

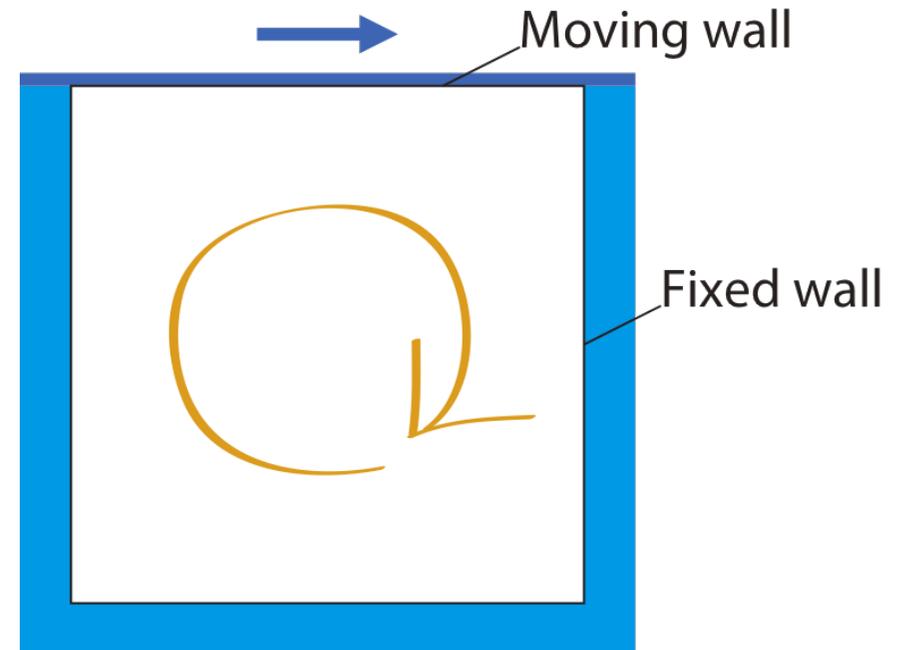
OpenFOAM^(R)の基礎チュートリアルとParaViewの使い方 (ParaView編)

大嶋拓也(新潟大学)

2009年11月7日 第二回オープンソースCAEワークショップ

OPENFOAM^(R) is a registered trade mark of OpenCFD Limited, the producer of the OpenFOAM software and owner of the OPENFOAM^(R) and OpenCFD^(R) trade marks. This offering is not approved or endorsed by OpenCFD Limited.

- キャビティ: 空洞のこと
- 上端の壁が水平方向に一定速度で動き、引きずられるように内部の流体が動く
- CFDの事例として、最もポピュラーな問題の一つ
- CFDソフトウェアの検証に、頻繁に使用される
- 1982年、Ghiaらによる論文が有名



