

## 11 OCTARVIA I の成果と OCTARVIA II の計画

辻本 勝\*, 松本光一郎\*\*, 粉原 直人\*, 佐藤 秀彦\*\*\*,  
久米 健一\*, 折原 秀夫\*\*\*\*, 杉本 義彦\*\*\*\*\*, 黒田麻利子\*

### Results of OCTARVIA I and plans for OCTARVIA II

By

TSUJIMOTO Masaru, MATSUMOTO Koichiro, SOGIHARA Naoto, SATO Hidehiko,  
KUME Kenichi, ORIHARA Hideo, SUGIMOTO Yoshihiko and KURODA Mariko

#### Abstract

The OCTARVIA Project, which concluded in March 2021, was a three-year collaborative project between twenty-five Japanese maritime companies. The aim of the project was to develop a method for accurately evaluating ship performance in actual seas. The life cycle fuel consumption of a ship has been developed as an index for evaluating performance. In this paper, we also discuss improving the accuracy of methods developed for analyzing ship monitoring data and estimating ship performance in actual seas. Application programs have been developed to disseminate the results of the project. These programs have been deployed on the NMRI Cloud service.

Following the OCTARVIA Project, the OCTARVIA II Project will be launched to facilitate the implementation of the technology for estimating, measuring, and evaluating ship performance in actual seas worldwide.

---

\* 流体設計系, \*\*一般財団法人次世代環境船舶開発センター（研究当時：ジャパン マリンユナイテッド株式会社）, \*\*\* 株式会社 MTI, \*\*\*\* ジャパン マリンユナイテッド株式会社, \*\*\*\*\* 株式会社商船三井

原稿受付 令和3年5月26日

審査日 令和3年6月11日

## 1. はじめに

我が国海事クラスターの間で、国際競争における優位性確保には総合的な技術力とイノベーション力を高める戦略的技術開発が不可欠との認識が高まり、2017年、海運・造船・船用工業並びに日本海事協会、海上技術安全研究所等25社(表1)が「実海域実船性能評価プロジェクト研究会(OCTARVIA I (フェーズ1))」を立ち上げた。

OCTARVIA Iは、燃料消費量等の船舶の実海域性能を正確に評価する「モノサン」の開発を目指し、3年半にわたり研究を進めた。その結果、実海域における実船モニタリングやシミュレーションなどの最新技術の開発を果たし、実海域実船性能を推定・計測・評価する手法「モノサン」を作成した。

一方、その間、造船など我が国を取り巻く海事産業の社会状況は変化しており、船舶の温室効果ガス排出削減を求める環境規制が強化された。すなわち、2018年にIMO GHG削減戦略が策定され、最近では、就航船のEEXI(エネルギー効率)規制やCII(燃費実績)格付の導入が審議され2023年に発効の見込みとなる等、実海域実船性能評価への関心は益々高まっている。

このような状況を踏まえると、海運・造船・船用工業各社並びに日本海事協会、日本気象協会、海上技術安全研究所が一体となって戦略的に技術開発を進める意義は大きく、なかでも実海域実船性能を正しく評価する技術は、船舶の環境規制の公正な適用を促し我が国船舶の優位性を顕示する意味でも、また、船の一生に亘りその性能を管理して船のアセット効率を高めるうえでも有用である。

すなわち、我が国の海事クラスターが結集したOCTARVIA Iの開発体制を引き継いで、実海域実船性能の推定・計測・評価技術の社会実装を推し進め、標準手法として世界に普及させることが必要であり、そのことが我が国海事産業の国際競争力強化につながると考え、引き続き、海運・造船・船用工業各社、日本海事協会、日本気象協会、海上技術安全研究所が連携して「実海域実船性能評価プロジェクト(フェーズ2)OCTARVIA II」の発足を計画している。

## 2. OCTARVIA Iの成果

OCTARVIA Iでは、船舶が実際に運航する波や風のある海域の中での船舶の速力、燃費等の性能(実海域性能)を正確に評価する方法の開発を目的とし、(1)実海域における実船性能モニタリング手法の構築、(2)実海域性能推定手法の構築、(3)実海域性能評価手法の確立に関して取り組み<sup>1)</sup>、2020年12月に成果報告会を行った<sup>2)</sup>。以下にその成果の一部を示す。

