

PHITS

Ver. 2.18

User's Manual

目次

1.はじめに	2
1.1 最近の改良点.....	2
1.2 開発者	4
2.インストール	5
2.1 ソースファイル、データファイル	5
2.2 PHITS のメイク	7
2.3 ANGEL のメイク	11
2.4 実行シェル	13
2.5 実行の途中中断	14
2.6 配列の大きさ.....	15
2.7 旧バージョンからの移行	16
2.7.1 新しい入力ファイルの作成	16
3.入力ファイルの書式	17
4 セクション書式.....	25
5 タリー共通パラメータの書式	111
6 タリー入力書式.....	129

1. はじめに

PHITS コードは、日本原子力研究所（以下、「原研」と記す。現在の組織名は、日本原子力研究開発機構であり、以下、「原子力機構」と記す。）が開発した高エネルギー核反応モデル組込み核子中間子輸送コード NMTC/JAM ver. 2 に、高度情報科学技術研究機構（RIST）、東北大、原研／原子力機構の協力のもとに、重イオンの輸送計算機能を組み込んだ粒子、重イオン輸送統合コード システム (Particle and Heavy Ion Transport code System) です。

NMTC/JAM ver. 2 では、低エネルギーの中性子、光子、電子の輸送を含むことにより、高エネルギーから低エネルギーまでの輸送を NMTC/JAM コードだけで計算することが可能です。低エネルギーの輸送部分に ACE 形式の断面積データを用いた場合、MCNP4C と同じ結果を与えます。従って、今までの NMTC/JAM と MCNP4C のつなぎ計算の結果も同じ結果を与え、しかも、タリーの結果は両者を統合したものが得られます。

これらの NMTC/JAM の成果に、重イオン核反応と物質中の重イオン輸送の機能を加え、MCNPX を超える機能を持つ粒子、重イオン輸送統合コードに発展しました。

このマニュアルは、JAERI-Data/Code 2001-007 のマニュアルの日本語訳抜粋を含んでいます。また、上記の英語のマニュアル完成以後のコードの改良に伴う変更も記述してあります。例えば、GG 幾何形状の導入、並列化、DPA タリーの導入、低エネルギーの中性子、光子、電子の輸送などです。しかしながら、コードの概要、物理モデルなどの解説は、コンパクトにするために省いています。

今後も、新しい機能が入り次第改訂していきますので、よろしくお願いいたします。皆さんに使ってもらって、バグ潰しと改良を加えたいと思います。できるだけ多くの利用をお願いいたします。また、バグ、不都合の報告、改良の希望など、お待ちしております。

1.1 最近の改良点

以下には、PHITS に名前を変更してからの主な改良点を記載します。

3dshow 関係の出力を得るには、ver. 4. 20 以上の Angel が必要です。ただし、新しい PHITS コードでは、Angel ver. 4. 34 を既に含んでいますので、単体の Aangel も同じソースからコンパイルできます。

バージョン 1. 30 から、LA150 の陽子、中性子の核データを利用した計算が可能になりました。また multiplier を使った出力、線量換算係数の乗じる実効線量の出力も可能になりました。

バージョン 1. 50 では、タリーの r-z、xyz メッシュと、磁場に座標変換が使えるようになりました。

バージョン 1. 60 では、ソースの種類として、xy 平面でのガウス、パラボラ、dump ファイルからの読み込みなどを加えました。また、ソースセクションでの座標変換が利用可能となりました。粒子情報をファイルに落とす dump を、cross、time、product タリーに加えました。磁場の定義できる領域を真空だけでなく、物質中でも可能にしました。これにより磁場中での核反応を取り扱えるようになりました。

バージョン 1. 70 では、中性子光学のための核子のスピンを加えました。また、中性子用のスピンとカップルした磁場、重力場を導入しました。重イオンに関してもビームの拡散を扱えるようにしました。

バージョン 1.80 では、JAM と JQMD を合体し、JQMD の適用エネルギーの上限を 100GeV/u にあげました。物質がある時間で異なる物質に変化する機能を追加しました。これにより、チョッパーなどが記述できます。

バージョン 2.00 では、中性子光学用のダクトソースオプション、スーパーミラーによる反射の機能が加えられました。また、磁場の時間変化の機能、低エネルギー中性子の弾性散乱角分布のオプションなどが加えられました。タリーとして、LET タリー、DEPOSIT タリーを加えました。核データを用いる中性子の輸送に関して、Event Generator Mode (e-mode) の機能を加えました。これにより、核データを使う領域の輸送もイベント毎の情報を得ることが可能になりました。詳細は、セクション 4.2.19 を参照ください。

バージョン 2.05 では、ソースセクションにマルチソースを加えました。これにより、多種類のソース粒子、複雑なソース領域などが簡単に扱えるようになりました。また、エネルギー分布にユーザーが定義する任意の関数を使えるようになり、また、角度分布も、データや任意の関数形が使えるようになりました。

バージョン 2.06 では、DEPOSIT2 タリーを加えました。これにより、二つの領域の deposit energy の相関、飛行時間 (TOF) との相関が取れるようになりました。そのために Timer セクションを新設しました。また、PRODUCT タリーに角度情報を加え、簡単に薄膜の二重微分断面積 DDX を計算できるようにしました。

バージョン 2.08 では、[counter]セクションに、粒子指定を加えました。

バージョン 2.15 では、e-mode を中性子の熱領域、また、散乱則 $S(\alpha, \beta)$ を使った散乱にも拡張しました。これまでは、熱領域で e-mode を使うと中性子のスペクトルが崩れていました。

バージョン 2.18 では、GG 幾何形状、ACE フォーマット核データ読み込み、読み出し部分を独自プログラムに書き換えました。プログラムの書き換えで計算結果には影響ありません。

これまでの履歴とバグ情報は、ソースに含まれる read.me.phits218.sjis をご覧ください。

1.2 開発者

以下の方々が、PHITS の開発にこれまで寄与されました。

(財) 高度情報科学技術研究機構 開発事業部研究センター
仁井田浩二

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)
共通基盤研究施設 放射線科学センター
岩瀬広

東北大学工学部
中村尚司

原子力機構 原子力基礎工学研究部門 放射線防護研究グループ
佐藤達彦

原子力機構 原子力基礎工学研究部門 放射線工学研究グループ
坂本幸夫、松田規宏、岩元洋介

原子力機構 J-PRAC センター 安全ディビジョン
中島宏

Chalmers University, Sweden
Davide Mancusi, Lembit Sihver

また、以下の方々は、PHITS の前身である NMTC/JAM の開発に寄与されました。

原子力機構 J-PRAC センター 中性子源セクション
高田弘、明午伸一郎、勅使河原誠、前川藤夫、原田正英、池田裕二郎

2. インストール

PHITS は、Fortran77 のプログラムです。特殊な関数は使っていないので、大抵の Fortran77 のコンパイラでメイクできるはずです。これまで、DEC ワークステーション、SUN ワークステーション、Hewlett Packard ワークステーション、Windows 系、Linux 系の PC でテストしています。

2.1 ソースファイル、データファイル

コンパイルに必要なソースファイルとインクルードファイルのリストを以下に示します。これらは、同じディレクトリーに置いてください。

List 2.1 ●Source file

mdp-uni.f	mdp-win.f			
mpi-non.f	mpi-lin.f			
usrsors.f	anal-002.f			
usrmgf1.f	usrmgf3.f	usrmgt1.f	usrmgt2.f	
usrelst1.f	usrelst2.f	usrdfn1.f	usrdfn2.f	
analyz.f	celimp.f	dataup.f	getflt.f	magtrs.f
nreac.f	ovly12.f	ovly13.f	partrs.f	range.f
read00.f	read01.f	read02.f	sors.f	talls00.f
talls01.f	talls02.f	talls03.f	talls04.f	talls05.f
talls06.f	tallsm1.f	tallsm2.f	tallsm3.f	update.f
wrnt12.f	wrnt13.f	read03.f	marscg.f	ggs00.f
ggs01.f	ggs02.f	ggs03.f	wrnt10.f	geocntl.f
ggm01.f	ggm02.f	ggm03.f	ggm04.f	ggm05.f
ggm06.f	ggm07.f	ggm08.f	a-angel.f	ovly14.f
ovly15.f				
main.f	dklos.f	ncasc.f	nelst.f	nevap.f
sdml.f	gem.f	gemset.f	utl01.f	utl02.f
jbook.f	masdis.f	atima01.f	atima02.f	atima03.f
bert.f	bertin.f	bert-bl0.f	bert-bl1.f	bert-bl2.f
utlnmtc.f	gamlib.f	erupin.f	erup.f	fissn.f
isobert.f	isodat.f	randmc.f	energy.f	ndata01.f
mars00.f	mars01.f	mars02.f	mars03.f	mars04.f
jamin.f	jam.f	jamdat.f	jamcoll.f	jamdec.f
jamcross.f	jampdf.f	jamsoft.f	jamhi.j.f	jamhard.f
jambuu.f	jamana.f	unix.f	pyjet.f	pythia.f
pysigh.f				
qmd00.f	qmdcoll.f	qmddfilt.f	qmdgrnd.f	qmdinit.f
qmdmfld.f				
utl03.f	a-func.f	a-utl00.f		
a-main0.f	a-main1.f	a-hsect.f	a-line.f	a-wtext.f

上のソースファイルで、マシン依存のファイルは、mdp-uni.f、mdp-win.f だけです。mdp-uni.f が UNIX 系、mdp-win.f が Windows 系です。これらのプログラムは、日付、時間、CPU 時間を取得するものです。また、mpi-non.f、mpi-lin.f は、MPI (Message Passing Interface) による並列化のソースです。mpi-non.f が、非並列化用、mpi-lin.f が、並列化用ソースです。

インクルードファイルは、次の 17 個です。

List 2.2 ●Include files

bert.inc	gamlib.inc	jam1.inc	jam2.inc	jam3.inc
param.inc	param00.inc	param01.inc	param02.inc	ggsgparam.inc
ggmparam.inc	mmbank.inc	angel00.inc	angel01.inc	
atimacnt.inc	atimadim.inc	atimasys.inc		

この他に、実行時に残留核からの光子放出を計算するオプションの時に、trxcrd.dat というデータファイルが必要になります。このファイルを、インプットで指定したディレクトリーに置かなければなりません。

2.2 PHITS のメイク

プログラムに変更を加えたいときには、各自ソースファイル一式をコピーしメイクして下さい。以下にソースファイルのディレクトリーに含まれるメイクファイルを示します。コメントアウトされているところを選択して、使用マシンにあったコンパイルオプションを使ってください。

List 2.3 ●Makefile for PHITS

```

1:  #-----
2:  #
3:  #      @(#)Makefile  2005/10/27
4:  #
5:  #      Makefile for PHITS version 2.06
6:  #
7:  #-----
8:
9:  #-----
10: # Linux pgf for parallel in PC cluster
11: #-----
12: # TARGET   = ../phits200p
13: # F77      = pgf77
14: # FCFLAGS  = -O4
15: # INCLUDES = -I/usr/pgi/linux86/include
16: # LIBES    = -L/usr/pgi/linux86/lib -lfmpich -lmpich -Bstatic
17: # OBJPARA  = mpi-lin.o
18: #-----
19: # Linux pgf for parallel in tare
20: #-----
21: # TARGET   = ../phits200p
22: # F77      = pgf77
23: # FCFLAGS  = -O4
24: # INCLUDES = -I/usr/pgi/linux86/include
25: # LIBES    = -L/usr/pgi/linux86/lib -L/usr/local/mpich/lib -lfmpich -lmpich
-Bstatic
26: # OBJPARA  = mpi-lin.o
27: #-----
28: # Linux mpif77 for PC cluster B
29: #-----
30: # TARGET   = ../phits200p
31: # F77      = mpif77
32: # FCFLAGS  = -O4
33: # INCLUDES =
34: # LIBES    = -Bstatic
35: # OBJPARA  = mpi-lin.o
36: #-----
37: # Linux pgf
38: #-----
39: # TARGET   = ../phits200
40: # F77      = pgf77
41: # FCFLAGS  = -O4
42: # INCLUDES =
43: # LIBES    =
44: # OBJPARA  = mpi-non.o
45: #-----
46: # Dec Alpha
47: #-----
48: # TARGET   = ../phits200
49: # F77      = f77
50: # FCFLAGS  = -g -O4 -align dcommons -convert big_endian -warn noalignments -warn
nouseage

```



```

51: # INCLUDES =
52: # LIBES =
53: # OBJPARA = mpi-non.o
54: #-----
55: # HP
56: #-----
57: # TARGET = ../phits200
58: # F77 = f77
59: # FCFLAGS = +DA1.1 +00 +e +U77 +0nolimit
60: # INCLUDES =
61: # LIBES =
62: # OBJPARA = mpi-non.o
63: #-----
64: # Sun
65: #-----
66: # TARGET = ../phits200
67: # F77 = f77
68: # FCFLAGS = -O
69: # INCLUDES =
70: # LIBES =
71: # OBJPARA = mpi-non.o
72: #-----
73: # Linux g77
74: #-----
75: # TARGET = ../phits200
76: # F77 = g77
77: # FCFLAGS = -O4 -fno-automatic
78: # INCLUDES =
79: # LIBES =
80: # OBJPARA = mpi-non.o
81: #-----
82: #
83: # Linux Intel Fortran
84: #-----
85: # TARGET = ../phits200i
86: # F77 = ifort
87: # FCFLAGS = -fast -noautomatic
88: # INCLUDES =
89: # LIBES = -fast
90: # OBJPARA = mpi-non.o
91: #-----
92: #
93: # for machine dependent or user defined source and analysis
94: #-----
95: #
96: OBJ1 = ¥
97: usrsors.o usrmgf1.o usrmgf3.o anal-002.o mdp-uni.o ¥
98: usrdfn1.o usrdfn2.o
99: #-----
100: #
101: #
102: MAKE = Makefile
103: CC = cc
104: CCFLAGS = -O0
105: #-----
106: #
107: # for param.inc
108: #-----
109: #
110: OBJ2 = ¥
111: analyz.o celimp.o dataup.o getflt.o magtrs.o ¥

```

```

112: nreac.o      ovly12.o      ovly13.o      partrs.o      range.o      ¥
113: read00.o     read01.o     read02.o     sors.o        talls00.o    ¥
114: talls01.o    talls02.o    talls03.o    talls04.o    talls05.o    ¥
115: talls06.o    tallsm1.o    tallsm2.o    tallsm3.o    update.o     ¥
116: wrnt12.o     wrnt13.o     read03.o     marscg.o      ggs00.o      ¥
117: ggs01.o      ggs02.o      ggs03.o      wrnt10.o      geocntl.o    ¥
118: ggm01.o      ggm02.o      ggm03.o      ggm04.o      ggm05.o      ¥
119: ggm06.o      ggm07.o      ggm08.o      a-angel.o     ovly14.o     ¥
120: ovly15.o     usrelst1.o   usrelst2.o   usrmgt1.o     usrmgt2.o
121:
122: #-----
123: # for new package
124: #-----
125:
126: OBJ3 = ¥
127: main.o       dklos.o      ncasc.o      nelst.o      nevap.o      ¥
128: sdml.o       gem.o        gemset.o     utl01.o      utl02.o      ¥
129: jbook.o      masdis.o     atima01.o    atima02.o    atima03.o
130:
131: #-----
132: # for old package
133: #-----
134:
135: OBJ4 = ¥
136: bert.o       bertin.o     bert-bl0.o   bert-bl1.o   bert-bl2.o   ¥
137: utlnmtc.o    gamlib.o     erupin.o     erup.o       fissn.o      ¥
138: isobert.o    isodat.o     randmc.o     energy.o     ndata01.o    ¥
139: mars00.o     mars01.o     mars02.o     mars03.o     mars04.o
140:
141: #-----
142: # for JAM
143: #-----
144:
145: OBJ5 = ¥
146: jamin.o      jam.o        jamdat.o     jamcoll.o    jamdec.o     ¥
147: jamcross.o   jampdf.o     jamsoft.o    jamhij.o     jamhard.o    ¥
148: jambuu.o     jamana.o     unix.o       pyjet.o      pythia.o     ¥
149: pysigh.o
150:
151: #-----
152: # for JQMD
153: #-----
154:
155: OBJ6 = ¥
156: qmd00.o      qmdcoll.o    qmddfit.o    qmdgrnd.o    qmdinit.o    ¥
157: qmdmfld.o
158:
159: #-----
160: # for ANGEL except for utl03.f, a-func.f, a-utl00.f
161: #-----
162:
163: OBJ7 = ¥
164: utl03.o      a-func.o     a-utl00.o    ¥
165: a-main0.o    a-main1.o    a-hsect.o    a-line.o     a-wtext.o
166:
167: #-----
168:
169: OBJS = ¥
170:      $(OBJ1) $(OBJ2) $(OBJ3) $(OBJ4) $(OBJ5) $(OBJ6) $(OBJ7) $(OBJPARA)
171:
172: .f.o:      :

```

```

173: : $(F77) $(FCFLAGS) $(INCLUDES) -c $.f
174: .c.o: :
175: : $(CC) $(CCFLAGS) -c $.c
176:
177: all: :$(OBJJS)
178: : $(F77) $(FCFLAGS) -o $(TARGET) $(OBJJS) $(LIBES)
179:
180: $(OBJ2) : : param.inc
181: $(OBJPARA) : : param.inc
182: $(OBJ7) : : angel01.inc
183:
184: clean: :
185: : rm -f $(OBJJS)

```

OBJPARA のソースは、並列化用です。並列用とシングル用では、mpi-lin.f、mpi-non.f が違うだけです。他のソースは同じです。この mpi-lin.f は、MPI の一般的な関数を用いて書かれていますので、PC クラスターの Linux pgf77 の MPI 以外でも、MPI がインストールされていれば使えるはずですが、Linux pgf77 以外ではテストしていませんので注意して下さい。

OBJ1 に含まれるファイルは、ユーザーが指定するファイルです。usrsors.f は、ユーザー定義のソースサブルーティン、anal-002.f は、ユーザー定義の核反応解析プログラム、mdp-uni.f は、UNIX 用計算時間を取るユティリティです。usrmgf1.f、usrmgf3.f は、中性子磁場のサンプルプログラムです。usrdfn1.f、usrdfn2.f は、[t-deposit]のサンプルプログラムです。それぞれ状況に合わせて変更して下さい。

OBJ2 に書かれているソースが、param.inc をインクルードしているルーティンです。param.inc では、配列の大きさを変える時があるのでここにまとめてあります。usrmgt1.f、usrmgt2.f は、時間変化磁場のサンプルプログラムです。usrelst1.f、usrelst2.f は、中性子弾性散乱のサンプルプログラムです。これらは、ユーザーが指定するファイルです。OBJ3 が GEM などの新しいパッケージ、OBJ4 が以前からある古いパッケージ、OBJ5 が JAM に関するルーティン、OBJ6 が JQMD に関するルーティンです。このメイクファイルでは、インクルードファイルの書き換えによる更新は、param.inc だけがサポートされています。

GG に関するソースファイルは、read03.f、ggs00.f、ggs01.f、ggs02.f、ggs03.f です。

CG に関するソースファイルは、marscg.f、mars00.f、mars01.f、mars02.f、mars03.f、mars04.f です。

ACE 形式の断面積データを読み込み、計算実行時に書き出しを行う部分のソースファイルは、ggm01.f、ggm02.f、ggm03.f、ggm04.f、ggm05.f、ggm06.f、ggm07.f、ggm08.f です。

ANGEL 部分のソースファイルは、a-angel.f、utl03.f、a-func.f、a-utl00.f、a-main0.f、a-main1.f、a-hsect.f、a-line.f、a-wtext.f です。

2.3 ANGEL のメイク

ANGEL は、簡単なインプットから、綺麗なグラフを素早く描くために設計されたプログラムで、簡単なインプットの情報から EPS (Enhanced PostScript) ファイルを作るプログラムです。つまり、ANGEL は、Angel 言語 (数値データファイルをグラフ化するために書き加える必要最低限の命令) から PostScript 言語 (Adobe 社のグラフィックコントロールプログラムの規格のプログラム言語) への翻訳機です。

ANGEL は、PHITS のソースに含まれ、また出力もアスキーファイルの他に eps ファイルの出力を得ることができますが、その後のグラフの整形などに ANGEL が必要になります。上の同じソースから下の make.ang のファイルのメイクファイルを使って、単体の ANGEL をコンパイルできます。

KEK の鈴木春氏の協力で、MacOSX の ProFortran でもコンパイルできるようになりましたので、そのコンパイルオプションも下に加えました。

List 2.4 ●Makefile for ANGEL

```
1: #-----
2: #
3: #      @(#)Makefile  2005/10/01
4: #
5: #      Makefile for ANGEL
6: #
7: #-----
8: ##### sors #####
9: #-----
10:
11: OBJ1 = ¥
12:      a-alone.o
13:
14: OBJ2 = ¥
15:      a-main1.o  a-hsect.o  a-line.o  a-func.o  a-utl00.o  ¥
16:      a-main0.o  a-wtext.o  mdp-uni.o
17:
18: #-----
19: ##### set executable file name #####
20: #-----
21:
22: TERGET = ../../utl/angel400
23:
24: #-----
25: ##### set compile options #####
26: #-----
27: #Alpha
28: # FFLAGS = -O4 -warn noalignments -warn nousage
29: # FC = f77
30: #-----
31: #Linux pgf
32:      FFLAGS = -O4
33:      FC = pgf77
34: #-----
35: #Linux g77
36: # FFLAGS = -O4 -fno-automatic
37: # FC = g77
38: #-----
39: #Sun
40: # FFLAGS = -O
41: # FC = f90
```

```

42: #-----
43: #HP
44: # FFLAGS = +DA1.1 +00 +e +U77 +0nolimit
45: # FC = f77
46: #-----
47: #Absoft ProFortran on MacOSX
48: ##FFLAGS = -N27 -N15 -N11 -s
49: ##LDFLAGS = -L/Absoft/lib -lU77 -lV77
50: ##FC = f77
51: # FFLAGS = -O2 -N11 -s
52: # LDFLAGS = -L/Absoft/lib -lU77 -lV77
53: # FC = f90
54: #-----
55:
56: MAKE      = Makefile
57: CC        = cc
58: CFLAGS    = -O0
59:
60: OBJJS = $(OBJ1) $(OBJ2)
61:
62: .f.o      :
63:           $(FC) $(FFLAGS) -c $.f
64: .c.o      :
65:           $(CC) $(CFLAGS) -c $.c
66:
67: all       :$(OBJJS)
68:           $(FC) -o $(TARGET) $(OBJJS)
69:
70: $(OBJ1)   : angel00.inc
71: $(OBJ2)   : angel01.inc
72:
73: clean     :
74:           rm -f $(OBJJS)

```

その他の ANGEL に関することは、ANGEL のマニュアルを参照して下さい。

2.4 実行シェル

PHITS を実行するための特別なシェルはありません。PHITS のプログラムは、標準入力からインプットパラメータを読み込み、標準出力にサマリーとエラーメッセージを書き出します。その他の出力ファイルの指定は、インプットデータで行います。従って、最も簡単な実行コマンドは、

List 2.5 ● command line to execute PHITS
--

```
phits100 < input.dat > output.dat
```

しかしながら、このコマンドラインは、Windows 系では、標準入力の rewind が使えないため利用できません。そこで、他の方法を準備しています。それは、標準入力の第 1 行目が

List 2.6 ● the first line of the standard input

```
file = input.file
```

という形をしていれば、プログラムはそれ以降の標準入力を読まずに、input.file というファイルをオープンして、インプットデータを読み込みます。この方法は、Windows 系以外でも使えます。

また、並列版では標準入力からの読み込みをしない仕様になっています。実行ディレクトリーの phits.in のファイルから入力ファイル名を読み込みます。この phits.in は、固定です。このファイルの 1 行目に

```
file = input.file
```

のように入力ファイル名を記述します。これは、並列化版だけの制約です。

2.5 実行の途中中断

プログラムを実行すると、カレントディレクトリーに `batch.now` というファイルが作られます。そのファイルには、ひとつのバッチが終了する毎に、並列版の場合には、バッチ数 $\times$ (PE -1) 毎に、そのバッチの計算時間など、簡単な情報が出力されます。並列版の場合には、各 PE の状態が含まれます。異常終了が起こった PE はこれでチェックできます。このファイルの 1 行目は、

```
1 <--- 1:continue, 0:stop
```

となっています。この最初の” 1 “を” 0 “に書きかえると、次のバッチで計算が終了し、そこまでのサマリー、タリーの出力をします。

これに関して、パラメータセクションに、新しいパラメータ `itall` を加えました。

```
itall = 2 # (D=0) 0:no tally at batch, 1:same, 2:different
```

のように指定します。`itall = 1` では、バッチ毎に、並列版の場合には、バッチ数 $\times$ (PE -1) 毎に、タリーの途中結果をユーザーが指定したファイルに、上書きで出力します。`itall = 2` では、バッチ毎に、並列版の場合には、バッチ数 $\times$ (PE -1) 毎に、タリーの途中結果をユーザーが指定したファイル名の後にバッチ番号をつけたファイルにその都度書き出します。いずれの場合も、最終結果はユーザーの指定したファイルに出力されます。

この二つの機能で途中経過を見ながら、計算を停止することが可能です。また、タリーの `epsout` のパラメータを使うと、途中結果をグラフでモニターすることができます。(5.7.15 を参照)

2.6 配列の大きさ

インクルードファイル param.inc の中に、ユーザーが場合により変更しなければならない配列の大きさが記述されています。特に重要なのが mdas で、これは幾何形状とタリー、核データ関係、また、バンクの配列に必要な配列の大きさを指定します。インプットエコーを見て現在の使用量をチェックしてみてください。バンクの配列の大きさは、パラメータセクションで指定します。mdas の余った配列は、バンクが足りなくなった場合に自動的に使われます。

以下に現在のデフォルト値が記述された param.inc を示します。

List 2.7 ● param.inc

```
1: *****
2: *
3: *      'param.inc'
4: *
5: *****
6:
7:      parameter ( mdas      =20000000 )
8:      parameter ( kvlmax =    3000 )
9:      parameter ( kvmmax =   10000 )
10:     parameter ( itlmax =     40 )
11:     parameter ( inevt  =     70 )
12:     parameter ( latmax = 2000000 )
13:
14:     common /mdasa/ das( mdas )
15:     common /mdasb/ mmmax
16:
17: *-----*
18: *
19: *      mdas   : total memory * 8 = byte
20: *      mmmax  : maximum number of total array
21: *
22: *      kvlmax : maximum number of regions, cell and material
23: *      kvmmax : maximum number of id for regions, cel and material
24: *
25: *      itlmax : number of maximum tally entry
26: *      inevt  : number of collision type for summary
27: *      latmax : maximum number of lattice in a cell
28: *
29: *-----*
```


2.7 旧バージョンからの移行

PHITS では、入力ファイルと出力ファイルの様式が大きく変わったので、NMTC/JAERI97 以前のバージョンから移行する場合は、次の様な手続きでこれまでの入力ファイルから新しい入力ファイルと実行シェルを作成して下さい。

2.7.1 新しい入力ファイルの作成

(1) phits100 の実行

変換したい入力ファイルをインプットとして、これまで使っていた実行シェルの中で実行プログラム名だけを phits100 に変更して実行します。

(2) エラーの確認

実行シェルで指定した標準出力ファイルに、新しい入力ファイルが作成されます。正常に終了すれば出力ファイルの先頭に Congratulations !! と印字され、ファイルの最後が [END] で終わっています。このときは、次のステップに進んでください。もし出力ファイルにエラーメッセージがある場合は、エラーの箇所の行数も出力されているはずですから、入力ファイルの該当箇所もしくはその前後をチェックして下さい。エラー内容が不明、もしくは原因がつかめない場合は PHITS 開発者までご連絡下さい。

(3) 入力ファイルの書き換え

新しい入力ファイルが得られたら、その中の fort.**の部分を探して下さい。この fort.**の部分、これまでの実行シェルの中でリンクしているファイル名(パスを含める)に書き換えてください。例えば、実行シェルで `ln -s neut.dat fort.12` のときは、新しい入力ファイルでは、`file(12) = fort.12` となっているはずです。これを、`file(12) = neut.dat` として下さい。また、デフォルトでは、サマリーの出力ファイル名が `file(6) = phits.out` となっています。この名前を自由に書き換えてください。

(4) 実行シェルの書き換え

上の作業が終了すれば、実行シェルの中の PHITS に関するファイルリンクの部分は、全て不要です。実行シェルで必要なものは、`phits100 < input.filename > phits.err` だけです。ここで、標準出力のリダイレクトは一般に不要ですが、入力ファイルの読み込み中のエラーや、把握しきれていないモジュールのエラーメッセージが標準出力に書き出されることがあるので入れておいたほうが無難です。

(5) テストラン

上で作った新しい入力ファイルをインプットとして、新しい実行シェルを走らせます。このときイベント数、バッチ数は小さめにテストして下さい。新しいサマリーの出力ファイル、タリーの出力、計算打切中性子ファイルなどが得られれば、移行は完了です。

3. 入力ファイルの書式

新しい入力ファイルは、[*****]で始まる次の様な各セクション単位でデータを読み込みます。セクションの順番は自由です。[*****]の先頭の空白は4個まで無視しますが、それ以上はセクションの始まりとは認識しませんので注意して下さい。

3.1 セクションの種類

セクションには、次の様なものがあります。

表 1 : セクションの種類 (1)

name	説 明
[title]	計算のタイトルを定義します。
[parameters]	イベント数など、計算の動作を決めるパラメータを定義します。
[source]	入力ソース粒子の情報を定義します。
[material]	体系を構成する物質を定義します。
[body]	CG 体系を構成する body を定義します。
[region]	CG 体系を構成する領域を定義します。
[surface]	GG 体系を構成する面を定義します。
[cell]	GG 体系を構成する cell を定義します。
[transform]	GG 体系を構成する面の座標変換を定義します。
[importance]	領域の importance を定義します。
[weight window]	領域の weight window を定義します。
[volume]	体系を構成する領域の体積を定義します。
[temperature]	cell の温度を定義します。
[brems bias]	bremsstrahlung の bias を定義します。
[photon weight]	photon 生成の weight を定義します。
[forced collisions]	強制衝突の領域とファクターを定義します。
[magnetic field]	体系を構成する領域の磁場を定義します。
[counter]	counter を定義します。
[reg name]	領域表示の名前、大きさを指定します。
[mat name color]	物質表示の名前、色、大きさを指定します。
[mat time change]	物質の時間変化を定義します。
[super mirror]	低エネルギー中性子のスーパーミラーを定義します。
[elastic option]	低エネルギー中性子の弾性衝突のオプションを定義します。
[timer]	粒子の固有時間をリセット、ストップを定義します。

表 2 : セクションの種類 (2)

name	説 明
[t-track]	track length タリーのパラメータを定義します。
[t-cross]	面横断タリーのパラメータを定義します。
[t-yield]	生成核種タリーのパラメータを定義します。
[t-heat]	発熱タリーのパラメータを定義します。
[t-time]	時間タリーのパラメータを定義します。
[t-star]	star density タリーのパラメータを定義します。
[t-dpa]	DPA タリーのパラメータを定義します。
[t-product]	生成粒子タリーのパラメータを定義します。
[t-gshow]	領域境界表示のパラメータを定義します。
[t-rshow]	物理量領域表示のパラメータを定義します。
[t-3dshow]	3d 幾何形状表示のパラメータを定義します。
[t-let]	LET タリーのパラメータを定義します。
[t-deposit]	DEPOSIT タリーのパラメータを定義します。
[t-deposit2]	DEPOSIT2 タリーのパラメータを定義します。
[t-sed]	SED タリーのパラメータを定義します。
[end]	入力ファイルの終了を示します。

これらのセクション単位でデータを読み込みます。従って、入力ファイルの先頭から最初のセクションまで、また[end]以下の部分は読み飛ばします。

3.2 読み込みコントロール

(1) 大文字、小文字、空白

ファイル名を除いて、大文字小文字は区別しません。行頭、行末の空白は無視します。セクション名は間に空白を入れてもかまいません。ただし、[*****]の先頭の空白は4個まで無視しますが、それ以上はセクションの始まりとは認識しませんので注意して下さい。

(2) タブ

タブは、8個のブランクに置き換えます。

(3) 継続行

一行に収まらないデータは、行末に“¥”をつけると次行を含めて一行と扱います。複数行が可能です。但し、後に示す、[body]のdefと、[region]のdefでは、自動的に継続行を判定しますので、陽に”¥“を入れる必要はありません。ただし、[cell]、[surface]の継続行は、先頭に5個以上の空白が必要です。

(4) 行連結

短いパラメータ文が続くとき、複数行を“;”でつなぐことにより一行に表示することができます。例えば、

```
idbg = 0 ; ibod = 1 ; naz = 0
```

のようにです。但し、メッシュの記述のようにサブセクションの書式が決まっているときは、使えません。

(5) コメント文字

コメント文字として、“#”、“%”、“!”、“\$”が定義されています。これらの文字以降行末まで無視されます。また、5コラムまでの“c”で始まる少なくとも1個の空白を伴う行もコメント行となります。このため、[material]セクションで、“6000”すなわち炭素の自然同位体を定義するときは、“C”で始まるため、コメント行とされてしまいますので、“6000”で指定するようにしてください。

(注意: [cell]、[surface]セクションの場合、セルの定義に“#”を用いますので、コメント文字として`“\$”以外は、このセクションでは利用できません。

(6) 空白行

空白行は、読み飛ばします。コメント文字で始まる行も読み飛ばします。

(7) セクションの読み飛ばし

ひとつのセクションを読み飛ばしたいとき、[*****] off のようにセクション名の後に“off”をつけると、次のセクションまでを読み飛ばします。

(注意: [body]セクションの場合、後で示すように、この後に幾何形状のコメントを入れられます。その時、コメントの最初がoffで始まるとこのセクションを読み飛ばしてしまいますので、注意して下さい。)

(8) セクション途中からの読み飛ばし

セクションの途中で、行頭に `qp:` を挿入すると、この行以降のセクションまでを読み飛ばします。

(9) 全ての読み飛ばし

入力ファイルのどこでも、`q:` を行頭に入れると、それ以降全てを読み飛ばします。これは、`[end]` と同じです。

3.3 ファイルの挿入

入力ファイルのどの場所でも他のファイルを取り込めます。インクルードファイルの書式は、

<code>incl: {file.name} [n₁ - n₂]</code>
--

です。`{ }`内がファイル名、`[ ]`内が行数指定です。`n1` 行から `n2` 行をインクルードします。行数指定は省略できます。省略した場合は、そのファイル全てをインクルードします。また、

`[n1 - ]`
`[ - n2]`

という表現も可能です。上が `n1` 行から最後まで、下が先頭から `n2` 行までをインクルードします。インクルードは、何重にもネストできます。インクルードファイルを読み終わると、一層上のファイルに戻ります。

3.4 ユーザー定義定数

入力ファイルの数字の入力箇所で、ユーザーが定義した定数が利用できます。定数のセットの書式は、

<code>set: c1[52.3] c2[2 * pi] c3[c1 * 1.e-8]</code>

この定数セットは、どの場所でも可能です。定数名は、`c1` から `c99` まで、何度でもセットし直せます。セットした以降、次にセットされるまで、その値を保持します。定義の中で他の定数を用いる場合(上の3番目の例)、その時点での値が参照され、それ以降、定義の中で用いられている定数(上の3番目の例では `c1`)をリセットしても定数の値は変化しません。`pi` は、デフォルトで定義されている定数です。

3.5 数式の利用

入力ファイルで数字の入力箇所、数式の利用が可能です。数式の書式は、Fortran 形式です。利用できる内部関数は、

表 3 : Intrinsic Function

Intrinsic Function							
FLOAT	INT	ABS	EXP	LOG	LOG10	MAX	MIN
MOD	NINT	SIGN	SQRT	ACOS	ASIN	ATAN	ATAN2
COS	COSH	SIN	SINH	TAN	TANH		

例として、

```
param = c1 * 3.5 * sin( 55 * pi / 180 )
```

この例のように、param = の後に 1 個の数字が期待されるときは、数式の途中に空白が許されますが、[body] [region]} などのセクションの中で、幾つかの数字の並びが期待される場合は、空白が数字の区切りを示しますので空白は使えません。このときは、空白を省いて記述するか、{ c1 * 2 / pi } のように { } で括ってください。

3.6 CG と GG の使い分け

CG を使う時は、[region]、[body] を用い、GG を使う時は、[cell]、[surface]、[transform] を用います。これらは、CG 系と GG 系を重複して指定するとエラーとなります。入力ファイルで、あるセクションを読み飛ばすには、[region] off のように、セクション名の後に off を付けます。CG と GG の記述を同じ入力ファイルに書いておいて、それぞれの計算をしたい時などには、これをお使い下さい。

[super mirror]、dumpall の機能は、GG でしか使えませんのでご注意ください。

[cell]、[surface]、[transform] のセクションにおいては、基本的に MCNP の入力データが利用できますが、R、I、M、J などの繰り返し、内挿、倍増、飛び越し、のオペレーターは使えません。

3.7 粒子の表式

[source]セクションや、タリーセクションで用いる粒子の表式を下の表にまとめます。粒子を定義するときは、symbol か kf-code を用います。symbol のないものは、kf-code だけ利用可能です。

粒子タイプ 11 の other particles は、以下のように kf コードで指定します。また、これらの粒子の崩壊チャンネルは以下のようなものが含まれています。

JQMD コードの導入に伴い、原子核の入射、輸送が可能となりました。原子核種の指定の仕方は、 ^{208}Pb 、 ^{56}Fe の形式です。Pb、Fe と指定すれば、同位体全てを意味します。もちろん入射粒子の指定には使えません。粒子タイプ 20 番の nucleus は、全ての原子核から 15 番から 18 番、deuteron、triton、 ^3He 、alpha を除いた全てを意味します。kf コードで原子核を指定するには、 $\text{kf} = Z * 1000000 + A$ とします。

以前は、光子の名前を “gamma” としてきましたが、“photon” と変更しましたので注意して下さい。

表 4： List of the transport particles.

ityp	symbol	kf-code	particle name
1	proton	2212	proton
2	neutron	2112	neutron
3	pion+	211	π^+
4	pion0	111	π^0
5	pion-	-211	π^-
6	muon+	-13	μ^+
7	muon-	13	μ^-
8	kaon+	321	K^+
9	kaon0	311	K^0
10	kaon-	-321	K^-
11	other	below	other particle
12	electron	11	e^-
13	positron	-11	e^+
14	photon	22	γ
15	deuteron	1000002	deuteron
16	triton	1000003	triton
17	3he	2000003	3He
18	alpha	2000004	α
19	nucleus	Z*1000000+A	nucleus
20	all	-	all particles
11	-	+12	$\nu_e \bar{\nu}_e$
11	-	+14	$\nu_\mu \bar{\nu}_\mu$
11	-	-2212	$\bar{p}$
11	-	-2112	$\bar{n}$
11	-	-311	$\bar{K}^0$
11	-	+221	$\eta \bar{\eta}$
11	-	331	η'
11	-	+3122	$\Lambda^0 \bar{\Lambda}^0$
11	-	+3222	$\Sigma^+ \bar{\Sigma}^+$
11	-	+3212	$\Sigma^0 \bar{\Sigma}^0$
11	-	+3112	$\Sigma^- \bar{\Sigma}^-$
11	-	+3322	$\Xi^0 \bar{\Xi}^0$
11	-	+3312	$\Xi^- \bar{\Xi}^-$
11	-	+3334	$\Omega^- \bar{\Omega}^-$

表 5：崩壊チャンネルと寿命

	分岐率	寿命 (sec)
$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$	100%	0
$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$	100%	2.6029×10^{-8} *
$\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$	100%	2.6029×10^{-8}
$\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$	100%	2.19703×10^{-6}
$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$	100%	2.19703×10^{-6}
$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$	68.61%	8.922×10^{-11}
$\rightarrow \pi^0 + \pi^0$	31.39%	
$\rightarrow \gamma + \gamma$	other	
$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$	65.31%	1.2371×10^{-8}
$\rightarrow \pi^+ + \pi^-$	other	
$K^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$	65.31%	1.2371×10^{-8}
$\rightarrow \pi^+ + \pi^-$	other	
$\eta \rightarrow \gamma + \gamma$	38.9%	0
$\rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$	31.9%	
$\rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$	23.7%	
$\rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$	other	
$\eta' \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \eta$	44.1%	0
$\rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \eta$	20.5%	
$\rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$	30.1%	
$\rightarrow \gamma + \gamma$	other	
$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$	64.1%	2.631×10^{-10}
$\rightarrow n + \pi^0$	other	
$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$	51.57%	7.99×10^{-11}
$\rightarrow n + \pi^+$	other	
$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$	100%	0
$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$	100%	1.479×10^{-10}
$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$	100%	2.90×10^{-10}
$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$	100%	1.639×10^{-10}
$\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$	67.8%	8.22×10^{-11}
$\rightarrow \Xi^0 + \pi^-$	23.6%	
$\rightarrow \Xi^- + \pi^0$	other	

* 2.6029×10^{-8}

4 セクション書式

4.1 [T i t l e] セクション

このセクションでは、計算のタイトルを定義します。タイトルは、標準出力の先頭に印字されます。書式は次の様なものです。何行でもかまいません。ただし、このセクションでは空白行は無視されます。

```
[ T i t l e ]
This is a test calculation of PHITS.
Any number of title lines are allowed.
.....
```

4.2 [P a r a m e t e r s] セクション

このセクションでは、PHITS の動作を決定するパラメータを指定します。書式は次の様なものです。

```
[ P a r a m e t e r s ]
para1 = number | file.name
para2 = number | file.name
.....
```

パラメータの順番は自由、省略すれば、デフォルト値が読み込まれます。

以下に各々のパラメータの意味と値を説明します。(D=)は、デフォルト値です。

4.2.1 計算モード

表 6 : パラメータ 1

パラメータ	値	説 明
icntl	(D=0)	基本動作オプション
	= 0	normal PHITS 計算
	= 1	nuclear reaction 計算、 未完成
	= 2	CGVIEW インプットファイル書き出し
	= 3	input echo だけの書き出し
		メモリー空間、ライブラリー、ファイルのチェック
	= 4	MARS-PF インプットファイル書き出し
	= 5	no reaction、no ionization、全てを void にする。
		geometry check、体積、面積計算に使う
	= 6	ソースのチェック。[t-product]でソース粒子をタリーできます
	= 7	[t-gshow]タリーの実行
	= 8	xyz メッシュタリーの gshow オプションのあるものの幾何形状表示
	= 9	[t-rshow]タリーの実行
	= 10	reg メッシュタリーの rshow オプションのあるものの幾何形状表示
	= 11	[t-3dshow] 3 次元幾何形状表示タリーの実行
	= 12	dumpall ファイルから読み込んで再計算
		file(15) でファイルを指定

icntl=1 の nuclear reaction 計算は、開発が取り残されているため、現在、まだ工事中と考えてください。

icntl=12 を指定すると、dumpall=1 で計算した時にダンプしたデータを基に再計算します。輸送に関しては、最初に計算した全ての情報を再現します。再計算の時には、最初に計算したインプットファイルが必要になります。タリーを除いて同じものを使わないと矛盾が生じます。maxcas、maxbch は、ダンプファイルに指定されているものを使いますので変更できません。最初に計算したときと異なるタリーを入れて再計算したいときなど有効です。ただし、dumpall=1 で計算するときは、巨大なデータファイルが作成されることがありますから注意してください。この dumpall オプションは、GG のときのみ有効です。dumpall=1 でダンプする情報は、4.2.18 のところで解説します。

