

OpenFOAMのOverset Meshと lumpedPointMotionを 使用したFSI計算

オープンCAEシンポジウム2017

オープンCAE勉強会@関西

川畑 真一

はじめに

- **オープンCAE勉強会@関西**では、オープンソースソフトを使った計算事例やソフトウェアの新機能調査結果を報告している。
- 今年にはESI社より **OpenFOAM v1706**が公開され、多数の新機能が実装され、勉強会でも調査を実施。
- 本発表では、最近の調査対象である **OverSetMesh**、同じく v1706で追加された **lumpedPointMotion**の機能を紹介し、それらを組み合わせた流体一構造連成解析(FSI)の手法の構築について報告する。

OverSetMesh

- v1706より搭載された**重合メッシュによる計算機能**
- 二つの異なるメッシュに対してインターフェースを介して同一空間内で取り扱える。
- 回転体や剛体移動する物体の計算でメッシュ生成が容易になる。
- 現在対応しているソルバは以下の通り
 - **overLaplacianDyMFoam**
 - **overPimpleDyMFoam**
 - **overSimpleFoam**
 - **overInterDyMFoam**

OverSetMesh

□使用方法

- オーバーセット領域として**ZoneID**をsetFiledで設定する。
- “**overset**”の境界面を指定する。
- controlDictで**liboverset.so**を読み込むようにする
- dynamicMeshDictで“**dynamicFvMesh** **dynamicOverSetFvMesh**”とする。

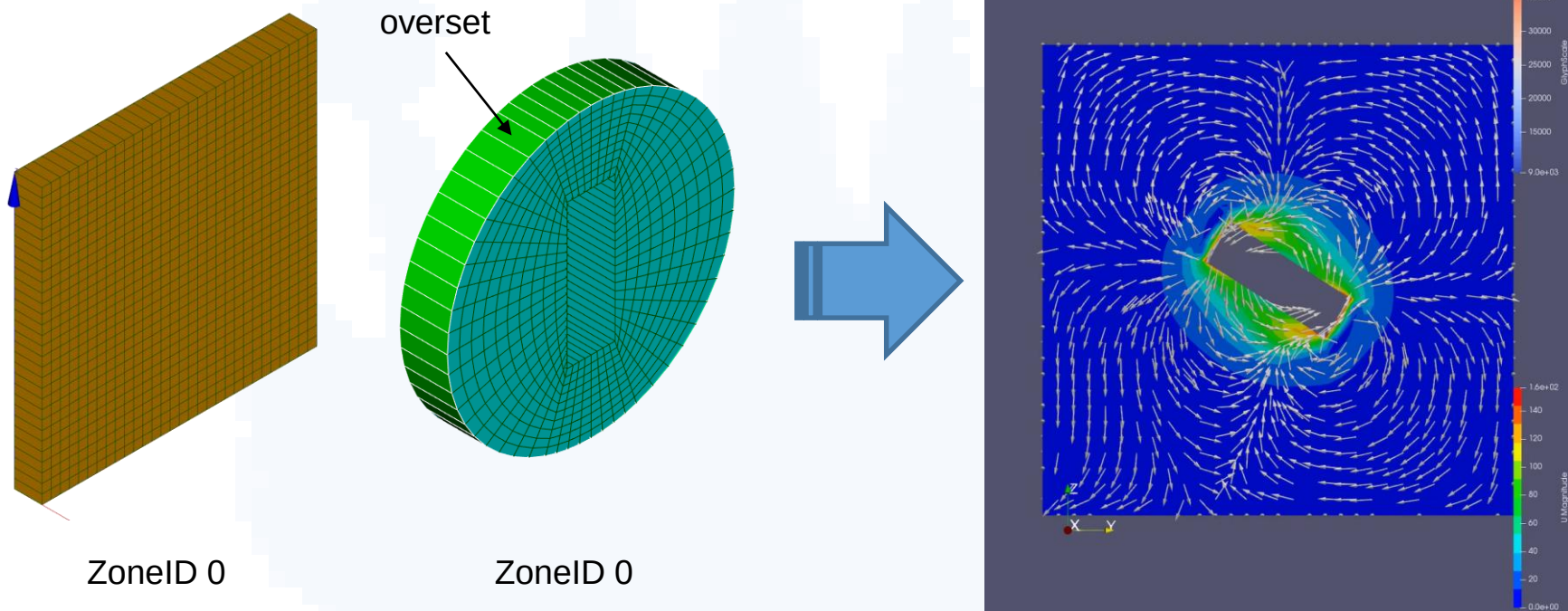
```
controlDict (~¥Documents¥vmshare...17¥model¥transient¥system) - GVIM
ファイル(E) 編集(E) ツール(T) シンタックス(S) パツファ(B) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
libs      ( "liboverset. so" "liblumpedPointMotion. so" );
application      overPimpleDyMFoam;
controlDict
```

```
dynamicMeshDict + (~¥Documents¥v...model¥transient¥constant) - GVIM1
ファイル(E) 編集(E) ツール(T) シンタックス(S) パツファ(B) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
dynamicFvMesh      dynamicOverSetFvMesh;
dynamicOverSetFvMeshCoeffs
{
dynamicMeshDict [+]      18, 0-1      33%
```

