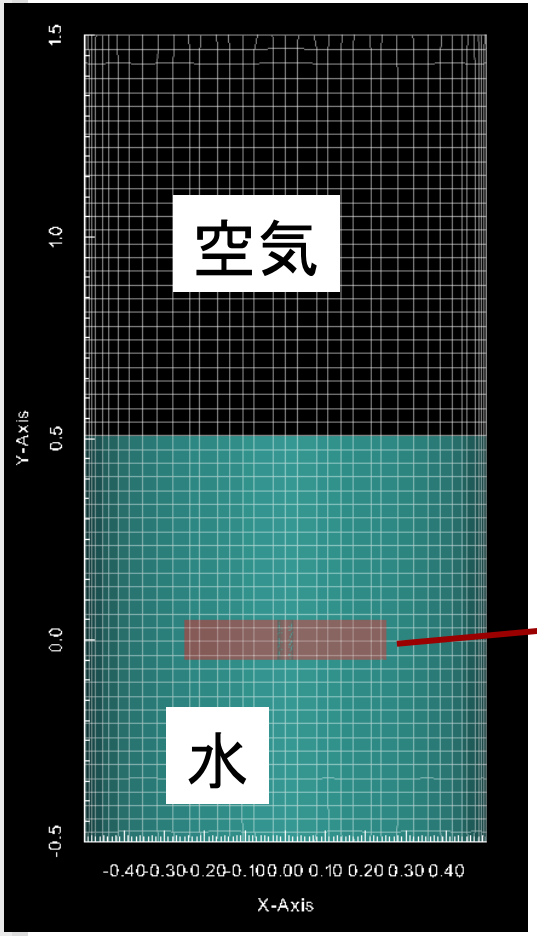
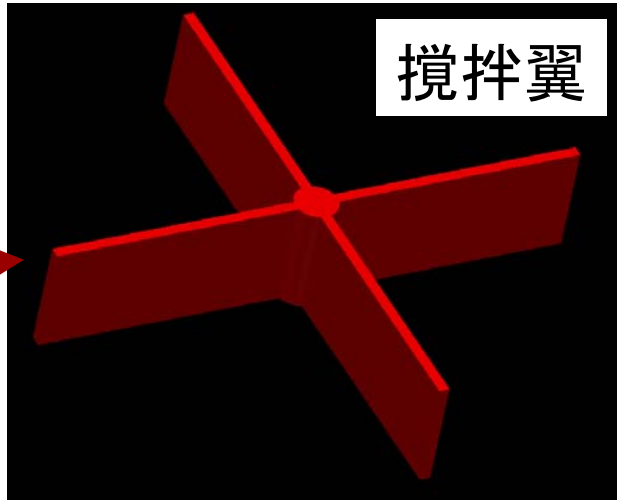
DEXCS2012を使っての MRFInterFoamの解析事例

