



第25回 海上技術安全研究所研究発表会



船舶性能統合データベースによる 実海域実船性能向上に向けて ～計測とシミュレーションの同化による技術開発～

令和7年7月18日

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

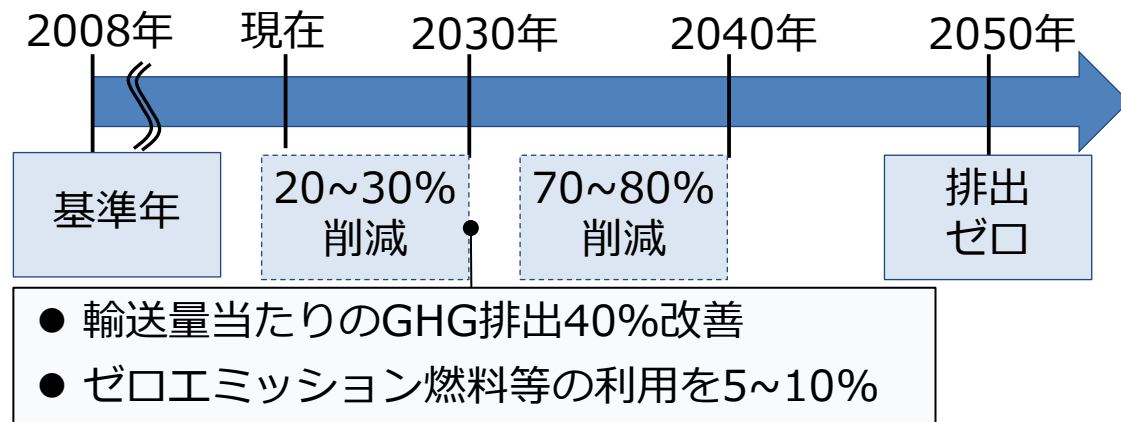
海上技術安全研究所

流体設計系：新川 大治朗、黒田 麻利子、拾井 隆道、花木 孝明

流体性能評価系：大橋 訓英

- はじめに
- 船舶性能統合データベースによる実海域性能向上の構想
- 実海域性能推定技術の高精度化に向けた取り組み
 - 水槽試験・シミュレーション・実船データの連携
 - 水槽試験・シミュレーション・実船データの現状
 - 計測とシミュレーションの同化技術
- まとめ

- 国際海運からの温室効果ガス（GHG）排出削減目標を「2050年頃までにGHG排出ゼロ」（IMO MEPC80）
- 内航海運のGHG排出削減目標：2013年度比で2030年度に181万トン削減（約17%削減）、2040年度に425万トン削減（約39%削減）（モーダルシフトを考慮しない場合）



国際海運のGHG排出削減目標

International Maritime Organization

<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-80.aspx>

国土交通省

https://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk7_000036.html
<https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001867837.pdf>

