

資 料

1	○Z T手法を用いた東京湾の海域特性の分析（詳細版）	62
2	タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオ	109
3	タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオを踏まえた 直接的・間接的な社会経済影響	111
4	A I Sを活用した取り組み	116

資料 1

0ZT手法を用いた東京湾の海域特性の分析

(詳細版)

目 次

1	はじめに	65
1.1	調査の目的	65
1.2	調査の概要	65
2	分析の対象	65
2.1	分析対象	65
2.2	対象海域における通航密度分布	65
3	OZT 評価の対象	69
3.1	OZT の概要	69
3.1	評価対象船舶の航跡図	71
3.2	評価対象船舶の交通状況	72
4	OZT 分析結果	74
4.1	OZT 遭遇頻度の分布	74
4.1.1	海域全体での傾向	74
4.1.2	浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域	77
4.1.3	東京湾入口周辺の海域	78
4.1.4	東京港周辺の海域	79
4.1.5	川崎港および横浜港周辺の海域	80
4.1.6	千葉港周辺の海域	81
4.1.7	中ノ瀬北方周辺の海域	82
4.2	OZT 遭遇したときの自船位置の分布	83
4.2.1	海域全体の OZT 遭遇位置	83
4.2.2	浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域	87
4.2.3	東京湾入口周辺の海域	88
4.2.4	東京港周辺の海域	89
4.2.5	川崎港および横浜港周辺の海域	90
4.2.6	千葉港周辺の海域	91
4.2.7	中ノ瀬北方周辺の海域	92
4.3	時間帯別の OZT 遭遇回数	93
4.3.1	東京湾入口周辺の海域	94
4.3.2	東京港周辺の海域	95
4.3.3	川崎港および横浜港周辺の海域	96
4.3.4	千葉港周辺の海域	97
4.3.5	中ノ瀬北方周辺の海域	98
4.4	一航海当たりの OZT 遭遇状況	99
4.4.1	北航中に遭遇する OZT	99
4.4.2	南航中に遭遇する OZT	103
6	まとめ	107

7 参考文献.....	108
-------------	-----

1 はじめに

1.1 調査の目的

船舶交通が最もふくそうする東京湾を例に、船舶事故が起こった場合の被害の大きさをビジュアル的に数値、グラフ等を用いて示すため、東京湾における海難発生の高蓋然性が高い海域（危険海域分布）を OZT 手法¹⁾²⁾³⁾⁴⁾を用いて分析し可視化する。

1.2 調査の概要

① OZT 遭遇頻度の分布

OZT が発生しやすい場所を把握するため、1 日当たりの OZT 遭遇頻度の分布を解析した。

② OZT 遭遇したときの自船位置の分布

OZT が発生しやすい場所別の特徴を把握するため、一度に OZT 遭遇した隻数別での自船位置を解析した。

③ 時間推移別の OZT 発生数

OZT が発生しやすい時間帯を把握するため、1 時間ごとの OZT の遭遇回数を解析した。

④ 一航海当たりの OZT 遭遇状況

航行中に OZT に遭遇しやすい場所を把握するため、任意の船舶が入出港するときの一航海当たりに遭遇する OZT を解析した。

2 分析の対象

2.1 分析対象

分析対象は以下の通りである。

AIS データの期間：2016 年 3 月 1 日から 3 月 31 日の 31 日間

対象海域：図 1 に示す赤枠内の範囲

2.2 対象海域における通航密度分布

船舶の通航状況の概要を把握するため、南北方向別に航行する船舶の通行密度分布を解析した。対象海域を 0.2 分（約 0.2NM）メッシュに区切り、東西方向に通航船舶数計測ゲートを設定し、1 日当たりのゲート毎の通航密度を解析した。

図 2 は北航船、図 3 は南航船の通航密度分布である。北航および南航ともに、浦賀水道航路の南側の海域や、各航路および港湾内は極めて過密な状況にあることがわかる。北航と南航を比較すると、南航では浦賀水道航路を抜けたのち各船舶の目的地に向かって針路をとることにより、東京湾の南側の海域では北航よりも比較的通航密度が分散する傾向にあることがわかる。

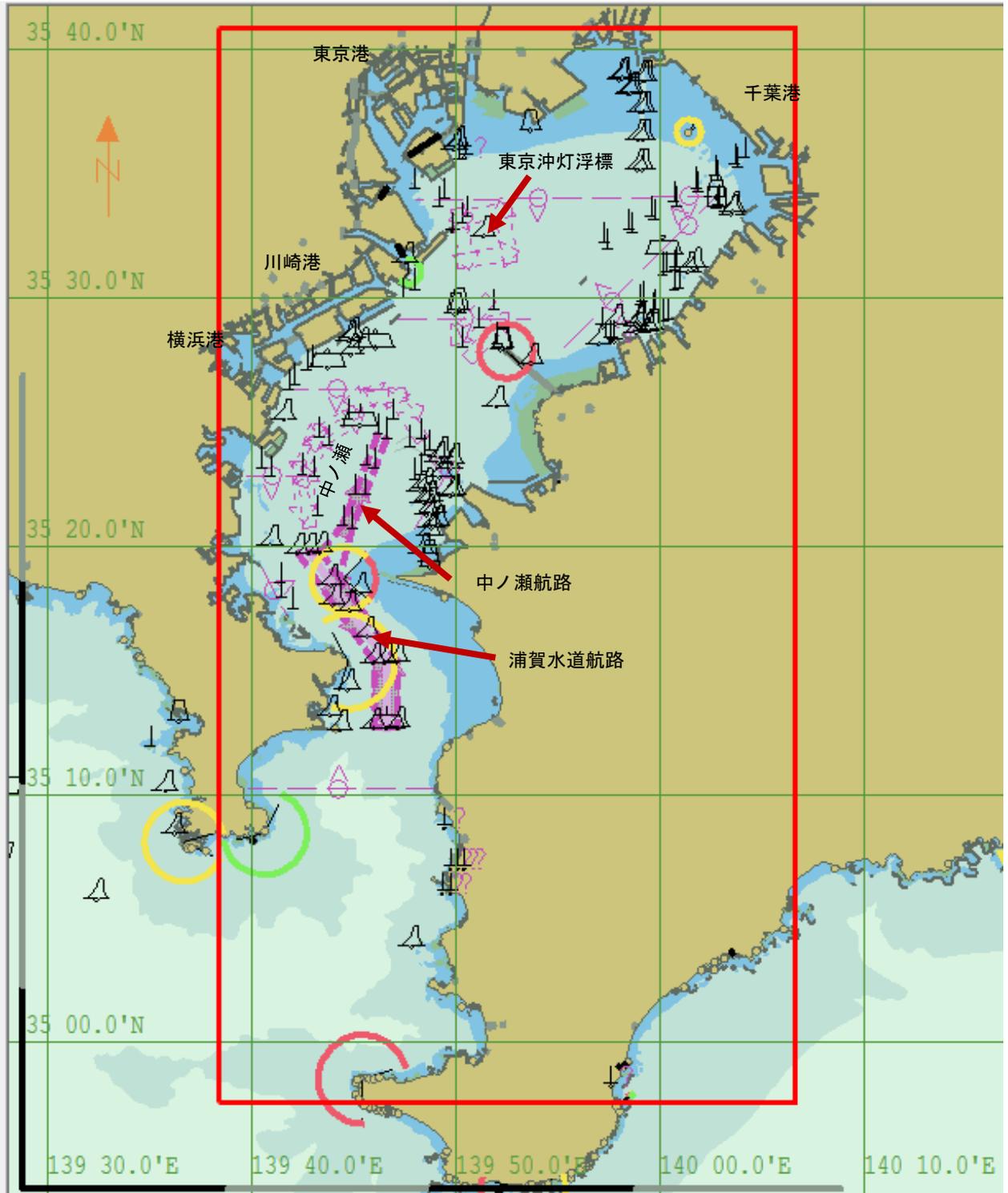


図 1 分析対象海域 (赤枠範囲内)

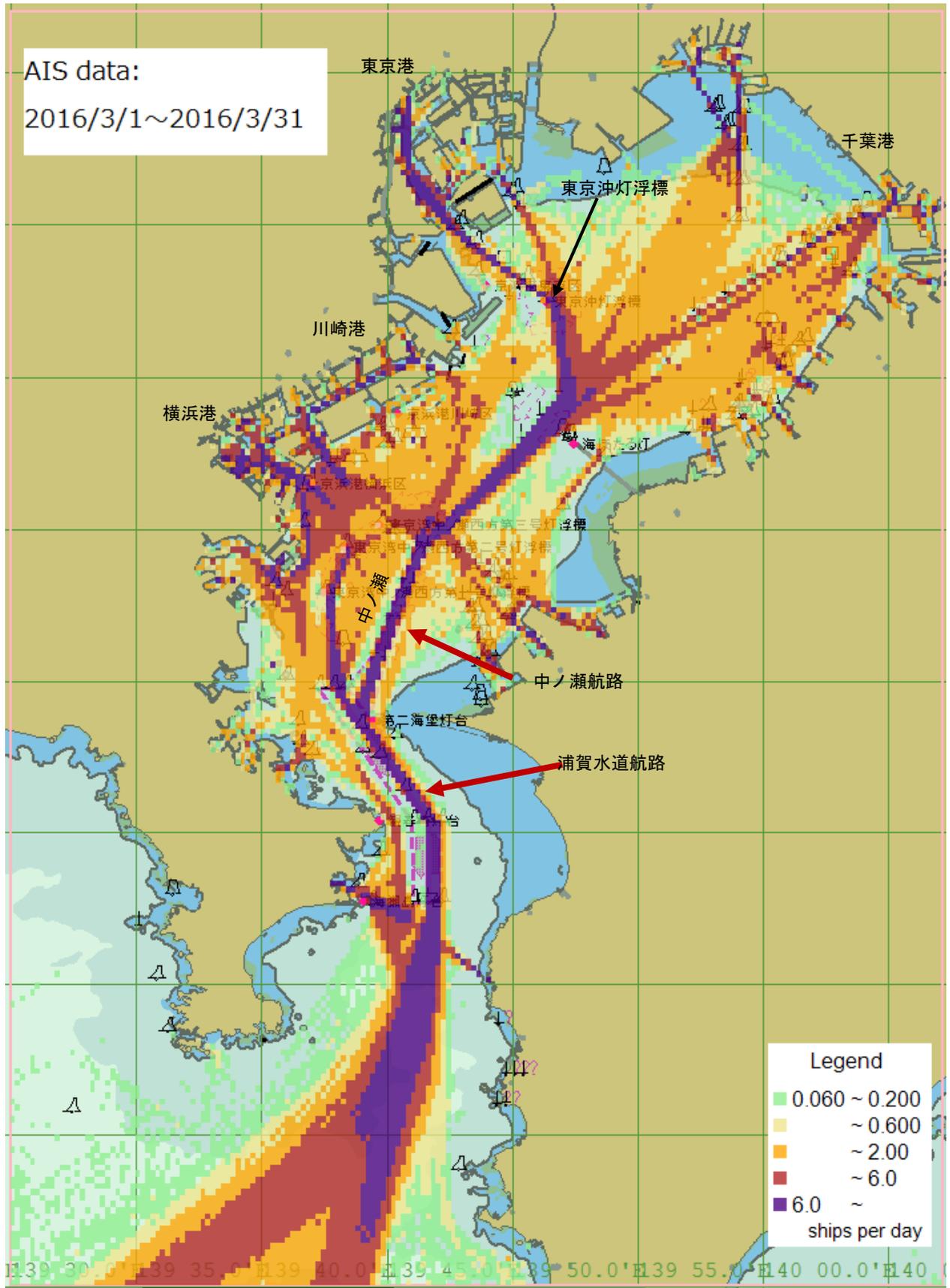


図 2 船舶の通航状況の概要 1 (北航船の通航密度分布)

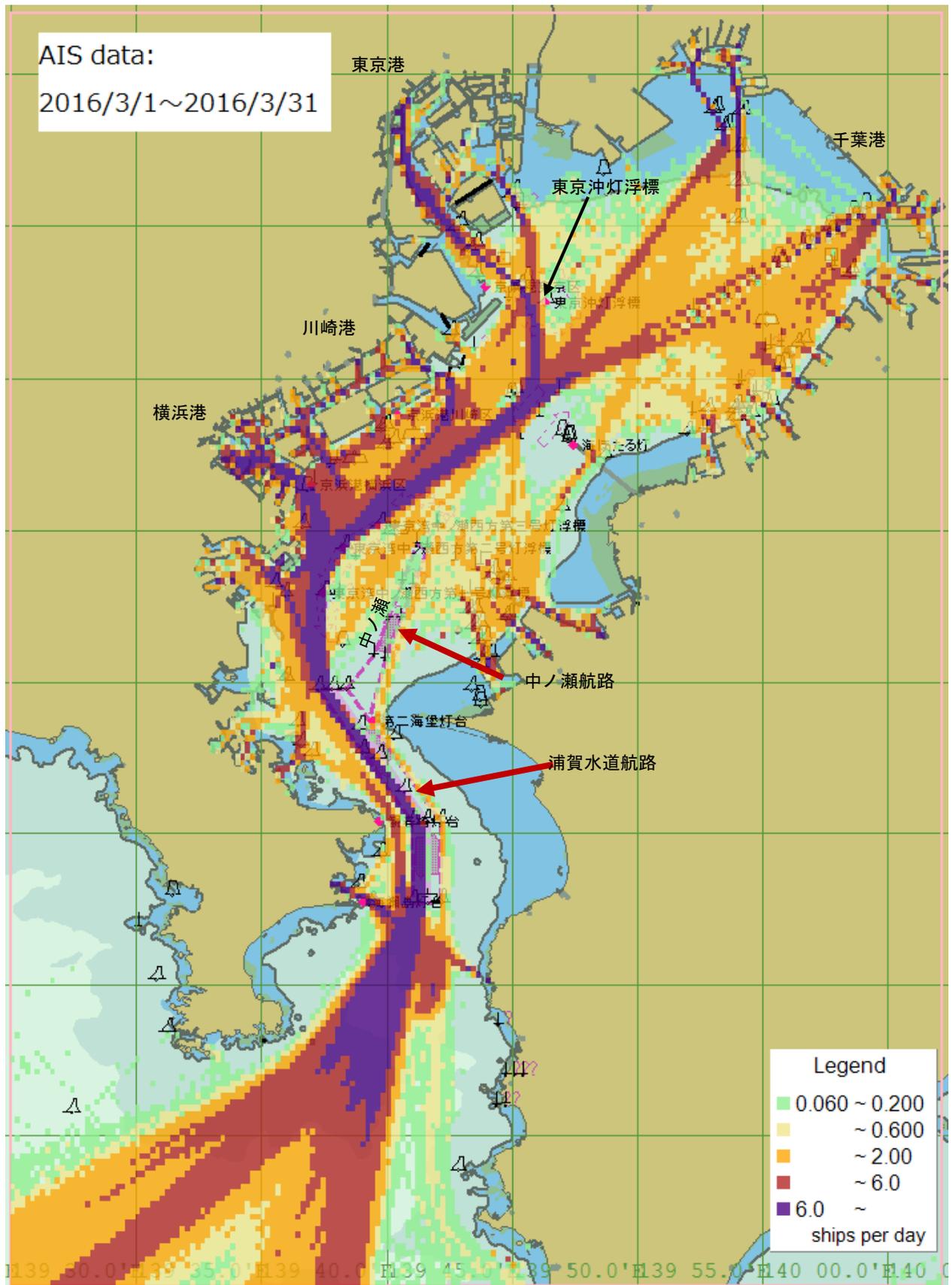


図 3 船舶の通航状況の概要 2 (南航船の通航密度分布)

3 OZT 評価の対象

3.1 OZT の概要

OZT とは、自船の進行方向において、他船（ターゲット）によって近い将来妨害される領域を示す。この領域が自船から見て前方に存在する場合には自船の操船行動に圧力をかける要素となる。さらにこの領域が自船から見て正面に発生すれば、操船に困難を生じているとみなすことができ、何らかの行動によりこの領域を避ける必要がある。この考え方にもとづき、一定以上の操船困難になったとみなす OZT 評価の条件と、本調査の目的に合わせた評価対象の船舶を決定した。

OZT 評価の条件

<対象船舶>

東京湾外の港と東京湾内の港を移動する船舶および東京湾内の港間を移動する船舶が遭遇する OZT を解析するため、対象海域にゲートラインを設定し、そのうちの 2 本を通過した船舶を対象に解析を行った（図 6 参照）。解析対象の船舶はのべ 15,401 隻である。

※ 分析は 31 日間連続して行った。

※ 船舶の進行方向（北航・南航）は、始点と終点となるゲートラインの通過位置から判定を行ったため、必ずしも各位置における船首方位と進行方向が一致するとは限らない。

<評価の対象>

- ① OZT 発生とみなす最小安全航過距離は 0.1NM 以下とする。
- ② OZT 地点に至るまでの時間が 5 分以内を対象とする。
- ③ OZT が自船の針路から左右 10 度以内（評価エリア）を対象とする。
- ④ 距離が 3NM 以内に接近した二船を対象とする。

<条件設定の考え方>

OZT の評価条件について、現時点では論文等で明文化された一般的な基準がないため、本調査では以下の考え方のもと各条件を設定した。

- ① 二船間が近くに接近する状況が危険であろうとして設定した。
- ② 5 分前であれば何らかの操船によって衝突を回避できるであろうとの一般的な考え、すなわち、避航を開始するもっとも遅い限界の時点として設定した。
- ③ 自船のほぼ正面の針路が妨害されるため、何らかの避航が必ず必要な状況であるとして設定した。
- ④ 3NM を 5 分間（②の条件）で航行する場合、同速の反航船を考えるとそれぞれ 18kt の速力が必要であり、対象海域を航行する船舶の多くがこの速力以下であるとして設定した。

<OZT 評価の例>

例として、図 4 に示すように自船（黄色の船舶、速力 12.1kt、船首方位 349deg）の周囲に 5 隻の船舶が航行している状況を考える。この状況において 5 分以内に自船が他の船舶との距離が 0.1NM 以下になる範囲は、赤色で示される範囲であり、これを OZT と呼ぶ。この状況において、自船は A 船・B 船・C 船・E 船の 4 隻と OZT が発生している。

次に、図 5 に示すように、青色で示す範囲が評価エリア内（自船の針路から左右 10 度以内）に入っている。すなわち自船は A 船・B 船・C 船の 3 隻と OZT 遭遇していると言える。次章以降の解析での評価対象となる OZT は、A 船・B 船・C 船の 3 隻との OZT である。なお、図 4 および図 5 の速度ベクトルは 5 分間でのものを示し、各船舶の船型は 2 倍に拡大して表示している。

