

プレジャーボートの海難予防システム開発に向けた調査研究

吉村 健志*

A Study on the Accident Prevention System for Pleasure boat

by

YOSHIMURA Kenji*

Abstract

According to the Japan Coast Guard, 44% of all marine accidents in 2013 involved pleasure boats (means any ship used for pleasure, sports, and leisure activities). Since then, the number of accidents involving pleasure boats has increased, while other types of vessel accidents have decreased. In 2020, the Japan Coast Guard recorded 1,940 vessel accidents, and although the target of less than 2,000 was reached, accidents involving small vessels (including fishing boats and pleasure boats) accounted for 80% of all accidents. Among these, 519 vessels were involved in accidents resulting from factors such as engine failure, grounding, and operational disruption caused by lack of confirmation (of fuel, electrical, cooling, and shafting systems) or lack of care (such as over-discharging and fuel shortage). These accounted for 51% of all accidents involving pleasure boats. To prevent marine accidents caused by human factors, the causes of accidents and effective countermeasures need to be analyzed. One possible countermeasure to prevent accidents is to install a boat navigation system with voice and visual guidance to provide information to the operators similar to a car navigation system. This study analyzes the causes of maritime accidents involving pleasure boats, clarifies the necessary steps to facilitate the development of a boat navigation system, presents a basic policy for the navigation system, and identifies the functions and requirements for the navigation system.

* 知識・データシステム系

原稿受付 令和4年11月2日

審査日 令和4年12月2日

目 次

1. まえがき	2
2. 目 的	3
3. 方 法	4
4. ヒューマンエラーの類型化	4
5. 海難審判所の裁決に基づく事故実態調査と原因分析	5
5. 1 収録されている情報と分析	5
5. 2 「事実の経過」の分析	6
5. 3 機関損傷及び安全・運航障害に至る判断の分析	6
6. 船舶事故調査報告書に基づく事故実態調査と原因分析	7
6. 1 事故別の分析事例数	7
6. 2 事故別の原因	7
6. 3 再発防止策	7
7. 対策の基本方針	8
8. ナビゲーションシステムの提案	8
8. 1 ナビゲーションシステムに求められる機能	8
8. 2 スマホアプリの具体例	9
8.2.1 予想針路線表示機能	10
8.2.2 コースプランニング機能	10
8.2.3 コース案内機能	11
8.2.4 速力・航続距離表示機能	11
9. まとめ	12
References	12

1. まえがき

海上保安庁の報告¹⁾²⁾によれば、2013年の海難事故2,306隻のうち44%の1,012隻がプレジャーボートにかかわる事故となっている。また、船舶の種類別に事故隻数の近年の推移をみると、プレジャーボート以外の船舶については減少傾向であるのに対し、プレジャーボートのみが保有隻数が減少しているにもかかわらず事故隻数は増加傾向となっている。さらに、船舶事故の原因別発生状況のうち79%が人的要因によるものであり(図1)、プレジャーボートの場合は、人の確認不足や注意不足が要因とされる機関故障、運航障害、乗り揚げ等が51%を占めている(図2)。

このような人的要因による海難を防ぐためには、事故別の原因分析と、効果的な対策が求められる。これらに絞った海難予防システムとして、自動車のカーナビのように音声や映像によって小型船舶操縦者(船長)に必要な情報を提供できるナビゲーションシステムの実現が有効であると考えられる。海外では既に小型船舶を対象として、Pocket Mariner社のBoat Beacon、Navionics社のBoating、Jeppesen社のPlan2Nav、Transas社のiSalor等、海図表示機能や自船位置表示機能、ナビゲーション機能を備えるスマートフォンアプリが流通している。

