

新しいpatchTypeの作成

(熱伝達が設定できるpatchTypeの作成)

```
type fixedAlphaTemp;
```

1. 背景

最近の製品動向として小型化、大容量化の要求が強い

- ・熱的に厳しい(熱解析)
 - 熱解析の頻度が高まってきている
- ・熱流体解析は、商用ソフト使って1週間かけている
 - 流体解析を含むので、計算時間がかかる
- ・簡易的に熱伝導のみで解析を行い大雑把な見極めを行うことがある。 計算時間は、数時間。
 - 商用の構造解析ソフトを使用して計算。
- ・精密加工(加工の解析)
 - 接触を含む弾塑性解析に商用の構造解析ソフトを使用しており、稼働率が高い。
 - 熱伝導解析を商用ソフトで行うと、さらに稼働率がアップ。(ライセンス不足)

2. 対応策

熱伝導解析の様な解析(計算式がシンプル)を
OpenFOAMに置き換えられないか検討
→ 境界条件がネック

商用ソフトの境界条件	(laplacianFoam) OpenFOAMの境界条件
・温度固定	▶ ・fixedValue
・W数(熱流束)固定	▶ ・fixedGradient
・熱絶縁	▶ ・zeroGradient
・熱伝達率固定	▶ ・存在しない

熱伝導解析のみの為
この熱伝達率で調整している

熱伝達率の設定ができる境界条件作る。
→ 商用ソフトをOpenFOAMに置き換えられる

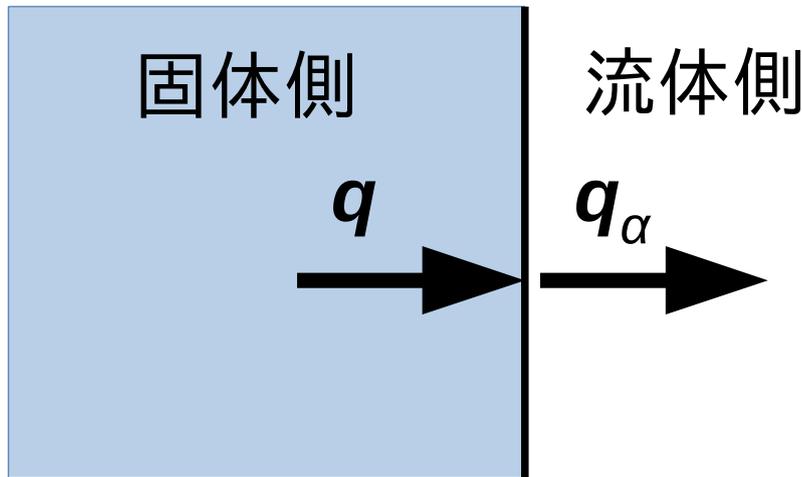
3. 境界条件作成方法

熱伝導

$$\mathbf{q} = -\lambda \cdot \nabla T$$

熱伝達

$$\mathbf{q}_\alpha = \alpha(T - T_{ref})$$



\mathbf{q} : 固体界面の熱流束 (W/m^2)
 λ : 熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)
 T : 固体界面温度 (K)
 \mathbf{q}_α : 流体界面の熱流束 (W/m^2)
 α : 熱伝達率 ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)
 T_{ref} : 流体温度 (K)

境界面

$$\mathbf{q} = \mathbf{q}_\alpha$$

$$-\lambda \cdot \nabla T = \alpha(T - T_{ref})$$

$$\nabla T = \frac{\alpha}{\lambda}(T_{ref} - T)$$

$$\nabla T = \frac{\alpha}{\lambda} (T_{ref} - T)$$

温度勾配 ∇T は、固体界面温度 T から求める事ができる。

<熱伝達の計算方法>

fixedGradientの設定(勾配固定)で

その勾配の値を固体のpatch温度から逐次算出、設定する。



fixedGradientのソースを改造し、fixedAlphaTempを作成

```
type fixedGradient;  
gradient uniform 0;  
value uniform 300;
```

改造

```
type fixedAlphaTemp;  
refTemp 300;  
alphaH 200;  
KField_or_KValue KValue;  
KField lambda;  
KValue 30;  
gradient uniform 0;  
value uniform 300;
```