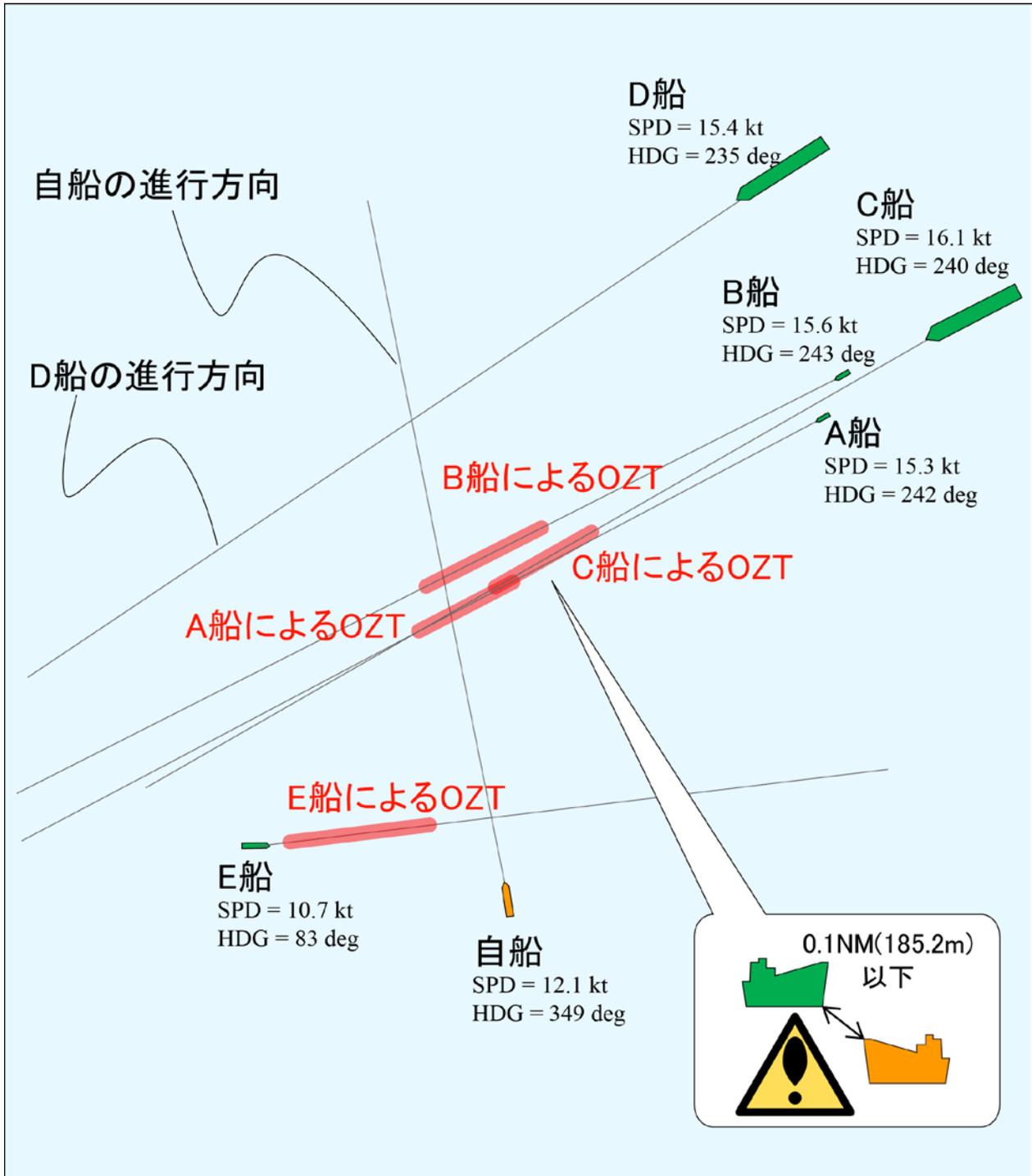


図 4 OZT 評価の例（自船から見た OZT 発生位置）

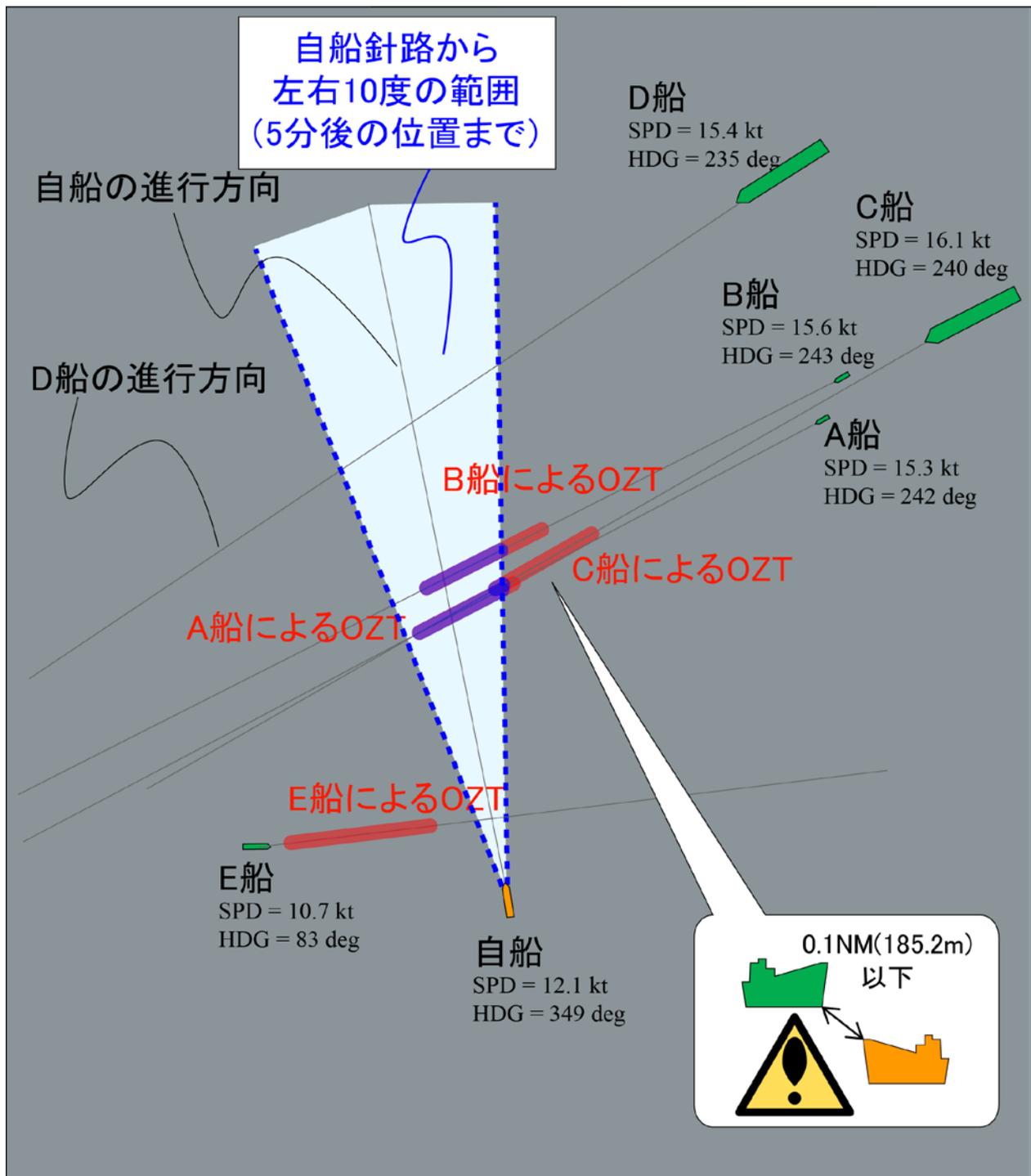


図 5 本調査での評価エリア（2本の青点線で挟まれる範囲）と分析対象の OZT（青色部分）

3.1 評価対象船舶の航跡図

図 6 に設定したゲートラインと、2016 年 3 月 4 日における OZT 評価の対象船舶の航跡を示す。

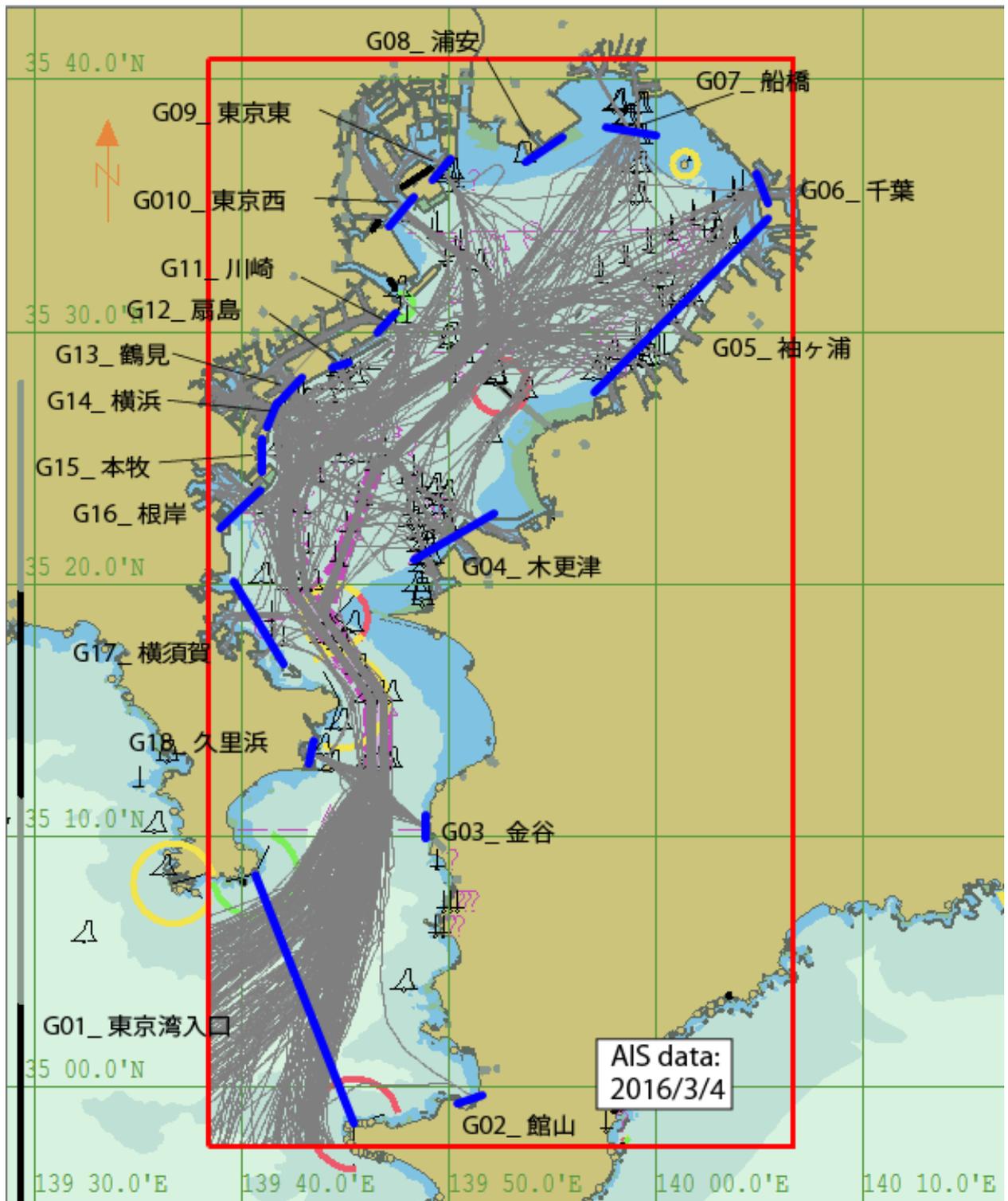


図 6 東京湾内の航行船舶を検出するためのゲートライン（青線）と航行船舶の航跡（灰色）

3.2 評価対象船舶の交通状況

分析対象船舶は、対象海域内の全ゲートラインのうち2本を通過したのべ15,401隻であった。図7に日別隻数分布を示す。なお1本目のゲートラインを通過した日をもとに集計を行った。対象海域を通航する船舶は、平日に多く、日曜日には少ない傾向が確認できる。

OZT評価の対象船舶について、ゲートライン「G01_東京湾入口」を通過して東京湾に入る

船舶の目的地の内訳を図 8 に示す。東京湾に入る船舶のうち、東京港に入港する船舶 (G09~G10) は約 21%、川崎港および横浜港に入港する船舶 (G11~G15) は約 28%、千葉港に入港する船舶 (G05~G08) は約 35%で、全体の約 84%がこれら 3 地区に入港している。

また、湾内を移動する船舶については、旅客船航路が設定されている久里浜~金谷、および各港を移動する船舶 (例えば、「G05_袖ヶ浦」と「G06_千葉」の移動) が多かった。

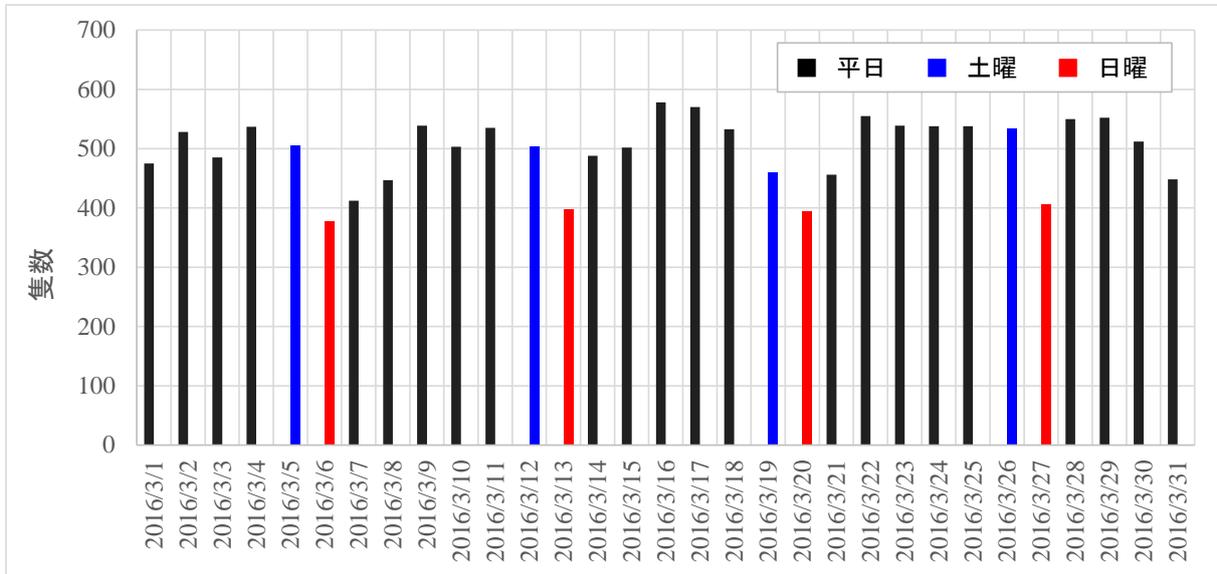


図 7 東京湾内を航行する船舶の日別隻数 (2本のゲートライン間を通過した船舶に限る)

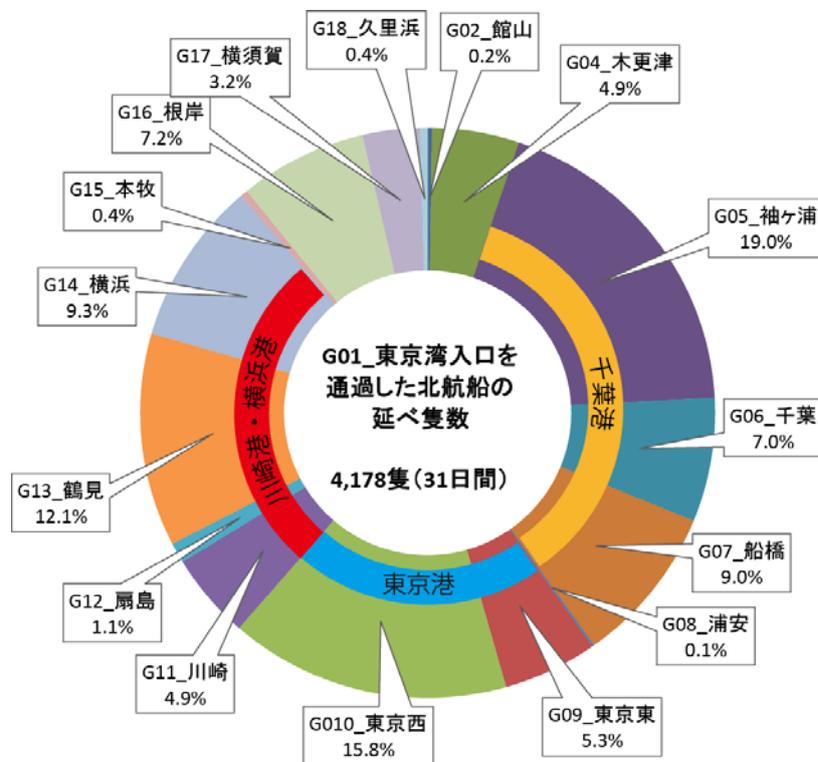


図 8 東京湾に入る船舶の目的地

4 OZT 分析結果

4.1 OZT 遭遇頻度の分布

OZT が発生しやすい場所を把握するため、1 日当たりの OZT 遭遇頻度の分布を解析した。図 10 から図 22 に、1 日当たりの OZT 遭遇頻度の分布を示す。対象海域を 0.2 分(約 0.2NM)メッシュに区切り、各メッシュ内での自船が遭遇したときの 1 日当たりの OZT の個数を解析した。具体的には、図 5 の例では OZT の個数を 3 個として、このときの自船位置に該当するメッシュ内で発生した OZT の個数の総和を算出し 31 日で割った。

4.1.1 海域全体での傾向

1 日当たりの OZT 遭遇頻度は、船舶の通航密度分布と同様に、船舶交通が集中し過密な状況にある各港内、東京浦賀水道航路および中ノ瀬航路、中ノ瀬西方海域で極めて高い。

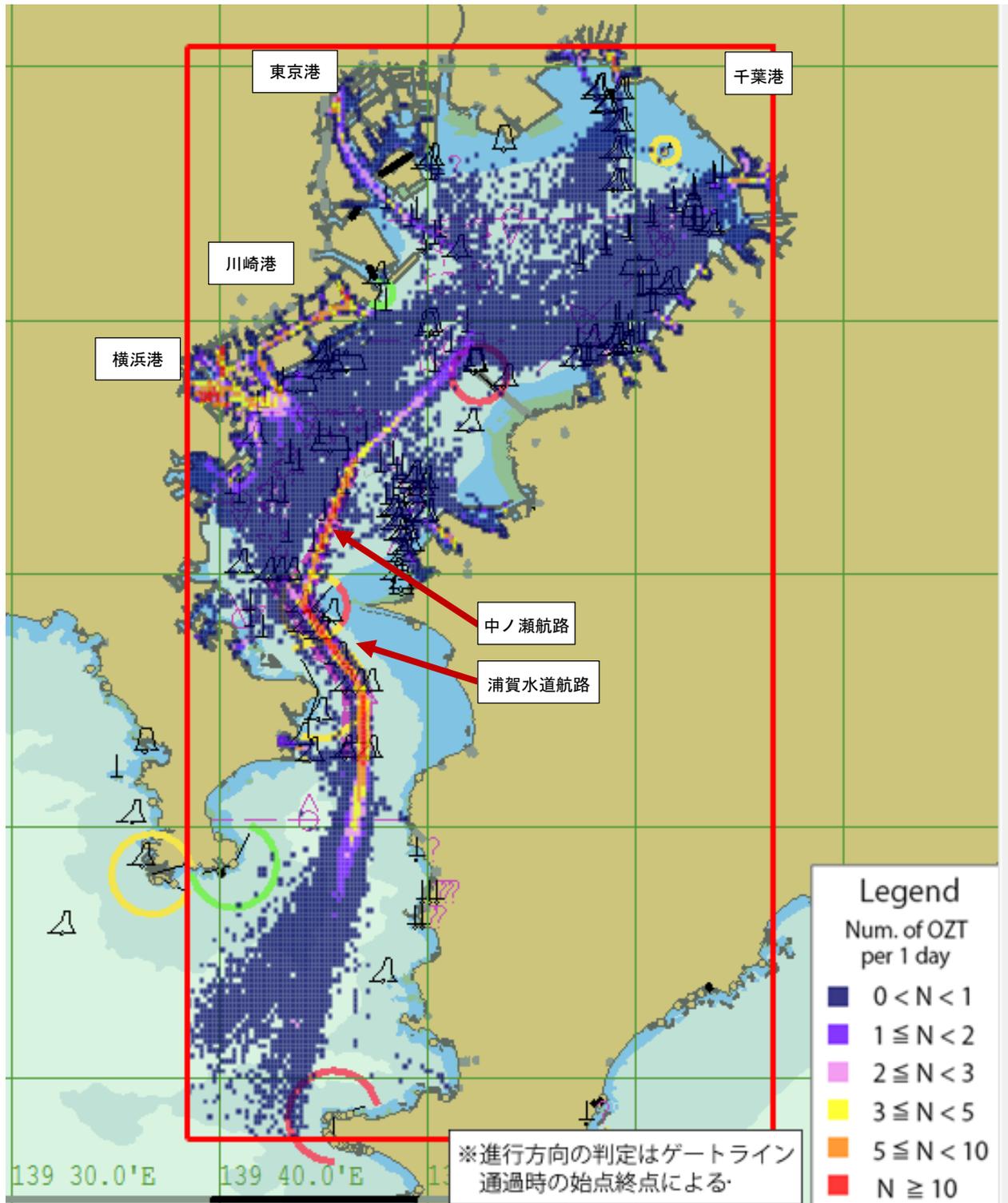


図 9 海域全体における OZT の発生状況の概要（北航船）

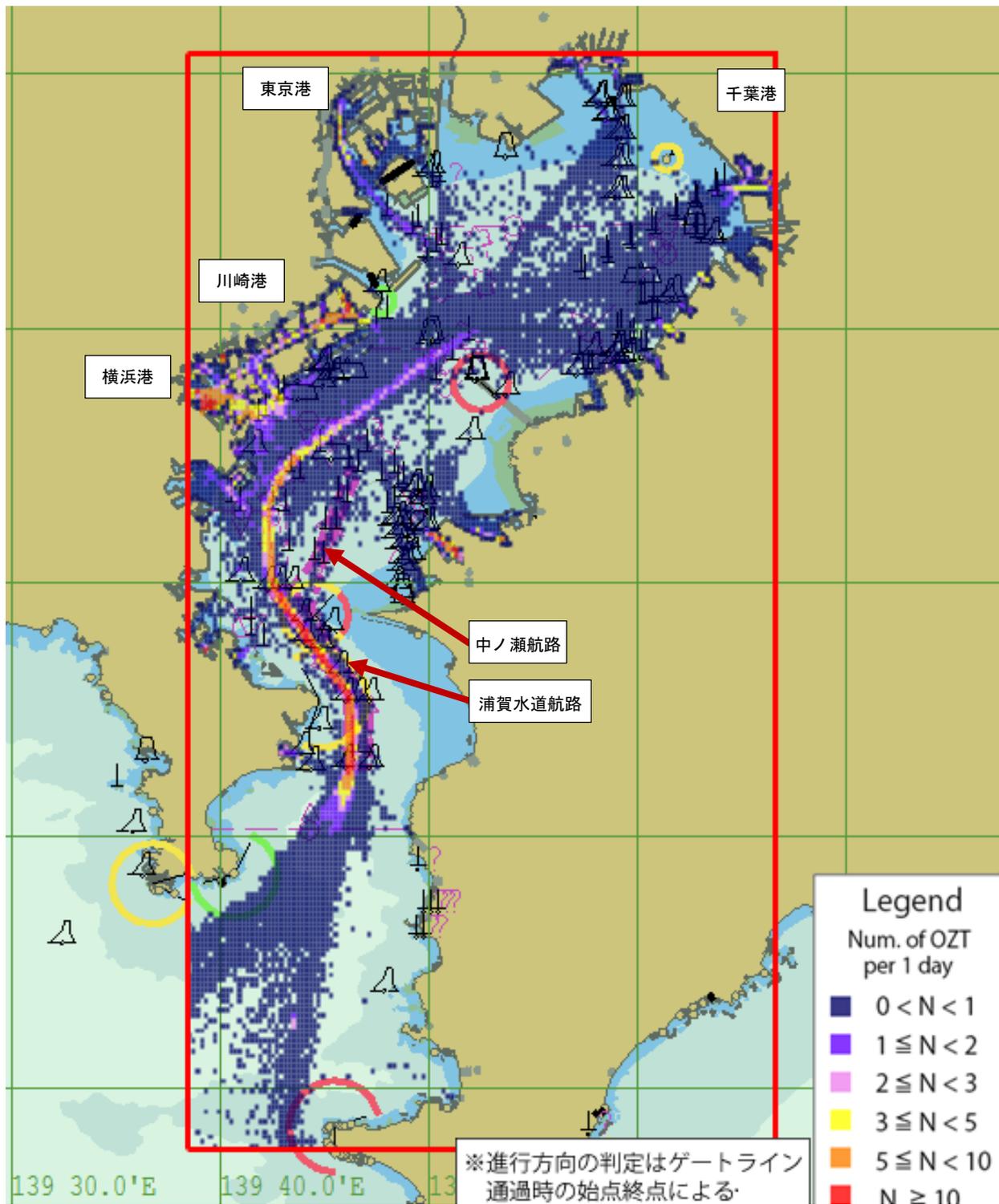


図 10 海域全体における OZT の発生状況の概要（南航船）

4.1.2 浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域

OZT 遭遇頻度が極めて高い部分は、主に北航南航の方向別航路での中央部に分布している。川崎港および横浜港に向かう北航船は、浦賀水道航路の北端を出た後は各目的地に向かって分散して航行するため、中ノ瀬西方海域では OZT 遭遇頻度が抑えられる傾向にある。南航船は、ほぼすべての船舶が中ノ瀬西方海域に集中して航行するため、浦賀水道航路を出るまで継続して OZT 遭遇が高い場所が分布している。

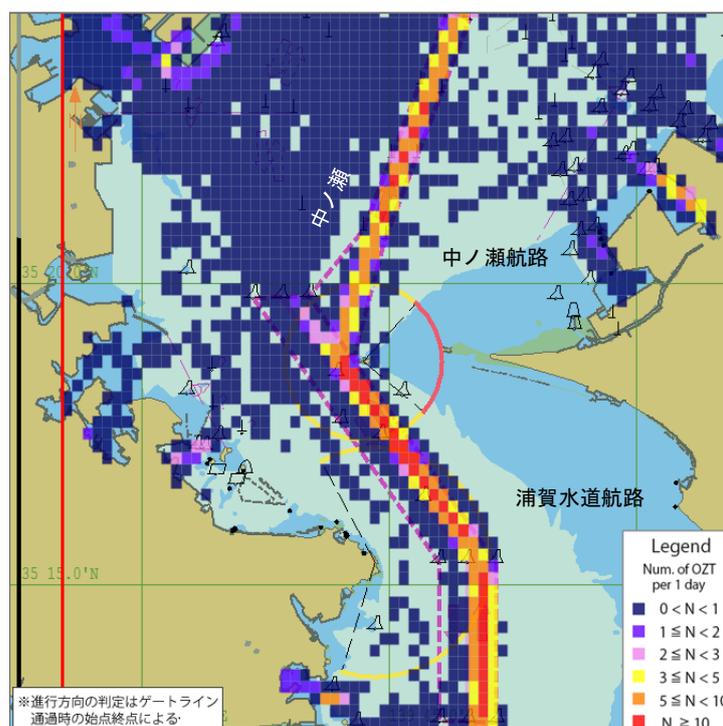


図 11 浦賀水道航路周辺における OZT 遭遇頻度分布 (北航船)