なお、本報告の内容は平成27年度に実施された先導研究「プレジャーボート・小型漁船の海難予防システムの調査研究」終了時の内容及び成果に基づいている。

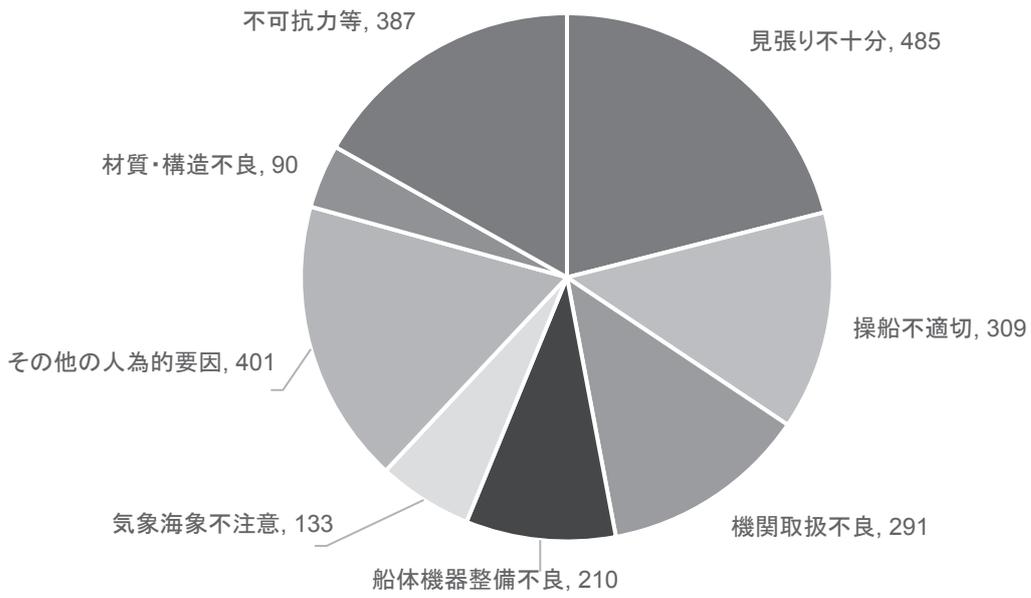


図1 2013年の船舶事故の原因別発生状況 (隻)

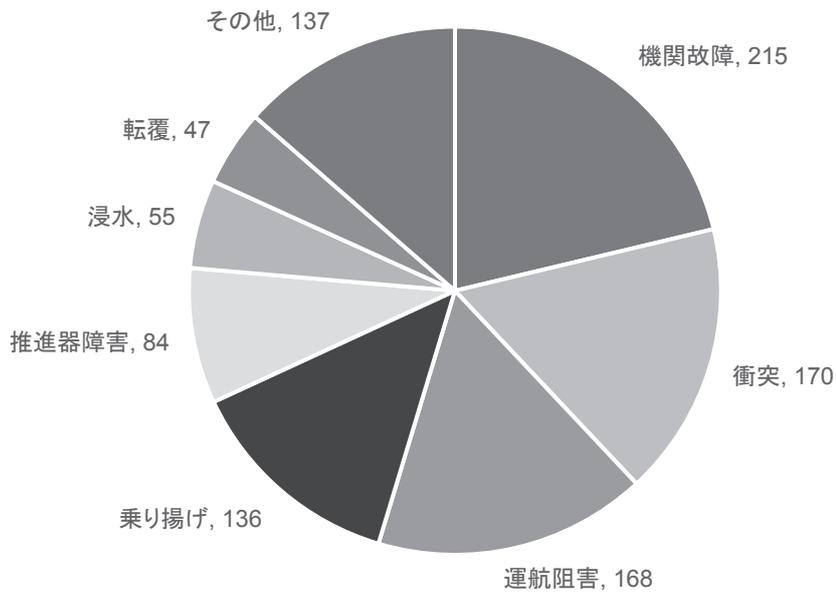


図2 2013年のプレジャーボート事故隻数

2. 目的

プレジャーボートの機関故障、運航阻害、乗り揚げ等の事故実態を踏まえた安全対策を提案するにあたり、前提となるナビゲーションシステムの基本方針を示し、必要な機能を明らかにすることを目的とする。

