

EasyISTRとAutodesk Fusion 360による 構造解析比較(熱応力解析修正版)

構造解析を比較した切っ掛け

- (1) Autodesk Fusion 360の書籍を購入し、簡単なモデル作成をしたところ、SalomeやFreeCADと比べてFusion 360の操作性が優れていることが分かった
- (2) Fusion 360は、stepファイルのローカルドライブへのインポートとエクスポートに対応しているため、salomeのCADデータとして利用できる
- (3) EasyISTR(FrontISTR)の解析結果と比較することで、Fusion 360の解析結果が妥当かどうか試した
- (4) EasyISTRの熱応力解析のバグが修正されたので、再計算した

概要

線形弾性静解析、固有値解析、熱伝導性解析、熱応力解析はほぼ同じになった。Fusion 360の熱応力解析は、初期温度の設定項目がないが、20°Cと推定される。EasyISTRは、MUMPS(直接法)のソルバーはFusion360に比べて数10倍高速であった。また、Fusion 360で未対応な動解析にも対応していることから、利用価値がある。

EasyISTR (FrontISTR) の環境 / VMware 上の Linux

1. Windowsネイティブをあきらめた理由
 - Anacondaでpython3の環境にしているので、pythonのバージョン管理で苦労しそう
 - Windowsの環境はできるだけシンプルにしたい
2. 仮想マシンの選定
 - ゲストOSのグラフィック性能によりVMware Workstation Playerを選んだ (Virtual Boxと比べて)
3. ゲストOSの変遷
 - Ubuntu 16.04 LTS (左上の × ボタンにはなじめなかった)
↓
 - Linux Mint 18 (アップデートに時間がかかることがあった)
↓
 - Debian9とUbuntu18.04 LTS (右上の × ボタンになった)
Debian9の仮想マシン上では、標準のGNOMEとSalomeの相性が悪いため、Cinnamonデスクトップ*を使用している。
*他にインストール時に XFCE, KDE, MATE, LXDEを選択可能

ゲストOS (Debian9) の設定 - 1

Debianは、UbuntuやMintと比べ手動での設定が必要

1. マウスの中ボタンを動作させる
ホストOSから仮想マシンの設定ファイル(.vmx)に2行追加する^[1]
`mouse.vusb.enable = "TRUE"`
`mouse.vusb.useBasicMouse = "FALSE"`
2. ログイン時のユーザー名入力を省略する
/etc/lightdm/lightdm.confのファイルを編集する (root権限で)

`#greeter-hide-users=false`
先頭の#を削除して、保存する
3. sudoの設定 次のコマンドを実行する (root権限で)
`adduser ユーザー名 sudo`
rootパスワードを空にすると、sudoが自動的に有効との情報あり^[2]

ゲストOS (Debian9) の設定 - 2

4. /etc/apt/sources.listを編集する (root権限で)

初期設定ではmainのみ。以下のようにcontrib non-freeを追加する (WIFI、NVIDIAのグラフィックドライバーなどがあり、実マシンにインストールするときには必要と思われる)

```
deb http://ftp.jp.debian.org/debian/ stretch main contrib non-free
deb-src http://ftp.jp.debian.org/debian/ stretch main contrib non-free
```

```
deb http://security.debian.org/debian-security/ stretch/updates main contrib non-free
deb-src http://security.debian.org/debian-security/ stretch/updates main contrib non-free
```

```
# stretch-updates, previously known as 'volatile'
deb http://ftp.jp.debian.org/debian/ stretch-updates main contrib non-free
deb-src http://ftp.jp.debian.org/debian/ stretch-updates main contrib non-free
```

なお、インストールに無線LANのnon-freeドライバーをUSBメモリから読み込んだ場合は、自動的にcontrib non-freeが追加された。

Ubuntu16.04、Debian9上でのFrontISTRのビルト

FrontISTR 4.6をビルドした(フォルダを作った後、そのフォルドに移動した後、ソースファイルを解凍する)

FrontISTR v4.5のインストール虎の巻(Ubuntu 16.04 LTS編)(161129)を参考にした。変更箇所は、Makefile.conf の赤字の2か所。

