


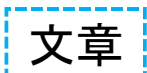


オープンCAEをはじめよう！

入門編

オープンCAE勉強会@関西
午前中講習会シリーズ

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。
-  : 動作や入力内容は左のテキストボックスで指名しています。
-  : 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
- cfMeshでメッシュ作成
- HelyxOSで条件設定
- 計算実行とポスト処理



OpenFOAMについて

[長所]

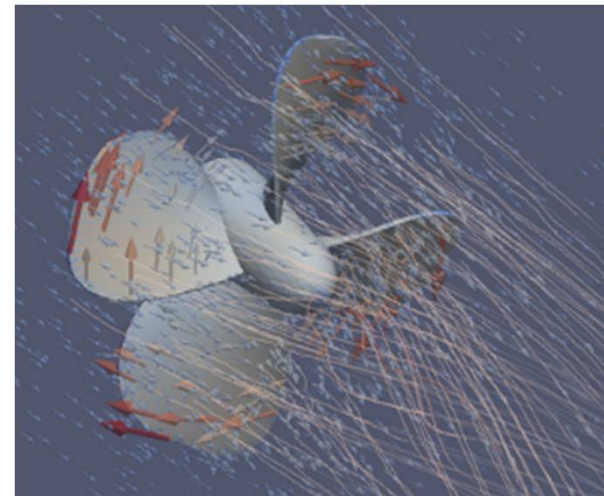
- 無償・オープンソースのCFDツールボックス
- 80を超えるソルバと170を超えるユーティリティ
- 企業や学術・研究機関で使用されています
- ユーザーによるコミュニティが発展しているため
使用者同士での情報提供や助言等の恩恵が受けられます。



