輻輳海域における高速航行の支援方法の検討

輸送高度化研究領域　＊田中　邦彦、岡崎　忠胤、福戸　淳司
海上安全研究領域　　伊藤　博子、丹羽　康之、沼野　正義
宮崎　恵子
客員研究員　伊藤　泰義

１．はじめに

現在、海事３局庁では「海上ハイウェイネットワークの構築」を推進しており、ハードとソフトの施策を有機的に組み合わせることにより、安全性と効率性を両立した海上輸送網の構築を目指している。海上技術安全研究所は、その一環として、国土交通省海事局の委託に基づき、平成 14 年度から 15 年度にわたって、シミュレータ実験を通じ、輻輳海域を高速航行する船舶に要求される技術要件を明らかにするための手法確立を目的とした調査研究を行った。

輻輳海域では他船との遭遇機会が多いことから、高速航行する船舶の安全運航を実現するためには、特に、避航及び緊急回避操船の際、操船者に情報が的確に認識され、その判断の基に短時間に必要な操作が可能でなければならない。このため、操船者に提供する情報の種類、提示方法、機器配置及び操船装置の操作法等を具体的な運航体制を考慮して検討する必要がある。

そこで、本研究では、まず、高速船の実態調査を実施し、高速船用操船システムの要件をまとめ、これ模擬した操船システムをシミュレータに組み込み、想定される輻輳海域環境下での操船を実施し、その妥当性の評価を行った。

２．高速船実態調査

輻輳海域における高速航行に必要な支援機能の検討を行うにあたり、現在、運航されている高速船に対して、運航体制、装備している航海機器、その配置、操船装置について調査を行った。調査を行った船種及び調査内容を表－１に示す。

２．１　運航体制

今回の調査対象船舶においては、通常、２～３人での運航を想定していた。その役割は、船長による操船と機関士（長）による機関の監視と見張りの２名が最少構成となっている。さらに、夜間は暗視装置による見張りを行う航海士を加えた３名が最少構成となっている。但し、双胴エアクッション船については、操舵員が操船を行い、船長が見張りと操船指示を行うものであった。また、高速船の場合その運動性能や緊急操船に対応して乗員は着座して操船する船が大半であった。

２．２　航海機器

高速での移動は自船位の誤認を招き易いため、自船の状態を容易に確認出来る機器が必要である。さらに、高速船は、速度が速く判断の遅れの影響が大きいため、他船、漂流物等の早期発見が重要である。

自船情報としては、船速や針路と言った状態量と船位が重要な情報となる。調査の結果から、船速・針路と言った状態量は、個別の表示器を用いるものが多く、特に、コンパスレピータを船体中央の操舵輪前に置いているものが多かった。また、自船位については、GPS の普及から簡易電子海図上に航跡を記録する機器が多くの船に積まれていた。

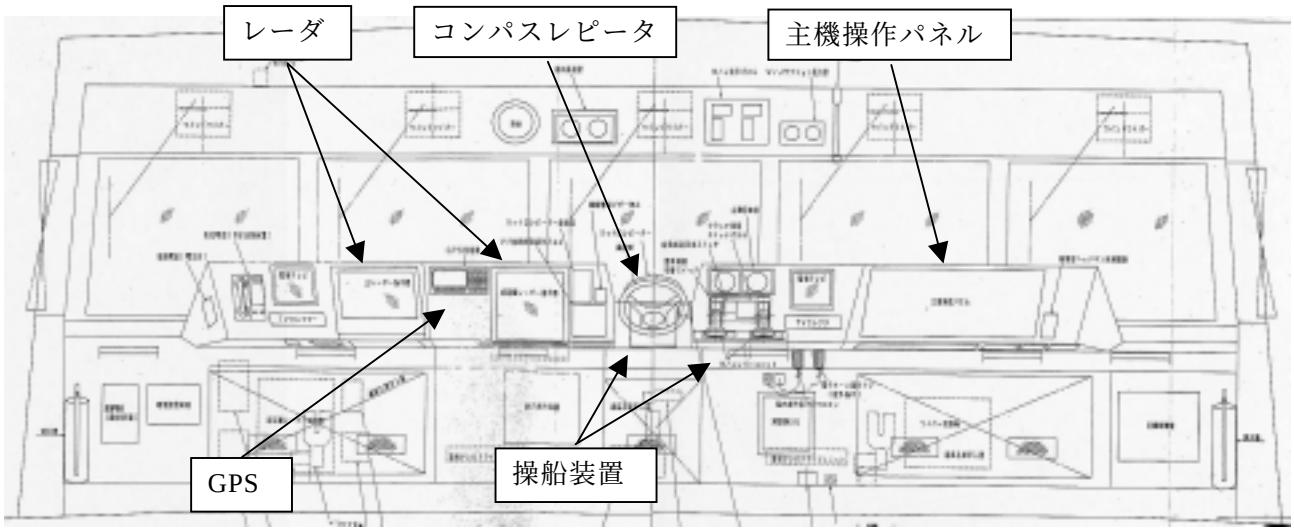
他船情報については、全ての船にレーダがついており、これで他船の動静を監視していた。夜間の視覚補助としては、暗視装置及びサーチライトを装備している船があったが、夜間に営業運転を想定していない船については装備されていなかった。