4.2.2 ヒストリー数、バンク容量

表 7: パラメータ 2

パラメータ	値	説明
irskip	(D=0) irskip>0 irskip<0	乱数のコントロール irskip 回イベントをスキップして計算を開始(デバッグ用) irskip 回イベントの乱数をスキップして計算を開始(手動並列用)
rseed	(D=0.0) rseed<0 rseed=0 rseed>0	初期乱数オプション 計算開始時間情報より初期乱数を設定 6647299061401. デフォルトの初期乱数 rseed を初期乱数とする
maxcas	(D=10)	1 バッチのイベント数
maxbch	(D=10)	バッチ数
maxbnk	(D=10000)	バンク配列の大きさ

並列計算では、バッチ単位で並列化しています。従って、入力バッチ数 maxbch は、並列の実行 PE 数(コントロールに 1PE 使うので、全 PE 数-1)の整数倍になるように指定して下さい。もし整数倍でないときは、整数倍になるように、またトータルイベント数が入力データとほぼ同じになるように、プログラムが自動で変換します。変換した場合は、出力のインプットエコーの最後にコメントが出力されます。

4.2.3 計算打切エネルギー、切り替えエネルギー

表 8 : パラメータ 3

パラメータ	値	説 明
emin(1)	(D=1.0)	陽子の計算打切エネルギー (MeV)
emin(2)	(D=1.0)	中性子の計算打切エネルギー (MeV)
emin(i)	(D=1.0) i = 3-10	i-th 粒子の計算打切エネルギー (MeV) 粒子番号は、表を参照
emin(11)	(D=2.0)	その他の粒子の計算打切エネルギー (MeV)
emin(i)	(D=1.e+9) i = 12-19 i = 15-19	i-th 粒子の計算打切エネルギー (MeV/u) 粒子番号は、表を参照 これらの粒子のエネルギーは、核子当たり
esmin	(D=0.001)	荷電粒子の range 計算の最小エネルギー (MeV)
esmax	(D=300000)	荷電粒子の range 計算の最大エネルギー (MeV)
cmin(i)	(D=emin(i)) i = 15-19	i-th 粒子の核反応計算打切エネルギー (MeV/u) これ以下のエネルギーの核反応は無視する。 これらの粒子のエネルギーは、核子当たり
dmax(i)	(D=emin(i))	i-th 粒子のライブラリー利用の上限エネルギー
ejamnu	(D=3500.)	核子の Bertini モデル(もしくは JQMD)から JAM への切り替えエネルギー (MeV/u)
ejampi	(D=2500.)	パイオンの Bertini モデルから JAM への切り替えエネルギー (MeV)
eisobar	(D=0.0)	isobar=1 の時の isobar モデルの上限エネルギー (MeV)
eqmdnu	(D=3500.)	核子の Bertini モデルから JQMD への切り替えエネルギー (MeV)
eqmdmin	(D=10.0)	JQMD 適用の下限エネルギー (MeV/u)
ejamqmd	(D=3500.0)	原子核反応の JQMD から JAMQMD への切り替え

emin < energy < dmax の範囲がライブラリーによる計算になります。emin ≥ dmax とすれば、ライブラリーを用いた計算をしません。陽子、中性子、光子、電子のライブラリーの上限は、現在のところ、それぞれ 150MeV、150MeV、100GeV、1000MeV です。

荷電粒子の range 計算において、esmin < energy < esmax の範囲で range テーブルを作成して計算します。より小さい、もしくは、より大きなエネルギーを取り扱いたい場合に設定して下さい。通常はデフォルトのままで計算を行います。

d、t、α、原子核を輸送している場合、eqmdmin 以下のエネルギーでは JQMD による原子核反応をさせません。低エネルギーでの JQMD の適用には限界がありますし、通常の物質中ですと低エネルギーでは飛程が短いので核反応を考慮しなくても影響は小さいです。

高エネルギーの原子核反応は、デフォルトで 3.5GeV/u で、JQMD から JAMQMD モデルへと切り替わります。この切り替えエネルギーを ejamqmd で変えられます。核子入射反応でも、eqmdnu、ejamnu とこの ejamqmd の値を調整すれば、JAMQMD モデルで計算することも可能です。

4.2.4 時間カット、ウエイトカット、ウエイトウインドウ

表 9 : パラメータ 4

パラメータ	値	説 明
tmax(i)	(D=1. e+9) i = 1-20	i-th 粒子の計算打切時間 (nsec) 粒子番号は、表を参照
wc1(i)	(D=-0. 5)	i-th 粒子の minimum weight
wc2(i)	(D=wc1/2)	i-th 粒子の cutoff weight
swtm(i)	(D=1. 0)	i-th 粒子の minimum source weight
wupn	(D=5)	ウエイトウインドウの上限値 = [Weight Window]セクションで指定した下限値×wupn $wupn \geq 2$
wsurvn	(0. 6*wupn)	サバイバルウエイト値 $1 < wsurvn < wupn$
mxspln	(D=5)	スプリット数の最大値、サバイバルの最大倍数 $mxslpn > 1$
mwhere	(D=0)	ウエイトウインドウのアクションの場所 -1: 核反応時、 0: 両方、 1: 境界横断時

時間のカットオフは粒子毎に tmax(i)=で指定します。単位は nsec です。カットオフ時間を上回った粒子は輸送を終了し、殺されます。高エネルギーの場合ほとんど意味がありませんが、低エネルギーの輸送で利用できます。

ウエイトカットオフは、インポートانس、強制衝突、implicit capture、ウエイトウインドウを利用し、粒子のウエイトが変化する場合に、指定のウエイトカットオフ値になった粒子にロシアンルーレットを施すものです。ウエイトウインドウを指定した粒子については作用しません。

粒子のウエイトが、WC2 とソースの発生場所のインポートانسと現在のインポートانسの比 R の積、 $WC \times R$ より小さくなった時、現在の粒子ウエイト WGT の関数、 $WGT/(WC1 \times R)$ の確率で存続させ、その時粒子のウエイトを $WGT = WC1 \times R$ とします。それ以外は、その粒子を殺します。WC1、WC2 の入力が負の数で与えられた場合は、 $|WC1| \times SWTM$ また、 $|WC2| \times SWTM$ が WC1、WC2 として設定されます。インポートانسが指定されていない粒子や、領域は、インポートانسは全て 1 にセットされます。

ウエイトウインドウのパラメータについては、通常はデフォルト値で省略できます。

4.2.5 計算モデルオプション(1)

表 10 : パラメータ 5

パラメータ	値	説 明
ielas	(D=2) = 0 = 1 = 2	弾性散乱オプション 弾性散乱を考慮しない 中性子の弾性散乱を考慮する 中性子と陽子の弾性散乱を考慮する
ielms	(D=100)	弾性散乱角度分布分点数
inmed	(D=1) = 0 = 1 = 2	Bertini モデルの核子核子断面積オプション free (nmtclk25.dat) Cugnon old (nmtclk95.dat) Cugnon new (nmtclk30.dat)
nevap	(D=3) = 0 = 1 = 2 = 3	蒸発モデルのオプション 蒸発モデルを用いない DRES モデルを用いる SDM モデルを用いる GEM モデルを用いる
igamma	(D=0) = 0 = 1	残留核の γ 崩壊オプション γ 崩壊を考慮しない γ 崩壊を考慮する。 file(14) = trxcrd.dat
isobar	(D=0) = 0 = 1	isobar モデルのオプション isobar モデルを用いない isobar モデルを用いる
ipreeq	(D=0) = 0 = 1	nevap=1 の時の preequ モデルのオプション preequ モデルを用いない preequ モデルを用いる
ieleh	(D=0) = 0 = 1	電子、陽電子の輸送オプション dmax(12)以上のエネルギーでは、減速、反応を行わない dmax(12)以上で e=dmax(12)、weight=e/dmax(12)とする

inmed オプションは、inmed=1 の inmedium 断面積がデフォルトになっています。

4.2.6 計算モデルオプション(2)

表 11 : パラメータ 6

パラメータ	値	説 明
level	(D=3) = 0 = 1 = 2	nevap=1 の時の状態密度のオプション 8/A 馬場のパラメータ Igunatyuk のパラメータ
npidk	(D=0) = 0 = 1	計算打切エネルギーに達した負電荷の崩壊粒子の取り扱い 吸収反応を強制的に考慮する 崩壊させる
imagnf	(D=0) = 0 = 1	磁場のオプション 磁場を考慮しない 磁場を考慮する
andit	(D=0) = 0 = 1 = 2	Bertini モデルの Δ 角分布オプション 50%等方、50%前方 全て等方分布 全て前方分布
gravx gravy gravz	(D=0) (D=0) (D=0)	重力場の方向ベクトルの x 成分 重力場の方向ベクトルの y 成分 重力場の方向ベクトルの z 成分
icrhi	(D=1) = 0 = 1	原子核・原子核反応の全断面積オプション Shen の式 NASA の式

崩壊チャンネルを持つ粒子が、計算打切エネルギーに達した時には、全て崩壊させます。その中で負電荷を持つ粒子は、npidk=0 の場合は、まず強制的に核反応を試み吸収させます。それでも吸収されなかった場合は、やはり崩壊させます。

gravx、gravy、gravz は、重力場の方向ベクトル。重力を設定したときは、1eV 以下の中性子に作用します。gravx=1、gravy=0、gravz=0 を指定したときは、x 負方向に重力が作用します。

4.2.7 計算モデルオプション(3)

表 12 : パラメータ 7

パラメータ	値	説 明
ndedx	(D=2) = 0 = 1 = 2	荷電粒子の dE/dx オプション 重イオンは SPAR、他は NMTC 重イオン、陽子は ATIMA、他は NMTC 重イオン、陽子、パイオン、ミューオンは SPAR、他は NMTC
ih2o	(D=-1) < 0 > 0	ATIMA の時の水 (H2O のみ) の Ionization Potential オプション デフォルト値、75 eV 水の Ionization Potential (eV)
nspred	(D=0) = 0 = 1 = 2 = 3 = 10	荷電粒子のクーロン拡散 (angel straggling) オプション クーロン拡散を考慮しない クーロン拡散を考慮する。original クーロン拡散を考慮する。Moliere First クーロン拡散を考慮する。Moliere Third クーロン拡散を考慮する。ATIMA の時
nedisp	(D=0) = 0 = 1 = 10	荷電粒子の減速過程でのエネルギー分散 (energy straggling) のオプション エネルギー分散を考慮しない エネルギー分散を考慮する。Landau Vavilov エネルギー分散を考慮する。ATIMA の時
e-mode	(D=0) = 0 = 1	event generator mode オプション 通常モード event generator mode、file(14) = trxcrd.dat} が必要
usrmgt	(D=1) = 1 = 2	[magnetic field] で time を指定した時のユーザーサブルーティンオプション usrmgt1.f を使用、現在、Wobbler magnet がインストール usrmgt2.f を使用、現在、中性子用パルスマグネットがインストール
usrelst	(D=1) = 1 = 2	[elastic option] でのユーザーサブルーティンオプション usrelst1.f を使用、現在、中性子用 Bragg 散乱用プログラム usrelst2.f を使用、現在、中性子用サンプルプログラム

ndedx は、PHITS ver. 2.00 以前は、ndedx=0 がデフォルトでしたので注意してください。

ATIMA のオプションは、テスト中です。また、計算時間が相当かかりますので注意してください。

e-mode オプションの詳細は、4.2.19 のところで解説します。

4.2.8 出力オプション(1)

表 13 : パラメータ 8

パラメータ	値	説 明
incut	(D=0) = 0 = 1 = 2	計算打切エネルギー以下の中性子情報の出力オプション 出力なし ファイル名 file(12) の ncut ファイルに出力 file(12) に時間の情報も出力
igcut	(D=0) = 0 = 1 = 2 = 3	計算打切エネルギー以下の γ 線、電子情報の出力オプション 出力なし γ 線情報をファイル名 file(13) の gcut ファイルに出力 file(13) に γ 線の時間の情報も出力 file(13) に γ 線、電子、陽電子の情報を出力
ipcut	(D=0) = 0 = 1 = 2	計算打切エネルギー以下の陽子情報の出力オプション 出力なし ファイル名 file(10) の pcut ファイルに出力 file(10) に時間の情報も出力
inpara	(D=0) = 0 = 1 = 2 = 3	並列計算の時、ncut ファイル名のオプション /wk/uname/ファイル名 file(12) /wk/uname/ファイル名 file(12) の後に PE 番号を付加 ファイル名 file(12) ファイル名 file(12) の後に PE 番号を付加
igpara	(D=0) = 0 = 1 = 2 = 3	並列計算の時、gcut ファイル名のオプション /wk/uname/ファイル名 file(13) /wk/uname/ファイル名 file(13) の後に PE 番号を付加 ファイル名 file(13) ファイル名 file(13) の後に PE 番号を付加
ippara	(D=0) = 0 = 1 = 2 = 3	並列計算の時、pcut ファイル名のオプション /wk/uname/ファイル名 file(10) /wk/uname/ファイル名 file(10) の後に PE 番号を付加 ファイル名 file(10) そのまま ファイル名 file(10) の後に PE 番号を付加
	/wk/uname/	/wk/はデフォルトのディレクトリー名 uname は環境変数 LOGNAME から読み込まれるユーザー名

incut、igcut のデフォルトをゼロに変えましたので注意してください。

4.2.9 出力オプション(2)

表 14 : パラメータ 9

パラメータ	値	説 明
itall	(D=0) = 0 = 1 = 2	タリーの出力をバッチ毎にするオプション 出力なし 同じファイルに出力 異なるファイルに出力、ファイル名は、指定のファイル名にバッチ番号を付けたもの
itstep	(D=0) = 0 = 1	magnetic field などの粒子の運動量が変化する場でのタリーを取るオプション 境界、核反応までタリーを取らない ステップごとにタリーを取る
imout	(D=0) = 0 = 1 = 2	[material]}セクションでの物質表示オプション mat[12]、208Pb. 33c タイプ mat[12]、Pb-208. 33c タイプ m12、82208. 33cMCNP 入力タイプ
jmout	(D=0) = 0 = 1	[material]セクションでの物質密度表示オプション 入力のまま 粒子密度に変換する
kmout	(D=0) = 0 = 1	核データ物質情報表示オプション 表示無し input echo に表示する
matadd	(D=1) = 0 = 1	GG の際、同じ物質で密度が異なる時のオプション 同じ物質番号で扱う 新たな物質番号を付加する

磁場など粒子の運動量を変化させる場のある時、タリーは通常境界面を横断するときと、核反応を起こすタイミングでしか呼ばれないので、磁場中の軌跡を track タリーで表示すると境界間は直線でしか表現できませんでした。そこで、バーチャルな境界面などを設定して表現していたのですが、この itstep のオプションを用いることにより、運動の各ステップごとにタリーを呼び、曲線の軌跡を追うことができるようになりました。磁場のある場合のステップの最大値は、del_{tm}で指定します。

4.2.10 出力オプション(3)

表 15 : パラメータ 10

パラメータ	値	説 明
iggcm	(D=0) = 0 = 1	GG の warning 等のメッセージをエコーする エコーしない インプットエコー部分に書き出す
ivout	(D=0) = 0 = 1	input echo での volume 表示のオプション [volume]セクションに書き出す [region]セクションに書き出す
ipout	(D=1) (D=0 for GG) = 0 = 1	input echo での importance 表示のオプション [importance]セクションに書き出す [region]}セクションに書き出す、但し、全粒子に同じ値が定義されているときに限る
icput	(D=0) = 0 = 1	CPU 時間のカウントオプション カウント無し カウント有り
ipara	(D=0) = 0 = 1	パラメータ表示オプション 入力のみを表示 全てを表示
nwsors	(D=0)	nwsors 個のソース情報を file(6)に書き出す

計算時間短縮のため、cpu 時間のカウントをデフォルトで無しにしました。各過程の計算時間を知りたい時は、icput=1 として下さい。

input echo の入力パラメータの表示は、デフォルトで入力のあったものだけですが、ipara=1 とすれば全てのパラメータのデフォルト値がエコーされます。

4.2.11 出力オプション(4)

表 16 : パラメータ 11

パラメータ	値	説 明
dumpall	(D=0) = 0 = 1	全ての情報のダンプオプション 出力なし ファイル名 file(15)の dumpall ファイルに出力
idpara	(D=3) = 0 = 1 = 2 = 3	並列計算の時、dumpall ファイル名のオプション /wk/uname/ファイル名 file(15) /wk/uname/ファイル名 file(15)の後に PE 番号を付加 ファイル名 file(15) ファイル名 file(15)の後に PE 番号を付加
	/wk/uname/	/wk/ はデフォルトのディレクトリー名、uname は環境変数 LOGNAME から読み込まれるユーザー名

dumpall=1 を指定すると、輸送に関して全ての情報をファイルに書き出します。このファイルを基に、icnt1=12 を指定して再計算ができます。最初に計算したときと異なるタリーを入れて再計算したいときなど有効です。ただし、dumpall=1 で計算するときは、巨大なデータファイルが

作成されることがありますから注意してください。この dumpall オプションは、GG のときのみ有効です。dumpall=1 でダンプする情報は、4.2.18 のところで解説します。

4.2.12 幾何形状のエラー関係

表 17 : パラメータ 12

パラメータ	値	説 明
nlost	(D=10)	lost particle の許容値 (1PE あたり)
igerr	(D=1)	region error 時の recovery 回数
igchk	(D=0) = 0 = 1	領域横断後の幾何形状チェックを行いません 領域横断後の flight mesh を deltb に設定し、幾何形状のチェックを行います
deltb	(D=1. e-5)	領域横断後の flight mesh (cm) igchk=1 で、この距離で幾何形状のチェックを行います。また、importance、forced collision で追加される粒子の境界面からの距離。また、source で粒子が境界上にあるときの移動距離としても使います。
deltm	(D=20. 12345)	max flight mesh (cm)
deltc	(D=2. 012345)	max flight mesh (cm) for charged particle with nedisp=1
delt0	(D=0. 1)	nspreed、imagnf での flight mesh 最小値 (cm)
deltg	(D=1. 0)	max flight mesh (cm) for magnetic field
deltt	(D=1. 0)	max flight time (msec) for time dependent magnetic field

igchk のデフォルトを変えましたので(計算時間短縮のため)、新しい形状をテストする時には、igchk=1 として下さい。deltb は、端数を入れないと GG でエラーの可能性があるのでデフォルトを変更しました。

4.2.13 入出力ファイル名

表 18 : パラメータ 13

パラメータ	値	説 明
file(2)	(D=cgview.in)	icntl=2 の時、EGS4 粒子飛跡表示プログラム CGVIEW 用出力ファイル名
file(3)	(D=cgview.set)	icntl=2 の時、CGVIEW 用セットアップ情報ファイル名、この部分が CGVIEW のセットアップになる
file(4)	(D=marspf.in)	icntl=4 の時、MARS-PF 用出力ファイル名
file(6)	(D=phits.out)	サマリーの出力ファイル名、指定しない時は、標準出力
file(7)	(D=xmdir)	断面積ディレクトリーファイル名
file(11)	(D=nucldcal.out)	核反応計算の出力ファイル名
file(12)	(D=fort. 12)	計算打切エネルギー以下の中性子情報の出力ファイル名
file(13)	(D=fort. 13)	計算打切エネルギー以下の γ 線情報の出力ファイル名
file(10)	(D=fort. 10)	計算打切エネルギー以下の陽子情報の出力ファイル名
file(14)	(D=trxcrd.dat)	igamma=1 の時の γ 崩壊情報データファイル名、pass 名 +trxcrd.dat が必要
file(15)	(D=dumpall.dat)	dumpall=1 を指定した時、情報の出力ファイル名
dircha	(D=0) = 0 = 1	ディレクトリー文字 “/” “backslash”

file(7)は、他と同様にフルパス名で書いてください。

dirchaは、Windowsでの運用を想定したパラメータです。UNIX系では、ディレクトリー文字が‘/’ですが、Windows系では‘backslash’なので、その違いを吸収します。ただし、WindowsXPでは、‘/’のままでも動いています。

4.2.14 その他

表 19 : パラメータ 14

パラメータ	値	説 明
inucr	(D=1) = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6	核反応計算のオプション 二重微分断面積計算 全、弾性、弾性外断面積出力 シミュレーションによる弾性外断面積計算 弾性散乱の角分布計算 pp、np、 π -p 断面積出力 シミュレーションによる pp、np、 π -p 断面積出力
idam(i) rdam(i)	integer real*8 i = 1 - 100	ユーザー定義の整数変数 ユーザー定義の実数変数 これらは、各プログラムの中で common /userp/ idam(100), rdam(100)を引用すれば用いることができる

icntl=1 の nuclear reaction 計算は、開発が取り残されているため、現在、まだ工事中と考えてください。これらの inucr の機能が現在も利用可能か定かではありません。

4.2.15 低エネルギー中性子の物理パラメータ

以下のパラメータは、20MeV 以下の中性子の計算に用います。

表 20 : パラメータ 15

パラメータ	値	説 明
emcnf	(D=0.0)	中性子捕獲のしきい値 (MeV)、これ以上で implicit capture、以下で analog capture
iunr	(D=0)	現在、0 で固定
dnb	(D=-1) =-1 = 0 > 0	核分裂からの delayed neutron 数 natural sampling no delayed neutron neutron number

4.2.16 光子の物理パラメータ

以下のパラメータは、低エネルギー光子の計算に用います。

表 21 : パラメータ 16

パラメータ	値	説 明
emcpf	(D=100)	photon の詳細モデルの上限 (MeV)
ides	(D=0) = 0 = 1	photon の electron 生成のオプション electron を生成、もしくは、brems. photon の生成 electron を生成しない
nocoh	(D=0) = 0 = 1	photon の coherent scattering のオプション coherent scattering を起こす coherent scattering を起こさない
pnint	(D=0) = 0 = 1 =-1	photonuclear reaction のオプション photonuclear reaction を起こさない Analog photonuclear reaction を起こす Biased photonuclear reaction を起こす

photonuclear reaction は、まだテストしていないので、注意して下さい。

4.2.17 電子の物理パラメータ

以下のパラメータは、電子の計算に用います。

表 22 : パラメータ 17

パラメータ	値	説 明
iphot	(D=0) = 0 = 1	electron の photon 生成のオプション photon を生成 photon を生成しない
ibad	(D=0) = 0 = 1	brems. の角分布のオプション full brems. tabular angular distribution simple brems. angular distribution approximation
istrg	(D=0) = 0 = 1	straggling のオプション sampled straggling for electron energy loss expected-value straggling for electron energy loss
brnum	(D=0) = 0 > 0	brems. photon のオプション brems. photon を生成しない analog brems. photon 数
xnum	(D=1) = 0 > 0	x-ray photon のオプション x-ray photon を生成しない analog x-ray photon 数
enum	(D=1) = 0 > 0	secondary electron のオプション secondary electron を生成しない analog secondary electron 数
numb	(D=0) = 0 > 0	brems. process のオプション nominal brems. production produce brems. on each substep

4.2.18 Dumpall オプション

dumpall=1 を指定して計算すると、再計算に必要な輸送の情報を全てファイルに書き出します。このファイルを用いて icntl=12 を指定すると、dumpall=1 で計算した時にダンプしたデータを基に再計算します。輸送に関しては、最初に計算した全ての情報を再現します。再計算の時には、最初に計算したインプットファイルが必要になります。タリーを除いて同じものを使わないと矛盾が生じます。Maxcas、maxbch は、ダンプファイルに指定されているものを使いますので変更できません。最初に計算したときと異なるタリーを入れて再計算したいときなど有効です。ただし、dumpall=1 で計算するときは、巨大なデータファイルが作成されることがありますから注意してください。この dumpall オプションは、GG のときのみ有効です。

書き出されるデータはバイナリですので、マシン間での互換性はありませんので注意してください。以下に書き出されるデータの種類と順序を説明します。

(1) NCOL

NCOL は、プログラムの中の変数で、粒子輸送のタイミングの認識変数です。

NCOL

- 1 : start of calculation
- 2 : end of calculation
- 3 : end of a batch
- 4 : source
- 5 : detection of geometry error
- 6 : recovery of geometry error
- 7 : termination by geometry error
- 8 : termination by weight cut-off
- 9 : termination by time cut-off
- 10 : geometry boundary crossing
- 11 : termination by energy cut-off
- 12 : termination by escape or leakage
- 13 : (n,x) reaction
- 14 : (n,n'x) reaction
- 15 : sequential transport only for tally

NCOL=1, 2, 3 の時は、書き出しは NCOL だけです。従って、以下の書き出しは、NCOL $\geq$ 4 の時です。

(2) NOCAS、NOBCH、RCASC、RSOUIN

これら 4 つの変数は、NCOL=4 の時にだけ書き出されます。それぞれの意味は、

- NOCAS : current event number in this batch
- NOBCH : current batch number
- RCASC : real number of NOCAS+maxcas*(NOBCH-1)
- RSOUIN : sum of the weight of source particle

(3) NO、MAT、ITYP、KTYP、JTYP、MTYP、RTYP、OLDWT

これらの変数の意味は、

NO : cascade id in this event
MAT : material id
ITYP : particle type
KTYP : particle kf-code
JTYP : charge number of the particle
MTYP : baryon number of the particle
RTYP : rest mass of the particle (MeV)
OLDWT : wight of the particle at (x,y,z)

(a) QS

この変数は、ITYP=12、13 の時、すなわち電子、陽電子の時のみ出力されます。QS は、電子の dE/dx です。

QS : dE/dx of electron at (x,y,z)

(4) IBLZ1、IBLZ2、ILEV1、ILEV2

これらの変数の意味は、

IBLZ1 : cell id at (x,y,z)
IBLZ2 : cell id after crossing
ILEV1 : level structure id of the cell at (x,y,z)
ILEV2 : level structure id of the cell after crossing

(a) ILAT1

階層構造をもつ CELL の変数です。書き出しは、ILEV1>0 の時に

```
write(io) ( ( ILAT1(i, j), i=1,5 ), j=1, ILEV1 )
```

で行われます

(b) ILAT2

階層構造をもつ CELL の変数です。書き出しは、ILEV2>0 の時に

```
write(io) ( ( ILAT2(i, j), i=1,5 ), j=1, ILEV2 )
```

で行われます

(5) NAME、NCNT (1)、NCNT (2)、NCNT (3)

これらの変数の意味は、

NAME : collision number of the particle
NCNT (1, 2, 3) : values of counter 1, 2 and 3

(6) WT、U、V、W

これらの変数の意味は、

WT : wight of the particle at (xc,yc,zc)
U,V,W : unit vector of momentum of the particle

(7) E、T、X、Y、Z

これらの変数の意味は、

E : energy of the particle at (x,y,z) (MeV)
T : time of the particle at (x,y,z) (nsec)
X,Y,Z : position coordinate of the preceding event point (cm)

(8) EC、TC、XC、YC、ZC

これらの変数の意味は、

EC : energy of the particle at (xc,yc,zc) (MeV)
TC : time of the particle at (xc,yc,zc) (nsec)
XC,YC,ZC : position coordinate of the particle (cm)

(9) SPX、SPY、SPZ

これらの変数の意味は、

SPX,SPY,SPZ : unit vector of spin direction of the particle

(10) NCLSTS

この変数は、Collision が起こった時に、すなわち、NCOL=13, 14 の時にのみ書き出されます。
意味は、衝突もしくは崩壊による生成粒子の個数です。原子核も含みます。 NCLSTS>0 の時に、
次の変数が書き出されます。

(a) MATHZ、MATHN、JCOLL、KCOLL

これらの変数の意味は、

MATHZ : Z number of the mother nucleus
MATHN : N number of the mother nucleus
JCOLL : reaction type id1
KCOLL : reaction type id2

JCOLL、KCOLL はそれぞれ次のような意味を持ちます。

JCOLL

0	: nothing happen
1	: Hydrogen collisions
2	: Particle Decays
3	: Elastic collisions
4	: High Energy Nuclear collisions
5	: Heavy Ion reactions
6	: Neutron reactions by data
7	: Photon reactions by data
8	: Electron reactions by data
9	: Proton reactions by data
10	: Neutron event mode

KCOLL

0	: normal
1	: high energy fission
2	: high energy absorption
3	: low energy n elastic
4	: low energy n non-elastic
5	: low energy n fission
6	: low energy n absorption

(b) ICLUSTS、JCLUSTS、QCLUSTS、JCOUNT

これらの変数は、各生成粒子の情報を記述するもので、NCLSTS だけ繰り返し、また、それぞれの変数も以下のように 配列を持ちます。書き出しは以下のように行われます。

```
do i = 1, NCLSTS
  write(io) ICLUSTS(i)
  write(io) ( JCLUSTS(j, i), j=0, 7)
  write(io) ( QCLUSTS(j, i), j=0, 12)
  write(io) ( JCOUNT(j, i), j=1, 3)
end do
```

これらの変数の意味は、

ICLUSTS

0	: nucleus
1	: proton
2	: neutron
3	: pion
4	: photon
5	: kaon
6	: muon
7	: others

JCLUSTS(i)

- i = 0 : angular momentum
- = 1 : proton number
- = 2 : neutron number
- = 3 : ityp
- = 4 : status of the particle 0: real, <0 : dead
- = 5 : charge number
- = 6 : baryon number
- = 7 : kf code

QCLUSTS(i)

- i = 0 : impact parameter
- = 1 : px (GeV/c)
- = 2 : py (GeV/c)
- = 3 : pz (GeV/c)
- = 4 : $e_{tot} = \sqrt{p^2 + m^2}$ (GeV)
- = 5 : rest mass (GeV)
- = 6 : excitation energy (MeV)
- = 7 : kinetic energy (MeV)
- = 8 : weight
- = 9 : time (nsec)
- =10 : x coordinate (cm)
- =11 : y coordinate (cm)
- =12 : z coordinate (cm)

4.2.19 Event Generator Mode

通常、核データを使う計算では、イベント毎のエネルギーと運動量は保存しません。モンテカルロのシミュレーションを多数回繰り返して、平均を取ると、エネルギーと運動量が保存することが保証されます。これは、核データを用いたモンテカルロシミュレーションが、一体の Boltzmann 方程式を数値的に解いていることに対応しています。従って、核データを用いた計算では、一体の観測量しか計算できません。例えば、ある領域の熱量、フラックスなどです。これらは平均値です。また、モンテカルロ計算で用いる核データも一体(inclusive)のデータしか含まれていません。平均値の周りの分散は、二体以上の分布関数に関係しますから、一体の Boltzmann 方程式では導くことはできません。例えば、PHITS の[t-heat]にある、deposit エネルギー分布は、平均値の周りの分散ですから、二体以上の分布関数によって決まる量です。ですから、核データを用いた計算では求めることができません。反応前と反応後で入射粒子と原子核が変化しないのであれば、つまり、弾性散乱だけが起こると仮定すると、一体の情報から全てのエネルギーと運動量が決まりますから、計算できるわけです。これは極めて例外的な状況で、反応後の生成粒子が変化したり、複数になったりすると破綻します。

高エネルギーの核反応に対しては、通常、核データが整備されていないので、カスケードモデル、JAM、QMD 等の核反応モデルを利用します。これらのモデルは、ひとつの核反応毎に、エネルギー、運動量の保存したモンテカルロ手法で核反応を計算します。このような核反応モデルを用いた輸送計算は、全体として、ひとつのイベント毎にエネルギー、運動量の保存したシミュレーションになっていますから、実際の現象を模擬するという意味で、Event Generator と呼ばれています。輸送コードとして、核データを使ったシミュレーションと似ていますが、概念的には全く異なるものです。このシミュレーションでは、ひとつのイベント毎の観測量は物理的に意味を持ちません。イベント(ヒストリー)で平均した量だけが物理的に意味を持ちます。平均値周りのイベントによる分散も計算できますが、これは、モンテカルロ手法の統計分散で、物理的なものではありません。物理的な分散を記述する二体以上の相関の情報が核データにも基礎となる方程式にも含まれていないからです。一方、Event Generator では、観測量の分散は物理的な分散に対応します。その精度の問題はありますが、全ての相関を記述している枠組みになっています。高エネルギーのシミュレーションは、大抵この Event Generator になっていて、一体の観測量のほかに、コインシデンス実験の解析や、測定器のレスポンス関数のシミュレーションに応用することができます。

最近、低エネルギーの中性子の関係した分野でも、従来の一体の観測量、熱量やフラックスのほかに、deposit エネルギー分布、2 粒子相関などの高次の相関が含まれる物理量が求められてくるようになりました。例えば、半導体素子の放射線によるソフトエラーの問題、細胞の放射線による影響の問題などは、微視的な領域での deposit エネルギーの分散が問題になります。これらの問題に従来の核データを用いたこのシミュレーションでは対応することができません。そこで、PHITS では、核データを使う低エネルギー領域でも Event Generator としてシミュレートできるモデルを作りました。これが、e-mode=1 で実行される Event Generator Mode です。

このモデルの詳細は、他の論文を見ていただくこととして、ここでは、まず、モデルの概略を説明します。中性子入射反応で核データが記述するものは、全断面積、Capture、Elastic、 (n, n') 、 (n, Nn') 等のチャンネル毎の断面積、それと放出粒子の inclusive な微分断面積です。これらの情報からは、残留核の運動量、2 粒子の相関などは一意に決められません。情報が足りないからで

す。そこで、PHITS では、これら核データの情報を用いるとともに、特殊な統計崩壊モデルを導入しました。まず、核データのチャンネル毎の断面積を用います。次に、各チャンネル毎に次のようなモデルを設定します。まず、Capture の場合、入射中性子が Capture された場合の融合原子核の運動量、励起エネルギーは運動学的に一意に決定されますから、この原子核に、中性子の崩壊確率をゼロにした統計崩壊を行います。この場合、光子の放出、荷電粒子の放出だけが含まれる統計崩壊を行うことになります。次に、Elastic では、核データに従って、放出中性子の運動量を決定します。この運動量から運動学的に残留核の運動量が一意に決定されます。 (n, n') では、核データに従って、まず、放出中性子の運動量を決定します。この運動量から運動学的に残留核の運動量と励起エネルギーが一意に決定されますから、この原子核に、中性子の崩壊確率をゼロにした統計崩壊を行います。Capture の時と同じように、光子の放出、荷電粒子の放出だけが含まれる統計崩壊を行うことになります。最後に、 (n, Nn') 反応ですが、まず、核データを用いて一個目の放出中性子の運動量を決定します。この運動量から運動学的に残留核の運動量と励起エネルギーが一意に決定されますから、この原子核に、通常の統計崩壊を行います。即ち、中性子崩壊も含んだ、光子、荷電粒子の統計崩壊を行うことになります。この場合だけ、終状態の中性子の数が核データで指定された N になる保証はありませんが、そのずれは小さいことを確認しています。このようなモデルを用いることにより、核データを用いた低エネルギーの中性子の反応も、イベント毎にエネルギー、運動量の保存した Event Generator になり、核データだけでは記述できなかった、残留核の運動量、2 粒子相関など全ての情報がイベント毎に記述できるようになります。

次に、e-mode を使う場合の注意点を示します。まず、 $d_{\max}(2)$ を設定し、核データを用意し、中性子の核データによる計算を可能にします。粒子放出の精度をあげるために、原子核の基底状態の近くの励起状態の情報を必要としますので、 $igamma=1$ 、 $file(14)=trxcrd.dat$ が必要になります。次に、統計崩壊モデルは、GEM 即ち $nevap=3$ が必要です。更に、熱中性子の温度依存の散乱の記述はできません。常に $T=0$ の取り扱いになります。これらは、 $e-mode=1$ を指定すると自動的に設定されます。

次に、e-mode を使うと可能になる新しい観測量を示します。 $[t-yield]$ 、 $[t-product]$ では、通常、 $d_{\max}(2)$ 以下のエネルギー、即ち、中性子の核データを使う領域の生成核種、生成粒子はタリ一されませんが、これが可能になります。 $[t-heat]$ では、 $d_{\max}(2)$ 以下のエネルギー、即ち、中性子の核データを使う領域の発熱は、核データの Kerma Factor を用いますが、e-mode では、中性子からの直接の発熱の寄与はありません。中性子反応から生成された荷電粒子、残留核の Ionization Loss から計算されます。光子は、 $electron=0$ を指定すると光子の Kerma Factor を用いますが、電子の輸送も含み $electron=1$ を指定すれば、電子の Ionization Loss から熱を計算します。 $[t-dpa]$ では、 $d_{\max}(2)$ 以下のエネルギー、即ち、中性子の核データを使う領域でも、ライブラリーを用いず DPA を計算することが可能になります。

4.3 [Source] セクション

このセクションでは、入射粒子の情報を定義します。ソースタイプは、s-type = 番号で指定します。

表 23 : ソースタイプ

ソースタイプ	説 明
s-type = 1	円柱 (円面、ペンシルビーム)
s-type = 4	エネルギー分布を有する円柱
s-type = 2	角柱 (長方形)
s-type = 5	エネルギー分布を有する角柱
s-type = 3	ガウス分布 (x, y, z 独立)
s-type = 6	エネルギー分布を有するガウス分布 (x, y, z 独立)
s-type = 7	一般パラボラ分布 (x, y, z 独立)
s-type = 8	エネルギー分布を有する一般パラボラ分布 (x, y, z 独立)
s-type = 9	球及び球殻分布
s-type = 10	エネルギー分布を有する球及び球殻分布
s-type = 11	ビーム方向に垂直な位相空間で一様分布
s-type = 12	decay-turtle の出力を読み込む
s-type = 13	ガウス分布 (xy 平面)
s-type = 14	エネルギー分布を有するガウス分布 (xy 平面)
s-type = 15	一般パラボラ分布 (xy 平面)
s-type = 16	エネルギー分布を有する一般パラボラ分布 (xy 平面)
s-type = 17	dump ファイルの読み込み
s-type = 100	ユーザー定義のソースプログラム、usrsors.f にプログラムを書きこみコンパイルする

4.3.1 <Source> : マルチソース

s-type で指定するソースを複数定義することができます。各ソースは、<source> = 相対比の指定で始まるサブセクションで定義します。相対比は、マルチソースのソース粒子の相対比を指定します。また、totfact = で全体の規格化定数を定義します。

表 24 : マルチソース

パラメータ	説 明
<source> =	マルチソースの開始、数字はこのソースの相対比 正の数で与えた場合、相対比に従ってソース粒子を生成 負の数で与えた場合、同数のソース粒子を生成し、相対比に従って weight を変化させる
totfact =	(D=1) マルチソース全体の規格化定数

4.3.2 共通パラメータ

各ソースタイプに共通なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=***)のあるものは、省略可能です。原子核や軽複合粒子のエネルギーは、核子当たりで指定します。

表 25 : 共通ソースパラメータ

パラメータ	説 明
proj =	入射粒子 : 粒子の指定方法は表を参照
t-type = 0, 1, 2	(D=0) 時間分布 0: 時間分布なし。t=0.0 1: 矩形分布 2: Gauss 分布
t0 =	(D=0.0) 第 1 の時間分布の中心時刻 (ns)
tw =	時間分布の半値幅 (ns)
tn =	時間分布の数
td =	時間分布の間隔 (ns)
tc	(D=10×tw) Gauss 分布の場合の cut off 時間 (ns)
sx =	(D=0) スピンの方向ベクトルの x 成分
sy =	(D=0) スピンの方向ベクトルの y 成分
sz =	(D=0) スピンの方向ベクトルの z 成分
reg =	(D=all) 領域を限定する。書式は、reg = { 1 - 5 } 10 34}、また、reg = (6 < 10[1 0 0] < u=3)} などの lattice、universe 構造も指定できます。詳細は、タリーの領域指定箇所を参照して下さい。
ntmax =	(D=1000) 領域限定の際の最大再試行回数
trcl =	(D=なし) 座標変換番号もしくは座標変換定義
wgt =	(D=1.0) ソース粒子のウェイト
factor =	(D=1.0) ソース粒子のウェイトの規格化定数

入射粒子の方向を指定するパラメータは、dir、phi、dom の 3 つあります。dir は、入射粒子の z 軸方向からの方向余弦を指定します。all を入力した場合は、等方分布させます。data を指定した場合は、その下に角分布の a-type サブセクションが必要になります。それにより、データによる角分布や、関数形による角分布の指定が可能です。s-type=9、10 では、定義が違います。また、s-type=11、12 では、±1 しか指定できません。

phi は、入射粒子の方位角を degree で指定します。省略すればランダムです。角度は x 軸からの角度です。

最後に、dom ですが、dir、phi で決定された方向からの広がりを与えるものです。粒子方向からの角度を degree で指定します。この立体角の範囲でランダムに方向を決定します。

trcl の指定により、座標変換が使えます。wgt は、ソース粒子の初期ウェイトです。また、規格化定数 factor は、タリーなどの出力に乗じる定数です。dump ファイル読み込みの際に、オリジナルのソース当たりの出力にする場合などに便利です。wgt と factor は、逆数の関係になります。この規格化定数 factor は、マルチソースの場合は、各ソースの規格化です。全体のソースの規格化は、totfact を用います。

スピンは、指定しないか全てゼロの場合は、未定義のまま磁場に入ります。この場合、磁場に入ったときの磁場の方向と偏極率に従い、初期スピンが定義されます。ここで、スピンの指定された場合は、磁場の定義の偏極率に関係なく、ここで定義されたスピンの方向で磁場に入ります。

4.3.3 円柱分布ソース

円柱分布ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。
(D=**) のあるものは、省略可能です。

表 26：円柱分布ソースパラメータ

s-type = 1, 4	円柱のとき
x0 =	(D=0.0) 円柱の中心の x 座標 (cm)
y0 =	(D=0.0) 円柱の中心の y 座標 (cm)
z0 =	円柱の z 軸方向の下限 (cm)
z1 =	円柱の z 軸方向の上限(円面の場合は下限と同じ) (cm)
r0 =	円柱の半径(r0=0.0 のときペンスシルビーム) (cm)
r1 =	(D=0.0) 円柱の内半径、中空部分を指定 (cm)
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー(s-type=1) (MeV/u)

4.3.4 角柱分布ソース

角柱分布ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。
(D=**) のあるものは、省略可能です。

表 27：角柱分布ソースパラメータ

s-type = 2, 5	角柱のとき
x0 =	角柱の下限 x 座標 (cm)
x1 =	角柱の上限 x 座標 (cm)
y0 =	角柱の下限 y 座標 (cm)
y1 =	角柱の上限 y 座標 (cm)
z0 =	角柱の下限 z 座標 (cm)
z1 =	角柱の上限 z 座標(長方形の場合は下限と同じ) (cm)
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー(s-type=2) (MeV/u)

