

# 海上交通における交通の分析と安全への取り組み

伊藤 博子<sup>1</sup>・三宅 里奈<sup>2</sup>

<sup>1</sup>国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 海洋リスク評価系  
(〒181-0004 東京都三鷹市新川6-38-1)

E-mail: hiroko@nmri.go.jp

<sup>2</sup>国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 運航・物流系  
(〒181-0004 東京都三鷹市新川6-38-1)

E-mail: r\_miyake@nmri.go.jp

近年、海上交通の分野では、AIS (船舶自動識別装置) の普及により、広い海域での船舶の航行状況が詳細に観測できるようになった。これを受けてこれまで安全対策が多く行われてきたふくそう海域よりも外側の準ふくそう海域と呼ばれるエリアについても安全対策が求められるようになっている。本論文では、このような近年の情報環境の変化を受けて、現状理解にもとづく海上交通の安全対策を実現する手法について、述べる。また、準ふくそう海域における著者らの取り組みを説明する。

**Key Words :** *Ship traffic safety, AIS, traffic rule, design of ships' routeing system*

## 1. はじめに

海上においては、大型の商船から小型の漁船まで様々な種類の船舶がそれぞれの目的のために航行しているが、日本周辺だけでみても年間2000隻以上の船舶が事故に遭遇しており<sup>1)</sup>、安全対策は重要な課題である。一口に海上の安全といっても、海上保安庁が2013年に示した第3次交通ビジョン<sup>2)</sup>の中でふくそう海域、準ふくそう海域、港内等の安全対策を掲げているように、場所によって、多くの船舶で混雑するふくそう (輻輳) 海域、その周辺に広がる準ふくそう海域、多くの船舶で混雑し、陸上交通との接点でもある港内等、異なる特色があり、それぞれに応じた対策が必要とされる。

従来、混雑度の高いふくそう海域や港内についてはレーダー観測や目視観測によって情報収集が行われ、集中的に安全対策が行われてきたものの、準ふくそう海域については対象となるエリアが広く、十分なデータを収集して安全対策を行うことが難しい状態であった。

このような海上交通の状況把握は、近年、AIS (Automatic Identification System: 船舶自動識別装置) と呼ばれる装置の登場により大きく変化した。AISは自船の運航情報をVHF無線通信により発信する装置であり、電波の到達範囲は通常3,40キロ程度あることから、各船舶や陸上

基地は、到達圏内の各船舶の運航情報を容易に取得することができる。また、同装置はSOLAS条約 (海上における人命の安全のための国際条約) により、2002年以降、順次国際的に義務化され、現在では国際航海をする300総トン以上の全ての船舶、全ての旅客船、国際航海をしない500総トン以上の全ての船舶に搭載の義務がある<sup>3)</sup>。これにより、AIS搭載船に限れば、従前の手段と比較して、各段に大きいエリアを観測でき、かつ自船情報を発する仕組み上、高い精度の情報を得られる。現在では、操船者にとっても、陸上からの観測者にとっても海上交通に関する重要な情報源となっている。

本論文では、このような近年の情報環境の変化を受けて、現状理解にもとづく海上交通の安全対策を実現する手法について、準ふくそう海域における著者らのアプローチを含め紹介する。

## 2. 海上交通の分析

### 2.1 船舶の種類と衝突事故の傾向

船舶には、貨物等を輸送する貨物船、原油等を輸送するタンカー、乗客を輸送する客船といった商用の船舶 (以下、商船という) と、漁業に使用する漁船、さらに娯楽用のプレジャーボート等がある。商船、漁船では衝突

事故や転覆事故が多く、プレジャーボートでは機関故障が多いといったように、船の種類によって事故の種類も異なる。

準ふくそう海域は、地理的に港湾や大都市から離れていることから、プレジャーボート等の娯楽用船舶は少ない。多く見受けられるのは、航過していく商船と、漁場で操業する漁船である。

