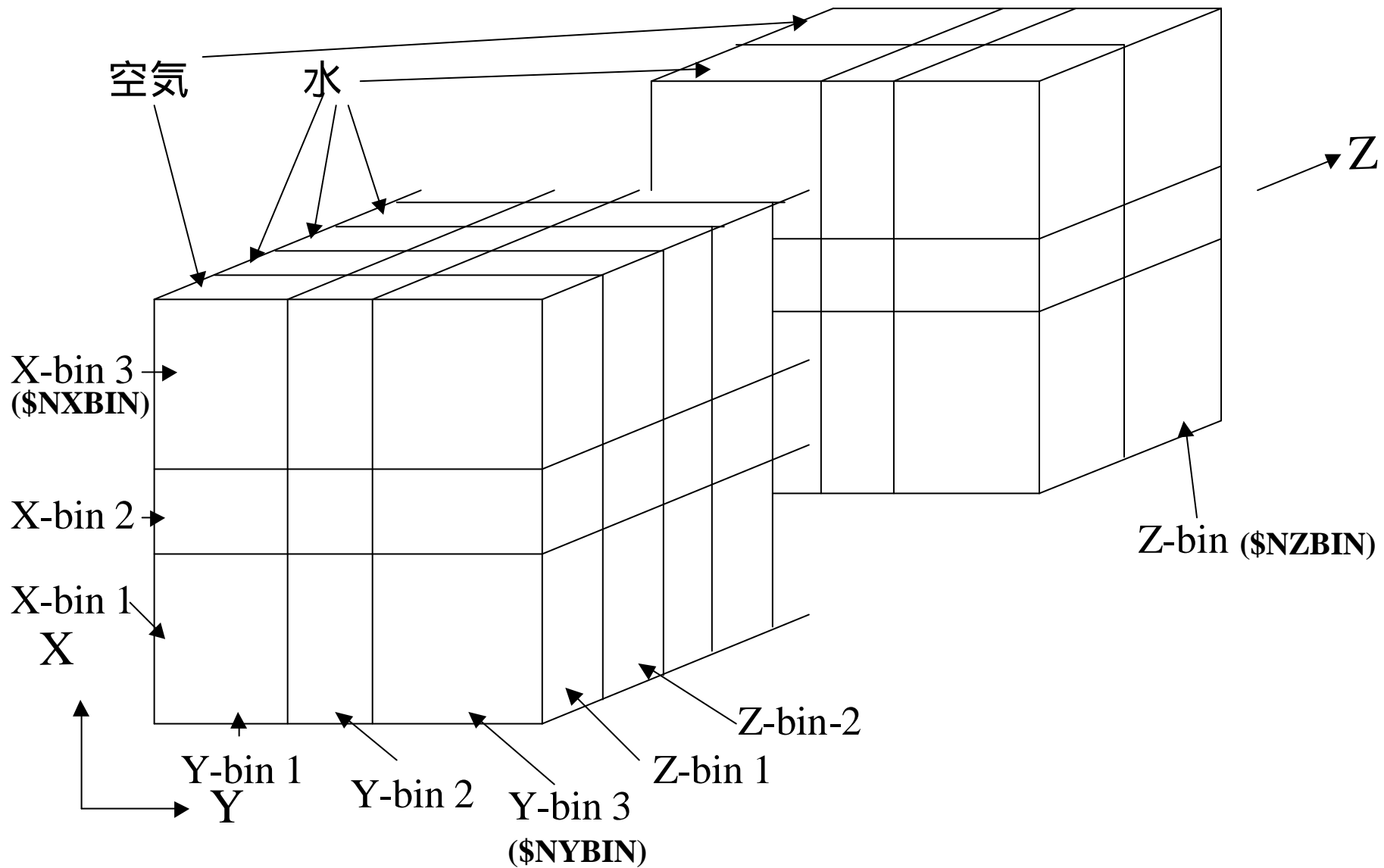


サンプルユーザーコード
人体ファントム中の線量分布
ucphantom_rec1k.mor

平山 英夫

ucphantom_rec1k.mor

- 水ファントム中での吸収線量線量の計算
- 飛跡表示と計算の両方が可能
- 空気のエネルギー吸収係数を使用した後方散乱係数を併せて計算
- KEK拡張版(特性X線の発生)
- 課題として
 - 単一エネルギーの場合の扱い
 - 別の物質のファントム
 - ファントム中に、金属を設置した場合
 - 非均質部の線量分布 (肺)