4. fixedAlphaTempの作成

OpenFOAM-2.1で作成したが
OpenFOAM-2.3でもコンパイル可能

<コンパイル方法>
適当な場所にフォルダごとコピーする

```
$WMM_PROJECT_USER_DIR/  
applications/  
utilities/  
myBCs/
```

```
fixedAlphaTemp  
make  
fixedAlphaTemp.C  
fixedAlphaTemp.H
```

} ソースコード

FOAM端末を起動してコンパイルする

```
$ cd $WM_PROJECT_USER_DIR/applications/utilities/myBCs/fixedAlphaTemp  
$ wmake libso
```

コンパイルが終了すると以下のライブラリが追加される。



5. 使用方法

tutorialsのlaplacianFoam/flangeで確認

controlDictの内容

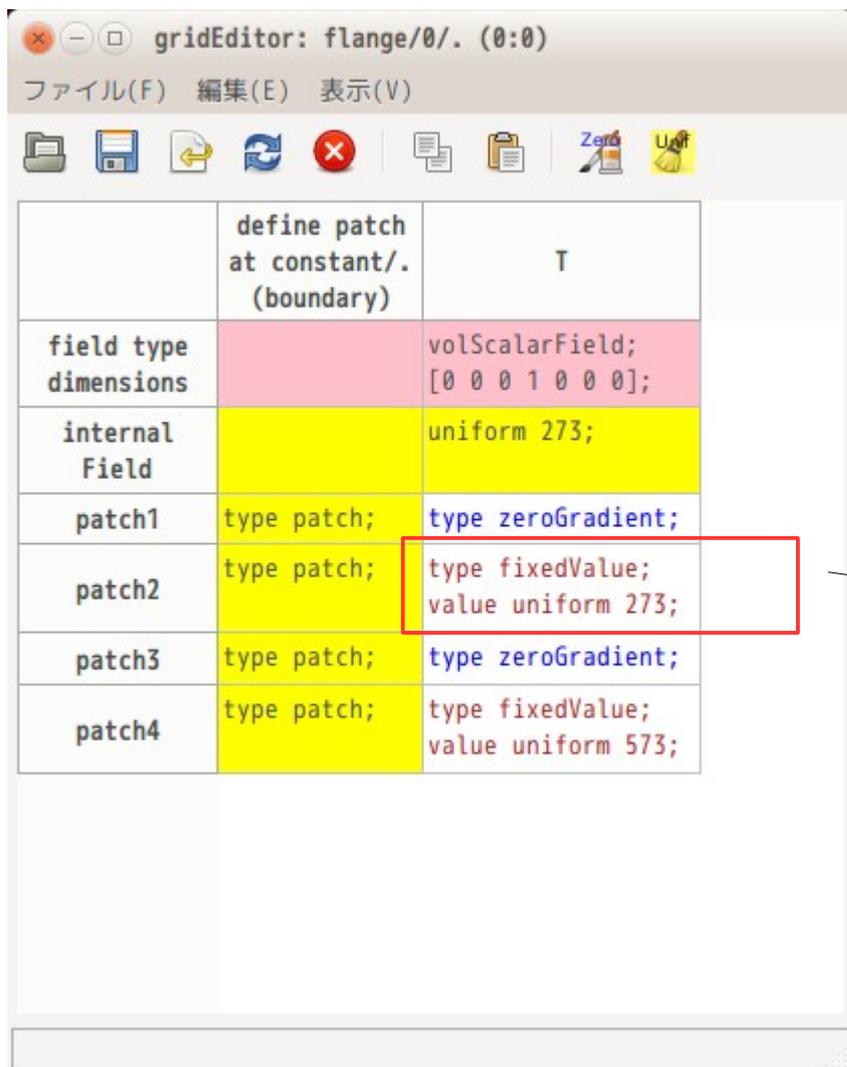
```
25
26 endTime      3;
27
28 deltaT       0.005;
29
30 writeControl  runtime;
31
32 writeInterval 0.1;
33
34 purgeWrite    0;
35
36 writeFormat   ascii;
37
38 writePrecision 6;
39
40 writeCompression off;
41
42 timeFormat     general;
43
44 timePrecision  6;
45
46 runTimeModifiable true;|
47
48 libs ( "libFixedAlphaTemp.so" );
49
50 // *****
```

