

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—*

On Study of Support of Navigational Information for Prevention of Accident on Marine Traffic in Coastal Sea Area - Information of Water Depth -*

塩谷茂明**・牧野秀成***・嶋田陽一***

By Shigeaki SHIOTANI**・Hidenari MAKINO***・Yoichi SHIMADA***

1. はじめに

世界経済の急速な発展と人口増加と共に、国内外の海上輸送を担う種々船舶の船腹量が急上昇している。その結果、海域によって航行船舶数が過密状態となり、特に船舶輻輳度が高い沿岸域や湾内では、高度な航海計器類の開発提供にもかかわらず海難事故が後を絶たない状況にある。船舶の海難発生調査によると、海難発生要因の中で、衝突事故が第一位、乗揚が第二番目に多い。船舶の乗り揚げ事故の原因は航海情報の中でも、航行海域内の水深情報が最も深く関連し、乗揚回避に関する適切な対策を講じることは極めて重要である¹⁾。特に、国内で、東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海等の沿岸域は狭隘であり、大型から小型船舶と大小様々且つ多様な船舶が往航し、船舶の輻輳度が高く、時には過密状態となる場合も多い。しかも、複雑な地形と航路周辺海域には浅瀬も多く、安全航路の針路保持が複雑である。このような海域の航海では、当直航海士に高度な操船技術が要請されるが、初めての航路、経験未熟な外国人船員には、絶えず危険な状況に遭遇し、緊張感の高まりが危惧され、安全確保面から何らかの航海支援情報が必要であると考えられる。

本研究の最終目的は、沿岸海上交通において航海の安心・安全を支援する様々な航海情報を状況に従って船舶運航者に効果的に提供し、航海士の操船に安心感が持てる有効な支援システムを提示することである。その第一歩として、本研究の目的は、航海の安全のため今後様々な航海情報を提供する最初の試みとして、海難中第二番

*キーワード：交通安全、水上交通、交通情報、GIS

**正員、工博、神戸大学自然科学系先端融合研究環

(神戸市東灘区深江南町5-1-1、TEL:078-431-6241、

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

***正員、工博、神戸大学大学院海事科学研究科

(神戸市東灘区深江南町5-1-1、TEL:078-431-4693、

E-mail: makino@port.kobe-u.ac.jp)

****非会員、理博、神戸大学大学院海事科学研究科

(神戸市東灘区深江南町5-1-1、TEL:078-431-4693、

E-mail: yshimada@port.kobe-u.ac.jp)

目の発生要因である乗揚回避支援のための航海情報の中で、最も重要である航行海域内の水深情報を、GISを活用し、有効に様々な画像情報として提供を行う手法を提案・提供することである。

GISとは地理情報システム(Geographic Information Systems)の略称で、地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ(空間データ)を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。主に、科学的調査、土地、施設や道路などの地理情報の管理、都市計画など多方面に利用されている²⁾⁻⁵⁾。

本研究では、水深の最も基本的な情報提供である海図やエコーサウンダーから得られる二次元情報をより詳細に支援する水深情報を提供し、航海士の安全運航に資する。特に、GISを用いた様々な画像情報の中で三次元情報等を有効に取り込み理解度を高め、効果的な航海情報を表示する。

これらにより、本研究の提案で、海図のみでは理解し難い航行船舶の周辺海域のより詳細な水深情報が提供され、乗揚による海難防止に有効であると考えられる。

2. 海難発生の現状

海上保安庁からの海難統計によると、日本における年間の海難件数はここ数年間の推移として、僅かずつではあるが、減少傾向が続いているものの、依然として毎年多くの海難が発生している。その中で重大事故の過半数が衝突・座礁等の航海事故である。

表-1は海上保安庁が提示する種類別による海難船舶隻数を示す。乗揚の海難は衝突に次いで、2番目に多く全体の14%であり、件数は年間およそ1日に1回の割合で発生している。海難発生場所は岸から3海里未満が80%、12海里未満が93%を占め、ほとんどが浅い沿岸域で発生している。海難の原因は見張り不十分が25%、操船不適切が14%と航海技術の未熟に起因した発生が半数近い。海難船舶の種類は近年プレジャーボートの隻数の増加に伴い最も多く37%、続いて漁船31%、貨物船14%、