形状(3次元平板形状)

- \$NZBIN:Z方向のビン数 22
- \$NYBIN:Y方向のビン数 3
- \$NXBIN:X方向のビン数 3
- 人体を一様な水でモデル化
 - X-, Y-方向30cm、Z-方向20cm
- 前後に5cmの空気層

物質の指定 : 24文字 PEGS4で作成時の物資名

```
$TYPE MEDARR(24, $MATNO);  
DATA MEDARR/$S'WATER-IAPRIM-PHOTX',6*' ',  
           $S'AIR-AT-NTP-IAPRIM',7*' ';
```

物質 1:水、物質 2:空気

使用する物質数(\$MATNO):2

```
NMED=$MATNO; "Number of medium used"  
DO J=1,NMED [DO I=1,24 [MEDIA(I,J)=MEDARR(I,J);]]
```

HATCHで使用する変数に
置き換え

Appendix 1-3

```
IXY=$NXBIN*$NYBIN; IXYZ=IXY*$NZBIN;
```

```
NREG=IXYZ+6; "ACTUAL NUMBER OF REGION USED"
```

```
DO I=1,NREG [MED(I)=0;] "Set all region to vacuum at first"
```

```
DO IZP=1,$NZBIN [
```

```
DO IYP=1,$NYBIN [
```

```
DO IXP=1,$NXBIN [
```

```
IIZP=(IZP-1)*IXY+(IYP-1)*$NXBIN+IXP+1;
```

```
IF(IZP.EQ.1.OR.IZP.EQ.$NZBIN) [MED(IIZP)=2; "Air region"]
```

```
ELSE [MED(IIZP)=1; "Water phantom region"]
```

```
IEDGFL(IIZP)=1; "1:Produce fluorescent X-ray"
```

```
" 0:Fluorescent X-ray does not produced."
```

```
IF(IYP.EQ.$NYBIN/2+1.AND.IXP.EQ.$NXBIN/2+1) [
```

```
IDMED(IZP-1)=MED(IIZP);]
```

```
]
```

```
]]]
```

```
OUTPUT; (' Key in mode. 0:trajectory display, 1:dose calculation');
```

```
READ(5,*) IMODE;
```

← **リージョン番号**

← **リージョンIIZPの物質 番号で指定**

← **特性X線の発生**

← **線量を求める中心の領域の物質**

計算モードの選択 :キーボード入力

飛跡表示用の平板の定義

```
XMIN=-16.0; XMAX=16.0; YMIN=-16.0; YMAX=16.0;
```

```
ZMIN=-5.0;
```

```
ZMAX=20.0+2.0*ZAIR+2.0; "PICT"
```

```
DO J=1,NPLAN [
```

```
  PCOORD(1,J)=0.0; PCOORD(2,J)=0.0; PCOORD(3,J)=0.0;
```

```
  PNORM(1,J)=0.0; PNORM(2,J)=0.0; PNORM(3,J)=0.0;
```

```
]
```

```
"Define for PICT only"
```

```
PCOORD(3,1)=0.0; PNORM(3,1)=1.0;
```

```
PCOORD(3,2)=PCOORD(3,1)+20.0; PNORM(3,2)=1.0;
```

```
PCOORD(2,3)=-15.0; PNORM(2,3)=1.0;
```

```
PCOORD(2,4)=15.0; PNORM(2,4)=1.0;
```

```
PCOORD(1,5)=-15.0; PNORM(1,5)=1.0;
```

```
PCOORD(1,6)=15.0; PNORM(1,6)=1.0;
```

Z-方向 :Z-方向のファントムの最初と最後

Y-方向 :Y-方向のファントムの境界

X-方向 :X-方向のファントム境界

```
CALL GEOMOUT(0,6);
```

```
"PICT"
```

6個の平板を表示させる

Appendix 1-4

計算に使用する平板の定義

XWIDTH=15.0; "Phantom half-width, X-direction in cm"

YWIDTH=15.0; "Phantom half-width, Y-direction in cm"

