

# 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red 解析事例の御紹介

第2事業部 技術第3部  
伊藤 豪

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/red 最新動向セミナー  
2014年12月2日（火）  
アドバンスソフト株式会社

## 講演内容

- 解析事例
  - 単独翼周りの2次元圧縮性計算
  - 圧力容器構造解析用詳細熱流動解析
- スーパーコンピュータ上での利用サービスご紹介

解析事例1:

# 単独翼周りの2次元圧縮性計算

## 背景

- キャビテーション: 液体高速流の内部で生じる気液二相流
- 本質的に多重スケール現象であり、物理モデルの構築が難しく、単独翼周りでも、実験と乖離

## 概要

- 支配方程式は、2次元圧縮性NS方程式
- キャビテーションモデル: 井小萩モデル
- 気液二相状態方程式

$$\rho = \frac{p(p + p_c)}{K_l(1 - Y)p(T + T_0) + R_g Y(p + p_c)T}$$

$$\rho Y = \rho_g \alpha, \quad \rho(1 - Y) = \rho_l(1 - \alpha)$$

- 相変化量  $\propto$  飽和蒸気圧との圧力差

$$\dot{m} = \begin{cases} \dot{m}^+ & \text{if } p < p_v^* \\ \dot{m}^- & \text{if } p > p_v^* \end{cases}$$

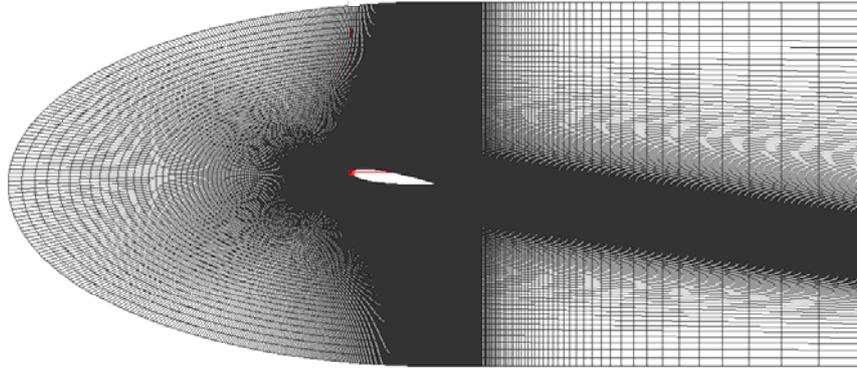
$$\dot{m}^+ = C_e A \alpha (1 - \alpha) \left( \frac{\rho_l}{\rho_g} \right) \frac{p_v^* - p}{\sqrt{2\pi R_g T_s}}$$

$$\dot{m}^- = C_e A \alpha (1 - \alpha) \frac{p - p_v^*}{\sqrt{2\pi R_g T_s}}$$

## 解析手法・解析条件

項目	設定	備考
支配方程式	2次元圧縮性NS方程式	
空間離散化	3次精度風上差分	
乱流モデル	RNG k-εモデル	RANSでは剥離○
初期状態	u=8.0m/s, p=49kPa, Y=10 <sup>-6</sup>	void率~0.3%
流入境界	u=8.0m/s, Y=10 <sup>-10</sup>	
流出境界	圧力固定p=49kPa	<u>σ=1.4相当</u>
物性値	水300Kの物性値を使用	

