

## 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19日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360375

研究課題名（和文）船船間通信を用いた自動避航意思疎通システムに関する研究

研究課題名（英文）Research on an Automatic Navigational Intension Exchange Support System (ANIESS) using ship to ship communication means

研究代表者

福戸 淳司 (FUKUTO JUNJI)

独立行政法人 海上技術安全研究所 運航・物流系 運航解析技術研究グループ長

研究者番号：40360713

研究成果の概要（和文）：従来、操船者の遭遇船の行動予測に基づいて行われてきた避航操船判断を、相互確認の上での操船への移行を可能にするため、ICTを用いた自動避航意思疎通システムの開発を行った。また、こうしたシステムによる船船間の相互作用を操作体験に基づいて評価できるよう、操船シミュレータに自動避航意思疎通システムを組み込み、熟練船員により評価を行った。その結果、表示法や表示のタイミングに関して、良好な評価が得られ、運用上の知見が得られた。また、AIS情報の解析から、新しい衝突警報アルゴリズムの提案を行った。

研究成果の概要（英文）：In order to change the decision makings of collision avoidance based on mutually understood passing pattern from those based on mariners prediction of encountered ships' manoeuvre, we have developed an Automatic Navigational Intension Exchange Support System (ANIESS) using ship to ship communication means, such as AIS (Automatic Identification System). To evaluate the ANIESS based on the experience of the target system operations, we also have developed a framework for a ship handling simulator to install some intelligent functions, such as ANIESS. As the results, the ANIESS got good ratings for the way to display information and the time to provide the information from 5 experienced mariners and we got operational expertise of the ANIESS. In addition, we have proposed a new collision alarm algorithm through the analysis of AIS records.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2012年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	10,200,000	3,060,000	13,260,000

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：海事システム

## 1. 研究開始当初の背景

現在、船舶が遭遇した際の衝突回避のための避航操船は、主に各船の操船者が、推定した対象船の動きと、海上衝突予防法等の法規を含む過去の経験に基づいて判断しており、

この予測が外れると最悪の場合、衝突を招く。このため、操船者への負担が少なく確実に航行意思疎通ができる手段が求められている。また、ICTを活用した知的支援システム等自船からの情報の送受信の結果、遭遇した船舶

の動きに影響を与えるようなシステムの評価を行うためには、評価対象となるシステムの動きを自律的に再現できる船舶のモデルを組み込んだシミュレーション・シミュレータ技術の確立が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、現在、主に目視で観察した相手船のそれまでの動向と自分の経験から得られる相手船の動きの将来予測に基づいて行われてきた避航操船判断を、両船の自動的な意思疎通により、相手船の将来の動きを考慮した避航操船判断を支援するシステム（船舶間通信に基づく自動避航意思疎通システム）の設計、構築、評価を行う。

また、ICTを活用した知的支援システム等の被験者の使用経験に基づく評価を可能とするため、評価対象となるシステムの動きを自律的に再現できる船舶のモデルを組み込んだシミュレーション・シミュレータ技術を確立する。

## 3. 研究の方法

本研究では、まず、避航操船の実態を把握するため、避航操船の現状調査を行った。具体的には文献調査および乗船調査等による現状調査を行い、避航操船法および避航支援のタイミングについて検討した。しかし、2011年度以降に、弊所でAISの記録情報が利用可能になったことから、AIS情報を解析して、さらに詳細な避航操船の状況を把握することとした。

次に、自動避航意思疎通システムの評価環境として、自動避航意思疎通システムのような船舶間通信を含むインテリジェントなシステムの動きを実際の交通流中で体験できるようにするため、操船シミュレータに交通環境を再現する交通流シミュレーション機能およびインテリジェントなシステムを組み込むフレームワークを構築し、インテリジェントシミュレータとして開発した。

さらに、これと並行して、自動避航意思疎通システムを避航操船の現状調査結果を考慮して構築した。具体的には、2009年まで実施した協調型航海支援システムの研究で開発した避航意思疎通支援システムに、遭遇した見合い関係に応じて、意思疎通の必要性、意思疎通のタイミング、支援情報の通信法、支援情報の表示法を検討し、デフォルトとしての避航パターンを交換する機能を追加した。また、本システムは、交換されたデフォルトとしての避航パターンを操船者の意思により手動で変更する機能も持っている。なお、このシステム構築に際しては、シミュレータ上の遭遇船舶にも適応でき、自律的に動けるよう配慮してシステムの構築を行った。最後に、構築したシステムと別途大阪大学と

共同で開発した自動避航システムをインテリジェントシミュレータに組み込み、熟練船員による基礎的な見合い関係を対象にした避航操船の評価を行った。

## 4. 研究成果

### (1) AIS 情報解析手法の構築

海上交通流を理解する上で、その生データであるAISの記録情報は大変有効である。但し、このデータは膨大であり、解析対象は多岐にわたる。本研究では、AIS搭載船同士の遭遇状態を検討するため、陸上で観測されたAISデータから、遭遇状態を抽出し、解析する手法とプログラム群を製作した。具体的には、AISの動的データから、最接近距離(DCPA)や最接近時間(TCPA)といった指標値を基に、1対1の遭遇状態を抽出し、避航状況を解析する手法を確立した。また、このデータを基に、交通流を再現するため、交通流中の船舶の動きを規定する船舶発生データを生成するプログラム群も製作した。さらに、この解析の過程で、現在、AIS等自動的に得られる他船情報に起因する衝突警報の増加に対応する、新しい衝突警報アルゴリズムの提案を行った。図1に、見合い関係の抽出と警報発生状況を検討した際のAIS情報を示す。

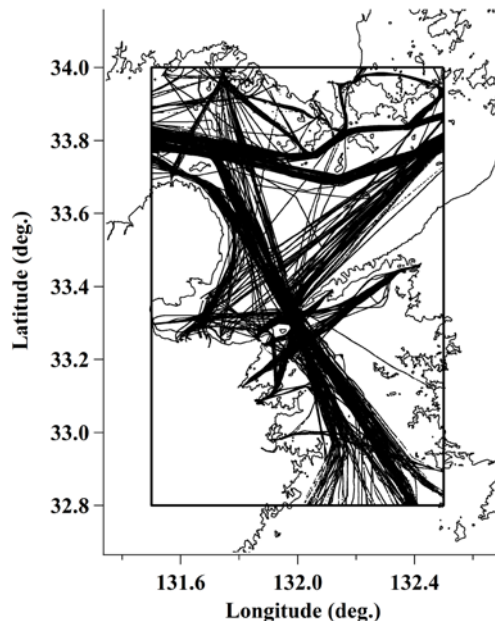


図1 解析に用いたAIS記録情報の例

### (2) インテリジェントシミュレータ

自動避航意思疎通システム等、人間が扱うシステムの評価においては、そのシステムの使用経験に基づく評価が必要不可欠である。特に、システムの有効性を評価する上で、運転時の余裕を考慮したシステムとのインタラクションの評価が重要である。

そこで、実際の自動避航意思疎通システムを用いた操船状況を相手船の動きも含めて

再現するため、操船シミュレータ上の相手船を自律的に動かすフレームワークを操船シミュレータに組み込み、自動避航意思疎通システムと自動避航機能をフレームワーク上で再現した。

図2に、インテリジェントシミュレータの構成を示す。従来の操船シミュレータでは、シミュレータ上の自船以外の船舶の動きは、あらかじめ計画航路として設定された航路に沿って操船させるか、オペレータによって逐次手動で針路等を修正して動かすことしかできなかった。そこで、シミュレータ外部に導入想定システムを組み込むインテリジェントシステムを設け、定期的に(a)全船舶の情報を収集し、(b)導入したシステムの動作に基づいて船毎に周りの状況から必要な通信や行動を判断し、(c)必要な船舶間の通信をPC上で再現し、(d)行動内容に応じた操船指示を作成し、シミュレータに返す機能をインテリジェントシミュレータとして構築した。これにより、操船シミュレータ上の遭遇船舶に、それぞれの状況に応じ自律的に航行意思疎通や避航操船を行わせることができるようになった。

