

OpenCAE Workshop 2013
2013.6.21

船舶海洋分野におけるOpenFOAMの応用

(株)数値流体力学コンサルティング
川村 隆文

略歴

- 博士(工学)東京大学大学院工学系研究科船舶海洋工学専攻(テーマ:自由表面流の数値シミュレーション)
- 1996-1999: デンマーク国際数値流体力学研究所
- 1999-2001: 運輸省船舶技術研究所(海上技術安全研究所)
- 2001-2010: 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻
- 2010-(株)数値流体力学コンサルティング代表
- 2012-2013: ソウル大学客員教授

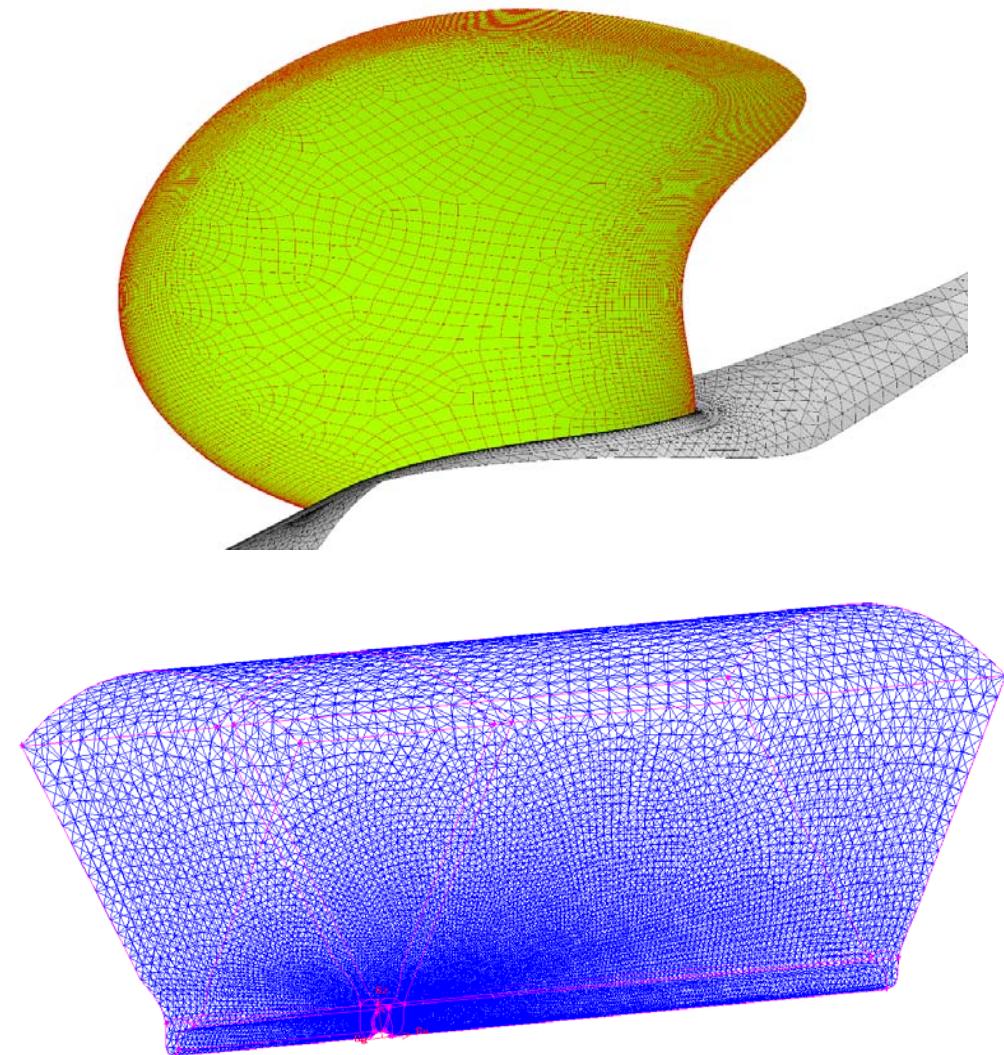
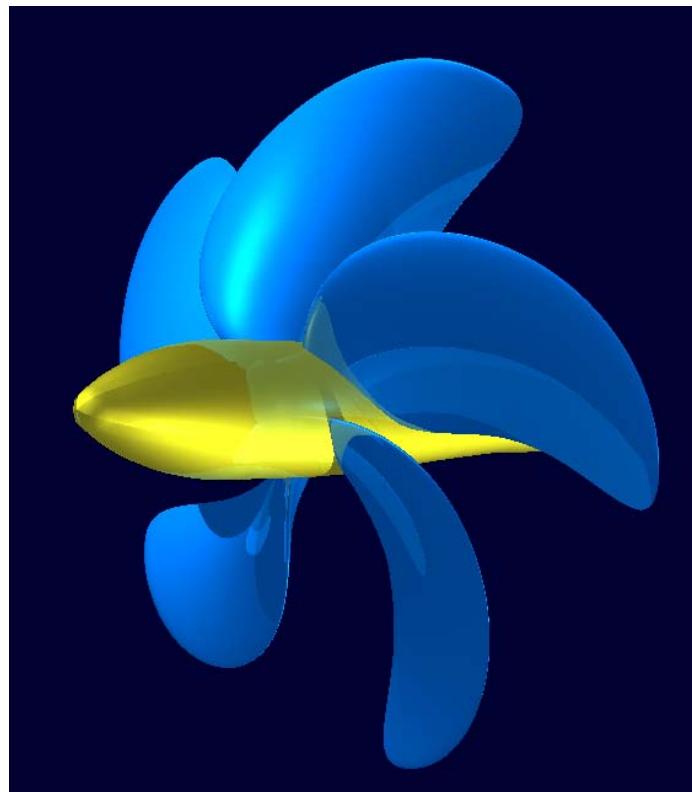
内容

- 船舶海洋分野のOpenFOAMによる計算例の紹介
- 先週の国際OpenFOAM Workshopにおける船舶海洋分野の発表の紹介
- 先週の国際OpenFOAM Workshopにおける自分の発表内容の概要の報告

