

## 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 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560828

研究課題名（和文） 燃料消費低減型最適航路選定に関する陸上支援局の開発研究

研究課題名（英文） A Research and Development on the Navigation Support Station of Weather Routing to Reduce Fuel Consumption

研究代表者

庄司 るり (SHOJI RURI)

東京海洋大学 海洋工学部 准教授

研究者番号：50272729

研究成果の概要（和文）：燃料消費低減型最適航路選定に関する陸上支援局の開発研究

燃料消費低減型最適航路選定実現のため、(1)気象・海象データセンター、(2)航海性能推定機能、(3)最適航路選定の3つの機能を有する陸上支援機局を構築した。(1)として、クラスタシステムにより気象・海象の予測と実用性を確認し、データマネジメントシステムを構築した。(2)として、アブストラクトログブック解析及びモデルによる個船の航海性能推定アルゴリズムを開発し、実用性を確認した。(3)として、全球規模での最適航路計算の実現と計算結果の検証を行い、複数の航路での特徴を示した。

研究成果の概要（英文）：A Research and Development on the Navigation Support Station of Weather Routing to Reduce Fuel Consumption

To select the optimum route to reduce fuel consumption, we research and develop of the navigation support station having the function of (1) weather data management function, (2) estimation ship performance function and (3) selecting optimum route function. On (1), using a cluster computing system, the wind and wave forecast were made and the validity and practicality of the forecast were confirmed. Moreover, the weather data management system was built. On (2), the ship's performance estimation algorithm of each ship by abstract logbook analysis and a performance model was developed, and practicality was confirmed. On (3), realization of the optimal route calculation on global scales and verification of the calculation result were performed, and the feature of optimum route in some sea area was shown.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

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：最適航路選定・ウェザールーティング・海上輸送システム・燃料消費削減・環境負荷低減・数値シミュレーション・陸上支援局・並列処理

## 1. 研究開始当初の背景

船舶の運航において、従来からの目的である安全な運航と効率的な運航に加えて、環境への配慮も重要な要素となってきた。特に近年の原油価格の高騰に加え、地球環境問題に対応するために、燃料消費量の削減による省エネルギー運航と温室効果ガスの排出削減の問題は、海運界全体で解決しなければならない大きな問題である。これらの問題を解決するひとつの手段として、船舶の最適航路選定（ウェザルーティング、以下WRと記す）が注目を集めている<sup>1)</sup>。「船舶運航に関する陸上支援局」の一部として、燃料消費低減型最適航路選定を行うための陸上支援局の構築を行うこととした。

## 2. 研究の目的

燃料消費低減型最適航路選定を行うための陸上支援局は、図1に示すように次の3つの機能を持たせることを目指した。

- (1) 気象・海象データセンター機能
- (2) 航海性能推定機能
- (3) 最適航路選定機能

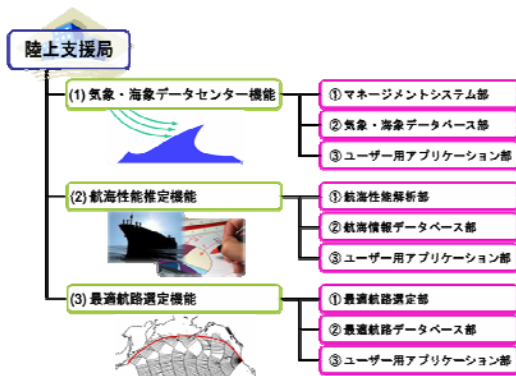


図1 陸上支援局に必要な機能

## 3. 研究の方法

研究を遂行するために5つのグループからなる研究組織を構成し、進行状況を確認して研究を円滑に遂行するため、不定期に報告進捗会議を行った。

研究手法としては、アルゴリズムの開発、数値シミュレーション及びシステムの構築を中心に行った。

## 4. 研究成果

### (1) 気象・海象データセンター機能

・クラスターコンピュータ技術を導入し、8ノードの汎用型計算機に基づく並列処理計算基盤を構築し、計算性能を評価した。その結果、低コストで高計算性能を持つ計算基盤を構築した。

