

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1197

March 2022

AISデータを用いた2019年台風15号時の 東京湾内船舶の避泊実態に関する分析

篠永龍毅・安部智久

Analysis of Actual Harborage Behavior of Ships in Tokyo Bay
during Typhoon No.15 of 2019 Using AIS Data

SHINONAGA Tatsunori, ABE Motohisa

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

AISデータを用いた2019年台風15号時の 東京湾内船舶の避泊実態に関する分析

篠永龍毅*・安部智久**

要 旨

近年記録的な強風を伴った台風が日本付近を通過する傾向にあり、特に2019年台風15号は東京湾を通過し多くの船舶が走錨したとの指摘がされている。今後強大化する可能性がある台風への対策のための参考資料を提供することを目的として、本研究ではAIS（船舶自動識別装置）データを用いて2019年台風15号通過時の東京湾における船舶の錨泊状況や挙動を分析した。

キーワード：2019年台風15号，東京湾，AIS，避泊，走錨

* 港湾研究部 港湾計画研究室 研究官

** 港湾研究部 港湾計画研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail：ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

Analysis of Actual Harborage Behavior of Ships in Tokyo Bay during Typhoon No. 15 of 2019 Using AIS Data

SHINONAGA Tatsunori*
ABE Motohisa**

Synopsis

In recent years, typhoons with record-breaking winds have tended to pass near Japan. In particular, Typhoon No. 15 in 2019 directly hit Tokyo Bay, and it was reported that a number of vessels were affected by its very strong wind. Even more typhoons with such strong winds are expected in the future. In order to provide useful information for countermeasures against such strong typhoons, this study aims to examine actual vessel behavior, including mooring harborage, based on AIS (Automatic Identification System) data in Tokyo Bay during Typhoon No.15.

Key Words: Typhoon, Tokyo Bay, AIS, Mooring Harborage, Anchor Dragging

* Researcher of Port Planning Division, Port and Harbor Department

** Head of Port Planning Division, Port and Harbor Department

National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-844-5019 Fax : +81-46-842-9265 e-mail : ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

目 次

1. はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 本研究の目的	1
1.3 本資料の構成	1
2. 使用データ	1
2.1 船舶動静データ	1
2.2 風向・風速データ	1
3. 台風に係る基本データ	2
4. 避泊に関する分析	2
4.1 港長による避難勧告	2
4.2 東京湾全体の避泊状況	3
4.3 東京湾内各海域の避泊状況	9
5. 走錨に関する分析	17
5.1 走錨船舶の分布状況	17
5.2 走錨船舶の航跡詳細	21
5.3 必要水域規模に関する基本的考察	28
6. まとめ	28
参考文献	29

1. はじめに

1.1 背景

近年、台風の大規模化等により災害が激甚化しており、2018年に関西国際空港連絡橋への走錨船衝突事故が発生する等、港湾構造物等への被害が懸念されている。2019年9月9日未明、台風15号が関東地方に上陸し、三浦半島、東京湾、千葉県を通過して、強風による住宅損壊等の被害が生じるとともに、横浜港臨港道路に走錨船が衝突し、橋梁が損壊して通行ができなくなる事態が発生した。このような事態を受け、今後、港湾やその周囲における被害防止のための対策が求められるところであり、国土交通省港湾局が設置する有識者委員会「港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策」の最終とりまとめ¹⁾においても、走錨現象等への対策について言及され、港湾施設の防御やリアルタイムでの船舶モニタリングの重要性等が提言されている。

1.2 本研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、記録的な強風を伴った2019年台風15号の東京湾通過時における船舶の避泊及び走錨の実態を、AIS（船舶自動識別装置）データを用いて分析する。これにより荒天時の東京湾での避泊船舶の分布・特徴や、船舶の航跡・挙動を把握し、今後の防災対策や水域施設をはじめとする港湾の整備・運営に資する参考資料を提供することを目的とする。

1.3 本資料の構成

以下本資料では、第2章にて研究に使用したデータ、第3章にて分析の対象とした2019年台風15号の基本データ、第4章にて避泊実態に関する分析、第5章にて走錨実態に関する分析、第6章にまとめを示す。

2. 使用データ

2.1 船舶動静データ

船舶の避泊実態分析については、AISデータを使用し、台風15号が東京湾を通過した日の湾内全船舶を対象として分析を行った。AISとはAutomatic Identification System（船舶自動識別装置）の頭文字をとったもので、「1974年の海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS条約）」により、国際航海に従事する300総トン以上の全ての船舶、全ての旅客船、国際航海に従事しない500総トン以上の貨物船に対し搭載が義務付けられているが、その他の船舶へのAISの搭載は任意である。こ

のため、本研究により動静が把握可能な船舶は、AISを搭載しデータを発信している船舶のみであり、特に小型船舶はAISを搭載していない場合が多く、本研究の分析では全数が捕捉されていないことに留意が必要である。

2.2 風向・風速データ

風向と風速について気象庁が公表しているデータを以下に示す。図-2.1～図-2.3は、2019年台風15号の通過前後の横浜、羽田、千葉の平均風速・風向データである。3地点とも台風が通過したと推定される時間帯に風向きが急激に東から西へ変化している。羽田、千葉においては風速が一時的に弱まっており、付近を台風の目が通過したことが推察される。

最大瞬間風速は、千葉で57.5m/sを観測している。



図-2.1 風向・平均風速（横浜）



図-2.2 風向・平均風速（羽田）

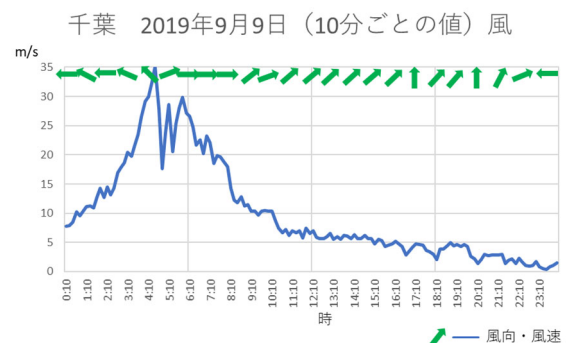


図-2.3 風向・平均風速（千葉）

3. 台風に係る基本データ

本研究の対象としている台風は正式名称を「令和元年台風第15号」といい(別名:令和元年房総半島台風),首都圏に上陸して大きな被害をもたらした。この台風は同年9月5日に南鳥島近海で発生し,9月9日午前3時に「強い」勢力(中心気圧960hPa,最大風速40m/s,強風半径170~220km,暴風半径70~90km)で三浦半島に上陸した。この台風の衛星画像を図-3.1に示す²⁾。台風はその後東京湾を縦断し,午前5時に千葉市付近に再上陸,茨城県南部を通過して午前8時に太平洋へ抜けるという,図-3.2に示す経路を辿った²⁾。

最大風速については,東京都神津島村が最も強く43.4m/sを記録した。また千葉市で35.9m/s,羽田で32.4m/s,館山市で28.4m/sとなっており,これらを含む19地点で観測史上の1位を記録した。それに伴い,千葉県内で住宅の屋根が損壊する等の被害が多数生じた。

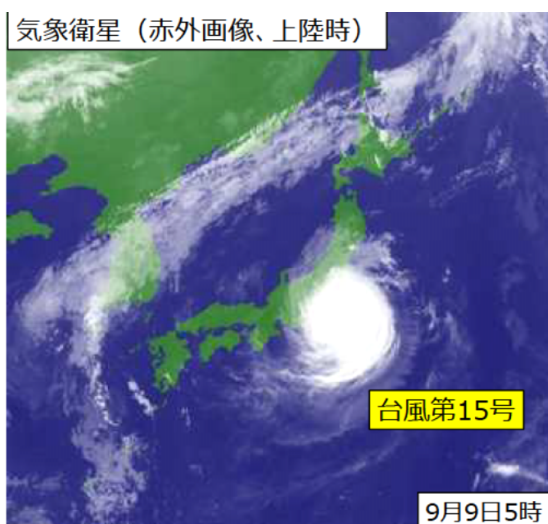


図-3.1 台風15号の衛星画像²⁾

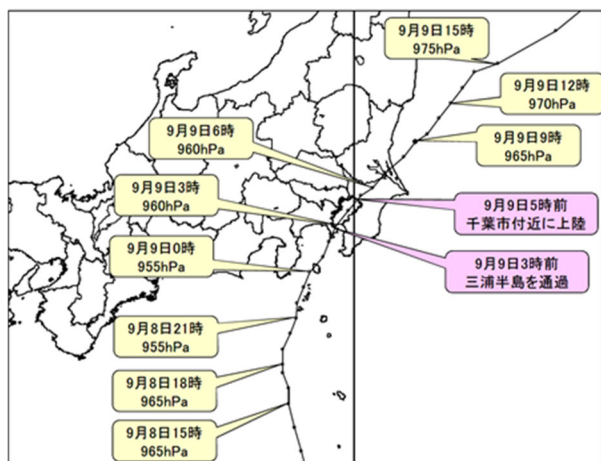


図-3.2 台風経路図²⁾

4. 避泊に関する分析

4.1 港長による避難勧告

異常な気象又は海象,海難の発生その他の事情により特定港内において船舶交通の危険を生ずるおそれがあると予想される場合に,港則法に基づき港長が船舶に対し避難等の勧告を行うことができる。一例として,京浜港長が台風時に京浜港(横浜区・川崎区)の船舶に対して行う勧告の概要³⁾を表-4.1に示す。台風15号の東京湾襲来時に,港長が東京湾内各港の船舶に対して勧告発令を行うことを発表した日時,勧告発令日時及び解除日時について,表-4.2に示す。

表-4.1 港長による勧告の概要

勧告の別	発出基準	対象及び執るべき措置(概要)
第一警戒体制(準備体制及び走錨対策強化)	1 強風域が到達する概ね4時間前 2 東京湾で最大風速40m/s以上の暴風が予想される場合は,強風域が到達する概ね14時間前	○在港船舶は荒天準備。 ○荷役中止基準を厳守。 ○在港錨泊船は,VHF16chを継続聴守,船橋当直の増員配置,錨鎖の適切な伸出量の確保,AISの作動維持,要すれば機関のスタンバイ等。 ○走錨対策強化海域錨泊船は,要すれば機関及びスラスタを起動し,LNGシーバース等への衝突を防止。 ○在港係留船舶は,岸壁の避難基準に従い,港外避難準備。 ○曳船との連絡体制を確立すること。
第二警戒体制(避難体制及び走錨対策強化)	1 暴風域を伴う強風域が到達する概ね2時間前 2 東京湾で最大風速40m/s以上の暴風が予想される場合は,強風域が到達する概ね12時間前	○荒天準備と厳戒な警戒体制。 ○避難対象船舶(総トン数1,000トン以上の危険物積載タンカー,高乾舷船,風浪から比較的速へいされるバース以外のバースに係留している総トン数1,000トン以上の船舶)は,原則として防波堤外に避難。 ○避難対象船舶以外の船舶は河川・運河その他の安全な場所へ避難。 ○木材・作業用資器材の流出防止措置を完了。 ○走錨対策強化海域錨泊船は,走錨海難防止対策を徹底し,走錨の早期検知及び早期解消に努めるとともに,要すれば機関及びスラスタを起動し,LNGシーバース等への衝突を防止する。

表-4.2 勧告等発表及び発令日時

港名	第一警戒体制		第二警戒体制		解除日時
	発表日時	発令日時	発表日時	発令日時	
京浜港横浜・川崎区	9/7 18:30	9/8 9:00	9/7 18:30	9/8 11:00	9/9 8:45
京浜港東京区	9/8 8:00	9/8 9:00	9/8 10:30	9/8 11:00	9/9 9:30
木更津港	9/8 9:00	9/8 12:00	9/8 9:00	9/8 14:00	9/9 10:30
千葉港	9/8 10:00	9/8 12:00	9/8 10:00	9/8 14:00	9/9 10:30

4.2 東京湾全体の避泊状況

(1) 東京湾内の全体的な避泊動向

図-4.1～図-4.6に東京湾の錨泊位置（船舶の航跡）を時系列で示す。避泊船舶の密度は、東京港から千葉港にかけての海域がもっとも多くこの傾向は台風通過後まで変わらない。

東京湾中央の点線は巡視船1隻、PCC船1隻、RORO船2隻による航跡である。アクアラインをまたいで夜通し航行している。巡視船以外の船舶は水域の混雑、または風速が大変強くなることが予想されたことにより、敢えて錨泊しない選択したものと推測される。特に風圧面積の大きい船種や減載船は錨泊のリスクが高い。

