

OpenFOAMはじめてのかたへ

柴田 貴裕

OpenFOAMとは

- OpenFOAM

英国OpenCFD社が開発したCFDソフト
商用コードからオープンソース化

- OpenFOAMの特徴

- ① 充実したソルバ
- ② カスタマイズしやすさ

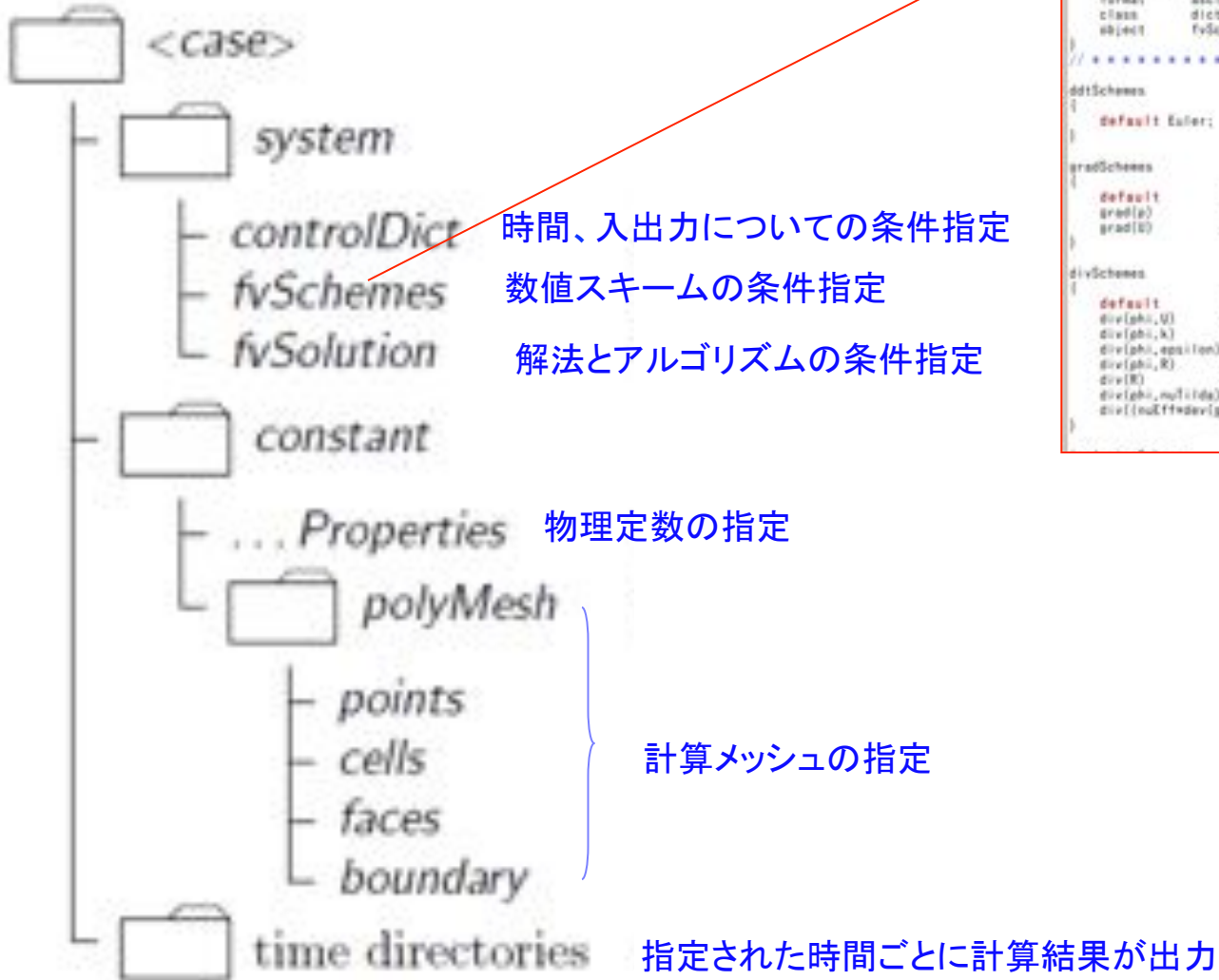
充実したソルバ (OFWikiJa ユーザーガイド 1.6系和訳より)

