

# AIS 記録データによる避航操船手法の解析

正会員○三宅 里奈 (海上技術安全研究所) 正会員 福戸 淳司 (海上技術安全研究所)  
正会員 長谷川 和彦 (大阪大学)

## 要旨

避航操船手段はこれまで多くの研究者がモデル化を試みており、その多くが限界に近い衝突の脅威(衝突リスク)をトリガーとして、何らかの操船を行い避航するというものであった。しかし、現実の避航操船の開始時期および避航手段は、十分な時間的な余裕と予想以上に小さな変針で行われており、十分にモデルに反映されていないのが現状である。

本研究では、実際の運航に合致した避航操船アルゴリズムを開発することを目的として、今回は AIS データから横切りの見合いを例に、実運航での避航操船の実態の解析を試みた。

キーワード：海上交通分析、衝突回避、実態調査、AIS

## 1. はじめに

避航操船手段はこれまで多くの研究者がモデル化を試みており<sup>(1)(2)</sup>、その多くが限界に近い衝突の脅威(衝突リスク)をトリガーとして、何らかの操船を行い避航するというものである。

海上技術安全研究所では、この考えに基づき、船舶の航行安全性向上のため、大阪大学と共同で開発した避航操船アルゴリズムを用い、避航操船支援システムの開発を行っている<sup>(3)(4)</sup>。操船シミュレータを用いて、この避航操船アルゴリズムに基づく避航操船支援のための評価実験を実施したところ、現役船員の避航結果の評価からこの避航方法が実際の操船に則していないことがわかった<sup>(5)</sup>。

現実の避航時期および避航手段は、上述の避航時期より余裕のある時点で、比較的小さな角度の避航操船が行われており、実際の交通環境を再現するにはこの違いに注目する必要がある。

一方、AIS 搭載の義務化に伴い、制限はあるものの海上交通流での見合い関係が詳細に解析され報告<sup>(6)</sup>されている。

本論では、実際の運航状況に合致した避航操船アルゴリズムを開発することを目的として、記録された AIS データから実運航での避航操船ケースを抽出し解析した。具体的には、横切りの見合い関係を AIS データから抽出し、避航の有無および避航時期、避航手段を解析し避航操船の実態を示した。

## 2. 横切り見合い関係の抽出

### 2.1 対象海域およびゲート設定

実運航で行われている避航操船をモデル化する

ことを目的とし、2 船の見合いにおける避航の有無および避航する場合の避航時期やその避航手段を AIS データから抽出するため、横切りの見合いの多発が予想される周防灘を対象海域として選定し、図 1 のような 6 ゲートを設定した。このゲートを通過した船舶のうち、Gate1 と 4 を南北に航行する船舶(以下、南北航行船)とそれと交差する Gate2 と 6 を東西に航行する船舶(以下、東西航行船)を対象として、横切りの見合いにおける避航状況について解析を行った。

なお、解析には、2013 年 8 月 1 日から 8 月 31 日までの 31 日間の AIS データを用いた。図 1 は、8 月 1 日に対象海域を航行した全船舶の航跡をプロットしたものである。

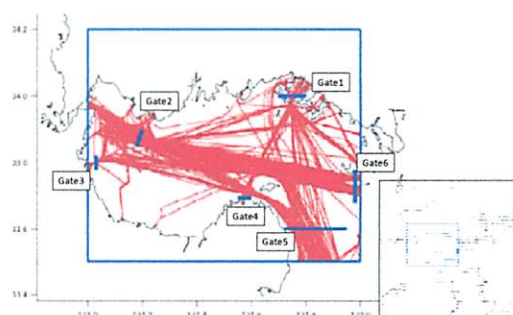


図 1 AIS 解析対象海域および設定ゲート

### 2.2 交通流の特徴

この海域での交通流は、Gate2-6 の東西航行船が大半であった。南北航行船と東西航行船が遭遇した場合は、東西に航路が設定されていることから、南北航行船が協力的に東西航行船を避航することが観測された。

また、避航を行った場合の避航手段は、すべて変針によるものであり、大幅な減速による避航は確認できなかった。なお、南北航行船は、すべてフェリー-A丸 (Loa=67m、B=12m) であった。

