

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560790

研究課題名（和文）

オンボードデータによる船舶の実海域性能推定手法の確立

研究課題名（英文）

Development of Estimation Method of Ship Service Performance Based on Onboard Data

研究代表者

箕浦 宗彦 (MINOURA MUNEHIKO)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30294044

研究成果の概要（和文）：

- (1) 独立成分分解と条件付確率密度関数の組み合わせにより、オンボードモニタリングデータ解析のための確率統計モデルを構築した。
- (2) 大型コンテナ船の北太平洋の航海シミュレーションデータと実オンボードモニタリングデータを使って提案の確率統計モデルの検証を行い、その妥当性を明らかにするとともに、統計的解析精度の検証を行った。
- (3) 提案の確率統計モデルを使った実海域性能評価手法とそれらの応用を示した。

研究成果の概要（英文）：

- (1) A stochastic and statistic model for the onboard monitoring data analysis was developed with the combination of the independent component decomposition and the conditional probability density function.
- (2) The proposed stochastic and statistic model was validated through the analysis of voyage simulation data and onboard monitoring data. The statistical accuracy was also clarified.
- (3) The estimation method of ship service performance was proposed by the proposed stochastic and statistic model and its application was concluded.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：推進・運動性能

1. 研究開始当初の背景

従来、船舶の波浪中推進性能は、特定の波浪中での性能を解析し、向上させることに主眼が置かれてきた。しかし、近年は、運航の経済性と安全性をバランスよく満足し、その

生涯価値を最大化することが求められており、長期的な視点からの「実海域性能」の向上にも目を向けられている。特に、最近では、地球環境に配慮した二酸化炭素の大幅な排出削減を達成できる船舶が必要とされてい

る。このような性能の向上を目指すには、特定の波浪中での性能を解析するだけではなく、生涯に遭遇する波浪に対して網羅的に解析し、長期的な視点からの評価が必要となる。

船載型の船体応答記録装置は、そのような評価を実現するデータ収集装置である。この装置は、各種センサーや航海システムのインターフェースの充実と、データ記録装置の小型化・大容量化により、すでにいくつかの就航船に実際に搭載され、船舶の波浪中の運動や波浪荷重、エンジンの状態や船速などの膨大な量の履歴データが収集されている。このようなデータをオンボードモニタリングデータと呼ぶ。今まで特定の波浪中での性能解析が中心であったのは、波浪条件を限定することにより、理論計算の範囲で推定が可能となり、模型実験による検証が可能となるためである。船載型の船体応答記録装置は、「模型実験」に相当する検証を、船が完成した後の事後評価ではあるが、実船レベルで遭遇するあらゆる波浪に対して実現できる可能性を有する画期的な技術である。しかし、オンボードモニタリングデータの有効な解析手法については未だ確立されていない。

2. 研究の目的

船載型の船体応答記録装置（オンボードモニタリングシステム）で得られる短期海象中の船体応答量の履歴データ（オンボードモニタリングデータ）だけを用いて、その船の実海域性能を確率統計的に正確に推定・評価する手法を確立する。

そのために、オンボードモニタリングデータから各種船体応答量の相関関係を明らかにするための確率統計モデルを構築する。また、オンボードモニタリングデータ解析による船舶の実海域性能推定手法・評価手法とそれらの応用を提案する。

3. 研究の方法

初年度は、オンボードデータ解析のための確率統計モデルの構築を行った。そのために、擬似オンボードモニタリングデータ（航海シミュレーションデータ）と過去の研究（日本造船研究協会：SR217）で実船計測された実オンボードモニタリングデータを利用した。航海シミュレーションを行うには、船体運動や不規則波中の定常流体力等のデータと、航海する海域の海象データが必要である。このうち、前者に関しては、大阪大学が中心となり整備している RIOS (Research Initiative on Oceangoing Ships, <http://www.rios.eng.osaka-u.ac.jp>) のシステムを利用した。後者については、研究代表者が研究している確率的な海象シミュレーションにより、波浪推算データから同じ統計的特性を有する新たな海象データを生成して用

