

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：12614

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656529

研究課題名(和文)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

研究課題名(英文)A Study on evaluation and safety standards on navigation skill using ship track information

研究代表者

庄司 るり(Shoji, Ruri)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・教授

研究者番号：50272729

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：船舶運航の安全性の向上のために、レーダー及びAISの情報を利用して、各船舶の航跡から変針や船速変化などの操船状況を推定・解析し、他船との遭遇状況を考慮した各船舶の運航技術についての評価手法の構築を試みた。まず、AIS情報から東京湾における船舶交通流の定量的評価を行うためのモデル化に必要なパラメータや変針時の回答角速度に関する検討を行い、船舶交通シミュレーションに利用可能なモデルの提案を行った。また、個別の船舶の航行の状況の評価についての提案を行った。レーダー情報の半自動追跡アルゴリズム開発は、継続中である。

研究成果の概要(英文)：The growing number of vessels and their size is directly related to the possibility of maritime accidents such as fire, explosion, loss of life and damage to environment. To improve the safety of navigation, we study the methods of evaluation on the skill of navigation using ship track data via a radar and AIS information. To assess the risk we need to know how ships traffic streams behave, and we studied a comprehensive quantitative assessment of vessel streams in Tokyo Bay based on AIS historical data obtained from the Tokyo University of Marine Science and Technology (TUMSAT) Advanced Navigation System. Then, using track information acquired from AIS, we aim at the evaluation of each ship's navigation situation. By the results of investigation on some elements, we get some kind of characteristic on each ship's navigation and the possibility of navigation evaluation was suggested.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海上交通 船舶交通 航跡情報 AIS情報 レーダー情報 先端ナビゲートシステム 航行状況評価 船舶交通モデル

### 1. 研究開始当初の背景

東京湾は周囲に大都市を抱えた船舶交通が輻輳する海域であり、このような海域で衝突、油流出、航路の閉塞等大規模な海難が発生すれば、船員はもとより多くの人命の危険や日本経済に多大な影響を与える。また、船舶の運航支援には乗船経験のある船舶職員が必要であるが、これは船舶職員の乗船期間の短縮化をもたらす、十分な経験を有した技術の高い船員の減少、さらに後進船員の育成や操船等の技術の伝承に影響を与えはじめてきている。また、水先人免許制度により操船困難度の高い海域においてこれまでとは異なる技術者による運航が行われることとなり、加えて船舶の大型化、海上構造物の増設による海況の変化、プレジャーボートや外国船増加による交通輻輳度の増大等の現状がある。各種免許（水先人、海技士等）は操船レベルの保証のみで、運航技術の評価しきれていないと言え、免許取得後に運航技術の確認等は行われていない。運航技術を適切に評価し、評価が低い場合は技術の向上を実現させることで、船舶運航の安全性は向上すると考えられる。これまで、レーダーやAISの情報を利用して船舶交通実態を調査・解析し、輻輳海域においても安全で効率的な運航の実現のために航路の設計や交通管制が行われてきたが、これらは海域の特徴を調査し、船舶交通流を整える対応であった。本研究では、レーダー及びAISの情報を利用して、各船舶の航跡から変針や船速変化などの操船状況を推定・解析し、他船との遭遇状況を考慮した各船舶の運航技術について、個別に評価を行うおととするものである。

### 2. 研究の目的

上記の背景のもと、運航技術レベルの多様化が進んでおり、加えて船舶の大型化、混雑化等により、輻輳海域における海難の危険性が大きくなっている。これまでレーダー情報でしか得られなかった船舶の航跡が、2002年より導入されたAIS（自動船舶識別装置）により容易な入手が可能となった。本研究では、東京海洋大学の先端ナビゲートシステムから得られるレーダー及びAISによる航跡情報を解析し、東京湾における運航の技術レベルの評価を試みるものである。船舶航跡の解析による船舶毎の航行を通じた評価はこれまでに行われていない。特別な装置や情報を必要とせず、航跡から運航技術の評価を行うことができれば、不適切な操船を行う船舶の抽出や集中的な交通管制の実施が可能となり、当該船舶に安全操船実施の意識を高めることに繋がると考えられる。

