

Salome-Meca を用いた弾性解析の手順

平成 25 年 1 月 18 日 岐阜高専 DALAB 信高未咲

DEXCS-Salome6-64bit を用いて行う。

■ 目次 ■

1. 解析モデル
2. Salome の起動
3. Geometry でモデル作成
4. Mesh でメッシュ作成
5. Aster で解析実行
6. Post-Pro で解析結果表示

1. 解析モデル

今回は図 1 に示すような解析を行う。

解析するモデルは図 1 に示す、 $100 \times 10 \times 20$ [mm] のモデルとする。

モデルの左端を全方向固定とし、図 1 に示す面に $1\text{kg}/\text{cm}^2$ の荷重を作用させる。

素材は鋼材で、ヤング率 $E = 2.1 \times 10^{11}$ [Pa]、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とする。

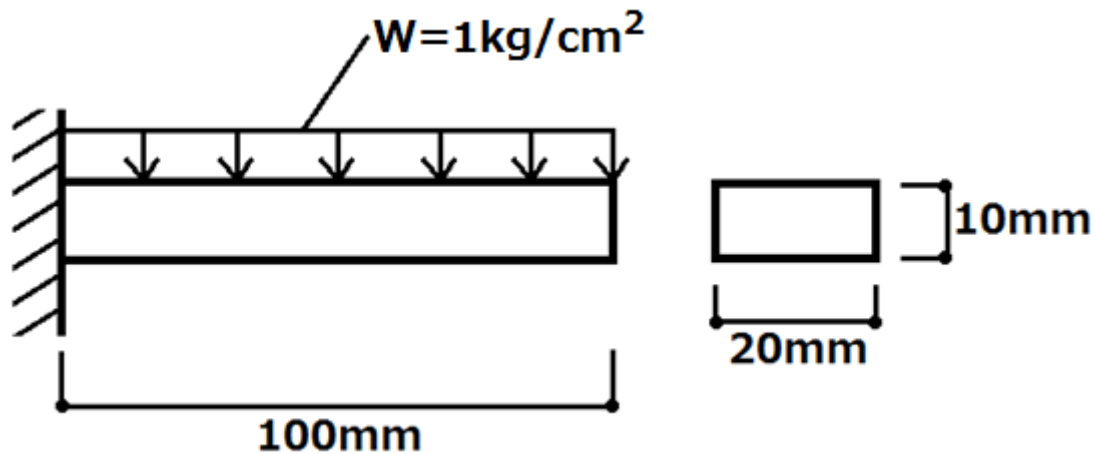


図 1 解析モデル

2. Salome の起動

ここでは Salome の起動の仕方を説明する。

- ① 図 2 に示す Salome のアイコンをダブルクリックするか、右クリックより「開く」を選択する。

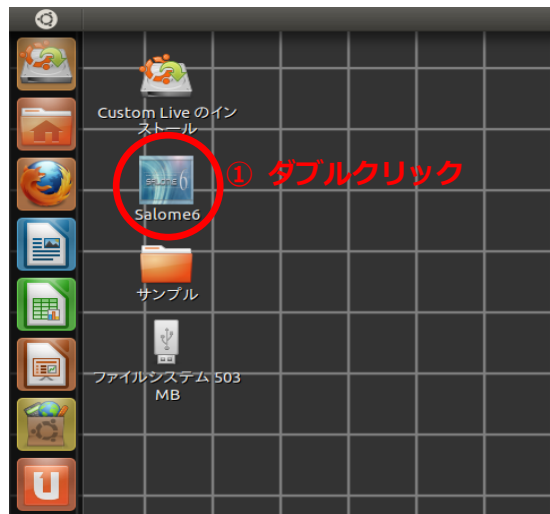


図 2 Salome 起動

図 3 のように Salome が起動される。

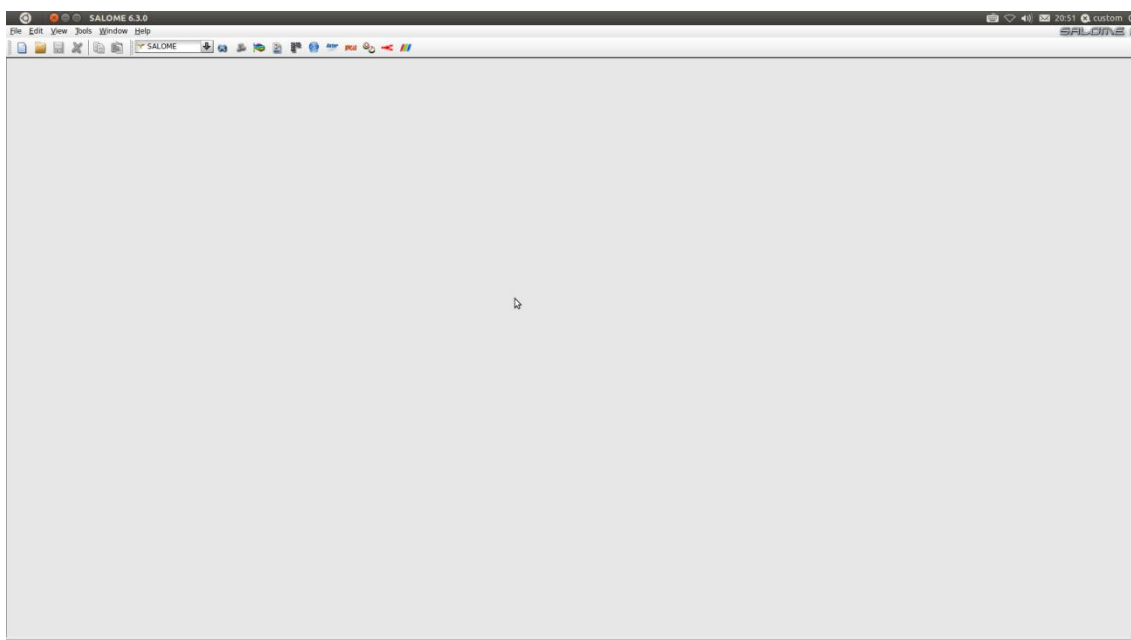


図 3 Salome

3. Geometry でモデル作成

ここでは Salome6 でのモデル作成の手順を説明する。

今回は、幅 20mm 高さ 10mm 長さ 100mm の片持ち梁モデルを作成する。

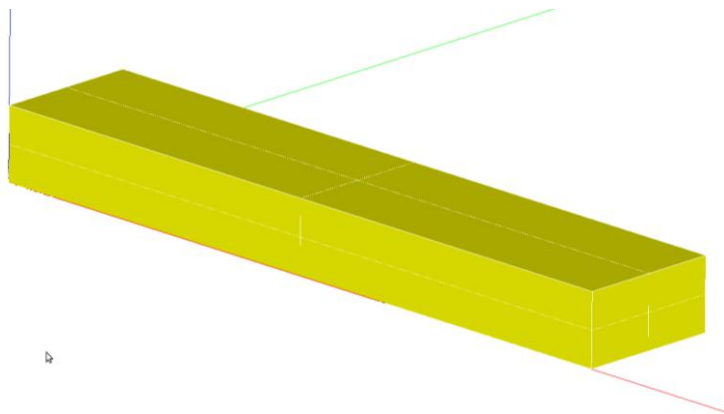


図 4 解析モデル

① 赤丸で示す部分をクリックする。

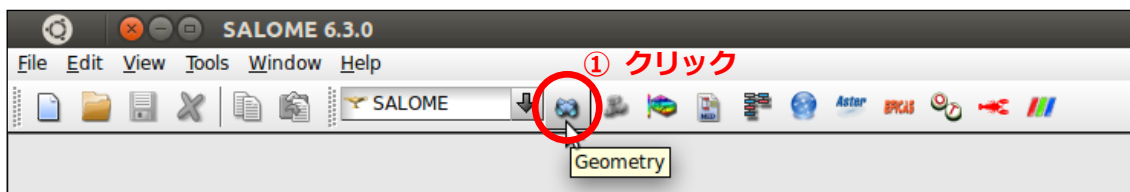


図 5 Geometry モード

② 表示されたウィンドウ内の[New]のボタンをクリックする。

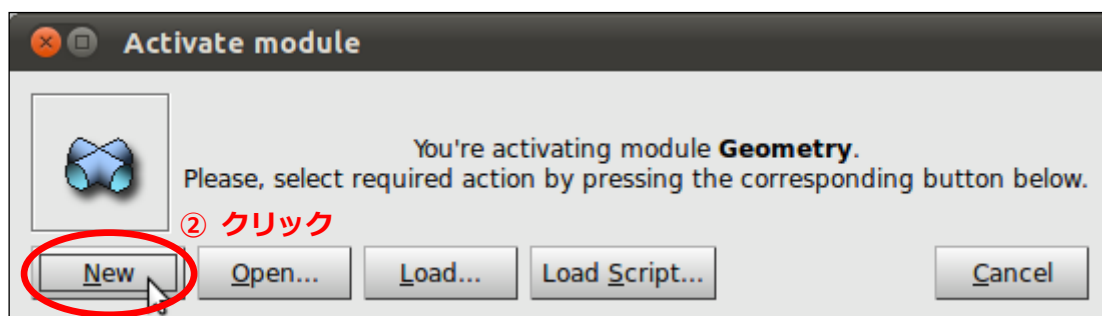


図 6 Activate module

2. 1. Box の作成

- ① メニューバー[New Entity] > [Primitives] > [Box]を選択する。

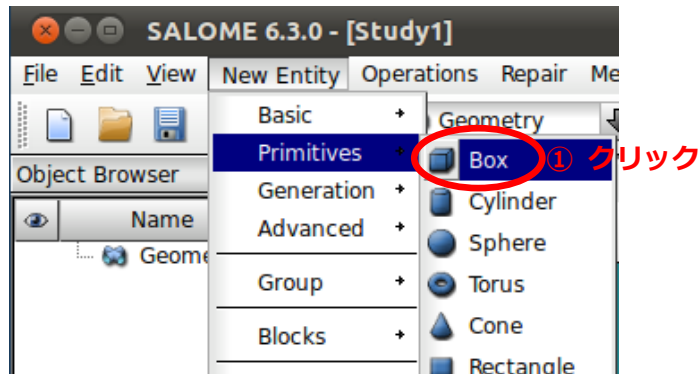


図 7 Box

- ② 表示されたウィンドウで作成する Box のデータを入力する。

今回は幅 20mm 高さ 10mm 長さ 100mm の Box を作成するので、Dx: 0.1 Dy : 0.02 Dz : 0.01 と入力する。

※ ここで入力する単位はメートル

- ③ 図 8 のようになっていることを確認して、ウィンドウ内下部の[Apply and Close]をクリックする。

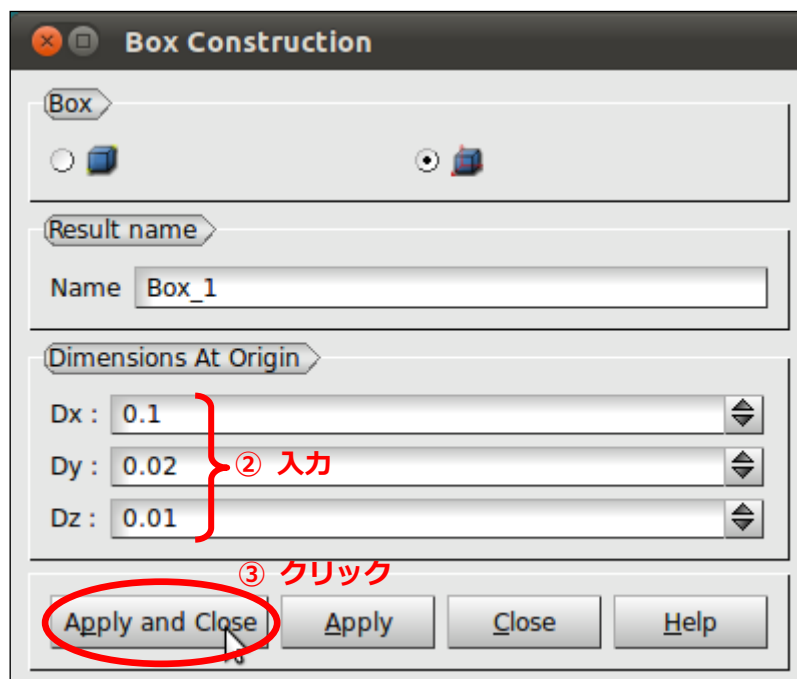


図 8 Box Construction

- ④ 画面内左側の[Object Browser]内に[Geometry]という文字が表示されているので、左側の+マークをクリックして展開する。[Geometry]の下に[Box_1]が表示されるので、ここで[Box_1]が作成されたことを確認する。

