

協調型航行支援システムの開発

南 真紀子*、丹羽 康之*、福戸 淳司*、沼野 正義*
西崎ちひろ*

Development of Navigational Intention Exchange Support System using AIS

by

Makiko MINAMI, Yasuyuki NIWA, Junji FUKUTO, Masayoshi NUMANO
and Chihiro NISHIZAKI

1. まえがき

衝突海難の80%以上がヒューマンエラーに起因すると言われている¹⁾。現状において他船を避航する際は、操船者は、まず現在の他船との関係と関連法規とを考慮して、他船の行動を予測する。そして、その結果を基に必要に応じて避航操船を行い、衝突を回避している²⁾。他船行動の予測は、船種や針路、見合い関係等から操船者の経験に基づいて行われるが、予測の不確かさを考慮した判断が必要である。例えば、他船の予想外の変針や予測の誤りにより、ニアミス³⁾や場合によっては衝突事故が引き起こされることがある。このような場合に、相手船と適切に通信を行い、船舶間で避航方法を調整し、これを確定する事ができれば航行の安全性の更なる向上が期待できる。

船舶の運航時の航行意思疎通の手段としては、主に汽笛信号とVHF無線通信が用いられている。汽笛信号は、その発する時間や間隔により、左変針等ある程度の内容を伝えることができ、視界の制限された状態では有効な手段である。しかし、信号が伝

えられてくる方向は操船者が耳により判断しなければならず、相手船との距離もつかみ難く、複数の船舶がいる場合どの船からの信号かが判り難い。さらに、音を使用するため、風による影響や距離による減衰が大きく、避航操船判断には、有効距離が短すぎるという問題点がある。一方、VHF無線通信による意思伝達は、昼夜等の時間帯や気象にほとんど影響されない利点がある。しかしながら、通信を開始するためにはまず相手船を呼び出す必要があり、相手船の特定が不可欠となる。また、相手船が外国船の場合、使用言語の違いから、交信を希望しても返答を得ることができない、あるいは必要な時においても交信を躊躇する等意思疎通ができない事も問題となっている。さらに、言葉による情報のやり取りのため、誤認等の誤りが少なくない。

一方、近年、船舶自動識別装置(Automatic Identification System、AIS)が普及し、その有効な活用法について議論がなされてきた。AISには、船舶間あるいは船陸間でメッセージを交換する機能を元来持っており、船位等動的情報や船名

