

## 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 4 月 20 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22310100

研究課題名（和文） 海の ITS を利用した数値ナビゲーションシステムによる海難防止

研究課題名（英文） Prevention of Marine Disaster by Numerical Navigation System using Marine ITS

研究代表者

塩谷 茂明（Shigeaki Shiotani）

神戸大学・自然科学系先端融合研究環重点研究部・教授

研究者番号：00105363

研究成果の概要（和文）：従来の海上交通工学では「高速輸送、大量輸送」が主目的であった。経済的利潤を優先した結果、船舶の衝突、座礁および沈没に伴う船体や積載荷物の損傷および人命の損失など海難の発生が多発した経緯がある。これからは、「安心・安全且つ人や環境に優しい」といった高付加価値を持つ質的向上を目指した輸送改革が要求されている。その解決策の一つとして、陸上での IT 革命を取り組んだインテリジェント交通システム（ITS）に対応した海バージョンのインテリジェント海上交通システムを構築し、海難発生率ゼロ、環境に優しい輸送システムを築く数値ナビゲーションシステムを構築した。

研究成果の概要（英文）：Existing transport, emphasized only the safety of vessels, lading, and crews used in large-scale transport from an economic perspective. As results, numerous marine accidents including collisions and sinking had been generated, and there are concerns that the increase in global vessel ownership will result in a high frequency of marine accidents for crowd of many ships. In light of these circumstances, comprehensive research that integrates safety, economic efficiency, and environmental preservation, of the three principles of transport, and improves the tangible and intangible aspects of transport technology is urgently needed. In this research project, we construct the marine intelligent transport system applied ITS of a road traffic for zero of marine accidents. This system was created by numerical navigation of marine transportation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
2011 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2012 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
総計	13,100,000	3,930,000	17,030,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：安全システム

## 1. 研究開始当初の背景

これまでの 3 年間の研究では、沿岸域の比較的狭い海域内の輸送を対象としていた。しかし、中国の急速な経済発展に伴い、輸送の中心がヨーロッパからアジア圏内に移行す

る中で、東南アジア及びインド洋を含むアジア全域に至る広範囲に拡大した海域を対象とした国際海上輸送を担うインテリジェント海上交通システムの構築が要求されるようになった。

## 2. 研究の目的

このような背景から、本研究の目的は経済的効果を考慮しながらも、船舶及び人命を守るための海難防止と環境保全を目指した、国際海上輸送のための海のITSを構築することである。

海難発生の主要原因は航海中の気象・海象に起因している。航海中の気象・海象がリアルタイムで正確に把握でき、さらに数日先までの予報が可能となれば、船舶の運航者は事前に応急措置ができ、海難防止のための方策を講じることができる。すなわち、気象・海象の情報を出航前に数値予測ができ、航海中に遭遇するかもしれない危険な現象を把握しながら、船舶操縦性能の理論に基づいた船舶の操船と、最も安全でかつ経済的付加価値の高い航路の選定（ウエザー・ルーティング）等の航海計画を立てることが可能なシステムがあれば、海難の発生を大幅に減少することができる。

中国への輸送量の拡大及び東南アジアやインド洋を含むアジア圏の経済発展に伴い、国内輸送から国際海上輸送を対象に、海域を従来から拡大する。特に、冬季の日本海及び夏季の台風発生時の東南アジア、夏季節風時のインド洋などにおいて、航海が最も危険な状況となるため、従来の安全性と経済性を考慮した航行船舶の航路計画は、過去の観測結果から得られた平均値である気象海象データ図や、航路の一般的概要を示す航路誌などのガイドブックの静的情報に基づいたものであった。これらのデータと各種ファックス受信の天気図を頼りに、船長は長年の経験と勘で航海計画を立てていた。しかし、本研究のように、船舶の航海に最も影響を与える海流・潮流等の流れ、風の影響による風圧力および波浪の影響などを時間的・空間的に広範囲の海域で、高精度かつリアルタイムで数値的に予報し、これらの気象海象の影響下を船舶操縦性能理論に基づいて船舶性能を正確に把握しながら、経済的および安全な航路の予測や航海計画を行う数値ナビゲーションシステムを構築する。

