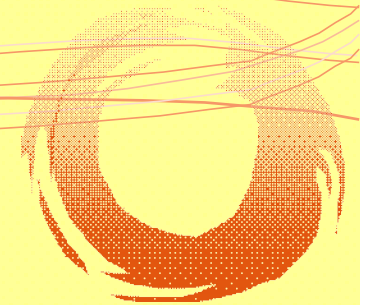


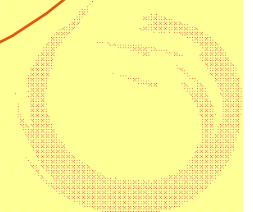
interMixingFoamを用いたタンクでの塩水混合解析(その2)

TM



はじめに

- 第11回勉強会では計算領域すべてのstlファイルを用意。SnappyHexMeshで領域一体のメッシュ作成する方法(一体法)を紹介
 - メッシュ作成方法が煩雑
 - 今回NEさんの方法(NE法)を紹介
(blockMeshで半円筒を作成し、詳細形状の境界をstlファイルで用意してsnappyHexMeshを適用する。)
- 実験データと比較するためにモデルを修正
 - RAS乱流モデルを追加
- OpenFOAM ver.2.1.0を使用

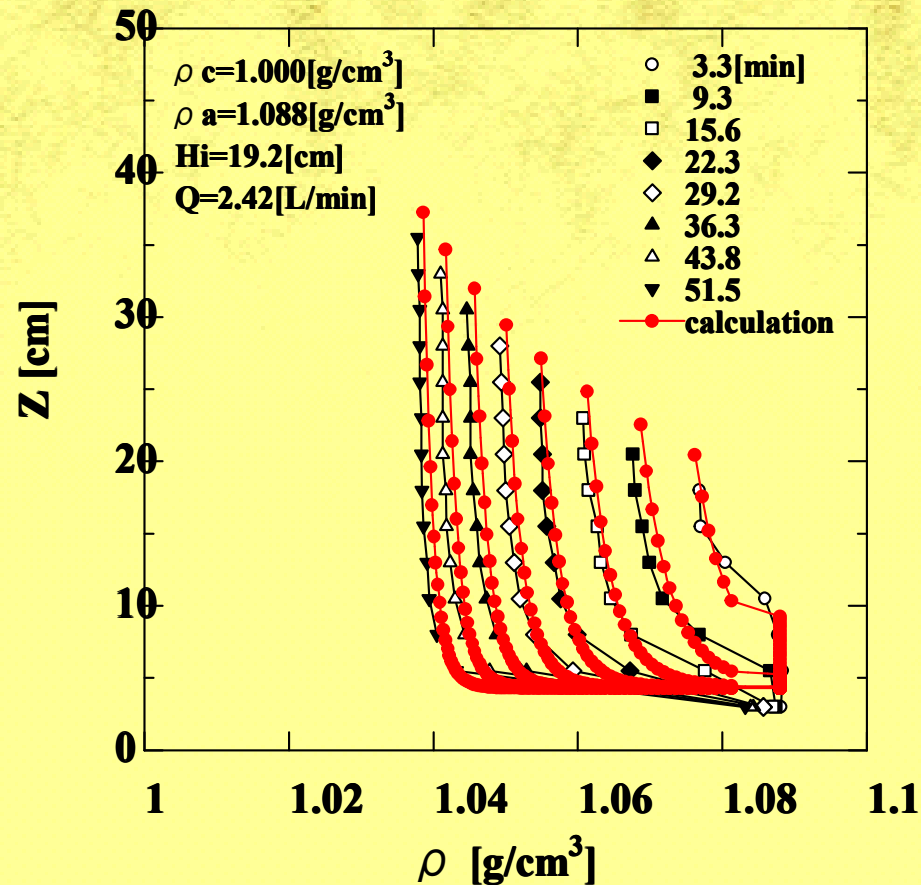


LNGタンクのミニチュア実験



- LNGタンクの1/60モデル。
- フルード数 $[= \rho U^2 / (\Delta \rho g d)]$ を合わせて実験
- 塩水に真水を受入れ密度分布を測定
- **Germelse**らの一次元理論計算と比較。

