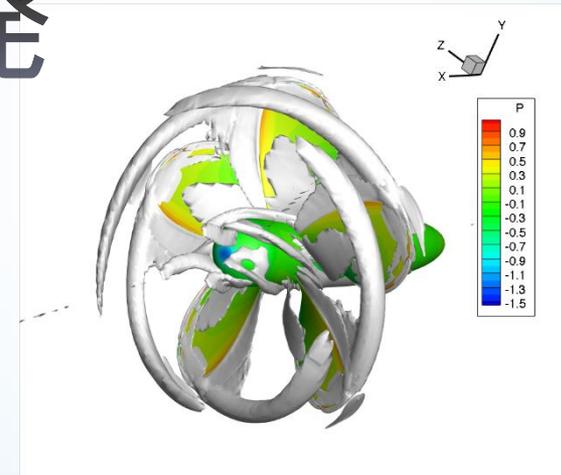


実海域省エネ性能評価の ための重合格子法を用いた 次世代CFDの開発



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、荒木元輝

1. 実海域シミュレーション

- ・ 波浪中の船体運動計算(プロペラ影響あり・なし)

2. 各種省エネデバイスの最適化

- ・ SBDシステムの構築+形状最適化

3. 実船スケールの船尾流れ計算

- ・ 舵直圧力の尺度影響

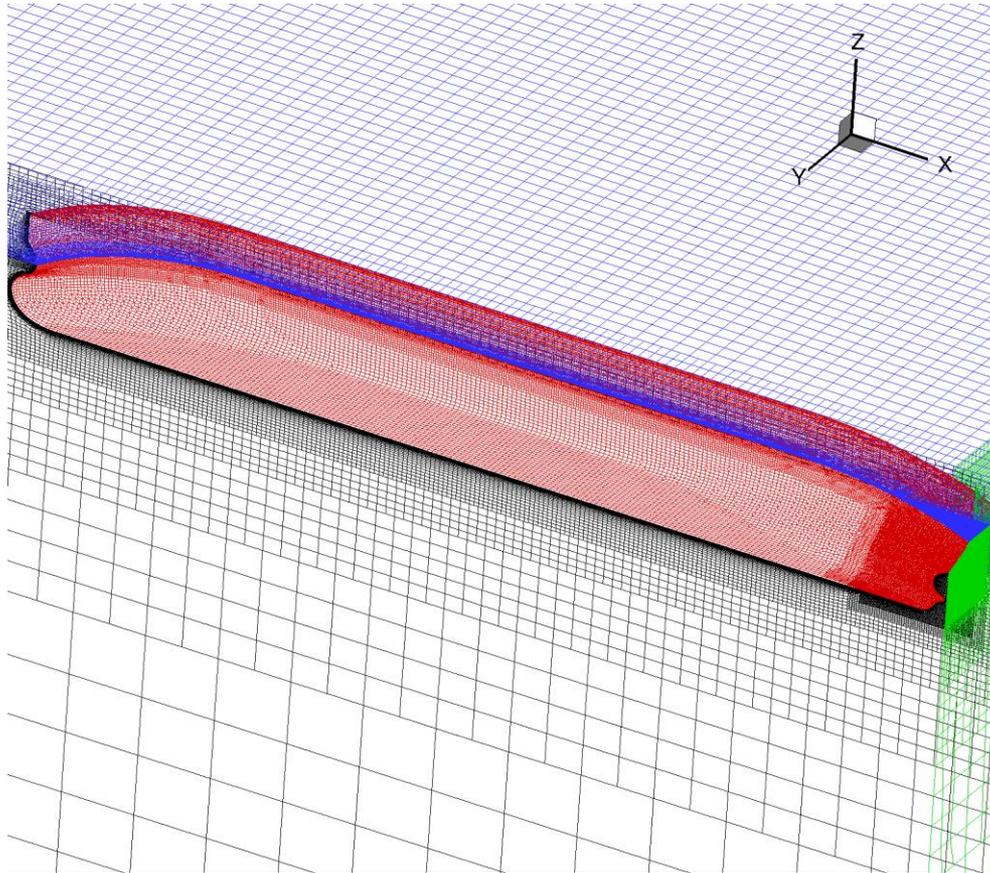
4. 実プロペラ計算

- ・ プロペラ単独性能試験
- ・ 自航試験

5. Tokyo2015 (CFDWS)

- ・ 新船型/テストケース

波浪中計算(プロペラ影響あり・なし)



対象船型 : KVLCC2船型

格子点数 : 約820万点

レイノルズ数 : $2.55e6$

フルード数 : 0.142

向波規則波中 :

(吸収造波方法)

$\lambda/L=0.6, 1.1, 1.6$

$H_w/L=0.01875$

2自由度運動計算

(ピッチ、ヒーブ)

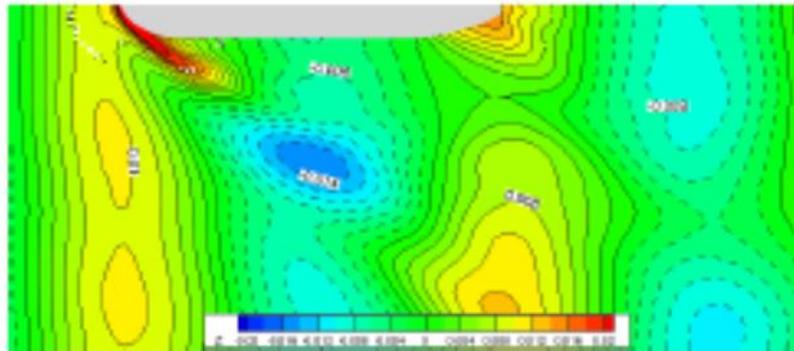
プロペラ影響あり :

平水中モデルポイント

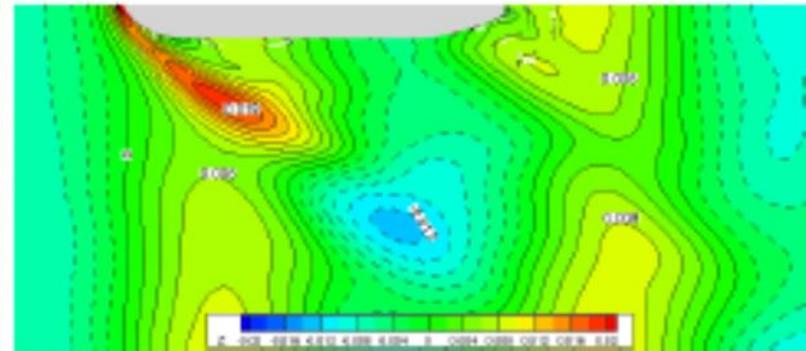
(簡易プロペラ理論)

乱流モデル : EASM

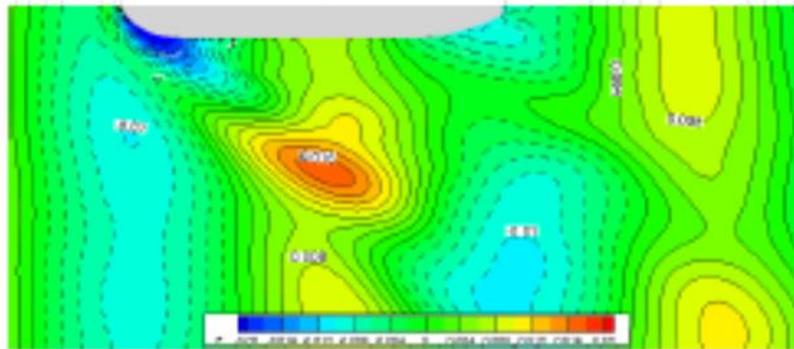
波浪場計算 ($\lambda / L = 1.1$ 、 $\Delta Z = 0.002$)



