第23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の構想

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
黒田 麻利子　枌原 直人　一ノ瀬 康雄　辻本 勝

発表内容

- はじめに
- 船舶性能統合データベースを基盤とした研究開発
- 実海域実船性能向上のための取り組み
  - ライフサイクル燃費評価
  - 実海域性能推定技術の高精度化
  - 診断による性能改善
- まとめ

はじめに

はじめに

■ 国際海運からの温室効果ガス（GHG）排出量についての規制

国際海事機関（IMO）における検討

	2008年	2013年	2018年	2023年	2030年	2040年	2050年頃
EEDI（新造船のエネルギー効率設計指標）	検討開始	規制開始 ⇒段階的強化（Phase 0~3）					
SEEMP（船舶エネルギー効率管理計画書）	保持義務の開始						
	2023年						
EEXI（就航船のエネルギー効率設計指標）	規制開始						
CII（燃費実績）	格付け開始						
GHG削減戦略			初期戦略	見直し	GHG 20~30%減	GHG 70~80%減	GHGゼロ

※2008年基準

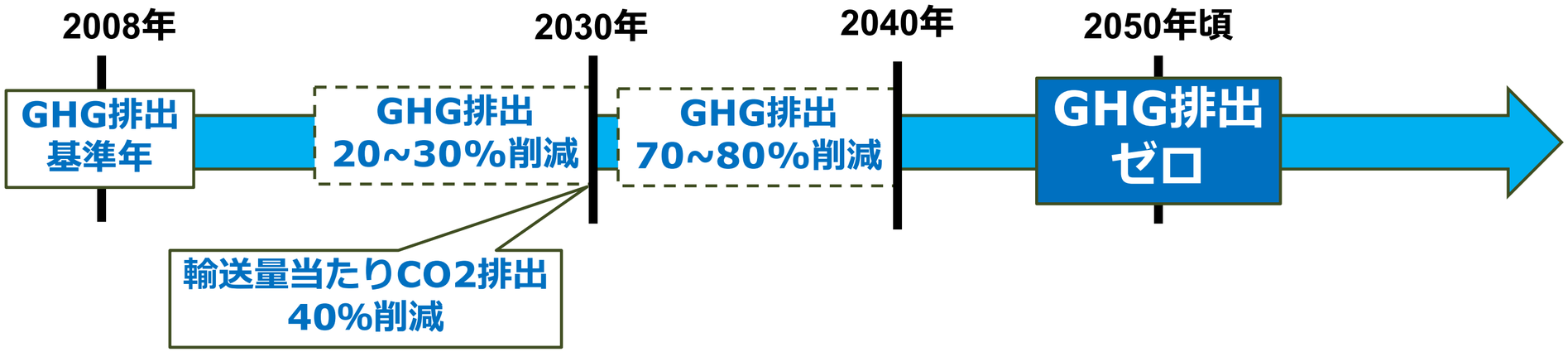
設計段階だけではなく運航段階も環境規制の対象となっており、

実海域における実船燃費性能の正確な評価に基づく性能向上が求められている

はじめに

- IMO 第80回海洋環境保護委員会（2023年7月3日~7日）の結果

- 「2023 IMO GHG 削減戦略」の採択



2023 IMO GHG削減戦略の目標

- 船舶の水中放射騒音の低減に関する非強制ガイドラインの改正

はじめに

■ 海事クラスター共同研究 実海域実船性能評価プロジェクト：OCTARVIA-PJ

船舶が実際に運航する波や風のある海域の中での速力、燃料消費量等の性能（実海域性能）を正確に評価する方法を開発するための共同研究プロジェクト

OCTARVIAプロジェクトフェーズ１

2017年10月~2021年3月

25機関で実施
（海運・造船・舶用工業メーカー等）

