

---

# OpenFOAMメッシュ生成入門 (ユーティリティの使い方) 改訂版

2013年8月31日

オープンCAE勉強会@富山

富山県立大学 中川慎二

(改訂:2013年9月15日)

---

# Mesh generation

utilities	
blockMesh	A multi-block mesh generator
extrudeMesh	Extrude mesh from existing patch (by default outwards facing normals; optional flips faces) or from patch read from file.
extrude2DMesh	Takes 2D mesh (all faces 2 points only, no front and back faces) and creates a 3D mesh by extruding with specified Thickness
extrudeToRegionMesh	Extrude faceZones into separate mesh (as a different region), e.g. for creating liquid film regions
snappyHexMesh	Automatic split hex mesher. Refines and snaps to surface

# Mesh manipulation

utilities	
checkMesh	Checks validity of a mesh
mergeMeshes	Merges two meshes
stitchMesh	'Stitches' a mesh
refineMesh	Utility to refine cells in multiple directions
renumberMesh	Renumbers the cell list in order to reduce the bandwidth, reading and renumbering all fields from all the time directories

# Mesh manipulation

utilities	
setSet	Manipulate a cell/face/point/ set or zone interactively
topoSet	Operates on cellSets/faceSets/pointSets through a dictionary

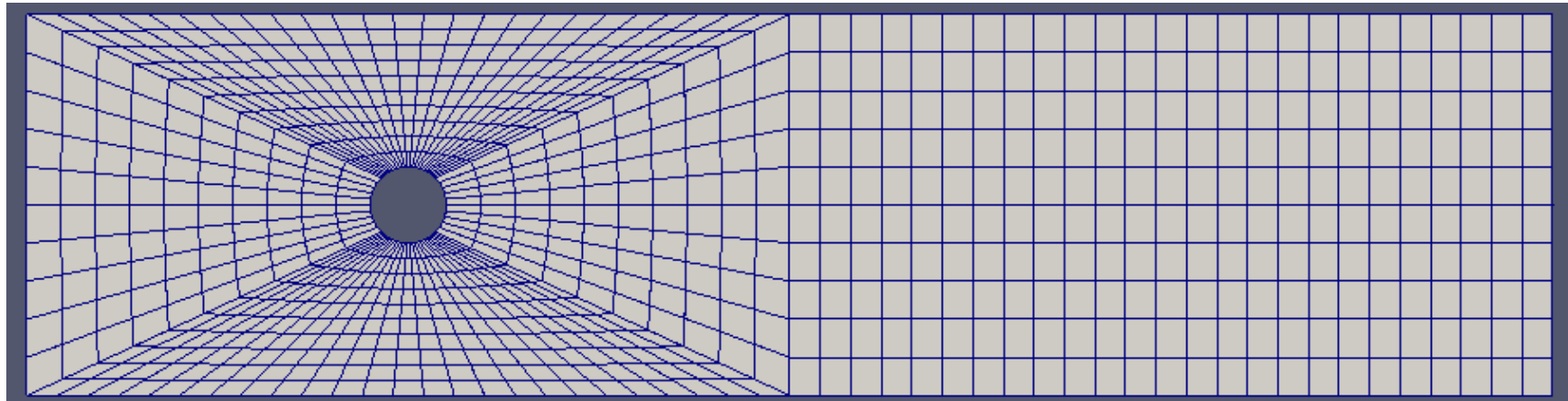
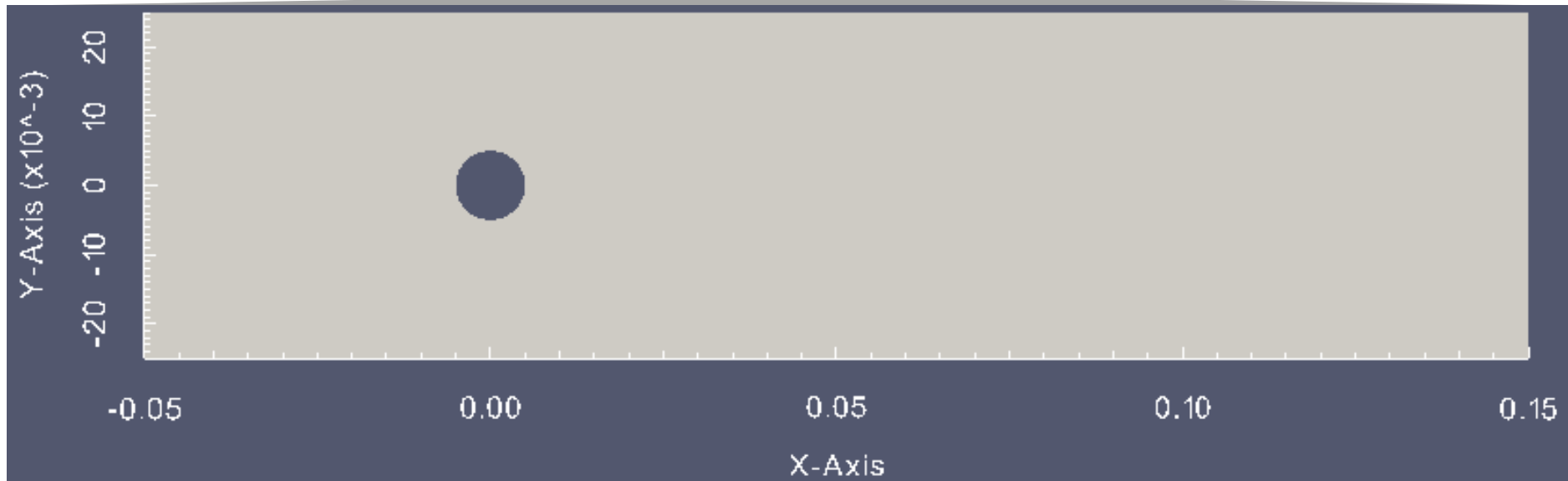
# Other mesh tools

utilities	
refineWallLayer	Utility to refine cells next to patches

---

# checkMesh

## 練習ケース : case01



注: わかりやすくするため, わざと, 品質の悪いメッシュの作り方(ブロック構成)にしています。

# checkMesh

Usage: checkMesh [OPTIONS]

options:

- allGeometry include bounding box checks
- allTopology include extra topology checks
- case <dir> specify alternate case directory, default is the cwd
- constant include the 'constant/' dir in the times list
- latestTime select the latest time
- meshQuality read user-defined mesh quality criteria from  
system/meshQualityDict
- noFunctionObjects  
do not execute functionObjects
- noTopology skip checking the mesh topology
- noZero exclude the '0/' dir from the times list, has precedence  
over the -zeroTime option
- parallel run in parallel
- region <name> specify alternative mesh region
- roots <(dir1 .. dirN)>  
slave root directories for distributed running
- time <ranges> comma-separated time ranges - eg, ':10,20,40:70,1000:'
- srcDoc display source code in browser
- doc display application documentation in browser
- help print the usage



# checkMeshの実行

---

- ファイルマネージャ:
  - case01 ディレクトリを選択
  - 右クリック, 「端末で開く」
- 端末
  - blockMesh の実行
  - paraFoam の実行
    - メッシュを確認
    - Paraview の終了
  - checkMeshの実行
    - 出力の確認 → エラーなし

# 1<sup>st</sup> checkMesh 実行結果

## Mesh stats

points: 2090  
internal points: 0  
faces: 3895  
internal faces: 1805  
cells: 950  
faces per cell: 6  
boundary patches: 7  
point zones: 0  
face zones: 0  
cell zones: 0

## Overall number of cells of each type:

hexahedra: 950  
prisms: 0  
wedges: 0  
pyramids: 0  
tet wedges: 0  
tetrahedra: 0  
polyhedra: 0

## Checking topology...

Boundary definition OK.  
Cell to face addressing OK.  
Point usage OK.  
Upper triangular ordering OK.  
Face vertices OK.  
Number of regions: 1 (OK).

## Checking patch topology for multiply connected surfaces...

Patch	Faces	Points	Surface topology
xMin	10	22	ok (non-closed singly connected)
xMax	10	22	ok (non-closed singly connected)
yMin	50	102	ok (non-closed singly connected)
yMax	50	102	ok (non-closed singly connected)
zMin	950	1045	ok (non-closed singly connected)
zMax	950	1045	ok (non-closed singly connected)
cylinder	70	140	ok (non-closed singly connected)

## Checking geometry...

Overall domain bounding box (-0.05 -0.025 0) (0.15 0.025 0.005)  
Mesh (non-empty, non-wedge) directions (1 1 0)  
Mesh (non-empty) directions (1 1 0)  
All edges aligned with or perpendicular to non-empty directions.  
Boundary openness (-8.47022e-19 3.65161e-18 4.31356e-15) OK.  
Max cell openness = 1.72447e-16 OK.  
Max aspect ratio = 3.85257 OK.  
Minimum face area = 9.96925e-07. Maximum face area = 2.55914e-05.  
Face area magnitudes OK.  
Min volume = 4.98463e-09. Max volume = 1.10683e-07. Total volume = 4.96082e-05. Cell volumes OK.  
**Mesh non-orthogonality Max: 64.0617** average: 30.8535  
Non-orthogonality check OK.  
Face pyramids OK.  
Max skewness = 1.24537 OK.  
Coupled point location match (average 0) OK.