基礎的な CFD コード	
laplacianFoam potentialFoam	固体の熱拡散のような単純なラプラス方程式を解く シンプルなポテンシャル流のコード。完全ナビエ・ストークスコードを解く際の保存された初期値の生成にも使用できる
scalarTransportFoam	パッシブスカラーの輸送方程式を解く
非圧縮性流れ	
boundaryFoam	1次元の乱流用の定常状態ソルバで、通常、解析では流入入口で境界層条件を発生させます。
channelFoam icoFoam noeNewtonianIcoFoam pimpleDyMFoam	チャンネル内流れ用の非圧縮 LES 非圧縮性。層流の速度-圧力ソルバ、非ニュートン流体も可 非ニュートン流体の非圧縮性、層流の非定常ソルバ ダイナミックメッシュをもつニュートン流体の非圧縮性・乱流の PIMPLE (SIMPLE と PISO の融合) アルゴリズムによる非定常ソルバ
pimpleFoam	PIMPLE (SIMPLE と PISO の融合) アルゴリズムによる非圧縮性・乱流の、大きな時間ステップの非定常ソルバ
pisoFoam shallowWaterFoam simpleFoam	非圧縮性流れの非定常ソルバ 回転を伴う非粘性浅水方程式の非定常ソルバ 非圧縮性、乱流の定常状態ソルバ
圧縮性流れ	
rhoCentralFoam	Kurganov と Tadmor の中央風上スキームに基づいた密度ベースの圧縮性流ソルバ
rhoPimpleFoam	冷燃房やそれに似た問題のための圧縮性の層流および乱流用の非定常ソルバ
rhoPisoFoam rhoPorousSimpleFoam	圧縮性の層流および乱流用の非定常 PISO ソルバ RANS 乱流モデルと、多孔性体を動的または静的に扱う、圧縮性流体のための非定常乱流ソルバ
rhoPsonicFoam rhoSimpleFoam	圧力・密度ベースの圧縮性流ソルバ 層流および RANS による乱流の圧縮性流体定常状態 SIMPLE ソルバ
rhoSonicFoam sonicDyMFoam	密度ベースの圧縮性流ソルバ 移動メッシュを伴う、超音速または超音速用の、層流および乱流の圧縮性気体用ソルバ
sonicFoam sonicLiquidFoam	超音速または超音速用の、層流および乱流の圧縮性気体ソルバ 超音速または超音速用の、層流圧縮性液体ソルバ
多層流	
bubbleFoam cavitatingFoam	液体の中の気泡のように非圧縮分散性 2 相 2 流体ソルバ バロトロピック (順圧) 状態方程式に基づく非定常のキャピテーション用コード
compressibleInterDyMFoam	VOF (volume of fluid) 体積割合に基づいた界面捕獲法による不混和流体の圧縮性・等温 2 相流用ソルバ、移動メッシュや、アダプティブ再メッシュングも含めたメッシュトポロジの変化にも対応
compressibleInterFoam	VOF (volume of fluid) 体積割合に基づいた界面捕獲法による不混和流体の圧縮性・等温 2 相流用ソルバ
interDyMFoam	VOF (volume of fluid) 体積割合に基づいた界面捕獲法による不混和流体の非圧縮性・等温 2 相流用ソルバ、移動メッシュや、アダプティブ再メッシュングも含めたメッシュトポロジの変化にも対応
interFoam	VOF (volume of fluid) 体積割合に基づいた界面捕獲法による不混和流体の非圧縮性・等温 2 相流用ソルバ
interPhaseChangeFoam	相変化 (キャピテーションなど) を伴う、不混和流体の非圧縮性・等温 2 相流用ソルバ、VOF (volume of fluid) 体積割合に基づいた界面捕獲法を用いる。