OpenCAE初心者勉強会（東海）
2013年2月16日
村井　和彦

解析対象



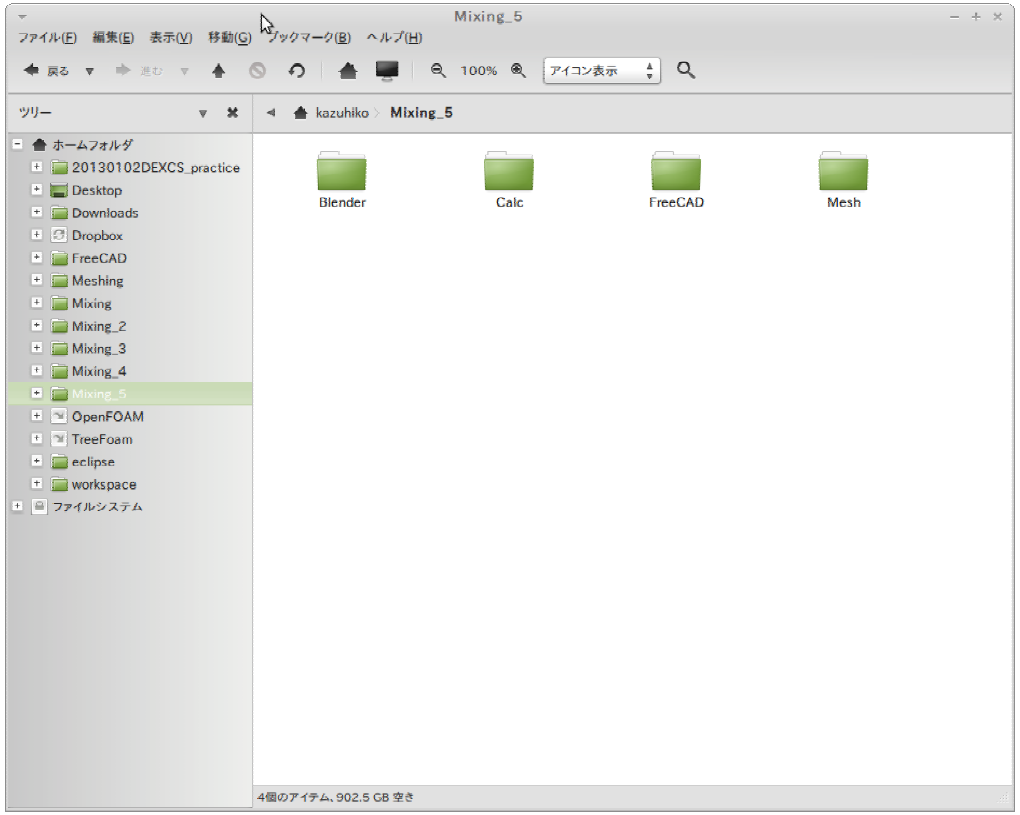
撹拌槽
直径1.0m
高さ1.5m（水：静止状態で0.55m）



撹拌翼
（4枚羽根パドル翼）
直径0.5m
高さ0.1m
回転数19rad/s

撹拌槽における水の流れの解析

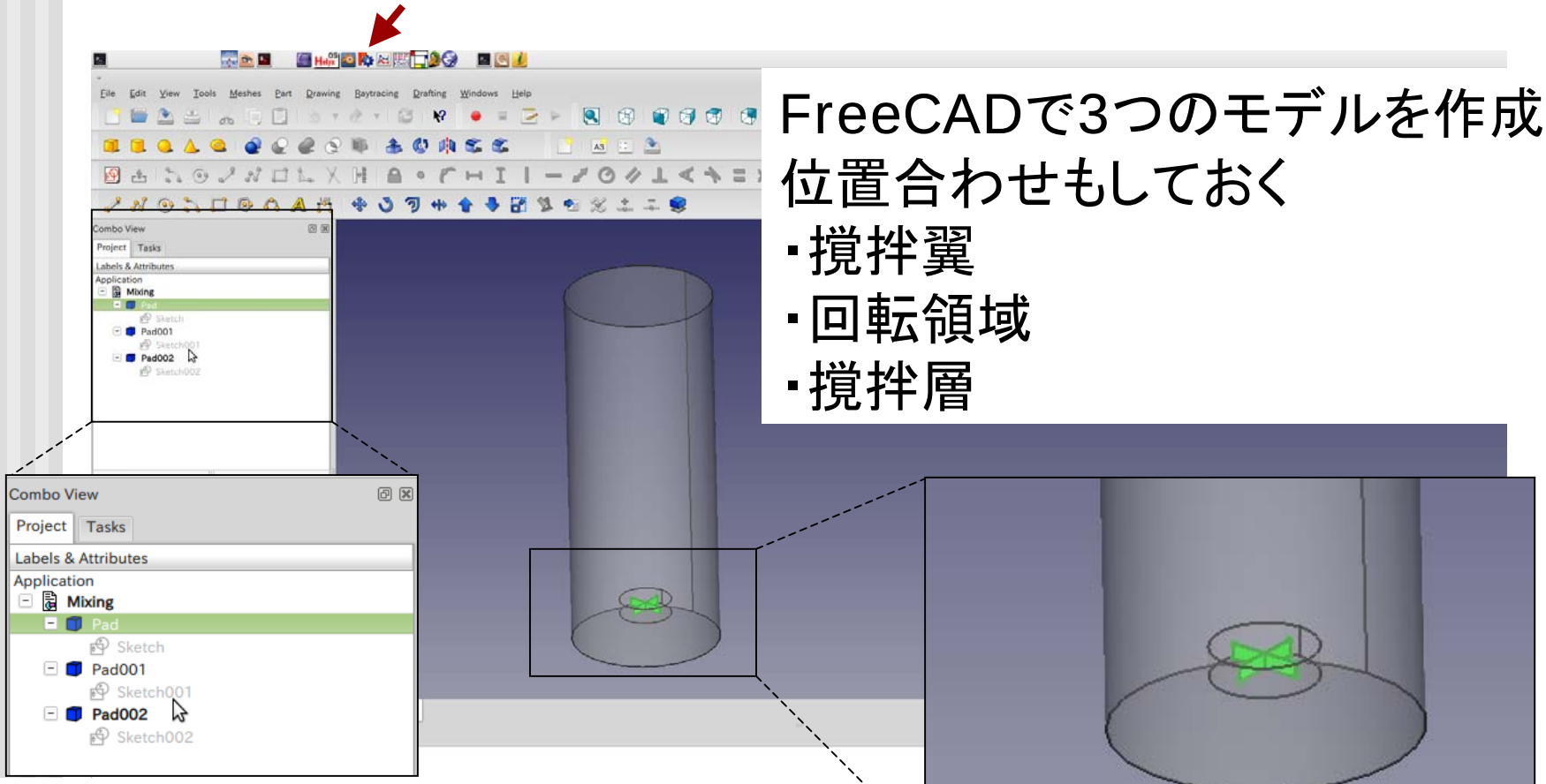
準備



ディレクトリの中に作業フェーズ毎に4つのサブディレクトリを用意

①FreeCAD ②Blender ③Mesh ④Calc

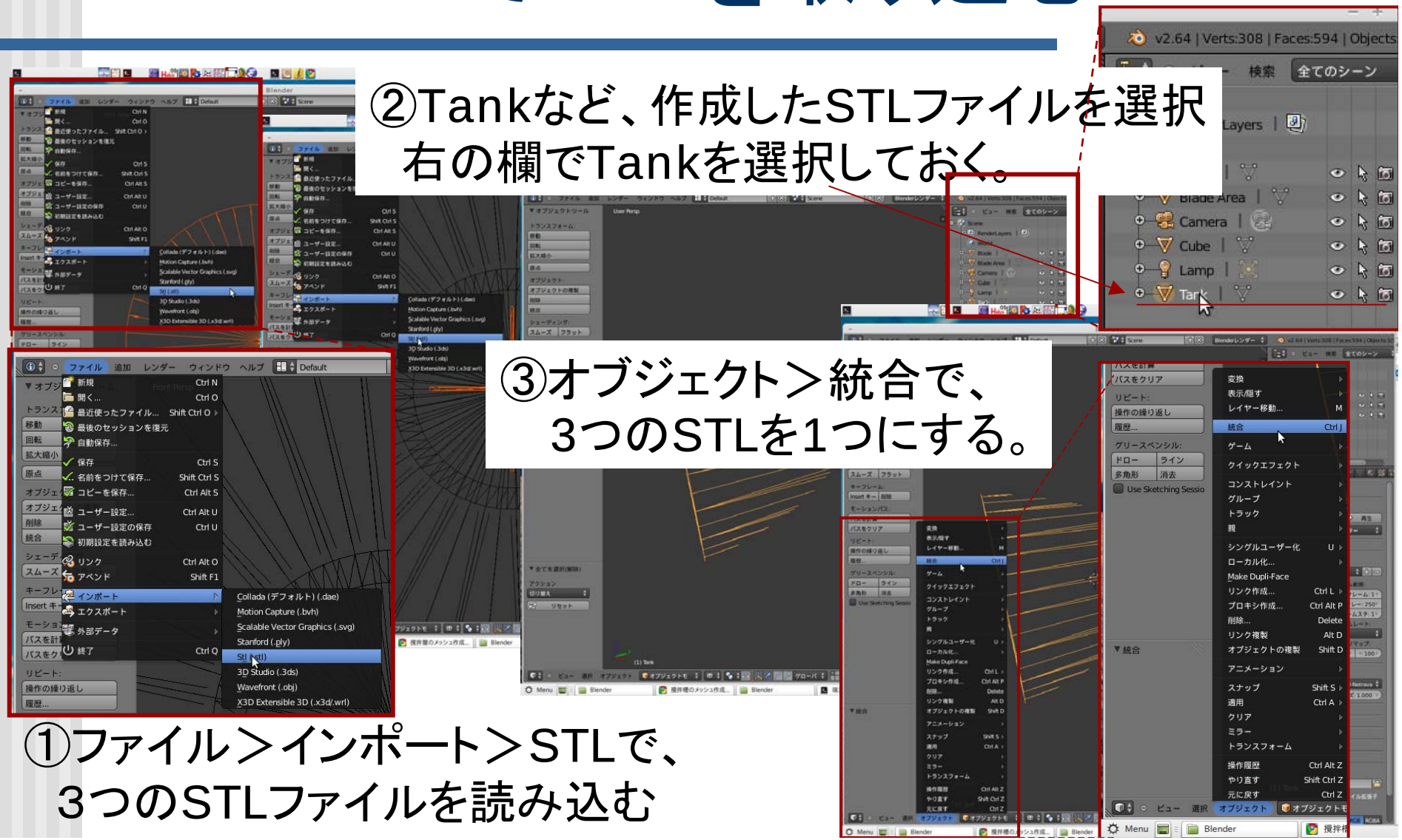
3次元CADモデルの作成



FreeCADで3つのモデルを作成
位置合わせもしておく
・撹拌翼
・回転領域
・撹拌層

ここの領域毎にSTLファイルで書き出し、
Blenderのディレクトリへコピー。

BlenderでSTLを取り込む

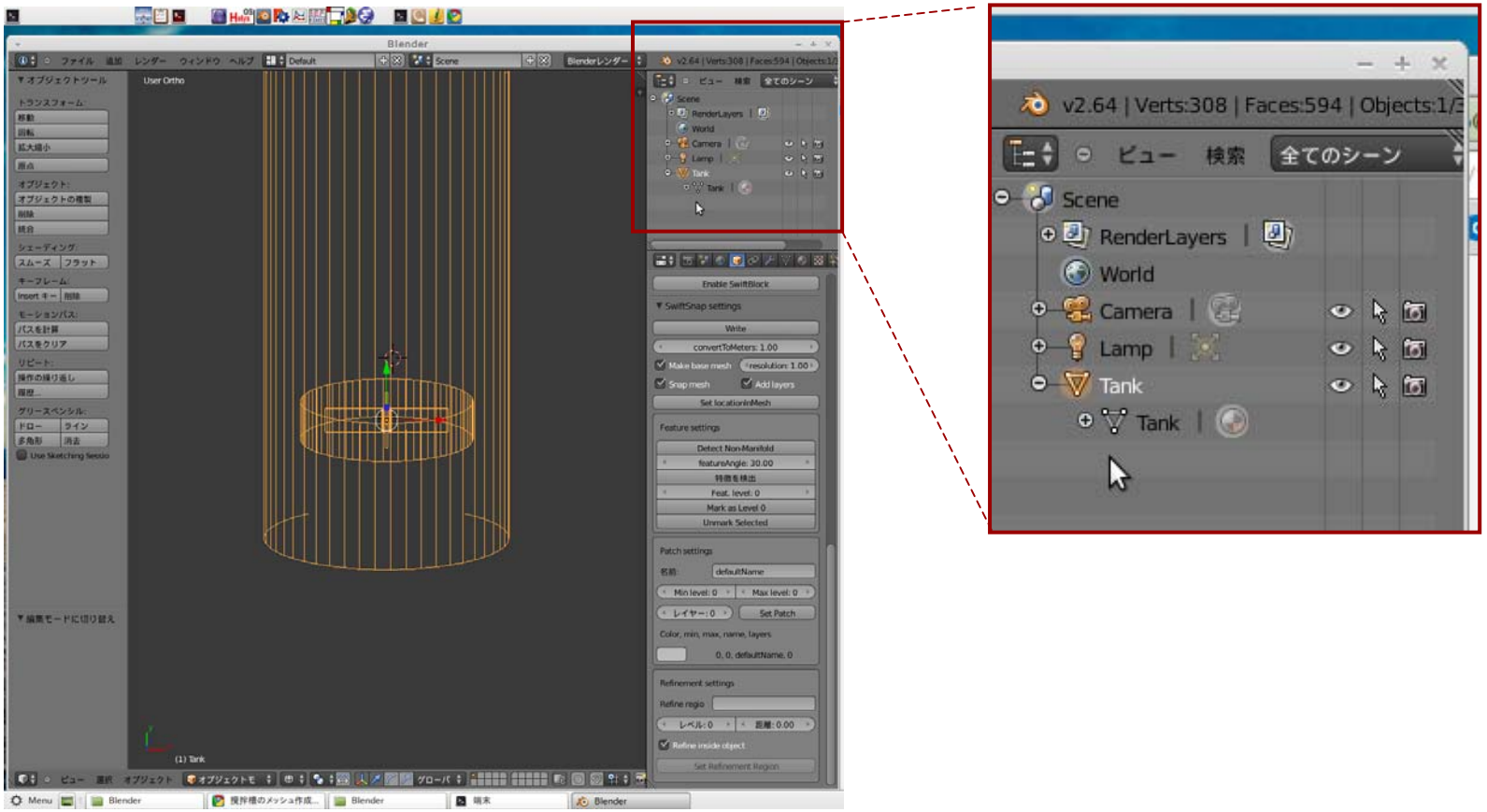


②Tankなど、作成したSTLファイルを選択
右の欄でTankを選択しておく。

③オブジェクト＞統合で、
3つのSTLを1つにする。

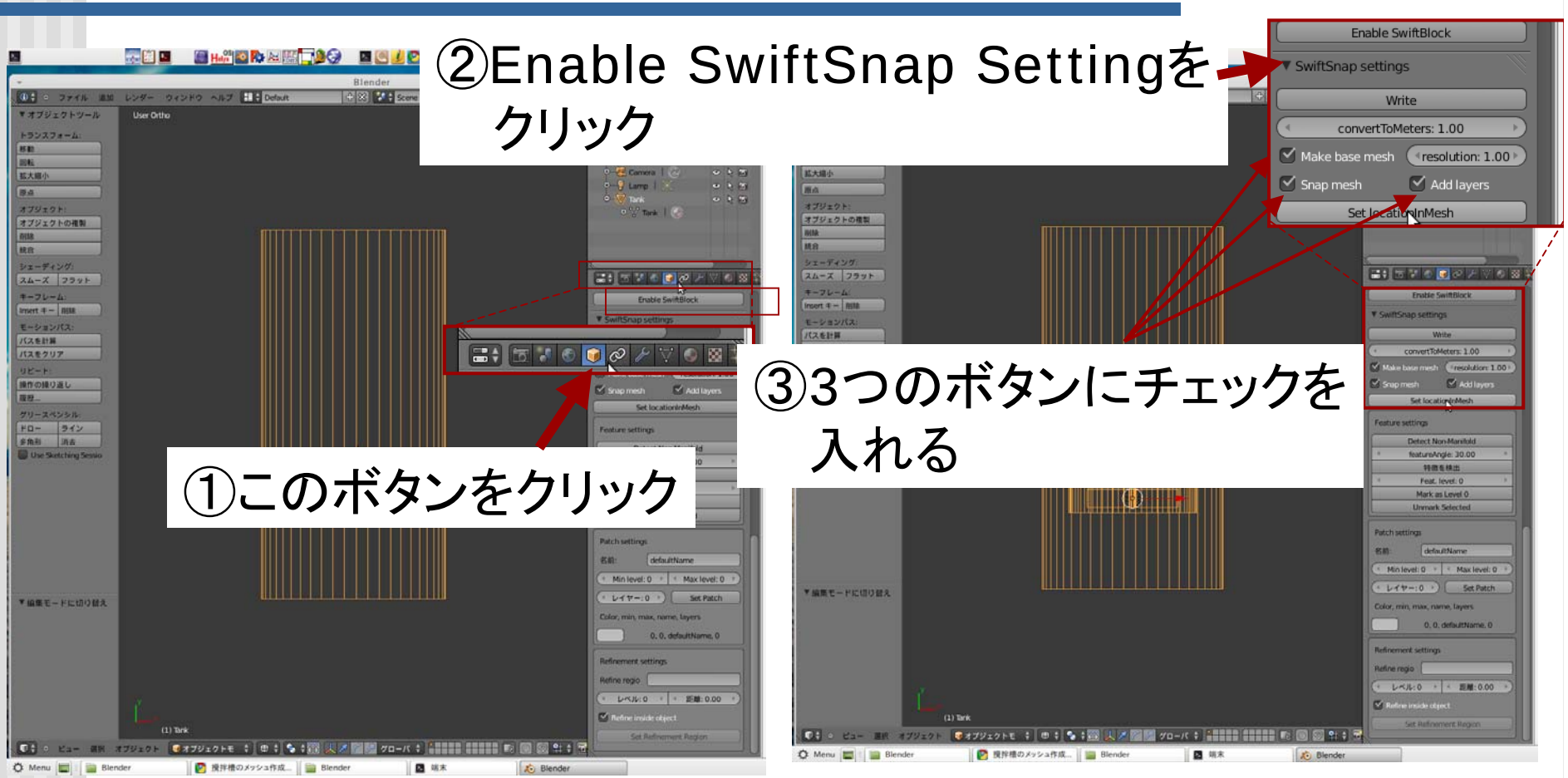
①ファイル＞インポート＞STLで、
3つのSTLファイルを読み込む

Blenderでの準備①

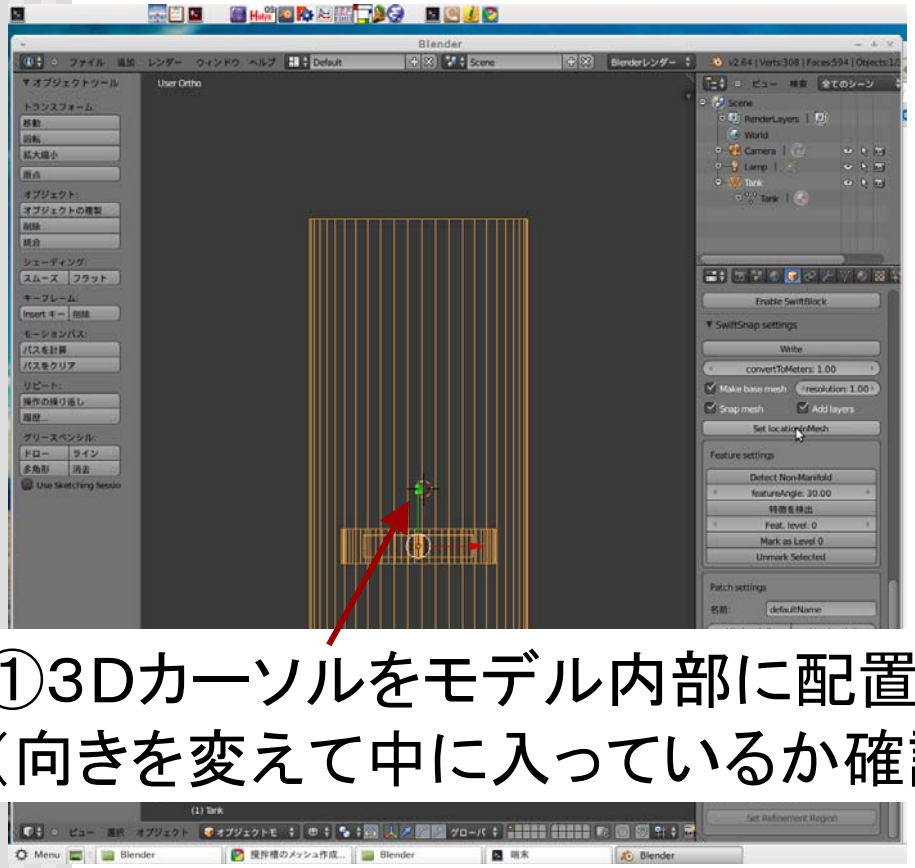


こういう状態になっていればOK

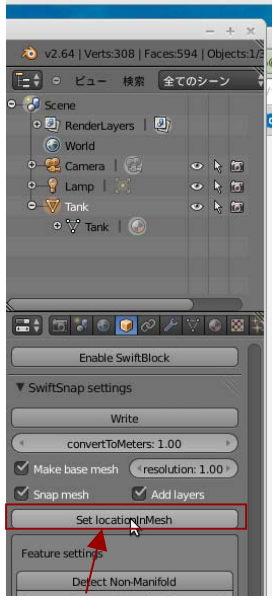
Blenderでの準備②



Blenderでの準備③

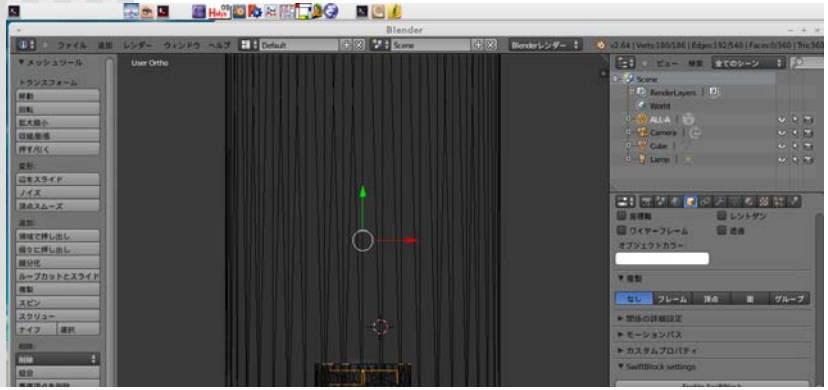


①3Dカーソルをモデル内部に配置
（向きを変えて中に入っているか確認）

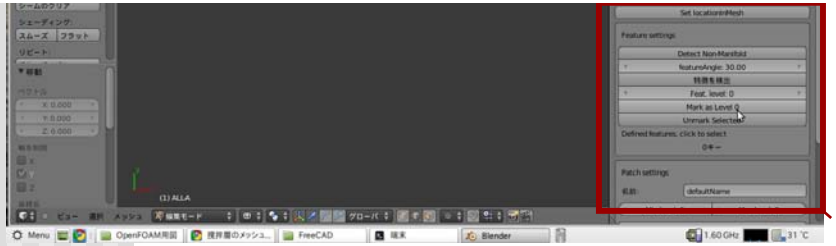


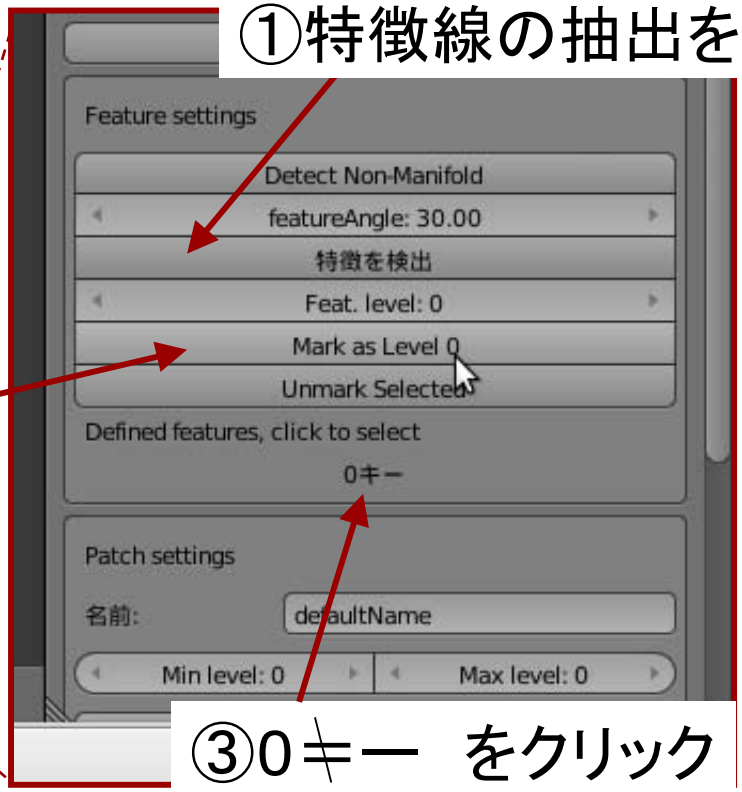
②Set location Meshを
クリック

Blenderでの設定①（特徴線抽出）



②Make as Level 0をクリック

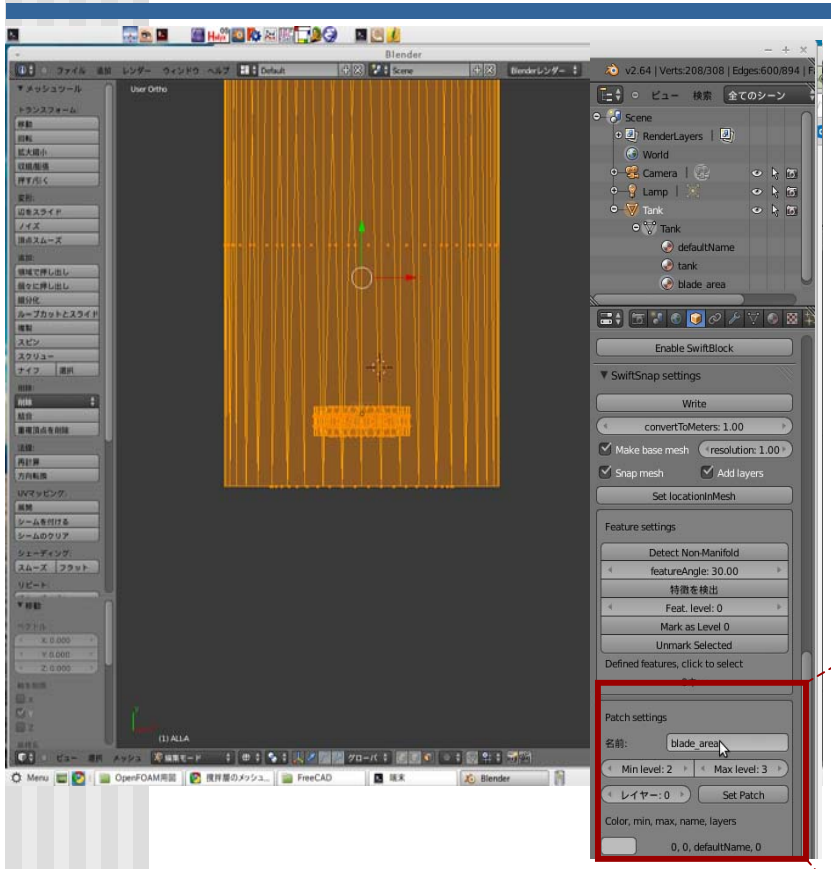




①特徴線の抽出をクリック

③0キー　をクリック

Blenderでの設定②（Patch設定）



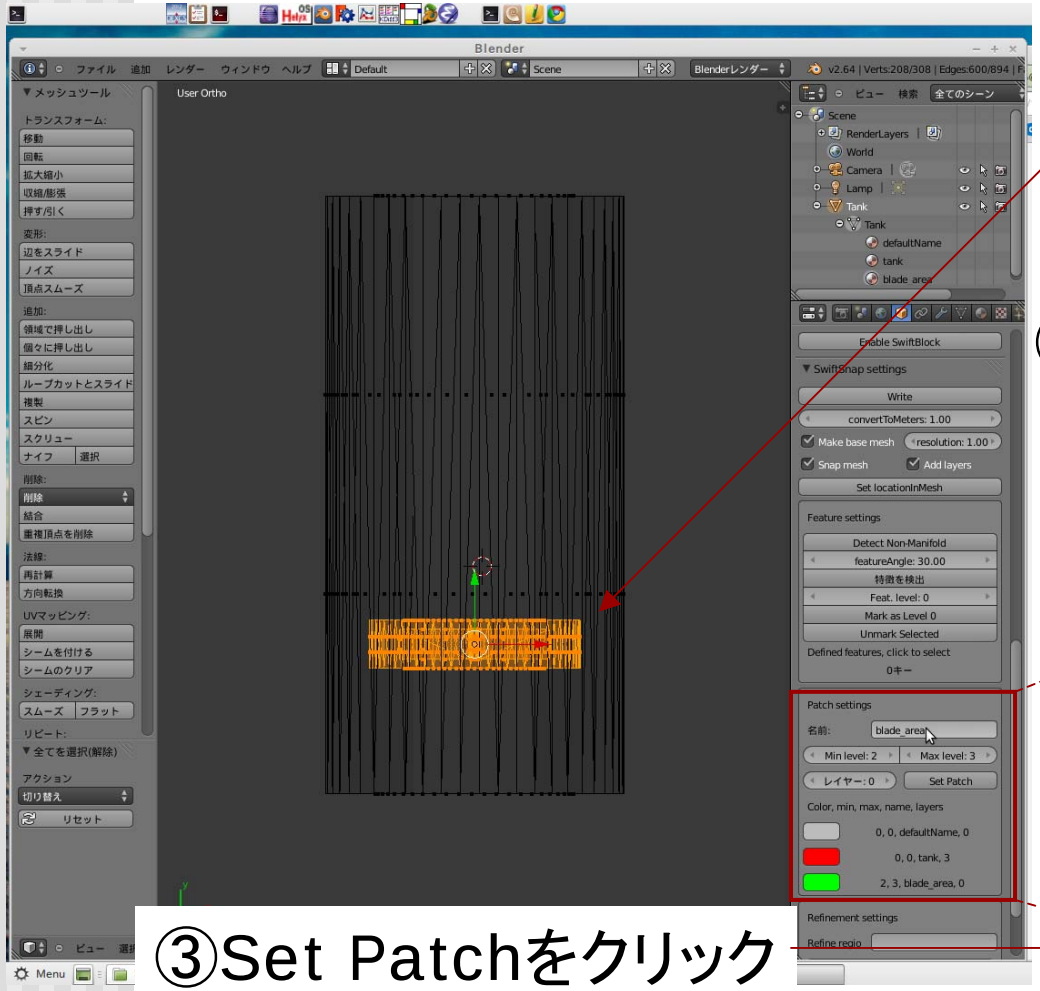
①Aボタンを押して全選択状態にする（場合によっては2回押して全選択解除⇔全選択状態）

②tankと入力する。
（メッシュレベルはMin0,Max0）
（レイヤーは3）

③Set Patchをクリック

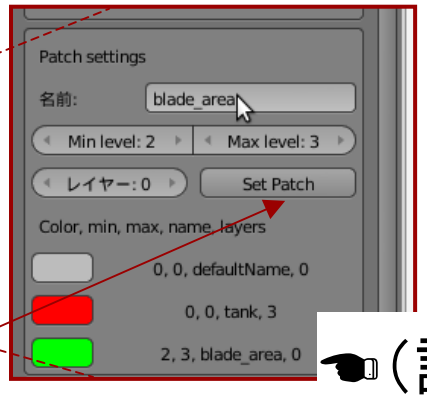
☜（設定が反映）

Blenderでの設定②（Patch設定）



①Aボタンで全選択を解除
Bボタンでゾーン選択で
回転領域を選択する。

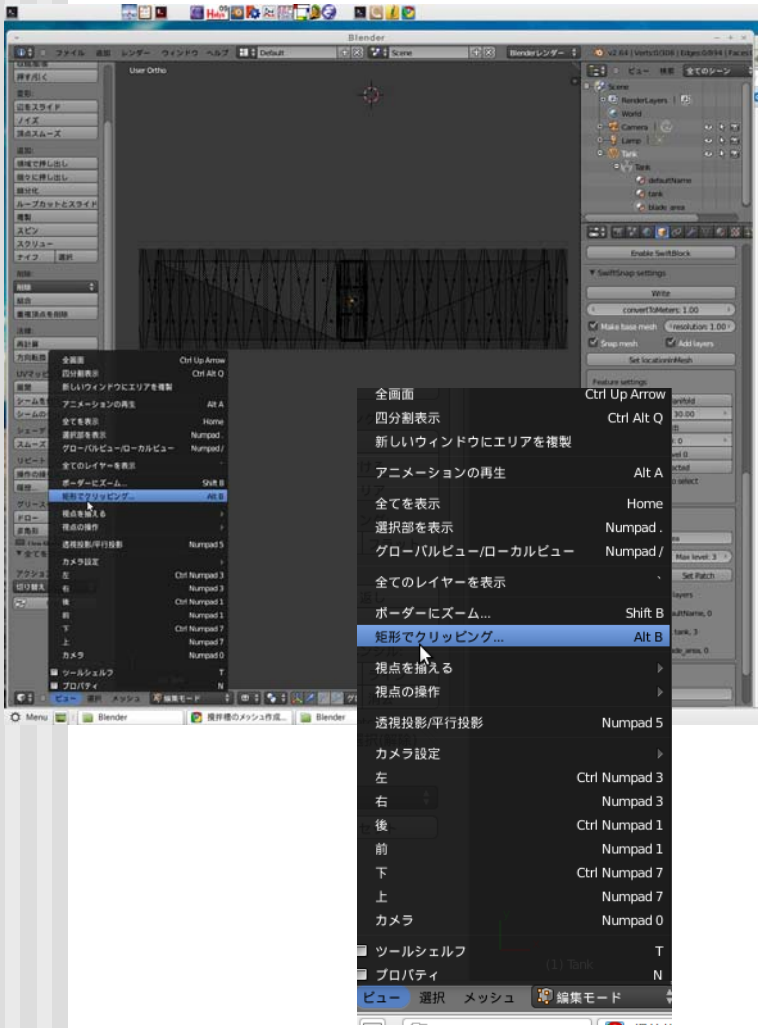
②blade_areaと入力する。
（メッシュレベルはMin2,Max3）
（レイヤーは0）



