

# インテリジェントシミュレータの構築 ～新しい航海支援システムの評価のために～

新しく開発される航海支援システムの評価において、操船シミュレータは有効な手段の1つとなります。この際、遭遇船舶には自然な避航操船と航海支援システム影響を考慮した動きが求められます。そこで、第1段階として、遭遇他船の自然な動きを実現する自動避航機能を持つインテリジェントシミュレータを構築しました。本稿ではその概要を紹介します。



三宅 里奈 MIYAKE Rina

運航・物流系

操船シミュレータの高度化、避航操船に関する研究に従事

r\_miyake@nmri.go.jp

## はじめに

現在日本でも多くの機関で操船シミュレータが運用されています。そのうちの大半のシミュレータは教育訓練を目的として、例えば船舶を操船する航海士を育成するための機関で使用されています。教育訓練では、訓練対象となる操船要素を短時間で効果的に習得できる他、現実には危険で体験できないような状況も模擬することができるなど、高い教育効果を上げています。

一方、海技研でも操船シミュレータを所有していますが、その目的は上述の教育訓練とは異なります。当所では主に、①海難事故解析、②人間工学に基づく操船者の生理・心理、および信頼性が受ける影響評価、③新しい航海機器の開発・評価、を目的として使用しています。

このうち、③の新しい航海機器の評価については、今後、AIS (Automatic Identification System: 船舶自動識別装置) などを利用した、船舶が情報を通信し合うことで航行安全に貢献する機器が導入されることが予想されます。このような新システムを導入するには、そのシステムが本当に有効かどうかの評価が必要となります。システムの評価では、従来、熟練者が過去の経験と実環境条件に基づいて、専門家判断が行われてきましたが、新システムの十分な理解が無いまま評価が行われる事も少なくなく、そのシステムを利用した経験に基づく評価が必要になります。しかし、新しいシステムの場合は、使用経験がないことが通常であるため、操船シミュレータは使用経験を得るため

の有効な手段の1つとなります。

特に、船舶の相互間で機能を発揮する新システムが提供する情報(避航意思、操船意図など)は、他船運動に影響されるため、評価者が操船する船舶(以下、自船)以外の周囲を航行する船舶(以下、他船)を制御する必要があります。

ところが当所を含め多くの操船シミュレータにおける他船は、あらかじめ設定された航路(以下、計画航路)を航行するのみで、制御する際はオペレータが手動で行うものが主流です。そのため、自船の操船結果によっては衝突する状況が生じて、オペレータが操作しない限り、他船は衝突を避ける行動(以下、避航)をとらないという不自然な状況が生じていました。

そこで、他船の運動を制御するために、当所のシミュレータの外部から他船を制御するフレームワークを構築しました。さらに、他船が避航しない不自然な状況を解消するために、自動で避航を行う機能を構築しフレームワークに導入しました。

本誌では、自動避航操船機能をもつ操船シミュレータをインテリジェントシミュレータと表現して、その構成や機能について紹介します<sup>(1) (2)</sup>。

## インテリジェントシミュレータの構成

インテリジェントシミュレータの構成の概要を図1に示します。青色枠内が既存のシミュレータです。船舶運動の計算は1台のメインPCで実行されていて、船舶モデル、水深などの環境データ、さらにシミュレーション条件を設定したシナリオデータなどのデータベース部分と、各船の運動計算を行うメインプロセス部に大別できます。

運動計算部では操船機器で設定された操船指令(舵角・機関出力など)がメインプロセスから入力され、この指令に基づいて船位などの状態量が計算されます。また他船の状態量は他船制御プロセスで事前に設定された計画航路に従って計算され、更新されます。

今回構築したインテリジェントシミュレータでは、インテリジェントシステムを持つ外部PCが加えられ、この外部PCとメインプロセスが通信して他船運動を制御する構成となっています。

インテリジェントシステムでは、①メインプロセスから自船を含む全船舶の状態量を受信し、②避航操船を行うかどうか、操船手段をどうするかを判断を行い、③避航操船のための指令値をメインプロセスに出力する、という操作で避航操船を実現しています。

