

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560176

研究課題名(和文)海難ゼロを目指す海のITSによる陸上からの操船支援システムの開発

研究課題名(英文)Development of a Remote Maneuvering Support System from Land for a Ship Sailing by ITS of Sea for Avoiding Marine Disasters

研究代表者

塩谷 茂明 (SHIOTANI, SHIGEAKI)

神戸大学・海事科学研究科(研究院)・教授

研究者番号：00105363

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：港内は、船舶の輻輳度が高く、地形および気象・海象も複雑に変化する。この海域の運航には高度な操船技術が要求され、緊張感も高揚する。経験未熟、初めての海域を航行する航海士にとって、極度の緊張感を持ち、海難誘発の危険度が高くなる。解決策は、陸上でのインテリジェント交通システム(ITS)に対応の海のITSを構築し、操船支援を行うことである。

本研究では、航海に必要な航海情報を陸上で再現し、陸上から遠隔操船支援が可能なシステムを構築した。もし、陸上から経験豊かな熟練者による操船支援が可能となれば、航海士の心的負荷は軽減され、海難減少に役立つ。今回は、システムの基礎部分を構築し、これらの実験的検証を行った。

研究成果の概要(英文)：I am studying remote maneuvering support from a skilled officer on land to assist a maritime officer and a quartermaster on board. If this system can be supplied to a skilled officer with years of experience who can then supply the necessary advice remotely from land, it will help to reduce the mental stress of officers and, accordingly, help to limit the occurrence of marine disasters. To build the remote maneuvering support system, the first challenge of this study was to reproduce on land the information necessary for the voyage. Also, we performed a remote maneuvering experiment in which we obtained navigating information from a ship in real time and, from land, gave steering orders and necessary support information to officers on the ship's bridge. After we constructed this remote maneuvering support system, we confirmed that the maneuvering support system was very effective.

研究分野：船舶数値流体力学

キーワード：遠隔操船支援 航海情報 データ通信 海上輸送 航海

1. 研究開始当初の背景

海難発生の主要因は航海中の気象・海象に起因する。航海中の気象・海象がリアルタイムで、さらに数日先まで正確に予報できると、運航者は荒天に対し、事前に応急措置ができ、十分な海難防止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、船舶操縦性能理論に基づいた操船と、安全かつ経済的付加価値の高い最適航路の選定等の航海計画が立てられるシステムがあると、海難発生ゼロを目指すことができる。

また、東京湾や瀬戸内海などは船舶の輻輳度が高く、複雑な地形と狭隘な海域であり、海難の発生が危惧される危険な航行海域である。このような海域を初めて航海する航海士にとって、緊張感とストレスが高まり、時にはパニック状態となって誤判断による海難発生の原因になることが危惧される。このよう状況を解消し、著者らは航海の安全を確保するために、陸上から船上の操船者に対し、経験豊かなパイロットや船長のような操船の熟練者が、双方向の通信による情報交換を行いながら、陸上からの操船支援を行う方法を研究している。

これまでも、無人化船や陸上からリモートで操船する研究が実施されているが、未だに実現していない。原因として、技術的に無人化船は可能であるかもしれないが、漁船、ヨットおよびプレジャーボートなどの小型船舶や、バージ等をロープで曳航する曳き船などから大型貨物船まで大小様々で多様な船舶が航行・錨泊する海域において、全船舶の自動化船は技術面や建造費など多くの問題点があり、現状では困難である。また、すべての他船の位置や動向の確認を判断しながらの無人化船の制御は、現状ではそれほど容易でない。また、衝突等の危険状況での緊急時の対応策は無人化船では即座の自動操船制御が複雑となり、対応が相当困難である。また、異常な荒天時に船舶や荷物の安全性確保のための、例えば高波や強風などから船体運動の軽減や操縦性能の安定化を図る操船の自動制御は現実的に非常に難しく、困難である。さらに、無人化船の場合、海賊などによる船舶の乗っ取りの危険性などの自動制御以外の付随的な原因および問題点もある。このような現状においては、無人化船よりむしろ、通常の有人化船において、絶えず双方向通信による情報の交換および提供をしながら、安全運航を目的に陸上からの何らかの操船支援を行う方向性は、現状ではより有効であると考えられる。また、国内の主要港に入出航時に、法的に定められた船舶に対し、水先人(パイロット)の乗船および操船が義務付けられている。我が国のパイロットは外航船舶の船長を退職の高齢者が主流を占め、海上で小型パイロット船から船体側壁面に垂

