

## 実験と解析との比較検討に関する報告書

岐阜工業高等専門学校 DALAB 所属 信高未咲

### 1. 解析方法

AW エンジニアリングから頂いたデータを元に、単純なモデルを新治具の実験の条件に近づけて解析を行う。予備解析として、最大荷重 5000N 時の変形を解析し、隙間の大きさを実験と解析で比較検討する。解析は、構造解析ソフト SALOME-Meca5.1.4 64bit 版を用いて行った。

### 2. モデル

新治具の実験の条件に近い単純なモデルということで、AW エンジニアリングから頂いた STEP データのうち図 1 の「testpiece\_01.stp」を解析するモデルとした。

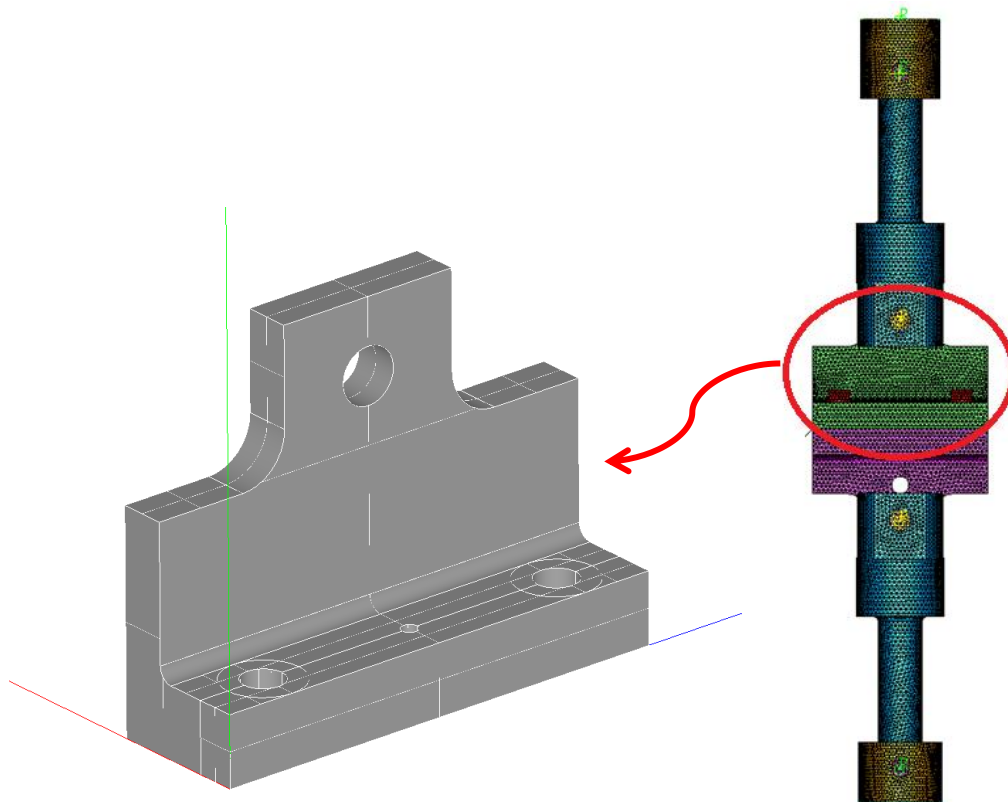


図 1 testpiece\_01.stp

### 3. 解析条件

#### 3.1. 拘束条件

図 2 の青く塗られた部分を完全拘束 (X,Y,Z 方向固定) とした。

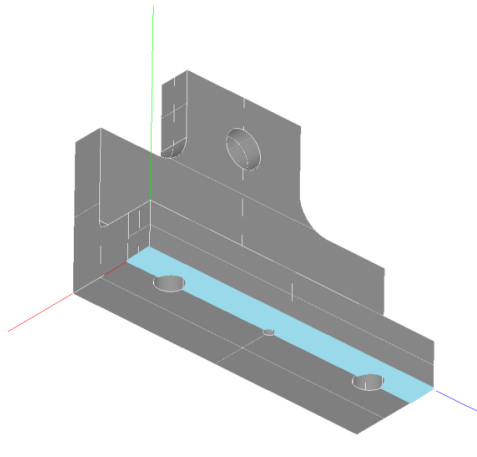


図 2 拘束条件

#### 3.2. 荷重条件

図 3 の赤く塗られた部分に、面に対して垂直方向に 12.5MPa (5000N) の引張力を加えた。

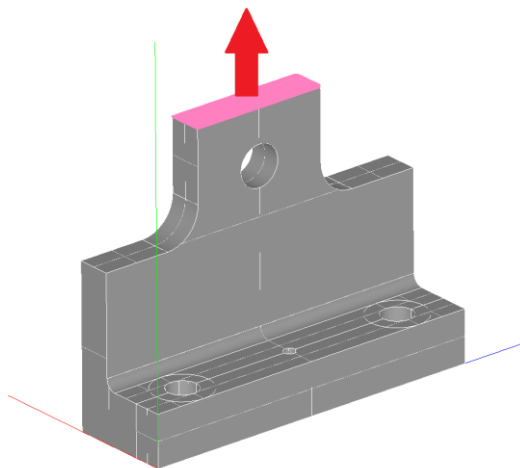


図 3 荷重条件

#### 3.3. 材料条件

材質：軟鋼

ヤング率：210 GPa

ポアソン比：0.3

弾性解析として設定

#### 4. 解析結果

##### 4.1. 変形状態

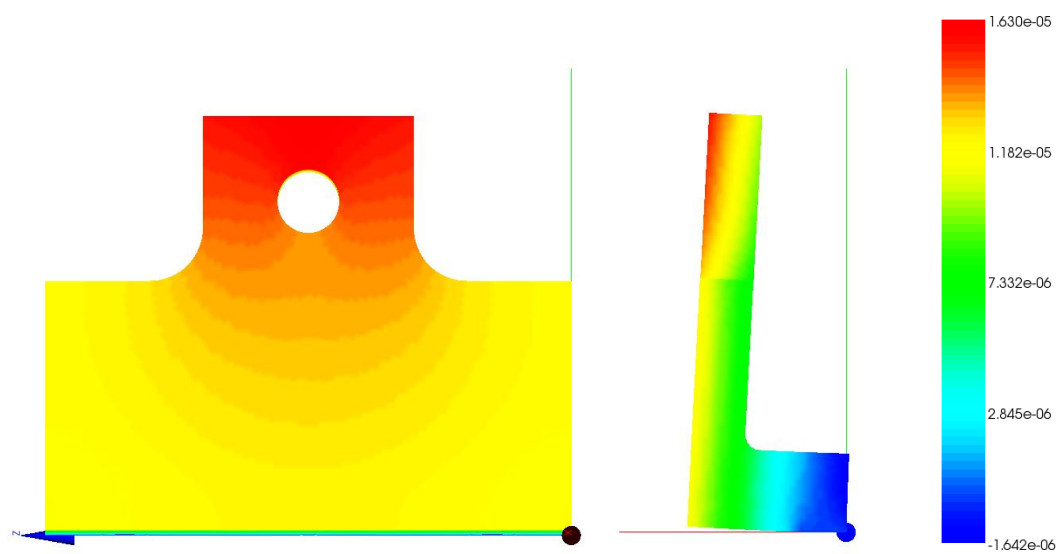


図 4 変形量 100 倍

##### 4.2. 応力分布

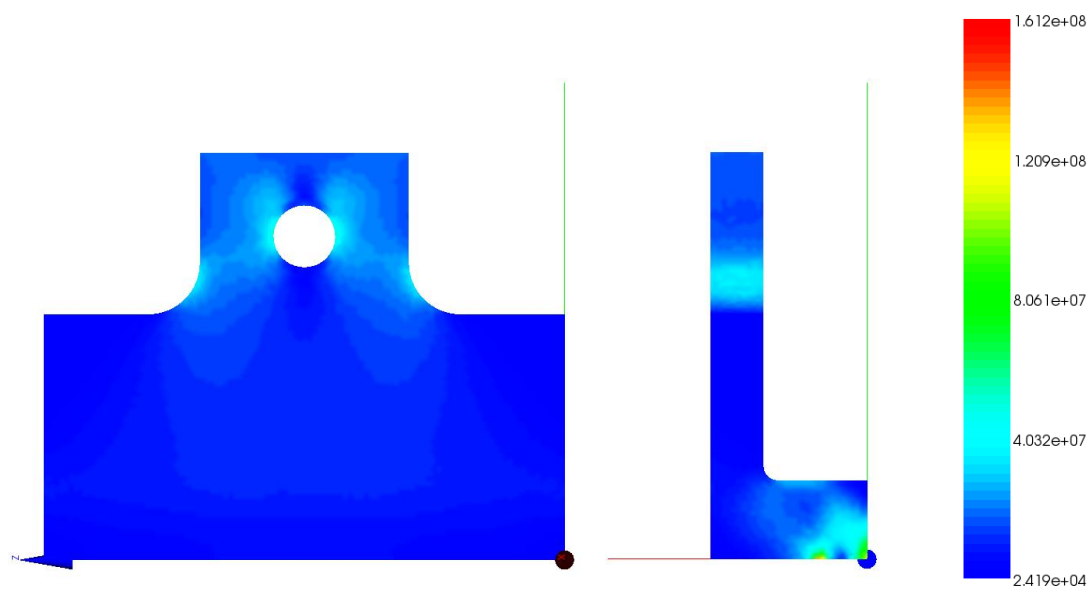


図 5 応力値

## 5. 詳細

### 5.1. モデル

#### 5.1.1. 拘束条件

新治具の実験の拘束条件に近づけるように、モデル下面の半分を完全拘束として設定した。この設定方法は下記の付録に示す。

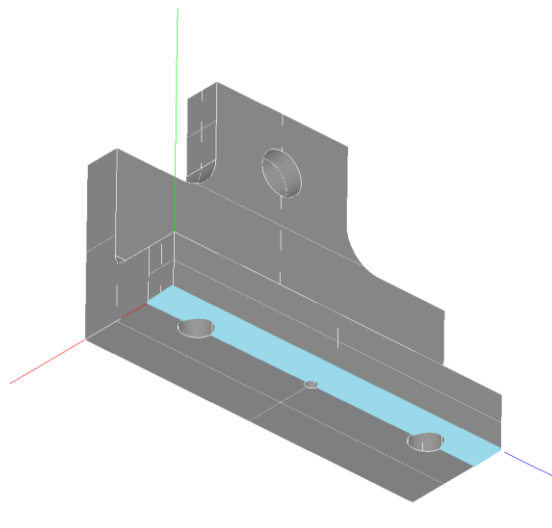


図 6 拘束条件

#### 5.1.2. 荷重条件

新治具の荷重条件と同じように、モデル上面に 5000N の引張力をかける。モデル上面の面積は  $400\text{mm}^2$  なので、これを面荷重に置き換えると、12.5MPa となる。

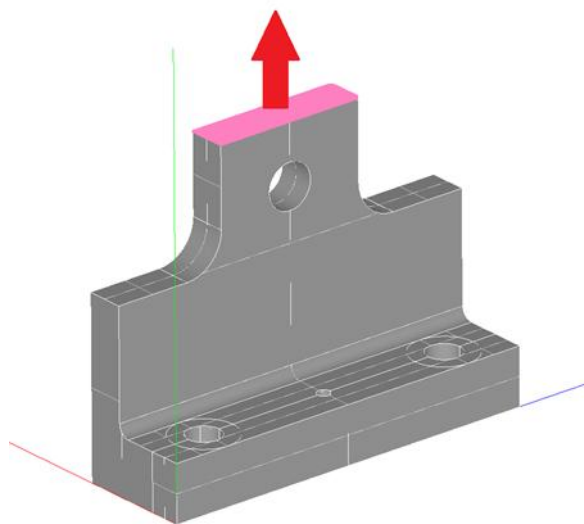
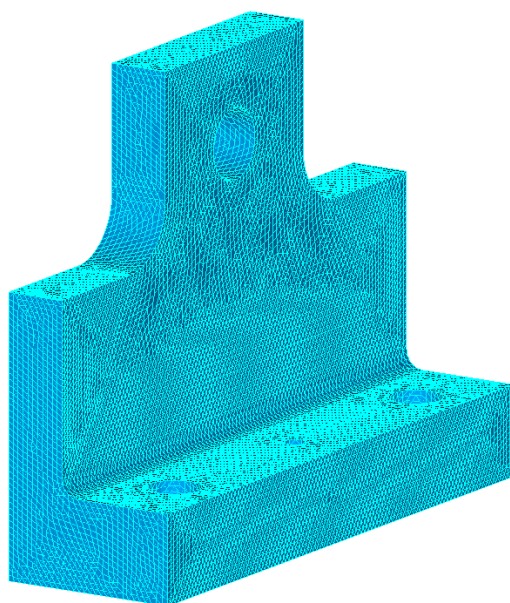