MPI

MPIDIR = /usr

MPIBINDIR = \$(MPIDIR)/bin

MPILIBDIR = \$(MPIDIR)/lib

MPIINCDir = \$(MPIDIR)/include

MPILIBS = -lmpi -lmpi_mpi fh

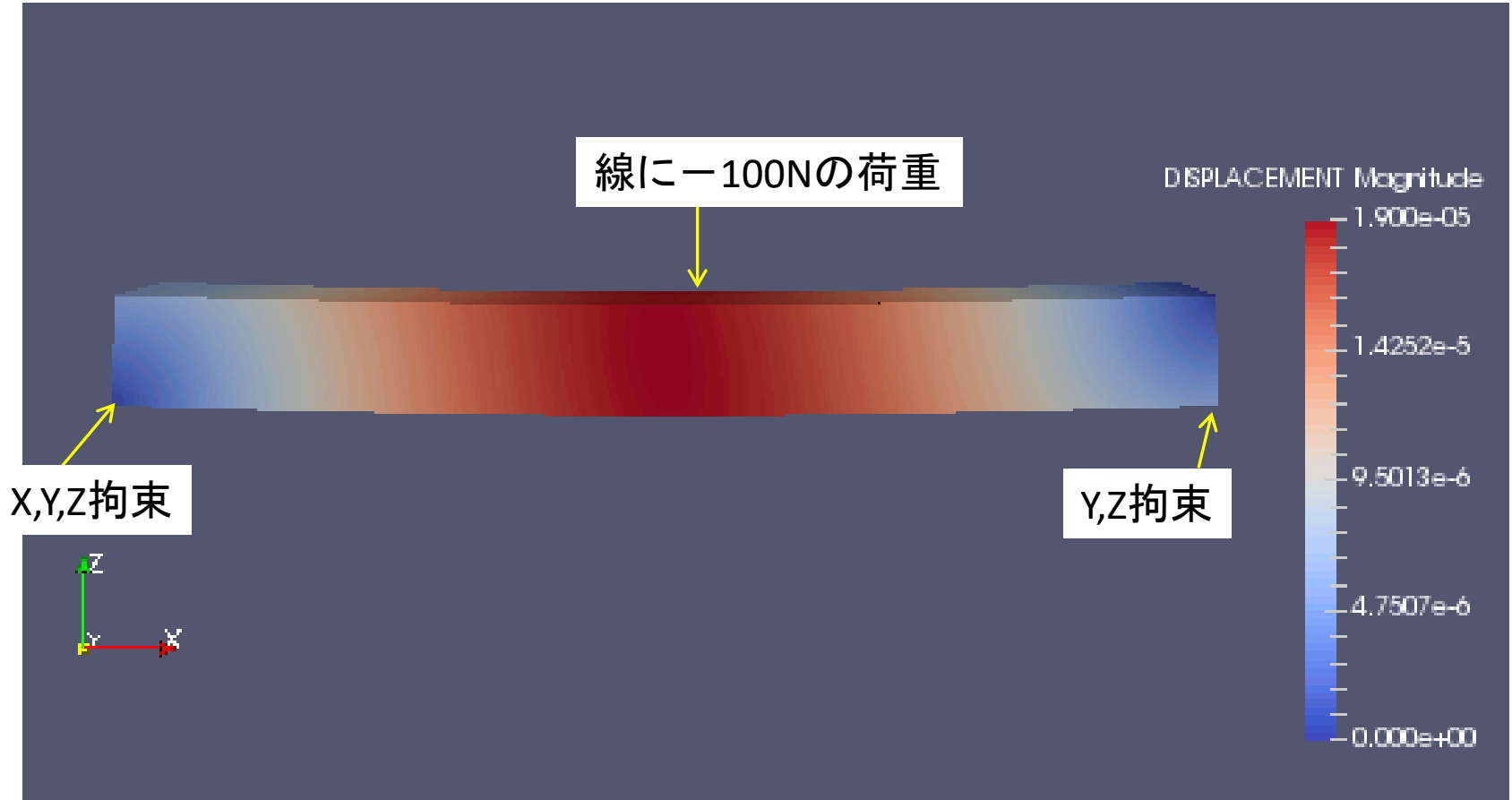