２．３　機器配置

図－１に高速船の機器配置例を示す。機器配置については、まず、操船を行う船長が全ての情報を見る事ができる様に船長の座席を中央に配し、その左または右に機関士及び必要に応じて航海

表－１　調査船舶主要目

船種	ｼﾞｪｯﾄﾌｫｲﾙ	半没水双胴船	双胴船	双胴型 ｴｱｸｯｼｮﾝ船	ﾎﾊﾞｰｸﾗﾌﾄ
総トン数	280 トン	567 トン	296 トン	2,785 トン	約 40 トン
船長	27m	39m	43m	70m	23m
乗務員数	4～5 人	4～5 人	4 人	8 人	2～3 人
旅客定員	268 人	410 人	300 人	260人＋ 乗用車 30 台	105人
航海速力	43 ノット	27.5 ノット	36.8 ノット	45.23 ノット	約 90km/h
運航時間	1 時間 45 分	1時間	1時間	1時間40分	25 分



図－１　高速船の機器配置例

士がその反対側に配置されていた。

２．４　操船装置

高速船が、危険に遭遇した場合、高速である事から、迅速な操作と船体応答が求められる。操舵輪については、１動作で希望の舵角を設定出来るものが設置されており、舵中央が容易に分かるものが多かった。推力指令については、機関士が設定するものが多かった。また、高速船特有の動作を設定する、操作スイッチやレバーは（例：水面高設定レバー）操船者の近くに設置されていた。こうした操船装置は、緊急停止時に重要となり、ジェットフォイルでは、１動作で緊急停止のシーケンスを実行出来る機構を備えている船があった。

３．シミュレータ実験による検証

３．１　模擬操縦装置の概要

高速船の操船支援の検討を行うため、実態調査で明らかになった仕様に基づき高速船用の模擬操縦装置を製作した。

高速船の操船に必要な機能としては、自船情報提供機能、自船位確認支援機能、他船情報提供機能、操船操作機能である。そこで、模擬操縦装置には以下の機器を装備した。

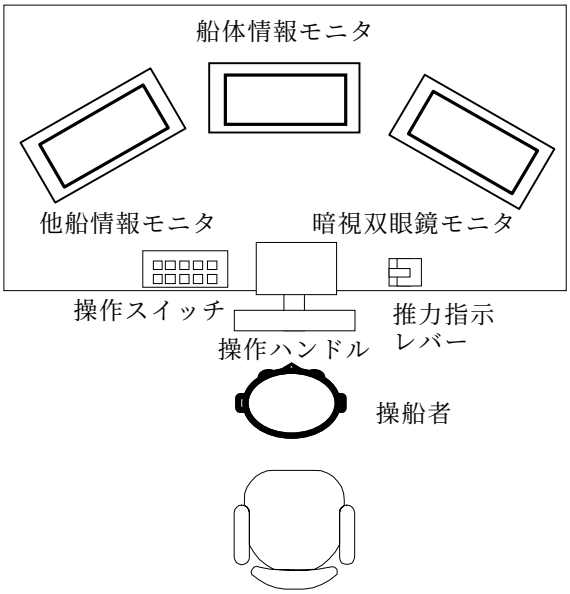
・コーニングディスプレイ（自船の状態量表示）
・DGPS と電子海図による自船位把握支援
・RADAR/ARPA による他船情報提供
・操舵輪、推力指示レバー、浮上用ファン操作スイッチ（エアクッション艇を想定したため。）からなる操船装置

さらに、双眼鏡或いは暗視装置による目視確認の状況を模擬するため、当該装置で得られる画面をモニタ上に出す事により、その視覚情報を補った。

図－２及び写真－１に模擬操縦装置の配置図

と設置状況を示す。操舵者が操作を行う機器としては、座席の前に舵角と推力を指示する操作ハンドル及び船体浮上制御や航行モードを指示する操作スイッチを設置した。また、モニタに関しては、前面左から他船情報モニタ、船体情報モニタ、暗視双眼鏡モニタを配置した。各モニタについては、必要に応じて操舵者がアクセス可能である他、複数の援助者がいる場合にも情報の確認や各種操作できるよう配置した。

他船情報については、電子海図上に自船共に他船情報を表示、船体情報については、船首方位・舵角（指示値、応答値）・船速（指示値、応答値）、機関回転数等を表示した。



図－２　機器配置案

写真－１　模擬操縦装置

実船の配置では、操舵者と補助者は独立の情報表示装置を用いるべきであるが、実験においては、３台のモニタの他に、もう１台補助者用にモニタを設けた。

３．２　シミュレータ実験の概要

航海機器の機能、配置及び運航体制等の高速航行に必要な機能に関する検討を行うため、模擬操縦装置を操船シミュレータに組み込み、操船支援情報及び運航体制等を考慮したシミュレータ実験を実施した。