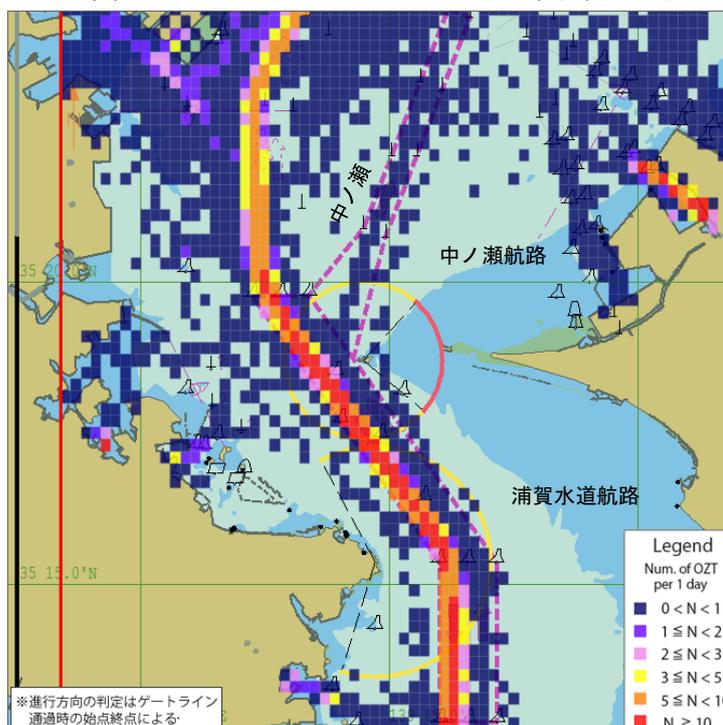


図 12 浦賀水道航路周辺における OZT 遭遇頻度分布 (南航船)

4.1.3 東京湾入口周辺の海域

OZT 遭遇頻度が極めて高い部分は、北航南航ともに浦賀水道の南端周辺に分布している。北航船と南航船で比較すると、北航船は OZT 遭遇頻度が高い部分が南北方向に広く分布し、南航船は浦賀水道航路の南端周辺で東西方向に広がって分布している。

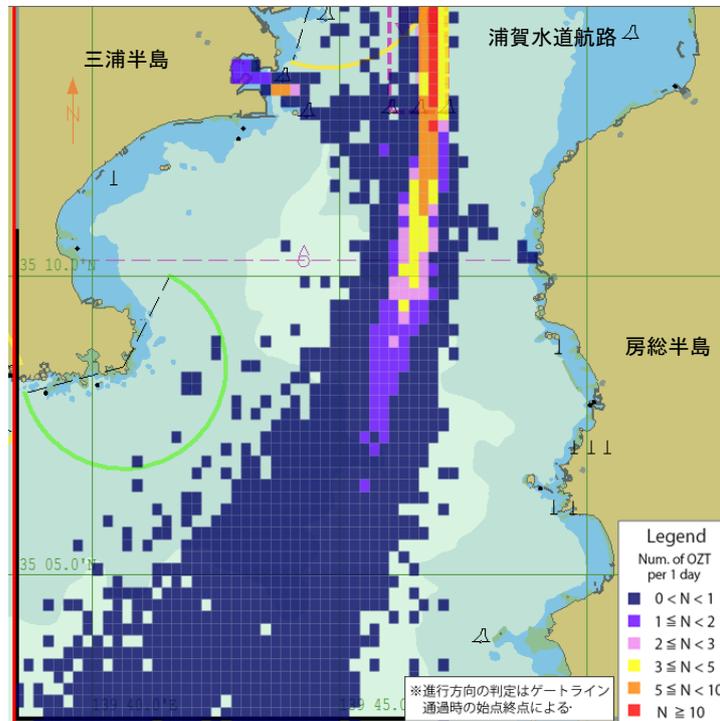


図 13 東京湾入口周辺における OZT 遭遇頻度分布（北航船）

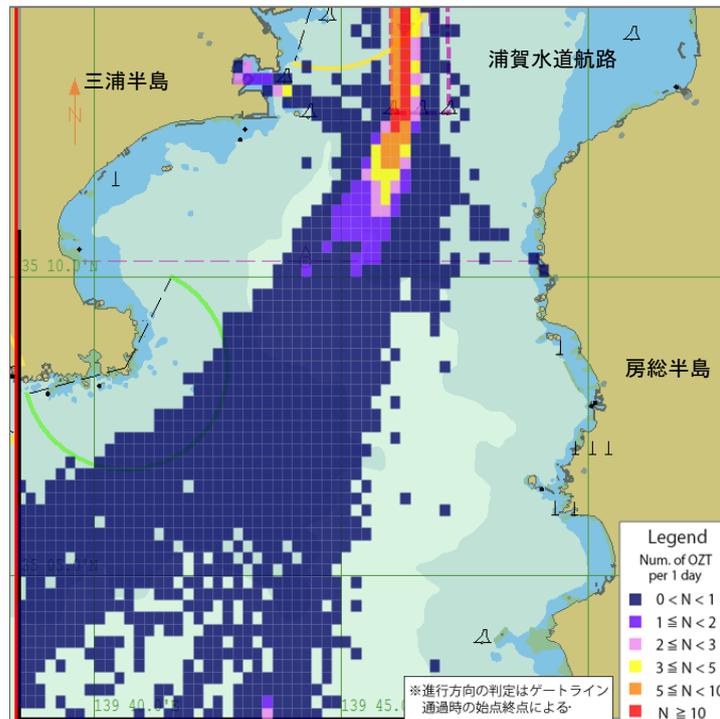


図 14 東京湾入口周辺における OZT 遭遇頻度分布（南航船）

4.1.4 東京港周辺の海域

東京港の出入り口にあたる東京沖灯浮標の周辺から湾奥に向かって、OZT の遭遇頻度が高い場所が 1 本の線状として確認できる。北航船と南航船と比較すると、北航船の方が東京沖灯浮標の近くまで 1 日あたりに 1 回以上の OZT に遭遇する地点が伸びて分布している。

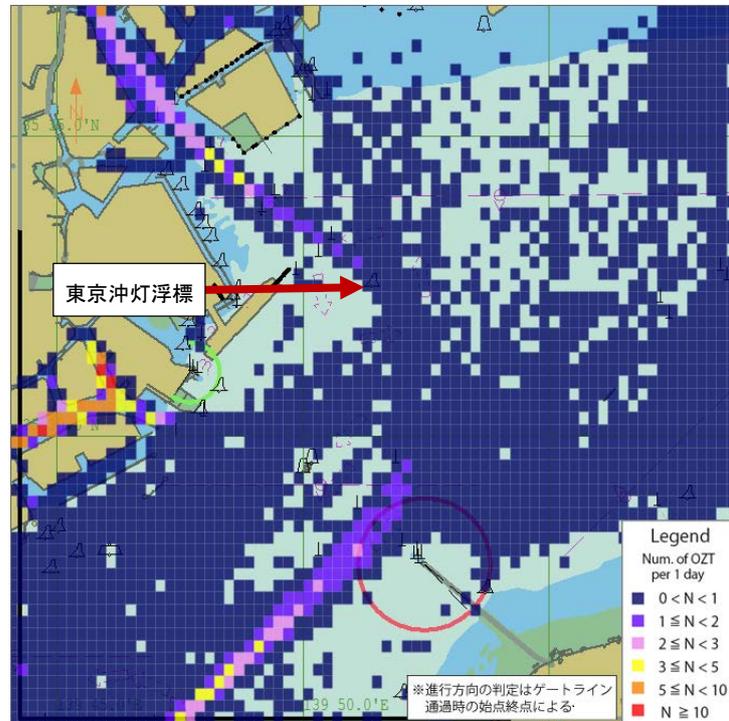


図 15 東京港周辺における OZT 遭遇頻度分布（北航船）

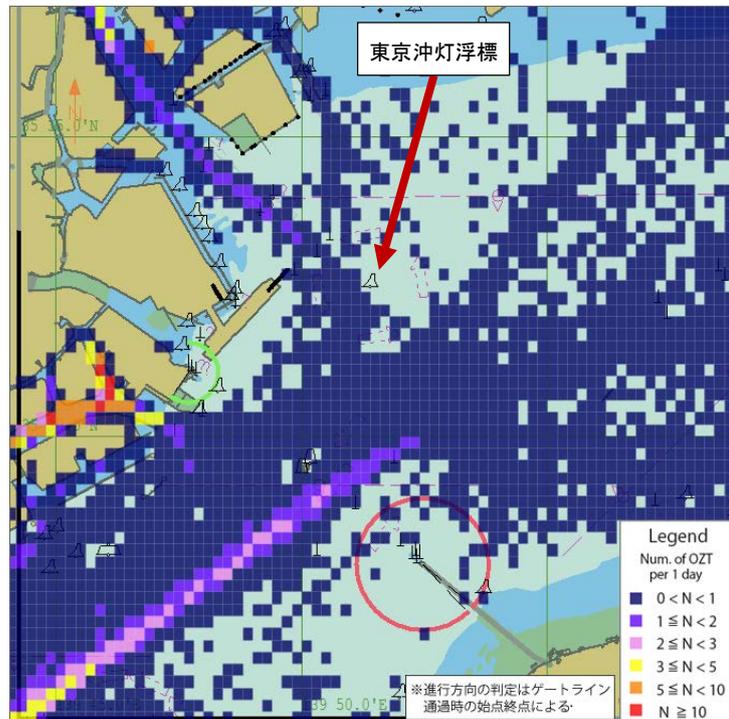


図 16 東京港周辺における OZT 遭遇頻度分布（南航船）

4.1.5 川崎港および横浜港周辺の海域

横浜港の出入り口周辺から港内に向かって OZT 遭遇頻度が高い場所が分布している。横浜港の出入り口周辺での北航船と南航船で比較すると、北航船は、浦賀水道航路の北端を出た後は各目的地に向かって分散して航行するため、中ノ瀬西方海域では OZT 遭遇頻度が抑えられる傾向にある。南航船は港を出港して中ノ瀬西方海域に接続する場所に 1 日当たりに 1 回以上の OZT に遭遇する地点が連続している。

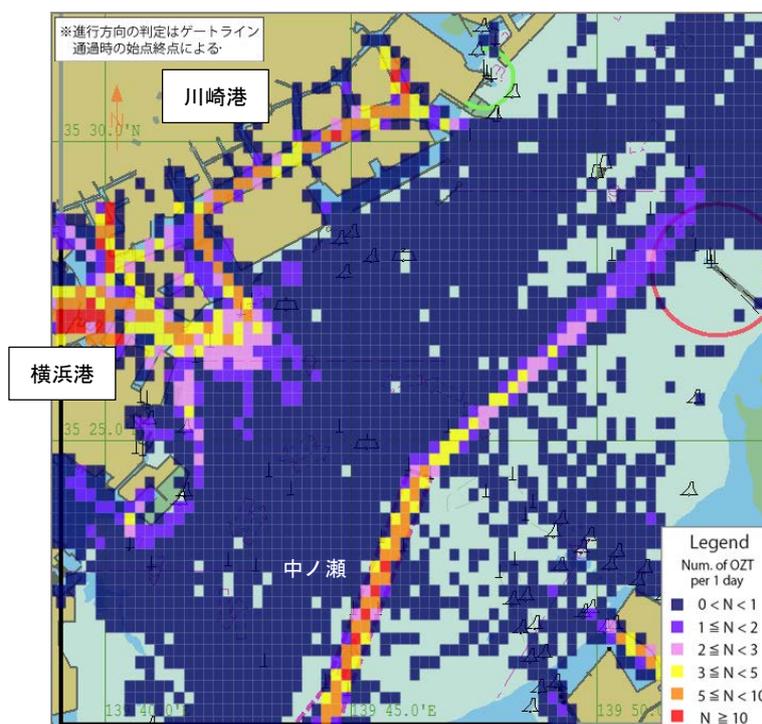


図 17 川崎港および横浜港周辺における OZT 遭遇頻度分布 (北航船)

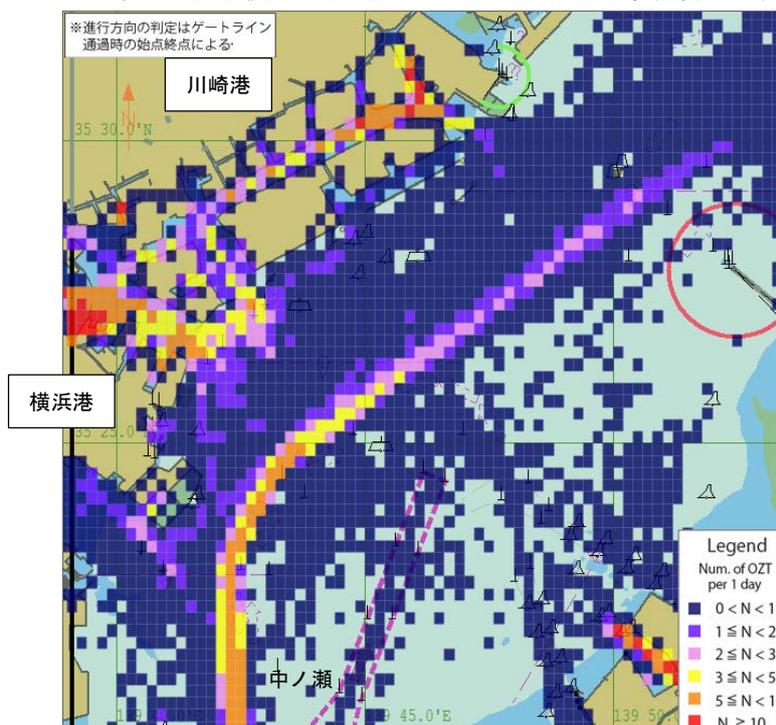


図 18 川崎港および横浜港周辺における OZT 遭遇頻度分布 (南航船)

4.1.6 千葉港周辺の海域

千葉港内の各航路内およびバース周辺に、北航南航ともに OZT 遭遇が高い場所が分布している。中ノ瀬北方の東水路および西水路と千葉港の各バースを結ぶ海域の広範に渡って、1日あたりに1回未満の OZT が発生する地点が存在している。

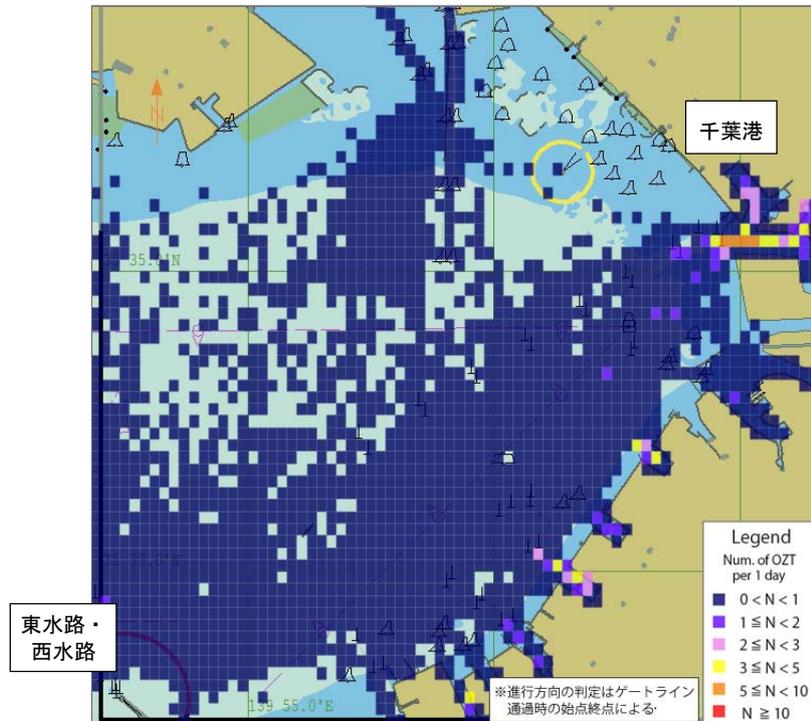


図 19 千葉港周辺における OZT 遭遇頻度分布（北航船）

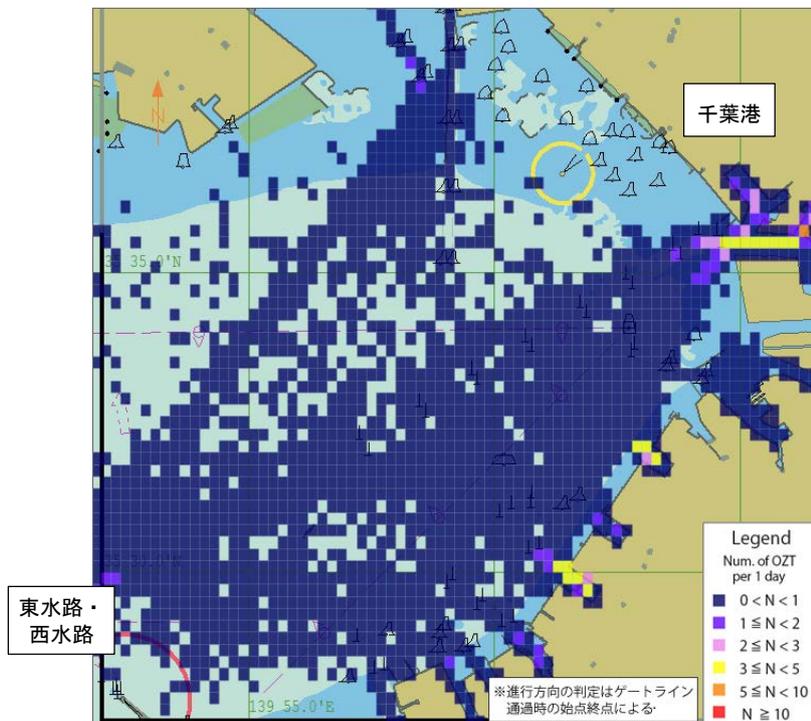


図 20 千葉港周辺における OZT 遭遇頻度分布（南航船）

4.1.7 中ノ瀬北方周辺の海域

中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域と東水路および西水路を通航する船舶が集中して航行することにより、中ノ瀬の北側の海域に1日当たり複数回のOZTに遭遇する地点が確認できる。北航船は、東水路の北端周辺に東京港の方向に向かってOZT遭遇頻度が高い場所が分布しており、南航船は西水路の北端周辺に千葉港の方向に向かってOZT遭遇頻度が高い場所が分布している。

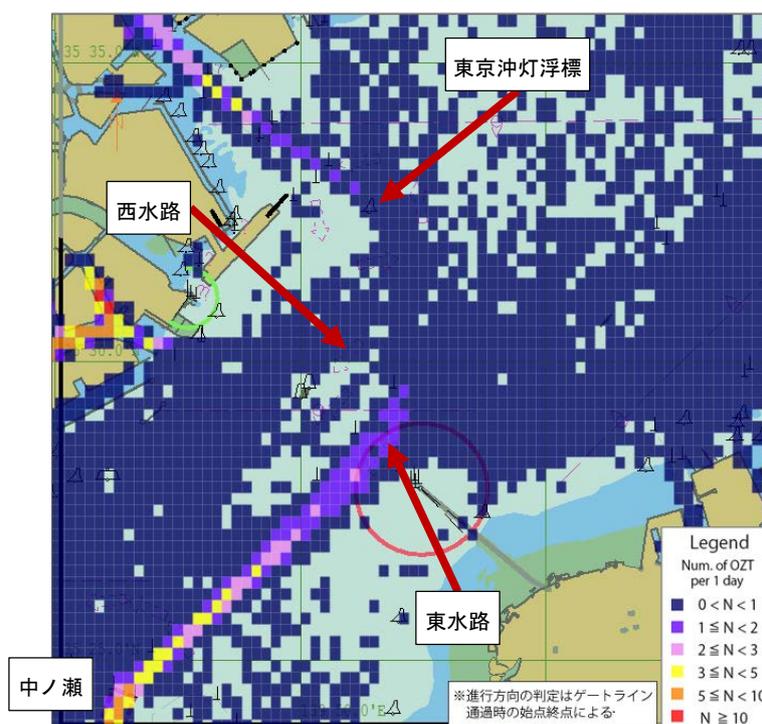


図 21 中ノ瀬北方周辺における OZT 遭遇頻度分布 (北航船)

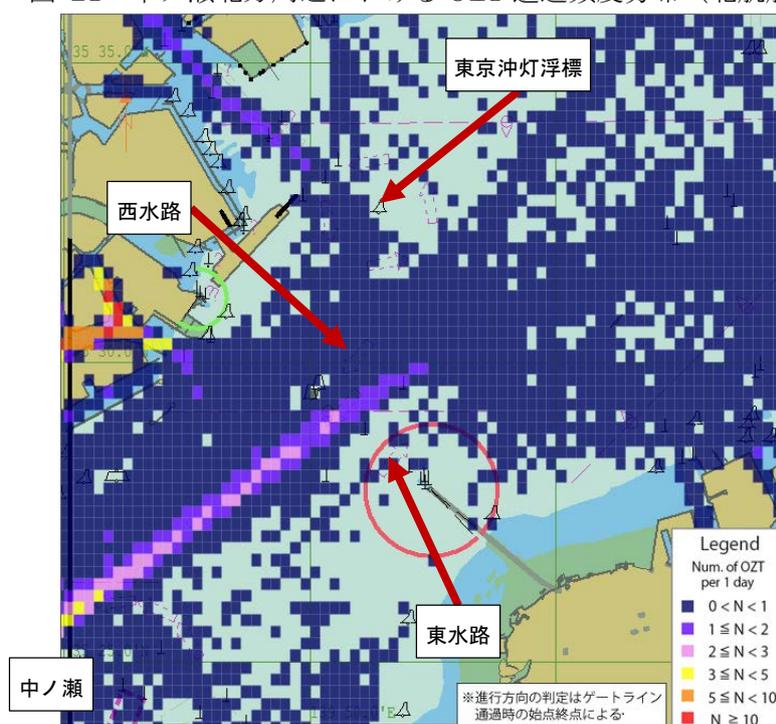


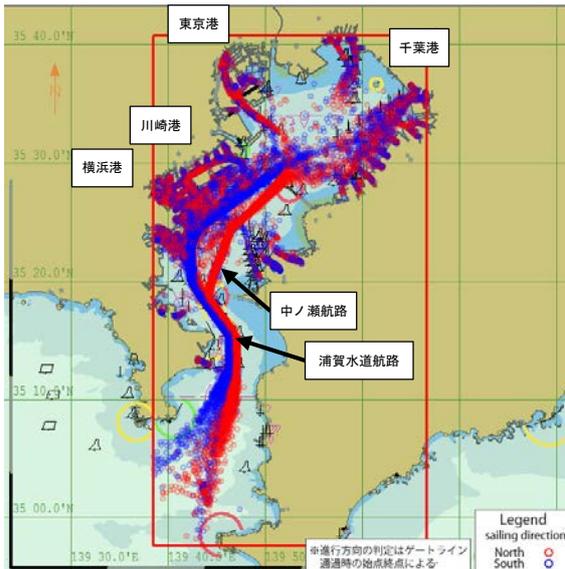
図 22 中ノ瀬北方周辺における OZT 遭遇頻度分布 (南航船)