Refiner

REFINERDIR = \$(HOME)/REVOCAP_Refiner-1.1.04

REFINERINCDIR = \$(REFINERDIR)/Refiner

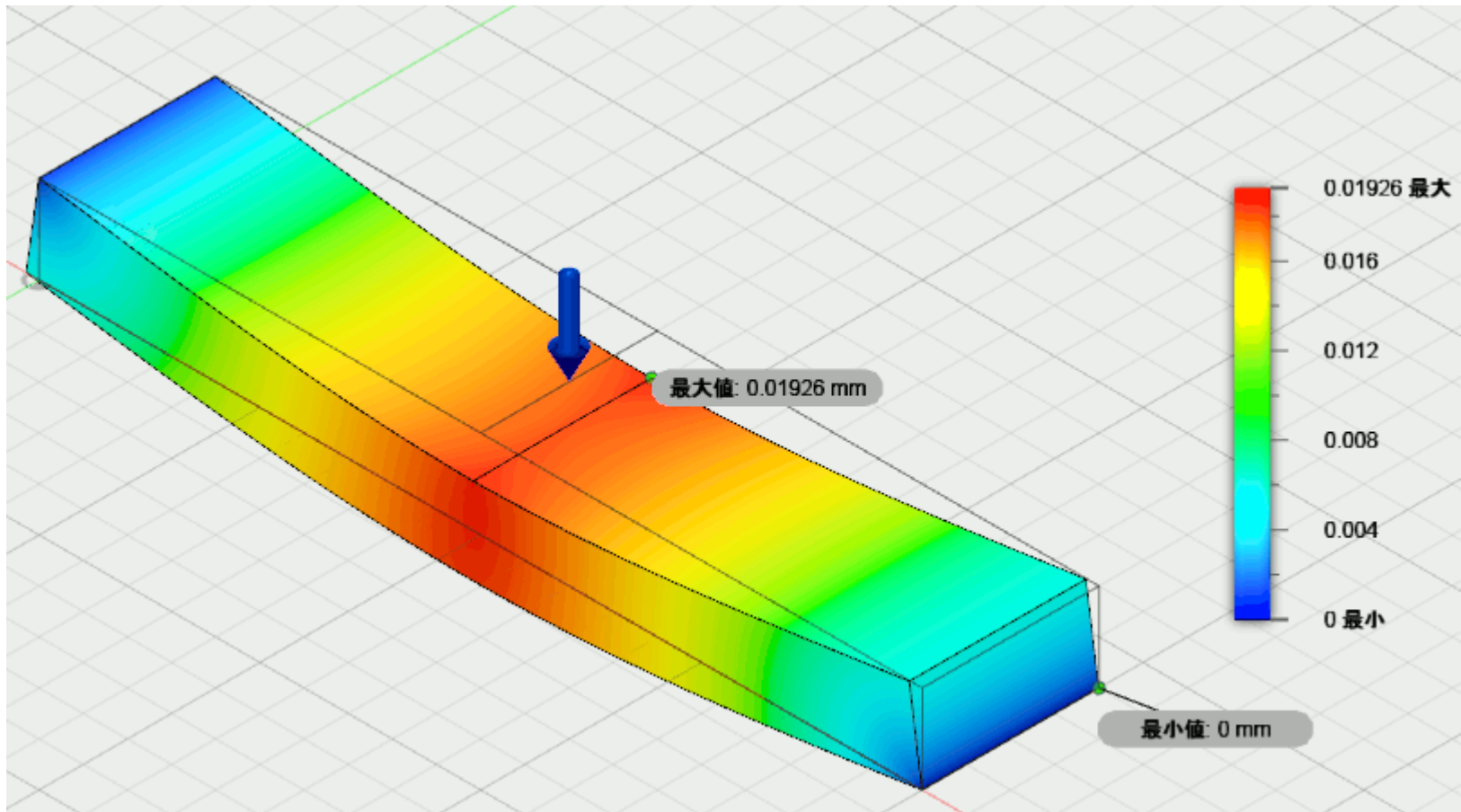
REFINERLIBDIR = \$(REFINERDIR)/lib/x86_64-linux