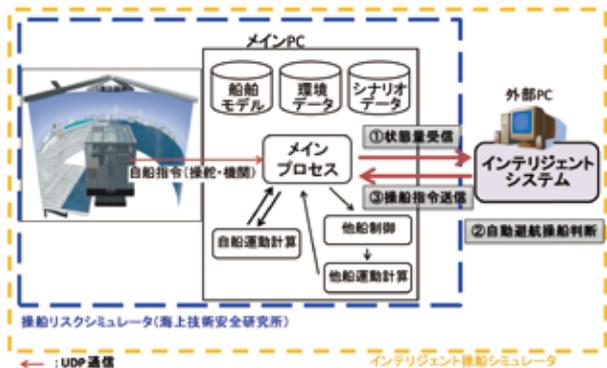


図1 インテリジェントシミュレータの構成

### 自動避航操船判断の手順

衝突を回避する避航方法は、海上衝突予防法に基づき行います。インテリジェントシステムで使用した避航アルゴリズムは、大阪大学と共同開発したものを使用しており、見合い関係を図2の6つのパターンに分類してそれぞれ避航手段を設定しています。原則的には、2船が遭遇した場合、相手船を右に見る船舶（以下、避航船）が右転もしくは減速する避航操船を行い、もう一方の船舶（以下、保持船）は針路・速力を保持します。

また、衝突の危険性を判断する指標には、CR（Collision Risk：衝突危険度）を用いています。CRはTCPA（Time of Closest Point of Approach：最接近時間）とDCPA（Distance of Closest Point of Approach：最接近距離）の関数で、個々の船舶の大きさや操縦性を考慮し計算されます。

さらに避航を開始するタイミングを決定する閾値は、同一の操縦性を持つ船種船型同士での見合いにおいて、避航船が先に避航を開始するよう避航船のものを低くしています。それにもかかわらず衝突する危険がある場合には、保持船も避航操船を行い、衝突を回避します。

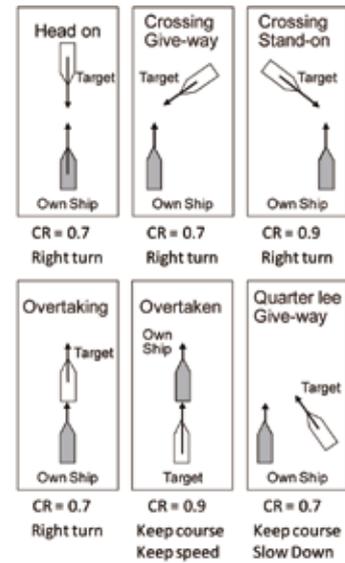


図2 見合い関係の分類

図3に横切り状態を例として避航操船の手順を示しています。図中Ship A（以下、A）は被験者が操船する船舶、Ship B（以下、B）は事前に計画航路が設定されている他船とします。Bは何らかの操作が行われない限り、図中の太点線の航路を航行します。

Bが通常航行時（WP mode）にAと遭遇した場合、まずCRを計算します。CRが高ければ、図2に設定した見合い関係に分類し、それに応じた避航手段により避航します。図3の場合は右に変針して航行します（Avoiding mode）。避航後も常にCRを計算し、計画航路と平行に航行しても十分安全であれば、平行モード（Parallel mode）にモードを変え計画航路と平行な針路に変針します。さらに計画航路に復帰しても安全であると判断した場合は、復帰モード（Returning mode）に移行し、計画航路に戻るよう変針します。この間にAが針路や速力を変え、Bに向かう針路をとったとしても、Bは常にCRや見合い状態から適切な手段で避航します。

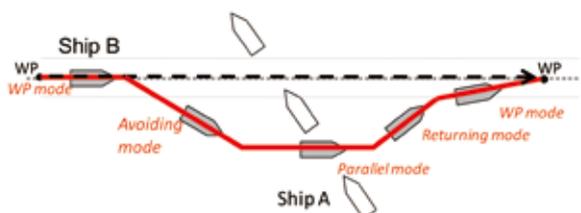


図3 避航操船手段の例

### 自動避航操船機能の確認

インテリジェントシステムの機能を確認するために、AISで観測されたデータから交通流を作成し、シミュレ

ーションを行いました。AISによる観測結果は東京湾浦賀水道航路南口海域における2010.11.11(木) 15:10-15:50のものを使用し、その時の航跡は図4の通りです。なお、有効隻数は22隻で、赤色の航跡の浦賀水道航路に入る北航船を自船として著者が操船しました。