OverSetMesh

□ 計算例（Twitterにて公開）

- 2D
- 矩形領域内を長方形の物体が回転



lumpedPointMotion

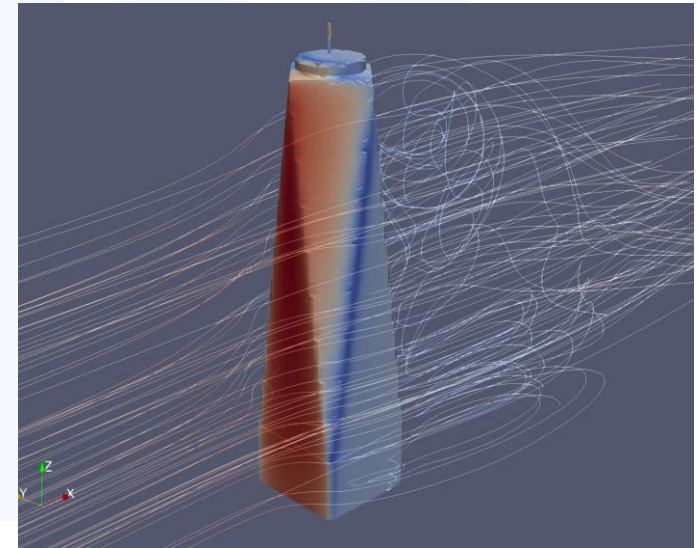
- V1706から搭載。
- 境界面のフェイスを設定した集中点とリンクさせる。
集中点にはフェイスの圧力から力とモーメントが計算される。
- 集中点を取り付ける境界面には **0/pointDisplacement** で type を **lumpedPointDisplacement** とする。
- **comms** ディレクトリを介して集中点データをやり取りする。
- **system/lumpedPointMovement** で comms フォルダに作成するファイル名等を記述する。

- 0
- 0.0002
- 0.0004
- 0.orig
- comms**
- constant

lumpedPointMotion

□commsディレクトリのデータ

- **forces.out** : OpenFOAMが出力する集中点に発生する力・モーメント
- **OpenFOAM.lock** : OpenFOAMと外部ソルバの切り替え用フラグとなるファイルで存在しているとOpenFOAMが実行される
- **positions.ini** : 外部ソルバから出力する集中点の変位、角度を記載
- チュートリアルケースではビルを想定した構造物に外部ソルバの代わりに、あらかじめ作成しておいた変位応答のdictファイルを読み込んで、positions.iniを出力するソルバを使っている。(→片方向連成)



lumpedPointMotion

□forces.out

```
forces.out + (~¥Documents¥vmshar...17¥model¥transient¥comms) - GVIM1
ファイル(E) 編集(E) ツール(T) シンタックス(S) パツファ(B) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
points
11
(
(0.25 0 0)
(0.285 0 0)
(0.32 0 0)
(0.355 0 0)
(0.39 0 0)
(0.425 0 0)
(0.46 0 0)
(0.495 0 0)
(0.53 0 0)
(0.565 0 0)
(0.6 0 0)
);
forces
11
(
(6.681103333e+13 5.931796615e+12 -3.453032718)
(1.385171195e+13 1.229882057e+12 0.2557274354)
(-31987596.24 -123935.5533 -1.106882576e-06)
(2772314.36 697.2357813 6.10952594e-08)
(-671460.7924 -74.48843348 0)
(-540259.399 25.35963116 0)
(-925229.2809 -16.12814234 -9.429786009e-11)
(-1029594.282 3.347011387 -2.387509619e-13)
(-1058153.528 -1.351067814 0)
(-1107244.635 -0.3062889077 -5.114325576e-12)
(-500507.6235 -0.2856270421 0)
);
```