Mesh OK.

# 判定条件をカスタマイズ

- checkMeshで、ケースごとに判定条件を変えるには、system/meshQualityDictファイルを使う。
- checkMesh実行時に、-meshQualityオプションをつける。
- サンプルとして、下記にあるファイルをコピーした。
- /opt/openfoam220/applications/utilities/mesh/advanced/collapseEdges
- 同様なファイルは、下記にもある。
- tutorials/heatTransfer/buoyantBoussinesqSimpleFoam/iglooWithFridges/system/meshQualityDict

# おまけ：参考になるファイルを探す

- OpenFOAM で、新たに使いたい設定があるときには、それが使われている例題を探す。
- 今回は、 meshQualityDict というファイルを、例題ディレクトリ探す。

```
find $FOAM_TUTORIAL -name meshQualityDict
```

- 下記が見つかる

```
./openfoam220/tutorials/heatTransfer/buoyant  
BoussinesqSimpleFoam/iglooWithFridges/system/  
meshQualityDict
```

# meshQualityDict

```
/*-----* C++ -*-----*¥
|=====|
| ¥¥ / F i e l d | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox |
| ¥¥ / O p e r a t i o n | Version: 2.2.0 |
| ¥¥ / A n d | Web: www.OpenFOAM.org |
| ¥¥/ M a n i p u l a t i o n |
¥*-----*/
FoamFile
{
    version 2.0;
    format ascii;
    class dictionary;
    object meshQualityDict;
}
// ***** //

//- Maximum non-orthogonality allowed. Set to 180 to disable.
maxNonOrtho 60; //65;

//- Max skewness allowed. Set to <0 to disable.
maxBoundarySkewness 50;

//- Max skewness allowed. Set to <0 to disable.
maxInternalSkewness 10;

//- Max concaveness allowed. Is angle (in degrees) below which concavity
// is allowed. 0 is straight face, <0 would be convex face.
// Set to 180 to disable.
maxConcave 80;

//- Minimum pyramid volume. Is absolute volume of cell pyramid.
// Set to a sensible fraction of the smallest cell volume expected.
// Set to very negative number (e.g. -1E30) to disable.
minVol 1e-20;

//- Minimum quality of the tet formed by the face-centre
// and variable base point minimum decomposition triangles and
// the cell centre. This has to be a positive number for tracking
// to work. Set to very negative number (e.g. -1E30) to
// disable.
// <0 = inside out tet,
// 0 = flat tet
// 1 = regular tet
minTetQuality 1e-30;

//- Minimum face area. Set to <0 to disable.
minArea -1;

//- Minimum face twist. Set to <-1 to disable. dot product of face normal
//- and face centre triangles normal
minTwist 0.0;

//- minimum normalised cell determinant
//- 1 = hex, <= 0 = folded or flattened illegal cell
minDeterminant 0.001;

//- minFaceWeight (0 -> 0.5)
minFaceWeight 0.02;

//- minVolRatio (0 -> 1)
minVolRatio 0.01;

//must be >0 for Fluent compatibility
minTriangleTwist -1;

//
// ***** //
// ***** //
```