OpenFOAMについて

[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。



プロペラ周りの流れ解析

本講習会について

【目的】

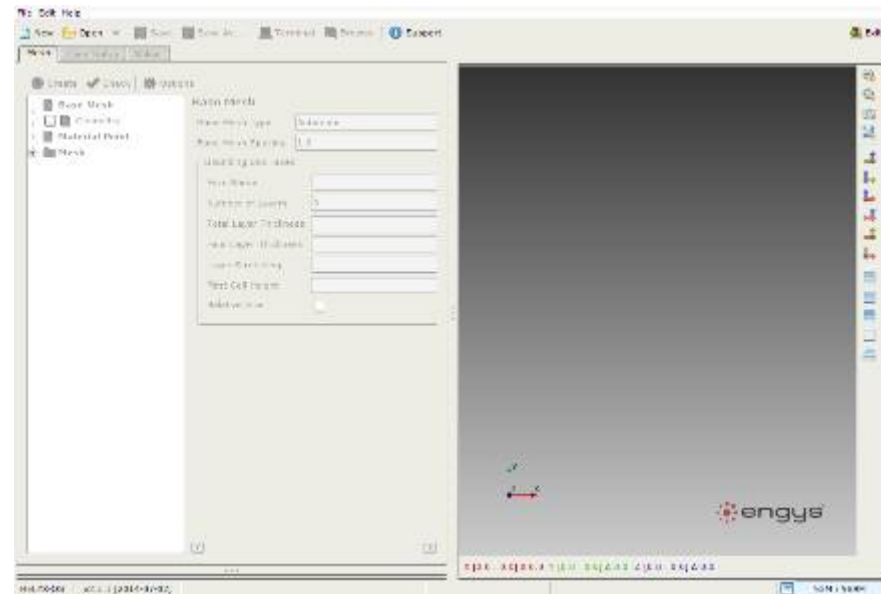
取り付きにくいOpenFOAMの操作



GUIツール「HelyxOS」を利用して
入力を楽にする

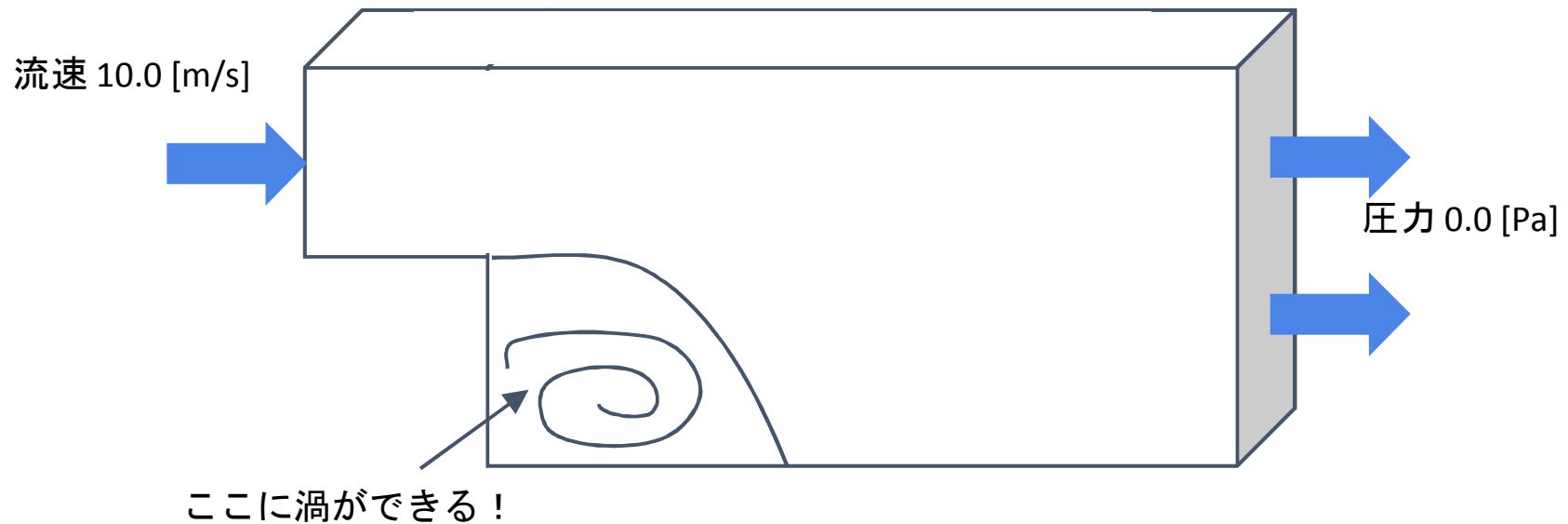


OpenFOAMの計算を試してみる！



HelyxOS

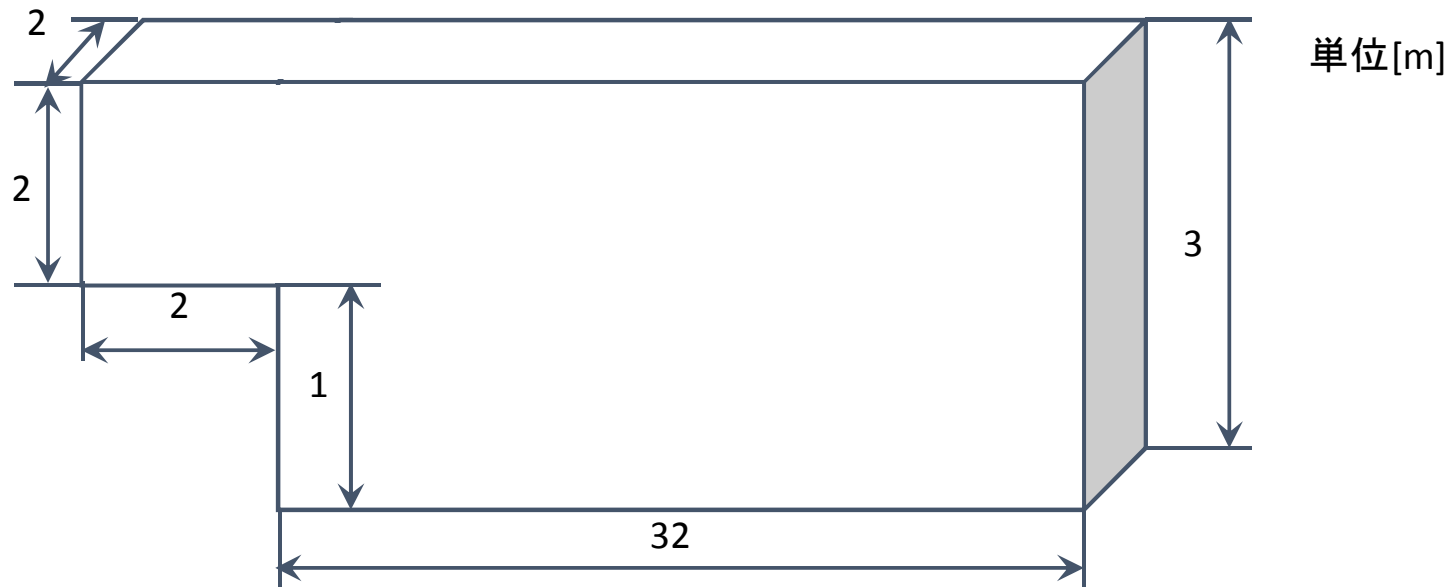
バックステップ流れ



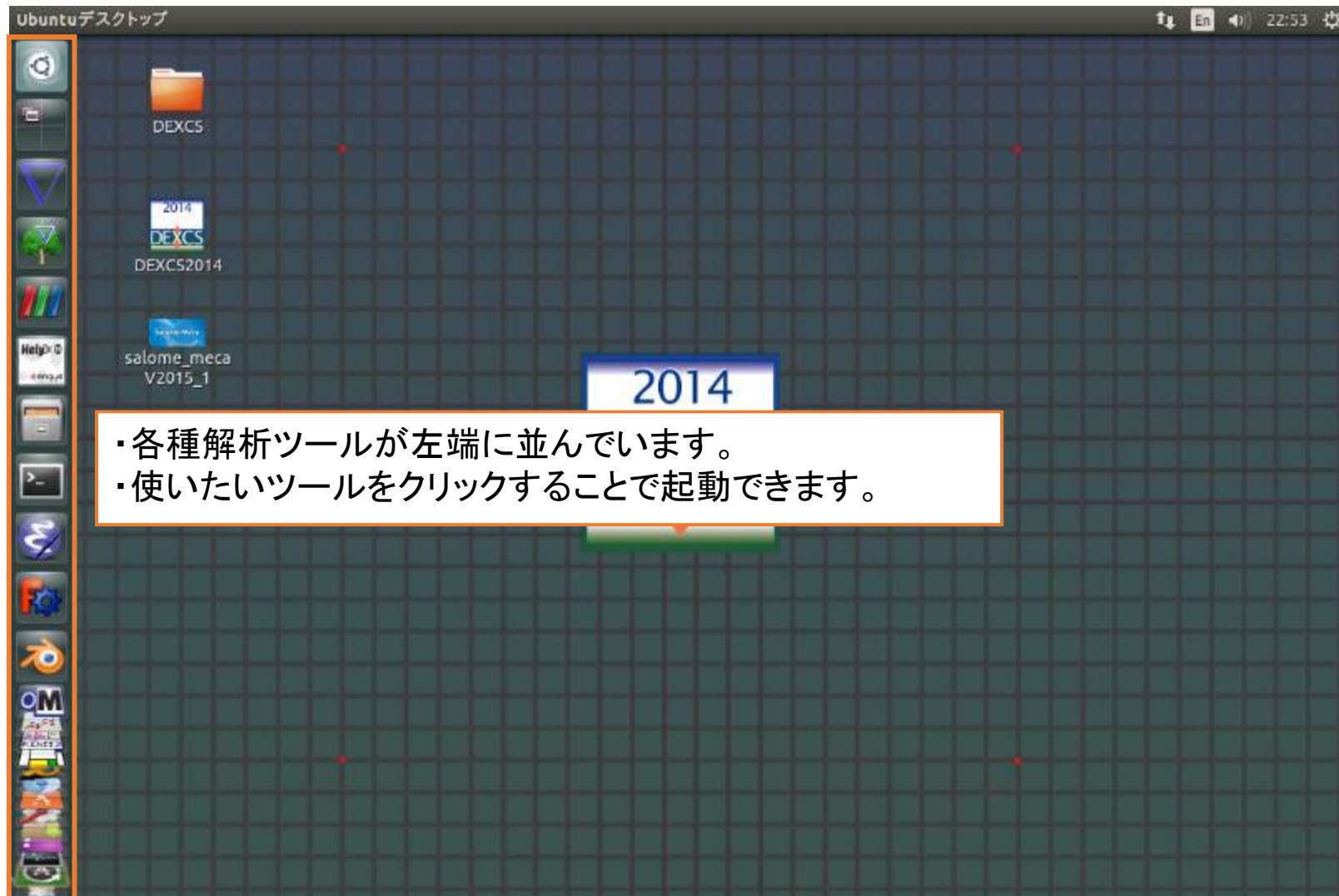
それ以外の壁はすべりなし条件にします

モデル寸法

- 寸法



DEXCSの起動画面



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



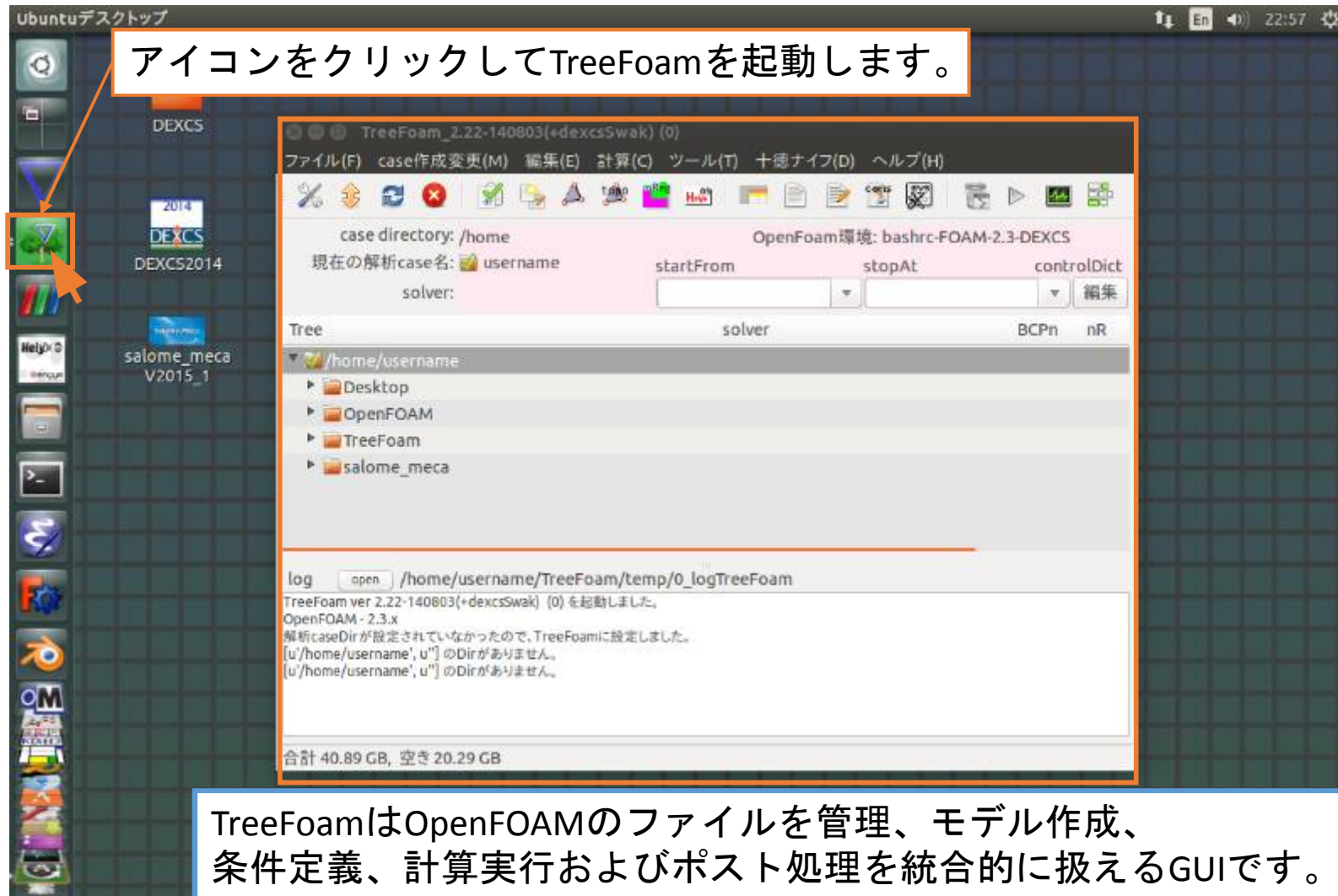
CAD



ユーティリティ



GUI 「TreeFoam」 の起動

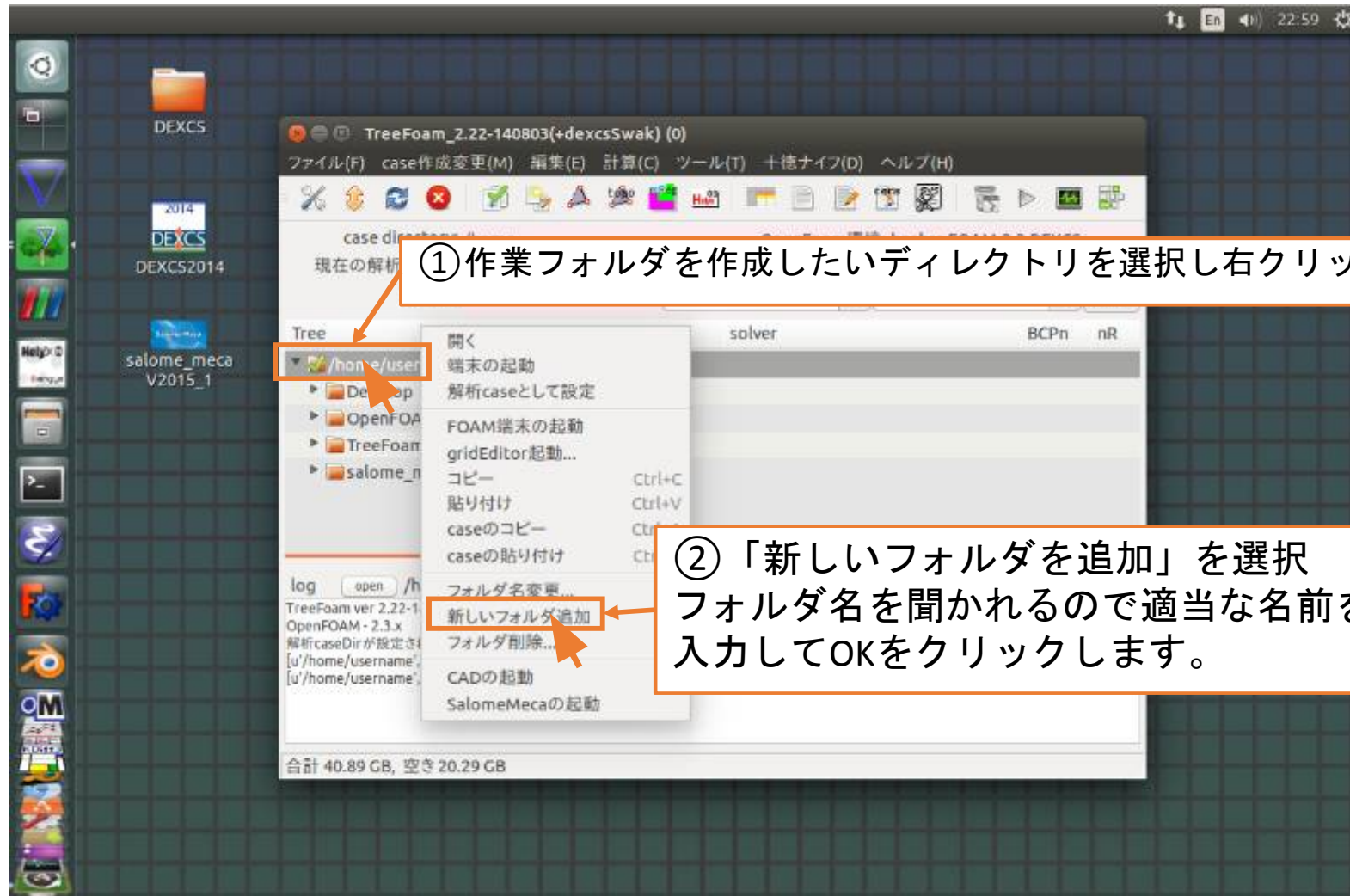


アイコンをクリックしてTreeFoamを起動します。

TreeFoam ver 2.22-140803(+dexcsSwak) (0) を起動しました。
OpenFOAM - 2.3.x
解析caseDirが設定されていなかったため、TreeFoamに設定しました。
[u'/home/username', u']のDirがありません。
[u'/home/username', u']のDirがありません。

TreeFoamはOpenFOAMのファイルを管理、モデル作成、条件定義、計算実行およびポスト処理を統合的に扱えるGUIです。


新規作業フォルダの作成



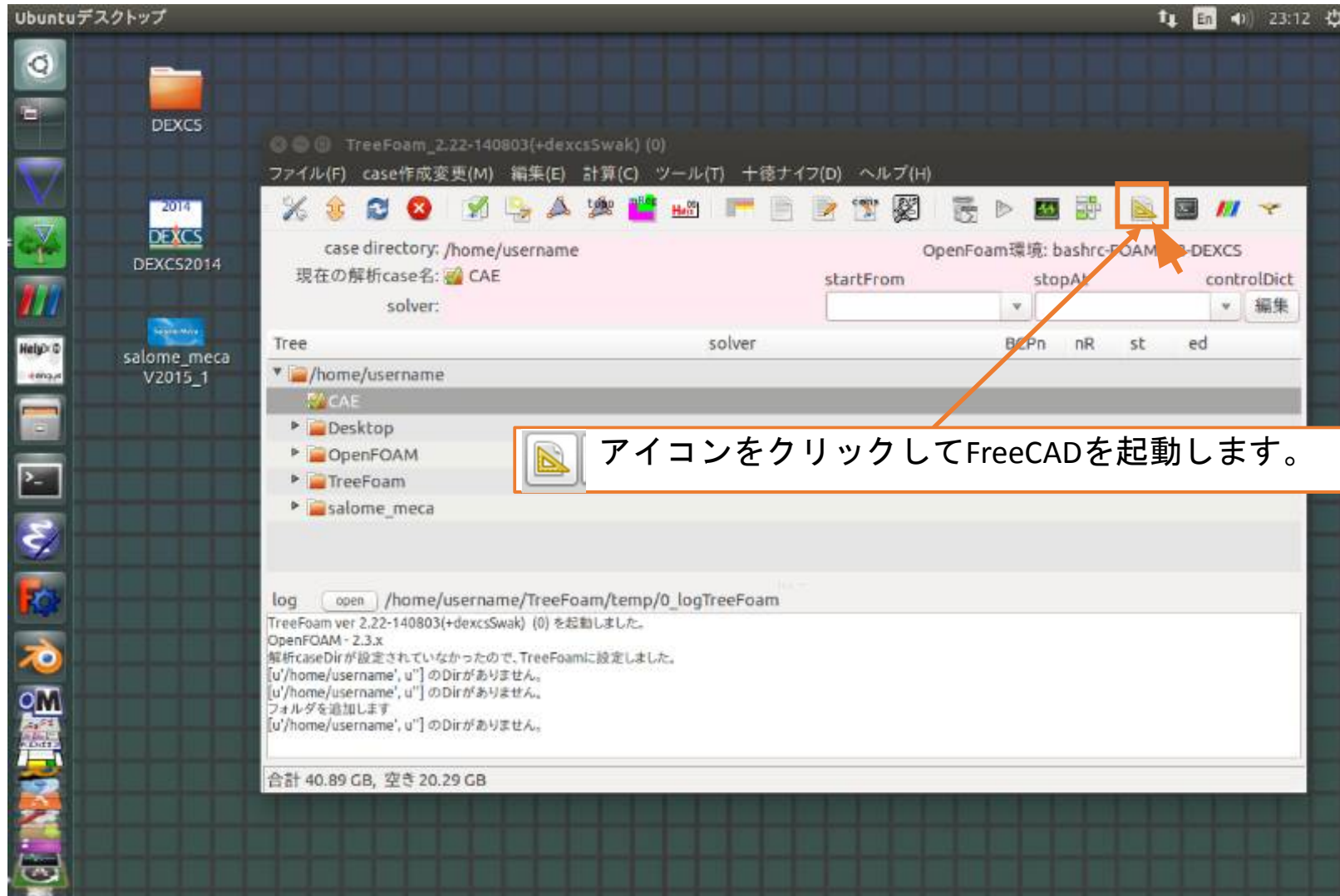
作業フォルダの選択(必ず実施する)

② 「選択ケースを解析ケースとして設定」 ボタンをクリックします。

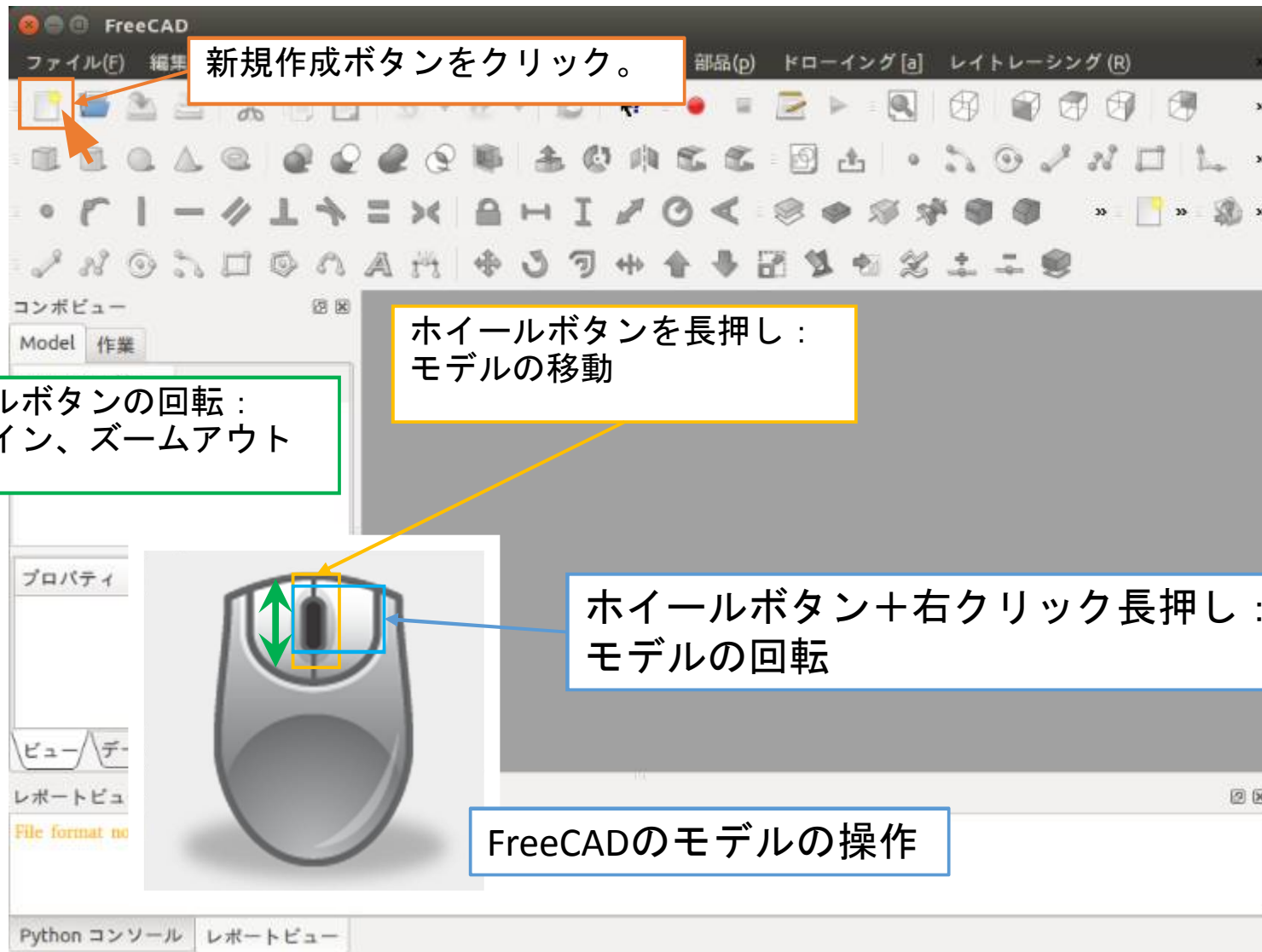
① 先ほど作成した作業フォルダを選択します (ここでは「CAE」という名前のフォルダ)

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。

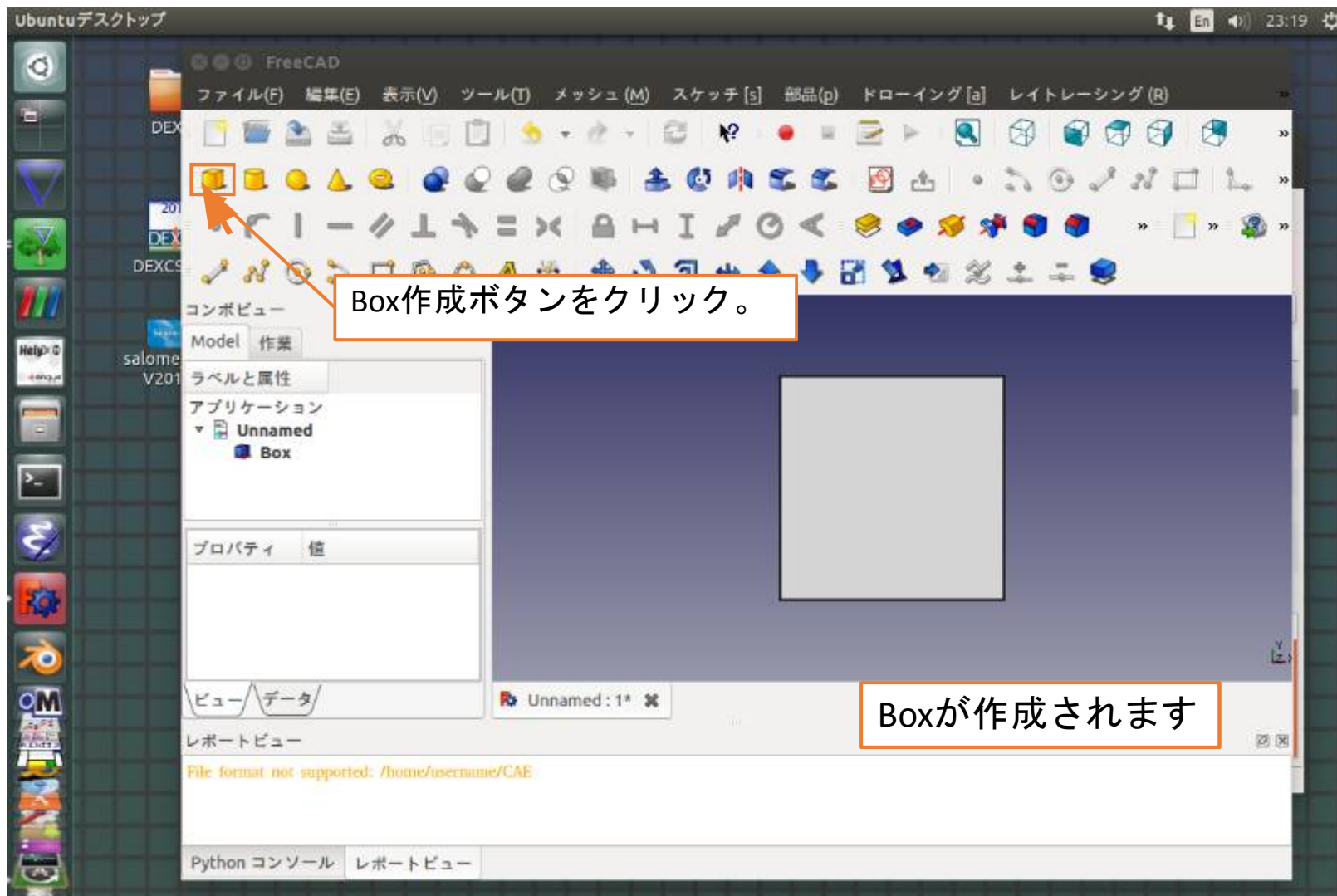
モデルを作成するためにFreeCADを起動



モデルの新規作成



Boxの作成



寸法の変更

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
Placement	[(0.00 0.00 1.00);...]
Box	
Height	2.00 mm
Length	30.00 mm
Width	3.00 mm

プロパティ	値
Placement	[(0.00 0.00 1.00);...]
Box	
Height	2.00 mm
Length	30.00 mm
Width	3.00 mm

