

次世代CFDソルバーの開発現状

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

- ・ 現行CFDの開発現状

HullDes, AutoDes
NEPTUNE, SURF

格子生成、船型変形・最適化
NSソルバー

- ・ 重合格子法を用いた次世代CFDの開発現状

G-TOOL, UP_GRID
NAGISA

格子生成、重合情報生成
NSソルバー

- ・ 次世代CFDを用いた計算例

船尾ダクトがついたJBC船型まわりの流れ
向波中を航走するKCS船型まわりの流れ

- ・ 今後の研究

- ・ まとめ

現行のNMRI-CFD

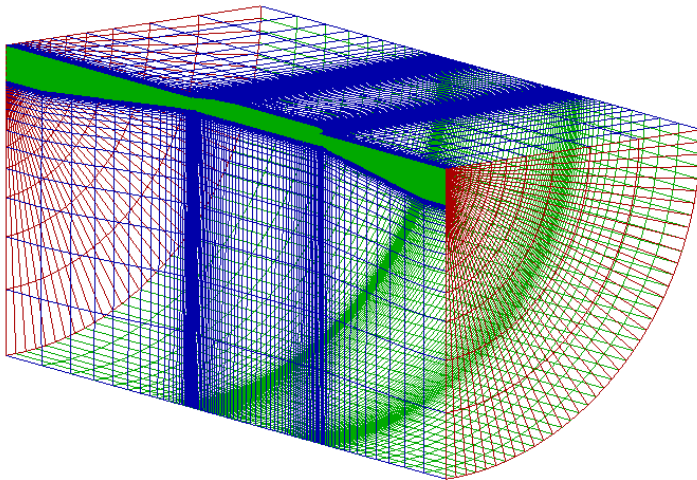
- HullDes ver. 6.02
(構造格子生成ソフト)

- AutoDes ver. 1.1
(構造格子生成+船型変形&最適化)

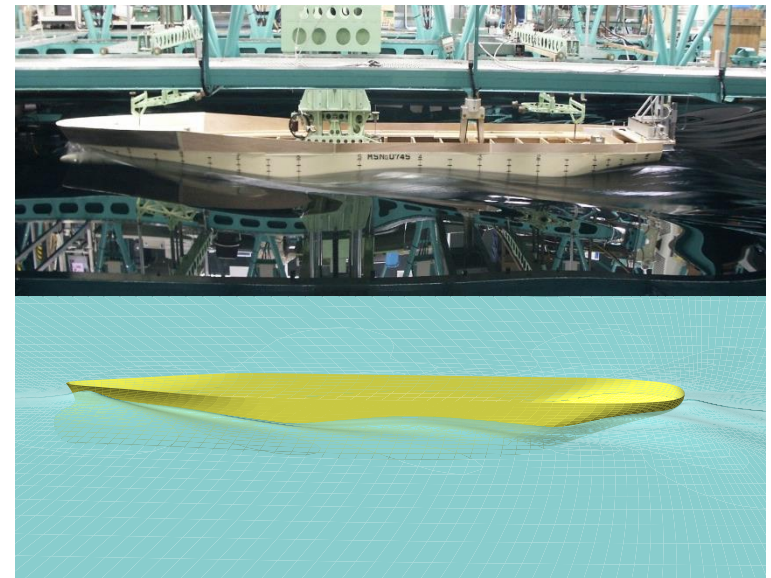
- NEPTUNE ver. 6.41
(構造格子によるNSソルバー)

- 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



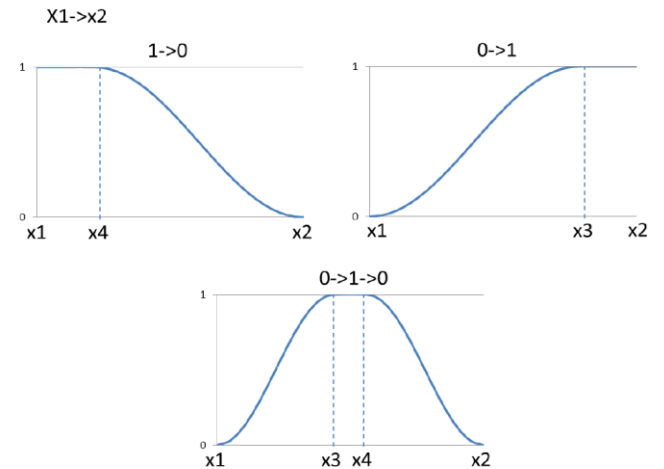
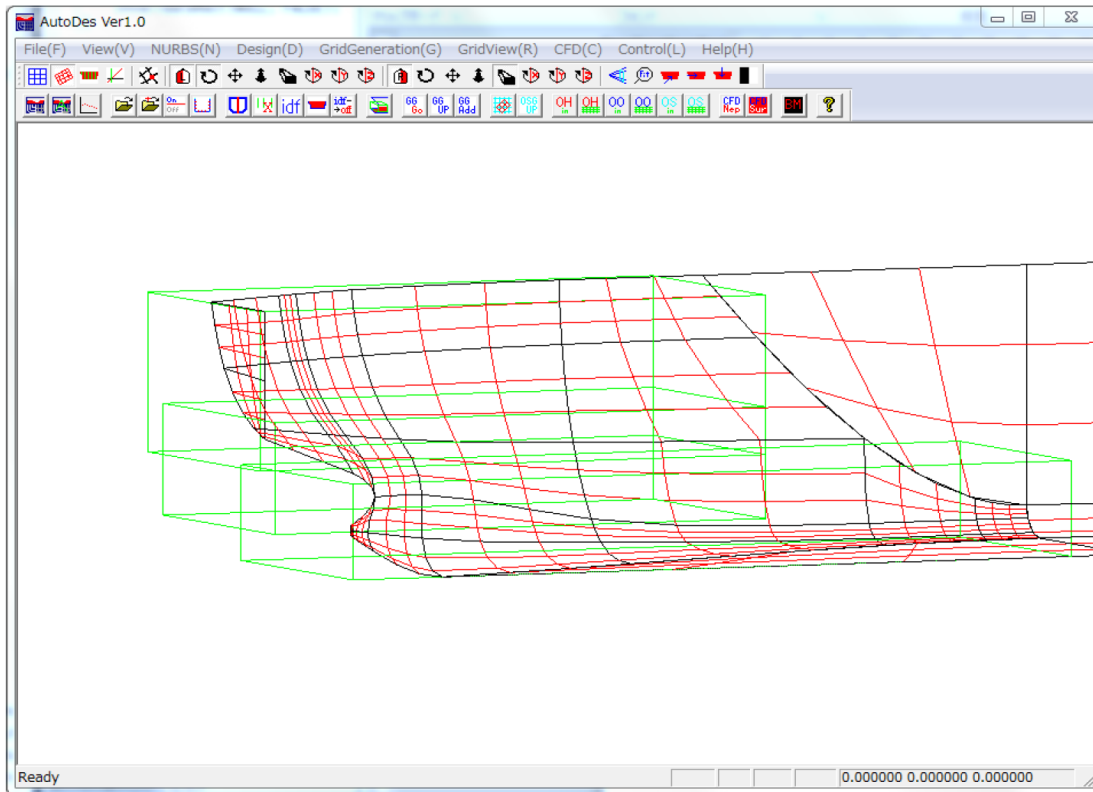
H-O 格子生成



