

OpenFOAMをはじめよう！ 流体解析入門者向け 超初級講習会 Ver.2017.1

2017/1/28

オープンCAE勉強会@関西



資料の見方

-  : クリックや選択の動作が必要な箇所に表示しています。
-  : 選択する箇所や重要な箇所は左の枠線で囲っています。
-  文章 : 動作や入力内容は左のテキストボックスで示しています。
-  文章 : 補足的な内容は左のテキストボックスで示しています。

講習会の流れ

- OpenFOAMについて

- 例題 バックステップ流れの解析
 - FreeCADによるモデルの作成
 - HelyxOSでメッシュの作成・条件設定
 - 計算実行とポスト処理

- 脱！超初級者の道
 - チュートリアルケースの実行

- 補足

OpenFOAMについて

OpenFOAMについて

- 無償・オープンソース（GPL）のCFDツールボックス
- 250ものアプリケーションと100を超えるソフトウェア
- 企業や学術・研究機関で使用されています



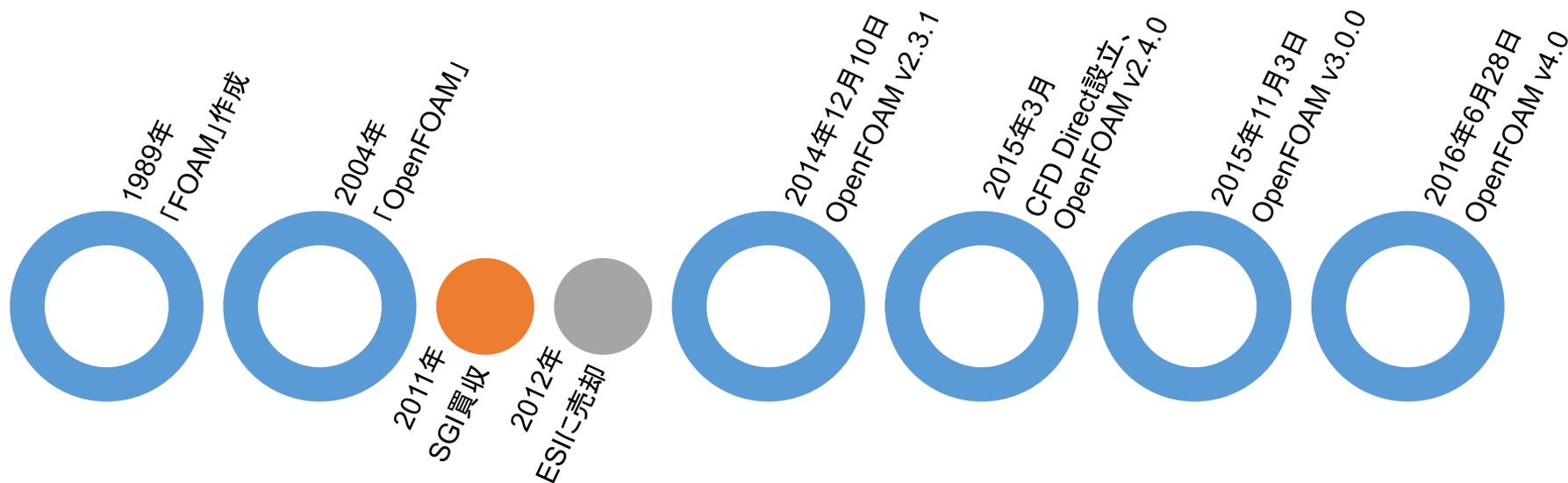
<http://openfoam.org/>



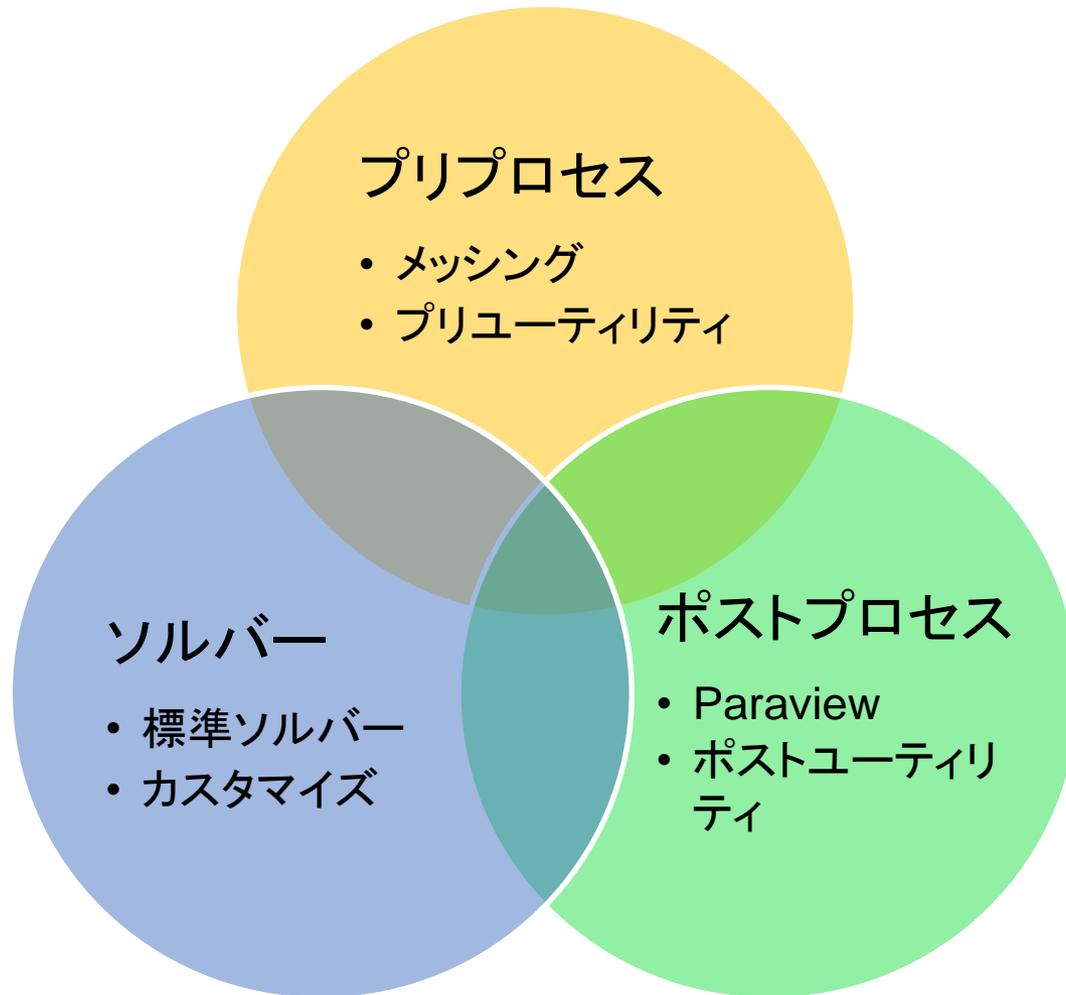
<http://www.openfoam.com/>

OpenFOAMについて

□ OpenFOAM年表

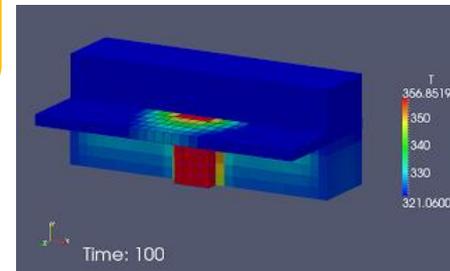
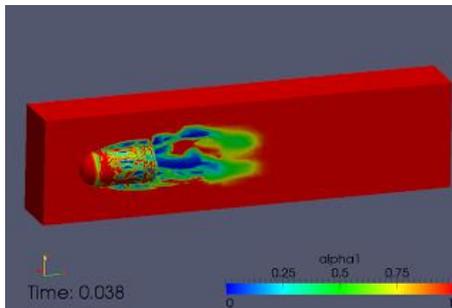
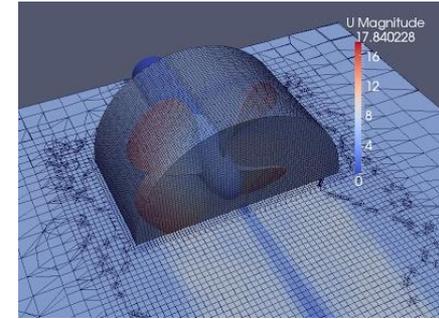
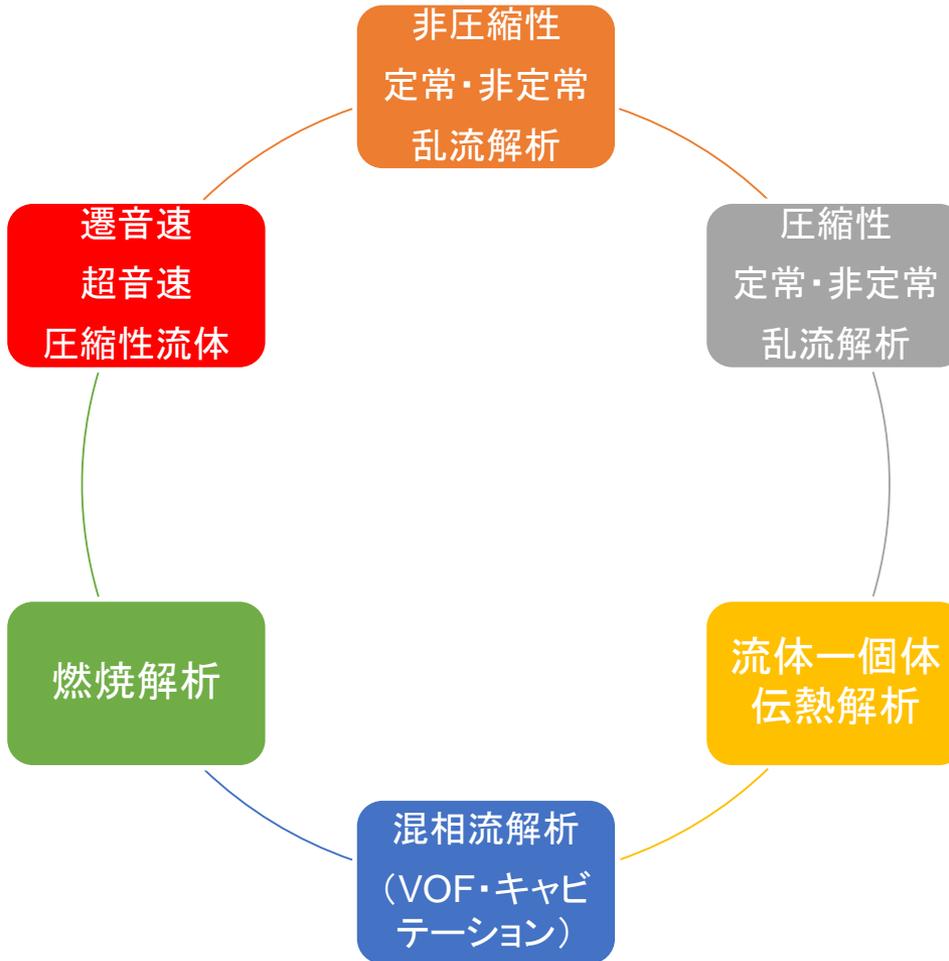
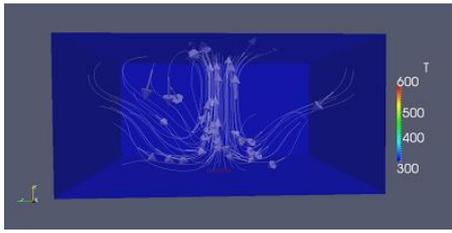


OpenFOAMについて



OpenFOAMについて

□標準ソルバーで計算できる範囲



OpenFOAMについて

[長所]

- ユーザーによるコミュニティが発展しているため
使用者同士での情報提供や助言等の恩恵が受けられます。

[短所]

- マニュアルはありますが、
公式のサポートはありません。
- 設定する数値などの目安は自分たちで
考える必要があります。
- (デフォルト値はありません)
- 操作はCUI(コマンドベース)です。

ex. メッシュ作成 → blockMesh
計算実行 → foamJob or simpleFoam

本講習会について

本講習会について

【目的】

- 計算の基本フローを押さえる！
- とにかくGUIでOpenFOAMのイメージをつかむ！
- OpenFOAMの周辺ツールの基本操作を知る！

OpenFOAMの入ったオールインワンパッケージ
DEXCS2016 for OpenFOAMを使う！

DEXCSとは

- オープンCAEシステム“DEXCS”は、オープンソースのソフトウェアを統合して、CAEのオールインワンシステムを構成しています。

要するに

オープンソースの解析ツールがひとつになったOSです。

DEXCS



OpenFOAM



CAD



ユーティリティ

OpenFOAM用GUI「HelyxOS」

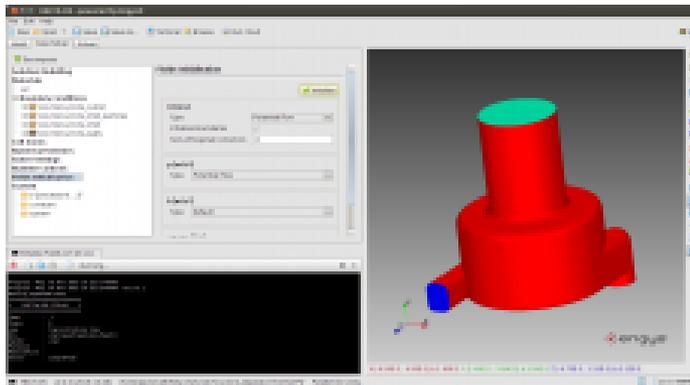
□Engys社の開発したOpenFOAM用のGUI

□商用版とオープンソース版があります。



□オープンソース版では
カスタム版のメッシャーと
ソルバが入っていない。

- Incompressible flows:** simpleFoam, pimpleFoam and pisoFoam with support for MRF and porous media modelling via fvOptions
- Compressible flows (low Ma):** rhoSimpleFoam and rhoPimpleFoam with support for MRF and porous media modelling via fvOptions
- Compressible flows (high Ma):** sonicFoam
- Heat transfer and buoyancy-driven flows:** buoyantSimpleFoam, buoyantPimpleFoam, buoyantBoussinesqSimpleFoam and buoyantBoussinesqPimpleFoam with support for MRF and porous media modelling via fvOptions
- VOF free-surface multi-phase flows:** interFoam
- Dynamic mesh:** pimpleDyMFoam, rhoPimpleDyMFoam, interDyMFoam



解析フロー

- 一般的な解析のフローを示します
- 本講習ではこのフローに従って作業をしていきます



例題：バックステップ流れ

仕様を考える：バックステップ流れ

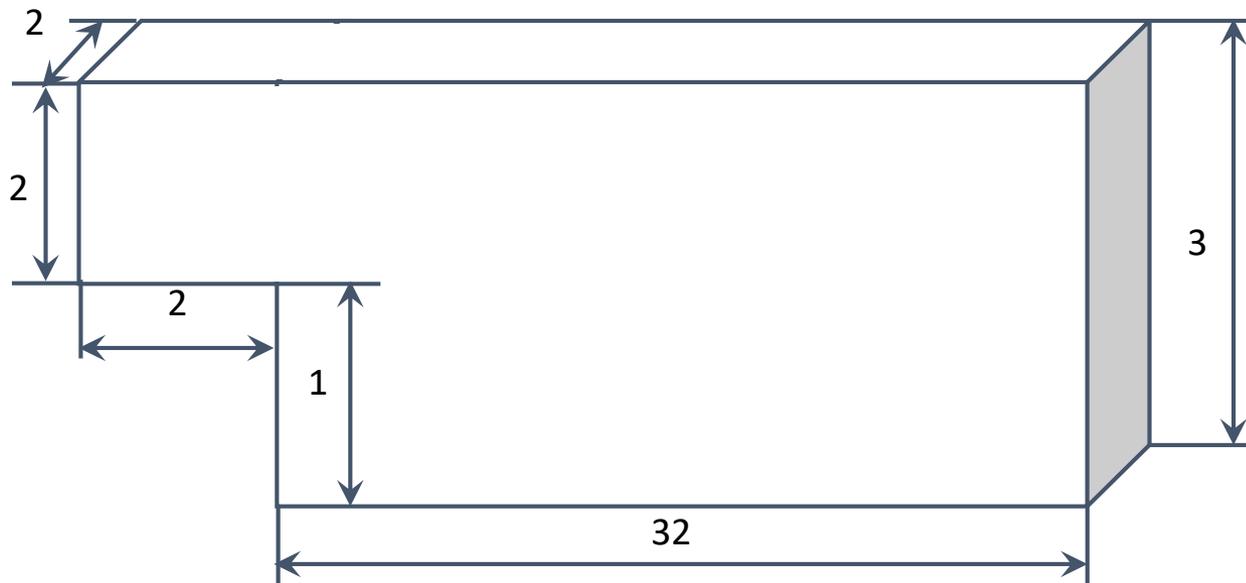


それ以外の壁はすべりなし条件にします

モデリング オープンソース3D CAD 「FreeCAD」でモデル作成

モデル寸法

□寸法



単位 m

DEXCSの起動画面



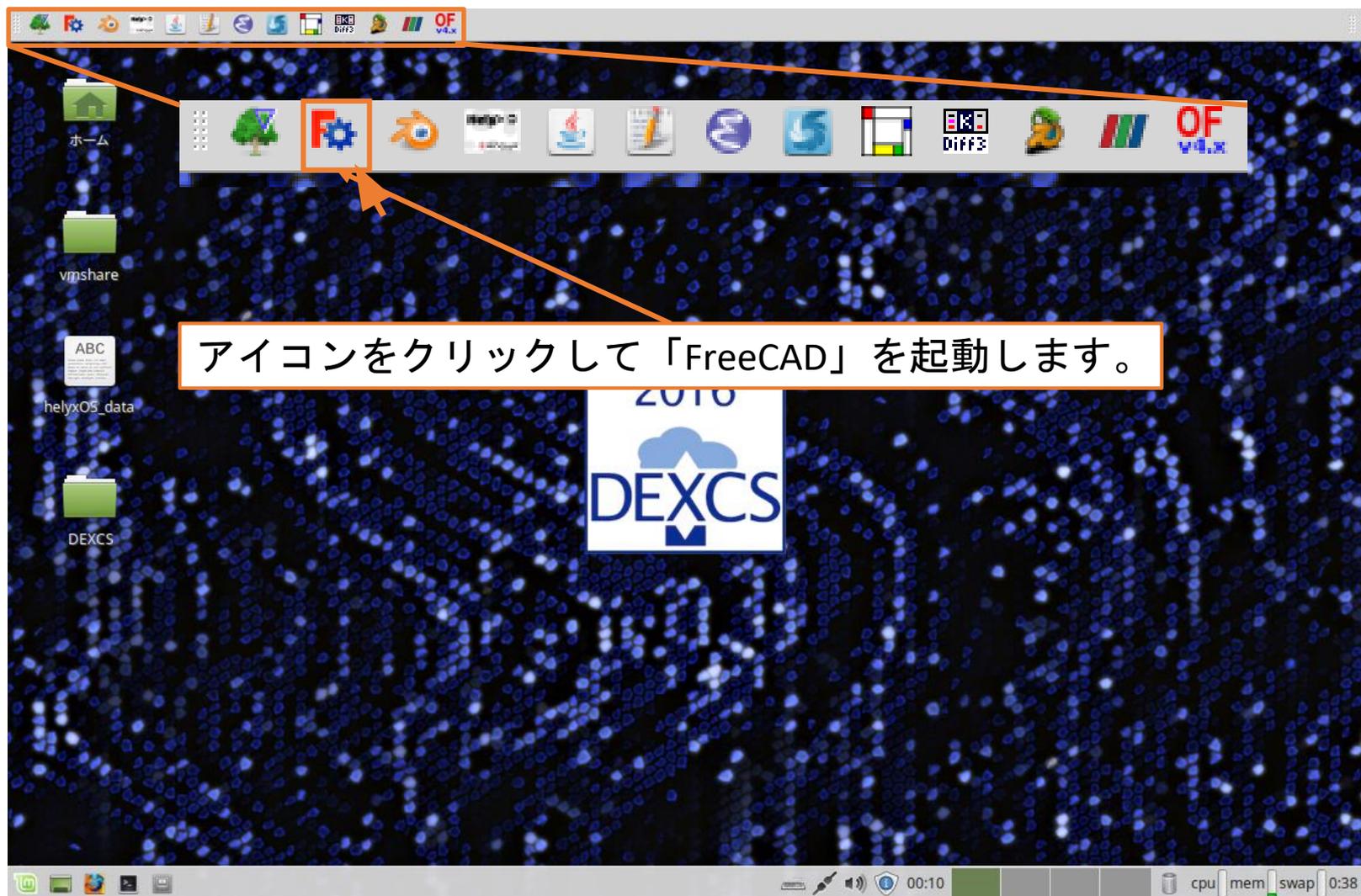
新規作業フォルダの作成

① デスクトップで右クリックして「フォルダの作成」を選びます。

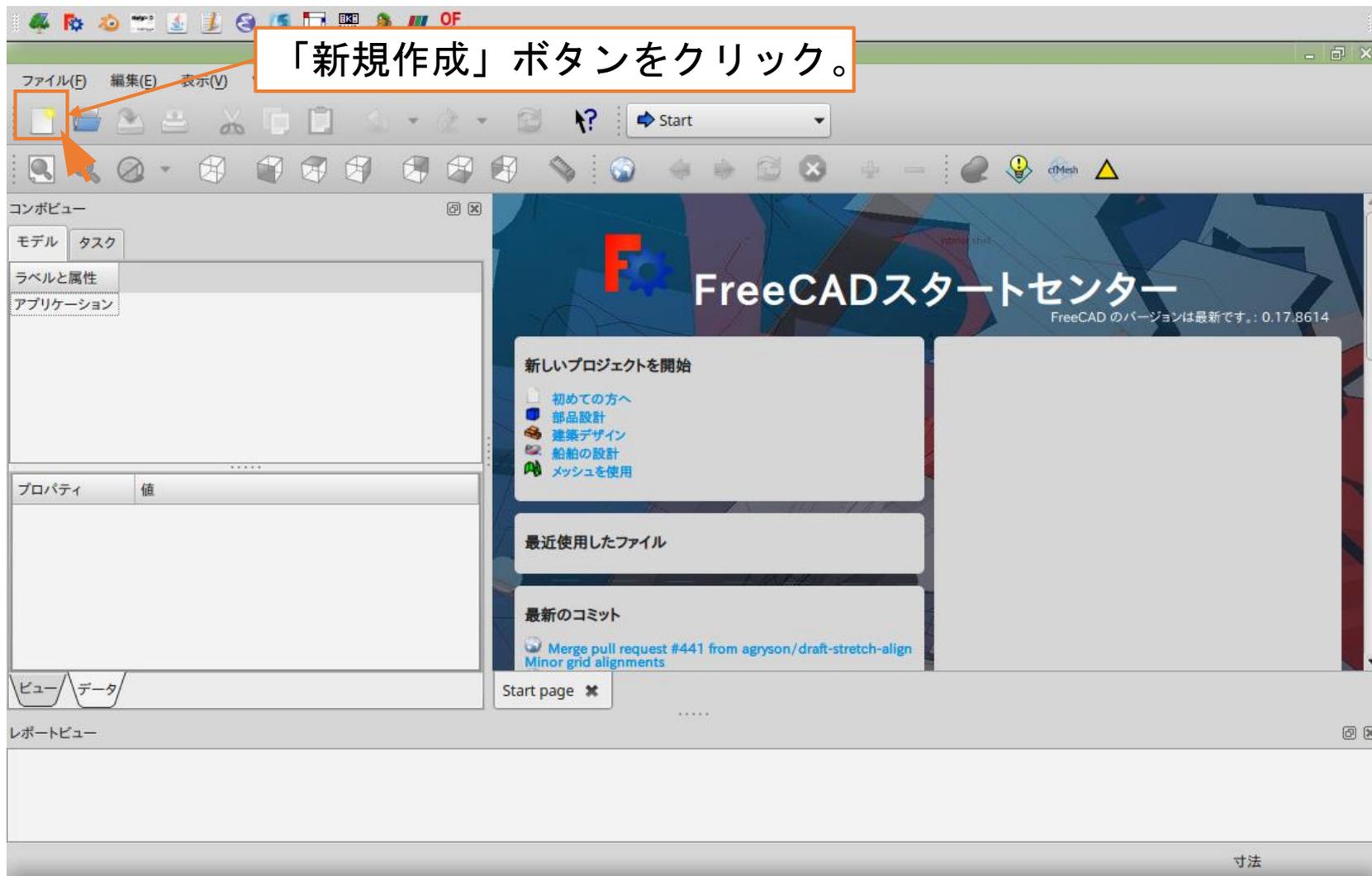
② 「新しいフォルダを追加」を選択
フォルダ名を聞かれるので適当な名前を入力してOKをクリックします。

The screenshot shows a Linux desktop with a dark blue background. A context menu is open over the desktop, with 'フォルダの作成(F)...' highlighted. A dialog box titled '新しいフォルダを作成します。' is open, with the text '新しい名前を入力してください:' and a text input field containing '新しいフォルダ'. The '作成(R)' button is highlighted. The desktop contains icons for 'ホーム', 'vmshare', 'helyxOS_data', and 'DEXCS'. The system tray at the bottom shows the time as 00:06 and system resources like CPU, memory, and swap usage.

