

操船シミュレータへの自動避航操船機能の導入

福戸 淳司*・長谷川 和彦**・酒井 史彦**

Introduction of an Automatic Collision Avoidance Function to a Ship Handling Simulator

Junji FUKUTO, Kazuhiko HASEGAWA and Fumihiko SAKAI

Abstract

Based on the rapid advance in ICT, developments and introductions of new services using new technology such as AIS Application Specific Messages are underway. These services will be useful for mutual relationship between encountered ships such as a collision avoidance support system.

Recently, cost benefit analysis is required to introduce such a newly developed system. When evaluating cost benefit, the utility of the system is necessary. However, it is difficult to get the utility quantitatively because there is no experience of the new system enough for measuring its utility. Then we use subjective utility which comes from expert judgment. When we get the expert judgments, suitable experiences of the new system are necessary. Simulator run is one of the best ways to get the experience.

To express mutual actions between encountered ships in a simulator, a control system for traffic ships is needed. The system includes not only a function for expressing traffic ship's motion, but also functions for expressing the effect of intelligent systems.

In this paper, we introduce an automatic collision avoidance system and a framework for implementing the intelligent systems to a ship handling simulator by using inter-process communication and then discussed the results of simulation runs of three-ship-collision-scenario.

Keywords: *Ship handling simulator, Collision avoidance,*

キーワード: 操船シミュレータ、衝突回避

1. はじめに

現在、日本においても多くの機関で操船シミュレータが使用されている。この操船シミュレータの使用目的としては、大別して、教育訓練とシステム評価が挙げられる。

教育訓練については、訓練対象となる操船要素を短時間かつ効率的に習得できる他、現実には危険で体験できないような状況をも体験でき、高い教育成

果を上げている。⁽¹⁾

一方、近年の ICT 技術の発展に伴い、AIS Application Specific Message 等を利用した新しいサービスの導入⁽²⁾や、船船間通信に基づいた支援の検討⁽³⁾等が進められている。特に、今後船船間通信や船陸間通信を用いた船船間での相互作用で機能を発揮するサービスが出てくることが予想される。

こうしたシステムを政策的に導入するには、確率的な安全評価に基づく FSA (Formal Safety

* 正会員 海上技術安全研究所 運航・物流系 (〒181-0004 東京都三鷹市新川 6-38-1)

** 正会員 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻船舶海洋工学部門 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1)

Assessment) や費用対効果分析が求められるが、新しいシステムの効用(例えば、エラーの低減率)は、そのシステムの運用経験がなく定量的な評価は難しい。このため、こうしたシステムの効用は、そのシステムを利用した経験に基づく熟練者の専門家判断として定量化される。⁽⁴⁾この専門家判断取得時には、新しいシステムの使用経験は必要不可欠であり、操船シミュレータは使用経験を得る有効な手段の1つである。

新しいシステムによる船舶間の相互作用を操船シミュレータ上で表現するには、操船シミュレータ上で交通流を構成する船舶(以下、他船と呼ぶ。)を、シミュレーション実施中に制御する必要があるが、従来の操船シミュレータでは、あらかじめ設定された計画航路に基づく航行が基本であり、一部教官卓による他船の手動操船は可能であったが、周りの船舶の動きに対応した操船はできなかった。このため、長時間の試験の場合、被験者が操船する船舶(以下、自船と呼ぶ。)の動きに影響されて、望む見合い関係を設定できない、航法に反して他船が自船に向かってくる等、他船の不自然な動きが起こった。また、新しいシステムの機能を実現するには、その機能を表現するインテリジェンスを他船に持たせる必要がある。

そこで、本研究では、全他船に船舶間の相互作用等インテリジェントな動きを組み込むため、自動避航操船機能を例に、操船シミュレータに全他船を制御する枠組みを導入し、その機能の確認を行った。

2. 自動避航操船アルゴリズム

本研究では、自動避航操船アルゴリズムとして大阪大学で開発された Fuzzy 推論による自動避航システム⁽⁵⁾の一部を改良して用いた。このシステムは、1987年に最初に開発されたものであるが、今までに各種交通流シミュレーションを行い、改良が行われてきた。⁽⁶⁾今検討では、この考えの基に避航指令部分を C++言語によりプログラム化し、シミュレータ用に再構成して、操船シミュレータに組み込んだ。具体的には、上述の自動避航操船アルゴリズムの内、各船が入手した他船情報から周りの状況を認識して避航操船判断を行い、操船指令を出すまでのアルゴリズムを用いた。