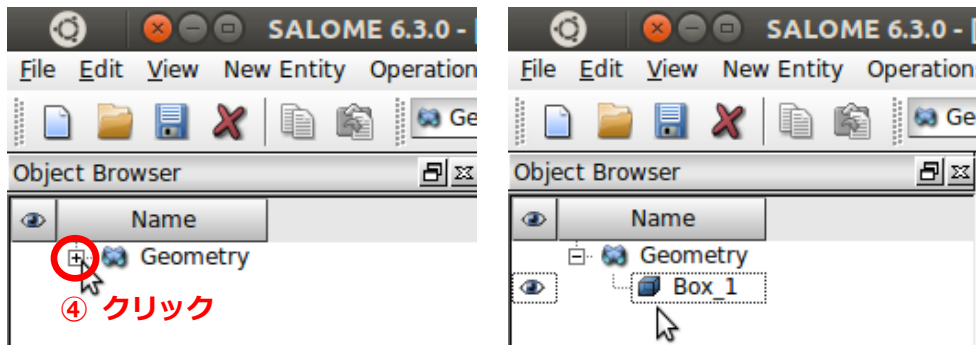


図9 Object Browser 確認

- ⑤ このままではモデルが小さすぎて見えないのでモデルを確認する。
赤丸で示すアイコンをクリックして、モデルを画面一杯に表示させる。

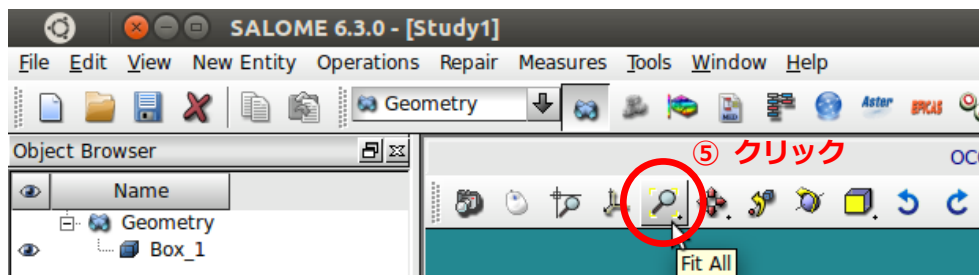


図10 拡大

この方法以外にも、以下の方法で拡大縮小や平行移動などが出来る。

[Ctrl]を押したまま左ドラッグ：拡大縮小

[Ctrl]を押したまま右ドラッグ：モデルの表示角度変更

[Ctrl]を押したまま中ボタンドラッグ：平行移動

その他に、以下に示すアイコンで様々な操作を行うことができる。



座標軸の表示・非表示の切り替え



長押し



基本の大きさに表示



左ドラッグで指定した範囲を拡大



左ドラッグで拡大・縮小



長押し



左ドラッグで表示部分移動



左ドラッグでドラッグした分移動



視点回転



長押し 視点方向変更



左回りに 90 度回転



右回りに 90 度回転

2. 2. グループの作成

ここでは、固定する部分と荷重を作用させる部分で、それぞれグループを作成する。
まずは固定する部分のグループを作成する。

- ① [Object Browser]内[Box_1]を右クリック > [Create Group]を選択する。

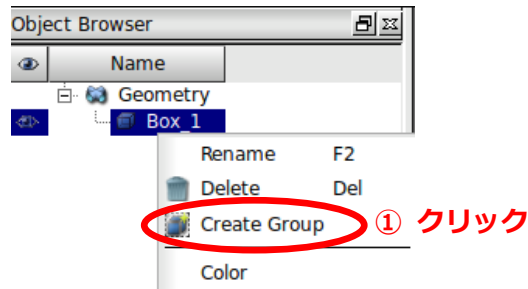


図 11 Create Group

- ② [Shape Type]を、左から 3 番目の[Face]にチェックを入れる。
- ③ [Group Name]を、任意の名前に変更する。ここでは[fix]と入力する。
- ④ モデル内から、固定する部分を選択する。
- ⑤ ウィンドウ内の[Add]をクリックする。
- ⑥ 空白の欄に数字が表示されたことを確認する。今回は[3]と表示された。
※ この値はモデル作成手順によって変更される。
- ⑦ [Apply and Close]をクリックする。

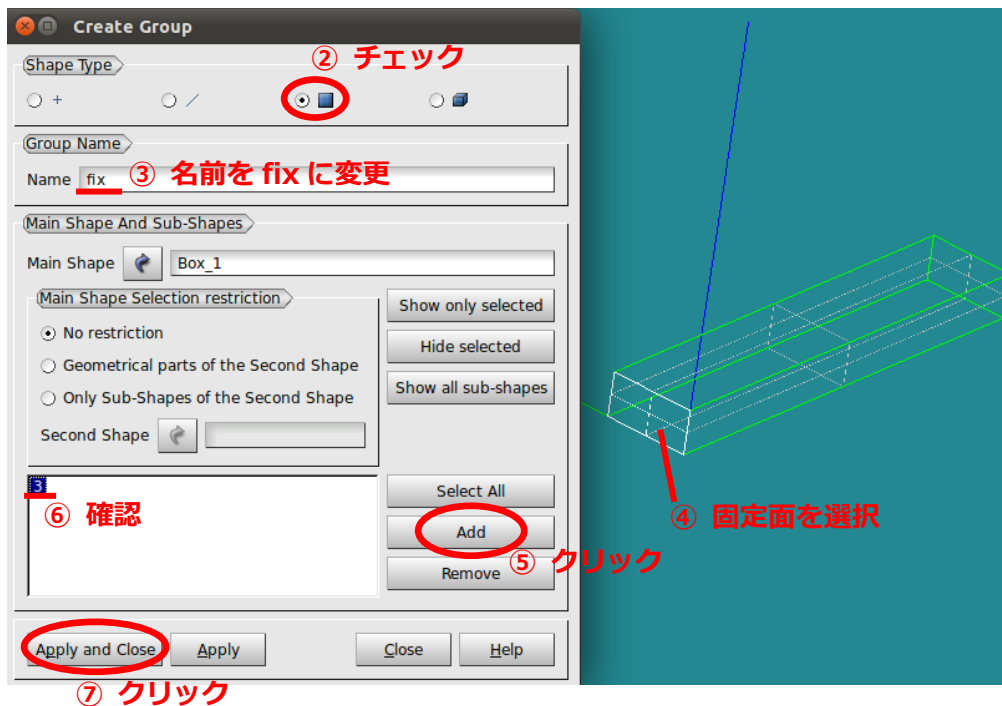


図 12 fix グループの作成

同様に、荷重を作用させる部分のグループを作成する。

- ⑧ [Object Browser]内[Box_1]を右クリック > [Create Group]を選択する。

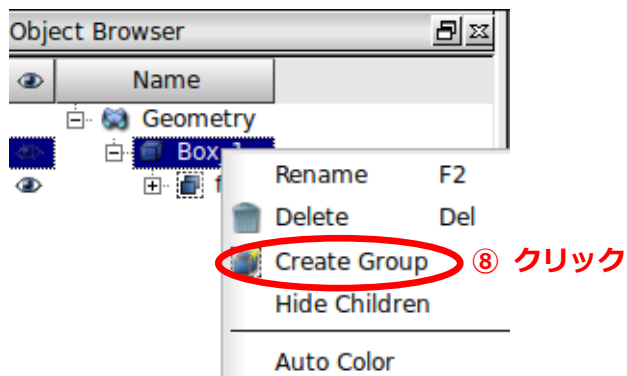


図 13 Create Group

- ⑨ [Shape Type]を、左から 3 番目の[Face]にチェックを入れる。
⑩ [Group Name]を、任意の名前に変更する。ここでは[load]と入力する。
⑪ モデル内から、荷重を作用させる部分を選択する。
⑫ ウィンドウ内の[Add]を選択する。
⑬ 空白の欄に数字が表示されたことを確認する。今回は[33]と表示された。
⑭ [Apply and Close]を選択する。

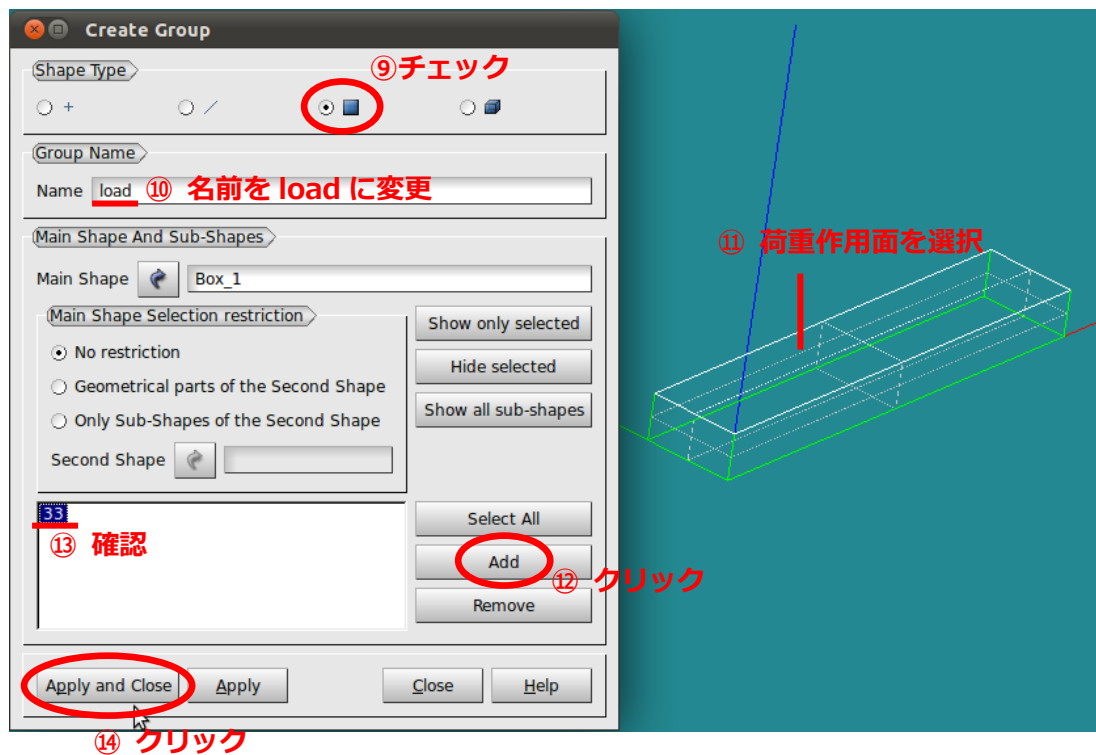


図 14 load グループの作成

グループを作成すると、[Object Browser]内[Box_1]の下に[fix]と[load]が表示される。

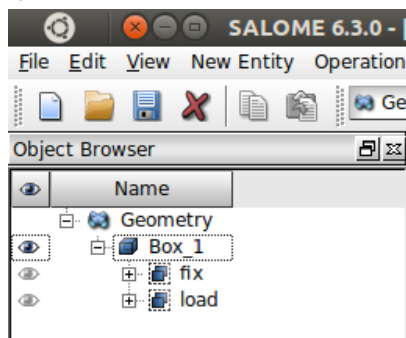


図 15 load グループ確認

今の状態では、作成した[fix]グループと[load]グループのみが画面内に表示されている。
[Box_1]全体を表示させたい場合には、[Object Browser]内[Box_1]を右クリックし、
[Show Only]を選択することで、[Box_1]だけが画面内に表示される。