### 3. 研究の方法

東京海洋大学で有している先端ナビゲートシステム（船舶運航に必要なデータを収集・解析・保存・表示する統合システムで、東京湾の船舶交通調査が可能）を利用して交

通実態調査を行い、レーダー情報をできるだけ容易に解析できるように、これまでの研究結果であるレーダー情報の半自動追跡アルゴリズムの本システムへの組み入れを進めた。船舶交通調査結果を統計的に解析し、操船に影響を与える船舶の特徴毎に基準となる航路と許容操船範囲の推定を行う。その際、他船との遭遇状況について、複数の評価指標を用いて危険度や遭遇時間の判定を含んだ定量的な評価法を検討した。

このような船舶の航行毎の評価を分類し、評価の定量的なレベル分けを行い、東京湾を安全に航行する船舶のレベルを見だし、管制の強化や航行の制限に繋げることで、海難の防止やより安全な航行実現が可能になることを目指した。

### 4. 研究成果

船舶交通実態調査において、AIS非搭載船舶についてはレーダー情報の解析が必要である。このレーダー情報をできるだけ容易に解析し、より精度の高い調査結果を得るために、東京海洋大学で有している先端ナビゲートシステム（船舶運航に必要なデータを収集・解析・保存・表示する統合システムで、東京湾の船舶交通調査が可能）の改良を行っている。これまで検討してきたレーダー情報の半自動追跡アルゴリズムは、本システムで稼働するには負荷が高く、アルゴリズムの改良が必要となっており、継続して進めているところである。

上記の理由から、AIS情報を中心に解析を進めた。まず、ある海域における船舶交通の安全性のレベルや危険度についての定量的な評価を行うため、先端ナビゲートシステムで取得したAISデータを使用し、東京湾について調査した。まず、東京湾北部、浦賀水道および中ノ瀬航路について、航行隻数分布、航行密度分布、行き先分布に関する解析を行い、SJ値（Subject Judgment Value）を用いて海域の特性を検討し、衝突の危険度が高くなる可能性のある海域の抽出を行うことができた。図1は、東京湾北部の要注意海域について、横切りと行会いの見合い関係が多い場合を実線楕円で、横切りと追越しの見合い関係が多い場合を破線楕円で示した図である。

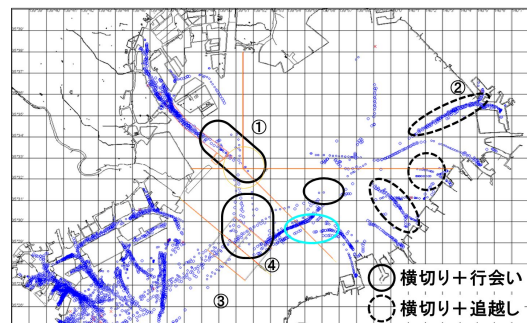


図1 東京湾北部における要注意海域

次に、東京湾全域について、船舶交通の空間的分布とパラメータに関する統計的・確率的モデルを検討した。図2に、AISデータからの船舶交通モデルの検討のイメージを示す。船舶の航跡や船速は、その船舶の大きさ、船種、航路中心からの距離等により決定される。

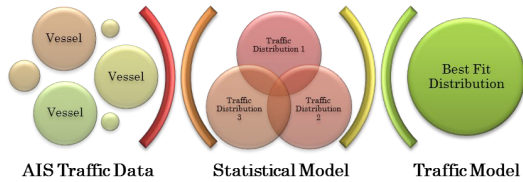


図2 船舶交通モデル検討イメージ図

また、航路の占有率や密度の評価には陸上の交通理論を使用し、交通流のモデル化を検討した。浦賀水道航路における旋回および屈曲半径に関する解析により、航行可能領域における船舶の旋回挙動の評価を行った。図3は、東京湾浦賀水道航路と中ノ瀬航路の接続部分についての解析結果で、回頭の開始および終了地点の標準を求めたものである。図4は、これまでである目安とされていた回頭角速度と図3から計算された回頭角速度の違いを示す。

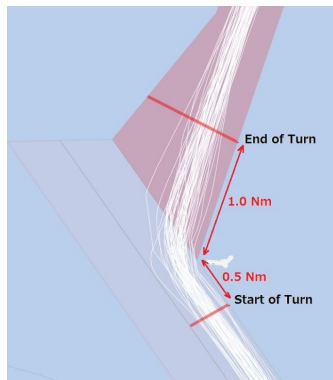


図3 浦賀水道航路と中ノ瀬航路接続部における回頭開始および終了地点解析結果

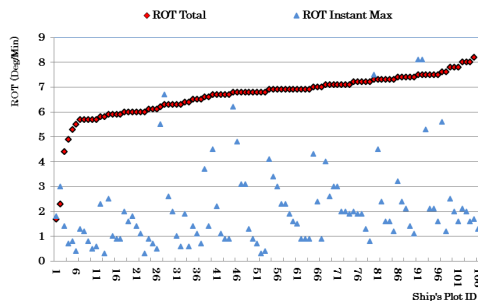


図4 回頭角速度

ここまでの結果から、与えられた海域において船舶交通の安全性およびリスク分析および一般的な船舶交通流モデルの作成が可能になると考えられる。

ここでは、レーダーおよびAISの情報から

各船舶の航跡から変針や船速変化などの操船状況を推定、解析し、他船との遭遇状況を考慮して、各船舶の運航技術について、個別に評価を行うことについて検討した。ある海域における標準的な航行や不適切な操船行動の特徴を明らかにし、個々の航行の修正すべき点を示すなど、各船舶の航行状況に関する評価を検討した。東京と千葉方面から出港し、船舶の長が100m以上200m未満の貨物船と、千葉方面から出港し、船舶の長が100m以上200m未満のタンカーのうち、浦賀水道航路を南航する船舶を対象とした。図5に、貨物船の航跡図と評価海域で設定したゲートライン上での隻数分布を示す。

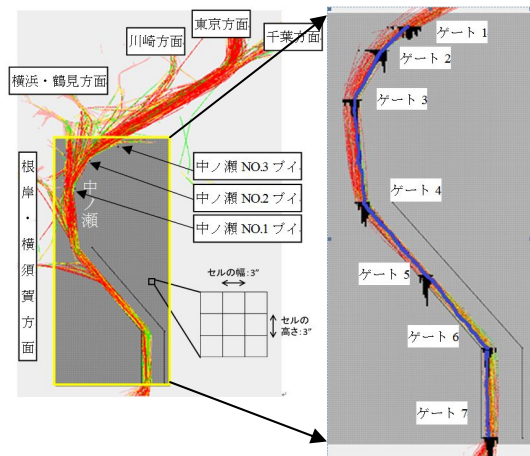


図5 AIS情報による貨物船の航跡図 (2013年4月4日~9日)

評価の要素として、航跡、基準航跡からのずれ、速力、周囲の船舶数及びSJ値について検討を行った。図6は対象とした貨物船周囲の速力を示し、赤線より上側では、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。

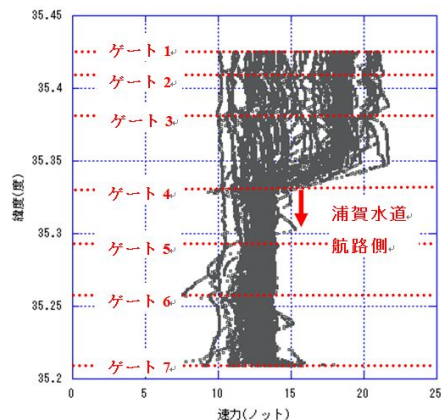


図6 貨物船の速力

図7に、各貨物船の平均SJ値の見合い関係別分析図と周囲の船舶数を示す。図中の横軸は船舶の番号で、緑線と青線はそれぞれ周囲1マイル以内と6L以内の船舶数である。棒グラフは、左から4本ずつで1組として、一つの船舶の追越し、行会い、避航船、保持船の平均SJ値を示している。平均SJ値は、黄で0~-1、オレンジで-1~-2、赤で-2~-3の値を示す。

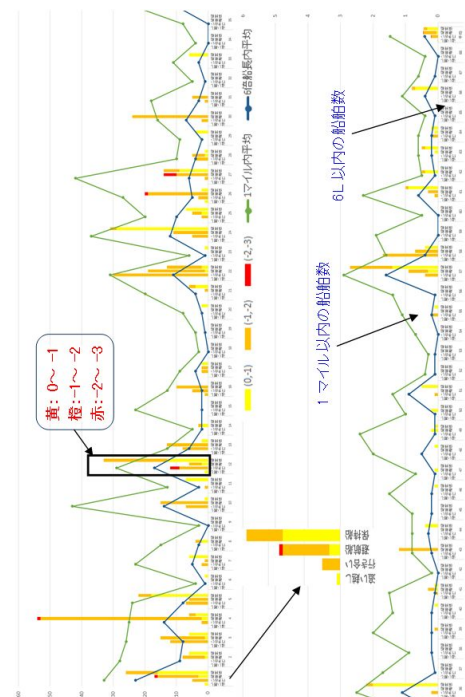


図7 貨物船の平均SJ値の見合い関係別分析図

船舶の航行状況について、複数の要素で比較できるような航行状況の評価シートを作成した。これにより、各船の航行状況をわかりやすく分析することができる。図8に、貨物船航行状況の評価シートの一例を示す。

は航跡図で、青線は基準航跡、別色(図1同様の速度による色分け)の線が対象船舶の航跡である。対象船舶は、図のAの付近で左に膨らみ、Bの付近で右に膨らむ航跡であった。

は、横軸を評価海域の緯度方向のセル座標として、基準航跡からの偏位を赤線で示す。図中に、全貨物船の左側への平均偏位を青線で、右側の平均偏位を緑線で示す。では、

の航跡図の基準航跡からのずれについて、どの程度、どのタイミングであったかが具体的にみる事ができる。は、横軸が評価区域のセル座標、縦軸が速度で、赤線で対象船舶の速度を示す。また、黒線は中ノ瀬付近の全船舶の平均速度で、緑線は浦賀水道航路内における12ノット以上の場合の平均対象船舶は、中ノ瀬付近では平均速度より速い速度で航行し、浦賀水道の入り口と出口の手前で減速をしているが、浦賀水道のほとんどでは他船の平均速度と同程度であった。は、上、下、左、右は、それぞれ自船が行会い、追

越し、保持船、避航船の場合で、平均SJ値は真ん中を0として0.5刻みで、一番外側が-3である。の赤線は全船舶の見合い関係毎の平均SJ値である。青色は対象船舶のSJ値であり、行会いと避航船となる場合に危険度が高い状況であった。は、左側が対象船舶の、右側が全船舶の平均の見合い関係毎のSJ値である。図8の対象船舶は、全船舶の平均より高い危険度であったが、赤色で示される危険度の高い状況にはならなかったことが分かる。

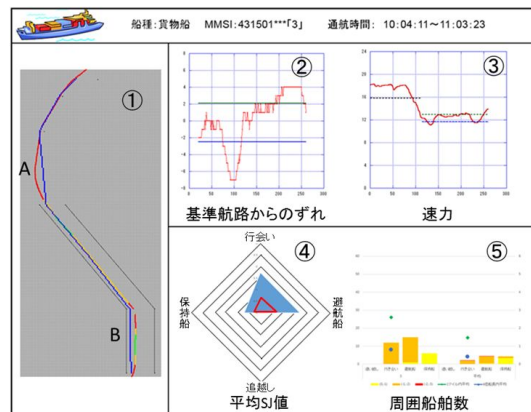


図8 貨物船航行状況の評価シートの一例

航行状況の評価シートのように、それぞれの要素をまとめて比較することで、各船舶の航行状況をわかりやすく分析することができる。今回の検討結果は、評価海域においてある船の航行を評価する際の手法のひとつとしての提案になると考える。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

汪建、稲石正明、庄司るり、柳沼匠、AIS航跡情報を用いた船舶の航行状況の評価について -評価要素の検討-、日本航海学会論文集第130巻(掲載決定)、査読有、2014、ページ未定

汪建、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-、東京海洋大学修士論文、2013年、pp.1-44

Tasseda El-Hocine、Ruri Shoji、Trip Distribution Modeling in Tokyo Bay based on AIS Data、日本航海学会講演予稿集、査読有、2013、pp.25-28、<http://members.j-navigation.org/jkouen/jkouden.html>

田丸人意、庄司るり、今野作、船舶の航跡に対するトラッキング制御に関する研究 AIS・GPS情報を利用した制御について、日本航海学会講演予稿集、査読有、2013、pp.58-61、<http://members.j-navigation.org/jkouen/jkouden.html>

Tasseda El-Hocine、Quantitative Assessment of Vessel Traffic Streams

in Tokyo Bay based on AIS Data、東京海洋大学博士論文、査読有、2012、pp.1-141  
R. Shoji、F. Kitazawa、and H. Nishiyama、Construction of Advanced Navigation System、Proceedings of Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology、査読有、2012、pp.276-280

〔学会発表〕(計5件)

汪建、AIS 航跡情報を用いた船舶の航行状況の評価について -評価要素の検討-、日本航海学会第129回講演会、2013年11月8日-9日、神戸ポートタワーホテル Tassedra El-Hocine、Trip Distribution Modeling in Tokyo Bay based on AIS Data、日本航海学会第128回講演会、2013年5月30日-5月31日、東京海洋大学  
田丸人意、船舶の航跡に対するトラッキング制御に関する研究 AIS・GPS 情報を利用した制御について、日本航海学会第128回講演会、2013年5月30日-5月31日、東京海洋大学  
田丸人意、航路内を航行する船舶間距離に関する報告 -浦賀水道航路・中ノ瀬航路を航行するAIS搭載船舶間の距離について-、日本航海学会 海上交通工学研究会、2012年11月24日~2012年11月24日、長崎大学  
Fumika Kitazawa、Construction of Advanced Navigation System、Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology 2012、2012年11月05日~2012年11月07日、姫路

6. 研究組織

(1)研究代表者

庄司 るり (RURI SHOJI)  
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・教授  
研究者番号：50272729

(2)研究分担者

田丸 人意 (HITOI TAMARU)  
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・准教授  
研究者番号：00361808

(3)研究協力者

西山 尚材 (HISAKI NISHIYAMA)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士後期課程

(4)研究協力者

Tassedra El-Hocine (Tassedra El-Hocine)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士後期課程

(5)研究協力者

間山 聖也 (SEIYA MAYAMA)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士前期課程

(6)研究協力者

北澤 文香 (Fumika Kitazawa)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士前期課程

(7)研究協力者

汪建 (Wang JIAN)  
東京海洋大学・大学院海洋技術研究科・博士前期課程

(8) 研究協力者

稲葉伸実 (NOBUMITSU INABA)  
ちゅら IT プロ

(9) 研究協力者

金城智仁 (TOMOHIITO KINJO)  
ちゅら IT プロ

(10) 研究協力者

芦田研二 (KENJI ASHIDA)  
日本無線(株)