

次世代CFDコードNAGISAの開発



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

海技研の現行CFDソフトウェア

格子生成ソフト：H-O, O-Oトポロジー

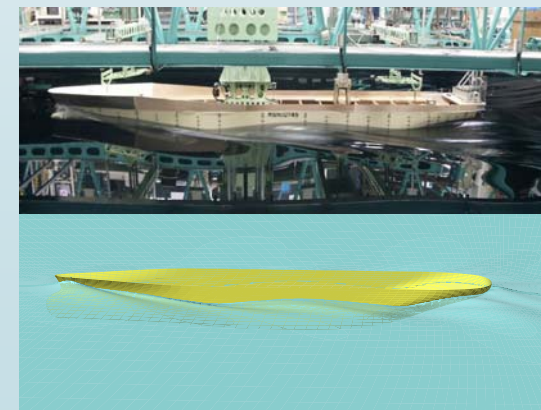
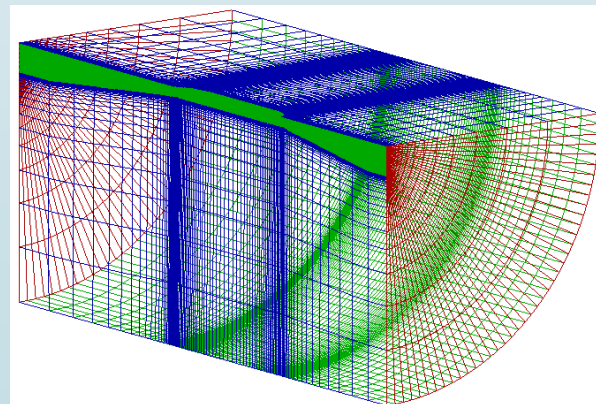
HullDes：構造格子生成ソフト

AutoDes：構造格子生成ソフト+船型変形&最適化

NSソルバー：抵抗、自航、斜航、旋回、姿勢変化の計算機能

NEPTUNE：構造格子によるNSソルバー

SURF：非構造格子によるNSソルバー

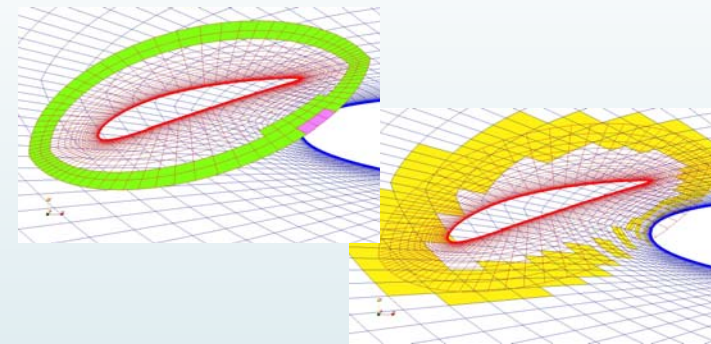


海技研の新しいCFDソフトウェア

複雑形状物体周り計算に適した重合格子法

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

G-TOOL : 初期検討に適したシステム

UP_GRID : 詳細検討に適したシステム

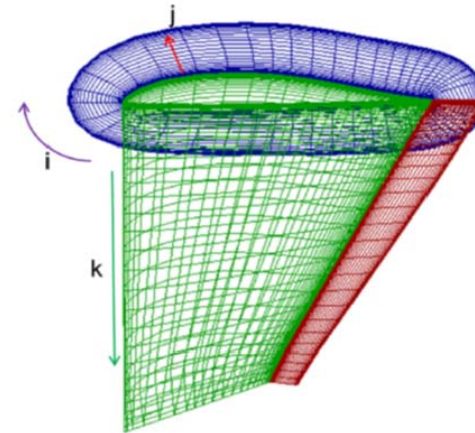
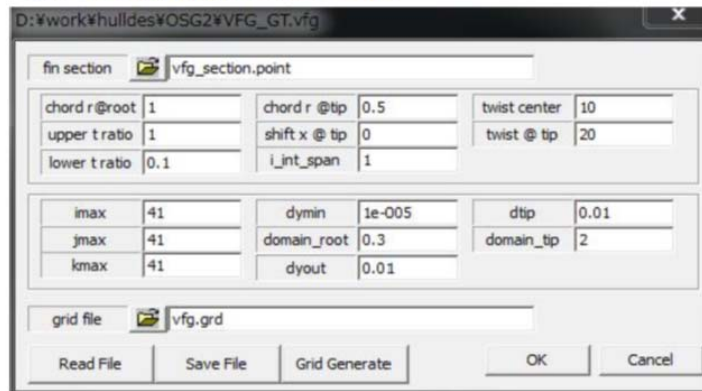
重合格子を用いた構造格子によるNSソルバー

NAGISA : 抵抗、自航、斜航、姿勢変化の計算機能
操縦・運動・耐航性能

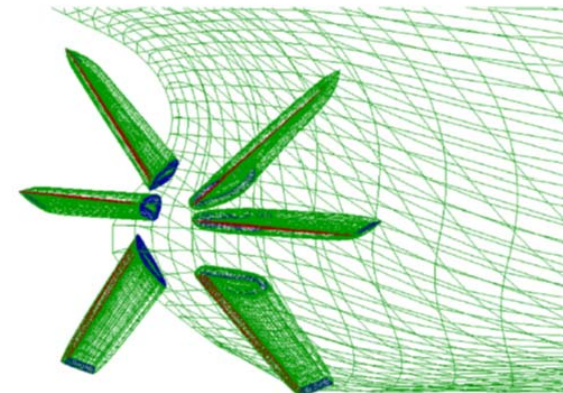
G-TOOL

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

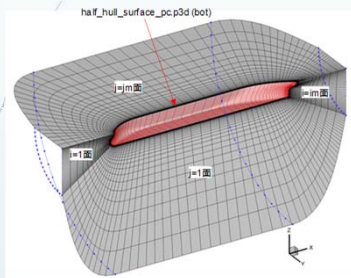


②船体との重合

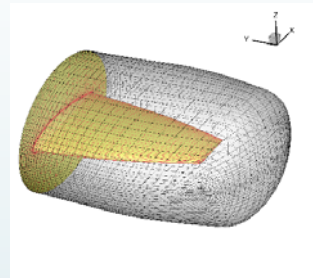


UP_GRID (1/2)

1. 格子の生成 (UP_WING)

