OpenFOAMのカスタマイズ・ソースコード改造 超入門

目的

今回の講習の目的は，OpenFOAMをカスタマイズ（ソースコードを変更する）ための手順の全体像を学ぶことである。時間に制約があるため，ソースコードの詳細には触れない。

Note

This offering is not approved or endorsed by ESI Group or ESI-OpenCFD®, the producer of the OpenFOAM® software and owner of the OpenFOAM® trade mark.

Training materials for mini lecture course for OpenCAE Study Group @ Toyama.
https://www.facebook.com/OpenCAEstudyGroupAtToyama

http://eddy.pu-toyama.ac.jp/%E3%82%AA%E3%83%BC%E3%83%97%E3%83%B3CAE%E5%8B%89%E5%BC%B7%E4%BC%9A-%E5%AF%8C%E5%B1%B1/

参考情報

http://openfoamwiki.net/index.php/How_to_add_temperature_to_icoFoam

環境

この資料は，OpenFOAM 6 を基準として作成した。

> この資料の元となる openfoamwiki は 1.7 に対するものであるが，ほとんど同じ内容のままである。その間のバージョンであれば，問題なく適用できるはず。

手順

1. ベースとなるコードの選定
2. ベースコードをユーザ作業ディレクトリに複製
3. ベースコードを新しい名前のソルバにする（名前の変更作業のみ：中身はそのまま）
4. ベースコードがコンパイルできることを確認する
5. コンパイルしたベースコードが実行できることを確認する
6. コードの変更（その1：createFields.H）
7. コードの変更（その2：my_icoFoam.C）
8. コンパイル
9. 例題の変更
10. 実行
11. 付録：関連するディレクトリの調査

実作業

1. ベースとなるコードの選定

OpenFOAMからオリジナルコードを作成する時には，既存のコードから目的に近いモノを選び，修正していくことを推奨する。

今回は，非定常，非圧縮，層流を解くicoFoamをベースとする。これに，温度場を求めるためのエネルギー方程式を追加する。

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t}+\nabla\cdot(\vec{U}\vec{U})=-\frac{\nabla p}{\rho}+\nu\nabla^2\vec{U}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\nabla\cdot(\vec{U}T)=(DT)\nabla^2 T$$

手順一覧に戻る

2. ベースコードをユーザ作業ディレクトリに複製

使用しているOpenFOAMの環境を確認する。OpenFOAMのインストールされているディレクトリを下記コマンドを実行して確認する。

```
コマンド　　echo $WM_PROJECT_DIR
実行結果　　/home/user/OpenFOAM/OpenFOAM-6
```

インストールしたOpenFOAMのソースコードは， $WM_PROJECT_DIR/applications/solvers に保存されている。 このディレクトリは，$FOAM_SOLVERS 変数に格納されている。

ユーザーがソースコードを格納したり，例題を実行したりするディレクトリは，各ユーザーのホームディレクトリ内に作ることが推奨されている。ユーザーのプロジェクトディレクトリ内に，目的ごとにディレクトリを作成する。 ユーザーのプロジェクトディレクトリは， $WM_PROJECT_USER_DIR に格納されている。

下記コマンドを実行して，ユーザーのプロジェクトディレクトリを確認する。

```
コマンド　　echo $WM_PROJECT_USER_DIR
実行結果　　/home/user/OpenFOAM/user-6
```

実行前のディレクトリ構造。実行用ディレクトリ run だけが存在する。

一般的には，カスタマイズしたソルバは， $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers に保存する。

OpenFOAMインストール時の実行ファイルは，$FOAM_APPBIN ディレクトリに格納されている。

```
コマンド　　echo $FOAM_APPBIN
実行結果　　/home/user/OpenFOAM/OpenFOAM-6/platforms/linux64GccDPInt32Opt/bin
```

本当に？確かめよう。icoFoam がどこにあるかは，次のコマンド（`which`）で確認できる。

```
コマンド　　which icoFoam
実行結果　　/home/user/OpenFOAM/OpenFOAM-6/platforms/linux64GccDPInt32Opt/bin/icoFoam
```

