した。

第 2 章 S N G C コード

2.1 コードの概要

本コードは、一次元拡散コード EXPANDA-70D (「常陽」版) 又は、EXPANDA-General (「常陽」版) が作成した少数群縮約実効マイクロ断面積を、一次元又は二次元 SN 輸送コードである DTF-N^{(8),(9)}, TWOTRAN-II への入力マクロ断面積へフォーマット変換するものである。データの流れを Fig.2.1 に示す。

又、SNGCコードとしては、EXPANDAコードの出力マクロ断面積をSN輸送コード入力マクロ断面積フォーマットへ変換する機能も有しているが、通常この手順を使用しないので、本報告書ではこの点を省略する。

SNGCコードの特徴としては、

- 1) EXPANDAコード又は、CITATIONコードのどちらの原子数密度の入力カードデータも、SNGCコードの入力カードとして使える。
- 2) 一次元 R or Z 計算, 二次元 XY 計算用に軸方向バックリングを擬似吸収項として, 取扱える。

2.2 コードの機能

Fig. 2.2 に SNGC コードの処理流れ図を示した。又、Fig. 2.3 に各サブルーチンの
- 係を与えモジュール関連図を示した。

本コードの機能は大別して三つある。即ち、

- (1) 入力実効マイクロ断面積を、実効マクロ断面積にする。
 - (2) EXPANDA コード出力断面積フォーマットデータを、DTF-N or TWOTRAN-
II コードの入力断面積フォーマットデータに変換する。
 - (3) R or Z 体系計算 (DTF-N) 又は、XY 体系計算 (TWOTRAN-II) 用に、軸方
向バックリング (又は、軸方向リーケージ) を擬似吸収断面積として取扱う。
- 上記(2)に関し、EXPANDA コードの出力マイクロ断面積フォーマットと DTF-N,
TWOTRAN-II コードの入力マクロ断面積フォーマットを Fig. 2.4, Fig. 2.5 に示
す。
- 上記(1)に関し、マイクロ断面積よりマクロ断面積を作成する計算法を Fig. 2.6 に示す。
- (3)について、各エネルギー群の全断面積にも擬似吸収項をたし合わせている。

2.3 入力データの説明

入力データは、大別して三つから成る。即ち、入出力断面積の処理コントロール入力データ (&DATA) と、マイクロ断面積からマクロ断面積を作成する為の入力組成データ (&COMPと原子数密度カード)、およびバックリングデータ入力の為の (&BUCKL) とがある。

以下に入力データの説明を行う。

1. Title Card : (2 0 A 4)
2. &DATA (namelist)

		default 値
NMICR	入力マイクロ断面積の unit no.	8
NMACR	入力マクロ " (但し、現在使用不可)	9
NTAPE	出力マクロ断面積の unit no.	1 0
NOUT	データ・プリントの unit no.	6
NCARD	組成データを&COMPで入れず、フォーマット型式で入力する際の unit no.	5
NGRP	断面積データの群数 (max 2 0)	
KDOWN	散乱により減速される群数の最大数 (max 1 6)	
NSSET	出力SNコード用マクロ断面積セット数 (max 4 0)	
LIBRA(is) 1 ≤ is ≤ NSSET	出力マクロ断面積 is を作成するのに使用する入力マイクロ断面積のセット番号	4 0 * 0
NMICPR ≠ 0 = 0	入力マイクロ断面積をプリント出力する " しない	
NELM(is) 1 ≤ is ≤ NEST NCODE(ie, is) 1 ≤ is ≤ NELM(is) 1 ≤ is ≤ NSSET	}	不 使 用

LBCODE=1 CITATION の組成カードを入力データとして使用

= 2 EXPANDA の組成カードを入力データとして使用

= 3 組成データは namelist 入力かつ、核種コードは CITATION 型

= 4 組成データは namelist 入力かつ、核種コードは EXPANDA 型
(Appendix 1 参照)

3. &END

4. &COMP (namelist)

NCOMP 入力組成データ (原子数密度) の組の数

IDC(is) is 番のマクロ断面積を作成するために使用する組成データ番号
1 ≤ is ≤ NSET
(default 40*0)

NCODE(ie, is[▼])* is 番のマクロ断面積を作成するために使用する組成データの組の ie 番目の核種 ID**
1 ≤ ie ≤ 25
1 ≤ is[▼] ≤ 40
is[▼] = IDC(is) (default 1000*0)

(注) EXPANDA 型 or CITATION 型がある。

NELM(is) is 番目のマクロ断面積を作成するために使用する組成データ IDC
1 ≤ is ≤ 40 (is) に含まれる核種数
(default 40*0)

DENS(ie, is[▼])* is 番目のマクロ断面積をつくるのに使用する核種
1 ≤ ie ≤ 25
1 ≤ is[▼] ≤ 40
is[▼] = IDC(is) (原子数密度)

5. &END (default 1000*0.0)

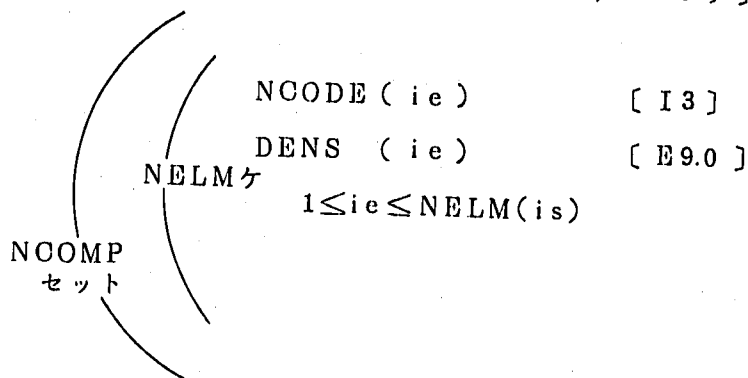
* LBCODE ≤ 2 の時不要
≥ 3 の時必要

** 核種 ID, 及び組成データに重複したセットをなくし, namelist data の作成が容易であるよう考慮した点に注意

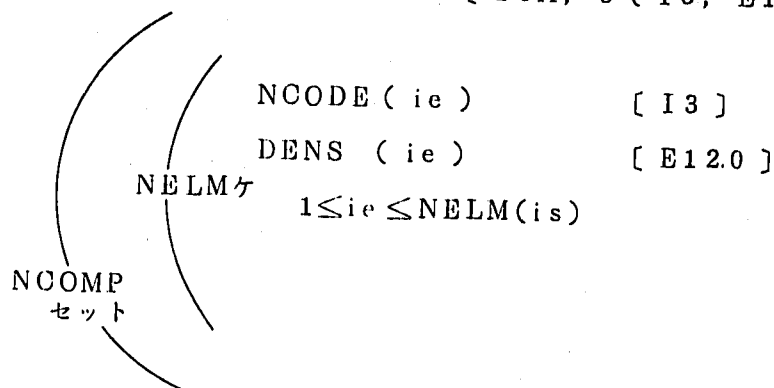
6. 組成データ (LBCODE = 1, 2 の時のみ入力)

原子数密度のデータを EXPANDA-70D (-GENERAL) 又は, CITATION の原子数密度入力カードで入力する。

LBCODE = 1 のとき [6 (I3, E9.0)] : CITATION型



LBCODE = 2 のとき [10X, 5 (I3, E12.0)] : EXPANDA型



(注) NCODE, DENS の意味は namelist &COMP を参照のこと。

7 &BUCKL (namelist) Appendix 2 必読

- IBSQ バックリング項又は, リークージ項のデータ形式を決める。
- IBSQ= 1 コンスタント, リークージ入力
- IBSQ= 2 エネルギー依存, リークージ入力
- IBSQ= 3 エネルギー, 領域依存, リークージ入力
- IBSQ=11 コンスタント, バックリング入力
- IBSQ=12 エネルギー依存, バックリング入力
- IBSQ=13 エネルギー, 領域依存, バックリング入力
- BSQ(ig, is) バックリング項又はリークージ項データ

$1 \leq ig \leq 20$. . . IBSQのオプション値に従い, 下記の要領でリーケージ又は,

バックリングを入力

(default $800 * (-1.0 \times 10^{10})$)

IBSQ=1, 11	のとき	BSQ(1, 1)のみ入力
IBSQ=2, 12	"	BSQ(1, 1)~BSQ(ig', 1)のみ入力
IBSQ=3, 13	"	BSQ(1, 1)~BSQ(ig', is')

ig' : エネルギー群数
is' : マクロ断面積セット数

8. &END

注1) 擬似吸収項が不用のときこのnamelistは省略する。

2.4 サンプル・データとJCL例

i) サンプル入力データ例

サンプル入力データの例をFig. 2.7に示す。

ii) JCL例

JCL使用例をFig. 2.8に示す。

iii) SNGO出力リスト

計算出力例をFig. 2.9に示す。

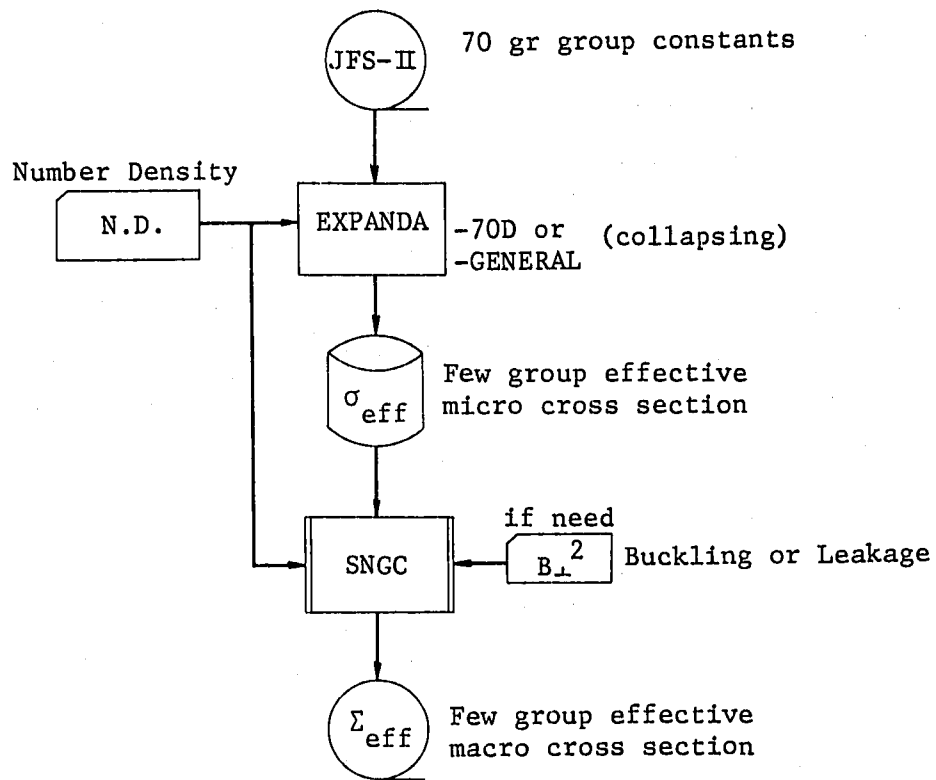


Fig. 2.1 Data Flow of SNGC Code

① ~ ⑨ : FORTRAN Unit ID. No.

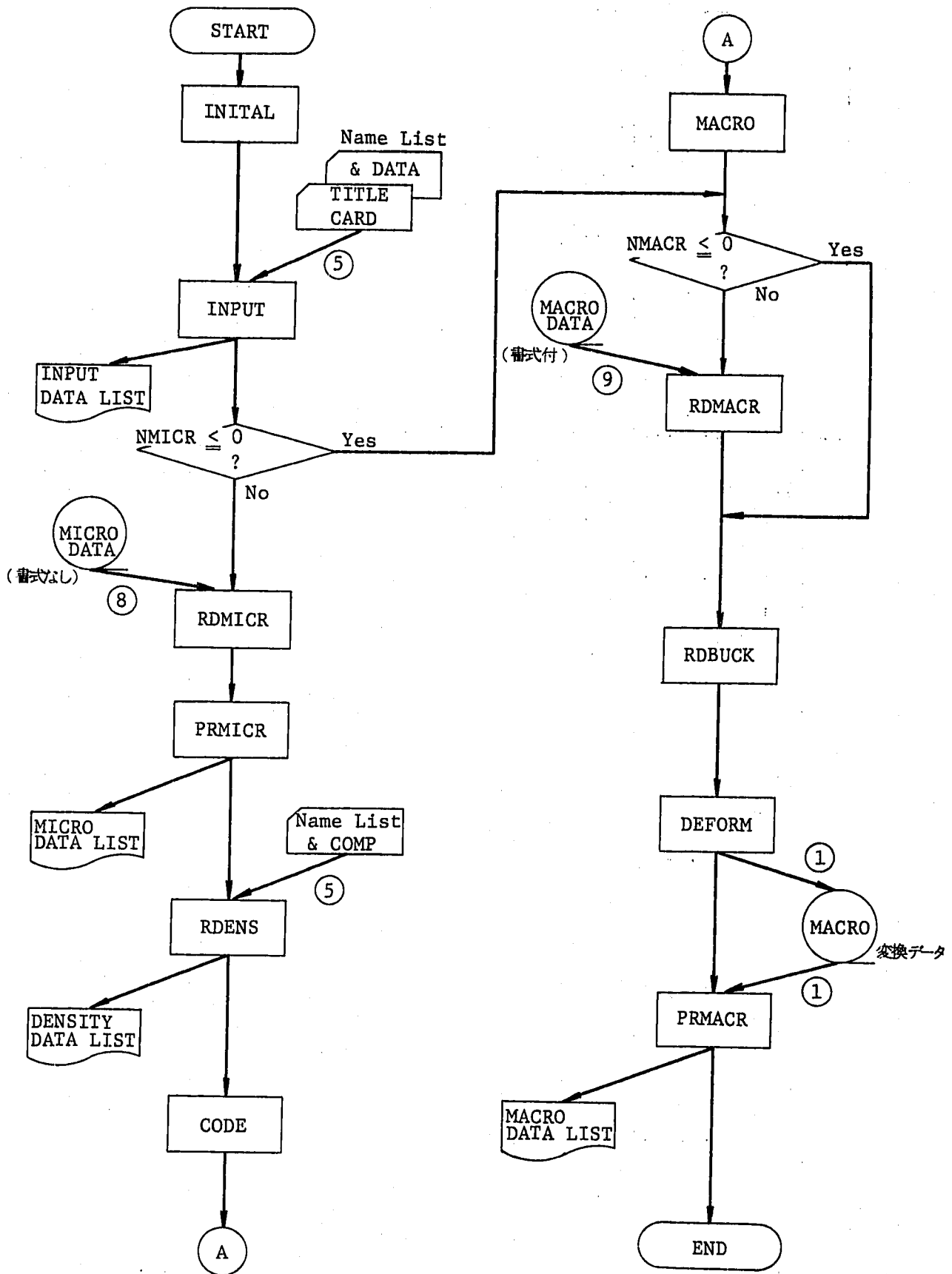


Fig. 2.2 Functional Flow of SNGC Code

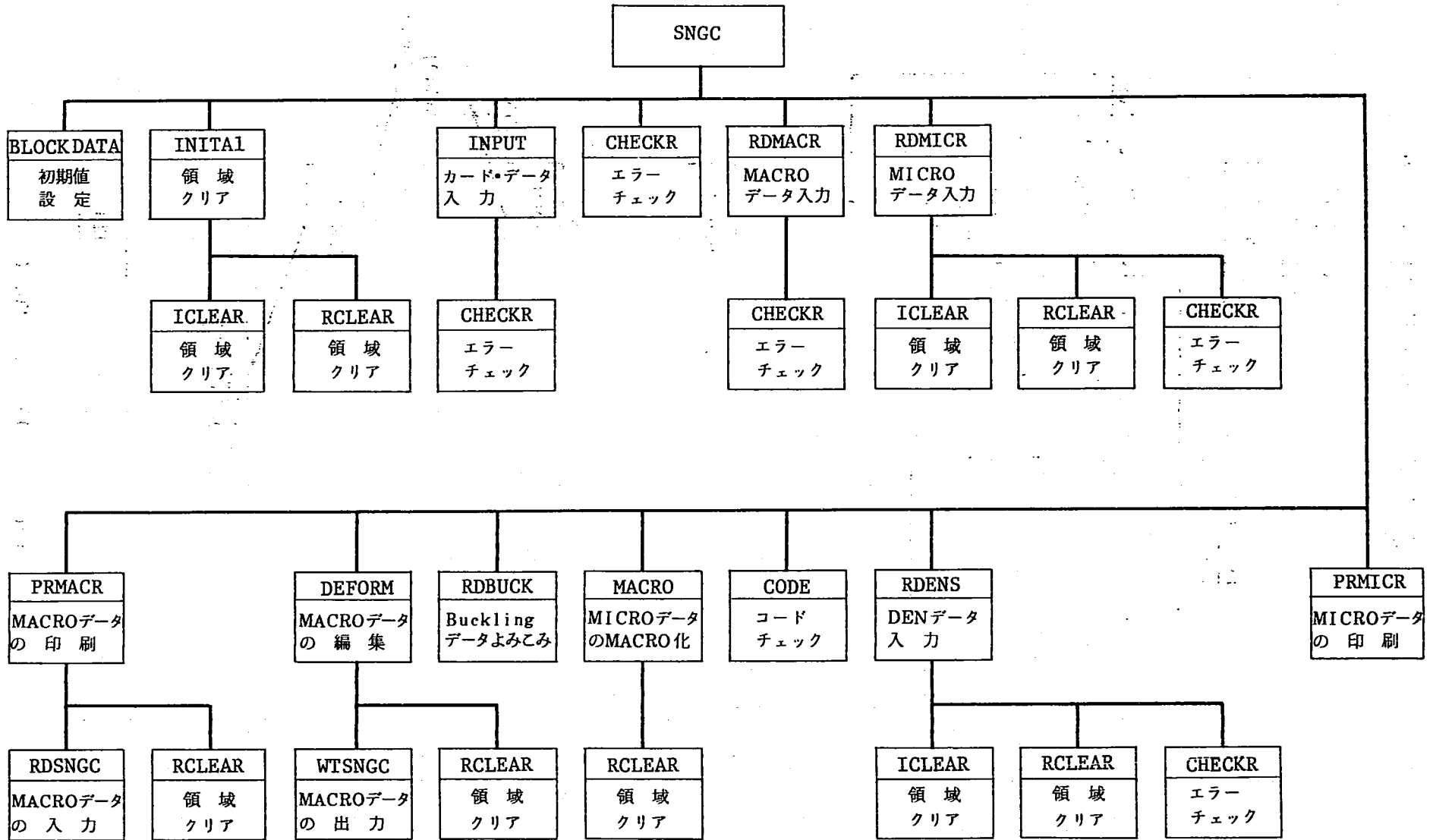


Fig. 2.3 Tree Structure of Subroutines

```
DO 100 IR=1, LIBMAX
READ(NMICR) (TITLE(I), I=1, 18)
READ(NMICR) NT, NELM, NGRP, KDOWN, NUMAX, NZ
READ(NMICR)
DO 110 IE=1, NELM
READ(NMICR) NCODEI(IE), MCODE(I), N3, N4, N5,
            (HOL, I=1, 6)
READ(NMICR) (SIGA(IG, IE), SIGF(IG, IE), SIGTR
            (IG, IE), NU(IG, IE), DUMMY, IG=1,
            NGRP)
            ((SIGSM(JG, IG, IE), JG=1, NGRP),
            IG=1, NGRP)
110 CONTINUE
100 CONTINUE
```

(注) 記号は入力データの項を参照

Fig. 2.4 Micro Cross Section I/O Format

```

DO 100 IS=1, NSET
WRITE (NTAPE, 100) IS
WRITE (NTAPE, 10) ((A(JG, IG), JG=1, IHM), IG=1,
                    NGRP)
100  FORMAT(1H0, 34HMACRO CROSS SECTION TAPE WRITE,
           9H SET NO., I3, 10X, 10A4)
10   FORMAT(6E12, 5)