世界中の船舶をほぼ同じ精度で客観的に評価・比較できる「ものさし」を開発

はじめに

- 海事クラスター共同研究 実海域実船性能評価プロジェクト：OCTARVIA-PJ

OCTARVIAプロジェクトフェーズ２

2022年3月~2024年3月

24機関で実施
（海運・造船・舶用工業メーカー等）

「ものさし」の社会実装，研究の進化，戦略的な国際標準化・基準化を実施中

はじめに

■ 流体設計系の中長期ビジョン

実海域実船性能

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

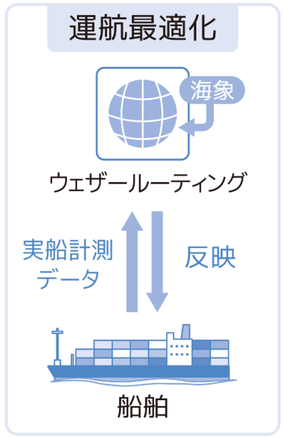
② 計測データによる運航診断・設計への応用技術

③ 水槽実験・理論解析による実海域性能推定技術

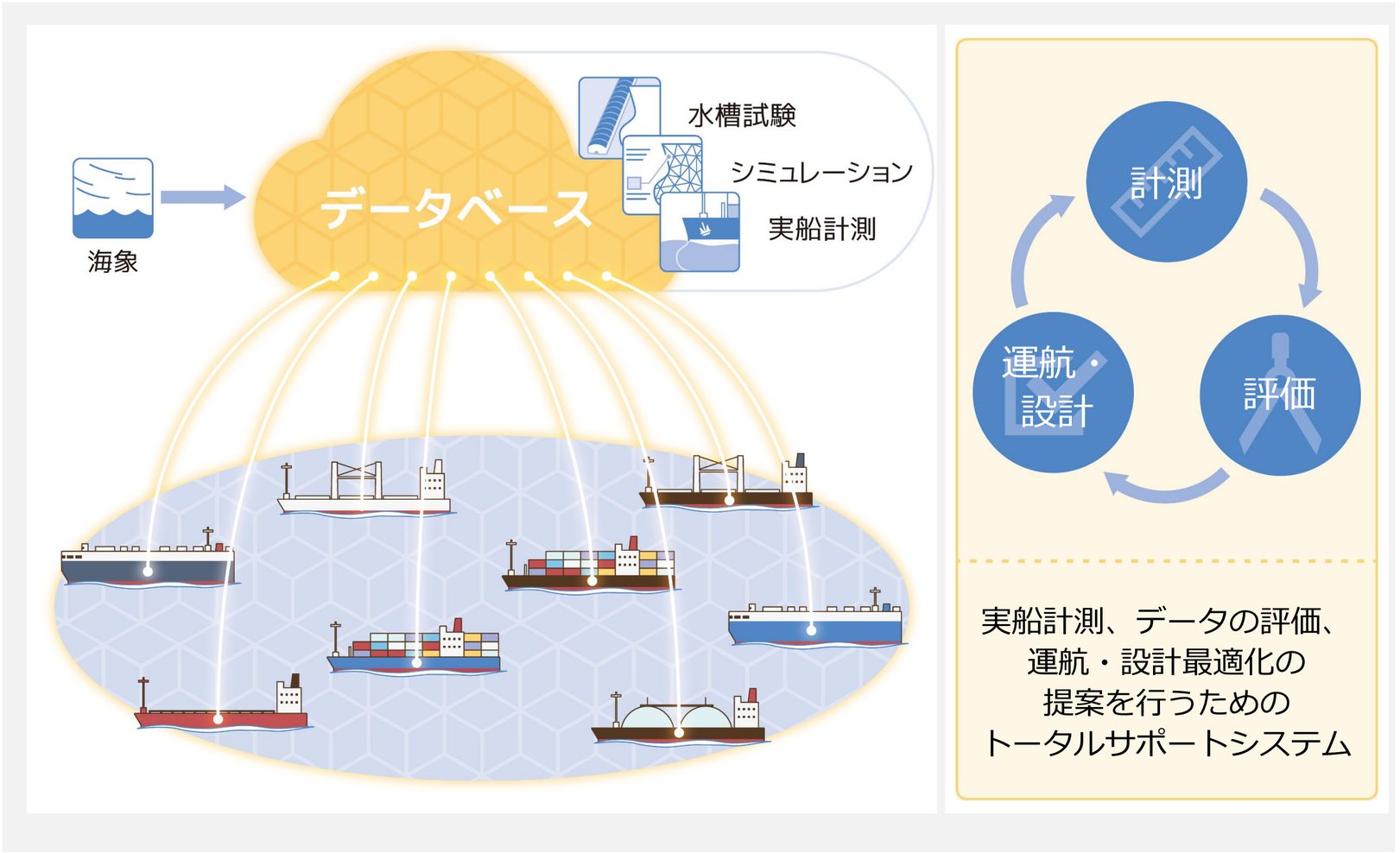
船舶性能統合データベースを基盤とした研究開発

船舶性能統合データベースを基盤とした研究開発

従来



目指すもの



実海域実船性能向上のための取り組み

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

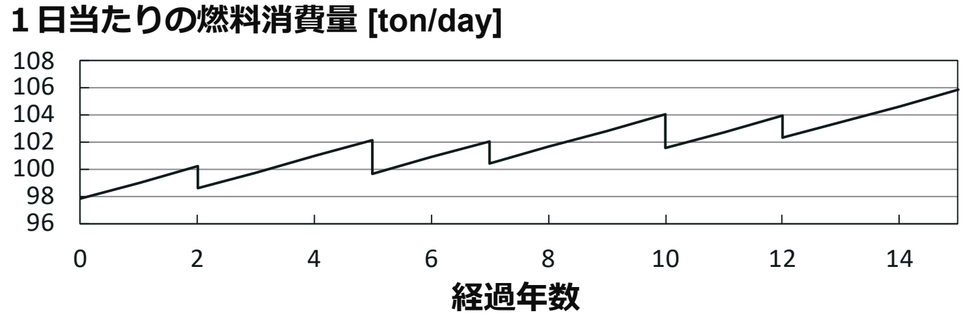
- ウェザールーティングと連携した省エネ船の評価
- 実運航時のライフサイクル評価

2. 実海域性能推定技術の高度化

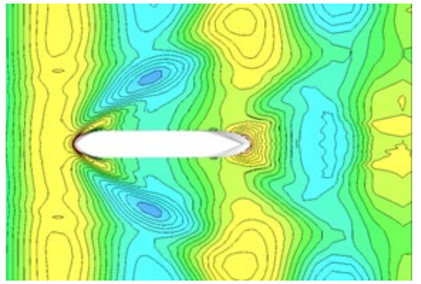
- 水槽試験・シミュレーション・実船データの連携
- 水中騒音規制に関する国際動向への対応

3. 診断による性能改善

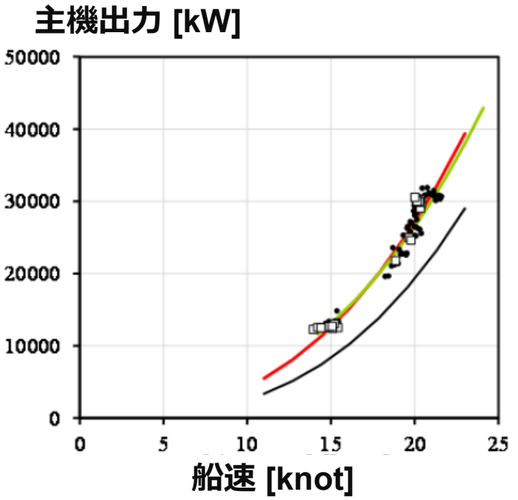
- 実海域性能検証手法の開発
- 燃費性能向上



燃料消費量のライフサイクル評価



計測と推定の連携



実船データによる検証

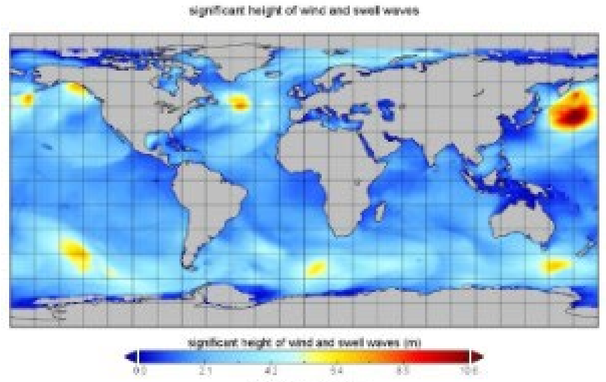
ライフサイクル燃費評価

ライフサイクル燃費評価

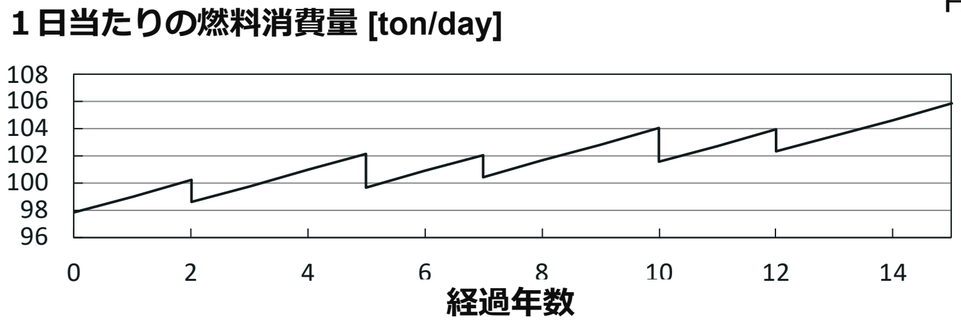
- ウェザールーティングと連携した省エネ船の評価
  - ●風力などの自然エネルギーを利用した船の評価
  - ●低速時実海域性能評価