# meshQualityDictを指定して実行

- 端末

- checkMeshの実行(下記コマンド)

- ```
checkMesh -meshQuality
```

- 厳しくした条件(maxNonOrtho)に引っかかる

- エラーとなったfacesは, meshQualityFaces という setに登録される

- paraFoam の実行

- 「Include Sets」にチェックを入れると, setが選択可能となる。

- Paraview の終了

# 2nd checkMesh 実行結果

Enabling user-defined geometry checks.

~~~ 中略 ~~~

Checking geometry...

Overall domain bounding box (-0.05 -0.025 0) (0.15  
0.025 0.005)

Mesh (non-empty, non-wedge) directions (1 1 0)

Mesh (non-empty) directions (1 1 0)

All edges aligned with or perpendicular to non-empty  
directions.

Boundary openness (-8.47022e-19 3.65161e-18  
4.31356e-15) OK.

Max cell openness = 1.72447e-16 OK.

Max aspect ratio = 3.85257 OK.

Minimum face area = 9.96925e-07. Maximum face  
area = 2.55914e-05. Face area magnitudes OK.

Min volume = 4.98463e-09. Max volume = 1.10683e-  
07. Total volume = 4.96082e-05. Cell volumes OK.

Mesh non-orthogonality Max: 64.0617 average:  
30.8535

Non-orthogonality check OK.

Face pyramids OK.

Max skewness = 1.24537 OK.

Coupled point location match (average 0) OK.

Checking faces in error :

**non-orthogonality > 60 degrees : 84**

faces with face pyramid volume < 1e-20 : 0

faces with face-decomposition tet quality < 1e-30 :  
0

faces with concavity > 80 degrees : 0

faces with skewness > 10 (internal) or 50 (boundary) :  
0

faces with interpolation weights (0..1) < 0.02 : 0

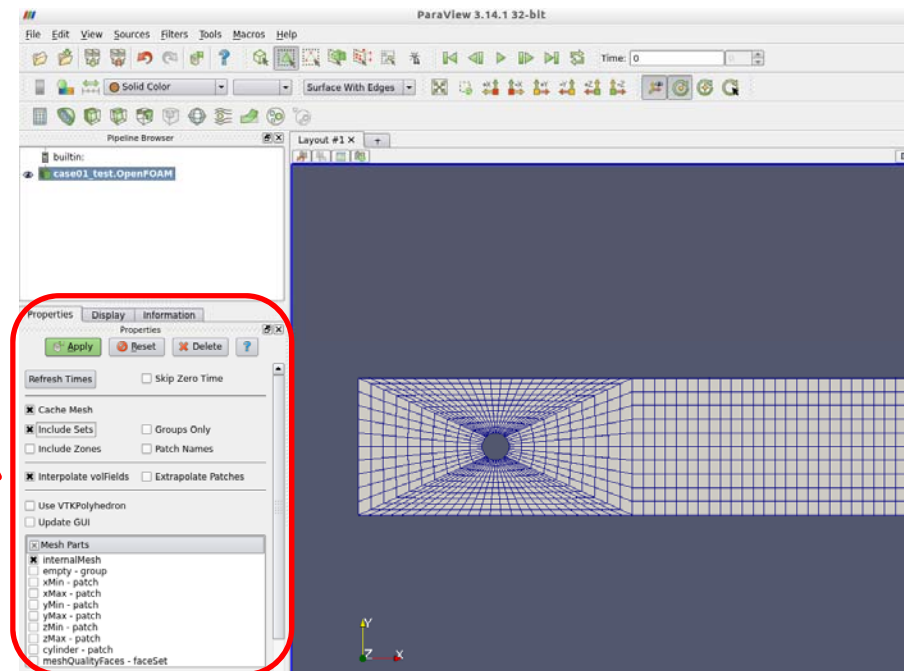
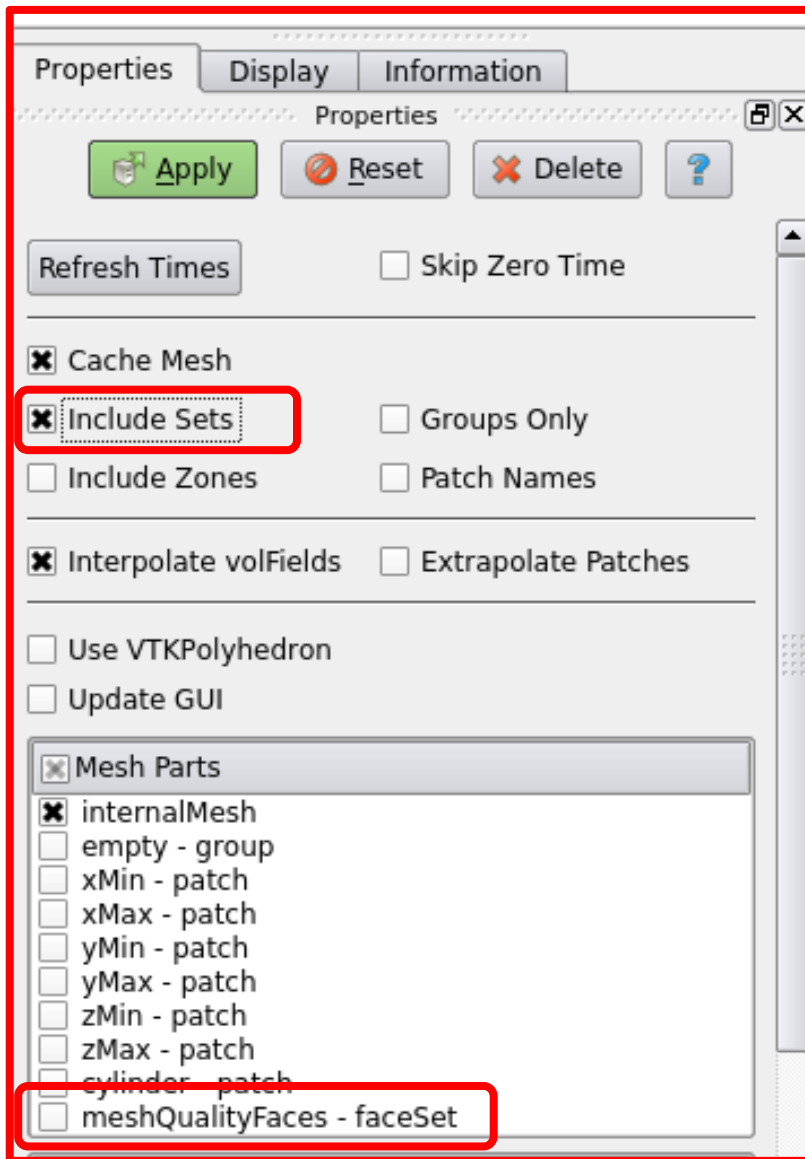
faces with volume ratio of neighbour cells < 0.01 : 0

faces with face twist < 0 : 0

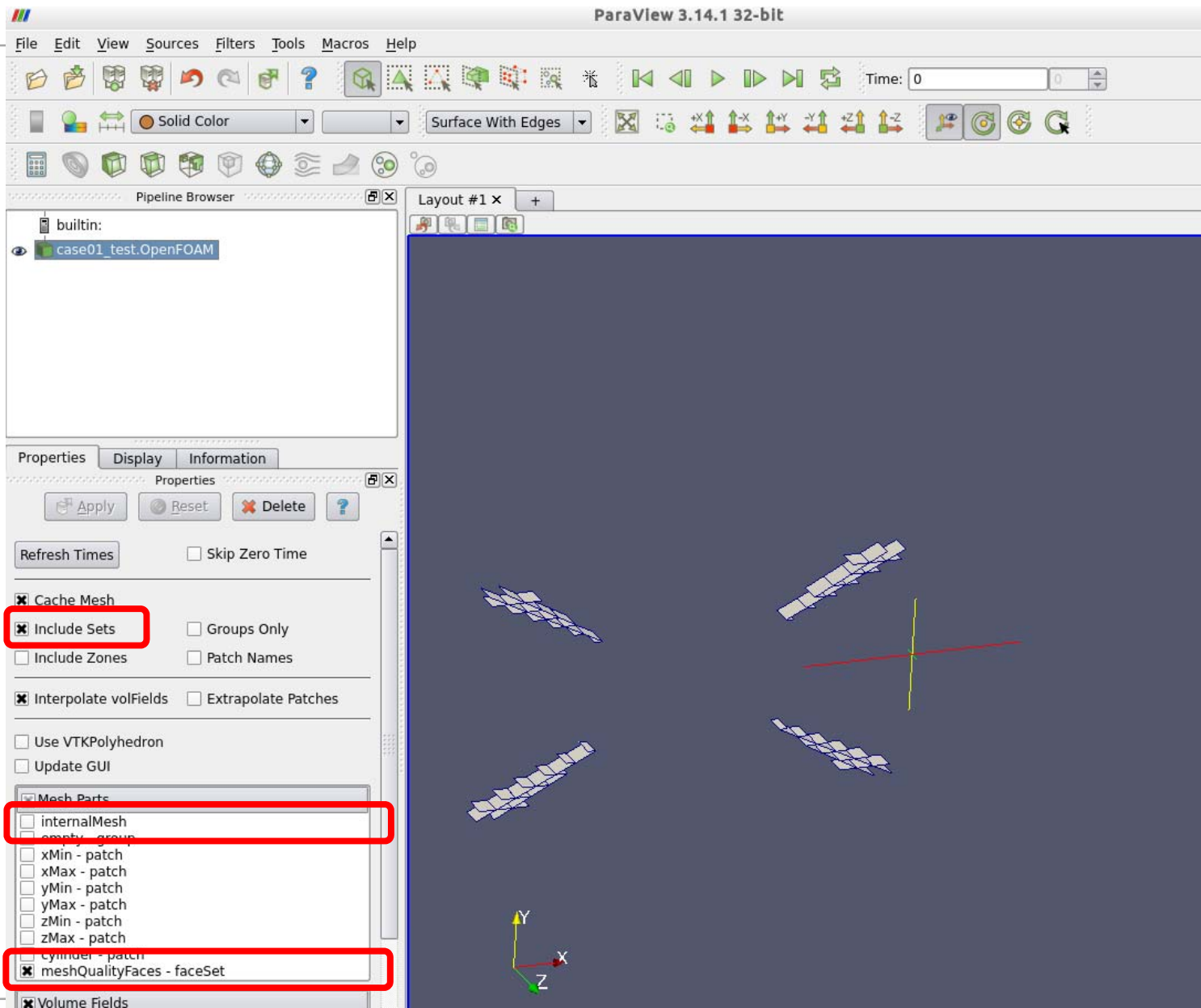
faces on cells with determinant < 0.001 : 0

<<Writing **84** faces in error to set **meshQualityFaces**

**Failed 1 mesh checks.**







# setSet を使ってみる (1)

Usage: setSet [OPTIONS]

options:

- batch <file> process in batch mode, using input from specified file
- case <dir> specify alternate case directory, default is the cwd
- constant include the 'constant/' dir in the times list
- latestTime select the latest time
- loop execute batch commands for all timesteps
- noFunctionObjects  
do not execute functionObjects
- noSync do not synchronise selection across coupled patches
- noVTK do not write VTK files
- noZero exclude the '0/' dir from the times list, has precedence  
over the -zeroTime option
- parallel run in parallel
- region <name> specify alternative mesh region
- roots <(dir1 .. dirN)>  
slave root directories for distributed running
- time <ranges> comma-separated time ranges - eg, ':10,20,40:70,1000:'
- srcDoc display source code in browser
- doc display application documentation in browser
- help print the usage

# setSet を使ってみる (2)

---

setSet は,

- Manipulate a cell/face/point/ set or zone interactively

対話的に使える。でも、対話的に使うのは面倒くさい。batchファイルを使ったbatchモードもあり。

基本的な文法

<cellSet|faceSet|pointSet> <setName> <action> <source>

topoSet が同じように使える。最近では、こちらを使うことが多い？

# setSet を使ってみる (3)

\$ setSet ↓

readline> cellSet cellsTest new

readline> cellSet cellsTest add faceToCell meshQualityFaces any

readline>quit

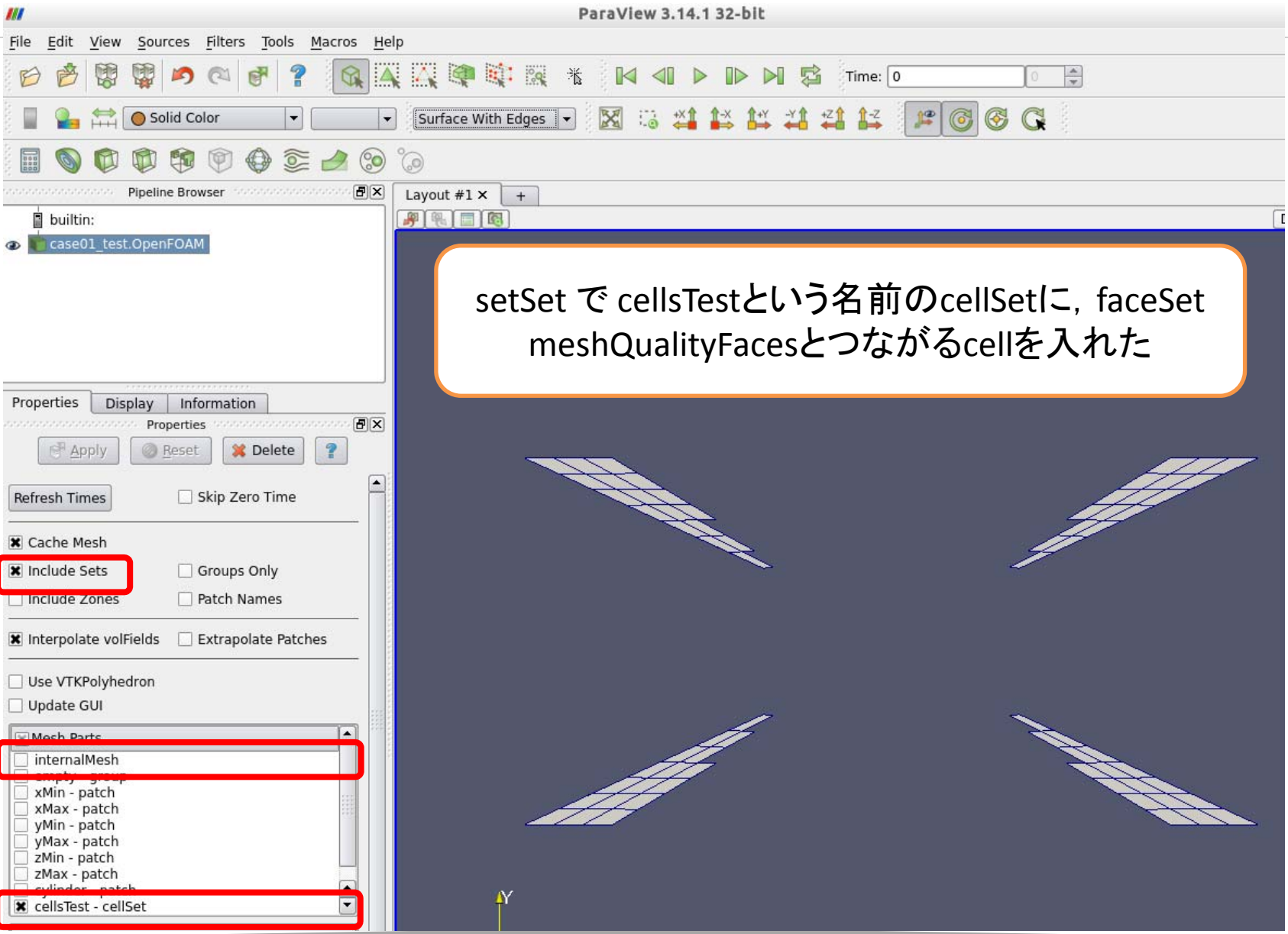
端末で setSet を実行。この後は対話モードになる。

新しく cellSet を作る。  
名前は cellsTest とする。

cellSet の cellsTest に、meshQualityFaces  
に入っている face と接する cell を全て追  
加する。

setSet ユーティリティの終了。

参考 <http://hh.diva-portal.org/smash/get/diva2:443828/FULLTEXT01>



# さらに試してみる。

