

海上交通の安全運航を目指す 航海支援システムの開発

塩谷 茂明¹・柳馨竹²

¹ 正会員 大阪経済法科大学教授 経済学部 (〒581-8511 大阪府八尾市楽音字 6 丁目 10 番地)

E-mail: shiotani@maritime.kobe-u.ac.jp

² 非会員 吉林華橋外国語学院講師 国際経済貿易学部 (中国吉林省長春市淨月大街 3658 号)

E-mail: xinzuhaha@live.cn

著者らはこれまでに航海の安心・安全を目指し、様々な航海支援システムの構築、提供を行う研究を、長年実施してきた。沿岸海域では、特に東京湾や瀬戸内海などは狭域で船舶の輻輳度が高く、また複雑な地形と浅瀬も多い。このような海域の航海では、操船者の緊張感が増し、緊迫した状況から、心的ストレスが高まることがある。これまでの研究で、高度かつ高精度な航海計器を搭載しない小型船舶やプレジャーボートなどに対し、これまで様々な航海支援システムの提供が有効であることを実船実験により検証してきた。本システムの新規性は、陸上の道路交通分野で長年研究され、実績のある ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) の様々な手法を海上交通に取り込み、海難防止に有益な種々の航海支援情報を GIS に基づき提示・提供することである。

従来の研究では、操船中に自船から見える範囲の様々な航海支援関連の有益な情報を PC 画面上に提示したが、本研究では新規に自船周辺の他船情報の提供を従来のシステムに加えた。これにより、従来のシステムでは実現できていなかった他船の航海情報の提供が可能となり、実船実験での検証から、本システムが海難防止に一層有効であることを示した。

Key Words : *maritime transportation, navigation, support system, navigation information, navigation information of other ships,*

1. はじめに

海上輸送を担う船舶において、沿岸海域では瀬戸内海、伊勢湾および東京湾などは船舶の輻輳度が高く、複雑な地形と浅瀬が多い。さらに、海峡や瀬戸および水道などの狭隘な海域もある。その結果、海上保安庁の統計によると、我が国で最も海難の発生数が多い危険な航行海域とされている¹⁾。このような海域が初めての航海や経験未熟な操船者の場合、緊張感とストレスが高揚し、状況次第ではパニック状態となることがある。その結果、誤判断による操船ミスから、衝突や座礁などの海難発生の原因になることが危惧される。このような状況の解消を目的に、著者らは海上輸送の安全性の確保と海難防止を目指し、様々な航海支援システムを開発してきた。これまでに構築したシステムを大別すると、三種類に分類できる。第一に、陸上から船上の操船者に対し、パイロットや船長のような経験豊かな操船の熟練者が、携帯用無線 LAN を利用したリアルタイムの双方向通信により、航海に必要な各種情報を互いに密接に共有することによ

て、陸上からの操船支援を行うシステムである。陸上の操船熟練者は、当直航海士に対し、必要に応じて危険な海域航行中に適切な操船アドバイスをする。状況次第では、陸上から、操舵号令の発令などの、遠隔操船を行う方法である。このシステムに対し実船実験による検証を行った結果、本システムが有効であることを示した²⁾。

第二番目の方法は、船舶の輻輳度が高い湾内などを初めて航海する場合、事前に模擬航海が体験可能な航海シミュレーションを行うシステムである。初心者や経験未熟な航海士にとって、模擬体験航海の経験から、これから航海する海域の主要航路標識、気象・海象およびフェリーなどの周辺情報の確認など、全般に亘る状況の把握が可能となり、事前に航海のイメージが描けるので、実航海中の緊張感の緩和に繋がる³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

第三番目の方法は、実航海中に船舶に搭載し、リアルタイムに航海に必要な各種航海情報を提示・提供することにより、各船舶が搭載の各種航海計器からの航海情報を、より一層補助・支援するシステムである。一般に、大型商船では、すでに高価格の高度な航海計器が搭載さ

