

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)

目次

- 背景
- 目的
- 東京湾海上交通流の特徴
- ネットワークを用いた計画航路
- シミュレーション結果
- まとめ・今後の課題

背景

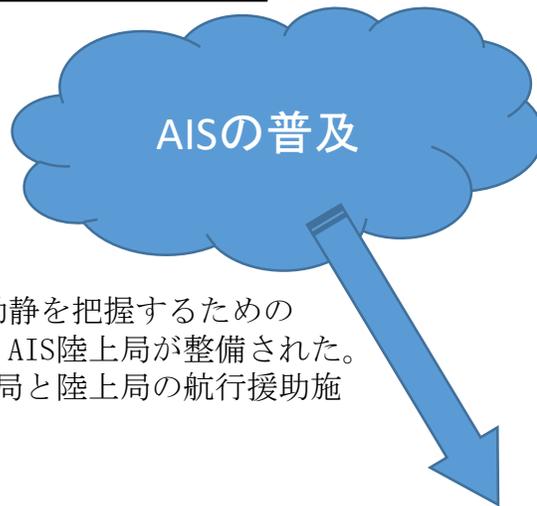
日本では2008年7月までにAIS搭載が義務化

本邦国内法（船舶設備規定第146条の29）による義務付け対象船

- 国際航海に従事する300総トン以上の全ての船舶
- 国際航海に従事する全ての旅客船
- 国際航海に従事しない500総トン以上の全ての船舶

AIS陸上局の整備

- 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等に加えて、AIS陸上局が整備された。
- 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



AISから得られる船舶の情報を活用

- 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
- 日本では2010年7月より国際海事機関が推奨する方法に沿った目的地に関する情報の入力方法がルール化され、その入力に義務化された

東京湾内の航路外の海域における航法

- 海上交通ルールに基づき航行経路が指定
 - 東京湾アクアライン付近海域
 - 木更津港沖付近海域
 - 中ノ瀬西側付近海域及び東京沖灯浮標付近海域

- AISを用いることで、船舶の動静情報の把握が可能
- 小型船等を除くと、東京湾内は航路や規則のため、船舶の航行できる海域がほぼ決まっている

遭遇船舶の判定

目的

船舶の将来動静予測の可能性検証

ネットワーク

・ AIS情報から東京湾交通流のネットワークを設定

予定航路

・ ネットワークを基に航路を設定し、得られた航路との比較を行う

交通流再現

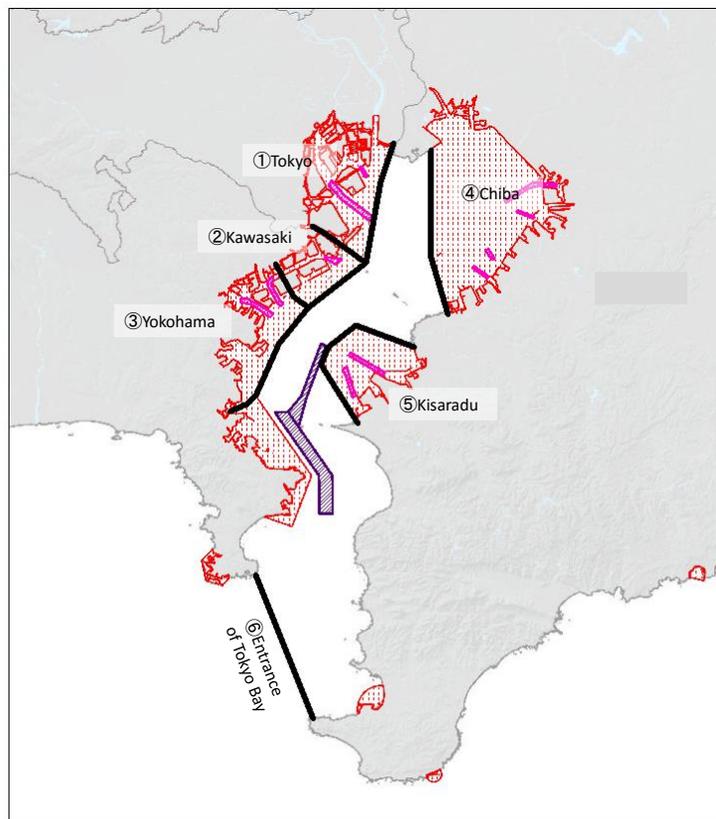
・ 抽出した航路と実際の航路から船舶動向の予測に対応できるか検証

東京湾内を航行する船舶を対象に、AIS情報を利用した海上交通管理システムについて考える

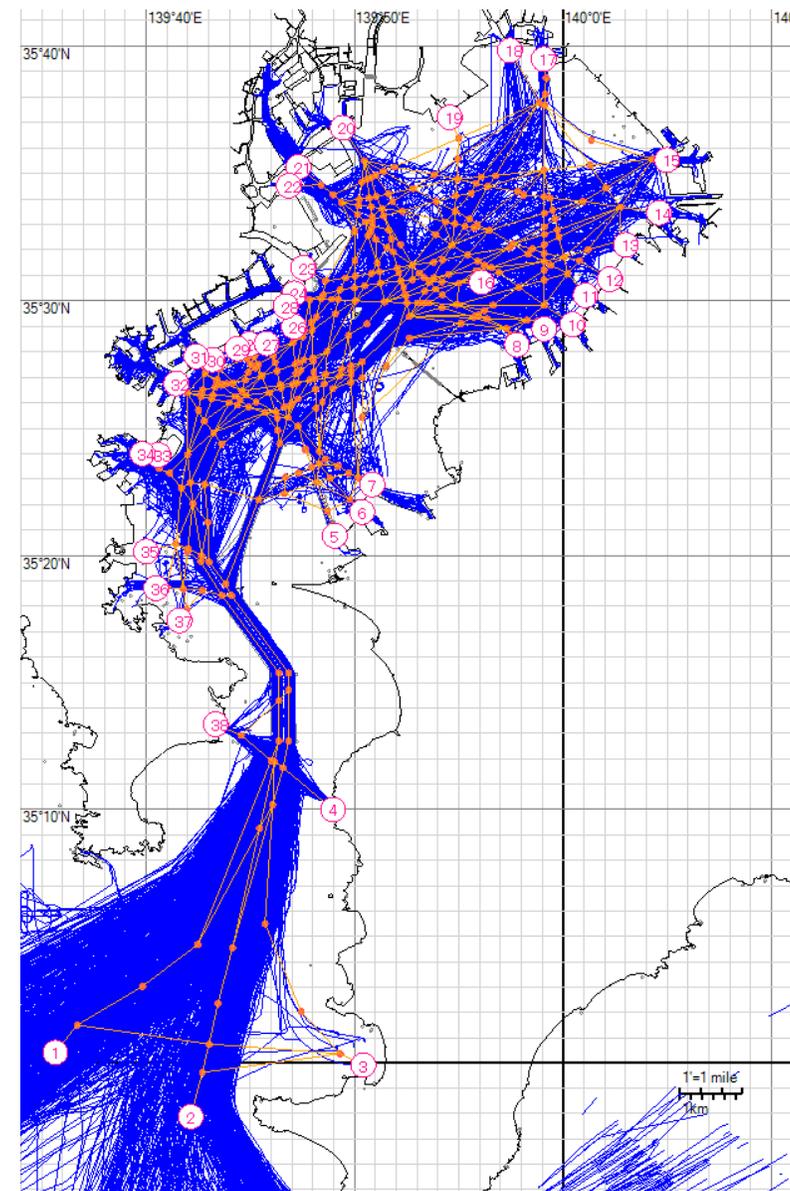
遭遇船舶の判定機能の検証

東京湾海上交通流の特徴(1)

