

OpenFOAMによる二次元翼周りの キャビテーション解析

宮部正洋

内容

FreeCADを用いて解析モデル作成
(分からないことばかりです。お助け下さい。)

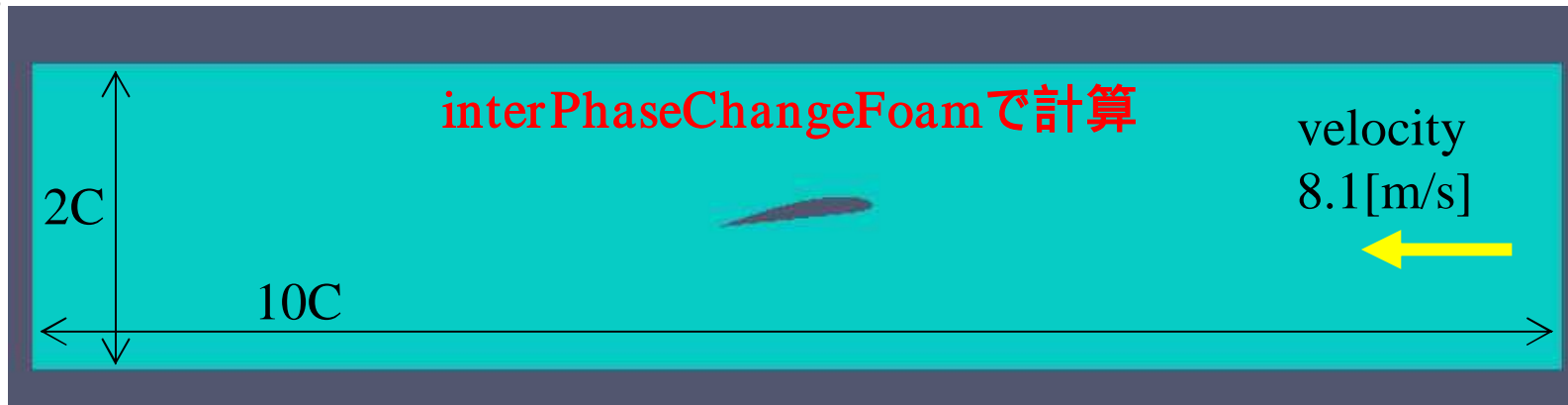
OpenFOAMを用いて流体解析
(MRF, AMI 一応できました。)

単独翼周りのキャビテーション解析進捗報告
(SGI様のOpenFOAM Cloudを
利用させて頂いております。)

Salome-mecaを用いて構造解析
(鋭意作成中。レベルは初心者未満ですが。)

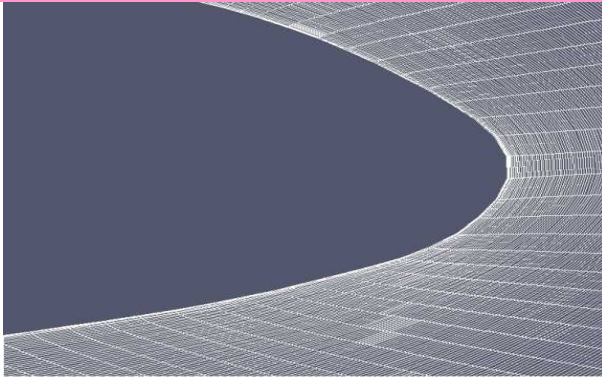
Cavitation CFD (Clark-Y)

$p_s = \text{const}$



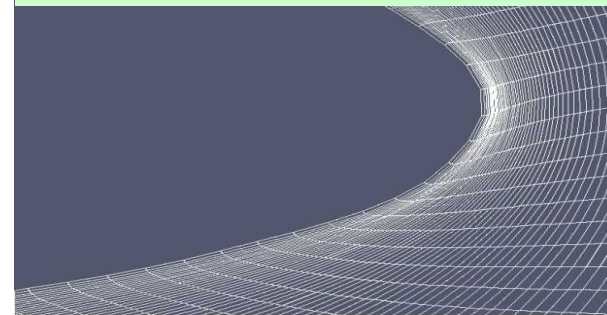
C: chord length ; 0.1 [m]