れ、航海に必要な詳細な航海情報を収集しながら、状況判断して操船を行っている。これらの航海情報は、主に、ECDIS(電子海図：Electronic Chart Display and Information Systemの略称)、レーダー (Radar)、AIS (船舶自動識別装置：Automatic Identification Systemの略称)などから自船および他船の船位等を、地理情報として収集している。これらの航海情報は、紙媒体の海図に基づいた地図と同様の二次元情報である。一般に、このような二次元情報で航海を行うには、船員教育機関などで長期間の訓練を要する。しかし、著者らのシステムは、二次元地理情報に、GIS (地理情報システム：Geographic Information Systemの略称)に基づく三次元情報の提供を実現する。人間は、三次元のリアル空間に住んでいるため、視覚情報は常時三次元映像として認知している。経験が浅く、緊張感が高揚した航海士にとって、紙媒体の二次元海図の利用は、状況次第で、ヒューマンエラーとして誤認に陥ることがある。特に、小型の内航商船では、経費の関係上、大型船舶のように高価な航海計器が搭載されていない場合が多い。さらに、最近海洋レジャーの普及に伴い、急増するプレジャーボートなどの操船者は、商船のように運航を職業とする船員でなく、休日などのみに乗艇する操船未熟者が多い。また、高額な高性能の航海計器を搭載しない。このような操船者に対し、道路交通で最近一般化し、定評のあるカーナビに相当するシーナビの提供・搭載により、二次元および三次元地理情報の提供が、リアルに可能なシステムの構築は有効で有り、海難防止に繋がるものと考えられる⁷⁾。

これまでの研究では、以上の三システムの構築を行い、各システムの検証実験を、実海域における実船で実施した。そして、各実証実験で判明した問題点や改善点を抽出し、更なるシステムの改善を行い、システムの高度化を図っている。また、これらのシステムの評価は、現役の船員や船員教育機関の実習生などを対象に、アンケートを行った結果、各システムの高い有効性を得ている⁸⁾。

本研究は、第三番目のシステムの発展である。これまでの研究では、航行船舶において、二次元及び三次元海図中に航行中の船位などの情報提供が可能になったが、航行海域中の他船情報の提供がされていなかった。そこで本システムに安価な簡易式のAISを付加し、PC画面上に二次元で情報提供を可能にし、評価を行った。これにより、今後衝突の危険性の喚起や避航操船を可能にし、航海の安全性の向上が期待できる、システムの発展につながるようになったので、ここに報告する。このようなシステムを沿岸海域航行船舶の小型船舶やプレジャーボートなどに搭載した前例はなく、新規性があり、画期的であると考えられる

2. システムの検証実験

本システムの検証実験を 2016 年 3 月に実施した。研究の対象船舶は、わが国でも最も隻数が多い小型貨物船やプレジャーボートなどである。

供試船は神戸大学大学院海事科学研究科所属の実習船「むこ丸」である。むこ丸はプレジャーボート型の小型船舶であり、**図-1**にむこ丸の全景、**表-1**に主要項目を示す。ここに、Lpp は垂線間長 (水面における船長)、B は船体中央船幅、D は喫水、 Δ は排水量、V は最大航海速度、Pw は主機馬力である。むこ丸は、深江キャンパス内の係留地から数マイル以内の沖合において、学生の操船実習、沿岸域内の海洋観測および海水・生物の採水などの研究に利用されている。

供試船「むこ丸」には、通常のプレジャーボートと同様に時間、機関回転数、機関温度、燃料消費残量を指示するメーターが設置されている。その他に、本来高価な航海計器のために、一般のプレジャーボートには設置されていない、**図-2**に示す簡易式の電子海図表示装置(カラーGPSプロッター)がある。本装置は、GPS装置が簡易式二次元電子海図に接続されているので、船位(緯度、経度)、針路および船速が数値で、さらに二次元電子海図上に船位および航跡の表示が可能である。これらのデータにより、自船の航海中の航海情報が把握できる。しかし、電子海図の画像を外部出力データとして、取り出す機能が



図-1 供試船「むこ丸」の全景

表-1 「むこ丸」の主要項目

Item	Mukomaru
Lpp (m)	9.33
B (m)	2.54
D (m)	0.89
Δ (ton)	3.4
V (knot)	30
Pw (HP)	270



図-2 むこ丸搭載の電子海図表示装置



図-4 全周方位撮影用のカメラ



図-3 むこ丸搭載のカーナビの画像



図-5 全周方位撮影用のカメラ

がなく、ビデオカメラで電子海図のモニター画面を撮影し、本システムによる表示との比較検証も行った。

実験では、以下の装置をむこ丸に搭載設置した。本システムの主要装置である、プログラムがインストールされた通常のノート型 PC を 1 台搭載した。さらに、リアルタイムで自船の船位（緯度、経度）および船速のデータが取得可能な GPS を 1 台搭載し、PC に接続した。また、船首前方の景色の撮影用としてビデオカメラ 1 台を搭載し、PC に接続し、映像をモニターに表示した。カメラの設置位置は図-1 に示す通り、むこ丸の操舵室前方の三脚である。その他に、補助器として船尾後方や両舷の周辺の景色が、随時撮影できるビデオカメラを 3 台、さらに参考機器として自動車で利用されるカーナビを 1 台搭載した。図-3 にむこ丸に搭載したカーナビの表示を示す。図中の赤い三角印が船位であり、神戸港沖の六甲アイランドに架かる六甲大橋の下を、東航している。