■ 中長期ビジョン

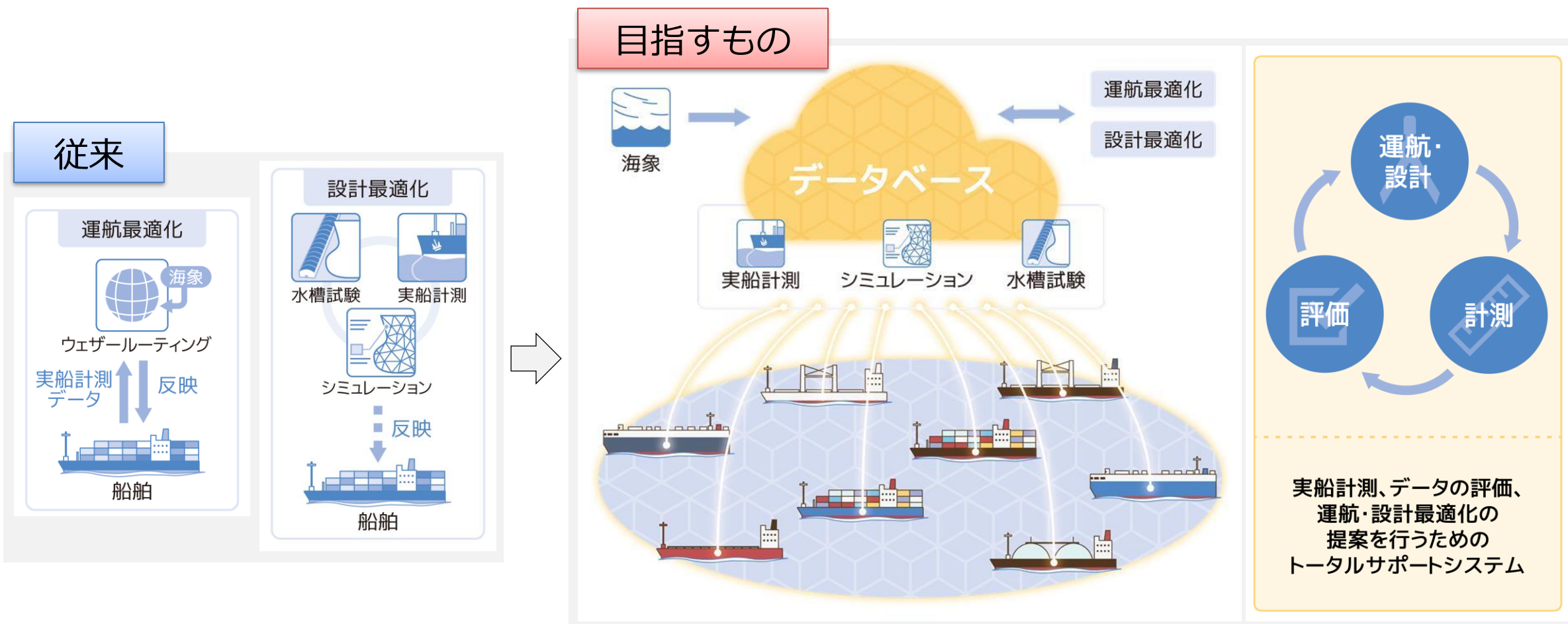
実運航状態の船舶推進性能の向上を通して我が国海事産業
の国際競争力強化に貢献

世界一/世界初を目指した研究開発を実施

■ 目標とする将来のコア技術

- ① 高精度な実海域実船性能計測・解析評価技術
- ② 計測データによる運航診断・設計への応用技術
- ③ 水槽実験・理論解析による実海域性能推定技術

船舶性能統合データベースによる実海域性能向上



船舶性能統合データベースによる、実海域実船性能向上のための取り組み

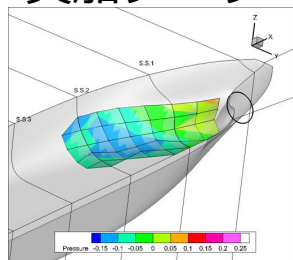
1. ライフサイクル燃費評価、2. 実海域性能推定技術の高精度化、3. 診断による性能改善

実海域性能推定技術の高精度化に向けた取り組み

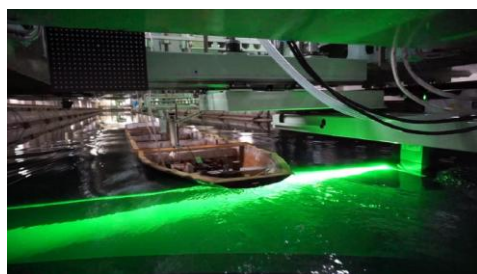


■ 水槽試験・シミュレーション・実船データの連携

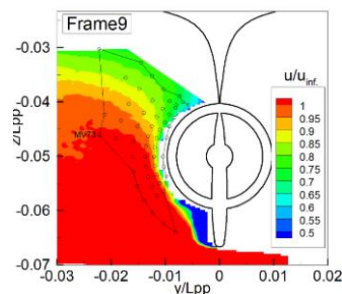
- 水槽試験データベースの構築
- シミュレーションツールとの連携
- 実船データベースとの連携



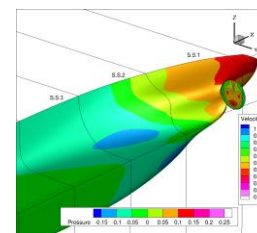
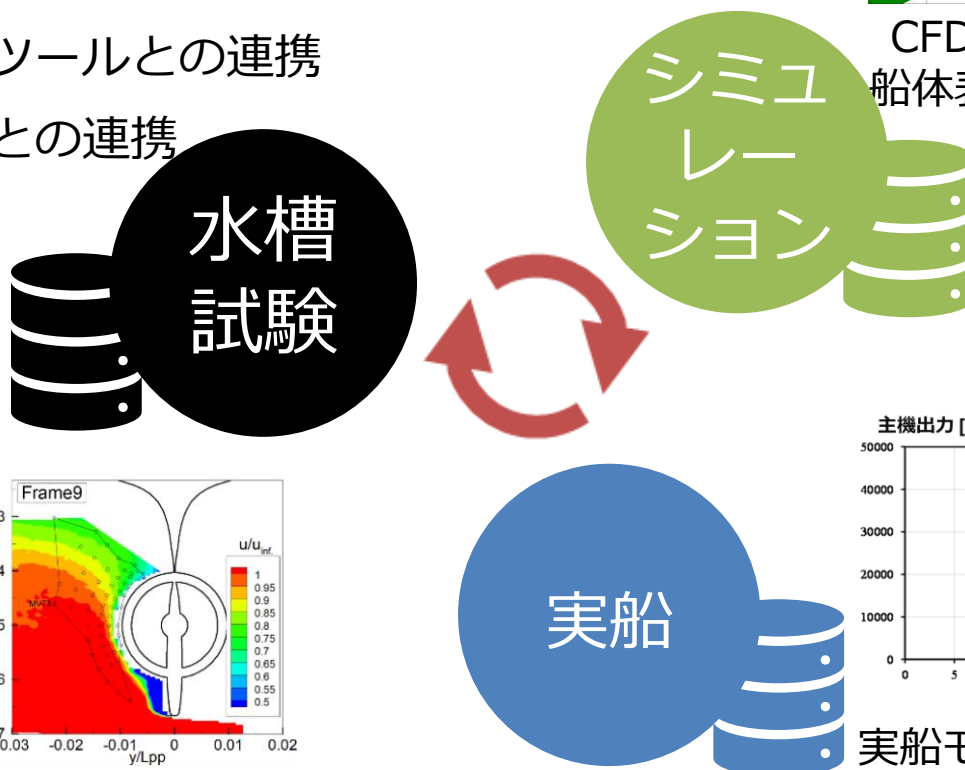
模型船体表面の圧力



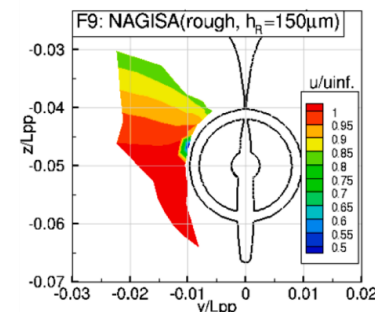
PIV試験の様子



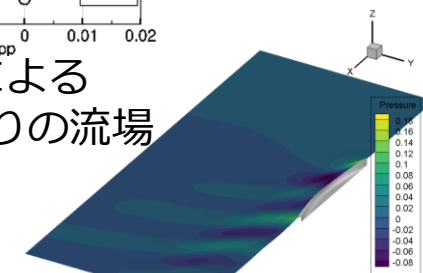
模型船尾まわりの流場



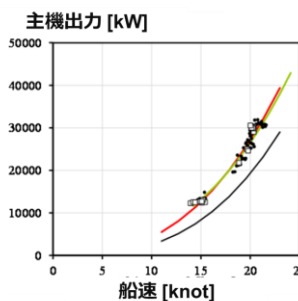
CFDによる
船体表面圧力



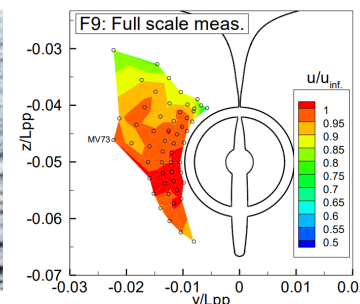
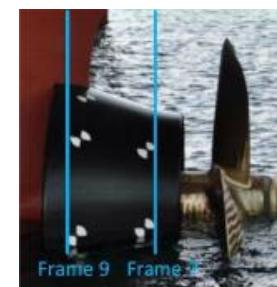
CFDによる
船尾まわりの流場



CFDによる造波の様子



実船モニタリング
データ解析



実船船尾まわりの流場
(左：計測断面、右：計測値)

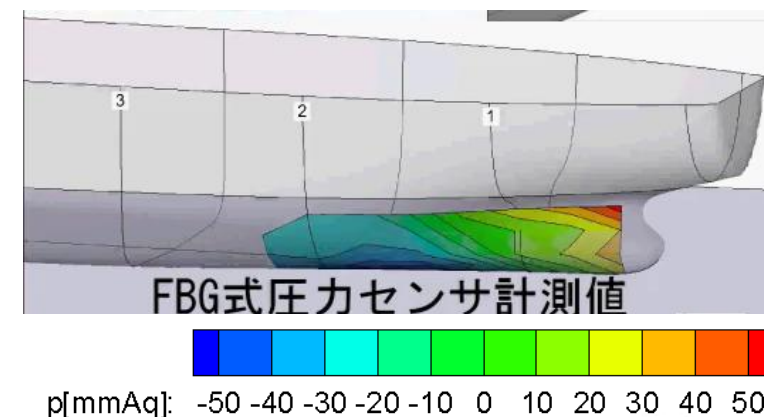
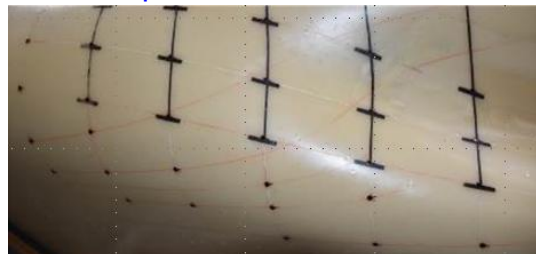
ref: Nobuaki Sakamoto et al., "An overset RaNS prediction and validation of full scale stern wake for 1,600TEU container ship and 63,000 DWT bulk carrier with an energy saving device", Applied Ocean Research, Vol.105, pp.1-23,
Takamichi Hiroi et al. :Full-Scale On-board Measurements of Wake Velocity Profiles, Underwater Noise and Propeller Induced Pressure Fluctuations,日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第29号,

- 水槽試験：船体まわりの流場計測、表面圧力計測を標準的に行える環境になりつつある
 - 力だけではない高次元の計測が可能、情報量の多い流場や圧力場の情報が利用できる
- 400m水槽・中水槽に、統合水槽試験システム（IRIS：Integrated highly Repeatable and Intelligent System for tank tests）を導入
 - 広範囲に自動化し、試験効率・試験品質（精度）が向上。水槽試験の自律化・無人化を目指している



