

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結

信頼性課 藤井 08/6/7

SalomeMeca の使い方 -- 4.0 部品の連結 (SalomeMeca 2008.1)

目次

1. はじめに
2. 部品間の隙間が無いモデルの場合
 - 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. 計算開始
 - 2-6. 結果の確認
3. 部品間に隙間があるモデルの場合
 - 3-1. モデルの作成
 - 3-2. メッシュの作成
 - 3-3. Aster Code の作成
 - 3-4. Aster Code の編集
 - 3-5. 計算開始、結果の確認
 - 3-6. その他（負荷面の形状を規制する方法）
4. 連結の定義方法
5. 境界条件の設定方法のまとめ
6. ソースコード

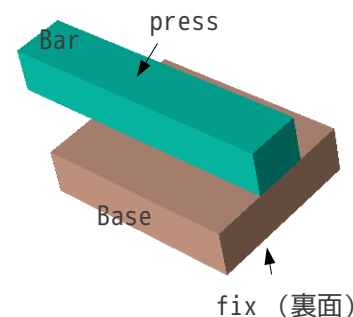
1. はじめに

複数の Solid を連結（結合）して Assy を作り、Assy の線形解析をする問題を考える。
 複数の部品を配置した後、連結する箇所を定義して連結し解析する。連結部で荷重や変位を相手側に伝え構造解析する。

この問題は、複雑な部品を組み合わせる Assys を作って解析するには、都合のよい方法であるが、連結部の誤差が発生する。連結部の誤差をなくすためには、複合材（連結部で節点を共有するモデル）のモデルを作り解析するが、複雑な部品の場合、複合材のモデルを作るのは、難しくなってくる。

2. 部品間の隙間が無いモデルの場合

部品を組み合わせる Assys を作るが、これら部品間の隙間が 0 の場合で解析してみる。モデルは、複合材モデルで解析した「multi-bar-1.stp」を使う。解析は、~/CAE/Assy/ 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

モデルは、2ヶの Solid で構成される「multi-bar-1.stp」を読み込む。
 Base と Bar を配置している。Base の下面を固定して、Bar の上面に荷重を掛けてひずませる。複合材で解析した方法と同じ方法で解析する。

2-2. Entity の作成

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結

解析に使用する Face や Volume を定義する。

まず、Base と Bar をグループ化する。この後、Base の下面を「fix」、上面（連結面）を「contBase」と言う名前でグループ化する。Bar の下面（連結面）を「contBar」、上面を「press」でグループ化する。この状態での、Object Browser ツリーの構造は、下記。

Geometry

multi-bar-1.stp_1	
Base	Solid1 (Base)
*multi-bar-1.stp_1	
fix	固定面
contBase	Base の連結面
Bar	Solid2 (Bar)
*multi-bar-1.stp_1	
contBar	Bar の連結面
press	荷重を付加する面