paraFoamによる可視化の開始

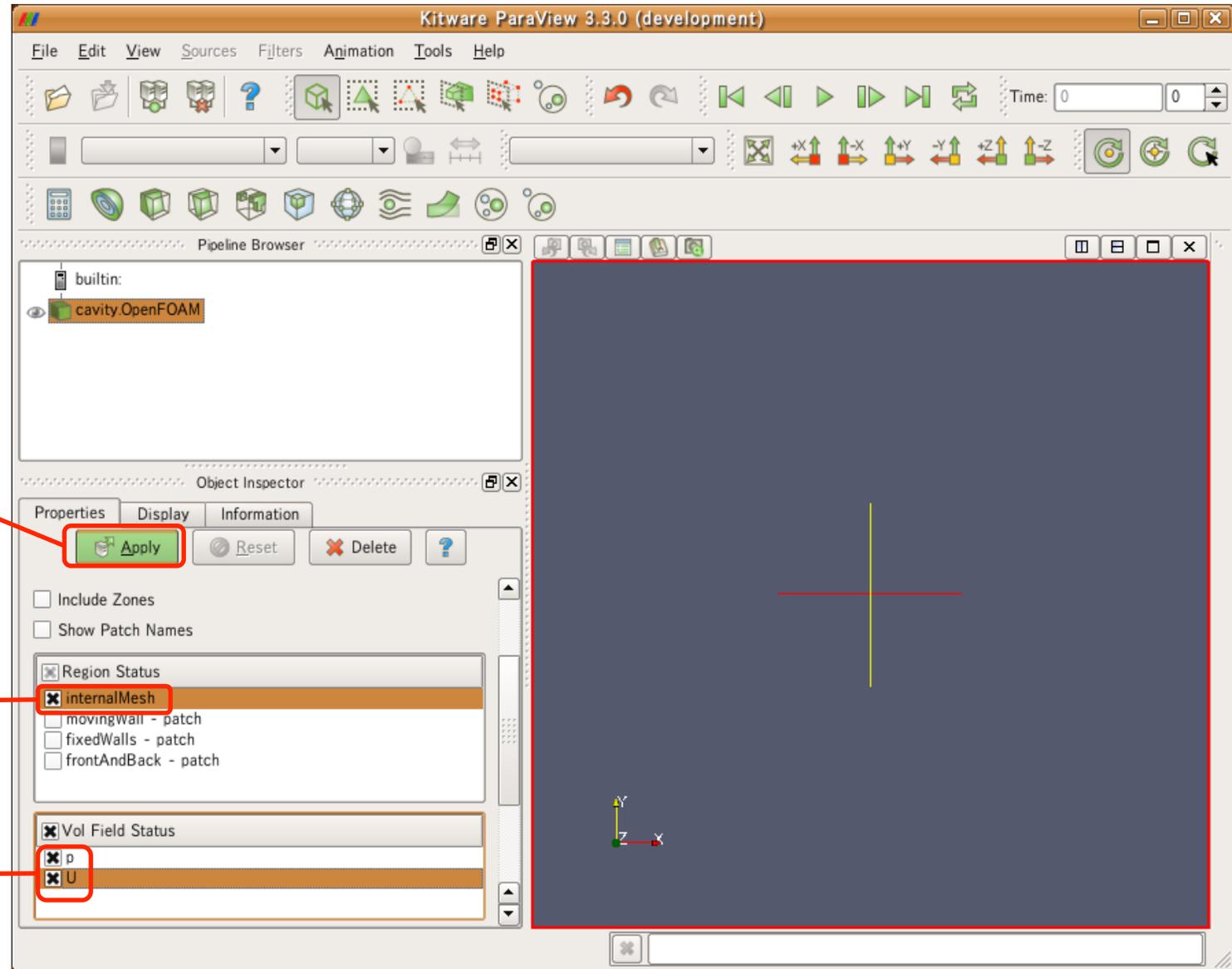
paraFoam

cavityケースで基本(1) データの読み込み

3. クリックすると、
データが読み込まれる

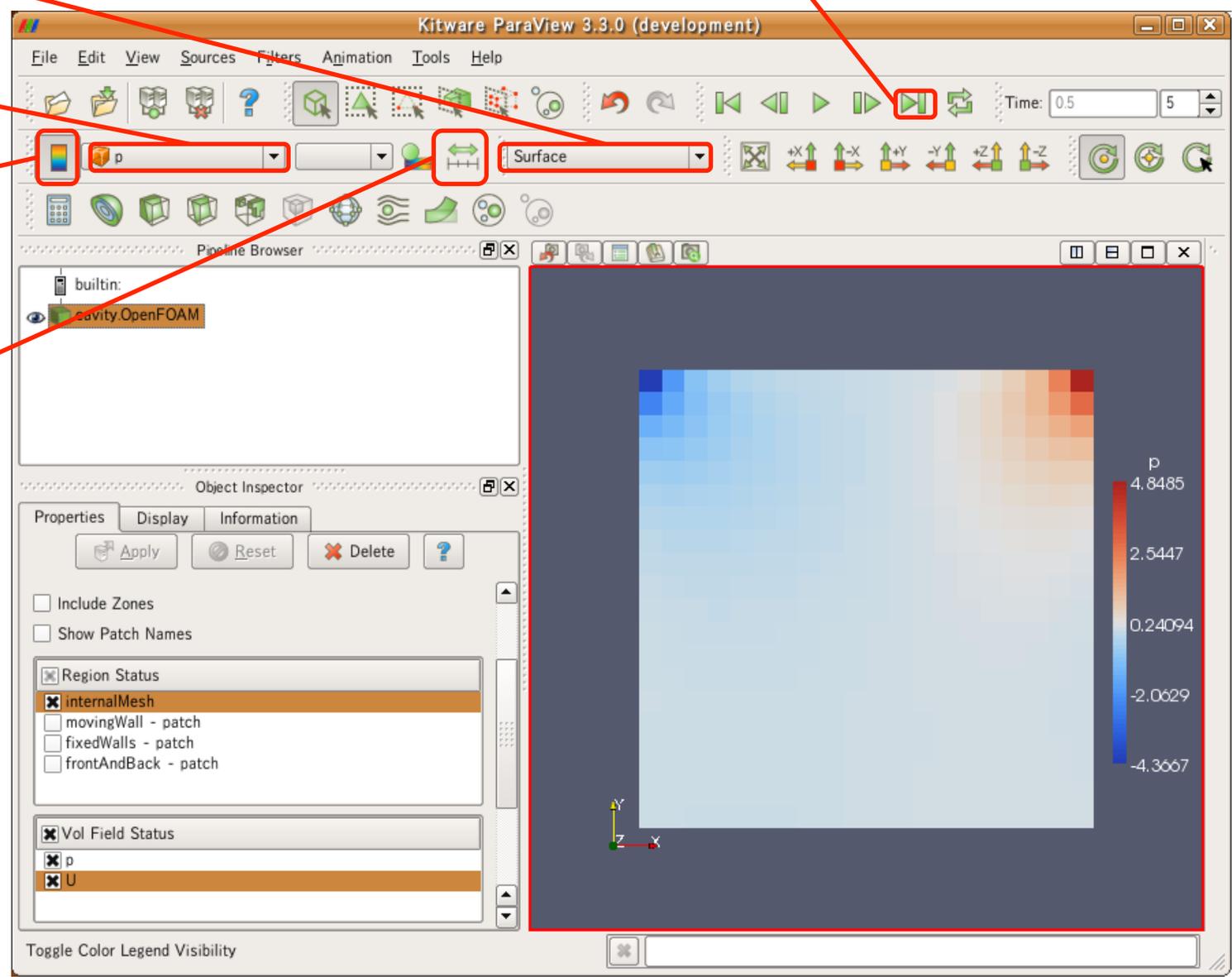
1. internalMeshを
選択

2. p, Uともに選択



cavityケースで基本(2): 圧力場の可視化

1. Surfaceを選択
2. pを選択
3. 最後の時刻まで送る