```

(注1) 記号は、入力データの項参照

(注2) A(JG, IG)の内容

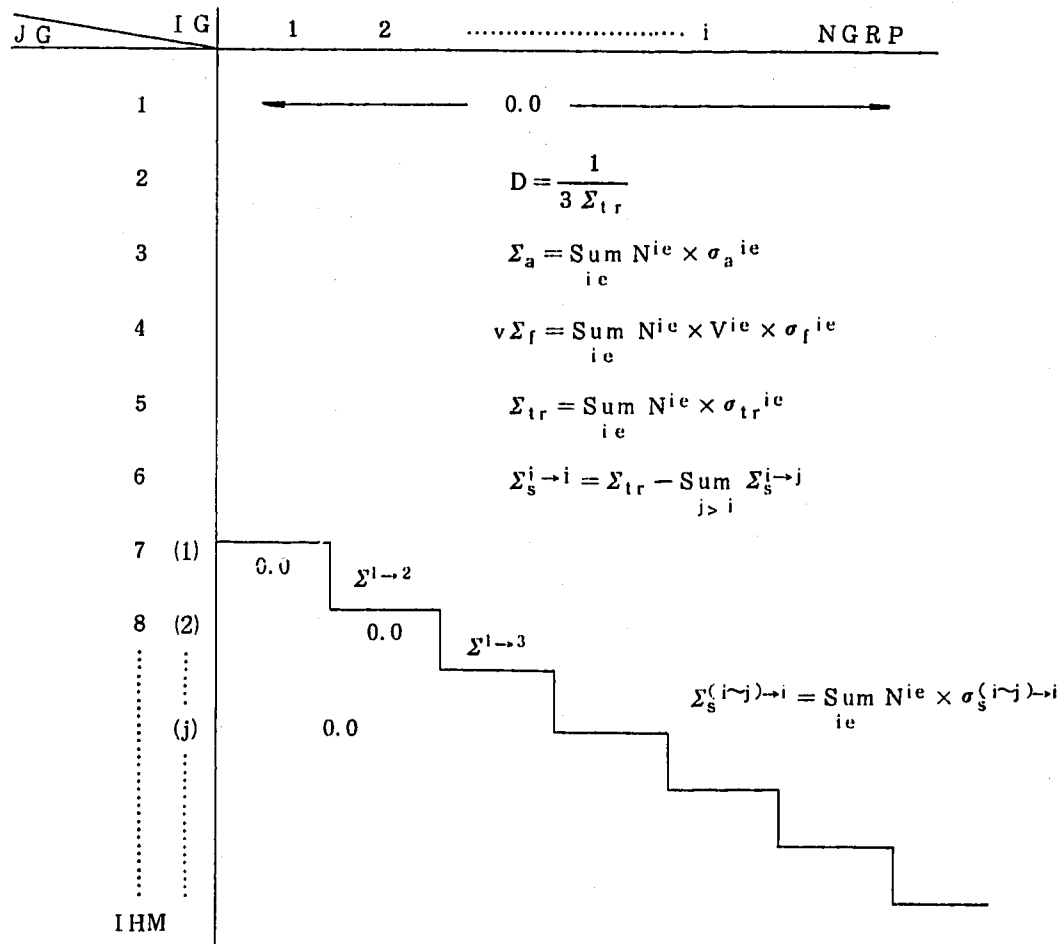


Fig. 2.5 Macro Cross Section I/O Format

```

DO 100 IS=1, NEST
NELMC=NELM(IS)
ISS = IDC(IS)
DO 110 IE=1, NELMC
TEMPD=DENS(IE,ISS)
DO 120 IG=1, NGRP
MACD(IG,IS)=MACD(IG,IS)+TEMPD*MICTR(IG,IE,IS)
MACA(IG,IS)=MACA(IG,IS)+TEMPD*MICA(IG,IE,IS)
MACVF(IG,IS)=MACVF(IG,IS)+TEMP*NU(IG,IE,IS)*MICF
                                                    (IG,IE,IS)
MACD(IG,IS)=1.0/(3.0*MACD(IG,IS))
DO 130 JG=1, KDOWN
MACSM(JG,IG,IS)=MACSM(JG,IG,IS)+TEMPD*SIGSM
                                                    (JG,IG,IE,IS)
130 CONTINUE
120 CONTINUE
110 CONTINUE
100 CONTINUE

```

(注) 記号に関しては、入力データの説明項を参照のこと。

Fig. 2.6 Calculation Method of Macro Cross Section

```

<< NA-VOID CR-PATERN1,250DEG-C,MICRO(SAME AS CIT-CAL), 81.2.14 ICHIKAWA >>
&DATA NGRP=6,KDOWN=5,NMACR=0,NSET=22,NMICPR=1,
  LIBRA= 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9,10,10, 7, 8, 9,10, 4, 4, 4, 4, 4, 4,
    4, 4,
  LBCODE=3,&END
&COMP NCOMP=12,
  IDC= 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 4, 5, 5, 5, 6, 7, 8, 9,10,11,12,
    12,12,
  NELM= 12,12,12,12,12, 8, 8, 8, 4, 4, 8, 8, 8, 5, 8, 5, 5, 5, 5, 5,
    5, 5,
  NCODE(1,1) =10,11,19,20,21,25,34,36,37,38,39,40,
  NCODE(1,2) =10,11,19,20,21,25,34,36,
  NCODE(1,3) =11,19,20,21,
  NCODE(1,4) =11,19,20,21,
  NCODE(1,5) =10,11,19,20,21,25,34,36,
  NCODE(1,6) =11,19,20,21,25,
  NCODE(1,7) = 6, 7, 8,11,19,20,21,25,
  NCODE(1,8) =11,19,20,21,25,
  NCODE(1,9) =11,19,20,21,25,
  NCODE(1,10)=11,19,20,21,25,
  NCODE(1,11)=11,19,20,21,25,
  NCODE(1,12)=11,19,20,21,25,
  DENS(1,1)=-1.6536E-2,9.3484E-3,3.2672E-3,1.1896E-2,2.0935E-3,2.3539E-4,
    1.5799E-3,5.2253E-3,1.1133E-3,2.8066E-4,3.7439E-5,7.9605E-6,
  DENS(1,2)=-2.1976E-2,7.5482E-3,2.8421E-3,1.0348E-2,1.8212E-3,2.0477E-4,
    2.2149E-5,1.0913E-2,
  DENS(1,3)=-4.5686E-3,1.3428E-2,4.7903E-2,6.1892E-3,
  DENS(1,4)=-1.5346E-2,6.0801E-3,2.1690E-2,2.8024E-3,
  DENS(1,5)=-1.6413E-2,9.3484E-3,3.2672E-3,1.1896E-2,2.0935E-3,2.3539E-4,
    1.6653E-5,8.2049E-3,
  DENS(1,6)=-9.3484E-3,3.2672E-3,1.1896E-2,2.0935E-3,2.3539E-4,
  DENS(1,7)=-2.1592E-2,1.7775E-3,5.6108E-3,1.3040E-2,3.4360E-3,1.2511E-2,
    2.2018E-3,2.4757E-4,
  DENS(1,8)=-1.3040E-2,3.4360E-3,1.2511E-2,2.2018E-3,2.4757E-4,
  DENS(1,9)=-1.3040E-2,3.4360E-3,1.2511E-2,2.2018E-3,2.4757E-4,
  DENS(1,10)=-1.9404E-2,2.6362E-3,9.5988E-3,1.6893E-3,1.8994E-4,
  DENS(1,11)=-2.1507E-2,1.2385E-3,4.5096E-3,7.9362E-4,8.9233E-5,
  DENS(1,12)=-2.1507E-2,1.2385E-3,4.5096E-3,7.9362E-4,8.9233E-5,
&END

```

Fig. 2.7 Sample of Input Data for SNGC Code

```
Y5178SNG JOB (██████████),MSGCLASS=A,MSGLEVEL=(1,1).
// ATTR=(T0,C3,U1)
// *ROUTE PRINT F3325
// *DTLIST EXEC DTLIST
// DATA.FT06F001 DD SYSOUT=A
// DATA.SYSIN DD DSN=Y5178.SNGC.CNTL(NAUOID),DISP=SHR
// SNGC EXEC PGM=SNGC3
// STEPLIB DD DSN=Y5178.SNGC.LOAD,DISP=SHR
// FT05F001 DD DSN=X.DTLIST.DATA.FT05F001,DISP=SHR
// FT06F001 DD SYSOUT=A
// FT01F001 DD DSN=&UORK,SPACE=(CYL,(5,1))
// FT08F001 DD DSN=F4020.MIC3D.C70.T20.CROUT.NAUOID.C.OX3X.NEU,DISP=SHR,
// DCB=(LRECL=X,BLKSIZE=6404,RECFM=UBS)
// FT10F001 DD DSN=Y5178.NAUOID.MACRO2.DATA,SPACE=(TRK,(5,1),RLSE),
// UNIT=DASD,DISP=(NEW,CATLG,DELETE),
// DCB=(LRECL=80,BLKSIZE=6400,RECFM=FB)
//
```

Fig. 2.8 Sample of JCL Cards for SNGC Code

NSET = 4 LIBRA = 5

IHM / NGRP						RCLEAR : A (320)	
	1	2	3	4	5	6	END OF SUB, RDSNGC
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.8434E+00	1.9173E+00	1.4207E+00	1.1421E+00	7.1177E-01	8.4390E-01	8.4390E-01
3	8.2112E-03	5.2050E-03	5.6961E-03	9.0434E-03	2.2136E-02	4.8701E-02	4.8701E-02
4	2.1471E-02	1.1276E-02	1.0709E-02	1.3463E-02	2.6761E-02	6.4001E-02	6.4001E-02
5	1.1723E-01	1.7386E-01	2.3462E-01	2.9186E-01	4.6832E-01	3.9499E-01	3.9499E-01
6	7.3729E-02	1.4858E-01	2.1860E-01	2.7918E-01	4.4253E-01	3.4629E-01	3.4629E-01
7	0.0	2.9218E-02	1.9185E-02	1.0324E-02	3.6385E-03	3.6524E-03	3.6524E-03
8	0.0	0.0	5.3305E-03	8.5637E-04	3.5601E-06	2.7978E-07	2.7978E-07
9	0.0	0.0	0.0	7.2315E-04	3.0424E-05	4.2531E-07	4.2531E-07
10	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1171E-05	3.4172E-07	3.4172E-07
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

NSET = 5 LIBRA = 6

IHM / NGRP						RCLEAR : A (320)	
	1	2	3	4	5	6	END OF SUB, RDSNGC
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.8434E+00	1.9159E+00	1.4187E+00	1.1392E+00	7.0872E-01	8.3869E-01	8.3869E-01
3	8.2106E-03	5.2003E-03	5.7089E-03	9.1198E-03	2.2155E-02	5.1011E-02	5.1011E-02
4	2.1470E-02	1.1257E-02	1.0718E-02	1.3528E-02	2.6768E-02	6.7261E-02	6.7261E-02
5	1.1723E-01	1.7399E-01	2.3496E-01	2.9261E-01	4.7033E-01	3.9744E-01	3.9744E-01
6	7.3723E-02	1.4873E-01	2.1847E-01	2.7962E-01	4.4457E-01	3.4643E-01	3.4643E-01
7	0.0	2.9222E-02	1.9176E-02	1.0781E-02	3.8722E-03	3.6076E-03	3.6076E-03
8	0.0	0.0	5.3288E-03	8.4977E-04	3.5440E-06	2.8157E-07	2.8157E-07
9	0.0	0.0	0.0	7.2311E-04	3.0047E-05	4.1776E-07	4.1776E-07
10	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1183E-05	3.4136E-07	3.4136E-07
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

NSET = 6 LIBRA = 7

IHM / NGRP						RCLEAR : A (320)	
	1	2	3	4	5	6	END OF SUB, RDSNGC
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.5902E+00	1.6769E+00	1.2415E+00	1.0344E+00	7.2693E-01	9.0654E-01	9.0654E-01
3	6.5831E-03	1.6128E-03	1.7754E-03	4.1197E-03	9.6025E-03	1.2990E-02	1.2990E-02
4	1.5412E-02	3.6734E-04	7.6037E-05	1.1066E-04	2.4062E-04	6.7182E-04	6.7182E-04
5	1.2869E-01	1.9879E-01	2.6850E-01	3.2224E-01	4.5855E-01	3.6770E-01	3.6770E-01
6	7.9552E-02	1.7110E-01	2.5267E-01	3.1393E-01	4.4530E-01	3.5471E-01	3.5471E-01
7	0.0	3.5162E-02	2.4804E-02	1.4047E-02	4.1906E-03	3.6442E-03	3.6442E-03
8	0.0	0.0	6.6201E-03	1.2298E-03	2.9139E-06	5.7843E-07	5.7843E-07
9	0.0	0.0	0.0	7.4611E-04	3.4888E-05	1.5192E-07	1.5192E-07
10	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7107E-05	3.6592E-07	3.6592E-07
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

NSET = 7 LIBRA = 8

IHM / NGRP						RCLEAR : A (320)	
	1	2	3	4	5	6	END OF SUB, RDSNGC
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Fig. 2.9 Sample Output Data of SNGC Code

第3章 TWOTRAN-IIコード

3.1 コードの概要

TWOTRAN-IIコード⁽⁵⁾は、Los Alamos 科学研究所のK.D. Lathrop及びF.W. Brinkleyにより開発されたものである。

本コードは、中性子輸送理論に基づいたディスクリット・オーディネイト近似による、二次元輸送計算コードである。対象とする形状は、二次元(R-Z)、(R- θ)及び(X-Y)体系である。又、中性子の散乱及び固定中性子源の非等方性が取扱えることが特徴の一つにあげられる。本コードには輸送摂動計算を行なうための機能としてFlux Dump テープに角度依存中性子束を書き出す機能がオリジナルコードに対し追加されている。又、本コードはバリアブル・ディメンジョン方式でコードが作成されている。

尚、本コードはRef(5)の公開コードを三菱原子力工業㈱で入手した後、使い易い様に、一部手直しをしているものである。⁽⁶⁾

3.2 コードの定式化とSN分点について(求積法)

TWOTRAN-II は、時間に独立な輸送方程式 Eq. (3.1) を解く二次元コードである。

$$\begin{aligned}
 V(\vec{\Omega}\psi) + \sigma_t \psi(E, \vec{r}, \vec{\Omega}) = & \\
 \iint dE' d\vec{\Omega}' \psi(E', \vec{r}, \vec{\Omega}') \sigma_f(E' \rightarrow E, \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) & \\
 + \frac{1}{4\pi} X(E) \iint dE' d\vec{\Omega}' \psi(E', \vec{r}, \vec{\Omega}') \nu \sigma_f(E') + Q(E, \vec{r}, \vec{\Omega}) & \\
 \dots\dots\dots \text{Eq. (3.1)} &
 \end{aligned}$$

上式で、 $\psi(E, \vec{r}, \vec{\Omega})$ は中性子束を示し、 Q は独立な中性子源を表わす。

上式を実際に解く場合、エネルギーは適切な平均操作により、離散的なエネルギー連立方程式として与え直す。同時に、中性子束及び、マクロ断面積(transfer scattering)の角度依存性も離散的な立体角で表現する。

その結果 Eq. (3.1) は、

$$\begin{aligned}
 N_m \mu_m (A_{i+\frac{1}{2}, j} N_{i+\frac{1}{2}, j, m} - A_{i-\frac{1}{2}, j} N_{i-\frac{1}{2}, j, m}) & \\
 + (A_{i+\frac{1}{2}, j} - A_{i-\frac{1}{2}, j}) (\alpha_{m+\frac{1}{2}} N_{i, j, m+\frac{1}{2}} - \alpha_{m-\frac{1}{2}} N_{i, j, m-\frac{1}{2}}) & \\
 + W_m \eta_m (B_{i, j+\frac{1}{2}} N_{i, j+\frac{1}{2}, m} - B_{i, j-\frac{1}{2}} N_{i, j-\frac{1}{2}, m}) & \\
 + \sigma_t W_m V_{ij} N_{ij} = N_m V_{ij} S_{ijm} \dots\dots\dots \text{Eq. (3.2)} &
 \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned}
 V_{ij} &= \int dv = \iint dA dB ; \text{volume} \\
 A_{i+\frac{1}{2}, j} &= \int_j dA_{i+\frac{1}{2}} ; i\text{-direction surface area} \\
 B_{i, j+\frac{1}{2}} &= \int_i dB_{j+\frac{1}{2}} ; j\text{-direction surface area} \\
 N_m &= \int d\vec{\Omega} ; \text{quadrature weight} \\
 \alpha_{m+\frac{1}{2}} - \alpha_{m-\frac{1}{2}} &= -W_m \mu_m
 \end{aligned}$$

for

$$\begin{aligned}
 r_{i-\frac{1}{2}} < r_i < r_{i+\frac{1}{2}} & \quad i=1, 2, \dots\dots\dots, IT \\
 \theta_{j-\frac{1}{2}} < \theta_j < \theta_{j+\frac{1}{2}} & \quad j=1, 2, \dots\dots\dots, JT \\
 \Omega_{m-\frac{1}{2}} < \Omega_m < \Omega_{m+\frac{1}{2}} & \quad m=1, 2, \dots\dots\dots, MT
 \end{aligned}$$

と、各エネルギー群に対し Differential Equationとして表現される。但し、ここで、 I_T, J_T, M_T は、それぞれ r (or x) 方向, θ (or y or z) 方向, \vec{r} の最大分割数である。

この、位相空間に於ける立体角分割の方法は、計算しようとする体系に依存する。⁽¹⁰⁰⁾ 通常、TWOTRAN codeにはこの角度分割に対するデータを内蔵しており、その求積法は version により異なる。ベクトル中性子束が強い異方性を示さない限り、内蔵の求積法を使用すればよいが、それ以外の時は適切な求積法⁽²⁰³⁾ を外部から入力する必要がある。TWOTRAN-II CDC versionでは、カードで入力出来たが、IBM version ではこの入力方法はとられておらず、特殊フォーマットで中間装置上に用意する必要があるので、注意を要する。

尚、詳細な定式化は Ref (5)を参照されたい。

3.3 Macro Cross Sectionについて

TWOTRAN-II コードを用い計算を行なうには、EXPANDA-70D(又は、EXPANDA-General) コードで作成した実効マイクロ断面積から、TWOTRAN-II 型マクロ断面積を作成してやる必要がある。このマクロ断面積を作成するコードがSNGCである。(第2章参照) Fig. 3.2 に、EXPANDAコード、SNGCコード及びTWOTRAN-IIコード間データの流れを示す。又、Fig. 3.3 にTWOTRAN-IIのマクロ断面積入力フォーマットを示す。

3.4 Initial Flux Guess and Flux Dump

TWOTRAN-IIコードで輸送計算を行う際、flat flux から計算開始するのでは、計算時間がかかり過ぎる。そこで、同じ体系でCITATION code により拡散計算を行い、スカラー中性子束を求め、これを initial flux guess とすると計算時間を半分以下に節約する事が可能である。* この為、CITATION code の dump tape から TWOTRAN - II の input data (card image) に変換する program を用意する予定である。

次に、TWOTRAN-II の収束状況を見ながら、restart をかけられる様に、又は非常に似かよった体系のよい initial flux guess を与えられる様に、収束条件を満たした段階でのスカラー中性子束を dump する機能もある。

これ等の機能の使用方法は本章の input data の項目で述べる。又、TWOTRAN-II コードに元来用意されている Flux Dump と Restart 機能については 3.7 節を読む事。

* 使用上の注意の項参照

3.5 ファイル情報

name	logical unit	remarks
NINP	5	problem code depend decimal input
NOUT	6	problem decimal output (summary)
	6 6	" (full)
NAFLUX	3	binary angular flux を group 毎に store
NDUMP1	8	first restart dump unit
NDUMP2	9	second restart dump unit } See 3.7
NEXTRA	1 8	scratch file
NEDIT	1 7	edit input storage core の容量を saveする為, edit が実行される迄必要な data を store
IAFLUX	3 1	angular flux の out put
ITFLUX	3 0	scalar flux の I/O flux guess として使用
ISNCON	3 2	Sn constant の store
IFIXSR	3 3	cell centered inhomogeneous source の input
ISOTXS	3 4	cross section interface file ISOTXS から input される事を要求されている時 に使用 See 3.6 (3-3)
N 5	4 0	FIDO format cross section の read に必要 (IBM version のみに存在)
—	1 0	CITATION dump Tape 上の flux を initial guess として使用する際の read unit when ICON(2)=1 0, ISTART = -2
—	7	SNGC 2 で作成した cross section を read する unit when ICON(1)=7
—	1 1	TWOTRAN-II で計算した scalar flux の dump unit when ICON(5)=1 1

この out put は unit 7 に向け, restart として使用する。

1

mesh cell center angular flux を temporary に store . 収束条件が満たされた後, Dump tape 上に移される。

3.6 入力データの説明

TWOTRAN-II コードの入力データは次の4つのカテゴリーに分けられる。すなわち、

- (1) I/O control card (追加したカテゴリー)
- (2) job title card
- (3) control integers and control floating-point numbers
- (4) problem dependent data

この内、(4)の data は TWOTRAN 独自の special format で入力される。

1) Special Format の説明

TWOTRAN-II コードでは、control parameter, cross section, flux guess を除いた integer と floating-point number に特別なフォーマットを採用している。Integer (S(I)) については、6 (I1, I2, I9), floating-point number は 6 (I1, I2, E9, 4) である。

α (I1)	0 or blank	何もしない。
	1	同じ data を β ケ input する。
	2	この data と次の data の間を ($\beta + 1$) ケに内分する。
		for only floating-point number
	3	data block の終りを示す。
	4	data block の残り全部にこの data が入る。全体の data 数は β で示す。
		(See [Ex. -4])
	5	10 * β ケ用で data を input する。
	9	次の data card に skip する。
β (I2)	α option の実行を control	
r (I9 or E9, 4)	input data	

以下に使用例を説明する。

[Ex. - 1]

I1	I2	E9.4	I1	I2	E9.4
1	4	7	0.0	3	

0.0を47回繰り返し返しinputしdataは終る。

[Ex. - 2]

I1	I2	I9	I1	I2	I9
5	4	7	103	3	

103を470回繰り返し返してinputしdataは終わる。

[Ex. - 3]

I1	I2	E9.4	I1	I2	E9.4	I1	I2	E9.4
2	4	0.0			5.0	3		

dataに0.0と5.0の間を5区間に区切り(0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0) dataは終わる。

[Ex. - 4]

I1	I2	I9	I1	I2	I9	I1	I2
1	2	3	4	9	2	3	

dataは3, 3, の次に(9-2)ヶ2が入る。全data数は9ヶ
3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,

[Ex. - 5]

card 1	I1	I2	E9.4	I1	I2	E9.4
	1	4	0.0	9		

card 2	I1	I2	E9.4	I1	I2	E9.4

0.0を4ヶ繰り返し返し, 次のcardのdataをreadする。

2) Input Data List

(注)~~~~ は通常使用するべき値を示す。Default option はほとんどない。(数ヶ所あり)

(1) added control option card (18I4)

カード 1

- ICON(1) = 7 SN用macro cross section constants read unit
- " (2) = 10 initial flux guess の read unit CITATION からの flux (現在使用不可)
- " (3) = 6 terminal out-put unit, keff と error message のみ出力 (端末を指定)
- " (4) = 66 center out-put unit 従来の out-put (RES or 計算センタLPを指定)
- " (5) = 11 dump flux の write unit, ICON(2)で指定した unit の guess flux と成る。
- " (6) source prob 用の option (現在 dummy)
- " (16) = n EPSI = EPSO / n if n > 0
- " (17) = periodic dump の周期 (秒)
default = 10分 (Sec 3.7 参照)
* CPU time の計り方は少々誤差がある。
- " (18) = Outer Iteration の打切回数
(収束していなければ (通常こうなる) DUMP Tape 上には, angular flux は書かれない)

(2) Job title Card

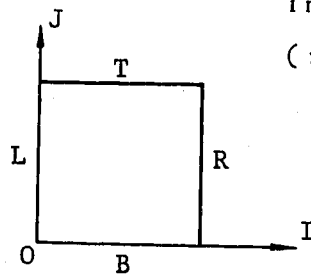
- カード 2 ITCXX(I6) = 1 Title Card の枚数
- 3 TITLE(12A6) ITCXX 枚の Title Card

(3-1) Control Integer (12I6)

カード 4

- ITH = 0 / 1 計算タイプ (real / adjoint)
- ISCT = 0 / N anisotropic scattering order
- NM = (ISCT+1)(ISCT+2) / 2 への spherical harmonic component of

angular flux が使用される。
 ISN SN(求積) order 偶数のみ
 > 2 内蔵データ使用(但し 2~16)
 < -2 quadrature coeff を自分で用意^{02, 03} (但し現在使用不可)
 IGM group 数
 IM I (X or R) 方向の coarse mesh interval 数
 JM J (Y or Z or θ) 方向の coarse mesh interval 数



(注) coarse mesh で作られる zone \neq material zone, 拡散 code の coarse mesh とは異なる。

IBL=0/1 left boundary condition
 (vacuum / reflective)
 IBR=0/1/2 right boundary condition
 (vacuum / reflective / white)
 IBB=0/1/2/3 bottom boundary condition
 (vacuum / reflective / white /
 periodic)
 IBT=0/1/2/3 top boundary condition
 (vacuum / reflective / white /
 periodic)
 IEVT=
 0 in homogeneous source (Q)
 1 k_{eff} calculation
 2 time absorption (alpha) search
 3 nuclide concentration (C) search
 4 zero thickness (delta) search

ISTART = input flux guess と starting option
 0 no flux input
 ±1 ((FLUX_{gijn} = GR_{gn}, g=1, IGM), n = 1, NM)
 ±2 (((FLUX_{gijn}, i=1, IT, j=1, JT) n=1, NM), g=1, IGM)
通常 - 2
 ±3 FLUX_{gijn} = GR_{gn} F_{ijn}
 ±4 FLUX_{gijn} = GR_{gn} X_{i,n} Y_{j,n}
 + 5 unit ITFLUX (=30) で書いた total scalar flux を unit ITFLUX で読み flux guess とする。
 (See 3.7 Restart Dump と入力データの説明,)
 3.5 ファイル情報
 + 6 unit NDUMP1 (=8) から unit NDUMP1 (=8) or NDUMP2 (=9) で dump された情報を読み restart する。
 (See 3.7 Restart Dump と入力データの説明)

(注)

ISTART < 0 ; scalar flux is to be read.