高速航行する船舶の機能要件としては、実態調査を基に次の３点に着目した。

①輻輳海域を航行する船舶の性能（最大速度、加減速性能、旋回性能、緊急停止性能等）
②操船支援情報（支援機器の機能、情報の種類、表示方法等）
③運航体制（人員配置、数、シフト体制等）

３．３　シナリオ

シミュレータ実験は、以下の条件を実験の目的に沿ってパラメトリックに設定して実施した。

・交通環境：東京湾の 1990 年に実施した実態観測を基にした最も混んだ状況の交通流を再現し、横浜沖南航と中ノ瀬航路北航で実験を実施。
・船舶性能：船速と操縦性能 2 ケースを設定。
・支援機能：電子海図上の他船情報表示、暗視装置
・運航時間帯：昼間、夜間

また、緊急操船時における操船インタフェースの評価のために、前方に障害物（クジラ）を出現させ、障害物の手前までに停止する緊急操船を実施した。

３．４　評価結果

（１）自船情報提供支援機能

自船情報については、正面の船体情報モニタに針路、速力、ウォータジェット推進器角度（舵角に相当）等の他、機関関係情報も同時に表示した。実務者の評価の結果、情報提供の際には、メリハリを付けた分かり易い情報提供が必要で、特にコンパスレピータの表示面積を拡大、ウォータジェット推力やその方向の画像が有効であった。

（２）自船位確認支援

高速船の場合、高速での移動と俊敏な旋回性能により、避航操船等を行った場合、自船の位置の認識を誤りやすい。このため、自船の位置を陸岸と共に表示する機能は、必要不可欠である事が航

行時の主観的評価から判った。GPS プロッタや電子海図表示装置はその１例として有効である。

（３）他船情報提供支援

評価実験において、他船情報は上記の電子海図上に ARPA 情報として表示した。輻輳海域は、自船前面の船舶の迅速な動向把握が求められ、操船者に大きな情報処理能力が要求される。支援情報として、１）レーダプロットのみと、２）ベクトル情報表示を与えた実験を行った結果、連続した見合い関係ではベクトル情報が必要であり、さらに有効な支援としては、衝突が予想される地点を示す PAD（危険予測海域）が指摘された。これから、衝突の危険を評価するプロセスの支援は、高速船の安全運航には必要不可欠である。

（４）操船装置

操舵については、基本的に景観で他船の動向を確認しながら操船を行うため、操舵輪については、一動作で目的の舵角がとれること及び舵中央が体感出来ることが重要である。本実験ではフォースフィードバック機能付きの操舵輪を用いて実験を行い、その有効性が確認できた。速力制御操作については、推力指示レバーと浮上用ファン操作スイッチで構成した。実験時の緊急停止時には、推力レバーと浮上用ファンスイッチによる二動作が必要であった。複雑な条件が無ければ二動作でも対応が可能であるが、一動作で緊急停止ができる事が望ましいとの評価を得た。

（５）暗視装置

暗視装置については、夜間航行では、他船、著目標等を確認するために必要である。また昼間航行においても前方障害物の発見に有効であり、必須な装置であるという評価を得た。

４．高速航行の支援方法の提案

被験者によるシミュレータ実験の主観評価、アンケートおよびヒアリング結果から、高速航行に必要な支援機能とその方法について提案する。

①RADAR/ARPA,AIS

・操舵者と別に、RADAR/ARPA の操作を正確、迅速に行い、円滑に適切な情報伝達を行える担当者が必要。
・精度の高い自動捕捉機能が必要。
・RADAR/ARPA は更新速度の高速化が必要。
・AIS は、相手船情報の収集に有用であり今後必須。
・危険領域の表示は、有効。

②電子海図

・自船の船位確認のため、電子海図上に自船の運動状況を表示する事が必要。
・他船動向の把握のため、RADAR/ARPA 情報が重畳できれば非常に有効。
・情報過多を防ぐため、容易な操作による情報の取捨選択機能が必要。

③暗視装置

・夜間航行には、他船、灯浮標、著目標等を確認するために必要。
・昼間航行には、海上漂流物、海中生物の発見に有用。
・夜間は、暗視装置を専門に操作する担当者が必要。

④他船への周知

・高速航行を行っていることを示す閃光灯が必要。

⑤操船装置

・一動作で目的の舵角がとれ、舵中央が体感出来る操舵輪
・一動作での緊急停止ができる機構が有用。

⑥運航体制（ブリッジにおける人数）

・これらの支援機器を搭載し、輻輳海域を航行する場合、昼間は、船橋をコックピットスタイルにして、２人体制（操舵者、ARPA と VHF 担当）で運航し、夜間は、３人体制（操舵者、ARPA 担当、暗視装置担当）で運航することが望ましい。

５．おわりに

高速船の実態調査に基づき製作した高速船用操縦模擬装置を操船シミュレータに組み込み、操船シミュレータ実験を行った結果、今回提案した支援装置の組み合わせや運航体制等の支援方法について、妥当性・有効性が確認できた。また、航海機器の機能、配置、及び運航体制等の要件を得ることができた。今後は、さらに具体的な支援方法について検討を行う予定である。なお、本研究は、国土交通省技術研究開発委託費（海事局）により実施しました。