



# interTrackFoamの 紹介

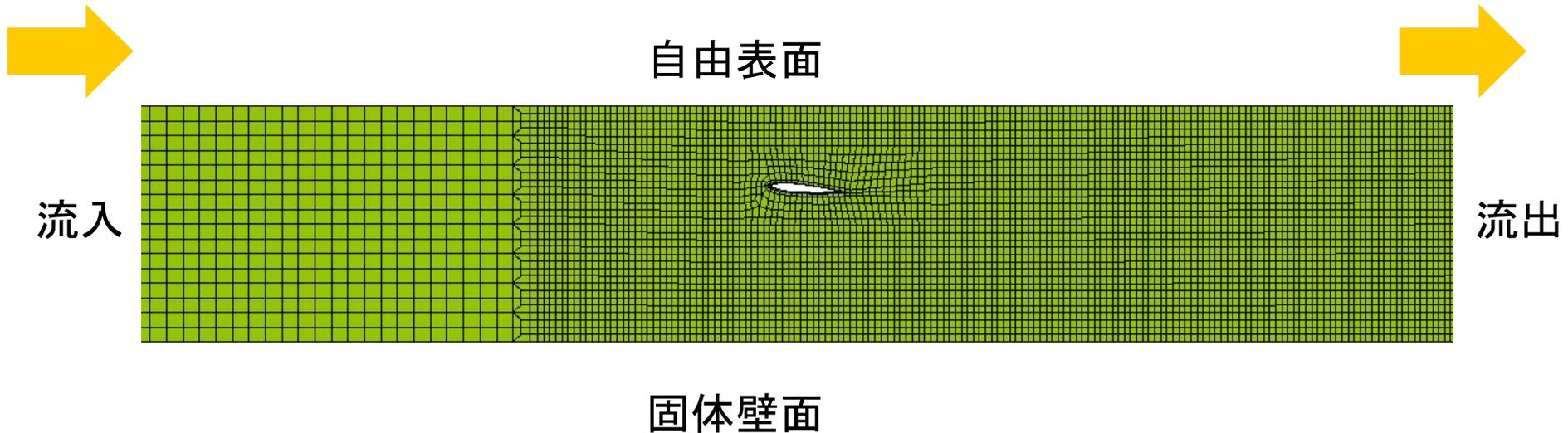
大阪大学大学院基礎工学研究科  
山本 卓也



# InterTrackFoamとは

OpenFOAM-1.6-ext版で開発されたソルバー—  
自由表面変形する問題に使える。

チュートリアル例1; hydrofoil 速度場





# 混相流の数値計算法

混相流のシミュレーションを分類すると以下の通りになる

- メッシュフリー法
- **界面捕獲法 (Interface Tracking)**
- 界面追跡法 (Interface Capturing)
- 平均化(二流体)モデル

- **メッシュフリー法**

粒子法(MPS, SPH)

- **界面捕獲法**

VOF法

Level-Set法

Phase Field法

- **界面追跡法**

BFC(界面適合座標)

ALE(Arbitrary Lagrangian-Eulerian)

# それぞれの手法の特徴

## 概念図

- メッシュフリー法

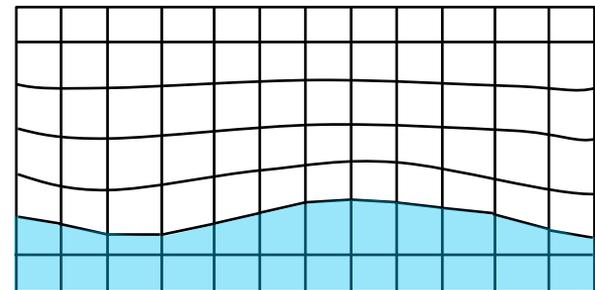
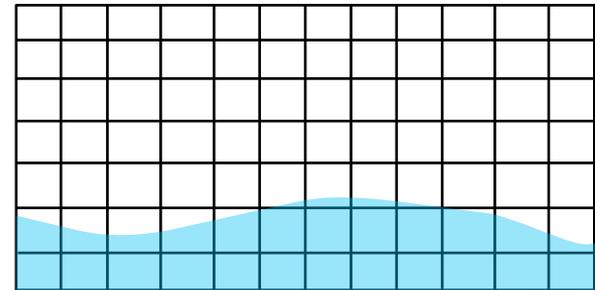
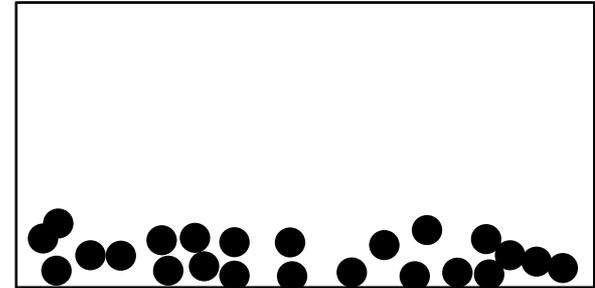
微小の粒子の運動で表現する  
メッシュ分割が不必要  
衝撃波等の不連続場の扱いが容易  
大変形、歪みに対して精度保持  
精度が悪い  
計算時間多大

- 界面捕獲法

計算格子を移動せずに計算する  
手法によって異なるが界面がなまる

- 界面追跡法

計算格子を時々刻々と移動する  
精度がかなり高い  
計算が破綻しやすい  
砕波現象等の大変形をするものに不向き





# OpenFOAM-1.6-ext版とは



**Welcome to the Extend-Project**

**Community-driven Releases of OpenFOAM®**

The goal of the Extend-Project is to open the [OpenFOAM®](#) CFD toolbox to community contributed extensions in the spirit of the OpenSource development model.

ESI社(OpenFOAMの正規版の運営会社)とは別で開発  
正規版でサポートされていない様々なソルバーが存在する。

sixDOFSolver

PODSolver

surfactantFoam

bubbleInterTrackFoam

interTrackingFoam

icoDyMFoam

batropicCavitatingFoam

icoDyMEngineFoam

sonicTurbDyMEngineFoam

turbDyMEngineFoam

viscoelasticFluidFoam

icoFsiFoam

stressFemFoam

などなどのソルバー  
その他ユーティリティーが  
様々存在



# 本日の発表内容

## 自由界面変形を伴うソルバー InterTrackFoamの解説

### 4種類のチュートリアル説明

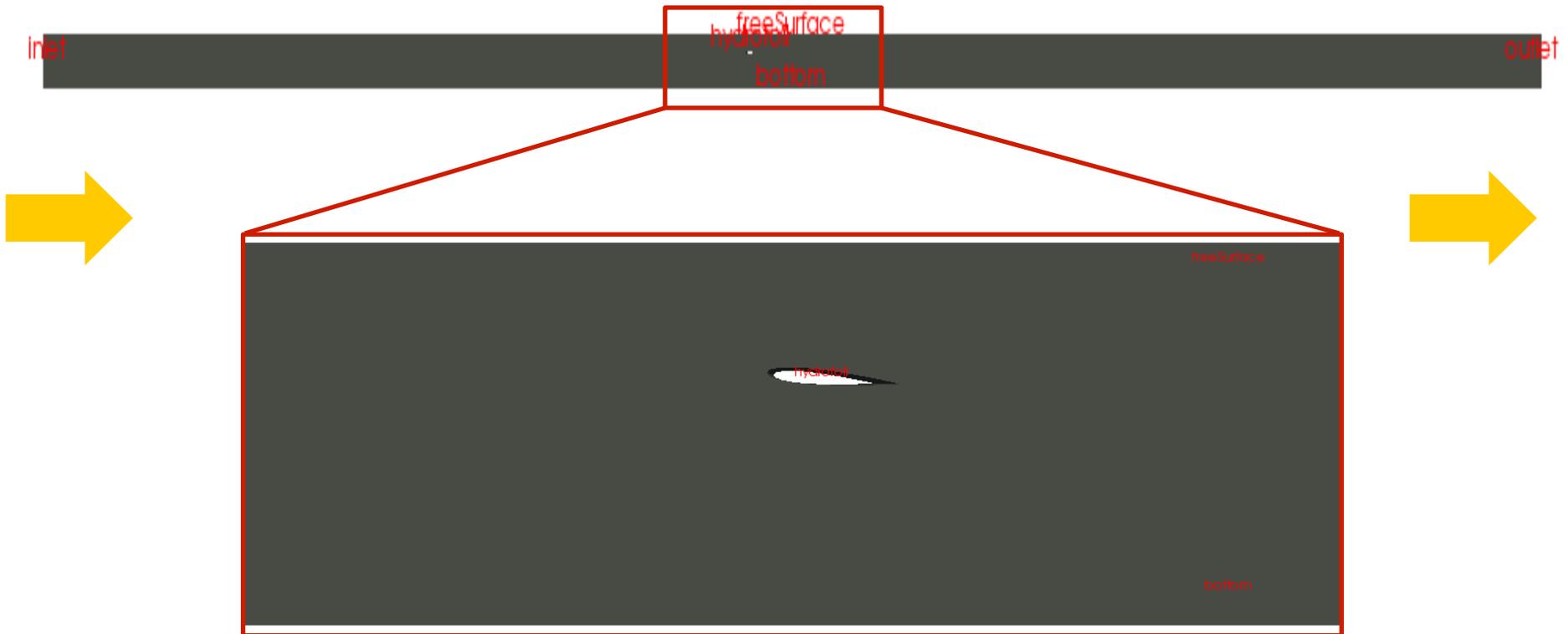
- Hydrofoil
- Ramp
- sloshing2D
- tank3D