4.3.5 ガウス分布ソース (x, y, z 独立)

このガウス分布は、x, y, z 軸で独立なガウス分布です。ガウス分布 (x, y, z 独立) ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=***) のあるものは、省略可能です。

表 28 : ガウス分布 (x, y, z 独立) ソースパラメータ

s-type = 3, 6	ガウス分布 (x, y, z 独立) のとき
x0 =	(D=0.0) ガウス分布中心の x 座標 (cm)
x1 =	ガウス分布 x 方向半値幅 (cm)
y0 =	(D=0.0) ガウス分布中心の y 座標 (cm)
y1 =	ガウス分布 y 方向半値幅 (cm)
z0 =	(D=0.0) ガウス分布中心の z 座標 (cm)
z1 =	ガウス分布 z 方向半値幅 (cm)
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー (s-type=3) (MeV/u)

4.3.6 一般パラボラ分布ソース (x, y, z 独立)

このパラボラ分布は、x, y, z 軸で独立なパラボラ分布です。一般パラボラ分布 (x, y, z 独立) ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=***) のあるものは、省略可能です。

表 29 : 一般パラボラ分布 (x, y, z 独立) ソースパラメータ

s-type = 7, 8	一般パラボラ分布 (x, y, z 独立) のとき
x0 =	(D=0.0) X パラボラ分布中心の x 座標 (cm)
x1 =	X パラボラ分布の幅 (cm)
y0 =	(D=0.0) Y パラボラ分布中心の y 座標 (cm)
y1 =	Y パラボラ分布の幅 (cm)
z0 =	(D=0.0) Z パラボラ分布中心の z 座標 (cm)
z1 =	Z パラボラ分布の幅 (cm)
rn =	(D=2) 一般パラボラの次数
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー (s-type=7) (MeV/u)

4.3.7 ガウス分布ソース(xy 平面)

このガウス分布は、xy 平面でのガウス分布です。ガウス分布(xy 平面)ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=**) のあるものは、省略可能です。

表 30 : ガウス分布(xy 平面) ソースパラメータ

s-type = 13, 14	ガウス分布(xy 平面) のとき
x0 =	(D=0.0) ガウス分布中心の x 座標 (cm)
y0 =	(D=0.0) ガウス分布中心の y 座標 (cm)
r1 =	ガウス分布半値幅 (cm)
z0 =	z 軸方向の下限 (cm)
z1 =	(D=z0) z 軸方向の上限 (cm)
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー(s-type=13) (MeV/u)

4.3.8 一般パラボラ分布ソース(xy 平面)

このパラボラ分布は、xy 平面でのパラボラ分布です。一般パラボラ分布(xy 平面)ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=**) のあるものは、省略可能です。

表 31 : 一般パラボラ分布(xy 平面) ソースパラメータ

s-type = 15, 16	一般パラボラ分布(xy 平面) のとき
x0 =	(D=0.0) パラボラ分布中心の x 座標 (cm)
y0 =	(D=0.0) パラボラ分布中心の y 座標 (cm)
r1 =	パラボラ分布の幅 (cm)
z0 =	z 軸方向の下限 (cm)
z1 =	(D=z0) z 軸方向の上限 (cm)
rn =	(D=2) 一般パラボラの次数
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー(s-type=15) (MeV/u)

4.3.9 球及び球殻分布ソース

球及び球殻分布ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=**) のあるものは、省略可能です。

表 32 : 球及び球殻分布ソースパラメータ

s-type = 9, 10	球及び球殻分布のとき
x0 =	(D=0.0) 球及び球殻分布中心の x 座標 (cm)
y0 =	(D=0.0) 球及び球殻分布中心の y 座標 (cm)
z0 =	(D=0.0) 球及び球殻分布中心の z 座標 (cm)
r1 =	球及び球殻分布の内半径、ゼロの場合は球 (cm)
r2 =	球及び球殻分布の外半径 (cm)
dir =	入射粒子の方向 dir = 1.0 : 球の中心からの外向き法線方向 dir = -1.0 : 球の中心からの法線の内向き dir = all : 等方分布 dir = -all : 球の中心からの法線の内向き cos 分布 cos ² bias, 体積、面積計算に用いる
e0 =	data を指定した時は、a-type サブセクションが必要 入射粒子のエネルギー(s-type=9) (MeV/u)

s-type=9 のソースを flux を用いた体積、面積計算に用いるには、dir = -all、r1 = r2 とします。その際の球の内側におけるフラックスは $1/\pi/r1^{*2}$ となります。

4.3.10 s-type = 11 ソース

ビーム方向に垂直な位相空間で一様なソース分布を与えます。s-type = 11 の分布ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=**) のあるものは、省略可能です。

表 33 : s-type = 11 のソースパラメータ

s-type = 11	ビーム方向に垂直な位相空間で一様分布のとき
x0 =	D=0.0) ビーム中心の x 座標 (cm)
x1 =	x 方向の最大半径/最大角度の比 (cm/mrad)
y0 =	(D=0.0) ビーム中心の y 座標 (cm)
y1 =	y 方向の最大半径/最大角度の比 (cm/mrad)
z0 =	z 軸方向の下限 (cm)
z1 =	z 軸方向の上限 (cm)
rx =	x 方向における位相空間の楕円の傾き (rad)
ry =	y 方向における位相空間の楕円の傾き (rad)
wem =	エミッタンス (π cm $\times$ mrad)
dir =	入射粒子の軸方向の方向余弦、(1 or -1 only)
e0 =	入射粒子のエネルギー (MeV/u)

4.3.11 s-type = 12 ソース

decay-turtle の出力をソースとして取り込みます。s-type = 12 の分布ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=**) のあるものは、省略可能です。

入力ファイルのソースの数が足りなくなった場合は、初めに戻って同じデータを繰り返し使います。

表 34 : s-type = 12 のソースパラメータ

s-type = 12	decay-turtle の出力を読み込むとき
x0 =	(D=0.0) ビームの x 座標オフセット (cm)
y0 =	(D=0.0) ビームの y 座標オフセット (cm)
z0 =	(D=0.0) ビームの z 座標オフセット (cm)
dir =	入射粒子の軸方向の方向余弦、(1 or -1 only)
file =	decay-turtle 出力ファイル名 (パスも含む)

decay-turtle の出力のデータ形式は、倍精度、アスキー形式で、各レコードは、

xp, xq, yp, yq, e0, wt0, pz0

で、それぞれは次の様な変数です。

表 35 : decay-turtle データ

変 数	説 明
xp, yp	ビーム粒子の入射位置 (cm)
xq, yq	ビーム粒子の進行方向に垂直な面となす角度 (mrad)
e0	ビーム粒子の運動量 (GeV/c)
wt0	ビーム粒子のウェイト
pz0	ビーム粒子の偏極度 (未使用)

4.3.12 dump データソース

dump ファイルに落とされたデータをソースとして取り込みます。s-type = 17 の分布ソースタイプに必要なパラメータを以下に示します。パラメータの順序は自由です。(D=***) のあるものは、省略可能です。

入力ファイルのソースの数が足りなくなった場合は、初めに戻って同じデータを繰り返し使います。

表 36 : dump データのソースパラメータ

s-type = 17	dump ファイルを読み込むとき
file =	dump ファイル名 (パスも含む)
dump = (次行)	dump データの個数、負で与えた時はアスキーファイル dump データの情報
(以下省略可能)	以下のものが指定されたとき、dump データがある場合も dump データより優先します
x0 =	下限 x 座標 (cm)
x1 =	上限 x 座標 (cm)
y0 =	下限 y 座標 (cm)
y1 =	上限 y 座標 (cm)
z0 =	下限 z 座標 (cm)
z1 =	上限 z 座標 (cm)
sx =	スピンの方向ベクトルの x 成分
sy =	スピンの方向ベクトルの y 成分
sz =	スピンの方向ベクトルの z 成分
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー (MeV/u)
e-type =	入射粒子のエネルギー分布指定
wgt =	(D=1.0) ソース粒子のウエイト
factor =	(D=1.0) ソース粒子のウエイトの規格化定数
(以下省略可能)	以下のものも指定可能です
t-type =	(D=0) 時間分布
reg =	(D=all) 領域を限定する
ntmax =	(D=1000) 領域限定の際の最大再試行回数
trcl =	(D=なし) 座標変換番号もしくは座標変換定義

dump データの情報は、まず、dump = でデータの個数を指定します。正で与えた時は、バイナリファイルの読み込み、負で与えた時は、アスキーファイルの読み込みをします。次の行にひとつのレコードのデータの並びを指定します。その時の番号と物理量の関係は、以下の通りです。

表 37 : dump データの種類と番号 (1)

物理量	Kf	x	y	z	u	v	w	e	wt	time	C1	C2	C3	sx	sy	sz
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

表 38 : dump データの種類と番号 (2)

物理量	name	nocas	nobch	no
番号	17	18	19	20

ここで、kf は、粒子を識別する kf-code、表 4 を参照してください。x、y、z は、座標 (cm)、u、v、w は、運動量の単位ベクトル、e は、エネルギー (MeV/u)、原子核の場合は核子当たりのエネルギー、wt は粒子ウェイト、time は時間 (nsec)、c1、c2、c3 は、カウンターの値、sx、sy、sz は、スピンの方向ベクトルです。name は、粒子の衝突回数、nocas は、バッチの中の現在のイベント数、nobch は、現在のバッチ数、no は、現在のイベントでのカスケード ID です。これらはバイナリーの場合は real*8 のデータで、アスキーの場合は、n(1p1d24. 15) のデータフォーマットで格納されています。

例えば、9 つのデータが次の順番で並んでいる時、

```
kf e wt x y z u v w
```

このデータを読み込むには、

```
dump = 9
1 8 9 2 3 4 5 6 7
```

と指定します。

4.3.13 ユーザー定義ソース

usrsors.f にプログラムを書き込むことにより、ユーザー定義のソースを利用することができます。以下に示すソースのパラメータをソースセクションに指定した場合は、ユーザーソースで定義された値よりも優先します。

表 39：ユーザー定義ソースで指定できるパラメータ

s-type = 100	ユーザー定義ソースのとき
(以下省略可能)	以下のものが指定されたとき、ユーザー定義データがある場合もユーザー定義データより優先します
x0 =	下限 x 座標 (cm)
x1 =	上限 x 座標 (cm)
y0 =	下限 y 座標 (cm)
y1 =	上限 y 座標 (cm)
z0 =	下限 z 座標 (cm)
z1 =	上限 z 座標 (cm)
sx =	スピンの方向ベクトルの x 成分
sy =	スピンの方向ベクトルの y 成分
sz =	スピンの方向ベクトルの z 成分
dir =	入射粒子の z 軸方向からの方向余弦 all を指定した時は、等方分布 data を指定した時は、a-type サブセクションが必要
phi =	(D=省略、ランダム) 入射粒子の方位角 (degree)
dom =	(D=0.0) 入射粒子方向の立体角範囲 (degree) = -1 ; $\cos^2$ bias 分布
e0 =	入射粒子のエネルギー (MeV/u)
e-type =	入射粒子のエネルギー分布指定
wgt =	(D=1.0) ソース粒子のウエイト
factor =	(D=1.0) ソース粒子のウエイトの規格化定数
t-type =	(D=0) 時間分布
reg =	(D=all) 領域を限定する
ntmax =	(D=1000) 領域限定の際の最大再試行回数
trcl =	(D=なし) 座標変換番号もしくは座標変換定義

デフォルトで usrsors.f に入っているプログラムは、以下のようなものです。最初のコメント部に、ソースに必要な変数と、粒子指定に必要な kf code のリストがあります。次に、プログラム内で使用できる一様乱数と、ガウス乱数の function の説明があります。プログラムの最初の部分は、初期化の際のファイルのオープンの例があります。最後の部分に必要な変数の値の一つの例が書かれています。この例題を参考にユーザー定義ソースを書いてください。ソースセクションで指定した変数は、優先しますから、その場合は、ここで定義する必要はありません。

List 4.1 ● usrsors. f

```

1: *****
2:      subroutine usrsors(x, y, z, u, v, w, e, wt, time, name, kf, nc1, nc2, nc3,
3:      &                  sx, sy, sz)
4: *      sample subroutine for user defined source. *
5: *      variables : *
6: *      x, y, z : position of the source. *
7: *      u, v, w : unit vector of the particle direction. *
8: *      e      : kinetic energy of particle (MeV). *
9: *      wt      : weight of particle. *
10: *      time    : initial time of particle. (ns) *
11: *      name    : usually = 1, for Coulmb spread. *
12: *      kf      : kf code of the particle. *
13: *      nc1     : initial value of counter 1 *
14: *      nc2     : initial value of counter 2 *
15: *      nc3     : initial value of counter 3 *
16: *      sx, sy, sz : spin components *
17: *-----*
18: *      kf code table *
19: *      kf-code: ityp : description *
20: *      2212 : 1 : proton *
21: *      2112 : 2 : neutron *
22: *      211 : 3 : pion (+) *
23: *      111 : 4 : pion (0) *
24: *      -211 : 5 : pion (-) *
25: *      -13 : 6 : muon (+) *
26: *      13 : 7 : muon (-) *
27: *      321 : 8 : kaon (+) *
28: *      311 : 9 : kaon (0) *
29: *      -321 : 10 : kaon (-) *
30: *      kf-code of the other transport particles *
31: *      12 : nu_e *
32: *      14 : nu_mu *
33: *      221 : eta *
34: *      331 : eta' *
35: *      -311 : k0bar *
36: *      -2112 : nbar *
37: *      -2212 : pbar *
38: *      3122 : Lanbda0 *
39: *      3222 : Sigma+ *
40: *      3212 : Sigma0 *
41: *      3112 : Sigma- *
42: *      3322 : Xi0 *
43: *      3312 : Xi- *
44: *      3334 : Omega- *
45: *-----*
46: *      available function for random number *
47: *      unirn(dummy) : uniform random number from 0 to 1 *
48: *      gaurn(dummy) : gaussian random number *
49: *      for exp( - x**2 / 2 / sig**2 ) : sig = 1.0 *
50: *****

```

```

51:      implicit real*8 (a-h,o-z)
52:      *-----
53:      parameter ( pi  = 3.141592653589793d0 )
54:      data ifirst / 0 /
55:      save ifirst
56:      character filenm*50
57:      *-----
58:      *      example of initialization
59:      *-----
60:      if( ifirst .eq. 0 ) then
61:      c      filenm = 'input.dat'
62:      c      inquire( file = filenm, exist = exex )
63:      c      if( exex .eqv. .false. ) then
64:      c          write(*,*) 'file does not exist => ', filenm
65:      c          call parastop( 887 )
66:      c          end if
67:      c          open(71, file = file(i), status = 'old' )
68:
69:      c      close(71)
70:      ifirst = 1
71:      end if
72:      *-----
73:      *      example for 3 GeV proton with z-direction
74:      *-----
75:      x = 0.0
76:      y = 0.0
77:      z = 0.0
78:      u = 0.0
79:      v = 0.0
80:      w = 1.0
81:      e = 3000.0
82:      wt = 1.0
83:      time = 0.0
84:      name = 1
85:      kf = 2212
86:      nc1 = 0
87:      nc2 = 0
88:      nc3 = 0
89:      sx = 0.d0
90:      sy = 0.d0
91:      sz = 0.d0
92:      *-----
93:      return
94:      end

```

4.3.14 エネルギー分布の定義

エネルギー分布のある、s-type = 4, 5, 6, 8, 10, 14, 16、もしくは、s-type = 17, 100 で、ソースセクションでエネルギー分布を指定するときには、次のようなエネルギー分布パラメータが必要です。原子核入射のときは、核子当たりのエネルギーです。(D=**) のあるものは、省略可能です。

表 40 : ソースエネルギー分布パラメータ (1)

パラメータ	説明
e-type = 1, (11)	エネルギー分点とウェイトをデータで与える。11 の時は、エネルギーを波長(Å)。各ビンに生成される粒子数は w(i) に比例。
ne =	エネルギー群数。ne を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似でエネルギーを決定。データは自由フォーマットで次の様に与える。(e(i), w(i), i=1, ne), e(ne +1)
e-type = 4, (14)	エネルギー分点とウェイトをデータで与える。14 の時は、エネルギーを波長(Å)で与える。各ビンに生成される粒子数は p(i) に比例。
ne =	エネルギー群数。ne を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似でエネルギーを決定。データは自由フォーマットで次の様に与える。デフォルト (p-type=0) で各ビンに等しい個数が生成される。(e(i), w(i), i=1, ne), e(ne +1)
p-type = 0, 1	生成個数のオプション for 0、全てのビンで p(i)=1、以下のデータは無し for 1、各ビンの生成個数比 p(i) を次の行からデータで与える (p(i), i=1, ne)

中性子光学のために、エネルギー分布を波長(Å)で指定できるオプションを設けました。e-type=1、e-type=2 の代わりに e-type=11、e-type=12 を指定すると、エネルギーの入力を全て波長に置き換えて読み込みます。その他の場合は、入力で変換式を使って MeV に直してください。例えば、e0 = 8.180425e-8/13**2 は、13 Å の中性子のエネルギーを与えます。

表 41 : ソースエネルギー分布パラメータ (2)

パラメータ	説明
e-type = 2, (12)	ガウス分布。12 の時は、エネルギーを波長(Å)で与える。
eg0 =	ガウス分布の中心値 (MeV)
eg1 =	ガウス分布の半値幅 (MeV)
eg2 =	ガウス分布のカットオフ最小値 (MeV)
eg3 =	ガウス分布のカットオフ最大値 (MeV)
e-type = 3	Maxwellian 分布 : $f(x) = x^{1.5} \exp(-x/T)$
nm =	(D=-200) エネルギー群数、nm を正の数で与えた時は、分点内線形近似、負の数で与えた時は、分点内対数近似でエネルギーを決定。各ビンに生成される粒子数は、f(x) に比例。
et0 =	温度パラメータ T (MeV)
et1 =	Maxwellian 分布のカットオフ最小値 (MeV)
et2 =	Maxwellian 分布のカットオフ最大値 (MeV)

表 42：ソースエネルギー分布パラメータ (3)

パラメータ	説 明
e-type = 7	Maxwellian 分布 : $f(x) = x^{1.5} \exp(-x/T)$
nm =	(D=-200) エネルギー群数、nm を正の数で与えた時は、分点内線形近似、負の数で与えた時は、分点内対数近似でエネルギーを決定。各ビンに生成される粒子数は、p(i)に比例。デフォルト (p-type=0) で各ビンに等しい個数が生成される。
et0 = et1 = et2 =	温度パラメータ T (MeV) Maxwellian 分布のカットオフ最小値 (MeV) Maxwellian 分布のカットオフ最大値 (MeV)
p-type = 0, 1	(D=0) 生成個数のオプション for 0、全てのビンで p(i)=1、以下のデータは無し for 1、各ビンの生成個数比 p(i) を次の行からデータで与える、 (p(i), i=1, nm)
e-type = 5, (15) f(x) =	エネルギー分布を任意の関数 f(x) で与える。15 の時は、エネルギーを波長 (Å) で与える。任意のエネルギー (x) の関数、Fortran 形式、内部関数や定数が使える。
nm =	エネルギー群数、nm を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似でエネルギーを決定。各ビンに生成される粒子数は、f(x) に比例
eg1 = eg2 =	エネルギー分布のカットオフ最小値 (MeV) エネルギー分布のカットオフ最大値 (MeV)
e-type = 6, (16) f(x) =	エネルギー分布を任意の関数 f(x) で与える。16 の時は、エネルギーを波長 (Å) で与える。任意のエネルギー (x) の関数、Fortran 形式、内部関数や定数が使える。
nm =	エネルギー群数、nm を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似でエネルギーを決定。各ビンに生成される粒子数は、p(i)に比例。デフォルト (p-type=0) で各ビンに等しい個数が生成される。
eg1 = eg2 =	エネルギー分布のカットオフ最小値 (MeV) エネルギー分布のカットオフ最大値 (MeV)
p-type = 0, 1	(D=0) 生成個数のオプション for 0、全てのビンで p(i)=1、以下のデータは無し for 1、各ビンの生成個数比 p(i) を次の行からデータで与える、 (p(i), i=1, nm)

4.3.15 角分布の定義

dir = data を指定した場合は、次のような a-type = で始まる角分布サブセクションが必要です。
(D=***) のあるものは、省略可能です。

表 43 : 角分布パラメータ (1)

パラメータ	説 明
a-type = 1, (11)	角度分点とウェイト ($d\sigma/d\Omega$) をデータで与える。分点は 1 のときは cos で、11 の時は degree で与える。各ビンに生成される粒子数は、w(i) に比例。
na =	角度群数。na を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似で角度を決定。データは自由フォーマットで次の様に与える、(a(i), w(i), i=1, na), a(na +1)。
a-type = 4, (14)	角度分点とウェイト ($d\sigma/d\Omega$) をデータで与える。分点は 4 のときは cos で、14 の時は degree で与える。各ビンに生成される粒子数は、q(i) に比例。
na =	角度群数。na を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似で角度を決定。データは自由フォーマットで次の様に与える、(a(i), w(i), i=1, na), a(na +1)。
q-type = 0, 1	(D=0) 生成個数のオプション for 0、全てのビンで q(i)=1、以下のデータは無し for 1、各ビンの生成個数比 q(i) を次の行からデータで与える、(q(i), i=1, na)

表 44 : 角分布パラメータ (2)

パラメータ	説 明
a-type = 5, (15)	角度分布 ($d\sigma/d\Omega$) を任意の関数 g(x)。分点は 5 のときは cos で、15 の時は degree で与える。任意の角度(x)の関数、Fortran 形式、内部関数や定数が使える。
g(x) =	
nn =	角度群数、nn を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似で角度を決定。各ビンに生成される粒子数は、g(x) に比例。
ag1 =	角度分布のカットオフ最小値
ag2 =	角度分布のカットオフ最大値
a-type = 6, (16)	角度分布 ($d\sigma/d\Omega$) を任意の関数 g(x) で与える。分点は 6 のときは cos で、16 の時は degree で与える。任意の角度(x)の関数、Fortran 形式、内部関数や定数が使える。
g(x) =	
nn =	角度群数、nn を正の数で与えた時は分点内線形近似、負の数で与えた時は分点内対数近似で角度を決定。各ビンに生成される粒子数は、q(i) に比例、デフォルト (q-type=0) で各ビンに等しい個数が生成される。
ag1 =	角度分布のカットオフ最小値
ag2 =	角度分布のカットオフ最大値
q-type = 0, 1	(D=0) 生成個数のオプション for 0、全てのビンで a(i)=1、以下のデータは無し for 1、各ビンの生成個数比 a(i) を次の行からデータで与える、(q(i), i=1, nn)

4.3.16 マルチソースの例題

マルチソースの例題を紹介する。この例題には、関数を用いたエネルギー分布や、角度分布の例も含まれている。まず、ソースセクションのリストを示す。

List 4.2 ●マルチソース例題

```
1:  [ S o u r c e ]
2:  totfact = 3
3:  <source> = 9.72
4:  s-type = 4
5:  proj = proton
6:  z0 = 2
7:  z1 = 29
8:  r0 = 5
9:  r1 = 4
10: dir = 0.0
11: e-type = 6
12: eg1 = 1.e-6
13: eg2 = 1.e-3
14: nm = -200
15: set: c10[1.e-4]
16: f(x) = x**(1.5)*exp(-x/c10)
17: <source> = 1
18: s-type = 4
19: proj = photon
20: z0 = 1
21: z1 = 2
22: r0 = 5
23: dir = -1
24: e-type = 5
25: eg1 = 1.e-3
26: eg2 = 5.e-1
27: nm = 200
28: set: c10[1.e-1]
29: set: c20[1.e-1/2.35482]
30: f(x) = exp(-(x-c10)**2/2/c20**2)
31: <source> = 1
32: s-type = 4
33: proj = neutron
34: z0 = 29
35: z1 = 30
36: r0 = 5
37: e-type = 6
38: eg1 = 1.e-2
39: eg2 = 1.e+3
40: nm = -200
41: set: c10[92.469]
42: set: c20[5.644e+10]
43: f(x) = c10/c20*exp(-sqrt(x*(x+1876))/c10)*(x+938)/sqrt(x*(x+1876))
44: dir = data
45: a-type = 5
```

```

46:      ag1 = 0
47:      ag2 = 1
48:      nn = 200
49:      g(x) = exp(-(x-1)**2/0.3**2)

```

この例題には、3つの<source>で始まるソースが含まれる。最初のソースは、円柱で z が 2cm から 29cm で、半径が 5cm、ただし、 $r1=4$ が定義してあるので、半径 4cm の内側は含まれていない。中空の円柱ソースである。次のソースは、やはり円柱で半径 5cm、 z が 1cm から 2cm までの厚さが 1cm の薄い円柱である。最後のソースは、前と同じ薄い円柱で、 z 座標が 29cm から 30cm までである。各ソースの<source>に定義される、各ソースの相対比である。ここでは、各ソースの体積比になっている。従って、このマルチソースでは、定義されるソース領域に均一に粒子が生成される。この座標分布を[t-product]で output=source、icntl=6 で計算したものを以下に示す。このソースは、円柱の表面、厚さ 1cm の領域を定義している。

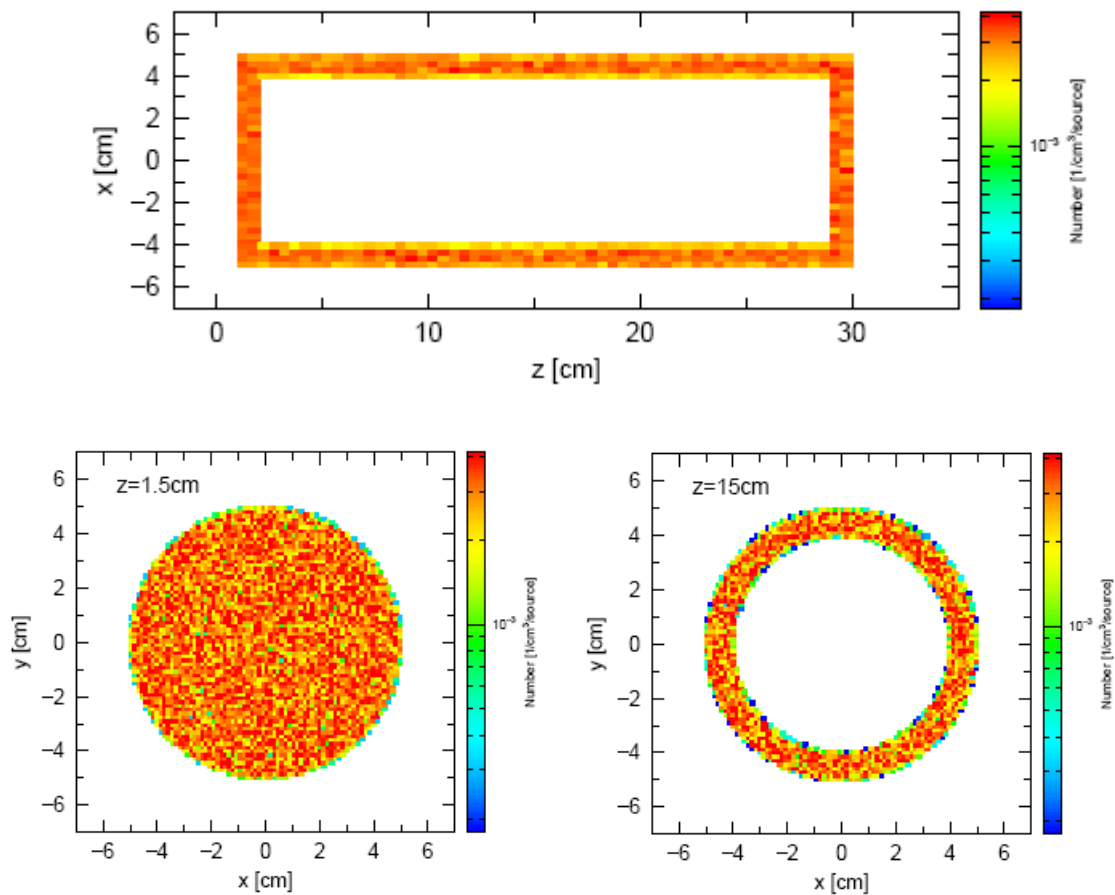


図 1：マルチソース、空間分布

次に、3 つのソースは、ソース粒子が、陽子、光子、そして中性子である。それぞれエネルギー分布が関数で定義してある。最初のものは、Maxwellian 分布、次がガウス分布、最後が任意の関数である。最初の Maxwellian 分布は、e-type=7 の

```
e-type = 7
et0 = 1.e-4
et1 = 1.e-6
et2 = 1.e-3
```

と同義である。また、2 番目のガウス分布は、e-type=2 の

```
e-type = 2
eg0 = 1.e-1
eg1 = 1.e-1
eg2 = 1.e-4
eg3 = 5.e-1
```

と同義である。

これらのエネルギー分布を、やはり、[t-product]で output=source、icntl=6 で計算したものを以下に示す。結果は、粒子ごとにプロットしているので、各ソースごとのエネルギー分布が色別に表されている。

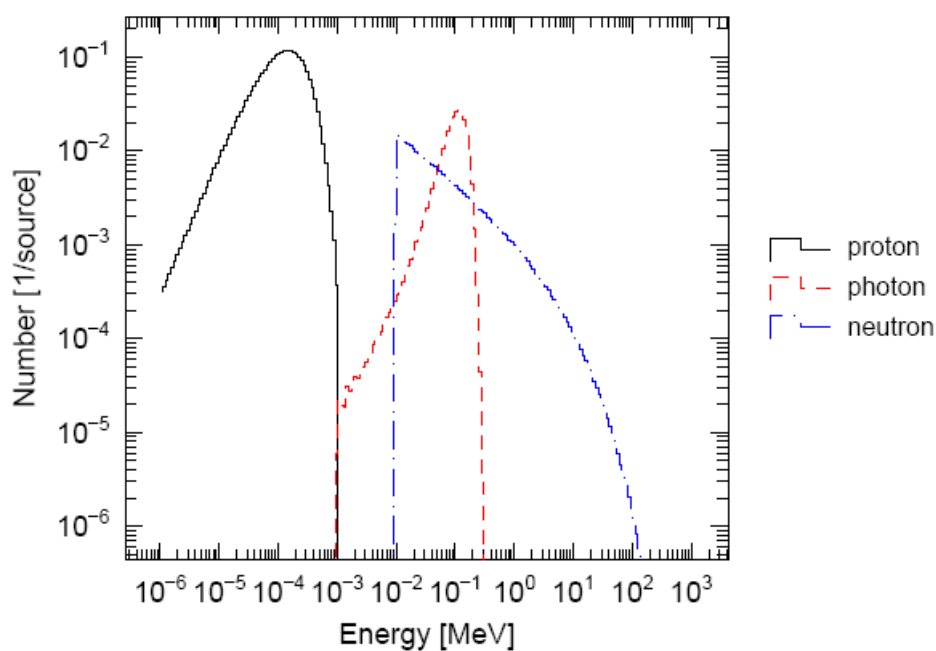


図 2 : マルチソース、エネルギー分布

最初のソースは、dir=0、即ち 90 度方向、2 番目が dir=-1、180 度方向、3 番目が dir=data で角度分布を持つ。ここでは、0 度を中心としたガウス分布が関数形で定義されている。この結果は、[t-cross]を用いて次のように表される。

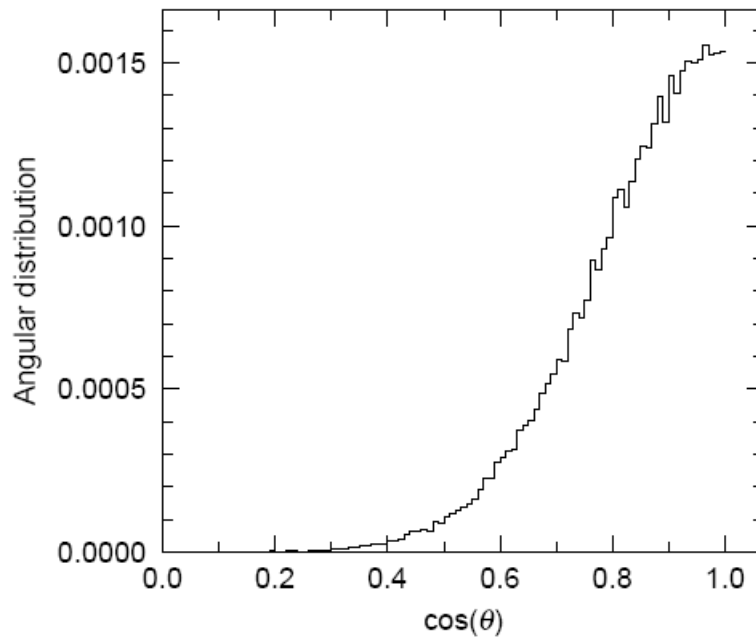


図 3：マルチソース、角度分布

4.3.17 ダクトソースオプション

中性子分光施設の非常に長い中性子導管を扱うために、特別なソースを生成するダクトソースオプションを作りました。等方的なソースを仮定すると、長いビームラインの中のカレントは、立体角の関係からソースの位置からの距離の二乗に反比例します。このことは、ビームラインの壁にぶつかるカレントは、“wall current”と呼びますが、例えば 100 m 位置で、1 m 位置に比べて 6 桁小さくなります。このような状況での計算の統計を上げるために、粒子のウエイトを変化させて、シミュレーション粒子の wall current が、ビームラインのどの場所でも同じになるようなオプションを設けました。

このダクトソースオプションは、s-type = 1, 4, 2, 5 の円柱と角柱のソースに dom = -10 を指定することにより適応されます。各パラメータとその意味を下にまとめます。

表 45：ダクトソースオプションのパラメータ

パラメータ	説 明
dom = -10	ダクトソースの指定
d10 =	ビームラインの始点、z0 からの距離 (cm)
d11 =	ダクトソースの始点、z0 からの距離 (cm)
d12 =	ダクトソースの終点、z0 からの距離 (cm)
dpf =	d12 を通過する粒子の割合
drd =	s-type = 1, 4 円柱の時のビームラインの半径 (cm)
dxw =	s-type = 2, 5 角柱の時のビームラインの X サイズ (cm)
dyw =	s-type = 2, 5 角柱の時のビームラインの Y サイズ (cm)

ビームラインの形状は、s-type = 1, 4 の時は円柱、s-type = 2, 5 の時は角柱を仮定しています。また、 $z1 = z0$ と $dir = 1$ も仮定しています。後者は、ビームラインの方向です。これを変更する時は、trcl を用いてください。ソース粒子は、 $z0$ 地点で、s-type = 1, 4 の時は $r0$ の内部、もしくは、s-type = 2, 5 の時は $x0, x1, y0, y1$ の内部で生成されます。

ソース粒子の方向は、ダクトに当たる位置から決定されます。 $d11$ から $d12$ の間のダクトに粒子が均一に当たるように壁の位置が決められます。そのとき、等方分布を仮定して粒子のウエイトが決められます。全体の規格化定数は、 $z0$ 地点で $d10$ 地点のダクト面積と同じ領域で発生した粒子が $d10$ 地点のダクトを通過する粒子数で規格化されます。通常、 $d10$ から $d12$ のダクト壁から全てのソース領域が見える時、この規格化定数は 1 です。もし、 $z0$ 地点でのソース領域が、 $d10$ 地点のダクト面積より大きい場合は、 $z0$ 地点でダクト面積より大きい領域からダクトに入った粒子は、ソース粒子の規格化には含まれません。このことは、 $z0$ 地点でダクト面積より大きい領域からダクトに入った粒子は、規格化定数を変えずにダクト管内のカレントを増加させます。このダクトソースでは、粒子のソース位置での角分布は、ビームラインの方向のダクト面積の立体角で均一であるということを仮定しています。

次に、簡単な例題を示します。最初の例は、角柱のビームラインを仮定し、ソースサイズとガイド断面積は同じとしています。ダクトソースのセクションは、

List 4.3 ●ダクトソースオプション例題 1

```
1  [ S o u r c e ]
2:
3:  set: c1[200]    $dl0
4:  set: c2[500]    $dl1
5:  set: c3[5000]   $dl2
6:  set: c4[5.0]    $x*2 at z0
7:  set: c5[5.0]    $y*2 at z0
8:  set: c10[5.0]   $dxw
9:  set: c20[5.0]   $dyw
10: set: c30[0.001] $dpf
11:
12: s-type = 2
13: proj  = neutron
14: e0    = 20.0
15: x0    = -c4/2
16: x1    = c4/2
17: y0    = -c5/2
18: y1    = c5/2
19: z0    = 0.0
20: z1    = 0.0
21: dir   = 1.0
22: phi   = 0.0
23:
24: dom = -10
25: dl0 = c1
26: dl1 = c2
27: dl2 = c3
28: dxw = c10
29: dyw = c20
30: dpf = c30
```

最初のパートでこのダクトソースに必要な定数、dl0, dl1, dl2 と dxw, dyw, dpf を定義しています。次のパートで、ソースの位置、エネルギーを定義しています。最後のパートで、ダクトソースのパラメータを定義しています。ここでは、5m から 50m のビームラインの中の current と wall current を[t-cross]タリーを用いて計算しています。結果を以下の図に示します。同じ図に、理想的な場合の解析的な解、つまり、current が $1/L^2$ に比例し、wall current が $1/L^3$ に比例するグラフも描いてあります。十字の印が、dl0 の位置です。ここの current が 1 です。ダクトソースオプションの結果は、理想的な場合と完全に一致しています。

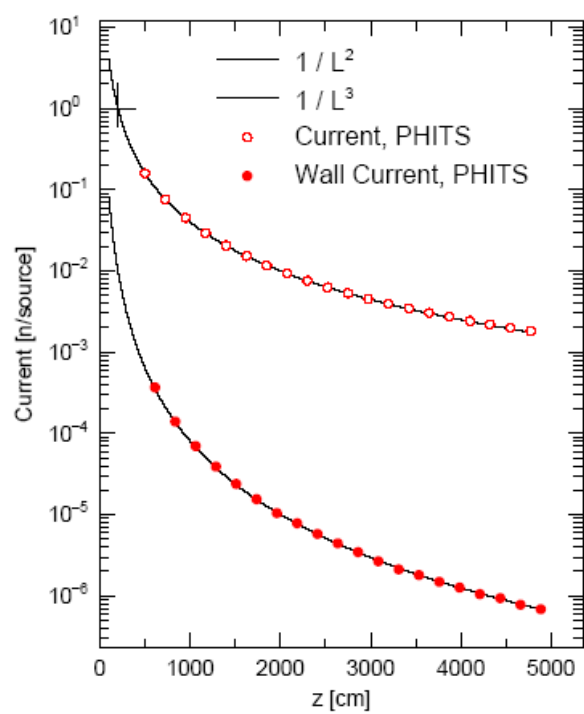


図 4 : ダクトソースオプション例題 1

次の例題は、ソース領域の大きさを変えたものです。

List 4.4 ●ダクトソースオプション例題 2

```
1  [ S o u r c e ]
2:
3:  set: c1[200]    $dl0
4:  set: c2[500]    $dl1
5:  set: c3[5000]   $dl2
6:  set: c4[10.0]   $x*2 at z0
7:  set: c5[10.0]   $y*2 at z0
8:  set: c10[5.0]   $dxw
9:  set: c20[5.0]   $dyw
10: set: c30[0.001] $dpf
11:
12: s-type = 2
13: proj   = neutron
14: e0      = 20.0
15: x0      = -c4/2
16: x1      = c4/2
17: y0      = -c5/2
18: y1      = c5/2
19: z0      = 0.0
20: z1      = 0.0
21: dir     = 1.0
22: phi     = 0.0
23:
24: dom = -10
25: dl0 = c1
26: dl1 = c2
27: dl2 = c3
28: dxw = c10
29: dyw = c20
30: dpf = c30
```

次のグラフが示すように、この例題では、current、wall current とともに増加しています。この増加分がソース領域のダクトより大きい部分からの寄与を示します。従って、このオプションによって、ソースのマージン領域からの寄与を自動的に扱うことができます。

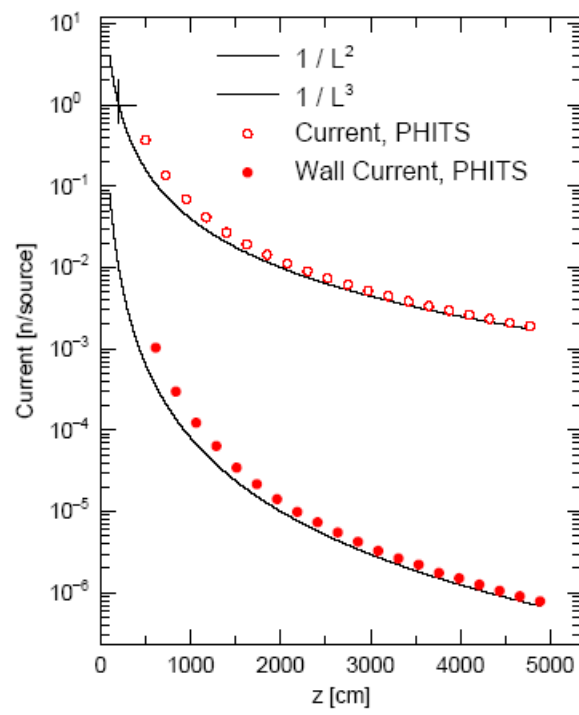


図 5 : ダクトソースオプション例題 2

4.4 [Material] セクション

4.4.1 書式

このセクションでは、体系を構成する物質を定義します。書式は次の2種類があります。

最初は、従来の書式で、

```
[Material]
MAT[m]
    nucleus density
    nucleus density
    nucleus density
    nucleus density
MAT[m]
    keyword=value .....
    nucleus density
    nucleus density
    MTm S( $\alpha$ ,  $\beta$ ) identifier ....
MAT[m]
    .....
    .....
```

この書式に加えて以下の入力ファイルの物質定義の書式も使えます。

```
[Material]
Mm nucleus density      nucleus density
    nucleus density}    nucleus density
Mm
    keyword=value .....
    nucleus density      nucleus density
    nucleus density      nucleus density
    MTm S( $\alpha$ ,  $\beta$ ) identifier ....
Mm
    .....
    .....
```

ここで、 m は、物質番号で重ならない限り 9999 まで自由です。

4.4.2 核種の定義

nucleus は、核種の定義で、208Pb、Pb-208、82208 どの形式でも可能です。水素は、1H、H-1、1001 と指定します。質量数をゼロにすると、即ち、Pb、82000 とすると、その原子の天然同位体比を仮定します。核データを用いる時は、この核種の記述の後のピリオドに続け、ライブラリーの番号(2桁の数字)、データのクラス(1文字のアルファベット)で指定します。例えば、208Pb. 24c、Pb-208. 24c、82208. 24c です。