避航操船アルゴリズムについては、過去の研究例として、動的計画法に基づき衝突危険度や効率低下を考慮して避航航路を設定し避航する今津の方法⁽⁶⁾や、避航手段である変針と加減速で表現される避航操船空間上で衝突の危険と操船の好ましさを最適

な操船指令を求め避航する長澤の方法⁽⁷⁾、さらには最適化手法としてニューラルネットワークや遺伝的アルゴリズムを用いた避航法の提案が挙げられる。これらの避航操船法全てにおいて、ある程度の効率の違いはあるが、安全に避航操船が行われていた他、一部は交通流の解析にも使われてきており、今回の目的である被験者に違和感の無い避航の状況を再現するには、パラメータの調整がうまくできれば、どの避航法でも利用可能と考える。このため、今回は、論文で手順やパラメータが明確に示され、比較的計算量が少ないと思われる大阪大学の Fuzzy 推論による自動避航操船機能を使用した。

各船の避航操船判断は、基本的には、各船が持つレーダあるいは AIS 等による他船情報に基づいて、(1) 遭遇船との衝突の危険の評価、(2) 避航の可否の判断、(3) 避航が必要な場合、避航手段の決定、(4) 避航手段に基づいた避航操船手順の実行、(5) 避航操船手順実現のための指令針路および指令船速の出力、の順に実施される。

2.1 衝突の危険と避航の可否の評価基準

遭遇船舶との衝突の危険の評価および避航の可否の判断は、衝突危険度(CR)により判断される。CRは、自船と遭遇船との相対的な位置および速度から求まる TCPA(最接近時間:秒)および DCPA(最接近距離:m)を基に、Fuzzy 推論により求める。衝突の危険および避航の可否の判断には、船舶の大きさおよびその操縦性能が影響すると考えられるので、TCPAについては、操縦性能を表す時定数 T を用いて修正し、操縦性能が悪いほど衝突危険が高くなるよう式(2-1)および式(2-2)の要領で調整した。

For assessing collision risk:

$$TCPA_C = TCPA - C_C T \quad (2-1)$$

For assessing return path:

$$TCPA_V = TCPA_C - C_V / T \quad (2-2)$$

C_C and C_V are constants. In this simulation, $C_C=2$ and $C_V=1000$. They are determined based on some simulation results.

また、DCPA についても、船の大きさを考慮して式(2-3)に示すように自船と他船の大きい方の船長で無次元化した DCPA' を用いた。

$$DCPA' = DCPA / L \quad (2-3)$$

L : Ship Length (m)

TCPA_cおよびDCPA'は、熟練者の専門家判断により、その余裕度をそれぞれ8つの言語変数と5つの言語変数でメンバーシップ関数として表現されている。また、衝突危険は8つの言語変数に分類されており、このTCPA_cおよびDCPA'の言語変数と衝突危険の言語変数は制御則としてまとめられている。さらに、CR値と衝突に関する余裕度の関係がメンバーシップ関数として表現されているので、衝突危険度CRはTCPA_c、DCPA'から、Fuzzy推論で求められる。なお、CR値は、衝突に関する余裕度に対して、-1から1に写像されており、CR値が正は、最接近地点通過前、負は最接近地点通過後を示し、その絶対値が大きいほど衝突の危険が大きいことを示している。

2.2 避航操船判断

避航操船の要否の判断や避航方法は衝突危険度とともに見会い関係に依存する。このため、本アルゴリズムでは、遭遇船との見会い関係をFig. 1に示す6つのパターンに分類し、避航手段を設定した。また、避航開始を決める閾値は、衝突危険度CRを指