### 2.1 実海域における実船性能モニタリング手法の構築

実海域における実船性能を実船データに基づいて評価する手法の構築に取り組み、その成果を「実船モニタリング標準手法」として取りまとめた。同標準手法の従来法に対する優位性について、船長185mのタンカーを対象に、以下にモニタリング解析技術による精度向上結果を説明する。

表1 OCTARVIA I参加会社(2021年3月)

分野(参加者数)	会社名
海運会社(3)	川崎汽船(株)、(株)商船三井、日本郵船(株)
造船会社(12)	今治造船(株)、(株)大島造船所、川崎重工業(株)、(株)新来島サノヤス造船、ジャパン マリンユナイテッド(株)、(株)新来島どつく、住友重機械マリンエンジニアリング(株)、常石造船(株)、内海造船(株)、(株)名村造船所、三井E&S造船(株)、三菱造船(株)
塗料メーカー(3)	関西ペイントマリン(株)、中国塗料(株)、日本ペイントマリン(株)
プロペラ・舵メーカー(3)	かもめプロペラ(株)、ジャパン・ハムワージ(株)、ナカシマプロペラ(株)
ガバナーメーカー(1)	ナブテスコ(株)
船級協会(1)	(一財)日本海事協会
気象コンサルタント(1)	(一財)日本気象協会
研究機関(1)	(国研)海上・港湾・航空技術研究所

### (1) 平水中性能評価

実船モニタリングによる平水中性能の評価においては、これまで風速もしくは風速と波高について閾値を設定することにより、波、風の影響が小さいと見なせる状況での計測データを抽出し、外乱修正を実施せずに抽出したデータに対するカーブフィッティングにより性能を推定することが慣例的に行われてきた。この方法は簡便であるが閾値を適切に設定する必要があり、実際は恣意性が入り容易ではない。

OCTARVIA Iでは、波、風の外乱修正を行い、さらに波、風による平水中からの抵抗増加率に着目し、これを活用したデータ抽出・解析方法(RCM:抵抗閾値法 Resistance Criteria Method)を開発した<sup>3),4)</sup>。表2に示す従来法、開発法(RCM)のそれぞれにおいて精度評価を行った結果を示す。ここで $V_{wind}$ は絶対風速、 $H$ は有義波高、 $\delta R$ は平水中抵抗を基準とした抵抗増加率である。また、RCMでは精度評価を行い解析結果の品質管理情報を出力する点が特徴である。

図1に抽出データ及び解析した平水中性能と各手法により得られる平水中性能の比較を示す。図中のマークはそれぞれの条件で抽出されたデータであり、開発法では抽出されたデータに対し外乱修正を行ったデータである。 $V_S$ は対水船速BHPは主機制動出力である。

これらの結果から、抽出データのばらつきが異なっており、評価に違いが生じることが分かる。計画船速(15knot)における開発法(RCM)とのBHPの差を求めると、従来法1とは20%、従来法2とは15%異なる。

表2 従来法と開発法

	従来法1 (conv.1)	従来法2 (conv.2)	開発法 (RCM)
波、風の抽出条件	$V_{wind} \leq 7.9\text{m/s}$	$V_{wind} \leq 7.9\text{m/s}$ $H \leq 1.8\text{m}$	$\delta R \leq 50\%$
精度評価	なし	なし	$\delta R \leq 10\%$
外乱修正	なし	なし	あり

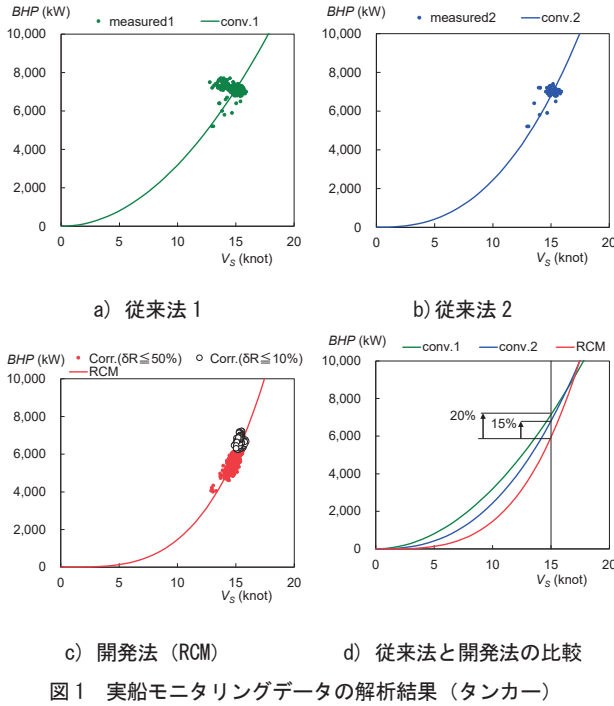


図1 実船モニタリングデータの解析結果(タンカー)