モデルを作成するためにFreeCADを起動



モデルの新規作成

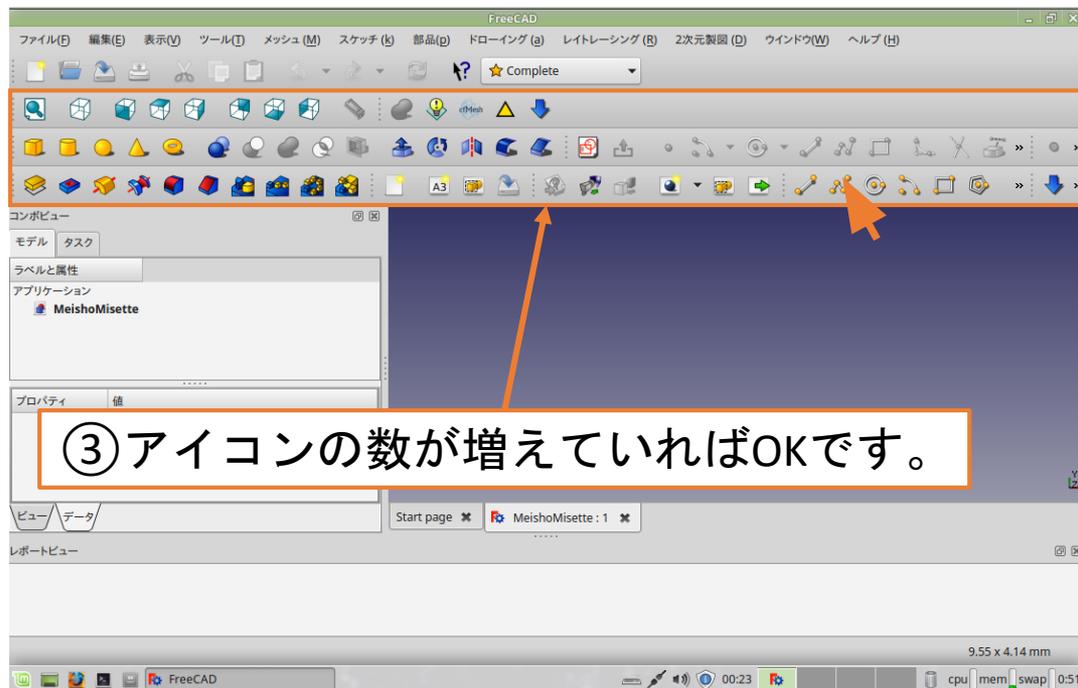
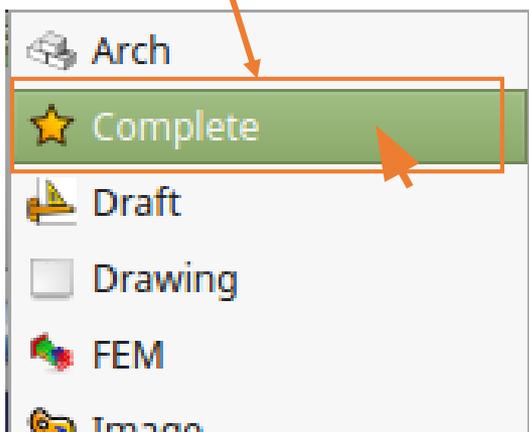


ワークベンチの変更



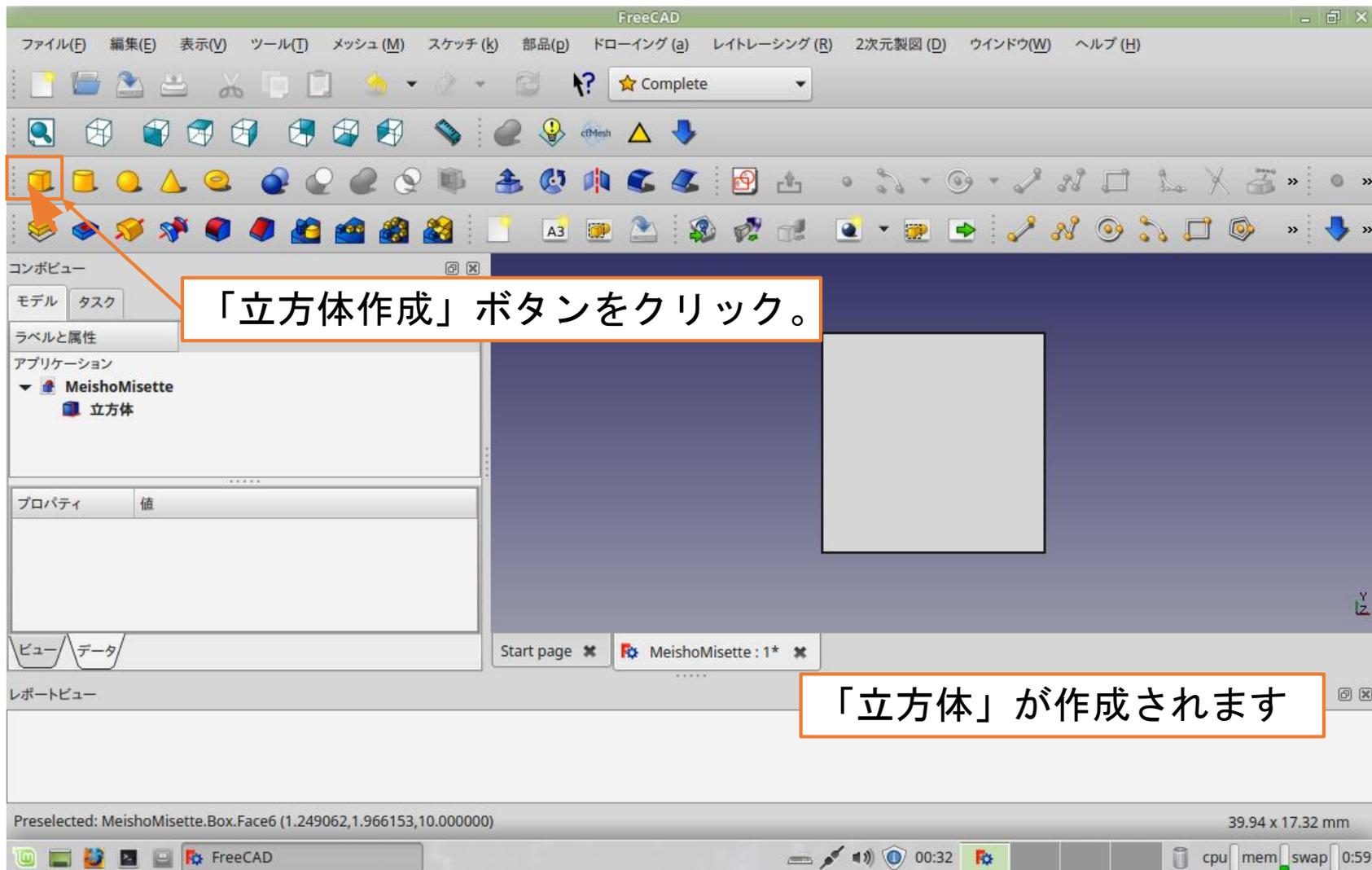
① 「Start」と表示されているプルダウンメニューをクリックします。

② 「Complete」を選択します。



③ アイコンの数が増えていればOKです。

立方体の作成



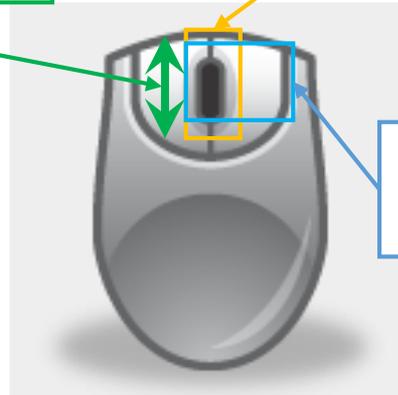
「立方体作成」 ボタンをクリック。

「立方体」が作成されます

FreeCADの操作

ホイールボタンの回転：
ズームイン、ズームアウト

ホイールボタンを長押し：
モデルの移動



ホイールボタン+右クリック長押し：
モデルの回転

FreeCADのモデルの操作

寸法の変更

① 「立方体」をクリックして選択します。

② 「データ」タブの寸法を変更します。寸法は下記のものを入力します。

プロパティ	値
Box	
Length	30.00 mm
Width	3.00 mm
Height	2.00 mm

右の図の単位がmmになっていますがFreeCAD上だけの単位なのでここでは無視します。

プロパティ	値
Box	
Length	30.00 mm
Width	3.00 mm
Height	2.00 mm

二つ目の立方体の作成

①ステップ部分を作成するためにもうひとつ立方体を作成します。

二つ目の立方体の寸法

プロパティ	値
Box	
Length	2.00 mm
Width	1.00 mm
Height	2.00 mm

②二つ目の立方体も寸法を変更します。

ブーリアン演算によるモデルの引き算

② 「ブーリアン演算」ボタンをクリックします。

① キーボードのCtrlボタンを押しながら作成した二つのモデルを選択します。

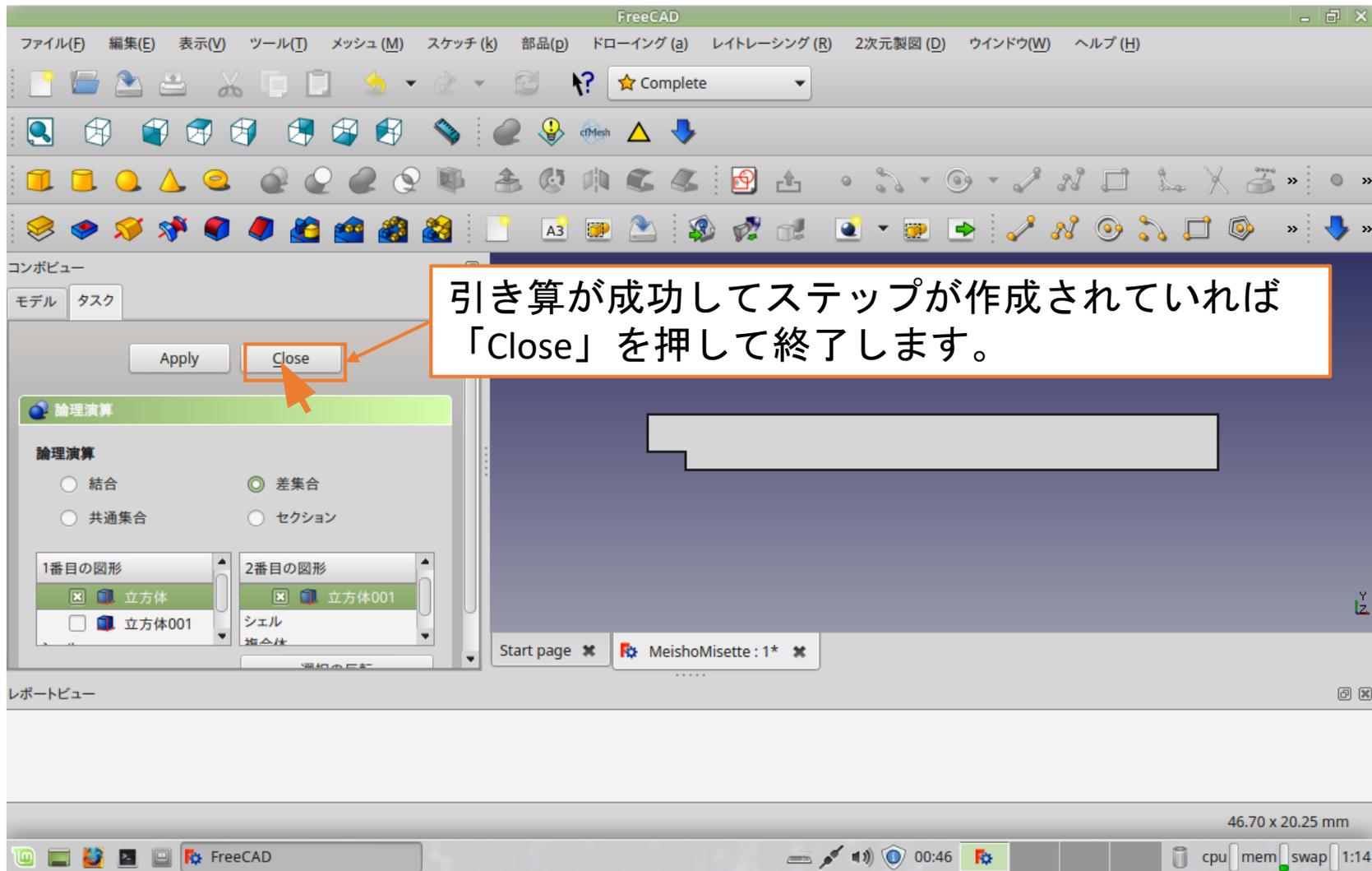
ブーリアン演算によるモデルの引き算

③ 「Apply」 をクリックします

① 「差集合」 を選択します。

② 1番目の図形は一つ目の大きい「立方体」、
2番目の図形は二つ目の小さい「立方体001」 を選択します。

ブーリアン演算によるモデルの引き算



形状ファイルのための面の分解

条件を設定するために
モデルの各面に名前をつける必要があります。

② 「面の分解」 ボタンをクリックします

① ブーリアン演算で作成された「Cut」 を選択します。

31.30 x 13.58 mm

FreeCAD

cpu mem swap 1:15

形状ファイルのための面の分解

FreeCAD

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ツール(T) メッシュ(M) スケッチ(K) 部品(P) ドローイング(a) レイトレーシング(R) 2次元製図(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