> 0 ; vector flux (NM components)

NM = (ISCT + 1) (ISCT + 2) / 2

(将来)

CITATION で計算し, initial guess として scalar flux を用意している場合。 ISTART = -2

(3 - 2) Control Integers ([6, 2 I 3, 6 I 6, 3 I 2, 3 I 6])

カード 5 MT (16)

* 現在 material 数 = Σ セット数

material 数* 又は,

anisotropic cross section を含む

cross section block 数

MTPS (13)

unit ISOTXS (=34) から, cross section

通常 0

を read する際の set 数。各々の material

			に際し, (ISCT+1)ヶ必要。 MT=MCR+(ISCT+1)*MTPS card inputのmaterial数*
MCR	(I3)	<u>>0</u> 0 <0	FIDO ⁽⁹⁾ formatでread
MS	(I6)	<u>0</u>	mixture instructionの数 macro inputの場合 MS=0
IHT	(I6)	<u>5</u>	cross section table中 σ_{tr} の位置 See Fig. 3.2
IHS	(I6)	<u>6</u>	cross section table中 $\sigma_s g \rightarrow g$ の位置 See Fig. 3.2
IHM	(I6)	16 IGM+5	cross section table length for IGM > 10 for IGM ≤ 10
IQOPT	(I6)	<u>0</u> 1 2 3 4 5	inhomogeneous source input option no source same as ISTART option Read from IFIXSR
IQAN	(I6)	<u>0</u>	inhomogeneous sourceの anisotropy order
IQR	(I2)	<u>0</u> /1	right boundary source (no/yes)
IQB	(I2)	<u>0</u> /1	bottom "
IQT	(I2)	<u>0</u> /1	top boundary source (no/yes)
IPVT	(I6)	<u>0</u> /1/2	non/ k_{eff} /alpha parametric eigen value entered.
IITL	(I6)	<u>20</u>	inner iterationのmax. 数 per each group

(flux guessが適切な場合 IITL=1 とすると収束が速い。)

IXM (I6) 0/1 I (X or R) 方向 zone thickness の modify
(no / yes)

(3 - 3) Control Integers (5 I 6, 6 I 1, 6 I 6)

カード 6 IYM (I6) 0/1 J (Y or Z or θ) 方向 zone thickness
modify (no / yes)

ITLIM (I6) 0 止数が与えられると、与えられた数を単位と
>0 した時刻(秒)に restart dump がとられ
計算は終了する。(CPU time の計り方に
少々の誤差あり)

if zero : time limit は利かない。

=> See 3.7 参照

IGEOM (I6) 1/2/3 (X, Y) / (R, Z) / (R, θ) geometry
IEDOPT (I6) edit option for each coarse mesh
zone in each group

- 0 none
- ±1 macroscopic activity edit
- ±2 macro ⊕ microscopic activity edit
- ±3 option 1 ⊕ zone relative power density edit
- ±4 option 2 ⊕ zone relative power density edit (optional)

>0 last outer iteration を実行した後
edit する

<0 dumptape からの情報を使い、further
iteration をする事なく edit する

-5 problem を restart し、standard in-
terface file を作る。

ISDF (I6) 0/1 density factor input indicator
(no / yes) See XDF, YDF

以下の6個は print out 節約のためのオプションであるのでテスト計算で
(.0, 2, 0, 1, 3, 1) とすることが好ましい。

I1 (I1) 0/1 full input flux print suppression

		indicator (yes / no)
I2	(I1) <u>0</u> / 1 / 2	all / isotropic / none final flux print indicator
I3	(I1) <u>0</u> / 1 / 2	all / mixed / none cross section print indicator
I4	(I1) <u>0</u> / 1	final fission print indicator (yes / no)
I5	(I1) <u>0</u> / 1 / 2 / 3	all / input / normalized / none source input print indicator
I6	(I1) <u>0</u> / 1	prepare and print coarse mesh balance table (yes / no)
IANG	(I6) -1 / <u>0</u> / 1	print and store / no / store angular flux indicator
IMC	(I6) <u>0</u> / N	I 方向の material coarse mech interval の数
JMC	(I6) <u>0</u> / N	J 方向の "
IFO	(I6) <u>0</u> / 1	interface file out-put を作成するか 否か (no / yes)
		{ total flux interface file SNCONS interface file and angular flux, if IANG ≠ 0

(3 - 4) Control Floating-point Data (6 E124)

カード 7.	EV	<u>0.0</u>	eigen value guess 1.0 if IEVT=3
	EVM	<u>0.0</u>	eigen value modifier if IEVT > 1
	PV	<u>0.0</u>	parametric value of k_{eff} for sub- critical or supercritical systems or for $1/v$ absorption
	XLAL	<u>0.0</u>	lamda lower limit for eigen value serches
	XLAH	<u>0.0</u>	lamda upper "

XLAX 0.0 search lamda convergence precision
for second and subsequent values
of the eigen value

(3 - 5) Control Floating-point Data (6 E1 2 4)

カード 8. EPS 1.0⁻⁴ convergence precision
NORM 0.0 normalization factor
total number of particles in system
normalized to this value if NORM≠0
POD 0.0 parameter oscillation damper used
in eigen value search
BHGT 0.0 buckling height
used in (R, θ) and (X, Y) geometry
通常 0.0

(3 - 6) Problem Dependent Data ; S (I) or S (E)

カード 9. IHX (IM) S (I) IMケ 各々の coarse mesh 中の fine mesh 数
(I 方向)
カード 10. IHY (JM) S (I) JMケ " (J 方向)
カード 11. C (IHM, IGM, MIN) 外部から, cross section を input する。
種々の format があるので注意

◦ LAST INPUT, if MCR > 0 IHM * IGM numbers の断面積を MCR
MIN = MCR + MTPS * (ISCT + 1) block 用意 (6 E1 2.4)。各 block の top
には, title card が必要 (1 8 A 4)

◦ FIDO INPUT, if MCR < 0 詳しくは, Ref (9)

◦ INTERFACE FILE ISOTXS, if MTPS > 0

(注) data は standard file ISOTXS から input する。各々の material に
ついて, ISCT + 1 ケの block より成る。ICON (1) = 7 とすれば, 7 番 tape
から読み込まれるのでカードインプット不用。通常 card で input する時に
は MCR > 0, として, LASL INPUT を使用する。

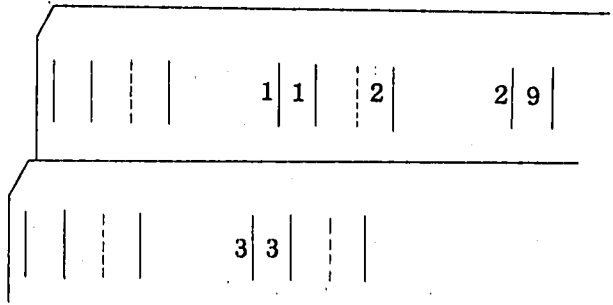
カード 12. IDLIB (MTPS) S (I) MTPS ケ need if MTPS > 0
ISOTXS から読み込む material set の順番。

カード <u>13</u> .	FLUX(NM, IT, JT) S(D)	input flux guess
	if	
	I START= 0	none
	-1	IGMケ
	I START=-2	IT*JTケから成る IGM blockの data from TWOTRAN-II dump tape
	通常 I CON(2)=10とすれば10番 tape から読み込まれるのでカードインプ ット不要	
	I START=-3	IGM+IT*JTケ
	-4	IGM+IT+JTケ
	-5	RTFLUX or ATFLUXを standard file ITFLUXから input
	+1	IGMケ から成る NM set
	+2	IT*JTケから成る NM set を IGM groupケ
	+3	IGM+IT+JTケから成る NM set
	+4	IGM+IT+JTケから成る NM set
	[通常 <u>14</u> ~ <u>20</u> .不要]	
カード <u>14</u> .	Q(NMQ, IT, JT) S(D)	input source
	IQOPT=0/1/2/3/4	same meaning as FLUX
	5	input from standard file IFIXSR
カード <u>15</u> .	QR1(JT, MM) S(D)	need if IQR=1
		right boundary source (flux) in the in-down direction
カード <u>16</u> .	QR2(JT, MM) S(D)	need if IQR=1
		in the in-up direction
カード <u>17</u> .	QB1(IT, MM) S(D)	need if IQB=1
		bottom boundary source (flux) in the in-up direction
カード <u>18</u> .	QB2(IT, MM) S(D)	need if IQB=1
		in the in-down direction
カード <u>19</u> .	QT1(IT, MM) S(D)	need if IQT=1
		top boundary source (flux)

- in the in-down direction'
- カード20. QT2(IT,MM) S(E) need if IQT=1
in the in-up direction
- カード21. XRAD(K) S(E) Kケ coarse k-mesh boundary の原点からの距離 (cm) (I方向)
(原点を含む)
- カード22. YRAD(L) S(E) Lケ coarse l-mesh boundary の原点からの距離 (J方向)
(原点を含む)
- カード23. IDCS(IC) S(I) ICケ cross section identification number^{<14>}
IC=IM*JM if MESH=0
IC=IMC*JMC if MESH≠0

Example M (Ex) Y

ROW	M		
1090000		000000000000000000	
2	4	2 3	
65400		*****0	
1	6	1 2	
00000			
X		0. 6. 10.	
		0 5400 9000	
M		6 4	
COLUMN		1 2	



左図で, IM=2, JM=2

when IDCS<0 and ISCT>0, 各 zone で, aniso-scattering source が計算される。

- カード24. GHI(IGP) S(E) IGMケ fission spectrum χ
- カード25. VEL(IGP) S(E) IGMケ group speed, Used only in time absorption calculation.
1.0
但し, 常にインプットすること。

[通常 26.~36.不要.]

- カード26. MIXNUM(MS) S(I) MS need if MS≠0 (マイクロライブラリ入力)

				のとき) mixingされる cross section の identification number
カード <u>27.</u>	MIXCOM(MS)	S(I) MSケ		need only if MS≠0 cross section mixture processの conts
カード <u>28.</u>	MIXDEN(MS)	S(I) MSケ		need only if MS≠0 mixture density
カード <u>29.</u>	XM(I)	S(E) Iケ		need only if IEVT=4 and IXM>0 J-mesh modification factor
カード <u>30.</u>	YM(J)	S(E) Jケ		need only if IEVT=4, and IYM>0 I-mesh modification factor
カード <u>31.</u>	XDF(IT)	S(E) ITケ		need only if ISDF≠0 radial fine mesh density factor
カード <u>32.</u>	YDF(JT)	S(E) JTケ		need only if ISDF≠0 axial fine mesh density factor
カード <u>33.</u>	IHXG(IMC)	S(I) IMCケ		need only if MESH≠0 ⁰⁰ 名々の material coarse mesh k に対し fine mesh intervalを与える
カード <u>34.</u>	IHYG(JMC)	S(I) JMCケ		need only if MESH≠0 ⁰⁰ like as IMXC
カード <u>35.</u>	XRADA(IMC+1)	S(E) IMCケ		need only if MESH≠0 ⁰⁰ material coarse mesh boundary (I方向)
カード <u>36.</u>	YRADA(JMC+1)	S(E) JMCケ		need only if MESH≠0 ⁰⁰ like as XRADA
カード <u>37.</u>	NEDS	I6 1ケ		edit を何 set作成するか do not enter unless 0< IEDOPT
カード <u>38.</u>	MN	I6 1ケ		microscopic activities を計算す

る個数

need only if |IEDOPT|=2
or 4

カード39. MICID S(1) MNヶ micro scopic edit が実行されるべき
material blockの番号

need only if IEDOPT=2 or 4

カード40. NZ, NORMZ 2 I 6 2ヶ NZ: edit zoneの数
NORMZ: power densityがnormalize
されたzoneの数 (need only
if IEDOPT=3 or 4)

カード41. NEDZ(I Z) S(1) I Zヶ 各々の coarsh mesh material zone
中に入る edit zoneの番号

IZ=IM*JM for MESH=0⁽⁸⁾

=IMC*JMC for MESH 0

(注) NZ, NORMZ で始まる, edit block dataはNEDZヶ 繰り返されなければならぬ。

need only if $0 < |IEDOPT| < 5$

3.7 Restart Dump と入力データの説明

TWOTRAN-IIは、三つのタイプの restart dump 機能を持っている。scalar flux をdumpする機能も付けているが (ICON(2)&(5)),ここではオリジナル機能のみ説明する。

各々の機能により作成された Dump Tape の構成は Appendix < 5 に示されている。三つのタイプの、どの型の Restart Dump がとられても、smoothに次の restert が可能である。

- (1) periodic dump ICON(17)=M>0 ⇒ M分
 CPU =0 ⇒ 10分
 CPU time M(>0)分毎に, Dump Tape が作成される。
- (2) time limit dump ITLIM=N>0 N秒
 CPU =0 ⇒ 打切ナシ
 CPU time N(>0)秒後に, Dump Tape が作成される。

又, Job の進行は stop する。

- (3) final dump

収束条件が満足された時点で, one more outer iteration が実行され, Dump Tape が作成される。

(注) FORTRAN では, 完全に正確な CPU time を監視できないので, 誤差を生じる。計算時間の増大と共に, 誤差は大きく成ろう。

又, (1), (2)の Dump tape には, TWOTRAN の計算手法上の制約から, (one more outer iteration が行なわれないので) Appendix 5 に示した, position 7, 8 の horizontal & vertical angular flux と mesh cell center angular flux は書き込まれていない。従って, この Dump tape による restart は scalar flax を用いるので, いくぶん収束が遅い。(3)の Dump tape には上記 mesh cell center angular Flux が書きこまれる様修正した。

Dump Tape がとられると, (1), (2), (3)のケースに応じ, 以下のメッセージが, コードより出されるので, 良く注意すべきである。

- (1) *****
 *
 * PERIODIC*DUMP TAKEN ON UNIT 8 *
 *

```
(2) *****
    *
    * TIME LIMIT*DUMP TAKEN ON UNIT 8 *
    *
    * *****
```

```
(3) *****
    *
    * FINAL*DUMP TAKEN ON UNIT 8 *
    *
    * *****
```

尚, UNIT=8 上に, 既に Dump Tape がとられている時 (Restart の為の Tape or 前回の periodic dump), 次の Dump は UNIT=9 にとられる。そして, 次は UNIT = 8 と, 互い違いに, 次々と Dump Unit を使う。

dump flux を使い iteration を実行せず, edit だけを行なわしたり, scalar flux を guess とし, 一回 iteration を行なわせ, edit を得る方法以外に, 通常は行 interation を先に進め, 収束を良くする為に restart を行なう。

この restart を行なう為には, 3 つの section から成る special problem input deck が必要である。

1)

- | | | |
|-------------------------------|--------|--------------------------------|
| (1) added control option card | 1. | } Normal case と
同じ data を使用 |
| (2) Title card | 2.~ 3. | |
| (3) control integer | 4.~ 6. | |

* ISTART 以外の数値は読まれても neglected される。

2) Namelist Section

以下に示す data を入力する。変更がない場合にはどれか一つ同一値を入力する。

&TWO INP

- ITL : max. inner iteration
- ITLIM : calculation time limit
- I EDOPT : edit option
- I 2 : final flux print indicator
- I 4 : find fission
- I 6 : coarse-mesh balance table print indicator
- I ANG : angular flux storage indicator
- I FO : interface file output "
- E V : eigeu value guess
- E VM : eigeu value modification

PV : parametive value of k_{eff} or alpha
XLAL : search lamda lower limit
XLAH : " upper "
XLAX : fine-mesh search precision

&END

3) Eedit Section

namelist section で IEDOPT が読まれた後、それに対応した edit input section を用意する。

- i) もし、original problem が $IEDOPT > 0$ であり、restart problem も $IEDOPT \neq 0$ or $\neq -5$ を使うならば、カード 37~41 のデータを input する。
- ii) $IEDOPT < 0$ 、ならば、更に inner iteration をする事なく、edit を実行する。この時、edit input section カード 37~41 のデータを input しないと、計算は pass される。

3.8 計算上の注意

1) Outer Iteration の打ち切り option の追加

ICON(18) : 69~72 カラム (I4)

これ迄, outer iteration の打ち切り option がなかった為, 収束状況を check しながら, 計算を実行出来なかった。

ICON(18) を入れる事により, 収束状況を見て, 良ければ restart* をして完全に計算を収束させる事が出来る。

尚, ICON(18)=0 でも, 一回は, outer iteration を実行する。

2) Inner Iteration (IITL) の打ち切り方

CITATIONの dump flux が, 計算体系にとり, 十分に良い initial guess の場合, 又, restart flux が同様に, 十分収束状態に近い時には, inner iteration の打ち切りは小さくした方 (IITL=1) が, 収束 (計算) 時間が早くなる。

flut flux から start する際は, 通常 IITL=20 で, 途中迄, 計算を行ない, ある程度収束したら IITL=1 とする。

[Ex.] 条件 6 groups 25×18 meshes
 拡散コードの dump tape を initial guess として使用した。
 S4 calcul. INSTART=-2

* restart させるには, restart 用 dump を Keep しておく必要がある。又, core dump のとられた unit は, FINAL PRINT の前に, code からメッセージが出る。
 (3.7 参照)

IITL*	Outer Iteration	CPU(sec)	k _{eff}	入	Neutren Balance
20	1**	60.0**	0.988365	0.988085	2.387166-2
2	6	47.7	0.987935	0.999937	3.33369-4
1	5	28.1	0.988077	0.999909	1.76966-4

3) ICON(3) and ICON(4) について

ICON(3) or ICON(4)=0 だと, write 文の実行の際 "UNIT=0" error を生ずるので, zero 以外の数字を input し, DD card を dummy とする。

尚, Input Data List に示してある I1~I6 の option を利用すれば, ICON(4)

を terminal out put とし, data check を行なえるので, turn round を早くする事が出来る。

4) Coarse Mesh についての注意

Coarse mesh interval IM, JMはこのmesh中のfine mesh interval が constantではなくてはならないので, 注意を要する。

5) 計算時間の推定 (FACOM M190 に対し)

$$T(\text{分}) = 6.75 \times 10^{-4} \times IG \times (IT \times JT) \times \frac{ISN \times (ISN + 2)}{8}$$

- scalar flux guess を用いる時 $\leq T \times \frac{1}{2}$
- IITL=1 とよい flux guess を用いる時 $\leq T \times \frac{1}{10}$
- Adjoint 計算の時 $T \times 1.13$ 分