次回以降(予定)

各ケースディレクトリの設定  
方法の紹介



# チュートリアルケース 1 hydrofoil



物性値  
≈ 水(25°C)

翼回りの流れ  
自由表面が翼近傍に存在



# チュートリアルケース 1 hydrofoil

速度境界条件( $U$ )

Free surface (fixedGradient 0)

Inlet

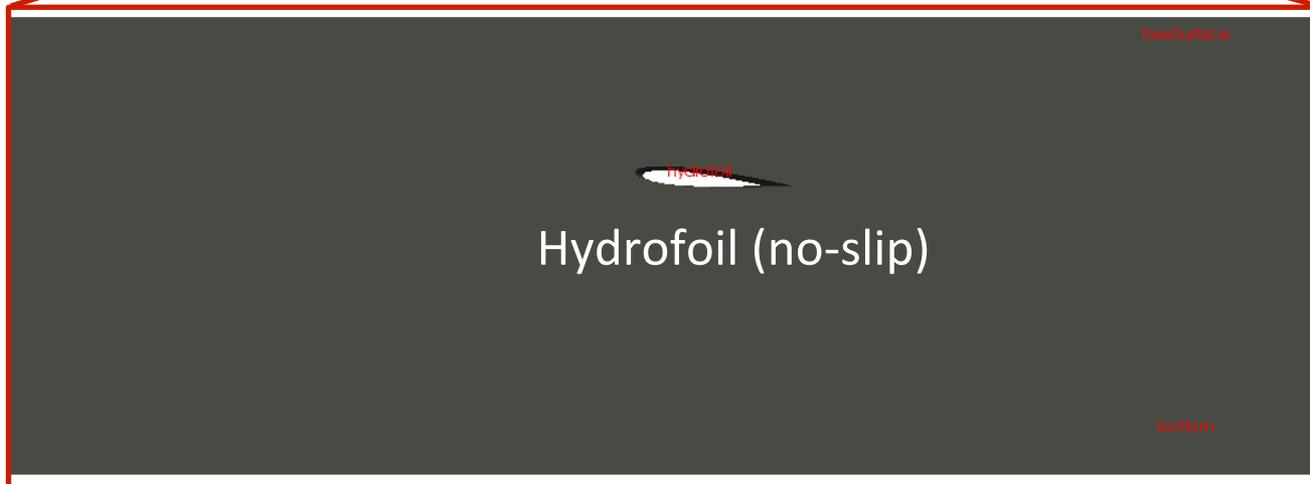
freeSurface  
hydrofoil  
bottom

outlet

Inlet(0.8 m/s)

Bottom (no-slip)

Outlet(zeroGradient)



物性値  
≈ 水(25°C)

翼回りの流れ  
自由表面が翼近傍に存在



# チュートリアルケース 1 hydrofoil

圧力境界条件(P)

Free surface (fixedValue 0)

inlet

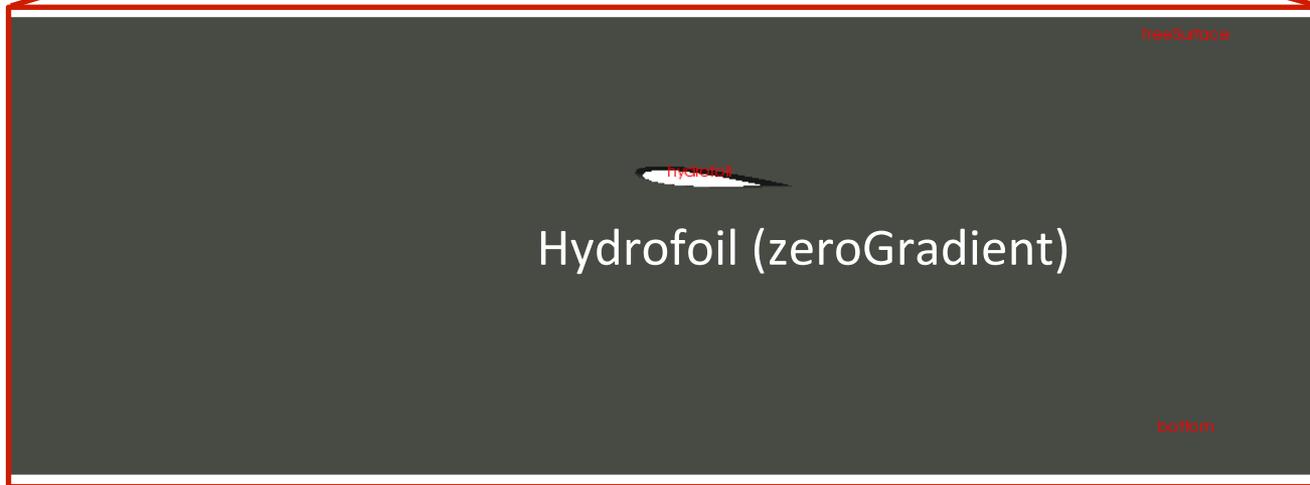
freeSurface  
hydrofoil  
bottom

outlet

Inlet(zeroGradient)

Bottom (zeroGradient)

Outlet(zeroGradient)



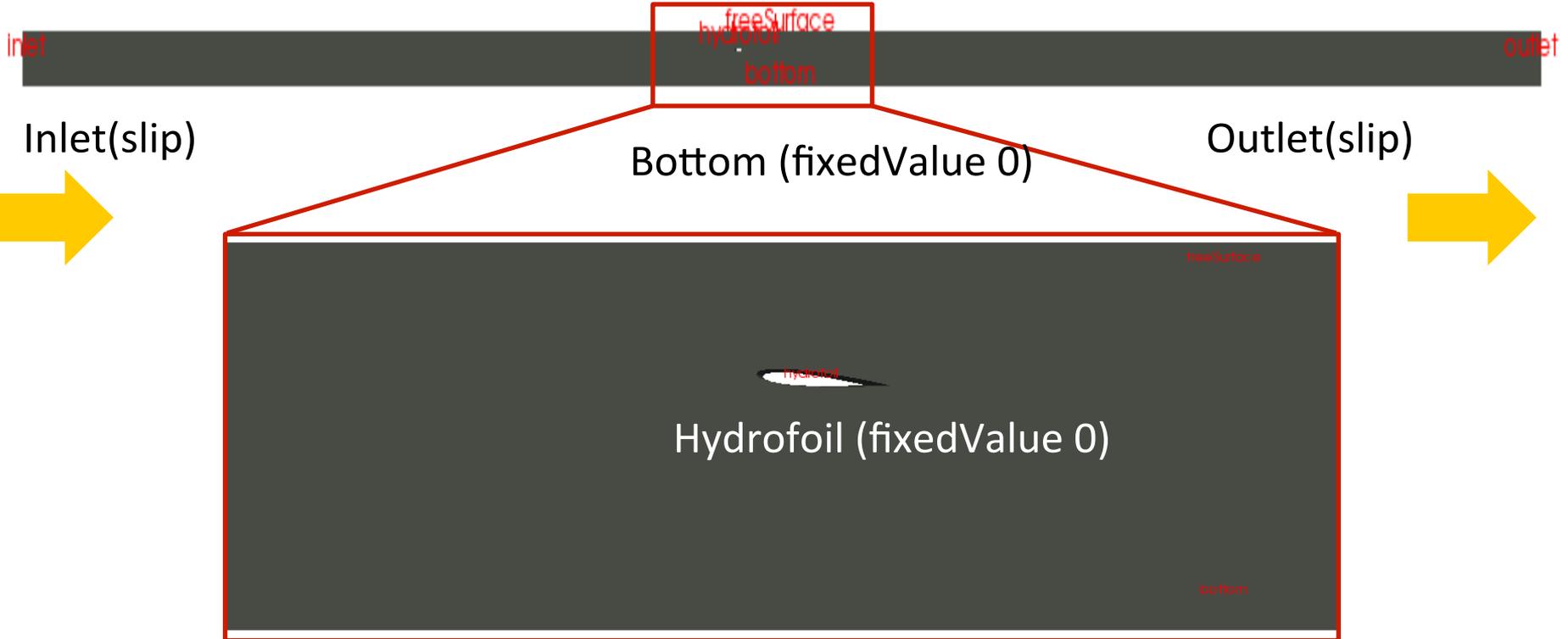
物性値  
≈ 水(25°C)