* 運航・物流系

原稿受付 平成22年 7月30日

審査済 平成22年 8月26日

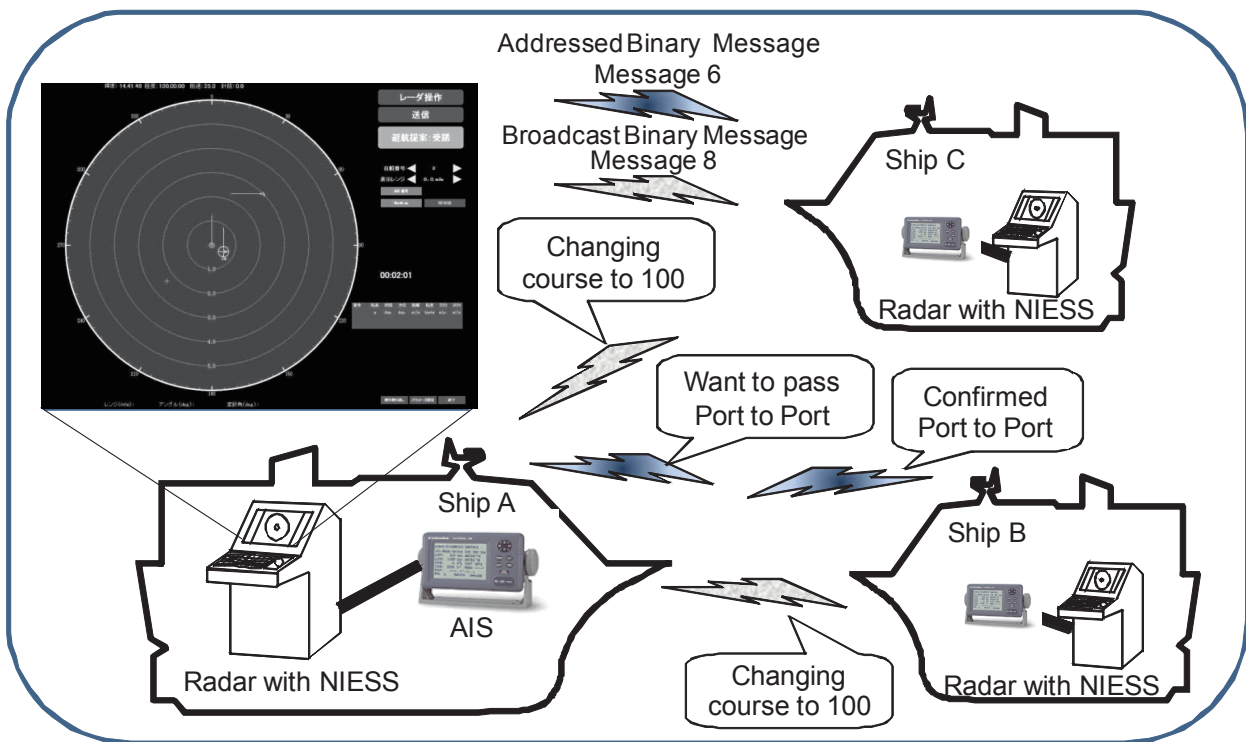


図 1 協調型航行支援システムのイメージ

等静的情報等を自動で送受信する機能のほかに、利用者が任意にメッセージを送信することができるバイナリメッセージの機能がある。そこで、本研究では、船舶間の意思疎通不足による操船判断の誤りを解消するため、遭遇した船舶同士が AIS のバイナリメッセージを介して航行意思を伝達し合うことにより、他船と協調して衝突回避を可能にする協調型航行支援システムの開発に関する検討を行った。

2. 協調型航行支援システムの設計

2.1 概要

協調型航行支援システム（以下、支援システムと呼ぶ。）は、AIS のバイナリメッセージを通信媒体として、航行に関わる情報を船舶間で送受信する事により特定の船舶との情報交換や周囲の船舶への情報

提供を行うものである。

AIS は表 1 に示す船舶への搭載が義務化され、また、平成 20 年 7 月 1 日より施行された IMO のレーダ新性能基準（決議 MSC 192(79)）においては、平成 20 年 7 月 1 日以降装備される（換装する場合も含む）レーダ表示画面上には AIS のシンボルマークの重畳表示機能の適合が要求されている。従って、今後 AIS が搭載される船舶のレーダ表示画面上においては、AIS のシンボルマークの重畳表示が標準装備となる。

そこで、支援システムをレーダのアドインソフトウェアとし、レーダ画面上にヒューマン・インタフェースを構築し、トラックボール等による AIS シンボルの操作あるいはメニュー操作で、避航操船に関する意思疎通ができるシステムを構築した。図 1 に支援システムの利用のイメージを示す。AIS のバイナリメッセージには、宛先指定メッセージ（Message6）及び放送方式メッセージ（Message8）があり、特定の船舶との情報交換には Message6 を使い、周囲の船舶への情報提供には Message8 を用いる。

2.2 機能

支援システムは、避航操船時に必要な意思疎通を考慮して、以下の機能を有している。

(1) 避航方法提案機能：相手船との航過時の「左

表1 AIS搭載義務船舶

- ・国際航海に従事する300 総トン数以上の船舶
 - ・国際航海に従事しない500 総トン数以上の船舶
 - ・全ての旅客船
- （SOLAS V 章 19 規則より）
但し、この適用は、監督官庁の判断による。