4.4.3 密度の定義

*density*は密度の定義で、単位は、*density*が正の時は、粒子密度[10^{24} atoms/cm³]、負の時は、質量密度[g/cm³]です。これらの密度は、[region]、[cell]セクションで、密度が定義されていれば、それらによって再規格化されます。従って、[region]、[cell]セクションで密度が定義されている時は、このセクションでの定義は、密度である必要はなく粒子数の比でもかまいません。

4.4.4 物質パラメータ

核データを使う領域に関して、物質毎のパラメータを *keyword=value* の形で指定します。挿入場所は、その物質のサブセクション中なら自由です。指定できるパラメータとその意味は以下の通りです。

表 46：物質パラメータ

パラメータ	値	説 明
GAS	(D = 0) = 0 = 1	電子の阻止能の密度効果 液体もしくは固体の計算に適する 気体の計算に適する
ESTEP	= <i>n</i>	電子輸送のサブステップの数を <i>n</i> にする <i>n</i> が build-in のデフォルト値より小さい時は無視される
NLIB	= <i>id</i>	デフォルトの中性子ライブラリー番号を <i>id</i> にする
PLIB	= <i>id</i>	デフォルトの光子ライブラリー番号を <i>id</i> にする
ELIB	= <i>id</i>	デフォルトの電子ライブラリー番号を <i>id</i> にする
HLIB	= <i>id</i>	デフォルトの陽子ライブラリー番号を <i>id</i> にする
COND	< 0 = 0 > 0	伝導体設定 絶縁体 (Default) 1 個でも絶縁体があれば絶縁体、それ以外は伝導体 1 個でも伝導体があれば伝導体

4.4.5 $S(\alpha, \beta)$ の指定

$S(\alpha, \beta)$ のライブラリーの指定をします。書式は MTm カードと同じです。ただし、同じ物質のサブセクションの中で指定します。従って MTm の m は、その物質の物質番号です。

4.4.6 例題

幾つかの例題を下に示します。

List 4.5 ● material example (1)

```
1: [ M a t e r i a l ]
2: MAT[ 1 ]
3:   1H          1.0000000E-04
4:  208Pb       1.7238000E-02
5:  204Pb       4.6801000E-04
6:  206Pb       7.9430000E-03
7:  207Pb       7.2838000E-03
8: MAT[ 2 ]
9:   1H          1.0000000E-09
10:  14N         4.6801000E-05
11:  160         7.9430000E-06
```

核種と密度の順番は、核種-密度がデフォルトで、これを逆にしたいときは、

List 4.6 ● material example (2)

```
1: [ M a t e r i a l ]
2:   den          nuc      <-----
3: MAT[ 1 ]
4: 1.0000000E-04      1H
5: 1.7238000E-02      208Pb
6: 4.6801000E-04      204Pb
7: 7.9430000E-03      206Pb
8: 7.2838000E-03      207Pb
9: MAT[ 2 ]
10: 1.0000000E-09      1H
11: 4.6801000E-05      14N
12: 7.9430000E-06      160
```

のように、den nuc を入れて定義します。

List 4.7 ● material example (3)

```

1:  [ M a t e r i a l ]
2:  m1      80196.49c  5.9595d-5
3:          80198.49c  3.9611d-3
4:          80199.49c  6.7025d-3
5:          80200.49c  9.1776d-3
6:          80201.49c  5.2364d-3
7:          80202.49c  1.1863d-2
8:          80204.49c  2.2795d-3
9:  c      ...Be...
10: m3      4009.37c  1.2362E-1
11: mt3     be.01
12: c      ...h2o (25C)...
13: m4      1001.37c  6.6658d-2      8016.37c  3.3329d-2
14: mt4     lwtr.01
15: c      ...b4c (natural boron; 25%-density)...
16: m5      6012.37c  6.8118d-3
17:          5011.37c  2.1825d-2
18: c      ...liquid-h2 (20K)...
19: m6      1001.49c  3.1371d-2      1011.49c  1.0457d-2
20: mt6     orthoh.00  parah.00

```

4.5 [B o d y] セクション

4.5.1 書式

このセクションでは、CG 体系の幾何形状を構成する body を定義します。このセクションの場合、セクション名の後に幾何形状のコメントを入れられます。その時、コメントの最初が off で始まるとこのセクションを読み飛ばしてしまいますので、注意して下さい。

このセクションの初めの部分に、idbg、ibod、naz のパラメータを記述することができます。省略した場合デフォルト値が入ります。

表 47 : body コントロールパラメータ

name	値	説 明
idbg	(D = 0) = 0 = 1 = 2	デバッグ用オプション 無し CG のインプットエコー CG のデバッグ用出力
ibod	(D=1) = 0 > 0	body 番号のオプション body 番号入力省略 body 番号入力
NLIB PLIB ELIB HLIB	= <i>id</i> = <i>id</i> = <i>id</i> = <i>id</i>	デフォルトの中性子ライブラリー番号を <i>id</i> にする デフォルトの光子ライブラリー番号を <i>id</i> にする デフォルトの電子ライブラリー番号を <i>id</i> にする デフォルトの陽子ライブラリー番号を <i>id</i> にする
naz	(D=0) = 0 > 0	接する領域の情報を保持するための配列サイズ、領域あたり 最低 5 領域分は割り当ててあり、これより多く必要とする場 合数値を指定する(通常 0 を入力) 通常値 接する領域数の最大値

これらのパラメータは、一行に書くことが可能で、

idbg = 0 ; ibod = 1 ; naz = 0

となります。

body を定義するのに必要なデータは、body 名シンボル(sym)、body 番号(num)、body 形状データ(def)です。これらのデータの並びは、変更可能ですが、body 形状データは必ず最後にくる必要があります。デフォルトは、

num sym def

です。この 3 つのほかに読み飛ばしたいコラムがある場合、non を使います。body 名シンボル、body 形状データの詳細は、これまでと同じですから、以前のマニュアルを見てください。body 番号を省略した場合、上から順に番号を自動的に付けます。body 形状データは、1 行で収まらない場合は、継続行のシンボル無しに複数行に書いても自動的に読み込みます。以下に幾つかの例題を示します。

4.5.2 例題

List 4.8 ● body example (1)

```

1: [ B o d y ]   body example 1
2:      1   rpp   -7.500000E+00  7.500000E+00
3:      1   rpp   -7.500000E+00  7.500000E+00
4:      1   rpp   -1.000000E+01  1.000000E+01
5:      2   sph    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  9.990000E+01
6:      3   sph    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  1.000000E+02

```

List 4.9 ● body example (2)

```

1: [ B o d y ]   body example 2
2:   idbg = 0 ;   ibod = 0 ;   naz = 0
3:      rpp   -7.500000E+00  7.500000E+00
4:      rpp   -7.500000E+00  7.500000E+00
5:      rpp   -1.000000E+01  1.000000E+01
6:      sph    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  9.990000E+01
7:      sph    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  1.000000E+02

```

List 4.10 ● body example (3)

```

1: [ B o d y ]   body example 3
2:   idbg = 0 ;   ibod = 1 ;   naz = 0
3:   num   sym   def
4:      1   rpp   -7.500000E+00  7.500000E+00
5:      1   rpp   -7.500000E+00  7.500000E+00
6:      1   rpp   -1.000000E+01  1.000000E+01
7:      2   sph    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  9.990000E+01
8:      3   sph    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  1.000000E+02

```

List 4.11 ● body example (4)

```

1: [ B o d y ]   body example 4
2:   idbg = 0 ;   ibod = 1 ;   naz = 0
3:   non   sym   num   def
4:      1   rpp   5   -7.500000E+00  7.500000E+00 -7.500000E+00  7.500000E+00
5:      1   rpp   5   -1.000000E+01  1.000000E+01
6:      2   sph   7    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  9.990000E+01
7:      3   sph   8    0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00  1.000000E+02

```

最後の例題の場合、body 番号は 3 番目のコラムで定義され、第 1 コラムは読み飛ばされます。

4.6 [R e g i o n] セクション

4.6.1 書式

このセクションでは、CGの幾何形状、importance(必要なら)、volume(必要なら)、density(必要なら)を定義します。必要なデータは、領域番号(num)、物質番号(mat)、領域識別シンボル(sym)、定義文(def)、必要ならば、volume(vol)、importance(imp)、density(den)です。領域番号は、1～9999までです。これらのデータの並びは、デフォルトで、

num mat sym def

です。これ以外のデータの並びを使うときは、これらのシンボルを用いてデータ並びを定義する必要があります。但し、defだけは最後に位置しなければなりません。また、defでは数式や変数は使えません。

読み飛ばしたいコラムがあるときは、nonを使います。定義文は、1行で収まらない場合は、継続行のシンボル無しに¥index{けいぞくぎょう@継続行}複数行に書いても自動的に読み込みます。領域識別シンボルは、3文字までの文字列です。

densityの定義のないときは、[material]セクションで定義された密度がそのまま使われます。densityの定義がある場合は、[material]セクションで定義された密度が再規格化されて用いられます。単位は、densityが正の時は粒子密度[10^{24} atoms/cm³]、負の時は質量密度[g/cm³]です。

物質番号で[material]セクションで定義した物質を指定します。

ただし、“-1”と“0”は特別な意味を持ちます。“-1”は外部ボイド、“0”は内部ボイドを意味します。¹

4.6.2 例題

以下に幾つかの例題を示します。

List 4.12 ● region example (1)

```
1: [ R e g i o n ]
2:   1      1  tgt   +1
3:   2      2  iA5  -2 +3 +6 -7
4:   3      2  oA5  -3 +4 +6 -7
5:   4      2  iA2  -2 +3 +8 -9
6:   5      2  oA2  -3 +4 +8 -9
```

List 4.13 ● region example (2)

```
1: [ R e g i o n ]
2:   num    mat    imp          vol          sym      def
3:   1      1    1.000000    1.000000    tgt      +1
4:   2      2    2.000000    2.000000    iA5     -2 +3 +6 -7
5:   3      2    4.000000    1.000000    oA5     -3 +4 +6 -7
6:   4      2    8.000000    1.000000    iA2     -2 +3 +8 -9
```

¹ 以前は“0”が外部ボイド、“1000”が内部ボイドでした。ver.2以前のままでは動きませんから注意して下さい。

```
7:      5      2  16.00000      3.000000      oA2      -3 +4 +8 -9
```

List 4.14 ● region example (3)

```
1:  [ R e g i o n ]
2:  num    mat    non      non      sym      def
3:    1      1  1.000000  0.0      tgt      +1
4:    2      2  2.000000  0.0      iA5      -2 +3 +6 -7
5:    3      2  4.000000  0.0      oA5      -3 +4 +6 -7
6:    4      2  8.000000  0.0      iA2      -2 +3 +8 -9
7:    5      2 16.000000  0.0      oA2      -3 +4 +8 -9
```

例題(1)と例題(3)は、同じ定義です。例題(2)で importance を無しにしたいときは、imp を non に変えます。また、importance の値が全て同じ場合は、importance を考慮しません。importance が粒子毎に定義できることにともなって、region セクションで imp を用いて定義する importance は、全粒子に作用します。

4.7 [C e l l] セクション

4.7.1 書式

このセクションでは、入力ファイルのセルの定義を行います。PHITS では、外部ボイドを明示的に設定しなければなりません。コメント文字としてCも使えます。ただし、セルの定義に#を用いますので、PHITS の入力ファイルでのコメント文字#は、このセクションでは利用できません。C以外のコメント文字としては\$のみ用いることができます。ファイルのインクルード文、定数定義などは、セクションの途中でも用いることが出来ます。継続行には、先頭に5桁の空白が必要です。

書式はセル番号、物質番号、物質密度、セル定義文、キーワード形式のセルパラメータの順番です。また、LIKE *n* BUT の表式も使えます。キーワード形式のセルパラメータとしては、U, TRCL, LAT, FILL, VOL, TMP が使えます。また LIKE *n* BUT の場合は、これに加えて、MAT, RHO が使えます。

物質密度の単位は、density が正の時は粒子密度[10^{24} atoms/cm³]、負の時は質量密度[g/cm³]です。また、この物質密度では定数や数式が使えます。セル番号、物質番号は、1～9999 までです。

書式と例題は以下の通りです。

[C e l l]				
セル番号	物質番号	物質密度	セル定義文	セルパラメータ
セル番号	LIKE <i>n</i> BUT	セルパラメータ		

表 48：セル記述書式

項 目	説 明
セル番号	1～9999
物質番号	内部ボイドのとき 0、外部ボイドのとき-1 を指定。その他は、[material] セクションで指定された物質番号。
物質密度	もしセルがボイドなら入力しない。 単位は、密度が正の時は粒子密度[10^{24} atoms/cm ³]、負の時は質量密度[g/cm ³]です ここで指定した原子数密度は、[material]}セクションで指定した物質の全体の密度を再定義することとなります 従って、同じ組成で密度の異なる物質を定義可能となります その際、異なる物質番号を付加するパラメータ matadd を加えました
セル定義文	セルの幾何形状の記述。[surface]セクションで定義された面の面番号と演算子()：#の記号を用います。
LIKE <i>n</i> BUT	このセルは、 <i>n</i> セルと同じで、BUT 以下に記述されるパラメータの値だけが違います。
セルパラメータ	書式は、keyword=value。キーワードとしては、U, TRCL, LAT, FILL, VOL, TMP が使えます。また LIKE <i>n</i> BUT の場合は、これに加えて、MAT, RHO が使えます。

4.7.2 例題

List 4.15 ● [cell]} セクションの例題 (1)

```

1:  [ C e l l ]
2:  1  1  3.9279695E-02  6 -9 -1
3:  2  2  3.2932810E-02  7 -9 1 -2
4:  3  3  8.4759130E-02  8 -9 2 -3
5:  4  4  5.4744000E-05  5 -10 -4
6:                                     #1 #2 #3
7:  5 -1                               -5 : 10 : 4

```

List 4.16 ● [cell]} セクションの例題 (2)

```

1:  [ C e l l ]
2:  1  0 -1 fill=1
3:  2  0 -4 u=1 lat=1 fill= 0:0 0:0 0:2 5 6 7
4:  5  0 -2 u=5 lat=1 fill= -1:1 0:0 0:0 3 2 3
5:  6 like 5 but u=6
6:  7 like 5 but u=7
7:  3  3  8.4759130E-04  3 u=2
8:  4  2  3.2932810E-02 -3 u=2
9: 13  3  8.4759130E-04 -3 u=3
10: 14  2  3.2932810E-02  3 u=3
11:  8 -1 +1

```

List 4.17 ● [cell]} セクションの例題 (3)

```

1:  [ C e l l ]
2:  2  1 9.03305e-02 11 -12 -13
3:  3  2 3.97300E-02 21 -22 23 -24 25 -26
4:  4 12 8.89397e-02 51 -52 -53
5:  5  4 9.99870e-02 52 -54 -53
6:  6 12 8.89397e-02 54 -55 -53
7: 10 15 6.40025e-02 11 -14 13 -16 :
8:                                     14 -15 13 -17 :
9:                                     15 -12 13 -16
10: 11  0 14 -15 -16 17
11: 61  8 5.98037e-05 61 -62 63 -64 65 -66 trcl=(0 0 450) fill=1
12: 62 like 61 but trcl=(0 0 610)
13: 63 like 61 but trcl=(0 0 1190)
14: 64 like 61 but trcl=(0 0 1350)
15: 65 like 61 but trcl=(0 0 1920)
16: 66 like 61 but trcl=(0 0 2710)
17: 90  8 5.98037e-05 #( 101 -102 103 -104 105 -106)
18:                                     151 #250 #130
19:                                     #( 191 -192 193 -202)
20:                                     #( 191 -192 203 -212) u=1
21: . . . . .
22: . . . . .

```


4.8 [Surface] セクション

4.8.1 書式

このセクションでは、入力ファイルの面(surface)の定義を行います。コメント文字として C も使えます。ただし、C 以外のコメント文字としては\$のみ用いることができます。ファイルのインクルード文、定数定義などは、セクションの途中でも用いることが出来ます。継続行には、先頭に 5 桁の空白が必要です。

書式は、面番号、座標変換番号、面記号、面定義数値の順番です。面定義数値では定数や数式が使えます。マクロボディーによる面の定義も可能です。面番号は、PHITS の制約で、1～9999 までです。MCNP と同様、面番号の前に “*” をつけると全反射面、“+” をつけると白色反射面を定義できます。

書式と例題は以下の通りです。

[Surface]			
面番号	座標変換番号	面記号	面定義数値

表 49 : 面記述書式

項 目	説 明
面番号	1～9999
座標変換番号	座標変換無しなら入力しない。座標変換がある場合は、[transform]セクションの TRn の番号 n
面記号	面カード表の面記号もしくはマクロボディーの記号
面定義数値	面により 1 個から 15 個の入力値

4.8.2 例題

List 4.18 ● [surface]] セクションの例題 (1)

```
1:  [surface]
2:   1  cz   5.0
3:   2  cz  10.0
4:   3  cz  15.0
5:   4  cz  20.0
6:   5  pz   0.0
7:   6  pz   5.0
8:   7  pz  10.0
9:   8  pz  15.0
10:  9  pz  55.0
11: 10  pz  60.0
```

表 50 : 面カード

面記号	形 式	解 説	方程式	入力数値
P	平面	汎用	$Ax + By + Cz - D = 0$	$A \ B \ C \ D$
PX		X 軸に垂直	$x - D = 0$	D
PY		Y 軸に垂直	$y - D = 0$	D
PZ		Z 軸に垂直	$z - D = 0$	D
S0	球	中心は原点	$x^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0$	R
S		汎用	$(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ R$
SX		中心が X 軸上	$(x - \bar{x})^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0$	$\bar{x} \ R$
SY		中心が Y 軸上	$x^2 + (y - \bar{y})^2 + z^2 - R^2 = 0$	$\bar{y} \ R$
SZ		中心が Z 軸上	$x^2 + y^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	$\bar{z} \ R$
C/X	円柱	X 軸に平行	$(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	$\bar{y} \ \bar{z} \ R$
C/Y		Y 軸に平行	$(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	$\bar{x} \ \bar{z} \ R$
C/Z		Z 軸に平行	$(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 - R^2 = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ R$
CX		X 軸上	$y^2 + z^2 - R^2 = 0$	R
CY		Y 軸上	$x^2 + z^2 - R^2 = 0$	R
CZ		Z 軸上	$x^2 + y^2 - R^2 = 0$	R

表 51：面カード

面記号	形 式	解 説	方程式	入力数値
K/X K/Y K/Z KX KY KZ	円錐	X 軸に平行 Y 軸に平行 Z 軸に平行 X 軸上 Y 軸上 Z 軸上	$\sqrt{(y-\bar{y})^2 + (z-\bar{z})^2} - t(x-\bar{x}) = 0$ $\sqrt{(x-\bar{x})^2 + (z-\bar{z})^2} - t(y-\bar{y}) = 0$ $\sqrt{(x-\bar{x})^2 + (y-\bar{y})^2} - t(z-\bar{z}) = 0$ $\sqrt{y^2 + z^2} - t(x-\bar{x}) = 0$ $\sqrt{x^2 + z^2} - t(y-\bar{y}) = 0$ $\sqrt{x^2 + y^2} - t(z-\bar{z}) = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$ $\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$ $\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$ $\bar{x} \ t^2 \pm 1$ $\bar{y} \ t^2 \pm 1$ $\bar{z} \ t^2 \pm 1$ ± 1 は 1 シート の円錐のみ指 定
SQ	楕円 双曲面 放物面	X、Y または Z 軸に平行な 軸	$A(x-\bar{x})^2 + B(y-\bar{y})^2 + C(z-\bar{z})^2$ $+ 2D(x-\bar{x}) + 2E(y-\bar{y}) + 2F(z-\bar{z})$ $+ G = 0$	$A \ B \ C \ D \ E$ $F \ G \ \bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z}$
GQ	円柱 円錐 楕円 双曲面 放物面	X、Y または Z 軸に平行で ない軸	$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fzx$ $+ Gx + Hy + Jz + K = 0$	$A \ B \ C \ D \ E$ $F \ G \ H \ J \ K$
TX TY TZ	楕円環体 円環体		$\frac{(x-\bar{x})^2}{B^2} + (\sqrt{(y-\bar{y})^2 + (z-\bar{z})^2} - A)^2 / C^2 - 1 = 0$ $\frac{(y-\bar{y})^2}{B^2} + (\sqrt{(x-\bar{x})^2 + (z-\bar{z})^2} - A)^2 / C^2 - 1 = 0$ $\frac{(z-\bar{z})^2}{B^2} + (\sqrt{(x-\bar{x})^2 + (y-\bar{y})^2} - A)^2 / C^2 - 1 = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ A \ B \ C$ $\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ A \ B \ C$ $\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ A \ B \ C$
XY ZP		点により 定義された 面		

4.8.3 マクロボディー

表 52 : マクロボディーカード

記号	形 式	入力数値	解 説
BOX	任意の BOX 平面 (全ての角が 90 度)	$V_x V_y V_z$ $A1x A1y A1z$ $A2x A2y A2z$ $A3x A3y A3z$	基点の座標 基点からの第 1 面のベクター 基点からの第 2 面のベクター 基点からの第 3 面のベクター
RPP	直方体 (各面が xyz に垂直)	$X_{min} X_{max}$ $Y_{min} Y_{max}$ $Z_{min} Z_{max}$	x 座標の最小値、最大値 y 座標の最小値、最大値 z 座標の最小値、最大値
SPH	球 (汎用球 S と同じ)	$V_x V_y V_z$ R	中心座標 球の半径
RCC	円柱	$V_x V_y V_z$ $H_x H_y H_z$ R	底面の中心座標 底面中心からの上面中心へのベクター 円柱の半径
RHP or HEX	任意の 6 角柱 プリズム	$v1 v2 v3$ $h1 h2 h3$ $r1 r2 r3$ $s1 s2 s3$ $t1 t2 t3$	基点の座標 基点からの高さベクター 基点からの第 1 面へのベクター 基点からの第 2 面へのベクター 基点からの第 3 面へのベクター

4.8.4 例題

List 4.19 ● [surface]セクションの例題 (2) [cell]セクション例題 (2) に対応

```

1: [surface]
2: 1 rpp -15 15 -5 5 0 60
3: 2 rpp -5 5 -5 5 0 20
4: 4 rpp -15 15 -5 5 0 20
5: 5 rpp -20 20 -5 5 0 40
6: 6 rpp -20 20 -5 5 0 20
7: 7 rpp -20 20 -5 5 40 60
8: 3 c/y 0 10 4

```

4.8.5 マクロボディーの面定義

マクロボディーで定義した面をセル定義文で使うときは、マイナス記号がマクロボディーの内側、プラス記号が外側を表します。マクロボディーを構成するそれぞれの面もセル定義文で使うことができます。その時は、マクロボディー番号の次にドットを入れ、それぞれの面の番号を付けます。それぞれの面の番号は以下の通りです。

表 53 : マクロボディー面番号

記号	面番号	解 説
BOX	1	$A1x$ $A1y$ $A1z$ の終点に垂直な面
	2	$A1x$ $A1y$ $A1z$ の始点に垂直な面
	3	$A2x$ $A2y$ $A2z$ の終点に垂直な面
	4	$A2x$ $A2y$ $A2z$ の始点に垂直な面
	5	$A3x$ $A3y$ $A3z$ の終点に垂直な面
	6	$A3x$ $A3y$ $A3z$ の始点に垂直な面
RPP	1	$X_{\max}$ の面
	2	$X_{\min}$ の面
	3	$Y_{\max}$ の面
	4	$Y_{\min}$ の面
	5	$Z_{\max}$ の面
	6	$Z_{\min}$ の面
SPH		通常的面と同じ
RCC	1	半径 R の円柱の側面
	2	H_x H_y H_{+z} の終点に垂直な面
	3	H_x H_y H_{+z} の始点に垂直な面
RHP or HEX	1	$r1$ $r2$ $r3$ の終点に垂直な面
	2	面 1 の対面
	3	$s1$ $s2$ $s3$ の終点に垂直な面
	4	面 3 の対面
	5	$t1$ $t2$ $t3$ の終点に垂直な面
	6	面 5 の対面
	7	$h1$ $h2$ $h3$ の終点に垂直な面
	8	$h1$ $h2$ $h3$ の始点に垂直な面

4.9 [Transform] セクション

4.9.1 書式

このセクションでは、座標変換カードの定義を行います。コメント文字としてCも使えます。ただし、C以外のコメント文字としては\$のみ用いることができます。ファイルのインクルード文、定数定義などは、セクションの途中でも用いることが出来ます。ただしR、I、M、Jなどの繰り返し、内挿、倍増、飛び越しのオペレーターは使えません。

このセクションで定義した座標変換は、ソース、[surface]}セクション、タリーの r-z、xyz メッシュ、磁場の定義などで使うことができます。

書式は以下の通りです。

[Transform]
TRn O₁ O₂ O₃ B₁ B₂ B₃ B₄ B₅ B₆ B₇ B₈ B₉ M

表 54：座標変換記述書式

項 目	説 明
<i>n</i>	座標変換番号 1～999 *TR <i>n</i> は、 <i>B_i</i> が角度の余弦ではなく degree 単位の角度であることを意味する
<i>O₁ O₂ O₃</i>	変換の転置ベクトル
<i>B₁～ B₉</i>	変換の回転行列
<i>M</i>	=1 は、転置ベクトルが主座標系で定義した補助座標系の位置であることを意味する =-1 は、転置ベクトルが補助座標系で定義した主座標系の位置であることを意味する

デフォルト値は、

TRn 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 1

4.9.2 座標変換の定義

回転行列、転置行列による座標変換の定義は以下の通りです。

$M=1$ のとき

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_1 & B_2 & B_3 \\ B_4 & B_5 & B_6 \\ B_7 & B_8 & B_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} O_1 \\ O_2 \\ O_3 \end{pmatrix}$$

$M=-1$ のとき

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_1 & B_2 & B_3 \\ B_4 & B_5 & B_6 \\ B_7 & B_8 & B_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} B_1 & B_4 & B_7 \\ B_2 & B_5 & B_8 \\ B_3 & B_6 & B_9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} O_1 \\ O_2 \\ O_3 \end{pmatrix}$$

ここで、

$$\begin{aligned} B_1 &= \cos(x', x) \\ B_2 &= \cos(x', y) \\ B_3 &= \cos(x', z) \\ B_4 &= \cos(y', x) \\ B_5 &= \cos(y', y) \\ B_6 &= \cos(y', z) \\ B_7 &= \cos(z', x) \\ B_8 &= \cos(z', y) \\ B_9 &= \cos(z', z) \end{aligned}$$

4.9.3 例題 1

List 4.20 ● [transform]セクションの例題 1

```
1:  [ T r a n s f o r m ]
2:  *tr1      0.0000000E+00  0.0000000E+00  1.4000000E+02
3:            1.3500000E+02  9.0000000E+01  4.5000000E+01
4:            9.0000000E+01  0.0000000E+00  9.0000000E+01
5:            2.2500000E+02  9.0000000E+01  1.3500000E+02      1
6:
7:  *tr2      0.0000000E+00  0.0000000E+00  2.5800000E+02
8:            3.0000000E+02  9.0000000E+01  2.1000000E+02
9:            9.0000000E+01  0.0000000E+00  9.0000000E+01
10:           3.0000000E+01  9.0000000E+01  3.0000000E+02      1
```

上の例題で、tr1 は、y 軸周りに 135 度回転し、z 方向に 140cm 移動。tr2 は、y 軸周りに 300 度回転し、z 方向に 258cm 移動するものである。

4.9.4 例題 2

List 4.21 ● [transform]} セクションの例題 2

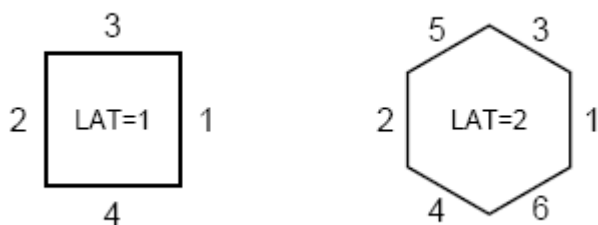
```
1: [ T r a n s f o r m ]
2: set: c10[90] $ angle of around Z (degree)
3: set: c20[30] $ angle of around Y (degree)
4: set: c30[0] $ angle of around X (degree)
5:
6: tr1 0 0 0
7:      cos(c10/180*pi)*cos(c20/180*pi)
8:
9: sin(c10/180*pi)*cos(c30/180*pi)+cos(c10/180*pi)*sin(c20/180*pi)*sin(c30/180*pi)
10:
11: sin(c10/180*pi)*sin(c30/180*pi)-cos(c10/180*pi)*sin(c20/180*pi)*cos(c30/180*pi)
12:
13: -sin(c10/180*pi)*cos(c20/180*pi)
14:
15: cos(c10/180*pi)*cos(c30/180*pi)-sin(c10/180*pi)*sin(c20/180*pi)*sin(c30/180*pi)
16:
17: cos(c10/180*pi)*sin(c30/180*pi)+sin(c10/180*pi)*sin(c20/180*pi)*cos(c30/180*pi)
18:
19: sin(c20/180*pi)
20:
21: -cos(c20/180*pi)*sin(c30/180*pi)
22:
23: cos(c20/180*pi)*cos(c30/180*pi)
24:
25: 1
```

上の例題では、z 軸周りに c10 度、次に y 軸周りに c20 度、最後に x 軸周りに c30 度回転させる回転行列を書き下したものです。c10、c20、c30 の定数に値を入れることにより、任意の回転を定義できるので便利です。

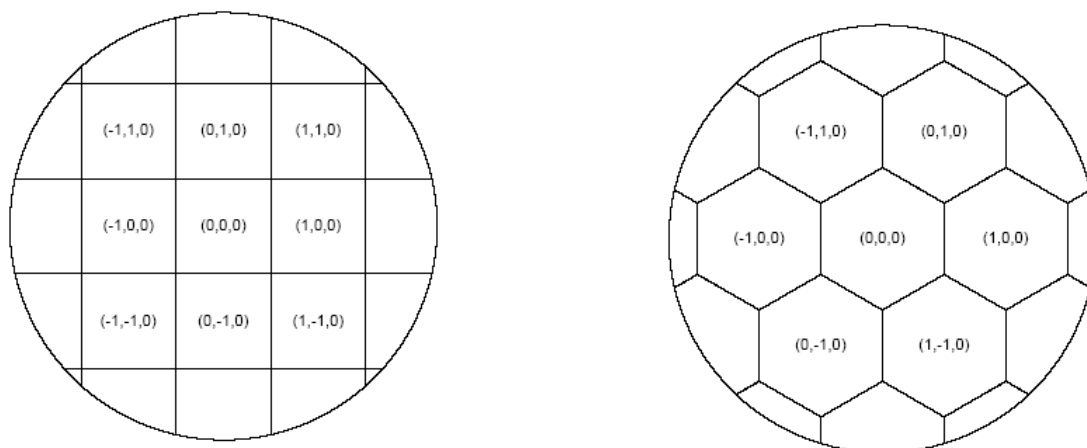
4.10 繰り返し幾何形状の例題

繰り返し幾何形状のインプットの例題を幾つか示します。図は[t-gshow]を用いて描いています。

LAT には、LAT=1 の四角柱と、LAT=2 の六角柱がありますが、以下の図にある順番で surface を定義します。



上の順番で surface を定義した場合のみ、LAT の各成分の並びは以下のようになります。



上の例題は、xy 平面ですので、z 成分の surface は最後になります。他の yz、zx 平面の LAT の場合でも、xyz 軸を切る各平面の順番は、常に xyz の順です。

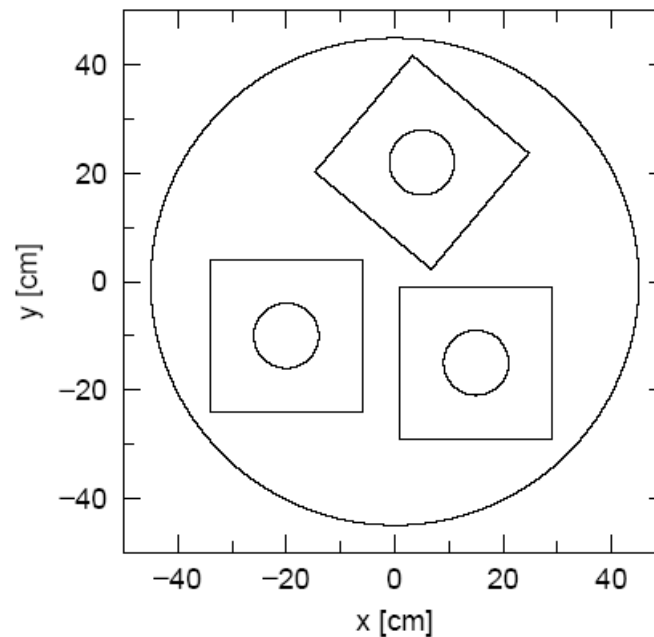
ちなみに、上の図は例題 2、3 の Lattice を[t-gshow]を使い、output=7 で(1, -1, 0)などの番号を書き出させています。

4.10.1 例題 1

ここでは、U を使って中心に円筒の入った角柱のコンポーネントを作り、それを TRCL を用いて 3 ヶ所に移動しています。インプットと幾何形状を示します。

List 4.22 ● 例題 1 のインプット

```
1:  [ C e l l ]
2:  1  0  -1 #2 #5 #6
3:  2  0  -21 22 -23 24 fill=1 trcl=1
4:  3  0  -10 u=1
5:  4  0   #3 u=1
6:  5  like 2 but trcl=2
7:  6  like 2 but trcl=3
8:  7 -1   1
9:
10: [ S u r f a c e ]
11:  1   cz  45
12: 10   cz   6
13: 21  px  14
14: 22  px -14
15: 23  py  14
16: 24  py -14
17:
18: [transform]
19: *tr1 -20 -10 0
20: *tr2  5 22 0 40 130 90 50 40 90 90 90 0
21: *tr3 15 -15 0
```



4.10.2 例題 2

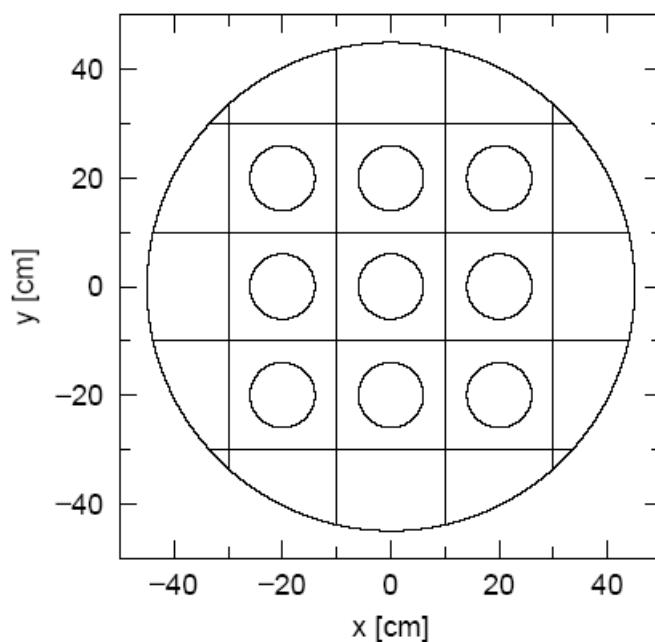
ここでは、LAT=1 を使って、中心に円筒の入った角柱のコンポーネントを lattice 状に並べます。その時中心の 9 つの lattice だけ円筒の入ったコンポーネントとし、他は円筒の無いものにしてました。これを記述しているのが、3 から 5 行目です。全体のインプットと幾何形状を示します。2 のセルの surface の定義で面の順番に注意して下さい。

List 4.23 ● 例題 2 のインプット

```

1:  [ C e l l ]
2:  1  0  -1 fill=1
3:  2  0  -21 22 -23 24 lat=1 u=1
4:      fill=-2:2 -2:2 0:0
5:      1 1 1 1 1 1 2 2 2 1 1 2 2 2 1 1 2 2 2 1
6:      1 1 1 1 1
7:  3  0  -10 u=2
8:  4  0   #3 u=2
9:  7 -1   1
10:
11: [ S u r f a c e ]
12:  1   cz  45
13: 10   cz   6
14: 21  px  10
15: 22  px -10
16: 23  py  10
17: 24  py -10

```



4.10.3 例題 3

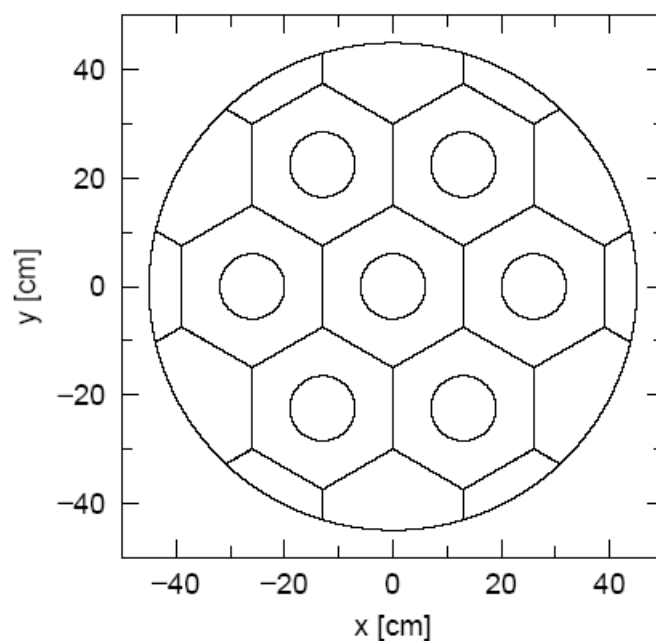
ここでは、LAT=2 を使って、中心に円筒の入った 6 角柱のコンポーネントを lattice 状に並べます。その時中心の 7 つの lattice だけ円筒の入ったコンポーネントとし、他は円筒の無いものにしました。これを記述しているのが、3 から 5 行目です。6 角柱を定義するのに定数と関数を用いています。全体のインプットと幾何形状を示します。2 のセルの surface の定義で面の順番に注意して下さい。

List 4.24 ● 例題 3 のインプット

```

1:  [ C e l l ]
2:  1  0  -1 fill=1
3:  2  0  -21 22 23 -24 25 -26 lat=2 u=1
4:      fill=-2:2 -2:2 0:0
5:      1 1 1 1 1 1 1 2 2 1 1 2 2 2 1 1 2 2 1 1
6:      1 1 1 1 1
7:  3  0  -10 u=2
8:  4  0  #3 u=2
9:  9 -1  1
10:
11: [ S u r f a c e ]
12:  1  cz  45
13: 10  cz  6
14: set: c1[15]
15: 21  px  [ c1*cos(pi/6)]
16: 22  px  [-c1*cos(pi/6)]
19: 23  p   [-tan(pi/6)] -1 0 [-c1]
20: 24  p   [-tan(pi/6)] -1 0 [ c1]
17: 25  p   [ tan(pi/6)] -1 0 [-c1]
18: 26  p   [ tan(pi/6)] -1 0 [ c1]

```



4.10.4 例題 4

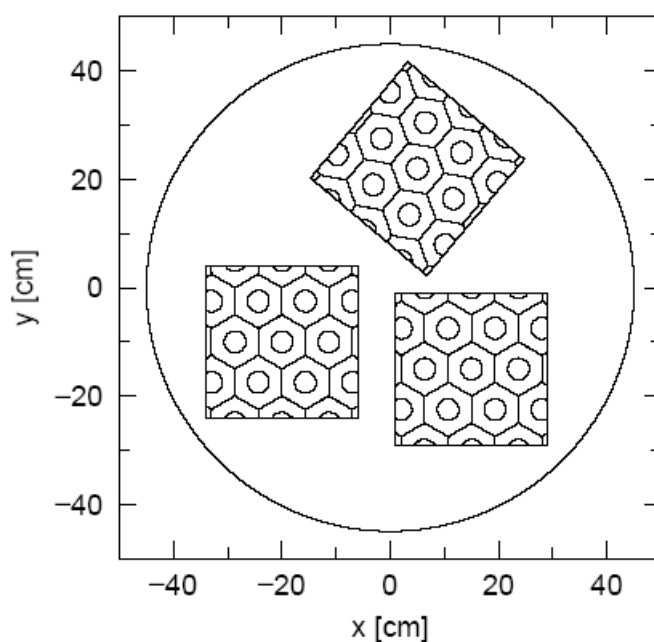
ここでは、例題 1 の角柱のコンポーネントの中に更に U を用いて 6 角柱の lattice を並べています。階層構造が 2 段階になっています。全体のインプットと幾何形状を示します。

List 4.25 ● 例題 4 のインプット

```

1: [ C e l l ]
2: 1 0 -1 #2 #6 #7
3: 2 0 -21 22 -23 24 fill=1 trcl=1
4: 3 0 -31 32 33 -34 35 -36 lat=2 u=1 fill=2
5: 4 0 -10 u=2
6: 5 0 #4 u=2
7: 6 like 2 but trcl=2
8: 7 like 2 but trcl=3
9: 8 -1 1
10:
11: [ S u r f a c e ]
12: 1 cz 45
13: 10 cz 2
14: 21 px 14
15: 22 px -14
16: 23 py 14
17: 24 py -14
18: set: c1[5]
19: 31 px [ c1*cos(pi/6) ]
20: 32 px [-c1*cos(pi/6) ]
23: 33 p [-tan(pi/6) ] -1 0 [-c1]
24: 34 p [-tan(pi/6) ] -1 0 [ c1]
21: 35 p [ tan(pi/6) ] -1 0 [-c1]
22: 36 p [ tan(pi/6) ] -1 0 [ c1]
25:
26: [transform]
27: *tr1 -20 -10 0
28: *tr2 5 22 0 40 130 90 50 40 90 90 90 0
29: *tr3 15 -15 0

```



4.11 [I m p o r t a n c e] セクション

このセクションでは、CG の region もしくは、GG の cell の importance を定義します。この量は、CG の場合、[region]セクションでも定義できますが、両者が存在する場合は、この [importance]で定義した値が優先します。[region]で定義された importance は全て無視されます。定義されない領域もしくは粒子は、1.0 にセットされます。CG の場合の [region]セクションで定義する importance は、全粒子に対して定義しますが、このセクションを用いると粒子毎に importance を定義できます。

このセクションは、6 つまで定義することができます。書式は、

```
[ I m p o r t a n c e ]
  part =  proton  neutron
         reg      imp
           1      1.000000
          11      5.000000
( { 2 - 5 } 8 9 )  2.000000
  ( 11 12 15 )    3.000000
( 6<10[1 0 0]<u=3 ) 6.000000
  ....          .....
  ....          .....
```

最初の行に part = の書式で粒子を指定します。省略した時のデフォルトは、part = all で全粒子です。part = の書式の詳細はタリーの粒子指定と同じ書式です。しかし、指定できるのは itype としての区別だけです。それぞれの原子核などは、個別には指定できません。

領域番号(reg)と(imp)の順番を変えたいときは、imp reg とします。読み飛ばしコラム用の non も使えます。GG の場合も、cell でなく reg を使ってください。

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。また、(6 < 10 [1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず () で括ってください。

階層構造のある場合の importance の指定の仕方は、各階層の importance の積を最下層の importance とします。ただし、最下層の特定のセルの importance の指定が、上の書式で可能です。この書式を用いれば lattice のひとつひとつに異なる importance を定義することも可能です。上の定義で、同じセルが二重に定義された時は、初めに定義された値が採用されます。

透過性のある粒子に対して、具体的にはニュートリノですが、importance を強く設定されると、計算時間が膨大になります。この危険を避けるために、part=all で指定してもニュートリノは省かれていますので、注意して下さい。

階層のあるセルの importance の指定は、幾つかの書き方がとり得ます。例えば、最下層のセル 5 6 7 が共に上位のセル 11 12 13 に含まれる時、

```
1:  [ Importance ]
2:    reg          imp
3:  ( 5 6 7 < 11 )  2.0
4:  ( 5 6 7 < 12 )  4.0
5:  ( 5 6 7 < 13 )  8.0
6:  ( 11 12 13 )    1.0
```

で定義される importance と、

```
1:  [ Importance ]
2:    reg          imp
3:  ( 5 6 7 )      1.0
4:    11           2.0
5:    12           4.0
6:    13           8.0
```

は、同じ結果を与えます。ただし、後者の場合、importance のサマリーでセル 5 6 7 の importance の値は、1.0 と表示されます。

4.12 [Weight Window] セクション

このセクションでは、ウエイトウインドウを定義します。このセクションは、6 つまで定義することができます。書式は、

```
[ Weight Window ]
part = proton neutron
eng = 5
( tim = 5 )
      6.00e-7  3.98e-1  1.00e+0  7.00e+0  5.00e+4
      reg      ww1      ww2      ww3
      1         0.010000  0.100000  0.001000
      11        0.005000  0.050000  0.000300
( { 2 - 5 } 8 9 ) 0.001000  0.010000  0.000100
( 11 12 15 )     0.000500  0.005000  0.000030
( 6<10[1 0 0]<u=3 ) 0.000010  0.001000  0.000010
      ....
      ww4      ww5
      0.010000  0.100000
      0.005000  0.050000
      0.001000  0.010000
      0.000500  0.005000
      0.000010  0.001000
      ....
```

最初の行に part = の書式で粒子を指定します。省略した時のデフォルトは、part = all で全粒子です。part = の書式の詳細はタリーの粒子指定と同じ書式です。しかし、指定できるのは itype としての区別だけです。それぞれの原子核などは、個別には指定できません。

次に、エネルギーもしくは、時間のメッシュを定義します。eng = もしくは tim = でメッシュの個数を、次行に、メッシュの値($e_1, e_2, e_3, \dots$)を定義します。このメッシュ毎のウエイトウインドウの下限値を以下に定義します。各下限値は、ww1, ww2, ww3, ... でエネルギーもしくは時間メッシュを指定します。ここで wwi は、 $e_{i-1} < E < e_i$ のメッシュのウインドウ下限値です。 $e_0 = 0, t_0 = -\infty$ を仮定しています。eng = もしくは tim = の定義がない場合は、エネルギーもしくは、時間のメッシュを仮定せず、ひとつの領域とします。この場合は、ww1 だけを定義します。

領域番号(reg)は、最初のコラムに固定です。上の例題の様に、ひとつの表に、ww1, ww2, ... が書き切れない時は、次の表に書き足すことができます。この時、最初の領域番号(reg)のコラムは、省略できます。また、領域番号の並びは、上の表と同じと仮定しています。読み飛ばしコラム用の non は、使えます。GG の場合も、cell でなく reg を使ってください。

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。また、(6 < 10[1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず () で括ってください。

透過性のある粒子に、具体的にはニュートリノですが、importance を強く設定されていると、計算時間が膨大になります。この危険を避けるために、part=all で指定してもニュートリノは省かれていますので、注意して下さい。

4.13 [V o l u m e] セクション

このセクションでは、CG の region もしくは、GG の cell の体積(cm^3)を定義します。この量は、CG の場合、[region]セクションでも定義できますが、領域が重なった場合は、この[volume]で定義した値が優先します。この量は、以下のタリーセクションで用いられます。両方で定義されない領域は、 1.0 cm^3 にセットされます。書式は、

[V o l u m e]	
reg	vol
1	1.000000
11	5.000000
({ 2 - 5 } 8 9)	2.000000
(11 12 15)	3.000000
16	6.000000
....	
....	

