

SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析

信頼性課 藤井 08/5/19

SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析 (SalomeMeca 2008.1)

目次

1. はじめに
2. 解析方法
3. 単純モデルの解析
 - 3-1. モデルの作成
 - 3-2. Code_Aster の作成
 - 3-3. 実行、結果の確認
4. L字モデルの解析
 - 4-1. モデルの作成
 - 4-2. Code_Aster の作成
 - 4-3. 実行、結果の確認
5. Code_Aster

1. はじめに

構造解析する場合、構造物の固有振動数がどこにあるか又、その周波数で共振した場合、どのような形状で共振しているのかが、問題になることがある。共振して構造物が破壊した場合、これらの事が判れば、対策がとれる。

この為、ここで固有振動数と変形の形状を解析する方法（モーダル解析）を示す。

2. 解析方法

単純な片持ちばりのモデルを読み込み、片側端面を固定した場合の固有振動数を確認する。高次の固有振動数まで含めると際限が無いので、5kHz までの固有振動数を求めることにする。固有振動数を求めた後、結果が理論解析とあっているかどうかを検証する。

3. 単純モデルの解析

片持ちばりの単純モデルで解析する。

3-1. モデルの作成

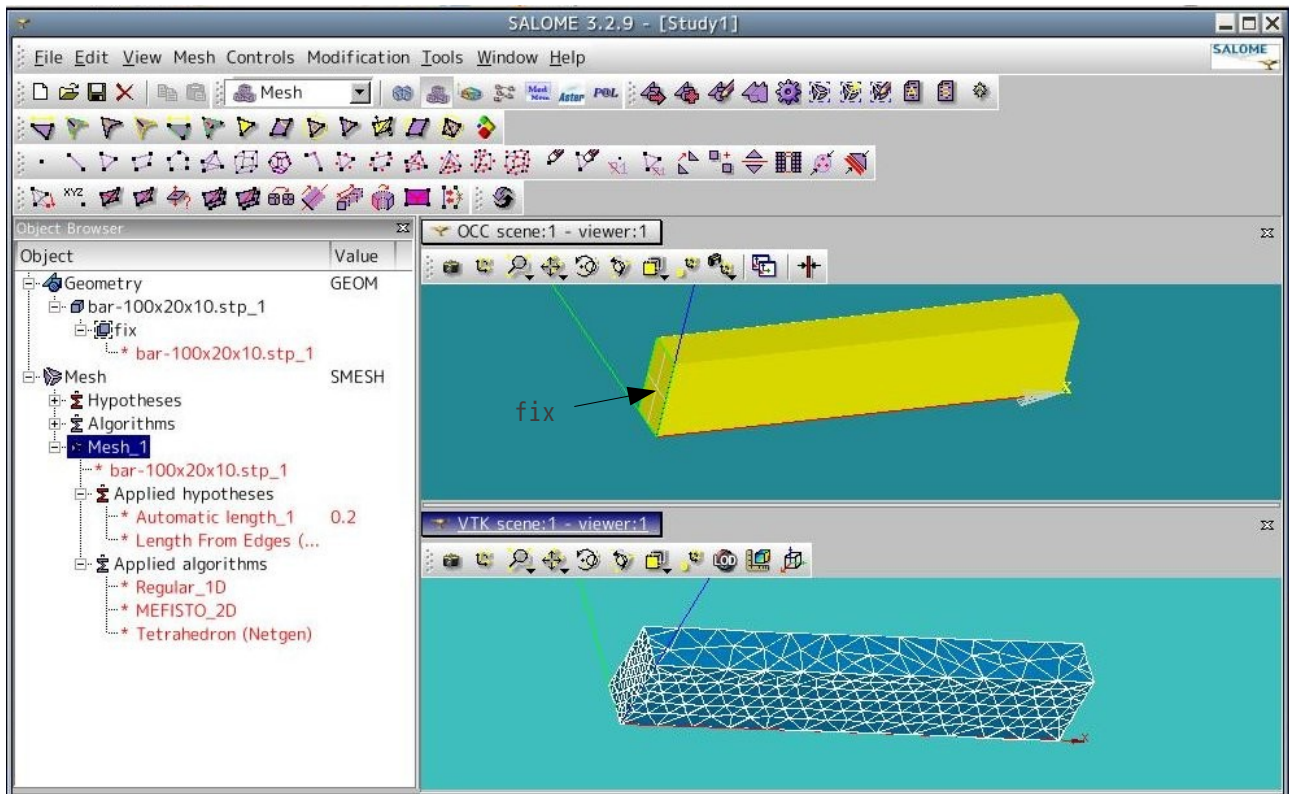
モデルは、片持ちばりのモデル (bar-100x20x10.stp) を使う。このモデルを Salome で読み込む。