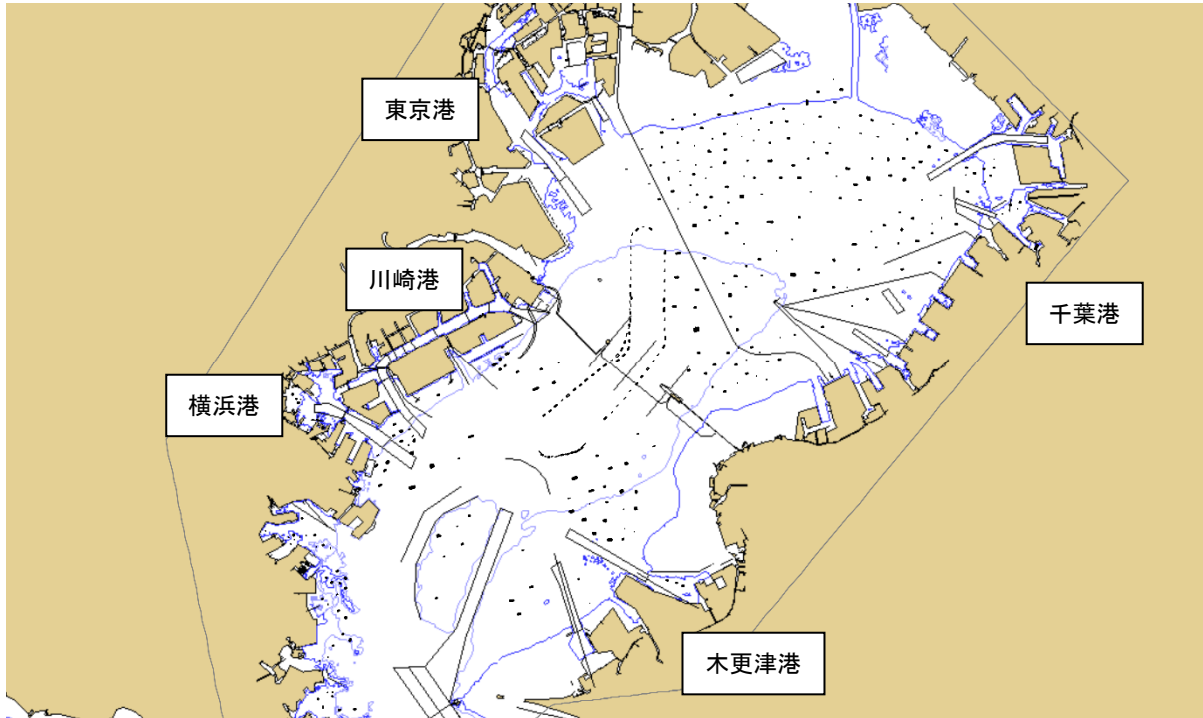


図-4.1 9月9日 0:00-0:20の船舶の航跡

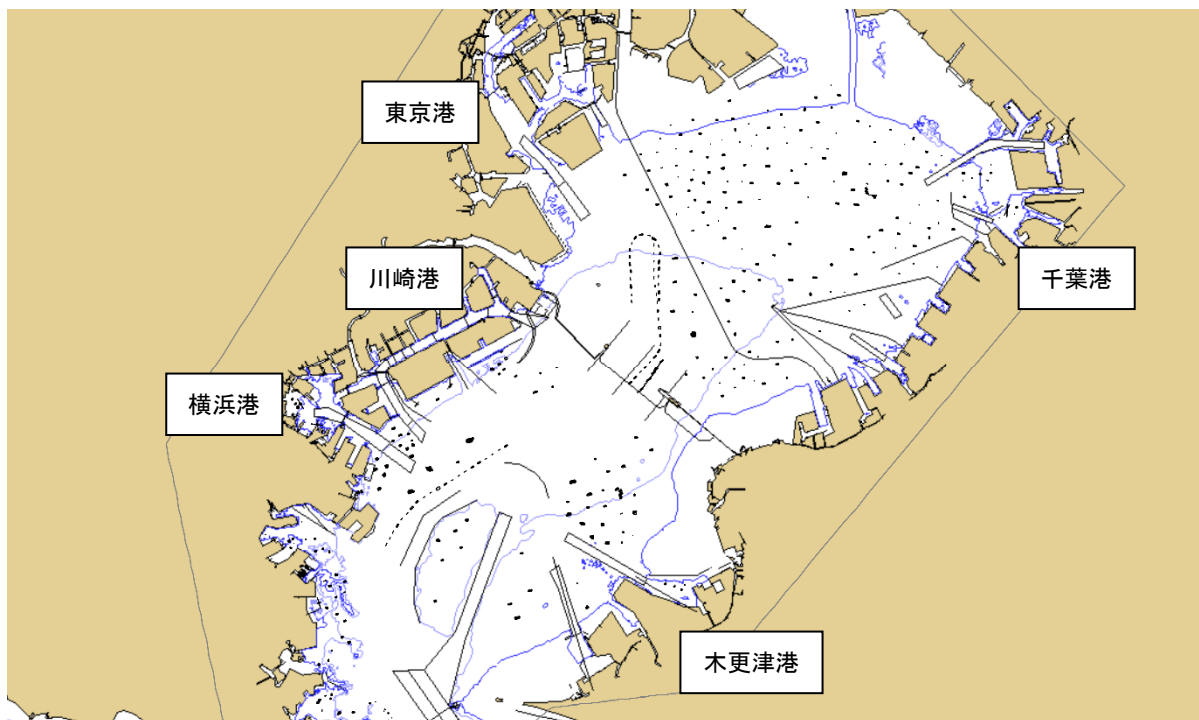


図-4.2 9月9日 1:00-1:20の船舶の航跡

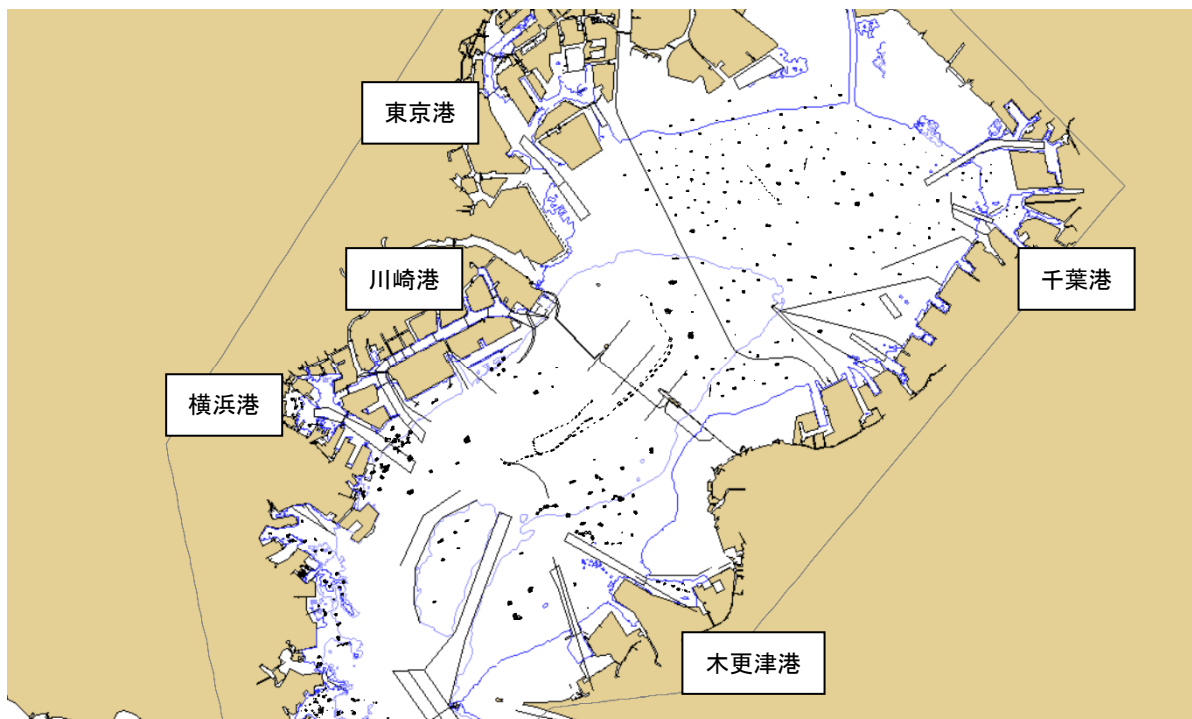


図-4.3 9月9日 2:00-2:20 の船舶の航跡

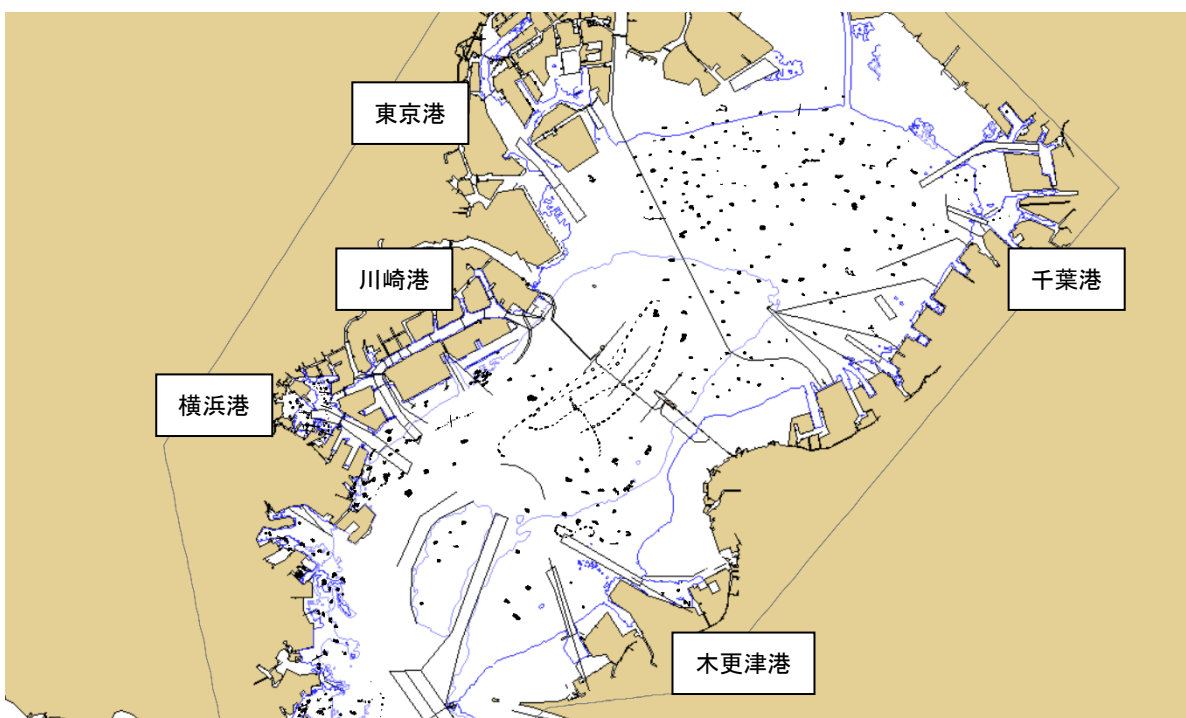


図-4.4 9月9日 3:00-3:20 の船舶の航跡

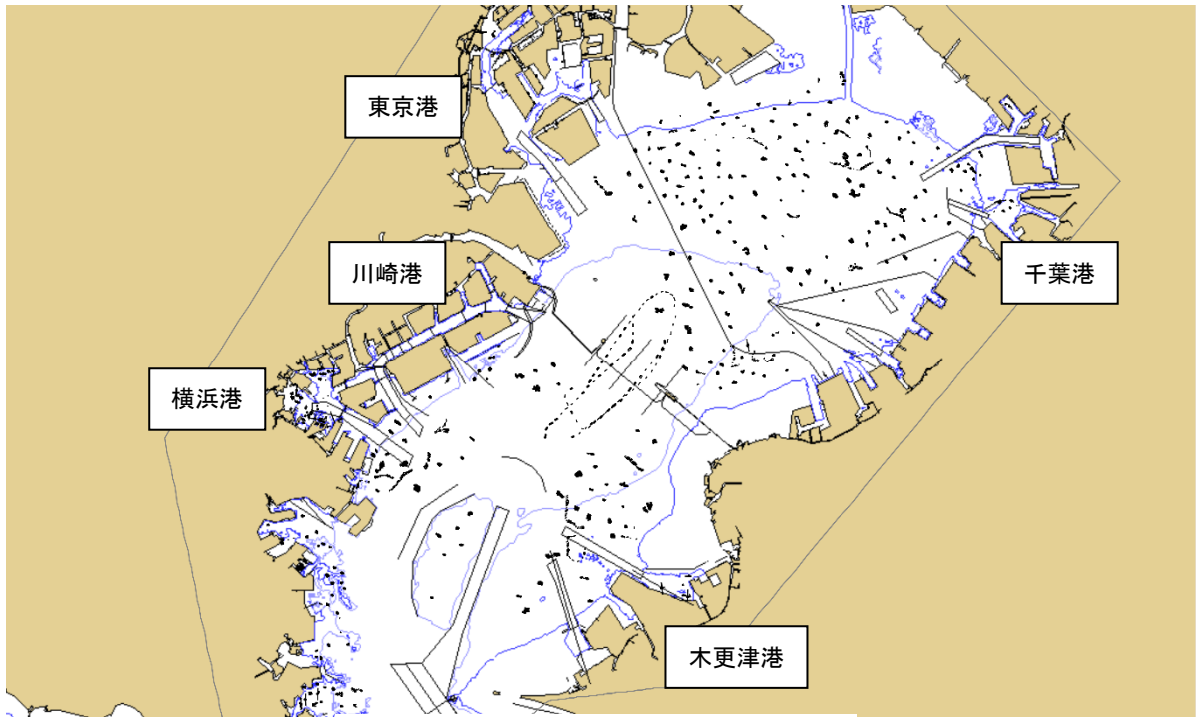


図-4.5 9月9日 4:00-4:20 の船舶の航跡

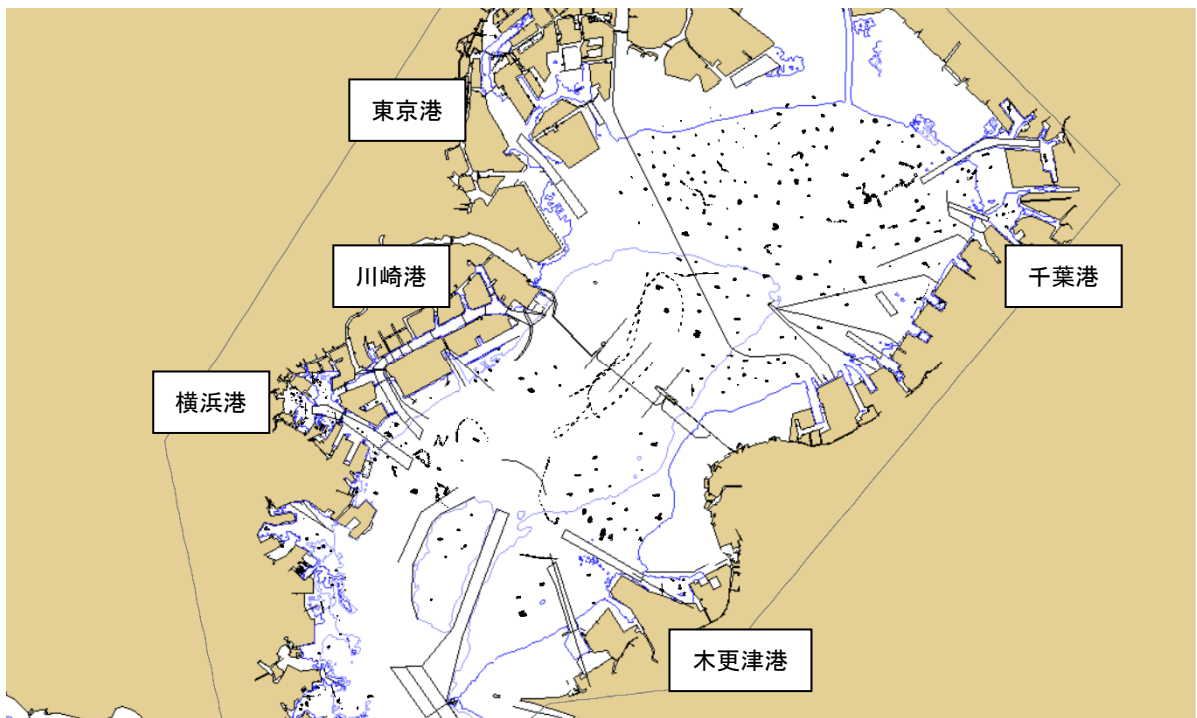


図-4.6 9月9日 5:00-5:20 の船舶の航跡

一方、各々の船舶を示す点の大きさは台風接近時（特に3時～4時にかけて）に大きくなる傾向にある。これは航跡を描いた同じ20分間の時間帯でも船舶が強風によってより大きく移動したためである。

(2) 東京湾内の出入船舶数の推移

東京湾に出入する船舶の隻数を、図-4.7に示す。この隻数は東京湾口での出入隻数を把握することにより推計したものである。台風上陸（午前3時）の約12時間前から通過後約5時間程度までは入出湾する船舶はなく、航行活動に影響が出ていたことが分かる。

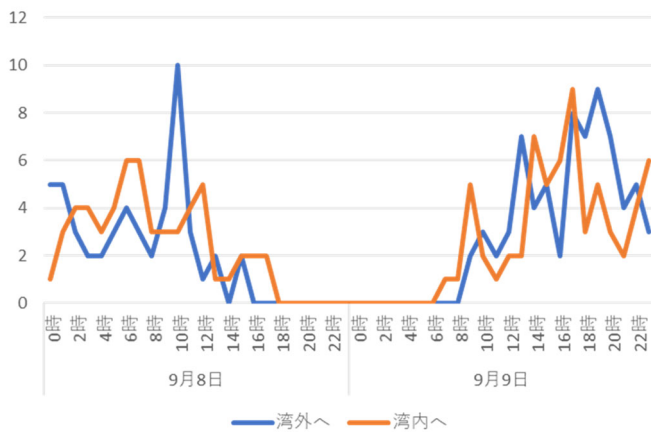


図-4.7 東京湾に出入りする船舶隻数の推移

また、図-4.8～図-4.10に示すとおり、出入隻数を全長別に分けることで、船舶の規模による入出湾の傾向を分析した。小型・中型の船舶が台風通過前に入湾し台風通過後に出湾している（大型の船舶はその逆）傾向が見られた。大型の船舶については台風通過時に東京湾内で十分広い錨泊水域が確保できないことを想定し台風通過前に湾外へ退避したものとみられる。

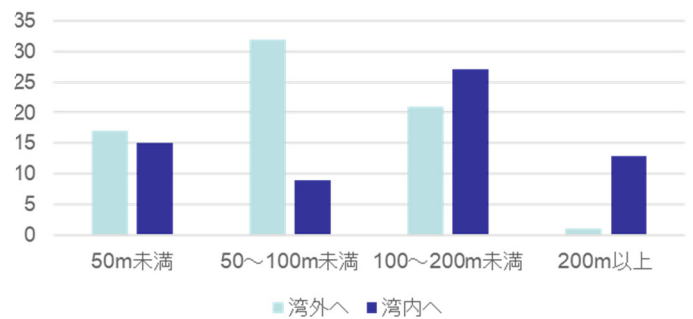


図-4.9 全長別の出入湾船舶隻数（9月9日）

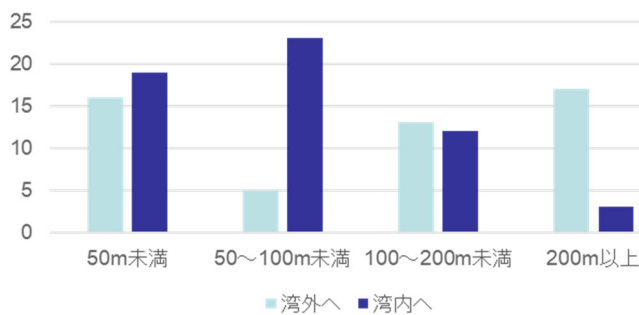


図-4.8 全長別の出入湾船舶隻数（9月8日）

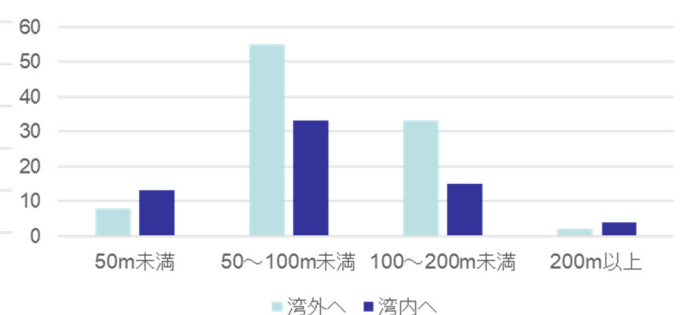


図-4.10 全長別の出入湾船舶隻数（9月10日）

(3)過去の台風との比較

リスクが相対的に高い大型船舶（ここではDWT 30,000t 以上）及び危険物船舶の東京湾内の隻数を、過去に東京湾に接近した3回の台風時と比較したのが表-4.3と図-4.11である。

今回の台風では、過去の台風時に比べ避泊していた大型船舶の船舶隻数が少ない。台風の規模、進路予想から危険と判断し事前に湾外へ避難したためと推測される。

また危険物船舶について、DWT5,000t未満の船舶隻数は、過去の台風と同じ程度であるが、DWT5,000t以上の船舶隻数は過去の台風と比べ少ない。DWT5,000t未満の船舶が係留ないしは錨泊で台風に対応することが多い。他方DWT5,000t以上の船舶は錨泊で台風に対応することが一般的であるが、通常以上の強風や湾内の混雑を避けるため湾外へ避難したものがあつたと推測される。