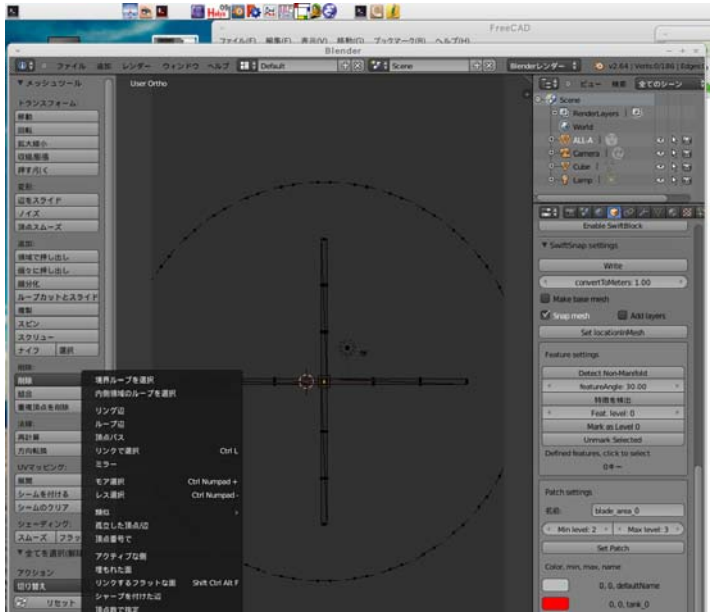
③Set Patchをクリック

☛（設定が反映）

Blenderでの設定②（Patch設定）



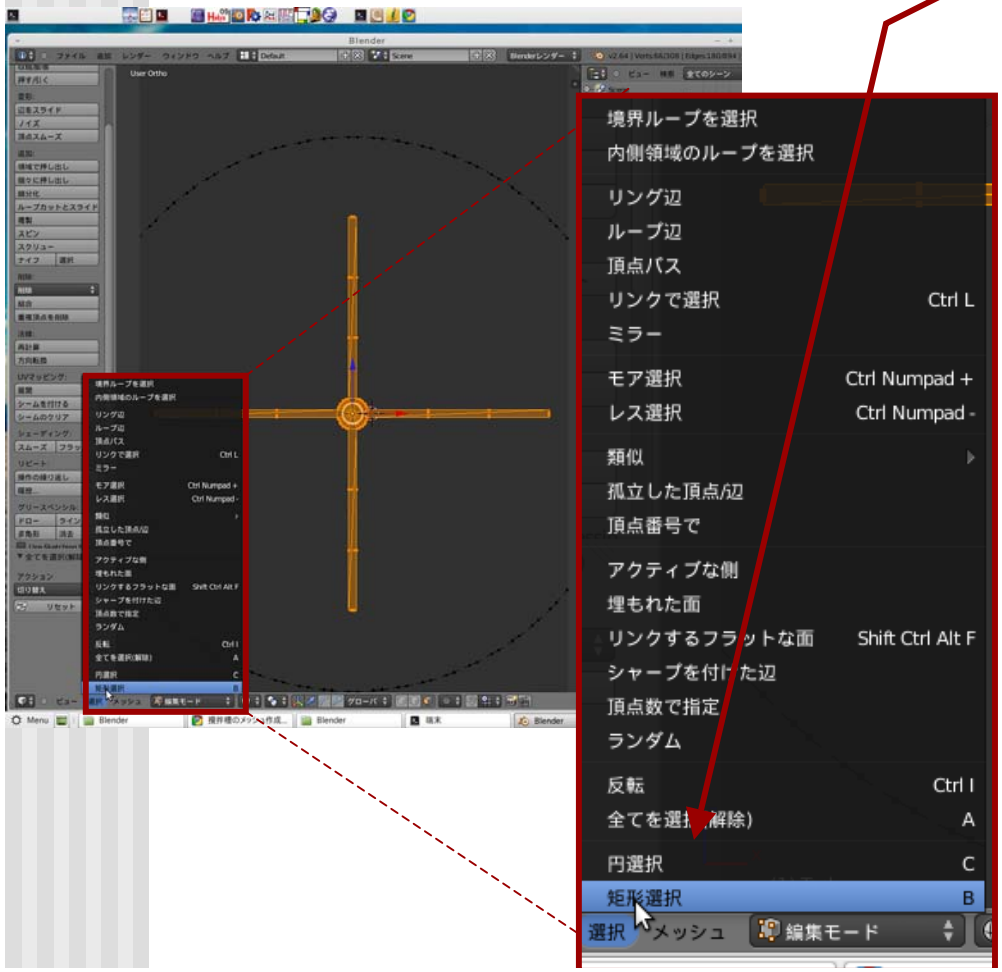
①正面図で回転領域をズームして、
ビュー＞矩形でクリッピング…で
できるだけ撹拌翼のみを選択する。