AISデータ(2013/3/5 00:00~2013/3/9 00:00の4日間)を基に、船舶の航行経路を抽出。



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。
(右図: 東京湾の交通流及び、ネットワーク図)



紺色の線 : AISデータから得られた東京湾の交通流
オレンジ色の円 : ノード (交差点、屈曲点)
ピンク色の円及び番号 : ノード (発生、吸収)
オレンジ線 : リンク (船舶の航路)

2015/6/5

- Traffic Route (Maritime Traffic Safety Law)
- Traffic Route (Port Regulations Law)
- Ports and Areas of the Ports(Port Regulations Law)
- OD line

東京湾海上交通流の特徴(2)

AIS搭載船については、目的地コードの入力が義務化されているため、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。

【AISの「目的地に関する情報」の入力方法】

- 港則法の適用港（東京湾内では、京浜港・千葉港・木更津港・横須賀港・館山港）に入港することを目的として当該港の港内又は境界付近を航行する場合で、海上交通安全法に定める航路（東京湾内では浦賀水道航路及び中ノ瀬航路）を航行しようとする船舶の場合

>JP 000 00/000

目的港を示す記号

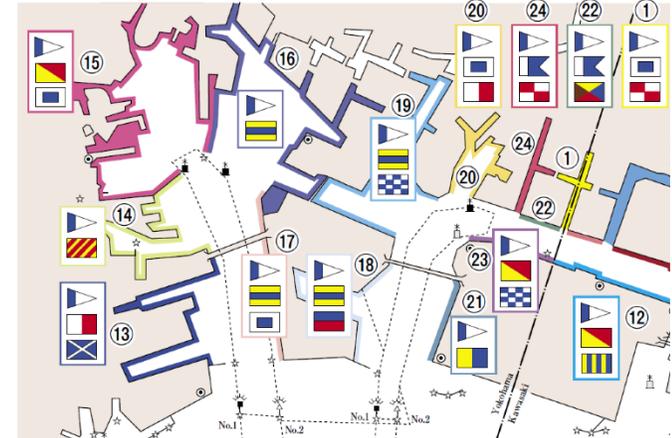
- Ex) FNB
CHIBA KATSUNANKU
- Ex) KWS
KEIHIN KAWASAKIKU

港内での進路を示す記号

- 港内又は境界付近で錨泊する場合は、錨泊を示す記号を追加的に入力。
- Ex) OFF
目的港の港内又は境界付近で錨泊しようとする場合
- 一部の特定港の港内を航行する場合は、同港内での進路を示すため、これまでの信号旗による表示に加え、進路を示す記号を追加的に入力。
- Ex) XX
詳細に定められている進路以外の目的港内での進路

その他必要な情報を示す記号

- 経由するルート等について必要な場合には更に追加して入力。
- Ex) NNX
途中、東京湾内の中ノ瀬海域で錨泊しようとする船舶。



港の名称	港コード	港則法規第11条に基づく 進路信号	対応する 港内進路コード	入力例			
京浜	横浜区	JP YOK	⑬ 2代・H・M	HM	>JP YOK HM		
			⑭ 2代・Y	Y	>JP YOK Y		
			⑮ 2代・O・S	OS	>JP YOK OS		
			⑯ 2代・D	D	>JP YOK D		
			⑰ 2代・D・S	DS	>JP YOK DS		
			⑱ 2代・D・E	DE	>JP YOK DE		
			⑲ 2代・D・N	DN	>JP YOK DN		
			⑳ 2代・S・H	SH	>JP YOK SH		
			㉑ 2代・K	K	>JP YOK K		
			㉒ 2代・A・Z	AZ	>JP YOK AZ		
			㉓ 2代・O・N	ON	>JP YOK ON		
			㉔ 2代・A・U	AU	>JP YOK AU		
			① 2代・S・U	SU	>JP YOK SU		
			上記以外の目的港内での進路			XX	>JP YOK XX
			* 根岸方面			XX	>JP YOK XX NGI
			* 南本牧方面			XX	>JP YOK XX SHN
			* 本牧方面			XX	>JP YOK XX HNN

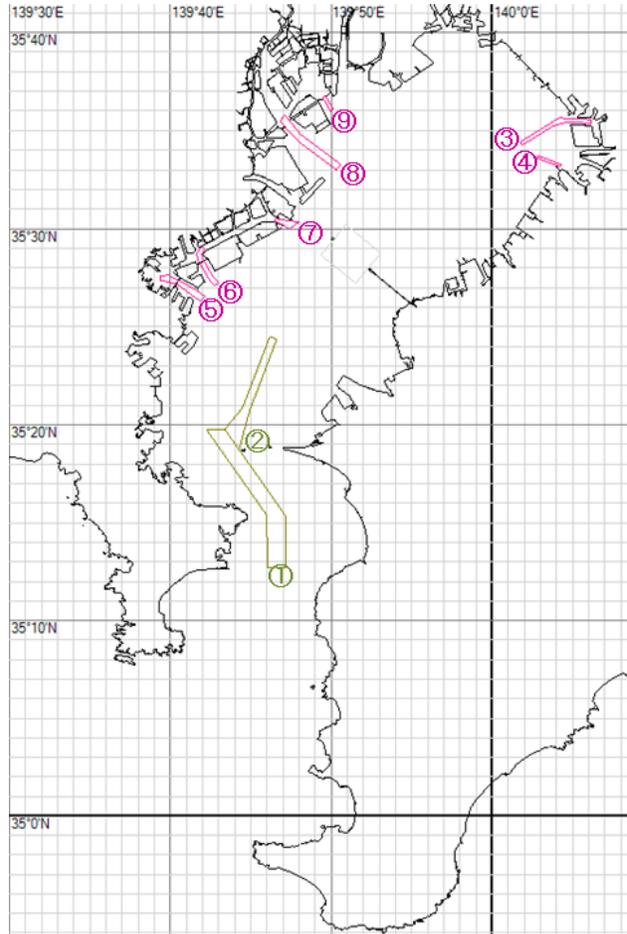
横浜海上保安部 TEL : 045-201-1671 FAX : 045-211-2407 URL : <http://www.kaiho.milt.go.jp/03kanku/yokohama/>

港内での進路(例:横浜)

(資料:横浜市港湾局 横浜港入港の手引き)

東京湾海上交通流の特徴(3)

東京湾内の航路及び管制水路を示す。



航路	対象船舶	管轄・運用機関
①浦賀水道航路 ②中ノ瀬航路	長さ50m以上の船舶 (中ノ瀬航路については、喫水20メートル以上の船舶は航路航行義務が免除)	東京湾海上交通センター

管制水路	管制船	管制対象船	管轄・運用機関
③千葉航路	長さ140m以上、油送船にあつては総トン数千トン以上	長さ50m以上(500トン未満除く)	千葉港内交通管制室
④市原航路	長さ125m以上、油送船にあつては総トン数千トン以上	長さ50m以上(500トン未満除く)	千葉港内交通管制室
⑤横浜航路	長さ160m以上、油送船にあつては総トン数千トン以上	長さ50m以上(500トン未満除く)	横浜港内交通管制室
⑥鶴見航路	総トン数千トン以上	総トン数千トン以上	川崎港内交通管制室
⑦川崎航路	総トン数千トン以上	総トン数千トン以上	川崎港内交通管制室
⑧東京東航路	長さ150m以上、油送船にあつては総トン数千トン以上	長さ50m以上(500トン未満除く)	東京港内交通管制室
⑨東京西航路	長さ300m以上、油送船にあつては総トン数5千トン以上	長さ50m以上(500トン未満除く)	東京港内交通管制室