風力アシスト船の例

- 実運航時性能のライフサイクル評価
  - ●省エネ技術の導入・代替燃料の採用に対応する長期的評価
  - ●経年劣化・生物汚損評価モデル



有義波高の分布

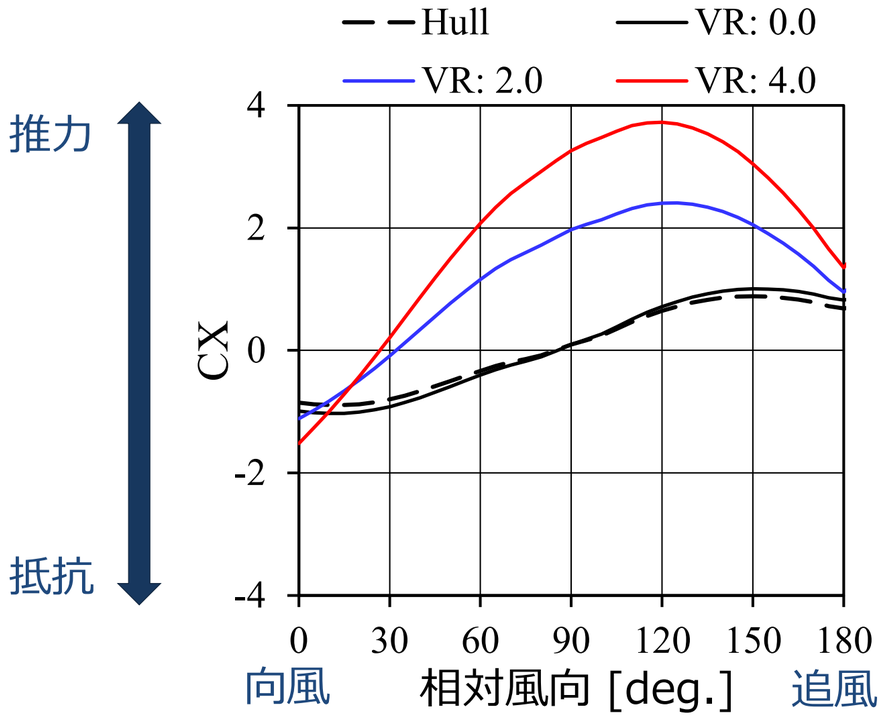


燃料消費量のライフサイクル評価

ライフサイクル燃費評価

■ 風力アシスト船の評価（ローター船の風圧力特性）

パナマックスバルカー
（船長217m）



風圧前後力係数

Hull：ローター無し
VR：ローター回転速度に関するパラメータ

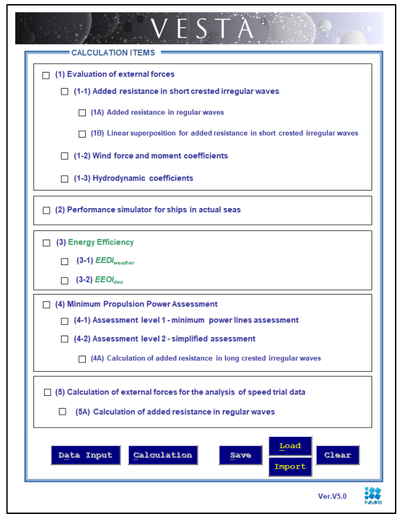
ローター船の風圧前後力係数は、ローター回転速度・相対風向により異なる

ref: 枌原直人 他，実海域におけるローター船の省エネ効果の評価，日本船舶海洋工学会論文集，第35号.

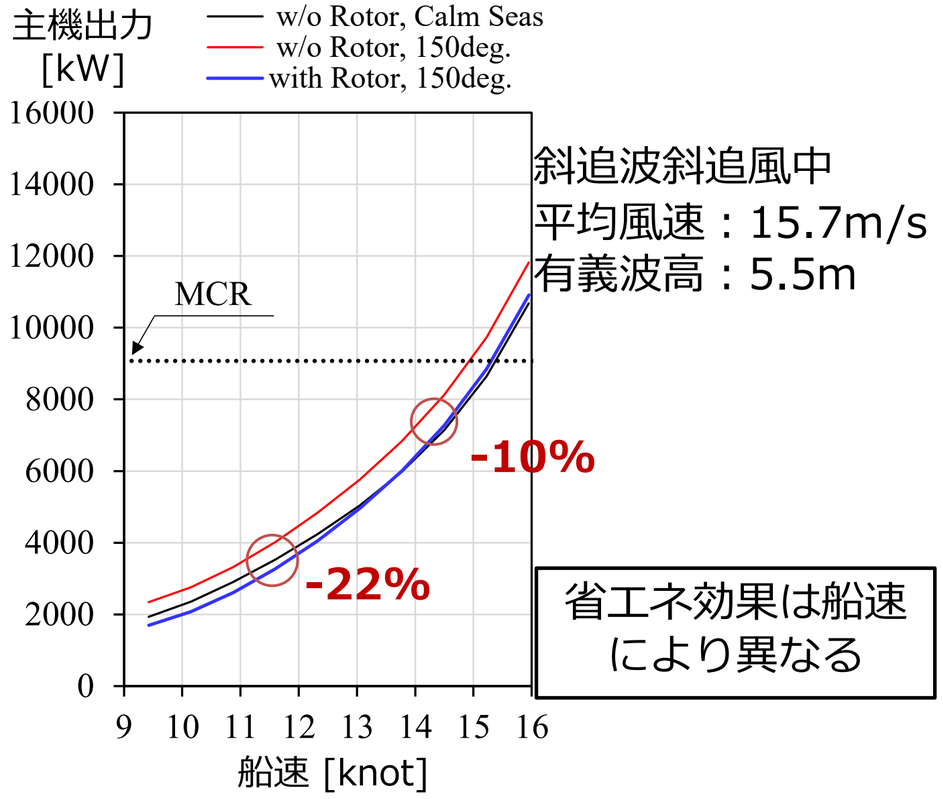
ライフサイクル燃費評価

■ 風力アシスト船の評価（ローター船の実海域中パワーカーブ）

実運航性能シミュレータ
VESTAによる評価



高精度の波風影響評価法、主機特性を考慮して、実海域性能を算定するプログラム

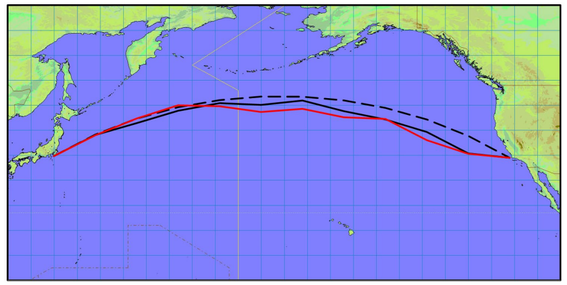


斜追波斜追風中
平均風速：15.7m/s
有義波高：5.5m

省エネ効果は船速により異なる

ローター船のパワーカーブの比較

大圏航路
最適航路ローターなし
最適航路ローターあり



１航海での燃料消費量

航路	ローターなし	ローターあり	省エネ効果
大圏航路	319 ton	299 ton	6.2%
最適航路	296 ton	252 ton	14.9%

第２期

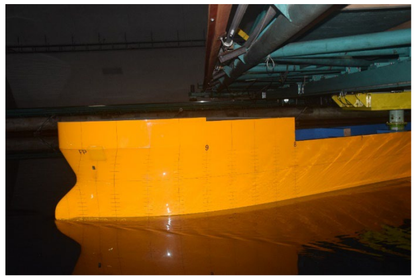
最適航路は省エネ装置の有無で異なるため、ウェザールーティングと組み合わせ、燃費削減効果の最大化、正確な省エネ船評価のための技術開発を行う