```
$ setSet ↓
```

```
readline> cellSet cellsTest invert ↓
```

```
readline> cellSet cellsTest subset ↓
```

```
readline> quit ↓
```

反転: cellsTest に入っていないセルが, cellsTest に入る。

cellsTest を subset にする。

```
$ subsetMesh cellsTest -overwrite
```

subset の cellsTest に入っているセルだけでメッシュを作る。

これで, 品質の悪いセルを削除したことに・・・

---

# refineWallLayer

## 練習ケース : case02

# refineWallLayer

---

Usage: refineWallLayer [OPTIONS] <patchName> <edgeWeight>

options:

- case <dir> specify alternate case directory, default is the cwd
- noFunctionObjects  
do not execute functionObjects
- overwrite overwrite existing mesh/results files
- useSet <name> restrict cells to refine based on specified cellSet name
- srcDoc display source code in browser
- doc display application documentation in browser
- help print the usage

Using: OpenFOAM-2.2.0 (see [www.OpenFOAM.org](http://www.OpenFOAM.org))

Build: 2.2.0-5be49240882f

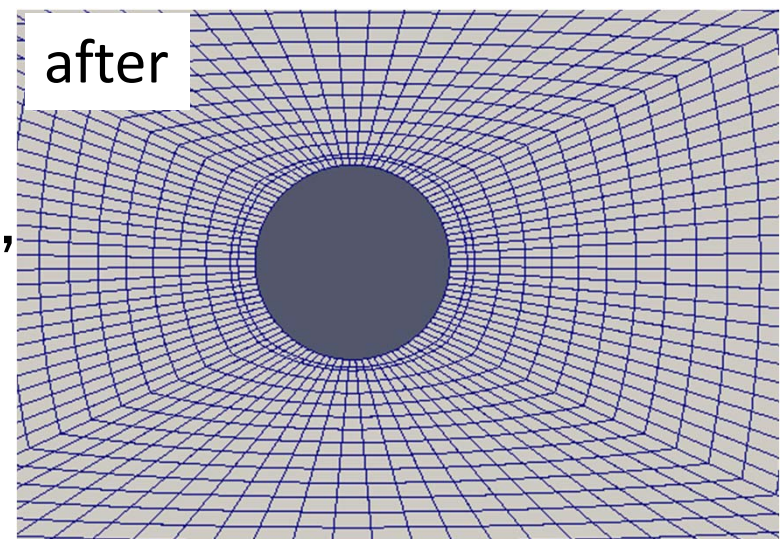
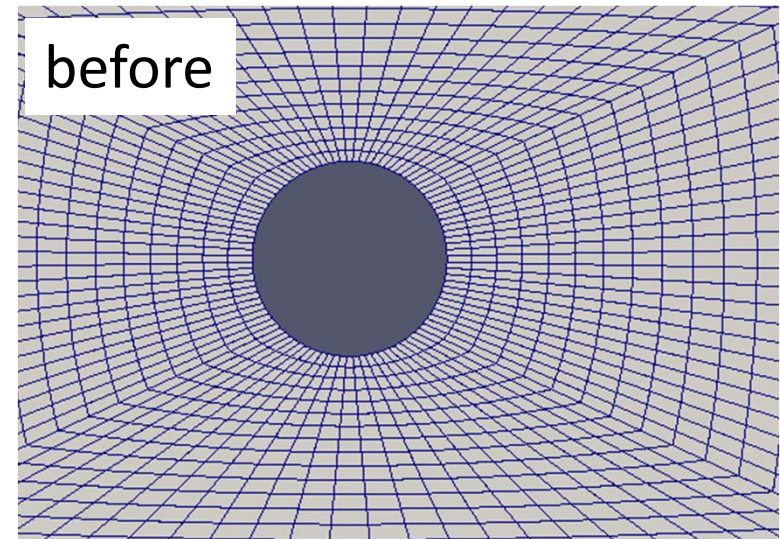


コマンド

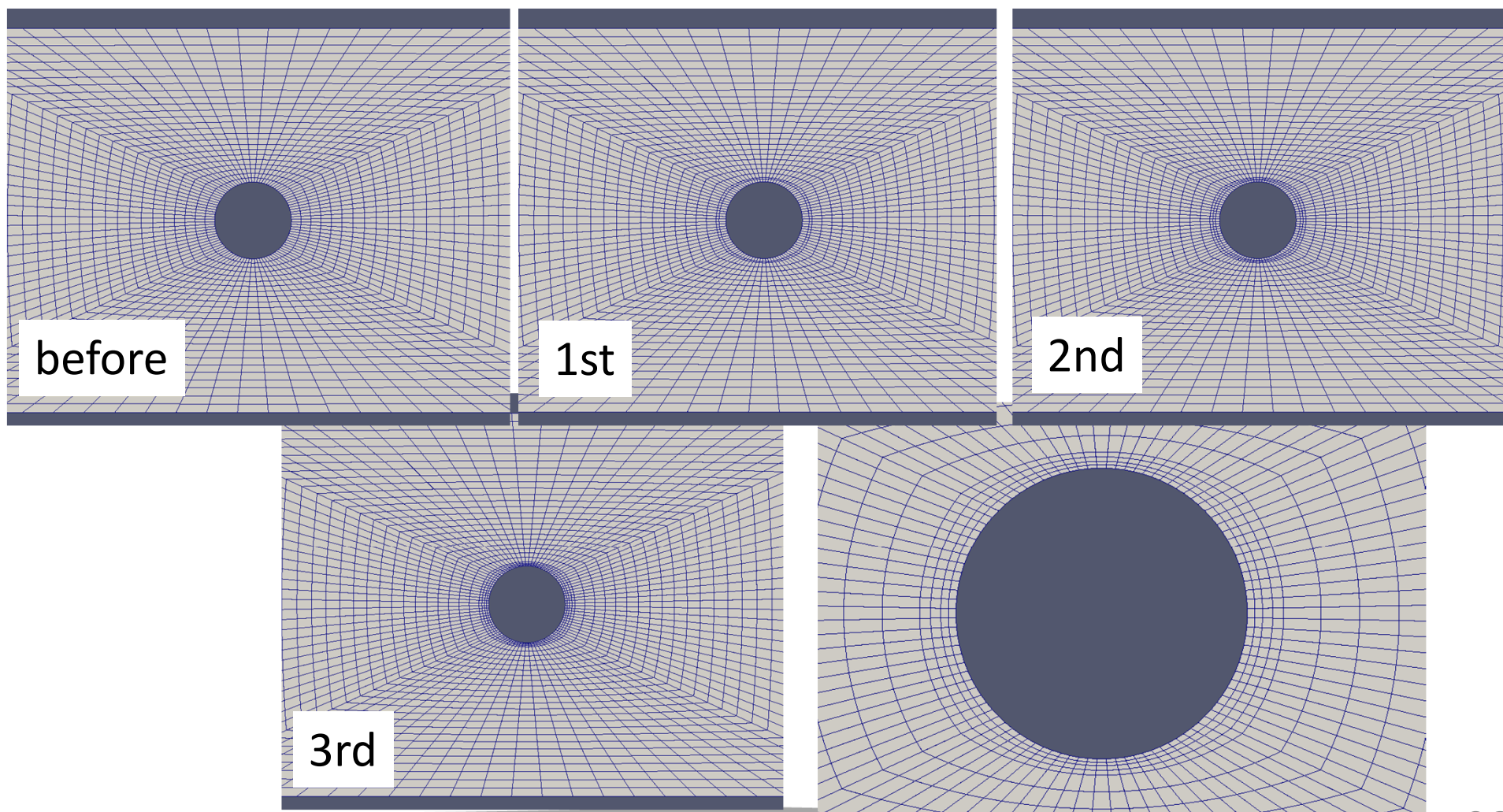
refineWallLayer cylinder 0.7

意味

cylinder patchに接するセルを,  
patch側から7:3に分割する



# refineWallLayer cylinder 0.7 を3回 繰り返す



# 注意など

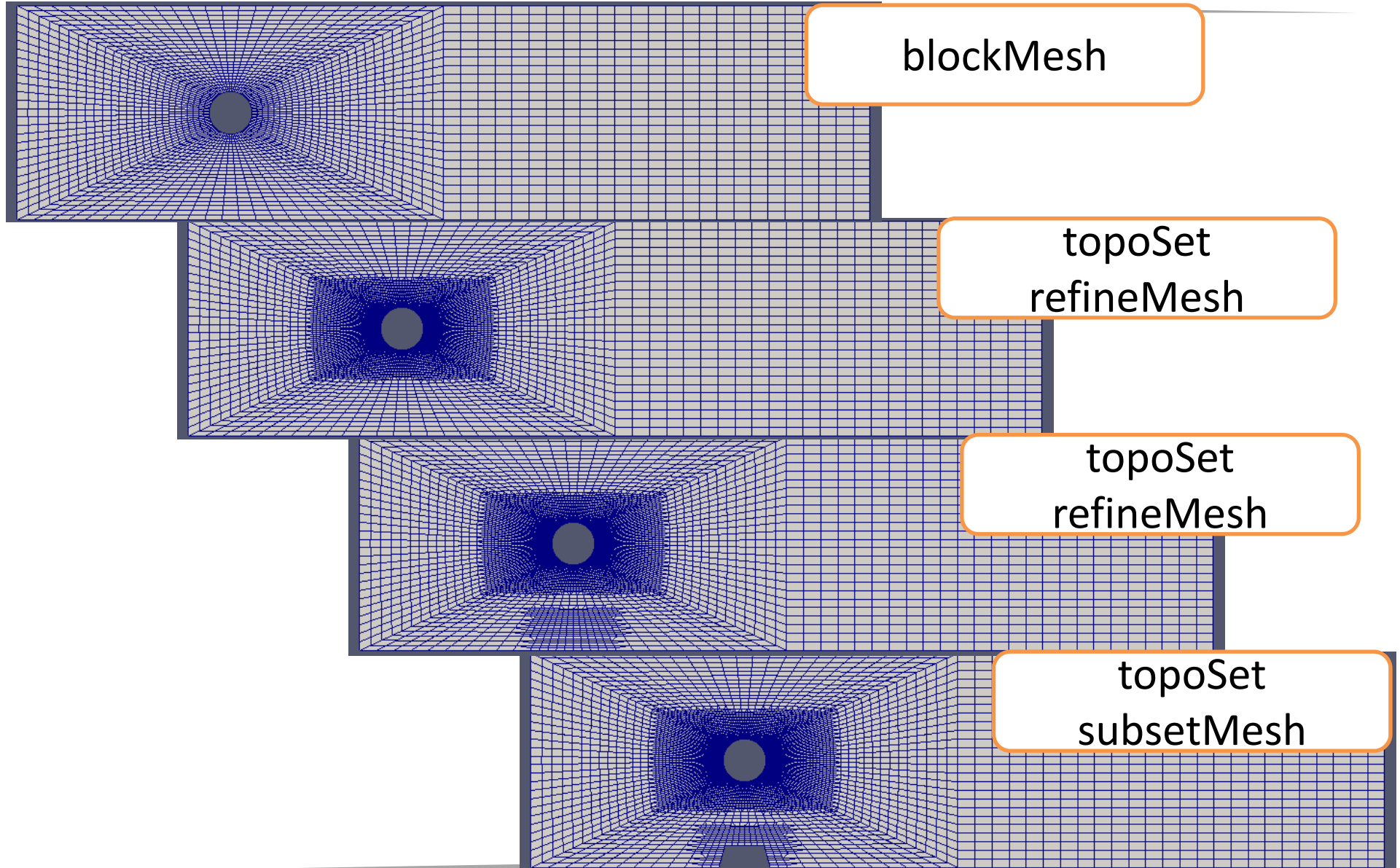
---

- 壁に接するセルを分割する
- 境界層レイヤーを入れるのではないため、1度に複数の層を入れることはできない
- 最後にほんの少し改修するぐらいなら、使えそう。

---

# refineMesh, topoSet など 練習ケース: case03





# 実行内容

---

blockMesh > log.blockMesh

topoSet -dict system/topoSetDict01 > log.topoSet01

refineMesh -dict system/refineMeshDict01 >  
log.refineMesh

topoSet -dict system/topoSetDict02 > log.topoSet02

refineMesh -dict system/refineMeshDict02

topoSet -dict system/topoSetDict03 > log.topoSet03

subsetMesh cellsToDel > log.subsetMesh

# topoSetDict の詳細

---

インストールディレクトリに、詳しい説明が書かれたファイルがある。