3. 方法

本報では、まず、プレジャーボートに係る海難の原因分析を実施する。次に、ナビゲーションシステムの基本方針を示し、当該ナビゲーションシステムの仕様を明らかにして開発を円滑に進められるよう、市場への普及を念頭に置いた低価格で装備できるシステムにとって必要な機能を特定する。

具体的には、人の意図や行動に着目して海難に至るまでの過程を類型化したうえで、プレジャーボートに係る海難（機関故障、運航障害、乗り揚げ等）の原因を明らかにするために、海難審判庁（現海難審判所）の裁決録と、運輸安全委員会の船舶事故等調査報告書を基にした分析をおこなう。裁決録では機関故障及び安全・運航障害に至る判断の根拠を分類し、船舶事故等調査報告書では報告が最も多い乗り揚げの再発防止策を論考する。本稿では、これらの分析に基づいて、7章で基本方針を示し、8章での効果的な海難予防システムの提案につなげる。

4. ヒューマンエラーの類型化

図1に示したとおり海難の主な原因とされるヒューマンエラーを、意図と行動の観点から分類する。J.Reasonによるヒューマンエラーの分類によると³⁾、図3に示すとおり、不安全行動(Unsafe acts)は、まず意図しない行動と意図した行動に分類される。次に実行の結果としてエラーとなってしまった行動は、計画段階と実行段階に分類される。それぞれ、Slipsは、実行段階での失敗に起因するもの。Lapsは、実行段階での抜けの失敗に起因するもの（例えば、実行し忘れた等）。Mistakesは、計画段階の失敗に起因するものである。なお、Violationは意図した違反行為であるため、当報告のみならず、一般的にヒューマンエラーとして取り扱わない。

さらに、SlipsとLapsとMistakesは、RasmussenのSRKモデル⁴⁾によっても分類できる。SRKモデルは、産業現場でおこなわれる行動を、認知プロセスごとに分類したものである（図4）。スキルベースの行動は、作業者が外界から刺激や信号を知覚したのち、ほぼ自動的（反射的）に遂行できる行動を指す。ルールベースの行動は、一定の手順やマニュアルに従って遂行されれば達成できる行動、そして知識ベースの行動は、知覚した刺激や信号を類型化して作業のゴールや目的に則した作業内容と計画に基づかないと遂行・達成できない行動として、それぞれ分けられる。前述のSlipsとLapsは、スキルベースのエラー。Mistakesは、ルールベースと知識ベースの行動エラーに分類することもできる。

例えば、機関故障の背後には、それぞれ知識不足や情報不足、点検不足などが潜んでいると考えられ、不足しているものを的確に補うことで効果的な防止策につなげることができる。

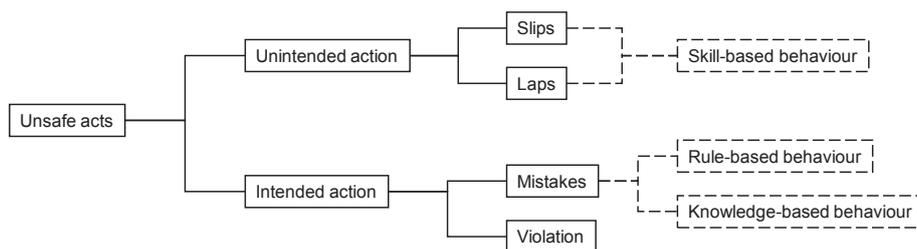


図3 ヒューマンエラーの分類 (J. Reason, 1991)