☆ Complete

② もう一度、「面の分解」ボタンをクリックします

MeishoMissette

- 立方体
- 立方体001
- Solid**

プロパティ

Base	
Placement	[(0.00 0.00 1.00); 0.00 °; (0.00 mm 0.00 mm 0...
Label	Solid

Start page × MeishoMissette : 1* ×

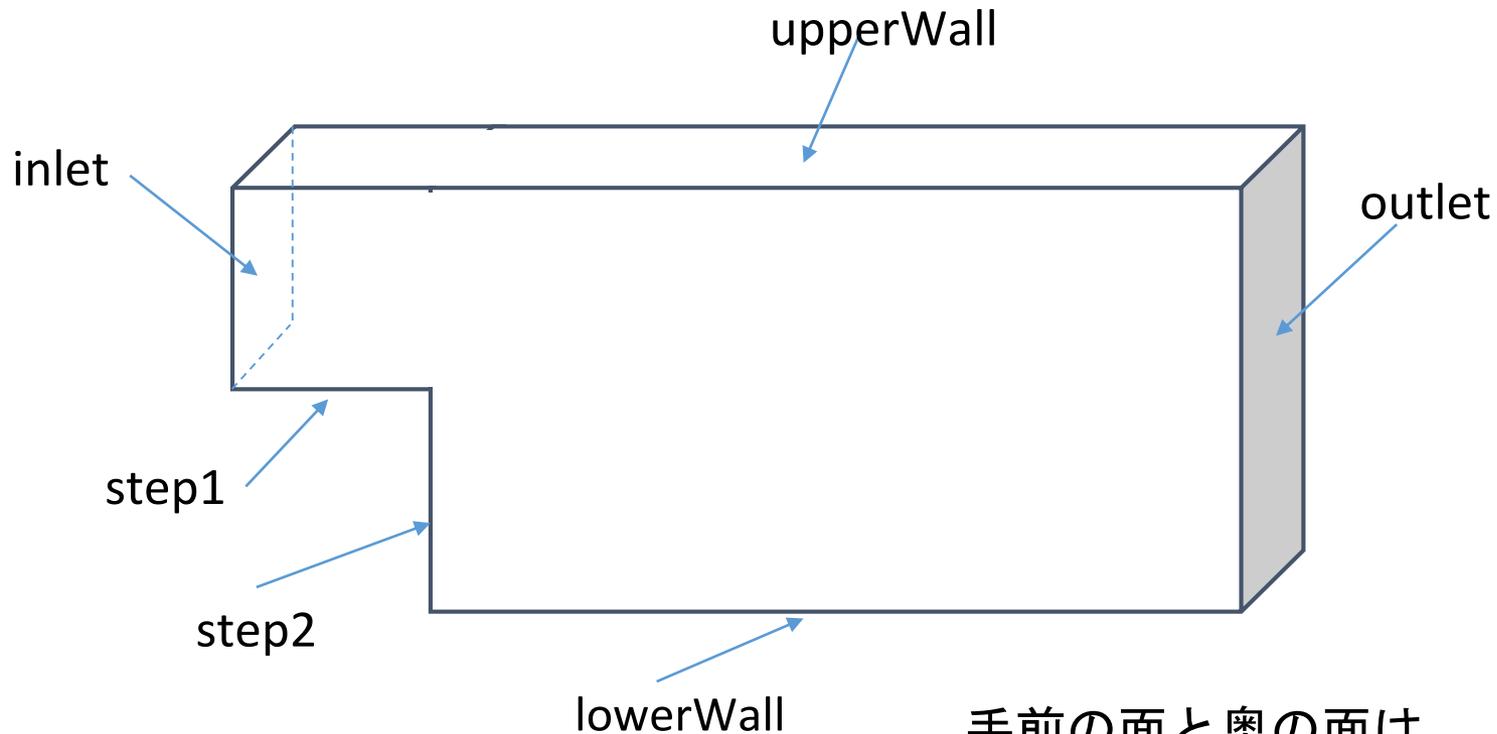
① 新たに「Solid」が作成されるので、これを選択します。

31.30 x 13.58 mm

FreeCAD

cpu mem swap 1:16

面に名前をつける



手前の面と奥の面は
frontWall、backWallとします。

面に名前をつける

② 名前の変更が完了したらデータを保存します。

① 名前をつける面を選択して右クリック
「名前の変更」で名前を変更します。
名前の定義は一つ前のスライドを参考にしてください。

選択している面は緑色にハイライトされます。

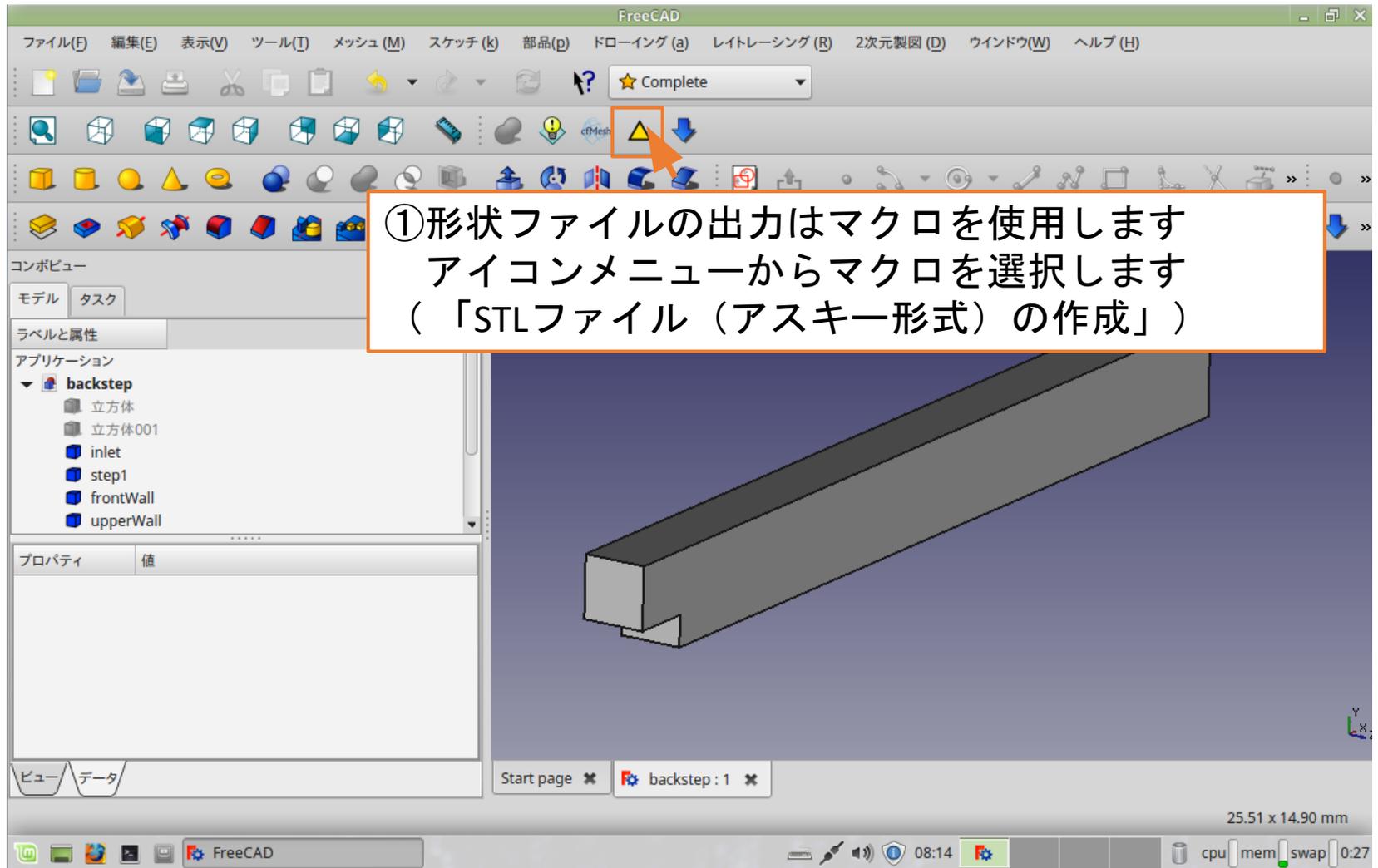
ファイルの保存

①作業フォルダを選択します。

②保存するファイルの名前を入力します。
ここでは「backstep」と入力します。

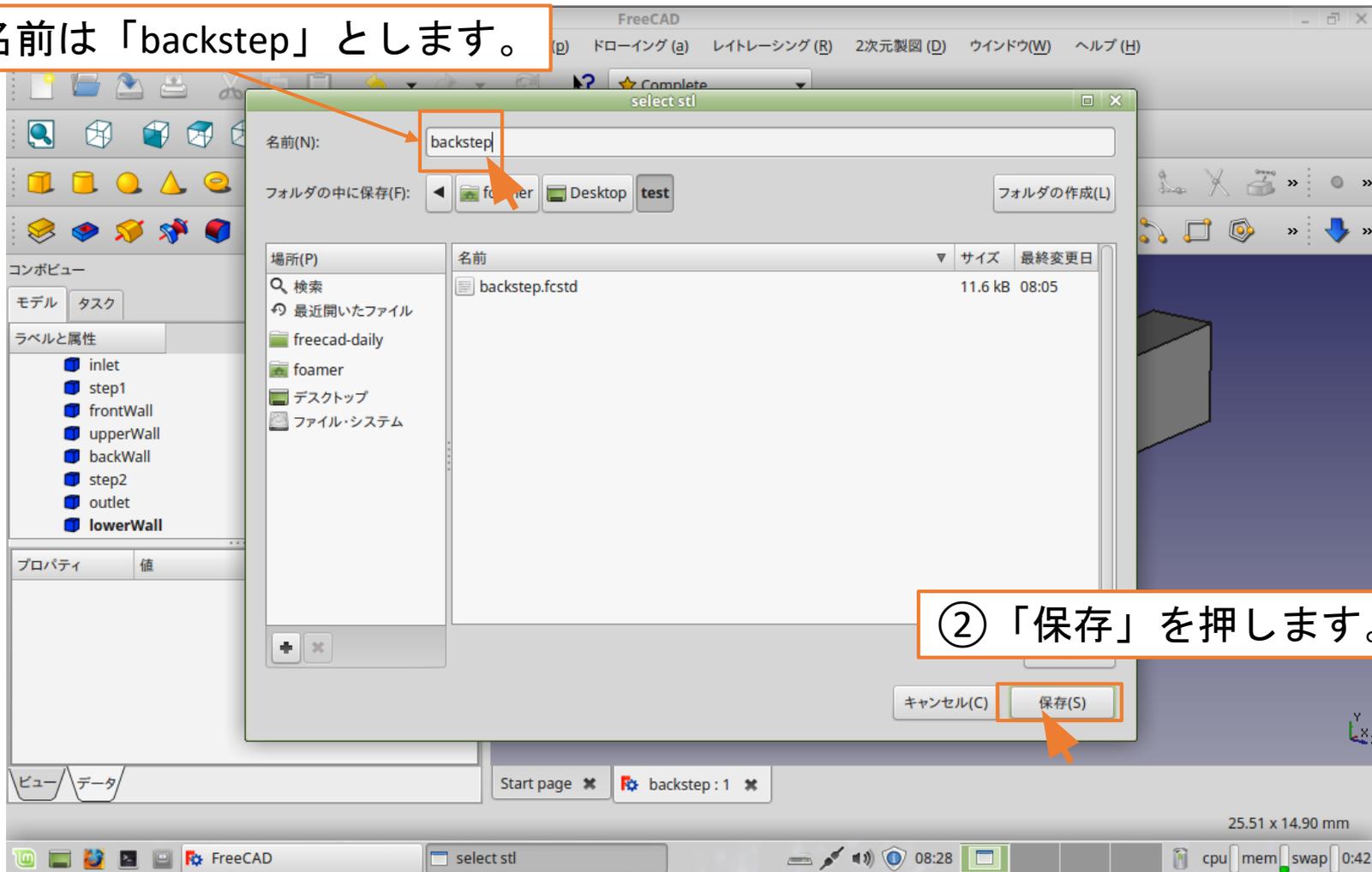
③名前を入力したら「Save」をクリックします。

形状ファイルの出力



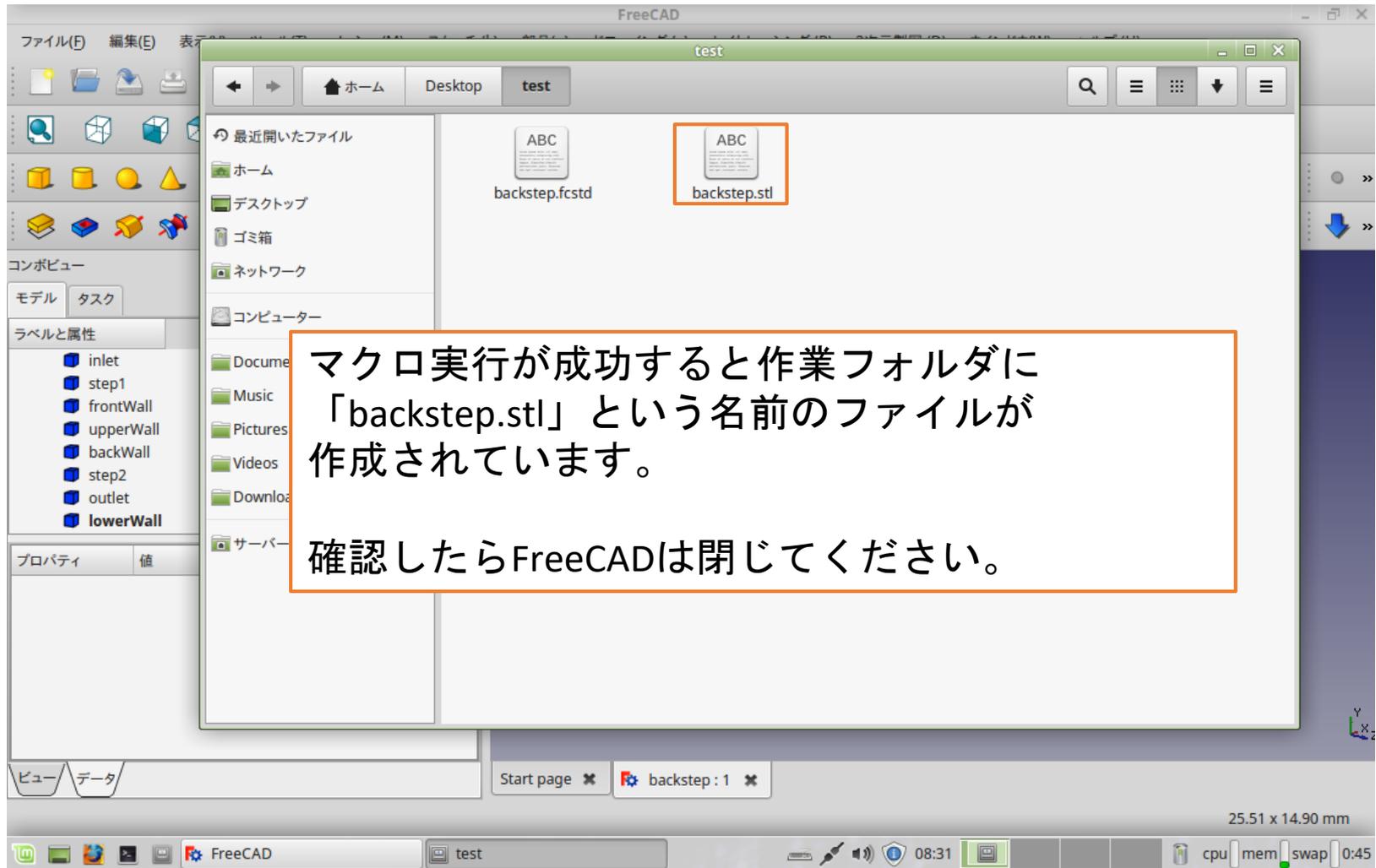
形状ファイルの出力

① 名前は「backstep」とします。



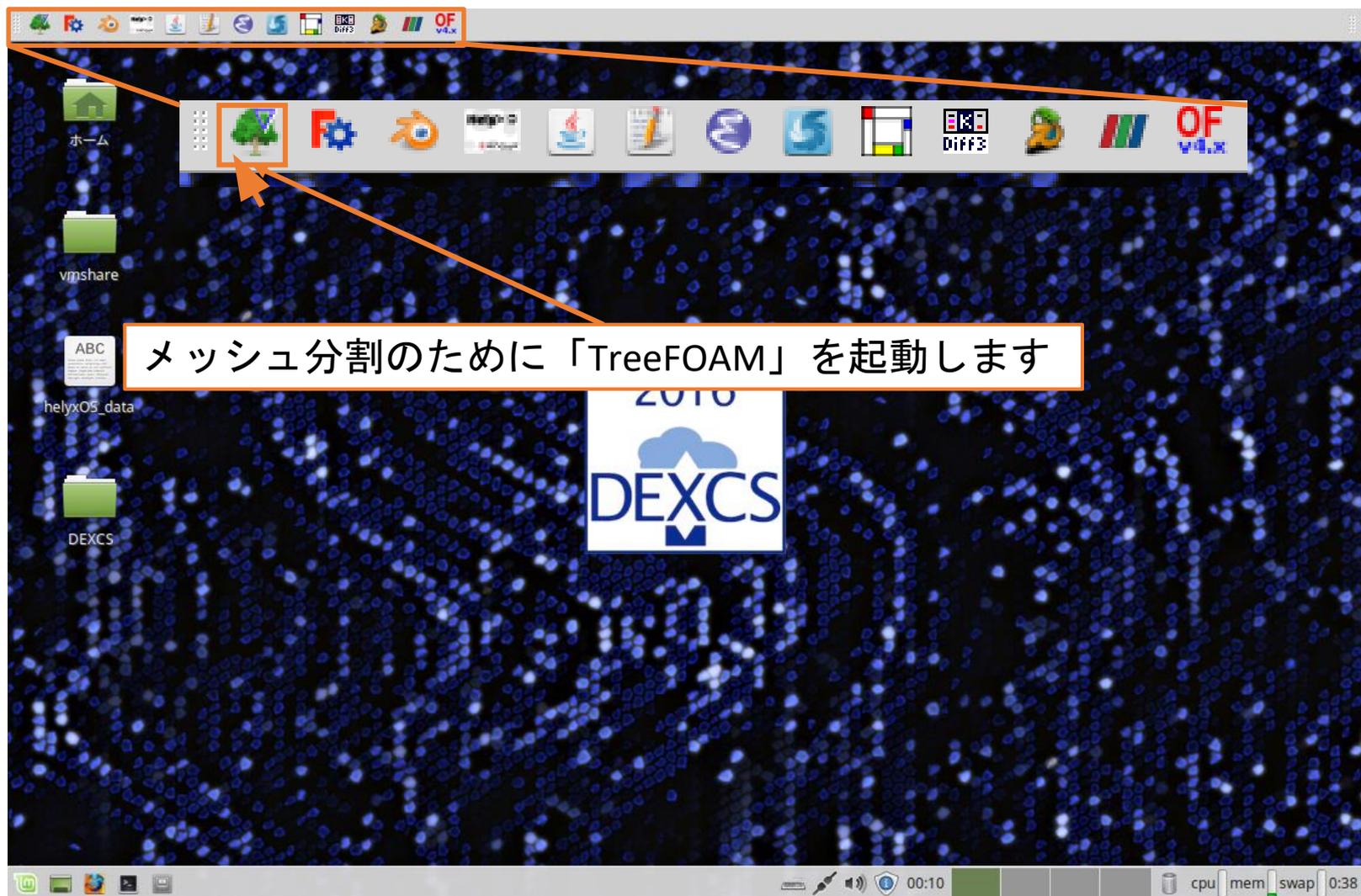
② 「保存」を押します。

形状ファイルの出力



プリプロセス：
OpenFOAM用GUI「HelyxOS」
を使用したメッシュ作成、
条件設定

TreeFOAMの起動



作業フォルダの選択(必ず実施する)

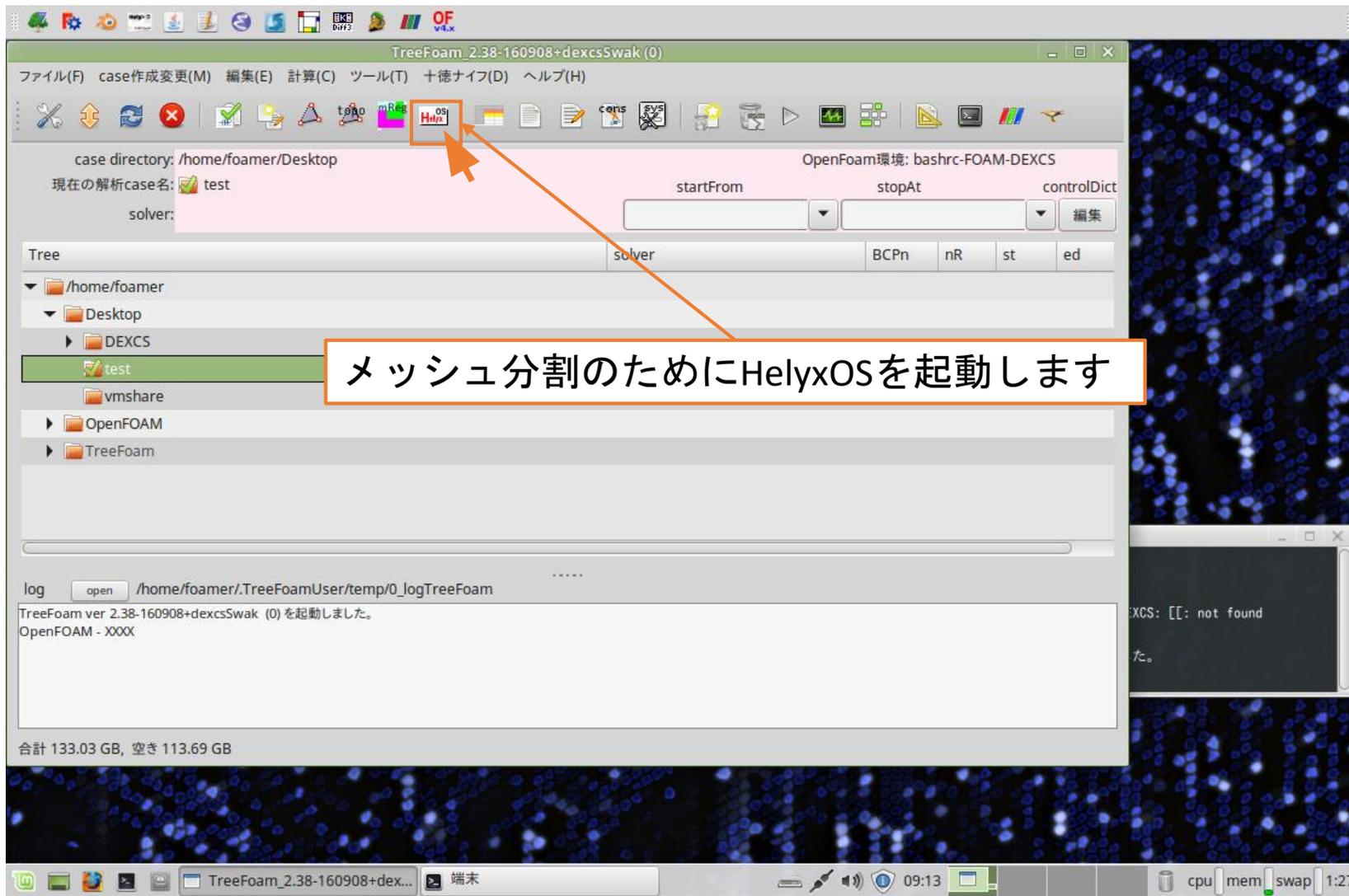
The screenshot shows the TreeFoam application window. The top menu bar includes options like 'ファイル(F)', 'case作成変更(M)', '編集(E)', '計算(C)', 'ツール(T)', '十徳ナイフ(D)', and 'ヘルプ(H)'. The toolbar contains various icons, with a green checkmark icon highlighted by an orange arrow. Below the toolbar, the 'case directory' is set to '/home/foamer/Desktop'. The '現在の解析case名' (current analysis case name) is 'test', and the 'solver' is set to 'OpenFoam環境: bashrc-FOAM-DEXCS'. A file tree on the left shows the directory structure: /home/foamer > Desktop > DEXCS > test. The 'test' folder is highlighted in green, and a green checkmark icon is visible to its left. An orange arrow points from this checkmark to a text box. Another orange arrow points from the toolbar's checkmark icon to another text box. At the bottom, a log window shows the start of the simulation.

② 「選択したフォルダを解析caseに設定」ボタンをクリックします。

① 作業フォルダを選択します
(ここでは「test」という名前のフォルダ)

作業フォルダにはフォルダ名の左側に
✓ マークが表示されます。

HelyxOSでメッシュ分割



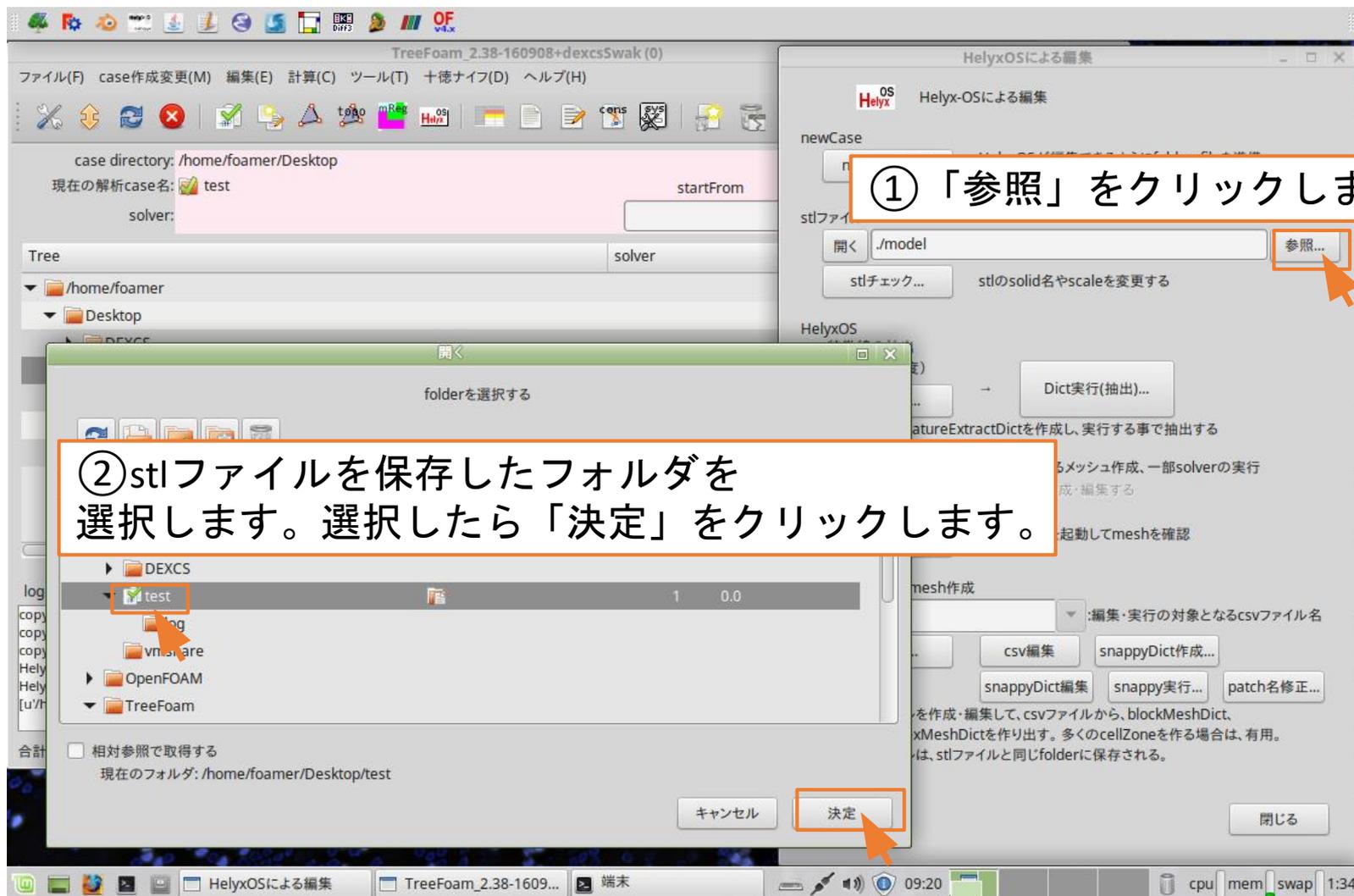
メッシュ分割のためにHelyxOSを起動します

HelyxOSでメッシュ分割

「newCase作成」をクリックして作業フォルダをHelyxOS用の初期フォルダを作成します。

The screenshot displays the HelyxOS interface. On the left, a file explorer window shows the 'test' directory containing folders '0', 'constant', 'log', and 'system', along with files 'backstep.fcstd' and 'backstep.stl'. The '0' folder is highlighted with an orange box. On the right, the 'HelyxOSによる編集' (Edit with HelyxOS) dialog box is open. The 'newCase作成' button is highlighted with an orange box and a mouse cursor. Below it, the 'stlファイル' section shows the path '/model' and a 'stlチェック...' button. The 'HelyxOS' section includes a '特徴線の抽出' (Feature Line Extraction) section with a 'Dict実行(抽出)...' button. The 'HelyxOSの起動' (Start HelyxOS) section has a checkbox for 'mesh作成・編集する' (Create/Edit mesh). The 'paraFoam起動' (Start paraFoam) section has a 'paraFoamを起動してmeshを確認' (Start paraFoam to check mesh) button. The 'csvファイルによるmesh作成' (Create mesh from csv file) section includes buttons for 'csv作成...', 'csv編集', 'snappyDict作成...', 'snappyDict編集', 'snappy実行...', and 'patch名修正...'. A '閉じる' (Close) button is at the bottom right.

HelyxOSでメッシュ分割

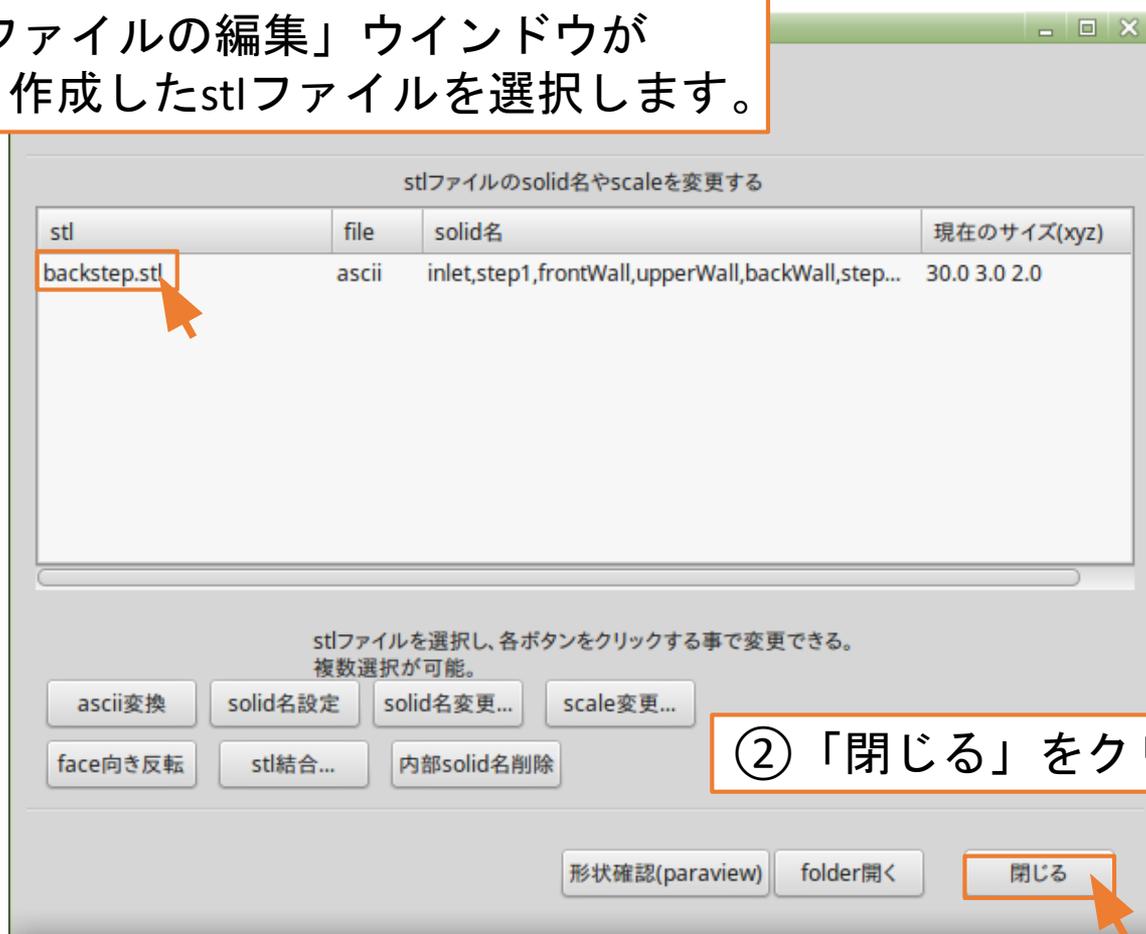


HelyxOSでメッシュ分割

The screenshot shows the TreeFoam 2.38-160908+dexcsSwak (0) interface. The main window displays the file tree with the current case directory set to /home/foamer/Desktop. A dialog box titled 'HelyxOSによる編集' is open, showing the 'stlファイル' section with the path /home/foamer/Desktop/test. The 'stlチェック...' button is highlighted with an orange arrow and a callout box. The callout box contains the text: ② 「stlチェック」ボタンをクリックします。 Another callout box at the top of the dialog contains the text: ① フォルダパスの表示が先ほど選択したフォルダになっていることを確認します。 The dialog also shows options for 'Dict編集...', 'Dict実行(抽出)...', 'HelyxOSの起動', and 'paraFoam起動'. The 'csvファイルによるmesh作成' section includes buttons for 'csv作成...', 'csv編集', 'snappyDict作成...', 'snappyDict編集', 'snappy実行...', and 'patch名修正...'. The bottom status bar shows system information like 'cpu mem swap 1:36'.

HelyxOSでメッシュ分割

①新たに「stlファイルの編集」ウインドウが開きますので、作成したstlファイルを選択します。



②「閉じる」をクリックします。

HelyxOSでメッシュ分割

次に「Dict編集」ボタンをクリックします。

HelyxOSによる編集

newCase
newCase作成 HelyxOSが編集できるようにfolder, fileを準備
(既にfileが存在する場合は、そのまま)

stlファイル
開く /home/foamer/Desktop/test 参照...
stlチェック... stlのsolid名やscaleを変更する

Dict編集... Dict実行(抽出)...
surfaceFeatureExtractDictを作成し、実行する事で抽出する

HelyxOSの起動 snappyによるメッシュ作成、一部solverの実行
 mesh作成・編集する

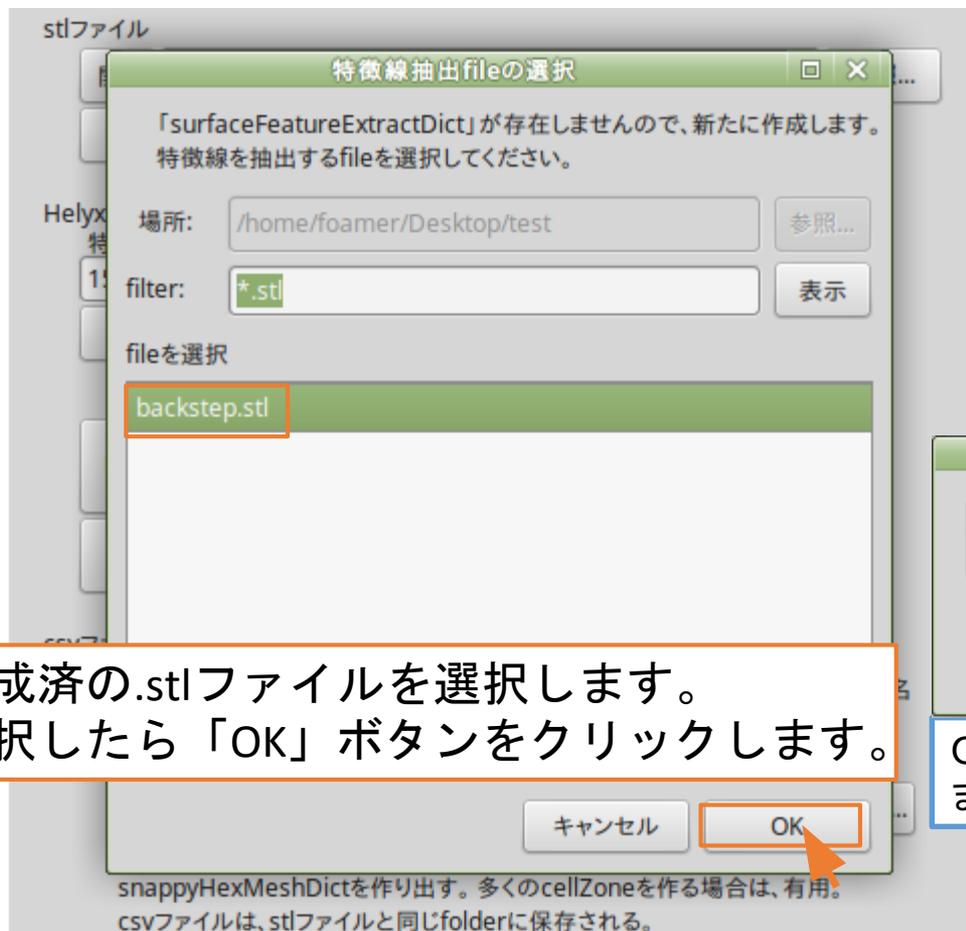
paraFoam起動 paraFoamを起動してmeshを確認

csvファイルによるmesh作成
:編集・実行の対象となるcsvファイル名
csv作成... csv編集 snappyDict作成...
snappyDict編集 snappy実行... patch名修正...