4. Mesh でメッシュ作成

ここではメッシュを作成する手順を説明する。

① 赤丸で示す部分を選択する。

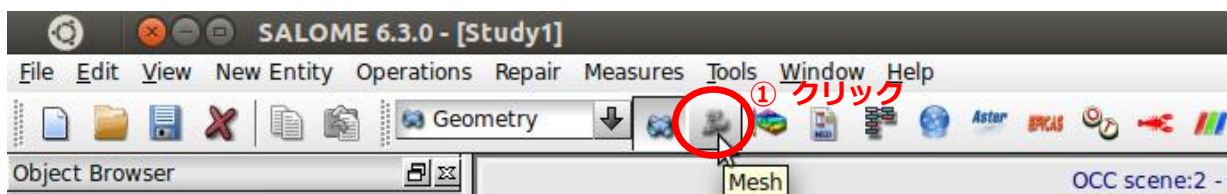


図 16 Mesh モード

② [Object Browser]内[Box_1]を選択した状態で、メニューバーより [Mesh] > [Create Mesh]を選択する。

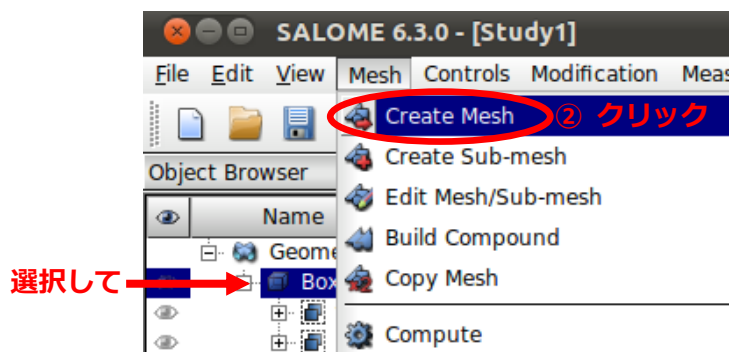


図 17 Create Mesh

③ [Assign a set of hypotheses] > [3D:Automatic Tetrahedralization]を選択する。

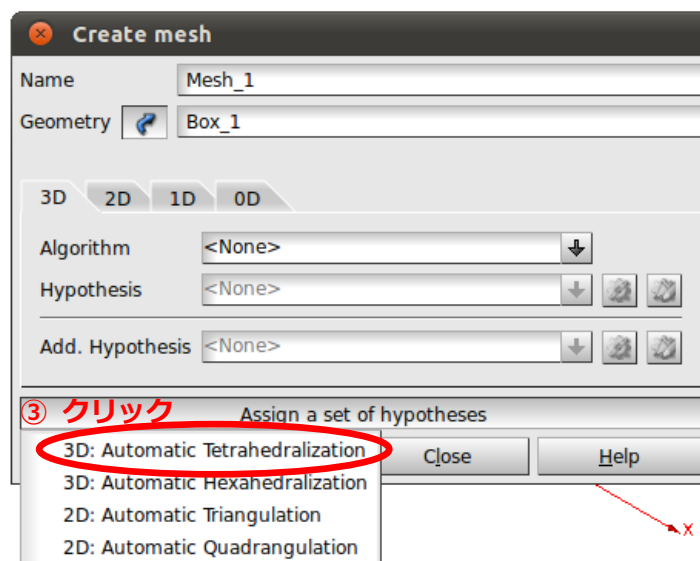


図 18 Create mesh

④ 新しくウィンドウが表示されるので、[OK]を選択する。

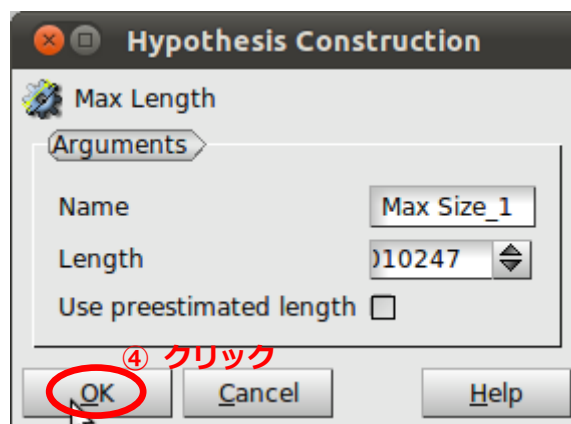


図 19 Hypothesis Construction

- ⑤ [1D]のタブをクリックする。
- ⑥ [Hypothesis]の文字の右の方にある歯車のようなアイコンをクリックする。
- ⑦ [Local Length]を選択する。