1次元計算の精度評価

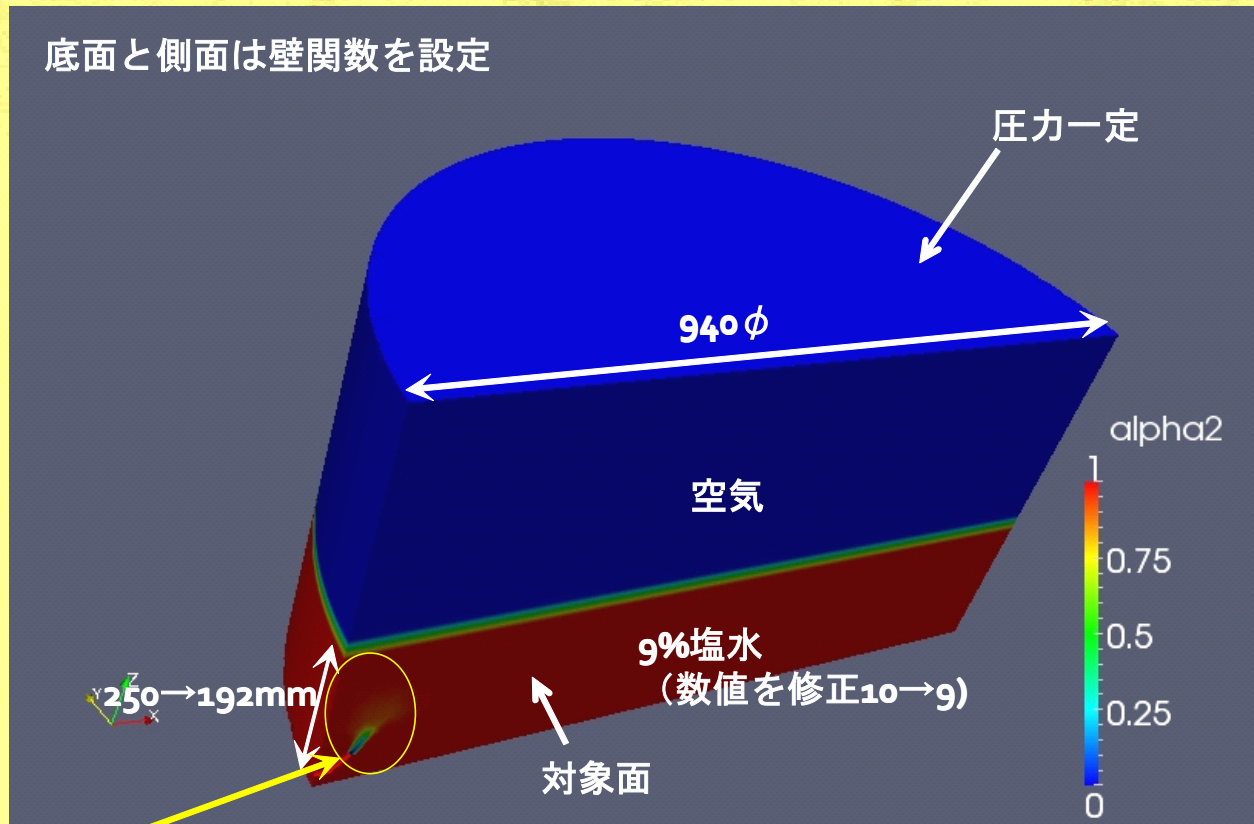


タンク鉛直方向の密度分布の時間変化を解析

⇒ 数値計算モデルはほぼ妥当だがタンク底部が不一致

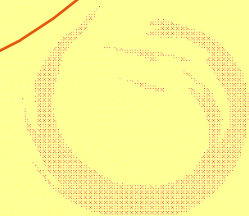
2009/6/17 ⇒ 3次元解析だとどうなるのか？

3次元解析

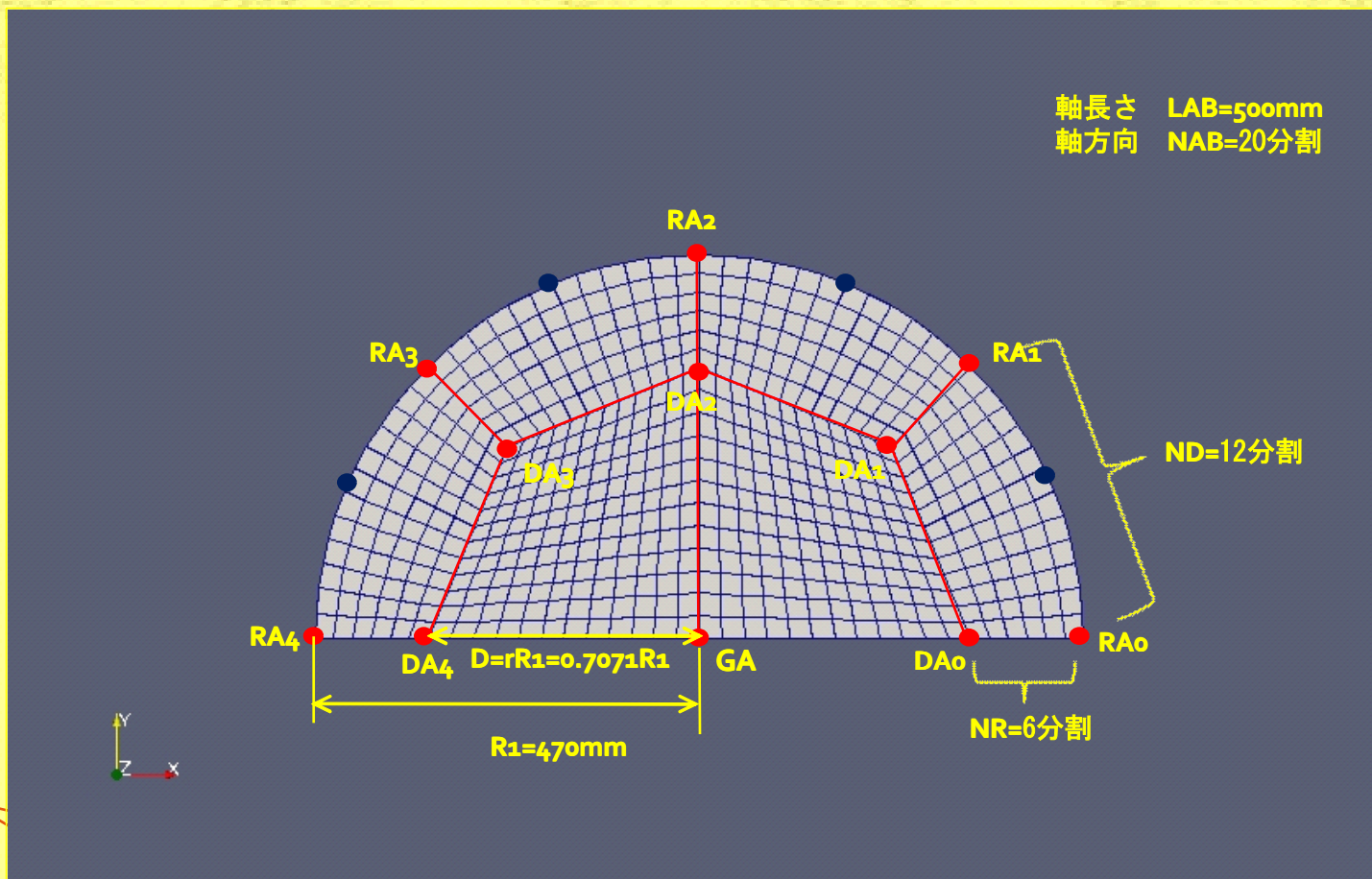


噴流なので
乱流解析が
必要

塩水タンクへの純水の注水をシミュレーション
3次元非定常層流解析
(ノズル径8φ、ノズルでの平均流速0.8m/s)



m4による半円筒メッシュ分割



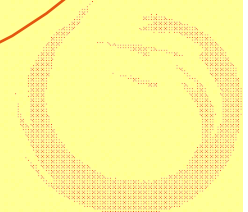
m4による円筒分割BlockMeshDict作成1

calc（計算）、vlabel（ラベル設定）の定義

```
18 changecom(//)changequote([,])
19 define(calc, [esyscmd(perl -e 'print ($1)'])])
20 define(VCOUNT, 0)
21 define(vlabel, [[// ]Vertex $1 = VCOUNT define($1, VCOUNT)define([VCOUNT], incr(VCOUNT))])
```