商船は、都市近郊に存在する貨物用の港湾等から出航した後、主に陸岸から2~20海里程の場所を航行して次の貨物用の港湾へと向かうもので、準ふくそう海域を航過する頃には出航から十分な時間を経過し、船速が速い。タンカー等のエネルギーキャリアや貨物船のうち、大型のものは外国と往来する外航船であることが多く、国内に複数の寄港地を持つ。比較的小型の商船は、国内の港湾間の輸送を担う内航船であることが多い。AIS 搭載義務のない小型の船舶は大抵は内航船である。

漁船は沿岸部各地に存在する漁港を母港とし、ここから出港してそれぞれの漁種に応じた漁場へと向かう。操業中は停泊するか、ごく低速で移動していることが多い。操業後は元の漁港へと戻るが、揚げ地が別の漁港のこともある。漁船は商船と比較してごく小さく、現時点では AIS の搭載はほとんど見られない。

船舶による衝突事故には、2隻以上の船舶による衝突事故と船舶が単独で岸壁や橋梁等に衝突する事故がある。準ふくそう海域のように陸岸から距離がある場所では、単独の衝突や3隻以上の衝突はほとんど見られず、主として2隻の船舶による衝突事故を考えれば良い。2隻の船舶による衝突事故は、一般に、以下のような見合い関係から始まると整理される。1) 同じ方向から来た船舶同士による追越しの見合い関係、2) 互いに横方向から来た船舶による横切りの見合い関係、3) 互いに反対方向から来た船舶同士による行会いの見合い関係、である。準ふくそう海域に限れば、商船の通航する方向は概ね陸岸に沿い、一方、漁船の一般的な往復はこれを横切ることとなるため、多くの危険な遭遇は商船同士または漁船同士の同航と反航の見合い関係、及び商船と漁船による横切りの見合い関係から進展している。図-1に船舶による衝突事故発生状況を示す。2隻による衝突事故の場合、丸印を左右で塗り分け、赤色は商船、緑色は漁船等とした。単独で事故に遭っている場合は黄色で表した。図の中心付近に伊豆大島を表示しており、上方が東京湾入口となる。商船同士では、東京湾から出発して伊豆半島南端を西に向かう船舶とその逆向きの船舶との間での事故が多く見られる。

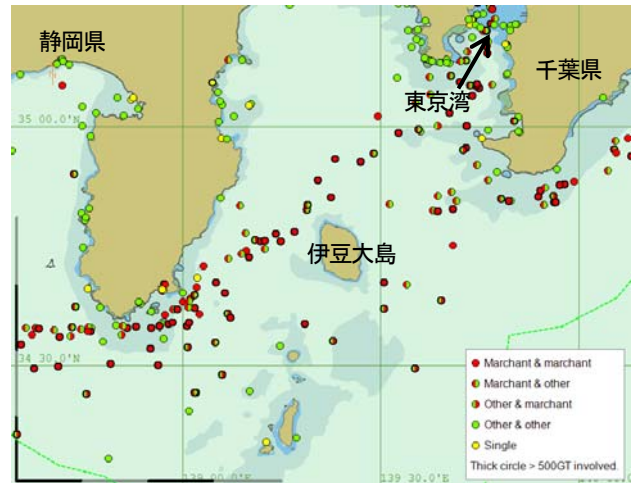


図-1 船舶による衝突事故発生状況  
(海難審判庁裁決録<sup>3)</sup> 1990~2008年より)

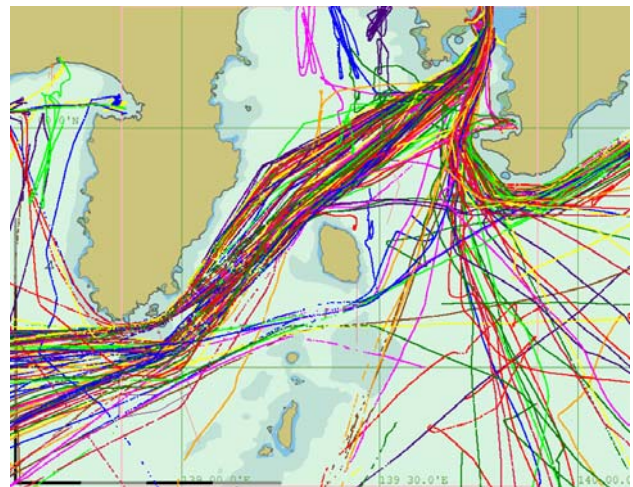


図-2 一日分の船舶航跡 (2012.10.1, AIS データによる)