読み込んだ後は、固定面を「fix」としてグループ化しておく。

メッシュは、3角形の1次メッシュとし、メッシュの荒さは、Automatic Length 0.2 (クリック2回分) としている。

詳細は、下図参照。

SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析



3-2. Code_Aster の作成

Salome のウィザードを使って、Code_Aster を作成する。

材料定数は、以下を入力。(機械実用便覧 第5版 日本機械学会 より引用)

単位は、mmkg 系としている。従って、密度の単位が ton になっていることに注意。

材質	Cu
ヤング率	132000 MPa
密度	8.96e-9 ton/mm ³
ポアソン比	0.343

「NMAX_FREQ」(求めようとする固有振動数の数)は、「5」を入力した。5kHz までの固有振動数を求めようとしている為、「NMAX_FREQ = 5」で 5kHz までの固有振動数が求まるかどうかは、判らないが、ここはトライアンドエラーで「NMAX_FREQ」を決めるしかない。

3-3. 実行、結果の確認

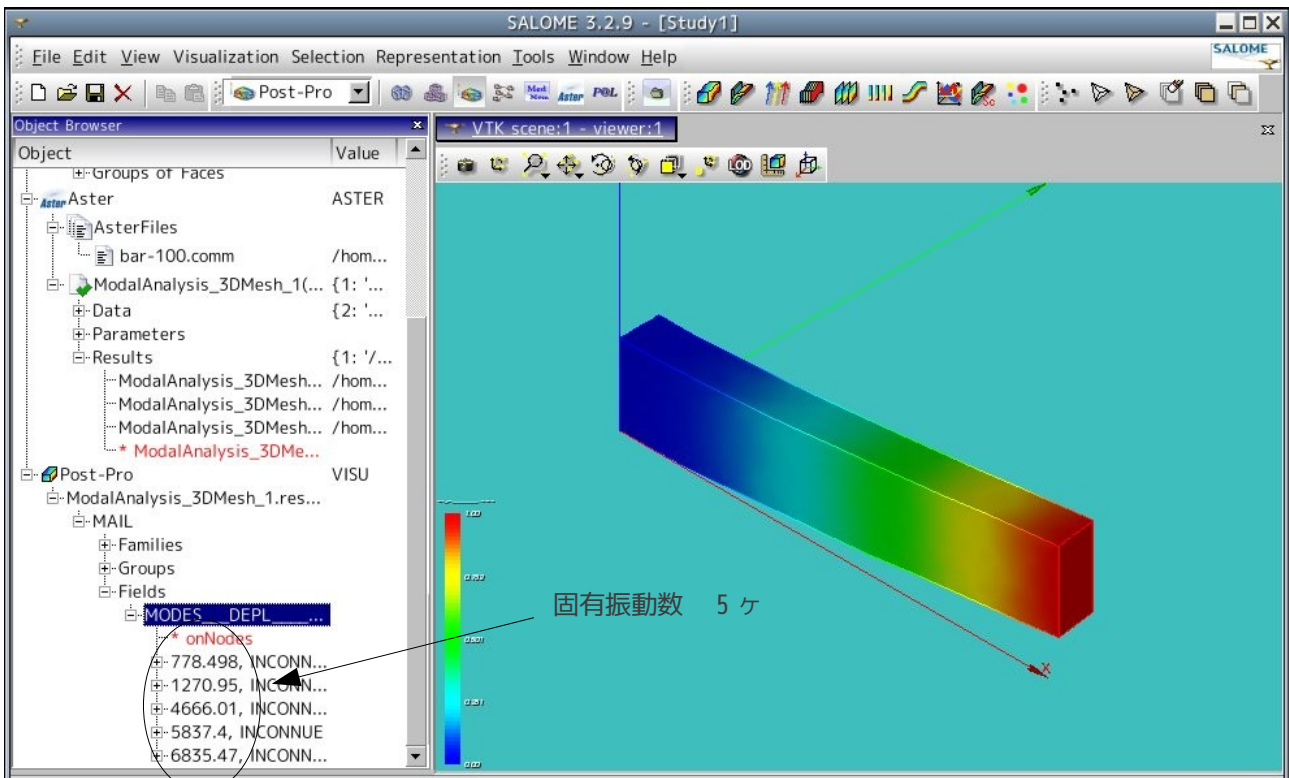
できあがった Code_Aster を実行する。

エラーが無いことを確認後、Post-Pro で結果を確認する。(ウィザードで実行した為、エラーは無いはず。もしエラーが発生する様であれば、入力データを再確認する。)

結果は、下図のように得られる。変位の図であるが、変位の絶対値は意味を持っていないので注意。

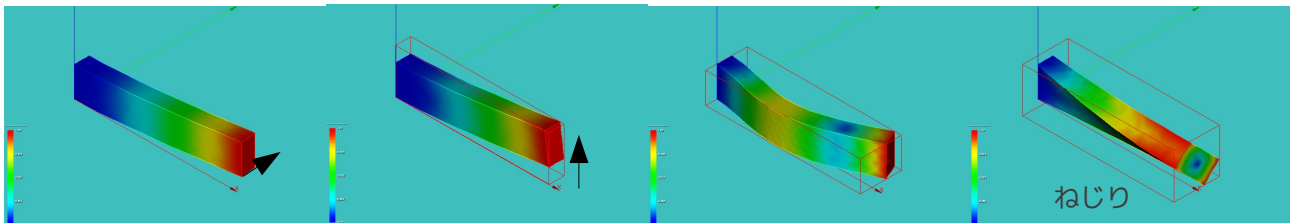
