

# Salome-Mecaで熱応力解析 (Salome-Meca復習シリーズ)

第59回オープンCAE勉強会@関西

mmer547

# Salome-Mecaとは

- eDF（旧フランス電力公社）が提供している構造解析ソフトウェア
- eDFが開発している有限要素法ソルバ「Code-Aster」とプリソフト「Salome」および各種ツールをまとめたオールインワンの構造解析システム
- オープンソースでライセンスはLGPLで提供されている
- 膨大なドキュメントとサンプルケースが提供されており、比較的ソフトウェア利用では容易な部類のソフト
- ただし、フランス産らしく変数名やドキュメントはフランス語であり、その点が普及にあたっての大きな壁となっている
- 商用ソフトでできる計算は、ほとんどできるといっても過言ではない。

# 手順

Salome-Mecaでモデル作成

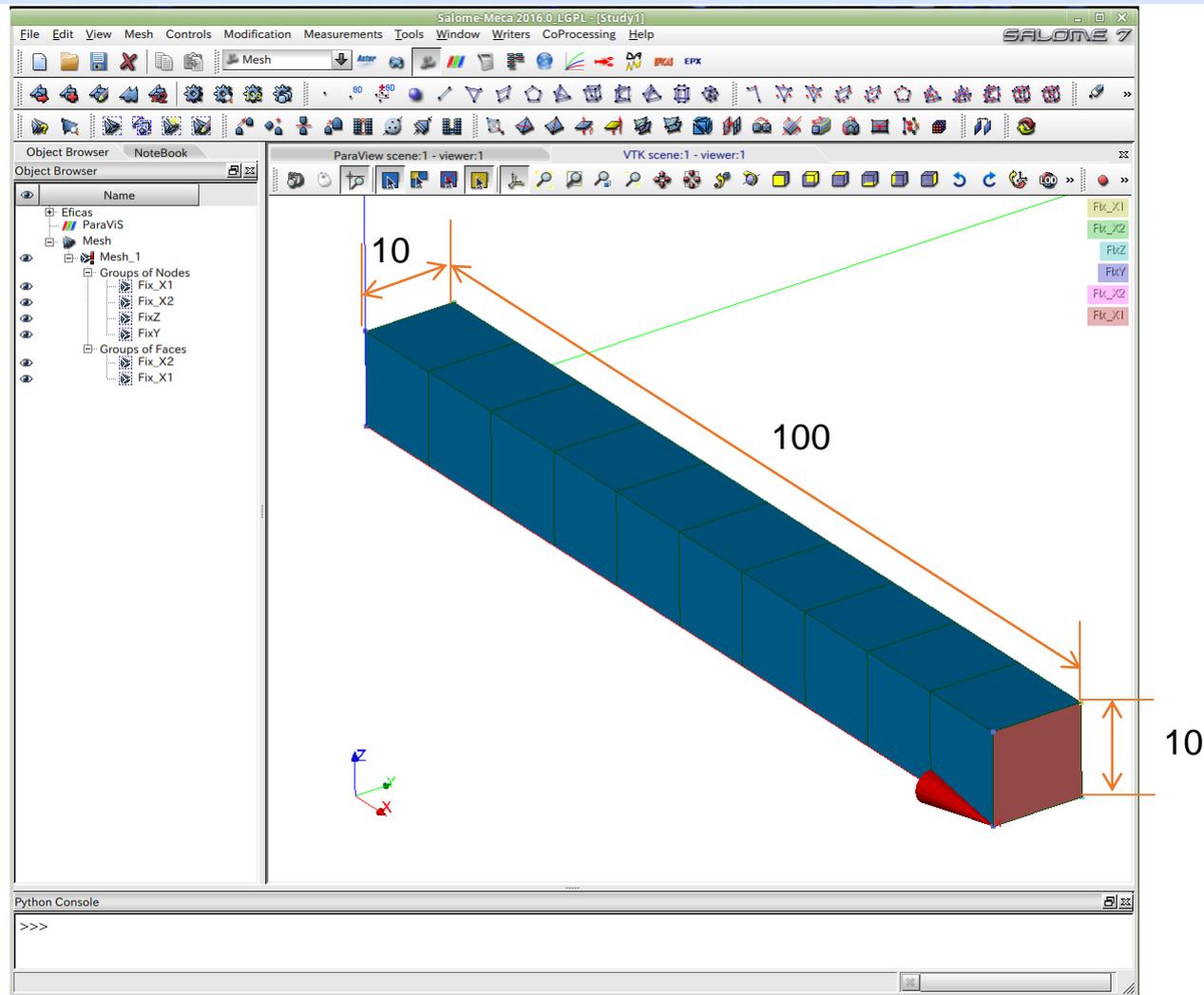
Salome-Mecaで熱解析の設定

Efficasで熱応力解析の設定

ASTKで計算実行

ParaVisで可視化

# Salome-Mecaでモデル作成



# Salome-Mecaで熱解析の設定

## □ 検証問題

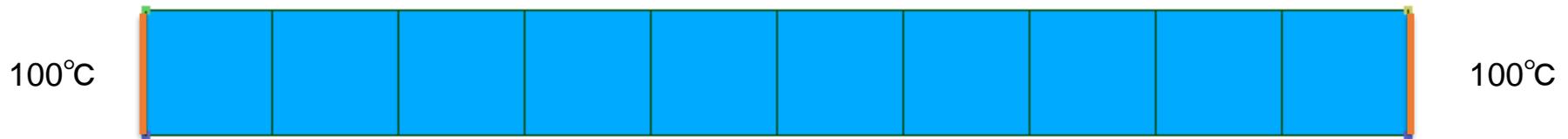
- 両端の面を100°Cに固定
- それ以外の面は断熱条件(熱条件なし)
- 定常熱伝導

ヤング率 : 203000 [Mpa]

ポアソン比 : 0.3

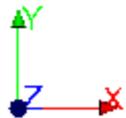
線膨張係数 : 1.73E-5 [1/°C]

熱伝導率 : 0.016 [W/(mm · K)]