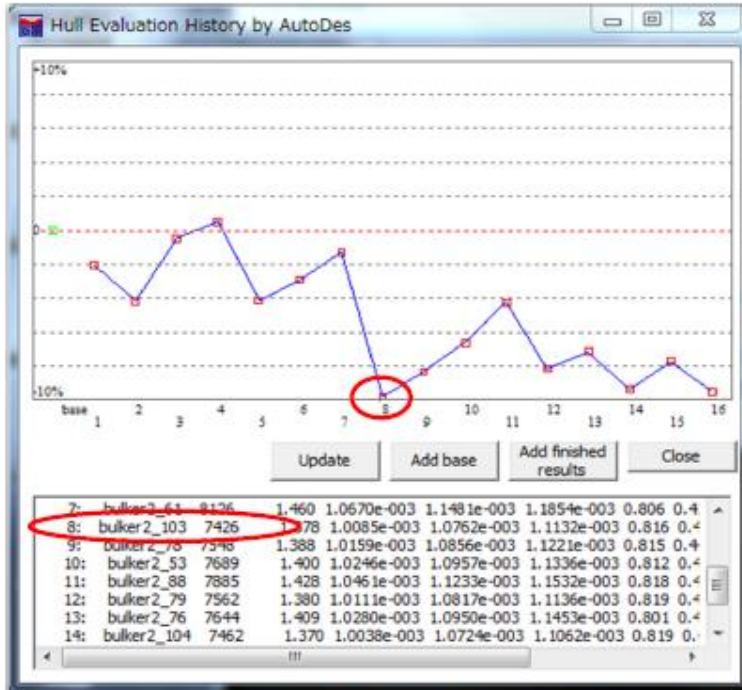
水槽試験とCFD計算

1. BOX変形定義 + 排水量、Icb設定

Box領域内でx,y,z方向に変形が可能

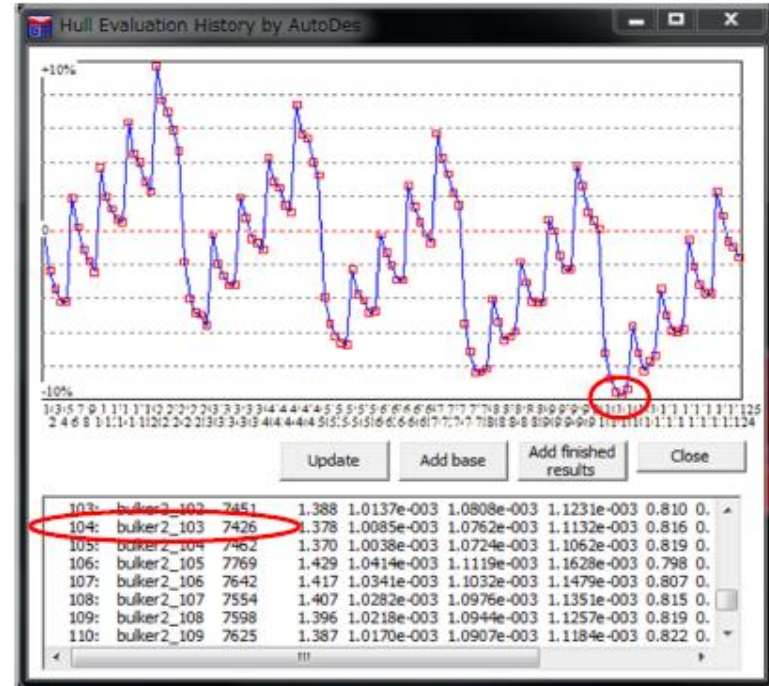


2. 船型最適化 + 自動計算



SQP法による最適化→bulker2_103が最適値

計算船型数: 16



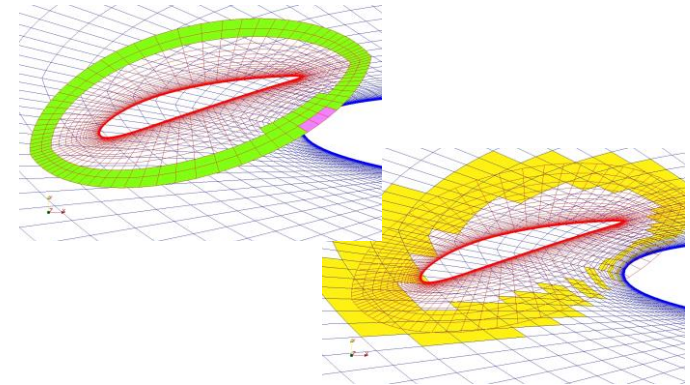
全船型計算→bulker2_103が最適値

計算船型数: 125

重合格子法を用いた新しいNMRI-CFD

重合格子法とは？

互いに重合（オーバーラップ）する複数の格子間で計算領域をカバーする。計算時に物理量等を補間し合うことで流場を求める。



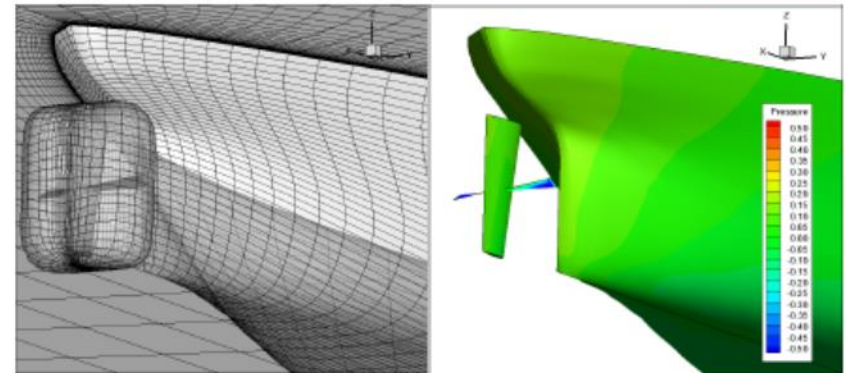
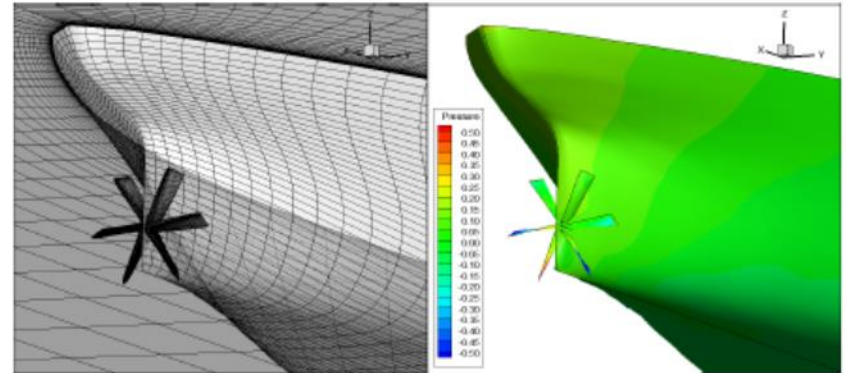
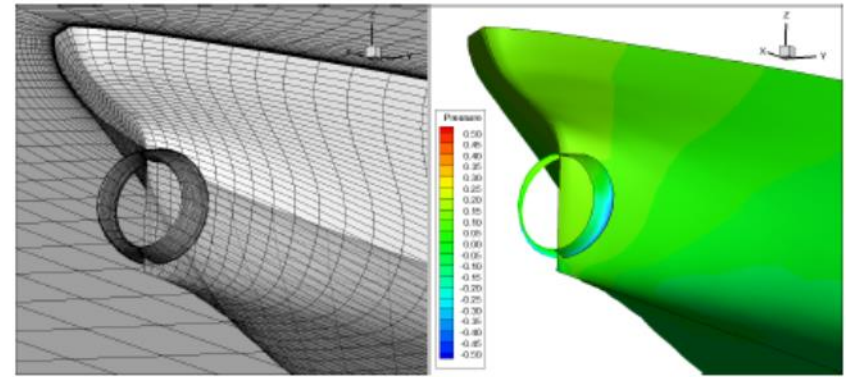