表－1 海難の種類別件数

	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19
衝突	928	972	1051	1008	1016	972	1007	892	861	892
乗揚	354	396	412	351	353	310	333	339	322	357
転覆	204	179	203	158	139	172	210	151	225	135
浸水	101	94	121	171	133	145	172	95	144	113
推進器障害	104	117	180	153	165	164	157	148	150	144
舵障害	19	33	22	28	39	38	30	33	31	27
機関故障	219	261	298	339	230	339	377	346	317	337
火災	107	110	135	110	102	122	138	118	88	97
爆発	3	3	2	4	5	5	9	6	4	3
行方不明	3	7	10	2	2	7	4	3	7	2
その他	209	256	333	59	189	96	93	82	69	103
運航障害				267	259	296	251	214	285	290
安全障害				60	62	67	102	55	41	79
計	2251	2428	2767	2710	2693	2733	2883	2482	2544	2579

タンカー5%である。

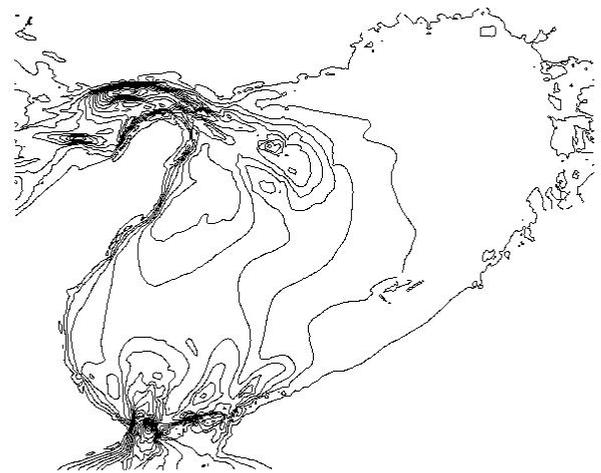
近年の海難発生例として、2006年10月鹿島灘で香港船籍の貨物船が荒天避航のため港外に避難する際、操船不能となり座礁した。荒天が続き、引き出しを試みたが作業が難航しているうちに、船体が破断した。幸い積み荷が鉄鉱石であったため、海洋汚染は発生しなかったが、もしタンカーであれば環境破壊になる大惨事となるところであった。

海難発生の統計から、乗揚による座礁海難は毎年同じ程度の件数で発生しており、沿岸に近い海域のため、船舶や荷物の損傷だけでなく、周辺海域の海洋環境破壊などの副次的な重大事故が懸念される。そのため、船舶の航行海域周辺の詳細かつ有益な水深情報の提供が乗揚防止策として極めて重要であると考えられる。

3. 二次元水深情報

本研究で用いたGISはESRIジャパン社のArcGISである⁶⁾。今後、本研究で提供の各種航海情報の現場実証を目的に、実船舶による実証実験を実施の予定である。最初の試行として、神戸大学大学院海事科学研究科の附属練習船及び小型舟艇を使用する。したがって、今回の研究ではこれらの船舶の母港である海事科学研究科の所在地である神戸市東灘区深江沖を中心に大阪湾全域を対象海域とした。今後、多数の島々が点在、複雑な地形、船舶の輻輳度が高い瀬戸内海全域等に対象海域を拡大の予定である。

図－1はGISによる大阪湾全域の10m等水深線図を示す。大阪湾の水深は海上保安庁水路部発行の500m等間隔水深データを、GIS上で50m等間隔の水深線を計算して図示した。航海中に通常使用される紙媒体の海図には詳細な等水深線は記入されていないので、急斜面の海底変化等複雑な海底地形の把握が必ずしも十分でない。状況次第で航行船舶が潮流や風圧の影響により設定航路から逸脱していることに気付かず座礁の危険に到ることも



