

次世代CFDソフトウェア の開発状況

流体性能評価系 CFD研究グループ

平田信行*、田原裕介、大橋訓英

小林寛、小野寺直幸

海技研CFDの外部提供に関する経緯



年月	
2001. 4	海上技術安全研究所
2004. 7	第 1 回セミナー
2004	CFDプログラムの外部提供開始
2005. 6	第 2 回セミナー
2006. 10	第 3 回セミナー
2007. 10	第 4 回セミナー
2008. 12	第 5 回セミナー ワンクリックCFDのリリース
2009. 12	第 6 回セミナー
2011. 2	第 7 回セミナー NAGISA、G-TOOLのリリース
2012. 3	第 8 回セミナー UP_GRID、AutoDesのリリース
2015. 3	第 9 回セミナー 新NAGISAのリリース

開発およびサポート体制

・ 開発体制

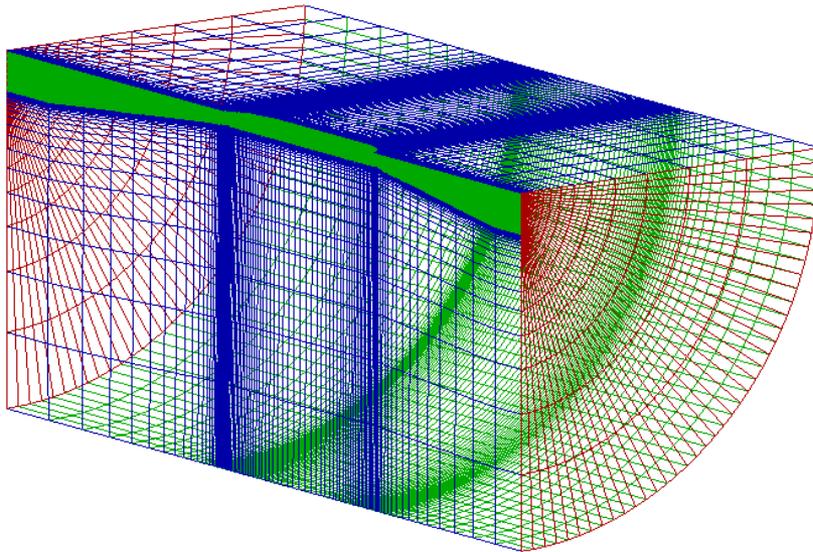
- **CFD研究G（研究員 5名）**
- (有)エイ・シー・ティー
- 横浜国立大学（共同研究）

・ ユーザ・サポート体制

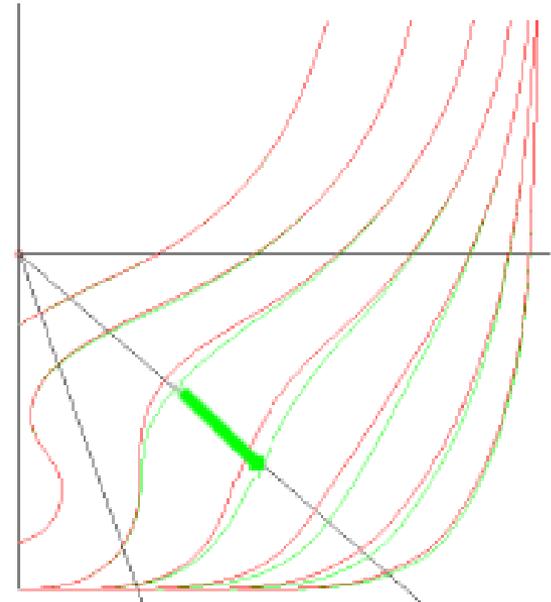
- **CFD研究G**
- (有)エイ・シー・ティー
- (一財)日本造船技術センター

現行のNMRI-CFD (1/2)

- **HullDes ver. 6.02** (格子生成ソフト)
構造格子生成 (H0、00)
- **AutoDes ver. 1.01** (格子生成+自動船型変形ソフト)
HullDes + 自動船型変形機能



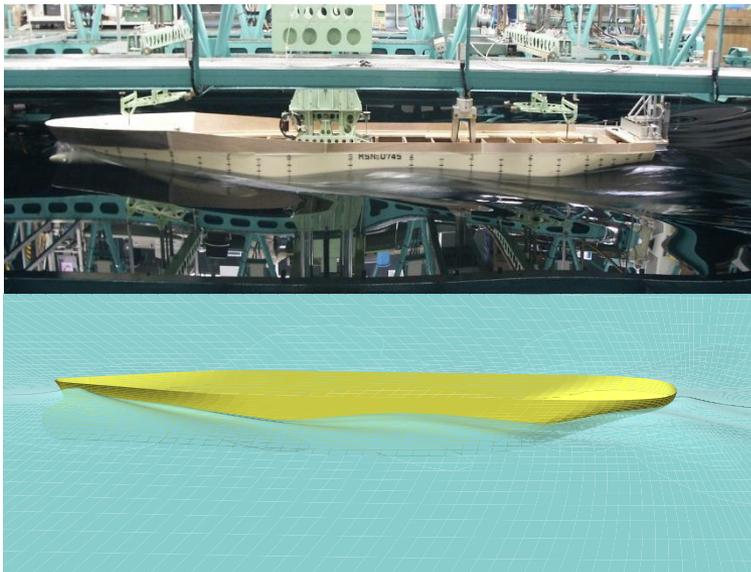
H-O 格子生成



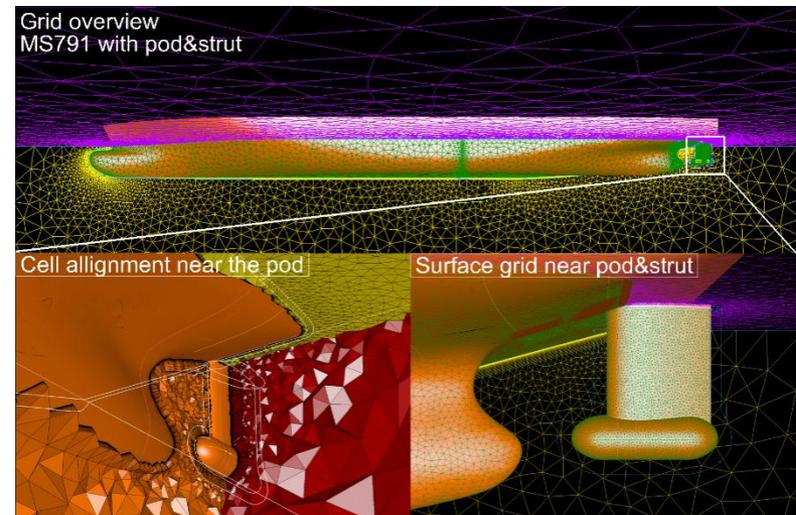
船型変形機能

現行のNMRI-CFD (2/2)