## 2.2 AIS航跡データを用いた危険個所の分析

準ふくそう海域を通航する船舶間の衝突事故は船舶の速度が速いこと等から被害が大きくなりやすい。行会いの見合い関係から進展した場合はさらにその傾向が強く、沈没等によって人命や船舶を失うことも少なくない。このような事故が発生する場所の交通環境を確認する。

伊豆大島周辺海域において取得された一日分の AIS 情報から生成した航跡を図-2に示す。図-1に示した事故の集中箇所は航跡の多い箇所に沿って分布していることが分かる。これらの航跡から計算した通航密度の分布を図-3, 図-4に示す。北に向かって航行している船舶(北航船)と南に向かって航行している船舶(南航船)の2群に分け、それぞれについて緯度経度 0.2 分の矩形あたりとして求めた。図より、北航船は伊豆大島直近に集中し、南航船は幅方向に広く分散して航過していることが分かる。



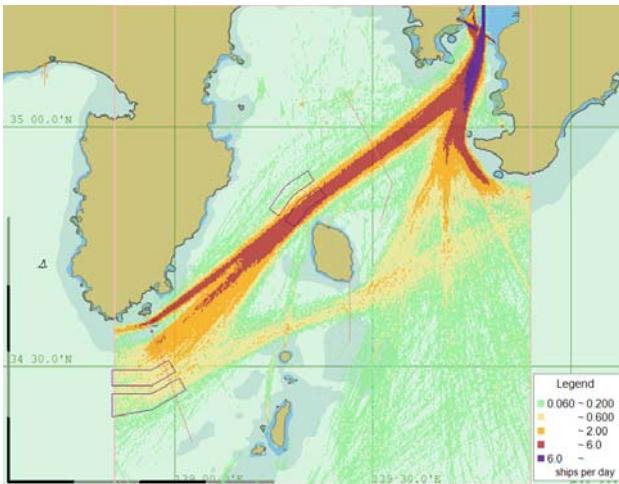


図-3 北航船の通航密度分布 (2012.10.1-10.31)

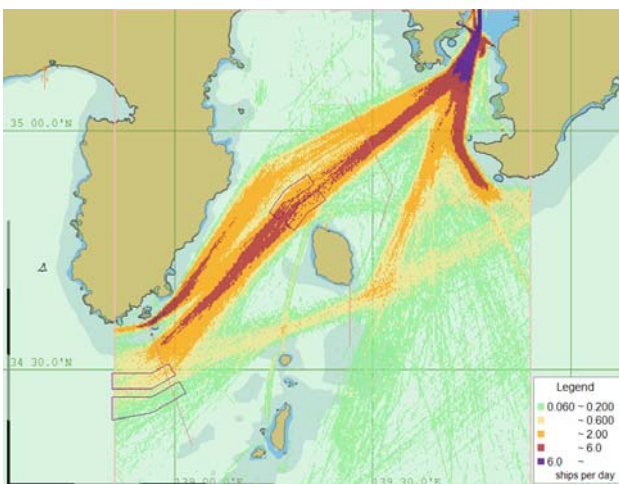


図-4 南航船の通航密度分布 (2012.10.1-10.31)

### 3. 安全への取り組み：新しい海上交通システムの設計

海上交通の安全性向上は長年取り組まれてきた課題であり、交通ルールも多数設定されている。以前は観測可能な範囲が限定的だったため、これらの構想は限られた観測データと専門家の知識により行われてきた。上述のように AIS 搭載船舶の観測が行える現在では、これを活用した取り組みが求められている。

