

3111 操船シミュレータに導入された自動避航操船機能の 輻輳海域への適用

Application of Automatic Collision Avoidance Function on a Ship Handling Simulator to the Congested Sea Areas

○三宅里奈 (海技研)

福戸淳司 (海技研)

長谷川和彦 (大阪大学)

Rina MIYAKE, National Maritime Research Institute, 6-38-1 Shinkawa, Mitaka-shi, Tokyo
Junji FUKUTO, National Maritime Research Institute, 6-38-1 Shinkawa, Mitaka-shi, Tokyo
Kazuhiro HASEGAWA, Osaka University, 2-1 Yamada-oka Suita Osaka

In the future, it is expected that many intelligent functions such as an automatic collision avoidance function will be installed to ships for upgrading navigation safety and efficiency. For the sake of evaluating the effect of these functions, experiences of the use of the functions is essential. Based on the experiences, we can measure subjective evaluation on navigation safety and efficiency precisely and how these functions in fluency navigators and navigation,

To make it possible to experience the use of the functions to subjects, we made a framework for introducing intelligent functions to a ship handling simulator. Then we introduced an automatic collision avoidance function, which controls all ships except own ship, to express reasonable marine traffic flow as an example of an intelligent function.

To show the effectiveness of the function, we conducted a series of simulation runs using this function in Congested Sea Area. In this paper, after brief introduction of the automatic Collision Avoidance function and the framework, we introduce the results of simulation runs in Congested Sea Areas and discuss the effectiveness of the function.

Key Words: 操船シミュレータ、衝突回避、輻輳海域

1 はじめに

今後、船舶の航行安全を目的として、避航操船を含む先進機能が多くの船舶に搭載されることが予想される。これらの機能が航行船舶に及ぼす影響を評価するためには、それらの使用経験に基づいた評価が必要になる。これには操船シミュレータが有用である。このため、操船シミュレータの交通流を構成する他船の動きを操船シミュレータ外から制御するフレームワークを作成し、先進機能の例として自動避航操船機能を操船シミュレータに実装した。^[1]

さらに、本研究では、輻輳海域での自動避航操船機能を評価するため、連続した避航操船を必要とする輻輳状態の交通流に自動避航操船機能を適用し、有効性の検討を行った。

2 自動避航アルゴリズム

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^[2]を用いており、これまでにこのアルゴリズムを操船シミュレータに組み込み、3 船問題に適用して、その機能の有用性が確認されている。

今検討では、輻輳海域での自動避航操船を実現するため、操船シミュレータに組み込まれた自動避航操船アルゴリズムに改良を加え、シミュレーションを行った。

各船の避航操船判断は、基本的には、各船が持っているレーダー等の他船情報に基づいて、①遭遇船との衝突の危険の評価、②避航の要否の判断、③避航手段の決定(避航が必要な場合)、④③に基づいた指令針路および指令船速の出力、の順に実行される。

2-1 衝突危険度の評価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及び避航要否の判断は、衝突危険度 (CR : Collision Risk) により判断される。海上衝突予防法では、衝突に至る見合い関係が発生した時、避航しなければならない船(避航船)と針路を保たなければならない船(保持船)が定義され、避航操船はそれぞれの船舶の危険度の評価結果に基づき行われる。また、大きい船ほど操縦性能が悪いので一般に危険度を高く評価する。このため CR は、式(1)および式(2)に示す通り自船と遭遇船との相対的な位置

及び速度から求まる最接近時間 (TCPA : Time of Closest Point of Approach) と最接近距離 (DCPA : Distance of Closest Point of Approach) を各船の操縦性指標である追従性係数 T と船長 L で補正した値を基に、Fuzzy 推論により求める。

For assessing collision risk:

$$TCPA_c = TCPA - C_c T \quad (1)$$

C_c is constant. In this simulation, $C_c=2$. It is determined based on some simulation results.

DCPA は船の大きさを考慮して自船と他船の大きい方の船長 L(m) で無次元化した DCPA' を用いている。

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

2-2 避航操船判断

避航操船要否の判断や避航方法は衝突危険度と共に見合い関係に依存する。本アルゴリズムの見合い関係と避航法および避航開始を決める閾値を図 1 に示す。図中 CR_b は避航船の閾値、CR_o は保持船の閾値を示す。

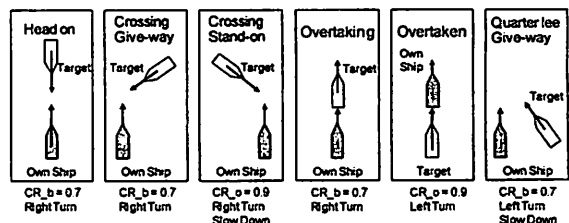


図 1 Encounter patterns and their characteristics

2-3 輻輳海域での避航操船の手順

本アルゴリズムでは航行状態を 4 つのモード、①航路航行モード (WP mode : Way Point mode)、②避航モード (Avoiding mode)、③平行操船モード (Parallel mode)、④復帰モード (Returning mode) で表現する。

図 2 に横切り状態を例に避航操船の手順を示す。

計画航路を航行中にCRが通常航行の閾値 C_{CR} を超えた場合に避航モードに移行する。避航初期変針角 (ψ_A) は、相手船の船尾に向けるため、相手船との相対角 (ψ_T) を超える角度で避航後の針路の衝突危険度 ACR が C_{ACR} より小さくなる角度とした。なお、変針角は上述の条件が満たされるまで5度刻みに増加させ、最大30度とし、条件が満たされない場合はさらに減速する。一方、自船が保持船の場合は、避航船である遭遇船の船首が、避航操船を意図して自船の船尾に向いていれば、現状を保持する。