## 3. 研究の方法

航行船舶の海難の主原因であり、かつ経済的・環境保全を確保した運航に影響を与えるのは、気象・海象（海流・潮流、海上風及び波浪）であり、これらの高解像度で正確な数値予報を行い、荒天域回避等の海難防止に対処する。さらに、船舶及び荷物のリスク評価から、気象・海象に起因の船体の大動揺や操縦性能等を回避するシステムを構築する。さらに、航海中の安全航海の確保のための航海情報データの的確な収集・解析システムを構築し、反映させる。最初に、急速に発展す

る日中韓の海上輸送を対象にシステムを構築し、さらに、東アジア、東南アジア海域に対象海域を拡大する。これにより海難ゼロの安心・安全な輸送体系を確立する。

具体的に、年度ごとに以下の研究を行う。  
（平成22年度）

(1) 船舶の航海に最も影響を与える海流・潮流等の流れ、海上風および航行海域内の波浪の数値予報が可能なシステムを構築する。これらの計算は個別に行うのではなく、大気と海洋を結合して同時に計算する。特に、気象・海象の予測を2、3日先まで実施できるようにする。航行海域を含む大規模な流れの数値シミュレーションは大容量のメモリーおよび高速な計算機で実施する。

(2) VDR (Voyage Data Recorder) から航海中に必要な動的航海情報データの抽出及び収集の効率化を図り、リアルタイムでの船舶動静を把握する。これによって、航海計画の随時修正が可能な基礎的システムを構築する。システムの検証実験は本学附属練習船を用い、実船実験を行う。

(3) 航行船舶は流れや風の影響により、横流れや速力の変化をもたらすため、船体の運動や操縦性能など船舶の挙動を船舶操縦性能理論により正確に求める高度なウエザー・ルーティングシステムを構築する。もし、流れが事前に既知であれば最適な航路設定、海難防止対策を講じる事が可能であるので、これらのシステムを確立する。システムの構築はワークステーションで実行する。

(4) 船体動揺は船舶復原性損失、転覆、荷崩れ等、重大な海難の原因となる。深江丸に船体運動計測装置を搭載し、航海中、特に荒天中の6自由度の船体動揺の計測を行い、解析することにより、船体動揺の実態把握を行う。さらに、理論的予測が可能な計算プログラムを作成し、船体動揺の計測システムの構築を行う。

（平成23年度）

(1) 船舶の航海に最も影響を与える海流・潮流等の流れ、海上風および航行海域内の波浪の数値予報が可能なシステムを構築する。

(2) 航海情報収集システムで処理された各種動的航海情報を航行船舶の運動にフィードバックし、航路の修正や速力の変更などの最適航海を支援する体制を整えるシステムを構築する。システムの検証実験のため本学附属練習船による実船実験を行う。

(3) VDR (Voyage Data Recorder) から動的航海情報データの抽出及び収集の効率化を図り、リアルタイムでの船舶動静を把握する。特に、台風接近時の気象・海象の特異現象及びこれらに回答する船舶の船体運動の計測、収集などをリアルタイムに行い、船舶の安心・安全対策を講じる。

(4) 流れおよび風の影響により、横流れや速

力の変化をもたらすため、平成22年度の研究を継続し、特に波浪外力の影響を高精度に予測できる船舶操縦性能シミュレーションを構築し、実海域の気象・海象のデータ及び船体運動の計測データとの検証を行い、高度なウェザー・ルーチングシステムの改良を行う。

(5) 実海域を航行中の船舶が遭遇する気象・海象のデータ及び船体のローリングやピッチングなどの動揺データの計測前に、模型船を用いた波浪中の船体動揺や抵抗増加の計測を実施する。

(平成24年度)

(1) 船舶の航海に最も影響を与える海流・潮流等の流れ、海上風および航行海域内の波浪の数値予報が可能なシステムを、東南アジアを含むインド洋までの海域を対象に拡大して構築する。