multiphaseInterFoam	界面捕獲と、それぞれの相での接触角効果を考慮した非圧縮性 2 相流ソルバ
settingFoam twoLiquidMixingFoam twoPhaseEulerFoam	分散相の設定シミュレーション用の非圧縮 2 相流コード 2 層の非圧縮性流れを混合したソルバ 液体の中の気体の泡のように分散した状態の 2 層の非圧縮性流れのシステム
直接数値シミュレーション (DNS)	
dnsFoam	直方体中の等方性乱流のための直接数値解法 (DNS) コード
燃焼	
coldEngineFoam dieselEngineFoam dieselFoam engineFoam PDRFoam reactingFoam rhoReactingFoam	内燃機関のコールドフローのソルバ ディーゼルエンジン用噴射・燃焼用ソルバ ディーゼル噴射・燃焼用ソルバ エンジン内部の燃焼用ソルバ 乱流モデルを伴う圧縮性予混合または部分予混合燃焼用ソルバ 化学反応を伴う燃焼用ソルバ 密度ベースの熱力学パッケージによる化学反応を伴う燃焼用ソルバ
XiFoam	乱流モデルを伴う圧縮性予混合または部分予混合燃焼用コード
熱輸送と浮力駆動流れ	
buoyantBoussinesqPisoFoam buoyantBoussinesqSimpleFoam buoyantPisoFoam buoyantSimpleFoam buoyantSimpleRadiationFoam	浮力を伴う非圧縮性乱流用非定常ソルバ 浮力を伴う非圧縮性乱流用定常状態ソルバ 換気・熱輸送のための、浮力を伴う圧縮性乱流用非定常ソルバ 浮力を伴う圧縮性乱流用定常状態ソルバ 放射を考慮した、換気・熱輸送のための、浮力を伴う圧縮性乱流用定常状態ソルバ
chtMultiRegionFoam	個体領域と流体領域の間の熱輸送を達成するための、heatConductionFoam と buoyantFoam を融合させたもの
粒子追跡流	
coalChemistryFoam porousExplicitSourceReactingParcelFoam	石炭・石灰石パーセルの噴射を伴う圧縮性乱流用非定常ソルバ 陽的なソースを含む、多孔質媒体のラグランジュ型パーセルの反応を伴う圧縮性層流・乱流用非定常 PISO ソルバ
reactingParcelFoam	ラグランジュ型パーセルの反応を伴う圧縮性層流・乱流用非定常 PISO ソルバ
uncoupledKinematicParcelFoam	単一の運動学的粒子雲の受動的輸送用の非定常ソルバ
分子動力学法	
mdEquilibrationFoam mdFoam	分子動力学系の平衡化や前処理を行う 流体力学のための分子動力学ソルバ
直接シミュレーション・モンテ・カルロ法	
dsmcFoam	直接シミュレーション・モンテ・カルロ (DSMC) 法
電磁流体	
electrostaticFoam mhdFoam	静電方程式ソルバ 磁場の影響によって誘発される非圧縮性層流の電磁流体 (MHD) 用ソルバ
固体応力解析	
solidDisplacementFoam	選択が自由な熱拡散と熱応力をもった線形弾性や固体の微小ひずみの非定常分離有限体積ソルバ
solidEquilibriumDisplacementFoam	固体の線形弾性や微小ひずみの定常状態分離有限体積ソルバ、熱拡散と熱応力も扱える。
金融工学	
financialFoam	物価に対する Black-Scholes 方程式を解く

カスタマイズしやすさ

ケースフォルダの基本構造



```
OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
Version: 1.5
Web: http://www.openfoam.org

FoamFile
{
  version      2.0;
  format       ascii;
  class        dictionary;
  object       fvSchemes;
}

// ..... //

dtSchemes
{
  default Euler;
}

gradSchemes
{
  default      Gauss linear;
  grad(a)      Gauss linear;
  grad(b)      Gauss linear;
}

divSchemes
{
  default      none;
  div(phi,U)   Gauss limitedLinear 1;
  div(phi,k)   Gauss limitedLinear 1;
  div(phi,epsilon) Gauss limitedLinear 1;
  div(phi,R)   Gauss limitedLinear 1;
  div(R)       Gauss linear;
  div(phi,muIde) Gauss limitedLinear 1;
  div((nuI+Hdev)grad(U),T()) Gauss linear;
}
```