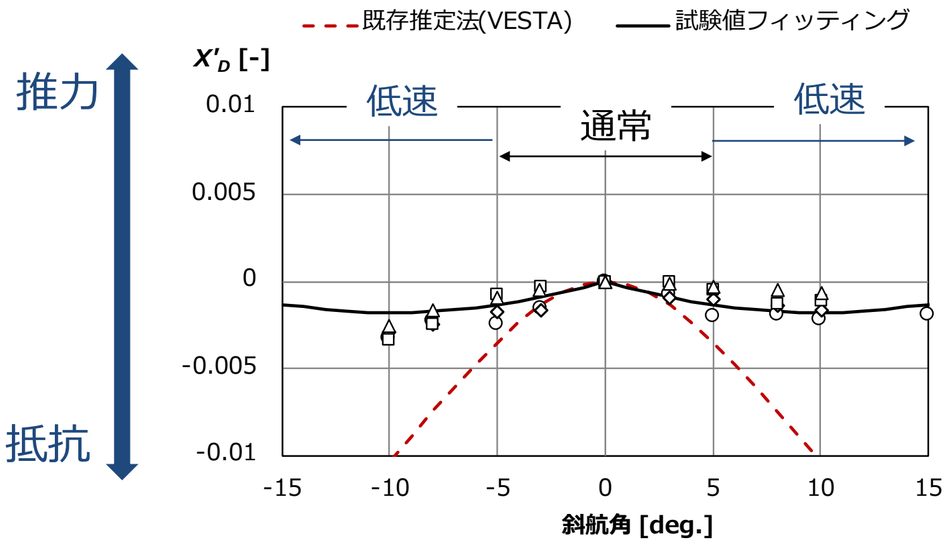
ref: 枌原直人 他，ウェザールーティングによるローター船の省エネ効果の評価に関する研究，第22回海上技術安全研究所研究発表会.

ライフサイクル燃費評価

■ 低速時実海域性能評価

ケープサイズバルカー（280m）
バラスト喫水状態

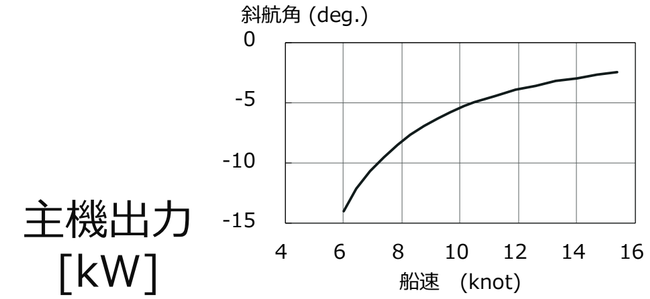


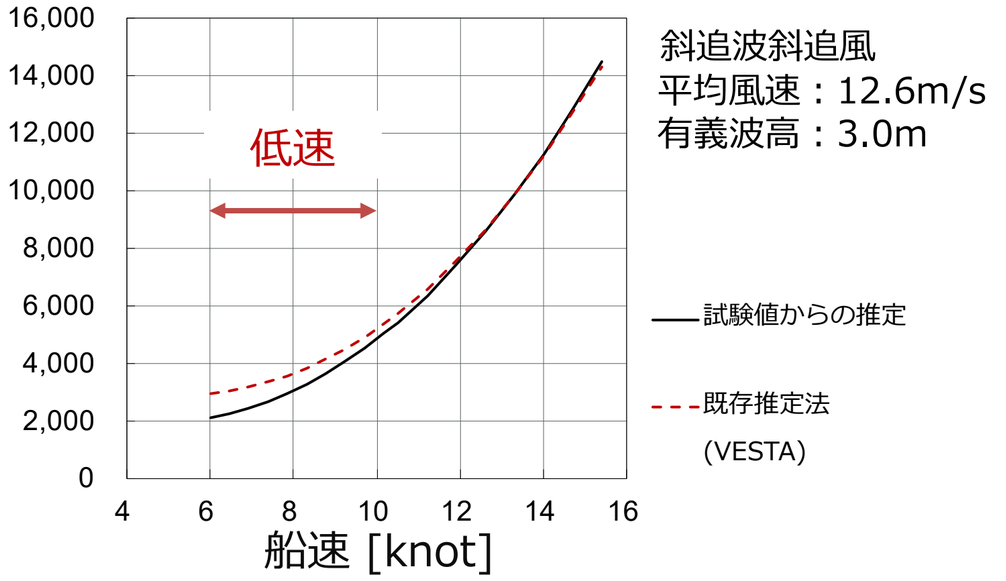


斜航前後力係数

通常：抵抗
低速：推力側へ移行

VESTA：抵抗
→より大斜航での
推定精度向上





パワーカーブの比較

第２期

低速運航時に割合が大きくなる斜航抵抗の推定精度向上に取り組む

ref: Kuroda et al., Effect of Hydrodynamic Forces due to drift motion on ship performance in actual seas at low speed, PRADS2022.

ライフサイクル燃費評価

■ ライフサイクル評価

●省エネ技術の導入や代替燃料の転換に対応して、長期的な効果の評価が必要

第２期

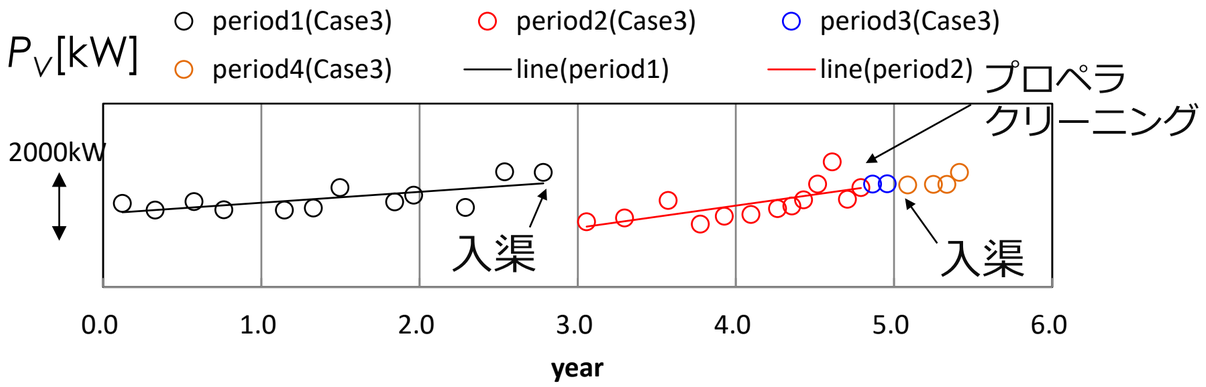
省エネ技術評価：ウェザールーティングとの連携

代替燃料：補機燃費の追加

■ 経年劣化・生物汚損の評価

●実船データから傾向を分析

出力が徐々に増加する傾向がみられる



実船データから出力増加量（船速一定）を解析した例：
バルカー(船長320m)

第２期

船体表面やプロペラ表面の粗度などのパラメータを利用し、シミュレーション可能な評価モデルを開発する

ref: 櫻田顕子 他, 実船モニタリングデータによる経年劣化・生物汚損の評価法の検討，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第31号.

