

はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

オープンソース・CFD・技術者教育

日野 孝則

横浜国立大学

2013 年 6 月 21 日

オープン CAE ワークショップ 2013

Who am I?

- ▶ 横浜国立大学工学研究院 (2011.4～)
 - ▶ システムの創成部門
 - ▶ システム統合工学海洋宇宙システムコース
- ▶ (独) 海上技術安全研究所 (～2011.3)
- ▶ 専門
 - ▶ 船舶流体力学
 - ▶ CFD 手法開発
 - ▶ 最適化

オープンソース

はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ オープンソースユーザ
 - ▶ GNU Emacs (late 1980~)
 - ▶ FreeBSD (~mid 1990)
 - ▶ Linux (mid 1990~)
 - ▶ gnuplot
 - ▶ ghostscript
 - ▶ LaTeX
 - ▶ ...
- ▶ 基本的にユーザの立場 (道具として)
 - ▶ かつてはソースをダウンロードしてコンパイル
 - ▶ 時々ソースを修正
 - ▶ 今ではバイナリパッケージで OK
- ▶ 必要な機能を持つソフトを探す

はじめに

オープンソース

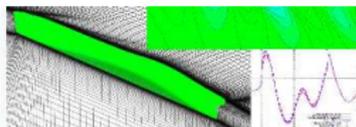
CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

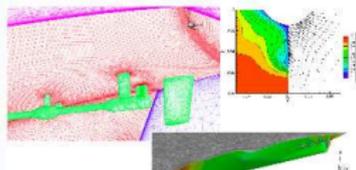
おわりに

- ▶ コード 開発
 - ▶ 船舶流体解析用 NS ソルバー “SURF”
 - ▶ (U)RANS, 自由表面モデル、プロペラモデル
- ▶ 海上技術安全研究所からライセンス



- 渦流モデルを用いた Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) ソルバー
- 空間離散化手法には有限体積法、移流項は Roe 法 + MUSCL スキーマにより離散化
- 時間解法は time advancement
- 速度場-圧力場カップリングには緩和圧縮法を使用
- 自由表面モデルに、界面追跡法と界面検出法 (Single phase Level set method)、界面検出法により、波面れが生じるケースにも対応。
- 乱流モデルとして、0 方程式モデル (Baldwin-Lomax) と 1 方程式モデル (Spalart-Allmaras) を搭載。
- GPU (NVIDIA GeForce) による並列な操作性
- 船体・自航・射撃・歩留・変動変化 (Sinking/Heaving) の各ケースに対応
- Multigrid 法により高速化を実現
- 64bit アーキテクチャに対応、OpenMP での並列処理による高速化を実現

SURF: 非構造格子対応 URANS ソルバー



Wave Contour

はじめに
オープンソース

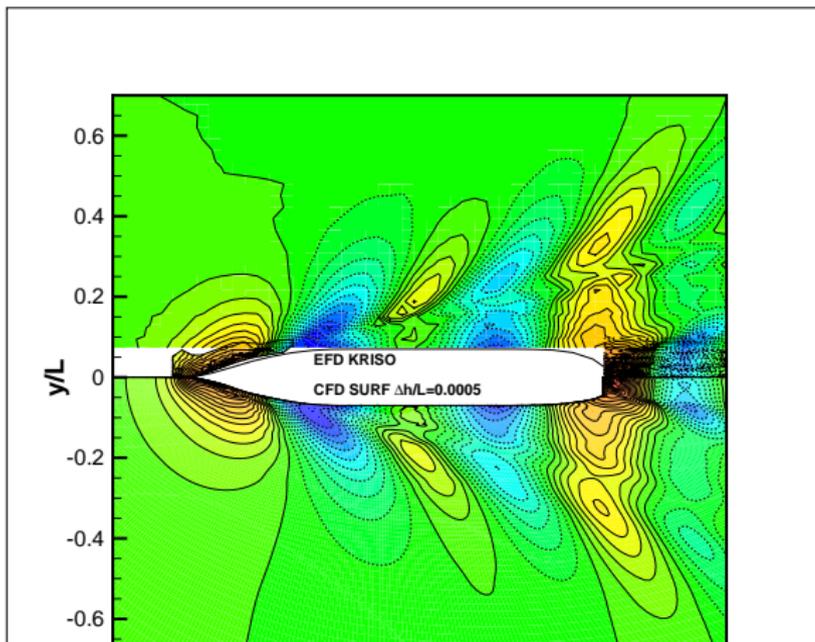
CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ KRISO Container Ship (4.8 M Cells)
- ▶ $Fn = 0.26, Rn = 1.4 \times 10^7$