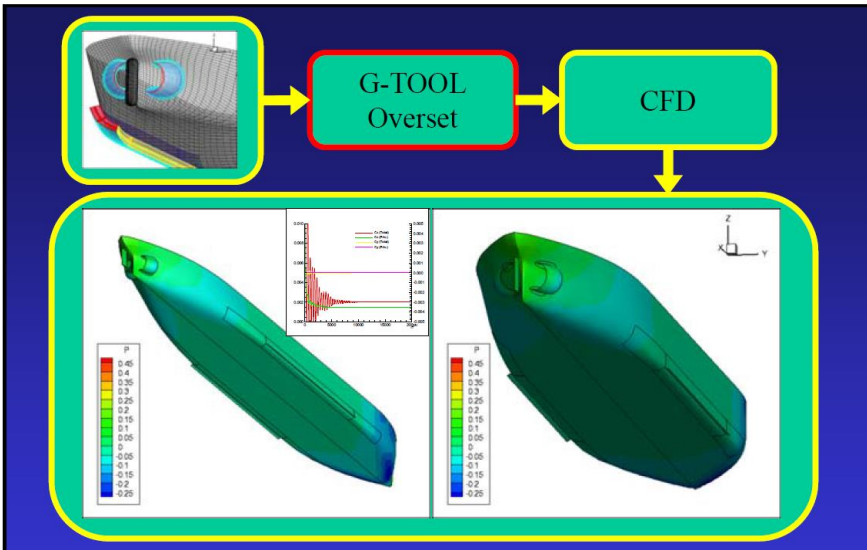
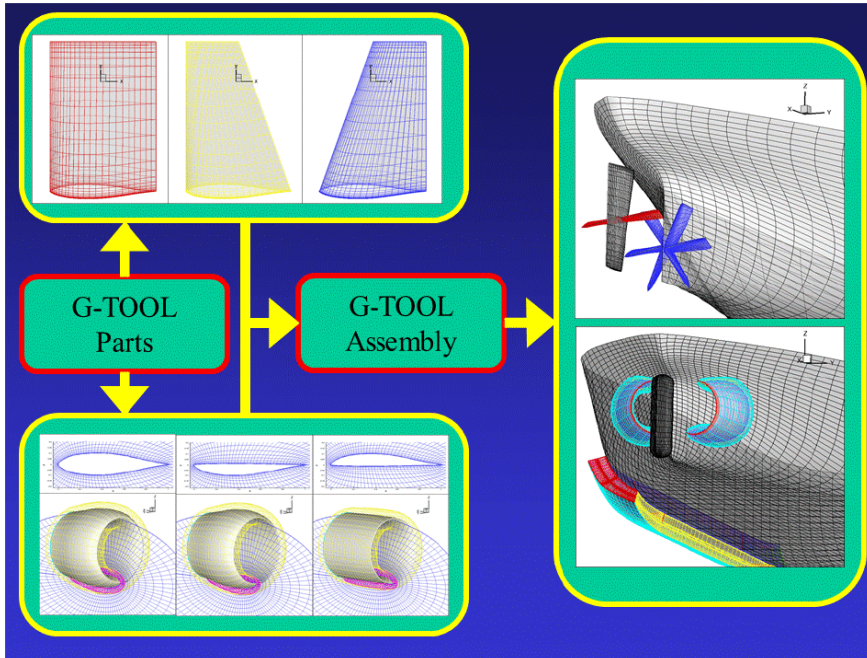
海技研が提供している重合格子システム

重合格子法システム	概要・特徴
G-TOOL ver. 1	<ul style="list-style-type: none"> 船尾省エネ付加物等に特化 適用できる付加物の種類と配置は限られるが、少ないパラメータで簡易に付加物の検討が可能 初期検討に適したシステム
UP_GRID ver2.0 R3	<ul style="list-style-type: none"> 任意の形状の物体の検討が可能 物体の数、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 ver3.1（抵抗、自航、斜航、姿勢変化の計算機能）

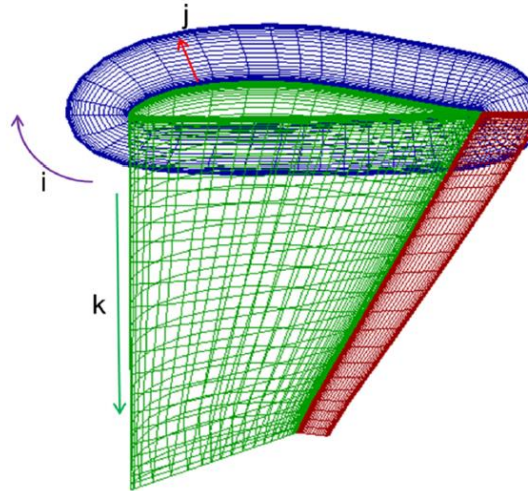
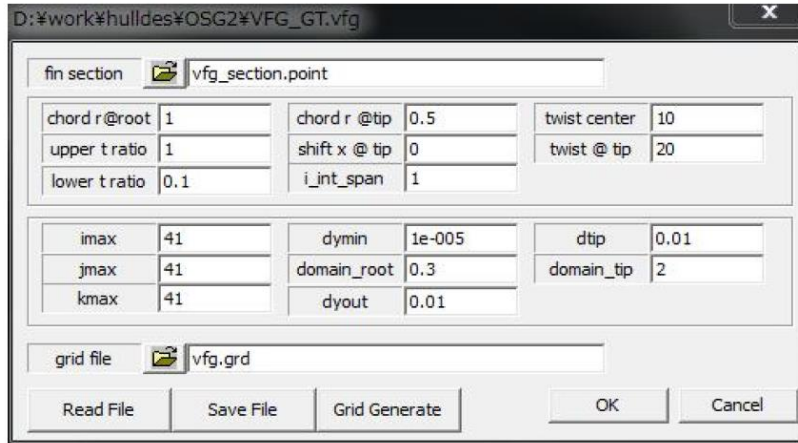
G-TOOL (1/2)