さらに、今回の実験で初めて搭載する 360 度全方位撮影用のカメラを、操舵室の屋根に設置した。図-4 に全方位撮影用のカメラを示す。

今回新規に AIS を搭載し、他の PC の 1 台に接続した。

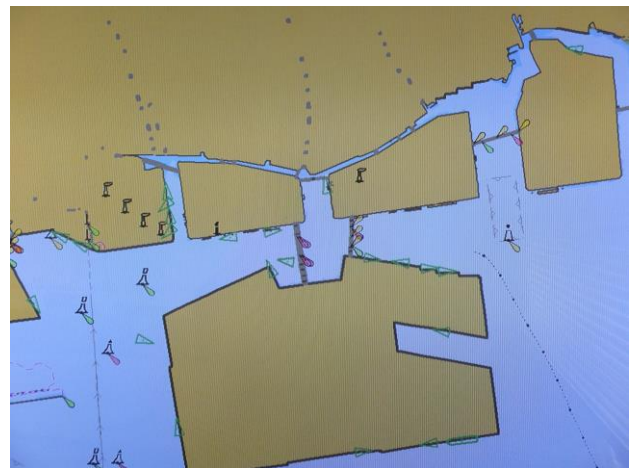


図-6 AIS データの簡易式電子海図表示

図-5 に本船の船位(緯度、経度)、船速および針路を数値で記す AIS の表示器を示す。さらに、図-6 に自船の周辺海域を簡易式電子海図に表示した、PC 画面を示す。

これまでに開発した航海支援システムでは、ノート型パソコンの画面に、GIS に基づく二次元および三次元海図を表示し、GPS から得られたむこ丸の船位を重ね合わ



図-7 実験海域とむこ丸の航跡

せ、供試船の移動とともに、景色も変化する。また、船首前方の景色撮影用のビデオカメラも同じPCに接続し、船首前方の映像を表示した。

実験海域は、神戸大学海事科学研究科のある神戸市東灘区深江沖から六甲アイランドの北および芦屋、西宮に至る沿岸域である。図-7に実験中のむこ丸の航跡を示す。実験海域では、小型船舶が多数航海している。

むこ丸の乗船者は7名である。2名は国際海技免許所有者、4名は海技従事者の免許を目指す実習生であり、それぞれシステムの評価を行った。

3. システムの実験結果

図-8に、これまで開発した航海支援システムによる、PC画面上の航海情報を示す。画面の左上部は船位、針路、船速などの基本的な航海情報を数値表示している。左下はGPSに基づく三次元海図であり、前方に六甲大橋が見える。海面はリアルな状態になるように、模擬波を生成した。映像は船舶の航行とともに変化する。画面の右上部は、電子海図と同様の二次元海図である。白色のマークが船位を示す。二次元と三次元海図を比較すると、後者はリアル感が有り、初心者にとって理解しやすい。右下部はビデオカメラで撮影された船首前方の映像であり、左の三次元海図の景色と良く対応している。また、ビデオ画像の長所は、薄暮時などに肉眼では見難い船首前方の景色が、カメラの自動補正により比較的鮮明に見える。見張りの補助役として十分使用できると思われる。三次元海図の評価は、アンケートにより、5段階評価で平均4.5と高い評価を得ている⁸⁾。

図-3に示すカーナビの海上航行船舶への利用結果では、平均評価は4.0と高く、水路や港内などの沿岸海域での航海情報の補助提供として、有効であることが解った。しかし、市街中心部のビルなどが隣接する道路の交通量と比較すると、一般の自動車がほとんど通行しない



図-8 システムの主要情報画面



図-9 全周方位カメラ映像

港湾部では、一部の倉庫群などが削除され、簡略化された建物群で表示されている地域もある。結果として、目視とカーナビの画像に多少差がみられる地域もあることが解った。

図-9に全周方位のカメラ映像を示す。日常このような映像に見慣れていないために、多少の違和感があり、とっさの判断時での利用は誤認識により、逆に危険であるかもしれない。しかし、大型および小型貨物船では、船橋での操船のために、常時船尾後方は壁面などの遮蔽により、景色が見えない。また、両舷側の景色は、船橋の壁面や支柱の影響により、見えない場合もある。このような状況下で、常時全周囲の視野が見える映像は、他船の動向確認の上でも有効であるという意見を得たので、見張りの補助的な情報提供として、今後高性能のカメラに交換など、詳細な活用および再検討を行うこととした。また、カメラの他の利用として、トラックやタクシーで使用するドライブレコーダーとしての機能性も検討する。