laptop(4 core)で計算しました



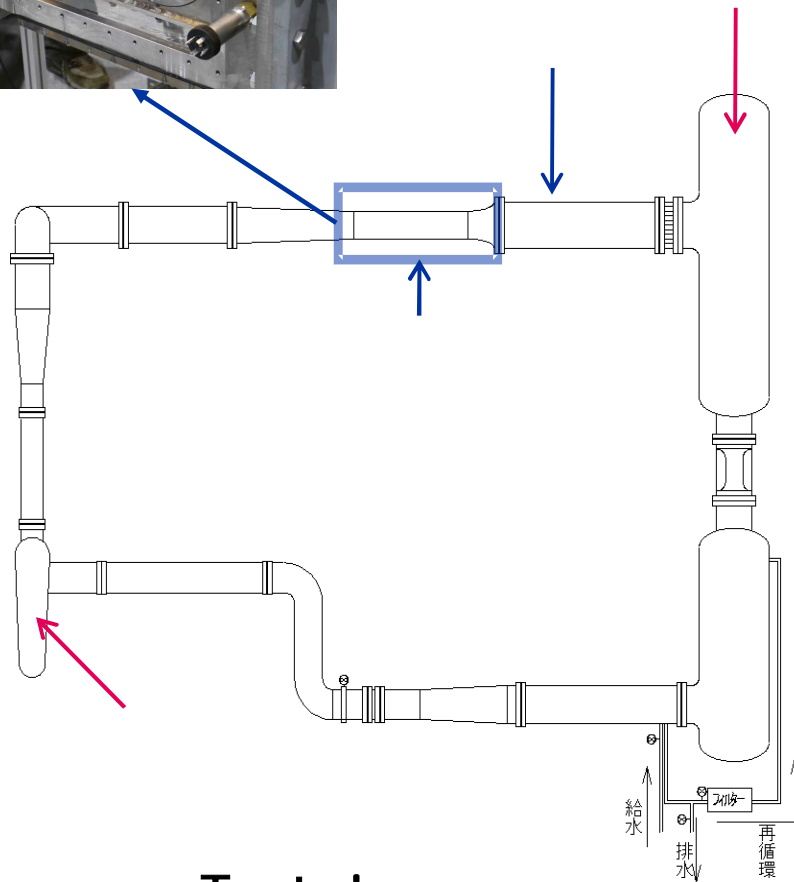
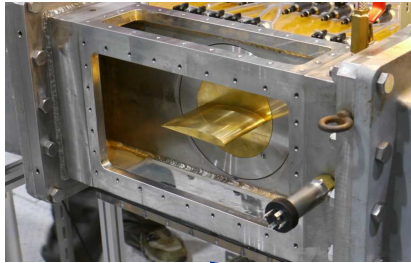
mesh-A (83thousand, $y^+ = 5 \sim 25$)
log-law area