定数の代入

```
27 // 円管径
28 define(R1, 470)
29
30 // 円管領域の内部矩形分割領域の比率
31 define(r, 0.7071)
32 define(D1, calc(R1 * r))
33
34 // 円管の長さ
35 define(LAB, 500)
36
37 // 分割数
38 //ND 1/8ブロックの周方向
39 define(ND, 12)
40 // NR 円管の矩形外領域の径方向
41 define(NR, 6)
42 // NAB 円管の長手方向
43 define(NAB, 20)
```



m4による円筒分割BlockMeshDict作成2

x座標の計算 → y,z座標も同様に計算

```
55 define(a0, 0)
56 define(a1, -45)
57 define(a2, -90)
58 define(a3, -135)
59 define(a4, 180)
60 define(a5, 135)
61 define(a6, 90)
62 define(a7, 45)
```



```
73 define(ca0, calc(cos((pi/180)*a0)))
74 define(ca1, calc(cos((pi/180)*a1)))
75 define(ca2, calc(cos((pi/180)*a2)))
76 define(ca3, calc(cos((pi/180)*a3)))
77 define(ca4, calc(cos((pi/180)*a4)))
78 define(ca5, calc(cos((pi/180)*a5)))
79 define(ca6, calc(cos((pi/180)*a6)))
80 define(ca7, calc(cos((pi/180)*a7)))
```



```
109 define(x10, calc(R1*ca0))
110 define(x11, calc(R1*ca1))
111 define(x12, calc(R1*ca2))
112 define(x13, calc(R1*ca3))
113 define(x14, calc(R1*ca4))
114 define(x15, calc(R1*ca5))
115 define(x16, calc(R1*ca6))
116 define(x17, calc(R1*ca7))
```

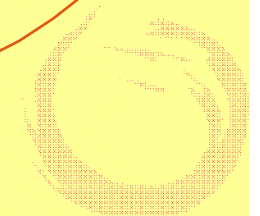
点座標用の配列定義

```
51 define(vert, (x$1$2 y$1$2 $3))
52 define(dvert, (dx$1$2 dy$1$2 $3))
53 define(evert, (ex$1$2 ey$1$2 $3))
```

vert (外周点座標、例えばRAo)

dvert (内部点座標、例えばDAo)

evert (補間点座標)



m4による円筒分割BlockMeshDict作成3

座標のラベル設定

```
165 vertices
166 (
167
168     ( 0.0 0.0 LA) vlabel(GA)
169
170     dvert(1, 0, LA) vlabel(DA0)
171     dvert(1, 1, LA) vlabel(DA1)
172     dvert(1, 2, LA) vlabel(DA2)
173     dvert(1, 3, LA) vlabel(DA3)
174     dvert(1, 4, LA) vlabel(DA4)
175     dvert(1, 5, LA) vlabel(DA5)
176     dvert(1, 6, LA) vlabel(DA6)
177     dvert(1, 7, LA) vlabel(DA7)
```

ヘキサ領域分割

```
214     hex (DA0 GA DA2 DA1 DB0 GB DB2 DB1)
215         (ND ND NAB)
216         simpleGrading (1 1 1)
```

円弧の指定

```
264 edges
265 (
266     arc RA0 RA1 evert(1, 0, LA)
267     arc RA1 RA2 evert(1, 1, LA)
268     arc RA2 RA3 evert(1, 2, LA)
269     arc RA3 RA4 evert(1, 3, LA)
270     arc RA4 RA5 evert(1, 4, LA)
271     arc RA5 RA6 evert(1, 5, LA)
272     arc RA6 RA7 evert(1, 6, LA)
273     arc RA7 RA0 evert(1, 7, LA)
274
```



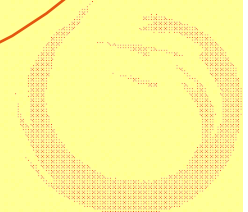
snappyHexMeshDict (その1)

```
20 castellatedMesh true;
21 snap           true;
22 addLayers      true;
23 geometry
24 {
25     inlet.stl ←
26     {
27         type triSurfaceMesh;
28         name inlet;
29     }
30     pipeWall.stl ←
31     {
32         type triSurfaceMesh;
33         name pipeWall;
34     }
35
36     refinementBox
37     {
38         type searchableBox;
39         min (-0.5 0 0);
40         max (0.5 0.5 0.25);
41     }
42 };
```

ノズル口のSTLファイル
名前: inlet

ノズル管壁のSTLファイル
名前: pipeWall

詳細メッシュ領域指定
(液充填領域)



snappyHexMeshDict (その2)

```
44 castellatedMeshControls
45 {
46     maxLocalCells 1000000;
47     maxGlobalCells 2000000;
48     minRefinementCells 10;
49     nCellsBetweenLevels 2;
50
51     features
52     (
53         {
54             file "pipeWall.eMesh";
55             level 0;
56         }
57     );
```

ノズル管の外形分割レベル

```
59     refinementSurfaces
60     {
61         inlet
62         {
63             level (5 5);
64         }
65         pipeWall
66         {
67             level (5 5);
68         }
69     }
70
71     resolveFeatureAngle 30;
72
73     refinementRegions
74     {
75         refinementBox
76         {
77             mode inside;
78             levels ((1E15 1));
79         }
80     }
81
82     locationInMesh (0.4 0.1 0.2);
83     allowFreeStandingZoneFaces true;
84 }
```