構造解析では固定

構造解析では固定

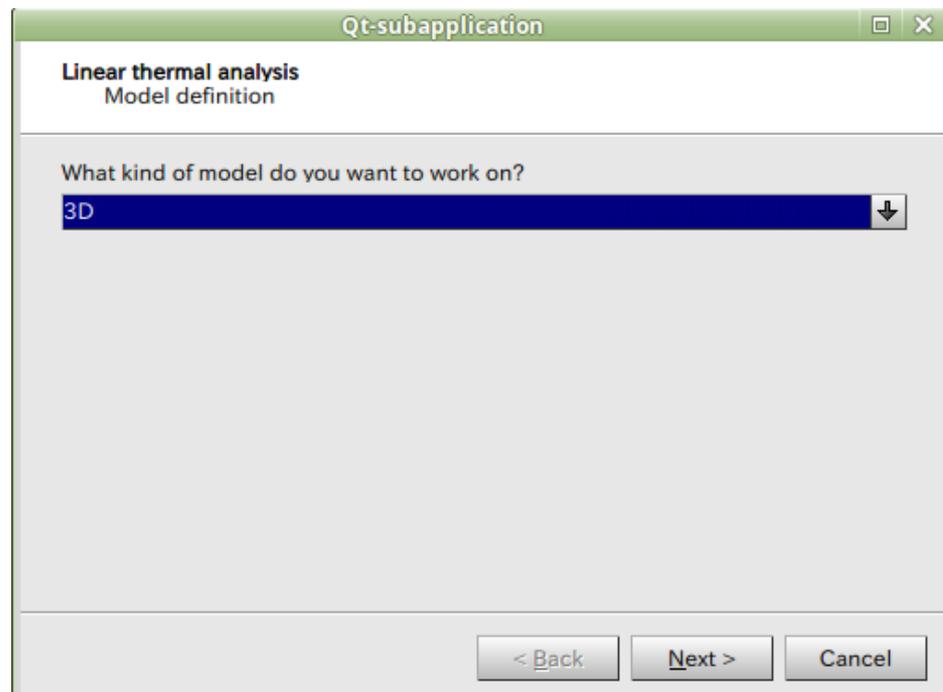


# Salome-Mecaで熱解析の設定

- AsterモジュールのLinear Thermicを選択

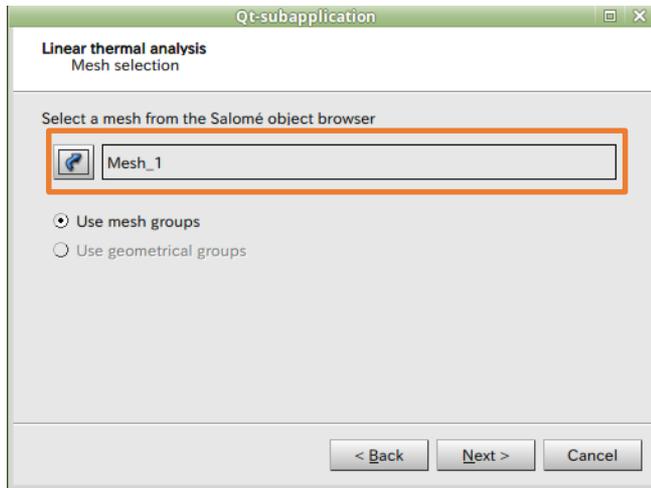


- モデルは3Dを選択



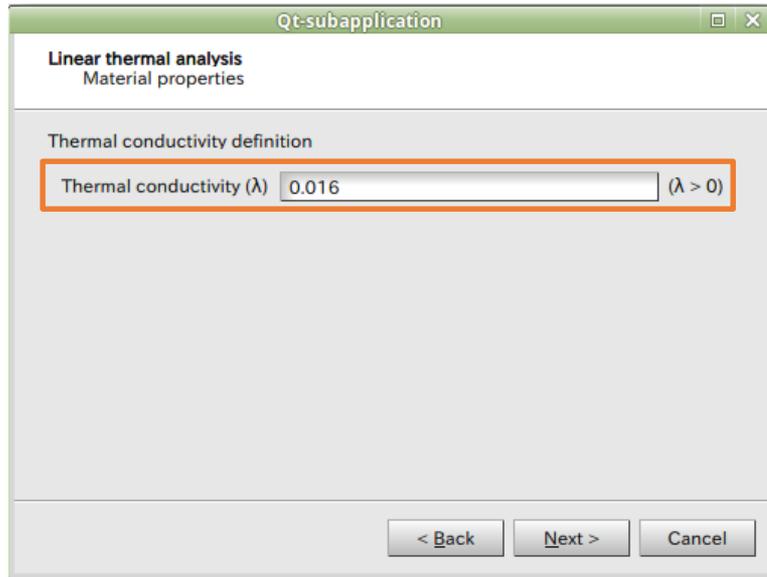
# Salome-Mecaで熱解析の設定

## □作成したメッシュを選択



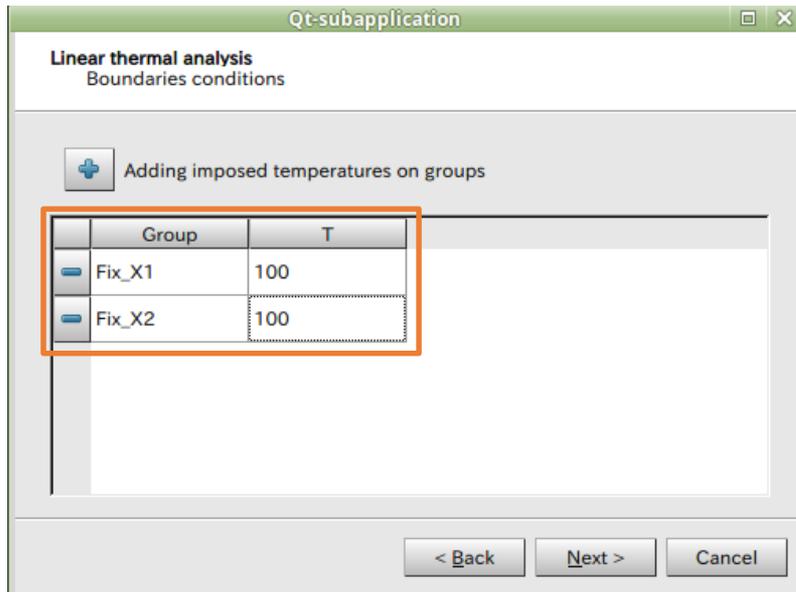
# Salome-Mecaで熱解析の設定

## □熱伝導率を入力



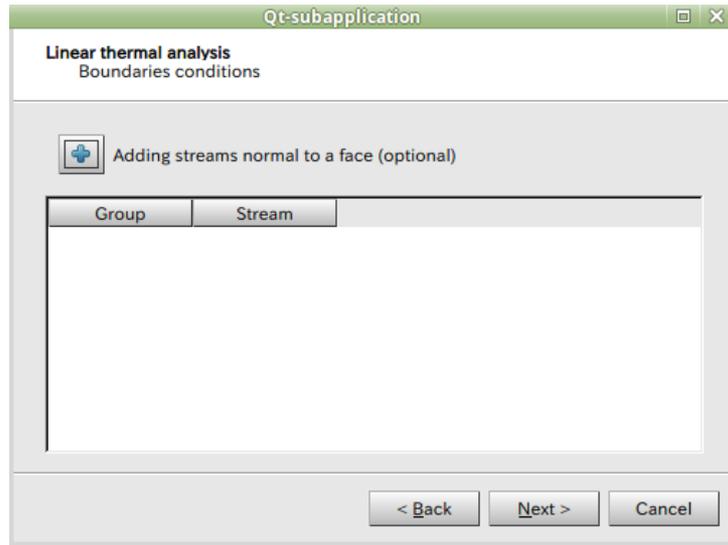
# Salome-Mecaで熱解析の設定

## □温度条件の入力



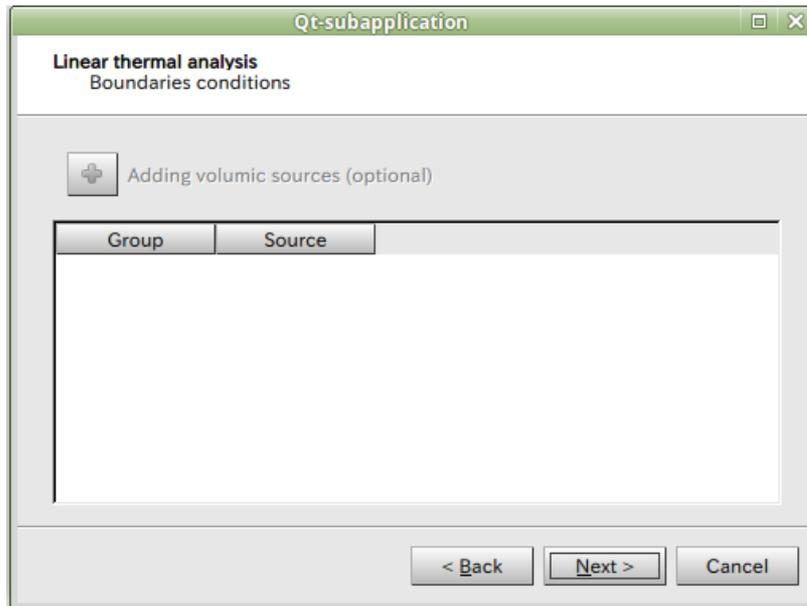
# Salome-Mecaで熱解析の設定

□熱流束の定義→今回は使いません



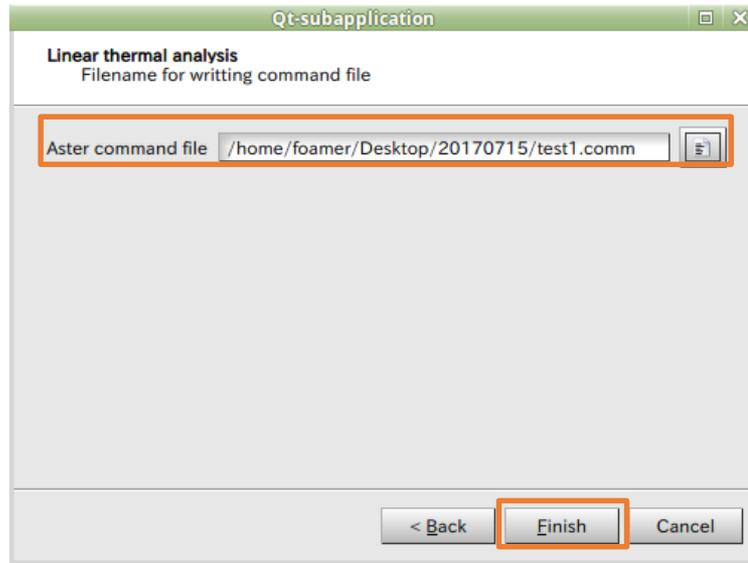
# Salome-Mecaで熱解析の設定

□ Volumic Source使いません



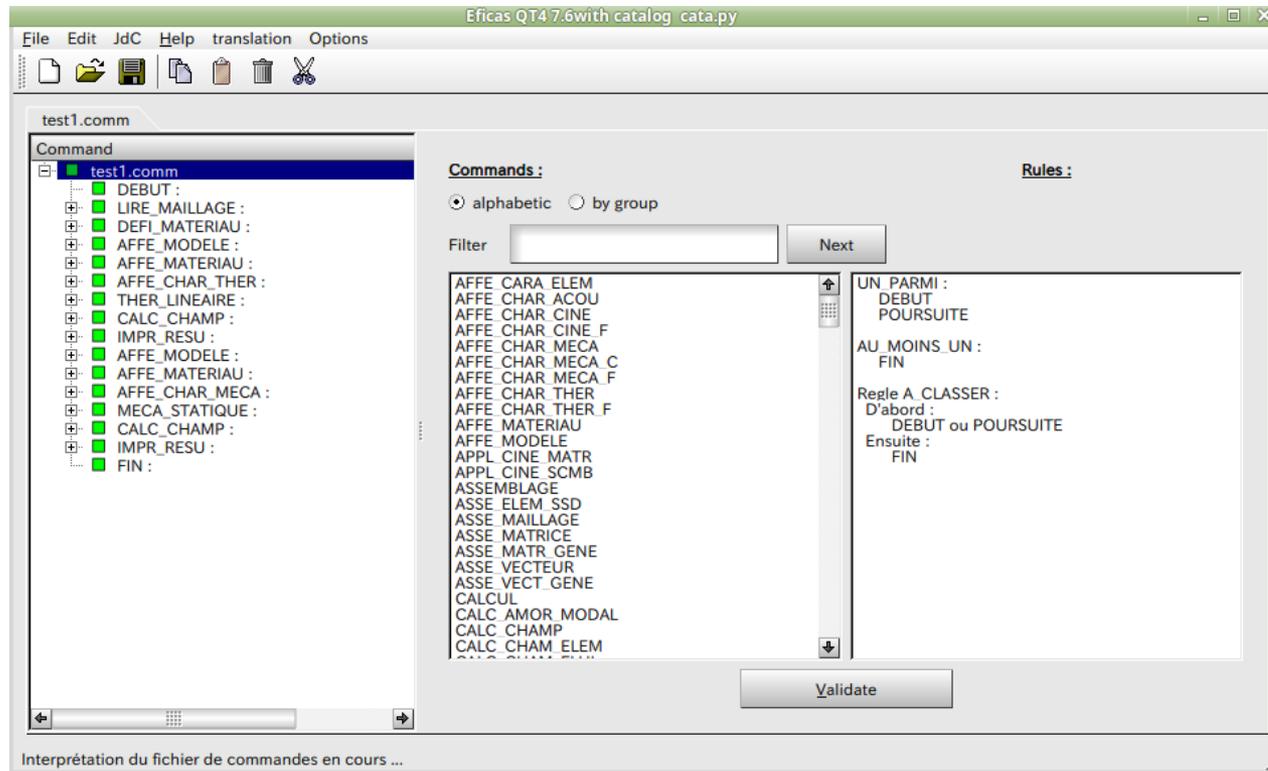
# Salome-Mecaで熱解析の設定

## □ comm ファイルを保存



# Effcasで熱応力解析の設定

□AsterモジュールからEFICAS/Asterを選択



# Effcasで熱応力解析の設定

```
DEBUT();

MESH=LIRE_MALLAGE(UNITE=20,
  FORMAT='MED',);