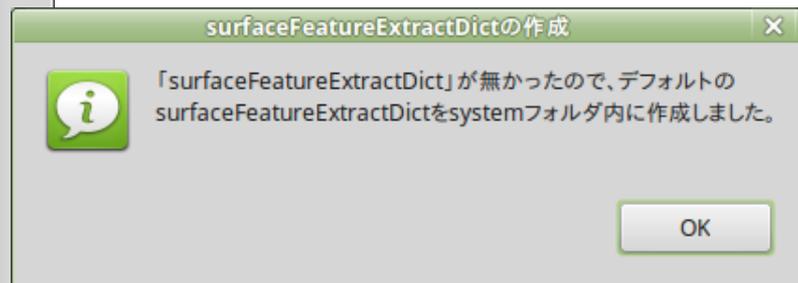
csvファイルを作成・編集して、csvファイルから、blockMeshDict、
snappyHexMeshDictを作り出す。多くのcellZoneを作る場合は、有用。
csvファイルは、stlファイルと同じfolderに保存される。

閉じる

HelyxOSでメッシュ分割

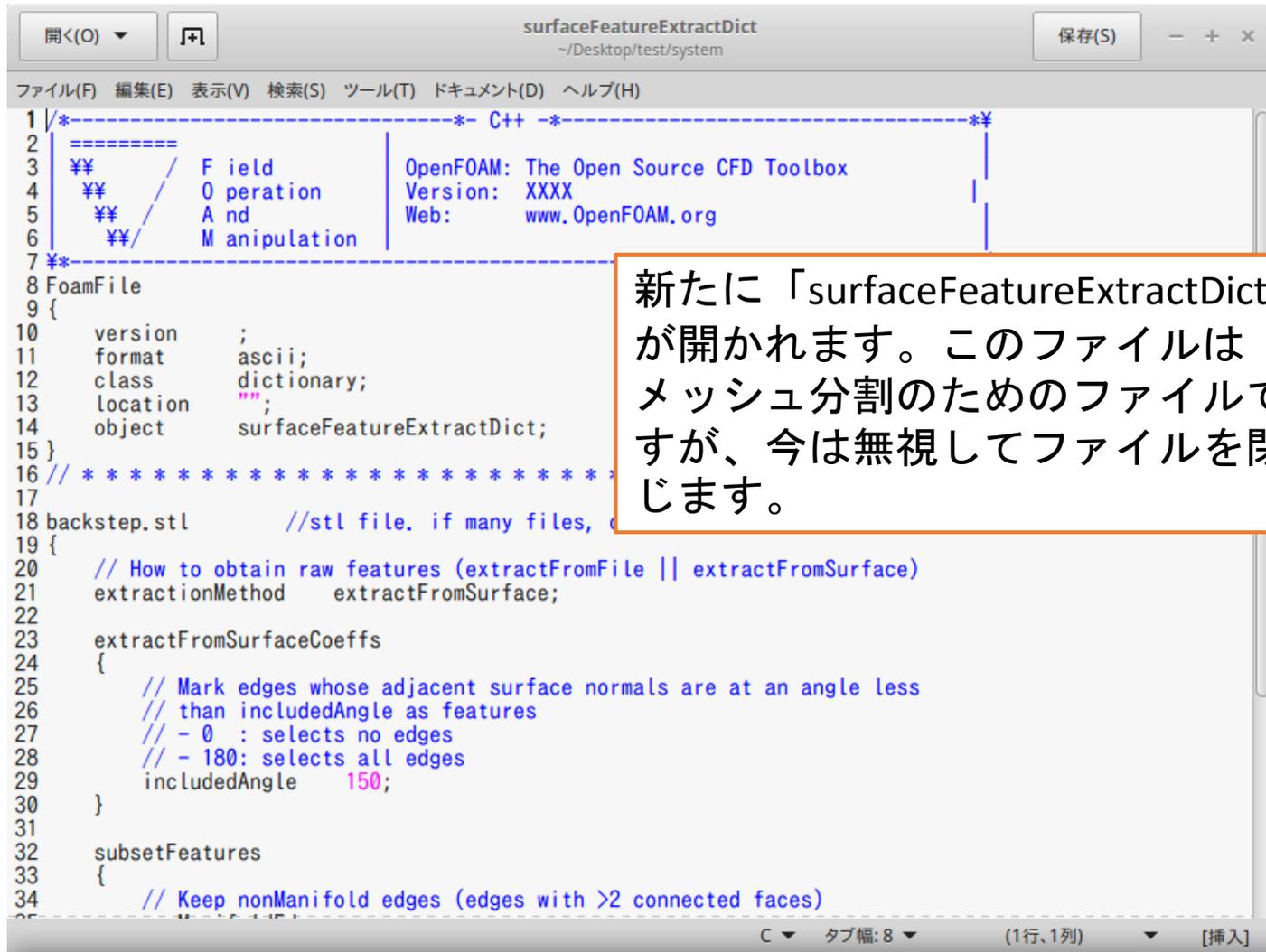


作成済の.stlファイルを選択します。
選択したら「OK」ボタンをクリックします。



OKボタンを押すと上記のダイアログが表示されますが、無視してOKをクリックしてください

HelyxOSでメッシュ分割



```
1 |*-----* C++ -*|
2 |=====|
3 | ¥¥      F ield      OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
4 | ¥¥      O peration  Version: XXXX
5 | ¥¥      A nd        Web: www.OpenFOAM.org
6 | ¥¥      M anipulation
7 |*-----*|
8 FoamFile
9 {
10     version      ;
11     format        ascii;
12     class         dictionary;
13     location      "";
14     object        surfaceFeatureExtractDict;
15 }
16 // *****
17
18 backstep.stl      //stl file. if many files,
19 {
20     // How to obtain raw features (extractFromFile || extractFromSurface)
21     extractionMethod    extractFromSurface;
22
23     extractFromSurfaceCoeffs
24     {
25         // Mark edges whose adjacent surface normals are at an angle less
26         // than includedAngle as features
27         // - 0 : selects no edges
28         // - 180: selects all edges
29         includedAngle    150;
30     }
31
32     subsetFeatures
33     {
34         // Keep nonManifold edges (edges with >2 connected faces)
35     }
```

新たに「surfaceFeatureExtractDict」が開かれます。このファイルはメッシュ分割のためのファイルですが、今は無視してファイルを閉じます。

HelyxOSでメッシュ分割

The screenshot shows the TreeFoam_2.38-160908+dexcsSwak (0) application window. The main interface includes a menu bar (ファイル(F), case作成変更(M), 編集(E), 計算(C), ツール(T), 十徳ナイフ(D), ヘルプ(H)), a toolbar, and a file browser showing the case directory at /home/foamer/Desktop. The current case is named 'test'. A log window at the bottom left shows the start of the OpenFOAM-4.x process.

Overlaid on the right is the 'HelyxOSによる編集' (Editing with HelyxOS) dialog box. It contains options for creating a new case, setting the STL file path to /home/foamer/Desktop/test, and checking the STL. A callout box with an orange border and arrow points to the 'Dict実行(抽出)...' button, with the text: ① 「Dict実行」をクリックします。

Below this, another callout box with an orange border and arrow points to the 'OK' button in the '特徴線の抽出' (Feature Line Extraction) dialog box. The text reads: ② 確認のダイアログが出るので、「OK」をクリックします。 The '特徴線の抽出' dialog box contains an information icon and the text: 'surfaceFeatureExtractDict内容に基づき、特徴線を抽出します。'

The system tray at the bottom shows the time as 09:33 and resource usage for CPU, memory, and swap.

特徴線の抽出



特徴線の抽出に成功したら
上のようなダイアログが出ますので、
「OK」をクリックして閉じます。

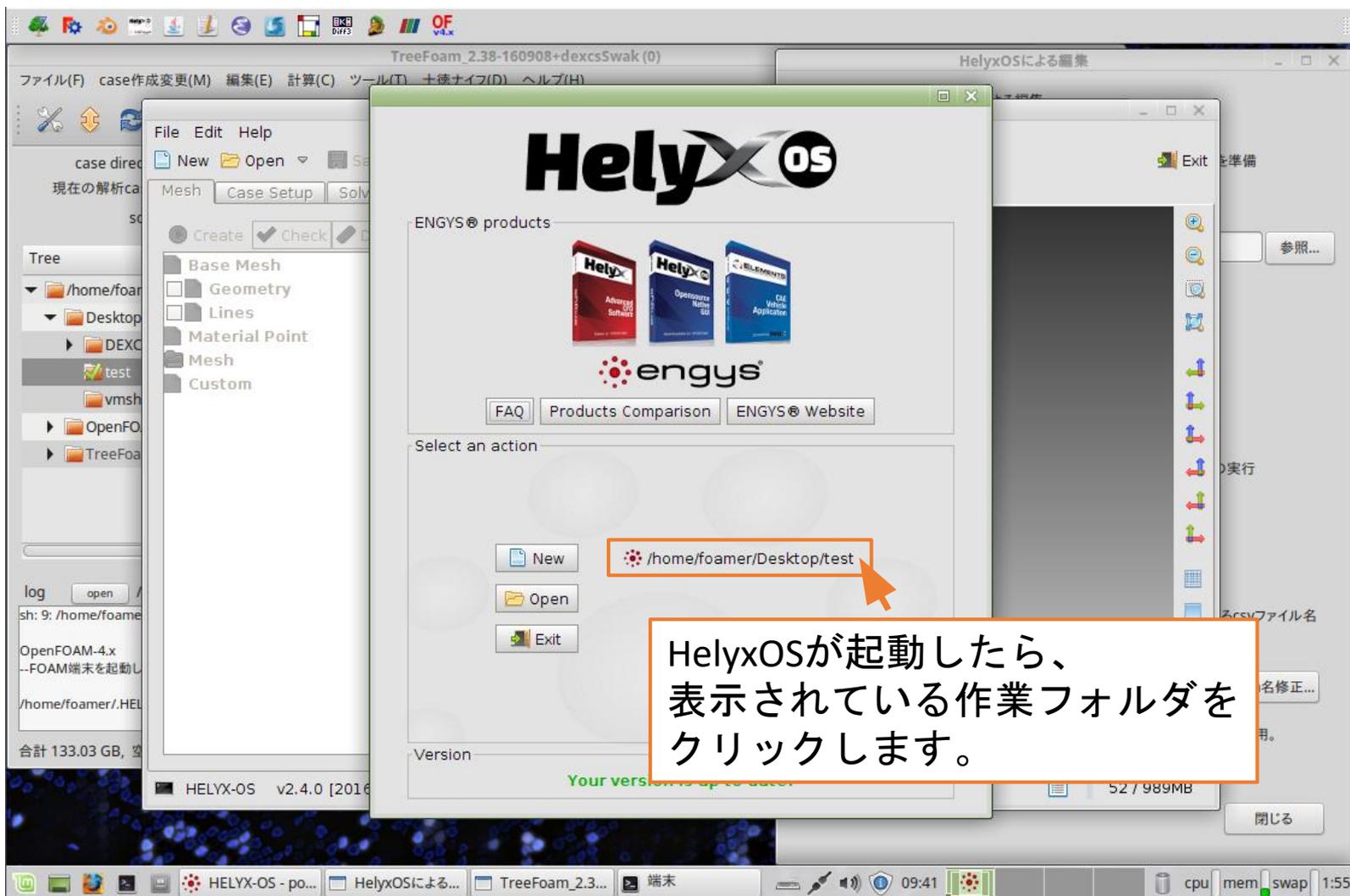
HelyxOSの起動

The screenshot shows the TreeFoam 2.38-160908+dexcsSwak (0) interface. The main window displays the file tree and solver settings. A dialog box titled 'HelyxOSによる編集' is open, showing options for creating a new case and setting the stFile path. A text box with an orange border contains the following text:

メッシュ分割のためHelyxOSを起動します。
起動のため、「HelyxOSの起動」ボタンを
クリックします。

The dialog box also features a button labeled 'HelyxOSの起動' which is highlighted by a mouse cursor. Other buttons include 'newCase作成', 'stファイル 開く', 'Dict実行(抽出)...', 'paraFoam起動', 'csvファイルによるmesh作成', 'csv作成...', 'csv編集', 'snappyDict作成...', 'snappyDict編集', 'snappy実行...', 'patch名修正...', and '閉じる'.

HelyxOSの起動



Stlファイルの読み込み

HELIX-OS - powered by Engys®

File Edit Help

New Open Save Save As... Terminal Browse Run Cloud Exit

Mesh Case Setup Solver

Create Check Delete Options

Base Mesh

- ☑ BoundingBox
 - ☑ ffminx
 - ☑ ffmaxx
 - ☑ ffminy
 - ☑ ffmaxy
 - ☑ ffminz
 - ☑ ffmaxz
- ☑ **Geometry**
- ☑ Lines

Material Point

Mesh

- Patches
- Cell Zones

Custom

- 0
- constant
- system

Geometry

STL

Select or Add a geometry

Refinement Layers Zones

Surface

Level 0 0

Proximity Refinement 0

①フォルダが読み込まれたら、左のツリーから「Geometry」を選択します。

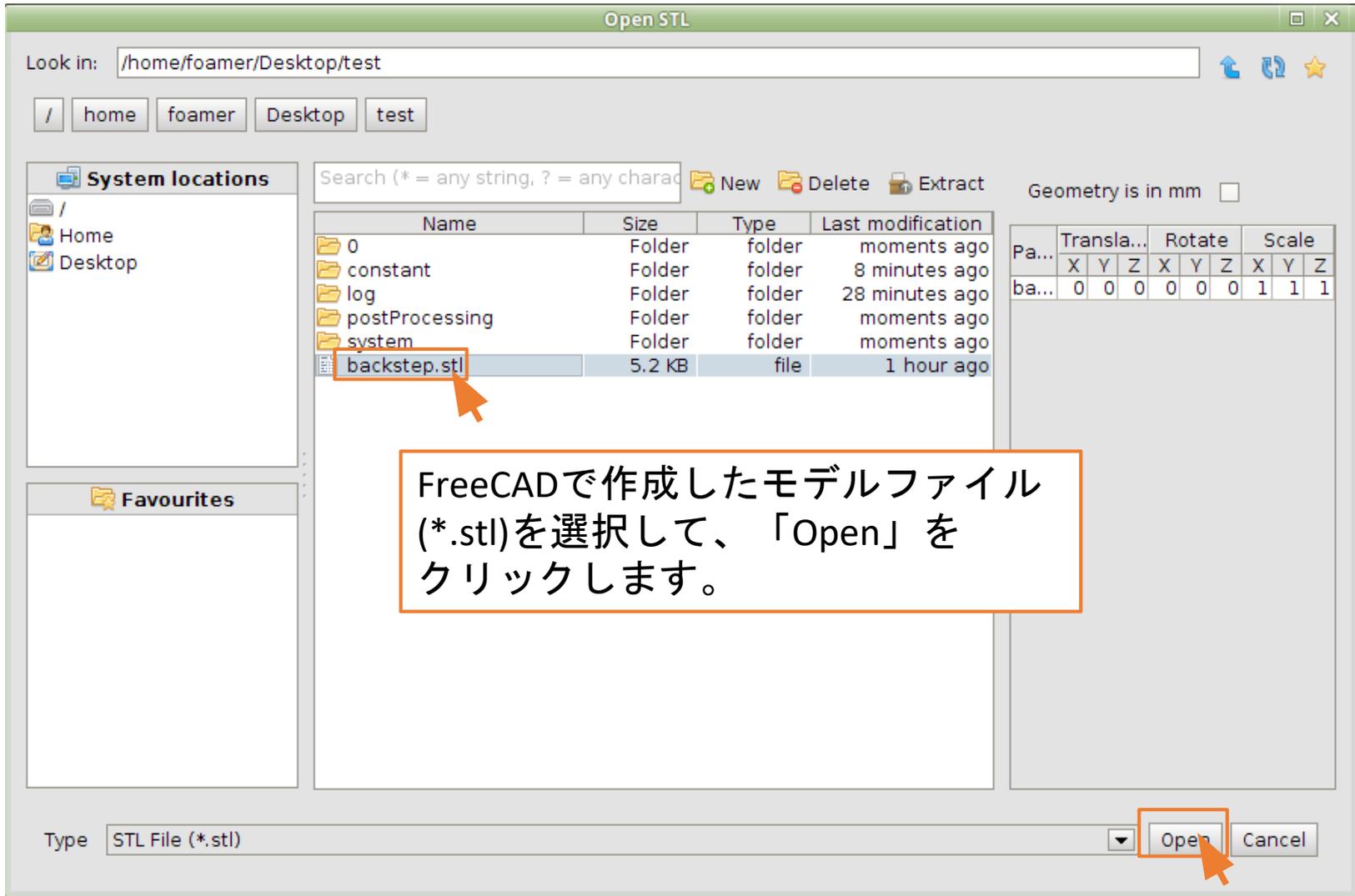
②「STL」のボタンをクリックします。

engys®

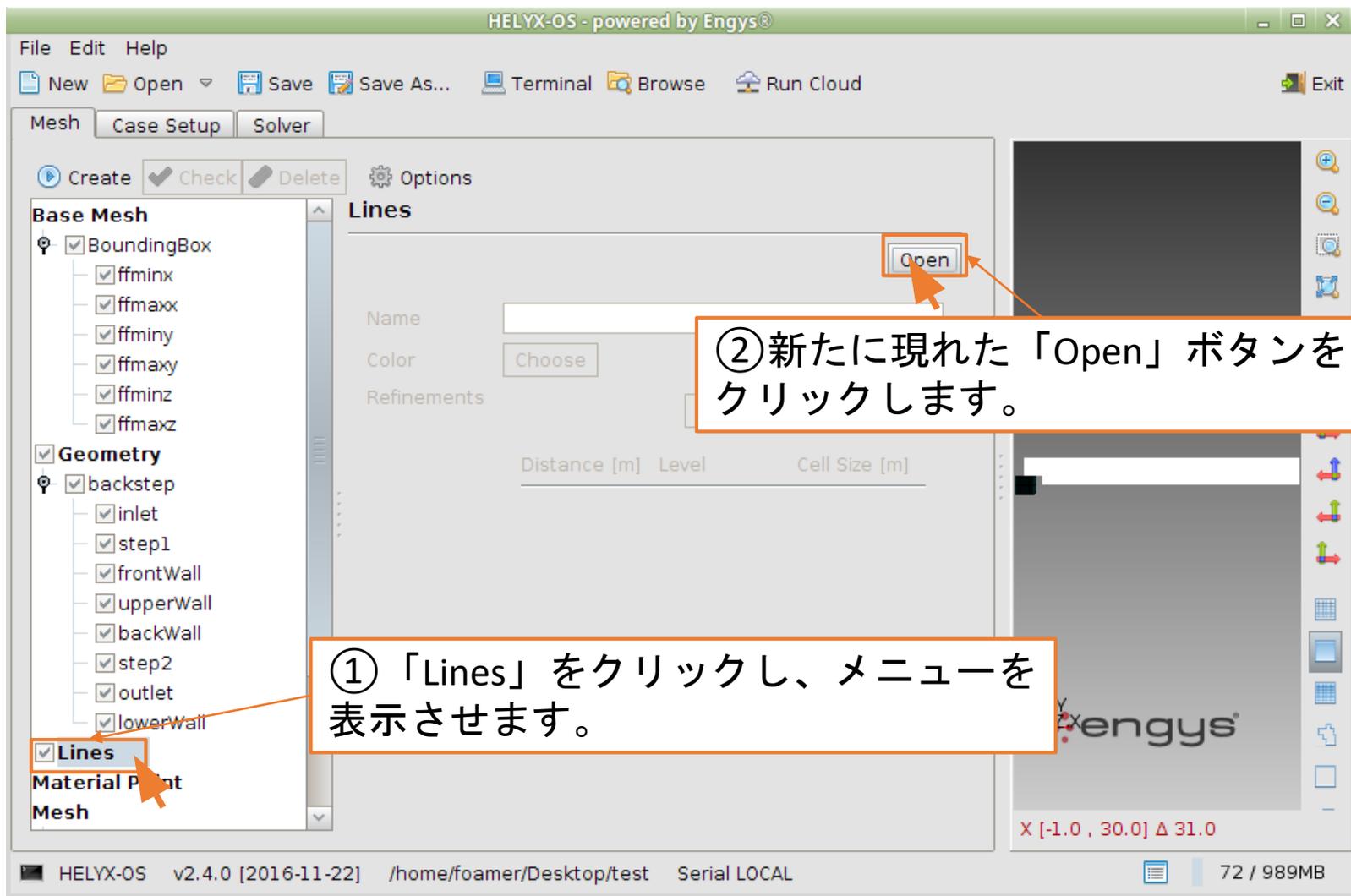
X [-1.0, 1.0] Δ 2.0

HELIX-OS v2.4.0 [2016-11-22] /home/foamer/Desktop/test Serial LOCAL 35 / 989MB

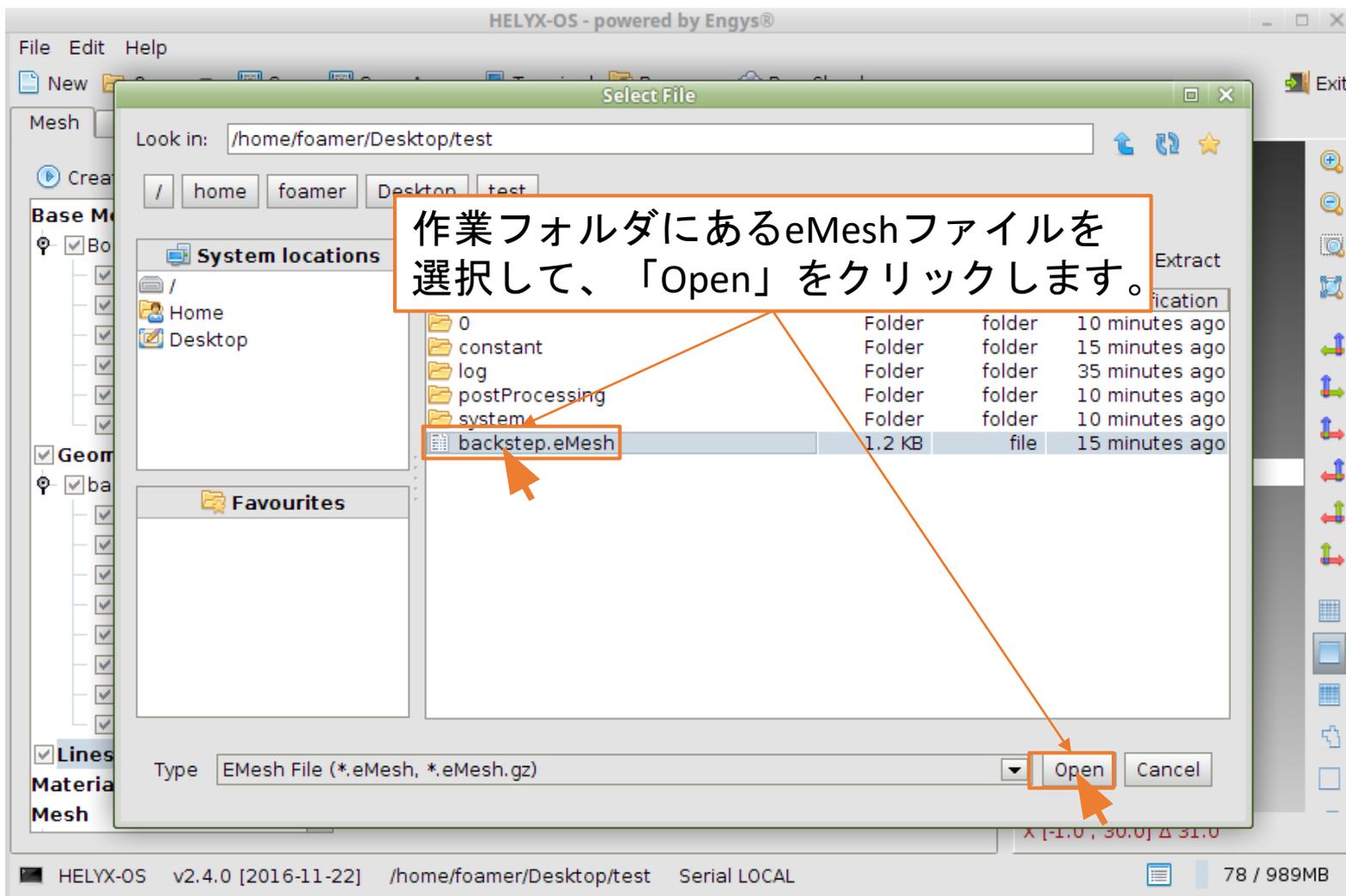
Stlファイルの読み込み



特徴線ファイルの読み込み



特徴線ファイルの読み込み



メッシュ分割の設定

①左のツリーから「BaseMesh」を選択します。

②「BaseMeshType」を「User Defined」にします。

③XYZの設定を下図のようにします。

	X	Y	Z
Min [m]	-0.1	-0.1	-0.1
Max [m]	30.1	3.1	2.1
Elements	50	15	10

Min、Maxはメッシュ分割の領域にあわせて調整しますElementsはメッシュ分割の数を示しています

メッシュ分割の設定

File Edit Help
New Open Save Save As... Terminal Browse Run Cloud Exit

Mesh Case Setup Solver

Create Check Delete Options

Base Mesh

- ☑ BoundingBo
- ☑ ffmix
- ☑ ffmixx
- ☑ ffmixy
- ☑ ffmixz
- ☑ ffmixxy
- ☑ ffmixyz

Geometry

- ☑ backstep
- ☑ inlet
- ☑ step1
- ☑ frontWall
- ☑ upperWall
- ☑ backWall
- ☑ step2
- ☑ outlet
- ☑ lowerWall

Lines

- ☑ backstep

Material Point

Geometry

STL

Patch Name step2

Refinement Layer

Surface

Level 1 1

Proximity Refinement

Volumetric

Mode None

X [-1.00E-1, 3.01E1] Δ 3.02E1

69 / 989MB

engys

- ・ 「Level」はメッシュを細分化する項目です
- ・ ステップ部分はメッシュ形状が崩れやすいので細かくします。

② Levelを「1 1」に設定します

① 左のツリーから「step2」を選択します。

メッシュ作成位置の設定

HELIX-OS - powered by Engys®

File Edit Help

New Open Save Save As... Terminal Browse Run Cloud Exit

Mesh Case Setup Solver

Create Check Delete Options

Base Mesh

- ☐ BoundingBox
 - ☑ ffxminx
 - ☑ ffxmaxx
 - ☑ ffxminy

Material Point

5.0 2.0 0.3

5.0 2.0 0.3

☑ inlet

- ☑ step1
- ☑ frontWall
- ☑ upperWall
- ☑ backWall
- ☑ step2
- ☑ outlet
- ☑ lowerWa