```
/opt/openfoam220/applications/utilities/mesh/  
manipulation/topoSet/topoSetDict
```

# おまけ： 任意の面をつくる

---

topoSet -dict system/topoSetDict04

Run-time Post-processing 機能の方が簡単  
controlDict に function objects を入れる。  
その中で, cuttingPlane や isoSurface を使うと,  
カット面や等値面が計算結果とともに保存され  
る。



### system/controlDict

```
functions
{
#include "sampledSurf"
}
```

### system/sampledSurf

```
cuttingPlane
{
    type            surfaces;
    functionObjectLibs ("libsampling.so");
    outputControl   outputTime;

    surfaceFormat   vtk;
    fields          ( p U alpha1 );

    interpolationScheme cellPoint;

    surfaces
    (
        neckCut
```

```
    {
        type            cuttingPlane;
        planeType       pointAndNormal;
        pointAndNormalDict
        { // Notet that the plane does not match up with the
            mesh
                basePoint (0 0 0.015166667);
            normalVector (0 0 1);
        }
        interpolate     true;
    }

    freeSurface
    {
        type            isoSurface;
        isoField        alpha1;
        isoValue        0.5;
        interpolate     true;
    }
};
}
```

<https://www.hpc.ntnu.no/display/hpc/OpenFOAM+--+Run-time+Postprocessing>

# functions の使い方を調べる

---

下記コマンドを実行し、使われている例題を見る。

```
find $FOAM_TUTORIALS -name controlDict | xargs  
grep -l functions
```

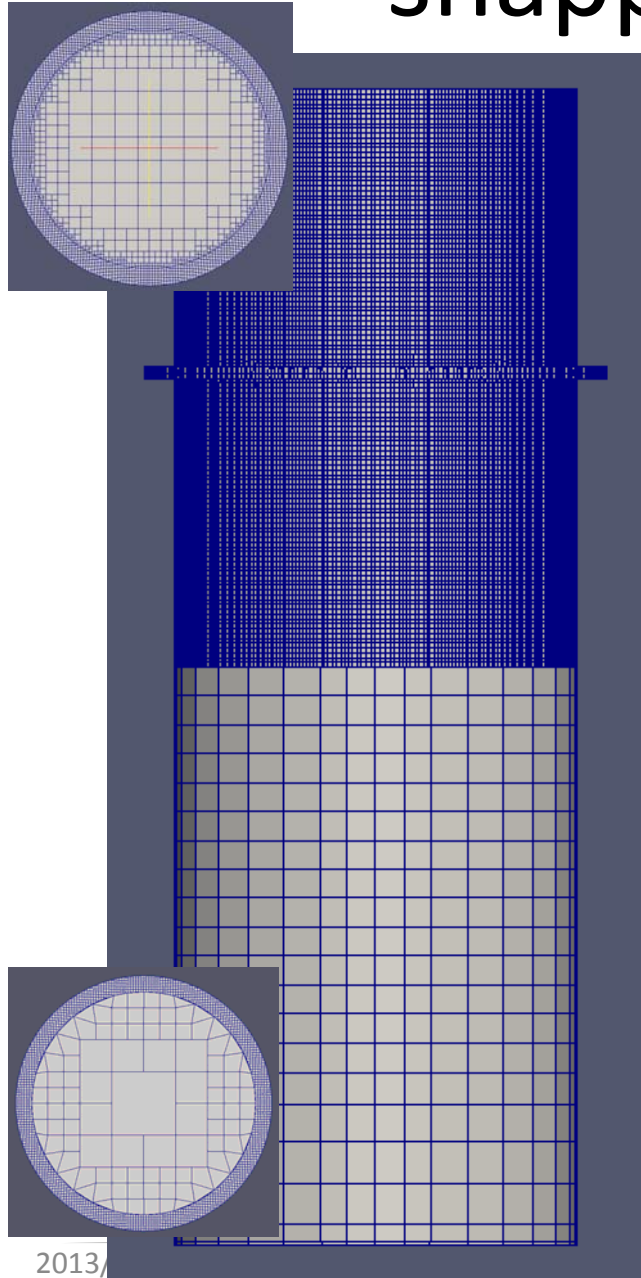
下記コマンドを実行し、ソースコードに含まれる  
controlDictの例を見る。

