

AIS 記録データに基づく避航操船時の相対距離について

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

避航操船の支援を行う上で、操船者の感覚にあった避航操船法を提案することは、その支援を実際に使用してもらう上で必要不可欠である。従来、多くの避航操船アルゴリズムが提案されているが、その多くは衝突の脅威（衝突リスク）の発生に基づいて避航操船の判断をしている。一方、前報で示した通り、この衝突リスクに基づく避航操船アルゴリズムの避航開始時期は、現実の避航操船時期よりも遅く、避航のための変針も現実の操船より大きいことが分かった。このため、著者らは、有効な避航操船支援を目的として、記録された AIS データから実運航での避航操船を抽出し、解析を行っている。

前報では、AIS データから 1 船対 1 船の横切りの見合いを抽出し、避航の有無および避航操船時期を特定する手法を示すとともに、航過する際の航過距離等の避航操船の特徴を示した。

本報では、避航開始時期を特徴付ける指標として、避航開始時における避航対象の船舶（以下、保持船）の方位変化と保持船との相対距離に注目し、避航開始条件を方位変化に対応した相対距離として表せることを示した。

キーワード：海上交通工学、衝突回避、AIS、実態調査、相対距離

1. はじめに

避航操船の支援を行う上で、操船者の感覚にあった避航操船法を提案することは、その支援を実際に使用してもらう上で必要不可欠である。

従来、多くの避航操船アルゴリズム⁽¹⁾⁽²⁾が提案されているが、その多くは衝突の脅威（衝突リスク）の発生に基づいて避航操船の判断をしている。この衝突リスクは、操船シミュレータ等で避航操船を我慢できない危険な状況を求め、その状況を指標化したもので、その指標値は、例えば最接近距離(DCPA)や最接近距離に至るまでの時間(TCPA)を用いて表現されてきた。

一方、前報⁽³⁾で示したように、この指標値に基づく避航操船アルゴリズムによる避航操船支援システムを操船シミュレータを用いて熟練船員により評価したところ、避航開始は、現実の避航操船時期よりも遅く、避航のための変針も現実の操船より大きいことが分かった⁽⁴⁾。このため、著者らは、有効な避航操船支援を目的として、記録された AIS データから実運航での避航操船を抽出し、解析を行っている。

前報では、AIS データから 1 船対 1 船の横切りの見合いを抽出する方法を示すとともに、その 2 船について、避航の有無および避航を開始した時期を特定し航過する際の航過距離等の特徴を示した。

本報では、避航開始時期を特徴付ける指標として、

避航開始時における避航対象の船舶(以下、保持船)の方位変化と保持船との相対距離に注目し、避航開始条件を方位変化に対応した相対距離として表せることを示した。

2. 避航操船時期の解析

2.1 解析の概要

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、AIS データを用いて、2 船の見合いにおける避航操船時期と避航操船の状況を解析した。具体的には、まず任意の条件下で接近した 2 船の遭遇において、避航操船が行われた遭遇時のデータ(以下、ケース)を AIS データから抽出した。次に、それぞれの遭遇において、避航操船が開始された時期を針路や DCPA の変化等から手作業により求めた。

解析対象海域として、比較的横切りの見合い関係が多く、様々な遭遇状況が見られる周防灘東部海域と東京湾南海域を選定し、それぞれ 59 ケースと、141 ケースの合計 200 ケースについて解析を行った。解析に用いた AIS データの概要や 2 船のデータを抽出する条件などは、文献⁽³⁾⁽⁵⁾に詳細を示しているため、本報では割愛する。