sgi様のマシン32 ~ 64coreを
お借りしています



mesh-C (670thousand, $y^+ = 0.2 \sim 1.5$)
sub-layer area

九州大学大学院工学研究院 渡邊聡 教授の実験室。
 当社は、ディスカッションにより知見を得、活用させて頂いている。



Test rig

◆ Cavitation tunnel

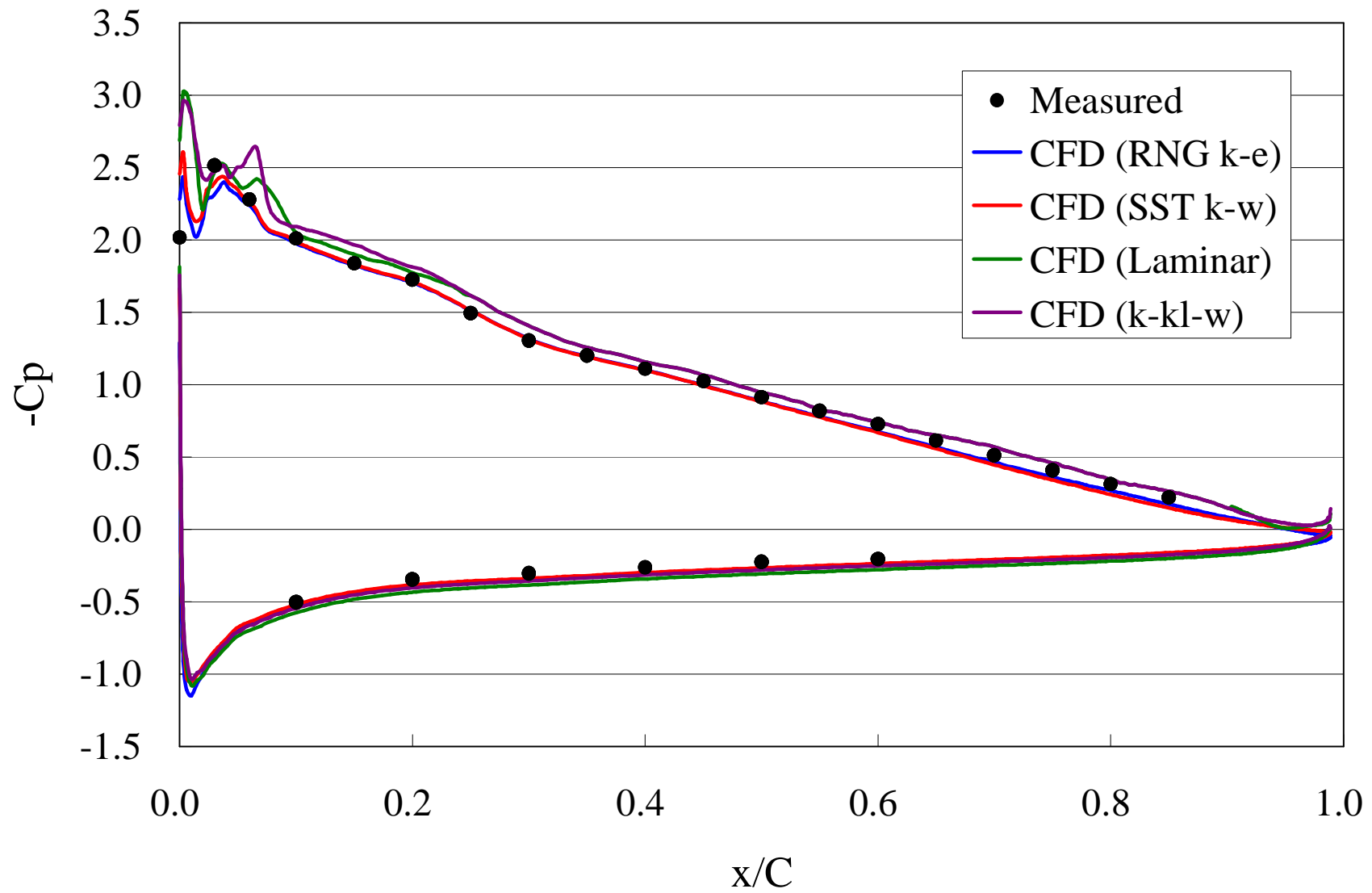
- 回流ポンプ, 管路, タンク, 試験部から成る閉ループ構造
 - 弁の開閉によりシステム圧 P_s を変化
- 試験部
 - 81.5 × 200[mm]の矩形断面
- 流量を一定でシステム圧 P_s を減圧
 - キャビテーション発生