☑ Lines

- ☑ backstep

Material Point

HELIX-OS v2.4.0 [2016-11-22] /home/foamer/Desktop/test Serial LOCAL 61 / 989MB

engys®

X [-1.00E-1 , 3.01E1] Δ 3.02E1

② 電球マークをクリックします

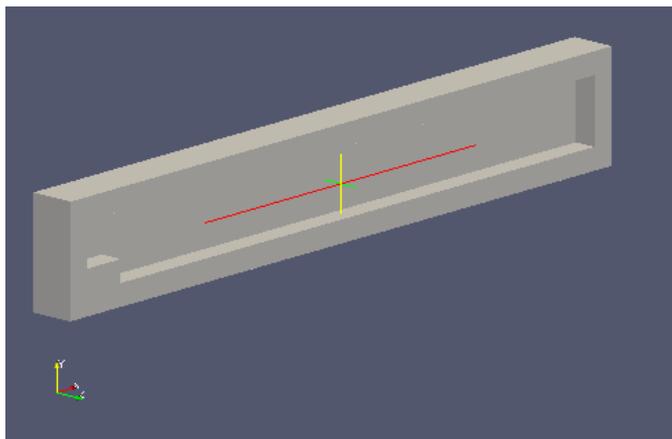
③ 「5.0 2.0 0.3」と入力します

① 左のツリーから「Material Point」を選択します。

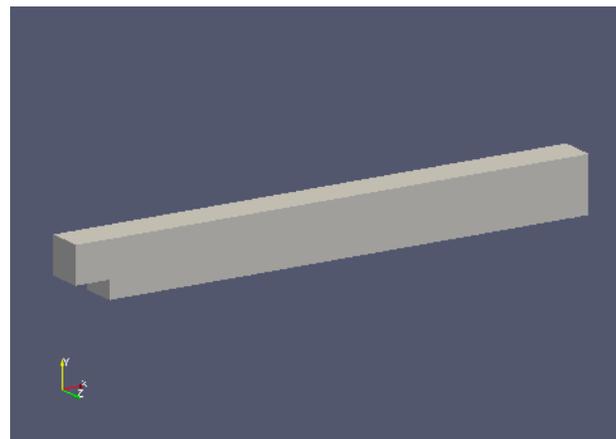
赤いマークが指定した点の位置を示しています

メッシュ作成位置の設定

Material Pointを読み込んだSTLファイルの内部に設定するか、外部に設定するかでメッシュを作成する領域が変化します。

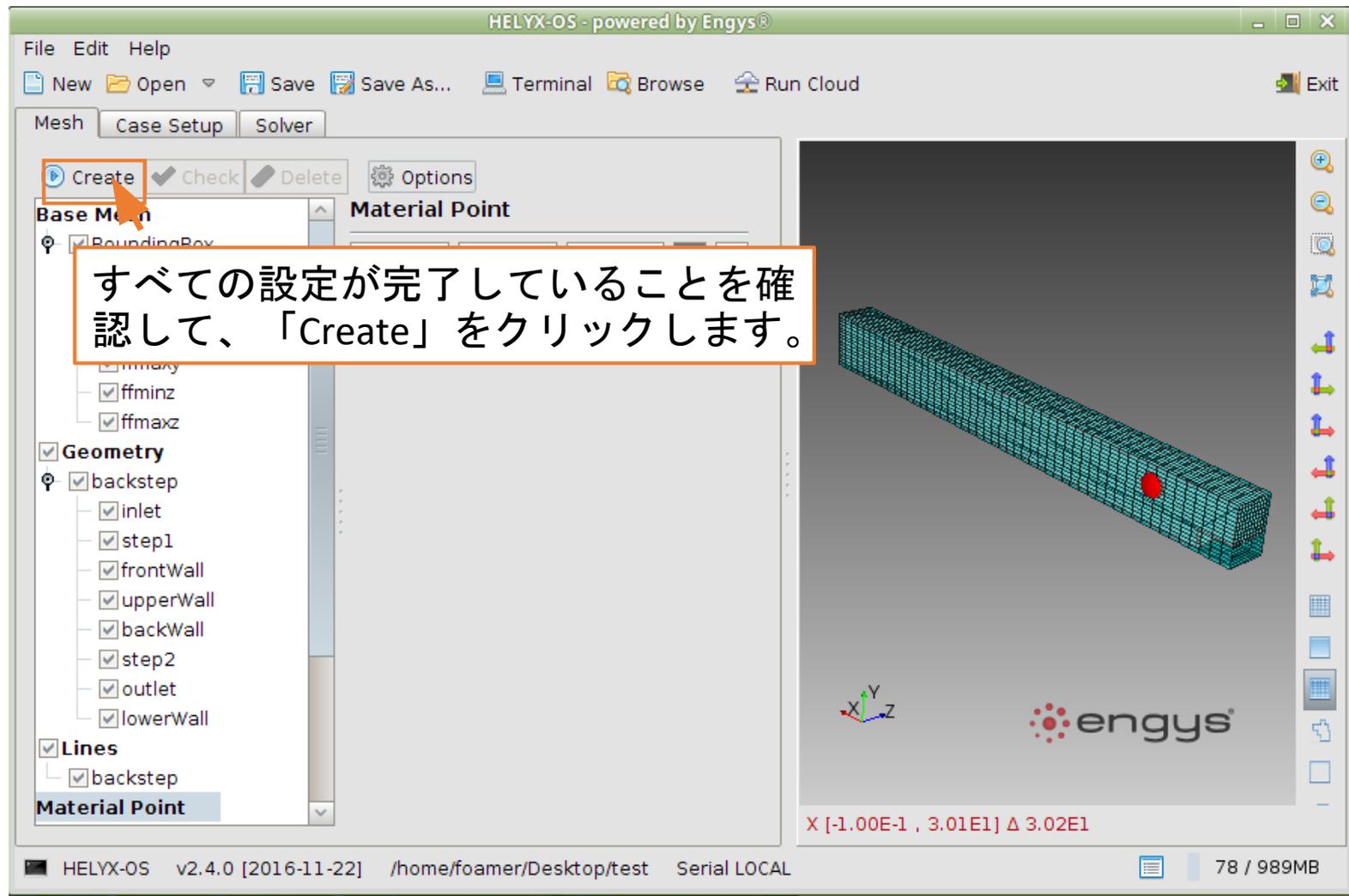


モデルの外部を指定した場合



モデルの内部を指定した場合

メッシュの作成



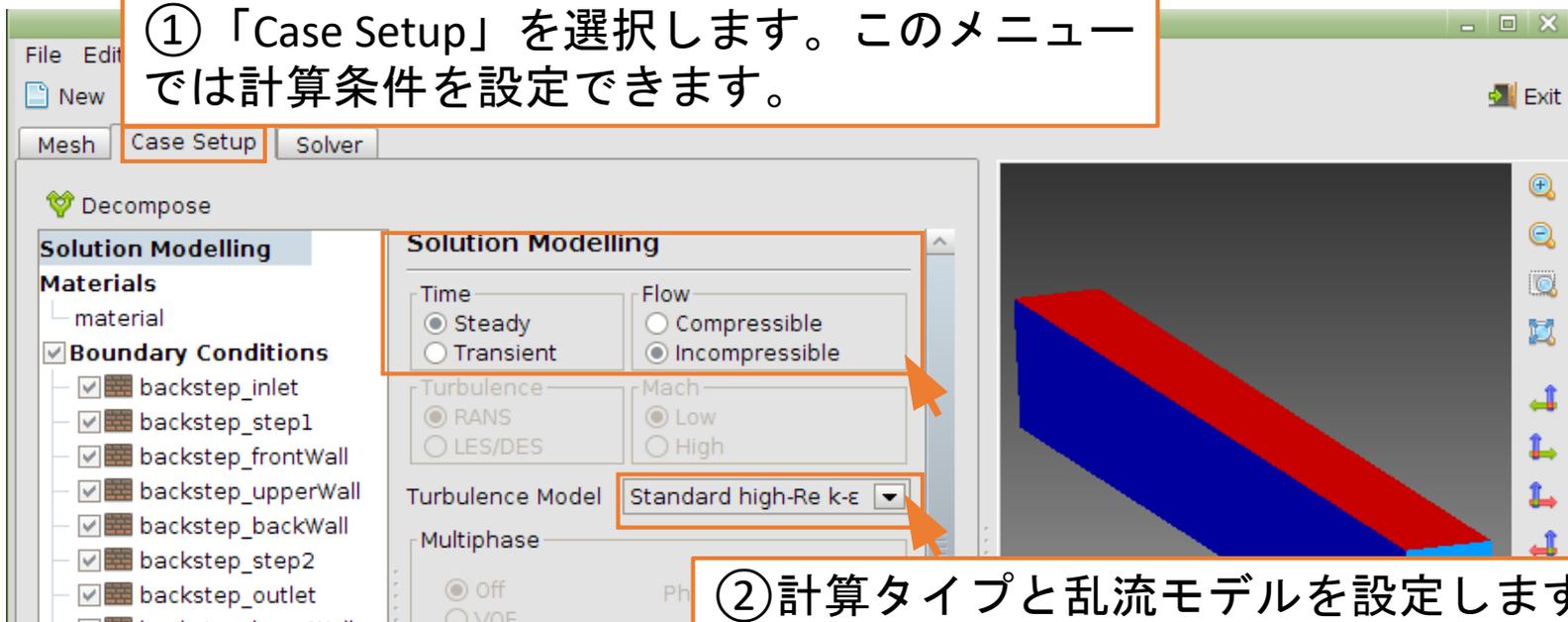
メッシュの作成

「Create」をクリックすると左下に作成状況のログが表示されメッシュが作成されます。右側に色づけされたモデルが表示されれば、メッシュ作成は完了です。

```
Checking final mesh ...
Checking faces in error :
non-orthogonality > 65 degrees           : 0
faces with face pyramid volume < 1e-13   : 0
faces with face-decomposition tet quality < 1e-15 : 0
faces with concavity > 80 degrees        : 0
faces with skewness > 4 (internal) or 20 (boundary) : 0
faces with interpolation weights (0..1) < 0.05 : 0
faces with volume ratio of neighbour cells < 0.01 : 0
faces with face twist < 0.02             : 0
faces on cells with determinant < 0.001   : 0
Finished meshing without any errors
Finished meshing in = 2.34 s.
End
```

HelyxOSでの条件設定

① 「Case Setup」を選択します。このメニューでは計算条件を設定できます。



② 計算タイプと乱流モデルを設定します。「Time」は「Steady」、「Flow」は「Incompressible」、「Turbulence Model」は「Standard high-Re k-ε」とします。



State Changed
Solution state has been changed.
All fields default settings are going to be reset now.
Continue?

OK

Cancel

これ以降、別のメニューに移動する際に変更を認めるか聞かれます。問題がなければOKをクリックしてください。

【定常、非圧縮】
定常は流れが時間の変化によって様相が変わらない状態のこと
非圧縮は流体の密度変化がない状態

流体物性の入力

① 「Materials」 の下の 「air」 を選択します。

② 「Change Material」 をクリックします。

③ HelyxOSにはデフォルトで物性がいくつか入っています。今回は「water」を選択します。選択後「OK」をクリックしてください。

境界条件の設定(流入条件)

① 「Boundary Conditions」 の下の 「backstep_inlet」 を選択します。

② 「Type」 は 「patch」 を選択します。

③ 「Momentum」 は以下のように設定してください

Zero Gradient: 勾配なし

境界条件の設定(流出条件)

The screenshot shows the HELYX-OS software interface. On the left, the 'Boundary Conditions' tree is expanded, and 'backstep_outlet' is selected. In the main panel, the 'Patch Type' is set to 'Patch'. The 'Momentum' tab is active, and the 'Velocity Type' is set to 'Zero Gradient'. The 'Pressure' section shows 'Pressure Type' as 'Fixed Value' and 'Pressure [m²/s²]' as '0.0'. Two callout boxes provide instructions: the first points to 'backstep_outlet' in the tree, and the second points to the 'Patch' type and 'Zero Gradient' velocity type settings.

② 「Type」は「patches」を選択し、「Momentum」は以下のように設定してください

① 「Boundary Conditions」 の下の 「backstep_outlet」 を選択します。

計算実行：
オープンソースの流体解析
ツールBOX
「OpenFOAM」で計算実行

計算条件の設定

File Edit Help
New Open Save Save As... Terminal Browse
Mesh Case Setup Solver
Decompose

water
Boundary Conditions
backstep_inlet
backstep_step1
backstep_frontWall
backstep_upperWal
backstep_backWall
backstep_step2
backstep_outlet
backstep_lowerWall
Cell Zones
Numerical Schemes
Solver Settings
Runtime Controls
Fields Initialisation
Custom
0
constant

Time Settings
Start From Start Time 0.0
End Time 1,000.0
Δt[s] 1.0
Adjustable Time Step
Max Courant Number 0.0
Max Courant Alpha 0.0
Max Time Step [s] 0.0

Data Writing
Write Control Time Step 1,000.0
Purge Write 0
Write Format ASCII
Write Precision 10
Write Compression Uncompressed
Time Format General

engys
X [0.0, 30.0] Δ 30.0

HELYX-OS v2.4.0 [2016-11-22] /home/foamer/Desktop/test Serial LOCAL 62 / 989MB

ここでは条件は変更しませんが、
デフォルトで次のようになっています
計算時間：0.0～1000.0
結果出力間隔：1000秒ごと

「RunTime Controls」をクリックします

計算の開始

The screenshot shows the HELYX-OS software interface. The 'Solver' tab is selected in the top menu. The 'Run Options' panel is visible, containing a 'Run' button and an 'Edit Script' button. The 'Run' button is highlighted with an orange arrow. The 'Log File' field shows 'simpleFoam.log'. The interface also displays a tree view of 'Run Options' on the left, including 'Runtime Controls', 'Residuals', and 'Mesh' with various sub-options like 'backstep_inlet', 'backstep_step1', etc. A 3D model of a cube is visible on the right side of the interface.

① 設定が終わったら「Solver」タブを表示します。

② 「Run」をクリックして、計算を実行します。

計算中の表示

The screenshot displays the HELYX-OS software interface, which is powered by Engys. The main window is titled "HELYX-OS - powered by Engys®". The interface includes a menu bar (File, Edit, Help), a toolbar with icons for New, Open, Save, and Solver, and a "Run" button. The "Run Options" panel is visible, showing "Runtime Controls" and "Residuals" settings. The "Residuals" plot shows the convergence of variables Ux, Uy, Uz, and p over 1,000 iterations. The y-axis is logarithmic, ranging from 1e-5 to 1e0. The x-axis is labeled "Iteration [-]" and ranges from 0 to 1,000. The plot shows that the residuals for all variables decrease rapidly and stabilize around 1e-4 to 1e-5 after approximately 250 iterations. A text box above the plot states: "計算中は残差プロットのグラフが表示されます。" (During calculation, the graph of the residual plot is displayed.)

Below the residuals plot, the "Run Case [11:19:27]" window is open, showing the terminal output of the solver. The text in the terminal is as follows:

```
smoothSolver: Solving for epsilon, Initial residual = 8.433600206e-06, Final residual = 3.480221795e-07, No Iterations  
smoothSolver: Solving for k, Initial residual = 9.950502993e-06, Final residual = 7.309711307e-07, No Iterations  
ExecutionTime = 46.97 s ClockTime = 47 s
```

A text box below the terminal window states: "左下の黒い画面に「End」と出れば計算完了です。" (When "End" appears on the black screen in the bottom left, the calculation is complete.)

The interface also shows a 3D model of a rectangular block on the right side, with the Engys logo and the text "X [0.0, 30.0] Δ 30.0" below it. The status bar at the bottom indicates "HELYX-OS v2.4.0 [2016-11-22] /home/foamer/Desktop/test Serial LOCAL" and "75 / 989MB".

可視化：
オープンソースの
可視化ソフト「ParaView」
で結果の確認

結果の可視化—ParaViewの起動

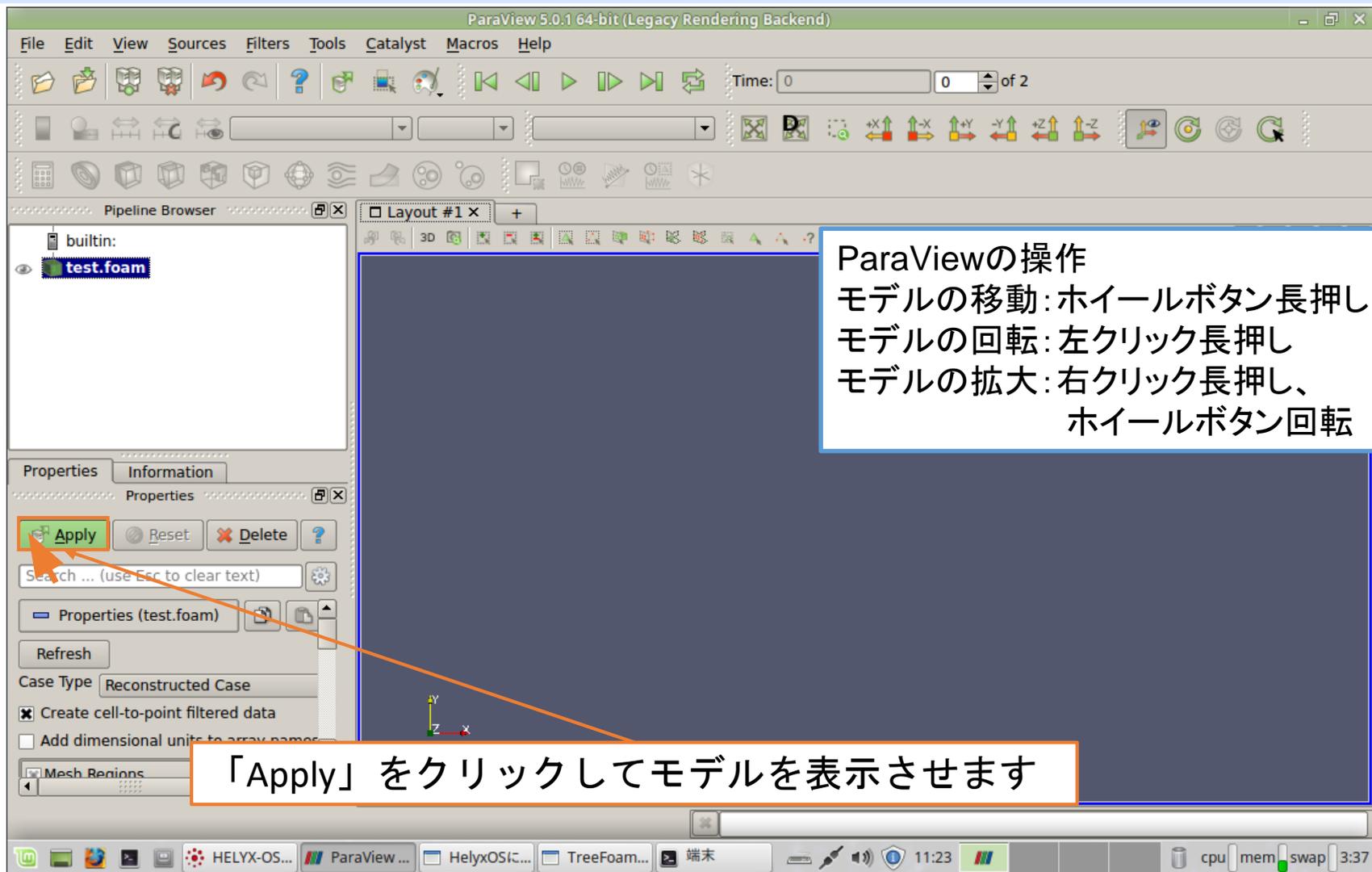
The screenshot displays the HELYX-OS interface. At the top, the title bar reads "HELYX-OS - powered by Engys®". The main window is divided into several panels. On the left, the "Run Options" panel is visible, with the "ParaView" button highlighted by an orange arrow. A text box with an orange border contains the instruction: "結果を可視化するために、画面上の「ParaView」ボタンをクリックします。" (To visualize the results, click the "ParaView" button on the screen). The central panel shows a "Residuals" plot with a logarithmic y-axis (ranging from 1e-5 to 1e0) and a linear x-axis (Iteration [-] from 0 to 1,000). The plot shows several curves for variables Ux, Uy, Uz, and p, all of which decrease and stabilize around 250 iterations. To the right of the plot is a "Series" list with checkboxes for Ux, Uy, Uz, and p. Below the residuals plot is a terminal window titled "Run Case [11:19:27]" showing the following output:

```
smoothSolver: Solving for epsilon, Initial residual = 8.433600206e-06, Final residual = 3.480221795e-07, No Iterations in 1
smoothSolver: Solving for k, Initial residual = 9.950502993e-06, Final residual = 7.309711307e-07, No Iterations in 1
ExecutionTime = 46.97 s  ClockTime = 47 s

End
```

The bottom status bar shows "HELYX-OS v2.4.0 [2016-11-22] /home/foamer/Desktop/test Serial LOCAL" and a memory usage indicator "75 / 989MB".

モデルの表示



The screenshot shows the ParaView 5.0.1 interface. The Pipeline Browser on the left shows a source named 'test.foam'. The Properties panel at the bottom left has the 'Apply' button highlighted with a red box and an orange arrow pointing to it. A text box at the bottom of the interface contains the instruction: 「Apply」をクリックしてモデルを表示させます. A larger text box on the right side of the interface provides a summary of navigation controls: ParaViewの操作, モデルの移動: ホイールボタン長押し, モデルの回転: 左クリック長押し, モデルの拡大: 右クリック長押し, ホイールボタン回転.