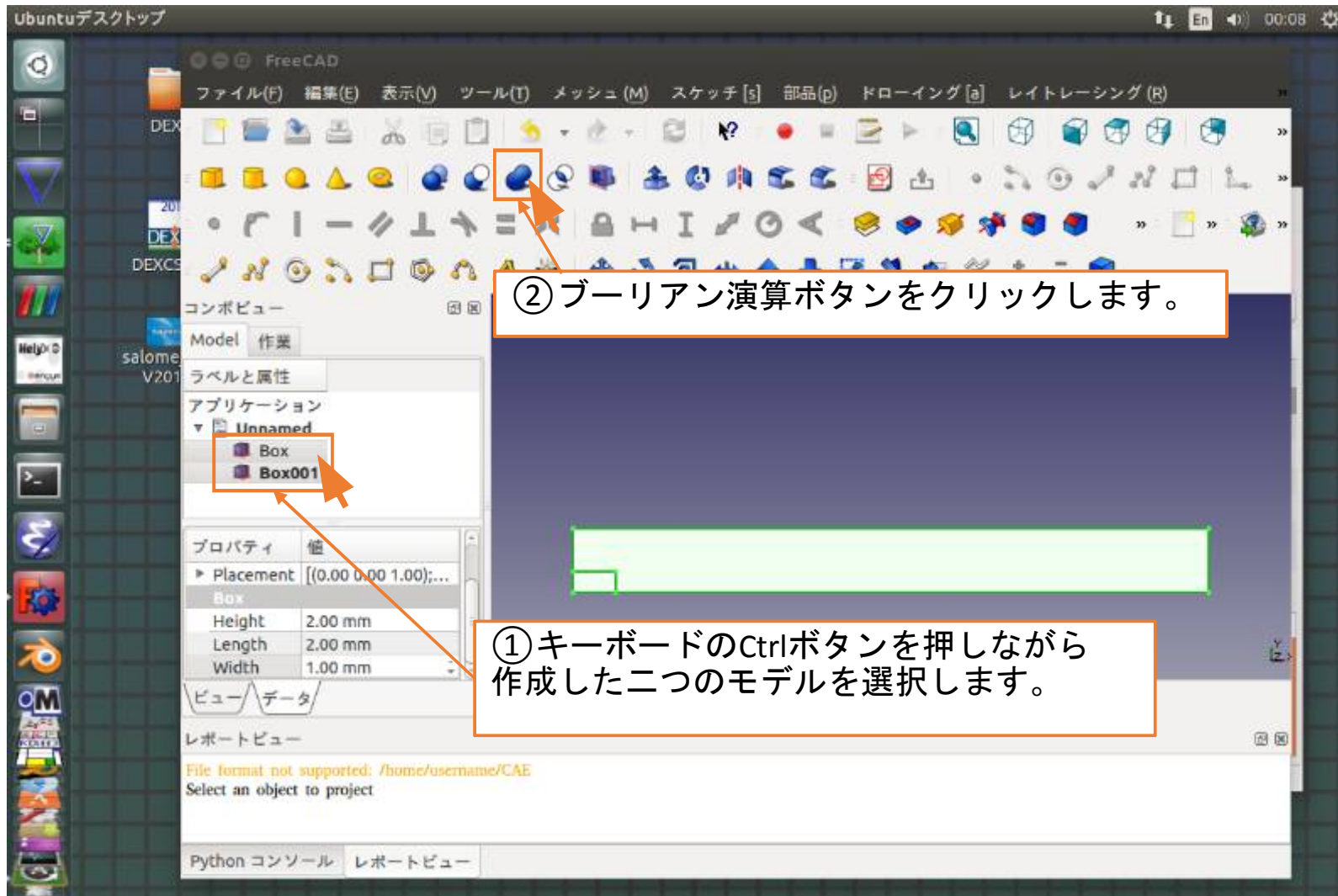
二つ目のBoxの作成

二つ目のBoxの寸法

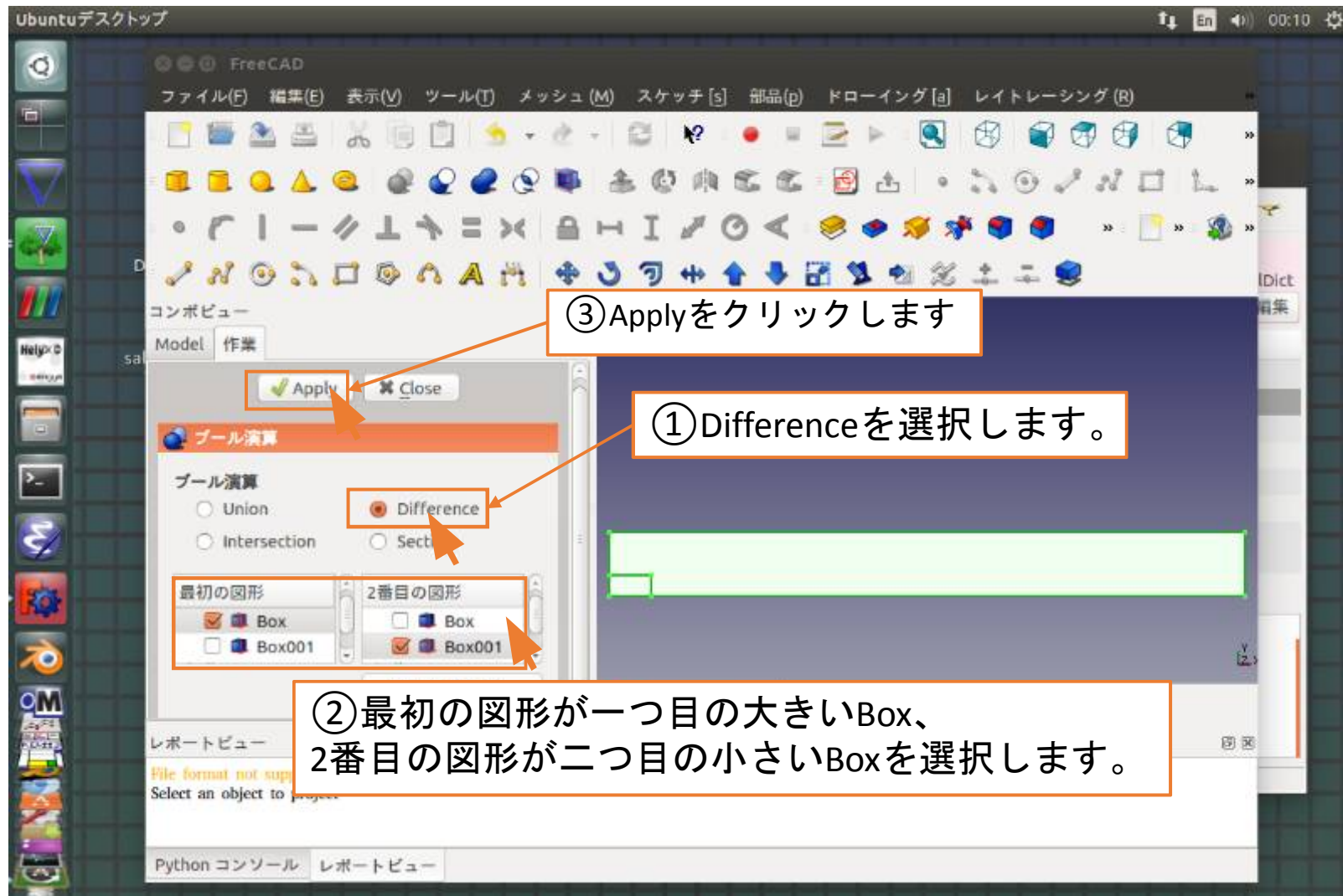
ステップ部分を作成するためにもうひとつBoxを作成します。

プロパティ	値
Placement	[(0.00 0.00 1.00);...]
Box	
Height	2.00 mm
Length	2.00 mm
Width	1.00 mm

