

# CBZ/PincellCalculator の使用マニュアル

千葉豪

平成 28 年 2 月 26 日

PincellCalculator は、軽水炉の正方格子ピンセルの核特性を手軽に計算するために整備されたモジュールであり、現時点では以下の機能が実装されている。

- 無限増倍率の計算
- 均質化断面積の計算
- 無限増倍率に対する感度の計算
- 燃料領域反応率比に対する感度の計算

これらについては、パッケージの「CBGCAL/tca.uo2」ディレクトリにいくつかのサンプルがあるので、そちらを参考にするとよいであろう。

## 1 入力データの作成

PincellCalculator に必要なデータは「多群断面積セット」「格子形状、メッシュ分割データ」「媒質データ」の 3 つである。

多群断面積セット (CBZLIB) としては XSLibrary クラスのインスタンスを定義する必要がある。その方法については「CBZ のチュートリアル」に詳細が記載されているのでそちらを参照されたい。

それ以外のデータについては、プログラム上で直接入力、作成する方式と、外部ファイルで与える方式とがある。

### 1.1 直接入力方式

格子形状、メッシュ分割データの作成例を以下に示す。

Listing 1: 格子形状、メッシュ分割データの作成例

```
1 // ++ GEOMETRY DATA ++++++
2 real pin_pitch=1.849;
3 int ring=6;
4 real radius[]={0.3, 0.45, 0.625, 0.7085, 0.8, 0.92};
5 int medium_id[]={0,0,0,1,2,2};
6 // (boundary condition for Pij calculation)
7 enum BCondition bc_ssc=Periodic; // (self-shielding calculation)
8 enum BCondition bc_flx=Periodic; // (eigenvalue calculation)
```

定義する必要のあるデータは、ピンピッチ(「pin\_pitch」)、 正方格子内に配置する円環数(「ring」)、 各円環の半径(内側のものから、「radius」)、 各円環の内側の領域の媒質 ID(「medium\_id」)、 そして境界条件である。配列「medium\_id」では、数字の並びはかならず昇順でなければならないことに注意が必要である。例えば、「0,0,0,1,2,2,1,1」のような物質配置は設定できない。また、最外周の円環と外側の正方外周が囲む領域の媒質 ID は差異外周の円環が内側に囲むものと同一年(この例では「2」となる)。境界条件は、共鳴自己遮蔽効果(実効断面積)の計算時のもの(「bc\_ssc」)、 中性子束分布計算時のもの(「bc\_flux」)の二種類がある。これらのデータを定義する変数は最終的に PincellCalculator クラスのインスタンスに渡されるものであり、基本的には名前は何でもよい。

媒質データは Medium クラスのインスタンスを格納する Vector クラスのインスタンスとして定義する。作成例を以下に示す。

Listing 2: 媒質データの作成例

```

1 // +++ MEDIUM DATA +++++
2 vector<Medium> pin (mednum);
3 for (int i=0;i<mednum; i++){
4     pin [ i ]. PutImax (group);
5     pin [ i ]. PutPL (1);
6 };
7 // (fuel region)
8 int mat0 []={922340,922350,922380,80160};
9 real den0 []={4.8872e-6, 6.0830e-4, 2.2531e-2, 4.7214e-2};
10 pin [0]. PutNuclide (4,mat0,den0);
11 pin [0]. PutTemperatureForAllNuclide (300.);
12 // (cladding region)
13 int mat1 []={130270};
14 real den1 []={5.5137e-2};
15 pin [1]. PutNuclide (1,mat1,den1);
16 pin [1]. PutTemperatureForAllNuclide (300.);
17 // (moderator region)
18 int mat2 []={10010,80160};
19 real den2 []={6.6735e-2, 3.3368e-2};
20 pin [2]. PutNuclide (2,mat2,den2);
21 pin [2]. PutTemperatureForAllNuclide (300.);

```

入力データが整備されたのち、それらを PincellCalculator クラスのインスタンスに与える。その計算例を以下に示す。

Listing 3: PincellCalculator クラスのインスタンスの作成

```

1 int mednum=3;
2 int group=107;
3
4 PincellCalculator pc;
5 pc.PutGroup (group);
6 pc.PutMednum (mednum);
7 pc.PutPinPitch (pin_pitch);
8 pc.PutRing (ring);
9 pc.PutRadius (radius);
10 pc.PutMediumID (medium_id);
11 pc.PutBoundaryCondition (bc_ssc , bc_flux);
12 pc.PutMedium (pin);

```

PincellCalculator クラスの PutMednum メソッドでは、Medium クラスのインスタンスを取り込むとともに、体系を構成する媒質の種類数が自動的に指定される。

## 1.2 外部ファイル読み込み方式

格子形状、メッシュ分割データ及び媒質データを外部ファイルで与える際の、外部ファイルの例を以下に示す。なお、このファイルはC++が読み込むことになるため、コメント等を入力することは出来ない。