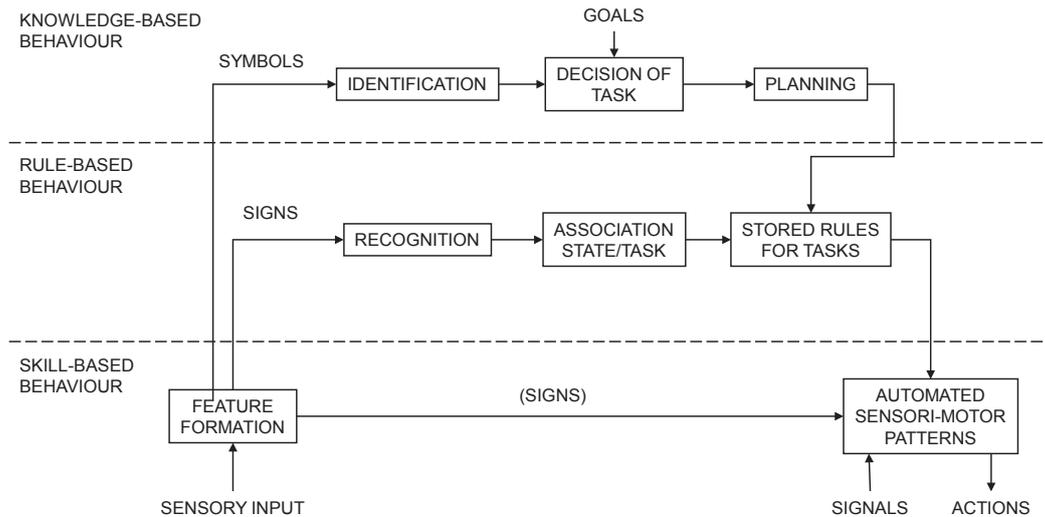


図4 3つのレベルに分類される作業者のパフォーマンス (J. Rasumussen, 1983)

5. 海難審判所の裁決に基づく事故実態調査と原因分析

海難審判所は、インターネットを通じて海難審判所が言い渡した裁決を公開している⁹⁾。また、公益財団法人 海難審判・船舶事故調査協会は、裁決録を検索できるサービスを提供している⁹⁾。本報ではこれらの公開情報及びサービスを利用して分析をおこなった。

5.1 収録されている情報と分析

海難審判所の採決で用いられる海難には14種類あり、それぞれ衝突、衝突(単)、乗揚、沈没、浸水、転覆、機関損傷、火災、爆発、施設損傷、安全阻害、運航阻害、遭難、死傷等である。なお、安全阻害と運航阻害は、いずれも船舶には損傷がなかったものの、船体が傾斜して転覆等の危険な状態が生じた場合のように、切迫した危険が具体的に発生した場合を安全阻害といい、燃料・清水の積み込み不足のために運航不能におちいった場合のように、船舶の通常の運航を妨げ、時間的経過に従って危険性が增大することが予想される場合を運航阻害という。海難審判所が公開している裁決には、以下の情報が含まれる。

- ① 件名
- ② 言渡年月日
- ③ 審判庁区分
- ④ 理事官
- ⑤ 受審人(職名, 操縦免許)
- ⑥ 損害
- ⑦ 原因
- ⑧ 判決主文
- ⑨ 裁決理由の要旨(事実, 原因, 受審人の所為)

このうち、⑨判決理由の要旨(事実, 原因, 受審人の行為)は、本分析において受審人の意図や行動を把握するのに有用な情報である。そこで、プレジャーボートの機関損傷の一例を挙げ、原因を分析した。

【分析例】

- ①件名： 平成15年神審第95号 プレジャーボートきたろう丸機関損傷事件（簡易）
 ⑥損害： 船外機プロペラ軸付シャープピンが損傷
 ⑨原因： 船外機付プロペラの点検不十分

本件の原因は点検不十分とされているが、裁決録に記載されている判決主文を精査すれば、点検不十分となってしまう原因を下記の通り分析することができる。

- ⑩判決主文： メーカーの対応
 ・取扱説明書にプロペラ点検に関して記載している。
 受審人の対応
 ・船外機の開放整備をおこなわなかった。
 ・外観上異常が見当たらなかった。支障はないものと判断、点検を十分におこなわなかった。

以上のように、指摘されるべき受審人の対応には、(運航に)支障はないという判断と、点検を十分におこなわなかったという行動が記載されている。これらの記載に基づいて、日頃より開放整備をおこなっていないことや外観から異常を見つけること、そもそも傷に気づいていないことなどから、「点検しなくても大丈夫、または、これくらいは大丈夫」との受審人の判断があったことが推察できる。さらに、判断の背後には、開放整備の知識不足やルール違反が潜んでいると考えられる。