図 7 荷重条件

## 5.2. メッシュ



メッシュ長さ 2.5mm  
サブメッシュ 1mm

Nodes	55,646
Edge	1,876
Face	47,338
Volumes	262,507

図 8 メッシュ

ボルト穴などの曲面部分は、サブメッシュで他の部分よりも細かく設定した。サブメッシュの設定方法は下記の付録に示す。

5.3.解析結果詳細

5.3.1. 変形状態

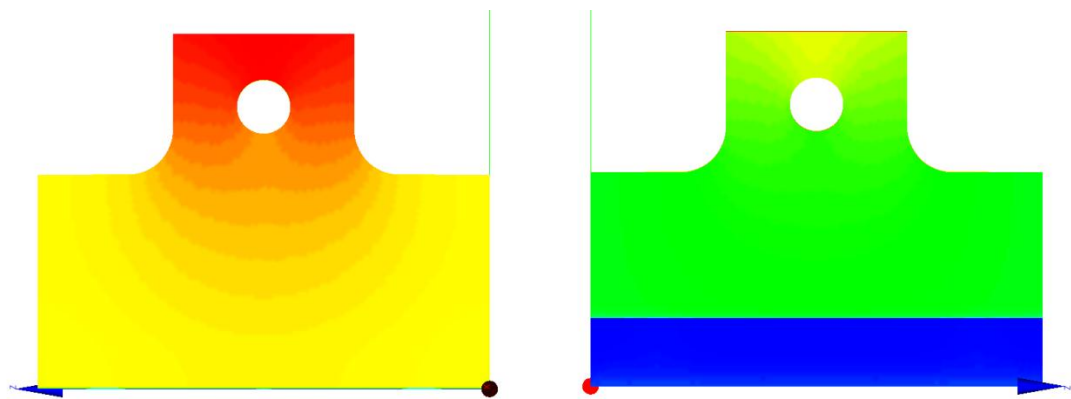


図 9 X 軸方向 (左) -X 軸方向 (右)

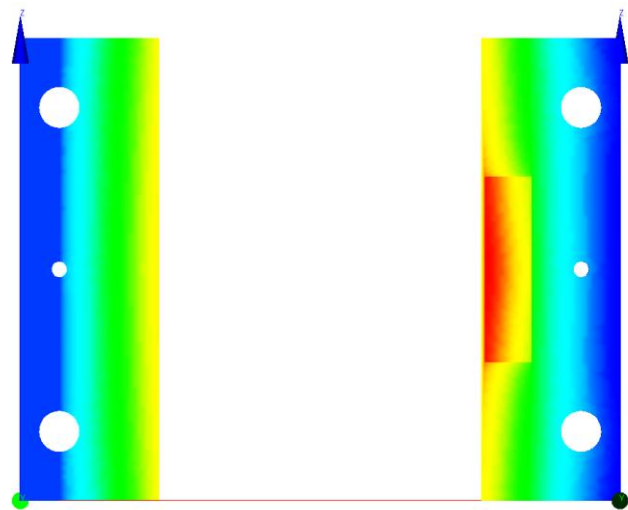


図 10 Y 軸方向 (左) -Y 軸方向 (右)

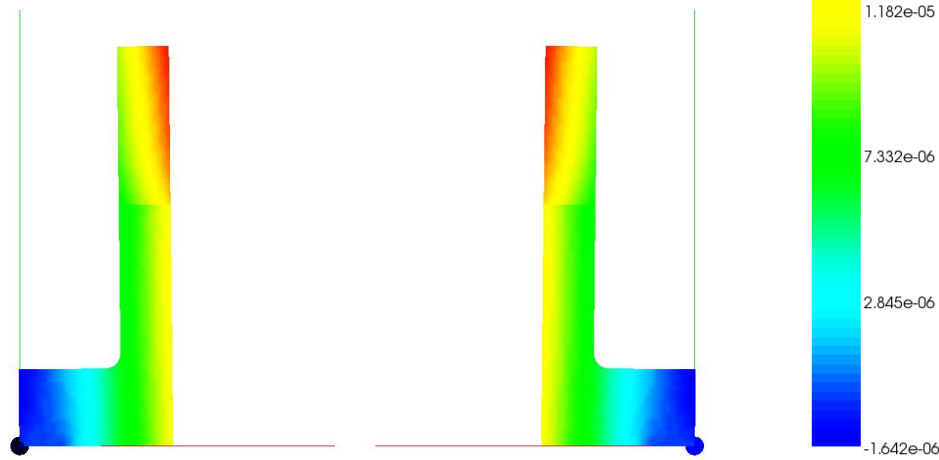


図 11 Z 軸方向 (左) -Z 軸方向 (右)

5.3.2. 応力分布

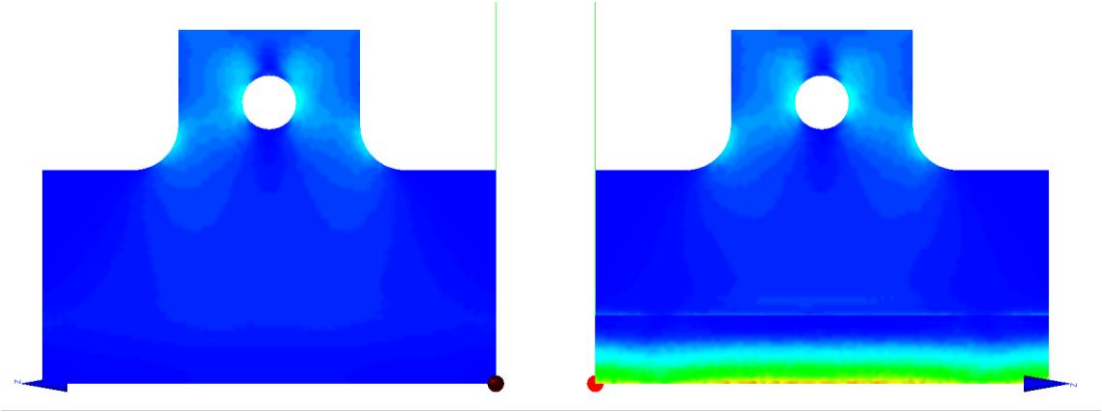


図 12 X 軸方向 (左) -X 軸方向 (右)

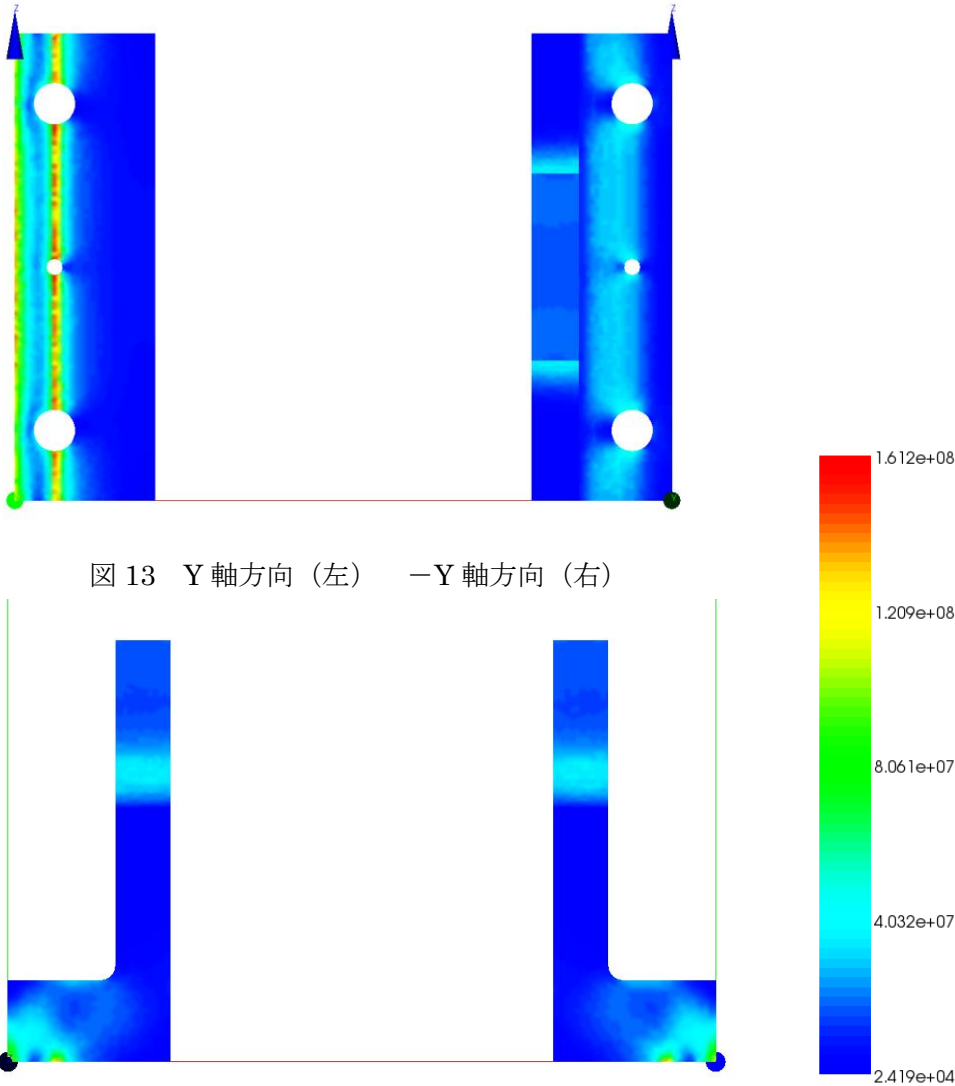


図 13 Y 軸方向 (左) -Y 軸方向 (右)

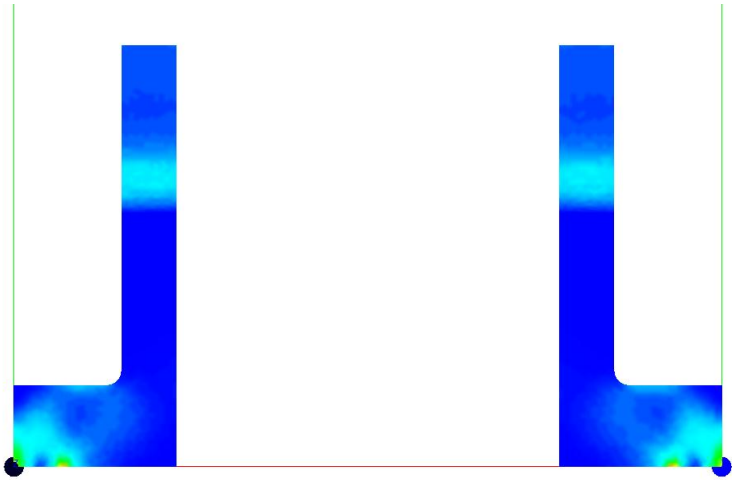


図 14 Z 軸方向 (左) -Z 軸方向 (右)

