

Verification & Validation

-OpenFOAM による熱設計機能検証- の一部進捗(固体熱伝導解析)

2013.11.10

Mori, SH

0. 活動内容（まずはVerification）

1. ファンP-Q(P-v)特性

- 内部のパッチにP-Q特性を与え、流量を求める.

2. 定常固体熱連成問題(輻射なし)

2.1. 強制対流(冷却)

- 発熱する固体(樹脂, 金属)を空気によって強制冷却する.
- 熱収支の確認.

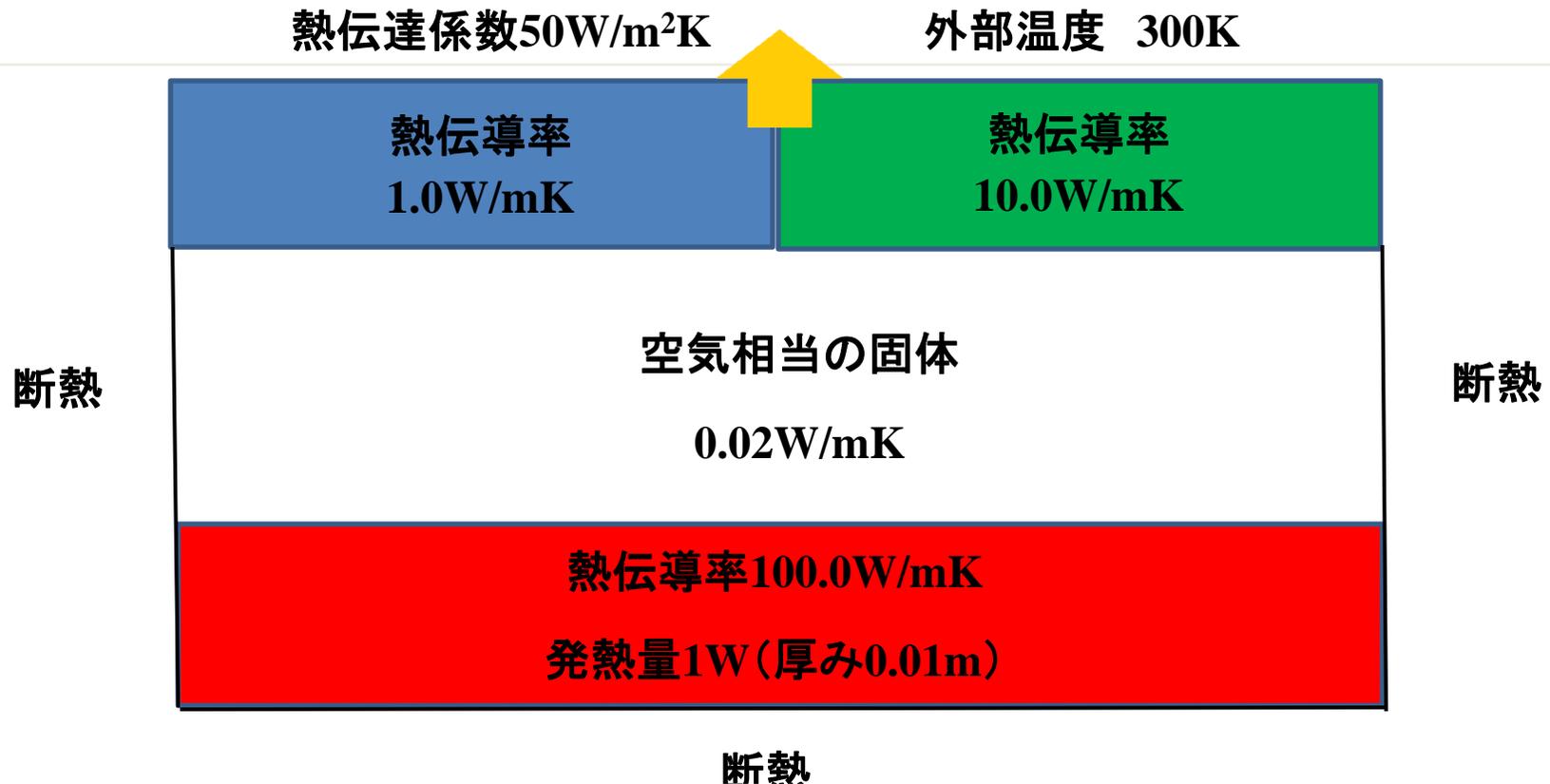
2.2. 自然対流

- 発熱する固体(樹脂, 金属)を空気によって自然空冷する.
- 熱収支の確認.

3. 定常固体熱連成問題(輻射考慮)

2.2. 自然对流

2.2.1. 固体熱伝導解析



- 固体熱伝導定常解析.
- $0.02\sim 100\text{W/mK}$ までの熱伝導率. 熱収支の確認.
- $0.5\text{m} \times 0.2\text{m}$ の解析領域 (100×40 メッシュ).

固体の熱伝導解析は通常basicの下でlaplacianFoamで解くが



問題点は次ページ

2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAM解析での問題点

1. `laplacianFoam`は非定常計算、定常計算はできない
(→ 時間が多少かかるが定常値まで計算させれば
良いのであまり問題ではない。)
 2. `laplacianFoam`は単一材料のみ取り扱うので複数材
料は扱うことができない
→ `laplacianFoam`ソルバ改良を行う
`ChtMultiRegionSimpleFoam`を使う
 3. `laplacianFoam`には発熱項(Source項)が無い
→ ソルバ改良を行う
-

