



## 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

柳, 馨竹

中尾, 謙太

堀川, 大介

塩谷, 茂明

笹, 健児

---

(Citation)

土木学会論文集B3（海洋開発）, 69(2):I\_610-I\_615

(Issue Date)

2013

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

©2013 公益社団法人 土木学会

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002907>



# 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

柳 銀竹<sup>1</sup>・中尾 謙太<sup>2</sup>・堀川 大介<sup>3</sup>・塩谷 茂明<sup>4</sup>・笹 健児<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 神戸大学博士後期課程学生 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

<sup>2</sup> 神戸大学学部学生 海事科学部 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5-1-1)  
E-mail: ak\_fg778@docomo.ne.jp

<sup>3</sup> 神戸大学学部学生 海事科学部 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5-1-1)  
E-mail: maxwellorleader@yahoo.co.jp

<sup>4</sup>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

<sup>5</sup>正会員 神戸大学准教授 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

ヒューマンエラーが起因する海難事故が減少しない一因として、様々な航海情報の提供が十分でないとと思われる。著者らは、近年他分野で盛んに利用されているGIS（地理情報システム）を用いて、航海の安全に必要な航海情報の提示を行う航海支援システムの確立を目指してきた。

今回の研究の目的は航海中に最も緊張し、海難事故が発生し易く、操船困難な出入港時の局面を対象に、GISによる三次元表示を用い、視覚的に分かり易い航海情報及び擬似体験航海ができる航海シミュレーションを提示することで、操船者の安心と安全を支援することである。

**Key Words :** navigation ,gis, marine traffic

## 1. 緒言

造船技術や航海術が如何に発達しようとも、依然として毎年多くの海難事故が発生している。衝突や座礁等の重大事故の多くは航海士の運転技能の未熟、知識・経験の不足、見張り不十分等が原因であり、これらのヒューマンエラーを減少させなければ根本的な解決策にはならない<sup>1)</sup>。ヒューマンエラーが起因する海難事故が減少しない一因として、様々な航海情報の提供が十分でないとと思われる。著者らは、近年他分野で盛んに利用されているGIS（地理情報システム）を用いて、航海の安全に必要な航海情報の提示を行う航海支援システムの確立を目指してきた。通常、船舶の航海士は、海図をベースに、レーダー、AIS、ARPA等の各種航海計器を使用し、船位の決定、さらに見張りの重視から海難防止のための安全対策を講じている。しかし、航海経験が浅い、未熟な船員、外国船員及び初めての航行海域の場合、海域の把握が十分でない時、緊張感が高まり、もし判断を誤ると海難の誘発に至ることもあり得る。このような場合、こ

れから航行予定の海域内において船橋から実際に見える景色を再現し、もし出港前に模擬的に航海が体験でき、事前に航海状況が確認できれば、実際の航海時の緊張感が和らぎ、安全航海が確保できる。著者らは、これまでの研究で、GISを用いた、航海を支援する目的に、補助的な航海情報を提案し、さらに模擬体験できる航海シミュレーションの構築を行った<sup>2)7)</sup>。これらの航海支援のためのGISによる航海情報提示システムにより、出航前に、事前に航海の体験ができ、航海中の航海支援情報の取得により、様々な航路情報や危険区域を把握したうえでの、安全運航計画を立てることもでき、航海の安全性が確保できる。これにより実航海中のストレスは大幅に軽減され、海難防止のために、正確で迅速な操船判断を下すことができる。

航海中において、最も海難の危険性が高く、緊張感が高まるのは、出入港時である。入出港時は、岸壁や防波堤等による狭隘な海域であり、港内の航路航行の遵守、出入港船との危険な見合い関係等が発生する。