MATER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=203000.0,
  NU=0.3,
  ALPHA=1.73e-05,),
  THER=_F(LAMBDA=0.016,
  # RHO_CP=0.0,
  ),);

MODEL=AFFE_MODELE(MALLAGE=MESH,
  AFFE=_F(TOUT='OUI',
  PHENOMENE='THERMIQUE',
  MODELISATION='3D',));

MATT=AFFE_MATERIAU(MALLAGE=MESH,
  AFFE=_F(TOUT='OUI',
  MATER=MATER,));

LOADINGT=AFFE_CHAR_THER(MODELE=MODEL,
  TEMP_IMPO=( _F(GROUP_MA='Fix_X1',
  TEMP=100.0,),
  _F(GROUP_MA='Fix_X2',
  TEMP=100.0,)),);

RESULT=THER_LINEAIRE(MODELE=MODEL,
  CHAM_MATER=MATT,
  EXCIT=_F(CHARGE=LOADINGT,));

RESULT=CALC_CHAMP(reuse =RESULT,
  RESULTAT=RESULT,
  THERMIQUE=('FLUX_ELNO','FLUX_ELGA','FLUX_NOEU',));

IMPR_RESU(FORMAT='MED',
  UNITE=80,
  RESU=_F(RESULTAT=RESULT,));

MODEL=AFFE_MODELE(MALLAGE=MESH,
  AFFE=_F(TOUT='OUI',
  PHENOMENE='MECANIQUE',
  MODELISATION='3D',));

MATS=AFFE_MATERIAU(MALLAGE=MESH,