✓ キャビテーション数 σ

$$\sigma = \frac{P_t - P_v(T)}{\frac{1}{2} \rho U^2}$$

P_t ; 試験部圧力
 P_v ; 飽和蒸気圧
 U ; 流速

以下はcoarse mesh (mesh-A) の解析結果です。



Comparison of static pressure, non-cavitation

Cavitation model

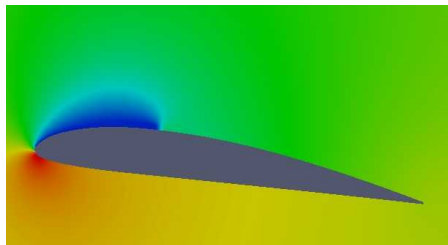
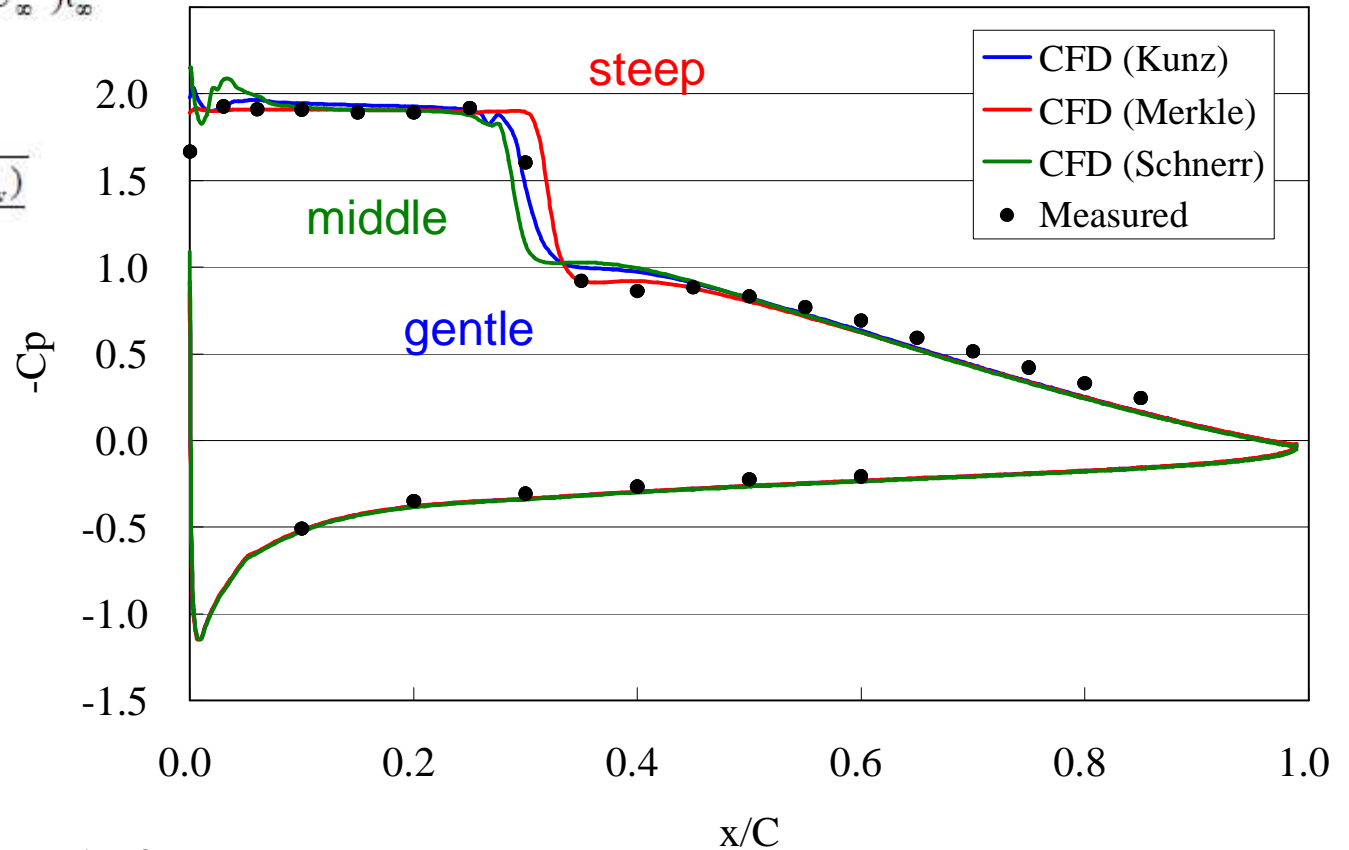
Kunz: $R_c = C_c \frac{\rho_v \alpha_1^2 (1 - \alpha_1)}{\rho_1 t_\infty}$

Merkle: $R_c = C_c \frac{\alpha_1 \max[0, P - P_v](1 - \alpha_1)}{(1/2 \rho_1 U_\infty^2) t_\infty}$

Schnerr-Sauer:

$$R_c = C_c \frac{\rho_v \rho_1}{\rho} \alpha (1 - \alpha) \frac{3}{R_B} \sqrt{\frac{2(P - P_v)}{3\rho_1}}$$