※管制船：管制信号が入航信号もしくは出航信号でのみ航路を航行できる一定以上の大きさの船舶

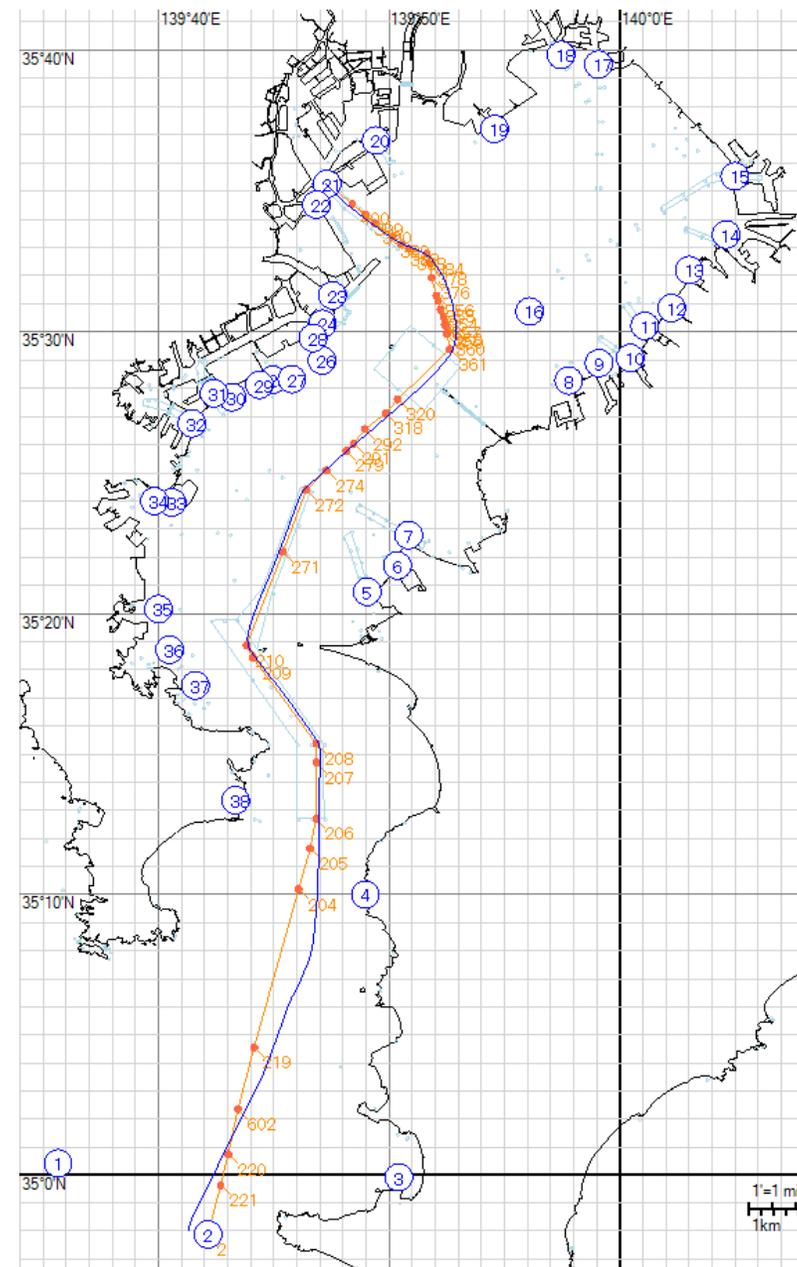
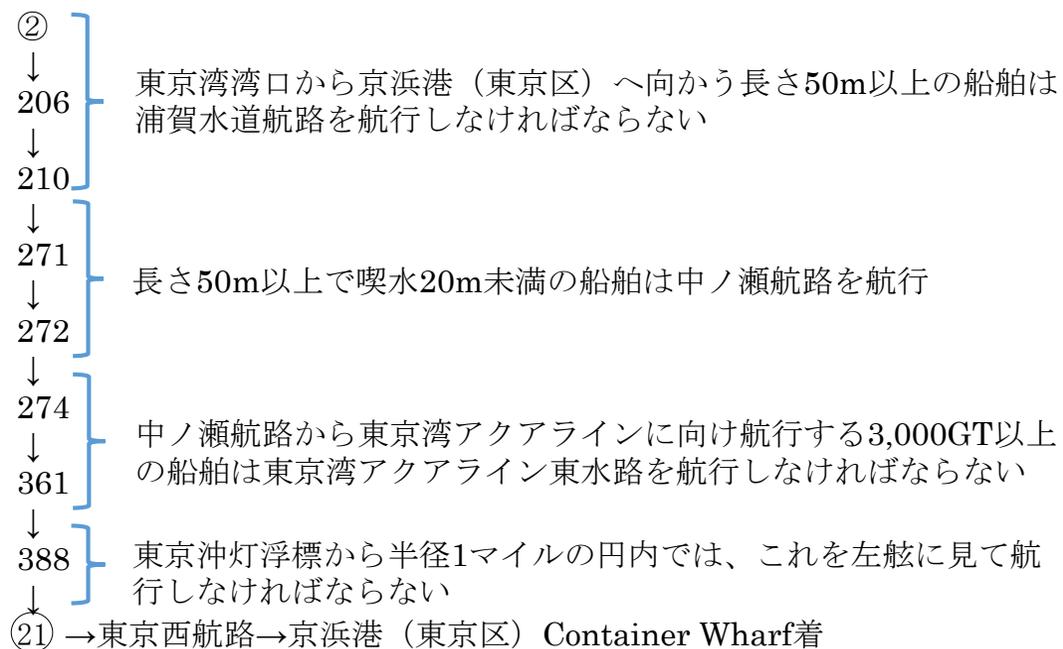
※管制対象船：管制船が航路を入出航する際に行き会いが制限（港長が認めた船舶を除く）される一定以上の大きさの船舶

東京湾海上交通流の特徴(4)