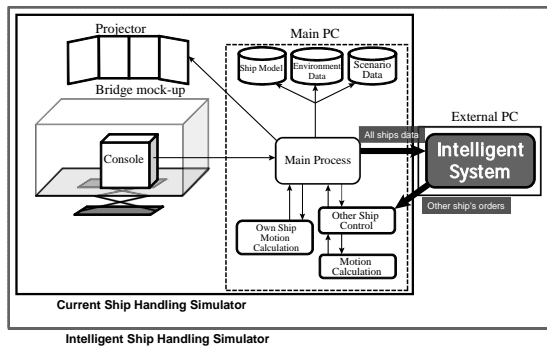


図2 インテリジェントシミュレータの構成

### (3) 自動避航意思疎通システム

自動避航意思疎通システムは、AIS等通信機器を利用して、航行意思（例えば、左対左で避航する。）を遭遇船相互間で通信し、これをレーダ上に表示するレーダのアドインソフトウェアで、遭遇時の相手船の行動を相互理解できる。意思疎通する内容としては、(a)避航パターン（船首航過、船尾航過、左舷航過、右舷航過）、(b)変針意思（針路120度に変針）、(c)避航パターンの変更、(d)音声通信要求がある。

当初、これらの意思疎通は、レーダ画面上的の手動操作で行うようシステム構築をしたが、操作が煩雑になるため、省力化が求められた。そこで本研究では、2船の遭遇時にデフォルトの避航パターンの交換を、十分な余裕をもって自動化する機能を組み込んだ。

デフォルト避航パターンの提案には、避航パターンの意思疎通の必要性の判断、状況に

あった避航パターンの選択と、避航パターン発信のタイミングの決定が必要である。本システムでは、後述するインテリジェントシミュレータへの組み込み機能の1つで、大阪大学と共同開発している自動避航機能の内、衝突危険判断指標である衝突リスクCRを用いてこの判断を行った。具体的には、衝突リスクに基づき、意思疎通の必要性を判断し、見合い状態から海上衝突予防法の規定に基づいて避航パターンを決定する。また、避航パターンの発信のタイミングは、想定される最接近点までの時間を基に決定した。

図3は、自動避航意思疎通システムを組み込んだレーダの模擬表示画面で、レーダ中央の自船に対し、右前方から横切る相手船と左舷対左舷で航過する意思疎通がなされている状態である。図3の右下の画像は、意思疎通内容の拡大図で、相手船の左舷を航行することを矢印で示し、この内容が他船と合意されていることをシンボル“Y”で示している。



図3 自動避航意思疎通システムの表示例

### (4) 自動避航意思疎通システムの評価

本研究で開発した自動避航意思疎通システムの評価を行うため、熟練船員による操船シミュレータを用いた評価実験を行った。評価シナリオ要素は、以下のとおりである。

供試船：40,000DWT 貨物船(L:190m)

被験者：現役熟練船員 5名

船速：15kt

針路：Ship1 0 deg.、Ship2 225 deg.

また、操船場面は、基本的な1対1の見合い関係を設定し、操船は自動避航意思疎通システムによる自動的な意思疎通と自動避航機能による避航操船を自船及び遭遇他船に行わせ、その操船体験に基づき熟練船員の評価を得た。

図4にShip1が右斜め前方から接近してくる船舶Ship2との遭遇時の航跡を、図5にその時の両船の船速及び針路の時系列を示す。Ship1は避航義務を持つため、最接近時間まで300秒となる、時刻180秒に左舷対左舷で交差するメッセージを送り、60秒後の時刻240秒に承諾メッセージを受けている。さらに、最接近まで200秒となる時刻280秒でShip1は避航を開始し、時刻460秒でShip2