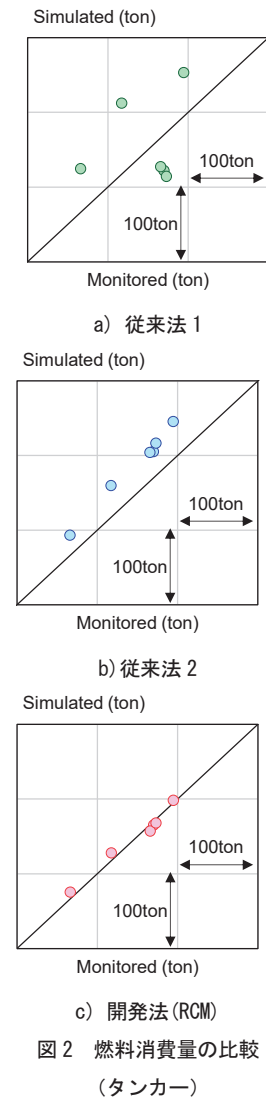


図2 燃料消費量の比較(タンカー)

(2) 精度検証

図1に示した各評価法により得られる平水中性能を用いて、対象船であるタンカーが航海中に遭遇した気象海象情報に基づいて、航海中の燃料消費量の実運航シミュレーションを実施した。6航海を対象としてシミュレーション(Simulated)と実績値(Monitored)の比較を行った結果を図2に示す。

従来法1ではばらつきが大きく、従来法2ではばらつきは小さいもののシミュレーション結果と実績値との間にバイアスがある一方、開発法(RCM)では何れの航海においても最も精度よく推定できていることが分かる。

(3) まとめ

OCTARVIA Iで開発した実船モニタリング標準手法に基づき、平水中性能の評価を実施し、燃料消費量のシミュレーションから、開発手法が従来法よりも高精度であり優位性があることを示した。

2.2 実海域性能推定手法の構築

設計段階で実海域性能を推定する手法の構築に取り組み、その成果を6つの手順書「実海域性能推定のための風圧力のCFD計算法」「実海域性能推定のための向波中CFD計算法」「実海域性能推定のための推奨風洞試験法」「実海域性能推定のための波浪中推奨水槽試験法」「実海域性能推定のための波浪中推奨水槽試験解析法」「実海域性能標準推定法」として取りまとめた。同標準手法の従来法に対する優位性について、以下に実海域性能推定手法による精度向上を説明する。

(1) 横揺抵抗増加の推定法

これまで波浪中抵抗増加に及ぼす横揺影響は比較的小さいとして計算されていなかった。しかし、横揺固有周期によってはその影響を考慮する必要があることが実験的に明らかとなり<sup>5)</sup>、OCTARVIA Iでは横波から追波中の抵抗増加推定精度を向上させるために、VESTAの波浪中抵抗増加計算法<sup>6)</sup>にグリツマ・ボイケルマン法<sup>7)</sup>の考えを横揺に拡張した推定法を開発した。この推定法は水槽試験結果との一致も良い(図3)。

ここで、 $\lambda/L_{pp}$ は波長船長比、 $K_{dir}$ は規則波中抵抗増加係数、 $F_r$ はフルード数、 $T_{\phi}$ は実船の横揺固有周期である。横揺が主機出力の増加に与える影響は、斜追波斜追風中が最も大きく、従来推定できなかった成分を考慮することで、図4に示すコンテナ船(満載状態、BF6(平均風速12.6m/s、有義波高3m、平均波周期6.7s)、斜追波斜追風、船速18ノット)の場合、主機出力が約1.9%変化し、推定精度が向上する。

(2) 波浪中自航要素の推定法

実海域での推進効率プロペラ単独効率の他、自航要素も変化する。従来はプロペラ単独効率の変化のみを考慮して推進効率を推定していた。そこで、自航要素が荷重度で変化することを考慮した方法<sup>8),9)</sup>を拡張し、実海域での荷重度変化を考慮した推定法(OCTARVIA-1法及びOCTARVIA-2法)を新たに開発した。推定法は水槽試験結果との一致も良い(図5)。