集中点の位置を記載

```
moments
11
(
(32090.06785 2849.101079 3.77551269e+17)
(5813.439634 516.1436086 -1.358406446e+17)
(-0.02174006702 -0.00016045843 9.674153843e+10)
(0.001259736155 -2.529469374e-06 3.309649736e+10)
(1.901645779e-17 2.736132226e-12 -6019703307)
(6.1686883e-16 4.484620288e-12 -377979922.4)
(1.73109626e-06 -2.563516761e-11 6129651547)
(-1.235181298e-06 3.096397667e-12 2044973716)
(-2.202533567e-17 9.991928388e-12 -3309892694)
(4.353494722e-08 -6.794948837e-12 -1.047152498e+10)
(-1.981935742e-18 3.472969225e-12 7047691859)
);
```

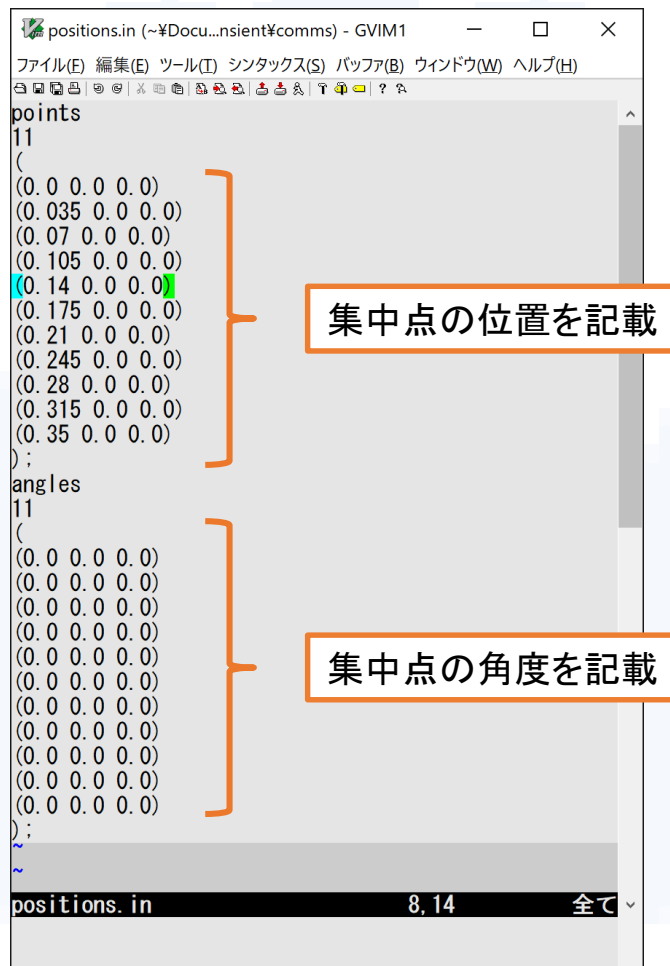
集中点に発生する
モーメントを記述

集中点に発生する力を記述

forces.out [+] 33.1 末尾

lumpedPointMotion

□ potisions.in



```
positions.in (~¥Docu...nsient¥comms) - GVIM1
ファイル(F) 編集(E) ツール(T) シンタックス(S) パッファ(B) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
points
11
(
(0.0 0.0 0.0)
(0.035 0.0 0.0)
(0.07 0.0 0.0)
(0.105 0.0 0.0)
(0.14 0.0 0.0)
(0.175 0.0 0.0)
(0.21 0.0 0.0)
(0.245 0.0 0.0)
(0.28 0.0 0.0)
(0.315 0.0 0.0)
(0.35 0.0 0.0)
);
angles
11
(
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
(0.0 0.0 0.0)
);
~
positions.in 8,14 全て
```

lumpedPointMotion

positions.in

```
lumpedPointMovement + (~¥Document...17¥model¥transient¥system) - GVIM
ファイル(E) 編集(E) ツール(T) シンタックス(S) パツファ(B) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
/*----- C++ -----*/
¥¥ // F ield      OpenFOAM: The Open Source CFD Toolbox
¥¥ // O peration  Version:   plus
¥¥ // A nd        Web:       www.OpenFOAM.com
¥¥ // M anipulation
¥¥
FoamFile
{
  version      2.0;
  format       ascii;
  class        dictionary;
  location     "system";
  object       lumpedPointMovement;
}
// *****
// Reference axis for the locations
axis          (1 0 0);
// Locations of the lumped points
locations     11 (0.25 0.285 0.32 0.355 0.39 0.425 0.46 0.495 0.53 0.565 0.6);
// Division for pressure forces (0-1)
division      0.5;
// If present, the offset of patch points compared to the locations
// Otherwise determined from the bounding box
//centre      (0.25 0.2 0.05);
// The interpolation scheme
interpolationScheme linear;
// Relaxation/scaling factor when updating positions
relax         1.0;

lumpedPointMovement [+] 19.1 先頭
```