いた。

次年度は、確率統計モデルの詳細な検証と高精度な性能推定に必要な船体応答の種類について検討した。検証のためのデータは、初年度の実船データと航海シミュレーションデータを用いた。検証の結果として、確率統計モデルの不備があったので、モデル構築の段階に戻り、モデルの改善を行った。

最終年度は、提案の確率統計モデルを用いた実海域性能推定手法・評価手法を提案し、その手法に従ってデータ解析の試算を行った。

4. 研究成果

(1) オンボードモニタリングデータ解析のための確率統計モデルの構築

多変量解析のひとつである独立成分分析とノンパラメトリック確率密度関数の理論に基づいて、短期海象中の船体運動、構造応力、主機作動点などの短期船体応答量の統計的な相関を表す条件付き確率密度関数を構築した（図 1 参照）。この密度関数は、それぞれ相関を有する、海象、船速、運動、構造応答などの多次元的バランス点を表すものである。オンボードモニタリングデータからこのモデルを同定すれば、船体応答量のバランス点が求められ、データの工学的活用が可能となる。

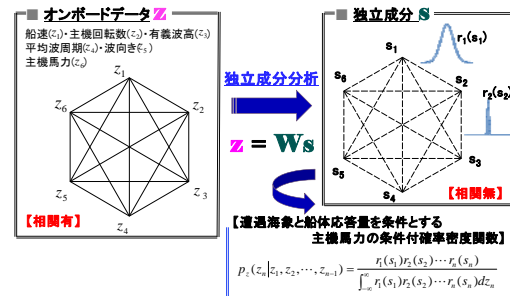


図 1 独立成分分解と条件付き確率密度関数を用いたオンボードモニタリングデータ解析のための確率統計モデル

(2) 確率統計モデルの検証

実船計測された実オンボードモニタリングデータおよび航海シミュレーションで得られた擬似オンボードモニタリングデータを使った解析により、提案の確率統計モデルの検証を行い、短期船体応答量の相関関係を提案の確率統計モデルで説明できることを明らかにした（図 2 参照）。

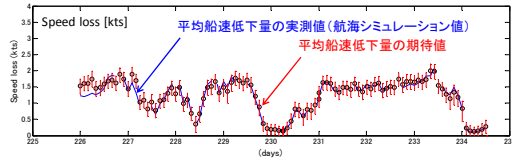


図 2 擬似オンボードモニタリングデータと提案の確率統計モデルによる推定値の比較：統計的期待値と分散がオンボードデータより推定され、良い一致をみる。

(3) 条件付き確率密度関数の影響因子の解明

条件付き確率密度関数の条件が確率変数に与える影響度を主成分負荷量分析により求め、オンボードモニタリングデータ解析に必要な短期船体応答量を明らかにした (図 3 参照)。

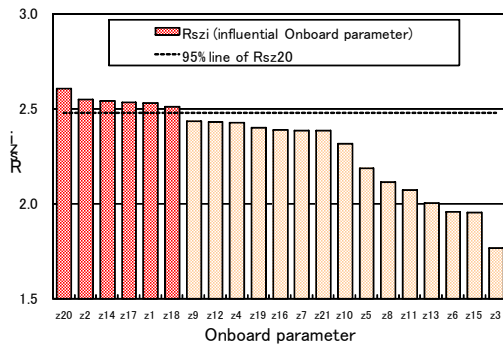


図 3 主成分付加量分析によるオンボードモニタリングデータが推定値に与える影響度の検討：上位 6 つのデータを解析に利用すればよい。

(4) 運航条件による燃料消費量増加や船速低下の変化率の推定

運航条件が燃料消費量増加や船速低下に与える影響を推定する手法を提案し、その妥当性を擬似オンボードデータの解析により示した。具体的には、図 4 に示される通りに、燃料消費量増加や船速低下の条件付き期待値を、それぞれの運航条件変数（主機回転数、船速、海象など）で微分することで求めた。これにより、運航条件変数が微小に変化したときの燃料消費量増加や船速低下の変化量を推定することが可能となった。微分操作は統計モデル上で解析的に行われるので、数値的不具合は現れない。