著者らは、安全への取り組みの一環として、新しい海上交通システムの設計に取り組んできた。考え方の基本的な流れは図-5のようになっている。始めにターゲットとする海域について、問題の特定と方針の決定を行い、次に現状を詳細に分析して解決策を立案する。最後に、解決策を導入した場合の将来の状態を予測し、予測結果を考慮して意思決定を行う。

「問題の特定と方針の決定」の段階では、過去の事故の記録や関係者の意向を考慮して、現在ある問題のうち、

#### 新しい海上交通システムの設計

##### 問題の特定と方針の決定

###### 過去の記録

- ・海域における事故データ
- ・事故の原因分析

###### 関係者の意向

- ・海域の利用方法
- ・危険の発生状況

##### 現状の分析と解決策の立案

###### 現状の分析

- ・海上交通の実態データ（航路帯別通航量）
- ・通航位置分布

###### 新しい交通システムの立案

##### 予測にもとづく意思決定

###### 将来の予測

- ・行動変化予測
- ・変化後の交通流シミュレーション

###### 各種評価

- ・現状と予測に対する安全性評価
- ・関係者の関心に対応する評価（経済性等）

###### 設計案の比較・選定

- ・指標、特徴の総合判断

図-5 新しい海上交通システムの設計

解決すべき事項の特定や解決にあたって重視される内容を整理して対策の目的を確認する。海域に関する場合には、漁業者等、現場周辺における海域利用者らの理解、受容しやすさや、運航担当者にとっての分かりやすさといった主観的な要望が多くみられ、これらを考慮した取り組み目的を構築していく必要がある。

次の「現状の分析と解決策の立案」では、上記の目的に照らして必要な情報を抽出し、これにもとづいて解決の方法を検討する。現在の海上交通システムを構成する交通ルールに問題の原因がある場合、解決方法としては、既存ルールの変更や新しい交通ルールの導入があり得る。具体的にどのような交通ルールが目的を達成しうるかを考慮し、設計案を作成していくことが必要となる。立案にあたっては、船舶群の行動から航跡や通航量を算出した結果が役に立つ。

「予測にもとづく意思決定」の段階では、立案した交通ルールが導入された場合に生じる現象を予測し、目的への合致を確認する作業を行う。目的への合致を確認するためには、それぞれの目的を良く表現する適切な指標の選定が必要となる。複数の設計案を相互に比較したり、現在の状況と比較するなど行って、もっとも合理的と考えられる案を選択するなどの意思決定を行う。選択した案に弱点があれば修正していくことも重要である。

#### 4. 分析から設計へ

前述の分析から、伊豆大島西方海域において、北航船と南航船が数多く反航船として遭遇し、衝突事故も発生していることが分かった。このような事故の防止には、反航船の遭遇状況を確認し、これを減らすような整流化が必要ということが良く分かる。

一方、この周辺におけるこれまでの交通ルールとしては、日本船長協会により自主分離航行が推奨されているが、法的拘束力がない上、海外の船舶運航者への周知が難しいことから、外国籍船割合の増加に伴い、効果が下がるなどの問題を抱えていた。国際的に使用される整流化の方法は、IMO (国際海事機関) のガイドライン等によれば、(1) 法的拘束力を持つ「分離通航方式」、(2) 法的な制約は少ないが海図への記載が行われ、海外の運航者へも周知効果が高い「推薦航路」、(3) 自主的な航行規制の3種類に分けることができる<sup>9)</sup>。既存交通ルールは(3)の方法にあたるが、前述の通り問題が指摘され、(1)は航行上の制約が大きいことから、(2)の方法によって実現することが適切と考えられ、この方法によって整流化を図るべく、取り組まれることとなった。

現状の分析を行ったところ、当該海域は、キンメダイを中心とする漁種の好漁場であり、数多くの漁船が航行、操業している。漁業者の理解と合意を得ていくには、AIS 搭載船舶だけでなく、漁船の安全性についても確認が必要となる。AIS による観測が期待できないことから、現地でのレーダー観測と、漁業者への行動アンケートを合わせ、行動を推定する手法を用いた。推定された行動にもとづき、操業の行われる位置を避けて整流化案を立案した。