集中点の定義方向

集中点の位置

```
lumpedPointMovement + (~¥Document...17¥model¥transient¥system) - GVIM
ファイル(E) 編集(E) ツール(T) シンタックス(S) パツファ(B) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
forces
{
  //- The pressure name (default: p)
  p          p;

  //- Reference pressure [Pa] (default: 0)
  pRef       0;

  //- Reference density for incompressible calculations (default: 1)
  rhoRef     1;
}

communication
{
  commsDir   "comms";
  log        on;
  waitInterval 1;
  timeOut    100;
  initByExternal false;

  // Input file of positions/rotation, written by external
  inputName  positions.in;

  // Output file of forces, written by OpenFOAM
  outputName forces.out;

  inputFormat dictionary;
  outputFormat dictionary;

  debugTable "$FOAM_CASE/output.txt";
}

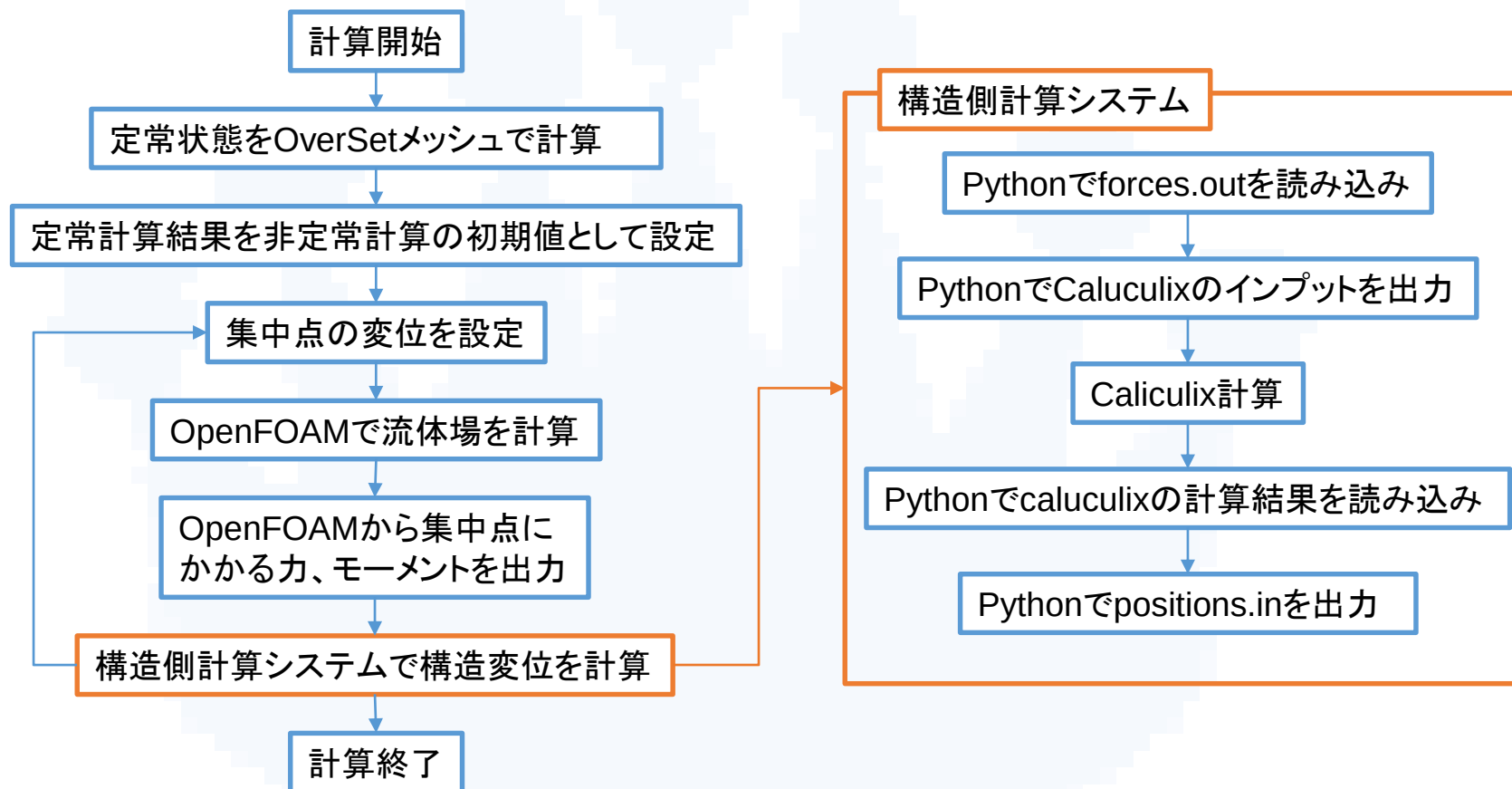
lumpedPointMovement [+] 50.0-1 94%
```