4. 凡例を表示
5. カラーレンジを合わせる

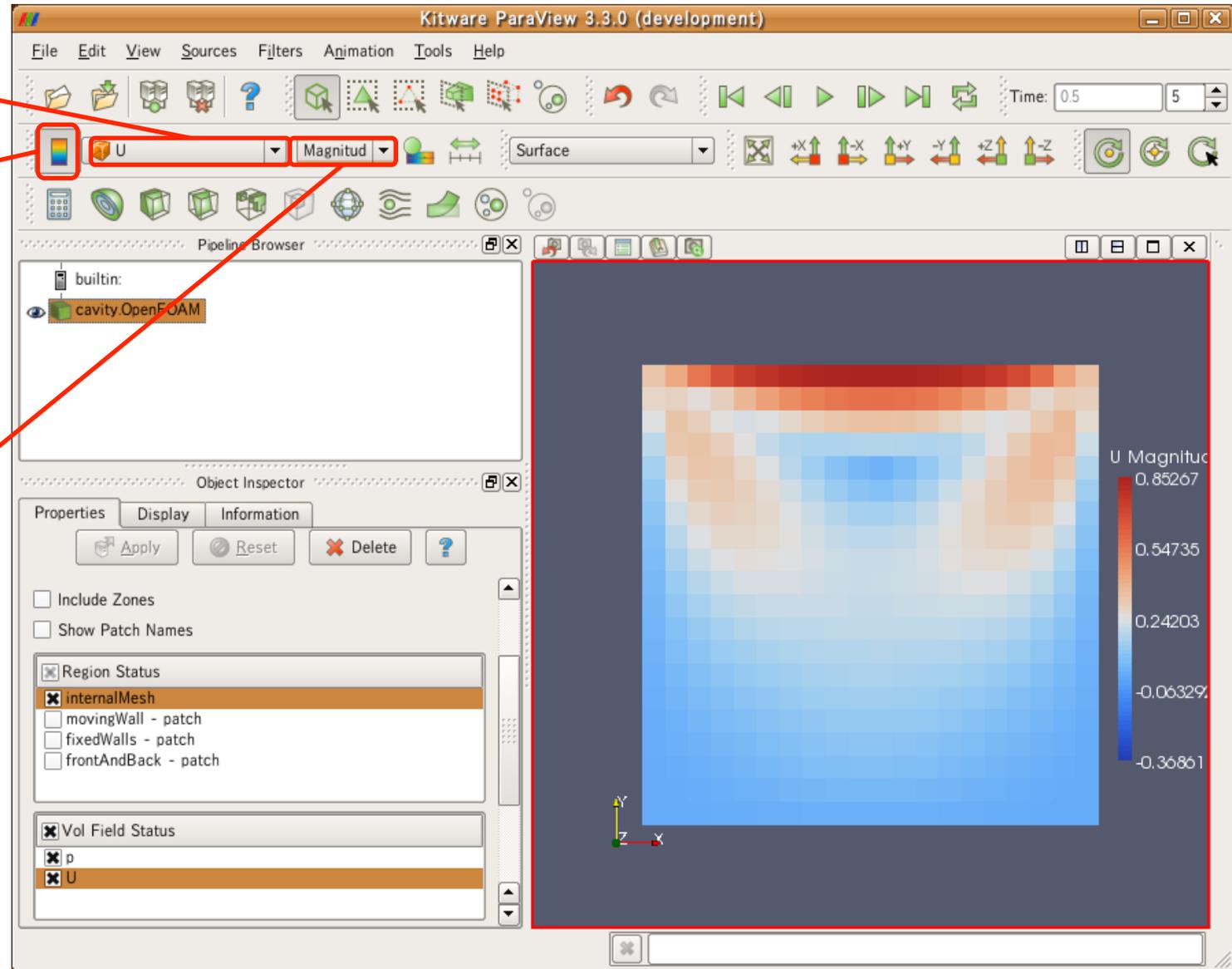


cavityケースで基本(3): 速度場の可視化(成分の表示)

1. Uを選択

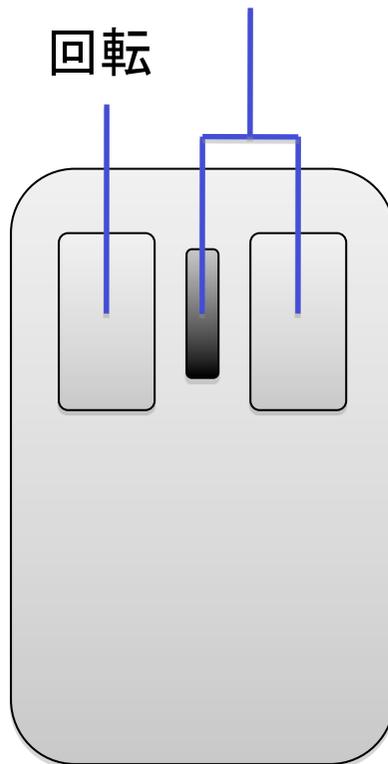
2. 凡例を表示

3. Magnitude=大きさ
0=x成分
1=y成分
2=z成分



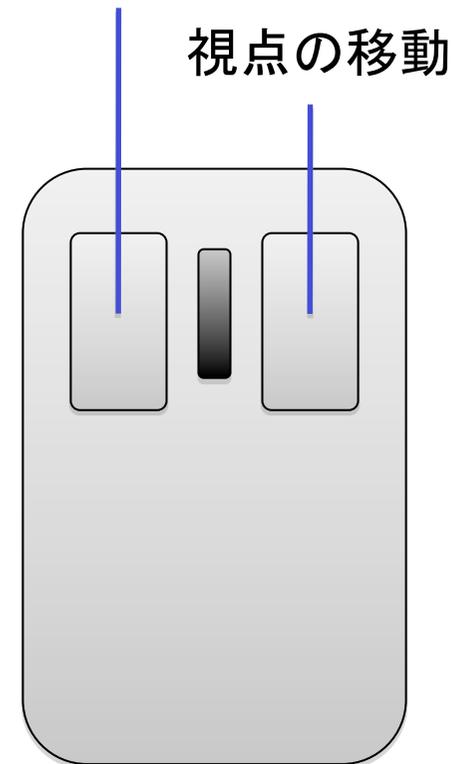
ドラッグ

拡大・縮小(右ボタンは縦にドラッグ)