追加

これを追加する事で
fixedAlphaTempが使える

境界条件の設定

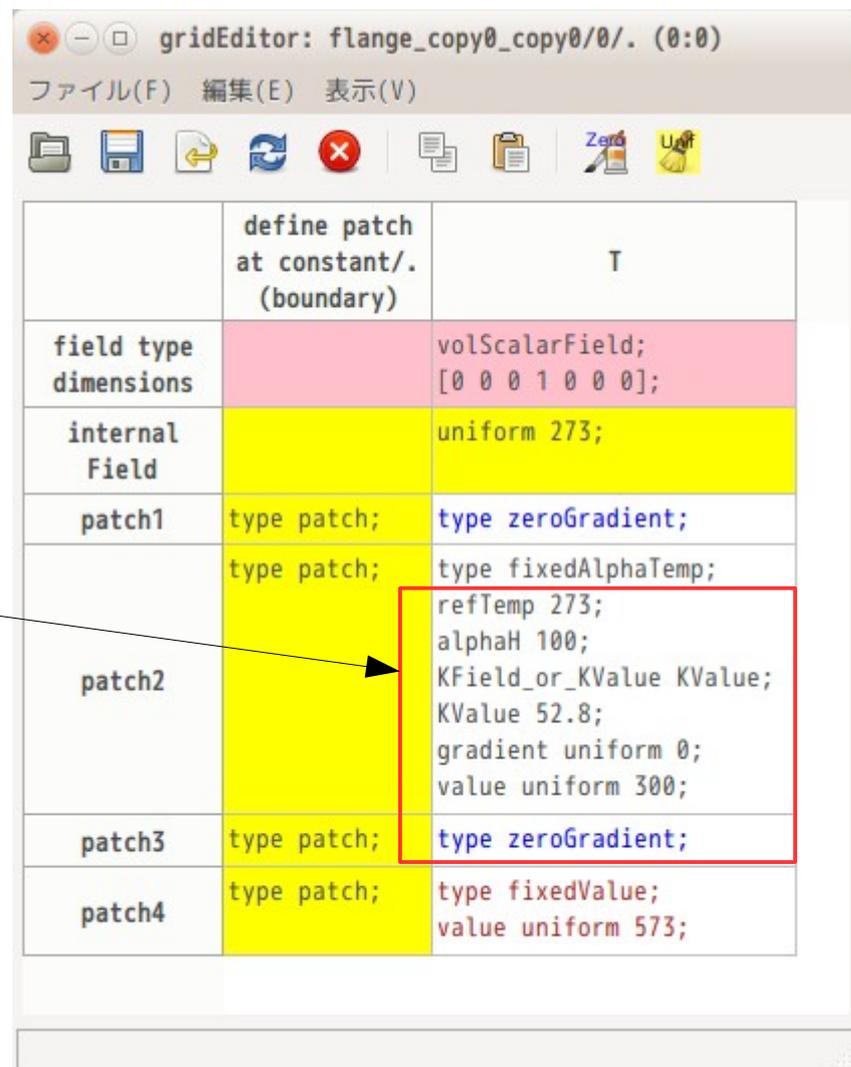
オリジナルの設定



gridEditor: flange/0/. (0:0)
ファイル(F) 編集(E) 表示(V)

	define patch at constant/. (boundary)	T
field type dimensions		volScalarField; [0 0 0 1 0 0 0];
internal Field		uniform 273;
patch1	type patch;	type zeroGradient;
patch2	type patch;	type fixedValue; value uniform 273;
patch3	type patch;	type zeroGradient;
patch4	type patch;	type fixedValue; value uniform 573;