ライフサイクル燃費評価

■ 今後の展望

代替燃料や自然エネルギーを利用した船、低速船などの
省エネ船評価技術の開発

ウェザールーティングと連携した評価法の開発

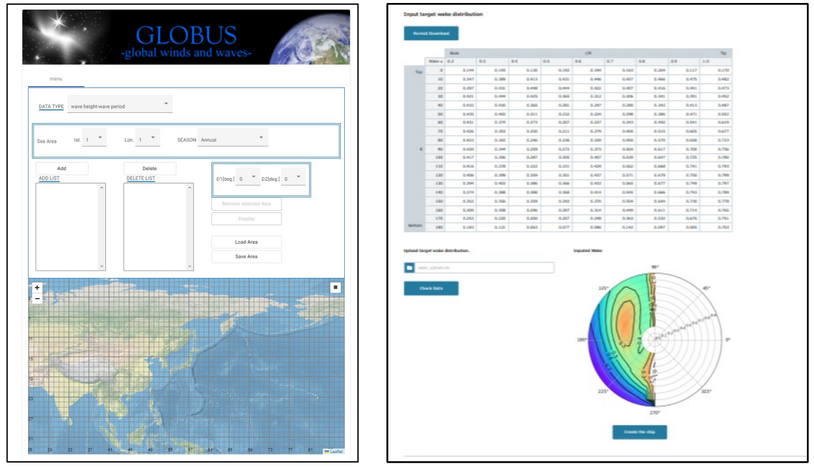
実運航時のライフサイクル燃費を評価するための技術の開発

ライフサイクルを
ターゲットとしたGHG削減
の実現

実海域性能推定技術の高精度化

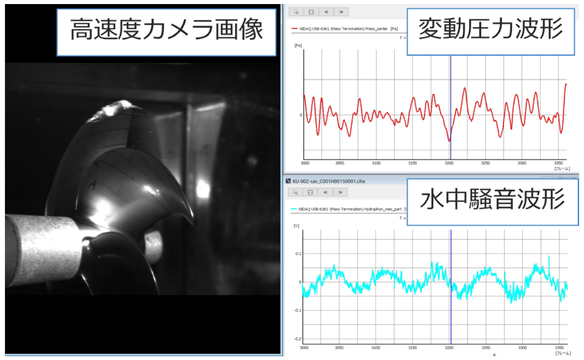
実海域性能推定技術の高精度化

- 水槽試験・シミュレーション・実船データの連携
  - ●高次元計測への移行
  - ●水槽試験データベースに基づくwebアプリ化シミュレーションツールと実船データベースとの連携



webアプリ化ツールの例

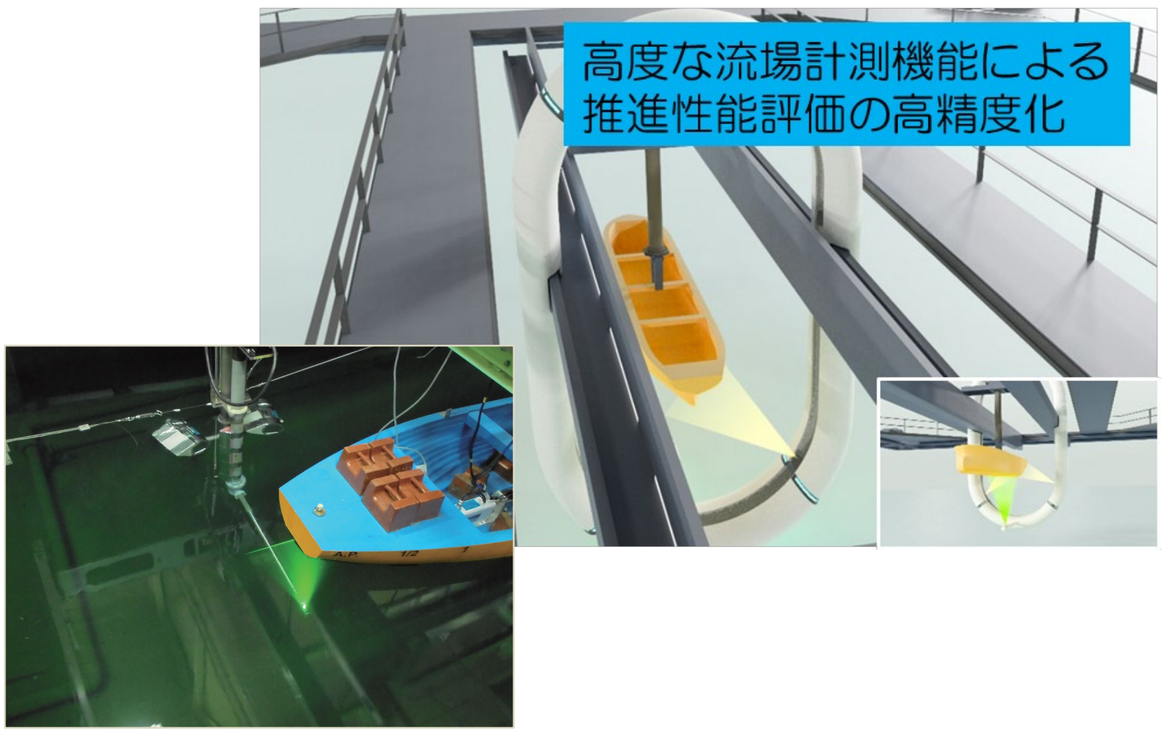
- 水中騒音規制に関する国際動向への対応
  - ●キャビテーションによる水中騒音評価
  - ●水中騒音低減技術の開発