ノズル口の分割レベル

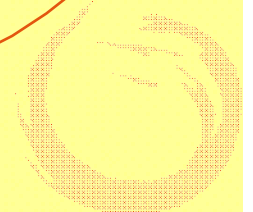
ノズル管壁の分割レベル

詳細領域の分割レベル

fvSolution

```
52
53 //      U
54 //      {
55 //          solver          PBiCG;
56 //          preconditioner  DILU;
57 //          tolerance       1e-06;
58 //          relTol          0;
59 //      }
60
61 "(U|k|epsilon)"
62 {
63     solver          PBiCG;
64     preconditioner  DILU;
65     tolerance       1e-06;
66     relTol          0;
67 }
68
69 "(U|k|epsilon)Final"
70 {
71     solver          PBiCG;
72     preconditioner  DILU;
73     tolerance       1e-08;
74     relTol          0;
75 }
```

RASモデルを追加



fvschemes

```
fvSchemes ×
18 ddtSchemes
19 {
20     default      Euler;
21 }
22
23 gradSchemes
24 {
25     default      Gauss linear;
26 }
27
28 divSchemes
29 {
30     div(rho*phi,U)  Gauss limitedLinearV 1;
31     div(phi,alpha)  Gauss vanLeer;
32     div(phiRb,alpha) Gauss interfaceCompression;
33     div(phi,k)      Gauss upwind;
34     div(phi,epsilon) Gauss upwind;
35     div(phi,R)      Gauss upwind;
36     div(R)          Gauss linear;
37     div(phi,nuTilda) Gauss upwind;
38     div((nuEff*dev(T(grad(U)))) Gauss linear;
39 }
40
41 laplacianSchemes
42 {
43     default      Gauss linear corrected;
44 }
45
```

RASモデルを追加



境界条件1

```
U x
17
18 dimensions      [0 1 -1 0 0 0];
19
20 internalField   uniform (0 0 0);
21
22 boundaryField
23 {
24   inlet_Mesh.001
25   {
26     type          fixedValue;
27     value          uniform (0.5656 0 0.5656);
28   }
29   side
30   {
31     type          fixedValue;
32     value          uniform (0 0 0);
33   }
34   bottom
35   {
36     type          fixedValue;
37     value          uniform (0 0 0);
38   }
39   pipeWall_Mesh
40   {
41     type          fixedValue;
42     value          uniform (0 0 0);
43   }
44   atmosphere
45   {
46     type          pressureInletOutletVelocity;
47     value          uniform (0 0 0);
48   }
49   symmetry
50   {
51     type          symmetryPlane;
52   }
53 }
54
```

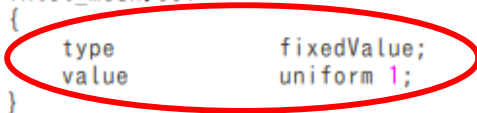
```
*p_rgh x
16
17 dimensions      [1 -1 -2 0 0 0];
18 internalField   uniform 0;
19 boundaryField
20 {
21   inlet_Mesh.001
22   {
23     type          buoyantPressure;
24     value          uniform 0;
25   }
26   side
27   {
28     type          buoyantPressure;
29     value          uniform 0;
30   }
31   bottom
32   {
33     type          buoyantPressure;
34     value          uniform 0;
35   }
36   pipeWall_Mesh
37   {
38     type          buoyantPressure;
39     value          uniform 0;
40   }
41   atmosphere
42   {
43     type          totalPressure;
44     p0            uniform 0;
45     U              U;
46     phi            phi;
47     rho            rho;
48     psi            none;
49     gamma          1;
50     value          uniform 0;
51   }
52   symmetry
53   {
54     type          symmetryPlane;
55   }
56 }
```

境界条件2

```
alpha1 x
15 }
16 // *****
17 // ***** //
18 dimensions      [0 0 0 0 0 0];
19
20 internalField   uniform 0;
21
22 boundaryField
23 {
24   side
25   {
26     type          zeroGradient;
27   }
28   bottom
29   {
30     type          zeroGradient;
31   }
32   symmetry
33   {
34     type          symmetryPlane;
35   }
36   atmosphere
37   {
38     type          inletOutlet;
39     inletValue    uniform 1;
40     value         uniform 1;
41   }
42   inlet_Mesh.001
43   {
44     type          fixedValue;
45     value         uniform 0;
46   }
47   pipeWall_Mesh
48   {
49     type          zeroGradient;
50   }
51 }
```

```
alpha2 x
16 // *****
17 // ***** //
18 dimensions      [0 0 0 0 0 0];
19
20 internalField   uniform 0;
21
22 boundaryField
23 {
24   side
25   {
26     type          zeroGradient;
27   }
28   bottom
29   {
30     type          zeroGradient;
31   }
32   symmetry
33   {
34     type          symmetryPlane;
35   }
36   atmosphere
37   {
38     type          inletOutlet;
39     inletValue    uniform 0;
40     value         uniform 0;
41   }
42   inlet_Mesh.001
43   {
44     type          fixedValue;
45     value         uniform 0;
46   }
47   pipeWall_Mesh
48   {
49     type          zeroGradient;
50   }
51 }
```

```
alpha3 x
16 // *****
17 // ***** //
18 dimensions      [0 0 0 0 0 0];
19
20 internalField   uniform 0;
21
22 boundaryField
23 {
24   side
25   {
26     type          zeroGradient;
27   }
28   bottom
29   {
30     type          zeroGradient;
31   }
32   symmetry
33   {
34     type          symmetryPlane;
35   }
36   atmosphere
37   {
38     type          inletOutlet;
39     inletValue    uniform 0;
40     value         uniform 0;
41   }
42   inlet_Mesh.001
43   {
44     type          fixedValue;
45     value         uniform 1;
46   }
47   pipeWall_Mesh
48   {
49     type          zeroGradient;
50   }
51 }
```