避航モードに移行した後は、その針路を保持した場合のCRと平行操船モードに移行した場合の衝突危険度 VCR を計算し、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。平行操船モードと復帰モードも同様にモードを継続した場合の危険性と次のモードへの移行を考慮してモードの移行を判断する。

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。

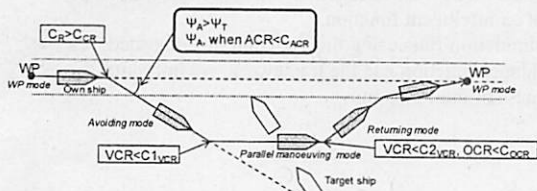


図2 Procedures of collision avoidance manoeuvre

3 輻輳海域での避航操船機能の確認

輻輳海域での避航操船機能の有効性を確認するため、複雑な交通流を示す浦賀水道航路南口海域の交通流をシナリオ化して検証を行った。

3-1 シナリオ

交通流の概要を図3に示す。

シナリオ中の交通流は大きく3つに分類できる。①浦賀水道航路を出て南航、②北航し浦賀水道航路に入る、③航路からの流れを横切り東西方向に航行する、船舶で構成した。

航行船舶は、16隻の内航船から大型船までの船種船型とし、少なくとも1回は図1に定義する見合い関係が生じる計画航路を航行する。シミュレーション時間は約30分とした。

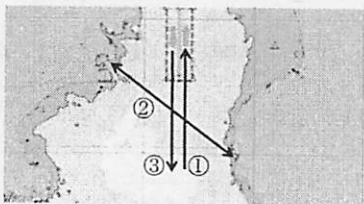


図3 Traffic flow diagram

3-2 避航操船機能の確認

シミュレーション結果の航跡を図4に、計画航路を図5に示す。航路航行モードから避航モードに移行し、その後平行モード・復帰モードを経て航路航行モードに復帰した航跡が確認できる。より詳しい航跡を見るため、図4の一部を抜粋し拡大したものを図6に示す。図中の英字の添え字sとeは計画航路のstartとendを示している。

南航しているAの右正横からBが航行してきたため、Aは上限の30度で右変針しかつ減速した。その後BもCRが高くなり、協力動作として変針角30度で変針した。そのころCが接近してきており、Bを避けるために右転し、その後さらに大きい変針角をとりAを避けている。

Dは北航してきたEに遭遇し、小さく変針し、その後の計画航路へ復帰中に、北航船Fに遭遇し再び避航を開始した。一方、Dに遭遇した保持船Fは、CRが高くなり協力動作として右変針している。DはFを安全に通過した後、つづけて北航船Gに遭遇したため、変針角を大きくとってかわしたのち、計画航路に復帰した。

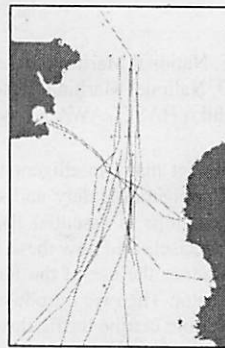


図4 Result of Avoidance

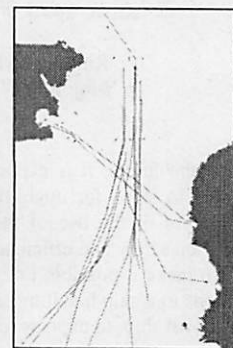


図5 Planned Route

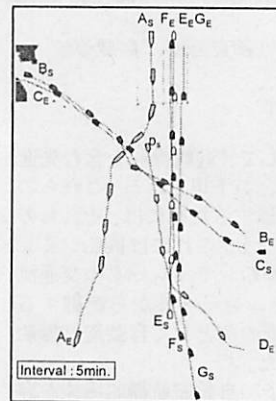


図6 Result of Avoidance (Excerpt)

表1 Ship Characteristic Data

	type	L(m)	B(m)
A	Bulk	268	43
B	ferry	61	14
C	ferry	61	14
D	tanker	66	10
E	tanker	112	19
F	tanker	112	19
G	tanker	66	10

4 まとめ

本研究では、避航操船を含む先進機能が多くの船舶に搭載された際に、航行船舶に及ぼす影響を表現するために、避航操船機能を例として、操船シミュレータに全他船を制御する枠組みを導入し、輻輳状態における機能の確認を行った。

多重の避航操船が発生する状況下でも、はじめに遭遇する危険を回避したのち、さらに続く衝突危機を連続して回避することができた。今後は航路における航法にも適用した避航操船機能を追加する予定である。

謝辞

本研究は、大阪大学との「インテリジェントシミュレータ等の構築に関する共同研究の一環として実施した。また、本研究の一部は日本学術振興会科学研究費基盤研究(B)(No. 22360375 代表者: 福戸淳司)の支援を受けて実施した。

参考文献

- [1] 福戸淳司・長谷川和彦・酒井史彦: 操船シミュレータへの自動避航操船機能の導入, 日本航海学会論文集, No.125, pp.63-71, 2011.9
- [2] 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, 関西造船協会誌, No.205, pp.1-10, 1987.6