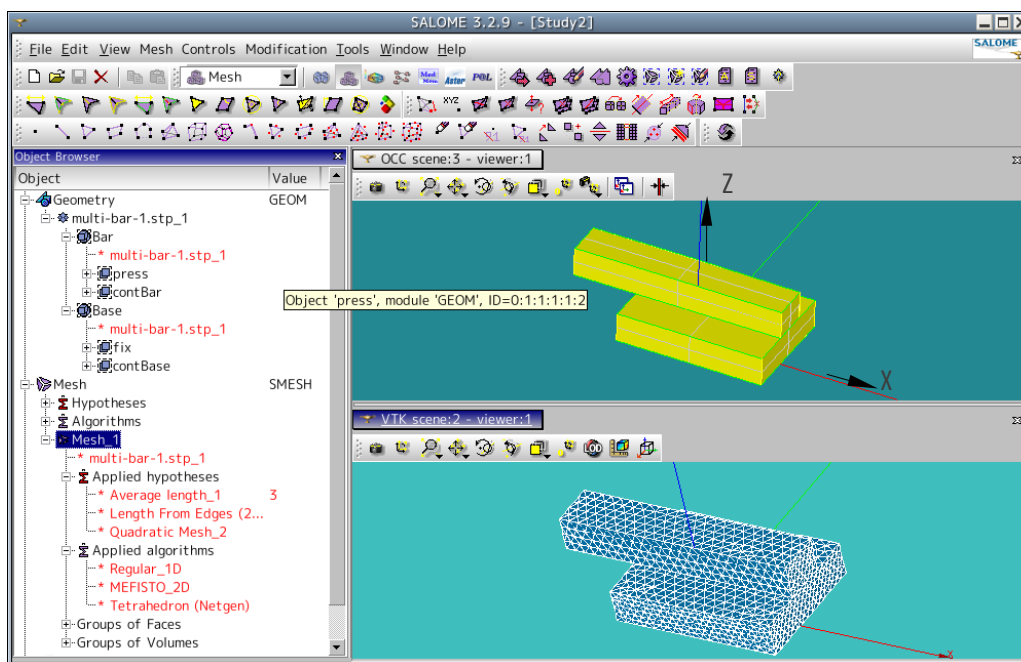
2-3. メッシュの作成

Salome を Mesh 画面に変えて、メニューバーの「Mesh」「Create Mesh」でメッシュを切る。（Create Mesh 画面内の Geometry が「multi-bar-1.stp_1」に設定されていることを確認する。）

メッシュは、複合材モデルと比較するために、複合材モデルとまったく同じ方法でメッシュを切った。

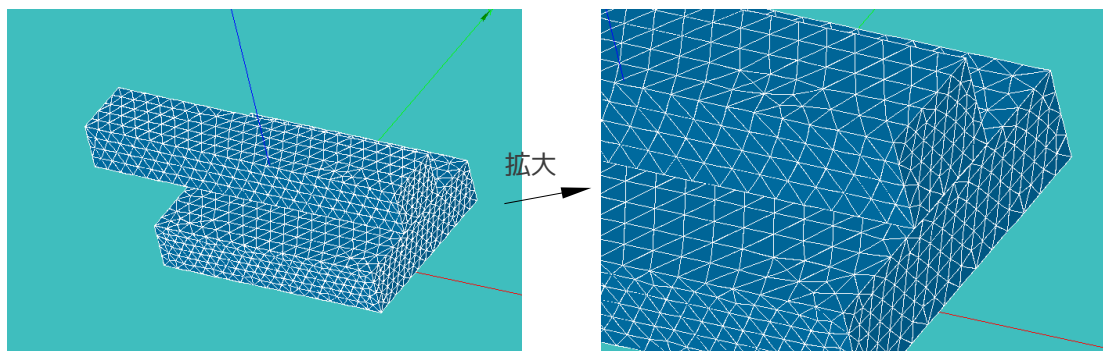
三角形で高次のメッシュ Average Length=3

以下の画面が、今回の設定内容。



メッシュ部分を拡大すると、部品を連結させた場合、部品の境界面で節点を共有しておらず、完全に分離されたモデルになっている事が判る。

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結



2-4. Aster Code の作成

Salome 画面を Mesh から Aster に変える。

メニューバー上の「Code_Aster Wizards」をクリックして、通常の線形解析を実施し、Aster Code を作成する。（fix 面を固定し、press 面に 0.1MPa の圧力をかける。Aster Code の File 名は、「~/CAE/Assy/multi-bar-1.comm」とした。材料定数は、後で編集するので適当な値を入力しておく。）

出来上がった Aster Code を連結問題が解ける様に編集する。

Object Browser ツリー上の Aster-AsterFiles-multi-bar-1.comm を右クリックして「Aster Edit(EFICAS)」を選択する。

EFICAS 画面上の multi-bar-1.comm-AFFE_CHAR_MECA をクリックして選択。右のテキストボックス内の「LIAISON_MAIL」をダブルクリックしてツリーに追加する。（境界条件に連結コマンドを追加する。）

ツリー上の「LIAISON_MAIL」を選択して、「GROUP_MA_MAIT」をダブルクリックしてツリーに追加する。（連結する相手を定義する。）

Valeur テキストボックスに「Bar」を入力し、右手アイコンをクリック、「Valider」ボタンをクリックして、連結する相手 (Bar) を定義。

LIAISON_MAIL を選択して、右画面上の「GROUP_MA_ESCL」をダブルクリックしてツリーに追加する。

Valeur テキストボックス内に「contBase」を入力し、右手アイコン、「Valider」ボタンをクリック。（Bar と連結する面 (contBase) を定義する。）