東京湾湾口(始点②)から京浜港(東京区)(終点②1)へ向かう船舶の例を示す。

目的地コードは『>JP TYO O』

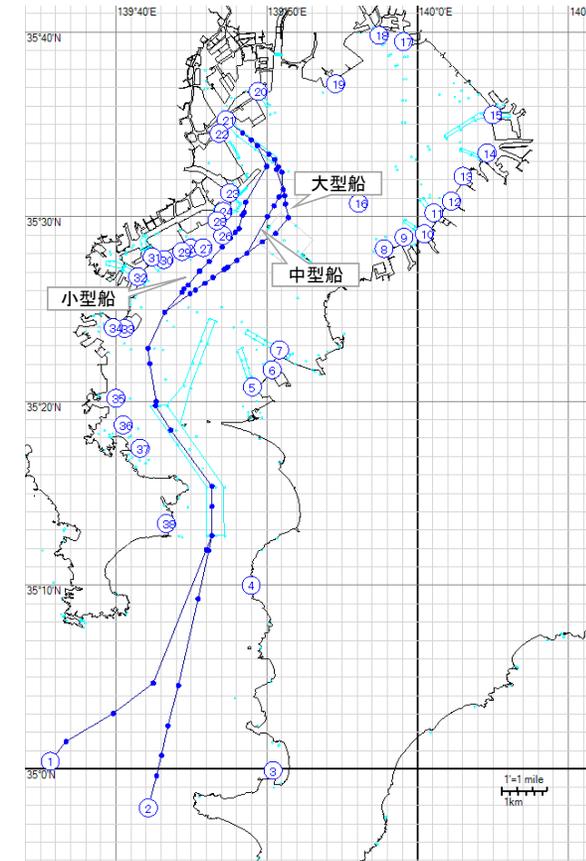
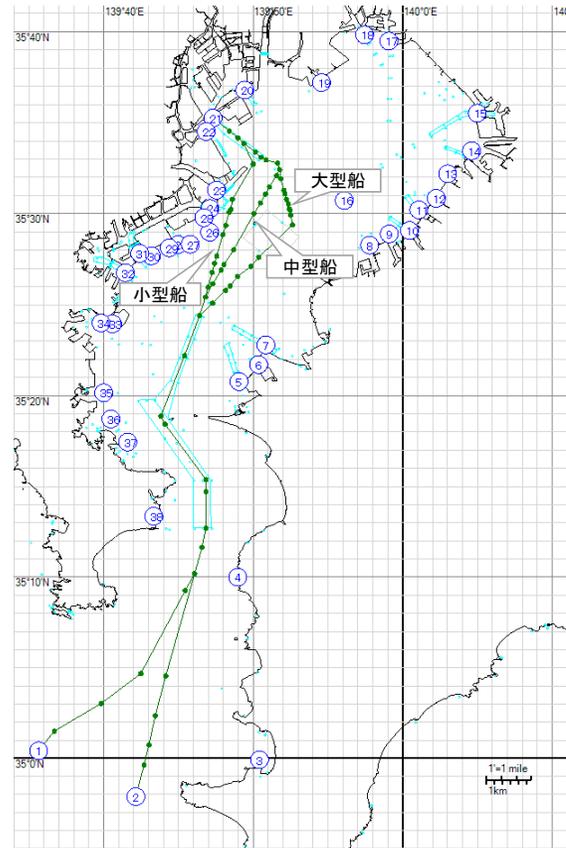
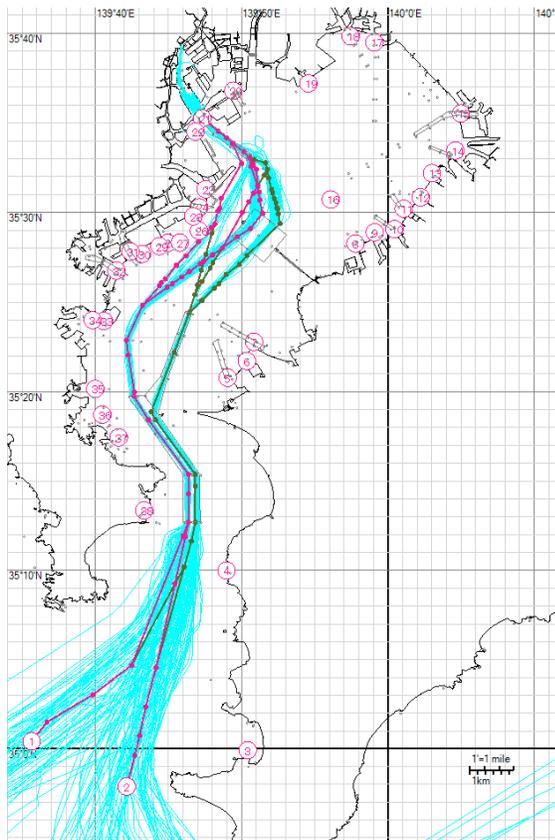
- 『TYO』:京浜港(東京区)を仕向港とする船舶
- 『O』:港内ではContainer Wharfに向かって航行



青色の線: 「>JP TYO O」を行き先コードとして入力している船舶の航跡
オレンジ: ネットワークのノード

ネットワークを用いた計画航路

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。



東京湾口と東京西航路を結ぶ船舶の航跡(入湾船及び出湾船)

計画航路(入湾船)

計画航路(出湾船)

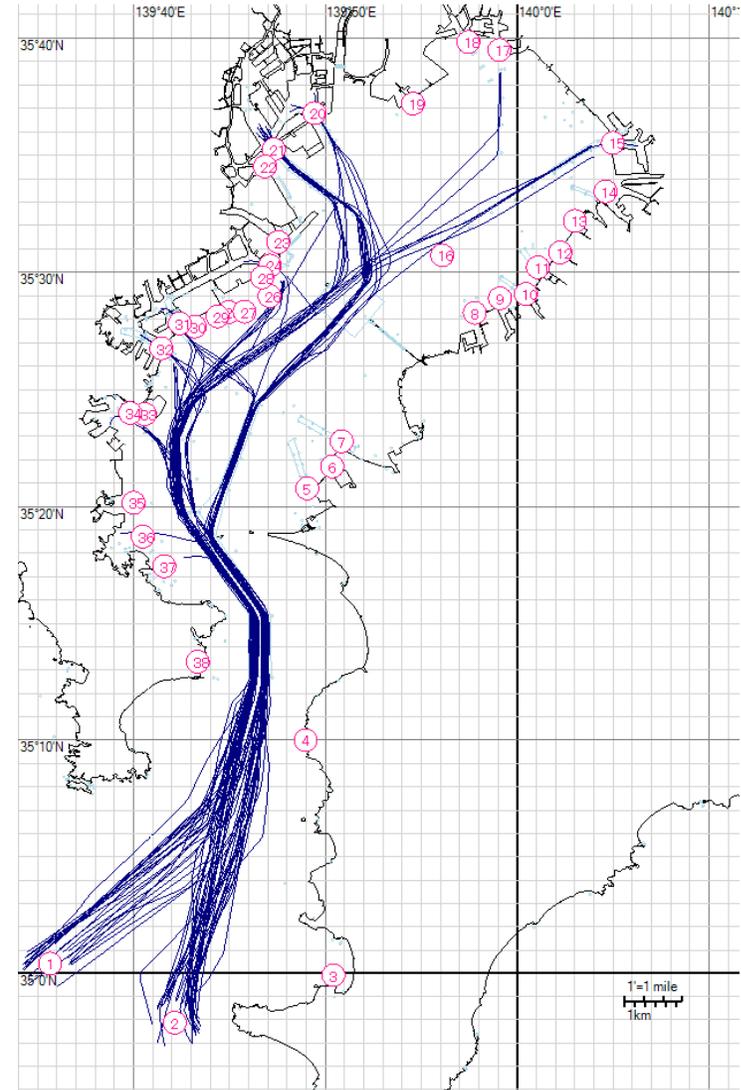
シミュレーションシナリオ

始点、終点のノード番号及び出発時間を過去のAISデータをもとに設定し、シナリオを作成した。

シナリオ作成条件

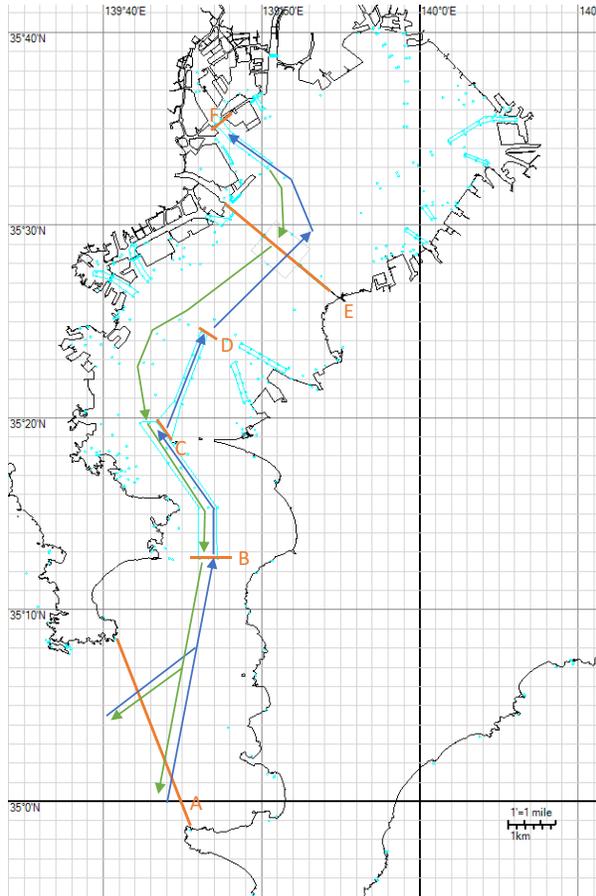
- ・始点が1,2
終点が6,15,17,18,20,21,24,31,32,33,34,36,37
- ・始点が6,15,17,18,20,21,24,31,32,33,34,36,37
終点が1,2
- ・途中で錨泊していない船舶
- ・ノードから1マイル以内を3ノット以上で航行している船舶

