



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

柳, 馨竹

塩谷, 茂明

笹, 健児

(Citation)

土木学会論文集B3（海洋開発）, 71(2):I_197-I_202

(Issue Date)

2015

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

©2015 公益社団法人 土木学会

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002909>



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

柳 馨竹¹・塩谷 茂明²・笹 健児³

¹ 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1)

E-mail: 118w316w@stu.kobe-u.ac.jp

² 正会員 神戸大学教授 自然科学系先端融合研究環 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1)

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

³ 正会員 神戸大学准教授 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1)

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

安全航海を目的に、著者らは出港前にこれから航海する航路の模擬体験航海を行い、航路の周辺状況の把握が可能な航海シミュレーションシステムの基礎を構築した。また、三次元海図を作成し、様々な航海情報を重ね合わせて提供するシーナビのシステムの基礎部分を構築した。これらのシステムにより、航路状況の把握が容易となり、操船支援装置として有効であることが期待できる。

本研究の目的は、これら二種類のシステムの紹介と評価を行い、今後のシステムの高度化および改良を図ることである。システムの評価は実習生に対しアンケート形式で実施した。その結果、本システムが有効であることがわかり、様々な意見から、これらのシステムの今後の発展に処することが可能になった。

Key Words : navigation support, navigation simulation, sea navigation, questionnaire times, GIS

1. はじめに

東京湾、伊勢湾、および瀬戸内海などの閉鎖海域には、船舶の輻輳度が高く、複雑な地形と狭隘な海域、さらに船舶が互いに交差する危険な海域がある。このような海域を、経験が浅く、初めて航海する航海士にとって、緊張感が増しパニック状態となり、状況次第では判断を誤り、海難誘発の恐れがある。海上保安庁による事故原因の分析結果によると、操船者によるヒューマンエラーが海難発生の主要原因である¹⁾。通常、航海士は安全航海のため、様々な航海情報を収集した上で状況判断し、操船を行う。しかし、このような危険海域の航海では、多様な状況を即座に判断することが要求される。その結果、緊迫状態が続き、判断を誤り、海難の発生が危惧される。

著者らはこれらの状況を軽減し、航海の安全性の向上を目的に、操船支援システム構築の研究を行ってきた。本研究の目的は、二種類のシステムの基礎を構築したので、それらの概要を紹介し、システムの有効性をアンケート調査によって評価した。第一番目は、出港の事前にこれから航海する航路の模擬航海ができる模擬体験用航海シミュレーションである。第二番目は、航海中に詳細な航海支援情報が得られる、道路交通でのカーナビの海バージョンのシーナビである。システムの評価を、学生

を対象に実施した結果、システムの有効性が高いことがわかった。さらに、今後システムの高度化および改良を図るための有益な意見も得ることができた。

2. 操船支援システムの概要

(1) 模擬体験用航海シミュレーション

出港の事前に航路を模擬体験航海ができるシステムは、特に、経験が浅く、初めての海域を航海する航海士にとって、周辺海域の把握を可能にする。その結果、実航海では緊張感が和らぐことが期待できる。

航海シミュレーションは最初に船橋から見える景色をPCのモニターに三次元表示した。地形はGIS（地理情報システム）で製作した。神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船「深江丸」による、高松港までの航路を再現した。船橋から見える景色は動画で再現した²⁾。

同様の装置に、操船シミュレータがある。これは操船訓練が主目的であり、大掛かりな装置と広い建屋が必要である³⁾。しかも、数億円の経費と高度の管理運営を有する。しかし、本システムの特徴は、ノート型パソコンを用い、安価で携帯可能である。ユビキタス（いつでもどこでも）な利用と、初心者も容易に使用できる。

最初に、三次元地形図に、船上では見えない海底地形を表示した。これは船舶乗り揚げ防止が目的である。さらに数値計算による船舶周りの気象・海象（海上風、潮流および波浪分布）を表示した。これにより航行船舶への気象・海象の影響の予測が可能になる⁴⁾。