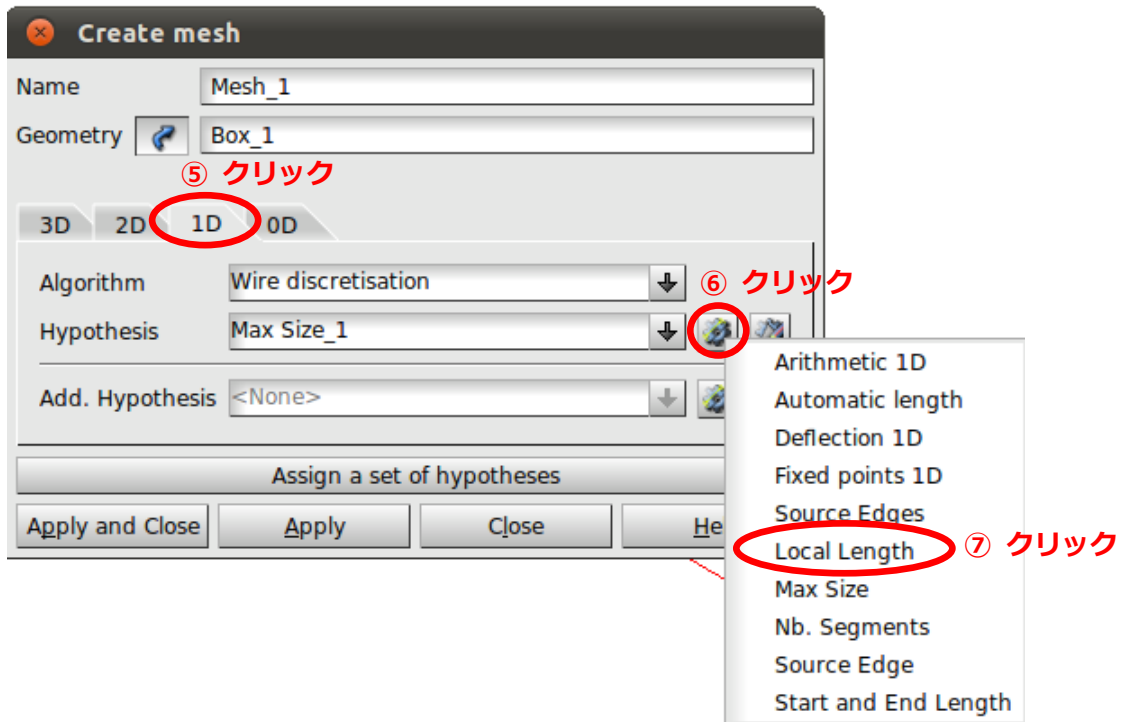


図 20 Create mesh

ここでメッシュの粗さを設定する。メッシュの粗さによって解析時間や解析結果に影響が出るので、そのことに注意して設定する。

- ⑧ [Length]を任意の数値に変更する。今回は[0.005]と入力する。
- ⑨ [OK]を選択する。

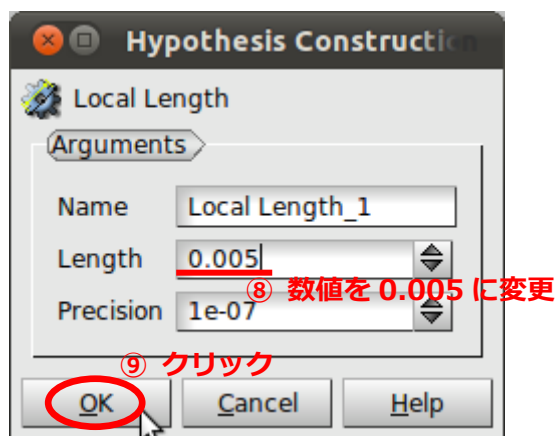


図 21 Hypothesis Construction

⑩ [Apply and Close]を選択する。

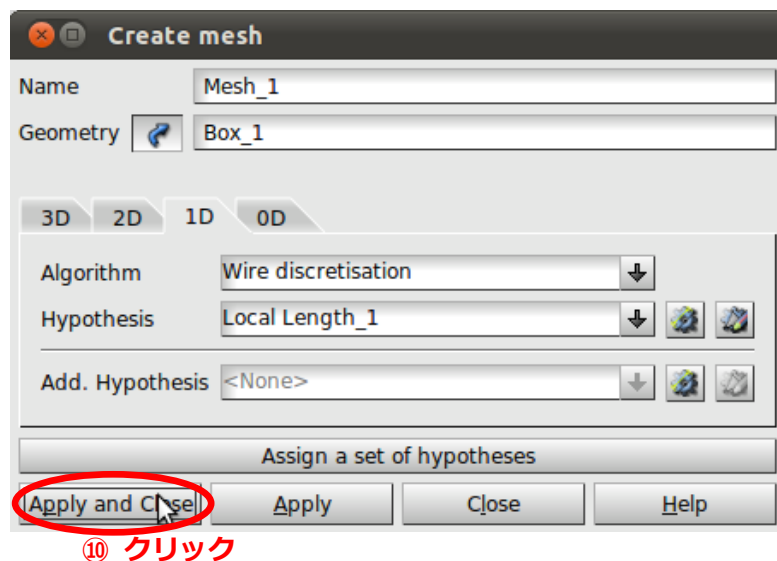


図 22 Create mesh

⑪ [Object Browser]内に[Mesh_1]と表示されるので、[Mesh_1]を右クリックし、[Compute]を選択する。

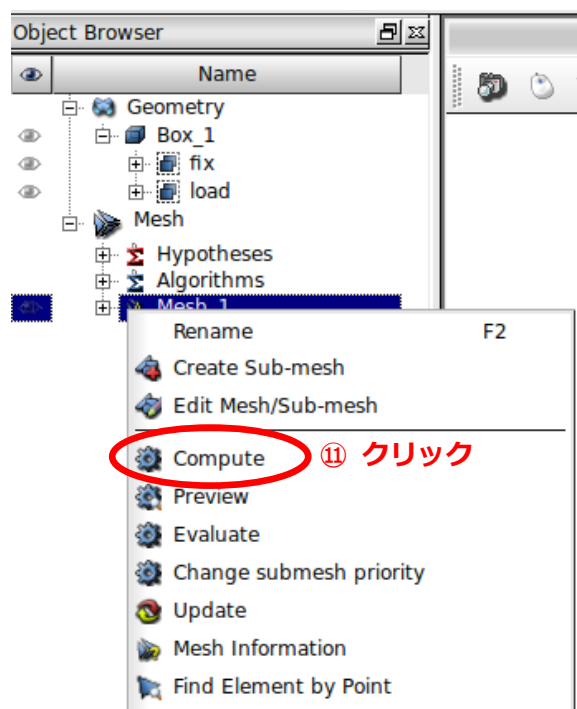


図 23 Compute

- ⑫ 表示されたウィンドウで節点数や要素数などが確認できる。
確認したら、[Close]を選択する。

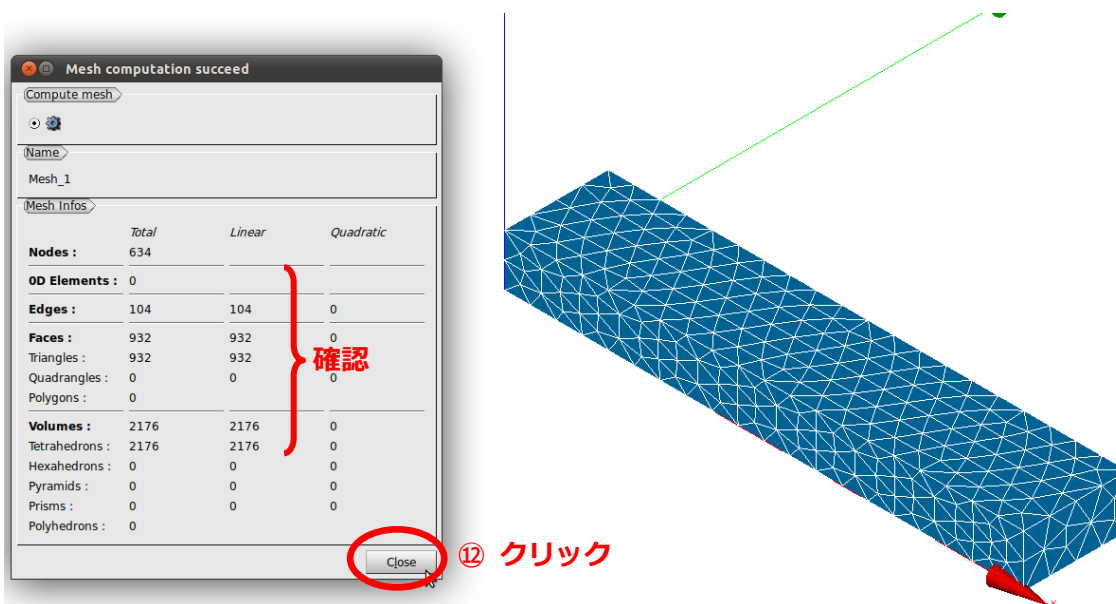


図 24 Mesh computation succeed

次に、二次要素メッシュの設定を行う。

一般にメッシュには1次要素と2次要素があるが、各頂点だけに節点を設ける1次要素に対し、二次要素では頂点と頂点の間に新たな節点を作り、計算を行う。これにより、同じ粗さのメッシュでも、二次要素で解析を行う方がより正確な値を得ることが出来る。

- ⑬ [Object Browser]内[Mesh_1]を右クリックし、[Convert to/from quadratic]を選択する。

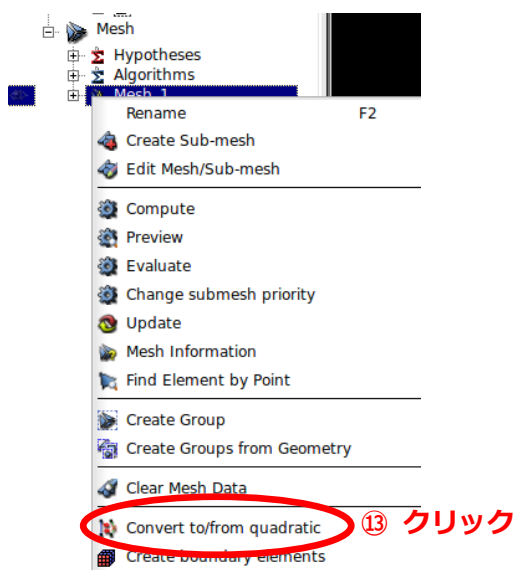


図 25 Object Browser

- ⑭ [Convert to quadratic]の欄にチェックされていることを確認し、[Apply and Close]をクリックする。

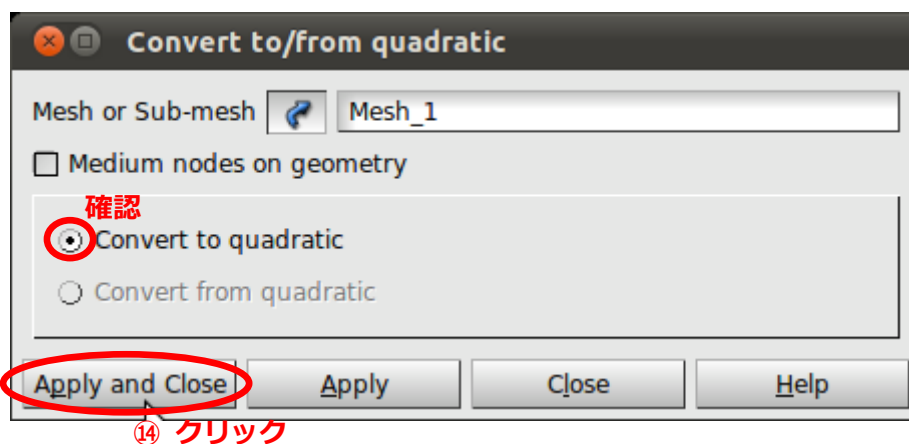


図 26 Convert to/from quadratic

- ⑮ 再び[Object Browser]内[Mesh_1]を右クリックし、[Compute]を選択する。
 ⑯ 表示されたウィンドウで要素数などの確認ができる。
 前回は[Linear]の欄に数字が並んでいたが、今回は[Quadratic]の欄に数字が並んでいることを確認して、[Close]をクリックする。
 ※ ここで、[Linear]の欄に数字が並んでいた場合は、手順⑬-⑯をもう一度行う。

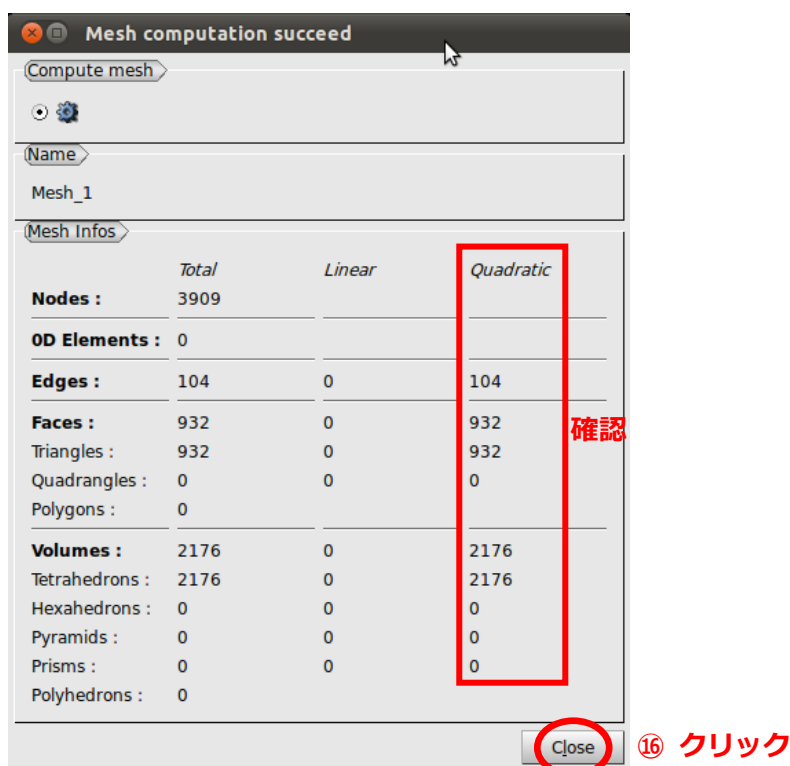


図 27 Mesh computation succeed

5. Aster で解析実行

ここでは解析実行の手順を説明する。

5.1. 解析コードの作成

① 赤丸で示す部分を選択する。

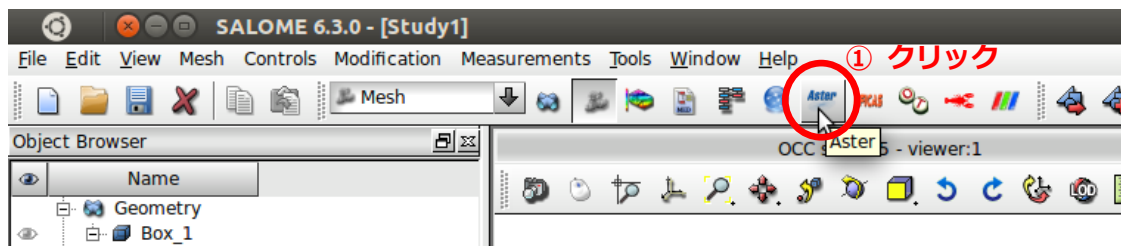


図 28 Aster モード

② [Object Browser]内[Mesh_1]を選択した状態で、メニューバーより[Aster] > [Wizards] > [Linear elastic]を選択する。