2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAM解析での問題点解決

2, 3の問題点を解決するためにソルバ改良を行う。

laplacianFoamは単一材料のみ取り扱うので複数材料は扱うことができない

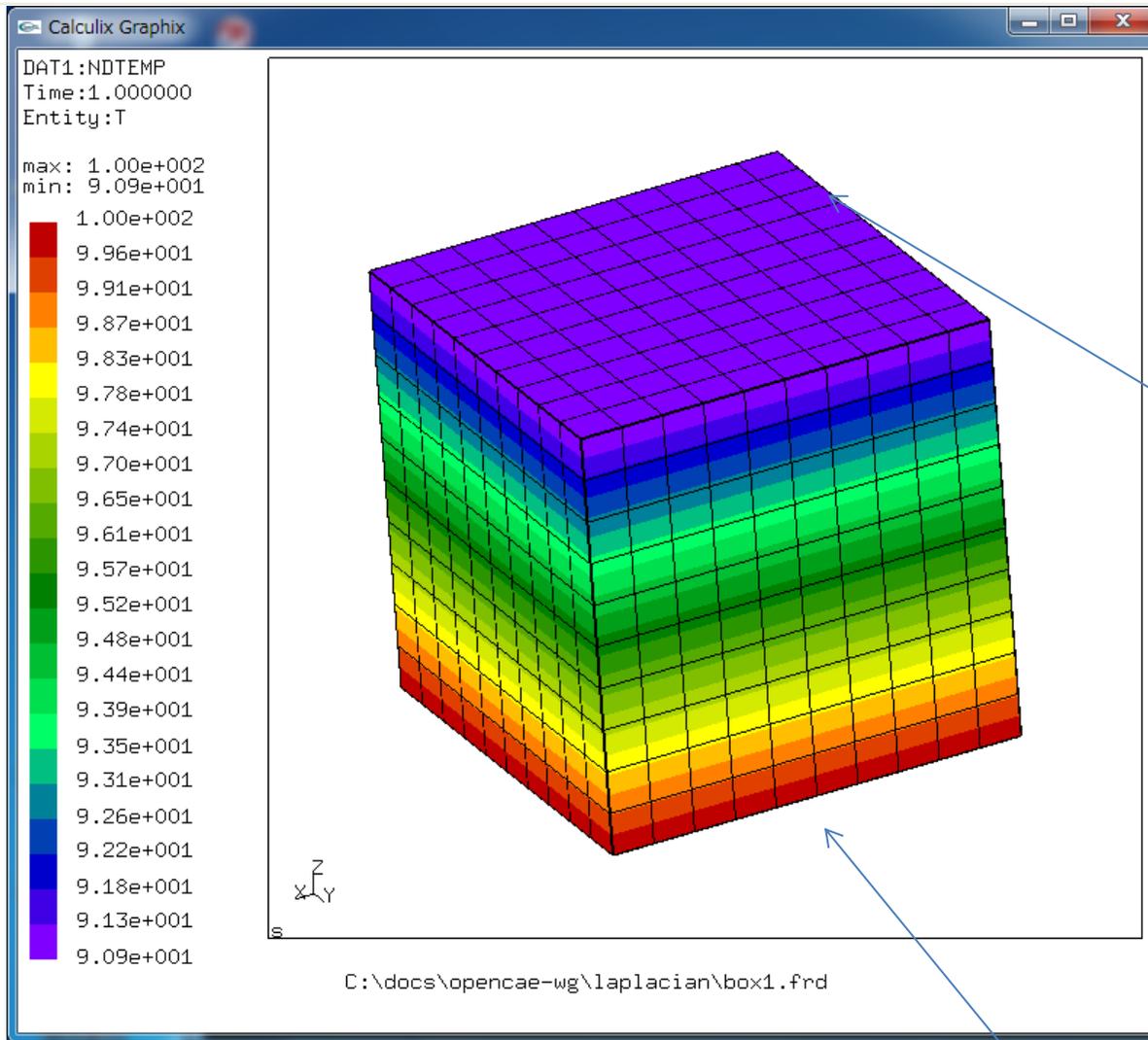
→ laplacianFoamソルバ改良を行う or

ChtMultiRegionSimpleFoamを使う

3. laplacianFoamには発熱項(Source項)が無い

→ laplacianFoamソルバ改良を行う

2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAMは解が正しいか確認



Calculixの
熱伝導解析結果比較
〈左:Calculix定常解〉

上面:

0°C, 熱伝達係数
100W/(m²K)
の流体に接する

側面:断熱
(T:zeroGrad)

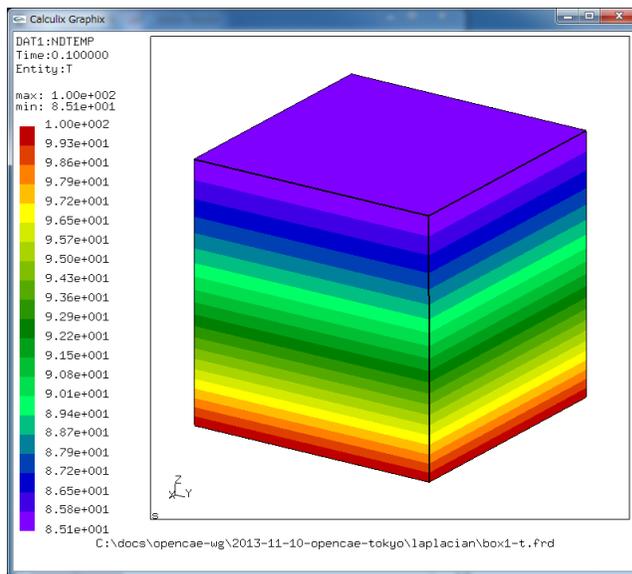
底面100°C固定

上面温度
90.9°C

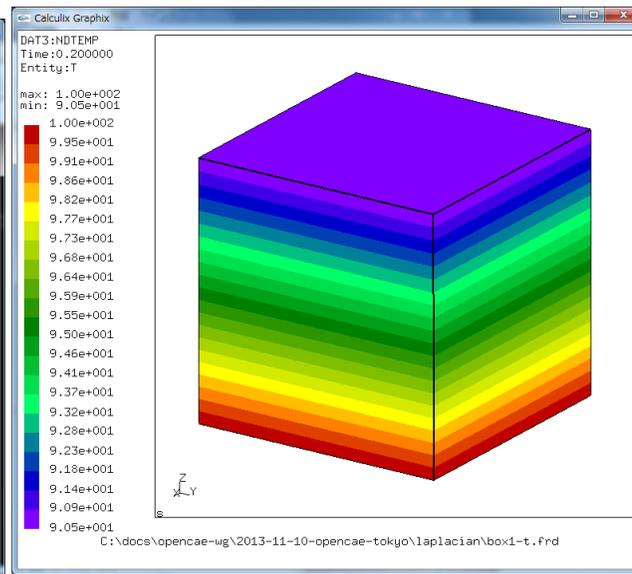
初期全体:25°C

熱伝導率:100W/(mK), 密度: 2000kg/m³, 比熱:0.1

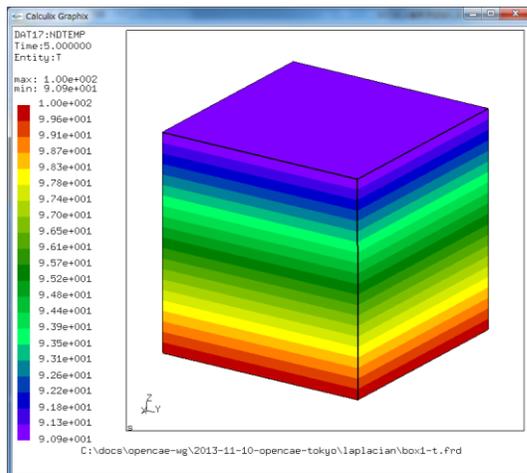
2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAMは解が正しいか確認