線形弾性静解析/EasyISTR



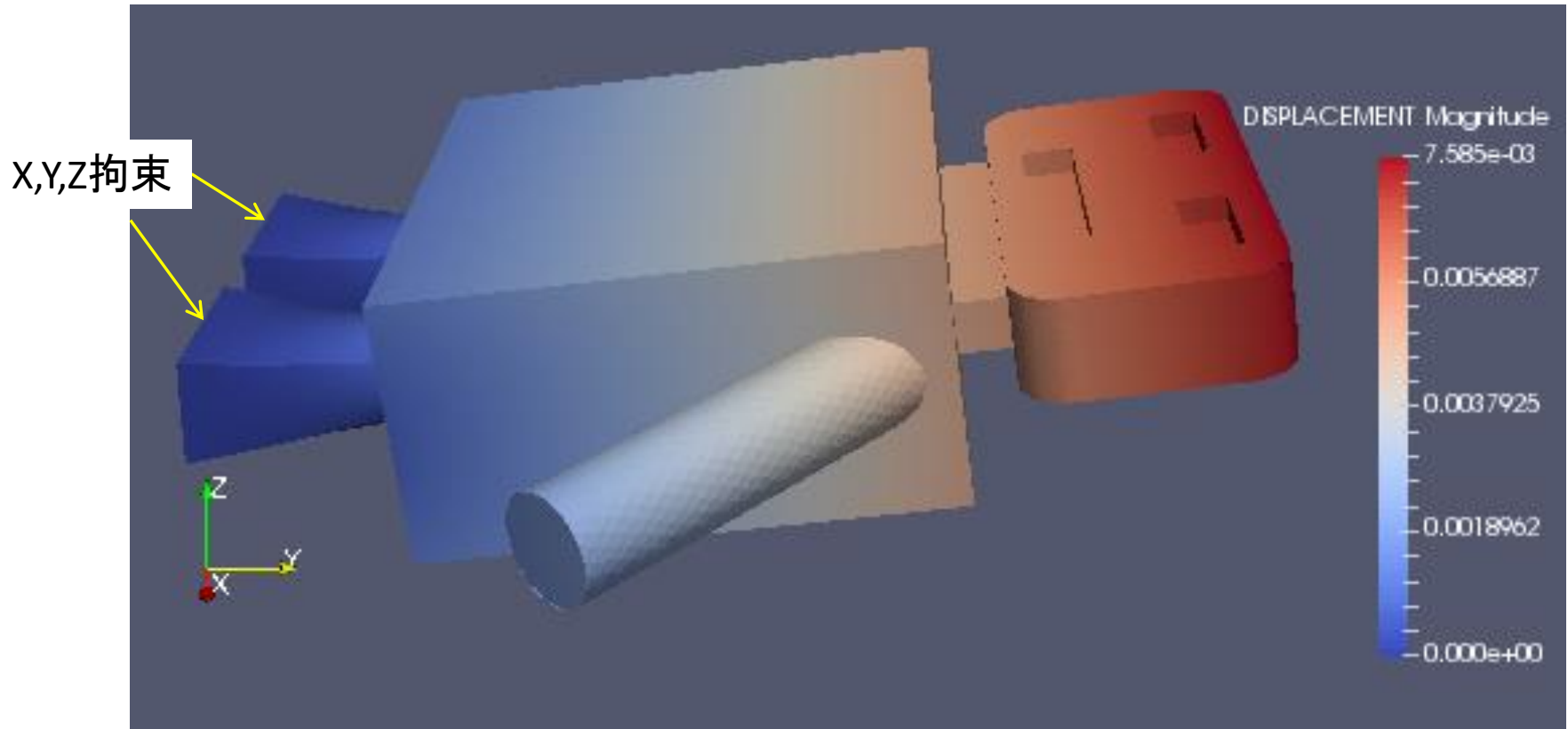
メッシュは4面体2次要素とした
MUMPSソルバーですぐに解析が終了した

線形弾性静解析/Fusion 360



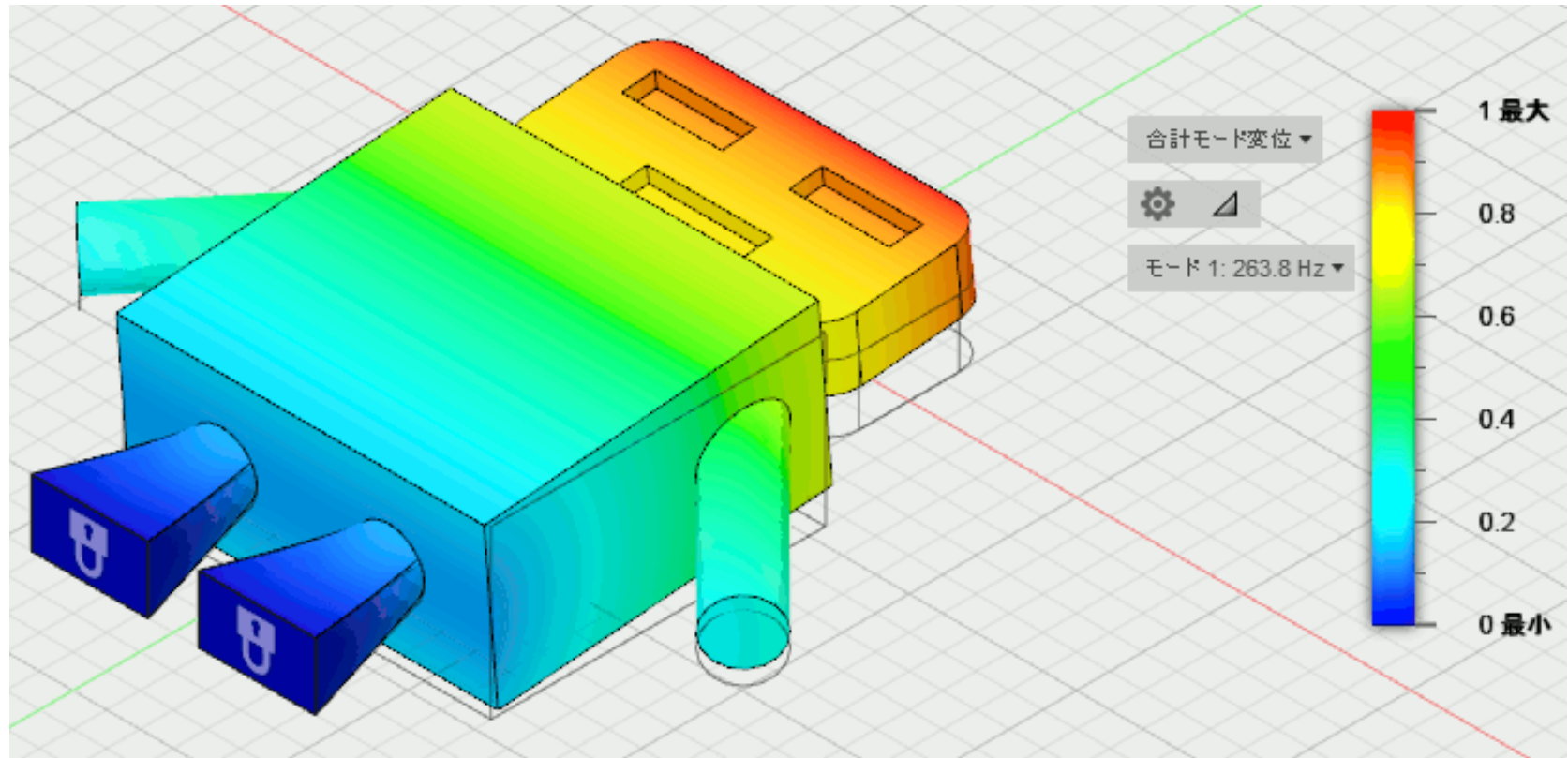
メッシュは放物線状、材料はFusionのアルミニウム
変位量は、EasyISTRとほぼ同じ。Paraviewよりも見やすい表示
解析にはクラウド上で数分かかる

固有値解析 / EasyISTR (書籍の練習課題^[3])