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず()で括ってください。しかし、(6 < 10 [1 0 0] < u = 3) などの lattice、universe 構造は、使えません。タリーで異なる universe でのセルの体積を細かく定義する時は、タリーセクションの中の volume 定義を用いてください。

領域番号(reg)と体積(vol)の順番を変えたいときは、vol reg とします。読み飛ばしコラム用の non も使えます。GG の場合も、cell でなく reg を使ってください。

4.14 [T e m p e r a t u r e] セクション

このセクションでは、CG の region もしくは、GG の cell の Free-Gas Thermal Temperature を定義します。単位は MeV です時間の定義はできません。この量は、GG の場合、[cell]セクションのセルパラメータでも定義できますが、領域が重なった場合は、この[temperature]で定義した値が優先します。両方で定義されない領域は、 2.53×10^{-8} MeV にセットされます。書式は、

[T e m p e r a t u r e]	
reg	tmp
1	1.0*1.e-8
11	5.0*1.e-8
({ 2 - 5 } 8 9)	2.0*1.e-8
(11 12 15)	3.0*1.e-8
16	6.0*1.e-8
....	
....	

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず () で括ってください。しかし、(6 < 10 [1 0 0] < u = 3) などの lattice、universe 構造は、使えません。

領域番号(reg)と温度(tmp)の順番を変えたいときは、tmp reg とします。読み飛ばしコラム用の non も使えます。GG の場合も、cell でなく reg を使ってください。

4.15 [Brems Bias] セクション

このセクションでは、物質毎に bremsstrahlung 過程のエネルギーバイアスを定義します。bremsstrahlung 過程では、大量の低エネルギー光子が生成されますが、しばしば、高エネルギー光子により関心がある場合があります。そのような時に、エネルギー毎のバイアスを定義して、目的のエネルギー領域の光子の統計を上げることができます。

書式は、

```
[ Brems Bias ]
material = all or number of materials
  m1  m2  m3  .....
num      bias
{1-45}    1.0
  46      2.0
  47      3.0
  48      4.0
  49      5.0
```

まず、バイアスを設定する物質を定義します。all の場合は次の行は必要ありません。数を指定した場合は、その数だけの物質番号を次の行に定義します。

バイアスは、1 から 49 のグループについて定義します。大きい番号が高エネルギーを表します。バイアス値は相対値です。

グループ番号(num)とバイアス(bias)の順番を変えたいときは、bias num とします。読み飛ばしコラム用の non も使えます。

4.16 [Photon Weight] セクション

このセクションでは、CG の region もしくは、GG の cell の光子生成ウエイトを定義します。

セル i の光子生成ウエイトの値 W_i が正の時は、生成 photon のウエイトが $W_i \times I_s / I_i$ 以上の時に生成されます。それ以下の時はロシアンルーレットが施されます。ここで I_s 、 I_i は、ソースセルと生成場所の中性子のインポートランスです。

セル i の光子生成ウエイトの値 W_i が負の時は、生成 photon のウエイトが $W_i \times W_s \times I_s / I_i$ 以上の時に生成されます。それ以下の時はロシアンルーレットが施されます。ここで W_s は、生成する中性子の反応前のウエイトです。

もし、 $W_i=0$ なら、1 個の光子が中性子反応から生成されます。もし、 $W_i=-1.0e6$ であれば、このセルでは光子の発生は無視されます。デフォルト値は、 $W_i=-1$ です。

[Photon Weight]	
reg	pwt
1	0.1
11	0.3
({ 2 - 5 } 8 9)	0.5
(11 12 15)	0.1
16	0.9
....	
....	

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず () で括ってください。しかし、(6 < 10 [1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造は、使えません。

領域番号(reg)とウエイト(pwt)の順番を変えたいときは、pwt reg とします。読み飛ばしコラム用の non も使えます。GG の場合も、cell でな reg を使ってください。

4.17 [Forced Collisions] セクション

強制衝突(forced collisions)は、衝突の確率を人為的に上げてタリーの効率を上げたり、衝突の確率の低い薄いターゲットなどを解析するときに用います。強制衝突の領域に入った指定された粒子は、ふたつに分離されます。ひとつはその領域の透過確率をその重みにかけた粒子で、次の領域まで透過させます。もうひとつは、 $(1 - \text{透過確率})$ を乗じた重みを持った粒子で、この強制衝突の領域で強制的に衝突を起こさせます。衝突位置は、断面積に従って確率的に決定します。

強制衝突の領域と強制衝突係数をこのセクションで指定します。定義されない領域の強制衝突係数は、ゼロにセットされます。

このセクションは、6つまで定義することができます。その書式は、

```
[ Forced Collisions ]
  part =  proton  neutron
    reg          fcl
      1          1.000000
     11          0.500000
( { 2 - 5 } 8 9 )    0.200000
( 11 12 15 )        0.300000
( 6<10[1 0 0]<u=3 ) -0.500000
    ....
    ....
```

最初の行に part = の書式で粒子を指定します。省略した時のデフォルトは、part = all で全粒子です。ただし、電子、陽電子は強制衝突はできません。part = の書式の詳細はタリーの粒子指定と同じ書式です。しかし、指定できるのは itype としての区別だけです。それぞれの原子核などは、個別には指定できません。

領域番号(reg)と(fcl)の順番を変えたいときは、fcl reg とします。読み飛ばしコラム用の non も使えます。GG の場合も、cell でなく reg を使ってください。

同じ値の領域をまとめて書く、($\{ 2 - 5 \}$ 8 9) という書式も使えます。

また、 $(6 < 10[1 \ 0 \ 0] < u=3)$ などの lattice、universe 構造も指定できます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず()で括ってください。

この書式を用いれば lattice のひとつひとつに異なる forced collision factor を定義することも可能です。上の定義で、同じセルが二重に定義された時は、初めに定義された値が採用されます。

強制衝突の係数 fcl は次の様な意味を持ちます。まず、ゼロは強制衝突をさせません。 $|fcl| > 1$ はエラーです。 $|fcl| \leq 1$ の時は、強制衝突の確率を fcl 倍します。その分、強制衝突粒子の重みを $1/fcl$ 倍します。

強制衝突領域での多重散乱と weight cutoff との関係では、次のふたつのオプションがあります。 $fcl < 0$ の時、強制衝突による生成粒子は通常の衝突をさせます。その時 weight cutoff は行いません。 $fcl > 0$ の時、強制衝突による生成粒子も更に強制衝突をさせます。この時、そのたびに weight cutoff を行います。また、タリーは weight cutoff の前に行います。

この関係を良く理解して weight cutoff と強制衝突の係数を決めてやらないと、強制衝突はさせたが出てきた粒子は全て殺されてしまうということもあり得ます。注意して下さい。

4.18 [Magnetic Field] セクション

4.18.1 荷電粒子

このセクションでは、磁場を及ぼす region もしくは cell の番号(reg)と、磁場のタイプ(typ)、磁石の間隔の半分(gap)、磁場の強さ(mgf)、座標変換(trcl)、時間変化(time)を定義します。このセクションで定義された磁場を有効にするには、パラメータセクションで、imagnf=1 を指定しなければなりません。書式は、

[Magnetic Field]					
reg	typ	gap	mgf	trcl	time
1	4	10.00000	-5.956540	3	non
2	4	10.00000	6.416140	1	non
3	2	10.00000	-7.611980	0	0.0
4	2	10.00000	3.516000	0	pi/2
(150 < 61)	4	13.00000	7.880140	2	non
(150 < 62)	4	13.00000	-7.440800	2	non
(150 < 63)	4	13.00000	9.441010	2	non
(150 < 64)	4	13.00000	-8.295220	2	non
(150 < 65)	4	13.00000	3.694830	2	non
(150 < 66)	4	13.00000	-2.099350	2	non
...	...			...	...
...	...			...	...

ここで、time は、ユーザー定義の磁場の時間変化のパラメータです。non が、時間変化無しです。ユーザー定義サブルーティンは、usrmgt1.f と usrmgt2.f がサンプルルーティンとして含まれています。前者が Wobbler 磁石、後者が中性子用パルスマグネットです。これらを切り替えるには、パラメータセクションで、usrmgt=1,2 で指定します。Wobbler の時の time パラメータは、位相を指定し、パルスマグネット時は、立ち上がり時間を指定します。pi は、円周率の定数として使用できます。

reg は、region、typ は磁場のタイプ、二重極電磁石が 2、四重極電磁石が 4、gap は、磁石の間隔の半分(cm)、mgf は磁場の強さ(kG)、trcl は、座標変換の定義番号です。座標変換は、[transform]セクションで定義します。

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。また、(6 < 10 [1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず()で括ってください。

この書式を用いれば lattice のひとつひとつに異なる magnet field を定義することも可能です。上の定義で、同じセルが二重に定義された時は、初めに定義された値が採用されます。

これらの順番を変えたいときは、定義の文字列の順番を変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。GG の場合も、cell でなく reg を使ってください。

二重極電磁石の場合、磁石の間隔 gap は意味がありませんが、何らかの数値を入力して下さい。磁場の働く領域は、真空の領域、即ち、mat が 0 のときに限りません。磁場中でも減速、散乱が起きます。

trcl は、省略できます。trcl コラムがある場合で、座標変換のないときはゼロを書いてください。磁場中心の軸は z 軸上、磁場の方向は、二重極電磁石では、y 軸正方向、即ち正荷電粒子が z 軸正方向に進むときに、x 軸負方向に偏極します。四重極電磁石では、正荷電粒子が z 軸正方向に進むときに、x 軸方向に収束、y 軸方向に分散の配置です。これらの位置関係を幾何形状に合わせるには、trcl による座標変換が必要です。座標変換で、z 軸を磁石の幾何形状の中心軸に変換します。

4.18.2 中性子

中性子光学のための磁場の書式は、ほぼ荷電粒子の場合と同じですが、細かい点が異なりますので、ここにまとめて説明します。まず書式の例題を下に示します。

[Magnetic Field]						
reg	typ	gap	mgf	trcl	polar	time
1	60	0.00000	35000.0	3	non	non
2	61	0.00000	35000.0	1	1	non
3	106	5.00000	7130.0	0	0	non
4	104	0.00000	3.5	0	non	5.0
5	102	0.00000	0.20	0	non	non
6	101	3.00000	7130.0	2	1	non
7	103	0.00000	35000.0	0	-1	non
...	...			...	...	...
...	...			...	...	...

タイプは上の 7 種類あります。60、61 は、最もシンプルな 6 極磁場で、重力効果や追加 2 極磁場は入れられません。60 は、スピンとの相互作用なし、即ちスピンは磁場に平行か反平行かで記述されます。61 は、スピンとの相互作用が入ります。磁場の弱いところでのスピンの反転などが起こります。磁場の強さは、mgf のコラムに $[T/m^2]$ の単位で指定します。

次に 100 番台は、全てスピンとの相互作用を考慮しています。また、重力効果、追加の 2 極磁場が入れられます。106 が 6 極、104 が 4 極、102 が 2 極磁場です。z 方向の追加 2 極磁場の強さは、gap のコラムに記述します。単位は T(テスラ)です。

101 は、磁場の値をユーザー定義ファイル usrmgf1.f で定義します。このユーザープログラムでは、原研の中性子光学グループで測定された 6 極磁場の値が格納された 4 つのファイルからデータを読み込み、それらを内挿して計算に用います。磁場の強さは、mgf で定義した値に規格化します。gap のコラムで与えた 2 極磁場は、定義した磁場領域全域に作用します。このサンプルを動かすインプットファイル sex03b.in を添付しますので、参考にして下さい。

103 も、ユーザー定義ファイルを参照するオプションです。103 では、usrmgf3.f を参照します。usrmgf3.f には、6 極磁場の式が書いてありますので、このまま動かせば、106 を指定した時と同じになります。ユーザー定義磁場を書く場合は、添付の usrmgf1.f と usrmgf3.f を参考にして下さい。

中性子のスピンは、ソースセクションで sx, sy, sz で、定義すれば、その方向で磁場に入射します。ソースセクションで定義しないか、sx, sy, sz 全てがゼロの場合は、最初に磁場に入った

時の磁場の方向で初期化されます。その時、このセクションの polar のコラムで定義される偏極率によりスピンの向きが磁場に平行か反平行かの比率が決定されます。non は、偏極率ゼロと同義です。偏極率 P の定義は、

$$P = \frac{\phi_+ - \phi_-}{\phi_+ + \phi_-}$$

ここで、 ϕ_+ と ϕ_- は、スピンの磁場に平行な粒子数と反平行な粒子数です。

4.19 [C o u n t e r] セクション

このセクションでは、タリーで用いるカウンターの設定をします。カウンターは3つ用意され、それぞれのカウンターで領域ごとに、その動作を定義します。カウンターの動作契機は4つあり、領域に入った時、領域を出た時、散乱を起こした時、境界で反射を起こした時です。それぞれに、カウンターの進捗(-9999~9999)もしくは、ゼロセット(10000)を定義できます。カウンターは粒子に付随して、散乱によって生成される粒子は、親のカウンターを引き継ぎます。カウンターの容量は、-9999 から 9999 まででそれ以下、以上になる時は変化しません。カウンターは、part = を使って粒子毎に指定できます。また、*part = とすれば、カウンターを動作させない粒子を指定できます。書式は、

```
[ C o u n t e r ]
counter = 1
  part = neutron proton
  reg      in      out      coll      ref
    1       1    10000         0         0
   11       1    10000         0         0
counter = 2
  *part = proton deuteron triton 3he alpha nucleus
  reg                        in      out      coll
  ( { 2 - 5 } 8 9 )         -1         0         1
counter = 3
  part = 208Pb
  reg                        coll
  ( 11 12 15 )                5
  ( 6<10[1 0 0]<u=3 )         100
  ....
  ....
```

領域番号(reg)と(in out coll ref)の順番を変えたいときは、reg coll in out ref の様に定義行で変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。in out coll ref の内、少なくともひとつは定義されなければなりません。省略された場合は、ゼロ、つまりカウントなしと見なされます。数字は、カウンターの進捗を表します。この数だけカウンターに加えられます。10000 は、ゼロセットを意味します。ソース粒子のカウンター初期値はゼロです。

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。また、(6 < 10[1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず()で括ってください。

part =での粒子指定では、粒子は20個まで指定できます。原子核は、208Pbのように質量数を指定すればその核、Pbのように質量数を指定しなければ、Pbの同位体全体を指定することになります。

4.20 [Reg Name] セクション

このセクションでは、gshow タリー、3dshow タリーで領域番号を表示する時の、領域番号毎に領域の名前と表示の文字の大きさを指定します。デフォルトは、名前は領域番号です。書式は、

[Reg Name]		
reg	name	size
1	cover	1
2	body	0.5
3	¥{cell 2¥}	2
4	¥{cell 3¥}	2
{ 5 - 8 }	tube	3
....		
....		

物質番号(reg)と(name size)の順番を変えたいときは、reg size name の様に定義行で変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。name size の何れかが定義されなければなりません。省略された場合は、デフォルトと見なされます。同じ名前をまとめて書く、{ 4 - 7 } という書式も使えます。ただし、({ 4 - 7 } 9 10) という表式は使えません。文字の大きさは、デフォルトを 1 とした相対値で指定します。

名前に空白が入る時は、{ } で括ってください。また、名前の中で括弧()を使うときは、¥(¥) としてください。名前の中で括弧{ } は使えません。

4.21 [Mat Name Color] セクション

このセクションでは、gshow タリー、3dshow タリーで領域を表示する時の、物質番号毎に物質の名前と色、表示の文字の大きさを指定します。デフォルトは、名前は物質番号、色は物質の出現順に割り振ります。書式は、

[Mat Name Color]				
mat	name	size	color	
0	void	1	lightgray	
1	air	0.5	yellowgreen	
2	{mat 2}	2	orangeyellow	
3	{mat 3}	2	{ 0.067 0.600 1.00 }	
{ 4 - 7 }	Fe	3	mossgreen	
....				
....				

物質番号(mat)と(name size color)の順番を変えたいときは、mat color size name の様に定義行で変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。name color の何れかが定義されなければなりません。省略された場合は、デフォルトと見なされます。同じ名前、色の物質をまとめて書く、{ 4 - 7 } という書式も使えます。ただし、({ 4 - 7 } 9 10) という表式は使えません。文字の大きさは、デフォルトを 1 とした相対値で指定します。

名前に空白が入る時は、{ } で括ってください。また、名前の中で括弧() を使うときは、¥(¥) としてください。名前の中で括弧{ } は使えません。

色の指定は、ANGEL の書式に準じます。記号(r bbb yy)、名前(red orange blue)、また、HSB 数値 H(色相) S(彩度) B(明度) で指定できます。HSB 数値指定の時は{ } で括ってください。HSB 数値が 1 個しか指定されない場合は、彩度、明度は 1 に設定されます。

次頁以下に、色指定の記号、名前、HSB 数値の表を示します。

4.22 [Mat Time Change] セクション

このセクションでは、ある特定の物質をある時間で異なる物質に変化させる機能を定義します。時間の単位は nsec です。書式は、

[Mat Time Change]		
mat	time	change
1	50.0	11
2	100.0	12
3	1000.0	0
....		
....		

物質番号(mat)と(time change)の順番を変えたいときは、mat change time の様に定義行で変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。この3つのコラムは全て必須です。mat で定義された物質が、time で定義された時間で change で定義された物質に変化します。時間によってシャッターの開閉がある場合などを想定しています。

表 55 : グレースケール

記号	HSB定義	出力	名前
W	-1.0		white
O	-0.8		lightgray
K	-0.6		gray
J	-0.4		darkgray
F	-0.2		matblack
E	-0.0		black

表 56 : 記号による色指定

記号	HSB定義	出力	名前
R	1.000		red
RR	0.933		orange
RRR	0.867		—
Y	0.800		yellow
YY	0.733		—
YYY	0.667		—
G	0.600		green
GG	0.533		—
GGG	0.467		—
C	0.400		cyan
CC	0.333		—
CCC	0.267		—
B	0.200		blue
BB	0.133		violet
BBB	0.067		magenta

表 57 : 名前、数値による色指定

名前	出力	HSB定義
darkred		1.000 1.000 0.600
red		1.000 1.000 1.000
pink		1.00 0.500 1.000
pastelpink		0.900 0.500 1.000
orange		0.933 1.000 1.000
brown		0.900 1.000 0.500
darkbrown		0.900 1.000 0.300
pastelbrown		0.900 0.600 0.500
orangeyellow		0.867 1.000 1.000
camel		0.800 0.700 0.700
pastelyellow		0.800 0.700 1.000
yellow		0.800 1.000 1.000
pastelgreen		0.700 0.600 1.000
yellowgreen		0.700 1.000 1.000
green		0.600 1.000 1.000
darkgreen		0.600 1.000 0.600
moosggreen		0.500 1.000 0.300
bluegreen		0.500 1.000 1.000
pastelcyan		0.400 0.400 1.000
pastelblue		0.250 0.400 1.000
cyan		0.400 1.000 1.000
cyanblue		0.400 1.000 0.500
blue		0.200 1.000 1.000
violet		0.133 1.000 1.000
purple		0.100 1.000 0.500
magenta		0.067 1.000 1.000
winered		0.002 0.800 0.700
pastelmagenta		0.067 0.600 1.000
pastelpurple		0.100 0.400 0.500
pastelviolet		0.133 0.400 1.000

4.23 [Super Mirror] セクション

このセクションでは、低エネルギーの中性子のスーパーミラーによる反射の機能を定義します。ここでは、以下のような半経験的なスーパーミラーの反射率を仮定します。

$$R = \begin{cases} R_0 & \text{If } Q < Q_c \\ \frac{1}{2} R_0 (1 - \tanh[(Q - mQ_c)/W]) (1 - \alpha(Q - Q_c)) & \text{If } Q > Q_c \end{cases}$$

ここで Q は、散乱ベクター ($\text{\AA}^{-1}$) で、次のように定義されます。

$$Q = |k_i - k_f| = \frac{4\pi \sin \theta}{\lambda}$$

m は、ミラーの物質とレイヤーの数などに依存するパラメータです。 Q_c は、一層のレイヤーによる臨界散乱ベクター、これ以上の Q で、反射率は α の傾斜で直線的にカットオフ値 $Q = mQ_c$ まで減少する。そのときのカットオフの幅は W で表される。

これらのパラメータは、このセクションで次のように定義される。

[Super Mirror]

r-in	r-out	mm	r0	qc	am	wm
{2001-2020}	3001	3	0.99	0.0217	3.0	0.003
2500	3500	3	0.99	0.0217	3.0	0.003
2600	3600	3	0.99	0.0217	3.0	0.003
....		..	...		...	...
....		..	...		...	...
....		..	...		...	...

反射の面は、r-in が入射領域、r-out が反射体領域の間の面で定義されます。

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。また、(6 < 10[1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。

上の標識のその他のパラメータは、 m を mm で、 R_0 を r0、 Q_c を qc ($\text{\AA}^{-1}$)、 α を am ($\text{\AA}$)、 W を wm ($\text{\AA}^{-1}$) で定義します。

このスーパーミラーの反射は、10eV 以下の中性子、また、 $\sin \theta > 0.001$ の時に制限されます。後者は、表面の粗さに因るものです。

4.24 [Elastic Option] セクション

このセクションでは、核データを用いる低エネルギー中性子の弾性散乱について、ユーザー定義の角分布を与えるパラメータを指定します。ユーザー定義のサブルーティンのサンプルとして、usrelst1.f と usrelst2.f が用意してあります。これらは、パラメータセクションで、usrelst=1, 2 で切り替えることができます。

書式は、以下のように、このオプションを適用する領域番号と、ユーザー定義サブルーティンで用いる 4 つの定数を定義することができます。

[Elastic Option]				
reg	c1	c2	c3	c4
1	5	1	3.3	0.4
2	1	1	1.1	0.7
3	3	1	0.3	0.8
....	...	...	...	...
....	...	...	...	...

物質番号(reg)と(c1 c2 c3 c4)の順番を変えたいときは、reg c3 c2 c1 c4 の様に定義行で変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。同じ名前をまとめて書く、{ 4 - 7 } という書式も使えます。ただし、({ 4 - 7 } 9 10) という表式は使えません。

現在、サンプルサブルーティンとして入っている、usrelst1.f と usrelst2.f は、それぞれ、前者がデータベースを用いた Bragg 散乱の角分布、後者が、任意の関数形を用いた角分布が記述できるようになっています。

4.25 [T i m e r] セクション

このセクションでは、各粒子が持っている時計のリセット、ストップをコントロールします。タイマーは、領域ごとに、その動作を定義します。タイマーの動作契機は 4 つあり、領域に入った時、領域を出た時、散乱を起こした時、境界で反射を起こした時です。それぞれに、ゼロリセット(-1)、ストップ(1)、何もしない(0)の動作が定義できます。書式は、

[T i m e r]				
reg	in	out	coll	ref
1	0	-1	0	0
11	1	0	0	0
....				
....				

領域番号(reg)と(in out coll ref)の順番を変えたいときは、reg coll in out ref の様に定義行で変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。in out coll ref の内、少なくともひとつは定義されなければなりません。省略された場合は、ゼロ、つまり何もしません。

同じ値の領域をまとめて書く、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。また、(6 < 10 [1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず() で括ってください。

5 タリー共通パラメータの書式

タリーセクションには、以下のセクションがあります。

表 58 : タリーセクションの種類

name	説 明
[t-track]	track length タリーのパラメータを定義します
[t-cross]	面横断タリーのパラメータを定義します
[t-yield]	生成核種タリーのパラメータを定義します
[t-heat]	発熱タリーのパラメータを定義します
[t-time]	時間タリーのパラメータを定義します
[t-star]	star density タリーのパラメータを定義します
[t-dpa]	DPA タリーのパラメータを定義します
[t-product]	生成粒子タリーのパラメータを定義します。
[t-let]	LET タリーのパラメータを定義します
[t-deposit]	DEPOSIT タリーのパラメータを定義します
[t-deposit2]	DEPOSIT2 タリーのパラメータを定義します
[t-sed]	SED タリーのパラメータを定義します
[t-gshow]	領域境界表示のパラメータを定義します
[t-rshow]	物理量領域表示のパラメータを定義します
[t-3dshow]	3次元領域表示のパラメータを定義します

以下では、これらのタリーセクションで共通に使われるパラメータの定義の仕方を説明します。

5.1 形状メッシュ

上に示した各タリーでは、データを収集する幾何形状の種類として、CG、GG 領域メッシュ (reg)、r-z スコアリングメッシュ (r-z)、xyz スコアリングメッシュ (xyz) が全て使えます。この 3 種類のメッシュを

```
mesh = { reg, r-z, xyz }
```

で定義します。

5.1.1 領域メッシュ

領域番号、もしくはセル番号で指定する領域メッシュは次の様に定義します。

```
mesh = reg  
reg = 1 2 3 4 5 ( 10 11 ) 50
```

領域番号、もしくは、セル番号は、空白区切りで指定します。

幾つかの領域をまとめた時は、() を用います。このまとめた領域の識別番号はエコーに表示されます。

連続した領域番号では、次の様な書式も使えます。

```
mesh = reg
reg = { 1 - 5 } ( 10 11 ) ( 6 < 10[1 0 0] < u=3 )
```

(n1 - n2) は、使えません。({ }) は可能ですが、{ () } は不可です。(all) も可能です。また、(6 < 10[1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。この書式を用いれば lattice のひとつひとつを個別にタリーすることも可能です。また、reg = all という書式で領域を定義すると全ての領域を対象とします。ただし、最下層でないセルは除かれます。

5.1.2 階層構造の領域と体積の定義

階層構造を含む領域を指定する際は、必ず() で書式を括らなければなりません。階層は < で表します。中間の階層が lattice 構造を持つ場合は、そのセル番号の後に[] を用いてどの lattice か指定することができます。例えば、160[1:2 3:6 1:1] の様に指定した場合は、x 方向で 1 から 2、y 方向で 3 から 6、z 方向で 1 の lattice を意味します。個別に幾つか指定する時はコンマを用い、160[1 3 4, 2 3 4, 3 3 4] とします。ひとつの階層の中で() を用いると、それは括弧内の領域をまとめることを意味します。次の例題を見てみましょう。

List 5.1 ● mesh = reg の例題 (1)

```
1:      mesh = reg
2:      reg = (all)
3:      ({ 201 - 205 })
4:      ( 161 < 160[1:2 3:6 1:1] )
5:      ( (201 202 203 204) < (161 162 163 ) )
6:      ( ( 90 100 ) 120 < 61 ( 62 63 ) )
```

このメッシュ定義文をタリーで用いてエコーを取ると次のものが得られます。

List 5.2 ● mesh = reg の例題 (2)

```

1:      mesh = reg          # mesh type is region-wise
2:      reg = ( all ) ( { 201 - 205 } ) ( 161 < 160[ 1:2 3:6 1:1 ] ) ( (
3:          { 201 - 204 } ) < ( { 161 - 163 } ) ) ( ( 90 100 ) 120 < 61
4:          ( 62 63 ) )
5:      volume              # combined, lattice or level structure
6:      non  reg            vol  # reg definition
7:      1  10001  8.1000E+01 # ( all )
8:      2  10002  5.0000E+00 # ( ¥{ 201 - 205 ¥} )
9:      3  10003  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 1 3 1 ] )
10:     4  10004  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 2 3 1 ] )
11:     5  10005  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 1 4 1 ] )
12:     6  10006  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 2 4 1 ] )
13:     7  10007  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 1 5 1 ] )
14:     8  10008  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 2 5 1 ] )
15:     9  10009  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 1 6 1 ] )
16:    10  10010  1.0000E+00 # ( 161 < 160[ 2 6 1 ] )
17:    11  10011  4.0000E+00 # ( ( { 201 - 204 } ) < ( { 161 - 163 } ) )
18:    12  10012  2.0000E+00 # ( ( 90 100 ) < 61 )
19:    13  10013  1.0000E+00 # ( 120 < 61 )
20:    14  10014  2.0000E+00 # ( ( 90 100 ) < ( 62 63 ) )
21:    15  10015  1.0000E+00 # ( 120 < ( 62 63 ) )

```

入力では5つの領域の様に見えますが、エコーを見るとタリーを取る領域として15の領域が定義されていることが分かります。それぞれ単一の領域番号で表されないので、新たに10000番台の番号を付けてその体積と領域の定義文がエコーされます。この場合、[volume]セクションが無いので各セルの体積は1と定義されています。

まず、(all)は、この例題では81個の最下層のセルが定義されているので、この領域の体積は81となっています。もし最下層のセルの体積が正確に[volume]セクションで定義されていれば、この領域の体積は入力しなくても正確に与えられます。次に({ 201 - 205 })は、201から205までの領域をまとめたものですから、体積として5がエコーされています。これも[volume]セクションで正確に体積が定義されていれば、この領域の体積は入力しなくてもかまいません。

次に、(161 < 160[1:2 3:6 1:1])ですが、これは、160の領域の中に161の領域がlatticeとして組まれています。ここでは、x方向で1から2、y方向で3から6、z方向で1のlatticeの中の161の8個の領域でタリーを取ることを意味します。エコーでは、最下層の領域の数1が体積としてエコーされています。この様な場合は、次に示す体積定義文で体積を与えなければなりません。

次は、((201 202 203 204) < (161 162 163))ですが、これは、各階層に幾つかの領域が記述されていますが、全て括弧で括られてひとつの領域にされているので、全体としてもひとつの領域を表します。エコーの体積は、最下層の領域の和としているので正しくはありません。これもvolume定義文で与えなければなりません。

最後の((90 100) 120 < 61 (62 63))は、各階層に2つずつ独立な領域があるので計4個の領域に分割されます。それぞれの体積はやはりvolume定義文で与える必要があります。

volume定義文は、インプットエコーの書式をそのまま使えます。書式は、

```

mesh = reg
reg = 1 2 3 4 ( 5 < 12 ) ( {13 - 17} )
volume
  reg      vol
    1      1.0000
    2      5.0000
    3      6.0000
    4      1.0000
  10001    6.0000
  10002    5.0000

```

上の例題では、reg として、1 から 4 まではそのまま、(5 < 12) ({13 - 17}) は、10001 と 10002 を用います。この番号は、一度インプットエコーを取ると得られます。上の例題より分かるように、インプットエコーの部分をもそのままコピーし、体積の値だけを変更すれば済みます。

領域番号(reg)と体積(vol)の順番を変えたいときは、vol reg とします。読み飛ばしコラム用の non も使えます。インプットエコーでは、non として通し番号が付けられています。axis=reg の時のタリーの出力の際にはこの番号が X 軸の値として出力されます。GG の場合も、cell でなく reg を使ってください。

最下層の領域である場合、その領域を指定する時は、(3000 < 3000[1:2 3:6 1:1]) の様に、同じ領域を階層構造の様に 2 度記述します。

5.1.3 r-z メッシュ

r-z スコアリングメッシュの場合、まず、円柱の中心の x, y 座標のオフセットを

```

mesh = r-z
x0 = 1.0
y0 = 2.0

```

の書式で定義します。これは省略可能でデフォルト値はゼロです。

次に、

```

mesh    = r-z
r-type  = [1-5]
        .....
        .....
z-type  = [1-5]
        .....
        .....

```

で始まるメッシュ定義文によって r と z とのメッシュを定義します。メッシュ定義文は後述します。

5.1.4 xyz メッシュ

xyz スコアリングメッシュの場合、

```
mesh    = xyz
x-type  = [1-5]
.....
.....
y-type  = [1-5]
.....
.....
z-type  = [1-5]
.....
.....
```

で始まるメッシュ定義文によって x , y , z のメッシュを定義します。メッシュ定義文は後述します。

5.2 エネルギーメッシュ

タリーのエネルギーメッシュは

```
e-type = [1-5]
.....
.....
```

で始まるメッシュ定義文によって定義します。DEPOSIT2 では、e1-type、e2-type で二つのエネルギーメッシュを定義します。メッシュ定義文は後述します。

5.3 LET メッシュ

タリーの LET メッシュは

```
l-type = [1-5]
.....
.....
```

で始まるメッシュ定義文によって定義します。メッシュ定義文は後述します。

5.4 時間メッシュ

タリーの時間メッシュは

```
t-type = [1-5]
.....
.....
```

で始まるメッシュ定義文によって定義します。メッシュ定義文は後述します。

5.5 角度メッシュ

Cross、product タリーで用いる角度メッシュは

```
a-type = [1, 2, -1, -2]
.....
.....
```

で始まるメッシュ定義文によって定義します。この定義により、余弦(cos)もしくは角度(degree)を定義します。a-type を正で定義したときは余弦(cos)、負で定義したときは角度(degree)を表します。メッシュ定義文は後述します。

5.6 メッシュ定義文

メッシュ定義文には、e-type、t-type、x-type、y-type、z-type、r-type、a-type、l-type で始まる 8 種類がありますが、最初の一字を除くと全て共通なので、ここでは e-type を例に解説します。ne を nx、ny、nz、...、emin を xmin、ymin、zmin、...、の様に読み換えてください。

5.6.1 メッシュタイプ

メッシュの指定の仕方は 5 種類あり、それを e-type = [1-5] で指定します。1 から 5 番までのそれぞれのメッシュタイプは以下のようなものです。

表 59：メッシュタイプ

メッシュタイプ	内 容
1	群数、分点をデータで与える
2	群数と最小値、最大値を与え、線形で等分点が与えられる
3	群数と最小値、最大値を与え、対数で等分点が与えられる
4	メッシュ幅と最小値、最大値を与え、線形で等分点が与えられる。このとき、分点の最大値は与えた最大値もしくは最大値を超える最小の値となるように群数が決定される
5	最小値、最大値、メッシュ幅の対数値とを与え、対数で等分点が与えられる。このとき、分点の最大値は与えた最大値もしくは最大値を超える最小の値となるように群数が決定される

ただし、a-type 即ち、角度のメッシュでは、1, 2 (-1, -2) のメッシュタイプしか使えません。以下に、それぞれのメッシュタイプのデータの定義の書式を示します。

5.6.2 e-type = 1 の場合

書式は、

```
e-type = 1
ne = number of group
    data(1) data(2) data(3) data(4)
    data(5) data(6) data(7) data(8)
    .....
    .....
    data(ne+1)
```

です。この際、継続行のシンボル無しに複数行にまたがっても自動判別します。

5.6.3 e-type = 2, 3 の場合

この次に群数、最小値、最大値を次の様な書式で与えます。

```
e-type = 2, 3
ne = number of group
emin = minimum value
emax = maximum value
```

5.6.4 e-type = 4 の場合

この次にメッシュ幅、最小値、最大値を次の様な書式で与えます。

```
e-type = 4  
edel = width of mesh  
emin = minimum value  
emax = maximum value
```

5.6.5 e-type = 5 の場合

この次にメッシュ幅、最小値、最大値を次の様な書式で与えます。

```
e-type = 5  
edel = log( width of mesh )  
emin = minimum value  
emax = maximum value
```

この場合、メッシュ幅は対数上での幅、即ち $edel = \log(M_{i+1} / M_i)$ です。

5.7 他のタリー定義文

5.7.1 粒子定義文

タリーの中で粒子を指定する時は、

```
part = proton neutron pion+ 3112 208Pb
```

のように空白で区切って定義するか、

```
part = proton  
part = neutron  
part = pion+  
part = 3112  
part = 208Pb
```

のように、定義文を繰り返すことも出来ます。粒子名の表式は表 4 を参照してください。kf コード番号での指定も可能です。

```
part = all
```

と定義すると、粒子すべての和を表わします。ひとつのタリーで粒子 6 個まで指定できます。それ以上の粒子を指定したい時は、複数のタリーセクションを用いてください。

複数の粒子をひとつのグループとしてタリーしたいときは、次のように()が使えます。()の中の粒子は、最大 6 個まで指定できます。

```
part = ( proton neutron ) all pion+ 3112 208Pb
```

この場合、proton と neutron を合わせたものが、最初のグループとして出力されます。2 番目は、全ての粒子の和です。全体として 5 種類の粒子についての出力になります。原子核は、208Pb のように質量数を指定すればその核、Pb のように質量数を指定しなければ、Pb の同位体全体を指定することになります。

5.7.2 axis 定義文

出力データの x 軸を定義します。axis の種類は、タリーの種類とタリーの形状メッシュにより
ますが、

```
eng, reg, x, y, z, r, t, xy, yz, zx, rz,  
cos, the, mass, charge, chart, dchain,  
let, t-eng, eng-t, t-e1, e1-t, t-e2, e2-t, e12, e21
```

があります。

```
axis = eng
```

のように定義します。

ひとつのタリーで複数の axis が定義できます。

```
axis = eng x y
```

とするか、

```
axis = eng  
axis = x  
axis = y
```

のように表わすことも出来ます。ひとつの axis に対して、ひとつのファイルに結果が出力されま
す。従って、複数の axis を定義した場合は、次のファイル定義文で同数のファイル名を定義する
必要があります。

5.7.3 file 定義文

出力ファイル名を定義します。書式は、

```
file = file.001 file.002 file.003
```

のように、パス名を含めてファイル名を書きます。axis を複数指定したときは、その数だけファイル名を指定します。このとき

```
file = file.001  
file = file.002  
file = file.003
```

のように一行にひとつずつ書くこともできます。

5.7.4 unit 定義文

出力の単位を定義します。通常番号で次の様に定義します。

```
unit = number
```

番号とその単位の内容は、各タリーの説明で解説します。

5.7.5 factor 定義文

出力の規格化定数を定義します。[t-gshow]タリーでは、境界線の太さを指定します。次の様に定義します。

```
factor = number
```

出力の物理量にこの定数が掛けられます。

5.7.6 output 定義文

出力する情報の種類を定義します。次の様に定義します。

```
output = name of output
```

詳細は、各タリーの説明で行います。

5.7.7 info 定義文

出力するタリー出力で、詳細情報を出力するかどうかのオプションです。通常、0 か 1 で定義します。

```
info = 0, 1
```

5.7.8 title 定義文

タリー出力に表示されるタイトルを定義します。

```
title = title of the tally
```

省略可能です。省略された場合、デフォルト値が入ります。

5.7.9 ANGEL パラメータ定義文

タリー出力で、ANGEL のパラメータを追加します。

```
angel = xmin(1.0) ymin(1.3e-8)
```

ここで定義したパラメータは、タリー出力の中で

```
p: xmin(1.0) ymin(1.3e-8)
```

と記載されます。ANGEL の使い方は、ANGEL のマニュアルをご覧ください。

5.7.10 2d-type 定義文

タリー出力で、axis=xy などの 2 次元表示を選択したときの、2 次元データの表示のオプションです。番号で指定します。ただし、gshow、rshow オプションがあるタリーでは、意味を持ちません。

```
2d-type = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
```