翼回りの流れ  
自由表面が翼近傍に存在



# チュートリアルケース 1 hydrofoil

移動格子条件(motionU) Free surface (fixedValue 0)



物性値  
≈ 水(25°C)

翼回りの流れ  
自由表面が翼近傍に存在



# チュートリアルケース 1 hydrofoil

## motionU(格子移動)の選択肢

fixedValue	界面に垂直な方向に変形有、 元の位置より平均位置を速度 $\sim$ で移動させる
slip	界面に垂直な方向に変形無、 界面に水平な方向に移動有
empty	二次元の場合

## Uの選択肢

fixedValue

slip

empty

zeroGradient

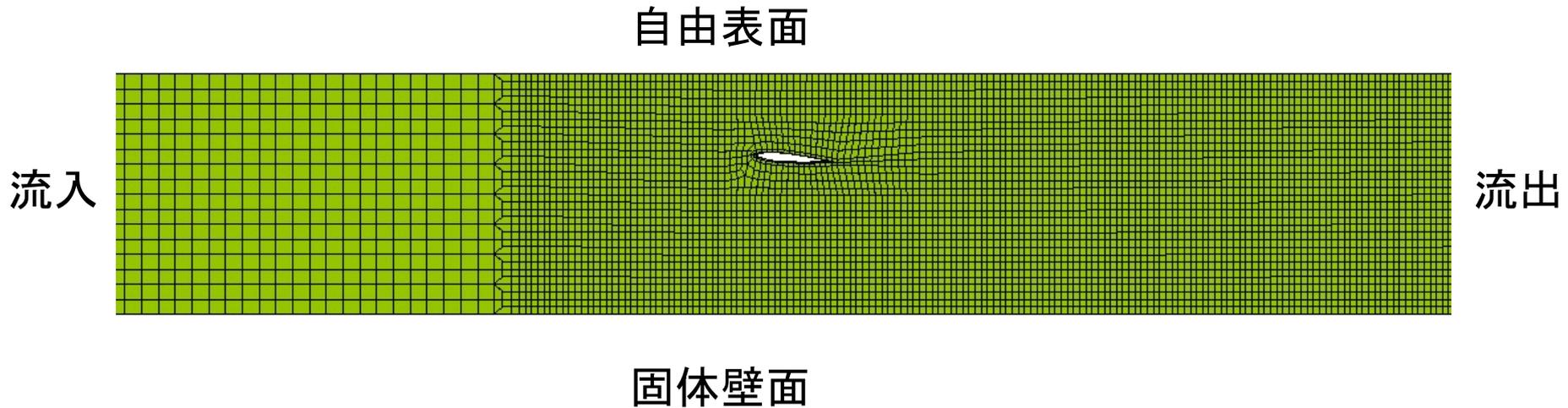
...速度境界条件に応じた様々な選択肢

しかしfreeSurfaceの位置ではfixedGradientのみ



# チュートリアルケース 1 hydrofoil

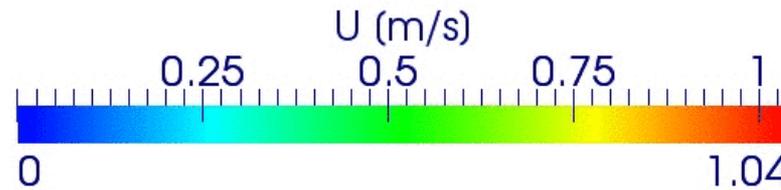
## 計算結果(速度 $U$ 値)



自由表面変形がうまく表されている

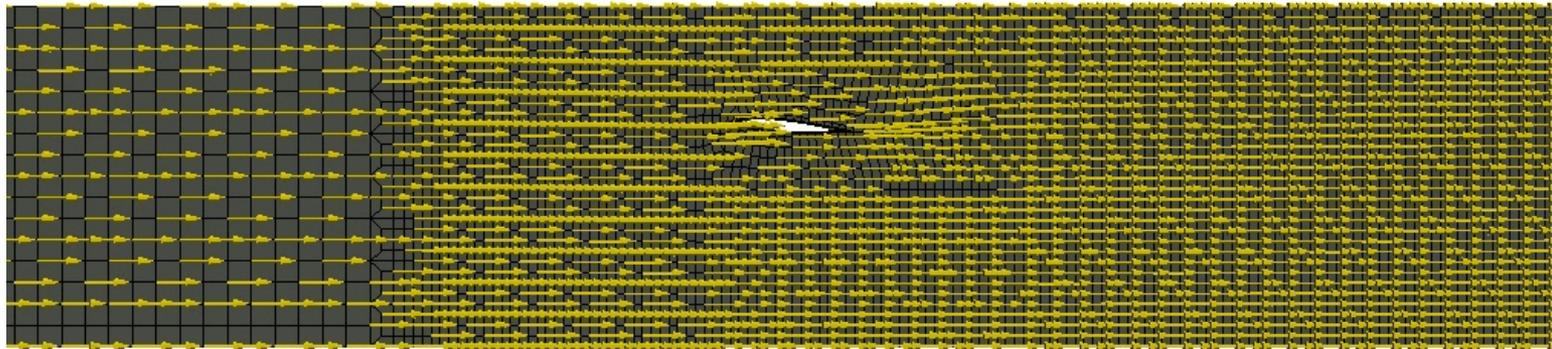
# チュートリアルケース 1 hydrofoil

## 計算結果(速度ベクトル)



自由表面

流入



流出

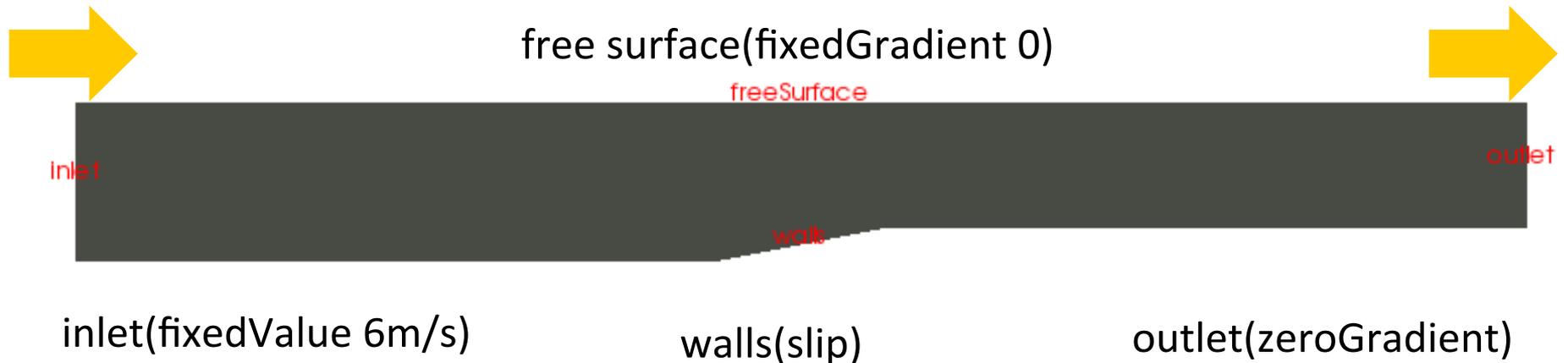
固体壁面

自由表面変形がうまく表されている



# チュートリアルケース2 Ramp

速度境界条件( $U$ )



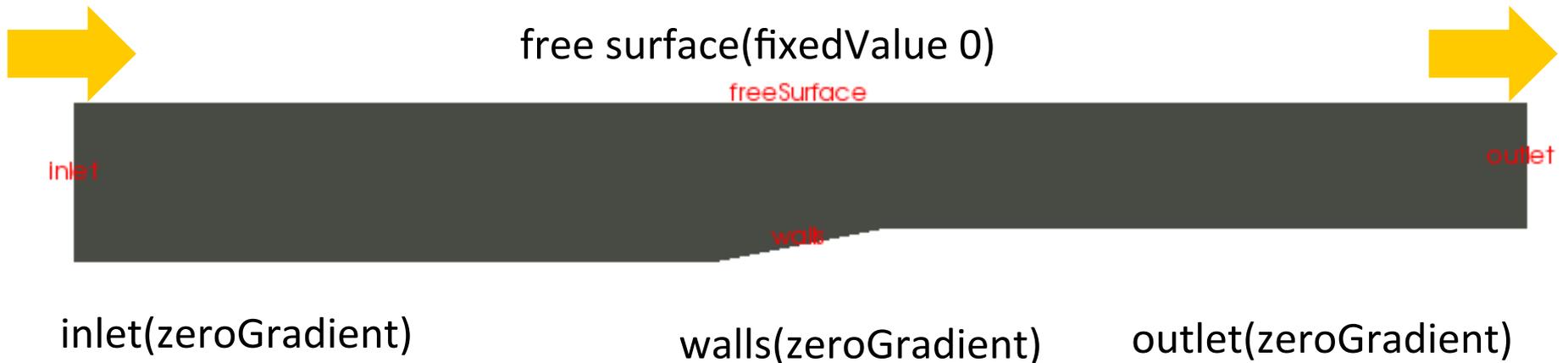
流体は  
完全流体  
(粘度0)