この例を踏まえて、プレジャーボートの機関損傷14件に、より多くの事例を分析するため類似のエンジンを搭載する漁船の機関損傷を加えた計2,496件の中から、50件を抽出して「事実の経過」を分析した。

5.2 「事実の経過」の分析

裁決録の⑨裁決理由の要旨(事実)に記載されている「事実の経過」の構成は、下記の通りとなっている。

- (A) 船舶の概要
 (B) 受審人の行為
 (C) 事件当日の行動(経過)

このうち、(B)受審人の行為には、受審人の判断が記載されている。具体的には、「大事に至ることはあるまい/直ちに異常が生じることはない/運転に支障ないもの/大丈夫、と思い」など推測による判断(臆断)に関する記載が50件中40件あった。事実の経過では、このような受審人の臆断が、その後の点検不足等に結びついたり帰結されていることから、受審人の臆断が事件・事故の重要な要因として扱われていることが分かる。しかし、このような思いすなわち判断の根拠を分析しなければ、これらの判断の是正には繋がらず、事故再発を防ぐことはできない。

そこで、裁決録にはこの根拠についても記載があることから(例えば、そもそも点検確認していない、不備は分かっていたがこのようになると思わなかった、異常なしだったので、失念していたので、点検しなくても大丈夫、またはこれくらいは大丈夫など)、これらの判断の根拠を分析する方法について、引き続き検討を加えた。

5.3 機関損傷及び安全・運航阻害に至る判断の分析

プレジャーボートの機関損傷14件、及び安全・運航阻害55件を対象とした分析を進めた。なお、日本小型船舶検査機構の検査対象とならない20トン以上の漁船・プレジャーボートは、分析の対象から除外した。

事実の経過では、受審人の判断が、その後の点検不足等に結びついたり帰結されていることから、受審人の判断は事件・事故の重要な要因として記載されている。そこで、裁決録に記載されている内容に基づいて、判断の根拠を5項目に分類した(表1)。

表1 判断根拠の分類

a.点検をしていたか	b.過去の点検時に不都合や異常があったか	c.点検時の異常に対処したか	d.出港時またはその日に不都合や異常があったか	e.判断する根拠があったか
はい	はい	はい	はい	はい
いいえ	いいえ	いいえ	いいえ	いいえ
分からない	分からない		分からない	

6. 船舶事故調査報告書に基づく事故実態調査と原因分析

運輸安全委員会が公表している船舶事故等調査報告書には、原因と再発防止策が記載されている⁷⁾。これらの再発防止策をどのように実現させていくか検討する。

6.1 事故別の分析事例数

運輸安全委員会では、船舶事故を12種類に分類しており、それぞれ衝突、衝突(単)、乗揚、沈没、浸水、転覆、火災、爆発、船体行方不明、施設等損傷、死傷等、その他である。また、インシデントは、運航不能(運航設備故障・船体傾斜・燃料等不足)、座州、安全阻害、運航阻害、その他であり、遭難は含まれない。検索条件(分類:すべて、事故等種類:3項目、船舶種類:プレジャーボート、総トン数:5~20トン未満)に基づいて事故の種類別に抽出した結果、分析の対象は表2の通りとなった。乗り揚げの報告が最も多いことが分かる。

表2 事故別に見た調査数

事故の内容	運航阻害	乗り揚げ	航行設備不能	合計
調査数/検索結果数	7/7	43/69	6/6	63/82

6.2 事故別の原因

事故別に見た原因の傾向は、下記の通りであった。

【運航阻害】調査数7件

- ・ 定置網内への侵入(1件)
- ・ 適切な気象・海象の情報を入手せず航行不能になったケースや、漁具を推進器に巻き込み航行不能となる。(2件)
- ・ フィルターの詰りや交換する予備品が十分でない。(2件)
- ・ 燃料不足によるもの。(1件)
- ・ 電線巻き込みにより電源を喪失し航行不能(1件)