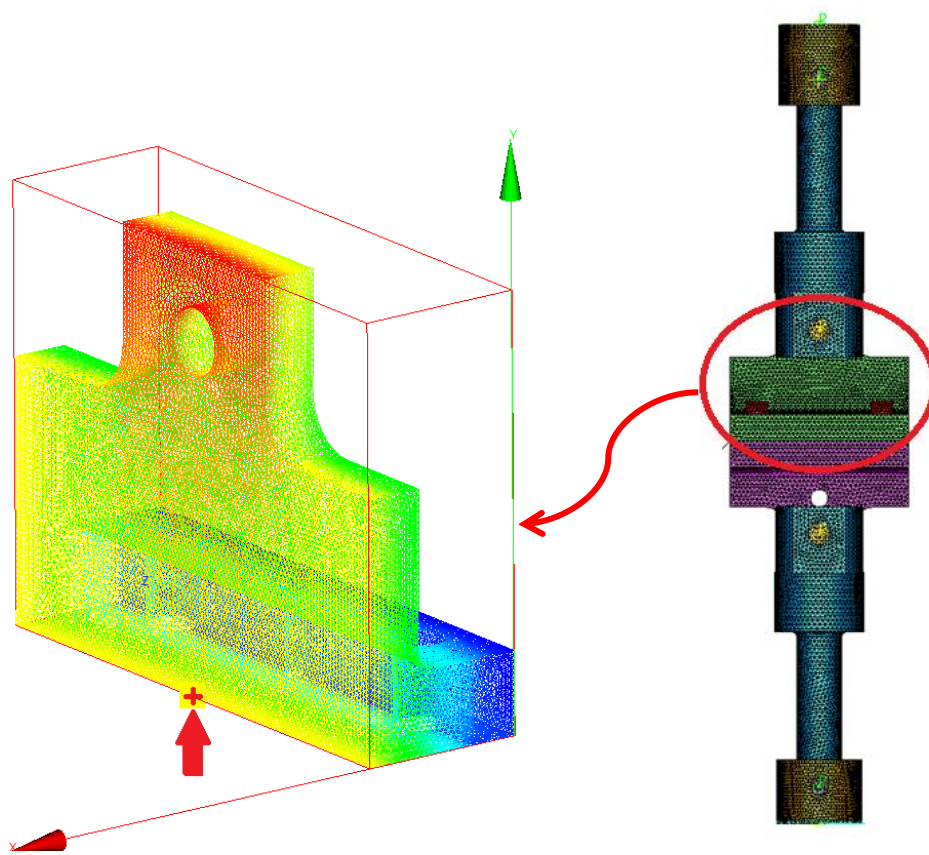


図 15 測定点

上記の条件で解析を行い、図 12 に示したモデル下部の中心で、Y 方向の変位の値をとる。  
このモデルは新治具の上半分の部分なので、この解析値を 2 倍にしたものを AW エンジニアリングから頂いた測定データと比較する。

表 1 結果まとめ

SALOME-Meca		CAE-フルSOLID		CAE- BEAM+RIGID	CAE-フル RIGID
解析値	解析値 × 2				
12.2294μ m	24.4588μ m	35.0μ m	32.5μ m	28.7μ m	27.6μ m



## 6. 付録

上記の解析を行う手法を以下に示す。

### 6.1. 解析条件設定

AW エンジニアリングから頂いた「testpiece\_01.stp」のデータでは、モデル下面が拘束条件のように分けられていない。なので、このデータを図 16 左のようにモデル下面で分け、拘束条件を設定する方法を下記に示す。

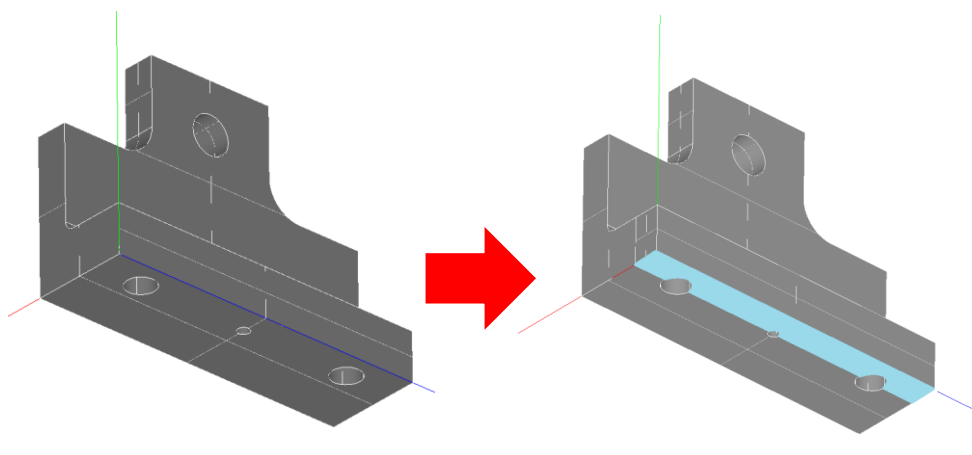


図 16 初期データ（左） 拘束条件（右）

#### 6.1.1. モデル読込

まずは解析に用いるモデルを読み込む。

初めに、Salome-Meca を開き、ツールバー2 段目の「SALOME」の隣にある矢印をクリックして、「Geometry」を選択する。選択すると「Activate module」というものが出るので、その中の「New」を選択する。

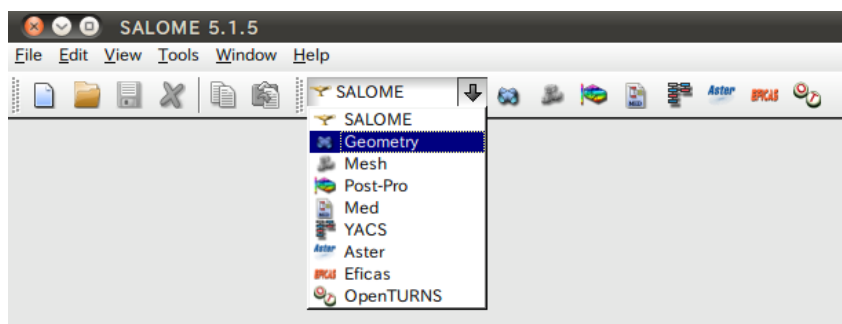


図 17 Geometry

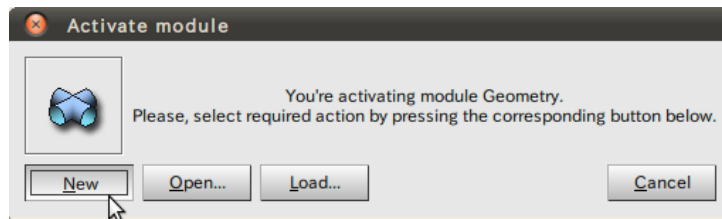


図 18 Activate module

次に、ツールバー 1 段目の「File」から「Import」を選択する。開かれた Import ウィンドウの「Files of type」を「STEP Files」に変更し、インポートしたいデータを選択して「Open」をクリックする。この時、日本語が入ったファイルから開くと上手く読み込めない場合があるので、ファイル名は英数字だけのものにする。

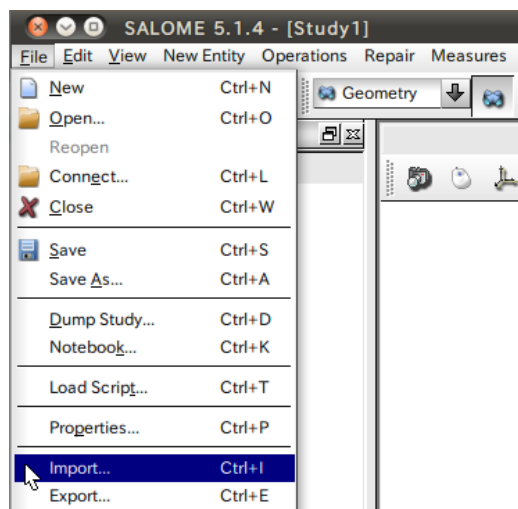


図 19 インポート

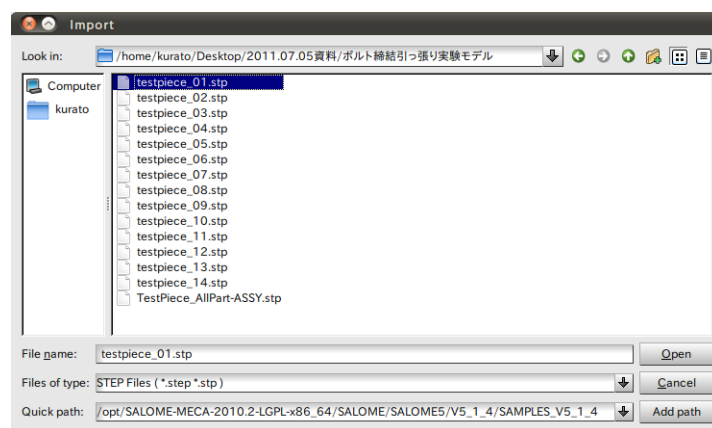


図 20 データ選択

画面左側「Object Browser」内にある、「Geometry」の左のプラスマークをクリックし、「testpiece\_01.stp」が読み込まれていることを確認する。

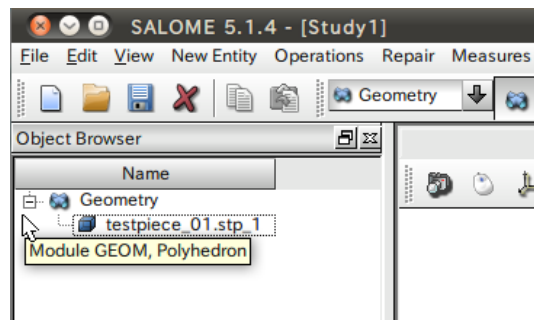


図 21 読込確認

開かれた「testpiece\_01.stp\_1」を右クリックし、「Show Only」を選択する。次に、図 23 のアイコンをクリックしてモデルが表示されていることを確認する。

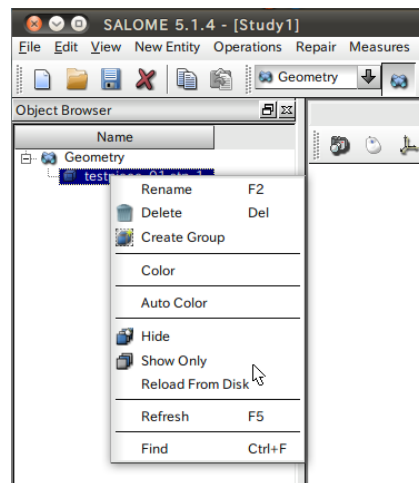


図 22 モデル確認①

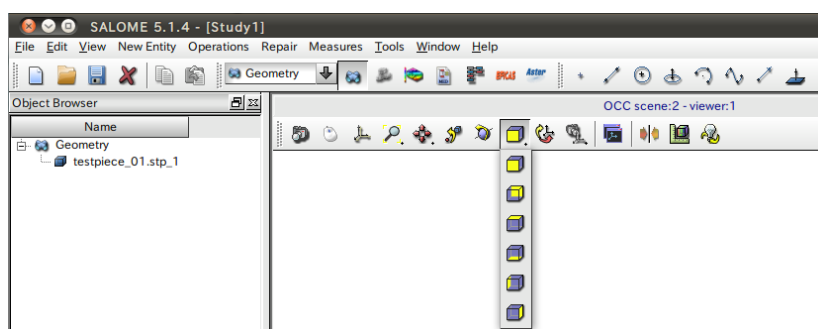


図 23 モデル確認②

これで表示されるモデルは線で描かれたものなので、「Object Browser」内の「testpiece\_01.stp\_1」を選択し、ツールバー 1 段目「View」の「Display Mode」から「Shading」を選択して、面を表示させる。

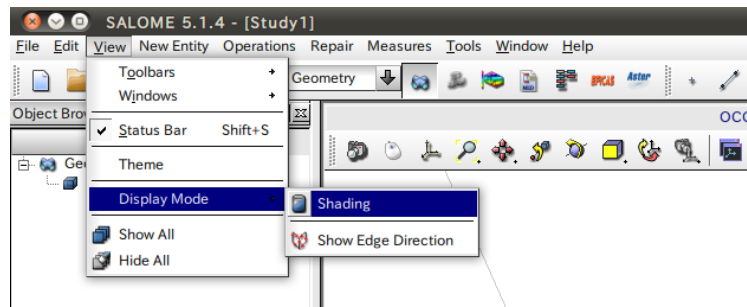


図 24 面表示

#### 5.4.2. モデル分割

次に、モデルを分割する。

今回分割する場所は、図 22 のオレンジの枠で囲った部分である。

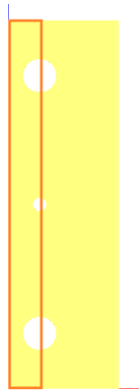


図 25 モデル下面

まず、分割する境界となる面を作成する。

ツールバー 1 段目「New Entity」の「Basic」から「Point」を選択する。表示された「Point Construction」の「Coordinates」に、作成したい面の各頂点座標を入れ、「Apply」をクリックする。

今回は、Vertex\_1(0.0085,0,0)、Vertex\_2(0.0085,0,0.1)、Vertex\_3(0.0085,0.1,0.1)、Vertex\_4(0.0085,0.1,0)を各頂点の座標とする。