  AFFE=_F(TOUT='OUI',
  MATER=MATER,),
  AFFE_VARC=_F(TOUT='OUI',
  NOM_VARC='TEMP',
  EVOL=RESULT,
  VALE_REF=20.0,));

LOADINGS=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODELS,

DDL_IMPO=( _F(GROUP_MA='Fix_X1',
  DX=0.0,),
  _F(GROUP_MA='Fix_X2',
  DX=0.0,),
  _F(GROUP_NO='FixZ',
  DZ=0.0,),
  _F(GROUP_NO='FixY',
  DY=0.0,)),);

RESU=MECA_STATIQUE(MODELE=MODELS,
  CHAM_MATER=MATS,
  EXCIT=_F(CHARGE=LOADINGS,));

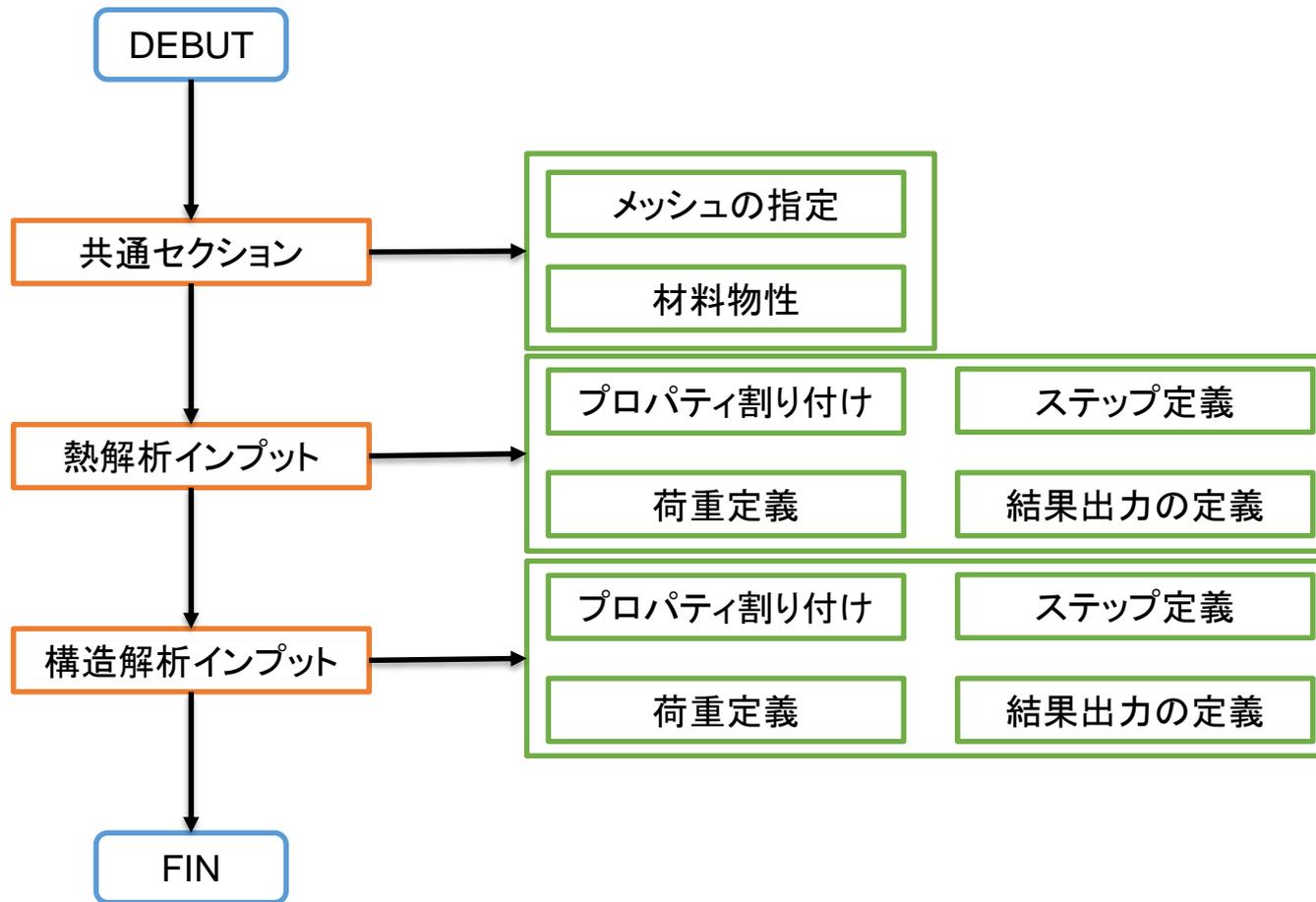
RESU=CALC_CHAMP(reuse =RESU,
  RESULTAT=RESU,
  CONTRAINTE=('SIEF_ELGA','SIEF_ELNO','SIEF_NOEU','SIGM_
  ELGA','SIGM_ELNO','SIGM_NOEU',),
  DEFORMATION=('EPSI_ELGA','EPSI_ELNO','EPSI_NOEU',),
  CRITERES=('SIEQ_ELGA','SIEQ_ELNO','SIEQ_NOEU','EPEQ_EL
  GA','EPEQ_ELNO','EPEQ_NOEU',));

IMPR_RESU(FORMAT='MED',
  UNITE=81,
  RESU=_F(RESULTAT=RESU,));

FIN();
```