4.2 OZT 遭遇したときの自船位置の分布

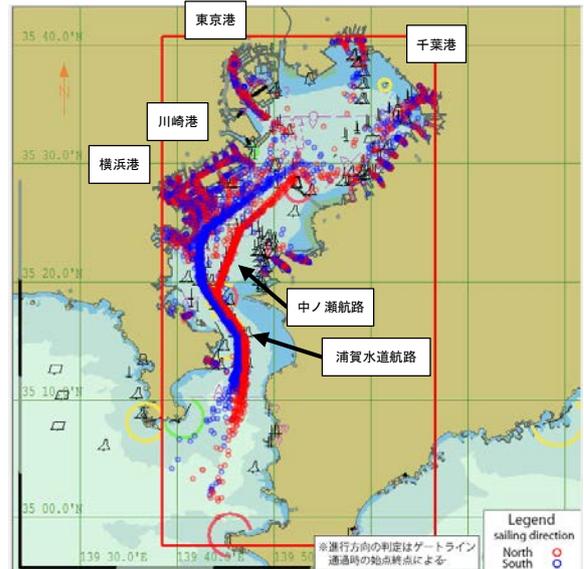
OZT が発生しやすい場所別の特徴を把握するため、一度に OZT 遭遇した隻数別の自船位置を分析した。図 23 から図 31 に、OZT 遭遇した隻数別の自船位置を示す。具体的には図 5 を例にすると、OZT 遭遇した隻数が 3 隻であり、このときの自船位置が一つの点として表わされる。なお、1 隻の船舶と OZT が発生した場合は容易に避航できることから、ここでは同時に 2 隻以上の船舶と OZT が発生した場合について示す。赤色は自船が北航船、青色は自船が南航船である。

4.2.1 海域全体の OZT 遭遇位置

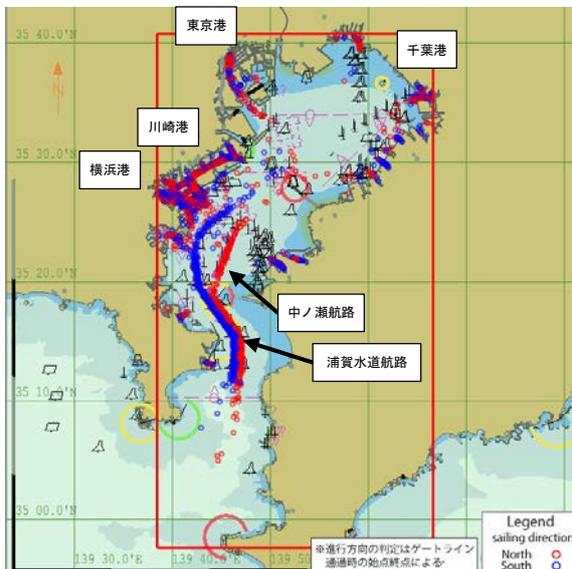
図 23 から図 25 が示すように OZT 遭遇する隻数を問わず、船舶交通が集中し過密な状況にある各港内、浦賀水道航路および中ノ瀬航路、中ノ瀬西方海域で OZT 遭遇が発生しやすい。5 隻以上の船舶と OZT が同時に遭遇する状況では、他の船舶により周囲を囲まれ操船の自由度があまりないため、減速などにより前を航行する船舶に付いて行くだけの状況が発生している場合があると考えられる。



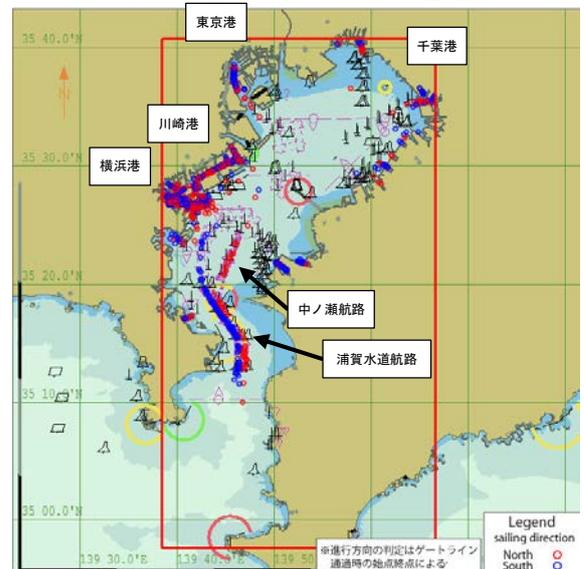
(a) 2隻の他船との同時遭遇



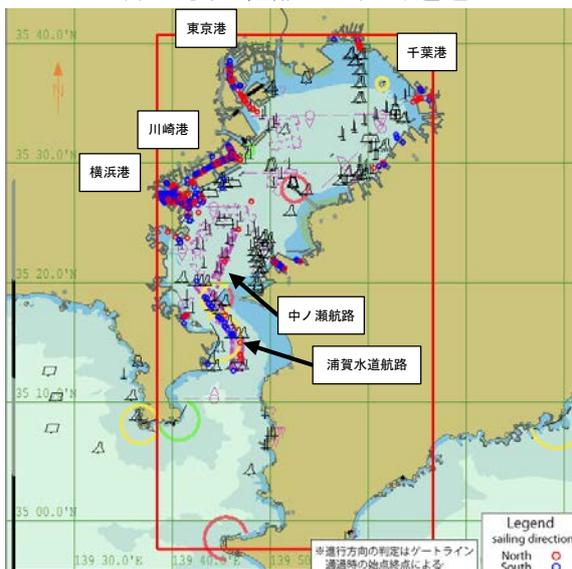
(b) 3隻の他船との同時遭遇



(c) 4隻の他船との同時遭遇

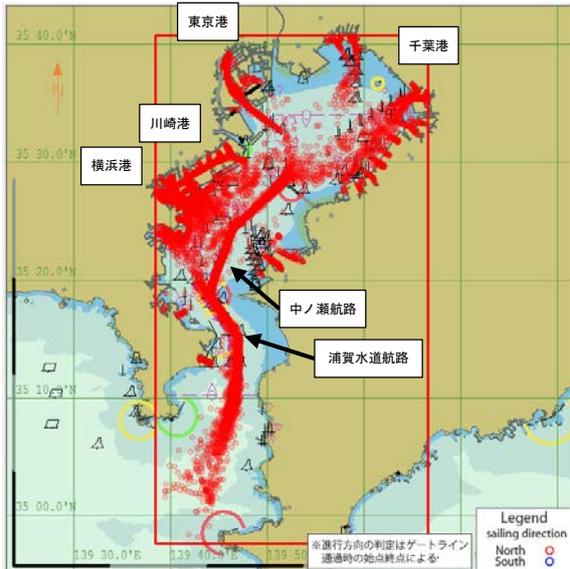


(d) 5隻の他船との同時遭遇

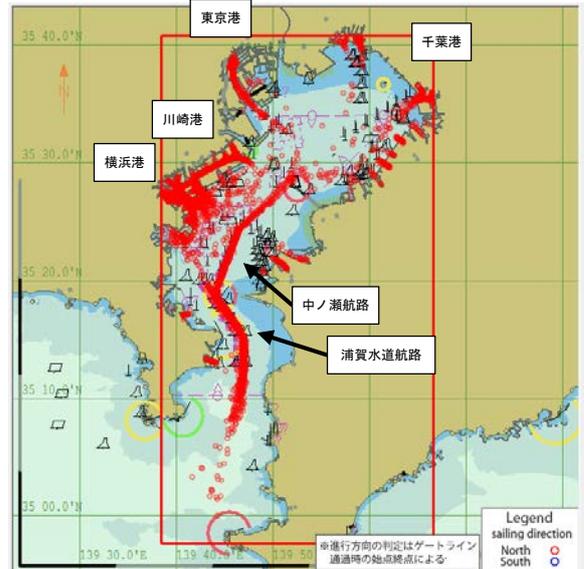


(e) 6隻の他船との同時遭遇

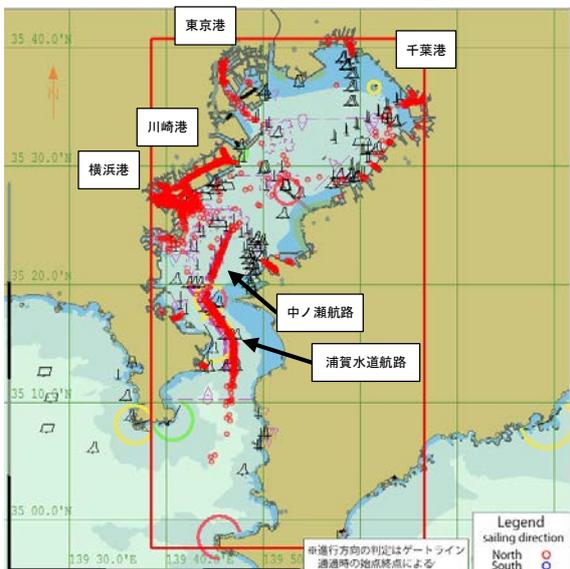
図 23 海域全体における OZT 遭遇したときの自船位置 (北航船と南航船)



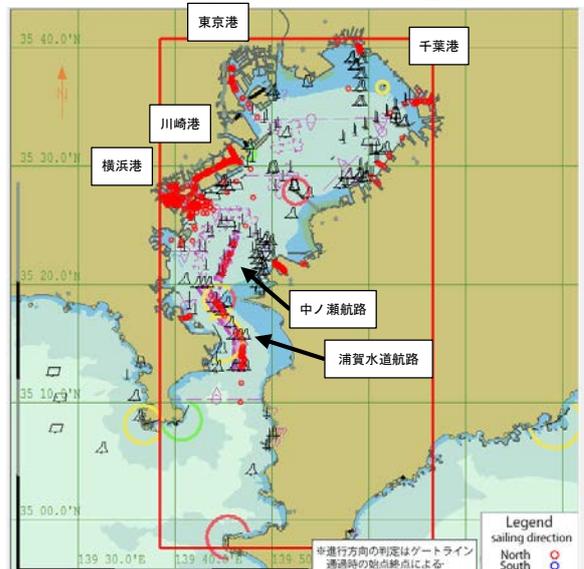
(a) 2隻の他船との同時遭遇



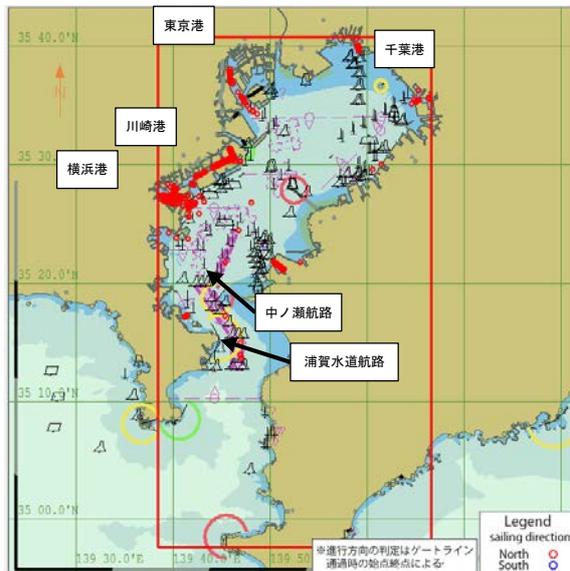
(b) 3隻の他船との同時遭遇



(c) 4隻の他船との同時遭遇

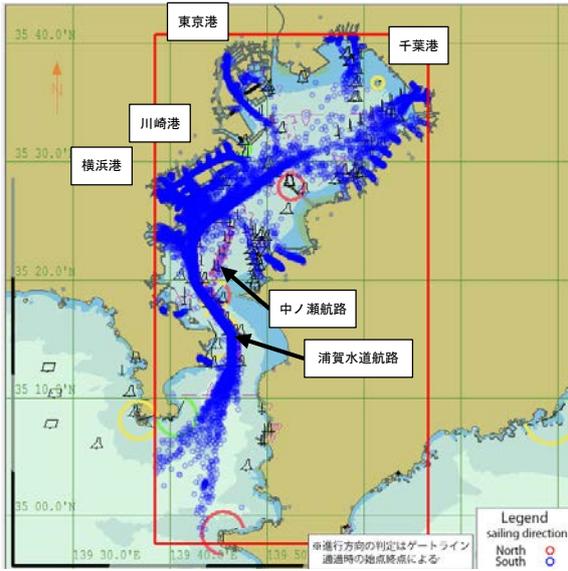


(d) 5隻の他船との同時遭遇

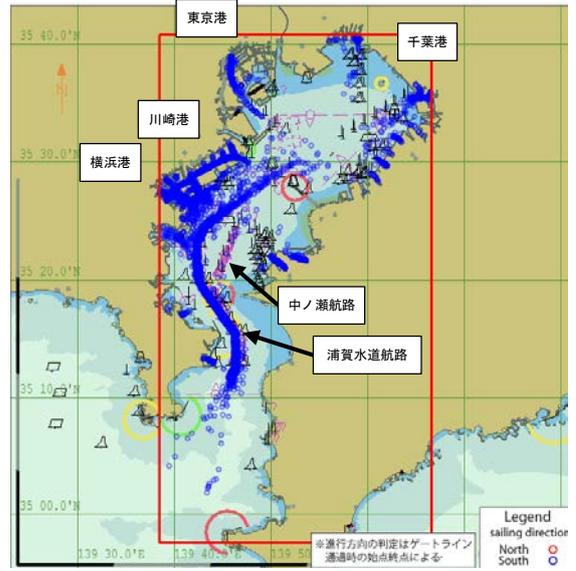


(e) 6隻の他船との同時遭遇

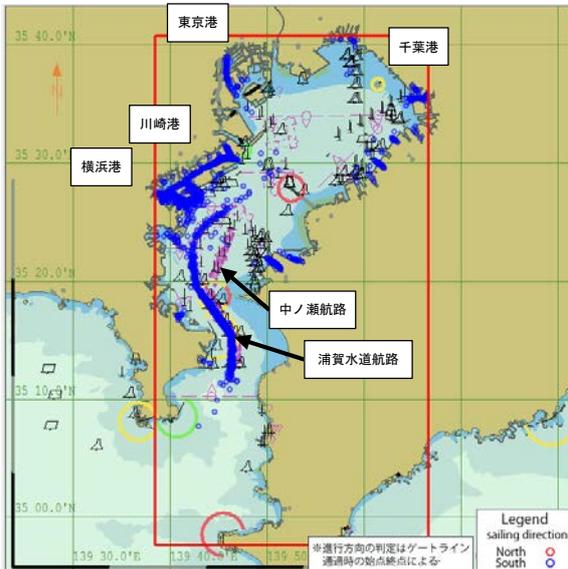
図 24 海域全体における OZT 遭遇したときの自船位置 (北航船)



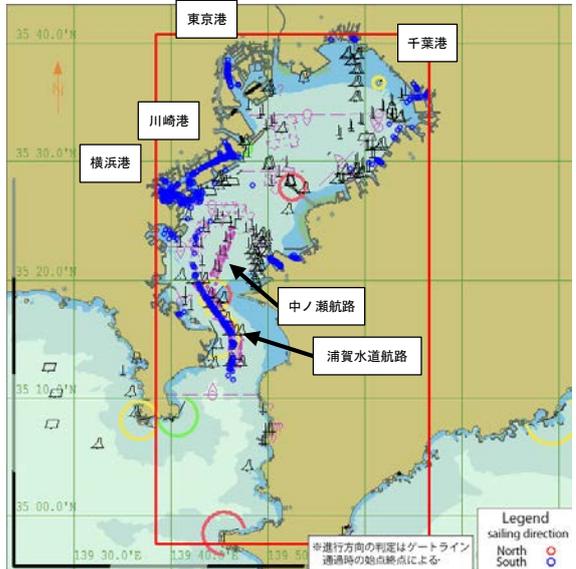
(a) 2隻の他船との同時遭遇



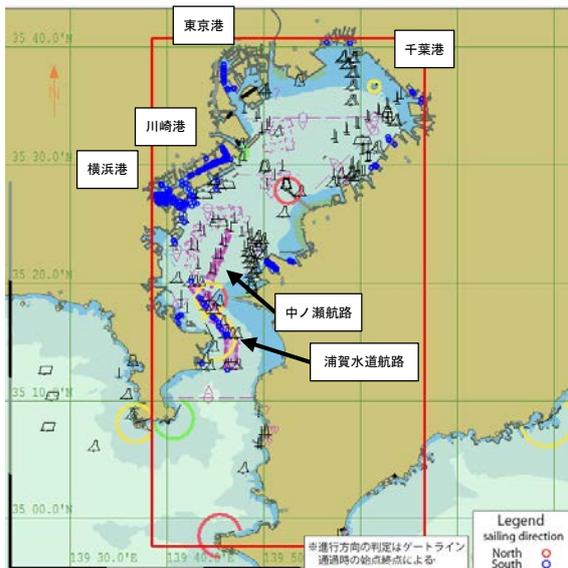
(b) 3隻の他船との同時遭遇



(c) 4隻の他船との同時遭遇



(d) 5隻の他船との同時遭遇



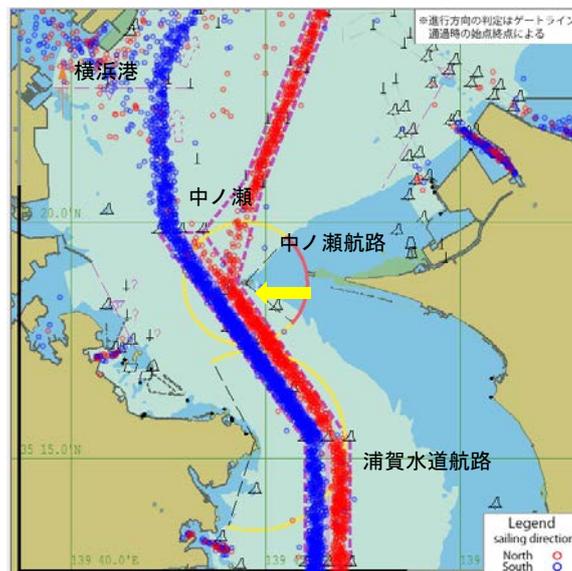
(e) 6隻の他船との同時遭遇

図 25 海域全体における OZT 遭遇したときの自船位置 (南航船)

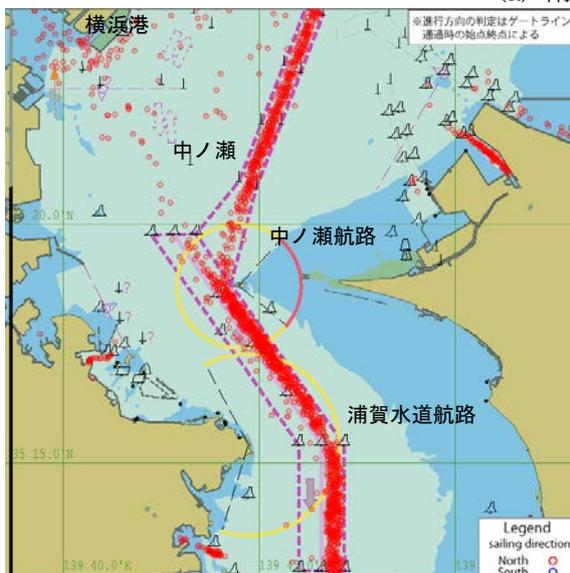
4.2.2 浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域

船舶の方向別に整流化されている浦賀水道航路などの航路内での OZT 遭遇については、反航する船舶の影響もあるが、基本的には同航によるものと考えられる。針路が完全に間逆 (HDG=145 度と 325 度) で航行していると仮定すると、最小安全航過距離が 0.1NM 以下になる場合は航路の中央を航行する反航船に限られるが、北航南航ともにそれぞれの各方向別の航路中央から端まで航路幅方向に広く分布していることから、航路内の OZT 遭遇は同航船によるものが多いと考えられる。ただし、針路交差が生じる航路の屈曲部周辺は除く。さらに、同航船の場合は、二隻の速力が同じであれば OZT は発生しないことから、航路内を航行する船舶間で速力差が発生し、航路内での追い越しが必要となる場面があることを示している。

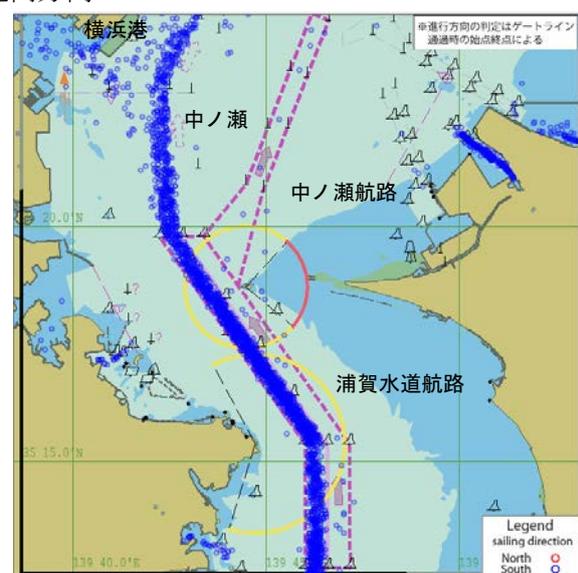
浦賀水道航路を通過した北航船は、中ノ瀬航路と横浜港に進路が別れるため、浦賀水道航路の北端周辺および中ノ瀬航路南端周辺(矢印が指す周辺)では OZT が抑えられる傾向にある。ほとんどの南航船は、中ノ瀬西方海域を経由して浦賀水道航路に入るため、各港から出て航路に入るまでの針路上に南航船同士の交差によると推定される OZT が発生しやすい。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

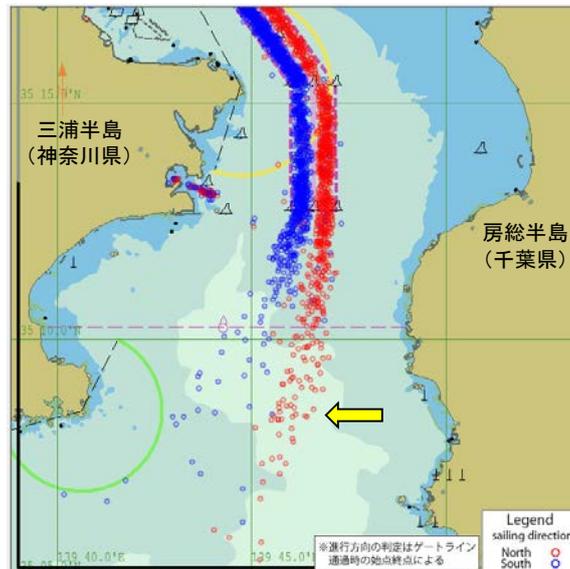


(c) 南航船

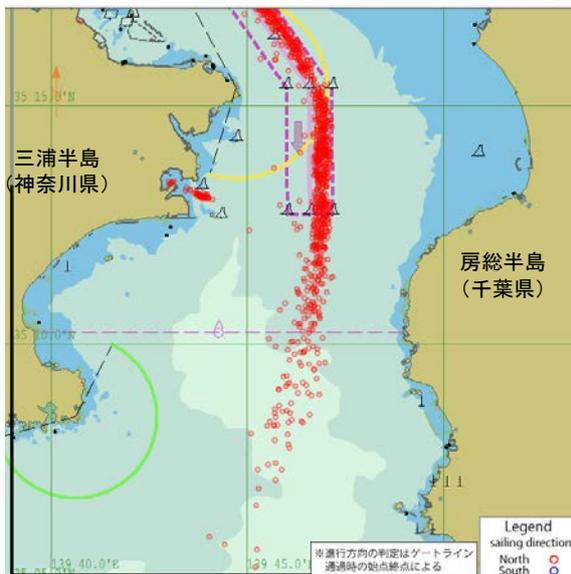
図 26 浦賀水道航路周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.3 東京湾入口周辺の海域