境界条件3

```
k x
17
18 dimensions      [0 2 -2 0 0 0];
19
20 internalField   uniform 0.01;
21
22 boundaryField
23 {
24   inlet_Mesh.001
25   {
26     type          fixedValue;
27     value         uniform 0.01;
28   }
29   side
30   {
31     type          kqRWallFunction;
32     value         uniform 0.01;
33   }
34   bottom
35   {
36     type          kqRWallFunction;
37     value         uniform 0.01;
38   }
39   pipeWall_Mesh
40   {
41     type          kqRWallFunction;
42     value         uniform 0.01;
43   }
44   atmosphere
45   {
46     type          inletOutlet;
47     inletValue    uniform 0.01;
48     value         uniform 0.01;
49   }
50   symmetry
51   {
52     type          symmetryPlane;
53   }
54 }
```

```
epsilon x
17
18 dimensions      [0 2 -3 0 0 0];
19
20 internalField   uniform 0.1;
21
22 boundaryField
23 {
24   inlet_Mesh.001
25   {
26     type          fixedValue;
27     value         uniform 0.1;
28   }
29   side
30   {
31     type          epsilonWallFunction;
32     value         uniform 0.1;
33   }
34   bottom
35   {
36     type          epsilonWallFunction;
37     value         uniform 0.1;
38   }
39   pipeWall_Mesh
40   {
41     type          epsilonWallFunction;
42     value         uniform 0.1;
43   }
44   atmosphere
45   {
46     type          inletOutlet;
47     inletValue    uniform 0.1;
48     value         uniform 0.1;
49   }
50   symmetry
51   {
52     type          symmetryPlane;
53   }
54 }
```

```
nut x
17
18 dimensions      [0 2 -1 0 0 0];
19
20 internalField   uniform 0;
21
22 boundaryField
23 {
24   inlet_Mesh.001
25   {
26     type          fixedValue;
27     value         uniform 0.01;
28   }
29   side
30   {
31     type          nutkWallFunction;
32     value         uniform 0.01;
33   }
34   bottom
35   {
36     type          nutkWallFunction;
37     value         uniform 0.01;
38   }
39   pipeWall_Mesh
40   {
41     type          nutkWallFunction;
42     value         uniform 0.01;
43   }
44   atmosphere
45   {
46     type          calculated;
47     value         uniform 0.01;
48   }
49   symmetry
50   {
51     type          symmetryPlane;
52   }
53 }
```

value=0.0だと発散するので何かしら数値は必要

手順の比較

一体法

```
>blockMesh
>snappyHexMesh -overwrite
>autoPatch 40 -overwrite
>createPatch -overwrite
```

この手順が異なる

メッシュ依存性があり、Patchが適切にできない場合あり。

```
>cp o_orig/U o/U
>cp o_orig/p_rgh o/p_rgh
>cp o_orig/alpha1 o/alpha1
>cp o_orig/alpha2 o/alpha2
>cp o_orig/alpha3 o/alpha3
```

簡略化

```
>setFields
>pyFoamPlotRunner.py interMixingFoam
```

NE法

```
>m4 < constant/blockMeshDict_Pipe-8.m4 >
constant/polyMesh/blockMeshDict
```

一度決めればよい。

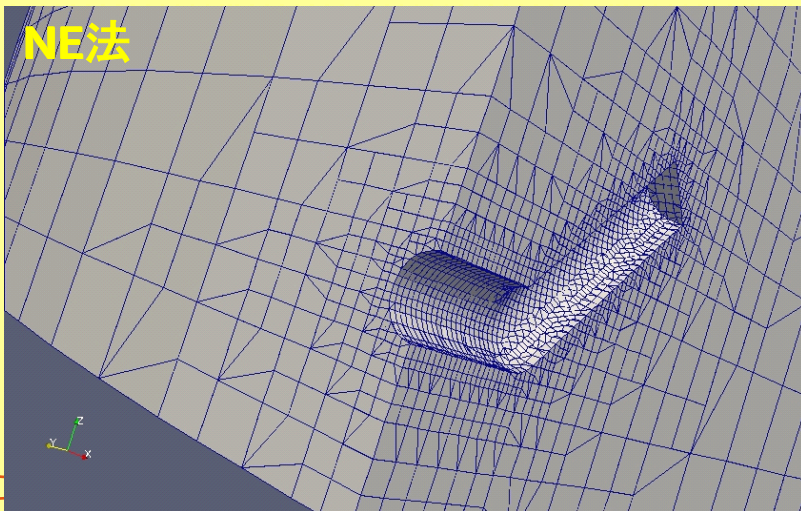
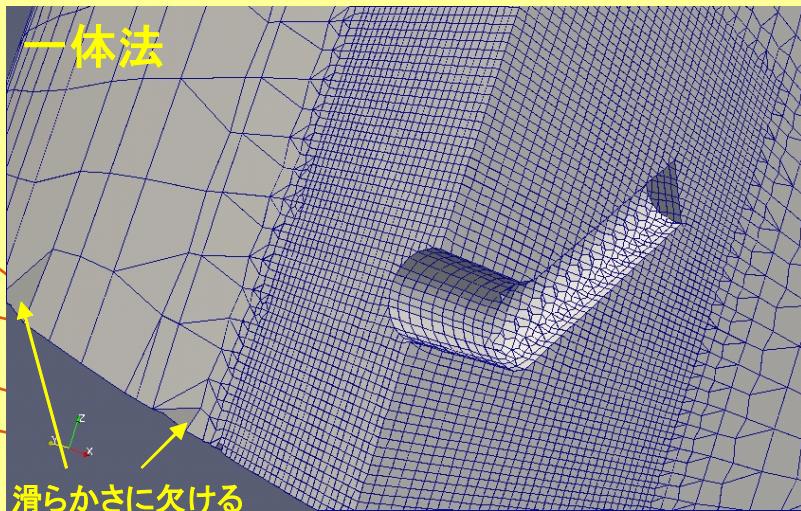
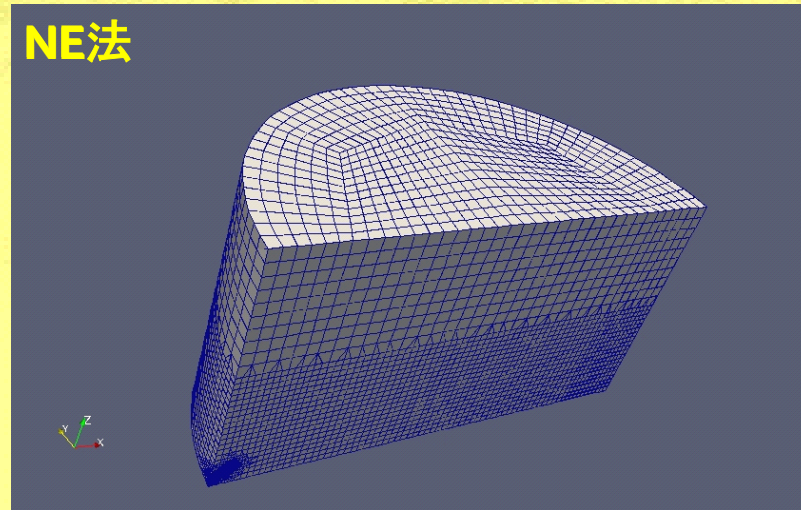
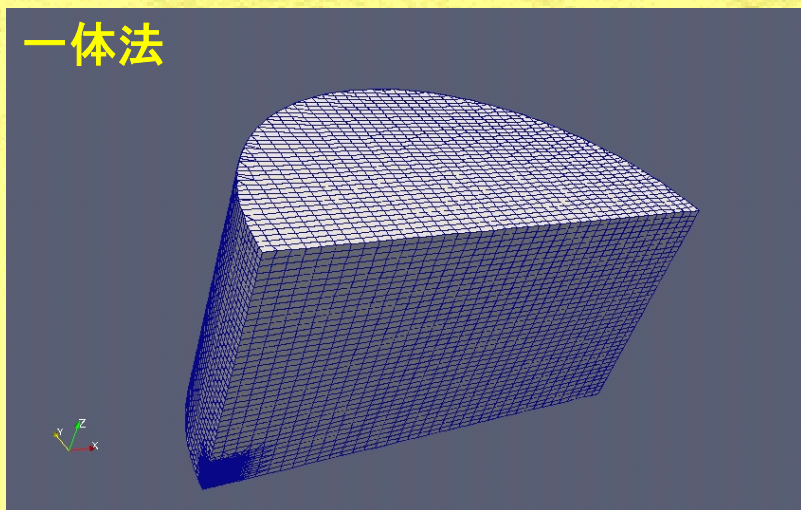
```
>blockMesh
>autoPatch 45 -overwrite
>createPatch -overwrite
>snappyHexMesh -overwrite
```