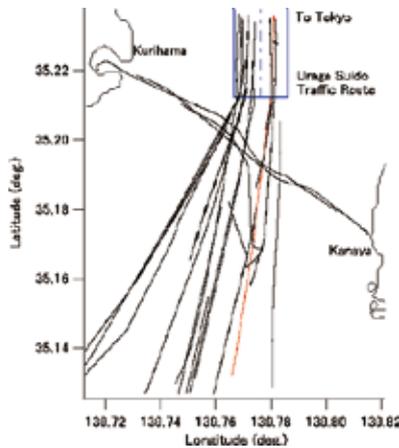
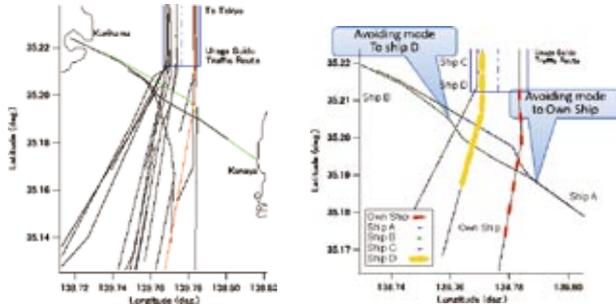


図4 AIS観測結果

シミュレーションを行った結果を図5に示しています。観測されたAISデータと同様に自船は避航を行わず、北に直進して浦賀水道航路に向かう操船を行いました。



(a) 計算結果 (b) 避航操船結果  
図5 自船が避航しない場合

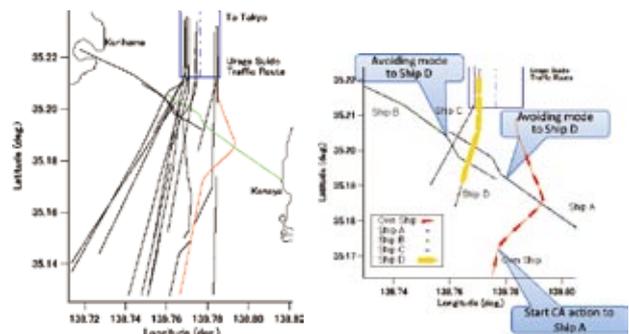
図5(a)は全船舶の計算結果の航跡を示したもので自船航跡を赤色で表示しています。(b)は自船との見合いにより避航操船が取られた部分を抜粋したものです。金谷から久里浜に向かう西航船Aが自船を避航するために右に変針していることが確認できます。((a)中:緑線、(b)中:ship A)

また、自船が避航操船を行った場合の結果を図6に示しています。自船が西航船を避航したことにより、両船の見合いが変わり、Aは自船を対象とした避航を行わず、その後で遭遇した浦賀水道を出て南航している船舶との衝突を回避するために避航操船を行います。((a)中:緑線、(b)中:ship A)

これらの結果から、他船は自動避航操船機能によ

り動的な変化に対応して適切な避航操船を行うことが確認できました。

シミュレーション結果とAIS観測結果では、浦賀水道航路に入出航するメインの交通流とほぼ直交している東西方向に航行している船舶とが見合った際の避航操船結果に違いが見られます。これは実際の操船では、海域特定の規則や、操船者の戦略的な判断の影響と考えられます。



(a) 計算結果 (b) 避航操船結果  
図6 自船が避航した場合

## おわりに

既存の操船シミュレータの外部から他船を制御するフレームワークを構築し、自動避航機能を導入しました。さらに、このフレームワークを用いることで新しく開発される航海支援システムを実際に体験でき、専門家判断に基づく評価を得られるようになりました。

今後は操船経験者に自動避航機能の評価や、アルゴリズムのチューニングを行っていくと共に、航行支援装置開発など、船舶運航の安全に関する研究に取り組んでまいります。

## 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ました。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)の支援を受けて実施しました。

関係各位に感謝申し上げます。

## 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 (2011.9), pp. 63-71.
- (2) 三宅里奈, 福戸淳司, 長谷川和彦: 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, 第20回交通・物流部門大会講演論文集, No.11-59 (2011.12), pp.367-368