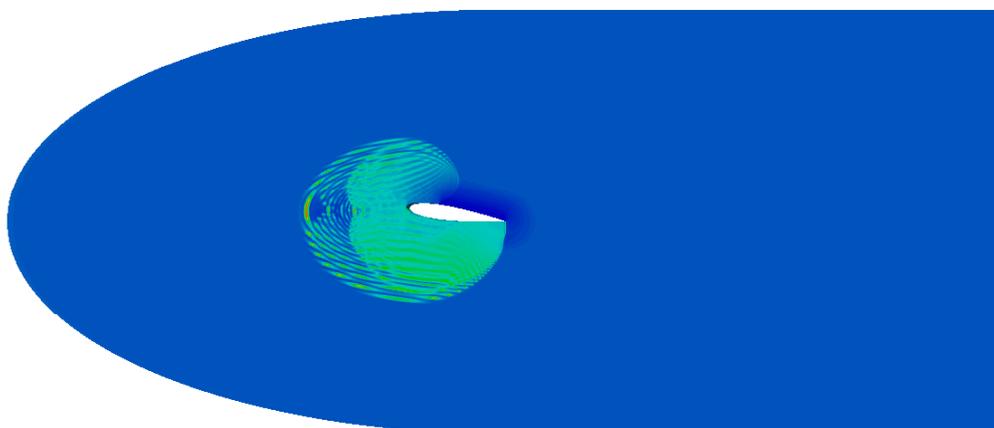
# 計算格子



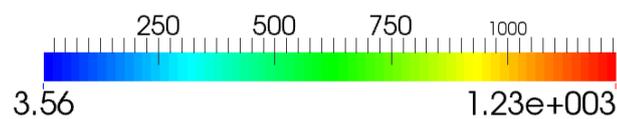
NACA0015 AOA=8°  
上流4C,下流5C,翼上下2C  
翼弦長:15cm  
節点数:515,850  
セル数:342,000