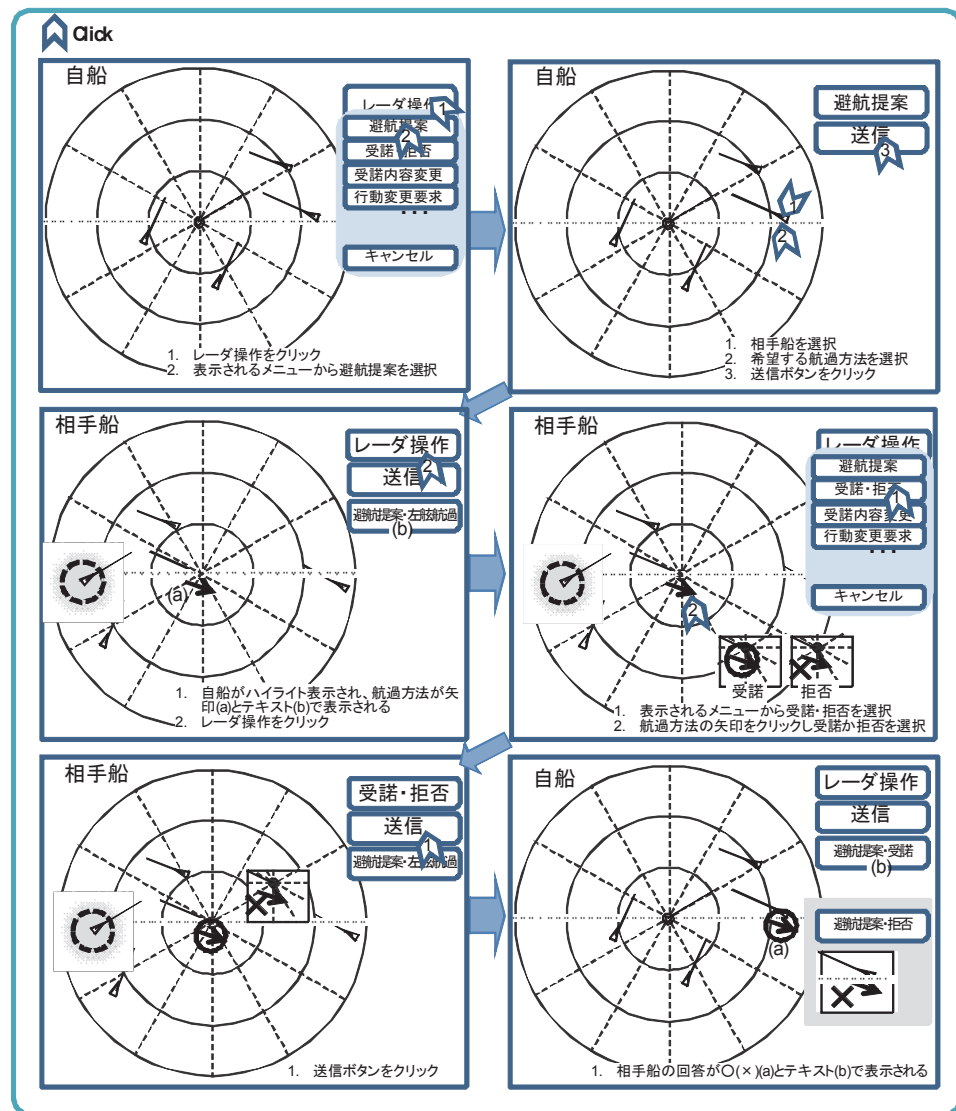


図2 避航方法提案機能の操作手順

舷対左舷」等航過パターンの相互確認を行う機能。操作手順は図2に示ように、まずレーダ操作をクリックし表示されたメニューより避航提案を選択する。次にレーダ表示画面上にAISシンボルマークで表示された相手船をクリックにより指定した後、自船が希望する航過方法（例えば、相手船の左舷航過）を指定し、送信ボタンをクリックする。Message 6（宛先指定 AIS バイナリーメッセージ）が送信され、相手船のレーダ表示画面上に、自船が提案した航過方法が表示される。相手船はこの提案に対して、マウスの左クリック（受諾・拒否がクリックにより交互に変わる）で要求に対する返答を指定し、送信ボタンをクリックして「避航回答」メッセージを返信する。「避航回答」メッセージである Message 6（宛先指定 AIS バイナリーメッセージ）が送信され、自船がこれを受信すると、航過方法表示に受諾の場合

は○、拒否の場合は×が表示される。以後、受諾の場合は自船、相手船ともにカーソルを合意の対象船上に持っていくことにより、航過方法表示が表示される。

(2) 変針通知機能：意図的に変針する際、新針路を周りの船舶に報知することにより、周囲の船舶に自船の行動変化を認識させる機能。操作手順は、まずレーダ操作をクリックし表示されたメニューより変針通知を選択する。次に変針予定の針路をマウスにより入力し、送信ボタンをクリックする。この送信には Message 8（放送方式バイナリーメッセージ）が用いられるため周囲の不特定の船舶で受信することができ、それらの船舶のレーダ表示画面上では発信源の船舶がハイライトで示され新針路が表示される。この機能を用いて、(1)避航方法提案機能により合意が得られた操船を含む変針操船行う際、その内容を周囲の船舶に通知する