合計57隻／日



シミュレーション条件(速力設定)

速力は、各通過ラインにおける平均速力を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。



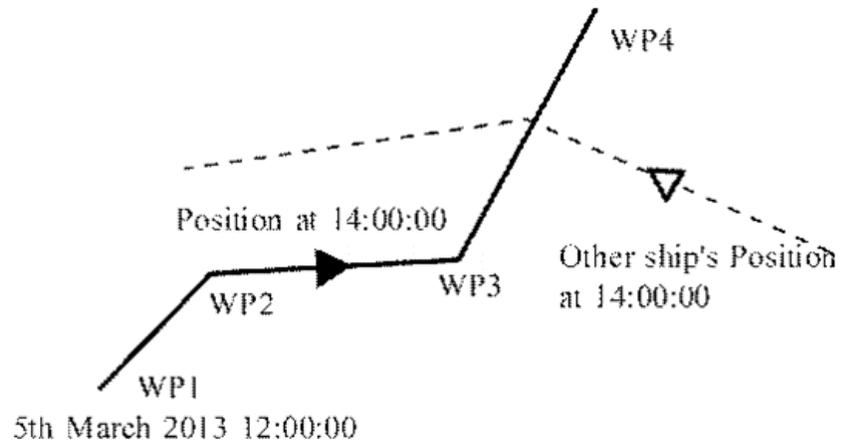
通過ラインの設定

	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

各通過ラインにおける船の長さ
に対する平均速力(kt)

遭遇船舶の判定

自船のみならず、他船の位置及び船首方位についても求めた。

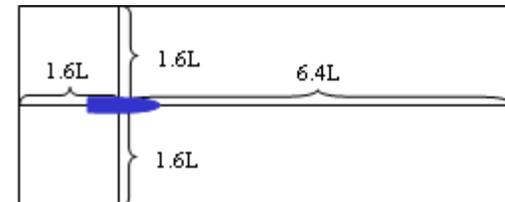


シミュレーションのためのシナリオと船の位置の計算

湾内の遭遇時間及び海域の判定について

★ $DCPA < \pm 3.2 * L$ かつ $TCPA < \pm 5 \text{min.}$
L: 船の全長

★ バンパーモデル



交通流再現

動画再生

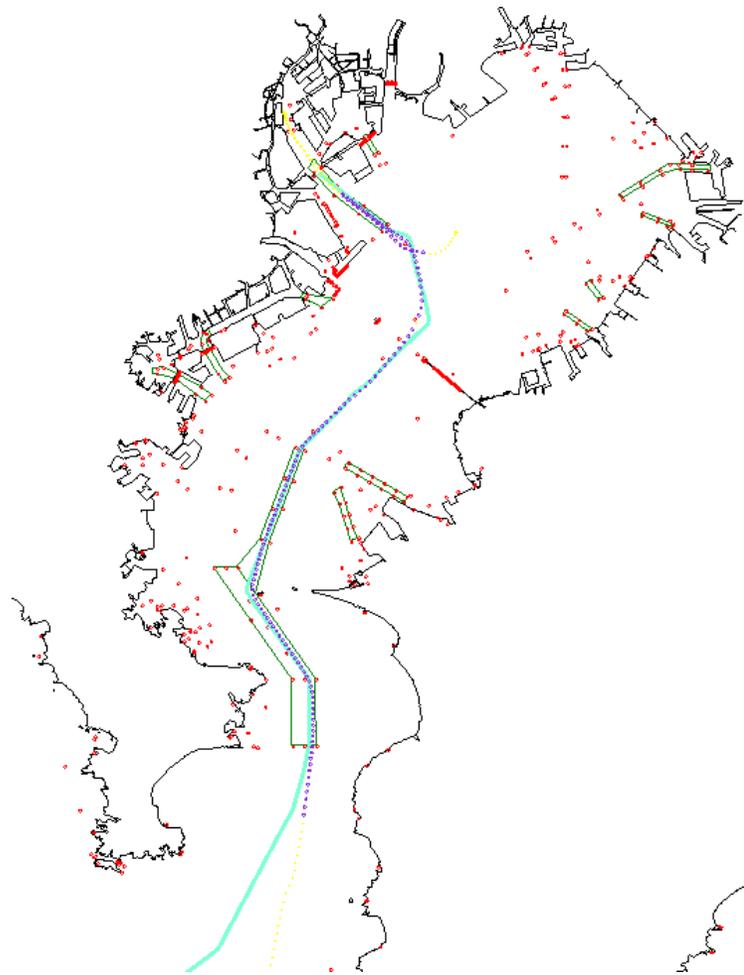
ピンク色の三角: AISデータの船舶位置

青色の三角: シミュレーションの船舶位置

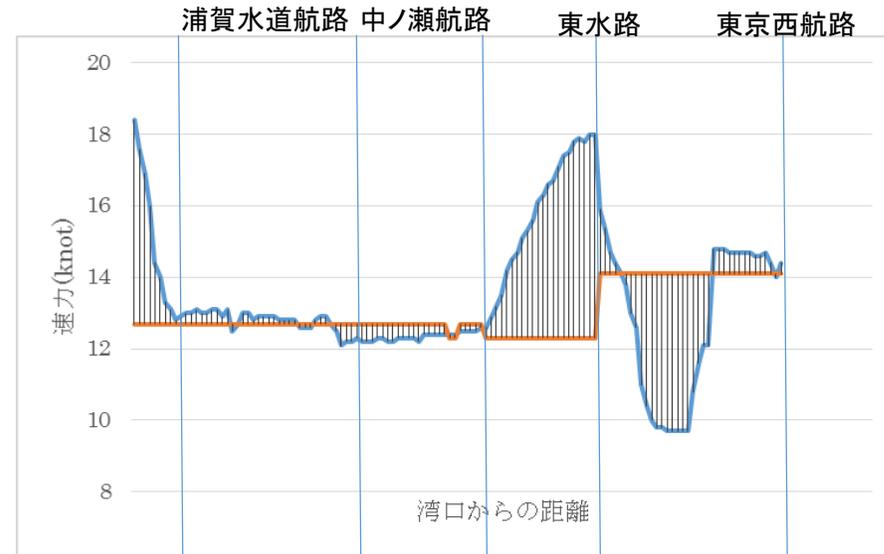
水色の線: AISとシミュレーションの同じ船舶を結んでいる

- ・12時間分(10月3日05:00~17:00)
- ・1分毎の位置を0.1秒で再生(600倍速)

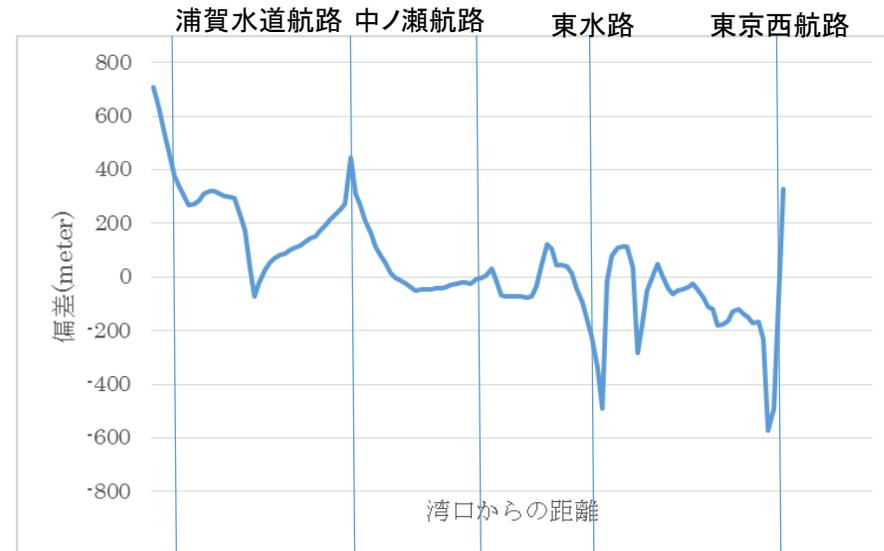
任意の船の航跡とネットワークから得られる 予定航路



任意の航跡図と予定航路



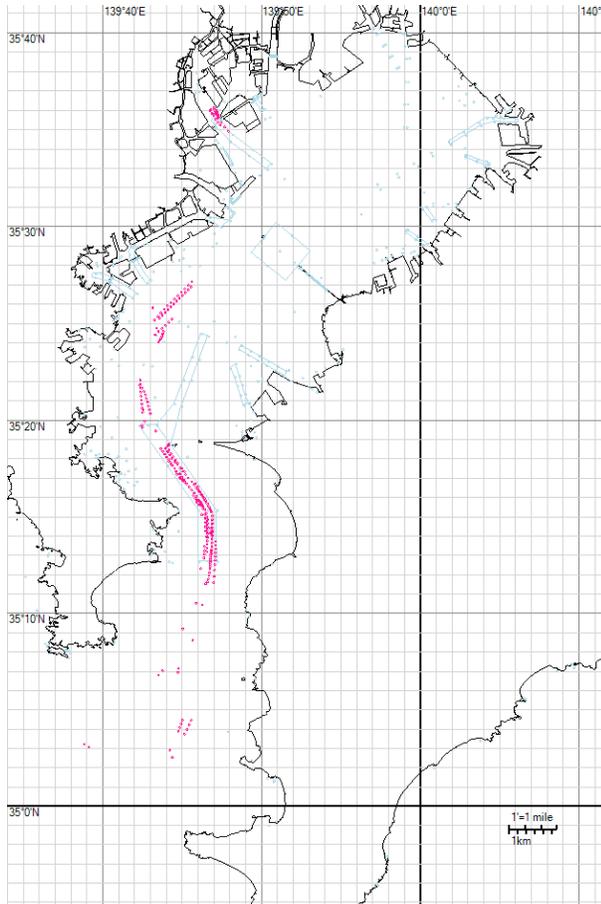
計測された速力（青線）と予定速力（橙色の線）の変化



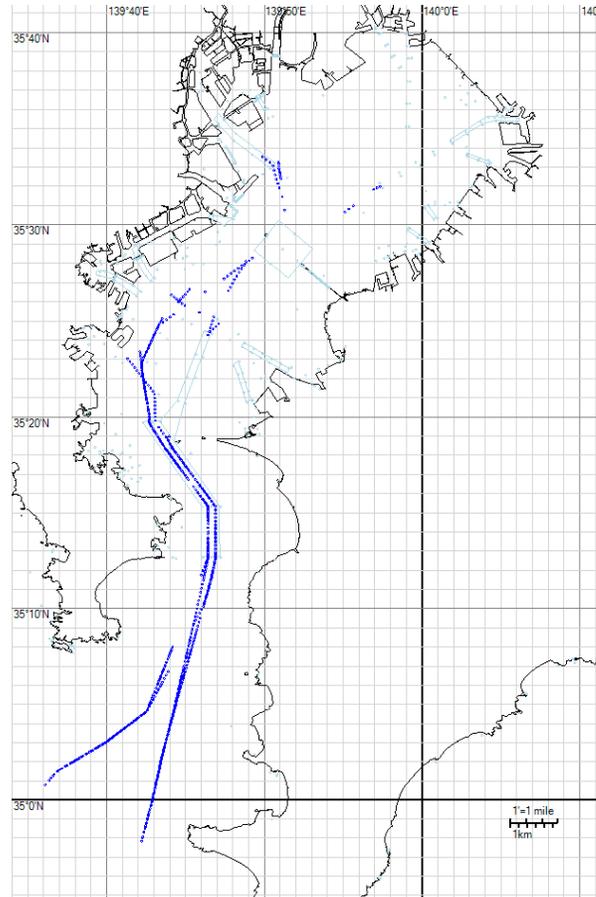
予定航路からの偏差

シミュレーション結果 (CPA)

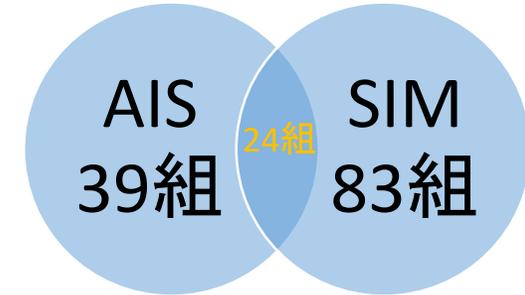
実際とシミュレーションの結果で比較すると、遭遇の可能性のあるポイント数はシミュレーションの方が多い。



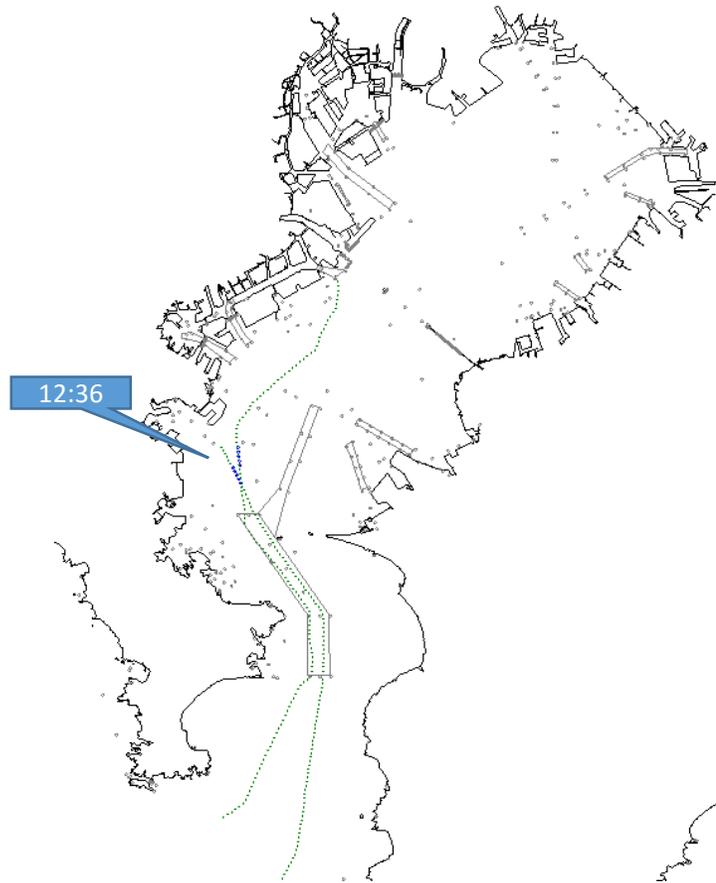
実際の航跡から得た遭遇の可能性の有るポイント



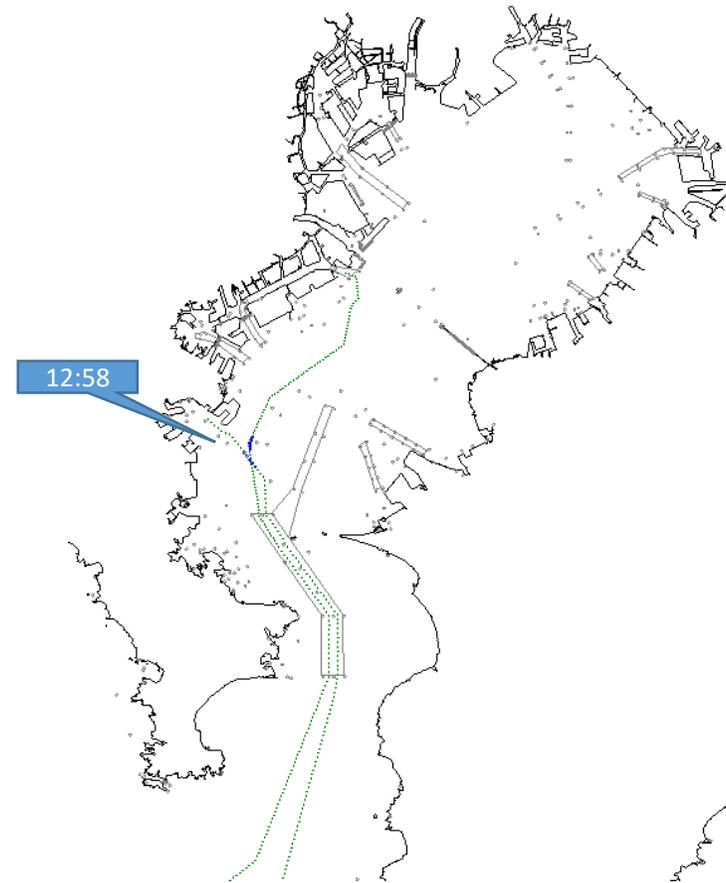
シミュレーションから得た遭遇の可能性の有るポイント



同じ海域で遭遇の可能性があると判断された例

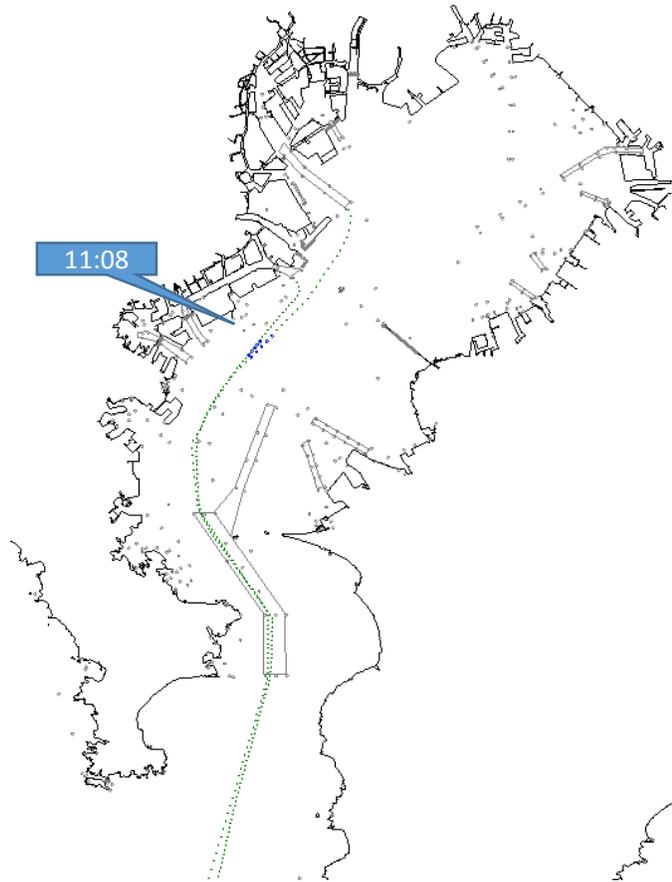


実際の航跡から得た遭遇の可能性の有るポイント

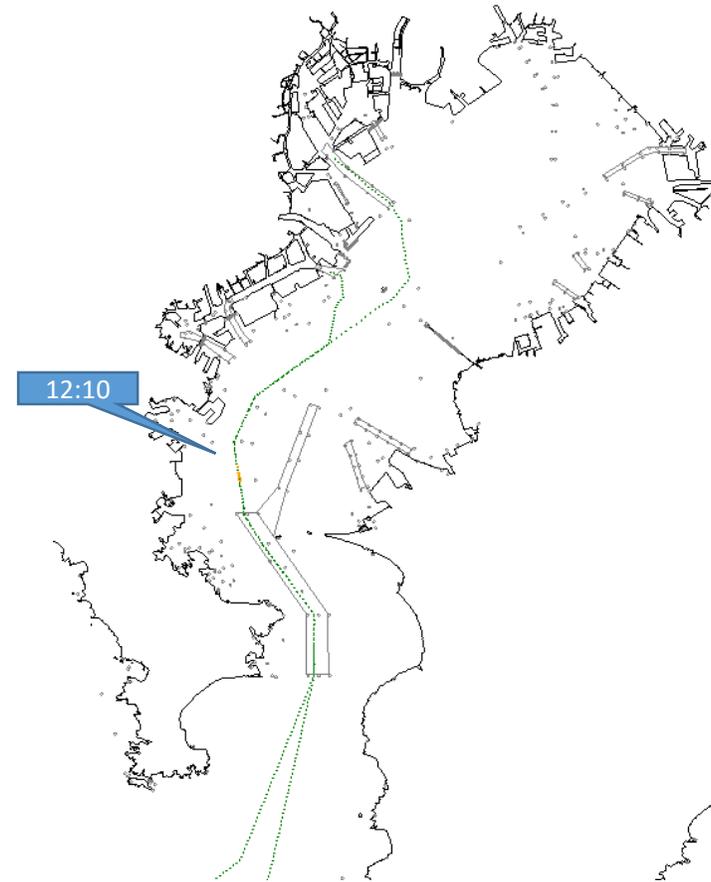


シミュレーションから得た遭遇の可能性の有るポイント

異なる海域で遭遇の可能性があると判断された例



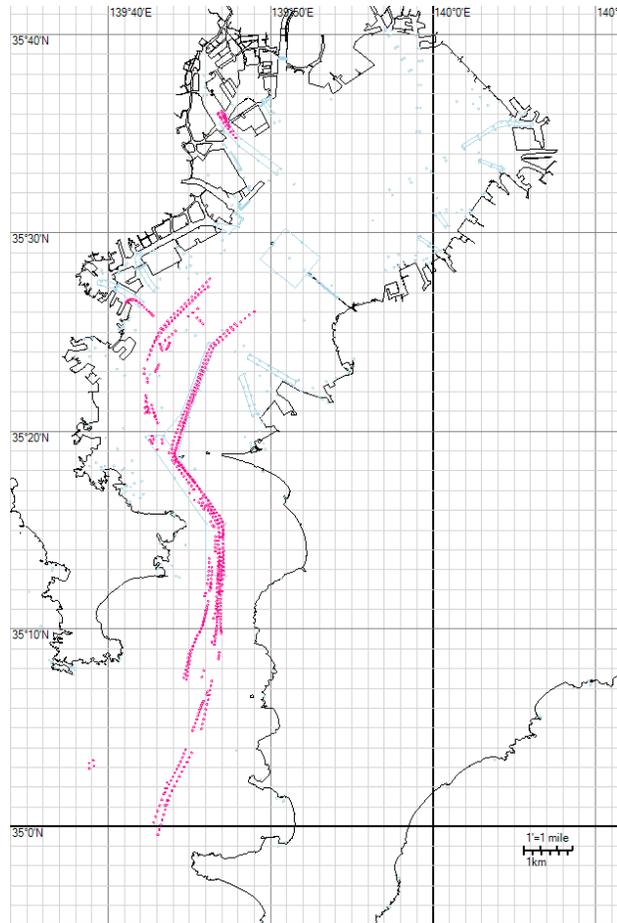
実際の航跡から得た遭遇の可能性の有るポイント



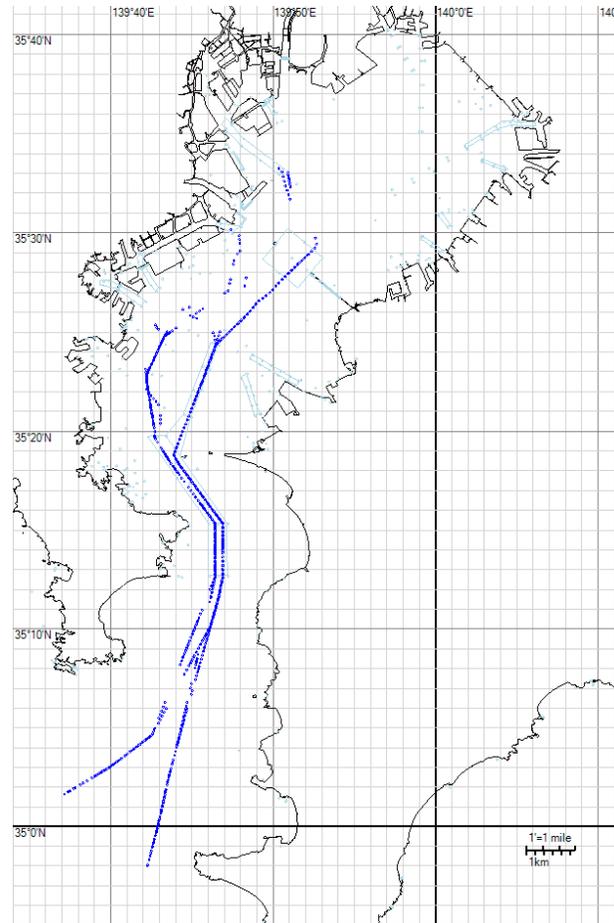
シミュレーションから得た遭遇の可能性の有るポイント

シミュレーション結果 (Bumper)

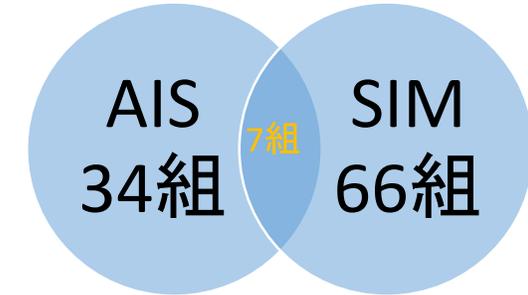
実際とシミュレーションの結果で比較すると、遭遇の可能性のあるポイント数はシミュレーションの方が多い。



実際の航跡から得た遭遇の可能性の有るポイント



シミュレーションから得た遭遇の可能性の有るポイント



まとめ

- 東京湾の交通流ネットワークを作成し、そこから予定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、ネットワークから予定航路を作成し、予定速力を設定した。
- 予定航路との偏差は小さい値であった。
- 航路以外の海域では増減速に対応する必要がある。
- 遭遇状態の予測に対応できるか検証し、一定の条件下で判定できた。

今後の課題

- 速力等入力方法の検証
- 出発時刻の修正
- 錨泊船の考慮
 - ネットワークの見直しと検証

謝辞

本研究にご協力いただきました海上保安庁様、(公社)日本海難防止協会様に深く御礼申し上げます。

東京湾海上交通流の特徴