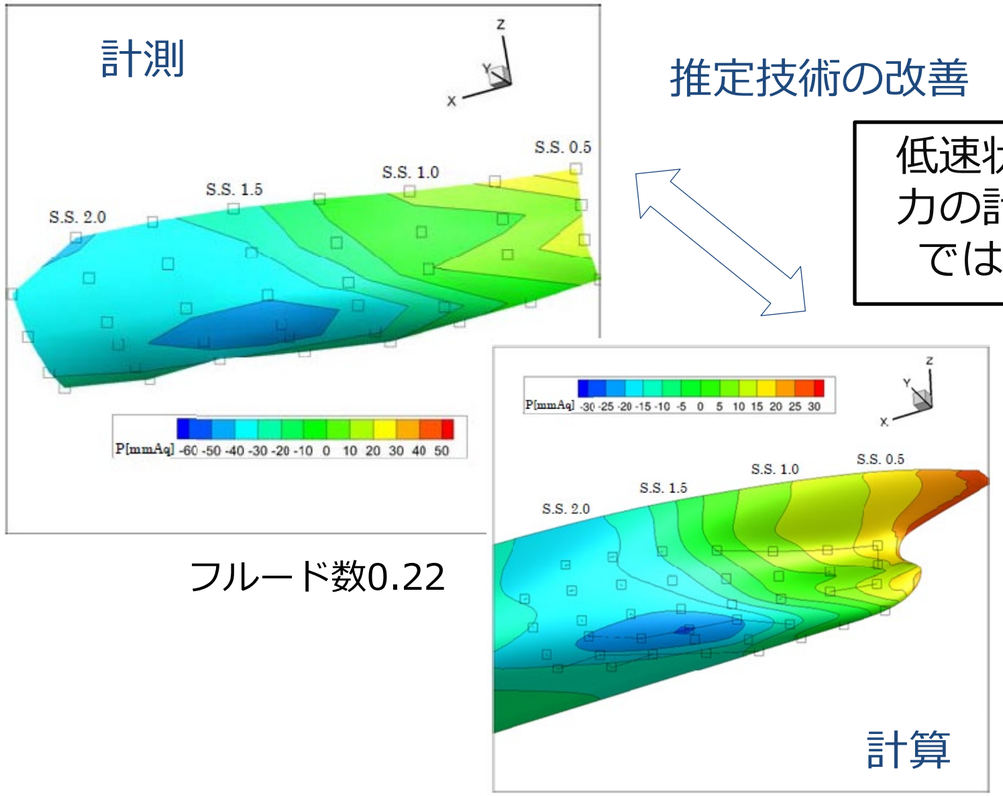


水中騒音計測

実海域性能推定技術の高精度化

■ 高次元計測への移行





船体圧力分布の計算・計測例:内航貨物船（749GT）

第２期

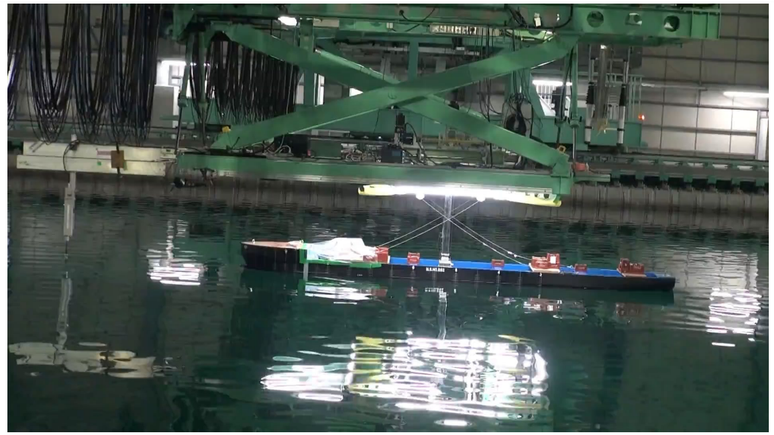
力の計測から高次元の計測へ移行し、低速状態などの船体周りの流場を把握し、信頼性の高い評価技術を開発

ref: 濱田達也 他, FBG圧力センサとピトー管を用いた圧力・流場計測によるダクト型省エネ付加物の喫水影響に関する研究，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第29号.

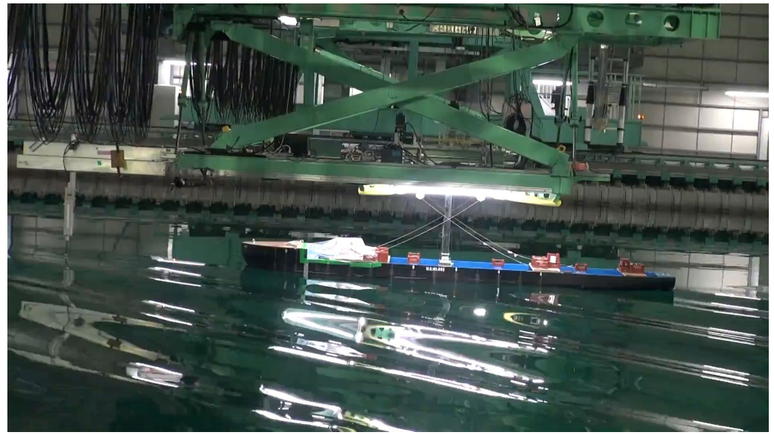
実海域性能推定技術の高精度化

■ 水槽試験・実船データ・シミュレーションの連携

ケープサイズバルカー(280m)の波浪中水槽試験



6knot, 斜向波(45度), 波長船長比1.3



6knot, 斜向波(45度), 波長船長比0.4

流場の計測
⇒低速の自航要素

第２期

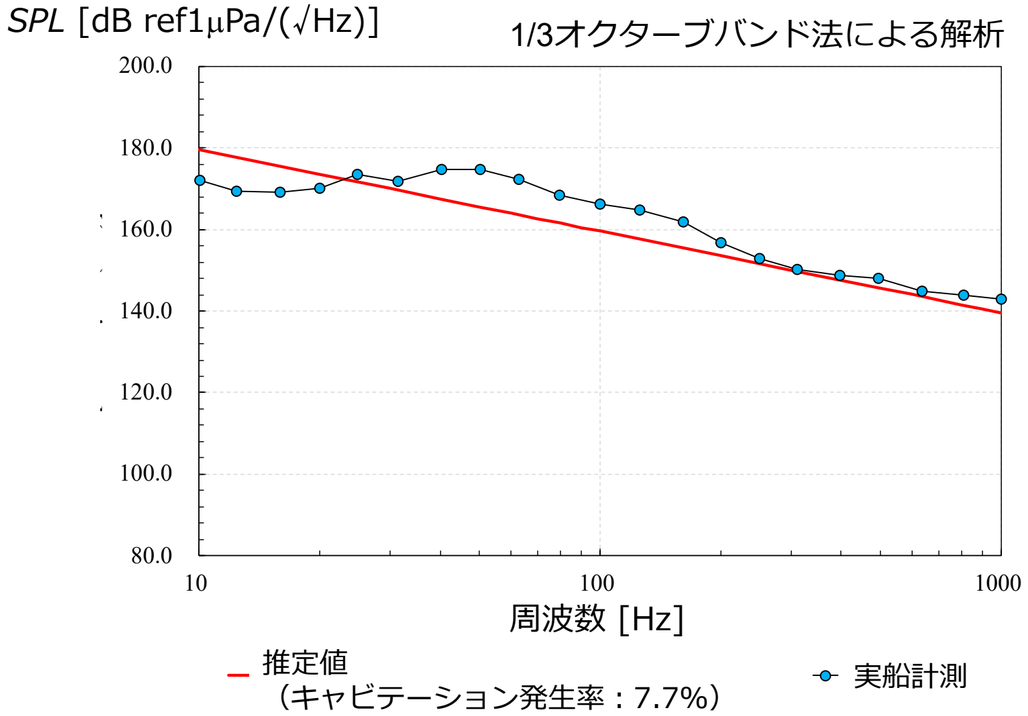
水槽試験とCFDなどの
数値計算のデータ同化

第２期

実船データ検証結果の
フィードバック

実海域性能推定技術の高精度化

■ キャビテーションによる水中騒音評価



Brownの式による水中騒音の評価例:
バルカー(船長173m ）

Brownの式, HOPE Lightを組み合わせた簡易推定ツールの開発

$$SL = 10\log\left(\frac{n^3 D^4 Z}{f^2}\right) + 10\log\left(\frac{A_c}{A_D}\right) + K$$