本研究の目的はこのように航海中に最も緊張し、海難

事故発生の危険が高く、操船困難な出入港時の局面を対象に、第一段階として、航海を支援する航海情報の提示を行うことである。これまでの研究手法を継承し、GISによる3次元表示、視覚的に分かり易い航海情報及び擬似体験航海ができる出入港時の航海シミュレーションを提示した。特に、本研究では、二つの航海情報提示の方法を提案した。第一番目に、船上から撮影した全周囲映像を地理情報システムであるGoogle earthやArcGIS上で位置情報と統合して表示することで、船舶と目標物までの方位や距離が把握でき、さらに航行予定航路内における障害物や危険区域内の情報提供を行った。第二番目に、船上から見える周辺海域の景色を、トップコン社の360°ビデオカメラを船上に搭載して撮影した映像を、GIS上に360°パノラマ写真で表示する方法を提案した。これら二方法を利用し、海難事故が発生易く、操船困難な出入港時の局面を対象に、三次元表示で、視覚的に分かり易い航海情報及び擬似体験航海ができる航海シミュレーションを提示した。これにより、出入港時の操船者の安心と安全を支援する。

## 2. GIS上で距離情報の提示

神戸大学大学院海事科学研究科の附属実習船むこ丸を用いた航海実験を行い、主に船上から見る景色をビデオカメラ等により撮影し、三次元地形に関する航海情報を収集した。図-1にむこ丸の全景を示す。また、表-1にむこ丸の主要目を示す。むこ丸はFRP製の通常プレジャーボートと称されるタイプの高速艇である。神戸大学深江キャンパス内のポンドに係留され、沖合で学生の操船実習、海洋環境調査のための海水採集及び海洋観測等の研究に供されている。

供試船むこ丸による出入港時の航海シミュレーション作成のために、表-1のデータを利用し、むこ丸の三次元



図-1 供試船「むこ丸」

表-1 実習船むこ丸主要目

主要目	
全長	9.7m
全幅	2.75m
登録長	9.33m
全深	1.61m
喫水	0.89m
トン数	3.4トン
定員	10名
最大速力	32kt

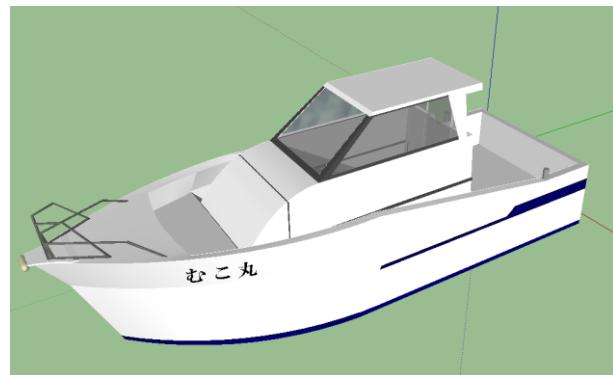


図-2 供試船むこ丸の3Dモデル

モデルを作成した。図-2にむこ丸の三次元モデルを示す。三次元モデルはESRI社のSketchUpとSketchUp Proで作成した。Pro SketchUpとSketchUp Proは、米Google社が開発・提供しているパソコン用の三次元モデリング・ソフトウェア(3Dデザインツール)である。

さらに、出入港時に、港内などの対岸までの距離を容易に把握できるように、同心円の距離環を作成した。図-3にむこ丸の三次元モデルに船橋を中心とした、10m毎に同心円の距離環を付加した距離スケールを示す。このスケールは港内などの空間を小型船が移動する時に、同じ速さで移動するよう設計した。ここではポンドを出入港時の運用を想定しているので、距離環は10m毎とした