【乗り揚げ】調査数43件

- ・ 水路調査不十分により定置網、養殖施設の区域に気付かず進行や、安全航路を外れ浅所、浅礁、岩場に乗揚げ。(21件) 48%
- ・ 船位確認不十分 過信や、他の事に気を取られ確認しておらず。(8件) 18%

【航行設備不能】調査数6件

- ・ 機関の損傷や経年腐食により強度が低下し損傷に至ったと考えられる。(6件)

6.3 再発防止策

船舶事故等調査報告書には、参考として「今後の同種事故等の再発防止に役立つ事項」が記載されている。ここでは、報告が最も多い乗り揚げに絞り、再発防止策を抽出した。プレジャーボートの乗り揚げの原因は水路調査不十分が多く、その再発防止策としては、出航前に、漁場、危険箇所、浅瀬などの水路調査と、GPSプロッターなどを用いた船位確認

等が求められている。このような情報不足に起因する海難を未然に防ぐには、リアルタイムな情報の提供及びハードウェアによる支援が有効であろう。

7. 対策の基本方針

本報では、社会実装を実現と普及を目指して、低価格で装備できるシステムを前提としている。2015年、全体で60%を超える世帯が所有している⁸⁾スマートフォンを、情報提供等のプラットフォームとして活用することで、初期投資を抑えることができる。次に、情報の一元化を図るため、運輸安全委員会、海上保安庁、気象庁などが連携したサービスの提供が欠かせない。最後に、誰にでも容易に必要な情報にアクセスし・操作できるインターフェイス（サービス）が求められる。

8. ナビゲーションシステムの提案

本章では、7章の基本方針に基づいて提案するナビゲーションシステムの概要を示す。スマートフォン等の情報端末にインストールして利用するナビゲーションシステム（スマホアプリ）によって、出港から帰港までに遭遇する可能性のあるリスクをリアルタイムに小型船舶操縦者（船長）に認識させることが可能となる。

8.1 ナビゲーションシステムに求められる機能

図4は、スマホアプリによって知識の提供、情報の提供、点検の徹底等をおこなうために必要な機能を整理したものである。このうち発航前点検チェックリスト機能や機関故障トラブルシューティング機能は機関故障の防止に、海図表示機能、針路設定機能、シミュレーション機能、危険区域警告機能は乗り揚げの防止に、それぞれ効果が期待できる機能である。