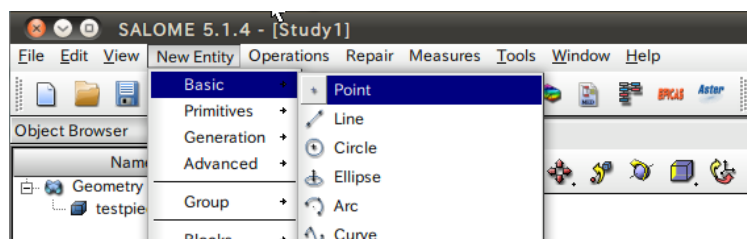


図 26 Point

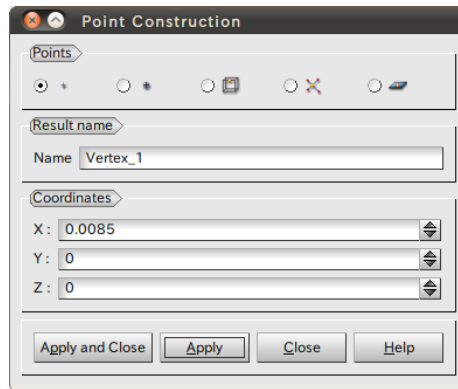


図 27 Point Construction

次に、ツールバー1 段目「New Entity」の「Blocks」から「Quadrangle Face」を選択する。表示された「Quadrangle Face Construction」の「Arguments」に先程作成した各頂点を選択し、「Apply」をクリックする。

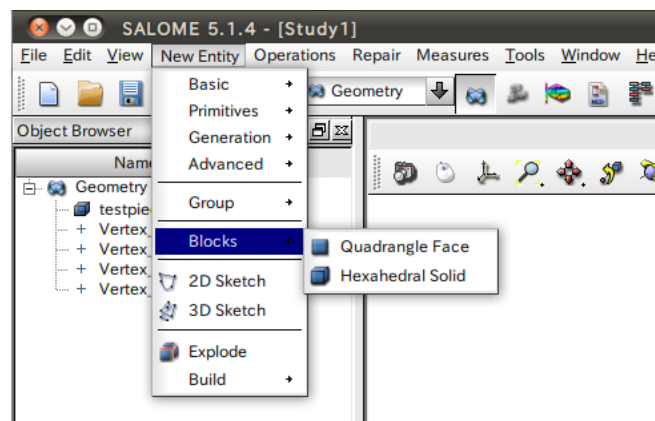


図 28 Quadrangle Face

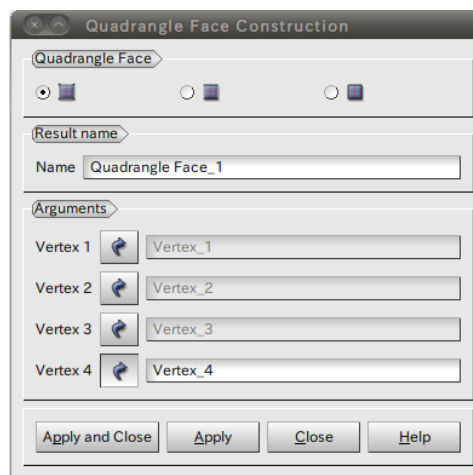


図 29 Quadrangle Face Construction

これで画面左側の「Object Browser」内に「Quadrangle Face\_1」が表示され、モデルを分割する境界となる面が作成された。

次に先程作成した面で、モデルを分割する。

「Object Browser」内の「testpiece\_01.stp\_1」を選択した状態で、ツールバー 1 段目「Operations」から「Partition」を選択する。表示された「Partition Of Object With Tool」の「Tool Objects」に先程作成した「Quadrangle Face\_1」を選択し、「Apply and Close」をクリックする。

これによって、基本モデル「testpiece\_01.stp」が面「Quadrangle Face\_1」を境界として 2 つのモデルに分けられた。

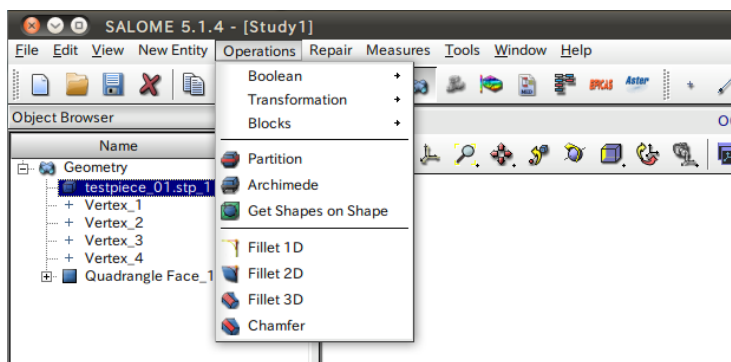


図 30 Partition

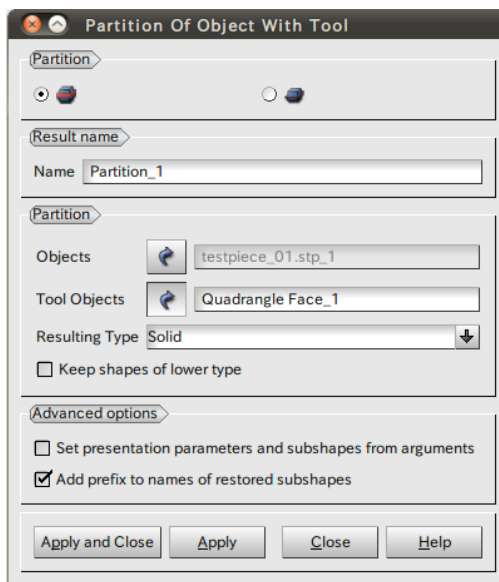


図 31 Partition Of Object With Tool

### 6.1.2. モデル合成

まず、モデルを合成する準備を行う。

「Object Browser」内の「Partition\_1」を選択した状態で、ツールバー1 段目「New Entity」の「Group」から「Create」を選択する。

表示された「Create Group」の「Shape Type」を一番右の「Volume」を選択する。画面に表示されているモデルから、先程分けた部分の大きい方 (図 33 参照) を選択し、「Add」で確定させ、「Apply」をクリックする。もう片方のモデルも同じようにグループ化をする。(図 34 参照)

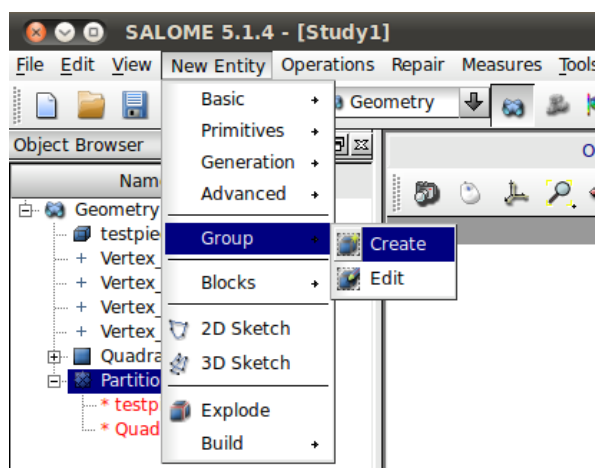


図 32 Create Group

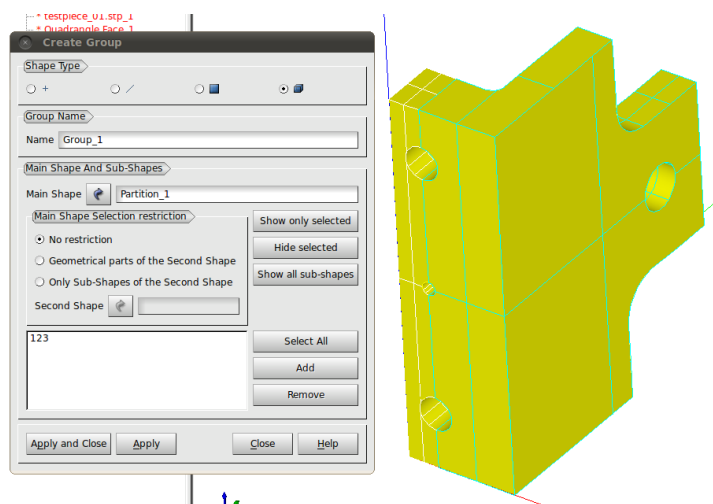


図 33 モデル選択①

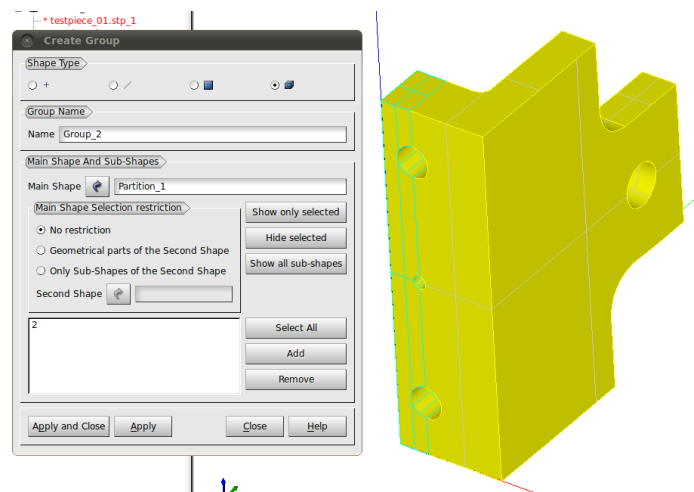


図 34 モデル選択②

次に、先程分けたモデルを合成する。

「Object Browser」内の「Partition\_1」の隣にある「プラスマーク」をクリックして「Partition\_1」を開く。開かれた中の「Group\_1」と「Group\_2」の2つをキーボードのShiftキーを押しながら選択し、ツールバー1段目「New Entity」から「Build」の「Compound」を選択する。表示された「Create A Compound」の「Arguments」「Objects」の隣の矢印のアイコンをクリックする。「2\_objects」と表示されているのを確認し、「Apply and Close」をクリックする。

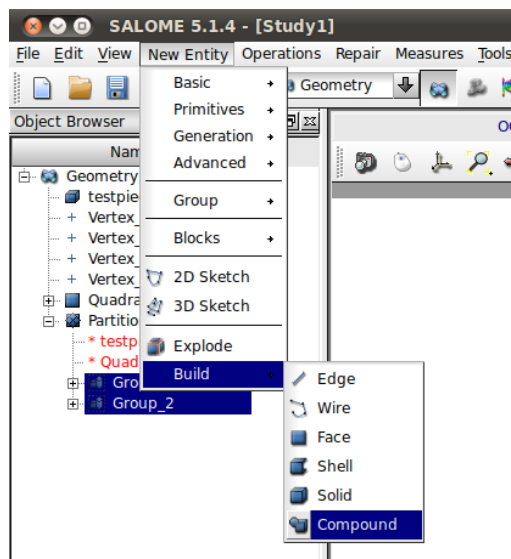


図 35 Compound



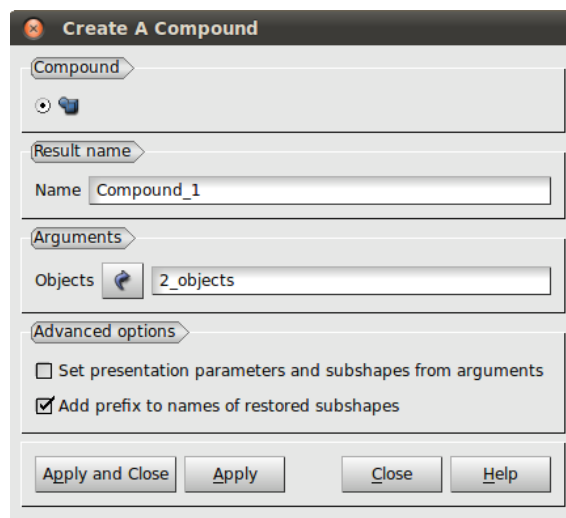


図 36 Create A Compound

これで、先程分割されたモデルが合成された。

#### 5.4.4. グループ作成

次に、解析条件を設定するためのグループを作成する。

まず、「Object Browser」内の「Compound\_1」を選択した状態で、ツールバー 1 段目「New Entity」の「Group」から「Create」を選択する。

次に、表示された「Create Group」の「Shape Type」から一番右の「Volume」を選択し、先程分けられたモデルのうち、大きい方を選択して「Add」で確定をし、「Apply」をクリックする。もう片方も同じようにグループ化をする。

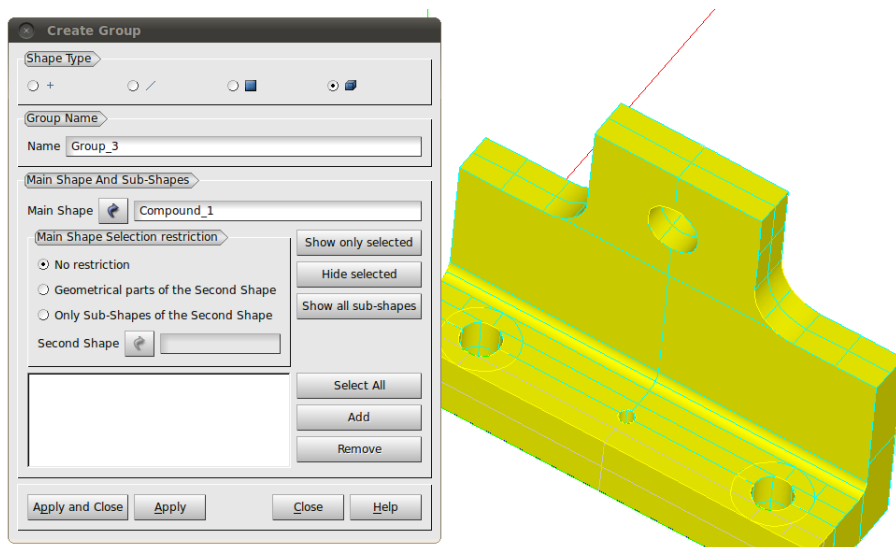


図 37 Create Group\_3

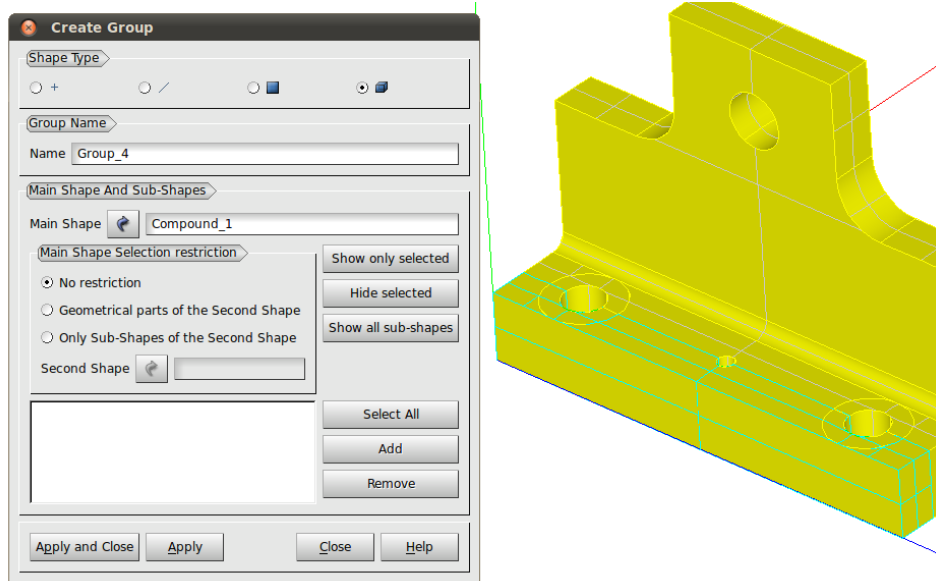


図 38 Create Group\_4

次に、「Object Browser」内の「Compound\_1」の左にあるプラスマークをクリックし、「Group\_3」と「Group\_4」を表示させる。

次に「Group\_3」を選択した状態で、ツールバー1 段目「New Entity」の「Group」から「Create」を選択し、「Create Group」を表示させる。

「Shape Type」から右から 2 番目の「Face」を選択し、「Group Name」を「load」に変更する。次に、モデルから荷重をかける面を選択し、「Add」で確定させ、「Apply and Close」をクリックしてグループ化をする。

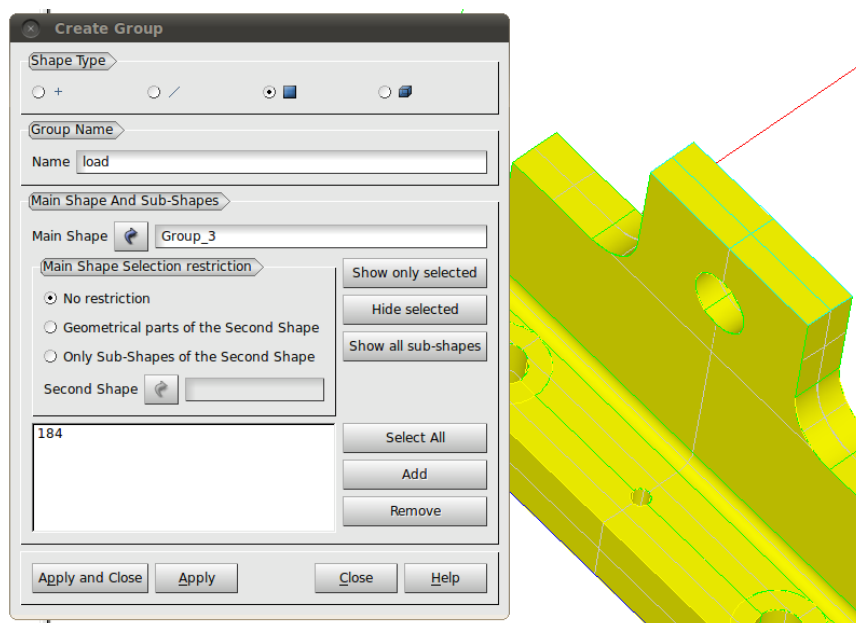


図 39 Create load

これで、荷重条件を設定するグループが作成された。次に、拘束条件を設定するグループを作成する。

「Object Browser」内の「Group\_4」を選択した状態で、ツールバー 1 段目「New Entity」の「Group」から「Create」を選択し、「Create Group」を表示させる。

「Shape Type」から右から 2 つ目の「Face」を選択し、「Group Name」を「fix」に変更する。次に、モデルから拘束する面を選択し、「Add」で確定させ、「Apply and Close」をクリックする。

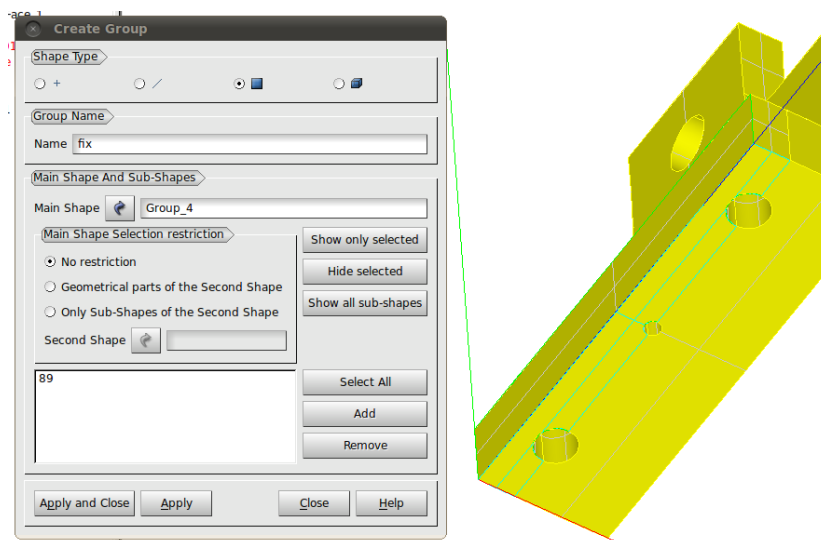


図 40 Create fix

これで、拘束条件を設定するグループが作成された。

## 6.2. メッシュ作成

曲面の部分をサブメッシュと設定し、メッシュを作る手順を下記に示す。

### 6.2.1. サブメッシュグループ作成

初めに、サブメッシュとして設定する部分をサブメッシュグループとして作成する。

まず、「Object Browser」内の「Group\_3」を選択した状態で、ツールバー1 段目「New Entity」の「Group」から「Create」を選択し、「Create Group」を表示させる。「Shape Type」は先程同様に右から2 番目の「Face」を選択する。「Group Name」は「sub\_1」に変更する。次に、サブメッシュを設定する部分を「Group\_3」の範囲内で選択する。選択する場所は図 40 参照する。

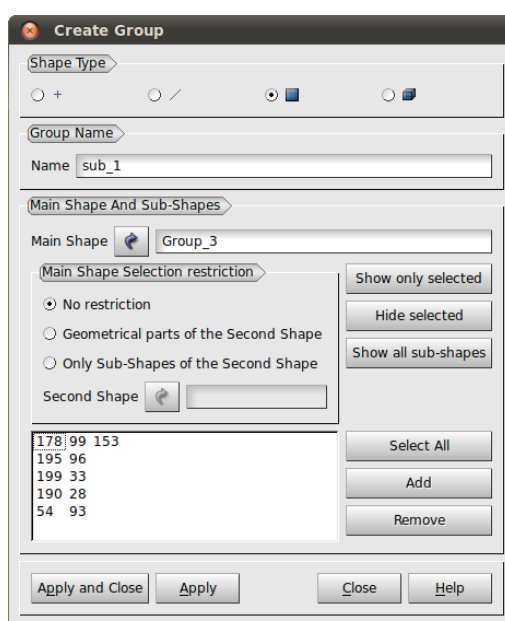


図 41 サブメッシュグループ①

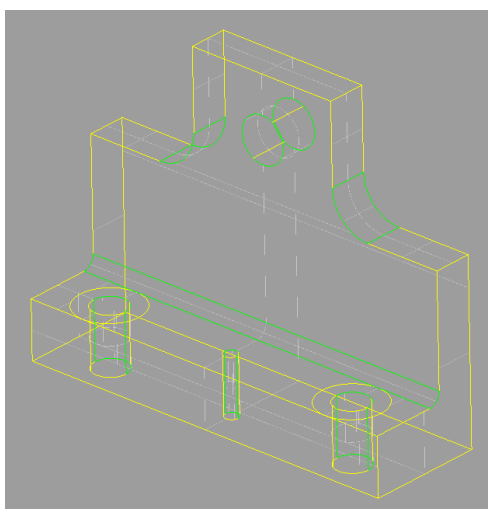


図 42 選択範囲

次に、「Object Browser」内の「Group\_4」を選択した状態で、ツールバー1 段目「New Entity」の「Group」から「Create」を選択し、「Create Group」を表示させる。「Shape Type」は先程同様に右から 2 番目の「Face」を選択する。「Group Name」は「sub\_2」に変更する。次に、サブメッシュを設定する部分を「Group\_4」の範囲内で選択する。選択する場所は図 42 を参照する。

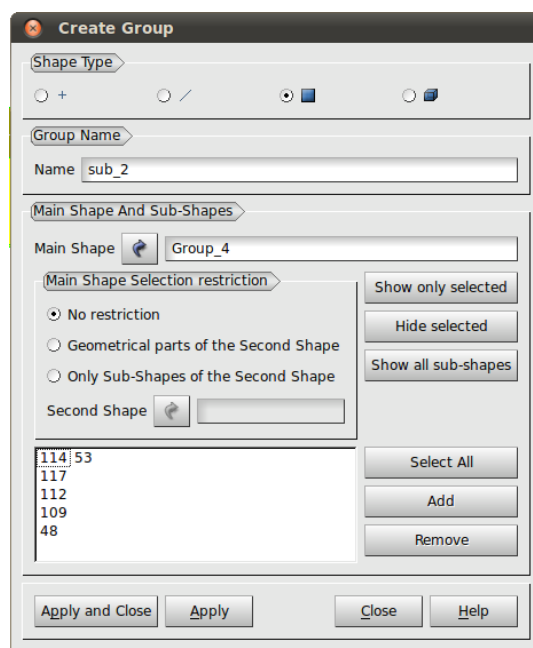


図 43 サブメッシュグループ②

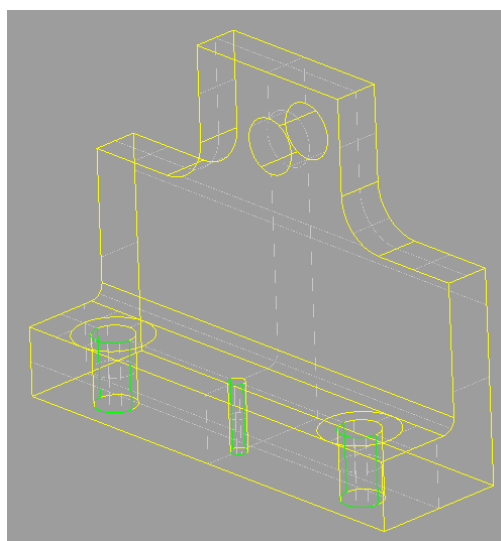


図 44 選択範囲

### 6.2.2. メッシュ設定

次に全体部分のメッシュの設定を行う。

初めに、ツールバー2 段目「Geometry」の隣の矢印をクリックし、「Mesh」を選択する。

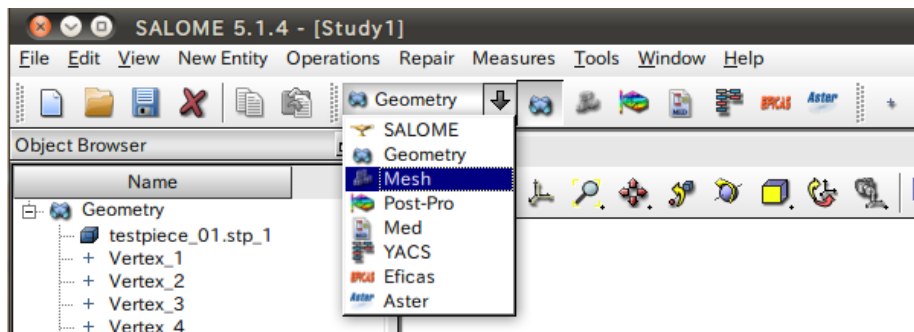


図 45 Mesh

次に、「Object Browser」内の「Compound\_1」を選択した状態で、ツールバー 1 段目「Mesh」から「Create Mesh」を選択する。

表示された「Create mesh」の「Algorithm」を「Newgen 1D-2D-3D」に変更する。次に、「Hypothesis」の右側にある歯車のようなアイコンをクリックし、「NETGEN 3D Parameters」を選択する。

表示された「Hypothesis Construction」の「Max. Size」を「0.0025」(2.5mm)に変更し、「OK」をクリックする。「Create mesh」では「Apply and Close」を選択する。

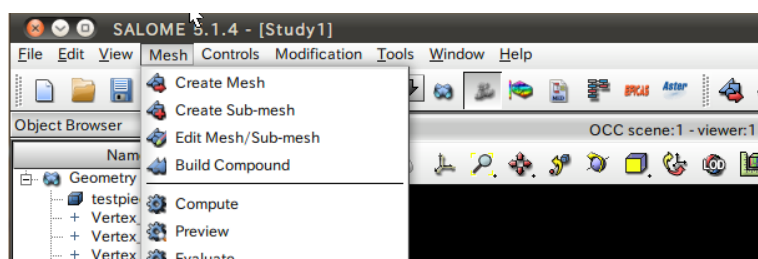


図 46 Create Mesh

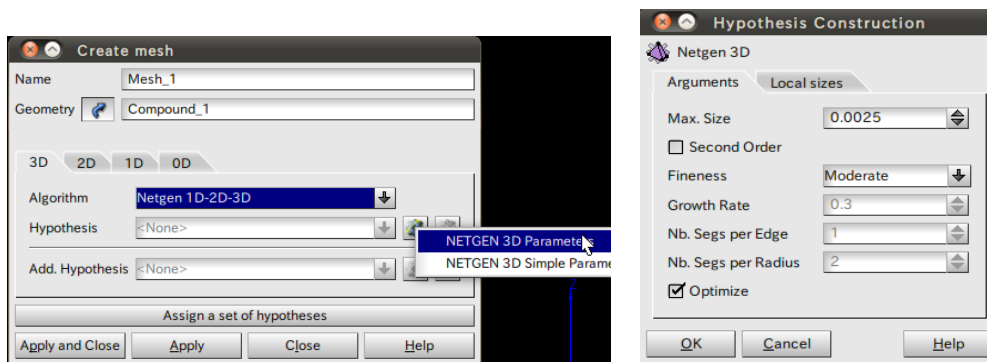


図 47 Create mesh

これで、全体部分のメッシュの設定が終了した。

### 6.2.3. サブメッシュ設定

次に、サブメッシュの設定を行う。

まず、「Object Browser」内の「Group\_3」の隣にあるプラスマークをクリックして開く。「Group\_4」と「Mesh」も同様にして開く。その中から「Mesh\_1」を選択し、ツールバー1段目「Mesh」から「Create Sub-mesh」を選択する。

表示された「Create sub-mesh」の「Geometry」には「Group\_3」の「sub\_1」を選択する。「Algorithm」を「Netgen 1D-2D」に変更し、「Hypothesis」の右側にある歯車のようなアイコンをクリックして「NETGEN 2D Parameters」を選択する。

表示された「Hypothesis Construction」の「Max. Size」を「0.001」(1mm)に変更し、「OK」をクリックする。「Create sub-mesh」では「Apply and Close」を選択する。

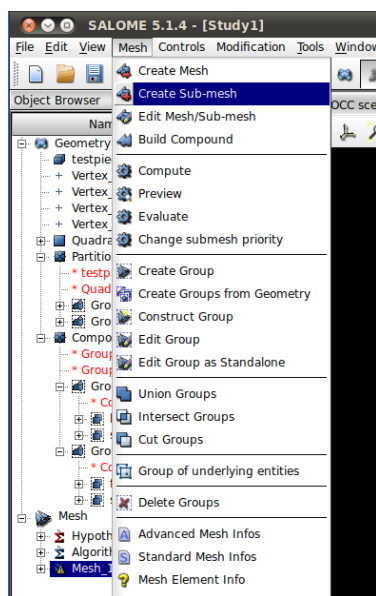


図 48 Create Sub-mesh①

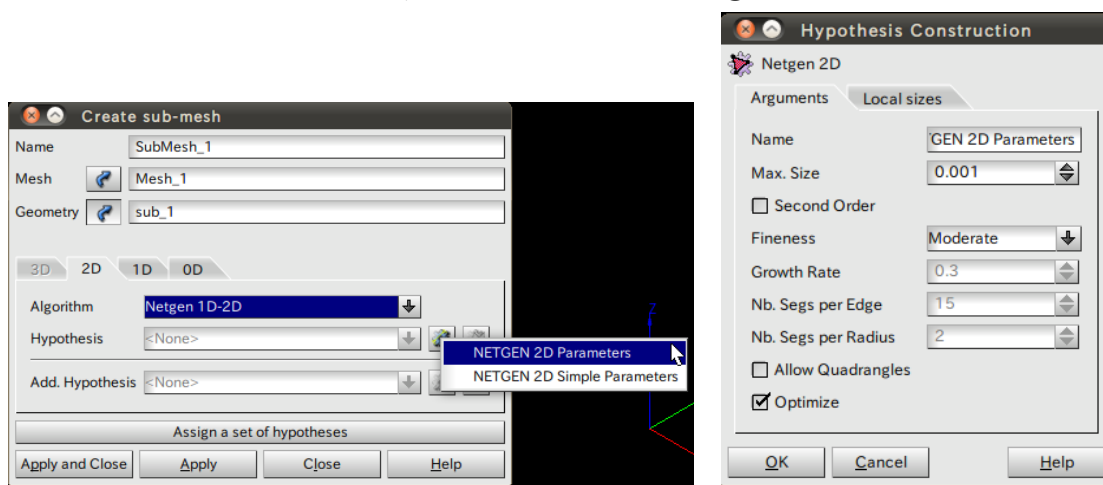


図 49 Create sub-mesh②

「sub\_2」も同様にサブメッシュの設定を行う。

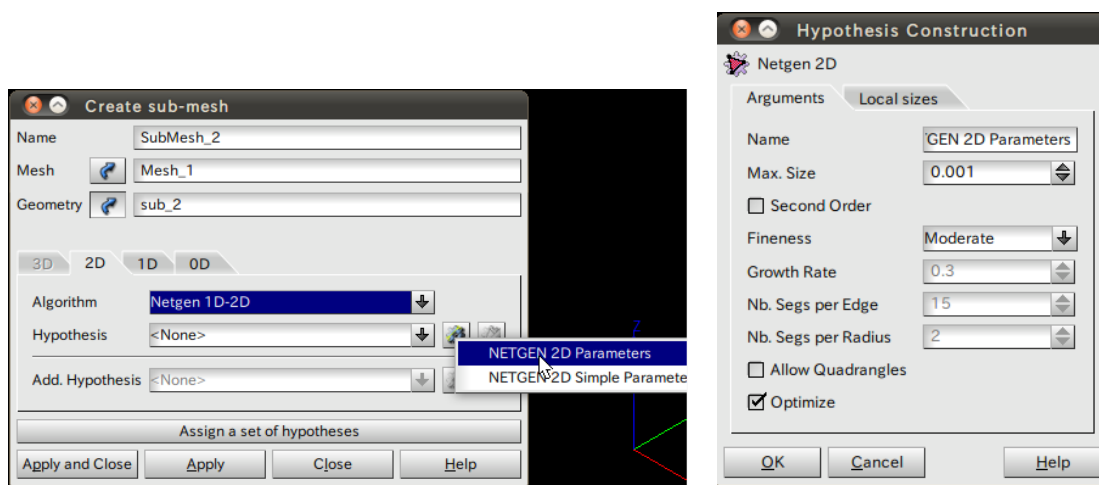


図 50 Create sub-mesh②

#### 6.2.4. メッシュ作成

次に、メッシュの作成を行う。

「Object Browser」内の「Mesh\_1」を選択し、右クリックをして「Compute」を選択する。しばらく待つと「Mesh computation succeed」が表示される。作成されたメッシュを見ると、サブメッシュとして設定した部分が他の部分よりも細かいメッシュになっていることがわかる。

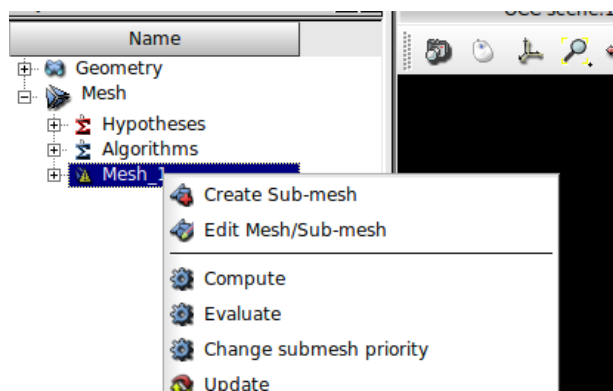


図 51 Compute



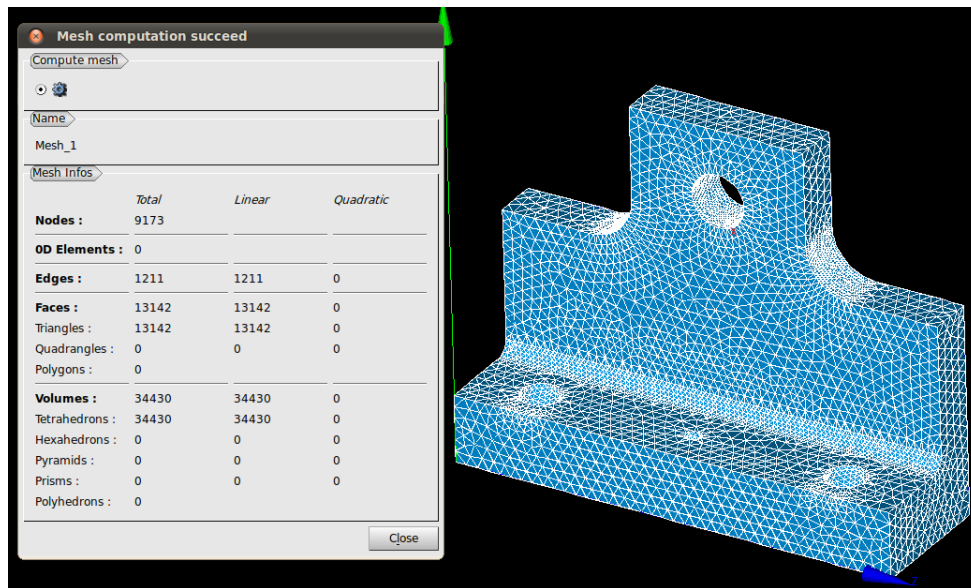


図 52 Mesh computation succeed

#### 6.2.5. メッシュグループ作成

次に、メッシュグループを作成する。

「Object Browser」内の「Mesh\_1」を選択した状態で、ツールバー1 段目「Mesh」から「Create Group」を選択する。

表示された「Create Group」の「Elements Type」を「Volume」に変更する。次に、「Group type」を「Group on geometry」に変更する。変更すると「Geometrical Object」を選択する欄が表示されるので、隣の矢印をクリックし「Group\_3」を選択して「Apply」をクリックする。同様に「Group\_4」を選択し、「Apply」をクリックする。

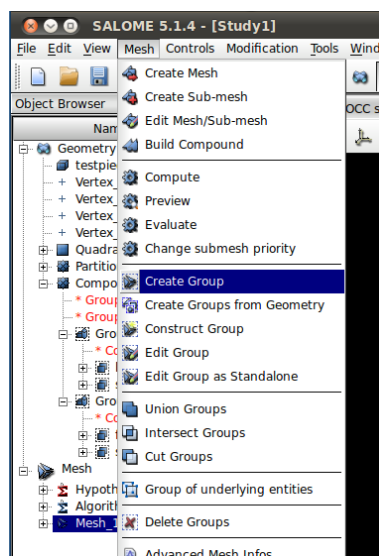


図 53 Create Group

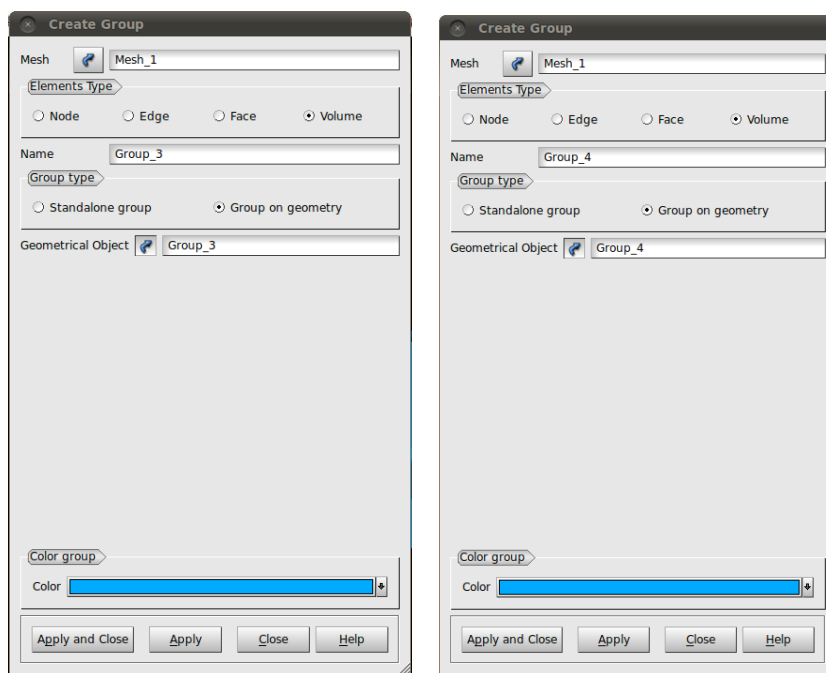


図 54 Create Group

次に、「Elements Type」を「Face」に変更する。「Geometrical Object」で「load」を選択し、「Apply」をクリックする。同様に「fix」のグループも作成する。

これで、解析を行う準備が整った。

### 6.3. 解析

次に解析の設定を行う。

まず、ツールバー2 段目「Mesh」の隣の矢印をクリックし、「Aster」を選択する。

「Object Browser」内の「Mesh\_1」を選択した状態で、ツールバー1 段目「Aster」の「Wizards」から「Linear elastic」を選択する。

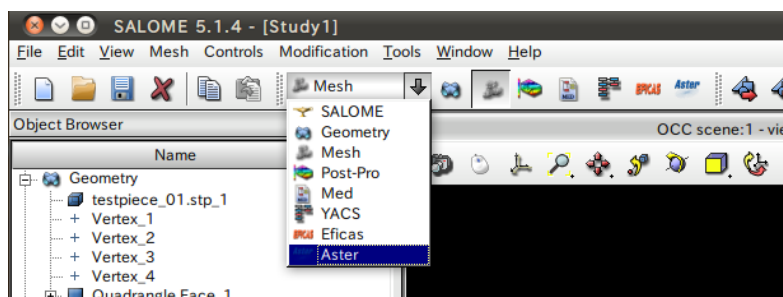


図 55 Aster

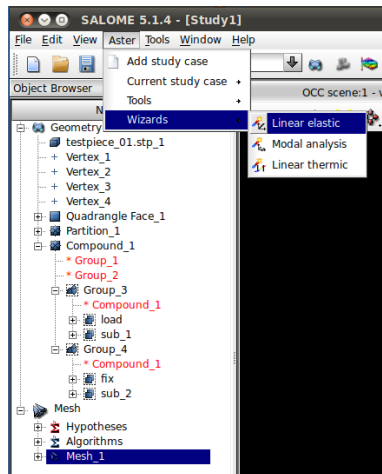


図 56 Linear elastic

表示された「Qt-subapplication」は「3D」のまま、「Next」をクリックする。

次に表示されたところでは、メッシュを選べといわれているので、「Mesh\_1」が選択されていることを確認して矢印をクリックし、「Use mesh groups」を選択する。その後、「Next」をクリックする。

次に、ヤング率とポアソン比を入力する。今回はヤング率「 $2.1 \times 10^{11}$ 」ポアソン比「0.3」で解析を行う。それぞれの値を確認して「Next」をクリックする。

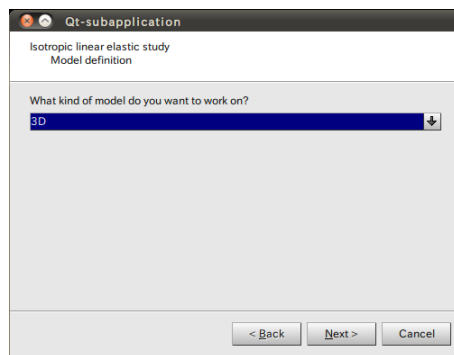


図 57 3D 選択

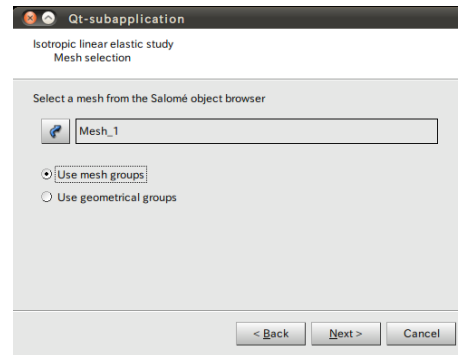


図 58 Mesh 選択

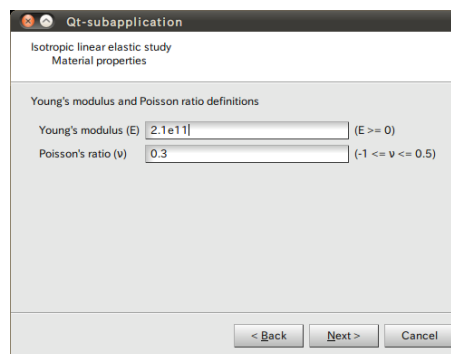


図 59 ヤング率ポアソン比入力

次に、拘束条件を設定する。「Group」の下ボックスをダブルクリックし、矢印をクリックして「fix」を選択する。その後、「Next」をクリックする。

次に、荷重条件を設定する。「Group」の下ボックスをダブルクリックし、矢印をクリックして「load」を選択する。その隣の「Pressure」は、同じようにダブルクリックをして、荷重を入力する。今回の解析では、荷重面に対して反対方向に 12.5MPa(5000N)で引っ張るので、「-12500000」(単位 : Pa)を入力する。入力した値を確認して、「Next」をクリックする。

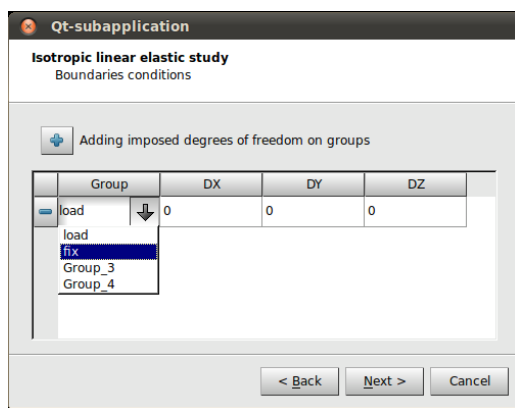


図 60 拘束条件設定

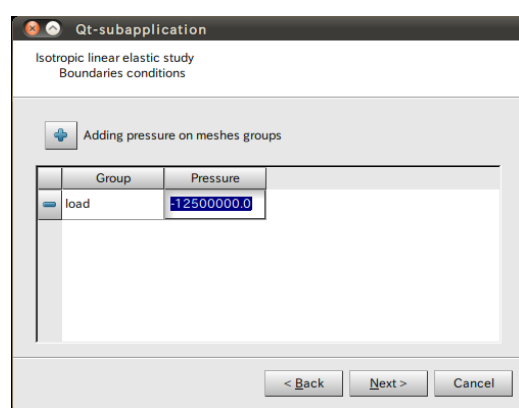


図 61 荷重条件設定

最後に、コマンドファイルを保存する場所を設定する。「Aster command file」の右側にあるアイコンをクリックし、任意の場所に保存をする。設定が終了したら「Finish」をクリックする。

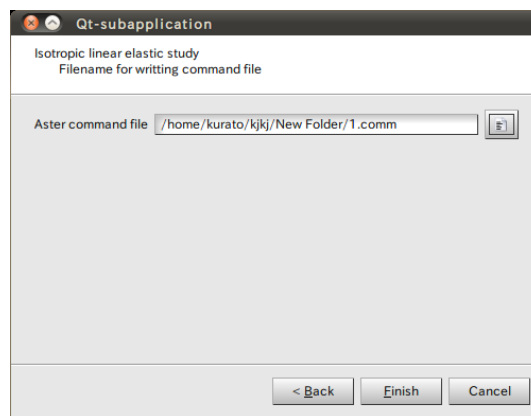


図 62 コマンドファイル保存

これが終了すると、「Object Browser」内に「Astar」の欄が増えるので、プラスマークをクリックし、「Aster」を開く。表示された「Linear-static」を選択し、右クリックをして「Run」を選択する。これで「bash」が開かれ、解析が開始される。

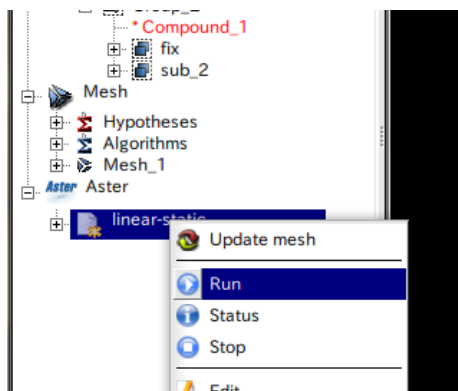


図 63 Run

解析が終了すると、「linear-static」の左のアイコンに緑のチェックマークがつく。

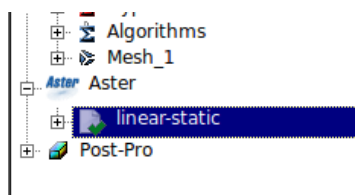


図 64 linear-static

#### 6.4. 解析結果表示

最後に、解析結果を表示させる。

まず、ツールバー2 段目「Aster」の隣の矢印をクリックし、「Post-Pro」を選択する。

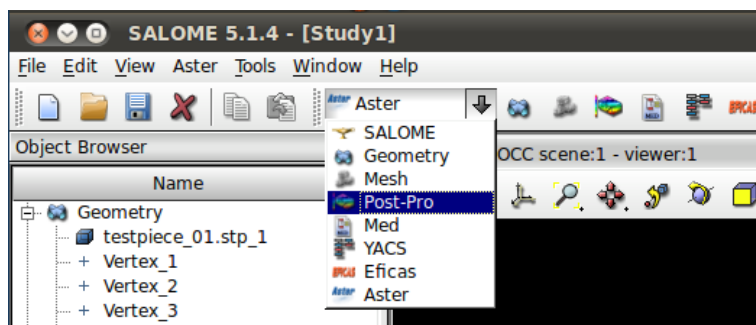


図 65 Post-Pro

「Object Browser」内の「Post-Pro」の隣のプラスマークをクリックして開く。同様に、「\*linear-static.rmed」、「MAIL」、「Fields」を開く。