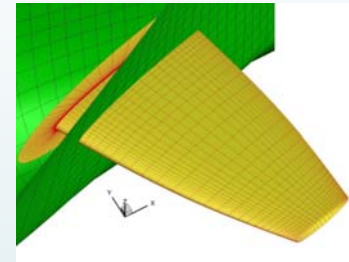


船体周り格子生成

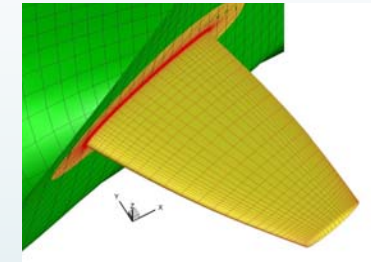


フィン周り格子生成

2. 格子の移動、変形、トリミング等 (UP_MOD)

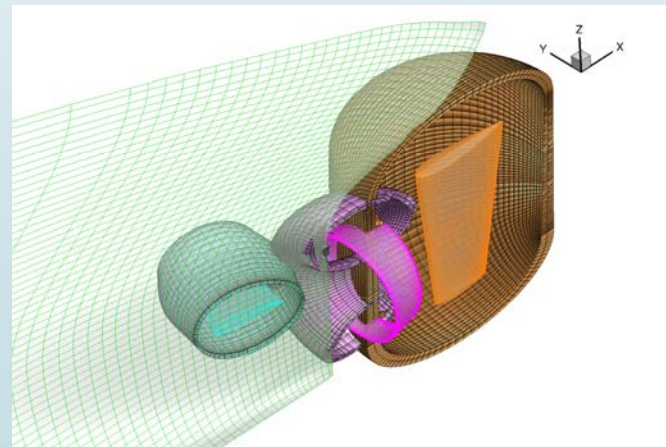


トリミング前



トリミング後

3. 重合情報 (格子間の補間情報) の生成 (UP_OVS)



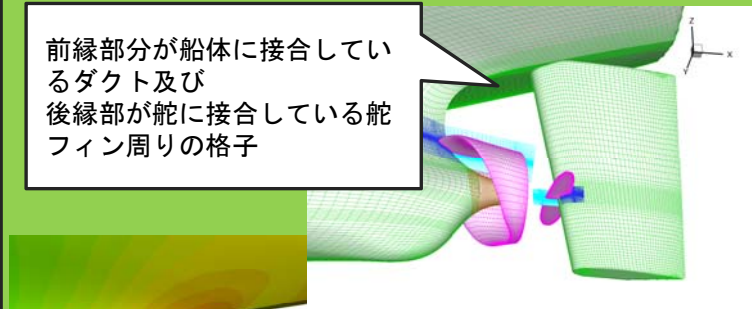
船尾フィン、船尾ダクト、舵周りの格子のReceptor Cells(右舷側)表示例

UP_GRID (2/2)

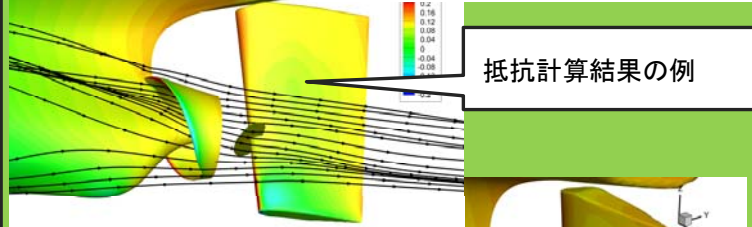
H型トポロジーの導入

新しい構造格子のトポロジー導入により、部分的に接合する付加物にも適用範囲が拡大

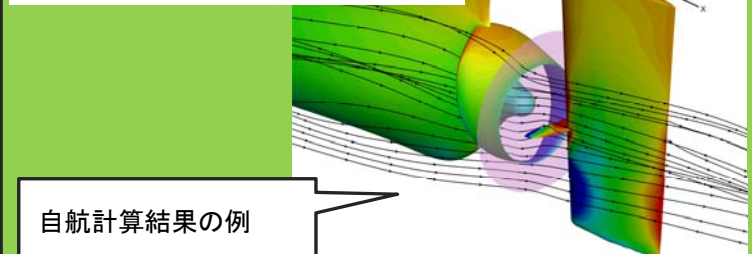
前縁部分が船体に接合しているダクト及び後縁部が舵に接合している舵フィン周りの格子



抵抗計算結果の例

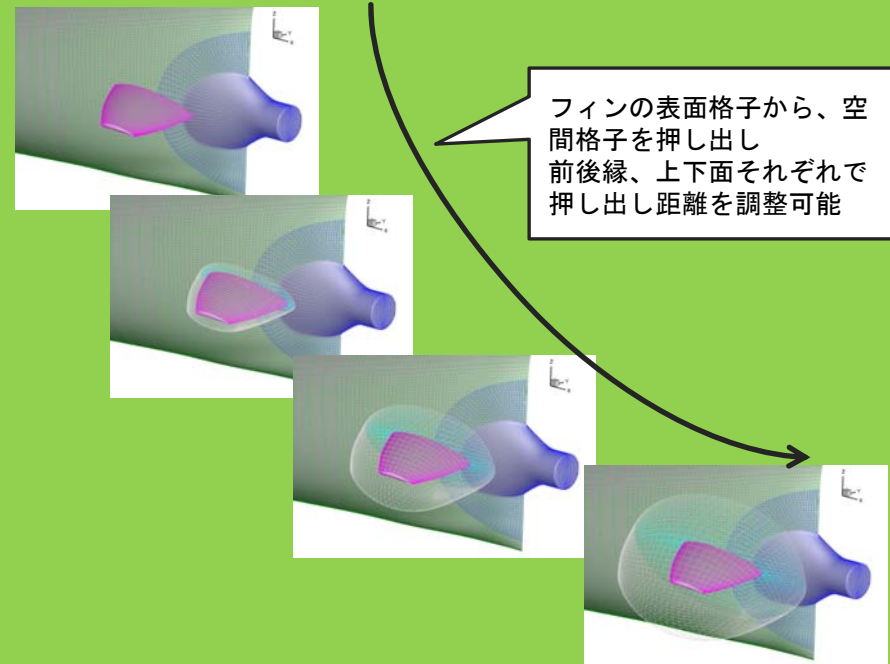


自航計算結果の例



押し出し法による格子生成

- 従前では付加物周りの格子生成時に、外周境界の形状も定義する必要があった
- 押し出す際に、他物体との接合面(下のfinではシアン色)は自動的に他物体表面(下では船体表面)上を滑るように押し出される
- 物体表面格子だけ生成すれば、空間格子は取付場所に合わせて生成され、高品質な付加物周りの格子を少ない労力で生成可能