Patchはメッシュに依存しないので確定できる。

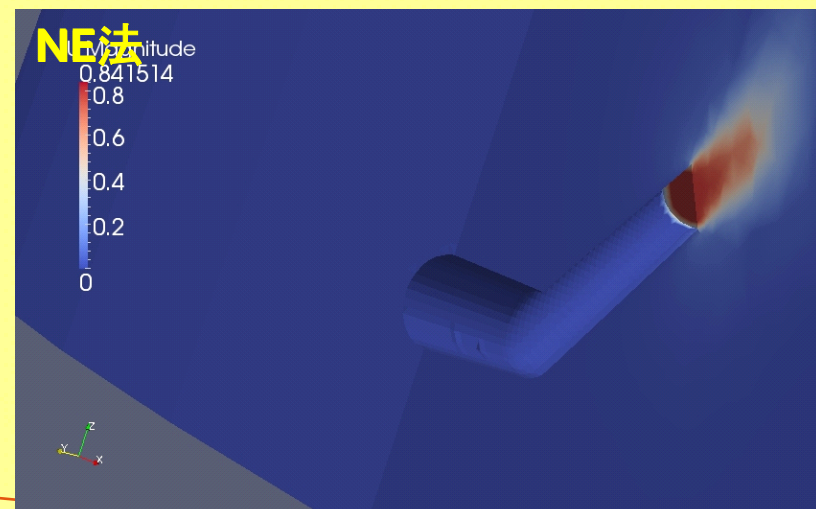
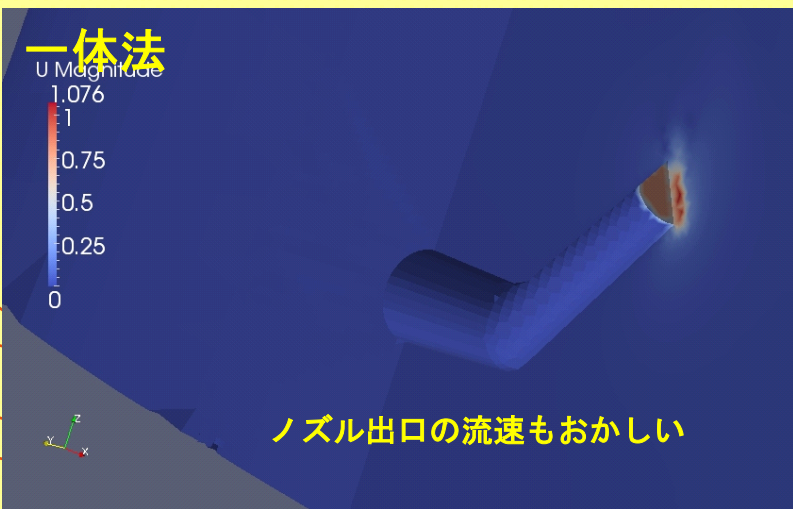
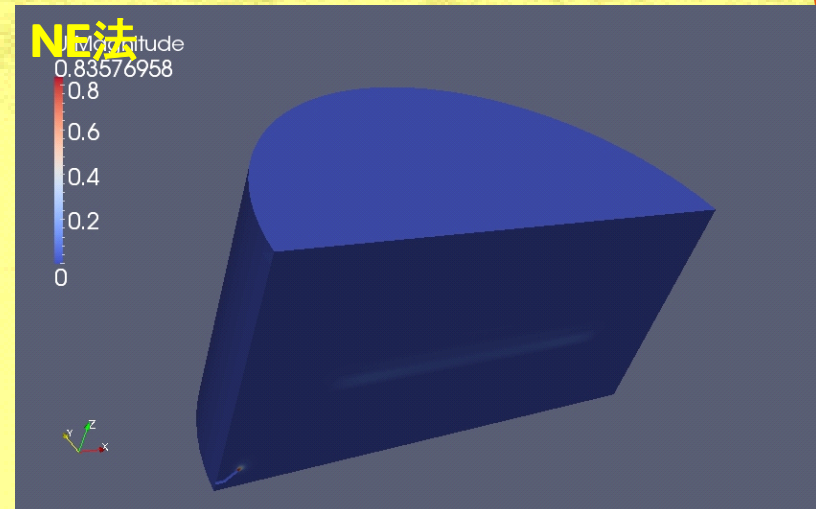
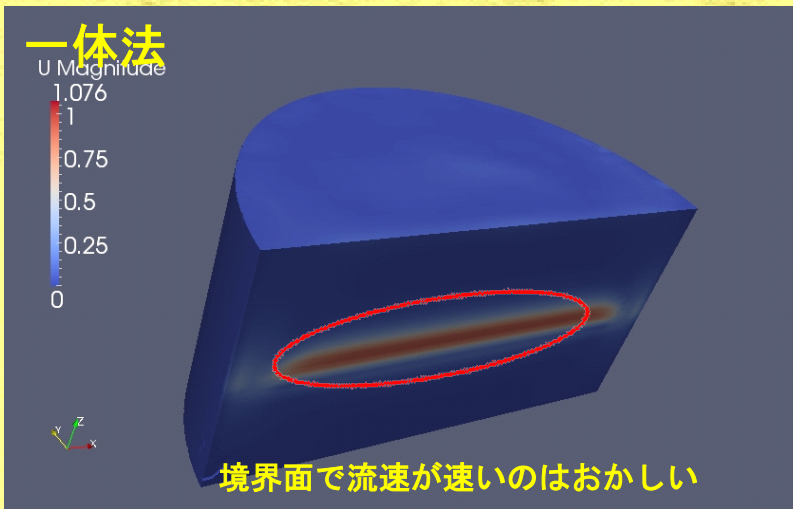
```
>rm o -r
>cp o_orig/ o -r
```

```
>setFields
>pyFoamPlotRunner.py interMixingFoam
```