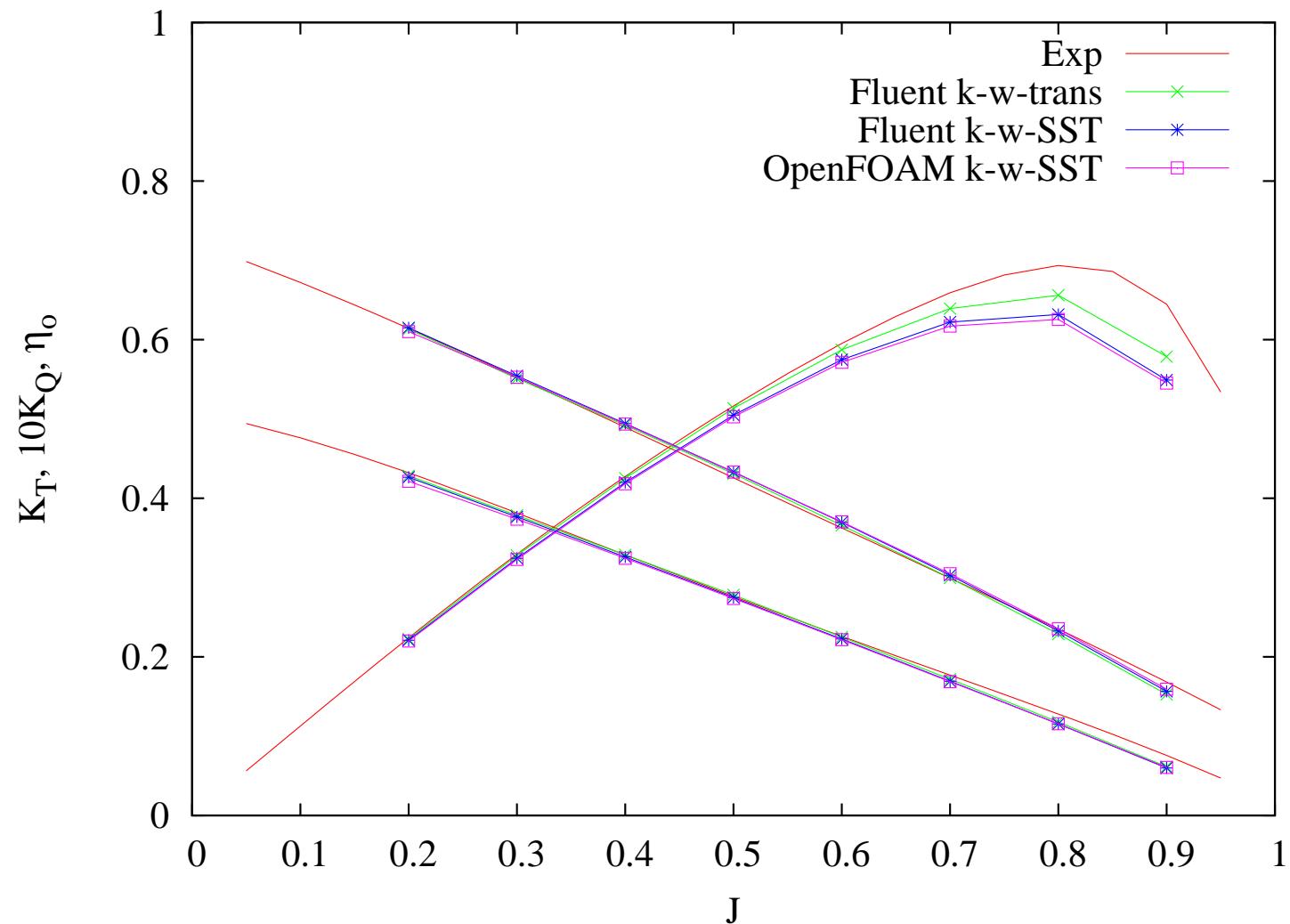
船舶海洋分野におけるOpenFOAMの利用の現状

- 船舶流体力学におけるCFDの利用は、1980年代に始まり、2000年頃までは自主開発ソフトが主に使用されてきた。
- 2000年台に入ると、商用ソフトのシェアが徐々に高まってきた。
- 商用ソフトは性能面では問題が無いものの、ライセンス料の負担が大きいため、OpenFOAMに注目が集まっている。