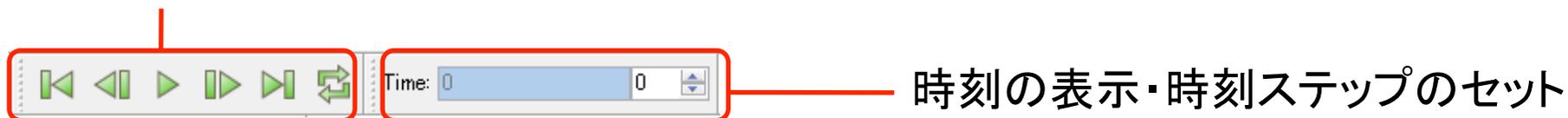
[SHIFT] + ドラッグ

画面垂直軸に対し回転



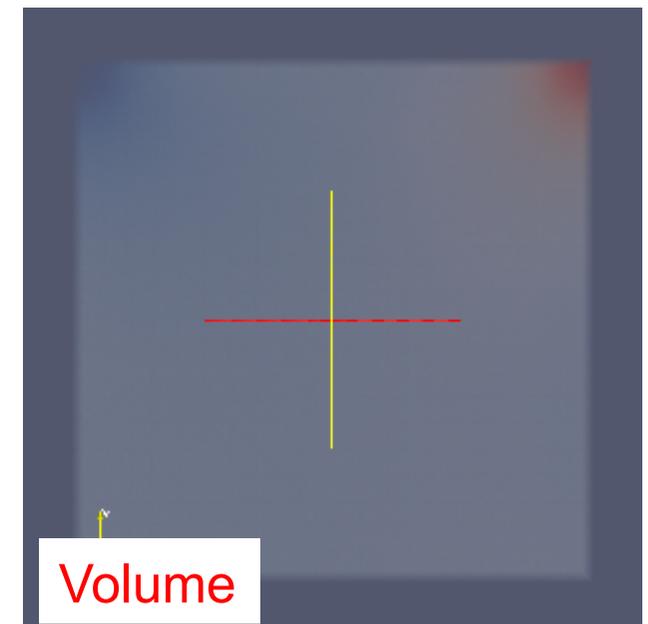
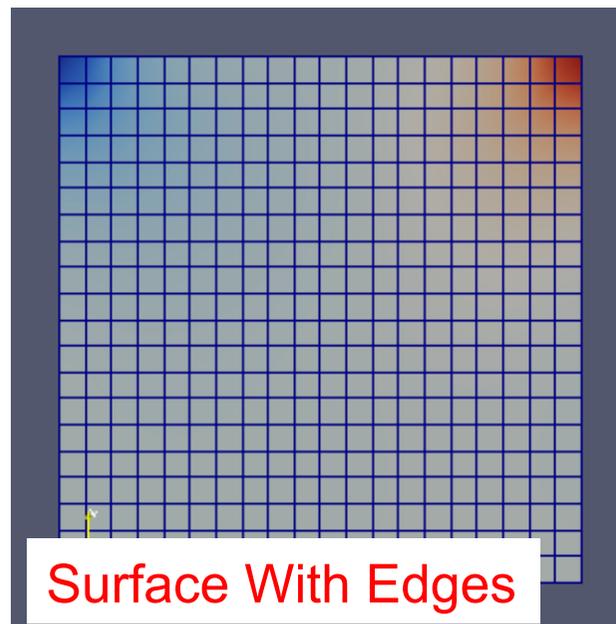
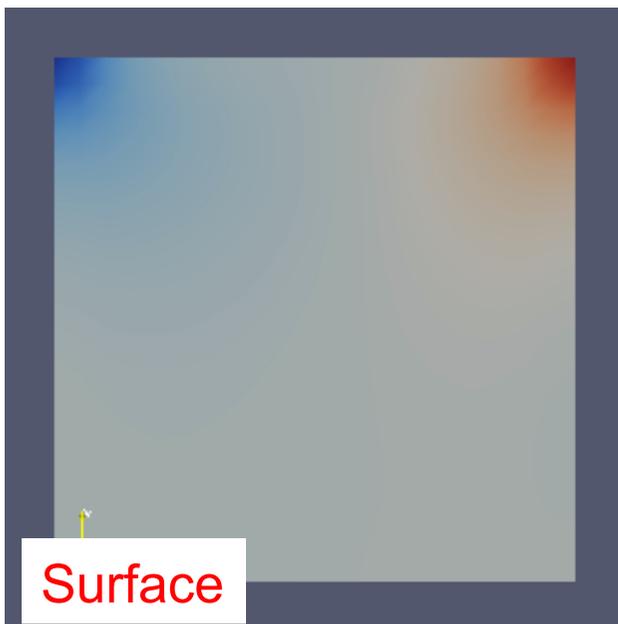
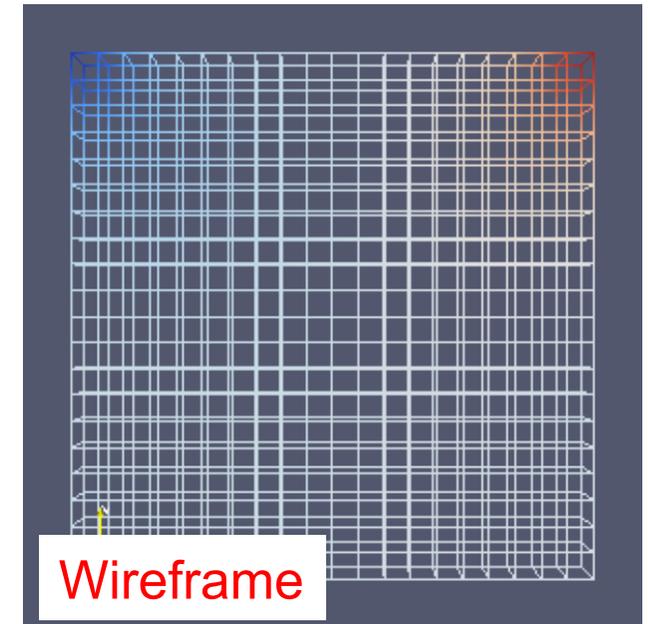
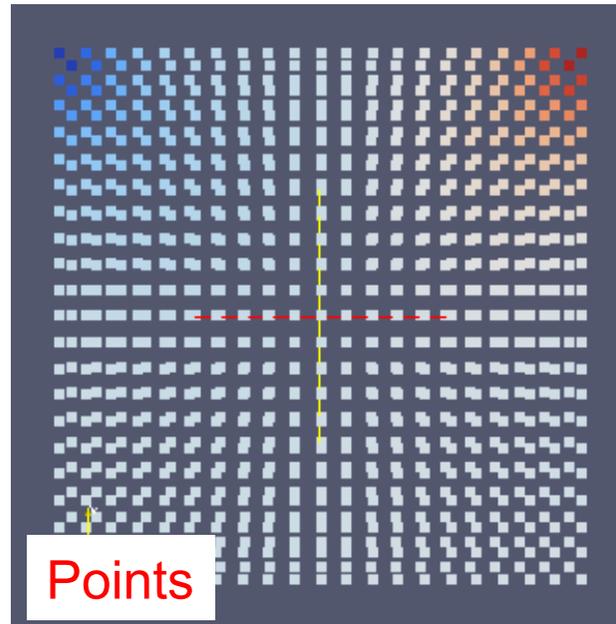
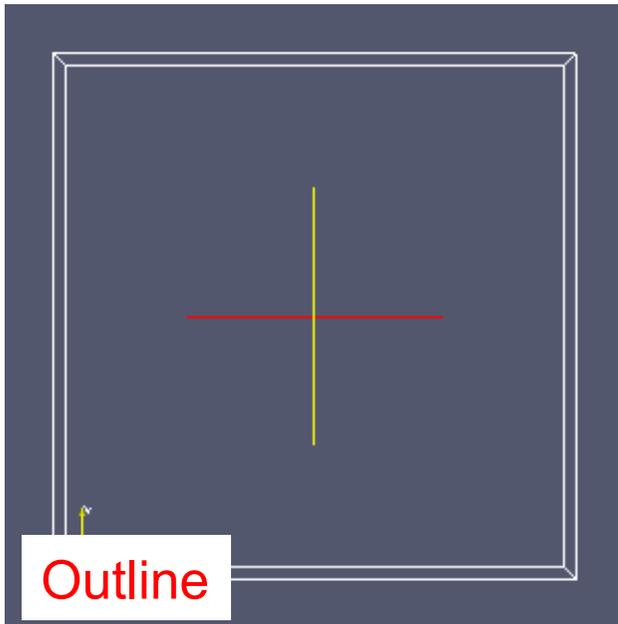
ツールバーの操作