予測のための海上交通流シミュレーションプログラムは、対象海域を出入する船舶を船舶種類、大きさ、速度によって群に分けて計数した通航数を使用する。さらに、各群に航路と船速を与えることで海上を航行する様子が再現できる。また、新しい交通ルールによる影響については、別の海域で行われた既往研究から推定手法を確立した。図-6に福島いわき沖海域に設置された浮体構造物の影響による反航船の遭遇頻度<sup>7)</sup>の変化を示す。進路上に障害物がある等の理由によって経路変更を余儀なくされる場合の船舶行動が分かる<sup>8)</sup>。結果の評価においては、安全性としては、行会いの船舶が同じ場所で遭遇する頻度や、個別船舶の行動範囲が他船によって制限される状況を確認する方法を開発、導入し、他に経路長さ等によって商船にとっての経済性を評価した。これらの結果は最終的に、関係省庁や学識経験者による委員会に提示し、設計案の比較・選定を通して、導入すべき交通ルールとして意思決定がなされた。

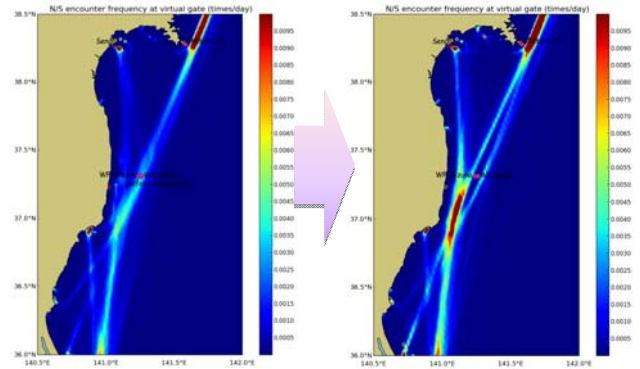


図-6 予測に使用した海域の状況変化 (浮体構造物設置前後の遭遇頻度変化: 左 2012/08/15-10/31, 右 2014/10/01-10/31)

#### 5. 結論

本論文では、近年の情報環境の変化を受けて、現状理解にもとづく海上交通の安全対策を実現する手法について、述べた。また、準ふくそう海域における著者らの取り組みを説明した。

**謝辞:** 本研究の一部は、海上保安庁との共同研究を通じて実施致しました。海上保安庁交通部安全課の方々に感謝します。また、実施にあたっては日本海難防止協会の皆様にお世話になりました。ここに記して深甚なる謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 海上保安庁：海上保安レポート 2015，日経印刷株式会社，2015。
- 2) 海上保安庁：第 3 次交通ビジョン 船舶交通の安全安心をめざした取り組み，<http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h25/k20131003/k131003-3.pdf>
- 3) 海難審判庁：海難審判庁裁決録
- 4) 東洋信号通信社：AIS について，[http://www.toyoshingo.co.jp/site/portal/service/shipinfo/service/about\\_ais.html](http://www.toyoshingo.co.jp/site/portal/service/shipinfo/service/about_ais.html)
- 5) IMO, amended 2000: International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 2000).
- 6) IMO, Guidance note on the preparation of proposals on ships' routing systems and ship reporting systems for submission to the sub-committee on safety of navigation, 2003.
- 7) 伊藤博子, 石村恵以子, 工藤潤一, 森有司: AIS 情報を用いた沿海海域における船舶の遭遇頻度の推定, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 16 号, 2013, pp.309-312.
- 8) 工藤潤一, 伊藤博子, 森有司, 西崎ちひろ: AIS を用いた航行制限の影響の調査, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 17 号, 2013, pp.187-190.
- 9) 伊藤博子, 石村恵以子, 工藤潤一, 森有司: 沿海海域における衝突海難と海上交通流の分析, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 第 18 号, 2014, pp. 447-450.

(2009.7.1 受付)