図-4.12～図-4.13に過去の台風（2011年台風15号）との避泊場所の比較を示す。以下に示す共通の傾向がみられた。

- ・危険物船舶は、東京港～千葉港にかけて多い。
- ・東京港～千葉港の船舶群は、この海域の中央部に大型の船舶が錨泊する傾向にある。
- ・川崎港～横浜港の海域と木更津沖においても大型船舶、危険物船舶が錨泊している。
- ・横須賀港、中ノ瀬付近にはこれらの船舶はみられない。

一方で過去との相違もみられた。今回の台風では木更津港の西側に大型バルク船が3隻錨泊していた。また東京港～千葉港で錨泊する大型船舶の船型が過去と比較しやや小型になっていた。大型危険物船舶は、いなかった。

表-4.3 大型船舶・危険物船舶の東京湾内の船舶隻数

		2019年台風15号		2018年台風24号		2012年台風4号		2011年台風15号	
		30,000t以上 100,000t未満	100,000t以上	30,000t以上 100,000t未満	100,000t以上	30,000t以上 100,000t未満	100,000t以上	30,000t以上 100,000t未満	100,000t以上
大型船舶	DWT								
	バルク船	10	1	14	5	8	3	8	3
	複合化学物質・油槽船					1		3	
	原油タンカー					1			1
	プロダクトタンカー			1		2		3	1
	コンテナ船	3		5		3		3	
	合計	13	1	20	5	15	3	17	5
危険物船舶	DWT	5,000t未満	5,000t以上	5,000t未満	5,000t以上	5,000t未満	5,000t以上	5,000t未満	5,000t以上
	鉱石・油槽船					1			
	LNG船				1	1			
	LPG船	19		10	1	24	2	24	3
	アスファルトタンカー	1	1	4		3		2	
	パンカリングタンカー	1				1		1	
	ケミカルタンカー	15	3	17	7	17		14	2
	複合化学物質・油槽船	11	1	8		10	5	14	5
	原油タンカー						1		1
	プロダクトタンカー	25	6	26	11	41	12	40	12
	タンカー	1		1	1	1			1
	合計	73	11	66	21	99	20	95	24

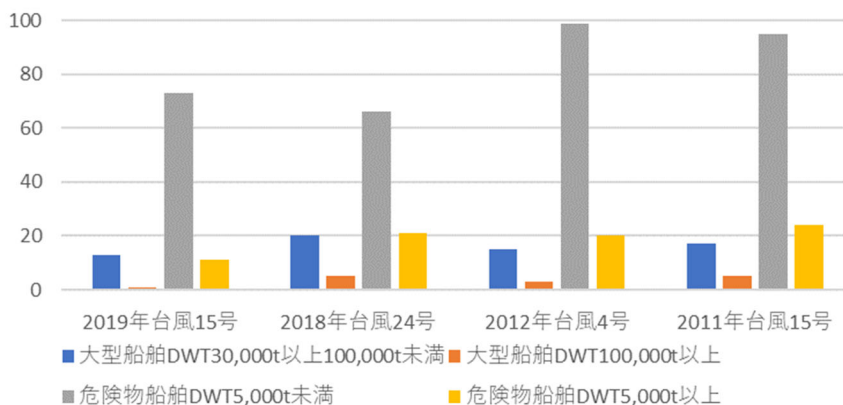


図-4.11 大型船舶・危険物船舶の東京湾内の船舶隻数

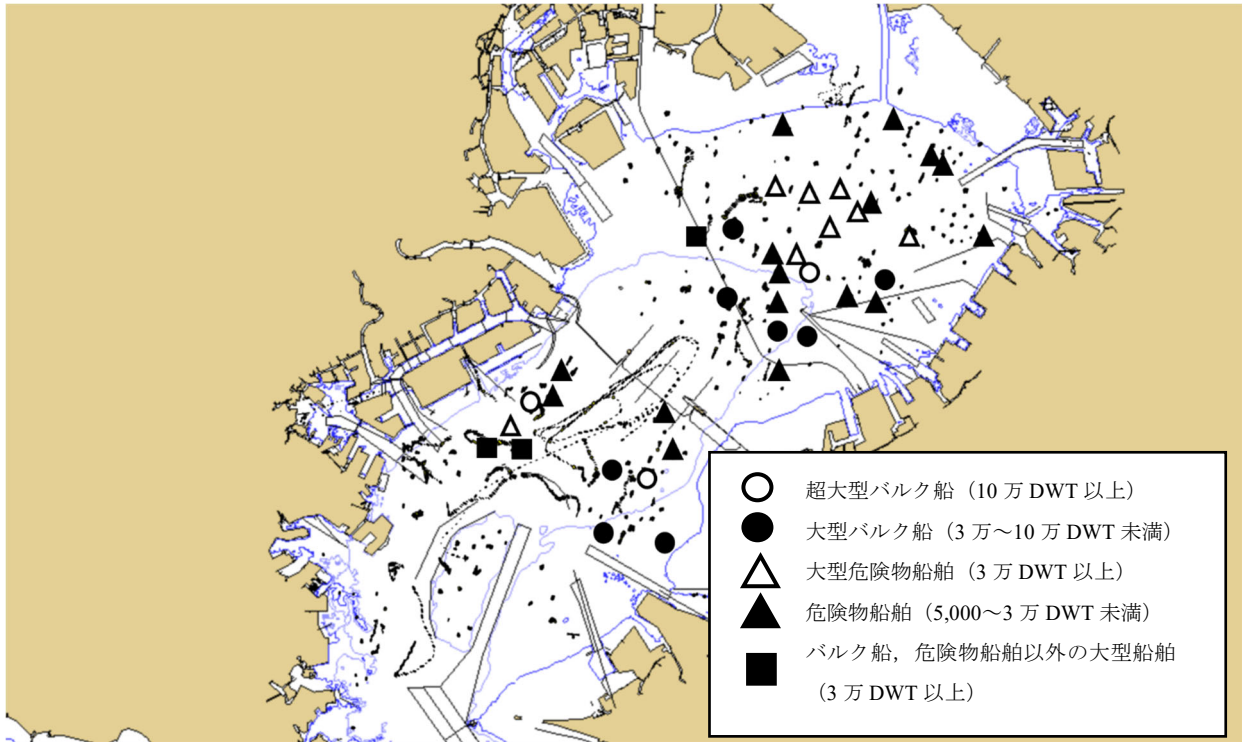


図-4.12 船舶の避泊位置 (2011年台風15号)

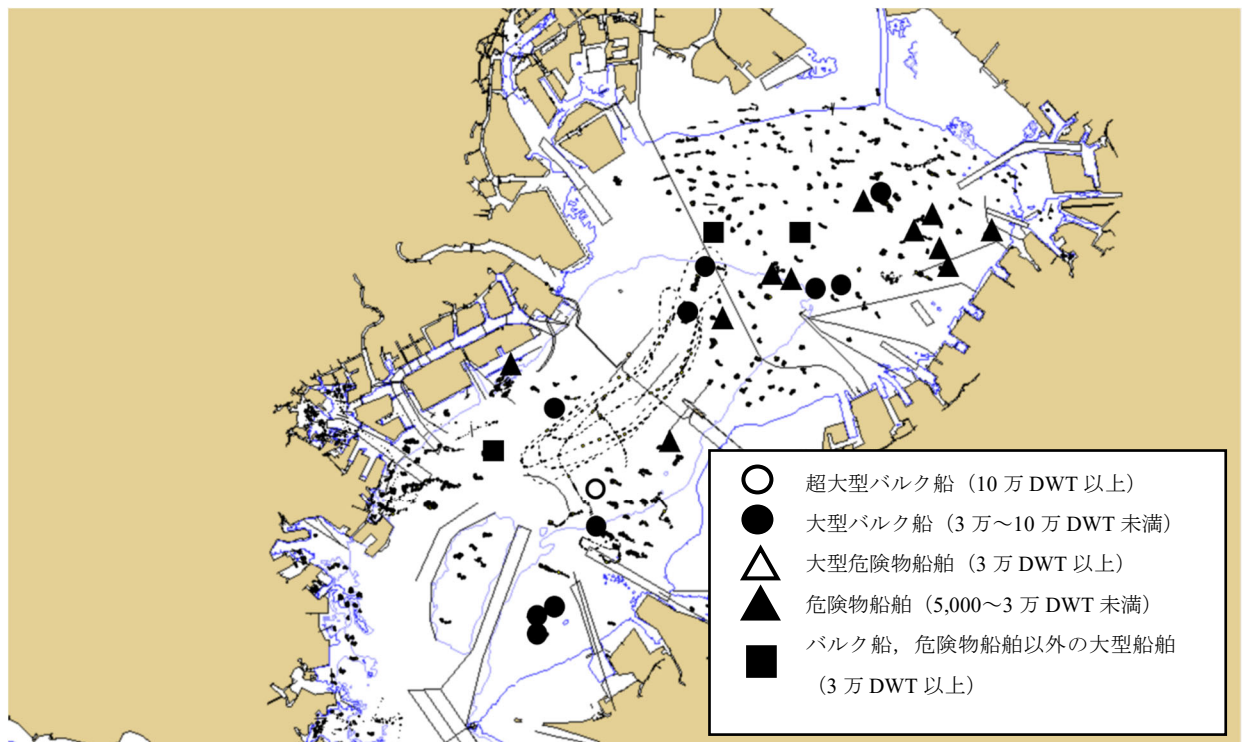


図-4.13 船舶の避泊位置 (2019年台風15号)

4.3 東京湾内各海域の避泊状況

(1) 東京湾内各海域の船型・船種の特徴

今回の台風で、東京湾内の各海域に避泊した船舶の船型・船種の特徴について把握した。なお、各海域の範囲は過去の検討も踏まえ図-4.14に示すとおりとする⁴⁾。

東京湾全体では合計267隻であり、船型別では全長が50m以上100m未満の船舶、船種別では一般貨物船とタンカーが多く、コンテナ船やクルーズ船は少ない(表-4.4)。

各海域の船型・船種ごとの船舶隻数を図-4.15と表-4.4に示す。船型に着目した場合、どの海域も全長が50m以上100m未満の船舶が最も多かった。東京・千葉は、大小の船舶が錨泊し隻数が最も多い(173隻)。

川崎・横浜ならびに木更津では、全長150mを超える比較的大きな船舶の割合が他海域に比べて多かった。横須賀では全長が100m以上の船舶はいない。また中ノ瀬は、全長が50m以上150m未満の船舶が6隻錨泊するのみであった。

船種に着目した場合、東京・千葉は、多様な船舶が錨泊し特に危険物船舶(LPGやタンカー)が多い。一方、川崎・横浜ならびに木更津では一般貨物船が多かった。また、川崎・横浜は、他の海域にない特徴として大型クルーズ船が錨泊していた。横須賀はその他の船舶(タグボート等)が多かった。

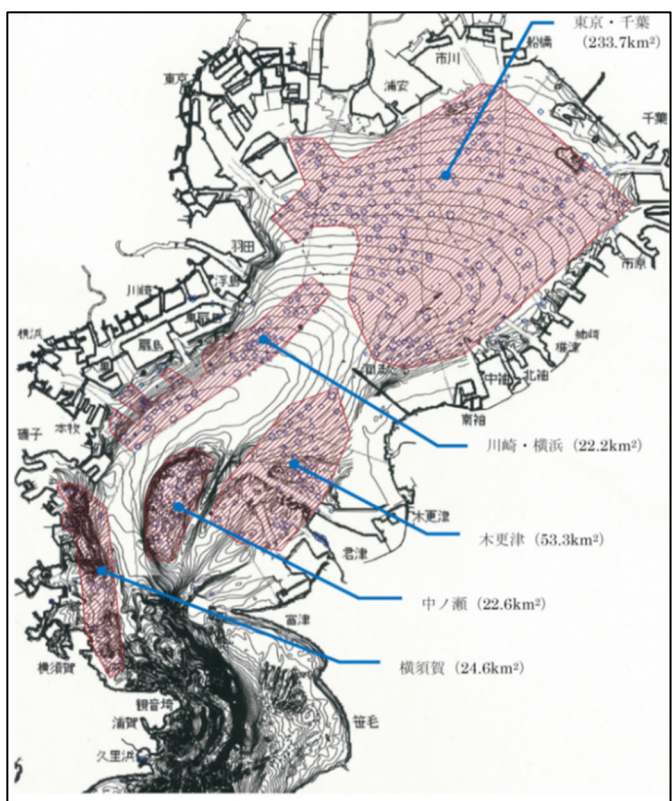


図-4.14 各海域の範囲⁴⁾

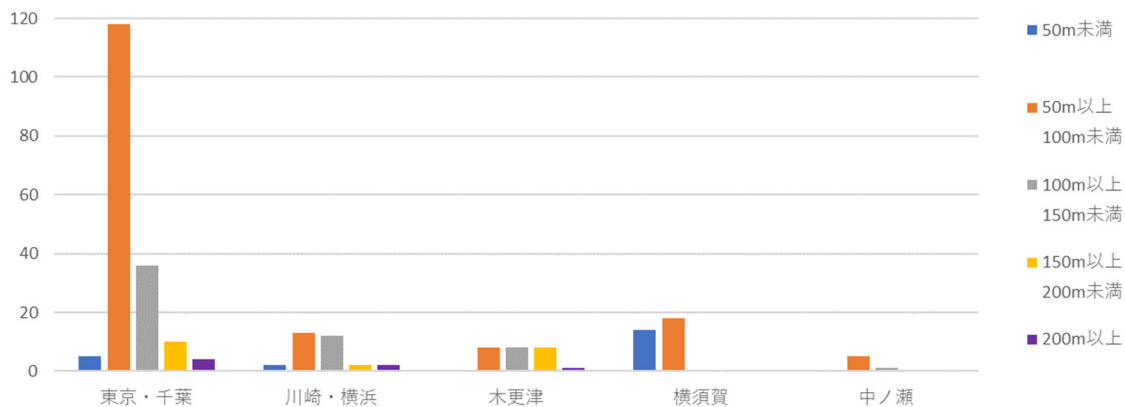


図-4.15 東京湾内各海域の避泊船舶隻数 (全長別)

表-4.4 東京湾内各海域の避泊船舶隻数

全長	東京・千葉					川崎・横浜				
	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上 150m未満	150m以上 200m未満	200m以上	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上 150m未満	150m以上 200m未満	200m以上
バルク船		1	3	5	2		1	1	1	
セメント輸送船			1							
一般貨物船		53	5				7	7		
一般貨物・コンテナ船								1		
クルーズ船										1
LPG船		18					1			
アスファルトタンカー		1					1			
バンカリングタンカー		1								
ケミカルタンカー		16	3				2			
複合化学物質・油槽船		7	3							
プロダクトタンカー		14	16							
タンカー		1								
コンテナ船		1		1	2			2	1	1
その他	5	5	5	4		2	1	1		
小合計	5	118	36	10	4	2	13	12	2	2
%	3%	68%	21%	6%	2%	6%	42%	39%	6%	6%
合計	173					31				
全長	木更津					横須賀				
	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上 150m未満	150m以上 200m未満	200m以上	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上 150m未満	150m以上 200m未満	200m以上
バルク船			1	6	1					
セメント輸送船										
一般貨物船		6	5	2		1	7			
一般貨物・コンテナ船		1								
クルーズ船										
LPG船							1			
アスファルトタンカー										
バンカリングタンカー										
ケミカルタンカー						1	3			
複合化学物質・油槽船							2			
プロダクトタンカー			1				2			
タンカー										
コンテナ船		1								
その他			1			12	3			
小合計	0	8	8	8	1	14	18	0	0	0
%	0%	32%	32%	32%	4%	44%	56%	0%	0%	0%
合計	25					32				
全長	中ノ瀬					東京湾全体				
	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上 150m未満	150m以上 200m未満	200m以上	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上 150m未満	150m以上 200m未満	200m以上
バルク船							2	5	12	3
セメント輸送船		1					1	1		
一般貨物船		1				1	74	17	2	
一般貨物・コンテナ船							1	1		
クルーズ船										1
LPG船							20			
アスファルトタンカー							2			
バンカリングタンカー							1			
ケミカルタンカー						1	21	3		
複合化学物質・油槽船							9	3		
プロダクトタンカー							16	17		
タンカー		2					3			
コンテナ船							2	2	2	3
その他		1	1			19	10	8	4	
小合計	0	5	1	0	0	21	162	57	20	7
%	0%	83%	17%	0%	0%	6%	42%	39%	6%	6%
合計	6					267				

(2) 時間経過による避泊状況の推移

台風の東京湾通過に伴う避泊状況の推移を分析するため、0:00-9:00の東京湾の船舶の状況を1時間おきに時系列で考察した(図-4.16～図-4.24)。

今回の台風は東京湾を縦断しており、風向きの変化に伴い東京湾全体で錨泊船の向き(三角形のとがった部分が船首を示す)が変化している特徴が捉えられている。気象庁のデータによれば、風向きは、東京湾への接近前は東寄りであるが、中心が近づくと東京湾全体で反時計回りとなり、通過後は西寄りに変化している。