一様流中のプロペラの計算

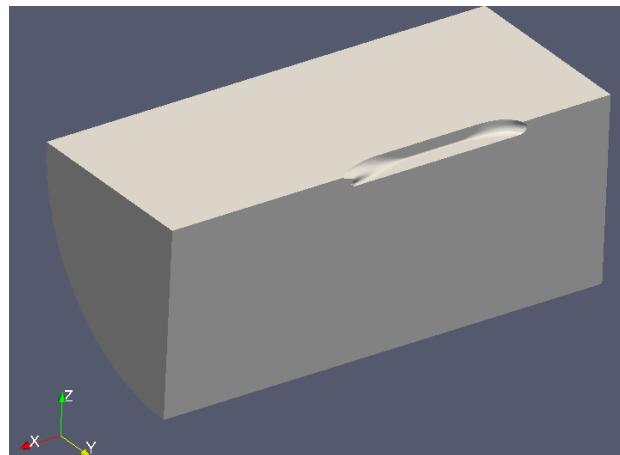


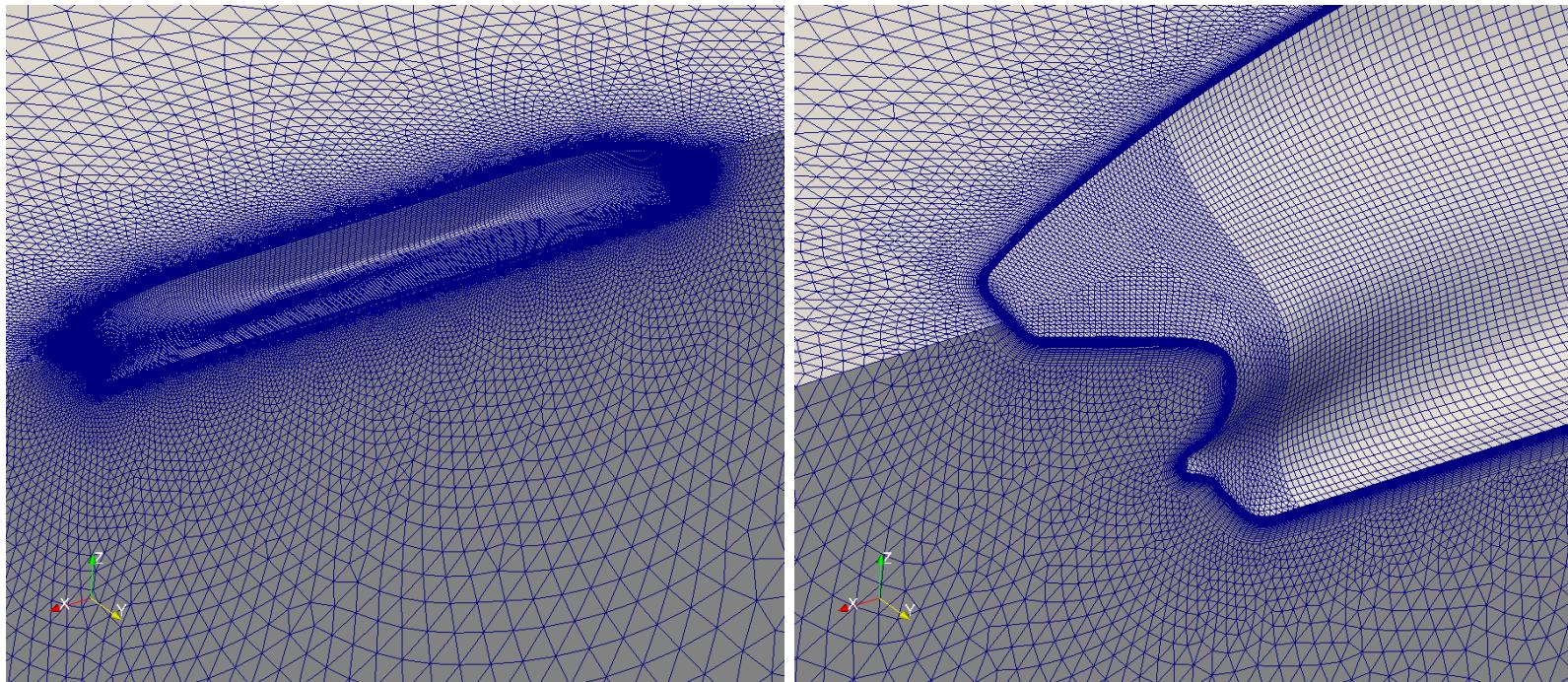
一様流中のプロペラ性能の実験と計算の比較



タンカー周り流れの計算

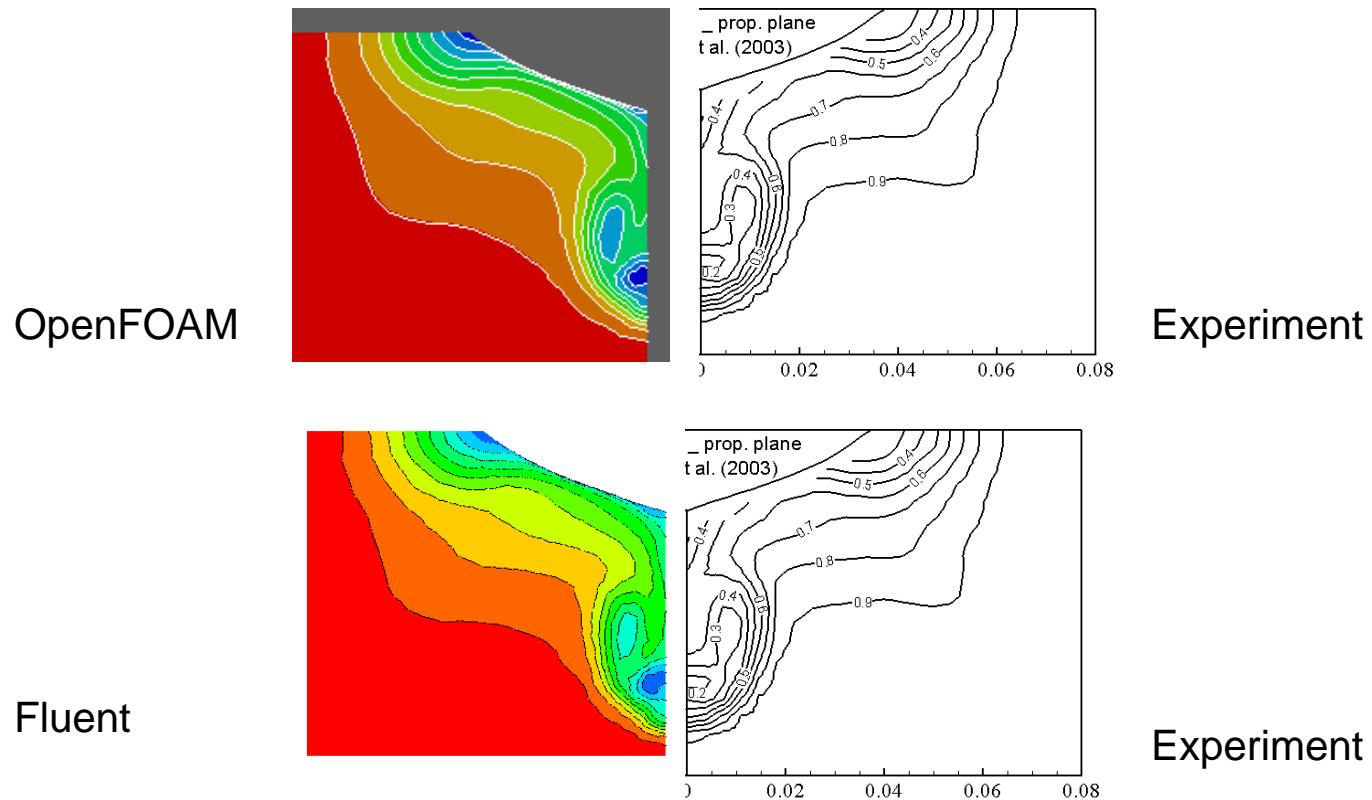
- Hull form : KVLCC2
- $Re=4.6 \times 10^6$
- k-w-SST model ($y+=1$)
- Mesh was generated by Gambit & Tgrid (Preprocessor of Fluent) and converted. (about 3 million cells)
- simpleFoam (standard solver) is used.