condensation term



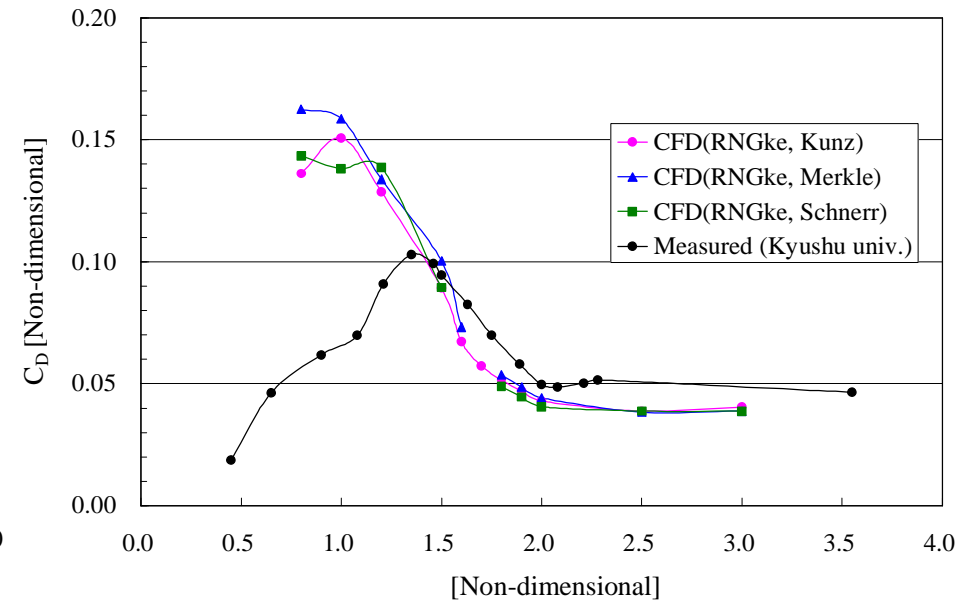
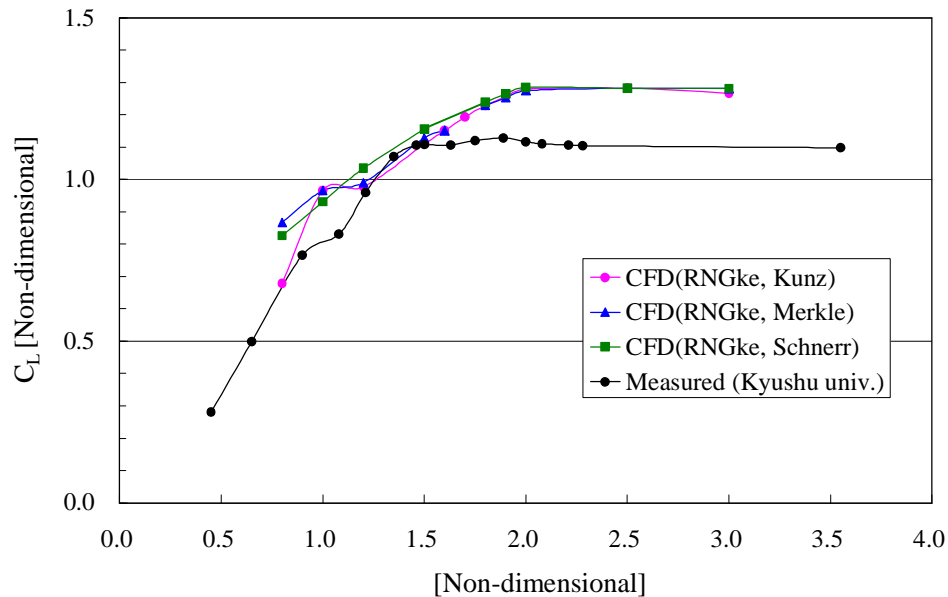
=1.90,

turbulence model: RNG k-ε

Comparison of static pressure among three kinds of cavitation model

Comparison of C_L and C_D between CFD and exp.