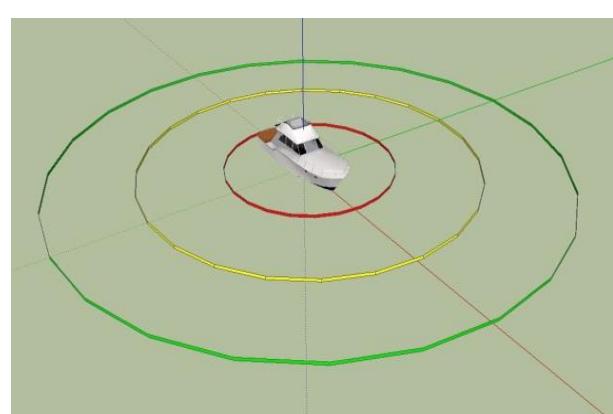


図-3 距離環図の表示



図-4 同心円スケールを表示しながらの航行イメージ

が、想定する港により最適なスケールの距離環と本数を選択することができる。

距離環の使用法として、図-4にむこ丸がポンドの入口を入航する状況を示す。むこ丸の進行方向の船首前方左側にポンド入口の岸壁、右側に岸壁に係留された大型練習船深江丸があり、それらの距離を測ることが容易に可能である。この例では、小型船の船橋から3つ目の円と岸壁および深江丸が最も近い場所で交差しているので、むこ丸の船橋からの距離がそれぞれ約30mであることを、直感的に把握することができる。

図-5に同様な例として、むこ丸の船橋から操船者が見る入港時の距離環を示す。操船者は、常時、港の岸壁や障害物との距離を把握しながら入航体制を取ることができる。一般に、岸壁までの距離を見間違うと、岸壁や他の船舶との衝突事故につながる可能性がある。確実に操船者がどのスケールを見ているのかを把握できるようするため、スケール毎に色分けした。全て単色で表示する場合と比較すると、より視認性と安全性が増している。

また、この距離環は船舶から岸壁等の正横方向の距離の把握にも役立つ。図-6に岸壁に接岸時の距離環を示す。岸壁近くを航行する場合でも、船舶は常時気象・海象の影響を受ける。接岸時に強い風及び潮流の影響により船舶は横流れを受け、岸壁が自船と非常に接近している場合、岸壁に接触の危険性がある。特に、操船が初心者で

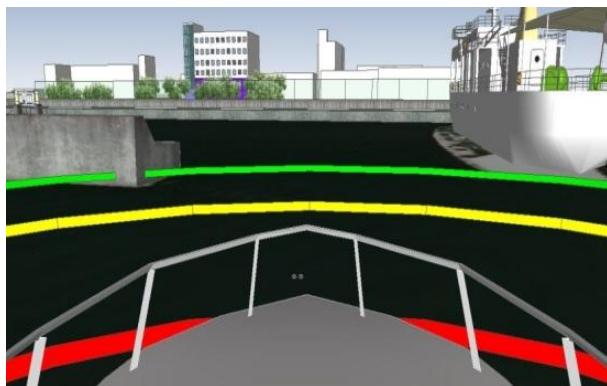


図-5 船橋からみたイメージ

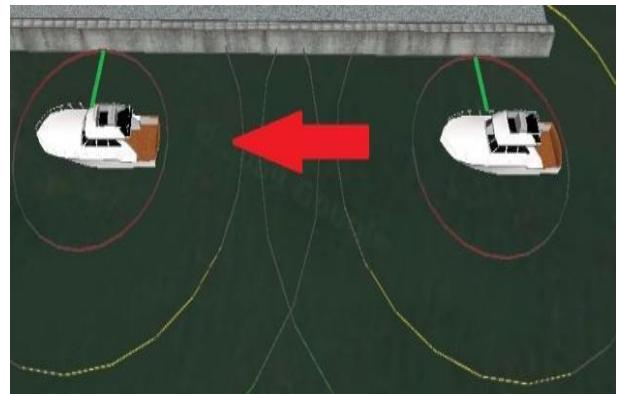


図-6 正横方向の岸壁までの距離の確認



図-7 入港アニメーションの様子（鳥瞰図）

ある場合、自船が気象・海象の影響による船体の漂流を認識していない、または認識が遅れた場合に特に危険である。漂流時に舵操作及び機関の前進、後進速力の認識を誤ると、岸壁やポンツーンに衝突する。このような場合、事前に岸壁との距離を逐一把握することで、この衝突は避けられると考えられる。

