
はじめてのOpenFOAM®

その2

富山県立大学 中川慎二

オープンCAE勉強会@富山

2014年1月25日

Disclaimer: OPENFOAM® is a registered trade mark of OpenCFD Limited, the producer of the OpenFOAM software and owner of the OPENFOAM® and OpenCFD® trade marks. This offering is not approved or endorsed by OpenCFD Limited.

この講習会では、ユーザーガイドを参照しながら、作業を進めます。ユーザーガイドは下記サイトで入手可能です。

OpenFOAM® Documentation (オリジナル)

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

<http://foam.sourceforge.net/docs/Guides-a4/UserGuide.pdf>

ソフトウェアマニュアル翻訳 (OpenCAE学会)

<http://www.opencae.jp/wiki/ソフトウェアマニュアル翻訳>

Disclaimer

OPENFOAM® is a registered trade mark of OpenCFD Limited, the producer of the OpenFOAM software and owner of the OPENFOAM® and OpenCFD® trade marks. This offering is not approved or endorsed by OpenCFD Limited.

コース概要

目的: OpenFOAMを利用し, 流動シミュレーションに必要な一連の作業を体験する。
OpenFOAMの基本的な使い方を学ぶ。

OpenFOAMマニュアル(ユーザーガイド)に掲載されている例題(チュートリアル)に, 実際にコンピュータを使って取り組む。

OpenFOAMでできそうなこと, できないことなど, 講習終了後の活用に向けた話題も取り上げる。

スケジュール

1. 使用システム説明
2. OpenFOAM概要
 - OpenFOAMとは?, 使用例紹介, ディレクトリ構造
3. 例題: キャビティ流れ
 - 概要, 格子生成, 条件設定, 流体解析, 可視化, 格子改造
4. 例題: ダムの崩壊
 - 概要, 格子生成, 条件設定, 流体解析, 可視化
5. さらにOpenFOAMを使うために
 - 情報元, 主なソルバー説明, 質疑応答

4. 例題

ダム**の**崩壊（気液界面変形）

multiphase/interFoam **の** damBreak

ディレクトリ構造 (ケース)