200 ケースのうち、避航手段として、変針と大幅な減速の両方が確認されたケースがいくつか観測されたが、本研究では変針のみを解析対象とした。

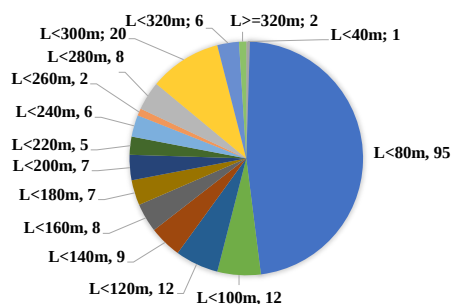


図1 避航船の船長構成

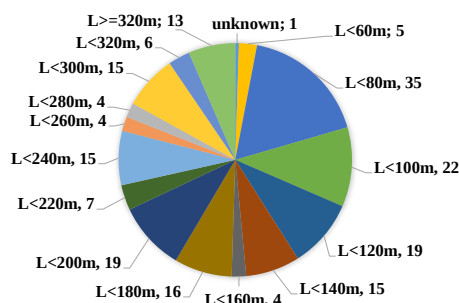


図2 保持船の船長構成

避航船の船長の分布を、図1に示す。避航船の船長は、60-80mが95ケースと最も多く、以下、280-300mが20ケース、80-100および100-120mがともに1ケースであった。一方、保持船の船長分布を図2に示す。その船長は、同じく60-80mが35ケースと最も多く、以下80-100mが22ケース、100-120mおよび180-200mがともに19ケースで、避航船に比べて広範に分布していた。

2.2 避航操船時期の特定

変針による代表的な避航操船手段では、避航のための変針を行った後、避航終了時に原針路あるいは次の変針点に向かう変針を行う。

このような避航動作は、文献⁽⁶⁾によると、図3のようなコースレコーダの記録紙の上に、針路がパルス状またはステップ状の変化としてあらわれると言われている。このため、避航のための変針を図3のような針路変化から判断し、避航開始時期と避航終了時期をAISデータから抽出できる。本報では、それぞれのケースについて図3に示すように、避航開始(T_1)、変針角保持(T_2)、避航終了(T_3)の時期を針路変化や遭遇した2船の状態量などから、著者の1人が総合的に判断し抽出した。

避航の決定は、避航開始時期直前の状況から判断される。そのため、 T_1 直前の定常な操船状況を航行フェーズとし、このフェーズでの2船の状態量を

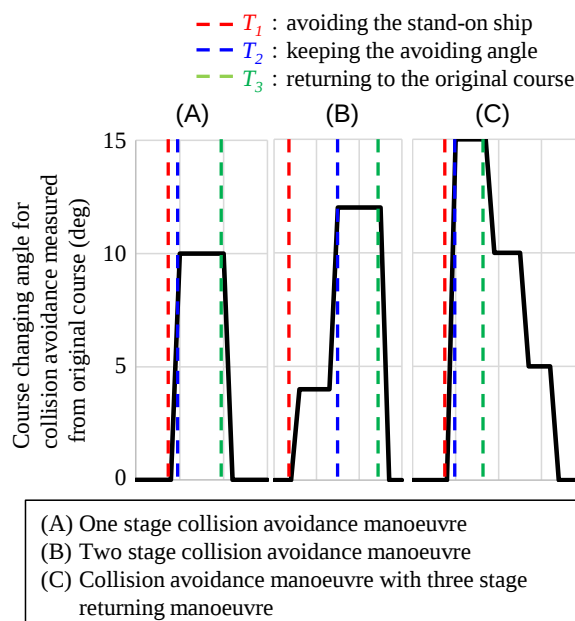


図3 避航操船時期

ケースごとに求めた。同様に、 T_1 - T_2 間、 T_2 - T_3 間、 T_3 以降の定常状態の2船の状態量を求めた。

2.3 避航開始時における相対距離

長畑氏は、避航船から保持船を望む方位の変化(以下、方位変化)を考慮して、個別の船舶の避航開始時における相対距離を表現する数式モデルを導いている⁽⁷⁾。しかし、船舶全体の一般的な傾向を表すためには、操縦性能などの初期条件を実態に合わせる必要があるとしている。

そこで著者らは、避航開始時における避航船と保持船の距離(以下、相対距離)について、船舶全体に適用できる簡単なモデル式を構築するため、避航開始時の方位変化と相対距離の関係を解析した。なお、方位変化は、避航開始時での保持船を望む相対方位と、航行フェーズでの避航船に対する保持船の平均相対速度(以下、平均相対速度)での移動量を考慮した方位との差の絶対値として求めた。

図4の各矢印は、航行フェーズにおける平均相対速度ベクトルを示し、方位変化別に色分けしたものである。各矢印の始点は、避航船が避航を開始した時の保持船の相対位置を示している。なお、図4は避航船の位置を原点とし、船首方向を縦軸上向きとした相対座標系とした。

図4の原点から各矢印の始点までの距離(相対距離)と方位変化には、わずかながら相関関係がみられた。しかし、ケースのばらつきが大きく相関があ

まり強くなかったため、方位変化の絶対値が 1.0 deg./min 未満は 0.1 deg./min ごと、1.0 deg./min 以上は 1.0 deg./min ごとの方位変化の平均値をその代表値とし、代表値別に各矢印始点の重心、つまり避航船が避航を開始した時の相対位置の重心を求め、解析に用いた。