また、自船が岸壁に接近していることを、早期段階で余裕を持って知ることができれば、接触しないように、岸壁から離れるような避航行動を、余裕を持って行うことができる。また、岸壁との距離を一定に保つように操船が可能になる。このように、自船が岸壁からどれだけ離れているかを把握することは、非常に重要である。正横方向の障害物との距離を知るために、この距離環の利用は非常に効果的であると思われる。

図-7にむこ丸がポンド内に入港、接岸、係留までの過程を示す。岸壁と距離環の一番中心環の10mのスケールがほぼ岸壁に接しているので、岸壁との距離は10mであると認識できる。もし、このスケールが進行方向に船を前進した時、常に岸壁に接しているならば、岸壁との距離を常に10m確保して、接岸が容易に可能である。

### 3. GIS上で全周囲画像の表示

航海中の任意地点で、その地点で目える $360^{\circ}$  全周囲の映像を表示することができると、航行海域の周辺状況の把握が可能になる。全周囲の映像は以下の方法で作成した。Google earth上の任意の地点に、事前にビデオで撮影した映像のKMLファイルを編集する。KMLとはアプリケーション・プログラムにおける三次元地理空間情報の表示を管理するために開発された、XMLベースのマークアップ言語である。Google earth上で全周囲画像を球状に表示するために、KMLテキストを編集し、`<shape>`要素でsphereを指定する。そして、Microsoft Image Composite Editorを用いて平面画像をつなぎ合わせて、全周囲画像を作成する。Photo Overlayを用いて、全周囲映像を円筒や球体に投影して仮想パノラマを作成した。これにより全周囲画像を表示することができる。

全周囲画像作成用のビデオ映像は、実際に見える映像をよりリアルに再現するために、視点と同じ高さにデジタルカメラがあるように、三脚に設置する。三脚を用いるのは、撮影点を固定し、すべてのカット映像を同じ画角で撮影するためである。パノラマ写真作成時に、画像と画像の繋ぎ目には約30パーセントの重なりができるよう撮影する。これは接続部の調整に使用される。図-8に航海の事前検証として深江キャンパス内で撮影した $360^{\circ}$  全周囲画像の球状表示を示す。図中の赤い印で示した移動中の地点で見える全周囲の景色を表示している。球面に $360^{\circ}$  全周の景色が表示されるので、その地点における風景全体の把握が可能になる。

このように、全周囲画像は特に、航海シミュレーションにおいて、航海中の周辺海域の確認ができ、具体的な航海情報の提示として有効であると思われる。

航海中の全周囲画像の表示は、同様にむこ丸に搭載したトップコン社の $360^{\circ}$  映像ビデオカメラで得られた画像を用いて、船上から見える全周囲画像の表示も行った。その手法は以下の通りである。船上から見える周辺海域



図-8 全周囲画像の球状表示

の景色を、船首部に $360^{\circ}$  ビデオカメラを搭載し、撮影する。カメラは、Topcon社のIP-S2 liteである<sup>8)</sup>。この装置を用いて、全周囲カメラによる動画映像の撮影、全地球測位システム(GPS)による位置情報観測、慣性計測装置(IMU)による姿勢情報の計測を行った。情報収集装置の外観を図-9に示す。図中の右側の黒い装置が全周囲カメラユニット部を示す。その左側手前の黄色のボックスがGPS受信ユニット部とIMUユニット部、さらに左側の黄色の傘のような装置がGPSアンテナ部である。IP-S2 Liteの仕様を表-2に示す。

図-10にポンド内で係留されていたむこ丸が出港する際に、船首前方に見るポンド入口の、船上から撮影された全周囲画像を示す。図-8に示す球場の表示と異なり、全周の映像を平面に投影した図である。画面をドラッグすると見る方位が変化するので、 $360^{\circ}$  任意方位の全周囲の景色が確認できる。



図-9 むこ丸に搭載のトップコン社の全周カメラ装置

表-2 IP-S2 lite の仕様

全方位カメラ	
カメラユニット	CCD カメラ 6個
最大解像度	1600×1200 pixel
GPS 受信機	
チャンネル数	40 チャンネル GPS L1 キアリア, L1CA
データ更新レート	10Hz
IMU	
検出方式	MEMS
ジャイロバイアス	25°/h
加速バイアス	8.0mG
データ更新レート	100Hz
寸法	200mm×230mm×110mm
質量	3.64kg