OpenFOAMのインストール 1 環境

OpenFOAMはLinux専用のソフトウェア。Windowsユーザーの選択肢は以下の7つ

そのままDEXCS(Vmware)

- [1] 仮想OS VmwareにDEXCS(OpenFOAMと構造解析ソフトがプリインストールされたソフト)を入れる。

VmwareでLinux環境を作る

- [2] VmwareにLinuxを入れ、DEXCSをインストール
- [3] VmwareにLinuxを入れ、OpenFOAMをインストール

Dual BootでLinux環境を作る

- [4] WindowsとLinuxのDual bootにし、Linux側にDEXCSをインストール
- [5] WindowsとLinuxのDual bootにし、Linux側にOpenFOAMをインストール

その他

- [6] OpenFOAM for MS Windows
- [7] VNCサーバ

初めてOpenFOAMを使う場合には、仮想OS Vmwareを使うのがおすすめ
少し古いバージョンでもいいから手っ取り早くOpenFOAMを使いたい → [1]
最新のバージョンのOpenFOAMを使いたい → [3]

OpenFOAMのインストール 2 方法

前頁のうち、[1][3]についての方法

[1] Vmware-DEXCS

手順についてはオープンCAE学会の講習会の事前準備のページが詳しいので、そこを参照してください。

<http://www.opencae.jp/wiki/%E7%AC%AC1%E5%9B%9E%E3%82%AA%E3%83%BC%E3%83%97%E3%83%B3CAE%E8%AC%9B%E7%BF%92%E4%BC%9A%E3%81%AE%E4%BA%8B%E5%89%8D%E6%BA%96%E5%82%99>

[3] Vmware-Linux(Ubuntu10.04)-OpenFOAM 1.7.0

～ VmwareにUbuntu10.04の設定 ～

① Vmware playerをダウンロード&インストール(<http://www.vmware.com/jp/products/player/>)

② Ubuntu10.04のインストールCDを作成

※注 CDを作成せずに、vmwareの新規仮想マシンの作成においてダウンロードしたisoファイルを指定することで、インストールすることもできますが、この場合キーボードが使いません。

ここでは、キーボード問題を回避するため、いきなりインストールするのではなく、まずはLive状態でUbuntuを起動させ、後からインストールするという方法をとります。

(<http://d.hatena.ne.jp/is0me/20100515/1273904637>)