NAGISA

概要

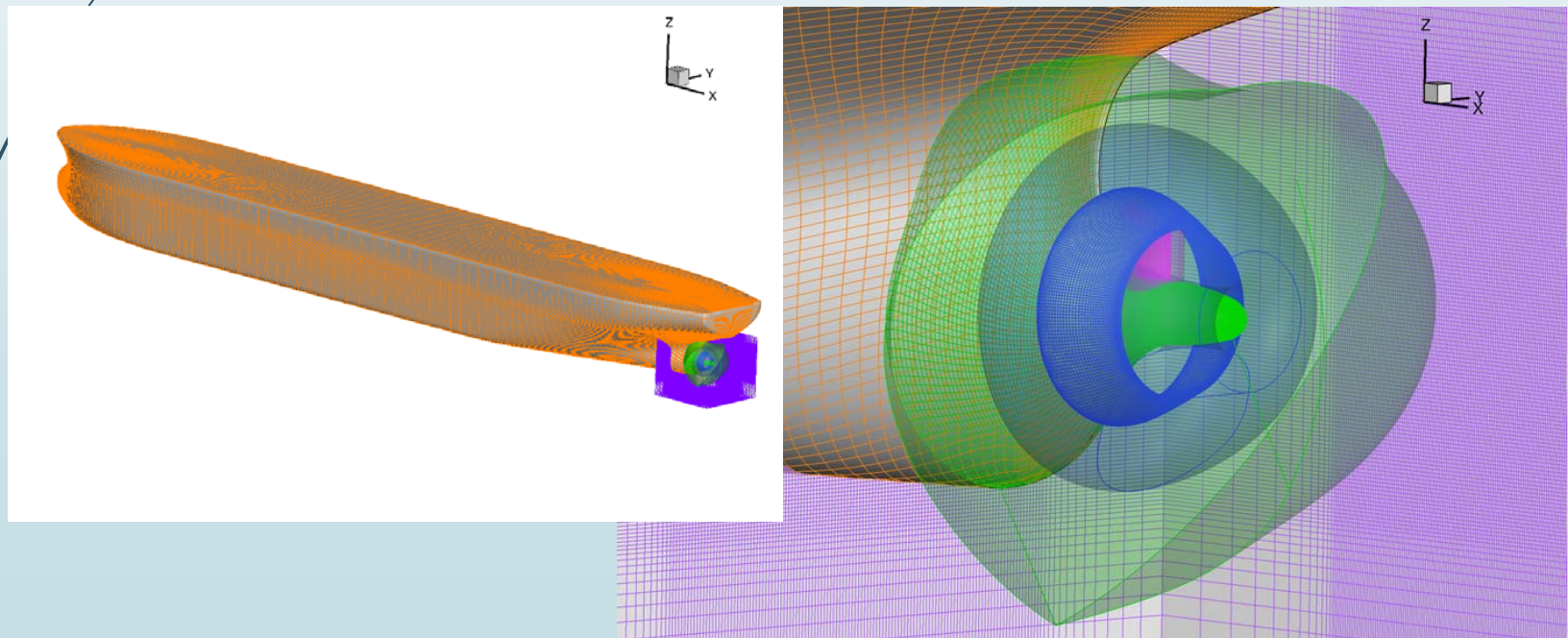
- 基本的なNS解法はNEPTUNEに準拠
 - 擬似圧縮性、有限体積法、Roe法+MUSCL (3次)
 - 乱流モデル : SA、MSA、 $k-\omega$ 、EASM、DES (DDES)
 - 界面追跡法 (単ブロックのみ) / 捕獲法 (Level-Set)
 - 抵抗、自航 (簡易プロペラモデル他)、斜航/定常旋回、姿勢変化
- 定常/非定常計算 (dual time stepping)
- 静的/動的重合格子による複雑形状計算
- 波浪モデル (規則波) による波浪中、船体運動計算、PMMモード
- 運動モデル (既定の運動、PMM、6自由度運動)
- 格子変形+移動格子によ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

抵抗・推進性能

ダクト付肥大船まわりの流れ計算(1/4)

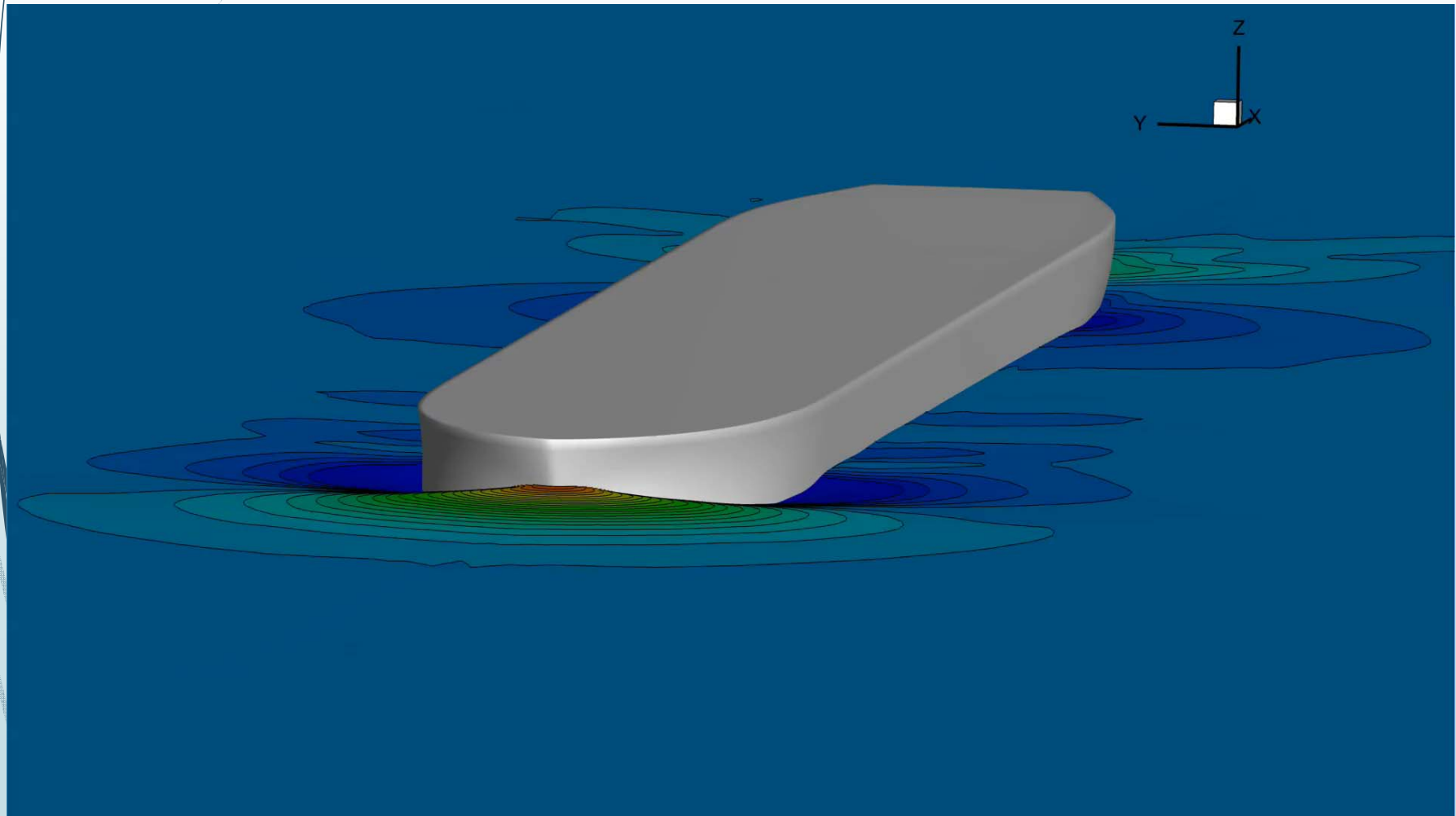
- 船型 : JBC
- $F_n = 0.142$, $Re = 7.46e6$
- 乱流モデル: EASM
- 計算領域
 $-2 < x < 3.5$, $-2.5 < y < 2.5$
 $-1.56 < z < 0.241$
- Sinkage & trim free