- Mesh was generated by Gambit and Tgrid
- About 3,000,000 cells
- $y+ = 1$

Comparison of the nominal wake distribution



8th International OpenFOAM Workshopにおける船舶関係の発表

1. Simulation of Flow around a Self-Propelling Ship Hull using OpenFOAM

T. Kawamura and T. Fujisawa

2. Development of CFD Solver for Ship and Ocean Engineering Flows

Z. Shen, H. Cao, Y. Liu and D. Wan

3. Self -Propulsion Simulation of KCS with Dynamic Overset Grids

Z. Shen, D. Wan and P. M. Carrica

4. The NavalHydro-Pack and its Application in the Simulation of Ship Hydrodynamics

D. Christ

5. Implementation of OpenFOAM for Prediction of Wind Force Acting on Car Carrier Vessels

T. Ikeda and K. Kimura

6. Numerical simulation of wave induced motion of a floating body

H. Lee and S. H. Rhee

7. Development of Automatic Package for Prediction of Ship Resistance

G. Oh, H. S. Roh and B. Y. Kim

Development of CFD Solver for Ship and Ocean Engineering Flows

Z. Shen, H. Cao, Y. Liu and D. Wan (上海交通大学)

interDyMFoamをベースに以下の機能を追加

- 6DOF運動
- 数値造波と減衰領域
- 係留系のモデル

波浪中の船体や海洋構造物への応用例を報告

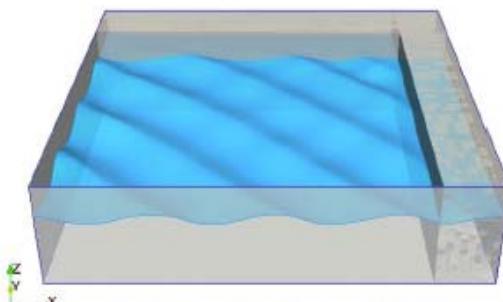


Figure 10. Generate oblique waves with the inlet boundary type wave maker

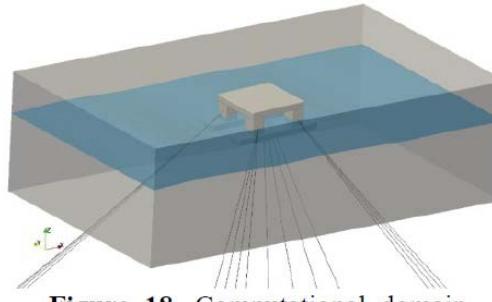


Figure 18. Computational domain

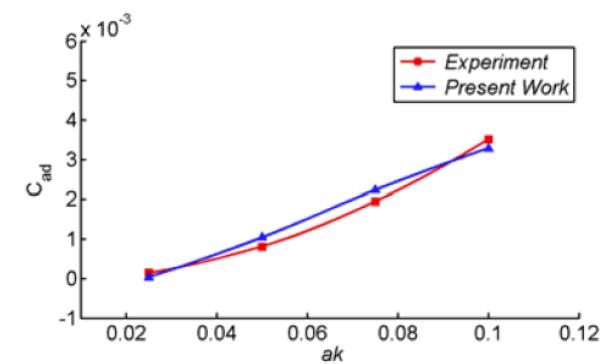
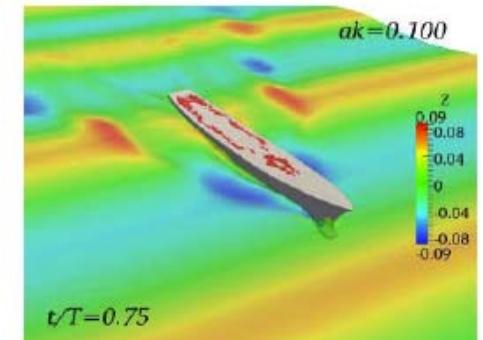


Figure 13. Non-dimensional added resistance in different wave conditions

Self -Propulsion Simulation of KCS with Dynamic Overset Grids

Z. Shen, D. Wan and P. M. Carrica(上海交通大学)

- OpenFOAMにOverset Gridを実装
- Overset Gridの実装には米国で開発されたSuggarを用いている。
- OpenFOAMとSuggarを別のノードで並列実行
- 自航する船体への応用例

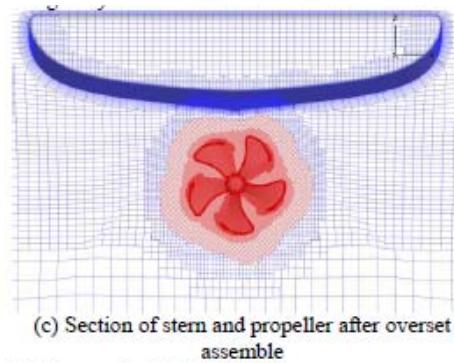
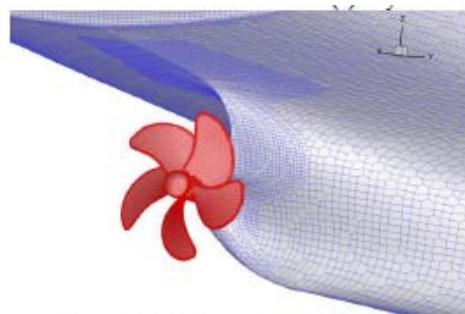
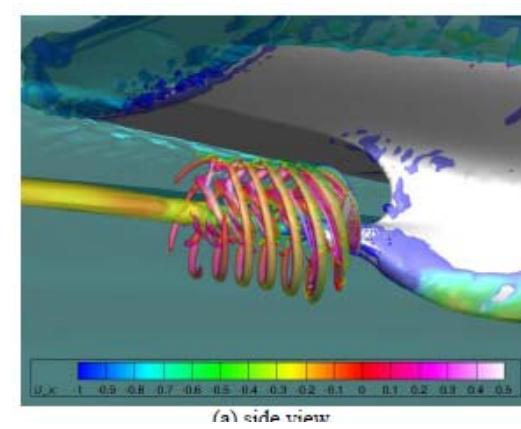