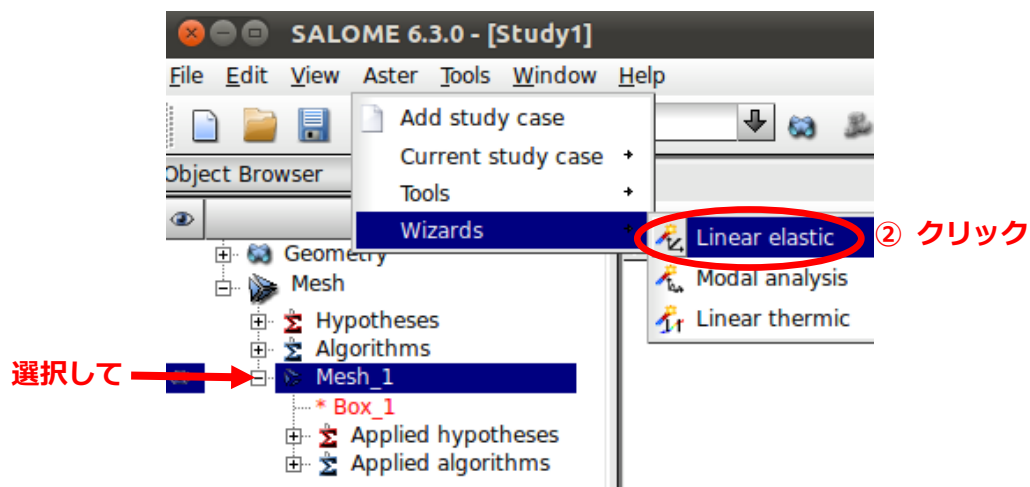


図 29 Linear elastic

ここで表示されたウィンドウに従って、解析コードを作成する。

- ③ [Model definition]では、解析するモデルの種類を選択する。
今回は、[3D]になっていることを確認して[Next >]をクリックする。

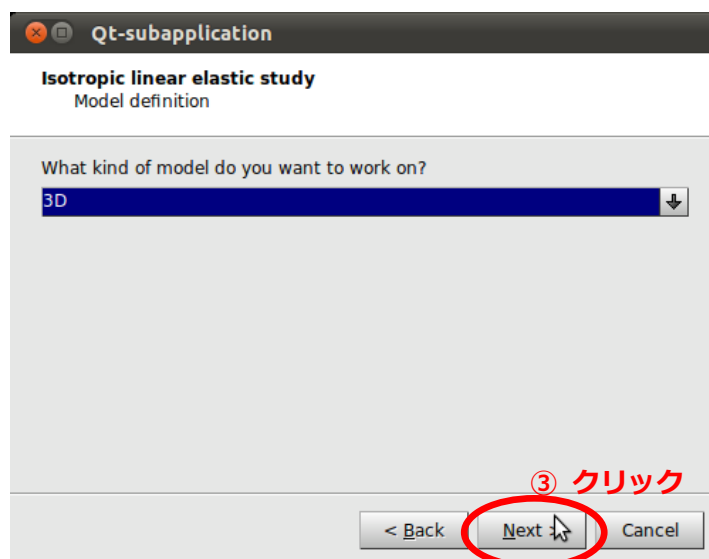


図 30 解析コード作成①

- ④ [Mesh selection]では、解析を行うメッシュを選択する。
今回は、[Mesh_1]を使用するので、矢印のアイコンをクリックし、[Mesh_1]を選択する。その下にある[Use mesh groups / Use geometrical groups]は、[Mesh]モードで作成したグループを使うか、[Geometry]モードで作成したグループを使うのかという意味であり、今回は[Geometry]モードで作成したグループを使うので、[Use geometrical groups]にチェックが入っていることを確認する。
その後、[Next >]をクリックする。

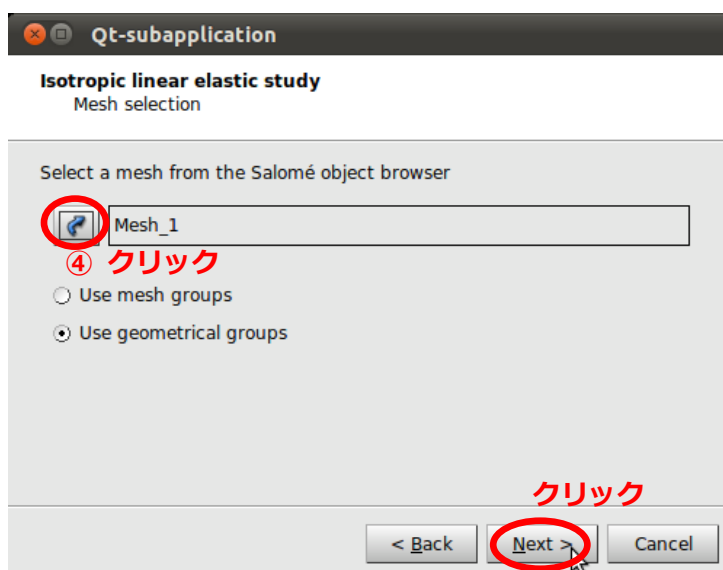


図 31 解析コード作成②

- ⑤ [Material properties]では、解析を行うモデルのヤング率とポアソン比を設定する。
今回は材質を鋼とするので、もとの数値のままで[Next >]をクリックする。

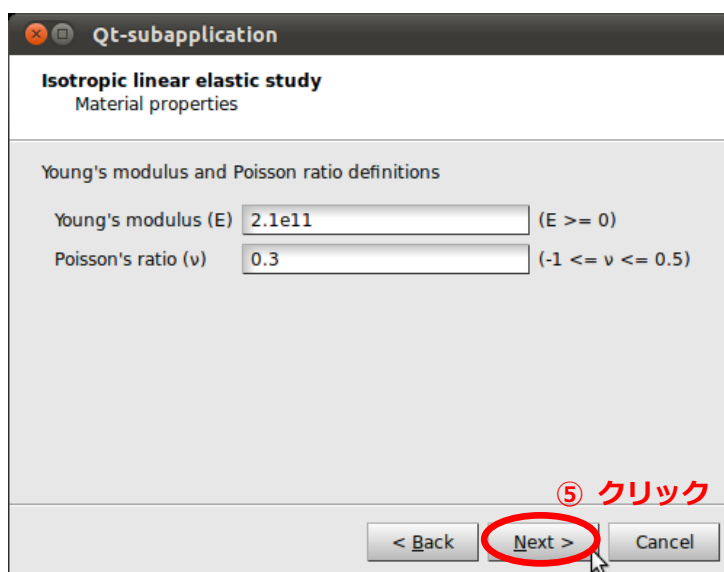


図 32 解析コード作成③

- ⑥ [Boundaries conditions]では、境界条件を設定する。
この画面では、選択したグループの自由度を入力する。
今回は、[fix]グループを固定させるので、[Group]に[fix]が表示されていることを確認して[Next >]をクリックする。
この[Group]は、[Geometry]モードで作成した一番上のグループを自動的に参照するようになっている。

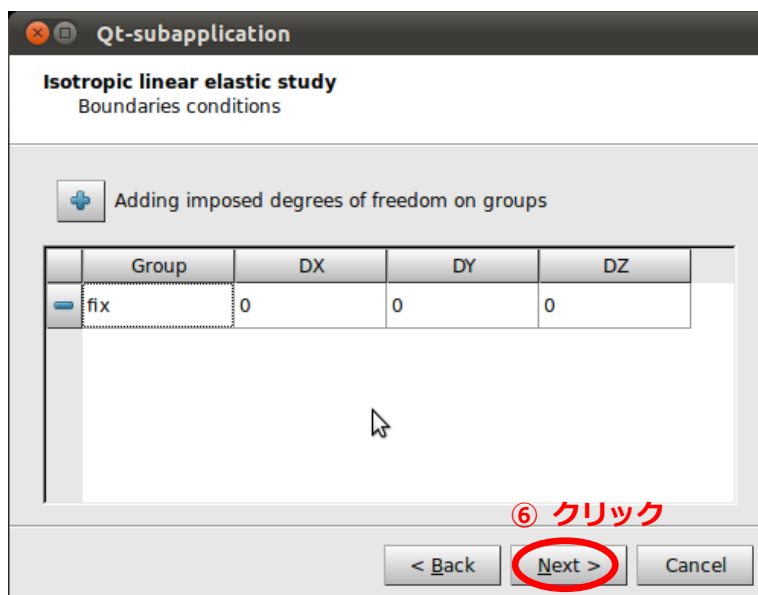


図 33 解析コード作成④

⑦ 次の画面では荷重条件を設定する。

今回は、[load]グループに $9.8 \times 10^4 \text{ N/m}^2 (=1\text{kg/cm}^2)$ を作用させるので、[Pressure]欄をダブルクリックして[98000]に変更し、[Group]に[load]が表示されていることを確認して[Next >]をクリックする。