- NEPTUNE ver. 6.41 (構造格子によるNSソルバー)
抵抗、自航、斜航、旋回、姿勢変化の計算機能
- SURF ver. 6.44 (非構造格子によるNSソルバー)
抵抗、自航、斜航、旋回、姿勢変化の計算機能



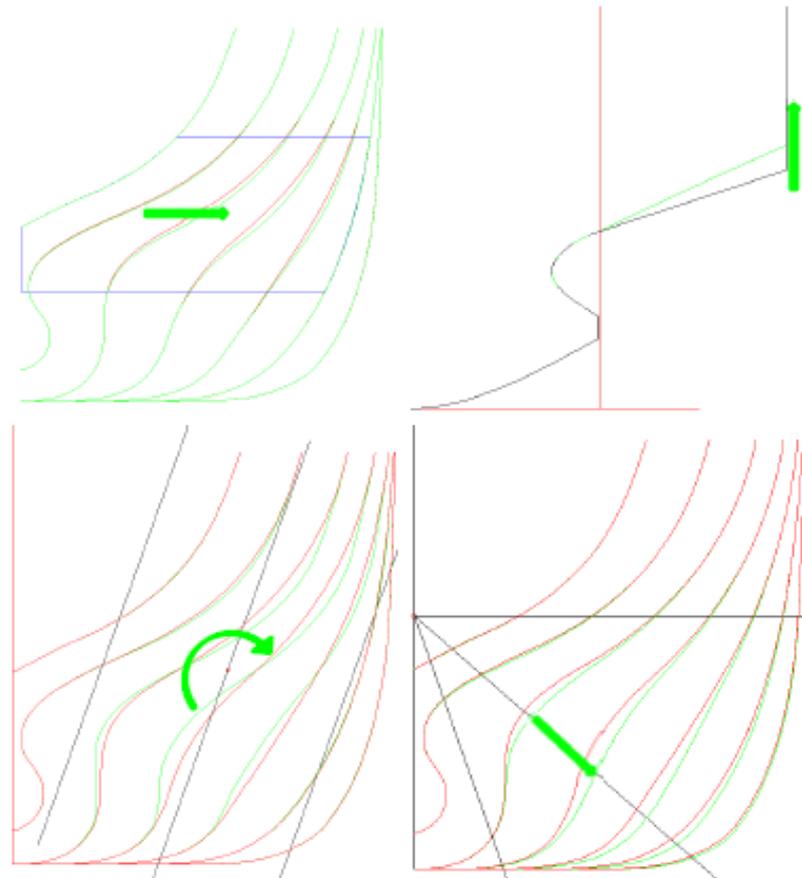
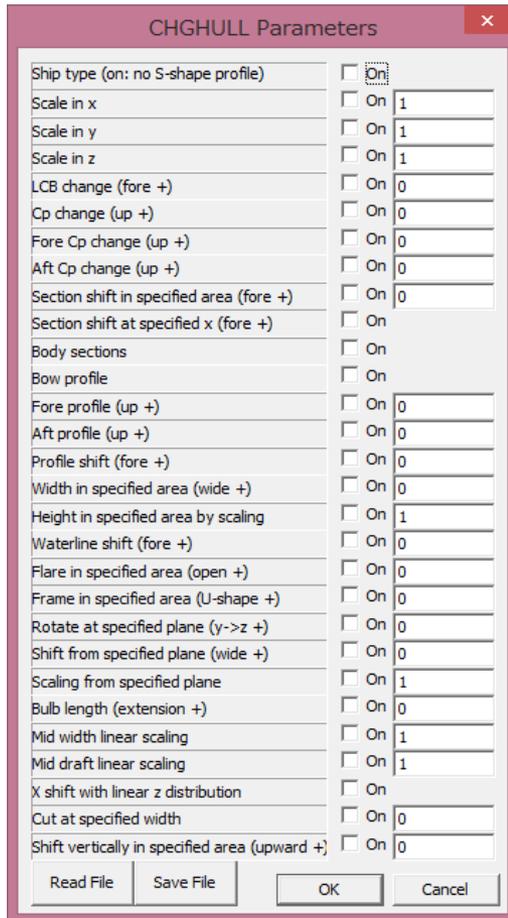
水槽試験とCFD計算