ParaViewの操作
モデルの移動: ホイールボタン長押し
モデルの回転: 左クリック長押し
モデルの拡大: 右クリック長押し、
ホイールボタン回転

「Apply」をクリックしてモデルを表示させます

可視化のための平面を作成

ここで表示する計算結果を選択するところです。（U=流速、p=圧力、ほか多数）

① 計算結果を表示する平面(Slice)を作成します「Slice」ボタンをクリックします。

② 「Z Normal」をクリックし「Apply」をクリックします。これで平面が作成されました。

流速ベクトルの作成

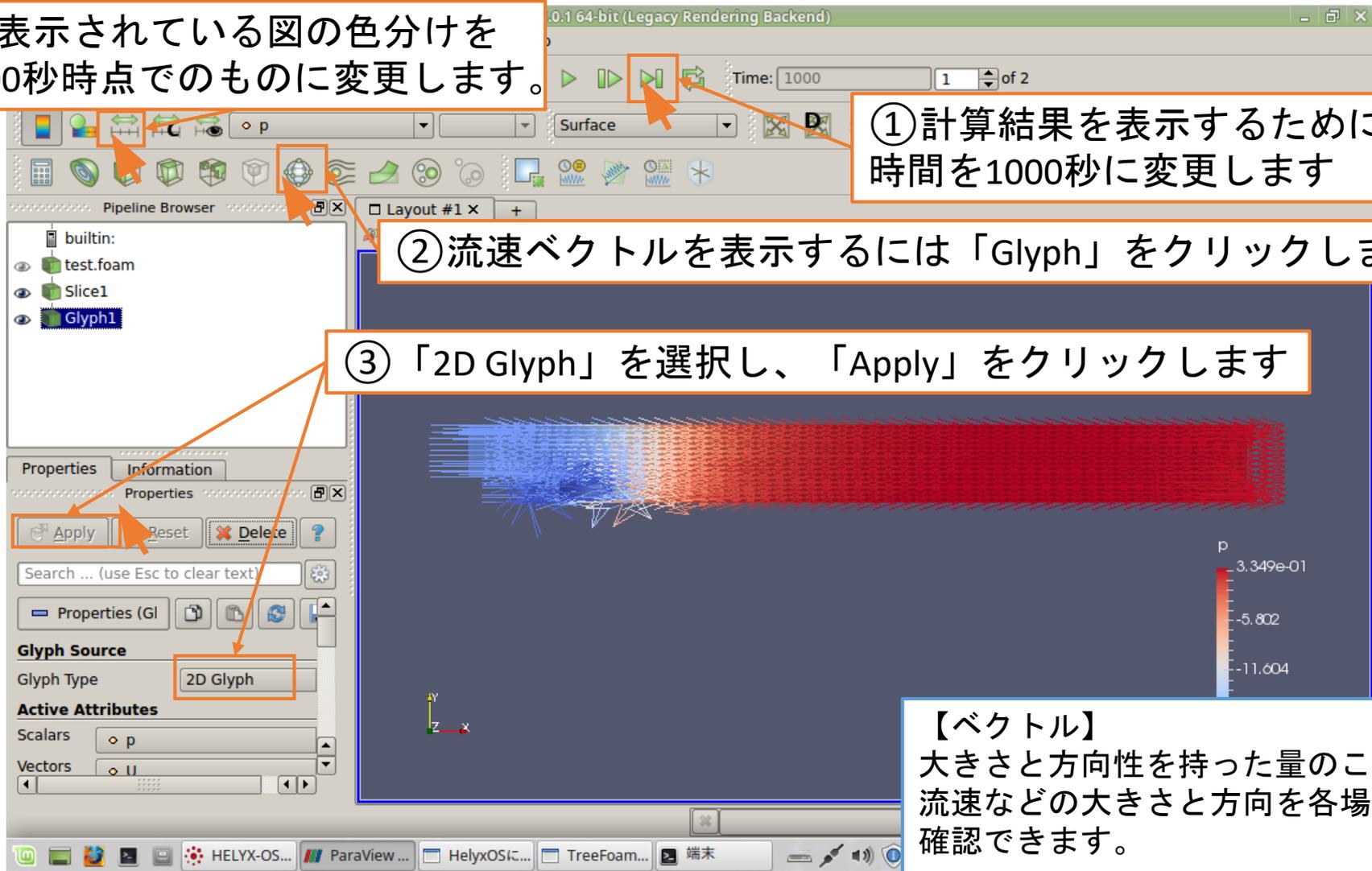
④表示されている図の色分けを1000秒時点でのものに変更します。

①計算結果を表示するために時間を1000秒に変更します

②流速ベクトルを表示するには「Glyph」をクリックします

③「2D Glyph」を選択し、「Apply」をクリックします

【ベクトル】
大きさと方向性を持った量のこと。
流速などの大きさと方向を各場所で確認できます。

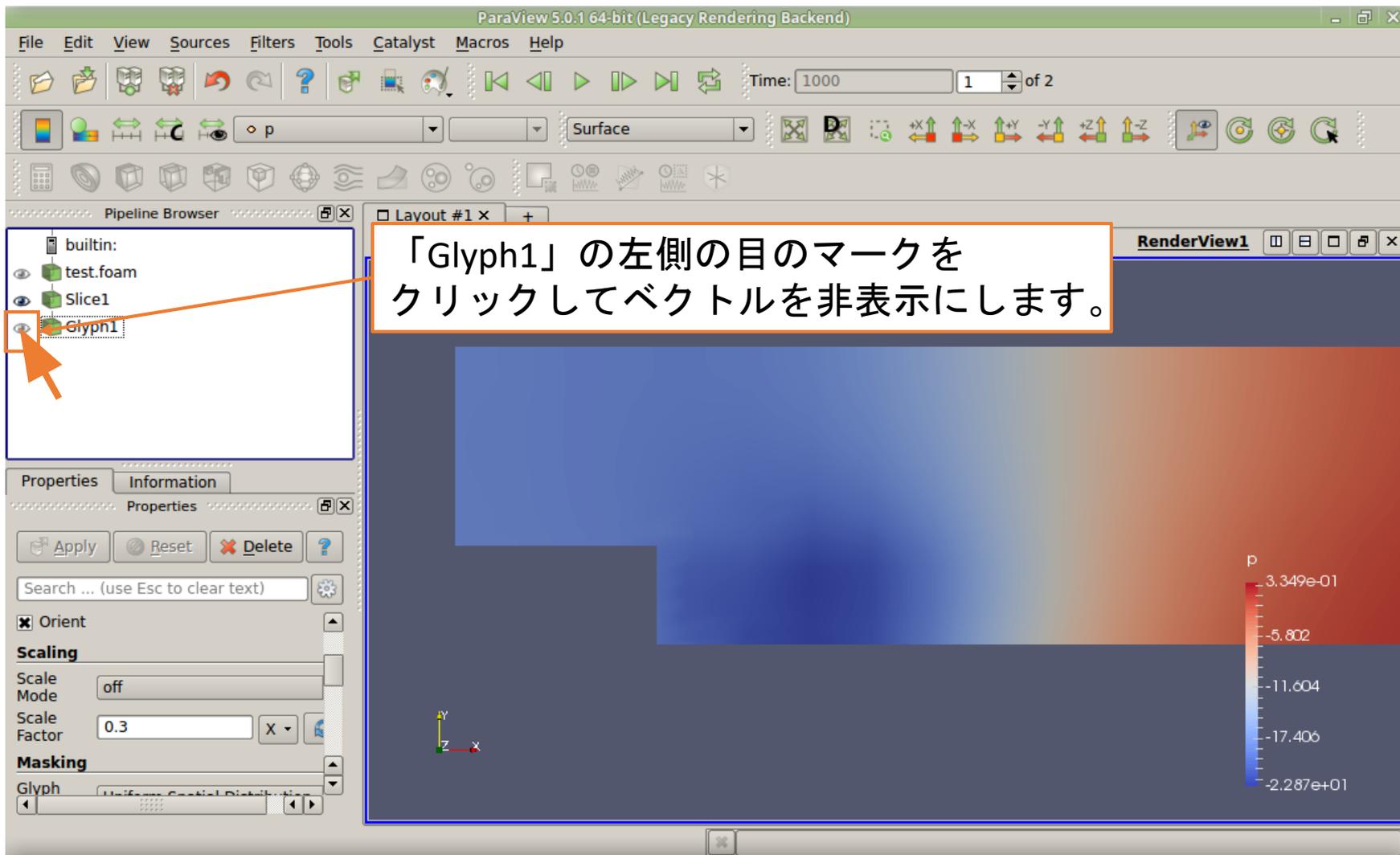


流速ベクトルの調整

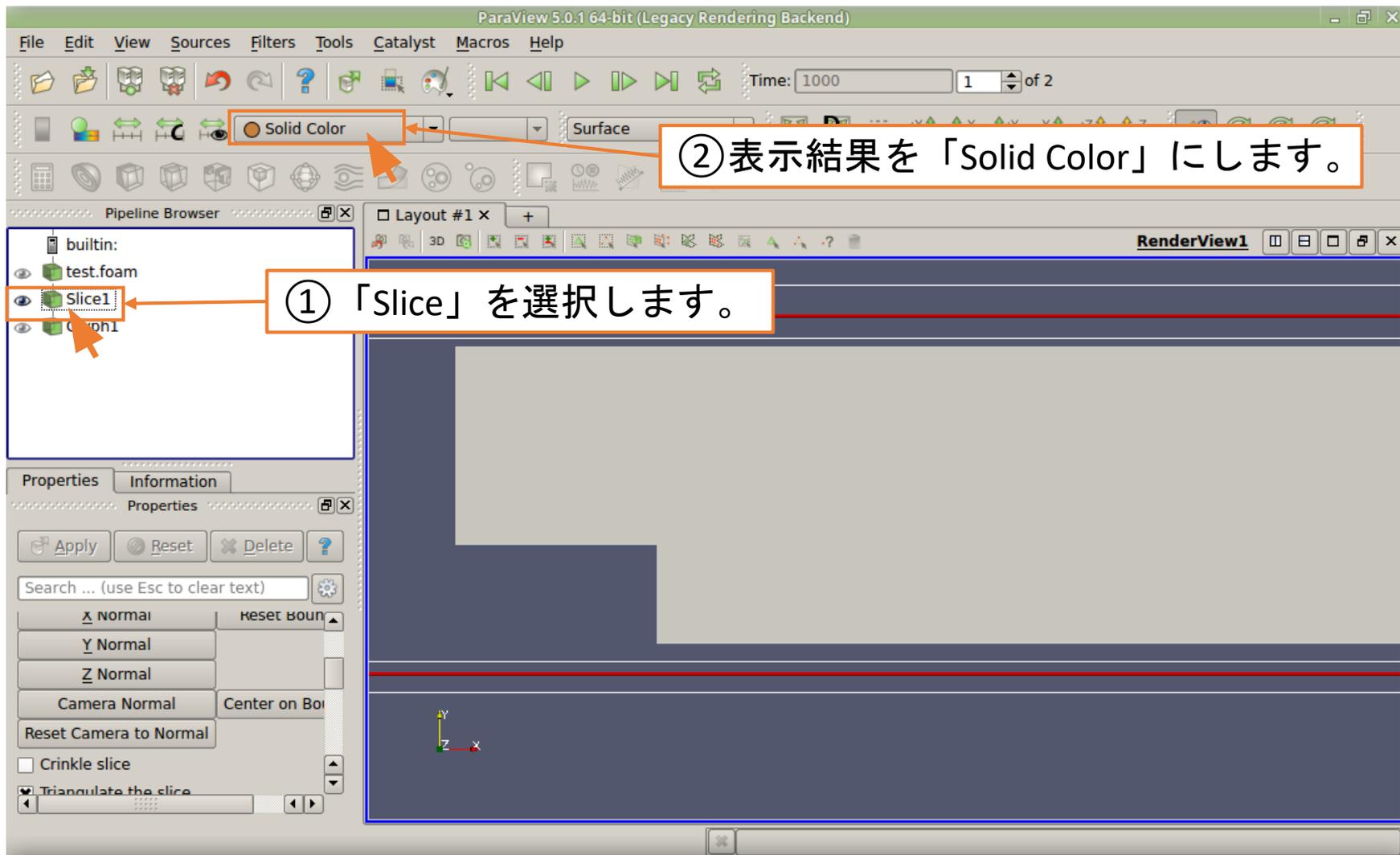
② 「Apply」をクリックします。
ステップの後流を拡大すると渦が
発生していることがわかります

① 「Scale Mode」を「off」に、
「Scale Factor」を0.3にします

流線の作成ーベクトルの非表示



流線の作成—平面結果の非表示



流線の作成

① 「～.foam」 を選択します

② 「Stream Tracer」 を選択して 「Apply」 をクリックします

【流線】
定常流れでは流れの軌跡を表しています

流線の調整

The screenshot shows the OpenCAE software interface with three numbered callouts:

- ③ 結果表示を「U」に変更します**: An arrow points to the 'U' dropdown menu in the top toolbar, which is currently set to 'Magnitic'.
- ① 「Seed Type」を「High Resolution Line Source」に変更します**: An arrow points to the 'Seed Type' dropdown menu in the 'Properties' panel, which is currently set to 'High Resolution Line Source'.
- ② 「Point1」を<3 -1 1>、「Point2」を<3 3 1>と入力して、Applyをクリック**: An arrow points to the 'Point1' and 'Point2' input fields in the 'Properties' panel. The 'Point1' field contains the values 3, -1, 1 and the 'Point2' field contains the values 3, 3, 1.

The main rendering area shows a 3D visualization of a flow field with streamlines. A color scale on the right indicates 'U Magnitude' values ranging from 3.0332 to 1.213e+01.

コンタレンジの調整

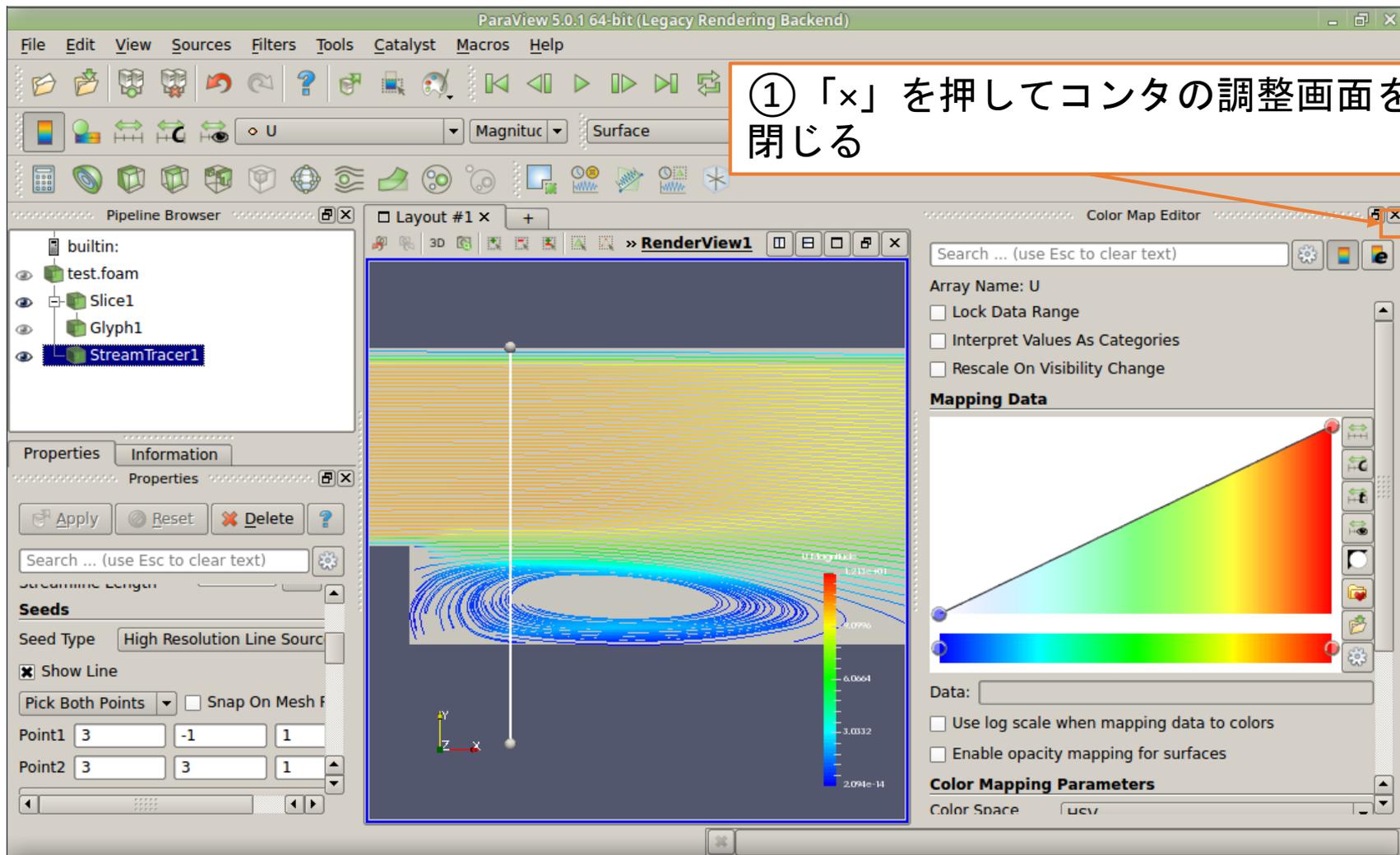
① 「Edit color map」 ボタンをクリックします

② 「Choose Preset」 をクリックします

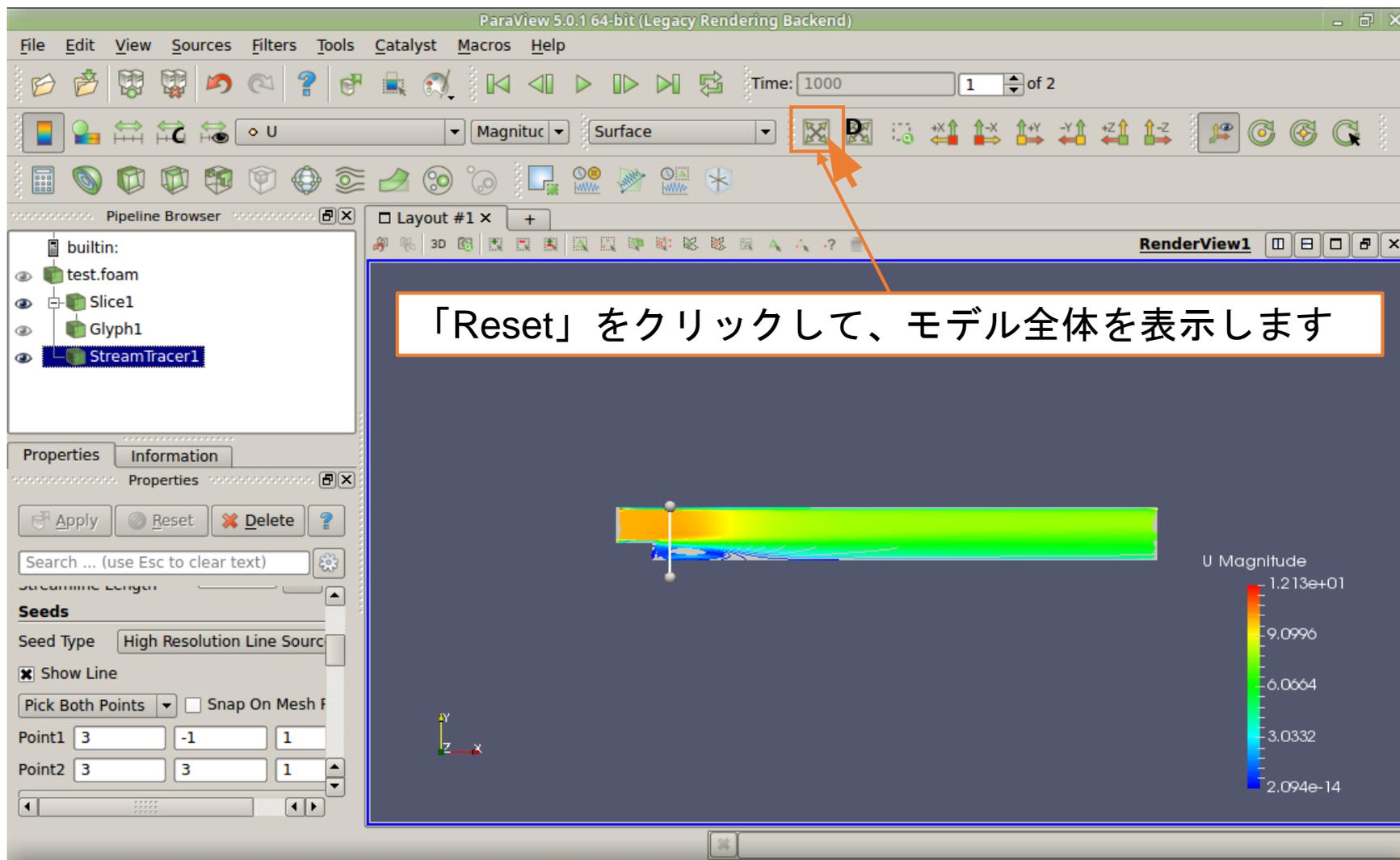
③ 「Blue To Red～」を選択し、「Apply」をクリックして「Close」をクリックします

Tip: <click> to select, <double-click> to apply a preset.

コンタレンジの調整



流速コンタの表示



流速コンタの表示

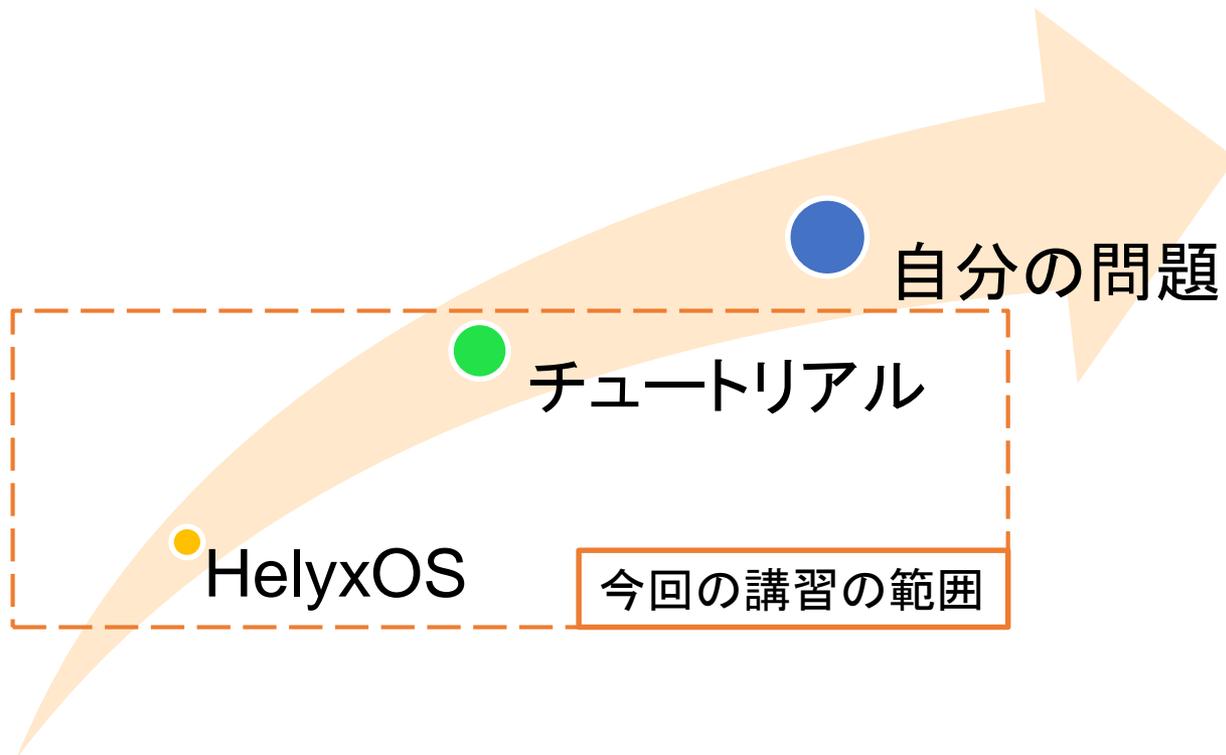
The screenshot shows the ParaView 5.0.1 interface. The Pipeline Browser on the left shows a hierarchy: builtin: test.foam > Slice (selected) > Glyph > StreamTracer1. The Properties panel shows the 'Slice' filter settings, with 'Crinkle slice' unchecked and 'Triangulate the slice' checked. The main view displays a 3D visualization of a velocity magnitude field on a slice, with a color scale ranging from 0.000e+00 (blue) to 1.017e+01 (red). A text box with an orange border and arrows pointing to the 'U' dropdown and the 'Slice' filter contains the following text:

「Slice」を選んだ状態で表示を速度(「U」)に変更すると「Slice」上に分布が描かれます。

脱！超初心者 チュートリアルケースの利用

脱！超初級者への道

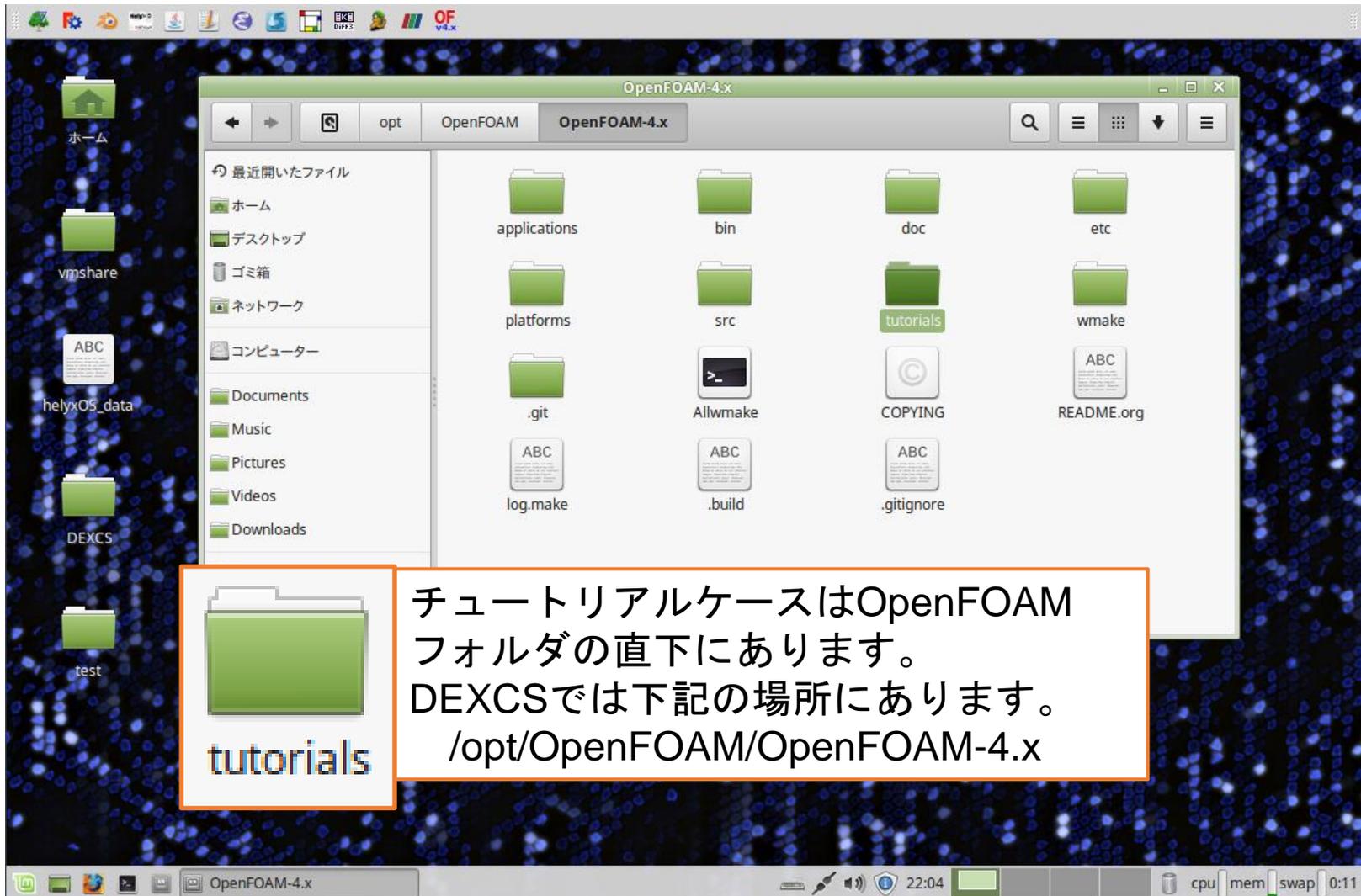
- 超初心者の次のステップはGUI以外での操作
- 具体的にはCUIも使えるようにする→チュートリアルの利用



チュートリアルケースについて

- OpenFOAMにはユーザーマニュアルがあります
 - 機能の全てを網羅している訳ではありません。
- マニュアルの代わりにチュートリアルケース
- チュートリアルケースは計算を行うソルバごとに提供
- チュートリアルケースを読み解き、インプットの構成を知る
 - 脱・超初級者のステップになります。

チュートリアルケースの場所



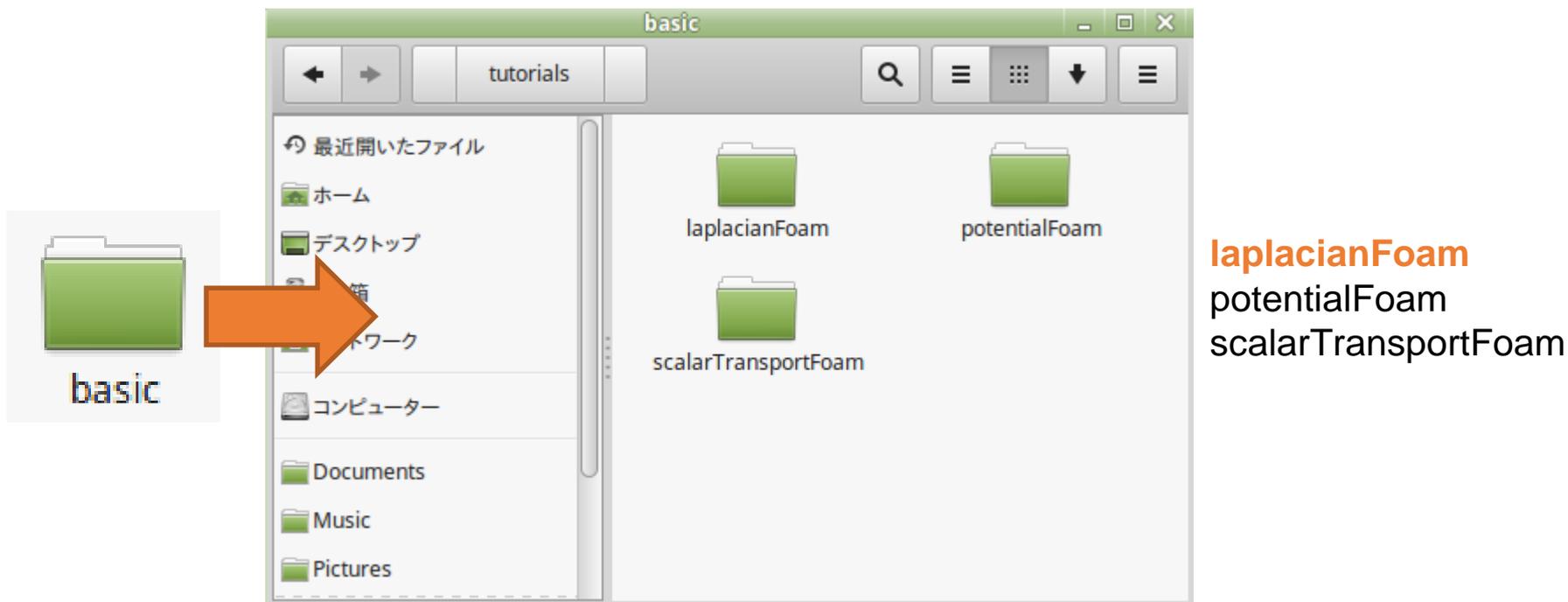
チュートリアルケースの分類

tutorialフォルダには分野ごとにフォルダが存在しています。

basic	基礎的なCFDコード、熱伝導、ポテンシャル流れ
electromagnetics	電磁流体
lagrangian	ラグランジュ法による粒子追跡
stressAnalysis	固体応力解析
combustion	燃焼
financial	金融工学
mesh	メッシュ
compressible	圧縮性流れ
heatTransfer	熱輸送と浮力駆動流れ
multiphase	多相流
DNS	直接数値シミュレーション (Direct Numerical Simulation)
discreteMethods	直接シミュレーション・モンテ・カルロ法・分子動力学法
incompressible	非圧縮性流れ
resources	ジオメトリデータが入っている。