patch1にfixedAlphaTempを設定

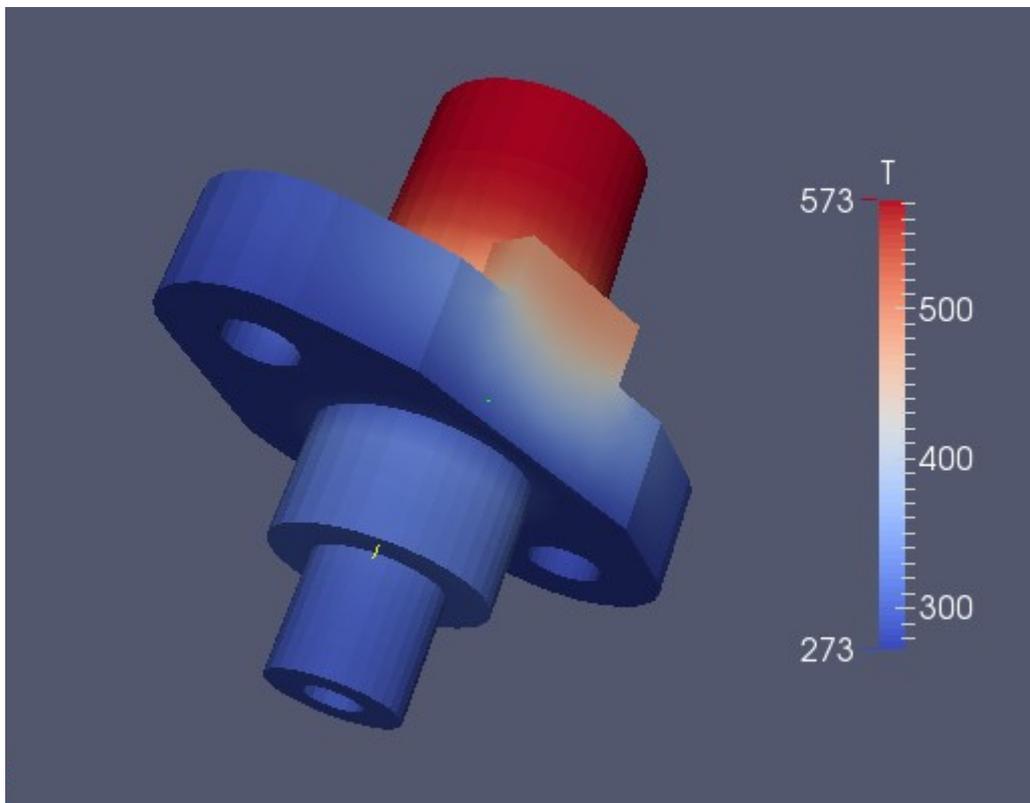


gridEditor: flange_copy0_copy0/0/. (0:0)
ファイル(F) 編集(E) 表示(V)

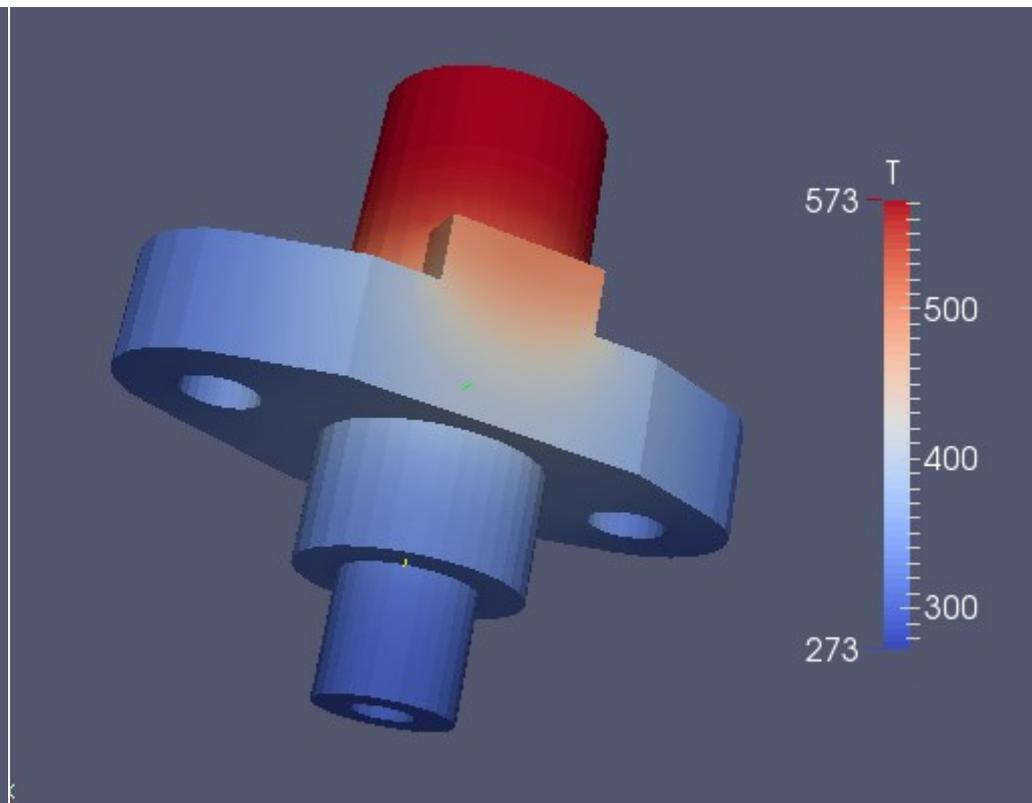
	define patch at constant/. (boundary)	T
field type dimensions		volScalarField; [0 0 0 1 0 0 0];
internal Field		uniform 273;
patch1	type patch;	type zeroGradient;
patch2	type patch;	type fixedAlphaTemp; refTemp 273; alphaH 100; KField_or_KValue KValue; KValue 52.8; gradient uniform 0; value uniform 300;
patch3	type patch;	type zeroGradient;
patch4	type patch;	type fixedValue; value uniform 573;