図-10に停泊中のフェリーを模擬作成し、三次元海図に貼り付けた図を示す。現在の航海支援システムでは、

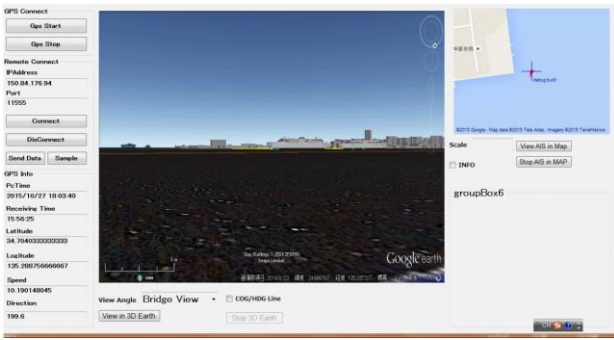


図-9 航海情報の表示

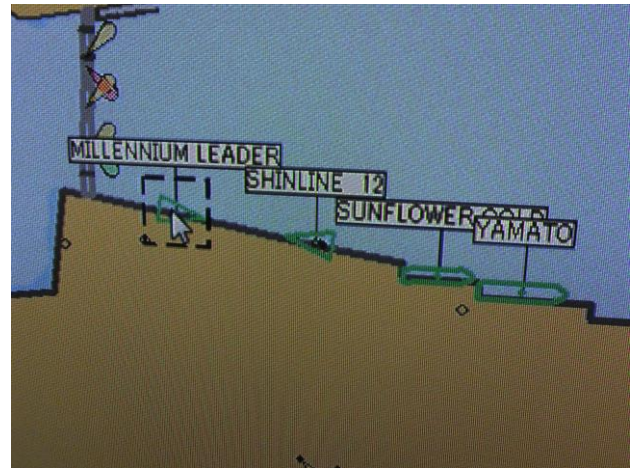


図-13 AIS 情報の停泊船の船名表示



図-11 AIS 情報の海域拡大

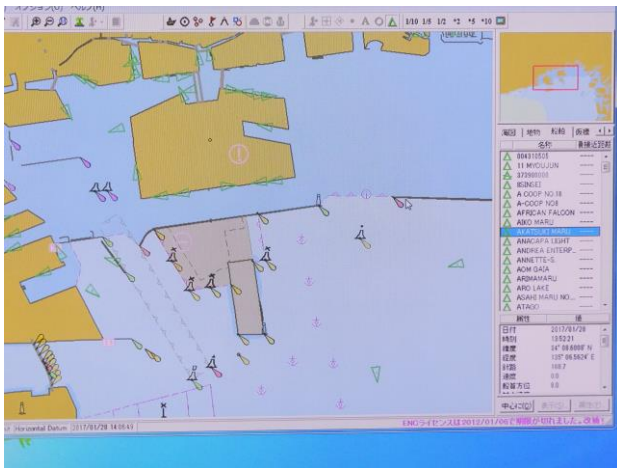


図-12 AIS 情報による多船の詳細情報の表示

短時間で変化しない景色や航路標識などの固定物の表示しかできない。テンポラリーに停泊および錨泊船などの映像が提供されていないので、厳密には現実的な映像ではない。今後、AIS 等で対象船舶を特定し、PC 内に類似船型の模擬船舶を多数ストアして、その都度同類船を抽出し、三次元海図に貼り付けて、一層リアリティーのある三次元海図の作成を現在勤めている。今回は、その初歩段階の試みとして、停泊時間や出入港時間がおおよそ決まり、特定できるフェリーを作成し、フェリー乗り場

に停泊船として、表示した。狭い水路内での停泊船の有無は、初心者が多い操船者にとって、避航などの動作に有効な情報であるとの意見を得た。今後、三次元海図上に避航操船などに関連する錨泊船などの表示を検討する。

図-6 に二次元海図上の AIS による他船の情報を示した。図中の三角印は他船の船位である。さらに浮標などの航路標識も表示されている。AIS での表示は、図-11 に示すようにズームアップで、大阪湾全域の他船情報の表示も可能であり、表示海域の範囲を任意に拡大縮小できる。これにより、入港地までの他船の動向の把握が可能となり、船舶が輻輳する海域の確認から、衝突などの危険性回避の避航を、事前に予測できる。