Bow Bulb

はじめに

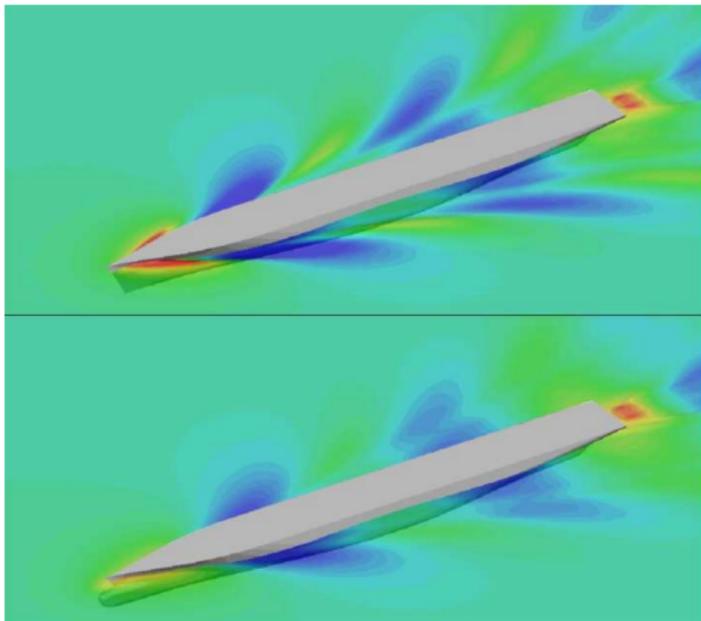
オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに



Ship Model	KCS
Fn	0.26
Rn	1.4e+7

MOVIE

Trimaran/Overset grid

はじめに
オープンソース

CFD

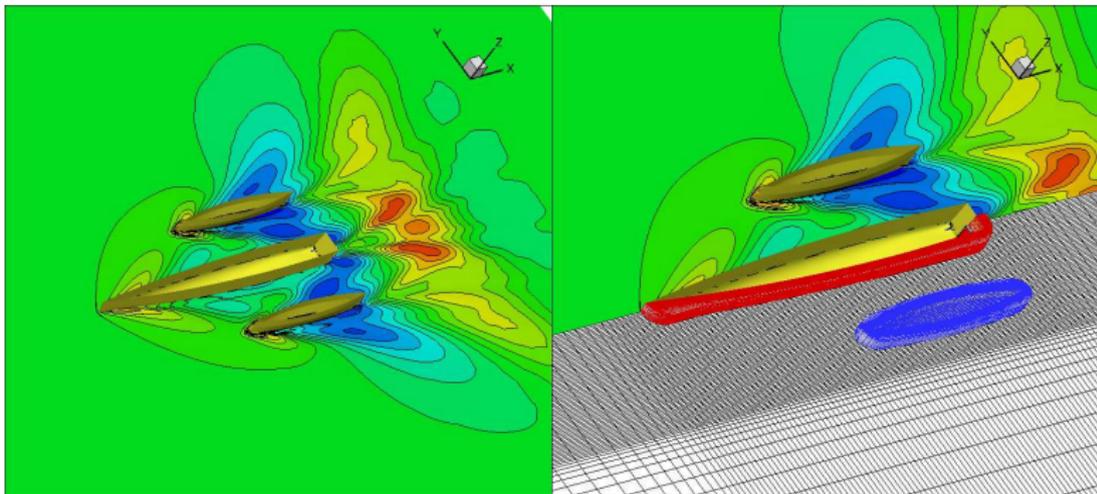
オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