計算結果

オリジナルの設定



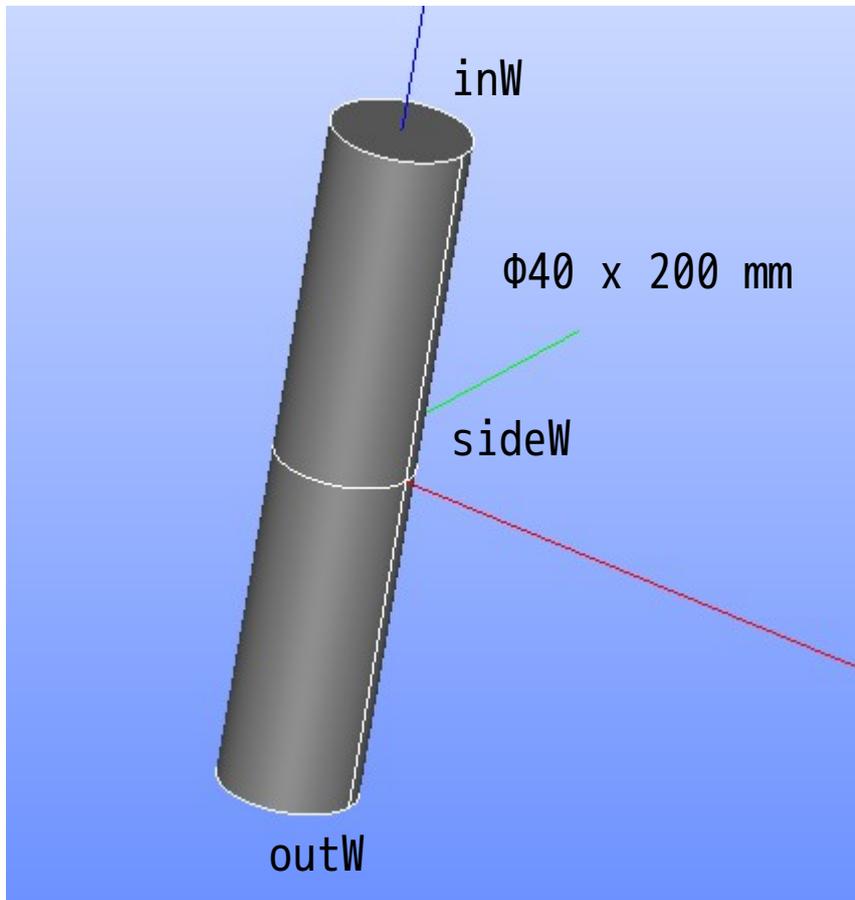
fixedAlphaTemp



計算できている。

6. 結果の検証

商用ソフトと比較計算してみる。



<材料 (Fe) >

比熱	C_p	465	J/kg.K
密度	ρ	7830	kg/m ³
熱伝導率	λ	52.8	W/m.K
温度拡散率	DT	14.502e-6	m ² /s
		($\lambda/C_p\rho$)	