メッシュは4面体2次要素とした
1次モード: 259.4Hz、Z方向に動くモード
MUMPSソルバーの解析時間は、10秒程度

固有値解析 / Fusion 360 (書籍の練習課題)



メッシュは放物線状

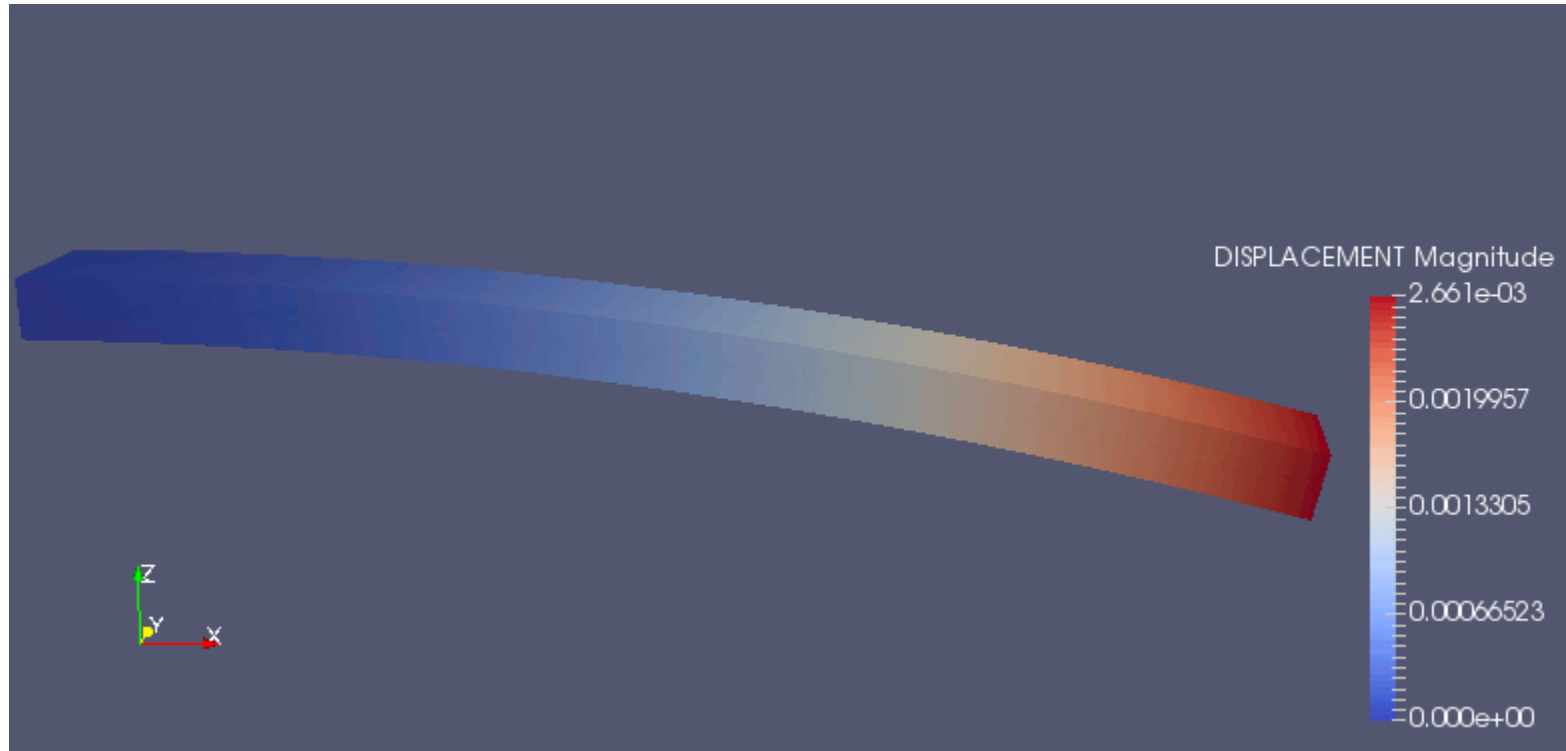
元の位置がワイヤフレームで描かれており、変位が見やすい
解析時にはクラウド上で10分程度

固有値の比較

モード	固有値 (Hz)	
	EasyISTR	Fusion 360
1次	259.4	263.8
2次	1004	1015
3次	1067	1083
4次	1709	2055
5次	2841	2992

1次～3次までは、ほぼ同じ値になった

熱応力解析 (EasyISTRのマニュアルのもの)