XDET=0.5; "Detector half-width, X-direction in cm"

YDET=0.5; "Detector half-width, Y-direction in cm"

"SET ALL COORDINATES AND NORMALS TO ZERO TO BEGIN WITH"

DO J=1,NPLAN [

PCOORD(1,J)=0.0; PCOORD(2,J)=0.0; PCOORD(3,J)=0.0;

PNORM(1,J)=0.0; PNORM(2,J)=0.0; PNORM(3,J)=0.0;

]

ID1=\$NZBIN+1; ID2=ID1+1; ID3=ID2+\$NYBIN;

ID4=ID3+1; ID5=ID4+\$NXBIN;

DO I=1,ID1 [PNORM(3,I)=1.0;]

DO I=ID2,ID3 [PNORM(2,I)=1.0;]

DO I=ID4,ID5 [PNORM(1,I)=1.0;]

"Z-direction"

```
PCOORD(3,1)=-SPOSI;  
PCOORD(3,2)=PCOORD(3,1)+SPOSI;
```

```
DO I=3,ID1-1 [  
PCOORD(3,I)=PCOORD(3,I-1)+1.0;  
]  
PCOORD(3,ID1)=PCOORD(3,ID1-1)+SPOSI;
```

"Y-direction"

```
PCOORD(2,ID2)=-YWIDTH;  
PCOORD(2,ID2+1)=-YDET;  
PCOORD(2,ID2+2)=YDET;  
PCOORD(2,ID2+3)=YWIDTH;
```

"X-direction"

```
PCOORD(1,ID4)=-XWIDTH;  
PCOORD(1,ID4+1)=-XDET;  
PCOORD(1,ID4+2)=XDET;  
PCOORD(1,ID4+3)=XWIDTH;
```

SPOSI:空気層の厚さ

ファントムの前面をZ=0cmにしている

YWIDTH:ファントムのY-方向の幅の1/2

YDET:線量を計算する領域の1/2の幅

XWIDTH:ファントムのX-方向の高さの1/2

XDET:線量を計算する領域の1/2の高さ

計算条件の設定

```
OUTPUT;(' Key in source position from phantom surface in cm');  
READ(5,*) SPOSI;
```

点等方線源の位置

ファントム表面からの距離

Appendix 1-4

```
:X-RAY TYPE:
```

```
OUTPUT;(' Key in source type. 1:100kV');
```

```
READ(5,*) IXTYPE;
```

```
IF(IXTYPE.EQ.0.OR.IXTYPE.GT.$NXTYPE) [
```

```
OUTPUT;(' IXTYPE must be >0 <= $NXTYPE.');
```

```
GO TO :X-RAY TYPE:;]
```

線源の種類

Appendix 1-5

```
:NEW-CASES:
```

```
OUTPUT;(' Key in number of cases (0 means end of calculation.);');
```

```
READ(5,*) NCASES;
```

```
IF(NCASES.EQ.0) GO TO :End of Run:;
```

ヒストリー数の指定

0を入力すると終了する

Appendix 1-6

"Determine direction of source"

:ANGLE:

\$RANDOMSET W0;

WI=W0*(1.0-WIMIN)+WIMIN;

\$RANDOMSET PHAI0;

PHAI=PI*(2.0*PHAI0-1.0);

SINTH=SQRT(1.0-WI*WI);

UI=COS(PHAI)*SINTH;

VI=SIN(PHAI)*SINTH;

DIS=SPOSI/WI; "Distance between source and phantom surface"

XPF=DIS*UI; "X position at phantom surface"

YPF=DIS*VI; "Y position at phantom surface"

IF(ABS(XPF).GT.XHBEAM.OR.ABS(YPF).GT.YHBEAM) GO TO :ANGLE;;

IRI=6;

常に同じ値

ZI=-SPOSI

XI=0.0; YI=0.0;

入射光子のエネルギー決定 (CDFから)

"Determine source energy from CDF"

\$RANDOMSET EI0;

DO IE=1,201 [

IF(EI0.LE.ECDF(IE)) [GO TO :ENERGY-CAL:;]

]

:ENERGY-CAL:

SASPEC(IE)=SASPEC(IE)+1.0; **サンプリング結果の記録**

EI=EBIN(IE-1)+(EI0-ECDF(IE-1))*(EBIN(IE)-EBIN(IE-1))/
(ECDF(IE)-ECDF(IE-1));

EKIN=EI+IQI*PRM; "K.E. of particle---PRM is the electron rest mass"

体系に入射した運動エネルギーの計算

TOTKE=TOTKE+EKIN;

ヒストリー毎の結果の処理

```
CALL SHOWER(IQI,EI,XI,YI,ZI,UI,VI,WI,IRI,WTI);
```

"Add absorbed energy per incident and it square"

```
DO KKK=1,$NDET [
```

```
  DEPEH(KKK)=DEPEH(KKK)+DEPE(KKK);
```

```
  DEPEH2(KKK)=DEPEH2(KKK)+DEPE(KKK)*DEPE(KKK);
```

```
  DEPE(KKK)=0.0;]
```

"Add exposure with and without phantom and its square"

```
FAEXPS=FAEXPS+FAEXP;
```

```
FAEXP2S=FAEXP2S+FAEXP*FAEXP;
```

```
FAEXP=0.0;
```

```
FEXPSS=FEXPSS+FEXPS;
```

```
FEXPS2S=FEXPS2S+FEXPS*FEXPS;
```

```
FEXPS=0.0;
```

吸収線量の平均値と誤差の計算

```
AREA=4.0*XDET*YDET;  
DO KKK=1,$NDET [  
VOL=AREA*(PCOORD(3,KKK+2)-PCOORD(3,KKK+1));  
DOSE(KKK)=DEPEH(KKK)/NCASES;  
DOSE2(KKK)=DEPEH2(KKK)/NCASES;  
ERROR(KKK)=SQRT((DOSE2(KKK)-DOSE(KKK)*DOSE(KKK))/NCASES);  
DOSE(KKK)=DOSE(KKK)*1.602E-10/VOL;  
ERROR(KKK)=ERROR(KKK)*1.602E-10/VOL;  
DEPTH=PCOORD(3,KKK+1); DEPTH=PCOORD(3,KKK+2);  
OUTPUT  
DEPTH,DEPTH,(MEDIA(II,IDMED(KKK)),II=1,24),DOSE(KKK),ERROR(KKK);  
( ' Dose at depth ',F4.1,'-',F4.1,'cm (',24A1,')=',  
G15.5,'+',G15.5,'Gy/incident');  
]
```

領域の面積

領域の体積

領域の前面、後面

$$E(Y) \cong \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$
$$d^2 \cong S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \cong \overline{Y^2} - (\bar{Y})^2$$

ファントムがある場合と無い場合のファントム表面位置での照射線量と後方散乱係数

FAEXPA=FAEXPS/NCASES;

FAEXP2S=FAEXP2S/NCASES;

FAEXRR=SQRT((FAEXP2S-FAEXPA*FAEXPA)/NCASES);

FAEXPA=FAEXPA*1.6E-10/AREA;

FAEXRR=FAEXRR*1.6E-10/AREA;

ファントムが無い場合の照射線量

FEXPSA=FEXPSS/NCASES;

FEXPS2S=FEXPS2S/NCASES;

FEXERR=SQRT((FEXPS2S-FEXPSA*FEXPSA)/NCASES);

FEXPSA=FEXPSA*1.6E-10/AREA;

FEXERR=FEXERR*1.6E-10/AREA;

ファントムがある場合の照射線量

IF(FAEXPA.GT.0.0) [BSFA=FEXPSA/FAEXPA;

BSFERR=BSFA*SQRT((FAEXRR/FAEXPA)**2.+(FEXERR/FEXPSA)**2.);

後方散乱係数

ファントム領域での吸収エネルギー

IP=(IRL-2)/IXY+1; "SLAB NUMBER"

JP=(IRL-2-IXY*(IP-1))/NXXBIN+1; "COLUMN NUMBER"

KP=IRL-1-IXY*(IP-1)-NXXBIN*(JP-1); "ROW NUMBER"

IF(JP.EQ.NYYBIN/2+1.AND.KP.EQ.NXXBIN/2+1) [

"Middle region of each Z-plane"

IDET=IP-1;