Figure 1 Grid system of self-propelled KCS



The NavalHydro-Pack and its Application in the Simulation of Ship Hydrodynamics

D. Christ (Wikki)

- Wikki社のNavalHydro-Packの紹介
- 船体の定常造波問題の高効率解法
- 6DOF運動
- 数値造波
- スラミング加重の計算

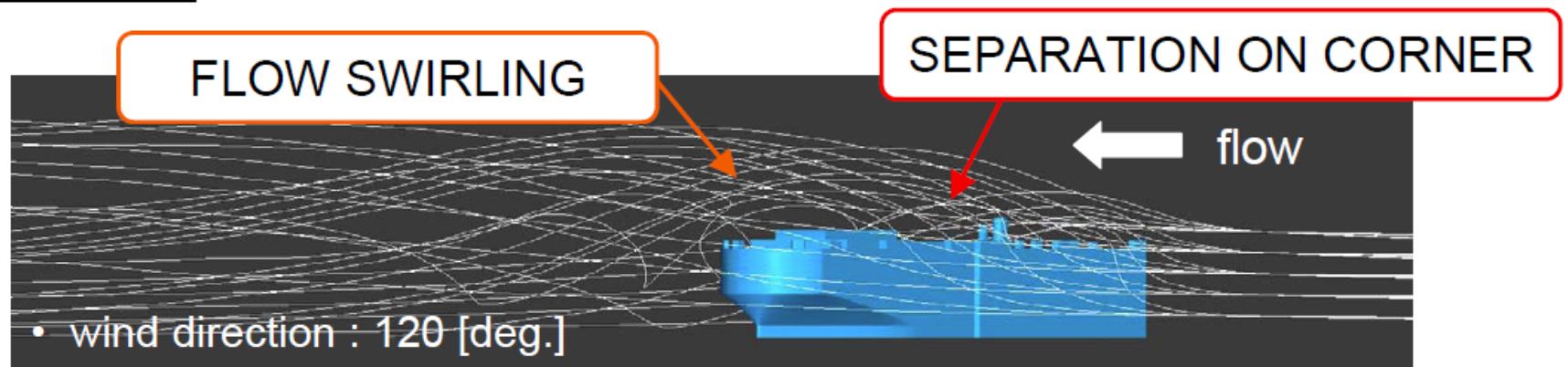
船体周りの造波やスラミング問題への応用

Implementation of OpenFOAM for Prediction of Wind Force Acting on Car Carrier Vessels

T. Ikeda and K. Kimura (三井造船昭島研究所)

- 船体の上部構造に対する風抵抗の計算におけるOpenFOAMの検証
- 実験及びSTAR-CCM+の結果と良い一致が確認された

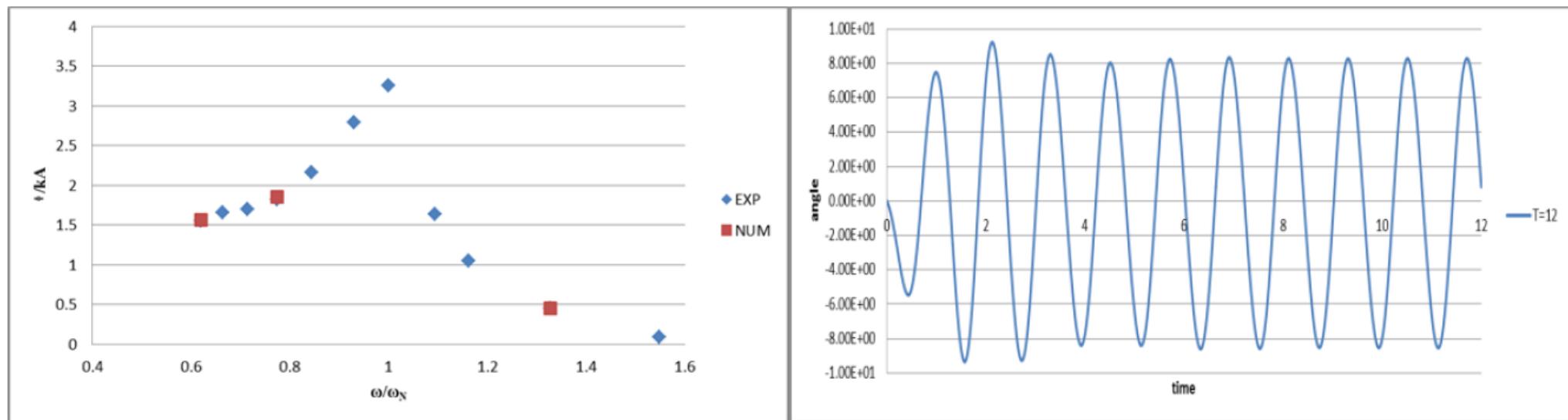
Streamlines



Numerical simulation of wave induced motion of a floating body

H. Lee and S. H. Rhee (ソウル大学)

- 6DOF運動
- 数値造波
- 反射がない減衰領域



Development of Automatic Package for Prediction of Ship Resistance

G. Oh, H. S. Roh and B. Y. Kim (NEXTfoam)

- snappyHexMeshによるメッシュ生成と simpleFoamによる計算を自動化
- GUI

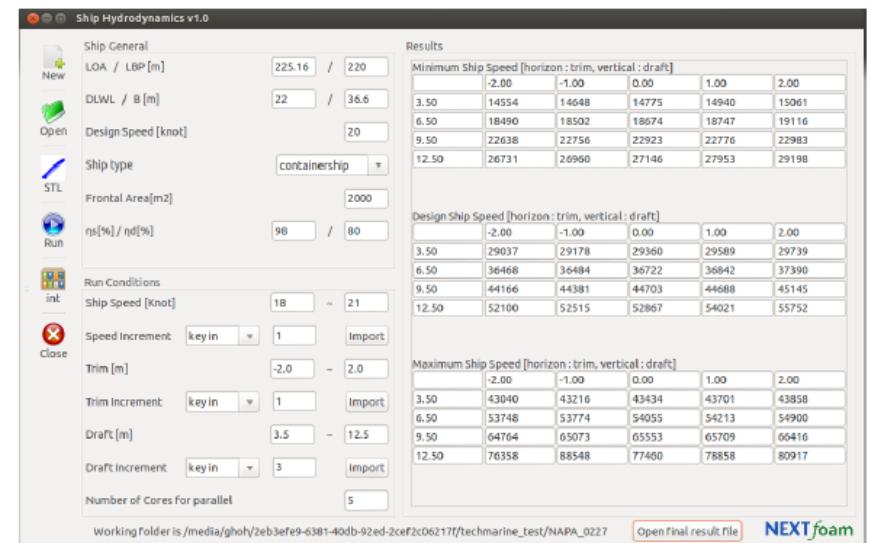
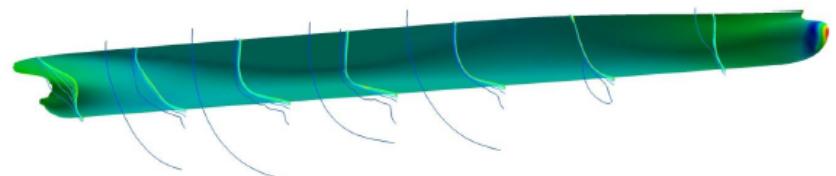


Figure 1. Graphic user interface for prediction of ship resistance.