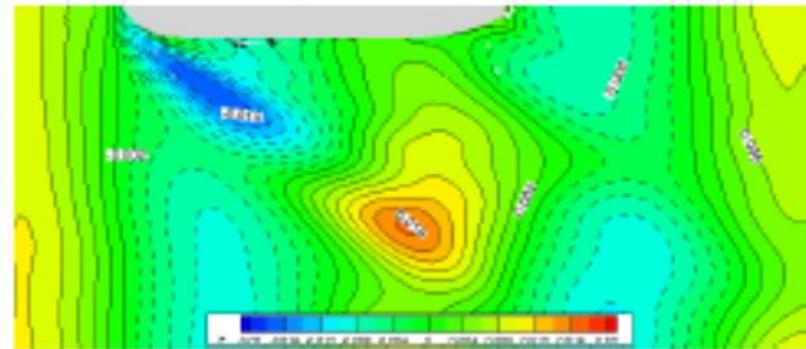
$t/T_e = 0$



$t/T_e = 1/4$



$t/T_e = 1/2$



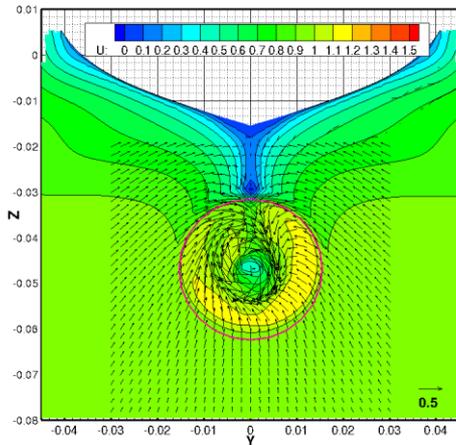
$t/T_e = 3/4$

波浪中の船体運動(プロペラ影響なし、 $\lambda/L=1.1$)

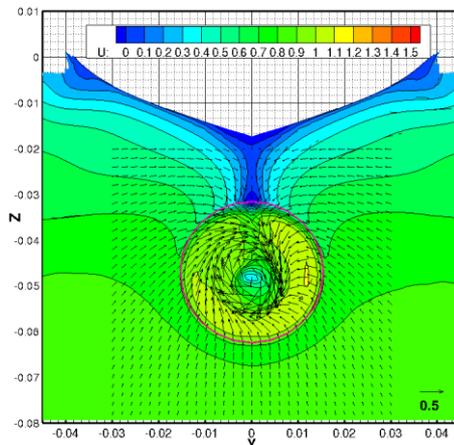


波浪中計算 (プロペラ影響あり、 $\lambda/L=0.6$)