* if IITL ≤ 2 , 各群 (IITL+1) 回 iteration 行なわれる。

** 二回目の outer iteration で時間切れ。

3.9 サンプルデータとJCL例

i) JCL例

JCLの使用例を Fig. 3.4 に示す。

ii) サンプルデータ例

本コードの入力データ例を Fig. 3.5 に示す。

iii) 出力例

計算出力データの例を Fig. 3.6 に示す。

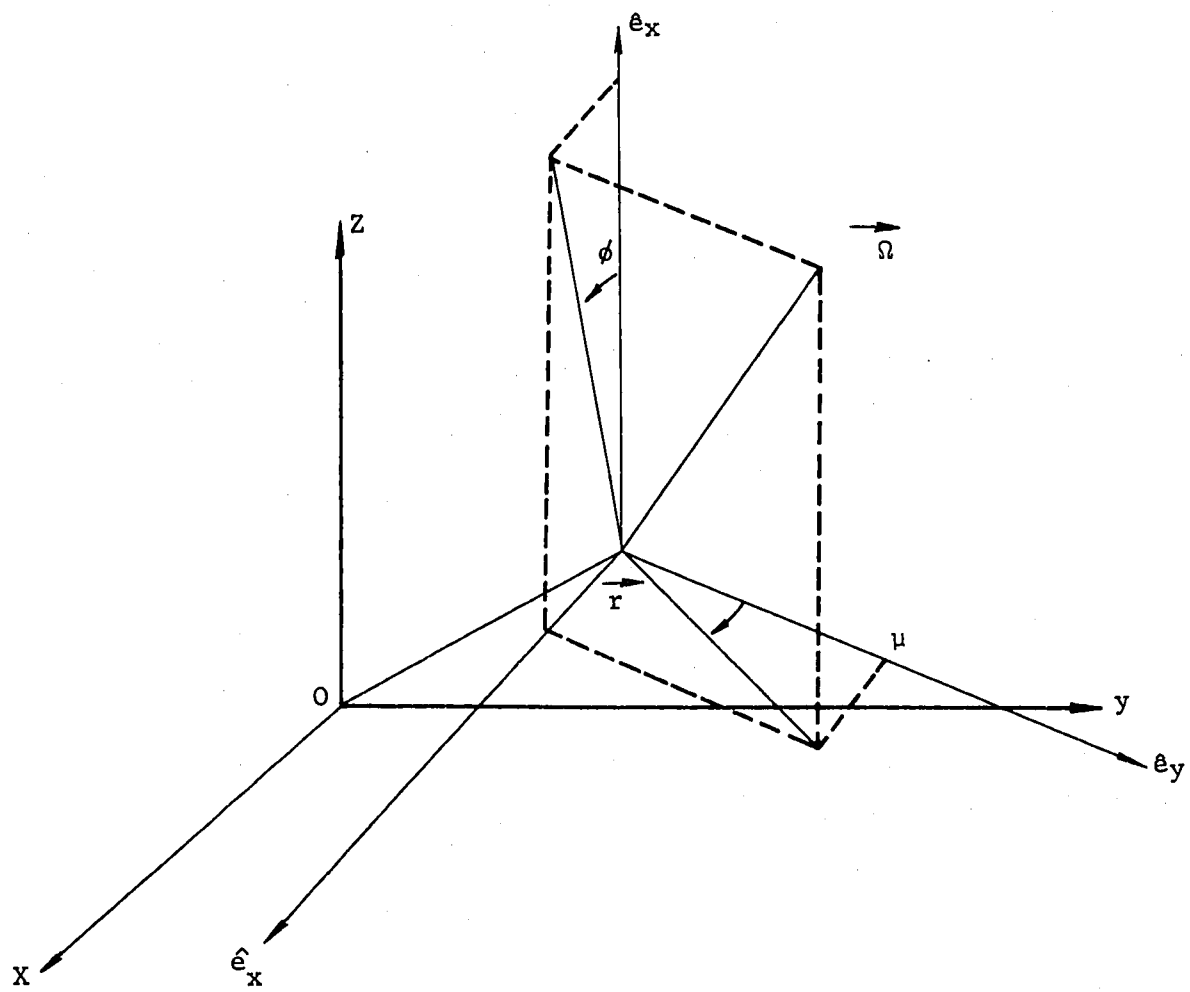


Fig. 3.1 Coordinate System of TWOTRAN-II Code

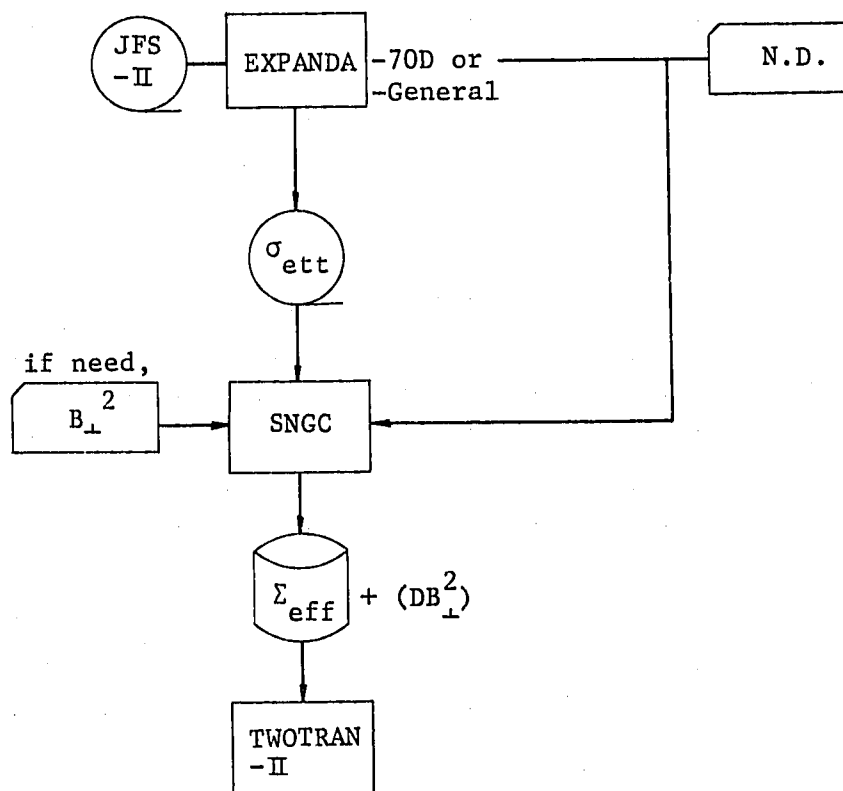


Fig. 3.2 Data Flow of SNGC Code

Standard Los Alamos Format

	Row	Cross Section Type—Enrge Group No. : g	
	⋮		
	IHT-4	$\Sigma_{n, 2n}$	
	IHT-3	Σ_{iv}	
	IHT-2	Σ_a	IHT= 5
	IHT-1	$\nu \Sigma_f$	IHS= 6
	IHT	Σ_t	IHM=16 for =NGRP \geq 10
	IHT+1	$\Sigma_{s, g+N \rightarrow g}$	16+NGRP for NGRP<10
IHM	⋮		
	IHS-2	$\Sigma_{s, g+2 \rightarrow g}$	
	IHS-1	$\Sigma_{s, g+1 \rightarrow g}$	
	IHS	$\Sigma_{s, g \rightarrow g}$	
	IHS+1	$\Sigma_{s, g-1 \rightarrow g}$	
	IHS+2	$\Sigma_{s, g-2 \rightarrow g}$	
	⋮		
	IHS+M	$\Sigma_{s, g-M \rightarrow g}$	

$$\Sigma_{n, 2n} = \sum_{\text{all}} \sigma_{n, 2n; g \rightarrow h}$$

Fig. 3.3 Inputted Macro Cross Section Format of TWOTRAN-II Code

FORTRAN PROGRAM SHEET

TITLE		PROGRAMMER:	SHEET OF
STATEMENT NUMBER	FORTRAN STATEMENT	DATE	IDENTIFICATION
1	// (Job Card)		
2			
3	// STEP 1 EXEC DTLIST		
4			
5	// DATA SYSIN DD *		
6			
7	(入力データカード)		
8			
9			
10	* 現在 F.H.L の市川氏のスペースに保管中		
11			
12	// STEP 2 EXEC PMG=V5, REGION=640K		
13			
14	// STEPLIB DD DISP=SHR,DSN=Y5178.JWTIRN25.LOAD		
15			
16	// FT05FOO1 DD DISP=OLD,DSN=88INP.U.T		
17			
18	// FT06FOO1 DD SYSOUT=X,IF,ICON(3)=6,		
19			
20	// FT66FOO1 DD SYSOUT=A,DEST=F3325,IF,ICON(4)=6,		
21	RJF, output		
22	// DEST=CENTRAL		
23	計算センターLP, output		
24			
25			

コナ EX-3

Fig. 3.4 Sample of JCL Data for TWOTRAN-II Code

FORTRAN PROGRAM SHEET

SHEET OF DATE

TITLE		PROGRAMMER:		DATE		IDENTIFICATION		IDENTIFICATION				
STATEMENT NUMBER	NO.	FORTRAN STATEMENT					73	80	70	72	73	80
1	7	// F,T,0,7,F,0,0,1, D,D, D,I,S,P=,S,H,R,I, D,S,N=,F,3,3,4,1, M,A,C,R,O, D,A,T,A, i,f, I,C,O,N,(1,1)=,7,										
2												
3		// F,T,1,0,F,0,0,1, D,D, D,I,S,P=,S,H,R,I, D,S,N=,F,3,3,4,1, F,L,U,X, D,A,T,A, i,f, I,C,O,N,(2,1)=,1,0,										
4												
5												
6		// F,T,1,1,F,0,0,1, D,D, U,N,I,T=,D,A,S,D, D,S,N=,F,3,3,4,1, D,U,M,P,F, D,A,T,A, i,f, I,C,O,N,(5,1)=,1,1,										
7												
8		// D,I,S,P=(,C,A,T,L,G), D,C,B=(,L,R,E,C,L=,8,0, B,L,K,S,I,Z,E=,3,2,0,0, R,E,C,F,M=,F,B),										
9												
10		// S,P,A,C,E=(,T,R,K,(,1,5,(,1,0), R,L,S,E),										
11												
12		// F,T,0,3,F,0,0,1, D,D, U,N,I,T=,W,O,R,K, S,P,A,C,E=(,T,R,K,(,5,0,(,1,0), D,I,S,P=,N,E,W,										
13												
14		// F,T,1,8,F,0,0,1, D,D,										
15												
16		// F,T,1,7,F,0,0,1, D,D,										
17												
18		// D,C,B=(,L,R,E,C,L=,8,7,6, B,L,K,S,I,Z,E=,6,1,3,6, R,E,C,F,M=,V,B,S),										
19												
20		// F,T,3,1,F,0,0,1, D,D,										
21												
22		// F,T,3,2,F,0,0,1, D,D,										
23												
24		// F,T,3,3,F,0,0,1, D,D,										
25												

Fig. 3.4 (cont'd)

FORTRAN PROGRAM SHEET

TITLE		PROGRAMMER:		SHEET OF	
				DATE	
STATEMENT NUMBER	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION			
5	10 20 30 40 50 60 70 72/73	80			
1	// F.T.3.4.F.0.0.1 .D.D. .DISP=SHR. .DSN=F3.3.4.1. .MT.PS. .DATA. .if. .MT.PS.>0				
2					
3	// F.T.4.0.F.0.0.1 .D.D. .DISP=SHR. .DSN=F3.3.4.1. .FI.D.O. .DATA. .if. .M.C.R.<0.				
4					
5	// F.T.0.8.F.0.0.1 .D.D. .DISP=SHR. .DSN=F3.3.4.1. .DUMP1. .DATA. .if. .I.S.T.A.R.T.=+6.				
6					
7	// F.T.0.8.F.0.0.1 .D.D. .UNIT=WORK. .VOL=SER=WOR.K.0.1. .DISP=(.K.E.E.P.). .if. .I.S.T.A.R.T.#+6.				
8					
9	// .SPACE=(.TRK.(.50. .1.0). .RLS.E.). .DSN=F3.3.4.1. .DUMP1. .DATA.				
10					
11	// F.T.0.9.F.0.0.1 .D.D. .UNIT=WOR.K. .VOL=SER=WOR.K.0.2. .DISP=(.K.E.E.P.). .if. .I.S.T.A.R.T.#+6.				
12					
13	// .SPACE=(.TRK.(.50. .1.0). .RLS.E.). .DSN=F3.3.4.1. .DUMP2. .DATA.				
14					
15	// F.T.3.0.F.0.0.1 .D.D. .DISP=SHR. .DSN=F3.3.4.1. .S.C.I.L.A.R. .DATA. .if. .I.S.T.A.R.T.=+5.				
16					
17	// F.T.3.0.F.0.0.1 .D.D. .UNIT=WOR.K. .VOL=SER=WOR.K.0.1. .DISP=(.K.E.E.P.). .if. .I.S.T.A.R.T.#+5.				
18					
19	// .SPACE=(.TRK.(.50. .1.0). .RLS.E.). .DSN=F3.3.4.1. .S.C.I.L.A.R. .DATA.				
20					
21	// F.T.0.1.F.0.0.1 .D.D. .UNIT=WOR.K. .DISP=NEW. .SPACE=(.TRK.(.50. .1.0). .if. .I.S.T.A.R.T.=+5.				
22					
23					
24					
25					

EX-3

Fig. 3.4 (cont'd)

	1	10	20	30	40	50	60	70	80	
1	7	0	0	6	0	0	0	1	100	1
2	2									2
3	<<< NA-VOID REACTIVITY. JOYO 70-FUEL STRUCTURE (250C), R-2 GEOM. >>> S8-MESH(STANDARD) S. ICHIKAWA, 80.10.17									3
4	0	0	8	6	11	15	1	0	0	4
5	22	0	22	0	5	6	11	0	0	0
6	0	1190	2	0	0120131	1	0	0	1	0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.00001	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1	1	21	1	31	1	41	1	21	1
10	1	1	31	1	21	1	31	1	21	1
11	1	2	41	3	21	1	41	2	81	1
12	1	1	11	1	31	1	43	81	41	3
13	0.0	4.2952094	11.364056	20.365723	22.922819	33.546657				
14	37.444767	48.404551	55.837722	69.920941	75.990010	100.03419				
15	3									
16	0.0	20.0755	40.12222	50.14558	55.15726	60.16894				
17	70.13474	90.21024	110.28574	120.3091	125.32078	130.33246				
18	140.35582	145.3675	160.40254	160.478043						
19	1	3	141	1	221	5	141	1	91	1
20	1	1	211	2	131	1	61	1	71	1
21	1	1	101	3	121	1	211	2	129	
22	1	1	61	1	71	1	81	1	91	1
23	1	1	211	2	111	1	61	1	71	1
24	1	1	101	3	111	1	201	2	111	1
25	1	1	81	1	91	1	101	1	11	1
26	1	1	201	1	41	1	51	1	61	1
27	1	1	91	1	101	1	11	1	21	1
28	1	1	41	1	51	1	61	1	71	1
29	1	1	101	1	11	1	21	1	31	1
30	1	1	51	1	61	1	71	1	81	1
31	1	1	11	1	21	1	31	1	41	1
32	1	1	61	1	71	1	81	1	91	1
33	1	1	171	2	111	1	61	1	71	1
34	1	1	101	3	111	1	161	2	111	1
35	1	1	81	1	91	1	101	3	121	1
36	1	1	61	1	71	1	81	1	91	1
37	1	1	161	2	131	1	61	1	71	1
38	1	1	101	3	131	1	151	2	131	1
39	1	1	81	1	91	1	101	3	141	1
40	1	1								

Fig. 3.5 Sample of Input Data for TWOTRAN-II Code

GROUP FISSION SPECTRUM		VELOCITIES	
1	5.6914800E-01	1.0000000E+00	
2	3.3284801E-01	1.0000000E+00	
3	8.4110975E-02	1.0000000E+00	
4	1.3450000E-02	1.0000000E+00	
5	4.4300011E-04	1.0000000E+00	
6	0.0	1.0000000E+00	
7	9.9999994E-01	0.0	

EPSO	1.00E-05	XLAX	1.00E-03
EPSI	1.00E-05	XLAH	5.00E-01
EPSR	5.00E-06	XLAL	1.00E-02
EPSX	1.00E-05	POD	1.00E+00
NDRM	1.00E+00	BHGT	0.0

IITL 19

TIME IN MINUTES	OUTER ITERATIONS	INNER ITERATIONS TOTAL/BY GROUP	NEUTRON BALANCE	EIGENVALUE	EIGENVALUE SLOPE	LAMBDA	REBALANCE CONVERGENCE
1.88E-02	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.34E-01		1 12					
1.06E+00		2 20	7.63E-06				
1.06E+00		3 20	4.84E-04				
1.08E+00		4 20	1.37E-03				
1.06E+00		5 20	2.29E-03				
1.07E+00		6 20	3.65E-03				
6.02E+00	1	112	6.55651093E-05	9.26282525E-01	0.0	1.64127588E-01	6.58206463E+00
1.07E+00		1 20	1.20E-05				
1.07E+00		2 20	3.26E-04				
1.07E+00		3 20	3.63E-03				
1.06E+00		4 20	4.27E-03				

*PERIODIC*DUMP TAKEN ON UNIT 8

1.11E+00		5 20	5.15E-03				
1.07E+00		6 20	1.70E-03				
1.25E+01	2	120	2.67982483E-04	1.01170254E+00	0.0	1.07719517E+00	9.44821835E-02
1.07E+00		1 20	2.48E-05				

Fig. 3.6 Sample Output Data of TWOTRAN-II Code

1.06E+00			2	20	1.06E-04				
1.06E+00			3	20	6.00E-04				
1.06E+00			4	20	6.19E-04				
1.06E+00			5	20	1.40E-03				
1.06E+00			6	20	8.03E-04				
1.89E+01	3	120			2.63929367E-04	1.02200985E+00	0.0	1.01018810E+00	1.96983218E-02
1.07E+00			1	20	1.91E-05				

 *TIME LIMIT#DUMP TAKEN ON UNIT 9

FINAL PRINTING

	SOURCE	FISSTON SOURCE	IN SCATTER	SELF SCATTER	OUT SCATTER	NET LEAKAGE
1	0.0	5.6914860E-01	6.9200993E-05	9.6810728E-01	4.7396654E-01	7.6803309E-04
2	0.0	3.3284825E-01	3.9352691E-01	4.1127100E+00	6.2395668E-01	1.7324877E-03
3	0.0	8.4110975E-02	6.7007303E-01	1.0271026E+01	5.8536720E-01	6.3855201E-03
4	0.0	1.3450004E-02	6.1876792E-01	1.7557114E+01	2.8228760E-01	1.5846152E-02
5	0.0	4.4300035E-04	2.8394783E-01	9.6756849E+00	6.5460205E-02	1.0073803E-02
6	0.0	0.0	6.5486821E-02	1.8210316E+00	0.0	1.0554813E-02
7	0.0	9.9999994E-01	2.0317812E+00	4.4405365E+01	2.0311069E+00	4.5411240E-02

	ABSORPTION	NEUTRON BALANCE	RIGHT LEAKAGE	HORIZONTAL LEAKAGE	TOP LEAKAGE	VERTICAL LEAKAGE
1	9.4163120E-02	5.6242943E-04	2.8323894E-04	2.8323894E-04	2.1491306E-04	4.8479415E-04
2	1.0066390E-01	3.0636787E-05	8.1121619E-04	8.1121619E-04	4.1087042E-04	9.2127151E-04
3	1.6243351E-01	-1.9073486E-06	3.1342637E-03	3.1342637E-03	1.3914295E-03	3.2512567E-03
4	3.3361477E-01	7.4249506E-04	7.8235790E-03	7.8235790E-03	3.1474573E-03	8.0225728E-03
5	2.0886356E-01	-2.2888184E-05	5.9420504E-03	5.9420504E-03	1.4150501E-03	4.1317530E-03
6	5.4909989E-02	3.0994415E-05	8.7310225E-03	8.7310225E-03	6.6029886E-04	1.8237915E-03
7	9.5446223E-01	2.6392937E-04	2.6738644E-02	2.6738644E-02	7.2563291E-03	1.8672597E-02

TIME IN	OUTER	INNER	NEUTRON	EIGENVALUE	EIGENVALUE	LAMBDA	REBALANCE
MINUTES	ITERATIONS	ITERATIONS	BALANCE		SLOPE		CONVERGENCE
		TOTAL/BY GROUP					
2.00E+01	4	20	2.63929367E-04	1.02200985E+00	0.0	1.01018810E+00	1.96983218E-02

Fig. 3.6 (cont'd)

第 4 章 SN-PERTコード

4.1 コードの概要

これ迄、二次元輸送コードは、固有値計算、反応度計算に広く用いられてきたが、拡散コードの様に、反応度の内訳を調べる摂動コードが存在しなかった。そこで、本社委託研究として、三菱原子力工業(株)が本SN-PERTコード⁽⁶⁾を開発した。

本SN-PERTコードは、中性子輸送理論に基づいた、P1近似における、輸送摂動コードであり、二次元TWOTRAN-IIコードと連動する様に、作成されていた。

本研究では、SN-PERTコードをバリエブル・ディメンジョン化し、TWOTRAN-IIコードと全く同じ使用条件が許されるようにしている。

又、旧版では、R-Z体系の摂動計算のみしか実行できなかったが、今回の研究で、X-Y体系の摂動計算も実施できるように改訂した。

* 第3章参照

4.2 輸送摂動計算式の定式化

ボルツマンの輸送方程式は次式のように書ける。

$$\begin{aligned} \Omega \cdot \nabla \phi(\Omega, r, E) + \Sigma_1 \phi(\Omega, r, E) - \iint \Sigma_s(r, E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \phi(\Omega', r, E') \\ d\Omega' dE' \\ = \frac{1}{4\pi} \frac{\chi(r, E)}{k} \iint \nu \Sigma_f(r, E') \phi(\Omega', r, E') d\Omega' dE' \quad \dots\dots (4.1) \end{aligned}$$

対応する adjoint eq. (随伴方程式) は次式のように書ける。

$$\begin{aligned} -\Omega \cdot \nabla \phi^+(\Omega, r, E) + \Sigma_1 \phi^+(\Omega, r, E) - \iint \Sigma_s(r, E \rightarrow E', \Omega \rightarrow \Omega') \phi^+(\Omega', r, E') \\ d\Omega' dE' = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\nu \Sigma_f(r, E)}{k^+} \iint \chi(r, E') \phi^+(\Omega', r, E') d\Omega' dE' \quad \dots\dots (4.2) \end{aligned}$$