### 2.3 2船間における避航操船の抽出

A丸と東西航行船が概ね5NM以内に接近した遭遇状況において、それぞれの船舶が避航を行ったか否か、また、避航を行った場合は、その避航時期と避航手段を抽出した。なお、複数船との見合いが生じた場合も、1対1での見合いとして解析を行った。

こうしたAISデータからの避航ケースの抽出は、最終的には、自動化することを目指す。今回は試験的に、航跡図や針路、速力、遭遇船との相対航跡、相対針路、相対速力、相対方位、DCPA、TCPA等の時刻歴をグラフ化し、これらのデータから評価者が総合的に判断した。具体的には、DCPAがそれまでの値に比べ、大きくなり、かつ、何らかの操船が行われている場合には避航を行ったと判断し、義務船が避航した88ケースの避航行動における避航時期および避航手段を抽出した。

そのうちの避航船の船長構成は、図2に示したように、70m未満が78ケースと偏っていたため、抽出した避航ケースを用いて、横切りの見合いにおける一般的な避航手段を抽出することは難しいと考えた。まずは、避航行動の特徴を抽出する試行として、ケース数が多いA丸が避航を行った76ケースを対象にして解析を行った。同じ操船者がA丸を操船していると考えられ、避航時期や操船方法は似た傾向になると想定される。

なお、76ケースのうち、遭遇船の船長構成は、不明が3隻あったが、50mから最大243mまでほぼ均等に分布していた。

図3は、抽出した避航ケースと、以下に述べる解析に用いた避航ケースの関係を示している。

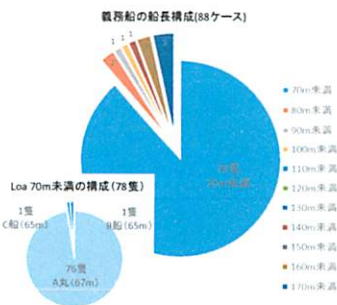


図2 義務船の船長構成(図3の※部)

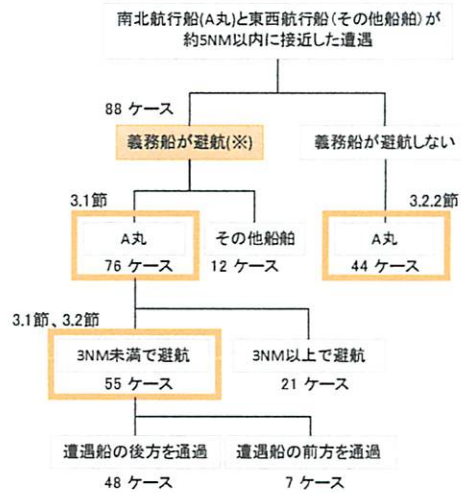


図3 抽出した避航ケース

## 3. 観測された避航操船の特徴

### 3.1 避航開始位置による検証

図4は、A丸が避航した76ケースに関して、A丸を原点として、船首方向を縦軸上向きとした相対座標系(以下、相対座標系)にA丸が避航を行った時点での遭遇船の速度ベクトル(以下、相対速度ベクトル)を示したものである。

A丸と遭遇船の距離が概ね3NM未満で避航を行ったケースが多く、55ケースであった。一方で、3.0NM以上の遠方で避航を行っているケースが確認できたが、今回は1対1の見合いとして避航時期を抽出したため、複数隻を対象に1回の変針で避航を行った場合に後続の船舶を遠方から避航したように見えたと考えられる。

紙面の都合上、詳しい紹介は割愛するが、遭遇船の船長別では、大きいほうがより遠方で避航を開始する傾向が確認できた。

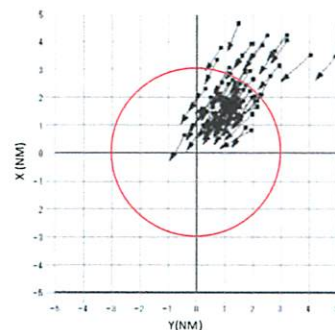


図4 A丸が避航した遭遇船の相対速度ベクトル

### 3.2 航跡による検証

さらに55ケースを対象に、A丸が避航を行った場

合の離隔距離を検証した。なお、55 ケース中、遭遇船も避航したケースは皆無であった。

図 5 から図 8 は、A 丸を原点とした相対座標系に遭遇船の航跡（以下、相対航跡）をプロットしたものである。なお、図 5 および図 6 の実線矢印は遭遇船の主な進行方向を、破線矢印は 55 ケースでの典型的な避航行動の概略を示している。