IF(IDET.GT.0.AND.IDET.LE.NDET) [

DEPE(IDET)=DEPE(IDET)+EDEP/RHOR(IRL);

]

中心のリージョンかどうかのチェック

ファントム領域のみ加算

EDEP:粒子が領域中に与えたエネルギー

RHOR(IRL):リージョンIRLの物質密度

照射線量の計算

```
IF(W(NP).LT.0.0) [LATCH(NP)=1;]
IF( IRL.NE.IROLD.AND.IQ(NP).EQ.0) ["photon cross plane"
IF((W(NP).GT.0.0.AND.IP.EQ.2).OR.(W(NP).LE.0.0.AND.IP.EQ.1)) [
"Calculate exposure at phantom surface"
IF(ABS(W(NP)).GE.0.0349) [CMOD=ABS(W(NP));]
ELSE [CMOD=0.01745;]
ESING=E(NP);
DCON=ENCOEA(ESING); "PHOTX data"
FEXPS=FEXPS+E(NP)*DCON*DPWT/CMOD;
IF(W(NP).GT.0.0.AND.LATCH(NP).EQ.0) [
FAEXP=FAEXP+E(NP)*DCON*DPWT/CMOD;
]]
]
```

粒子が面を横切った場合

ファントム前面の場合

平面粒子束 単位面積を通過する粒子束
の計算 $-\cos\theta$ の補正

エネルギーESINGの光子に対する
空気の質量吸収係数

飛跡情報の蓄積

```
IF(IMODE.EQ.0) [  
CALL PLOTXYZ(IARG,NP,IQ(NP),X(NP),Y(NP),Z(NP),E(NP)); "PICT"  
]
```

実習課題1

- ucphantom_rec1k.morを別の名前のファイルにし、編集する
- 線源をCs-137にする
 - 各ヒストリー毎のエネルギー決定部分を削除し、単に EI=0.662;とする
 - 出力部分に、Cs-137ガンマ線であるという説明を加える
- 表示システムのドスプロンプト画面
 - negs4runp 新しいファイル名 body.dat
 - 質問に答えて、飛跡や計算結果を調べる

実習課題2

- ucphantom_rec.morを別の名前のファイルにし、編集する
- 線源をCo-60にする
 - 各ヒストリー毎に、乱数を1個発生し、0.5に等しいか、小さい場合には、 $EI=1.173$; に0.5より大きい場合には、 $EI=1.333$;になるように変更する
 - 出力部分に、Co-60のガンマ線であるという説明を加える
- 表示システムのDOSプロンプト画面
 - negs4runp 新しいファイル名 body.dat
 - 質問に答えて、飛跡や計算結果を調べる

演習課題3:肺のモデル化

- ucphantom_rec1k.morを別の名前のファイルにし、編集する
- \$NZBIN=18;にする
- \$NDET=16;にする
- ファントム前面から、3cm-13cmの領域の密度を0.3にする
- 飛跡表示のジオメトリーに、肺の前面と後面を追加する
- 表示システムのDOSプロンプト画面
 - negs4runp 新しいファイル名 body_k.dat
 - 質問に答えて、飛跡や計算結果を調べる

Z-方向のビン数の変更

```
PARAMETER $NZBIN=18; "NUMBER OF BINS IN Z-DIRECTION"  
PARAMETER $NDET=16; "Detector number"
```

肺の部分 (表面から3cm-13cmの領域)の密度を、 標準の密度の0.3に設定

```
IIZP=(IZP-1)*IXY+(IYP-1)*$NXBIN+IXP+1;  
IF(IZP.EQ.1.OR.IZP.EQ.$NZBIN) [MED(IIZP)=2; "Air region"]  
ELSE [MED(IIZP)=1; "Water phantom region"  
IF(IZP.GE.5.AND.IZP.LE.14) [RHOR(IIZP)=0.3;]  
IEDGFL(IIZP)=1; "1:Produce fluorescent X-ray"  
" 0:Fluorescent X-ray does not produced."  
IF(IYP.EQ.$NYBIN/2+1.AND.IXP.EQ.$NXBIN/2+1) [  
IDMED(IZP-1)=MED(IIZP);]  
]
```

飛跡表示のジオメトリとして、肺の前後の面を追加

"Define for PICT only"

PCOORD(3,1)=0.0; PNORM(3,1)=1.0;

PCOORD(3,2)=3.0; PNORM(3,2)=1.0;

PCOORD(3,3)=13.0; PNORM(3,3)=1.0;

PCOORD(3,4)=PCOORD(3,1)+16.0; PNORM(3,4)=1.0;

PCOORD(2,5)=-15.0; PNORM(2,5)=1.0;

PCOORD(2,6)=15.0; PNORM(2,6)=1.0;

PCOORD(1,7)=-15.0; PNORM(1,7)=1.0;

PCOORD(1,8)=15.0; PNORM(1,8)=1.0;

CALL GEOMOUT(0,8);

"PICT"

演習課題4:腫瘍の設定

- 演習課題3で作成したファイルを別の名前のファイルにし、編集する
- 肺の前面から3cmの位置に、厚さ2cmの腫瘍を設定する(密度を通常の水とする)
- 腫瘍は、X-, Y-方向全域に広がっていると仮定する
- 修正が終わったら、表示システムのDOS プロンプト画面表示システムのDOSプロンプト画面
 - negs4runp 新しいファイル名 body_k.dat
 - 質問に答えて、飛跡や計算結果を調べる

肺の中で表面から3cm-5cmの領域は、腫瘍とし、密度を、標準の密度に設定

IIZP=(IZP-1)*IXY+(IYP-1)*\$NXBIN+IXP+1;

IF(IZP.EQ.1.OR.IZP.EQ.\$NZBIN) [MED(IIZP)=2; "Air region"]

ELSE [MED(IIZP)=1; "Water phantom region"

IF(IZP.GE.5.AND.IZP.LE.14) [

IF(IZP.NE.8.AND.IZP.NE.9) [RHOR(IIZP)=0.3;]]

IEDGFL(IIZP)=1; "1:Produce fluorescent X-ray"

" 0:Fluorescent X-ray does not produced."

IF(IYP.EQ.\$NYBIN/2+1.AND.IXP.EQ.\$NXBIN/2+1) [

IDMED(IZP-1)=MED(IIZP);]

]

演習課題5:金属の挿入

- ucphantom_rec1p.morを別の名前のファイルにし、編集する
- pegs4で、挿入したい金属の物質データを作成する
- 作成した物質データをbody_k.datに追加する(配布のファイルには、既に追加されている。)
- ユーザーコードで使用する物質として、作成した物質を追加
- 挿入したい場所の物質割り当てを変更する
- 修正が終わったら、表示システムのDOS プロンプト画面
表示システムのDOSプロンプト画面
 - negs4runp 新しいファイル名 body.dat
 - 質問に答えて、飛跡や計算結果を調べる

新しい物質の追加 (Feを仮定 物質名 **FE-IAPRIM-PHOTX**)

```
PARAMETER $MATNO=3; "Number of material used"
$TYPE MEDARR(24,$MATNO);
DATA MEDARR/$S'WATER-IAPRIM-PHOTX',6*'',
          $S'AIR-AT-NTP-IAPRIM',7*'',
          $S'FE-IAPRIM-PHOTX',9*''/;
NMED=3; "Number of medium used"
DO J=1,NMED [DO I=1,24 [MEDIA(I,J)=MEDARR(I,J);]]
```

ファントム中に鉄を挿入 (ファントムの前面から3cm-4cmの位置)

```
DO IZP=1,$NZBIN [
DO IYP=1,$NYBIN [
DO IXP=1,$NXBIN [
IIZP=(IZP-1)*IXY+(IYP-1)*$NXBIN+IXP+1;
IF(IZP.EQ.1.OR.IZP.EQ.$NZBIN) [MED(IIZP)=2; "Air region"]
IF(IZP.EQ.6) [MED(IZP)=3; "Fe region"]
ELSE [MED(IIZP)=1; "Water phantom region"
IEDGFL(IIZP)=1; "1:Produce fluorescent X-ray"
" 0:Fluorescent X-ray does not produced."
IF(IYP.EQ.$NYBIN/2+1.AND.IXP.EQ.$NXBIN/2+1) [
IDMED(IZP-1)=MED(IIZP);]
]
```