以下のサイト、

<http://www.ubuntulinux.jp/products/JA-Localized/download>

から、ubuntu-ja-10.04-desktop-i386-20100512.isoをダウンロードして、CDに焼く。

③ ②で作成したCDをパソコンに挿入し、Vmwareを起動する。
新規仮想マシンの作成を選択をクリック

④ 「後でOSをインストール」を選択して、「次へ」をクリック



- ⑤ ゲストOSの選択で、「Linux」、「Ubuntu」を選択して「次へ」をクリック

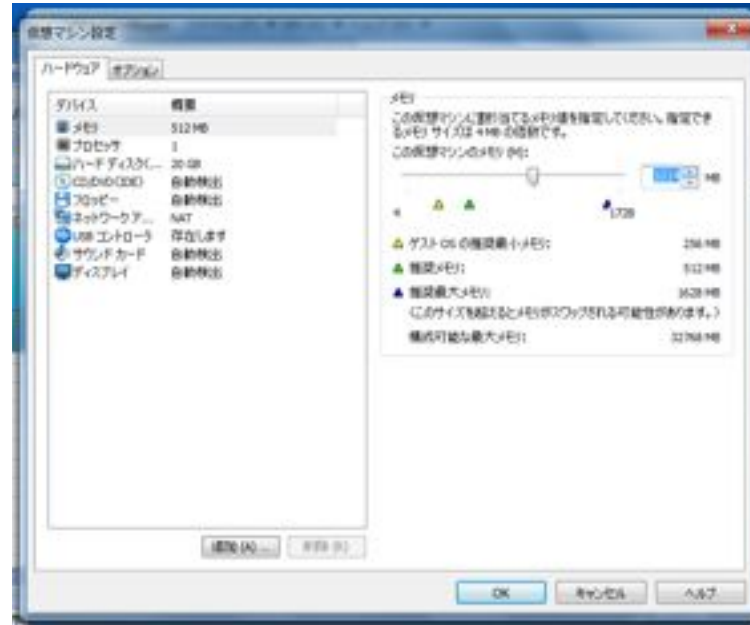


- ⑥ 仮想マシン名を入力して、「次へ」をクリック

- ⑦ ディスクサイズを選択し、仮想ディスクのファイルの分割の有無を選択して「次へ」をクリック

(Ubuntuが推奨する20GBとファイル分割有りの選択が無難)

- ⑧ 「ハードウェアをカスタマイズ」を選択して、メモリを適当なサイズに指定し(PCメモリの1/2~3/4)、「OK」をクリック。そして「完了」をクリック



- ⑨ VMware playerに作成した仮想マシンができているのでそれを選択して、「仮想マシンの再生」をクリック

- ⑩ CDからUbuntuが起動し、右のインストール画面になる。言語が日本語になっていることを確認して、「Ubuntu10.04 LTS をインストールする」をクリック



- ⑪ 時間・場所が正しいことを確認して「進む」をクリック



⑫ キーボードレイアウトに問題がなければ「進む」をクリック



⑬ そのまま「進む」をクリック



⑭ 名前、パスワードを入力して、「進む」をクリック



⑮ よければ「インストール」をクリック



~ VmwareにUbuntu10.04にOpenFOAM1.7.0をインストール ~

<http://www.openfoam.com/download/ubuntu.php>に従って行う。

① アプリケーション>アクセサリ>端末
でターミナルウィンドウを立ち上げる



② ターミナルウィンドウ中に
sudo su
と入力してリターン あとは、

<http://www.openfoam.com/download/ubuntu.php>

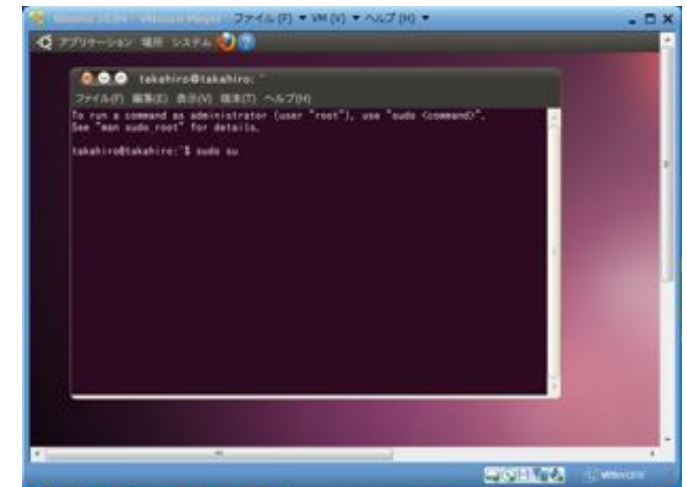
のInstallationとUser configurationに書いてあることをそのまま入力してリターンしていく