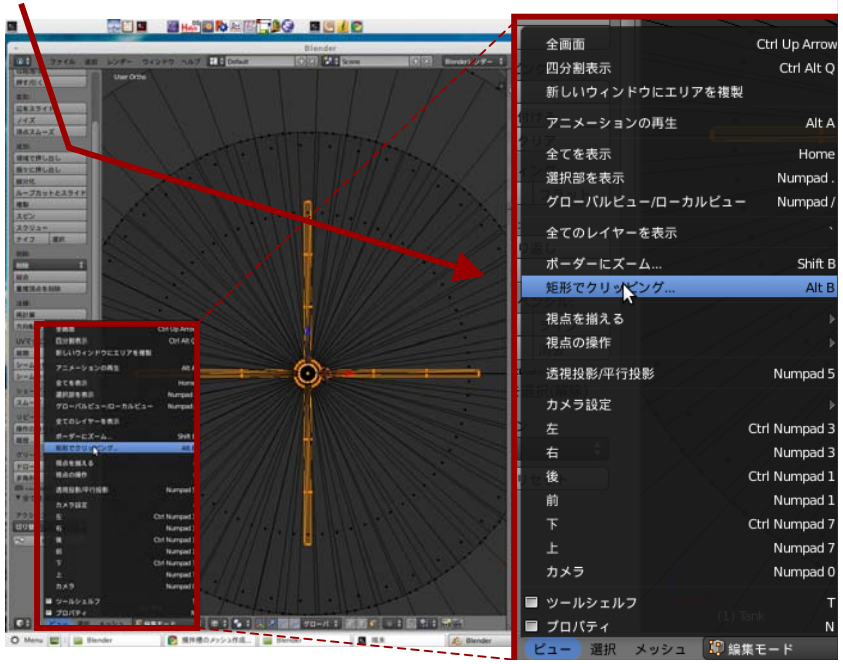


回転領域の一部と撹拌翼が表示

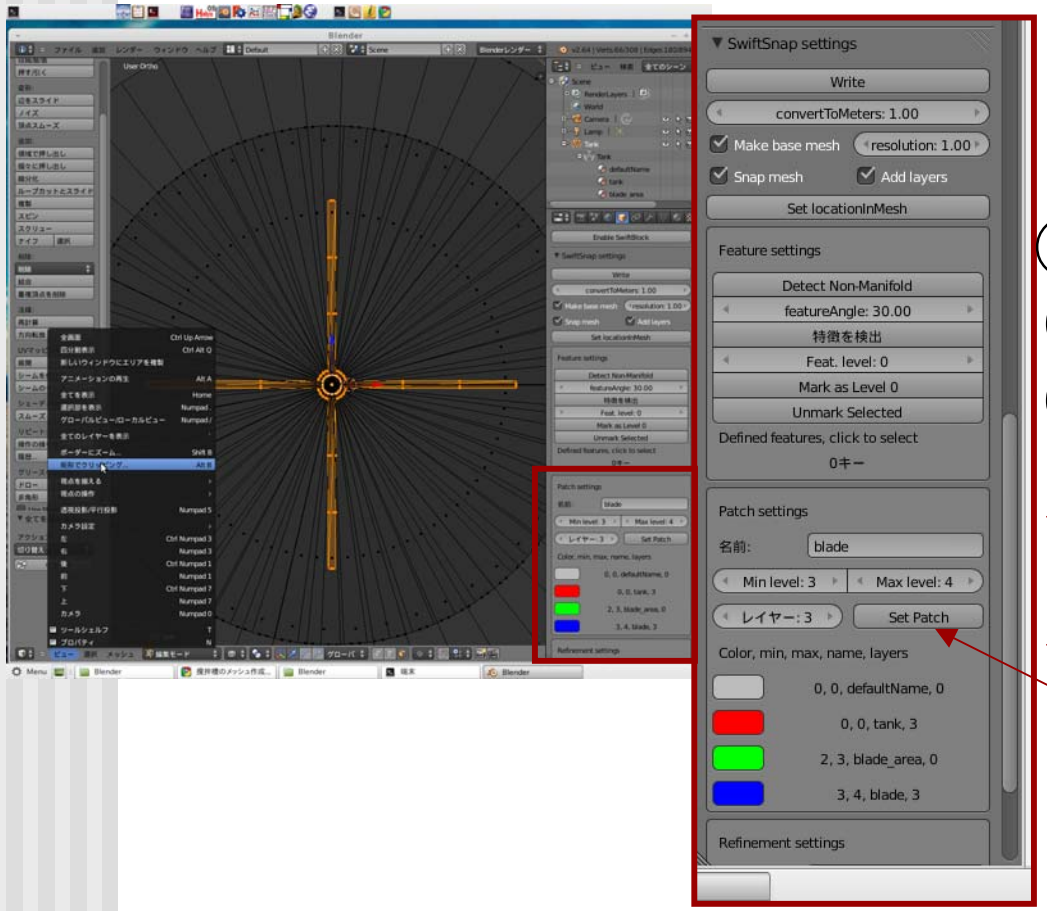
Blenderでの設定②（Patch設定）

①選択＞矩形選択
でゾーン選択を繰り返し、
撹拌翼を選択する。
②ビュー＞矩形でクリッピング…
を再度選択すると、表示が戻る。





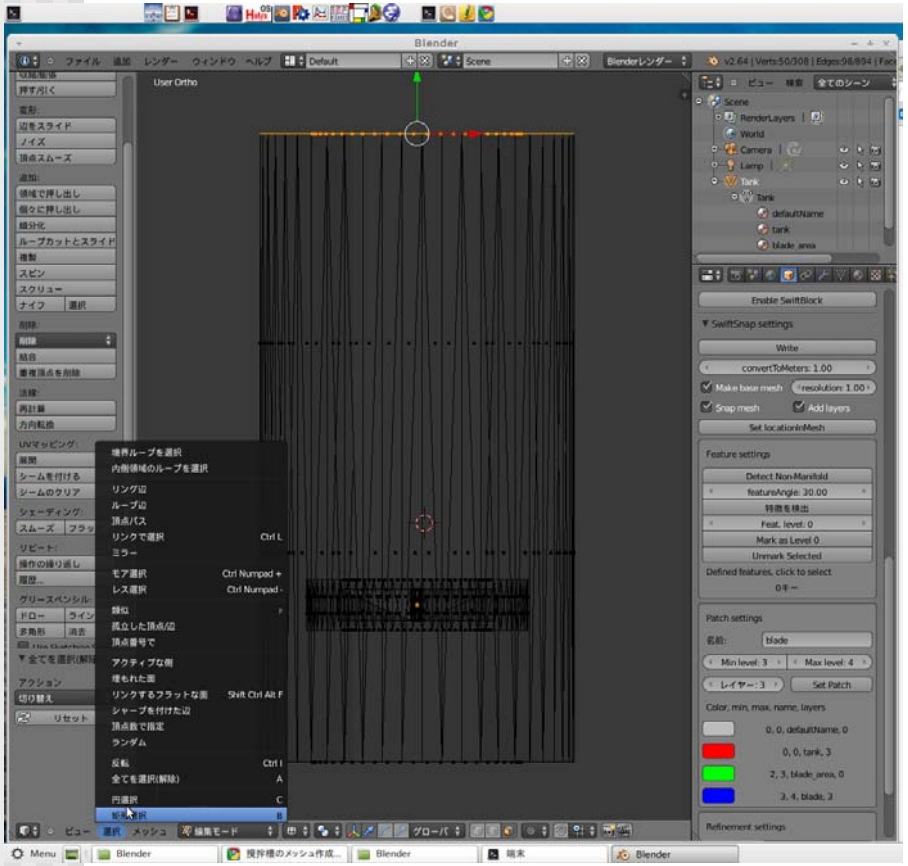
Blenderでの設定②（Patch設定）



①bladeと入力する。
（メッシュレベルはMin3,Max4）
（レイヤーは3）

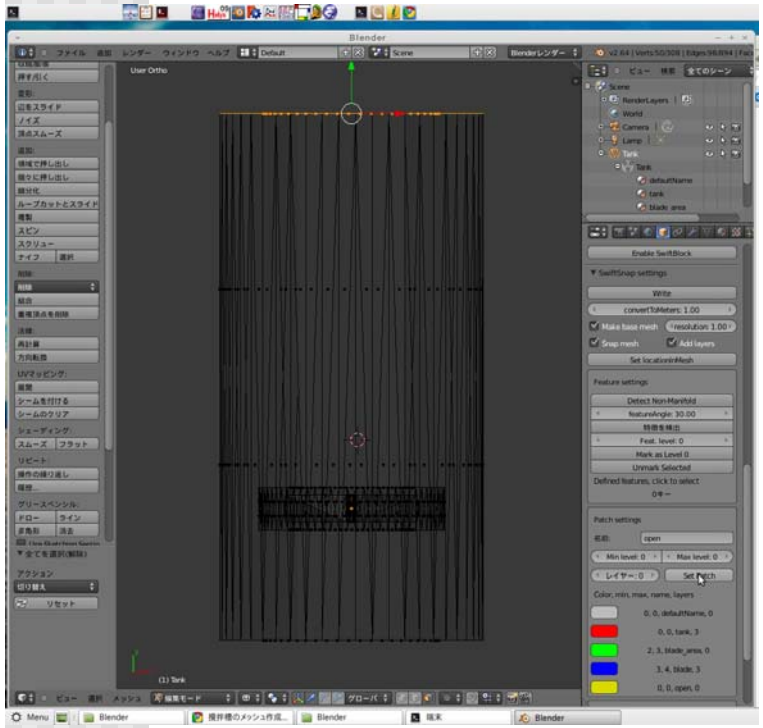
②Set Patchをクリック
☛設定が反映される。

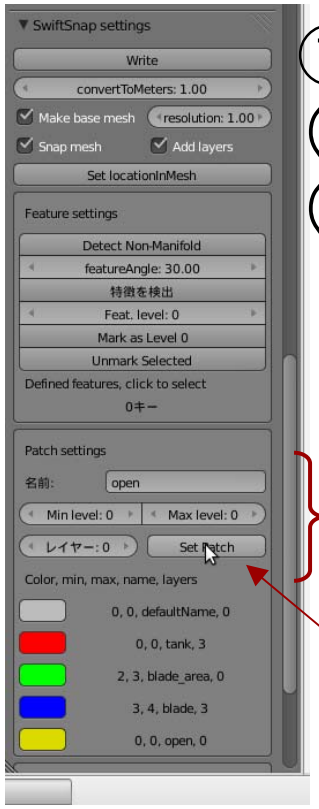
Blenderでの設定②（Patch設定）



①正面表示・全体を表示させる。
Aボタンを押して全選択⇒全解除する。
②選択＞矩形選択
　でタンク上面を選択する。
　（ここを大気開放部とする。）

Blenderでの設定②（Patch設定）

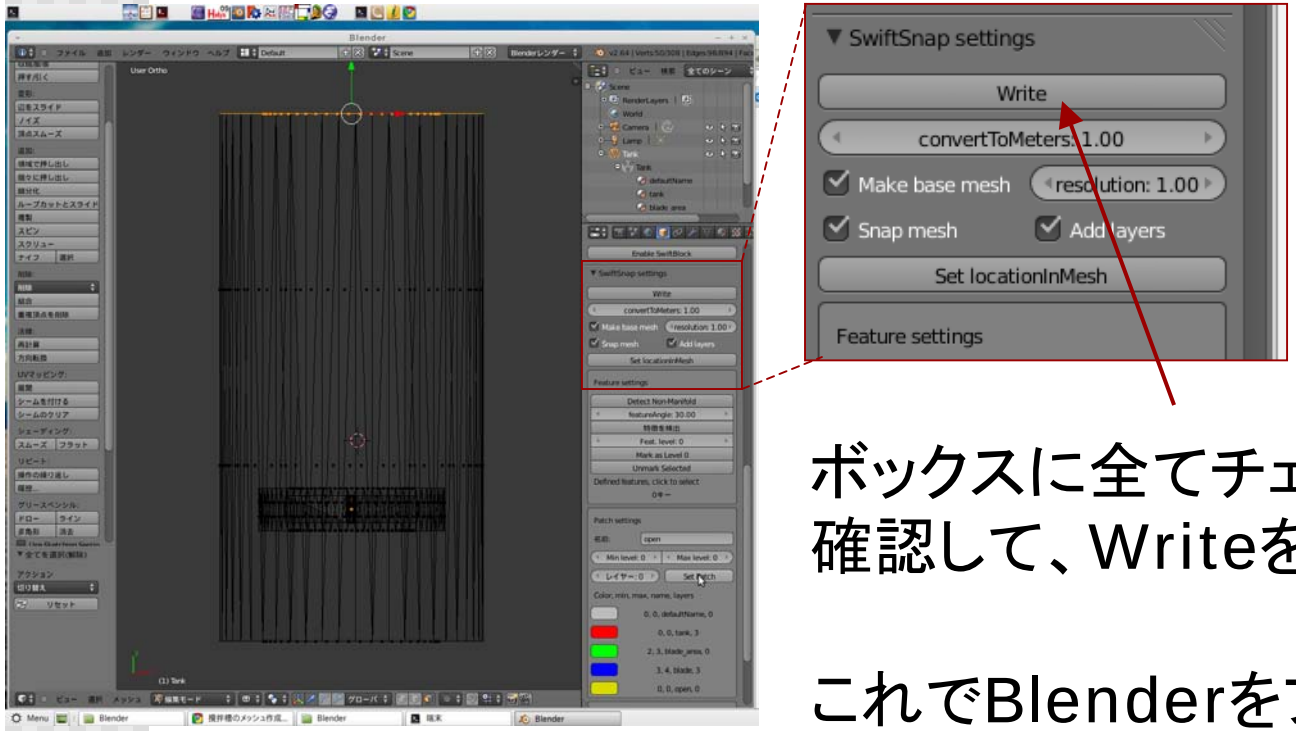




①Openと入力する。
（メッシュレベルはMin0,Max0）
（レイヤーは0）

②Set Patchをクリック
☛設定が反映される。

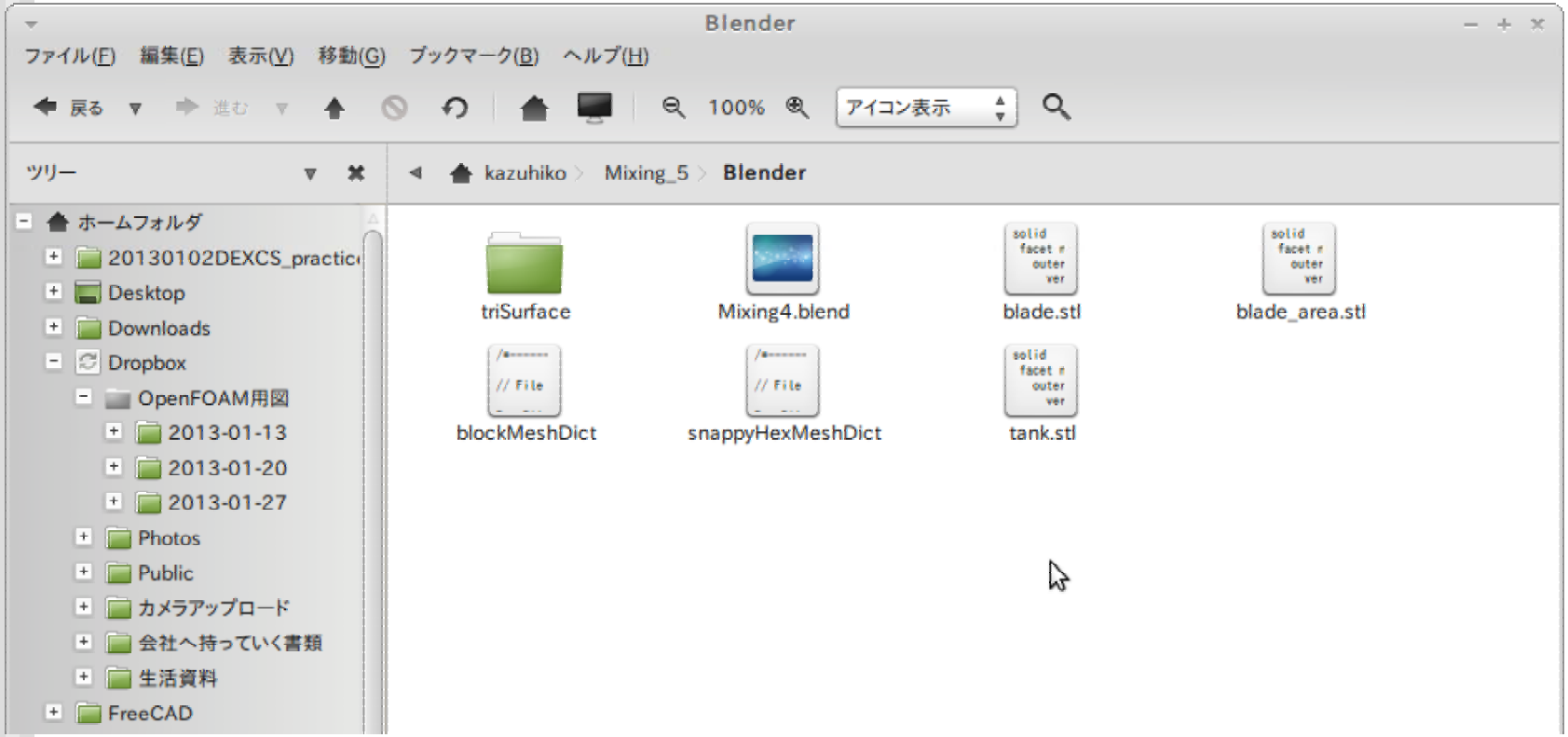
Blenderでの設定③（出力）



ボックスに全てチェックが入っているのを確認して、Writeをクリック。

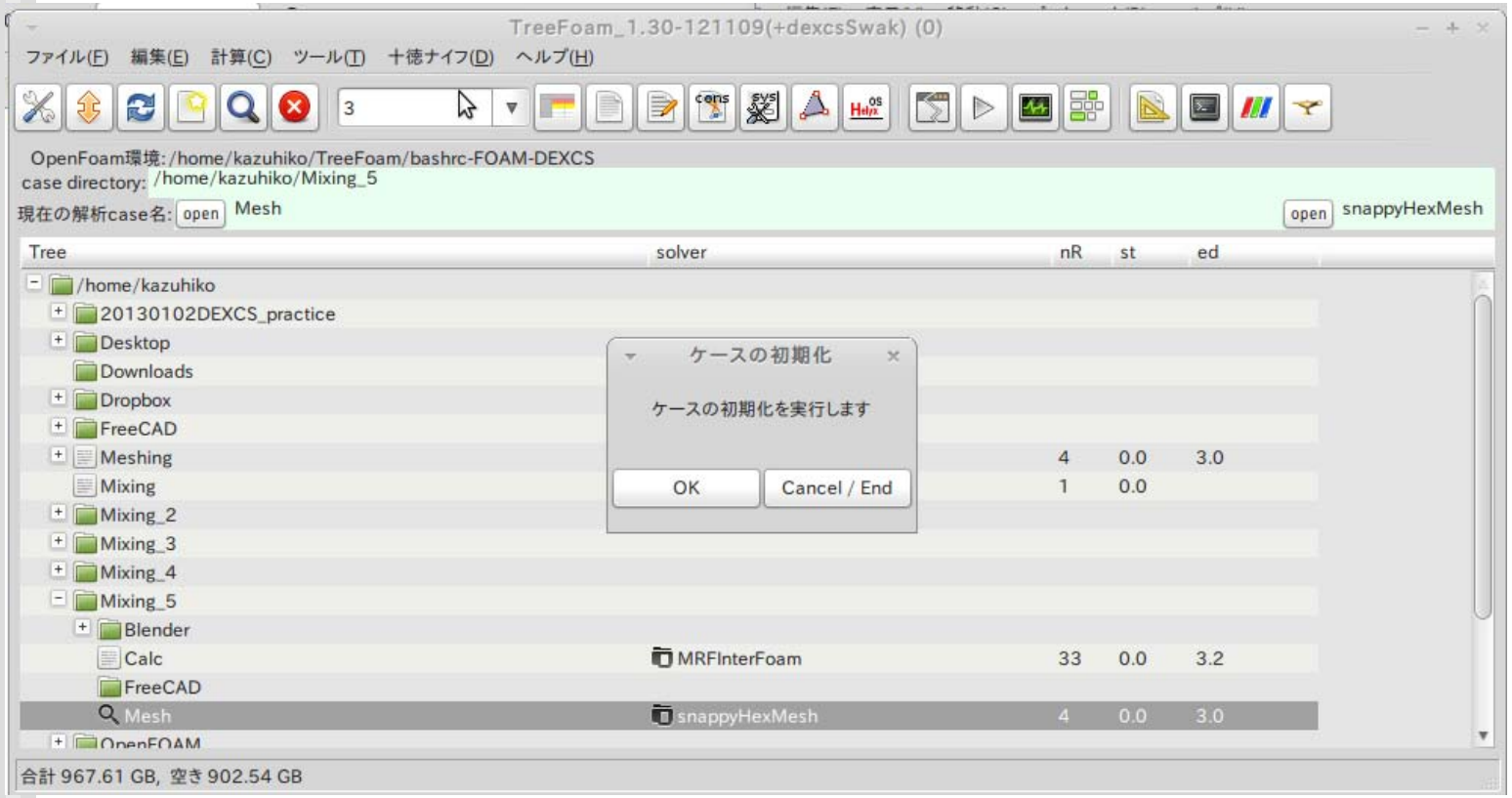
これでBlenderをファイル保存して終了

Blenderでの設定③（出力確認）



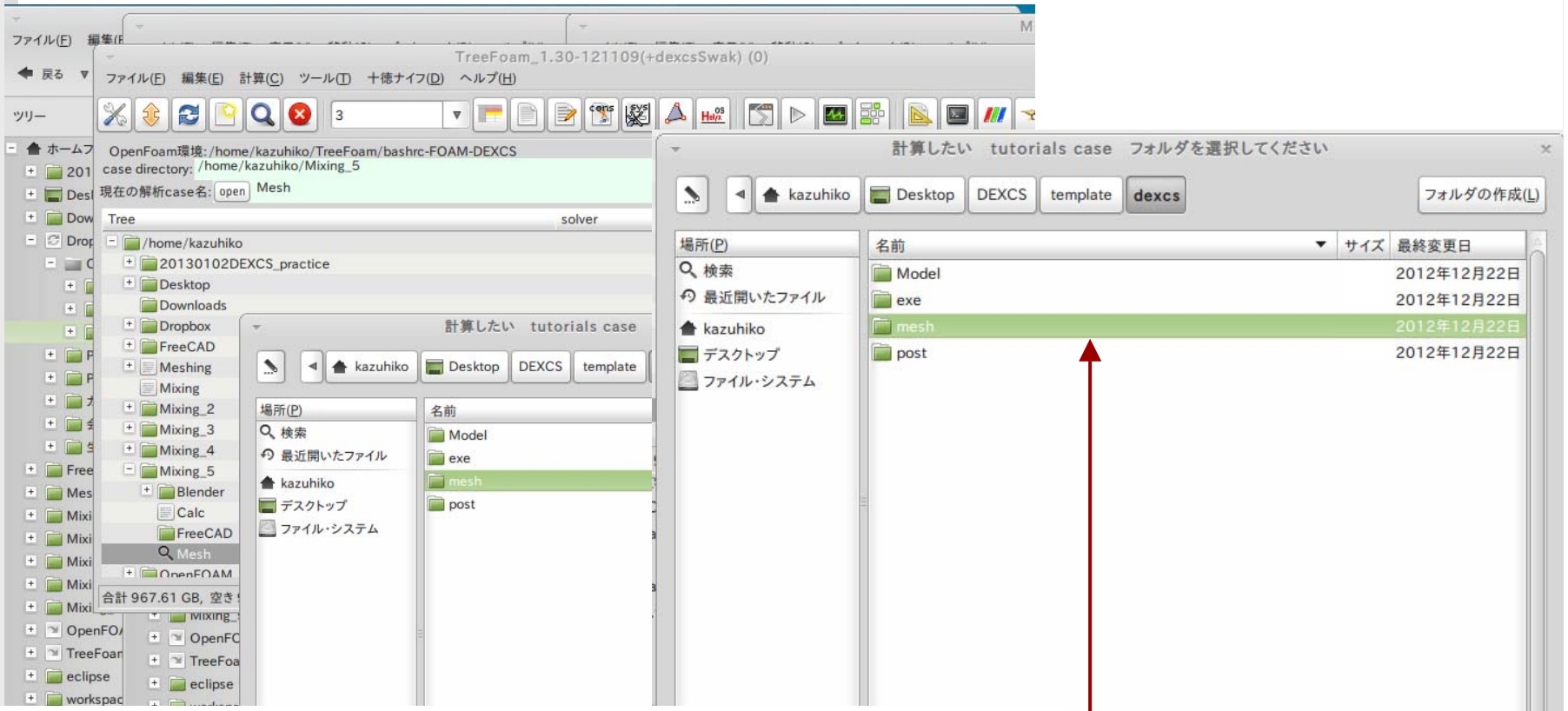
Blenderのディレクトリの中にはこれらのファイルとディレクトリができている。

メッシュ分割の準備①



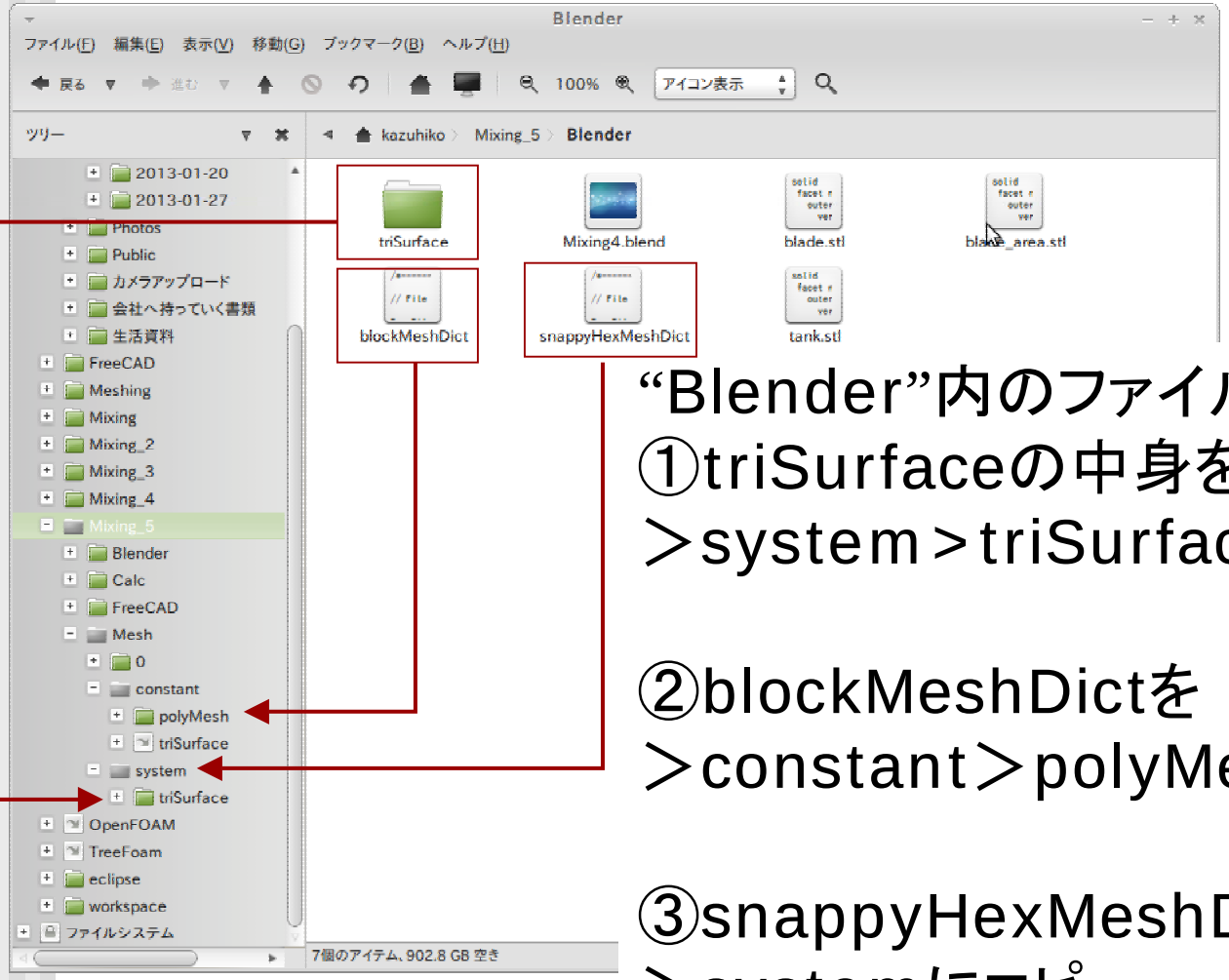
①Meshのディレクトリを計算用ディレクトリに変更。
②TreeFoamを開き、
　十得ナイフ＞テンプレートの選択・変更を選ぶ

メッシュ分割の準備②



参照するチュートリアルディレクトリを選んで、開く
Desktop＞DEXCS＞template＞mesh
計算するディレクトリをMeshとして選択

メッシュ分割の準備③



“Blender”内のファイルを“Mesh”へコピー

①triSurfaceの中身をMesh内にできた＞system＞triSurfaceにコピー

②blockMeshDictを＞constant＞polyMeshにコピー

③snappyHexMeshDictを＞systemにコピー

メッシュ分割の準備④

TreeFoam_1.30-121109(+dexcsSwak) (0)

*blockMeshDict (~/Mixing_4/Mesh/constant/polyMesh) - gedit

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) ツール(T) ドキュメント(D) ヘルプ(H)

開く 保存 元に戻す

*blockMeshDict

```
/*--------------------------------*- C++ -*----------------------------------*/

// File was generated by SwiftSnap, a Blender 3D addon.

FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    object      blockMeshDict;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

convertToMeters 1;

vertices
(
    (-508.9580078125 -513.2467651367188 -509.729248046875)
    (-508.9580078125 -513.2467651367188 509.7466735839844)
    (-508.9580078125 1526.753173828125 509.7466735839844)
    (-508.9580078125 1526.753173828125 -509.729248046875)
    (509.9941101074219 -513.2467651367188 -509.729248046875)
    (509.9941101074219 -513.2467651367188 509.7466735839844)
    (509.9941101074219 1526.753173828125 509.7466735839844)
    (509.9941101074219 1526.753173828125 -509.729248046875)
);

blocks
(
//    hex (4 5 6 7 0 1 2 3) (1019 2040 1019) simpleGrading (1 1 1)
    hex (4 5 6 7 0 1 2 3) (30 60 30) simpleGrading (1 1 1)
);

edges
(
);
boundary
(
);
mergePatchPairs
(
);
```

blockMeshDictを編集
Swiftツールから出した数字は
大き過ぎる。

$(10^3)^3 = 10^9$
となってしまいNG

今回は
（30　60　30）
とした。

メッシュ分割の準備⑤

snappyHexMeshDict

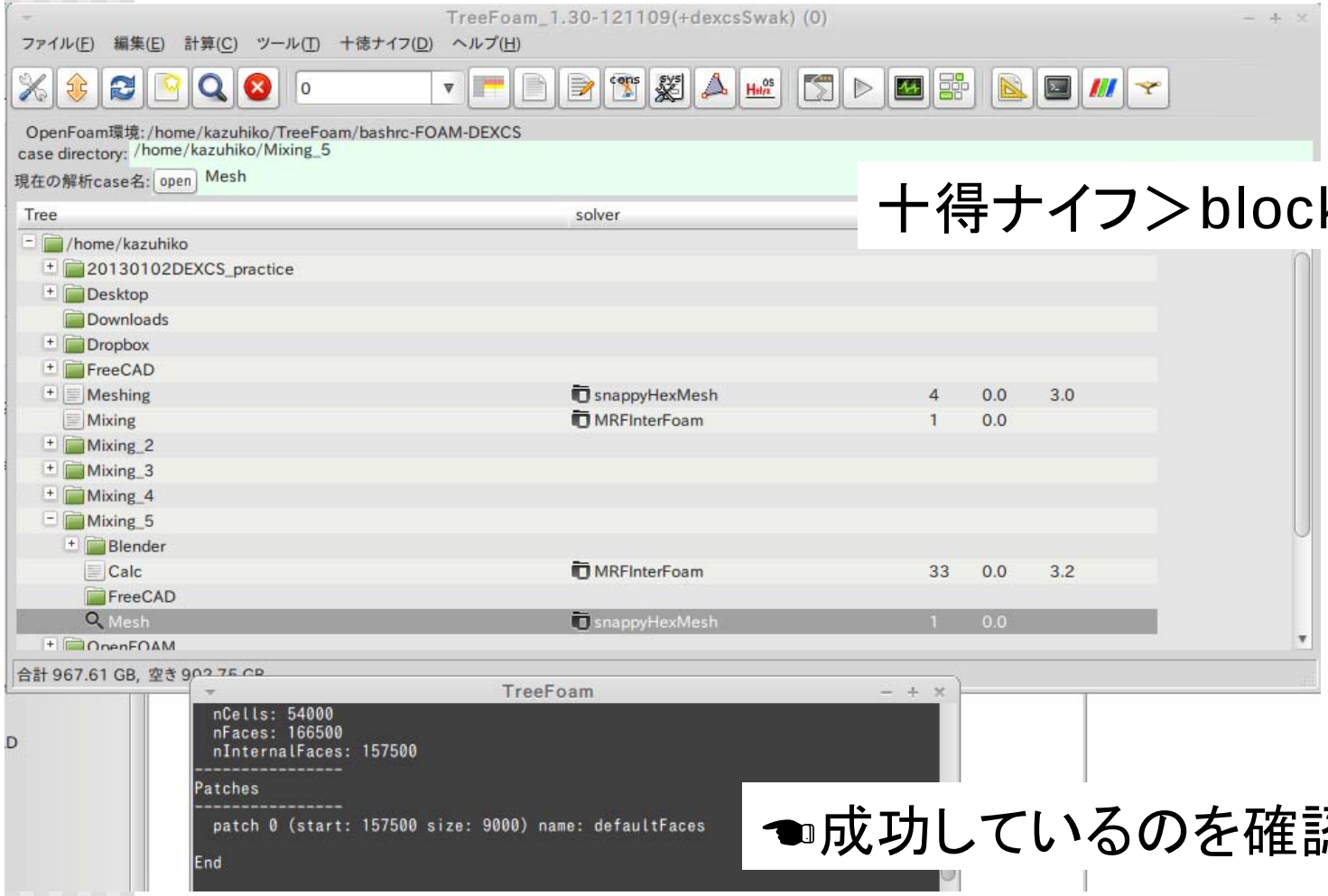
```
42 castellatedMeshControls
43 {
44     features
45     (
46         {
47             file "level0.eMesh";
48             level 0;
49         }
50     );
51     refinementSurfaces
52     {
53         open
54         {
55             level (0 0);
56         }
57         blade
58         {
59             level (3 4);
60         }
61         blade_area
62         {
63             level (2 3);
64 //------<< Add >>---------------//
65             faceZone rotate_area;
66             cellZone rotete_area;
67             cellZoneInside inside;
68 //-----------------------------//
69         }
70         tank
71         {
72             level (0 0);
73         }
74     }
75     refinementRegions
76     {
77     }
78 //------<< Change >>------------//
79     locationInMesh (0 500 0);
80
81     maxLocalCells 100000;
82     maxGlobalCells 2000000;
83     minRefinementCells 0;
84     nCellsBetweenLevels 1;
85     resolveFeatureAngle 30;
86     allowFreeStandingZoneFaces true;
87 }
88
89 addLayersControls
90 {
91     layers
92     {
93         "open.*"
94         {
95             nSurfaceLayers 0;
```

