

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

信頼性課 藤井 08/6/10

SalomeMeca の使い方 -- 5.0 線形熱応力
(SalomeMeca 2008.1)

目次

1. はじめに
2. 単純モデルの場合
 - 2-1. モデルの読み込み
 - 2-2. Entity の作成
 - 2-3. メッシュの作成
 - 2-4. Aster Code の作成
 - 2-5. Aster Code の編集
 - 2-6. 計算開始
 - 2-7. 結果の確認
3. Bi-Metal のモデルの場合
 - 3-1. モデルの読み込み
 - 3-2. モデルの再構築
 - 3-3. Mesh の作成
 - 3-4. Aster Code の作成
 - 3-5. Aster Code の編集
 - 3-6. 計算開始
 - 3-7. 結果の確認
4. 境界条件の設定方法のまとめ
5. ソースコード

1. はじめに

Salome を使って、静的に熱応力を計算する。

温度は、均一に分布しているものとして、線形の弾性解析をする。

まずは、単純な細長い棒のモデルで、温度変化を与えて応力が計算通りになっているかどうかを確認する。その後、Bi-Metal のモデルを作り、温度変化による変位と応力を確認する。

2. 単純モデルの場合

100×20×10mm のモデルで、長手方向を拘束、20℃から 120℃の温度変化を与えて、熱膨張分の応力が掛かるようにする。20℃の時に応力 0 の状態で、この状態から温度を 120℃まで上昇させ熱応力を掛ける。
~/CAE/thermal-bar/ というフォルダを作りこの中で解析する。

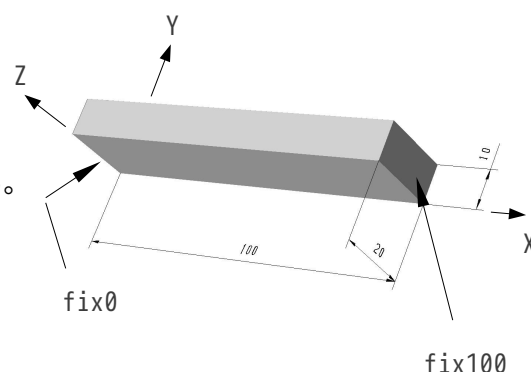
2-1. モデルの読み込み

「Bar-100x20x10.stp」のモデルを読み込む。このモデルは、100×20×10mm の四角柱となっている。

2-2. Entity の作成

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

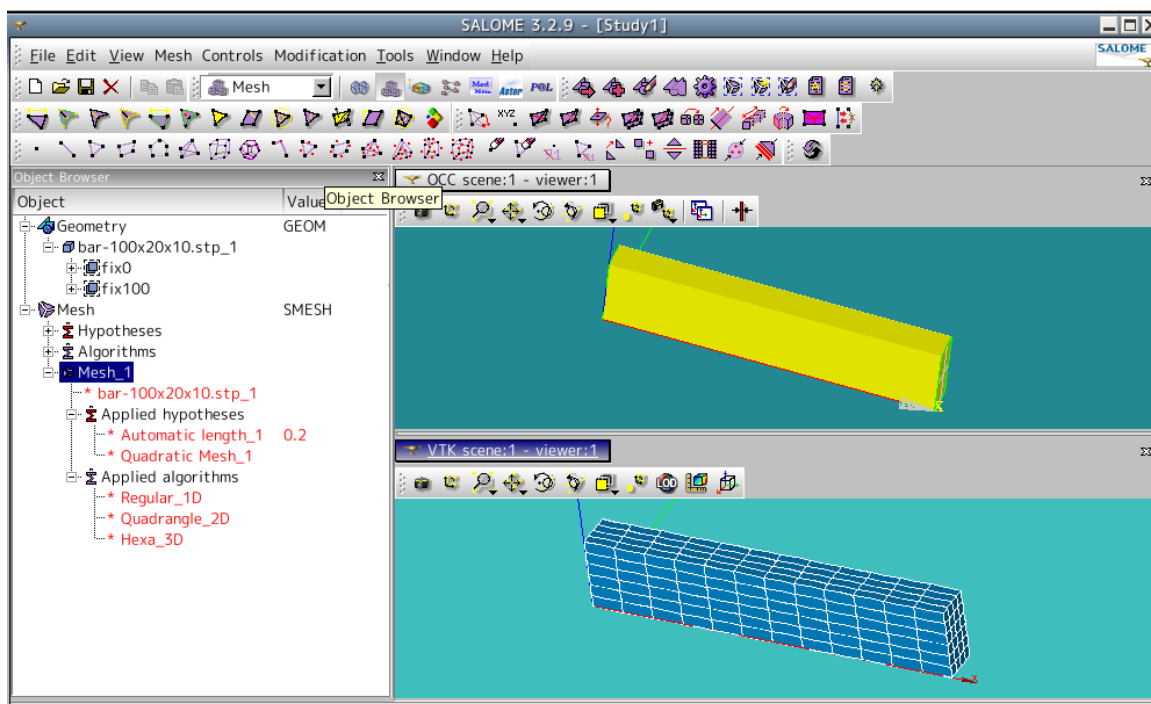
モデルを拘束させる部位を定義（グループ化）する。
単純化する為に、片側端面固定、反対側端面の軸方向（X方向）のみ固定させる。
固定面を「fix0」、反対側端面を「fix100」でグループ化する。
最終的にツリーの構造は、下記。