コンパイルに成功すると生成される実行ファイルは，$FOAM_USER_APPBIN に格納する。

```
コマンド    echo $FOAM_USER_APPBIN
実行結果    /home/user/OpenFOAM/user-6/platforms/linux64GccDPInt32Opt/bin
```

ユーザのソルバ・ソースコード・ディレクトリ（$WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers）を作成する。

```
mkdir -p $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers
```

> ファイルマネージャーで操作する場合
>
> $WM_PROJECT_USER_DIR を開く。
>
> 新しいディレクトリを作成して，applications という名前にする。
>
> applicationsディレクトリの中に入る。
>
> 新しいディレクトリを作成して，solvers という名前にする。

ユーザのソルバ・ソースコード・ディレクトリ（$WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers）に， システムのソースコード・ディレクトリ（$FOAM_SOLVERS/incompressible/）から， icoFoamディレクトリをコピーする。コピーしたディレクトリは， **my_icoFoam** という名前にする。

```
cp -r <span class="katex"><span class="katex-mathml"><math><semantics><mrow><mi>F</mi><mi>O</mi>
```

> ファイルマネージャーで操作する場合
>
> $FOAM_SOLVERS/incompressible/ を開く。
>
> icoFoamディレクトリをコピーする。
>
> $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers を開く。
>
> コピーした icoFoam ディレクトリを貼付け，名前を my_icoFoam に変更する。

手順一覧に戻る

3. ベースコードを新しい名前のソルバにする（名前の変更作業のみ：中身はそのまま）

my_icoFoam ディレクトリへ移動する

```
cd $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers/my_icoFoam
```

icoFoam.C ファイルの名前を my_icoFoam.C に変更する

```
mv icoFoam.C my_icoFoam.C
```

不要なファイル icoFoam.dep（icoFoam コンパイル時に生成されていたもの）を削除する

```
rm icoFoam.dep
```

my_icoFoam ディレクトリの中にある Make ディレクトリ の 'files' ファイルを修正する。エディタを起動し，$WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers/my_icoFoam/Make/files ファイルを開く。その内容を，下記の通りに書き換える。書き換えが終われば，保存してエディタを終了する。

```
my_icoFoam.C
EXE = $(FOAM_USER_APPBIN)/my_icoFoam
```

このfilesファイルでは，コンパイルするファイル名と，コンパイルした後の保存先とファイル名を指定している。保存先がユーザーの実行ファイルディレクトリになっていることに注意する。 Make ディレクトリには，files ファイル

の他に，options ファイルがある。今回は，options ファイルの修正は不要である。元のソルバで使われていない機能を追加する際には，options ファイルでライブラリを追加することがある。

不要なディレクトリ linux64GccDPInt32Opt を削除する（icoFoam コンパイル時に生成されていたもの）

```
rm -rf Make/linux64GccDPInt32Opt
```

> ファイルマネージャーで操作する場合
>
> $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers/my_icoFoamディレクトリを開く。
>
> icoFoam.C ファイルの名前を，my_icoFoam.C に変更する。
>
> 不要なファイル icoFoam.dep を削除する。
>
> Makeディレクトリに入る。
>
> files ファイルをダブルクリックして開く。その中身を下記の様に修正して，保存する。
>
> > my_icoFoam.C EXE = $(FOAM_USER_APPBIN)/my_icoFoam
>
> Make ディレクトリ内にある linux64GccDPInt32Opt ディレクトリを削除する。

手順一覧に戻る

4. ベースコードがコンパイルできることを確認する

my_icoFoam ディレクトリへ移動する。（先ほどと同じ場所）

```
cd $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers/my_icoFoam
```

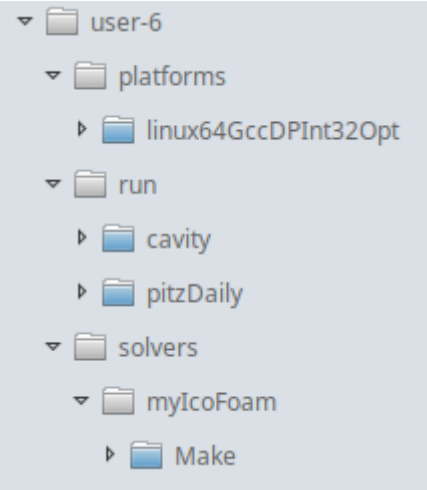
下記のコマンドを実行して，ソースコードをコンパイルする。

```
wmake
```