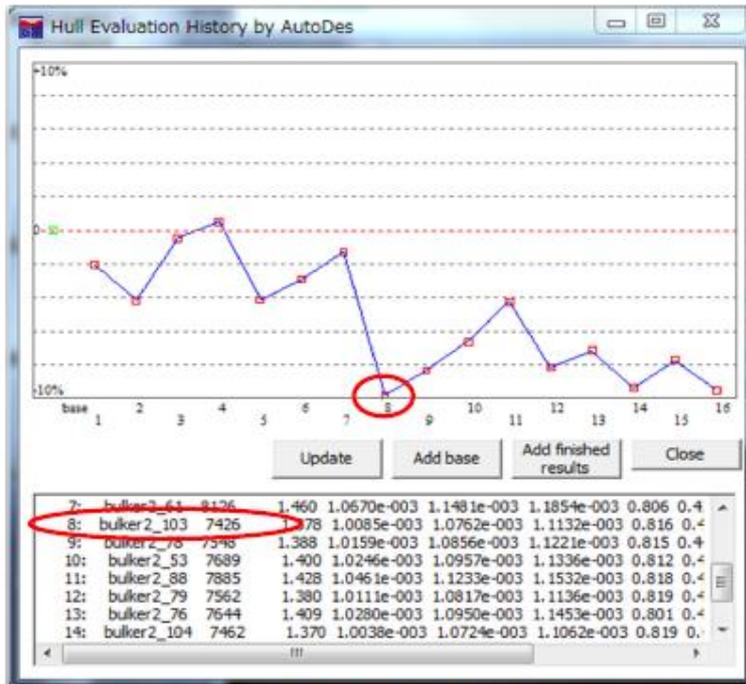
非構造格子を用いた複雑形状まわりの計算

1. パラメータによる船型変形+BOX変形定義

28のパラメータから適切な領域での船型変形を実施

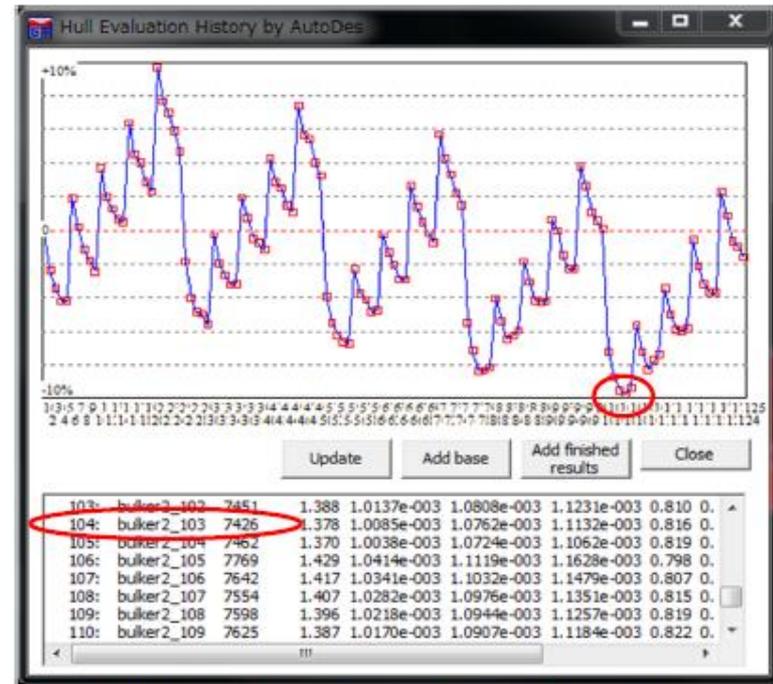


2. 船型最適化 + 自動計算



SQP法による最適化→bulker2_103が最適値

計算船型数: 16



全船型計算→bulker2_103が最適値

計算船型数: 125

重合格子法を用いた新しいNMRI-CFD



重合格子・重合情報生成ソフト

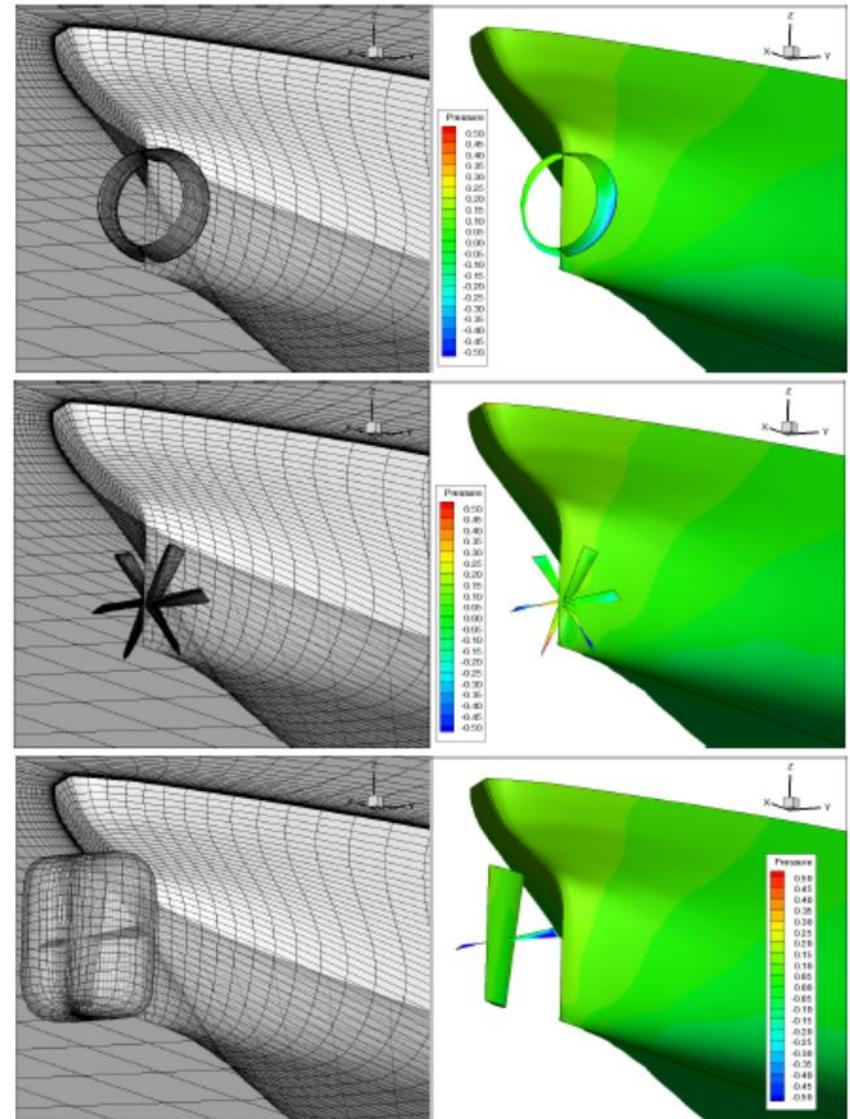
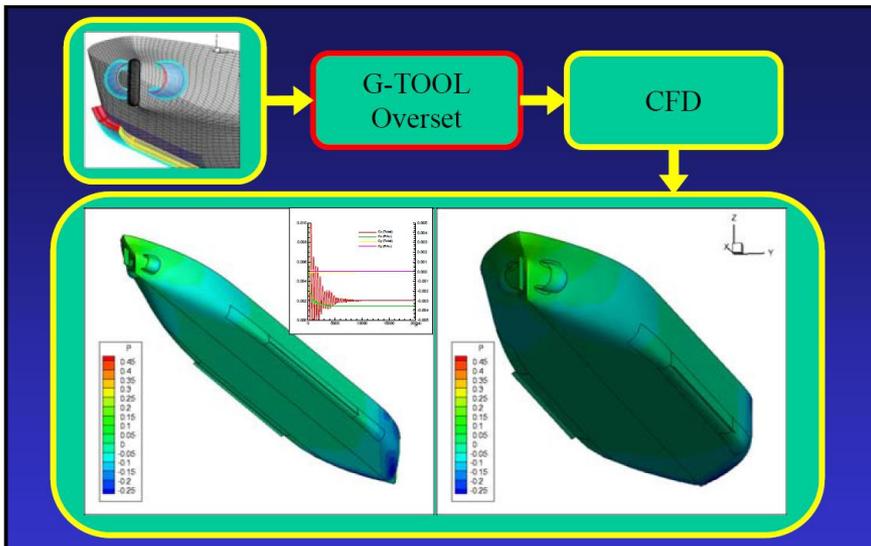
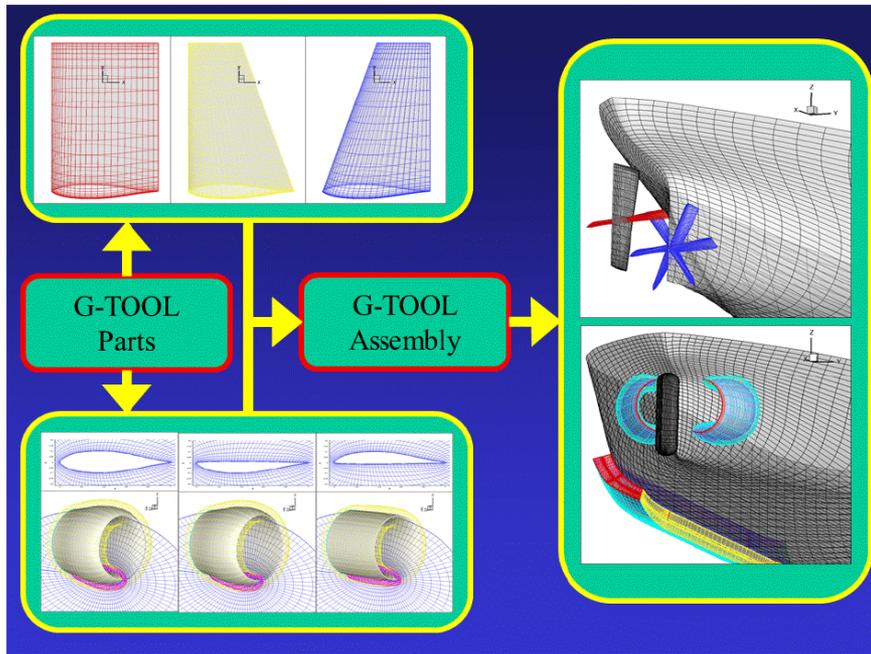
- ・ 各格子ブロックの計算格子生成
- ・ 格子ブロックの移動・変形等
- ・ 格子ブロック間の重合情報生成