(2) バルカーの実船舶での気象・海象及び船体運動等の計測システムによりデータ収集を行う。航海情報収集システムで処理された各種動的航海情報と数値予測データとの比較検討、およびウェザー・ルーチングシステムの精度検定を行う。

(3) 気象・海象の数値予測データを用いた、航行船舶のウェザー・ルーチングシステムを、インド洋まで拡大する。

(4) 荒天中など、特に気象・海象の厳しく、海難発生の危険度の高い海域での実船舶の計測データ収集を行い、理論計算との比較を行う。海難に至るメカニズムの解明を行い、海難防止に対処する。

#### 4. 研究成果

(平成22年度)

船舶の航海に最も影響を与える海流・潮流等の流れ、海上風および航行海域内の波浪の数値予報が可能なシステムが構築できた。

VDR(Voyage Data Recorder)から航海中に必要な動的航海情報データの抽出及び収集の効率化を図り、リアルタイムでの船舶動静を把握するシステムを作成した。

航行船舶は流れ、波浪及び風の影響により、横流れや速力の変化をもたらすため、船体の運動や操縦性能など船舶の挙動を船舶操縦性能理論により正確に求める高度なウェザー・ルーチングシステムを、コンテナ船を用いて最短時間航法により計算するアルゴリズムが完成した。これにより、最適な航路設定、海難防止対策を講じる事が可能であるので、これらのシステムを確立する。

船体動揺は船舶復原性損失、転覆、荷崩れ等、重大な海難の原因となる。深江丸に船体運動計測装置を搭載し、航海中、特に荒天中の6自由度の船体動揺の計測を行い、解析することにより、船体動揺の実態把握を行った。

以上の各システムを組み合わせ、総合評価

を行い、システムのレベルアップを図る基礎段階ができた。

(平成23年度)

船舶の航海に最も影響を与える海流・潮流等の流れ、海上風および航行海域内の波浪の数値予報が可能なシステムを、日本海から東アジア、東南アジア海域を対象に拡大して構築した。特に、台風時の台風周辺域での強風及び、高波域などが船舶にとって最も危険な状況になることが予測されるので、詳細な気象・海象ができるようにプログラムの改良などを行った。

航海情報収集システムで処理された各種動的航海情報を航行船舶の運動にフィードバックし、航路の修正や速力の変更などの最適航海を支援する体制を整えるシステムの基礎を構築した。システムの検証実験のため本学附属練習船による実船実験を行った。VDR(Voyage Data Recorder)から動的航海情報データの抽出及び収集の効率化を図り、リアルタイムでの船舶動静を把握した。特に、台風接近時の気象・海象の特異現象及びこれらに応答する船舶の船体運動の計測、収集などをリアルタイムに行い、船舶の安心・安全対策を講じる試みを行った。

流れおよび風の影響により、船体の横流れや船速の変化をもたらすため、平成22年度の研究を継続し、特に波浪外力の影響を高精度に予測できる船舶操縦性能シミュレーションを構築し、実海域の気象・海象のデータ及び船体運動の計測データとの検証を行い、高度なウェザー・ルーチングシステムの改良を行った。これにより、海難防止のための航路選定を可能とするシステムの構築の基礎を行った。

実海域を航行中の船舶が遭遇する気象・海象のデータ及び船体のローリングやピッチングなどの動揺データの計測前に、模型船を用いた波浪中の船体動揺や抵抗増加の計測の実施の準備を行った。これにより、実船舶の航行中の諸計測データとの比較が可能となる。

(平成24年度)

船舶の航海に最も影響を与える海流・潮流等の流れ、海上風および航行海域内の波浪の数値予報が可能なシステムを、インド洋までの海域を対象に拡大できた。

バルカーの実船舶での気象・海象及び船体運動等の計測システムによりデータ収集を行った。航海情報収集システムで収集された各種動的航海情報と数値予測データとの比較検証を行った。今後も継続的にデータ解析を実施する。これにより、ウェザー・ルーチングシステムの精度検定を行うデータ情報の蓄積ができた。