実行ファイルができたことを確認するため，下記コマンドを実行する。 my_icoFoam が存在すればOK。コンパイル時にエラーが発生しないにもかかわらず、my_icoFoam が見当たらない場合は，Make/files ファイルにおいて、EXE= 以下の指定がちがう可能性が高い。

```
ls $FOAM_USER_APPBIN
```

実行後のディレクトリ構造。ソルバ用，実行形式ファイル用，実行用ディレクトリが存在する。



手順一覧に戻る

5. コンパイルしたベースコードが実行できることを確認する

ベースとなったicoFoam用の例題 cavity を，my_icoFoam_cavity という名前にして，ユーザの実行ディレクトリに複製する。

```
cd $FOAM_RUN/tutorials/incompressible/icoFoam
cp -r cavity $FOAM_RUN/my_icoFoam_cavity
```

> ファイルマネージャーで操作する場合
>
> $FOAM_RUN/tutorials/incompressible/icoFoam ディレクトリを開く。
>
> cavity ディレクトリをコピーして，$FOAM_RUN ディレクトリに貼り付ける。名前を my_icoFoam_cavity に変更する。

新しく作成したディレクトリに移動して，my_icoFoam を実行する。エラーが発生せず、実行できればOK。

```
cd $FOAM_RUN/my_icoFoam_cavity
blockMesh
my_icoFoam
```

手順一覧に戻る

6. コードの変更（その1：createField.H）

ここから，ソースコードの改造に入る。まず，$WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers/createField.H ファイルに，DT と T を追記する。

DT は熱拡散率であり，速度場の nu に対応するものである。nu と同様に，次元を持つスカラー量 dimensionedScalar 型とする。transportProperties ファイルから値を読み込む。

T は温度場である。圧力と同様に，セル中心で値を持つスカラー量 volScalarField 型とする。圧力などと同様に，計算時には時刻ディレクトリ（runTime.tiimeName()）から値を読み込み/書き出しする。

下記に追記する部分の内容を記す。詳細は別途配布資料を参照のこと。

```
Info<< "Reading transportProperties\n" << endl;

IOdictionary transportProperties
(
    IOobject
    (
        "transportProperties",
        runTime.constant(),
        mesh,
        IOobject::MUST_READ_IF_MODIFIED,
        IOobject::NO_WRITE
    )
);

dimensionedScalar nu
(
    "nu",
    dimViscosity,
    transportProperties.lookup("nu")
);
//Add here...
dimensionedScalar DT
(
     "DT",
     dimViscosity,
     transportProperties.lookup("DT")
);
//Done for now...
```

```
Info<< "Reading field T\n" <<endl;
volScalarField T
(
    IOobject
    (
         "T",
         runTime.timeName(),
         mesh,
         IOobject::MUST_READ,
         IOobject::AUTO_WRITE
    ),
    mesh
);
//Addition End
```

手順一覧に戻る

7. コードの変更（その2：my_icoFoam.C）

次に，my_icoFoam.C に，温度場の式を追加する。温度場の基礎式は速度場と同様であり，U の式を参考にする。U は Vector であるが，温度はスカラーなので，fvScalarMatrix として温度を求めるための行列 TEqn を定義し，解く。

下記に追記する部分の内容を記す。詳細は別途配布資料を参照のこと。

```
            U -= rUA*fvc::grad(p);
            U.correctBoundaryConditions();
        }

//add these lines...
        fvScalarMatrix TEqn
        (
            fvm::ddt(T)
            + fvm::div(phi, T)
            - fvm::laplacian(DT, T)
        );

        TEqn.solve();
//done adding lines...

        runTime.write();
```

実行とは直接関係しないが，このファイルの冒頭コメント部にある Application を icoFoam から my_icoFoam に修正しておく。

手順一覧に戻る

8. コンパイル

端末で，ソースコードのディレクトリに移動し，コンパイルするためのコマンド `wmake` を実行する。

```
cd $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers/my_icoFoam
wmake
```