アニメーション(最初の時刻ステップ、一時刻前、再生、次のステップ、最後のステップ)



凡例の表示 表示するフィールドの選択





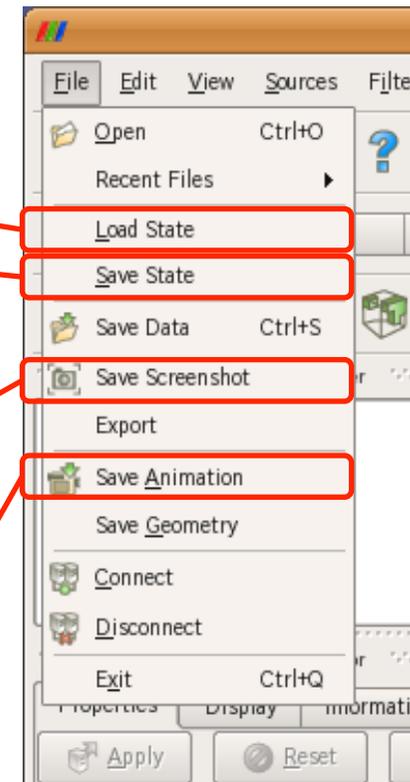
Fileメニュー

•可視化の各種設定の保存・読み込み

- Load State (読み込み)
- Save State (保存)

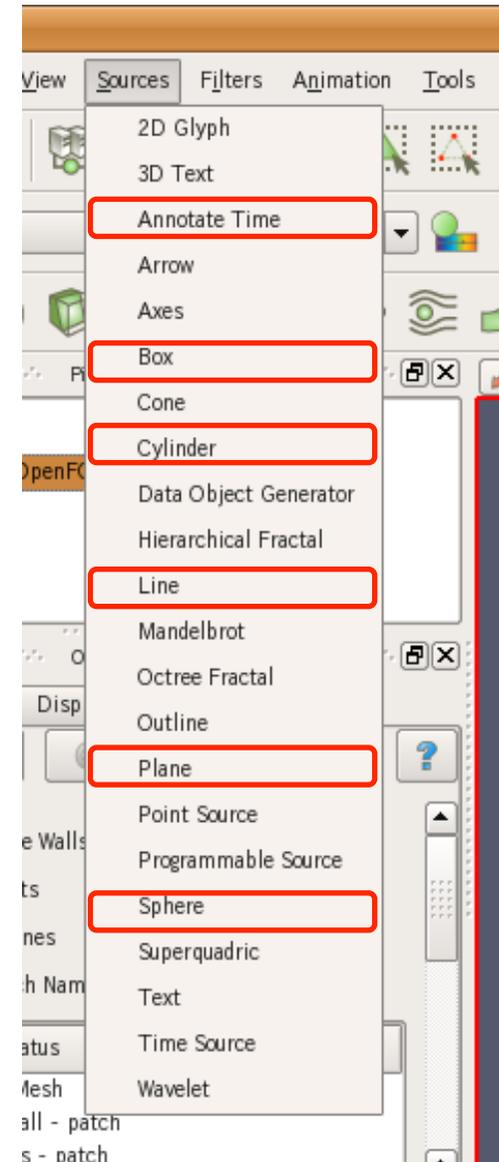
•作成した画像の保存

- Save Screenshot (画面に表示されている物を保存)
- Save Animation (全時刻ステップの画像を連続的に保存)



Sourcesメニュー

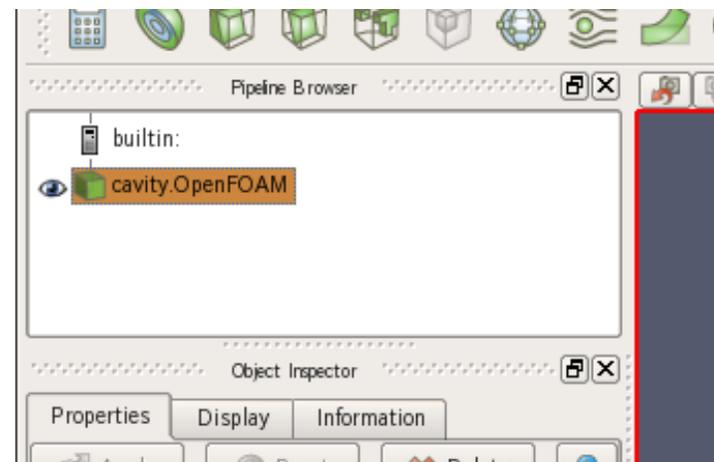
- paraFoamの中で、簡単な形状の作成が可能
 - Annotate Time (解析上の時刻の表示)
 - Box (直方体)
 - Cylinder (円筒)
 - Line (線分)
 - Plane (面)
 - Sphere (球)
 - ...
- フィルタへの入力としても使用できる