以上で連結の定義は、終了。ツリーの構造は、下記。

AFPE_CHAR_MECA	CHAR	
MODELE	MODE	
DDL_IMPO		
GROUP_MA	fix	
DX	0.0	
DY	0.0	
DZ	0.0	
LIAISON_MAIL		連結の定義
GROUP_MA_MAIT	Bar	連結する相手の部品
GROUP_MA_ESCL	contBase	連結面
PRES_REP		
GROUP_MA	press	
PRES	0.1	

連結の定義は、「LIAISON_MAIL」コマンドで定義する。上記の例では、Bar と contBase を連結させている。ついでに材料定数も、複合材モデルで確認した定数と同じ定数に変更しておく。ツリーの構造は、下記。

DEFI_MATERIAU	Aluminum
ELAS	
E	70600
NU	0.345

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結

DEF_MATERIAU	Steel
ELAS	
E	212000
NU	0.293
AFFE_MATERIAU	MATE
MAILLAGE	MAIL
AFFE	
AFFE_1	
GROUP_MA	Base
MATER	Aluminum
AFFE_2	
GROUP_MA	Bar
MATER	Steel

「フロッピー」のアイコンをクリックして保存。Salome-Boundary Conditions 画面が現れるので、今定義した Aster Code を適用するメッシュ (Mesh_1) を選択し、「OK」ボタンをクリック。
この状態では、EFICAS が終了していないので、タスクバー上の「EFICAS」ボタンをクリックして、終了させておく。

2-5. 計算開始

通常通りに、「LinearStatics_3DMesh_1」を右クリックして、「Solve Code_Aster Case」を選択して、計算開始させる。

途中、警告がでるが計算は正常にされている（エラーの発生はない）ようなので、ここでは、無視しておく。（警告の内容については、4項参照。）

この方法は、もともと CAELinux に添付されている「tutorials/JMLtutorials/caelinux4.pdf」と同じ方法を取っている。tutorial の方法は、Salome で1次メッシュを作り、Aster Code で2次メッシュに変換して新たなメッシュを作り、このメッシュに再度グループ名を定義し、連結（接触）問題を解いているので、Aster Code が複雑になっている。今回の方法は、Salome で2次メッシュを作って、そのまま連結コマンドを追加するだけなので、編集は少なく済む。

実行に関して、連結させたモデルでは、複合材モデルに比べて、多少計算時間がかかる。

2-6. 結果の確認

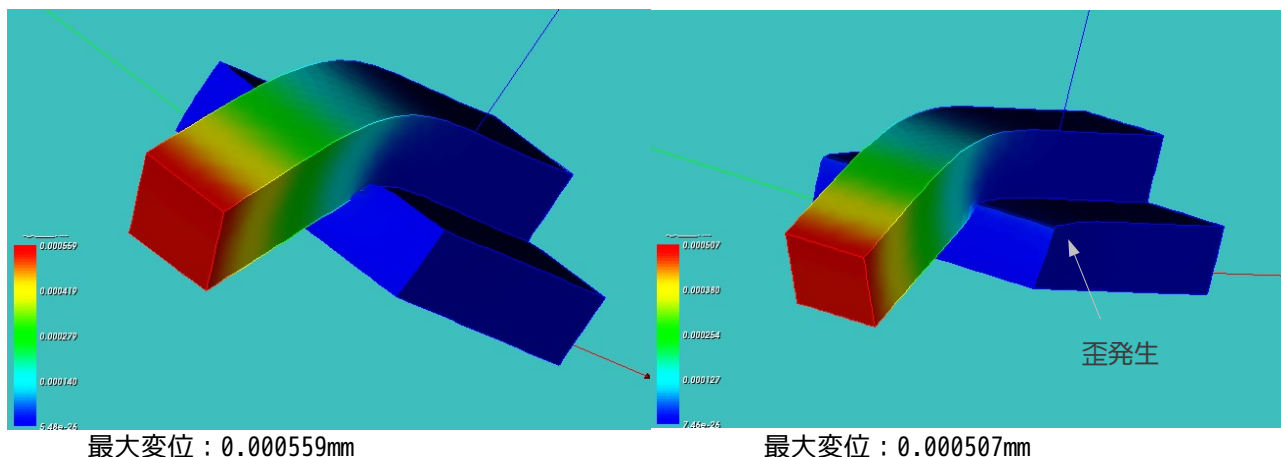
今回の結果を、複合材のモデルと比較してみる。

複合材モデルと少し違った結果になる。やはり連結させたモデルは、連結部に少し誤差が出てしまう。連結モデルは、contBase 面全体で Bar と連結させた為、contBase 面全体がひずんでいる。→詳細は4項参照。