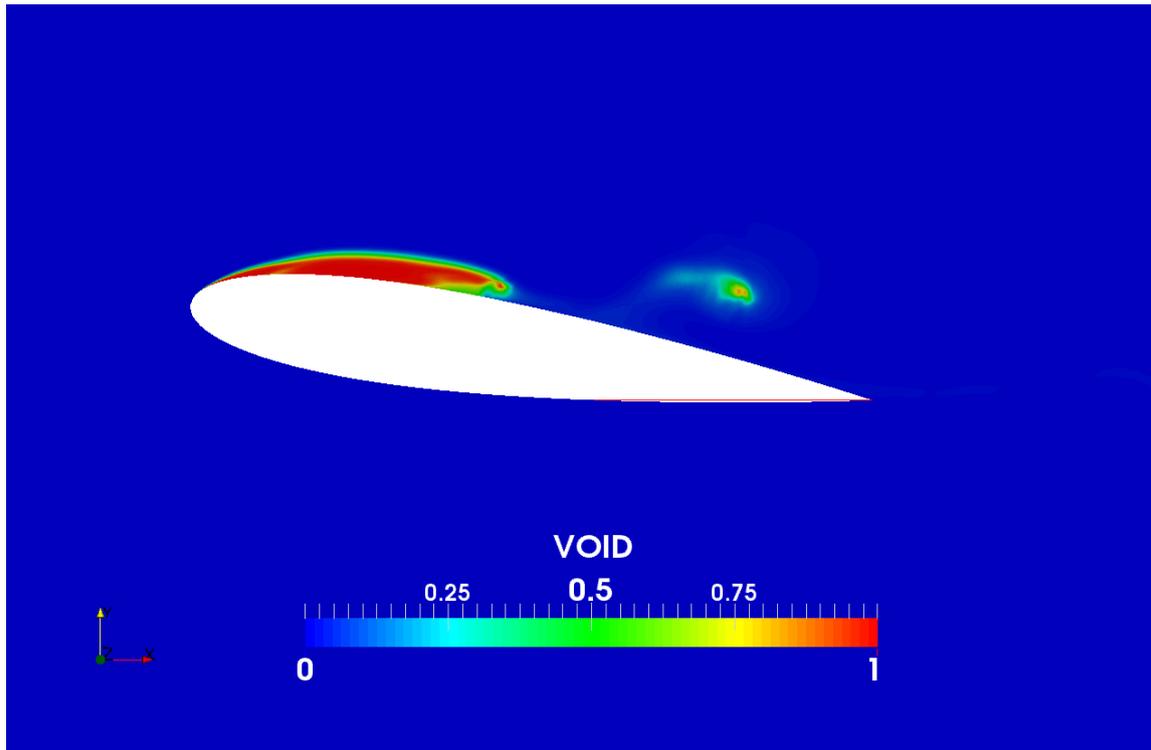
# 計算開始～キャビテーション生成



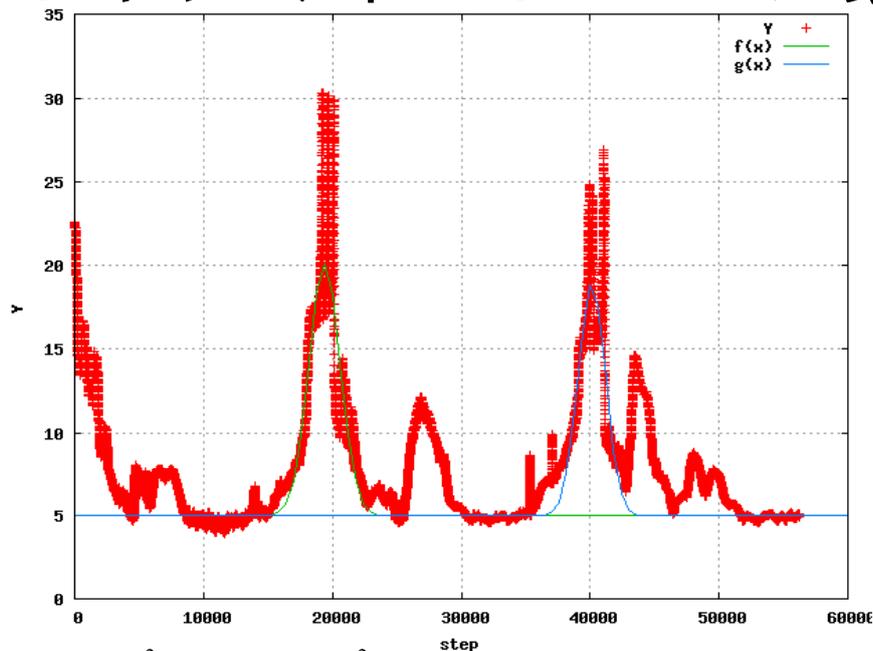
Sound\_Speed (m/s)



# シートキャビティ→クラウドキャビティの放出



# クラウドキャビティ ストローハル数



$$\Delta t = 2.0739 \times 10^{-2} \pm 0.0009 \times 10^{-2} \text{ sec}$$

$$St = \frac{fD}{U^*} = \frac{48.22 \times 0.15 \times 0.5}{8 \times \sqrt{1+1.4}} = 0.292$$