・ 2d-type = 1, 2, 3, 6, 7

これは、データの並びが Fortran の書式で書くと

```
( ( data(ix,iy), ix = 1, nx ), iy = ny, 1, -1 )
```

で、1 行に 10 個のデータが入り、ANGEL 用のヘッダーが付きます。ヘッダーは、1 は等高線、2 はクラスタープロット、3 はカラープロットです。6 はクラスターと等高線です。7 はカラープ

ロットと等高線です。

• 2d-type = 4

これは、データの並びが Fortran の書式で書くと

```
do iy = ny, 1, -1
do ix = 1, nx
( x(ix), y(iy), data(ix, iy) )
end do
end do
```

で、1 行に x(ix), y(iy), data(ix, iy) の 3 個のデータが入ります。

• 2d-type = 5

これは、データの並びが Fortran の書式で書くと

```
y/x ( x(ix), ix = 1, nx )
do iy = ny, 1, -1
( y(iy), data(ix, iy), ix = 1, nx )
end do
```

で、1 行に nx + 1 個のデータが並び、全部で ny + 1 行です。Excel 等に取り込むデータとして便利です。

5.7.11 gshow 定義文

[t-gshow]、[t-rshow]以外のタリーで用いることができます。タリーのメッシュが xyz メッシュ、axis が xy, yz, xz で、かつ 2d-type = 1, 2, 3, 6, 7 の ANGEL の出力を想定したタリーで、これを指定すると、出力の画面に領域の境界線、また物質番号、領域番号、LAT 番号が表示されます。

`gshow = 0, 1, 2, 3, 4`

0 で表示無し、1 は境界線の表示、2 は境界線と共に物質番号、3 は境界線と共に領域番号、4 は境界線と共に領域番号と LAT 番号を表示します。物質番号、領域番号、LAT 番号を表示させるときに、resol を使って分解能を resol 倍にすると、番号の表示が乱れますので、番号を表示させるときは、resol でなくメッシュの個数を増やして分解能を上げてください。パラメータセクションで、icntl = 8 とすることにより、実際の計算をすることなしに、タリーを設定した領域を事前に見ることができます。icntl = 8 とすると、輸送計算はせずに、xyz メッシュ、xy, yz, zx, axis のタリーで gshow = 1, 2, 3, 4 が指定してあるものの領域を指定のファイルに書き出します。その時、物質毎に色分けします。この機能を使い、大きい計算の前に、タリーの領域の確認、xyz メッシュの分解能の適否を確認することをお勧めします。

5.7.12 rshow 定義文

[t-gshow]以外のタリーで用いることができます。タリーのメッシュが reg メッシュ、axis を xy, yz, zx とする場合必要で、これを指定すると、各領域毎に求めた物理量がその大きさに従って色分けされます。また、境界線、また物質番号、領域番号、LAT 番号が表示されます。この定義文の次には、xyz のメッシュ定義文が必要となります。t-rshow]タリーでは必須です。

```
rshow = 1, 2, 3, 4
x-type = [2, 4]
.....
.....
y-type = [2, 4]
.....
.....
z-type = [2, 4]
.....
.....
```

0 で表示無し、1 は境界線の表示、2 は境界線と共に物質番号、3 は境界線と共に領域番号、4 は境界線と共に領域番号と LAT 番号を表示します。0 の時は、xyz メッシュ定義文は、不必要なのでコメントアウトして下さい。物質番号、領域番号、LAT 番号を表示させるときに、resol を使って分解能を resol 倍にすると、番号の表示が乱れますので、番号を表示させるときは、resol でなくメッシュの個数を増やして分解能を上げてください。

reg メッシュでこのオプションを付けると、領域ごとの出力はありません。従って、計算の後に図の体裁や最大値最小値の調整などは、元のデータがありませんからできません。このオプションを付ける時は、axis = xy, yz, zx で用いるわけですが、その他に axis = reg も加えて別ファイルに領域の物理量のデータを保存することをお勧めします。そのデータと、[t-rshow]タリーを用いることにより、再度加工したデータを元に表示することが可能となります。

パラメータセクションで、icntl = 10 とすることにより、実際の計算をすることなしに、タリーを設定した領域を事前に見ることができます。icntl = 10 とすると、輸送計算はせずに、reg メッシュ、xy, yz, zx, axis のタリーで rshow = 1, 2, 3, 4 が指定してあるものの領域を指定のファイルに書き出します。その時、物質毎に色分けします。この機能を使い、大きい計算の前に、タリーの領域の確認、xyz メッシュの分解能の適否を確認することをお勧めします。

5.7.13 x-txt, y-txt, z-txt 定義文

ANGEL 表示の x, y, z 軸のテキストをデフォルトから変えたい時に用います。これらのテキストは、ANGEL パラメータ定義文では、変えられません。

```
x-txt = テキスト
y-txt = テキスト
z-txt = テキスト
```

5.7.14 volmat 定義文

volmat パラメータは、xyz メッシュでメッシュが領域境界をまたいでいる時の体積補正をするものです。これが有効になるのは、xyz メッシュでかつ material の指定がある場合です。領域をまたいだメッシュの体積を、メッシュサイズから与えるのではなく、指定された material を含む体積をモンテカルロ的に計算します。その時のスキャンは、各軸に平行な 1 辺当たり volmat 数の軌跡で計算します。この数をあまり大きく取るとメッシュ数にもよりますが、計算時間が膨大になることがありますので注意して下さい。volmat を負の数で指定すると、強制的に全ての xyz メッシュをスキャンします。正の場合は、メッシュの 8 頂点が同じ物質ならスキャンしません。

5.7.15 epsout 定義文

epsout = 1 を指定すると、出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成します。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名です。パラメータセクションで itall = 1 を指定して、出力の eps ファイルを ghostview を用いて画面に表示し、w キーを押して eps ファイルの更新に伴う画面の書き換えを指定していれば、バッチ毎にタリーの結果の変化を自動的に画面上で確認できます。

5.7.16 カウンター定義文

[counter]セクションで定義したカウンターを用いて、タリーで集める物理量に制限を加えることができます。各カウンターごとに、最小値と最大値を ctmin(i), ctmax(i) で定義します。i は、カウンター番号、1 から 3 です。デフォルト値は最小値が -9999、最大値が 9999 です。複数のカウンターを用いる時は、それらの条件の共通部分となります。

5.7.17 resol 分解能、width 線太さ定義文

resol を使い、gshow、rshow、3dshow の表示の時、指定した xyz のメッシュを固定したまま、境界線を求めるの分解能を上げることができます。デフォルトは 1 で、xyz のメッシュの分解能と同じです。resol = 2 とすると各辺 2 倍のメッシュになります。xyz メッシュのタリーで、境界線の精度だけ上げるのに便利です。また、3dshow の時も、荒い精度で表示を確認してから、resol を大きくして最終的なきれいな図を得ることができます。resol を大きくしてもメモリーは変化しません。ただし、物質番号、領域番号、LAT 番号を同時に表示させるときには、resol を使って分解能を resol 倍にすると、番号の表示が乱れますので、番号を表示させるときは、resol でなくメッシュの個数を増やして分解能を上げてください。

width は、gshow、rshow、3dshow の表示の時の線の太さを定義します。デフォルトは、0.5 です。

5.7.18 trcl 座標変換

r-z、xyz メッシュの座標を trcl により座標変換します。書式は以下のように 2 通りあります。

```
trcl = number
trcl =  $O_1$   $O_2$   $O_3$   $B_1$   $B_2$   $B_3$   $B_4$   $B_5$   $B_6$   $B_7$   $B_8$   $B_9$   $M$ 
```

最初の書式は、[transform]セクションで定義した座標変換番号です。次の書式は、この定義の中で座標変換を定義します。[transform]と同じように 13 個の数字で定義します。一行に収まらない場合は、複数の行にわたって定義できます。その時は自動認識しますので、行末の継続行の記号¥は必要ありません。ただし、継続行は先頭に 12 個以上の空白が必要です。

r-z、xyz メッシュの他に、3dshow のタリーで box を定義するときにも、trcl による座標変換が使えます。書式は[t-3dshow]のところで示します。

5.7.19 dump 定義文

[t-cross]、[t-time]、[t-product]タリーで、粒子の情報をファイルにダンプすることができます。その時、ダンプする物理量とそのデータ並びを dump 定義文で指定できます。

dump データの情報は、まず、dump =でデータの個数を指定します。正で与えた時はバイナリーファイル、負で与えた時はアスキーファイルへの書き込みをします。次の行にひとつのレコードのデータの並びを指定します。その時の番号と物理量の関係は、以下の通りです。

表 60 : dump データの種類と番号 (1)

物理量	Kf	x	y	z	u	v	w	e	wt	time	C1	C2	C3	sx	sy	sz
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

表 61 : dump データの種類と番号 (2)

物理量	name	nocas	nobch	no
番号	17	18	19	20

ここで、kf は、粒子を識別する kf-code、表 4 を参照してください。x, y, z は座標 (cm)、u, v, w は運動量の単位ベクトル、e はエネルギー (MeV)、原子核の場合は核子当たりのエネルギー、wt は粒子ウェイト、time は時間 (nsec)、c1, c2, c3 はカウンターの値、sx, sy, sz はスピンの方向ベクトルです。name は粒子の衝突回数、nocas はバッチの中の現在のイベント数、nobch は現在のバッチ数、no は現在のイベントでのカスケード ID です。これらはバイナリーファイルの時は real*8 のデータで、アスキーファイルの時は n(1p1d24. 15)のフォーマットで格納します。

例えば、9 つのデータを次の順番で書き出させたいとき、

```
kf e wt x y z u v w
```

このデータを書き込みたいときは、


```
dump = 9
1 8 9 2 3 4 5 6 7
```

と指定します。

dump するデータを書き込むファイルは、file 定義文で指定したファイルです。dump 定義文を用いてダンプさせる時は、axis、file 数ともにひとつに制限されます。また、unit は、1 に固定されます。file 定義文で定義された file 名の後に、.cfg をつけたファイルに、通常のタリーの結果が書き出されます。この結果からダンプされたデータの規格化定数を読み取ってください。

6 タリー入力書式

6.1 [T - T r a c k] セクション

track length タリーによる flux を出力します。

表 62 : [t-track]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all(省略時), 粒子名	ひとつの[t-track]セクション最大 6 個まで
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
e-type =	1, 2, 3, 4, 5	エネルギーメッシュ、エネルギーメッシュサブセクションが必要
t-type =	1, 2, 3, 4, 5 (省略可)	時間メッシュ、時間メッシュサブセクションが必要
unit =	1, 2, 3, 4 11, 12, 13, 14	1: [1/cm ² /source] 2: [1/cm ² /MeV/source] 3: [1/cm ² /Lethargy/source] 4: [1/cm ² /source] vol=1cm ³ , volmat=0 11: [1/cm ² /nsec/source] 12: [1/cm ² /nsec/MeV/source] 13: [1/cm ² /Lethargy/nsec/source] 14: [1/cm ² /nsec/source] vol=1cm ³ , volmat=0
axis =	eng, reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz, t	出力データの x 軸 2 次元表示 時間軸
file =	file name	axis の数だけ定義する
multiplier =	物質数(省略可)	multiplier を物質毎に指定します、multiplier サブセクションの書式は下に示します
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション

表 63 : [t-track]パラメータ (2)

name	値	説 明
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volume	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要
reg vol		volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1(省略時) 0	1 で gshow で lattice の境界を表示 0 で gshow で lattice の境界を非表示

multiplier の指定書式

```

multiplier = number of material
  part = proton
  emax = 150
  mat          mset1    mset2
  1   ( 0.1236 1 1 -4 ) ( 0.0 )
  2   ( 0.0060 2 1 -4 ) ( 0.0 )
  3   ( 0.0032 3 1 -4 ) ( 0.0 )
  ....
multiplier = number of material
  part = neutron
  emax = 150
  mat          mset1          mset2
  1   ( 0.1236 1 1 -4 : -6 -8 ) ( 1.0 -1 33 0.543 )
  2   ( 0.0060 2 1 -4 : -6 -8 ) ( 1.0 -1 34 0.321 )
  3   ( 0.0032 3 1 -4 : -6 -8 ) ( 1.0 -1 35 0.678 )
  ....

```

multiplier = で指定する物質の数を指定します。all も可能です。この時は、下の mat の項でも all を用います。part = で multiplier を乗じる粒子を指定します。6 個まで複数指定可能です。all も可能です。省略すれば all を意味します。指定以外の粒子の寄与はゼロになります。ただし、核データの存在する粒子だけに作用します。従って、通常は中性子と光子です。LA150 を用いるときには陽子も含まれます。emax = で multiplier を乗じるエネルギーの上限を定義します。エネルギー上限を省略すれば、emax = dmax(i), i = 1, 2, or 14 のように、ライブラリー計算のエネルギー上限が設定されます。ライブラリーの上限以上では、ライブラリーの上限の値が入ります。mat が multiplier を乗じる物質番号です。ここで指定する物質に対して multiplier が乗じられます。

mset1, mset2,, mset6 は、multiplier セットの指定です。multiplier セットは、全部で6つまで可能です。それぞれのセット毎に結果が出力されます。上の例題のように multiplier 定義が複数ある場合は、それぞれの multiplier セットの数は等しくなければなりません。上の例題の mset1 は、heat をとるセットです。また、mset2 は、陽子がゼロで、中性子は、attenuator セットとなっています。

特殊なものとしては、($C k$), $k < 0$ というものがあります。 $k = -1$ は、 $1/\text{weight}$ 、 $k = -2$ は、 $1/\text{velocity}$ を乗じます。 $k = -102$ は、内蔵の中性子の線量換算係数を、 $k = -114$ は、内蔵の光子の線量換算係数を乗じます。線量換算係数の単位は、 $(\mu\text{Sv/h}) / (\text{n/sec/cm}^2)$ です。

PHITS ver. 2.00 から、線量換算係数のデータの内挿の仕方を linear-linear から log-log に変えたので、注意してください。

6.2 [T-Cross] セクション

面横断タリーによる flux または、current を出力します。

角度メッシュによる面の法線ベクトルとのなす角による current も出力することができます。

表 64 : [t-cross]パラメータ (1)

name	value	explanation
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all (省略時), 粒子名	ひとつの[t-cross]セクション最大 6 個まで
e-type =	1, 2, 3, 4, 5	エネルギーメッシュ、エネルギーメッシュサブセクションが必要
a-type =	1, 2, -1, -2 a-curr, oa-curr の時に必要	角度メッシュ (1, 2 :cos, -1, -2 :degree)、角度メッシュサブセクションが必要
t-type =	1, 2, 3, 4, 5 (省略可)	時間メッシュ、時間メッシュサブセクションが必要
unit =	1, 2, 3, 4 11, 12, 13, 14	1: [1/cm2/source] 2: [1/cm2/MeV/source] 3: [1/cm2/Lethargy/source] 4: [1/cm2/source] vol=1cm3, volmat=0 11:[1/cm2/nsec/source] 12:[1/cm2/nsec/MeV/source] 13:[1/cm2/Lethargy/nsec/source] 14:[1/cm2/nsec/source] vol=1cm3, volmat=0
axis =	eng, reg, x, y, z, r, cos, the, t xy	出力データの x 軸 角度(cos, the), 時間(t) 2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション

表 65 : [t-cross]パラメータ (2)

name	値	説 明
output =	flux current f-curr b-curr o-curr of-curr ob-curr a-curr oa-curr	面横断の flux を出力 面横断の current を出力 面横断の forward current を出力 面横断の backward current を出力 面横断の omni current を出力、omni は energy integrated を意味します 面横断の omni forward current を出力 面横断の omni backward current を出力 面横断の角度メッシュ current を出力 面横断の角度メッシュ omni current を出力
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
dump =	データ数(省略可)	ファイルに粒子の情報をダンプします。mesh=reg のみ。正で与えた時はバイナリー、負の時はアスキーファイルデータの順番を定義します
(次行)	データ定義	
gslat =	1(省略時) 0	1 で gshow で lattice の境界を表示 0 で gshow で lattice の境界を非表示

[t-cross]で、dump を用いることができるのは、reg メッシュだけです。また、axis は reg に固定されます。dump を指定したときは、e-type, a-type, t-type の指定は、上限と下限の意味しかもちません。unit は 1 に固定、output は current もしくは、a-curr, oa-curr になります。dump するデータを書き込むファイルは、file 定義文で指定したファイルです。dump 定義文を用いてダンプさせる時は、axis、file 数ともにひとつに制限されます。file 定義文で定義された file 名の後に、.cfg をつけたファイルに、通常のタリーの結果が書き出されます。この結果からダンプされたデータの規格化定数を読み取ってください。そのためには、e-type, a-type, t-type のメッシュをひとつにすると便利です。

形状メッシュで、mesh=reg を選択した場合、それに引き続く形状メッシュサブセクションは、領域横断面を定義するため、領域番号を用いて入ってくる領域、出て行く領域、またその面積(cm²)を次の書式で定義する必要があります。

```

mesh = reg
reg = number of crossing surfaces
r-in   r-out   area
  2     8     10.0
  3     8      5.0
( 4 5 ) ( 4 5 )  2.0
(13<5) (14<5)   7.0
(13<6) (14<6)   7.0
(13<7) (14<7)   7.0
...     ...     ....
...     ...     ....

```

このとき、データの並びは、r-in r-out area がデフォルトで、この定義文は省略できますが、順番を変えたいときは、area r-in r-out のように定義文を明示します。読み飛ばしコラム用の non も使えます。領域をまとめる、({ 2 - 5 } 8 9) という書式も使えます。また、(6 < 10 [1 0 0] < u=3) などの lattice、universe 構造も指定できます。ただし、単一の数字で無い場合は必ず() で括ってください。これらの順番を変えたいときは、定義の文字列の順番を変えます。読み飛ばしコラム用の non も使えます。

mesh = reg の時は、上の様に入る領域と出る領域を指定しますので、flux を得る時は注意が必要です。上の例題の 3 番目の領域以外は、片方向の flux になります。従って、flux を取る時は、3 番目の例題のように隣り合う領域をそれぞれ r-in r-out に合わせて指定して下さい。

形状メッシュで、mesh = r-z を選択した場合は、 $r_i - r_{i+1}$ で定義される領域の n_z+1 個の z 横断面と、 $z_i - z_{i+1}$ で定義される領域の n_r+1 個の r 横断面の 2 種類の横断面が定義されます。r-surface と外部ボイドの面が同じ場合は、この面での cross は、タリーされませんからご注意ください。

形状メッシュで、mesh = xyz を選択した場合は、 $x_i - x_{i+1}$, $y_j - y_{j+1}$ で定義される領域の n_z+1 個の z 横断面が定義されます。このとき、 x , y 横断面は定義されません。

mesh = r-z, xyz の時は、面を横断する粒子の両方向が自動的に入ります。また、これらの時の forward は、 z 面では正方向、 r 面では中心から外方向を意味します。

6.3 [T-Yield] セクション

生成核種を出力します。dmax(2)以下のエネルギーの中性子による生成核種はタリーされません。ただし、e-mode=1の時は、タリーされます。

表 66 : [t-yield]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
special =	D=0 (省略可)	> 0 の時、タリー領域での核反応を special 回繰り返し、また統計崩壊を反応あたり 10 回繰り返し、核種生成断面積の統計を上げる
part =	all (省略時) 反応入射粒子名	ひとつの[t-yield]セクション最大 6 個まで 入射粒子を限定する
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
mother = (次行)	(省略可) all, 数 208Pb Pb	核種生成をする母核を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの核種を次の行に記述する。負の数にした場合は、それらの母核を対象から外すことを意味する 質量数を指定すれば、その核 質量数を指定しなければ、Pb の同位体全てを指定 複数の母核群を指定したいときは、複数の[t-yield]セクションを定義する
nucleus = (次行)	(省略可) all, 数 208Pb Pb	出力する核種生成を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの核種を次の行に記述する。 質量数を指定すれば、その核 質量数を指定しなければ、Pb の同位体全てを指定
unit =	1, 2	1: [1/source] 2: [1/cm ³ /source]
ndata =	0 (省略時) 1	1 を指定すると、核子入射で標的核が α , ^{14}N , ^{16}O の場合の核種生成断面積に核データを用います

ndata = 1 の時、使用する核データの反応チャンネルは、以下のものです。

$^4\text{He}(n, x)^3\text{H}$	$^{14}\text{N}(n, x)^3\text{H}$	$^{14}\text{N}(n, x)^7\text{Be}$	$^{14}\text{N}(n, x)^{11}\text{Be}$	$^{14}\text{N}(n, x)^{10}\text{C}$	$^{14}\text{N}(n, x)^{11}\text{C}$
$^{14}\text{N}(n, x)^{14}\text{C}$	$^{14}\text{N}(n, x)^{13}\text{N}$	$^{16}\text{O}(n, x)^3\text{H}$	$^{16}\text{O}(n, x)^7\text{Be}$	$^{16}\text{O}(n, x)^{11}\text{Be}$	$^{16}\text{O}(n, x)^{10}\text{C}$
$^{16}\text{O}(n, x)^{11}\text{C}$	$^{16}\text{O}(n, x)^{14}\text{C}$	$^{16}\text{O}(n, x)^{15}\text{C}$	$^{16}\text{O}(n, x)^{13}\text{N}$	$^{16}\text{O}(n, x)^{16}\text{N}$	$^{16}\text{O}(n, x)^{14}\text{O}$
$^{16}\text{O}(n, x)^{15}\text{O}$	$^4\text{He}(p, x)^3\text{H}$	$^{14}\text{N}(p, x)^7\text{Be}$	$^{14}\text{N}(p, x)^{11}\text{Be}$	$^{14}\text{N}(p, x)^{10}\text{C}$	$^{14}\text{N}(p, x)^{11}\text{C}$
$^{14}\text{N}(p, x)^{13}\text{N}$	$^{14}\text{N}(p, x)^{14}\text{O}$	$^{16}\text{O}(p, x)^3\text{H}$	$^{16}\text{O}(p, x)^7\text{Be}$	$^{16}\text{O}(p, x)^{11}\text{Be}$	$^{16}\text{O}(p, x)^{10}\text{C}$
$^{16}\text{O}(p, x)^{11}\text{C}$	$^{16}\text{O}(p, x)^{14}\text{C}$	$^{16}\text{O}(p, x)^{13}\text{N}$	$^{16}\text{O}(p, x)^{14}\text{O}$	$^{16}\text{O}(p, x)^{15}\text{O}$	

表 67 : [t-yield] パラメータ (2)

name	値	説 明
axis =	reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz, mass charge chart dchain	出力データの x 軸 2 次元表示 質量分布を表示、nucleus を指定した場合 isotope 分布 荷電分布を表示、nucleus の指定不可 nucleus chart 形式(x 軸:N, y 軸:Z)、nucleus の指定不可 dchain-sp 用の出力、全ての isotope を出力、mesh = reg のみ
file =	file name	axis の数だけ定義する
output =	(省略可) product cutoff	タリーするタイミングを変更します。省略時は product 核反応で生成された核種をタリーする、デフォルト エネルギーカットオフで止まった核種をタリーする、原子 核を輸送させない場合は product と同じになる
info =	0, 1	dchain のとき誤差の情報を別ファイルで出力 chart のとき stable nuclei と magic number を出力
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略 可)	2 次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト

output=cutoff を指定したときは、part, mother の指定は無視されます。

表 68 : [t-yield] パラメータ (3)

name	値	説 明
gshow =	0 (省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界 (1) と物質番号 (2)、領域番号 (3)、LAT 番号 (4) を表示
rshow =	0 (省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界 (1) と物質番号 (2)、領域番号 (3)、LAT 番号 (4) を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1 (省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5 (省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volume reg vol	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要 volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72 (省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0 (省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) = ctmax(i) =	(省略可、D=-9999) (省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最小値 i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1 (省略時) 0	1 で gshow で lattice の境界を表示 0 で gshow で lattice の境界を非表示

6.4 [T - H e a t] セクション

生成熱を出力します。核データを用いる低エネルギーの中性子、光子、電子による発熱も、Kerma factor を用いて同時にタリーすることができます。e-mode=1 を用いると、核データを用いた中性子の Kerma factor は用いず、放出荷電粒子や、残留核の運動エネルギーから発熱を計算します。光子の発熱は、通常は核データの Kerma factor から計算しますが、electron=1、かつ、電子の輸送を含んでいる時は、電子のエネルギーロスから計算します。output に deposit の指定がある場合は、核データを用いる中性子の輸送からの寄与は、Kerma factor を用いますので、分散ができません。e-mode の利用をお勧めします。

表 69 : [t-heat]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
axis =	eng, reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz,	出力データの x 軸 2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
material =	(省略可) all, 数	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。
(次行)	2 5 8	material 番号
e-type =	1, 2, 3, 4, 5	エネルギーメッシュ、output = deposit-*** に必要、エネルギーメッシュサブセクションが必要
output =	Heat simple all deposit-heat deposit-simple deposit-all	ncut, gcut, pcut を除いた heat を出力 heat, ncut, gcut, pcut, leakage, heat の成分として recoil, ionization, low neutron, electron, others 上に加えて、これらの各成分として、 recoil の d, t, ^3He , α , residual inoization の p, π^+ , π^- , others stopped particle の p, neutron, photon, π^+ , π^- , others others の remaining excitation energy また、fussion の成分が出力される 2 次元のときは、heat は total だけ all は simple と同じで、total, recoil, ionization, low neutron, electron, others が出力される deposit が付いた時は、e-type セクションが必要 axis は eng だけ unit は、3: [1/source] のみ

計算打切エネルギー以下の中性子、光子、陽子の扱いが少し変わりましたので、注意して下さい。
計算打切エネルギー以下の中性子、光子、陽子であっても、パラメータセクションで incut=0, igrut=0, ipcut=0 であれば、上の ncut, gcut, pcut の成分には含まれず、stopped particle のところにタリーされます。incut>0, igrut>0, ipcut>0 の時のみ、ncut, gcut, pcut にタリーされます。

表 70 : [t-heat]パラメータ (2)

name	値	説 明
part =	粒子名 (省略可)	ここで指定した粒子の ionization 成分と stopped particle 成分を出力する
unit =	1, 2, 3	1: [MeV/cm ³ /source] 2: [MeV/source] 3: [1/source], deposit エネルギー分布のみ
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2次元表示のオプション
x-txt = y-txt = z-txt =	(省略可) (省略可) (省略可)	x-軸テキスト y-軸テキスト z-軸テキスト
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します

outputに deposit がついたものは、ソース粒子毎の deposit エネルギーをタリーし、その deposit エネルギー分布を出力します。このタリーを用いるときは、importance などの粒子の weight を変化させるものを入れてはいけません。正しい答えが得られません。

deposit = 0 の時の各成分は、全体の deposit エネルギーに対する割合を示します。この時、deposit エネルギー分布はあくまでも total heat です。一方、deposit = 1 の時は、各成分毎の deposit エネルギー分布を示します。この場合、各エネルギーでの和は total になりません。

heat について全般的に言えることですが、最終的に熱に変換するエネルギーは、荷電粒子の ionization の過程を通してです。しかしながら、輸送コードの中では、cutoff エネルギーがあり、最後の過程まで追わずに輸送を終了します。従って、熱の成分として recoil、others などの成分が出力されます。これらの成分は、輸送のパラメータにより変化します。特に、deposit エネルギー分布を見るときには、注意が必要です。deposit エネルギーをタリーするときには、出力の中で recoil、others がゼロになるように、輸送のパラメータを決める必要があります。具体的に言うと、p, d, t, He, 原子核の cutoff エネルギーを小さく取って、それらが ionization で止まるまで輸送させる。光子の輸送を含ませる。(光子のカーマによる熱は、電子の ionization による熱です。実際に電子まで走らせて電子の ionization を評価してもいいのですが、そこまでは必要ないでしょう。)残留核に残った励起エネルギーを γ 崩壊させる。このようなことを注意してください。

表 71 : [t-heat]パラメータ (3)

name	値	説 明
volume	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要
reg vol		volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
electron =	0(省略時), 1	電子の寄与のオプション 0: 光子の KERMA factor を使う 1: 電子の ionization loss から計算する、この場合電子の輸送が必要
deposit =	0(省略時), 1	deposit エネルギーの表示オプション 0: total heat の deposit エネルギー分布 1: 各成分の deposit エネルギー分布
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1(省略時) 0	1 で gshow で lattice の境界を表示 0 で gshow で lattice の境界を非表示

6.5 [T - S t a r] セクション

star density を出力します。 ライブラリーによる反応は、中性子だけがタリーされます。

表 72 : [t-star]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all(省略時) 反応入射粒子名	ひとつの[t-star]セクション最大 6 個まで
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
mother = (次行)	(省略可) all, 数 208Pb Pb	核種生成をする母核を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの核種を次の行に記述する。負の数にした場合は、それらの母核を対象から外すことを意味する 質量数を指定すれば、その核 質量数を指定しなければ、Pb の同位体全てを指定 複数の母核群を指定したいときは、複数の[t-yield]セクションを定義する
e-type =	1, 2, 3, 4, 5	エネルギーメッシュ、エネルギーメッシュサブセクションが必要
t-type =	1, 2, 3, 4, 5	時間メッシュ、時間メッシュサブセクションが必要
unit =	1, 2 11, 12	1: [1/cm ³ /source] 2: [1/cm ³ /MeV/source] 11: [1/cm ³ /nsec/source] 12: [1/cm ³ /nsec/MeV/source]
axis =	eng, reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz, t	出力データの x 軸 2 次元表示 時間軸
file =	file name	axis の数だけ定義する
output =	all decay elastic nuclear fission absorption heavyion	全ての反応の star density decay 反応の star density elastic 反応の star density non-elastic + Hydrogen + HI 反応の star density fission 反応の star density absorption 反応の star density Heavy Ion 反応の star density
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト

表 73 : [t-star]パラメータ (2)

name	値	説 明
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volume reg vol	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要 volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
Gslat =	1(省略時) 0	1 で gshow で lattice の境界を表示 0 で gshow で lattice の境界を非表示

6.6 [T - T i m e] セクション

energy cut off と escape 粒子の個数を時間タリーで出力します。時間の単位は nsec です。

表 74 : [t-time]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all(省略時) 粒子名	ひとつの[t-time]セクション最大 6 個まで
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
t-type =	1, 2, 3, 4, 5	時間メッシュ、時間メッシュサブセクションが必要
e-type =	1, 2, 3, 4, 5	エネルギーメッシュ、エネルギーメッシュサブセクションが必要
unit =	1, 2, 3, 4	1: [1/source] 2: [1/nsec/source] 3: [1/nsec/cm ³ /source] 4: [1/nsec/cm ³ /MeV/source]
axis =	T, eng, reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz	出力データの x 軸 2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
output =	all cutoff escape	energy cut of と escape 粒子 energy cut off 粒子 escape 粒子
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volume reg vol	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要 volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照

表 75 : [t-time]パラメータ (2)

name	値	説 明
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
dump =	データ数(省略可)	ファイルに粒子の情報をダンプします。mesh=reg のみ。 正で与えた時はバイナリー、負の時はアスキーファイル
(次行)	データ定義	データの順番を定義します
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

このタリーを用いると、energy cut off 粒子や、escape 粒子のエネルギースペクトルを取ることができます。特に、輸送粒子でない粒子の発生時のスペクトルを取るタリーは、この時間タリー以外にはありません。輸送粒子でない粒子は、発生時に cut off 粒子と見なされてしまい、他のタリーではスコアできませんが、このタリーを用いることにより可能となります。

[t-time]で、dump を用いることができるのは、output = cutoff だけです。dump を指定したときは、e-type, t-type の指定は、上限と下限の意味しかもちません。unit は 1 に固定です。dump するデータを書き込むファイルは、file 定義文で指定したファイルです。dump 定義文を用いてダンプさせる時は、axis、file 数ともにひとつに制限されます。file 定義文で定義された file 名の後に、.cfg をつけたファイルに、通常のタリーの結果が書き出されます。この結果からダンプされたデータの規格化定数を読み取ってください。そのためには、e-type, t-type のメッシュをひとつにすると便利です。

[t-time]で dump を用いると、ncut、gcut、pcut で条件付けられた PHITS の繋ぎ計算用ファイルを作成できます。

6.7 [T - D P A] セクション

DPA を出力します。低エネルギーの中性子による DPA の寄与もライブラリーを使うことによってタリーし、同時に出力することができます。その場合、ライブラリーの指定が必要です。また、e-mode=1 を用いると、ライブラリーがなくても、核データを用いた中性子の輸送からの寄与が計算できます。

表 76 : [t-dpa]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all(省略時), 反応入射 粒子名	ひとつの[t-dpa]セクション最大 6 個まで
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
mother = (次行)	(省略可) all, 数 208Pb Pb	核種生成をする母核を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの核種を次の行に記述する。負の数にした場合は、それらの母核を対象から外すことを意味する 質量数を指定すれば、その核 質量数を指定しなければ、Pb の同位体全てを指定 複数の母核群を指定したいときは、複数の[t-yeild]セクションを定義する
unit =	1, 2	1: [DPA/source*1. e+24] 2: [DPA/source]
axis =	reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz	出力データの x 軸 2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
output =	dpa simple all	total DPA の出力 total, elastic, non-elastic, transport charged particles, neutron library からの DPA の出力 simple に加え、PKA として d, t, ³ He, α , Nucleus の寄与の出力
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要

表 77 : [t-dpa]パラメータ (2)

name	値	説 明
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volume	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要
reg vol		volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
library =	物質数(省略可)	DPA ライブラリーを物質毎に指定します、DPA ライブラリーサブセクションの書式は下に示します
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

ライブラリーの指定書式

library = <i>number of material</i>			
part = proton			
emax = 3000			
mat	fac	lib	mt
1	1.0	41	445
2	1.0	42	445
3	1.0	43	445
....			
....			
library = <i>number of material</i>			
part = neutron			
emax = 3000			
mat	fac	lib	mt
1	1.0	41	444
2	1.0	42	444
3	1.0	43	444
....			
....			

part =でライブラリーを用いる粒子を指定します。現在、proton と neutron が利用可能です。emax =でライブラリーを用いるエネルギーの上限を定義します。粒子を省略すれば、中性子が仮定されます。エネルギー上限を省略すれば、emax = dmax(1) or dmax(2)のようにライブラリー計算のエネルギー上限値が仮定されます。mat がライブラリーを用いる物質番号、fac は規格化係数、lib はライブラリーの入った物質番号、mt がライブラリー内の DPA データのレコード番号。原田氏作成のライブラリーでは、陽子が mt=445、中性子が mt=444 です。fac, mt は省略可能です。mt を省略した場合は、444 がデフォルトとして入ります。lib で指定した物質番号が[material]セクションで定義されていなければなりません。ライブラリーの読み込みに際しては、y タイプのデータを想定しています。例えば、

```
m41      4009. 12y 1
m42      13027. 12y 1
m43      26054. 12y 3. 3066d-04  26056. 12y 5. 2290d-02
          26057. 12y 1. 2542d-03  26058. 12y 1. 5963d-04
```

mat fac lib mt の順番は、mat lib mt fac 等と変更できます。また、読み飛ばしコラム用の non も使えます。

6.8 [T - P r o d u c t] セクション

核反応による生成粒子、ソースの発生粒子をタリーします。[t-yield]との違いは、エネルギー分布や、時間分布が取れることと、[t-product]では、弾性散乱からの寄与は含まれていません。低エネルギーの中性子、光子、電子の反応からの粒子は、タリーしていません。ただし、e-mode=1を用いると核データを用いた中性子反応からの生成粒子、残留核をタリーすることができます。

表 78 : [t-product]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all(省略時), 粒子名	ひとつの[t-product]セクション最大6個まで
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
mother = (次行)	(省略可) all, 数 208Pb Pb	核種生成をする母核を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの核種を次の行に記述する。負の数にした場合は、それらの母核を対象から外すことを意味する 質量数を指定すれば、その核 質量数を指定しなければ、Pb の同位体全てを指定 複数の母核群を指定したいときは、複数の[t-yield]セクションを定義する
e-type =	1, 2, 3, 4, 5	エネルギーメッシュ、エネルギーメッシュサブセクションが必要
t-type =	1, 2, 3, 4, 5	時間メッシュ、時間メッシュサブセクションが必要
a-type =	1, 2, -1, -2 (省略可)	角度メッシュ (1, 2 :cos, -1, -2 :degree)、角度メッシュサブセクションが必要
unit =	1, 2, 3, 4, 5, 6 11, 12, 13, 14, 15, 16 21, 22, 23, 24, 25, 26	1: [1/source] 2: [1/cm ³ /source] 3: [1/MeV/source] 4: [1/cm ³ /MeV/source] 5: [1/Lethargy/source] 6: [1/cm ³ /Lethargy/source] 11: [1/nsec/source] 12: [1/cm ³ /nsec/source] 13: [1/MeV/nsec/source] 14: [1/cm ³ /MeV/nsec/source] 15: [1/Lethargy/nsec/source] 16: [1/cm ³ /Lethargy/nsec/source] 21: [1/SR/source] 22: [1/cm ³ /SR/source] 23: [1/MeV/SR/source] 24: [1/cm ³ /MeV/SR/source] 25: [1/Lethargy/SR/source] 26: [1/cm ³ /Lethargy/SR/source]

表 79 : [t-product] パラメータ (2)

name	値	説 明
unit = (続き)	31, 32, 33, 34, 35, 36	31: [1/nsec/SR/source] 32: [1/cm ³ /nsec/SR/source] 33: [1/MeV/nsec/SR/source] 34: [1/cm ³ /MeV/nsec/SR/source] 35: [1/Lethargy/nsec/SR/source] 36: [1/cm ³ /Lethargy/nsec/SR/source]
axis =	eng, reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz t, cos, the	出力データの x 軸 2 次元表示 時間(t)、角度(cos, the)
file =	file name	axis の数だけ定義する
output =	source nuclear (default) nonela elastic decay fission	ソースの発生粒子 核反応からの生成粒子、elastic を含む 非弾性散乱からの生成粒子 弾性散乱からの生成粒子 崩壊反応からの生成粒子 核分裂からの生成粒子
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volume reg vol	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要 volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時), 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成、ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義

表 80 : [t-product] パラメータ (3)

name	値	説 明
dump = (次行)	データ数(省略可) データ定義	ファイルに粒子の情報をダンプします。mesh=reg のみ。 正で与えた時はバイナリー、負の時はアスキーファイル データの順番を定義します
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

[t-product]で、dump を指定したときは、e-type, t-type の指定は、上限と下限の意味しかもちません。unit は 1 に固定です。dump するデータを書き込むファイルは、file 定義文で指定したファイルです。dump 定義文を用いてダンプさせる時は、axis、file 数ともにひとつに制限されます。file 定義文で定義された file 名の後に、.cfg をつけたファイルに、通常のタリーの結果が書き出されます。この結果からダンプされたデータの規格化定数を読み取ってください。そのためには、e-type, t-type のメッシュをひとつにすると便利です。

ソースに dump ファイルを用い、[t-product]で、dump を指定し、output = source、icntl = 6 を指定すると、dump ファイルの加工ができます。既存の dump ファイルから、特定の粒子や、特定のエネルギーの情報、また、情報の数を減らしたファイルなどを、新しい dump ファイルとして作成できます。

6.9 [T-LET] セクション

任意の物質の LET(dE/dx)の関数として、track length や、dose をタリーします。[t-heat]と異なり、ここでの dose は、荷電粒子のエネルギーロスだけをタリーします。LET の単位は、 $keV/\mu m$ です。[T-LET]を使い、中性子の輸送計算を行う場合は、Event Generator mode (e-mode=1)にする必要があります。

表 81 : [t-let]パラメータ (1)

name	値	説明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all(省略時), 粒子名	ひとつの[t-let]セクション最大6個まで
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
letmat =	(省略可)	LET(dE/dx)を評価する物質番号、省略時は、実際の物質物質を指定する場合の密度は、[Material]セクションで定義された密度となる。したがって、水に対する LET 分布を計算したい場合、[Material]セクションで、水の密度が $1g/cm^3$ となるように定義する必要がある。
l-type =	1, 2, 3, 4, 5	LET メッシュ [$keV/\mu m$]、LET メッシュサブセクションが必要
unit =	1, 2, 3, 4, 5, 6 7, 8, 9, 10, 11, 12	1: Track [$cm/(keV/\mu m)/source$] 2: Dose [$MeV/(keV/\mu m)/source$] 3: Track [$cm/\ln(keV/\mu m)/source$] 4: Dose [$MeV/\ln(keV/\mu m)/source$] 5: Track [$cm/source$] 6: Dose [$MeV/source$] 7: Track [$1/cm^2/(keV/\mu m)/source$] 8: Dose [$MeV/cm^3/(keV/\mu m)/source$] 9: Track [$1/cm^2/\ln(keV/\mu m)/source$] 10: Dose [$MeV/cm^3/\ln(keV/\mu m)/source$] 11: Track [$1/cm^2/source$] 12: Dose [$MeV/cm^3/source$]
axis =	let, reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz	出力データの x 軸 2次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト

表 82 : [t-let]パラメータ (2)

name	値	説 明
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volume reg vol	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示されます。この行の下に volume 定義文が必要 volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

6.10 [T - S E D] セクション

PHITS は、巨視的な体系内での放射線挙動を解析する計算コードですので、マイクロドジメトリなどで使われる DNA や細胞サイズの微視的な領域内での付与エネルギー (lineal energy (y) もしくは specific energy (z)) 分布を、[t-deposit]や[t-heat]などを用いて直接計算することはできません。そこで、飛跡構造解析の結果に基づいて構築した計算式を用いて、微小領域におけるエネルギー付与分布を計算するタリー[t-sed]を導入しました。このタリーを用いれば、 δ 線やオージェ電子による寄与によるも考慮して、微小領域における y 分布や z 分布を計算することができます。なお、sed の名前の由来は、Specific Energy Distribution です。計算方法の詳細は、下記の文献²³を参照してください。

[t-sed]は任意の物質中の微小領域内付与エネルギー分布をタリーします。ただし、水以外の物質に対する精度検証は行っていないので、ご注意ください。その際、[t-heat]と異なり、dose は、荷電粒子のエネルギーロスだけをタリーします。したがって、[T-SED]を使い中性子の輸送計算を行う場合は、event generator mode (e-mode=1)にする必要があります。微小領域の付与エネルギーを表す単位として、deposit energy ϵ (MeV), lineal energy y (keV/ μ m), specific energy z (Gy)があります。各単位の詳細は、ICRU Report36 をご参照ください。

表 83 : [t-sed]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all (省略時), 粒子名	ひとつの[t-sed]セクション最大 6 個まで
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
letmat =	(省略可)	LET(dE/dx)を評価する物質番号、省略時は、実際の物質物質を指定する場合の密度は、[Material]セクションで定義された密度となる。したがって、水に対する LET 分布を計算したい場合、[Material]セクションで、水の密度が 1g/cm ³ となるように定義する必要がある。また、水以外の物質に対する精度検証は行っていないので、ご注意ください。
se-unit =	1, 2, 3	微小領域の付与エネルギー単位 1: Deposit energy ϵ [MeV] 2: Lineal energy y [keV/ μ m] 3: Specific energy z [Gy]
cdiam =	(省略可、D=1.0)	微小領域 (球) の直径。単位は μ m

