

東京湾海上交通流ネットワークを利用した 船舶動静の予測に関する基礎研究

学生会員○白井 友子（東京海洋大学大学院） 正会員 久保 信明（東京海洋大学）
非会員 稲田 健二（日本海難防止協会） 正会員 田丸 人意（東京海洋大学）

要旨

AIS(Automatic Identification System)情報には船舶運航管理に有効な、様々な情報が含まれている。位置情報等の現在の状況の他、目的地、船種、大きさが含まれている。これらの情報を有効に利用することで、輻輳海域の船舶交通の安全性を向上させることができるだろう。そこで本研究では、東京湾内を航行する船舶を対象に、AIS 情報を利用した管理システムについて考えることとした。

東京湾は湾口から湾奥までの長さは約 70km あり、交通流の安全確保のため航路の設定、VTS(Vessel Traffic Service)による交通流の管理、可航行海域の制限が行われている。そのため、東京湾は広大な海域であるが、特に大型船については船舶の航行航路はほぼ決まっている。東京湾湾口から湾奥までの間の限られた可航行海域からノード及びリンクを設け、出発地から目的地までの航路を選定できるようにした。加えて、過去の AIS データを基に船舶の航行航路を標準化し、得られた航路との比較を行った。抽出した航路と実際の航路から船舶動向の予測に対応できるか検証され、実用上課題があるものの、今後のシステム構築に有効であると考えられる。

キーワード：航行援助施設、交通、航路選定、AIS

1. はじめに

AIS は、船舶の識別符号、種類、位置、針路、速力、航行状態及びその他の安全に関する情報を自動的に VHF 帯電波で送受信し、船舶局相互間及び船舶局と陸上局の航行援助施設等との間で情報の交換を行うシステムである。

2002 年以降、順次搭載の義務化が進められ、日本では 2008 年 7 月までにすべての義務づけ対象船舶への AIS 搭載が義務化された。

AIS は船舶局相互間の衝突予防のみならず、船舶局と陸上局の航行援助施設等との間でも有効に利用されている。2009 年には、VTS センターにおける船舶の動静を把握するためのツールとして、レーダーや ITV(Industrial Television)等に加えて、AIS 陸上局が整備された。AIS を用いることで、船舶の位置や速度といった動的情報と MMSI(Maritime Mobile Service Identity)番号等の船舶を識別するために必要な静的情報をリアルタイムで同時に入手することが可能となった。例えば、AIS を搭載し適切に運用している船舶については、AIS による情報の送信によって位置通報に代えることとなった。

また、港則法適用港のうち、特に船舶の通航が頻

繁な水路や狭い水路においては、法令で定める船舶に対して信号による行き会い調整を行うとともに、港長が信号所において行う信号に従わなければならないこと及び航路航行予定時刻等を港長（各港内交通管制室）へ通報することを義務付けている。管制水路では、一定の基準を上回る大きさの船舶に対して、入出航管制を行っているが、AIS の搭載の進展を受け、AIS から得られる船舶の「長さ」情報を活用することで、管制対象船が管制水路を航行する場合であっても、これまでのように反航する船舶（管制対象船）の航行を一律に制限するのではなく、すれ違う船舶同士の長さに応じて、一定の長さ以下の管制対象船の航行を認めるという効率的な交通整理を実施するため、日本では 2010 年 7 月より管制船および管制対象船の基準が、「総トン数」から「長さ（全長）」に変更された。

これら条件を背景に、ここでは東京湾の船舶動静予測について考える。

2. 東京湾の交通流ネットワーク特性

2010 年 7 月より、AIS の目的地情報欄の入力方法が定められ、同入力に義務化された。

AIS 搭載船については、目的地コードを入力しているため、出発地や到着地の情報を AIS 情報から得ることができる。国際信号旗又は汽笛による行き先の表示に加え、進路を知らせるための措置として、利用されている。入力内容には目的港、港内での進路(係留場所等)、その他必要な情報(通過ルート等)があり、コード化されたことにより計算機による処理も容易となる。

また、東京湾内は大型船の可航水域が限られていることや、航路や航法がローカルルールとして詳細に定められていることにより、船型によって交通エリアが限られ、計画航路をある程度推定することも可能であると考えられる。計画航路について、ノードとリンクを用いたネットワークを東京湾内に設けることで表現し、交通流を再現するためにネットワーク・シミュレーションを用いることとした。