SnappyHexDictを解析に合わせて変更する。
またファイル内をチェック。

今回はMRFInterFoamをソルバーで使うので、回転領域はcellZoneにする。

locationInMeshをメッシュを切る位置に

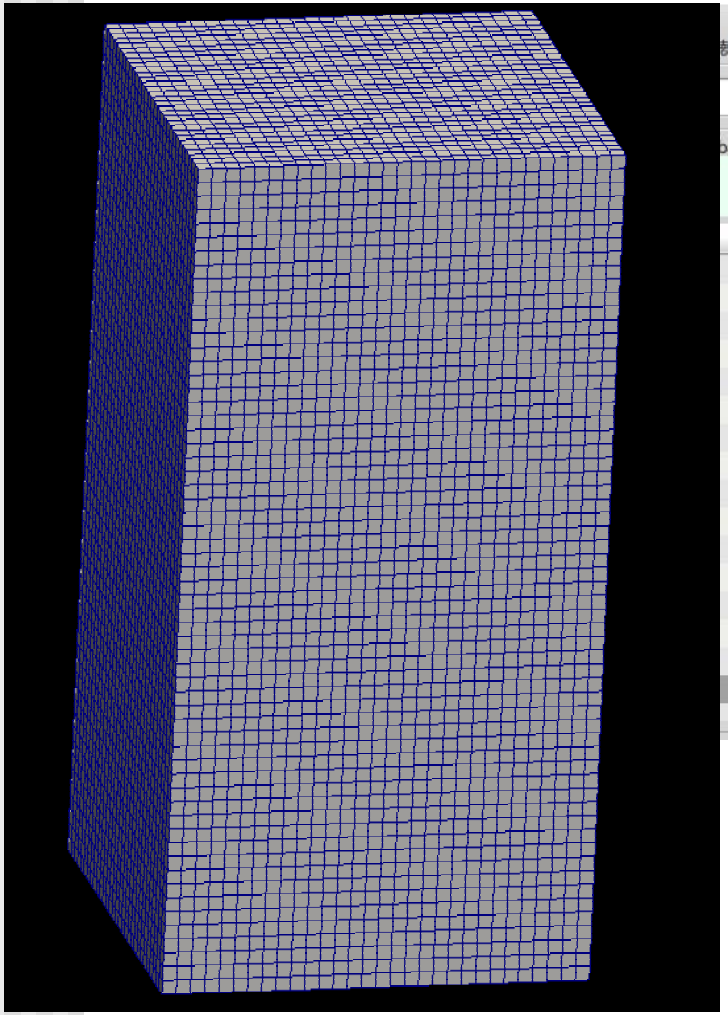
blockMeshを実行

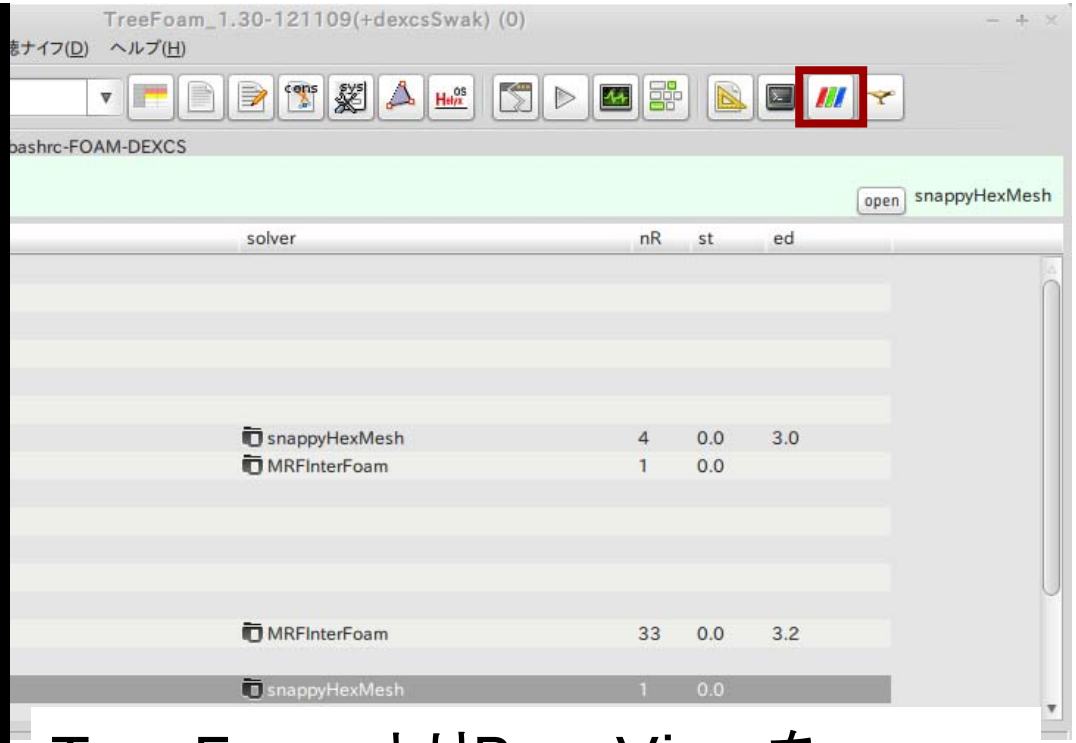


十得ナイフ＞blockMeshの実行

☜成功しているのを確認する。

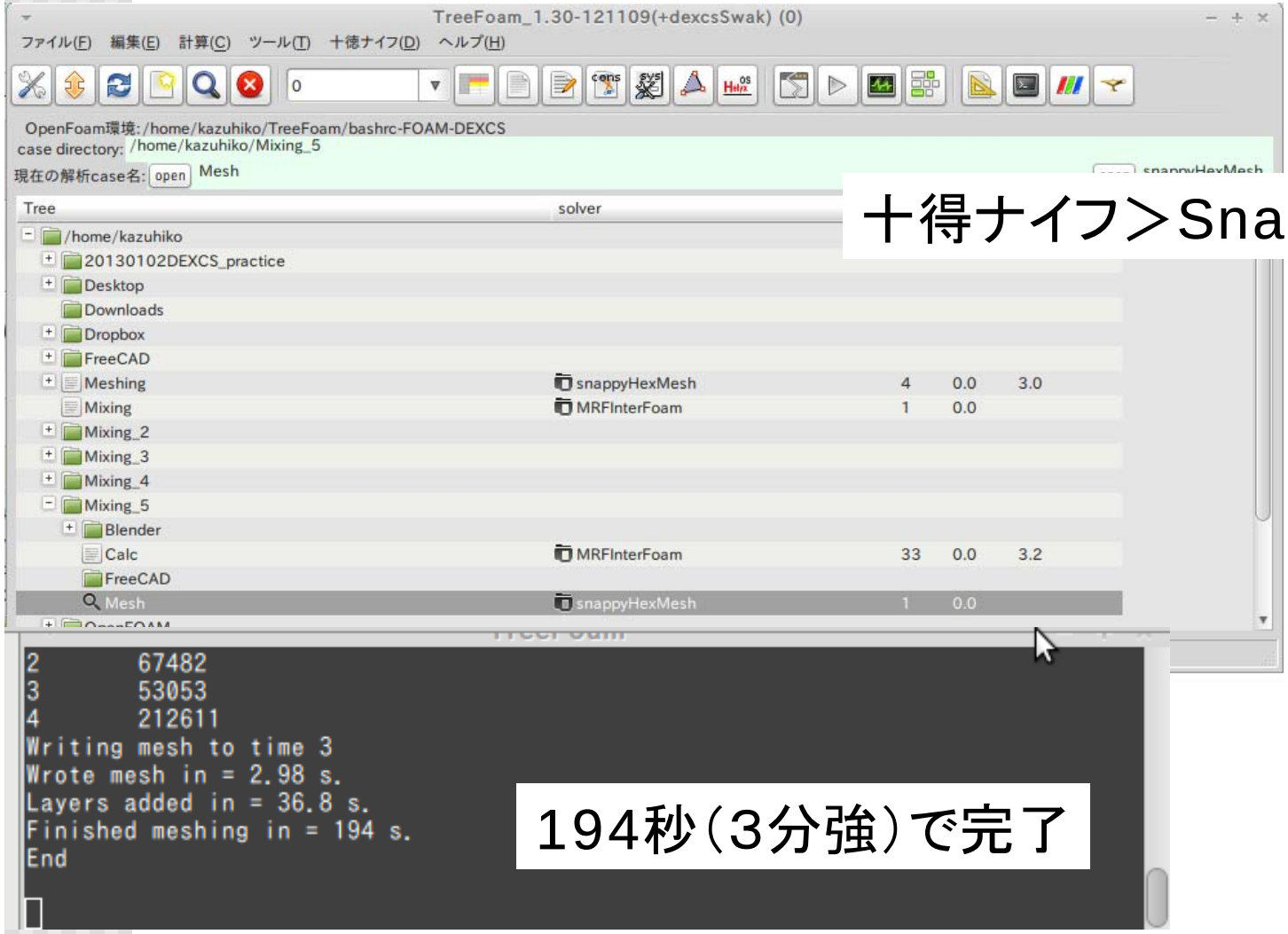
blockMeshを実行・確認





TreeFoamよりParaViewを
起動して確認する。
メッシュのアスペクト比に問題ないか
チェック

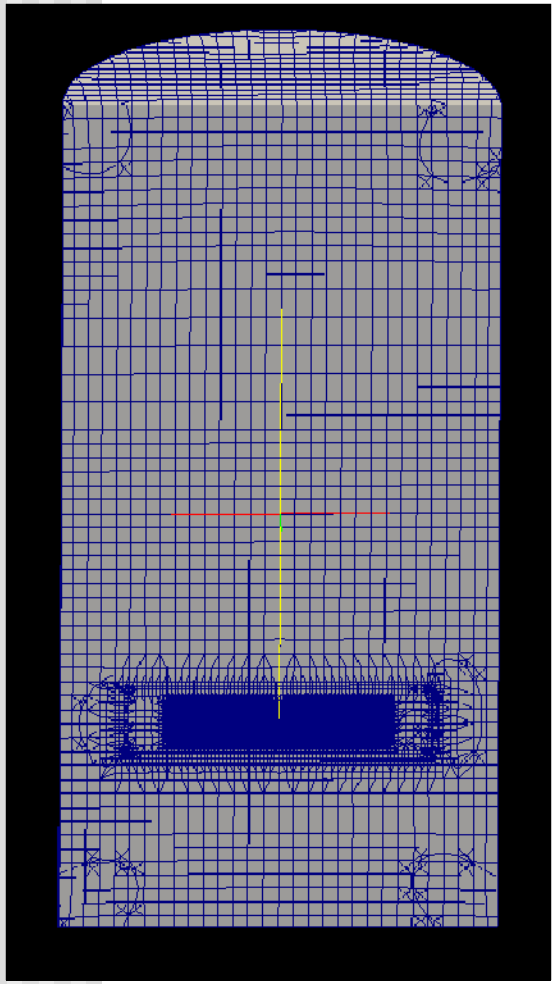
SnappyHexを実行する

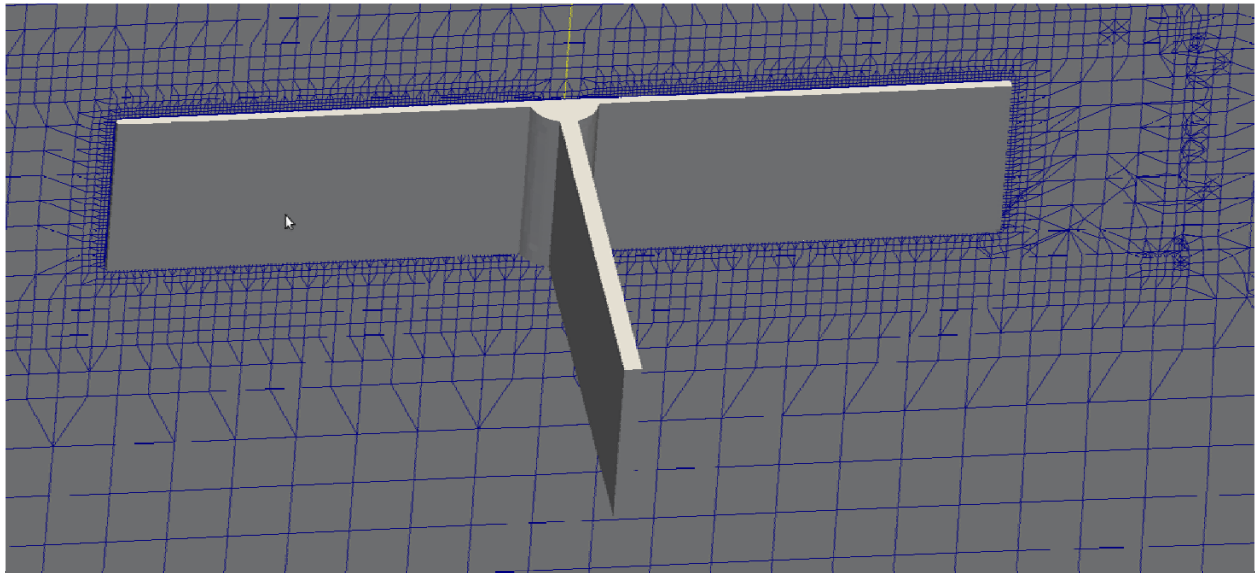


十得ナイフ＞SnappyHexの実行

194秒（3分強）で完了

ParaViewでメッシュの確認





撹拌翼近傍は意図した通りのメッシュになっている。

【疑問】タンクにレイヤができていないが？

（参考）SnappyHexの並列実行

decomposeParDict

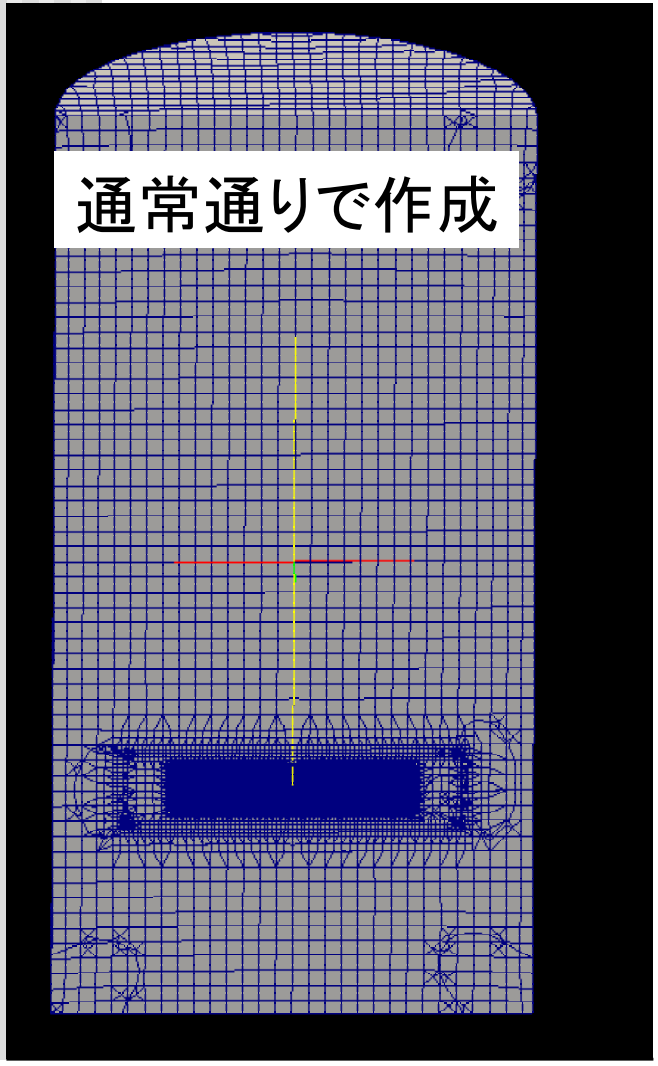
```
/*--------------------------------*- C++ -*----------------------------------
| =========                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
|  \\    /   O peration     | Version:  1.6.x
|   \\  /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org
|    \\/     M anipulation  |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "system";
    object      decomposeParDict;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *


numberOfSubdomains 4;

//- Keep owner and neighbour on same processor for faces in zones:
// preserveFaceZones (heater solid1 solid3);

//- Keep owner and neighbour on same processor for faces in patches:
//  (makes sense only for cyclic patches)
//preservePatches (cyclic left right);


method          simple;
// method          hierarchical;
// method          simple;
// method          metis;
// method          manual;

simpleCoeffs
{
    n               ( 2 1 2 );
    delta           0.001;
}
```