・気象・海象予測データを供給するため、より簡易なパッケージングおよびデプロイメント手法を提案し、数値予測モデルを迅速かつ正確にクラスタシステムへ導入した。

・導入した数値予測モデルを用いて、北半球、西太平洋の局所的な海上風に着目して、予報基準時から72時間先までの風速、風向に関する数値予測シミュレーションを行い、陸上支援局向けに海上風の予測データが供給できることを立証した。

・気象・海象データマネジメントシステムを設計開発し、プロトタイプシステムを実装したことにより、データセットの管理や再利用が可能になった。

・国際総合海洋気象と日本気象庁のデータセットに関する比較検証を行い、データ情報の特性を把握し、考察を行った。長期予測および予測誤差について検証した結果は、両者とも可用性を持つが、ビューフォート風力階級に関する誤差は、荒天時においては顕著であることが判明した。

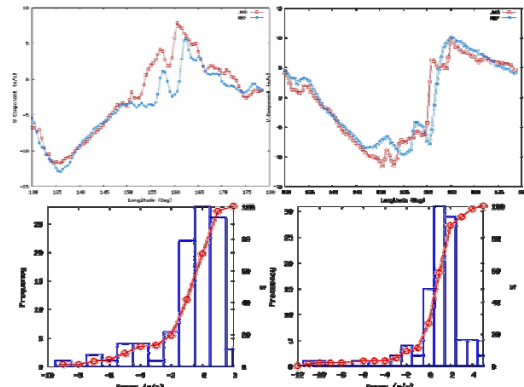


図2 28N, 6H. UV成分の比較(WRF: JMA GSM)

・構築した数値予測並列処理機構を用いて、日本付近の太平洋上における72時間海上風速の予測シミュレーションを行い、さらに本研究で算出した結果とGSMモデルの結果と比較・検証した結果、本予測はGSMモデルとの相関が大きく、ウェザルーティングに使用する海上風速の予測として十分な精度を持つことが分かった。

・気象・海象データをより簡易に扱うためのユーザーインターフェースを検討し、使用可能となった。

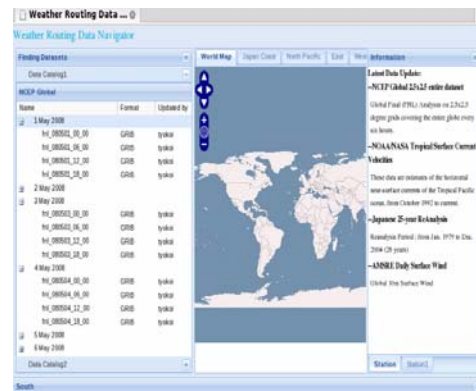


図3 気象・海象データマネジメント画面

(2) 航海性能推定機能

・実船のアプログ（撮要日誌）データに基づき、推進性能に関する推定手法を提案し、実航海における航海性能解析を行い、気象・海象変化に伴う抵抗増加を推定することが可能となり、抵抗の増減に基づく最適航路の選定基準を新たに設定できるようになった。

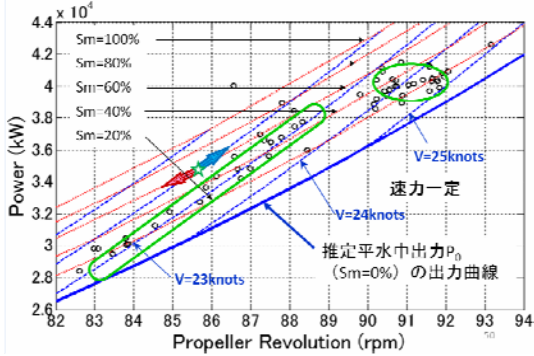


図4 推進特性ダイヤグラム

・複数の船舶のアプログの解析を進め、推進性能、耐航性能等の航海性能の推定をリアルタイムに行うためのアルゴリズムの検討を行い、複数の船舶について、気象・海象変化に伴う抵抗増加を推定することが可能となった。現在、システム化を進めているところである。