#### 6.4.1. 変形図表示

「Object Browser」内の「RESU\_\_DEPL\_\_\_\_\_,-」を開き、「0,」を選択して右クリックして、「Deformed Shape and Scalar Map」を選択する。

表示された「Deformed Shape and Scalar Map」の「OK」をクリックする。

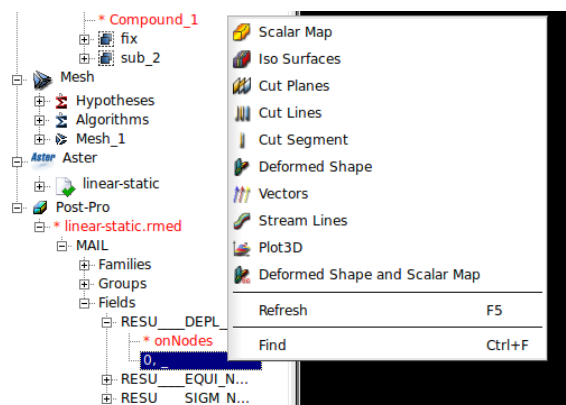


図 66 Deformad Shape and Scalar Map

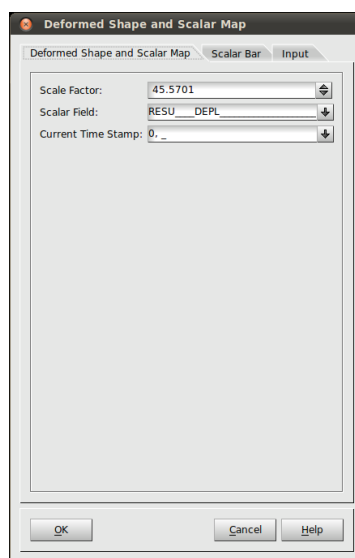


図 67 Deformad Shape and Scalar Map

「Object Browser」内の「0,」を開き、「ScalarDef.Shape」を右クリックして「Show only」を選択する。

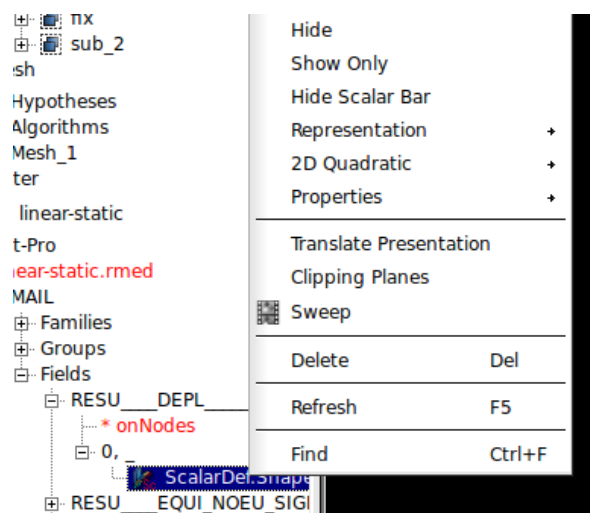


図 68 ScalarDef.Shape

これで、右画面に変形図が表示される。

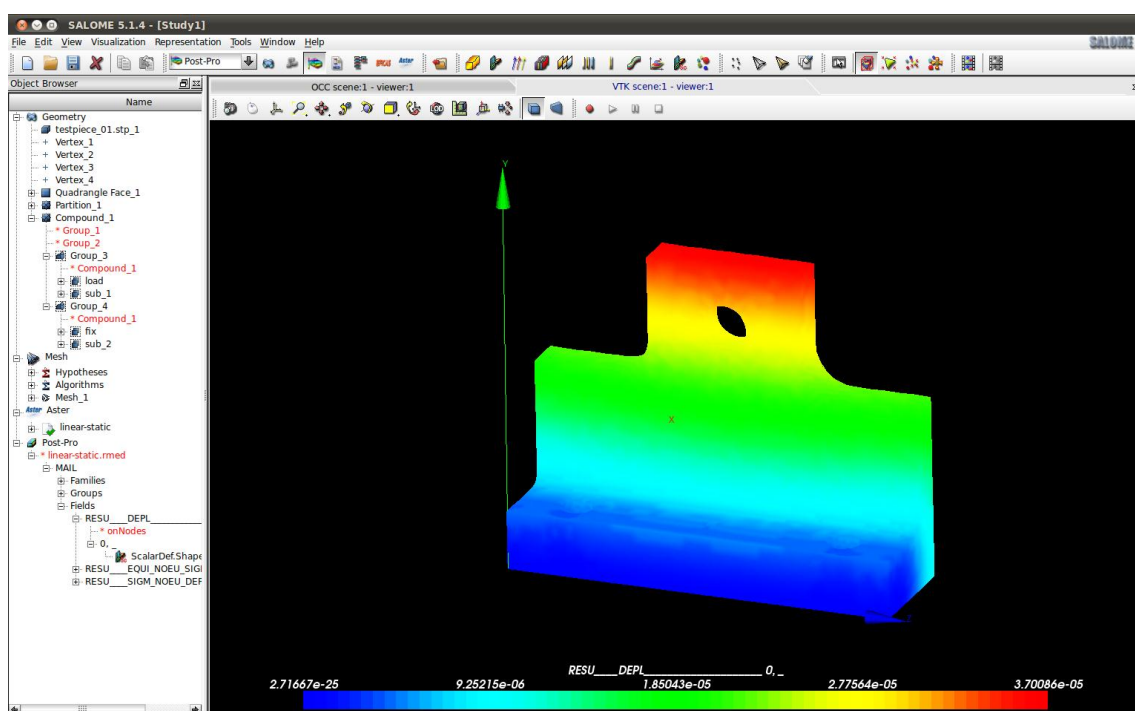


図 69 変形図

#### 6.4.2. 応力分布図表示

「Object Browser」内の「RESU\_\_EQUI\_NOEU\_SIGM\_\_\_\_\_」を開き、「0,」を右クリックして、「Scalar Map」を選択する。

表示された「Scalar Bar Properties」の「OK」をクリックする。

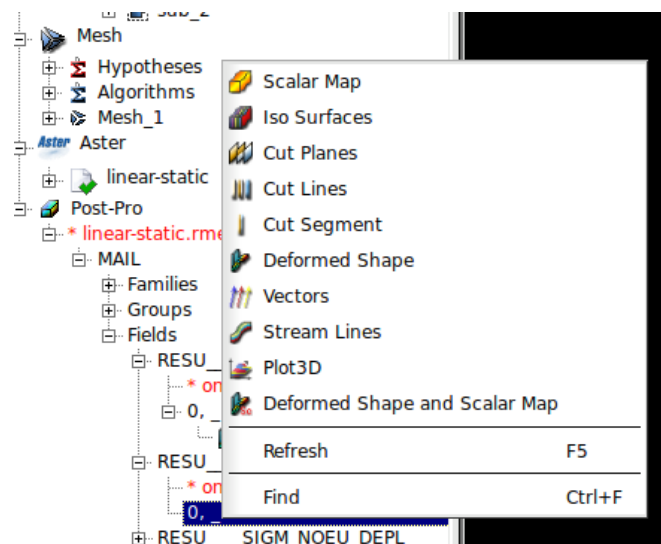


図 70 Scalar Map

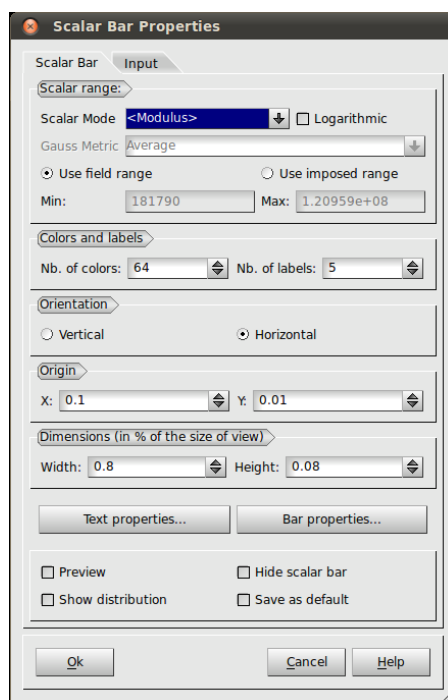


図 71 Scalar Bar Properties

「Object Browser」内の「0,」を開き、「ScalarMap」を右クリックして「Show only」を選択する。



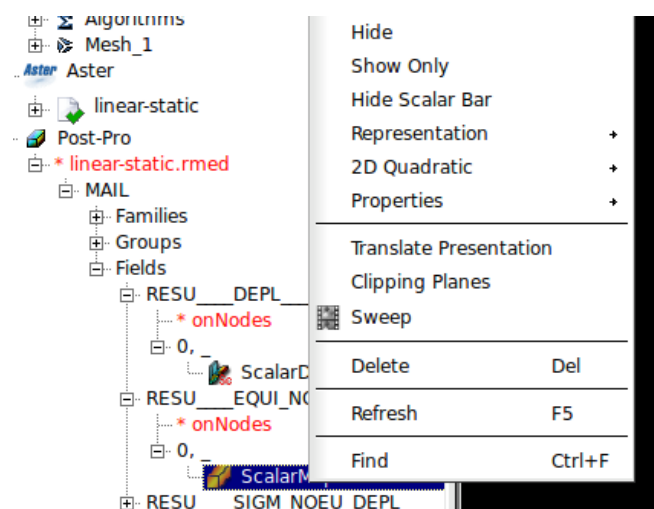


図 72 ScalarMap

これで、右画面に応力分布図が表示される。

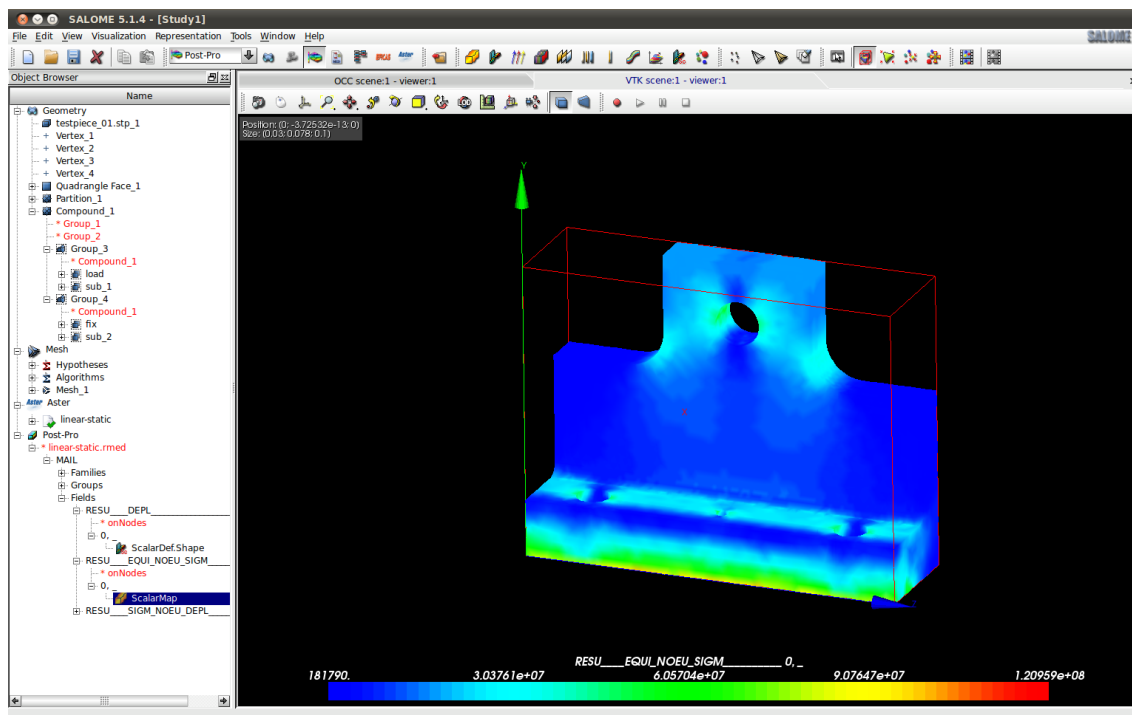


図 73 応力分布図