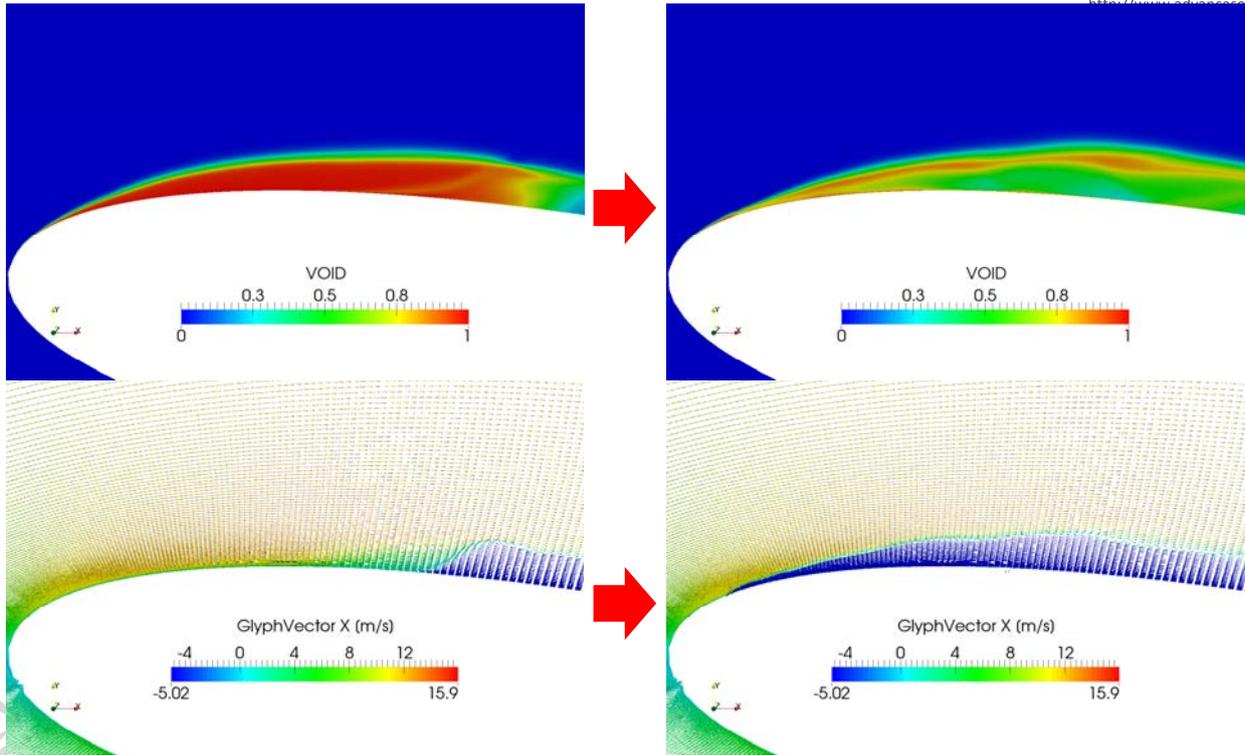
D: maximum sheet cavitation length

U\*: velocity at the cavity surface

approximated by Jakobsen(1964)

文献値~0.3 とほぼ一致。

# 流速ベクトル

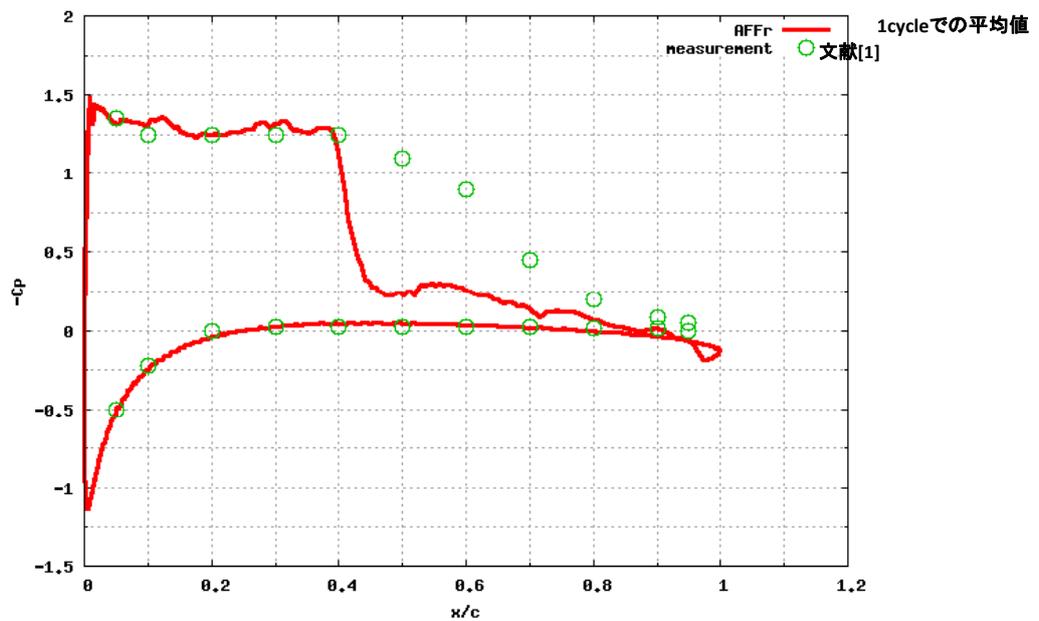


リエントラントジェット再現はできている。

# 圧力係数

NACA0015, AOA=8°

Surface Pressure Coefficient

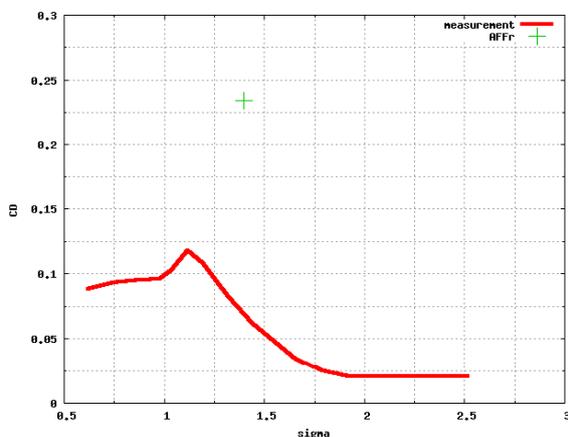


[1]S.Tsuda and M.Noumi, "Proposition of a Cavitation Model on the Basis of a Reduced Moment Method", J.S.of Fluid Mec.(2012)