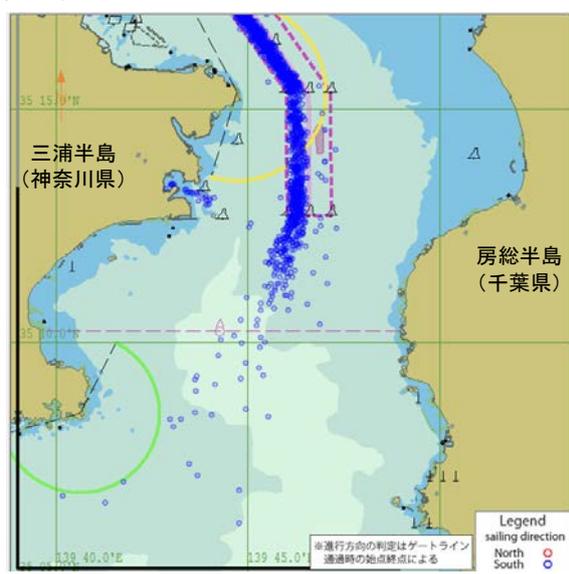
北航船と南航船の交差による OZT に加え、同航船による OZT が発生していると考えられる。特に、東京湾入口周辺の房総半島に近い海域（矢印が指す周辺）においては、南航船が浦賀水道航路を出てそのまま南航し北航船が通航する海域と重なる状況になるため、北航船と南航船の OZT が混在する場所があり、北航船は同航船に加えて南航船との反航による OZT が発生していると考えられる。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

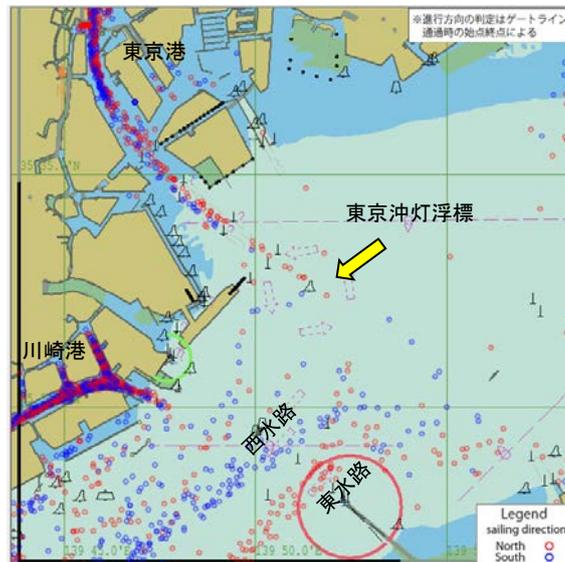


(c) 南航船

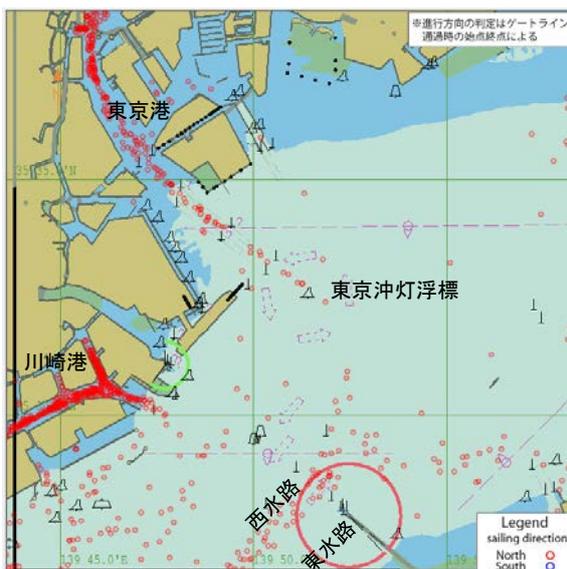
図 27 東京湾入口周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.4 東京港周辺の海域

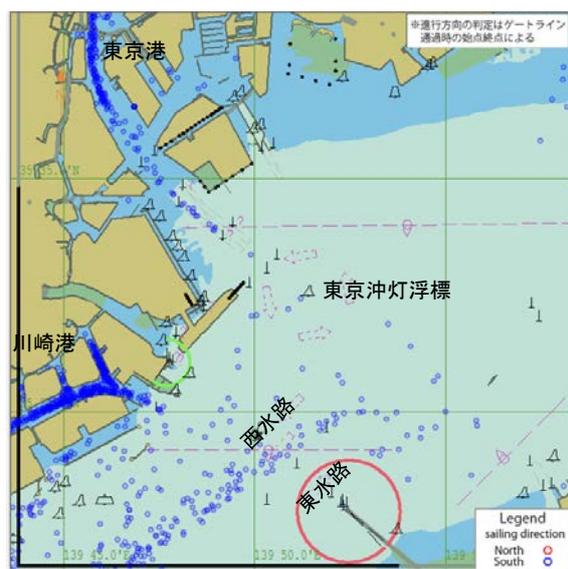
入港するバースが航路の奥まった位置にあることから、OZT は湾奥の海域では主として同航および北航船と南航船との反航によるもの、東京沖灯浮標周辺では同航のほか、北航船と南航船の交差によるものと考えられる。特に、東京沖灯浮標の周辺（矢印が指す周辺）では、東京港へ入る場合、ほとんどの北航船が似た進路を航行することに加え、東水路から東京沖灯浮標までの間に千葉港からの南航船との横切り、東京港からの南航船との横切り、同航船同士など複雑な交通状況になる場合があると考えられるが、北航船と南航船の OZT はあまり混在していないことから整流化の効果により北航船と南航船の通行位置が分離できていると推定される。また、東京港からの南航船は、出港後には比較的分散して航行していることに加え、東京沖灯浮標周辺のロータリー方式の整流化により北航船と交差することがなく、千葉港からの南航船との同航もしくは交差のみにより西水路に入ることができることから、北航船と比較して OZT 遭遇が少なく OZT の発生場所も分散している。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

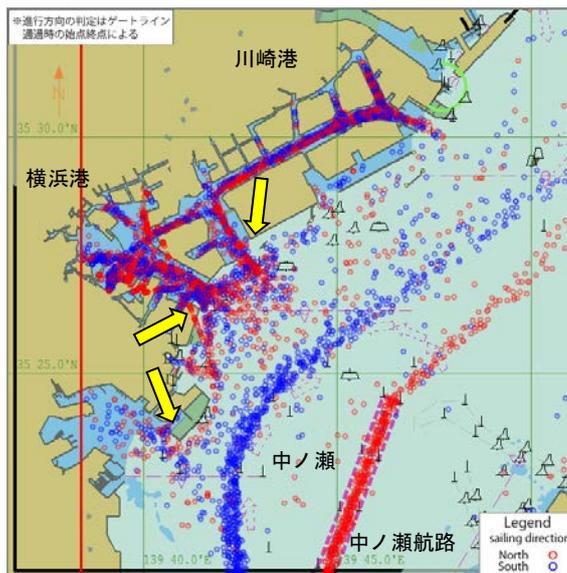


(c) 南航船

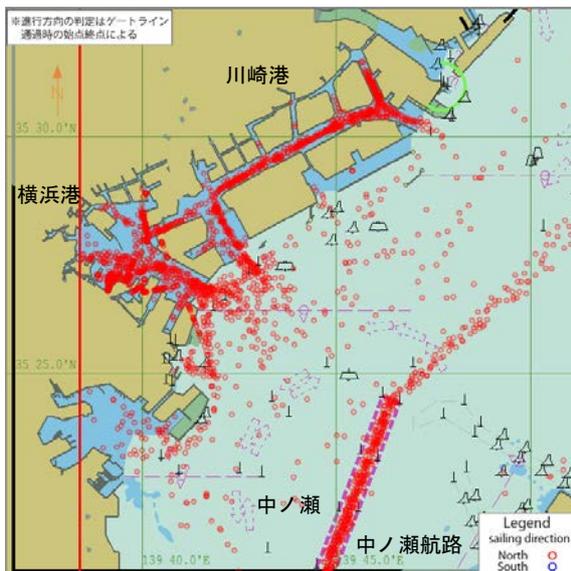
図 28 東京港周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.5 川崎港および横浜港周辺の海域

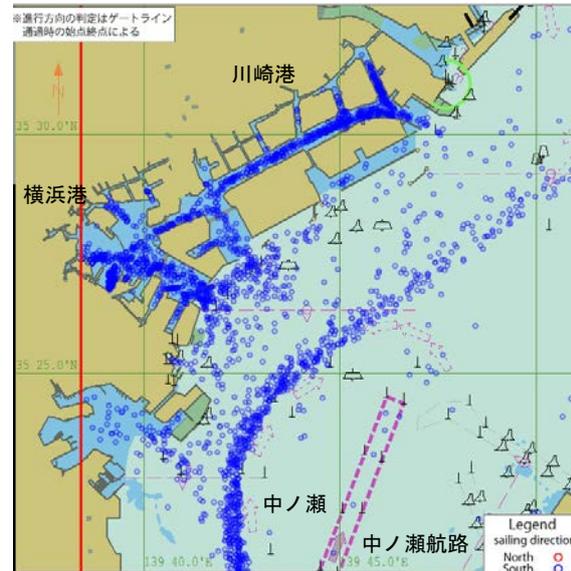
川崎港および横浜港に入港する北航船は、中ノ瀬西方海域を南航する船舶を横切って入港することになるため、同航同士と、北航船と南航船の反航および交差による OZT に遭遇していると考えられる。川崎港および横浜港を出る南航船は、中ノ瀬西方海域を南航する船舶と合流して航行するため、OZT は同航および南航船同士の交差、北航船との交差によるものと考えられる。北航船および南航船ともに各港の出入り口（各矢印が指す部分）を起点とする針路で航行するため、北航船と南航船の OZT が混在する場所が多く、北航船および南航船ともに様々な針路で航行する船舶と出会う交通状況であると考えられる。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

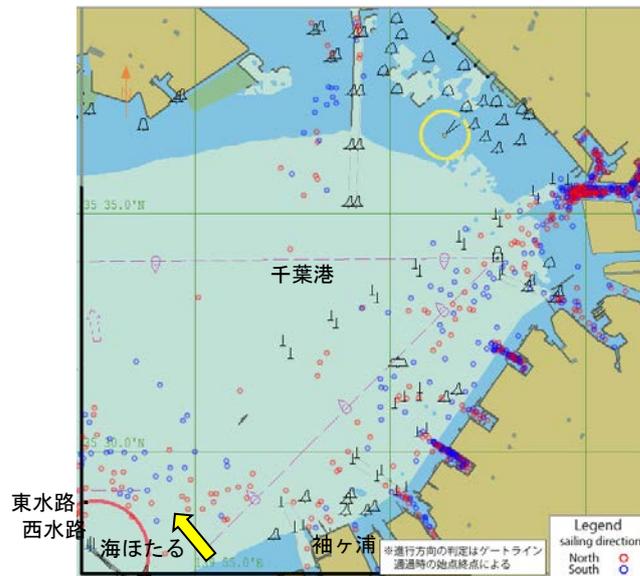


(c) 南航船

図 29 川崎港および横浜港周辺 OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.6 千葉港周辺の海域

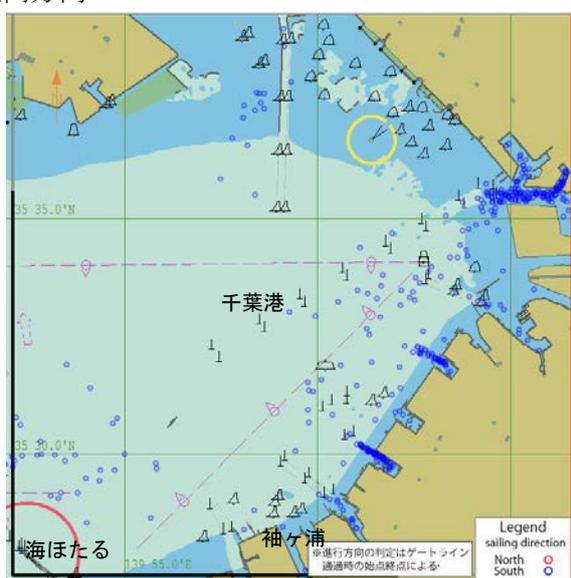
入港するバースが分散しているため、主として北航船と南航船との交差もしくは反航によると考えられる OZT が広く分布しているが、東水路および西水路と各バースを結ぶ線に OZT が発生しやすい。海ほたるの北東部（矢印が指す周辺）では、東水路を出た直後に袖ヶ浦へ向けて変針する北航する船舶と、袖ヶ浦を出て西水路に向かう南航船が狭い範囲で見合い関係が生じるため OZT が発生しやすく、また北航船と南航船の OZT が混在する場所がある。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

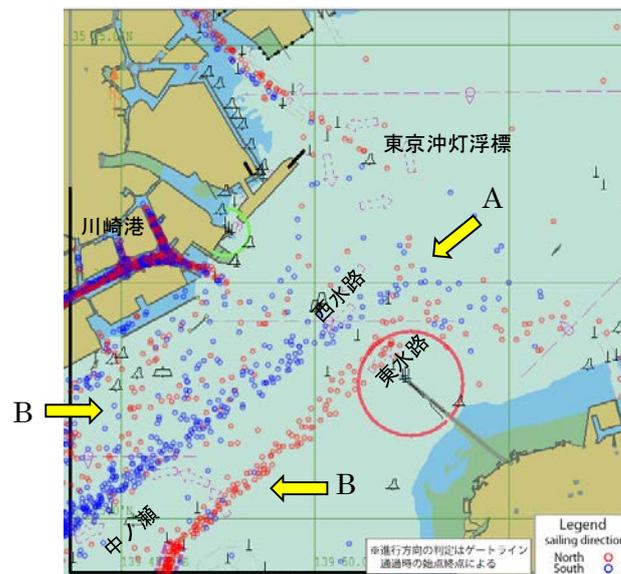


(c) 南航船

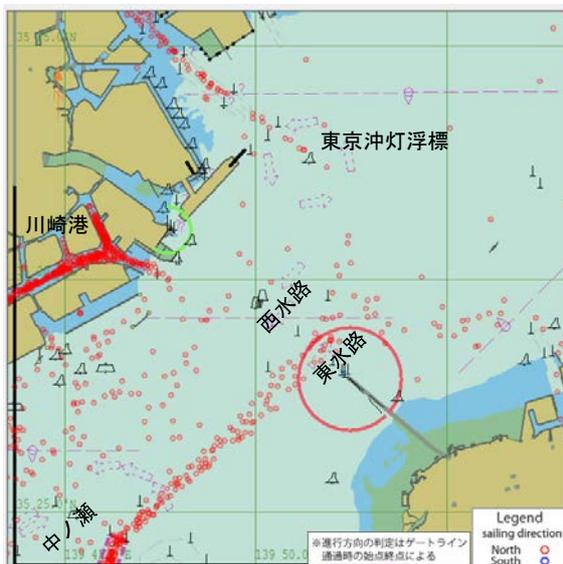
図 30 千葉港周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.7 中ノ瀬北方周辺の海域

OZT は東水路および西水路の南側の海域では主として同航によるもの、東水路および西水路の北側では同航に加え北航船と南航船の交差によるものと考えられる。北航および南航ともに中ノ瀬北方から東水路および西水路に向かうにつれて、OZT の分布が分散する傾向にある。東水路北端（矢印 A が指す周辺）で東西方向に二股に分布し北航船と南航船の OZT が混在する場所があり、中ノ瀬北方周辺（矢印 B が指す周辺）では、木更津港および川崎港および横浜港の入出港船との交差が生じるため、北航船と南航船の OZT が混在する場所がある。



(a) 南北両方向



(b) 北航船



(c) 南航船

図 31 中ノ瀬北方周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.3 時間帯別の OZT 遭遇回数

船舶の通行量に比例して OZT が発生する傾向が見られることから、OZT が発生しやすい時間帯を把握するため、1 時間ごとの OZT の遭遇回数を解析した。なお、図 32 に示すように、対象海域を 3 分(約 3NM)のメッシュに区切り、それぞれの海域に相当するメッシュ内の OZT 遭遇回数を集計した。図 33 から図 42 に各海域別の時間帯別の OZT 遭遇回数の分布を示す。なお、東京湾のラッシュ時間帯は、北航は 4~8 時、南航は 16~20 時である 5)。

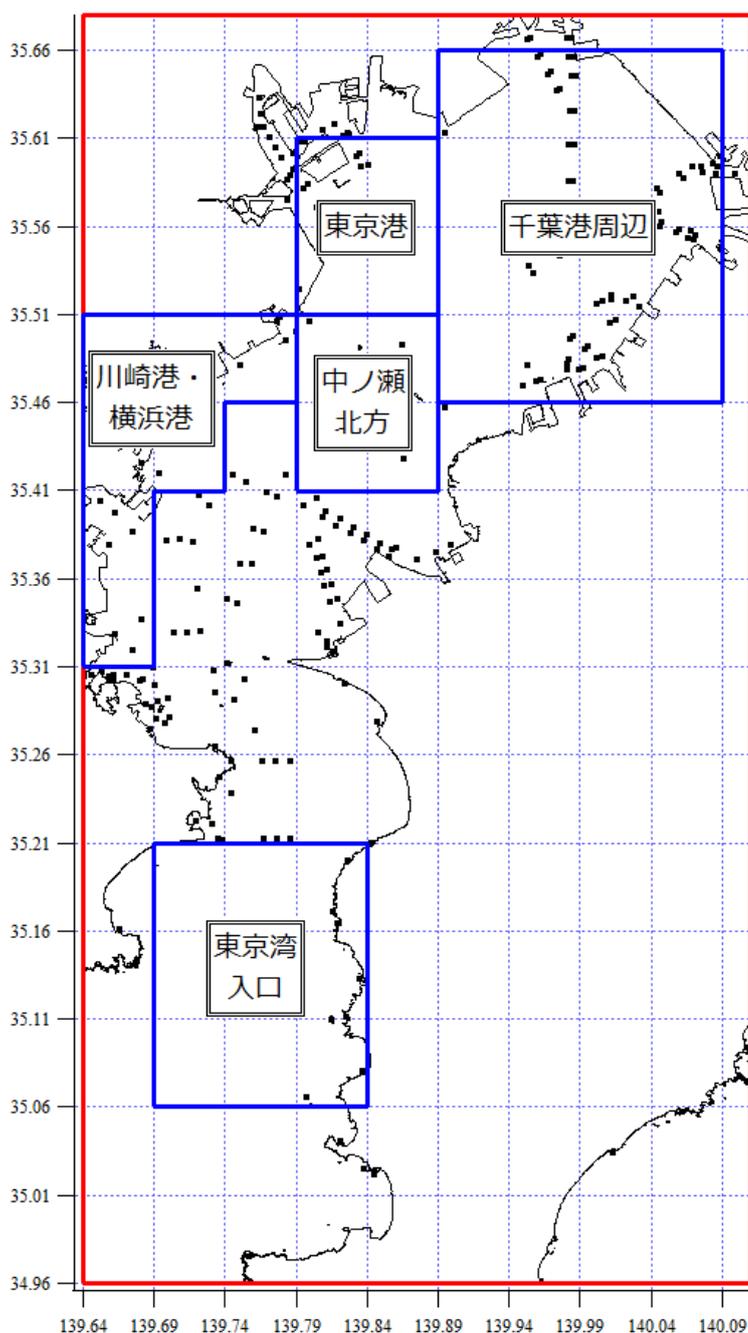


図 32 海域のメッシュ区分

4.3.1 東京湾入口周辺の海域

北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数はラッシュ時間帯に多く、複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇もラッシュ時間帯に多い。なお、浦賀水道航路および中ノ瀬航路、中ノ瀬西方海域における OZT 遭遇回数は、各航路と東京湾入口間に停泊することなく継続して航行するため、東京湾入口と同様の傾向になると考えられる。

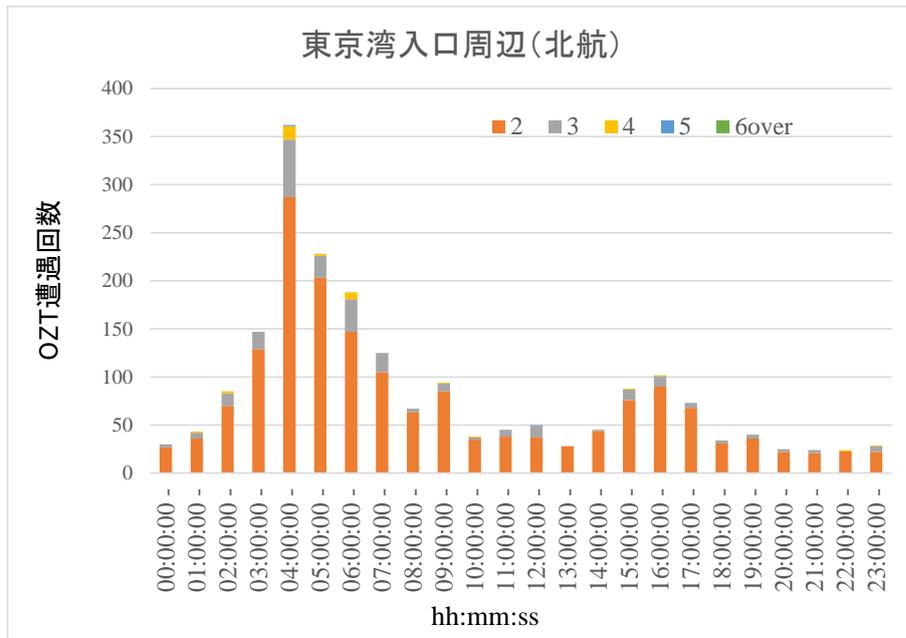


図 33 東京湾入口周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

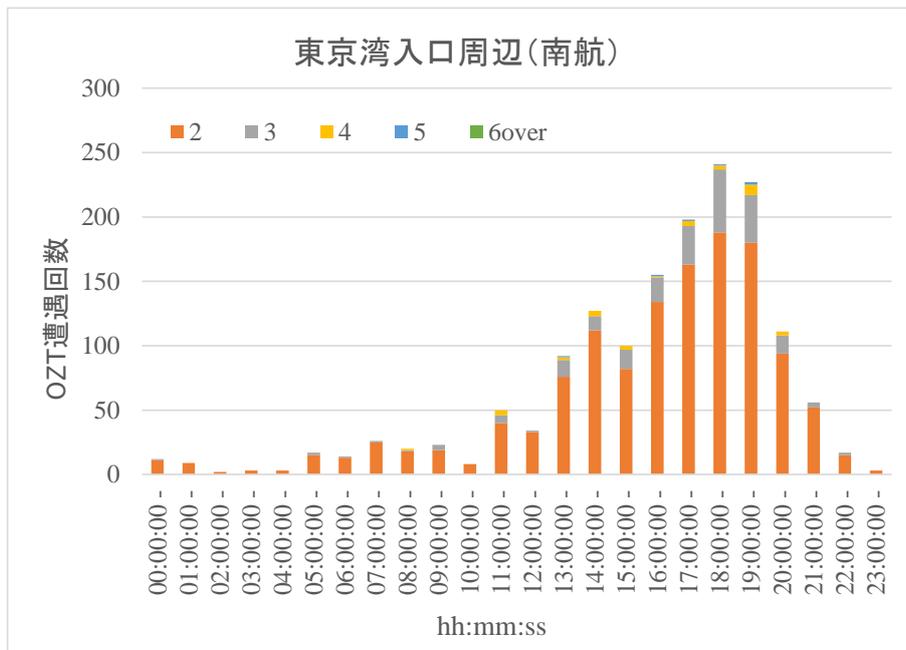


図 34 東京湾入口周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.2 東京港周辺の海域

北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数は朝夕に多く、OZT 遭遇が多い時間帯は東京湾入口から東京港への移動時間分だけずれている。これは、この海域では、夜間には翌日の荷役待ちのため停泊する船舶が多く、また東京湾の最奥に位置するため、この海域を航行する船舶が少ないことが理由と考えられる。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇は、おむねラッシュ時間帯に発生することが多い。