力の計算にかかる設定

出力ファイルの設定

本計算手法について

□本発表の計算フロー



計算モデル

□Stefan Turek and Jaroslav Hron, " *Proposal for numerical benchmarking of fluid-structure interaction between an elastic object and laminar incompressible flow* "

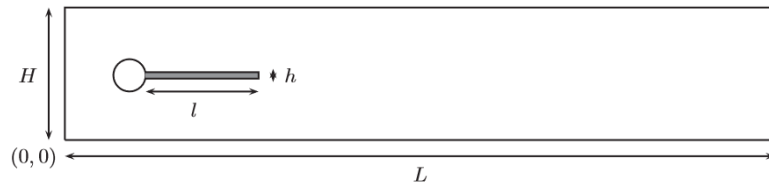


Fig. 1. Computational domain

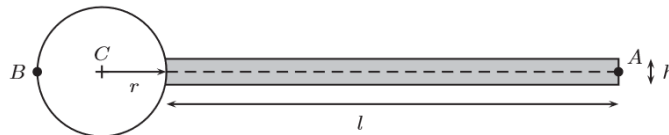
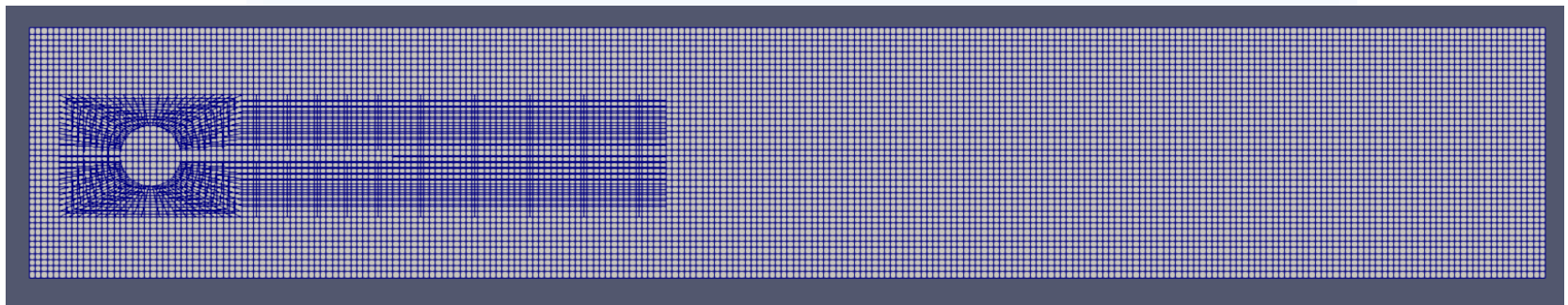


Fig. 2. Detail of the structure part

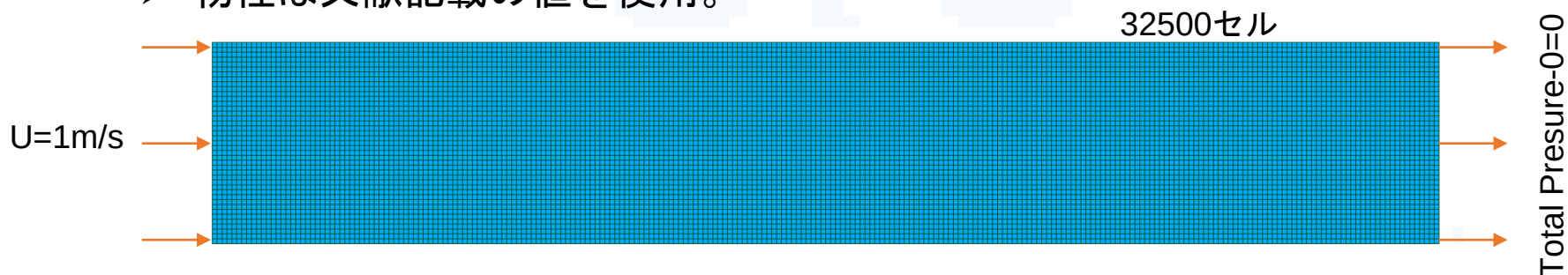
geometry parameters		value [m]
channel length	L	2.5
channel width	H	0.41
cylinder center position	C	(0.2, 0.2)
cylinder radius	r	0.05
elastic structure length	l	0.35
elastic structure thickness	h	0.02
reference point (at $t = 0$)	A	(0.6, 0.2)
reference point	B	(0.2, 0.2)