らしたラダー(縄梯子)を自力で上り乗艇するが、落下事故が多数発生している。もし、これらの乗船に代わり、パイロットが陸上から操舵号令を発令し、操船が可能になると、このような危険性は解消される。

このような観点に立ち、海の ITS に関する研究として数値ナビゲーションシステム構築の研究を実施してきた。そこで蓄積したアイデアと先行する道路交通の ITS による車のロボット化および無人化の技術を取り込んだ結果、船舶の陸上からの遠隔支援が、海難防止に非常に有効であることに気付いた。特に、船舶が入出港する航路では、狭隘であり、かつ船舶の出入りが多く、輻輳度が高い危険海域であるので、陸上からの支援策は極めて有効である。本研究では、このシステムの基礎部分を確立する。

これが完成すると、従来の操船概念に革命が起こり、研究は一新するものと考えている。

2. 研究の目的

これまでの海上輸送の研究は経済的利潤が第一に優先され「速く、大量輸送」が主な目的であった。その結果、衝突、座礁および沈没などの海難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」高付加価値を持ち、質的向上を目指した輸送改革なしで、海難ゼロを目指すことは不可能である。特に、瀬戸内海や湾内では、船舶の輻輳度が高く、複雑な地形となり、さらに気象・海象も複雑に変化する。このような海域の安全運航には高度な操船技術が要求され、運航者の緊張感が極度に達する。もし、経験未熟あるいは初めての港湾を航行する航海士にとって、海難誘発の危険度が高揚する。

その解決策として、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 ITS を構築し、海難ゼロを目指すことは極めて重要である。

本研究では、その一貫として、陸上であっても船上で航海する如き仮想空間を造り、陸上から遠隔操縦が可能なシステムを構築し、船長や水先人のような高度な技術と長年の経験を有する熟練者による操船支援を行う。本研究は世界初の試みであり、熟練者の支援により、航海士の負荷軽減が図れ、海難撲滅に役立ち、将来への操船技術の革命的な大変革を目指す。

3. 研究の方法

船舶の安全運航に必要なレーダ、ECDIS、AIS、ジャイロコンパスなどの航海計器や機関制御システム装置から得られた様々な船上の航海情報(各種画像、データ)を効率よく収集し、通信により陸上に転送して再現する。

さらに、船上から周辺海域のカメラ映像も陸上に転送、さらに GIS を用いた航行海域周

辺の三次元地形(海図)を作成し、陸上に船から見る景色を再現する。画像はリアルタイムに船舶の航行に従い変化する。

このように、船上にいる運航者が通常に運航する状況を陸上で再現する。陸上から船上の操船者と同じ環境で、操舵号令を発し、操船支援が可能なシステムを構築する。

システムの検証実験は、神戸大学附属練習船深江丸を用い、実海域を航海中に実施する。陸上から操船支援を行う局は、神戸大学大学院海事科学研究科の総合学术交流棟最上階である。深江丸が瀬戸内海を航海中に、システムを稼働し、陸上局から操船支援の実験を行い、検証、改良、高度化する。

4. 研究成果

研究は2年間実施した。

平成26年度の研究成果の概要は以下のとおりである。

海上輸送では、海のITSは遅れており、輸送の安心・安全の確保は十分であるとは言えない。陸上は道路など線上の制御であるが、海上では、平面上の制御になり、複雑さも増し、一人の運航者では、制御不能の状況もあり得る。この場合、例えば、船上で得る航海情報および景色などが、陸上のモニターなどに再現でき、航行船舶の船速、針路、機関性能、気象・海象の状況などの航海情報がわかれば、船長経験のある熟練者が、あたかも船上にいる感覚で、操船支援が可能になると、船上の運航者の緊張感、疲労度が緩和され、海難の危険度も減少する。特に、船舶の輻輳度が高く、海難の危険性が高い大阪湾や瀬戸内海の海上輸送の安心・安全性が確保され、海難ゼロを目指すことが可能になる。これにより、海洋汚染を誘発する危険物搭載貨物船の衝突や座礁による、有害物質等の海洋汚染も激減し、都市に隣接の沿岸域や湾内の閉鎖海域内の環境保全にも役立つ。この研究目的で以下の項目が出来た。

(1) 船舶搭載のレーダ、ECDIS、AISにより得られる他船情報を船内で効率よく収集する航海情報収集システムを構築した。通信により陸上に転送、再現、モニターなどに表示し、船上で見る状態を再現する航海情報通信システムである。陸上に、航海中に船橋から見る景色などの2(現況は2次元海図のみ)および3次元海図を作成し、そのまま再現した。