### 3.2.1 離隔距離

A 丸と遭遇船が接近したときの状況をより詳細に検討するため、図 5 および図 6 の拡大図を図 7 および図 8 に示す。

遭遇船との離隔距離は、原点を中心としたそれぞれの相対航跡との最小距離となる。遭遇船の後方を通過する場合の A 丸の最小離隔距離は、図 7 が示す円 A の半径に相当し概ね 0.2 NM 程度となる。また、典型的な避航行動は、図 5 の破線矢印が示すように、2 船が接近(破線矢印 a)し、ある地点で A 丸が避航を行い(破線矢印 b)、A 丸の真正面を遭遇船が通過、つまり A 丸の船首が遭遇船の船尾に向けた後に、遭遇船の船尾を追尾する形で元の針路にゆっくり近づけ(破線矢印 c)、最接近点を通過した時点で元の針路(破線矢印 d)に戻している。

また、遭遇船の前方を通過する場合の A 丸の最小離隔距離は、図 8 の円 A が示すように 0.5NM である。その典型的な避航行動は、遭遇船の後方を通過する場合と同様、図 6 の破線矢印が示すように、A 丸が避航した後(破線矢印 b)、A 丸正横を遭遇船が通過する前後で元の針路にゆっくり戻している(破線矢印 c)ことが確認できる。

すなわち、A 丸が遭遇船の後方を通過する場合は船首尾線を、前方を通過する場合は正横を通過した時点で、操船者が感じる衝突危険度が低くなると考えられ、操船者は船首尾線もしくは正横通過時点までの離隔距離を確保して避航していると言える。図 7 および図 8 で具体的な例を挙げると、原点を中心とした、それぞれの相対航跡と船首尾線もしくは右正横線との交点までの最小距離(円 B)と言える。今回抽出した 55 ケースでは、図 7 および図 8 の円 B が示すように、その離隔距離はどちらも約 0.8NM であった。

この手法を用いてサンプル数を増やし船長構成を均等にすると、横切りにおける一般的な離隔距離が抽出できると想定する。

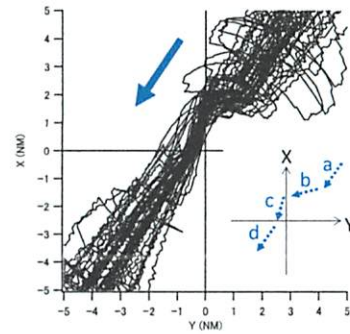


図 5 A 丸が避航した遭遇船の相対航跡 (遭遇船の後方を通過したケース)

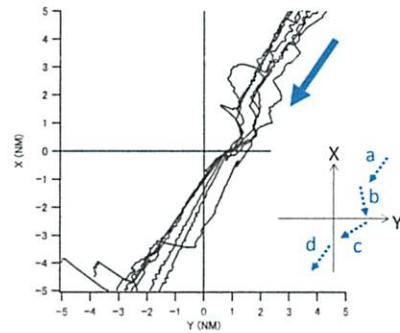


図 6 A 丸が避航した遭遇船の相対航跡 (遭遇船の前方を通過したケース)

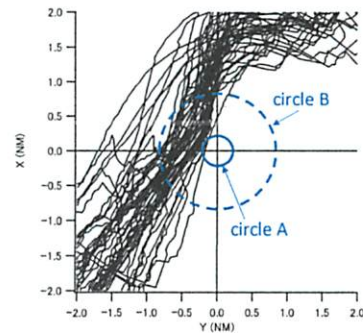


図 7 A 丸が避航した遭遇船の相対航跡拡大図 (遭遇船の後方を通過したケース)

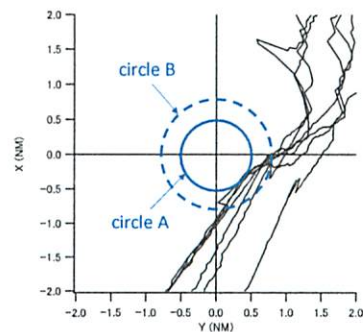


図 8 A 丸が避航した遭遇船の相対航跡拡大図 (遭遇船の前方を通過したケース)

