

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06619

研究課題名(和文) 船舶運航支援のための次世代VTSシステムの機能開発と遠隔操船への適用

研究課題名(英文) Development of Next Generation VTS System for Ship Operation Support and Its Application to Remote Maneuvering

研究代表者

若林 伸和 (Wakabayashi, Nobukazu)

神戸大学・海洋底探査センター・教授

研究者番号：60242351

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：システムの実現に向け、海上交通把握のため大阪湾のAISデータ収集記録システムを開発し、その後、運用を継続することで、新たなシステムの提案にむけたシミュレーションのためのデータを蓄積した。船舶の遠隔操船に必要な本船側の機能の実現を中心に、自動航行システムの高度化に必要なシステム開発を行った。実船において、開発したHCS(オートパイロット)およびTCS(トラックコントロール)の実験運用を継続し、実用性の評価を行いつつ、さらなる性能向上を行っている。このシステムは、既存のHCSやTCSに上回る性能を目指した上、速力の自動制御と時間調整機能等も開発し、ユニークなものとなった。

研究成果の概要(英文)：In order to realize the proposed system, accumulate data for simulation to propose a new system by developing AIS data collection and recording system and continuing the operation for Osaka bay to grasp actual marine traffic. We have developed a system necessary for the advancement of the automatic navigation system, with a focus on realizing the functions of the onboard side required for remote ship maneuvering of the ship. On the actual ship, the experimental operation of the developed HCS (Heading Control System) and TCS (Track Control System) is continued, and performance is further improved while evaluating practicality. This system aimed at performance superior to HCS and TCS which can be seen in other examples, and also developed automatic control of speed and time adjustment function and it became unique.

研究分野：情報工学, 航海学

キーワード：海上交通管制 自動航行船 遠隔操船 AIS HCS TCS

1. 研究開始当初の背景

道路交通において、自動車は数年のうちに完全自動運転の技術が実用化されるという段階まできている。航空においては航空交通管制の体制が確立されているが、基本的には管制官とパイロット等の人間の判断による場所が多く、管制計画生成等の自動化はなされていない。一方、海上交通においては、世界的にみても一部輻輳海域や狭水道で陸上からの管制が行われているだけで、基本的には各船舶が自律的にそれぞれの目的地に向かって航行し、場面ごとに関係する船舶のみの間で衝突を回避するための動作を行っている。本研究では、海上にも交通管制の概念を導入し、その海域全体の船舶の動向を加味した上で、それぞれが効率的に航海できるよう計画を立てて、その計画に従って各船をコントロールするための自動化システムの開発を目指した。

2. 研究の目的

(1) 海上交通における安全性の確保や効率的な運航のための技術開発や提言に関する研究のため、近年 AIS (船舶自動識別装置) データが利用されるようになってきている。この AIS 情報が利用できるようになり、VTS (Vessel Traffic Service) にもデータが活用され、海上交通センター (マーチス: 東京湾、伊勢湾、大阪湾、備讃瀬戸、来島海峡、関門海峡等で船舶航行の管制を行っている) でも利用されるようになっておる。しかし、現状のシステムでは、各船舶の位置と針路、速力等が示されるだけで、今後、各船がどのように進んで、接近や衝突の危険性があるのかなのか、どの程度危険度が高いのかなどの判定は、すべて管制官が勘と経験に基づき行っているのが現状である。そこで、データをリアルタイムで処理して、航行中の各船舶の情報から、近い将来の動きを計算して、各船間の危険度を評価して、危険な状況を自動的に表示するような機能を付加して改善することで、より安全な航行のための適切な管制が行えるのではないかと考える。さらに次の段階としては、船舶間どうしの衝突回避等に限らず、その海域全体を対象として、存在するすべての船舶が効率的にかつ安全に航海できるよう、自動的にプランを作成し、それぞれの船舶に伝えて実行させることで、その海域の安全性と効率を改善しようと考えた。

(2) このようなシステムの実現を目指して機能の検討を行うことを目標とし、

- ・ VTS 機能としての危険度評価手法の考案
- ・ 手法の評価と調整
- ・ 危険船舶についての避航方法の提案
- ・ 海域全体での効率性の検討
- ・ 遠隔操船に向けた、船舶の自動航行機能の高度化