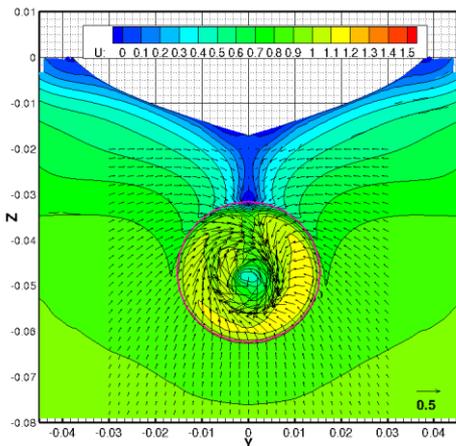
$t/Te = 0$



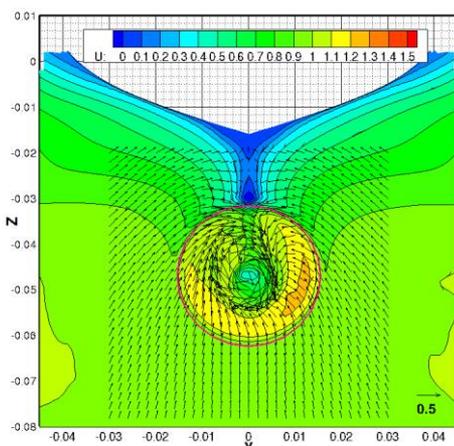
$t/Te = 1/4$



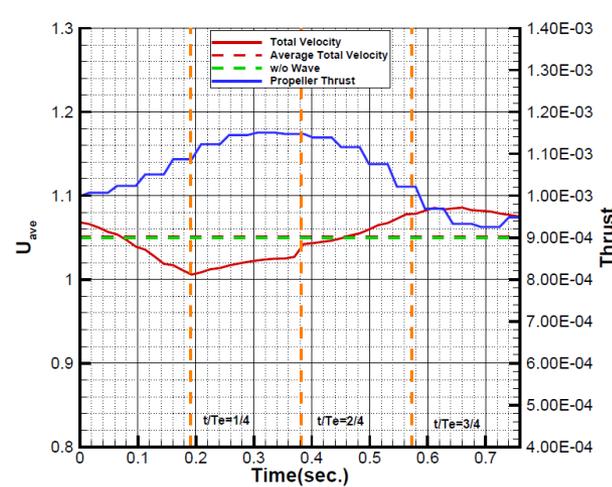
$t/Te = 1/2$



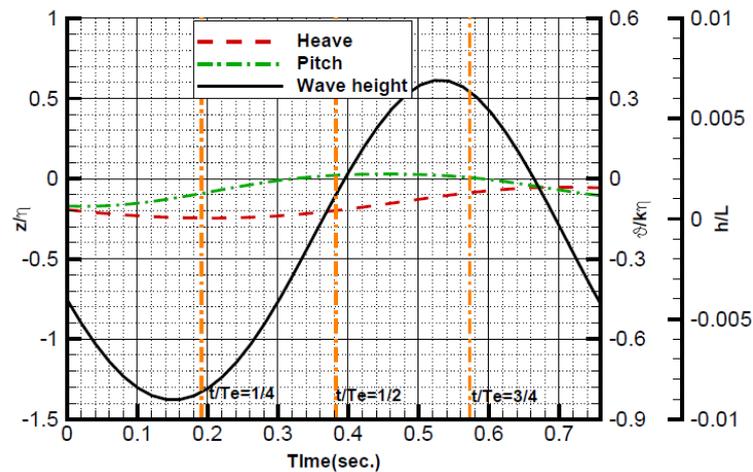
$t/Te = 3/4$



Total velocity distribution

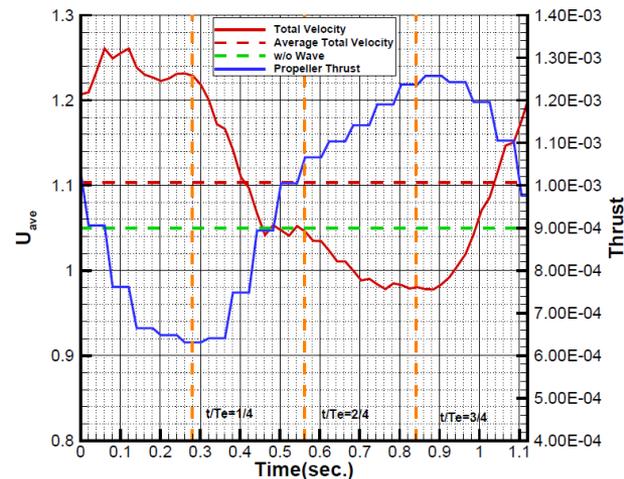
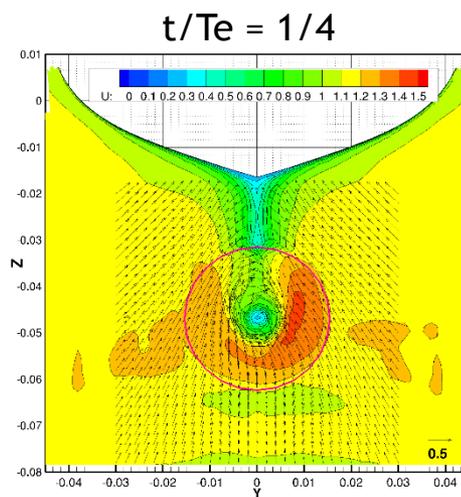
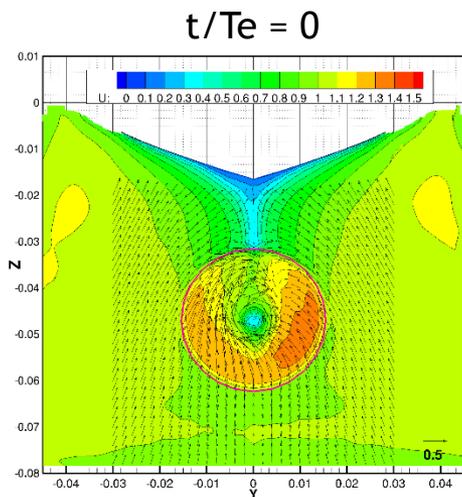


Averaged total velocity

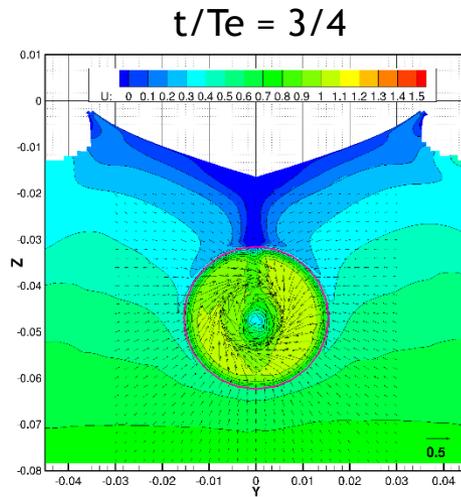
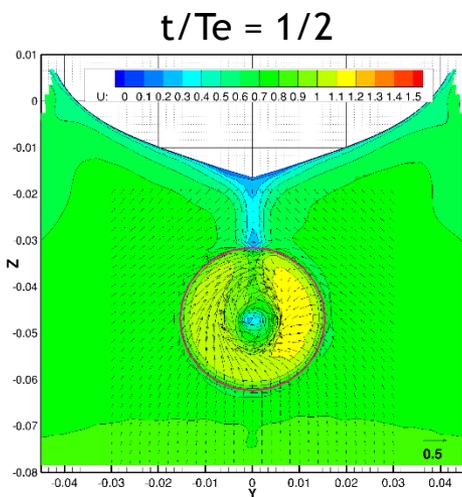


Wave height and motions

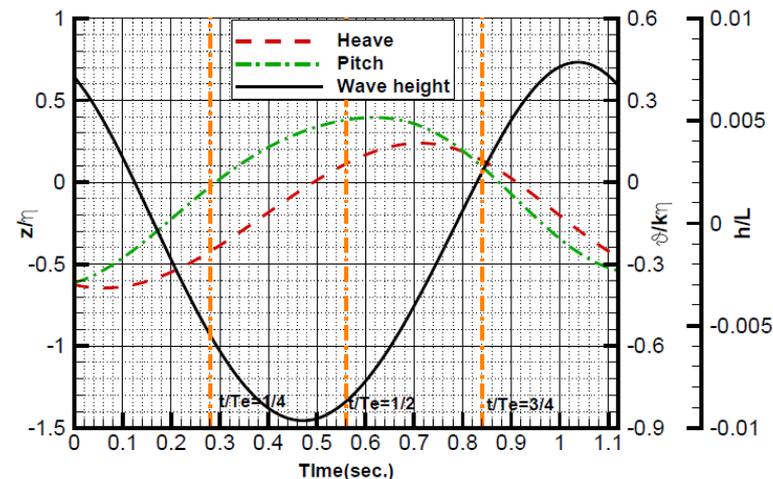
波浪中計算 (プロペラ影響あり、 $\lambda/L=1.1$)



Averaged total velocity



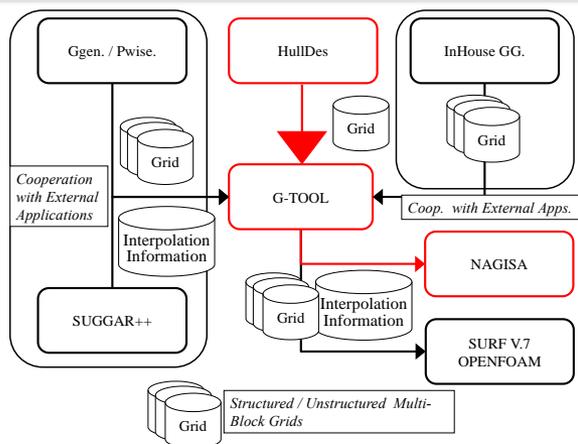
Total velocity distribution



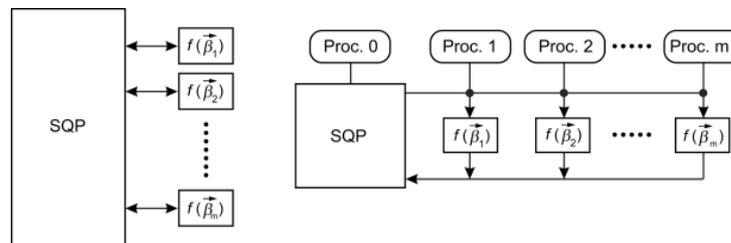
Wave height and motions

重合格子技術と非線形最適化理論の導入による CFD援用最適省エネルギーデバイス設計法

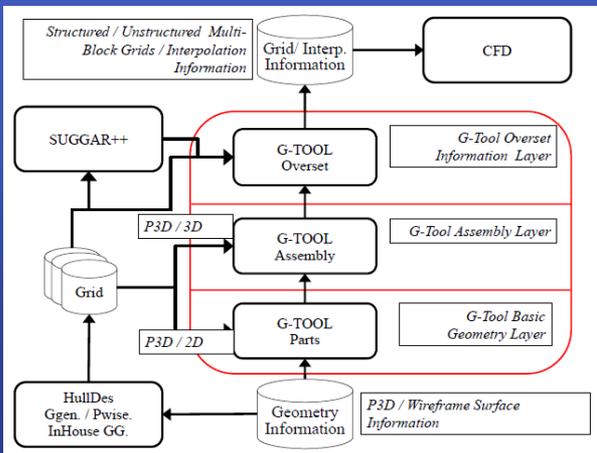
Interface between G-TOOL and outer components:
meshing / CFD / other software tools



