

## 航行安全対策と今後の展望

福戸 淳司\*

### Measures for navigation safety and its future prospects

by

Junji FUKUTO

#### Abstract

Since a series of severe public traffic accidents, such as the derailment in JR Fukuchiyama Line in 2005, the demand for a drastic reduction of public transportation's accidents had been glowing and the public asks for the development of effective measure for preventing traffic accidents taking into account for human factors.

On the other hand, rapid advance in information and communication technology (ICT) has promoted the development of e-Navigation strategy and its implementation plan in IMO for enhancing navigation safety and efficiency of marine transportation.

Based on these backgrounds, National Maritime Research Institute initiated an expert group named "Marine Safety Initiative" in 2009. The initiative performed marine casualty analysis, marine traffic simulations based on recorded AIS data to find causes of marine traffic accidents and effective counter measures for marine traffic accidents and to evaluate the effectiveness of these measures. It also carried out the survey on the state of the arts of measures.

In this report, after discussing the thoughts on safety measures, the promising measures for preventing collisions at sea and its future prospects are summarized from the view points of improvement of risk environment, support for risk recognition, and support for preventing accident.

---

\* 運航・物流系

原稿受付 平成24年7月12日

審査日 平成24年9月10日

## 目次

1. まえがき	52
2. 航行安全対策の考え方	52
3. リスク環境改善	53
3.1 見会い機会の低減	53
3.2 見会い関係の簡単化	54
4. リスク認知	54
4.1 静的な気づき支援	54
4.2 動的な気づき支援	55
4.3 操船者異常、漫然運転の気づき支援	56
5. 事故回避	57
5.1 衝突判断のための情報提供	57
5.2 避航操船時の意思疎通支援	57
5.3 避航操船操作支援	58
6. ユーザビリティの確保	58
7. まとめ	59
参考文献	59

## 1. まえがき

最近 10 年の海難件数を見ると、海事関係者の多大な努力にも関わらず、ほぼ一定の件数に落ち着いている他、明石海峡東口付近における貨物船衝突事故や自衛艦あたと漁船の衝突事故等重大海難も続いており、抜本的な交通安全対策の構築が求められている。

一方、情報通信技術の急激な発展と利用拡大に伴って、こうした情報通信技術を積極的に利用し、安全性と効率の向上を目的として、国際海事機構(IMO)は e-Navigation 戦略を策定し、その具体化を進めている。e-Navigation は、海上における安全と保安および環境保全を目的とした航海と関連サービスの強化のための、船上および陸上施設における電子的手段による海事関連情報の調和した収集、統合、交換、表示<sup>1)</sup>と定義されており、海上における航行安全対策に利用すべき技術と位置づけられている。

こうした状況を背景に、海上技術安全研究所では、海難事故の効果的な削減を実現するための海上交通安全策を検討するため、海上安全イニシアティブを立ち上げた。この海上安全イニシアティブでは海難事故分析技術の構築による海難原因の解明や交通流シミュレーション技術の構築等交通安全対策の効果を評価するツールの開発を行うと共に、海外の研究開発例も含め、AIS(船舶自動識別装置)等 e-Navigation に関する情報も加味しつつ具体的な安全対策案の調査・検討を行った。

本報告では、海上安全イニシアティブの成果の一端として、衝突事故の安全対策に絞って報告をする。

## 2. 航行安全対策の考え方

航行安全対策を検討する上で、安全とは何かについて考えるのは重要である。ISO(国際標準化機構)/IEC(国際電気標準会議)の Guide 51<sup>2)</sup>によると、安全とは「受け入れ不可能なリスクがないこと」と定義されている。ここで、リスクは、想定される被害とその被害が起こる発生確率の積と定義される。このため、安全とは、あるシステムが必要な機能を発揮するにあたり、人間や他のシステムに受け入れ不可能な危害を加えない性質を持つ事(無加害性)および、システムの構成要素の故障や、システムを取り巻く環境にシステムを害する状況の変化があっても、システムが規定の機能をシステム運転中に保つ事(自己保全性)と言える。無加害性に関する検討項目としては、システムが適切な機能(機能の有効性)を有しているか?、システムの動作の信頼性(システムの信頼性)は十分か?、システム運用上危険はあるか?(運用上危険性とこれに対する安全対策)が挙げられる。また、自己保存性については、想定される異常時に対応可能か?(システムの対応能力)が評価項目として挙げられる。

また、システム内に操船者等として人間が組み込まれる場合、「人間は作業の効率化あるいは省力化を模索しながら作業を行うため、効率的な手順で作業が行われる可能性がある反面、誤りを犯す可能性がある。」と言ったヒューマンファクタの特性を考慮しなければならない。ヒューマンファクタに関しては、2005 年度の公共交通機関の事故多発に対応して、2006 年 4 月に国土交通省から、「公共交通に関わるヒューマンエラー事故防止対策検討委員会報告<sup>3)</sup>」が出され、2008 年 6 月には「ヒューマンエラー事故防止のための予防安全型技術導入ガイドライン<sup>4)</sup>」が報告され、安全対策に対する指針が示された。この内、「公共交通に関わるヒューマンエラー事故防止対策検討委員会報告」では、予防安全型技術の確立の重要性が述べられており、(1)状況認識支援(気づきの支援)、(2)人間と協調できるレベルの自動化システムとの共存および(3)運航品質保証の導入の検討を求めている。

上述の検討を考慮すると、システムの安全性を向上するためには、(1)人間の特性を考慮した自動化を含む高度な支援システムの導入や人間の教育訓練によるシステムの機能向上、(2)システムの信頼性の向上、(3)想定される危険に対する安全装置の導入、(4)システムの使用範囲の限定に

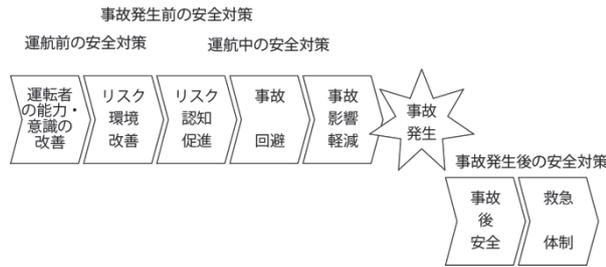


図1 安全対策のフェイズ

よるシステム運用の容易化と言った措置が挙げられ、安全対策を検討する際は、この4つの観点からの検討が必要である。

一方、安全対策は、事故の発生を起点にして時系列的に複数のフェイズに分類できる。図1は、事故発生時点を中心に一般化した安全対策のフェイズを示したものである。まず、個別の輸送機器が運航される前から実施される安全対策としては、システムの構成要素である運転者の能力向上および安全意識の改善を促すフェイズと、リスク環境改善のフェイズが挙げられる。前者は、運航技能取得のための各種訓練や安全意識向上のための教育にあたる。また、後者は、海域の輻輳等リスクを含む環境に制限を設けたり、不必要な制限を撤廃して、複雑な状況を容易化するものである。

次に、運航中の安全対策としては、運転者にリスクの存在の認識を促進する支援であるリスク認知促進フェイズ、衝突の危険がある状況で危険を回避するための判断や操作を支援する事故回避フェイズおよび、事故が起こった際にその影響を軽減する措置である事故影響軽減フェイズがある。

最後に、事故後の安全対策として、事故後においても必要最低限の安全な状況を確保するためにシステムに備わっている機能としての事故後安全フェイズおよび事故に起因する死傷者の救援フェイズが挙げられる。

安全対策については、各フェイズにおいて検討可能であるが、今回の安全対策の検討では、運航時の操船者に対する安全対策を中心に検討する事としたため、操船者に直接関わるリスク環境の改善フェイズから事故回避支援フェイズまでの安全対策について、検討を行った。また、海難のカテゴリとしては、衝突、乗り上げの他、機関・推進機・舵故障、火災・爆発、浸水・転覆が挙げられる。この内、直接運航に関わる海難は、衝突と乗り上げになるが、乗り上げについては、GPSと電子海図表示装置(ECDIS)の組み合わせによる航路監視機能の充実や、船橋航海当直警報装置(BNWAS)の搭載の義務化等安全対策の施行が進み、効果を上げる事が期待できるので、今回の検

討では、衝突予防に注目して安全対策の検討を進めた。

以下、衝突予防を対象とし、リスク環境の改善フェイズから事故回避支援フェイズまでの安全対策についての現状と今後の展開について報告する。

### 3. リスク環境改善

安全対策の対象を衝突と仮定すると、衝突を形成する環境の改善としては、衝突の機会を減らすための見合い機会の低減と複雑な判断を軽減するための見合い関係の単純化が挙げられる。

#### 3.1 見合い機会の低減

見合い機会を低減する方策としては、従来、港湾域において出入港信号による出入港制限等が行われてきた。また、大型船が航路や狭水道を航行する際には、事前に航路への侵入時刻を申告してもらい、時間調整を行う事で航路内の大型船舶の隻数を適正に保ってきた。さらに、この情報を他の中小型船に知らせる事で、注意を促した。しかし、積極的に海域内の輻輳度を把握し、計画的に船舶数を制御することはできていなかった。これは、従来、対象海域の周辺を含む海域における船舶詳細情報が容易に得られなかったため実現できなかった側面がある。

近年、船舶自動識別装置(AIS)の普及と陸上のAIS受信局の全国展開により、広範な海域で船舶の詳細な情報を得ることができるようになった。AISからは、時々刻々の船位、船速、進路等の動的情報の他、船名や船長といった船舶固有の情報、および積み荷や仕向け港等の航海に関係した情報が得られる。こうした情報を利用してシミュレーションを行うと、近未来の交通状況が予測でき、過度の輻輳による渋滞情報の提供や大型船や危険物運搬船の動的なリスク評価による沿岸からの監視強化や注意喚起が可能になる。こうした海域の航行安全に注目した動的管理による海上交通サービス(VTS: Vessel Traffic Service)技術の検討は、e-Navigation関連の研究として、IALA(国際航路標識協会)やEUを中心に検討(EfficientSea: Efficient, Safe and Sustainable Traffic at Seaプロジェクト等)<sup>9)</sup>が進められており、日本においても今後検討が求められる。

一方、AISによる東京湾の交通量調査<sup>10)</sup>の結果、図2に見られるように輻輳度の時間による変化が大きいことが分かった。これは、多くの港湾が夜間の荷役を行っていないことに起因し、東京湾口

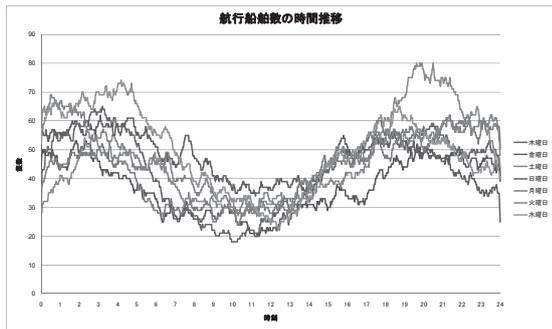


図 2 東京湾の航行船舶の時間推移

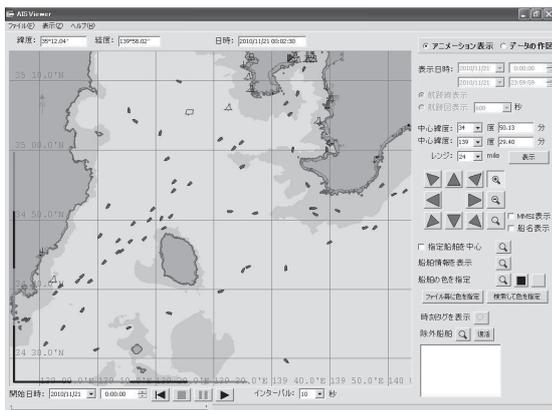


図 3 AIS 情報に基づく交通流のシミュレーション例

においては、荷役開始時に港湾に到着するため早朝の 4 時頃と、荷役が終了して東京湾外に出る 20 時頃に交通量のピークがあった。この状況で輻輳度を低減するための方策としてはこの交通量のピークを平滑化することが考えられ、具体的には、荷役の 24 時間化が安全対策の 1 つとして挙げられる。この効果については、本特集の「AIS データを用いた交通流シミュレーションによる安全対策の評価例」<sup>6)</sup>で検討を行っている。図 3 にシミュレーションの様子を示す。荷役の 24 時間化については、港湾での労働環境の問題等があり、安全性の向上を目的にすぐに変更できる状況ではないが、アジアの主要港湾が 24 時間化を実施しており、このことが日本の港湾の競争力低下の一因となっている事実もあるので、今後の有望な検討課題であると考えられる。

### 3.2 見会い関係の単純化

見会い関係の単純化については、四方八方からくる船舶の見会い関係を整流し、見会い角度を制限して、避航判断を単純化するもので、従来から航路の設定により実現されている。主要狭水道では、法定航路として、航路が設定されている。また、IMO の航路指定で定められる分離通航帯

(TSS: Traffic Separation Scheme)を設定して法的拘束力を持って整流する方法もあるが、現在日本では設定されておらず、その代わりとして、日本船長協会が推奨する分離航路帯として「自主分離通航帯」が全国 7カ所の海域(釧路沖、洲崎沖、風早崎沖、神子元島沖、大王崎沖、潮岬沖、日ノ御崎沖)に設定されている。これらの海域の評価については、日本海難防止協会により、その効果が検討<sup>7)</sup>されている他、高嶋等の外航船長を対象としたアンケート調査<sup>8)</sup>でその有効性が示されていると共に、海技研が実施した釧路沖の分離通航帯を対象にした交通流シミュレーション結果<sup>6)</sup>でも、衝突に至る見会い関係の内、横切りの割合が減り、同航の割合が増え、見会い関係の単純化が実現できている事がわかった。

## 4. リスク認知

リスク認知のフェイズの支援は、運航中の操船者にリスクの存在についての気づきを与えるための支援と、操船者が異常あるいは漫然運航になっている状態を操船者あるいはバックアップ要員に知らせるための支援に分けられる。

気づきを与える手法としては、動的な変化の無いリスクを対象とし、現在位置や作業予定から類推されるリスクに関する気づきを与える静的な気づき支援と、動的に変化するリスクの原因となる対象物を検出し、これに基づいて気づきの支援を行う動的気づき支援に分けられる。

### 4.1 静的な気づき支援

静的気づき支援は、経験者によるアドバイスのようなもので、頻繁に出入りがある島影で近接しないと船の存在がわからない港の出入り口や、定期的に航路を横切る定期船の航路等、位置や時刻に依存する注意事項を、当該位置への到達や作業予定を表示条件として、音声や表示器上への表示により提供するものである。データソースとしては、熟練船員の指摘や海難分析結果が挙げられる。

図 4 に、音声による支援例<sup>9)</sup>を示す。この例では、千葉港に入港する際の音声による情報提供例を示したもので、計画航路上の○で示した点を通過するごとに音声による注意喚起が行われる。本システムは、実際に使用され有効との評価を得ているが、提供内容の変化への対応という問題点も抱えており、今後継続してシステムの運用を行うためには、情報提供のみならず、経験者からの注意事項や海難分析結果を的確に収集・編集できる

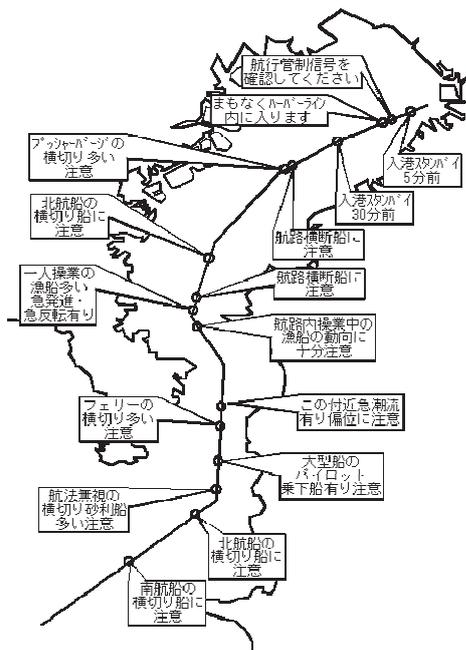


図4 音声メモの例

運用者に負担のかからないインタフェースや、データベースによる気づき支援内容の管理機構の開発が必要である。

#### 4.2 動的な気づき支援

動的な気づきの支援を実現するためには、リスクの対象となる遭遇船舶や浮遊物(材木等衝突によりダメージが予測される物標やクジラ等海洋生物)を検出し、その情報を電子的に支援機器に取り込み、処理して有効な情報のみを提供することが求められる。

従来、電子的な他船情報の取得は、レーダに備わったARPA機能に頼っていた。このため、レーダ上で捕捉作業を行って電子情報を生成し、初めて衝突に対する警報が出せるようになる。現在、これに加え船舶識別システム(AIS)でも、AIS搭載船の情報については自動的に取得できるようになった。さらに、レーダエコーも数値化され、支援機器上で使用できるようになり、レーダエコー信号から直接船舶を識別する研究も進められている他、目視情報についてもビデオ画像から画像処理技術を使用して他船を検出する研究<sup>10)</sup>も進められている。また、陸上支援施設でレーダ等により他船情報を取得しこれを配信する事も考えられており、これによりAISで検出できなかった小型船や漁船の他船情報も取得できる可能性がある。

一方、レーダ、AIS、ビデオ画像、陸上支援施設

の4つの情報源から他船情報が得られる可能性が出てきたが、AISからは、AISを搭載した船舶の情報しか得られない。レーダからは、ARPA捕捉した船舶からしか情報が得られないし、捕捉した船舶についても、乗り移りやロストが発生し、信頼性に欠ける。ビデオ画像による情報についても、天候や昼夜の影響を受ける。

このように現在得られる他船情報は、操船判断に用いるには、不完全な情報である事を考慮しなければならない。このため、今後、少人数での航行を実現するためには、他船の電子化された情報を自動的に取得する手法と、操船者が負担無くこれらの情報にアクセスすると共に、内容の確認ができる手法の開発が必要不可欠である。

得られた他船情報に基づく気づきの支援としては、衝突の危険がある船舶に対する警報や、対象となる船舶の属性情報の提供支援が中心となる。

警報の発報判断には、従来から相手船との最接近点(CPA)解析から得られる最接近距離(DCPA)と最接近までの時間(TCPA)が用いられ、双方にユーザ設定値を設け、双方の値が共にユーザ設定値を下回った時、警報を発報している。しかし、この警報のユーザ設定値は、航行海域の航行可能幅の大きさや幅員により調整する必要がある。また、最近ではAIS等の出現により衝突評価対象船が増え、警報の多発を招き、結局警報機能が使われない場合も多い。このため、今後、操船者の意識にマッチした警報設定のチューニング法や全く新しい手法による警報判断機能の開発が望まれる。

警報の表示については、レーダ上への表示が一般的であり、ARPA情報の表示の他、AIS情報の表示もレーダの機能として盛り込まれた。さらに、今後レーダや電子海図等単独機器からの情報を統合し、表示・処理する統合航海システム(INS)が登場し、このINSの主要機能である警報統合管理機能(BAM: Bridge Alarm Management System)や、電子海図やレーダ等の画面への統合されたデータの重畳表示による分かり易い情報提供が、実現しつつある。

しかし、こうして警報された船舶は、レーダ画面上で確認するだけでなく、目視での確認も行われなければならない。さらに、操船者は形象物等レーダ画面からは得られない情報も目視により取得している。

他船情報や衝突警報を個別の表示器で表示する従来の方法は、操船者に目視での照合等付加的な作業を求めることとなり、特に初心者には誤認を誘発する可能性が高くなる。このため、船舶の位置や針路等の他船情報を目視情報に統合表示する

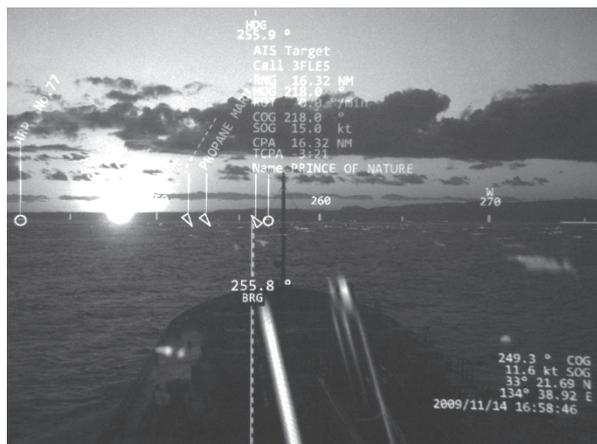


図5 ヘッドアップディスプレイへの他船情報の統合表示

試みが進んでいる。図5は、海上技術安全研究所で開発した他船情報をヘッドアップディスプレイ<sup>11)</sup>上に統合表示した例である。この情報表示では、目視で見える他船の船影上に他船のシンボル(AISの場合は、針路を示す三角、ARPAの場合は円)を示し、ヘッドアップディスプレイの視準線を対象船舶に合わせれば詳細情報が表示される。本システムは、実船に搭載して評価を行った。この結果、個別の船舶の情報収集においては高い評価を得た。一方、船舶の動きの全体把握については、通常のレーダが分かり易いとの評価を得た。このことが示すように、取得する情報の種類や用途により表示法は変わるので、今後、この2つに限らずタスクにあった表示法のさらなる検討が必要である。

一方、航海をする上で、木材等の浮遊物やクジラ等大型海洋生物との衝突回避も重要である。現在までにこうした浮遊物の検出について、ビデオ画像やレーザ等を用いた検出システムの検討等がなされてきたが、現在までに実現には至っておらず、操船者による目視に頼っているのが現状である。今後、こうした浮遊物に関する情報提供法としては、ビデオ画像やレーザ等を用いて直接検出する方法の他に、陸上からの情報支援と船船間通信による情報の交換による情報提供の検討が進められている。

陸上からの情報支援としては、クジラの棲息海域において、目撃情報を収集し、AIS/ASM(Application Specific Message)を用いて、図6のように表示する情報提供サービス<sup>12)</sup>があり、米国フロリダの地域限定サービスとして提供されている。

一方、船船間通信としては、丹羽等が船船間通信を用いたハザードマップ構築の研究<sup>13)</sup>が進め

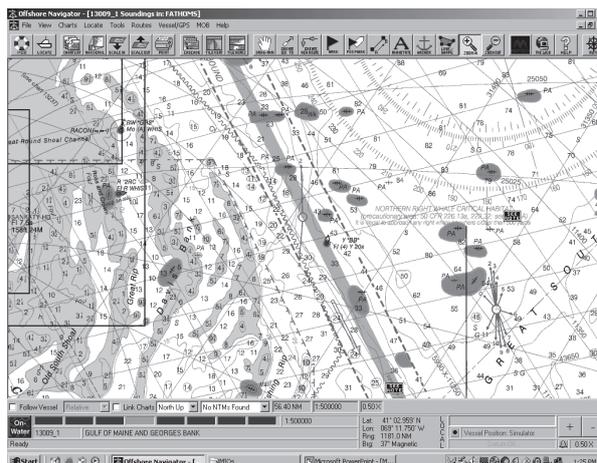


図6 クジラの生息域の表示例

ており、無線LANを用いて、位置情報付きの写真を行き会う時船舶間で交換し、遭遇船から得られた浮遊物等の情報を海図上に表示し、注意喚起を促す。

さらに、陸上支援施設において、船陸間で計画航路を相互管理し、陸上で察知した衝突事故情報や流氷情報等を基に、計画航路の変更を提案する、さらに進んだシステムの構築<sup>14)</sup>も進んでいる。

#### 4.3 操船者異常、漫然運転の気づき支援

操船者異常には、居眠りの他、心臓麻痺等操船者の疾患が挙げられる。これに対する安全対策としては、船橋航海当直警報装置(BNWS: Bridge Navigational Watch Alarm System)の導入<sup>15)</sup>が挙げられる。この船橋航海当直警報装置は、当直者の機器操作や動きをリセット操作として検出したり、リセットボタンによるリセット操作を検出し、船長等管理者が設定した時間以内にリセット操作がされなかった場合、警報を発報するもので、居眠りに関しては船橋内の警報音により注意喚起がされ、疾患等の場合は、延長された警報でバックアップ要員を呼び、疾患等で見張り作業ができなくなった船員の仕事を引き継げるようにする。このBNWSは2011年7月から、150トン以上の船舶に順次搭載が義務化され、2014年までに150トン以上の全SOLAS船に搭載が完了する予定<sup>15)</sup>である。

一方、漫然運転は、海難事故の主因の1つである見張り不十分の大きな要素の一つであるが、この漫然運転を検出し、操船者に漫然運転の状態に陥っていることに対して気づきを与える研究は、他のモードも含めてあまり進んでいない。船舶の運転において、港湾域や狭水道等の輻輳海域以外は、見合い関係になる船舶も少なく、オートパイロットの使用により直接的な運転動作もないこと

から、刺激の少ない状況が長時間続くことが多く、眠っているわけではないが注意力が保てず、環境変化に適応できない漫然とした操船に陥りやすい。この漫然運航について、菊池<sup>16)</sup>らは、自動車を対象にした研究において、「ドライバーが眠気を感じていないがぼんやりした運転状態(ぼんやり運転)あるいは運転以外のことを考えている状態(考え事状態)」と定義しており、見落としや状況変化への気づきの遅れを引き起こすとしている。

この対策として、上述のBNWASも1つの解決策にはなるが、より詳細に支援していくためには、操船者の行動をモニタし、その行動パターンを標準的な行動パターンと比較して、例えば、動きが少ない状況や行われるべき作業が行われないなど通常の行動からの逸脱を検出し、これに基づいて注意喚起を与えることが挙げられる。先に示した自動車関係では、運転時に繰り返される操舵時の操舵角の周波数分析や瞳孔の径の大きさ等、運転行動や生理指標の計測を行い、その変化から、ぼんやり状況を検出する実験的試みが行われている。

船舶においては、操船者自身が着座せず船橋内を動き回り、操舵を直接行うことは少ないので、運転行動の計測や生理指標の計測は難しいが、船舶運航者への支援に適した計測項目と計測法を開発し、これに基づいた適切な気づきを与える手法の検討が必要である。

さらに、EfficienSea プロジェクトでは、海域の通航船舶の解析を行い、標準的航路を求め、この標準航路から逸脱した船舶に陸上から注意喚起を促すシステムの構築<sup>5)</sup>も進められている。

## 5. 事故回避

事故回避フェイズの支援としては、衝突回避のための適切な情報提供、相手船との通信による避航操船判断時の不確定さの低減および避航操船操作の支援が挙げられる。

### 5.1 衝突判断のための情報提供

衝突回避判断のために提供される情報としては、従来から用いられている最接近点(CPA)解析に基づく、DCPA、TCPAがあり、これを基に船舶毎に将来の見合い状況を推定し、操船判断を行ってきた。しかし、対応しなければならない船舶が増加すると、1対1の対応では、操船判断できない船舶が出てくる等の問題が出てくる。

この場合の避航操船判断支援として、避航操船の手段として選択できない衝突の危険がある領域

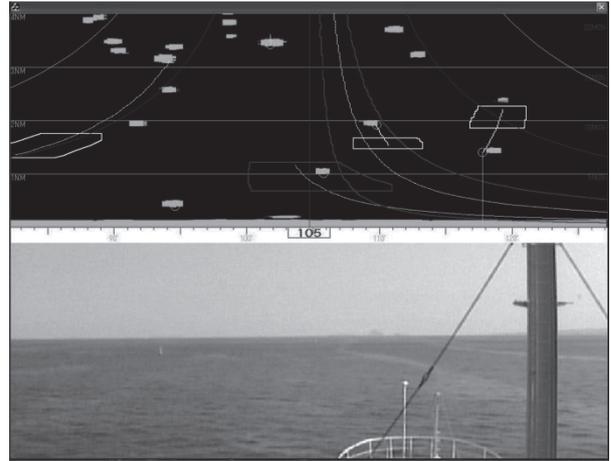


図7 OZTによる他船表示

をレーダやビデオ画像上の船影等に対応させて表示し、複数船との遭遇時の避航方法の判断を支援する操船判断支援情報の検討がなされている。その1つである「対象船による妨害ゾーン(OZT: Obstacle zone by target ships)」<sup>17)</sup>の表示例を図7に示す。このOZTは、遭遇する全船舶に対して、その予定航跡上に衝突の危険がある領域を表示するもので、全ての衝突危険領域を外して航行する針路を、海上衝突予防法等を考慮して選択すれば、輻輳した海域でも、比較的容易に避航できる針路を選択でき、さらにこの支援情報から衝突までの余裕も知ることができる。

一方、取得した遭遇船舶情報を基に動的計画法<sup>18)</sup>等により、避航操船経路を提案する機能も開発され一部船舶に導入されている。

さらに、自船が持つ情報に基づいた避航判断情報の他、陸上からの避航判断情報支援も開始された。平成22年7月1日より、陸上支援施設である各地の海上交通センター<sup>19)</sup>から、「情報:Information」、「警告:Warning」、「勧告:Advice」、「指示:Instruction」といった情報提供が可能となり、衝突危険の回避や適正な航路航行の支援が可能となった。こうした情報提供は、VHF無線電話により音声で提供されるが、今後こうした情報もデジタル化し、さらなる利用拡大も期待できる。

### 5.2 避航操船時の意思疎通支援

従来、衝突回避をする際には、海上衝突予防法等を基に、相手船の動きを推定し、これを基に避航操船が行われてきた。このため、この推定に問題があると、相手船が思わぬ操船を行い、衝突の危険が発生する。この相手船の動きの予測と意図の読み取りの重要性は、伊藤により本特集「海難事故データベースを用いた事故解析」<sup>20)</sup>で指摘さ

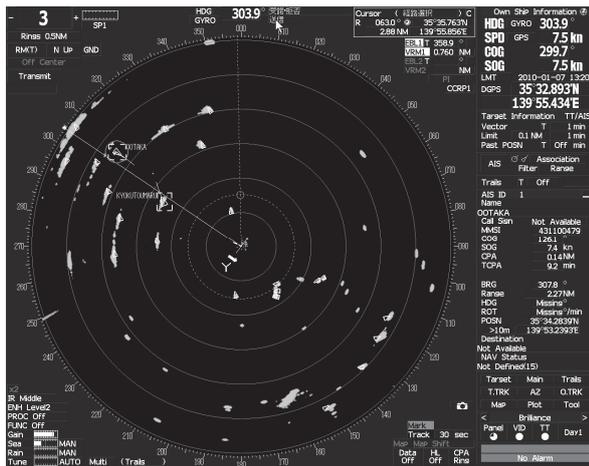


図 8 航行意思疎通支援システム

れており、AIS の搭載拡大による操船意図推定のための他船情報の早期検出が対策案として示されている。

さらに、直接操船意図の明確化を図るため、AIS等の通信機能を用いて、避航パターン<sup>1)</sup>や計画航路<sup>2)</sup>を対象船同士で交換して相手船の意図を相互確認するシステムの構築が行われている。図 8 は、遭遇船同士で避航パターンを交換する航行意思疎通支援システムの表示例で、北西から接近する丸で囲まれた船舶から左対左で行き会うことが提案され、それを了承した状況を示している。自船左下には、対象船にカーソルをあてた際に表示される左対左で航過する際に示される矢印と、合意されたことを示す'Y'の文字が表示されている。また、図 9 は、EfficienSea プロジェクトで実施された、計画航路の交換の様子で、自船計画航路の他、交換された遭遇船舶の計画航路が表示されている。

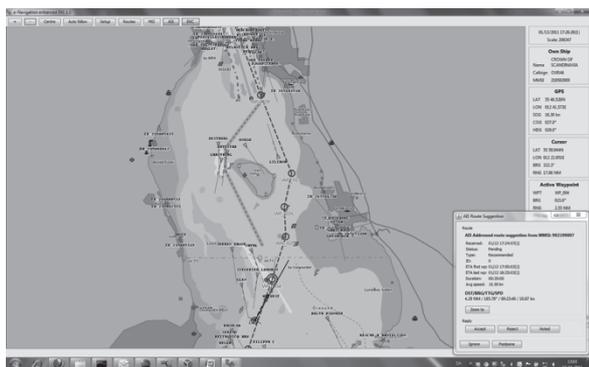


図 9 計画航路の交換例

### 5.3 避航操船操作支援

最後に、避航操船時の操作支援であるが、現在、避航操船においては、オートパイロットを切り、手動操舵で避航するのが主流である。これは、自

動操舵では、自分の思う早さでの変針ができないためだと思われる。しかし、今後、一名当直での操船の増加が考えられ、避航操船時に旋回速度を意識して操船できるオートパイロット機能の検討が必要となる。

さらに、近年、自動衝突回避機能を設けた自動車が出た。この自動回避機能は、衝突が避けられない場合、必要最小限の回避行動を自動的に行うものである。こうした努力は、今後、船舶に対しても求められるであろう。自動車の場合、衝突回避の手段としては、減速が主になり、考慮する対象は 1 台に限定でき、その動きは比較的詳細に計測できる。一方、船舶の場合、衝突回避の主な手段は変針である。また、現在のところ自動車同様、その適用範囲は必要最小限に限定されるべきであろう。

こうした自動回避機能には、相手船と自船の動きから衝突のリスクを評価し、自船の操縦性能等を考慮して、どうしても避けられない場合に、あらかじめ規定された避航方法で必要最小限の回避を行うことが想定される。こうした自動回避の判断には、相手船の動きの推定、自船の回避後の動きの推定、相手船以外の船舶や陸岸等変針先の影響の評価が必要である。また、自動回避を行うためには、周辺の船舶との協調が必要な場合も考えられ、比較的余裕が無い状況で使用するには、周りの船も含めた船舶間の通信による自動的な協調や周辺の地形を考慮した操船を実現するシステムの検討が必要である。

## 6. ユーザビリティの確保

安全対策を実現する上で、良好なユーザビリティを確保する必要がある。e-Navigation 戦略に基づいて提供される各種サービスの検討においても、ユーザビリティは重要な検討項目として挙げられている。特に安全対策としてシステムを提案する場合、その利用を前提に構築された環境でそのシステムが使用されなければ、従来以上に安全性を損ねる事となる。このため、安全対策として供される新しいシステムは、通常抵抗無く使用できるだけの良好なユーザビリティを確保する必要がある。ユーザビリティの観点から、安全対策に用いられるシステムには、必要最小限の知識や経験で使用できる単純さと、短時間で使い方が習得できる習い易さが必要になる。一般的に安全対策に供するシステムは、情報通信技術を駆使して高度な機能を組み込みがちで、使用法がわかり難い、支援内容が複雑である等の障害があり、

ユーザからは、直感的で単純な支援機能を求められている。

そこで、現在、日本を中心として、IMO にユーザビリティ評価手法について提案<sup>22)</sup>している。この提案では、対象とするシステムの主要機能を評価対象機能として選定し、資格を持つ航海士を対象としてユーザビリティ試験を行い、その成績で使い易さを評価するものである。これにより通常の知識と経験を持つ航海士であれば、直感的なユーザインタフェースにより短時間の説明で使用できる事を確認できる。

このように、今後、安全対策を支援機器で実現する際は、ユーザビリティを考慮した設計および評価が必要であり、その方法論のさらなる検討が必要である。

## 7. まとめ

本報告では、衝突事故の安全対策について現状と今後の動向についてまとめた。

リスク環境の改善フェイズでは、衝突の要因である見合い関係の発生を低減する対策と、見合い関係を単純化する対策が挙げられる。見合い関係の低減については、従来、主に大型船を対象に時間調整等がなされてきたが、今後AISによる広域な航行情報が取得でき、海域の動的なリスク評価や、交通流シミュレーションによる将来予測ができるようになると、こうした情報を用いた海域の管理による輻輳の低減が期待できる。また、見合い関係の単純化については、従来から、分離航行やブイの設置等による整流化が行われてきた。こうした交通流の改善は一定の効果をもたらす事がわかっているが、設定には関係者間の意見調整が必要で、交通流の改善効果を定量的に評価できる手法の開発が必要である。

リスク認知支援フェイズでは、操船者およびバックアップ船員を含む操船支援者にリスクについての気づきを与える支援が挙げられる。気づき支援では、熟練操船者や海難分析結果等から得られる静的な注意喚起と運転者と航行環境の変化に応じて提供される動的な注意喚起があり、これを実現するためには、コンテンツの収集管理、適切な気づきの提供時期を決める手法の検討が必要となる。

事故回避フェイズでは、回避判断に必要な情報の提供、遭遇船間の意思疎通支援および操作支援が求められる。回避判断に必要な情報提供では、従来の1対1での情報提供ではなく、複数の遭遇船舶を同時に考慮した操船判断を支援する統合情

報表示が必要と考えられる。また、避航判断支援として、従来、相手船の観察に基づく不確かな情報に基づいた操船判断をお互いの行動を確認した上での安全な避航に変える航行意思疎通の支援、さらには、オートパイロットを中心とした操船操作支援の検討と、必要最小限の衝突回避機能の実現が望まれる。

最後に、こうしたシステムを構築する上で、ユーザビリティが重要なファクターとなる。このため、ユーザビリティを考慮したシステムの設計製作およびその評価法の検討が重要となる。

## 参考文献

- 1) IMO Nav sub committee : Report from the e-Navigation Correspondence Group NAV54/13,(2008)
- 2) ISO/IEC : ISO/IEC Guide 51 Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards, (1999)
- 3) 国土交通省 : 公共交通に関わるヒューマンエラー事故防止対策検討委員会報告書、(2006)
- 4) 国土交通省 : ヒューマンエラー事故防止のための予防安全型技術導入ガイドライン、(2006)
- 5) EfficienSea project : Study of algorithm development using data mining, EfficienSea project Deliverable No. D\_WP6\_2\_02, (2011)、[http://efficiensea.org/files/mainoutputs/wp6/d\\_wp6\\_2\\_01\\_02.pdf](http://efficiensea.org/files/mainoutputs/wp6/d_wp6_2_01_02.pdf)
- 6) 瀧本 忠教 : AIS データを用いた交通流シミュレーションによる安全対策の評価例、海上技術安全研究所報告 第 11 巻第 6 号掲載予定、(2012)
- 7) 日本海難防止協会 : 平成 22 年度 準輻輳海域における航行安全確保に関する調査報告書、(2011)
- 8) 高嶋恭子、矢吹英雄、竹本孝弘、松田洋和 : 日本船長協会自主設定分離通航方式の評価、NAVIGATION、第 176 号(2011)、pp.49
- 9) 福戸淳司、沼野正義、下野雅生、松田和生 : 音声入出力を用いた一名当直時の人間を含むシステム異常対策について、日本航海学会論文集 第 102 号、(2000)
- 10) Junji FUKUTO, Hayama IMAZU, Masayoshi NUMANO, Nobuo Kiriya: Study on an automatic ship detection system and its information display, Proceedings of MCMC03 (2003)
- 11) Junji FUKUTO : Two new support functions

- for collision avoidance, Proceedings of ISIS 2011, (2011)
- 12) Lee ALEXANDER, Junji FUKUTO: Portraying e-Navigation Information: Challenges and Opportunities, Proceedings of E-Navigation Underway 2012, (2012)
- 13) 丹羽康之,本木久也,西崎ちひろ,瀬田剛広:指向性アンテナを用いた船間無線LAN通信実験 -II.- 行会い状態における実海域実験 -, 日本航海学会論文集 第 127 号掲載予定
- 14) Ulf Svedberg: MONARISA (Motorways & Electronic Navigation by Intelligence at Sea), Proceedings of E-Navigation Underway 2012, (2012)
- 15) Performance standard for a bridge navigational watch alarm system, IMO Resolution MSC 128(75).
- 16) 菊池一範、他 6 名 : 漫然運転状態の検出の可能性に関する実験的考察、日本自動車研究所研究報告(JARI Research Journal)研究速報、pp.1-4、(2012)
- 17) 福戸淳司、今津隼馬、持田高德、福井寛明 : 統合情報表示装置の実海域評価、日本航海学会論文集 第 118 号、(2008)
- 18) Kasai, Hironao and Kobayashi, Eiichi: Manoeuvring Simulation Approach to a Ship's Piloting Expert System, Proceedings of International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability 93, Vol. 1, (1993)
- 19) 海上保安庁 : 東京湾海上交通センター利用の手引き
- 20) 伊藤博子 : 海難事故データベースを用いた事故解析、海上技術安全研究所報告 第 11 巻第 6 号掲載予定、(2012)
- 21) Thomas Christensen: The EfficienSea Project, Proceedings of E-Navigation Underway 2012, (2012)
- 22) IMO Nav sub committee : Proposal for a way forward on the development of usability assessment methodology for navigational equipment NAV57/6/5,(2011)