この[Group]は、[Geometry]モードで作成した一番下のグループが自動的に参照されるようになっている。

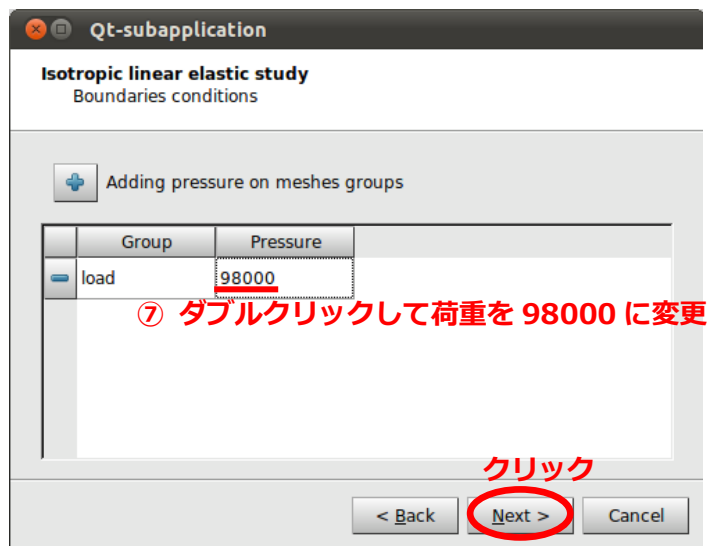


図 34 解析コード作成⑤

⑧ 最後に、今作成した解析コードを保存する。

[Aster command file]の右にある紙のアイコンをクリックする。

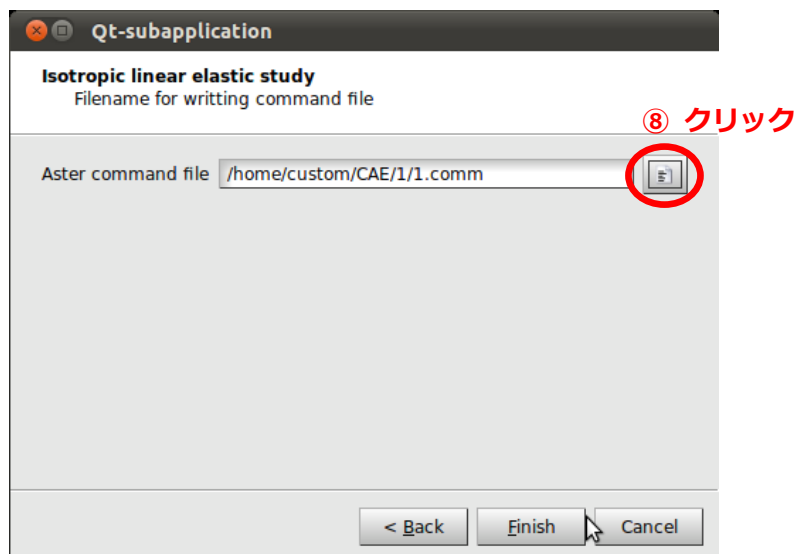


図 35 解析コード作成⑥

- ⑨ [Look in:]右にある矢印ボタンをクリックして、[/]を選択する。

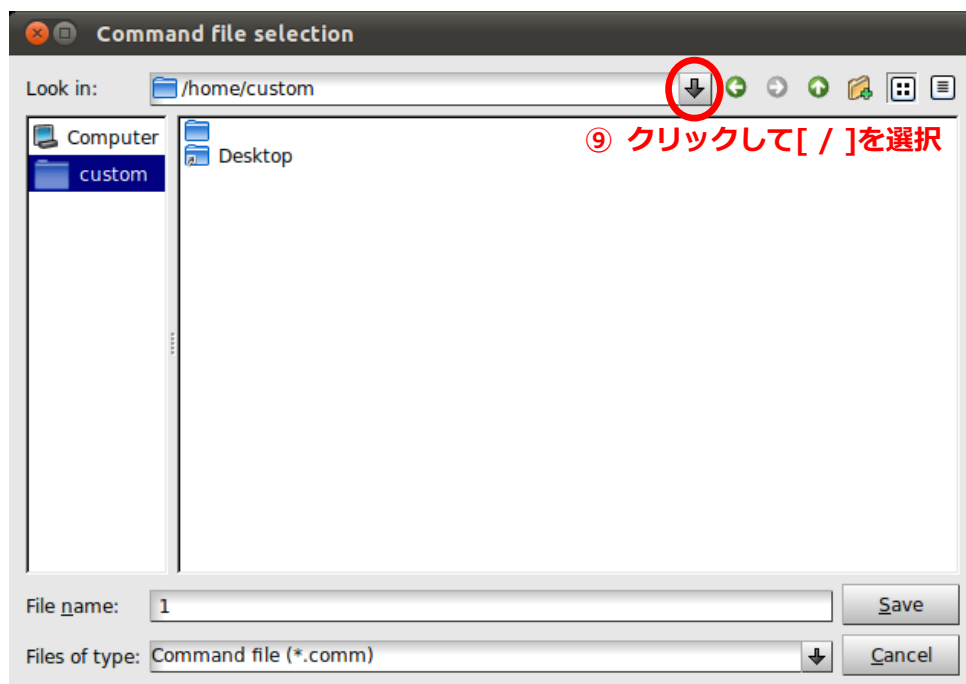


図 36 Command file selection

- ⑩ 一覧の中から、[media]を探し、ダブルクリックする。

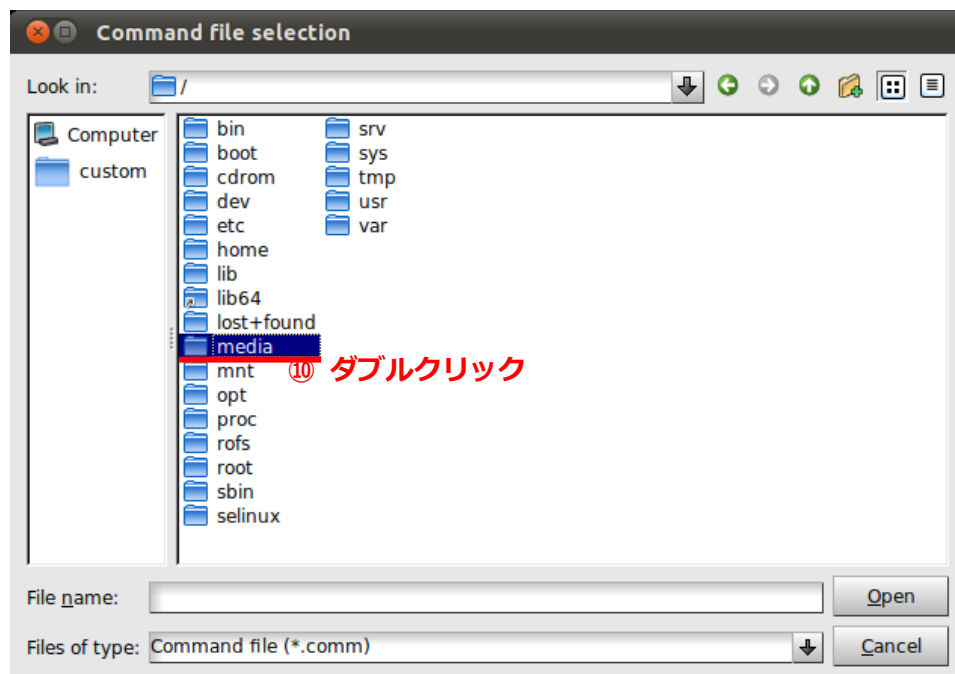


図 37 Command file selection

- ⑪ 保存したい USB 名をダブルクリックする。
- ⑫ [File name:]に任意の名前を入力する。
この時、英数字でないと保存が出来ないので注意する。
- ⑬ [Save]をクリックする。

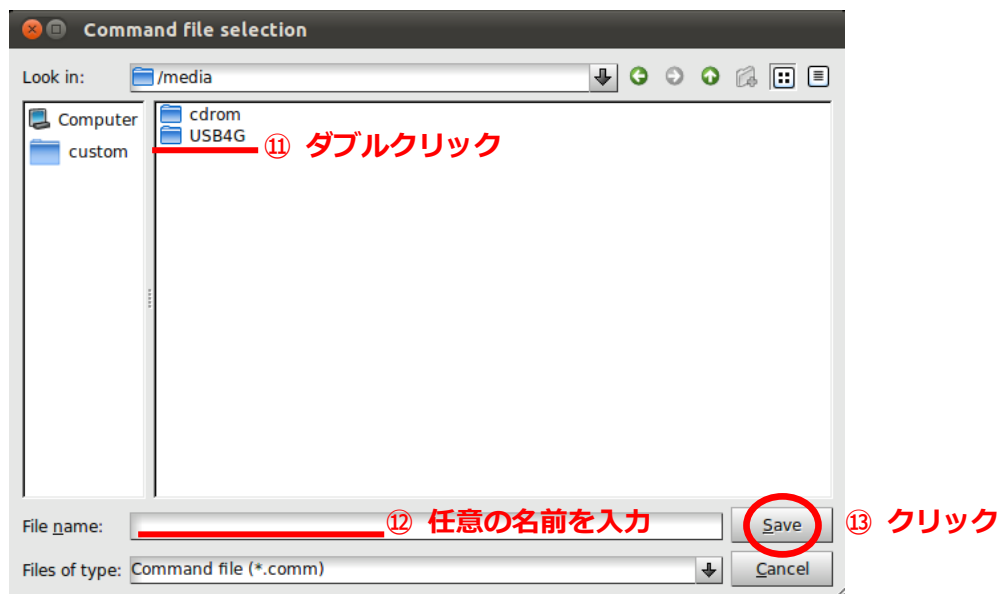


図 38 Command file selection

- ⑭ 最後に[Finish]をクリックして終了する。

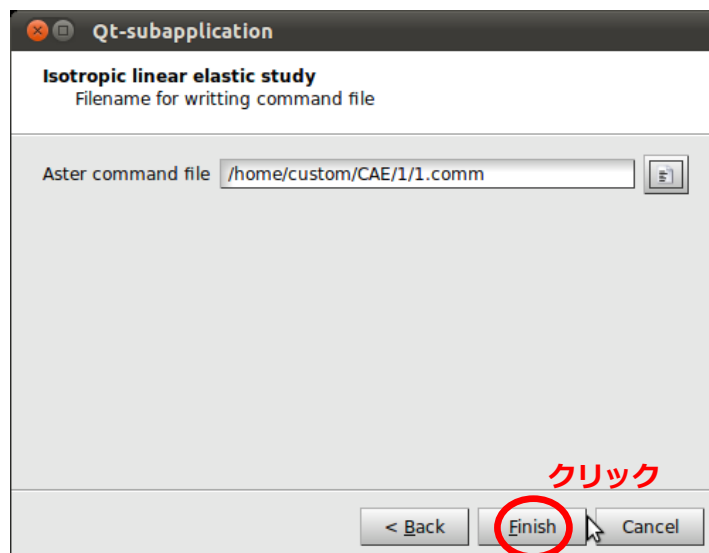


図 39 Qt-subapplication

5. 2. 解析実行

- ① [Object Browser]内[Aster]の+マークを選択して、展開する。

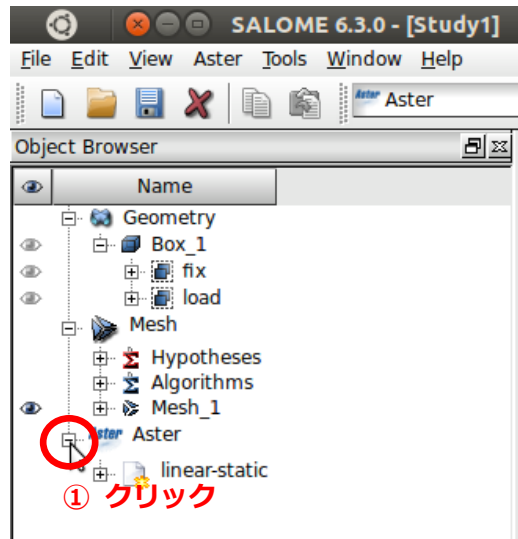


図 40 Object Browser

- ② 表示された[linear-static]を右クリックし、[Run]を選択する。

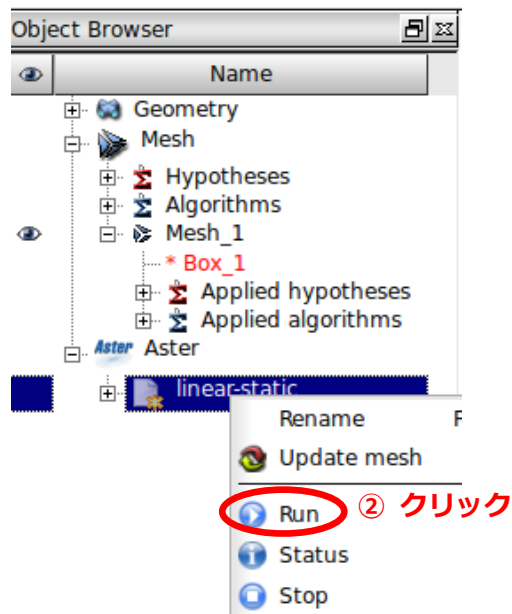
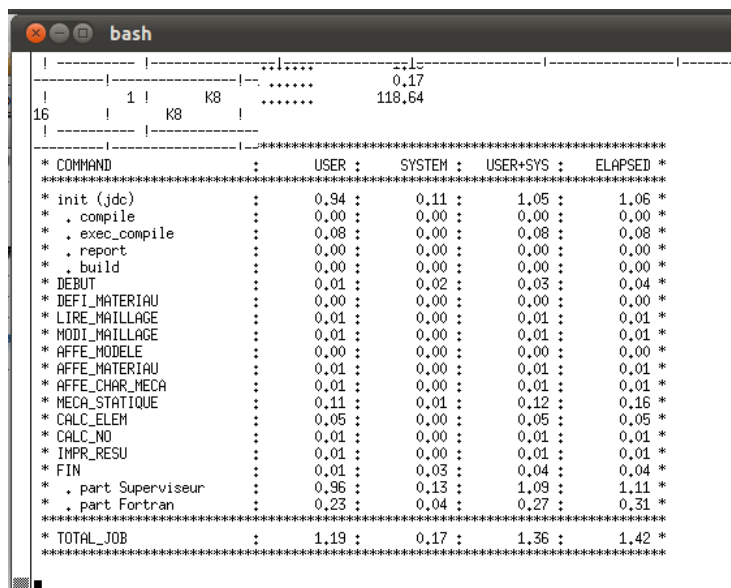


図 41 Run

③ [bash]が表示されて解析が開始する。しばらくすると[bash]が閉じて、解析が終了する。



```
!-----!.....!-----!  
!-----!-----!-----!-----!  
! 1 ! K8 ! ..... 0,17  
16 ! K8 ! ..... 118,64  
!-----!  
* COMMAND : USER : SYSTEM : USER+SYS : ELAPSED *  
*****  
* init (jdc) : 0,94 : 0,11 : 1,05 : 1,06 *  
* . compile : 0,00 : 0,00 : 0,00 : 0,00 *  
* . exec_compile : 0,08 : 0,00 : 0,08 : 0,08 *  
* . report : 0,00 : 0,00 : 0,00 : 0,00 *  
* . build : 0,00 : 0,00 : 0,00 : 0,00 *  
* DEBUT : 0,01 : 0,02 : 0,03 : 0,04 *  
* DEFI_MATERIAU : 0,00 : 0,00 : 0,00 : 0,00 *  
* LIRE_MAILLAGE : 0,01 : 0,00 : 0,01 : 0,01 *  
* MODI_MAILLAGE : 0,01 : 0,00 : 0,01 : 0,01 *  
* AFFE_MODELE : 0,00 : 0,00 : 0,00 : 0,00 *  
* AFFE_MATERIAU : 0,01 : 0,00 : 0,01 : 0,01 *  
* AFFE_CHAR_MECA : 0,01 : 0,00 : 0,01 : 0,01 *  
* MECA_STATIQUE : 0,11 : 0,01 : 0,12 : 0,16 *  
* CALC_ELEM : 0,05 : 0,00 : 0,05 : 0,05 *  
* CALC_NO : 0,01 : 0,00 : 0,01 : 0,01 *  
* IMPR_RESU : 0,01 : 0,00 : 0,01 : 0,01 *  
* FIN : 0,01 : 0,03 : 0,04 : 0,04 *  
* . part Supervisor : 0,96 : 0,13 : 1,09 : 1,11 *  
* . part Fortran : 0,23 : 0,04 : 0,27 : 0,31 *  
*****  
* TOTAL_JOB : 1,19 : 0,17 : 1,36 : 1,42 *  
*****
```

