

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04218

研究課題名(和文)フューエルインデックス制御に基づく実運航シミュレーションに関する研究

研究課題名(英文)Research on ship performance simulation based on fuel index control

研究代表者

辻本 勝(Tsujimoto, Masaru)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：60392685

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,600,000円

研究成果の概要(和文)：実運航中の地球温暖化ガスの削減を目的に、船舶の効率運航を図るために導入される最適運航システムに必要な物理モデルの性能計算法の高度化を行い、最適運航システムに導入しその効果の評価を実施した。  
その結果、物理モデルの高度化により燃費削減効果が得られるとともに、研究開始時は想定していなかった到着遅延リスクを最小とする効果が高いことが分かり、物理モデルをベースとしたシステムの有効性が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In order to reduce green-house gas emissions from ship operation, following researches are carried out; development of an advance calculation method based on physics which is required for the optimum navigation system and 2) implementation the model in the system and evaluation the effect.

As a result, it is found that the effect of reducing the fuel consumption is obtained by the developed model, also the effect of reducing the risk for arrival delay. From the research the effectiveness of the system based on the physical model has been revealed.

研究分野：実海域性能

キーワード：ウェザールーティング 実海域 推進性能

### 1. 研究開始当初の背景

実海域を航行する船舶の効率運航のため最適航法（以下ウェザールーティングという）は、気象衛星情報の利用開始に伴い実用的な気象海象予測が開始され、最短時間航行を目的とするウェザールーティングの実用化が行われているが、最小燃料消費量を目的とするシミュレーションについては、実運航状態の燃料消費量を十分な精度で推定することが困難であるため、本船の実海域中性能の推定精度が不十分のまま研究が行われている。これを解決し、一層の効率運航を達成するには大きく2つのポイントがある。

(1) 実運航中で大きな影響を及ぼす波浪影響を高精度に推定する技術

(2) 主機関のガバナー特性を正確にモデル化する技術

本研究は、この2つのポイントを取り入れた実運航シミュレーターを開発し、CO<sub>2</sub>排出量を評価するものである。

### 2. 研究の目的

国際海運からの地球温暖化ガスの削減のためには、船舶が実際に航行する気象海象の影響を考慮した実運航状態でのCO<sub>2</sub>排出量の評価が必要である。

この研究では、CO<sub>2</sub>排出量の評価のため、主機関の作動特性と実海域での波浪影響を高精度に推定するモデルを組み込んだ、実運航状態をシミュレーションするシミュレーターを開発し、船舶の挙動（外力、運動応答の変化）とCO<sub>2</sub>排出量の関係について評価を行い、最適運航ガイダンスを作成する。

### 3. 研究の方法

3年計画で実施する。

1年目は、主機関のガバナーの制御特性について、通常使われている回転数一定制御や、主機出力一定制御に加え、フューエルインデックス制御についてもモデル化した機関モデルを完成させ、実運航シミュレーターに組み込む。このシミュレーターによりフューエルインデックス制御の最適化を図る。当該結果については船社等から意見を聴取し次年度の研究計画に反映させる。

2年目は、1年目のシミュレーションを使用し、主機関のガバナー制御方式の切り替え、船型影響把握の計算を実施する。また、実運航で影響を強く受ける波浪中抵抗増加の検証のため、水面上形状を2種類変えた模型船を製作し、波浪中水槽試験により流力モデルの検証を行う。当該結果については船社等から意見を聴取し次年度の研究計画に反映させる。