次に、航路標識や物標などの設置場所をクリックすると、三次元立体航路標識や詳細な解説が表示できる。これは主要物標の確認と詳細情報を提供する。さらに、他船の動向を考慮し、横切り船および反航船を表示した。これは狭水道での他船との危険な関係の把握である。

(2) シーナビゲーションの概要

道路交通のカーナビは、二次元地図の他、道路に面した建物などを立体的に提供するので、走行周辺地域の確認・イメージが容易である。カーナビを小型船舶に搭載し、その有効性を評価した⁵⁾。供試船は海事科学研究所附属実習船「むこ丸」で、深江周辺の沿岸域を航行した。その結果、小型船舶にカーナビが有効な航海情報を提供することがわかった。そこで、シーナビの基礎部分を構築した⁶⁾。ノート型PCに船首前方を撮影用のビデオカメラとGPSを接続した。PCのモニターに三次元および二次元海図、ビデオカメラ映像およびGPSの航海情報（時刻、船位、船速等）を表示した。二、三次元海図とGPSを組み合わせ、リアルタイムに海図上で船位が移動する。

道路上では、夜間でも、ヘッドライト、街灯、ビルの照明などにより、道路周辺は比較的明るい。しかし、海上では夜間の船舶周辺海域は真っ暗闇であり、初心者にとって、海域の把握が非常に困難な場合がある。もし、昼間の景色が再現できると、状況判断が容易となり、操船支援装置として利用できる。逆に、日中の航海中に、夜間および薄暮時の状況を再現し、夜航海のイメージ造りも可能である。夜間の航海支援システムになる。

また、プレジャー・ボート等の操船者は休日のみの乗艇が多い。専業の航海士でなく、操船技術が未熟な場合が多い。特に入出港時では対岸や航路標識などの距離感が不安定である。これを解消するために、自船から一定距離間隔の環を表示することで、距離感覚が改良された。

3. システムの評価

アンケートによるシステム評価を実施した。被験者は、海事科学部航海課程の3年生45名である。学生は3ヶ月の乗船履歴と、操船技術を習得している。アンケートは最初にシステムの目的と概要を説明した。次に、システムを要素毎に分離して、プロジェクターで表示し、5段階表示で評価をアンケート用紙に記入する。5段階評価は（5：優れている、4：ある程度評価できる、3：普通である、2：

あまり評価できない、1：全く評価できない。）である。同時に、自由に意見が記入できるようにした。

(1) 模擬体験用航海シミュレーション

図-1に三次元航路標識を示す。三次元海図中の航路標識の記号をクリックすると、製作した三次元航路標識および詳細な解説や写真などが表示できる。これにより、主要な航路標識の詳細な確認が可能である。

図-2にアンケート結果を示す。評価5は0%であるが、4、3の合計が89%と高い評価を得た。主な意見は、以下の通りである。1)動画より静止画のほうが見易い。2)文字を大きくして灯質と名称を見易くするとよい。3)航路標識は重要情報のため、確認できると安心感が違う。

図-3に詳細な水深情報を示す。水深は三次元海底地形



図-1 三次元航路標識と解説⁶⁾

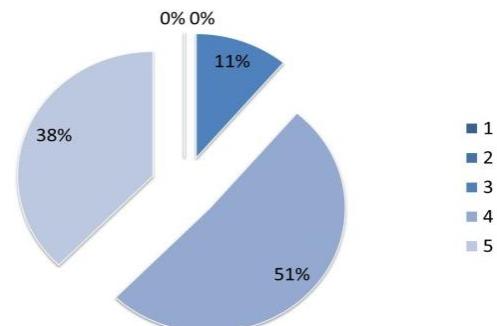


図-2 航路標識のアンケート結果

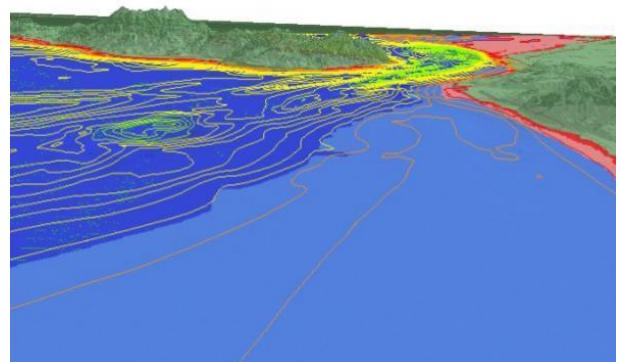


図-3 航路周辺海域の水深情報

および任意間隔の等水深線などで表示した。また、水深により海面の色を変えた(濃い青色が深い)。さらに、自船の喫水より浅い海域を座礁の危険性のある海域として赤色で表示した。自船がその海域に進入すると警告(文字や音)を発するシステムも可能である。