$1-\eta_M$ は模型船の伴流係数、 $C_T$ は荷重度係数である。プロペラ単独効率の変化のみを考慮していた従来法(ITTC-1)に対し、自航要素に対する荷重度影響を適切に評価する方法により、図6に示すバルカー(満載状態、BF6、向波向風、船速14.5ノット)の場合、主機出力に与える影響が1.5%変化し、推定精度が向上する。

(3) まとめ

OCTARVIA Iで開発した横揺抵抗増加及び波浪中自航要素の推定法により、これらを考慮しない場合に対し、主機出力がそれぞれ1.9%(コンテナ船、BF6、斜追波斜追風、船速18ノット)、1.5%(バルカー、BF6、向波向風、船速14.5ノット)変化し、推定精度が向上する。

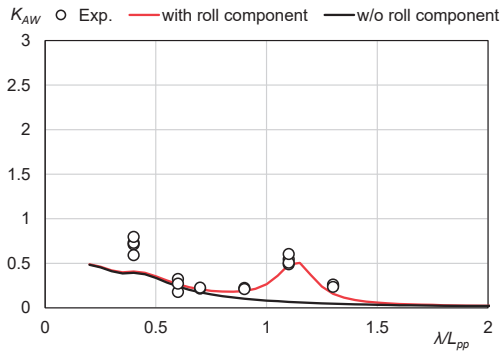


図3 規則波中抵抗増加(コンテナ船, 満載, 横波)  
( $F_r=0.157, T_w=16.2s$ )

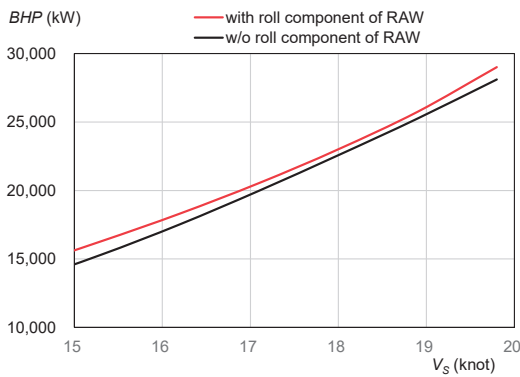


図4 速力出力曲線(コンテナ船, 満載, BF6, 斜追波斜追風)

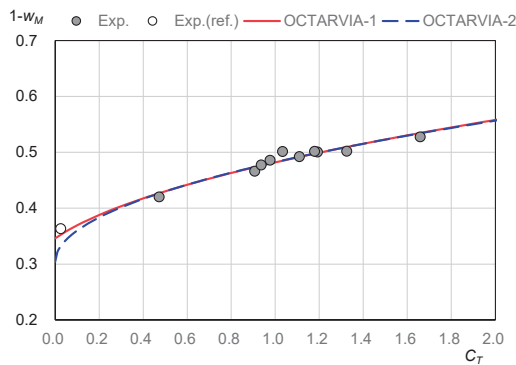


図5 規則波中伴流係数(バルカー, 満載, 向波)  
( $F_r=0.142$ )

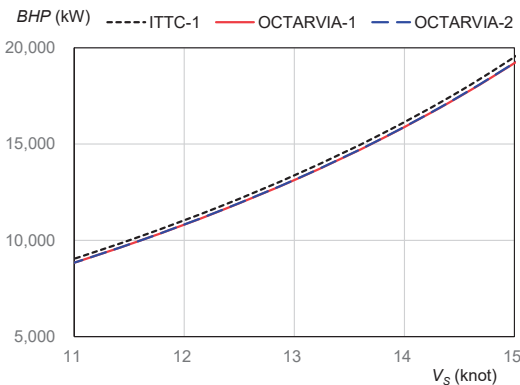


図6 速力出力曲線(バルカー, 満載, BF6, 向波向風)

### 2.3 実海域性能評価手法の確立

実海域性能評価手法は、主に新造船を計画する船主に向けて提示されることを想定し、投入航路に応じた標準運航モデルにより算出されるライフサイクル主機燃費(OCTARVIA指標)を採用することとした<sup>10)</sup>。標準運航モデルには、航路、航路に基づき長期統計から求めた海象の頻度分布(図7)、積載状態、主機作動モード及び経年劣化・生物汚損に関するパラメータが含まれる。ここで、 $EC$ は評価海象(Evaluation Condition)(表3)、 $p_{ECi}$ は評価海象の発現頻度、 $pdv_{oy}$ は波・風の向きの発現頻度で往航と復航である。