図1に東京湾の交通流及び、ネットワーク図(ノード及びリンク)を示す。東京湾の交通流を示した Navy 色の線は、東京湾内を航行する AIS を搭載している長さ 50m 以上の船舶の航跡である。AIS データは 2013 年 3 月 5 日 00 時 00 分から 2013 年 3 月 9 日 00 時 00 分までの 4 日間を用いている。ネットワークのノードをピンク色の円及びオレンジ色の円で示し、ピンク色の円の中にはノード番号を描写した。ピンク色のノードは発生・吸収ノードである。ノード間をつなぐリンクはオレンジ色の線で示した。

3. 計画航路推定

東京湾湾口から東京西航路へ向かう船舶と東京西航路から東京湾湾口へ向かう船舶の航跡(4日間分の AIS データより)を図2に水色の線で示す。また、ピンク色の線は東京西航路から東京湾口へ向かう船舶の計画航路、緑色の線は東京湾口から東京西航路へ向かう船舶の計画航路を示している。

計画航路は、AIS データから得られた目的港が同じ複数の船舶の航跡と図1に示したネットワークを重ね、これら航跡が示した海域に存在するノード番号を筆者等が読み取り、ノードの緯度経度を変針点として設定した。また船速については、ノード間毎の海域別船速平均値をデータベースとして作成し、計画航路のノード番号を元にノード間(変針点間)の移動時間等計算に利用することとした。