CFDはbreak down 早い



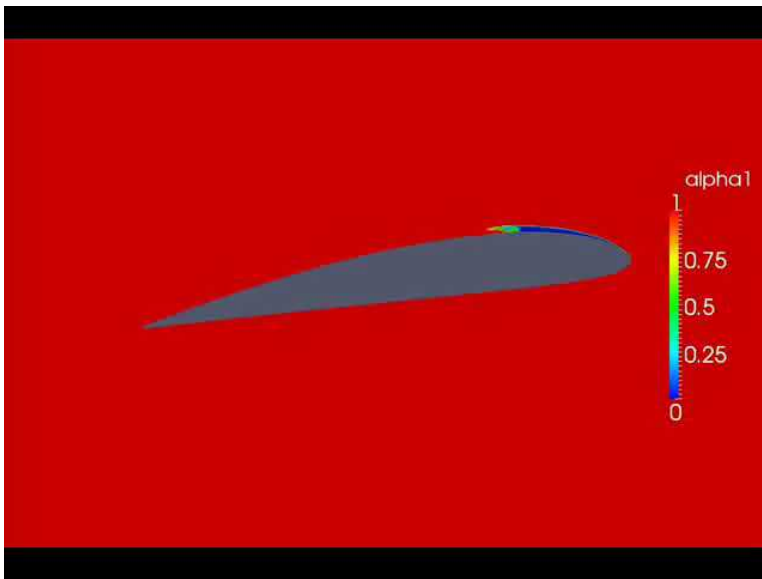
C_L, C_D の比較

実験値と3種類のキャビテーションモデルを用いた計算の比較

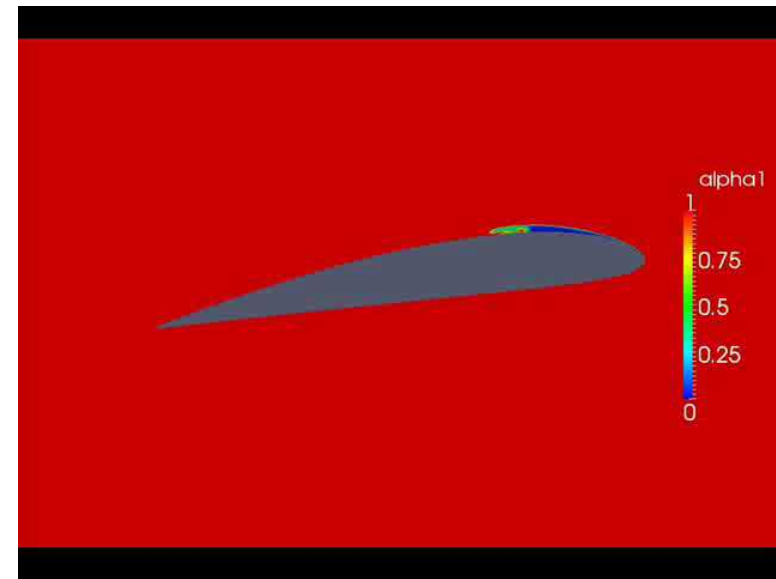
乱流モデルはRNG kEpsilon

C_L, C_D は準定常状態後, 0.4[s]間平均

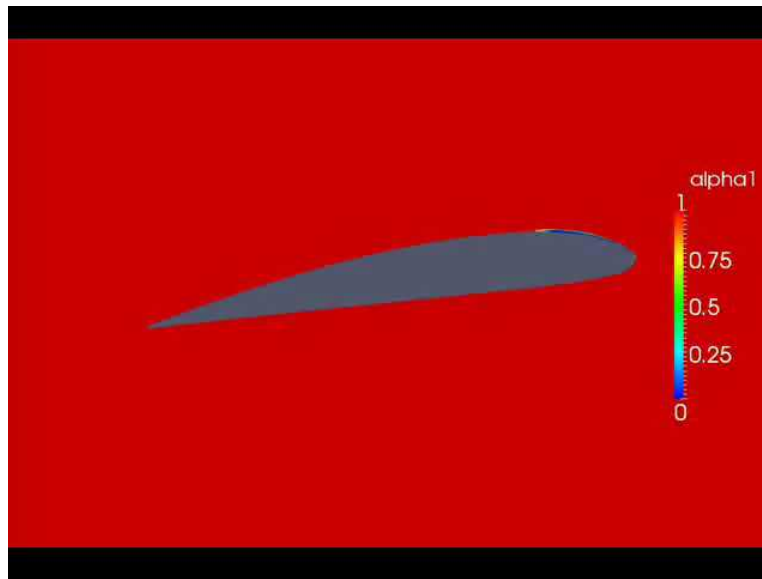
Comparison of cavity ($\sigma=1.90$, Merkle)



k- ω SST



RNG k- ϵ



k-kl- ω



Experiment

Cavity shedding is improved.
But cavity length is still short.

Comparison of void fraction among three kinds of turbulence model

Trial to improve cavity length

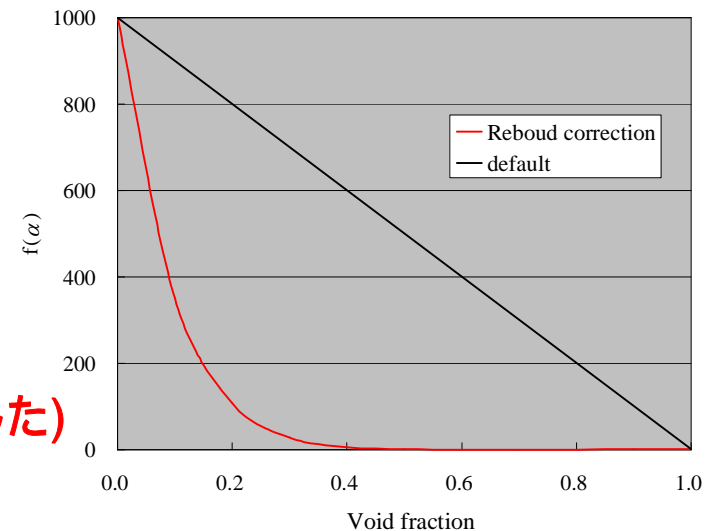
Reboud Correction

turbulence viscosity: $\mu_t = f(\alpha) C_\mu k^2 / \varepsilon$

mixed density: $f(\alpha) = \rho_l (1 - \alpha)^n + \rho_v \alpha$

$n=10$ としてボイド率が高くなったときに乱流渦粘性をカットする。

The turbulence viscosity is restricted at the area where the void fraction is high.