ことが可能である。

(3) 音声通信要求機能：音声通信を行いたい相手船を指定し、通信を希望していることを通知し、VHFによる音声通信を促す機能。操作手順は、まずレーダ操作をクリックし表示されたメニューより音声通信希望を選択する。次に、レーダ表示画面上の相手船のAISシンボルマークをクリックにより指定した後、送信ボタンをクリックする。これにより

Message 6（宛先指定 AIS バイナリーメッセージ）が送信され、相手船の表示画面上に、自船に対応する船舶がハイライトで示され通信希望と表示される。(1)避航方法提案機能で提案が拒否された場合等、この機能を用いて、より詳細な意思疎通を行うことが可能である。

(4) 行動変更要求機能：やむを得ない場合、相手船に「右への変針をむ」等行動変更の依頼を行う機能。操作手順は、まずレーダ操作をクリックし、表示されたメニューより行動変更要求を選択する。次に、レーダ表示画面上にAISシンボルマークで表示された相手船をクリックにより指定した後、相手船に依頼する行動変更内容（左 30° 変針、左 10° 変針、右 10° 変針、右 30° 変針、減速）を指定し、送信ボタンをクリックする。Message 6（宛先指定 AIS バイナリーメッセージ）が送信され相手船のレーダ表示画面上では、自船が依頼した避航方法が表示される。相手船はこの提案に対して、マウスの左クリックにより、受諾・拒否を選択して要求に対する返答を指定し送信ボタンをクリックして「受諾（または拒否）」メッセージを返信する。自船がこれを受信すると、避航方法表示に受諾の場合は○、拒否の場合は×が表示される。以後、受諾の場合は自船、相手船ともにカーソルを合意の対象船に持っていくことにより、避航方法表示が表示される。

3. 協調型航行支援システムの評価

協調型航行支援システムの実現性や有効性を評価するため、操船シミュレータを用いた評価を実施した。

支援システムの機能を実現するためには、AIS バイナリメッセージの通信手順の確立やヒューマン・インタフェース設計等が必要となる。

そこで、支援システムのプロトタイプ（以下、プロトタイプと呼ぶ）を作成し、支援システムの設計とその実現性の検討を行った。その際、交通環境を再現してテストを行うため、テスト環境として、AISのバイナリメッセージを生成して支援システムに供給する機能と指定された船舶の手動操船を可能にする機能をもったAIS情報生成シミュレーションプログラムを作成した。

次に、これらを用いて、パソコンベースで支援シ

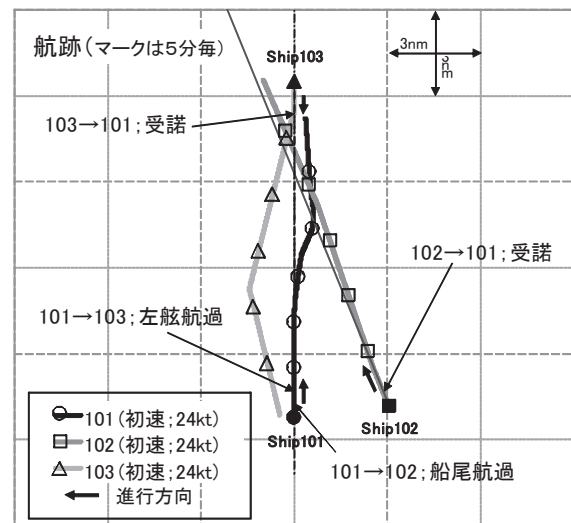


図3 簡易評価試験結果

ステムの操作シミュレーションを実施し、この使用体験に基づいた簡易評価を行った⁴⁾。そして、簡易評価より得られた問題点や要望を検討し、プロトタイプの改良を行った。

最後に、目視による見張りを含む現実 に即した操船環境の下で、改良されたプロトタイプを用いて、操船実務者による主観的評価及びシステムの有無による操船結果の比較を行うため、操船シミュレータに支援システムのプロトタイプを設置し、見張り作業の体験に基づく評価を行った⁵⁾。

3.1 簡易評価

本評価では、避航が比較的困難とされる見合い関係⁶⁾をシナリオ化した14のシナリオを対象に実施した。なお、被験者は海技士免許を有する東京海洋大学大学院生である。図3に結果の一例を示す。