プロペラ主要目に関する項

キャビテーション面積に関する項

キャビテーション発生率

計算に必要なパラメータをHOPE Lightから推定

HOPE Light:最低限の主要目から、平水中推進性能、波浪中性能、操縦性能などの簡易推定を実施する。

実船計測の精度（誤差5dB程度）と同程度の評価

第２期

水中騒音推定手法の検証、水中騒音低減技術開発を行う。

ref: K.Shiraishi et.al., Verification of simplified underwater radiated noise estimation tool using Brown's formula, Proc. of INTERNOISE2023.

実海域性能推定技術の高精度化

■ 今後の展望

水槽試験・シミュレーション・実船データを連携した評価による
実海域中の推進性能・燃費性能推定技術の高精度化

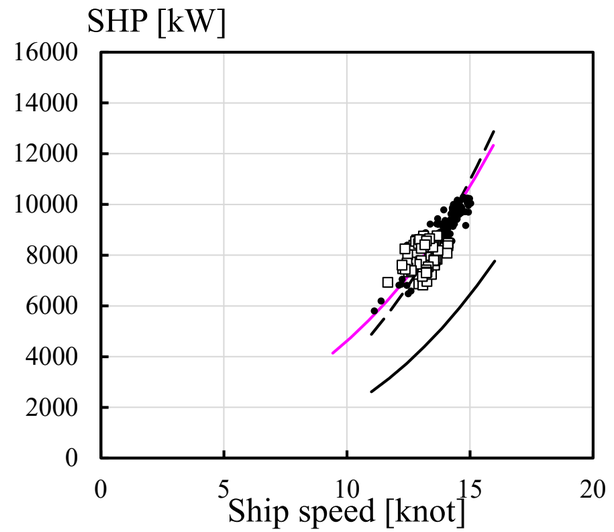
水中騒音計測・シミュレーション技術
の開発

燃費や水中騒音などの
環境規制に適合した船舶の
実現

診断による性能改善

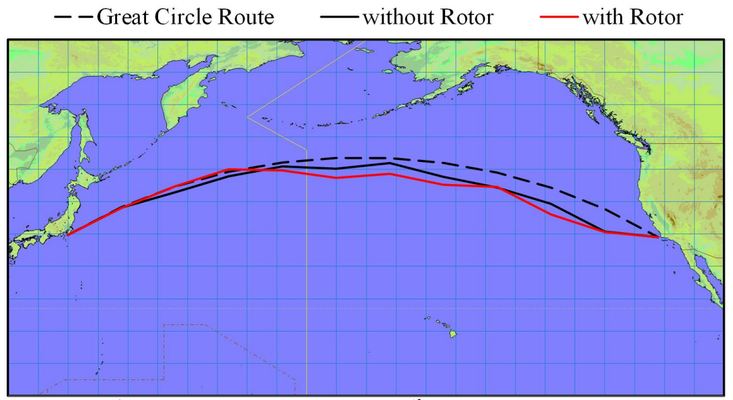
診断による性能改善

- 実海域性能検証手法の開発
  - ●実船データによる実海域性能の検証
  - ●実運航データの診断による改善提案



実船データによる実海域性能の検証

- 燃費性能向上
  - ●ウェザールーティングを考慮したライフサイクル燃費

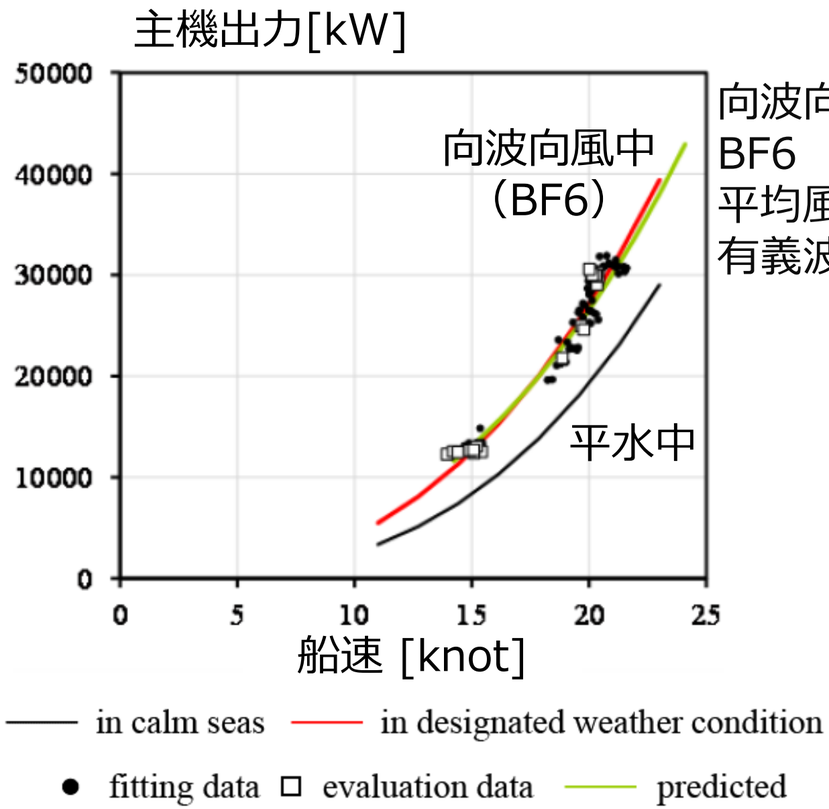


ウェザールーティングを考慮した評価

診断による性能改善

- 実船データによる実海域性能の検証
  - ●RCM法による実海域性能の評価
  - ●実船データと事前推定の比較
    （実海域性能保証）

RCM（Resistance Criteria Method）：
OCTARVIAプロジェクトフェーズ１により開発。
標準的な実船モニタリングデータ解析法。



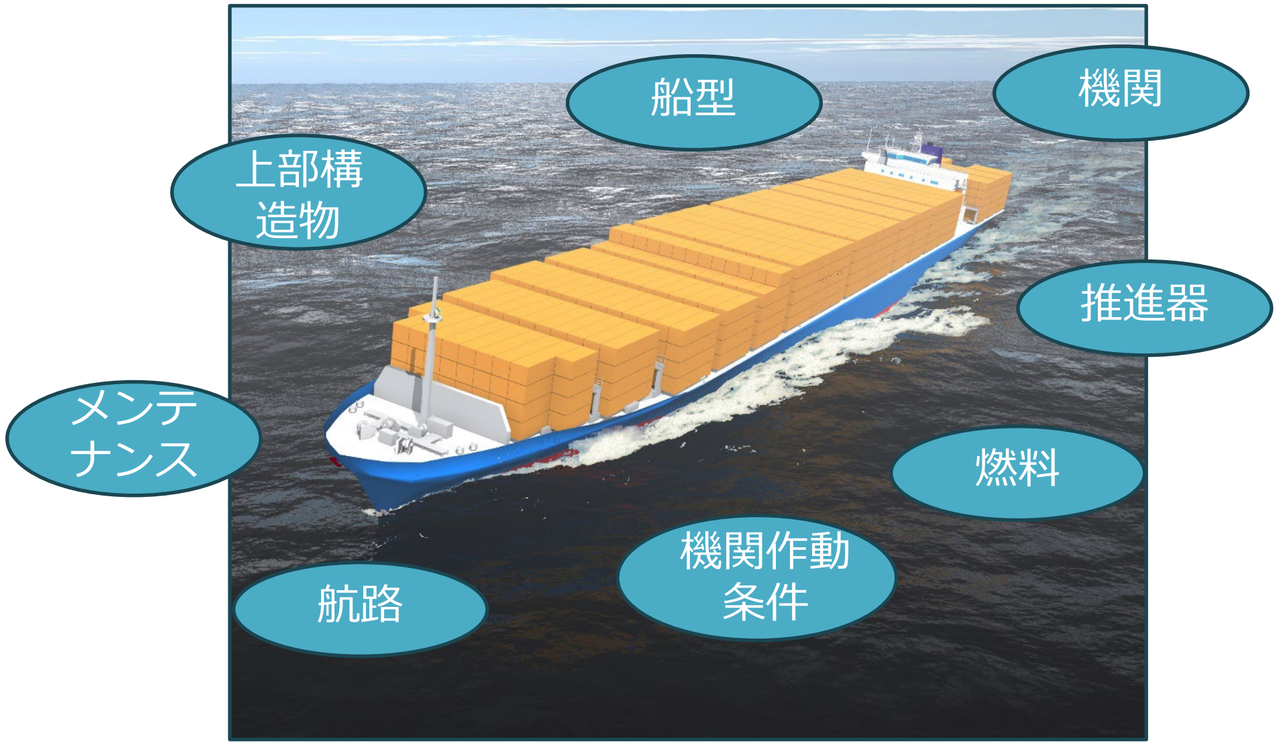
向波向風
BF6