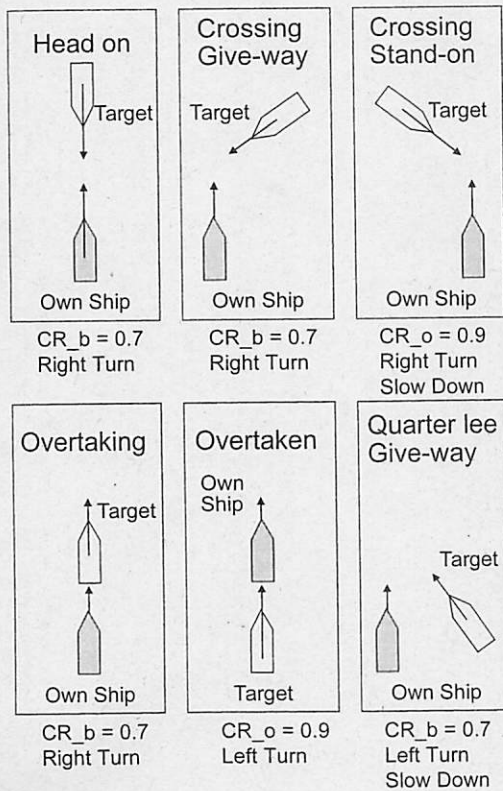


Fig. 1 Encounter patterns and their characteristics

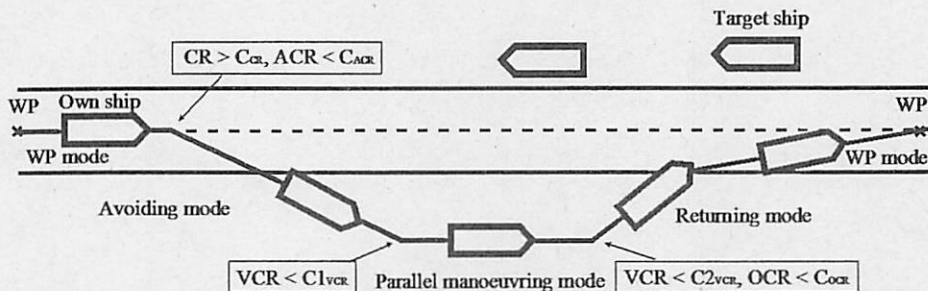
標とし、避航船は、CR_b、保持船は、CR_oとした。この閾値の値 CR_b=0.7、CR_o=0.9 は、過去のシミュレーション結果から経験的に決めたもので、それぞれ避航船及び保持船が避航する必要がある衝突危険度と定義される。このため、避航操船判断の要否は、CRが見会い関係で設定されるCRの閾値、CR_bあるいはCR_oを超過するかどうかで判断され、避航する場合は、各見会い関係に設定された避航法に基づいて避航する。

また、交通流を構成する他船に避航操船アルゴリズムを適用する場合、通常1対1のみではなく1対多での遭遇を考慮する必要がある。このため、避航の要否の判断においては、設定した距離以内にいる全ての船舶に対してCRを計算し、最もCRの絶対値の大きな船舶に対して、避航操船の要否の判断を行い、避航が必要な場合にはその船を対象に避航させる。

2.3 避航操船の手順の実現

本アルゴリズムでは、航行状態を航路航行モード(WP mode: Way Point mode)、避航モード(Avoiding mode)、平行操船モード(Parallel manoeuvring mode)、復帰モード(Returning mode)の4つのモードで表現する。Fig. 2に行き会い状態を例に避航操船の手順を示す。

船舶は通常、計画航路の基づいた航路航行を行う。この際、常に周囲の船舶との衝突危険度と見会い関係を計算し、モード遷移の可能性を確認している。一度CRが通常航行の閾値C_{CR}(CR_bあるいはCR_o)を超え、避航後の針路の衝突危険度ACRがC_{ACR}より小さい場合、避航モードに移行する。この例では30度右変針を行うための変針指令が操船シミュレータに送られ、避航操船が行われる。ACRがC_{ACR}より大きい場合、初期変針角である30度に5度ずつ加え、45度を上限に、ACRがC_{ACR}より小さくなるまで、変針角を増す。避航モードに移行後は、そのコースが保持されるとともに、そのコースを保持した場合の衝突危険度CRと平行操船モードに移行した場合の衝突危険度VCRが計算され、新たな避航操船の必要性和平行操船モードへの移行の可能性が判断される。ここで、平行操船モードへの移行の閾値C_{1VCR}に基づいて安全に平行操船モードに移行できると判断された場合、平行操船モードに移行する。復帰モードへの移行も同様に閾値C_{2VCR}、C_{OCR}により判断される。最後、復帰モードの状態では計画航路からの距離が設定範囲内になった場合、航路航行モードに復帰する。



CR: Collision Risk
 ACR: Collision Risk of avoiding manoeuvre
 VCR: Collision Risk of parallel manoeuvre
 OCR: Collision Risk of returning manoeuvre
 C_{cr} , C_{acr} , C_{1vcr} , C_{2vcr} and C_{ocr} : Criteria for mode change

Fig. 2 Procedures of collision avoidance manoeuvre

3. 自動避航操船機能の操船シミュレータへの組み込み

操船シミュレータでは、一般に、交通流を構成する他船は、あらかじめ設定された計画航路に沿って航行する。また、必要に応じて教官卓から対象船を指定して、その船舶の航行機能を航路航行機能か手動操船機能に切り替え、教官卓から設定した指令針路および指令速度で航行させることができる操船シ