図 5 に方位変化の代表値と各重心までの相対距離の関係を示す。図 5 の横軸は、方位変化の常用対数で表現している。非常に強い直線的な傾向がみられることから、点線で示される近似直線を求めた。避航開始時における相対距離 R は、(1)式で表現できる。なお、図 5 中の r^2 は近似式の相関係数を示す。

$$R = -3447 \log(\dot{\theta}) + 5546 \quad (1)$$

$\dot{\theta}$: 避航開始直前の方位変化の平均(deg./min)

ところで、解析に用いた 200 ケースの避航操船において、避航船が保持船の後方を航過するケース (148 ケース) と、前方を航過するケース (52 ケース) が観測された。そこで、両者に (1)式が適用できるかを検討した。

2.3.1 保持船の後方を航過する場合

避航船が保持船の後方を航過する場合について、図 5 と同様に、方位変化の代表値と重心までの相対距離の関係を求め、図 6 プロットした。点線は解析値の近似直線を表している。実線は (1)式から求めた推定値を示す。図 6 が示すように、実線で示される全体の近似直線が、後方航過時の近似直線とほぼ一致していることから、(1)式を適用できる。

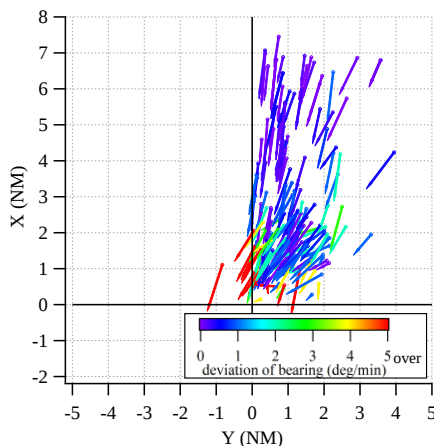


図 4 避航開始時の相対位置と平均相対速度ベクトル

2.3.2 保持船の前方を航過する場合

避航船が保持船の前方を航過する場合についても同様に、方位変化の代表値と重心までの相対距離の関係を求めた。

図 7 は上述のように求めた解析値、点線は解析値の近似直線を表している。さらに、実線は (1)式から求めた推定値を示している。なお、横軸は、図 5 と同様に、方位変化の常用対数で表現している。図が示すように、観測値のばらつきが大きいですが、おおよその傾向が (1)式で表現することができる。

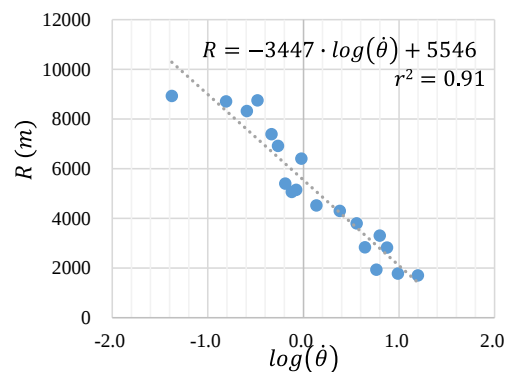


図 5 方位変化と相対距離

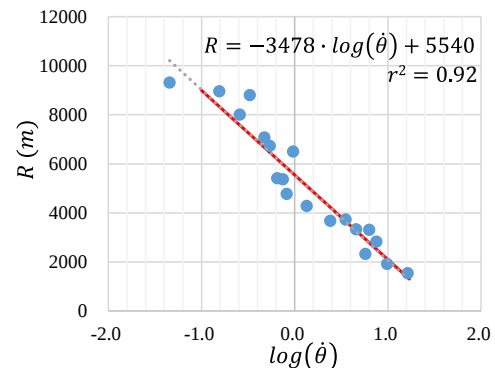


図 6 解析値と推定値の関係
(保持船の後方を航過する場合)

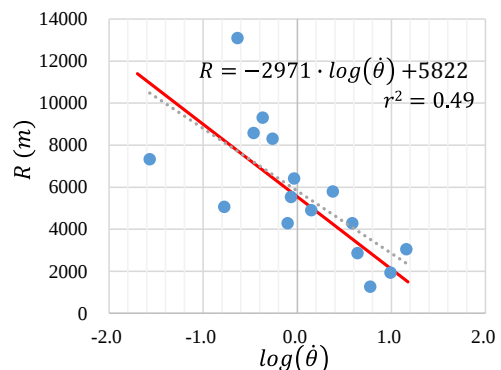


図 7 解析値と推定値の関係
(保持船の前方を航過する場合)