<条件>

初期値	400 K		
outW	熱伝達率	250	W/m ² .K
	雰囲気気温	300	K
以外	zeroGradient		

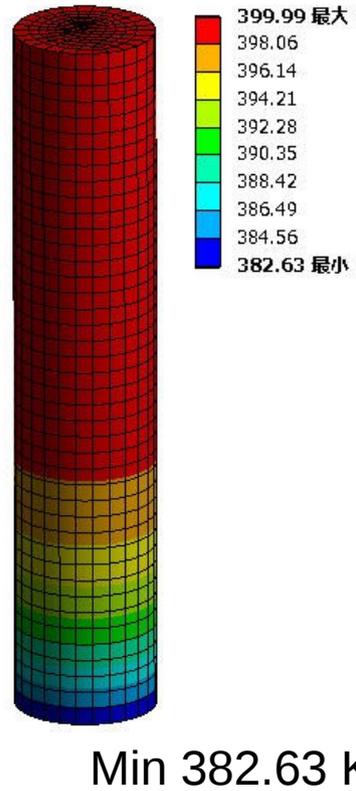
初期値と境界条件の設定結果

	define patch at constant/. (boundary)	T	
field type dimensions		volScalarField;	
		[0 0 0 1 0 0 0];	
internal Field		uniform 400;	
inW	type wall; inGroups 1(wall);	type zeroGradient;	
outW	type wall; inGroups 1(wall);	type fixedAlphaTemp; refTemp 300; alphaH 250; KField_or_KValue KValue; KValue 52.8; gradient uniform 0; value uniform 300;	
sideW	type wall; inGroups 1(wall);	type zeroGradient;	