以下海域別に考察する。

東京・千葉では、船首の向きが東(3:00-4:00)から西(4:00-5:00)に変化している。東京付近においては、やや北向きの船舶が多く反時計回りに船舶の向きが変化、千葉付近においては、やや南向きの船舶が多く時計回りに船舶の向きが変化している。なお台風を中心位置が東京港内にある3:00-4:00(図-4.19)では、東京湾全体で船首の向きがこの中心を取り巻く渦のようになっている。

横浜・川崎では、風向きの変化に伴い、船首の向きが東～北東(2:00-3:00)から北西(3:00-4:00)そして西(4:00-5:00)へと変化している。木更津では、東向き(2:00-3:00)から西向き(3:00-4:00)に変化している。

図-4.25は、東京湾中央付近の3:00-5:00の船舶の航跡である。時間経過とともに時計回りに向きが変化する船舶と、反時計回りに向きが変化する船舶とに分けると、台風が中心が通過したと推定される位置に、船舶の回転方向が異なる境目が現れる。

図-4.26は、図-4.25の中央付近の2隻の船舶に注目したものである。2隻は船間距離が1km程しか離れていないが、台風通過時の回転方向が逆になっている。通常近隣を錨泊する船舶は同一の方向に流されるが、この2隻は互いに逆となっている。

今回の台風はその中心が東京湾を縦断したため風向きが急激に変化し、また船舶の挙動も一部複雑なものとなっていることが確認された。これらの現象が船舶の安全に及ぼす影響について更に検証が必要と考えられる。