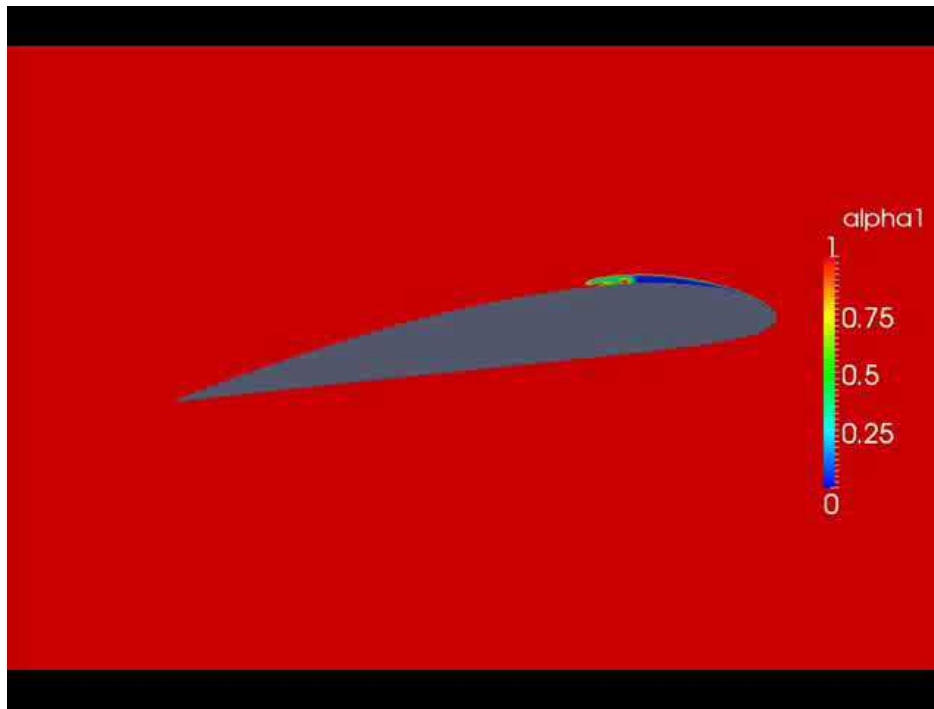
ちょっとカスタマイズ

(九大大学院の 松成さんにご教授頂きました)

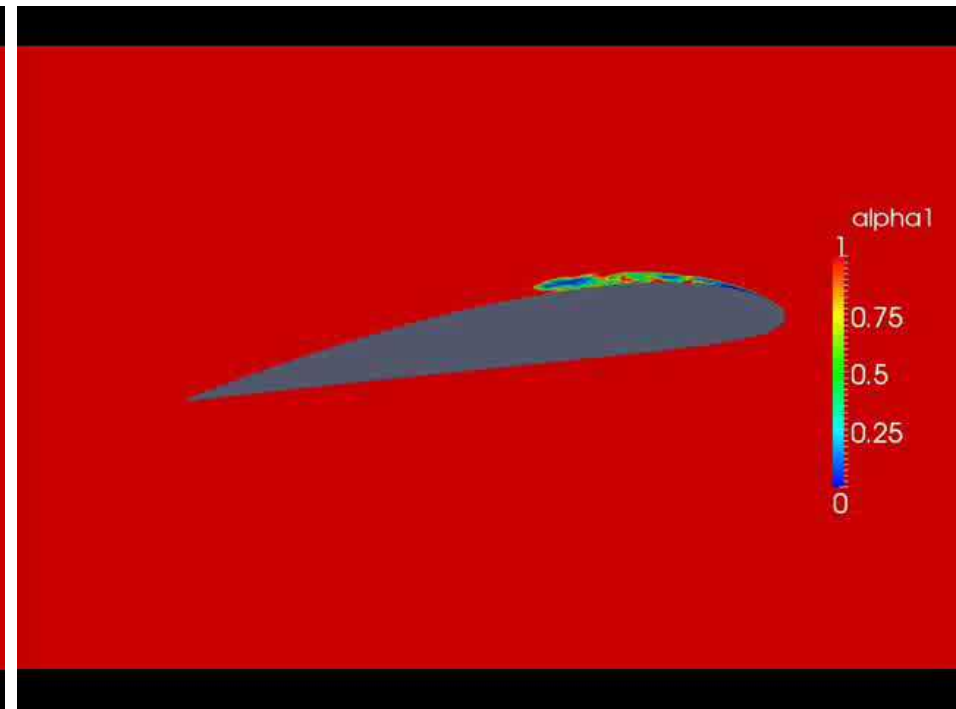
Ref.

J.L.Reboud, et al., “Evaluation of turbulence model influence on the numerical simulations of unsteady cavitation”, Trans. of the ASME vol.125,2003.