図-10 むこ丸からの360°全周囲画像

実習船むこ丸は映像撮影のため、神戸大学海事科学研究所のある深江キャンパスのポンドを出港し、六甲大橋付近まで航行した。その間、航行中に船橋から見える全周囲の景色を撮影し、画像データの収集を逐次行った。

図-11にむこ丸の実際の航跡を示す。深江キャンパスのポンド内のポンツーン(浮桟橋)に係留されていたむこ丸が、岸壁に係留中の大型練習船深江丸の横を通過し、ポンツーンの入口から出向する。出港後水道を南下する。途中に阪神高速道の橋脚を通過する。橋を通過後右折して西航すると、六甲大橋がある。橋を通過すると、神戸港に向かう。

SketchUpで作成した建物、橋脚及び桟橋等の三次元モデルに位置情報を与えることで、Google earth上に三次元モデルを重ね合わせて表示することができる。三次元空間に正確な位置情報をもつたポリゴンを配置することで、船舶と目標物までの相対関係や景観が非常に把握し易くなる。さらに、むこ丸から撮影した全周囲映像を表示することで視覚的情報が加わり、より詳細な航海情報を取得することができる。

図-12に深江キャンパスを出港し、六甲大橋方面に航海するむこ丸の航海シミュレーションを示す。実際にむこ丸が航行した際の航跡に基づいた三次元画像を示す。



図-11 試験航路

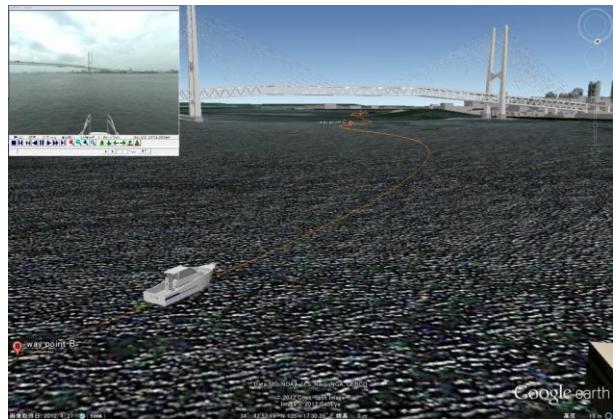


図-12 むこ丸が航行した際に撮影した全周囲映像

海面にリアル感を持たせるように、波浪を付加している。画面の左上に、ビデオで撮影した全周囲映像を付加した。これにより、航海シミュレーションで制作した三次元画像とビデオ画像を同時表示することにより、航海中の各船位に対応した、周辺海域の映像による景色がより理解できる。ビデオ画像がトップコン社のカメラによる映像であれば、360°の全周の景色を確認できる<sup>9)</sup>。

このように、実際に深江キャンパスのポンドに入港の経験がない操船者にも、航海シミュレーションで出入港の航海を事前に体験することにより、入港のイメージを抱くことができる。その結果、実航海の際に、緊張感が和らぎ、安全な出入港の操船が可能になると思われる。

本研究では、小型船舶のむこ丸を用いた神戸大学深江キャンパスの小さなポンドを例に、入出港の航海シミュレーションを提供したが、神戸港や大阪港に出入港する大型船舶の場合も、同様に航海シミュレーションの作成、適用が可能である。

#### 4. 結言

本研究では、航海中に最も緊張感が高揚する入出港時の操船をイメージし、GISを用いて航海支援の三次元航海情報の提示を二種類の方法で行った。その結果、以下の主要な結論を得た。