FBG圧力センサ：

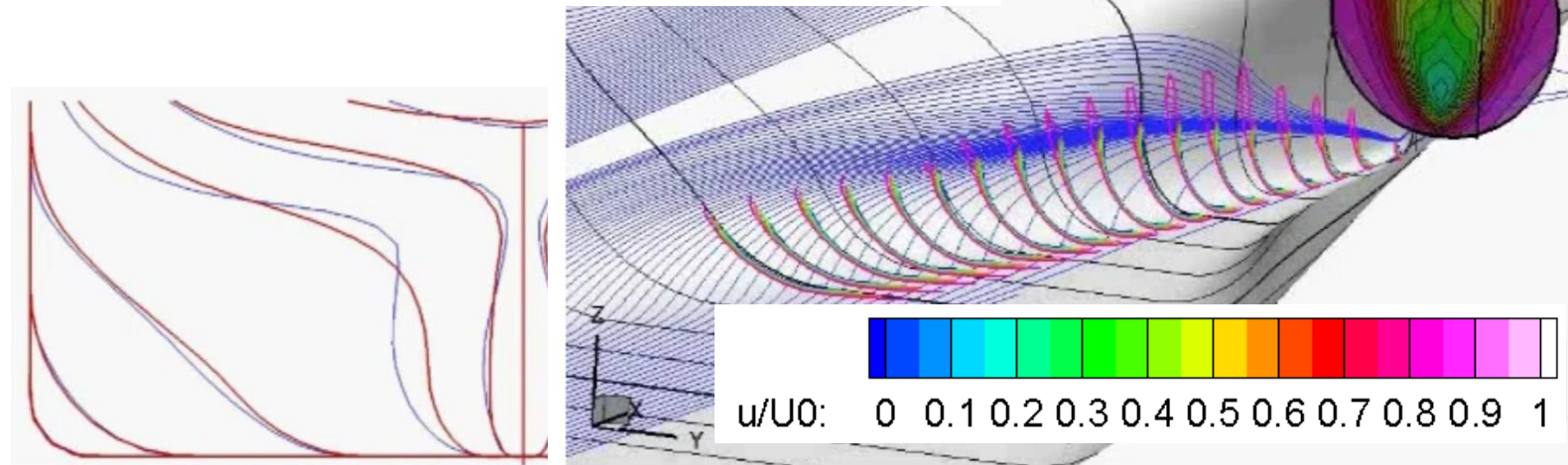
<https://www.cmiws.jp/products/sensor/pressure/>



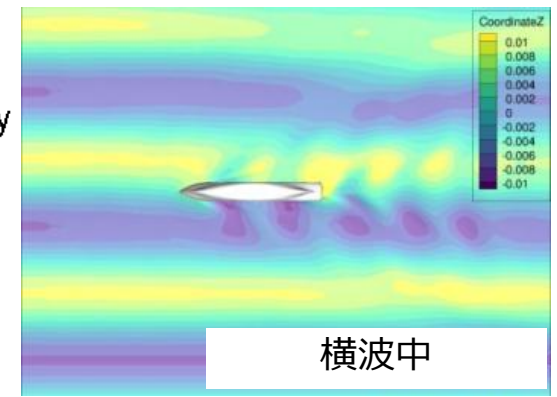
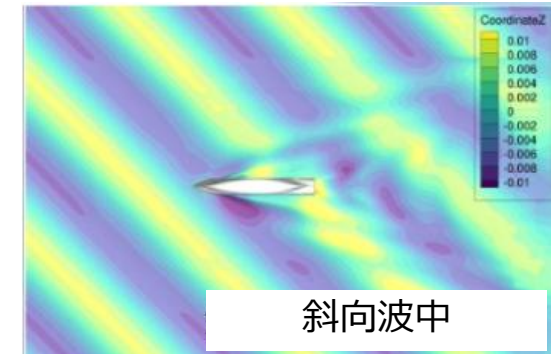
FBG圧力計測の様子と計測値（左：圧力センサ、中央：試験の様子、右：圧力計測値）

- CFD（計算流体力学）：省エネな船舶を開発するために必要不可欠な設計ツール
- 境界層の発達した船尾流場の推定が、船尾形状・推進器・付加物などの設計に重要
- 実海域性能の評価：波浪中抵抗増加、波浪中の伴流推定に適用が拡大