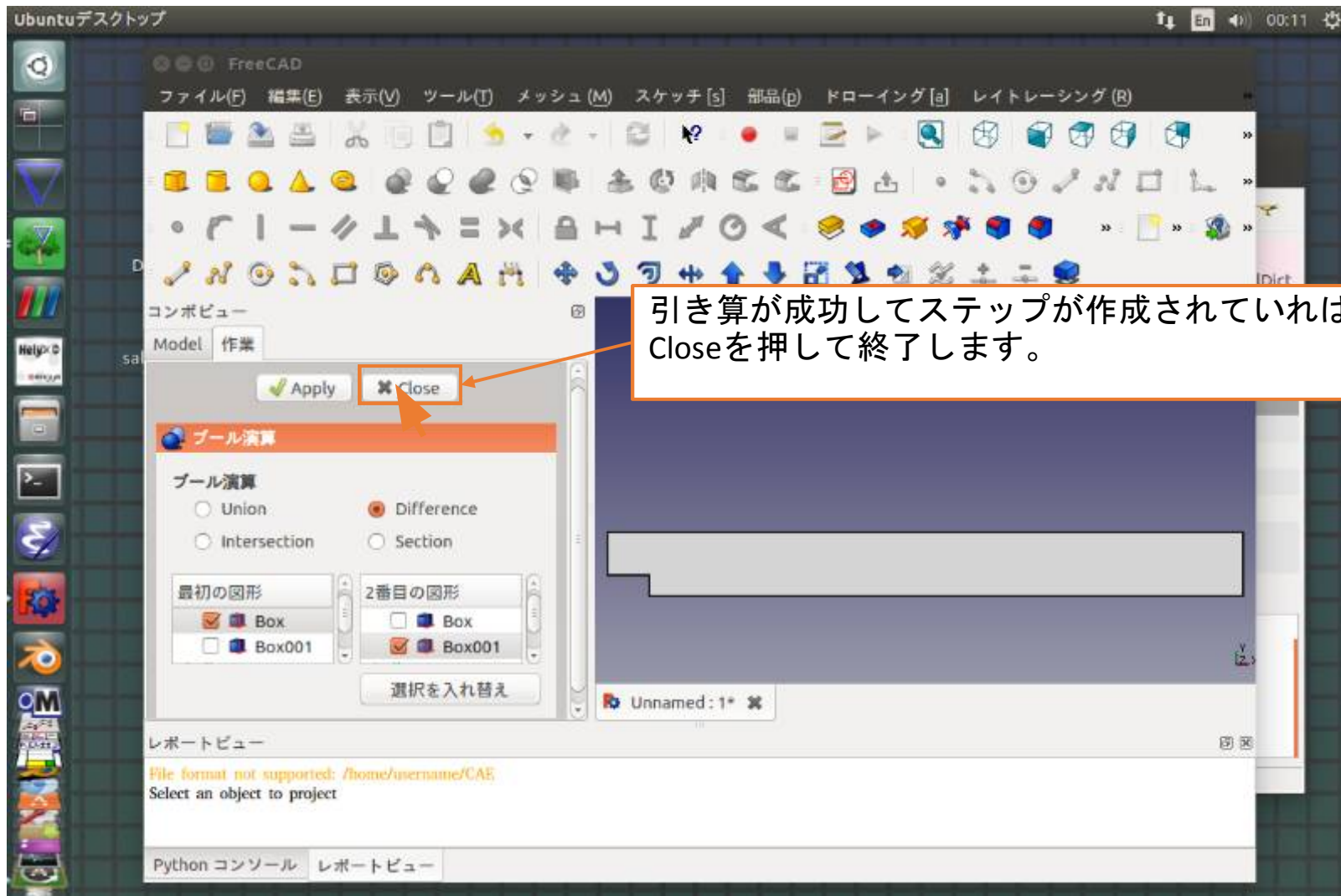
ブーリアン演算によるモデルの引き算



ブーリアン演算によるモデルの引き算



ブーリアン演算によるモデルの引き算



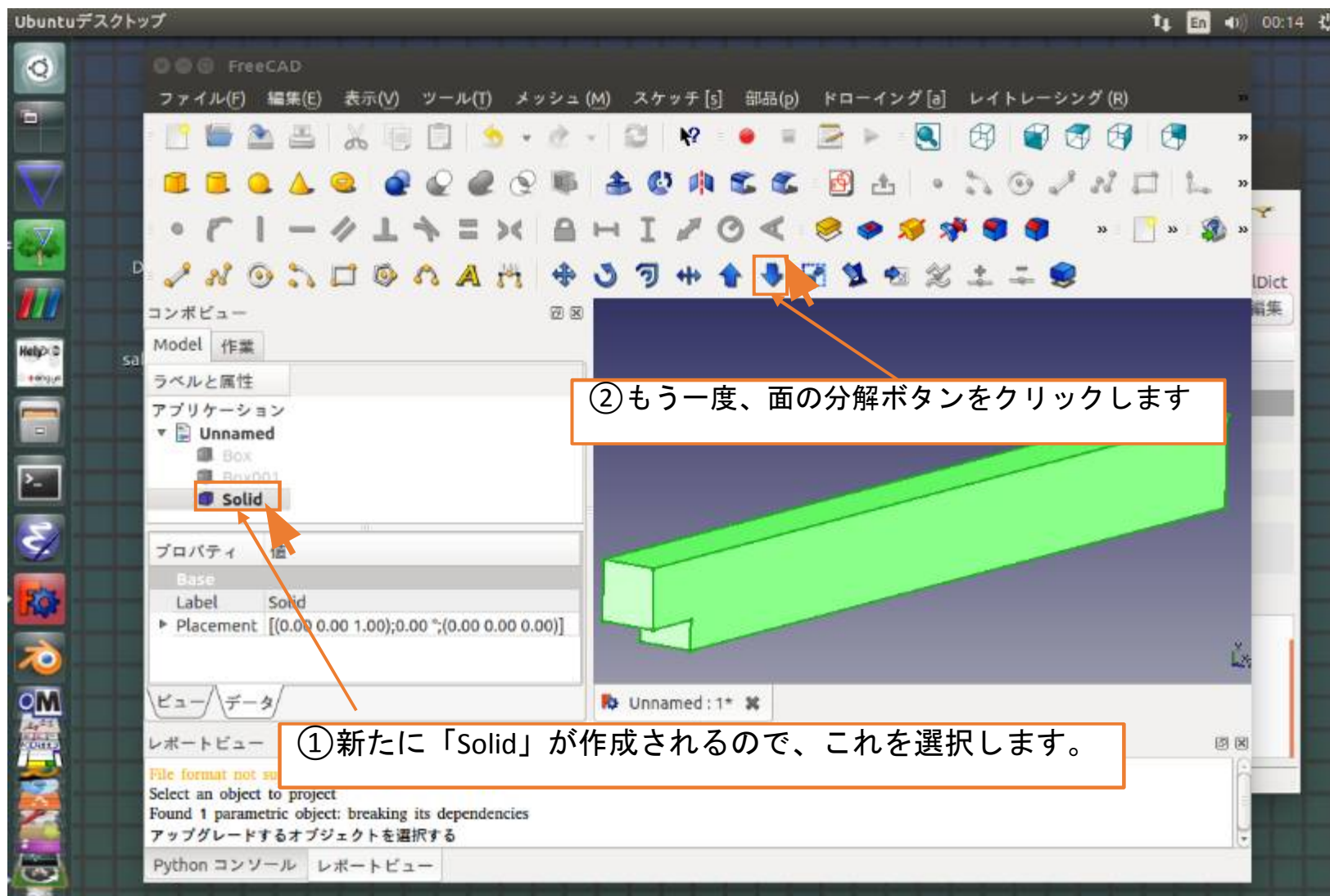
形状ファイルのための面の分解

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。

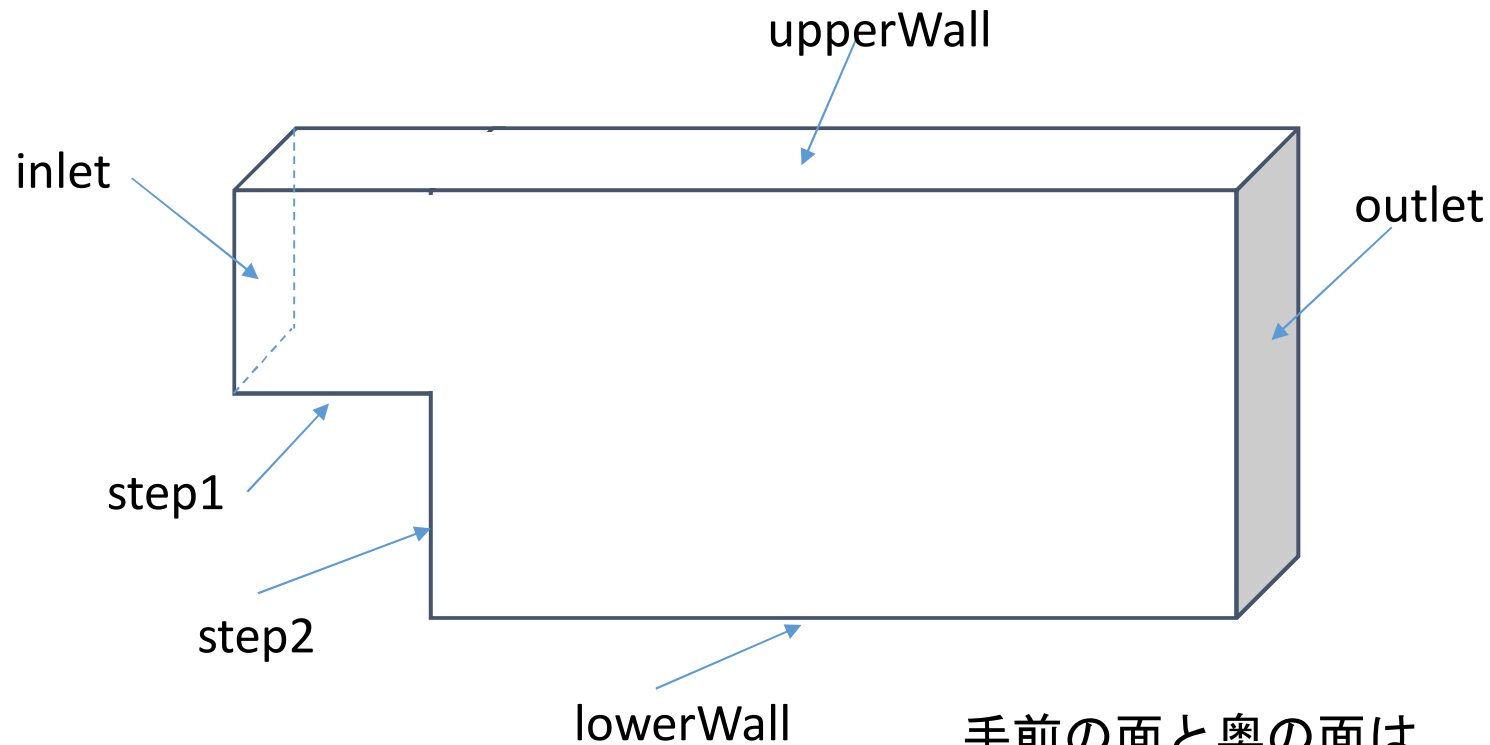
②面の分解ボタンをクリックします

①ブーリアン演算で作成されたCutを選択します。

形状ファイルのための面の分解



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

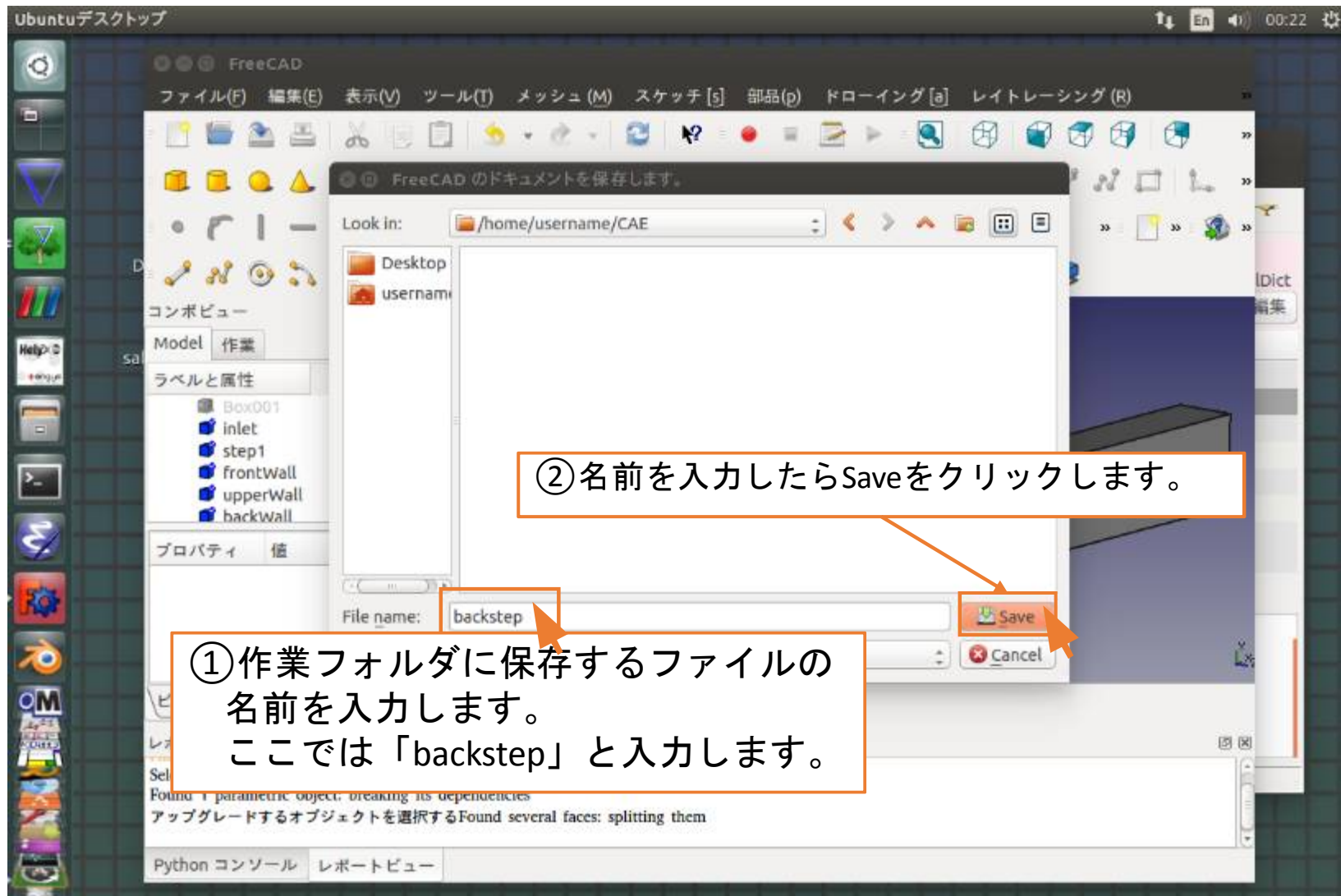
② 名前の変更が完了したらデータを保存します。

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。

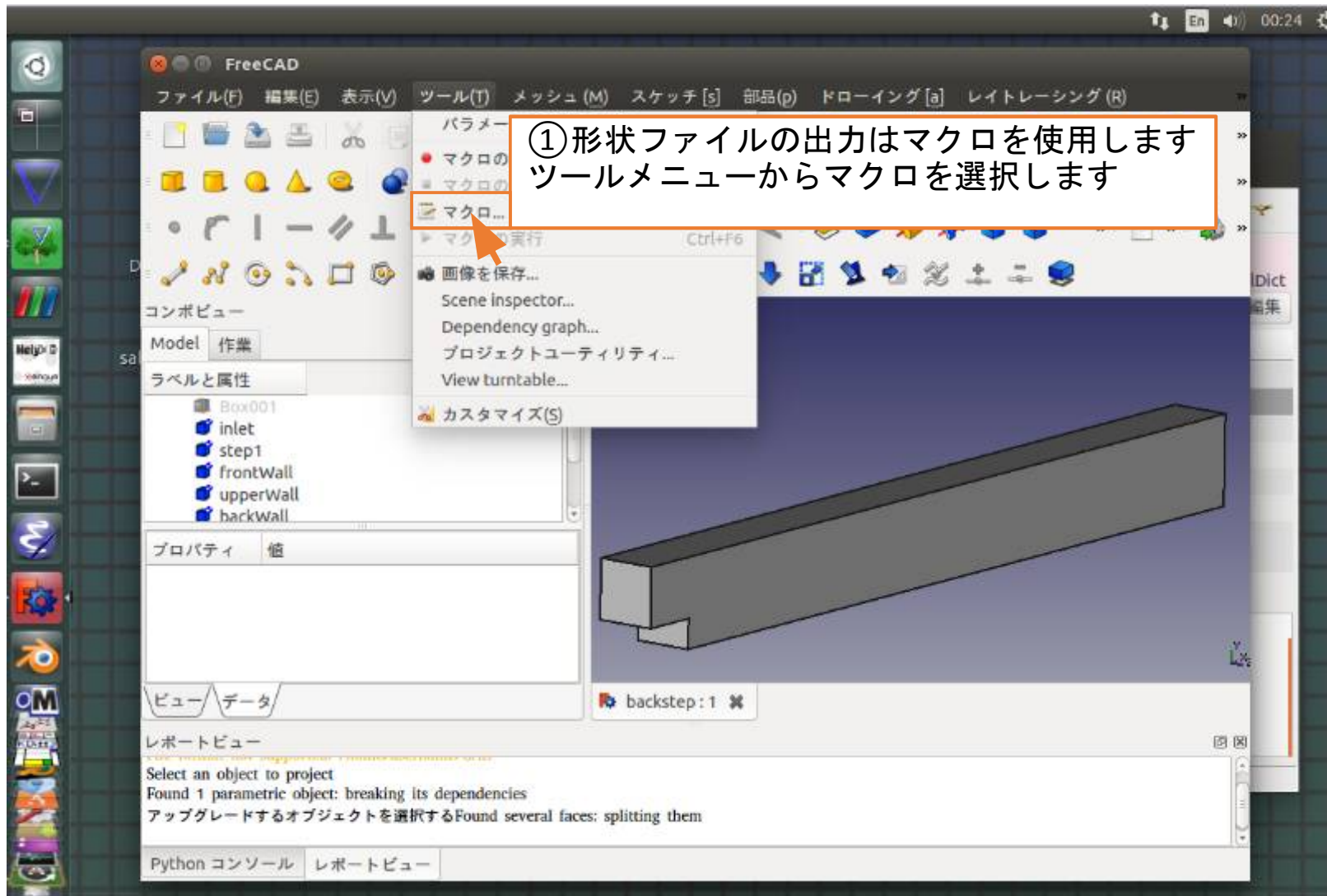
選択している面は緑色にハイライトされます。



ファイルの保存



形状ファイルの出力



形状ファイルの出力

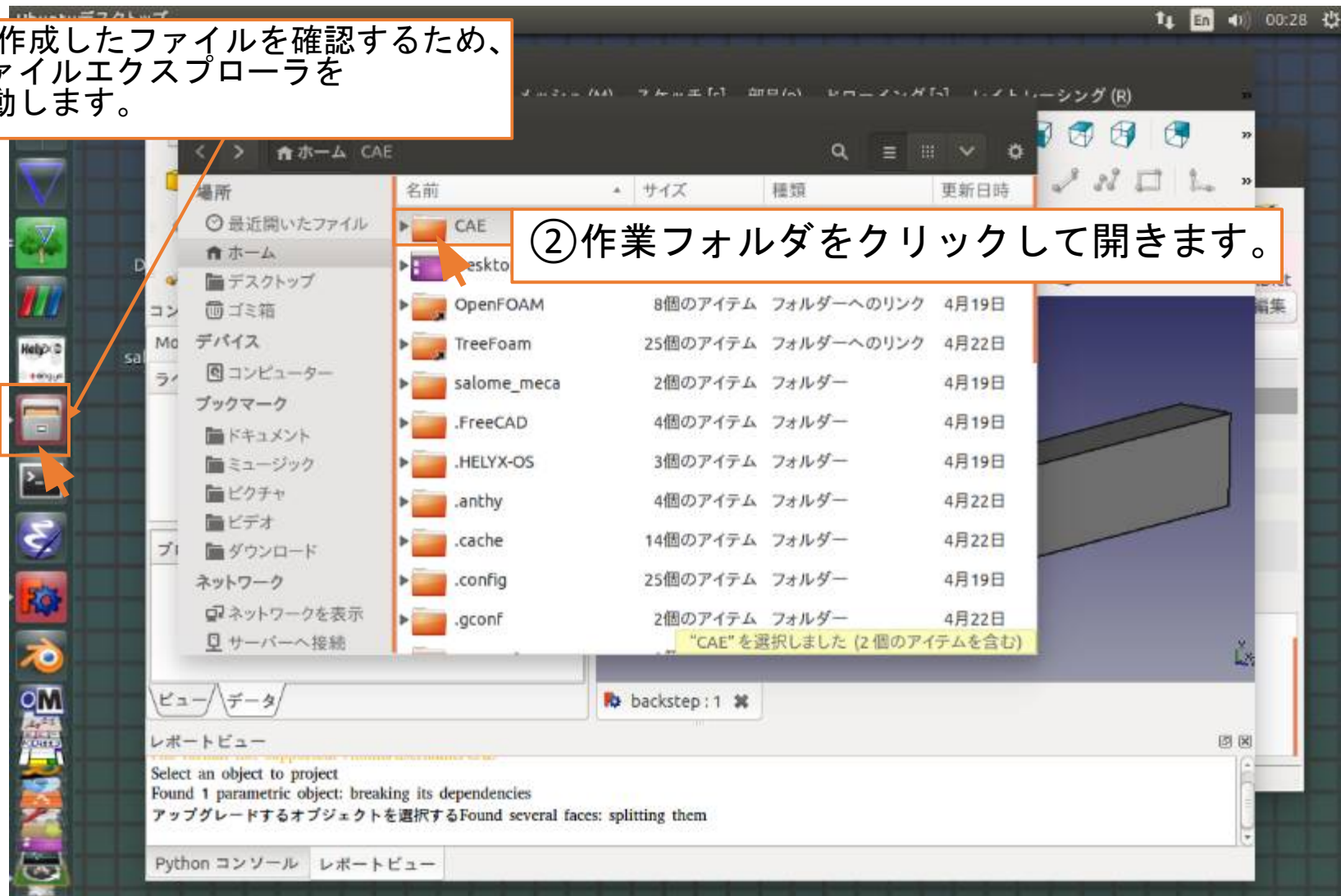
①マクロのリストから「exportStl.py」を選択します。

②実行をクリックします。

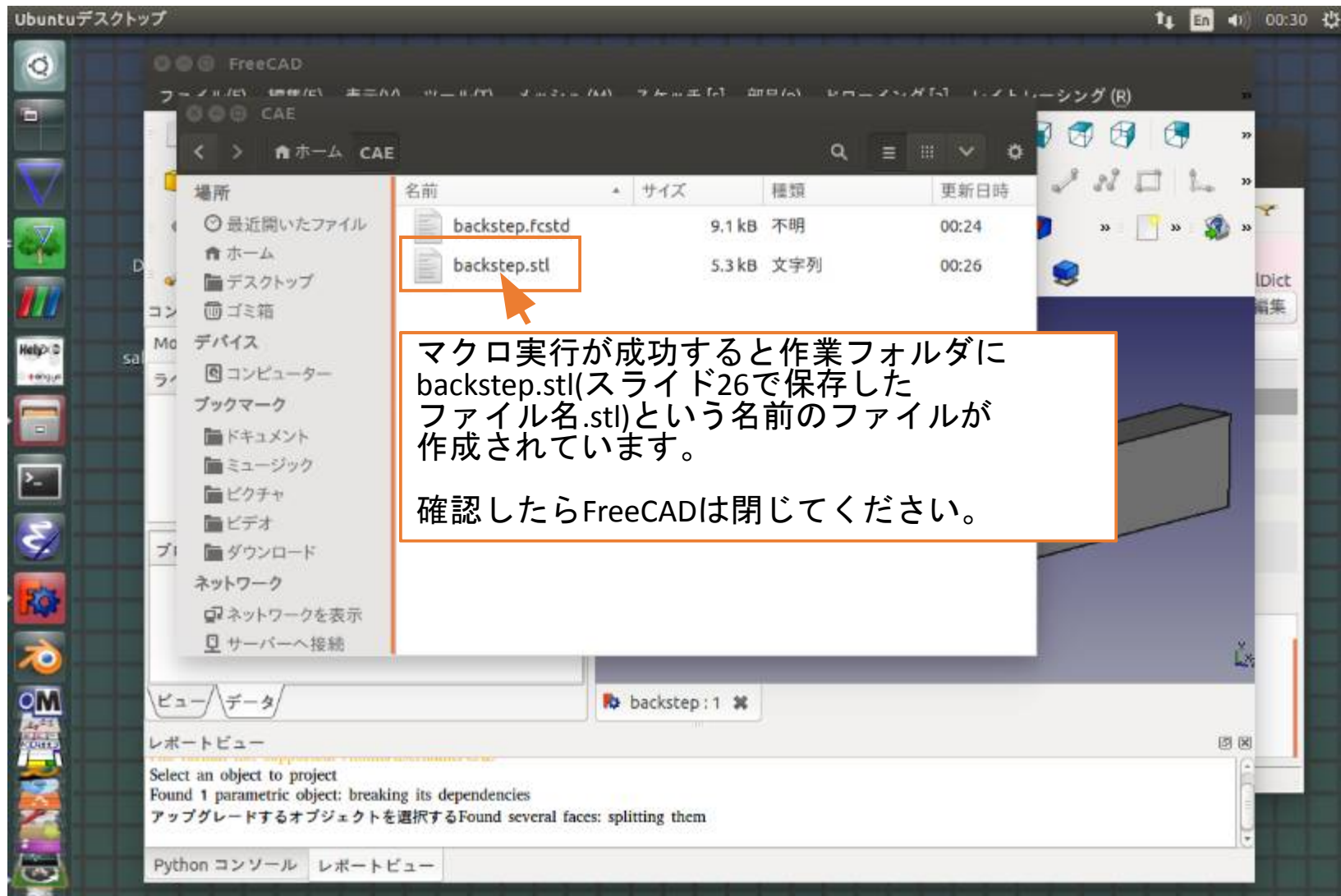
形状ファイルの出力

① 作成したファイルを確認するため、
ファイルエクスプローラを
起動します。

② 作業フォルダをクリックして開きます。



形状ファイルの出力



Ubuntuデスクトップ

FreeCAD

CAE

ホーム CAE

場所	名前	サイズ	種類	更新日時
最近開いたファイル	backstep.fcstd	9.1 kB	不明	00:24
ホーム	backstep.stl	5.3 kB	文字列	00:26

マクロ実行が成功すると作業フォルダにbackstep.stl(スライド26で保存したファイル名.stl)という名前のファイルが作成されています。

確認したらFreeCADは閉じてください。

ビュー データ backstep : 1

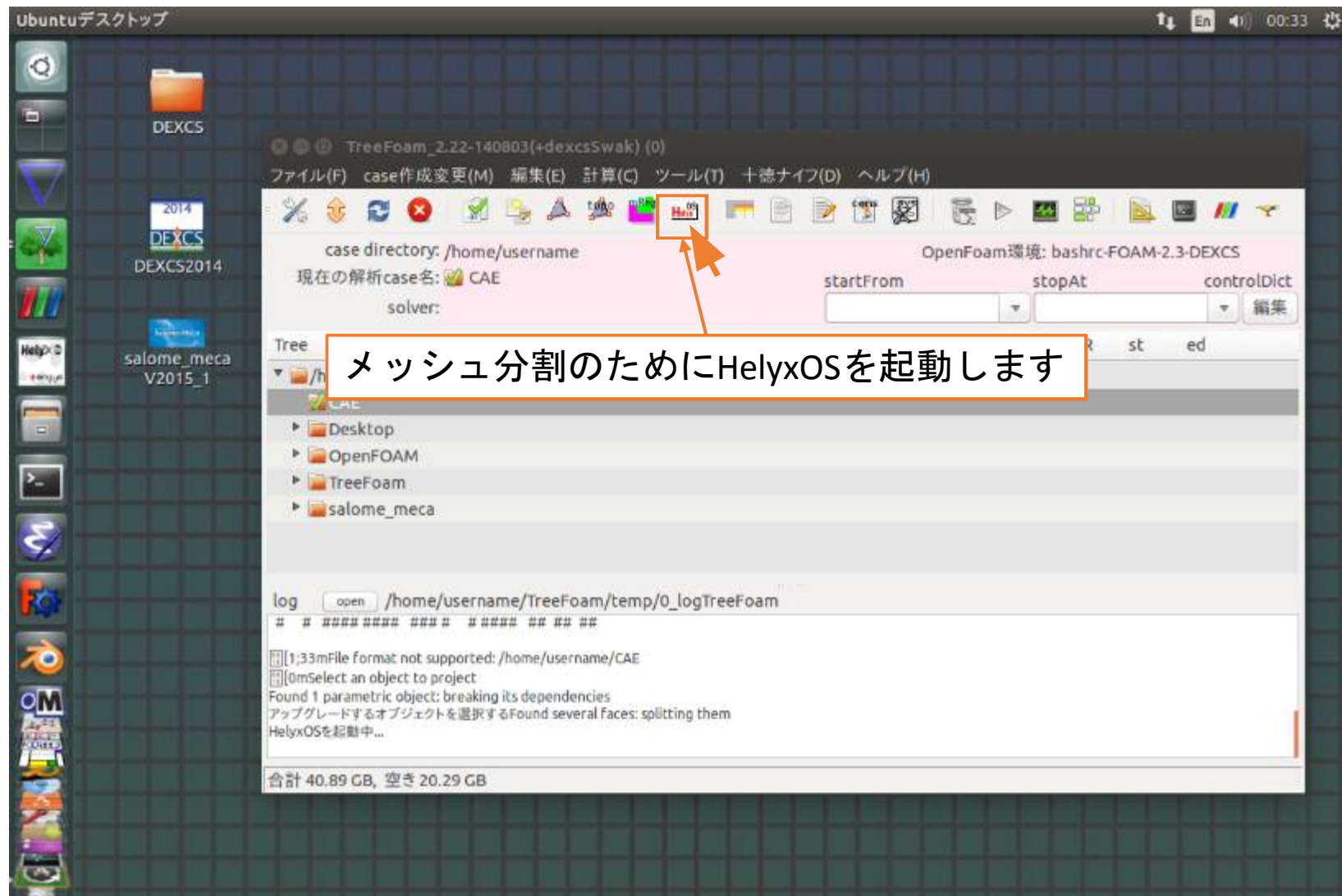
レポートビュー

Select an object to project
Found 1 parametric object: breaking its dependencies
アップグレードするオブジェクトを選択するFound several faces: splitting them