```
find $FOAM_SRC/postProcessing -name  
controlDict
```

---

**snappyHexMesh, mergeMeshes など  
練習ケース : case04r**

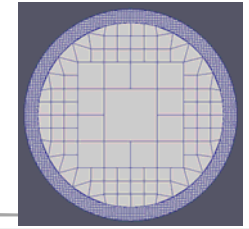
# snappyHexMesh の問題



- 基準メッシュが、領域全体で同一。できるだけ立方体セルが望ましい。
- 計算領域の大きさに比べて、一部に小さな構造がある場合、基準セルを小さくせざるを得ない。
- 総セル数が膨大になる。

対策：細かい部分だけ、別にセル生成。後で合成。

# Allrun 概要



```
cd bottom
```

```
blockMesh
```

```
surfaceFeatureExtract
```

```
snappyHexMesh -overwrite
```

下半分だけを領域として、粗い基準セルで、blockMesh を実行する。

snappyHexMesh を実行する。

```
cd ../top
```

```
blockMesh
```

```
surfaceFeatureExtract
```

```
snappyHexMesh -overwrite
```

上半分だけを領域として、細かい基準セルで、blockMesh を実行する。

snappyHexMesh を実行する。

余計なファイルを削除する

```
rm 0/cellLevel
```

```
mergeMeshes -overwrite ../bottom
```

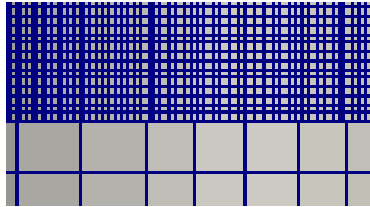
```
stitchMesh -overwrite minZ_top maxZ_bottom
```

topケース内で実行している。Topに、bottomのメッシュを追加する。

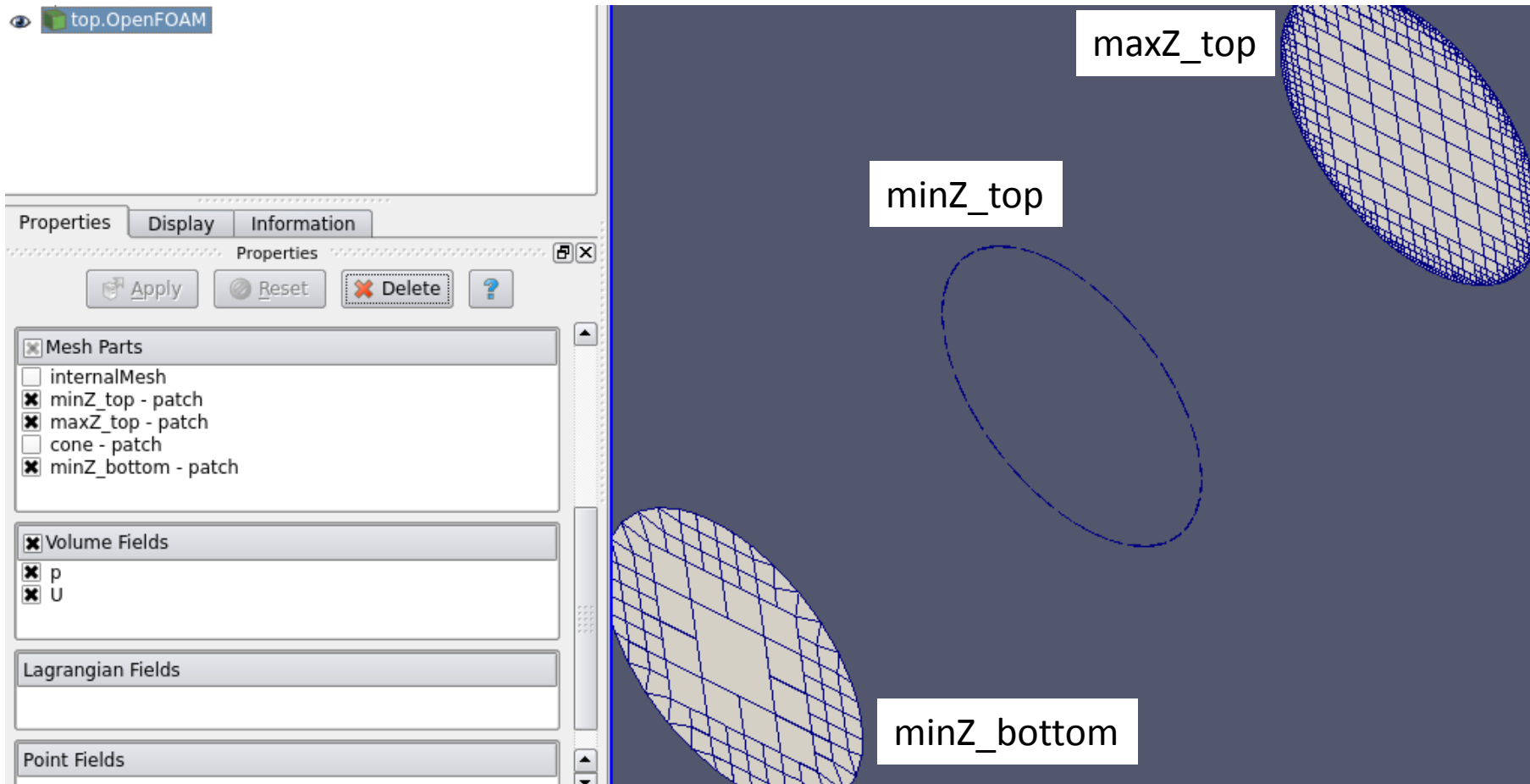
```
echo " please cd top before paraFoam."
```

topケースの下面と、bottomケースの上面を縫い合わせる。

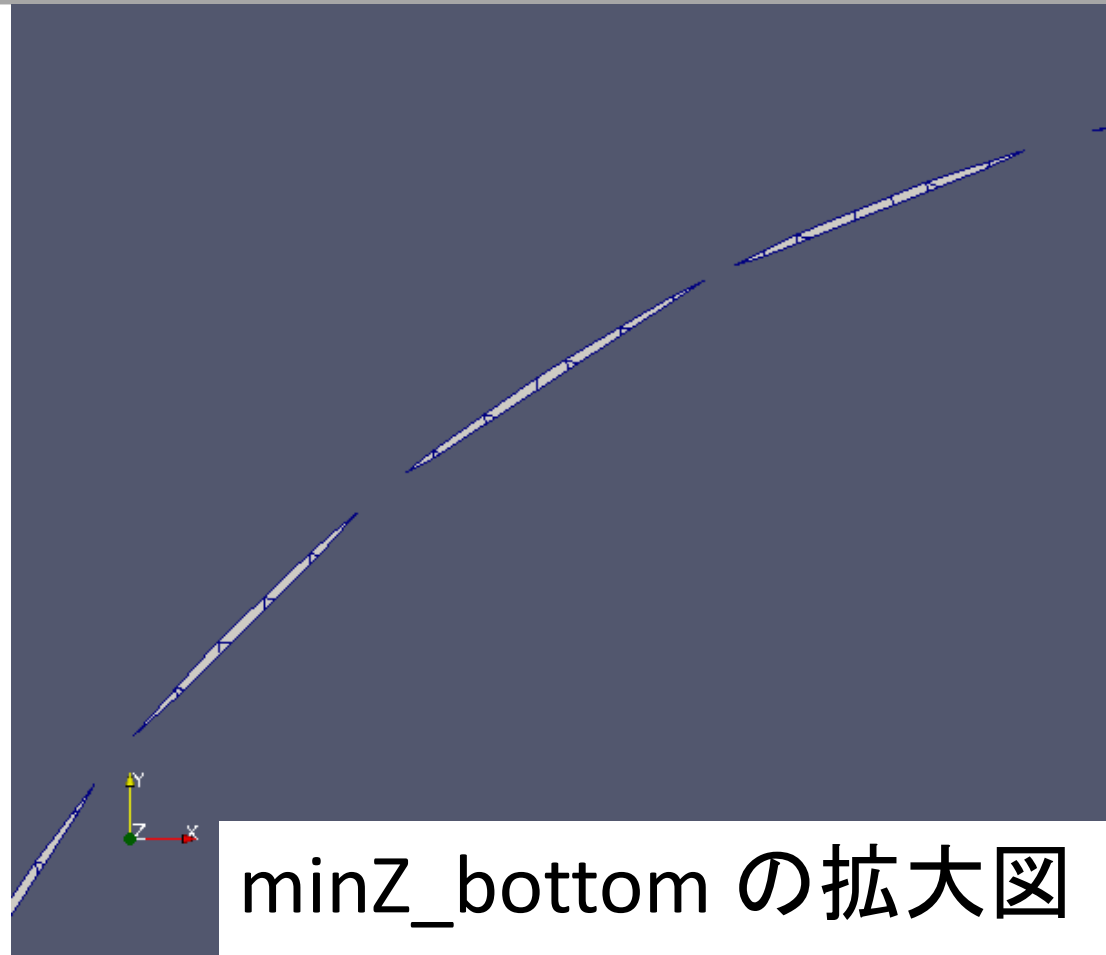
# 接続部の問題点



側面でのセルの大きさが上下で異なるため、そのつなぎ部分では、凹凸ができる。



# 接続部の問題点



対策: surface でのセルサイズをそろえる

---

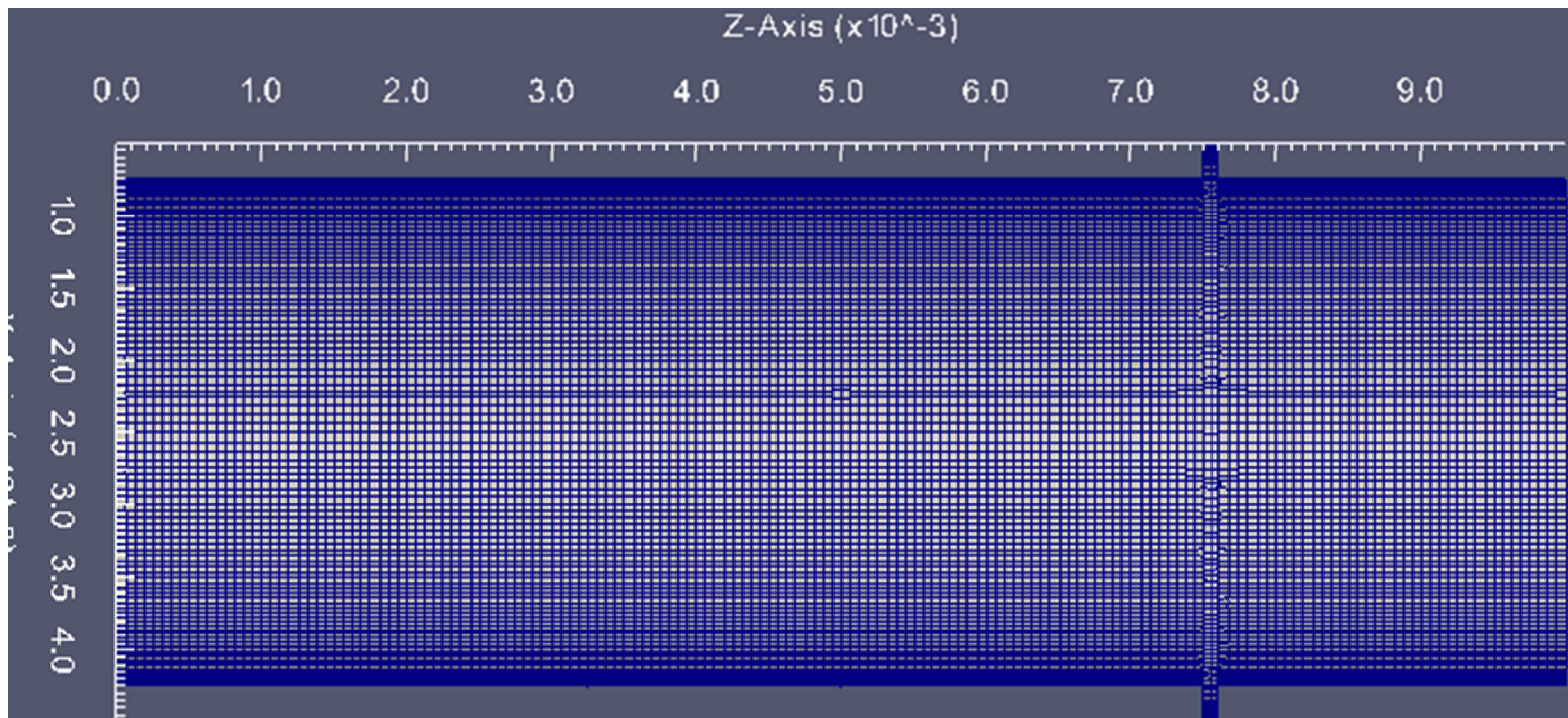
**snappyHexMesh, mergeMeshes など  
練習ケース : case04new**



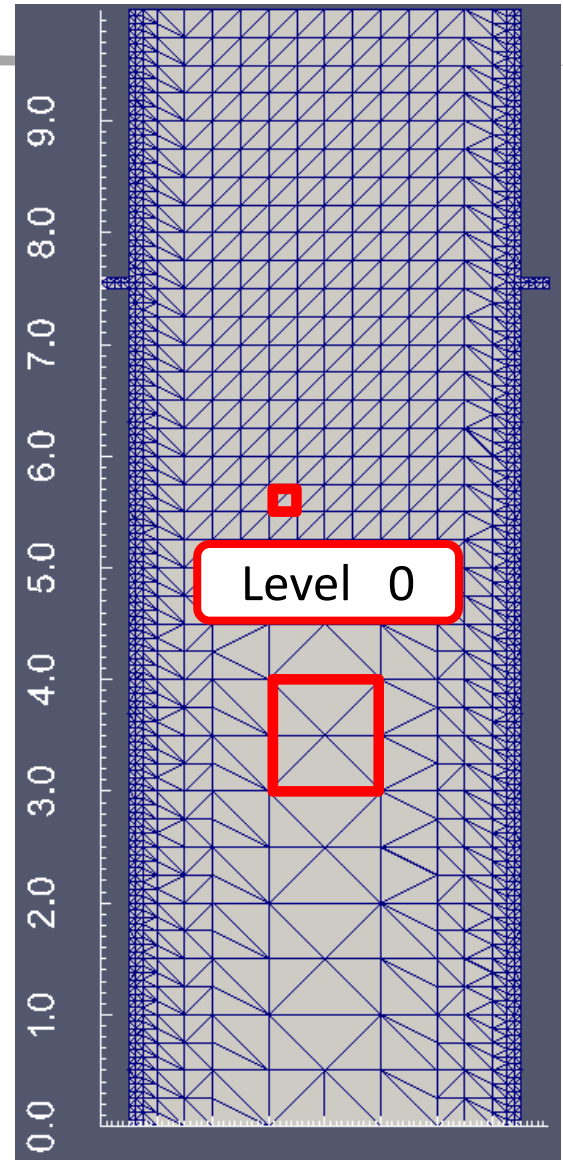
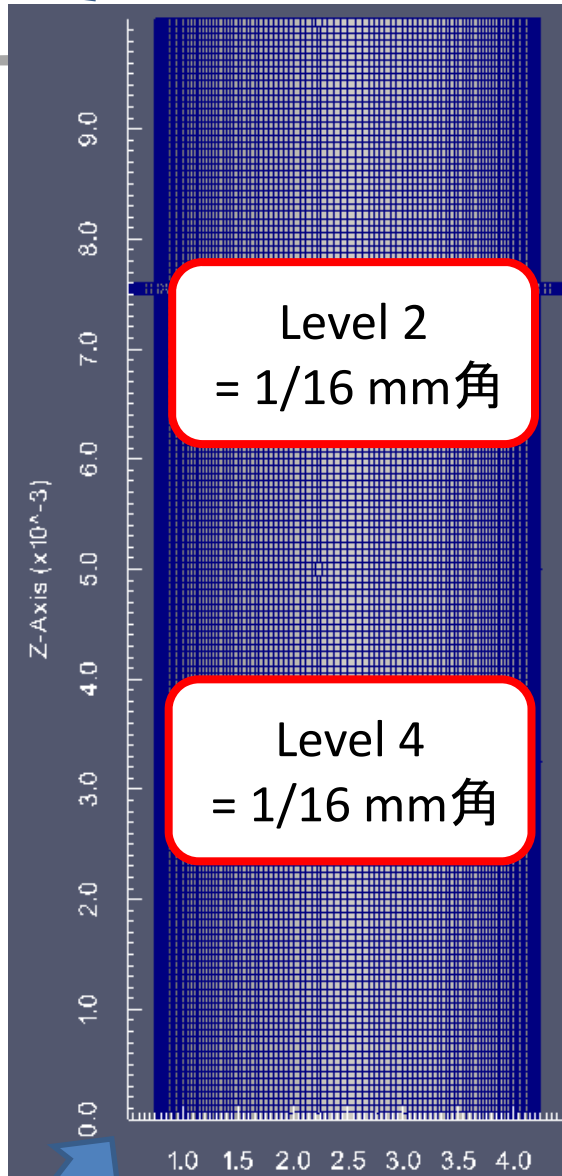
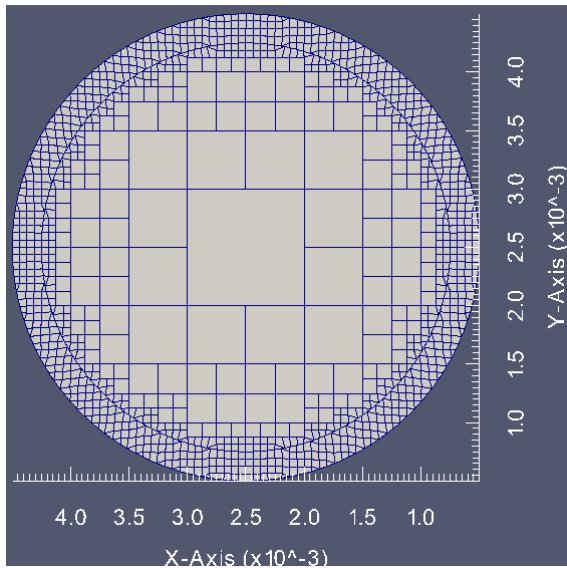
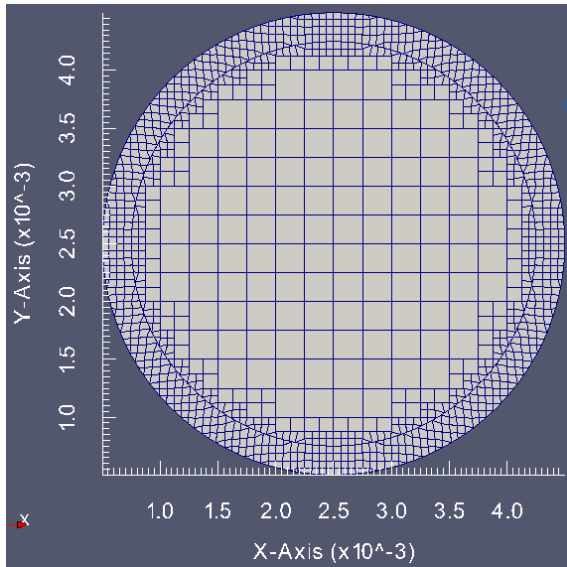
# 前ケース case04 との違い

上下でベースとなるメッシュサイズが異なるモデルであるが、表面でのメッシュサイズは同一とする。

→ 結合後のギャップを防ぐ。







---

# その他

# surfaceConvert

---

STLファイルのスケール変更に使える

mm単位で作られたSTLファイル in.stl を, m単位に変換して out.stl ファイルとして書き出す。