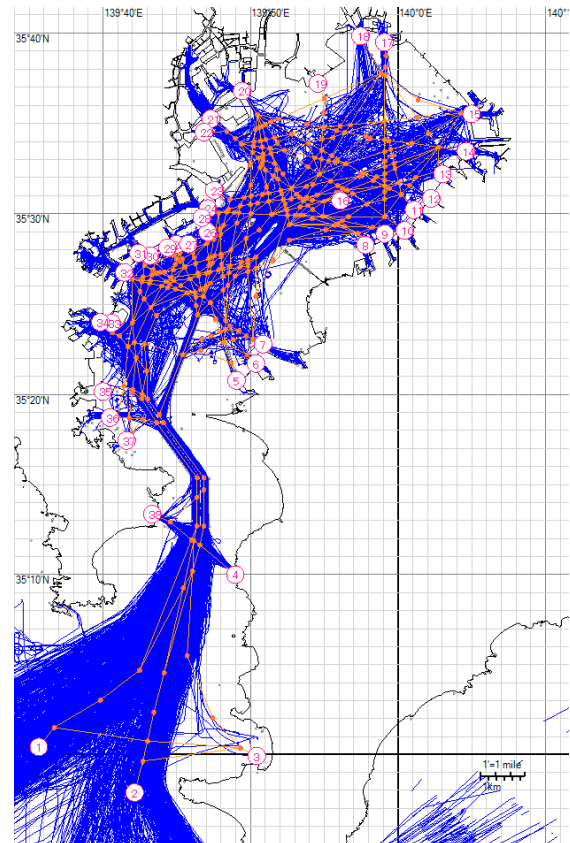


図1 東京湾の交通流及び、ネットワーク図

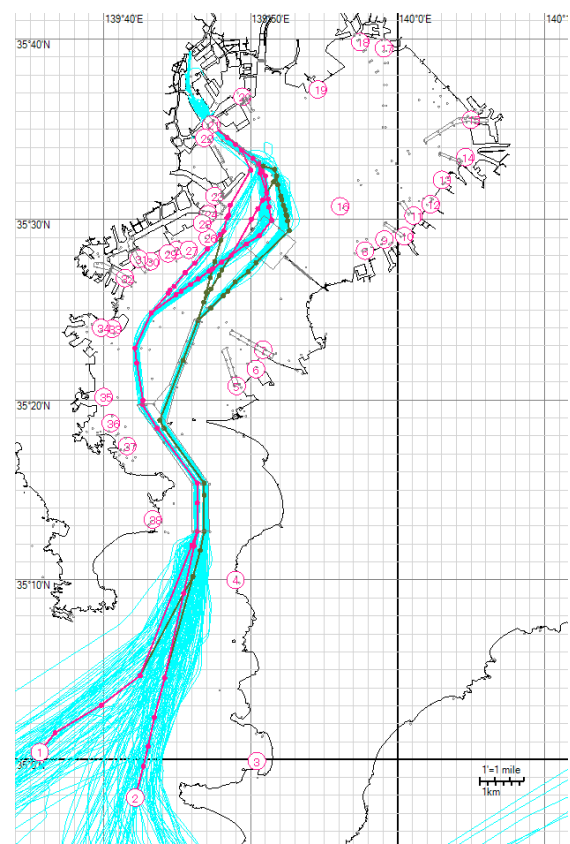


図2 東京西航路入り口を目的とした
計画航路と実航跡

例えば長さ 115m の貨物船の場合、目的地コードは『>JP TYO S』と入力されており、『TYO』は、京浜港（東京区）を目的港とする船舶であり、『S』は、港内では Shinagawa Wharf に向かって航行することを意味している。航行経路は、東京湾湾口から京浜港（東京区）へ向かう長さ 50m 以上の船舶は浦賀水道航路を航行しなければならないため、浦賀水道航路を航行し、長さ 50m 以上で喫水 20m 未満の船舶であるため中ノ瀬航路を航行することとなる。中ノ瀬航路から東京湾アクアラインに向け航行する 3,000GT 以上の船舶は東京湾アクアライン東水路を航行し、東京沖灯浮標から半径 1 マイルの円内では、これを左舷に見て航行しなければならないため、東京沖灯浮標を左舷に見て、東京西航路へ達する。

船の大きさによっては、東京湾アクアライン東水路を航行しなくてもよい場合がある。船型ごとに航行経路が異なる場合があることから、計画航路を船型ごとに設定することとした。（図 3）

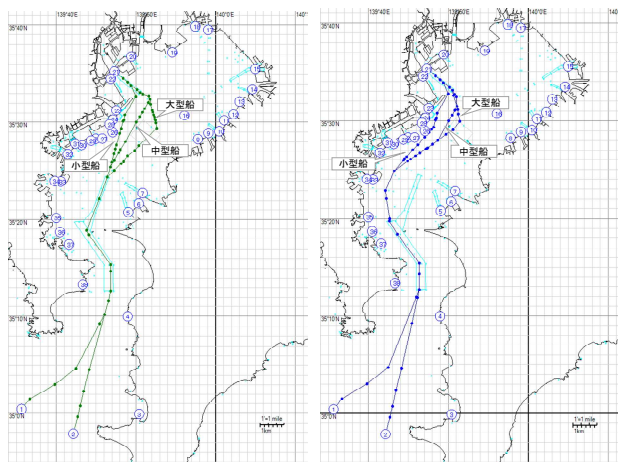


図 3 計画航路（東京西航路）

本研究における大型船は長さ 160m 以上の船舶、中型船は長さ 80m 以上 160m 未満の船舶、小型船は長さ 50m 以上 80m 未満の船舶とした。図 3 中の緑色の線は東京湾湾口から東京西航路へ向かう船舶の計画航路、青色の線は東京西航路から東京湾湾口へ向かう船舶の計画航路とする。東京西航路以外の行き先についても同様に計画航路を設定する。

4. 計画航路における予定速力の設定

速力は、図 4 に示す各通過ラインにおける平均速力を表 1 のとおり船の長さごとに設定した。平均速力は AIS データ（2013 年 10 月の 1 か月分）を基としている。

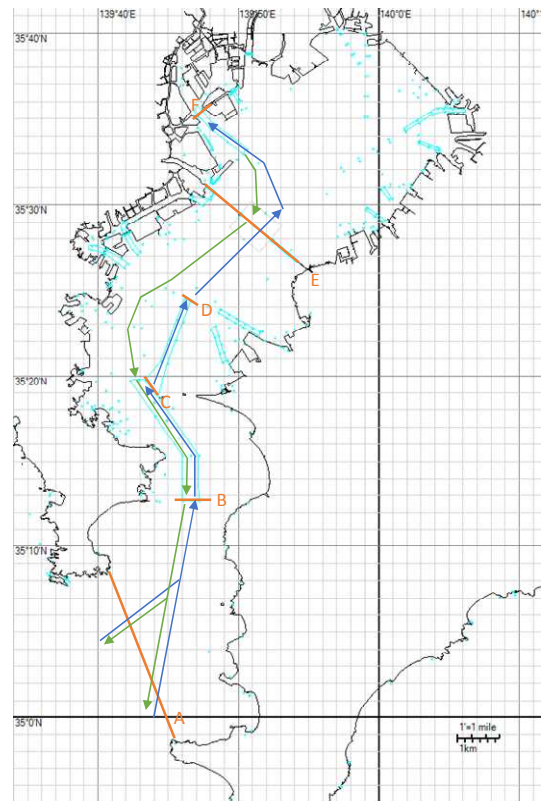


図 4 通過ラインの設定

表 1 各通過ラインにおける船の長さに対する平均速力 (kt)

	200m以上	150～200m	100～150m	100m未満
A	12.7 kt	15.1 kt	15.6 kt	12.0 kt
B	12.7 kt	12.7 kt	12.5 kt	11.6 kt
C	12.3 kt	12.2 kt	12.1 kt	11.6 kt
D	13.3 kt	13.4 kt	12.7 kt	11.6 kt
E	14.1 kt	15.5 kt	14.4 kt	11.8 kt
F	8.0 kt	11.2 kt	10.6 kt	11.2 kt