簡易評価試験では、いずれのシナリオにおいても意思疎通が行われスムーズに避航が行われた。また、レーダ画面上に航過サイドが図示されるため、合意が形成されている対象船と合意された避航法がわかりやすいという評価があった。本評価により、AIS バイナリメッセージを用いた航行意思疎通支援が現実的な避航操船においても利用可能であることが確認できた。また、プロトタイプの問題点あるいは要望として、(1)接近している場合の避航経路表示の改善、(2)合意形成後の訂正手段の提供、(3)マウスの操作性の改善が挙げられた。さらに、操船の様子から、自船の変速の周知機能や避航パターンの表示法の簡素化が必要である事が判った。また、相手船に行動変更を要求する手段の要望が高かったため、その機能を付け加えた。

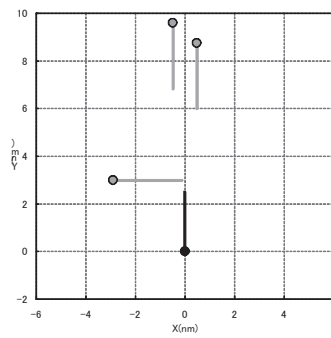


図 4(a) シナリオ 1
(自船:コンテナ船, 初速 24kt)

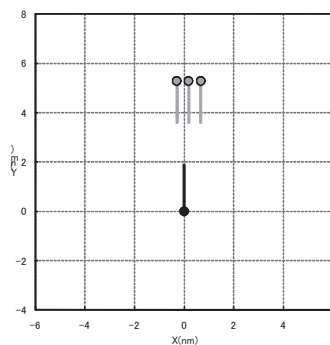


図 4(b) シナリオ 2
(自船:コンテナ船, 初速 24kt)

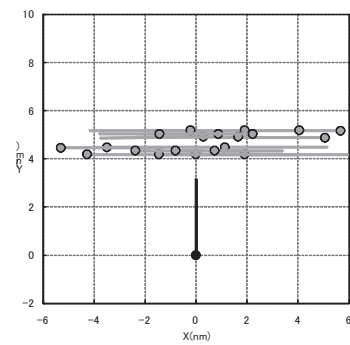


図 4(c) シナリオ 3
(自船:コンテナ船, 初速 24kt)

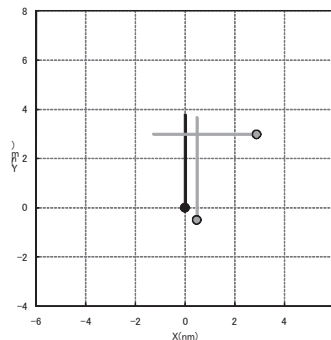


図 4(d) シナリオ 4
(自船:コンテナ船, 初速 24kt)

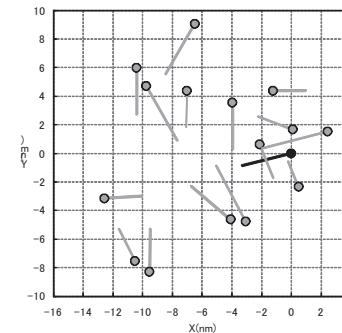


図 4(e) シナリオ 5
(自船:ばら積み貨物船, 初速 15kt)

3.2 操船リスクシミュレータを用いた見張り作業への影響評価

本調査では、実際の見張り作業に支援システムを用いた場合の見張り作業への影響を調査するため、操船シミュレータで熟練操船者による模擬操船を行い、この模擬操船の経験に基づいて支援システムの評価を行った。これにより、支援システムの実現性や利用法を明確化すると共に、問題点とその解決法について検討を行った。

3.2.1 影響調査の概要

調査は、海上技術安全研究所の操船リスクシミュレータ内に、簡易評価の結果を受け改良した支援システムのプロトタイプを設置して実施した。被験者は、10年以上の乗船経験を持つ航海士3名であり、計測項目は、航跡等操船記録、協調型航行支援システムの交信記録、模擬操船中の操船行動及び音声のビデオ録画記録、インタビュー結果である。なお、他船の操船は、意思疎通内容に基づいて、シミュレータのオペレーターがシミュレータのコンソールで行い、他船の支援システムの操作は、調査者が船橋上の対応モニタにより行った。図4の(a)から(e)に模擬操船で用いた5種類のシナリオを示す。それぞれ自船の始点を黒丸"●"で針路を黒の実線で示し、他船は始点と針路を灰色の丸"○"と実線で示す。本模