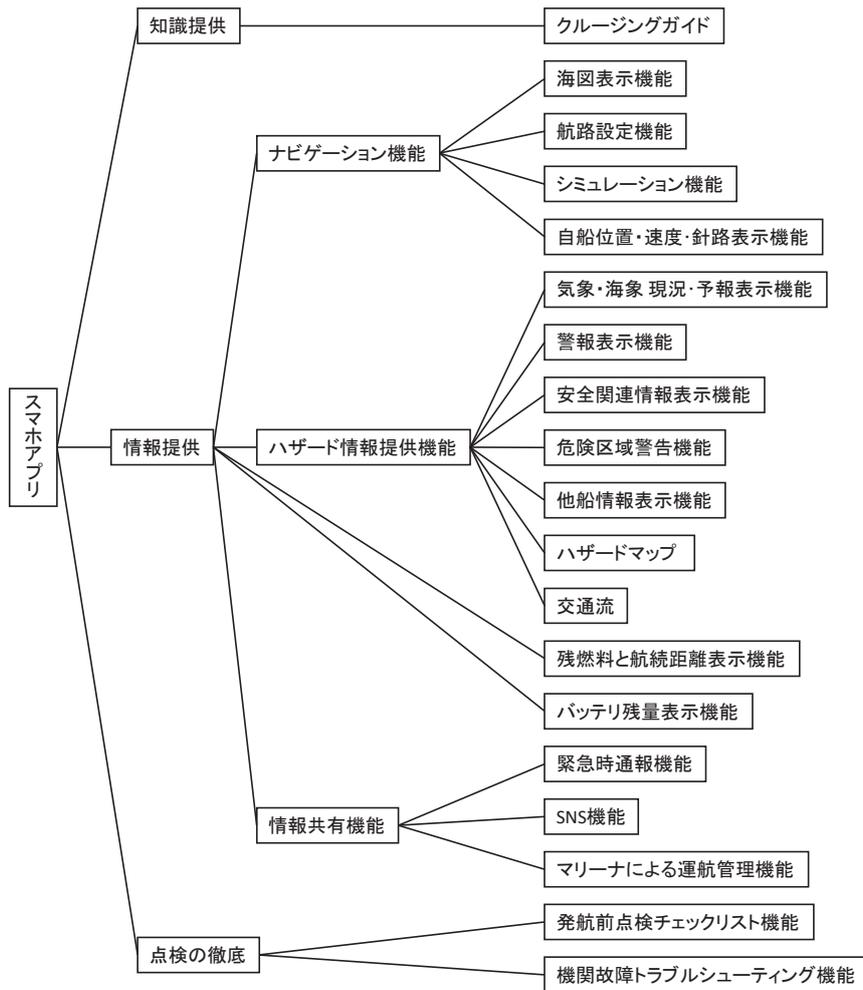


図5 ナビゲーションシステム (スマホアプリ) に求められる機能

8.2 スマホアプリの具体例

プレジャーボートに、ナビゲーションシステムを設置したイメージを図6に示す。また、本システムの具体例として、(1) 操船に不慣れたスキルベースの行動エラーを防ぐための予想針路線表示機能、(2) 計画等のミスを防ぎ、知識ベースの行動エラーを防ぐためのコースプランニング機能、(3) 航行予定海域の情報不足を補い、ルールベースの行動エラーを防ぐため、適切な判断ができるよう支援するコース案内機能、(4) 残燃料と船速に伴う燃料消費量から算出される航続距離を案内し、燃料不足等で運航阻害にならないよう情報を提供する、速力・航続距離表示機能の4つの機能を抽出し図7～図10に示す。