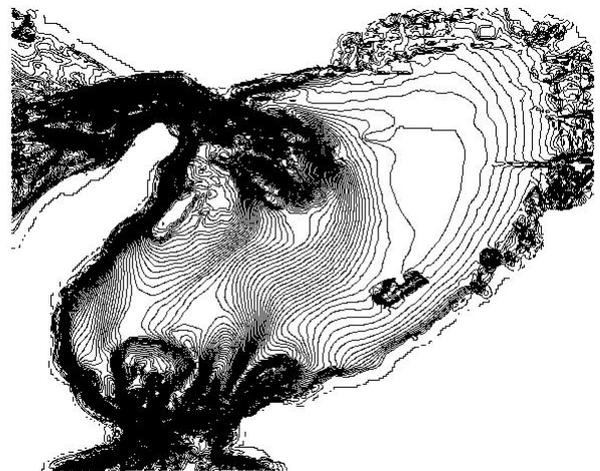
図－1 大阪湾の10m等水深線図

あり得る。たとえば、図中の、潮流の影響が強い明石海峡西北部の海底傾斜面は急であり、航行船舶が潮流に流され偏位し浅瀬海域への進入、座礁に到ることもあり得る。しかし、詳細な等水深線を示すことにより、複雑な海面地形を事前あるいは航海中に確認でき、避航対処が可能となり、安全航海が確保できる。

図－2はGISによる大阪湾全域の1m等水深線図を示す。GISでは等水深間隔を任意に設定可能である。航行海域により等水深間隔を自由に調整することにより、海域内の詳細な水深情報を得ることができる。さらに、錨泊時の海底地形の詳細な把握にも有効である。

また、GISでは水深により等水深線の色分け表示も可能である。カラー表示で、水深状況の把握が可能であり、航行危険海域の等水深線による確認ができる。

図－3は狭い海域で、船舶の輻輳度が高く、操船時に緊張感が高まる明石海峡域内の拡大図を示す。GISでは航行海域内を部分的に拡大、縮小表示することも可能である。海図では縮尺率が定まっているが、GISでは地図の縮尺率、対象海域を任意に選択でき、詳細な水深



図－2 大阪湾の1m等水深線図

情報を出航の時前あるいは航海中において確認が可能となる。水深データの補間は一定間隔で計算されるだけでなく、GISでは対象海域内で、焦点的に水深データを追加補間が可能であり、局所的な危険海域の拡大表示も可能である。特に、航路がある程度限定され一定航路を航行する一般の貨物船舶でなく、プレジャーボート等は海岸に接近、高速航行することが多く、時には海底が岩礁等の危険な浅瀬海域を航走することもあり、スポット的に浅瀬を詳細に表示する要求が今後高まるものと思われる。さらに、浅瀬で沈没し、海面下で見えない船舶のように、テンポラリーに乗揚げの危険な特定海域周辺の水深情報も随時付加できる。

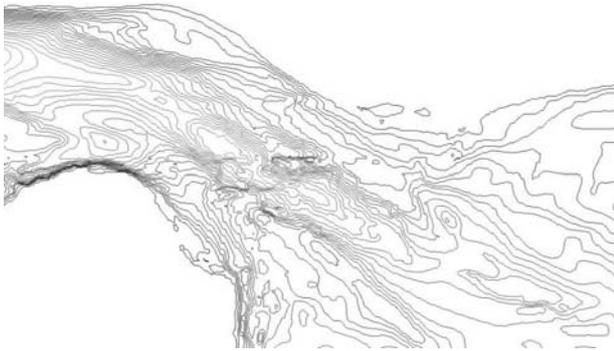


図-3 明石海峡の拡大水深情報

図-4は等水深線図と海図をGIS上で重ね合わせ表示した水深データを含む航海情報である。等水深線間隔は図-1と同じ10mである。通常の沿岸航海時には海図が一般に使用される。船位決定に利用される標識の灯台、陸地地形象物及び山頂、あるいは航路に対する導標の作用をする灯浮標等、航海中に必要な海図上の航海情報に、詳細な水深情報が同時に加わることによって、航海支援情報として有効である。さらに、ECDIS(電子海図)のように、コースライン、GPSとの接続による船位の記入もGISでは可能である。また、ECDISでは可能でない海図の拡大、縮小が任意の縮尺で可能であり、任意の等水深線間隔の変更も要求に応じて容易である。



図-4 海図と水深情報の重ね合わせ

4. 三次元水深データの表示

人間は常時三次元世界で対象物を見ているため、二次元平面の表示より、立体的三次元表示の情報提供の方が、より一層理解度が向上し、効果的な場合がある。本研究では、海底地形の三次元表示により、海底地形の起伏変化をより効果的に情報提供する。

三次元表示はArcGIS社の専用アプリケーションArcSceneを用いた。陸地の地形は国土地理院発行の日本陸地標高データ、海上の水深データは二次元の場合と同じである。各入力データをGIS上でベクタデータからラスターデータに変換した。