主機・ガバナーの作動特性を考慮して計算する評価海象下の短期予測結果に海象の頻度分布、経年劣化・生物汚損による経時変化(図8)を考慮して、ライフサイクル主機燃費(評価期間における総主機燃料消費量)を計算する。ここで、 $\Delta R$ は経年劣化による抵抗増加率( $\Delta R_a$ )と生物汚損による抵抗増加率の合計、 $t$ は竣工からの時間(年)である。

#### (1) ケープサイズバルカーによる評価例

船首部改良による波浪中抵抗増加の低減の効果を定量的に評価する。原型(Org. Hull)と静的水位上昇(自走により生じる水面の盛り)より上方の船首部形状を改良した改良船型(Imp. Hull)を図9に示す<sup>11)</sup>。水槽試験結果により改良船型により、短波長中抵抗増加が約30%減少し、短波頂不規則波中抵抗増加係数( $K_{AWC}$ )では平均波周期( $T$ )が6s以下で25%減少する(図10)。

標準運航モデルでの今回の評価条件を以下に示す。

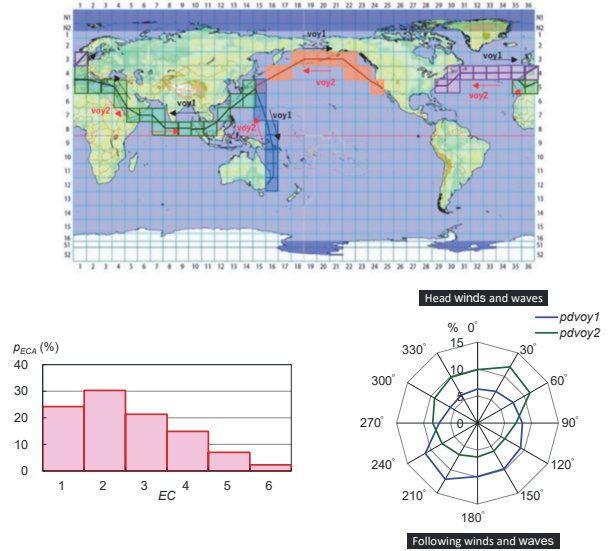


図7 標準航路(上)と海象の頻度分布(下)

表3 評価海象

EC	$V_{wind}$ (m/s)	$H$ (m)	$T$ (s)
0	0	0	-
1	4.4	1.25	4.3
2	6.9	2.0	5.5
3	9.8	3.0	6.7
4	12.6	4.0	7.7
5	15.7	5.5	9.1
6	19.0	7.0	10.2



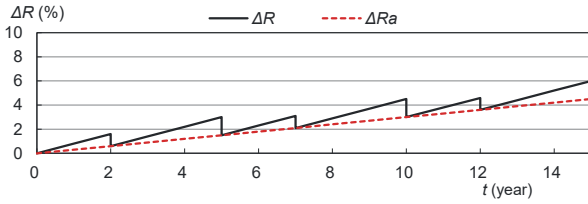


図8 経年劣化・生物汚損の抵抗増加率の経時変化の入力例



図9 原型 (Org. Hull) (左) と改良船型 (Imp. Hull) (右)

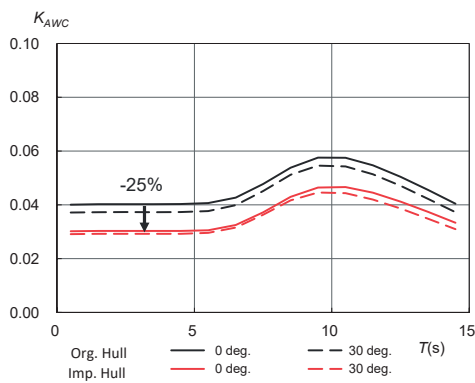


図10 短波頂不規則波中抵抗増加の比較 ( $F=0.118$ )