図-4にアンケート結果を示す。評価5は0%であるが、4, 3の合計が86%と比較的高い評価を得た。主な意見は以下の通りである。三次元地形に可能ならば地名を記入すると、より優れた映像になる。2)非常に画期的であり、直感的判断に役立つ。3)数字のみで書かれている海図よりも見易くてよいと思う。4)縮尺が分かり難い、距離感がつかみ難い。5)ある程度の建造物を示すと解りやすい。6)3次元海底地形が見にくかった。

図-5に全海域の気象・海象(潮流の流向流速、海上風の風向風速、波浪の波向波高分布)の情報を示す。気象・海象のデータは数値計算で得られた予測値であるので、船体周辺海域における時空間的変化の表示も可能である。

図-6に気象・海象情報についてのアンケート調査結果を示す。評価5が40%, 4が40%, 3が16%と非常に高い評価を得た。現状の気象・海象の情報はFAX、風向風速計および電磁ログなどから得るが、リアルタイムの表示はない。主な意見は以下の通りである。1)ベクトル表示だけでなく、流れ(風速、潮流の流速)に合わせて流速ベクトルも一緒に動かすと良いかもしない。2)流れの速さを数値で表示して、動画を見た時に、たまに分かったほうが良い。3)波高が見難い。波高は海面の色別で表示しているので、数値が不明であることは今後の改善点であると思われる。4)一目で流向や風向風速が分り、自船がどのような影響を受けているか分かる。5)視覚的にもっと単純なもののがいいかもしない。6)天気図で見ると違う、イメージが付きやすく、潮流と風の

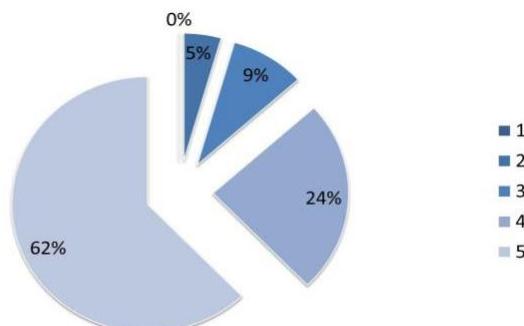


図-4 水深情報のアンケート結果

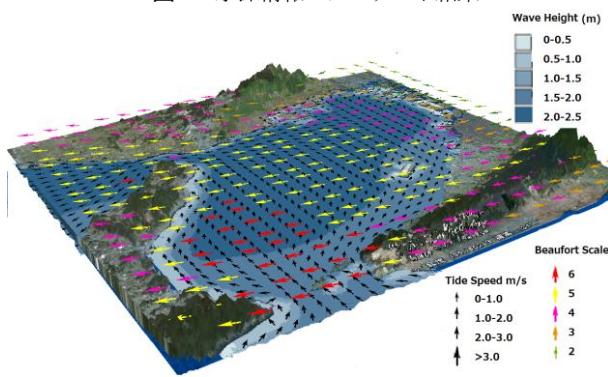
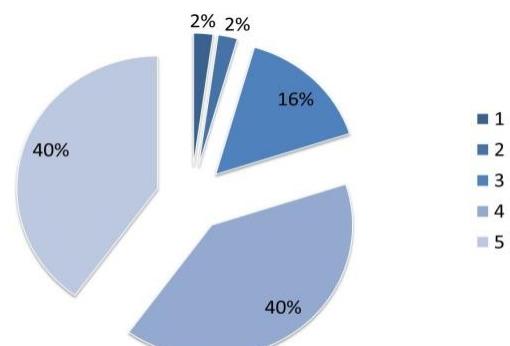
図-5 湾内の気象・海象情報⁴⁾