船型の変化に伴い船尾流場が変化
船型（赤線）：緑線→青線（船尾肥大化）
プロペラ位置の流速減

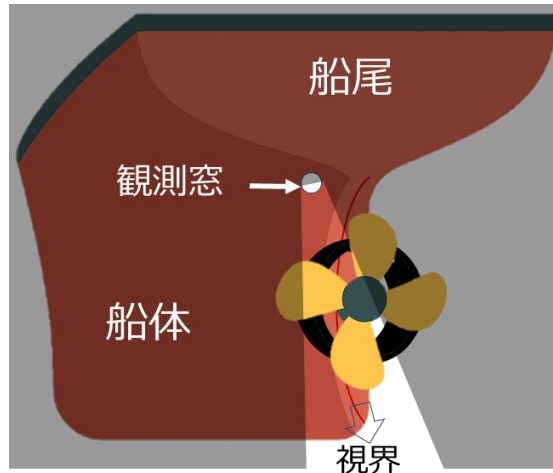


船型変化による船尾流場の変化

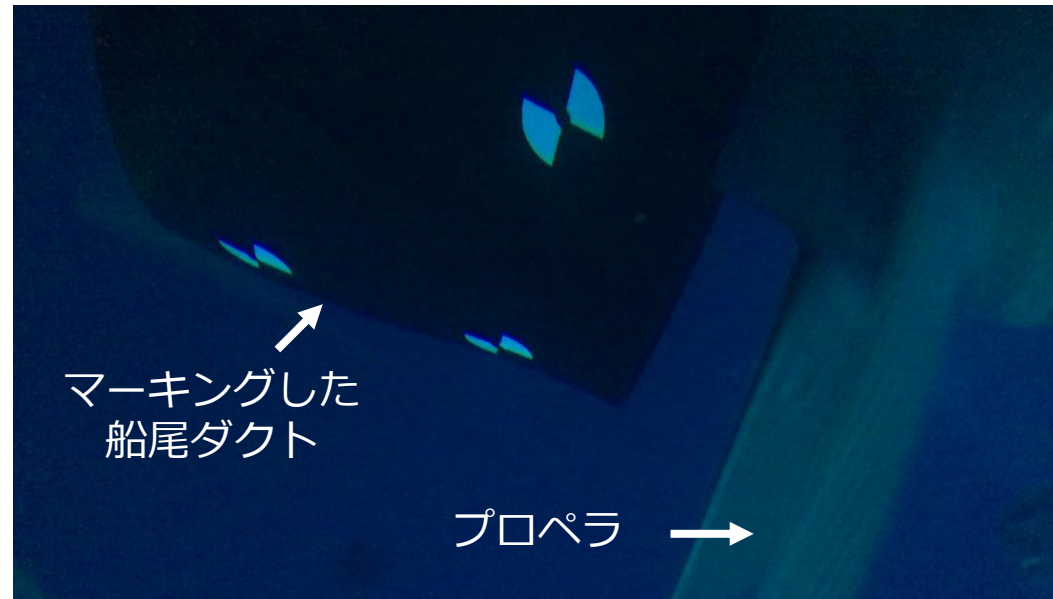


コンテナ船の波向き変更計算

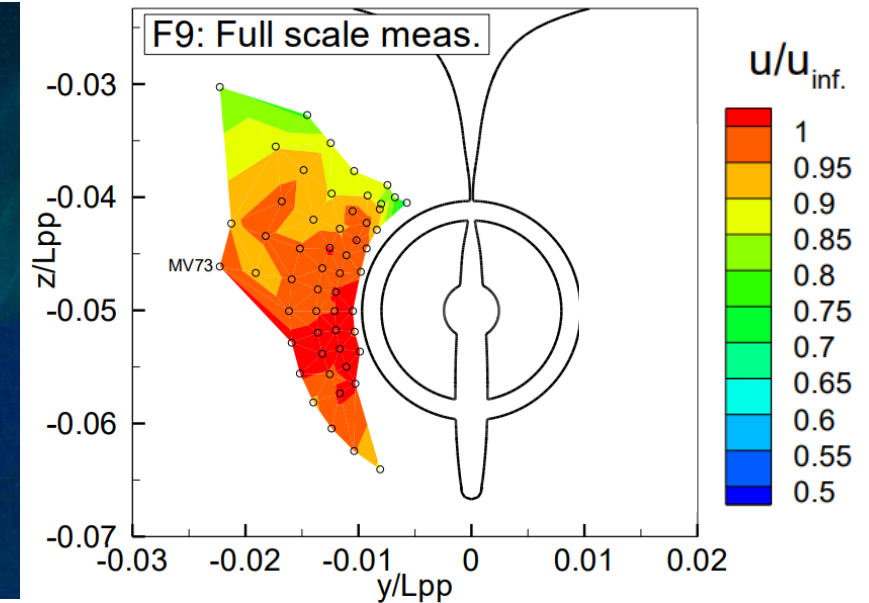
- 実船モニタリングデータ解析法の確立、モニタリングデータ・気象海象データの連携が進んでいる
- 実船船尾流場計測の開始
 - 対象船：63,000 DWT バルクキャリア
 - 船尾伴流、水中騒音、船尾変動圧力計測（実船スケールCFDの検証データとして利用）



右動画の船と撮影位置関係のイメージ



実船船尾ダクトまわりのPIV計測の様子

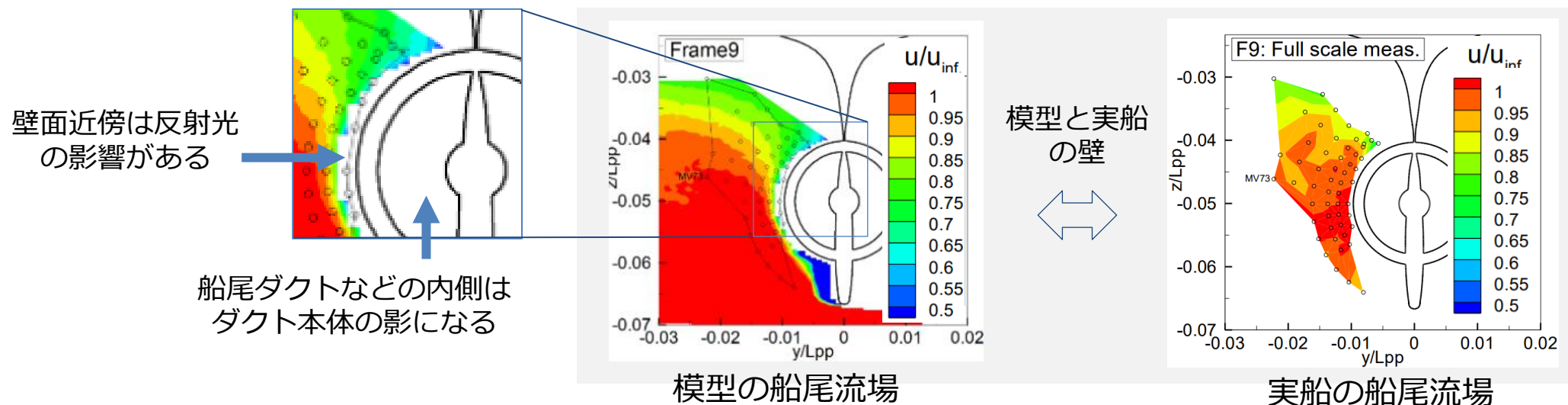


実船計測結果の一例

■ 水槽試験・シミュレーション・実船データの特徴と課題

- 水槽試験：幅広・肥大化船型・低速条件では計測値にばらつきが生じやすい。光学計測が難しい場所もある
- シミュレーション：試験結果と少なからず差がある（“完璧な”シミュレーションは存在しない）
- 模型と実船：模型船と実船にはスケールの大きな壁がある
- 実船のデータ：取得可能な範囲が限られており、網羅的な評価には課題。外乱の処理が必要