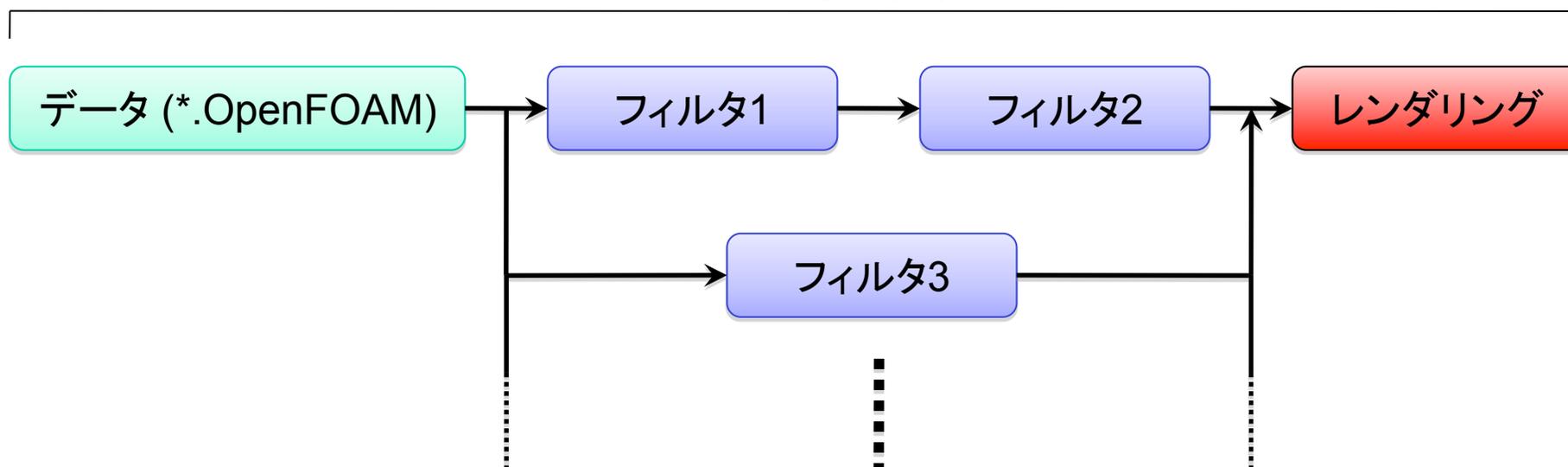
Filtersメニュー

•Filtersメニュー + Filtersツールバー

- 数十種類のフィルタ
- データ・形状の加工・抽出が可能
- 複数のフィルタを組合せられる(パイプライン)
- Pipeline Browserに、パイプラインの状態表示



パイプライン



フィルタの例: 速度場の可視化(ベクトルの表示)

3. GlyphVectorを選択

5. Outlineを選択

1. Glyphアイコンをクリック

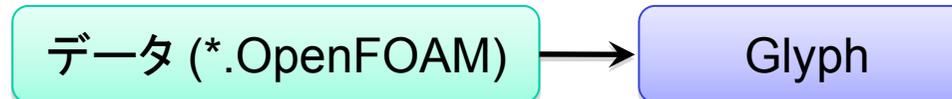
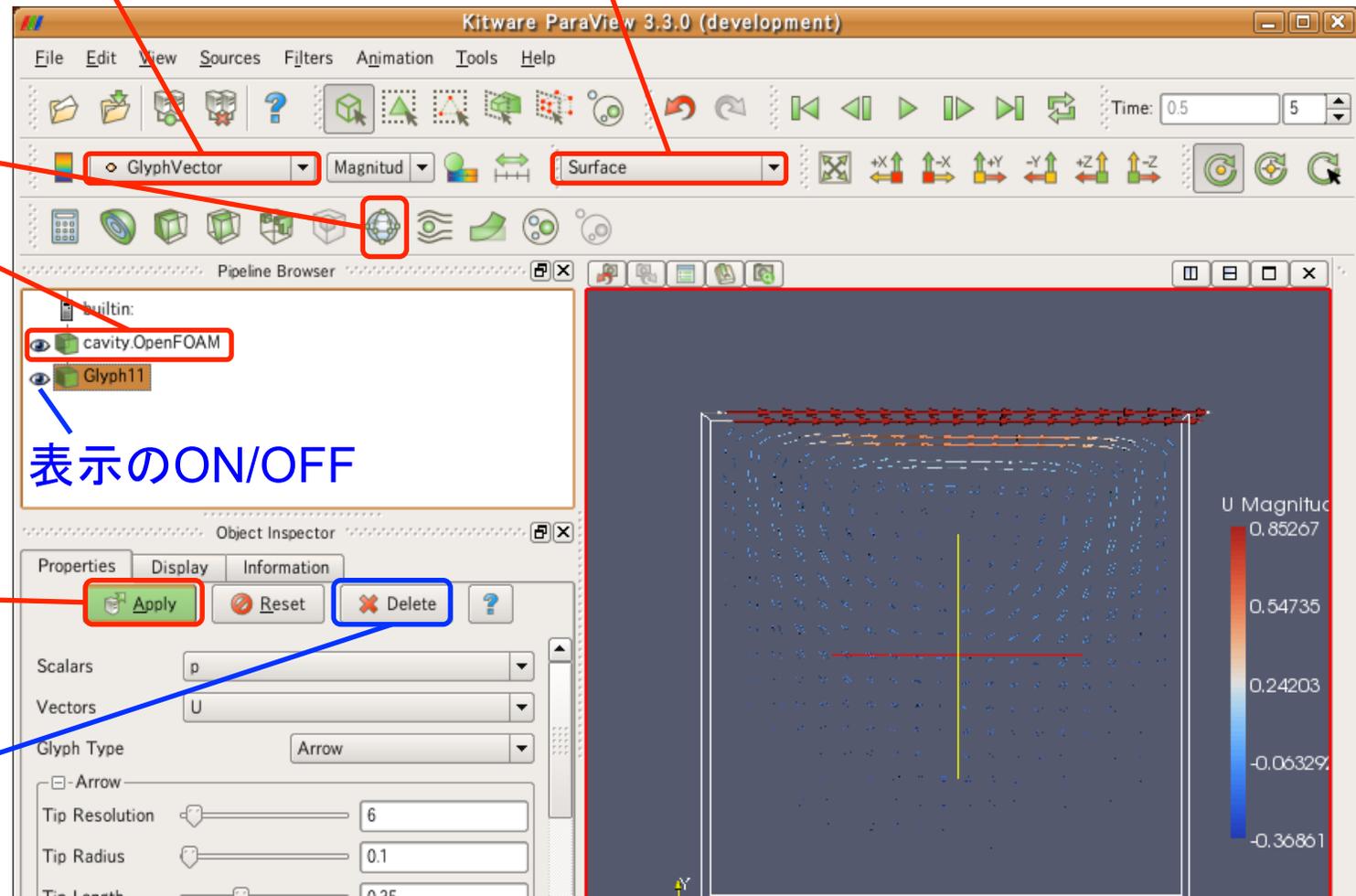
4. クリック

パイプライン
ブラウザ

表示のON/OFF

2. クリック

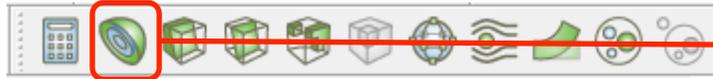
フィルタの削除
には、Deleteを
クリック



- OpenFOAMでは、セル中心で値が定義される
- Glyphフィルタでは節点への補間値を使用する
- セル中心でベクトルを描くには？



フィルタの例: Contourフィルタ(1)