図-5は大阪湾全域の三次元鳥瞰図である。陸地及

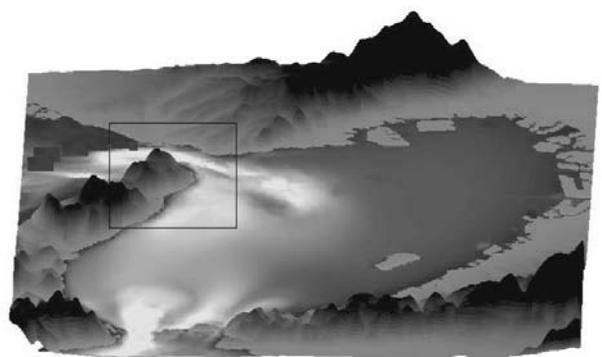


図-5 大阪湾の鳥瞰図

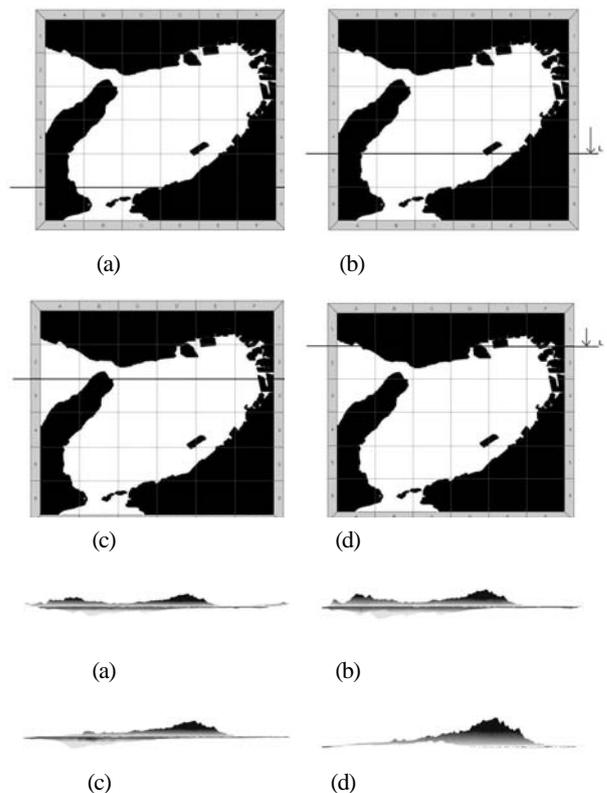


図-6 大阪湾の東西方向断面図

び海底が三次元表示されている。論文では白黒表示であるが、コンピュータ画面上ではカラー表示が可能であり、例えば陸地を緑色に、海上を青色に色分けすると、海図では見られないより現実的な景色が再現できる。GISでは視点の高度を任意に変更でき、鳥瞰図の微妙な調整が可能である。

図-6は大阪湾の東西方向の鉛直断面を示す。航海支援用の対景図に相当する。一般の対景図では陸地部分のみみされるのに対し、GISでは水面下の海底地形も表現可能である。図(a)～(d)は外洋から友ガ島を通過し、大阪湾内に入港する船舶上の操船者が船首前方に見える陸地の景色及び海底地形を表現しているの、航行海域の把握に有効である。さらに、大阪湾の水深が湾奥部に向かって次第に浅くなる様子が理解できる。断面方向は南北及び任意方向にも設定可能である。

図-7は明石海峡を拡大し、カラー表示した図である。任意海域の部分拡大ができ、対象海域のみの鳥瞰図の表示が可能である。また、コンピュータ画面上では、海底地形をカラーの濃淡で表現したので、海底の凹みなどの地形変化が細部にわたり良く理解できる。さらに、深さで色分けする等高線を重ねて表示ができ、海底地形の一層詳細な情報の把握が可能である。

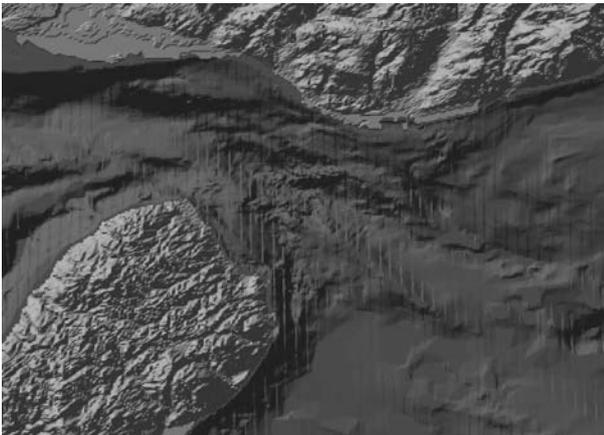


図-7 明石海峡の三次元拡大図

5. 航海シミュレーションへの適用

出航の事前に、これから航海する計画航路周辺の水深情報が把握できれば、乗揚等の海難防止に役立つ。あるいは航海中に、特に船首前方の海底地形が提示できると、危険状況の察知、早急な避航体制を講じることができる。本研究では、第一段階として、供試船に神戸大学海事科学研究科の付属練習船「深江丸」を用い、実際に神戸市東灘区の深江を出港、香川県高松港に至った学生の実習航海のシミュレーションを行い、操船者が船上から船首前方に見える陸地及海底地形をアニメーションで三次元表示した。

図-8に深江丸の全景を、表-1に主要目を示す。深江丸は学生の操船実習や調査研究等を目的に、主に瀬戸内海、四国南岸及び九州西方海域の沿岸を航海している。

図-9は神戸大学付属練習船「深江丸」による、深江から高松に至るシミュレーション航海の航路を示す。

図-10は図-9で示した模擬航路上の3地点A、B、



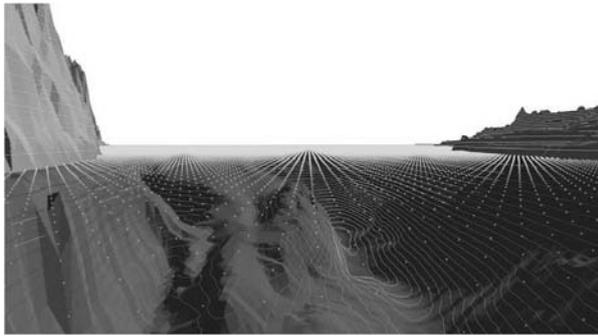
図-8 模擬船舶の神戸大学付属練習船「深江丸」

表-1 深江丸の主要項目

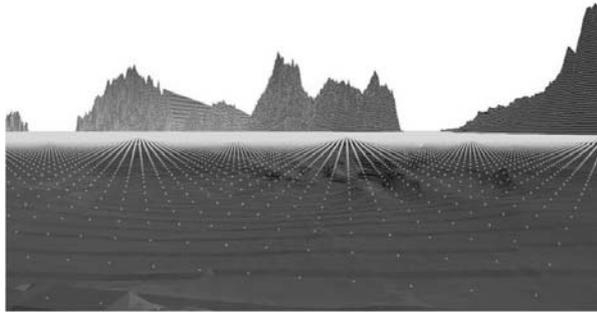
item	
L. O. A. (m)	49.95
L. P. P. (m)	45
B. Mid. (m)	10
Draft (m)	3.2
Gross T. (ton)	449
Max. Speed (kt)	14.28
Steering Eng. (kW)	3.7
Bow Thruster (kW)	79
Stern Thruster (kW)	70
Main Eng. Output (kW)	1100
Revolution (rpm)	720
Reduct. Ratio	1/2.208
Propeller (C.P.P. Blades)	4
P. Dia. (m)	2.1
P. Pitch at 21.21° (m)	1.792