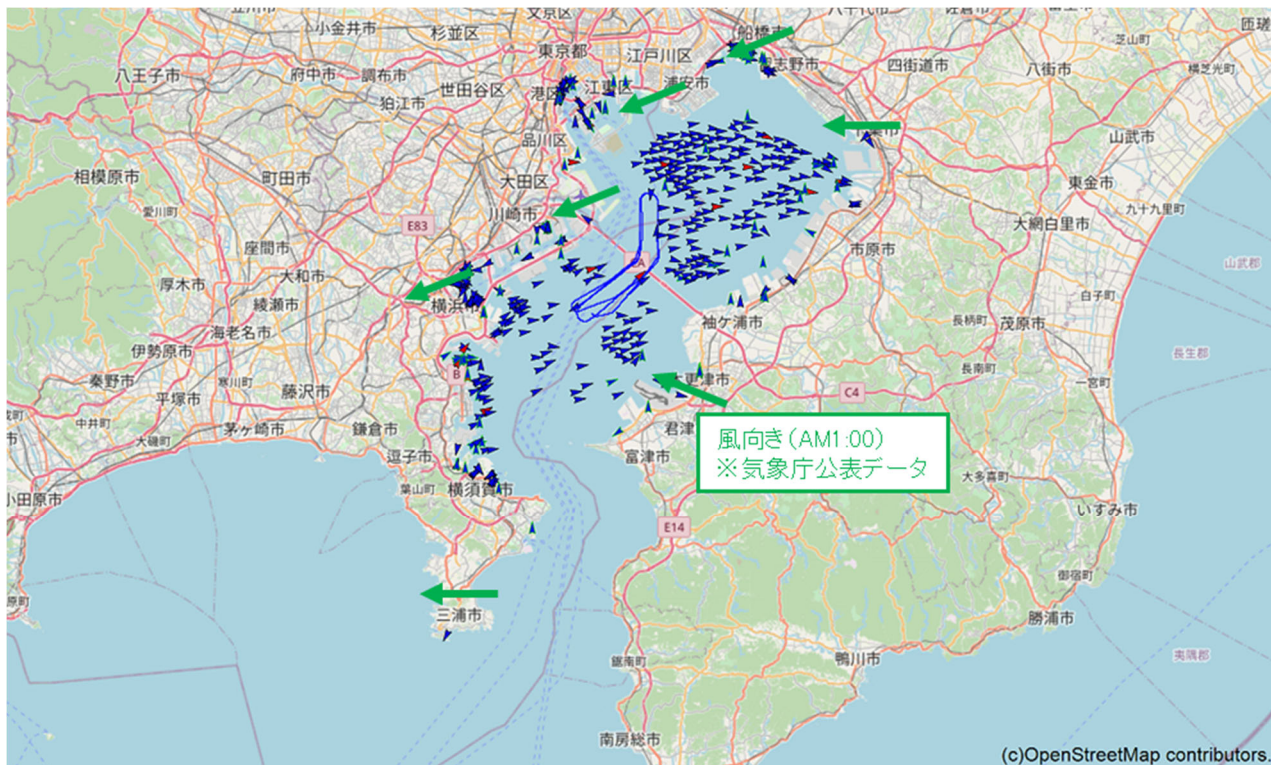


図-4.16 9月9日0:00-1:00の船舶の状況

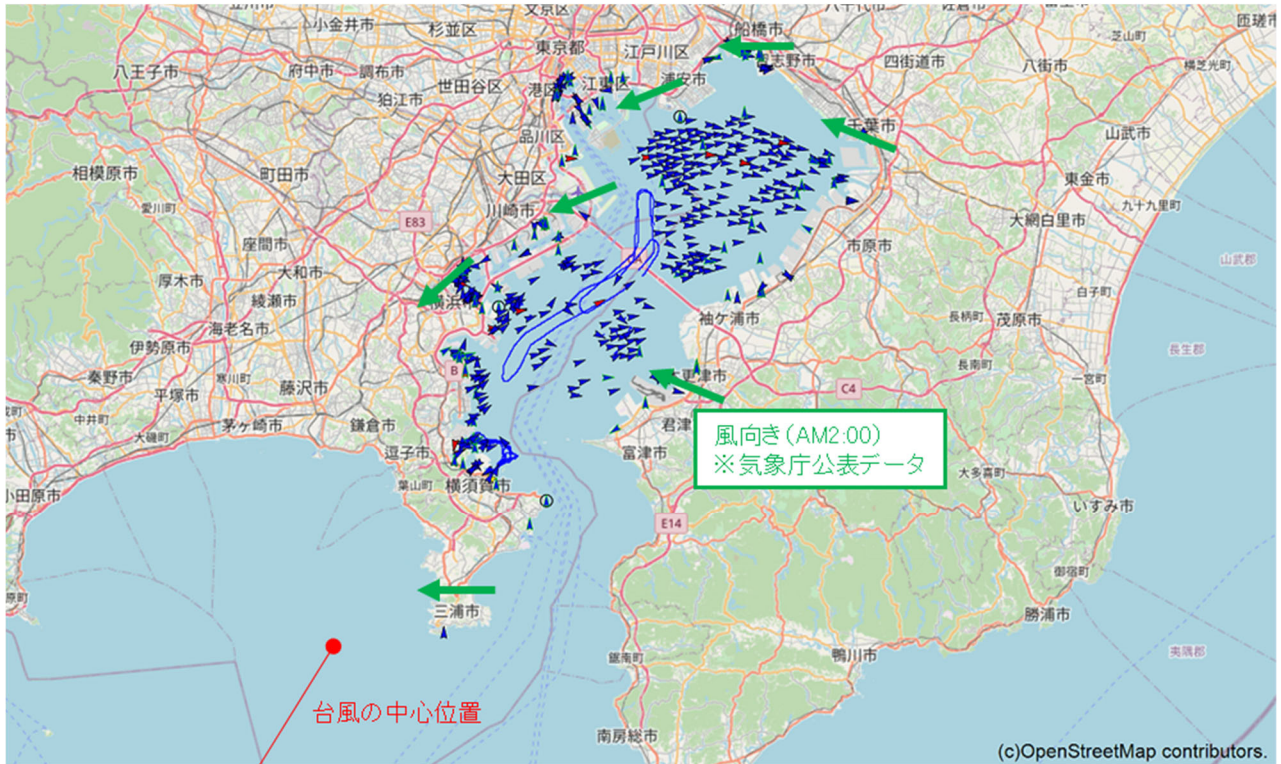


図-4.17 9月9日1:00-2:00の船舶の状況

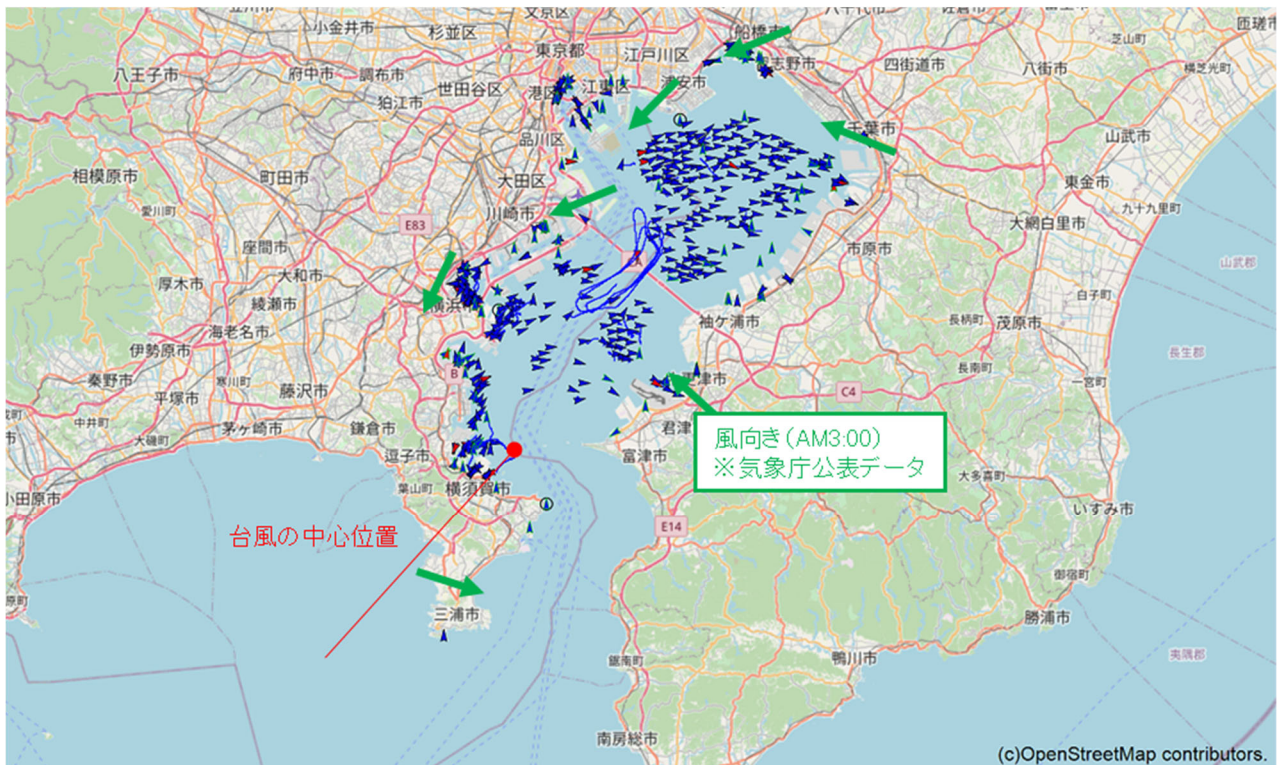


図-4.18 9月9日2:00-3:00の船舶の状況

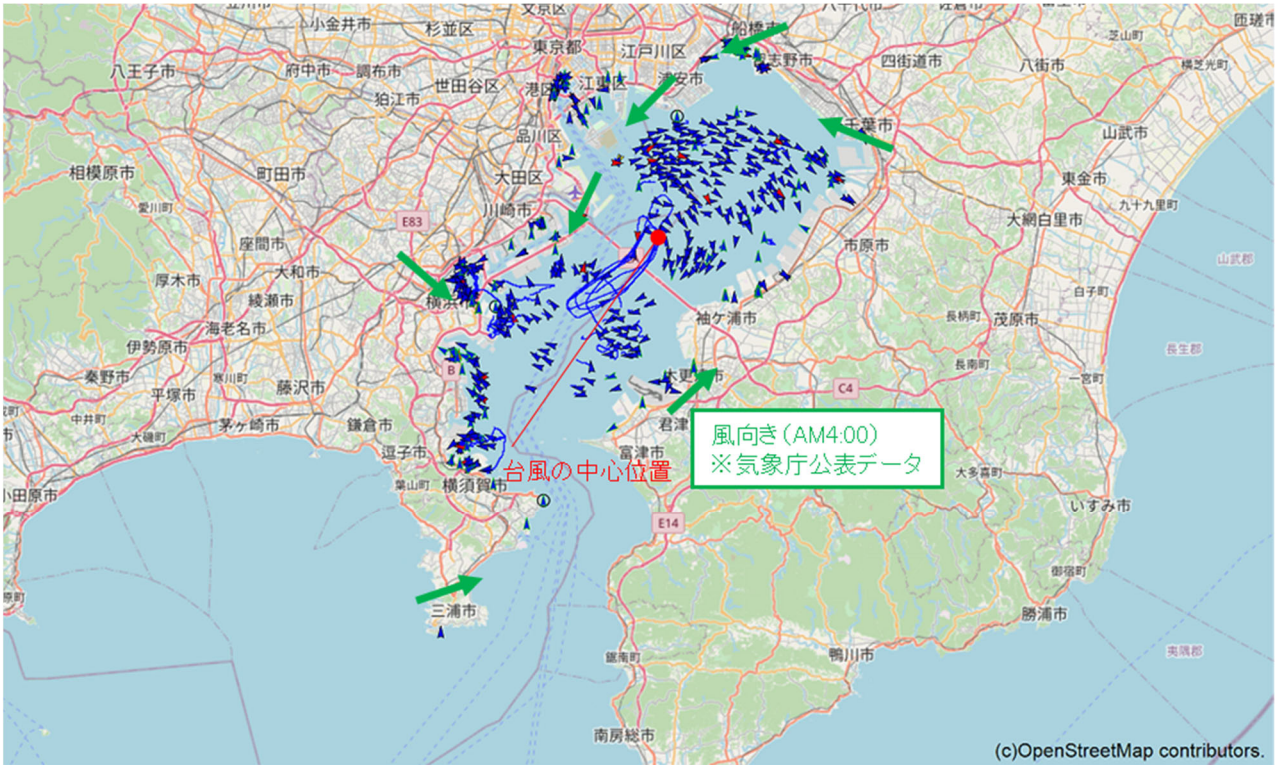


図-4.19 9月9日3:00-4:00の船舶の状況

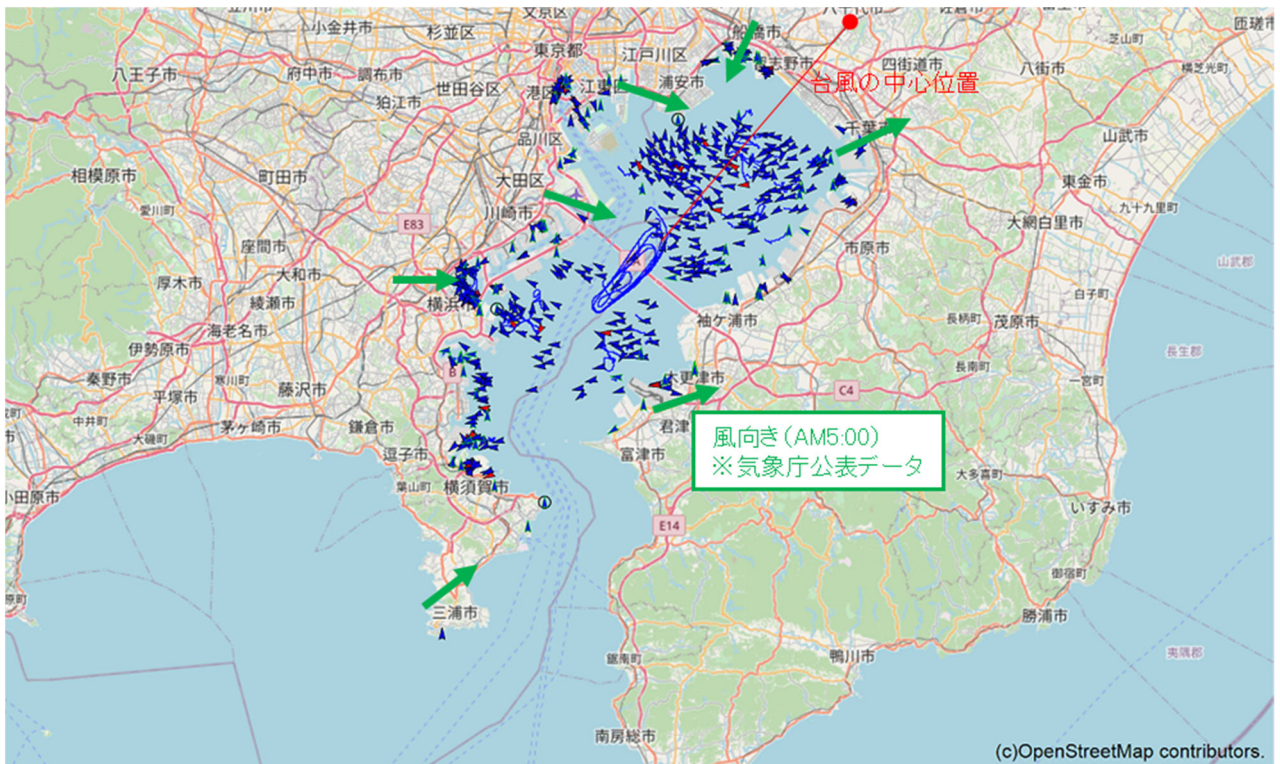


図-4.20 9月9日4:00-5:00の船舶の状況

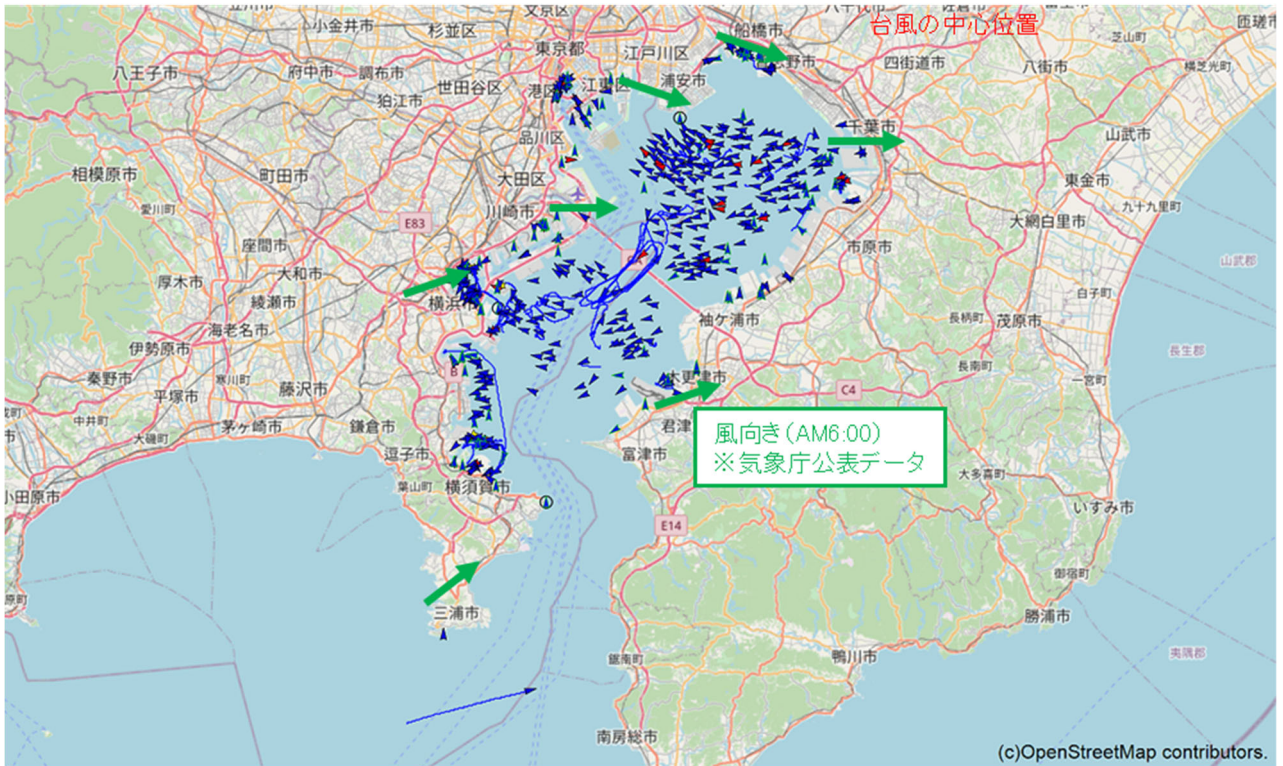


図-4.21 9月9日5:00-6:00の船舶の状況

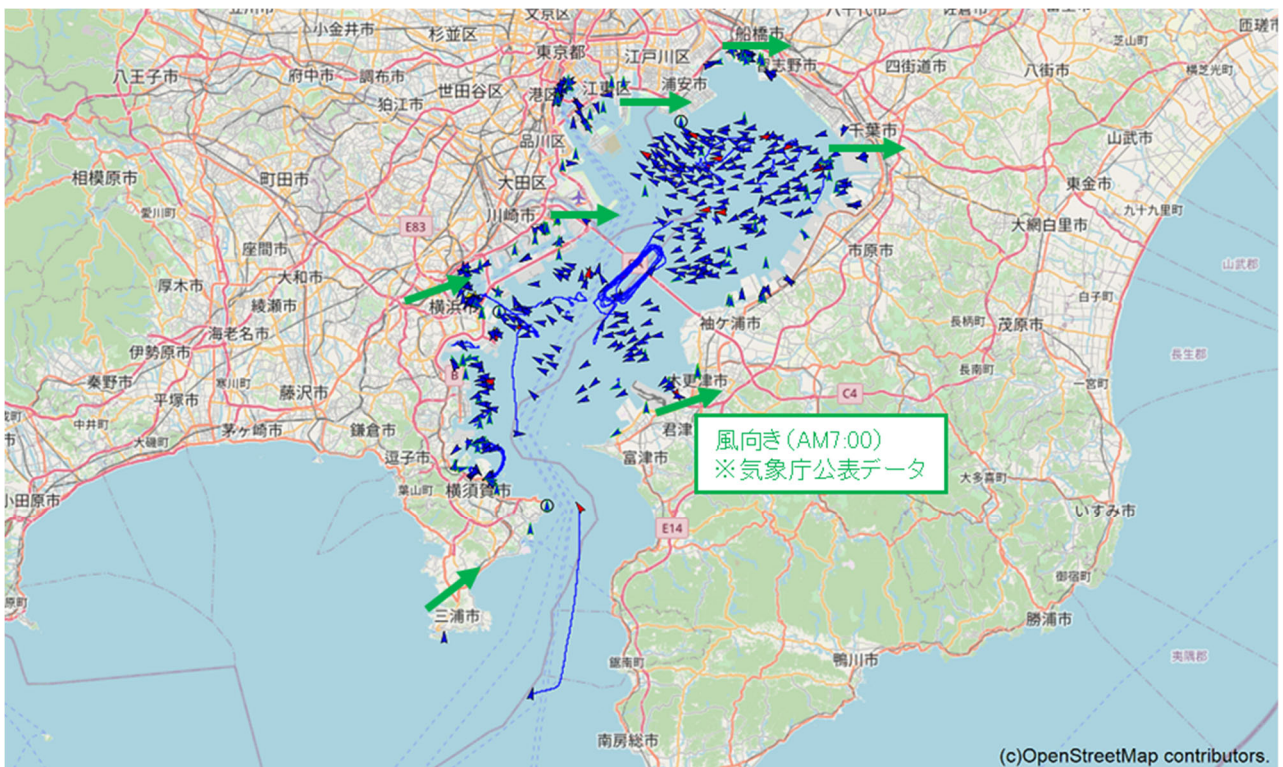


図-4.22 9月9日6:00-7:00の船舶の状況

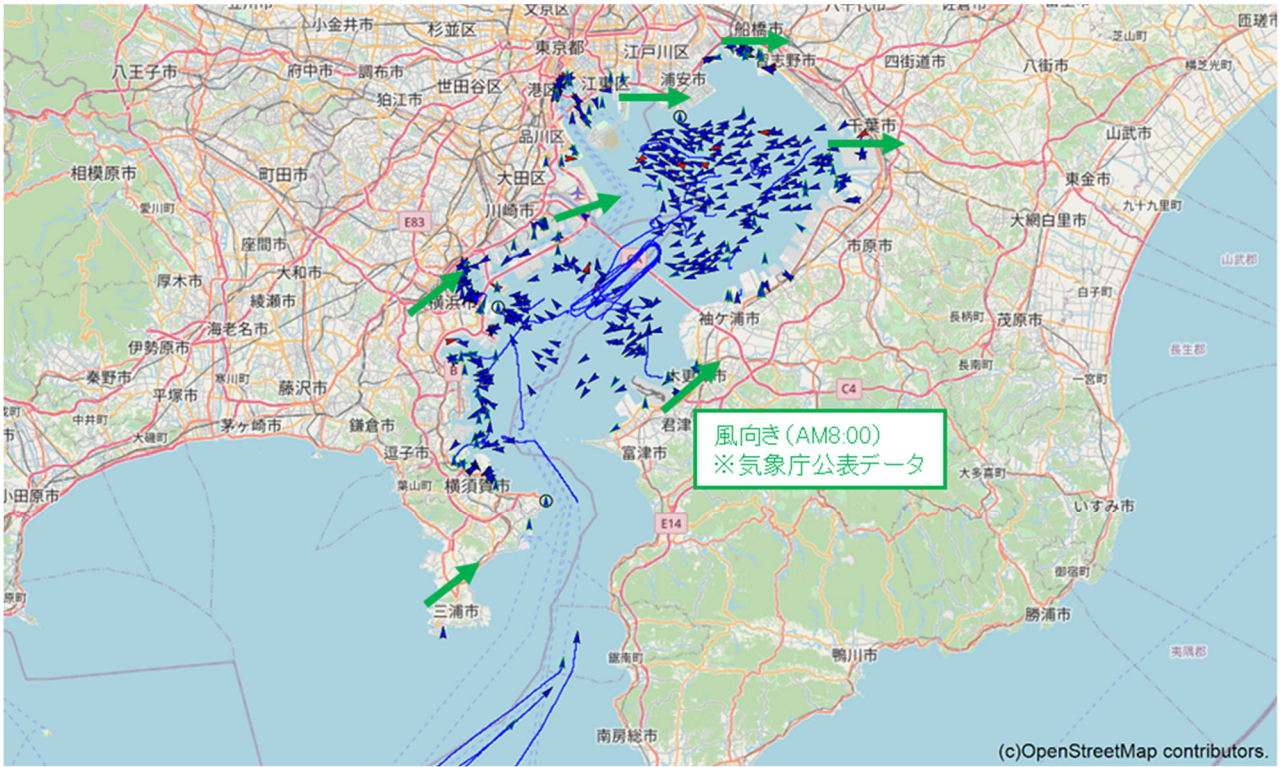


図-4.23 9月9日7:00-8:00の船舶の状況

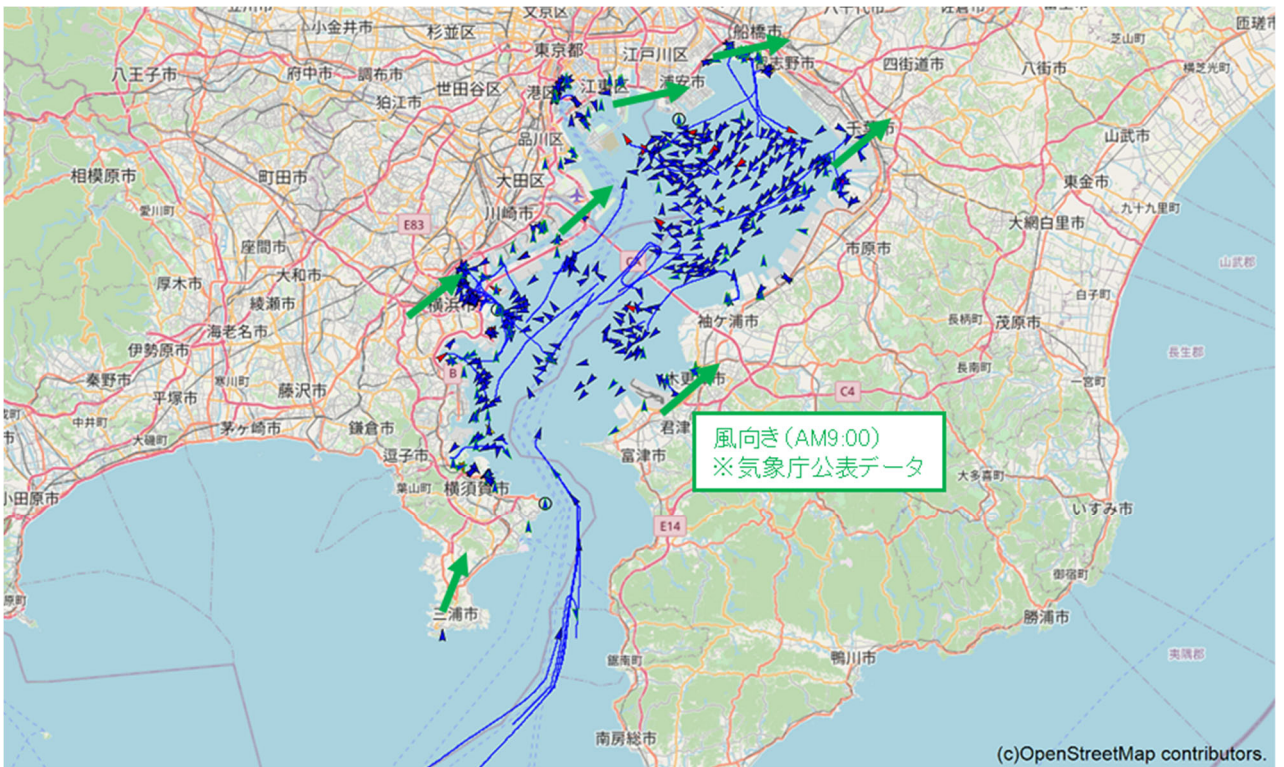


図-4.24 9月9日8:00-9:00の船舶の状況

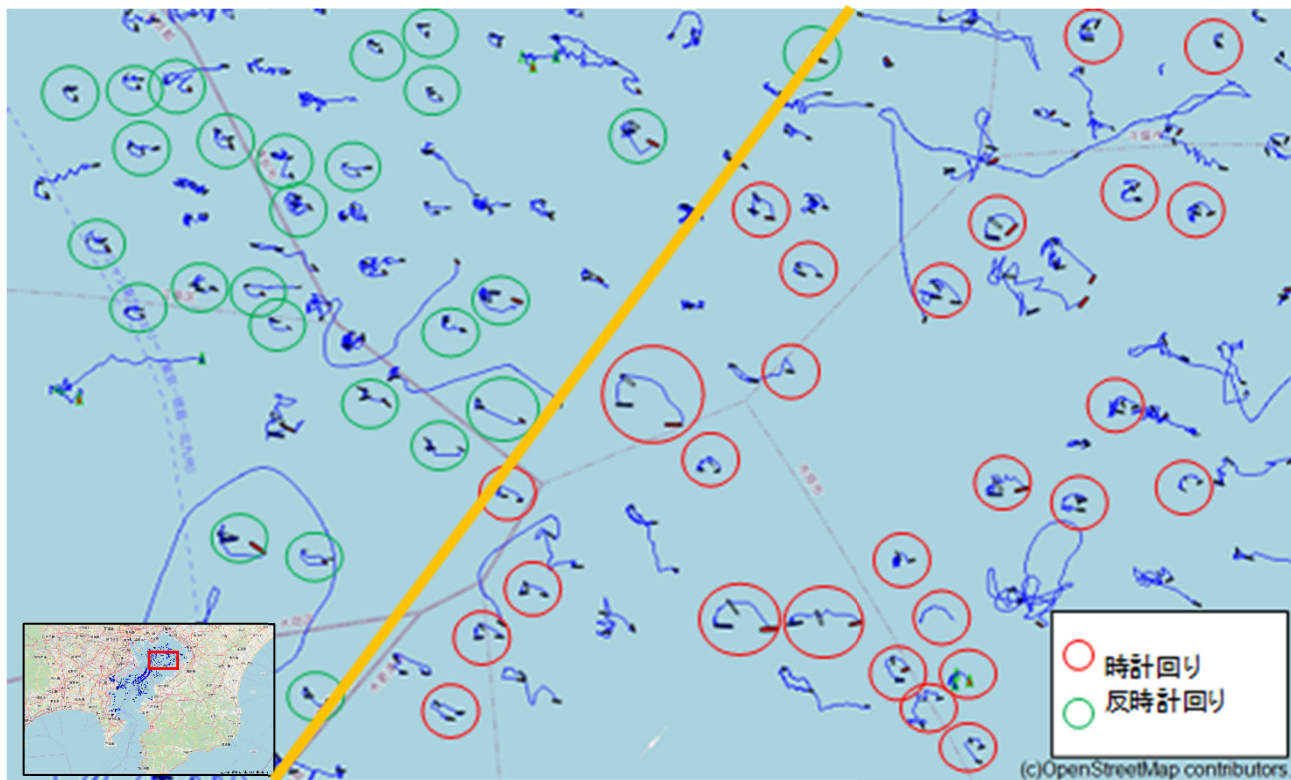


図-4.25 9月9日3:00-5:00の船舶の航跡
(東京湾中央付近)

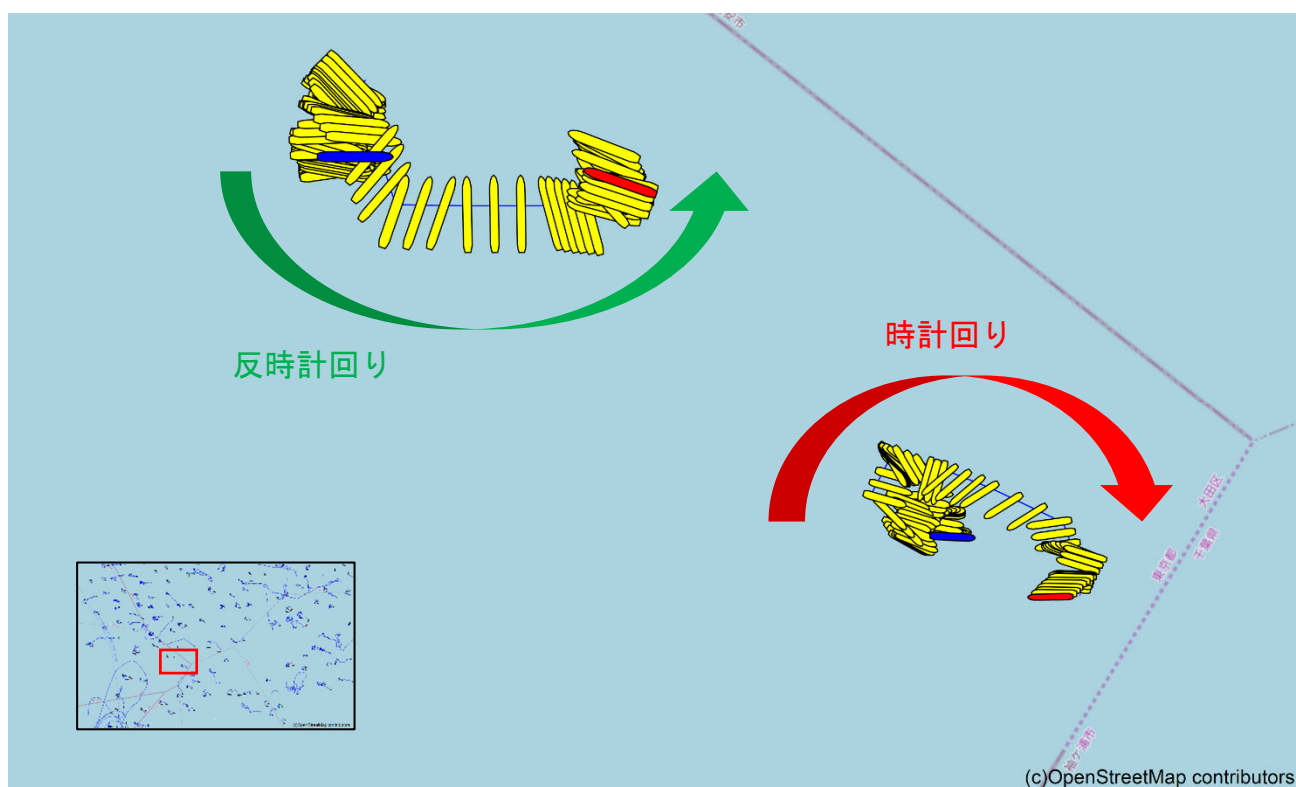


図-4.26 9月9日3:00-5:00の船舶の航跡
(東京湾中央付近拡大)

5. 走錨に関する分析

5.1 走錨船舶の分布状況

表-5.1及び図-5.1～図-5.6は、東京湾内各海域での避泊船舶を対象に走錨の有無を判定した結果である。

走錨の判定例を図-5.7に示す。台風通過後までの航跡から、錨泊円を描いていた船舶を○、錨泊円は描いていないが一定範囲内にあった船舶を△、大きく走錨したとみられる船舶を×とし、人力作業で判定を行った。これらの判定には風向も参考にした。船舶は避泊時に機関を用い安定を保とうとするが、自航（船首方向に移動）しているとみられる時間帯は判定の対象外とした。

今回の台風では70%程度の船舶が大きく走錨したと推定される。いずれの海域においても全長の大きな船舶の方が全長の小さな船舶に比べ走錨していない傾向にあり、全長200m以上の船舶では大きな走錨(×)は確認されなかった(全長150m以上200m未満の8隻が最大)。

海域別に比較した場合、最も大きく走錨した船舶の割合が高いのは川崎・横浜であり(81%)、一方、横須賀、中ノ瀬は大きく走錨した船舶の割合がやや少ない。

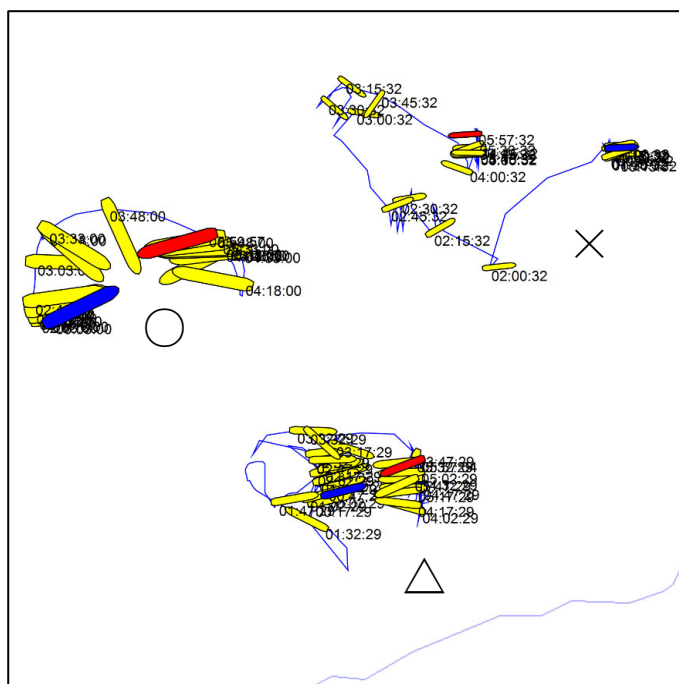


図-5.7 走錨の判定例

表-5.1 東京湾内各海域の走錨した隻数(船型)

		東京・千葉											
全長		50m未満		50m以上100m未満		100m以上150m未満		150m以上200m未満		200m以上		合計	
		隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%
○				3	3%	3	8%	2	20%	1	25%	9	5%
△		1	20%	24	20%	14	39%	3	30%	3	75%	45	26%
×		4	80%	91	77%	19	53%	5	50%			119	69%
合計		5		118		36		10		4		173	
		川崎・横浜											
全長		50m未満		50m以上100m未満		100m以上150m未満		150m以上200m未満		200m以上		合計	
		隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%
○						1	8%			1	50%	2	6%
△						1	8%	2	100%	1	50%	4	13%
×		2	100%	13	100%	10	83%					25	81%
合計		2		13		12		2		2		31	
		木更津											
全長		50m未満		50m以上100m未満		100m以上150m未満		150m以上200m未満		200m以上		合計	
		隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%
○								2	25%	1	100%	3	12%
△				1	13%			3	38%			4	16%
×				7	88%	8	100%	3	38%			18	72%
合計		0		8		8		8		1		25	
		横須賀											
全長		50m未満		50m以上100m未満		100m以上150m未満		150m以上200m未満		200m以上		合計	
		隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%
○				3	17%							3	9%
△		1	7%	9	50%							10	31%
×		13	93%	6	33%							19	59%
合計		14		18		0		0		0		32	
		中ノ瀬											
全長		50m未満		50m以上100m未満		100m以上150m未満		150m以上200m未満		200m以上		合計	
		隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%
○				1	20%							1	17%
△				2	40%	1	100%					3	50%
×				2	40%							2	33%
合計		0		5		1		0		0		6	
		東京湾全体											
全長		50m未満		50m以上100m未満		100m以上150m未満		150m以上200m未満		200m以上		合計	
		隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%
○				7	4%	4	7%	4	20%	3	43%	18	7%
△		2	10%	36	22%	16	28%	8	40%	4	57%	66	25%
×		19	90%	119	73%	37	65%	8	40%			183	69%
合計		21		162		57		20		7		267	

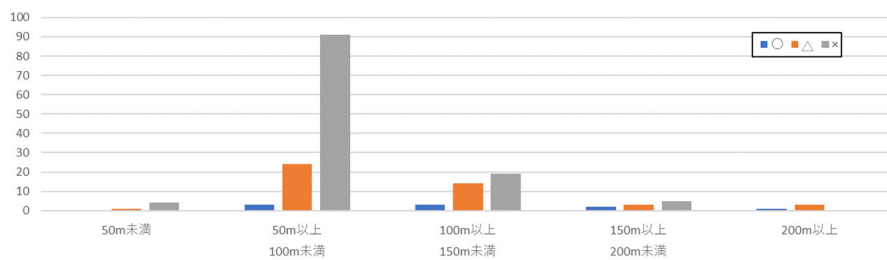


図-5.1 東京・千葉での走錨した隻数 (船型)

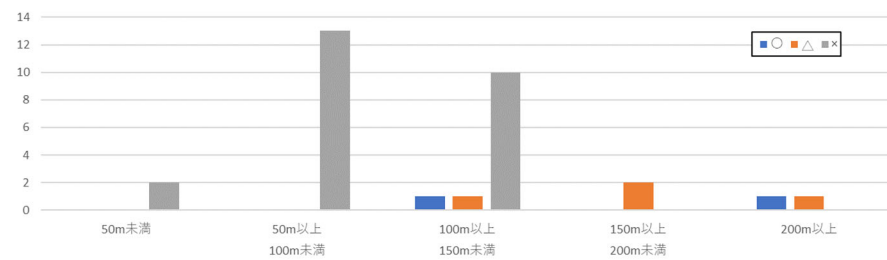


図-5.2 川崎・横浜での走錨した隻数 (船型)

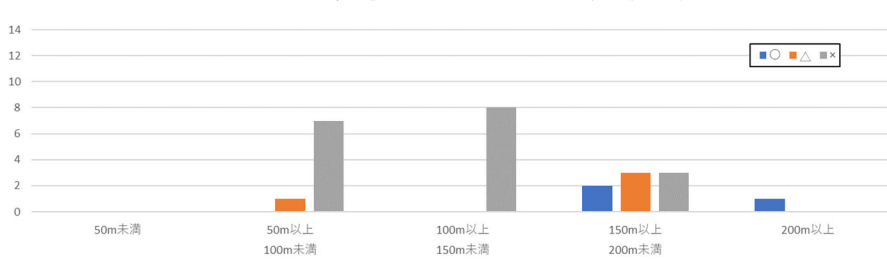


図-5.3 木更津での走錨した隻数 (船型)

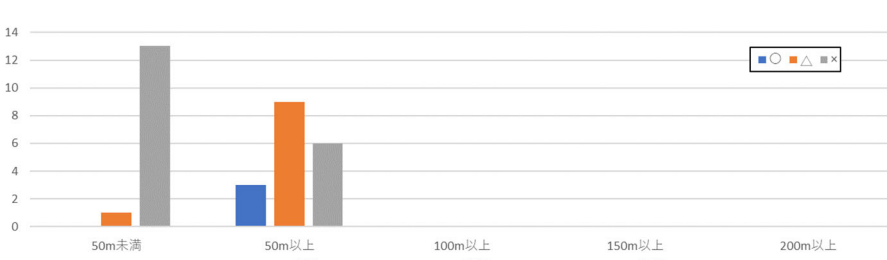


図-5.4 横須賀での走錨した隻数 (船型)

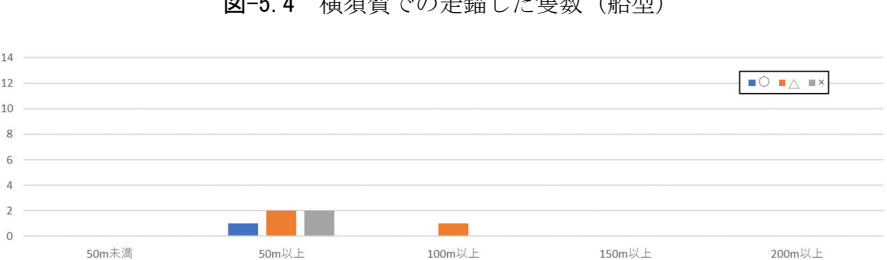


図-5.5 中ノ瀬での走錨した隻数 (船型)

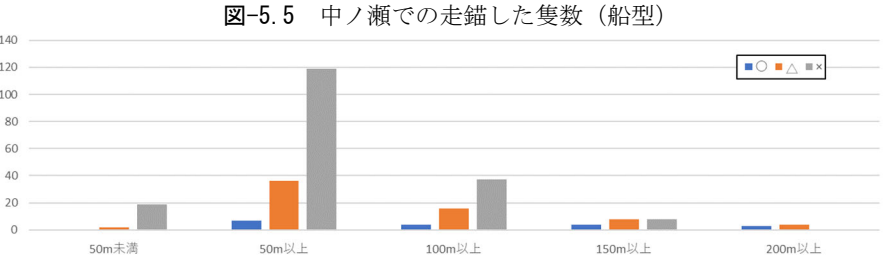


図-5.6 東京湾全体での走錨した隻数 (船型)

表-5.3と図-5.9は、東京湾内に錨泊していた船舶のうち、走錨した船舶の船舶隻数を積載率に着目して集計したものである。ここで積載率は「観測された喫水(AISによる実喫水) / 満載喫水」と定義している。一般的には積載率が小さい方が、水面上の風圧面積が大きくなり風の影響を受けやすい。

しかし今回の分析において積載率と走錨した船舶に明確な関係はみられない。ただし、概ね正確な値と思われる数値(喫水の50%以上~100%未満)を喫水(AISによる実喫水)に入力している船舶は半数以下であり、明らかに誤りである100%以上の入力もみられた。

これは、実喫水はAISで必須の入力項目では無く任意に入力するものであることが起因していると考えられる。また今回の台風は風速が通常よりかなり大きく、多くの船舶が走錨したことも明確な傾向がみられない一因と考えられる。

表-5.3 東京湾内の走錨した隻数(積載率)

喫水(AIS) /満載喫水	10%未満 (0%除く)		10%以上~ 20%未満		20%以上~ 30%未満		30%以上~ 40%未満		40%以上~ 50%未満		50%以上~ 60%未満		60%以上~ 70%未満		70%以上~ 80%未満		80%以上~ 90%未満		90%以上~ 100%未満		その他		合計	
	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%	隻数	%
○									1	100%			1	8%			2	7%	2	4%	12	8%	18	7%
△			1	50%	3	50%					4	31%	3	18%	8	30%	15	30%	32	22%	32	22%	66	25%
×			1	50%	3	50%	1	100%			5	100%	8	62%	14	82%	17	63%	33	66%	101	70%	183	69%
合計	0		2		6		1		1		5		13		17		27		50		145		267	

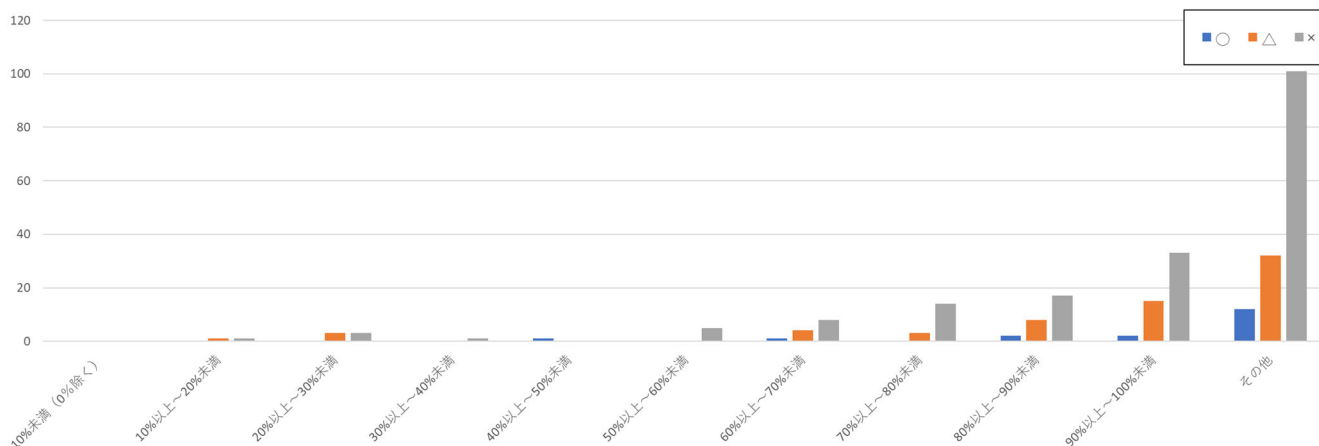


図-5.9 東京湾内の走錨した隻数(積載率)

5.2 走錨船舶の航跡詳細

図-5.10～図-5.21に東京湾の各海域での船舶の航跡と各海域で走錨した船舶の代表例(典型的な航跡を示しているもの)を示す。

東京・千葉(図-5.10～図-5.13)においては、台風と船舶の位置関係によって時計回りか反時計回りは異なるが、どちらの場合も風向きが変化する前(4:00以前)に東から西へ短い距離を走錨し、風向きが変化している途中(4:00-5:00)に西から東へより長い距離を走錨している船舶が多かった。風向きが変化した後(5:00以降)は、多くは走錨していない。また、走錨した後、自航し、他の場所に移動し錨泊し始めた船舶も確認できる。