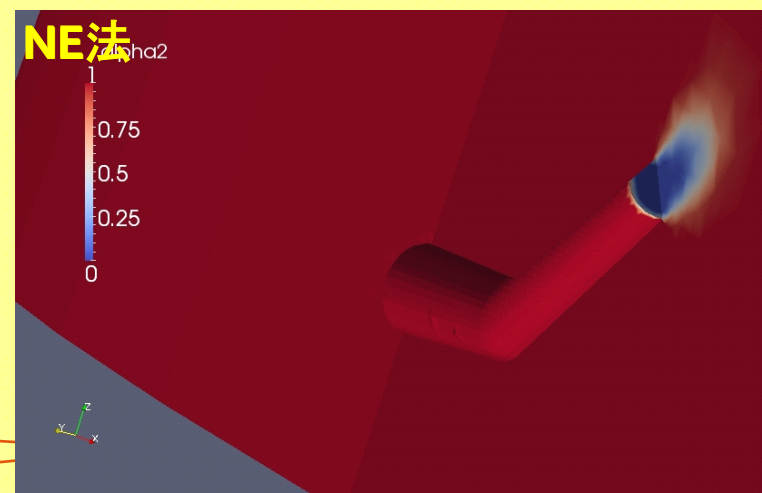
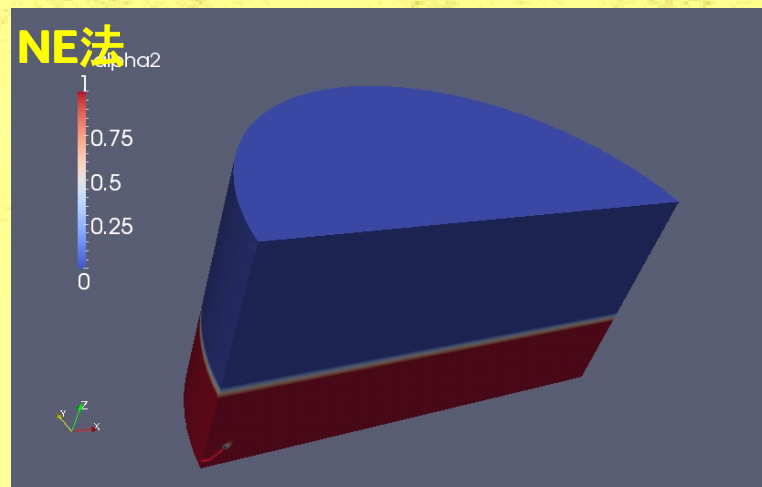
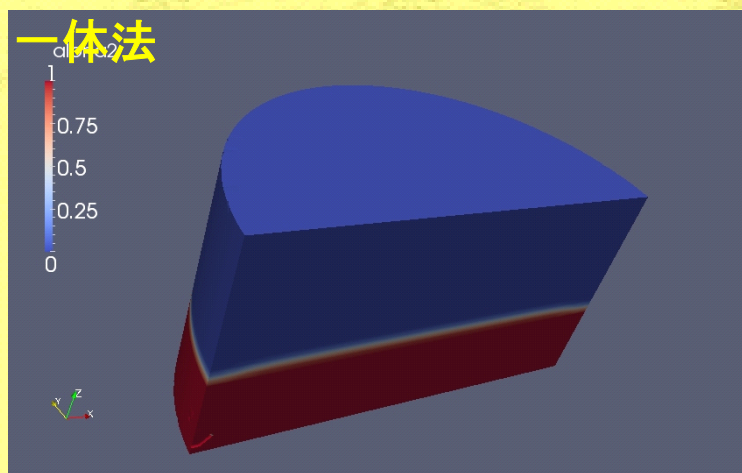