等を計画した。

3. 研究の方法

システムの開発に向けて、以下の方法を挙げた。

(1) AIS, レーダ等を用いた海上交通のリアルタイム観測システムの運用を行い、データ収集を継続する。

(2) データをもとに、その時点で各船にとっての効率を考慮した最適な管制計画を自動的に生成するアルゴリズムの考案する。

(3) そのアルゴリズムの妥当性を示すためのシミュレーションによる検証を行う。

(4) 各船へ管制計画を指示するための船陸間デジタル通信手段の構築と実証実験を行う。

(5) 実際の船舶を用い、受信した管制計画を実行するための自動航行システムの開発と実験を行う。

(6) 大学附属練習船を用いて、実際に遠隔操船の実験を行う。

このうち、当該研究期間においては、上記 (1)、(5) および (6) について、集中的に研究を進めた。

4. 研究成果

(1) 主な研究成果

前記の集中的に進めた研究の成果について、3つに分けて記す。

① AIS データの収集と記録

神戸大学深江地区 (神戸市東灘区) のビル屋上に AIS 受信アンテナを設置し、AIS 受信機および超小型パソコン (Raspberry PI3) を用いた AIS データ受信記録システムを作成した。図 1 にその様子を示す。



図 1 作成した AIS 受信システム

このシステムは、超小型の Linux パソコンである Raspberry PI を用い、AIS 受信機からの信号を入力することで、非常に小型で携帯可能な大きさである。必要な箇所に手軽に設置することが可能となった。また、様々な工夫により当初の計画から、格段にコストを抑えることができた。

AIS データを中心にした VTS の高度化のため、図 2 のように、チャート上にリアルタイムで AIS 船舶の動静を表示するシステムを作成した。

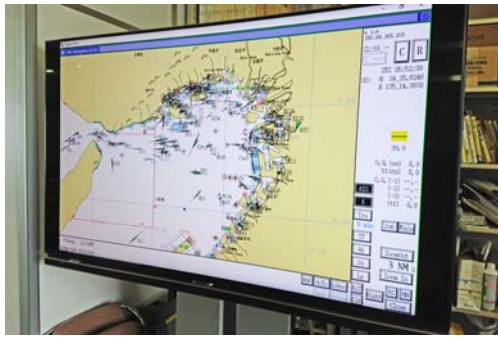


図2 大阪湾リアルタイム AIS 船舶表示システム

②HCS・TCSの開発と評価

HCSは従来PID制御によるものが一般的であったが、本研究では、まったく新しい発想で、制御値に数秒後の予測値を用いるフィードバック制御を提案し、実際に試作して実験を行った。図3に船首方位の値の予測結果の例を示す。

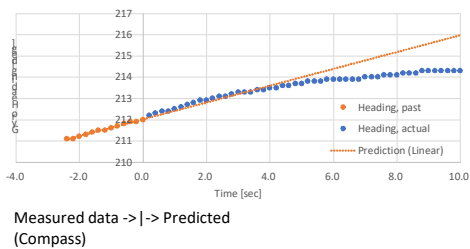


図3 船首方位の予測

一般的な船体運動モデルを利用するものではなく、過去 2.5 秒分の船首方位から数秒後の船首方位を予測し、その予測値および回頭角速度と船速のいくつかの条件をもとに制御されるシステムである。船体運動モデルを利用する制御方式は、複雑な計算を必要とする PID 制御で構成されるのに対し、提案した HCS は風や潮流等の外乱の要素を含む予測値を利用するので、外乱に対する処理を別にする必要が無いなど、処理が非常に簡潔であるにも関わらず十分な制御が可能であることが示された。

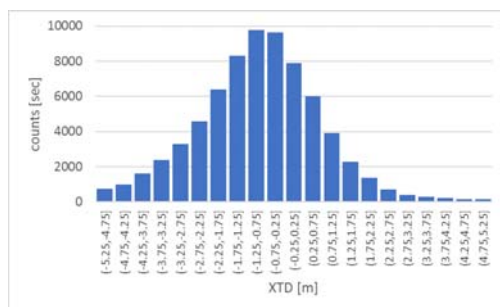


図4 TCSの実行結果(ずれ)

このHCSを利用して、予め作成した予定航路に沿って自動的に航行するTCSを開発した。

図4は、TCSを実行した24時間におけるXTD(ずれ)の分布を示したものである。分布は0付近に集中し、ほぼ5m以内に収まっていることが分かる。非常に高精度なトラックコントロールが実現されていることが分かる。図5は、実際の航海において、このTCSの実験を行って、予定航路に沿って航行した様子の航跡図である。十分な精度で航路追跡が可能であることを示した。また変針点でも自動的に針路を変えて、円滑に次のコースにのせている。