川崎・横浜(図-5.14～図-5.15)においては、風速が急に強まった2時頃から、まず北東からの風に流され、その後、風向きが変化した3:00以降に、それ以前とは逆の方向に走錨した船舶が多かった。川崎と比べ横浜の方が長い距離を走錨している船舶が多い。また、他の海域と比べ、走錨後、錨泊せず周辺を移動しながら耐えていたと推測される船舶も多くみられた。

木更津(図-5.16～図-5.17)においては、風向きが変化する3:00以前に東から西へ短い距離を走錨し、風向きが変化している途中(3:00-4:00)に西から東へより長い距離を走錨している船舶が多かった。風向きが変化した後(4:00以降)は、多くは走錨していない。

横須賀(図-5.18～図-5.19)においては、風向きが変化する前(3:00以前)に東から西へ長い距離を走錨し、風向きが変化した途中(3:00-4:00)に走錨が止まり、風向きが変化した後(4:00以降)は通常の錨泊に戻った船舶が多かった。また途中から岸壁に移動したタグボートがみられた。

中ノ瀬(図-5.20～図-5.21)においては、風向きが変化する前(3:00以前)に東から西へ走錨し、風向きが変化している途中(3:00-4:00)に西から東へ同じくらいの距離を走錨している船舶が多かった。風向きが変化した後(4:00以降)は、多くは走錨していない。

東京湾全域で強風が吹いていたが、被害は、横浜で報告されている。「港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会」の第1回委員会資料では、横浜周辺は2方向の波が生じたため、大きな被害が生じたと報告されている⁵⁾。

また、港湾空港技術研究所報告「2019年台風15号による横浜港に襲来したうねり性の波浪」⁶⁾によれば、強風と2方向の波に加え横浜港付近でのうねりが大きくこれにより被害が発生した可能性もある。同報告では数値計算によって台風の風速並びに有義波高についての再現

計算結果が示されており、有義波高について以下の傾向が示されている。

午前1時：東京湾の西側(横浜～横須賀)が最大で、
波高は2m以上

午前2時：横浜周辺が最大で波高は3m以上

午前3時：川崎～東京で最大、波高は3m程度

午前4時：一旦東京湾全体で波高が低下(1.5m程度)

午前6時：東京湾の東側(千葉)で再度波高が高くなる
(3m以上)

AISデータによる分析でも、横浜周辺は、大きく走錨した船舶の割合がやや高い(約80%)。横浜周辺では午前2時から3時にかけて北東からの風(海から陸の方向)が急に強まったが、この時間帯にうねりも高くなっている。また、横浜付近では、船舶は陸から比較的近い位置で錨泊していた。上記の考察から横浜は東京湾の中でリスクが高い状況にあったことが推察される。

また東京湾各海域に共通する傾向として、台風の中心が通過したことによって船舶は急な風向の変化に直面したことが挙げられる。大阪湾地域に大きな被害をもたらした2018年台風21号の場合、風向きが変化した後短時間で一方向に長距離を走錨していた⁷⁾。今回はそれと比較して、風向きの変化の前後に複数方向に比較的短距離を走錨する特徴がみられた。