を回避し復帰航路に入った。

評価においては、本システムの有効性について、支援開始のタイミング、支援の表示方法、支援情報表示後の行動について主観的評価を得た。

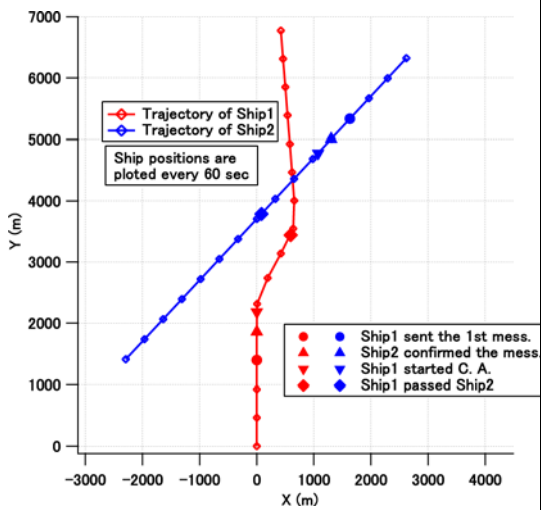


図4 評価時の航跡と支援のタイミング

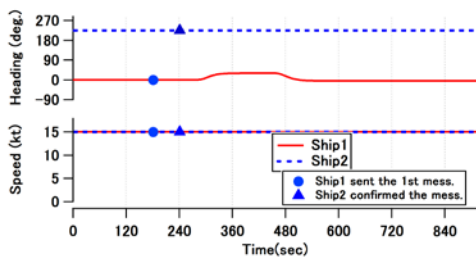


図5 評価時の針路および船速の変化と支援のタイミング

支援開始のタイミングについては、当初、最接近点までの時間が5分の時としていたが、5名の被験者全員から遅いとの評価を受け、最終的には8分に変更して再度実験し、8分が適切との評価を得た。この時両船の離隔距離はおおよそ3nmとなっており、この際には避航動作が終了していることが望ましいとの一致した意見であった。表示方法については、5名全員から妥当との評価を得た。情報表示後の操船行動については、当初、さらに接近して避航操船を行うように設定していたが、意思疎通後すぐに避航動作を行って、意思疎通内容が伝わっていることを知らせた方が良いとのコメントを5名から得た。さらに、システム全体の評価としては、今回のような基本的な見合い関係においては、有効との評価を得た。また、今回の評価を通じて、我々が当初考えていた以上に早い段階から避航操船が行われており、本システムを含め、今後、避航支援を検討する上で考慮しなければならない。

## 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9件)

(1) 南 真紀子、丹羽 康之、福戸 淳司、沼野正義、西崎ちひろ、協調型航行支援システムの開発、海上技術安全研究所報告、査読有、第10巻、第2号、2010、47-53

(2) 福戸 淳司、長谷川和彦、酒井史彦、操船シミュレータへの自動避航操船機能の導入、日本航海学会論文集、査読有、第125号、2011、63-72

(3) Junji FUKUTO, Two new support functions for collision avoidance, Proceedings of ISIS2011 (International Symposium on Information on ships 2011), 2011, 169-181

(4) Junji FUKUTO, Ship handling simulator for assessing on-board advanced navigation support systems and services, Proc. of International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability 2012 (MARSIM 2012), 2012/04, Session 6/1

(5) 三宅 里奈、福戸 淳司、長谷川 和彦、操船シミュレータに導入された自動避航操船機能の輻輳海域への適用、日本機械学会論文集 C編 第78巻 第794号 2012年10月号『TRANSLOG2011』特集、査読有、ノート No. 2012-JCN-0131, 2012, p. 3408-3412

(6) Makiko Minami, Yasuyuki Niwa, Junji Fukuto, Study on Automatic Navigational Intension Exchange Support System using AIS, Proc. of Asia Navigation Conference 2012, 2012/11, Vol. 1, Session A-2