重合格子法システム	概要・特徴
G-TOOL ver. 1	<ul style="list-style-type: none">・ 少ないパラメータで簡易に付加物の検討が可能・ 適用できる付加物の種類と配置は限定・ 初期検討に適したシステム
UP_GRID ver2.0 R2	<ul style="list-style-type: none">・ 任意の形状の付加物の検討が可能・ 付加物の数、種類に制限なし・ 詳細検討、自社の付加物の検討に適したシステム

重合格子を用いた構造格子によるNSソルバー

NAGISA ver2.0 (抵抗、自航、斜航、姿勢変化の計算機能)

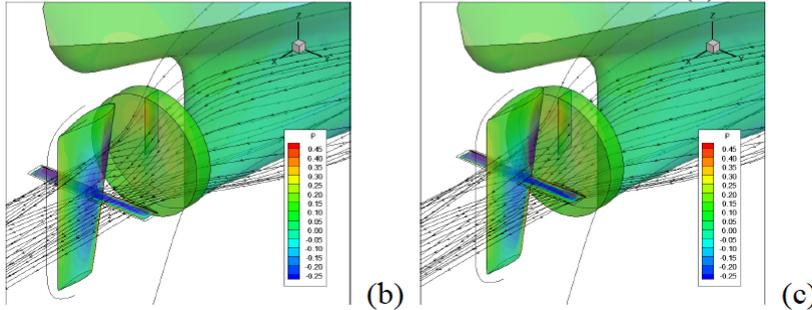
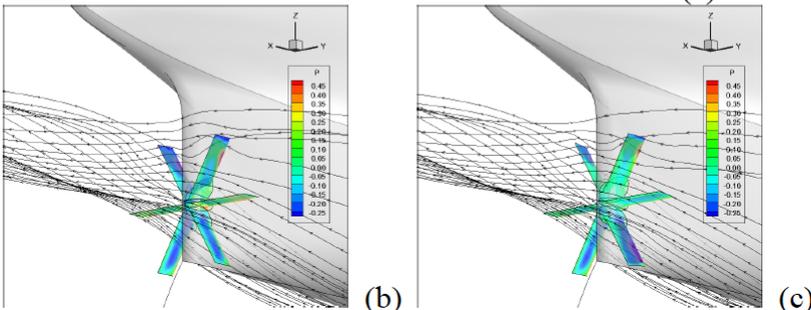
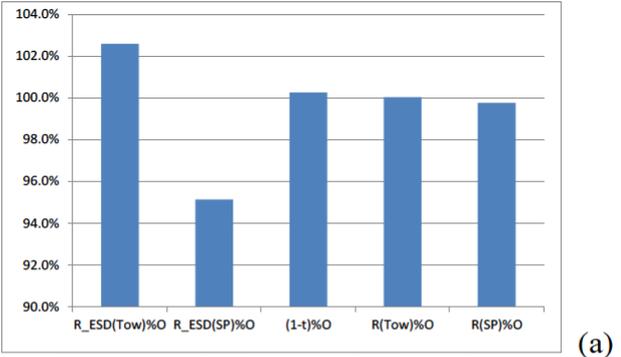
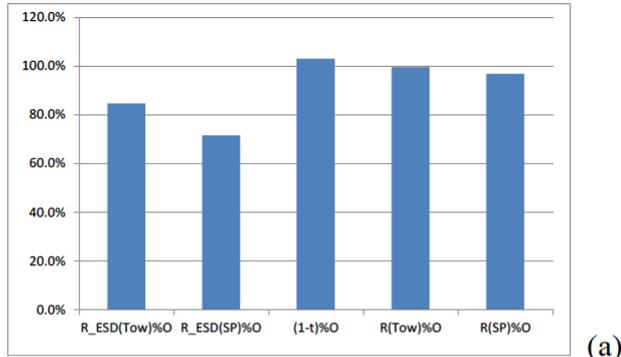
G-TOOL (1/2)



G-TOOL (2/2)

Stern Fin optimization
Finds optimal stern fin attack angles

Rudder fin optimization
Finds optimal rudder fin attack angles



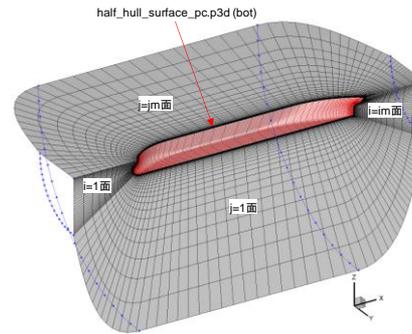
Original

Optimised

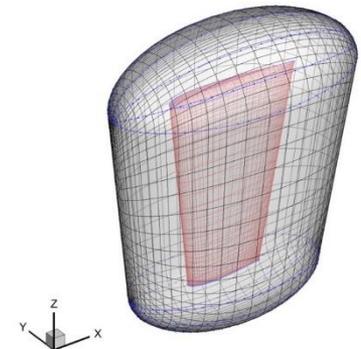
Original

Optimised

1. 格子の生成 (UP_WING)