**t=0.1 上面温度
85.1°C**



**t=0.2 上面温度
90.5°C**



**t=5 上面温度
90.9°C**

**大体0.2~
0.3secで定常
解に一致する**

**Calculixの
熱伝導解析結果比較
左:Calculix非定常解)**

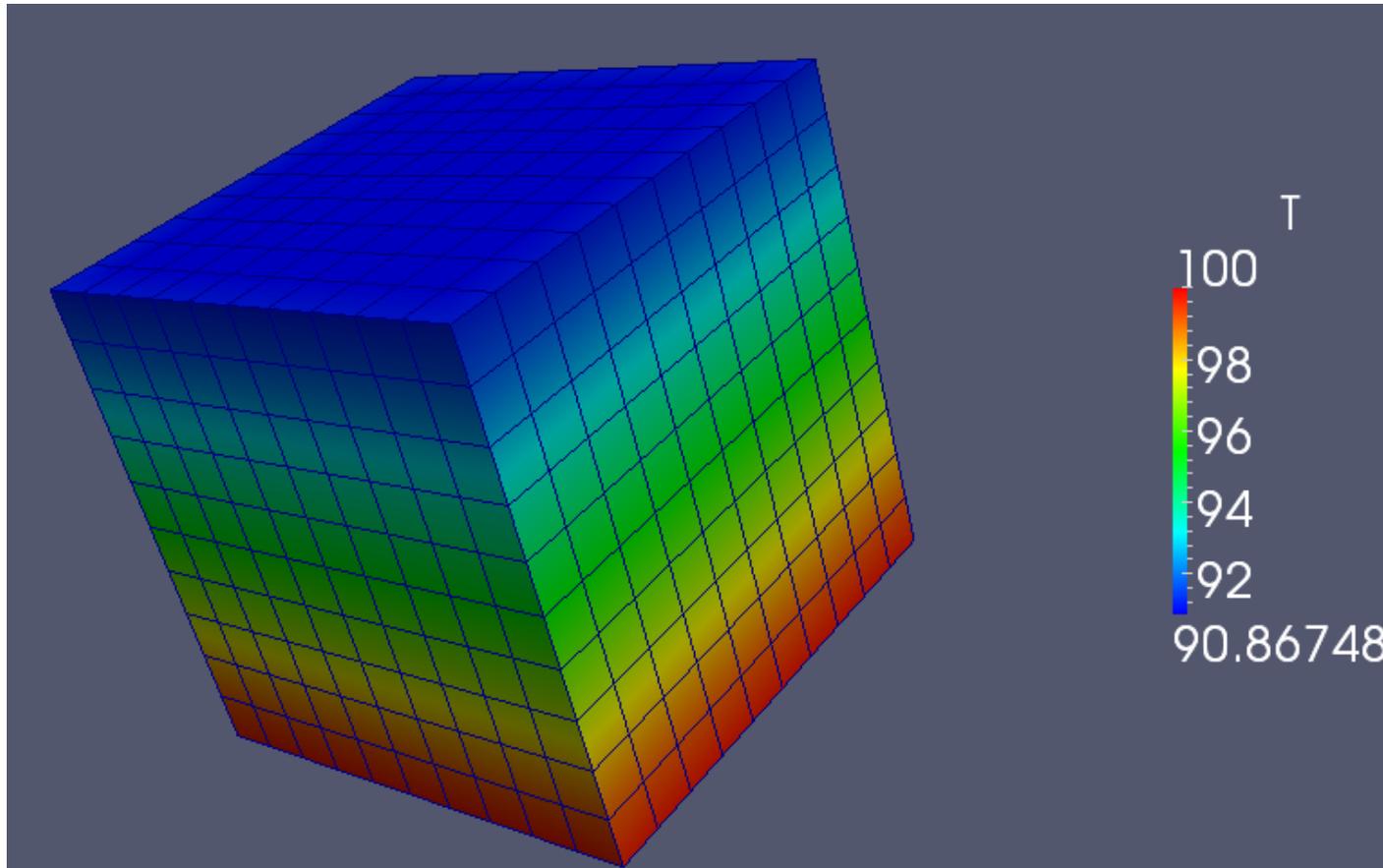
2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAMは解が正しいか確認

0/T の定義

```
internalField uniform 25.0;
boundaryField
{
    defaultFaces
    {
        type zeroGradient;
    }
    bottom
    {
        type fixedValue;
        value uniform 100.0;
    }
    top
    {
        type groovyBC;
        refValue uniform 0;
        refGradient uniform 0;
        valueFraction uniform 1;
        value uniform 0;
        valueExpression "0";
        gradientExpression "gradT";
        fractionExpression "0";
        evaluateDuringConstruction 0;
        variables "Tout=0.0;h_conv=100;cond=100;gradT=h_conv*(Tout-internalField(T))/cond;";
        timelines (
    );
    lookuptables (
);
}
```

OpenFOAMでは熱伝達境界条件はgroovyBCを使う必要があるためswak4Foamをinstallする必要がある

2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAMは解が正しいか確認



OpenFOAMの
laplacianFoam
計算結果

t=1 上面温度
91.1687 °C

t=3 上面温度
91.1719 °C

OpenFOAMの熱伝導解析結果比較

温度をSheetで出力するとするとずれる？

分布図で表示すると正しい？

2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAMは解が正しいか確認

-複数材料物性への対応: 過去の勉強会資料
(Ogataさんのものあり)

-上記+材料異方性+ソース項追加:
オープンCAE富山のNisiさん
の公開資料あり

詳細は各資料を参照;