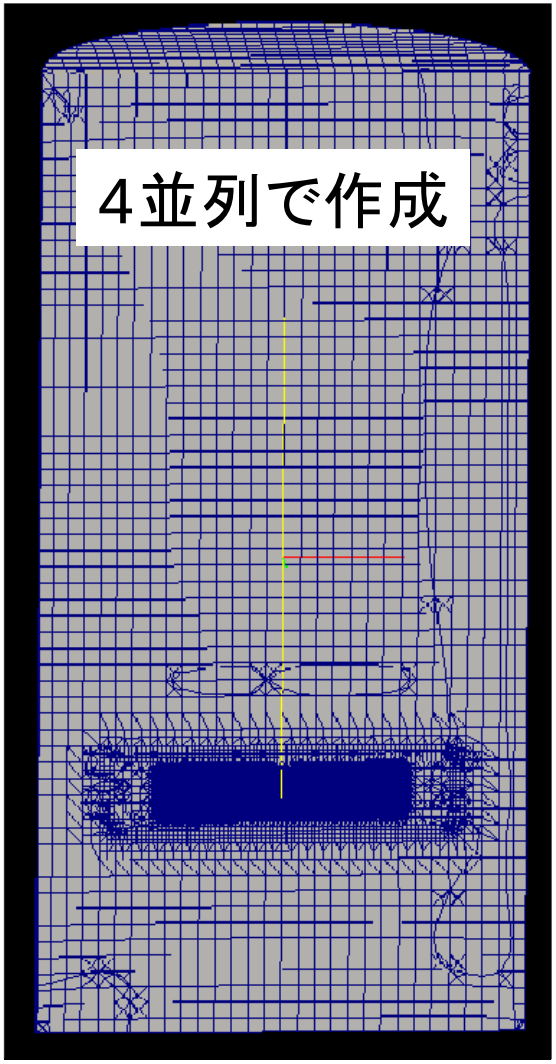
4並列で実行するように設定

①decompose実行

②並列処理で実行

（参考）通常と並列処理の違い



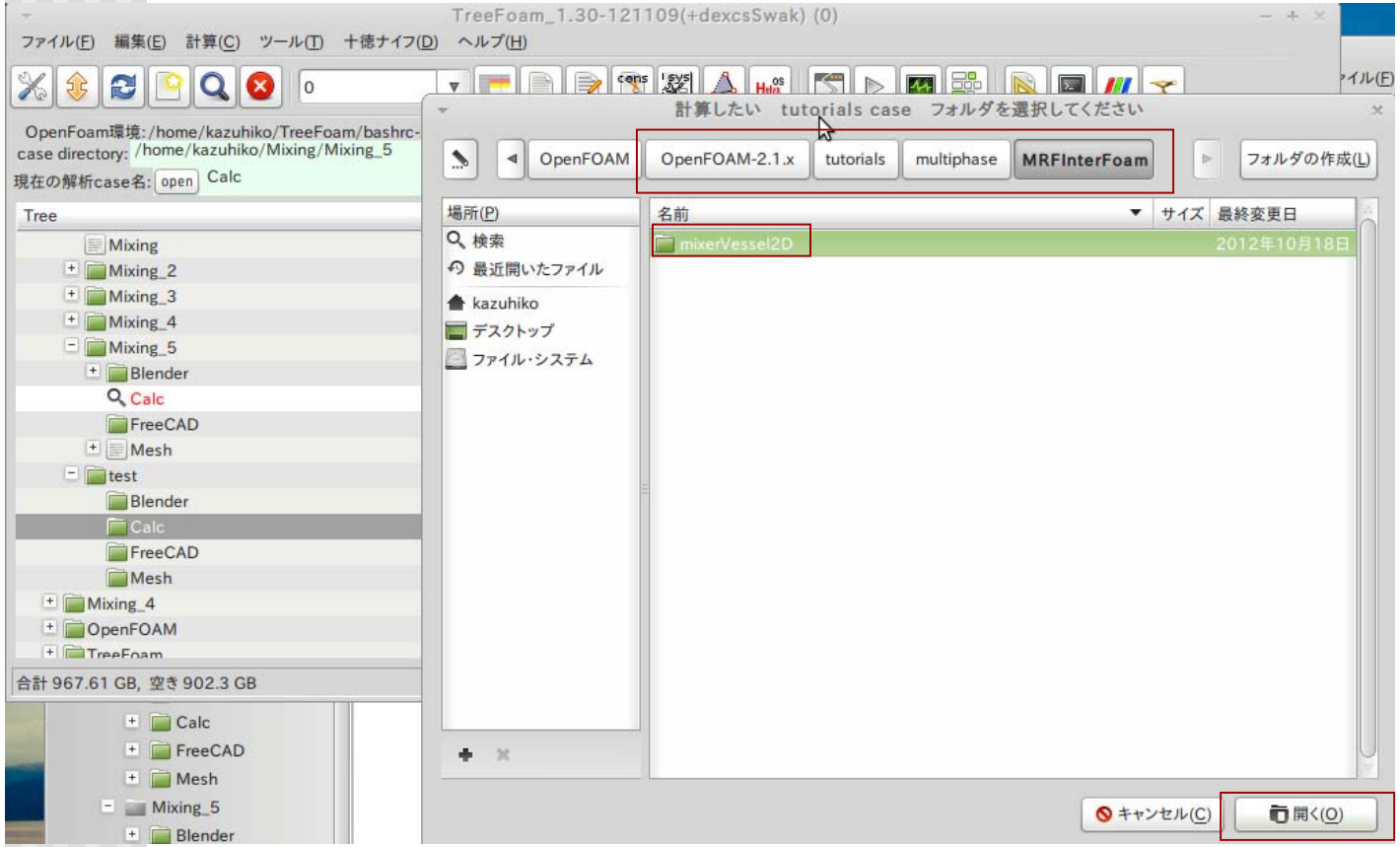


断面を見ると、
全く同じではない。

90.8秒くらいで作成
⇒約半分くらい向上

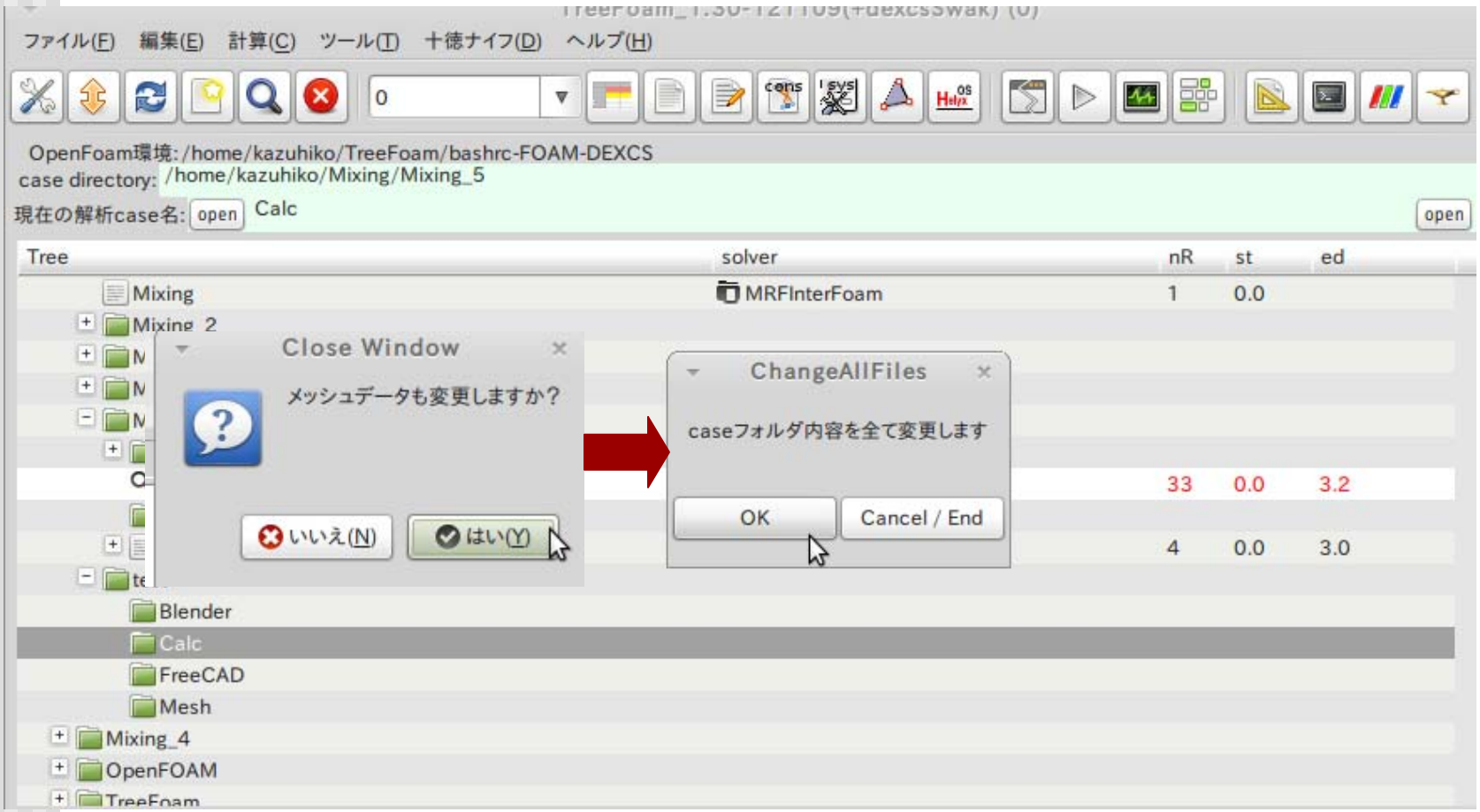
チェックメッシュも通った

Calcディレクトリの設定



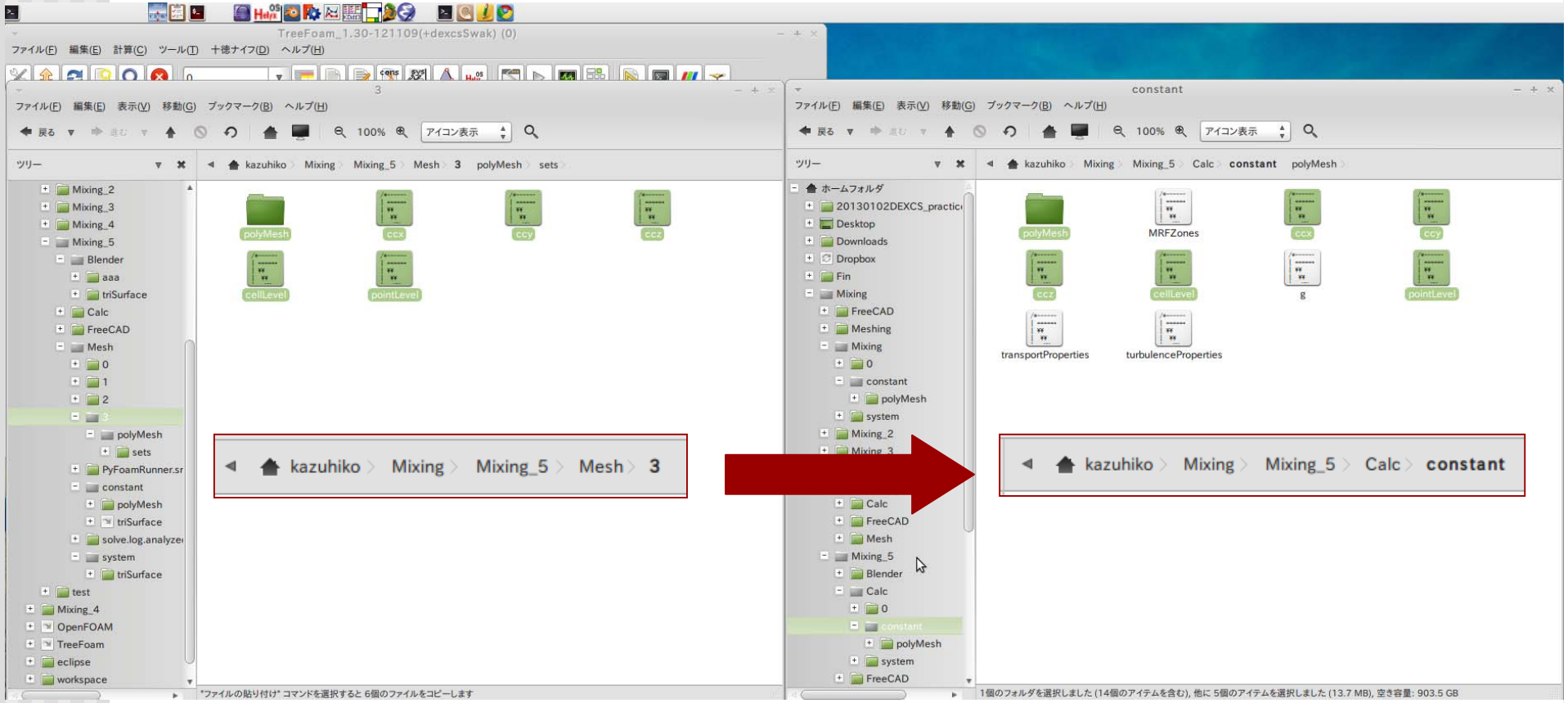
①十得ナイフ＞テンプレートケース選択・変更を選択
②tutorials＞multipahse＞MRFInterFoam＞mixingVessel2Dを選択
③開く

Calcディレクトリの設定



①メッシュデータも変更しますか？ 『はい』を選択
②caseフォルダ内容を全て変更します『OK』を選択

メッシュデータのコピー



Meshでできた3ディレクトリの中身を、Calc＞constantに上書きコピーする

boundaryファイルの更新

boundary (~/Mixing/Mixing_5/Calc/constant/polyMesh) - gedit

```
/*---------------------------------*- C++ -*----------------------------------*\
| =========                 |                                                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox           |
|  \\    /   O peration     | Version:  2.1.x                                 |
|   \\  /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org                      |
|    \\/     M anipulation  |                                                 |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       polyBoundaryMesh;
    location    "3/polyMesh";
    object      boundary;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

5
(
    defaultFaces
    {
        type            empty;
        nFaces          0;
        startFace       1185881;
    }
    open_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    {
        type            wall;
        nFaces          670;
        startFace       1185881;
    }
    blade_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    {
        type            wall;
        nFaces          47523;
        startFace       1186551;
    }
    blade_area_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    {
        type            wall;
        nFaces          0;
        startFace       1234074;
    }
    tank_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    {
        type            wall;
        nFaces          5402;
        startFace       1234074;
    }
)

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

*boundary (~/Mixing/Mixing_5/Calc/constant/polyMesh) - gedit

```
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox           |
|  \\    /   O peration     | Version:  2.1.x                                 |
|   \\  /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org                      |
|    \\/     M anipulation  |                                                 |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       polyBoundaryMesh;
    location    "3/polyMesh";
    object      boundary;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

//5
3
(
/*  defaultFaces
    {
        type            empty;
        nFaces          0;
        startFace       1185881;
    }
*/
//  open_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    open
    {
//      type            wall;
        type            patch;
        nFaces          670;
        startFace       1185881;
    }
//  blade_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    blade
    {
        type            wall;
        nFaces          47523;
        startFace       1186551;
    }
/*  blade_area_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    {
        type            wall;
        nFaces          0;
        startFace       1234074;
    }
*/
//  tank_ExportedfromBlender-2.64(sub0)
    tank
    {
        type            wall;
        nFaces          5402;
        startFace       1234074;
    }
)