Python コンソール レポートビュー



HelyxOSでメッシュ分割

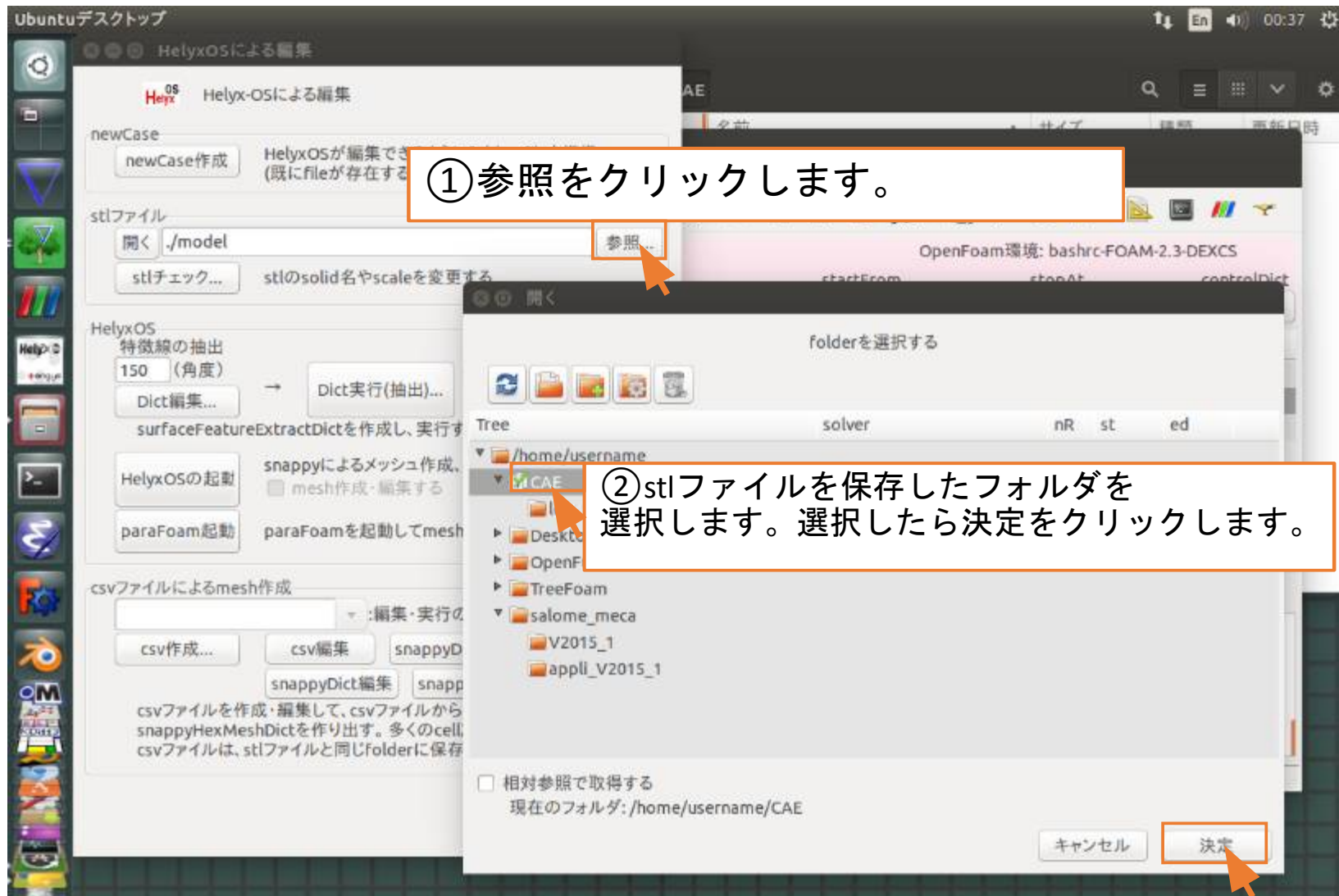


HelyxOSでメッシュ分割

「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。

場所	名前	サイズ	種類	更新日時
最近開いたファイル	0	0個のアイテム	フォルダー	00:36
ホーム	constant	2個のアイテム	フォルダー	00:36
デスクトップ	log	0個のアイテム	フォルダー	00:36
ゴミ箱	system	9個のアイテム	フォルダー	00:36
デバイス	backstep.fcstd	9.1 kB	不明	00:24
ブックマーク	backstep.stl	5.3 kB	文字列	00:26

HelyxOSでメッシュ分割



HelyxOSでメッシュ分割

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。

②「stlチェック」ボタンをクリックします。

newCase
newCase作成 Helyx (既に)

stlファイル
開く /home/username/CAE 参照...

stlチェック... stlのsolid名やscaleを変更する

OpenFoam環境: bashrc-FOAM-2.3-DEXCS

startFrom	stopAt	controlDict
startTime:0	endTime:1000	編集
BCPn	nR	st ed
anP	1	0.0

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

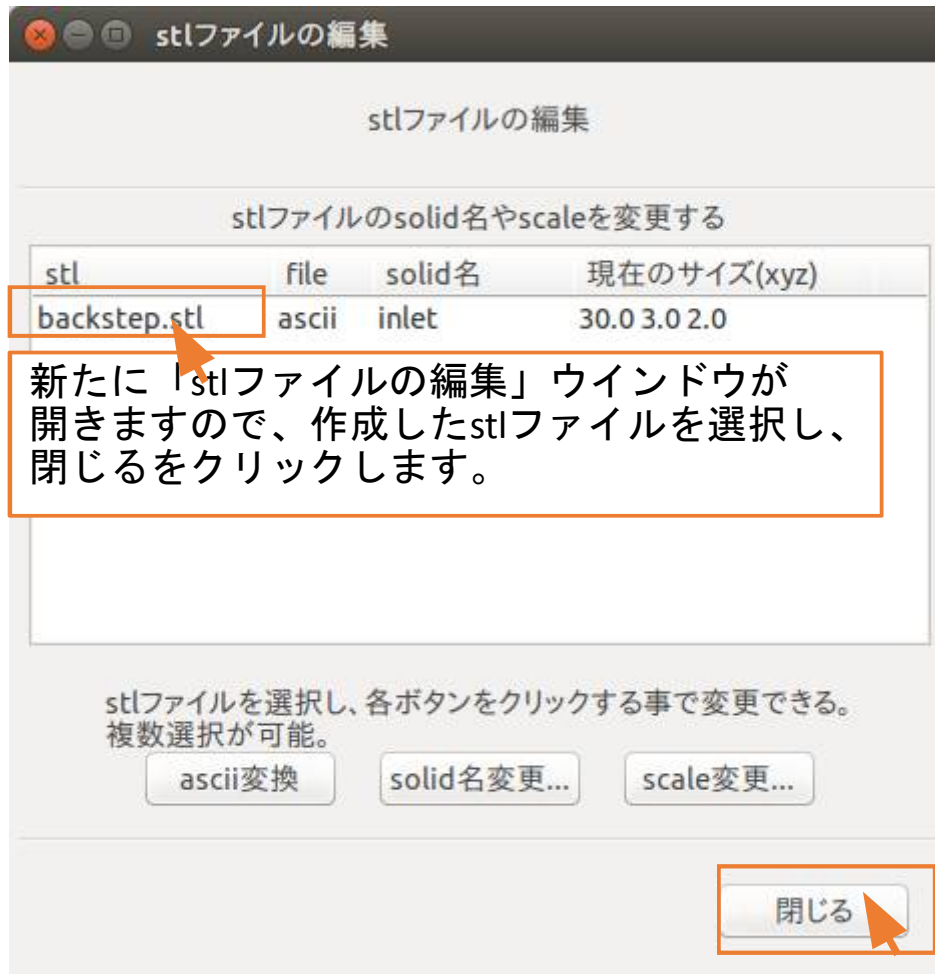
csvファイルによるmesh作成
:編集・実行の対象となるcsvファイル名

csv作成... csv編集 snappyDict作成...
snappyDict編集 snappy実行... patch名修正...

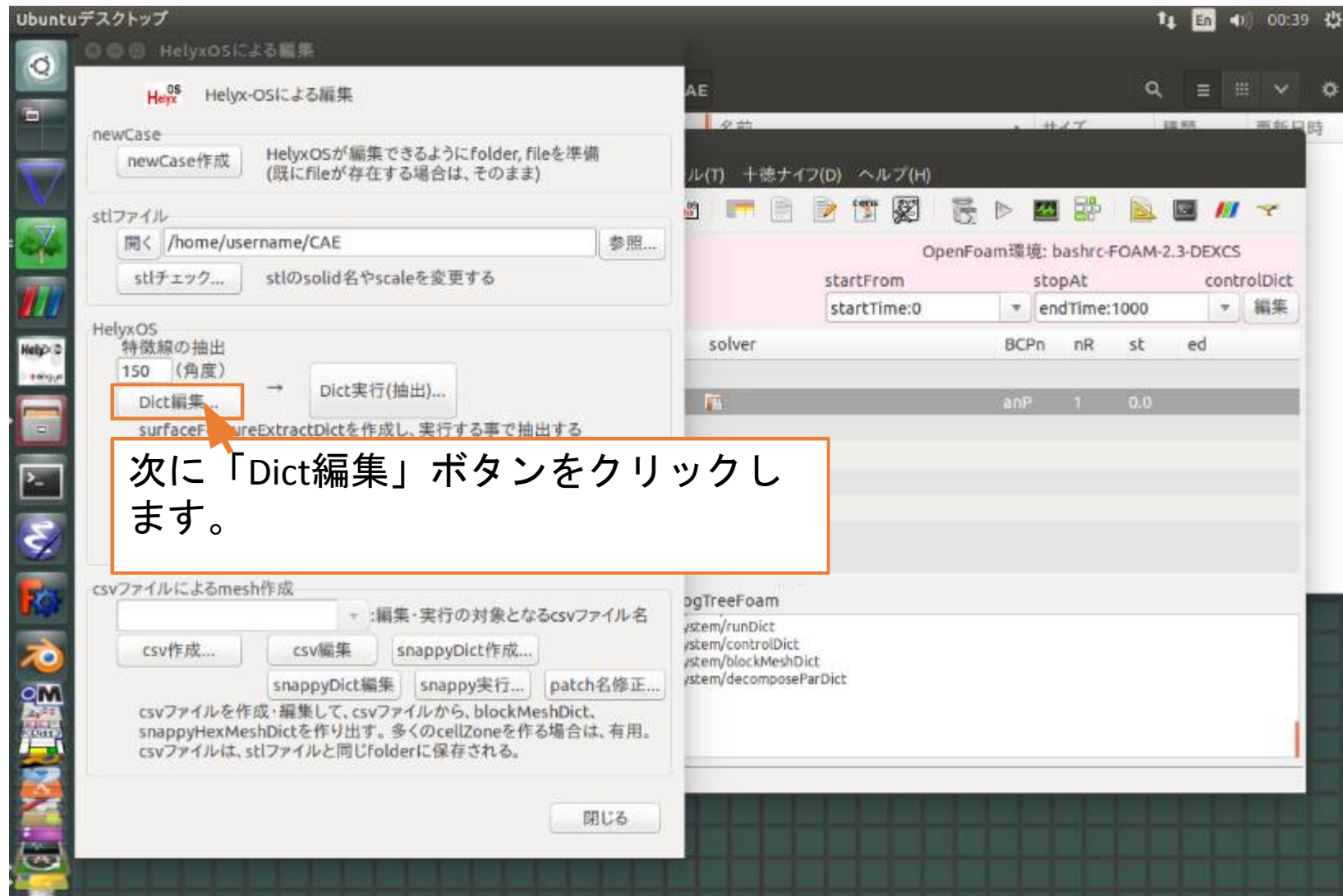
csvファイルを作成・編集して、csvファイルから、blockMeshDict、snappyHexMeshDictを作り出す。多くのcellZoneを作る場合は、有用。csvファイルは、stlファイルと同じfolderに保存される。

閉じる

HelyxOSでメッシュ分割



HelyxOSでメッシュ分割



HelyxOSでメッシュ分割

The screenshot shows the HelyxOS interface. A dialog box titled "特徴線抽出fileの選択" (Select feature extraction file) is open. It prompts the user to select a file for feature extraction. The file list shows "backstep.stl" selected. A callout box points to this file with the text: "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。" (Select a completed .stl file. Click the OK button after selection). Below the dialog, a notification box titled "surfaceFeatureExtractDictの作成" (Creation of surfaceFeatureExtractDict) is shown, indicating that the dictionary was created in the system folder. A text box at the bottom right explains: "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" (When you click the OK button, the above dialog will be displayed, but please ignore it and click OK).

HelyxOSでメッシュ分割

```
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
surfaceFeatureExtractDict x
1 /*-----* C++ *-----*/
2 |=====|
3 | \\      / F i e l d      | OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
4 | \\      / O p e r a t i o n      | Version: 2.3.x
5 | \\      / A n d      | Web: www.OpenFOAM.org
6 | \\      / M a n i p u l a t i o n      |
7 /*-----*-----*/
8 FoamFile
9 {
10     version      2.3;
11     format        ascii;
12     class          dictionary;
13     location      "";
14     object         surfaceFeatureExtractDict;
15 }
16 // *****
17
18 backstep.stl      //stl file. if many files, copy this area at each stl file.
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         nonManifoldEdges      no;

```

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

Ubuntuデスクトップ

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/username/CAE 参照...
stlチェック... stlのsolid名やscaleを変更する

HelyxOS
特徴線の抽出
150 (角度)
Dict実行(抽出)... ① Dict実行をクリックします。
Dict編集...
surfaceFeatureExtractDictを作成し、実行する事で抽出する

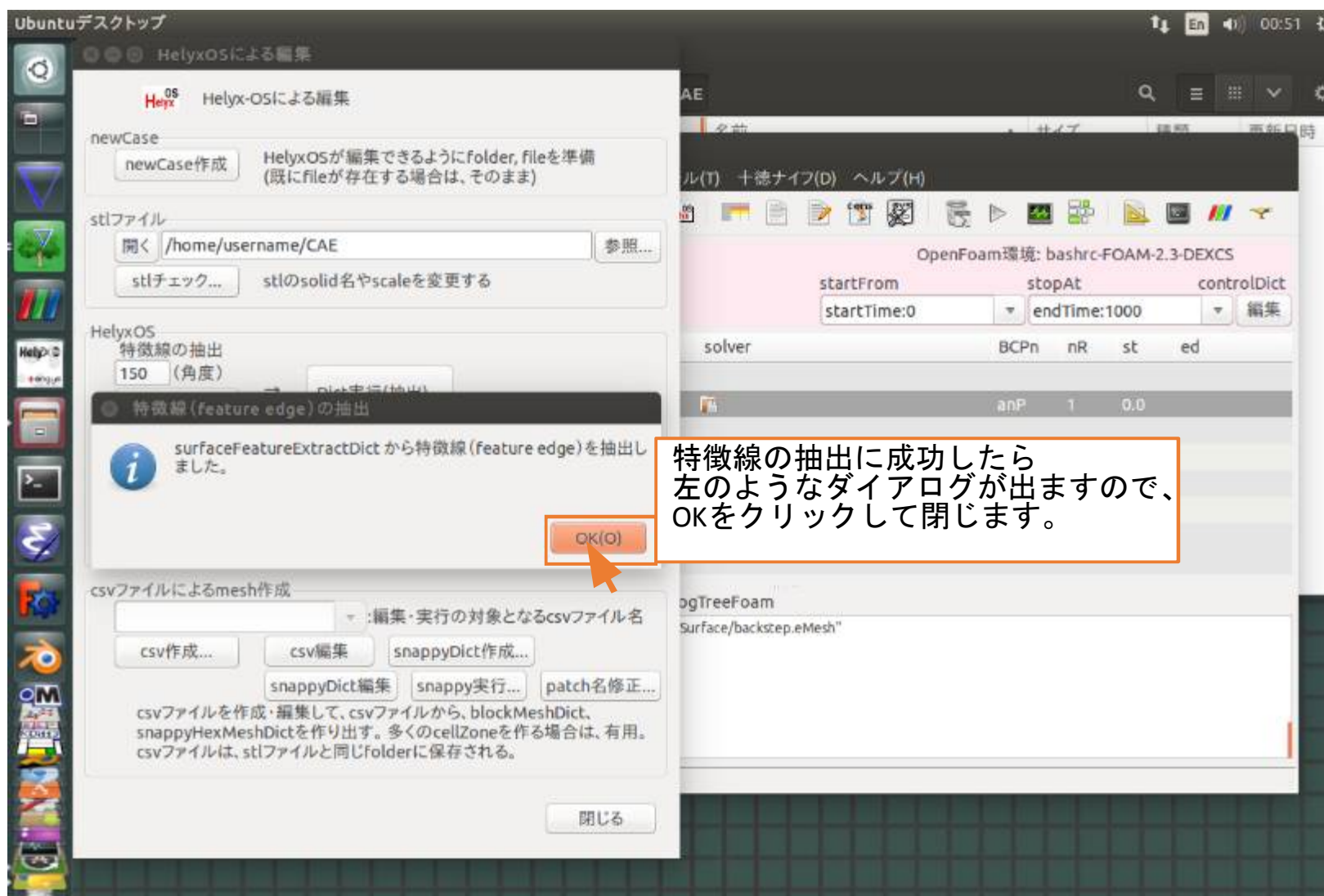
HelyxOSの起動
snappyによるメッシュ作成、一部solverの実行
 mesh作成・編集する