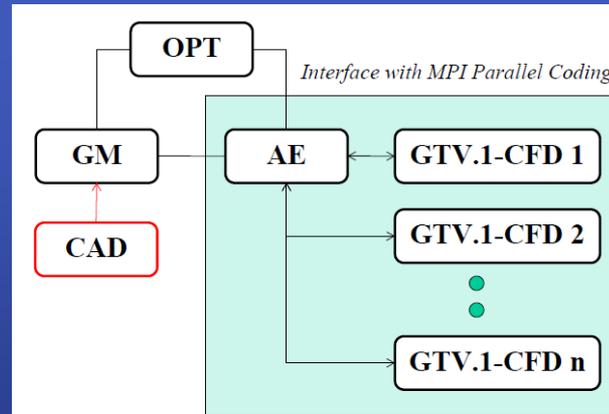
Comparison of serial and parallel computation architectures for SQP algorithm:
(Left) serial architecture, (right) parallel architecture



Three layer structure of G-TOOL



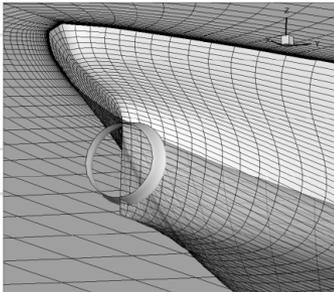
Overview of the present automatic optimization method based on MPI parallel coding architecture

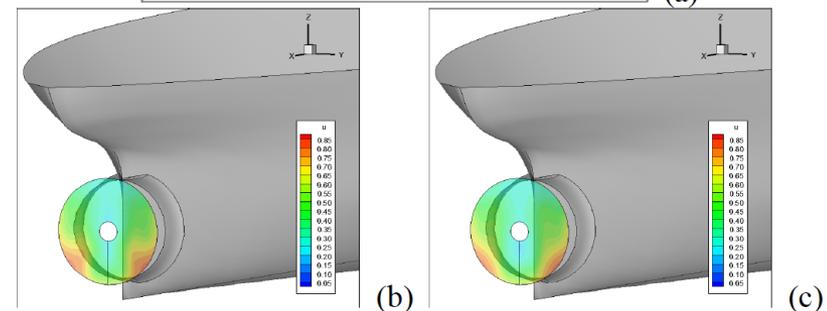
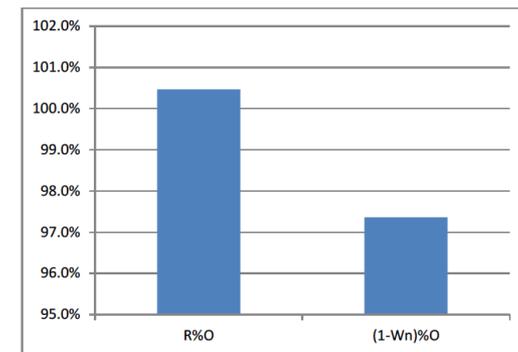


AE - Asynchronous parallel evaluator
GM - Geometry modeler
OPT - Optimizer

省エネデバイスの最適化例(1)

Stern Duct optimization Finds optimal duct chord length distribution

Test case	Objective Function
Ryukomaru with ESD: Stern Duct - Find optimal fin attack angles	Minimize: $F=(1-w_n)$ at $Re=10^7$. Comp. by NAGISA V.β
Design vars.	
Duct chord length distribution by two parameter control.	
Constraints	
Chord length no less than 50%O, no more than 100%O.	

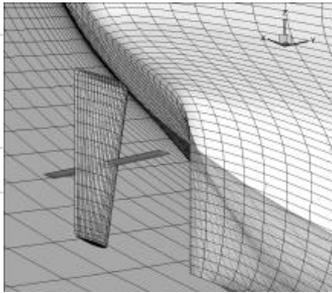


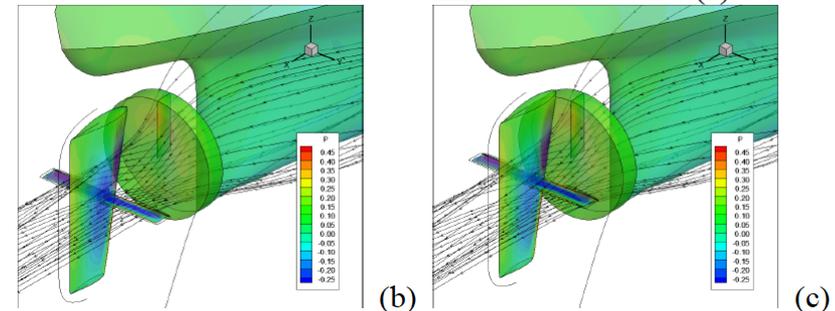
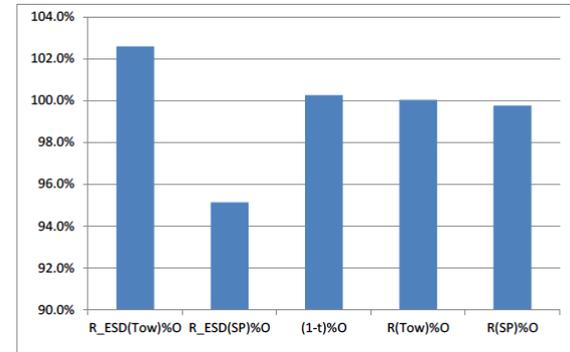
Original

Optimised

省エネデバイスの最適化例(2)

Rudder fin optimization
Finds optimal rudder fin attack angles

Test case	Objective Function
Ryukomaru with rudder and ESD: Rudder Fin	Minimize: R_T for model point self prop. condition at $Re=10^7$. Comp. by SURF V.7
Design vars.	
Fin attack angles by two parameter control.	
Constraints	
Maximum angles no more than 10 degs.	

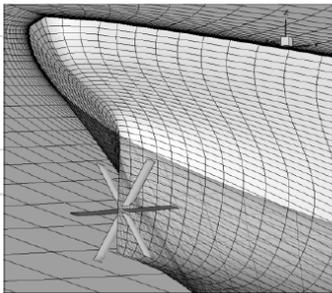


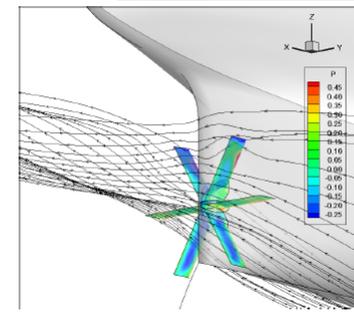
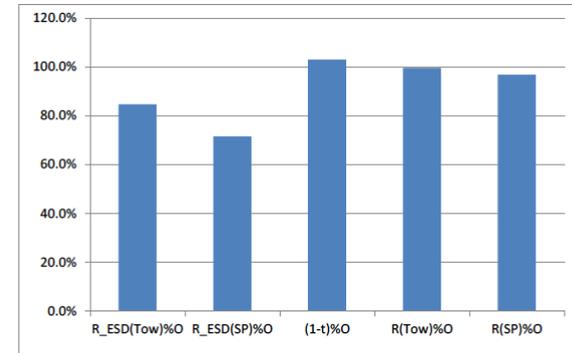
Original

Optimised

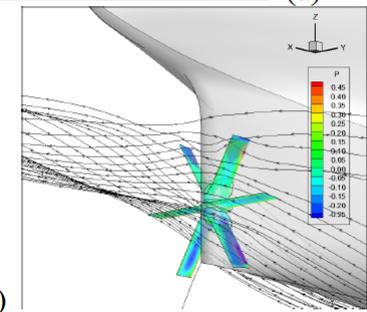
省エネデバイスの最適化例(3)

Stern Fin optimization Finds optimal stern fin attack angles

Test case	Objective Function
Ryukomaru with rudder and ESD: Stern Fin - Find optimal fin attack angles	Minimize: R_T for model point self prop. condition at $Re=10^7$. Comp. by SURF V.7
Design vars.	
Fin attack angles by six parameter control.	
Constraints	
Maximum angles no more than 10 degs.	