■ シミュレーションと観測・計測値（模型および実船）を融合し、両者の有効性を最大限に引き出す



■ データ同化：気象学、海洋学の分野で発達してきた（1990年代以降～）

- 予報のために最適な初期条件を求めることなどに利用されている

■ 目的①：実測データを用いて数値シミュレーションモデルの精度・性能を改善すること

- 初期・境界条件の推定
- パラメータ推定
- 流場変数の同化



CFDの精度・信頼性向上

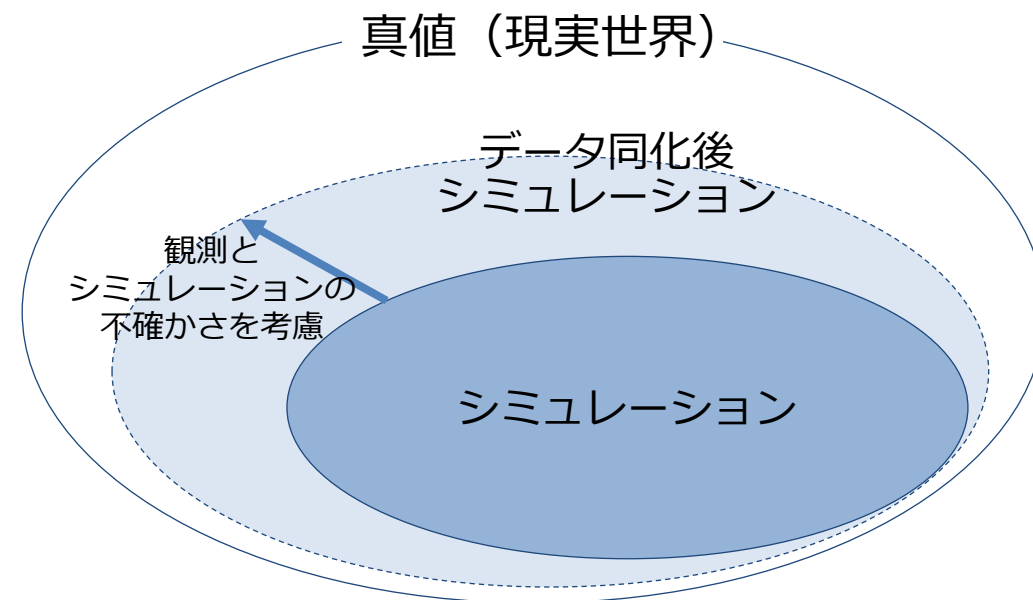
■ 目的②：物理法則を表現するシミュレーションモデルを用いることで、観測の不足を補ったり観測誤差を修正したりする。

- 観測すべき点の探索
- 均一なデータセット作成



**模型・実船試験
データの補間**

円の大きさ：含まれている物理現象・パラメータの範囲、
大きくなるほど現実世界を表現



データ同化によるシミュレーションの高精度化と真値の関係

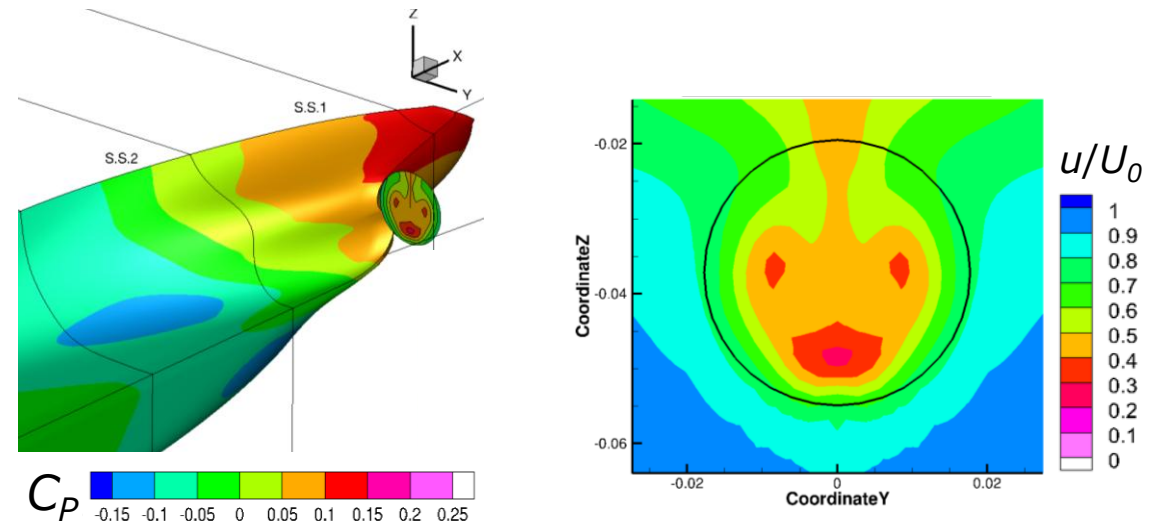
- 模型船の船尾圧力を計測したデータをもとに、データ同化（粒子フィルター）を用いて、CFDの乱流モデル（EASM）の2つのパラメータを自動的にチューニング
- 対象船：749GT型一般貨物船