# Effcasで熱応力解析の設定

## □インプットの構成



# Effcasで熱応力解析の設定

## □共通セクション

```
MESH=LIRE_MALLAGE(UNITE=20,  
  FORMAT='MED',);
```

medファイルの指定(装置番号、ファイルフォーマット)

```
MATER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=203000.0,  
  NU=0.3,  
  ALPHA=1.73e-05,),  
  THER=_F(LAMBDA=0.016,  
  ),);
```

ヤング率

ポアソン比

線膨張係数熱応力で使用する

熱伝導率(熱解析の必須パラメータ)

# Effcasで熱応力解析の設定

## □熱解析セクション

```
MODEL=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MESH,  
  AFFE=_F(TOUT='OUI',  
    PHENOMENE='THERMIQUE',  
    MODELISATION='3D',,));
```

熱解析用のモデルであることの定義

```
MATT=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MESH,  
  AFFE=_F(TOUT='OUI',  
    MATER=MATER,,));
```

材料の割り当て

熱流束の場合はFLUX\_REP  
熱伝達はECHANGE

```
LOADINGT=AFFE_CHAR_THER(MODELE=MODEL,  
  TEMP_IMPO=(  
    _F(GROUP_MA='Fix_X1',  
      TEMP=100.0,)  
    _F(GROUP_MA='Fix_X2',  
      TEMP=100.0,)),);
```

温度条件の割り当て

温度条件の割り当て

# Effcasで熱応力解析の設定

## □熱解析セクション

定常熱解析ステップ

```
RESUT=THER_LINEAIRE(MODELE=MODEL1,  
  CHAM_MATER=MATT,  
  EXCIT=_F(CHARGE=LOADINGT,,));
```

荷重割り当て

```
RESUT=CALC_CHAMP(reuse =RESUT,  
  RESULTAT=RESUT,  
  THERMIQUE=('FLUX_ELNO','FLUX_ELGA','FLUX_NOEU',,,));
```

出力する結果の指定

```
IMPR_RESU(FORMAT='MED',  
  UNITE=80,  
  RESU=_F(RESULTAT=RESUT,,));
```

結果ファイルへの出力要求

# Effcasで熱応力解析の設定

## □構造解析セクション

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

構造解析用の指定

```
MATS=AFPE_MATERIAU(MAILLAGE=MESH,  
  AFPE=_F(TOUT='OUI',  
    MATER=MATER,),  
  AFPE_VARC=_F(TOUT='OUI',  
    NOM_VARC='TEMP',  
    EVOL=RESUT,  
    VALE_REF=20.0,));
```

割り当て対象(TOUT='OUI' →全体)

読み込む場のデータの指定(TEMP=温度)