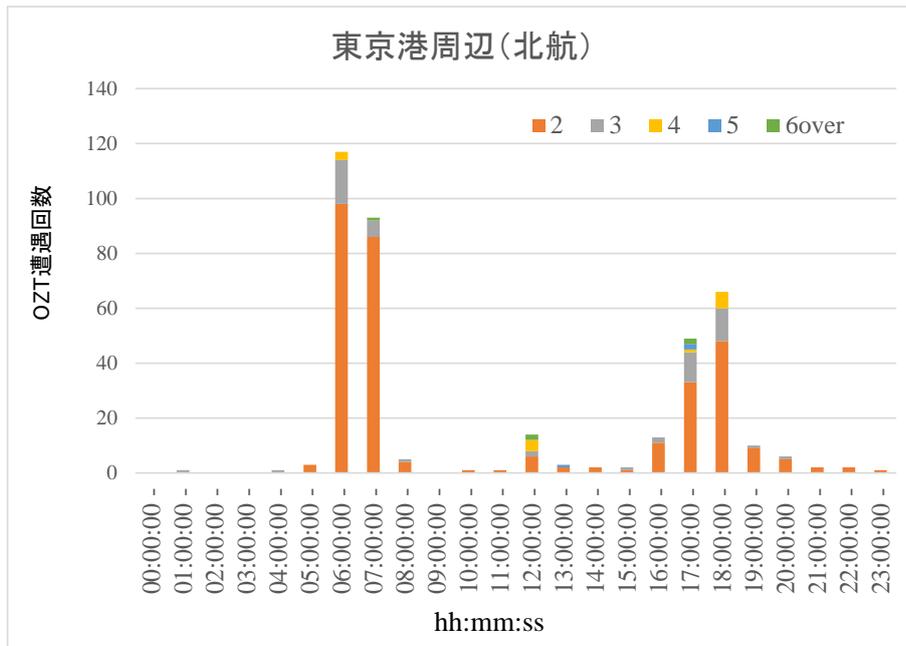


図 35 東京港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

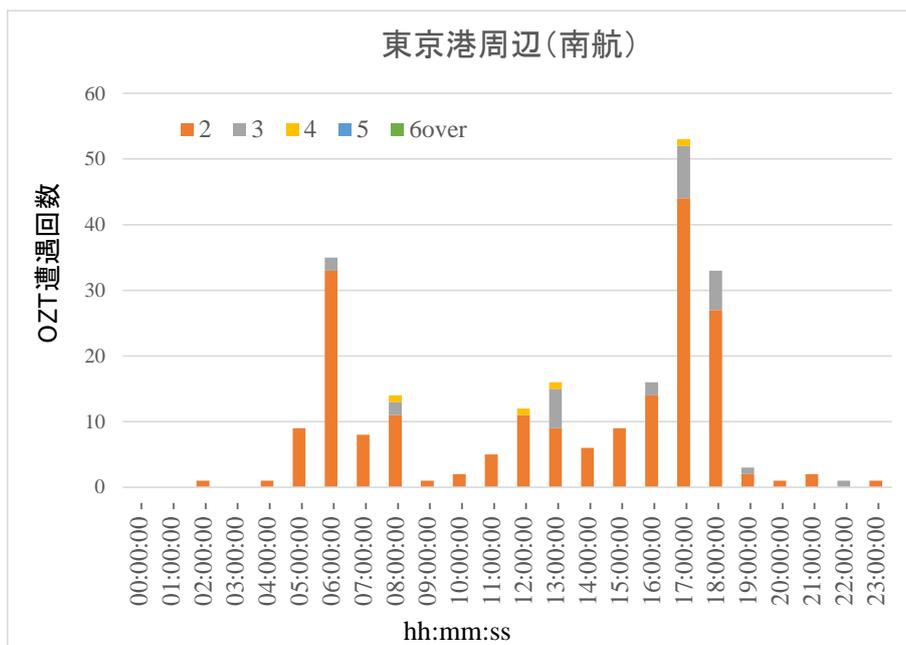


図 36 東京港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.3 川崎港および横浜港周辺の海域

港内で発生した OZT を含むため、全日を通して常時 OZT が発生しているが、特に北航船および南航船ともに朝夕に多く発生している。この理由は、夜間には翌日の荷役待ちのため停泊する船舶が多い一方で、中ノ瀬西方海域を航行する船舶も存在しているためと考えられる。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇が占める割合は、全日を通してほぼ同じである。

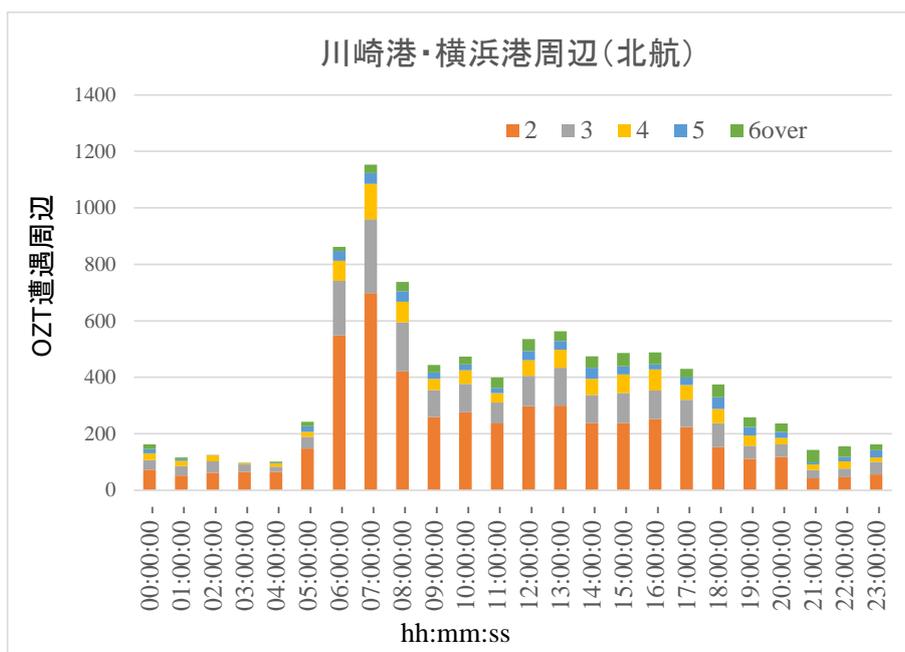


図 37 川崎港および横浜港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

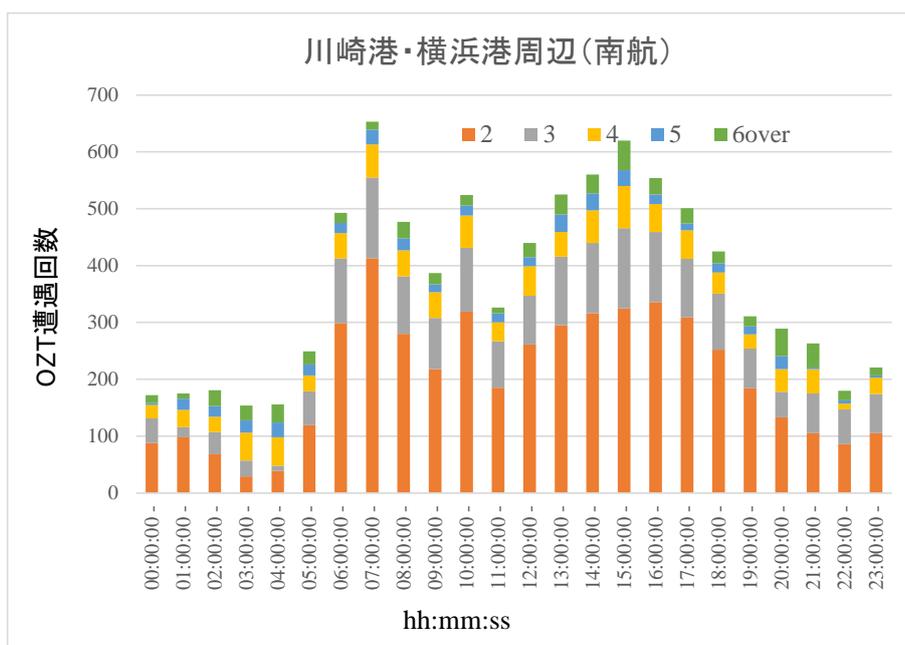


図 38 川崎港および横浜港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.4 千葉港周辺の海域

北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数は日中のみに集中し、特に朝夕に多い。これは、この海域では、夜間には翌日の荷役待ちのため停泊する船舶が多く、また東京湾の最奥に位置するため、この海域を航行する船舶が少ないことが理由と考えられる。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇が占める割合は、全日を通してほぼ同じある。

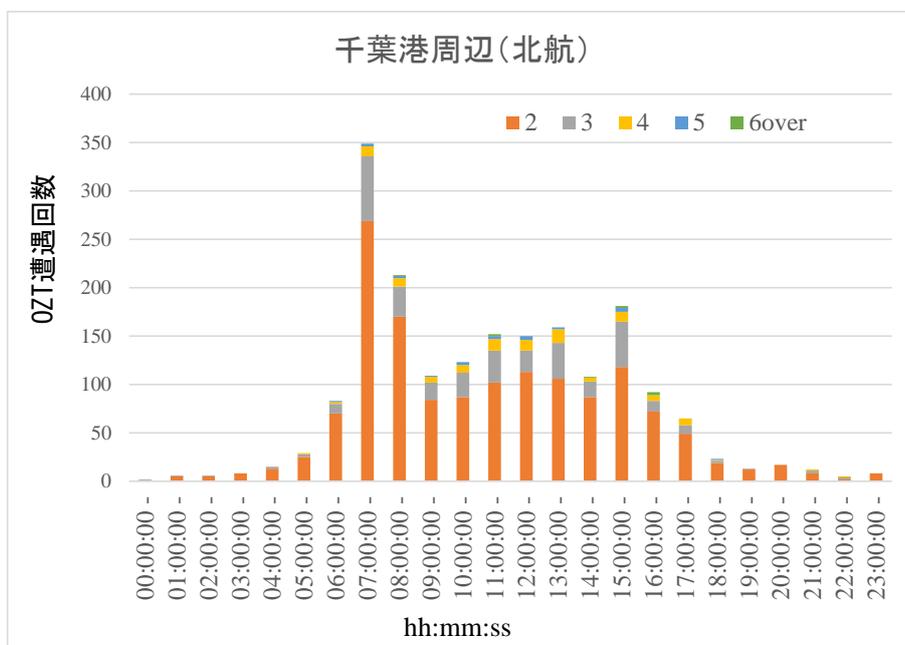


図 39 千葉港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

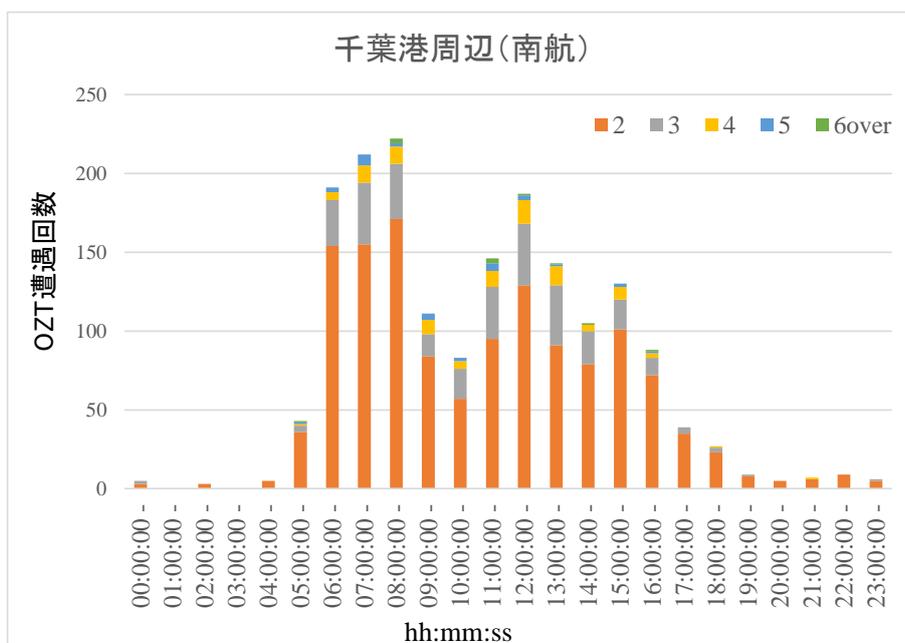


図 40 千葉港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.5 中ノ瀬北方周辺の海域

東京湾入口周辺の海域と同様に、北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数はラッシュ時間帯に多く、OZT 遭遇が多い時間帯は東京湾入口から東京港への移動時間分だけずれている。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇はラッシュ時間帯に多い。

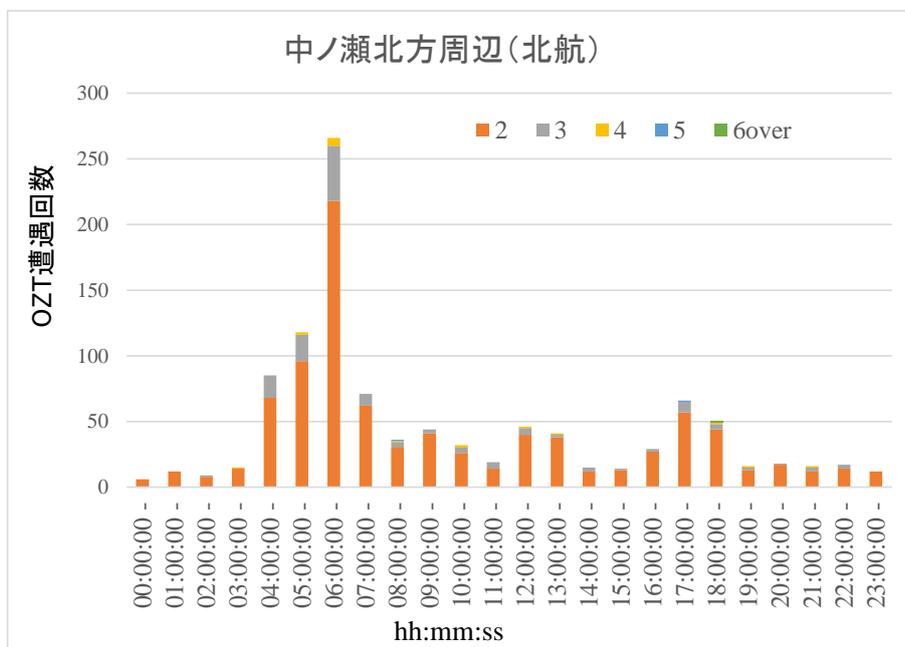


図 41 中ノ瀬北方周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

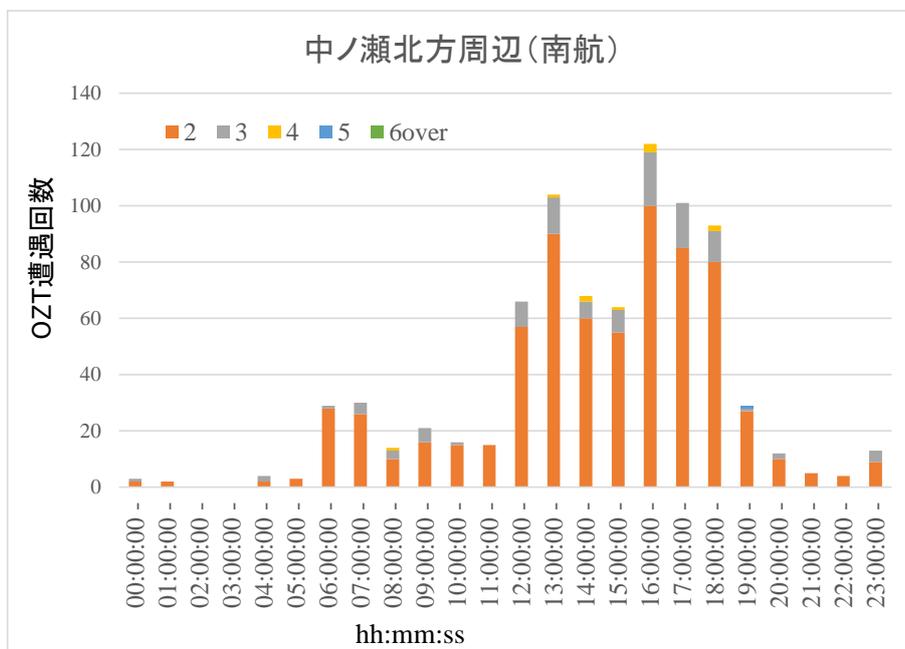


図 42 中ノ瀬北方周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.4 一航海当たりの OZT 遭遇状況

航行中に OZT に遭遇しやすい場所を把握するため、任意の船舶が入出港するときの一航海当たりに遭遇する OZT を解析した。図 43 から図 48 に、任意の船舶が入出港するときの一航海当たりでの OZT 遭遇の位置を示す。図 8 が示すように、東京湾に入る船舶の大部分が、東京港、川崎港もしくは横浜港、千葉港であることから、これらの港に向かって北航するときの状況とこれらの港から南航するときの状況での OZT 遭遇状況についてみる。なお、多重の OZT に遭遇する場所を把握するため、ここでは OZT 遭遇隻数が 5 隻もしくは 6 隻以上（図 23 から図 25 の(d)および(e)）であった船舶について分析した。表 1 に分析した船舶の情報およびゲートライン通過時間を示す。

表 1 分析した船舶の入港状況（OZT 多重遭遇した船舶）

	方向	入港した港名	MMSI	全長 (m)	船幅 (m)	船種	ゲートライン 通過日時(始点)
A 船	北航	東京港	477242600	144	23	貨物船	2016/03/02 03:52:24
B 船	北航	横浜港	354907000	98	18	貨物船	2016/03/31 03:58:29
C 船	北航	千葉港	431003074	110	17	タンカー	2016/03/31 04:09:31
D 船	南航	東京港	431002489	96	14	貨物船	2016/03/29 16:06:38
E 船	南航	横浜港	352154000	158	24	貨物船	2016/03/26 17:15:42
F 船	南航	千葉港	431401715	117	17	貨物船	2016/03/08 18:08:29

4.4.1 北航中に遭遇する OZT

A 船（東京港への北航）

朝の北航時の混雑時に通航しているため、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域まで、常時 OZT に遭遇している状況である。特に、浦賀水道航路と中ノ瀬航路内では、多重の OZT に遭遇している。なお、浦賀水道航路の南方海域から東京港に入港するまでの OZT 遭遇は、すべて同航船によるものである。

B 船（横浜港への北航）

朝の北航時の混雑時に通航しているため、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域まで、常時 OZT に遭遇している状況である。特に、浦賀水道航路内では、多重の OZT に遭遇している。なお、東京湾入口から浦賀水道航路の北端までの OZT 遭遇は、すべて同航船によるものである。浦賀水道航路を出た後は、主に同航によるものであり、反航船によるものがまれにある。

C 船（千葉港への北航）

朝の北航時の混雑時に通航しているため、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域まで、常時 OZT に遭遇している状況である。特に、浦賀水道航路と中ノ瀬航路内では、多重の OZT に遭遇している。なお、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域に至

る OZT 遭遇は、ほぼ同航の北航船によるものである。

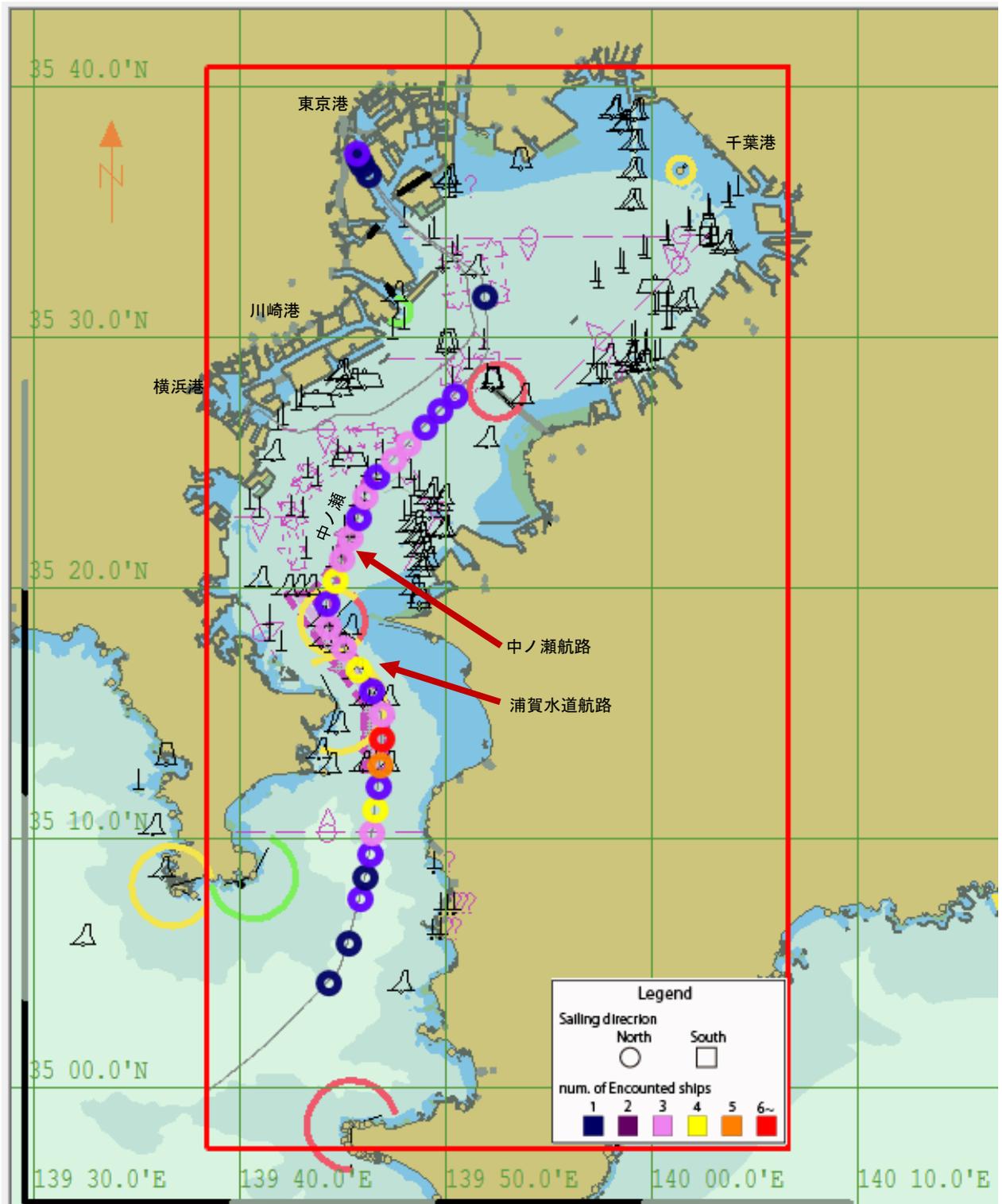


図 43 A 船についての OZT 遭遇位置 (東京港への北航)