擬操船では自船として、シナリオ1、2、3、4ではコンテナ船を使用し、シナリオ5では操縦性能の違いによる影響を確認するため貨物船を使用した。

3.2.2 操船結果

図5に操船結果の一例として図4(d)のシナリオを用いて実施した結果を示す。図5は、支援システムを使用しない通常の操船の場合と支援システムを使用した場合の航跡を重ねて示したものである。図中の線は各船の航跡(破線:支援システム未使用、実線:支援システム使用)であり、"◇、△、○"印は、各船の1分毎の位置を示す。また、図中に支援システムによる通信内容と送受信位置を示す。

この結果から、支援システムの有無による操船方法(避航方法)の違いはないものと考えられる。さらに、今回の一連の模擬操船では、いずれの被験者及びシナリオにおいても、支援システムの有無による操船方法(避航方法)の大きな違いは見られなかった。

また、インタビューから、支援システムを用いて通信を行うことにより、通信を行っていない場合と比べ、DCPA(最接近距離)が同じでも避航パターンが確認できて安心感があり余裕が生まれる、とコメントが得られた。これは、現状におけ

る VHF を用いて通信し、意思の疎通が図られた場合と同様であると考える。

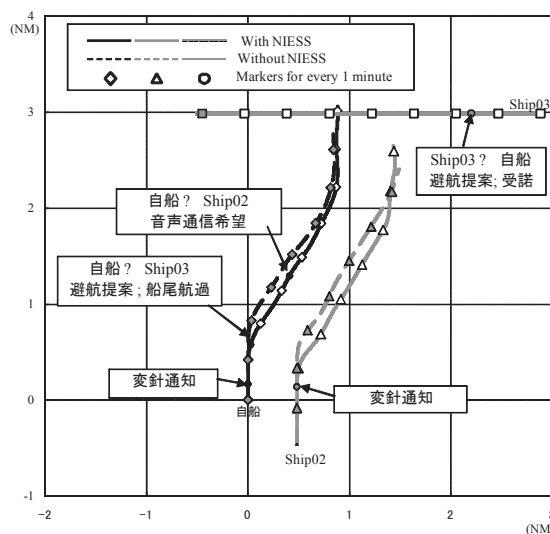


図 5 操船シミュレータによる影響評価試験結果

また、問題点及び要望として以下の点が挙げられた。

- ・シナリオ 4 で、被験者の 1 名に同航船に対して、避航提案を送信するか変針通知を行うかだとまどいが見られた。被験者は、この状況を船首航過とする事に違和感を覚え、適当な手段がなかったためであった。
- ・被験者の 1 名から、今回の一連の操船では発生しなかったが、避航提案を拒否された場合、この通信に気がとられてしまう可能性があるとの指摘があった。

3.2.3 インタビューによる主観的評価

模擬操船後のインタビューで収集した支援システムの有効性及び操船への影響に関する主観的評価を取りまとめた。

(1) システム評価

- a) 見張り作業をする中で、この機能が、邪魔になることはないか？

被験者 3 名とも、今回程度の交通流中での操船では、支援システムの操作や所要時間が、本来の見張り作業の邪魔になるような事はなかったとの評価であった。

- b) 使用中にトラブル等困ったことはなかったか？

3 人とも特になしと言う評価であったが、送信ボタンの押し忘れ等があり、入力を促す表示の工夫が必要である。

- c) 支援システムの必要性について

3 名とも VHF を用いた通信に慣れており、現時点ではこのシステムを使用しないとの評価であった。しかし、見合い関係の判断が微妙な状況や、

避航するにあたって意思疎通をしておいた方が良い時には使用する可能性があるとの評価であった。ただし、こうした評価は、現状の操船方法を前提にしており、実際に装備されれば利用率は伸びる可能性もある。

- d) どのような場合に支援システムを使用するか？

基本的には、どの被験者も時間的に余裕があるときに使用し、切羽詰まった状況では、支援システムは使用しないとの評価であった。余裕があり簡単な操作であるため、VHF で伝えるほどでもないけれど伝えた方が良いという状況で有用である事が指摘された。例えば、1 隻の船舶を避航する際、この変針に関係する他の船舶に航行意思を知らせる時に有効である。