paraFoam起動
paraFoamを起動してmeshを確認

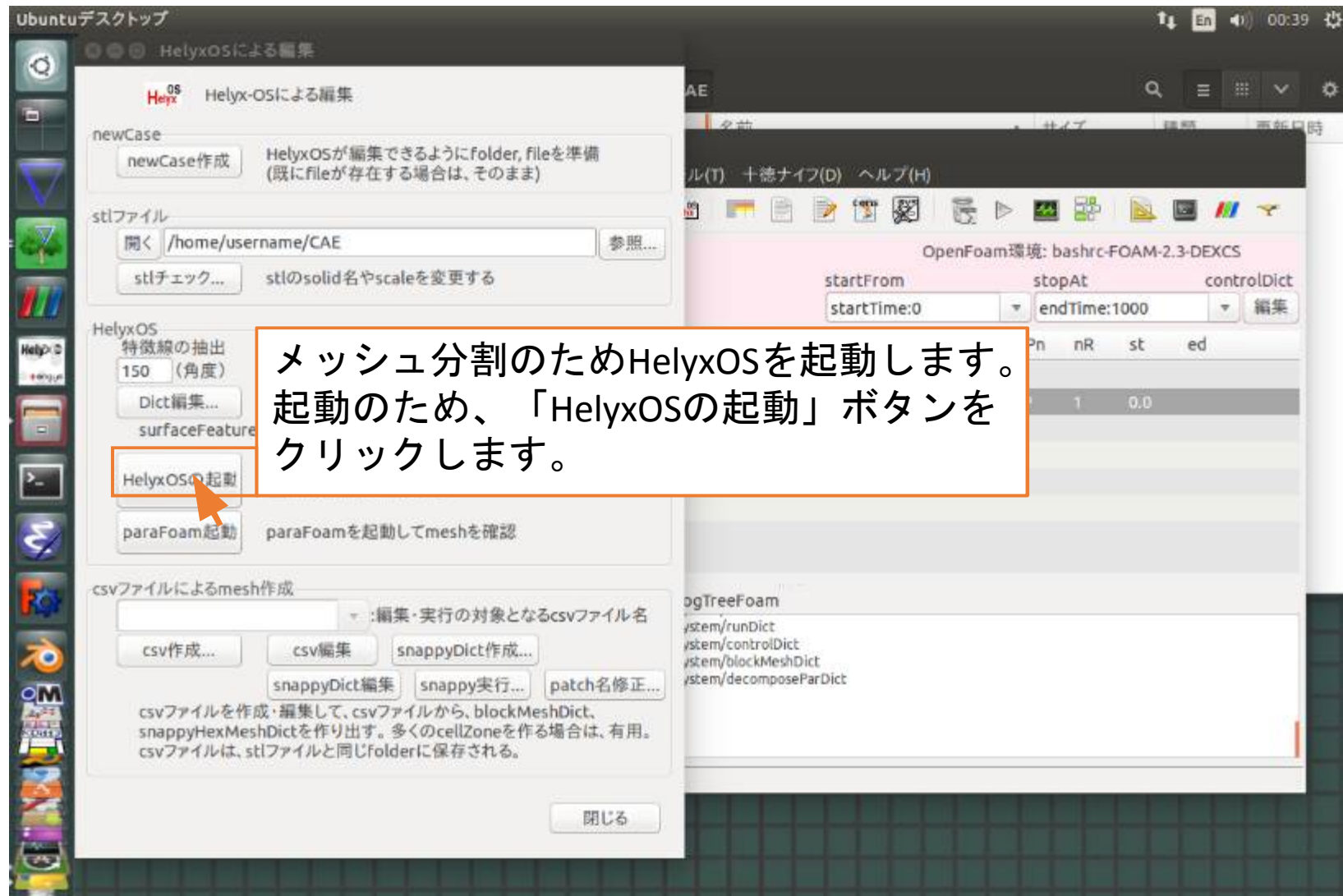
csvファイルによるmesh作成
:編集・実行の対象
csv作成... csv編集 snappyDict作成
snappyDict編集 snappy実行
csvファイルを作成・編集して、csvファイルから、bloc
snappyHexMeshDictを作り出す。多くのcellZone
csvファイルは、stlファイルと同じfolderに保存される

特徴線の抽出
surfaceFeatureExtractDict内容に基づき 特徴線を抽出します
キャンセル(C) OK(O) ② 確認のダイアログが出るので、OKをクリックします。

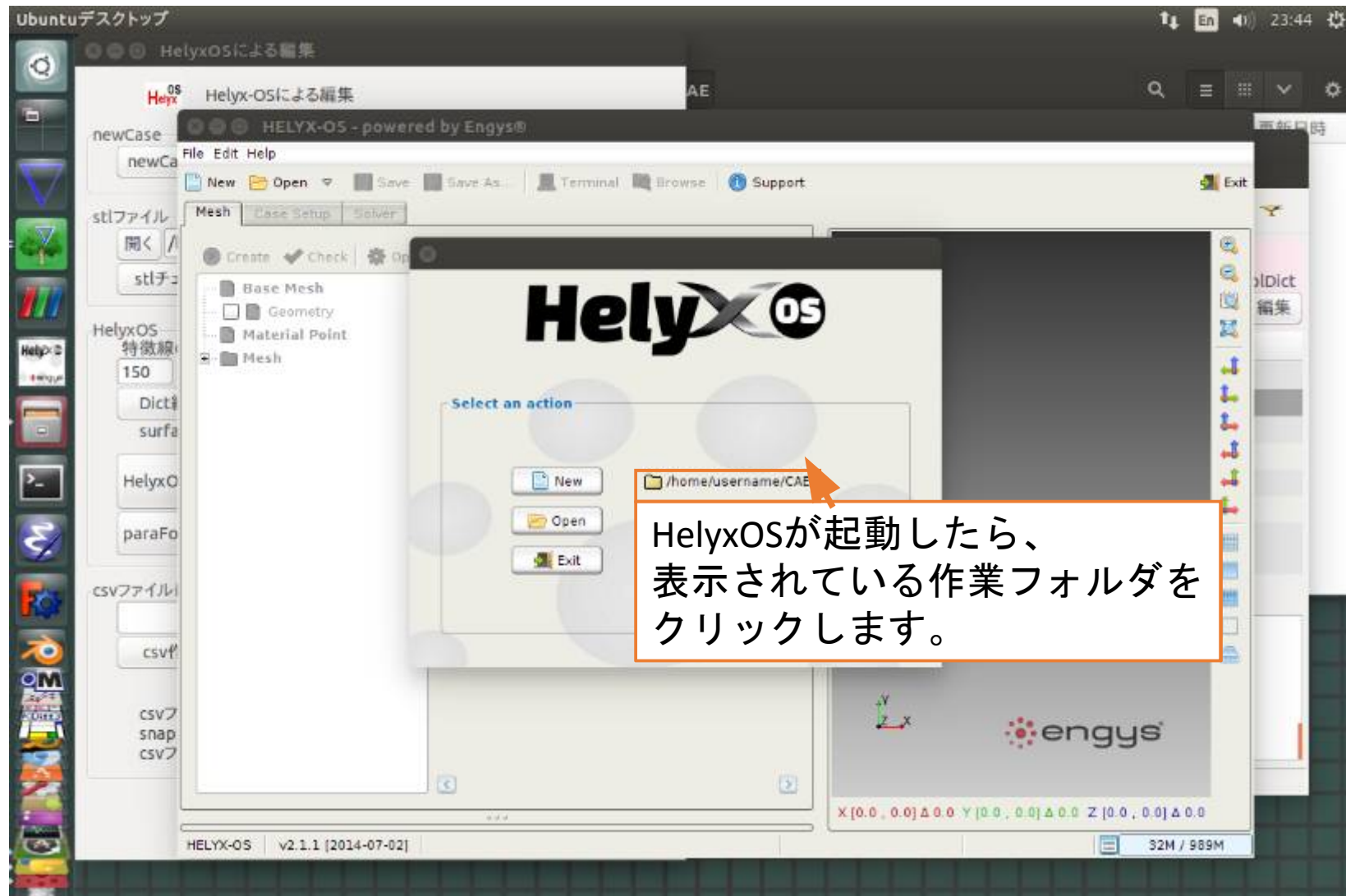
特徴線の抽出



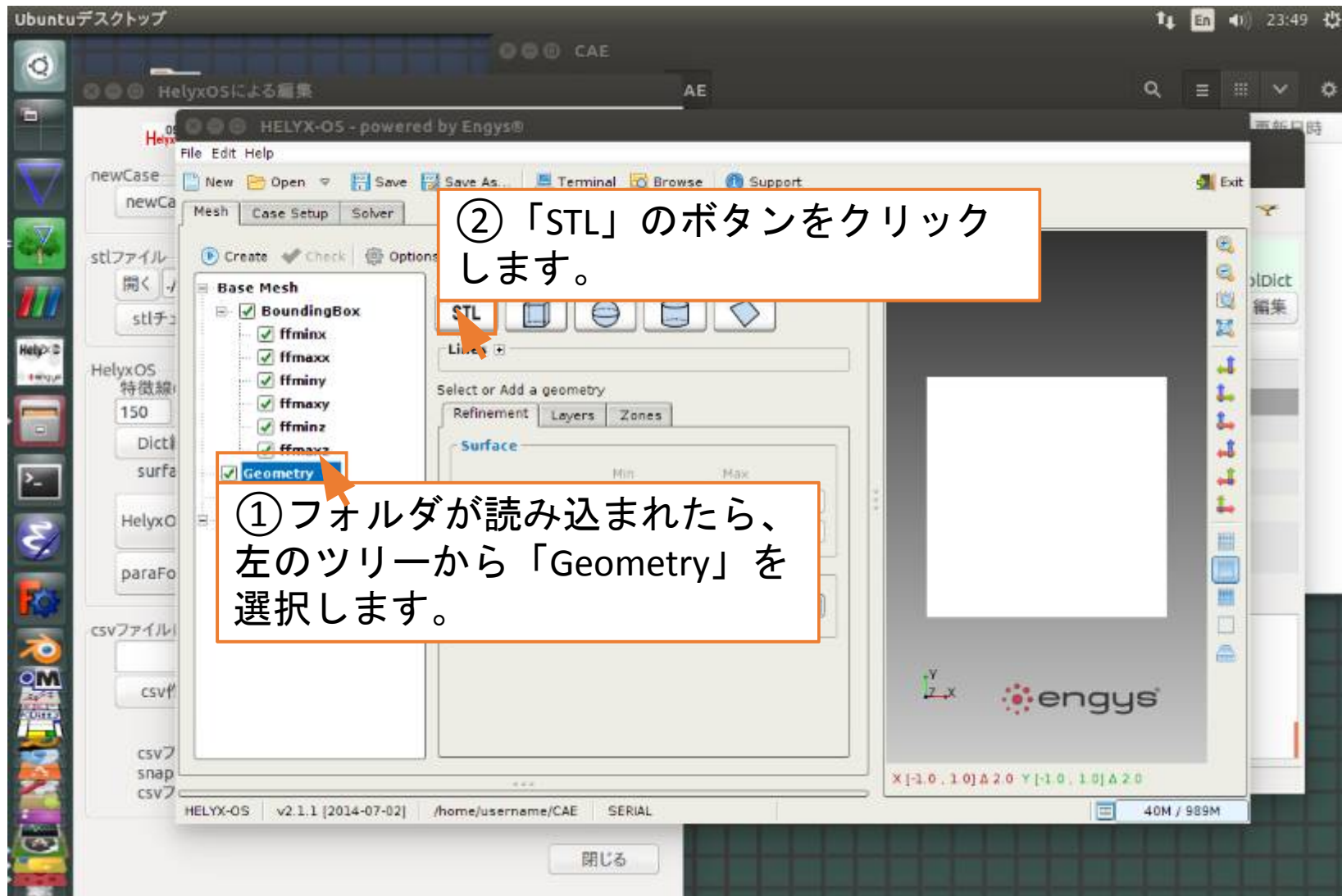
HelyxOSの起動



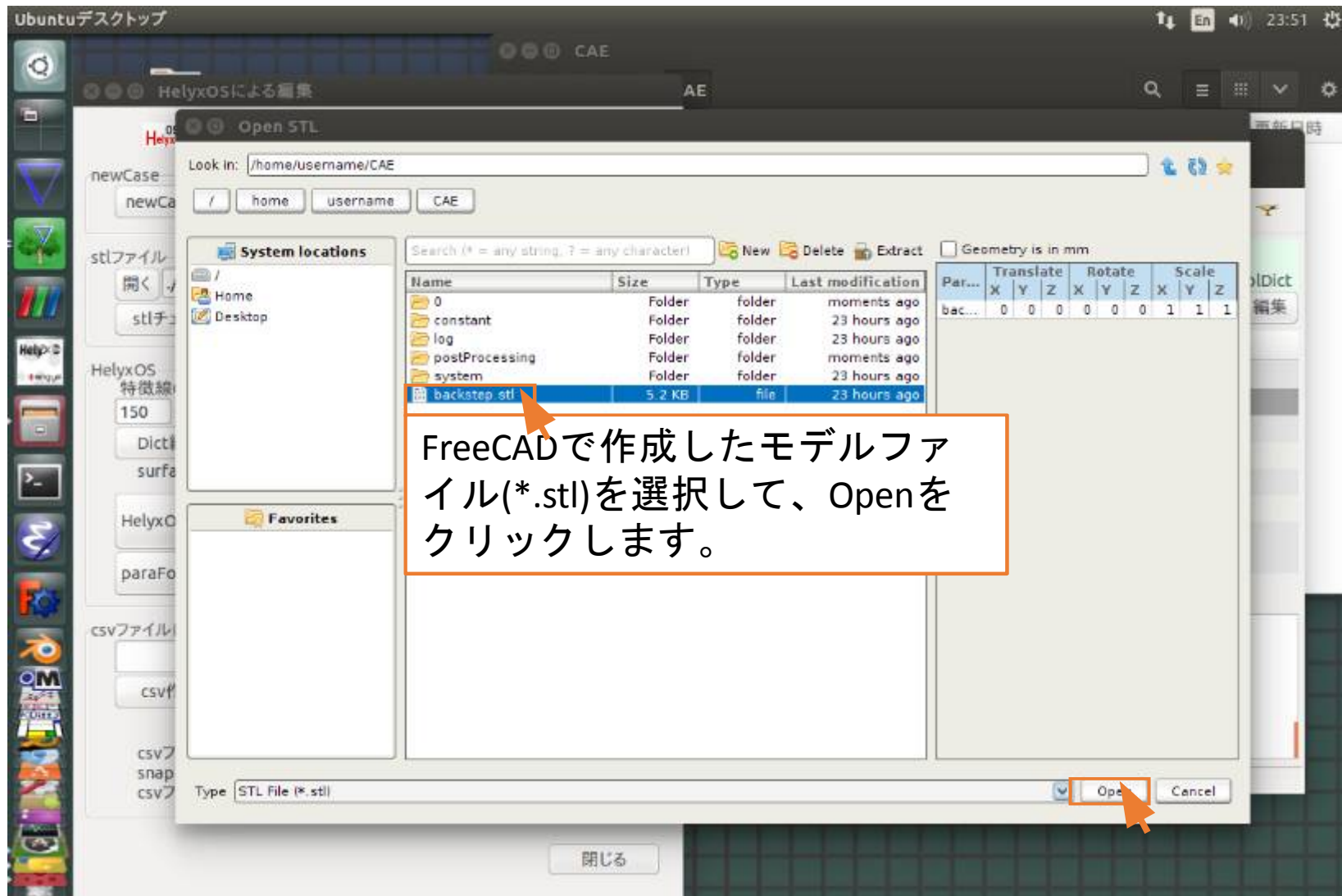
HelyxOSの起動



Stlファイルの読み込み



Stlファイルの読み込み



特徴線ファイルの読み込み

① 「Lines」の右側にある+マークをクリックし、メニューを表示させます。

② 新たに現れた「+」ボタンをクリックします。

③ 作業フォルダにあるeMeshファイルを選択して、Openをクリックします。

Name	Size	Type	Last modification
0	Fol...	fol...	6 minutes ago
constant	Fol...	fol...	23 hours ago
log	Fol...	fol...	23 hours ago
postProcessing	Fol...	fol...	6 minutes ago
system	Fol...	fol...	23 hours ago
backstep.eMesh	1.2...	file	23 hours ago

メッシュ分割の設定

①左のツリーからBoundingBoxを選択します。

②BaseMeshType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	-0.1	-0.1	-0.1
Max	30.1	3.1	2.1
Number of Elements	50	15	10
Delta	0.6	0.21	0.22