	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		



抵抗・推進性能

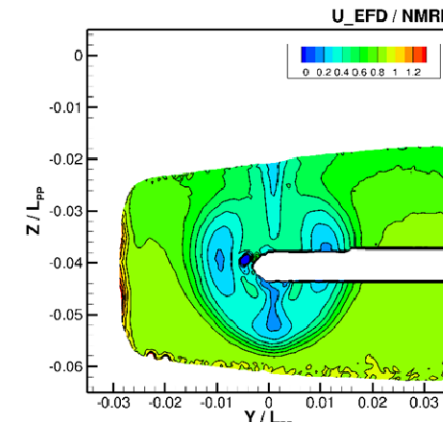
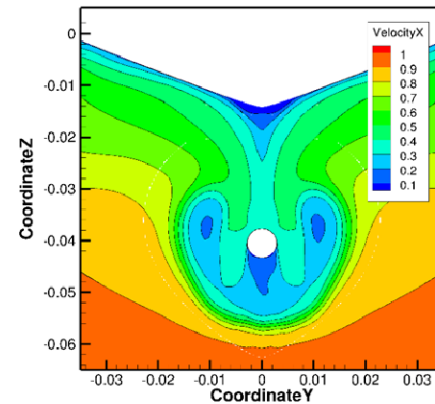
ダクト付肥大船まわりの流れ計算(2/4)



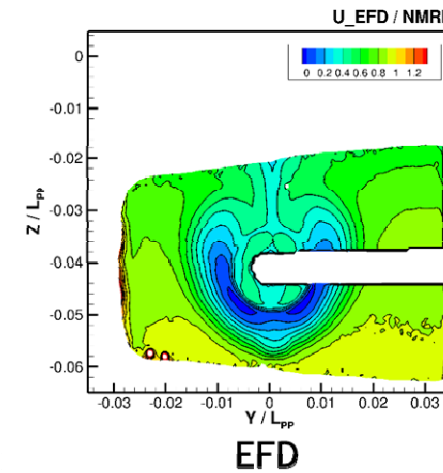
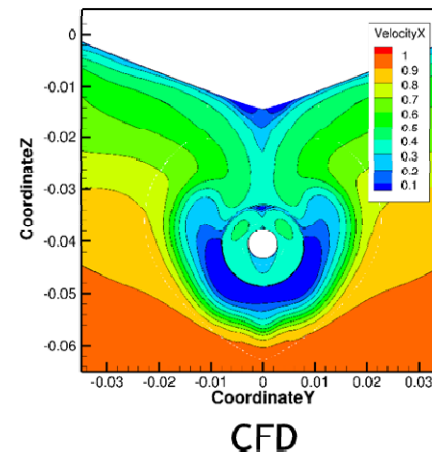
抵抗・推進性能

ダクト付肥大船まわりの流れ計算(3/4)

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)



抵抗・推進性能

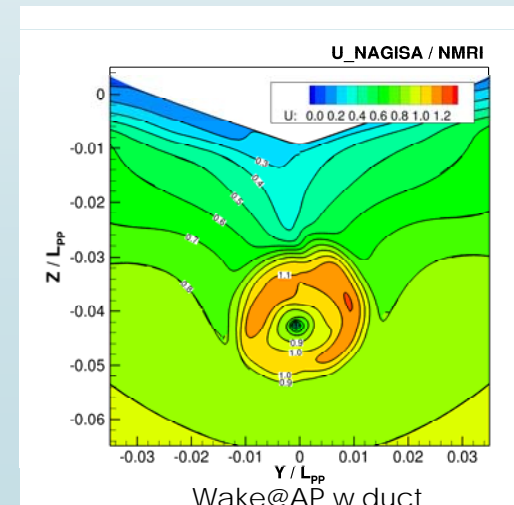
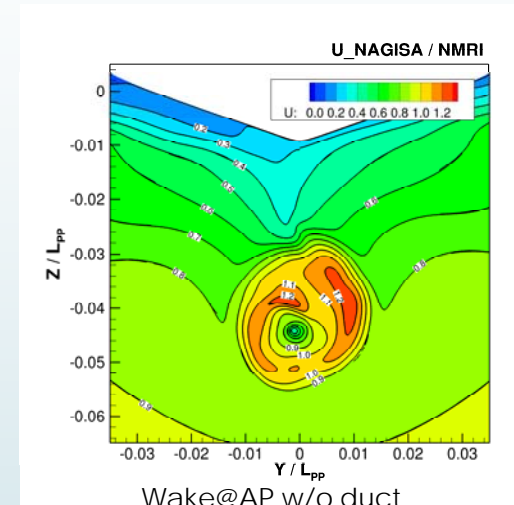
ダクト付肥大船まわりの流れ計算(4/4)

Table 1.5a-1: V&V study for JBC self propulsion w/o ESD, $Re = 7.46 \times 10^6$, $Fr = 0.142$

Parameters		EFD (D)	V&V Study		
			Coarse	Medium	Fine
$C_T \times 10^3$	Value	4.811	5.257	4.720	4.922
	E%D		-9.26	1.90	-2.31
$C_F \times 10^3$	Value		3.134	3.096	3.211
	E%D				
$C_P \times 10^3$	Value		2.122	1.624	1.711
	E%D				
K_T	Value	0.217	0.244	0.238	0.233
	E%D		-12.38	-9.80	-7.52
K_Q	Value	0.0279	0.0315	0.0310	0.0293
	E%D		-12.91	-11.25	-5.09
n (rps)	Value	7.8	7.83	7.18	7.56
	E%D		-0.45	7.90	3.13

Table 1.6a-1: V&V study for JBC self propulsion with ESD, $Re = 7.46 \times 10^6$, $Fr = 0.142$

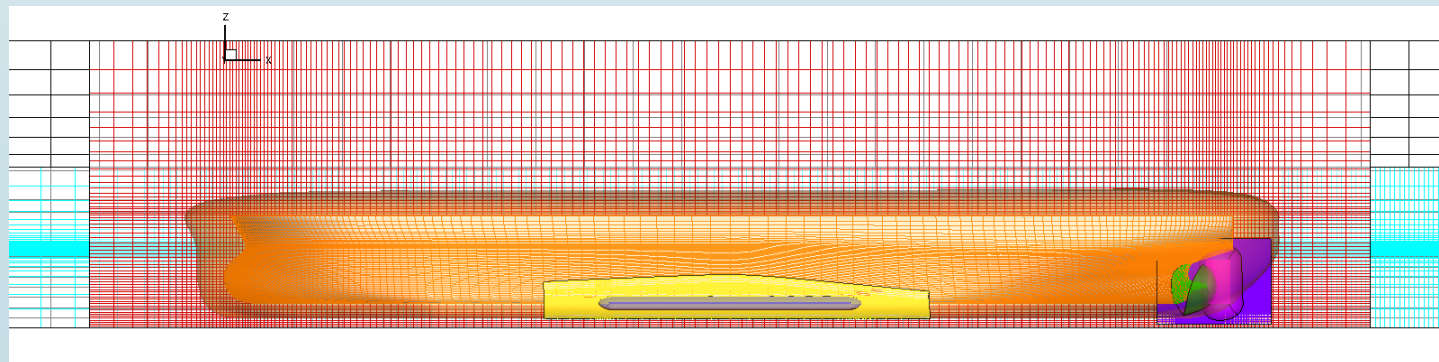
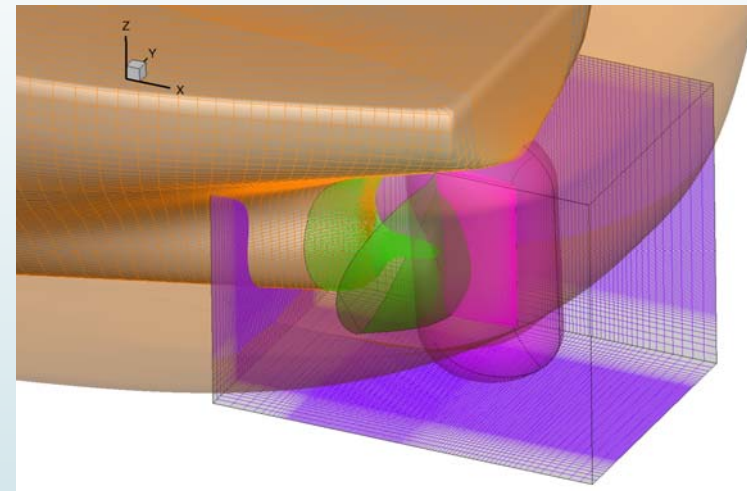
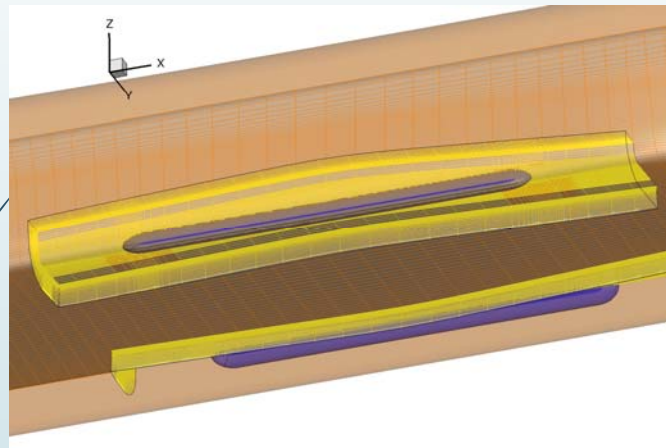
Parameters		EFD (D)	V&V Study		
			Coarse	Medium	Fine
$C_T \times 10^3$	Value	4.762	5.194	4.687	4.893
	E%D		-9.08	1.57	-2.76
$C_F \times 10^3$	Value		3.136	3.095	3.214
	E%D				
$C_P \times 10^3$	Value		2.059	1.592	1.680
	E%D				
K_T	Value	0.233	0.247	0.241	0.240
	E%D		-6.05	-3.28	-3.05
K_Q	Value	0.0295	0.0315	0.0300	0.0300
	E%D		-6.81	-1.60	-1.76
n (rps)	Value	7.5	7.74	7.13	7.44
	E%D		-3.19	4.87	0.76



抵抗・推進性能

浅水域における肥大船まわりの流れ計算(1/3)

対象船型：JBC、計算条件： $Fn=0.142$, $Rn=4.6mil.$, $H/d=1.42$ -

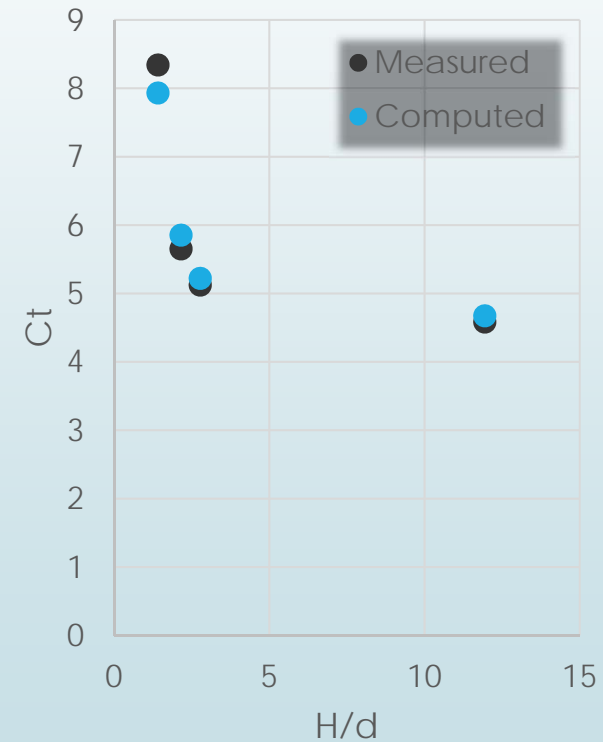


抵抗・推進性能

浅水域における肥大船まわりの流れ計算(2/3)

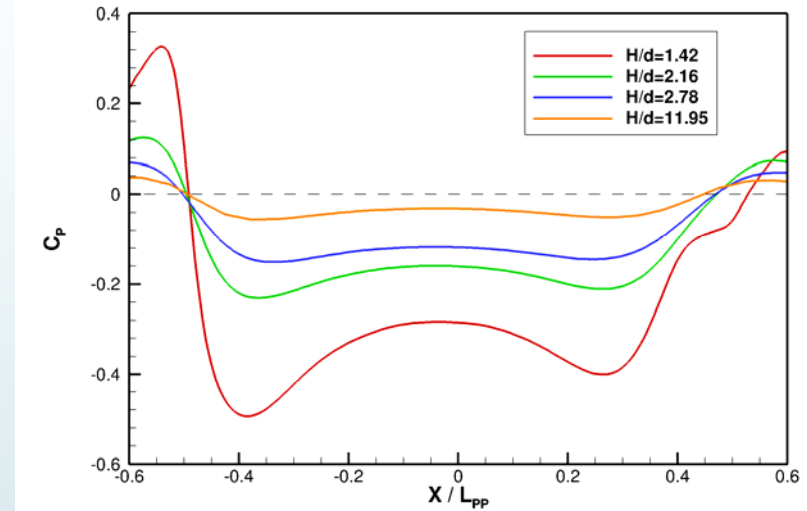
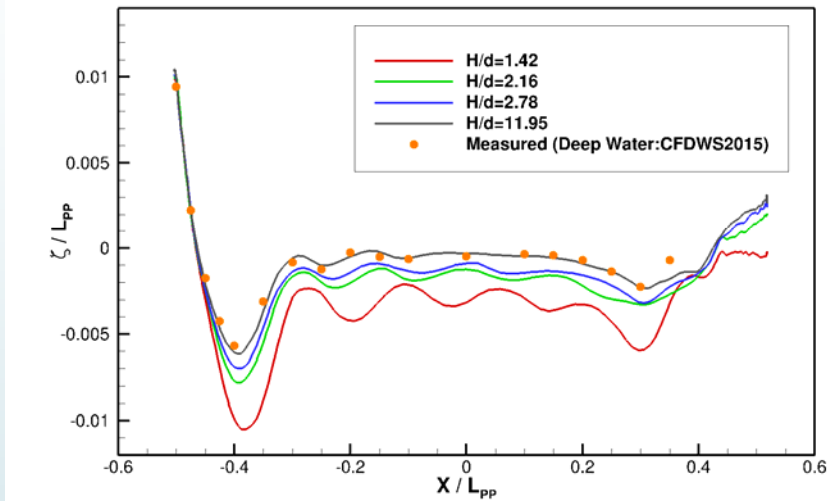
全抵抗係数 $C_t \times 10^3$

Case	H/d	Measured	Computed
Shallow1	1.42	8.34	7.93
Shallow2	2.16	5.65	5.85
Shallow3	2.78	5.12	5.22
Deep	11.95	4.58	4.67

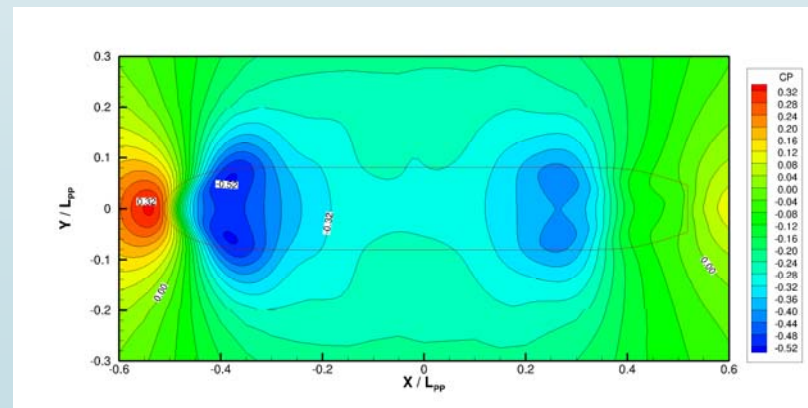


抵抗・推進性能

浅水域における肥大船まわりの流れ計算(3/3)



船側波形（左図）、水槽底の圧力分布（右図）

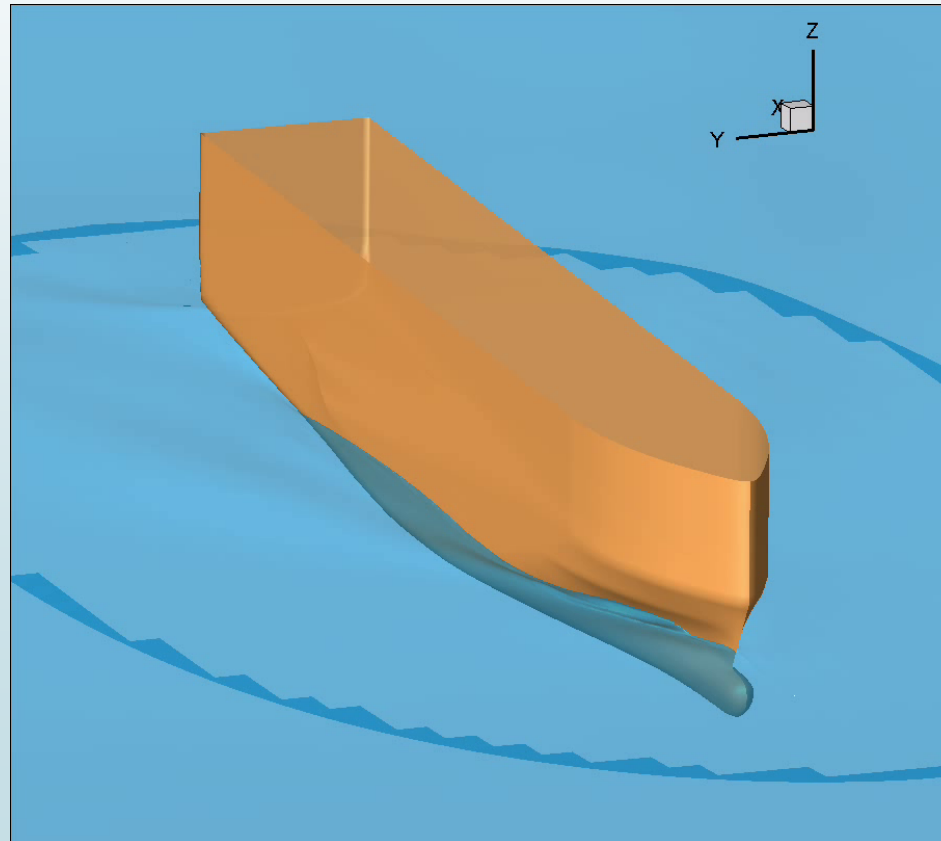


水槽底の圧力分布 (H/d=1.42)

波浪中性能

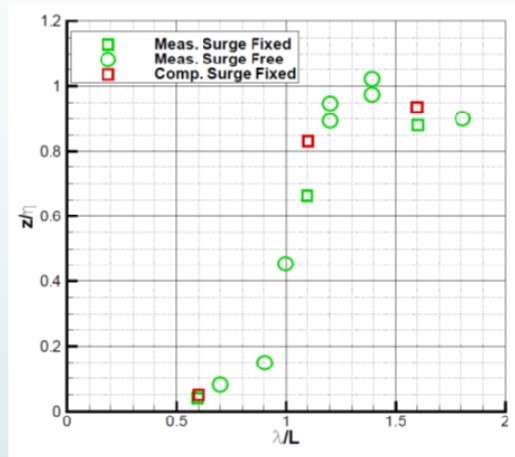
向い波中における船体運動計算(1/2)

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

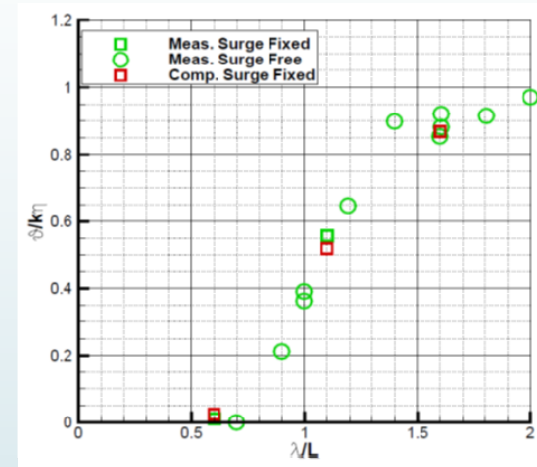


波浪中性能

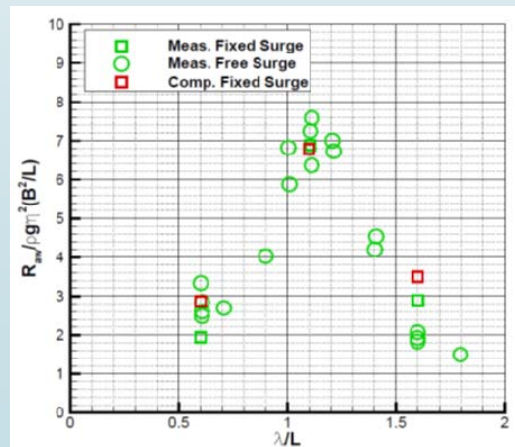
向い波中における船体運動計算(2/2)



上下揺れ



前後揺れ

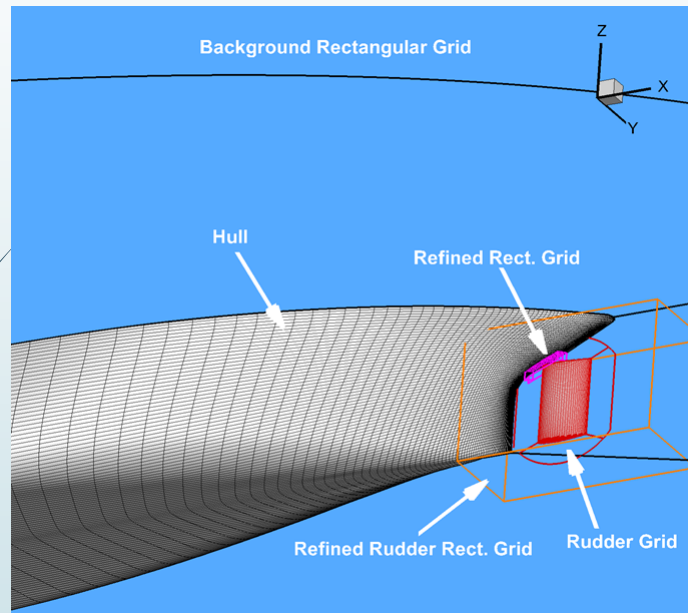


抵抗増加



操縦性能

Z操舵シミュレーション(1/2)