手順一覧に戻る

9. 例題の変更

先に作成した例題ディレクトリ my_icoFoam_cavity を変更して，温度関係の設定を追加する。

まず，先ほどの計算結果を削除して初期状態に戻すため，コマンド `foamCleanTutorials` を実行する。

```
cd $FOAM_RUN/my_icoFoam_cavity
foamCleanTutorials
```

constant/transportProperties に，nu を参考にして，DT を追加する。単位はどちらも同じで，m の2乗と s の-1乗である。値を0.002とする。

> for OF 6

```
DT              [0 2 -1 0 0 0 0] 0.002;
```

> for OF 2.3.0 DT DT [0 2 -1 0 0 0 0] 0.002;

0/ ディレクトリに，T ファイルを追加する。 p ファイルを複製して、名前を T とする。内容は下記の通り。流体温度の初期値を300度，上部の移動壁を350度に固定し，その他の壁面は300度に固定する。

```
    class           volScalarField;
    object          T;
}
//********************************//

dimensions       [0 0 0 1 0 0 0];

internalField    uniform 300;

boundaryField
{
    movingWall
    {
        type        fixedValue;
        value       uniform 350;
    }

    fixedWalls
    {
        type        fixedValue;
        value       uniform 300;
    }

    frontAndBack
    {
        type        empty;
    }
}
```

system/fvSchemes ファイルに，温度場の解き方に関する設定を追加する。OpenFOAMのバージョンが2.2以前の場合には，下記に加えて laplacianSchemes にも追加が必要である。U の場合と同様とすればよい。

```
divSchemes
{
    default         none;
    div(phi,U)      Gauss linear;
    div(phi,T)      Gauss upwind; //NOTICE: there is no space between the comma and the variable
}
```

system/fvSolution ファイルに，温度場の解き方に関する設定を追加する。

```
solvers
{
    p
    {
        //information about the pressure solver
    };
//add this...
T
{
    solver          PBiCG;
    preconditioner  DILU;
    tolerance       1e-7;
    relTol          0;
};
```

```
TFinal
{
    $T;
    relTol          0;
}
//done editing...
```