2.4 前後左右の離隔距離

避航開始時における相対距離は(1)式で表現できる。さらに、前後左右各成分の離隔距離が明確になれば、より現実的な避航操船をモデル化することができる。そこで、2.3 節で求めた方位変化と避航開始位置の重心位置までの成分別ごとの離隔距離について相関を求めた。図8に方位変化と成分別離隔距離の関係を示す。×印は縦方向、つまり避航船の前方向の離隔距離 R_{LO} を示し、△印は横方向、つまり避航船の右方向の離隔距離 R_{LA} を示す。図が示すように、縦方向の離隔距離は横方向の離隔距離よりも方位変化に大きく影響されることがわかる。一方、横方向の離隔距離は、ばらつきがみられるが、方位変化が小さいケースは2000-3000mにまとまっており、大きいケースは0-1000mにまとまっている。

縦方向の離隔距離と方位変化に直線的な強い相関がみられることため、図8の実線で示される近似直線を求めた。避航開始時における縦方向の相対距離 R_{LO} は、(2)式で表現できる。

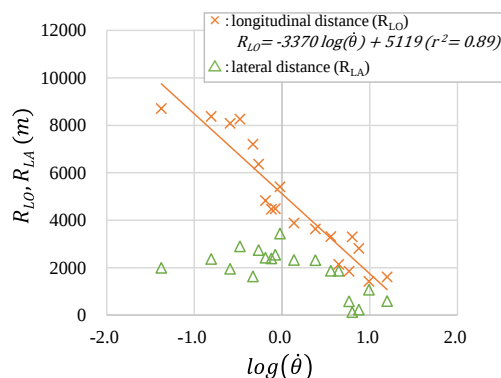


図8 方位変化と前後左右の離隔距離

$$R_{LO} = -3370 \log(\dot{\theta}) + 5119 \quad (2)$$

$\dot{\theta}$: 避航開始直前の方位変化の平均(deg./min)

3. 結論

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、AIS データから横切りにおける2船の見合いを抽出し、避航開始時期の解析を行った。

避航開始時における相対距離は、避航開始直前の方位変化と相関があることが確認でき、簡単な近似式により表現できることを示した。なお、前後左右の成分別の離隔距離は、前方向の離隔距離は方位変化に大きく影響を受け、方位変化が小さい時は離隔距離が大きくなることを示した。一方、右方向の離

隔距離は、ある範囲内の方位変化では、ほぼ一定の離隔距離であることがわかった。

避航船が保持船の後方もしくは前方を航過する場合とも、上述の近似式により、避航開始時の相対距離を表現できることを示した。今後、変針角保持時や避航終了時についても同様の解析を進め、モデル化を行う予定である。

4. 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費若手研究(B) (No. 15K18297 代表者: 三宅里奈)の支援を受けて実施した。

5. 参考文献

- (1) 原潔, 野本謙作, 小須田敏: 操船シミュレータによる避航操船の研究-I 避航動作に影響する諸要素とその評価, 日本航海学会論文集, 第64号, pp. 79-86, 1981.
- (2) 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.
- (3) 三宅里奈, 福戸淳司, 長谷川和彦: AIS 記録データに基づく避航操船手法の解析, 日本航海学会講演予稿集 Vol. 2, No. 2, pp. 100-103, 2014
- (4) R. MIYAKE, J. FUKUTO, Y. NIWA M. MINAMI: A user test of Automatic Navigational Intention Exchange Support System using an intelligent ship-handling simulator, Proc. of CAMS 2013, 2013.
- (5) R. MIYAKE, J. FUKUTO, K. HASEGAWA: Modeling of Observed Ship Domain in Coastal Sea Area Based on AIS Data, Activities in Navigation: Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, pp. 143-150, CRC Press, ISBN 978-1-138-02858-6
- (6) 海上交通工学: 藤井弥平, 巻島勉, 原潔, pp. 96, 海文堂, 1981, ISBN4-303-23401-X.
- (7) 長畑司: 避航の判断と操船者の特性-III: 避航開始距離とカタストロフィー, 日本航海学会論文集, 第63号, pp. 19-28, 1980.