・モデル船について、実海域における船速低下量計算アルゴリズムを作成した。最適航路シミュレーションにおいて、このアルゴリズムが十分な精度であることを確認した。

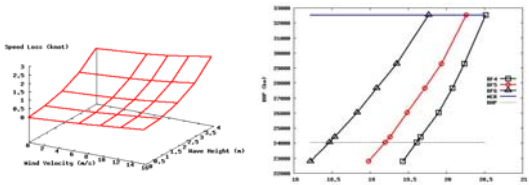


図5 モデル船の船速低下量の推定

(3) 最適航路選定機能

・等時間曲線法による最小燃料消費航路について、全球対応型最適航路シミュレーションを行うことが出来るようになった。

(図6参照)

・北太平洋及び北大西洋について3年分の最適航路シミュレーションを行い、平均航路とそれぞれの航路が選定される割合を求めた。

(図7参照)

・気象庁が提供するアンサンブル予報を用いた最適航路シミュレーションの精度について検証し、これまでの手法より精度が高い最適航路を提供できることを確認した。

(図8参照)

・現在、等時間曲線法の感度分析を行い、最適航路選定に十分な精度を与えるパラメータの設定を検討を継続している。

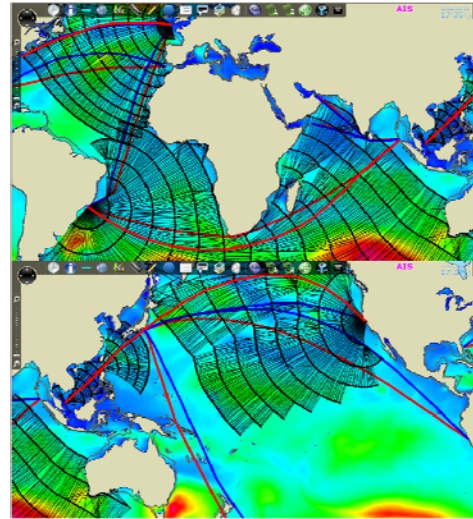


図6 先端ナビゲートシステムでの最適航路表示画面

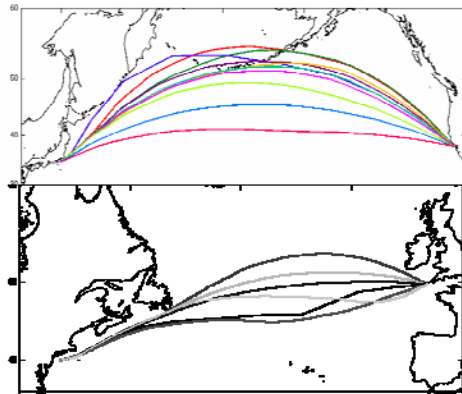


図7 北太平洋(上図)と北大西洋(下図)における平均航路

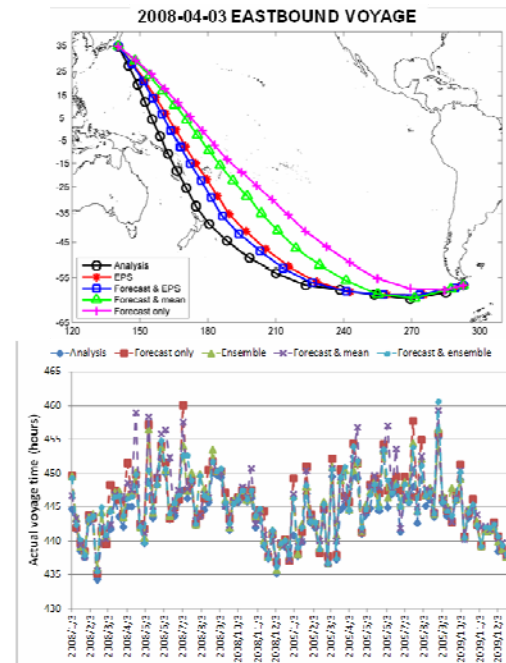


図8 アンサンブル予報を用いた最適航路シミュレーション

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 13 件)