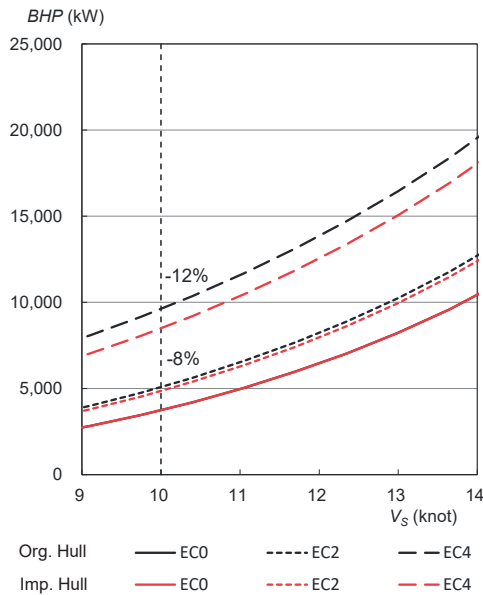


図11 速力出力曲線 (向波向風) の比較

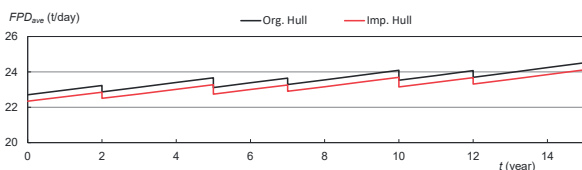


図12 1日当たり燃料消費量の経時変化の比較

表4 ライフサイクル主機燃費

船型	ライフサイクル主機燃費 (15年)	変化量
原型	129,081 ton	-
改良船型	126,967 ton	-2,114 ton (-1.6%)

- ・航路：北太平洋航路,
- ・載荷状態：計画満載状態 (往路・復路とも)
- ・主機作動条件：船速一定 (10knot)
- ・評価期間：15年 (稼働率：100%)

速力出力曲線 (向波向風) の比較を図11に示す。これから評価海象 EC4 で12%出力低減となることが分かる。

1日当たり燃料消費量の経時変化の比較を図12に示し、15年で計算したライフサイクル主機燃費の評価結果を表4に示す。ここで、 $FPD$ は1日当たり燃料消費量である。

改良船型は短波長中抵抗増加量を原型に対して約30%減少させた船型開発例だが、改良船型は、静的水位上昇より下方の船体形状が原型と同じため、平水中抵抗は原型と同じである。このためライフサイクルで1.6%の燃費節約が示され、実海域性能向上への取り組みが定量的に評価できる。

## 2.4 成果プログラム

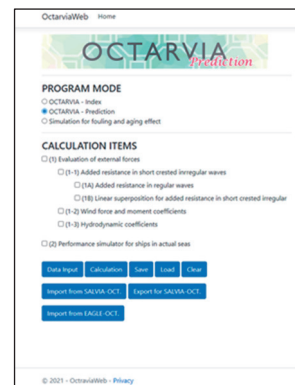
OCTARVIA I で作成したプログラムは NMRI クラウド上で利用することができ (図13)、実船モニタリングデータ解析アプリ (SALVIA-OCT.)、ユーザーが保有していない船型データ等を要目等から簡易推定し、プログラムの入力を支援するアプリ (EAGLE-OCT.)、実海域性能の推定アプリ (OCTARVIA/Prediction)、ライフサイクル主機燃費計算アプリ (OCTARVIA/Index) が準備されている。



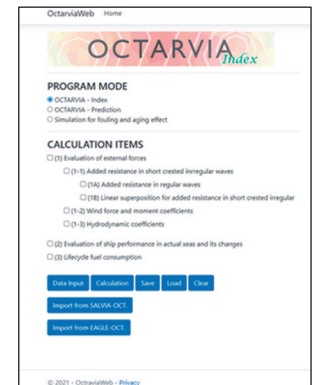
a) SALVIA-OCT.



b) EAGLE-OCT.



c) OCTARVIA/Prediction



d) OCTARVIA/Index

図13 NMRI クラウドで動作するアプリ

### 3. OCTARVIA II の計画

#### 3.1 目的

OCTARVIA II では、OCTARVIA I の成果活用の最大化を図るべく、デジタル技術を援用しつつ実海域実船性能の推定・計測・評価手法の実船適用を進め、得られた知見をもとに研究を進化させ、戦略的に各種手法の国際標準化・基準化を進めることを目的とする。そして、その活動を通じて、国際社会全体の共通課題である環境負荷低減に貢献するとともに、我が国海事クラスターの国際競争力の源泉となる実海域における日本船舶の性能や運航技術の優位性を高め世界に示していく。

具体的には以下に掲げる活動を計画している。

- 1) 研究成果の実船適用の普及・拡大(ライフサイクルでの性能管理等ユースケースを踏まえた実利用(設計, 運航)の促進)
- 2) 研究の進化(実船モニタリングデータ解析の実施, 実海域実船性能推定・計測・評価手法の高度化)
- 3) 戦略的国際標準化・国際基準化活動

