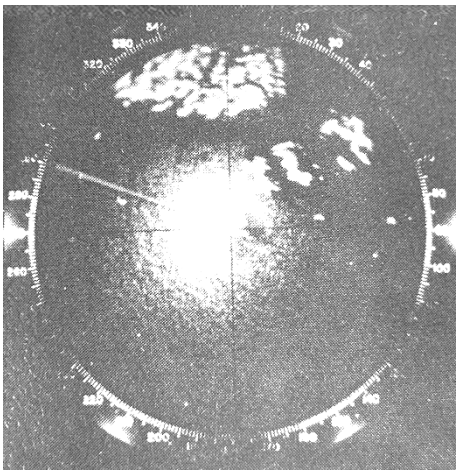
Supported by 日本財団 THE NIPPON FOUNDATION

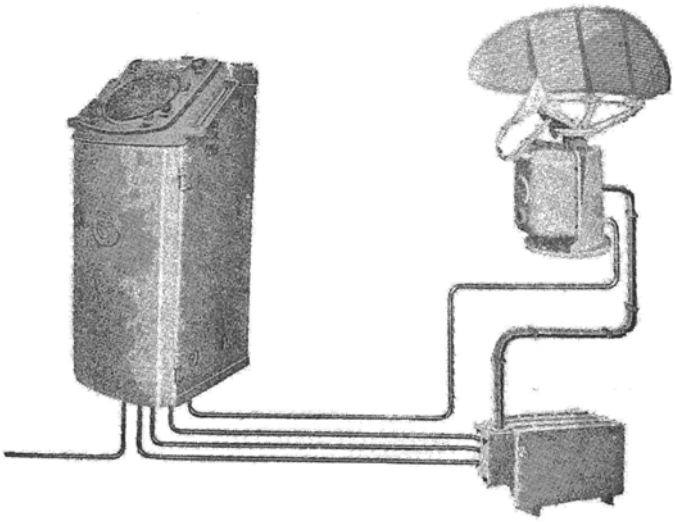
ISSN 2433-4944 (online)
ISSN 0912-7437 (Print)
日本海難防止協会情報誌
海と安全
2025 春
NO.604

【特集】

航海計器の進歩

～ より安全な航海に向けて ～





【表紙の写真】

左上： 昔のレーダースクリーン

右上： 昔のレーダーシステム（米国スペリー社製レーダー）

【出典】 「受験生の為の航海計器」（昭和 51 年） 堀木與三著 成山堂書店

下 ： 現代の航海システム

【出典】 古野電気 ブリッジシステム FURUNO VOYAGER

まえがき

その昔、船が自分の位置を知るには、灯台や岬などの方位を観測し、海図（紙）の上で作図して、やっと自船の位置を求めることができました。目標物がない大洋上では天体観測で船の位置を測りましたが、船上で使用できる時計が発明されるまでは経度を知ることが困難でした。その後、ジャイロコンパスが発明され、正確な方位を知ることができるようになりましたが、電源を入れてから正確な方位を指し示すまでにかなりの時間を要し、出港の前日に電源を入れておかなければいけませんでした。当時は常時電源を入れたままにするだけの耐久性がなかったようです。速力は船底から管（ピトー管）を降ろし、その水圧を機械的に変換し、メーターに表示させていました。

船位測定においては電波航法が進歩し、デッカシステム、ロラン A・C システム、オメガシステム、NNSS と進んでいきました。ただし、当時最新であった NNSS でも低緯度になるほど衛星が接近するまでの時間間隔が長くなり、精度も十分ではありませんでした。レーダーの出現は夜間や狭視界の中での航海に大きな朗報でしたが、大型の真空管（マグネトロン）や大型のレーダーアンテナが必要で、小型船への普及にはまだ時間が必要でした。

GPS（Global Positioning System）の出現は画期的なことでした。前述のような手間が不要となり、現在位置に加え、針路・速力も同時に分かるようになりました。さらに ECDIS の登場によりディスプレイにリアルタイムで現在位置等が表示されるようになったことにより、航海者は船位測定作業から解放され、見張りと操船に集中できるようになりました。同時に小型軽量化も進み、小型船への普及も進みました。

以上は航海計器のマクロ的な進歩の流れですが、本号ではその流れの中における個々の進歩について着目してみました。それらはハードウェアの発展であったり、ソフトウェアの発展であったり、あるいは今までになかった視線で船の安全に寄与するものなど多種多様なものであり、それらを特集として集めてみました。それらひとつひとつの物語に耳を傾けていただければ幸いです。

Contents

【特集】　航海計器の進歩
～ より安全な航海に向けて ～

IMO における船橋機器の進歩
└ 海上保安庁交通部企画課　専門官　野口 英毅　1

バーチャル AIS 航路標識について
└ 海上保安庁交通部企画課・航行安全課　5

VDES（次期 AIS）利用による安心・安全な海
└ （公財）笹川平和財団　参与　工藤 栄介
└ 同 海洋政策研究所　客員研究員　渡辺 忠一　11

レーダーの進歩　固体化レーダーの登場
└ 古野電気株式会社　営業企画部商品企画課　高島 恵美　19

安全な航海をサポートする「new pec smart」アラート機能のご紹介
└ 株式会社マップル・オン　取締役　高橋 裕亮　23

三次元重心検知転覆予知波高計
└ 東京海洋大学　教授　渡邉 豊　27

【特集以外の記事】

トピック　「うみマガ」読者大募集
└ 国土交通省 海事局 安全政策課 33

トピック　海技人材の確保検討会「中間とりまとめ」が発表されました
└ 「海と安全」編集部 34

読み物　大震災体験 -Ⅱ
└ 海技大学校　名誉教授　福地 章 35

海保だより　未来に残そう青い海　海上保安庁図画コンクールについて
└ 海上保安庁 警備救難部 環境防災課 39

船舶海難の発生状況
└ 海上保安庁 42

海外情報　COLREG　自律船舶での衝突回避の未来
└ 日本海難防止協会 ロンドン連絡事務所 43

海外情報　2024 年のマラッカ・シンガポール海峡に関する情勢
└ 日本海難防止協会 シンガポール連絡事務所 48

日海防の動き ／ 編集後記
└ 「海と安全」編集部 52

IMO における船橋機器の進歩

海上保安庁交通部企画課 専門官 野口 英毅

1. 概要

船のブリッジには、レーダーや電子海図情報表示装置のような航海計器、衛星を含む無線通信機器のような様様な機器が装備され、船員とともに船の安全航行を担っています。国際航海を行う船では、どのような機器を装備しなければいけないか、国際海事機関（IMO）が作成する「海上における人命の安全のための国際条約」通称 SOLAS 条約で定められています。近年、車の操縦機器が進歩しているように、船の世界でも多くの進歩が SOLAS 条約にも見られるようになりました。本稿では、SOLAS 条約、特に無線機器を扱う第 IV 章と航海計器を扱う第 V 章における船橋機器の進歩について紹介したいと思います。

2. 無線機器の進歩

SOLAS 条約第 IV 章で取り扱う無線機器は、国際航海に従事する旅客船及び貨物船に対し、海上における遭難及び安全に関する世界的な制度、通称 GMDSS、に参加できるようにするため、その搭載が義務化されているものになります。従って、近年、搭載が増えているスターリンクのような通信機器については、任意で搭載するものであり、条約の中には記載がないこととなります。GMDSS は、1988 年に条約を改正し、1999 年から完全実施されています。しかし、近年の無線通信技術の進歩に伴い、条約を改正し GMDSS を近代化する作業が開始され、2022 年に条約が改正、2024 年から新たな GMDSS となりました（ただし、一部の通信機器では適用が 2028 年まで猶予されています）。

新たな GMDSS では、これまで GMDSS 用として IMO に認められた通信衛星は、インマルサット衛星のみでしたが、新たな通信衛星として、アメリカのイリジウム衛星及び中国の北斗衛星が認められました。ただし、北斗衛星については、国際電気通信連合において他の衛星との周波数調整が終わるまでは、GMDSS としての電波の発射ができないので、現時点において、利用は不可能です。新たな通信衛星の追加に伴い、船主は、船の走る海域や通信料等を考慮して、インマルサット衛星かイリジウム衛星を選べるようになりました。しかし、航行警報や気象警報の地域担当国が、どちらかの衛星からしか放送しないと、放送していない衛星の通信機を搭載した船舶には警報が届かないという問題が起こることから、IMO で認めた運用中の全ての通信衛星を通じて航行警報や気象警報を放送することを義務化するための条約改正が、現在、IMO で審議されています。日本でも、インマルサット衛星に加

えイリジウム衛星からも放送できるよう対応中（一部対応済）ですし、もし、北斗衛星の周波数調整が終了し運用可能となれば、北斗衛星を通じて航行警報や気象警報を放送しなければいけないこととなります。

これ以外の通信機器の進歩として、船舶の遭難時に、衛星にむけて自動的に無線信号を発信し、各国の遭難救助当局に信号及びその位置を伝達するイーパブは、この信号の受信衛星の軌道が低軌道から中軌道に変更（これにより位置特定までの時間が短縮される）したことに伴い、新たな衛星に対応する新しいイーパブに変わっています。また、これまでの中波無線機や中・短波無線機は、相手と通信するための周波数は手動で行われ、熟練した技術が必要でしたが、自動的に周波数調整ができるシステムが追加されました。さらに、中波で航行警報や気象警報を受信し、自動的に印字するナブテックスについても、陸上局から船に、中波に加え短波でもデジタルデータの送信が可能となる、ナブダットの舶用受信機の性能基準が定められ、このための運用マニュアルが作成中です。

さらに、今後、無線機器関連で審議予定となっているもので、「インターネット通信を利用するための指針の作成」と「VHF 音声通信のデジタル化のための移行枠組みの作成」があります。

インターネット通信に関しては、航海計器である電子海図情報表示装置、通称 ECDIS が、2026 年から、国際水路機関が作成した新たな電子海図基準を扱えるようになり、海図情報に加え、潮流等の航海情報や航行警報のような海上安全情報等が、インターネット経由でダウンロード、ECDIS へ自動的に表示できるようになったことから、インターネット通信を、どのように安全かつタイムリーに利用できるかの指針を作成することとなっています。

VHF 音声通信については、デジタル化することにより、より明瞭な音声で通信が可能になり、アナログより効率的な周波数利用でチャンネル数の増加もできることから、国際電気通信連合による周波数の検討に加え、IMO でも、どのようにアナログ無線機からデジタル無線機に移行していくかについて、移行のための枠組みを作成することとなっています。

3. 航海計器の進歩

航海計器は SOLAS 第 V 章で規定されていますが、この第 V 章では、航海計器のみではなく航行警報、気象情報業務、捜索救助業務、航路標識業務のような沿岸国義務、水先人の移乗施設や船長の義務等の航行安全に関する事項が規定されています。

船で使う衛星航法システムについては、IMO の定める世界無線航法システムに従って認証される必要があります。これまでは、アメリカの GPS、ロシアの GLONASS、EU のガリレオ及び中国の北斗衛星航法システムが認証されていましたが、地域的な衛星航法システ

ムとしてインドの IRNSS 及び日本の QZSS（みちびき）が、追加で認証されています。

電子傾斜計は、船長等の操船者に船舶の傾斜に関する情報を提供し、運航に係る適切な意思決定を支援すること、また、海難事故が発生した場合に、船体の傾斜状況を把握し事故調査分析に役立てることを目的として、船舶の横揺れ傾斜角及び横揺れ周期を計測し船橋で表示するとともに、航海情報記録装置（VDR）に記録する機器ですが、3,000 トン以上のコンテナ船及びバルクキャリアについて、2026 年に搭載が義務化されることとなっています。

これまでの紙海図に変わり、ディスプレイ上で海図や関連情報を表示できる電子海図情報表示装置、通称 ECDIS は、SOLAS 条約により、2002 年から一定以上の大きさの船舶に搭載されるようになりました。この ECDIS は、国際水路機関（IHO）が作成した S-57 による電子海図データを表示するようになっていましたが、この電子海図データや航行警報等の他の情報をインターネット等でダウンロードし、ディスプレイ上に自動的に表示できる、新たな電子海図規格 S-100 が IHO で作成されたことから、S-57 に加え S-100 電子海図も表示できるよう、ECDIS の性能基準が改正されました。新たな基準では、船で作成した航路計画を陸上の海上交通センター等に送信し、陸上から変更した航路計画を船に返信できる機能を追加されています。S-100 シリーズには、電子海図に加え、表層潮流、精密水深、航行警報、気象情報等の様々情報が電子化されて、インターネット経由でダウンロードできるようになり、航海の安全に寄与することが期待されています。ただし、前述の無線機器で述べたように、インターネット通信は、SOLAS や他の国際規則で規定されておらず、また、サイバーセキュリティ対策をどうするか等の問題があり、今後 IMO で利用のための指針作りが作成されることとなっています。

船舶の位置・速力・進路等の情報を、定期的に周囲の船舶に放送し、航海者が船の周囲の状況を把握するための船舶自動識別装置、通称 AIS も、ECDIS と同様、SOLAS 条約により、一定以上の船舶に搭載されるようになりました。この AIS は、SOLAS 条約に基づく船舶だけでなく、航行の安全に役立つばかりでなく、船の運航管理等の経済運航や海の船舶の動静把握にも資することが分かり、国内貨物船や漁船等にも普及してきています。この結果、AIS の電波が混雑してきたことから、この混雑解消と AIS 以外のデジタルデータを衛星も通じて送ることのできる、新たな AIS と言うべき、VHF データ交換装置、通称 VDES が開発されました。この VDES を AIS と同じように船舶に搭載できるようにするための、SOLAS 条約の改正作業が、現在、IMO で行われており、近い将来には利用が可能となることが期待されています。

4.　その他

前述のような無線通信機器や航海計器に加え、IMO では、現在、自動運航船が航行できるようにするための、新たな規則を作成しています。この規則は、任意でハイレベルな規則であることから、具体的な自動運航装置や無線通信機器の性能や搭載基準等については、さらに将来検討されることとなっています。この検討が開始されれば、SOLAS 条約第 IV 章や第 V 章についても改正が検討され、新たな機器やシステムが、将来、追加されるかもしれません。

5.　まとめ

本稿では、最近の IMO における船上機器の進歩について、概要をお話してきました。国際基準の作成現場は、英語に加え、多くの人が関係する大変な作業と思われていますが、案外、数十人程度の小さな集団で作成され（もちろん、そのような機器を条約改正して搭載する場合は、大きな会議で多くの国の賛同が必要になりますが）、英語もたいしてうまくない人が参加しています。今後のデジタル技術の発展や気候変動、人口減少に伴い、さらに新たな機器や装置が誕生し、IMO で船の搭載について議論されていくことと思います。一度、そのような現場を見ていると、案外、楽しいかもしれません。

イギリス・ロンドン・エンバンクメントにある国際海事機関（IMO）
IMO は国際連合（UN）の専門機関です

バーチャル AIS 航路標識について

海上保安庁交通部企画課・航行安全課

海上保安庁では、船舶交通の安全確保を図るための取組みとして、船舶自動識別装置（AIS）を活用し、航海用レーダー画面上にシンボルマークを仮想表示させる、「バーチャル AIS 航路標識」の運用を行っています。

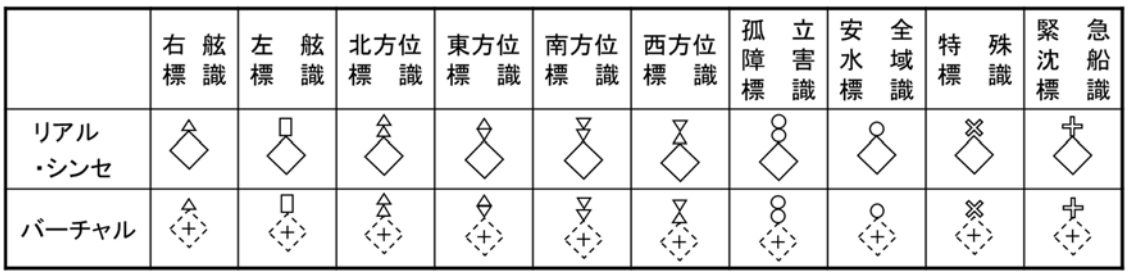
AIS は、針路、速力などの船舶の動静に関する情報だけでなく、航行船舶の指標となるシンボルマークを表示させる機能を有しており、実際には存在しない航路標識を航海用レーダーの画面上において表示させることができます。

バーチャル AIS 航路標識は、実灯浮標に比べ、設置、管理が容易で迅速に実施できる利点があり、国際航路標識機関（IALA）のガイドラインでは、気象、地形又は水路などの条件により物理航路標識の設置又は維持が困難な場合、船舶の通航パターンを効率化できる場合などに有効であるとされています。

一方、全ての船舶がバーチャル AIS 航路標識を表示できる環境にあるわけではないことなどの注意すべき点もあります。

国際的には、平成 16 年に国際海事機関（IMO）において航海用レーダーの性能基準が改正されたことにより、航海用レーダーの画面上に AIS のシンボルマークを表示させることが義務付けられ、さらに、平成 26 年には、新シンボルマークが承認されました。

図　AIS 航路標識のシンボルマーク



○ 我が国における最初のバーチャル AIS 航路標識

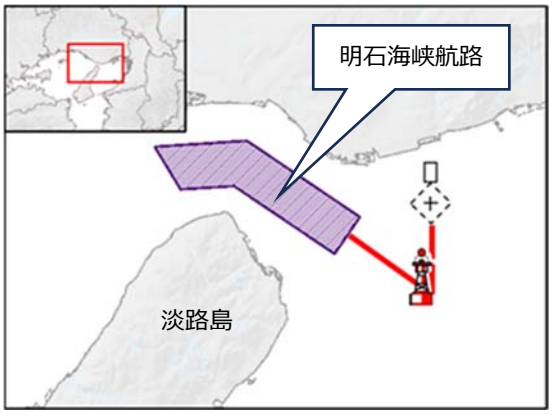
平成 20 年 3 月に明石海峡航路東口付近で発生した多重衝突海難を受け、官・学・民による航行安全対策検討調査委員会を開催し、同委員会において、船舶間の複雑な行き合いが生じる航路東入口付近での安全を確保するためには同海域の整流化が必要であり、そのためには船舶間に安全な距離を保持させ整然と航路に入航させることが最も重要である旨の結論を得たことから、海上保安庁では、平成 22 年 7 月から明石海峡航路東口付近に灯浮標を設置し、海上交通安全法第 25 条第 2 項の規定に基づく経路指定を行うことにより船舶交通の整流を図っています。