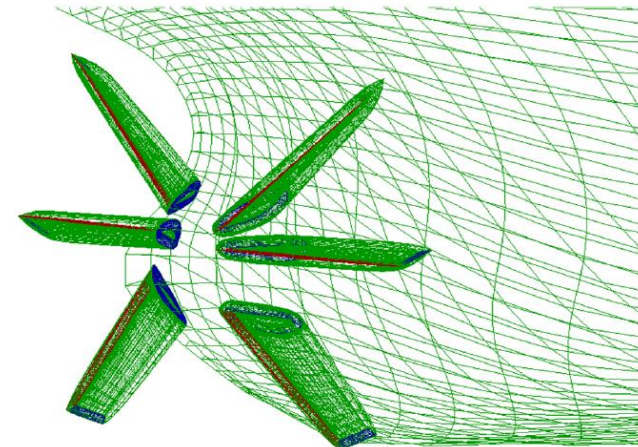
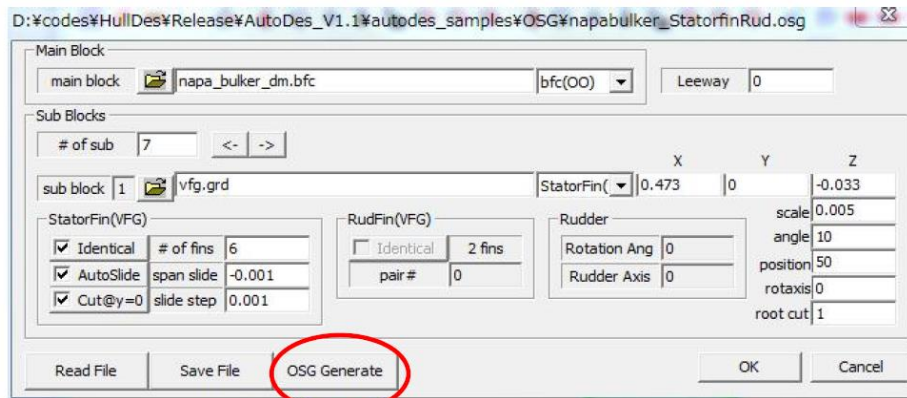
G-TOOL (2/2)

GTOOLによる重合格子生成(2ステップ)

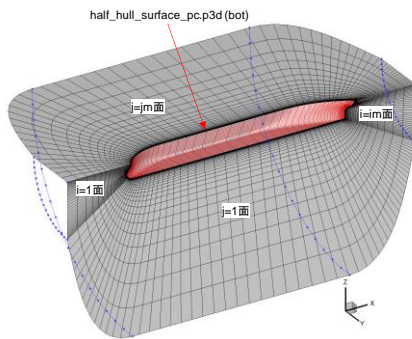
①フィン形状作成と格子生成



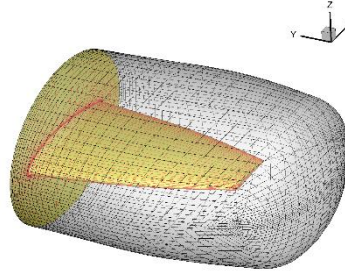
②船体との重合



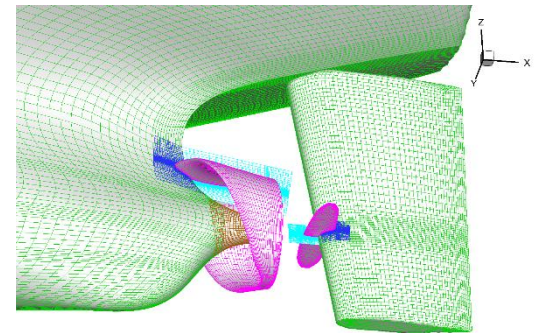
1. 格子の生成 (UP_WING)



船体周り格子生成

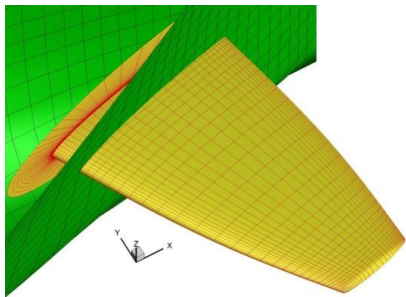


フィン周り格子生成

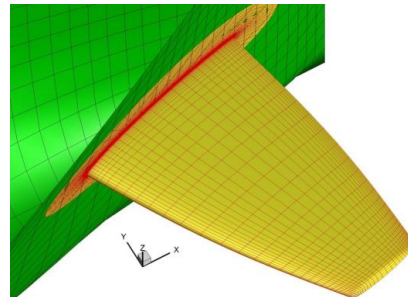


部分貫入するダクトと舵フィン格子生成

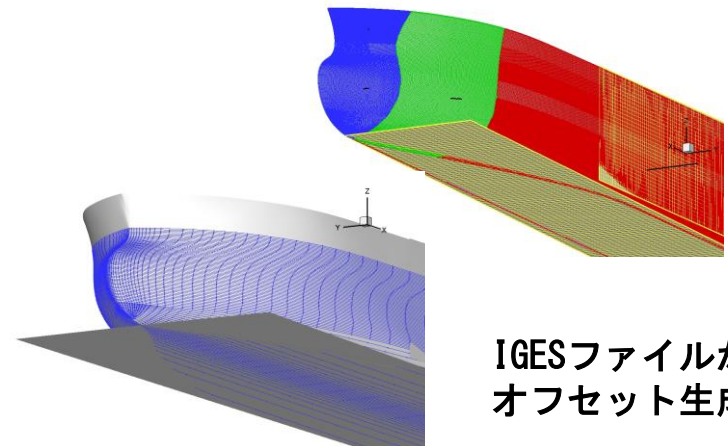
2. 格子の移動、変形、トリミング、IGESファイルからの面の読込等 (UP_MOD)