ここで Σ_1 , Σ_s , $\nu \Sigma_f$ 等は通例のものを表わす。

(4.1)' 式をオペレータ表示で表わすと

$$A\phi = \lambda F\phi \quad \dots\dots (4.1)'$$

ここで $\phi \equiv \phi(\Omega, r, E)$

$$\lambda \equiv \frac{1}{k}$$

(4.2) 式は

$$A^+\phi^+ = \lambda^+ F^+\phi^+ \quad \dots\dots (4.2)'$$

$\phi^+ \equiv \phi^+(\Omega, r, E)$

$$\lambda^+ \equiv \frac{1}{k^+}$$

要易に判るように $\lambda \equiv \lambda^+$

(4.1)' 式において cross section に摂動が生じたと考えよう

$$A \rightarrow A' = A + \delta A$$

$$F \rightarrow F' = F + \delta F$$

固有値の変化 $\lambda \rightarrow \lambda' = \lambda + \delta \lambda$

$$A'\phi' = \lambda' F'\phi' \quad \dots\dots (4.3)$$

(4.2)' $\times \phi' - \phi^+ \times (4.3)$ を作り $\iiint d\Omega dE dr$ の積分を実行すると

$$\begin{aligned} \langle A^+\phi^+, \phi' \rangle - \langle \phi^+, A'\phi' \rangle \\ = \lambda \langle F^+, \phi^+, \phi' \rangle - \lambda' \langle \phi^+, F'\phi' \rangle \quad \dots\dots (4.4) \end{aligned}$$

$$\therefore \langle \phi^+, \delta A \phi' \rangle = \delta \lambda \langle \phi^+, F \phi' \rangle + \lambda' \langle \phi^+, \delta F \phi' \rangle \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\therefore \delta \lambda = \frac{\langle \phi^+, \delta A \phi' \rangle - \lambda' \langle \phi^+, \delta F \phi' \rangle}{\langle \phi^+, F \phi' \rangle} \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

実効増倍率 k_{eff} を用いて書き直すと

$$\lambda = \frac{1}{k} \quad \text{であり} \quad \lambda' = \frac{1}{k'} \quad \text{であるので}$$

$$\delta \lambda = \lambda' - \lambda = \frac{1}{k'} - \frac{1}{k} = \frac{-\delta k}{k k'} \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

従って

$$\frac{\delta k}{k k'} = \frac{\frac{1}{k'} \langle \phi^+, \delta F \phi' \rangle - \langle \phi^+, \delta A \phi' \rangle}{\langle \phi^+, F \phi' \rangle} \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

摂動分母は

$$\langle \phi^+, F \phi' \rangle = \frac{1}{4\pi} \int_V dr \int_E \int_{\Omega} d\Omega dE \phi^+(\Omega, r, E) \kappa(r, E) \cdot \int_{\Omega'} \int_{E'} \nu \Sigma_f(r, E') \phi'(\Omega', r, E') \quad \dots\dots\dots (4.9)$$

ここで scalar flux, scalar adjoint flux (angular integrated flux) を

$$\phi(r, E) = \int_{\Omega} d\Omega \cdot \phi(\Omega, r, E) \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

$$\phi^+(r, E) = \int_{\Omega} d\Omega \cdot \phi^+(\Omega, r, E) \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

と書けば

$$\langle \phi^+, F \phi' \rangle = \frac{1}{4\pi} \int_V dr \left[\int \phi^+(r, E) \kappa(r, E) dE \cdot \int \nu \Sigma_f(r, E') \phi'(r, E') dE' \right] \quad \dots\dots\dots (4.12)$$

摂動分子：

(1) fission 項は、分母と同時に

$$\frac{1}{k'} \langle \phi^+, \delta F \phi' \rangle$$

$$= \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{1}{k'} \int_V dr \left[\int \phi^+(r, E) \kappa(E) dE \cdot \int \delta \nu \Sigma_f(r, E') \phi'(r, E') dE' \right] \quad \dots\dots\dots (4.13)$$

$$\langle \phi^+ \phi \rangle_{iR}^g \equiv \int_{iR} dr \int d\Omega \phi^{+g}(r, E, \Omega) \phi^g(r, E, \Omega) \quad \dots\dots\dots (4.21)$$

さて (4.8) 式の摂動計算式は次のように表わせる。

$$\delta k/kk' = \frac{[Fission] + [Absorption] + [Scattering]}{[Denom]} \quad \dots\dots\dots (4.22)$$

$$= [F] + [A] + [S_d] + [S_s] \quad \dots\dots\dots (4.23)$$

ここで $[S_d]$ は, down scattering の寄与

$[S_s]$ は, self-group scattering の寄与

更に領域毎, 群毎に分解して記しておく

$$\delta k/kk' = \text{Sum}_{iR} (\delta k/kk')_{iR} = \text{Sum}_{iR} \text{Sum}_g (\delta k/kk')_{iR}^g \quad \dots\dots\dots (4.24)$$

$$\text{ここで } (\delta k/kk')_{iR}^g = [F]_{iR}^g + [A]_{iR}^g + [S_d]_{iR}^g + [S_s]_{iR}^g \quad \dots\dots\dots (4.25)$$

$$[Denom] = \frac{1}{4\pi} \text{Sum}_{iR=1} \text{Sum}_{g=1} \text{Sum}_{h=1} X_{iR}^g \langle \phi^{+g} \phi'^h \rangle_{iR} \nu \Sigma_{f iR}^h \quad \dots\dots\dots (4.26)$$

$$[F]_{iR}^g = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{1}{k'} \text{Sum}_{h=1} X_{iR}^h \langle \phi^{+h} \phi'^g \rangle_{iR} \cdot \delta \nu \Sigma_{f iR}^g / [Denom] \quad \dots\dots\dots (4.27)$$

$$[A]_{iR}^g = -\delta \Sigma_{a iR} \langle \phi^+ \phi' \rangle_{iR}^g / [Denom] \quad \dots\dots\dots (4.28)$$

$$[S_d]_{iR}^g + [S_s]_{iR}^g = \left[\frac{1}{4\pi} \text{Sum}_{h \geq g} \delta \Sigma_{s iR}^{g \rightarrow h} \langle \phi^{+h} \phi'^g \rangle_{iR} - \delta \Sigma_{s iR}^g \langle \phi^+ \phi' \rangle_{iR}^g \right] / [Denom] \quad \dots\dots\dots (4.29)$$

ここで $\delta \Sigma_{s iR}^g$ は自群散乱 $\delta \Sigma_{s iR}^{g \rightarrow g}$ を含んでいるのでこれを取り出して整理し直すと

$$[S_s]_{iR}^g = (\delta \Sigma_{t iR} - \delta \Sigma_{a iR} - \delta \Sigma_{s R}) \left\{ \frac{1}{4\pi} \langle \phi^{+g}, \phi'^g \rangle_{iR} - \langle \phi^+ \phi' \rangle_{iR}^g \right\} / [Denom] \quad \dots\dots\dots (4.30)$$

$$[S_d]_{iR}^g = \left[\frac{1}{4\pi} \text{Sum}_{h > g} \delta \Sigma_{s iR}^{g \rightarrow h} \langle \phi^{+h}, \phi'^g \rangle_{iR} - \delta \Sigma_{s R} \langle \phi^+ \phi' \rangle_{iR}^g \right] / [Denom] \quad \dots\dots\dots (4.31)$$

ここで $\Sigma_{s R}$ は散乱で下の群へ落ちる散乱断面積。

上式に見られるように輸送摂動計算では散乱によって角度方向が変化することによる反応度変化が考慮されているのが, 拡散摂動式との大きな違いであることに注目したい。

また, 自群散乱項 $[S_s]$ は拡散摂動の場合の漏洩項に対応している。

(注) 輸送計算コード TWO TRAN では角度積分の重み W_M が

$$\int_{\text{full space}} d\Omega = \sum_{M=1}^{MT} W_M = 1 \text{ に規格化されているので (4.26) 式から (4.31) 式に}$$

現われる $(\frac{1}{4\pi})$ のファクターは不要である。

(4.26) 式～(4.31) 式中, スカラー中性子束の積分, 及び中性子束角度分布の積分は以下の様に表わされる。

$$\langle \phi^{+g} \phi'^h \rangle_{iR} = \int_{iR} \phi^{+g}(r, E^g) \phi'^h(r, E^h) d r = \sum_{i,j} \phi_{ij}^{+g} \phi'_{ij}{}^h V_{ij}$$

ここで $i_R =$ 領域 i_R

$i, j =$ メッシュ i, j

$\phi^{+g}(r, E^g), \phi(r, E^h)$ は第 g 群の随伴スカラー中性子束, 第 h 群スカラー中性子束で

$$\phi^{+g}(r, E^g) = \int_{\Omega} \phi^{+g}(\Omega, r, E) d\Omega$$

$$\phi(r, E^h) = \int_{\Omega} \phi(\Omega, r, E) d\Omega$$

で計算される。

$$\begin{aligned} \langle \phi^{+g} \phi' \rangle_{iR}^g &= \int_{iR} d r \int_{\Omega} d\Omega \phi^{+g}(r, E, \Omega) \phi'^g(r, E, \Omega) \\ &= \sum_{i,j} V_{ij} \sum_{M=1}^{MT} W_M \phi_{ijM}^{+g} \phi'_{ijM}{}^g \end{aligned}$$

ここで $M =$ 角度分点

$$MT = 4 \times \frac{(ISN+2) \times ISN}{8}$$

$ISN = S_N$ オーダー

$W_M =$ 角度分点の重み

上記の積分に際して特に注意した点は, TWO TRAN-IIコードで得られている随伴中性子束角度分布 $\phi^{+g}(\Omega, r, E^g)$ は, (i) Ω と $-\Omega$ とが逆転したものが計算されていること, 及び, (ii) エネルギー群についても最下群から最上群へ逆転して計算されていることであり, 積分にあたり, 正常に戻してから積分計算を行う必要がある。

次に, 大竹, 竹田両氏⁽⁷⁾による摂動理論式を示す。

リーケージ項は(4.16) scattering-in 項から生ずるのではなく, (4.15) total reaction 項に含まれていると考えると,

$$\begin{aligned}
 & -\int_{\Omega} \int_{\mathbf{E}} \int_{\mathbf{V}} \phi^+(\Omega, r, \mathbf{E}) \delta \Sigma_i(r, \mathbf{E}) \phi'(r, \mathbf{E}) d\Omega dr d\mathbf{E} \\
 & = -\int_{\Omega} \int_{\mathbf{E}} \int_{\mathbf{V}} \phi^+(\Omega, r, \mathbf{E}) \delta \Sigma_i(r, \mathbf{E}) \left\{ \phi'(r, \mathbf{E}) - \frac{1}{4\pi} \phi'(r, \mathbf{E}) \right\} d\Omega dr d\mathbf{E} \\
 & \quad - \frac{1}{4\pi} \int_{\Omega} \int_{\mathbf{E}} \int_{\mathbf{V}} \phi^+(\Omega, r, \mathbf{E}) \delta \Sigma_i(r, \mathbf{E}) \phi'(r, \mathbf{E}) d\Omega dr d\mathbf{E}
 \end{aligned}$$

上式第一項がリーケーシ項である。

$$\begin{aligned}
 \delta \Sigma_i & = \delta \Sigma_a + \delta \Sigma_s \\
 \delta \Sigma_s(r, \mathbf{E}) & = \int_{\mathbf{E}'} \delta \Sigma_s(r, \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E}') d\mathbf{E}'
 \end{aligned}$$

であるので第二項に(4.19) scattering-in 項を加えると,

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{4\pi} \int_{\Omega} \int_{\mathbf{E}} \int_{\mathbf{V}} \phi^+(\Omega, r, \mathbf{E}) \delta \Sigma_i(r, \mathbf{E}) \phi'(r, \mathbf{E}) d\Omega dr d\mathbf{E} \\
 & \quad + \frac{1}{4\pi} \int_{\mathbf{V}} \int_{\mathbf{E}'} \int_{\mathbf{E}} \phi^+(r, \mathbf{E}') \delta \Sigma_s(r, \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E}') \phi'(r, \mathbf{E}) dr d\mathbf{E}' d\mathbf{E} \\
 & = -\frac{1}{4\pi} \int_{\mathbf{E}} \int_{\mathbf{V}} \phi^+(r, \mathbf{E}) \delta \Sigma_a(r, \mathbf{E}) \phi'(r, \mathbf{E}) dr d\mathbf{E} \\
 & \quad + \frac{1}{4\pi} \int_{\mathbf{E}} \int_{\mathbf{E}'} \int_{\mathbf{V}} \delta \Sigma_s(r, \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E}') \left\{ \phi^+(r, \mathbf{E}') \phi'(r, \mathbf{E}) \right. \\
 & \quad \quad \quad \left. - \phi^+(r, \mathbf{E}) \phi'(r, \mathbf{E}) \right\} \times dr d\mathbf{E}' d\mathbf{E}
 \end{aligned}$$

上式第一項が Absorption 項, 第二項が Down scattering 項である。

以上大竹, 竹田両氏の分割方法をまとめると次の様になる。

$$\begin{aligned}
 (\delta k/k k')_{iR} & = [F]_{iR}^g + [A]_{iR}^g + [S_d]_{iR}^g + [S_s]_{iR}^g \\
 [F]_{iR}^g & = \frac{1}{4\pi k \nu} \text{Sum}_h X_{iR}^h \langle \phi^{+h} \phi'^g \rangle_{iR} \sigma_{iR}^g / \text{Denom} \\
 [A]_{iR}^g & = -\frac{1}{4\pi} \delta \Sigma_{a iR} \langle \phi^{+g} \phi'^g \rangle_{iR} / \text{Denom} \\
 [S_s]_{iR}^g & = \delta \Sigma_{iR} \left\{ \frac{1}{4\pi} \langle \phi^{+g} \phi'^g \rangle_{iR} - \langle \phi^{+g} \phi'^g \rangle_{iR} \right\} / \text{Denom} \\
 [S_d]_{iR}^g & = \frac{1}{4\pi} \text{Sum}_h \delta \Sigma_{sm}^{g \rightarrow h} \left[\langle \phi^{+h} \phi'^g \rangle_{iR} - \langle \phi^{+g} \phi'^g \rangle_{iR} \right] / \text{Denom} \\
 \text{Denom} & = \frac{1}{4\pi} \text{Sum}_{iR} \text{Sum}_g \text{Sum}_h X_{iR}^g \langle \phi^{+g} \phi'^h \rangle_{iR} \nu \Sigma_{f iR}^h
 \end{aligned}$$

以上を摂動理論式2と呼ぶことにする。

4.3 コードの機能

本コードは、二次元中性子輸送計算コードTWOTRAN-Ⅱの計算結果をもとに輸送摂動計算を行なう機能をもつ。即ち、次の二つの機能をもつ。

- i) 厳密摂動理論による摂動反応度計算
- ii) 1次近似摂動理論 "

1) データの流れ

本コードはTWOTRAN-Ⅱコードによって得られる実中性子束及び、随伴中性子束を用い、摂動計算を行なうプログラムである。データの流れをFig. 4.1, Fig. 4.2に示す。

厳密摂動計算の時は摂動系の実中性子束を用い、1次近似摂動計算の時は、非摂動系の実中性子束を用いる。

非摂動系及び摂動系の実効マクロ断面積は、Fig. 4.4に示す様に、Standard Los Alamos Format と呼ばれる形式を一部変形したものであり、マクロライブラリ作成コードSNGO の出力形式と同一である。

摂動系の実効マクロ断面積の代わりに、摂動系と非摂動系の実効マクロ断面積の差を入力することもできる。

2) コードの構成

Table 4.1に、各ルーチンの機能説明を、又Fig.4.3にルーチンの構成を示す。コードを大きく分けると、中性子束角度分布の積分処理を行なう部分と、摂動計算を行なう部分とに分けられる。それぞれの部分がVariable Dimension になっており、Dimensionの大きさはBLOCK DATA中で定義されているパラメータによって決まる。

4.4 使用ファイルの説明

Fig. 4.4 にマクロ断面積ライブラリの入力フォーマットを示す。これは Standard Los Alamos Format と呼ばれる形式の変形である。

Alamos Format と呼ばれる形式の変形である。

順序：((A(JG, IG), JG=1, KDOWN+6), IG=1, NGRP)

4.5 カード入力データの説明

計算体系等の基本データは、TWO TRAN-II コードで用いたものが、TWO TRAN-II ダンプテープから入力されるので、以下の入力データのみで摂動計算が行なえる。

カードデータは中性子束積分ルーチン用の部分、タイトル及び、ネームリストデータ(&TRANS)と摂動計算ルーチン用の部分、タイトル及びネームリストデータ(&DATA)とから成る。
(カード)

1 処理フローコントロールデータ(3I4)

I O N T L(1) : 1 のとき、中性子束積分処理を行なう。 (default:1)

I O N T L(2) : 1 のとき、摂動計算を行なう。 (default:1)

I O N T L(3) : 1 のとき、理論式 2 を用いる (§ 4.2 参照)

2 タイトルカード(20A4)

3 ネームリスト &TRANS

N O U T(1) : Real Flux のリスト出力ユニットを指定する。 (default:0)

N O U T(2) : Adjoint Flux " (")

N O U T(3) : Real Angular Flux の角度積分値のリスト出力ユニットを指定する。 (default:0)

N O U T(4) : Adjoint Angular Flux " (")
($0 < \text{NOUT}(i) < 99$ の値の時リスト出力する)

4 タイトルカード(20A4)

5 ネームリストデータ &DATA

○リスト出力制御データ ($0 < \text{NOUT}(i) < 99$ の値の時リスト出力する)

N O U T(1) : このネームリスト &DATA によって入力するマクロライブラリ・セットデータをリスト出力するユニットを指定する。
(default:6)

N O U T(2) : 摂動系と非摂動系のマクロ断面積の差をリスト出力するユニットを指定する。 (default:0)

N O U T(3) : 非摂動系のマクロ断面積をリスト出力するユニットを指定する。 (default:0)

N O U T(4) : 摂動系のマクロ断面積をリスト出力するユニットを指定する。 (default:0)

N O U T(5) : 中性子束内積値の印刷出力ユニットを指定する。
(default:6)

$$\int_{iR} dr \int d\Omega \int d\Omega' \phi^+(\Omega, r, E^g) \phi'(\Omega', r, E^h)$$

及び

$$\int_{iR} dr \int d\Omega \phi^+(\Omega, r, E^g) \phi(\Omega, r, E^g)$$

NOU T(6) : 摂動計算の実行結果リスト出力ユニットを指定する。
(default:6)

NOU T(10) : サブルーチン・終了マーク(デバッグ用)の印刷ユニットを
指定する。
(default:0)

摂動計算モード制御データ

I CON(2) : 0 のとき, 摂動後のマクロ断面積 Σ^V を読みこむ
1 のとき, 摂動変化分のマクロ断面積 $\delta\Sigma$ を読みこむ
作業ファイル, マクロ断面積ファイルのユニットを指定する。
(default:0)

NUN I T(1) : 積分角度中性子束用作業ファイルユニットを指定する。
(default:8)

NUN I T(2) : 正常系のマクロ断面積入力ユニットを指定する。
(default:9)

NUN I T(3) : 摂動系のマクロ断面積入力ユニットを指定する。
(default:10)

○マクロ断面積セットデータ

L I B R A 生 : 各領域(TWOTRAN-II の coarse mesh)で用いるマクロ
断面積セット番号(非摂動系)

L I B R A P(i) : 同 上 (摂動系)

I P E R T R(i) : 各領域で摂動計算を行なうか否かを指定する
1 …… 摂動計算実行
0 …… " せず

$1 \leq i \leq NREG$ (領域の数)^(注)

4.6 コード使用上の制限について

輸送解析を行なえる体系について、本コードには制限がある。即ち、次に示す、ファイン・メッシュ、コース・メッシュ、 S_N オーダー、下群散乱群数等についてである。

- | | | |
|--------------------|-------|-----------|
| 1) R(X)方向ファインメッシュ数 | IT | ≤ 32 |
| 2) Z(Y) " | JT | ≤ 52 |
| 3) R(X)方向コースメッシュ数 | IREG | ≤ 11 |
| 4) Z(Y) " | JREG | ≤ 15 |
| 5) エネルギー群数 | NGRP | ≤ 16 |
| 6) 下方散乱エネルギー群数 | KDOWN | ≤ 10 |
| 7) S_N オーダー数 | ISN | ≤ 8 |

このうち、下方散乱エネルギー群数について、TWOTRAN-IIコードと同様に、エネルギー群数が10以上の時、下方散乱群数を10とし、エネルギー群数が9以下の時、下方散乱群数をエネルギー群数より1差しひいた値とする。

これらの範囲外で使用する時は、プログラムの変更を行なう必要がある。

<解析体系に応じたコードの修正について>

fine mesh 数, coarse mesh 数, energy group 数, S_N -order 数についての上限值を変更するには次の値を修正する。

BLOCKDATA 中

IREGD	:	R(X)方向 coarse mesh 数
JREGD	:	Z(Y)方向 "
NREGD	:	IREGD*JREGD coarse zone 数
ITD	:	R(X)方向 fine mesh 数
JTD	:	Z(Y)方向 "
IJTD	:	ITD*JTD
NGRPD	:	energy group 数
IGMD	:	"
KDOWND	:	down scattering group 数
ISND	:	S_N -order
MTD	:	$(ISND*(ISND+2))/2$ S_N -space point 数
MAXLEN	:	TWOTRAN-II Restart File record length

MAINルーチン中 $n = NREGD$

但し

DIMENSION LIBRA(n), LIBRAP(n),
IPERTR(n)

$\ell \geq NA1 + MAXLEN$

かつ

$\geq MASS1 + NREGD * NGRPD$

但し

DIMENSION CORE(ℓ)