Trial to improve cavity length



No Rebound Correction

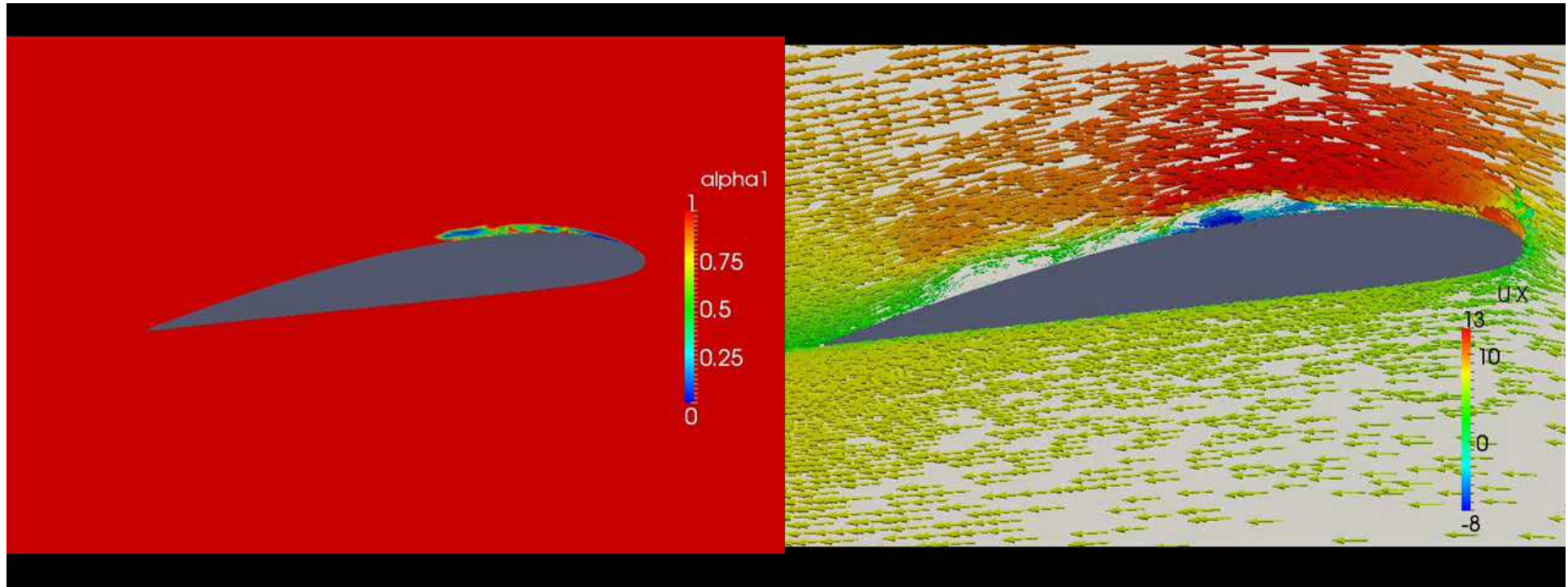


Rebound Correction

Void fraction

Merkle, RNG k- ϵ , $\sigma=1.90$

Discussion



Void fraction

Velocity vectors

Re-entrant jet が出ている。👍
キャビ長さも長くなりましたが、
やはり break down が早いです。
渦粘性の弱い乱流モデルが必要と思われます。

以下はfine mesh (mesh-C) の解析結果です。

解析結果

カスタマイズしたソルバーを sgi 様のマシンで
実行させるにはどうしたらよいのでしょうか？

厚かましいですが、ご教示頂きたくお願い致します。

可能でしたら、

mesh-C + kOmegaSST + Reboud correction の
解析を行いたいと考えています。

Version 2.2.0

[Release Summary](#)
[Meshing](#)
[snappyHexMesh](#)
[Pre-processing](#)
[Numerical Methods](#)
[Matrix Solvers](#)
[Run-time Control](#)
[fvOptions](#)
[Thermophysical Modelling](#)
[Physical Modelling](#)
[Boundary Conditions](#)
[Post-processing](#)
[Documentation](#)

OpenFOAM® v2.2.0: Other Physical Modelling

6th March 2013

Particle Tracking

The particle injection modelling included as part of the Lagrangian *intermediate* library has been refactored to allow the specification of multiple (potentially different) injection models. The models are now specified as a list, e.g.

```
injectionModels
{
  modell
  {
    type          manualInjection;
    massTotal     0.0001;
    parcelBasisType mass;
    SOI           0;
    positionsFile "particlePositions";
    U0            ( 0 0 0 );
    sizeDistribution
    {
      type          fixedValue;
      fixedValueDistribution
      {
```

Other

The **combustion models** library has been refactored to allow both finite-rate chemistry and single-step reaction models to coexist. This means that all combustion models are available at run-time without the need for specialised solver variants. For **multiphase flows**, a new *cavitatingDyMFoam* solver is included which is the dynamic mesh motion version of the *cavitatingFoam* solver.

v2.2.0からcavitatingDyMFoamが使えるようです！が、tutorial case はありませんでした。今後、pumpのキャビ解析をやりたいです！！