(2) 航行船舶の海難誘発の主原因は、運航に大きな影響を与える気象・海象(特に、潮流、海上風及び波浪)である。これらを高解像度で正確な数値計算で予報を行い、航行海域内の気象・海象のデータを航海情報としてモニターなどに効果的に表示できた。具体的には、大阪湾における気象・海象(特に、潮流、海上風及び波浪)の高解像度で正確な数値計算で予報を行う。

初年度に作成した、遠隔操船支援システムは以下のとおりである。

図-1に遠隔操船支援システムの概略を示す。図の上部が深江丸側、下部が陸上側である。図中の深江丸側のVDRはVoice Data Recorderの略であり、一定条件を法的に満たす船舶には搭載が義務付けられている。VDRに、航海時に必要な自船の航海情報データおよび航海当直中の船橋での操船者と操舵手間の会話および水密隔壁の開閉状況の情報などが収集され、耐水圧カプセルにこれらのデータが一定期間保存される。これらのデータは、飛行機に搭載のフライトレコーダーの役割と同様に、海難発生時における船舶の事故原因解明に使用される。本研究では、これらの情報データ収集の機能を利用し、航海に必要な航海情報のほか、ECDIS(Automatic Identification System)、AIS(Automatic Identification System)データおよびレーダ画像も同時に収集して、VPN(Virtual Private Network)ルータから携帯用通信(3G回線)で陸上にデータを転送した。3Gの回線速度は受信速度が14Mbps、送信速度が5.7Mbpsである。しかし、これは技術規格上の最大値であり、実際の通信速度を表すものではない。一般に、通信環境や混雑状況で通信速度は変化する。通常の携帯用回線は1日の転送データ量などに制限があるが、3G回線は転送データ量の制限がなく、常時稼働が期待される船舶の通信の場合、長所となる。

ECDISは電子海図表示システムであり、従来の紙媒体の海図を電子海図として表示する。AISは自動船舶識別装置と訳され、航行周辺海域内の他船の識別符号、船名、船位、針路、速力、目的地などのデータを送受信して、ECDISやレーダにもデータを配信して表

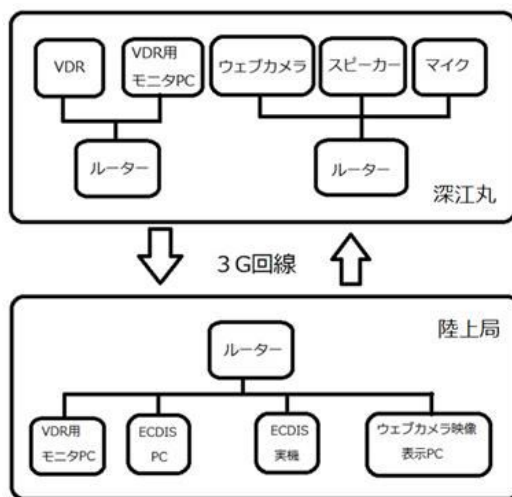


図-1 遠隔操船システムの概略

示できる。

ECDISおよびAISによる航海情報は、安全航海に必修な情報である。図中のVDR用モニターPCは、これらのデータを、PCを介してHDDに保存する役割を果たす。

さらに、別回線として、ウェブカメラによる自船周辺海域の映像および双方向通信が

可能な音声会話を、VPN ルータを介し陸上に転送した。その結果、合計 2 回線の携帯用通信による情報の転送になった。



図-2 船橋に設置のウェブカメラ

図-2 に船橋に設置のウェブカメラを示す。このウェブカメラはオートフォーカス機能付きの 29 倍光学ズームと 12 倍デジタルズームを備えたカメラで、独自に被写体を自動追跡するオートフリップ機能により 360 度どの方向も見ることが可能である。また、光量の少ない条件下でも優れた画質を実現するデナイト機能を備えており、夜間での航海にも対応することができる。これらの機能は、実験航海の夜航海で物標を見ながら確認している。映像は陸上局に転送することにより、ブラウザ上でも見ることができる。このデータは容量が大きいので、VDR の航海情報と別けて通信し、陸上局に転送している。フレームレートを 5 fps と非常に小さくすることにより、連続的な転送を可能とした。陸上から操船支援を行うためには、船橋で航海士が見張りを行う動作と同様の行為が必要であるので、他船、漂流物および周辺海域の海況などの確認ができるように、任意にカメラの方向およびズームアップを陸上から自由に操作できる。