### 3.2.2 避航の有無

A 丸が義務船になる遭遇状況にも関わらず、針路を変更することなく遭遇船を通過した状況が、44 ケース観測された。具体的には、A 丸が複数の船舶と遭遇した場合に、先発の遭遇船を避航して通過した後、元の針路に戻した後に、A 丸が針路を変えないまま後続の遭遇船を通過する状況などがあつた。これを避航しなかったケースとして、両者を比較しその特徴を検証した。なお、44 ケース中、遭遇船が A 丸を避航したケースは 2 ケースであつた。また、44 ケース中 28 ケースは遭遇船の後方を通過した。

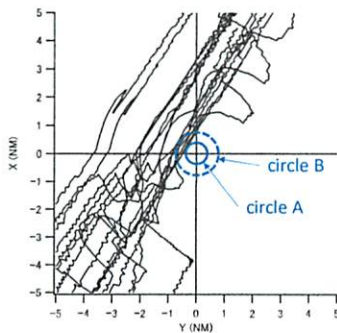


図 9 A 丸が避航しなかった遭遇船の相対航跡 (遭遇船の後方を通過したケース)

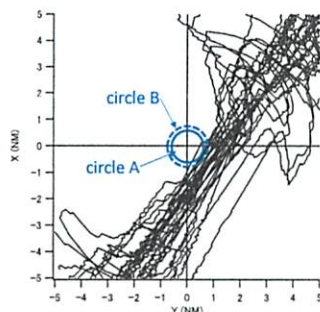


図 10 A 丸が避航しなかった遭遇船の相対航跡 (遭遇船の前方を通過したケース)

図 9 および図 10 は、図 5 から図 8 と同様に A 丸を原点とした遭遇船の相対航跡を示している。

遭遇船が船首尾線もしくは正横を通過するまでの離隔距離を確保して避航を行っていることを前提にすると、遭遇船の後方を通過する場合は、図 9 が示すように A 丸の前方 0.8NM の離隔距離(円 B)と DCPA0.4NM(円 A)を確保している場合は、避航を行っていないと言える。また、遭遇船の前方を通過する場合は、図 10 が示すように A 丸の正横 0.8NM の離隔距離(円 B)と DCPA0.6NM(円 A)を確保している場合は、避航を行っていないと言える。

前節で示した避航を行う場合に確保している離隔距離と関連があるかについて、サンプルを増やして分析を行う必要がある。

### 4. 結論

実際の運航に合致した避航操船アルゴリズムを開発することを目的として、AIS データから横切りの見合いを例に、実運航での避航操船の実態の解析を行った。航跡および避航開始位置での遭遇船との相対運動等を解析することにより、避航操船の特徴を抽出することができた。

A 丸の避航行動について、避航操船の特徴を解析した結果、避航時期に関わらず、A 丸は、ある一定の離隔距離を確保して避航を行っていた。また、A 丸が遭遇船の後方を通過する場合は船首尾線通過時点までの離隔距離を確保して避航していた。

今後は、避航行動の抽出の自動化を行って見合い状況等のサンプルデータを増やした後、避航操船の実態のパターン化を行い、現実的な避航手段に合致する避航操船のモデル化を行う予定である。

### 5. 参考文献

- (1) K. HASEGAWA, J. FUKUTO, R. MIYAKE, M. YAMAZAKI : An intelligent ship handling simulator with automatic collision avoidance function of target ships, Proc. of INSLC 17, 2012.
- (2) 榎野純, 矢吹英雄, 大矢賢太, 今津隼馬 : 水先人のための OZT を用いた避航操船の評価について, 日本航海学会論文集, 第 124 号, pp. 57-61, 2011.
- (3) J. FUKUTO, Y. NIWA, M. MINAMI et al. : Two new support functions for collision avoidance, Proc. of ISIS 2011, pp. 169-181, 2011.
- (4) M. MINAMI, Y. NIWA, J. FUKUTO : Study on Automatic Navigational Intension Exchange Support System, Proc. of ANC 2012, pp. 130-137, 2012.
- (5) R. MIYAKE, J. FUKUTO, Y/ NIWA M. MINAMI : A user test of Automatic Navigational Intension Exchange Support System using an intelligent ship-handling simulator, Proc. of CAMS 2013, 2013.
- (6) 日本海難防止協会 : 海難多発海域における安全対策の構築に関する調査研究報告書, 2012.