今回の問題は西さんの改良ソルバ
“laplacianFOAMSourceTensor”
を使って計算する

第9回OpenFOAM勉強会for beginner

ソルバー改良事例発表

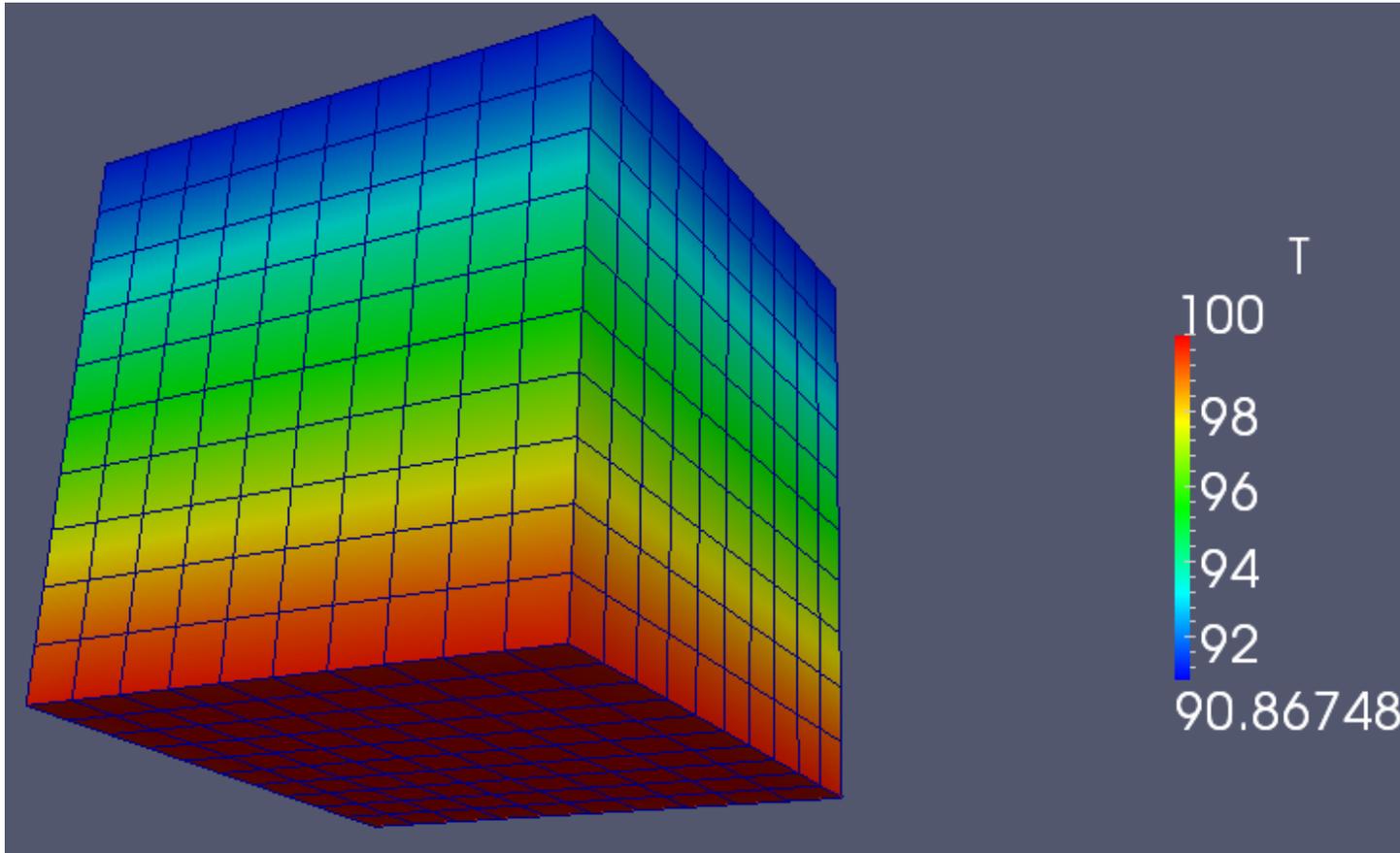
id:oga_shin
小縣信也
ogata shinya

2011.03.26 第9回OpenFOAM勉強会for beginner

OpenFOAMによる
電子機器シミュレーション
その1

オープンCAE学会 西 剛伺

2.2.2. 固体熱伝導解析のOpenFOAMは解が正しいか確認



OpenFOAMの
laplacianFoam

SourceTensor