Computed with SURF7

▶ $Fn=0.408$, $Rn=1.2e6$



オープンソースと CFD 1

はじめに

オープンソース

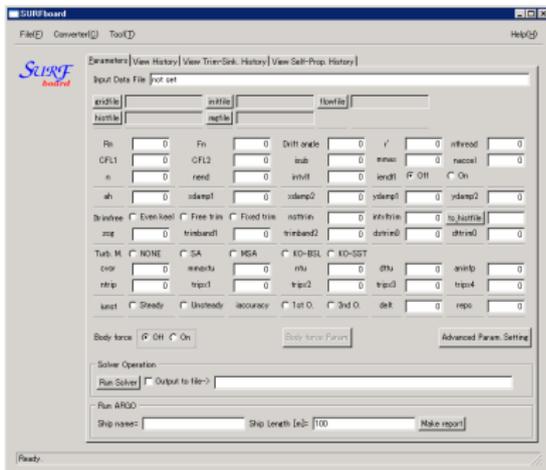
CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ オープンソースの利用
 - ▶ 計算パラメータ設定用 GUI
 - ▶ FOX toolkit (cross platform library for GUI)



オープンソースと CFD 2

はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ リサーチ・コードとプロダクション・コード
 - ▶ 初期の NS ソルバー (1990 頃) はソースを公開 (オープンソース)
 - ▶ リサーチコードと位置づけ
 - ▶ 2000 年代、有償化とともにバイナリのリリース
 - ▶ プロダクションコード化

- ▶ リサーチコード
 - ▶ 開発段階
 - ▶ ユーザからのフィードバックを期待
 - ▶ ドキュメントは「ソースコード」(オープンソース)

- ▶ プロダクションコード
 - ▶ 製品段階
 - ▶ ユーザサポート、マニュアルが必須、GUI
 - ▶ ロバスト性 (「落ちない」)

はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

▶ OpenFOAM

- ▶ ユーザ層の拡大: 船舶流体コミュニティでも顕著
- ▶ Tutorial にも船舶が登場

OpenFOAM® v2.0.0: Steady-State VoF

16th June 2011

An approach has been developed to run simulations involving complex physics to steady-state, quickly and reliably. The method is near-time stepping (LTS), in which the time step is manipulated for each individual cell in the mesh, making it as high as possible to enable the simulation to reach steady-state quickly. This clearly violates the physics, described by the underlying equations of conservation of mass, momentum, etc., in the same way that other methods, such as under-relaxation, do. However, whereas under-relaxation lacks the control needed to limit the violations of conservation that can cause solution instability, LTS can include features to maintain stability.

The method has been implemented within a few solvers in OpenFOAM, notably, `interFoam`, the volume of fluid (VoF), interface-tracking solver. This LTS version of the solver, known as `LTSinterFoam`, solver in OpenFOAM first maximises the time-step according to the local Courant number. It then processes the time-step field by smoothing the variation in time step across the domain to prevent instability due to large conservation errors caused by sudden changes in time step, spreading the most restrictive time step within the interface region across the entire region to further reduce conservation errors.

Initial results show excellent convergence to steady-state. The example below shows flow around a ship hull with the interface displayed at steady-state. Note: the flow rate is increased from the tutorial example (below) to make it easier to visualise the waves.



はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

Our First Trials

- ▶ Series 60
 - ▶ Based on Tutorial on Wigley in SIG Ship Hydrodynamics
 - ▶ http://openfoamwiki.net/index.php/SIG_Ship_Hydrodynamics/_Validation_test_cases
 - ▶ Grid Generation by Gridgen
 - ▶ Export to OF by Pointwise
 - ▶ Solver : interFoam