ミュレータもある。

本研究では、海上技術安全研究所の操船リスクシミュレータ⁽⁸⁾を対象に、知能化システムの例として自動避航操船機能を組み込んだ。自動避航操船機能の組み込みでは、操船リスクシミュレータが持つ航行機能の切り替え機能および手動操船機能での指令針路および指令速度の設定機能を利用して、シミュレータ外部からの他船の制御フレームワークを作成した。

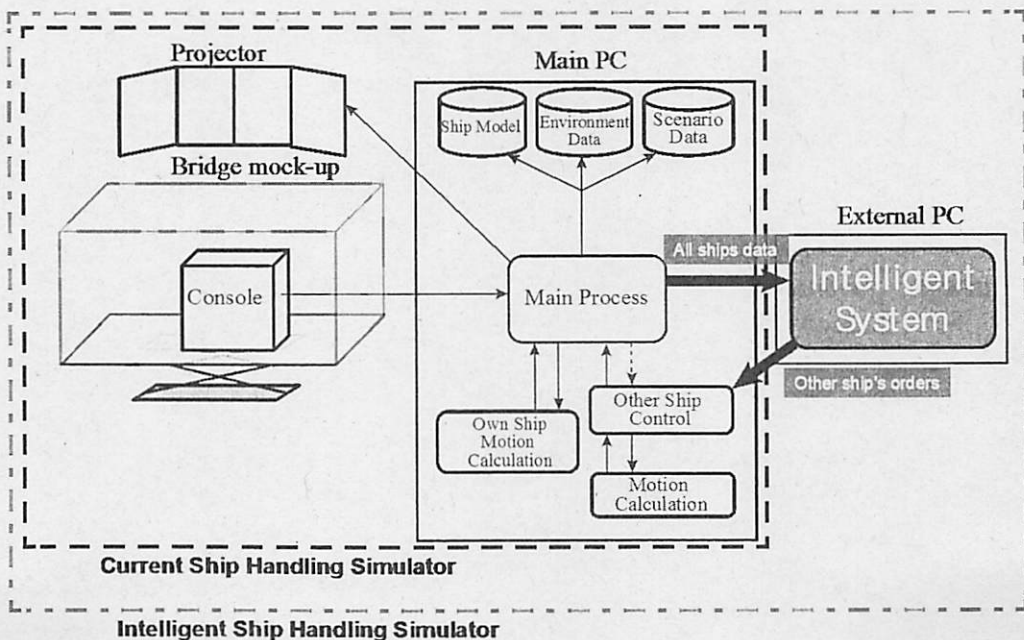


Fig. 3 System diagram of a ship handling simulator

Fig. 3 に、操船リスクシミュレータの概略図を示す。破線で囲まれた部分が従来の操船リスクシミュレータで、その外部に知能化システムを実現する外部 PC があり、一点鎖線で囲んだシステム全体をインテリジェント・シミュレータと呼ぶ。自船の運動は、船橋で設定されたエンジンレグラフ値や舵角に基づいて、風等の環境影響を加味しつつ運動計算プロセスで求められる。他船の運動は、操作卓より航路航行機能あるいは手動操船機能の別が他船毎に設定されるので、まず他船制御プロセスでそれぞれの航行機能に基づいて指令針路および指令速度が出力される。次に、この他船運動計算プロセスで、指令値に基づいて、全他船の運動が計算される。

自動避航操船機能の組み込みにおいては、知能化システムと主プロセスに通信機能を設け、知能化システム上の自動避航操船機能は LAN 経由の UDP によるコネクションレスの通信で、全船の情報を主プロセスから受信し、受信情報に基づいて自船を除く全他船の避航操船判断を行い、その結果を他船制御プロセスに伝える形で、自動避航操船機能の組み込