チュートリアルケースを実行する

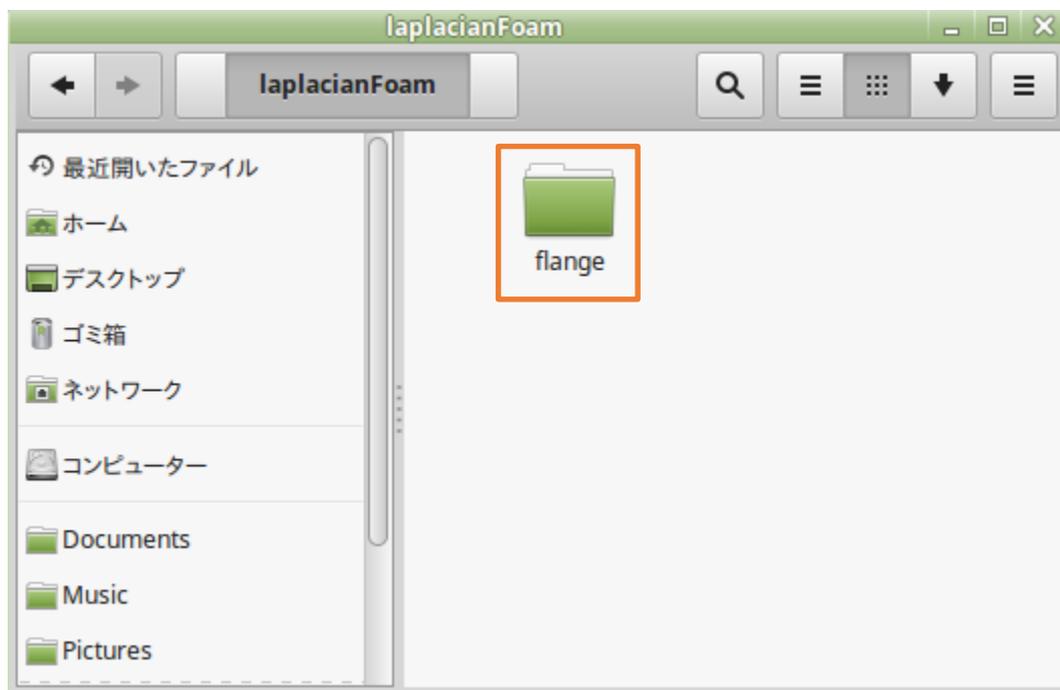
- 分野のフォルダ下にはソルバ名称のフォルダが並んでいます。
- ユーザーは自分の目的にあったソルバを選択して使います。



今回はlaplacianFoamの中身を見たいです

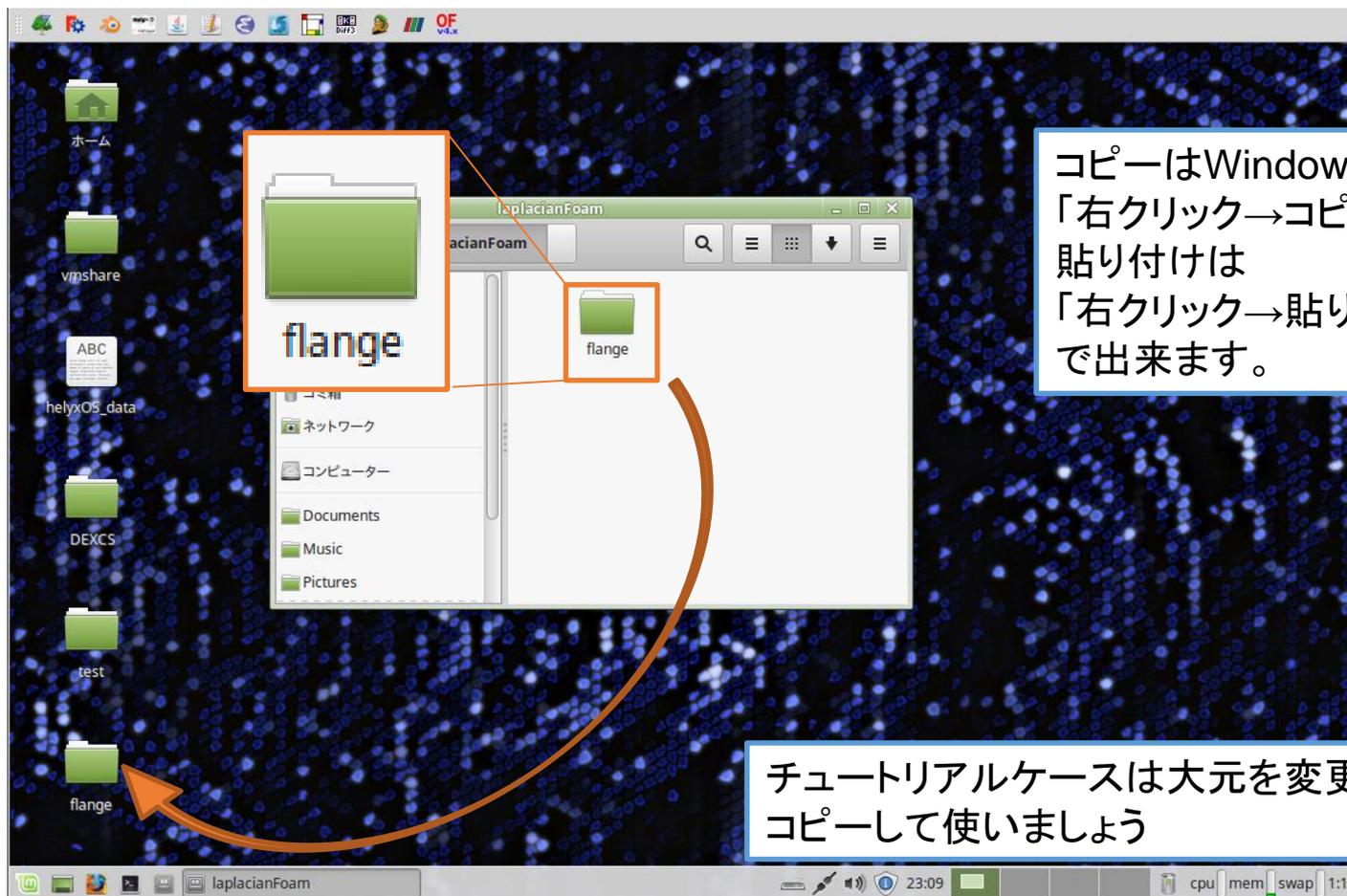
ソルバフォルダの中身

- ソルバ名称のファイルの下にはチュートリアルケースのフォルダが並んでいます。
- 今回は熱伝導解析のケースである「flange」を見てみます。



チュートリアルケースのコピー

□チュートリアルケースをデスクトップにコピーします。

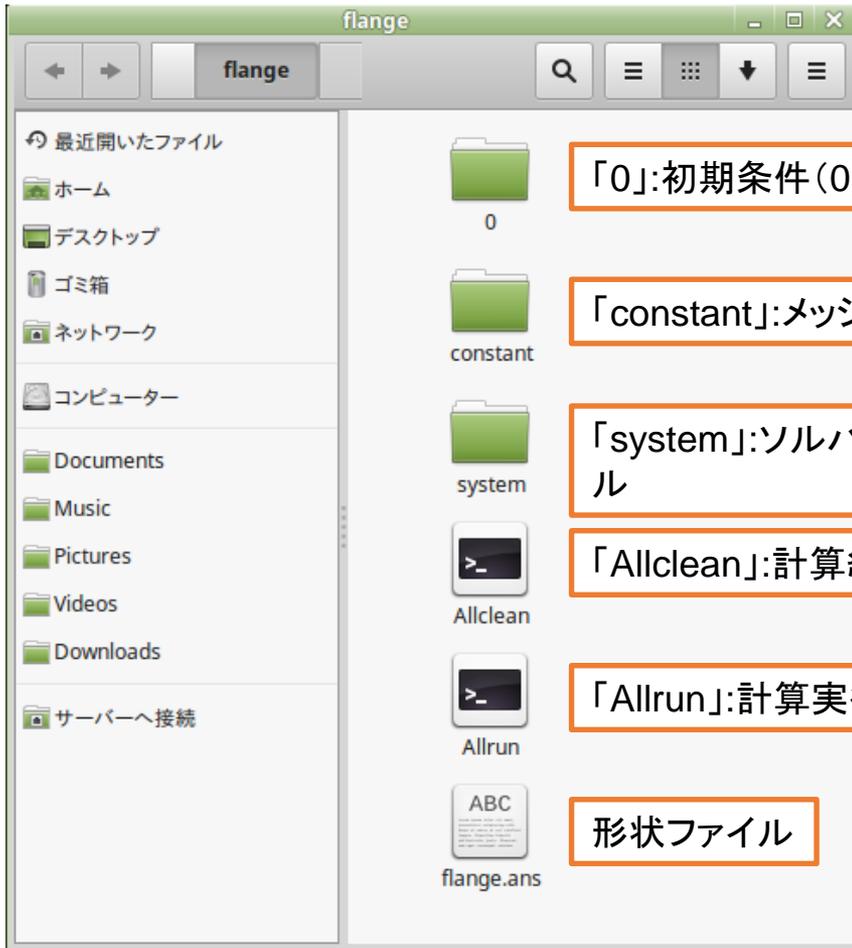


コピーはWindowsと同じように「右クリック→コピー」
貼り付けは「右クリック→貼り付け」
で出来ます。

チュートリアルケースは大元を変更しないように
コピーして使いましょう

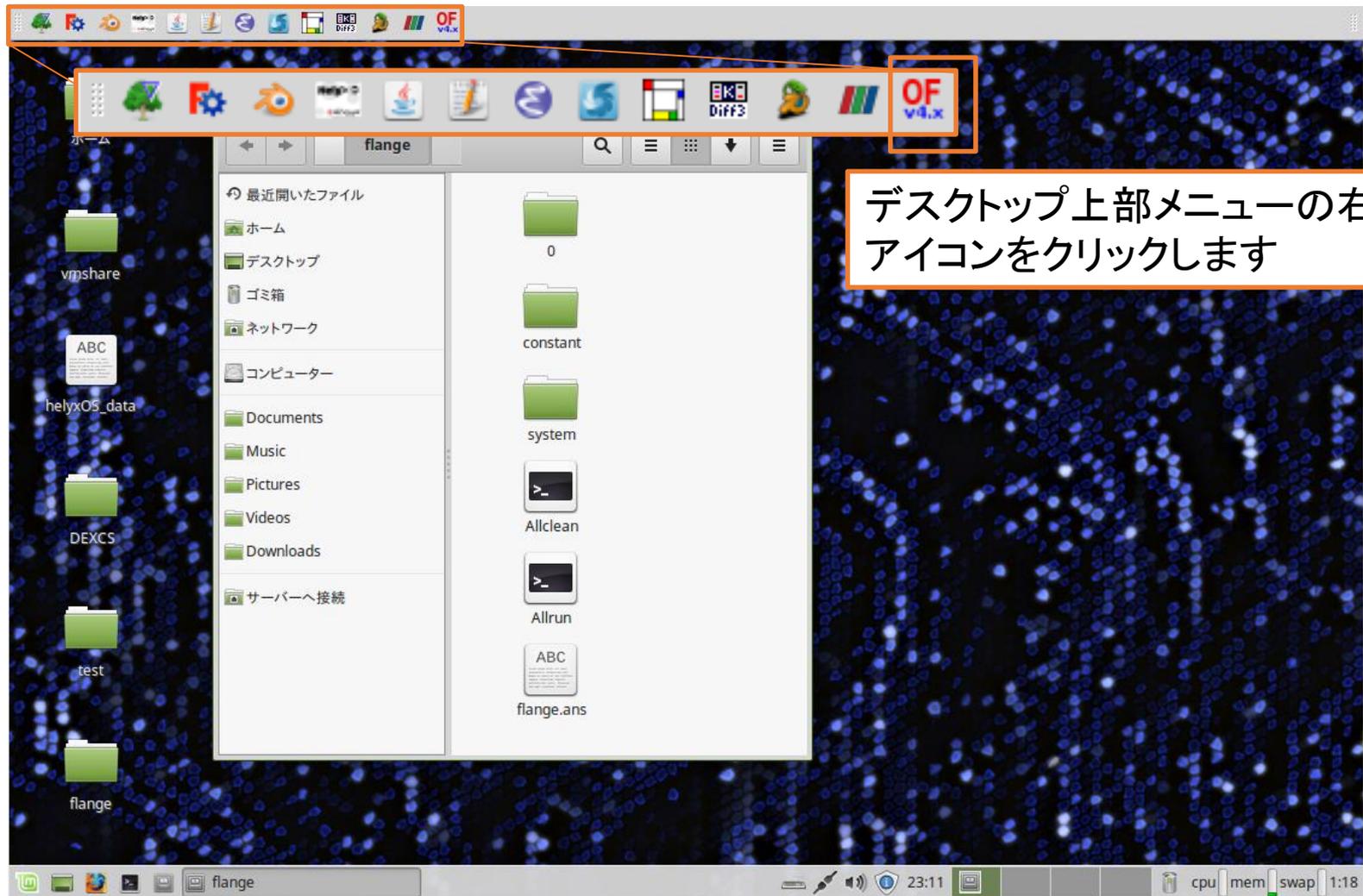
OpenFOAMケースフォルダの構成

□flangeケースの中身



OpenFOAMの
基本3フォルダ
(ないとダメ)

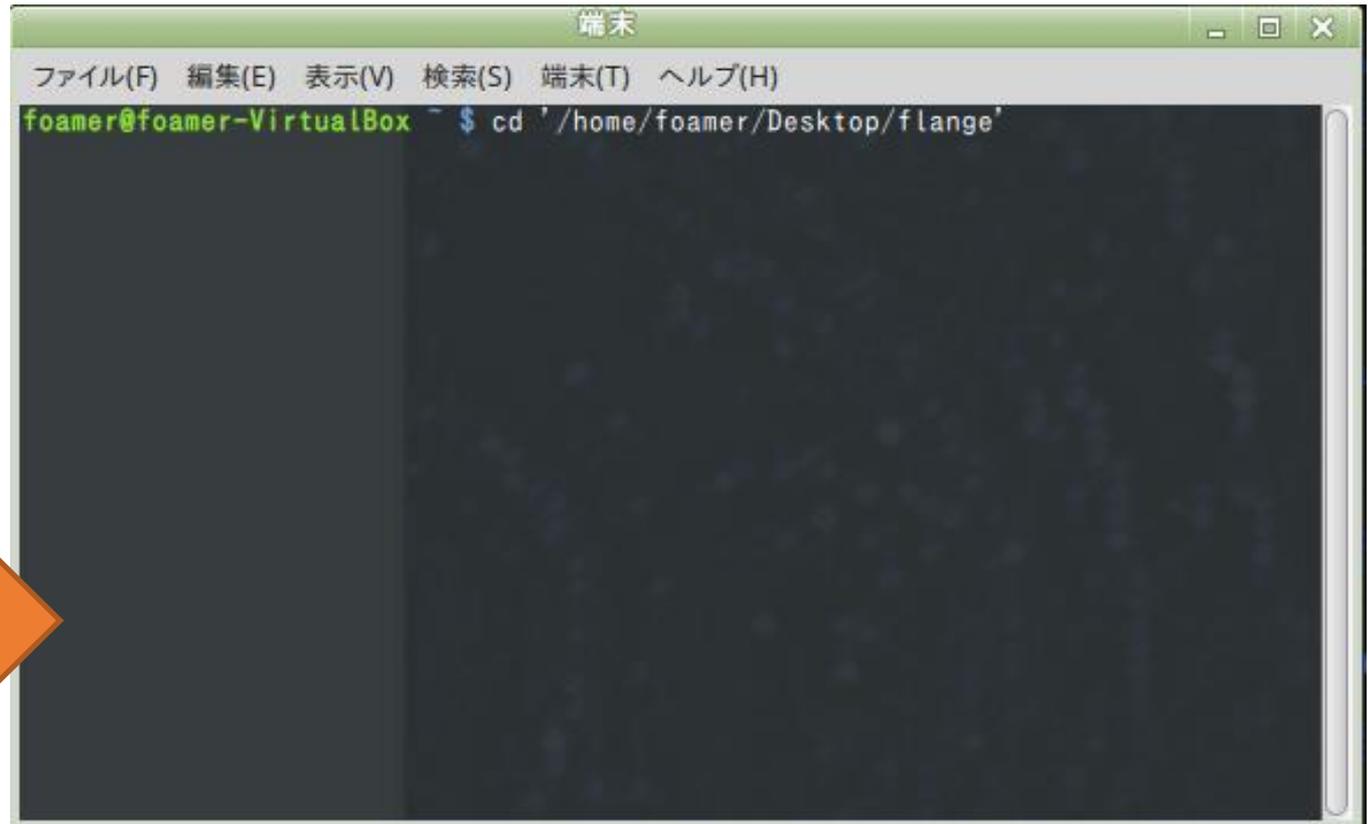
Terminalの起動



デスクトップ上部メニューの右端
アイコンをクリックします

flangeフォルダへの移動

- 立ち上がった端末(Terminal)に「cd」を入力して、その後デスクトップの「flange」フォルダをドラッグ&ドロップしてEnterを押します。



```
端末
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) 端末(T) ヘルプ(H)
foamer@foamer-VirtualBox ~ $ cd '/home/foamer/Desktop/flange'
```

計算の実行

- 「flange」フォルダに移動したら端末の「\$」マークの左側に今いるフォルダが表示されます。
- 「flange」フォルダにいることを確認して「./Allrun」と入力してEnterを押します。

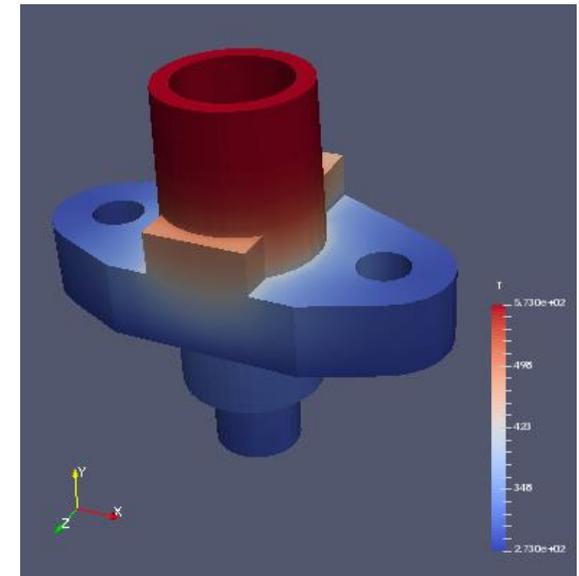


```
端末
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) 端末(T) ヘルプ(H)
foamer@foamer-VirtualBox ~ $ cd '/home/foamer/Desktop/flange'
foamer@foamer-VirtualBox ~/Desktop/flange $ ./Allrun
```

結果の確認

- いくつか実行ログが表示されますので、端末にもう一度「\$」マークが表示されるまで待ちます。
- 「\$」マークが表示されれば計算は終了しているので「paraFoam」と入力してEnterを押して結果を確認できます。

```
端末
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) 端末(T) ヘルプ(H)
foamer@foamer-VirtualBox ~ $ cd '/home/foamer/Desktop/flange'
foamer@foamer-VirtualBox ~/Desktop/flange $ ./Allrun
Running ansysToFoam: converting mesh flange.ans
Running laplacianFoam on /home/foamer/Desktop/flange
Running foamToEnlight on /home/foamer/Desktop/flange
Running foamToEnlightParts on /home/foamer/Desktop/flange
Running foamToVTK on /home/foamer/Desktop/flange
foamer@foamer-VirtualBox ~/Desktop/flange $ paraFoam
```



チュートリアルで何をやっているか

- 「./Allrun」 ファイルをダブルクリックするとチュートリアルで何をやっているかが書いてあります

```
Allrun (~/Desktop/flange)
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
Allrun x
1 #!/bin/sh
2 cd ${0%/*} || exit 1 # Run from this directory
3
4 # Source tutorial run functions
5 . $WM_PROJECT_DIR/bin/tools/RunFunctions
6
7 # Get application name
8 application=`getApplication`
9
10 runAnsysToFoam()
11 {
12     if [ -f log.ansysToFoam ]
13     then
14         echo "ansysToFoam already run on $PWD: remove log file to re-run"
15     else
16         echo "Running ansysToFoam: converting mesh $1"
17         ansysToFoam $1 -scale $2 > log.ansysToFoam 2>&1
18     fi
19 }
20
21 runAnsysToFoam flange.ans 0.001
22 runApplication $application
23 runApplication foamToEnight
24 runApplication foamToEnightParts
25 runApplication foamToVTK
26
27 #-----
シェルスクリプト ▾ タブの幅: 4 ▾ (1行, 1列) [挿入]
```

「Allrun」ファイルはシェルスクリプトです

「runApplication」と書いてあるところがOpenFOAMのコマンドを呼んでいるところです

おまけ

ユーザーガイド和訳版

□ オープンCAE学会のホームページにOpenFOAMユーザーガイドの和訳版があります。

□ <http://www.opencae.or.jp/activity/translation/>



The screenshot shows a web browser window displaying the page www.opencae.or.jp/activity/translation/. The page is titled "ダウンロード" (Download) and lists various OpenFOAM user guides and programmer guides in Japanese. The list includes:

- OpenFOAM
 - レポジトリ <https://github.com/opencae/OpenFOAM/>
 - ユーザーガイド 和訳
 - [UserGuideJa-1.5.pdf](#)
 - [UserGuideJa-1.6.pdf](#)
 - [UserGuideJa-1.7.1.pdf](#)
 - [UserGuideJa-2.0.0_beta.pdf](#) (索引未完成のため β 版)
 - [UserGuideJa-2.1.1.pdf](#)
 - [UserGuideJa-2.2.0.pdf](#)
 - [UserGuideJa-2.3.0_beta.pdf](#) (索引未完成のため β 版)
 - [UserGuideJa-3.0.1_beta.pdf](#) (索引未更新のため β 版)
 - プログラマズガイド 和訳
 - [ProgrammersGuideJa-2.0.0_beta.pdf](#) (索引未完成のため β 版)
 - [ProgrammersGuideJa-2.1.1.pdf](#)
 - [ProgrammersGuideJa-2.2.0.pdf](#)
 - [ProgrammersGuideJa-2.3.0_beta.pdf](#) (索引未完成のため β 版)

ユーザーガイドにはOpenFOAM自体の解説はもちろん、いくつかのチュートリアルケースの解説もあります。

OpenFOAM日本語書籍（参考文献）

□一般社団法人オープンCAE学会、“OpenFOAMによる熱移動と流れの数値解析”、森北出版、2016

The screenshot shows a web browser window displaying the book page for "OpenFOAMによる熱移動と流れの数値解析" (Numerical Analysis of Heat Transfer and Flow in OpenFOAM). The page includes the book cover, a description, the price (¥3,456), and a "Purchase Page" button. The browser's address bar shows the URL: https://www.morikita.co.jp/books/book/2779. The page also features a search bar and a sidebar with various categories like "Mathematics", "Physics", and "Chemistry".