その後、平成 24 年 4 月から経路指定の基点をバーチャル AIS 航路標識により示す試行を開始しました。

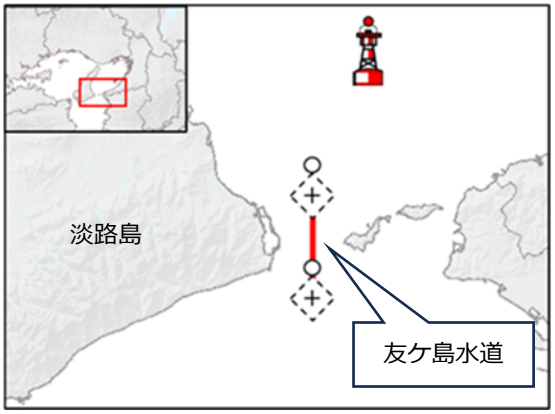
また、由良瀬戸（友ヶ島水道）においては平成 25 年 3 月から同じく経路指定の基点をバーチャル AIS 航路標識により示す試行を開始しました。

両海域においても、その有効性が確認できたことから、平成 27 年 11 月 1 日より正式に運用を開始しています。

明石海峡のイメージ



友ヶ島水道のイメージ



これ以降、推薦航路や経路指定箇所を示すためバーチャル AIS 航路標識の活用を行ってきましたのでその例を紹介いたします。

○ 伊豆大島西方海域の推薦航路について

東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海を結ぶ太平洋沿岸海域は、船舶交通量が多く、複雑な進路交差が生じ、重大海難が発生する蓋然性が高いことから、第 3 次交通ビジョン（平成 25 年 10 月、海上保安庁交通部）における課題として、船舶交通の安全性を向上させる取組みの検討を行いました。

平成 25 年 9 月、伊豆大島西方海域において発生した貨物船同士の衝突・転覆海難を受

け、官・学・民による調査研究委員会を開催し、同海域を対象とした船舶交通の整流化対策として、推薦航路を設置することにより船舶交通の整流化を図ることが望ましいとの結論が得られました。

平成 29 年 6 月の国際海事機関（IMO）による採択を経て、平成 30 年 1 月から伊豆大島西方海域の推薦航路の運用が開始され、同航路の両側端をバーチャル AIS 航路標識で表示しています。

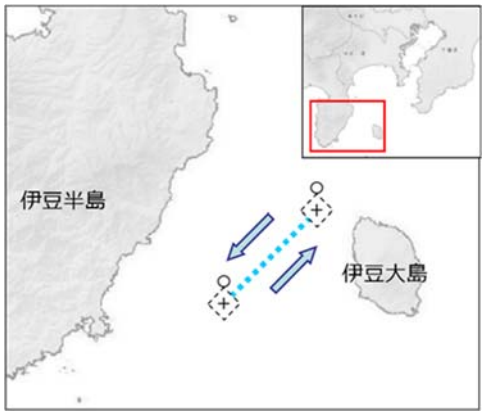
○ 潮岬沖海域の推薦航路について

第 4 次交通ビジョン（平成 30 年 4 月、海上保安庁交通部）に、東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海を結ぶ太平洋沿岸海域における安全対策として、伊豆大島西方海域に引き続き、潮岬沖の整流化対策の調査研究を実施することが明記されました。

官・学・民による調査研究委員会を開催し検討を進めたところ、潮岬沖にも推薦航路を設置することが望ましいとの結論が得られたことから、令和 4 年 11 月の IMO による採択を経て、令和 5 年 6 月から国内 2 例目となる推薦航路の運用が開始されています。

同航路も両側端をバーチャル AIS 航路標識で表示するとともに、推薦航路設定の検討において、推薦航路を航行する船舶の対象範囲が潮岬灯台の南 3.5 海里以内を航行する船舶となったことから、適用範囲を示す位置にもバーチャル AIS 航路標識を表示しています。

伊豆大島西方海域の推薦航路



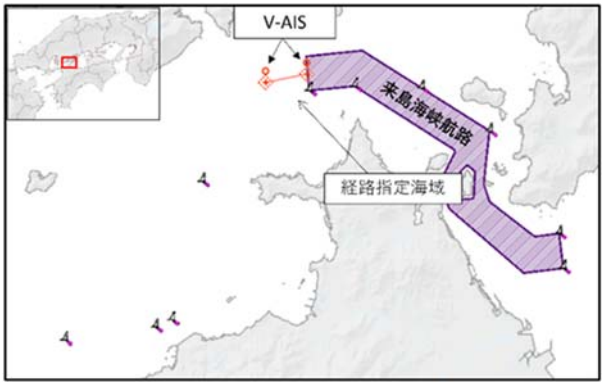
潮岬沖海域の推薦航路

○ 来島海峡航路西側海域の経路指定について

来島海峡航路は、潮流の流向によって通航方式が右側通航から左側通航に変わる世界で唯一の『順中逆西』航法が採用されており、航路の出入口付近において船舶同士の進路の交差が生じ、航路も大きく湾曲していることに加えて潮流も早いことから、全国でも有数の船の難所とされており、古くから海難が度々発生していました。

海上保安庁では、海上交通安全法の規定により来島海峡航路における安全対策を実施していましたが、同航路西側海域において令和３年及び令和５年に死者・行方不明者を伴う船舶同士の衝突が相次いで発生したことを受け、同種事故の再発防止を目的に、学識経験者、海事関係者、漁業関係者、関係官公庁が参加する航行安全対策委員会を開催しました。

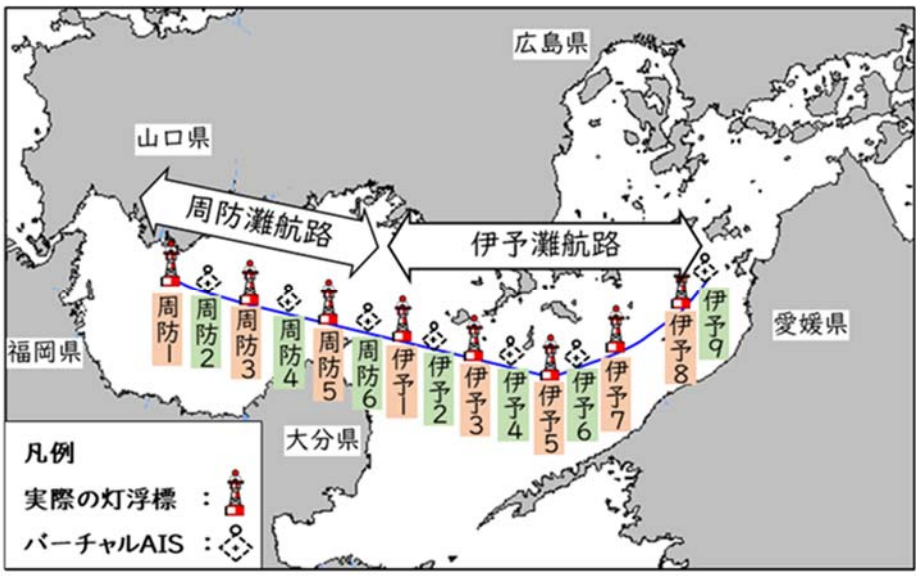
来島海峡航路西側海域の経路指定



同委員会での結論を踏まえ、来島海峡航路西口の入出航に係る経路の指定について、令和６年７月１日から運用が開始され、同経路の両側端にバーチャル AIS 航路標識を設置しています。

○ 伊予灘航路、周防灘航路における取組み

伊予灘航路、周防灘航路では、実在する灯浮標とバーチャル AIS 航路標識を交互に配置して推薦航路を示す取組みを平成 30 年 10 月から試行し、その有効性が確認されたことから、令和６年１月から正式に運用を開始しています。



○ バーチャル AIS 航路標識の緊急表示制度

令和 3 年 7 月、海上保安庁は、台風等の異常気象時における船舶の事故防止対策の一環として、バーチャル AIS 航路標識を一時的に表示する制度を創設しました。

本制度は、平成 30 年 9 月、関西国際空港の連絡橋にタンカーが衝突した事故などをきっかけとして、台風、津波その他の異常気象によって視界の悪化が見込まれる場合に、海上空港やシーバース、石油備蓄基地などの海上施設の付近に当該施設の管理者又は当庁が管理者に代わってバーチャル AIS 航路標識を一時的に表示することで、施設への船舶衝突事故の未然防止を図るものです。

令和 4 年 9 月、大型で猛烈な強さの台風第 14 号が近畿地方に接近することが予測されたため、阪神港堺泉北区に所在するシーバースの管理者からバーチャル AIS 航路標識を当庁が管理者に代わって表示することの申出があり、船舶の避難勧告等の発令に合わせて、制度創設後初となるバーチャル AIS 航路標識の緊急表示を実施しました。

緊急表示は、船舶の航海用レーダー画面上に施設の付近にあたかも航路標識が実在するかのようなシンボルマーク（バーチャル AIS 航路標識）を表示させて施設の存在をみえる化し、「衝突の危険があるので施設から離れて航行してください」、「錨泊する際は、施設の周辺を避けてください」との意図を伝えます。

2022 年台風第 14 号接近時のバーチャル AIS 航路標識
表示イメージ（実際のレーダー画面を基に作図）

バーチャル AIS 航路標識を緊急表示したことなどによって、船舶が施設に接近して航行したり、施設の近くに錨泊することが回避され、台風の強風にあおられて針路を保てなくなったり走錨したりして施設に衝突する事故を防ぐことができました。

○ 終わりに

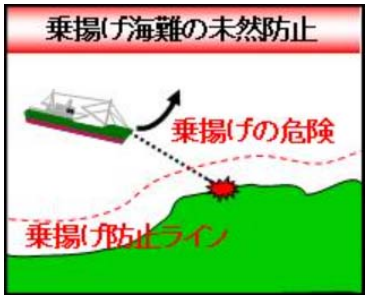
海上保安庁では、船舶交通の安全確保を図るため、これまでの実績も踏まえ、引き続きバーチャル AIS 航路標識にかかる取組みを進めていくこととしています。

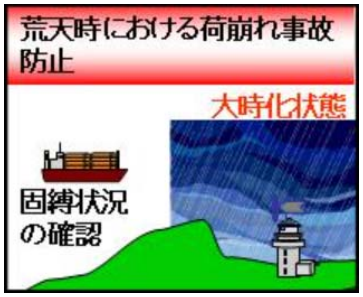
海上保安庁による AIS を活用した航行支援システム

海上保安庁では、海上交通センター（海上交通センターがない海域においては管轄する管区海上保安部）から、AIS による情報提供を行っています。AIS を搭載している船舶は、次の事項を守ってください。

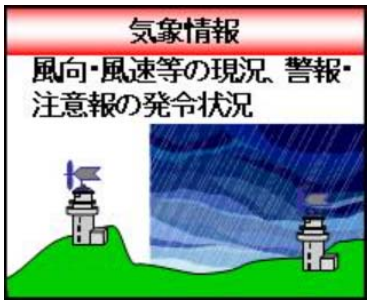
- ○ AIS の電源を常時 ON
- ○ 出港前に自船の AIS 情報が正しく入力されているか確認
- ○ AIS 受信メッセージを定期的に確認

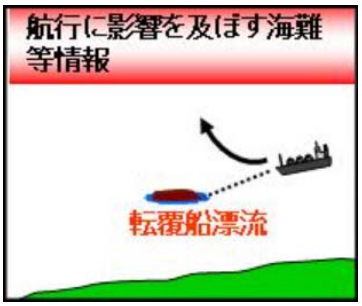
情報提供例（個別注意喚起）





情報提供例（各種の情報）





東京湾海上交通センター運用室

出典：海上保安庁交通部
https://www.kaiho.mlit.go.jp/syoukai/soshiki/toudai/ais/ais_index.htm

VDES 利用による安心・安全な海

（公財）笹川平和財団　　参与　　工藤 栄介
同　海洋政策研究所　客員研究員　　渡辺 忠一

はじめに

少子化時代にあって、海上が陸上と同程度に安心・安全、かつ、自由で迅速な情報交換可能の場でなければ、親は子供を海の業務に就くことを芳としないであろう。急速に進展する通信技術の支援を受けて、海での仕事や生活を豊かにできないか？ この問題意識を持ちながら、本稿を起こすことにしました。

AIS（Automatic Identification System ; 船舶自動識別装置）導入から約 25 年が経過しましたが、各種事由によって海上のデジタル化は陸上に比べ何周も遅れています。次世代 AIS とも称される VDES（VHF Data Exchange System）の概説と将来展望を述べます。

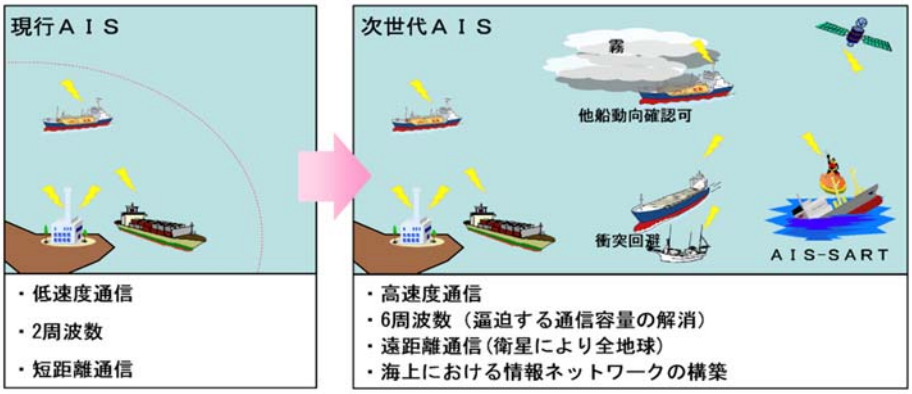
VDES（VHF Data Exchange System）とは

１． 概要：

最近、AIS が普及したこともあり AIS 電波の容量不足が課題になってきた。そこで、AIS の課題を解決し船舶間ならびに船舶と陸上間で情報交換を確実に行う通信手段として VDES が 2010 年代から IALA（国際航路標識機関）で考案され、IMO（国際海事機関）でも 2028 年にも AIS 代替の航行安全設備として規則化される状況です。(1)

VDES は現在の AIS 同様の周波数帯（VHF 帯）を利用した双方向デジタル通信システムであり、国際 VHF や漁業無線等のアナログ通信と相互補完（ハイブリッド）することで、確実な通信が可能です。（下図：次世代 AIS（VDES）国際標準化のイメージ 参照）

この方式に衛星をリンクさせると、極海域を含むあまねく海が陸上と一体化したサイバー空間、即ち「衛星 VDES」となります。　**VDES** = AIS + **ASM + VDE + Sat**



＜略語＞：

・VDES（VHF Data Exchange System ）

・AIS（Automatic Identification System）

自船 ID,位置,速度等を周りの船に発信するシステム（放送）

・ASM（Application Specific Messages）

特定 ID 船舶等から特定船舶等に向けてメッセージ送信を行う（単行通信）

・VDE（VHF Data Exchange）

船舶間で、双方向通信を行う（双方向通信）

・Sat（Satellite）

高度約 600km の周回通信衛星

２． VDES の特徴（メリット）：

上述の通り、VDES は AIS を包含しており、国際 VHF と極めて親和性が高いほか、次のような特徴があります。

① AIS では相手船が受信したことの確認が困難でしたが、VDES では、相手船の「AIS の船舶識別番号」を利用して、直接に個別の相互通信（１対１）が容易にできます。

即ち (i) 連絡したい相手船を正しく認識・特定して通信が可能で

(ii) 相手船通信装置が受信したことの確認や

(iii) 相手船の反応（例えば時々刻々の操舵情報）取得 が可能となります。

因みに、現在の携帯電話や衛星（Starlink 等）は、相手の「電話番号等」が判らないと通信できません。

② VDES の通信可能距離は数 10Km であり、携帯電話の通信域（沿岸から約 10Km）以遠の洋上でも利用可能となります。さらに衛星とリンクすることによって、同じ VDES 通信装置で、衛星直下の直径約 2,000Km の範囲が通信域となります。衛星機数を増やせば世界のあまねく海域にある、すべての船舶が船種を問わず利用可能となります。

③ 通信速度は AIS の 32 倍（最大 307.2kbps)で、動画を送るほどの大容量にはなりませんが、船船間・船陸間のデータリンクを確実に構成可能なシステムです。

④ AIS で問題になっている船舶の“なりすまし”やデータ改竄を防止すべく国際的な検討が進んでいるので、通信データの信憑性はより高いものになるはずです。参考までに、Starlink 衛星、Inmarsat 衛星のブロードバンド通信（Ka 周波数帯）は、政治的に利用できない国がありますが、地上 VDES は AIS 同様に世界中で利用できます。

⑤ なんといっても一番のメリットは、AIS と同様に地上 VDES による安全に関する船舶間通信は基本的に無料となります。

⑥ 音声（国際 VHF／漁業無線）とデータ（VDES）のハイブリッドで確実な通信が可能となります。 即ち、デジタル通信の特性を活かして、皆さんも使われている LINE 同様

に文字＋絵文字（ピクトグラム）通信も可能となります。また、漁労中など手許で VDES 端末が使えない場合でも、将来的にはパトランプ点灯、自動応答等によって通信が対応可能になると思われます。

⑦　アンテナは、AIS 同様で棒状の無指向性の簡単なアンテナで良く、端末も小型・軽量のものとなり、装置全体は省電力、低価格化が期待できます。なお、衛星 VDES は地上 VDES と同じ装置でシームレスに利用が可能となります。

３．　VDES のユースケース：

IALA の検討結果は、ガイドライン（G.1117）として、IMO のアイデア他を含めて下記の通りまとめられています。我が国からも、「協調航法」他のユースケースを IALA に提言し採択されています。