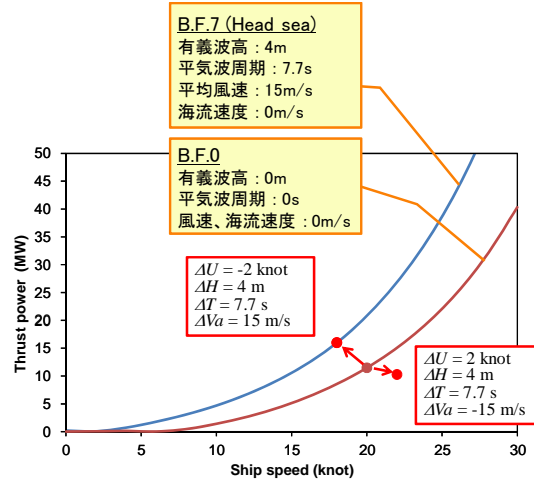


図 4 運航条件の変化による推力変化の推定：平水中からの変化量（赤丸）が推定され、その条件下での擬似オンボードデータ（青線）と良い一致をみる

(5) 実海域性能評価と航海支援に対する応用

実海域性能評価に対する応用として、評価対象となる船体応答量（推力なども含む）の海象や運航条件に起因する成分の分離が可能であることを示した (図 5 参照)。これは性能改良のための有用なデータとなる。また、運航支援に対する応用として、遭遇海象に対する船速低下量の推定が可能であることを示した。これは最適航路選定の有用なデータとなる (図 6,7 参照)。

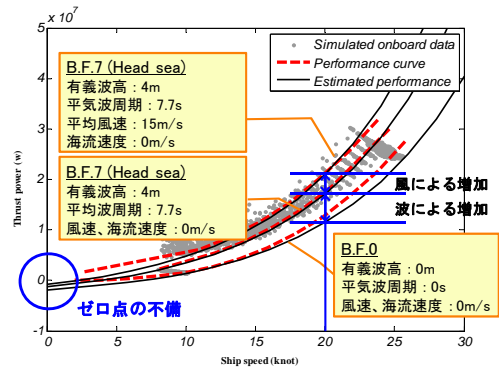


図 5 風・波に起因する推力の増加量：オンボードモニタリングデータからの推定値（黒実線）は、性能曲線（赤破線）に良い一致をみる。ただし、ゼロ点になるべき点（青丸囲み）がゼロにならない。

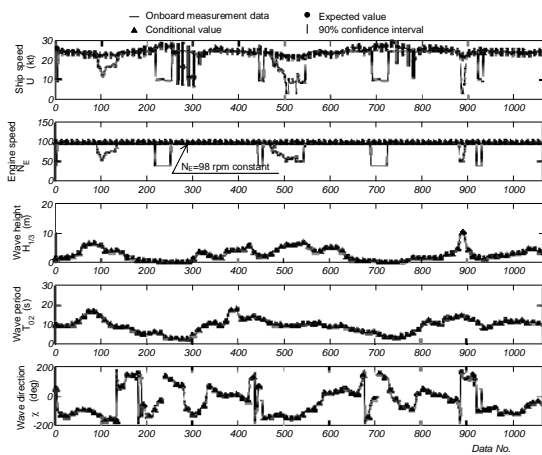


図6 主機回転数 98rpm を保って運航したときの遭遇海象に対する推定船速：最上段の時系列において、推定船速（黒丸）と実船速（実線）は良い一致をみる。ただし、実主機回転数（第2段目の時系列）は、入出港と荒天回避のために、意識的に回転数を下げている時間帯がある。