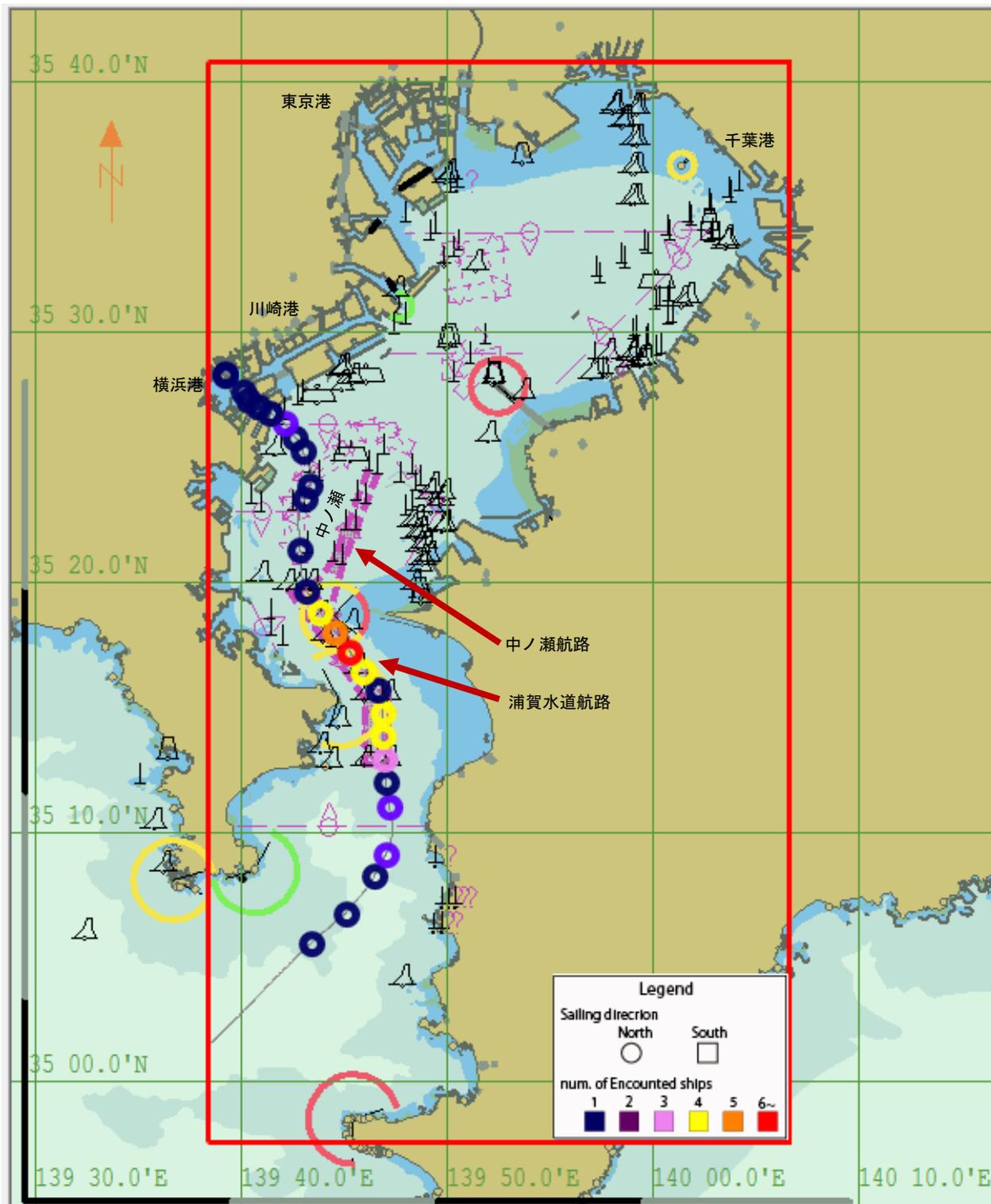


図 44 B 船についての OZT 遭遇位置 (横浜港への北航)

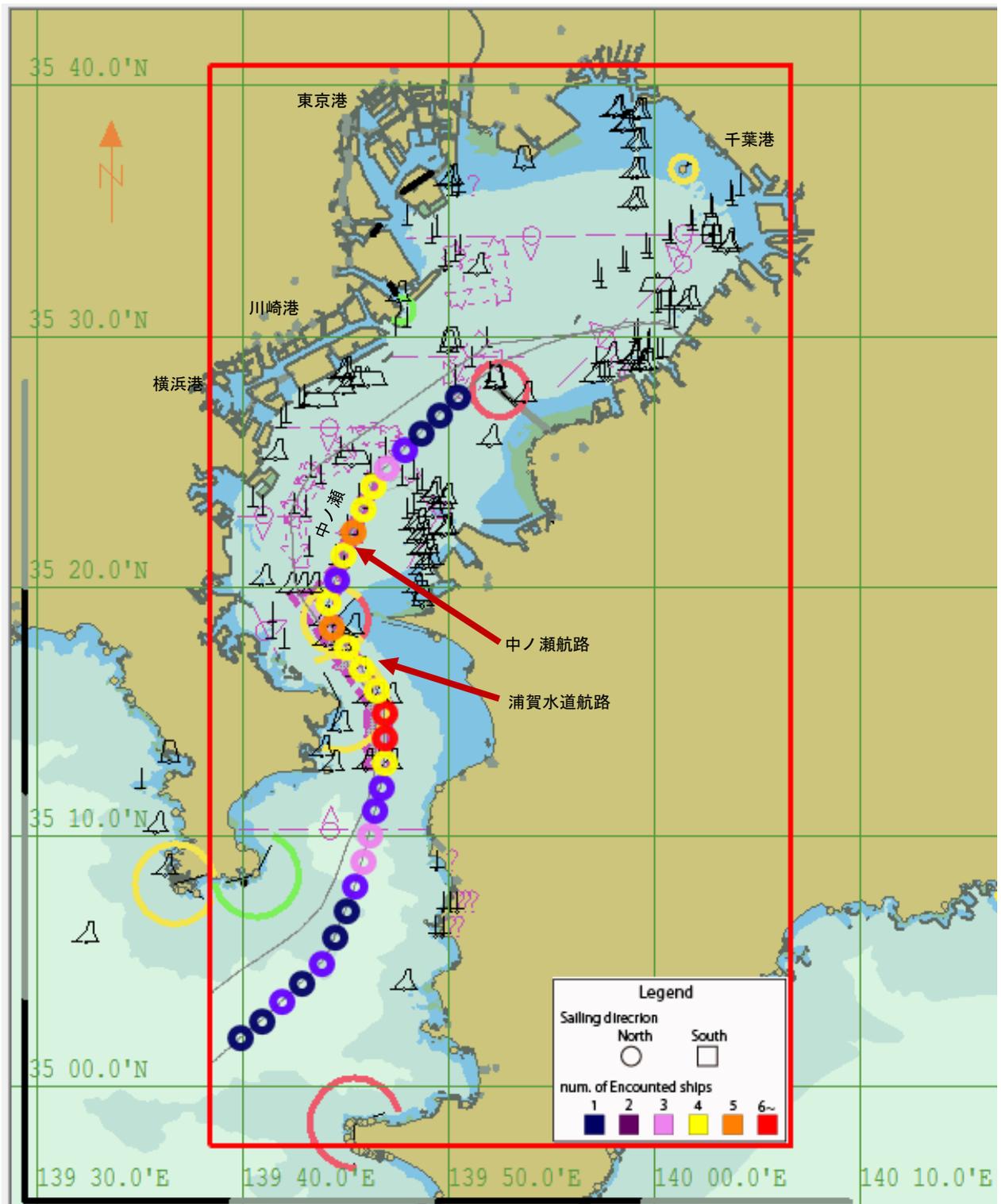


図 45 C 船についての OZT 遭遇位置 (千葉港への北航)

4.4.2 南航中に遭遇する OZT

D 船（東京港からの南航）

夕方の南航時の混雑時に通航しているため、中ノ瀬西方海域から浦賀水道航路の南端周辺まで、常時 OZT に遭遇している状況であり、ほぼ同航の南航船によるものである。

E 船（横浜港からの南航）

夕方の南航時の混雑時に通航しているため、中ノ瀬西方海域から浦賀水道航路の南端周辺まで、常時 OZT に遭遇している状況であり、ほぼ同航の南航船によるものである。とくに浦賀水道航路内においては、多重の OZT に遭遇している。

F 船（千葉港からの南航）

夕方の南航時の混雑時に通航しているため、中ノ瀬西方海域から浦賀水道航路の南端周辺まで常時 OZT に遭遇している状況であり、ほぼ同航の南航船によるものである。とくに浦賀水道航路内においては、多重の OZT に遭遇している。

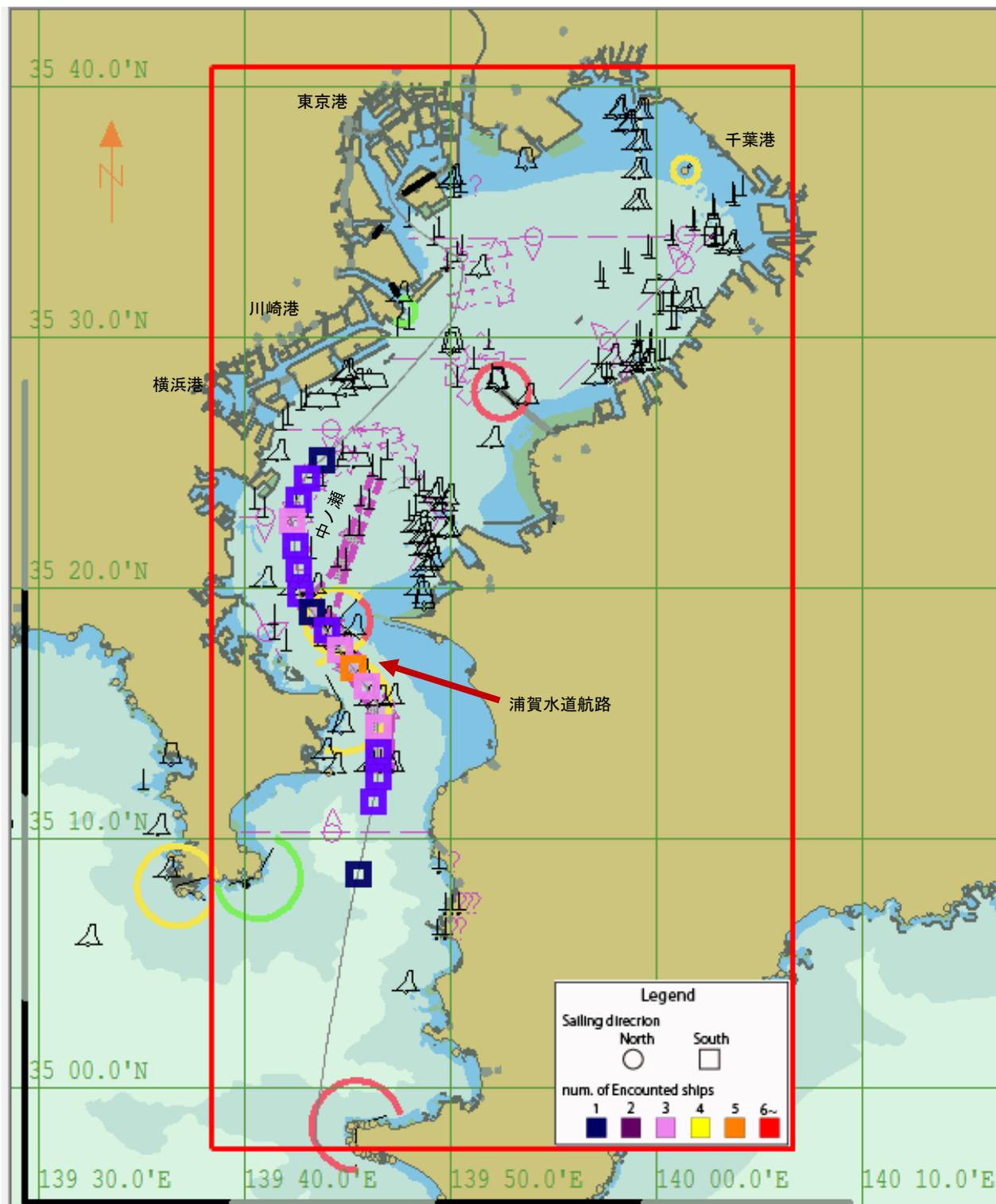


図 46 C 船についての OZT 遭遇位置 (東京港からの南航)

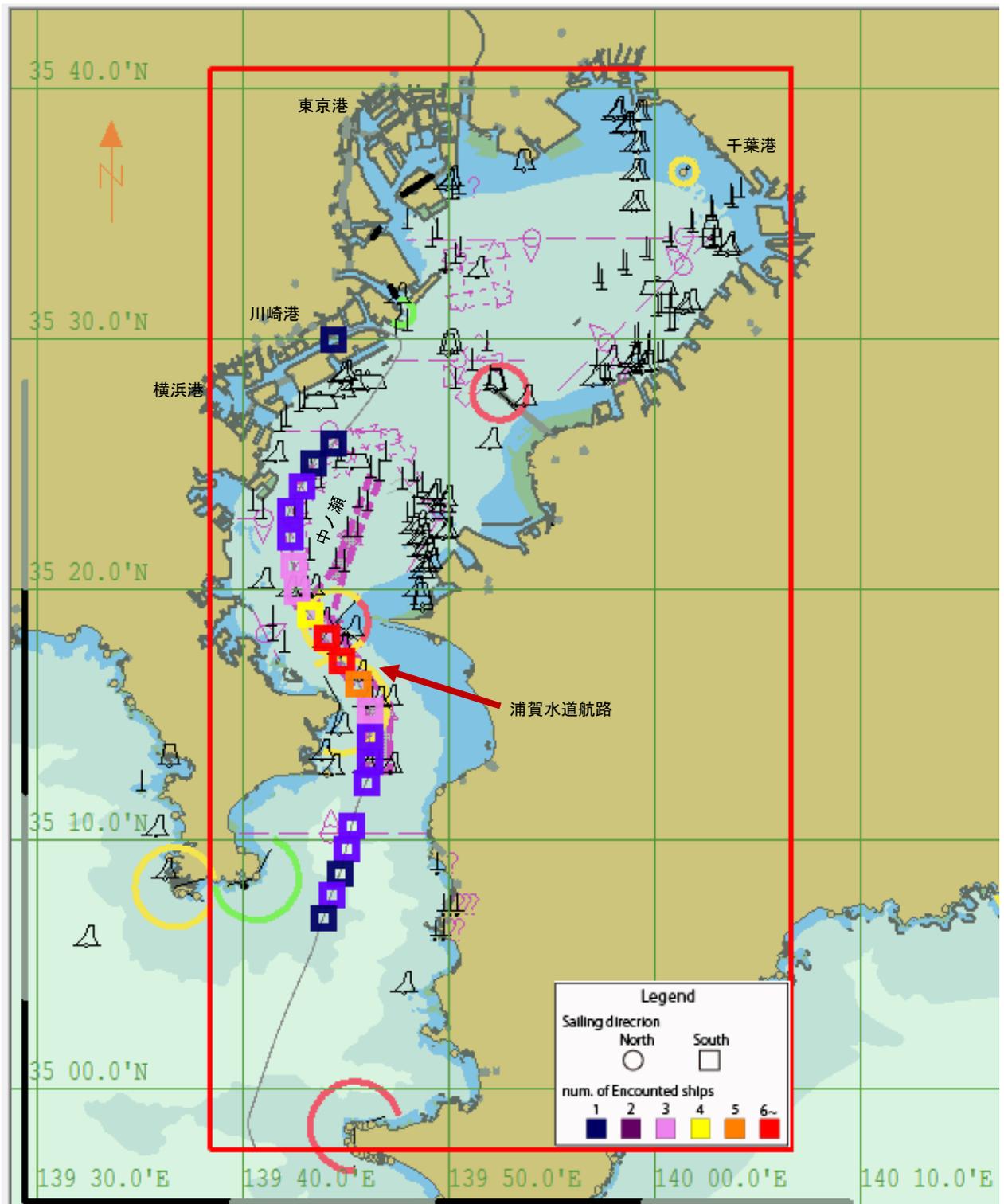


図 47 C 船についての OZT 遭遇位置 (横浜港からの南航)

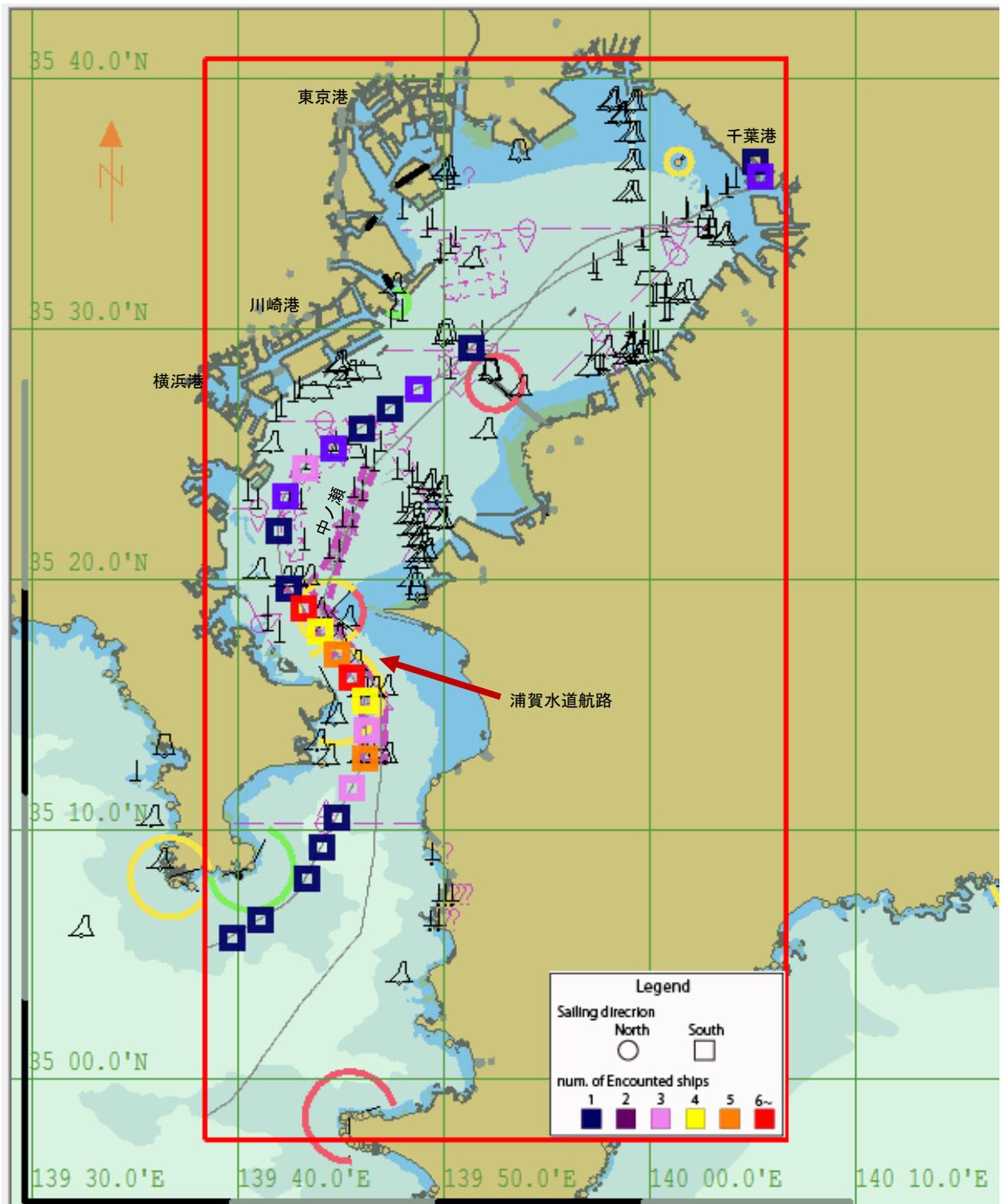


図 48 C 船についての OZT 遭遇位置 (千葉港からの南航)

6 まとめ

船舶交通が最もふくそうする東京湾を例に、OZT 手法を用いて海難発生の高蓋然性が高い海域の評価を行った結果を以下にまとめる。北航船と南航船の OZT が混在する場所は、南北方向の交通流の交差が生じることから多重の OZT 遭遇が発生すると予想されたが、実際にはほとんどの多重の OZT 遭遇は港内および航路内に限定されていた。これは、操船者が OZT の遭遇を避けて安全に操船した結果であると考えられる。しかしながら、南北方向の交通流の交差が生じることにより、操船者はあらゆる方向の船舶に注意を払う必要があるため、操船が困難であり危険が潜在的に存在していると言える。以下に OZT 遭遇が多い海域別に、その特徴と原因についての考察を示す。

なお、本調査では、海域全体を俯瞰することを目的としているため、見合い関係などの航行状況などによる影響については、海域を細かく分類して詳細に分析を行う必要がある。

全体的な傾向

基本的に船舶の交通量に比例して OZT 遭遇頻度が高いと言える。交通流の交差が生じる地点で多重の OZT が発生しやすく、その状況も同航船同士、反航船同士、同航船と反航船の交差など様々であると考えられる。湾中央の航路と各港を結ぶ中間の海域では、船舶の通航位置が航路ほど集中していないが、目的地に向けて最短距離となる進路を選択して航行するため必然的に類似する場所を航行することが多く、結果として OZT はある程度まとまった範囲に発生していると考えられる。

浦賀水道航路、中ノ瀬航路などの航路内

進行方向別に整流化されているが、追い越しの見合い関係により OZT が発生している。とくに船舶の通行量が多い時間帯には多重の OZT に遭遇することがあり、周囲の船舶との速力差が大きい場合は、減速して前を航行する船舶に付いていくことしかできず操船の自由度があまりない状況に陥る場合があると考えられる。

東京湾入口周辺の海域

房総半島に近い東側の海域では、外房に向かう南航船が浦賀水道航路を出てそのまま南航することになるため、北航船が南航船と反航する状況となり、北航船は同航と反航の両方による OZT に遭遇する状況があると考えられる。三浦半島に近い西側の海域を通過する北航船は、浦賀水道航路を出て南航する船舶との交差に加え、浦賀水道航路に入る北航船との同航による OZT に遭遇する状況があると考えられる。

東京港周辺の海域

東京沖灯浮標周辺では、北航船は千葉港と東京港からの南航船との交差することにより、北航船同士と南航船との交差による OZT に遭遇する状況があると考えられる。南航船は、東沖灯浮標の整流効果により、千葉港からの南航船との合流による OZT に遭遇していると考えられ、比較的注意が必要な方向は限定されていると考えられる。OZT の発生を抑制するためには、東京沖灯浮標の北東にロータリー方式を設定し、千葉港からの南航船と同航に近い状況で合流する交通流を生成することが有効と考えられる。

川崎港および横浜港周辺の海域

横浜港の入口を起点とする針路をとって航行する船舶が多く、それぞれの針路での交差が生じるため OZT が発生しやすく、同航船同士および北航船と南航船の交差による OZT と遭遇してい

ると考えられる。様々な方向の針路で航行する船舶が港の入口に集中しており、ほぼ全方位に注意が必要な状況と考えられる。OZT の発生を抑制するためには、横浜港の各航路を湾央に延長することや、鶴見航路と横浜航路の中間付近にロータリーを設置し、北航船と南航船の交通流が交差する状況を減らすことが有効と考えられる。

千葉港沖の海域

北航船と南航船の交差により OZT が発生しやすい場所が広範に渡っているが、その頻度はあまり高くないと言える。しかしながら、東京湾アクアラインの北側周辺では、東水路を出た直後に袖ヶ浦へ向けて変針する北航船と、袖ヶ浦を出て西水路に向かう南航船による交差が生じるため OZT が発生しやすいと考えられる。OZT の発生を抑制するためには、袖ヶ浦の各バースへのトランジットラインを設定して北航南航別に整流し、北航船と南航船の交通流が交差する状況を減らすことが有効と考えられる。

中ノ瀬北方周辺の海域

東水路および西水路の北側で北航船と南航船の交差が生じるため OZT が発生しやすく、北航船と南航船の交差と同航船同士によるもの OZT と遭遇していると考えられる。東水路および西水路の北端周辺および中ノ瀬航路の北端周辺では、北航船と南航船の OZT が混在する場所がありにほぼ全方位に注意が必要な状況と考えられる。OZT の発生を抑制するためには、東京沖灯浮標の北東にロータリー方式を設定し、千葉港からの南航船と同航に近い状況で合流する交通流を生成することが有効と考えられる。

7 参考文献

- 1) 今津隼馬, 福戸淳司, 沼野正義: 相手船による妨害ゾーンとその表示について, 日本航海学会論文集, 第 107 号, pp.191-197, 2002.
- 2) 今津隼馬: 衝突予測線と衝突危険、日本航海学会誌 Navigation, 第 186 号, pp.41-44, 2013.
- 3) 今津隼馬: 衝突針路を使った OZT 算出方法, 日本航海学会誌 Navigation, 第 188 号, pp.78-81, 2014.
- 4) 三宅里奈, 伊藤博子, 西崎ちひろ, 福戸淳司: 海上交通流シミュレーションシステムによる新しい航路指定の評価法の確立, 海上技術安全研究所報告, 第 16 卷, 第 3 号, 2017.
- 5) 東京湾海難防止協会: 東京湾の航行ガイド用リーフレット (Safety Tokyo Bay) , 2015.09.