段差がある場合の自由表面流れ



# チュートリアルケース2 Ramp

圧力境界条件( $P$ )



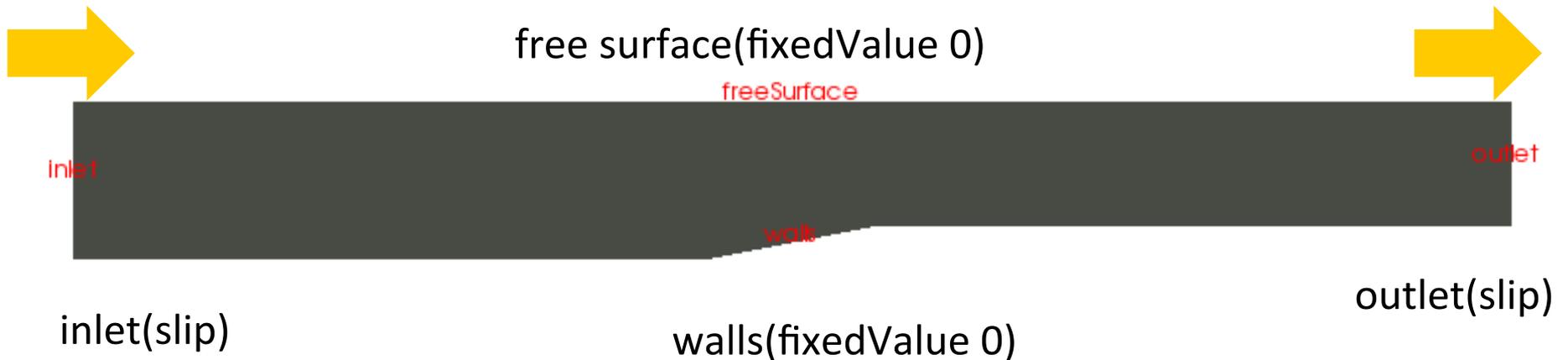
流体は  
完全流体  
(粘度0)

段差がある場合の自由表面流れ



# チュートリアルケース2 Ramp

移動格子条件(motionU)



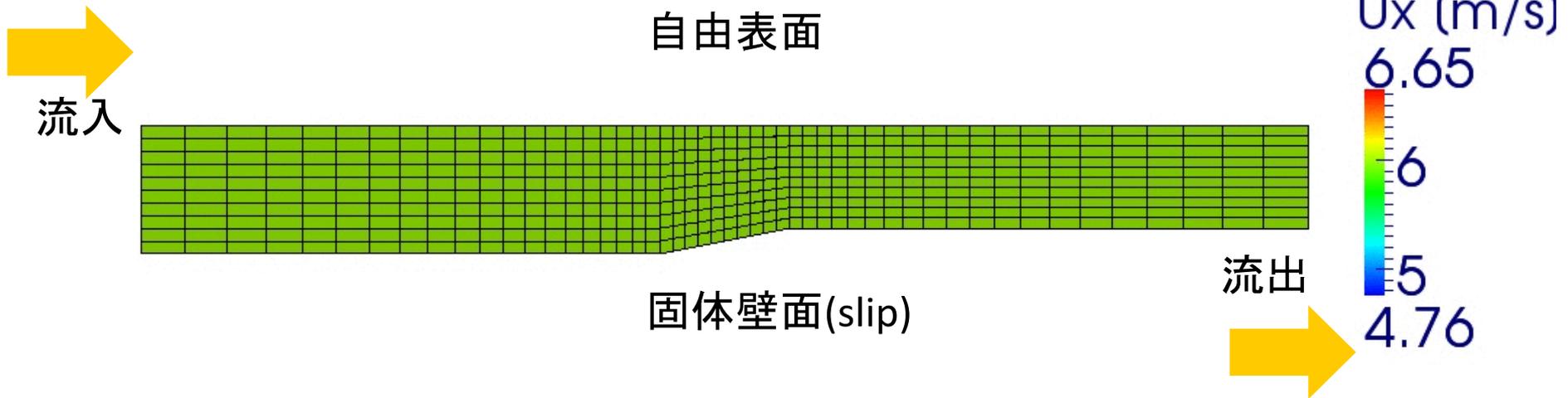
流体は  
完全流体  
(粘度0)

段差がある場合の自由表面流れ



# チュートリアルケース2 Ramp

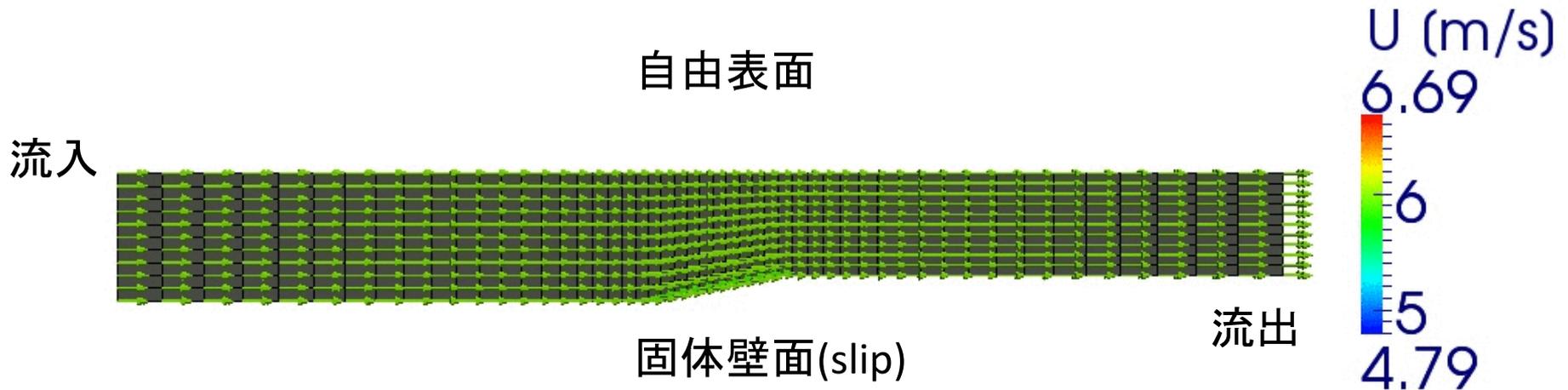
## 計算結果(速度 $U$ 値)



段差近くで上向き流れにより自由界面変形

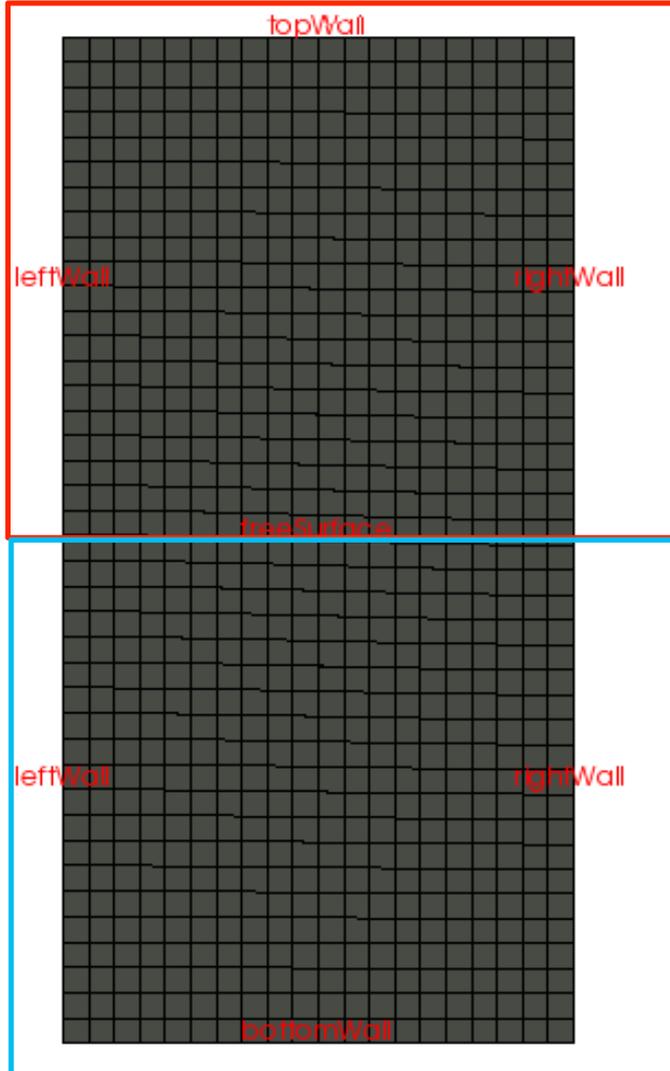
# チュートリアルケース2 Ramp

## 計算結果(速度ベクトル)



段差近くで上向き流れにより自由界面変形

# チュートリアルケース3 sloshing2D



## 二流体のスロッシング問題 (左右に揺らす問題)

上部流体

物性値	粘度	$1.0 \times 10^{-5}$	Kg/(m·s)
	密度	$1.0 \times 10^{-3}$	Kg/(m <sup>3</sup> )