はじめに

オープンソース

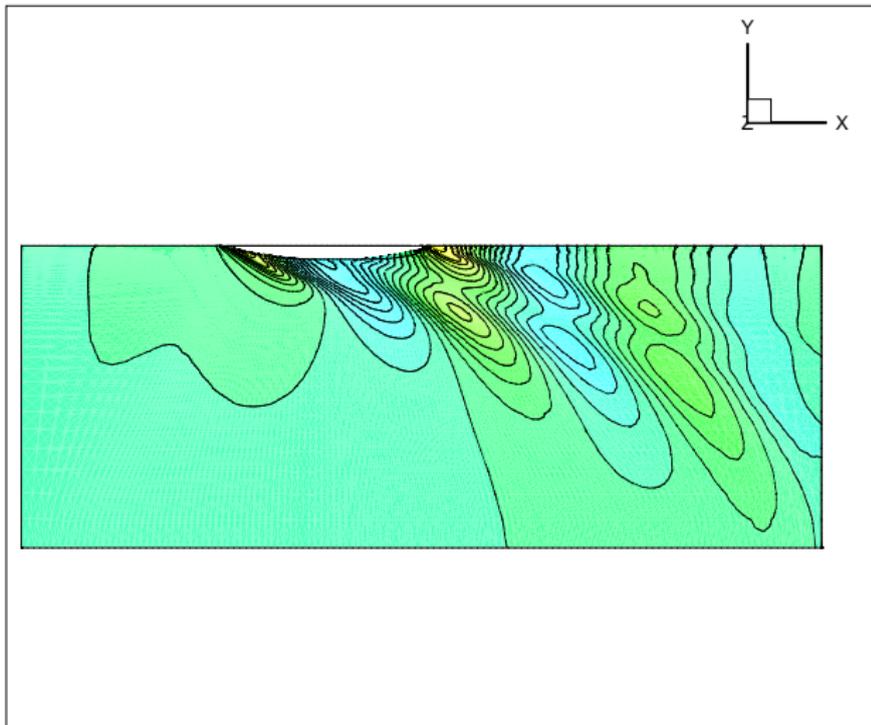
CFD

オープンソースと CFD

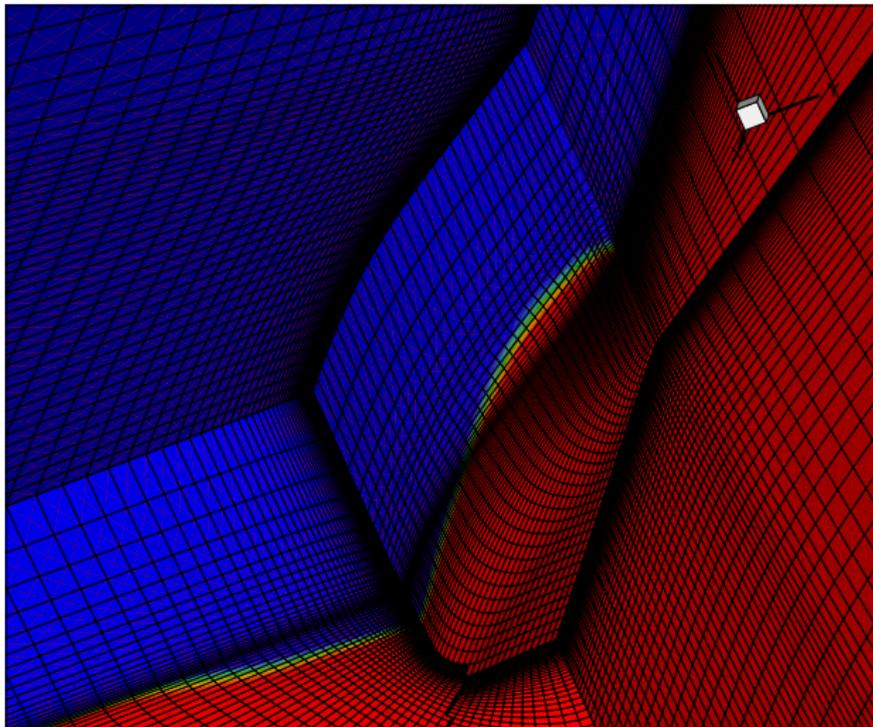
技術者教育

おわりに

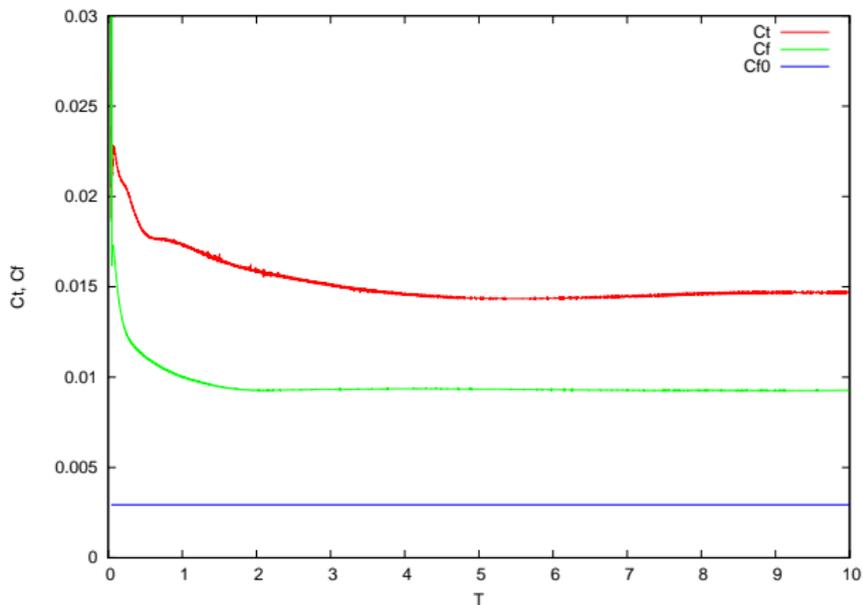