- ① Takeshi YOKOI, Ruri SHOJI, Hitoi TAMARU, Hideo YABUKI, Kohei OHTSU, A Practical Approach to Optimum Ship Routing under Uncertain Conditions, Asia Navigation Conference, 査読有, 2011, pp. 499-504.
- ② メザウイ ブラヒム, 庄司るり, 田丸人意, 西山尚材, アンサンブル予報を用いたウェザールーティングの実用性について、日本航海学会論文集、査読有、第126号、2012、pp. 265-275.
- ③ 庄司るり、ウェザールーティング (最適航路選定)、計測と制御、第 50 巻、第 6 号、査読無、2011、pp. 411-417.
- ④ K. Takashima, B. Maoui, R. Shoji, Optimum Operation of Coastal Merchant Ships with Consideration of Arrival Delay Risk and Fuel Efficiency、Marine Navigation and Safety of Sea Transportation、査読有、2011、pp. 149-155.
- ⑤ 庄司るり、高嶋恭子、ウェザールーティングの考え方 (特集 物流関係&ウェザールーティング)、Marine Engineering, Vol. 43, No. 6、査読無、2010、pp. 68-73
- ⑥ 西山尚材, 庄司るり, 大津皓平, メザウイ ブラヒム, ウェザールーティングによる大洋航路の検討、日本航海学会論文集、査読有、第 125 号、2011、pp. 153-164.
- ⑦ Takeshi YOKOI, Ruri SHOJI, Hideo YABUKI, Kohei Ohtsu, A Mechanism on Parallel Processing to Numerical Weather Prediction for Weather Routing-II -Accuracy Evaluation and Performance Benchmark of the Sea Surface Wind Prediction-、Asia Navigation Conference、査読有、2010、pp. 33-40.
- ⑧ 横井威, 庄司るり, 矢吹英雄, 大津皓平, ウェザールーティングのための数値予報並列処理計算機構 - II - 海上風予測精度および計算性能の評価検討 -、日本航海学会論文集、査読有、第 123 号、2010、pp. 39-46.
- ⑨ 庄司るり, 西山尚材, 大津皓平, ウェザールーティングのための東西指数の予測手法の研究、日本航海学会論文集、査読有、第 123 号、2010、pp. 29-37.
- ⑩ Takeshi YOKOI, Ruri SHOJI, Hitoi TAMARU, Hideo YABUKI, A Mechanism on Parallel Processing to Numerical Weather Routing, Asia Navigation Conference, 査読有、2009、pp. 225- 232.
- ⑪ メザウイ ブラヒム, 庄司るり, 田丸人意, ウェザー・ルーティングに使用する

気象・海象情報の精度向上についての一考察、日本航海学会論文集、査読有、第 122 号、2010、pp. 209-217.

- ⑫ 横井威, 庄司るり, 田丸人意, 矢吹英雄, 大津皓平, ウェザールーティングのための数値予報並列処理計算機構 - WRF モデルの導入、展開手法の提案および性能評価 -、日本航海学会論文集、査読有、第 121 号、2009、pp. 19-26.
- ⑬ 庄司るり、足達宏之、大津皓平 ウェザールーティングシステムの構築に関する研究 - I - アブログによる推進性能の推定 -、日本航海学会論文集、査読有、第 121 号、2009、pp. 27-37.