下部流体

物性値	粘度	$1.0 \times 10^{-2}$	Kg/(m·s)
	密度	1.0	Kg/(m <sup>3</sup> )



# チュートリアルケース3 sloshing2D

速度境界条件(U)

topWall  
(slip)

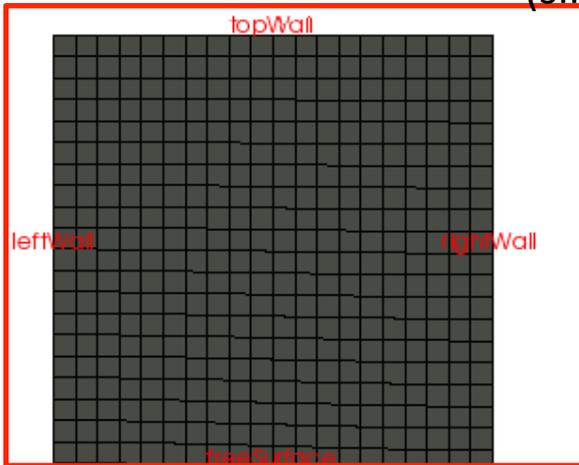
上部流体

物性値	粘度	$1.0 \times 10^{-5}$	Kg/(m·s)
	密度	$1.0 \times 10^{-3}$	Kg/(m <sup>3</sup> )

下部流体

物性値	粘度	$1.0 \times 10^{-2}$	Kg/(m·s)
	密度	1.0	Kg/(m <sup>3</sup> )

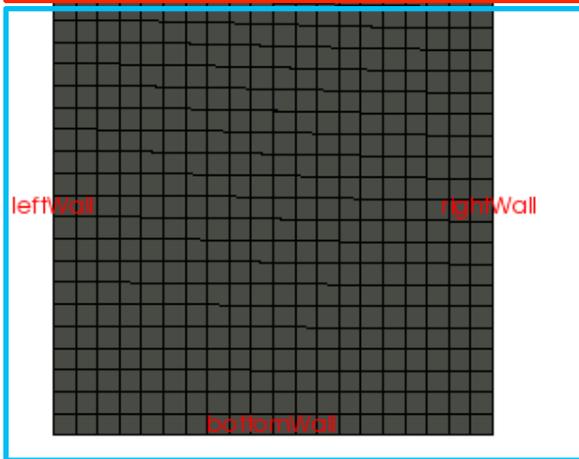
leftWall  
(slip)



rightWall  
(slip)

freeSurfaceShadow (fixedValue 0)

freeSurface (fixedGradient 0)



bottomWall  
(slip)

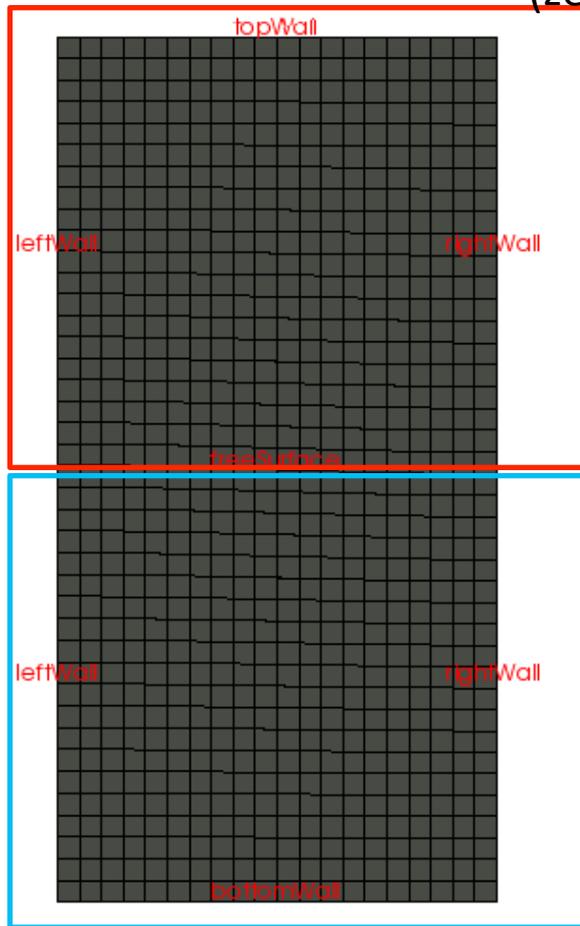
二流体用いる際の計算は自由表面境界条件を二つ使い計算する



# チュートリアルケース3 sloshing2D

## 圧力境界条件(P)

leftWall  
(zeroGradient)



topWall  
(zeroGradient)

rightWall  
(zeroGradient)

freeSurfaceShadow (fixedValue 0)

freeSurface (fixedGradient 0)

bottomWall  
(zeroGradient)

上部流体

物性値 粘度  $1.0 \times 10^{-5}$  Kg/(m·s)  
密度  $1.0 \times 10^{-3}$  Kg/(m<sup>3</sup>)

下部流体

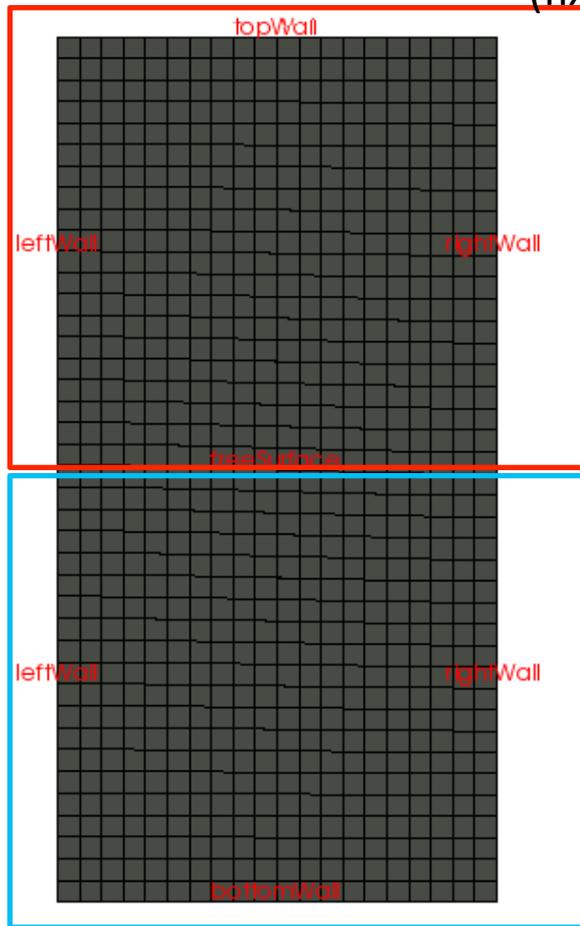
物性値 粘度  $1.0 \times 10^{-2}$  Kg/(m·s)  
密度 1.0 Kg/(m<sup>3</sup>)

二流体用いる際の計算は自由表面境界条件を二つ使い計算する



# チュートリアルケース3 sloshing2D

移動格子条件(motionU)



topWall  
(fixedValue 0)

rightWall  
(slip)

freeSurfaceShadow (fixedValue 0)

freeSurface (fixedValue 0)

bottomWall  
(fixedValue 0)

上部流体

物性値 粘度  $1.0 \times 10^{-5}$  Kg/(m·s)  
密度  $1.0 \times 10^{-3}$  Kg/(m<sup>3</sup>)