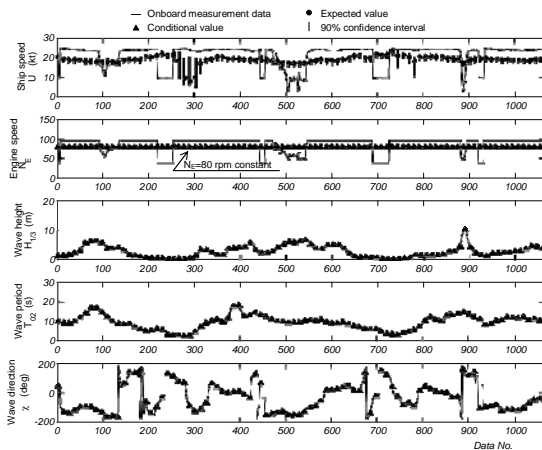


図7 主機回転数 80rpm を保って運航したときの遭遇海象に対する推定船速。ただし、最上段時系列の実船速（実線）は主機回転数 98rpm を保ちつつ、入出港と荒天時には意識的に回転数を下げて運航した結果である。

(6) オンボードモニタリングデータ解析の発展的課題の抽出

船舶の運航に関して高効率なエネルギー利用が望まれている。そのためには、高精度の実海域性能推定・評価・保証が必要であり、本研究の成果はこのことに寄与するものである。しかしながら、本研究の到達点では推定精度に関しては不十分な面がある。

船舶の実海域性能は

- ① 評価の基準となる平水中での燃料消費量などの基準絶対量の推定
- ② 航条件変数の変化による燃料消費量などの相対的变化量の推定

の組み合わせで行われる。図5のゼロ点（青

丸囲み）をみると、①の基準となる平水中性能がオンボードモニタリングデータだけでは十分に捕らえることができないのがわかる。その結果として②の相対的变化量の推定信頼度も下がる。この問題の解決には、蓋然的事実を表現できる統計モデルと、船舶の推進の原理に基づいた力学モデルの導入が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計3件）

- ① Munehiko Minoura, Kenta Koike, Multivariate Short-term Prediction of Ship Response Using on-board Measurement Data, Proc. Of 11th International Marine Design Conference, 査読有, Vo. 2, (2012), 49-61.
- ② 古池健太、箕浦宗彦、オンボードデータを用いた統計的船舶性能推定手法の応用 - オンボード計測指針取得及び船舶性能分布の予測 -、日本船舶海洋工学会論文集、査読有、13巻、(2011)、51-58
- ③ 箕浦宗彦、古池健太、オンボードデータを用いた実海域船舶性能の統計的手法、日本船舶海洋工学会論文集、査読有、13巻、(2011)、41-50

〔学会発表〕（計7件）

- ① Munehiko Minoura, Statistical Evaluation of Seakeeping Performance by on-board measurement data, Advanced Maritime Engineering Conference 2012, 2012. 12. 10-12, Evergreen International Conference Center, Taipei Taiwan.
- ② 箕浦宗彦、オンボードモニタリングデータによる実海域船舶性能の統計的感度推定、日本船舶海洋工学会、2012. 12. 26-27、東京大学
- ③ 箕浦宗彦、オンボード計測データの独立成分分析による実海域船舶性能の同定、日本船舶海洋工学会、2012. 5. 17-18、神戸市産業振興センター
- ④ 箕浦宗彦、ポアソン過程に基づいた船舶の海象遭遇の確率過程、日本船舶海洋工学会、2011. 5. 19、福岡県中小企業振興センター
- ⑤ 箕浦宗彦、独立成分分析と自己回帰もでの確率的な海象シミュレーション、日本船舶海洋工学会、2011. 5. 19、福岡県中小企業振興センター
- ⑥ 箕浦宗彦、独立成分分析による船体の短期海象応答特性の推定、日本船舶海洋工学会、2010. 11. 16、神戸市産業振興センター
- ⑦ 箕浦宗彦、船体の短期海象応答の独立成

分分析、日本船舶海洋工学会、2010. 6. 7、
タワーホール船堀（東京）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

箕浦 宗彦 (MUNOURA MUNEHICO)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30294044

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし