

AIS 航跡情報を用いた船舶航行評価について

-評価要素の検討-

学生会員○汪 建（東京海洋大学） 正会員 稲石 正明（東京海洋大学）
正会員 庄司 るり（東京海洋大学） 非会員 柳沼 匠（東京海洋大学）

要旨

海難事故は未だ減少せず、不適切な操船が原因となっているケースも少なくない。操船技術は海技士免許により一定のレベルが保証されているが、必ずしも海技免許によるレベルの保証だけでは評価できなくなっているとも考えられる。一方、AIS が導入されたことにより、船舶の航跡情報等が容易に入手可能となった。著者らは、AIS の航跡情報により個々の船舶の航行状況を評価することができないかと考えた。そこで、航跡、速力および自船周囲の船舶数を航行評価の要素としてある海域の特徴をとらえることができれば、その特徴をひとつの基準として個々の船舶の航行状況の違いを求め、それを評価とすることを目指すこととした。今回は、AIS 情報を解析して上記の要素について検討した結果、設定した評価海域におけるそれぞれ特徴が明らかとなり、航行評価の可能性が示唆された。

キーワード：海上交通工学、AIS 情報、航行評価、航跡、運航技術

1. はじめに

最近ではAIS情報の入手は比較的容易となり、その利用についても様々な研究⁽¹⁾が行われている。特に海上交通解析では、種々の海域⁽²⁾や長期にわたる解析など、活発な研究が行われている。しかし、多くの場合はある海域の特徴⁽³⁾や交通環境を評価⁽⁴⁾するものであり、個々の船舶の航行を評価についてはまだ少ない。

また海難事故の多くは、見張り不十分に加え、不適切操船により発生している。さらに、詳細な海図も持たずに東京湾を航行する船舶の存在や運航者の技術レベルの多様化も予想されている。今後は、水先人の活用や海上交通管制のあり方についても、さらなる検討が必要と考えられる。

著者らは、AIS 情報から個々の船舶の航行状況の評価が可能か、そのために必要な要素は何かについて検討することとした。不適切な操船行動の特徴を明らかにするなど、個々の航行評価が可能となれば、将来の操船者の操船技術強化や海上交通管制のあり方の検討にも有用となると考えた。

2. AIS 情報を利用した船舶航行評価

2.1 船舶航行評価の考え方

船舶がある海域を航行する場合、安全を確保しながら、できるだけ効率的に航行していると考えられ

る。そこで、その海域で基準となる航跡や標準的な船速変化が求められれば、各船舶の航行について、その基準との差を利用することで評価することできるのではないかと考えた。

また、東京湾のような輻輳海域を航行する場合、大型船は航路の中心付近を航行することが多く⁽⁵⁾、貨物船は比較的平均速力が大きい等、船舶の長さや船種により航行状況に特徴がある。そこで、船の長さと船種を限定した評価を検討することとした。

2.2 AIS 情報による航跡図

東京海洋大学の先端ナビゲートシステムで得られた2013年4月4日から9日の6日間について、東京湾におけるAISデータを使用した。今回は、船長が100m以上200m未満の貨物船(AIS情報のShip Typeが70番台)のうち、浦賀水道航路を南航する船舶を対象とすることとした。図1に、対象船舶の航跡図を示す。図中の黒い線で浦賀水道航路を示す。また、色により速力の違いを示し、10ノット以下をピンク、10～11ノットを黄色、11～12ノットを緑、12～13ノットをオレンジ、13ノット以上を赤で表す。全体として、赤で示される速力が多いが、浦賀水道航路内では、黄色や緑が見られる。

2.3 評価海域と対象船舶

図1から、中ノ瀬の西側から浦賀水道航路の南航レーンを航行する船舶は、東京方面および千葉方面からの船が多く、川崎、鶴見、横浜、根岸、横須賀からの船舶は、中ノ瀬西方整流灯標（NO.1～NO.3）付近で合流することがわかる。

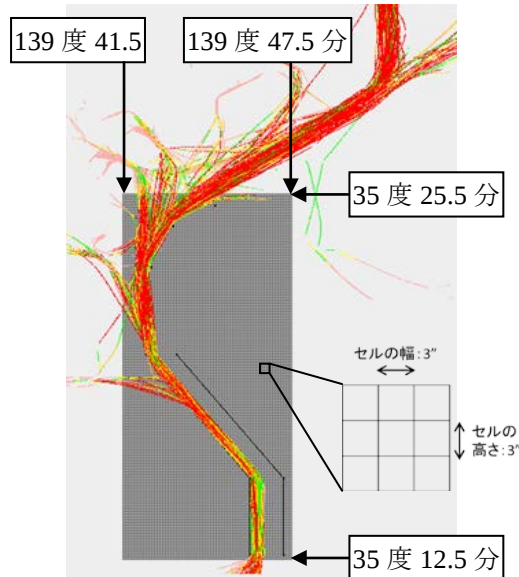


図1 AIS情報による東京湾の航跡図
(2013年4月4日～9日)

本研究では、図2で示す北緯35度25.5分および35度12.5分、東経139度41.5分および139度47.5分で囲まれた海域を評価海域とし、この海域を緯度・経度3秒（約100m）のセルに分割して検討を進めることとする。

2013年4月4日～9日の東京湾内の全航行隻数（特定の船舶が複数航行する場合も含める）は3,493隻で、船の長さが100メートル以上200m未満の船は714隻、そのうち船種が貨物船である船舶は213航行であった。図1からわかるように、川崎、鶴見、横浜、根岸、横須賀から浦賀水道航路へ向かう船舶は、東京と千葉方面からの船舶の流れの途中から合流するため、これらをまとめて扱わないこととした。東京と千葉方面から出港し、浦賀水道航路を南航した長さが100m以上200m未満の貨物船は68隻であり、本研究はこの68隻船舶を対象船とする。

2.4 基準航跡の設定方法

東京と千葉方面から浦賀水道航路を南航した船舶を対象として、評価海域におけるある標準的な航路を基準航路として設定することとする。但し、AISデータが不完全な場合や出発地を明確に判断できない場合は、対象外とする。

以下に、基準航路の設定について述べる。中ノ瀬西方NO.1、NO.2、NO.3ブイ、浦賀水道NO.1、NO.3、NO.5ブイおよび浦賀水道NO.3、NO.5ブイの中央付近の計7箇所を起点とし、270度の方向にゲートラインを設定し、北からゲートライン1～ゲートライン7（以下、ゲート1～7と記す）とする。

各ゲートライン上にあるセルにおいて、通過した船舶の数を積算する。そして、通過した船舶の数が一番多いセルを結んだ線を基準航路とする。図2に、対象とした68隻の航跡と、設定した基準航路を示す。図中、黒い棒により各セルを通過した隻数を示し、青い線で設定した基準航跡を示す。

ゲート1からゲート4までの中ノ瀬西側では比較的中ノ瀬に寄って航行し、ゲート4の浦賀水道航路南航レーンの入り口では中央寄りとなり、ゲート6の航路屈曲部では再び航路の西側に寄って航行し、ゲート7の航路出口の航路中央付近をめがけて航行する船舶が多いことがわかる。

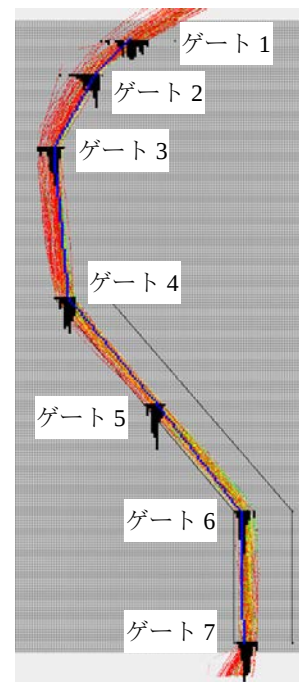


図2 対象船舶の隻数分布と基準航路

3. 自船情報による船舶航行評価の要素

3.1 基準航跡からの偏位

各船舶の航跡が、2.4で作成した基準航路と比べて、どの程度の偏位があるかを調査する。

各船舶のAISの位置情報より、評価海域における航行セルを求め、基準航跡が通過するセルと比較する。船舶の航跡に沿って、セルを単位とした経度方向の距離をずれとして、基準航路の左右に分けて求

める。これを評価海域の緯度方向で平均し、評価海域を通過時の基準航跡からのずれ(偏位)とする。

図3に、基準航跡の通過セルに対する、各船舶航跡の左右(西東)偏位を示す。横軸は船舶の番号(68隻の通し番号)で、縦軸は評価海域における各船舶の偏位について、セルを単位として表している。図では、中心(0軸)が基準航跡を示し、基準航跡の右側への偏位を上側に青色で、左側への変位を下側に黒色で示す。棒が長いほど、大きく偏位しているということとなる。対象船舶について、右側への偏位の平均値が2.10セル、標準偏差が0.86セルで、左側への偏位の平均値が2.47セル、標準偏差が1.40セルである。右側の偏差の場合にはばらつきが小さくなっているのは、右側に北航する船舶の存在があるためと推察できる。左側のばらつきが大きくなっているのは、中ノ瀬の西側で、西側に膨らんで航行する船舶の存在があるためと考えられる。

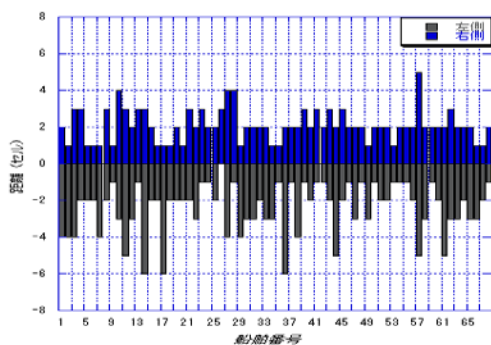


図3 各船舶航跡の基準航跡からの偏位

船舶番号9の船は左右とも偏位が1セルで、ほぼ基準航路上を航行したと考えられる。一方、船舶番号57の船は、左右とも偏位が5セルで、その航跡は基準航跡を中心に左右に大きく振れていたと考えられる。船舶は、周囲の他船との見合いを考慮して航行することから、航跡の左右偏位が大きくなることが必ずしも不適切とはならないが、他船からは複雑な動きの船舶であるとみられる可能性がある。

3.2 速力偏差

図4に、横座標を緯度、縦座標を速力として、評価海域における各船の速力を示す。図中の赤線がゲート4(浦賀水道航路南航レーン入口)の緯度で、左側が浦賀水道航路側であり、船舶は図4の右から左に向かっている。赤線より左側では、ほとんどの船舶が浦賀水道航路内を航行している。赤線より右側では、浦賀水道航路に入るまで大きな速力で航行

する船舶と、浦賀水道航路の制限速度に合わせるように速力の調整をしている船舶とが存在し、速力の幅が大きくなっている。大きな速力で航行している船舶もゲート3(中ノ瀬No.3ブイ)を通過するあたりから速力を調整していることがわかる。

図5に、浦賀水道内の各船舶の12ノットからの速力差分布を示す。横軸は船舶番号、縦軸は浦賀水道航路の制限速力12ノットと各船舶の速力の差(=各船の速力-12ノット)である。図では、差が+の場合を青色、-の場合を黒色で示す。+の平均値が0.92ノット、平均偏差が0.44ノットで、-の平均値が0.34ノット、標準偏差が0.55ノットである。航路内では、制限速力より1ノット近く早い速力で航行していることがわかる。このことは、図4の青点線の楕円の部分でも表れており、周囲の環境に合わせて「流れに乗る」ことで、航路内での安全性を確保しているともいえる。

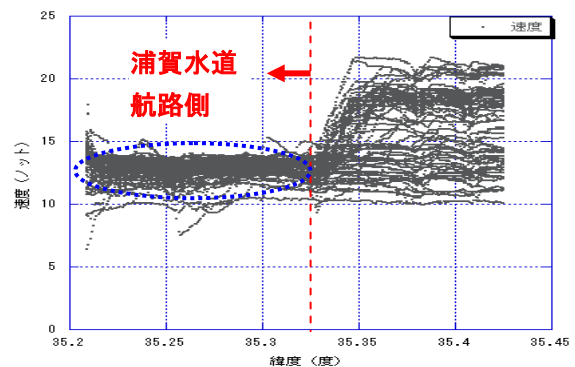


図4 各船舶の速力

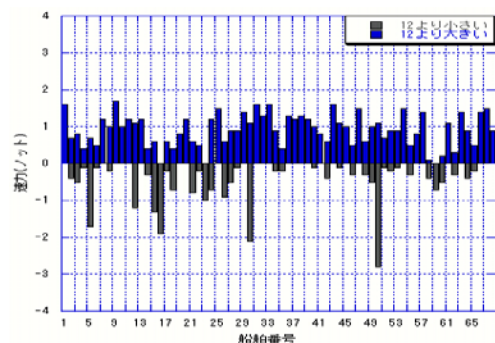


図5 浦賀水道航路における速力差分布

4. 他船情報による船舶航行評価の要素

自船の航行に影響を与える他船について、自船周囲の船舶数を検討することとする。本来は、他船の数のみではなく、見合い関係や気象・海象状態も考慮する必要があるが、今回は第1段階として、船舶数のみについて調査を行った。

自船を中心に、1マイルと6L(Lは船舶の長さ)

の半径の円を設定し、自船周囲の範囲とする。6L は、バンパーモデルの船首方向の距離を参考とした。また今回は、浦賀水道航路南航レーン航行中でも、北航レーンに存在する船舶もカウントしている。

各船舶を自船として、その周囲 1 マイル内に存在する船舶を赤点で、6L 内に存在する船舶数を青点で、図 6 に示す。横軸は船舶の長さで、縦軸は上記の範囲内に存在する船舶数である。また、赤点と青点のそれぞれに関する近似直線を、点と同じ色で図中に示す。当然ながら、赤点の方が、青点より船舶数が多くなる。自船周囲 1 マイル以内の他船船舶数を示す赤点のばらつきは大きいものの、船舶の長さが大きくなるほど、自船の周囲 1 マイル以内に存在する船舶数は少なくなる傾向と見ることができる。このことは、小型船より大型船の方が他船との距離を確保しているためと考えられる。一方、自船の 6L 内に存在する船舶数は大型船の方が若干多くなっている。これは、大型船がパイロットボートやタグを伴っている影響もあるが、海域が輻輳していること、整流されている浦賀水道航路内の航行であること等から、船舶の長さに関係なく、船舶同士がある程度の距離内に存在することを許容していると推察できる。

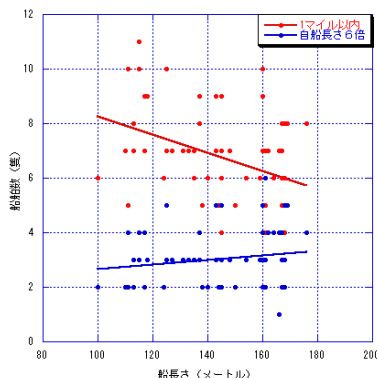


図 6 1 マイルおよび 6L 範囲内の他船数

1 マイル以内の他船数の平均値が 6.72 隻、標準偏差が 1.83 隻で、6L 内の平均値が 3.0 隻、標準偏差が 1.03 隻である。このことから、自船周囲 1 マイル内の船舶数が 8 ($= 6.72 + 1.83$) 隻より多くなると、それらの船が自船に近接する可能性があり、注意を要すると考えられる。また、6L 内の船舶数が 4 ($= 3.0 + 1.03$) 隻より多くなると、危険な状態の発生に繋がる可能性も考えられる。

5. まとめ

AIS 情報から各船舶の航行状態を評価することを目指し、評価のための要素について検討を行った。

今回は、東京と千葉方面から出港し、船舶の長さが 100m 以上 200m 未満の貨物船 (Ship Type が 70 番台) のうち、浦賀水道航路を南航する船舶を対象とした。

評価の要素として、航跡、速力、船舶周囲の船舶数について検討を行った。中ノ瀬の西側で西側に膨らんで航行する船舶の存在やゲート 6 付近で航路の西側に集中すること等がわかった。また、制限速度 12 ノットである浦賀水道航行時、1 ノット越えて航行する船舶が多数存在することもわかった。さらに、現状では 6L 内に 3 隻程度は他船が存在している。自船周囲に存在する船舶は、少ない方がより安全と考えられるが、現状を一つの目安とできる。

評価海域において、ある船の航行を評価する際、今回の検討結果は一つの基準として扱うことができると考えられる。今後は、これらの要素を組み合わせた航行の評価を検討していくが、他船の影響については、見合い関係や衝突危険度の要素も含める予定である。また、長さや船種の異なる船舶についても、検討を進めていく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24656529 「船舶の航跡情報による運航技術の評価と安全基準に関する研究」の助成を受けている。

参考文献

- (1) 鈴木 治・田中 友規・浪江 宏宗・藤井 肇：海上交通流把握のための陸と船からのデータ収集システム，日本航海学会講演予稿集，第 123 号，pp.111-117，2010.9.
- (2) 瀬田 広明・大木 未来・臼井 英夫・酒出 昌寿：三大湾の海上交通解析：AIS搭載船の操船困難度評価，日本航海学会講演予稿集，第 123 号，pp.13-19，2010.9.
- (3) 東京湾海難防止協会：新しい交通情報システムを利用した東京湾における航行安全調査研究，2012.3.
- (4) 瀬田 広明・鈴木 治・鎌田 功一・天野 宏：AISを用いた海上交通のリアルタイム解析：ESモデルによる操船困難性評価，日本航海学会講演予稿集，第 115 号，pp.45-50，2000.9.
- (5) 庄司 司り・萩原 秀樹・大津 公平・林 尚吾・浪江 宏武宗：東京湾における船舶交通観測レーダネットワークシステムの研究，日本航海学会講演予稿集，第 109 号，pp.69-78，2003.9.