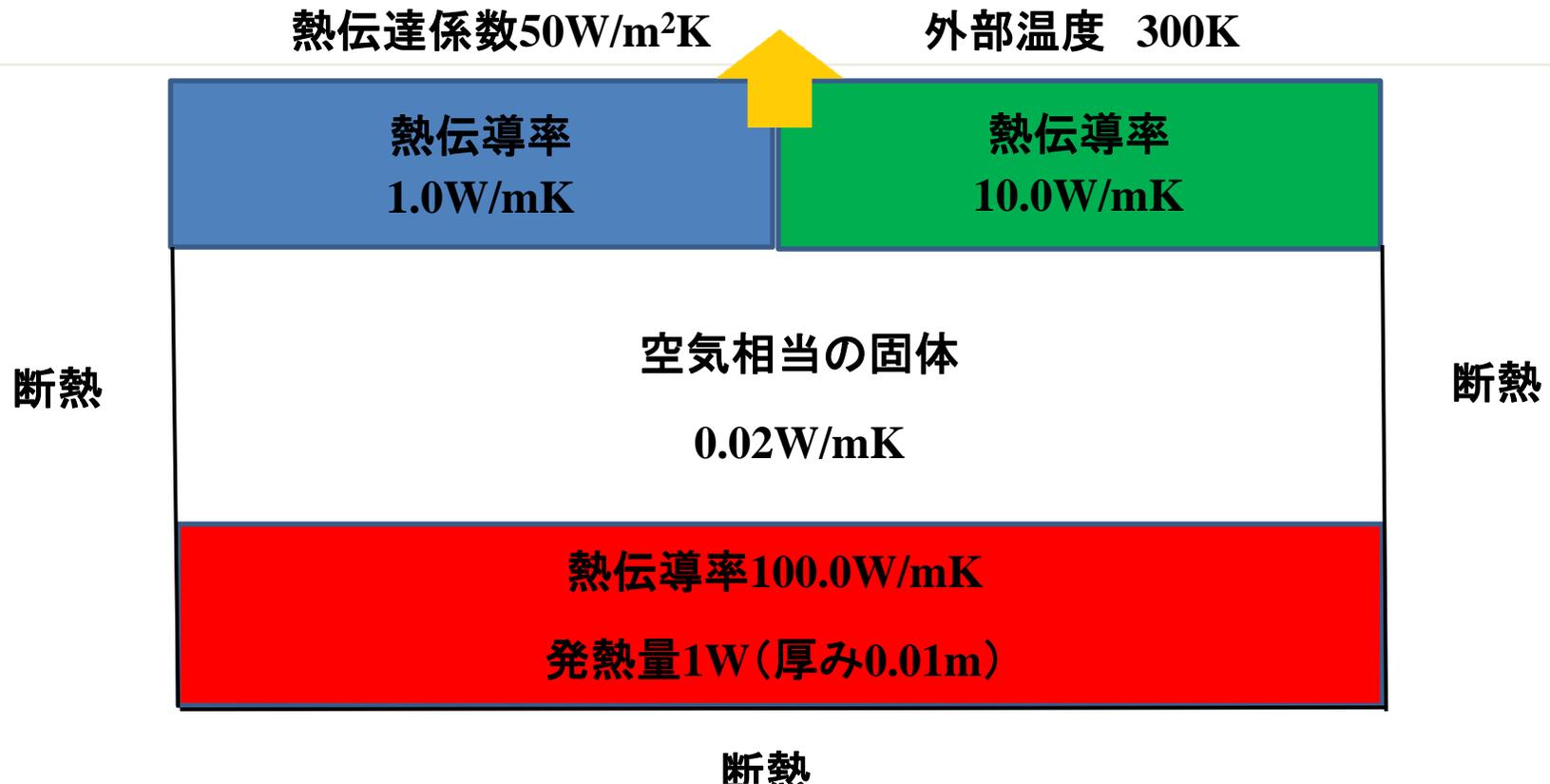
計算結果

t=1 上面温度
91.1687 °C

t=3 上面温度
91.1719 °C

発熱Source(ST=0), 異方性物性を等しく定義
するとlaplacianFoamと一致することを確認

2.2.1. 固体熱伝導解析

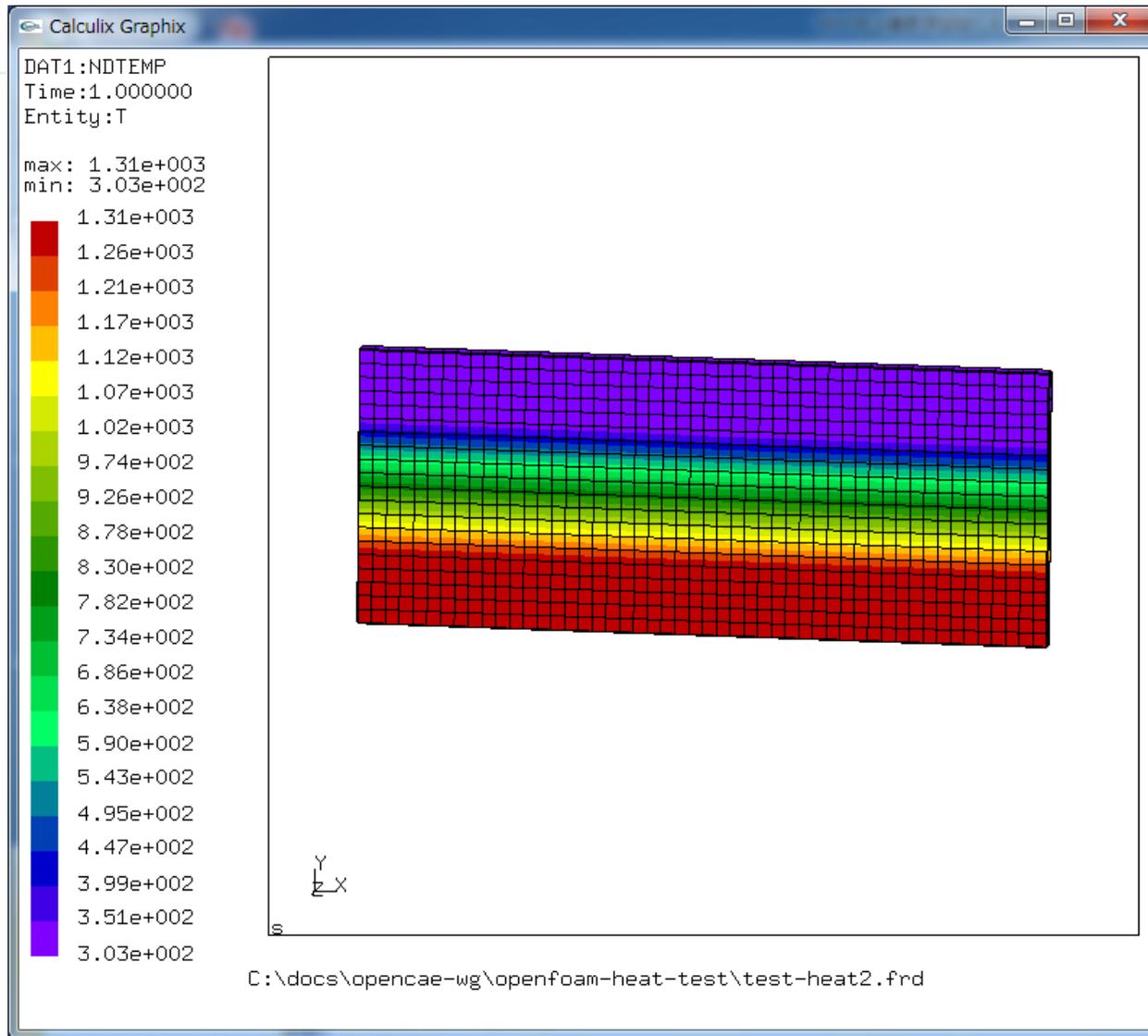


- 固体熱伝導定常解析.
- $0.02\sim 100\text{W/mK}$ までの熱伝導率. 熱収支の確認.
- $0.5\text{m} \times 0.2\text{m}$ の解析領域 (100×40 メッシュ).



まずはCalculixで計算

2.2.1. 固体熱伝導解析

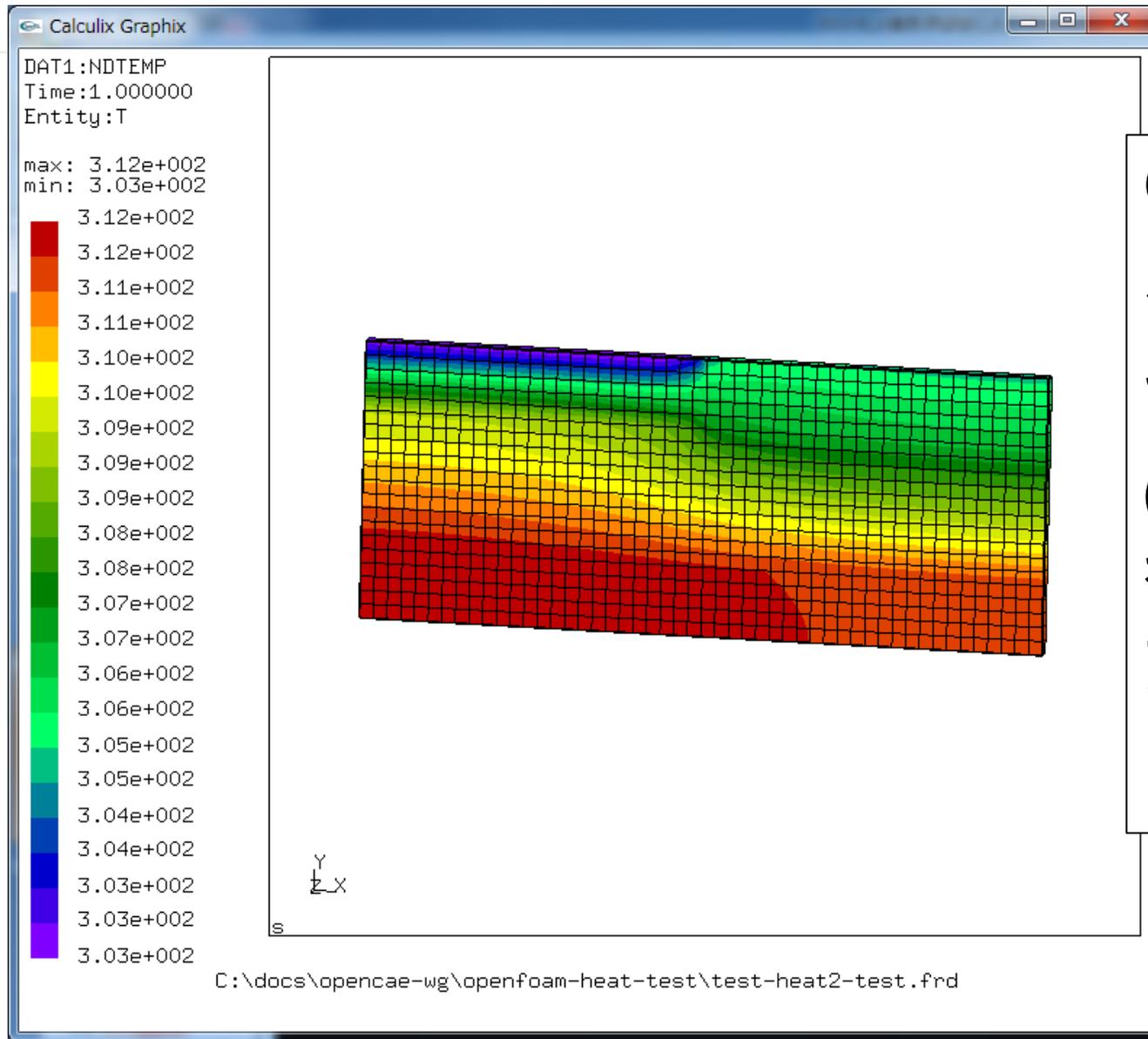


Calculix
定常熱伝導計算

最高温度1310Kになる。空気の熱伝導率が小さいため？

対流を考慮した場合の等価な熱伝導率はもう少し大きい

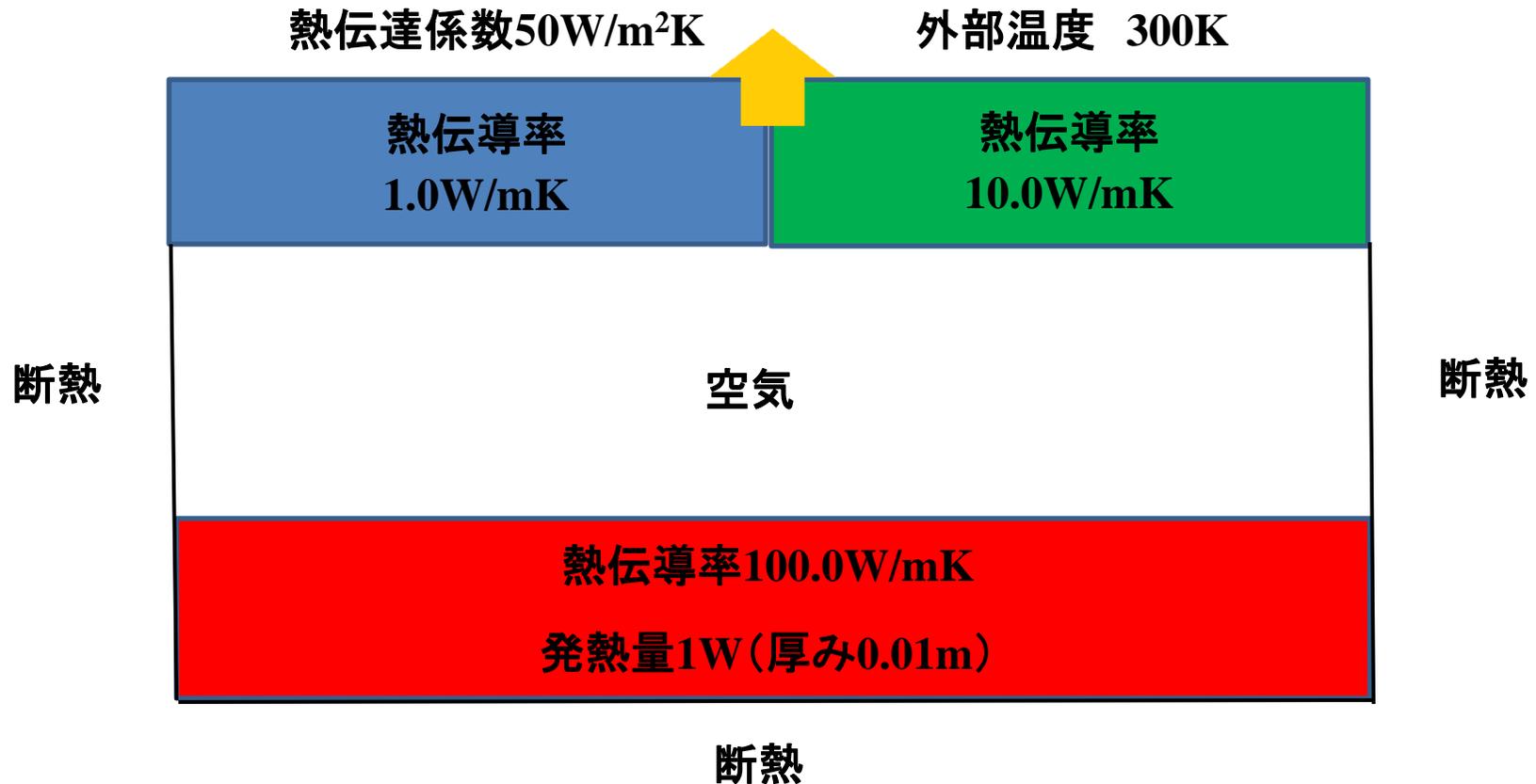
2.2.1. 固体熱伝導解析



Calculix
定常熱伝導計算
その2
(空気部の熱伝導率
を0.02→5W/mK に
変更)

最高温度312Kになり、一応それらしい結果になる

2.2.2. 自然対流（輻射なし）

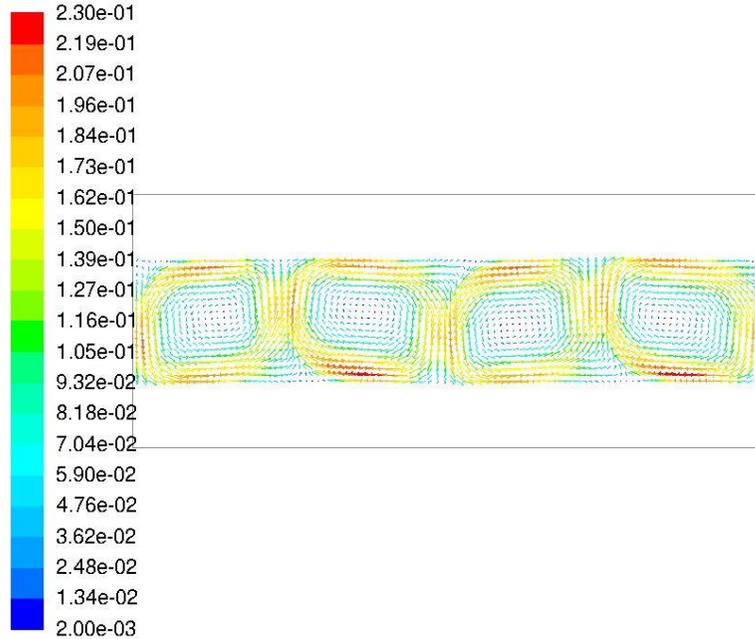


- 密度のみ温度依存性考慮, 定常解析.
- 空気, 粘性係数 $1.789 \times 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ (層流).
- $0.5\text{m} \times 0.2\text{m}$ の解析領域 (100×40 メッシュ).

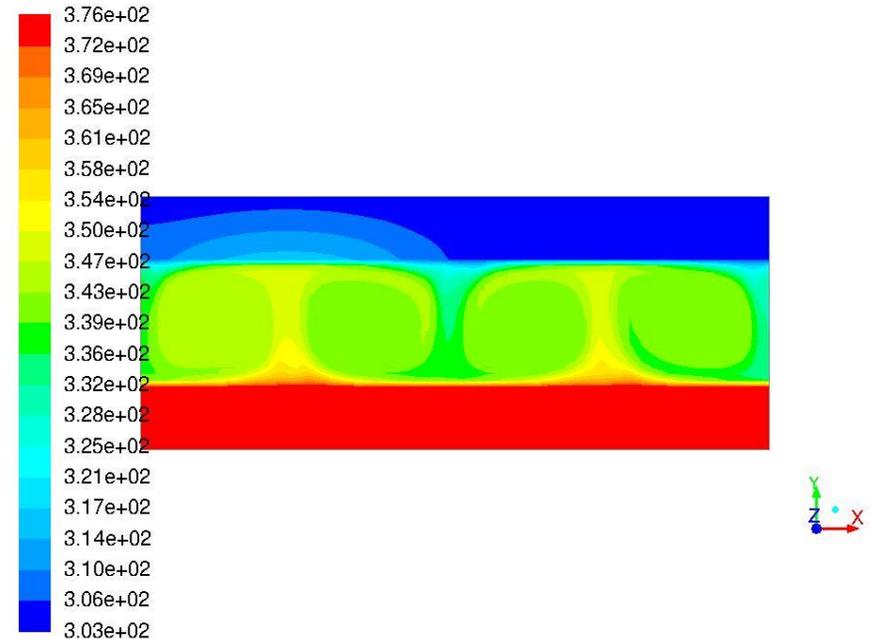


ChtmultiResionSimpleFoamを使う
HeatSourceの定義はどうするか？

2.2.4. 自然対流 (FLUENT14.5)



速度ベクトル表示



温度コンター表示

- 温度上昇 76°C.
- 排熱 0.991W (100サイクル時).
- 発熱 1Wなので、熱収支誤差 0.9%.