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

メッシュ作成位置の設定

①左のツリーから「Material Point」を選択します。

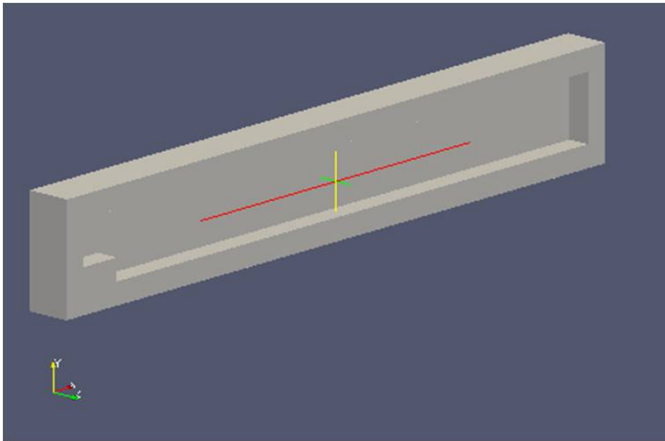
②電球マークをクリックします

③「5.0 2.0 0.3」と入力します

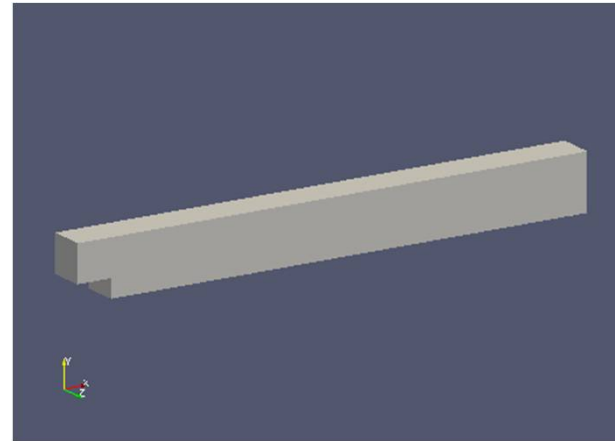
赤いマークが指定した点の位置を示しています

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。

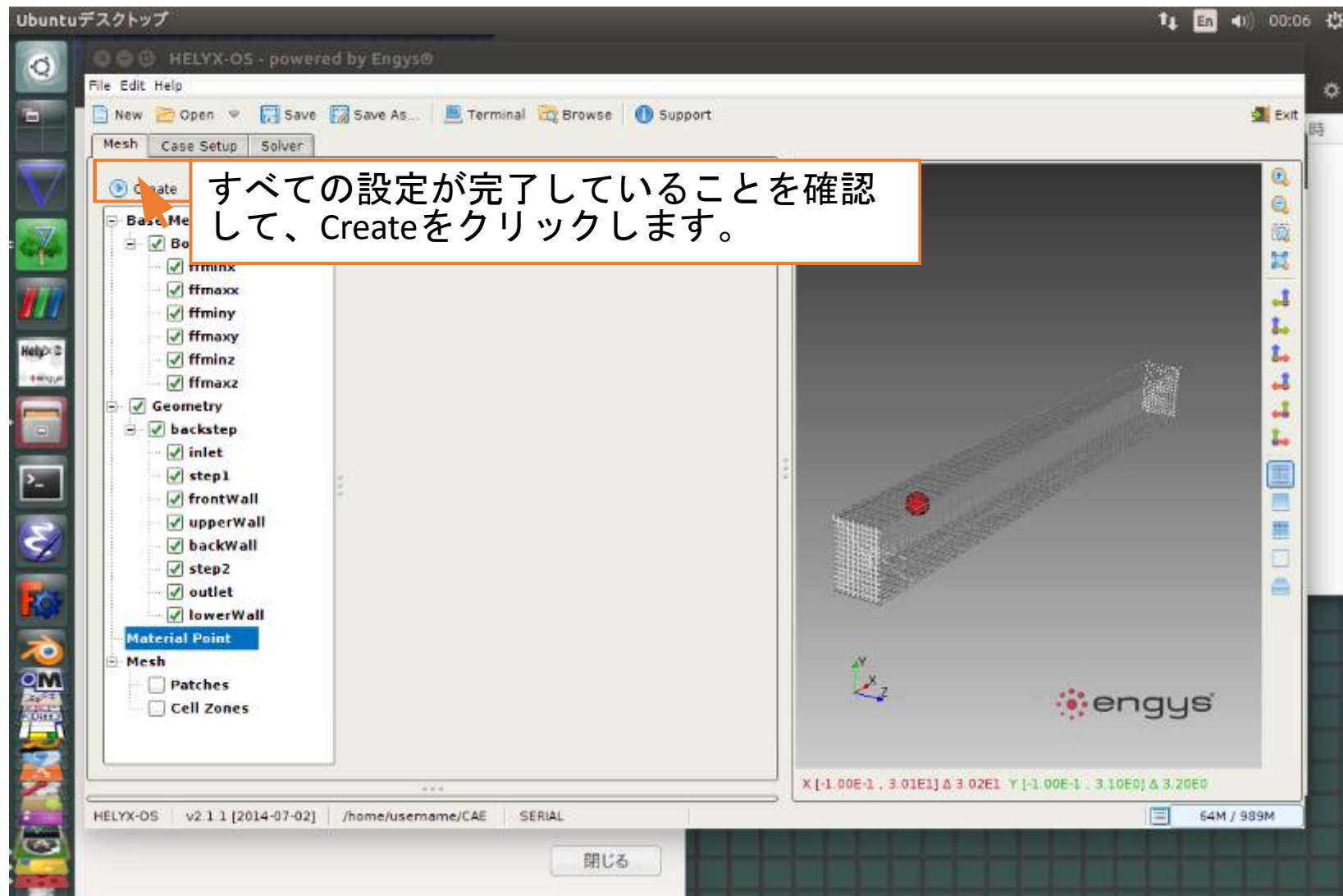


モデルの外部を指定した場合



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

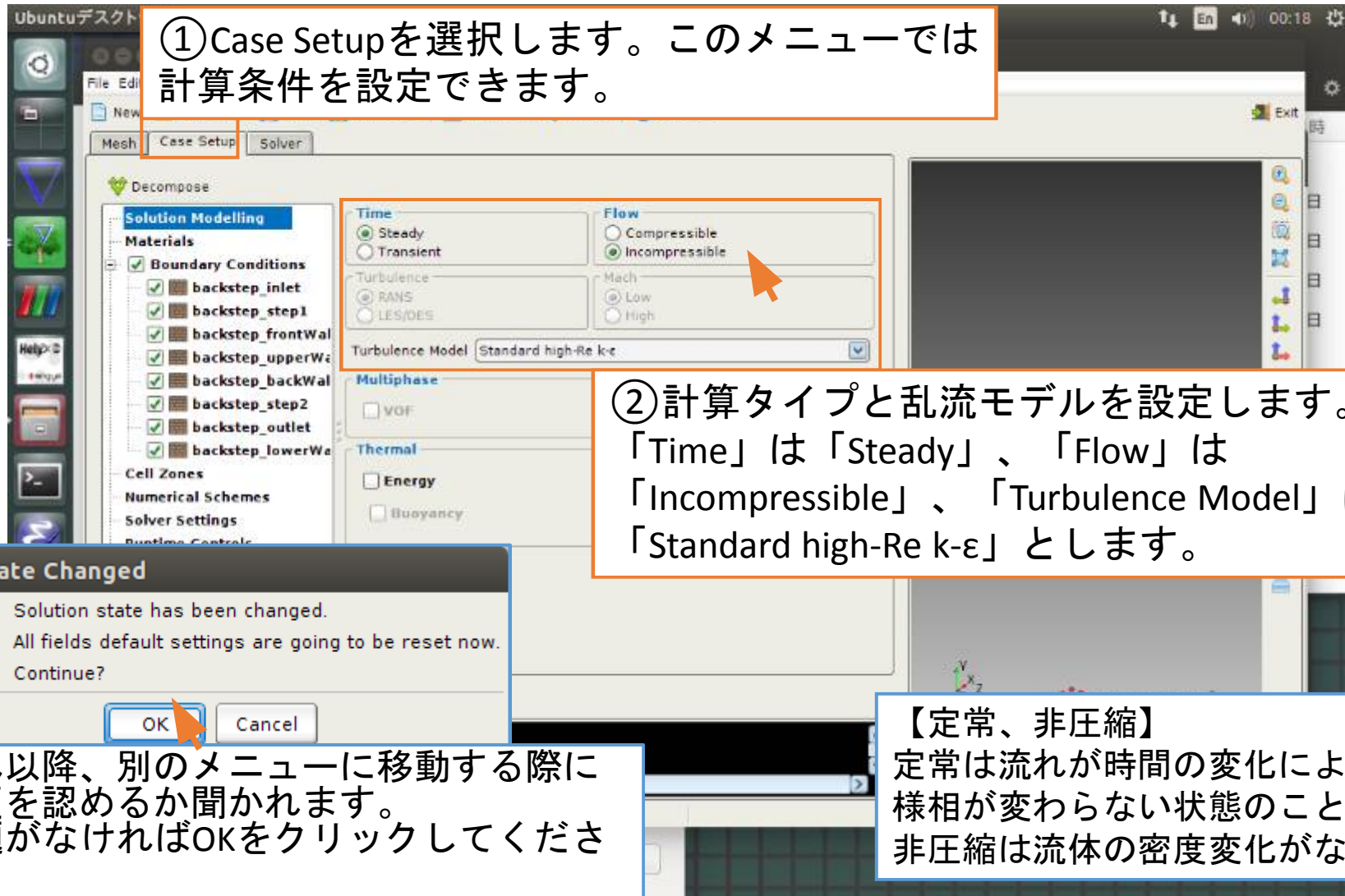
Createをクリックすると左下に作成状況のログが表示されます。

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。

```
Run Mesh [00:13:22] X
Writing mesh to time constant
Write mesh in = 0.05 s.
Layers added in = 0.05 s.
Checking final mesh ...
Checking faces in error :
non-orthogonality > 65 degrees : 0
faces with face pyramid volume < 1e-13 : 0
faces with concavity > 80 degrees : 0
faces with skewness > 4 (internal) or 20 (boundary) : 0
faces with interpolation weights (0..1) < 0.82 : 0
faces with volume ratio of neighbour cells < 8.01 : 0
faces with face twist < 8.02 : 0
faces on cells with determinant < 0.001 : 0
Finished meshing without any errors
Finished meshing in = 2.82 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)

The screenshot shows the OpenCAE software interface with the following annotations:

- ① Boundary Conditionsの下の「backstep_inlet」を選択します。
An arrow points to the 'backstep_inlet' entry in the 'Boundary Conditions' list on the left sidebar.
- ② Typeはpatchesを選択します。
An arrow points to the 'Patches' radio button in the 'Patch Type' section of the 'backstep_inlet' settings.
- ③ Momentumは以下のように設定してください
An arrow points to the 'Momentum' tab in the settings panel. A detailed inset shows the following configuration:
 - Velocity Type: Fixed Value
 - Velocity [m/s]: X=10.0, Y=0.0, Z=0.0
 - Pressure Type: Zero Gradient

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, a tree view under 'Boundary Conditions' has 'backstep_outlet' selected. The main panel shows settings for this patch: Patch Name: backstep_outlet, Patch Type: Patch, Velocity Type: Zero Gradient, and Pressure Type: Fixed Value. A terminal window at the bottom shows the command 'Run Mesh' and its output.

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

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

Momentum Turbulence

Velocity

Velocity Type Zero Gradient

Pressure

Pressure Type Fixed Value

Pressure [m²/s²] 0.0

計算条件の設定

RunTime Controlsをクリックします

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

Writing mesh to time constant
Wrote mesh in = 0.05 s.
Layers added in = 0.05 s.

計算の開始

The screenshot shows the HELYX-OS software interface running on an Ubuntu desktop. The main window is titled 'HELYX-OS - powered by Engys'. The 'Solver' tab is selected, and the 'Run' button is highlighted with an orange arrow. A text box with the number 1 and Japanese text points to the 'Solver' tab. Another text box with the number 2 and Japanese text points to the 'Run' button. The interface includes a menu bar (File, Edit, Help), a toolbar (New, Open, Save, Save As...), and a sidebar with various icons. The main area contains 'Run Options', 'Runtime Controls', and 'Residuals' sections. The 'Actions' section has 'Run' and 'Edit Script' buttons. Below these are input fields for 'Number Of Processors' (set to -1) and 'Log File' (set to 'simpleFoam.log'). A terminal window at the bottom shows the output of the 'Run Mesh' command, including the time taken to write the mesh and add layers. The status bar at the bottom indicates the version (v2.1.1 [2014-07-02]), the path (/home/username/CAE), the mode (SERIAL), and the memory usage (50M / 989M).