² T. Sato, R. Watanabe and K. Niita, “Development of a calculation method for estimating the specific energy distribution in complex radiation fields”, Radiat. Prot. Dosim. 122, 41-45 (2006)

³ T. Sato, Y. Kase, R. Watanabe, K. Niita and L. Sihver, “Biological dose estimation for charged-particle therapy using an improved PHITS code coupled with a microdosimetric kinetic model”, Radiat. Res. 171, 107-117 (2009)

表 84 : [t-sed]パラメータ (2)

name	値	説 明
se-type =	1, 2, 3, 4, 5	付与エネルギーメッシュ (単位は se-unit で指定)、エネルギーメッシュサブセクションが必要 (ne, emin, emax など指定)
unit =	1, 2, 3, 4, 5, 6	1: Track [cm/(keV/μm)/source] 2: Dose [MeV/(keV/μm)/source] $y*f(y)$ に相当 3: Track [cm/ln(keV/μm)/source] 4: Dose [MeV/ln(keV/μm)/source] $y*d(y)$ に相当 5: Track [cm/source] 6: Dose [MeV/source] (se-unit=2 の場合。se-unit=1,3 の場合は, (keV/μm) が MeV もしくは Gy となる)
axis =	sed, reg, x, y, z, r, xy, yz, xz, rz	出力データの x 軸 2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
factor =	(省略可、D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
gshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュの volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

6.11 [T - Deposit] セクション

このタリーは、[t-heat]とほぼ同等のタリーで、dose や deposit energy 分布をタリーします。[t-heat]との違いは、まず、ここでの dose は、荷電粒子のエネルギーロスだけをタリーします。このタリーでは、任意の物質の LET(dE/dx) の関数のユーザー定義のファクターを乗じることができます。これは、usrdfn1.f, usrdfn2.f で定義されます。サンプルプログラムには、現在、単にエネルギーロスを返すプログラムが入っていますが、これに LET の関数や、その他のファクターを乗じてタリーすることができます。また、時間メッシュと[Timer]を組み合わせることによって、TOF のカウンターを模擬でき、時間と deposit energy の相関を 2 次元プロットすることができます。

表 85 : [t-deposit]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh =	reg, r-z, xyz	形状メッシュ、形状メッシュサブセクションが必要
part =	all (省略時), 粒子名	ひとつの[t-deposit]セクション最大 6 個まで
material =	(省略可) all, 数	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。
(次行)	2 5 8	material 番号
letmat =	(省略可)	LET(dE/dx)を評価する物質番号、省略時は、実際の物質
dedxfnc =	(省略可, D=0)	0:ファクター無し、1:usrdfn1 を使用、2:usrdfn2 を使用
e-type =	1, 2, 3, 4, 5	エネルギーメッシュ、output=deposit に必要、エネルギーメッシュサブセクションが必要
t-type =	1, 2, 3, 4, 5 (省略可)	時間メッシュ、時間メッシュサブセクションが必要
output =	dose deposit	荷電粒子のエネルギーロスをタリー イベント毎の deposit energy 分布をタリー e-type セクションが必要
unit =	1, 2, 3, 4	1: Dose [MeV/cm3/source] 2: Dose [MeV/source] 3: Number [1/source] 4: Number [1/nsec/source]
axis =	eng, reg, x, y, z, r, t xy, yz, xz, rz, t-eng, eng-t	出力データの x 軸 2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
factor =	(省略可, D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2 次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
gshow =	0 (省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=xyz, axis=xy, yz, xz の時、領域境界 (1) と物質番号 (2)、領域番号 (3)、LAT 番号 (4) を表示

表 86 : [t-deposit]パラメータ (2)

name	値	説 明
rshow =	0(省略時) 1, 2, 3, 4	mesh=reg, axis=xy, yz, xz の時、領域境界(1)と物質番号(2)、領域番号(3)、LAT 番号(4)を表示 この下に xyz 形状メッシュセクションが必要
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める 分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する 線の太さを定義します
volume	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示 されます。この行の下に volume 定義文が必要
reg vol		volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
volmat =	(省略可、D=9)	xyz メッシュで material が指定されている時各メッシュ の volume correction を行う。(0 で無し) volmat の値は、xyz メッシュ 1 辺のスキャン数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作 成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えた ファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定 義
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

[t-deposit]では、荷電粒子のエネルギーロスだけをタリーするので、タリーする領域に入る粒子ごとのエネルギーロスを part =で指定することはできません。領域に入る粒子毎のエネルギーロスをタリーするには、[counter]で part =を用いて、特定の入射粒子から引き起こされるエネルギーロスをカウンターで指定する必要があります。

6.12 [T - Deposit2] セクション

このタリーは、[t-deposit]を2つの領域で同時に実行し、deposit energy をタリーし、その相関などを見るものです。dE, E カウンターなどの模擬に用いることができ、2つの領域の deposit energy の相関を2次元プロットすることなどができます。このタリーでは、[t-deposit]タリー同様、任意の物質の LET (dE/dx) の関数のユーザー定義のファクターを乗じることができます。これは、usrdfn1.f, usrdfn2.f で定義されます。サンプルプログラムには、現在、単にエネルギーロスを返すプログラムが入っていますが、これに LET の関数や、その他のファクターを乗じてタリーすることができます。また、時間メッシュと[Timer]を組み合わせることによって、TOF のカウンターを模擬でき、時間と deposit energy の相関を2次元プロットすることもできます。

表 87 : [t-deposit2]パラメータ (1)

name	値	説 明
mesh = reg =	reg 2 r1 r2	形状メッシュ、reg のみ 必ず2領域 領域番号
part =	all(省略時), 粒子名	ひとつの[t-product]セクション最大6個まで
letmat1 =	(省略可)	領域 r1 に対する LET (dE/dx) を評価する物質番号、省略時は実際の物質
letmat2 =	(省略可)	領域 r2 に対する LET (dE/dx) を評価する物質番号、省略時は実際の物質
dedxfnc1 =	(省略可, D=0)	領域 r1 に対して、0:ファクター無し、1:usrdfn1 を使用、2:usrdfn2 を使用
dedxfnc2 =	(省略可, D=0)	領域 r2 に対して、0:ファクター無し、1:usrdfn1 を使用、2:usrdfn2 を使用
e1-type =	1, 2, 3, 4, 5	領域 r1 に対するエネルギーメッシュ、エネルギーメッシュサブセクションが必要
e2-type =	1, 2, 3, 4, 5	領域 r2 に対するエネルギーメッシュ、エネルギーメッシュサブセクションが必要
t-type =	1, 2, 3, 4, 5 (省略可)	時間メッシュ、時間メッシュサブセクションが必要
unit =	1, 2	1: Number [1/source] 2: Number [1/nsec/source]
axis =	eng1, eng2, t, e12, e21, t-e1, t-e2, e1-t, e2-t	出力データの x 軸 2次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
factor =	(省略可, D=1.0)	normalization factor
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
2d-type =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (省略可)	2次元表示のオプション
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト

表 88 : [t-deposit2]パラメータ (2)

name	値	説 明
volume	(省略可)	reg メッシュの時、各領域の体積を定義します 省略した場合、インプットエコーにデフォルト値が表示 されます。この行の下に volume 定義文が必要
reg vol		volume 定義文。書式は 5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	volume のインプットエコーの時の最大コラム数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作 成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えた ファイル名
ctmin(i) =	(省略可、D=-9999)	i-th カウンターの最小値
ctmax(i) =	(省略可、D= 9999)	i-th カウンターの最大値

[t-deposit2]では、荷電粒子のエネルギーロスだけをタリーするので、タリーする領域に入る粒子ごとのエネルギーロスを part =で指定することはできません。領域に入る粒子毎のエネルギーロスをタリーするには、[counter]で part =を用いて、特定の入射粒子から引き起こされるエネルギーロスをカウンターで指定する必要があります。

6.13 [T-Gshow] セクション

xyz メッシュで指定する面の領域境界を表示します。この機能は、パラメータセクションで icntl = 7 を指定すれば、輸送計算を行うことなく、出力させることができます。

表 89 : [t-gshow]パラメータ

name	値	説 明
mesh =	xyz	形状メッシュ xyz のみ、形状メッシュサブセクションが必要
axis =	xy, yz, xz	2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
output =	1, 2 3, 4 5, 6 7, 8	1:境界線、2:境界線+物質色 3:境界線+物質番号、4:境界線+物質色+物質番号 5:境界線+領域番号、6:境界線+物質色+領域番号 7:境界線+LAT 番号、8:境界線+物質色+LAT 番号
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する線の太さを定義します
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

output=7, 8 は、最下層のセルが Lattice それ自身の時のみ、Lattice の成分番号を (4, 1, 2) の形式で出力します。例えば、4.10 の繰り返し幾何形状の例題で示した図は、次の様な[t-gshow]のインプットで出力しています。

List 6.1 ● [t-gshow] の例題

```
1:  [ T - gshow ]
2:      mesh = xyz
3:      x-type = 2
4:      nx = 180
5:      xmin = -45
6:      xmax = 45
7:      y-type = 2
8:      ny = 180
9:      ymin = -45
10:     ymax = 45
11:     z-type = 2
12:     nz = 1
13:     zmin = -10
14:     zmax = 10
15:     axis = xy
16:     output = 7
17:     file = lex01.dat
18:     angel = xmin(-50) xmax(50) ymin(-50) ymax(50) nosp notl nofr noms
```

表示している z 面は、 z メッシュの中間位置です。この場合 $z = 0$ です。

6.14 [t-rshow] セクション

xyz メッシュで指定する面の領域境界と、与えられた領域毎の物理量に比例した色でその領域を塗ります。通常は、reg メッシュで得られた物理量を value 定義文に書きこみ xyz メッシュで指定する面に領域の色として出力することを目的とします。従って、この機能は、パラメータセクションで icntl = 9 を指定した時だけ出力させることができます。

物理量に対して、色の変化を線形であるか、対数であるかは、ANGEL パラメータで、zlog, zlin で指定して下さい。デフォルトは、zlin です。

表 90 : [t-rshow]パラメータ

name	値	説 明
mesh =	xyz	形状メッシュ xyz のみ、形状メッシュサブセクションが必要
axis =	xy, yz, xz	2 次元表示
file =	file name	axis の数だけ定義する
output =	1, 2, 3, 4	1:境界線、2:境界線+物質番号、 3:境界線+領域番号、4:境界線+LAT 番号
resol =	1(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を求める 分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5(省略時)	gshow, rshow オプションの時、領域境界を表示する 線の太さを定義します
title =	(省略可)	出力ファイルヘッダーのタイトル
angel =	(省略可)	angel パラメータ
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
reg = value		領域定義 各領域の物理量を定義します この行の下に value 定義文が必要
reg val		value 定義文、書式は volume 定義文と同じ、5.1.2 を参照
iechrl =	72(省略時)	value のインプットエコーの時の最大コラム数
epsout =	0(省略時) 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成。フ ァイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名
trcl =	(省略可)	r-z, xyz メッシュの座標変換番号もしくは座標変換定義
gslat =	1(省略時), 0	0 で gshow で lattice の境界を非表示、1 で表示

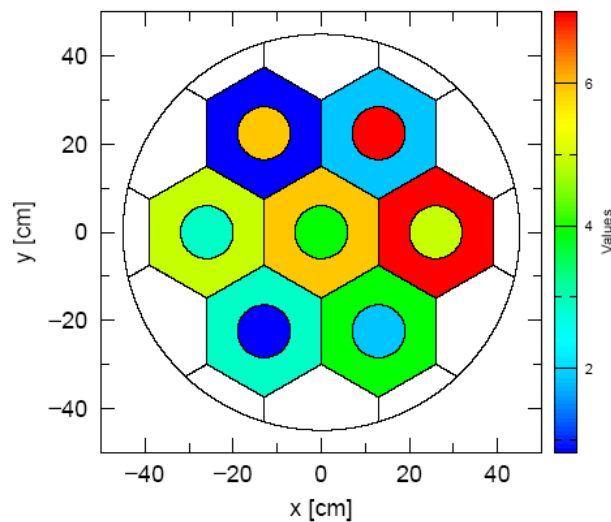
例えば、4.10 の繰り返し幾何形状の例題 3 のインプットで次の様な[t-rshow]タリーを用いると下図のような出力が得られます。表示している z 面は、z メッシュの中間位置です。この場合 z= 0 です。

List 6.2 ● [t-rshow]の例題

```

1: [ T - rshow ]
2:   mesh = xyz
3:   x-type = 2
4:   nx = 180
5:   xmin = -45
6:   xmax = 45
7:   y-type = 2
8:   ny = 180
9:   ymin = -45
10:  ymax = 45
11:  z-type = 2
12:  nz = 1
13:  zmin = -10
14:  zmax = 10
15:  axis = xy
16:  output = 1
17:  file = lex05.dat
18:  angel = xmin(-50) xmax(50) ymin(-50) ymax(50) ¥
19:         nosp notl nofr noms nocm zlin
20:  reg = (3<2[ 0 -1 0]) (3<2[ 1 -1 0])
21:        (3<2[-1 0 0]) (3<2[ 0 0 0]) (3<2[ 1 0 0])
22:        (3<2[-1 1 0]) (3<2[ 0 1 0])
23:        (4<2[ 0 -1 0]) (4<2[ 1 -1 0])
24:        (4<2[-1 0 0]) (4<2[ 0 0 0]) (4<2[ 1 0 0])
25:        (4<2[-1 1 0]) (4<2[ 0 1 0])
26:  value
27:  non  reg      val
28:    1  10001  1.0000E+00 # ( 3 < 2[ 0 -1 0 ] )
29:    2  10002  2.0000E+00 # ( 3 < 2[ 1 -1 0 ] )
30:    3  10003  3.0000E+00 # ( 3 < 2[ -1 0 0 ] )
31:    4  10004  4.0000E+00 # ( 3 < 2[ 0 0 0 ] )
32:    5  10005  5.0000E+00 # ( 3 < 2[ 1 0 0 ] )
33:    6  10006  6.0000E+00 # ( 3 < 2[ -1 1 0 ] )
34:    7  10007  7.0000E+00 # ( 3 < 2[ 0 1 0 ] )
35:    8  10008  3.0000E+00 # ( 4 < 2[ 0 -1 0 ] )
36:    9  10009  4.0000E+00 # ( 4 < 2[ 1 -1 0 ] )
37:   10  10010  5.0000E+00 # ( 4 < 2[ -1 0 0 ] )
38:   11  10011  6.0000E+00 # ( 4 < 2[ 0 0 0 ] )
39:   12  10012  7.0000E+00 # ( 4 < 2[ 1 0 0 ] )
40:   13  10013  1.0000E+00 # ( 4 < 2[ -1 1 0 ] )
41:   14  10014  2.0000E+00 # ( 4 < 2[ 0 1 0 ] )

```



6.15 [T - 3 D s h o w] セクション

幾何形状の3次元パース図を出力します。このタリーは、パラメータセクションで icntl = 11 を指定した時だけ出力させることができます。

表 91 : [t-3dshow]パラメータ (1)

name	値	説 明
output =	0, 1, 2, 3 (省略時 3)	0:ドラフト、1:境界線のみ、2:境界線無し、3:境界線+カラー
material = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	スコアする material を限定する。複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する。負の数にした場合はそれらの material を対象から外すことを意味する。 material 番号
reg =	(省略可) all, 領域番号	表示する領域を限定する、複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ material の指定のある物質では、material が表示なら非表示、非表示なら表示する
x0 = y0 = z0 =	(D=0.0) (D=0.0) (D=0.0)	視線、光線の原点の座標 この点と視点を結んだ線が画面の中央になる 視点、光源の座標は、この点を原点とする
e-the e-phi = e-dst =	(D=80) (D=140) (D=w-dst*10)	視点の z 方向からの角度 θ (degree) 視点の x 方向からの方位角 ϕ (degree) 視点の視点原点からの距離 (cm)
l-the = l-phi = l-dst =	(D=e-the) (D=e-phi) (D=e-dst)	光源の z 方向からの角度 θ (degree) 光源の x 方向からの方位角 ϕ (degree) 光源の光線原点からの距離 (cm)
w-wdt = w-hgt = w-dst = w-mnw = w-mnh = w-ang =	(D=100) (D=100) (D=200) (D=100) (D=100) (D=0.0)	画面フレームの幅 (cm) 画面フレームの高さ (cm) 画面フレームの視点原点からの距離 (cm)、画面フレームの中央と視点原点を結ぶ直線は画面フレーム平面に垂直で、かつ視点を通る 画面横方向のメッシュ数 画面高さ方向のメッシュ数 画面の回転 (degree)
heaven =	(D=y)	画面上方向の向き x, -x, y, -y, z, -z で指定
mirror =	(D=0)	=-1 で画面の左右鏡面変換
line	(D=0) 0, 1	output = 1, 3 の時、0:物質境界 + 面境界、1:物質境界 + 面境界 + 領域境界を描く
r-out =	(D=50000)	視点、光源を含む外部ボイドの半径 (cm)
shadow =	(D=0)	影の強さ、0 で影無し、2 ぐらいが適当
bright = dark =	(D=0.8) (D=0.2)	面の明るさの制限、0 で明るさ無し、1 で最大 面の暗さの制限、0 で最大、1 で暗さ無し
box = box	(D=0) 10 個の数字	透過 box の数、最大 5 個まで 透過 box の数だけ繰り返す
matinbox = (次行)	(省略可) all, 数 2 5 8	box 内で表示する material を指定する、複数定義可 all : デフォルト、この場合省略した場合と同じ 数を指定した場合、その数だけの material を次の行に記述する、負の数は不可 material 番号

表 92 : [t-3dshow] パラメータ (2)

name	値	説 明
resol =	1 (省略時)	領域境界を求める分解能を各辺 resol 倍します
width =	0.5 (省略時)	領域境界を表示する線の太さを定義します
file =	file name	axis の数だけ定義する
angel =	(省略可)	angel パラメータ
x-txt =	(省略可)	x-軸テキスト
y-txt =	(省略可)	y-軸テキスト
z-txt =	(省略可)	z-軸テキスト
epsout =	0 (省略時), 1	1 で出力ファイルを ANGEL で処理した eps ファイルを作成、ファイル名は出力ファイルの拡張子を eps に変えたファイル名

reg = また、reginbox = の表式は、サブセクション 5.1.1 の領域メッシュの指定の仕方と同じです。

計算時間短縮のため、光源、視点が外部ボイドの内側に納まるように、半径 r-out の球を新たに設定してその外側を外部ボイド、その内側を内部ボイドに設定しています。r-out のデフォルトの値が小さい場合は、つまり、幾何形状がこの値より大きい場合、もしくは、光源、視点を非常に遠くに置きたい時など、r-out の値を大きく設定して下さい。この新しく加えられた外部ボイドを定義する球の設定は、インプットエコーで見ることができます。従って、この icntl = 11 の計算のインプットエコーの出力を再び計算のインプットに用いますとエラーします。視点と光源を一致させれば、影はできません。

6.15.1 box の定義

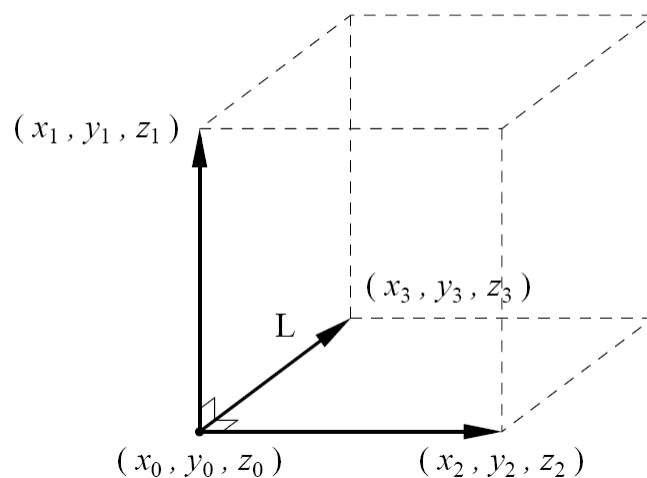
透過 box は、最大 5 個まで定義できます。これらの box で定義された内部は、光は透過します。box の定義は、空間内の 3 点、 $\mathbf{b}_0(x_0, y_0, z_0)$, $\mathbf{b}_1(x_1, y_1, z_1)$, $\mathbf{b}_2(x_2, y_2, z_2)$ を与えて、この 3 点で定義される平面に垂直な方向、つまり、 $(\mathbf{b}_1 - \mathbf{b}_0) \times (\mathbf{b}_2 - \mathbf{b}_0)$ の方向に点 $\mathbf{b}_3$ を点 $\mathbf{b}_0$ から長さ L のところに取ります。この 4 点で下図のように box を定義します。この box の定義には、座標変換が使えます。box の各点を定義する前に trcl = で座標変換番号を定義するか、trcl = (.....) のように座標変換を直接定義します。

box の定義の書式は、

```

box = 2
box  x0  y0  z0
      x1  y1  z1
      x2  y2  z2  L
box  trcl = 2
      x0  y0  z0
      x1  y1  z1
      x2  y2  z2  L
box  *trcl = (0 0 0  0 90 90  90 60 150  90 30 60  -1)
          0.0  0.0  0.0
          -5.0  0.0  0.0
          0.0  0.0  5.0  5.0

```



6.15.2 3dshow の例題

3dshow の例題を見てみましょう。以下の例題の幾何形状は、以下のようなものです。

List 6.3 ● [t-3dshow] の例題

```

1: [cell]
2:   1  0 -1 fill=1
3:   2  0 -41 42 -43 44 -45 46 u=1 fill=5
4:  22  0 -41 42 -43 44 -45 46 u=1 trcl=(0 0 20) fill=6
5:  23 like 22 but trcl=(0 0 40) fill = 7
6:   5  0 -21 22 -23 24 -25 26 u=5 lat=1 fill=3
7:   6  0 -21 22 -23 24 -25 26 u=6 lat=1 fill= -1:1 0:0 0:0 2 2(0 0 5) 2
8:   7  0 -21 22 -23 24 -25 26 u=7 fill= -1:1 0:0 0:0 2 3 2 lat=1
9:   3  1 3.97300E-02 3 u=2
10:  4  6 4.18280E-02 -3 u=2
11:  13  5 8.47130E-04 -3 u=3
12:  14  3 1.23620E-01 3 u=3
13:   8 -1 +1
14: [surface]
15:   1 rpp -15 15 -5 5 -5 55
16:  21 px 5
17:  22 px -5
18:  23 py 5
19:  24 py -5
20:  25 pz 15
21:  26 pz -5
22:  41 px 15
23:  42 px -15
24:  43 py 5
25:  44 py -5
26:  45 pz 15
27:  46 pz -5
28:   5 rpp -20 20 -5 5 -5 35
29:   6 rpp -20 20 -5 5 -5 15
30:   7 rpp -20 20 -5 5 35 55
31:   3 c/y 0 10 4

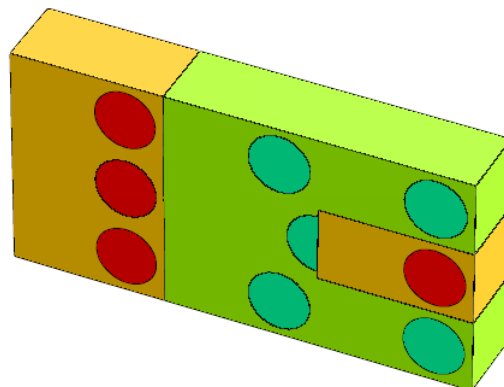
```

全体は直方体、中にやはり直方体の lattice とその中に円柱が入っています。これを表示する 3dshow のインプットは、

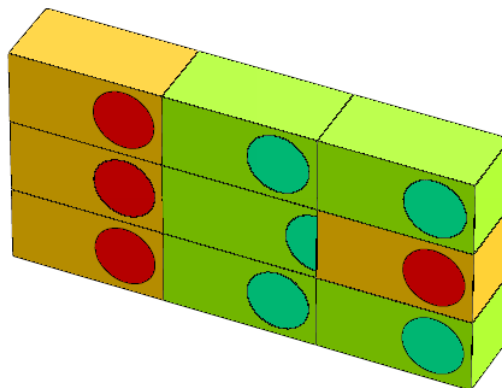
List 6.4 ● [t-3dshow] の例題

```
1: [t-3dshow]
2:   output = 3
3:   heaven = x
4:   resol = 2
5:   width = 0.1
6:   x0 = 0
7:   y0 = 0
8:   z0 = 25
9:   e-the = 70
10:  e-phi = 50
11:  e-dst = 1000
12:  l-the = 50
13:  l-phi = 25
14:  l-dst = 2000
15:  w-wdt = 60
16:  w-hgt = 40
17:  w-dst = 150
18:  file = dshow.dat
```

この結果は、



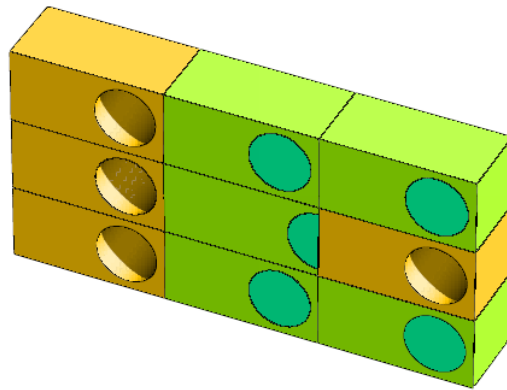
これに、line = 1 を加えて、領域境界の線も書き込んでみます。



lattice がどう組まれているかが分かると思います。次に、赤の領域、物質 5 番を透明にするために、また、影を付けるために、

```
material = -1
          5
shadow = 2
```

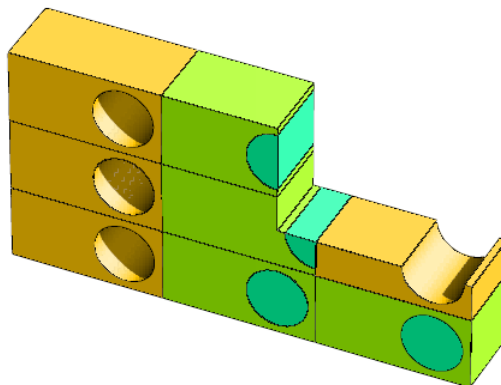
を加えます。



次に、box を設定します。

```
box = 1
box  0  10  30
     100 10  30
      0  10 100 100
```

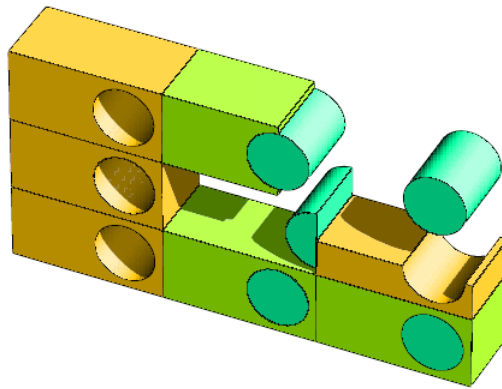
box により、一部が透明になり内部が見られます。



次に、

```
reg = ( 3 < 6[0 0 0] )
matinbox = 1
          6
```

を加え、box 外では、 $\text{reg} = (3 < 6[0 \ 0 \ 0])$ を透明にし、box 内では、物質 6 番を見える様になります。



これらの組み合わせで、複雑な構造の内部を希望どおり表示することが可能になります。

7 タリーを用いた体積、面積計算

タリーで必要になる領域の体積や横断面の面積を、タリーを用いてモンテカルロ計算で求めることができます。ここでは、その方法を例題と共に示します。

モンテカルロ計算で体積や面積を求めるには、空間的に均一な粒子軌跡を用意して、領域を通過する、もしくは横断面を通過する flux を計算することが必要です。最も簡単な均一な粒子軌跡を発生させるソースは、ある面から均一に同一方向に粒子を発生させることです。このためには、円柱分布(s-type=1, 4)、もしくは角柱分布(s-type=2, 5)を用いて、円面(z1=z0)、もしくは直方面(例えば z1=z0)から一定方向に粒子を発生させます。体積を求めるには track タリー、面積を求めるには cross タリーの flux を用います。この時、unit=1(もしくは track タリーの時は unit=4)とし、インプットの体積、面積を 1 に、また、factor として、円面もしくは直方面の面積を入力すれば、flux の欄に体積(cm³)、面積(cm²)が得られます。もし、面積、体積の正確な値をインプットの面積、体積のところに入力すれば、結果はモンテカルロ計算の値が正しければ 1 を与えます。

上の方法の弱点は、ビーム方向に平行な構造体や面があるとヒストリーを上げてもなかなか誤差が縮小しないことです。また、cross の面の r-in、r-out の設定が面倒にもなります。この欠陥を補うために、空間的にランダムで均一なソースを準備しました。それは、s-type=9, 10 の球殻のソースで、r1=r2 とすることにより、球面からの発生とします。また、dir=-all とすることにより、内向きの cos 分布を持つソースを得ることができます。このソースから得られる粒子軌跡は、球内で均一になります。またこのソースは、cos² のバイアスを掛けてあるので、より中心部分で統計が良くなるように調整されています。目的の領域や、横断面をこの球内に入る様に設定し、計算します。flux の欄に体積(cm³)、面積(cm²)を得るには、factor として、 πr^2 が必要です。ただし、面積で、r-in、r-out に一方向だけを定義する場合はさらに factor 2 が必要です。

いずれの場合も、計算は全ての反応を off にした、icntl=5 を用います。この体積、面積計算は、同時に幾何形状のチェックにもなりますので、計算終了後、geometry error があるかどうかチェックして下さい。

球面ソースの例題を示します。

List 7.1 ● 体積、面積計算ソース例

```
1:  [ S o u r c e ]
2:    s-type =   9
3:    proj  =  proton
4:    e0    = 500.0
5:    x0    =  0.0
6:    y0    =  0.0
7:    z0    = 30.0
8:    r1    =  18
9:    r2    =  18
10:   dir   = -all
```

この例題では、中心が(0, 0, 30)、半径が 18cm の球面が設定されています。粒子種、エネルギーは任意です。目的の領域や横断面がこの球内に入る様に半径、中心位置を決めます。次に、体積、面積を求めるタリーの例を示します。

List 7.2 ● 体積を求めるタリー例

```
1:  [ T - T r a c k ]
2:      mesh = reg
3:      reg = 1 2 3 4 5
4:      e-type = 2
5:      emin = 0.
6:      emax = 1000.0
7:      ne = 1
8:      axis = reg
9:      unit = 4
10:     file = volume.dat
11:     factor = 18**2*pi
12:     volume
13:     non    reg    vol
14:         1      1  1.0000E+00
15:         2      2  1.0000E+00
16:         3      3  1.0000E+00
17:         4      4  1.0000E+00
18:         5      5  1.0000E+00
```

求めたい領域を指定し、エネルギー範囲はソースのエネルギーを含む1群とします。unit=4 とします。unit=4 より、体積は自動的に1にセットされますから、volume セクションは特に必要ありません。factor として πr^2 を入れています。この計算の結果得られた体積の値を、実際に必要なタリーの体積定義のところにコピーして使います。

次は面積の例題です。

List 7.3 ● 面積を求めるタリー例

```
1:  [ T - C r o s s ]
2:      mesh = reg
3:      reg = 3
4:      r-in  r-out  area
5:         1      2  1.0000E+00
6:         2      3  1.0000E+00
7:         3      4  1.0000E+00
8:      e-type = 2
9:      emin = 0.
10:     emax = 1000.0
11:     ne = 1
12:     axis = reg
13:     unit = 1
14:     file = area.dat
15:     factor = 18**2*pi*2
```

求めたい面を指定し、エネルギー範囲はソースのエネルギーを含む1群とします。unit=1 とします。factor として $\pi r^2 \times 2$ を入れています。この計算の結果得られた面積の値を、上の area の値にコピーして使います。もし、r-in, r-out の定義に、

4:	r-in	r-out	area
5:	(1 2)	(1 2)	1.0000E+00
6:	(2 3)	(2 3)	1.0000E+00
7:	(3 4)	(3 4)	1.0000E+00

とすれば、factor 2 はいりません。

8 dump ファイルの処理

[t-cross], [t-time], [t-product] タリーで、粒子の情報をファイルにダンプすることができます。このダンプファイルをソースとして新たな継続計算ができます。また、ダンプファイルの情報を処理することにより、既存のタリーにはない物理量の集計を取ることができます。そのためには、ユーザーがダンプファイルを読み込んで処理するプログラムを書かなければなりません。そのプログラムの雛形として、バイナリーダンプファイルをアスキーへ、アスキーダンプファイルをバイナリーへ変換するプログラムを添付しました。プログラムは、dump-a.f、Windows の実行ファイルが dump¥_a.exe です。

このプログラムを書き換えることで、ダンプファイルを処理していろいろな物理量を求めるユーザープログラムを作ることができます。その助けのために、ソースリストと解説を以下に示します。

List 8.1 ● dump-a.f のソース

```

1:  *****
2:  *
3:  *   This program exchanges the binary data and the ascii data   *
4:  *   of dump file.                                              *
5:  *
6:  *   modified by K.Niita on 2005/08/15
7:  *
8:  *
9:  *
10: *
11: *****
12:   implicit real*8 (a-h,o-z)
13: *-----
14:   dimension isdmp(0:30)
15:   dimension jsdmp(0:30)
16:   data isdmp / 31*0 /
17:   data jsdmp / 31*0 /
18:   character chin*80
19:   character chot*80
20:   logical exex
21:   character dmpc(30)*4
22:   data dmpc / ' kf', ' x', ' y', ' z', ' u', ' v', ' w',
23: &           ' e', ' wt', ' tm', ' c1', ' c2', ' c3',
24: &           ' sx', ' sy', ' sz', ' n0', ' nc', ' nb', ' no',
25: &           ' ,', ' ,', ' ,', ' ,', ' ,', ' ,',
26: &           ' ,', ' ,', ' ,', ' ,', ' ,', ' /
27:   dimension dmpd(30)
28:   dimension dmpp(30)
29:   data dmpp / 2112., 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0,
30: &           100., 1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
31: &           0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.0, 1.0, 1.0,
32: &           0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0,
33: &           0.0, 0.0, 0.0/
34: *-----
35:   in = 5

```

```

36:         io = 6
37:         id = 20
38:         ia = 21
39:         iserr = 0
40: *-----
41: *         user program frag : 0 => no,  1 => with user program
42: *-----
43:         iuser = 0
44: *-----
45: *         read ascii or binary frag
46: *-----
47:         write(io,*) ' ** 0 => read binary to ascii'
48:         write(io,*) ' ** 1 => read ascii  to binary'
49:         read(in,*,end=993) iasb
50: *-----
51: *         read the name of input dump file
52: *-----
53:         write(io,*)
54:         write(io,*) ' ** put the file name of input dump file'
55:         read(in,'(a80)',end=998) chin
56:         inquire( file = chin, exist = exex )
57:         if( exex .eqv. .false. ) then
58:             write(io,*) ' ** Error : the file does not exist'
59:             goto 999
60:         end if
61:         if( iasb .eq. 0 ) then
62:             open(id, file = chin,
63: &             form='unformatted',status = 'old' )
64:             else
65:             open(id, file = chin,
66: &             form='formatted',status = 'old' )
67:         end if
68: *-----
69: *         read the number of data and data sequence
70: *-----
71:         write(io,*)
72:         write(io,*) ' ** put the number of data in a record'
73:         read(in,*,end=997) isdmp(0)
74:         write(io,*)
75:         write(io,*) ' ** put the ID numbers of data in a record'
76:         read(in,*,end=996) ( isdmp(i), i = 1, isdmp(0) )
77:         do k = 1, isdmp(0)
78:             if( isdmp(k) .gt. 20 .or.
79: &             isdmp(k) .le. 0 ) goto 992
80:             jsdmp(isdmp(k)) = k
81:         end do
82:         write(io,*)
83:         write(io,'('' # dump data : '',30(a4))')
84: &         ( dmpc(isdmp(j)), j = 1, isdmp(0) )
85: *-----
86: *         read the name of output dump file
87: *-----

```

```

88:      write(io,*)
89:      write(io,*) ' ** put the file name of output'
90:      read(in,'(a80)',end=998) chot
91:      inquire( file = chot, exist = exex )
92:      if( exex .eqv. .true. ) then
93:          write(io,*)
94:          write(io,*) ' ** Warning : the file already exists'
95:          write(io,*) ' ** Do you want to overwrite ?'
96:          write(io,*) ' ** Yes <= 0, No <= 1'
97:          read(in,*,end=995) iyes
98:          if( iyes .ne. 0 ) goto 999
99:      end if
100:      if( iasb .eq. 0 .or. iuser .ne. 0 ) then
101:          open(ia, file = chot,
102:              &          form='formatted',status = 'unknown' )
103:      else
104:          open(ia, file = chot,
105:              &          form='unformatted',status = 'unknown' )
106:      end if
107:  *-----
108:  *          read the number of records to read
109:  *-----
110:      write(io,*)
111:      write(io,*) ' ** put the number of records to read'
112:      write(io,*) ' ** all <= 0, or positive integer'
113:      read(in,*,end=994) irec
114:  *-----
115:  *          start reading the data
116:  *-----
117:      write(io,*)
118:      write(io,*) ' ** start read and write the data'
119:  *-----
120:      jrec = 0
121:      100      jrec = jrec + 1
122:      if( irec .gt. 0 .and. jrec .gt. irec ) goto 500
123:      687      continue
124:      if( iasb .eq. 0 ) then
125:          read(id,end=688,err=690)
126:          &      ( dmpd(isdmp(k)), k = 1, isdmp(0) )
127:      else
128:          read(id,'(30(1p1d24.15))',end=688,err=690)
129:          &      ( dmpd(isdmp(k)), k = 1, isdmp(0) )
130:      end if
131:      goto 689
132:      688      if( irec .gt. 0 ) then
133:          rewind id
134:          goto 687
135:      else
136:          goto 500
137:      end if
138:      690      continue
139:      iserr = iserr + 1

```

```

140:         write(io,'('' ** Error in dump file no ='',i5)') iserr
141:         goto 687
142:     689     continue
143: *-----
144: *     user program here
145: *-----
146:     if( iuser .ne. 0 ) then
147:         do k = 1, 20
148:             if( jsdmp(k) .gt. 0 ) dmpp(k) = dmpd(k)
149:         end do
150:         kf = nint( dmpp(1) )
151:         x  = dmpp(2)
152:         y  = dmpp(3)
153:         z  = dmpp(4)
154:         u  = dmpp(5)
155:         v  = dmpp(6)
156:         w  = dmpp(7)
157:         e  = dmpp(8)
158:         wt = dmpp(9)
159:         t  = dmpp(10)
160:         n1 = nint( dmpp(11) )
161:         n2 = nint( dmpp(12) )
162:         n3 = nint( dmpp(13) )
163:         sx = dmpp(14)
164:         sy = dmpp(15)
165:         sz = dmpp(16)
166:         n0 = nint( dmpp(17) )
167:         nc = nint( dmpp(18) )
168:         nb = nint( dmpp(19) )
169:         no = nint( dmpp(20) )
170:     end if
171: *-----
172: *     write data on the file
173: *-----
174:     if( iuser .eq. 0 ) then
175:         if( iasb .eq. 0 ) then
176:             write(ia,'(30(1p1d24.15))')
177:             &      ( dmpd(isdmp(k)), k = 1, isdmp(0) )
178:         else
179:             write(ia)
180:             &      ( dmpd(isdmp(k)), k = 1, isdmp(0) )
181:         end if
182:     end if
183: *-----
184:     goto 100
185: *-----
186: *     end of process
187: *-----
188:     500     continue
189:     write(io,*) ' ** end of read and write the data'
190:     write(io,'('' ** number of processed records is '',
191:         &      i8)') jrec-1

```



```

192:         write(io,*)
193:         close( id )
194:         close( ia )
195:         goto 999
196: *-----
197:     992 continue
198:         write(io,*) ' ** Error : ID should be 1 - 20'
199:         goto 999
200:     993 continue
201:         write(io,*) ' ** Error : the ascii or binary frag is wrong'
202:         goto 999
203:     994 continue
204:         write(io,*) ' ** Error : the number of records is wrong'
205:         goto 999
206:     995 continue
207:         write(io,*) ' ** Error : the answer should be 0 or 1'
208:         goto 999
209:     996 continue
210:         write(io,*) ' ** Error : the ID numbers is wrong'
211:         goto 999
212:     997 continue
213:         write(io,*) ' ** Error : the number of data is wrong'
214:         goto 999
215:     998 continue
216:         write(io,*) ' ** Error : file name is wrong'
217:         goto 999
218:     999 continue
219:         stop
220:         end

```

このプログラムは、アスキーもしくはバイナリーのダンプファイルを読み込んで、バイナリーもしくはアスキーのダンプファイルに書き換えるプログラムになっています。

入力パラメータは、標準入力から読み込みます。通常は、入力を促すメッセージの後にパラメータを入力する会話形式で入力します。まず最初が入力ダンプファイルがバイナリーかアスキーかのフラグです。

```

** 0 => read binary to ascii
** 1 => read ascii to binary

```

バイナリーの時は 0、アスキーのときは 1 を入力します。次に、入力ダンプファイル名を聞いてきます。

```

** put the file name of input dump file

```

入力ダンプファイル名を打ち込みます。次に、

```

** put the number of data in a record

```

のように、ひとつのレコードの dump データの個数を聞いてきます。バイナリー、アスキー両者ともここでは正の数で答えます。

**** put the ID numbers of data in a record**

ここで、dump データの個数分のデータの ID を打ち込みます。dump データの種類と ID 番号は、表 59 及び表 60 にあります。

**** put the file name of output**

ここに、出力のファイル名を打ち込みます。もし、そのファイルが存在する場合には、上書きするかどうか聞いてきます。次に、

**** put the number of records to read**

**** all ≤ 0 , or positive integer**

のように、読み込むデータのレコード数を聞いてきます。0 を打ち込むと全てのデータ、正の数を入れるとその個数だけ処理します。もしこの数がデータファイルのレコード数より多い場合は、データの最初に戻って処理を続けます。この後、データを読み込み、出力ファイルに書き込んで終了します。最後に、実際に何個のレコードを処理したかが打ち出されます。

このプログラムをもとにユーザープログラムを書くには、35 行目の iuser を 1 にします。そうすることによって、出力ファイルへの変換データの書き出しはしません。また、出力ファイルはアスキーとなります。次に、150 行目から 169 行までを見てください。ここに、読み込んだデータを、kf, x, y, z, u, v, w, e, wt, t, n1, n2, n3, sx, sy, sz, n0, nc, nb, no という変数で定義しています。ここで、kf は、粒子を識別する kf-code、表 4 を参照してください。x, y, z は、座標(cm)、u, v, w は、運動量の単位ベクトル、e は、エネルギー (MeV)、原子核の場合は核子当たりのエネルギー、wt は粒子ウエイト、time は時間(nsec)、n1, n2, n3 は、カウンターの値です。入力データにない変数は、29-33 行目で定義されているデフォルト値が入ります。必要ならここを書き換えてください。この部分に統計処理をするプログラム、また、最後に出力のための write 文を書きます。

