

# 省エネ船設計のための ハード・ソフト両面か らの技術開発

流体設計系  
上入佐 光

# はじめに

\* 国際海事機関 (IMO) において国際海運からのGHG排出削減を促進するための規制がスタート

\* 低GHG排出船舶の建造・調達を促す: *EEDI*

\* より効率的な運航を進める: *SEEMP*

\* 海上技術安全研究所流体部門では、ハードウェア、ソフトウェアの両面から技術開発に取り組んできた。

\* ハードウェア: 各種省エネデバイスの開発

I. 空気潤滑法の実用化

II. 波浪中抵抗低減デバイス *STEP*

III. 省エネダクト *WAD*

\* ソフトウェア: 基盤ツールの開発

IV. *CFD*ソフトウェア

V. 実運航性能シミュレータ *VESTA*

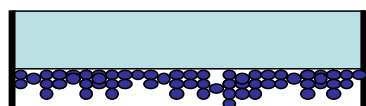
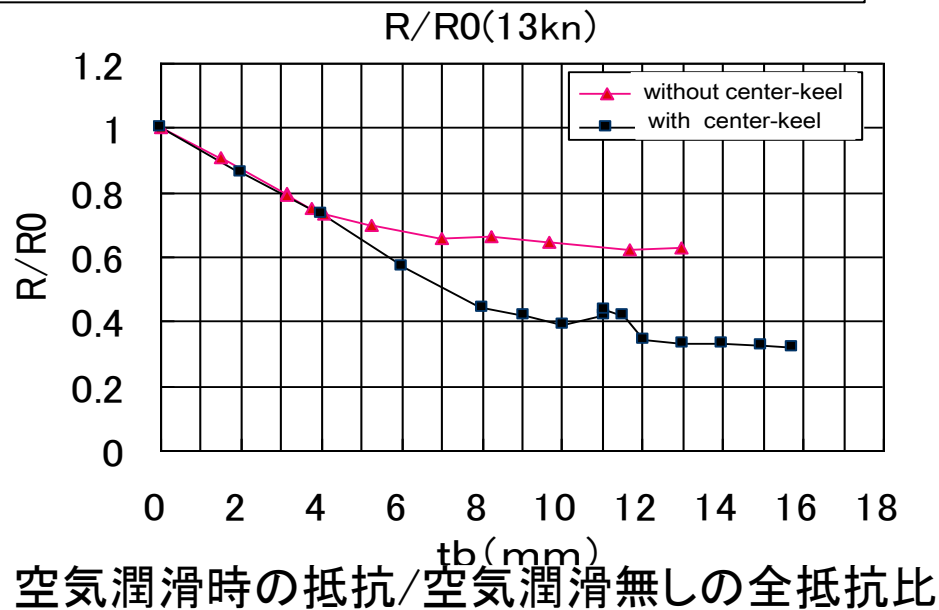
VI. 要目最適化プログラム *HOPELight*

# I. 空気潤滑法の実用化

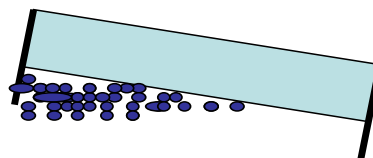
- \* 空気潤滑法：船底を均一な気泡で覆い摩擦抵抗を低減する。
- \* 水槽試験で摩擦抵抗を大幅に低減することを確認。
- \* バルクキャリアーへ搭載して、約6%の正味省エネ率を達成。  
(2010年6月、国交省、日本財団、NK、SRC殿支援のもとに搭載、海上試運転実施)



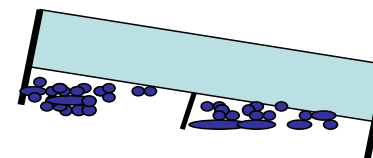
50m長尺模型試験



section of ship



without center-keel



with center-keel

# 空気潤滑法の実用化

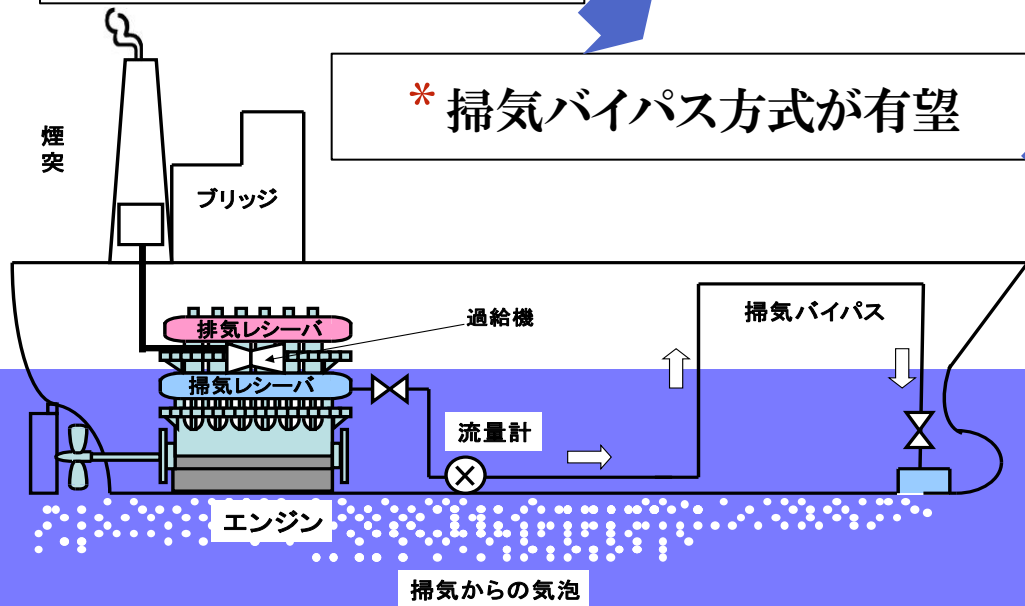
\* 空気吹き出しパワーを如何に減らすか？

\* 掃気バイパス方式が有望

\* 大型石炭運搬船「双洋」に、世界で初めて装備、実船試験で省エネ効果を検証

\* (H21-25 国交省、日本財団、NK、SRCプロジェクト、大島造船所、MTI、海技研で研究開発)

\* 低負荷運航に対する掃気バイパス方式の主機・ターボチャージャーのマッチング等



シップオブザイヤー2012受賞

# II. 波浪中抵抗増加低減デバイスSTEP

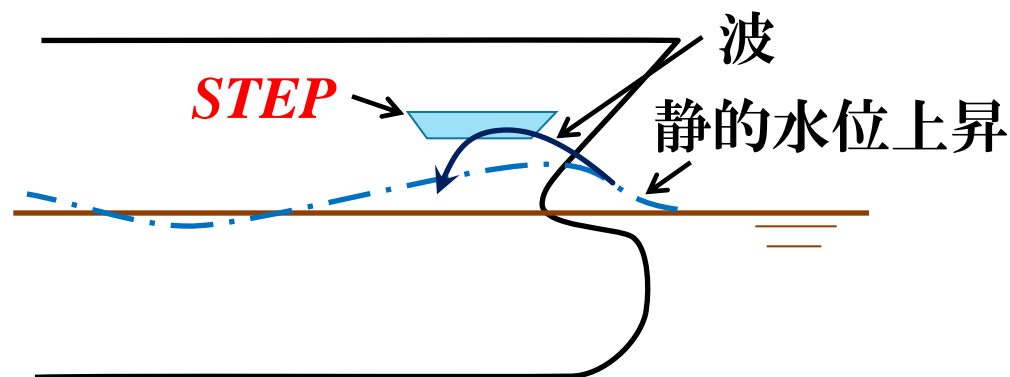
\*STEP (Spray TEaring Plate)とは？

- 水面上形状を小規模な付加物により効果的に改良。
- 船首部水面上船体に沿って進行する波の運動量を船幅方向に変化させることにより、波浪中抵抗増加を低減。
- Static swell-upの上方に設置することにより、平水中の性能に影響を及ぼさない。