Wave contours



Mesh



Resistance



はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

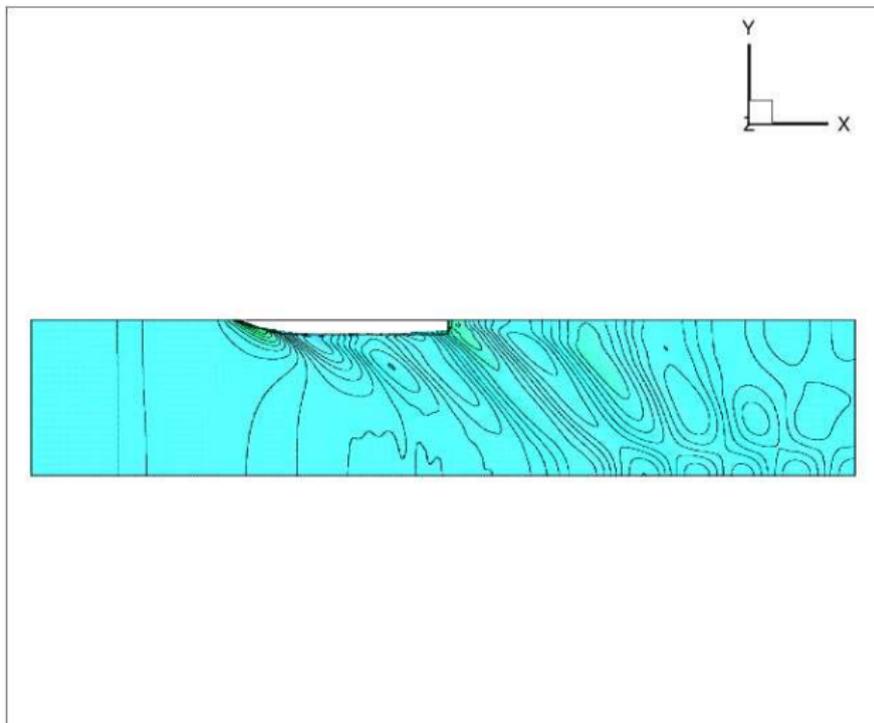
技術者教育

おわりに

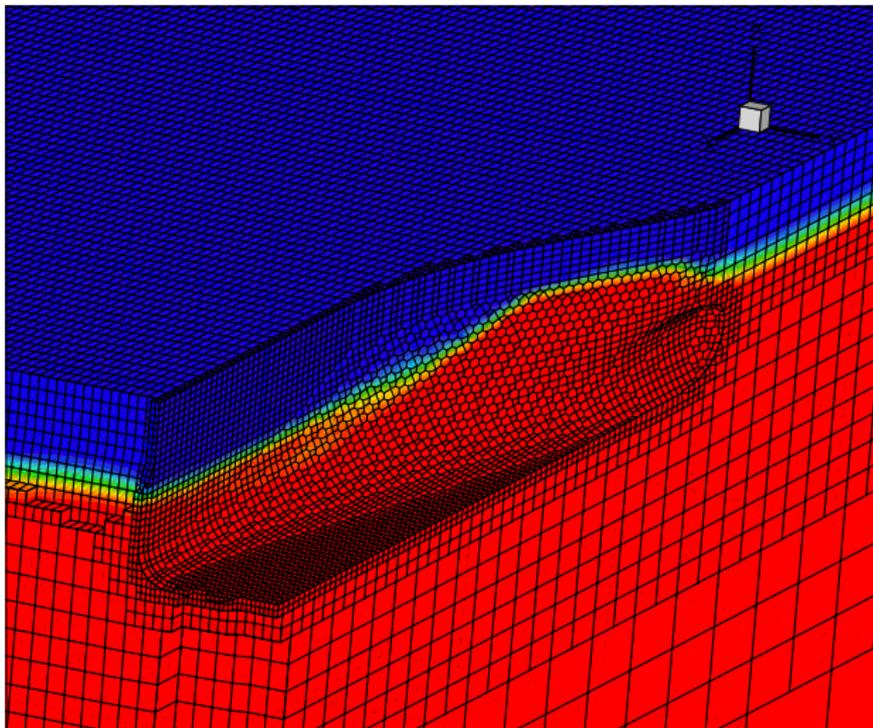
KRISO Container Ship

- ▶ KCS
 - ▶ Based on Tutorial of OF2.0.1 on Wigley by LTSInterFoam
 - ▶ Grid Generation by snappyHexMesh
 - ▶ Solver : LTSInterFoam