複合材モデル

今回（連結モデル）

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結



3. 部品間に隙間があるモデルの場合

前記したモデルは、2ヶの部品間に隙間なく（隙間ゼロ）配置されたモデルを作りで解析したので、2ヶの部品間に意識的に隙間を設けて配置した場合も解析できるかどうか確認する。（複数の部品を作りこれらを配置して Assy とした時、通常は、部品間に微妙な隙間や食い込みが生じてしまう。）

3-1. モデルの作成

現状のモデルに対し、Bar を 0.5mm 分 Z 方向に移動させて Base と Bar に 0.5mm 分の隙間を空ける。Salome 画面を Geometry 画面に変える。

・ Bar を 0.5mm 分 Z 方向に移動

メニューバー上の「Operation」「Transformation」「Translation」を選択。
Name を「Bar0.5」に設定、Objects を「Bar」に設定、Dz を 0.5 に設定し、「OK」ボタンをクリック。
この状態で、Solid は、「Bar」「Bar0.5」「Base」の 3ヶ存在する事になる。

・ 複合モデル (Compound) の作成

「Bar0.5」と「Base」の Solid を使って、新しい複合 (Compound) モデルを作る。メニューバー上の「New Entity」「Build」「Compound」を選択。

Objects を「Base」と「Bar0.5」を選択 (ctl キーを押したままクリックして選択する) する。テキストボックス内には、「2_Objects」と表示される。

これで、Compound_1 という object がツリーに追加されている。

Compound_1 を右クリックして、「Display only」を選択して表示させ、モデルを水平にすると、少し隙間が空いたモデルになっていることが確認できる。

・ Entity の作成

Compound_1 の下に必要なグループを作成する。

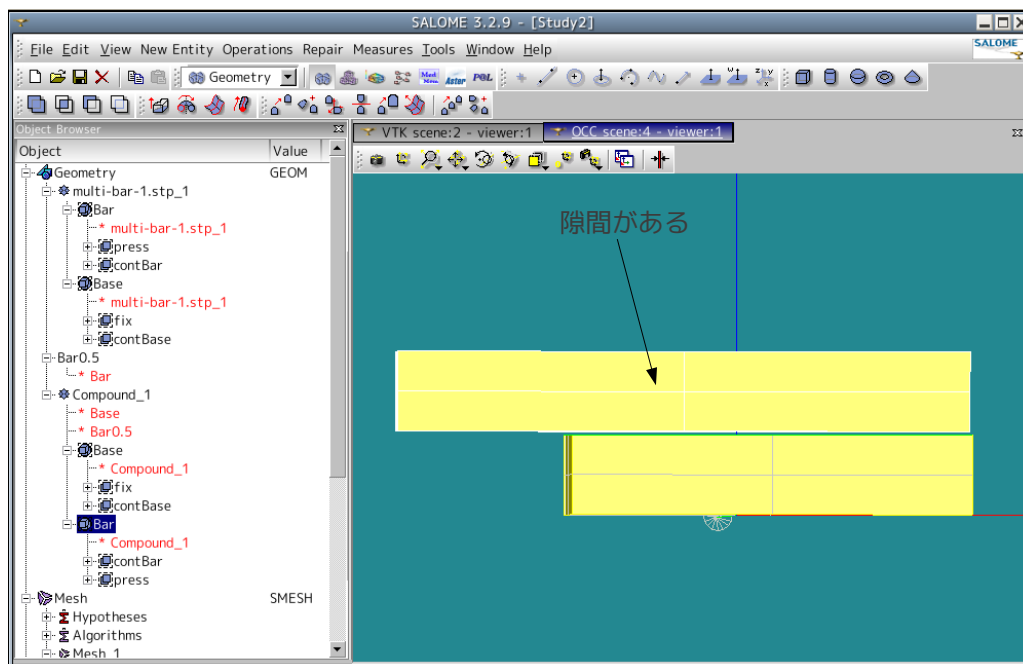
下記のように作成した。この名前は、前回解析した名前と同じ名前になっているがツリーが異なっているので同じ名前でも構わない。（解析は、Compound_1 を使うので、この下に解析時に必要になってくる Face などを定義しておく必要がある。）