温度状態を読み込む熱解析(RESUT)の指定

初期温度

# Effcasで熱応力解析の設定

## □構造解析セクション

```
LOADINGS=AFPE_CHAR_MECA(MODELE=MODELS,  
    DDL_IMPO=(  
        _F(GROUP_MA='Fix_X1',  
            DX=0.0,)),  
        _F(GROUP_MA='Fix_X2',  
            DX=0.0,)),  
        _F(GROUP_NO='FixZ',  
            DZ=0.0,)),  
        _F(GROUP_NO='FixY',  
            DY=0.0,)),,));
```

← 構造解析用の境界指定

```
RESUS=MECA_STATIQUE(MODELE=MODELS,  
    CHAM_MATER=MATS,  
    EXCIT=_F(CHARGE=LOADINGS,));
```

← 構造解析ステップの定義

# Effcasで熱応力解析の設定

## □構造解析セクション

```
RESUS=CALC_CHAMP(reuse =RESUS,  
RESULTAT=RESUS,
```

結果出力指定

```
CONTRAINTE=('SIEF_ELGA','SIEF_ELNO','SIEF_NOEU','SIGM_ELGA','SIGM_ELNO','SIGM_NOEU'  
'),
```

```
DEFORMATION=('EPSI_ELGA','EPSI_ELNO','EPSI_NOEU',),
```

```
CRITERES=('SIEQ_ELGA','SIEQ_ELNO','SIEQ_NOEU','EPEQ_ELGA','EPEQ_ELNO','EPEQ_NOEU',),  
);
```

```
IMPR_RESU(FORMAT='MED',  
UNITE=81,  
RESU=_F(RESULTAT=RESUS,));
```

結果出力ファイルの指定

# ASTKで計算実行

## □ASTKで計算投入

ASTK version 2016.0 - test1.astk (modified) - /home/foamer/Desktop/20170715

File Configuration Tools Options Help

**STUDY**  **TEST**  **DEVELOP**  **AGLA**  **FEED**

**FILES**

Base path /home/foamer/Desktop/20170715

Type	Server	Name	LU	D	P	C	
comm	Local	/home/foamer/Desktop/20170715/test1.comm	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	作成したcommファイル
mmed	Local	/home/foamer/Desktop/20170715/Mesh_1.med	20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	作成したmedファイル
mess	Local	/home/foamer/Desktop/20170715/test1.mess	6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	エラーメッセージなどが出力されるmessファイル
rmed	Local	/home/foamer/Desktop/20170715/test1_th.rmed	80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	熱解析の結果(rmed)ファイル
libr	Local	/home/foamer/Desktop/20170715/test1_st.rmed	81	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	構造解析の結果(rmed)ファイル