Contourフィルタ: 等値面(isosurface)を作成する

- interFoamで相界面を表示したいとき、 $\gamma = 0.5$ の等値面を作成する
- 下はcavityケースでpの最小～最大を10分割する場合



- Delete All
- New Range→OK

- Contour作成後、Display→Opacityで0.2～0.5程度の値を入れると、半透明の等値面になる

- 等値面の値を表示するには？
- 等値面作成後、値を表示させたい面上の任意節点を“Select Points On”アイコンにより選択
 - “Select Points On”を都度クリックして、Commandキー(OS Xの場合、Windows/Linuxの場合は恐らくCtrlキー)を押しながら選択することで、複数の等値面上の点を選択可能
- “Views”→“Selection Inspector”を選択、Selection Inspectorを表示
- Selection Inspector最下部の“Point Label”タブを選択、表示
- “Visible”チェックボックスをチェック
- “Label Mode”で値を表示させたいフィールドを選択
- 選択された点の表示が目立って気になる場合は、“Selection”タブのOpacityを0にする

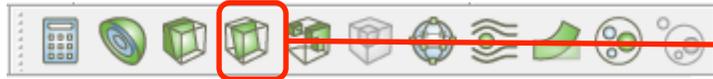


- 切断面上の任意点、切断面の法線を指定する
- 法線の方が残される部分になる
- キャビティの上半分を残すには



- Origin → (0.05, 0.05, 0.005)
- Normal → (0, 1, 0)

- 残ったメッシュをtriangulateしてしまう(元と異なるメッシュ、データ量の増大)



Sliceフィルタ: Clipの切断面だけを残す

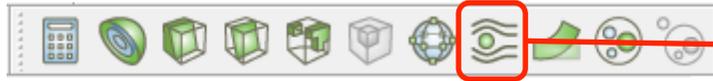
- Clipと同様



- Origin→(0.05, 0.05, 0.005)
- Normal→(0, 1, 0)

- multiblockのcell dataをsliceする場合には、注意が必要
 - カラーコンター表示が崩れる場合あり
 - 必要に応じて、Extract BlockでinternalMeshを取り出す





Stream Tracerフィルタ: 流線を作成する

- 流線の始点となる点の集合として、Point Source、Line Sourceを使える
- Point Source: ある点を中心とするある半径内にランダムに点を分布
 - 中心点、半径、点数を指定
- Line Source: ある線上に等間隔で分布
 - 始点、終点、点数を指定

データ (*.OpenFOAM)

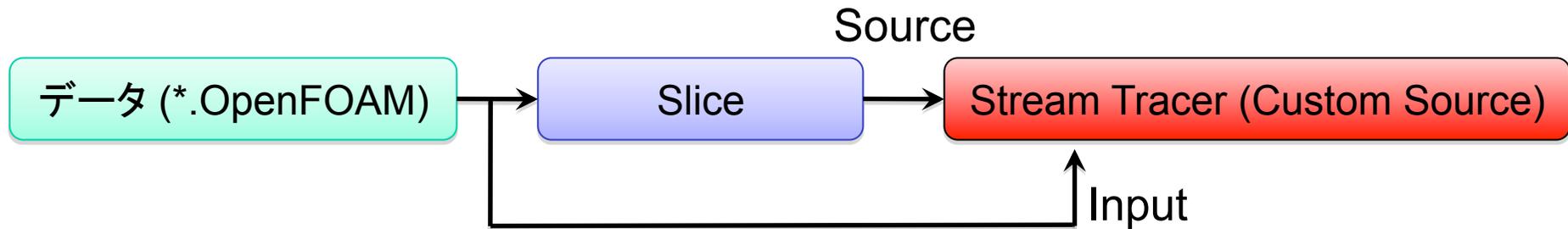
Stream Tracer

- Seed Type→Line Source
- Point1→(0, 0.05, 0.005)
- Point2→(0.1, 0.05, 0.005)

- 注意: フラットセル、特異点(コーナー、境界面など)に弱い
 - 「Coincident points in polyline...can't compute normals」等のエラー
 - 特に、autoRefineMeshやsnappyHexMeshによるsplit-hexのポリヘドらをparaFoamが分割して出来るセル
 - Initial step lengthを小さくしてみる
 - foamToVTKの方が、フラットセルを回避するアルゴリズムで分割する
 - ポリヘドラで流線が上手く行かない場合は、foamToVTKを試してみる

フィルタの例: 流線プロット(3)

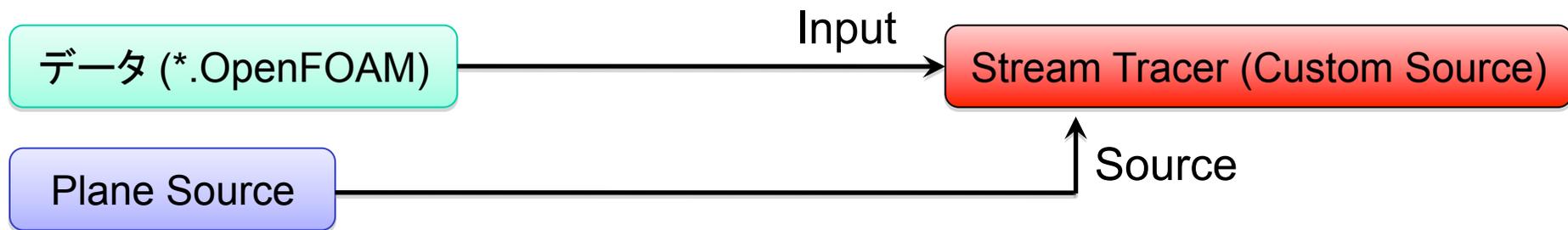
- ある断面全体を流線の始点としたい場合
- Stream Tracer (Custom Source)を使う



- Origin→(0.05, 0.05, 0.005)
- Normal→(0, 0, 1)