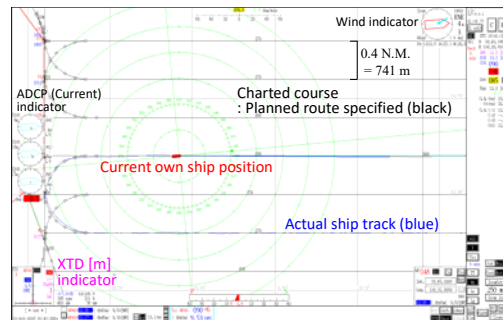


図5 TCSの実験結果(航跡)

これらは、船舶の自動航行や遠隔操船時に不可欠な要素技術である。

③遠隔操船に向けた実船実験

この課題の研究を進めている期間中には、自動車についてもさることながら、船舶の自律運航、自動運航、遠隔操船(ドローン船など)についての関心が急激に高まったと言える。そのため、VTSの高度化に先立ち、船舶自体の自動化のための要素技術開発に傾注した。

神戸大学の練習船深江丸(449総トン、全長50m)を利用して、実船実験を行うことができたのが、この課題における大きな成果であると考えられる。具体的には、図6のように、練習船深江丸のアクチュエーターとして実際の制御対象である舵、主軸CPP、船首スラスタ、船尾スラスタの4つの制御を、船内LANを経由した通信により指示できるシステムを実装した。

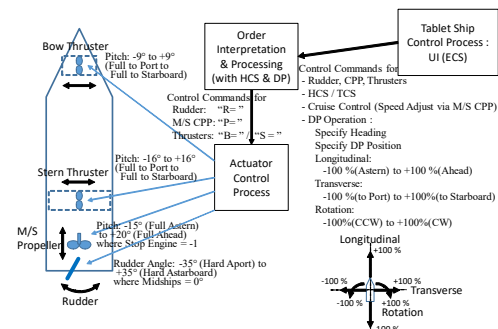


図6 制御伝達プロトコル

このシステムは、PC からのネット通信により、簡潔な命令プロトコルで実際の制御対象を動作させることができる。そのユーザーインターフェイスとして、図 7, 8, 9 に示す操船支援システムを作成した。これは、タブレット PC 上で実行するソフトウェアであり、タッチパネル画面で、舵、機関、スラスター（船首および船尾）の直接制御が可能である上、HCS (Heading Control System), TCS (Track Control System), DP (Dynamic Positioning) システムの指示も可能である。