平均風速：12.6m/s
有義波高：3.0m

実船モニタリングデータ解析の例：
コンテナ船（船長270m）

ref: Sogihara et al.: Evaluation of Ship Performance in Actual Seas Using Onboard Monitoring Data -Application of Resistance Criteria Method to Designated Weather Condition, Conf. Proc. of JASNAOE, Vol. 32.

診断による性能改善

■ 実運航データの診断による改善提案 **第２期**



実運航データの分析

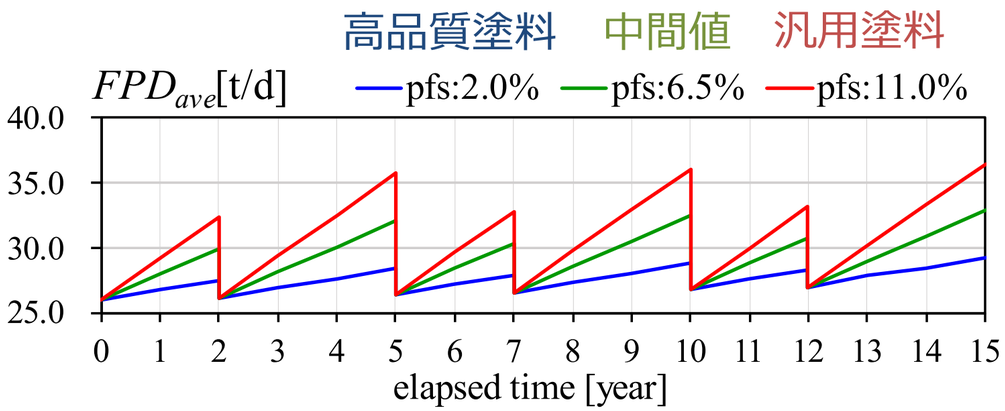
診断

実海域実船性能の改善

診断による性能改善

■ 燃費性能向上

ライフサイクル燃費の向上

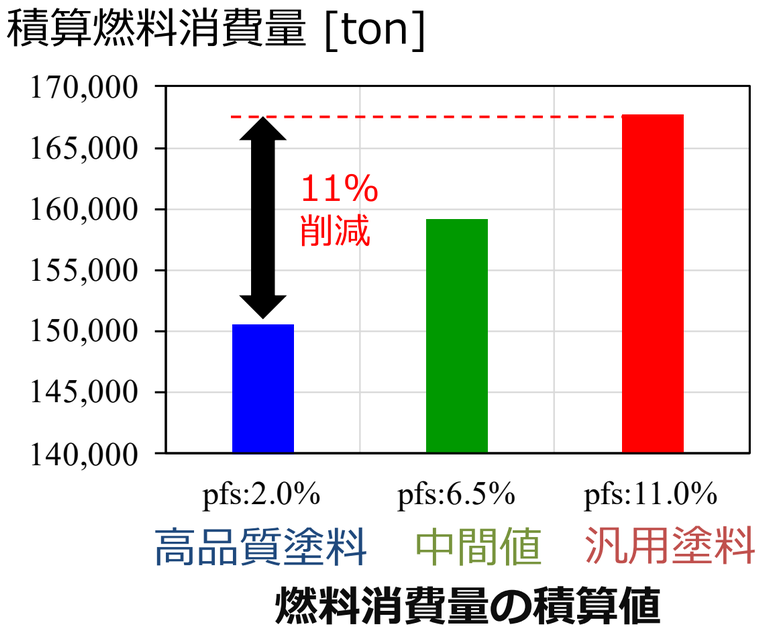


pfs: 船体抵抗増加率

燃料消費量の経時変化

積算

ケープサイズバルカー（船長280m）
日豪航路、12knot



燃料消費量の積算値

第２期

各要素技術の精度を上げることにより、正確な評価が可能となる

ref: Sogihara et al., Lifecycle Assessment of Fuel Oil Consumption of a Ship in Service, Conf. Proc. of HullPIC2022.

診断による性能改善

■ 今後の展望

実船データによる実海域性能の検証

実運航データの診断による改善提案

ライフサイクル燃費の向上

実海域実船性能診断技術によるGHG削減の実現

まとめ

まとめ

ライフサイクル燃費を評価できる技術、
計測とシミュレーションを連携させた推定技術を組み合わせ、
実海域実船性能の診断技術を開発

船舶性能統合データベースによる実海域性能改善提案

推定、検証、診断、改善のループにより、
設計や運航へのfeedbackに貢献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