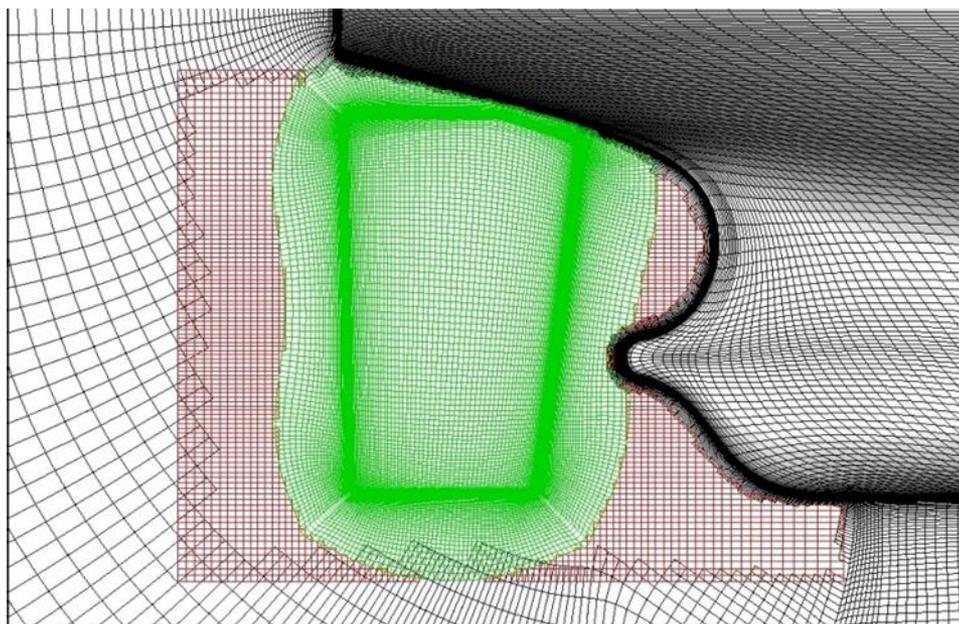


Original

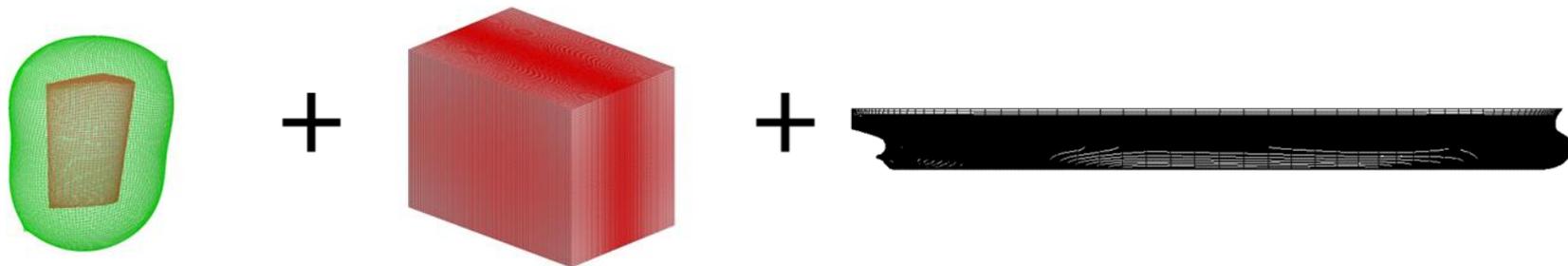


Optimised

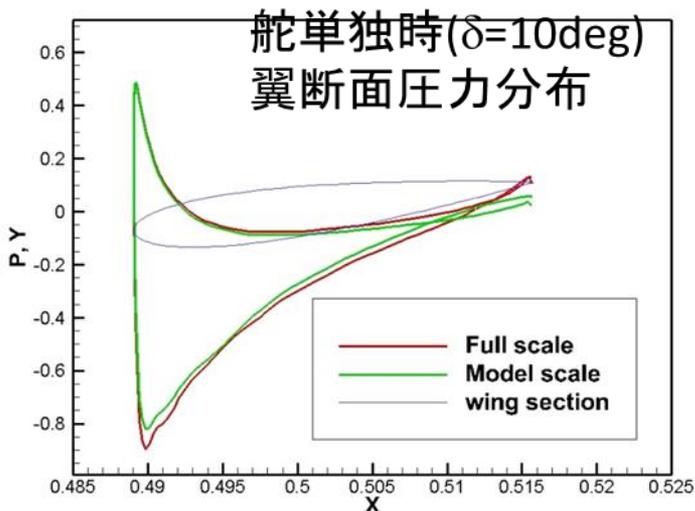
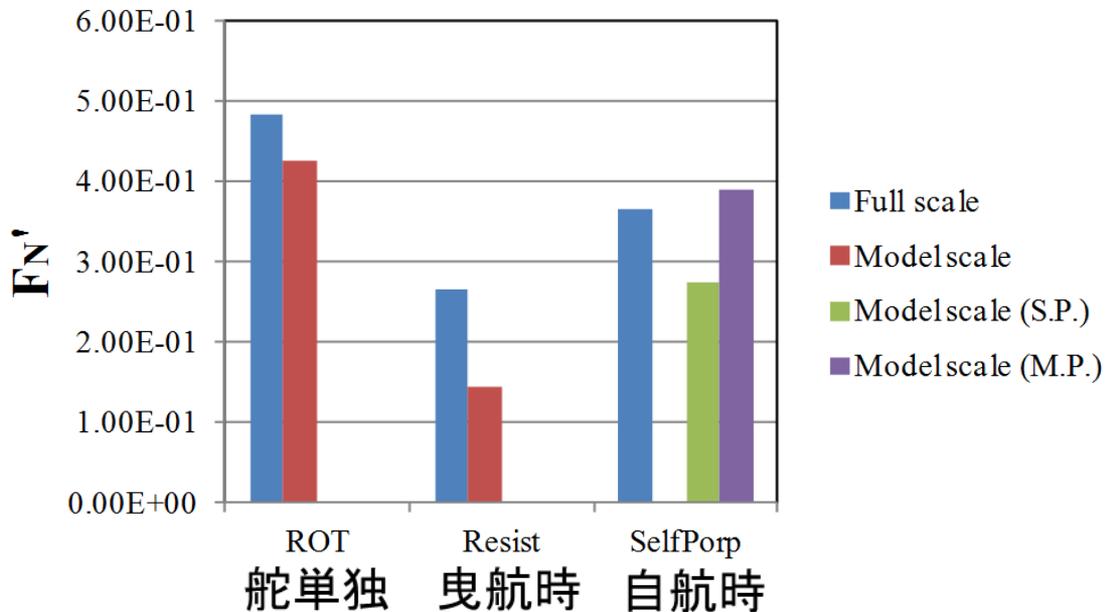
実船スケールの船尾流れ計算