資料 2 タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオ

日時	イベント	対応	排出油 残量(kl)
2001年 6月15日 0900	<p>事故発生</p> <p>[事故態様] シングルハルVLCC(26万DWT)と貨物船(9,000GT)との衝突</p> <p>[発生場所] 中ノ瀬北海域</p> <p>油流出開始 [流出油種] イラニアンヘビー</p>	<p>事故の第一報をうけ、航行制限及び航法指導の発動</p> <p>[航行制限] ・中ノ瀬・浦賀水道航路及び横浜・鶴見・川崎航路の航行制限 ・港域内の航行制限 ・事故現場付近海域の立入制限</p> <p>[航法指導] ・巨大船及び危険物積載船に対する航行自粛 ・北航船・南航船に対する航法 ・流出油防除作業と十分に距離の確保 ・火気使用の注意</p> <p>防除準備開始</p>	23,000
0930		<p>防除作業船艇集結開始 状況確認開始</p>	
1000		<p>防除作業開始 オイルフェンス展張 油回収作業開始(能力:油回収船 12隻+油回収装置 57基 524.3+1425.5=1949.8 kl/時)</p>	
1100	<p>油流出停止 流出総量:23,000 kl</p>		
1500	<p>(油蒸発量:4,600 kl)</p>	<p>航行制限の一部解除 (航行制限期間:6時間)</p> <p>継続: ・防除作業区域の立入制限 ・海交法航路の航行制限 (防除作業区域と重なるため)</p>	14,500
1800		<p>油回収作業中断 (油回収作業時間:8時間 回収量:3,900kl 効率25%)</p>	
6月16日 0500	<p>海岸漂着開始</p>	<p>油回収作業再開 海岸清掃作業開始</p>	8,152

1800	(海岸漂着量: 10 kl)	油回収作業中断 (油回収作業時間: 13 時間 回収量: 6,338 kl 効率 25%) 海岸清掃作業中断 (海岸清掃作業時間: 13 時間 清掃量: 10 kl)	
6 月 17 日 0500	(海岸漂着量: 10 kl)	油回収作業再開 拡散・処理作業開始 海岸清掃作業再開	1,204
1800		油回収作業終了 (油回収作業時間: 13 時間 回収量: 6,338 kl 効率 25%) 拡散・処理作業中断 (拡散・処理作業時間: 13 時間 処理量: 600 kl) 海岸清掃作業中断 (海岸清掃作業時間: 13 時間 清掃量: 10 kl)	
6 月 18 日 0500	(海岸漂着量: 10 kl)	拡散・処理作業再開 海岸清掃作業再開	594 (自然浄化)
1800		防除作業終了 (拡散・処理作業時間: 13 時間 処理量: 600 kl) (海岸清掃作業時間: 13 時間 清掃量: 10 kl) 航行制限の全面解除	

資料3 タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオを踏まえた直接的・間接的な社会経済影響

社会経済影響項目分類				影響発生の有無 (定量分析の可能性)
直接的 被害	A 船体損傷に係る損失	一次被害	船舶復旧費用 【船社】	事故船双方に船体損傷が発生する。
			修繕期間中の営業損失 【船社】	事故船双方について修繕期間中は営業損失が発生する。
			運賃損失 【船社】	積荷である原油が流出した VLCC で運賃損失が発生する。
		二次被害	事故船の用船料・売船量の 下落に伴う経済損失 【船社】	用船、売船の契約時に過去の事故歴、 修繕歴等が考慮され、契約額への影響が生じる可能性がある(契約金額はマーケットに大きく影響を受けること、また当該海難による影響がどの程度発生するか不明であることから定量分析は実施しない)。
	B 積み荷損傷に係る損失	一次被害	積荷流失に伴う損失 【荷主】	積荷である原油が流出した VLCC で積荷損失が発生する。
			二次被害	積荷損失に伴う生産活動等 における経済損失 【荷主】
		二次被害	積荷オイルコンタミネーション損失 【荷主】	破損タンクからの流出以外は発生していないことから当該損失は発生しない。
			その他の積荷損失 【荷主】	破損タンク以外に影響は及ばないことから、当該損失は発生しない。
	C 乗組員等に係る損失	一次被害	人的被害 【船社等】	船首部での衝突海難であることから人的被害は発生しない。
			二次被害	代替乗組員等の緊急確保に伴う費用【船社】
二次被害		事故船乗組員等の特別慰労休暇に伴う費用 【船社】	乗組員に対する特別慰労休暇等は付与されると想定されるが、具体的な費用算定が不可能であることから定量分析の対象外とする。	

		法的制裁、損害賠償等に伴う損失 【船社】	海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律における罰則規定に基づき罰金が課せられる。ただし、本調査では事故発生の原因まで詳細に設定していないことから定量分析の対象外とする。
D 事故船処理に係る損失	一次被害	事故船処理費用(サルベージ等) 【船社】	双方の事故船を揚げ荷や仮修繕のため最寄りの施設に曳航する費用が発生する。
	二次被害	修繕ドックまでの二次回航費用 【船社】	事故船双方とも修繕ドックまでの回航費用が発生する。修繕ドックの場所等により発生費用が異なることから、本調査では修繕ドックの場所想定まで設定しないことから定量分析の対象外とする。
		事故船処分費用 【船社】	事故船双方とも修繕可能であることから事故船処分費用は発生しない。
E 海洋汚染・海上火災に係る損失	一次被害	海洋汚染防除費用 【国、自治体等】	流出油に対する防除費用が発生する。
	二次被害	廃油等処分費用 【国、自治体等】	回収油は産業廃棄物として処理されるケースもあり廃油処分費用が発生する。
		防除作業の側面支援活動に伴う費用 【国、自治体等】	関係官公庁等の側面支援費用が発生する。但し、具体的な活動内容が十分に想定できないことから、定量分析の対象外とする。
		油濁被害予防措置に伴う費用 【国、自治体等】	関係官公庁等の油濁被害防除措置費用が発生する。ただし、具体的な活動内容が十分に想定できないことから、定量分析の対象外とする。
	一次被害	海上火災消火活動費用 【国、自治体等】	海上火災は発生しない。
	二次被害	焼損物等の処分費用 【国、自治体等】	海上火災は発生しない。
		消火活動の側面支援に伴う費用 【国、自治体等】	海上火災は発生しない。
類焼等に対する防火措置に伴う費用		海上火災は発生しない。	

			【国、自治体】	
		一次被害	沿岸施設汚損・焼損による損失 【港湾管理者、関連事業者】	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。 海上火災も発生しないことから、焼損による損失も発生しない。
		二次被害	施設被害回復までの営業損失 【港湾管理者、関連事業者】	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。
			沿岸施設の取水停止による損失 【関連事業者】	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。
			沿岸企業等における操業停止事業者に関わる各産業への波及損失	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。
間接的被害	F 港湾機能の停止に係る損失	一次被害	入出港待機にかかる費用 【船社】	航路閉鎖期間における入出港待機により遅延が発生する(滞船による営業機会の損失)
		二次被害	生産停止・低下に伴う損失 【荷主】	航路閉鎖が短時間であることから生産停止等までの影響は発生しない。
		三次被害	荷主企業に関わる各産業への波及損失 【関連事業者】	航路閉鎖が短時間であることから生産停止等までの影響は発生しない。
		一次被害	定期船の他港振替入港に係る費用 【船社】	6時間閉鎖(防除作業等の情報を適切に発信)であることから待機対応となることが想定され、他港振り替えによる費用は発生しない。
		二次被害	陸上振替輸送費用の発生 【船社等】	6時間閉鎖(防除作業等の情報を適切に発信)であることから待機対応となることが想定され、他港振り替えによる費用は発生しない。
		三次被害	港湾関連産業の営業損失	6時間閉鎖(防除作業等の情報を適切に発信)であることから待機対応となることが想定され、他港振り替えによる費用は発生しない(一時的に荷役体制はキャンセルされるが、最終的には本来の寄港地で揚げ積みされることから損失は発生しない)。

	二次被害	生鮮食料品等の無商品化に伴う損失の発生 【荷主】	航路閉鎖が短時間であることから、鮮度劣化までの影響は発生しない。
G 水産資源に係る損失	一次被害	漁業活動停止に伴う損失	休業期間中の水揚げ量が損失として発生する。
	二次被害	食材入手遅延による営業損失 【水産加工業者等】	休業期間中における食材調達が困難となり営業損失が発生する。ただし、水産加工業への被害波及過程が特定化できないことから定量分析の対象外とする。
	一次被害	施設の油污損に伴う損失 【漁業者】	流出油の拡散範囲内に漁網等が配置されていないことから、被害は発生しない。
	一次被害	漁場の油污損に伴う損失 【漁業者】	流出油の回収作業が迅速に行われること、また流出油の拡散範囲が水深の深い海域であることから、根付け被害等は発生しない。
	二次被害	風評被害に伴う営業損失 【漁業者、水産加工業者】	風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
	三次被害	風評被害解消PRに伴う費用 【漁業者、水産加工業者】	風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
H 海洋レジャー産業等に係る損失	一次被害	営業停止期間中の営業損失 【関連事業者】	流出油防除期間、作業海域に関わる営業損失が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
	二次被害	風評被害に伴う営業損失 【関連事業者】	風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
	三次被害	風評被害解消PRに伴う費用 【関連事業者】	風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
I 海上工事に係る損失	一次被害	工事の中断による遅延に伴う損失 【関連事業者】	流出油防除期間、作業海域に関わる海上工事が中断される可能性があるが、具体的な条件設定が困難（想定海難発生時と実際の工事箇所との関係がリンクしていな

				い)であることから、定量分析の対象外とする。
		二次被害	他の産業・企業への波及被害 【関連事業者】	流出油防除期間、作業海域に関わる海上工事が中断される可能性があるが、具体的な条件設定が困難(想定海難発生時と実際の工事箇所との関係がリンクしていない)であることから、定量分析の対象外とする。
	J 沿岸住民に係る損失	一次被害	人的被害 【地域住民】	流出油から発生するガスが陸域に到達した場合、地域住民に影響が生じる。ただし、その程度の状況が設定困難であることから、定量分析の対象外とする。

資料4 AIS を活用した取り組み

AIS は導入開始から 10 年以上が経過し、AIS データの蓄積や海上ブロードバンド通信環境の進展により、AIS 情報を活用したさまざまな取り組みが行われている。

1. 国際的動向

(1) e-Navigation

e-Navigation は、技術革新として陸上で普及している情報通信技術を海上、船舶にも導入し、船舶・陸上間通信による航行支援、レーダ・AIS 等の電子機器の利用の高度化などを図ることを目的とするもので、IMO (International Maritime Organization : 国際海事機関) において審議が行われ、2008 年(平成 20 年)に「e-Navigation 戦略」がまとめられた。

「e-Navigation 戦略」は、(1)ユーザーニーズの特定(2)システムの基本構成の構築(3)現状との差異(ギャップ)分析及び(4)リスク分析及び費用便益分析(妥当性の評価)のステップを経て構築されているが、具体的な計画ではなく、概念(コンセプト)という形であるため、現在、戦略を具体的に進めるための実施計画「e-Navigation 戦略実施計画」の策定が進められている。

① e-Navigation の定義

e-Navigation とは、海上における安全と保安及び海洋環境保護のため、すべての状況における航行とそれに関連する業務を向上させる電子的手段を用いた、船上及び陸上での海事情報の調和した(1)収集(2)統合(3)交換(4)表示及び(5)分析(サービスまたは機能)である。

② e-Navigation 戦略実施計画案

「e-Navigation 戦略実施計画案」は、「e-Navigation 戦略」の実施に向けた優先度の高い 5 つの解決策及び同解決策に基づく費用対効果の高い 7 つの具体的検討項目(リスク削減対策)であり、今後、具体的な方策案等が検討され、将来的には SOLAS 条約等の改正、航行支援機器の性能基準の作成等のさまざまな取り組みにつながっていくことになる。

資料 4-1 e-Navigation 戦略実施計画案

< 5 つの e-Navigation 解決策 >

- 1: 調和のとれた機能向上させたユーザーフレンドリーな船橋設計
- 2: 標準化し自動化された船舶通報の手段
- 3: 信頼性、回復性、正当性を向上した船橋機器及び航海情報
- 4: 通信設備からの情報のグラフィックス画面上への統合表示
- 5: 船舶交通サービス(VTS)のサービス群のための機能向上した通信機能

< 上記解決策に基づくリスク削減対策 >

- 1: ソフトウェア品質保証を含む航海情報と機器の統合
- 2: 船橋警報管理(Bridge alert management)
- 3: 航海機器への標準モードの組み込み
- 4: 自動化及び標準化された船舶通報(ship-shore reporting)
- 5: 信頼性と回復性を改善した船上の位置及び時刻決定(PNT)システム
- 6: 陸上からのサービスの向上
- 7: 船橋とワークステーションの配置の標準化

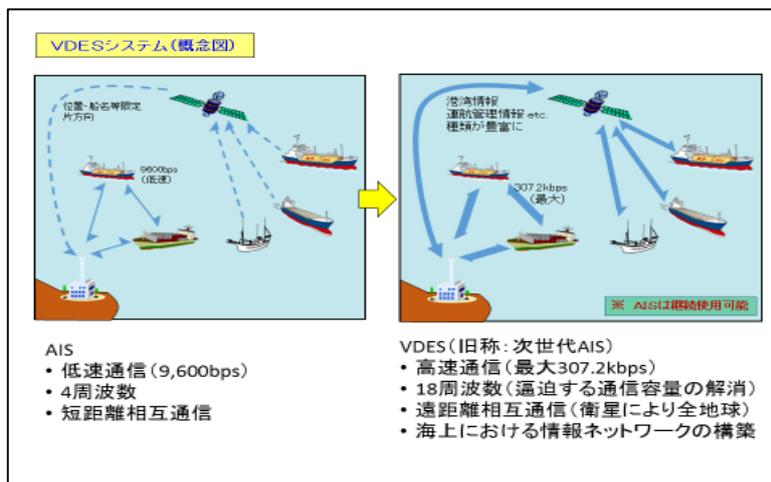
(2) VDES (VHF Data Exchange System) の開発

VDES は AIS の発展形としてより高速に大容量のデータ通信を実現するもので、電子海図表示装置を活用し、自船位置及び他船の情報を表示するのみでなく、陸上からリアルタイムに衝突や乗揚げを回避するための航行安全情報、気象海象などを伝送し、船舶動静を含む各種情報を当該海域の関係者が共有することにより、安全で効率的な船舶運航の実現を目指すものである。

AIS が使用する VHF 帯 (30MHz を超え 300MHz まで) の電波は、限られた周波数を有効に活用する観点から、25kHz 間隔で区切られチャンネルが割り振られている。AIS の普及が進んだ場合、割り当てられたチャンネルを同時に多数の船舶が使用することになるため混信のおそれがあり、また、現在の通信速度では多くの情報を高速に伝送するには物足りないことから、それを解決する新たなシステムとして VDES の開発が進められている。既存の AIS に加えて、決められた短文をやりとりする ASM (Application Specific Message) 機能と、さらに幅広く情報をやり取りするための VDE (VHF Data Exchange) 機能を組み合わせ、衛星回線を活用したデータ通信も行うことが想定されており、AIS の利用拡大に伴う通信容量の拡大や高速度通信等に対応することとされている。

わが国でも、VDES 開発に係る問題の解決に向け、国内外の専門家が研究成果の発表や意見交換を行うワークショップが開催されている。海上保安庁が 2012 年 (平成 24 年) 12 月、初めての会合を関係 6 か国から専門家 26 名を招いて開催して以降、2014 年 (平成 26 年) には第 2 回と第 3 回の会合が、2016 年 (平成 28 年) には IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouses Authorities : 国際航路標識協会) との共同開催という形で開催されており、VDES の性能基準について IMO に提案する文書及び ITU (International Telecommunication Union : 国際電気通信連合) に提案する技術要件の案について合意形成が行われている。

資料 4-2 VDES システム (概念図)



出典：海上保安庁

(3) 利用者に応じた AIS 情報の共有

カナダ、米国では利用者（申請者）の適正を判断した上で、AIS 情報を安全で効率的な運航支援情報として共有する制度が構築されている。

カナダでは海運業界からの要望もあり、現在使用し得る技術を統合し、信頼できる船舶運航管理を提供し、もって商業活動を支援するための包括的な船舶運航情報を活用することを目的にシステムの運用がなされており、船舶運航当局（政府）は経済活動に責任を有し、より多くの利用者に低価格でより良いサービスを提供することにより、船舶運航の能率改善を図っている。

一方、米国では、AIS 情報の提供に関して、データをレベル A～C に分類し、利用者及び利用の目的に応じて、フィルターをかけて提供する対応がとられている。

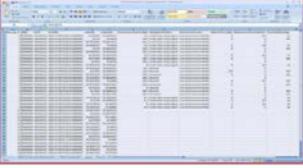
資料 4-3 カナダ、米国における AIS 情報の提供



カナダ沿岸警備隊は、VTSの情報を元に全船舶通航管理をINNAVシステムで実施

- ・船社、企業、研究者、軍と情報共有
- ・利用者に応じた情報を提供
- ・船舶位置、航海計画、動静予測の提供
- ・AIS/VHF/LRIT/ITVの情報を含む

【カナダ沿岸警備隊】



レーダーより良く見えます!!

米国沿岸警備隊は、航法センターから申込者にAISデータを配信

- ・申込者の身元確認/利用規約の確認
- ・リアルタイムAISデータの配信
- ・過去AISデータの配信
- ・AIS classA / classBの搭載促進

【米国沿岸警備隊】

出典：海上保安庁

(4) 自律航行船の開発

陸上交通では、環境問題の深刻化や運転者の高齢化、情報化など社会の変化から、安全・安心で環境にやさしいモビリティ社会の実現を目指して、自動運転技術の開発が進められており、試験車両による走行実験も開始された。

海上交通の分野においても、熟練船員が不足し技術の継承が困難な状況にあること、事故原因の約 8 割がヒューマンエラーにより発生している等の問題を抱えており、このような問題を解決する手段として、自律航行船の開発研究が欧州を中心に進められている。

自律航行船は、船舶の運航スタッフの負担を軽減し、安全運航を支援するために、おおまかな作業指示を与えると、詳細な手順を明示しなくても作業指示に従った行動を計画し、状況を認識・判断して作業を実行する機能を保有する船舶として考えられており、自動危険回避機能、避航操船支援機能、他船情報自動収集機能等の開発について研究・実験が行われている。いずれの機能にも AIS による船舶動静情報が重要な位置付けとなっている。

参考 4-4 自律航行のために開発されている機能

○自動危険回避機能 他船情報や電子海図情報と自船情報を基に危険を評価し、必要に応じて自動的に回避運動を行う機能
○避航操船支援機能 他船情報を分かりやすい形で表示するとともに、避航回避手順を示し、避航判断について支援を行う機能
○他船情報自動収集機能 AIS を搭載していない漁船や小型船を、船外ビデオカメラやレーダで自動補足する機能

参考 4-5 自律航行船の開発状況

	MUNINプロジェクト	DNV-GL	Rolls-Royce	AMOS
実施主体	EUの研究開発支援パッケージであるFP7の一環 ドイツ、ノルウェー、スウェーデン、アイスランドの研究機関、大学、企業	DNV-GL (ノルウェー、ドイツ)	Rolls-Royce (イギリス)	AMOSセンター (ノルウェー 科学技術大学に設置)
内容	船上の自動判断システムを主体として、陸上からの遠隔操作を補助システムとする自律船(大洋航海)の研究 予算: 380万ユーロ うちEU支援290万ユーロ	ノルウェー沿岸の物流を担う完全自律船	内海(バルト海のような)を航行するドローン船の開発(陸上の仮想船橋から一人の船長がいくつかの貨物船を操縦)	自律操船の研究
目的	・交通量の増加、拡大する環境への対応、将来的な船員の不足等の克服 ・船員が家族から離れて過ごす時間を減らすことにより船員職業の社会的持続性を確保	・運航コスト削減 ・海上輸送中の死亡者数減少(ヒューマンエラーの低減)	・運航にかかる人員を削減することで運航コストを削減 ・船員が海上で長い期間を過ごすことと比較して、よりよい生活の質の提供	自律操船の研究
期間	2012年9月1日～2015年8月31日	(不明)	・2020年代前半に沿岸航行船 ・2030年代前半に大洋航海自律船	2012年～

出典：国土交通省海事局

2. 国内における動き

(1) 航路標識 AIS

AIS 信号所は、電波により気象条件に左右されることなく標識の位置情報などを船舶に提供できることから、霧の発生などで灯台の所在が分からないというようなことがなく、安全な航海に非常に有効であるとして、IALA 及び ITU において勧告がなされ、国際的に航路標識と認められた。わが国では平成 25 年 9 月、国内事業者が福島県沖の洋上風力発電施設に初の AIS 信号所を設置している。

海上保安庁においても参考 4-6 に示すように、7 箇所の灯浮標に AIS 信号所を整備しており、標識の位置情報に加えて、当該灯浮標で観測した風向、風速及び波高の情報を、船舶が実際に航行する洋上における気象現況として情報発信している。

さらに、これまでは水深が深い等の理由により、実際に標識を設置することが困難であった場所に、AIS 信号を活用して擬似的に標識が実在するかのように航海計器に表示させる AIS 仮想航路標識を伊良湖水道航路、明石海峡航路等において 3 基設置しており、更なる活用について検討を進めている。

参考 6-6 海上保安庁における AIS 信号所の整備状況



出典：海上保安庁