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

nFacesがゼロのものは使わない

わかりやすい名称にする

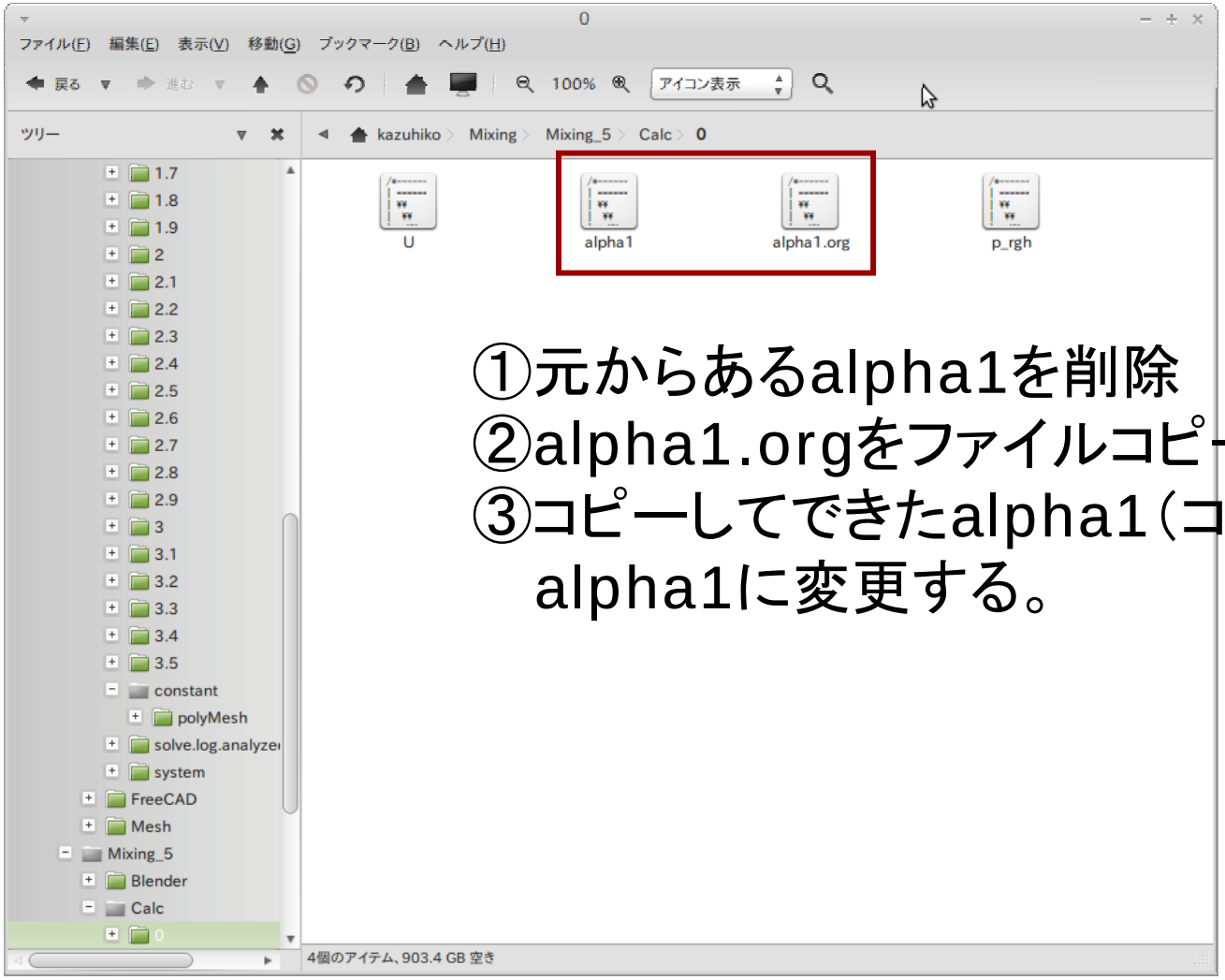
壁じゃないので、wall→patchに変更する。

わかりやすい名称にする

nFacesがゼロのものは使わない

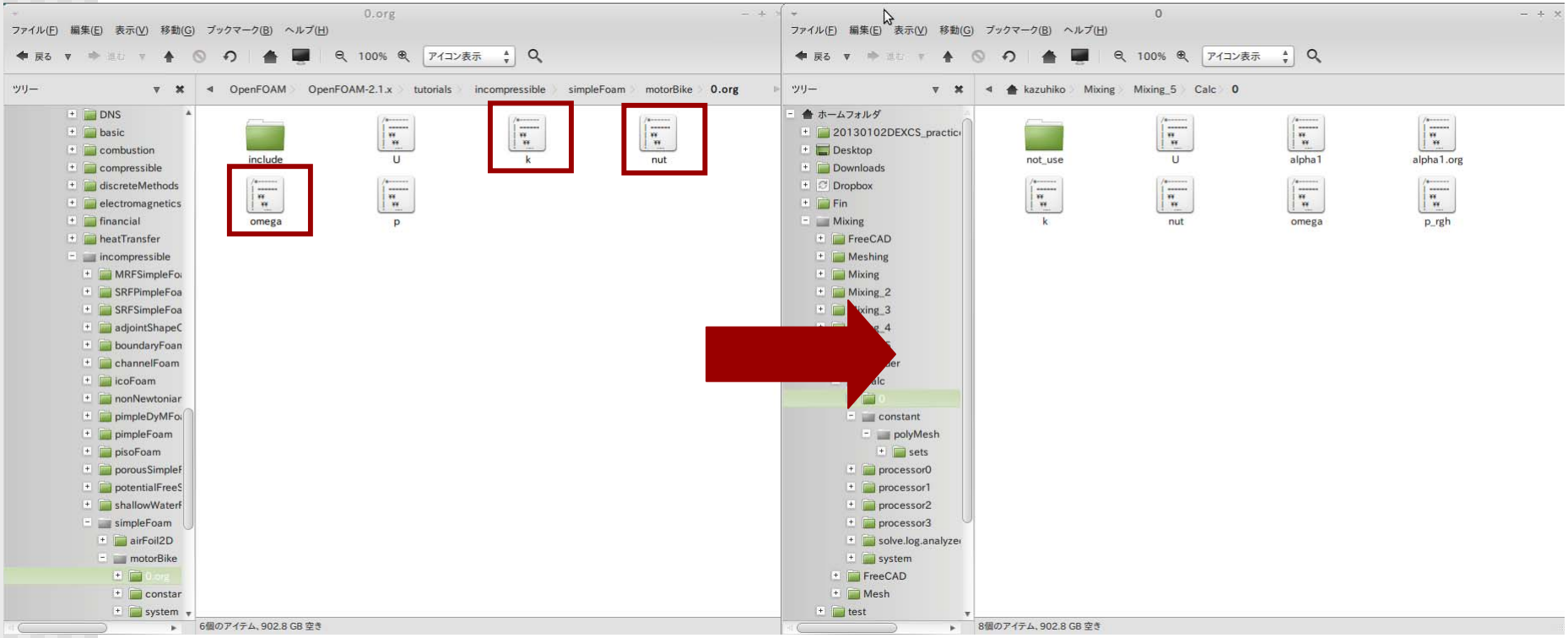
わかりやすい名称にする

0フォルダの修正



①元からあるalpha1を削除
②alpha1.orgをファイルコピーする。
③コピーしてできたalpha1（コピー）.orgを
alpha1に変更する。

0フォルダ内のファイル修正



各物理量に対し、条件に即した設定をしていく。
※k,omega,nutはmotorBikeのチュートリアルから引用

GridEditorで整合性を確認

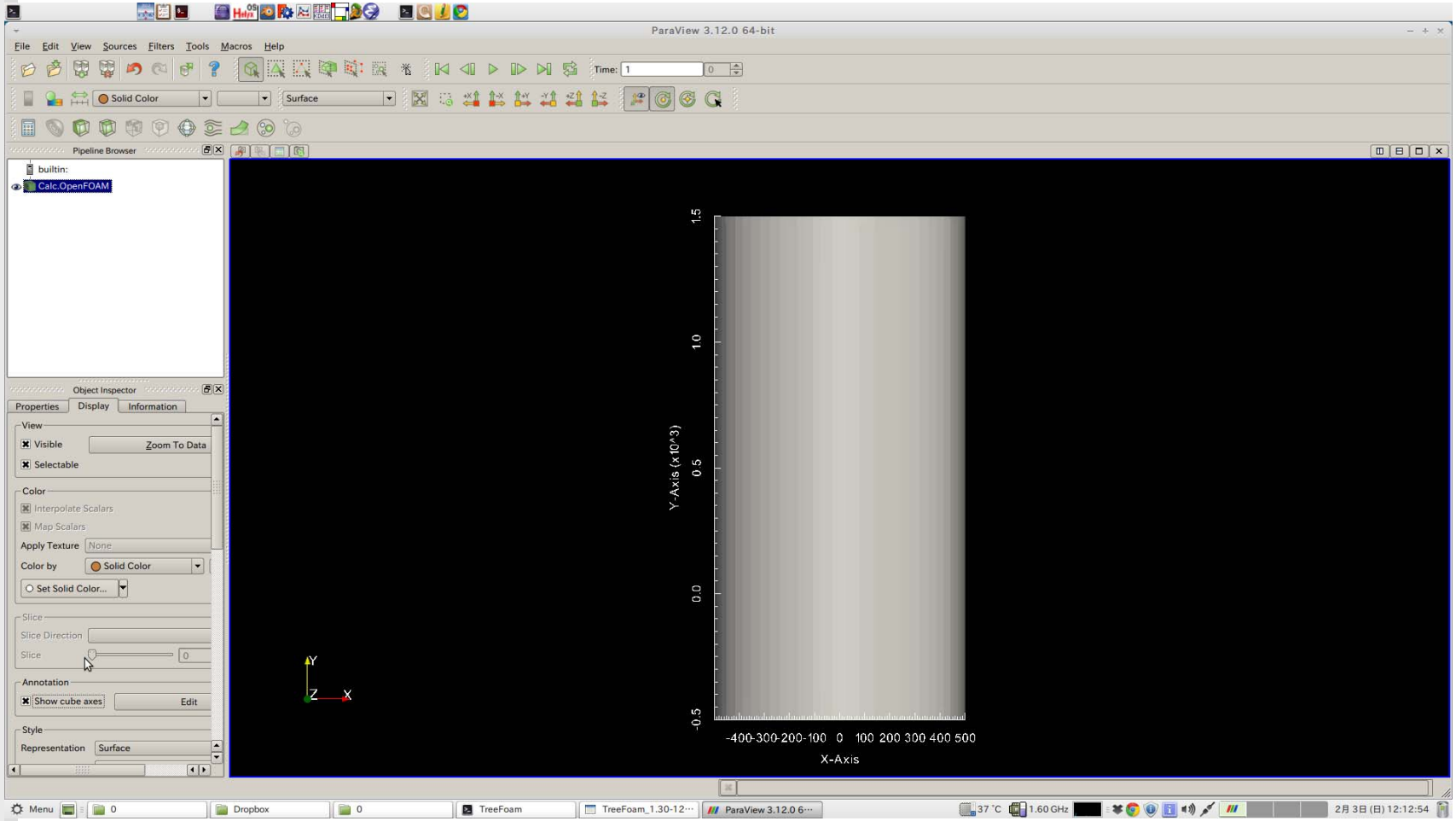
gridEditor: Calc/0/. (0:0)

ファイル(F)　編集(E)　表示(V)

	define patch (boundary)	U	alpha1	alpha1.org	k	nut	omega	p_rgh
field type dimensions		volVectorField; [0 1 -1 0 0 0 0];	volScalarField; [0 0 0 0 0 0 0];	volScalarField; [0 0 0 0 0 0 0];	volScalarField; [0 2 -2 0 0 0 0];	volScalarField; [0 2 -1 0 0 0 0];	volScalarField; [0 0 -1 0 0 0 0];	volScalarField; [1 -1 -2 0 0 0 0];
internal Field		uniform (0 0 0);	nonuniform List<scalar> 385256 (1 1...	uniform 0;	uniform 0;	uniform 0;	uniform 1;	uniform 0;
open	type patch;	type zeroGradient;	type zeroGradient;	type zeroGradient;	type inletOutlet; inletValue $internalField; value $internalField;	type calculated; value uniform 0;	type inletOutlet; inletValue $internalField; value $internalField;	type fixedValue; value uniform 0;
blade	type wall;	type fixedValue; value uniform (0 0 0);	type zeroGradient;	type zeroGradient;	type kqRWallFunction; value $internalField;	type nutkWallFunction; value uniform 0;	type omegaWallFunction; value $internalField;	type zeroGradient;
tank	type wall;	type fixedValue; value uniform (0 0 0);	type zeroGradient;	type zeroGradient;	type kqRWallFunction; value $internalField;	type nutkWallFunction; value uniform 0;	type omegaWallFunction; value $internalField;	type zeroGradient;

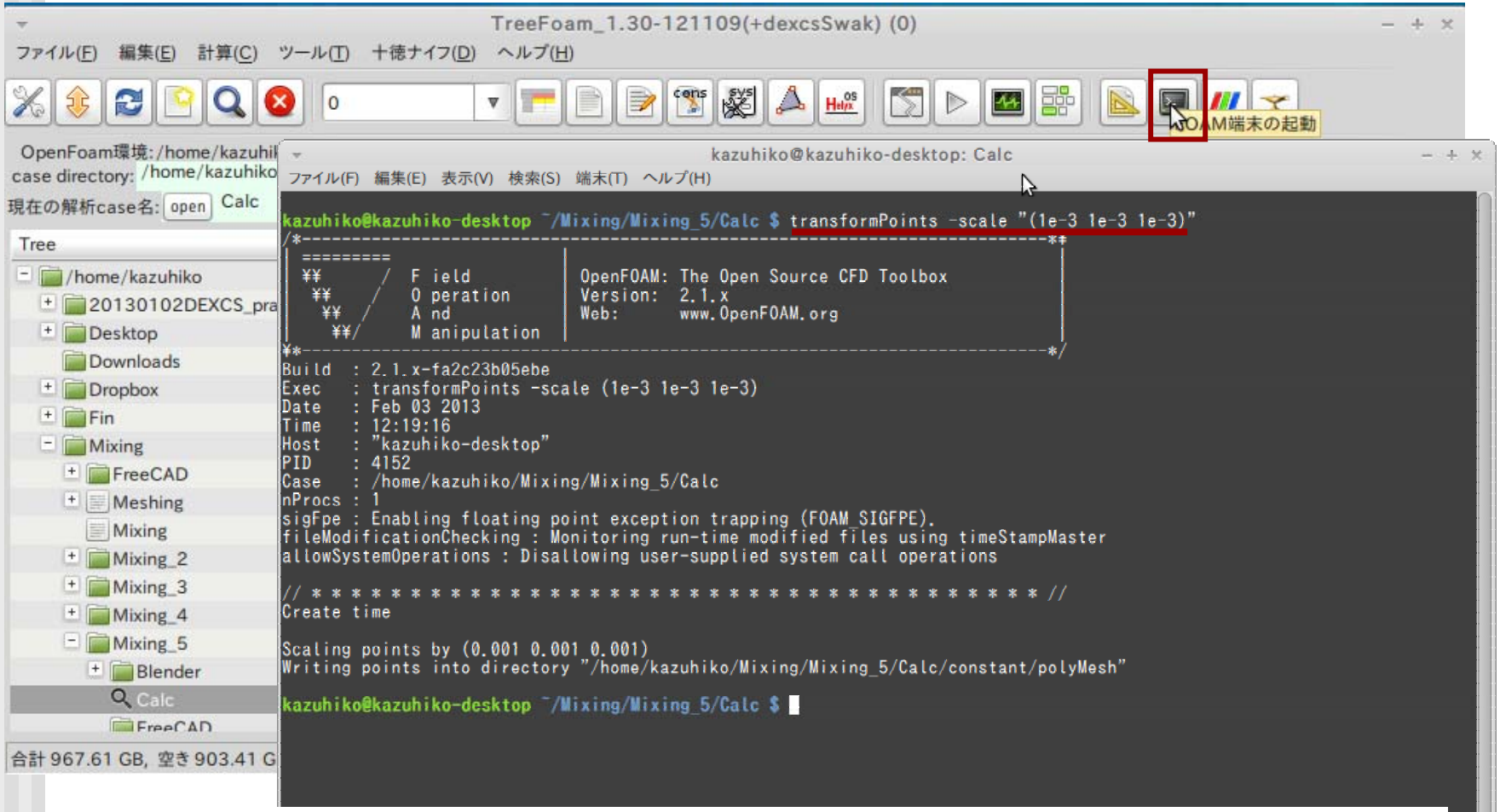
Omegaの初期値はゼロにはできない。
（ゼロ割が発生するため）

ParaViewでスケールを確認



FreeCADにて、mm単位で作成していたので、スケールが1000倍

スケール変換を行う



FOAM端末を起動し、transformPoint･･･でスケール変換

Constant内のファイルを変更

MRFZones (~/Mixing/Mixing_5/Calc/constant) - gedit

```
/*---------------------------------*- C++ -*----------------------------------*\
| =========                 |                                                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox           |
|  \\    /   O peration     | Version:  2.1.x                                 |
|   \\  /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org                      |
|    \\/     M anipulation  |                                                 |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "constant";
    object      MRFZones;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

1
(
//    rotor
    rotete_area
//    blade_area;
    {
        // Fixed patches (by default th
        nonRotatingPatches ();

        origin    (0 0 0);
        axis      (0 1 0);
        omega     constant 19;
    }
)

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

原点は翼中心に
回転軸はY軸

回転数(rad/s)を入力

g (~/Mixing/Mixing_5/Calc/constant) - gedit

```
/*---------------------------------*- C++ -*----------------------------------*\
| =========                 |                                                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox           |
|  \\    /   O peration     | Version:  2.1.x                                 |
|   \\  /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org                      |
|    \\/     M anipulation  |                                                 |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       uniformDimensionedVectorField;
    location    "constant";
    object      g;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

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

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

Y軸のマイナス方向へ

Constant内のファイルを変更

RASProperties (~/Mixing/Mixing_5/Calc/constant) - gedit

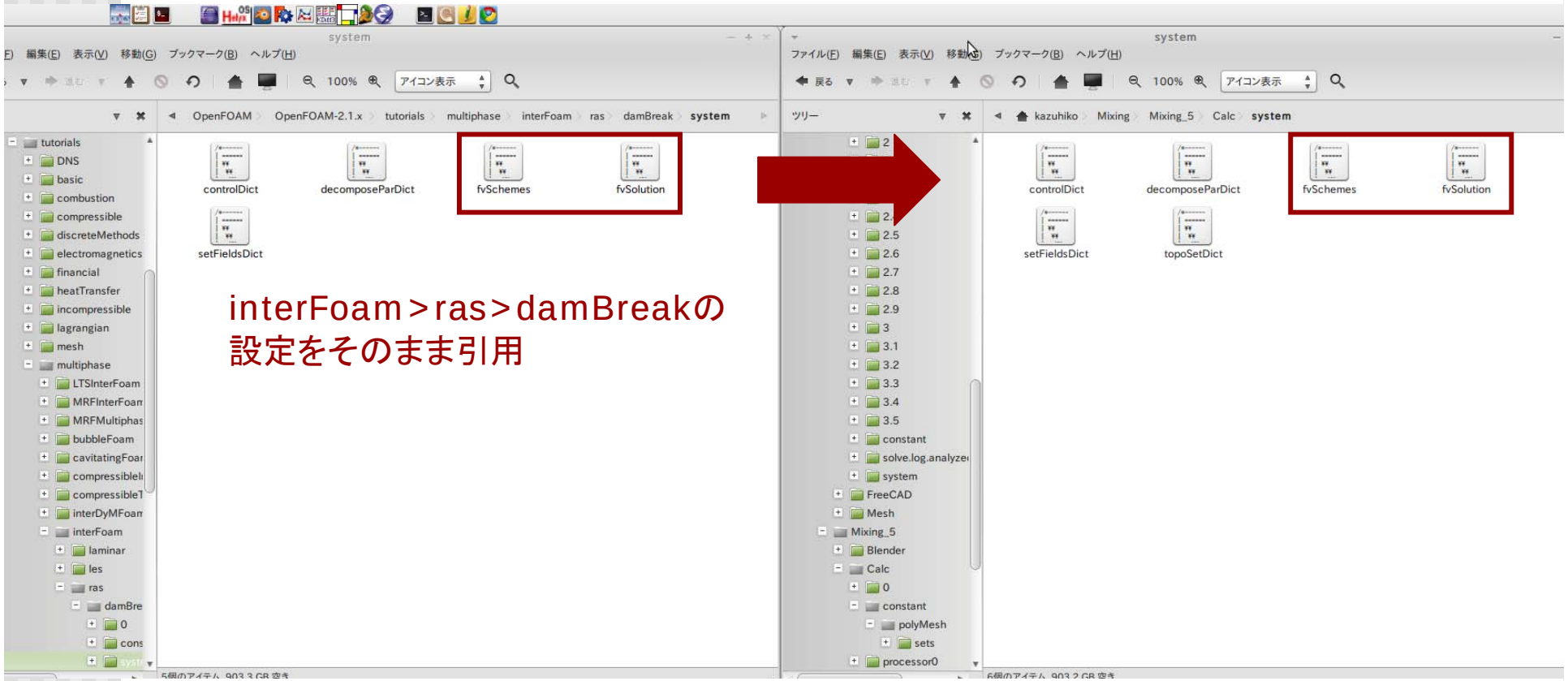
```
/*---------------------------------*- C++ -*----------------------------------*¥
| =========                 |
| ¥¥      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
| ¥¥     /   O peration     | Version:  2.1.x
| ¥¥    /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org
| ¥¥/       M anipulation  |
¥*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "constant";
    object      RASProperties;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

RASModel        kOmegaSST;

turbulence      on;

printCoeffs     on;


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

turbulenceProperties (~/Mixing/Mixing_5/Calc/constant) - gedit

```
/*---------------------------------*- C++ -*----------------------------------*¥
| =========                 |
| ¥¥      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
| ¥¥     /   O peration     | Version:  2.1.x
| ¥¥    /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org
| ¥¥/       M anipulation  |
¥*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "constant";
    object      turbulenceProperties;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

//simulationType  laminar;

simulationType  RASModel;


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

乱流モデルにk-ωSSTモデルを選んだ。
※RASPropertiesはdamBreakのチュートリアルからコピー
※ k-εモデルは発散した。

fvSchemesとfvSolutionの変更



MRFinterFoamはデフォルトが層流になっているので、
RANSのスキームの定義が必要。

計算設定の変更

controlDict (~/Mixing/Mixing_5/Calc/system) - gedit

```
/*--------------------------------*- C++ -*----------------------------------*\
| =========                 |                                                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox           |
| \\    /   O peration     | Version:  2.1.x                                 |
| \\  /     A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org                      |
| \\/       M anipulation  |                                                 |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "system";
    object      controlDict;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

application     MRFInterFoam;

startFrom       startTime;

startTime       0;

stopAt          endTime;

endTime         4;

//deltaT          1e-3;
deltaT          1e-4;

writeControl    adjustableRunTime;

writeInterval   0.1;

purgeWrite      0;

writeFormat     ascii;

writePrecision  6;

writeCompression uncompressed;

timeFormat      general;

timePrecision   6;

runTimeModifiable yes;

//adjustTimeStep  yes;
adjustTimeStep  no;

maxCo           0.5;
maxAlphaCo      0.5;

maxDeltaT       1;


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

クーラン数を見て決定

Δtの変更はなし

fvSolution (~/Mixing/Mixing_5/Calc/system) - gedit

```
{
    pcorr
    {
        solver          PCG;
        preconditioner  DIC;
        tolerance       1e-10;
        relTol          0;
    }

    p_rgh
    {
        solver          PCG;
        preconditioner  DIC;
        tolerance       1e-07;
        relTol          0.05;
    }

    p_rghFinal
    {
        solver          PCG;
        preconditioner  DIC;
        tolerance       1e-07;
        relTol          0;
    }