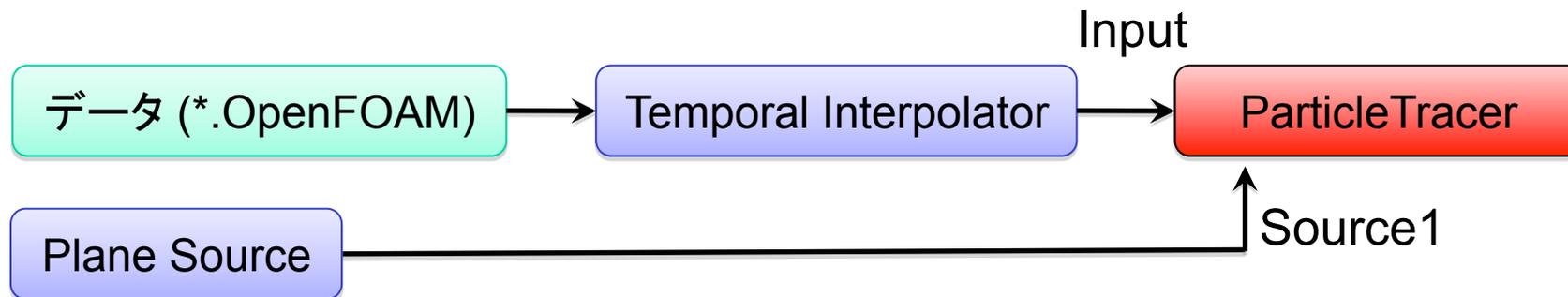
フィルタの例: 流線プロット(4)

- 任意の矩形面を流線の始点としたい場合
- Plane Sourceを使う
 - Origin、Point1、Point2で矩形の3頂点を指定
 - X Resolution、Y Resolutionで密度を指定



- Origin→(0.025, 0.025, 0.005)
- Point1→(0.05, 0.025, 0.005)
- Point2→(0.025, 0.05, 0.005)
- X Resolution→10
- Y Resolution→10

- Inputは、temporal datasetを出力するフィルタなら何でもよい
 - 通常、時間方向の補間が必要になるので、Temporal Interpolatorが無難
- Sourceはmultiblock datasetを使用できないので、Slice等は使えない
 - Point Source、Line Source、Plane Source等を利用
 - ParaView 3.4では改善



- Discrete time step interval→0.005
- Origin→(0, 0, 0.005)
- Point1→(0.1, 0, 0.005)
- Point2→(0, 0.1, 0.005)
- X Resolution→10
- Y Resolution→10

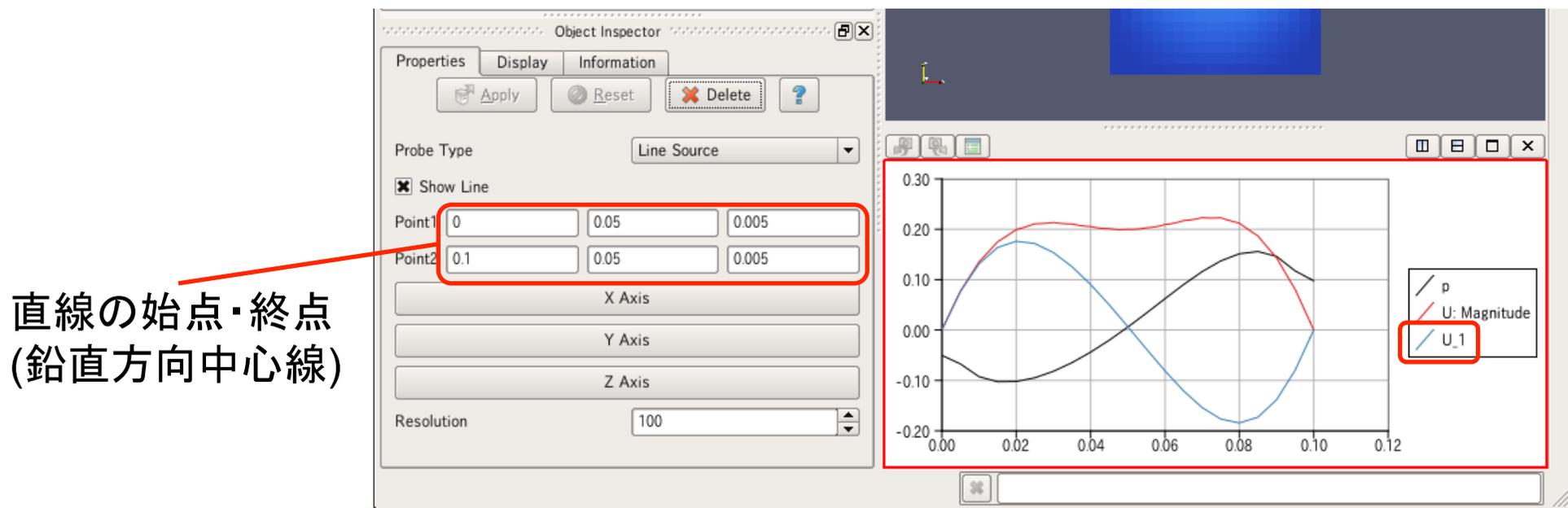
フィルタの例: 直線に沿ってデータをサンプリング

- 3Dばかりでなく、グラフ表示も可能
- 例: cavityケースの鉛直方向中心線に沿って、Uのy成分をプロットしたい



- Result Array Name → U_1
- 式の入力欄 → U_1

- Point1 → (0, 0.05, 0.005)
- Point2 → (0.1, 0.05, 0.005)



- Outline表示では、かなり適当な輪郭しか描かれない
- もう少し、凝った輪郭を描くには？
- internalMeshのみを読み込んでいる場合



- パッチも全て読み込んでいる場合



- あるパッチを通過する流量を求めるには？
- ParaView 3.4以上が必要



- Spreadsheet ViewでSurface Flowの数値を確認
- 正確な数値が必要なら、calcMassFlowユーティリティがおすすめ
 - Surface Flowは、節点補間値から計算するため

- 大規模データの可視化に有用
- 計算コストが高い
 - Projected Tetra = 比較的高速、ray cast = 高品質
- interFoam、interDyMFoamでの液相の表現にも有用(かも?)
 - $\gamma = 0.5$ の前後でopacityを急峻に変える
- ボリュームレンダリングの質にこだわるなら、VisItもおすすめ

キャビティ流れの解析を例に、OpenFOAM・ParaViewを用いた解析をひとつおりに実習

- blockMeshによるメッシュの作成
- ソルバ(icoFoam)の実行
- ParaViewによる可視化