主要目

	模型	実船
船長 L_{pp} [m]	6.771	79.0
船幅 B [m]	1.114	13.0
喫水 d [m]	0.402	4.689

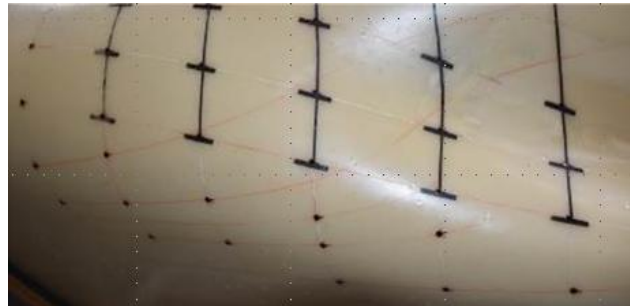
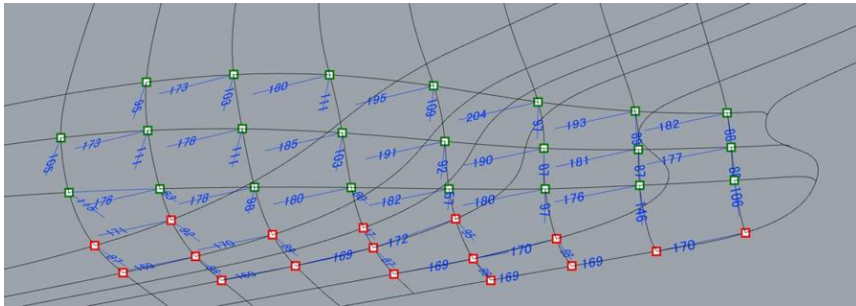


試験の様子

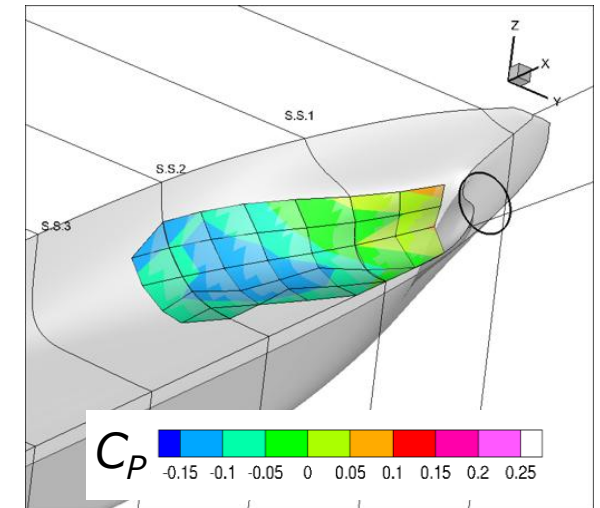


CFD推定結果（乱流モデルのパラメータオリジナル）
（左：船尾圧力分布、右：プロペラ位置の流場）

- 船尾に40点の圧力センサを取付圧力分布を計測
 - プロペラ位置の流速分布も計測
- 計測した圧力分布をデータ同化の観測値として利用
- 試験条件：満載状態、フルード数：0.22(実船船速：12knot相当)



船尾に取り付けた圧力センサの配置
(左：CAD、右：センサを取り付けた模型船表面の様子)

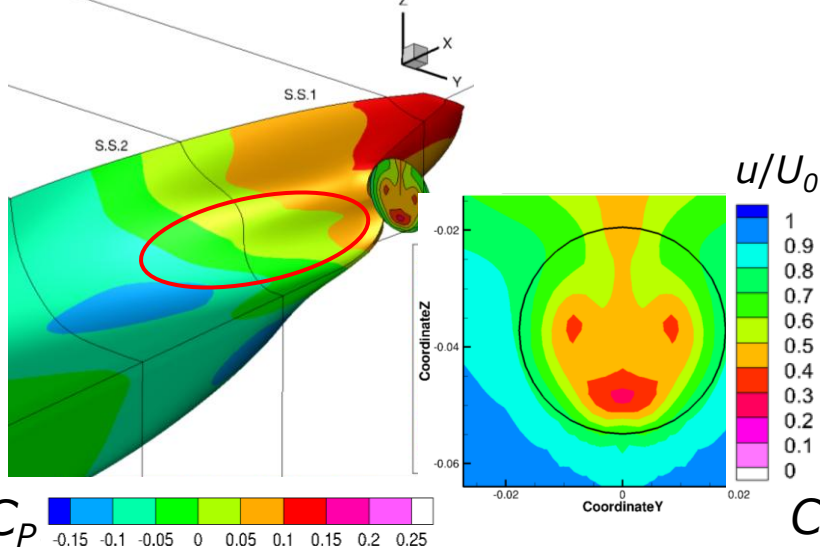


圧力計測結果
(C_p :圧力係数、
0を静止状態の圧力とする)