図-3 に陸上側のシステムを示す。海事科学キャンパスの中で最も高い建物の最上階 6 階の部屋である。3 台の PC とモニター(①、②、③)、ECDIS (④) およびレーダ (⑤) で構成する。①、② および ③ の PC は、通信転送されたデータをソフトなどにより単に表示するのみであり、通常の汎用性のあるパソコンである。④ の PC は図-2 の陸上局のウェブカメラ映像に、⑤ は ECDIS に、⑥ は VDR モニターに対応し、主にレーダ画像を表示する。

ECDIS (④) は深江丸に搭載の ECDIS の映像のデータがそのまま転送され再現される。レーダ (⑤) はデータ容量が大きく、現状の通信では、リアルタイムに船上のレーダから陸上のレーダへの映像の通信は可能でない。そのため、本レーダは通信システムから切り離され、建物屋上に設置のレーダスキャナーにより、キャンパス周辺の船舶および深江丸入出港時の動向の把握に利用する。

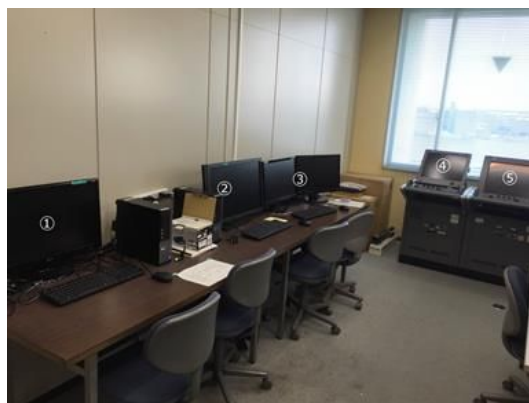


図-3 陸上のシステム

平成 27 年度の研究成果の概要は以下のとおりである。

実船を用いた各種の試験実験および構築したシステムの検証は、神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船「深江丸」(499ton) を使用した。深江丸で収集の各種データを通じて転送する陸上局は、神戸大学大学院海事科学研究科のある深江キャンパスにあり、大阪湾に面し、キャンパス内で最も高い建物の最上階にある。

陸上局に設置の AIS により、大阪湾全域の AIS データをリアルタイムで収集し、航行船舶の動向を把握する管理体制のシステムを構築した。また、深江丸に搭載の航海データ記録装置である VDR (Voyage Data Recorder) を利用し、航海中に必要な各種動的航海情報データを抽出、収集を行った。さらにこれらのデータの効率化を図り、一部のデータから船舶の動静をリアルタイムに把握した。また、これらのデータを通信により、深江キャンパスの陸上局に転送し、個別に、モニターなどに利用可能な状況に再現表示した。

これらを構築後、以下の項目を実施した。(1) 航海中の安全航海確保のため、航行船舶に関連する各種航海情報データの的確な収集・解析を船内で実施し、これらのデータを通信により、陸上に転送、受信し、モニターなどに、効果的に表現して、船舶の衝突などを回避できる監視体制をおこない、船舶衝突回避システムを構築した。

(2) さらに、陸上に船上で見る状態を再現し、陸上から瀬戸内海全域の航行船舶の動向を管理して、船舶の航海状況を陸上で監視できる船舶管理システムも構築した。特に手始めに大阪湾全域の、高度な陸上管制を行うシス

テムを構築した。これらのシステムにより大阪湾全域で海難ゼロを目指す安心・安全の輸送体系を確立することができる可能性を確認した。

(3) 陸上局から、実船舶に乗船する当直航海士に、操舵号令を出し、操船の遠隔操作の実験を試み、システムの精度検証を積み重ねた。このように、実施段階の研究で、実船舶を用いた航行船舶の遠隔操作を行う実験を実施し、システムの性能評価、検証を行った。

陸上からの操舵号令発令による操船システムの検証を、実海域において深江丸によって実施した。平成 27 年の夏季に深江丸による研究航海が実施された。航海は大阪湾を南下し、四国沖を西航し、豊後水道を北上、そして瀬戸内海を東航して深江に帰港した。実験は航海の途中、備後灘で実施した。天候は晴れ、風弱く波浪は静穏な海域であった。

実験は、周辺海域状況を航海情報及び船上との双方向の音声情報から安全性を確認後、陸上から操舵号令を発令し、操舵手からのアンサーバックを得た。

図-4 に実験時の航跡を示す。実験の際の一連の操舵号令も付記した。実験の際の船位および船速などの応答を調査した。実験結果は、良好であり、陸上からの遠隔操船支援が可能であることを確認した。