Listing 4: 形状、媒質等のデータを定義する外部ファイルの例

```

1  3
2  1.265
3  7
4  0.25 0.35 0.412 0.476 0.55 0.65 0.75
5  0 0 0 1 2 2 2
6  3
7  922350 922380 80160
8  7.753e-4 2.175e-2 4.505e-2
9  968.8
10 3
11 400000 260000 240000
12 3.786e-2 2.382e-4 6.770e-5
13 604.
14 6
15 10010 80160 50100 280000 240000 260000
16 5.572e-2 2.786e-2 4.592e-6 3.688e-4 1.609e-4 1.306e-4
17 574.2

```

また、各行の内容について、以下の表に示す。

行	データ
1	ピンセルを構成する媒質の総数
2	ピンピッチ [cm]
3	円環領域数
4	各円環の外側半径 [cm]
5	各円環の媒質 ID
6	媒質 (ID-0) に含まれる核種の総数
7	媒質 (ID-0) に含まれる核種の ID
8	媒質 (ID-0) に含まれる核種の数密度 (7行目の並び順に対応)
9	媒質 (ID-0) の温度 [K]

\*10行目以降は媒質数だけ繰り返す。

形状、媒質等のデータを外部ファイルを用いて定義する例について以下に示す。エネルギー群数と境界条件については外部ファイルでは与えられないため、このように指定する必要がある。

Listing 5: 形状、媒質等のデータを外部ファイルを用いて定義する例

```

1  PincellCalculator pc;
2  pc.PutGroup(group);
3  pc.ReadFile("../INPUT/", "pwr_uo2_4p1");
4  pc.PutBoundaryCondition(bc_ssc, bc_flg);

```

## 2 各種計算の実行

### 2.1 無限増倍率の計算

以下のように EigenvalueCalculation メソッドにより行う。このメソッドの引数は XSlibrary クラスのインスタンスである。また、戻り値として無限増倍率を返す。

Listing 6: 無限増倍率の計算例

```
1 real keff=pc.EigenvalueCalculation(xslib);
```

### 2.2 均質断面積の作成

GetHomogenizedCrossSection メソッドでは、衝突確率法により中性子束分布を計算し、それを重みとして格子の均質化断面積を作成し、Medium クラスのインスタンスとして返す。計算例を以下に示す。この例では作成した Medium クラスのインスタンスが「WriteFile」メソッドを用いて断面積データを外部ファイルに書き出している。Medium クラスの断面積データのファイル出力機能については CBZ のチュートリアルを参照のこと。

Listing 7: 均質断面積の計算例 (GetHomogenizedCrossSection メソッド)

```
1 bool micwrt=false;
2 string homoxs_name="150U";
3 Medium homoxs=pc.GetHomogenizedCrossSection(xslib);
4 homoxs.WriteFile("./XS/",homoxs_name,micwrt);
```

なお、計算体系の一部についての均質化を行なうことも可能である。この場合は、均質化の対象とするメッシュ数を二つ目の引数に、均質化の対象となるメッシュの ID のリストを三つ目の引数に与えればよい。

### 2.3 無限増倍率の感度係数の計算

CalKinfsensitivity メソッドでは、衝突確率法により中性子束、随伴中性子束分布を計算し、摂動論により無限増倍率の感度を計算、SensitivityData クラスのインスタンスとして返す。計算例を以下に示す。なお、この例では作成した SensitivityData クラスのインスタンスが PutName メソッドにより属性情報を受け取り、最終的に外部ファイルにデータを出力させている。SensitivityData クラスについては「CBZ による実効増倍率の感度係数の計算」を参照のこと。

Listing 8: 無限増倍率の感度係数の計算例 (CalKinfsensitivity メソッド)

```
1 int nucnum=1;
2 int nucid[]={942390};
3 SensitivityData sens=pc.CalKinfsensitivity(xslib,nucnum,nucid);
4 sens.PutName("pin","keff","jendl-4");
5 sens.WriteFile("./","sns.new");
```

## 2.4 燃料領域の反応率比の感度係数の計算

CalRRRSensitivity メソッドでは、衝突確率法により中性子束及び一般随伴化中性子束分布を計算し、一般化摂動論により指定した核種、反応についての巨視的反応率比の感度を計算、SensitivityData クラスのインスタンスとして返す。計算例を以下に示す。1 から 3 行目は反応率比の分子、4 から 6 行目は分母の指定を行う。この例では、U-238 と U-235 の巨視的核分裂反応率の比の感度を計算している。また、8 から 9 行目では感度を計算する核種の指定を行う。

Listing 9: 燃料領域の反応率比の感度係数の計算例 (CalRRRSensitivity メソッド)

```
1  int nume_nuc=1;
2  int nume_id[]={922380};
3  enum xstype nume_xs[]={sigf};
4  int denom_nuc=1;
5  int denom_id[]={922350};
6  enum xstype denom_xs[]={sigf};
7
8  int nuc_ss=1;
9  int nuc_id[]={922380};
10 SensitivityData sens=pc.CalRRRSensitivity
11    (nume_nuc , nume_id , nume_xs , denom_nuc , denom_id , denom_xs , nuc_ss , nuc_id , xslib );
```