Simulation of Flow around a Self-Propelling Ship Hull using OpenFOAM

T. Kawamura and T. Fujisawa (数值流体力学コンサルティング)

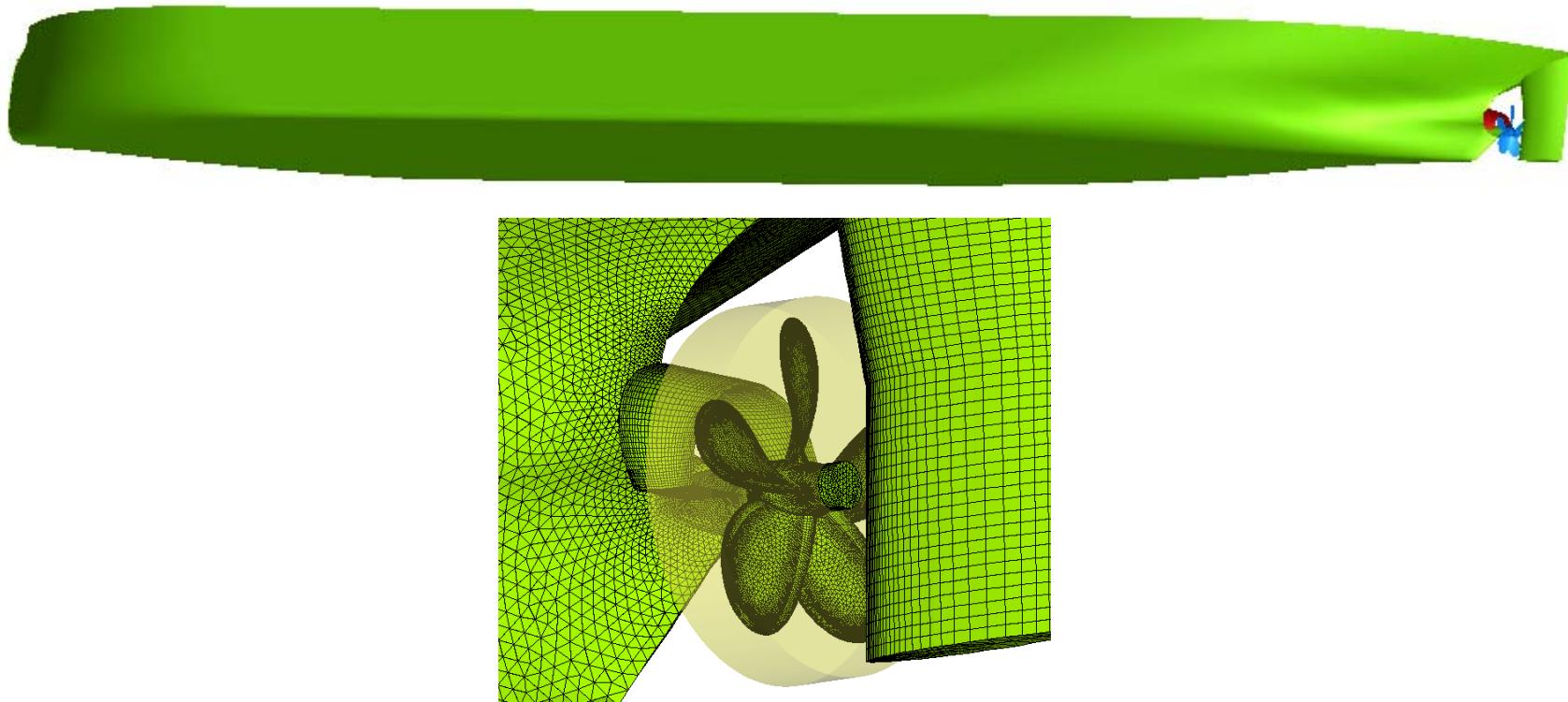
- ポテンシャル理論ベースのプロペラモデルとOpenFOAMを組み合わせた自航状態の船体周りの計算

Example of energy saving devices



- Most devices are placed near the propeller
- 2~5% energy saving effect is claimed.

Example of mesh for direct simulation of propeller

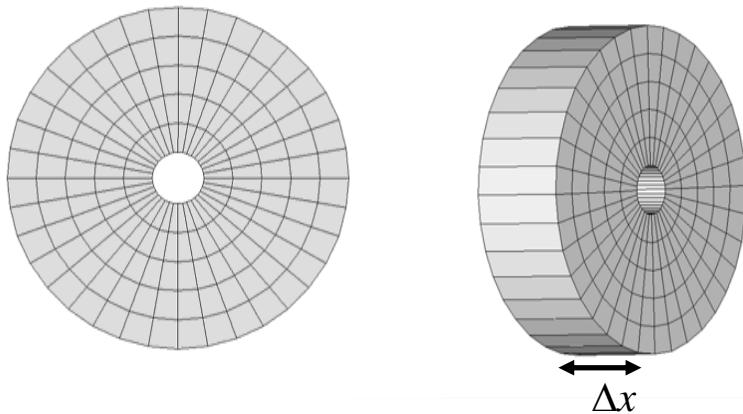


- Number of cells : 5~10 million
- Size ratio between ship and propeller is very large

Coupling with OpenFOAM

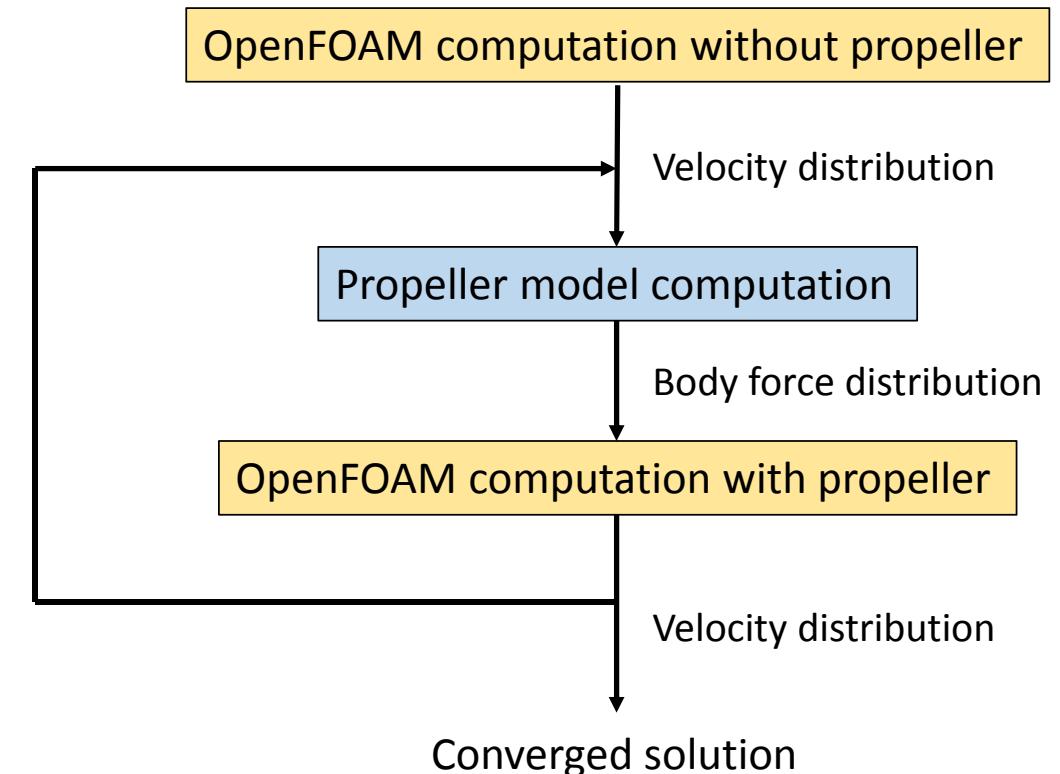
Input of the propeller model:

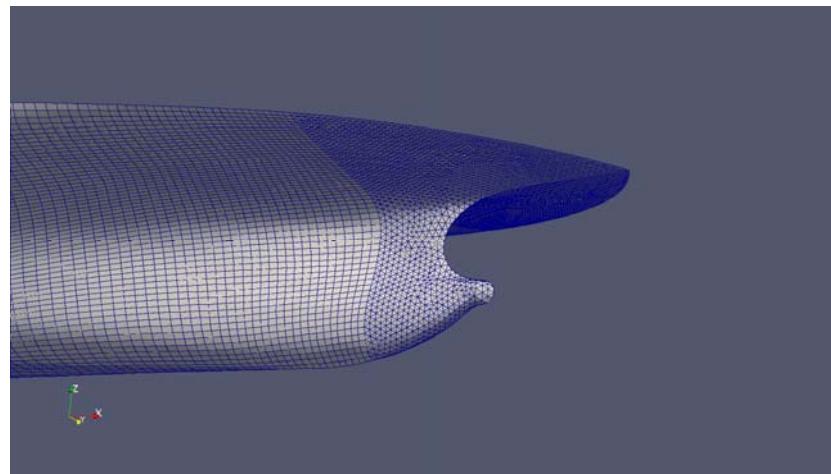
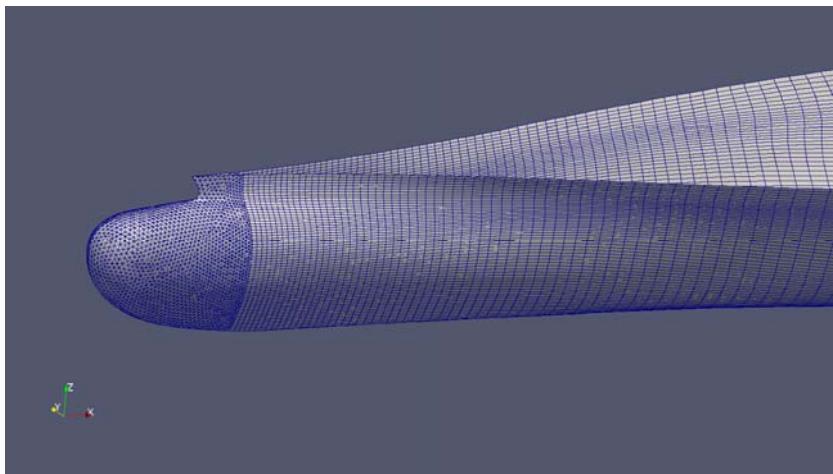
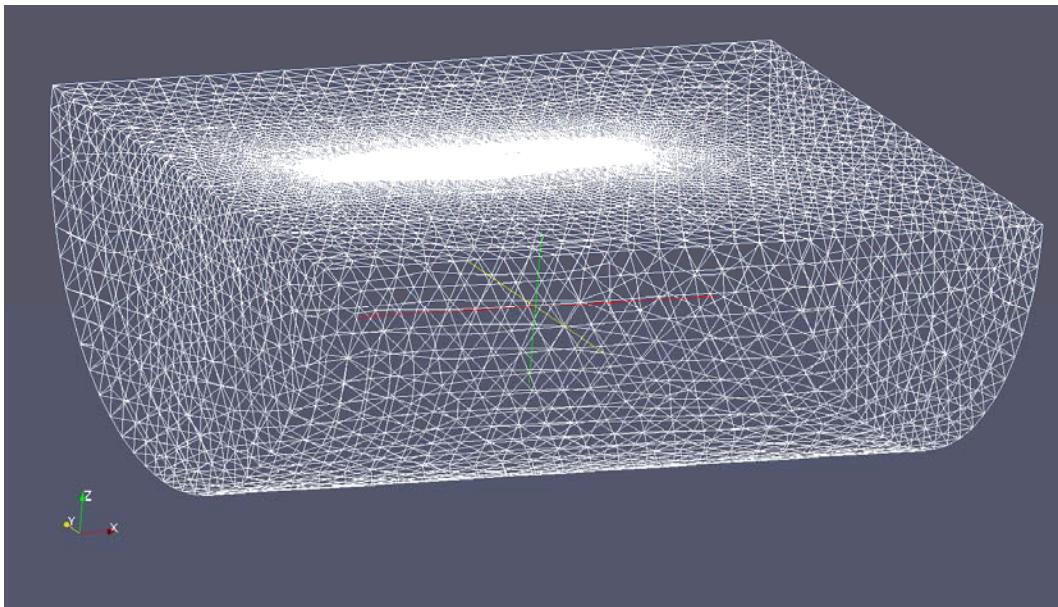
- Propeller geometry
- “undisturbed” velocity distribution at panel location



Output of the propeller model:

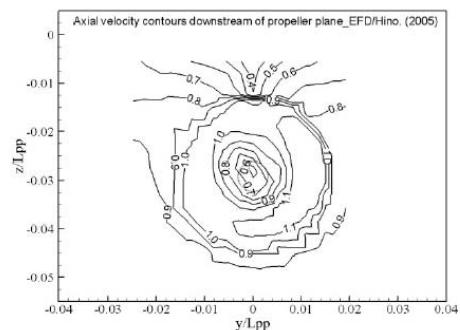
- Axial and tangential propeller force at each panel
- Velocity distribution at the panel position is obtained by *sample* utility
- Solver is based on *simpleFoam* in version 1.7