※ Linuxのcopy & paste

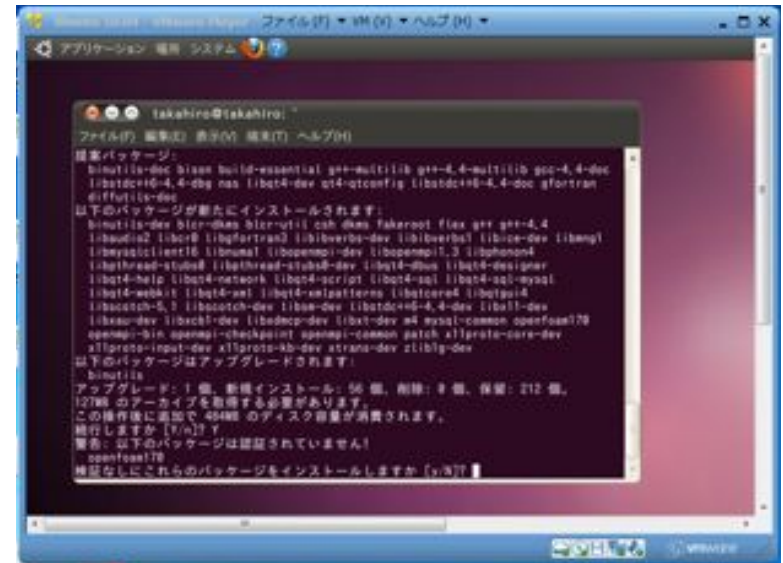
copy: マウスの左ボタンでドラッグ

paste: マウスの中ボタン(第二ボタン)をクリック

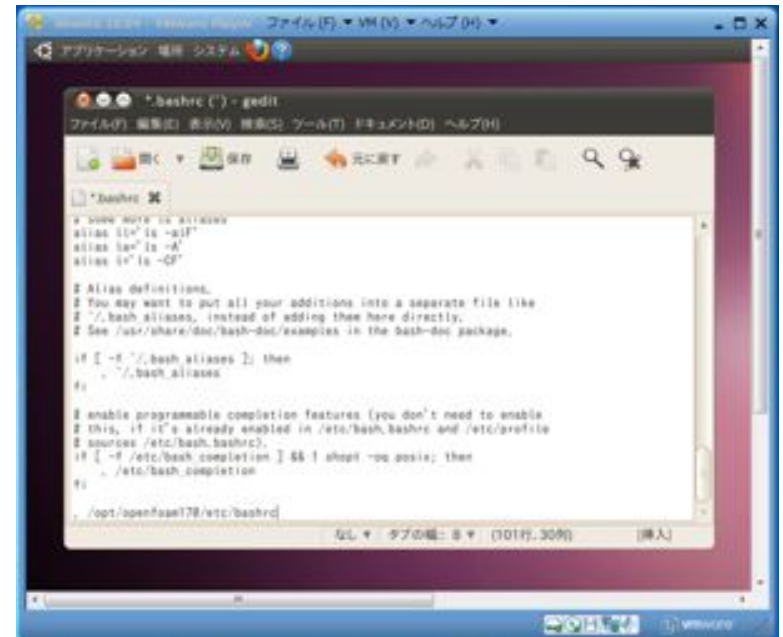
これを用いるとターミナルに手入力する手間が省ける



openfoamとparaviewのインストールで「以下のパッケージは認証されていません！ 検証なしにこれらのパッケージをインストールしますか」と聞かれるが、気にせず「y」と入力してリターン



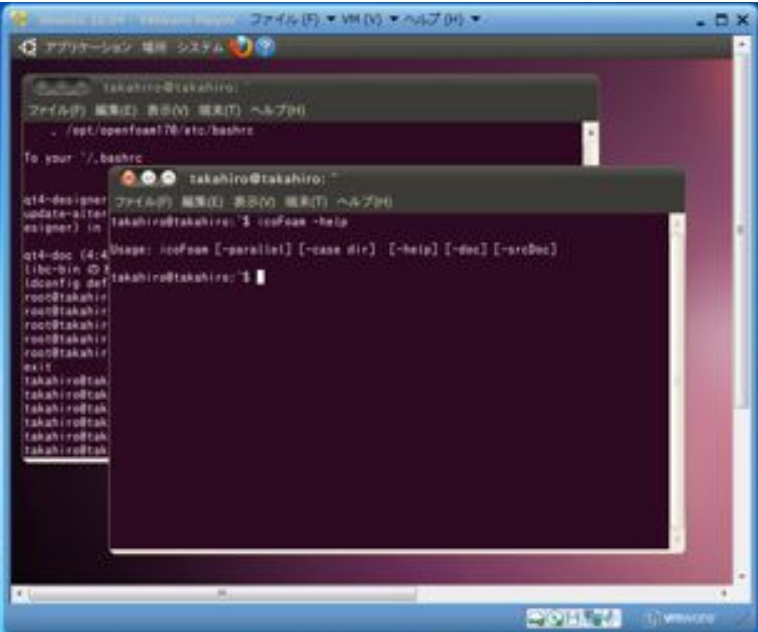
ターミナルに
gedit ~/.bashrc
と入力してリターンを押すと、右図のようなエディタソフトが立ち上がる
そこの一番最後の行に右図のように
. /opt/openfoam170/etc/bashrc
を書き込む
保存して終了(左上の×)