気象・海象の数値予測データを用いた、航行船舶のウェザー・ルーチングシステムを、

インド洋までの海域を対象に拡大できた。今後、実海域計測データとウエザー・ルーチングシステムで予測した推定航路との比較を行い、ウエザー・ルーチングシステムの精度検証を行い、さらに高度化を図る。

荒天中など、特に気象・海象の厳しく、海難発生の危険度の高い海域での実船舶の計測データ収集を部分的に行い、理論計算との比較から、理論計算の精度の向上を図った。これにより、海難に至るメカニズムの解明を行い、海難防止に対処する基礎部分が確立できた。

航行船舶の速力の増減が、CO2 排出量などと深く影響するために、実態調査を図り、有害物質排出量の定量的評価を行う基礎部分が確立できた。

以上の研究実績により、海難防止を目指した数値ナビゲーションが、システムとして運用できる段階まで可能となった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 83 件)  
(平成 24 年度)

- ① 高欣佳、塩谷茂明、GIS を用いた沿岸航海情報提示の基礎的研究 ―乗揚防止に有効な水深情報―、日本航海学会論文集、第 128 号、査読有、2013、印刷中
- ② 曾田泰介、塩谷茂明、笹健児、気象・海象を考慮した数値ナビゲーションシステムの基礎的研究、日本船舶海洋工学会論文集、第 16 号、査読有、2013、pp. 155-164
- ③ Shigeaki Shiotani、Simulation of Tidal Current, Wind and Wave for Numerical Navigation of Ship、International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences、2012、CD-ROM、査読有、2012、pp. 1-6
- ④ Xinjia GAO、Shigeaki SHIOTANI、Hidenari MAKINO、The Study of Effective Communication of Water Depth Information for Prevention of Accidents in Marine Traffic、IEEE、ICETET、Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology、CD-ROM、査読有、2012、pp. 1-5
- ③ 嶋田陽一、高橋桂子、塩谷茂明：北太平洋における有義波高の中長期変動と気候変動指数の関係、土木学会論文集 B3(海洋開発)、Vo. 68、No. 2、査読有、2012、pp. I\_971-I\_976
- ④ 牧野秀成、塩谷茂明、木村法由、浅野一郎、全周囲カメラを用いた航海の安全支援のための視覚的情報提供に関する研究、土木学会論文集 B3(海洋開発)、Vo. 68、No. 2、査読有、2012、pp. I\_1191-I\_1203
- ⑤ 柳馨竹、塩谷茂明、牧野秀成、沿岸航海の安全のための航海シミュレーションにおける気象・海象に関する航海情報の提示の研究、土木学会論文集 B3(海洋開発)、Vo. 68、No. 2、査読有、2012、pp. I\_1187-I\_1192
- ⑥ 嶋田陽一、高橋桂子、塩谷茂明、国際海上輸送のための気象・波浪大規模予測システムの構築、日本航海学会論文集、第 127 号、査読有、2012、pp. 197-204
- ⑦ 笹健児、寺田 大介、塩谷 茂明、若林 伸和、荒天航海時の船体運動と海上輸送の安全・効率性の関係について、日本航海学会論文集、第 127 号、査読有、2012、pp. 79-88
- ⑧ 塩谷茂明、大坂観也、曾田泰介、牧野秀成：伊勢湾における数値ナビゲーションの基礎的研究、日本航海学会論文集、第 127 号、査読有、2012、pp. 1-10  
(平成 23 年度)
- ① 笹健児、寺田大介、若林伸和、塩谷茂明、荒天時の船体運動と貨物損傷の関係について、日本航海学会論文集、No. 122、査読有、2011、pp. 199-207
- ② 塩谷茂明、牧野秀成、永吉優也、柳馨竹、嶋田陽一、沿岸航海の安全のための航海シミュレーションに関する研究、土木学会論文集 B3(海洋開発)、査読有、No. 67、2011、pp. 1-6
- ③ Kenji Sasa、Daisuke Terada、Shigeaki Shiotani、Eiichi Kobayashi、A Study of Numerical Simulations of Ship Motions While Underway Using a Coastal Wave Database、Journal of Offshore and Polar Engineering、査読有、Vol. 22, No. 1、2011、pp. 38-45
- ④ Atsuo Maki、Naoya Umeda、Shigeaki Shiotani、Eiichi Kobayashi、Parametric rolling prediction in irregular seas using combination of deterministic ship dynamics and probabilistic wave theory、Journal of Marine Science and Technology、Vol. 16, No. 3、査読有、2011、294-310
- ⑤ 木葉武史、牧野秀成、清水玄彦、塩谷茂明、航海時間の分布を用いたウエザールーチングの長期的経済評価、日本船舶海洋工学会論文集、第 14 号、査読有、2011、pp. 159-164
- ⑥ 笹健児、動的係留力および波浪伝播を考慮した港外避泊船の安全性評価、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol. 67、No. 2(2)、査読有、2011、pp. I\_756-I\_760
- ⑦ Eiichi KOBAYASHI、Takashi ASAJIMA、Nobuo SUEYOSHI、Advanced Navigation Route Optimization for an Oceangoing Vessel、Proceedings of TransNav2011、CRC、査読有、2011、pp. 149-155
- ⑧ Terada D.、A. Matsuda、Successive inverse