\$HOME ← ユーザのホームディレクトリ: /home/user など

└ OpenFOAM

└ *username-2.2.2* ← ユーザの作業用ディレクトリ

└ run

└ tutorials ← 例題作業ディレクトリ

└ multiphase ← 混相流ソルバ ディレクトリ

└ interFoam ← interFoamソルバー ディレクトリ

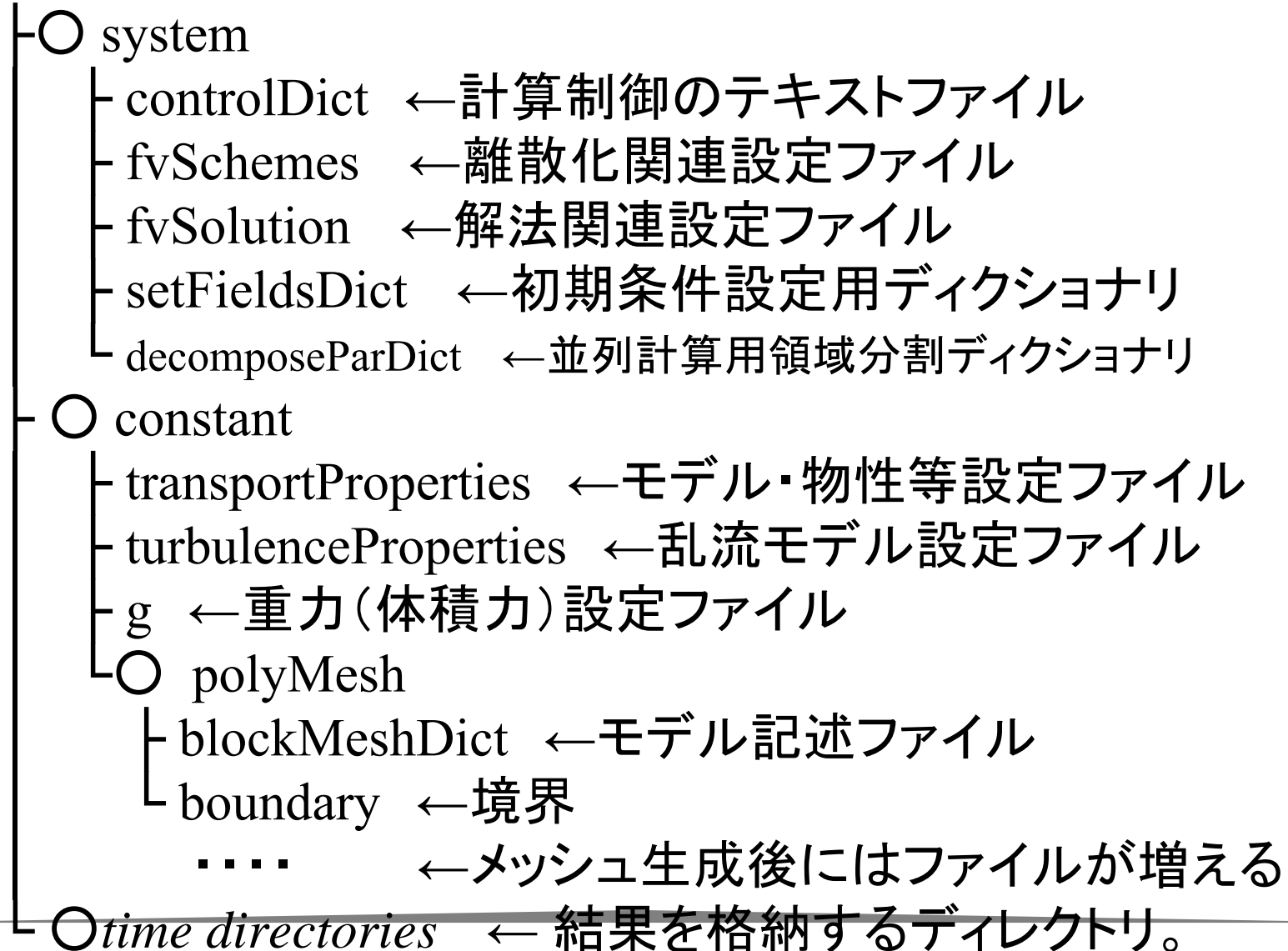
└ laminar

└ damBreak ← ケース ディレクトリ

この中に、各種計算条件を記載した
ファイルや、計算結果が収納される。
詳細は次のスライド。

ディレクトリ構造 (ケース詳細)

damBreak ← damBreakケース ディレクトリ



例題：ダムの崩壊

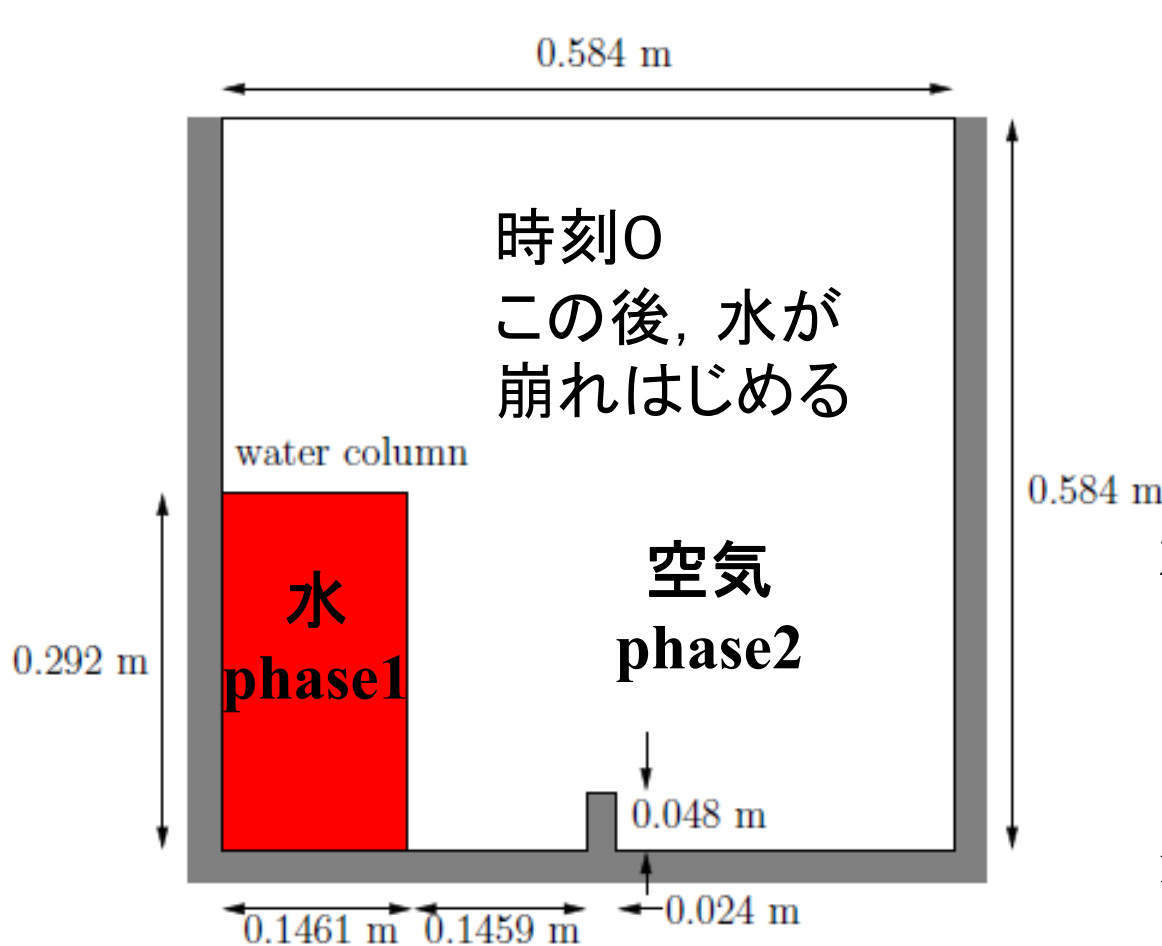


Figure 2.20: Geometry of the dam break.