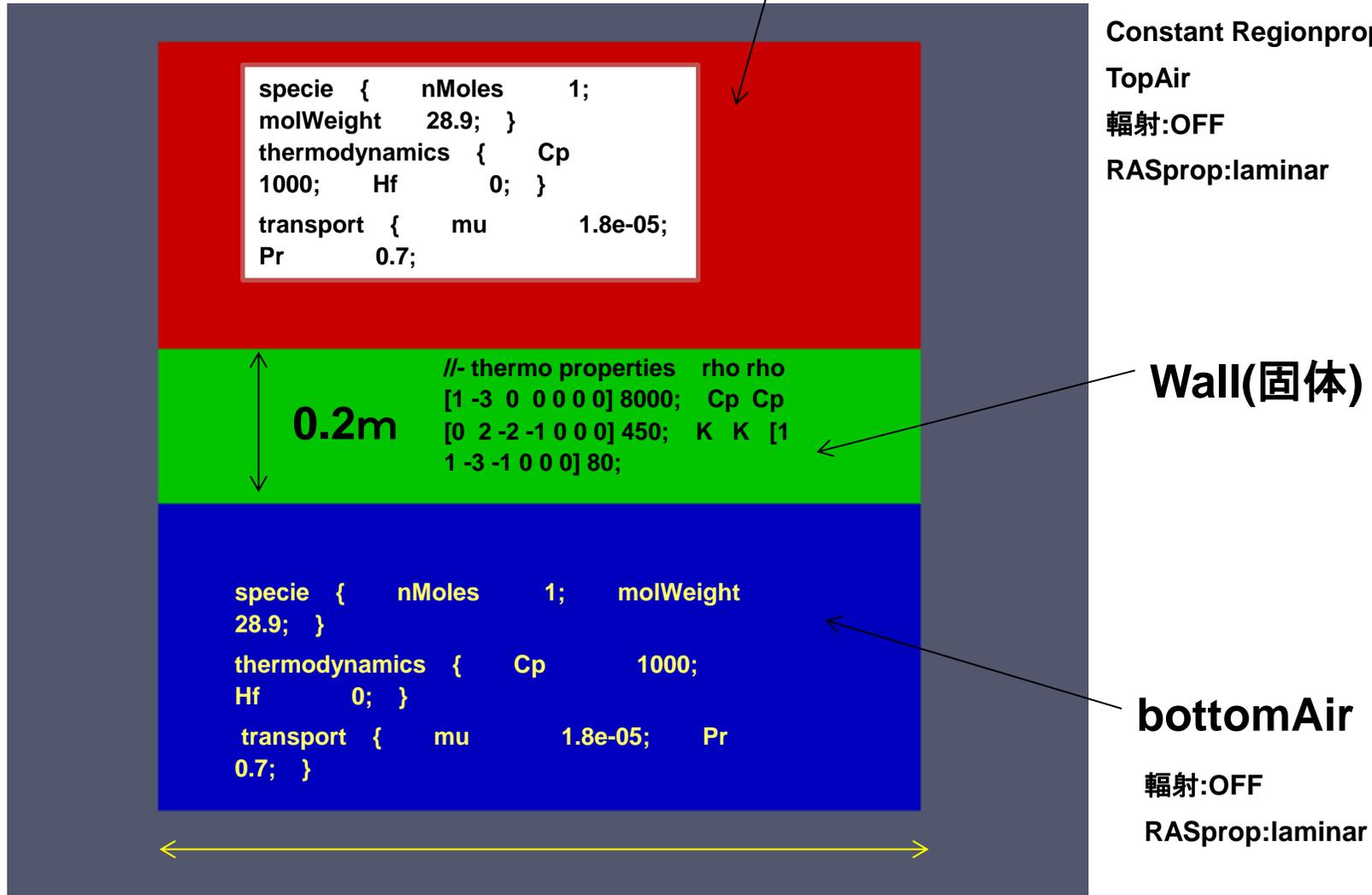
定常固体熱連成問題(輻射なし)

PlaneWall2D

(OpenFOAM wiki から入手)