図6 小型船内に設置されたナビゲーションシステムのイメージ

8.2.1 予想針路線表示機能

自動車のリアビューカメラのように、自船の船速、操舵角などから推定される予想進路を見ている景色に重畳表示する機能

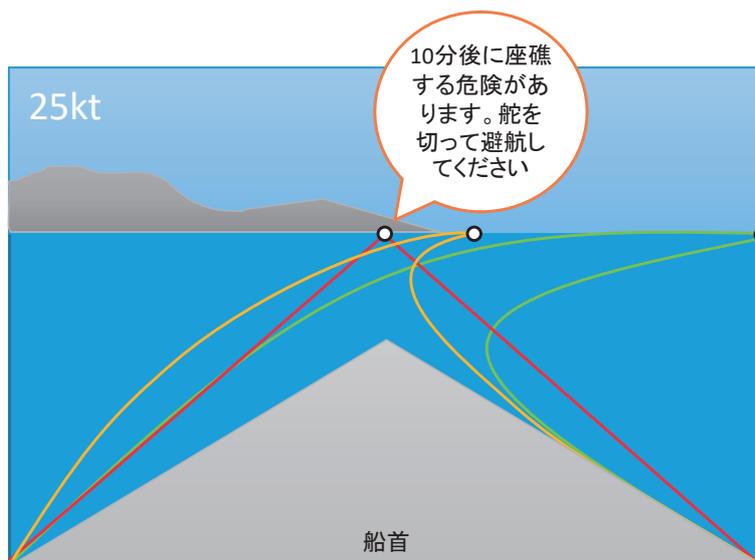


図7 予想針路線表示の例

8.2.2 コースプランニング機能

燃料、速力、気象・海象、水深などを考慮しながら、指定したウェイポイントをつなぐ最適な航路計画を表示する機能



図8 コースプランニング表示の例

8.2.3 コース案内機能

海上交通ルールや水深等を考慮しながら、指定したウェイポイントまでの最適な速力とコースを表示する機能

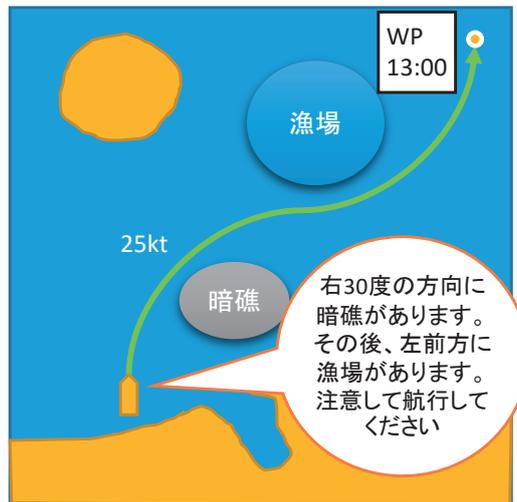


図9 コース案内表示の例

8.2.4 速力・航続距離表示機能

残燃料，速力，気象・海象によって変動する航行距離を海図とともに表示する機能

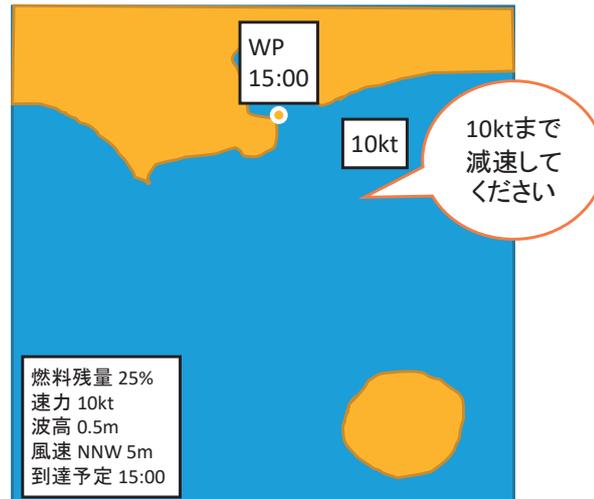


図 10 速力・航続距離表示の例

9. まとめ

本報では、まず海難に至るまでの過程を、人の意図や行動に着目して類型化した。次に、海難審判庁（現海難審判所）の裁決録と、運輸安全委員会の船舶事故等調査報告書を基にした分析をおこない、プレジャーボート事故隻数の51%を占める機関故障、運航阻害、乗り揚げ等の原因を抽出した。これらの分析結果から、海難の背後要因として小型船舶操縦者（船長）の臆断による点検不足（機関故障、運航阻害）と知識不足、情報不足（乗り揚げ）を指摘できた。そこで、小型船舶操縦者（船長）の点検不足、知識不足、情報不足を補うための海難予防システムの基本方針を示すとともに、必要な機能を論出した。またその機能の一部についてスマホアプリの具体例を示した。

本報で提案するナビゲーションシステム（スマホアプリ）は、出港から帰港までに遭遇する可能性のあるリスクをリアルタイムに小型船舶操縦者（船長）に認識させることができる。本システムの社会実装は、人的過誤を原因とする海難を削減する効果が期待できる。

References

- 1) 海上保安庁：海上保安レポート2014
- 2) 海上保安庁：海難の現況と対策について～大切な命を守るために～《平成25年版》
- 3) Reason J.: Engineering a safety culture. In 'Managing the risks of organizational accidents.' Aldershot, England, Ashgate Publishing Limited, pp.208-211(1997).
- 4) J Rasumussen: Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.smc13, No.3(1983), pp.257-266.
- 5) 国土交通省 海難審判所：裁決の閲覧, <https://www.mlit.go.jp/jmat/saiketsu/saiketsu.htm>
- 6) 公益財団法人 海難審判・船舶事故調査協会, <https://www.maia.or.jp>
- 7) 運輸安全委員会：報告書検索, <https://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/ship/index.php>
- 8) 総務省：平成27年版 情報通信白書