Mesh



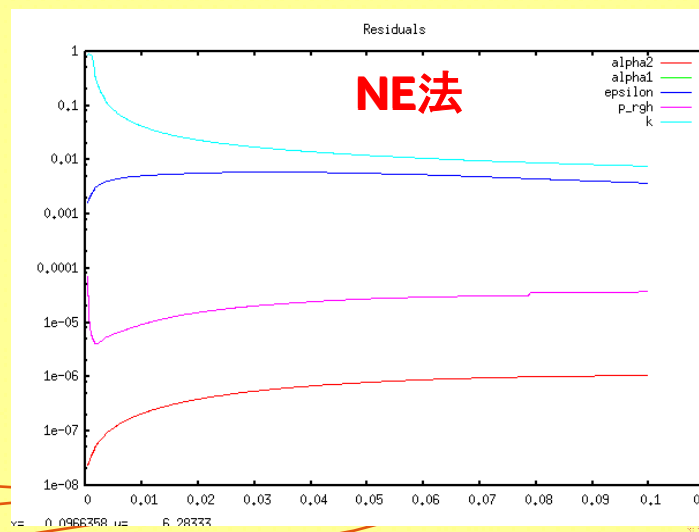
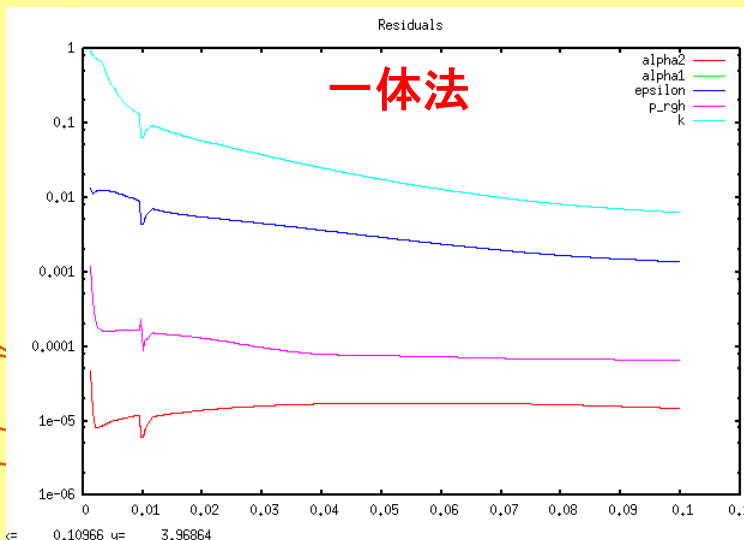
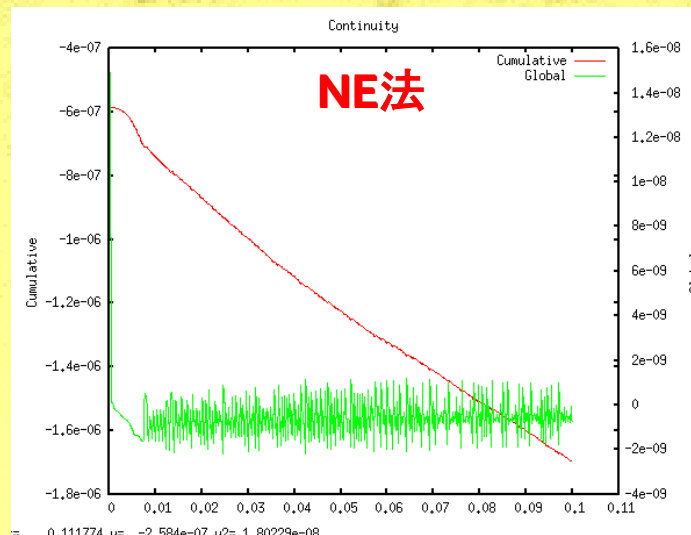
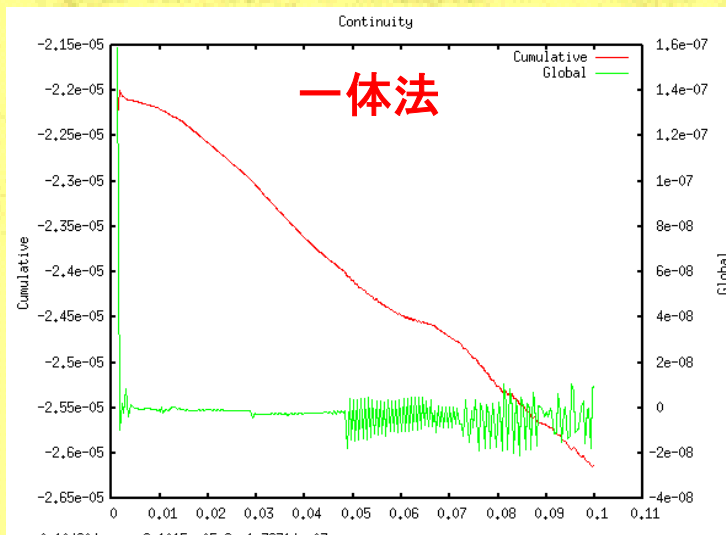
U t=0.1sec



alpha2 t=0.1sec



計算経過



メッシュ分割方法の比較

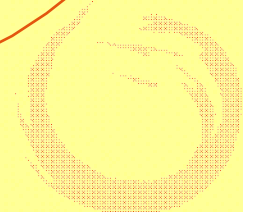
項目	前回の方法	NE法
Cell数	125,599	83,284
実行時間	966sec	1271sec

- ・ 実行時間はメッシュ作成から $t=0.1$ 秒まで
- ・ NE法の方がメッシュ数は少ないが、実行時間は長い。
但し、前回の結果はおかしい。



おわりに

- **InterMixingFoam**を用いてタンク内の塩水混合解析を検討
- **NE**さんのメッシュ作成法を使って前回結果と比較、メッシュ精度が改善、作成方法が容易となった。但し、未だ計算時間は膨大。
- 次は、**twoLiquidMixingFoam**の改造を検討。



参考文献

<http://mogura7.zenno.info/~et/xoops/modules/wordpress/index.php?p=447>