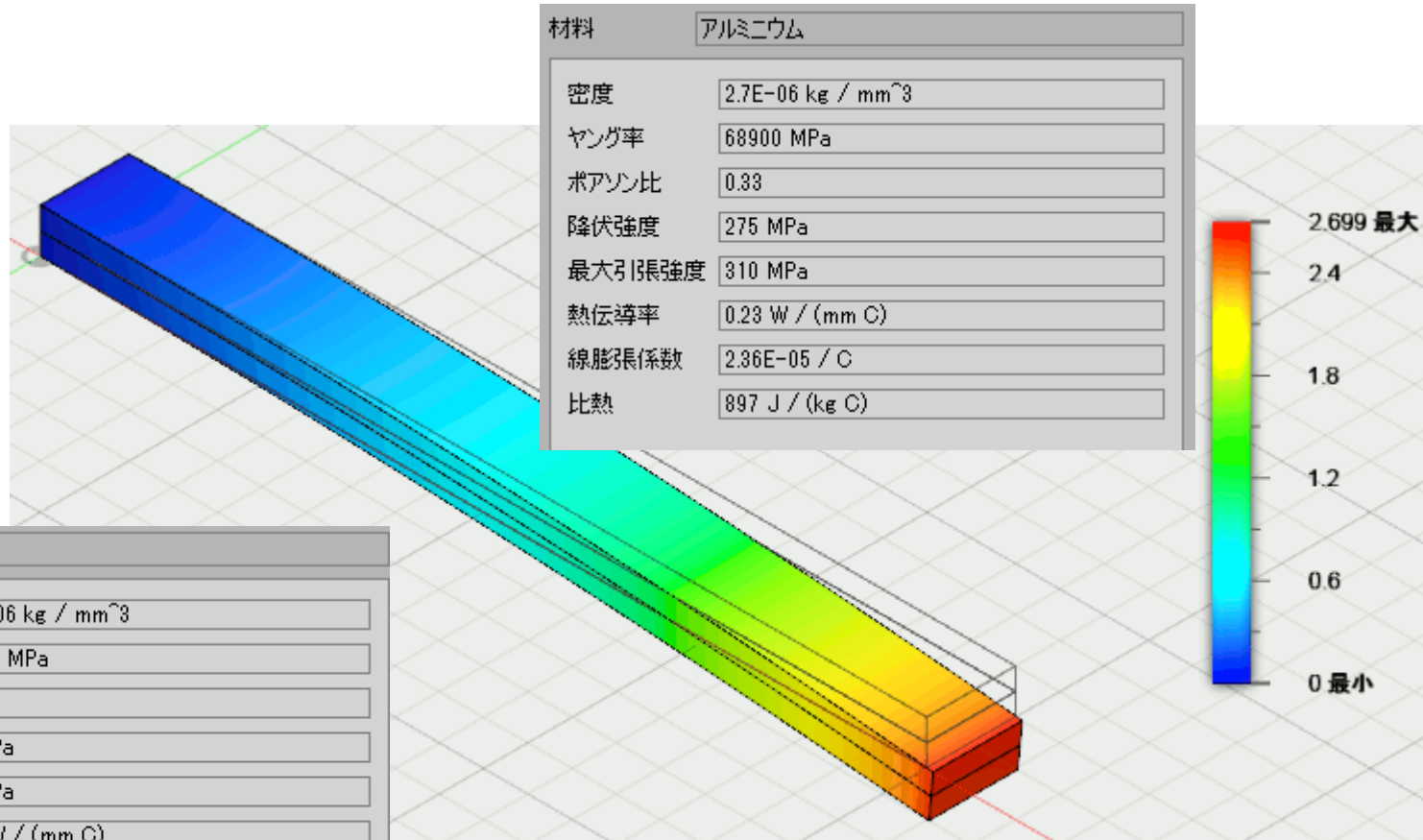


初期温度: 20°C、設定温度: 100°C

メッシュは、4面体2次要素

SteelとAluminiumの物性は、Fusion360の値を用いた

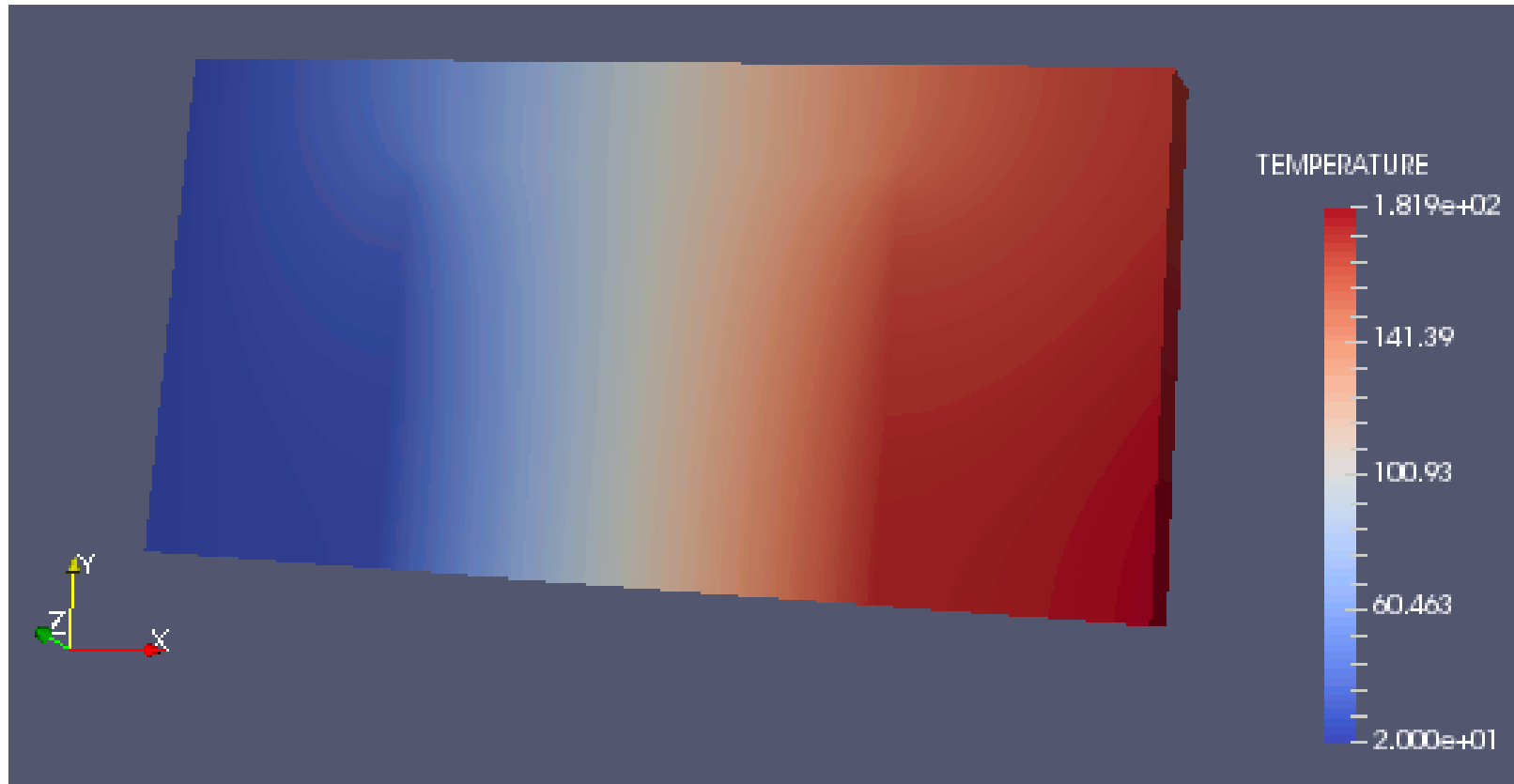