①設定が終わったらSolverタブを表示します。

②Run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. The main window is titled "HELIX-OS - powered by Engys®". The interface includes a menu bar (File, Edit, Help), a toolbar, and a sidebar with various icons. The central area is divided into several panels:

- Run Options:** Includes buttons for "Run", "Stop", and "Refresh Now".
- Runtime Controls:** Includes a "Residuals" button.
- Residuals Plot:** A line graph showing the convergence of residuals over time. The y-axis is logarithmic, ranging from $1e-6$ to $1e0$. The x-axis is "Time [s]", ranging from 0 to 300. The plot shows several curves for variables: Ux (red), Uy (green), Uz (blue), p (yellow), epsilon (purple), and k (orange). All curves show a general downward trend, indicating convergence.
- 3D Model:** A 3D visualization of a rectangular block with a diagonal cut, colored in shades of green and blue.

At the bottom of the interface, there is a status bar with the text "HELIX-OS v2.1.1 [2014-07-02] /home/username/CAE SERIAL" and a "閉じる" (Close) button. A terminal window at the bottom left shows the text "End" and "左下の黒い画面に「End」と出れば計算完了です。".

計算中は残差プロットのグラフが表示されます。

左下の黒い画面に「End」と出れば計算完了です。

結果の可視化—Paraviewの起動

Ubuntuデスクトップ

HELIX-OS - powered by Engys®

File Edit Help

New Open Save Save As...

Mesh Case Setup Solver

Run Stop Refresh Now 5s

ParaView

Run Options
Runtime Controls
Residuals

Residuals

1e0
1e-1
1e-2
1e-3
1e-4
1e-5
1e-6

Time [s]

25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300

Ux
Uy
Uz
p
epsilon
k

engys

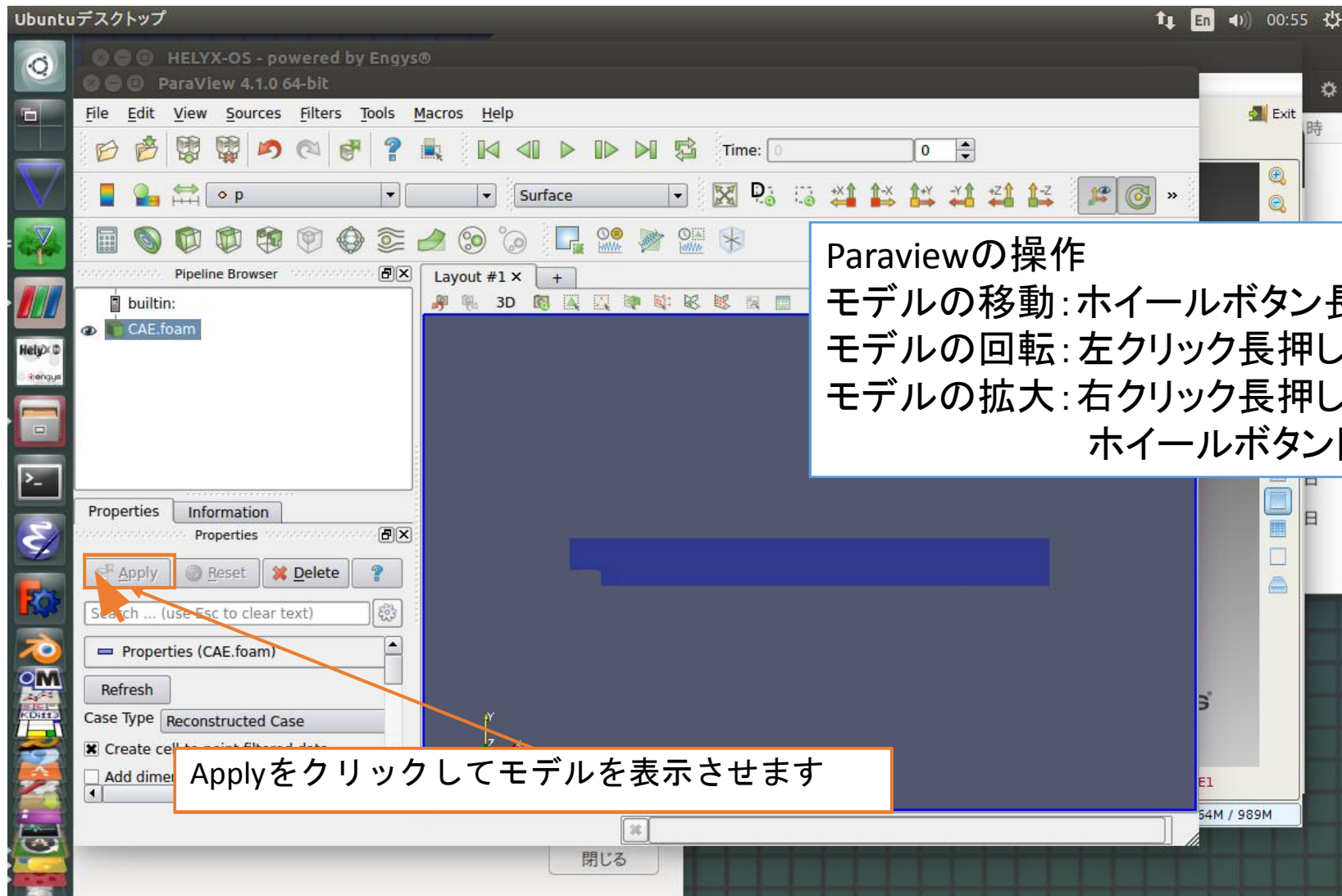
X [-1.95E-3, 30.0] Δ 3.00E1

60M / 989M

閉じる

結果を可視化するために、画面中の「Paraview」ボタンをクリックします。

モデルの表示



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

③2D Glyphを選択し、Applyをクリックします

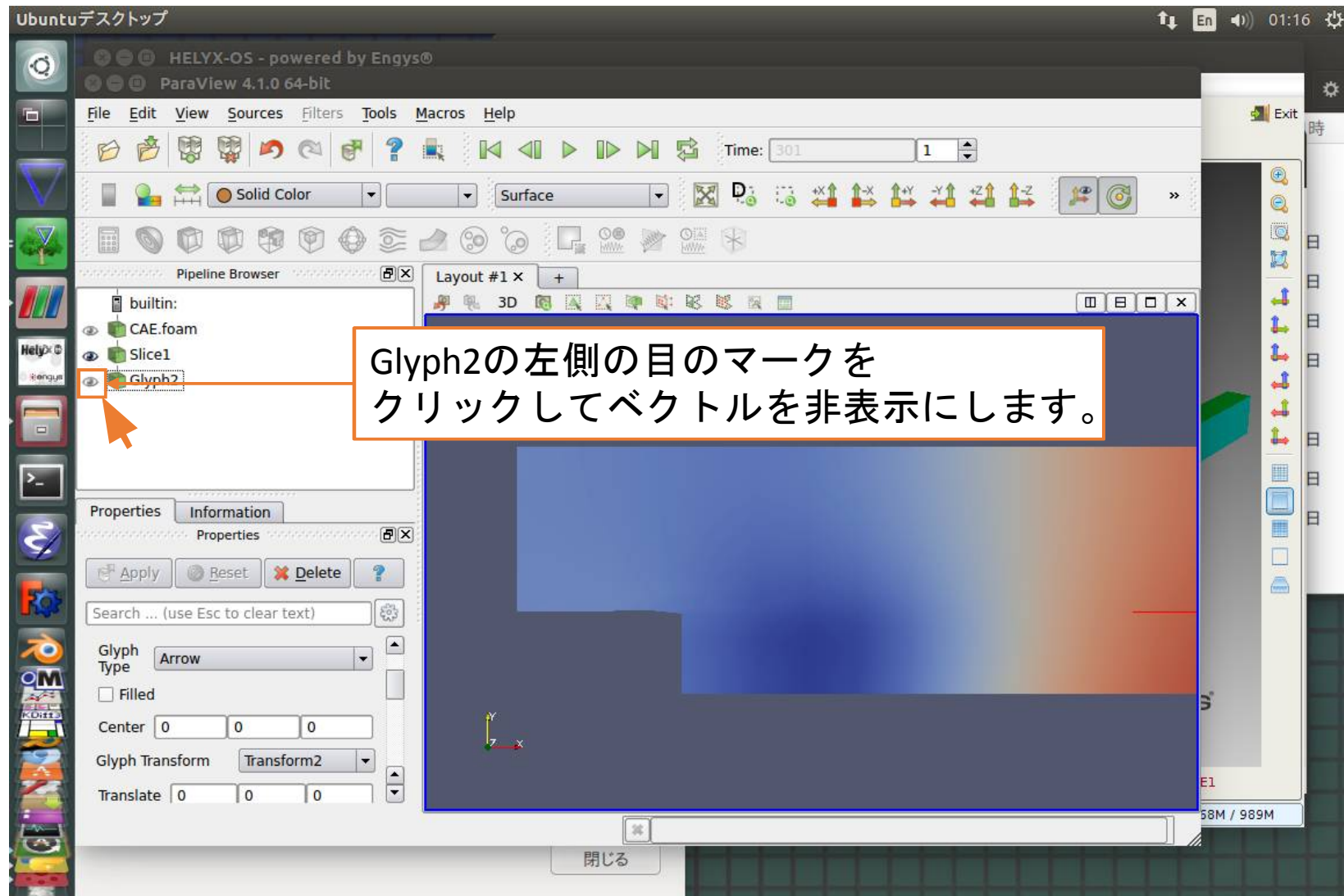
【ベクトル】
大きさと方向性を持った量のこと。
流速などの大きさと方向を各場所で確認できます。

流速ベクトルの調整

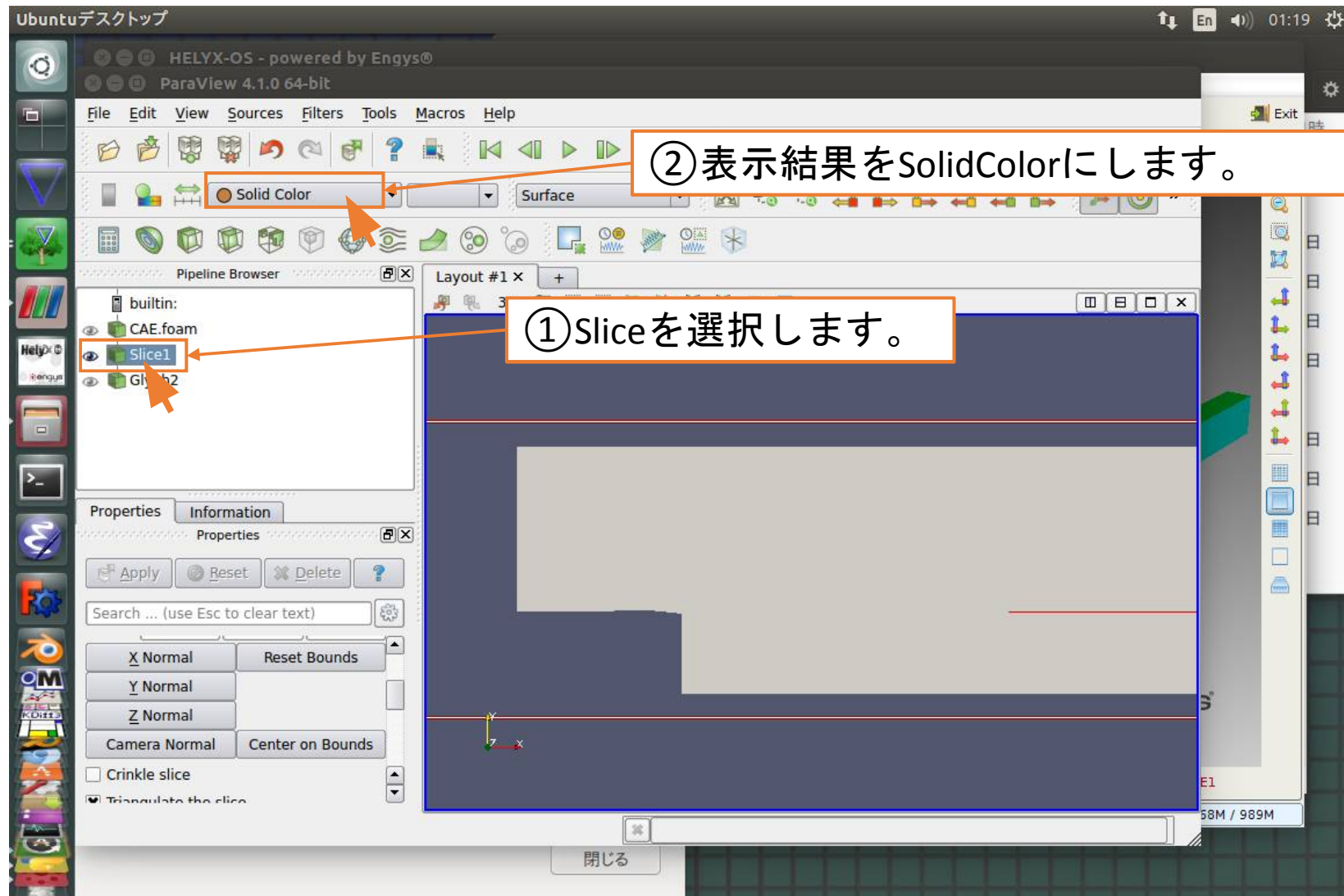
② Applyをクリックします。
ステップの後流を拡大すると渦が発生していることがわかります

① Scale Modeをoffに、Editをチェックし、
Set 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 Line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

③結果表示をUに変更します

①Seed TypeをHigh Resolution Line Sourceに変更します

②Point1を<3 -1 1>、Point2を<3 3 1>と入力します

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、Closeをクリックします

Name	Color Space
Cool to Warm	Diverging
Blue to Red Rainbow	HSV
Red to Blue Rainbow	HSV
Grayscale	RGB
X Ray	RGB
Blue to Yellow	RGB
Black-Body Radiation	RGB
CIELab Blue to Red	CIELAB
Black, Blue and White	RGB
Black, Orange and W...	RGB
Cold and Hot	RGB
Rainbow Desaturated	RGB
Rainbow Blended Wh...	RGB
Rainbow Blended Gre...	RGB

Value	R	G	B
1	0.238832	0	1

コンタレンジの調整

① 「x」を押してコンタの調整画面を閉じる

① Updateボタンをクリックします。

	Value	Opacity
1	0.238832	0
2	0.238832	0
3	10.3177	1

Color Mapping Parameters

- Lock Scalar Range
- Color Space: HSV
- Nan Color:

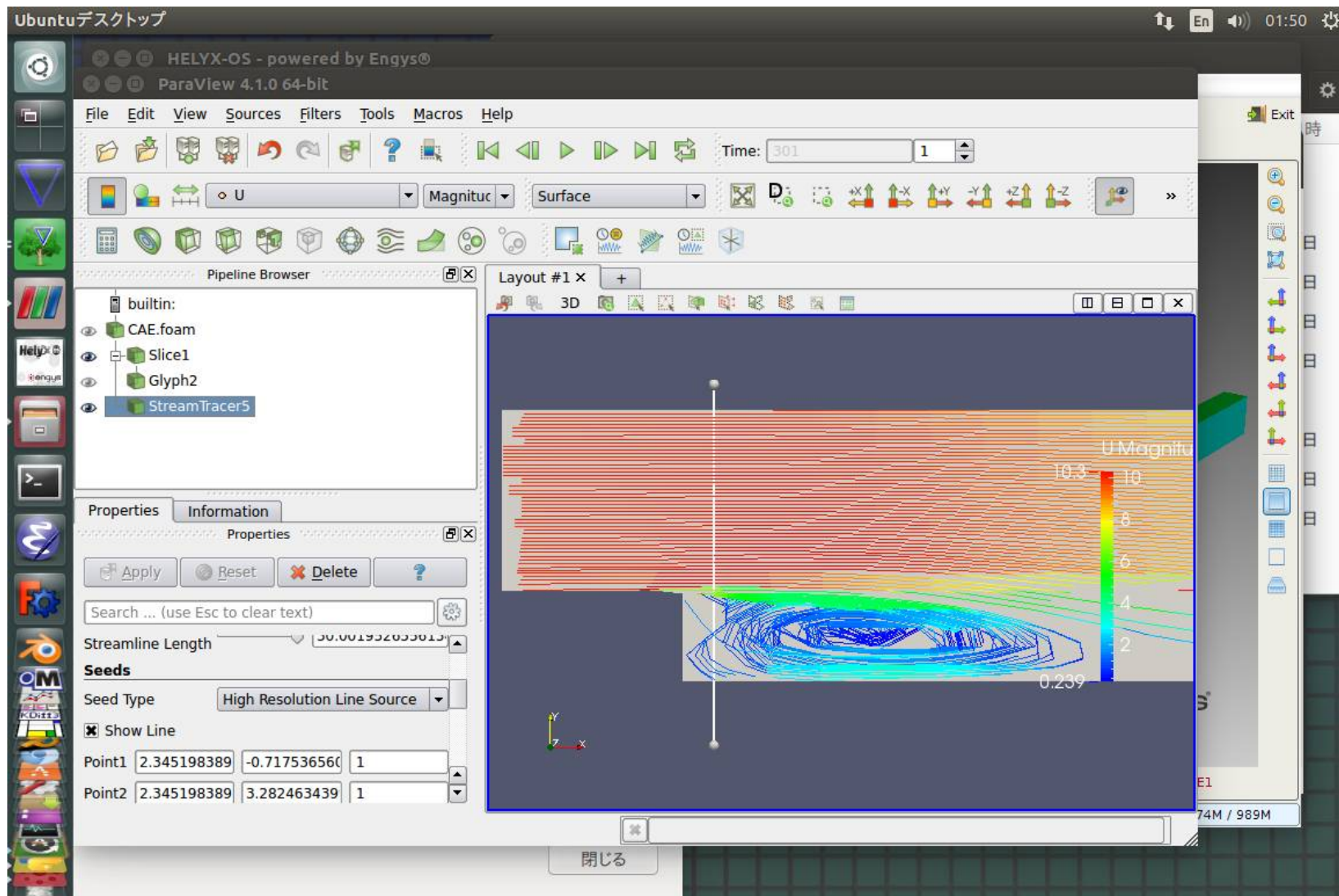
Buttons: Save as default, Update

流速コンタの表示

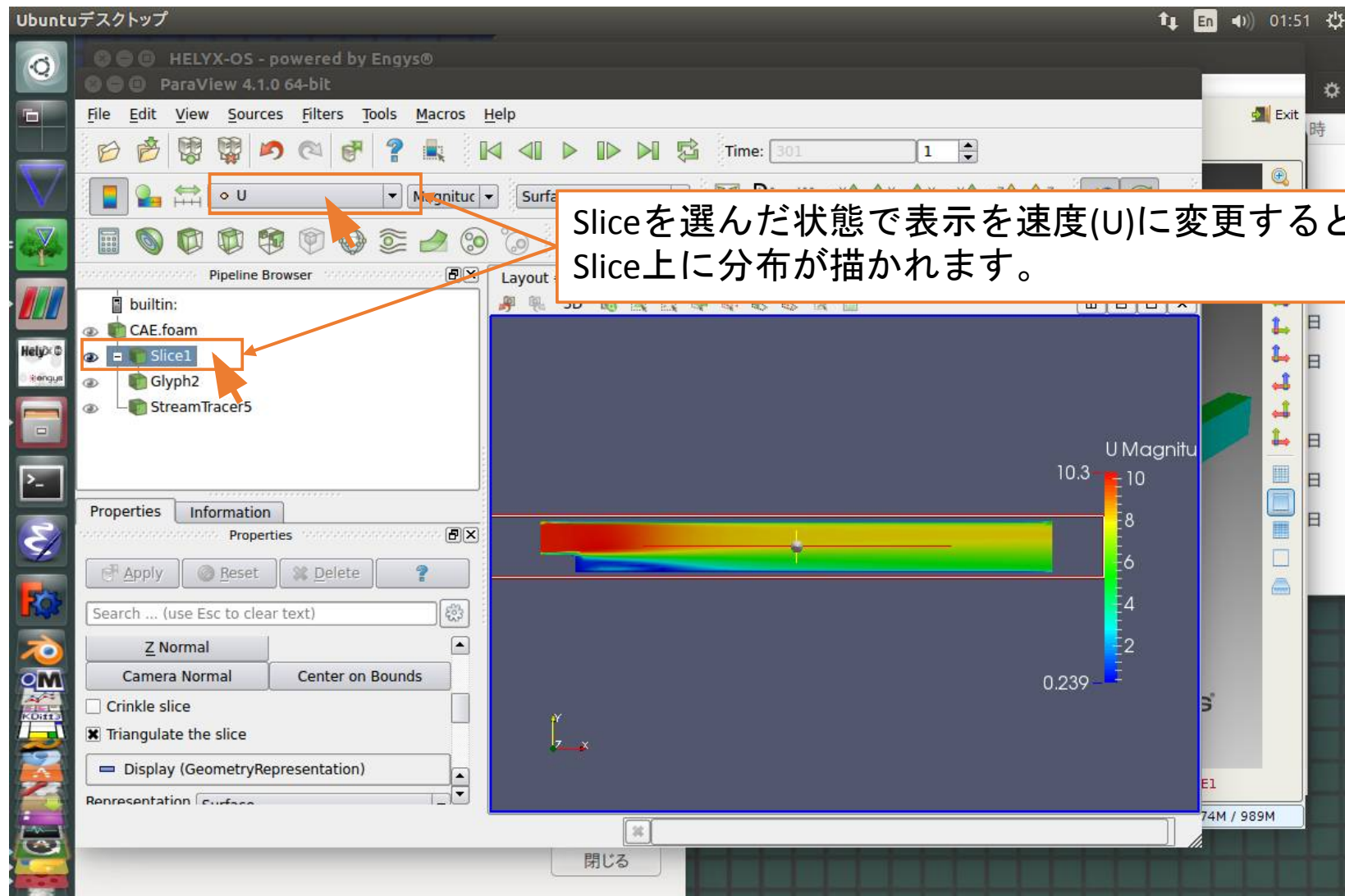
① コンタレジェンドを表示するボタンをクリックします

コンタレジェンドが表示され、
速度の分布がわかりやすくなりました

バックステップ後ろの渦



流速コンタの表示



まとめ

- バックステップ流れを例に、モデル作成、メッシュ分割、条件定義、計算実行および解析結果の確認という解析フローの一連の流れをDEXCSを使用して実践しました。
- 本実習で使ったDEXCS、FreeCAD、OpenFOAM、ParaViewとHelyxOSはオープンソースソフトなのでソフト、ライセンス料を支払う必要がありません。
- 今回使ったソフトはWeb上で情報が集めやすく、自学自習がしやすいのも特徴です。
- こういうフリーのソフトを活用して、自分が足りないと思う知識について調査して、学習していただければと思います。

今回参考にしたページ：<http://www.geocities.jp/penguinitis2002/>

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