図-6 気象・海象情報のアンケート結果



図-7 他船動向の情報

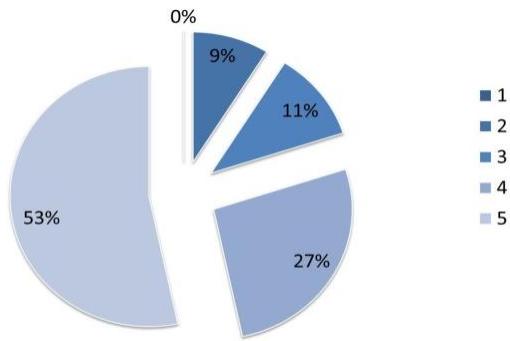


図-8 他船動向の情報のアンケート結果

情報を同時に確認出来るのは良いと思った。

図-7に船舶の輻輳度が高い狭水道等において、他船の動向も考慮して、模擬船舶の航行を示す。船首前方の横切り船および反航船を三次元で制作し、他船との危険な状況をイメージさせた。海域は狭水道である明石海峡周辺である。

図-8に他船動向の情報のアンケート結果を示す。評価5が53%, 4が27%, 3が11%と高い評価を得た。意見は以下の通りである。1)上から見た画面(鳥瞰図)も見たい、操船シミュレータとの違いが分からない。2)レーダーで実際の船舶を用いたシミュレーションはあるが、こういったシミュレーターはより優れていて、便利かもしれない。3)レーダーであるとどのように見えるのか、また他船との距離が分らないので、物標との距離や針路、

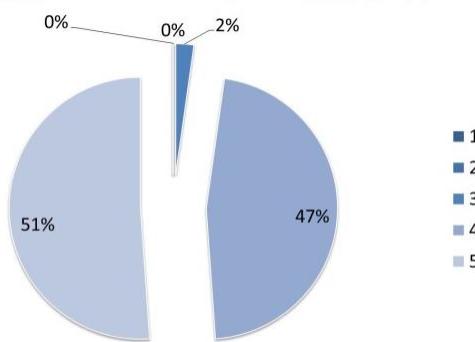


図-9 シミュレーションの総合評価のアンケート結果

速度の分かるものも付けてほしい。4)航路上の法規が一緒に確認できたらよい。

図-9 に模擬体験航海用シミュレーションの総合評価の結果を示す。総合評価5が51%, 4が47%, 3が2%と非常に高い評価を得た。主な意見は以下の通りである。1)付加すればよい情報として、経験、船長協会の推奨航路、航行の際の判断材料などがある。2)大まかな概要、傾向を知る上では、リアル感があつてよかつた。3)安価で持ち運びできるのはとても良いと思う。4)もう少しリアリティのある映像になれば、より多くの人に効果があると思う。

(2) シーナビゲーション

一般に操船者は紙媒体の海図や電子海図(ECDIS)を用いて航海する。しかし、プレジャーボート等の多くの操船者は職業として操船しないので、経験未熟であり、二次元海図を使いこなすまでに相当の経験を要する。人間は三次元の世界に生きているので、カーナビのように、現実の景色が三次元立体地形で見える三次元海図の方が、理解度が高くなる場合がある。このような目的で、カーナビに対応したシーナビシステムの基礎を構築した。

図-10 にPC画面に表示されたシーナビを示す。図中の左下に船上から見える三次元海図を示す。図中の橋は神戸市内と六甲アイランドを繋ぐ六甲大橋であり、別途製作後に三次元海図に貼り付けた。三次元海図は立体感があり、現実的な海図を提供する。

図-11 に三次元海図についてのアンケート調査結果を示す。評価5が40%, 4が40%, 3が18%と非常に高い評価を得た。主な意見は以下の通りである。1)車と同様、GPSの精度の問題があると思う。2)情報が多すぎて必要な情報がどれか見失いそうな気がする。3)予定航路を表示してほしい。4)分かりやすくなり、周囲の状況が格段に把握しやすくなるので、素晴らしいと思う。5)実際に船舶に配備されて欲しい。図-10 の右上に二次元海図を示す。図中に船位を記号で示す。船速に従って移動する