さらに、他船の個々の船舶の航海情報の詳細が理解できる。図-12 に周辺海域内の他船の詳細を表示する。画面左側は通常の見図上の船舶の位置を示し、右側に他船の船名が表示され、特定の船舶をクリックすると、時刻、船位(緯度、経度)、船速、針路、船首方位など、AIS で収集可能な航海情報を確認することができる。

図-13 に示すとおり海図上に個々の船舶の船名の表示が可能である。図-10 で作成した停泊船と船名の照合が可能となり、船名録などを利用すると、他船の所有会社名、貨物の種類、船舶の主要項目などの、各種情報の確認ができる。

このように、他船の航海情報の収集、表示は、これまでの航海支援システムになかったことであり、乗船者の本システムの評価は非常に高い評価を得た。今後、AIS からの情報による本システムの高度化および応用範囲の拡大ができると考えられる。例えば、周辺海域の自船の他に、他船の航海情報や動向が入手できるので、他船との危険な関係や衝突の恐れがある状況が判断できる。そして衝突回避が可能な対策を講じると、航海の安心・安全性が向上することが期待できる。特に、夜間や霧中の航海のように、視界が狭い海域の航海においても、有効な情報提供が可能になると思われる。

さらに、三次元海図上に AIS による他船情報を重ね合わせ、他船が本船を中心とする衝突の恐れがある危険円内に侵入した場合、警告音や画像上に注意喚起信号を発生させるなどの対策を検討する所存である。

4. 結論

海上交通の安全運航を目的に、他船情報を考慮した航海支援システムの構築および有効な航海情報を提示した。さらに、実船舶によるシステムの評価検証を行った。本研究で得られた主要な結論は以下の通りである。

- 1) 三次元海図の提示は、現状の二次元海図と比較すると、よりリアルな航行海域周辺状況の把握が可能となった。
- 2) 停泊船などの付加表示により、海域状況の把握がよりリアルとなった。
- 3) 全周方位の撮影が可能なカメラにより、周辺海域の全体像の把握が一層容易になった。しかし、より安全性を追求するシステムの高度化が必要で有り、現状では、周辺海域の視認の補助機能として利用するのが望ましい。
- 4) AIS の導入により、他船情報の把握が可能となり、衝突などの危険性回避の精度向上が期待できた。今後のシステムの改良、高度化が可能になった。

以上の問題点の改善を一層図り、今後、特に、衝突や座礁などの海難発生が危惧される海域および、緊張を要する出入港時および離着岸時などの、高度な技術を要する場合も、対応可能なシステム開発も行う所存である。

今後もシステムの改良、検証実験を重ね、より高度かつ高精度のシステム改善により、海難防止の航海情報支援システムとして有効になることが十分期待できる。

本研究を遂行する上で、実海域における実船実験に対し、多大なご協力を頂いた塩谷研究室の卒業研究生および博士後期課程の学生に感謝を申し上げます。最後に、本研究は、平成 28 年度の一般財団法人山縣記念財団の補

助金助成の事業名『海上交通における海難防止用の操船支援システム「シーナビ」構築の研究』の一環として実施したことを付記する。

参考文献

- 1) 海上保安庁：http://www.mlit.go.jp/jtsb/kai/bunseki/bunsekikohosiryu/no3_pleasure/pureshort.htm, 2015/11/10.
- 2) 塩谷茂明、寺井克年、柳馨竹：陸上から操舵号令による操船支援のシステム開発について、土木学会論文集 B3(海洋開発)特集号、Vol.72、No.2、pp.I_1117-I_1122、2016.
- 3) 塩谷茂明、牧野秀成、嶋田陽一：沿岸海上交通における海難防止のための航海情報支援に関する研究 -水深情報-、土木学会論文集 D3(土木計画学)、Vol.67、No.5、I_1039-I_1047、2011.
- 4) 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)、Vol.67、No.2、pp.I_838-I_843、2011.
- 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)、Vol.68、No.2、I_1187-I_1192、2012.
- 6) 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、pp.167-173、2012.
- 7) 柳馨竹、中尾謙太、堀川大介、塩谷茂明、笹健児：GIS を用いた船舶出入港時の航海シミュレーションの研究、土木学会論文集 B3(海洋開発)、Vol.69、No.2、pp.I_610-I_615、2013.
- 8) 柳馨竹、塩谷茂明、笹健児：模擬体験用航海シミュレーションおよびシーナビのシステムに対する評価について、土木学会(海洋開発)論文集、Vol.71、No.2、pp.I_197-I_202、2015.

(2017.7.29 受付)