Geometry
 bar-100x20x10.stp_1
 fix0 全面固定
 fix100 X方向のみ固定

2-3. メッシュの作成

Mesh 画面に変え、「Mesh」 「Create Mesh」を選択。Create Mesh画面で「Assign a set of hypotheses」ボタンをクリックして、「Automatic Hexahedralization」（四角形のメッシュ）を選択。Automatic LengthのFinenessは、2回クリックしてつまみを2回分動かす。
 1Dタグを選択して、Add. Hypothesisのギアアイコンをクリックして「Quadratic Mesh」（2次メッシュ）を選択。（四角形のメッシュで2次メッシュにした。精度がよくなる為。）
 Object Browse ツリー上の「Mwsh_1」を右クリックして、「Compute」でメッシュを作成する。



2-4. Aster Code の作成

Aster 画面に変えて、ウィザードで Aster Code を作成する。
 fix0は全面固定の為、XYZ各方向0を入力、「+」アイコンをクリックして、項目を追加して fix100に設定、fix100はX方向のみ0を入力。
 圧力は、適当な面（fix0 or fix100）に適当な値を入力する。（後で圧力の境界条件は削除するので適当で可。）

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

保存は、~/CAE/thermal-bar/フォルダ内にファイル名「bar-100.comm」として保存した。

2-5. Aster Code の編集

Object Browser ツリー上の bar-100.comm を右クリックして、EFICAS を起動する。
編集内容は、

```

材料の定義 (DEFI_MATERIAU)
  ヤング率
  ポアソン比
  線膨張係数
材料の設定 (AFFE_MATERIAU)
  定義した材料を設定
  参照温度 (20°C) を設定
温度設定 (CREA_CHAMP)
  温度を 120°C に設定
境界条件 (AFFE_CHAR_MECA)
  fix0 の設定      ウィザードで設定済み
  fix100 の設定   ウィザードで設定済み
  圧力の設定      ウィザードで設定したものを使用しない為、削除
  温度の設定

```

となる。

・材料の定義

ここでは、方法を検証する為なので、線膨張係数の大きい下記の材料を選んだ。

```

材料名：      Aluminum
ヤング率：    70,600 MPa
ポアソン比：  0.345
線膨張係数：  23.0e-6 1/°C

```

この値を入力する。

ツリー内の「DEFI_MATERIAU」をクリックして選択。右画面の「Nouvelle」タグを選択。テキストボックス内から「DEFI_MATERIAU」を探し、ダブルクリックして、左側のツリーに追加する。

追加された「DEFI_MATERIAU」をクリックして、現れた右画面テキストボックス内から「ELAS」をダブルクリックしてツリーに追加。これでヤング率とポアソン比が入力できるようになっているので、それぞれ、E: 70600、NU: 0.345 を入力する。

再び、ツリー上の「ELAS」を選択して、右画面中の「ALPHA」（線膨張係数）をダブルクリックしてツリーに追加。線膨張係数の値（ALPHA: 23.0e-6）を入力する。

これで全ての材料定数が入力できたので、材料名を入力する。DEFI_MATERIAU を選択、右画面内の「Nommer concept」タグをクリックして、材料名: Aluminum を入力する。

以上で、Aluminum の材料が定義できた事になる。ツリーの構造は下記。

```

DEFI_MATERIAU Aluminum
  ELAS
    E      70600
    NU     0.345
    ALPHA  23.0e-6

```

SalomeMecaの使いかた -- 5.0 線形熱応力

・材料の設定

定義した材料をモデルに設定する。

ツリー上の AFFE_MATERIAU-AFFE-MATER を選択すると、右画面中に追加した材料 Aluminum が表示されている。現在は材料 MA が設定されているので、この MA を Aluminum に変えればいいが、変更ができないので、新しい「AFFE」を追加して、古い「AFFE」を削除する。「AFFE_MATERIA」を選択して、右画面中から「AFFE」をダブルクリックしてツリーに追加する。もともと設定されていた AFFE が AFFE_1 になり、AFFE_2 が追加される。