熱応力解析 / Fusion 360



100°Cでの熱応力解析結果(変位)

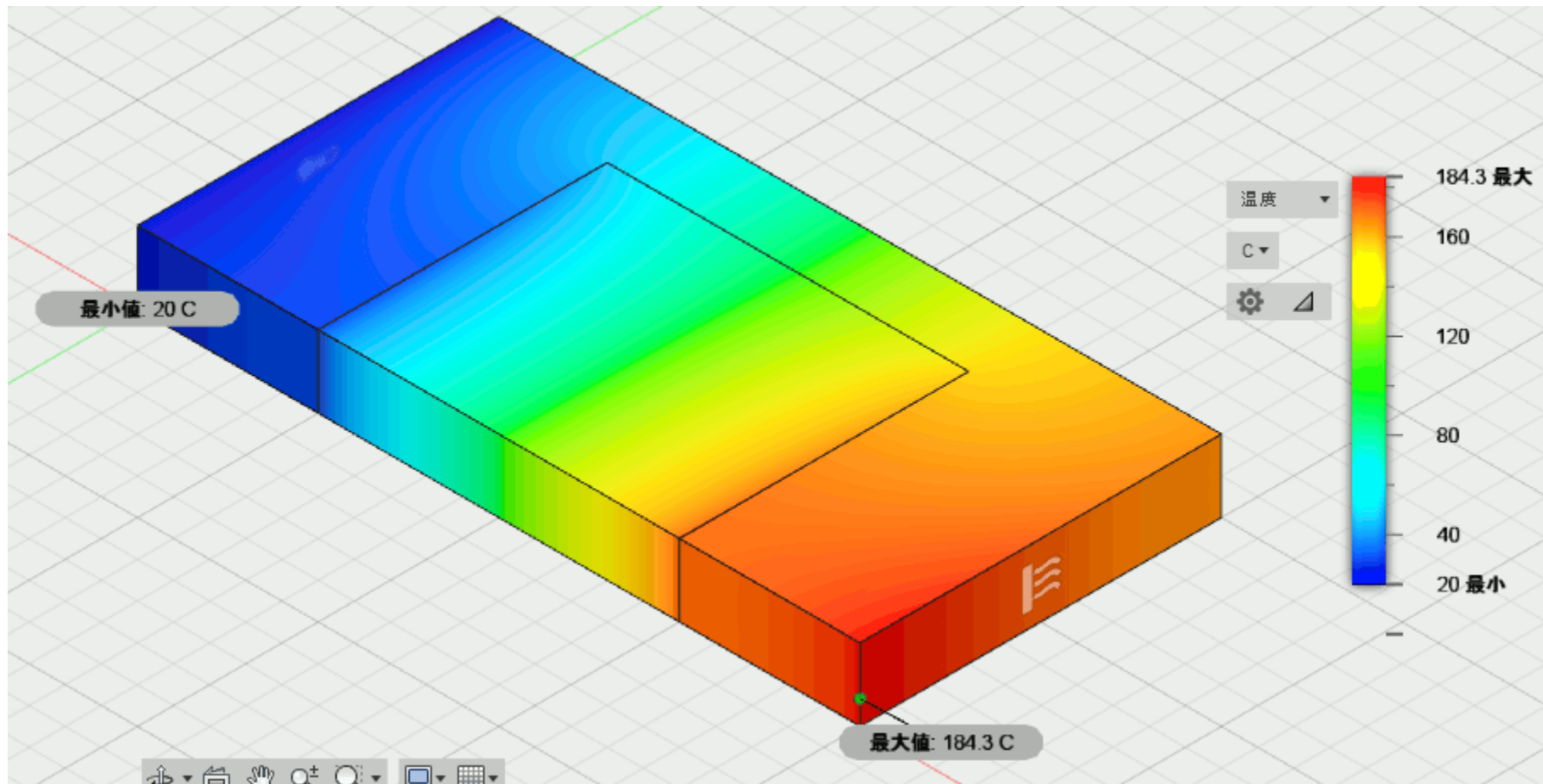
メッシュは放物線状。境界は接着とした。初期温度の設定が分からなかった。変位は、EasyISTRとほぼ同じになったことから、初期温度20°Cでの解析結果と推定される。