内海造船株式会社殿と共同開発

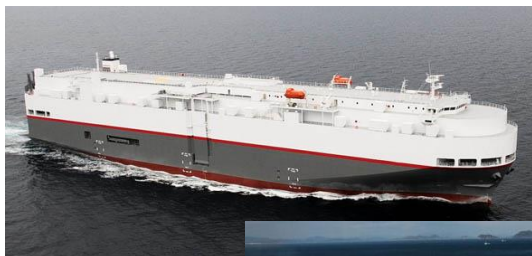


STEP付き自動車運搬船



# 波浪中抵抗増加低減デバイスSTEP

## \* 実船データ解析によるSTEP効果の検証



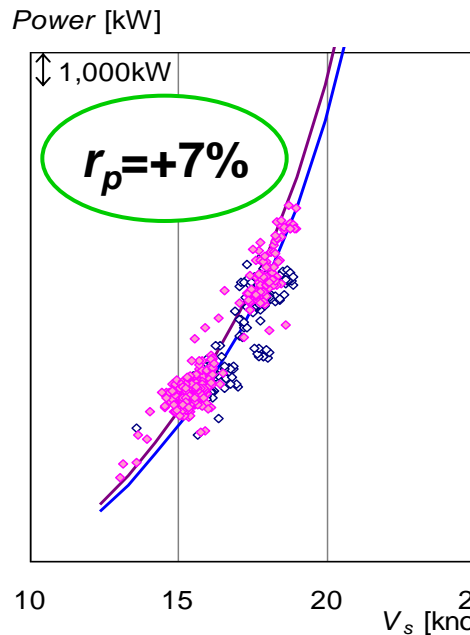
STEP付き



STEPなし:同型の自動車運搬船

平水中での差(7%)を計測誤差と考えると

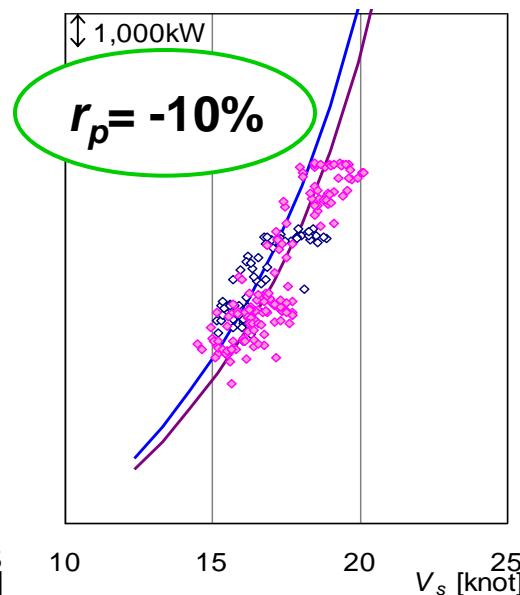
**3%の馬力削減効果**



◇ w/o STEP      ◆ with STEP  
— w/o STEP      — with STEP

波高1m以下(平水中)

夏期満載状態、向波±90°  
Power [kW]



◇ w/o STEP      ◆ with STEP  
— w/o STEP      — with STEP

波高2m以上(波浪中)

$$r_p = \frac{Power_{withSTEP} - Power_{w/oSTEP}}{Power_{w/oSTEP}} \times 100$$

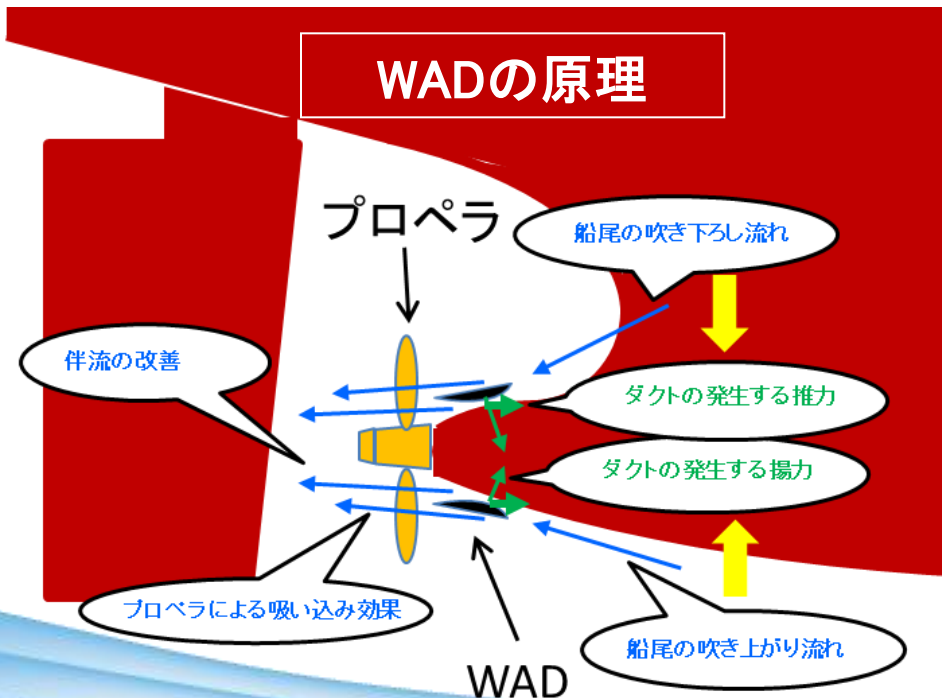
# Ⅲ. 省エネダクト WADの開発

\* WADとは? Weather Adapted Propeller

\* 小型・強干渉型ダクトとプロペラの一体最適設計

\* 波や風のある実海域での高い省エネ効果

\* 小型化により有害なキャビテーションや振動、騒音を防止



## WADの設計コンセプト

実海域における波浪中の高荷重条件において船尾ダクト型省エネデバイスは効果を発揮

プロペラとダクトの距離を縮めて干渉効果を高める

プロペラ・ダクト距離が小さいとキャビテーションが発生し易い

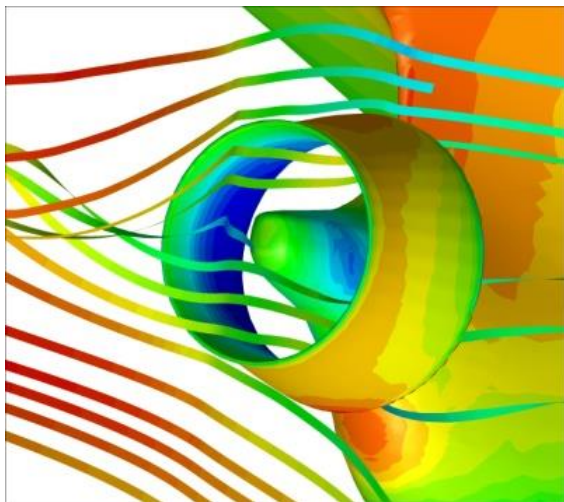
キャビテーション問題が発生しにくい0.5R以下の小直径高干渉ダクトの採用

小直径高干渉ダクトに適合したピッチ分布を持つプロペラ

# 省エネダクト WADの開発

## \* 水槽試験によるWADの効果の確認

- \* 平水中での抵抗自航試験の結果、推進効率の向上により約5%の馬力低減が得られることを確認
- \* 荒天時の高負荷状態を想定した水槽試験（平水状態で実施）において、約7%の馬力低減が得られることを確認



CFD解析結果



WAD模型

現在、実船搭載  
に向けて準備中

詳細はPSへ

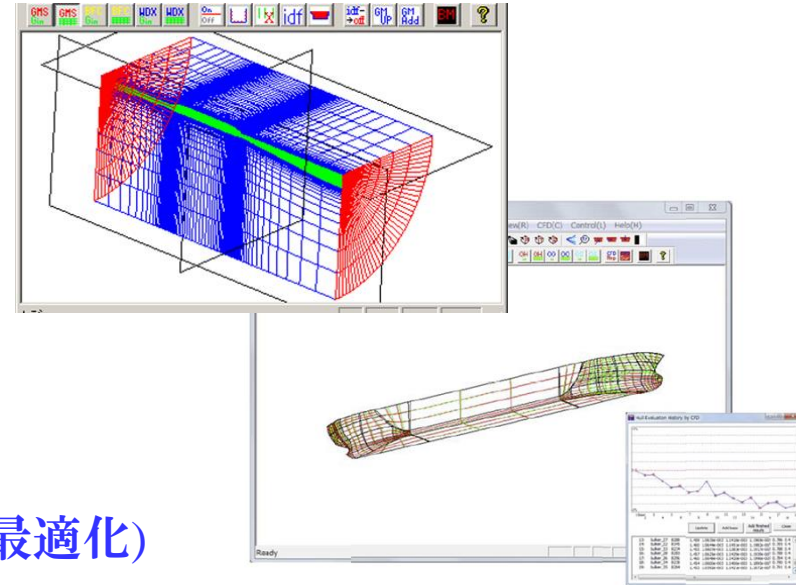


# IV. CFDソフトウェアの開発

## CFD解析の手順

船型設計

CAD



3次元データ (IGES)、オフセット



格子生成

*HullDES* (構造格子)

*AutoDES* (*HullDES*

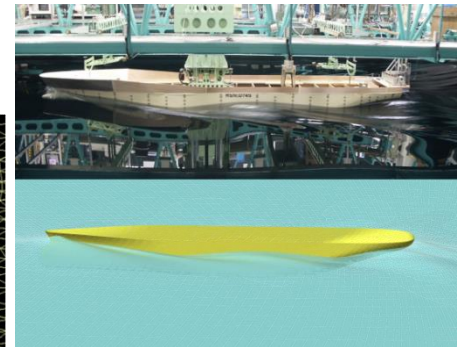
+船型変形, 最適化)



CFD計算

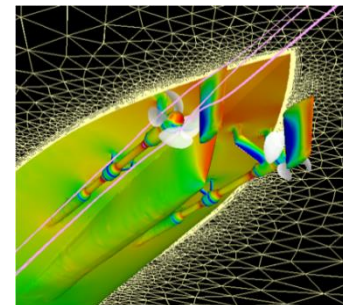
*NEPTUNE* (構造格子)

*SURF* (非構造格子)



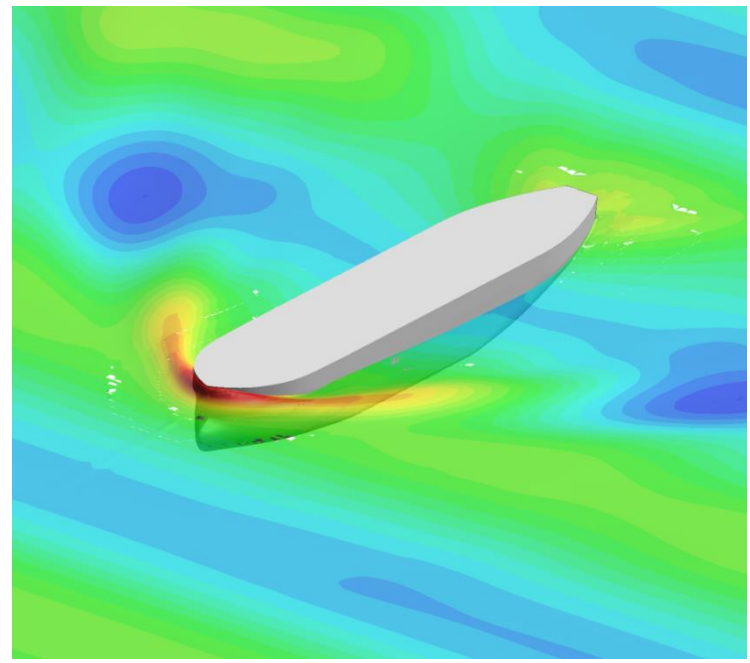
ポスト処理

*ARGO*

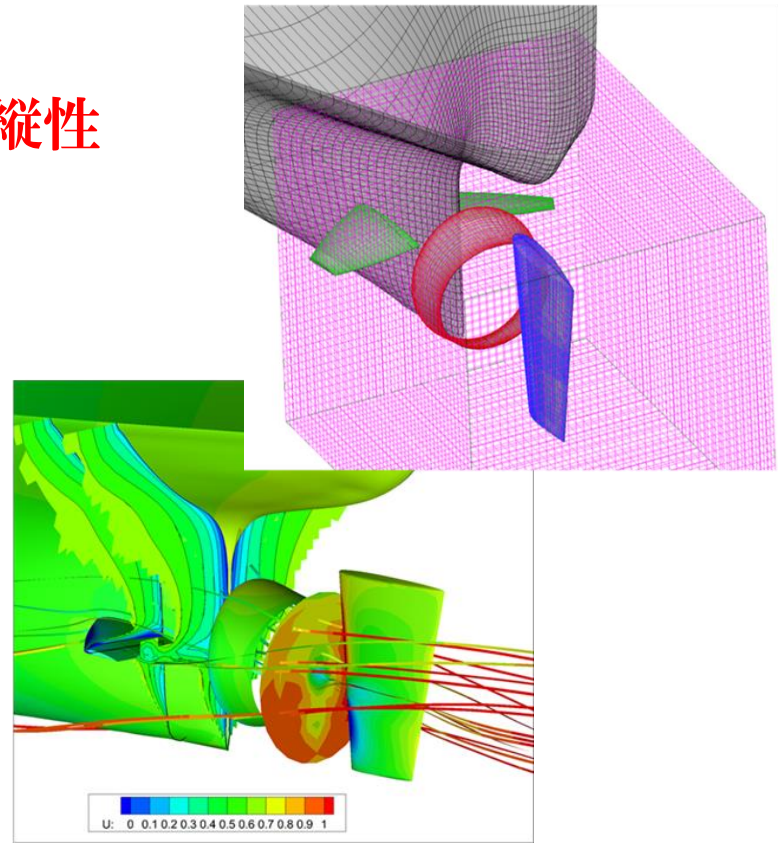


# 次世代CFDソフトウェアの開発

- 複雑形状に対応 → 重合格子法
- 実海域対応 → 波浪中船体運動・操縦性



向波中における肥大船の運動計算

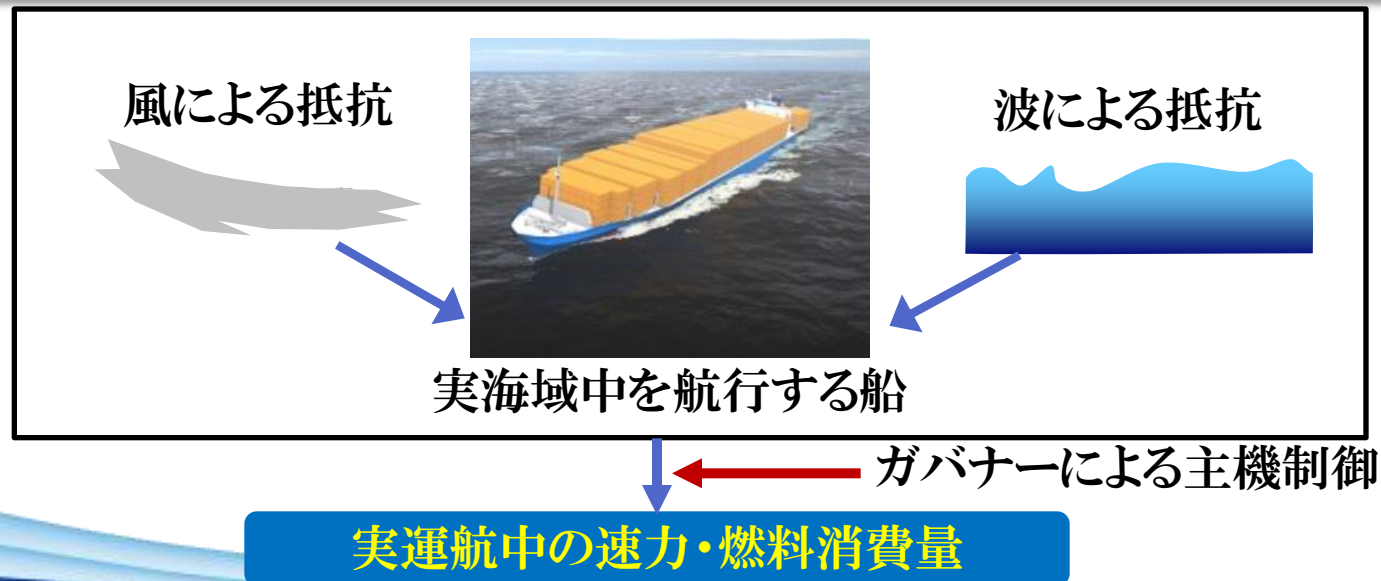


船尾フィン、ダクト、舵がついた船尾まわりの自航計算

詳細はこの後、PS 

# V. 実運航性能シミュレータVESTAの開発

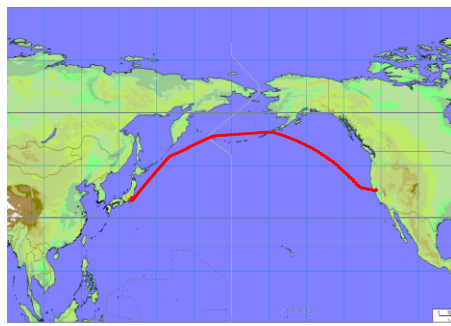
- 実運航性能シミュレータ (VESsel performance evaluation Tool in Actual seas)
    - ▶ 本船を特定の航路に就航させた際の性能(速力・燃料消費等)を評価
    - ▶ 波、風による外力を十分な精度で評価。
    - ▶ 主機作動特性を考慮した燃費評価。
- 船体・プロペラ、機関、運航の改善提案が可能。



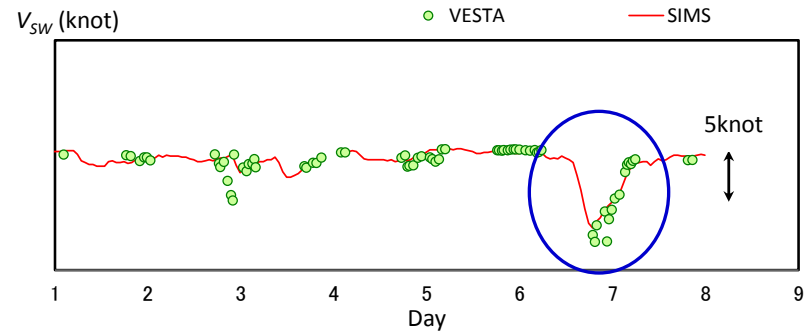
# 実運航性能シミュレータVESTAの開発

## VESTAによる実運航シミュレーションと検証例

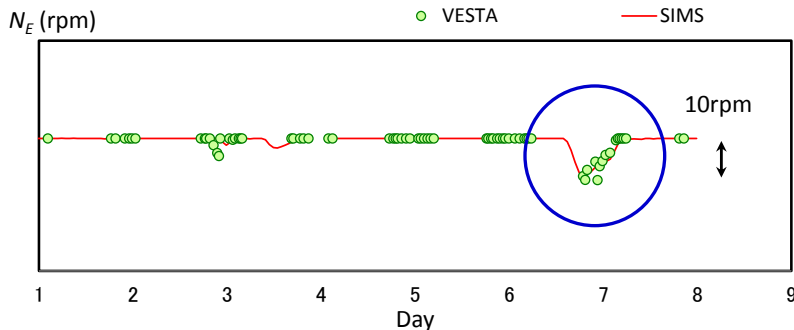
### 大型コンテナ船



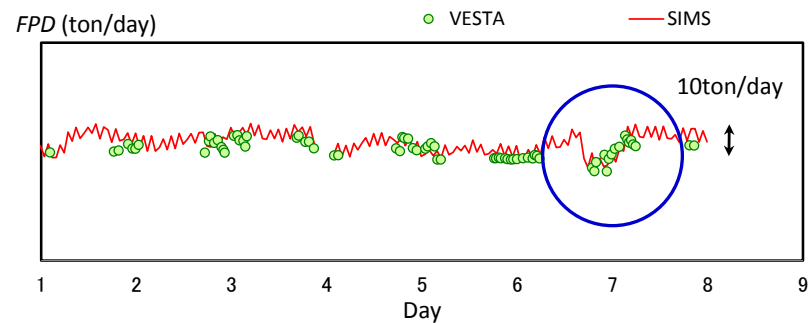
オークランド～東京



対水速力



回転数



1日当たり燃料消費量

詳細はこの後

日本郵船－MTI－海技研の共同研究により実海域の船舶性能評価技術の高度化を目的に実施。

# VI. 要目最適化プログラムHOPE Lightの開発



機能

INPUT		
Ship Name	Sample	
Ship Type	BULK	
Lpp	217.00	[m]
B	32.26	[m]
D	20.00	[m]
d	12.20	[m]
Displacement	71739	[ton]
Service Speed	14.50	[knot]

Version 4.1.0

Input Check		
Cb	0.820	[-]
L/B	6.73	[-]
B/d	2.64	[-]

Input Detail

Parametric Study			
On / Off	<input type="checkbox"/>	minimum	Maximum
Parameter 1	L/B (Unable to select L,B,d as Parameter2 and Dead)	6.00	7.00
Parameter 2	Cb (Fixed Parameter Invalid)	0.75	0.90
Fixed Parameter	Displacement		
Object	BHP		

Calculate !

Reset

Performance Analysis in calm sea  
by using Sea Trial results

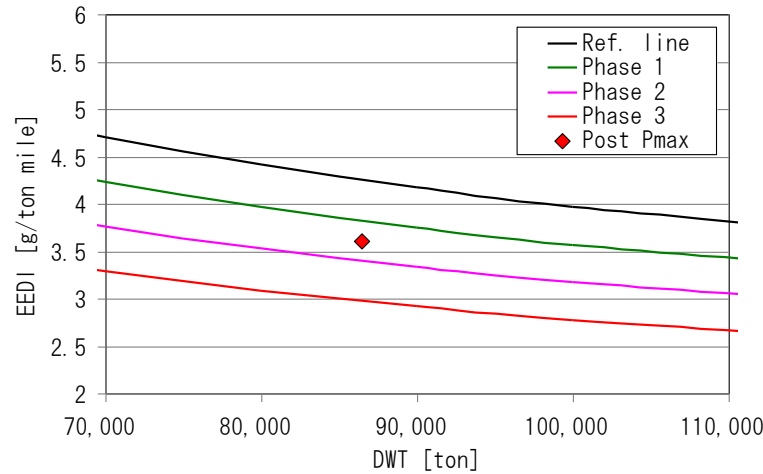
On / Off  
(Input Design condition data)

船の主要目から各種性能を推定

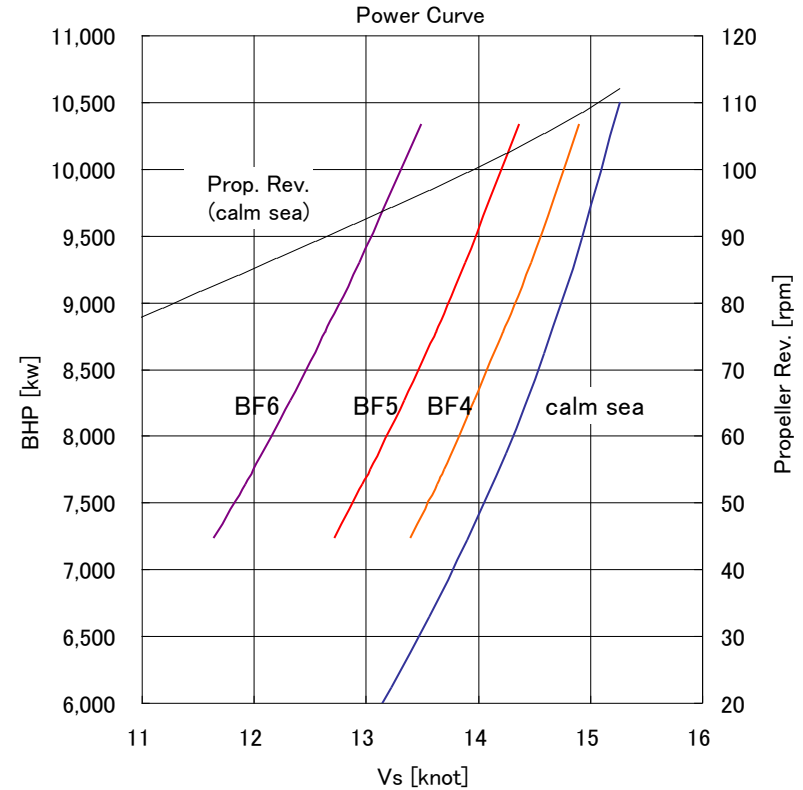
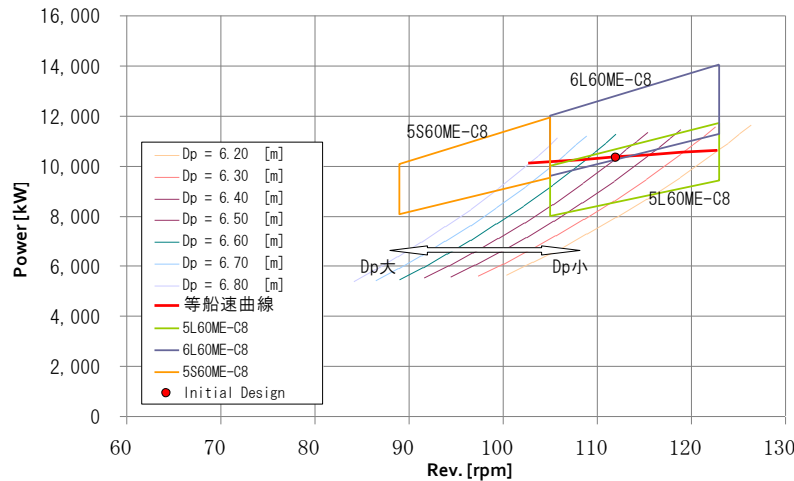
推定可能な主な項目

- \*  $k$ ,  $C_w$ , 自航要素
- \* プロペラ設計(要目, オフセット), プロペラ特性曲線
- \*  $L_{CB}$ , 浸水面積
- \* 操縦性能, 必要舵面積
- \* 最適主機選定, 主機燃費率
- \* 風圧抵抗, 波浪中抵抗増加量
- \* 平水中馬力曲線,  $EEDI$
- \* 船速低下量, 馬力増加量, 実海域中馬力曲線

# 要目最適化プログラムHOPE Lightの開発



## ポスト・パナマックス・バルカーの推定EEDI



## 馬力曲線の推定 (平水中・実海域中)

## プロペラ直径変更が選択可能主機に及ぼす影響

# まとめ、今後の予定

ハードウェア:各種省エネデバイスの開発

I. 空気潤滑法の実用化

「双洋」実船試験で省エネ効果を実証 → 低負荷運航対策および最適吹出し法

II. 波浪中抵抗低減デバイス STEP

新造4隻、レトロフィット2隻の実績 → 売込中

III. 省エネダクト WAD

17隻への実装が決定 → WAD設計法の確立

ソフトウェア:基盤ツールの開発

IV. CFDソフトウェア

波浪中の船体運動・操縦性がシミュレーション可能に → ブラッシュアップ

V. 実運航性能シミュレータVESTA

最低推進出力判定機能は約30社で導入 → デファクトスタンダードに

VI. 要目最適化プログラムHOPELight

約30社で導入 → バージョンアップ

# 謝 辞

## ◆波浪中抵抗低減デバイスSTEPの研究開発：

国土交通省からの高効率船舶等技術開発費補助金、ポートルース交付金による日本財団の助成金、及び一般財団法人日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームによる研究支援並びに一般財団法人日本造船技術センターの共同研究事業による支援を内海造船株式会社が受け、海上技術安全研究所と共同で実施しました。また、実船計測による検証は、海上技術安全研究所、日産専用船株式会社、内海造船株式会社の共同研究として実施されました。

## ◆CFDソフトウェア： *HullDES*及び*AutoDES*はACTと共同で開発されました。

## ◆実運航性能シミュレータ*VESTA*の精度検証：

日本郵船株式会社及び株式会社MTIとの共同研究として行われました。

以上、関係各位に深く感謝致します。