最後、ちゃんとインストールされているか確認するために

icoFoam -help

と入力、リターンするが、その結果、右図のように表示されれば、インストールは成功



```
takahiro@takahiro:~$ icoFoam -help
Step: icoFoam [-parallel] [-case dir] [-help] [-doc] [-preDec]
takahiro@takahiro:~$
```


～ OpenFOAM1.7.0を使ってみる ～

① 作業フォルダを作る

<http://www.openfoam.com/docs/user/tutorials.php#x4-30002>に従って
行う

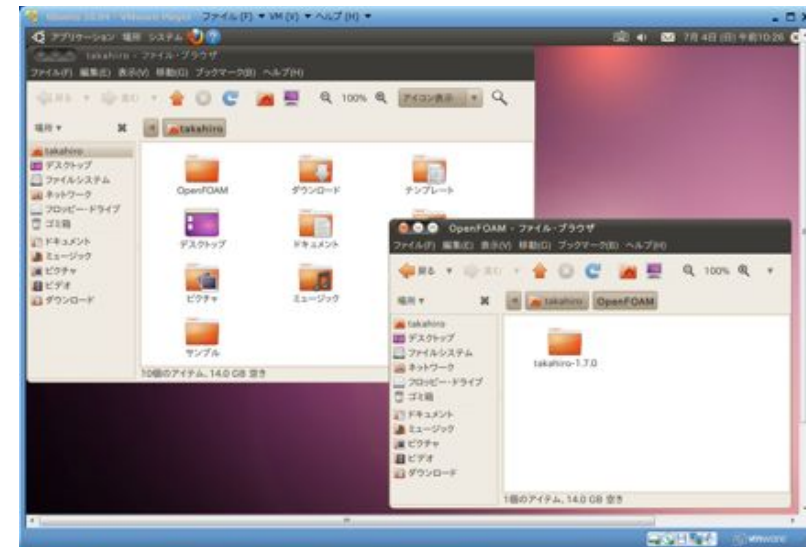
アプリケーション>アクセサリ>端末 でターミ
ナルウィンドウを立ち上げ、

```
mkdir -p $FOAM_RUN
```

と入力してリターン、続いて

```
cp -r $FOAM_TUTORIALS $FOAM_RUN
```

と入力してリターンすると、作業フォルダがで
きる



場所>ホーム・フォルダ でホームフォルダを開くと
「OpenFOAM」というフォルダができてい
その中に、<user>-1.7.0というフォルダがあるが、
それが作業フォルダである
この中にはすべてのチュートリアルが入っている