9 出力中性子、光子データフォーマット

中性子、光子、電子、陽電子、陽子に関しては、計算打切エネルギー以下の情報を、MCNP、EGS4などの他の計算コードで接続計算をするために、ファイル(file(12), file(13), file(10))に書き出すことができます。ファイルにバイナリーで書き出す書式を以下に示します。これらは、中性子、光子、電子、陽電子、陽子とも同じです。

データ書式は、基本的に次の様な形になっています。

```
rd, rn, ( data(i), i = 1, nint(abs(rd)) )  
rd, rn, ( data(i), i = 1, nint(abs(rd)) )  
.....  
.....
```

これらは、それぞれの場合に具体的に次の様になっています。

まず、incut = 1 でインポートランスを含まない場合(rd<0)、

```
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), i = 1, n )  
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), i = 1, n )  
.....  
.....
```

次に、incut = 1 でインポートランスを含む場合(rd>0)、

```
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), wt(i), i = 1, n )  
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), wt(i), i = 1, n )  
.....  
.....
```

次に、incut = 2 でインポートランスを含まない場合(rd<0)、

```
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), t(i), i = 1, n )  
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), t(i), i = 1, n )  
.....  
.....
```

次に、incut = 2 でインポートランスを含む場合(rd>0)、

```
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), wt(i), t(i), i = 1, n )  
rd, rn, x, y, z, ( e(i), u(i), v(i), w(i), wt(i), t(i), i = 1, n )  
.....  
.....
```

上記の記述で、n = nint(rn)、x, y, z は座標(cm)、e(i)はエネルギー(MeV)、u(i), v(i), w(i) は運動量の単位ベクトル、wt(i)は粒子のウェイト、t(i)は時間(ns)です。

igcut = 3 の場合は、上の incut = 2 の場合の t(i)の変わりに、粒子の判別子 p(i)が入ります。
p(i) = 3.0 が光子、p(i) = 4.0 が電子、p(i) = 5.0 が陽電子です。

10 領域エラーチェックのための補足

複雑な体系を計算するとき、どうしても領域の重複、または未定義領域が入り込んでしまいます。このような時、計算は正常に終了しても結果に不都合のケースがありますので注意して下さい。

計算結果のサマリー出力の最後の方に、領域エラーのサマリーを作りましたので参照して下さい。エラーの出ている場合は領域定義の見直しが必要です。領域エラーの出ているときの、諸結果の妥当性は保証できません。

複雑な体系を定義したときは、まず、 $icnt1 = 2, 4$ で CGVIEW や MARS-PF のインプットファイルを作り、それらのビューアーで確認することをお勧めします。特に CGVIEW を使えば重複している領域のエラーを調べることができるので、少なくともこれにより重複領域のないことを確認して下さい。

これらのユーティリティを用いずに、PHITS 本体でチェックする方法を簡単に説明します。まず、 $icnt1 = 5$ として、核反応、電離過程を無視します。次に、 $deltm = 1$ の様に小さい値を入れて、（ただし、この値の整数倍が領域間の距離になることを避けるために端数を付けたほうが良い）領域チェックのメッシュを決めます。あまり小さい値を入れると時間がかかるかもしれません。また、 $igchk = 1$ とします。これにより領域横断後のチェックが入ります。 $deltb$ は、デフォルトのままで良いでしょう。次に、 $s-type = 1 - 5$ 、 $dir = all$ とします。これにより、定義される領域もしくは、点源からの等方分布の線源が得られます。これで、少ない数のヒストリーを走らせて実行時間を見てください。それに基づいて実際のチェック用のヒストリーを決め、実行して下さい。エラーがあれば標準出力に出力され、領域重複した領域の情報が得られます。

またこの時、 $igerr = 10$ の様に、 $igerr$ を有限の値にすれば、エラーが起こった場合、その領域を飛ばして更に粒子を輸送して領域をチェックしますので、細かいエラーを更に拾うことができるかも知れません。

11 並列版のための解説

11.1 PHITS 入力ファイルの指定方法

PHITS の使い方の変更のあったところは、入力ファイルの指定方法です。並列版では、phits.in のファイルから入力ファイル名を読み込みます。この phits.in は、固定です。このファイルの 1 行目に

```
file = input_file_name
```

のように入力ファイル名を記述します。従って、起動シェルでインプットファイルのリダイレクトはできませんので注意して下さい。これは、並列化版だけの制約です。シングル版はこれまでの通りです。

11.2 maxcas, maxbch の指定方法

PHITS の並列化版では、バッチ単位で並列化しています。従って、入力のバッチ数 maxbch は、並列の実行 PE 数(コントロールに 1PE 使うので、全 PE 数-1)の整数倍になるように指定して下さい。もし整数倍でないときは、整数倍になるように、またトータルイベント数が入力データとほぼ同じになるように、プログラムが自動で変換します。変換した場合は、出力のインプットエコーの最後にコメントが出力されます。後述しますが、バッチ毎の情報は並列版の場合は、バッチ数×(PE -1) 毎に出力されます。途中停止もこの単位で行うことができます。

11.3 異常終了の処理

プログラムが異常終了した場合、その異常終了した PE を切り離して実行します。最終的に残った PE の計算結果の合計を全体の結果として出力します。バッチ毎の情報と計算のサマリーの中に PE の状態が出力されます。MCNP など他の計算コードとの接続計算の時は、異常終了の PE がある場合、neut ファイルがその PE で不完全ですので、注意が必要です。

11.4 PHITS の起動

PHITS を並列で起動するシェルとして、phits.sh を用意してあります。内容は、

List 11.1 ● PHITS 起動シェル

```
1:  #!/bin/csh
2:  #
3:  #   PHITS exe shell
4:  #
5:  #PBS -N AAA
6:  #PBS -q short          <----- qsub クラスの設定
7:
8:  cd /home/j5681/niita/ex01      <----- 実行のディレクトリー
9:
10: mpirun -np 8 ../phits100p > nmtcjam.dat    <----- PE 数の設定
```

と簡単なものです。自由に書き変えてください。これを qsub を使って投入します。

```
qsub phits.sh
```

11.5 PHITS での ncut, gcut, pcut, dumpall ファイルの指定

ncut, gcut, pcut ファイル名は、通常のように入力ファイルで、

```
file(12) = temp/ncut.dat
```

のように指定します。1PE で走らせる場合は、カレントディレクトリの(パスを含む場合はそのディレクトリの)ncut.dat に書きこまれます。2PE 以上の並列計算では、デフォルトで各ノードの

```
/wk/j9999/temp/ncut.dat
```

に分散して書きこまれます。ここで j9999 は、ユーザー名です。これは環境変数 LOGNAME から自動で読み込んでいます。この環境変数 LOGNAME は、デフォルトでユーザー名が入っています。計算の前に各ノードの/wk ディレクトリーに j9999 なるディレクトリーを作ってください(作り方は並列コマンド brsh を使います)。もし、ユーザー名以外のディレクトリーに ncut ファイルを作りたいときは、実行前に環境変数 LOGNAME を変更して運用して下さい。その時、その名前のディレクトリーが、各ノードの/wk ディレクトリーにあることを確認して下さい。

書きこみファイルのオプションとして、inpara, igpara, ippara があります(デフォルトで 0 です)。これらを 1 にすると、ファイル名の後に IP の番号を付けます。例えば、

```
/wk/j9999/temp/ncut.dat.005
```

これは、IP=5 のファイル名です。

inpara, igpara, ippara を 2、もしくは 3 にするとデフォルトでついているヘッダー

```
/wk/j9999/
```

が付きません。3 は 1 と同じくファイル名の最後に IP の番号を付けます。

11.6 PHITS での読み込みファイルの指定

PHITS で読み込みが必要となるファイルは、残留核からの光子放出を指定したときのデータファイル trxcrd.dat と、Decay-Turtleからの出力をソースとして使うときのソースファイルです。前者は、2.6MB のファイルで、各 PE が同じファイルを同時に読み込みを初めても、読み込みが最初の一回だけということもあり、それほどネットワークに負担を掛けないと思われますので、1箇所においていても問題無いと思います。しかし、後者はファイルが 100MB 近く大きいもので、ソースの読み込みのたびにファイルをアクセスしに行きますので、1箇所からの読み込みには問題が生じる可能性があります。そこで、Decay-Turtle のデータファイルを利用する場合は、あらかじめこのファイルを各 PE のワークディレクトリー/wk の下に、例えば、/wk/j9999/turtle/sours.dat のようにコピーして、PHITS のインプットで、file = /wk/j9999/turtle/sours.dat のように指定して下さい。

12 FAQ

12.1 パラメータ設定関連

Q1.1 低エネルギー中性子の輸送計算精度が良くないのですが。

A 一般に 20MeV 以下の中性子の挙動は複雑で、デフォルト核反応モデルである Bertini モデルでは再現できません。したがって、核データライブラリーを使用した計算が必要となります。核データライブラリーは、高度情報科学技術研究機構から JENDL 等に基づく MCNP 用断面積データとして入手できます。核データを入手したら、[Parameter]セクションで $dmax(2)=20.0$ としてください。(高エネルギー核データの場合は、より高いエネルギーまで設定できます)

これで、20MeV 以下の中性子に対して、核データライブラリーを用いて輸送計算を行うようになり、デフォルトの設定と比較して計算精度が向上します。

Q1.2 光子の輸送計算ができません。

A デフォルトの設定では、光子・電子の輸送計算は行われません。光子・電子の輸送計算が必要な場合は、 $dmax(12\sim14)$ と $emin(12\sim14)$ をお手持ちの核データライブラリーの上限値に設定してください。MCNP 用のライブラリーを使用している場合、光子に対しては 100GeV、電子・陽電子に対しては 1GeV が上限値で、下限値は約 10keV です。

Q1.3 重イオンの輸送計算ができません。

A デフォルトの設定では、重イオンの輸送計算は行われません。重イオンの輸送計算が必要な場合は、 $emin(15-19)$ を計算したい重イオンの上限エネルギー (MeV/n) に設定してください。

Q1.4 核反応モデルに関して、デフォルトの設定は最も精度がよい設定ですか？

A 計算する問題に依存しますが、基本的には違います。例えば、20MeV 以下の中性を扱う場合、核データを用いた計算が必須になります (Q1.1 参照)。また、3.5GeV 以下の中性子・陽子核反応は、Bertini モデルと呼ばれる極めて古い核反応モデルがデフォルトに設定されています。高い計算精度が要求される計算では、 $ejamnu$ や $eqmdnu$ パラメータを変更して JAM モデルや JQMD モデルを用いることをお勧めします。ただし、JQMD モデルは他のモデルと比較して計算時間が掛かりますのでご注意ください。

Q1.5 イベントジェネレータモードは、どのような場合に使えばよいのでしょうか？

A イベントジェネレータモード (以下、e-mode) を使った方がよい計算は、検出器の応答関数計算や、半導体ソフトエラー発生率の計算など、イベント毎の情報が必要となる計算です。具体的には、[t-deposit] [t-let] [t-yield] などを使う計算では、e-mode を使った方がよい場合が多いです。逆に、使わない方がよい計算は、中性子束やガンマ線束だけを求める遮蔽計算などです。[t-track] [t-cross] などしか利用しない場合は、一般的に e-mode を使う必要はありません。詳しくは「4.2.19 Event Generator Mode」をご参照ください。

12.2 エラー関連

Q2.1 コンパイルがうまくできません。

A いろいろな原因が考えられます。PHITS では「src」フォルダにある「makefile」中に、様々なタイプのコンピュータに対するオプションを準備していますので、その中からお使いのコン

コンピュータの設定に最も近い設定を選択してください。詳しくは「2.2 PHITS のメイク」をご参照ください。また、Windows でのコンパイル方法については、開発者までお問い合わせください。その際、お使いの Fortran コンパイラーの種類をご連絡ください。

Q2.2 巨大な体系について計算しようとする、Segmentation エラーが起きてしまいます。

A PHITS では使用するメモリの最大値をあらかじめ定義しており、実際に必要となるメモリがその最大値を超えてしまうと、Segmentation エラーを引き起こします。使用するメモリの最大値は、「src」フォルダにある「param.inc」中の mdas パラメータで定義されていますので、必要に応じてこの値を大きくし再コンパイルしてください。詳しくは「2.6 配列の大きさ」をご参照ください。また、ボクセルファントムなど巨大な Lattice 構造を扱う場合は、同時に latmax パラメータも大きくしてください。

Q2.3 外部ファイルを取り込むためのコマンド「infl:」が使えません。

A infl: コマンドを使うためには、通常の PHITS 用インプットファイルの他に、別のファイルを準備する必要があります。そして、そのファイルに 1 行だけ「file=通常の PHITS のインプットファイル名」と書いておきます。例えば、通常の PHITS インプットファイル名が「phits.inp」、用意した別のファイル名が「phits.in」の場合、include.inp の 1 行目に「file = phits.inp」と書いておきます。そして、実行する際は、コマンドラインで「phits200 < phits.in」(phits200 は PHITS の実行ファイル名)と入力します。詳しくは、「2.4 実行シェル」をご参照ください。

Q2.4 Windows では実行できるインプットファイルが LINUX や UNIX では実行できません。

A いろいろな原因が考えられますが、Windows と LINUX 系 (UNIX 含む) では、リターンコードが違いファイルの転送に失敗している可能性があります。通常、Windows から LINUX 系にファイルを転送する際、FTP などのプロトコルを使うと思いますが、その転送の際、アスキーモードとバイナリーモードというのがあり、アスキーファイル (PHITS のインプットファイルなど) は、アスキーモードで転送しないと、ファイルが破損してしまう可能性があります。お使いの FTP ソフトの設定をご確認ください。なお、Windows で作られたバイナリファイル (PHITS の実行ファイルなど) を LINUX 系に転送しても、通常、正しく動作しません。

12.3 タリー関連

Q3.1 [t-heat]と[t-deposit]は何が違うのでしょうか？

A ユーザー定義関数(usrdfn)を指定しない限り、基本的には同じになるはずですが、[t-deposit]は非荷電粒子(中性子や光子)のカーマ近似やエネルギーカットオフによる発熱量をカウントしませんので、両者の結果には多少差が生じます。特に、イベントジェネレータモードを使わずに発熱量を計算する場合両者の違いが大きくなりますので、必ず[t-heat]を使う必要があります。[t-deposit]は、被ばくによる生物学的効果など同じ発熱量でも影響の大きさの違いを計算する際、極めて有用となります。

Q3.2 [t-track]で重イオンの track length を計算すると、結果が不自然なのですが。

A 重イオンのエネルギーは、入射エネルギーや切断エネルギーに対しては核子あたりのエネルギー(MeV/n)で指定しますが、タリーの中でエネルギーを指定する場合は、核子あたりではなく、

全エネルギー (MeV) で指定します。ややこしくて申し訳ないのですが、従来からこの方針でプログラミングしておりますので、ご了承ください。

Q3.3 [t-let]、[t-sed]の結果が不自然なのですが。

A letmat で LET を計算する物質を指定する際、その物質が PHITS の体系内で使われている場合、密度はその体系内で使用している密度となります。例えば、水蒸気内の発熱量に対する LET 分布を、液体の水 ($1\text{g}/\text{cm}^3$) に対する LET の関数として計算したい場合、[Material] で 2 つの水を定義し、1 つを PHITS の体系内で使用し、もう 1 つを letmat で使用する必要があります。また、letmat で使用する物質の密度は実際の密度 ($1\text{g}/\text{cm}^3$) となるよう指定してください。

Q3.4 タリー結果の誤差はどのように計算されているのでしょうか？

A タリー結果の誤差は、輸送計算中にその事象が発生した頻度に基づいて計算しています。しかし、この誤差はあくまで目安であり、真の統計誤差とは言えません。論文等に記述するための統計誤差は、同じ条件で初期乱数を変えて複数回 PHITS を実行し、各 run の結果の分散を別途自作プログラム等により計算して導出してください。

Q3.5 並列計算で dump モードは使えるのでしょうか？

A 基本的には使えません。必要な場合は、開発者までご連絡ください。

12.4 その他

Q4.1 等方線源ソース (s-type=9, 10, dir = -all) のときの規格化はどのようにすればよいですか？

A PHITS で作る等方線源は、指定した球の中でフラックスが一定値： $1/\pi/r_1^2$ (r_1 は球の内径) となるように作られています。したがって、PHITS の結果 (/source) を単位フルエンス当たりに変換するには、結果に πr_1^2 を乗じてください。また、等方線源の作成にはウェイトの概念を利用していますので、検出器の応答関数などイベント毎の分布計算には利用できませんので、ご注意ください。そのような計算が必要な方は、開発者までご連絡ください。

索 引

- <source> 45, 60, 61
- [body] 16, 18, 20, 73, 74
- [brems bias] 16
- [cell] 16, 18, 20 70, 77, 78, 82, 88-91, 96, 164
- [counter] 2, 16, 103, 125, 155, 157
- [elastic option] 16, 30, 109
- [end] 15, 17, 19
- [forced collisions] 16
- [importance] 16, 33, 92, 93
- [magnetic field] 16, 30
- [mat name color] 16, 105
- [mat time change] 16, 106
- [material] 16, 18, 32, 69, 71, 72, 75, 77, 146, 150, 152, 184
- [parameters] 16, 24
- [photon weight] 16
- [reg name] 16
- [region] 16, 18, 20, 33, 70, 75, 76, 92, 95
- [regname] 16, 104
- [source] 16, 21, 45, 60, 65, 67, 168
- [super mirror] 16, 20
- [surface] 16, 18, 20, 77, 79, 82, 84, 88-91, 164
- [t-3dshow] 17, 24, 110, 126, 162-165
- [t-cross] 17, 62, 65, 110, 126, 131, 132, 169, 171, 182
- [t-deposit2] 17, 110, 156, 157
- [t-deposit] 9, 17, 110, 152, 154-156, 182, 183
- [t-dpa] 17, 44, 110, 144, 145
- [t-gshow] 17, 24, 87, 110, 121, 123 124, 158, 159, 183
- [t-heat] 17, 43, 44, 110, 137-139, 150, 152, 154
- [t-let] 17, 110, 150, 151, 182, 184
- [t-product] 17, 24, 44, 61, 62, 110, 126, 147-149, 156, 171
- [t-rshow] 17, 24, 110, 123, 124, 160, 161
- [t-sed] 17, 110, 152, 153, 184
- [t-star] 17, 110, 140, 141
- [t-time] 17, 110, 126, 142, 143, 171
- [t-track] 17, 110, 128, 129, 169, 182, 183
- [t-yield] 17, 44, 110, 134-136, 140, 144, 147, 182
- [temperature] 16, 96
- [timer] 16, 109, 154, 156
- [title] 16, 24
- [transform] 16, 20, 79, 84-86, 88, 91, 100, 126
- [volume] 16, 33, 95, 112
- [weight window] 16, 27
- 2d-type. 122, 123, 128, 131, 135, 138, 140, 142, 144, 148, 150, 153, 154, 156
- 3dshow 1, 17, 24, 104, 105, 110, 125, 126, 162-165
- a-curr 131, 132
- a-type 46-50, 52, 54, 59, 60, 116, 117, 131, 132, 147
- absorption 41, 140
- agl 59
- ag2 59
- all. 22, 46-50, 52, 54, 92, 94, 97, 99, 111, 112, 119, 128, 130, 131, 134, 137, 140, 142, 144, 147, 150, 152, 154, 156, 162, 168, 176, 179, 184
- andit 29
- angel 30, 128, 131, 135, 138, 140, 142, 144, 148, 150, 153-154, 156, 158, 160, 163
- ANGEL 1, 9-11, 105, 122-125, 129, 132, 136, 139, 141, 143, 145, 148, 151, 153, 155, 157, 158, 160, 163
- area 133, 169, 170
- ATIMA 30

axis	113, 120-124, 127-129, 131, 132, 135-138, 140-144, 148-151, 153-156, 158-161, 163, 169	delayed neutron	36
b-curr	132	delt0	34
batch.now	13	Δ 角分布	29
Bertini	26, 28, 29, 182	deltb	34, 179
bias	16, 97	deltc	34
bnum	37	deltg	34
BOX	82, 83, 126, 162, 163, 166	deltm	32, 34, 179
bremsstrahlung	16, 97	deltt	34
C/X	80	density	69, 70, 72, 75, 77
C/Y	80	deposit	2, 17, 43, 110, 137-139, 152, 154, 156
C/Z	80	deposit-all	137
CG	9, 16, 20, 73, 75, 92, 95, 96, 98, 110	deposit-heat	137
CGVIEW	24, 35, 179	deposit-simple	137
charge	39, 42, 120, 135	dir	46-54, 59, 62, 64, 65, 67, 168, 179, 184
chart	120, 135	dircha	35
cmin(i)	26	dl0	63-65, 67
color	16, 105	dl1	63-65, 67
COND	70	dl2	63, 64, 66, 67
cos	20, 47-50, 52, 54, 59, 86, 90, 91, 116, 120, 131, 147, 148, 168	dmax(i)	26, 130
CPU 時間	4, 33	dnb	36
ctmax	125, 129, 132, 136, 139, 141, 143, 145, 148, 151, 153, 155, 157	dom	46-49, 52, 54, 63, 65, 67
ctmin	125, 129, 132, 136, 139, 141, 143, 145, 148, 151, 153, 155, 157	dpa	1, 17, 44, 110, 144-146
Cugnon	285	dpf	63, 65, 67
current	63, 65, 67, 131, 132	drd	63
cutoff	27, 38, 46, 99, 135, 138, 142, 143	DRES	28
CX	80	dump	1, 45, 46, 52, 53, 126, 127, 132, 143, 149, 171, 172, 174-176, 184
CY	80	dumpall	20, 24, 25, 33-35, 38, 181
CZ	79, 80	dxw	63, 65, 67
dchain	120, 135	dyw	63, 65, 67
decay	41, 140, 148	e-dst	162, 165
decay-turtle	45, 51, 181	e-mode	2, 30, 43, 44, 134, 137, 144, 147, 150, 152, 182
dedxfnc	154	e-phi	162, 165
dedxfnc1	156	e-the	162, 165
dedxfnc2	156	e-type	52, 54, 57, 58, 60, 62, 115, 117, 118, 128, 131, 132, 137, 140, 142, 143, 147, 149, 154, 169
def	18, 73-76	e0	47-52, 54, 57, 65, 67, 94, 168

e1-t	120, 156	et2	57, 58, 62
e1-type	115, 156	event generator mode	2, 30, 43, 150, 152, 182
e12	120, 156	Excel	123
e2-t	120, 156	f-curr	132
e2-type	115, 156	fac	145, 146
e21	120, 156	factor	46, 52, 54, 121, 128, 131, 135, 138, 140, 142, 144, 148, 150, 153, 154, 156, 168-170
eg0	57, 62	fcl	99
eg1	57, 58, 60, 62	file	4, 12, 15, 24, 28, 30, 31, 33, 35, 44, 51, 52, 56, 121, 127, 128, 131, 132, 135, 137, 140, 142-144, 148-150, 153, 154, 156, 158-161, 163, 165, 169, 171-175, 177, 180, 181, 183
eg2	57, 58, 60, 62	file.name	10, 15, 19, 24, 128, 131, 135, 137, 140, 142, 144, 148, 150, 153, 154, 156, 158, 160, 163, 172, 173, 175, 176
eg3	57, 62	FILL	77, 78, 88-91, 164
eisobar	26	fission	41, 140, 148
ejamnu	26, 182	flight mesh	34
ejampi	26	flux	50, 128, 131-133, 168
ejamqmd	26	forced collision factor	99
elastic	41, 43, 44, 140, 144, 148	Fortran	4, 7, 10, 11, 20, 58, 59, 122, 123, 183
electron	22, 36, 37, 39, 41, 44, 137, 139	gap	100, 101
ELIB	70, 73	GAS	70, 96
emax	117, 118, 129, 130, 145, 146, 153, 169	gcut	31, 137, 143, 181
emcnf	36	GEM	9, 28, 44
emcpf	36	GG	1, 2, 9, 16, 20, 25, 32-34, 38, 92, 94-96, 98-100, 110, 113
emin(i)	26	ghostview	125
energy cut off 粒子	142, 143	GQ	81
energy straggling	30	grav	29
eng	94, 120, 128, 131, 137, 140, 142, 148, 154, 156	gshow	24, 104, 105, 122, 123, 125, 129, 132, 136, 138, 139, 141-145, 148, 149, 151, 153-155, 158, 160
eng-t	120, 154	gslat	129, 132, 136, 139, 141, 143, 145, 149, 151, 153, 155, 158, 160
eng1	156	heat	130, 137-139
eng2	156		
eps	10, 125, 129, 132, 136, 139, 141, 143, 145, 148, 151, 153, 155, 157, 158, 160, 163		
epsout	13, 125, 129, 132, 136, 139, 141, 143, 145, 148, 151, 153, 155, 157, 158, 160, 163		
eqmdnu	26, 182		
escape	38, 142		
escape 粒子	142, 143		
ESTEP	70		
et0	57, 58, 62		
et1	57, 58, 62		

heaven	162, 165	iphot	37
heavyion	41, 140	ipout	33
HEX	82, 83	ippara	31, 181
HSB	105	ipreeq	28
ibad	37	isobar	26, 28
ibod	18, 73, 74	istrgr	37
icntl	24, 25, 33, 35, 38, 61, 62, 123, 124, 149, 158, 160, 162, 163, 168, 179	itall	13, 32, 125
icput	33	itstep	32
idam(i)	35	iunr	36
idbg	18, 73, 74	ivout	33
ides	36	JAM	2, 8, 9, 26, 43, 182
idpara	33	JAMQMD	26
iechrl	129, 136, 139, 141, 143, 145, 148, 151, 155, 157, 160	jmout	32
ielas	28	JQMD	2, 8, 9, 21, 26, 182
ieleh	28	K/X	81
ielms	28	K/Y	81
igamma	28, 35, 44	K/Z	81
igchk	34, 179	Kerma Factor	44, 137, 139
igcut	31, 137, 178	kf コード	21, 119
igerr	34, 179	kf-code	21, 22, 39, 42, 53-55, 126, 176
iggcm	33	kmout	32
igpara	31, 181	KX	81
Igunatyuk	29	KY	81
ih2o	30	KZ	81
imagnf	29, 34, 100	l-dst	162, 165
imout	32	l-phi	162, 165
importance	16, 33, 34, 75, 76, 92-94, 138	l-the	162, 165
include file	5	l-type	115, 117, 150
incut	31, 137, 177, 178	Landau	30
info	122, 135	LAT	77, 78, 87, 89-91, 123-125, 129, 132, 164
inmed	28	lattice	14, 46, 87, 89-92, 94-96, 98-100, 103, 108, 109, 111, 112, 132, 133, 136, 139, 141, 143, 145, 149, 151, 153, 155, 158, 160, 165, 166, 183
inmedium	28	LAT 番号	123-125, 129, 132, 136, 138, 141, 142, 144, 148, 151, 153-155, 158, 160
inpara	31, 181	let	2, 17, 110, 115, 120, 150, 152, 154, 156, 184
input echo	24, 32, 33		
inucr	35		
ionization potential	30		
ipara	33		
ipcut	31, 137		

letmat	150, 152, 154, 184	nedisp	30, 34
letmat1	156	nevap	28, 29, 44
letmat2	156	NLIB	70, 73
LET メッシュ	115, 150	nlost	34
level	29, 39, 112	nm	57, 58, 60
lib	6, 11, 145, 146	NMTC/JAM	1, 3, 180
library	144, 145	nn	59, 61
LIKE n BUT	77	no ionization	24
line	12, 24, 162, 165	no reaction	24
Linux	4, 6, 7, 9, 10, 183	nocoh	36
lost particle	34	non	73-76, 92, 94-106, 109, 112, 113, 133, 146, 161, 169
magnetic field	32, 34	nspred	30, 34
makefile	6, 7, 10, 11, 182	ntmax	46, 52, 54
MARS-PF	24, 35, 179	nuclear	24, 25, 35, 41, 140, 148
mass	39, 42, 120, 135	nucleus	21, 22, 40, 41, 69, 103, 134, 135, 144
mat	32, 39, 69, 71, 75-77, 100, 105, 106, 129, 130, 145, 146	num	37, 73-76, 97
matadd	32, 77	numb	37
material	14, 39, 71, 72, 97, 125, 128, 129, 134, 136, 137, 139-145, 147, 148, 150-155, 162, 166	nwsors	33
maxbnk	25	o-curr	132
maxcas	25, 38, 180	oa-curr	131, 132
MCNP	1, 20, 32, 79, 177, 180, 182	ob-curr	132
mesh	110-114, 118, 128, 129, 131-138, 140-144, 147-161, 169	of-curr	132
mgf	100, 101	output	12, 61, 62, 87, 121, 132, 135, 137, 138, 140, 142-144, 148, 149, 154, 158-162, 165, 172, 173, 176
mirror	162	P	80, 90, 91
Molier	30	p-type	57, 58
mother	40, 134, 135, 140, 144, 147	param.inc	5, 7, 9, 14, 183
MPI	4, 6, 9	part	92, 94, 99, 103, 119, 123, 129-131, 134, 135, 137, 138, 140, 142, 144-147, 150, 152, 154-157
mset	129, 130	pcut	31, 137, 143, 181
mt	145, 146	PE	13, 25, 31, 33, 34, 180, 181
multiplier	1, 128-130	pgf77	6, 9, 10
na	59	phi	46-49, 52, 54, 65, 67
name	22, 39, 53, 55, 56, 104, 105, 121, 126, 172, 173, 175, 176	phits.in	12, 180, 183
NASA	29	photon	16, 21, 22, 36, 37, 41, 60, 98, 137
naz	18, 73, 74	photonuclear	36
ncut	15, 31, 137, 143, 180, 181		
ndata	134, 131		
ne	57, 117, 153, 169		

PLIB	70, 73	ry	50
pnint	36	rz	120, 128, 135, 137, 140, 142, 144, 148, 150, 153, 154
pwt	98	S	80
PX	42, 80, 88–91, 164	s-type	45, 46–52, 54, 57, 60, 63–65, 67, 168, 179, 184
PY	42, 80, 88, 89, 91, 164	$S(\alpha, \beta)$	2, 69, 70
PZ	42, 79, 80, 164	SDM	28
pz0	51, 79	Shen	29
q-type	59	simple	37, 137, 144
q:	19	SO	80
qp:	19	source	4, 7, 27, 34, 38, 55, 61, 62, 128, 131, 134, 137, 138, 140, 142, 144, 147 150, 153, 154, 156, 184
r	20, 27, 80, 114, 120, 128, 131, 133, 135, 140, 142, 144, 148, 150, 153, 154, 170	special	134
r-in	108, 133, 168–170	SPH	74, 82, 83
r-out	108, 133, 162, 163, 168–170	SQ	81
r-type	113, 117	star density	17, 110, 140
r-z	1, 84, 110, 113, 126, 128, 129, 131–134, 136, 137, 139–145, 147, 148, 150–155, 158, 160	straggling	30, 37
r0	47, 60, 64, 108	surface	79, 87, 89, 90, 133
r1	47, 49, 50, 60, 61, 82, 83, 156, 168, 184	swtm(i)	27
r2	50, 82, 83, 156, 168	SX	80
RCC	82, 83	sx	46, 53–56, 101, 126, 171, 174, 176
rdam(i)	35	SY	80
reg	24, 46, 52, 54, 92–96, 98–101, 103, 104, 109–113, 120, 124, 128, 129, 131–145, 147–157, 160–163, 166, 169	sy	46, 52–56, 101, 126, 171, 174, 176
region error	34	sym	73–75
resol	123–125, 129, 132, 136, 138, 141, 142, 145, 148, 151, 153, 155, 158, 160, 163, 165	symbol	22
RHO	77	SZ	80
RHP	82, 83	sz	46, 52, 54–56, 126, 171, 174, 176
rn	48, 49, 177, 178	t	26, 40, 46, 101. 120, 128, 131, 137, 138, 140, 142, 144, 148, 154, 156, 174, 176–178
RPP	74, 82, 83, 164	t-e1	120, 156
rseed	25	t-e2	120, 156
rshow	24, 122, 124, 125, 129, 132, 136, 138, 141, 142, 144, 145, 148, 151, 153, 155, 158, 160	t-eng	120, 154
rx	50	t-type	46, 52, 54, 115, 117, 128, 131, 132, 140, 142, 143, 147, 149, 154, 156

t0	46, 94	w-hgt	162, 165
tc	40, 46	w-wdt	162, 165
td	46	wc1(i)	27
the	120 131, 148	wc2(i)	27
tim	94	weight cutoff	38, 99
title	24, 122, 128, 131, 135, 138,	weight window	16
	140, 142, 144, 148, 150, 153, 154,	wem	50
	156, 158, 160	width	118, 125, 129, 132, 136, 138,
tmax(i)	27		141, 142, 145, 148, 151, 153, 155,
tmp	77, 96		158, 160, 163, 165
tn	46	Windows	4, 12, 35, 171, 183
totfact	45, 46, 50	Wobbler magnet	30
TRCL	46, 52, 54, 77, 78, 88, 91,	wt0	51
	100, 101, 126, 129, 132, 136, 139,	wwi	94
	141, 143, 145, 148, 151, 153, 155,	x	29, 39, 40, 42, 45-61, 63, 80-82,
	158, 160, 163, 164		86, 101, 111-114, 120, 124, 126, 128,
trxfcrd.dat	5, 28, 30, 35, 44, 181		131, 133, 135, 137, 138, 140, 142,
tw	46		144, 148, 150, 153, 154, 156, 158,
TX	81		160, 162, 163, 165, 176-178
TY	81	x-ray	37
typ	100, 101	x-txt	124, 129, 132, 135, 138, 140,
TZ	81		142, 144, 148, 150, 153 154, 156,
U	53, 56, 126, 174		158, 160, 163
unit	40, 55, 121, 128, 131, 134,	x-type	114, 117, 124, 159, 161
	137, 138, 140, 142, 144, 147, 148,	x0	47-52, 54, 65, 67, 113, 162,
	150, 152-154, 156, 169		163, 165, 168
universe	46, 93, 94-96, 98-100,	x1	47-48, 50, 52, 54, 64, 65, 67,
	103, 108, 109, 111, 133		163
UNIX	4, 9, 35, 183	xnum	37
usrelst	9, 30, 109	xp	51
usrmgt	9, 30, 100	xq	51
usrsors.f	9, 45, 54, 55	xmdir	35
Vavilov	30	XY	81
vol	75, 77, 95, 112, 113, 128, 131,	xy	1, 45, 49, 87, 120, 122-124, 128,
	169		129, 131, 132, 135-138, 140-142,
volmat	125, 128, 129, 131, 136, 139,		144, 148, 150, 151, 153-155,
	141, 143, 145, 148, 151, 153		158-161
volume	33, 75, 95, 112, 113, 129,	xyz	1, 24, 82, 84, 87, 110, 114,
	136, 139, 141-143, 145, 148, 151,		123-126, 128, 129, 131-134, 136-145,
	153, 155, 157, 160, 169		147, 148, 150-155, 158-161
w-ang	162	y	101, 111-114, 120, 123, 124, 126,
w-dst	162, 165		128, 129, 131, 132, 133, 135, 137,

138, 140, 142, 144, 146, 148, 150,
 152-154, 156, 158, 160, 162, 163,
 176-178
 y-txt 124, 129, 132, 135, 138, 140,
 142, 144, 148, 150, 153, 154, 156,
 158, 160, 163
 y-type 114, 117, 124, 159, 161
 y0 47-52, 54, 64, 65, 67, 113, 162,
 163, 165, 168
 y1 47, 48, 50, 52, 54, 64, 65, 67,
 163
 yp 51
 yq 51
 yz 87, 120, 123, 124, 128, 129, 132,
 135-138, 140, 141, 142, 144, 148,
 150, 151, 153-155, 158, 160
 z 21, 22, 29, 39, 40, 42, 45-56,
 61, 80-82, 85-87, 101, 111, 112, 114,
 120, 124, 126, 128, 129, 131-133,
 135, 137, 138, 140, 142, 144, 148,
 150, 152-154, 156, 159, 160, 162,
 163, 171, 174, 177, 178
 z-txt 124, 129, 132, 135, 138, 140,
 142, 144, 148, 150, 153, 154, 156,
 160, 163
 z-type 113, 114, 117, 124, 159,
 161
 z0 47-52, 54, 60, 63-65, 67, 162,
 163, 165, 168
 z1 47-50, 52, 54, 60, 64, 65, 67,
 163, 168
 zlin 160, 161
 zlog 160
 ZP 81
 zx 87, 120, 123, 124
 異常終了 13, 180
 階層構造 39, 91, 92, 111, 113
 核種 21, 69, 71, 134, 135, 140, 144,
 147
 核データ 1, 2, 14, 32, 43, 44, 69,
 70, 109, 130, 134, 137, 144, 147,
 182
 角度メッシュ 116, 131, 132, 147
 吸収反応 29
 境界線 121, 123-125, 158, 160, 162
 切り替えエネルギー 26
 空白 16, 18, 20, 24, 77, 79, 104,
 105, 110, 119, 126
 群数 57-59, 117
 継続行 18, 73, 75, 77, 79, 117, 126
 最小値 34, 57-59, 82, 117, 118, 124,
 125, 129, 132, 136, 139, 141, 143,
 145, 148, 151, 153, 155, 157
 最大値 27, 32, 57-59, 73, 82, 117,
 118, 124, 125, 129, 132, 136, 139,
 141, 143, 145, 148, 151, 153, 155,
 157, 183
 座標変換 1, 16, 46, 52, 54, 79, 84,
 85, 100, 101, 126, 129, 132, 136,
 139, 141, 143, 145, 148, 151, 153,
 155, 158, 160, 163
 残留核 5, 28, 43, 44, 137, 138, 147,
 181
 残留核の γ 崩壊 28
 四重極電磁石 100, 101
 質量密度 70, 75, 77
 詳細モデル 36
 時間カット 27
 時間メッシュ 94, 115, 128, 131, 140,
 142, 147, 154, 156
 磁場 1, 2, 9, 16, 29, 32, 46, 84,
 100-102
 重イオン 1, 30, 182, 183
 重力 1, 29, 101
 状態密度 29
 蒸発モデル 28
 生成核種 17, 44, 110, 134
 計算打切エネルギー 26, 29, 31, 35,
 137, 177
 計算打切時間 27
 セル定義文 77, 83
 セル番号 77, 110, 111
 体積 16, 24, 50, 61, 95, 111-113,
 129, 136, 139, 141, 142, 145, 148,

151, 155, 157, 168, 169
 体積補正. 125
 体積、面積計算. 24, 50, 168
 タブ. 18
 弾性散乱. 2, 9, 28, 35, 43, 109, 147
 中性子光学. 1, 2, 57, 101
 中性子捕獲. 36
 定数定義. 77, 79, 84
 等高線. 122
 二重極電磁石. 100, 101
 馬場. 29
 標準出力. 12, 15, 24, 35, 179
 標準入力. 12, 175
 物質番号. 32, 69, 70, 75, 77, 97,
 104-106, 109, 123-125, 129, 130,
 132, 136, 138, 141, 144, 146, 148,
 150-156, 158
 分解能. 123, 124, 125, 129, 132, 136,
 138, 141, 142, 145, 148, 151, 153,
 155, 158, 160, 163
 並列. 1, 4, 9, 12, 13, 25, 31, 33,
 180, 181, 184
 偏極率. 46, 102
 密度. 29, 32, 70, 71, 75, 77, 150,
 152, 184
 メッシュ幅. 117, 118
 面記号. 79-81
 面積. 64, 132, 168, 169, 170
 面定義数値. 79
 面番号. 77, 79, 83
 余弦. 46-52, 54, 84, 116
 乱数. 25, 54, 184
 粒子定義. 119
 粒子密度. 32, 70, 75, 77
 領域番号. 75, 92, 94-96, 98, 99, 103,
 104, 109-113, 123-125, 129, 132,
 136, 138, 141, 142, 144, 148, 151,
 153, 154, 156, 158, 160, 162
 領域メッシュ. 110, 163
 ソースのチェック. 24

ソースファイル. 4, 6, 9, 181
 ダクトソース. 2, 63-68
 イベント数. 15, 16, 25, 53, 126, 180
 インクルード. 9, 19, 77, 79, 84
 インクルードファイル. 4, 5, 9, 14,
 19
 ウェイトウインドウ. 27, 94
 ウェイトカット. 27
 データファイル. 4, 5, 10, 25, 33,
 35, 38, 176, 181
 エネルギーメッシュ. 115, 128, 131,
 137, 140, 142, 147, 153, 154, 156
 エネルギー分散. 30
 カウンター. 53, 103, 125, 126, 129,
 132, 136, 139, 141, 143, 145, 148,
 151, 153-157, 176
 カラープロット. 122, 123
 クローン拡散. 30
 クラスタプロット. 122
 バッチ. 13, 15, 25, 32, 53, 125, 126,
 180
 バンク. 14 25
 パラメータセクション. 13, 14, 100,
 109, 123-125, 137, 158, 160, 162
 コメント文字. 18, 77, 79, 84
 コンパイル. 1, 4, 6, 10, 45, 182, 183
 スーパーミラー. 2, 16, 108
 スコアリングメッシュ. 110, 113, 114
 スピン. 1, 46, 47, 52-54, 101, 102,
 126
 セルパラメータ. 77, 96
 メッシュ定義文. 112, 114-117, 124
 メッシュタイプ. 117
 メイク. 4, 6, 9, 10
 ライブラリー. 24, 26, 44, 69, 70,
 73, 130, 140, 144-146, 182
 位相. 45, 50, 100

本ソフトウェアおよび本マニュアルに関するお問い合わせは、E-mail にて phits-office@jaea.go.jp もしくは niita@tokai.rist.or.jp までお願いいたします。

PHITS Ver. 2.18 User's Manual}

2002 年 08 月 12 日	Ver. 1.00	発行
2002 年 11 月 22 日	Ver. 1.20	発行
2003 年 02 月 05 日	Ver. 1.30	発行
2003 年 04 月 21 日	Ver. 1.40	発行
2003 年 09 月 09 日	Ver. 1.50	発行
2003 年 11 月 06 日	Ver. 1.62	発行
2004 年 01 月 29 日	Ver. 1.70	発行
2004 年 10 月 28 日	Ver. 1.80	発行
2005 年 10 月 27 日	Ver. 2.04	発行
2005 年 11 月 10 日	Ver. 2.05	発行
2006 年 01 月 06 日	Ver. 2.06	発行
2006 年 01 月 17 日	Ver. 2.08	発行
2010 年 03 月 10 日	Ver. 2.18	発行

作成者: 仁井田浩二 (高度情報科学技術研究機構)、佐藤達彦、中島宏 (日本原子力研究開発機構)、
岩瀬広 (高エネルギー加速器研究機構)、坂本幸夫 (日本原子力研究開発機構)