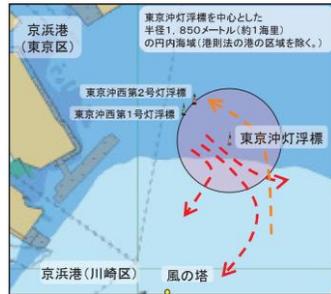
東京湾内の航路外の海域における航法示す。

(資料:海上保安庁新たな制度による船舶交通ルール<平成22年7月1日より施行>(港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律の施行について))

【東京沖灯浮標付近海域】

東京沖灯浮標が設置されている地点を中心とした半径1,850メートル(約1海里)の円内海域(港則法の港の区域を除く。)を通過して航行する船舶は、同地点を左げんに見て航行すること

対象船舶: 下図に示す円内海域を航行する船舶



【木更津港沖灯標付近海域】

A線を横切った後、B線を横切って航行しようとする船舶は、木更津港沖灯標が設置されている地点を左げんに見て航行すること

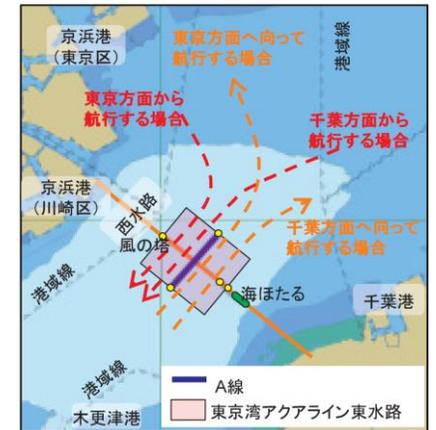
対象船舶: 木更津港を出港する船舶



【東京湾アクアライン東水路付近海域】

- ①東京湾アクアライン東水路を南の方向に通過航行する船舶は、
 - ・A線の西側の海域を航行すること
 - ・千葉方面から航行するときは、A線に近寄って航行すること
 - ・東京方面から航行するときは、A線から遠ざかって航行すること
- ②東京湾アクアライン東水路を北の方向に通過航行する船舶は、
 - ・A線の東側の海域を航行すること
 - ・千葉方面に向って航行するときは、A線から遠ざかって航行すること
 - ・東京方面に向って航行するときは、A線に近寄って航行すること

対象船舶: 東京湾アクアライン東水路を航行する船舶



【中ノ瀬西方海域】

- ①中ノ瀬西方海域をこれに沿って南の方向に航行する船舶は、A線の西側の海域を航行すること
- ②中ノ瀬西方海域をこれに沿って北の方向に航行する船舶(B線を横切って航行し、B線の西側の海域に向けて航行しようとする船舶は除く。)は、
 - ・目的港の港域に入るため針路を転じるまでの間、A線の東側の海域を航行すること
 - ・喫水20メートル以上の船舶は、C線から中ノ瀬西方海域の内側に400メートル以上離れた海域を航行すること

対象船舶: 中ノ瀬西方海域を航行する船舶