Time (h:m:s) 900  
Execution machine localhost

batch

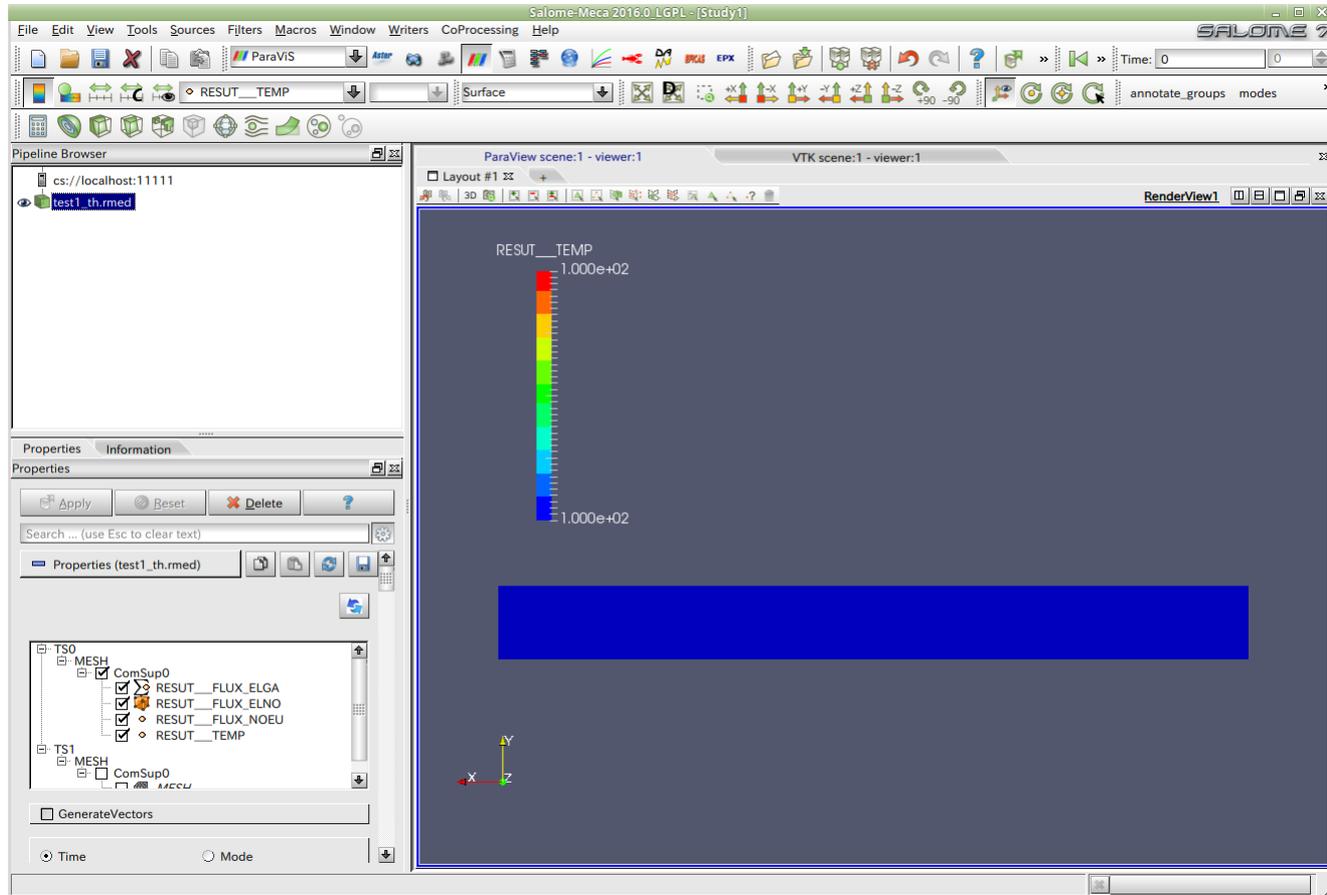
Run run

Proc Runを押して実行

Arguments -ORBInitRef NameService=cc

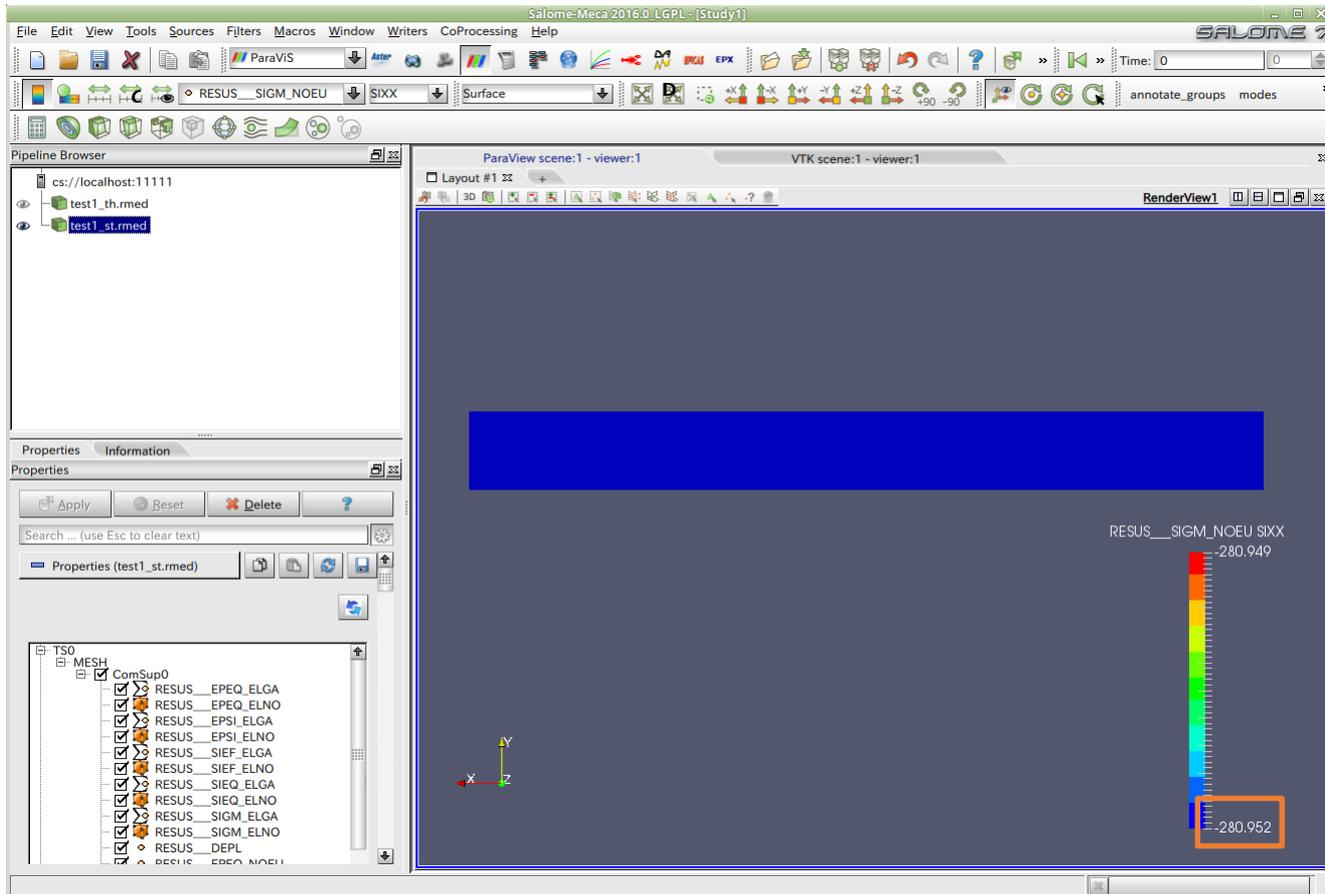
# ParaVisで可視化

□温度は両端一定なので100°C



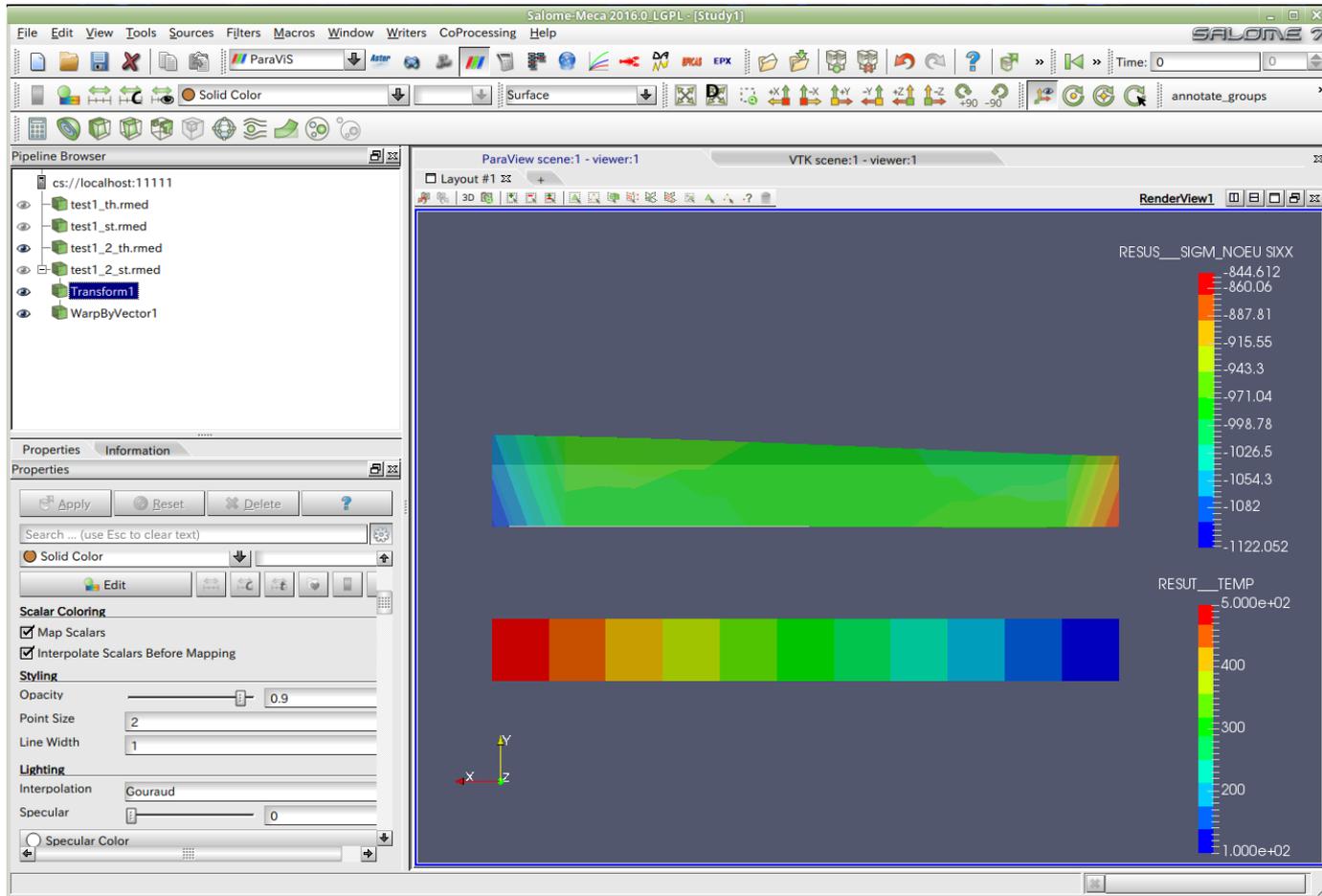
# ParaVisで可視化

□熱応力  $\sigma = E\alpha\Delta T = 203000 \times 1.73E-5 \times (100-20) = 280.952$  [MPa]