トリミング前

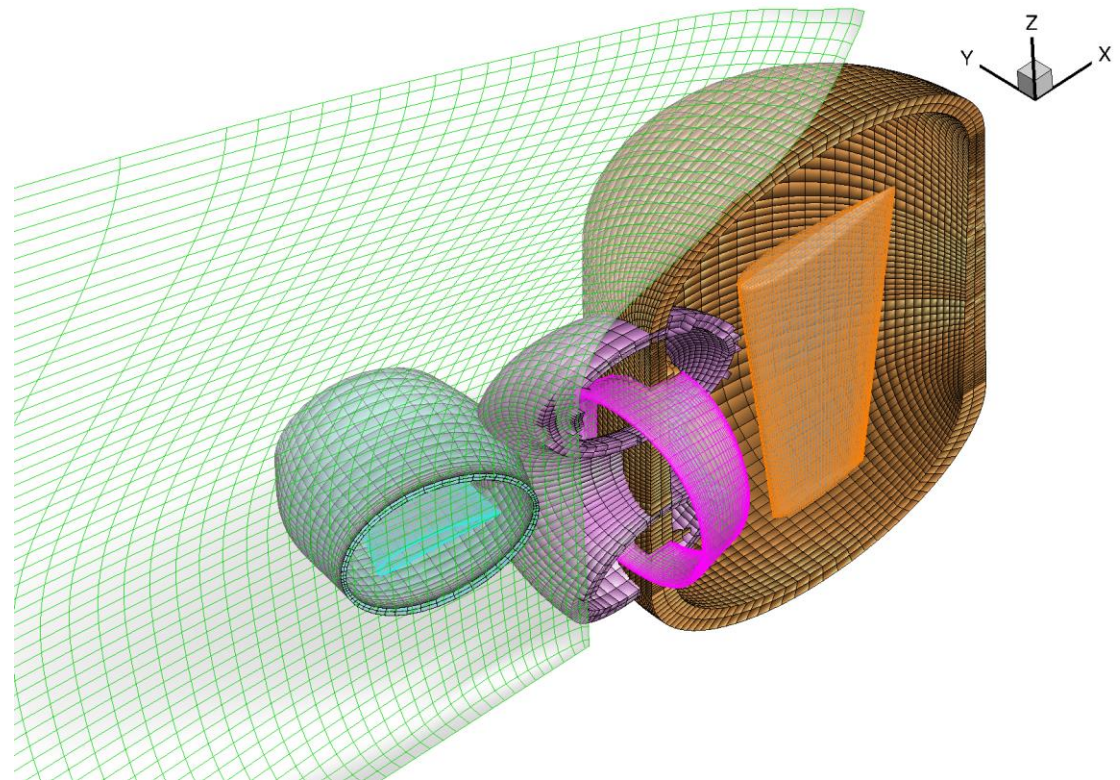


トリミング後



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)



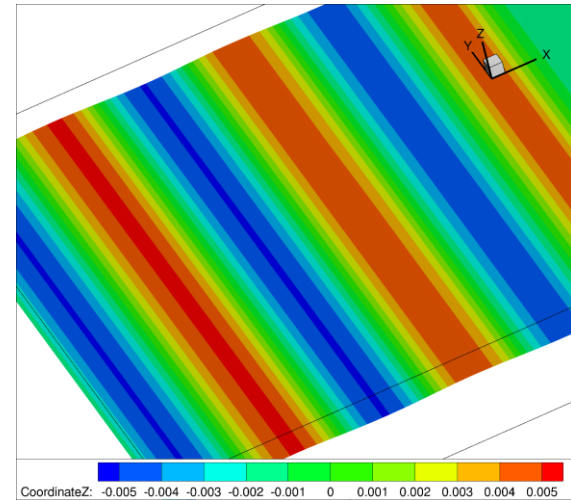
船尾フィン、船尾ダクト、舵周りの格子のReceptor Cells(右舷側)表示例

概要

- 基本的なNS解法はNEPTUNEに準拠
 - 擬似圧縮性、有限体積法、Roe法+MUSCL (3次)
 - 乱流モデル：SA、MSA、 $k-\omega$ 、EASM、DES
 - 界面追跡法(単ブロックのみ)/捕獲法(Level-Set)
 - 抵抗、自航(簡易プロペラモデル他)、斜航/定常旋回、姿勢変化
- 定常/非定常計算
- 静的/動的重合格子による複雑形状計算
- 波浪モデル(規則波)による波浪中、船体運動計算
- 運動モデル(既定の運動、PMM、6自由度運動)
- 格子変形+移動格子による運動計算も可能
- フルマルチグリッドの重合格子への適用

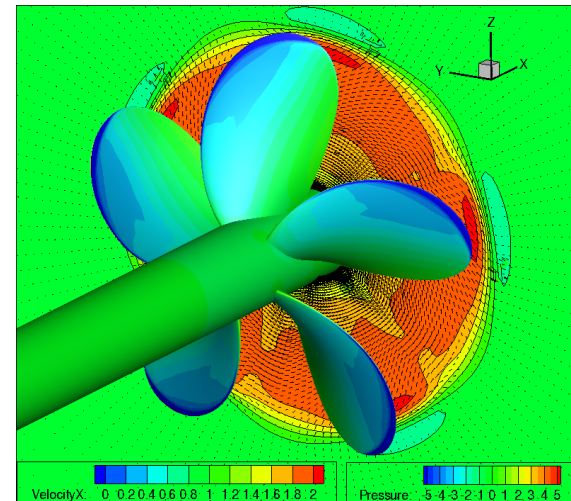
波浪モデル(規則波)

- ・ 波方向、波長、波高を入力
- ・ 波方向にあわせて、造波領域、
吸収領域を定める。

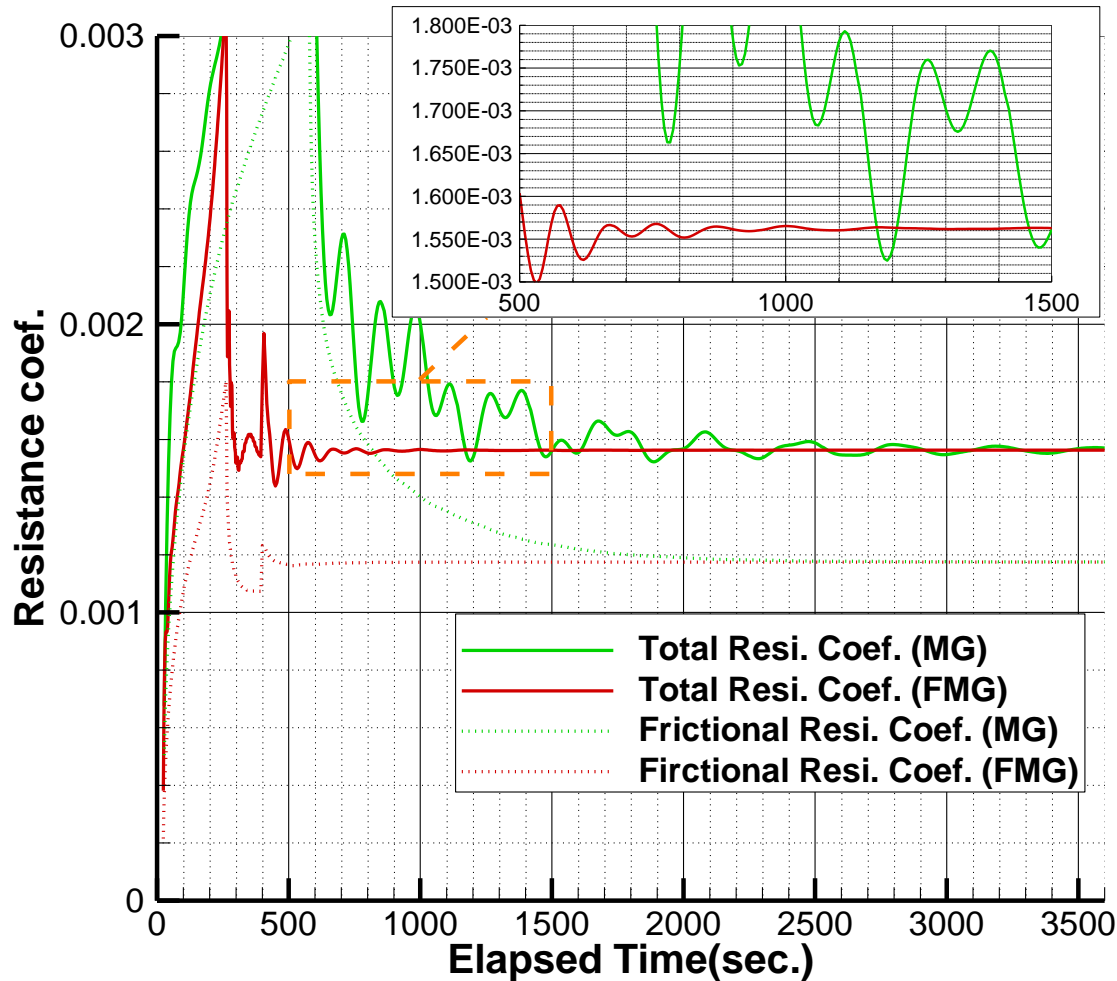


運動モデル

- ・ **既定の運動** : 6成分を全時間ステップ分
記述したファイルを予め用意する。
- ・ **主軸周りの並進、回転運動** : 軸方向の
運動の速度、回転数を入力
- ・ **PMM** : PureSway、PureYawが可能
- ・ **6自由度運動** : 運動方程式により、
各成分の運動を導出