この AFFE_2 に必要な下記項目を入力する。

| | | |
|------------|----------|-----------------------|
| TOUT : | OUI | |
| MATER: | Aluminum | |
| TEMP_REF : | 20 | 参照温度。この値を 20°C に設定する。 |

設定後、もともと設定してあった、AFFE_1 を削除する。

これで材料定数は、設定できた。ツリーの構造は下記。

| | |
|---------------|----------|
| AFFE_MATERIAU | MATE |
| MAILLAGE | MAIL |
| AFFE | |
| TOUT | OUI |
| MATER | Aluminum |
| TEMP_REF | 20 |

・温度設定

解析時の温度を 120°C に設定する。

ツリー上に新たに「CREA_CHAMP」を「AFFE_CHAR_MECA」の前に追加する。AFFE_CHAR_MECA の直ぐ前の「AFFE_MATERIAU」を選択、右画面内の「Nouvelle Commands」タグを選択し、テキストボックス内の「CREA_CHAMP」をダブルクリックして、ツリーに追加する。

「TYPE_CHAM」を選択し、「NOEU_TEMP_R」をダブルクリックして設定。

「OPERATION」を選択し、「AFFE」を設定。

「b_affe_modele」を選択し、「MODELE」を設定。(MODELE 内には、自動的に MODE が設定される。モデルが 1 しかない為。)

AFFE の下の「NOM_CMP」を選択し、「TEMP」を入力。

再度「AFFE」を選択し、「TOUT」を追加。これに、「OUI」を設定。

再度「AFFE」を選択し、「VALE」を追加。これに、「120」を設定。(120°C を設定)

最後に、「CREA_CHAMP」を選択し、「Nommer concept」タグを選択して、「tempS」と入力しておく。(任意でよいが、この名前を境界条件設定のところで使用する。)

ツリーの構造は、下記。

| | | |
|---------------|-------------|-----------------|
| CREA_CHAMP | tempS | |
| TYPE_CHAM | NOEU_TEMP_R | 節点温度に設定 |
| OPERATION | AFFE | |
| b_affe | | |
| MODELE | MODE | |
| b_affe_modele | | |
| AFFE | | |
| TOUT | OUI | |
| NOM_CMP | TEMP | |
| VALE | 120 | 設定温度を 120°C に設定 |

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

・境界条件の設定

まず、圧力の設定は、使わないので削除する。AFFE_CHAR_MECA-PRES_REP を選択し、PRES_REP を削除する。温度設定する為に、「AFFE_CHAR_MECA」を選択して、「TEMP_CALCULEE」をダブルクリックしてツリーに追加。この設定を上記で設定した「tempS」にする。

ツリーの構造は、下記。

| | | |
|----------------|--------|--------------|
| AFFE_CHAR_MECA | CHAR | |
| MODELE | MODE | |
| TEMP_CALCULEE | tempS | 温度設定 (120°C) |
| DDL_IMPO | | |
| DDL_IMPO_1 | | |
| GROUP_MA | fix100 | |
| DX | 0 | |
| DDL_IMPO_2 | | |
| GROUP_MA | fix0 | |
| DX | 0 | |
| DY | 0 | |
| DZ | 0 | |

・設定の保存

フロッピーのアイコンをクリックして保存する。

2-6. 計算開始

通常通りに計算させる。途中警告は出るものの、エラーの発生はなく、無事計算が終了。

警告の内容は、Aster-LinearStatics_3DMesh_1-Results-LinearStatics_3DMesh_1.mess を右クリックして、「Read Text File」を選択する事で、計算途中のメッセージの内容が確認できる。警告の内容は、フランス語なので良くわからず。→警告の内容は、どうも「時代遅れの解析方法を使うな」という意味合いのよう。新しい解析方法については、「5.1 線形熱応力(2)」を参照。この方法では、警告がでない。

今回の「TEMP_CALCULEE」コマンドを使う解析方法は、CAELinux のホームページに Example としてあげている方法をそのまま利用しただけだが、警告がでると言う事は、古い Example をホームページに載せてあると言う事になる。ただ計算は合っているので問題はないが・・・。

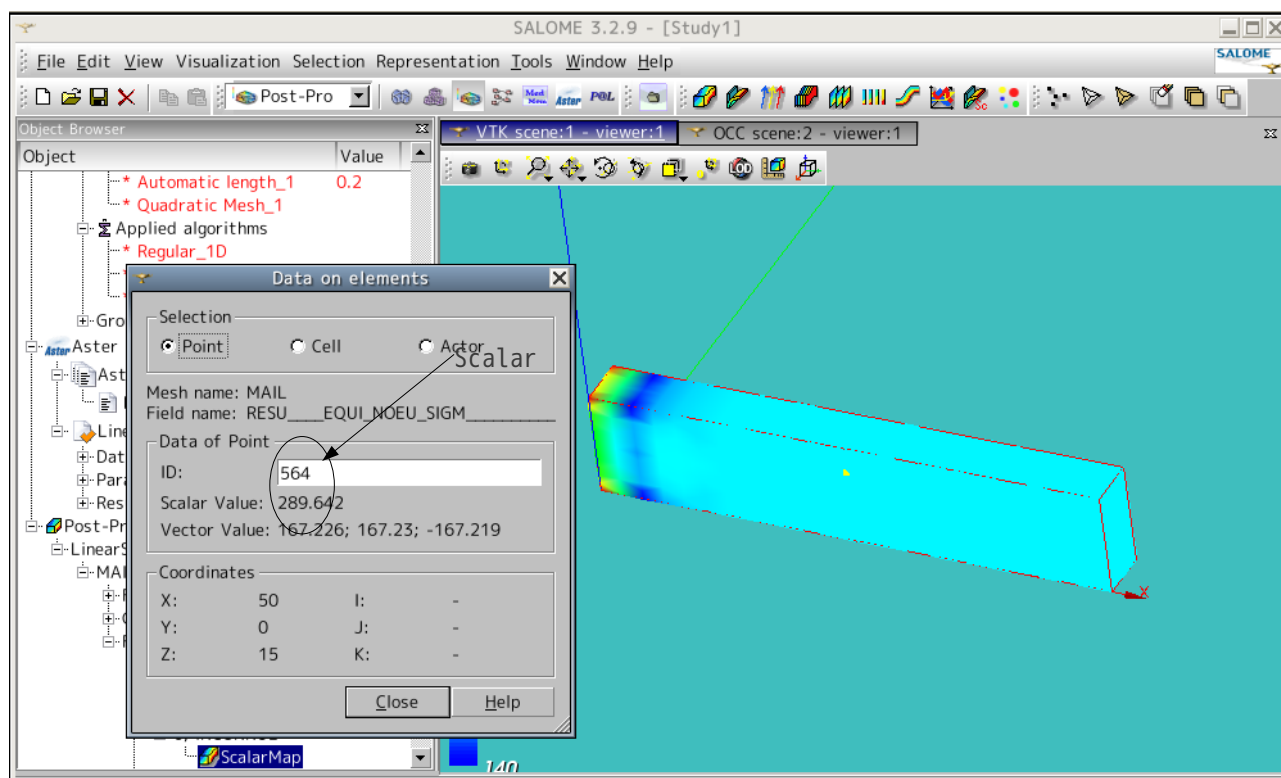
2-7. 結果の確認

画面を Post_Pro に変えて、相当応力のグラフを画面に表示させる。

全面固定した fix0 の面には、応力分布があるが、X 方向のみ固定した fix100 の面側は、均一な応力分布になっている。

応力分布の値を確認する為に、メニューバー上の「Selection」「Selection Info...」を選択すると Date on elements 画面が現れるので、そのままマウスカーソルを均一な応力分布の場所にもって行き、クリックする事で、その場所の応力が画面内の Scalar Value に表示される。今回は、相当応力：289.6 と読み取れる。以下で、Salome が計算した結果を検証してみる。

SalomeMecaの使いかた -- 5.0 線形熱応力



・ 端面の拘束無しの場合

今回検証する為に、Code_Asterを編集して、fix100のX方向の拘束を無くして、変位のみを確認する。この結果、端面コーナ部の変位は、

X方向 0.2351
Y方向 0.0115
Z方向 0.0230

となる。

X方向の伸びは、

$$100\text{mm} \times 100^\circ\text{C} \times 23.0\text{e-}6 = 0.230\text{mm}$$

となるはずであり、Salomeの答えは、0.2351mmなのでほぼ合致している。fix0を全面固定した為にこの部分で歪が発生しており、この為、X方向の伸びが若干狂っていると思える。

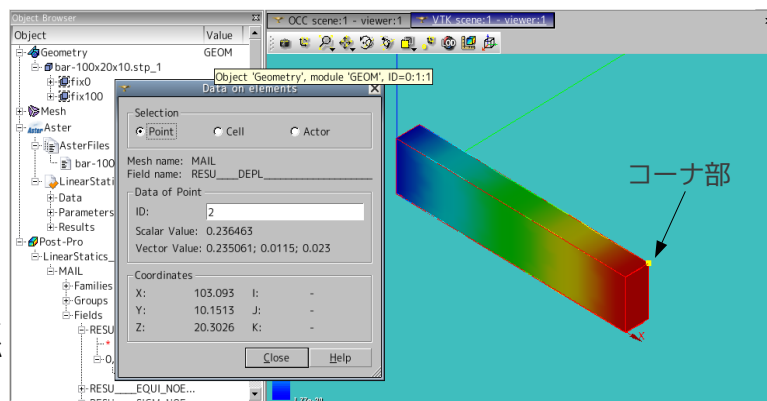
Y方向の伸びは、 $10\text{mm} \times 100^\circ\text{C} \times 23.0\text{e-}6 = 0.0230\text{mm}$ となる。Salomeの計算は、Y方向にまったく拘束していない為、コーナ部の伸びは片側の伸びを表している。従って、SalomeのY方向の伸びは、 $0.0115\text{mm} \times 2 = 0.0230\text{mm}$ となり、計算通りの答えになる。

同様に、Z方向の伸びは、 $20\text{mm} \times 100^\circ\text{C} \times 23.0\text{e-}6 = 0.046\text{mm}$ となるはずである。Salomeの計算は、 $0.0230\text{mm} \times 2 = 0.0460$ であり、計算通りの答え。

この為、温度の計算は、正しく行われている。

・ 端面に0.1MPaの圧力を掛けた場合

応力の検証を行う為、再度Code_Asterを編集して、今のモデルの端面に0.1MPaの圧力をかけてみる。端面の相当応力は、



マウスで選択したポイント

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

Scalar Value: 0.1732
 Vector Value: 0.1000 0.1000 -0.1000

となり、計算上の答えは、X方向に0.1MPaの圧力をかけた為、X方向の応力は0.1MPaになるはずである。Salomeの答えは、X方向が0.1000MPaであり、答えはあっている。応力テンソル（各方向の合力）を確認すると、

Scalar Value: 0.1000
 Vector Value: -0.1000 0.0000 0.0000

となっており、X方向のみ-0.1MPaであり、計算は合っている。

・端面のX方向を拘束した場合

端面をX方向のみに拘束した状態で再計算し、応力を確認する。

計算上の応力は、フリーであれば、X方向に0.230mm伸びるが、拘束されている為、0.230mm縮めた事になる。この為、歪は、 $0.23\text{mm} / (100\text{mm} + 0.23\text{mm}) = 0.002295$ となる。

応力は、 $\sigma = E\varepsilon = 70600\text{MPa} \times 0.002295 = 162.0\text{MPa}$ となるはずである。

Salomeが計算した端面中心の応力は、

| | 相当応力 | 応力テンソル |
|----------------|--------|--------|
| Scalar Value | 289.6 | 167.2 |
| Vector Value X | 167.2 | -167.2 |
| Y | 167.2 | 0.0000 |
| Z | -167.2 | 0.0000 |

となっており、ほぼ、計算どおりの答えが得られている。X方向の伸びが若干異なっていた為、応力の方も若干異なっている。これは、端面 fix0 を全面固定した為、この誤差が含まれていると思う。

3. Bi-Metal のモデルの場合

線膨張係数の異なる2種類の金属を張り合わせたモデルを考え、このモデルを温度変化させた時、変位や応力がどうなるか確認する問題を解く。

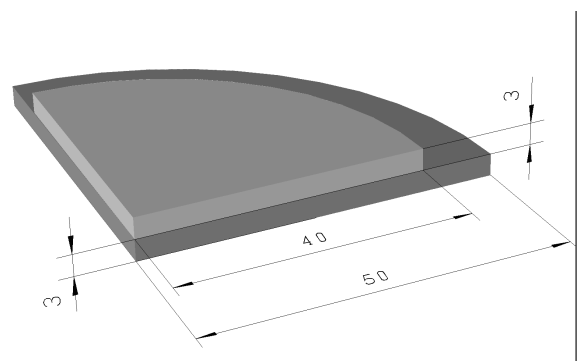
3-1. モデルの読み込み

「circle2.stp」を読み込む。このモデルは、円板が2枚あるモデルを中心で1/4にしたモデル。

R40mm t3mm
 R50mm t3mm

モデルが対称なので、1/4のモデルで考える。

解析は、~/CAE/thermal-circle/というフォルダを作りこの中で解析する。



3-2. モデルの再構築

読み込んだモデルは、2ヶのSolidで構成されている為、一旦、Fuse コマンドで一体のモデルにした後、Pa

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

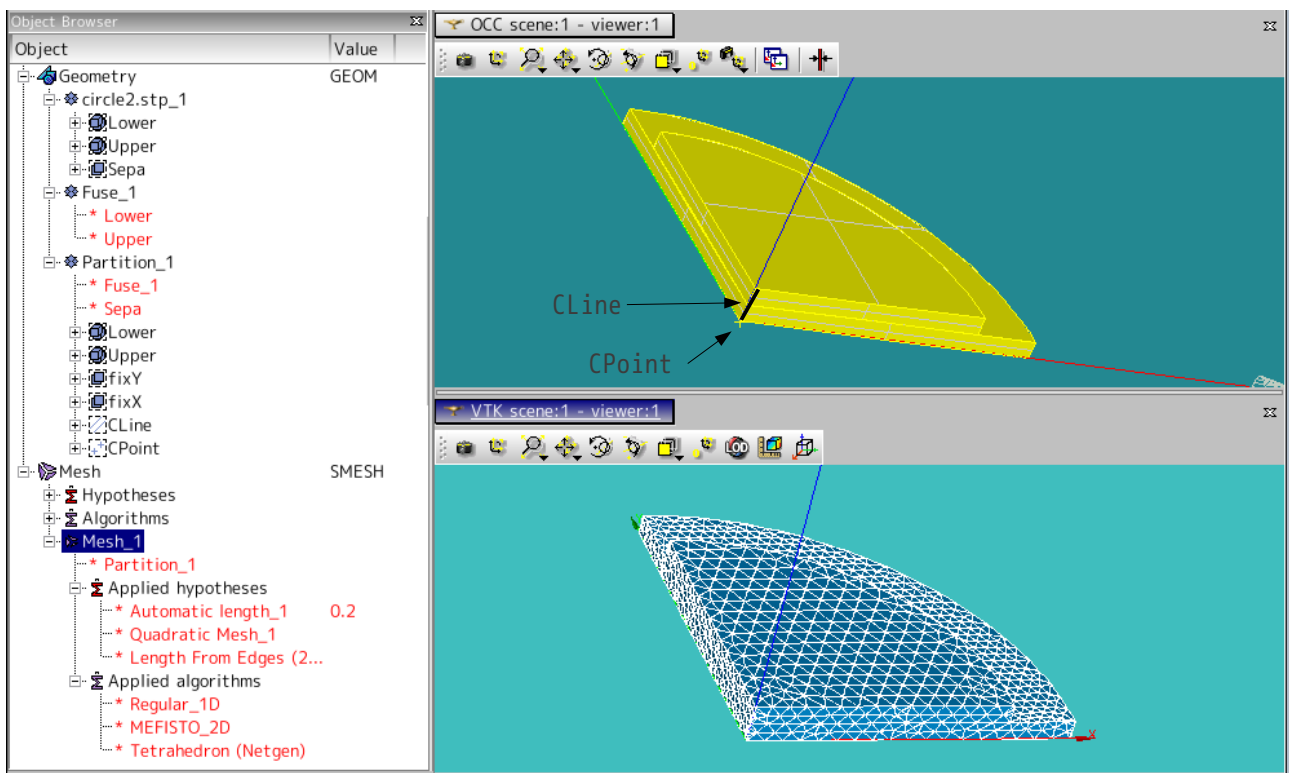
Partition コマンドで、分割してメッシュを切る。こうする事で、2ヶの Solid の境界面でも節点が共有できるモデルを作ることができる。（部品を連結させても良いが、誤差が大きくなってしまうので、複合材として解析する。） 方法については、複合モデルの解析方法を参照。
ツリーの構造は、下記。

Geometry

circle2.stp_1

| | |
|-------------|---|
| Lower | 下側の Solid |
| Upper | 上側の Solid |
| Sepa | 分割面 (Lower の上面) を定義 |
| Fuse_1 | Lower と Upper を Fuse で一体化 |
| *Lower | |
| *Upper | |
| Partition_1 | 一体化した Fuse_1 を Sepa 面で分割 (Partition) |
| *Fuse_1 | |
| *Sepa | |
| Lower | 下側の Solid (解析に使用する為、再定義) |
| Upper | 上側の Solid (↑) |
| fixY | XZ 平面でカットした Lower、Upper の面 (Y 方向に拘束する面) |
| fixX | YZ 平面でカットした Lower、Upper の面 (X 方向に拘束する面) |
| CLine | Z 軸に沿った円板 (Lower、Upper) の中心線 (XY 方向に拘束) |
| CPoint | Lower 下面の円板中心点 (XYZ 方向を拘束) |

解析を 1/4 のモデルで実施する為、カットした面は、面に垂直方向に拘束する必要がある。また、この他に、移動したり回転したりしないように、CLine、CPoint を定義して、変形に影響を与えない方向で拘束する。これら解析に使用する Volume、Face、Point は、最終的なモデル (Partition_1) の下に上記のように再定義する。



SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

| | | |
|----------------|-------------|------------------------------|
| ALPHA | 23.0e-6 | |
| AFFE_MATERIAU | MATE | 材料のセット |
| MALLAGE | MAIL | |
| AFFE | | |
| AFFE_1 | | |
| GROUP_MA | Lower | Lower に steel をセット |
| MATER | steel | |
| TEMP_REF | 20 | Lower の温度を 20°C にセット (参照温度) |
| AFFE_2 | | |
| GROUP_MA | Upper | |
| MATER | aluminum | Upper に aluminum をセット |
| TEMP_REF | 20 | Upper の温度を 20°C にセット (参照温度) |
| CREA_CHAMP | set_temp | set_temp という名前で温度を 120°C に設定 |
| TYPE_CHAM | NOEU_TEMP_R | 節点温度 |
| OPERATION | AFFE | |
| b_affe | | |
| MODELE | MODE | |
| b_affe_modele | | |
| AFFE | | |
| TOUT | OUI | |
| NOM_CMP | TEMP | |
| VALE | 120 | 120°C に設定 |
| AFFE_CHAR_MECA | CHAR | |
| MODELE | MODE | |
| TEMP_CALCULEE | set_temp | 温度を計算 |
| DDL_IMPO | | |
| DDL_IMPO_1 | | |
| GROUP_MA | fixX | X 方向を拘束 |
| DX | 0 | |
| DDL_IMPO_2 | | |
| GROUP_MA | fixY | Y 方向を拘束 |
| DY | 0 | |
| DDL_IMPO_3 | | |
| GROUP_MA | CPoint | 固定 |
| DX | 0 | |
| DY | 0 | |
| DZ | 0 | |
| DDL_IMPO_4 | | |
| GROUP_MA | CLine | XY 方向を拘束 |
| DX | 0 | |
| DY | 0 | |

3-6. 計算開始

通常通りに計算開始する。
前記と同様に、警告がでるがエラーの発生はない。

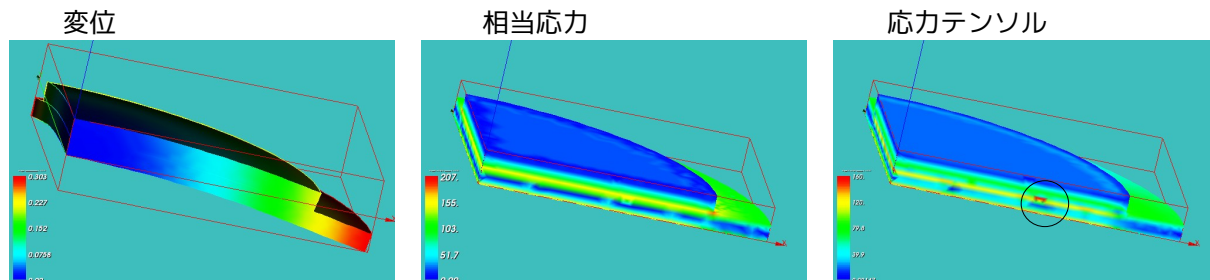
3-7. 結果の確認

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

変位を確認すると、温度上昇によって、下側に反り返った状態になっている。aluminumの方が伸びるので、下側に0.30mm反り返る。

最大の相当応力は、207MPaと確認できる。

aluminumの表面相当応力は、21.8MPa、steelの表面相当応力は、116MPaとなる。



応力テンソル中で局部的に応力が大きいところ（○内）が確認できる。ここに、メッシュを重ねると、メッシュが局部的に少し細かくなっていることが判る。2次メッシュに設定したが、まだメッシュが荒すぎたようだ。応力が最大になるところは、UpperとLowerの境界面であるため、この部分を細かくすべきだった。

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

4. 境界条件の設定方法のまとめ

今回、熱応力を定義したため、境界条件の設定方法をまとめてみる。

境界条件：「AFFE_CHAR_MECA」の代表的なオペランド

| 区分 | | オペランド | 意味 |
|----|---------|--|---|
| 荷重 | 点に働く荷重 | FORCE_NODALE GROUP_NO | 1点当たりの荷重 |
| | 線に働く荷重 | FORCE_ARETE GROUP_MA | 単位長さ当たりの荷重 |
| | 面に働く荷重 | FORCE_FACE GROUP_MA | 単位面積当たりの荷重 |
| | 体積に働く荷重 | FORCE_INTERNE GROUP_MA TOUT | 単位体積当たりの荷重 密度の値にすると 1G の加速度が働くことと 等価。自重のたわみを計算できる |
| | 圧力 | PRES_REP GROUP_MA | 面に垂直方向に働く圧力 |
| 変位 | 各部 | DDL_IMPO GROUP_NO GROUP_MA | 変位 |
| 関係 | 連結 | LIAISON_MAIL GROUP_MA_MAII GROUP_MA_ESCL | 部品同士を連結 本体の部品 (Volume) 小さい部品の接着面 (Face) 接着面が本体からはみでないように定義 |
| | 変形の規制 | LIAISON_UNIF GROUP_MA DX,DY,DZ | 定義したグループは規制した方向に変形しない。全方向で規制するとそのグループは変形しない (形状を保ったまま変形する) |
| 温度 | 線膨張の計算 | TEMP_CALCULEE | CREA_CHAMP で定義した温度 Field で線膨張を計算する。 |

Field 作成：「CREA_CHAMP」の代表的なオペランド

| 区分 | | オペランド | 意味 |
|-----------|-----------|---------------------------------|----------------------------|
| Field の作成 | Field の定義 | TYPE_CHAM NOEU_TEMP_R | Field の定義 節点温度として定義 |
| | Field の設定 | AFFE TOUT NOM_CMP VALE | Field の設定 全て 名前 値 |

5. ソースコード

```
----- bar-100.comm の内容 -----
DEBUT();
```

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

```

MAIL=LIRE_MAILLAGE(UNITE=20,
FORMAT='MED',);

MODELE=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
AFFE=_F(TOUT='OUI',
PHENOMENE='MECANIQUE',
MODELISATION='3D',),);

ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=132000,
NU=0.343,
RHO=8.96e-9,));

CHMAT=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
AFFE=_F(TOUT='OUI',
MATER=ACIER,));

BLOCAGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODELE,
DDL_IMPO=(
_F(GROUP_MA='fix',
DX=0,
DY=0,
DZ=0,)),);

MACRO_MATR_ASSE(MODELE=MODELE,
CHAM_MATER=CHMAT,
CHARGE=BLOCAGE,
NUME_DDL=CO('NUMEDDL'),
MATR_ASSE=(_F(MATRICE=CO('RIGIDITE'),
OPTION='RIGI_MECA',),
_F(MATRICE=CO('MASSE'),
OPTION='MASS_MECA',),));

MODES=MODE_ITER_SIMULT( MATR_A=RIGIDITE,
MATR_B=MASSE,
CALC_FREQ=_F(
OPTION='PLUS_PETITE',
NMAX_FREQ=5,));

IMPR_RESU(MODELE=MODELE,
FORMAT='MED',
RESU=_F(MAILLAGE=MAIL,
RESULTAT=MODES,
NOM_CHAM='DEPL',));

FIN();

```

----- circle2.comm の内容 -----

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

```

DEBUT();

MA=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=130300.0,
                        NU=0.343,)),);

Steel=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=212000,
                        NU=0.293,
                        ALPHA=11.8e-6,)),);

Aluminum=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=70600,
                                NU=0.345,
                                ALPHA=23.0e-6,)),);

MAIL=LIRE_MAILLAGE(FORMAT='MED',);

MODE=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
                AFFE=_F(TOUT='OUI',
                        PHENOMENE='MECANIQUE',
                        MODELISATION='3D',)),);

MAIL=MODI_MAILLAGE(reuse =MAIL,
                  MAILLAGE=MAIL,
                  ORIE_PEAU_3D=_F(GROUP_MA='fixX',)),);

MATE=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
                  AFFE=( _F(GROUP_MA='Lower',
                            MATER=Steel,
                            TEMP_REF=20,),
                        _F(GROUP_MA='Upper',
                            MATER=Aluminum,
                            TEMP_REF=20,)),),);

set_temp=CREA_CHAMP(TYPE_CHAM='NOEU_TEMP_R',
                   OPERATION='AFFE',
                   MODELE=MODE,
                   AFFE=_F(TOUT='OUI',
                           NOM_CMP='TEMP',
                           VALE=120,)),);

CHAR=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODE,
                   TEMP_CALCULEE=set_temp,
                   DDL_IMPO=( _F(GROUP_MA='fixX',
                                   DX=0.0,),
                             _F(GROUP_MA='fixY',
                                   DY=0,),
                             _F(GROUP_NO='CPoint',
                                   DX=0,
                                   DY=0,
                                   DZ=0,),
                             _F(GROUP_MA='CLine',
                                   DX=0,
                                   DY=0,
                                   DZ=0,)),);

```

SalomeMeca の使いかた -- 5.0 線形熱応力

```
DX=0,  
DY=0,)),);
```

```
RESU=MECA_STATIQUE(MODELE=MODE,  
CHAM_MATER=MATE,  
EXCIT=_F(CHARGE=CHAR,)),);
```

```
RESU=CALC_ELEM(reuse =RESU,  
MODELE=MODE,  
CHAM_MATER=MATE,  
RESULTAT=RESU,  
OPTION=('SIGM_ELNO_DEPL', 'EQUI_ELNO_SIGM', ),  
EXCIT=_F(CHARGE=CHAR,)),);
```

```
RESU=CALC_NO(reuse =RESU,  
RESULTAT=RESU,  
OPTION=('SIGM_NOEU_DEPL', 'EQUI_NOEU_SIGM', ),),);
```

```
IMPR_RESU(FORMAT='MED',  
UNITE=80,  
RESU=_F(MAILLAGE=MAIL,  
RESULTAT=RESU,  
NOM_CHAM=('SIGM_NOEU_DEPL', 'EQUI_NOEU_SIGM', 'DEPL', ),),),);
```

```
FIN();
```