また、結果的に「NMAX_FREQ = 5」で最大 6835kHz までの固有振動が求まっている。5kHz までの固有振動数を求めようとしていたので、「NMAX_FREQ = 4」でも目的は達していた。

SalomeMecaの使いかた -- 10.0 モーダル解析



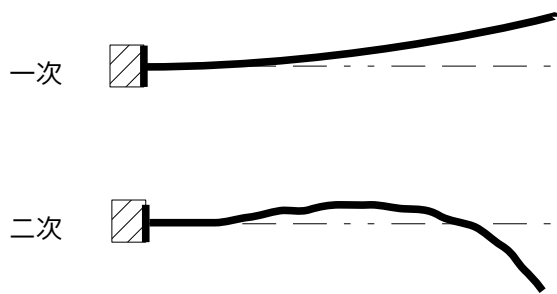
<変形の形状>

- 1) 778.5Hz 2) 1271.0Hz 3) 4666.0Hz 4) 5837.4Hz



3-4. 結果の検証

前項の結果を理論解と比較してみる。 はりの寸法は、100x20x10mm。
片持ち梁の固有振動数は、下記で与えられる。(機械振動論 改訂版 コロナ社 より)



$$\omega = 3.52 \sqrt{\frac{EI}{\mu l^4}}$$

$$\omega = 22.0 \sqrt{\frac{EI}{\mu l^4}}$$

ω : 角速度
E : ヤング率
I : 断面二次モーメント

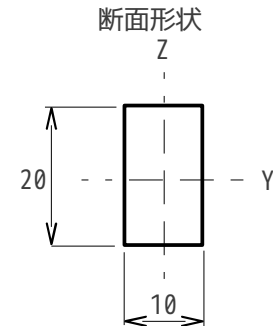
SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析

μ : 単位長さ当りの質量
 l : 梁の長さ

断面二次モーメントは、下図の様に求められる。

$$\begin{aligned} \text{Y 軸} \quad I_y &= \frac{bh^3}{12} \\ I_y &= \frac{10 \times 20^3}{12} = 6670 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{Z 軸} \quad I_z = \frac{20 \times 10^3}{12} = 1670 \text{ mm}^4$$