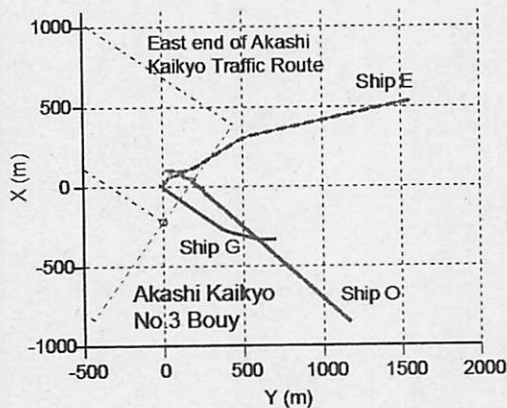


Fig. 4 Double collision situation in Akashi Kaikyo

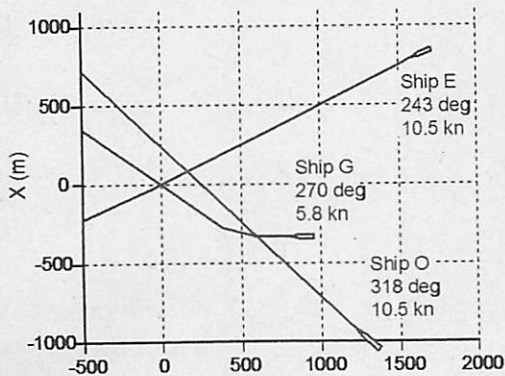


Fig. 5 Scenario for this study

みを行った。

避航操船の実施には、各時刻における状態量の他、計画航路や船舶の属性が必要になる。また、従来の操船リスクシミュレータのシミュレーション実行中の負担増を最小限にするため、通信量を極力低減する必要がある。

このため、通信は以下の手順で実施した。

- (1) 操船シミュレータ初期化時： 計画航路や船舶属性等をシナリオファイルから取得した。これにより知能化システムが計画航路等各種設定情報を事前に取得することにより実時間計算時の通信量を減らすことができた。
- (2) 実時間計算時： 1秒毎に全船の状態量のみを取得し、各船舶の手動操船への切り替えの有無と指令針路・船速のみを出力した。このうち、全船の状態量は、他のプロセスでも使用されているブロードキャスト形式で送られてきた情報を取得し利用しているので新たな通信は生じておらず、送信についても知能化システムで全船の計算をし、操船指令内容の修正が必要な時のみその内容を出力した

これにより、実計算時の通信量を操船指令の修正のみの増加に抑え、シミュレータの実時間での実行を確認した。知能化システムについても、今回の自動避航操船機能では1秒毎の実時間での実現は確認できた。また、知能化システムは、一般に運動の時定数より長く、必要に応じて計算時間間隔を当該システムの許容範囲を考慮して伸ばすことにより、対応可能である。

4. 3船問題を用いた避航操船機能の確認

避航操船機能の有効性を確認するため、平成20年3月に発生した明石海峡における二重衝突事故を、開海面の状況で簡素化してシナリオ化して、被験者による操船と自動避航操船を実施し、その結果を比較する形で、避航操船機能の動作の確認を行った。

4.1 シナリオ

Fig. 4 に明石海峡における事故の状況を示す。事故は明石海峡航路東口付近において、同航路に沿う針路で西航中の Ship O と同針路と交差する針路の Ship E とが共に同航路に沿う針路で西航中の Ship G を追い越す態勢で接近し、各船がほぼ同時に航路に入航した直後、最初に Ship O の右舷船尾と Ship E の左舷側ほぼ中央とが衝突し、次いで、Ship O の船

首と Ship G の右舷側ほぼ中央とが衝突した。衝突の結果、Ship O と Ship E は外板に凹損を生じ、Ship G は外板に破口を生じて沈没した。

そこで、この状況を基に Fig. 5 に示すシナリオを設定し、事故が起こった状況に対して自動避航操船機能がどのように対応できるか、検討を行った。

なお、シミュレータによる試行時には、基本的な避航機能を確認するという立場から、航路の存在は考慮しないこととし、開水面を仮定してシナリオを設定した。Table 1 に各船舶の要目を示す。

今回の試行では、被験者は Ship O および Ship E を操船することとし、それぞれ相手船を見落とした場合を想定して、避航する場合と避航しない場合を設定して試行を行った。Table 2 に今回実施した試行ケースを示す。

Table 1 Ship characteristic data

Name	Ship Type	Gross Tonnage	Length
Ship E	Cargo Ship	496 ton	65.65 m
Ship O	Tanker	2948 ton	96.00 m
Ship G	Cargo Ship	1466 ton	72.10 m

Table 2 Cases of experiment conditions

	Human operated Ship	Own ship action	Number of runs
Case 1	Ship O	CA	6
Case 2	Ship O	No CA	2
Case 3	Ship E	CA	2
Case 4	Ship E	No CA	1

CA: Avoid collision by the human operator

今回の目的は、避航操船機能の基本機能の確認であるため、被験者は操船未経験者 1 名により実施した。但し、避航操船方法については、当該事故の事故解析結果等を参考に、操船経験者がとった回避行動を採用して、被験者の安全感覚に基づいてその回避行動を実行した。