〔学会発表〕(計 13 件)

- ① Takeshi YOKOI, Ruri SHOJI, Hitoi TAMARU, Hideo YABUKI, Kohei OHTSU, A Practical Approach to Optimum Ship Routing under Uncertain Conditions, Asia Navigation Conference, 2011 年 11 月 4 日、中国武漢市 Wuhan University of Technology.
- ② メザウイ ブラヒム, 庄司るり, 田丸人意, 西山尚材, アンサンブル予報を用いたウェザールーティングの実用性について、日本航海学会、2011 年 10 月 13 日、東京と三鷹市海上技術安全研究所.
- ③ 庄司るり、高嶋恭子、外航船と内航船のウェザールーティング、第 2 回「超省エネ船シンポジウム」 - 燃料 5 割削減に向けた取り組み -、2011 年 7 月 13 日、東京都港区 コクヨホール.
- ④ K. Takashima, B. Maoui, R. Shoji, Optimum Operation of Coastal Merchant Ships with Consideration of Arrival Delay Risk and Fuel Efficiency、Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 2011 年 6 月 15 日、ポーランド、Gdynia Maritime University.
- ⑤ 高嶋恭子、庄司るり、Dijkstra 法による最小燃料消費航路計算アルゴリズムと感度分析、日本船舶海洋工学会平成 23 年春季講演会、2011 年 5 月 20 日、福岡県福岡市 中小企業振興センター.
- ⑥ 西山尚材, 庄司るり, 大津皓平, メザウイ ブラヒム, ウェザールーティングによる大洋航路の検討、日本航海学会、2011 年 5 月 26 日、兵庫県神戸市 神戸市産業振興センター.
- ⑦ Takeshi YOKOI, Ruri SHOJI, Hideo YABUKI, Kohei Ohtsu, A Mechanism on Parallel Processing to Numerical Weather Prediction for Weather Routing-II -Accuracy Evaluation and Performance Benchmark of the Sea Surface Wind Prediction-、Asia Navigation Conference、2010 年 11 月 5 日、Incheon

- Korea Songdo Conventia.
- ⑧ 横井威、庄司るり、矢吹英雄、大津皓平、ウェザールーティングのための数値予報並列処理計算機構－II－海上風予測精度および計算性能の評価検討－、日本航海学会、2010年5月29日、東京都江東区 東京海洋大学。
  - ⑨ 庄司るり、西山尚材、大津皓平、ウェザールーティングのための東西指数の予測手法の研究、日本航海学会、2010年5月29日、東京都江東区 東京海洋大学。
  - ⑩ Takeshi YOKOI、Ruri SHOJI、Hitoi TAMARU、Hideo YABUKI、A Mechanism on Parallel Processing to Numerical Weather Routing, Asia Navigation Conference, 査読有、2009年11月20日、静岡県静岡市 グランシップ。
  - ⑪ メザウイ ブラヒム、庄司るり、田丸人意、ウェザー・ルーティングに使用する気象・海象情報の精度向上についての一考察、日本航海学会、2009年10月15日、山口県下関市 水産大学校。
  - ⑫ 横井 威、庄司るり、田丸人意、矢吹英雄、大津皓平、ウェザールーティングのための数値予報並列処理計算機構－WRF モデルの導入、展開手法の提案および性能評価－、日本航海学会、2009年5月21日、東京都港区東京海洋大学。
  - ⑬ 庄司るり、ウェザールーティングシステムの構築に関する研究－I－アブログによる推進性能の推定－、日本航海学会、2009年5月21日、東京都港区東京海洋大学。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

庄司 るり (SHOJI RURI)  
東京海洋大学・海洋工学部・准教授  
研究者番号：50272729

### (2) 研究分担者

矢吹 英雄 (YABUKI HIDEO)  
東京海洋大学・海洋工学部・教授  
研究者番号：40345400

### (3) 研究分担者

田丸 人意 (TAMARU HITOI)  
東京海洋大学・海洋工学部・准教授  
研究者番号：00361808

### (4) 研究協力者

横井 威 (YOKOI TAKESHI)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士後期課程

### (5) 研究協力者

西山 尚材 (NISHIYAMA HISAKI)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士後期課程

### (6) 研究協力者

メザウイ ブラヒム (MEZAOUI BRAHIM)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士後期課程

### (7) 研究協力者

杉崎 聡史 (SUGISAKI SATOSHI)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士前期課程

### (8) 研究協力者

岡村 直樹 (OKAMURA NAOKI)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士前期課程

### (9) 研究協力者

間山 聖也 (MAYAMA SEIYA)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士前期課程