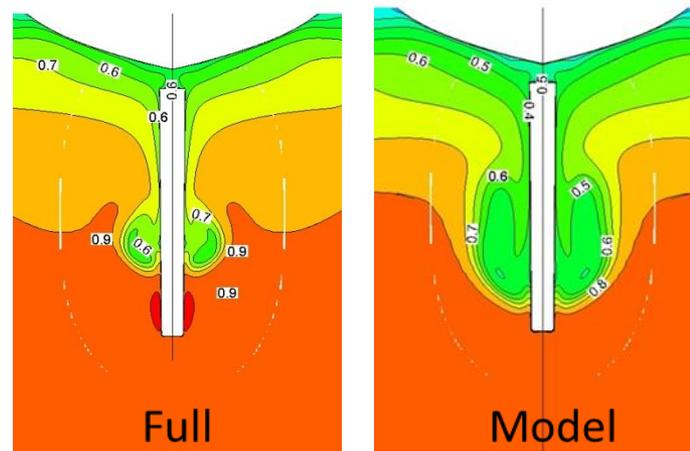
- 対象船型 : KVLCC2 + 舵
二重模型流れ
レイノルズ数: 4.60e6 (モデル)
2.03e9(実船)
乱流モデル : EASM
格子ブロック : 3(船、舵、海洋)
格子点数 : 400万点(モデル)
490万点(実船)
プロペラモデル: 簡易プロペラ理論
直進舵角試験 ($\delta=0, 10\text{deg.}$)



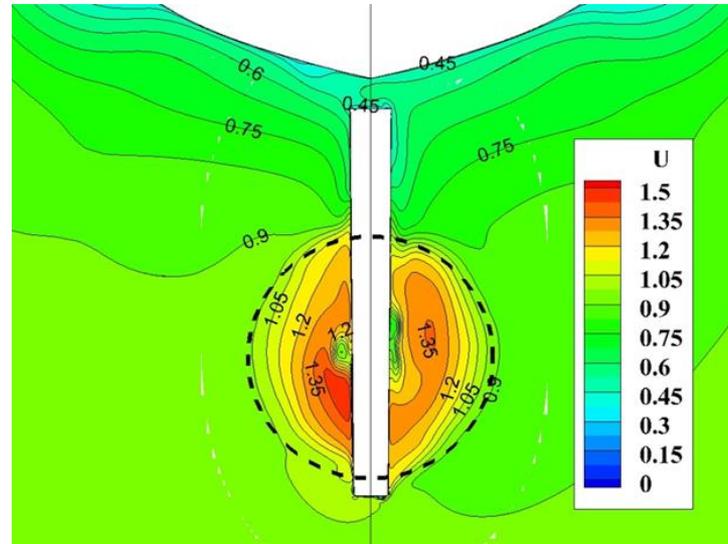
舵直圧力の尺度影響



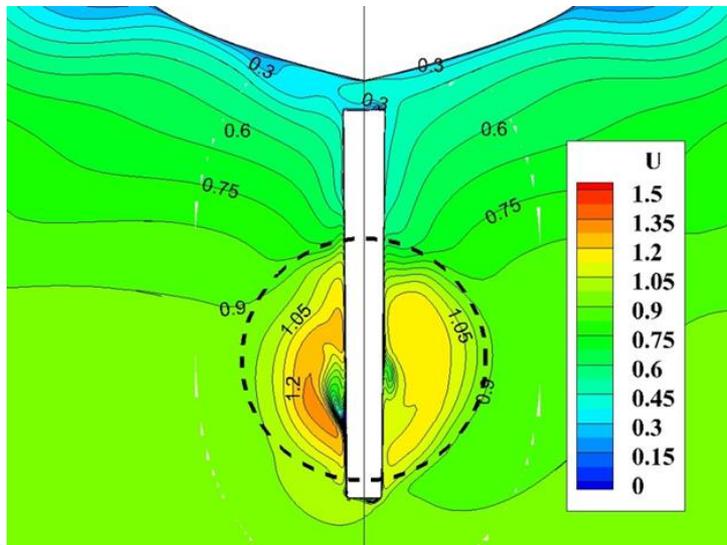
曳航時伴流分布@A.P. ($\delta=0\text{deg}$)



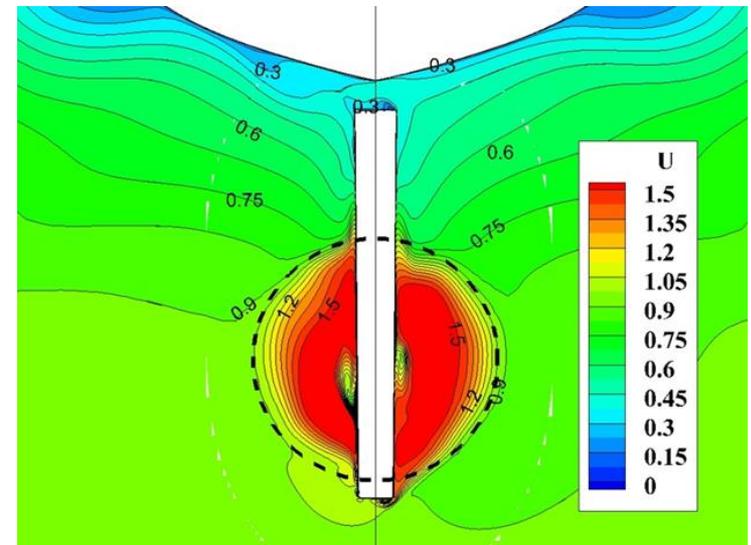
APにおける伴流分布 ($\delta = 0\text{deg.}$)



Full



Model (S.P.)

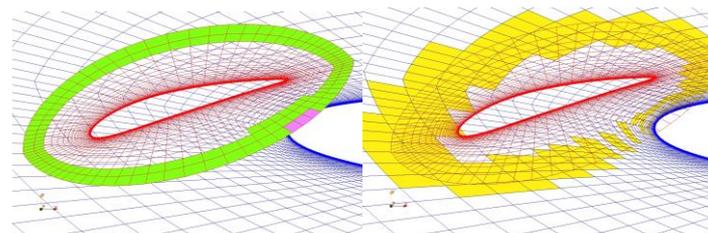


Model (M.P.)

動的重合格子法

重合格子法

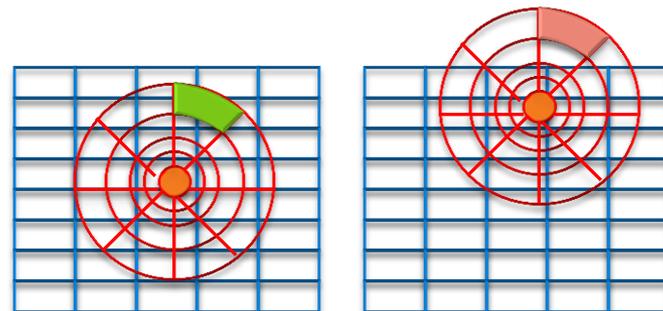
- 互いに重なり合う複数の計算ブロックで計算領域を構成し、流場に関する情報を計算ブロック間で受け渡ししながら全体の流れを計算する方法。
- 個々のブロックに対して、値を受け取るセル(Receptor cell)には、値を提供するセル(Donor cell)を他の計算ブロックから探索し、補間情報を決定する必要がある。



- (左)翼前縁付近slat周りの格子で補間により値を受取るセル(Receptor Cell、黄緑)
 (右)翼周りの格子で、Receptor Cellに値を提供するセル(Donor Cell、黄)

動的重合格子法

- 物体が運動する非定常計算では、タイムステップ毎に補間情報の更新が必要。
- 補間情報の生成では、不適切な参照関係(Orphan cell, 循環参照等)が発生しないようにしなければならない。



適用問題

- 実プロペラが回転する場合
- 転覆等大規模な運動計算
- 多体問題

プロペラ単独性能試験

対象プロペラ

「旧青雲丸」通常プロペラ

計算手法

- 移動格子法 (Monolithic Moving grid)
(プロペラ周りの単一格子を回転させる)
- 動的重合格子法 (Dynamic Overset)
(プロペラ周りの格子を、計算領域全体をカバーする格子内で回転させる)

Solver: SURF 7.34

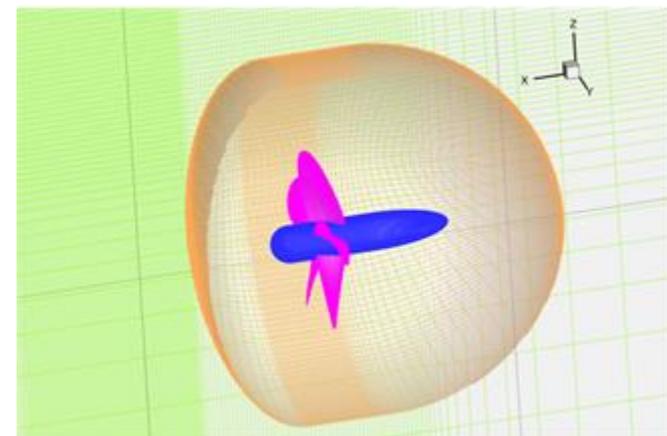
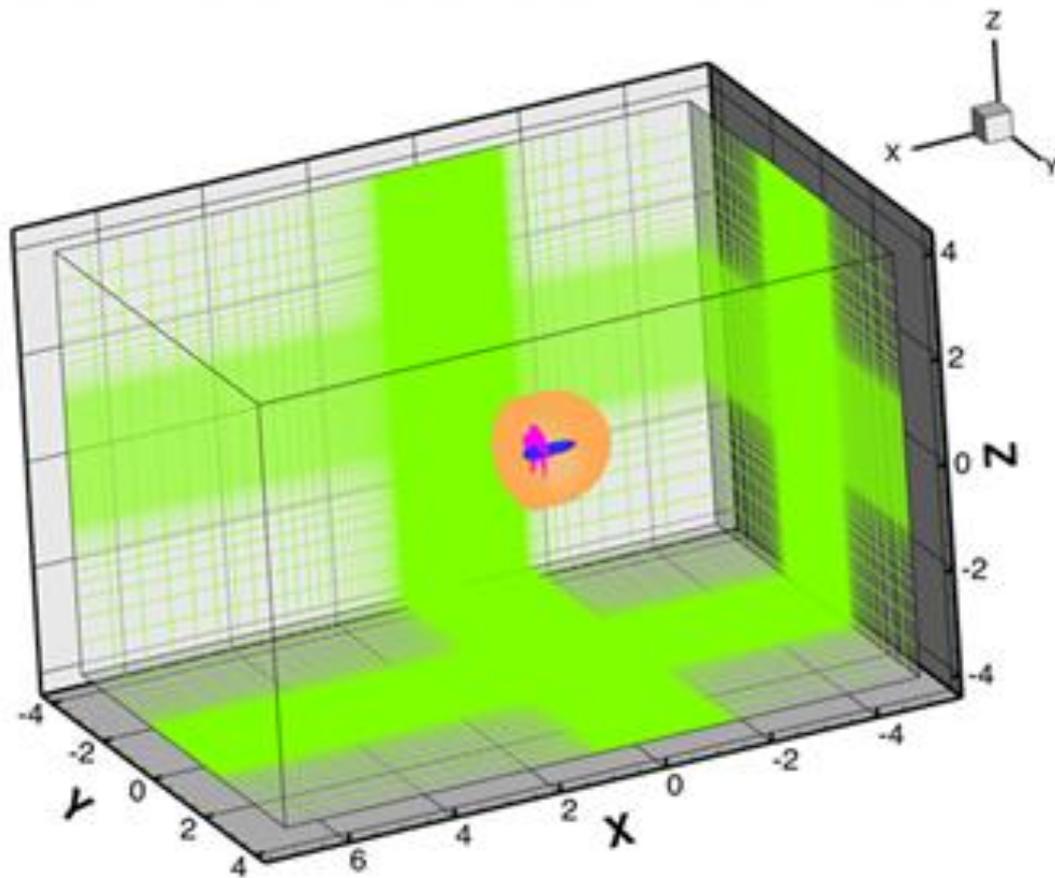
Principal dimensions of a propeller

Pitch Ratio (Mean)	0.950
Expanded Area Ratio	0.650
Boss Ratio	0.1972
Number of Blades	5
Blade Thickness Ratio	0.0442
Skew Angle [deg]	10.5
Rake Angle [deg]	6
Blade Section	MAU

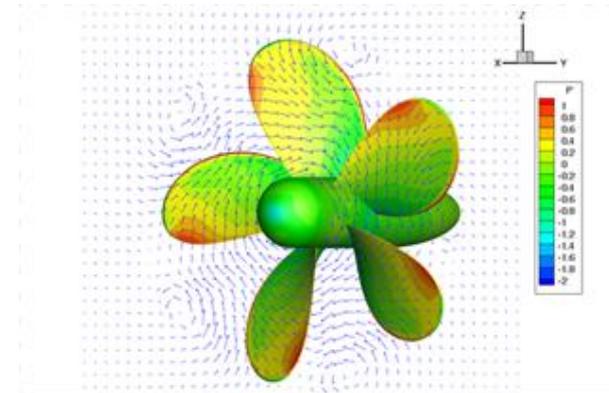
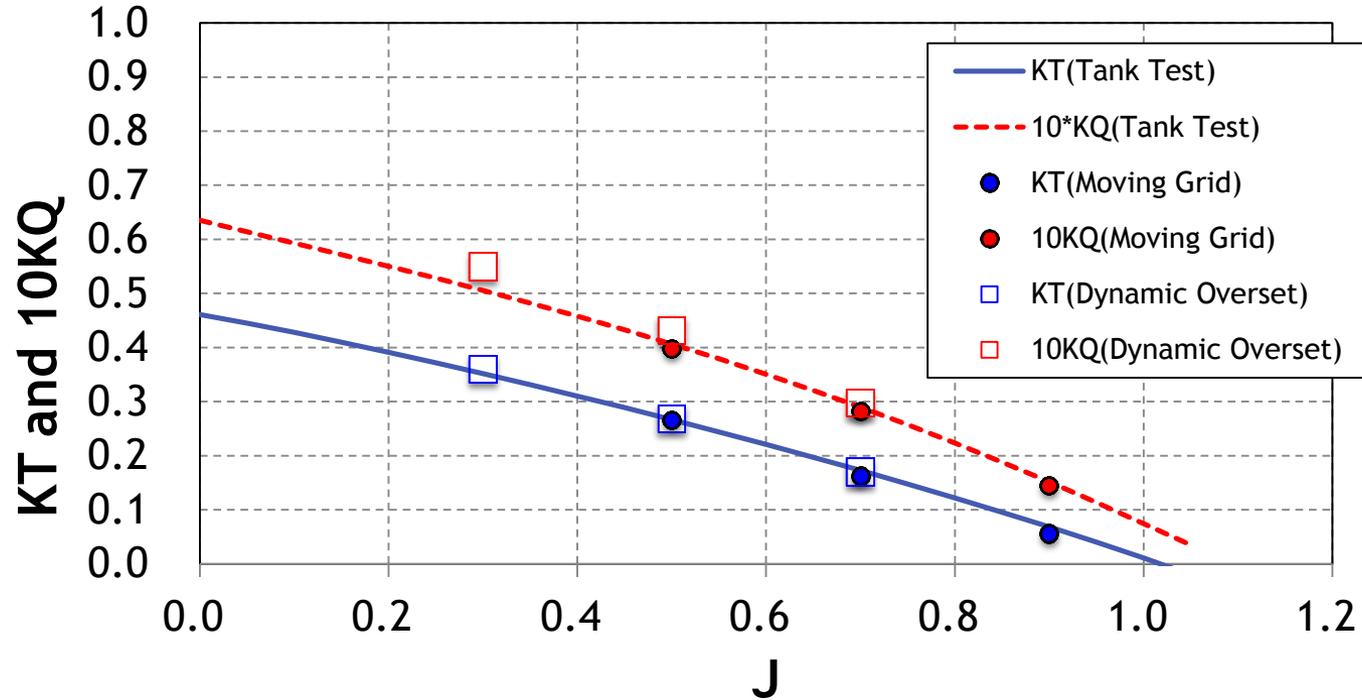
Computational domains and conditions