3年目は、船社から提供をうけた実船モニタリングデータを使用し、実運航シミュレーションを行い、最適運航システムの効果の評価を実施する。研究のまとめとして、船舶の

CO<sub>2</sub>排出削減に有効な最適運航ガイダンスの作成を行う。

### 4. 研究成果

平成27年度は物理モデルによる実海域性能評価技術の高度化を実施し、波浪中定常横力、定常回頭モーメント推定法をプログラムに組み込んだ。計算法は、水槽試験結果との比較から、前進速度なしの3次元パネル法とした。なお、その場合、船体形状の入力が造船所でないと不可能で実用的でないこと、計算負荷を減らすことができることから、事前に複数船種、船型で計算した結果をデータベース化し、船種・要目による補間推定するプログラム（VESTA）とした。また、不規則波中の船体応答計算では、波浪レーダーなどによる波浪場（方向スペクトラム）を利用できるようにプログラムを作成した。これらを全体プログラムに導入した。また、実船データのうち、造船所・メーカーでないと入手が難しいデータを特定し、そのデータについて実船データを基にした簡易推定法を開発した（図1）。

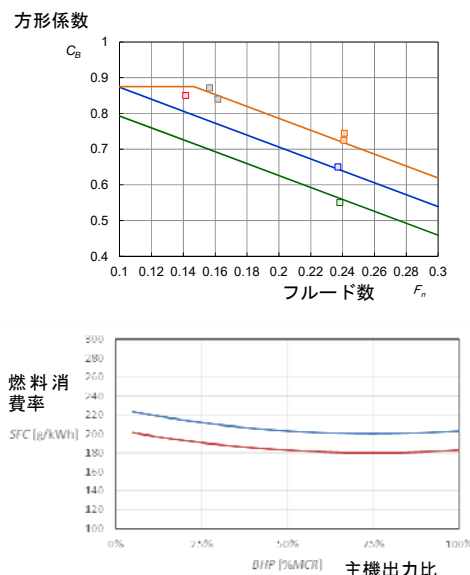


図1 開発した簡易式の例  
(上：方形係数、下：燃料消費率)

平成28年度は、実運航性能シミュレーションに主機作動特性を考慮した船速一定計算モードを導入した。設定速度を維持できない場合は、トルクリミット以下で運転するよう主機回転数を下げ、外力とバランスする作動状態を求めるものである（図2）。

また、撒積貨物船の大型模型（船長7m）を製作し、船首水面上に錨が船体に当たらないように張り出しとして設置されるボルスターが実海域推進性能に及ぼす影響を三鷹第二船舶試験水槽（長さ400m、幅18m、水深8m）での波浪中水槽試験により調査した（図3-5）。その結果、ボルスターが単純に波浪中抵抗増加を増大させるものではないこと及びその影響が馬力推定に与える評価を行い、知見を

得るとともに、水槽試験結果を導入することで水面から上部の形状差も評価可能なことを示した（図6）。

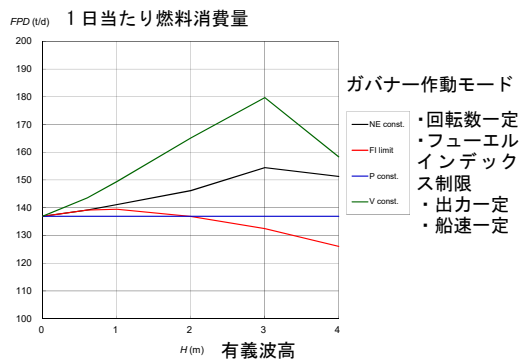
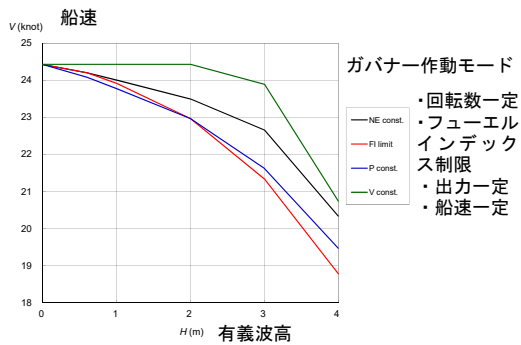