- e) 支援システムがあることで何か変わることはあるか？

操船自体は、海上における衝突の予防のための国際規則に関する条約 (COLREG) 等に則った通常の操船を行うため、大きな変化は無い。しかし、支援システムが有効に運用されれば、確認が確実に取れるので安心感が増すという利点が指摘された。

- f) トレーニングは必要か？

支援システムは、使用するにあたりトレーニングを通じたシステムの慣熟が必要である、との評価を得た。

(2) 機能評価

- a) 避航方法提案機能について

本機能は、特に、複数船の遭遇時で権利義務関係が入り組んだ場合に判断結果を伝えて相互に避航方法を確認したり、ある船舶を避航する際避航によって関係が出てくる船に対して避航パターンを確認する際に有効であると評価された。ただし、改善点として、前を横切の場合、ほぼ同航で前を横切るのか、大きく横切るように変針するのがわからないので、これに対応する必要があるとの指摘があった。

- b) 変針通知機能について

3 名の被験者から、自船の行動変化を周囲の船舶に周知するために有効な機能であるとの評価を得た。特に、変針が複数の船舶に影響する場合に有効で、余裕がある場合には使用したいとの評価であった。また、本機能に対する確認機能も要望された。

- c) 音声通信要求機能について

3 名の被験者から、有効であるとの評価を得た。通常は、VHF 通信においても出ない場合は何度も音声で呼び出すことがあるが、適切なインターフェイスで確実に知らせることができれば非常に有効であるとの事だった。

- d) 行動変更要求機能について

行動変更要求機能については、通常の操船では

必要がなく、やむを得ず依頼するような場合には VHF 通信を利用し依頼するとの意見であった。

(3)評価のまとめ

支援システムは通常の見張り作業に対応した機能を発揮し、支援システムを用いて、現行の避航操船と同様の操船ができることを確認した。

また、支援システムの有効性に関する主観的評価では、見合い関係が微妙な状況では航行意思の確認は必要で、VHF による音声通信の代替機能として、その有効性と必要性が確認された。さらに、機能評価においては、各機能を実現する上でのユーザインターフェイスの修正の要望があったが、避航方法提案機能、変針通知機能及び音声通信要求機能についてはその有効性が確認できた。

4. まとめ

協調型航行支援システムの簡易評価及び操船シミュレータによる模擬操船により、支援システムが避航操船に利用可能であり、有効であることを確認した。

今後、支援システムの実現性の検討をすすめるため、支援システムを実機レーダに組み込み、実海域実験を実施する予定である。さらにユーザビリティの詳細な検討が必要であるため、より多くの被験者による評価を行う予定である。また、支援システムを実現するために必要な AIS バイナリメッセージにおける国際的な合意を得るため、IMO 等に働きかけていくことを考えている。

謝 辞

本研究は、国土交通省海事局船舶産業課の請負研究「協調型航行支援システム構築のための調査研究」として実施いたしました。また、本支援システムの構築及び評価試験の実施にあたり東京海洋大学今津教授、田丸准教授、航海訓練所渡邊兼人氏をはじめ多くの方々からご協力、ご助言をいただきました。心より感謝いたします。

参考文献

- 1) Takahiro TAKEMOTO、Yoshiharu SAKAMOTO and Masao FURUSHO : The Characteristics of Navigator's Error in Ships' Collision Accidents、Proc. Of Asia Navigation Conference(2007)、pp.213-221
- 2)今津 隼馬：避航と衝突予防装置、成山堂書店(1984)、p.7
- 3)室原 陽二、伊藤 泰義、沼野 正義、桐谷 伸夫：船舶運航上のヒヤリハット事例とその研究、船舶技術研究所報告、第37巻第5号(2000)、pp.191-244
- 4)南 真紀子、福戸 淳司、丹羽 康之：AISを用いた協調型航行支援システムの検討、日本航海学会論文集、No120(2009.3)、pp.27-33
- 5)南 真紀子、福戸 淳司、丹羽 康之、渡邊兼人：操船シミュレータを用いた協調型航行支援システムの見張り作業への影響調査、日本航海学会論文集、No122(2010.3)、pp.27-34
- 6)今津 隼馬：避航法に関する研究、博士論文、東京大学(1986)