ユーザマニュアル2.3節 p.56

目 p.58

非定常流

2種の流体(自由表面)

非圧縮性流体

2次元流, 層流, 一定温度

Standard Application の
interFoamを利用する

(VOF法)

表面の取扱

volume of fluid (VOF)法

- 各セルにおける 体積割合 (phase fraction) α を計算する
- 表面形状自体を計算によって求めるのではない

ユーザマニュアル2.3節 p.56

目 p.58

プリ処理 Pre-processing

作業内容

- メッシュ生成 (Mesh generation)
- 境界条件と初期条件設定 (Boundary and initial conditions)
- 物性値設定 (Physical properties)
- 計算制御設定 (Control)
- 離散化と行列解法の設定 (Discretisation and linear-solver settings)

【作業：ファイルマネージャ】

- ファイルマネージャで,
/home/user/OpenFOAM/user-2.2.2/run
/tutorials/multiphase/interFoam/laminar
/damBreak/constant/polyMesh
まで移動し,
blockMeshDictをダブルクリックして開く。

メッシュ作成指令書: blockMeshDict

ユーザマニュアル2.3.1節 p.56

convertToMeters 0.146; ← これから書く数字を, 0.146倍すると, 単位がmになる

目 p.59

vertices ← 節点

(

(0 0 0) ← 各点の座標。この値を0.146倍するとm単位になる。

(2 0 0) ← この場合, x座標が $2 \times 0.146 = 0.292\text{m}$ の位置に点を置く。⑨ ⑩ ⑪

(2.16438 0 0)

(4 0 0)

.....

);

blocks ← ブロック(直方体(hex), 節点番号で指定する)

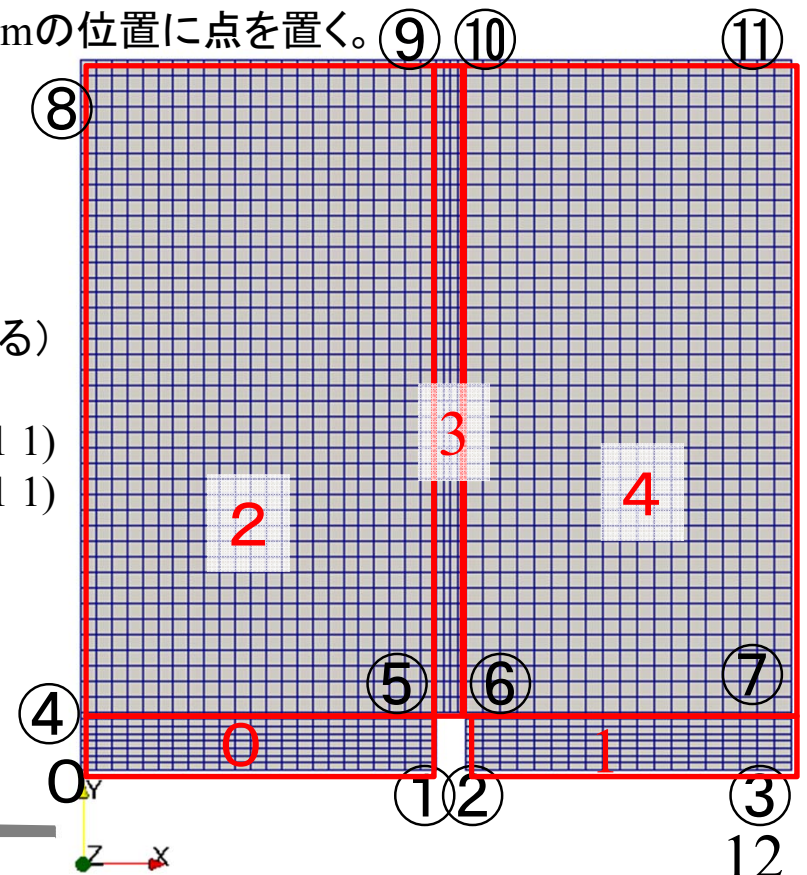
(

hex (0 1 5 4 12 13 17 16) (23 81) simpleGrading (1 1 1)

hex (2 3 7 6 14 15 19 18) (19 8 1) simpleGrading (1 1 1)

.....

);



メッシュ作成指令書: blockMeshDict

ユーザマニュアル2.3.1節 p.56

目 p.59

boundary

```
(  
  leftWall { type wall; faces (.....) }  
  
  rightWall { type wall; faces (.....) }  
  
  lowerWall { type wall; faces (.....) }  
  
  atmosphere { type patch; faces (.....) }  
);
```