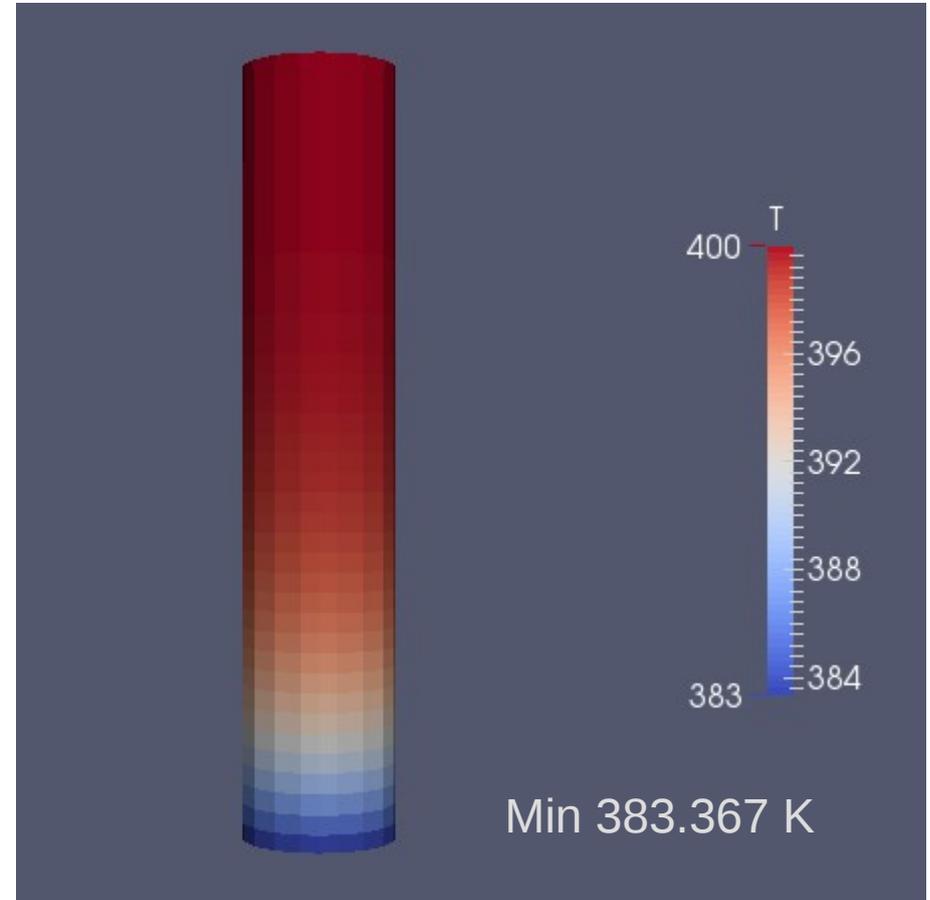
初期値 : 400K

outW : fixedAlphaTemp
以外 : zeroGradient

商用ソフト

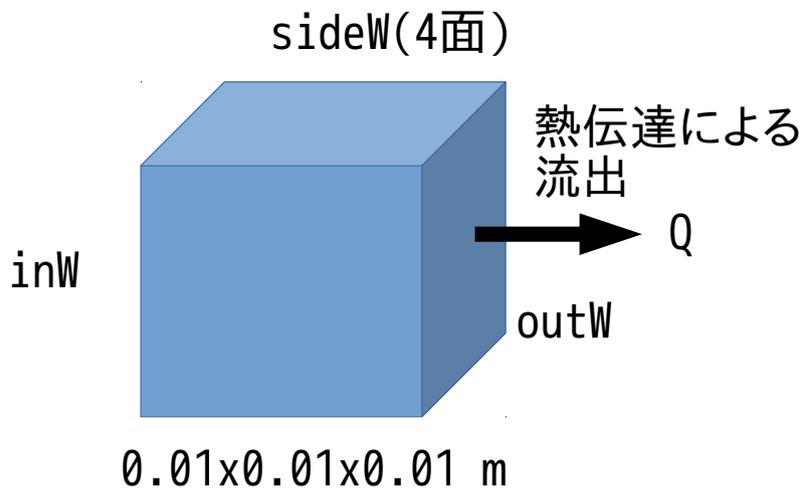


laplacianFoam



ほぼ合致 (0.7Kの差)

要素1ヶで1ループ(1s)のみ計算し、筆算と比較してみる



outWから流出するエネルギー

$$Q = \alpha (T - T_{ref}) \cdot A \cdot \Delta t$$
$$= 250 \times (400 - 300) \times 0.01^2 \times 1 = 2.5 \text{ J}$$

Qが奪われた時のcellの温度変化

$$\Delta T = \frac{Q}{\rho \cdot V \cdot C_p}$$
$$= \frac{2.5}{7830 \times 0.01^3 \times 465} = 0.6866 \text{ K}$$

温度勾配

$$\nabla T = \frac{\alpha}{\lambda} (T_{ref} - T)$$
$$= \frac{250}{52.8} (300 - 400) = -473.485 \text{ K/m}$$

温度変化が0.6866 K → cell温度は、399.3134 Kになるはず
温度勾配は、473.485 K/m になるはず

```
caeuser@caeuser-virtual-machine: ~/myTutorials/laplacian_1block
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) 端末(T) ヘルプ(H)

// **** //
Create time

Create mesh for time = 0

Reading field T

Reading transportProperties

Reading diffusivity DT

SIMPLE: no convergence criteria found. Calculations will run for 1 steps.

Calculating temperature distribution

Time = 1
DICPCG: Solving for T, Initial residual = 1, Final residual = 0, No Iterations 1
ExecutionTime = 0 s  ClockTime = 0 s

End

caeuser@caeuser-virtual-machine:~/myTutorials/laplacian_1block$
```