4.2 被験者の操船と自動避航操船機能の比較

4.2.1 Ship O の避航操船の比較

被験者の避航操船と自動避航操船機能の比較をするため、以下に Case 1 の最終試行結果と Case 3 の最終試行結果を示す。各試行は被験者が安全に航行したと納得するまで実施したもので、比較にはそれぞれのケースの最終結果を利用した。

Fig. 6, Fig. 7 に、それぞれ Case 1 : Ship O を被験

者が操船した場合の、航跡と、針路・速度・衝突の危険度の時系列を示す。Fig. 6 で、太線に船舶の形が白抜きしてある航跡が被験者が操船した航跡で、その他の航跡が自動避航操船機能による操船結果である。また、船型は、30 秒毎に表示しており 2 分毎に大きな船型を表示している。

Fig. 7 において上から、3 船の針路、船速、Ship O から見た Ship E、Ship G の衝突危険度、Ship E から見た他の船舶の衝突危険度、Ship G から見た他の船舶の衝突危険度を示している。

Case 1 の試行では、実験開始から 60 秒後、Ship O は Ship E に対する CR が 0.43 になった時に右への避航を開始し、その後、Ship E の船尾を追尾しながら徐々に航路復帰し、避航開始から 170 秒後、避航開始前の針路に復帰した。その間、Ship E は Ship G に対して、実験開始後、200 秒から 370 秒まで Ship G を追い越し船と判断し避航操船が行われた。この際、Ship O の各船への最小離隔距離は、Ship E には、348m、Ship G には、499m であった。

次に、Fig. 8 および Fig. 9 に、Case 3 の試行結果を先の試行と同様に航跡と各種状態量の時系列で示す。

Ship O は、実験開始から 170 秒後、Ship E に対する CR が CR_b を超え、同船を横切り保持船と判断し、右へ 30 度避航を開始した。その後、実験開始から 290 秒後平行移動へ移り、その後航路復帰した。この際、被験者は Ship E が Ship G に対して横切り保持船と判断していたが、Ship G の避航操船が十分ではないと判断し、右変針による避航操船が行われた。この際、Ship O の各船への最小航過距離は、Ship E には、300m、Ship G には、338m であった。

Ship O について、2 つのケースを比べると、被験者が CR=0.43 の時に避航したのに比べ、自動避航操船機能の場合、CR=0.7 で避航を開始したため、自動避航操船機能の方が、110 秒避航開始が遅れたが、最小離隔距離も双方 3L 以上とれており、避航操船時のイベントもほぼ同様であることから、本シナリオにおいては、被験者とほぼ同等の操船がなされているといえる。

4.3 自動避航操船機能の保持船時の避航船への対応

本アルゴリズムは、避航船は、避航船の避航開始の閾値 CR_b:0.7 で、保持船であれば閾値 CR_o:0.9 で避航を開始する。このため、例えば避航船が見張り不十分で避航しなくても保持船が、CR>CR_o になると避航し衝突を回避する。この機能を確認するため、Case 2 の試行結果を示す。本シナリオでは、