② cavity流れの実行

<http://www.openfoam.com/docs/user/cavity.php#x5-40002.1>に従って
行う

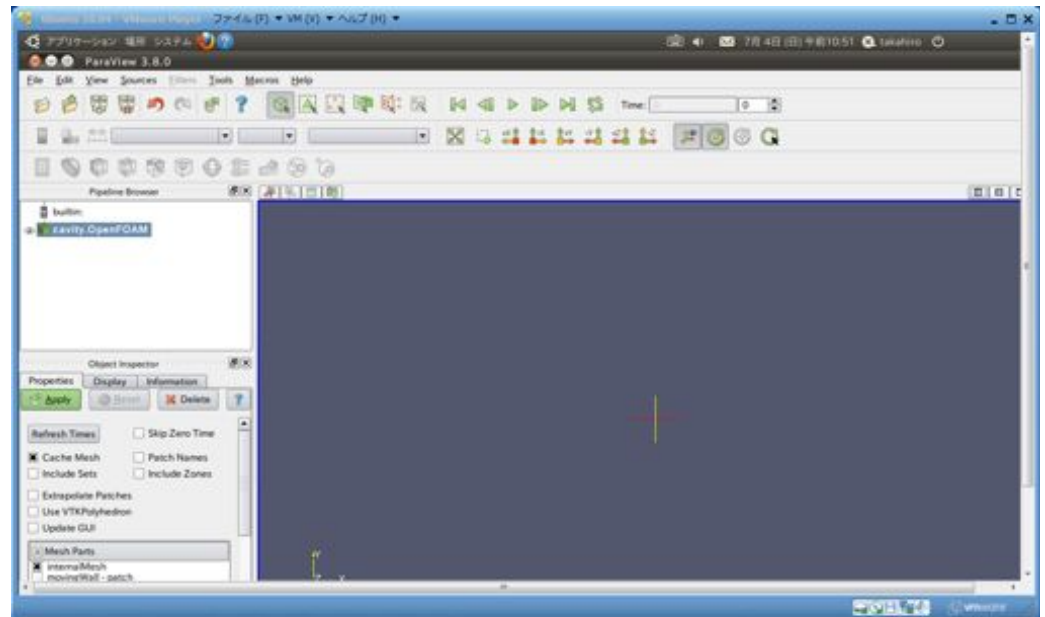
アプリケーション>アクセサリ>端末 でターミ
ナルウィンドウを立ち上げ、

`cd $FOAM_RUN/tutorials/incompressible/icoFoam/cavity`
と入力してリターン、するとcavity
流れのケースフォルダに移る

`blockMesh`
と入力してリターンすると、計算メッ
シュが作成され、

`icoFoam`
と入力してリターンすると、計算が
実行される 最後、

`paraFoam`
と入力してリターンすると、可視化
ソフトが立ち上がる



詳しい操作の説明はユーザーガイドチュートリアル参照

<http://www.openfoam.com/docs/user/tutorials.php#x4-30002>

OpenFOAMのインストール 3 使用法

Install終了後、使い方については各種マニュアル等参照

① ユーザーガイド

OpenFOAMの概要とチュートリアル

日本語

OpenFOAMユーザ会のホームページ

<http://www.ofwikija.org/index.php/メインページ>

英語

<http://www.openfoam.com/docs/>

② プログラマーズガイド

OpenFOAMのプログラミングについて記載

英語

<http://www.openfoam.com/docs/>

③ その他、役立つ情報

OpenFOAMをインストールをした後の学習には、第1回オープンCAE講習会の講義資料が非常に有益

[http://www.opencae.jp/wiki/%E5%B9%B3%E6%88%9022%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E3%82%AA%E3%83%BC%E3%83%97%E3%83%B3CAE%E3%83%AF%E3%83%BC%E3%82%AF%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%83%E3%83%97%E3%83%BB%E5%AE%9A%E6%99%82%E7%A4%BE%E5%93%A1%E7%B7%8F%E4%BC%9A\(%E6%9D%B1%E4%BA%AC\)#.E7.AC.AC1.E5.9B.9E.E3.82.AA.E3.83.BC.E3.83.97.E3.83.B3CAE.E6.87.87.E8.A6.AA.E4.BC.9A.E6.A6.82.E8.A6.81](http://www.opencae.jp/wiki/%E5%B9%B3%E6%88%9022%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E3%82%AA%E3%83%BC%E3%83%97%E3%83%B3CAE%E3%83%AF%E3%83%BC%E3%82%AF%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%83%E3%83%97%E3%83%BB%E5%AE%9A%E6%99%82%E7%A4%BE%E5%93%A1%E7%B7%8F%E4%BC%9A(%E6%9D%B1%E4%BA%AC)#.E7.AC.AC1.E5.9B.9E.E3.82.AA.E3.83.BC.E3.83.97.E3.83.B3CAE.E6.87.87.E8.A6.AA.E4.BC.9A.E6.A6.82.E8.A6.81)

OpenFOAMユーザー会のリンク集、資料集にもたくさんの情報があり、参考になる

<http://groups.google.co.jp/group/openfoam/web/%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%82%AF%E9%9B%86>

<http://groups.google.co.jp/group/openfoam/files>