注: 指定していない面は,
defaultFacesとなる。

- emptyを指定するのと同じ
- 手前と奥は, 同じ状態が続く
2次元流れ

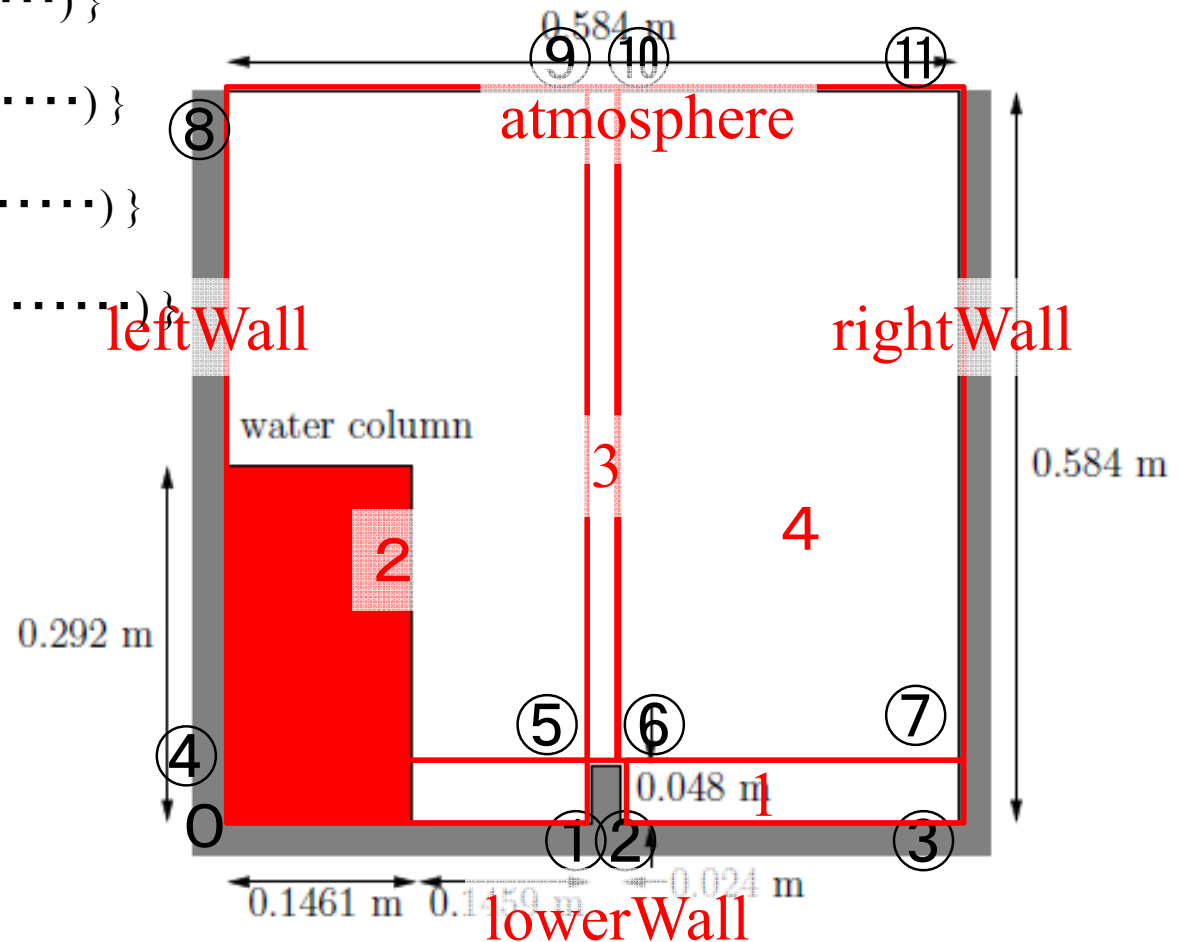


Figure 2.20: Geometry of the dam break.

メッシュ生成 : blockMeshの実行

目 p.59

ユーザマニュアル2.3.1節 p.56

- 端末で, 下記コマンドを実行し, 現在作業中のケースに移動する。

```
cd $FOAM_RUN/tutorials/multiphase/interFoam/laminar/damBreak  
↑スペース
```

- 端末で, 下記コマンドを実行し, メッシュ生成ユーティリティblockMeshを実行する。

```
blockMesh
```

- 端末に, 実行結果が表示される。エラーメッセージが表示されていないか, 確認する。

メッシュの確認

ユーザマニュアル2.1.2節 p.26

ポスト処理ソフトParaViewを使って、メッシュを確認する

【作業：端末】

- ケース「damBreak」ディレクトリにいることを確認するため、下記コマンドを実行する。

pwd

- /home/user/OpenFOAM/user-2.2.2/run/tutorials/multiphase/interFoam/laminar/damBreakと表示されればよい。違う場所にいるときは、下記コマンドを実行する。

```
cd $FOAM_RUN/tutorials/multiphase/interFoam/laminar/damBreak
```