尚, NA1, MRSS1 は次式による。

$NIHY1 = IREGD + 1$
 $NXRAD1 = NIHY1 + JREGD$
 $NYRAD1 = NXRAD1 + IREGD + 1$
 $NWGT1 = NYRAD1 + JREGD + 1$
 $NWGT11 = NWGT1 + MTD/4$
 $NCHI1 = NWGT11 + MTD$
 $NXP1 = NCHI1 + IGM D$
 $NYP1 = NXP1 + ITD$
 $NV1 = NYP1 + JTD$
 $NMESR1 = NV1 + IJTD$
 $NMTRS1 = NMESR1 + IJTD$
 $NTEMP1 = NMTRS1 + MTD$
 $NFLXG1 = NTEMP1 + MTD$
 $NAFLX1 = NFLXG1 + MTD * ITD * JTD$
 $NTFLX1 = NAFLX1 + MTD * ITD * JTD$
 $NATFL1 = NTFLX1 + ITD * JTD * IGM D$
 $NFINT1 = NATFL1 + ITD * JTD * IGM D$
 $NAFNT1 = NFINT1 + IGM D * NREGD$
 $NAAIN1 = NAFNT1 + IGM D * NREGD$
 $NFFIN1 = NAAIN1 + IGM D * NREGD$
 $NA1 = NFFIN1 + IGM D * IGM D * NREGD$

$MAAIN1 = NREGD * NGRPD * NGRPD + 1$
 $MCHI1 = MAAIN1 + NREGD * NGRPD$
 $MIPRT1 = MCHI1 + NGRPD$
 $MSIGT1 = MIPRT1 + NREGD$
 $MSIGA1 = MSIGT1 + NGRPD$
 $MSGVF1 = MSIGA1 + NGRPD$
 $MSGSR1 = MSGVF1 + NGRPD$
 $MSGSM1 = MSGSR1 + NGRPD$
 $MXIR1 = MSGSM1 + NGRPD * NGRPD$
 $MMACT1 = MXIR1 + NREGD * NGRPD$
 $MMACA1 = MMACT1 + NREGD * NGRPD$
 $MMCVF1 = MMACA1 + NREGD * NGRPD$
 $MMCSM1 = MMCVF1 + NREGD * NGRPD$
 $MMCSR1 = MMCSM1 + NREGD * NGRPD * KDOWND$
 $MDEL1 = MMCSR1 + NREGD * NGRPD$
 $MDELA1 = MDEL1 + NREGD * NGRPD$
 $MDLVF1 = MDELA1 + NREGD * NGRPD$
 $MDLSM1 = MDLVF1 + NREGD * NGRPD$
 $MDLSR1 = MDLSM1 + NREGD * NGRPD * KDOWND$
 $MLIBR1 = MDLSR1 + NREGD * NGRPD$
 $MLBRP1 = MLIBR1 + NREGD$
 $MRSF1 = MLBRP1 + NREGD$
 $MRAB1 = MRSF1 + NREGD * NGRPD$
 $MRSD1 = MRAB1 + NREGD * NGRPD$
 $MRSS1 = MRSD1 + NREGD * NGRPD$

又, MAXLEN は次式の様にとる。

$$\text{MAXLEN} = \text{ITD} * \text{JTD} * \text{MT}$$

MT: material number (X-section block number)

4.7 異常終了の原因

次のコンディション・コード(リターンコード)による終了は、プログラミング上の問題である。解析体系メッシュ等に制限があるため、プログラムを修正する必要がある。

(1111を除く。)

• COND	CODE	1 1 1 1
•	"	3 1 0 0
•	"	3 2 0 0
•	"	3 3 0 0
•	"	3 4 0 0
•	"	3 5 0 0
•	"	3 6 0 0

Table 4.3 に詳細を示す。

4.8 サンプルデータとJCL例

i) サンプル・データ

入力データのサンプルを Fig. 4.6 に示す。

ii) JCL例

JCLカードの作成例を Fig. 4.7 に示す。

iii) 出力例

サンプル・入力データに対応した、計算出力例を Fig. 4.8 に示す。

Table 4.1 Function of Subroutines

サブルーチン名	機 能 説 明
MAINルーチン	Variable Dimensionの大きさの計算, ネームリスト&DATA 入力, 中性子束積分, 摂動計算の制御
BLOCK DATA	エネルギー群数, メッシュ数, S_N オーダー数等の最大許容値の定 義
TRNSFM	中性子束角度分布の積分処理, 主ルーチン
RDTAPE	TWOTRAN-IIコードのFINAL DUMPの入力制御
REED	" 入力
ECHECK	配列のチェック(全てが0.0でないかチェックする)
WRITE	中性子束印刷ルーチン
SNPERT	摂動計算主ルーチン
TREAD	中性子束角度分布積分値ダンプファイルを読む
INPRCD	" の印刷
DELMAC	マクロライブラリ入力制御
RDMACR	" 入力
PRMACR	" 印刷
DENOMI	摂動分母の計算
MACPRT	摂動分子の計算及び摂動計算結果の印刷
HEAD	タイトル印刷
MARKER	ルーチン終了マークの印刷

Table 4.2 Table of Files

UNIT 番号	データ	説明	DCBパラメタ		
			LRECL	BLKSIZE	RECFM
01	Real リスタートファイル	TWOTRAN-IIのファイナルダンプ (Real 計算)	19065	19069	VBS
02	Adjoint "	" (Adjoint計算)	19065	19069	VBS
04	ワークファイル	角度中性子束を一次的にダンプ	19065	19069	VBS
05	カード入力データ	タイトル及びネームリストデータ	80		F
08	ワークファイル	積分・角度中性子束を一次的にダンプ	19065	19069	VBS
09	非摂動系マクロ	非摂動系のマクロ断面積ライブラリ	80		F
10	摂動系マクロ*	摂動系又は非摂動系と摂動系の差のマ クロ断面積ライブラリ	80		F
20	ワークファイル	ネームリスト&DATAを一次的にダ ンプ	19065	19069	VBS
06	リスト出力				

* : ICON(2)(ネームリスト&DATA)の値によって、摂動系マクロ断面積又は、
非摂動系と摂動系のマクロ断面積の差のいずれかを入力する。

Table 4.3 Condition Code and Source of Error

Condition Code	原因
1 1 1 1	TWOTRAN-II コードの Restart File 中に中性子束角度分布がダンプされていない, Final Dump であることを確認する。
3 1 0 0	BLOCK DATA 中の IREGD の値が小さい。
3 3 0 0	$IREGD \geq IM$ (radial Coarse mesh)
3 2 0 0	BLOCK DATA 中の JREGD の値が小さい。
3 4 0 0	$JREGD \geq JM$ (axial Coarse mesh)
3 5 0 0	BLOCK DATA 中の ISND の値が小さい。 $ISND \geq ISN$ (S_N -Order)
3 6 0 0	BLOCK DATA 中の IGMD(NGRPD) の値が小さい。 $IGMD \geq$ (Energy Group Number)
4 0 0 0	BLOCK DATA 中の MAXLEN の値が小さい。 $MAXLEN \geq IT \times JT \times MT$ radial axial material fine mesh fine mesh number

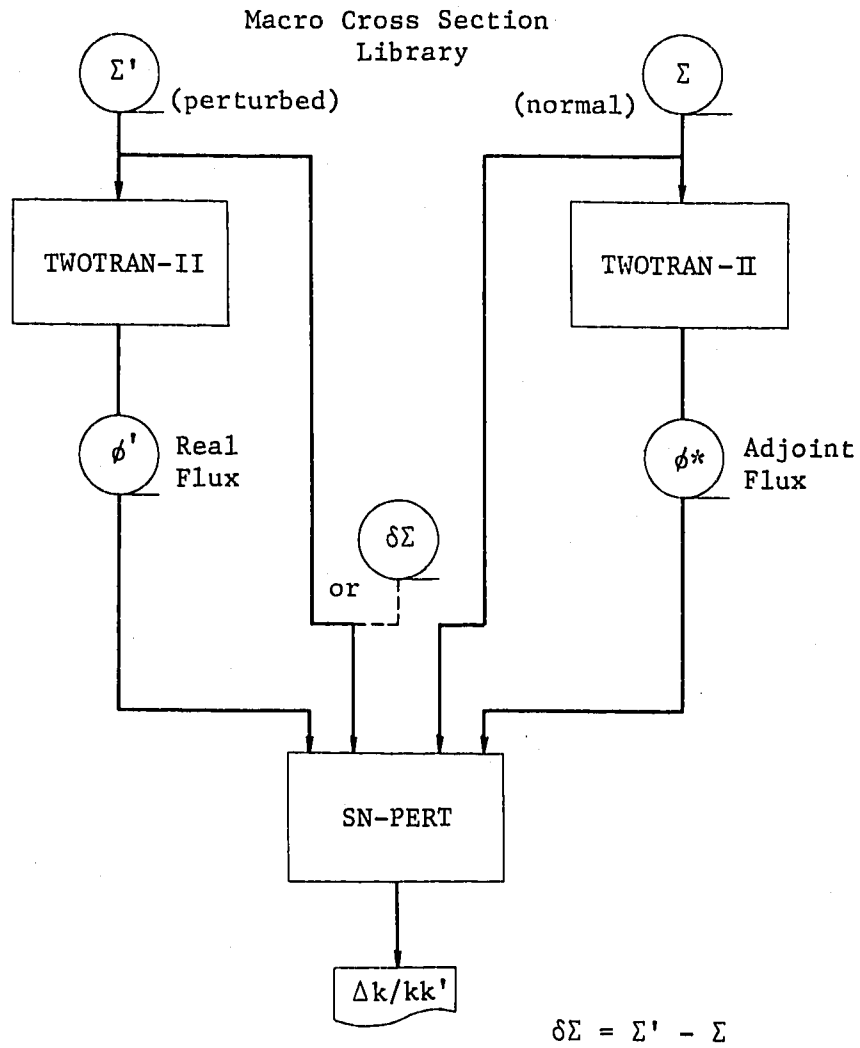


Fig. 4.1 Data Flow of Exact Perturbation Calc.

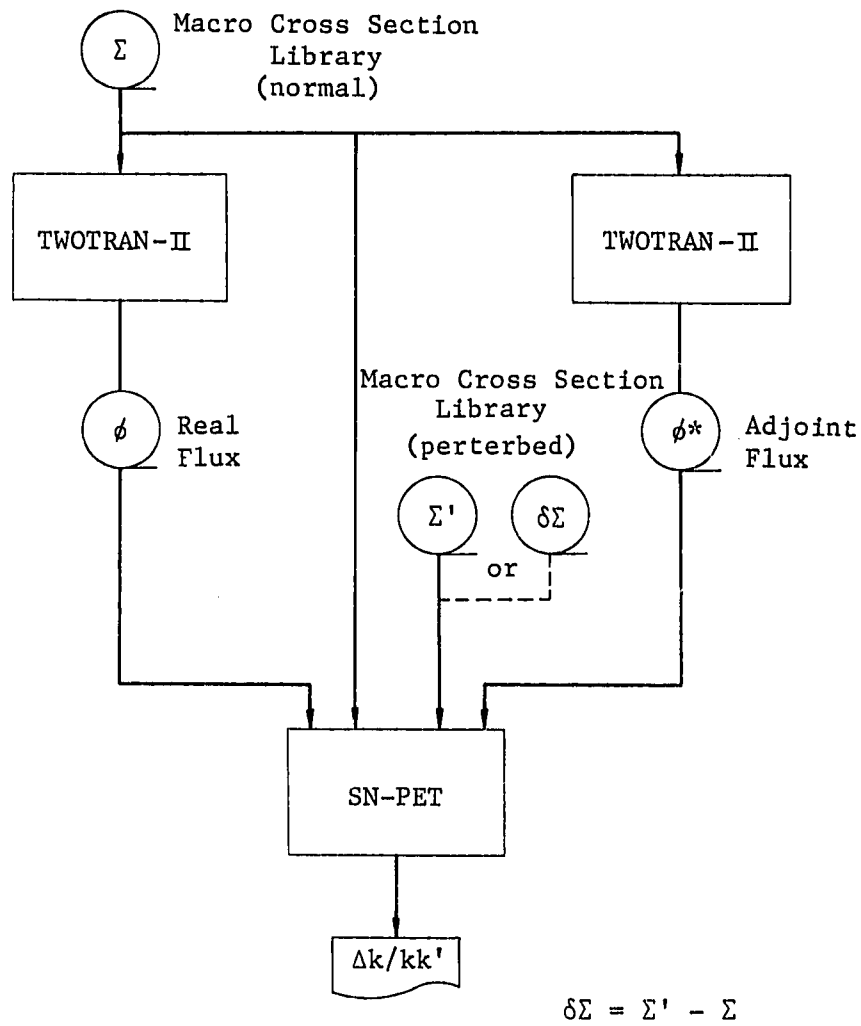


Fig. 4.2 Data Flow of First Order Perturbation Calc.

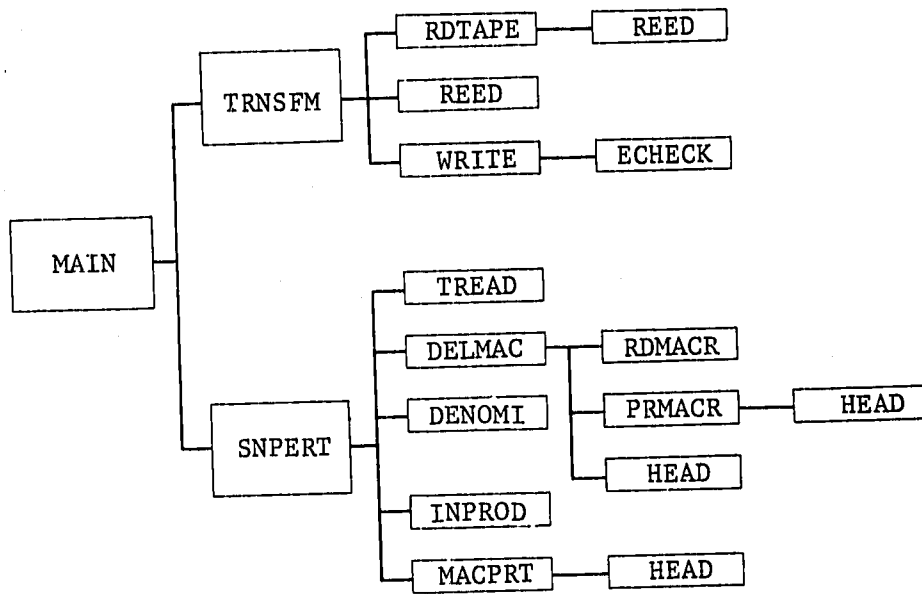


Fig. 4.3 Tree Structure of Subroutines

JG	IG	i			
		1	2	3 NGRP
1		dummy (無視する)			
2		dummy			
3		$\Sigma_a = \sum_{ie} N_{ie} \times \sigma_{a,ie}$			
4		$\nu \Sigma_f = \sum_{ie} N_{ie} \times \nu_{ie} \times \sigma_{f,ie}$			
5		$\Sigma_{tr} = \sum_{ie} N_{ie} \times \sigma_{tr,ie}$			
6		$\Sigma_s^{i \rightarrow i} = \Sigma_{tr} - \sum_{j>i} \Sigma_s^{i \rightarrow j}$			
7(j=1)			$\Sigma_s^{1 \rightarrow 2}$		
8(j=2)				$\Sigma_s^{1 \rightarrow 3}$	$\Sigma_s^{(i-j) \rightarrow i}$
⋮		0.0			$= \sum_{ie} N_{ie} \times \sigma_s^{(i-j) \rightarrow i}$
⋮					
KDOWN+6					

NGRP : エネルギー群数
 KDOWN : 下群散乱群数

Fig. 4.4 Macro Cross Section I/O Format

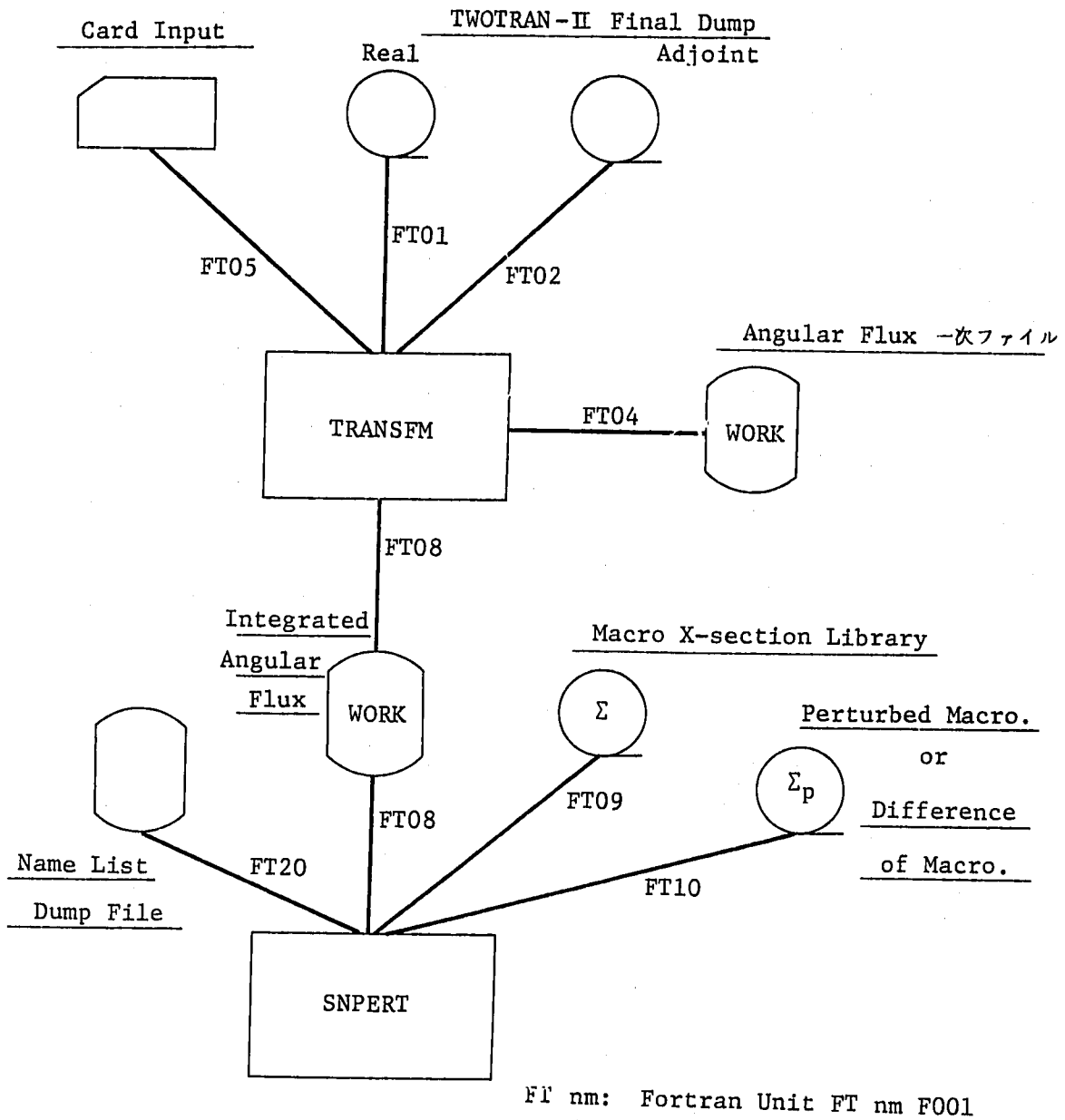


Fig. 4.5 Relation of Subroutines and Files


```

//F3325SPF JOB (██████,██████),MSGCLASS=A,MSGLEVEL=(1,1),
//      ATTR=(T1,C5,W1)
//*ROUTE PRINT F3325
//DTLIST EXEC DTLIST
//DATA.SYSIN DD *
//*          (データ)
//SNPERT EXEC PGM=SNP3
//STEPLIB DD DSN=Y5178.SNPERT3.LOAD,DISP=SHR
//FT01F001 DD DSN=F3325.TWTRN.NV.RSTR2.DATA,LABEL=(,,IN),
//      UNIT=DASD,VOL=SER=CNV VOL,DISP=(SHR,KEEP),
//      DCB=(LRECL=19065,BLKSIZE=19069,RECFM=VBS)
//FT02F001 DD DSN=F3325.TWTRN.NV.RSTR13.DATA,LABEL=(,,IN),
//      UNIT=DASD,VOL=SER=CNV VOL,DISP=(SHR,KEEP),
//      DCB=(LRECL=19065,BLKSIZE=19069,RECFM=VBS)
//FT04F001 DD DSN=&&FLUXG,UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(40,10)),DISP=(NEW,
//      DELETE),DCB=(LRECL=19065,BLKSIZE=19069,RECFM=VBS)
//FT08F001 DD DSN=&&INTFLX,UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(40,10)),DISP=(NEW,
//      DELETE),DCB=(LRECL=19065,BLKSIZE=19069,RECFM=VBS)
//FT20F001 DD DSN=&&NMLST,UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(5,1)),DISP=(NEW,
//      DELETE),DCB=(LRECL=19065,BLKSIZE=19069,RECFM=VBS)
//FT09F001 DD DSN=Y5178.NAVOID.MACRO2.DATA,DISP=SHR
//FT10F001 DD DSN=Y5178.NV2.PRT.MACRO.DATA,DISP=SHR
//FT06F001 DD SYSOUT=A
//FT05F001 DD DSN=&&INPUT,UNIT=WORK,DISP=(OLD,DELETE)
//

```

Fig. 4.7 Sample of JCL Data for SN-PERT

SN-PERT 出力リスト (サンプル入力データ)

SN-PERT RZ(1,0,1,0,) 6G195R I*J= 35* 52= 1820 << SNPERT EP. , (0) NA-VOID,JOYO,250DEG-C,70FUEL-STRUCTURE,R-Z >>
OVER-ALL GROUP CONTRIBTN

GROUP	FISSION	ABSORPTION	SLOWING-DOWN	SELF-SCAT.	GRP. TOTAL
1	0.0	8.32255E-06	7.71178E-05	-7.39954E-05	1.14449E-05
2	0.0	1.38138E-06	-4.10428E-05	-1.46778E-04	-1.86440E-04
3	0.0	5.84364E-06	-1.32832E-05	-1.10679E-04	-1.18118E-04
4	0.0	5.05975E-06	-1.03555E-05	-5.35231E-05	-5.88188E-05
5	0.0	1.15759E-05	-4.70987E-06	2.82779E-06	9.69380E-06
6	0.0	4.93731E-07	0.0	-3.37667E-07	8.31398E-07
SUM	0.0	3.26769E-05	7.72643E-06	-3.81809E-04	-3.41406E-04

-- SUMMARY TABLE OF PERTURBATION CALC. --

* DIRECT CALCULATION RESULT

KEFF(NORMAL) = 1.0324335E+00
KEFF(PERTURBED) = 1.0320892E+00 KEFF(PERTURBED)-KEFF(NORMAL) = -3.4427643E-04
DELTA-KEFF/KEFF(NORMAL)*KEFF(PERTURBED) = -3.4416141E-04

* FIRST ORDER (IF REAL FLUX IS OF NORMAL) OR
* EXACT (IF REAL FLUX IS OF PERTURBED) PERTURBATION RESULT

DELTA-KEFF/KEFF(NORMAL)*KEFF(PERTURBED) = -3.4140632E-04

END OF MACPRT 0.245

(注) 本結果は、厳密摂動計算の結果である。

Fig. 4.8 Sample Output Data of SN-PERT Code

参 考 文 献

- (1) JAERI-M 4953 「JAERI-fast set 70 群用一次元拡散臨界及び摂動計算コード EXPANDA-70D」 長谷川明, 桂木学, 東稔達三, 1972年8月
- (2) Private Communication, 長谷川明
- (3) ORNL-TM-2496 Rev 2. "NUCLEAR REACTOR CORE ANALYSIS CODE: CITATION" T. B. Fowler, D. R. Vondy and G. W. Cunningham
1969年7月
- (4) PNC N941 80-92 「CITATION-PERTC コードの開発=三次元中性子拡散摂動コード=」 佐々木誠, 1980年6月
- (5) LA-4848-MS "TWO TRAN-II: An Interfaced Explotable Version of the TWO TRAN Code for Two-Dimensional Transport", K. D. Lathrop and F. W. Brinkley, 1973年7月
- (6) ZJ 206 77-35 「反応度計算法の開発と適用性評価」 三菱原子力工業(株), 佐々木誠, 田中洋司他, 1978年1月
- (7) N241 80-03 「高速炉におけるナトリウムボイド反応度の輸送効果」 大竹, 竹田他, 1980年3月
- (8) 昭和54年原子力学会秋の分科会 C73 「輸送摂動コードによるナトリウム・ボイド反応度解析」 佐々木誠, 宝珠山健, 関雄次
- (9) LA-3373 "DTF-IV: A FORTRAN-IV Program for Solving the Multigroup Transport Equation with Anisotropic Scattering", K. D. Lathrop
- (10) NSE 32 359 (1968) K. D. Lathrop et. al.
- (11) NSE 43 131 (1971) M. Natelson
- (12) 三菱原子力工業(株) インターナルメモ 関雄次, 佐々木誠
- (13) LA-4554 "Discrete Ordinates Quadrature over the Unit Sphere"
B. G. Carlson
- (14) MESH = 1 means $IMC > 0$ and $JMC > 0$, and otherwise MESH is 0.