となる。 従って、各方向の1次2次の固有振動数は、下記となる。

$$\begin{aligned} \text{Y 軸} \quad 1 \text{次} \\ f_{y1} &= \frac{1}{2\pi} \cdot 3.52 \sqrt{\frac{132000 \cdot 6670}{1.792e-6 \cdot 100^4}} = 1242 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \text{次} \\ f_{y2} &= \frac{1}{2\pi} \cdot 22.0 \sqrt{\frac{132000 \cdot 6670}{1.792e-6 \cdot 100^4}} = 7765 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Z 軸} \quad 1 \text{次} \\ f_{z1} &= \frac{1}{2\pi} \cdot 3.52 \sqrt{\frac{132000 \cdot 1670}{1.792e-6 \cdot 100^4}} = 622 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \text{次} \\ f_{z2} &= \frac{1}{2\pi} \cdot 22.0 \sqrt{\frac{132000 \cdot 1670}{1.792e-6 \cdot 100^4}} = 3885 \text{ Hz} \end{aligned}$$

となる。 従って、理論計算と FEM 解析結果を比較すると、下表のようになる。

区分	1)	2)	3)
解析結果 (CAE)	779	1271	4666
理論解	622	1242	3885

結果は、少し異なっている。 この為、再度メッシュを細かくして確認してみる。 メッシュは、定量的に検討を加えるため、Average Lengthを設定して、同じ3角形のメッシュを切ることにする。

再度計算した結果が下表である。 理論解とは、やはり少しずれている。 理論解は、厳密にYZ方向の変形モードしか考えていないが、このモーダル解析は、全方位計算している。 2次メッシュでは、メッシュの大きさを変えても、ほとんど誤差が発生していない。(解が収束している?) 以上を考えると、CAEの方が正しいとも思える。

また、2次メッシュの方は、1次メッシュに比べて誤差も少なく、粗いメッシュでもそこそこ計算できていることが判る。 この為、モーダル解析では、2次メッシュを使うとメッシュが粗くても精度良く解を求めることができる。

固有振動数 (Hz)

Average	要素数	1次メッシュ (三角形)	2次メッシュ (三角形)
---------	-----	--------------	--------------

SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析

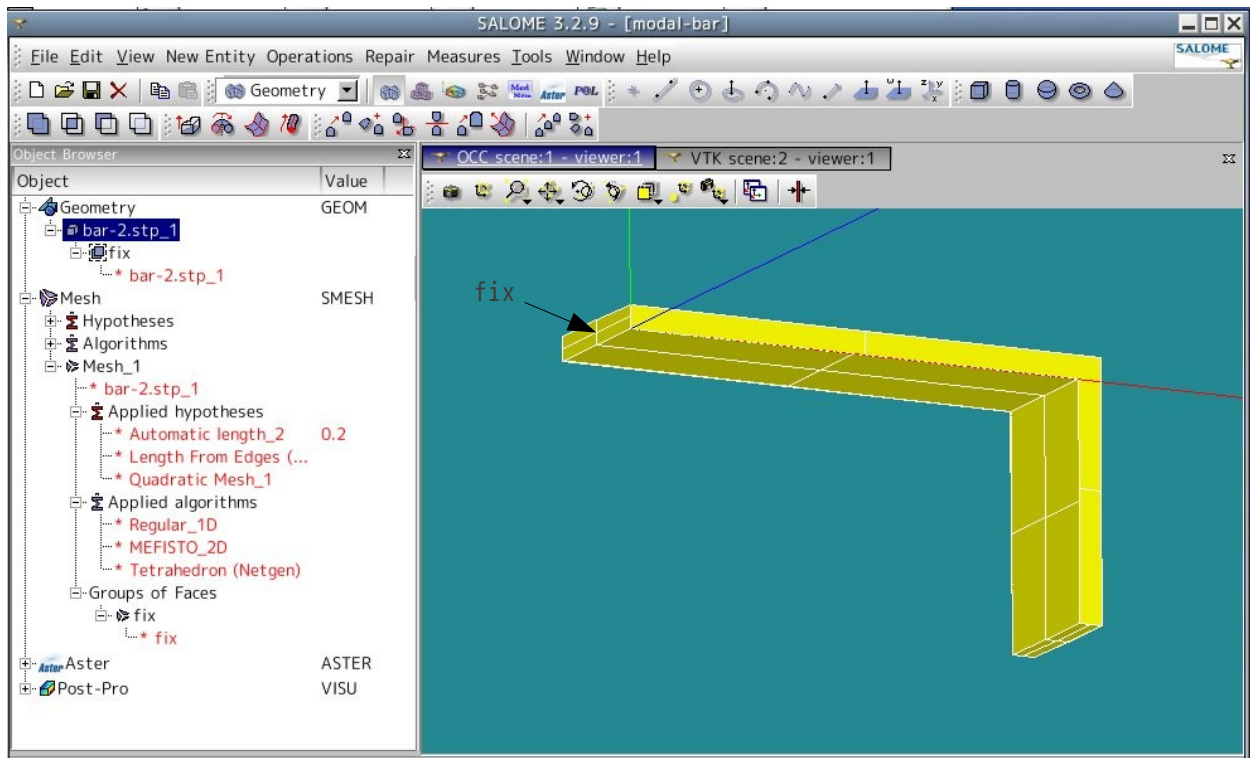
Length		1次	2次	3次	1次	2次	3次
5mm	2251	764	1266	4563	623	1212	3729
4mm	2609	746	1261	4575	622	1213	3728
3mm	9735	671	1234	4021	622	1211	3725
2mm	13413	664	1229	3969	計算時間がかかるので中止		