OpenFOAM V2.1.1

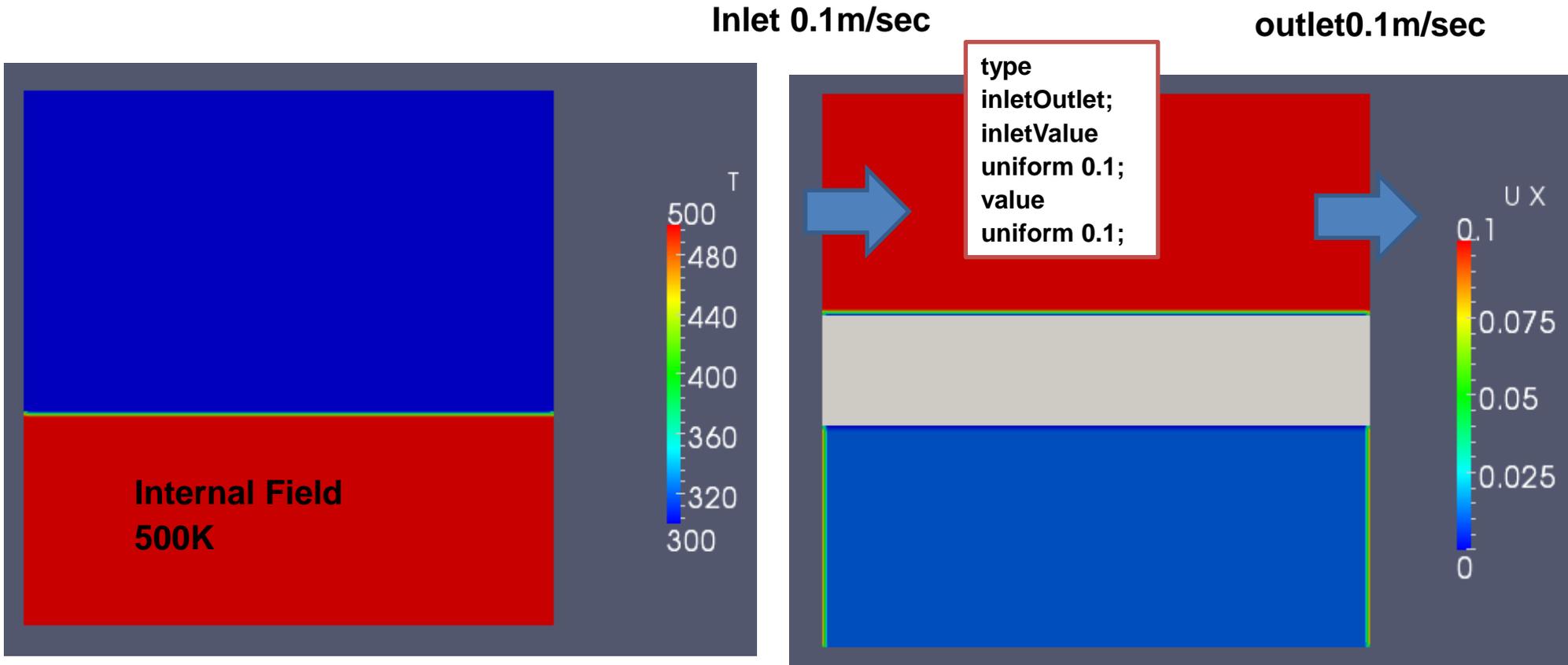
Solver: chtMultiRegionSimpleFoam



1m

定常固体熱連成問題(輻射なし)

```
type    fixedValue;  
value   uniform 0.1;
```



初期温度

300°C

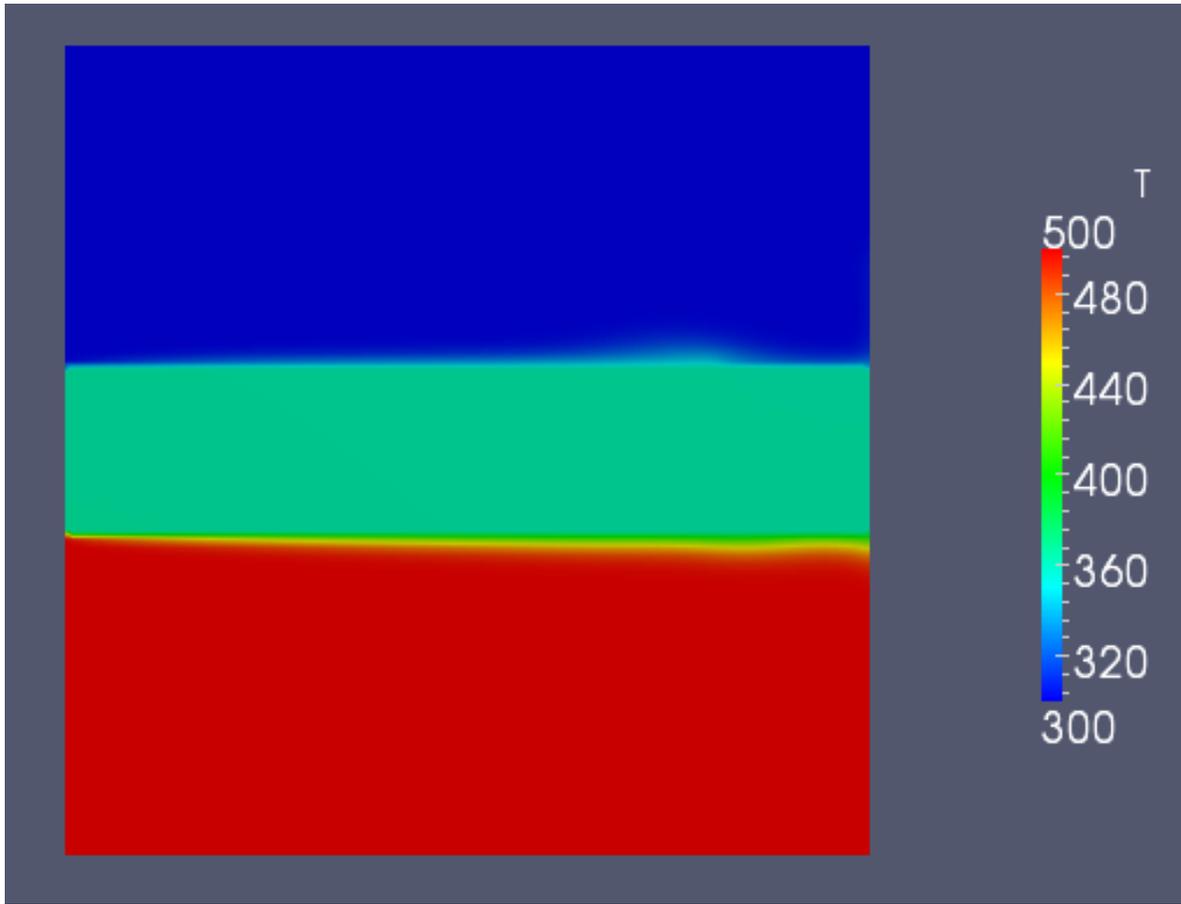
500°C(bottom)

初期流速

0.1m/sec(top)

領域ごとの条件は
system/changeDictionarydictで定義

定常固体熱連成問題(輻射なし)



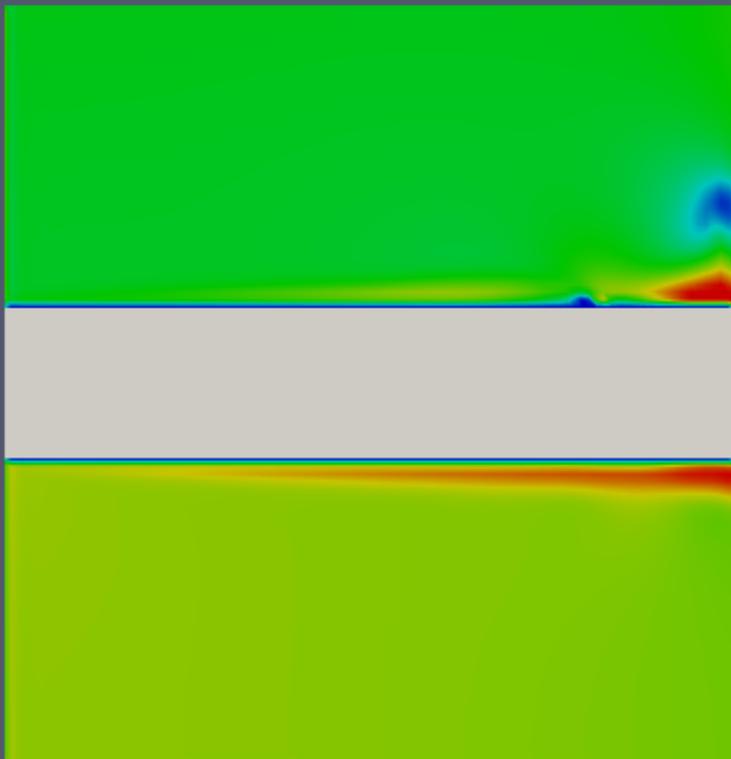
5000sec後

300°C(top)

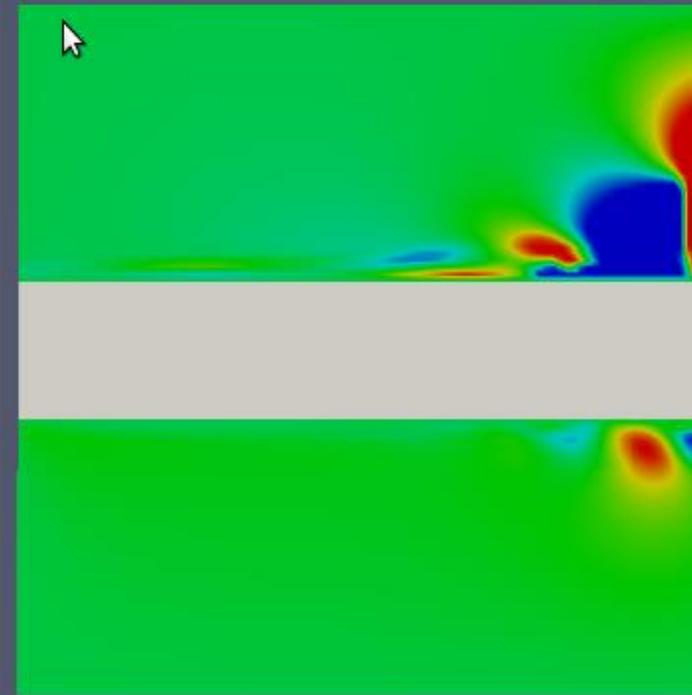
300-500(wall)

500°C(bottom)

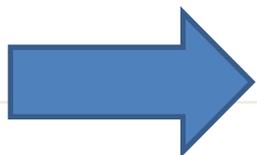
定常固体熱連成問題(輻射なし)



T=5000sec Ux



T=5000sec Uy



一応計算できているようだ。これを参考に森さんの自然対流の例題を検証予定

2.3.5. 自然対流（OpenFOAM）

**熱伝導解析, 固体流体熱連成解析
11月中に実施予定**

2.4.1. 自然対流まとめ

	FLUENT 14.5	OpenFOAM	iconCFD	Helyx
固体熱伝導				
自然対流 (輻射なし)	○			
自然対流 (輻射考慮)				