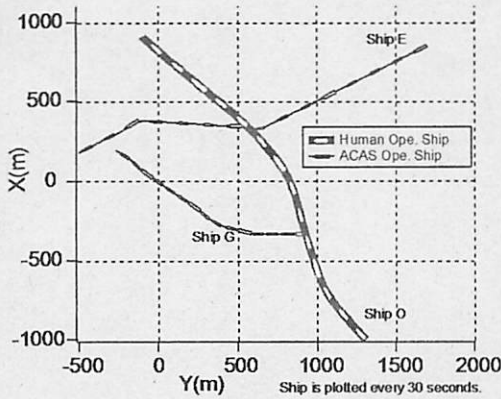


Fig. 6 Trajectory of Case 1

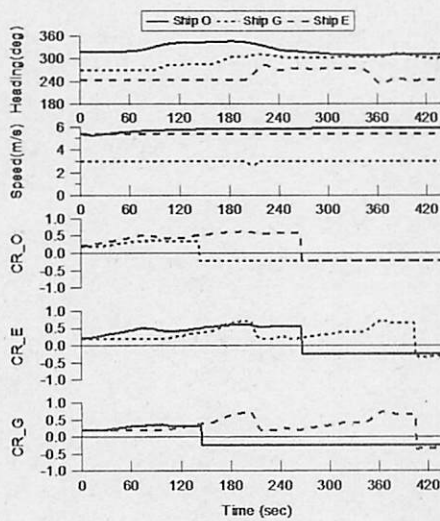


Fig. 7 Time history of Case 1

Ship O を被験者により操船させ、避航せずに直進させた。

先の試行と同様に、Fig. 10 に航跡図、Fig. 11 に諸状態量の時系列を示す。

Ship E は、実験開始後、180 秒で Ship O に対し CR が CR_o となり、Ship E は保持船であると認識しつつも衝突の危険があると判断し、右 30 度の避航を開始し、実験開始後 350 秒に Ship O に対して原針路復帰が可能と判断して、平行操船モードに移行し、最終的に Ship O を安全に避航して、復帰モードに入り、計画航路に向ける針路をとった。ここに示す通り、相手船が見落としによる避航操船の不履行があった場合においても、一般常識に則り、右に変針し、4.2L に相当する十分な離隔距離で避航できたことを確認した。

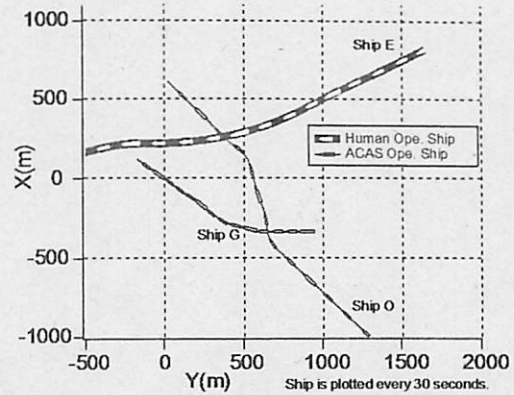


Fig. 8 Trajectory of Case 3

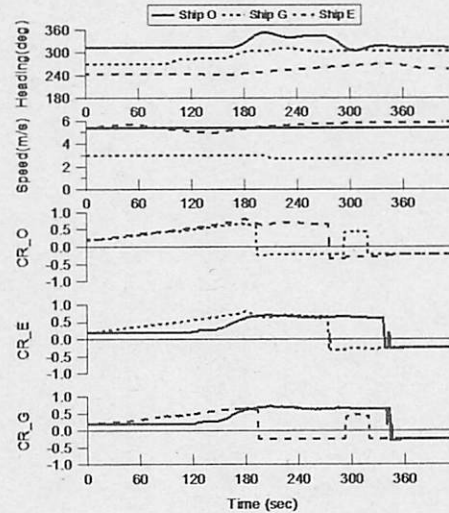


Fig. 9 Time history of Case 3

4.4 シミュレーションの実時間性の確認

操船シミュレータによる主な計算処理は、主計算機で行われるが、今回の避航操船機能は外部計算機上で実行されるため、知能化システムへの主計算機の負担としては、1 秒毎の全船舶の状態量の送信と全他船の手動操船機能への切り替えの有無を示すフラグと指令針路および指令速度の受信となる。この通信は、LAN 経由の UDP によるコネクションレスの通信を用いて実施している。全船舶の状態量の送信については、従来から他のプロセスに対して行われていた放送形式の送信を利用したため、実質、主計算機への負担の増加となるのは、手動機能の切り替えフラグおよび指令針路および指令速度の受信処理のみである。このため、本研究では、3 船の避航操船シミュレーションの他、30 隻での避航操船シミュレーションも実施したが、問題なく実施できた。

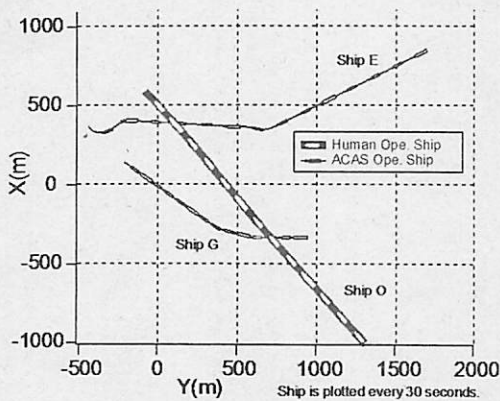


Fig. 10 Trajectory of Case 2

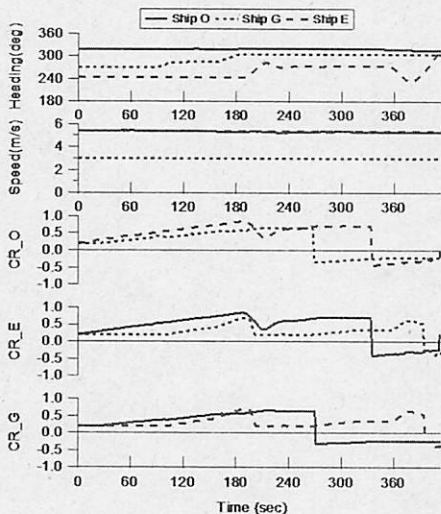


Fig. 11 Time history of Case 2

また、自動避航操船機能も、シミュレーション実行時の処理としては、全船舶の状態量データの受信処理、各船舶の避航操船判断処理、判断結果の主計算機への送信が挙げられるが、外部計算機により遅滞なく1秒の計算間隔で処理できた。