	Monolithic Moving grid	Dynamic Overset	
Number of Cells	609K	blade	131K / blade
		boss	1134K
		rectangular parallelepiped	2193K
		total	3982K
Solution Domain	$-1.5D < x < 2.5D$ $-3.0D < y, z < 3.0D$	$-5.0D < x < 7.0D$ $-4.0D < y, z < 4.0D$	
Minimum wall spacing	$0.13e-3$	$0.4e-2$	
Time increment	$5e-5$	$0.972e-3$	
Reynolds number	$1e6$	$0.652e6$	

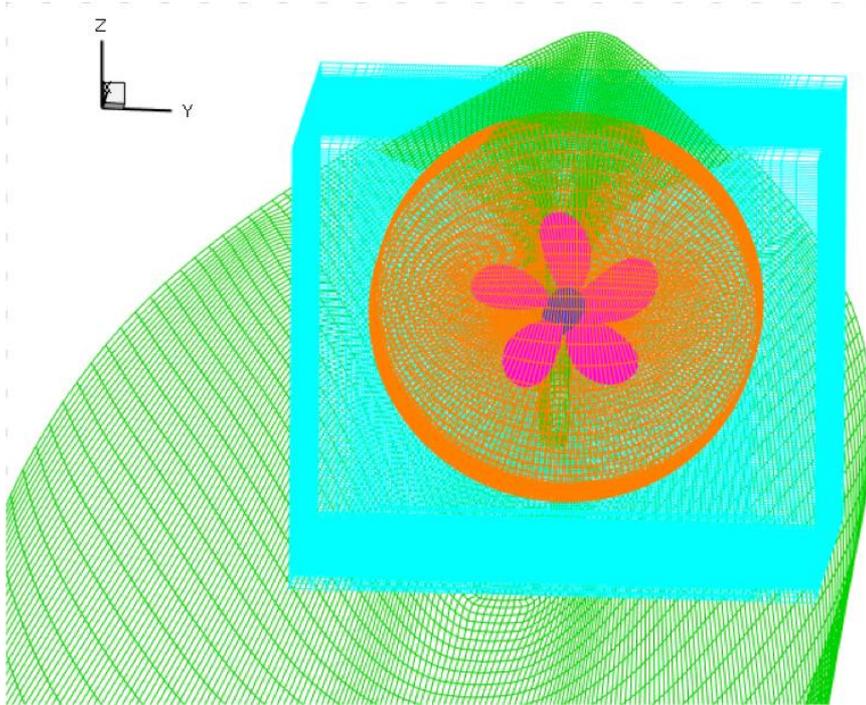
動的重合格子計算用の計算格子



プロペラ単独性能試験



自航シミュレーション



Number of Cells	blade	131K / blade
	boss	1046K
	rectangular parallelepiped	1953K
	hull	1597K
	total	5251K

Solution Domain	$-1.5L < x < 3.0L, -2.5D < y < 2.5D$
Minimum wall spacing	$0.9e-6$ (hull), $0.14e-3$ (propeller)
Time increment	$4.433e-5$ ($n' = 31.3$)
Reynolds number	$4.02e6$

Tokyo 2015 (CFDWS)

日程：2015年12月2日-4日

場所：海上技術安全研究所

目的：厳選されたテストケースに対して最新のCFD手法を用いた計算結果を比較することにより、CFDの現状を評価するとともに、今後の方針を探索すること。

対象船型の追加：

KVLCC2, KCS, DTMB5415 (従前)
JBC (Japan bulk carrier)
ONRT (ONR tumblehome ship)

Announcement | Registration | Venue | Hotels | Program | Deadlines | Instructions

Tokyo 2015 A Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics

Date: December 2-4 2015

KRISO VLCC
KVLCC2



KRISO Container Ship
KCS



US Navy Combatant
DTMB 5415



Japan Bulk Carrier
JBC



ONR Tumblehome Ship
ONRT



Latest News:
3/4/2014.



Announcement



Registration



Venue



Hotels



Program



Deadlines



Instructions to
participants

hosting NMRI, Japan@6-38-1, Shinkawa, Mitaka, Tokyo, 181-0004, Japan

Web site of Tokyo 2015.

<http://www.t2015.nmri.go.jp/index.html>

Test cases of Tokyo2015

		Computation	KVLCC2	KCS	5415	JBC	ONRT	
Calm Water	Towing	Resistance, sinkage & trim	X	X	X	X		
		<u>w/o ESD</u> : Mean velocities, turbulence, waves (incl.breaking)	X		X	X		
		<u>With ESD</u> : Mean velocities, turbulence, waves				X		
	Self-prop	Thrust, torque, propulsive coefficients, sinkage & trim		X			X	
		<u>w/o ESD</u> : Mean velocities, turbulence, waves		X			X	
		<u>With ESD</u> : Mean velocities, turbulence, waves					X	
	Free-run.	Thrust, torque, propulsive coefficients, sinkage & trim						X

X: G2010 case; X: G2010 case, new data; X: New case

Test cases of Tokyo 2015

Test cases of Tokyo2015 (cont.)

		Computation	KVLCC2	KCS	5415	JBC	ONRT
Waves (regular)	Captive Head waves	Motions and added resistance		X			
	Captive Oblique w	Motions and added resistance		X			
	Free-run. Head & follow waves	Thrust, torque, rpm, motions, speed loss					X
	Free-run. Oblique waves	Thrust, torque, rpm, motions, speed loss					X

X: G2010 case; X: G2010 case, new data; X: New case

Test cases of Tokyo 2015

1. 推進器影響を考慮した波浪中運動計算システムを構築し、プロペラ伴流やスラストの変動を推定することが可能になった。
2. CFD援用省エネルギーデバイス設計法を構築し、各種デバイスに対する形状最適化を実施した。
3. 船尾の付加物に対して、実船スケールまで重合格子法を用いて計算することが可能になった。
4. 動的重合格子法を開発し、実プロペラに適用することによってプロペラ単独性能が推定できるようになった。ただし、自航流れ計算に関しては、船体とプロペラでは空間・時間スケール共に大きく異なるため、実用化に向けてNSソルバーの高速化が必要である。