熱伝導静解析 (EasyISTRのマニュアルのもの)



メッシュは、4面体2次要素
温度はマニュアルの結果とほぼ同じになった

熱伝導静解析 / Fusion 360



メッシュは放物線状
温度は、EasyISTRとほぼ同じになった。

熱伝導解析(動解析) / EasyISTR

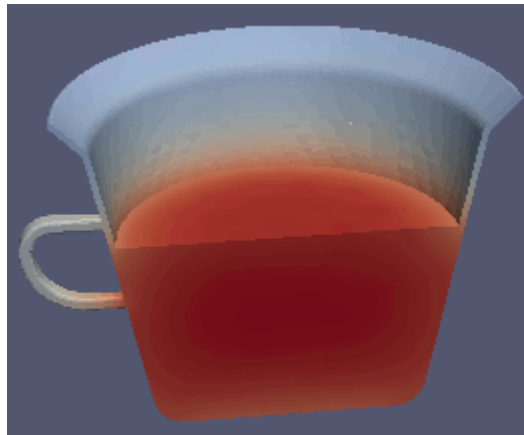
初期80°C、周囲が20°C。表面から熱伝達により冷却する状態を模擬。



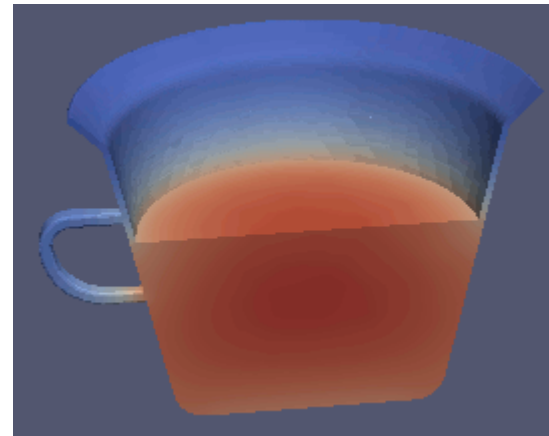
10s後



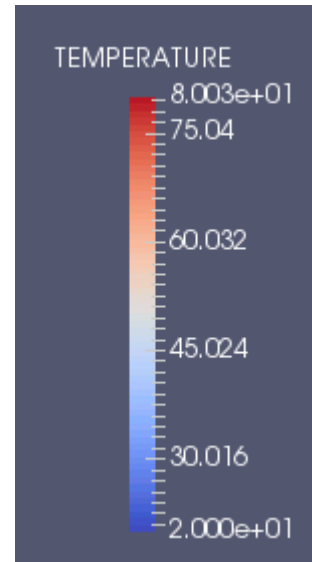
100s後



200s後



600s後



まとめ

1. 構造解析結果の比較

線形弾性静解析、固有値解析、熱応力解析、熱伝導性解析はほぼ同じになった。Fusion 360では熱応力解析の初期温度の設定が見つからなかったが、デフォルトは20°Cと推定される。

2. EasyISTRとFusion360の解析機能の比較(個人的な見解)

	EasyISTR	Fusion 360
導入の容易さ	○ LinuxではFrontISTRのビルドが必要 Windows用も手間がかかる	◎ ダウンロード・ユーザー登録してインストールする
解析のしやすさ	◎~△(メッシュでトラブル時) Netgen1-2-3で作成したメッシュ(2次要素)がFrontISTRでエラーになることがある	◎ 必要条件が入力されていれば、解析が確実に実行される。過拘束も自動的に修正される。
解析時間	◎ 簡単な解析では10秒以内で終了する (MUMPSソルバー)	△ 簡単な解析でも数分~10分かかる
解析範囲	◎ 動解析にも対応	△ 動解析には未対応

参考資料

1. DebianゲストOS時のマウス中ボタンを動作させる設定
https://wiki.archlinux.org/index.php/VMware/Installing_Arch_as_a_guest#Mouse_problems
2. Debianのインストール
<http://gihyo.jp/admin/serial/01/ubuntu-recipe/0477?page=3>
3. 書籍「Fusion 360操作ガイド アドバンス編 第2版」
<http://www.cutt.co.jp/book/978-4-87783-431-9.html>