下部流体

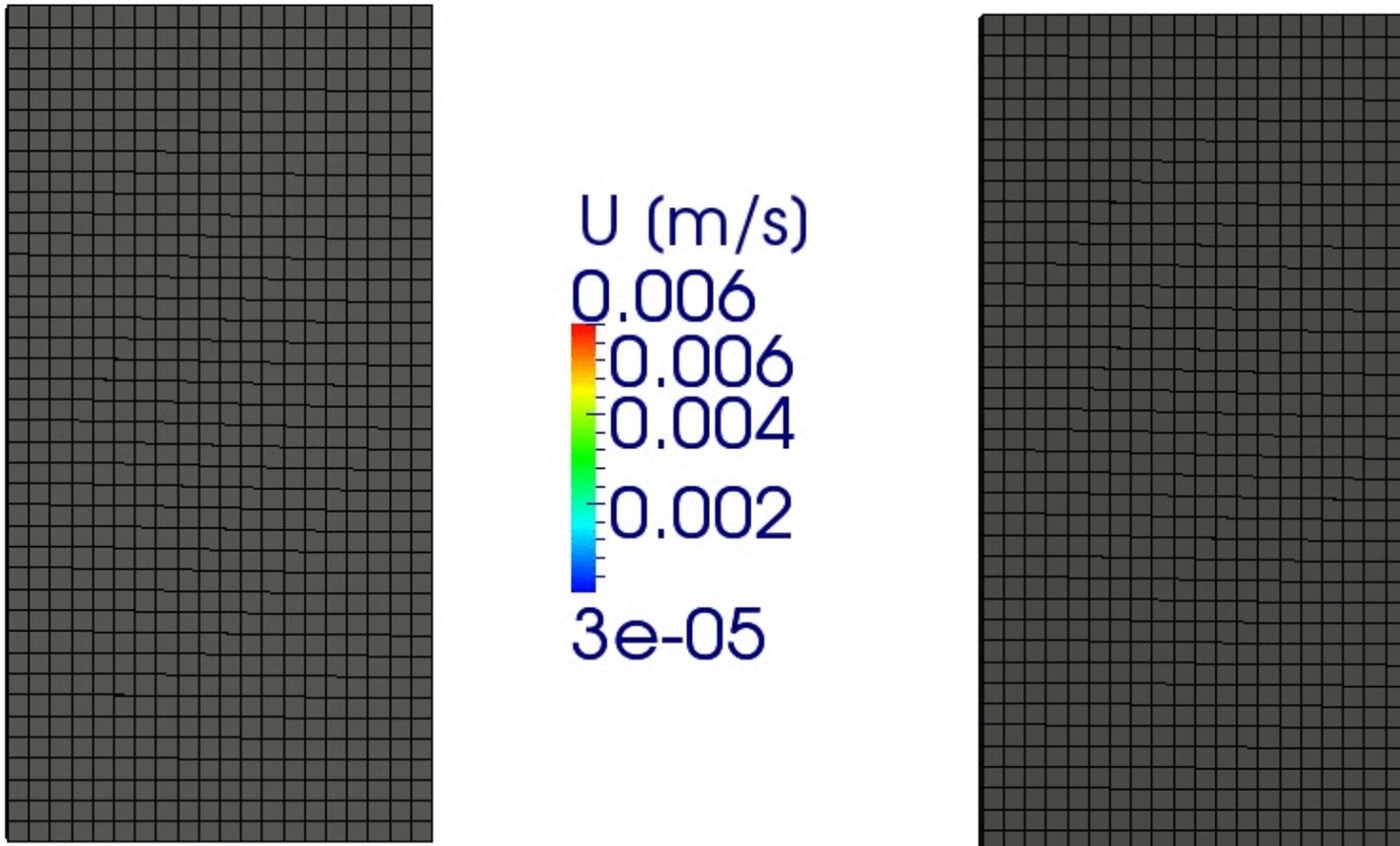
物性値 粘度  $1.0 \times 10^{-2}$  Kg/(m·s)  
密度 1.0 Kg/(m<sup>3</sup>)

二流体用いる際の計算は自由表面境界条件を二つ使い計算する



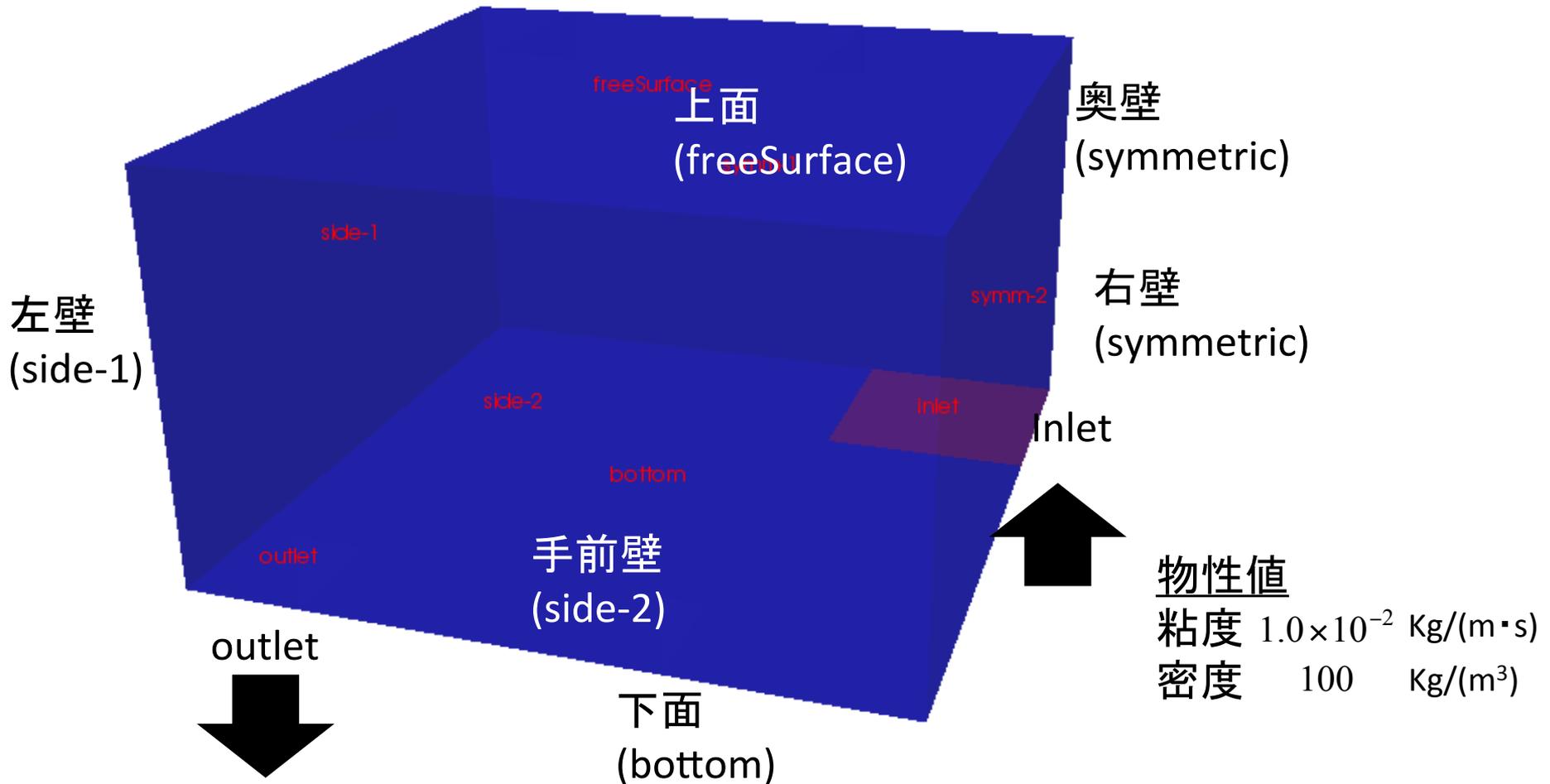
# チュートリアルケース3 sloshing2D

計算結果(速度ベクトル+計算格子移動)





