

OpenFOAM揭示版のまとめ

2012/12/01

富山県立大学 中川慎二

Q1. 管内流の周期境界条件

パイプ内部の流れを解析するとき、上流の流入面と下流の流出面を周期境界条件として、発達した流れを計算したい。

単純にcyclic境界を使うと、流入面と流出面とが同一圧力になり、流れがなくなってしまう。どうすれば良いか？

A1-1. 管内流の周期境界条件

cyclicJumpから派生したfixedJumpか、更に派生したfanを使う。

fanの使用例は、pimpleFoam/TJunctionFanチュートリアルが参考になる。

jumpの設定については、下記の記事に議論がある。

<https://groups.google.com/forum/#!msg/openfoam/qRaaWI5k2l4/AiJ7Tfyd2xMJ>

fan境界:面に垂直な速度成分Unの関数として、圧力の上昇分Pを与える。

$$P=f_1 + f_2 * Un + f_3*Un^2 + \dots$$

係数(f1, f2, f3 など)は、pの境界条件として、下記の様に指定する。

```
fan_half1
{
    type fan;    patchType cyclic;
    jump        uniform 0;
    f           2(100 -0.1);
    value       uniform 0;
}
```

この例では、Pを与える式は2つの項から成る。定数項(f1)は 100, Unの1次の項の係数は-0.1である。

$$P = 100 - 0.1 Un$$

ソースコードは、finiteVolume/fields/fvPatchFields/derived/fan/fanFvPatchFields.C

なお、圧力差は0以上になるようになっているので、Pの計算が負になると、自動的に0に置き換えられる。

A1-2. 管内流の周期境界条件

別の方法として、平均圧力勾配への考慮を、プログラム内で行う方法がある。

channelFoamソルバーが、この方式をとっている。

平均速度を与えると、それに応じた圧力勾配が計算され、自動的に設定される。

ほかのソルバーでも、channelFoamソルバーを参考にして、改造すれば良い。

A1-3. 管内流の周期境界条件

OpenFOAM v2.1以降では, Field sources という機能を使って, A1-2 のカスタマイズなしで, 圧力勾配を考慮することが可能となった。

http://foam.sourceforge.net/docs/cpp/a03924_source.html

http://foam.sourceforge.net/docs/cpp/a03923_source.html

上記のソースにある pressureGradientExplicitSource を使うことになる。指定できるパラメータは下記となる。

```
pressureGradientExplicitSourceCoeffs
{
    fieldNames ( U ); // name of velocity field
    Ubar (10.0 0 0); // desired average velocity
    gradPini gradPini [0 1 -2 0 0] 0; // initial pressure gradient
}
```

A1-3. 管内流の周期境界条件

Field sources の設定は constant/sourcesPropertiesで行う。下記のように記述する。

```
all
{
  type      pressureGradientExplicitSource;
  active    on; //on/off switch
  timeStart 0; //start time
  duration  1e+30; //duration
  selectionMode all; //cellSet // points //cellZone

  pressureGradientExplicitSourceCoeffs
  {
    fieldNames ( U );
    Ubar      (5 0 0); // desired average velocity
    gradPini  gradPini [0 1 -2 0 0] 0; // initial pressure gradient
  }
}
```

参考

<https://groups.google.com/forum/#!msg/openfoam/qRaaWl5k2l4/AiJ7Tfyd2xMJ>

Q2. 面の法線方向速度を与える

- Q. 流入面に対して法線方向の速度を境界条件として与える方法は？

A2. 面の法線方向速度を与える

面に垂直な速度を与える境界条件surfaceNormalFixedValueが、標準機能にあります。

<http://www.openfoam.org/docs/user/boundaries.php#x24-1370005.2>

Swak4Foamを使う方法(別途インストールが必要)

controlDictの最後の方に, `libs ("libgroovyBC.so");` を追加します。

そして, 速度の境界条件下記とします。

outlet

```
{  
    type      groovyBC;  
    variables "Un=0.1;";  
    valueExpression "-Un*normal()";  
}
```