1stepのみ計算

筆算

OpenFOAM

温度 K

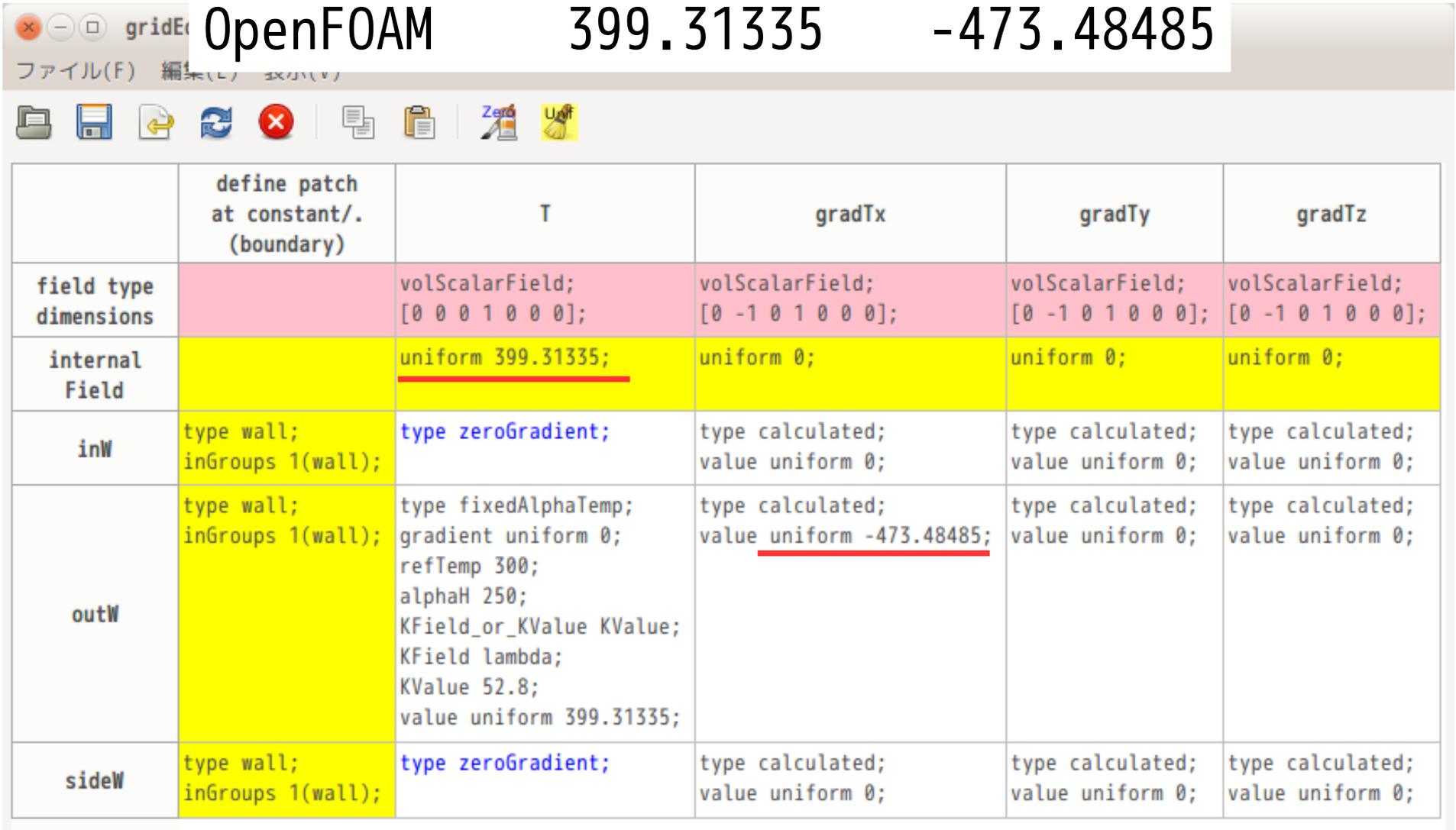
399.3134

399.31335

勾配 K/m

-473.485

-473.48485



The screenshot shows a software window titled 'gridE' with a menu bar (ファイル(F), 編集(E), 表示(V)) and a toolbar with icons for file operations and simulation settings. Below the toolbar is a table with the following structure:

	define patch at constant/. (boundary)	T	gradTx	gradTy	gradTz
field type dimensions		volScalarField; [0 0 0 1 0 0 0];	volScalarField; [0 -1 0 1 0 0 0];	volScalarField; [0 -1 0 1 0 0 0];	volScalarField; [0 -1 0 1 0 0 0];
internal Field		<u>uniform 399.31335;</u>	uniform 0;	uniform 0;	uniform 0;
inW	type wall; inGroups 1(wall);	type zeroGradient;	type calculated; value uniform 0;	type calculated; value uniform 0;	type calculated; value uniform 0;
outW	type wall; inGroups 1(wall);	type fixedAlphaTemp; gradient uniform 0; refTemp 300; alphaH 250; KField_or_KValue KValue; KField lambda; KValue 52.8; value uniform 399.31335;	type calculated; value <u>uniform -473.48485;</u>	type calculated; value uniform 0;	type calculated; value uniform 0;
sideW	type wall; inGroups 1(wall);	type zeroGradient;	type calculated; value uniform 0;	type calculated; value uniform 0;	type calculated; value uniform 0;

筆算の結果と同じ結果。

8. まとめ

- ・fixedGradientを改造して、
熱伝達率を表現するfixedAlphaTempを作成した。
- ・このpatchTypeは、laplacianFoam等で使用できる。
温度のディメンジョンを持っているfieldで使用可能な為、
laplacianFoam以外のsolverでも使用可能。
- ・商用の熱伝導解析ソフトと同様な境界条件が実現できる。

商用ソフト	OpenFOAM
温度固定	fixedValue
W数(熱流束)固定	fixedGradient
熱伝達率固定	fixedAlphaTemp
熱絶縁	zeroGradient