また最近増加している“AIS なりすまし”への対策として VDES への期待が高まっています。

IALAガイドライン（G.1117）に記載のVDESユースケース

IMO e-navigation 戦略的実装　MSP サービス

MSP番号	VDES海事サービスの分類
MSP-1	船舶交通サービス：情報サービス
MSP-2	船舶交通サービス：航行援助サービス
MSP-3	船舶交通サービス：交通整流サービス
MSP4	港湾サービス
MSP5	海上安全情報サービス
MSP6	水先サービス
MSP7	タグボート サービス
MSP8	船陸間通報
MSP9	海上遠隔医療支援サービス
MSP10	海上支援サービス
MSP11	水路図誌（海図）サービス
MSP12	水路書誌サービス
MSP13	氷海航行サービス
MSP14	気象情報サービス
MSP15	リアルタイム水路・海洋情報サービス
MSP16	捜索救助サービス

出典：「船舶航行と衛星VDES」（今津 隼馬、令和3年7月）

その他のポテンシャル・ユースケース

●R-MODE(GNSSのバックアップ)
●メッセージフォワーディング
● AtoN

（以下は我が国から提言したユースケース）
●違法操業監視（IUU）
●協調航法
●海洋状況把握（MDA）
●災害発生時緊急通信

IALA（International Association of Lighthouse Authorities / 国際航路標識協会）は、2024 年 8 月 22 日に協会から国際機関に組織が変わり、International Organization for Marin Aids to Navigation / 国際航路標識機関となりましたが、略称は長年親しまれてきた IALA を使用しています。（編集部注）

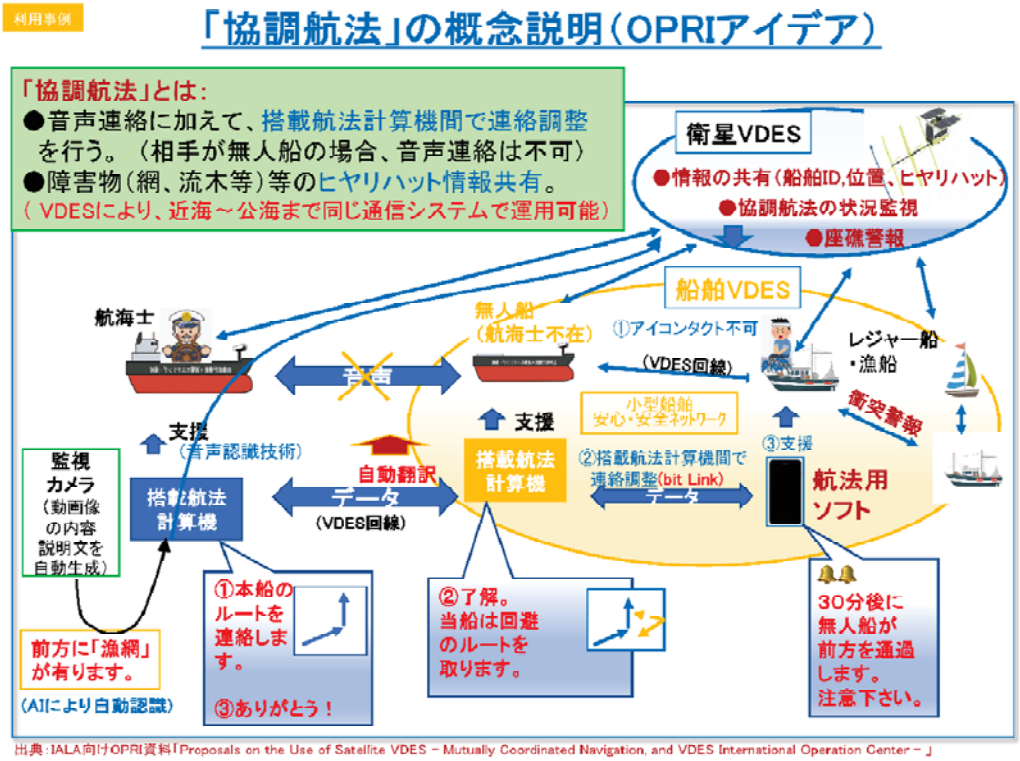
次に、「協調航法」他の詳細を説明します。

■ 「協調航法」による航行安全の向上

1． 概要：

現在、商船は国際 VHF を利用し、漁船は漁業無線／携帯電話を主として利用しているため、両者間の通信手段が極めて貧弱な状態です。このような状況下で「無人船」のプロジェクトが進んでおりますが、音声頼りの通信では乗組員がいない船とのやり取りはどうすればいいのでしょうか？

このような事情を背景に、海洋政策研究所は VDES を利用した「協調航法」（下記機能）を関係者に例示しております。（下図参照（2））



その骨格は下記の通りです。

① 音声に加えてデジタル通信を併用し、搭載計算機支援機能を活用した相手船への進路通知／調整を行う。【安全・安心の多重化】

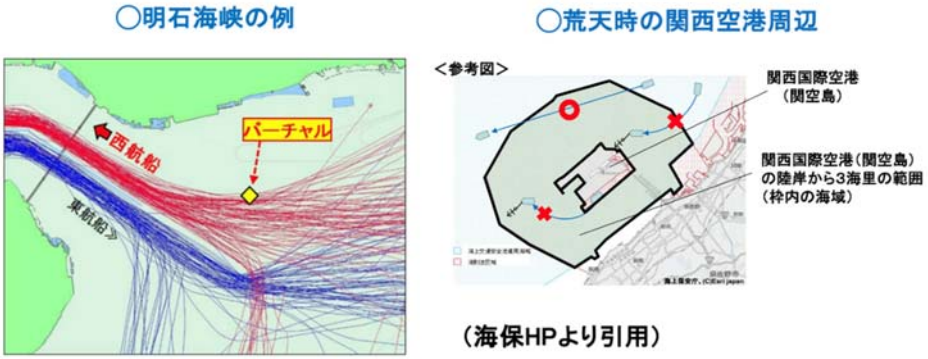
② 航行の障害となる「漁網／流木等の位置」、AIS 信号を「断」にしている船舶の識別、航路筋を、周辺の船同士が共有したり、船舶からの海流情報等を入手する。【航行支援の共助】

以下にもう少し詳しく説明をさせていただきます。

2． 危険海域の通報及び警告：

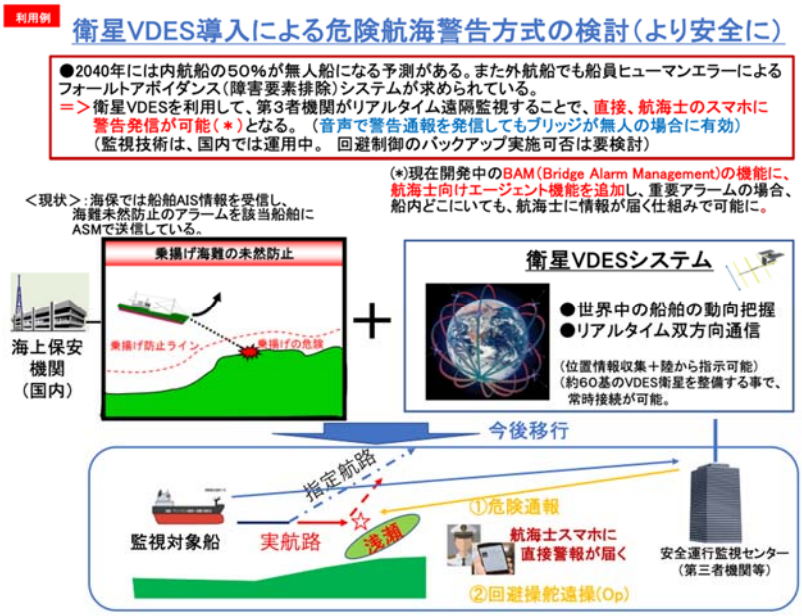
現在、海上保安庁等では AIS チャネルを利用して「バーチャル AIS による航路明示」等

を実施しております。即ち、バーチャルなブイの位置情報を発信したり、本船側に走錨による座礁危険警報の発信が行われておりますが、今後、VDES 導入によりこのような通信は、ASM 通信として独自に割り当てられた周波数を使用し、通知メニューの増加が期待されます。



今後の VDES 利用の発展型として、次のようなことも考えられます。

① 沿岸海上保安機関等は、該船の時々刻々の航跡情報を入手し、座礁の恐れがある場合には、該船に警報を発する。これは、海図や水路の情報が古かったりした場合に有効なバックアップになります。



② 大型船では船内 LAN 装備が一般になってきているので、VDES 経由で、当直員以外の該人のスマホにも警報伝達が可能になります。

3． 多言語対応：

国際 VHF 利用時には、英語のみならず多種の言語が飛び交いますが、VDES のデジタル性を活かして、言語変換が容易となるため、国際間通信として利便性が高くなります。

因みに、最近のスマホ等では音声認識・翻訳がセンターサーバーの支援を受けて自由に行えますが、洋上では、センターサーバーとの高速通信が困難なため、船内装置だけで対応することが求められます。この理由から海洋政策研究所では 2021 年に Android スマホ単体でも翻訳ができることを確認しました。今後の技術進歩を受けて VDES アプリソフト（船内）で翻訳機能が一般化することが期待されます。

４．　収集情報の二次利用：

船舶運航情報ならびに実海域目撃情報／ヒヤリハット情報／乗組員健康情報等の膨大なデータを収集し AI 分析することで、船舶の安全・乗組員の安心、そして最適航路選定による燃費改善（温暖化防止への寄与）が図られることが期待されます。

■ VDES の貢献が期待できる分野

AIS の利用と普及の経緯を見ると、当初の予定以上に様々な利用が普及しています。従って、VDES の利用に関しては、前述のとおり IALA や IMO 等で検討深掘りが実施されていますが、将来は利用者各人の創意工夫・カスタマイズが可能になるため、現在の予測以上に利用事例が多くなることが期待されます。

例えば、下記①～④は、海洋政策研究所から IALA のユースケースガイドライン（G.1117）向けに補足提案させていただいた項目（1）ですし、⑤については欧州／日本に於ける港湾管理関係者が検討されています。

① 違法操業監視（IUU）
② 協調航法（自律航行船のバックアップを含む）
③ 海洋状況把握（MDA）
④ 災害発生時緊急通信
⑤ 温暖化ガス排出削減（経済速度の運航状況を、航路全般で衛星 VDES を利用して観測／誘導することが検討されています。）

■ VDES 導入を目指した内外の取り組み

１．　各国の取り組み（国際動向）：

これまで、VDES に関する検討をしてきた IALA は、2024 年 8 月に政府間組織（IGO）に移行した。また、IMO では、2028 年 1 月に、関連規則の改訂施行を計画しており、各国で、実装／事業化に向けた活動が活発になっています。

なお、VDES 衛星は、ノルウェーが、北極海で静止衛星が見えないため、世界初の VDES 衛星／Norsat-2 衛星を打ち上げました。最近、Saab・AAC Clyde Space・ORBCOMM の

3 社も協業し VDES 衛星を打ち上げています。また、中国は独自に VDES 衛星通信実験を展開しており、昨年の IALA 会合では、北極海航路を睨んで、中国から日本海を経由してベーリング海峡まで、衛星 VDES 通信を行ったことを発表しています。

アジアでは、韓国が VDES アプリケーションに熱心で、シンガポールは港湾管理への適用を検討されています。また、2024 年秋開催のマラッカ協力フォーラムにて、VDES が話題に取り上げられ、しとしとと社会実装の機運が高まっています。

２． 国内の取り組み：

わが国では、民間企業を中心に創設された「衛星 VDES コンソーシアム」が中心になって、海外とも連携しながら、VDES の事業化に向けた取り組みを実施しています。

また、VDES 衛星の技術開発は、2022 年度より開始された、「経済安全保障重要技術育成プログラム／船舶向け通信衛星コンステレーションによる海洋状況把握技術の開発・実証」において、事業化を視野に開発が進んでいます。

なお、海上保安庁ならびに総務省では、VDES 関係調査研究／委員会が開催され、実装備に向けたシステム検討や通信規則整備が進行中です。

３． 海洋政策研究所の取り組み

急進展する宇宙や通信分野の技術を海洋に利用するべく、海洋政策研究所では、2013 年から「海洋と宇宙の政策連携」を標榜し、海洋基本計画と宇宙基本計画に数次にわたり政策提言活動を行ってきました。（3）

その一環として、2020～21 年度「衛星 VDES に関する委員会」（委員長・東京海洋大学名誉教授・今津隼馬氏）を設置し、第 4 期海洋基本計画に衛星 VDES が新しい施策として位置づけられるようになりました。

また、国際航路標識機関に対しては、2020 年から ①衛星 VDES の全般的な審議促進、②「協調航法」など VDES の利用ケースの検討、③VDES 運用に関するガイドライン策定に関する IALA 向け提案等の活動をしております。

今後は、商船と漁船・小型船舶などが現場海域で通信が不自由な現状を改善すべく、VDES があらゆる船舶、あらゆる海域で、有益であることの実証試験をする予定です。（4）

■ 全船装備に向けた活動と今後の課題

海洋の安心安全を向上するためには、商船のみでなく、漁船・レジャー船他を含めた「全船舶」が、共通のコミュニケーション手段を持つことが大切です。このため、VDES に関連して、関係各機関が連携し、下記のような啓発活動が行われております。

① 国際機関等における政策検討ならびに標準化検討：

IMO では、2028 年 1 月の SOLAS 条約改正の発効に併せて関連する決議等を策定中です。ITU では、VDES 関連標準（M.2092-1）を発行し現在、改訂版に向けた見直し中です。

② 有益性実証：

IALA／ESA（欧州宇宙機関）では各種実証試験結果が発表されていますが、海洋政策研究所でも上述の通り VDES の有益性実証事業の中で全船舶装備の啓発活動も実施中です。

③ 周知活動：

衛星 VDES コンソーシアムを中心に、AIS 未装備船向け VDES 利用も含めた提案／PR 活動を始めております。

④ 小型船舶用の普及型端末（安価）の開発：

小型船向け普及のためには、安価な端末が有効なため、関係メーカーが検討を開始しています。

⑤ 法制面等の整備：

上記活動を踏まえて、衛星 VDES コンソーシアム／経済安全保障事業（経産省）／海洋政策研究所／関係省庁が連携し、最終的に法制化する等の検討が実施されることが期待されます。

⑥ 人材育成

少子高齢化時代の安心・安全を、デジタル技術で補完することも念頭に、海洋 DX 人材育成を、階層的に実施していく仕組みの検討が必要になっています。

おわりに

「海洋情報創造立国」の国是の下に、豊かで安全な海洋利用のための一手段としての VDES があらゆる船舶に社会実装される時が来ることを願い、この共通の目標に向け、関係各位のご理解とご協力をお願い申し上げます。

＜参考文献＞
(1)「G.1117 VHF DATA EXCHANGE SYSTEM (VDES) OVERVIEW」
（IALA Hp：https://www.iala.int/product/g1117/）
(2)「衛星 VDES を利用した「協調航法」について」
（渡辺 忠一、日本航海学会 航法システム研究会 2021 年度春季研究会）
(3)「衛星 VDES に関する提言」
（海洋政策研究所、2022 年）
(4)「衛星 VDES の有益性実証 事業について」
（田中 広太郎、海洋政策学会年次大会、2023 年 12 月）

レーダーの進歩　固体化レーダーの登場

古野電気株式会社　営業企画部　商品企画課　高島 恵美

はじめに

従来の船舶用レーダーはマグネトロンを使用してマイクロ波を発生させていましたが、近年は固体素子（半導体）を使用して電波を生成するレーダーへの注目が高まっています。固体素子の英名である Solid State Device の Solid State の部分が和訳され、「固体化レーダー」という通称で呼ばれています。

固体化レーダーの仕組み

固体化レーダーは、送信出力がマグネトロンに比べて低く、送受信部の消費電力が低減されます。マグネトロンでは数 kW あった送信出力が、固体化では数十～数百 W の出力となります。このような低電力で高い探知性能を得るため、パルス圧縮という技術を用いてピーク電力を確保します。

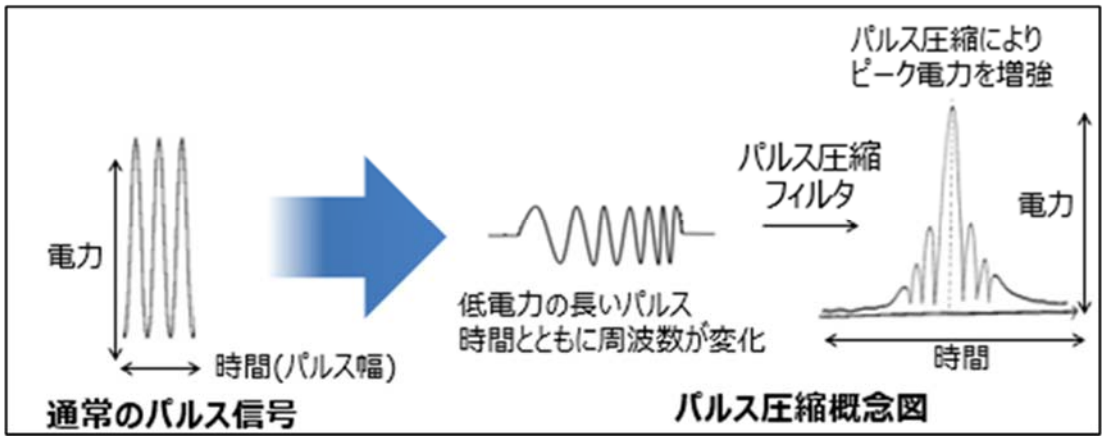


図１　パルス圧縮

固体化レーダーの利点

1.　メンテナンスコストと手間の削減

マグネトロンは使用するにつれて劣化が生じるため定期交換が必要ですが、固体素子は半永久的に劣化が生じないため、交換に伴うコストや手間を削減できます。

2.　最小探知距離が向上

固体化レーダーは、受信時にパルス圧縮フィルターを通して受信信号のパルス幅を狭く

します。これにより距離分解能が高くなり、マグネロトンレーダーと比較して最小探知距離が向上しています。至近距離の障害物もクリアに捉えるため、狭水道の航行時などに役立ちます。

3.　安定した探知性能

マグネトロンレーダーでは経年劣化による探知性能の低下が避けられませんでしたが、固体素子の経年劣化は極めて少ないので、長期間に渡り安定した性能を発揮します。マグネトロンの消耗を気にして送信を止める必要もありません。

4.　余熱時間不要の即時送信

固体素子はマグネトロンと違って余熱が不要なため、電源を入れるとすぐに送信可能な状態となります。マグネトロンレーダーのように電源を入れてから数分間待機する必要はありません。