- 1) GIS上で、船舶が航行時に船橋から見える景色を三次元表示し、航海情報の提示を行った。これにより他物標との相対関係が把握し易くなった。特に、本船と他物標との方位、距離が正確に把握できるようになった。
- 2) 入出港時に本船を中心とした距離環の描画は、岸壁等の障害物との距離の把握が容易である。また、距離環は着桟及び離岸時の操船に有効に利用できると思われる。
- 3) 船橋から見える360°全周囲画像の表示と、景観の立体的表示から、船上から見る景色の映像の情報量は飛躍的に増大した。

4) 船舶が出入港する場合の航海支援としての航海シミュレーションシステムの基礎が確立できた。

本研究では全周囲画像に位置情報を付加した上でGIS上に表示した。前年度までの研究では立体的に表現した景観から得られる情報に頼っている部分が大きかったが、実際に航行中の船舶の船橋から見える全周囲画像を表示したこと、得られる情報は飛躍的に増大した。

今後、船舶交通が輻輳する全国の港で同様の実験を行い、データベースを作成する。またデータ量が非常に大きくなることが予想できるため、各作業の自動化を行う必要もある。データベースが完成すれば、これまでに操船者が入出港した経験のない港へ入出港する際、事前に入港の様子を疑似体験できるため、実際の操船時に大きく役立つと考える。

**謝辞**：本論文の作成にあたり、終始適切な助言を賜り、また丁寧に指導して下さった神戸大学大学院海事科学研究所の各先生に感謝します。また、神戸大学大学院海事科学研究所の塩谷茂明教授の研究室のメンバーには、ご協力をいただきました。ここに感謝いたします。

最後に、本研究は、科学研究費の基盤研究（B）の「海のITSを利用した数値ナビゲーションシステムによる海難防止」（課題番号22310100）の一環として実施したことと付記する。

## 参考文献

- 1) 海上保安庁：海難及び人身事故の発生と救助の状況, pp.16-19, 2007.
- 2) 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）特集号, Vol.67 No.5（土木計画学研究・論文集28巻）, pp.I\_1039-I\_1047, 2011.
- 3) 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, I\_838-I\_843, 2011.

- 4) 牧野秀成, 塩谷茂明, 木村法由, 浅野一郎：全周囲カメラを用いた航海の安全支援のための視覚的情報提供に関する研究, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vo.68, No.2, I\_1191-I\_1203, 2012.
- 5) 塩谷茂明, 牧野秀成, 永吉優也, 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, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vo.68, No.2, I\_1193-I\_1198, 2012.
- 6) 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, I\_1187-I\_1192, 2012.
- 7) 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 一乗揚防止に有効な水深情報ー, 日本航海学会論文集, 第128号, pp.167-172, 2012.
- 8) Hidenari MAKINO, Shigeaki SHIOTANI,Noriyoshi KIMURA and Ichiro ASANO, Information System for Achieving Navigational Safety by Obtaining Visual Information Using a 360° Camera, 2012 Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology,pp.248-252 (English), 2012.
- 9) S.Shiotani,H.Makino,Y.Nagayoshi and S.Ryu,"Study on Navigational Simulation for Safety of Ship Sailing in Coastal Sea Area", JSCE Trans.Committee on Civil Engineering in the Ocean,vol.67,no.2,pp.I-838-843,2011.

## STUDY ON NAVIGATIONAL SIMULATION IN IMPORT AND OUTPORT USING GIS

Shinchiku RYU, Kenta NAKAO, Daisuke HORIKAWA,  
Shigeaki SHIOTANI and Kenji SASA

Most of the maritime disasters are caused by the immature technology, and insufficient knowledge of navigation. Especially, a ship encounters to many dangerous situation in importing and outporting. For the reduction of marine disaster, many appropriate navigational information are demanded for a navigating officer.

The present paper proposes the effective presentation for information of navigation using GIS and the efficiency of navigation simulation supporting safety navigation is examined for prevention of a marine disaster. In this study, authors discussed two method of supplying navigational information. The first method is by supplying the 3D model into GIS. The second one is embedding 360°panorama picture into GIS and a navigating officer can check the 360° view around before departure. It was confirmed that these proposed methods were very effective.