4. L字モデルの解析

L字の形をしたモデルでモーダル解析してみる。

4-1. モデルの作成

モデルは、L字形のモデル「bar-2.stp」を読み込む。メッシュは、Automatic Length 0.2 で三角形の2次メッシュとした。 下図参照。



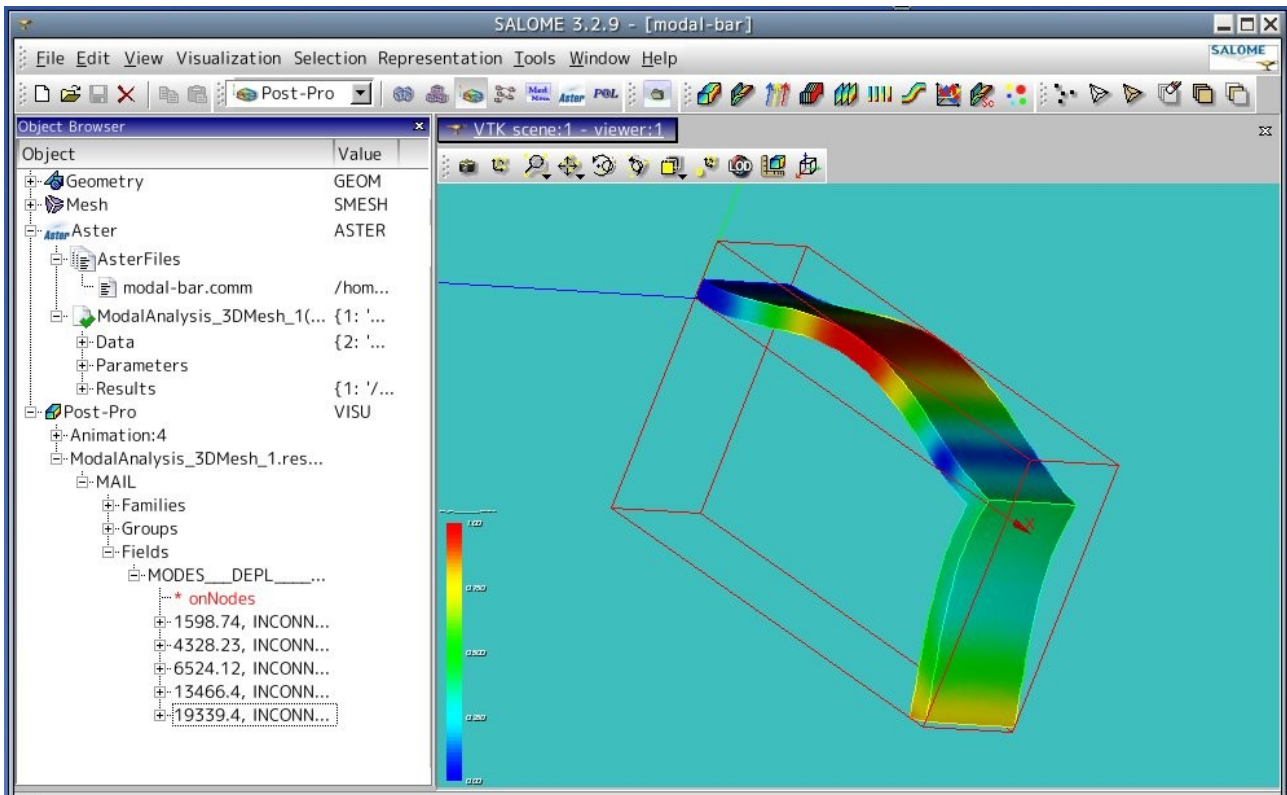
4-2. Code_Aster の作成

Salome Aster のウィザードを使って、Code_Aster を作成する。
材料定数は、Cu とし、3-2 項と同じ材質とした。求める固有振動数の数は、「5」とした。

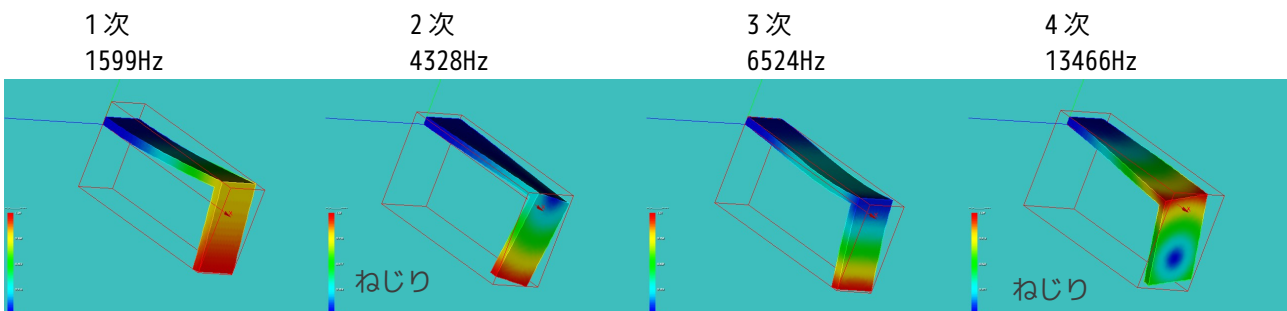
4-3. 実行、結果の確認

SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析

計算後、結果を確認すると、以下のようになる。



各固有振動数における、形状を確認した結果が、下図となる。周波数が高くなるにつれて、複雑な形状で変形してきている。1次の固有振動数が1.6kHzという高い周波数なので、実際には共振による破壊は、起こりにくい。



5. Code_Aster

以下に、Code_Asterの内容を示す。

```
-----bar100.comm (単純な片持ち梁のモデル) -----
DEBUT();

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

SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析

```

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

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

CHMAT=AFPE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
  AFPE=_F(TOUT='OUI',
  MATER=ACIER),,);

BLOCAGE=AFPE_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();

-----modal-bar.comm (L字形のモデル) -----
DEBUT();

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

```

SalomeMeca の使いかた -- 10.0 モーダル解析

```
MODELE=AFPE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
  AFPE=_F(TOUT='OUI',
    PHENOMENE='MECANIQUE',
    MODELISATION='3D',),,);

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

CHMAT=AFPE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
  AFPE=_F(TOUT='OUI',
    MATER=ACIER,),,);

BLOCAGE=AFPE_CHAR_MECA(MODELE=MODELE,
  DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='fix',
    DX=0.0,
    DY=0.0,
    DZ=0.0,),,);

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();
```