5.　送電波資源の効率的な活用

送信周波数にばらつきがあるマグネトロンレーダーと異なり、固体化レーダーでは決まった周波数の電波を生成することができます。占有する周波数帯幅が少なく、電波資源の効率的な活用に貢献します。

6.　電波干渉の減少

不要な電波の抑制が可能で、周囲への電波干渉を減少させることができます。

固体化レーダーの特長を活かした機能「ターゲットアナライザー™」

古野電気でも固体化レーダーを開発・実用化しており、さらに固体化レーダーならではの特長を活用し、今までにない新たな価値提案を行っています。

固体化レーダーでは、前述のとおり決まった周波数の電波を発生させることができ、位相が安定するため、その位相情報を活用したドップラ信号処理が行えます。これにより、マグネトロンレーダーにはない先進的なターゲット検知機能を実現できます。

古野電気の固体化レーダーに搭載されたターゲットアナライザー™機能は、固体化レーダーのドップラ効果を利用したターゲットの接近判定により、自船に接近してくるターゲットで衝突の可能性がある船を自動判定し、他の船とは異なる色で表示する機能です。危険物標だけを赤色で表示することで、視覚的にわかりやすくなり、早期の危険察知や進路選択、回避行動を支援します。また、レインモードは雨エコーを青色で表示します。雨エコーと危険物標、危険ではない物標を同時に表示することができますので、雨を避けながら航行する時に便利です。

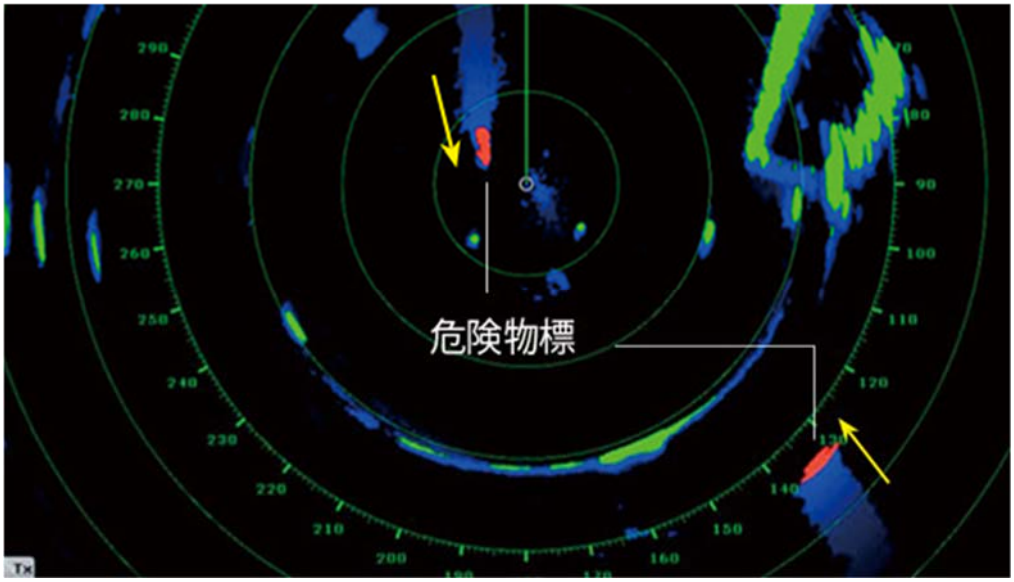


図２　危険ターゲットの色を変えて表現するターゲットアナライザー™機能

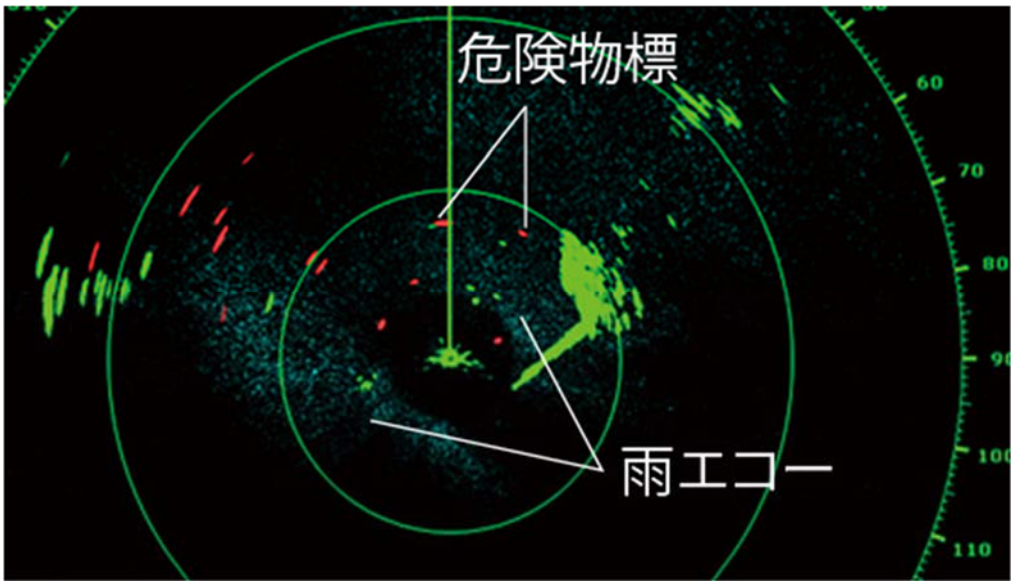


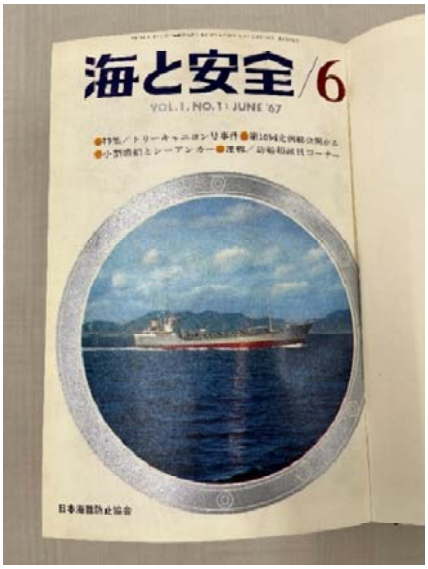
図３　ターゲットと雨雪反射のエコーの色が違ってわかりやすい

固体化レーダーの今後

レーダーの連続稼動が必要とされる大型商船や陸上の監視局では、マグネトロン交換不要というメンテナンス性向上の観点から、固体化レーダーの導入が増加しています。一方で、小型船舶への普及はまだ進んでいません。国内においては、小型船舶での固体化レーダー導入促進のため、2024 年末、固体化レーダーの無線従事者免許を不要とする使用条件の緩和が総務省の官報にて発表されました。ユーザーにとって免許取得・更新の障害がなくなり、今後は広く固体化レーダーの普及が進むと見られています。

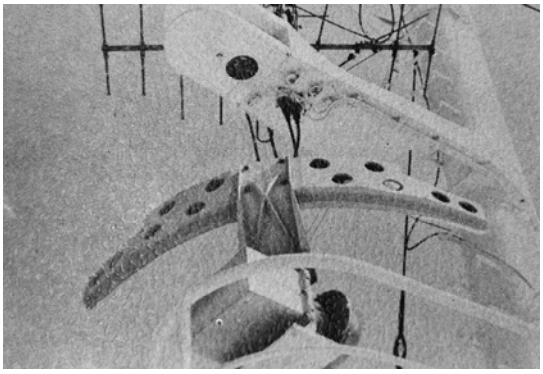
日本海難防止協会は 1958 年に創立し、「海と安全」は 1967 年（6 月）に第 1 号が誕生しました。それまでは「日本海難防止協会報」という、冊子ではなく新聞形式で情報を発信していました。協会の書庫には協会報第 1 号から保存され、往時を偲ぶことができます。

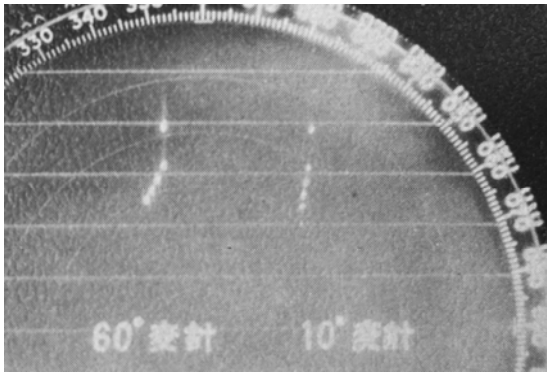
さて、「海と安全」で一番古いレーダーに関する記載は何号か。探してみたところ、第 1 号には既に掲載されていましたので紹介します。



海と安全 第 1 号

「スライド紹介」という記載が見えると思います。第 1 号発刊の 1967 年度の事業計画を見てみますと、全国 30 か所で海難防止講習会、40 地区で巡廻講習会を行っており、「スライド映画の製作 4 本、幻灯機 20 台、同フィルム 432 本、映画用既成フィルム 10 本を購入」との記載があり、当時から視覚教育が行われていたことがわかります。ここで紹介されているスライドは、その中の一つなのでしょう。





当時のレーダーアンテナとレーダースクリーン

※「60°変針」と「10°変針」の文字は、教材のスライドに記載されたものです。

安全な航海をサポートする「new pec smart」アラート機能のご紹介

株式会社マップル・オン 取締役 高橋 裕亮

小型船舶向け航海支援アプリ「new pec smart」の開発・販売を行なっている、株式会社マップル・オンの高橋です。今回は「new pec smart」の機能の一つである、「アラート機能」について紹介させて頂きます。

先に「new pec smart」について簡単に説明させて頂きます。

「new pec smart」は、（一財）日本水路協会が発行する航海用電子参考図 new pec を、iOS・Android スマートフォン・タブレット上で表示させる専用の航海支援アプリで、海上特有のハザード情報（浅瀬、魚礁、定置網など）や海底地形・大型船の航路・灯台といった、航海に必要な情報を網羅しており、沿岸小型船舶に備える海図の代替設備として、日本小型船舶検査機構（JCI）が定める要件を満たしております。

マップル・オンは、（一財）日本水路協会の new pec ファミリーの一員として、航海の安全に寄与しております。

「new pec smart」に表示させる地図は、オンラインで常に最新の情報を見る事ができますが、海上でオフラインになった時の為に事前にダウンロードしておくことも可能です。

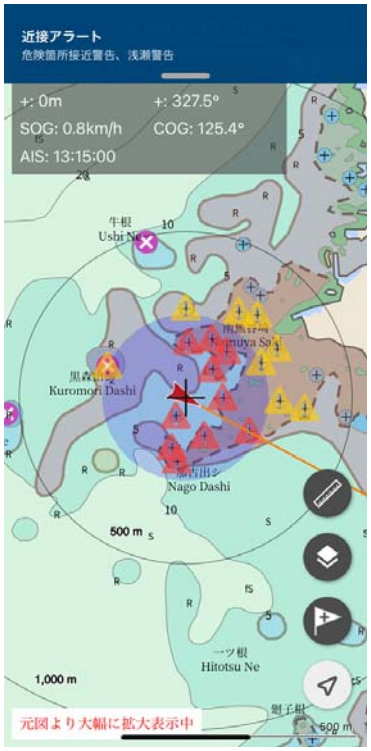
※ アラート機能は iOS 版にのみ搭載される機能で、Android 版は現在開発中です（2025 年 1 月現在）。

浅瀬や岩礁、他船が多い沿岸区域では、常にアプリを見ながら操船する事は危険です。そこで、new pec の持つハザード情報と、スマートフォンの GPS から取得出来る現在地・進行方向・速度から事前に危険を察知し、ユーザーへ聴覚・触覚といった視覚に頼らない方法で通知するのが「アラート機能」です。

アラート機能には「近接アラート」と「離脱アラート」の２種類があります。「近接アラート」は航行中に自船に危険が迫った時に、「離脱アラート」は走錨中や航海ルートから自船が離れてしまった時に、幾つかの方法でアラートを出します。

アラートには「注意」と「警告」があり、自船から設定した距離に浅瀬や危険箇所が迫った場合には黄色で「注意」を、さらに設定範囲を超えて近づいた場合には赤色で「警告」を示します。

通常画面



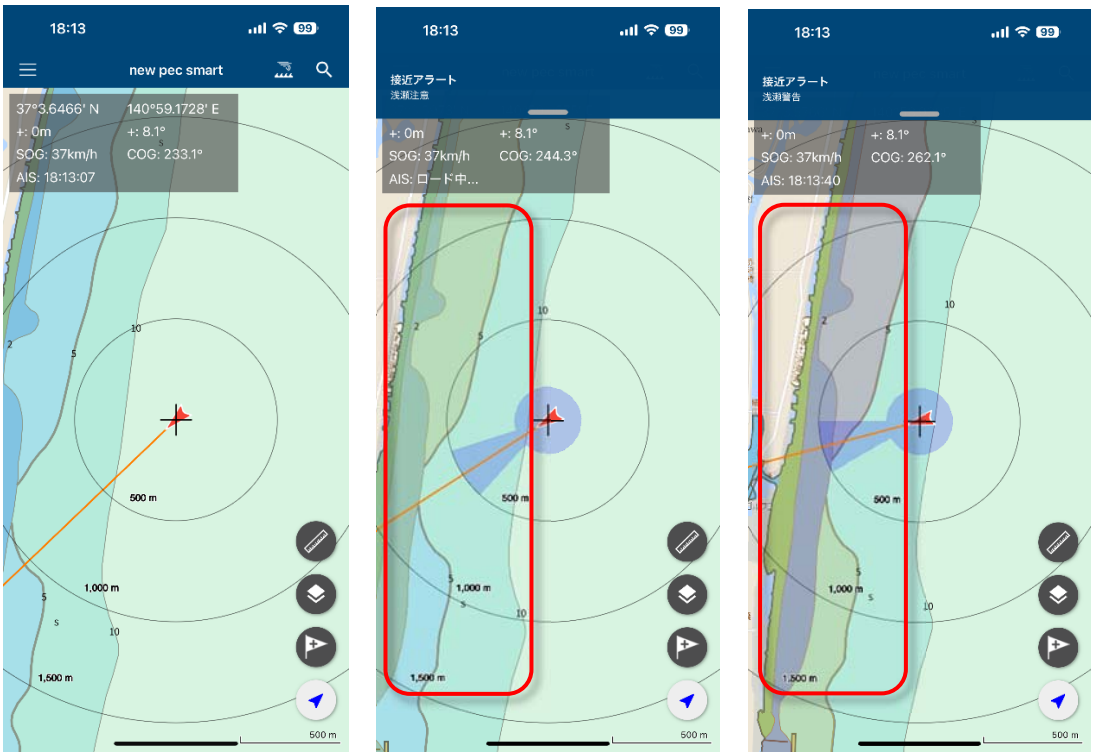
アラート機能有効時

アラートはアプリがホーム画面の状態でも確認出来る「プッシュ通知」、スマートフォンがポケットに入っていても気づくように「音声」「バイブレーション」、画面を伏せて置いていても分かるよう「フラッシュ」の４種類の方法が設定出来ます。

「近接アラート」には「浅瀬」、「危険箇所」、「他船（AIS）」の３種類があります。近接アラートは自船に対して設定距離を全方位でサーチする方式と、航行速度によって自船周辺・針路方向の範囲を変更してサーチする方式が選べます。

■　近接アラート　浅瀬

安全等深線や干潮帯等に自船が接近すると注意・警告を出します。

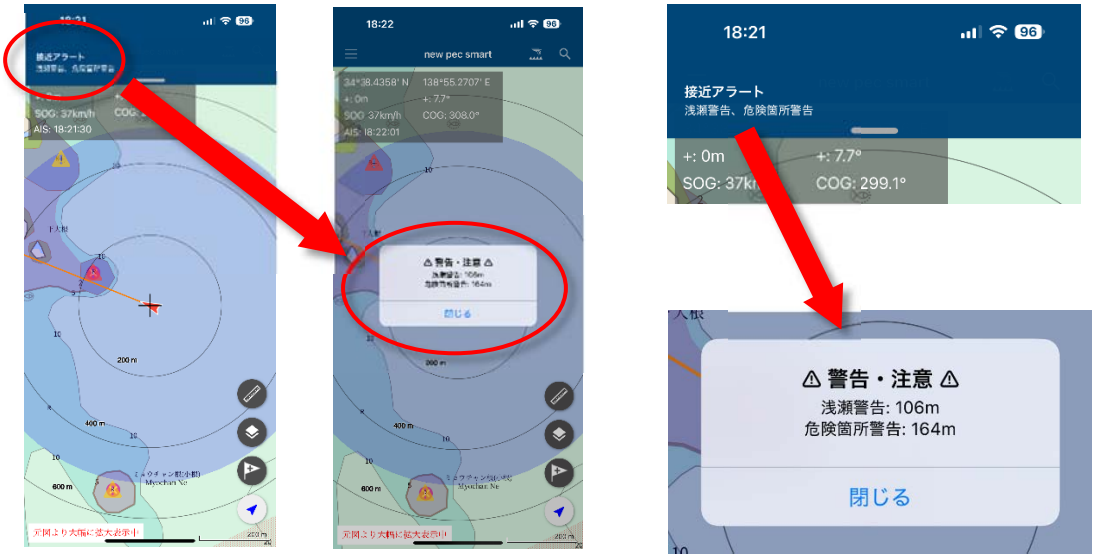


通常時　　注意アラート　　警告アラート

安全等深線（この画面では５ｍ）に近づくと、等深線の内側が黄色に変わります。更に近づくと赤色に変わります。

■　近接アラート　危険箇所

暗岩や洗岩などの航行危険障害物や定置網等に自船が接近すると注意・警告を出します。

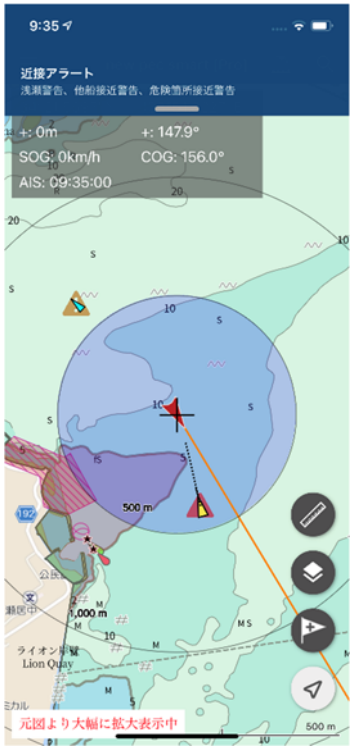


■　近接アラート　他船（AIS）

当アプリでは、AIS（自動船舶識別装置）を搭載している船舶の情報を、インターネット経由で取得して表示する機能が搭載されています。

この AIS 情報から、自船と他船が接近すると注意・警告を出します。

他船アラート ➡



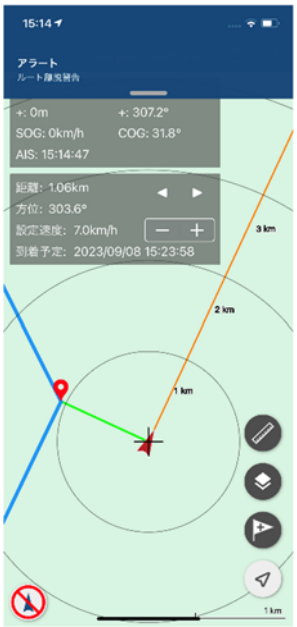
※ インターネットに接続出来ないエリアでは
この機能は利用出来ません。あらかじめご注意下さい。