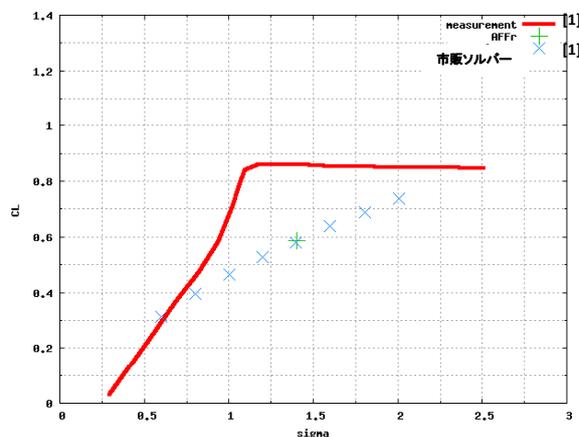
翼背面側シートキャビテーション域では、 $-C_p \sim \sigma$

# 抗力係数・揚力係数

## 抗力係数



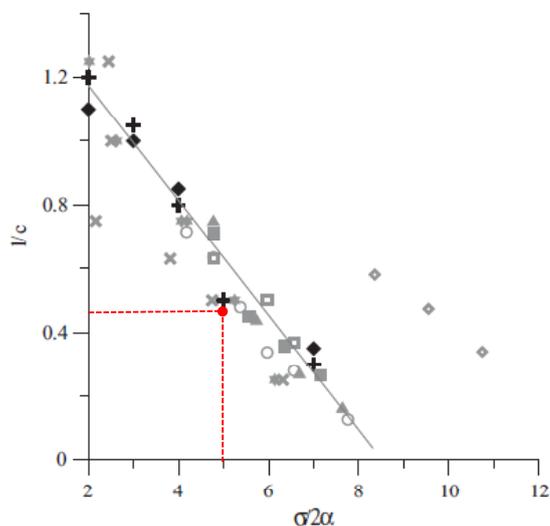
## 揚力係数



[1] T.Suzuki et al., "Essential Problems Associated with Numerical Simulation of Cavitating Flows Based on Homogeneous Models", J.S.M.E. 79, 2743(2013)

CL値は実験値より小さく、CD値は実験値より大きい結果となった。

# キャビテーション長



文献[2]

Solver1 2D

- + 8 deg
- ◆ 6 deg

Solver2 2D

- ◇ 2 deg
- 4 deg
- 6 deg
- × 10 deg

Solver2 3D

- 4 deg
- ▲ 6 deg
- \* 8 deg

● 本計算結果

[2] Berntsen et al., "Numerical modeling of sheet and tip vortex cavitation with fluent 5", 4<sup>th</sup> Inter. Symposium on Cavitation, California Inst. of Tec.(2001)

キャビテーション長も、別ソルバーとconsistentな結果

# まとめ

- NACA0015(AoA=8deg.)翼周り2次元圧縮計算を実施
  - 井小萩モデルを使用
  - シートキャビティの成長→リエントラントジェットの生成→クラウドキャビティの放出: 定性的な現象の一部を再現
  - 揚力係数など各種パラメータは、一部、実験値とずれ
  - 同じ均質媒体モデルを用いたソルバーと近い結果になっており、本モデルの計算結果としては妥当と考えられる。



## 解析事例2

# 圧力容器構造解析用詳細熱流動解析



# Advance/FrontFlow/redを利用した压力容器 構造解析用詳細熱流動解析

本事例は、以下の論文の成果をもとに構成されています。

J. Katsuyama, G. Katsumata, K. Onizawa, T. Watanabe .and Y. Nishiyama.

“STUDY ON STRUCTURAL INTEGRITY ASSESSMENT OF REACTOR PRESSURE VESSEL BASED ON  
THREE-DIMENSIONAL THERMAL-HYDRAULICS AND STRUCTURAL ANALYSES”

Proceedings of the ASME 2014 pressure Vessels & Piping Conference PVP2014



※印刷不可

当日会場でのみご紹介いたします。



## スーパーコンピュータ上での利用サービスのご紹介

## スーパーコンピュータ上での利用サービス AdvanceSoft <http://www.advancesoft.jp/>

スーパーコンピュータでの利用サービスを**2015年2月**より開始予定  
以下の環境での利用に向けて移植作業中

- 京
- FOCUS
- 地球シミュレータ大規模共有メモリシステム  
( SGI UV2000 )