- 下記のコマンドを実行する

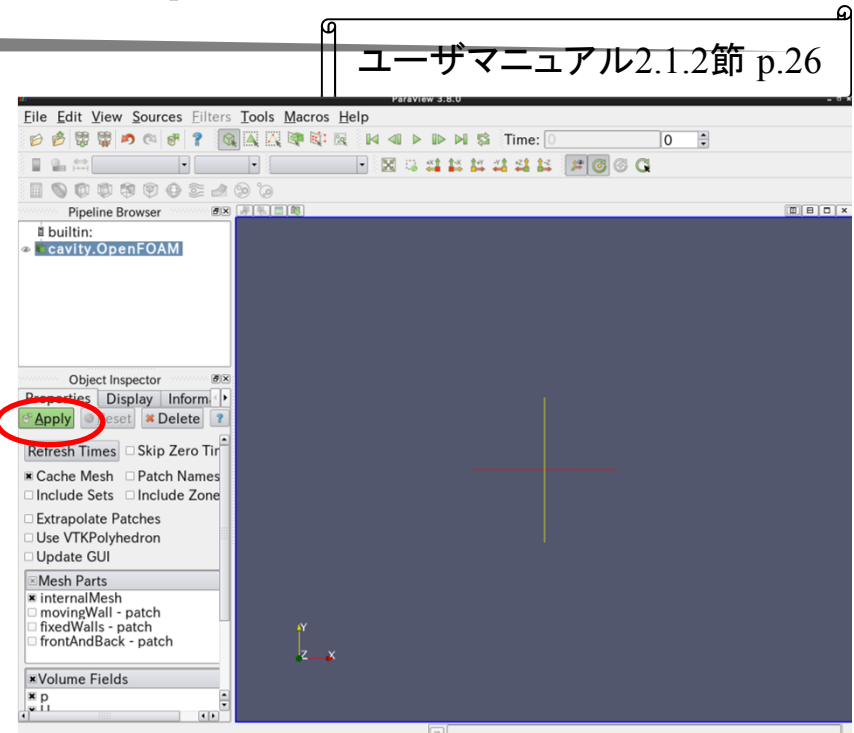
paraFoam

- ParaViewが起動する

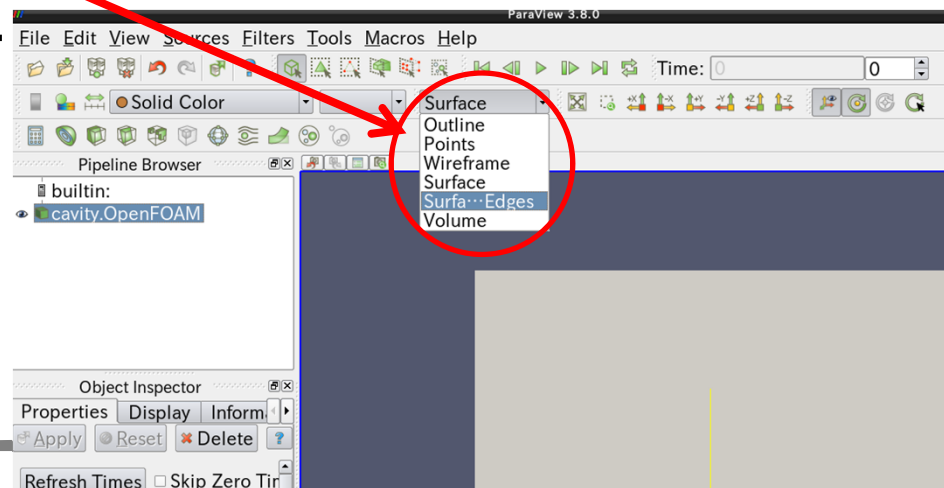
メッシュの確認

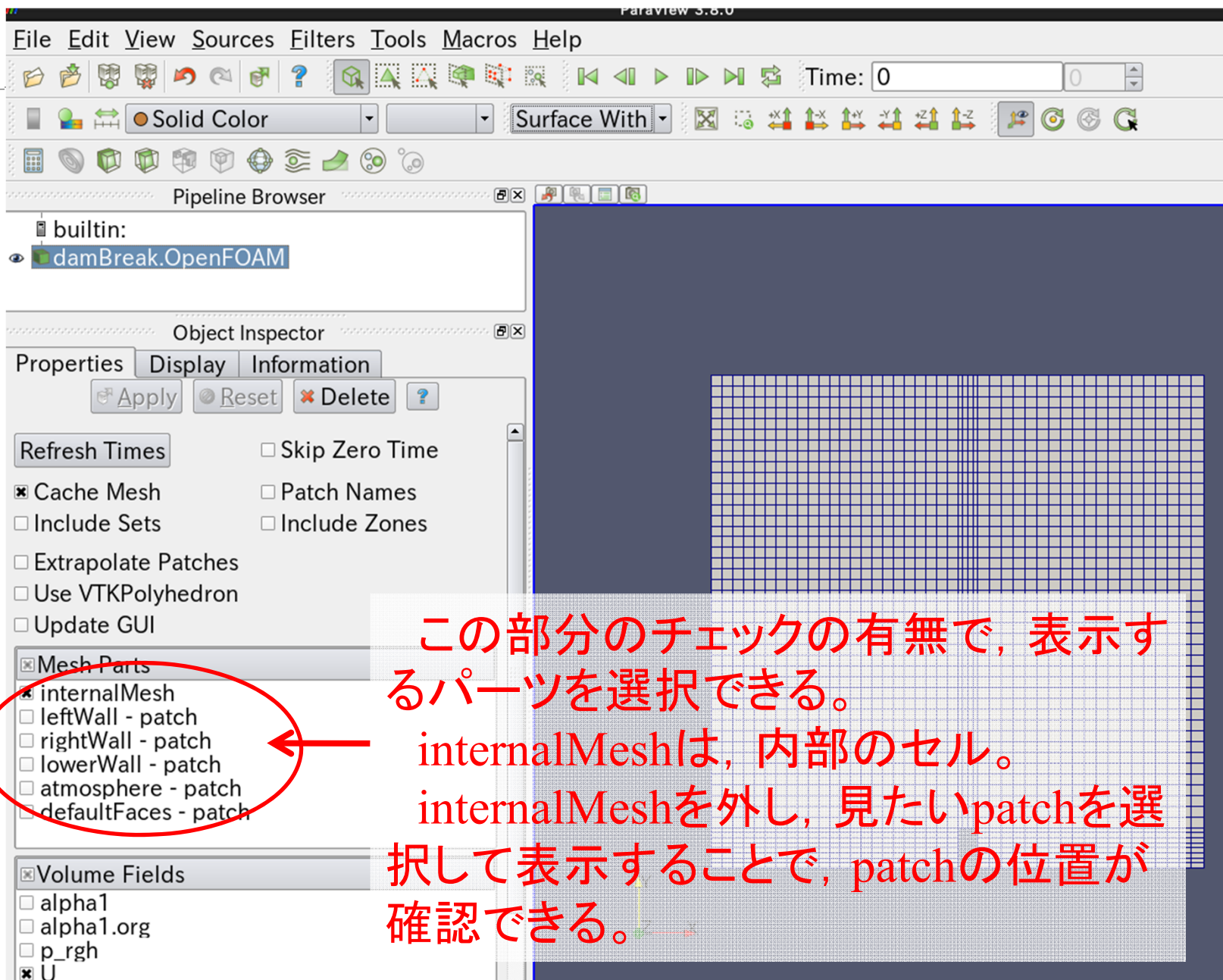
ユーザマニュアル2.1.2節 p.26

- ParaViewが起動する
- Acceptボタン(緑)を押す



- 上部メニューで、「Surface」から「Surface Edges」に変更する。





この部分のチェックの有無で、表示するパーツを選択できる。

internalMeshは、内部のセル。

internalMeshを外し、見たいpatchを選択して表示することで、patchの位置が確認できる。

境界条件

- 時刻 0 のディレクトリに、初期条件が記述されたファイル (p_rgh と U と alpha1) が置かれている。

alpha1: VOF値 (体積率)

p_rgh: 静水圧も考慮した圧力

【作業: ファイルマネージャ】

現在のケースディレクトリ (/home/user/OpenFOAM/user-2.2.2/run/tutorials/multiphase/interFoam/laminar/damBreak) の下にある 0 ディレクトリまで移動し、ファイル p をダブルクリックして開く。

境界条件

目 p.61

ユーザマニュアル2.3.2節 p.58

- alpha1ファイルは、この後の初期条件設定作業で変更される。
- いつでも元の状態に戻せるように、変更前のファイルをalpha1.orgとして置いておく。
- 0ディレクトリにalpha1ファイルが存在しない場合には、alpha1.orgファイルをコピー&ペーストして、alpha1というファイルを作成する。

接触角に関する注意

目 p.61

ユーザマニュアル2.3.2節 p.58

- この例題では、壁面での接触角を90度としている。(alpha1の境界条件をzeroGradientとしている。)
- 壁面の境界条件(alpha1)を、alphaContactAngleにすれば、静的接触角・動的接触角(前進・後進)が設定できる。

初期条件の設定

目 p.62

ユーザマニュアル2.3.3節 p.59

- blockMeshを実行しただけでは、計算領域全体は空気に満たされている。
- 水を置くためには、setFieldsユーティリティを使用する。

【作業：ファイルマネージャ】

現在のケースディレクトリ(/home/user/OpenFOAM/user-2.2.2/run/tutorials/multiphase/interFoam/laminar/damBreak)の下にある/system/setFieldsDictファイルをダブルクリックして開く。

初期条件の設定(setFieldsDict)

目 p.62

ユーザマニュアル2.3.3節 p.59

```
defaultFieldValues
(
    volScalarFieldValue alpha1 0
);
```

```
regions
(
    boxToCell
    {
        box (0 0 -1) (0.1461 0.292 1);
        fieldValues
        (
            volScalarFieldValue alpha1 1
        );
    }
);
```

領域全体の alpha1 を 0
にする。

(0 0 -1) と (0.1461 0.292
1) とを結ぶ直線を対角
線にもつ直方体を考え
、その内部の alpha1 を
1 にする。

初期条件設定 : setFieldsの実行

目 p.62

ユーザマニュアル2.3.3節 p.59

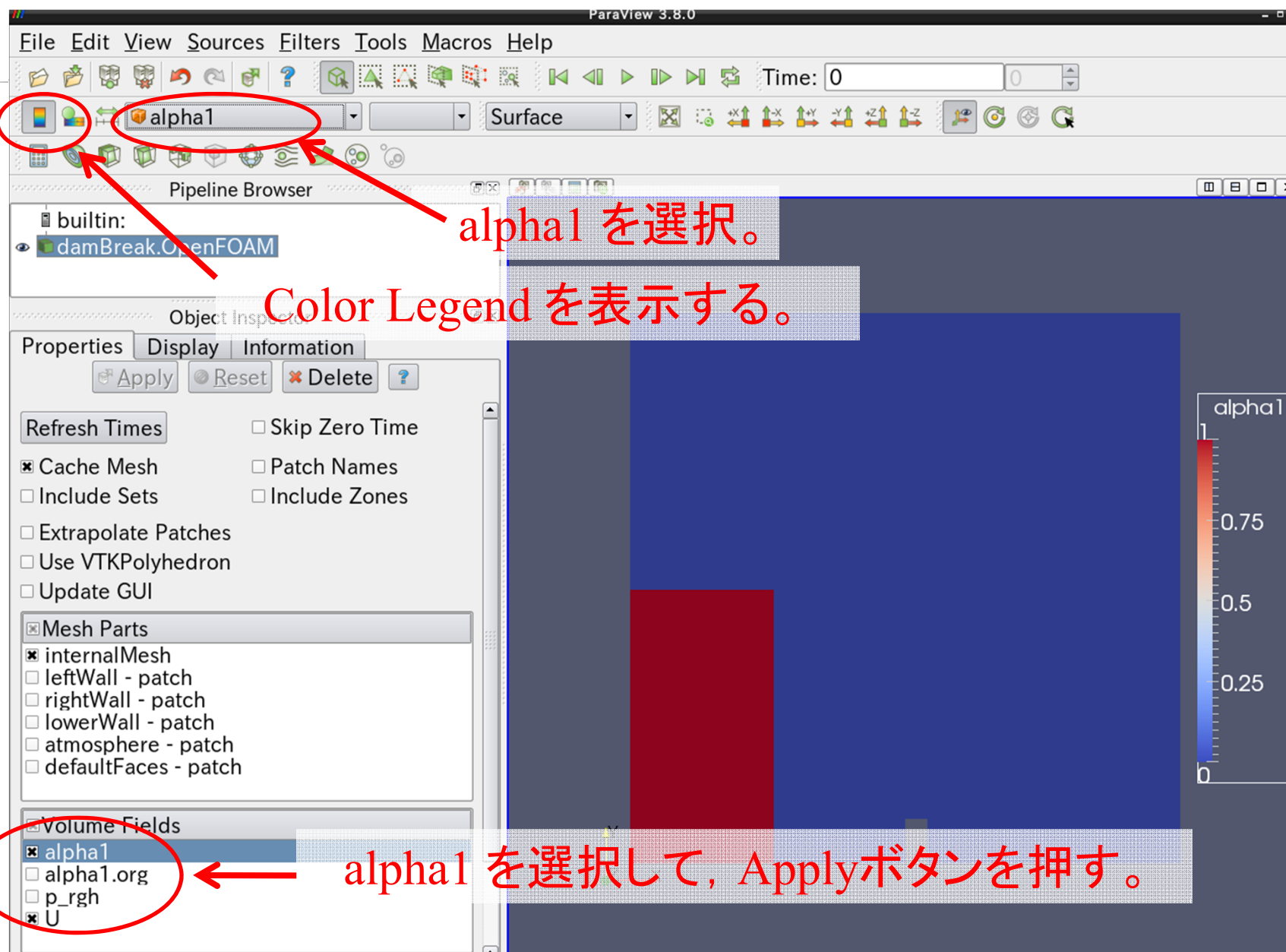
- 端末で, 下記コマンドを実行し, 現在作業中のケースに移動する。

```
cd $FOAM_RUN/tutorials/multiphase/interFoam/laminar/damBreak  
↑スペース
```

- 端末で, 下記コマンドを実行する。

```
setFields
```

- 端末に, 実行結果が表示される。エラーメッセージが表示されていないか, 確認する。
- Paraviewを起動し, alpha1 の分布を確認する。



物性値 (1)

目 p.62

ユーザマニュアル2.3.4節 p.60

- transportPropertiesに, 2種の流体の物性値を設定する(ニュートン流体とする。)

phase1 properties			
Kinematic viscosity	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	nu	1.0×10^{-6}
Density	kg m^{-3}	rho	1.0×10^3
phase2 properties			
Kinematic viscosity	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	nu	1.48×10^{-5}
Density	kg m^{-3}	rho	1.0
Properties of both phases			
Surface tension	N m^{-1}	sigma	0.07

phase1 ... alpha1が1
(今回は水)

phase2 ... alpha1が0
(今回は空気)

nu: 動粘度 ν
rho: 密度 ρ
sigma: 表面張力 σ
(phase1とphase2との間)

Table 2.3: Fluid properties for the damBreak tutorial

物性値 (2)

ユーザマニュアル2.3.4節 p.60

日 p.62

- gに, 重力加速度を設定する

/ケースディレクトリ/constant/g

加速度 m/s^{-2}

計算領域全体に渡って
一定の値(他の体積
力も与えられる)

dimensions [0 1 -2 0 0 0 0];
value (0 -9.81 0);

今回は, -y方向だけに
重力が働く。

斜め方向に働く場合には,
各方向の成分を
与えればよい。

乱流モデル

目 p.64

ユーザマニュアル2.3.5節 p.60

- turbulencePropertiesに、乱流モデルを設定する

/ケースディレクトリ/constant/turbulenceProperties

- 今回は、層流とする。

```
simulationType laminar;
```

時間刻み

ユーザマニュアル2.3.6節 p.60

日 p.64

- 自由表面の計算では、時間刻み(タイムステップ)の設定に注意が必要
- クーラン数は0.5以下が推奨される

/ケースディレクトリ/system/controlDict

- adjustTimeStepをyesにすることで、クーラン数がmaxAlphaCoおよびmaxCoに設定した値(今回は0.5)以下になるように、時間刻みが自動的に調整される。(時間刻みの最大値はmaxDeltaTで規定。)

controlDict

ユーザマニュアル2.3.6節 p.60

目 p.64

```
application      interFoam;
startFrom        startTime;
startTime        0;
stopAt           endTime;
endTime          1;
deltaT           0.001;
writeControl     adjustableRunTime;
writeInterval    0.05;
purgeWrite       0;
writeFormat      ascii;
writePrecision   6;
writeCompression uncompressed;
timeFormat       general;
timePrecision    6;
runTimeModifiable yes;
adjustTimeStep  yes;
maxCo            0.5;
maxAlphaCo       0.5;
maxDeltaT        1;
```

離散化と行列解法の設定

目 p.65

ユーザマニュアル2.3.7節 p.61

ユーザマニュアル2.3.8節 p.62

目 p.66

有限体積法での離散化方法

- ケース/system/fvSchemesディクショナリ
行列解法、トレランス、アルゴリズム設定など
- ケース/system/fvSolutionディクショナリ

計算 Solving

ユーザマニュアル2.3.9節 p.63

目 p.67

- ターミナルから下記コマンドを実行

```
cd $FOAM_RUN/tutorials/multiphase/interFoam/laminar/damBreak  
interFoam | tee log
```

* teeコマンド

Linuxで、画面に表示されるメッセージをファイルに保存する

- 実行時のメッセージが、ケースディレクトリの中に、logというファイルとして保存されている。

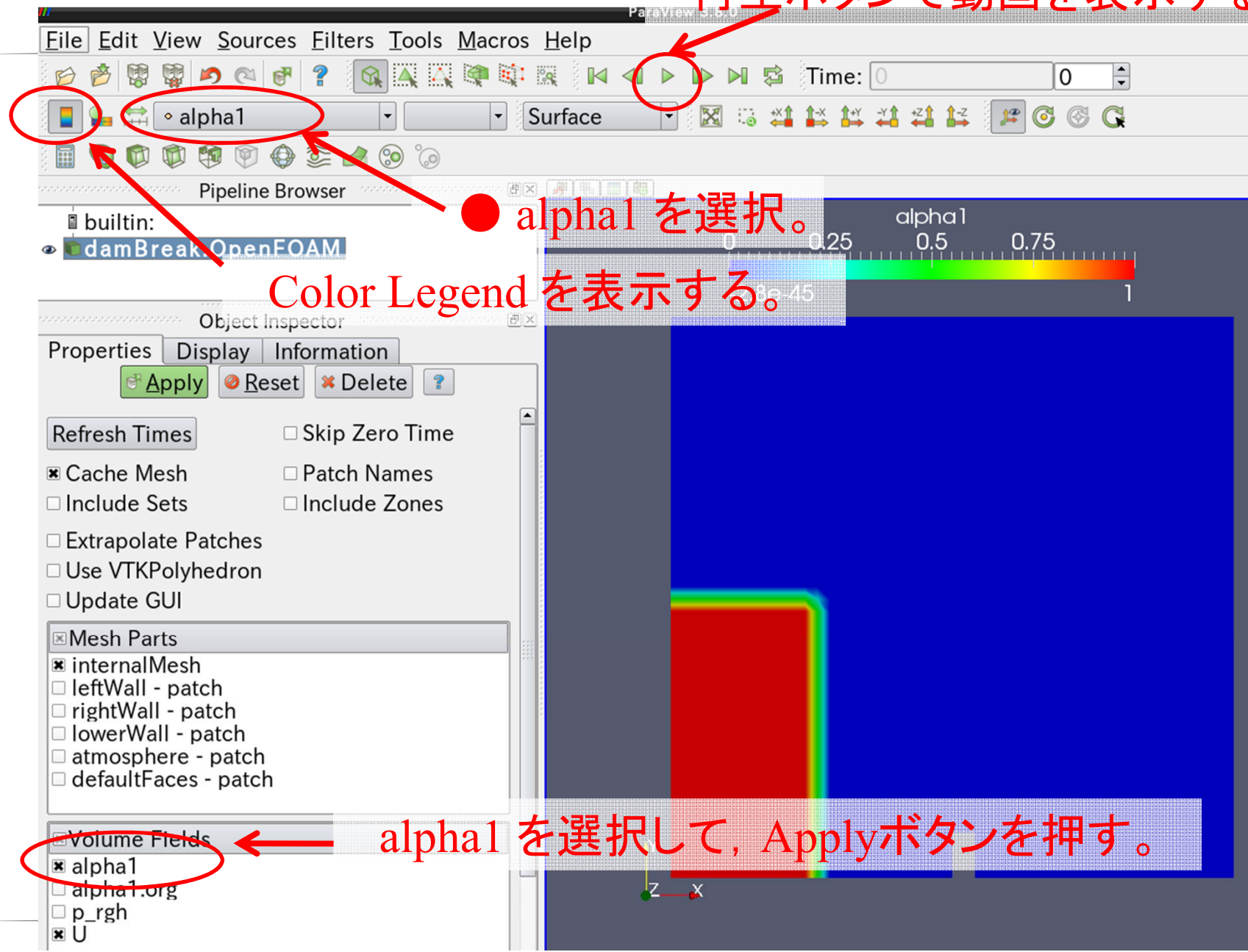
ポスト処理Post-processing

ParaViewを使って結果を可視化

OpenFOAMの結果を可視化するコマンドは
paraFoam

体積割合alpha1を可視化することで、自由表面の
変形がわかる

再生ボタンで動画を表示する。



● alpha1 を選択。

Color Legend を表示する。

alpha1 を選択して, Applyボタンを押す。