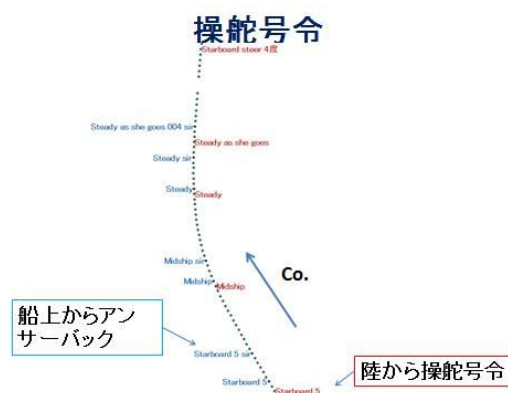


図-4 遠隔操船支援実験の一例

以上が研究成果である。研究成果は関連学会で発表した。発表の聴衆は多く、質疑応答は非常に活発であった。本研究に関する関心度が高いことが分かった。

今後この研究をさらに高度化し、実用化に向けて以下の事項を検討している。

(1) 現状の 3G の携帯用通信では、通信容量の制限があり、大容量の映像などを直接海上から陸上に転送が困難である。しかし、今後 5G などの通信機能の発展により、これらの改善を図る所存である。これにより、ウェブカメラによる見張り役の強化を図り、現状の船舶の前方だけでなく、後方や側方など、全周方向の映像が自由に見られるようにウェブカメラの台数の増加を図ることができる。これらの映像を陸上に転送することにより、操船

支援者は任意に、自船周辺を航行する他船の動向の把握がより詳細に可能になる。これらのカメラの動画と陸上の操船者との音声によるコミュニケーションから、衝突などの海難防止の強化が可能になると考えている。

また、現状では船上のレーダの映像を陸上のレーダに転送することは、通信量が多く不可能であるが、直接リアルタイムに転送できるようになると、陸上の操船支援者による操船支援はより詳細な航海情報の提供から、綿密な支援が可能になると考えている。

(2) システムを一層高度化して、実船によるシステムの検証を図る。本研究で実施の検証は、初めてのことであり、衝突回避などの安全性の確保のために、他船が周辺にいない海域で実施した。今後は、船舶が輻輳する主要航路内で実施することにより、綿密な検証が可能になる。さらに、港内及び港口付近での岸壁や防波堤がある海域で、出入港時の操船などの最も危険な状況に対応できる遠隔操船支援を行えるようにする。

(3) 通常、造船所では船舶建造後に、船舶の性能を評価するために試運転を行い、船舶の推進や機関性能などを実海域で計測する。その際、試験を実施するために多数の試験員が乗船する。特に、船舶操縦性能試験の場合には、回頭試験、Z 試験、逆転最短距離試験などを行うが、これらの試験を陸上から操舵号令を発令し、計測した試験データを直接陸上に転送し、即座に解析できるシステムを構築する。これにより、試験時の人員削減や迅速なデータ解析などが期待できるものと考えている。

以上の項目を今後の研究の発展として、進めていく所存である。

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 2 件)

Shigeaki Shiotani, Xinzhu Liu, Kenji Sasa: Basic System of Sea Navigation for a Maneuvering Support System, 2015 International Association of Institutes of Navigation World Congress, 2015, 査読有, pp.1-4, CD-ROM, 2015

DOI: 978-1-4673-7634-1/15/\$31.00

©2015 IEEE

塩谷 茂明, 柳 馨竹, 後藤 俊樹, 笹健児, 浅野 一郎: 沿岸海域航行船舶の操船支援システムの構築, 日本船舶海洋工学学会講演論文集, 第 19 号, 査読有, pp.415-418, 2014

DOI: なし

[学会発表](計 2 件)

塩谷 茂明: 沿岸海域航行船舶の操船支援システムの構築, 日本船舶海洋工学学会

講演会、長崎市（ブリックホール）2015年11月21日.

Shigeaki Shiotani: Basic System of Sea Navigation for a Maneuvering Support System, 2015 International Association of Institutes of Navigation World Congress, Prague, Czech Republic (プラハ、チェコ), 20-23 October 2015.

〔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〕

なし

6. 研究組織

- (1) 研究代表者 塩谷 茂明 (Shigeaki Shiotani)
神戸大学大学院海事科学研究科、教授
研究者番号：00105363