

サンプルユーザーコードからの 任意なコードの作成 (実習3)

椋本 宜学, 齊藤 奨, 山本 時裕
大阪大学大学院医学系研究科
医用物理工学講座

実習課題

- 使用サンプルユーザーコード UCNAI3.MOR

~ 実習課題 ~

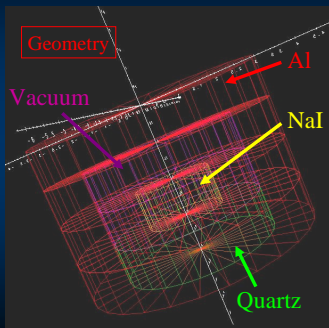
入射エネルギーを 6.0 [MeV] に変更.

NaIシンチレータ検出器のAlをWに, Quartzを空気に変更.

照射野 6cm x 6cm (-3<XI<3, -3<YI<3)の面線源に変更.

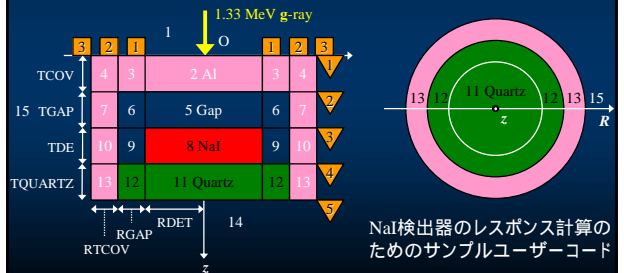
AUSGABにおいて、NaIシンチレータ内での電子対生成
コンプトン散乱, 光電吸収のイベント数をスコア, 出力.

Geometry



UCNAI3.MOR

Cylinder-Slab Geometry



入射エネルギーの変更

- ユーザーコードで使用する入射粒子の定義は STEP 6 の以下に示す場所で行われている.

```

*****
" STEP 6. DETERMINATION OF INCIDENT PARTICLE PROPERTIES"
*****
IQI=0; "INCIDENT PARTICLE: PHOTON"
EI=1.33+ABS(IQI)*PRM; "TOTAL ENERGY OF PARTICLE (MEV) "
    
```

サンプルユーザーコードでは 1.33 [MeV] 単色X線で定義されている.

➡ EI を変更することで, 入射エネルギーを変更可能.

入射エネルギーの変更

```

*****
" STEP 6. DETERMINATION OF INCIDENT PARTICLE PROPERTIES"
*****
IQI=0; "INCIDENT PARTICLE: PHOTON"
EI=1.33+ABS(IQI)*PRM; "TOTAL ENERGY OF PARTICLE (MEV) "
    
```



```

*****
" STEP 6. DETERMINATION OF INCIDENT PARTICLE PROPERTIES"
*****
IQI=0; "INCIDENT PARTICLE: PHOTON"
EI=6.0+ABS(IQI)*PRM; "TOTAL ENERGY OF PARTICLE (MEV) "
    
```

ユーザーコードの流し方

- 変更したユーザーコードを流し、入射エネルギーが 6.0 [MeV] に変更されている事を確認する。
- 物質データはサンプルファイルの **NAI.DAT** を用いる。

コマンドプロンプトを起動し、以下ように入力。

```

e:\コマンド プロンプト
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
C:\Yegs4pc>EGS4RUN UCNAI3.MOR NAI.DAT
    
```

ユーザーコードを流す場合、
 「EGS4RUN .MOR .DAT」と入力する。
 ユーザーコード 物質データ
 - 各 operand の間に1つスペースを入力する。

出力結果

- 出力結果を **mortjob.out** で確認する。

Results for **1.3300** MeV photon

Peak efficiency = 36.240 +- 0.70367 %
 Total efficiency = 74.600 +- 0.65839 %



Results for **6.0000** MeV photon

Peak efficiency = 12.160 +- 0.44663 %
 Total efficiency = 63.660 +- 0.67950 %

実習課題

- 使用サンプルユーザーコード **UCNAI3.MOR**

~ 実習課題 ~

入射エネルギーを 6.0 [MeV] に変更。
 NaIシンチレータ検出器のAIをWに、Quartzを空気に変更。
 照射野 6cm × 6cm (-3<XI<3, -3<YI<3) の面線源に変更。
 AUSGABにおいて、NaIシンチレータ内での電子対生成
 コンプトン散乱、光電吸収のイベント数をスコア、出力。

物質の変更

- ユーザーコードで使用する物質の指定は **STEP 1** の以下に示す場所で定義されている。

```

$TYPE MEDARR(24,3);
DATA MEDARR/SS'NAI-IAPRIM',14*';
                SS'AL-IAPRIM',15*';
                SS'QUARTZ-IAPRIM',11*';
    
```

- サンプルユーザーコードでは **NAI-IAPRIM**, **AL-IAPRIM**, **QUARTZ-IAPRIM** の3つの物質が定義されている。

➡ AIをWに、Quartzを空気に変更する。

線源の変更

- ユーザーコードで使用する線源の定義は **STEP 7** の以下に示す場所で行う。

```

DO NOFBAT=1,NBATCH [ "BATCH-LOOP"
DO I=1,NCASPB [ "START OF SHOWER CALL LOOP OF EACH BATCH"

IF(NC
OUT: 線源サンプリングルーチンを組み込む
IQLIRLIDINC: (7G15.7.3I5);
ILINES=ILINES+1;]
    
```

- 照射野 6cm × 6cm の面線源にするために必要なプログラム
- 入射リージョンを決定するために必要なプログラム

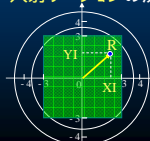
線源の変更

- 6cm × 6cm の正方形照射野にビームを発生させる。

SRANDOMSET XX; 乱数を2つ発生させる。
 SRANDOMSET YY;

XI, YI を 乱数は 0 ~ 1 の間の値を取る。
 XX, YY を用いて定義。 -3 ~ 3 の乱数を発生させる。

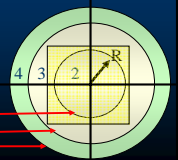
- 入射リージョンの決定



中心からの距離を定義し、円柱の半径 (CYRAD) と比較。

$$\text{SQRT}(X) = \sqrt{X}$$

CYRAD(1)
 CYRAD(2)
 CYRAD(3)



参照ページ

- 実習内容 -

入射エネルギーを 6.0 [MeV] に変更 .

STEP 6 "Lecture Notes P44,45参照"

NaIシンチレータ検出器のA1をWに , Quartzを空気に変更 .

STEP 1 "Lecture Notes P41参照"

照射野 6cm × 6cm (-3<XI<3 , -3<YI<3)の面線源に変更 .

STEP 7 "Lecture Notes P13,20,45,70参照"

物質の変更

- ユーザーコードで使用する物質の指定は STEP 1 の以下に示す場所で定義されている .

```
$TYPE MEDARR(24,3);  
DATA MEDARR/SS'NAI-IAPRIM',14*'  
SS'AL-IAPRIM',15*'  
SS'QUARTZ-IAPRIM',11*';
```

- サンプルユーザーコードでは NAI-IAPRIM , AL-IAPRIM , QUARTZ-IAPRIM の3つの物質が定義されている .

物質の変更

注意

```
$TYPE MEDARR(24,3)  
DATA MEDARR/SS'NAI-IAPRIM',14*'
```

24 : 物質名は24文字で指定しなければならない .
3 : 使用する物質の数 . (現在3つ使用)

つまり SS'NAI-IAPRIM',14*' , では...
10文字 ↑
足して '24' になるようにする

- また、ここで記す名前は前の実習で作成した物質データの名前と一致させる必要がある .

DATファイルの
'MEDIUM=NAI-IAPRIM' の部分

物質の変更

```
$TYPE MEDARR(24,3);  
DATA MEDARR/SS'NAI-IAPRIM',14*'  
SS'AL-IAPRIM',15*'  
SS'QUARTZ-IAPRIM',11*';
```



```
$TYPE MEDARR(24,3);  
DATA MEDARR/SS'NAI-IAPRIM',14*'  
SS'W-IAPRIM',16*'  
SS'AIR-20C',17*';
```

物質データ名はユーザーが任意で決めることができる .
実習2で作成した各物質データ名と一致させなければならない .

線源の変更

- ユーザーコードで使用する線源の定義は STEP 7 の以下に示す場所で行う .

```
DO NOFBAT=1,NBATCH [ "BATCH-LOOP"  
DO I=1,NCASPB [ "START OF SHOWER CALL LOOP OF EACH BATCH"
```

```
IF(NC  
OUT  
線源サンプリングルーチンを組み込む  
IQL,IRL,IDINC; (7G15,7,3I5);  
ILINES=ILINES+1;]
```

線源の変更

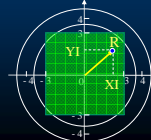
- 6cm × 6cmの正方形照射野にビームを発生させる .

```
SRANDOMSET XX;  
SRANDOMSET YY;  
XI=XX+6.0-3.0;  
YI=YY+6.0-3.0;
```

乱数を2つ発生させる .

乱数は 0 ~ 1 の間の値を取る
6倍して3マイナスする事でビームを
-3<XI<3 , -3<YI<3の範囲に
発生させる事が可能となる .

- 入射リージョンの決定

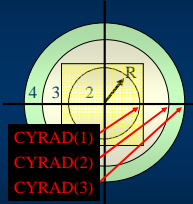


中心からの距離として
 $R = \text{SQRT}(XI^2 + YI^2)$ を定義し、
円柱の半径 (CYRAD) と比較 .

$$\text{SQRT}(X) = \sqrt{X}$$

線源の変更

- UCNAI3.MOR のジオメトリを粒子の入射方向から見る。



Rと各CYRADとの関係により
入射するリージョンが異なるため、
どのリージョンに入射したかを
特定しなければならない。

```
IF ( R.LE.CYRAD(1) ) [ IRI=2; ]
ELSEIF ( R.GT.CYRAD(1).AND.R.LE.CYRAD(2) ) [ IRI=3; ]
ELSE [ IRI=4; ]
```

線源の変更

```
DO NOFBAT=1,NBATCH [ "BATCH-LOOP"
DO I=1,NCASPB ["START OF SHOWER CALL LOOP OF EACH BATCH"
SRANDOMSET XX;
SRANDOMSET YY;
XI= XX * 6.0 - 3.0;
YI= YY * 6.0 - 3.0;
R=SQRT(XI*XI+YI*YI);
IF ( R.LE.CYRAD(1) ) [ IRI=2; ]
ELSEIF ( R.GT.CYRAD(1).AND.R.LE.CYRAD(2) ) [ IRI=3; ]
ELSE [ IRI=4; ]

IF(NCOUNT.LE.NWRITE.AND.I.LINES.LE.NLINES) [
OUTPUT EL,XI,YI,ZI,UI,VI,WI,
IQL,IRI,LDINC; (7G15.7,3I5);
ILINES=ILINES+1; ]
CALL SHOWER(IQL,EL,XI,YI,ZI,UI,VI,WI,IRI,WT);
```

出力結果

- 出力結果を mortjob.out で確認。

```
NAI-IAPRIM
RHO= 3.667000 G/CM**3 RLC= 2.588450 CM
AE= 0.5210000 MEV UE= 10.000000 MEV
AP= 0.1000000E-01 MEV UP= 10.000000 MEV

W-IAPRIM
RHO= 19.30000 G/CM**3 RLC= 0.3504640 CM
AE= 0.5210000 MEV UE= 10.000000 MEV
AP= 0.1000000E-01 MEV UP= 10.000000 MEV

AIR-20C
RHO= 0.1204600E-02 G/CM**3 RLC= 30399.20 CM
AE= 0.5210000 MEV UE= 10.000000 MEV
AP= 0.1000000E-01 MEV UP= 10.000000 MEV
```

物質データが変更されていることを確認。
線源の確認には、実際に発生させた XI, YI の値を出力させて
Excel 等でプロットさせてみるのも一つの方法。

AUSGAB

- NaIシンチレータ内での電子対生成、コンプトン散乱
光電吸収のイベント数をスコアし、出力する。

情報の取得 (SUBROUTINE AUSGAB)

MAIN,SUBROUTINE
両方で扱う変数の定義
(COMMON変数)

結果を出力 (MAIN STEP 8)

AUSGAB

- STEP 1でAUSGABのための準備。

各反応をスコアするためのマクロ SCORE を定義。

```
REPLACE {;COMIN/SCORE;} WITH
{;COMMON/SCORE/NPAIR,NCOMP,NPE;}
```

MAINのCOMINにIAUSFLを使用するためのEPCONT
自分で定義したSCOREを追加。

```
;COMIN/DEBUG,BOUNDS,BREMPR,EDGE,ELECN,ETALY1,GEOM,LINES,
MEDIA,MISC,NTALY1,PASSIT,RANDOM,STACK,THRESH,TOTALS,UPHIOT,
USEFUL,USER,EPCONT,SCORE;
```

IAUSFL は、COMIN/EPCONT/; に含まれているので、
MAINのCOMIN に、EPCONT を忘れずに加えて
おかなければならない。

Lecture Notes P24参照

AUSGAB

- STEP 1でAUSGABのための準備。

STEP 1の最後に、電子対生成、コンプトン散乱、光電吸収が
生じた時に AUSGAB を呼び出すマクロを追加。

```
IAUSFL(16)=1; IAUSFL(18)=1; IAUSFL(20)=1;
```

IAUSFL(16)=1; IAUSFL(18)=1; IAUSFL(20)=1;
とすることにより、電子対生成、コンプトン散乱、光電吸収が
発生した場合に CALL AUSGAB(IARG); が行われる。

AUSGABでCALL されるIARGがIAUSFLより1小さい点に注意。

Lecture Notes P7,24参照

Table 1(b) The value for IARG and corresponding situation.

IARG	AUSF#	Situation
5	6	Particle has been transported by distance TVSTEP.
6	7	A bremsstrahlung interaction is to occur and a call to BREMS is about to be made in ELECTR.
7	8	Returns to ELECRA after a call to BREMS was made.
8	9	A Moller interaction is to occur and a call to MOLLER is about to be made in ELECTR.
9	10	Returns to ELECRA after a call to MOLLER was made.
10	11	A Bhabha interaction is to occur and a call to BHABHA is about to be made in ELECTR.
11	12	Returns to ELECRA after a call to BHABHA was made.
12	13	An in-flight annihilation of positron is to occur and a call to ANHI is about to be made in ELECTR.
13	14	Returns to ELECRA after a call to ANHI was made.
14	15	A positron has annihilated at rest.
15	16	An pair production interaction is to occur and a call to PAIR is about to be made in PHOTON.
16	17	Returns to PHOTON after a call to PAIR was made.
17	18	A Compton interaction is to occur and a call to COMPT is about to be made in PHOTON.
18	19	Returns to PHOTON after a call to COMPT was made.
19	20	A photoelectric interaction is to occur and a call to PHOTO is about to be made in PHOTON.
20	21	Returns to PHOTON after a call to PHOTO was made (assuming NP is non-zero).
21	22	Subroutine UPHI was just entered.
22	23	Subroutine UPHI was just exited.
23	24	A coherent (Rayleigh) interaction is about to occur.
24	25	A coherent (Rayleigh) interaction has just occurred.

← 電子対生成

← コンプトン散乱

← 光電吸収

Lecture Notes P7

AUSGAB

- STEP 5においてAUSGABの変数を初期化する。

```
/NPAIR,NCOMP,NPE=0; "initialization"
```

- AUSGABで情報を取得。

AUSGABのCOMINに自分で定義したSCOREを追加。

```
;COMIN/DEBUG,EPCONT,ETALY1,LINES,MISC,NTALY1,PASSIT,STACK,
TOTALS,USEFUL,SCORE;
```

AUSGABの先頭で情報をスコア。 NaI シンチレータ内でのみカウント

```
IF(IARG,EQ,15) [ IF(MED(IRL),EQ,1)[ NPAIR=NPAIR+1; ] RETURN; ]
ELSEIF(IARG,EQ,17) [ IF(MED(IRL),EQ,1)[ NCOMP=NCOMP+1; ] RETURN; ]
ELSEIF(IARG,EQ,19) [ IF(MED(IRL),EQ,1)[ NPE=NPE+1; ] RETURN; ]
```

AUSGAB

- STEP 8においてAUSGABで取得した結果を出力する。

```
OUTPUT NPAIR, NCOMP, NPE;
```

Nから始まる整数型変数なので
Iを用いて出力

```
(' Number of pair productions',I9X,I10/
```

```
' Number of Compton scatterings',I6X,I10/
```

```
' Number of photoelectric absorptions',I0X,I10);
```

文字列をそのまま出力したい場合

''の中に入力したい文字列を入れる。

変数の中に入っている情報を出力したい場合

OUTPUTの後に出力したい変数を

出力する順番に並べる。

出力の中の変数呼び出し (G15.5 3I10など)

I10が3個

出力結果

- 出力結果を mortjob.out で確認。

```
Number of pair productions      1375
Number of Compton scatterings   6099
Number of photoelectric absorptions 10897
```

電子対生成、コンプトン散乱、光電吸収のイベント数を確認する。

サンプルユーザーコード UCNAI3.MOR をベースに必要な最低限の箇所のみ変更。
パラメータの不一致等により、計算結果が多少ずれる可能性がある。

本来なら、Monte Carlo の計算結果は、全て統計誤差と共に表記されるべきだが、
今回は、あえて簡単のために誤差は計算していない。

参照ページ

- 実習内容 -

入射エネルギーを 6.0 [MeV] に変更。

"Lecture Notes P44,45参照"

NaIシンチレータ検出器のAIをWに、Quartzを空気に変更。

"Lecture Notes P41参照"

照射野6cm x 6cm (-3<XI<3, -3<YI<3)の面線源に変更。

"Lecture Notes P13,20,45,70参照"

AUSGABにて、NaIシンチレータ内における電子対生成、コンプトン散乱
光電吸収のイベント数をスコア、出力。

"Lecture Notes P3,6,7,11,19,24参照"