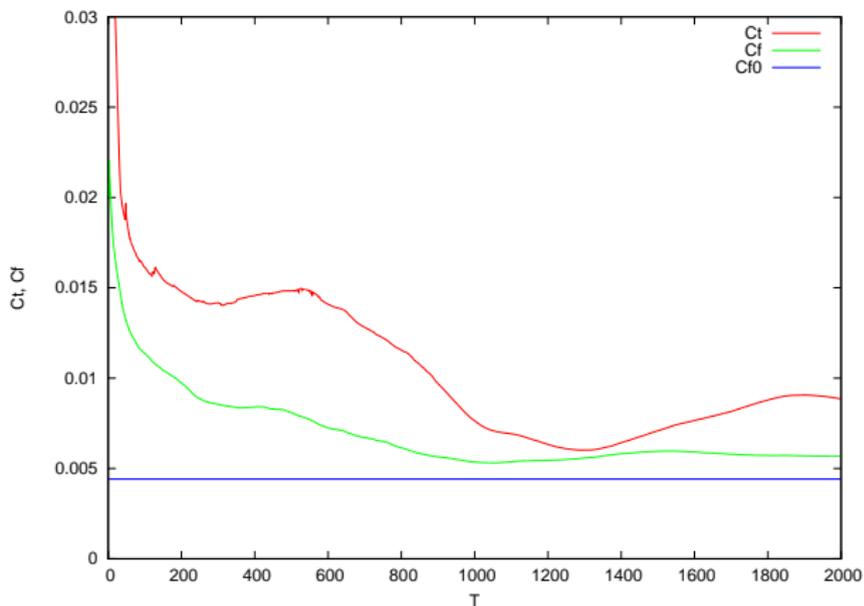
Wave contours Outer BCs \rightarrow NG



Mesh



Resistance



船側波形の比較 Wigley

はじめに

オープンソース

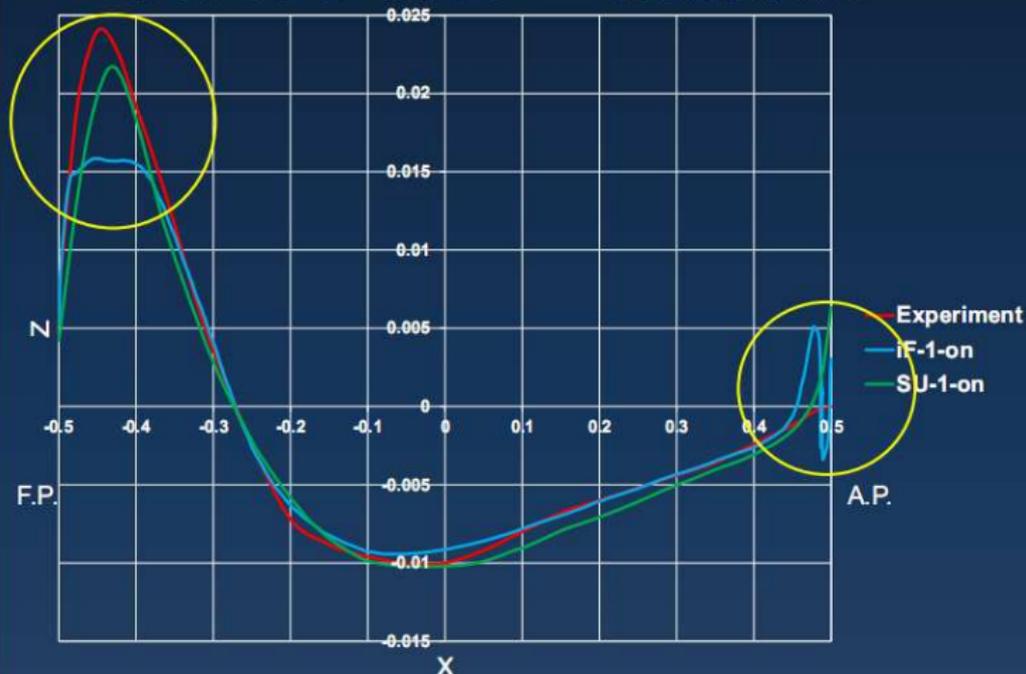
CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

自由表面流れ - 船側波形



はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ 自由表面の壁面境界条件の扱い
 - ▶ 改良の試み
 - ▶ 既存ソルバーのノウハウの移植 → 継続中

- ▶ openFOAM の印象
 - ▶ 巨大なりサーチコード
 - ▶ 高品質の格子を要求する
 - ▶ 計算スピードは早くない
 - ▶ ドキュメントが不足、情報が散乱
 - ▶ ソースを読むのは大変
 - ▶ バージョンが多い？

はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ 流体技術者
 - ▶ CFD 利用技術のニーズは高い
 - ▶ 商用コードのオペレーション
 - ▶ コード開発のニーズ？
- ▶ 教育の観点
 - ▶ CFD を black box にしない
 - ▶ “Garbage in, garbage out.” を避ける
 - ▶ 原理を知り、結果を解釈できる
 - ▶ (コード開発?)

オープンソース CFDと技術者教育

はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ 教育における openFOAM の利用
 - ▶ ソースを見ることは可能
 - ▶ 見てもわからない (ドキュメントの不足)
 - ▶ 結局無償のアプリケーションとして利用
- ▶ 教育における openFOAM の効用
 - ▶ 利用経験はスキルとしてアピール?(ポスドク応募)
 - ▶ 留学生にはベネフィット?(帰国後も使用を継続)
 - ▶ コード開発のプラットフォーム?

はじめに

オープンソース

CFD

オープンソースと CFD

技術者教育

おわりに

- ▶ オープンソース CFD の展望
 - ▶ 利用は拡大傾向
 - ▶ 周辺環境(ドキュメント、情報共有、サポートなど)の充実が課題
 - ▶ 有償パッケージや有償サポートが受け入れられる?
 - ▶ 格子生成がボトルネック
- ▶ 大学から見て
 - ▶ 無償のアプリケーションとして利用
 - ▶ CFD 用物理モデル開発のプラットフォーム
 - ▶ ...