- 標準パラメータと比較し、船尾の流れが剥離した下流側の表面圧力分布が水槽試験結果に近づき、圧力の二乗平均平方根誤差（RMSE）が8.0%改善

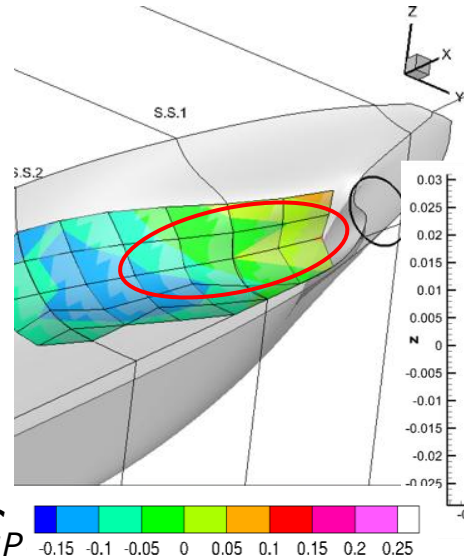
同化前

RMSE=1.26×10⁻²



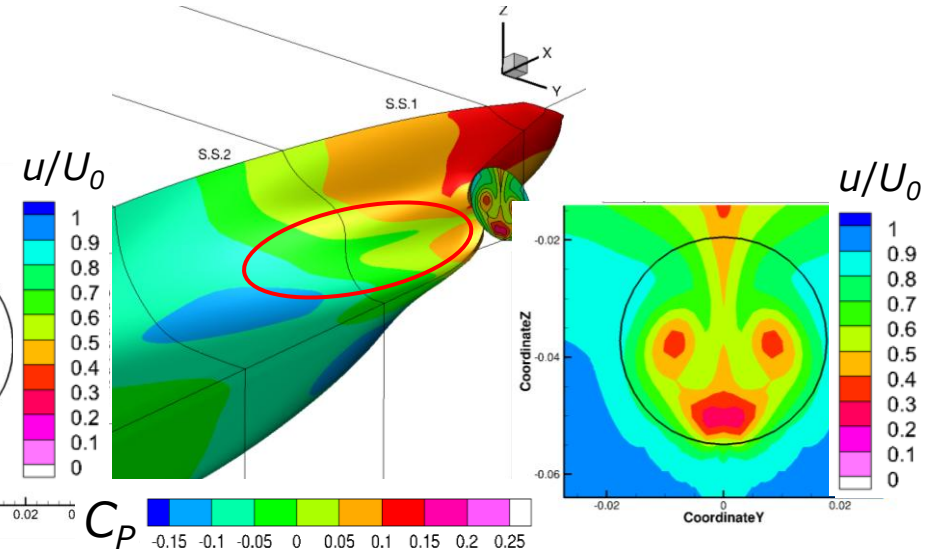
水槽試験

圧力センサ計測値



同化後

RMSE=1.17×10⁻²



データ同化による水槽/CFDの融合

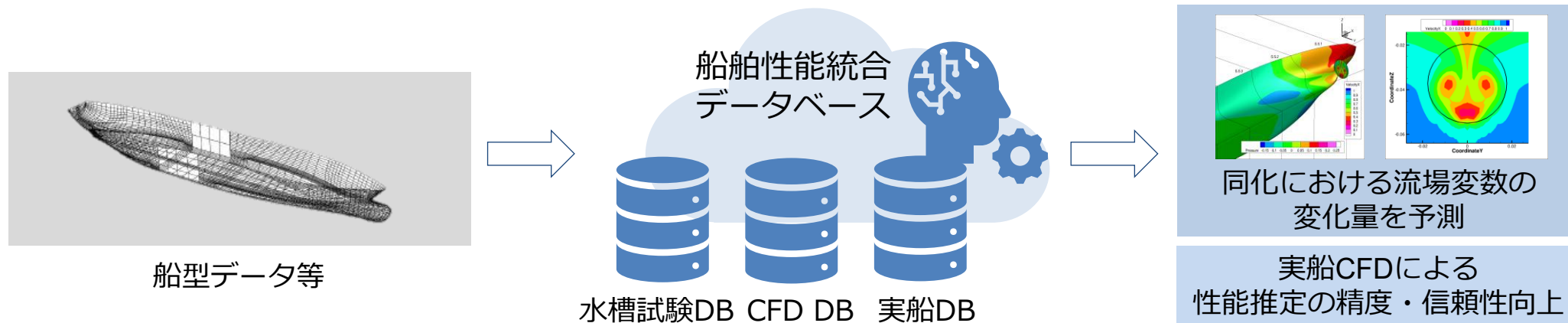
船尾圧力分布とプロペラ位置の流場（左:同化前CFD、中央:水槽試験、右:同化後CFD）

【次の実施事項】

- データ同化するパラメータ、データ同化に効果的かつ適切な計測点数・範囲の検討
- データ同化のための計測システムを構築
 - FBG圧力計測、PIV計測システムを統合水槽試験システム（IRIS）へ導入

【本システムにより可能になること】

- 船舶性能統合データベースに、水槽試験・CFD・データ同化の結果を蓄積し、船型データ等から、船尾流場・圧力分布の予測、同化における流場変数の変化量を予測
- 実船データとの同化により、実船CFDによる性能推定の精度・信頼性向上



計測とシミュレーションを連携させた推定技術を用いることで、
多様な船型・状態でも信頼性の高い推進性能推定技術を開発します

船舶性能統合データベースに反映、高精度に実海域性能改善提案を実施します

推定、検証、診断、改善のループにより、
設計や運航へフィードバックできる研究開発を行っていきます

ご清聴ありがとうございました



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

海上技術安全研究所

National Maritime Research Institute