図2 ガバナー特性による性能推定の違い（上：船速、下：1日当たり燃料消費量）

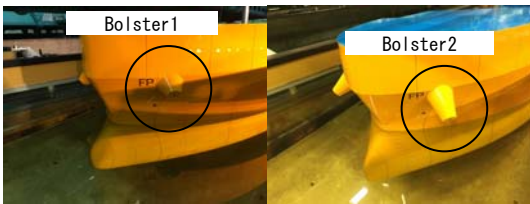


図3 模型船

（上：ボルスター無し、下左：標準ボルスター（Bolster1）設置、下右：大型ボルスター（Bolster2）設置）

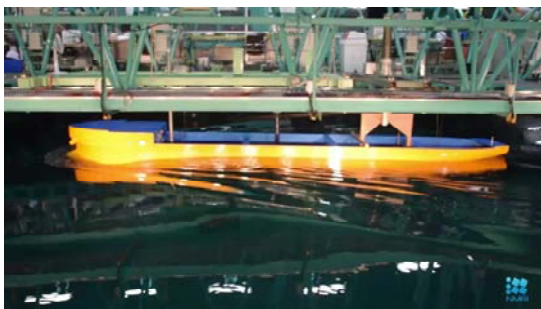


図4 模型船による波浪中水槽試験（波長船長比1.1、向波、Bolster2設置）

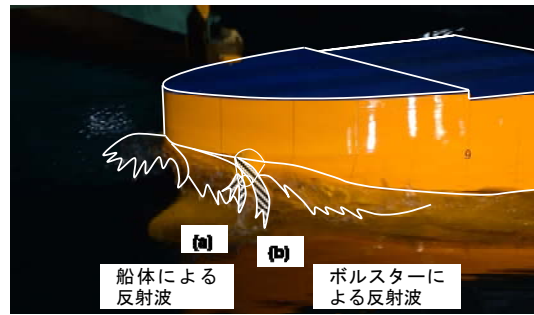


図5 ボルスター付近の波浪の様子

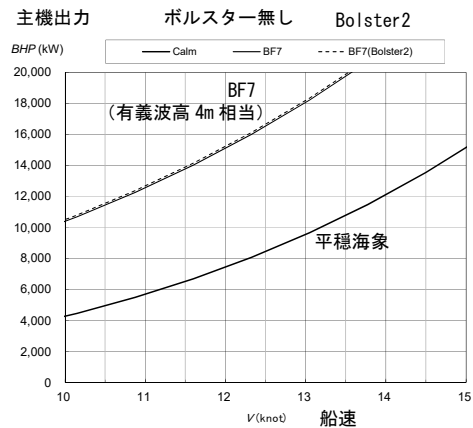
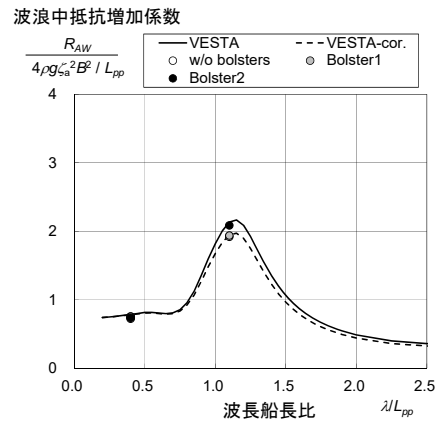


図6 推進性能評価

（上：波浪中抵抗増加の周波数応答（14.5knot相当）、下：実海域中の馬力評価（BF7、向波向風））

実海域性能の研究動向調査のため、国際試験水槽会議（ITTC）実運航性能に関する専門家委員会（PSS）を2017年1月に海上技術安全研究所で開催し、海外動向調査を行った（図7）。



図7 ITTC/PSS開催

平成29年度は、開発した、本船の実運航状態を推定する物理モデルをベースとするプログラムを最適航海計画システムに導入し、実船（自動車運搬船、船長約200m）の運航で検証を行い、最適運航システムの効果の評価を実施した。