Appendix 1

コードの保管

1) SNGCコードの大きさ、保管場所等は以下の通りである。

Program Name	SNGC3
Core size	576K _B
Loadmodule 保管場所	F3341.SNGC.LOAD
Sourcmodule "	F3341.SNGC.FORT

(S56.10.1 現在)

2) TWOTRANコード

Program Name	V5
" size	80470(16)
Core size	1024K _B
Loadmodule 保管場所	F3341.TWTRN25.LOAD
Sourcmodule "	F3341.TWTRN2.FORT

3) SNPERTコード

- Loadmodule 保管場所 F3341.SNPERT.LOAD
- Program Name SNP6
- Sourcmodule 保管場所 F3341.SNPERT.FORT
- Core size 1664K_B

Appendix 2

核種の I D 番号

EXPANDA-70D(-GENERAL) 及び CITATION コードの核種 I D の比較

	核種名	I D No.	
		EXPANDA	CITATION
1	^{235}U	9 2 5	3 4
2	^{238}U	9 2 8	3 6
3	^{239}Pu	9 4 9	3 7
4	^{240}Pu	9 4 0	3 8
5	^{10}B	1 0 5	6
6	^{11}B	1 0 6	7
7	C	6	8
8	O	8	1 0
9	Na	1 1	1 1
1 0	Al	1 3	1 3
1 1	Cr	2 4	1 9
1 2	F. P. (^{235}U)	9 9 5	4 2
1 3	Fe	2 6	2 0
1 4	Ni	2 8	2 1
1 5	Cu	2 9	2 2
1 6	Mo	4 2	2 5
1 7	^{234}U	9 2 4	3 3
1 8	^{241}Pu	9 4 1	3 9
1 9	^{242}Pu	9 4 2	4 0
2 0	F. P. (^{239}Pu)	9 9 9	4 3

Appendix 3

擬似吸収断面積の計算方法

擬似吸収断面積の計算のために、軸方向リーケージ入力とバックリング入力の2つの方法がある。IBSQ = 1, 2, 3はリーケージ入力、IBSQ = 11, 12, 13はバックリング入力である。

SNGCコード中ではバックリング入力の時、拡散係数 $D = 1/3 \cdot \Sigma_{Tr}$ をバックリングにかけて擬似吸収項を求める。吸収及び、全断面積、拡散係数を次式で修正する。

$$\Sigma_{a, ig, is}^{\nabla} = \Sigma_{a, ig, is} + D_{ig, is} \cdot B_{\perp}^2_{ig, is}$$

$$\Sigma_{Tr, ig, is}^{\nabla} = \Sigma_{Tr, ig, is} + D_{ig, is} \cdot B_{\perp}^2_{ig, is}$$

注) IBSQ オプションにより、バックリングがエネルギー依存or領域依存でないときでも、拡散係数は常にエネルギー依存かつ領域依存である。従って擬似吸収断面積は、エネルギー依存かつ領域依存の値となる。

$$D_{ig, is}^{\nabla} = 1/3 \cdot \Sigma_{Tr, ig, is}^{\nabla}$$

ig : energy group

is : マクロ領域番号

$$B_{\perp}^2_{ig, is} = BSQ(IG, IS)$$

リーケージ入力の時、入力されたリーケージ項は規格化されている必要があり、擬似吸収断面積であること。入力されたリーケージ項を $L_{ig, is}$ と記すことにすると、吸収項、全断面積、拡散係数について下式の計算を行なう。

$$\Sigma_{a, ig, is}^{\nabla} = \Sigma_{a, ig, is} + L_{ig, is}$$

$$\Sigma_{Tr, ig, is}^{\nabla} = \Sigma_{Tr, ig, is} + L_{ig, is}$$

$$D_{ig, is}^{\nabla} = 1/3 \cdot \Sigma_{Tr, ig, is}^{\nabla}$$

ig : energy group

is : マクロ領域番号

$$L_{ig, is} = BSQ(IG, IS)$$

Appendix 4

カードデータ作成時の注意点

- (1) ネームリストデータ作成の時、ネームリスト名は2カラム目より記号&に続けて記す。
ネームリスト名の後は1個以上の空白をおくこと。

(例)

```
┌&DATA┐NOUT=6, 6, &END
```

- (2) TWOTRAN-II コードのネームリストデータ(&TRANS)はデフォルト値に対する変更がない場合も、省略せずに入力すること。

Appendix 5

TWOTRAN-II コードのRestart Tapeの内容

1 Call Flow

TWOTRAN-II コードの各 subroutine の Call Flow を Fig. A.1 に示した。

2 Restart Tape

TWOTRAN-II コードは restart 用に periodic dump および final dump として、data area の COMMON IA と COMMON A を binary で同化装置にダンプする機能を持っている。この Dump Tape の中味を Table A.1 に示した。

Dump Tape の最初の record は Restart parameter information で後続のデータを組み込む／書き込みに必要なデータが含まれている。この内容を Table A.2 に示した。

Table A.3 には dump tape の各 record の構成を示した。各 record の最初の 1 語は record のカウンタが付いている data area の COMMON IA と A 中にストアされる各変数の位置と長さを第 4, 5 表に示した。dump tape には COMMON A のうち、問題を使っている 1 から LAST までの area のみが移送される。

TWOTRAN-II コードの IBM version は COMMON A の中で LAST+1, 以降が CDC の LCM (Large Core Memory) に store される形で使われている。この部分には全群のマクロ断面積や total flux が store されている。この中の各変数の位置と長さを Fig. A.6 に示した。なお angular flux は LCM には 1 つの群についてのみ store し、全群の angular flux については、周辺装置 NAFLUX (=3) に store されている (IANG ≠ 0 のときのみ)。dump tape 作成時には NAFLUX から読んで dump tape に書き込むようになっている。

LCM にストアされているデータは single stream と読めるように関連するデータを集めてデータのブロックを作って I/O を行うようになっている。このデータブロックを Table A.7 に示した。dump tape にはこのブロックの形で書き込まれる。

Table A.8 に COMMON FWBG1 の内容を示した。

3 Restart Tape の利用

上記のように Restart Tape には輸送計算に必要なデータおよび輸送計算の結果等の全ての情報が書込まれているので Restart Tape を有効に利用することによって CITATION-PERTC や HONEYCOMB コードのように積分内積の計算に必要なデータは全て Restart Tape から読み取る事が出来そうである。この読み込みは TWOTRAN-II コードの subroutine REED が使える。

Table A.1 Restart Tape Composition

1. Restart parameter information see Table A.2
2. Named COMMON block FWBGN1
3. COMMON block IA
4. Data COMMON block A (only the portion used by the problem)
5. Group flux blocks from LCM
6. Block of remainder of LCM (starting after the last flux block and with a maximum length of the data portion of COMMON block A)
7. Angular flux records by group (2*JTP records of length LTVAF plus 2*JT records of length LTHAF per group)

vertical angular flux	}	boundary angular
horizontal "	}	flux for restart
8. Mesh cell center angular flux (unnormalized)

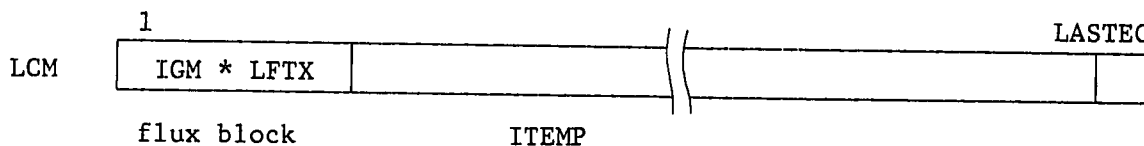
Table A.2 Restart Information Parameter

IPARM (5)

Position	Word	Contents
1	IGM	Number of groups
2	NORDM ¹⁾	Number of LCM records excluding the flux records
3	NORDAF ²⁾	Number of angular flux records
4	ITJT	Product of fine radial mesh total and fine axial mesh total
5	NM	Number of flux components

1) NORDM

$$ITEMP = LASTEC - 1 - (IGM * LTFX)$$



$$NORDM = ITEMP / LAST$$

$$ITEMR = ITEMP - NORDM * LAST$$

$$\text{IF } (ITEMR \neq 0) \text{ NORDM} = \text{NORDM} + 1$$

即ち LCM の残りの部分を長さが LAST のブロックに分割して restart dump tape に書き出す。

2) NORDAF if IOP ≠ 0, then NORDAF = IOP * 2 * (JTP + JT)

 IOP if final dump, then IOP - IGM

 if periodic dump, the IOP = G - 1

Table A.3 Record Block of Restart Tape

Position	Contents	Length per Block	Number of Blocks	I/O Type ¹⁾
1	Restart Parameter	5	1	Integer
2	COMMON FWBGN1	45	1	Integer
3	COMMON IA	250	1	Real
4	COMMON A	LAST	1	Real
5	Flux Block	LTFX	IGM	Real
6	Remainder of LCM	LAST	NORDM	Real
7	Boundary Angular Flux	LTVAF+LTHAF	(2*JTP+2*JT)*IGM	Real
8	Mesh All Center Angular Flux	$\left\{ \begin{array}{c} 3, * \\ MM * IT * \end{array} \right\}$	IGM * JT	Real (規格化前)

1) Integer type array WRITE/READ() MAX, (IA(I), I=1,MAX)

Real type array WRITE/READ() MAX, (RA(I), I=1,MAX)

* 2 records を 1 block とする。

Table A.4 Contents of Blank COMMON Block IA

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
1	ITE		Theory
2	ISCT		Scattering order
3	ISN		Order of S_N
4	IGM		Number of groups
5	IM		Number of radial coarse-mesh intervals
6	JM		Number of axial coarse-mesh intervals
7	IBL		Left boundary specification
8	IBR		Right boundary specification
9	TBB		Bottom boundary specification
10	IBT		Top boundary specification
11	IEVT		Eigenvalue type specification
12	ISTART		Flux input option
13	MT		Total number of materials
14	MIN		Total number of input nuclides from both library and cards
15	MS		Number of mixture instructions
16	IHT		Position in table of total cross section
17	IHS		Position in table of self-scatter cross section
18	IHM		Cross-section table length
19	IQOPT		Source input options
20	IQAN		Distributed source anisotropy order
21	IQB		Bottom boundary source indicator
22			Not used
23	IPVT		Parametric eigenvalue of k_{eff} indicator
24	LANC		Prepare angular flux indicator

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
25	IMC		Number of material coarse-mesh intervals in the radial direction
26	IITL		Maximum number of inner iterations
27	JMC		Number of material coarse-mesh intervals in the axial direction
28	IRRM		Maximum number of rebalance iterations which is set in INPUT11
29	IXM		Radial-mesh modification indicator
30	IYM		Axial-mesh modification indicator
31	IEDOPT		Edit options
32	IGEOM		Geometry type
33	IQR		Right boundary source indicator
34	IQT		Top boundary source indicator
35	ISDF		Density factor input indicator
36			Not used
37	EV		Eigenvalue guess (k_{eff})
38	EVM		Eigenvalue modifier
39	PV		Parametric value of k_{eff} or alpha
40	XLAL		Search lambda lower limit
41	XLAB		Search lambda upper limit
42	XLAX		Fine-mesh search precision
43	EPS (EPSO)		Convergence precision and outer convergence precision
44	EPSI		Inner convergence precision = EPSO
45	EPSR		Within-group rebalance convergence precision = EPSO/2
46	EPSX		Whole-system rebalance convergence precision = EPSO
47			Not used

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
48	NORM		Normalization amplitude
49	POD		New parameter modifier
50	BHGT		Buckling height
51	IUP		IHS-IHT-1 (upacatter indicator)
52	IHP		IHT-1 (position of $v\sigma_f$ in cross-section table)
53	IHA		IHT-2 (position of σ_a in cross-section table)
54	IHTR		IHT-3 (position of σ_{tr} transport cross section in cross-section table, if present)
55	IHNN		IHT-4 (position of $\sigma_{n,2n}$ cross section in cross-section table, if present)
56	IMJM		Product IM*JM
57	MM		$(ISN*(ISN+2))/8$, number of directions per octant
58	NM		$((ISCT+1)*(ISCT+2))/2$, number of anisotropic components of flux
59	NMQ		$((IQAN+1)*(IQAN+2))/2$, number of anisotropic source components
60	IP		Sum IM+1
61	JP		Sum JM+1
62	IGP		Sum ICM+1
63	IJMM		Product IM*JM*MM
64	IT		Total number of radial fine-mesh intervals
65	JT		Total number of axial fine-mesh intervals
66	ITJT		Product IT*JT
67	ITMM		Product IT*MM
68	JTMM		Product JT*MM
69	MMIJ		Product NM*IT*JT
70	NMM		Product NM*MM
71	ISPANC		Last word address of cross-section block

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
72	IHMT		Product IHM*MT
73	ISPANF		Last word address of flux block
74	ISCP		Sum ISCT+1
75	IMJP		Product IM*JP
76	IPJM		Product IP*JM
77	ITP		Sum IT+1
78	JTP		Sum JT+1
79	ICLIM		Length of the C and AAJ blocks
80	LIHX	IHX(LM)	Number of radial fine-mesh intervals per coarse-mesh interval for rebalance mesh (the block is also the number of radial fine-mesh intervals per coarse-mesh interval for the material mesh when the rebalance mesh and material mesh are the same)
81	LIHY	IHY(JM)	Number of axial fine-mesh intervals per coarse-mesh interval for rebalance mesh (the block is also the number of axial fine-mesh intervals per coarse-mesh for the material mesh when the rebalance mesh and the material mesh are the same)
82	LC	C(IHM,MT)	Cross-sections for a group
83	LA1	A1(ITP)	$A4(I+1)+A4(I)$
84	LA2	A2(ITP)	$A4(I+1)-A4(I)$
85	LA3	A3(ITP)	Axial direction surface area
86	LA4	A4(ITP)	Radial direction surface area = $A4*YH$
87	LA5	A5(ITP)	Volume = $A5*YH$
88	LQ	Q(NM,IT,JT)	Distributed source (overstorage assigns maximum of NMIJ and IPJM as length)
89	LQR1	QR1(JT,MM)	Input right boundary source for in-down directions (conditional on IQR.EQ.1)
90	LQR2	QR2(JT,MM)	Input right boundary source for in-up directions (conditional on IQR.EQ.1)
91	LQT1	QT1(IT,MM)	Input top boundary source for in-down directions (conditional on IQT.EQ.1)

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
92	LQT2	QT2(IT,MM)	Input top boundary source for out-down directions (conditional on IQT.EQ.1)
93	LBR1	BR1(JT,MM)	Right boundary flux (in-down and out-down)
94	LBR2	BR2(JT,MM)	Right boundary flux (in-up and out-up)
95	LBT1	BT1(IT,MM)	Top boundary flux (in-down and in-up)
96	LBT2	BT2(IT,MM)	Top boundary flux (out-down and out-up)
97	LXDF	XDF(IT)	Radial fine-mesh density factors
98	LYDF	YDF(JT)	Axial fine-mesh density factors
99	LIHXC	IHXC(IMC)	Number of radial fine-mesh intervals per coarse-mesh interval for the material mesh. When the rebalance mesh and material mesh are the same, array coincides with IHX
100	LIHYC	IHYC(JMC)	Number of axial fine-mesh intervals per coarse-mesh interval for the material mesh. When the rebalance mesh and material mesh are the same, array coincides with IHY
101	LDXC	IDXC(IT)	Material radial direction indicators showing which radial coarse-mesh interval a fine radial mesh interval belongs to for the material mesh. When the rebalance mesh and material mesh are the same, array coincides with IDX
102	LDYC	IDYC(JT)	Material axial direction zone index multiples for the material mesh. When the rebalance mesh and material mesh are the same, array coincides with IDY
103	LDYAC	IDYAC(JT)	Material axial direction indicators showing which axial coarse-mesh interval a fine axial mesh interval belongs to for the material mesh. When the rebalance mesh and material mesh are the same, array coincides with IDYA
104			Not used
105	LFL	FLUX(NM,IT, JT)	Flux components
106	LFLA	FLUXA(IT,JT)	Scalar flux from previous inner iteration (over-storage assigns maximum of ITJT and IPJM as length)
107			Not used

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
108	LFLS	FISS(IT,JT)	Same origin as FISSA
109	LFISA	FISSA(IT,JT)	Fission source
110			Not used
111	LDC	IDCS(IC)	Cross-section zone identification numbers (IC is IM*JM when the rebalance mesh and material mesh are the same and IMC*JMC when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
112	LXR	XRAD(I)	Input radial coarse-mesh boundaries (I is LM+1 when the rebalance mesh and material mesh are the same and LMC+1 when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
113	LYR	TRAD(J)	Input axial coarse-mesh boundaries (J is JM+1 when the rebalance mesh and material mesh are the same and JMC+1 when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
114	LDX	IDX(IT)	Rebalance radial direction indicators showing which radial coarse-mesh interval a fine-mesh interval belongs to (when the rebalance mesh and material mesh are the same, the block IDXC coincides with IDX)
115	LDY	IDY(JT)	Rebalance axial direction zone index multiples (when the rebalance mesh and material mesh are the same, the block LDYC coincides with IDY)
116	LDYA	LDYA(JT)	Rebalance axial direction indicators showing which axial coarse-mesh interval a fine axial mesh interval belongs to (when the rebalance mesh and material mesh are the same, the block IDYAC coincides with IDYA)
117	LXH	XH(I)	Material mesh radial fine-mesh spacing (I is IM when the rebalance mesh and material mesh are the same and IMC when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
118	LYH	YH(JT)	Material mesh axial fine-mesh spacing
119	LW	WGT(MM)	Direction weights
120	LCM	COSMU(MM)	Radial direction cosines
121	LCE	COSETA(MM)	Axial direction cosines
122	LWM	WMU(MM)	Product WGT*COSMU