(7) 福戸 淳司、航行安全対策と今後の展望、海上技術安全研究所報告、査読有、第12巻、第2号、2012、51-60

(8) 福戸 淳司、今津 隼馬、相手船による妨害ゾーンの衝突警報への適用、日本航海学会論文集、査読有、第128号、2013、49-54 DOI: 10.9749/jin.128.49

(9) 丹羽 康之、e-Navigationへの貢献、海上技術安全研究所報告、査読有、第12巻、第4号、2013、283-291

[学会発表] (計10件)

① 南 真紀子、丹羽 康之、福戸 淳司、西崎 ちひろ、AISを用いた協調型航行支援システムの構築について、日本船舶海洋工学会平成22年度春季講演会 オーガナイズド・セッション(AISデータの活用)、2010年6月8日、タワーホール船橋(東京)

② Junji FUKUTO, e-navigation activities in Japan, 2011 Regional e-navigation conference, 2011/02/16, BEXCO, Pusan, Republic of Korea

③福戸 淳司、長谷川 和彦、酒井 史彦、操船シミュレータへの自動避航操船機能の導入、平成 23 年度日本航海学会春季講演会、2011 年 5 月、神戸市産業振興センター

④Junji FUKUTO, Two new support functions for collision avoidance, International Symposium on Information on ships 2011 ISIS2011, 2011/09, Hamburg

⑤三宅 里奈、福戸 淳司、長谷川和彦、操船シミュレータに導入された自動避航操船機能の輻輳海域への適用、日本機械学会 第 20 回 交通・物流部門大会 TRANSLOG2011、2011/12/02、川崎市産業振興会館

⑥Makiko Minami, Introduction of Navigational Intension Exchange Support System and its Improvement on Automatic Communications, The 5th AIS Workshop, 2012/01, Kobe University

⑦Junji FUKUTO, Ship handling simulator for assessing on-board advanced navigation support systems and services, International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability 2012 (MARSIM 2012), 2012/04/26, Singapore Polytechnic

⑧南 真紀子、福戸 淳司、AIS を用いた自動航行意思疎通システムの構築、日本船舶海洋工学会 平成 24 年度春季講演会、2012 年 5 月 18 日、神戸市産業振興センター

⑨福戸淳司、今津隼馬、相手船による妨害ゾーンの衝突警報への適用、平成 24 年度日本航海学会秋季講演会 2012 年 11 月 23 日、長崎県勤労福祉会館

⑩Makiko Minami, Yasuyuki Niwa, Junji Fukuto, Study on Automatic Navigational Intension Exchange Support System using AIS, Asia Navigation Conference 2012, 2012/11, Vol. 1, KOBE PORTTOWER HOTEL

[その他]

「操船シミュレータに導入された自動避航操船機能の輻輳海域への適用」により、三宅が日本機械学会 第 20 回 交通・物流部門大会優秀論文講演表彰 (2012 年 3 月 23 日)

「相手船による妨害ゾーンの衝突警報への適用」により、福戸が平成 24 年度日本航海学会論文賞受賞 (2013 年 5 月 30 日)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

福戸 淳司 (FUKUTO JUNJI)

独立行政法人 海上技術安全研究所  
運航・物流系運航解析技術研究グループ長  
研究者番号：4 0 3 6 0 7 1 3

### (2) 研究分担者

疋田 賢次郎 (HIKIDA KENJIRO)

独立行政法人 海上技術安全研究所

運航・物流系 研究員

研究者番号：0 0 4 1 5 8 0 3

丹羽 康之 (NIWA YASUYUKI)

独立行政法人 海上技術安全研究所  
運航・物流系 研究員

研究者番号：5 0 3 4 4 2 3 9

南 真紀子 (MINAMI MAKIKO)

独立行政法人 海上技術安全研究所  
運航・物流系 研究員

研究者番号：1 0 4 1 5 8 0 4

2012年9月より、他機関に出向のため、2012年9月削除

三宅 里奈 (MIYAKE RINA)

独立行政法人 海上技術安全研究所  
運航・物流系 研究員

研究者番号：6 0 6 1 8 7 7 6

2012年4月より、追加