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結

```

Compound_1
*Base
*Bar0.5
Base
*Compound_1
fix
contBase
Bar
*Compound_1
contBar
press

```



3-2. メッシュの作成

同様にメッシュを作成する。Object は、「Compound_1」になることに注意。Object Browser ツリー上に Mesh_2 が新しく出来上がる。

3-3. Aster Code の作成

Geometry は「Compound_1」、メッシュは「Mesh_2」となることに注意する。

境界条件は、Base の下面 (fix) を固定し、Bar の上面 (press) を 0.1mm 押し下げる条件にする。(Base と Bar に 0.5mm の隙間を設けたので、Bar を 0.1mm 押し下げても Base に接触しない値に設定する。)

変位は、fix 面を固定 (XYZ 方向は 0)、press 面を Z 方向に -0.1 (XY 方向は 0) で指定。圧力は、適当な面に適当な値を入力しておく。(圧力の境界条件は、後で削除する。)

ファイル名は、新しく作成して保存しておく。ファイル名は、multi-bar-1-1.comm とした。

3-4. Aster Code の編集

境界条件 (AFFE_CHAR_MECA) は、PRES_REP を削除し、連結 (LIAISON_MAIL) を追加する。材料定数は、両部品とも、E:130300MPa、NU:0.343 の値を入れた。

最終的にツリーの構造は、下記。

```

multi-bar-1-1.comm
AFFE_CHAR_MECA      CHAR
MODELE              MODE
DDL_IMPO
  DDL_IMPO_1
    GROUP_MA        press      Z 方向に-0.1mm 変位させる
    DX              0
    DY              0
    DZ              -0.1
  DDL_IMPO_2
    GROUP_MA        fix        固定

```

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結

```

DX          0
DY          0
DZ          0
LIAISON_MAIL
GROUP_MA_MAIT Bar          連結する部品
GROUP_MA_ESCL contBase    連結する相手の面

```

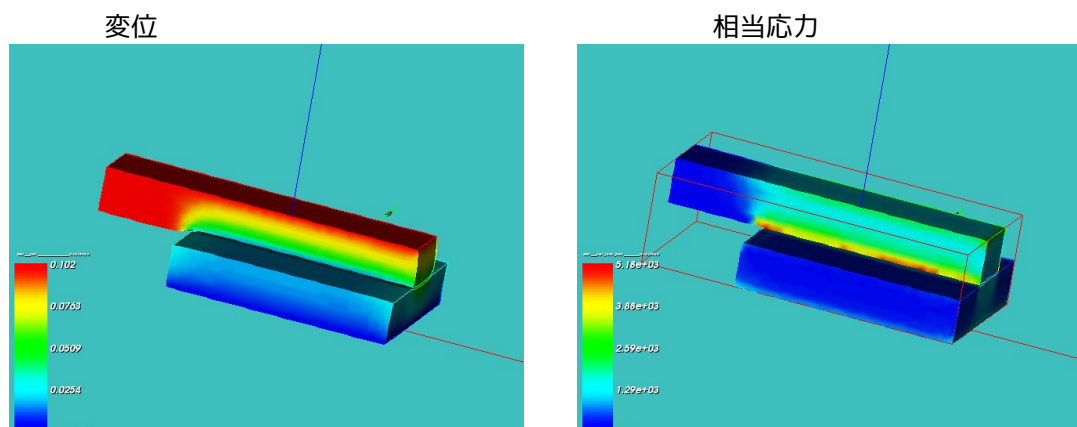
保存時に、Geometry と Mesh を聞いてくるので、「Compound_1」「Mesh_2」を選択することに注意。連結する部品に連結する相手の面が含まれるように、MAIT と ESCL を決める。（面が部品からはみでないようにする。）この様に決めると、警告がでない。逆（面が部品からはみでる）様に、決めると警告がでる。詳細は、4 項参照。

3-5. 計算開始、結果の確認

前回と同様な方法で計算開始する。

警告はでるが、計算は、エラーなく無事終了。

隙間が 0.5mm あるものに対して、0.1mm 下げるので、普通に考えると、接触せず、応力は発生しないはずであるが、部品を連結している為、連結部で荷重や変位がそのまま相手側に伝わり、解析するので、応力が発生している。



3-6. その他（負荷面の形状を規制する方法）

荷重を掛けたり変位させたりして負荷をかける場合、負荷面の形状を保ちながら負荷を掛けたい時には、下記のように境界条件を設定する。

今回の連結問題は、CAELinux に添付されている「tutorials/JMLtutorials/caelinux4.pdf」を参考にして、解析している。この資料内に負荷面の形状をを変化させず変形させる事例があったので、ここで確認する。

・平面を保ちながら荷重を掛ける時（平面の形は変化する）

Bar の突き出た端面に荷重を掛ける。この時、端面の平面を保ちながら荷重を掛ける。（平らな平面で端面を押すイメージ。平面で押すため、端面は平面を保ちながら変形していく。）

端面を「EndFace」と言う名前でグループ化しておく。

この時の AFFE_CHAR_MECA のツリー構造は、下記。

```

multi-bar-1-1.comm
AFFE_CHAR_MECA CHAR
MODELE          MODE

```

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結

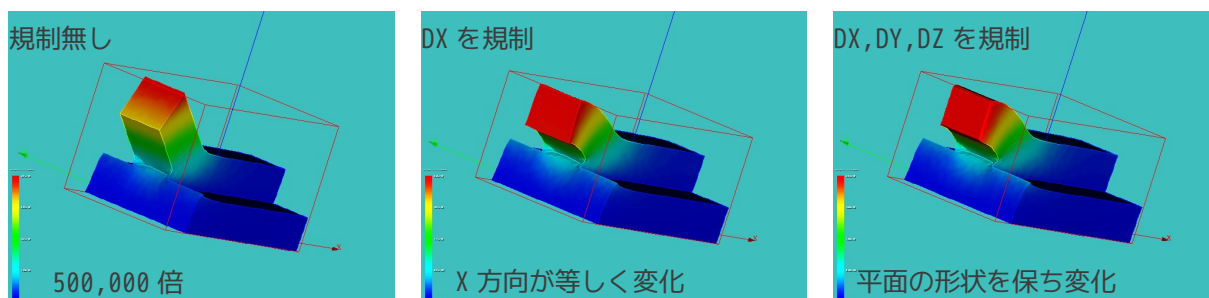
```

DDL_IMPO
  GROUP_MA      fix          固定
  DX            0
  DY            0
  DZ            0
FORCE_FACE
  GROUP_MA      EndFace
  DX            0.1
LIAISON_MAIL
  GROUP_MA_MAIT Bar          連結する部品
  GROUP_MA_ESCL contBase     連結する相手の面
LIAISON_UNIF
  GROUP_MA      EndFace
  DDL           DX          端面の X 方向（荷重を掛ける方向）の寸法を等しくする

```

LIAISON_UNIF コマンドを使って、この指定を行っており、上記の内容で、EndFace は平面を保ったまま変位していくことになる。上記内容は、X 方向しか規定していない為、EndFace は平面のままであるが、YZ 方向には変形するので、平面の形は変化する。

・平面の形状を保ちながら荷重を掛ける時
EndFace の形そのものを保ちながら変形させたいのであれば、DX だけ出なく全方向 (DX, DY, DZ) で規定すれば、形を保ったまま変形していく。



4. 連結の定義方法

部品を連結させる時に、どの面を ESCL に、どの部品を MAIT にすればよいか（定義方法）を確認する。

右図のモデル「cube-pole.stp」で連結させるグループの全組合せで計算できるかどうかを確認する。

この結果が下表の結果となった。この結果から、最終的には下記の方法で決定すれば、エラーやアラームが発生しない。

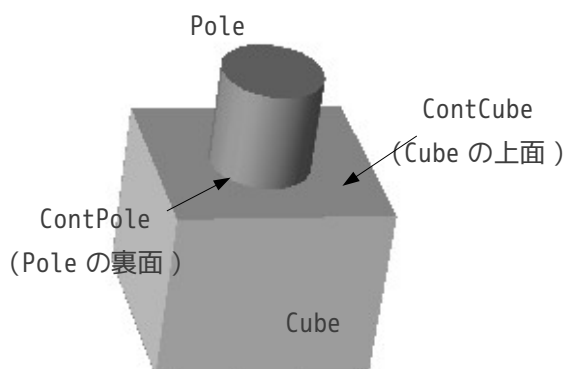
考え方は、大きな本体部品に、小さい接着部品を連結させると考えて、本体の部品と小さい部品の接着面を定義する。（接着面に接着剤をつけて本体に接着する）と考え、この時に接着剤がはみでない様に部品 (MAIT) と接着面 (ESCL) を定義すればよい。）

指定方法は、

```

LIAISON_MAIL
  GROUP_MA_MAIT Cube          連結コマンド
  GROUP_MA_ESCL contPole     連結する本体の部品 Cube (Volume)
                              本体に接着する部品 Pole の接着面 (Face)

```



SalomeMecaの使いかた -- 4.0 部品の連結

とすればよいことになる。

No.	GROUP_MA_MAIT	GROUP_MA_ESCL	結果
1	Pole	Cube	エラー発生
2	Pole	contCube	計算できる (警告はでる)
3	contPole	Cube	エラー発生
4	contPole	contCube	エラー発生
5	Cube	Pole	計算できる (警告はでる)
6	Cube	contPole	計算できる (警告、エラーなし)
7	contCube	Pole	エラー発生
8	contCube	contPole	エラー発生

2項の例は、Base、Barのどちらを本体側にしても、接着面が部品からはみでしてしまうので警告は必ず発生する。従って、正しくは、BaseをMAITにし、Bar側の接触面のみを新たに定義してESCLとして、解析する事になる。

また、2-6項の変位のコンタ図を見ても明らかな様に、contBase面とBarを連結させた為、contBase面全体とBarが連結されており、contBase面が一樣に変形している。→ここでも誤差が生じていることになる。やはり、Bar側の接触面のみをESCLとして定義して解析すべきか。

5. 境界条件の設定方法のまとめ

今回、「AFFE_CHR_MECA」コマンドで連結を定義したので、このコマンドの使い方についてまとめてみる。

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_MAIT 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

SalomeMecaの使いかた -- 4.0 部品の連結

	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）
--	-------	--------------------------------------	---

6. ソースコード

----- multi-bar-1.comm の内容 -----

DEBUT();

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

```
Aluminum=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=70600,
                                NU=0.345,)),);
```

```
Steel=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=212000,
                              NU=0.293,)),);
```

```
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='press',)),);
```

```
MATE=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
                  AFFE=( _F(GROUP_MA='Base',
                             MATER=Aluminum,),
                        _F(GROUP_MA='Bar',
                             MATER=Steel,)),),);
```

```
CHAR=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODE,
                   DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='fix',
                               DX=0.0,
                               DY=0.0,
                               DZ=0.0,)),
                   LIAISON_MAIL=_F(GROUP_MA_MAIT='Bar',
                                     GROUP_MA_ESCL='contBase',),),
                   PRES_REP=_F(GROUP_MA='press',
                               PRES=0.1,)),);
```

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

```
RESU=CALC_ELEM(reuse =RESU,
               MODELE=MODE,
```

SalomeMeca の使いかた -- 4.0 部品の連結

```

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();

```

-----cube-pole.comm の内容-----

```

DEBUT();

```

```

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

```

```

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='press',));

```

```

MATE=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
                  AFFE=_F(TOUT='OUI',
                          MATER=MA,));

```

```

CHAR=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODE,
                    DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='fix',
                                DX=0.0,
                                DY=0.0,
                                DZ=0.0),
                    LIAISON_MAIL=_F(GROUP_MA_MAIT='contCube',
                                    GROUP_MA_ESCL='contPole'),
                    PRES_REP=_F(GROUP_MA='press',
                                PRES=0.1,));

```

```

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

```

SalomeMecaの使いかた -- 4.0 部品の連結

```
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();
```