■　離脱アラート

離脱アラートには、「走錨アラート」と「ルート離脱アラート」があります。「走錨アラート」は、錨泊（アンカリング）する際に投錨地点を登録しておくと、自船が流された場合に注意・警告を出します。

「ルート離脱アラート」は、航海計画を事前にアプリ上で作成し、ナビゲーションモードに設定している際に航海計画上のルートから離れると注意・警告を出します。

走錨アラート



ルート離脱アラート

最後に、当アプリは操船時の危険を回避する補助が目的のアプリですので、必ず目視による安全確認を行いながらご利用下さい。

三次元重心検知転覆予知波高計

東京海洋大学　教授　渡邉 豊

1.　頻発する原因不明な転覆事故

船舶の転覆事故は、古くから現在に至るまで発生し続けており、特に最近では大型船から漁船に至るまで、転覆事故の発生は顕著になってきている。例えば、2024 年 12 月 29 日に生じたイスターブール港でコンテナ船転覆事故は、岸壁に接岸中にコンテナを本船に荷役している最中に生じた 1)。日本でも上記と同様な事故が最近生じている。2022 年 7 月 31 日に、徳山下松港コンテナふ頭に接岸荷役中のコンテナ船が転覆した 2)。現在のコンテナ輸送においては、コンテナ船に積み込まれるコンテナの重量、積載品目、仕向け地等のすべての情報は、荷役開始前にコンテナターミナルにより完全に把握されており、かつ、本船の燃料タンクと水タンクの残量、バラストの充填状況、喫水計測値なども、出航前にすべて明らかである。そのため、造船所で作成された排水量曲線図に基づき、本船の復元力計算（以後、既往理論と記す）が事前になされた後に、荷役作業が行われている。船積みコンテナの情報も、本船の船体と積載状態の情報も、明らかであるのに転覆事故が生じている事実は、注目すべきである。

さらに深刻であるのは、漁船の転覆事故である。例えば、2024 年 12 月 20 日に青森県大間沖で生じたマグロ漁船の転覆事故 3) は、その典型である。漁船は、沖に出てから漁獲するため出航前の船体と積載情報ありきの既往理論は適用不可である。大間の転覆事故で命を落とした船長は、漁業歴数十年の大ベテランかつマグロの初セリ入荷落札価格の日本新記録の保持者であった。この事実は、豊富な出漁経験を有し洋上での卓越した漁労操船ノウハウを有する漁業者においても、転覆限界を事前に察知することは難しいことを示している。

2.　三次元重心検知転覆予知波高計

この問題を解決するには、船体情報も積載情報も未知のまま転覆危険性を的確に数値で示す、新たな考え方が必要である。この目的で発明され開発されてきたのが、三次元重心検知転覆予知波高計である。同理論の考え方と実証は後述するとし、ここでは最新のプロトタイプを紹介する。図 1 左は、パソコン版のプロトタイプであり、必要となるハードウェアは、パソコンのほかネットショップで誰でも購入可能なモーションセンサー（アマゾンで六千円台）のみである。図 1 右は、マイコン版のプロトタイプであり、必要なハードウェアは、

マイコン（Raspberry pi Zero2 上位機種）、モーションセンサー、転覆危険度表示用の LED、そして、モバイルバッテリーである。

図１　三次元重心検知転覆予知波高計プロトタイプ（左：パソコン版，右：マイコン版）

この技術に必要な入力情報は、モーションセンサーから得られる Heave（垂直方向の加速度）と Roll（左右方向への回転角速度）のみであり、船体情報も積荷や漁獲の積載情報も、一切無用である。

計測開始後に数分で船体重心並びに転覆限界重心が検知され、リアルタイムに転覆危険性が百分率で示されてゆく。合わせて Roll 限界角との関係から、転覆限界波高も示される。

3.　三次元重心検知理論

本理論は、既往理論とは考え方が全く異なる。まず、船体には左右同時に復元力が発生すると仮定し、この復元力をばね力学に相似させる。海面に波があってもある一定の水深以下では水中の揺動は皆無となることから、Roll の支点は船体の下方にあると仮定する。この仮定に基づき、船体には、①上下方向に単振動、②左右方向に Roll、③Roll 傾斜に伴う水平方向への変位、の３つが生じるとして、連立方程式を立てると、復元力のばね定数と質量が消去されて、入力を Heave 周波数と Roll 周波数のみとして、重心(l)、転覆限界重心(lmax)、Roll 角(θ)、転覆限界 Roll 角(θ max)、船体に影響を与えている波高(h)、転覆限界波高(hmax)が出力される[4]（図 2）。

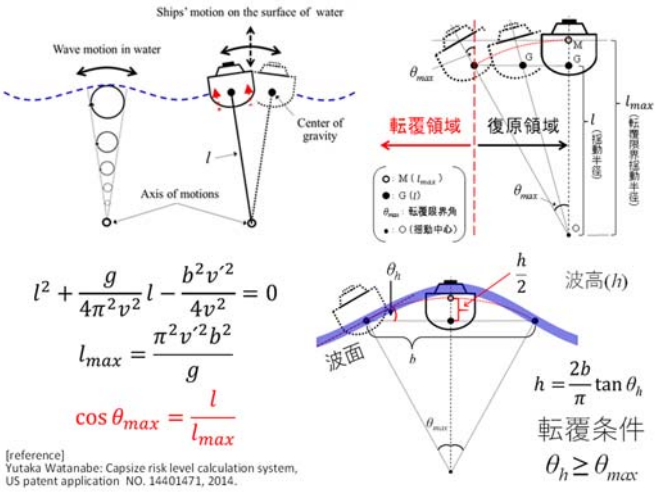


図２　三次元重心検知理論

4.　　基礎実証実験

気仙沼においてボート型の漁船と総トン数 2 トンの漁船を海面上に浮かべ、これらの船に、氷や海水を積み荷として積み込んでゆき、転覆させた。船内に図 1 に示したプロトタイプを設置して Heave と Roll を計測した。三次元重心検知理論をリアルタイムに適用した結果が図 3 である。転覆の瞬間に、転覆危険度は 95%以上に達していた。転覆危険度が高くなれば、船体はわずかな傾斜でも転覆することを確認できた。

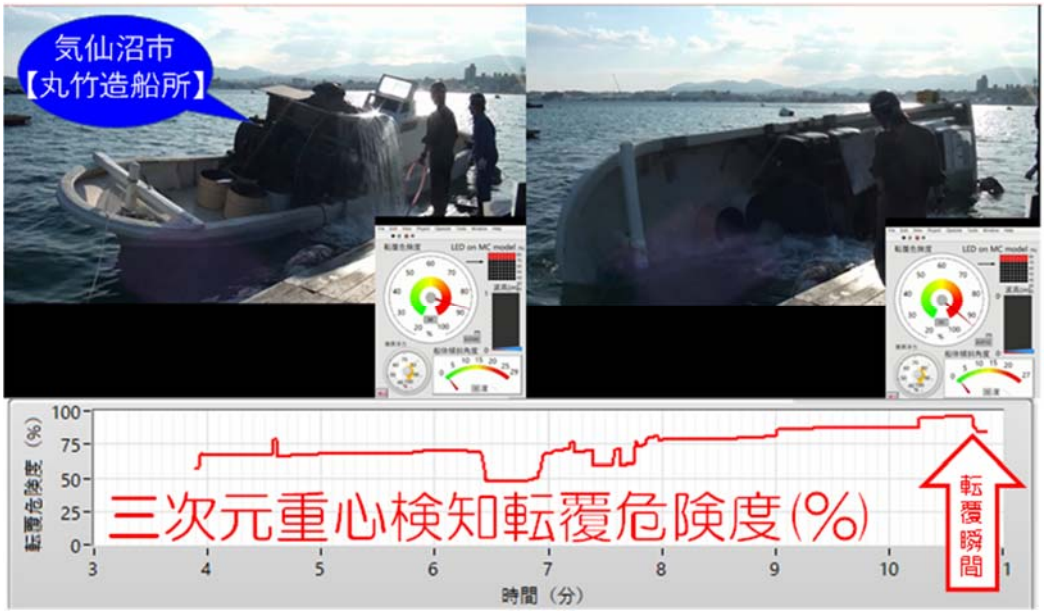


図 3　三次元重心検知理論を実証した基礎実験（総トン数 2 トンの自走漁船）

5.　　応用実証実験

船舶は、陸上の輸送機関と異なり、その規模が桁違いに相違する。例えば、小型漁船や交通艇は数十トン、近海離島航路の船舶であれば数百トン、大型フェリーや外航船ともなれば数千トンから数十万トンにまで、規模が拡大する。したがって、三次元重心検知理論が船舶に適用できるか否かを検証するためには、規模の桁が異なる船舶のロールとヒーブを計測して、三次元重心検知理論適用結果を比較検討する必要がある。そこで、規模の桁がそれぞれ異なる船舶に対して、三次元重心検知理論を適用することにした（図 4）。

これらの船舶に乗船して図 1 に示したプロトタイプを船内に設置して、航海中に三次元重心検知理論を適用した。その結果を表 1 に示す。

船舶名称	船舶写真	運航主体	計測日	計測時間（分）	全長 (m)	全幅 (m)	総トン数
南海フェリーあい		南海フェリー	2022年9月15日	6	108	18	2825
福岡市営渡船きんいん1		福岡県福岡市	2022年8月3日	6	27.6	8	120
福岡市営渡船フラワーのこ		福岡県福岡市	2022年10月4日	6	31.2	10	169
福岡市営渡船みどり丸		福岡県福岡市	2022年8月9日	6	29	6.4	94
やよい		東京海洋大学	2024年8月6日	6.9	17.8	4.3	19

図４　三次元重心検知理論適用船舶 5) 6)

船　舶	計測結果		三次元重心検知理論適用結果				
	ν' (Hz)	ν (Hz)	l (m)	l_{max} (m)	b (m)	h_{max} (m)	θ_{max} (度)
南海フェリー・あい	0.203	0.147	6.511	10.182	10.182	11.983	50.249
福岡市営渡船・きんいん1	0.460	0.230	1.790	2.470	3.406	2.063	43.577
福岡市営渡船・フラワーのこ	0.335	0.197	2.901	4.213	6.111	4.097	46.486
福岡市営渡船・みどり丸	0.439	0.287	1.529	2.302	3.443	2.469	48.398
本学・やよい	0.527	0.391	0.943	1.490	2.307	1.797	50.735

表１　三次元重心検知理論適用結果

これを見ると、船型が大きいほど転覆限界波高 hmax は大きくなる傾向を確認できるが、転覆限界角度 θ max は船型によらず大差がないことも分かる。この理由としては、船体に影響を与える波高は、波の波長が Roll に伴う船体の水平方向への変位幅の２倍となるときに、顕著になるからと考えられる 4)。つまり、小型船に危険な波は、大型船にとっては周期が小さく波長も短いため、船体が複数以上の周期の波の上に乗る形になり船体は傾斜しない。これに対して大型船にとって危険な波長が長く長周期な波は、小型船にとっては、船体は始終波面にへばり付く形となり、波面に対しての船体傾斜は顕著にならない。

6.　大間転覆事故の原因究明

事故当日の事故海域の有義波高は約 1m であったと報告されている 3)。表１においてこの事故漁船と船型が比較的近いのは、東京海洋大学のやよいである。そこで、転覆限界波高 (hmax)をこの事故に当てはめてみる。やよいの hmax は 1.797m と計算されている。この波高は、気象庁が公開している有義波高の解説 7) から判断すると、2～3 時間に一度は転

覆の危険にさらされる値（有義波高の 2 倍の値）となっている。さらに、事故当時に、この漁船が既にマグロの漁獲を得ていたと想定すると、その状態での hmax はさらに低い値になっていたと想定できる。気象庁の解説 7) によれば、10～20 分に一度は有義波高の 1.5 倍程度の波高が出現するとのことであるので、転覆のリスクはかなり高い状態であったと想定できる。

この事実は、豊富な出漁経験を有し洋上での卓越した漁労操船ノウハウを有する漁業者においても、転覆限界を事前に察知することは難しいことを示している 8)。

7. 転覆事故防止研究における最も大切なこと

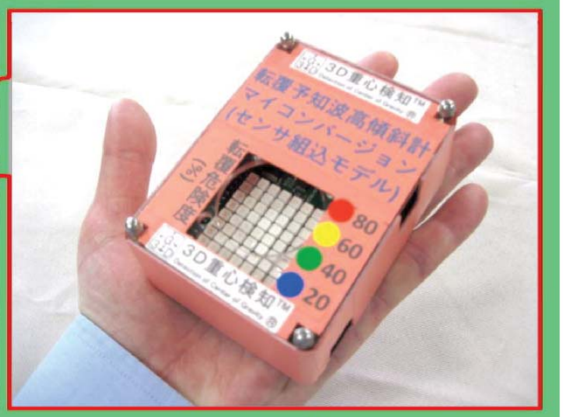
三次元重心検知理論を生み出す前に、不思議に思っていたことがある。転覆事故防止に関する既往研究がとても少ないことと、特に、実物の船舶を転覆させた既往研究がほとんど見当たらなかったことである。そう感じていた当時に、痛ましい韓国のセウォル号転覆事件が生じた。この事件の転覆原因は、いまだに完全には解明されていないが、諸説の中の一つに、過積載であったことがあげられる。運航船社が過積載を隠すために船底にあるバラスト水を抜き、その分より多くのトラックを船内に導き入れていた。確かにこの方法であれば、喫水鑑定結果を排水量曲線図に落とし込んでも、過積載を見抜くことはできない。しかし、現実には重心は上昇し、転覆一触即発の状態で出港したのであろう。

震災復興の縁を受けて、三次元重心検知理論は、気仙沼の諸氏の協力により、実物の漁船を転覆させる実験により実証された。同実験実施にご協力を賜った諸氏に、この場を借りて深く感謝の意を表する。

参考文献

1) https://www.fnn.jp/articles/-/808044, 貨物積み込み作業中に船体が傾き“転覆”積み方に問題ありバランス保てなかったか　トルコ・イスタンブール｜FNN プライムオンライン, アクセス日：2024 年 12 月 30 日.
2) https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001572071.pdf, 徳山下松港内航コンテナ船転覆事故における 港湾分野の対応, アクセス日：2024 年 12 月 30 日.
3) https://news.ntv.co.jp/n/rab/category/society/ra0c11661742564b67943e53ae052a0bdc, 3 億円の一番マグロ漁師が行方不明　青森県大間町沖で漁船転覆　発見された同乗者 1 人は死亡　初競りに向け出漁か, アクセス日：2024 年 12 月 20 日.
4) 渡邉, 転覆危険度算出システム, 特許番号 6131247, 2017 年 4 月.
5) https://nankai-ferry.co.jp/intro/ , 南海フェリー船舶紹介, アクセス日：2024 年 11 月 18 日.
6) https://www.city.fukuoka.lg.jp/kowan/kyakusen/sennpakusyoukai.html , 福岡市営渡船, 船舶紹介, アクセス日：2024 年 11 月 18 日.
7) https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/wave/comment/elmknwl.html , 有義波、有義波高, 気象庁, 有義波、有義波高, アクセス日：2025 年 1 月 3 日.
8) 小野寺望鈴, 三次元重心検知理論に基づく海難事故分析, 東京海洋大学大学院修士論文, 2025 年 3 月.

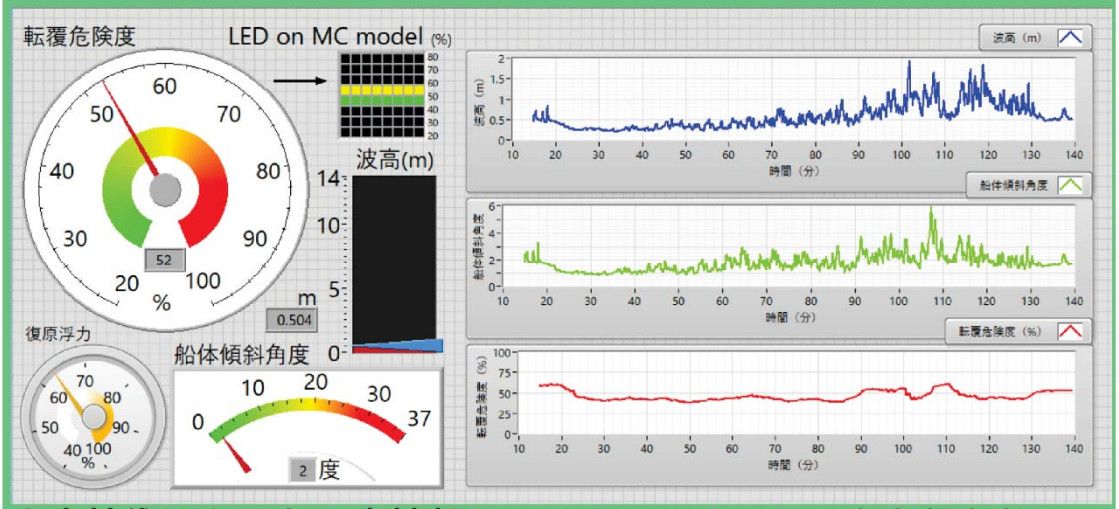
三次元重心検知転覆予知波高計



実船計測実験例　中型フェリー

- 航路：和歌山港 → 徳島港
- 計測日：2022年9月15日
- 波浪予報：1m ～ 1.5m

実船計測中



◎本技術に必要な入力情報は、モーションセンサーから得られるHeave(垂直方向の加速度)とRoll(左右方向への回転角速度)のみであり、船体情報も積荷や漁獲の積載情報も、一切無用です。

≪東京海洋大学オープンラボ制度による製品化実施企業募集中≫

人間重心™ Human C.O.G ®　3D重心検知™ Detection of Center of Gravity ®　国立大学法人 東京海洋大学 Tokyo University of Marine Science and Technology

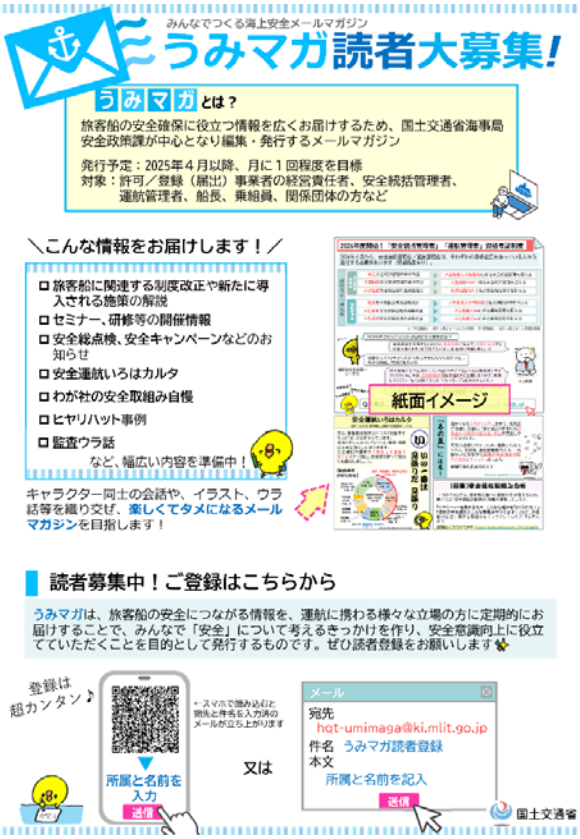
トピック

うみマガ読者大募集！

国土交通省海事局 海事局 安全政策課

海事局では、今年４月から月に１回を目標に、旅客船の安全確保に役立つ情報をお届けするメールマガジン「うみマガ」を発刊することとなりました。

旅客船に関する制度改正の解説やセミナーの開催情報などを、親しみやすい内容でお伝えします。また、わが社の安全取組み自慢など、読者参加型の企画も検討中です。ぜひ読者登録をお願いいたします！



「うみマガ」では ネコ室長 と 運航管理者見習い ピーきち の会話やイラストを織り交ぜ、楽しくタメになるメールマガジンになるそうです。メルマガには当協会が発刊した「安全運航いろは」も紹介される予定。お役に立てるならなによりです。読者登録は右のQR コードから。（「海と安全」編集部）

トピック

海技人材の確保のあり方に関する検討会「中間とりまとめ」が発表されました

「海と安全」編集部

「海と安全」2024 冬号では「内航海運における船員の確保対策」について特集しました。その中で、国土交通省海事局船員政策課から「海技人材の確保のあり方に関する検討会について」と題して投稿を頂きました。昨年 12 月に同検討会が中間とりまとめを行い公表されました（※１）ので、その概要について紹介します。

中間とりまとめでは人材確保について５つの方向性が示されました。

① 海技人材の養成ルートの強化
- 海技大学校の拡大（３級海技士）
- 水産高校との連携（4～5 級海技士）
- 陸上からの転職者等を念頭に置いた養成ルートの強化（５～6 級海技士）

② 海技人材確保の間口の拡充
- 地方公共団体の無料職業紹介事業の導入
- ハローワークとの連携
- 退職海上自衛官の活用

③ 海事人材の養成・就職拡大に向けた訴求強化
- 官労使が一体となった情報発信の強化

④ 海技人材の多様な働き方の推進と職場環境の改善
- 女性を含む幅広い層にとって働きやすく魅力ある職場形成を促進

⑤ 新燃料に対応可能な海技人材の確保・育成
- アンモニアや水素などの新燃料に対応可能な船員の教育体制を整備

海上自衛官の退職年齢は階級によって 54 歳から 60 歳（※２）と変わってきます。海曹の階級の方は 54～55 歳で退職となりますが、まだまだ働き盛りです。乗船勤務経験があり、防衛省もそれを乗船履歴として認定します（※３）ので、船乗りへの近道ですね。

これらの方策が実を結び、日本商船の乗組員が増え、航行安全の向上につながることを祈念する次第です。

参考・引用

※１　国土交通省（https://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_fr1_000080.html）

※２　防衛省（https://www.mod.go.jp/msdf/formal/engo/retired_person/talent.html）

※３　防衛省（http://www.clearing.mod.go.jp/kunrei_data/e_fd/2018/ez20190123_00031_000.pdf）

読み物

大震災体験-Ⅱ

海技大学校　名誉教授　福地 章

プロローグ

日本の三陸沿岸は津波の来襲が多い。青森の八戸市東方の鮫岬から南の宮城県牡鹿半島までの三陸沿岸はリアス式海岸として知られるが、その複雑な入込みと東北の背骨といわれる北上山脈が三陸海岸にせり出している。山から伸びた地形が半島になって海に突き出している。そうしてできた港は細長く伸びて太平洋に向かっているのである。

そして三陸沿岸では地震が多い。地震によってエネルギーをためた海水が海岸に殺到して湾に達すると奥に進むにつれて急速に海水はふくれあがり大津波となって人家を襲うのである。

昭和 8 年（1933）3 月 3 日、午前 2 時 32 分の地震. M.8.1（マグニチュード）
震源：岩手県上閉伊郡釜石町（市）東方沖 200km

東北地方はまだ冬のしかも積雪のある厳寒の夜に発生した。皆はびっくりして起きたが寒さが厳しいので別段のこともないと多くの人がまた眠りに入ってしまった。地震の 30 分後に津波が襲った。岩手・宮城・青森県が被害を受け、岩手県が最大であった。

死者：2,995 名、負傷者：1,096 名、家屋流失：4,885 戸、倒壊：2,256 戸、浸水：4,147 戸、焼失 249 戸である。

特に田老地区の被害はひどく田老は一瞬のうちに荒野と化したという。死者 911 名、流失家屋 428 戸、一家全滅 66 戸（333 名）。道路、橋梁、堤防が跡かたもなく破壊、漁船 909 隻が流失した。

震災体験　牧野アイ（尋常小 6 年）の場合：

祖父はたいしたことない、起きなくてよいと再び寝る。やがて父が「何だかおかしい。沖がなってきた、山に逃げろ」と家の中に入っていった。アイが道端に立っていると近所のとし子が何をしているのかと手を引く。妹に行こうと言うと父と一緒に行くと、家の中に戻ってしまった。無我夢中でとし子と共に人の後ろについて山の上にでた。気が付くと家族はアイだけである。家は祖父・父・母・妹 2 人・弟そしてアイの 8 人家族であったが、アイだけが助かった。アイはひとりぼっちになってしまった。

アイの家は海岸から 120m 離れた町の中にあり、皆に油断があったようだ。威力は想像を越えていたのである。

震災体験　高橋竹山の場合：（1910～1998）：青森県東津軽郡中平内村生

幼い頃、麻診（ましん／はしか）をこじらせ半ば失明する。近在のボサマ（※）から三味線

と唄を習い東北近県を門付け（※）して歩く。戦後は成田竹雲の伴奏者として各地で興行。その後独自の芸域を開いて津軽三味線の名を広く知らしめた。吉川英治文化賞･点字毎日文化賞受賞、勲四等瑞宝章を受ける。

（※） ボサマ（坊様）：門付芸。　門づけ：人家の門口に立ち、音局や芸能をして金品をもらう。

不景気で大きな興行がだめになったもんだから小さな座を作って、辺地の村々をまわったわけだ。青森の友だちが 6、7 人で岩手県の三陸地方を座敷打ちにいくというので一緒にいった。その時あの津波にぶつかったんだ。あの恐ろしさはその場にいた人でないと聞いてももんでねえ。久慈から野田、譜代をかけて宮古、釜石のあたりまで海岸沿いにやっていく計画だったんだな。野田をやって玉川という村の宿にみんなで泊まった。玉川というところはランプつけて、当時はまだ電気ねえんだ、そこで唄会やった。

その晩、沖は凪で風は一つもねえ。いい凪だな、ってしゃべっていた。一寝したら地震だ。いや、なもかもたいへんな大地震だ。おら青くなってとび起きて柱さつかまった。地震で戸も開かない。そこでみんなも起きた。おらは階下に寝ていたし、夫婦ものは二階に寝ていたんだ。あれほどの地震だから、下におりて一階に寝ればいいのに、また二階にあがって、帯といでかがあと二人あづましく寝てらんだべ。

「あとで揺り返しきてもまいねし、みな下さ寝ろじゃ」 おら度胸ねえもんだから、心配で、オーバー着て三味線ば箱さいれて背負って、長くつはいで起きていた。宿屋の人が、こんな強い地震あとは津波が来るかもしれないな、この頃はないが子供のとき津波で親が流されて死んだ、なんて話おしえるんだ。「もし津波来たら、どこさ逃げればいいべ」「ここの上の煙草屋へいけば大丈夫だ」

その宿屋は海辺だが、その裏が山で、山の上に道路があって、そこに煙草屋があったんだ。「村はずれまでいってから山へ登ったんでは、とても間に合わねえべ」「山の竹やぶをこいで、登っていけばいい」

そのうち 30 分もしたら、なんだかウーンウーン、っておかしい音がしてきた。宿屋のおやじが二階に走りあがって見にいった。そしたら沖のほうが雪の山に見えたって。おら、あと先もなくワラワラとぶっ走って逃げた。なも見えるもんでねえが、教えられた通り、竹やぶの中を竹につかまりつかまりして登った。

「よく来たな、芸人さん、ここにいれば大丈夫だ。ここまではなんぼしても、水は来ないべ」煙草屋のガラスが水の音でブーンブーンって鳴って揺れる。外は雷と風と一緒に来たような音だ。その音でガラスが鳴ってるんだ。さあ半鐘はガンガンなる。稲妻光るに霧かかる。話もなにも聴こえない。ズーン、ドーン、ガラガラ、いや、なもかも。

津波は 5 分か 10 分のところだ。水がスーッとひければまた凪で、なもかも音一つもあるもんでねえ。泊まってた宿は家の前に大きな岩があったから、それにひっかかって流されなかった。ここ玉川というところは、海辺一帯に岩があったから、あまりメチャメチャにやられなかった。

しかし、ここに来る途中の野田という村の劇場は、みんなもってかれて、あとかたもなかった。そこら一帯まるで、田んぼのようだった。

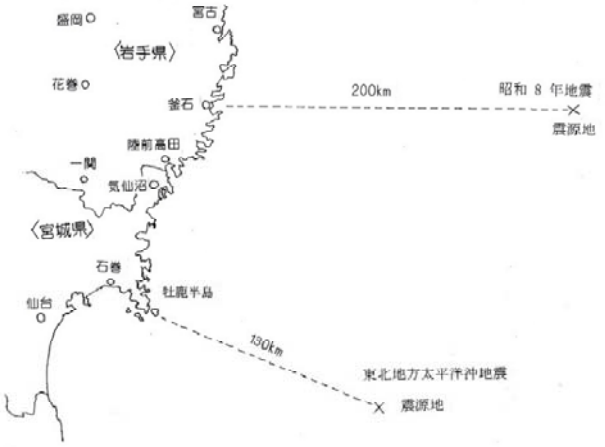
もう商売どころでなくなった。久慈まで戻ると、途中死んだ人が何百人もいて、おら寂しくて、久慈から八戸さいく汽車もとまって動かねえ。鉄道も流されてしまったんだ。

おらは助かったが、さて一緒にいた連中のことが心配になった。橋の下で炊き出しの飯をくれるって話だから、そっちへいった。いったらみんないたね。むこうはむこうで、「高橋は眼見えねし流されてしまったべ、可哀想に、困ったもんだ、どうするべ」って相談していたんだそうだ。

次に心配になったのは先乗りで歩いていたやつのことだ。晩まで待って来ねば家さ、電報うだねばまいねな。しゃべっていたら来た来た。玉川から二里ほど先の譜代というところへ翌日の公演をきめるに先乗りにいってたんだ。その村は高い山だったから道路もこわれなかった。村はみな流されてしまったが、やはり山に逃げて助かった。そいでもみなで生きていたのを喜んだ。

こうした地震があって、その後護岸工事は進んだ。何もない平穏な海であるときに三陸の沿岸を歩くと異様な位の厚さと長さの鉄筋コンクリートの堤防ができ、不釣り合いなほどの豪壮な建築物が続く。

そして、昭和 8 年の地震から 78 年後にとてつもない地震が三陸を襲ったのである。78 年という長さは一人の人間が一度経験するかしないかの長さだろう。災害は忘れたころにやってくる。



東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）
平成 23 年（2011）3 月 11 日、午後 2 時 46 分.　M.9.0
震源：宮城県牡鹿半島の東南東 130km

地震は昭和 8 年の場合とほぼ同じ、3 月 3 日にたいし 11 日であった。昭和 8 年は真夜中の午前 2 時であったが、今回は昼の午後 2 時である。この夜と昼の違いは避難行動を起こすにあたってどのような心理的な影響があるのだろうか。また、先に述べたように立派な防波堤があったことがどう影響したかである。津波はそれを越えて人家を襲ったのである。人知を超えた自然の猛威といえる。　このとき、津波は 9.3m を越え、河川への最大遡上高は 40.1m に上った。

太平洋側の青森・岩手・宮城・福島の４県の被害状況は次の通りである。

人的被害　死者：19,729 名、行方不明：2,559 名、負傷：6,233 名、

家屋被害　全壊 121,996 棟、半壊：282,941 棟、一部損壊 748,461 棟

この地震の被害者は殆どが津波にのまれた結果で、２万人を越える犠牲者は前代未聞である。さらに福島第一原子力発電所のメルトダウンは全世界に衝撃を与えた。

私が出稿している日本海難防止協会は、「東日本大地震と巨大津波に立ち向かった船員たち」特集：海洋ゴミと船舶航行（海と安全･夏号、No.549、2011 年）として特集号を出している。

船にとっては津波の恐れがある時は出来るだけ早く離桟して港外に出る事であるが、地震があるとは思っていないから乗組員が外出中で人出が足りないと大変なことになる。また漁船は小さいだけにできるだけ素早く港内から港外に出ることが望ましい。

記事には大船渡港に着桟していた陸龍丸（太平洋沿海汽船） 6,544 総トンと硯海丸（第一中央船舶） 4,906 総トンの離桟とうねりとの戦いがあった。

船では外出中の者がいると直ちに船へ呼び寄せる必要があり、人出が足りないとホーサーを外すにも大変である。いろいろ時間がとられ大急ぎに対応しても 30 分位はすぐに過ぎていく。やっと離桟したころは津波の影響が及んできて、はや桟橋は水の下だったという。ぎりぎりで港の中に移動して錨を 3 節出したころうねりが襲ってきて盛り上がった海面が本船を通りぬけていく。エンジン･フル回転で対応する。流速が 6kt あったという。そして津波は 3～6 回襲ったという。しかし、おさまるまで約 2 時間、何とか乗り切った話が報告されている。

こうした混乱時は通信網が途切れ、衛星船舶電話と FAX が唯一の頼りだったという。そして衛星携帯電話の設置を勧めている。

参考文献

1.「海の壁　三陸沿岸大津波」吉村昭 著（中公新書）

2.「津軽三味線ひとり旅」高橋竹山 著（中公文庫）

津波が予想される場合の安全確保について

日本海難防止協会では平成 15 年度に「津波が予想される場合の船舶安全確保に関する調査研究」を行っています。同研究報告書には「人命の安全を第一」とするため、次の事柄が記載されています。（港内着岸船の安全対策より抜粋）

大型船舶、中型船舶（漁船を含む）

津波到着予想時刻までに安全な海域に避難するための十分な時間が取れない場合は、港内の狭隘な場所で津波の来襲を受ける可能性があり、却って危険性が高くなる。このため、人命の安全を第一として乗組員、乗客、作業員は陸上の安全な場所へ避難する。

小型船舶（プレジャーボート、小型船舶等）

津波警報が発せられた時刻から津波到着予想時刻までに船体陸揚げ固縛に要する十分な時間が取れない場合は、港内の狭隘な場所で津波の来襲を受ける可能性があり、却って危険性が高くなる。このため、人命の安全を第一として乗組員、乗客、作業員は陸上の安全な場所へ避難する。

津波の襲来が予想される場合は船の沖出しに囚われず、人命の安全を第一に、陸上の安全な場所に避難することも考慮し、冷静に判断しましょう。（編集部注）

未来に残そう青い海・海上保安庁図画コンクールについて

海上保安庁 警備救難部 環境防災課

○ はじめに

海上保安庁では、私たちの共通の財産である海を美しく保つため、海洋汚染の状況調査、海上環境法令違反の取締りを行うとともに、「未来に残そう青い海」をスローガンに、海洋環境保全に関する指導・啓発等に取り組んでいます。

また、事故災害や自然災害が発生した場合に、迅速かつ的確な対応ができるよう、資機材の整備や訓練等を通じて万全の準備を整えているほか、事故災害の未然防止のための取組や自然災害に関する情報の整備・提供等も実施しています。

今回は、海上保安庁がスローガンとしている「未来に残そう青い海」をテーマに毎年開催してきた「未来に残そう青い海・海上保安庁図画コンクール」が令和６年の第 25 回をもって終了となるため、これまで開催してきた本コンクールの締めくくりとして、一部を紹介させていただきます。

○ 目的

「未来に残そう青い海・海上保安庁図画コンクール」は、将来を担う小中学生の子どもたちに海洋環境について考える機会としてもらうことで海への関心を高め、海洋環境保全思想の普及とともに、海上保安業務への理解の促進を図ることを目的として、公益財団法人海上保安協会との共催で開催してきました。

○ 令和６年（第 25 回）の開催

令和６年の開催で本コンクールは第 25 回を迎えました。今回の総応募数は、5,755 点であり、海に隣接しない地域の子どもたちからも応募があるなど、全国各地から作品が寄せられました。作品の傾向としては、海水浴や魚釣りをして海を楽しむ様子や海浜清掃を行っている様子など、実際に海で体験した思い出などをもとに、それぞれの子どもたちが思う「青い海」が葉書の隅々まで色鮮やかに描かれていました。

○ 賞の決定

本コンクールには、特別賞（国土交通大臣賞）をはじめとして、海上保安庁長官賞、海上保安協会会長賞のほか、各管区の海上保安本部長賞などを設置しました。

審査は、各管区海上保安本部（全 11 管区）において、それぞれ選出された９点が海上保

安庁（東京）に送付され、計 99 点の中から、特別賞が１点、海上保安庁長官賞が３点、海上保安協会会長賞が３点の計７点が優秀作品として選ばれます。

海上保安庁長官賞及び海上保安協会会長賞については、「小学生低学年の部」、「小学生高学年の部」、「中学生の部」と受賞対象の年代を区分し、より多くの子供たちが受賞できる仕組みとし、幅広い年齢層からの応募を募りました。

また、優秀作品の７点に選出されなかった作品においても、引き続き、各海上保安本部長賞や各海上保安部署長賞などの対象作品として審査を行い、各地域で受賞式を執り行いました。これらの取組を通じて、地域の子どもたちと海上保安庁が繋がる１つのきっかけとしても有効に活用され、将来を担う子どもたちに対し、海上保安業務の理解促進や地域連携にも繋がりました。

○ 第 25 回の特別賞（国土交通大臣賞）伝達式

令和 6 年 12 月 27 日、海上保安庁において、海上保安庁長官による特別賞（国土交通大臣賞）の伝達式を実施しました。

今回受賞したのは、福岡県対馬市の小学３年生であり、初めての釣りで大きな鯛を釣った時に感じた喜びやその驚きに溢れた様子が点描で鮮やかに描かれており、色彩の工夫や配色のバランスなどの技術的な点も評価され、特別賞（国土交通大臣賞）の受賞に至りました。当日は、家族４人で出席され、表彰式や懇談などを通じて、益々海上保安庁への興味・関心を抱いてもらい、受賞者本人からも「大きな賞状を貰ってとても嬉しかった！」とのコメントをいただきました。

伝達式の記念撮影①

伝達式の記念撮影②

○ 25 年の歴史に幕

本コンクールは、平成 12 年から令和６年の 25 年間に渡り開催してきましたが、第 25 回の節目をもって終了することとなりました。これまでの総応募数は「637,411 点」であり、全国各地の多くの子どもたちに対し、海洋環境保全思想の普及のため貢献してまいりまし

た。

子どもたち本人への普及のみならず、海上保安庁のポスターや地域での展示会などを通じ、老若男女を問わず幅広い年齢層の目に留まることで、「海への関心」や「海洋環境保全」について考える機会を広く提供することにも繋がりました。

海上保安庁のポスター

展示会の様子

○ 今後の取組

海上保安庁では、将来を担う子どもたちを対象として、図画コンクールのみならず、「海洋環境保全教室」や「漂着ごみ分類調査」などにも取り組んでいます。図画コンクールは終了となりますが、今後とも「未来に残そう青い海」をスローガンに、海洋環境保全思想の普及のための啓発活動に取り組んでまいります。

私たちの共通の財産である海を美しく保つため、今後とも海上保安庁へのご理解とご協力をよろしくお願いいたします。

若年層向けの啓発活動

船舶海難の発生状況

2024.11 ～ 2025.01　速報値（単位：隻・人）海上保安庁提供

海難種類 / 用途	衝突	単独衝突	乗揚	転覆	浸水	火災	爆発	運航不能（機関故障）	運航不能（推進器障害）	運航不能（無人漂流）	運航不能（その他）	その他	不明	合計	死者・行方不明者
貨物船	10	22	15	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	54	0
タンカー	7	4	6	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	20	0
旅客船	2	5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	11	0
漁船	28	7	11	9	2	6	0	11	8	11	7	0	0	100	9
遊漁船	4	0	4	0	1	1	0	3	3	0	2	0	0	18	0
プレジャーボート	17	7	27	9	15	3	0	37	18	17	31	2	0	183	5
その他	16	3	4	2	1	6	0	3	3	0	0	1	0	39	0
不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	84	48	67	20	19	16	0	64	36	28	40	3	0	425	

※ 衝突とは、船舶が他の船舶に接触し、いずれかの船舶に損傷が生じたことをいう。
※ 単独衝突とは、船舶が物件（岸壁、防波堤、桟橋、流氷、漂流物、海洋生物等）に接触し、船舶に損傷が生じたことをいう。

（お知らせ）

前号まで掲載しておりました「死者・行方不明者を伴う船舶海難」につきましては、2024 年をもって情報の提供がなくなりましたので、掲載を取りやめております。

COLREG：自律船舶での衝突回避の未来

日本海難防止協会　ロンドン連絡事務所　所長　川合 淳

2024 年 11 月 20～21 日、デンマーク・コペンハーゲンで開催された「Autonomous Ships 2024」カンファレンスでは、自律船舶（MASS: Maritime Autonomous Surface Ship）の開発と実装に関する最新の議論が交わされた。本稿では、特に COLREG（1972 年の海上における衝突の予防のための国際規則）の解釈と自律船舶への実装に関する議論に焦点を当て、デンマーク工科大学（Danmarks Tekniske Universitet）の Yaqub Prabowo 博士によるプレゼンテーションとそれに続くパネルディスカッションを紹介する。

なお、本稿においては、COLREG Rule2 が規定する the ordinary practice of seamen および同 Rule 8 が規定する good seamanship は、発言者のとおり記載する。

自律船舶の衝突回避フレームワーク

デンマーク工科大学の Prabowo 博士は、「自律船舶のための衝突回避フレームワーク」と題したプレゼンテーションを行い、COLREG を遵守しながら、自律船舶が安全かつ効率的な航路を計画するためのフレームワークを提案した。

Prabowo 博士はまず、COLREG の Rule13～15（追い越し、行き会い、横切り）について説明し、これらの規則が 2 隻の船舶の遭遇シナリオにおいて適用されることを示した。しかし、実際の航海では複雑な状況が発生することを指摘した。例えば、横切り状況において避航義務船が右舷側に浅瀬があるため右転できない場合、減速するか別の方法で避航する必要がある。このような状況では「Good Seamanship」が重要となり、航海士はリスクを軽減するための最適な判断を下す必要がある。

Prabowo 博士は、安全で効率的な航路を生成する上での主な課題として、「Good Seamanship」の定量化を挙げた。海上では様々な特殊なシナリオが発生し、輻輳した水路や限られた航路など、複雑な環境での航行が求められることがある。そのため、「Good Seamanship」を定量化し、その評価に基づいて安全かつ効率的な航路を生成する方法が必要となる。

リスク評価と軌道計画の統合アプローチ

プレゼンテーションでは、衝突リスク、座礁リスクおよび Good Seamanship score を定量化するフレームワークが提案された。例えば、自船が追い越し船と横切り船の 2 隻のターゲット船、そして右舷側に浅瀬がある状況を例に挙げ、自律船舶はこれらのリスクを個別に定量化し、数学的な式を用いて総合的なリスク評価を行う必要があることが説明された。

衝突リスクの定量化に関して、Prabowo 博士は「船舶ドメイン」の概念を導入した。自船と他船それぞれの位置、速度、針路に基づき、一定の時間範囲内での将来の衝突リスクを予測する方法が示された。このリスク評価は空間的リスク（船舶間の最小距離を船舶ドメインで正規化したもの）と時間的リスク（行動の緊急性）の組み合わせによって計算される。

より現実的なシナリオを考慮するため、Prabowo 博士のチームは AIS データ（30 万件以上の航海データ）を分析し、実際の航海では船舶の速度が変化することを確認した。これを受けて、確率密度関数を用いて船舶ドメインの定義を再構築し、確率論的な衝突リスク評価を導入した。この方法では、他船が速度を上げる可能性も考慮されるため、決定論的な方法と比較して約 1 分早く衝突リスクを検出できることが示された。

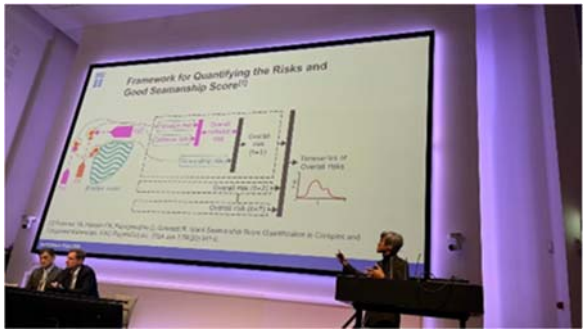
座礁リスクの定量化も同様に、浅瀬や陸地、その他の障害物との最小距離に基づいて計算される。また、Good Seamanship score については、リスクの時系列データに基づいて定量化する方法が提案された。

安全性優先の軌道計画アルゴリズム

Prabowo 博士は、これらのリスク評価を軌道計画に組み込む方法として、Informed RRT*（Rapidly-exploring Random Tree）アルゴリズムを用いたアプローチを紹介した。このアルゴリズムでは、現在位置から目標位置までの「木」を成長させ、衝突・座礁リスクを枝の色で表現する（赤：高リスク、緑：低リスク）。

最適化においては、安全性を第一優先、効率性を第二優先とする二段階の優先度決定方式が採用された。まず最小リスクの軌道群を選択し、その中から効率性（航路長、到着時間、エネルギーなど）に基づいて最適なものを選ぶアプローチである。

3 つのシナリオでの検証結果が示された。第一のシナリオ（複数船舶との遭遇）では安全な軌道が生成できたが、第二のシナリオ（横切り船と右舷側の浅瀬）では、アルゴリズムが左転する軌道を生成した。これは COLREG Rule13～15 に準拠していないため、今後の研究では左転ではなく減速を促すようアルゴリズムを改良する必要があると指摘した。第三のシナリオ（狭い水路）では左右どちらにも進めないため、唯一の選択肢として減速する軌道が生成された。



AIS データとの比較では、提案アルゴリズムによる軌道が、人間が生成した軌道より安全性が高いことが示されたが、この差異は船舶ドメインの定義（形状やサイズ）や時間範囲の違いに起因する可能性があり、さらなる検証が必要とされた。

パネルディスカッション

プレゼンテーション後のパネルディスカッションでは、COLREG の解釈と実装について活発な議論が行われた。特に Good Seamanship と Rule 16/17（避航行動）の解釈とアルゴリズムへの実装方法が焦点となった。

議論は、ある参加者からの Prabowo 博士のプレゼンテーションに対する質問から始まった。この参加者は、Prabowo 博士が言及した Good Seamanship の解釈について質問し、具体的な事例は Rule 16（避航義務船）と Rule 17（保持義務船）に関連するものではないかと指摘した。参加者は、「多くの人が COLREG Rule 2 の重要性を主張するのは、Good Seamanship の意味を正確に理解していないからではないか」という個人的見解を述べた。

これに対して Prabowo 博士は、Good Seamanship スコアの概念を用いて、標準的な COLREG ルールでは衝突を回避できない状況を定量化しようとしていると説明した。Prabowo 博士は、確かにプレゼンテーションでは Good Seamanship を適用する良い例を示せていなかったことを認め、今後の研究では Rule 13 から 17 までの他の COLREG ルールを含めた、より包括的なフレームワークの開発を目指すと述べた。

別の参加者は、「Rule 2 は基本的に、ルールが役に立たない場合や、より良い解決策を見つけた場合にルールを無視できると言っているだけであり、これは通常のエンジニアリングアプローチとは異なる」と指摘した。これは自律船舶のアルゴリズム実装において大きな課題となっている点が浮き彫りになった。

自律船舶に特化した新たな衝突回避規則の必要性

後半のパネルディスカッションでは、自律船舶に特化した新たな衝突回避規則が必要かどうかという直接的な質問が投げかけられた。Prabowo 博士は、現行の COLREG が適用できない例が過去の事故から見つかるかどうかを調査する必要があると述べた。彼は、事故のほとんどは規則自体の問題ではなく、航海士が COLREG を正しく適用しなかったことに起因するとの見解を示し、現行の COLREG は基本的に適切であるが、さらなる調査が必要だと結論づけた。

計算効率と船舶の動的特性

議論はさらに、衝突回避アルゴリズムの計算効率と実装の課題にも及んだ。ある参加者は、台湾周辺の水路など船舶が輻輳する海域での 2 船問題や 3 船問題の計算複雑性について質問した。Prabowo 博士は、彼らのアルゴリズムが短い軌道については通常のコンピュータで約 5 秒で効率的な解を見つけられることを説明したが、他船の軌道予測に機械学習モデルを組み込む場合など、より複雑な状況では計算上の課題が増大すると認めた。

シミュレーションの現実性に関する質問も提起された。ある参加者は、シミュレーターでの経験を引用し、衝突回避シナリオで非効率な旋回を行うか、船速を大幅に落とすかの選択を迫られた例を挙げた。彼は、シンガポール海峡を 12 ノットで航行する 15,000 TEU のコンテナ船が 4 分以内に 5 ノットまで減速するよう指示された状況の現実性に疑問を呈した。そして、「船舶が実際に減速できるかどうか、どのようにして船舶の動的特性を理解しているのか、一般的なモデルなのか、特定の船舶モデルなのか」と質問した。

Prabowo 博士は、現在のアルゴリズムでは最大加速度と最大減速度の境界値を仮定しているだけで、詳細な船舶の動的モデルはまだ使用していないことを認めた。これは将来の研究課題として残されている。

Good Seamanship の定義と定量化の課題

別の参加者は Good Seamanship の定義と定量化の難しさについて指摘した。彼は、Prabowo 博士のプレゼンテーションで示された「ハードポート（取舵一杯）」の操船例を挙げ、「実際には、そのような大舵角操船によって船は大幅に減速するだろう。そしてこれを予測できないのであれば、それは COLREG を適用しているだけで Good Seamanship とは言えない」と述べた。

彼は、「Good Seamanship は COLREG や国際裁判の判決に現れるが、捉えにくい概念であり、さらにそれを定量化することは困難だ」と強調した。むしろ、「COLREG をどの程度うまく適用しているかを定量化する方が良いのではないか」と提案した。

今後の研究課題

Prabowo 博士は、今後の課題として以下の点を挙げた：

1. より複雑な COLREG 規則の統合、特に Rule 9（狭い水路）の実装
2. 船舶の針路速力の変化に応じた現実的なモデル化、海流や波などの影響の考慮
3. AIS データから航海士の行動パターン（リスク軽減の速さ、先を見越した行動か反応的行動か）の学習
4. より正確なリスクモデルと計算効率のバランス

（所感）

MSC107 では、COLREG の改正の要否について議論され、「人」ではなく「船舶」を主体としていることから、MASS コードを COLREG に適合させることで改正しないことが確認された。今次会合でも、参加者の多くは現行の COLREG は自律船舶にも基本的に適用可能であるという見解を示した。

他方、本カンファレンスで示された Prabowo 博士の研究やパネルディスカッションを通じて、Good Seamanship の定量化、複雑な状況における衝突回避の意思決定プロセス、船舶の動的特性の正確なモデル化など、自律船舶への実装には依然として技術的課題が残されていることが明らかになった。

特に、避航義務船と保持義務船の行動や Good Seamanship の解釈とアルゴリズムへの実装については、さらなる研究と標準化が必要であるという。

今後は、これらの技術的課題の解決に向けた取組みと並行して、自律船舶の運航に関わる法的・規制的枠組みも整備されていく必要があり、各国の国内法整備や国際的な基準の策定動向についても引き続き注視していくことが重要である。

写真は、いずれも筆者撮影。

2024 年のマラッカ・シンガポール海峡に関する情勢

日本海難防止協会　シンガポール連絡事務所　所長　石河 正哉

1．マラッカ・シンガポール海峡を通航する船舶の動向（2024 年）

シンガポール事務所では、毎年、マレーシア海事局の協力を得て、マラッカ海峡を通過する船舶の数、船種その他の動向を分析しています。今回は、昨年（2024 年）のマラッカ海峡を通航する船舶の動向について紹介します。

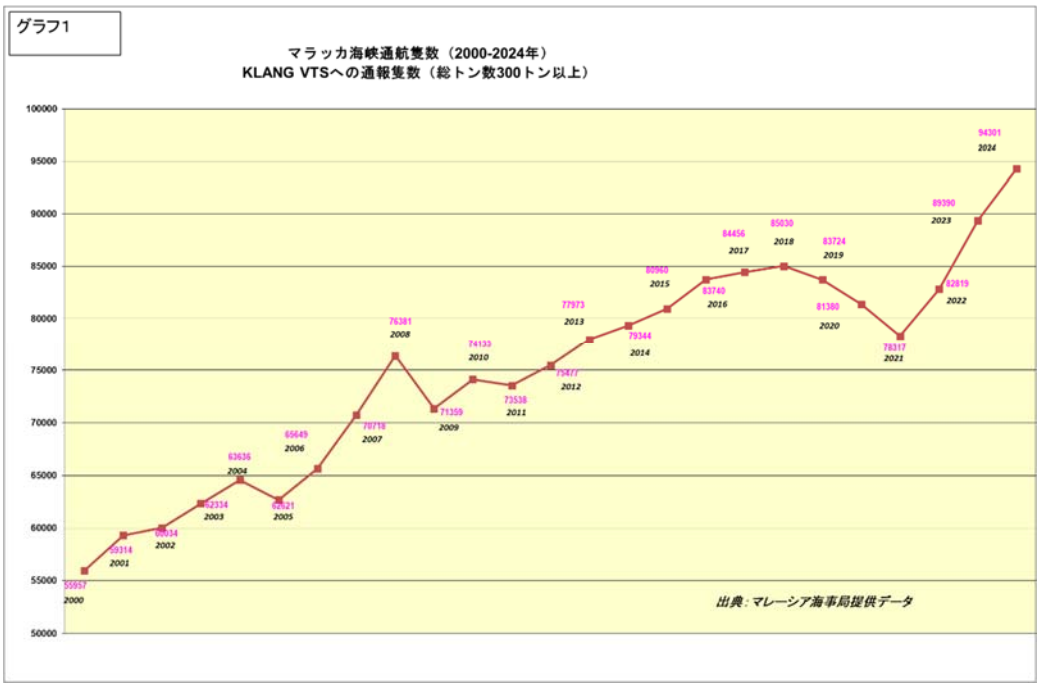
マラッカ・シンガポール海峡（マ・シ海峡）では、1998 年 12 月から、強制船位通報制度が始まりました。これは、同海峡を９つの海域に分け、300 総トン以上または 50m以上の船舶が、各海域に入るたびに位置情報等を沿岸国海事当局に通報する制度です。これにより、沿岸各国は同海峡を通航する船舶を把握しているところ、当事務所では、マレーシア海事局からデータの提供を受け、通航船舶の状況を把握・分析しています。

2024 年の通航隻数（300 総トン数以上）は 9 万 4,301 隻（一日あたり約 258 隻）で、対前年比 4,911 隻（5.5%）の増加となりました。（グラフ１参照）。通航隻数は 2018 年以降減少を続けていましたが、2022 年から増加に転じ、2023 年に 2000 年の統計開始以来、最大隻数を記録し、2024 年はこれを更新しました。シンガポール港のコンテナ取扱量も過去最大を記録しています。

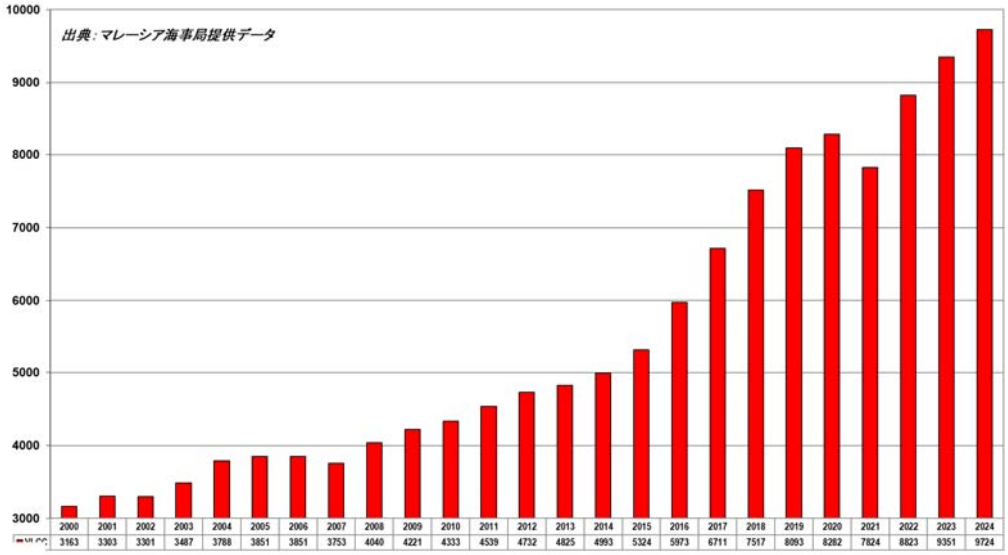
近年の船舶の大型化に伴うものと考えられる傾向として、VLCC および喫水 15m以上の船舶の通航隻数の増加が続いており、2024 年は過去最大を昨年に続き更新し、9,724 隻を記録しました（グラフ２参照）。これらの超大型船が 2024 年の通航隻数全体に占める割合は約 10%であり、過去と比較して高い水準となっています（グラフ３及び４参照）。

超大型船を除く船種別の通航隻数については、バルクキャリアが対前年比 1140 隻（6.2%）

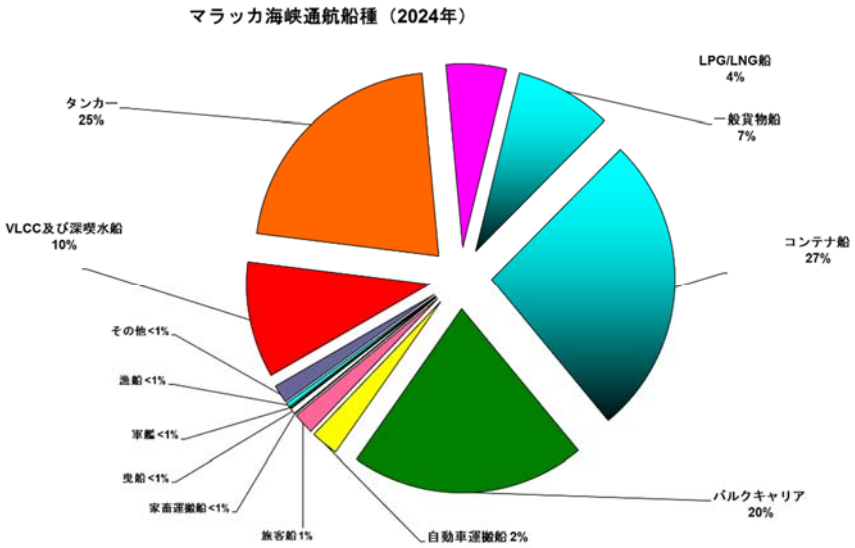
増の 1 万 9507 隻、コンテナ船が対前年比 510 隻（2.0%）増の 2 万 5127 隻、タンカーが対前年比 175 隻（0.8%）増の 2 万 329 隻、LNG/LPG 船が対前年比 148 隻（3.0%）増の 5003 隻でした。コロナ禍による直接の影響を大きく受けたものと考えられる旅客船の通航隻数は対前年比 780 隻（79.0%）増の 1767 隻を記録し、2019 年（1,593 隻）の水準を上回りました。



グラフ2 **VLCC及び深喫水船通航隻数（2000-2024年）**

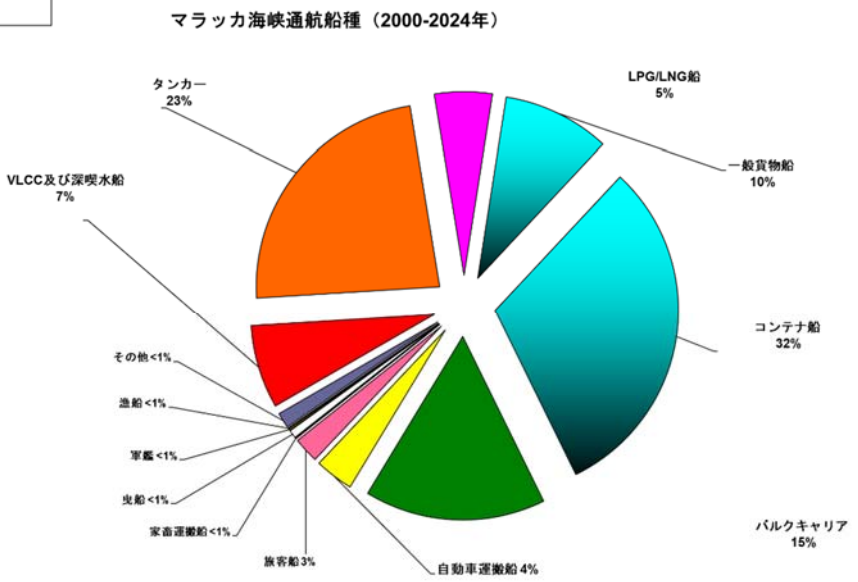


グラフ3



出典：マレーシア海事局提供データ

グラフ4



出典：マレーシア海事局提供データ

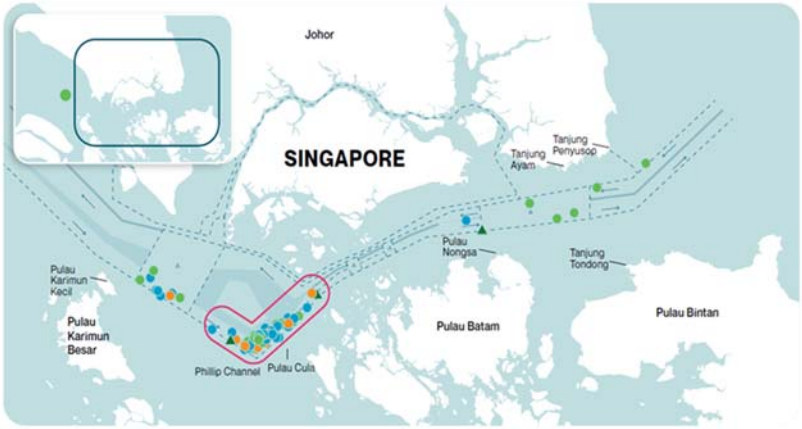
船舶の脱炭素化や自動運航船の実用化に向けた取り組みなど、マ・シ海峡を通航する船舶の動向にも大きな変化をもたらす可能性のある施策が推進されていく中、当事務所としても引き続き動向を注視してまいります。

２．マラッカ・シンガポール海峡における海賊・武装強盗事件の発生状況（2024 年）

アジア海賊対策地域協力協定情報共有センター（ReCAAP ISC）が発表した 2024 年の年次報告書によると、マ・シ海峡における海賊・武装強盗事件の発生件数は、前年より 1 件減少して 62 件となりました。アジア全体の発生件数が前年より 6 件増加の 107 件の中でマ・シ海峡は近年その割合が高い傾向にあり、2024 年も 58%を占める状況となっています。

その特徴として、62 件中 52 件が分離通航帯の東航レーンで発生しており、特にインドネシアの Cula 島沖に 45 件の事件が集中しているため、ReCAAP ISC が懸念を示しています。Cula 島沖の 45 件のうち 30 件が凶器を所持した犯人によるもので、ほとんどの事件は午前 0 時から午前 6 時までの夜間に発生しています。乗組員が暴行を受けた事件が 2 件、人質に取られた事件が 5 件、脅迫された事件が 2 件となっています。

2024 年の同海域に関連したインシデントアラートは 3 回でした。



2024 年　マラッカ・シンガポール海峡　事件発生状況

ReCAAP ISC は、沿岸国に対して引き続き、監視・取締りの強化、事件への迅速な対応を求めるとともに、沿岸国間の協力・調整を強化し、犯人を逮捕・訴追するため、事件に関与する犯罪組織の情報を共有するよう求めています。

ReCAAP ISC はまた、航行する船舶の船長・乗組員に対して、マ・シ海峡を通航する際は最大限の警戒監視を含む予防策を強化し、事件発生時や接近してくる疑わしい小型船の存在を認めた場合は最寄りの沿岸国と旗国に通報するよう強く勧告しています。

最近の取り組みとして、通報の円滑化のため、ReCAAP ISC はモバイルアプリを強化しており、海運関係者に利用を呼び掛けているとともに、海運関係者の情報収集、リスク評価等に資するため、「Re-VAMP」というデータベースを運用し、事案の発生状況等の情報を提供しています。

本稿に関する ReCAAP ISC の発表資料については、次のサイトをご参照ください。

https://www.recaap.org/report

日海防のうごき

2024.12 ～ 2025.02

11/15～12/18　パラオ共和国への海上保安アドバイザー派遣（令和６年度　５回目）

11/23～12/4　パラオ共和国巡視船 PSS KEDAM 修理

11/26　国際動向委員会（海上安全）

11/27～28　全国海難防止団体等連絡調整会議開催（以下に別掲）

11/30～12/16　IMO MSC109

12/3～17　パラオ共和国巡視船 PSS KEDAM・小型パトロール艇 KABEKEL M'TAL・BUL・EUATEL 定期整備

12/16～20　ミクロネシア連邦小型パトロール艇 FSS Unity 不具合調査

1/10　国際動向委員会（海洋汚染防止）

1/16～2/3　パラオ共和国への海上保安アドバイザー派遣（令和６年度　６回目）

1/27～31　IMO PPR12

1/28～2/1　パラオ共和国 VHF システムの不具合調査

2/4～8　ミクロネシア連邦 VHF システムの不具合調査

2/19　海難防止強調運動実行委員会開催（以下に別掲）

2/25～3/1　ミクロネシア連邦小型パトロール艇 FSS Unity 乗組員に対する研修

○ 全国海難防止団体等連絡調整会議開催

11 月 7 日と 8 日の両日、東京・平河町の海運クラブにおいて「令和６年度 全国海難防止団体等連絡調整会議」を開催しました。

同会議は日本海事センターの補助を受け、全国の海難防止団体、小型船安全協会、日本海洋レジャー安全・振興協会などの関係者が集まり、より的確・効果的な活動が行えるよう、海難防止の啓発・研究に関する討議が行われます。

会議の冒頭で当協会 鈴木理事長が挨拶し、GHG 削減に伴う新燃料のバンカリングの安全対策やコロナ後のマリンレジャーの多様化・活発化に関する安全対策に確実に対応しなければならないことが述べられ、続いて、日本海事センター・平垣内理事長から挨拶の辞が述べられました。

初日は海上保安庁交通部航行安全課及び安全対策課からの講演に引き続き、「業務上の保秘と情報セキュリティー」について討議が行われました。翌日は海難防止団体と小型船安全協会に分かれ、それぞれの分科会で「各団体の現状と課題」について議論され、活発な意見交換が行われました。

○ 海難防止強調運動実行委員会開催

2 月 19 日、霞が関 中央合同庁舎３号館の会議室において、海事関係団体・関係官庁で構成する全国海難防止強調運動実行委員会を開催し、2025 年度「海の事故ゼロキャンペーン実施計画」を策定しました。同キャンペーンは 7 月 16 日から 31 日までの 16 日間実施されます。

実施計画では重点事項として▽小型船舶等の海難防止、▽見張りの徹底及び船舶間のコミュニケーションの促進、▽ライフジャケットの常時着用等自己救命策の確保▽ふくそう海域等の安全性の確保の４点を掲げ、海運・漁業などの海事関係者に加え、遊泳や釣りなどのマリンレジャーを楽しむ人々に、海難防止に関する知識・技能の向上などを図ることを目的に、官民一体となった「海の事故ゼロキャンペーン」（主催：日本海難防止協会、海上保安協会、海上保安庁）を全国で実施します 。

昨年度のポスター

キャンペーンは協賛団体に協力を求め、各団体の実態を踏まえた自主的な運動を行うほか、各団体の地方支部・傘下団体を通じ、ポスターやホームページでキャンペーンを展開する。また、地方連絡会議を立ち上げ、テレビ・ラジオに出演、あるいは鉄道駅、フェリー乗り場で海難防止の PR を行うとともに、訪船指導、海難防止講習会、人命救助訓練などを通して海難防止や自己救命策の習得も行っていく予定です。

○ JAMS-London 国際セミナー

ロンドン連絡事務所はロンドン市内 Japan House London において第 3 回 JAMS-London 国際セミナーを開催しました。今回のテーマは「Unmanned System and Coast Guard」。60 か国以上の国々から、来場・ウェブ参加合わせ 2 日間で延べ 500 名以上の方（登録ベース）が参加しました。詳細は次号の「海外情報」で紹介する予定です。

パネルディスカッションの様子

クロージングリマークス（前列はスピーカーの方々）

編集後記

現在は GPS と ECDIS（類似の表示装置を含む）が多くの船に装備され、これらの装置から発出される情報を正しく使えば座礁することはない筈なのですが、令和 6 年には 106 隻の船が乗揚海難を起こしています。（※１）

※１　令和 6 年における海難発生状況（速報値）
（https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r7/k250117/k250117.pdf）
（編集部注）ただし、すべての船が GPS や ECDIS を搭載していた訳ではありません。

令和４年には北海道で安全管理規程を逸脱して旅客船を運航したことにより（※２）多数の乗客乗員が命を落とすという大変な事故が発生しました。

※2　有限会社知床遊覧船に対する特別監査の結果及び同社の事業許可の取消処分に係る聴聞手続について
（https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001482756.pdf）

そのような悲惨な事故がありながら翌年には九州で、浸水が認められた旅客船の浸水センサーの位置をずらして感応しないようにしたうえ長期に運航を継続し、しかも運輸局の検査の前日にセンサーの位置を戻しておくという（※3）、人の命を預かる公共交通機関としての姿勢が疑われる事案も発生しています。

※３　クイーンビートル浸水隠蔽問題　検査前日に警報センサーを移動
（https://www3.nhk.or.jp/fukuoka-news/20241008/5010025839.html）

本号では航海計器の発展について特集しました。その裏で大変な苦労をされた方々に敬意を表するものです。しかしながら、安全を軽視する姿勢や安全運航に有益・必須な機器があるのにそれを使用しないといった行為の前には科学や技術がどれだけ進歩してもまったく無益です。今一度、航海計器の適切な使用、厳重な見張り、適切な操船について見直していただければと思います。

航海計器の発展やそれに伴うソフトウェアの開発は自動運航船の実現にも繋がっています。視聴覚に関する技術が発達すれば、旗りゅう信号を判別してその意味を教えてくれ、また、音響信号を聞き分けて相手船の動静を教えてくれることにより、安全度が高まることが期待されます。特に、厳密な見張りを常時行ってくれるカメラは遭難船や人を見つけるのに大きく貢献することでしょう。期待が高まるところです。

本号においても多数の方に投稿していただきました。技術の発展だけでなく、それらの側面や今後の発展性についても垣間見ることができました。投稿したいただいた方々に、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

「海と安全」編集部　鏡 信春

日海防は JICA からの委託によりジブチ沿岸警備隊の支援業務を行っています

上の写真はジブチで一番高級な（おそらく）ケンピンスキーホテル

日海防の職員はホテルではなくアパートに滞在し自炊しています

夏は気温が 50 度を超えますのでエアコン（とキッチン）が必須です

編集子はジブチに 12 回渡航しました

コロナ、インフルエンザ、旅行者下〇症、いろいろ罹患しました

苦労も多いですが大きな進展・進歩もあり遣り甲斐のある仕事です

支援業務も残すところ一年になりました

しっかりと取り纏めたいと思います

過去の「海と安全」は 当協会ウェブサイトで公開されています。
https://www.nikkaibo.or.jp/umitoanzen

公開が終了した「海と安全」については次のページからお問い合わせください。
PDF ファイルでお渡しが可能です。（利用目的についても記載してください。）
https://www.nikkaibo.or.jp/contact

「海と安全」編集部
公益社団法人 日本海難防止協会 企画国際部
編集担当： 鏡、渡邊
電話：03-5761-6080

日本海難防止協会では様々な調査・研究をおこなっています。
協会ウェブサイトをご覧ください。
https://www.nikkaibo.or.jp/

人と海に未来を

公益社団法人 日本海難防止協会
海と安全 No.604（2025 年 春号）