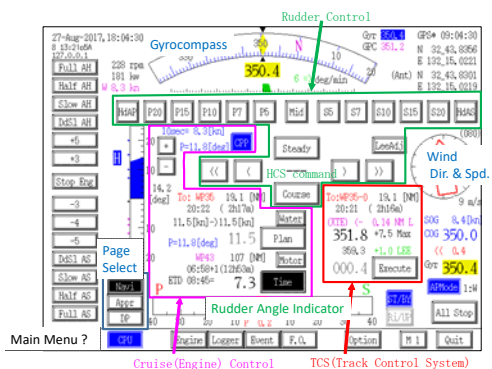


図 7 通常航行時操船画面

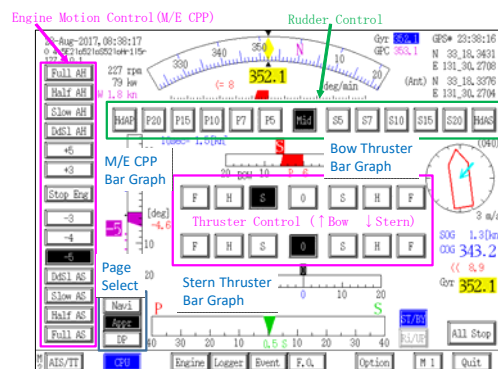


図 8 離着岸操船画面

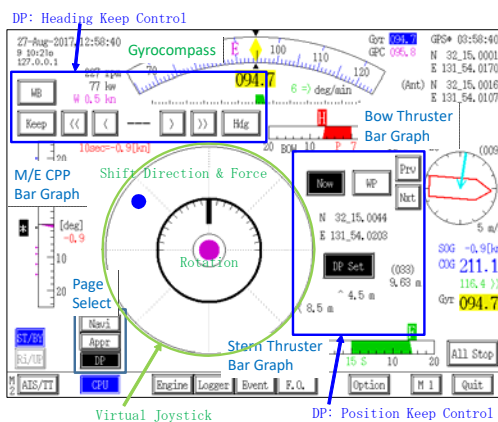


図 9 DP 操作画面

図 7 は通常の航海中を想定した画面であり、操舵、船首方位を保持するための自動操

舵 (HCS), 予め設定したコースラインどおりに航行するよう、自動的に操舵を行う航路追跡 (TCS) や、速力を計画どおりになるよう主軸 CPP を制御する定速航行機能、任意の地点の予定の時刻に通過するように速力を調整する到着時刻調整機能の指令を行うことができる。

図 8 は、このシステムを実行するタブレット PC 等を Wi-Fi で接続することで、船橋内、船橋ウイングなど、自由な場所でこれを利用して、離着岸操船などを行う場面を想定した、舵、主軸 CPP、船首・船尾スラスターの直接制御の指令画面である。

図 9 は、洋上の任意の地点にとどまるよう自動制御を行う DP システムの指令画面である。以上の機能は、船舶運航の自動化のレベルを高度化するために必要な機能である。

現時点では、船内でこれらの指令を行うことまで可能となったが、指令のための通信回線を工夫して、船陸間の通信を確実なものとするれば、それを通じて陸上から船舶を遠隔制御できることを意味している。

(2) 国内外における位置づけとインパクト

これらの成果は、船舶運航の自動化に向けて確実に寄与するものと考えている。現状、国内外の造船系企業、船舶運航企業による構想が先行した宣伝が多く見受けられるが、実際に、技術的な実験、検証等はまだ例が少なく、非常に先進的な成果をあげていると位置づけられよう。現在、国際会議における世界に向けた発信を始めたところであり、今後、反響が得られるものと思われる。

(3) 今後の展望

さらに船舶運航の自動化を進めるため、①自律航行に不可欠な避航操船の方法を AI 等の技術も取り入れて実現する。②船陸間の通信回線について、低速でも実用可能な通信方法の提案等により、真の遠隔操船を実現するための技術の確立。③自動化船同士の情報交換による、海上交通の効率化の枠組みの考案等について研究をすすめることで、自動化船の実現にむけて研究を継続していく。

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 1 件)

① 浦上 美佐子, 岩見 将平, 砂田 智裕, 若林 伸和, Class B AIS の普及を目指した AIS 記録データ処理ツールの開発—小型船舶の運航管理への適用—, 日本航海学会論文集 第 135 号, 122-128, 2016-12.

[学会発表] (計 4 件)

① Nobukazu Wakabayashi, Takayuki Watanabe, Misako Urakami, Daisuke Terada, Development of Simple Dynamic Positioning

System - Algorithm and User Interface -,
ISOPE 2017, 507-511, 2017.6 (San Francisco,
USA).

②Takayuki Watanabe, Nobukazu Wakabayashi,
Misako Urakami, Daisuke Terada,
Development of Track Control System
utilizing Heading Control System for Ocean
Observation Sailing, ISOPE 2017, 529-536,
2017.6 (San Francisco, USA).

③ Misako URAKAMI, Hisaya MOTOGI,
Tomohiro SUNADA, Takayuki WATANABE,
Nobukazu WAKABAYASHI, Development of
A Utility Tool for Small Craft Processing
Recorded Class B AIS Data, The 27th
International Offshore and Polar Engineering
Conference

ISOPE 2017, 610-614, 2017.6 (San Francisco,
USA).

④渡川真規, 若林伸和, 陸域観測技術衛星だ
いち2号による海上交通モニタリング-大
阪湾における観測データ評価-, 日本航海
学会講演会, 2016.5.19 (兵庫県)

[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]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

若林 伸和 (WAKABAYASHI, Nobukazu)
神戸大学・海洋底探査センター・教授
研究者番号：60242351

(2)研究分担者

浦上 美佐子 (URAKAMI, Misako)
徳山工業高等専門学校・情報電子工学科・
教授
研究者番号：30280457

(3)連携研究者

寺田 大介 (TERADA, Daisuke)
防衛大学校・機械工学科・准教授
研究者番号：80435453

(4)研究協力者