#### 3.2 研究実施内容と成果イメージ

OCTARVIA II で取組む研究は、期間を2年とし、実施内容は参加希望各社の意見を反映して策定されるが、現状の実施項目案を以下に示す。

- ・実船モニタリングシステム標準仕様の策定
- ・実船モニタリングデータによる実海域パワーカーブ作成と実証
- ・代替燃料を使用した船舶への指標の適用
- ・指標の利用・認証
- ・汚損, 経年影響の実証
- ・方向スペクトラムの利用実証
- ・入力レベル別評価の実証
- ・実海域性能推定法の実証
- ・普及促進

これらの取組みにより、指定海象中を含めた実船モニタリングデータの計測・解析・評価手法, 汚損, 経年影響評価法, 方向スペクトラムの利用法等, 手順書のバージョンアップ, 各種プログラムのバージョンアップ, 第三者認証制度等の検討, クラウド上での実船モニタリングデータや気象海象データとの接続を行っていくが、これと平行して、各社の実利用に向けた実海域実船性能に対する各ユースケースの確認を行う。そこでは守秘データを扱うためクローズドなチームを編成した実施を予定している。

### 4. まとめ

OCTARVIA I による実海域実船性能技術の精度向上, 成果について紹介した。ここに紹介しきれていない成果もあり, 国際的にリードできる水準であると評価している。

OCTARVIA II ではこの技術を各社の想定するユースケースで確認していき, 実利用への促進と研究の進化につなげる取り組みを行う。

### 謝辞

本内容は、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 プロジェクト)により実施したものです。大和裕幸議長, 太田垣由夫副議長, プロジェクト参加者各位に深く感謝いたします。

### References

- 1) TSUJIMOTO, M. and MATSUMOTO, K.: Initiatives towards evaluation of ship performance in actual seas -OCTARVIA Project, Conf. Proc. of JASNAOE, No. 30 (2020), pp. 101-105.
- 2) [https://www.nmri.go.jp/news/another\\_news/news20210112.html](https://www.nmri.go.jp/news/another_news/news20210112.html)
- 3) SAKURADA, A., SOGIHARA, N. and TSUJIMOTO, M.: Development of a Filtering Method for Evaluation of Performance in a Calm Sea Based on Onboard Monitoring Data, J. of JASNAOE, Vol.31 (2020), pp. 29-37.
- 4) SOGIHARA, N., SAKURADA, A. and TSUJIMOTO, M.: Validation of Filtering Method for Evaluating Ship Performance in Calm Sea Using Onboard Monitoring Data, J. of JASNAOE, Vol.33 (2021).
- 5) YOSHIDA, H., ORIHARA, H. and TAKAGISHI, K.: Experimental Study on Added Resistance of Very Large Blunt Ship Running in Beam Seas, J. of JASNAOE, Vol. 29 (2019), pp. 51-56.
- 6) TSUJIMOTO, M. and ORIHARA, H.: Performance prediction of full-scale ship and analysis by means of on-board monitoring (Part 1 ship performance prediction in actual seas), JMST, Vol.24, Issue 1 (2019), pp. 16-33.
- 7) GERRITSMA, J. and BEUKELMAN, W.: Analysis of the resistance increase in waves of a fast cargo ship, International Shipbuilding Progress, Vol. 19 (1972), pp. 285-293
- 8) ADACHI, H.: On the Theoretical Bases and Application Methods of the Propeller Load Varying Test Method, J. of SNAJ, No. 154 (1983), pp.109-117.
- 9) TANAKA, H. and ABE, M.: A Propulsion performance test method and its use, Hull Design and Towing Tank, Proc. of Symp. on Japan Towing Tank Conf., SNAJ (1983), pp. 29-67.
- 10) KURODA, M., SUGIMOTO, Y., SOGIHARA, N., SATO, H., KUME, K., ORIHARA, H. and TSUJIMOTO, M.: OCTARVIA Project: Evaluation and Improvement of Ship Performance in Actual Seas, Papers of NMRI, Vol.20, Suppl. (2020), pp.25-30.
- 11) SAKURADA, A., TSUJIMOTO, M. and YOKOTA, S.: Application of Energy Saving Bow Shape in Actual Seas to JBC, Proc. of OMAE2021 (2021)