ので、電子海図(ECDIS)と同等の作用をする。

図-12 に二次元海図についてのアンケート調査結果を示す。評価5が47%, 4が33%, 3が20%と非常に高い評価を得た。主な意見は以下の通りである。1) 2次元海図はECDISのみで良い気がする。2) 海図と対応しているのは良いと思う。3) 慣れていることもあり、こちらのほうが使いやすそう。4) 船の航跡があると一層良い。

図-10 の右下に船首前方の景色を撮影したビデオ映像を表示す。薄暮時では、カメラの性能が優れ、目視より景色が鮮明であり、船首前方がよく見える長所もある。現在は船首前方の映像のみであるが、今後、両舷方向および後方の映像の表示もカメラの増設により、同時に可能である。

図-13 にビデオ映像画像についてのアンケート調査結果を示す。評価5が45%, 4が42%, 3が11%と高い評



図-10 シーナビの表示

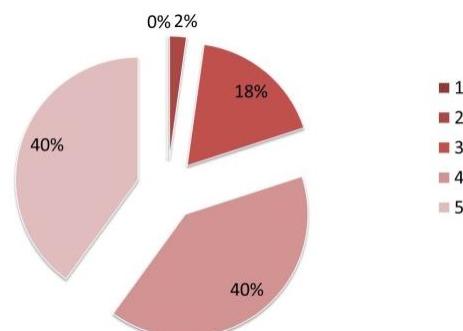


図-11 三次元海図のアンケート結果

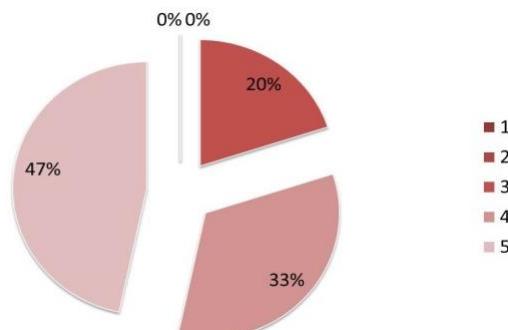


図-12 二次元海図のアンケート結果

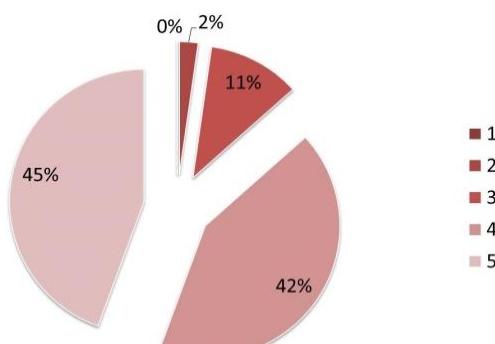


図-13 ビデオ映像のアンケート結果

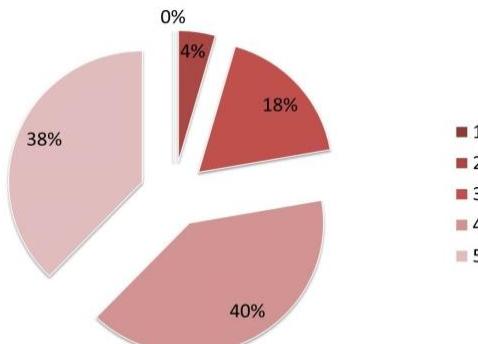


図-14 基本的な航海情報のアンケート結果

価を得た。主な意見は以下の通りである。1)全方位撮影の対応であれば効果的である。2)周囲の景色を理解するのに有益であると思う。3)夜間でも船が分かるようになるのは非常に良いと思う。4)前方の状況は操縦席で得られるので不要な表示だと思う。この意見に対し、操縦席から、正横方向および後方の状況をビデオカメラの増設により、確認出来ることも今後可能になると考えられる。

図-10の左上にGPSから得られた基本的な航海情報の時間、船位（緯度、経度）、船速、船首方位などをリアルタイムに数値で表示している。これらの情報により航行船舶の状況の把握が可能である。