```
surfaceConvert in.stl out.stl -clean -scale 0.001
```

# surfaceConvert

---

Usage: surfaceConvert [OPTIONS] <inputFile> <outputFile>

options:

- case <dir> specify alternate case directory, default is the cwd
- clean perform some surface checking/cleanup on the input surface
- group reorder faces into groups; one per region
- noFunctionObjects  
do not execute functionObjects
- scale <factor> geometry scaling factor - default is 1
- writePrecision <label>  
write to output with the specified precision
- srcDoc display source code in browser
- doc display application documentation in browser
- help print the usage

convert between surface formats

Using: OpenFOAM-2.2.0 (see [www.OpenFOAM.org](http://www.OpenFOAM.org))

Build: 2.2.0-5be49240882f

# Surface mesh (e.g. STL) tools

---

surfaceAdd                    surfaceMeshImport  
surfaceAutoPatch            surfaceMeshInfo  
surfaceBooleanFeatures    surfaceMeshTriangulate  
surfaceCheck                surfaceOrient  
surfaceClean                surfacePointMerge  
surfaceCoarsen             surfaceRedistributePar  
surfaceConvert             surfaceRefineRedGreen  
surfaceFeatureConvert     surfaceSmooth  
surfaceFeatureExtract     surfaceSplitByPatch  
surfaceFind                 surfaceSplitByTopology  
surfaceInertia              surfaceSplitNonManifolds  
surfaceMeshConvert        surfaceSubset  
surfaceMeshConvertTesting surfaceToPatch  
surfaceMeshExport         surfaceTransformPoints

---

ブロック構成を工夫すれば、キレイなセルもつくれます。



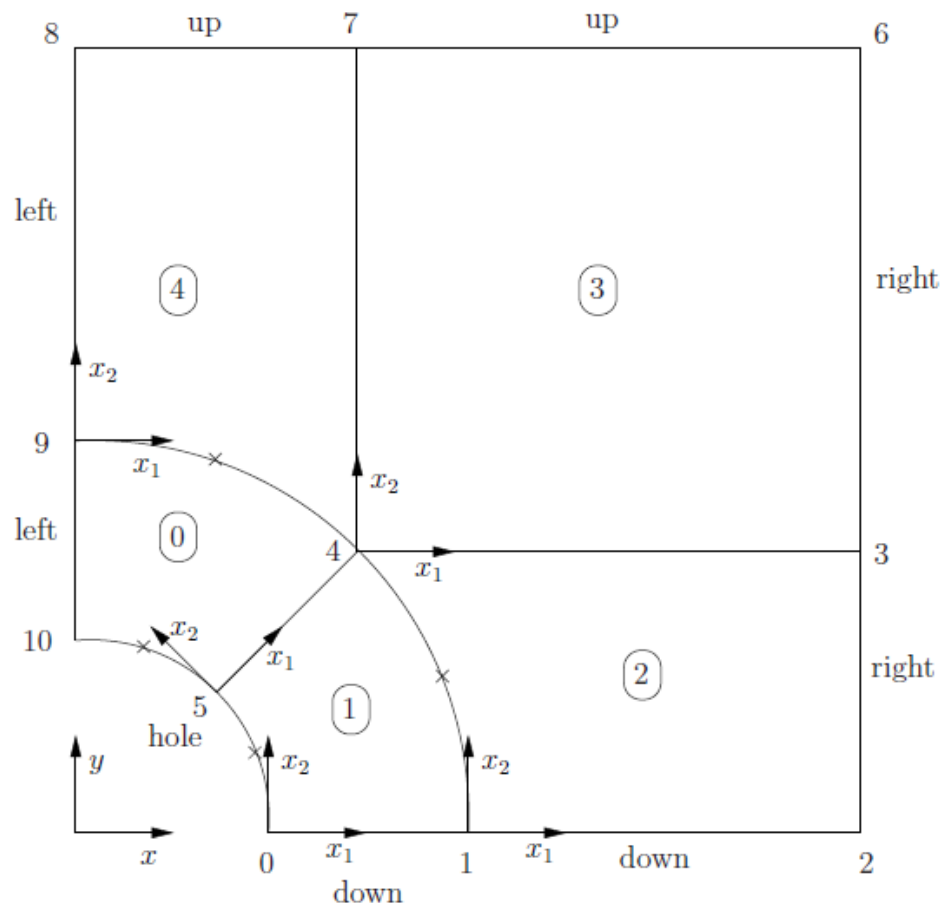


Figure 2.16: Block structure of the mesh for the plate with a hole.

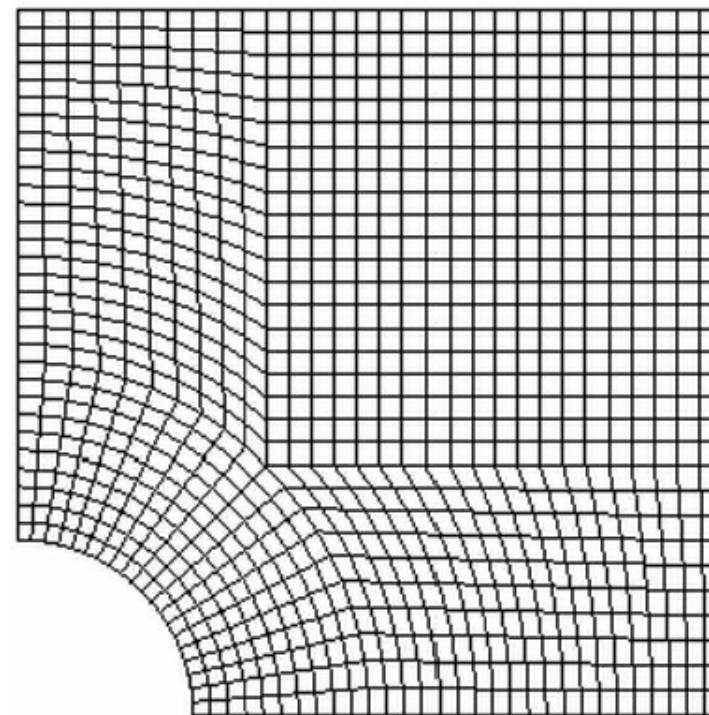


Figure 2.17: Mesh of the hole in a plate problem.