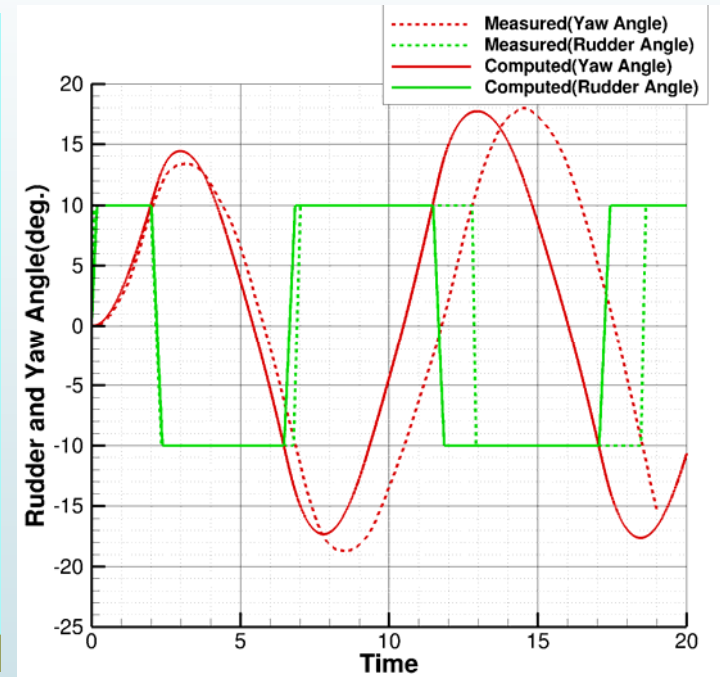
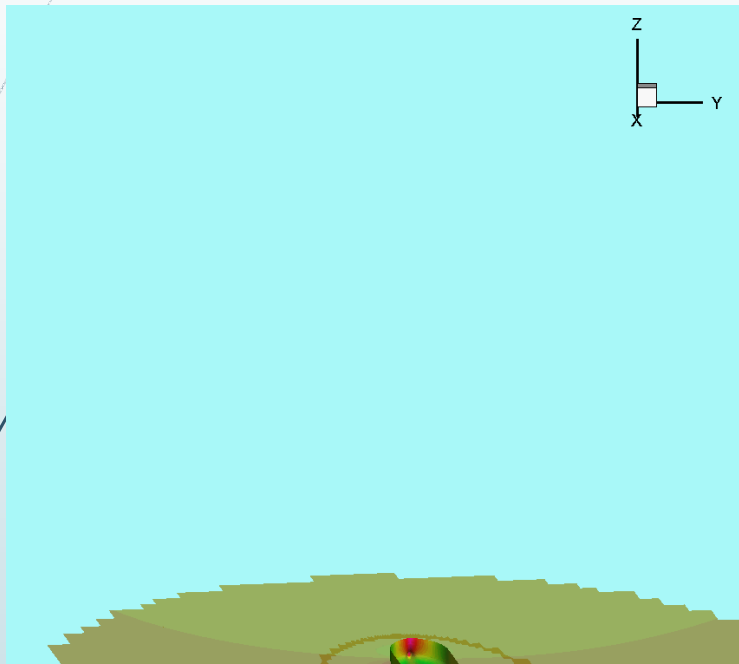


- タンカー船型(ESSO OSAKA)
- 3m模型相当
- 乱流モデル k- ω SSTモデル
- プロペラモデル 簡易プロペラモデル
- 10度-10度 Z操舵シミュレーション
- 無次元時間刻み 0.01
- 移動格子法
- 動的重合格子手法(UP_GRID)

Grid	IM x JM x KM
Refined Rect.	97 x 105 x 25
Rudder	69 x 89 x 65
Refined Rudder Rect.	45 x 33 x 45
Hull	193 x 129 x 45
Background Rect.	125 x 97 x 41

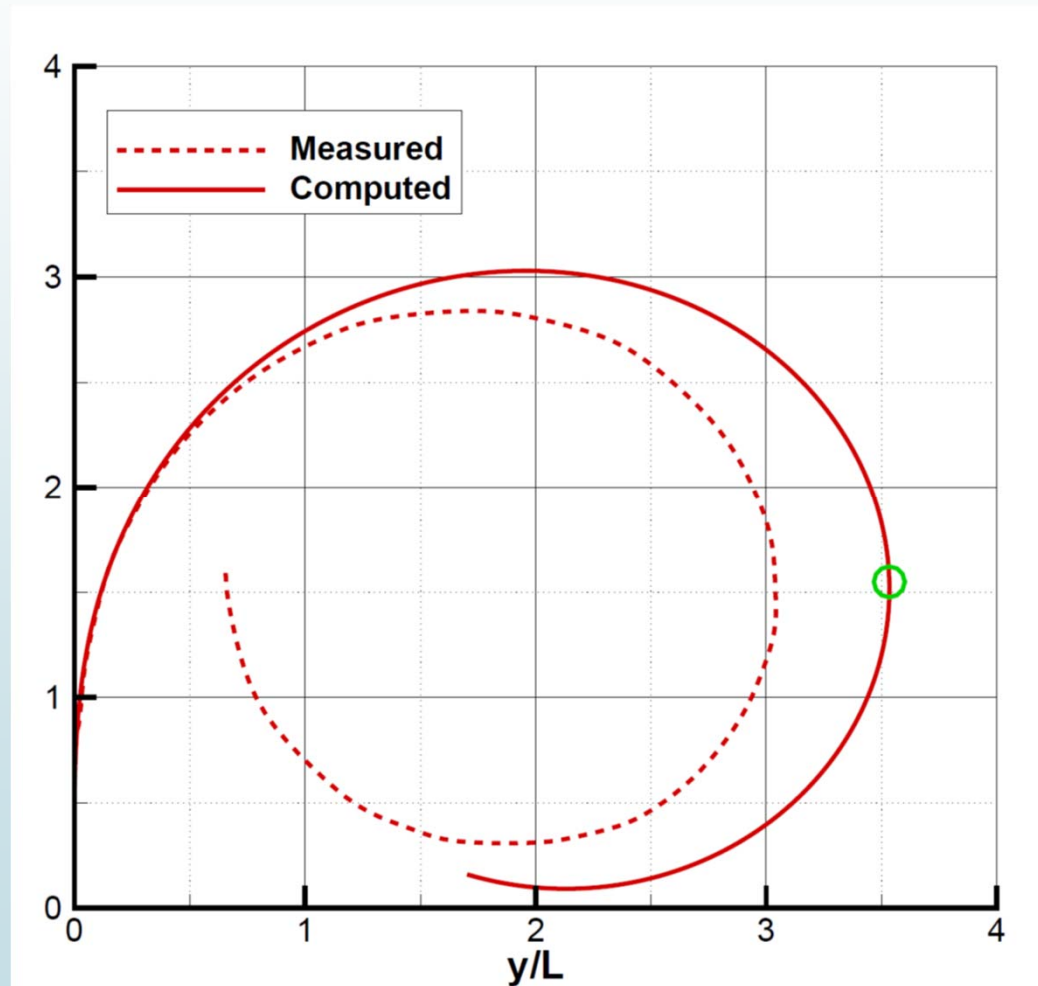
操縦性能

Z操舵シミュレーション(2/2)



操縦性能

旋回試験



結言

- ▶ 今回紹介した次世代CFDコードを、現行コードとともに正式にリリースした。
 - ・次世代CFDコード (G-TOOL, UP_GRID, NAGISA)
 - ・現行CFDコード (HullDes, AutoDes, NEPTUNE, SURF)
- ▶ 今後、以下の研究を進め、船用CFD技術の高度化を図る。
 - ・平水中・波浪中のフリーラン、実船スケール対応
 - ・キャビテーション計算手法の開発
 - ・風圧抵抗評価手法の確立
 - ・船体や省エネデバイスの形状最適化システムの構築
 - ・荒天下における大振幅動揺計算手法の開発