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
123	LWZ	WETA(MM)	Product WGT*COSETA
124	LP1	P1(NM,MM)	Spherical harmonic functions for in-down sweep
125	LP2	P2(NM,MM)	Spherical harmonic functions for out-down sweep
126	LP3	P3(NM,MM)	Spherical harmonic functions for in-up sweep
127	LP4	P4(NM,MM)	Spherical harmonic functions for out-up sweep
128	LMN	MIXNUM(MS)	Input mixture numbers (conditional on MS. GT.O)
129			
130	LMN	MIXDEN(MS)	Input mixture densities (conditional on MS.GT.O)
131	LF	F(IM,JM)	Coarse-mesh rebalance factors (overstorage assigns IMJP as length)
132	LFU	FU(IM,JP)	Coarse-mesh upward partial current
133	LFD	FD(IM,JP)	Coarse-mesh downward partial current
134	LFR	FR(IP,JM)	Coarse-mesh rightward partial current
135	LFL	FL(IP,JM)	Coarse-mesh leftward partial current
136	LAB	AB(IM,JM)	Coarse-mesh absorption removal rate
137	LQQ	QQ(IM,JM)	Coarse-mesh source (overstorage assigns IMJP as length)
138	LQQC	QQC(IM,JM)	Coarse-mesh source over all groups (conditional on IEVT.EQ.O)
139	LFUT	FUT(IM,JP)	Sum of FU over all groups (same origin as FU)
140	LFDT	FDT(IM,JP)	Sum of FD over all groups (same origin as FD)
141	LFRT	FRT(IP,JM)	Sum of FR over all groups (same origin as FR)
142	LFLT	FLT(IP,JM)	Sum of FL over all groups (same origin as FL)
143	LABT	ABT(IM,JM)	Sum of absorption rate over all groups
144	LHA	HA(IM)	Used in subroutine REBAL for inversion
145	LGA	GA(IM)	Used in subroutine REBAL for inversion
146	LQG	QC(IGP)	Space integral of Q
147	LFG	FC(IGP)	Space integral of FISSA
148	LSIN	SIN(IGP)	Space integral of group inscatter source

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
149	LSS	SS(IGP)	Space integral of group selfscatter source
150	LSOUT	SOUT(IGP)	Space integral of group outscatter source
151	LHL	HL(IGP)	Group horizontal leakage
152	LVL	VL(IGP)	Group vertical leakage
153	LTL	TL(IGP)	Group total leakage
154	LNL	NL(IGP)	Group net leakage
155	LRL	RL(IGP)	Group right leakage
156	LABG	ABC(IGP)	Space integral of group absorption rate
157	LBAL	BAL(IGP)	Group neutron balance
158	LCHI	CHI(IGP)	Input fission spectrum
159	LCHIA	CHIA(IGP)	Fission spectrum used in the calculation
160	LVEL	VEL(IGP)	Group velocities
161	LYM	YM(J)	Material axial-mesh modification factors (J is JM when the rebalance mesh and material mesh are the same and JMC when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
162	LXM	XM(I)	Material radial-mesh modification factors (I is IM when the rebalance mesh and material mesh are the same and IMC when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
163	LXRA	XRADA(I)	Modified material coarse-mesh radial boundaries (I is IM+1 when the rebalance mesh and material mesh are the same and IMC+1 when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
164	LYRA	YRADA(J)	Modified material coarse-mesh axial boundaries (J is JM+1 when the rebalance mesh and material mesh are the same and JMC+1 when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
165	LSOU	SOURCE(NM, IT, JT)	Total source in a group (same origin as Q)
166	LANF	ANF(ITP, MM, 2)	Horizontal angular flux temporary storage (conditional on LANC.NE.0)
167	LAA	AAJ(MT)	Effective absorption cross-section

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
168	LB1	B1(JT)	1.0/axial delta - used to multiply all areas and volumes in major recursion formulas
169	LAL1	AL1(MM)	α coefficient (MM+1/2)/WGT
170	LAL2	AL2(MM)	α coefficient (MM-1/2)/WGT
171	LALF	ALFL(NN,1T)	α flux due to curvature streaming (NN-ISN/2)
172	LQB1	QB1(IT,MM)	Input bottom boundary source for in-up directions (conditional on IQB.EQ.1)
173	LQB2	QB2(IT,MM)	Input bottom boundary source for out-up directions (conditional on IQB.EQ.1)
174	LCTOT	CTOT(IT,JT)	Effective total cross section
175	JCONV		Final convergence indicator
176	TN2N		N,2N reaction term used in balance equations
177	XLAPP		Value of lambda from sequence of outer iterations previous to that of XLAP
178	XLAP		Value of lambda from previous sequence of outer iterations
179	ICNT		Iteration trigger used in NEWPAR
180	E2		Temporary storage
181	E1		Temporary storage
182	EVPP		Eigenvalue from cycle of outer iteration previous to that of EVP
183	EVP		Eigenvalue from previous sequence of outer iterations
184	E4		Temporary storage
185	NGO		Return indicator set in NEWPAR
186	ALAR		Value of lambda from previous outer iteration
187	MESH		Rebalance mesh and material mesh the same indicator (0/1 = yes/no)
188	IITNO		Inner iteration number
189	TS		Total integrated source to a group
190	C		Number of current group (Integer)

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
191	ICONV		Secondary convergence indicator
192	NGOTO		Return indicator set in TESTS
193	E3		Temporary storage
194	EVS		Slope used in eigenvalue search
195	IITOT		Total number of inner iterations
196	ALA		Parameter lambda
197	TIN		Time
198	FTP		Previous fission total
199	IFN		Fission calculation indicator set in INITAL
200	OITNO		Outer iteration number
201	ZZ		Radial geometric function used in FIXUP
202	BB		Axial geometric function used in FIXUP
203	CC		Angular function used in FLXUP
204	DD		Angular function used in FIXUP
205	T		Cell-centered flux used in FIXUP
206	S		Source used in FIXUP
207	CT		Total cross section used in FIXUP
208	SUMMU		MM Σ COSMU(M)*WGT(M) m-1
209	SUMETA		MM Σ COSETA(M)*WGT(M) m-1
210	NN		ISN/2
211	AA		Radial geometric function used in FIXUP
212	TI		Temporary i-flux used in FIXUP
213	TJ		Temporary J-flux used in FIXUP
214	TM		Temporary m-flux used in FIXUP
215			Not used
216	ERR		Scalar flux error from comparison with previous flux

Table A.4 (cont'd)

Position	Name	Pointer for Array	Remarks
217			Not used
218			Not used
219			Not used
220	LBT3	BT3(IT,MM)	Top boundary flux (conditional on IBT.EQ.3)
221			Not used
222			Not used
223	LBT4	BT4(IT,MM)	Top boundary flux (conditional on IBT.EQ.3)
224			Not used
225	NLIMIT		Rebalance constant associated with maximum number of inner iterations (IITL) used to determine type of rebalance in INNER
226	IFLAC		Whole-system rebalance indicator
227			Not used
thru 245	IANGAD	AFLUXG(MM, IT)	Mesh cell center angular flux $N_{m,i,j}$
246	LANGPR		Signed angular flux storage indicator
247	IIMACC		Accumulated problem running time
248	MCCRDS		Signed number of input nuclides requested from the code dependent input file
249	NOSCUP		Sigma up included in cross-sections indicator
250	IOLYCS		Overlay indicator (first digit gives primary overlay and second digit gives secondary overlay when read in octal)

Table A.5 Contents of Common Block A

Position in A	Name of variable	Length of variable	Pointer	Remarks
1	EHX	IM	LIHX	No. radial fine mesh interval per coarse-mesh interval (IM No. radial coarse interval)
2	IHY	JM	LIHY	Axial (JM " axial ")
3	XRA	IMC+1	LXRA	Modified material coarse-mesh radial boundaries
4	YRA	JMC+1	LYRA	" axial
5	WGT	MM	LW	Direction weights $(MM = \frac{ISN*(ISN+2)}{2})$
6	COSMU	MM	LCM	Radial direction cosines
7	COSETA	MM	LCE	Axial
8	P1	NM*MM	LP1	Spherical harmonic function for in-down sweep $NM = \frac{(ISCT+1)*(ISCT+2)}{2}$
9	P2	"	LP2	" out-down "
10	P3	"	LP3	" in-up "
11	P4	"	LP4	" out-up "
12	WMU	MM	LWM	Product WGT*COSMU
13	AL1	"	LAL1	α coefficient $(MM + \frac{1}{2})/WGT$
14	AL2	"	LAL2	" $(MM - \frac{1}{2})/WGT$
15	C	MT*IHM	LC	Cross section for a group
16	AAJ	MT	LAA	Effective absorption cross section
17	CTOT	IT*JT	LCTOT	Effective total cross section
18	Q	(NM*IT*JT, (IM+1)+IM)	LQ(=LSO 11)	Distributed source (total source in a group)
19	QR1	JT*MM	LQR1	Input right boundary source for in-down direction
20	QR2	"	LQR2	" in-up "
21	QT1	IT*MM	LQT1	Input top-boundary source for in-down direction
22	QT2	"	LQT2	" out-down "
23	QB1	"	LQB1	Input bottom boundary source for in-up direction
24	QB2	"	LQB2	" out-up "
25	FLUX	NM*IT*JT	LIL	Flux components
26	BR1	JT*MM	LBR1	Right boundary flux (in-down and out-down)
27	BR2	"	LB	"
28	BT1	IT*MM	LBT1	Top boundary flux (in-down and in-up)
29	BT2	"	LBT2	" (out-down and out-up)
30	BT3	"	LBT3	Top boundary flux
31	BT4	"	LBT4	"
32	FLUXA	(IT*JT, (IM+1)*JM)	LFLA	Scalar flux from previous inner iteration
33	FISS	IT*JT	LFIS (=LFISA)	Fission source (Same origin as FISSA)
34	IDCS	IM*JM	LDC	Cross section zone identification numbers
35	XRAD	(IM+1), (IMC+1)	LXR	Input radial coarse-mesh boundary
36	YRAD	(IM+2), (JMC+2)	LYR	" axial "
37	IDX	IT+1	LDX	Rebalance radial direction indicators
38	IDY	JT+1	LDY	" axial "
39	IDYA	JT+1	LDYA	" " " (when the rebalance mesh and material mesh are not the same)
40	XH	IHC	LXH	Material mesh radial fine mesh spacing
41	YH	JT	LYH	" axial "
42	XM	IXM*IMC	LXM	Material radial-mesh modification factor (IXM: Radial-mesh modification indicator)
43	YM	IYM*IHC	LYM	" axial-mesh " (IYM: Axial ")
44	XDF	IT	LXDF	Radial fine-mesh density factor
45	YDF	JT	LYDF	Axial " "
46	A1	JT+1	LA1	$A4(I+1) + A4(I)$
47	A2	"	LA2	$A4(I+1) - A4(I)$
48	A3	"	LA3	Axial direction surface area
49	A4	"	LA4	Radial " = $A4 * YH$
50	A5	"	LA5	Volume " = $A5 * YH$
51	B1	JT	LB1	$10/\text{axial delta}$ - used to multiply all areas and volumes in major recursion formulas
52	ALFL	NN*IT	LALF	α flux due to curvature streaming $NN = \frac{ISN}{2}$
53	WETA	MM	LWE	Product WGT*COSETA
54	MIXNUM	MS	LMN	Input mixture numbers
55	MIXCON	"	LMC	" instructions
56	MIXDEN	"	LMD	" densities
57	QG	IGM+1	LQG	Space integral of Q
58	FQ	"	LFG	Space integral of FISSA
59	SIN	"	LSIN	Space integral of group
60	SS	"	LSS	"
61	SOUT	"	LSO	"
62	HL	"	LHL	Group horizontal leakage
63	VL	"	LVL	" vertical "
64	TL	"	LTL	" total "
65	NL	"	LNL	" net "
66	RL	"	LRL	" right
67	ABG	"	LABG	Space integral of group absorption rate
68	BAL	"	LABL	Group neutron balance
69	CHI	"	LCHI	Input fission spectrum
70	CHIA	"	LCHIA	Fission spectrum used in the calculation
71	VEL	"	LVEL	Group velocities
72	F	IM*(JM+1)	LF	Coarse-mesh rebalance factor
73	FU	"	LFU	" upward partial current
			(=LFUT)	"
74	FD	"	LFD	" downward "
			(=LFDT)	"
75	FR	(IM+1)*JM	LFR	" rightward "
			(=LFRT)	"
76	FL	"	LFL	" leftward "
			(=LFLL)	"
77	AB	IM*JM	LAB	" absorption removal rate
78	ABT	"	LABT	Sum of absorption rate over all groups
79	QQ	IM*(JM+1)	LQQ	Coarse-mesh source
80	QQG	IM*JM	LQQG	" over all groups
81	HA	IM	LHA	Used in subroutine REBAL for inversion
82	GA	"	LGA	"
83		IMC	LIHXC	No. of radial fine-mesh intervals per coarse int. () material mesh = rebalance
		(IMC+1)	(=LIHX)	"
84		(JMC+1)	LIHYC	" axial " interval for the material mesh
			(=LIHY)	"
85		(IT+1)	LPXC	Material radial direction indicators
			(=LDX)	"
86		(JT+1)	LDYC	" axial direction index multiples for the material mesh
			(=LDY)	"
87		"	LDYAC	Material axial direction indicators
			(=LDYA)	"
88		(IT+1)*MM	LANF	Horizontal angular flux temporary storage (IANG: Prepare angular flux indicator)
		*IANG*2		LAST = LANF + (ST+1)*MM*IANG*2

Table A.6 Contents of LCM

Position	Pointer	Length of block	Remarks
1	IPFX	IGM*LFTX	LTFX = ISPANF-LFL+1 Flux block
2	IPSO	LTSO	LTSO = NM*IT*JT Source to group
3	IPXS	IGM*LTXS	LTXS = LQ-LC Cross section block
4	IPQ	IGM*LTGS	LTQS = LFL-LQ Q-source block
5	IPFL	IGM*LTFL	LTFL = 2*(IM+1)*JM+IM*(JM+L) Flow block
6	IPHAF	LTHAF*2*JT	LTHAF + (IT+L)*MM+I NG*2 Horizontal angular flux
7	IPVAF	LTVAF*2*JT+1	LTVAF = IT*MM*IANG*2 Vertical angular flux
8	IANGAD	MM*IT	Mesh cell center angular flux

- IPFX = 1
LASTEC = IPVAF + LTVAF *2* (IT+1)
- Angular fluxは, LCMには, 1つの群についてのみstoreしている。全群のangular fluxは peripheral unit NAFLUX (=3) はstoreされている。

Table A.7 Data Blocks Continuously Stored in LCM

Name of block	First word	Last Word	Block length	Component of block			Remarks
				Power	Variable		
Cross Section	IC	ISPANC (=LQ-1)	LTXS (=LQ-LC)	LC LAAJ LCTOT	C AA CTOT	LHM*MT MT IT*JT	
A Source	LQ	ISPANQ (=LFL-1)	LTQS (=LFL-LQ) if LEVT=0, then LTQF =0	LQ LQR1 LQR2 LQT1 LQT2 LQB1 LQB2	Q QR1 QR2 QT1 QT2 QB1 QB2	NM*IT*JT JT*MM (*IQR) " IT*MM (*IQT) " IT*MM (*IQB) "	if IQR = 0 LQR2 = LQR1 " LQT1 = LQR1 if IQT = 0 LQT2 = LQT1 " LQT1 = LQT2 if IQB = LQB2 = LQB1
Flux	LFL	ISPANF(=LBR1-1) if IBR>0 or IBT>0 then = LBR1-1 +2 * (IT*MM+JT*MM) if IBT=3 then, = LBR1-1 +2*(IT*MM+JT*MM) +2*IT*MM	LTFX (=ISPANF -LTF+1)	LFL LBR1 LBR2 LBT1 LBT2 LBT3 LBT4	FLUX BR1 BR2 BT1 BT2 BT3 BT4	NM*IT*JT JT*MM " IT*MM " "	LFL = LQB2
IQR IQT IQB INVT	Right boundary source to be specified as input (0/1 - no/yes) Top " (") Bottom " (") Engine-Value Type 0 = in homogeneous source Q 1 = keff calc. 2 = time absorption (alpha) search 3 = nuclide concentration (C) search 4 = 3 one thickness (delta) search						

Table A.8 Contents of Named COMMON Block FWBCN1

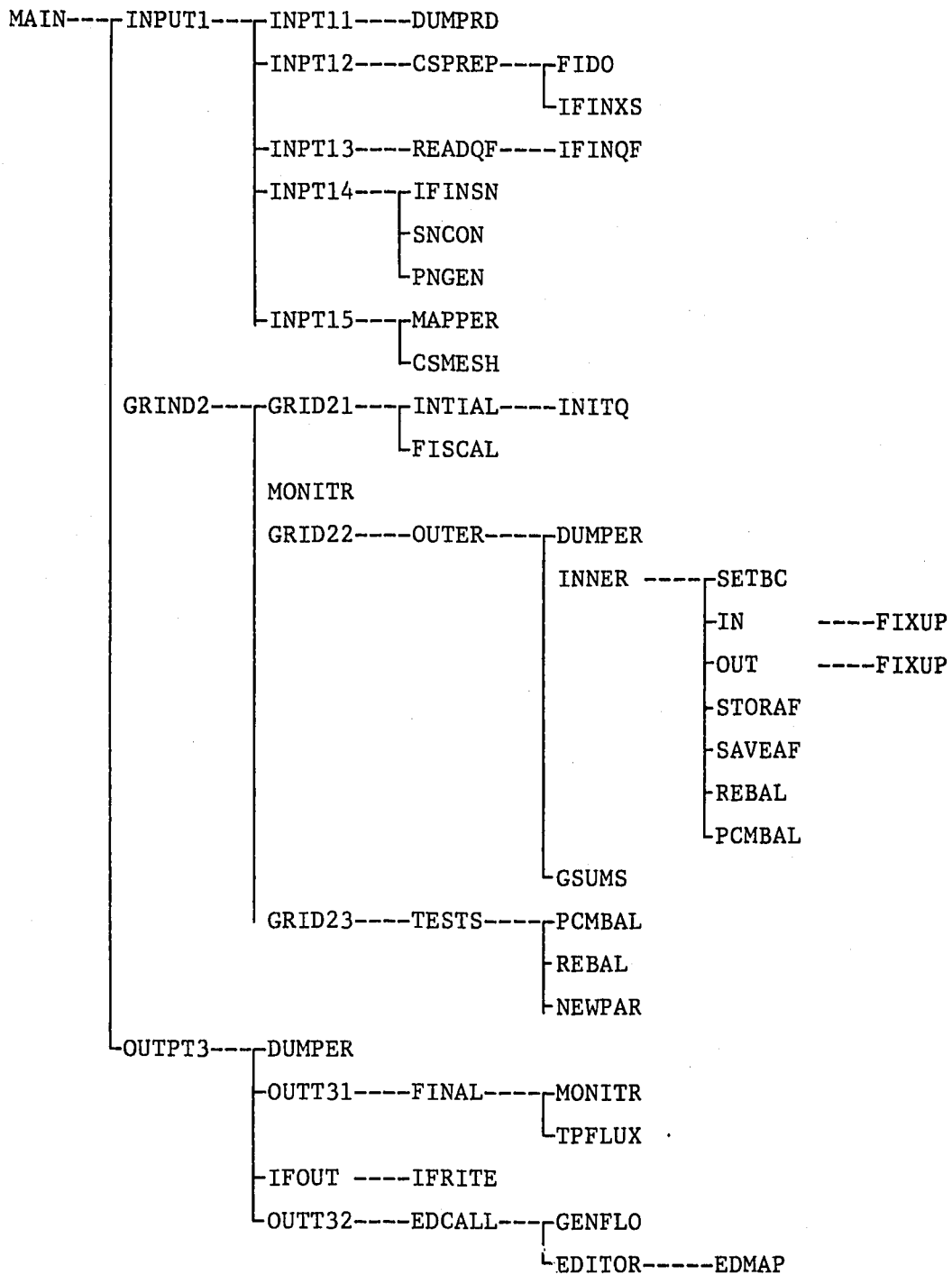
The named common block FWBCN1 contains the information required to continue the processing of the current problem if it is restarted.

Position	Name	Contents and Remarks
1	IDUSE	A vector used for the title of the problem in A4 format (length of 18 words)
2	LAST	Length of common block A used by the current problem
3	LASTEC	Length of LCM used by the current problem
4	IGCDMP	Group number of restart dump
5	IPSO	LCM pointer of the source-to-the-group block which is calculated by subroutine OUTER and used by subroutine INNER
6	LTSO	Length of the source-to-the-group block
7	IPFL	LCM pointer for the first group of the flow block (each group block contains the coarse-mesh partial currents matrices for the upward, downward, rightward and leftward directions)
8	LTFI	Length of the flow block for a group
9	IPFX	LCM pointer for the first group of the flux block (each group block contains the three-dimensional flux array as well as boundary arrays stored consecutively)
10	LTFX	Length of the flux block for a group
11	LXFX	Length of the three-dimensional flux array
12	IPXS	LCM pointer for the first group of the cross-section block (each group block contains the cross-section array, the effective absorption vector and the spatial total cross-section array)
13	IPXSCT	LCM pointer for the first group of the spatial total cross-section array within the cross-section block
14	LTXS	Length of the cross-section block for a group
15	LTOXS	Length of the cross-section array for a group
16	LTAXS	Length of the cross-section array and the effective absorption vector for a group

Table A.8 (cont'd)

Position	Name	Contents and Remarks
17	IPQS	LCM pointer for the first group of the Q-source block (each group block contains the Q-source array and associated boundary source arrays (right, top, and bottom))
18	LTQS	Length of the Q-source block for a group (zero when not a Q-calculation)
19	IEREC	Not used
20	I2	Final flux print indicator (0/1/2 = all/isotropic/none)
21	I4	Final fission print indicator (0/1 = yes/no)
22	I6	Coarse-mesh balance table print indicator (0/1 - yes/no - cautfon - an extra outer iteration is required to print these tables when angular fluxes are not requested)
23	ISPANQ	Last word address of the Q-source block in core
24	IPHAF	LCM pointer for the first axial level horizontal angular flux block (total number of levels is 2*JT)
25	IPVAF	LCM pointer for the first axial level vertical angular flux block (total number of levels is 2*JTP)
26	LTHAF	Length of the horizontal angular flux block for an axial level (zero if LANG.EQ.O)
27	LTVAF	Length of the vertical angular flux block for an axial level (zero if LANG.EQ.O)
28	IFO	Interface output indicator (0/1 = no/yes)

TWOTRAN-II Call Flow



Excluding CLEAR, DATA1, ECHECK, ECRD, ECWR, ERROR, LOAD
 MPLY, REED, RITE, SECOND, and WRITE

Fig. A.1 TWOTRAN-II Code Call Flow