実際の運航では、voyage priority を設定して運航支援が行われるが、voyage priority として、スケジュール確保、最小燃費が採られるが、例えば到着港の混雑のため、航海途中でスケジュール確保から最小燃費に変更されることもある実態を把握した。燃費最小を実現する高度ウェザルーティングについて、その導入効果を評価する場合、従来システムと高度ウェザルーティングシステムとで燃費比較を行うことになるが、同時出航でシミュレーションを行い、その結果比較だけでなく、燃費推定精度も必要となる。航海途中で voyage priority をスケジュール確保から最小燃費に変更した場合、それまでの航海履歴が影響するため、評価は困難となる。voyage priority をスケジュール確保とする場合、到着遅延リスクを最小とする必要があるが、到着遅れ時間を過小に評価するシステムの場合、遅延リスクは高く、従来使用されている統計モデルをベースとしたシステムではシステム運用者の判断が必要であり、そのための経験が重要となる。

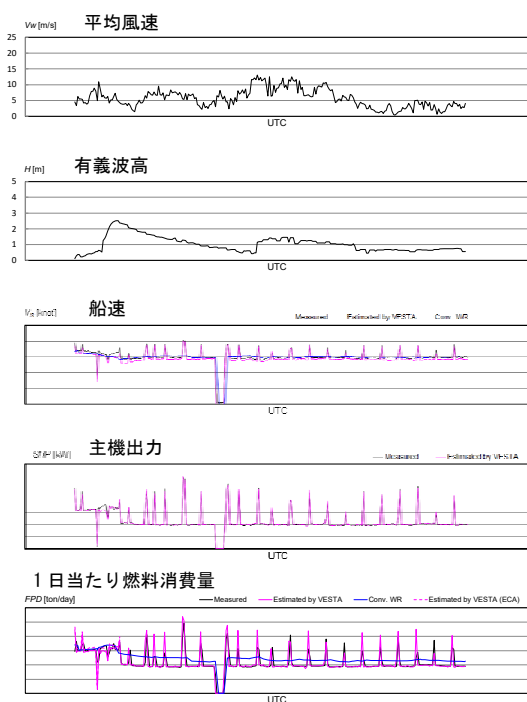


図8 平均風速、有義波高と船速、主機出力、燃料消費量の比較（青線：計測、赤線：本モデル、青線：従来ウェザルーティング法での推定）

以上から物理モデルの高度化により燃費削減効果が得られるとともに（図8）、研究開始時は想定していなかった到着遅延リスクを最小とする効果が高いことが分かり、物理

モデルをベースとしたシステムの有効性が明らかとなった。

これらをガイダンスとしてまとめた。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計1件）

①辻本 勝、櫻田 颯子、黒田 麻利子、ボルスターが実海域推進性能に及ぼす影響、日本船舶海洋工学会、査読有り、論文集第25号、2017年、pp. 103-108

〔学会発表〕（計1件）

①辻本 勝、櫻田 颯子、黒田 麻利子、ボルスターが波浪中性能に及ぼす影響、日本船舶海洋工学会講演会論文集第23号、2016年、pp. 437-440

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ

[http://www.nmri.go.jp/study/research\\_organization/fluid/vesta/vesta\\_main.html](http://www.nmri.go.jp/study/research_organization/fluid/vesta/vesta_main.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

辻本 勝 (TSUJIMOTO Masaru)

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・系長

研究者番号：60392685

### (2) 研究分担者

黒田 麻利子 (KURODA Mariko)

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・流体設計系実海域性能研究グループ・主任研究員

研究者番号：40462874

### (3) 連携研究者

櫻田 颯子 (SAKURADA Akiko)

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・流体設計系実海域性能研究グループ・研究員

研究者番号：00734237

平田 宏一 (HIRATA Koichi)

海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所・環境・動力系・副系長

研究者番号：90282425

仁木 洋一 (NIKI Yoichi)  
海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全  
研究所・環境・動力系・動力システム研究  
グループ・主任研究員  
研究者番号：10511587