Table 1. Overview of the geometry parameters



境界条件・物性

- 条件は論文のFSI2を使用
- 前面、後面はempty。記述ない箇所はnoslip
- 物性は文献記載の値を使用。



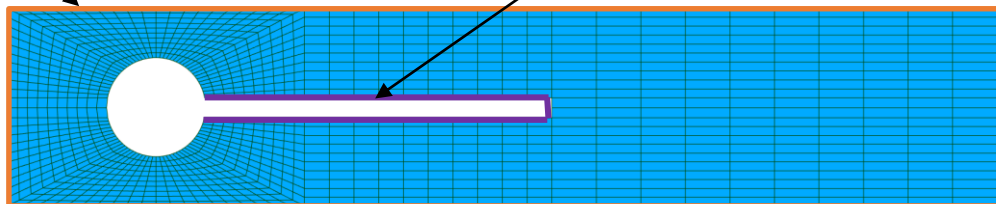
流体側条件



overset

lumpedPointMovement

8308セル



完全拘束

力・モーメントを
対応する節点に
フィードバック

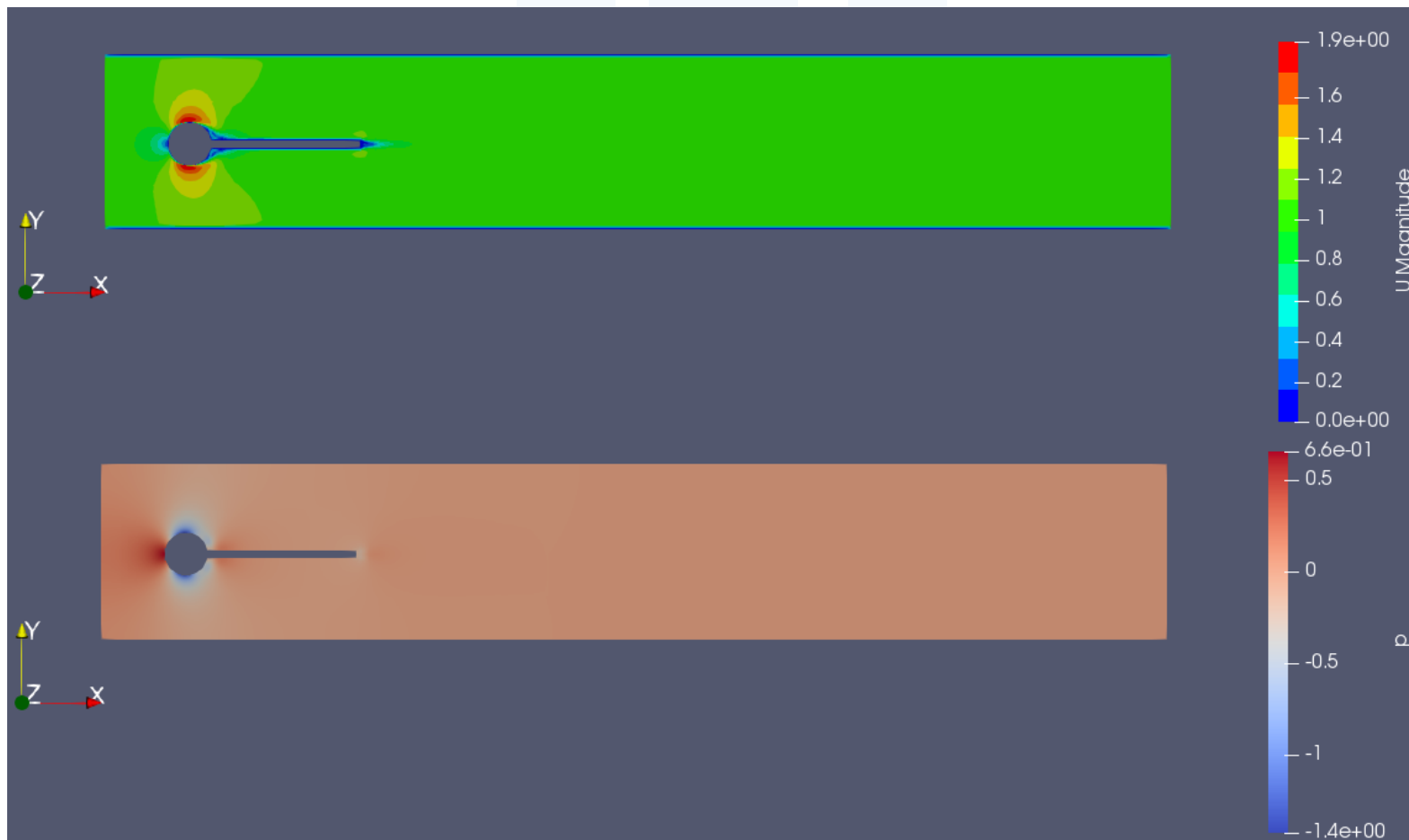
構造側条件



はり要素
11 節点 10 要素

計算結果(Steady)