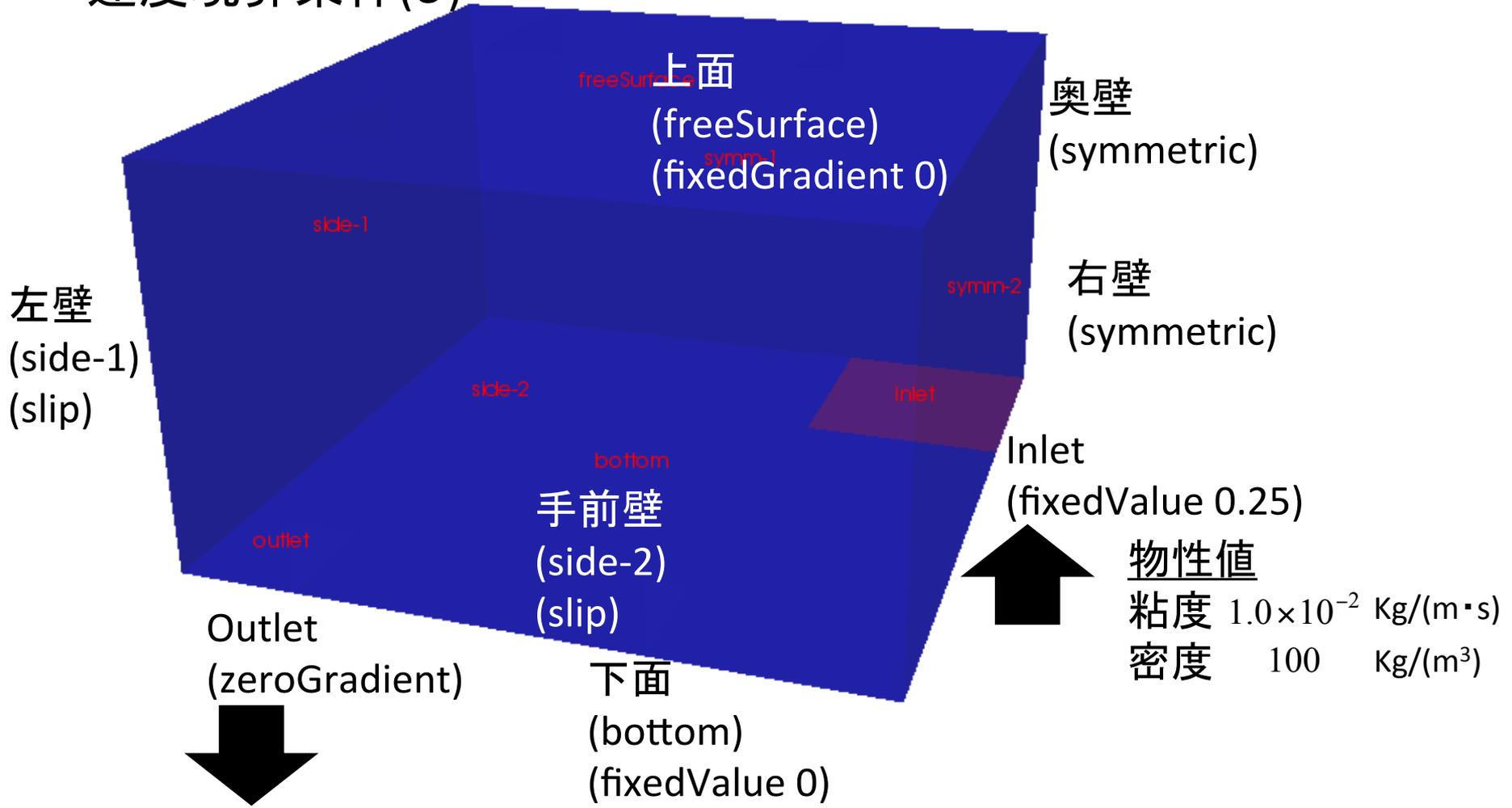
# チュートリアルケース4 tank3D





# チュートリアルケース4 tank3D

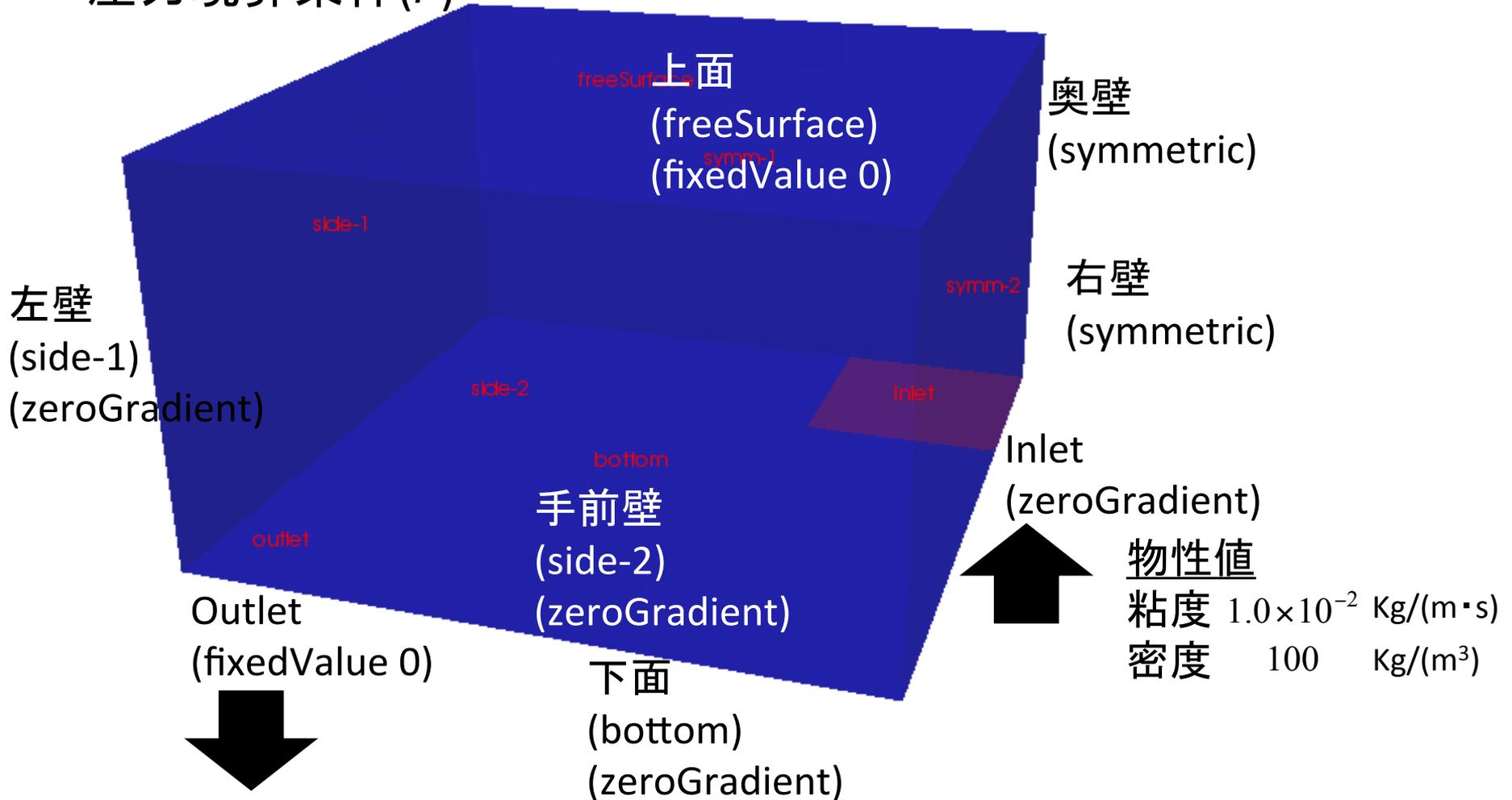
速度境界条件(U)





# チュートリアルケース4 tank3D

圧力境界条件(P)