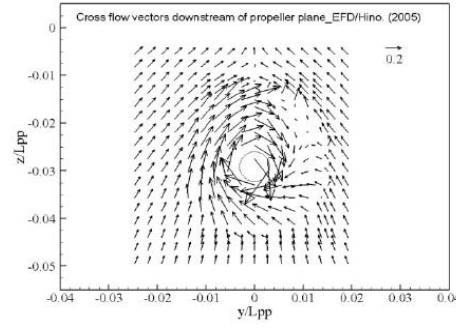


Total number of cells \sim 2 million

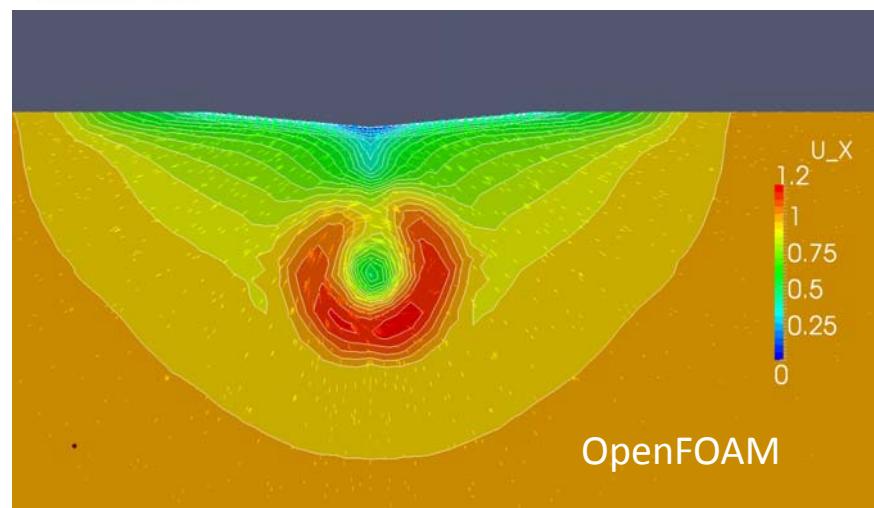
Velocity distribution on the propeller plane with propeller



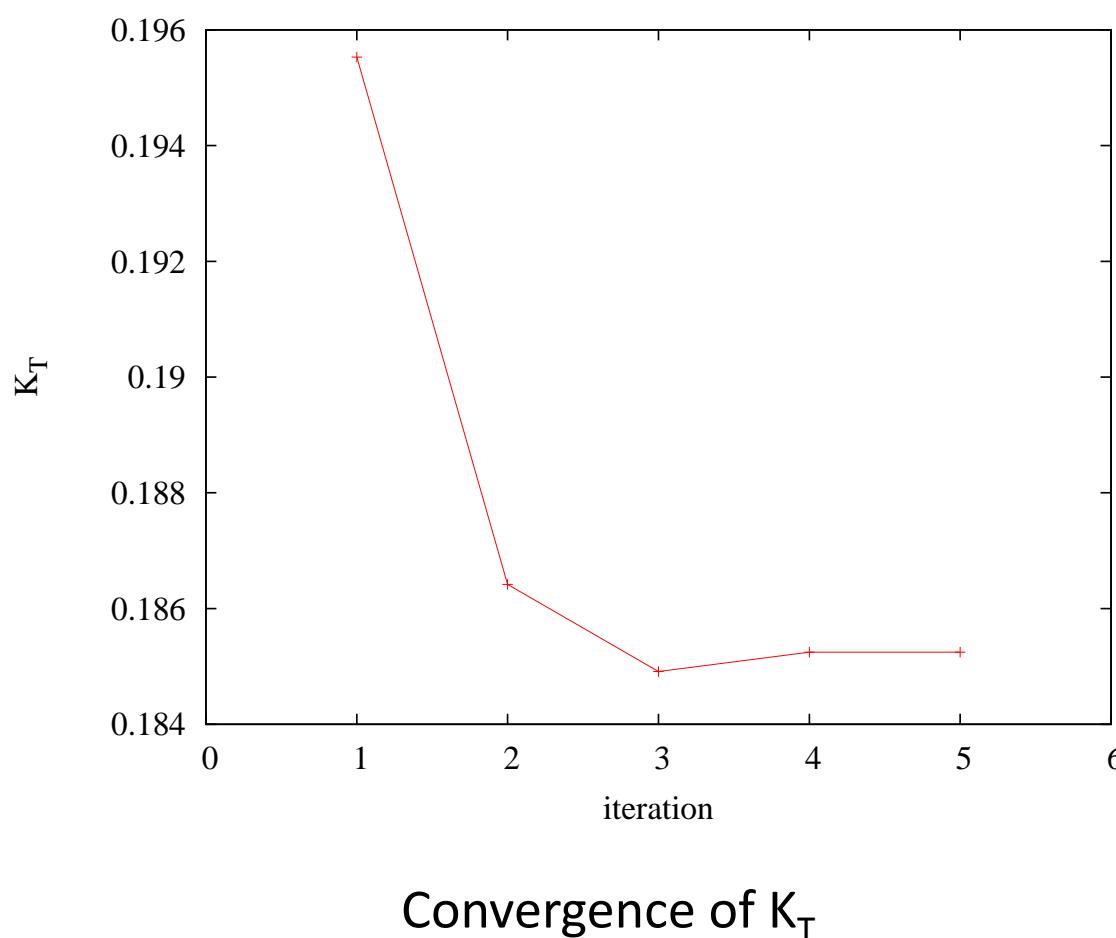
Experiment (NMRI)



Experiment (NMRI)



Comparison of the self propulsion factors



	Computation	Experiment
J	0.7175	0.728
K_T	0.1852	0.170
K_Q	0.0336	0.0288
$1-t$	0.875	0.853
$1-w_T$	0.776	0.792
η_r	1.013	1.011

J : advance coefficient

K_T : thrust coefficient

K_Q : torque coefficient

$1-t$: thrust deduction factor

$1-w$: wake factor

まとめ

- 船舶流体力学において求められる機能は以下のようなものがある。
 - 自由表面(VOF)
 - 6自由度運動・メッシュ変形
 - 造波と減衰領域
 - キャビテーション
- 船舶海洋流体力学の分野においてもOpenFOAMの利用は着実に増えている。
- 機能は豊富だが、課題はロバスト性