- CUIを使用した計算を実施したいときの参考書に。
- OpenFOAMの設定と理論を対比しながら学べます。

補足

収束判定について

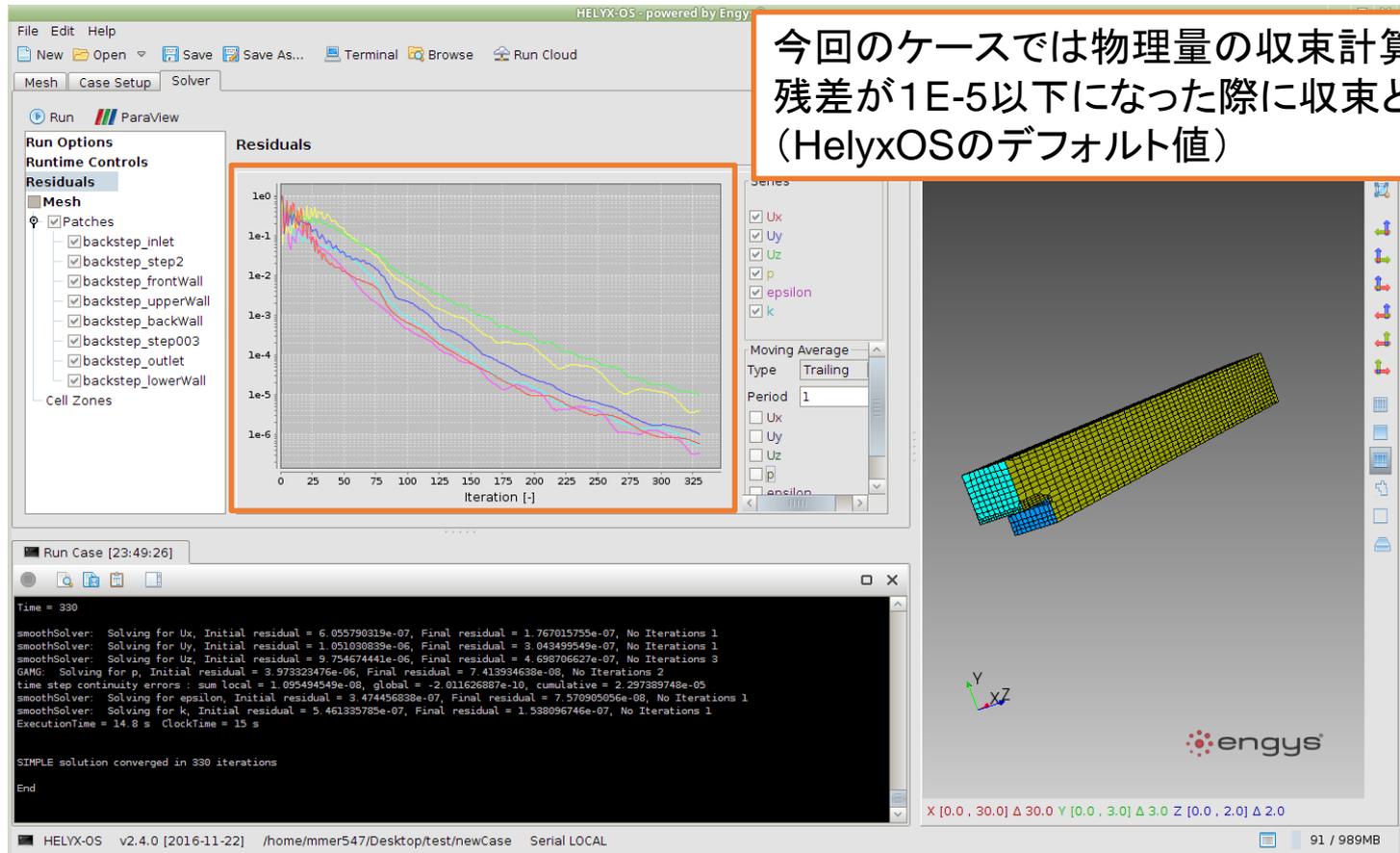
- 本講習会で実施したような「定常解析」は定常状態つまり状態量がこれ以上変化しない状態となった状態を求めます。
- そのため計算の収束状況が非常に大きな影響を与えます。
- 本補足ではOpenFOAMの収束判定方法について一例を紹介します。
- OpenFOAMにはデフォルトの収束判定はないため、ユーザーが収束状態を確認する必要があります。

初期残差の減少量を確認する

- 今回使用したOpenFOAMのsimpleFoamソルバでは徐々に状態量を変化させながら反復計算を実行しています。
- 収束状況の確認方法として、この反復計算の初期残差の数値を確認する方法があります。
- 残差は反復計算の今の値と前回の値の差ですので、定常状態であれば残差 $\doteq 0$ となります。
- 現実には完全に0とはならないので、0に近い値で計算を終了することになります。

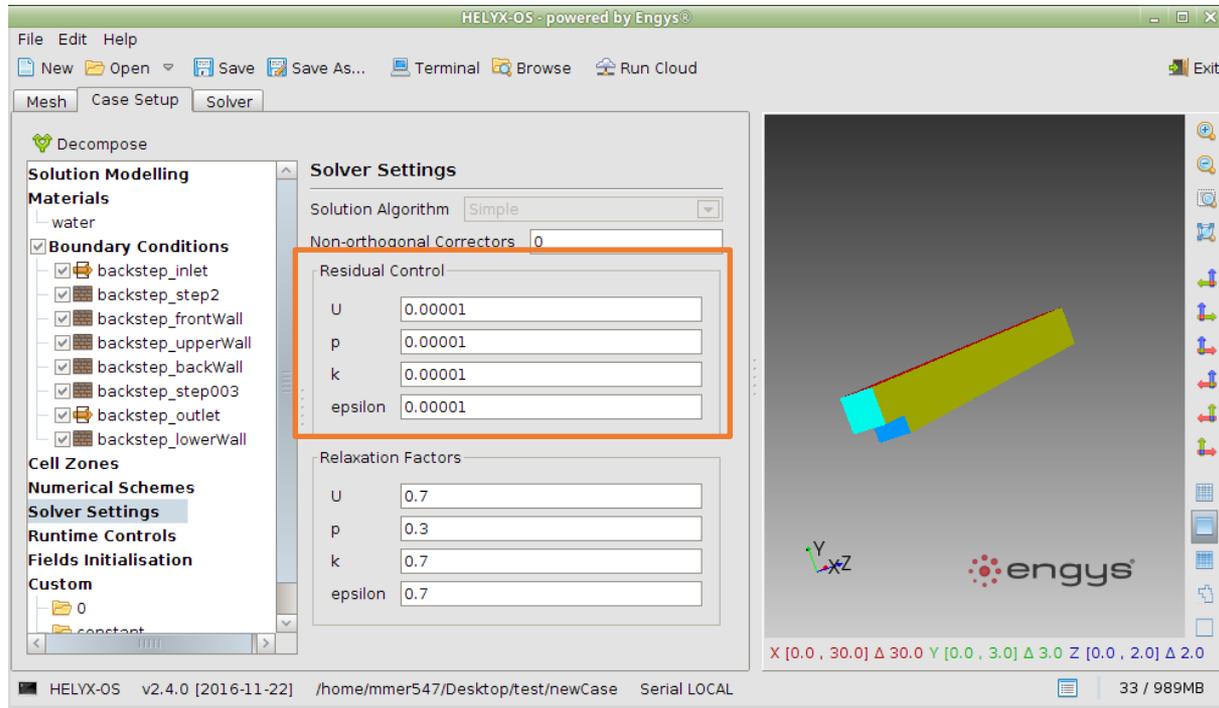
HelyxOSでの残差推移の確認方法

- HelyxOSでは計算実行後に残差のプロットが表示されます。
- このプロットを確認することで、収束状況を判定できます



収束判定の確認

- HelyxOSではSolver Settingsで収束判定値を入力できます。
 - (デフォルト値に物理的な根拠はありません)



- 値を大きくすればもちろん計算は収束しやすくなりますが、十分に収束していない解が出てくる可能性も大きくなります。

流入、流出の収支は合っているか？

- 流入したものと流出したものは釣り合うはずです
 - 釣り合わないということは、途中で流れているものがなくなったということ

□ この考え方から収束状況を判定することができます。

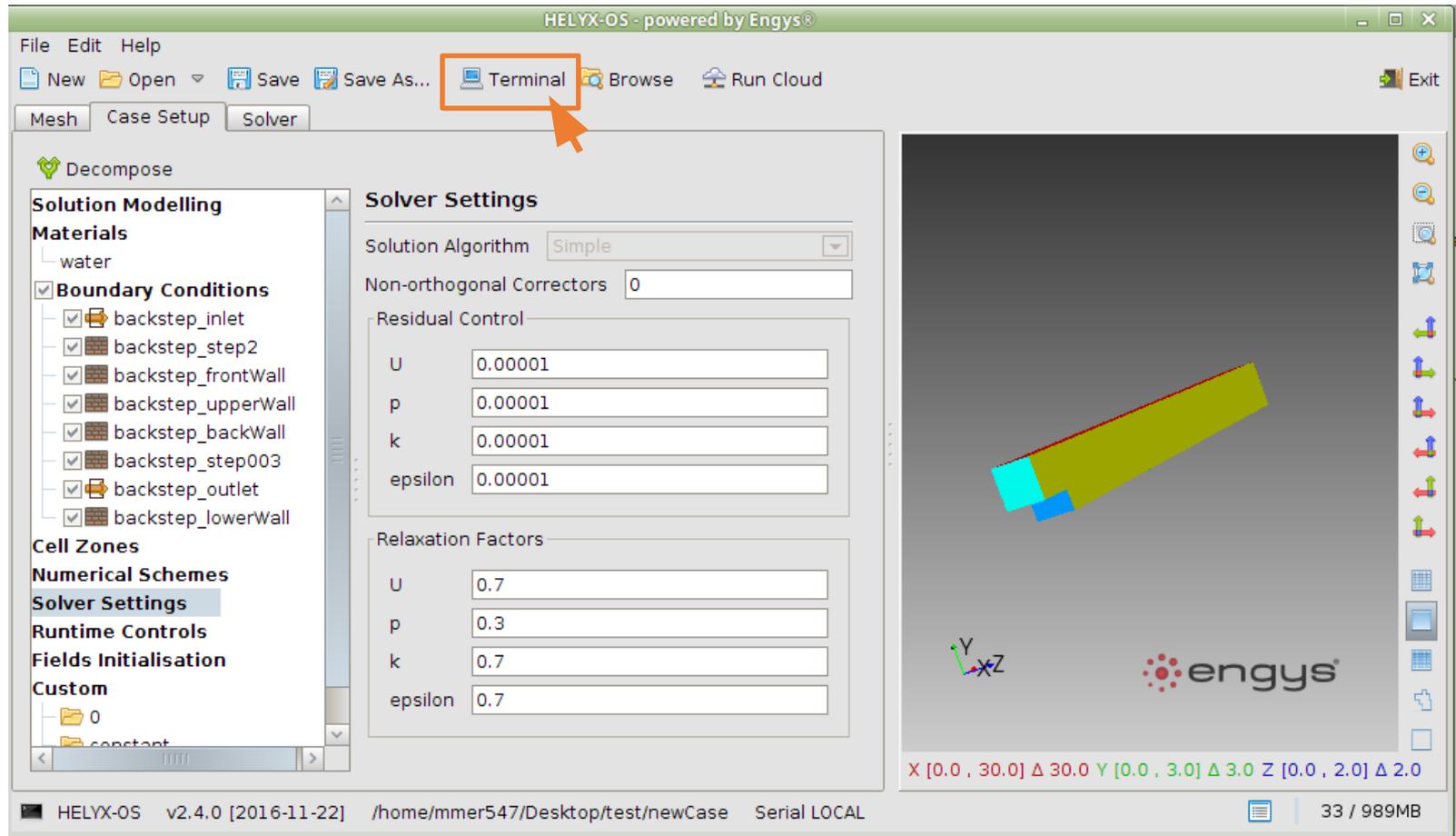
□ 使うのは以下のコマンドです

```
postProcess -func 'patchIntegrate(name=backstep_inlet,U)'  
postProcess -func 'patchIntegrate(name=backstep_outlet,U)'
```

- “patchIntegrate”は境界面の物理量の積算値を計算します
- “-latestTime”は出力結果の最終時刻に対して実行するオプションです
- “U”は速度を指定しており、“p”や“k”など計算結果を指定できます。

HelyxOSからのTerminal起動

- HelyxOSの上メニューからTerminalを起動します。



境界面合計値の計算

□先ほどのコマンドを入力して実行します。



```
mmer547@mmer547-VirtualBox ~/Desktop/test/newCase
File Edit View Search Terminal Help
mmer547@mmer547-VirtualBox ~/Desktop/test/newCase $ postProcess -func 'patchIntegrate(name=backstep_inlet,U)'
```



```
端末
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) 端末(T) ヘルプ(H)
mmer547@mmer547-VirtualBox ~/Desktop/test/newCase $ postProcess -func 'patchIntegrate(name=backstep_outlet,U)'
```

流入側と流出側流量の比較

- Inlet、outletの結果を比較します。
- 両者に差がなければ、収束と判定できる要因になります。

```
mmer547@mmer547-VirtualBox ~/Desktop/test/newCase
File Edit View Search Terminal Help
surfaceRegion patchIntegrate(name=backstep_inlet,U) write:
  areaIntegrate(backstep_inlet) of U = (39.97015892 0 0)

Time = 330

Reading fields:
  volVectorFields: U

Executing functionObjects
surfaceRegion patchIntegrate(name=backstep_inlet,U) write:
  areaIntegrate(backstep_inlet) of U = (39.97015892 0 0)

surfaceRegion patchIntegrate(name=backstep_inlet,U) write:
  areaIntegrate(backstep_inlet) of U = (39.97015892 0 0)

End
mmer547@mmer547-VirtualBox ~/Desktop/test/newCase $
```

値に差があるときは、
残差の収束具合を見直します。

```
mmer547@mmer547-VirtualBox ~/Desktop/test/newCase
File Edit View Search Terminal Help

Time = 330

Reading fields:
  volVectorFields: U

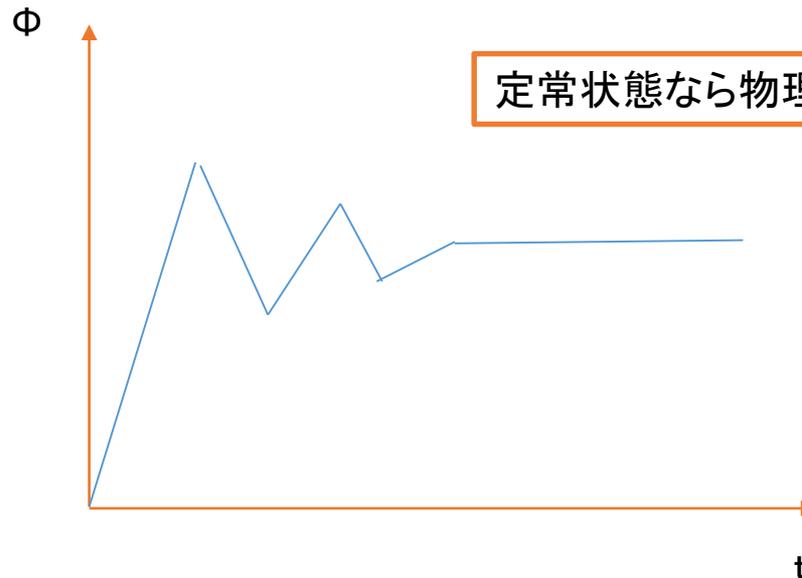
Executing functionObjects
surfaceRegion patchIntegrate(name=backstep_outlet,U) write:
  areaIntegrate(backstep_outlet) of U = (40.10717462 -0.0939664268 -1.36537174
2e-05)

surfaceRegion patchIntegrate(name=backstep_outlet,U) write:
  areaIntegrate(backstep_outlet) of U = (40.10717462 -0.0939664268 -1.36537174
2e-05)

End
mmer547@mmer547-VirtualBox ~/Desktop/test/newCase $
```

物理量変化がなくなっているか？

- 定常状態であれば、特定のポイントでの値に変化がなくなっているはずですが。
- 結果の着目点における数値に反復回数に対する変化がなくなっているかを確認します。



出力回数の増加

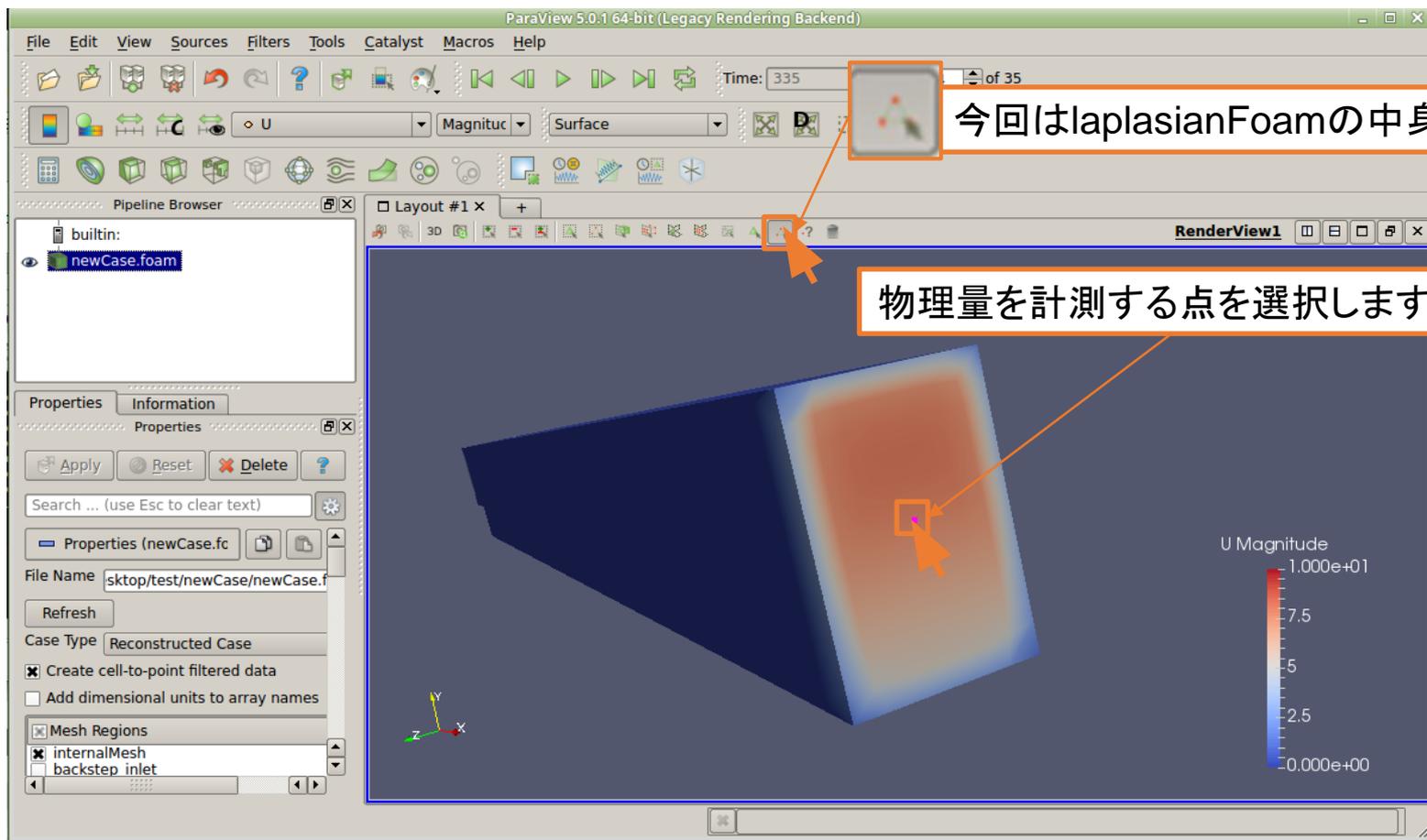
□本講習の設定では最終時刻しか出力されていません

□反復回数に対する結果の変化を確認するには、結果の出力回数を増やす必要があります。

Runtime ControlsのWrite Controlを10.0に変更します。
これでTimeStep10毎に結果が出力されます。

Paraviewでの時刻歴データの出力

- OpenFOAMでも結果のトラッキングはできますが、ここではParaviewを使った方法を紹介します。

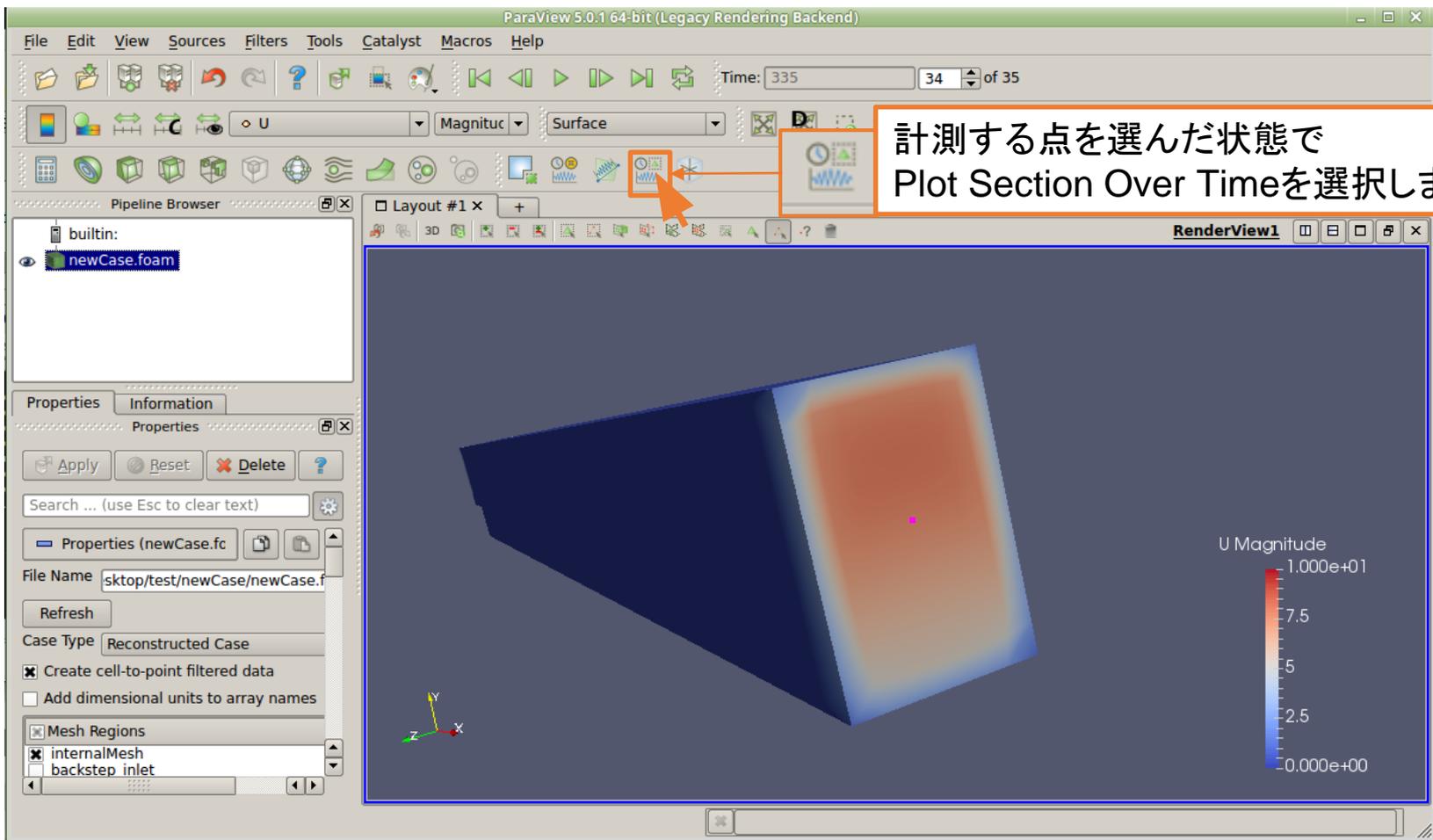


今回はlaplasianFoamの中身を見てみます

物理量を計測する点を選択します。

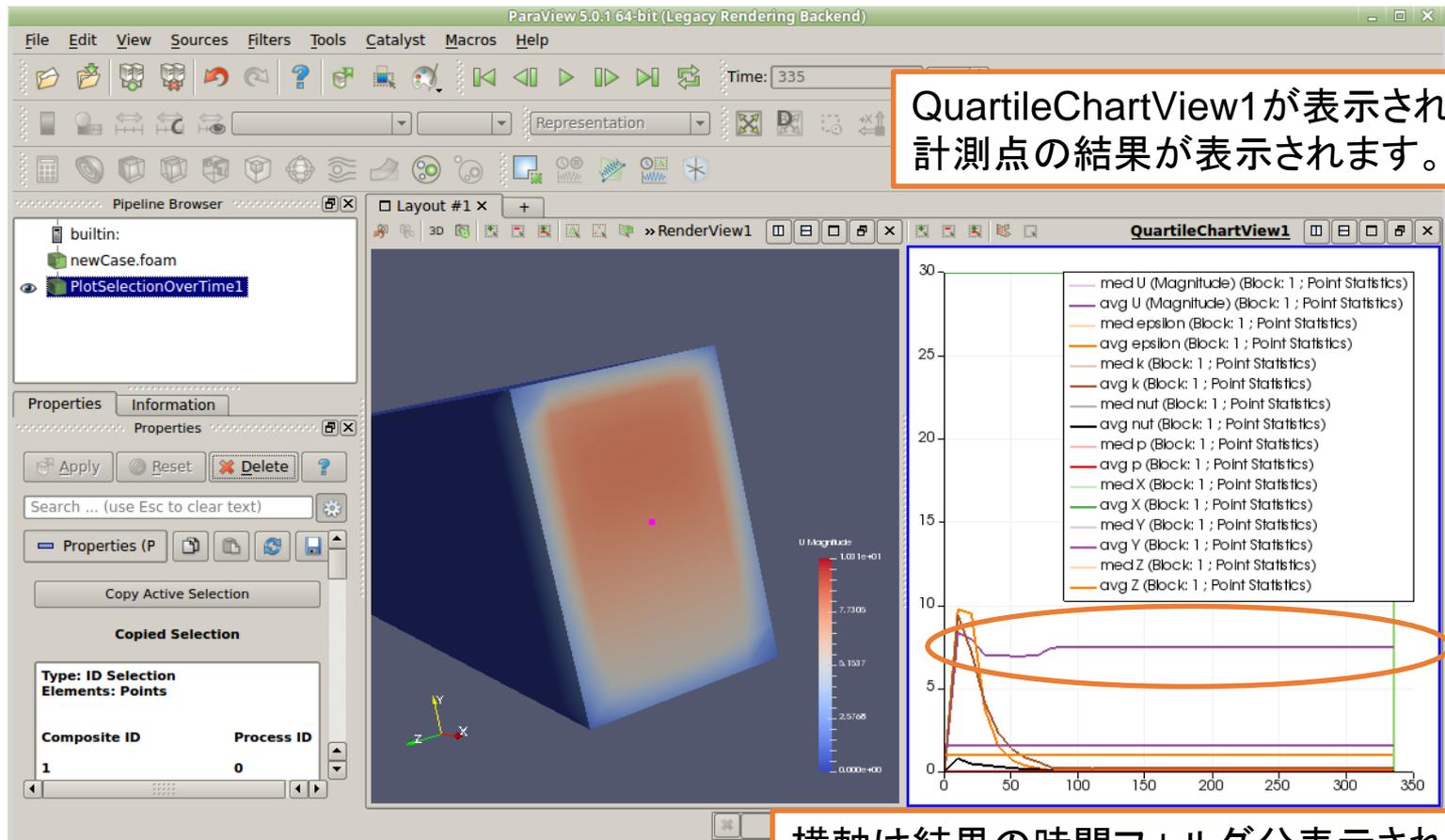
Plot Section Over Timeの実行

- Plot Section Over Timeを実行し時間データを表示します



物理量の確認

□物理量が変化しなくなっていることが確認できます。



お疲れ様でした。

本資料へのお問い合わせは、
オープンCAE勉強会@関西までお願いします。

<http://ofbkansai.sakura.ne.jp/>

メールアドレス : hammamania@gmail.com