ここでは, 面に垂直な方向の速度をUnとして, 数字を与えています。この値と面に垂直なベクトルnormal()の積で, 面に垂直な速度の値を指定できます。

http://openfoamwiki.net/index.php/Contrib_groovyBC#Swirl_on_inlet

下記サイトに, 両方の指定について, まとめた記述がありました。

http://www.geocities.jp/penguinitis2002/study/OpenFOAM/normal_velocity/normal_velocity.html

Q3. 回転翼周辺の相対速度を表示させる方法

- タービンの解析をpimpleDyMFoamで実施している。計算結果から、回転翼周辺の相対速度を表示させる方法は？

A3-1. 回転翼周辺の相対速度を表示させる方法

ParaViewのCalculatorを使って相対速度場を作る。

Z軸周りで回転速度Omega であれば, Calculatorでは, 次式で相対速度場を計算できる。

$$i\hat{H}at*(U_X - \text{coordsY}*Omega) + j\hat{H}at*(U_Y + \text{coordsX}*Omega) + k\hat{H}at*U_Z$$

ここで, $i\hat{H}at$, $j\hat{H}at$, $k\hat{H}at$ は 単位ベクトル, U_X , U_Y は 速度成分, coordsX , coordsY は 位置座標成分。

これらの値は, CalculatorパネルのScalarsボタンからプルダウンで選択できる。

ただし, 回転軸が傾いている場合には, それを考慮した式にする必要がある。

A3-2. 回転翼周辺の相対速度を表示させる方法

- MRFSimpleFoam用のUrelユーティリティがCFD-Onlineで公開されている。
- <http://www.cfd-online.com/Forums/openfoam-solving/71277-how-derive-relative-velocity-mrfsimplefoam.html#post350891>
- dynamicMeshDictと整合性のあるMRFZonesを作れば、使えるのではないか。

Q4. 流体-固体熱連成解析について

Q. 流体-固体熱連成解析について

1. 流体部と固体部の境界メッシュは一致していなくても良いか？
2. ダクトの入口・出口で差圧(静圧)を取りたい。
utilityで面同士の差圧を直接出力することは可能か？
3. 固体部に発熱量を定義することは可能か？

A4. 流体-固体熱連成解析について

1. 固体と流体メッシュは一致させる必要はない。
2. patchAverageユーティリティで、パッチごとの平均を求め、差を計算すると良いのでは。
3. 体積発熱には、Field Sourcesを使う。今野先生のプレゼン資料に、とても解りやすい説明がある。

<http://www.opencae.jp/attachment/wiki/OpenFOAM-study-group-for-beginner%28ja%29/20120421OFBeginner.pdf>

Q5. 回転体AMIメッシュの作成

Q. pimpleDyMFoamを使い、ami領域を作り、半径流型タービンの翼内部の流動を解析したい。

モデルの作成方法は？

Q5. 回転体AMIメッシュの作成

snappyHexMeshを用いた回転体メッシュの作成方法について、日本流体力学会誌6月号の下記論文(野村氏・今川氏)がとても参考になる。

<http://www.nagare.or.jp/download/noauth.html?dd=assets/files/download/noauth/nagare/31-3/31-3tokushu2.pdf>

blockMeshの段階でAMIインターフェース(円筒面)を作成し、回転領域と静止領域に対して別々にsnappyHexMeshを実行すれば、AMIインターフェースの歪みを避けられる。

Q6. キャビテーションのソルバー

Q. キャビテーションに関するソルバーが2種類あるが、その違いは？

A6. キャビテーションのソルバー

cavitationFoamはバトロロピー流体モデルである。液相と気相は、密度の違いとして表現されている。各位置での密度が、圧力の関数として求められている。

interPhaseChangeFoamはVOF法に基づく均質流モデルのキャビテーションソルバーである。飽和蒸気圧によって気相の発生を決めたあと、各相内での密度は一定である。