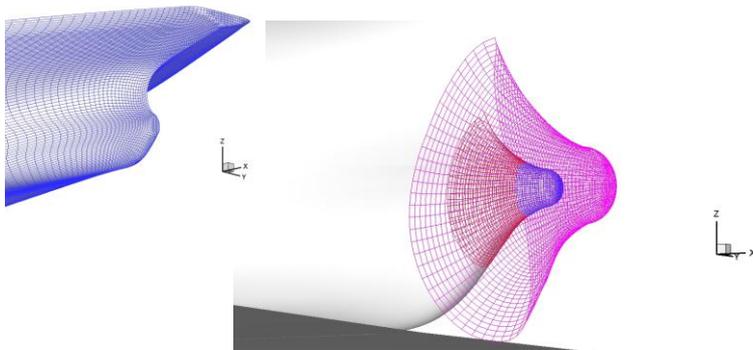


船体周り格子生成

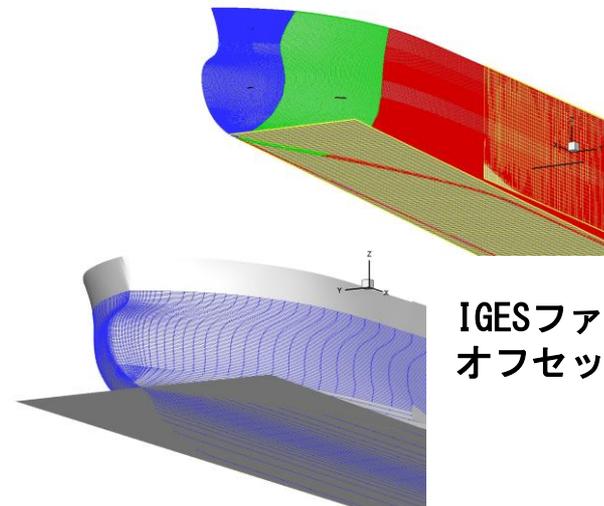


舵周り格子生成

2. 格子の移動、変形、トリミング、IGESファイルからの面の読込等の面 (UP_MOD)

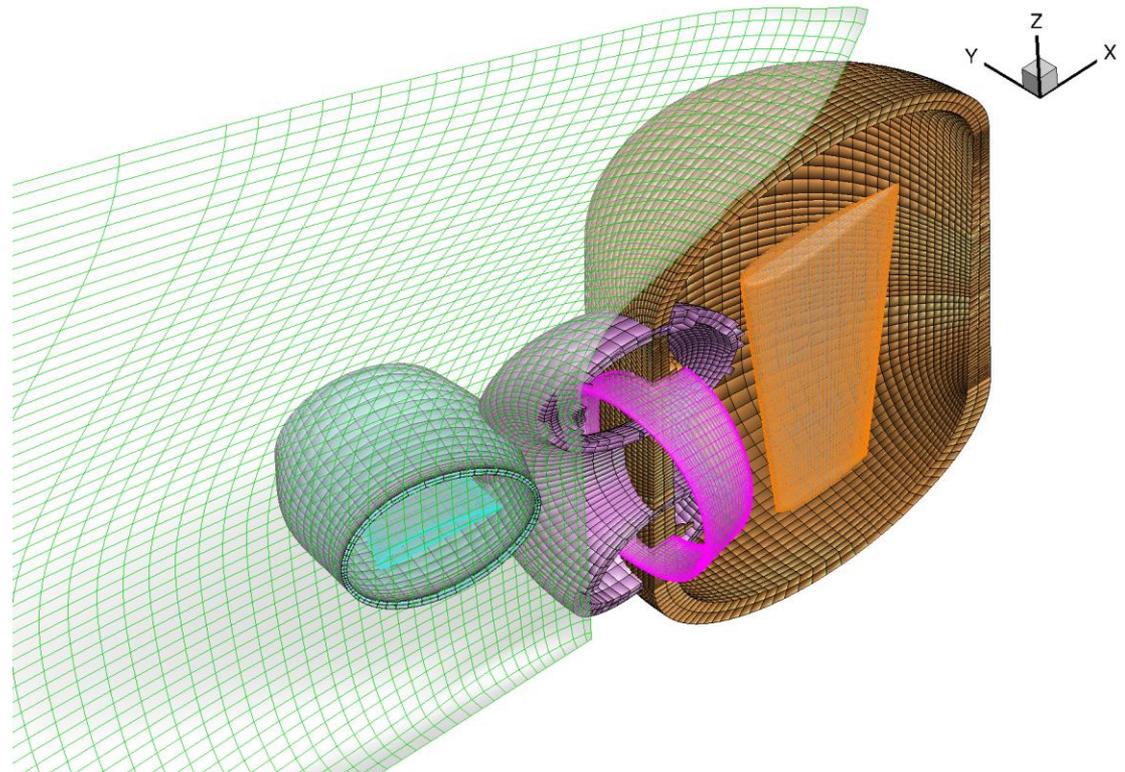


船尾管部の格子生成



IGESファイルから
オフセット生成

3. 重合情報（格子間の補間情報）の生成 (UP_OVS)

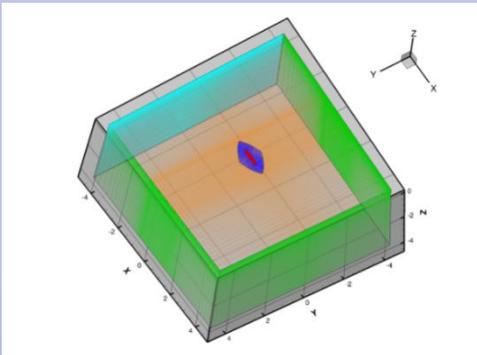


船尾フィン、船尾ダクト、舵周りの格子のReceptor Cells(右舷側)表示例

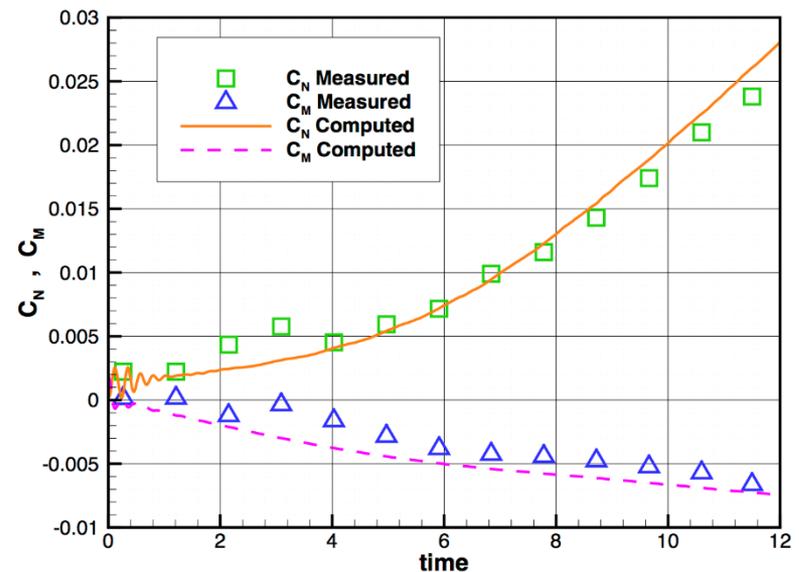
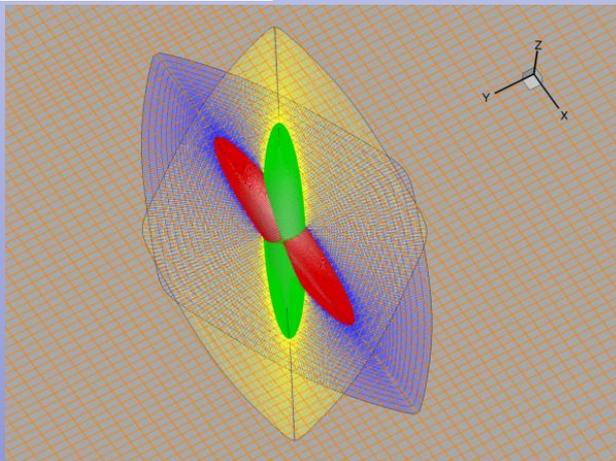
動的重合格子法

非定常計算の各時間ステップで、重合情報（格子間の補間情報）を更新する

回転運動をする楕円体周りの流れ計算例

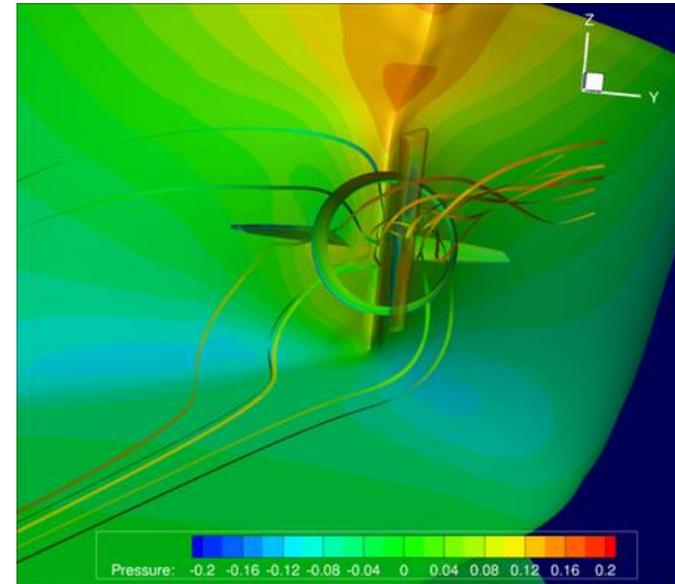


- 直方体格子内の一様流中で、楕円体格子のみ回転
- 直横力及びモーメントの計算結果は、実験結果と良い一致を示す



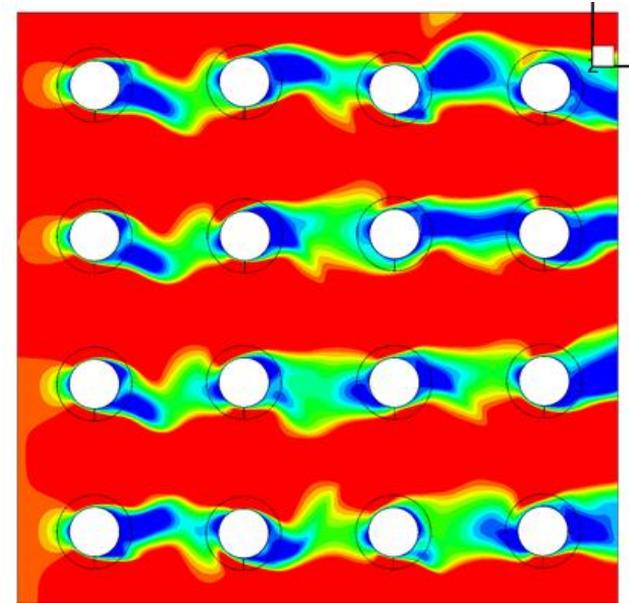
概要

- 疑似圧縮法
- 有限体積法
- 構造マルチブロック格子
- **重合格子による複雑形状計算**
- Roe法+3次のMUSCL
- 陰解法/多重格子法
- 界面追跡法(単ブロックのみ)/捕獲法による自由表面
- **乱流モデル: SA、MSA、 $k-\omega$ 、EASM、DES**
- 抵抗、自航(簡易プロペラモデル他)、斜航、姿勢変化
- **波浪中、船体運動計算、実プロペラ (次期リリースにて対応)**



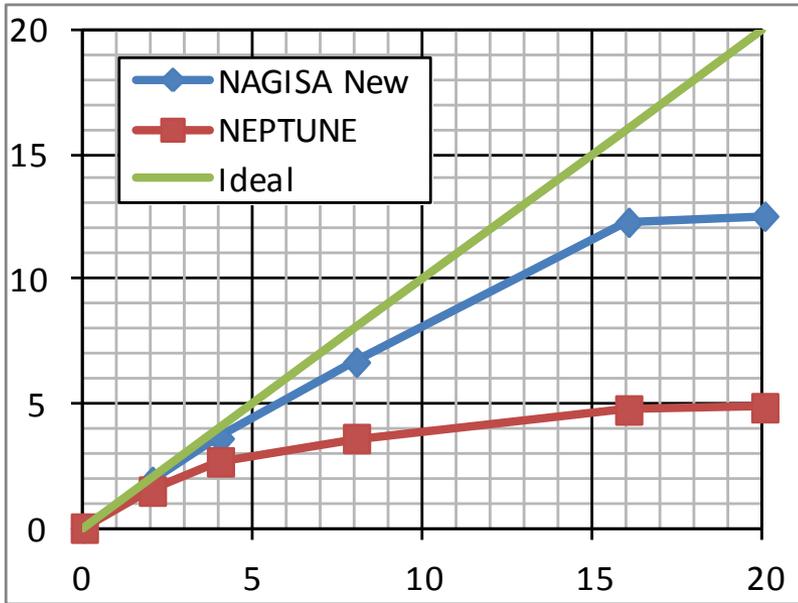
重合格子法

- ・ 格子点数に制約なし
- ・ 重合情報に基づきNS計算を実施
- ・ レセプターセルの値を各タイムステップで更新
- ・ 優先順位の高い順で格子リスト、重合情報リストを並べておく
- ・ 物体表面の重複判定後、優先順位が高い物体表面上で流体力を積分

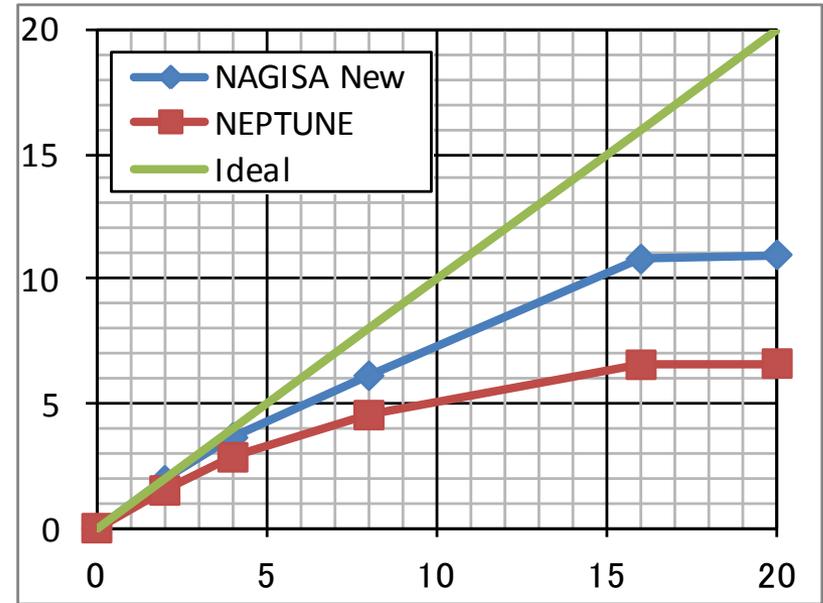


円柱群周りの流れ

NEPTUNEとの並列化の比較



Series60 (二重模型流れ)



龍光丸 (二重模型流れ)

計算環境

Xeon E5-2680v2 2.8GHz 10コア x 2
メモリ 64GB

省エネ付加物（ダクト）

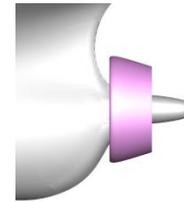
Case00

ダクトなし



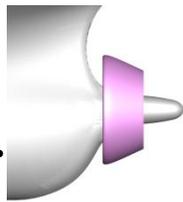
Case01

$D_d=0.60D_p$, $\alpha=12\text{deg}$.



Case02

$D_d=0.55D_p$, $\alpha=20\text{deg}$.

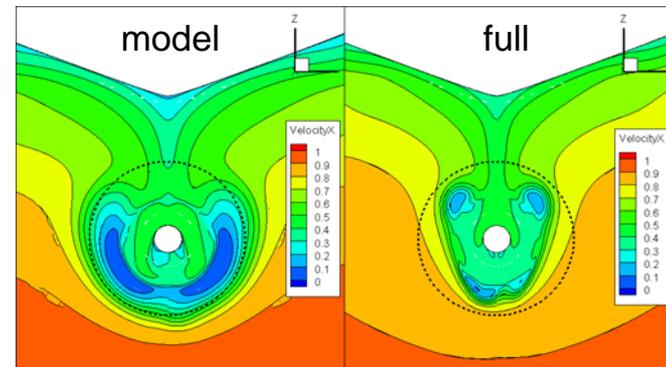
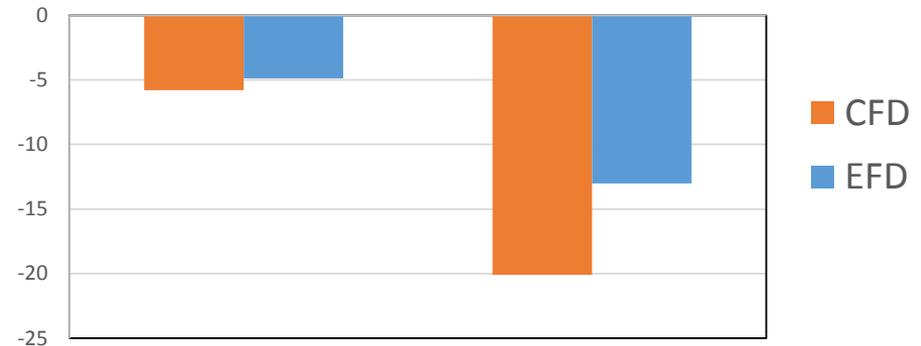


		Exp.	CFD	Error [%]
case00	(1+k)	1.314	1.302	-0.9
	(1-t)	0.804	0.809	+0.6
	(1-w _T)	0.553	0.498	-10.0
	η_R	1.015	1.007	-0.8
case01	(1+k)	1.282	1.290	+0.6
	(1-t)	0.813	0.840	+3.3
	(1-w _T)	0.526	0.469	-10.9
	η_R	1.009	1.003	-0.6
case02	(1+k)	1.305	1.303	-0.2
	(1-t)	0.810	0.820	+1.3
	(1-w _T)	0.481	0.398	-17.3
	η_R	1.009	0.998	-1.1

diff. from case00 (1-w_T) [%]

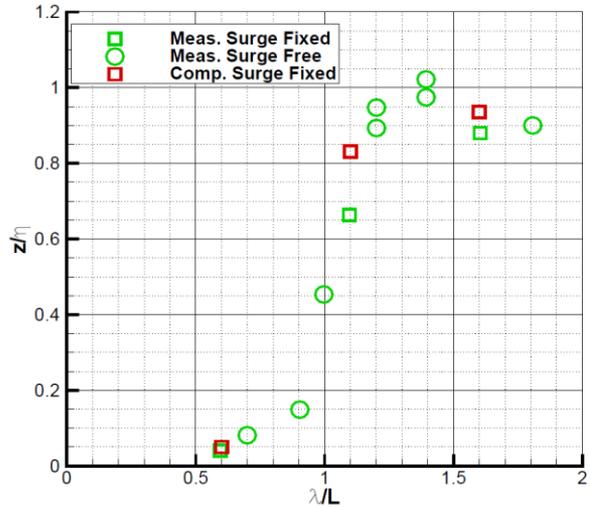
case01

case02

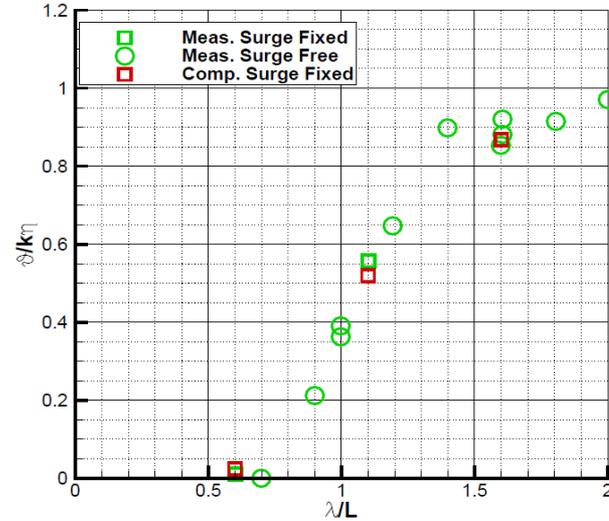


波浪中計算

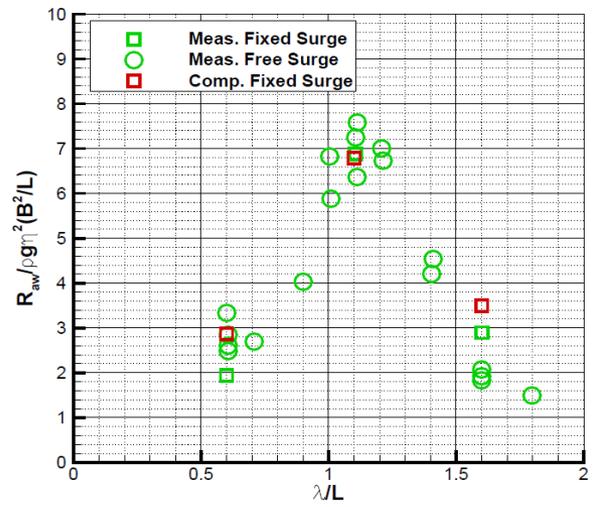
Heave



Pitch

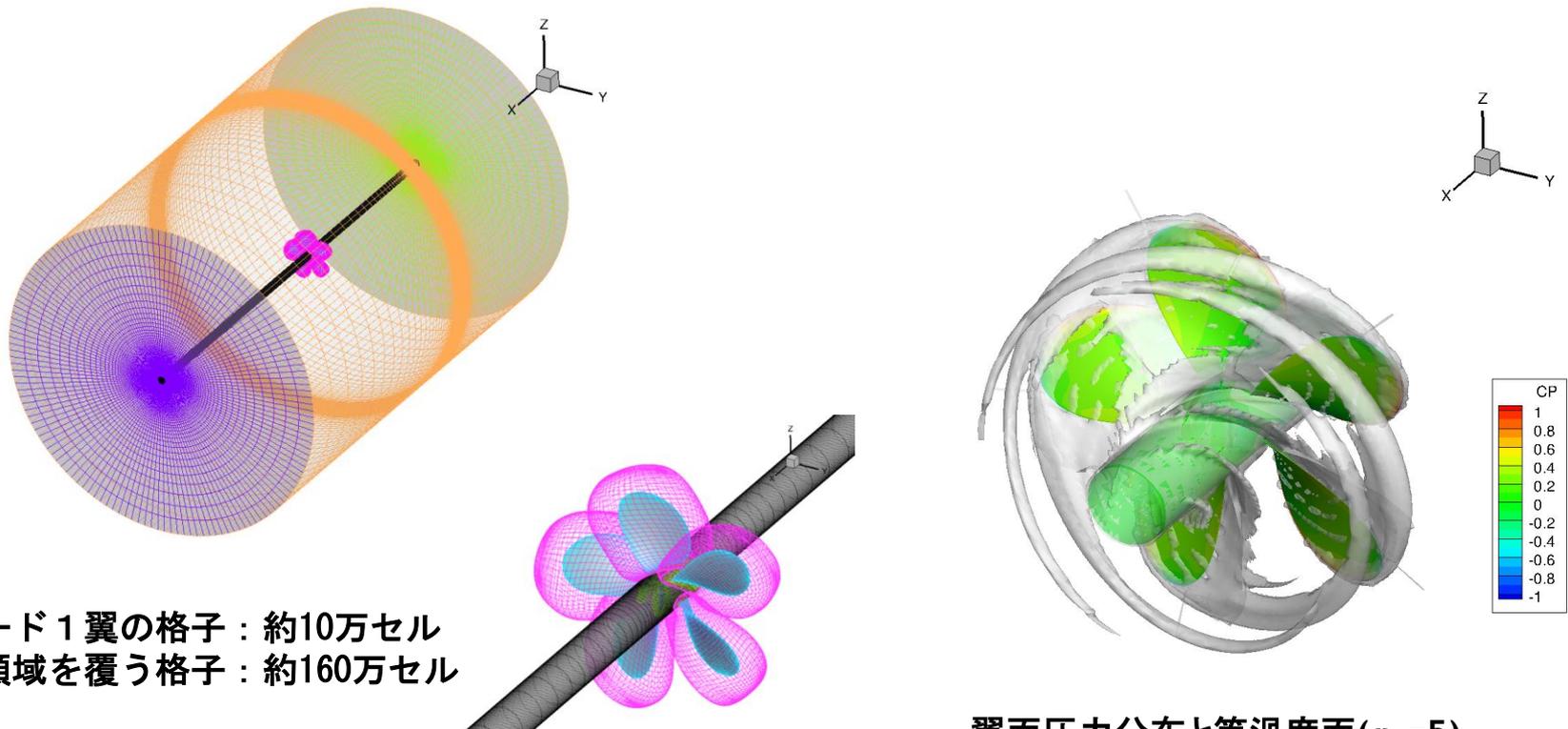


Added resistance



実プロペラ計算

プロペラブレード周りの格子と計算領域全体の格子を分け、プロペラ周りの計算格子を生成。重合計算を実施。



まとめ

1. 次世代CFDの開発状況として、当所で開発を進めている以下のCFDソフトウェアを紹介した。

現行 : HullDes、AutoDes (構造格子生成ソフト)
NEPTUNE、SURF (NSソルバー)

次世代 : G-TOOL、UP_GRID (重合情報生成ソフト)
NAGISA (重合格子法に対応可能なNSソルバー)

2. 省エネ付加物がついた船型に対しても、水槽試験結果と良い合致を示しており、かなり複雑な形状にも対応できるようになってきた。今後はより複雑な形状にも対応できる格子ならびに重合情報生成技術を構築する必要がある。

3. 波浪中、船体運動計算、実プロペラ計算に関しては、次期にリリースする予定である。