estimation of directional wave spectra by using ship motions based on state-space modeling procedure, Proc. of ISOPE2011, CD-ROM、査読有、2011、pp.1-7 (平成 22 年)

- ① 塩谷茂明、牧野秀成、嶋田陽一、曾田泰介、気象・海象の影響下の数値ナビゲーションについて、第 24 回数値流体力学シンポジウム講演論文集、査読有、2010、CD-ROM、pp.1-6
- ② 嶋田陽一、高橋桂子、塩谷茂明、日本～北米間のウェザルーディングー航海時間に注目した国際ハブ港湾ー、査読有、第 123 号、2010、pp.21-28
- ③ Nobukazu Wakabayashi、Hidenari Makino、Sigeaki Shiotani、Development of Radar ARPA Simulator Software Reproducing an Actual Sea Area Situation、The First GLOBAL CONFERENCE on innovation in marine technology and the future of MARITIME TRANSPORTATION、査読有、CD-ROM、2010、pp.401-409
- ④ 嶋田陽一、高橋桂子、塩谷茂明、ウェザルーディングにおける海流の影響ー海洋モデル水平解像度ー、第 24 回数値流体力学シンポジウム講演論文集、査読有、CD-ROM、2010、pp.1-6
- ⑤ Sasa, K.、Hibino, T.、Kim, K.、Safety Evaluation Method of Ship Berthing at Pontoon under Strong Current from Viewpoint of Ship Motions、Proceedings of the 20th International Conference of Offshore and Polar Engineering、査読有、2010、pp.956-963
- ⑥ 塩谷茂明、姜鶴、牧野秀成、嶋田陽一、海上輸送の安全性支援のための GIS による航海情報、安全工学シンポジウム 2010 講演論文集、査読有、2010、pp.334-337
- ⑦ 塩谷茂明、陳瀚、大澤輝夫、小林英一、海上風と潮流の数値予測を考慮した航海シミュレーション、日本航海学会論文集、第 123 号、査読有、2010、pp.53-60
- ⑧ 嶋田陽一、高橋桂子、塩谷茂明、ウェザルーディングにおける海流の影響ー海洋モデル水平解像度ー、第 24 回数値流体力学シンポジウム講演論文集、CD-ROM、査読有、2010、pp.1-6
- ⑨ Shigeaki Shiotani、ON SIMULATION OF NUMERICAL NAVIGATION FOR A SHIP UNDER EFFECTS OF WEATHER、17th SAINT PETERSBURG INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED NAVIGATION SYSTEMS、査読有、2010、pp.1-6
- ⑩ Shigeaki Shiotani、Kenji Sasa、Daisuke Tarada、Hidenari Makino、Yoichi Shimada、Numerical Navigation for a Ship in Simulation of Waves、Proceedings of the

Twentieth、International Offshore and Polar Engineering Conference、CD-ROM、査読有、2010、pp.663-668

[学会発表] (計 54 件)

(平成 24 年度)