5. まとめ

本研究では、自動避航操船や船舶間通信による操船支援等インテリジェントなシステムの働きを考慮した他船舶の動きを実現するフレームワークとして、操船シミュレータ上の全船舶を外部PCから制御する機能を策定し、その一例として、自動避航操船機能を組み込んだ。組み込みに際しては、外部計算機をLAN経由で接続し、UDPによる接続レスの通信で必要なデータをやり取りすることにより、所与の機能を実現した。

また、自動避航操船機能を、明石海峡における衝突事故を簡素化したシナリオに適用し、自船を変えて、被験者による自船の操船を含めた状態で他の2船舶に自動避航機能を適用し、所与の機能が達成されたことを確認した。また、本報告では、割愛したが2隻以上の他船舶に対するシミュレーションも実施しこの状態で、実時間で動作することを確認した。

今後、本機能を操船シミュレータ利用時の不自然な他船舶の動きの軽減に使用する予定である。また、本機能は、システム評価のみではなく、教育訓練にも有効であり、本システムの活用を促進したい。

さらに、操船シミュレータ上での他船舶制御フレームワークを、ICTを利用した新しいシステムの再現や評価に利用する予定である。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費基礎研究(B)(No. 22360375 代表者: 福戸淳司)の支援を受けて実施した。また、本研究に関係する各機関、及びご協力いただいた方々に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 小林弘明、井上欣三、新井康夫、藤井照久、遠藤真、坂口泰弘、松浦由次、遠藤政利: 操船シミュレータによる教育・訓練法の提案, 日本航海学会論文集, No.96, pp.127-137, 1997.3
- (2) Lee Alexander and K. Schwehr: New standards for providing meteorological and hydrographic information via AIS Application Specific Messages, INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC REVIEW, May 2010
- (3) 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, No.120, pp.27-33, 2009.3
- (4) 金湖富士夫、有馬俊朗: 船舶海洋分野におけるリスク評価の事例としてのFSA, 海上技術安全研究所報告 第8巻 第4号, pp. 19-56
- (5) 長谷川和彦・上月明彦: Fuzzy制御による自動避航システムに関する研究, 関西造船協会会誌, No.205, pp.1-10, 1987.6
- (6) 畑耕治郎、福戸淳司、長谷川和彦、丹羽康久: AISシミュレータを用いたAIS通信の評価 - Class B AIS搭載設置条件の影響 - 日本航海学会論文集, 第117号, 2007/9.
- (7) 今津隼馬、小山健夫: 避航判定基準の最適化に関する研究 I, II, III, 日本航海学会論文集 71, 72, 73号, 1984-85年
- (8) 長澤明: 交通環境評価の具現化, 日本航海学会会誌 120号, 1994年

- (9) 福戸淳司:新施設紹介 操船リスクシミュレータ
について、海技研ニュース船と海のサイエ
ンス 2007(Sum.), pp.8-10, 2007

質疑応答

瀧本朋樹 (九州大学 大学院)

避航対象に地形は加味されているのですか?
また、避航操船の手段は変針のみですか?

福戸淳司:

今回のシナリオでは開水面を設定したので、地形を表現する機能は適用していない。しかし、本自動避航システムは地形を包含する避険線を設定し、この避険線上に仮想の船舶を設定して、この仮想船舶を含めて避航することにより、地形を考慮した避航操船が実現できる。

また、避航操船の手段としては、直進時の衝突危険度 CR の他、想定した避航手段を講じた後の衝突危険度 ACR の値等の条件により、変針と減速を組み合わせる避航操船を実行する。変針操船については、右 30 度を基本とし、ACR の安全の閾値を確保できない場合は、さらに 5 度刻みで変針量を増やし 45 度を上限とした変針量とする。また、減速は 50%減速とする。

山田孝三郎 (元 日立造船)

被験者に海事経験者を採用されなかった理由をお教えください。

福戸淳司:

本検討では、自動避航機能の機能確認を行うことを目的としていたため、被験者として熟練者を採用しなかったが、避航操船法については事前に熟練経験者に意見をいただき、その避航法に沿って操船を行った。