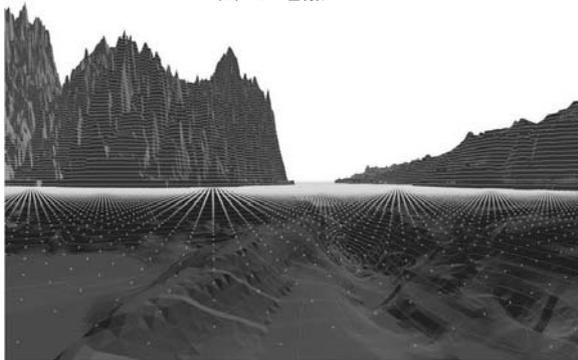
図-9 航海シミュレーションの航路



(A) A 地点



(B) B 地点

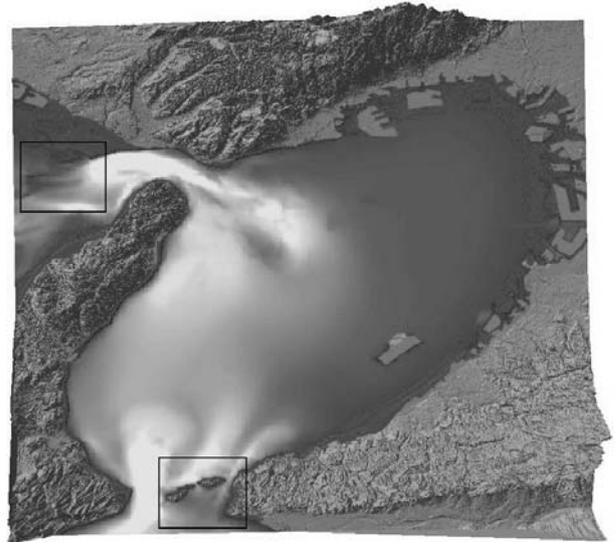


(C) C 地点

図一〇 航海シミュレーションによる三次元水深情報の提示

Cを通過時の操船者が船首前方に見る陸地と海底地形の三次元立体表示である。通常では水面下の海底地形は見えないが、船首前方の海底の起伏の確認ができ、浅瀬の危険海域の接近等の事前確認が可能である。これらの図を多数連続表示し、アニメーションを作成した。アニメーションでは陸地の景色と同時に現実に見えない海面下の海底地形を連続的に確認しながら事前に模擬航海ができるので、乗揚などの不安は解消される。

図一〇は水深が10m以下の浅い海域を色わけした図である。大阪湾東部の沿岸域及び明石海峡西部の播磨灘北部に浅瀬が見える。この海域は喫水が10mを超える大型船舶は通航できないことを示す。このように航行船舶の喫水に対応した乗揚の危険海域を色分け表示ができ、



図一〇 水深危険海域のグラフィック表示

航海の事前確認、危険海域への侵入による航行の注意喚起および避航ができる。さらに、航海中にGPS等による船舶位置を重ね合わせ表示すると、潮流や風圧影響によって船舶が横流れを起こし、設定航路を逸脱し、本船喫水と水深の関係から、危険海域に進入した場合、警報発生等の注意喚起措置を講じることで、乗揚の回避が可能となる。

6. おわりに

船舶乗揚の海難防止を目的に、海図及び電子海図等を補完する効果的な航海情報の提供を目的に、第一歩として、航行船舶の周辺海域のより詳細な水深情報の提示を、GISを用いて行った。その結果、以下の主要な結論を得た。

- 1) 航行周辺海域に任意間隔の等水深線の表示により、詳細な水深情報の提供が可能である。等水深線は深さによりカラー表示も可能であり、有効である。
- 2) 航行海域内の任意部分の拡大表示が可能であり、その海域内の詳細な水深情報の提供が図の拡大、縮小によって可能である。
- 3) 海図と水深情報を重ねることにより、海図に記載の各種標識などの航海情報だけでなく、海図より詳細な水深情報の提供が可能である。
- 4) 三次元海底地形の表示により、地形の変化が視覚的に容易となり、水深情報が一層詳細に提供できる。
- 5) 航海シミュレーションの活用は、航海の事前及び航海中に、これから航海しようとする航路周辺の水深情報の把握に有効であり、航海の安全性が期待できる。

今後、航海中のGPSによる船位の導入、気象・海象などの情報を重ねることにより、ECDISよりも一層航海時にリアルタイムで海難防止の詳細な情報提供を目指す予

定である。それにより、乗揚だけでなく、衝突等その他の原因による海難防止にも十分役立つものと考えられる。

本研究は平成20年度に採択された文部科学省による特別教育研究推進（研究推進）「輸送の三原則を統合した国際海上輸送システム創出の研究」の一貫として実施されたことを付記する。

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) 村越真，若林芳樹：GISと空間認知，古今書院，2006.
- 3) 高橋重雄，三條和博：事例で学ぶGISと地域分析，森北出版社，2000.
- 4) 高橋朋一：Geography Networkを利用した分析，筑波大学，2003.
- 5) 桜井博行，井上孝：GIS電子地図革命，杉本出版社，2005.
- 6) ESRIジャパン株式会社GISソフトウェアリーダー：ホームページ，<http://www.esrij.com/>