図-14に基本的な航海情報についてのアンケート調査結果を示す。評価5が38%，4が40%，3が18%と高い評価を得た。主な意見は以下の通りである。1)航海士にとって必要な情報なので良いと思う。2)必要なものだけを選択して表示できればよい。この意見に対し、各要素を精査し、表示する工夫はできると考えている。

図-15に、本システムの夜間入港時の状況を示す。通常では船体周辺海域は真っ暗闇であるため、船舶周辺の状況把握が十分でなく危険である。図のように状況次第で船舶の航行を上空から見る鳥瞰図で示すことにより、夜間見えない岸壁や港入口の景色などがよく理解できる。また、一定間隔の距離環の描画により、港入口及び港内付近の岸壁、桟橋、物標までの距離などの把握が容易である。夜間でもビデオカメラは肉眼よりも前方の景色が比較的鮮明であるので、効果的である。また、夜間に

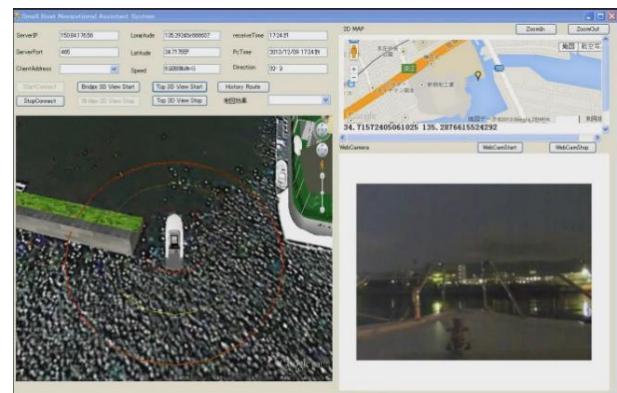
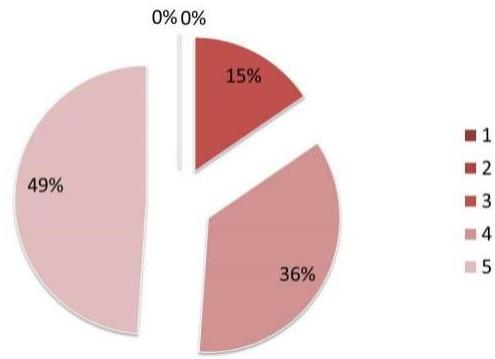
図-15 夜間出入港時のシーナビ⁶⁾

図-16 夜間シーナビのアンケート結果

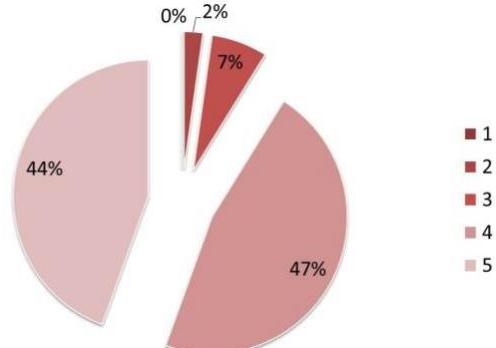


図-17 シーナビの総合評価のアンケート結果

昼間の景色を示すことも可能であり、周辺海域の把握も可能である。

図-16に、夜間におけるシーナビのアンケート調査結果を示す。評価5が49%，4が36%，3が15%と高い評価を得た。主な意見は以下の通りである。1)夜間は視覚による情報が全く得られないため、このシステムがあれば安全な入港作業を行うことが出来る。2)ビデオ映像は見える範囲が決まっているので、もし船舶がたくさん航行する海域は少し不安があると思った。3)肉眼よりも景色が鮮明であるなら、良いツールだと思う。ただ、入港は秒単位で物事が進んでいくので、コンピュータの動作の遅れがない状態でないと実用的ではないと思う。4)これに頼り切って操船する人が出てくるのではないかと考えると不安である。5)夜間操船の補助となるのは非常に