//    "(U|k|epsilon)"
    "(U|k|omega)"
    {
        solver          PBiCG;
        preconditioner  DILU;
        tolerance       1e-06;
        relTol          0;
    }

//    "(U|k|epsilon)Final"
    "(U|k|omega)Final"
    {
        solver          PBiCG;
        preconditioner  DILU;
        tolerance       1e-08;
        relTol          0;
    }
}

PIMPLE
{
    momentumPredictor no;
    nCorrectors     3;
    nNonOrthogonalCorrectors 0;
    nAlphaCorr      1;
    nAlphaSubCycles 4;
    cAlpha          2;
}


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

k-εモデルから
k-ωモデルに対応

fvSchemes (~/Mixing/Mixing_5/Calc/system) - gedit

```
/*--------------------------------*- C++ -*----------------------------------*\
| =========                 |                                                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox           |
| \\    /   O peration     | Version:  2.1.x                                 |
| \\  /     A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org                      |
| \\/       M anipulation  |                                                 |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "system";
    object      fvSchemes;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

                                        Euler;

{
    default         Gauss lin
}

divSchemes
{
    div(rho*phi,U)  Gauss upwind;
//    div(rho*phi,U)  Gauss linear;
    div(phi,alpha)  Gauss vanLeer;
    div(phirb,alpha) Gauss interfaceCompression;
    div(phi,k)      Gauss upwind;
//    div(phi,epsilon) Gauss upwind;
    div(phi,omega)  Gauss upwind;
    div(phi,R)      Gauss upwind;
    div(R)          Gauss linear;
    div(phi,nuTilda) Gauss upwind;
    div((muEff*dev(T(grad(U))))) Gauss linear;
}

laplacianSchemes
{
    default         Gauss linear corrected;
}

interpolationSchemes
{
    default         linear;
}

snGradSchemes
{
    default         corrected;
}
```

速度場は計算が不安定
⇒低次に変更

setFieildの実行

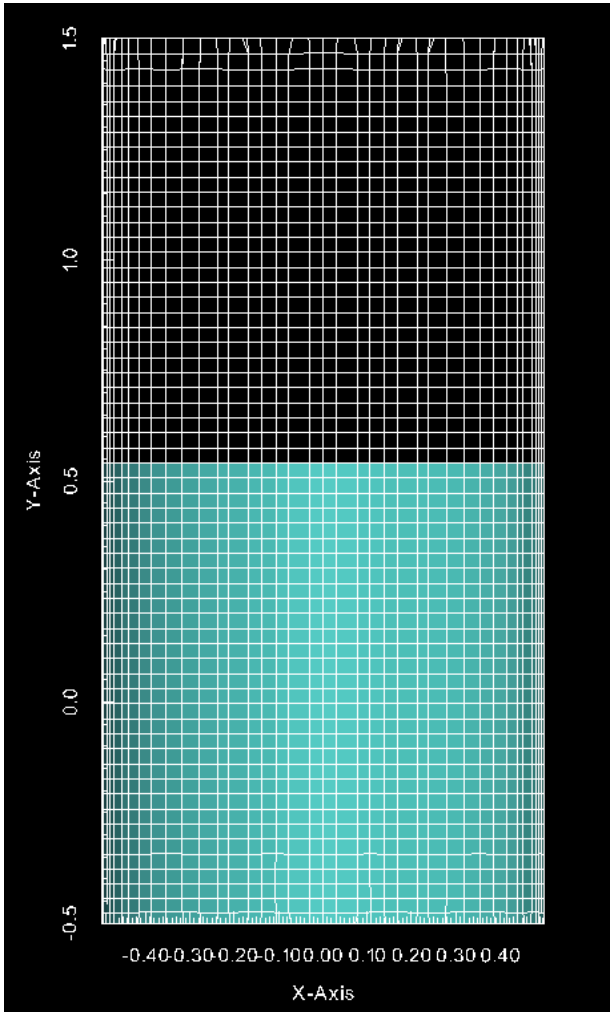
setFieldsDict (~/Mixing/Mixing_5/Calc/system) - gedit

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) ツール(T) ドキュメント(D) ヘルプ(H)

開く 保存 元に戻す

setFieldsDict

```
/*--------------------------------*- C++ -*----------------------------------*\
| =========                 |                                                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox           |
|  \\    /   O peration     | Version:  2.1.x                                 |
|   \\  /    A nd           | Web:      www.OpenFOAM.org                      |
|    \\/     M anipulation  |                                                 |
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "system";
    object      setFieldsDict;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //

defaultFieldValues
(
    volScalarFieldValue alpha1 0
);

regions
(
    boxToCell
    {
        box (-1 -1 -1) (1 0.55 1);
        fieldValues
        (
            volScalarFieldValue alpha1 1
        );
    }
);


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



decompose→計算実行

decomposeParDict (~/Mixing/Mixing_5/Calc/system) - gedit

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) ツール(T) ドキュメント(D) ヘルプ(H)

開く 保存 元に戻す

decomposeParDict

①decomposeParDictを設定

```
/*-------------------------------*- C++ -*----------------------------------*\
| =========                 |
| \\      /  F ield         | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
\*---------------------------------------------------------------------------*/
FoamFile
{
    version     2.0;
    format      ascii;
    class       dictionary;
    location    "system";
    object      decomposeParDict;
}
// * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * //


numberOfSubdomains 4;


//- Keep owner and neighbour on same processor for faces in zones:
// preserveFaceZones (heater solid1 solid3);

//- Keep owner and neighbour on same processor for faces in patches:
//  (makes sense only for cyclic patches)
//preservePatches (cyclic_left_right);


method          simple;
// method          hierarchical;
// method          simple;
// method          metis;
// method          manual;

simpleCoeffs
{
    n               ( 2 1 2 );
    delta           0.001;
}
```

コア数で決定

XZ面で分割

並列計算

並列計算の設定、計算開始

設定ファイルの作成

machines編集　接続状態の確認

並列計算するsubDomainを定義。

②decomposeParDictを実行

各cpu毎のmesh分割方法を定義。
既にmeshを領域分割している場合は不要

領域分割

mesh分割　各nodeに領域配布

cpu毎に領域分割、node毎に領域配布

並列計算

並列計算開始　lam(mpi)の停止

並列計算を開始します(mpirun)

結果の確認

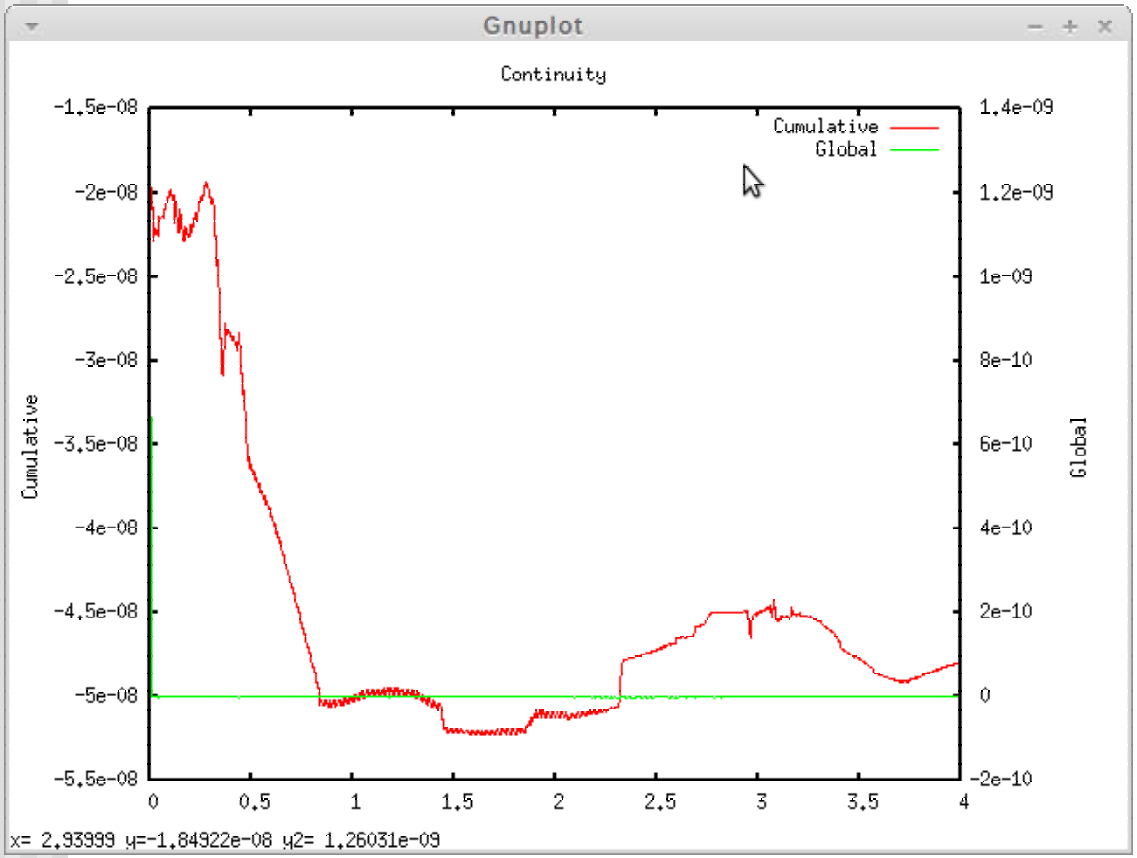
結果の再構築

実行後、cpu毎の計算結果を集め、結果を再構築します。

③並列計算開始

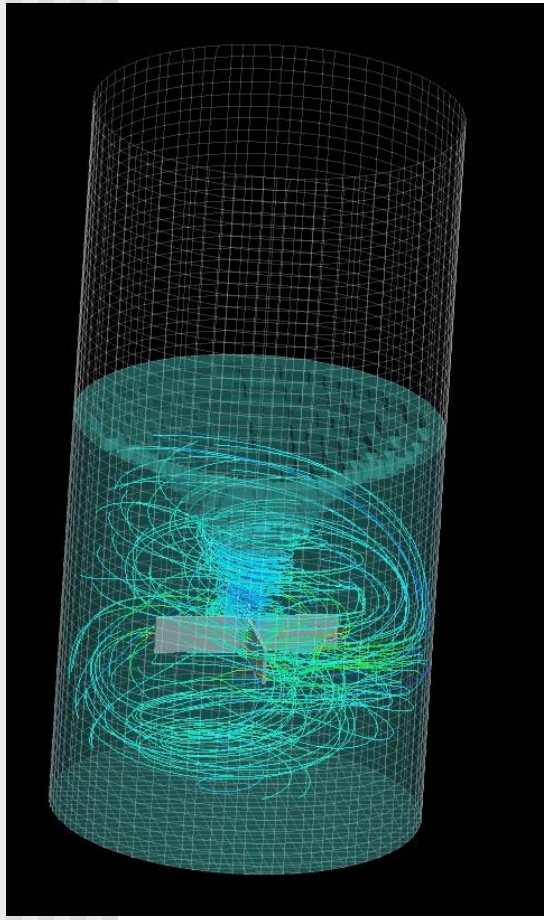
閉じる

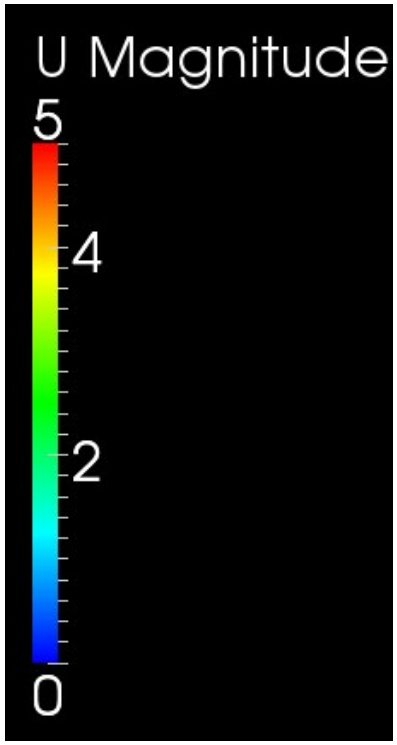
計算時間と残差

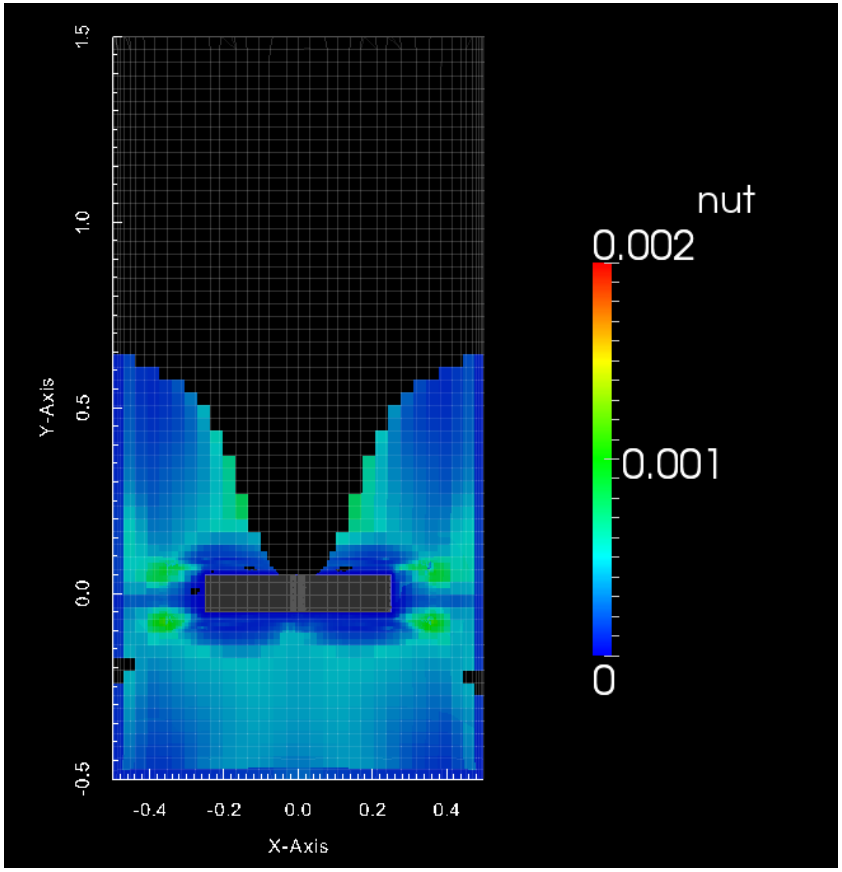


計算時間約39時間

結果

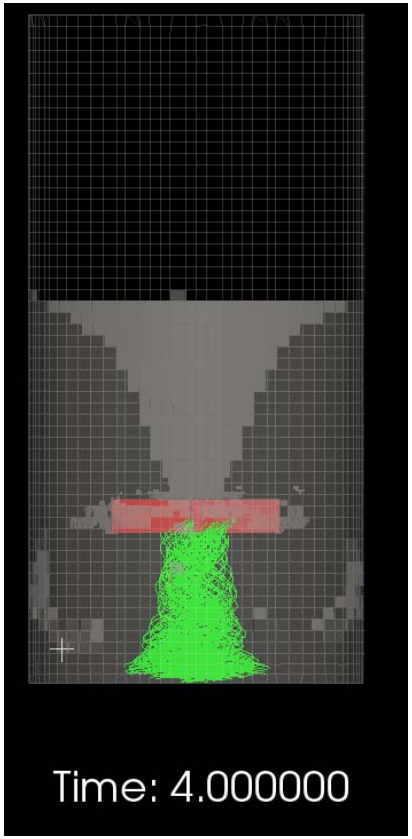






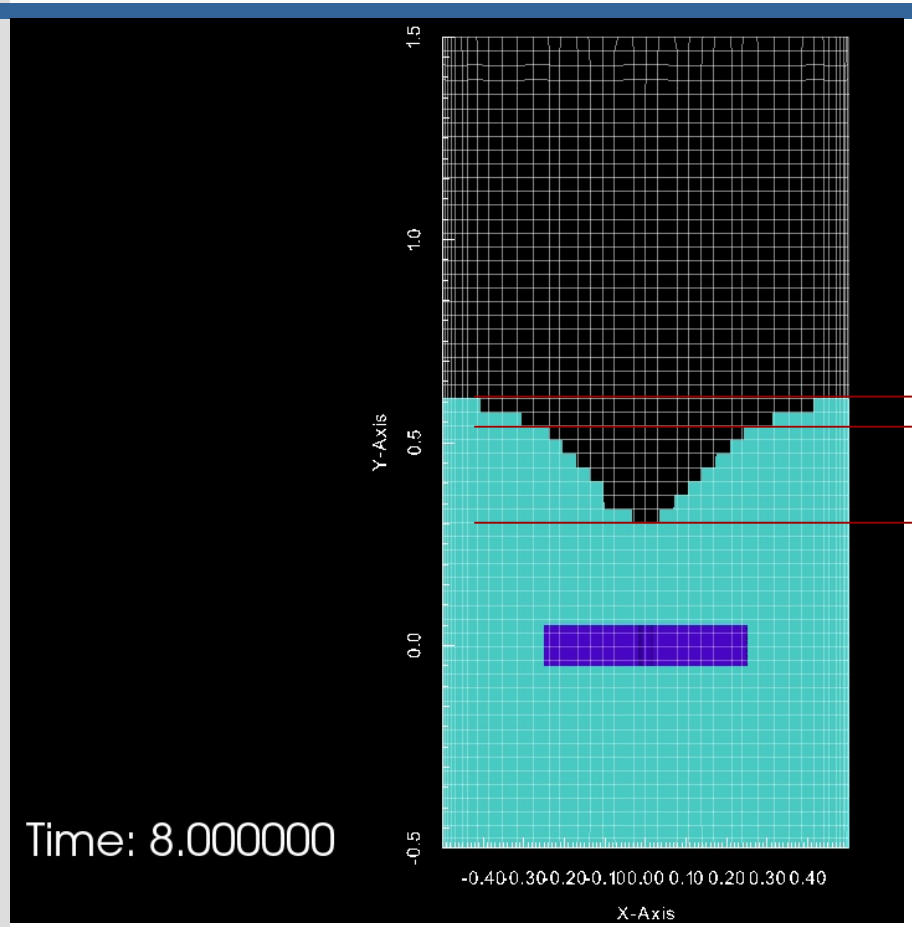
渦の発生も確認できた。乱流の影響も加味している。

結果（定性評価）



気泡も巻き込み、混ざらない領域である固体的回転領域も存在
定性的によく合っている。

結果（定量評価）



回転数を下げて計算
（19→12rad/s）

液面上昇：約100mm
液面低下：約250mm

実験式より
液面上昇：144mm
液面低下：344mm

メッシュが粗いため、実験式にはやや低めの値になっている。
乱流粘性が強過ぎるためか？

まとめと今後

1. DEXCS2012（OpenFOAM）に含まれる機能で、
   撹拌機の解析解を得られた。
   （FreeCAD→Blender→SnappyHex→計算実行）

2. 今回得られたノウハウをベースに、他の解析事例を増やす。

3. オリジナルソルバー開発も挑戦したい。