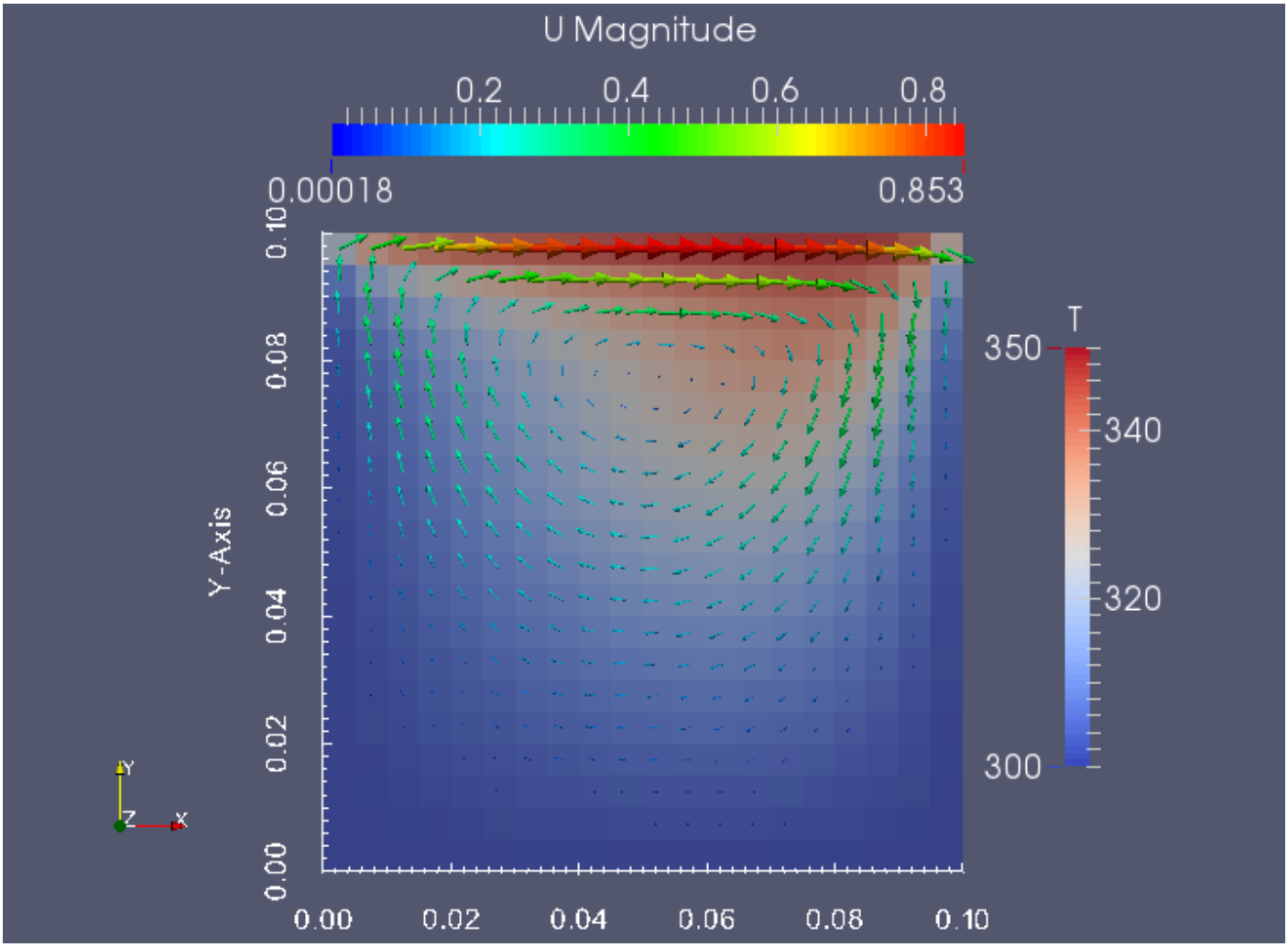
手順一覧に戻る

10. 実行

例題ディレクトリから，新しく作成したソルバ my_icoFoam を実行する。

```
cd $FOAM_RUN/my_icoFoam_cavity
blockMesh
my_icoFoam
```

paraFoam で可視化した結果の一例



手順一覧に戻る

11. 付録：関連するディレクトリの調査

下記の環境変数の値（ディレクトリ）を確認しましょう。

端末から，環境変数の値を表示するためのコマンド `echo` を実行して，結果として出力された文字列をメモしてください。

環境変数名の前には，$ 記号を付けて実行します。

```
実行例　　echo $WM_PROJECT_DIR
```

システムのプロジェクトディレクトリ

```
$WM_PROJECT_DIR

あなたの環境　＝ _____
```

システムのソルバ・ソースコード・ディレクトリ

```
$FOAM_SOLVERS

あなたの環境　＝ _____
```

システムの実行ファイル(bin)ディレクトリ

```
$FOAM_APPBIN

あなたの環境　＝ _____
```

システムの例題ファイル格納ディレクトリ

```
$FOAM_TUTORIALS

あなたの環境　＝ _____
```

ユーザーのプロジェクトディレクトリ

```
$WM_PROJECT_USER_DIR

あなたの環境　＝ _____
```

ユーザーのソルバ・ソースコード・ディレクトリ

```
$WM_PROJECT_USER_DIR/applications/solvers

あなたの環境　＝ _____
```

ユーザーの実行ファイル(bin)ディレクトリ

```
$FOAM_USER_APPBIN

あなたの環境　＝ _____
```

ユーザーの作業（実行）ディレクトリ

```
$FOAM_RUN

あなたの環境　＝ _____
```

なお，これらの環境変数は，$WM_PROJECT_DIR/etc/config/settings.sh ファイルの中で設定されている。 これらのディレクトリに移動するためのコマンドが，alias として，$WM_PROJECT_DIR/etc/config/aliases.sh で設定されている。 これらの設定ファイルは，OpenFOAMインストール作業の一環として，.bashrc ファイルに追記する source $HOME/OpenFOAM/OpenFOAM-6/etc/bashrc という行によって，端末を起動する度に読み込まれることとなる。

手順一覧に戻る