□初期場の計算



OpenCAE

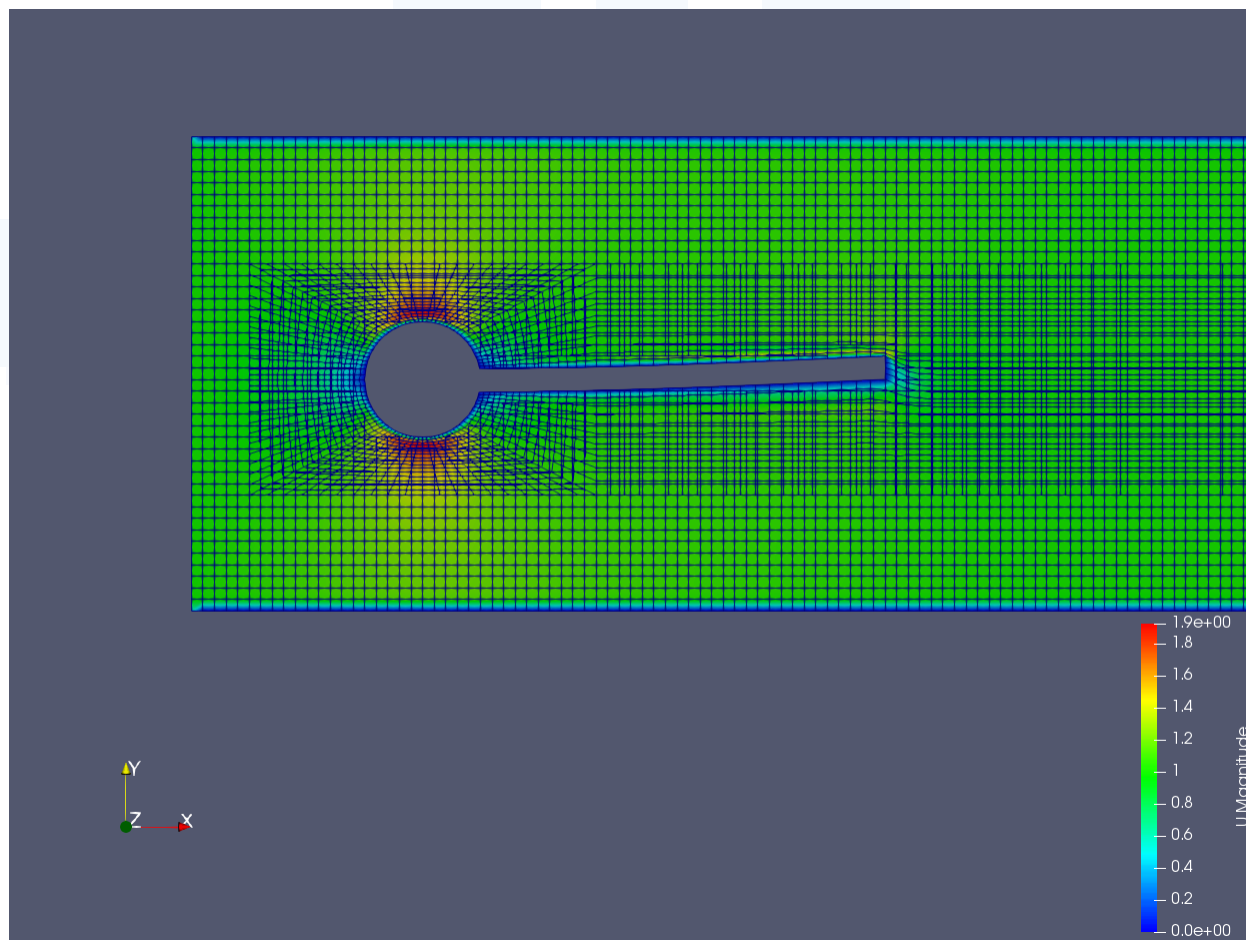
Local user group@KANSAI

オープンCAE勉強会@関西



計算結果

□ Oversetメッシュの計算と流体側の力を受けて変形する境界の計算ができた。



OpenCAE

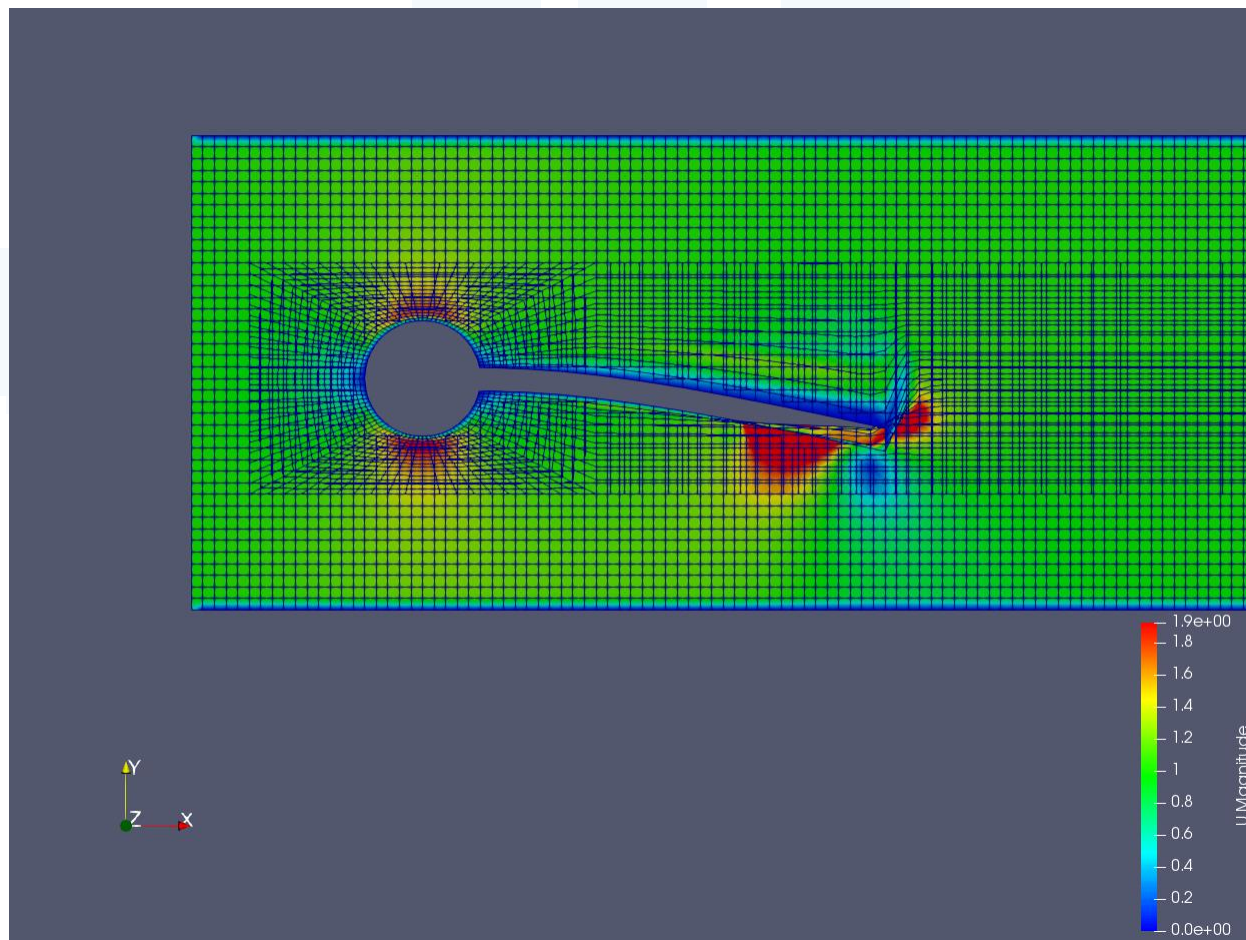
Local user group@KANSAI

オープンCAE勉強会@関西



計算結果

□構造側の計算がうまく解けていないので、改良が必要



まとめ

- OpenFOAMは年々機能が増えており、v1706はこれまでなかった機能が多数追加されている。
- 追加されている機能の中からOversetメッシュとlumpedPointMotionを使用した流体-構造を連成させた計算手法を紹介した。
- OversetメッシュはZoneの設定とインターフェース面の定義だけで使用することができ、比較的簡易に利用できる。
- lumpedPointMotionは比較的簡易なFSIのインターフェースとして使用できると考えられる。

ご清聴ありがとうございました。