フルマルチグリッドの効用 (二重模型流れ計算、約300万点)

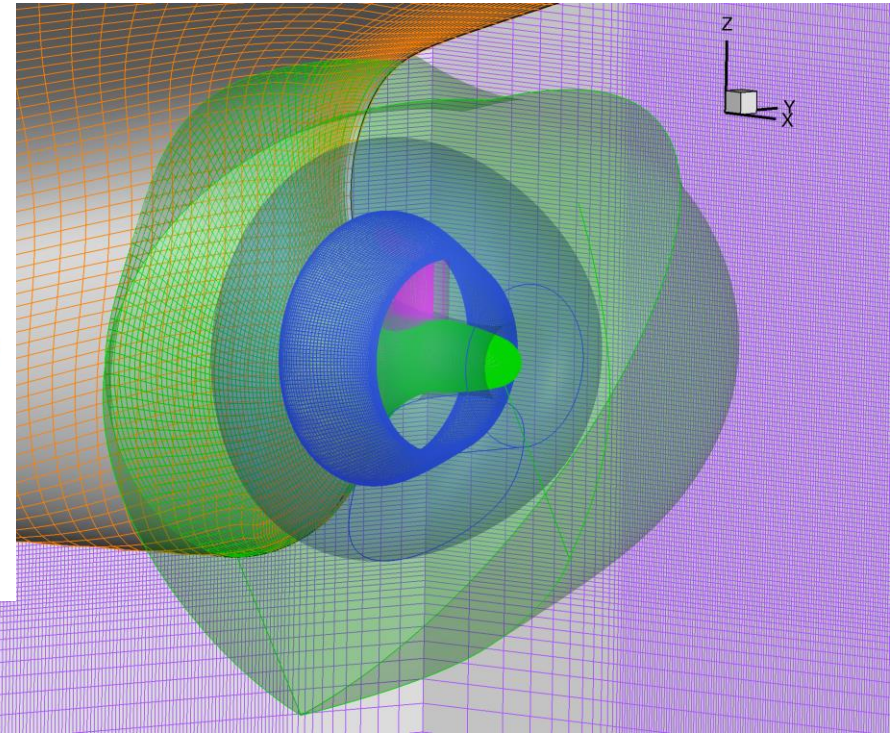
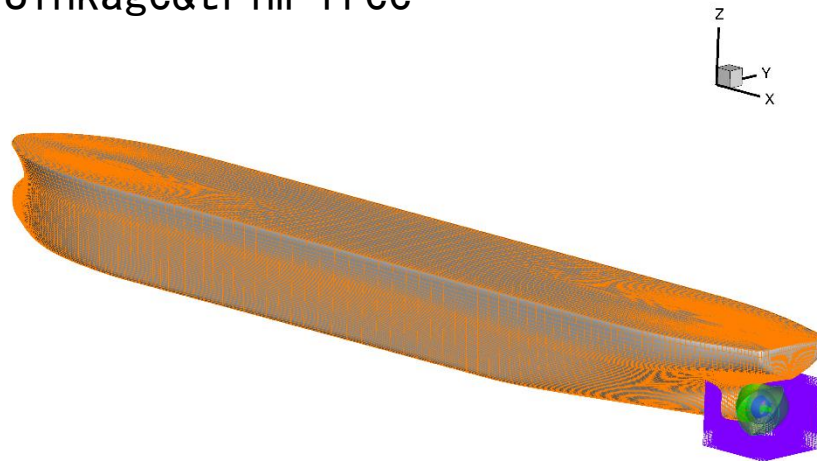


ダクト付肥大船まわりの流れ計算(1/2)



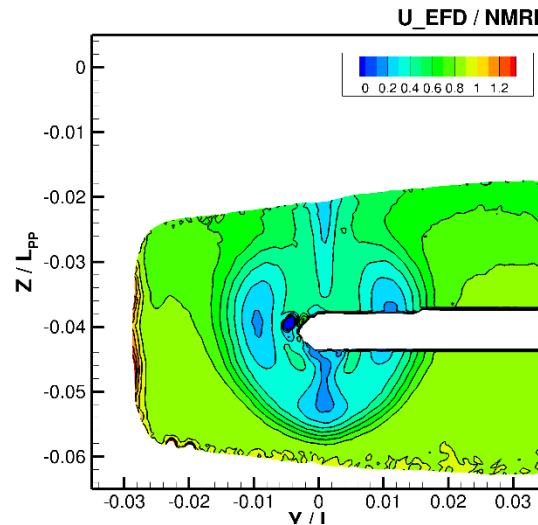
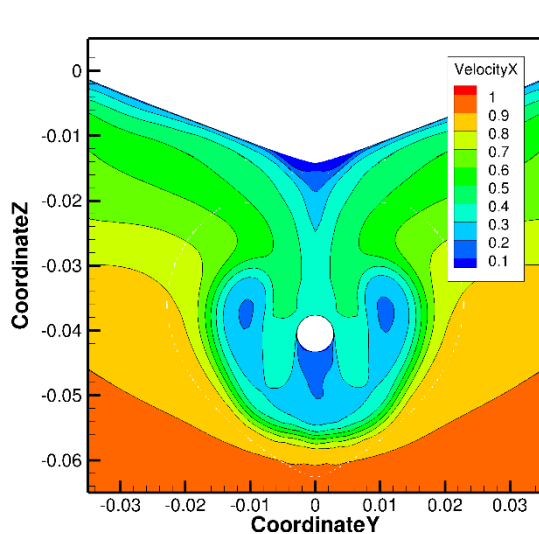
- 船型 : JBC
- $F_n = 0.142$, $Re=7.46e6$
- 乱流モデル: EASM
- 計算領域
 $-2 < x < 3.5$, $-2.5 < y < 2.5$
 $-1.56 < z < 0.241$
- Sinkage&trim free

	im-1	jm-1	km-1	Num. of Cells	Ave. min. spacing	Average y^+
strut	56	80	40	179200	3.35E-06	0.39
duct	224	112	80	2007040	8.48E-07	0.054
stern_tube	136	144	80	1566720	2.46E-06	0.185
rect	144	144	144	2985984		
hull	96	320	80	2457600	1.77E-06	0.185
rect	96	112	80	860160		