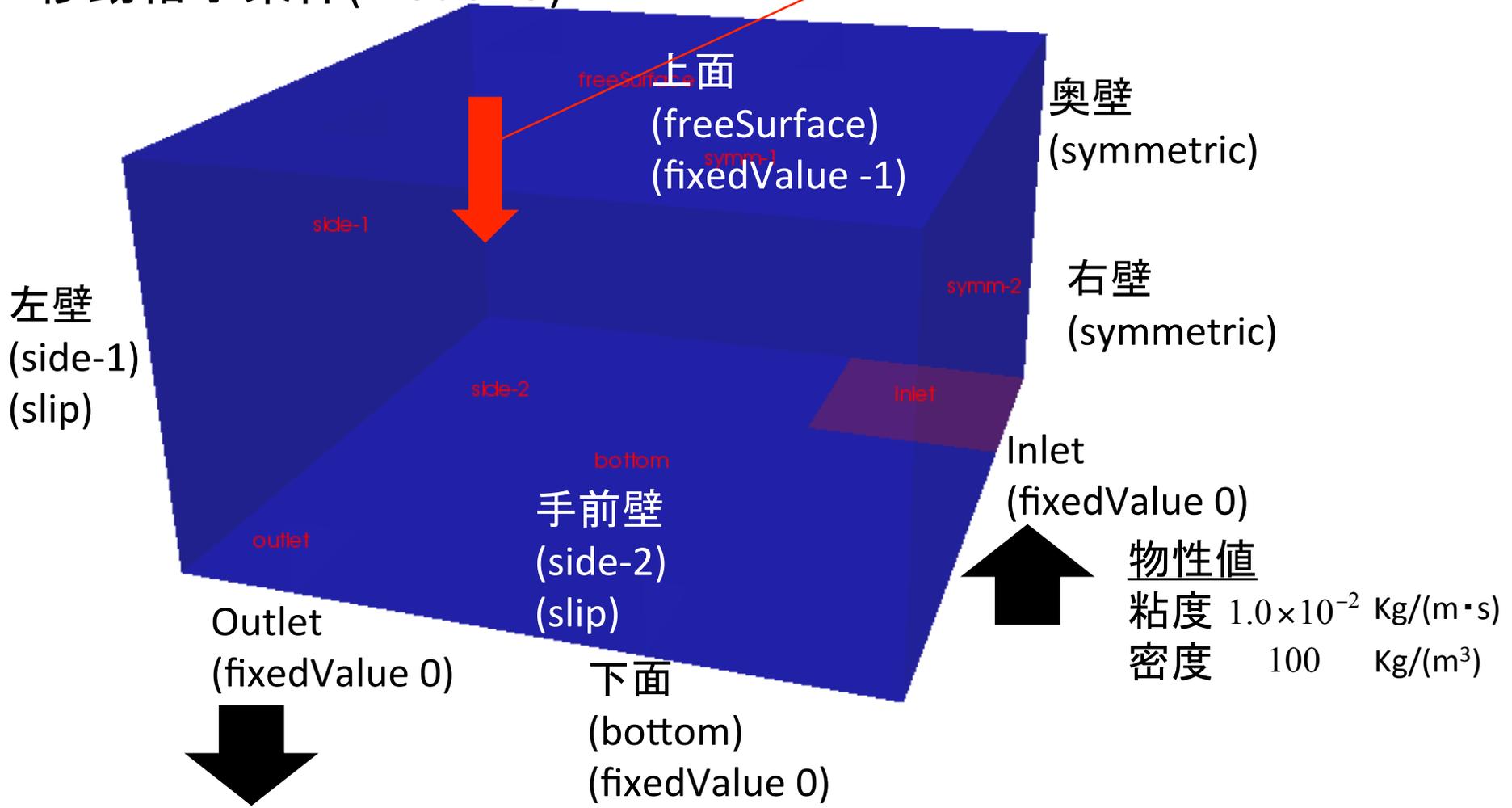




# チュートリアルケース4 tank3D

移動格子条件(motionU)

自由界面位置が-1 m/sで下がっていく

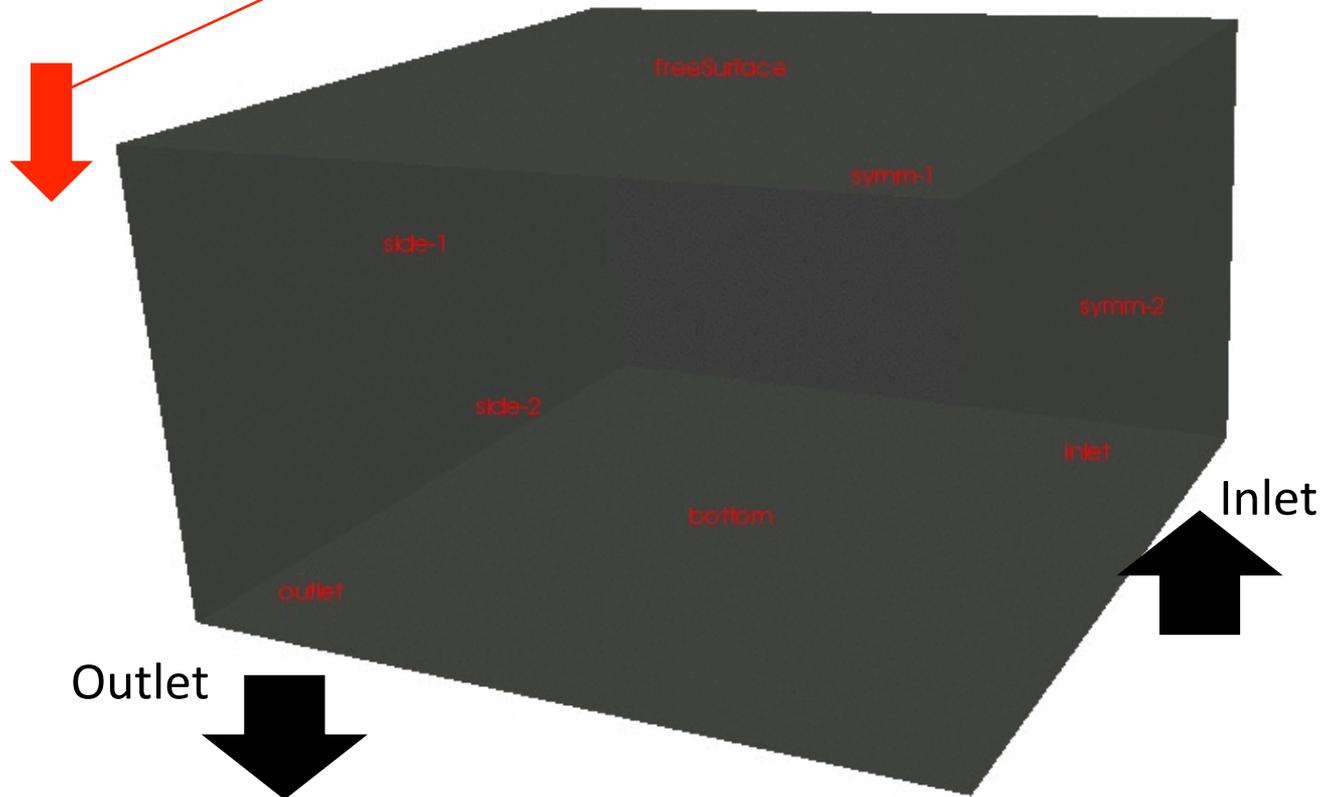




# チュートリアルケース4 tank3D

## 計算結果(形状変化)

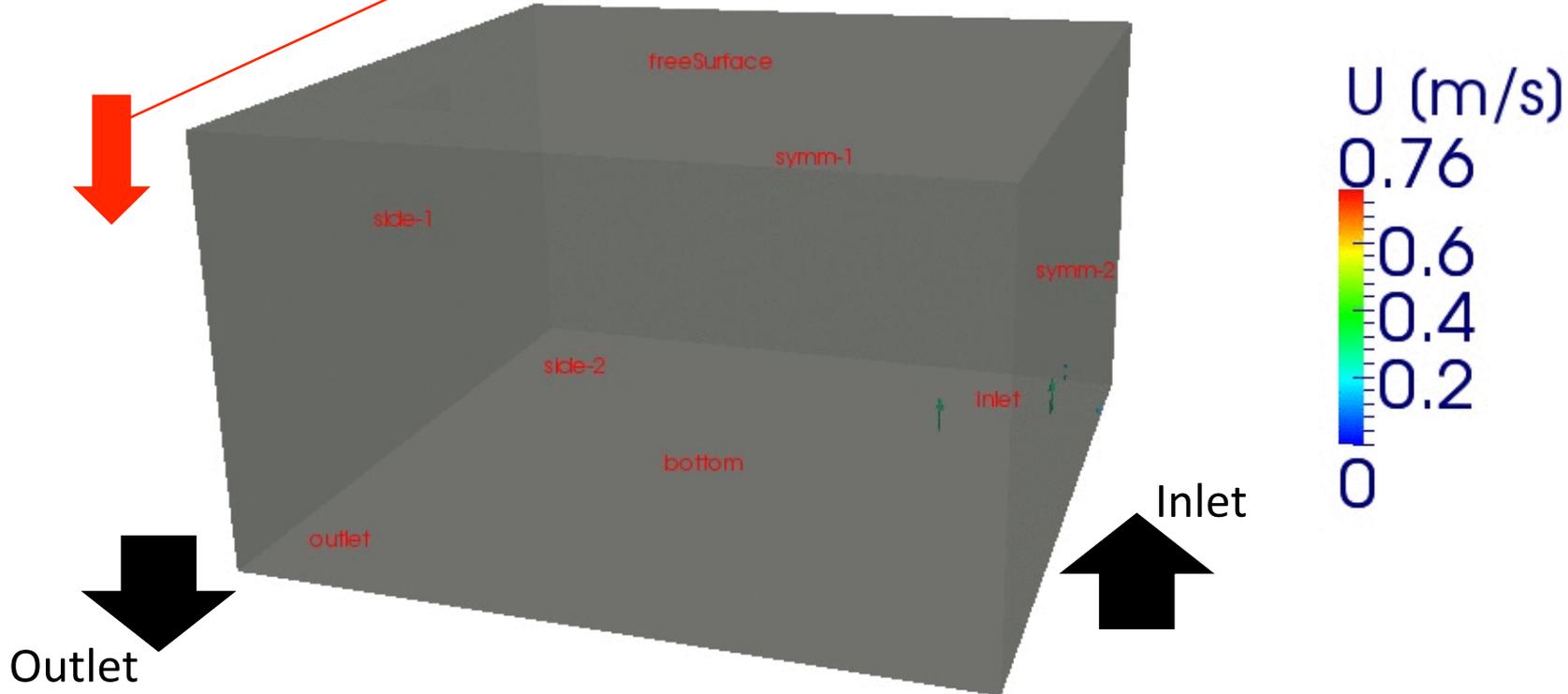
自由界面位置が-1 m/sで下がっていく



# チュートリアルケース4 tank3D

## 計算結果(速度ベクトル)

自由界面位置が-1 m/sで下がっていく





ご清聴ありがとうございました  
質問等あればどうぞ