図 42 解析実行中

④ 解析が問題なく終了すると、[Object Browser]内に[Post-Pro]が表示される。

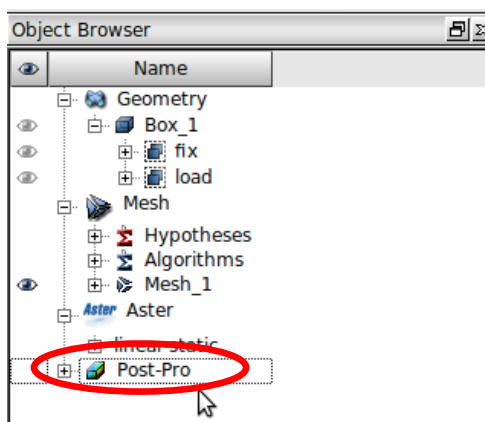


図 43 Object Browser

6. Post-Pro で結果表示

ここでは、解析結果を表示する手順を説明する。

6.1. 変形図表示

- ① 赤丸で示す部分を選択する。

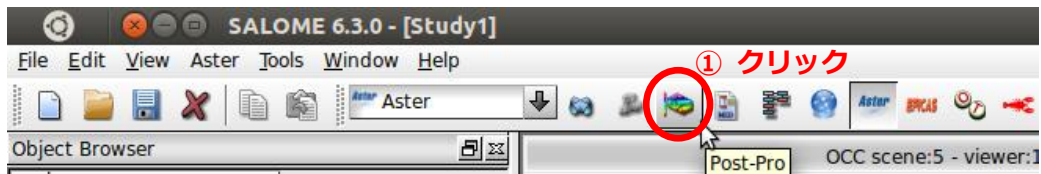


図 44 Post-Pro モード

- ② [Object Browser]内[Post-Pro]左の+マークを選択して、
[Post-Pro] > [* linear-static.rmed] > [MAIL] > [Fields] > [RESU__DEPL]と展開する。
※ 文字が読みにくい場合には、キーボードの[F5]キーを押すと見やすくなる。

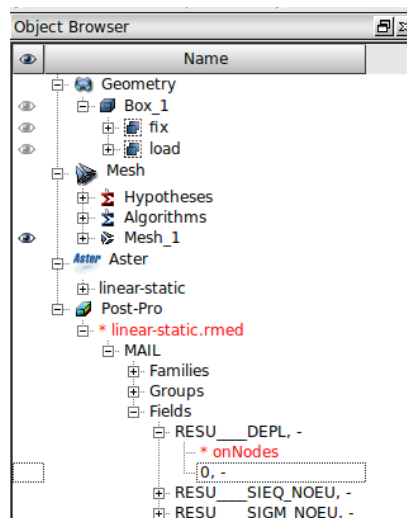


図 45 Object Browser

- ③ [RESU__DEPL]下に表示された[0,-]を右クリックし、[Deformed Shape and Scalar Map]を選択する。

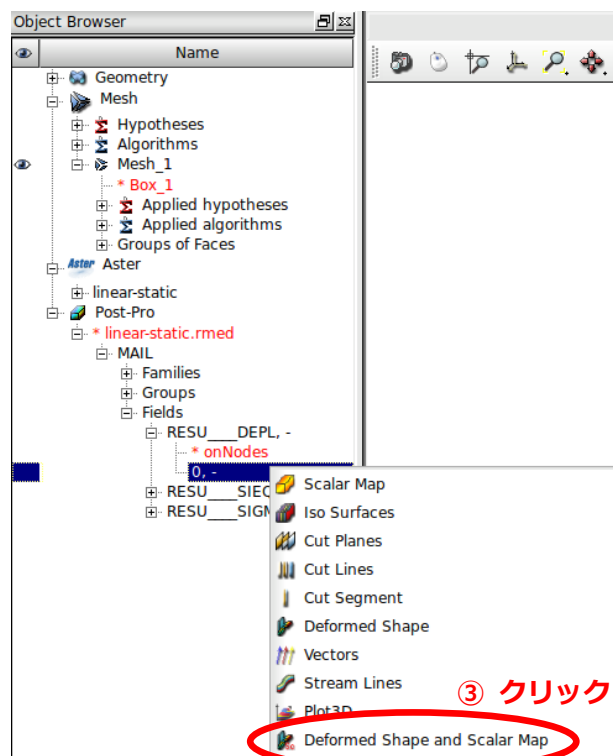


図 46 Deformed Shape and Scalar Map

- ④ [Deformed Shape and Scalar Map]というウィンドウが表示される。ここでは変形図のスケールなどを設定することができるが、今回は何も変更せずに[OK]を選択する。

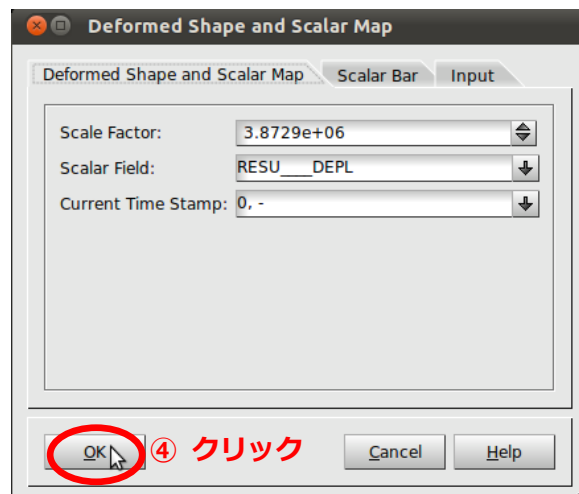


図 47 Deformed Shape and Scalar Map

- ⑤ [Object Browser]内[0,-]下に表示された[ScalarDef.Shape]を右クリックし、
[Show Only]を選択することで、変形図のみを画面に表示することができる。



図 48 Show Only

この変形図は、変形量が大きい部分が赤く、小さい部分が青く表示される。

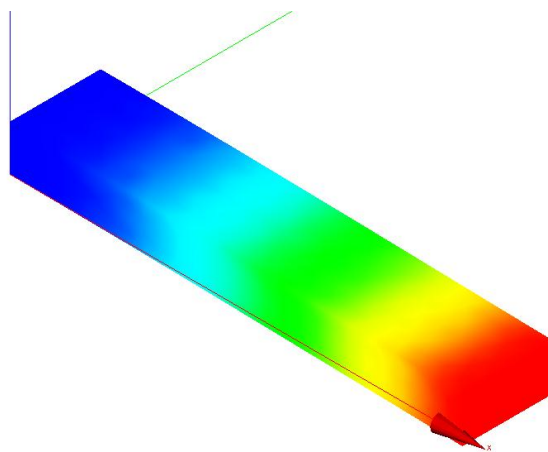


図 49 変形図表示

6. 2. 応力度分布図表示

- ① [Object Browser]内[RESU__SIEQ_NOEU]左の+マークを選択して展開する。

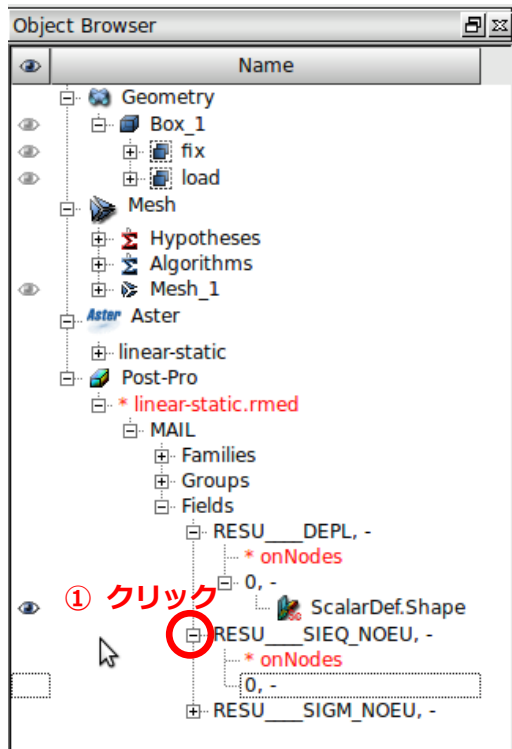


図 50 Object Browser

- ③ [RESU__SIEQ_NOEU]下に表示された[0,-]を右クリックし、[Scalar Map]を選択する。

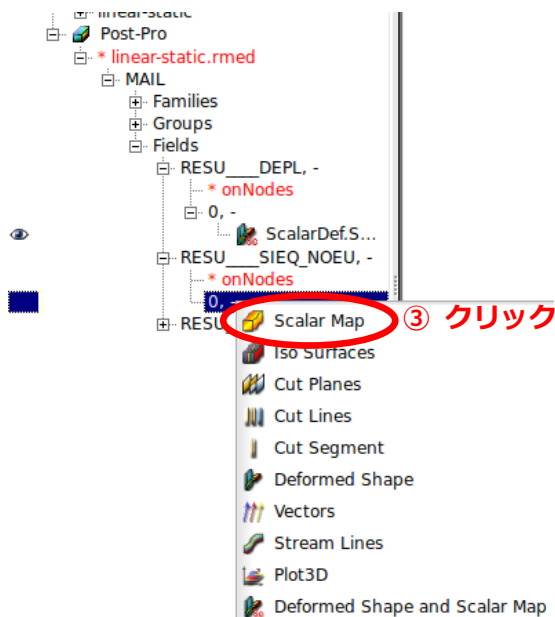


図 51 Scalar Map

- ④ [Scalar Bar Properties]というウィンドウが表示される。ここでは、スケールバーなどの設定を行うことができるが、今回は何も変更せずに[OK]を選択する。

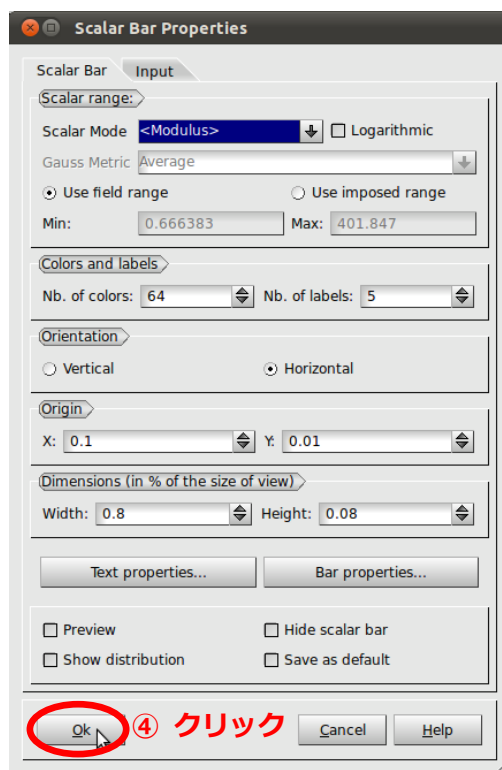


図 52 Scalar Bar Properties

- ⑤ [Object Browser]内[0,-]下に表示された[ScalarMap]を右クリックし、[Show Only]を選択することで、応力度分布図のみを画面に表示することができる。