- ① 笹健児、荒天航海時の船体運動と海上輸送の安全・効率性の関係について、日本航海学会、2012.11.1、長崎
- ② 塩谷茂明、伊勢湾における数値ナビゲーションの基礎的研究、日本航海学会、2012.11.1、長崎
- ③ 塩谷茂明、Simulation of Numerical Ship Navigation in Ise Bay in Japan、International Symposium、INFORMATION ON SHIPS ISIS 2012.8.1、Hamburg, German
- ④ 嶋田陽一、Comparison of Wave Model Results Using Different Wind Reanalysis Data in the North Pacific、International Offshore and Polar Engineering Conference、2012.6.1、Rhodes, Greece
- ⑤ 塩谷茂明、Simulation of Tidal Current, Wind and Wave for Numerical Navigation of Ship、ICCES12 (International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences)、2012.4.1、Crete, Greece (平成 23 年度)
- ⑥ 塩谷茂明、沿岸域航行船舶の安全のための GIS による航海シミュレーションの開発、日本機械学会第 20 回交通・物流部門大会 TRANSLOG2011、2011.12.7-9、川崎市
- ⑦ 塩谷茂明、沿岸航海の安全のための航海シミュレーションに関する研究、土木学会 (海洋開発) 講演会、2011.6.30、松山市
- ⑧ 塩谷茂明、Research on Ship Navigation in Numerical Simulation of Weather and Ocean in a Bay、Navigational Systems and Simulators, Marine Navigation and Safety of Sea Transportation、2011.6.15-17、ポーランド・グニディア
- ⑨ 塩谷茂明、Simulation of Weather and Ocean for Numerical Ship Navigation、the ASME 2011 30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2011、2011.6.1、オランダ・ロッテルダム
- ⑩ 塩谷茂明、Study on Presentation of Navigational Information for Support of Safety of a Ship by GIS、Oceans 2011、2011.6.6-9、スペイン・サンタンデル (平成 22 年度)
- ⑪ 塩谷茂明、気象・海象の影響下の数値ナビゲーションについて、第 24 回数値流

体力学シンポジウム、2010.12.20-22、横浜市慶応大学

- ⑫ Shigeaki Shiotani、 Numerical Navigation for a Ship in Simulation of Waves、 International Offshore and Polar Engineering Conference、 2010.6.21-25、 Beijing、 China
- ⑬ 塩谷茂明、輸送の三原則を統合した国際海上輸送システム創出の研究、日本船舶海洋工学会春季講演会、2010.6.7-8、東京
- ⑭ Shigeaki Shiotani、 ON SIMULATION OF NUMERICAL NAVIGATION FOR A SHIP UNDER EFFECTS OF WEATHER、 17th SAINT PETERSBURG INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED NAVIGATION SYSTEMS、 2010.6.2、 Saint Petersburg、 Russia
- ⑮ Shigeaki Shiotani、 Simulation of Numerical Ship Navigation in Tidal Current, Wind and Waves、 5th International Conference & Exhibition Melaha、 2010.5.3-5、 Egypt、 Cairo

[図書] (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

塩谷 茂明 (Shigeaki Shiotani)  
神戸大学・自然科学系先端融合研究環重点  
研究部・教授  
研究者番号：00105363

### (2) 研究分担者

小林 英一 (Eiichi Kobayashi)  
神戸大学・海事科学研究科・教授  
研究者番号：90346289

若林 伸和 (Nobukazu Wakabayashi)  
神戸大学・海事科学研究科・教授  
研究者番号：60242351

大澤 輝夫 (Teruo Ohsawa)  
神戸大学・海事科学研究科・准教授  
研究者番号：80324284

牧野 秀成 (Hidenari Makino)  
神戸大学・海事科学研究科・学術推進研究  
員

嶋田 陽一 (Youichi Shimada)  
神戸大学・自然科学系先端融合研究環・助  
教  
研究者番号：90455501

笹 健司 (Kenji Sasa)  
神戸大学・海事科学研究科・准教授  
研究者番号：10360330

寺田 大介 (Daisuke Terada)  
水産工学研究所・研究院  
研究者番号：80435453