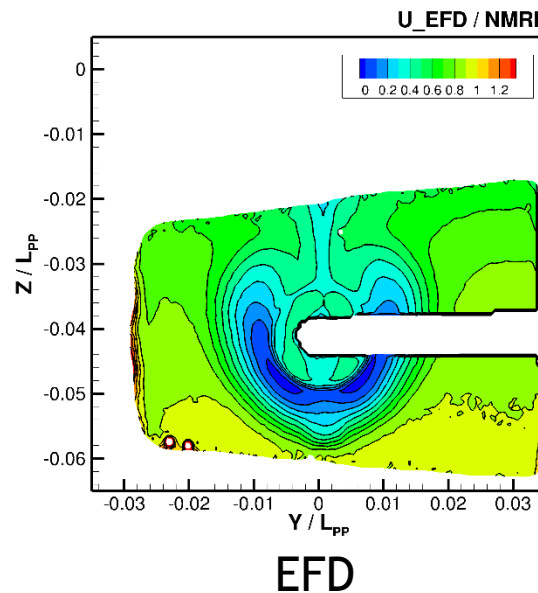
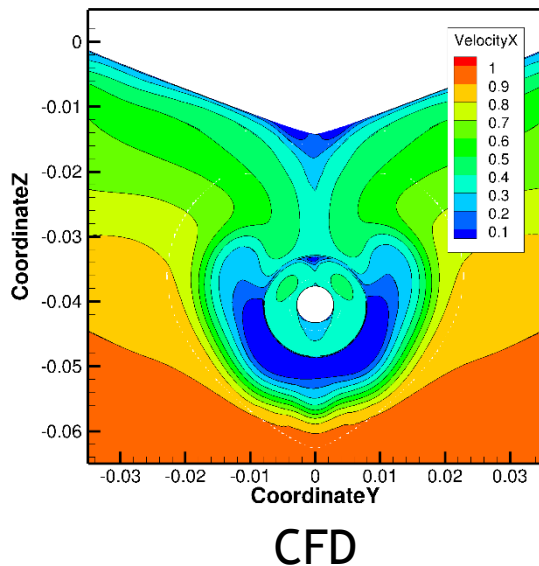


ダクト付肥大船まわりの流れ計算 (2/2)

抵抗・ダクト無し
 $X/L_{pp} = 0.9843$
 (プロペラ前方)

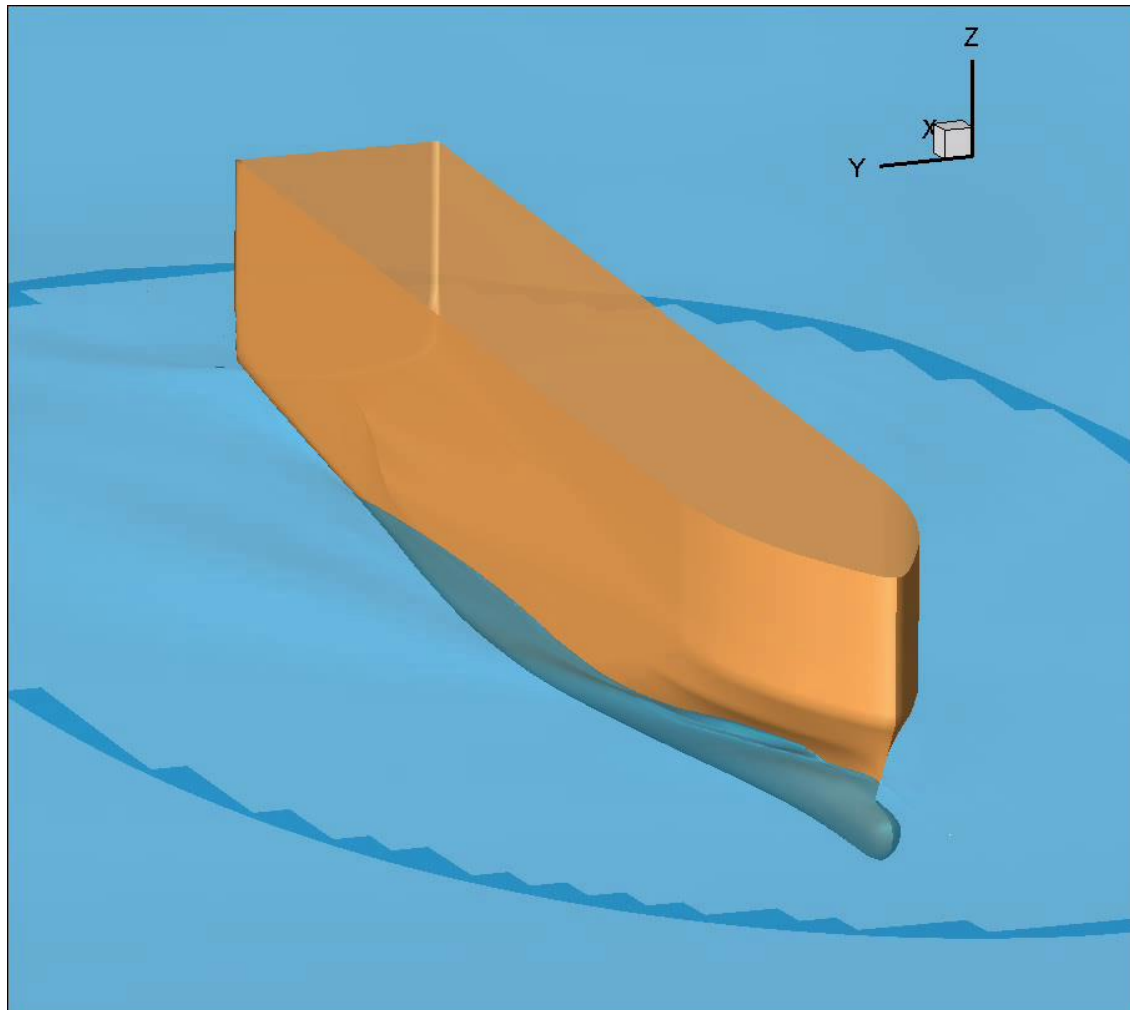


抵抗・ダクト有
 $X/L_{pp} = 0.9843$
 (ダクト後縁とプロペラ間)



向波中における船体運動計算

対象船型 : KCS、計算条件 : $F_n=0.26$, $\lambda/L=1.15$, $H_s/L=0.0203$

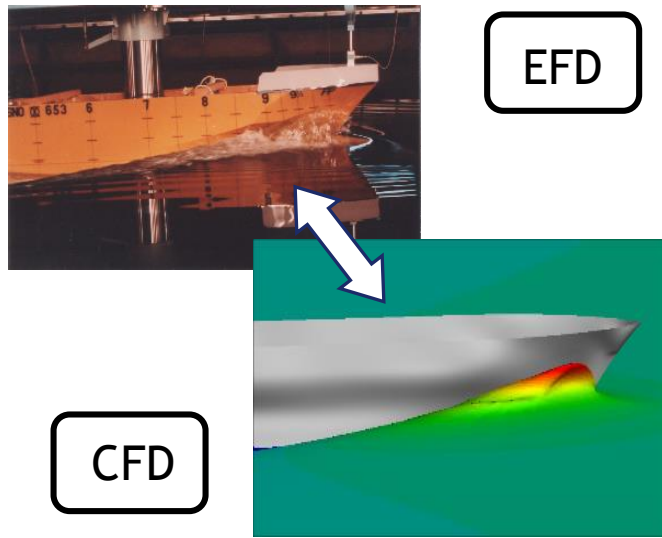


今後の研究(1/3)

1. 平水中での抵抗・推進・操縦性能計算手法の開発及び形状最適化システムの構築

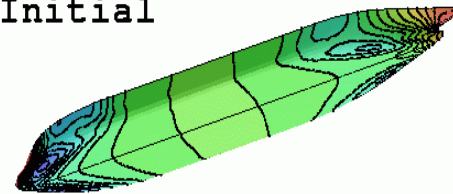
(1) 平水中での性能計算手法の開発およびその**精度向上・高速化**

(2) 船体や省エネ付加物等の**形状最適化システム**の構築

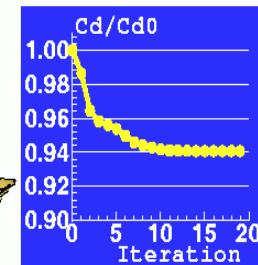
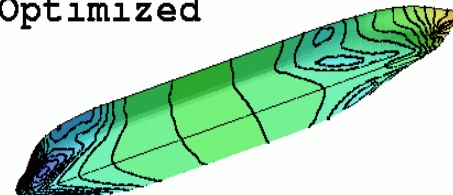


平水中シミュレータ

Initial



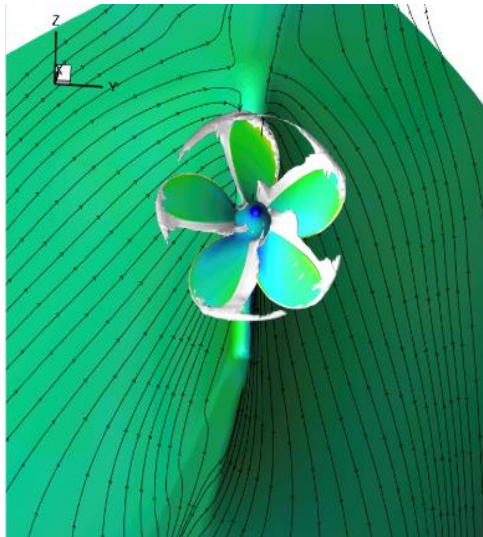
Optimized



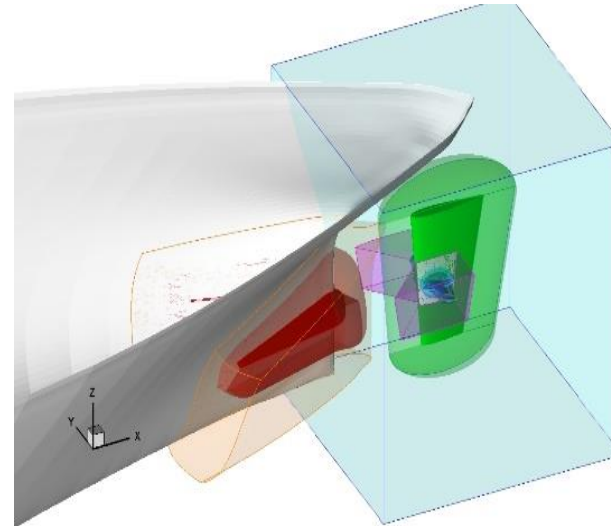
形状最適化

2. 実プロペラモデルを用いたハイブリッド型省エネデバイス (ESD)の性能シミュレーションへのCFDコードの拡張

- (1) 船舶まわりのマルチスケール流れに対する計算手法の開発
- (2) 実プロペラモデルを用いたハイブリッド型ESDの性能計算手法の開発



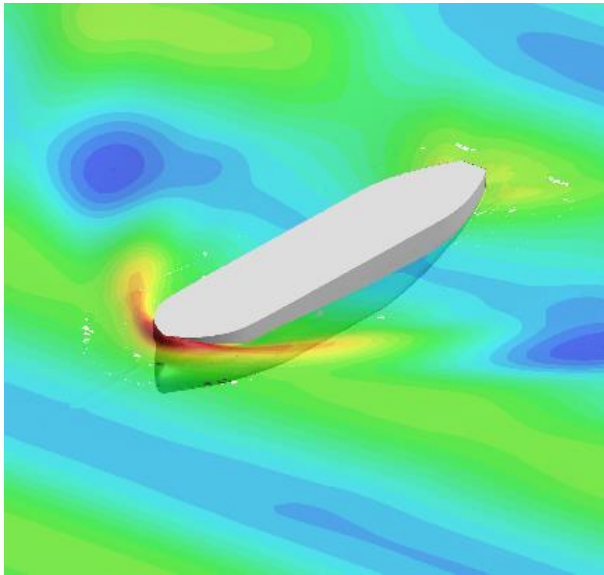
実プロペラシミュレータ



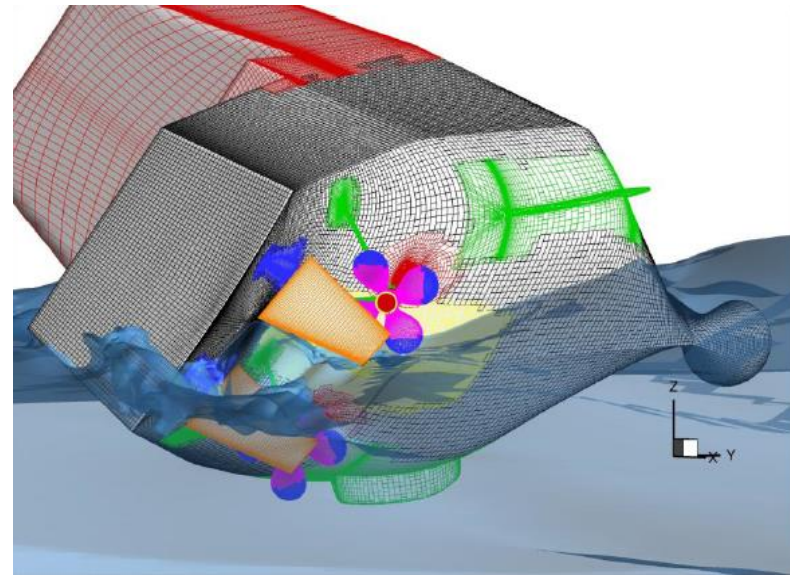
ハイブリッドESDシミュレータ

3. 波浪中での諸問題に対するCFDコードの拡張

- (1) 波浪中での抵抗・推進・操縦性能計算手法の開発
- (2) 荒天下における大振幅動揺計算手法の開発



波浪中シミュレータ



荒天下シミュレータ

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ソフトウェアについて開発現状を紹介した。

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. 部分貫入するような複雑な形状に対しても、計算が可能になってきた。また、NSソルバーも波浪中の船体運動計算や動的重合格子にも対応できるようになるとともに、フルマルチグリッド等による計算の高速化も進んできた。
3. 今後の研究として掲げた3本の柱に沿って、研究を進めていく予定である。