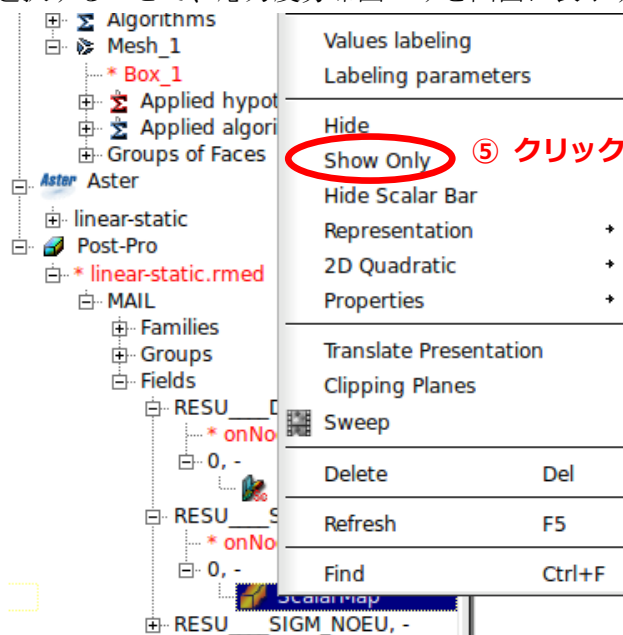


図 53 Show Only

この応力度分布図は、応力度が大きい部分が赤く、小さい部分が青く表示される。

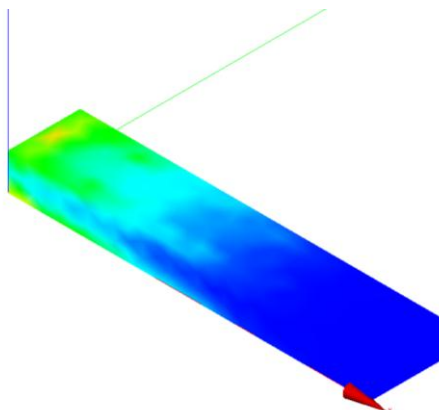


図 54 応力度分布図表示

最後に、結果の保存と終了の方法について説明する。

- ① メニューバー[File] > [Save]をクリックする。

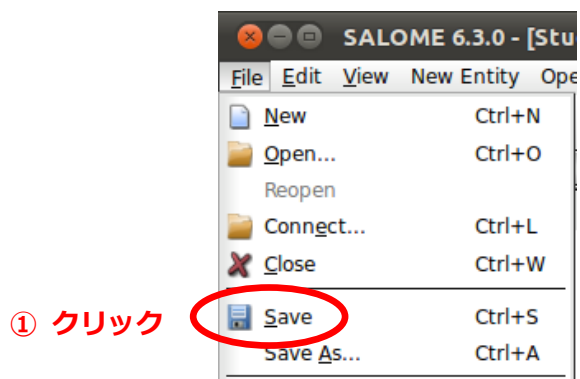


図 55 Save

- ② 任意の場所に、任意の名前で保存する。

③ メニューバー[File] > [Exit]をクリックする。

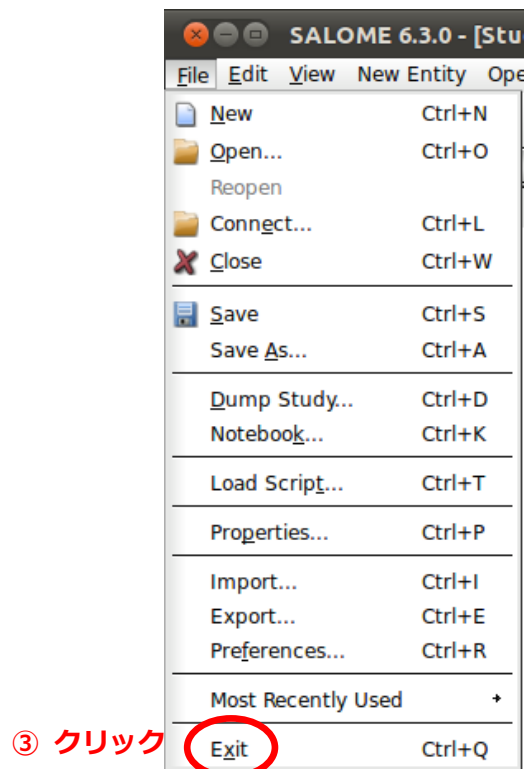


図 56 Exit

これで Salome6 が終了する。

7. メッシュによる影響

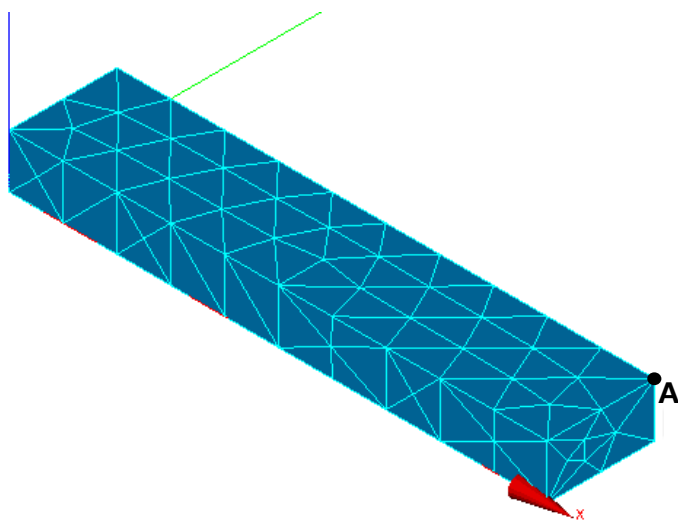
ここではメッシュ設定の変更による、解析時間や解析結果への影響を確認する。

7.1. 概要

解析モデルや解析条件等は、先ほど行った解析と同じとする。

メッシュ長さを 10mm, 5mm, 2.5mm と変更し、それぞれの場合の解析結果を比較する。
また、メッシュの一次要素と二次要素の比較も行う。

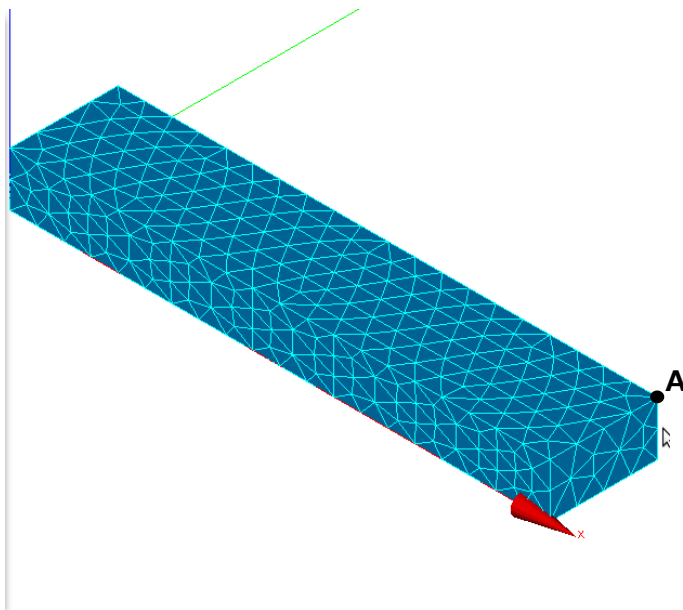
7.2. メッシュ長さ 10mm



◆ 一次要素	
節点数	: 140
要素数	: 424
解析時間	: 1.31 s
A 点変位量	: 0.0315 mm
◆ 二次要素	
節点数	: 809
要素数	: 424
解析時間	: 1.43 s
A 点変位量	: 0.0692 mm

図 57 メッシュ 10mm

7. 3. メッシュ長さ 5mm

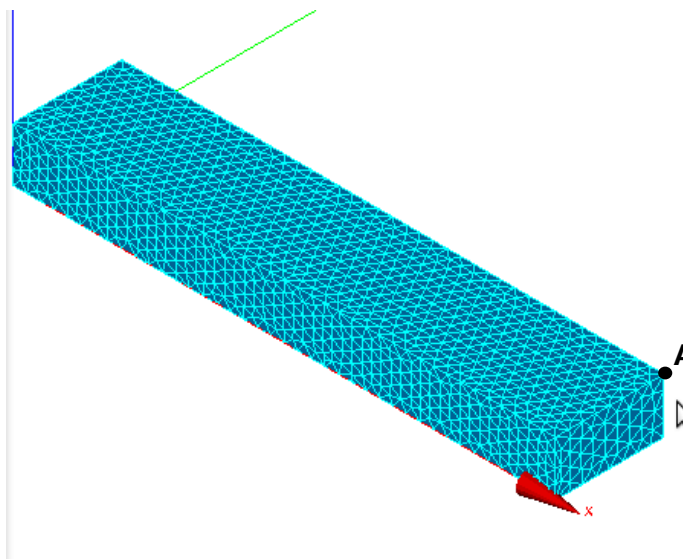


◆ 一次要素
節点数 : 634
要素数 : 2,176
解析時間 : 1.44 s
A 点変位量 : 0.0465 mm

◆ 二次要素
節点数 : 3,909
要素数 : 2,176
解析時間 : 1.95 s
A 点変位量 : 0.0695 mm

図 58 メッシュ 5mm

7. 4. メッシュ長さ 2.5mm



◆ 一次要素
節点数 : 3,267
要素数 : 13,579
解析時間 : 2.41 s
A 点変位量 : 0.0631 mm

◆ 二次要素
節点数 : 21,940
要素数 : 13,579
解析時間 : 8.59 s
A 点変位量 : 0.0696 mm

図 59 メッシュ 2.5mm

7.5. 結果比較

以上の結果をまとめたものを表1に示す。

表1 結果比較

		節点数	要素数	解析時間 (s)	変位量 (mm)	理論解との誤差 (%)
理論解					0.0699	
10mm	一次	140	424	1.31	0.0351	-49.7442
	二次	809		1.43	0.0692	-0.8946
5mm	一次	634	2,176	1.44	0.0465	-33.5056
	二次	3,909		1.95	0.0695	-0.5029
2.5mm	一次	3,267	13,579	2.41	0.0631	-9.6725
	二次	21,940		8.59	0.0696	-0.3690

◆ メッシュ長さについて

- ・ 長いほど、理論解との誤差が大きい。
- ・ 短いほど、節点数や要素数が多くなり解析に時間がかかる。

◆ 一次要素と二次要素について

- ・ 一次要素は、全体的に理論解との誤差が大きい。
- ・ 二次要素は、節点数が多くなり解析に時間がかかる。

7.6. まとめ

メッシュを細かくして二次要素の設定を行うと、より正確な値を得ることが出来る。しかし、解析対象が複雑な形状の場合には、解析に多くの時間が必要となる場合や、メモリ不足になる場合がある。これらの問題を回避するために、解析を行う際には解析対象に適したメッシュ設定を行うことが必要である。