5. シミュレーションと結果

図 5 に任意の船の航跡とネットワークから得られる計画航路を示す。

この船は浦賀水道航路・中ノ瀬航路・東航路を通過後東京沖灯浮標をかわして東京西航路に航行した。図 5 は、東京湾口から東京西航路までの計画航路を水色で、任意の船の実際の航跡を青色と黄色で示した。航跡プロット図の青色が計画航路との偏差、速力の比較を行った位置である。なお、図 5 中の赤い点は灯台及び灯浮標等、緑色の枠は航路である。図 6 と図 7 に、この船の計画航路に対する偏差・速力の変化を示している。横軸は東京湾湾口を出発地とした航行距離とし、縦軸が偏差、速力変化を示す。

6. おわりに

本研究では、東京湾の交通流ネットワークを作成し、そこから計画航路を抽出することで、船舶動静の予測を行うため、実航跡との比較を行った。

AIS の目的地コードを用いて、ネットワークから計画航路を作成し、予定速力を設定した。

計画航路と実際の航路から船舶動向の予測に対応できるか検証され、実用上課題があるものの、今後のシステム構築に有効であると考えられる。

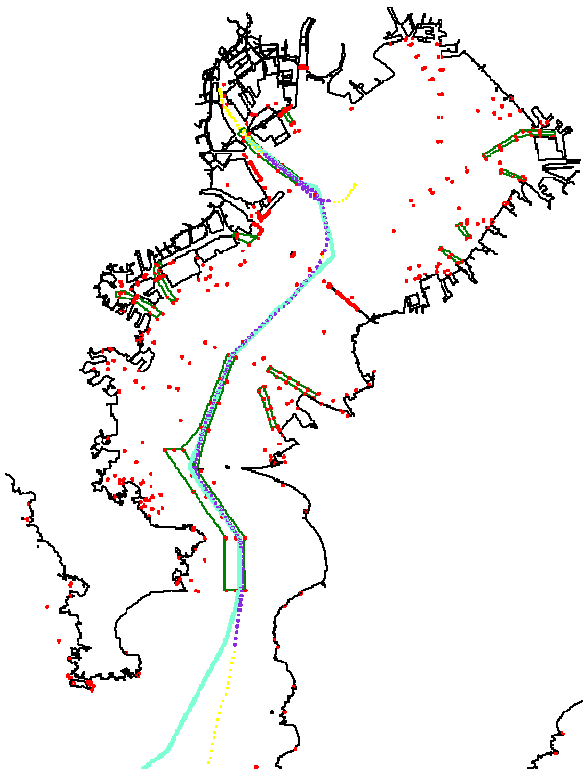


図5 任意の航跡図と予定航路

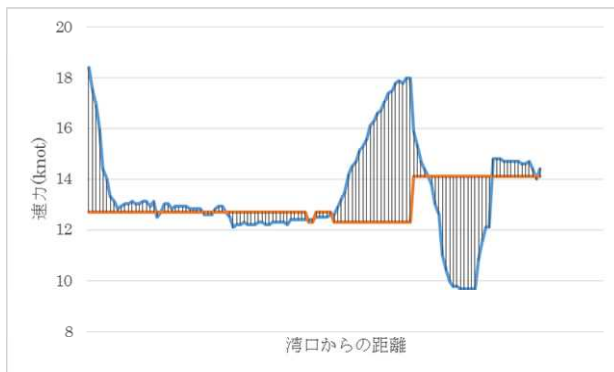


図6 計測された速力（青線）と
予定速力（橙色の線）の変化

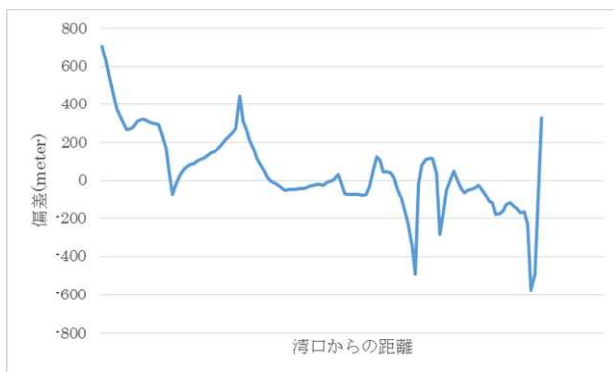


図7 予定航路からの偏差