有効的なものであると思う。

図-17 にシーナビシステムに対する総合評価のアンケート調査結果を示す。評価5が44%, 4が47%, 3が7%と非常に高い評価で、余り評価できないは僅かに2%に過ぎない。主要な意見は以下の通りである。1) 初心者および少し知識のある者に対し、使い分けて用いると非常に有効なシステムであると考える。2) 1度でも見たことがあるというのは、航海において大きなアドバンテージとなるので、有益と思った。3) 三次元海図に自船および他船の針路、船速、コースラインなどが書かれ、交差するのか、どこで危険かを示せるようになれば良いと思う。

(3) 評価の低い項目

各項目に対する意見はほとんどが希望事項や軽微な改善点であり、評価できない項目は少なかった。主な項目を列挙すると以下の通りである。

1) 模擬体験用航海シミュレーション

a)動きがカクカクして見にくい。b)画面に映す情報量が多くなると分かり難い。c)距離感がつかみ難い。ある程度建造物が有る方が理解し易い。d)このシステムで、自分の意志で操船できれば利用度が一層高まる。

2) シーナビゲーション

a)見張りとして外の景色を常時見るので、パソコンを見ていると逆に、事故が起こりやすくなる。b)車と同様に、GPSの精度に問題があると思う。c)入出港時は秒単位で物事が進むので、PCの動作遅れない状態でないと実用的でない。d)経験の浅い人が操船する場合、シーナビ頼りの操船になると、別の危険が出ると思う。

これらの意見は、重要であり、今後改良点として、システムに取り組んでいきたい。

4. 結論

模擬体験用航海シミュレーションおよびシーナビの

システムの基礎部分を構築し、これらシステムの概略を示しアンケートによる評価を行った。その結果、両システムの評価は非常に高かった。また、システムに対する多数の意見を得た。これらの貴重な意見から、航海士に有効な情報提供が可能なシステムの改善点および高度化の指針が多数得られた。今後これらの有益な指摘事項に基づいた研究の発展が可能となった。特に、プレジャー・ボートなどはレーダー、ECDIS等の高価な航海計器の搭載は不可能であるため、簡易式の安価なAIS等を搭載し、他船の情報を有効に提供することが早急に必要であると思われる。これらの改善により、今後高度な実用化レベルのシステムの完成が、十分期待できる。

参考文献

- 1) 海上保安庁：http://www.mlit.go.jp/jtsb/kai/bunseki/bunsekikohosiryo/no3_pleasure/pureshort.htm, 2015.
- 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), Vo.67, No.2, pp.I_838-I_843, 2011.
- 3) 小瀬邦治、長谷川和彦：操船シミュレータとその安全性評価への利用、日本造船学会運動性能研究委員会・第2回シンポジウム, pp.89-114, 1985.
- 4) 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, pp.I_1187-I_1192, 2012.
- 5) 塩谷茂明、牧野秀成、柳馨竹：沿岸航海の安全支援のためのカーナビの利用と航海情報に関する研究、海洋開発論文集、土木学会論文集B3(海洋開発), Vo.68, No.2, pp.I_1193-I_1198, 2012.
- 6) 塩谷茂明、柳馨竹、笛健児：小型船舶の夜間入出港における海難防止用の航海支援システム構築の基礎研究、第50回土木計画学研究発表会(秋大会)講演論文集, pp.1-7, CD-ROM, 2014.

STUDY ON VALUATION FOR NAVIGATIONAL SIMULATION AND SEA NAVIGATION SYSTEM

Xinzhu RYU, Shigeaki SHIOTANI and Kenji SASA

Authors constructed the basis of navigational system and sea navigation for safety of a sailing small boat in coastal sea areas in a bay and a port. Therefore, in order to evaluate the simulation and navigation systems authors have developed, a questionnaire is conducted toward the third grade students of navigational course of Faculty of Maritime Science, Kobe University. In the questionnaire, the navigation, bathymetric and meteorology information of the navigational simulation and the sea navigation supplied by the simulation and real-time navigational system are evaluated by the presentation of the images recorded during the experiments. It is confirmed that the navigational simulation and the sea navigation are very effective. Also, many effective comments to two system were obtained.