# 追加計算

□左端を500°C、右端を100°Cにして計算



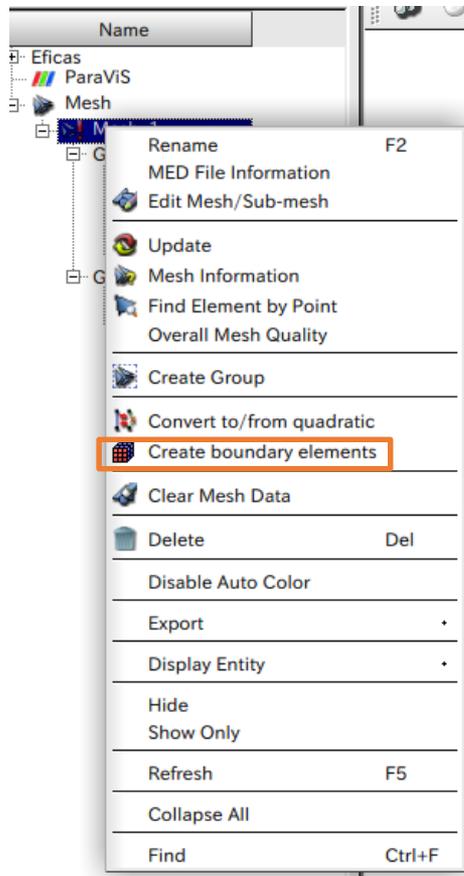
# まとめ

---

- 熱応力解析の手段を整理した。
- 検証問題をもう少し解いていきたい。

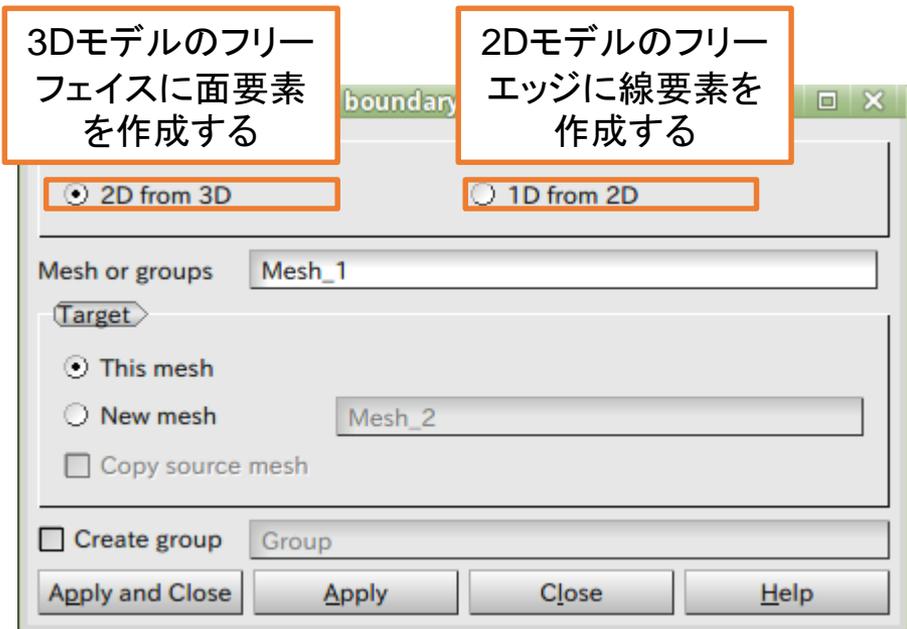
# 補足

- 熱解析などでは面やエッジに温度、熱流束を定義する
- MeshモジュールのCreate boundary elementsで自動作成できる



3Dモデルのフリーフェイスに面要素を作成する

2Dモデルのフリーエッジに線要素を作成する



作成した面要素、線要素をグループにしておけば、GROUP\_MAで指定できる