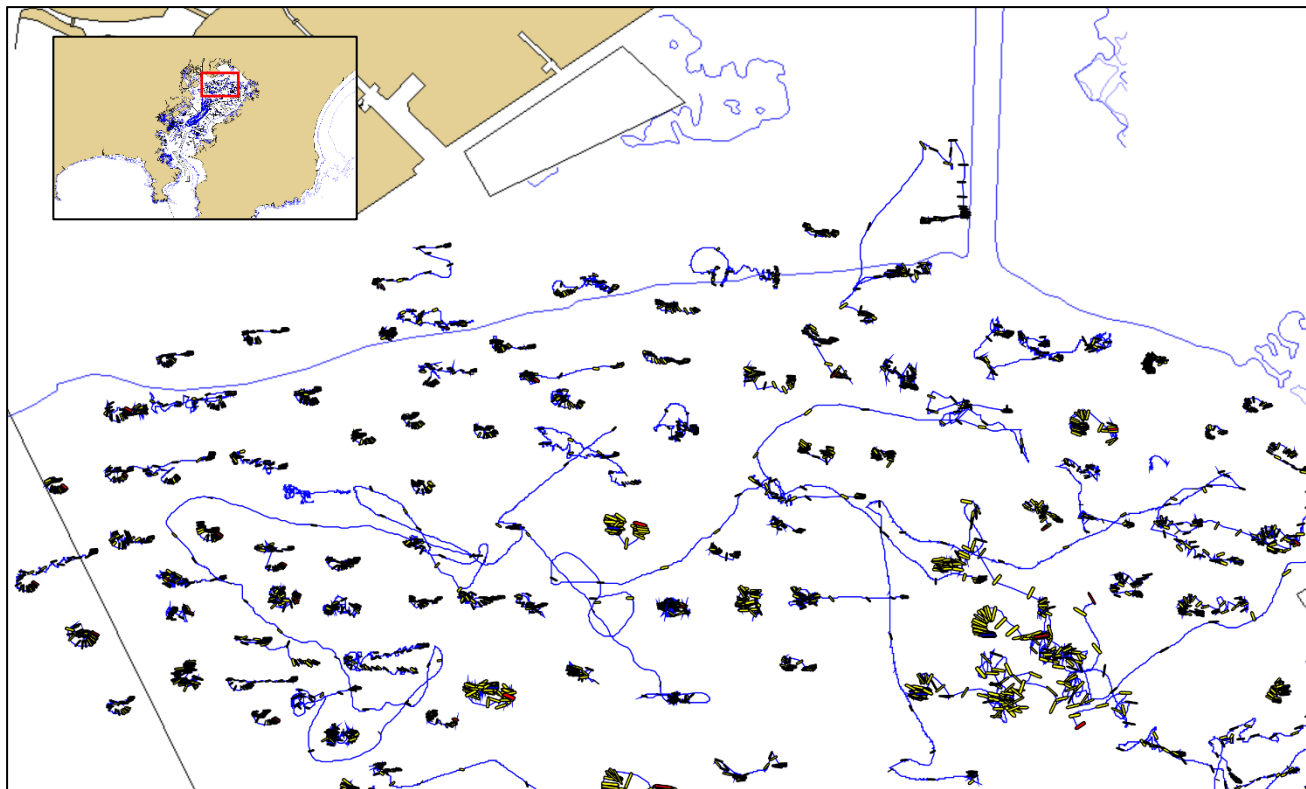


図-5.10 船舶の状況（東京・千葉 北側）

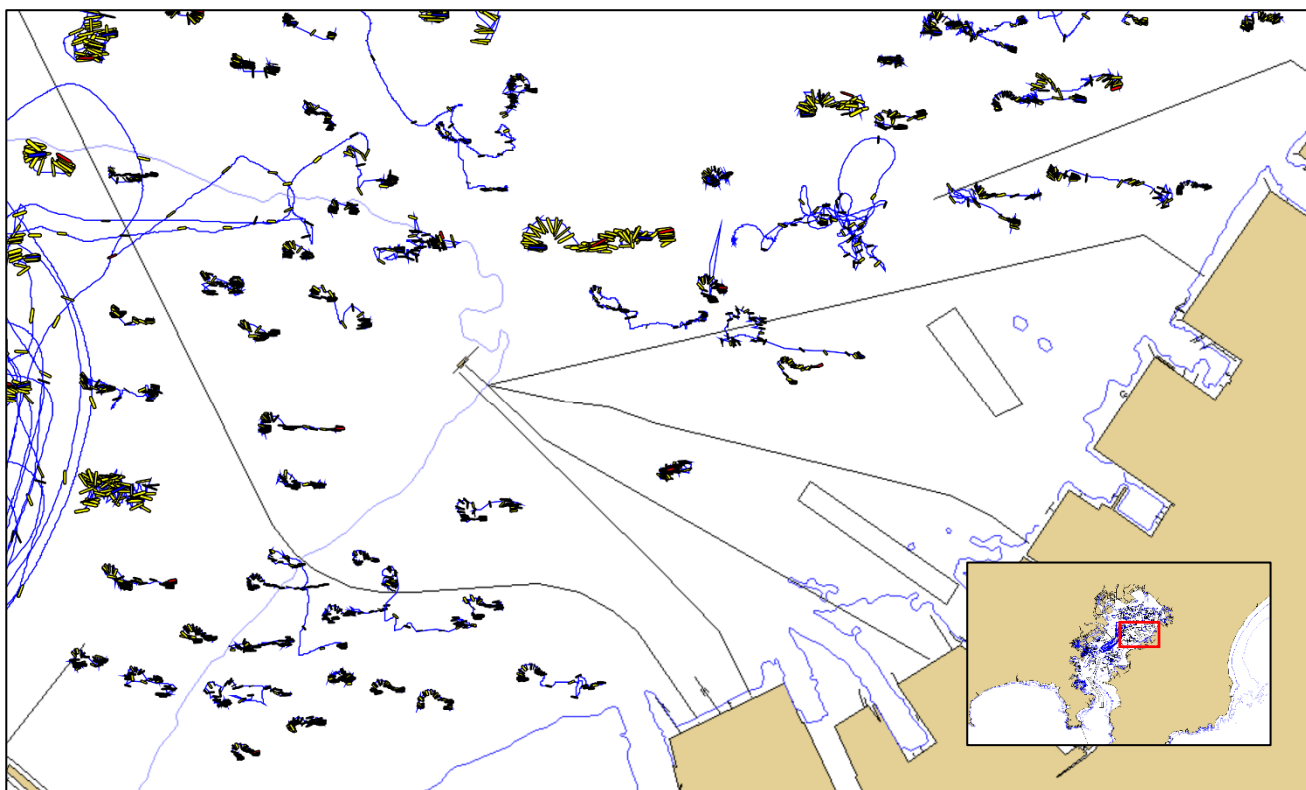


図-5.11 船舶の状況（東京・千葉 南側）

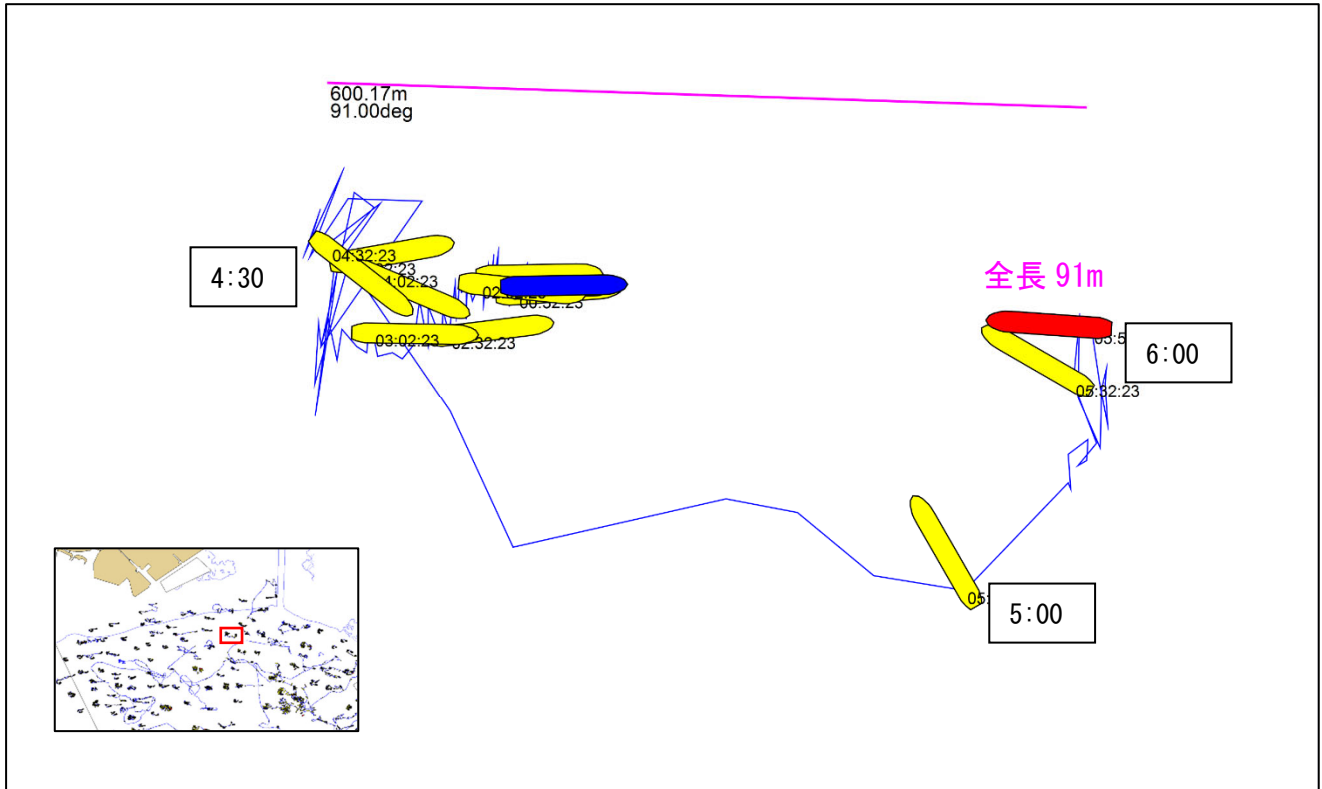


図-5.12 走錨した船舶の状況（東京）

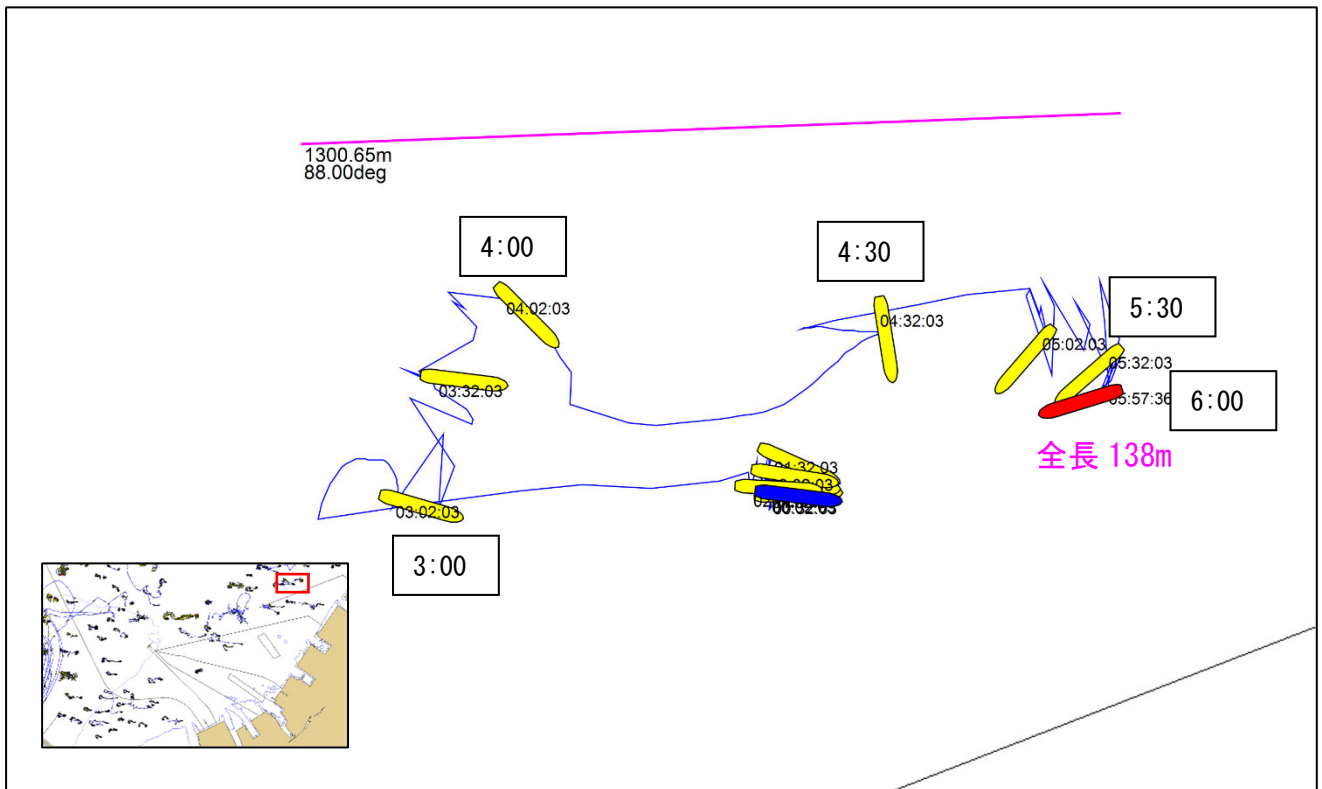


図-5.13 走錨した船舶の状況（千葉）

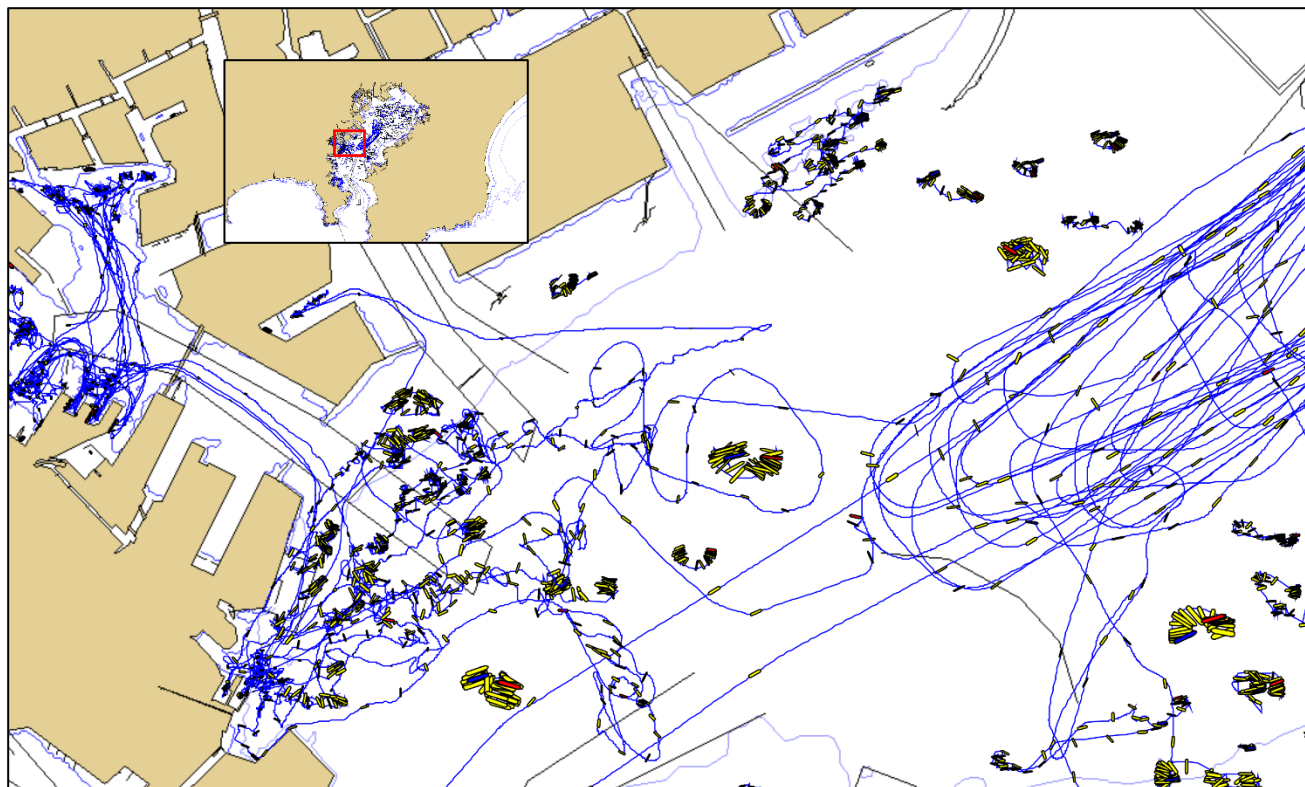


図-5.14 船舶の状況 (川崎・横浜)

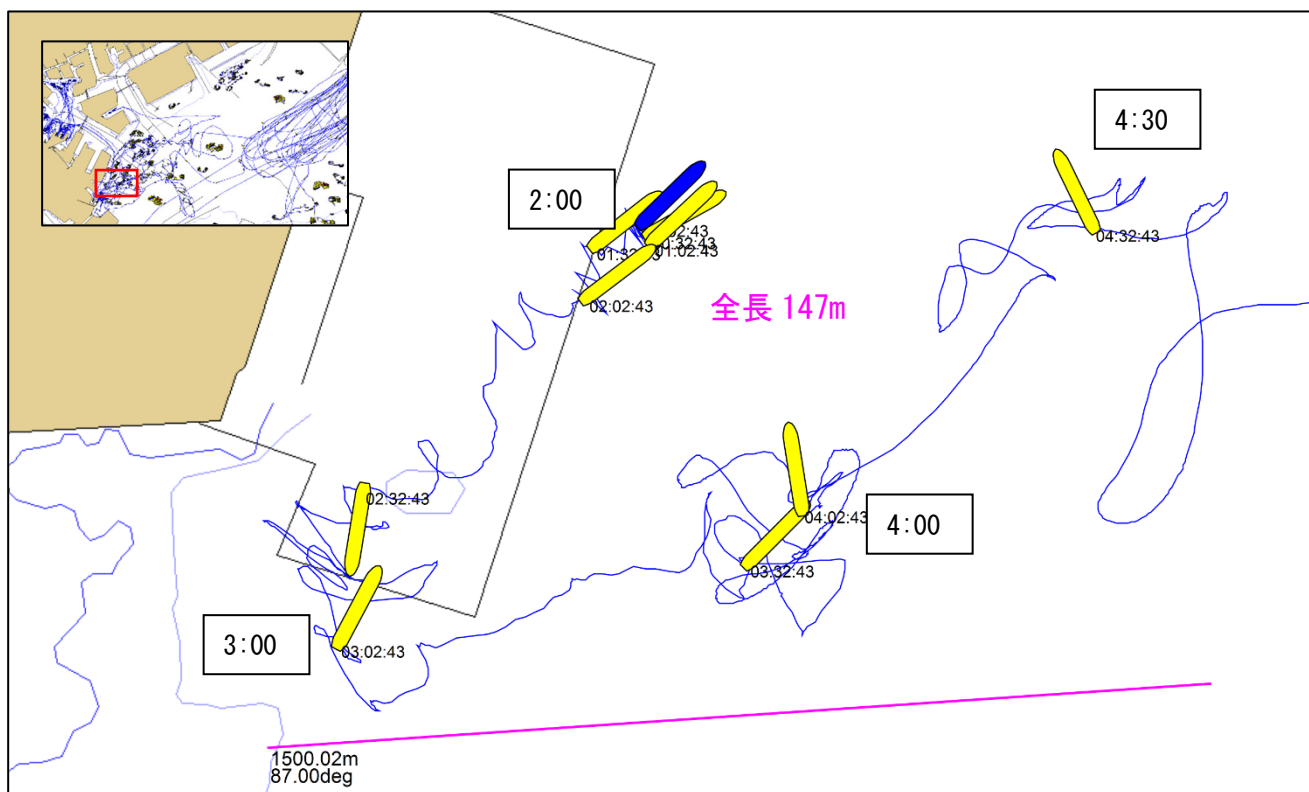


図-5.15 走錨した船舶の状況 (川崎・横浜)

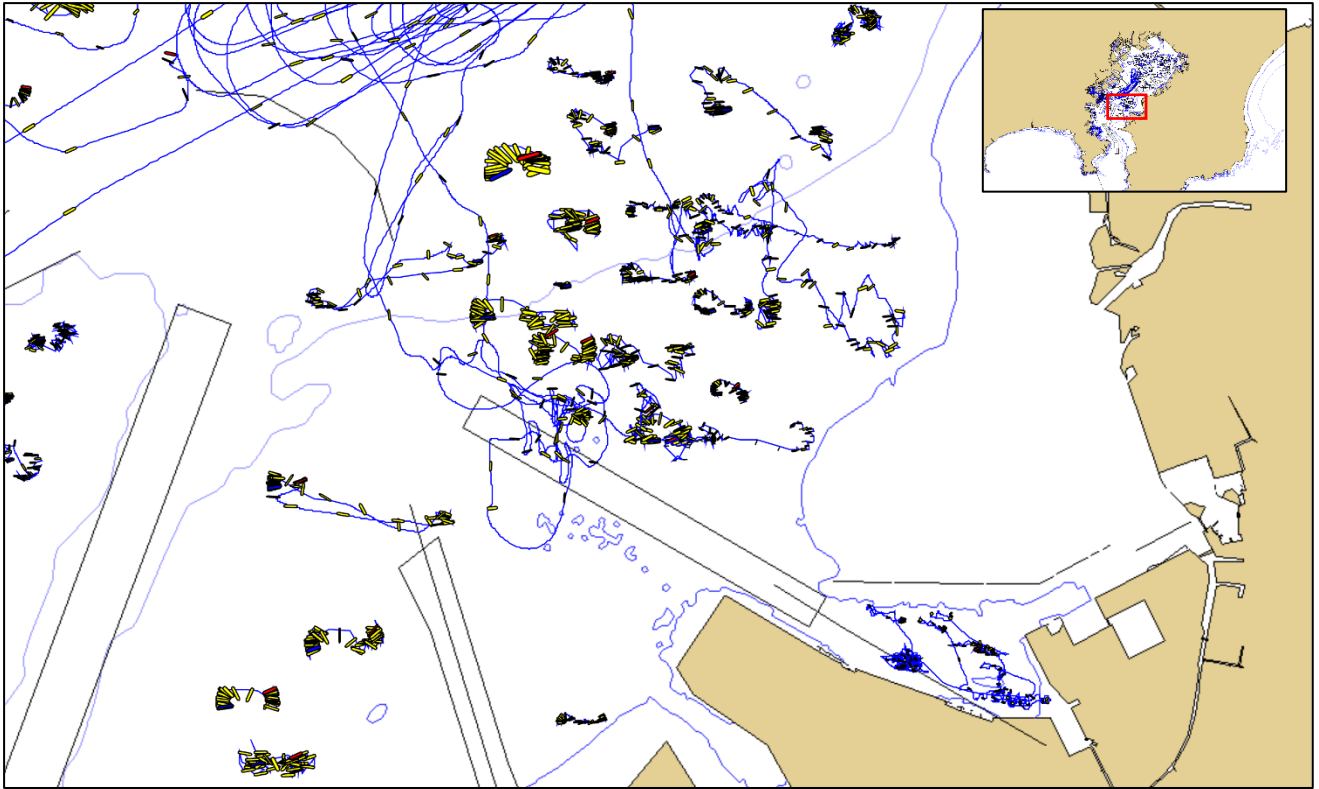


図-5.16 船舶の状況 (木更津)

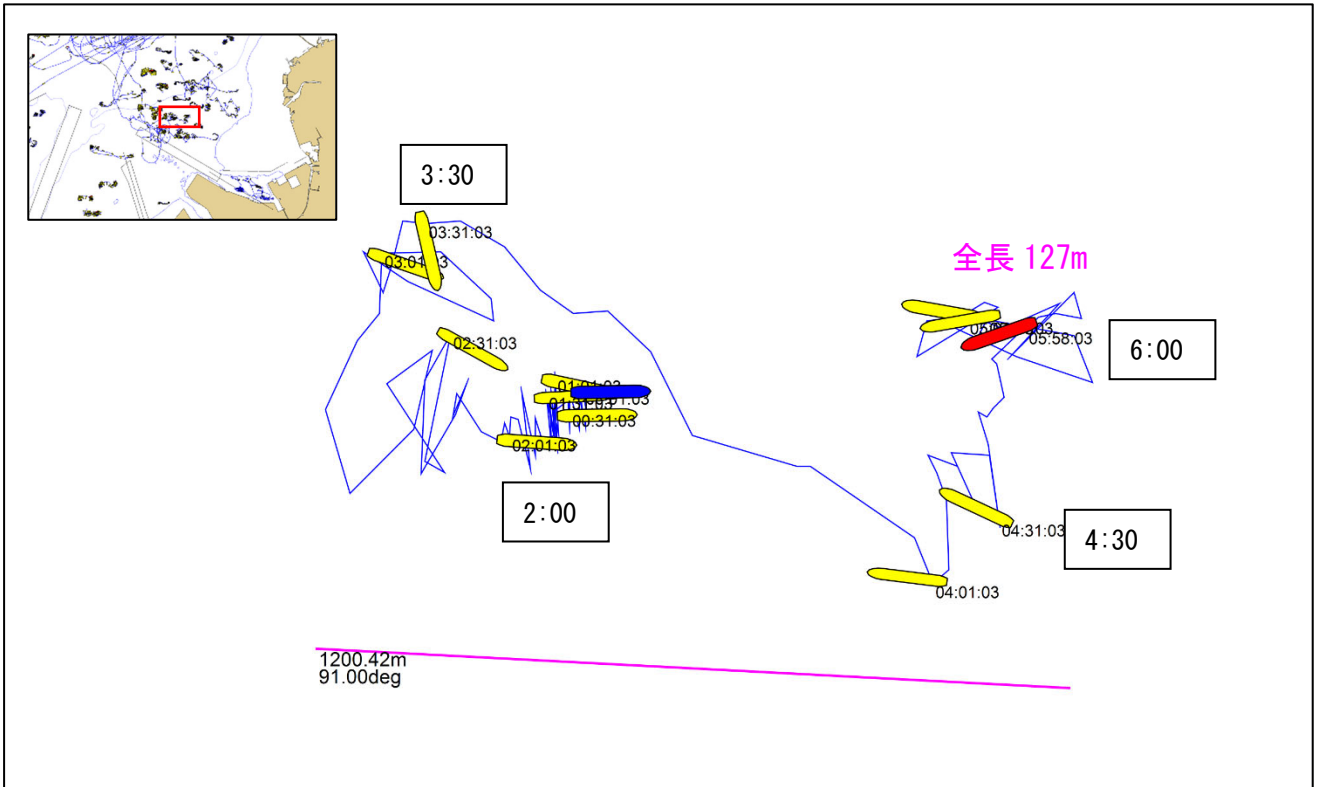


図-5.17 走錨した船舶の状況 (木更津)

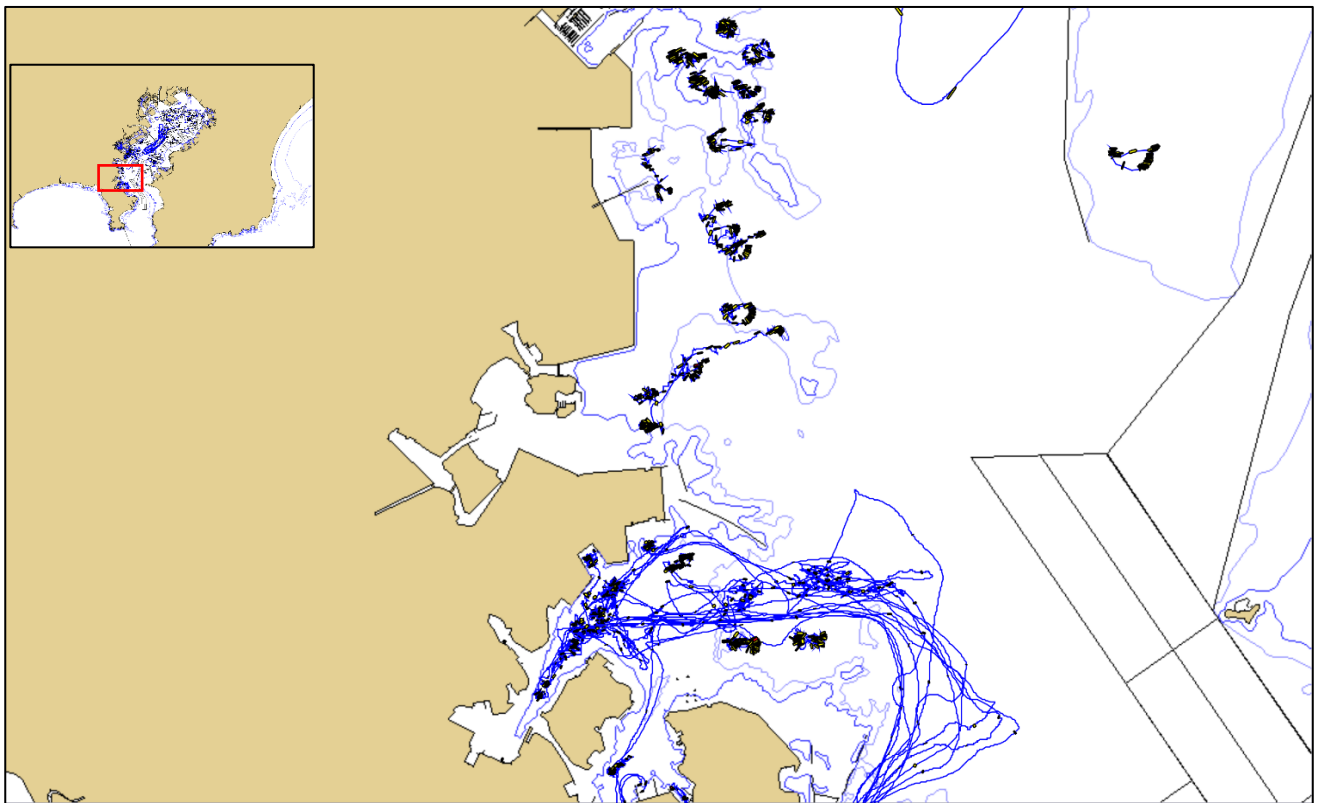


図-5.18 船舶の状況 (横須賀)

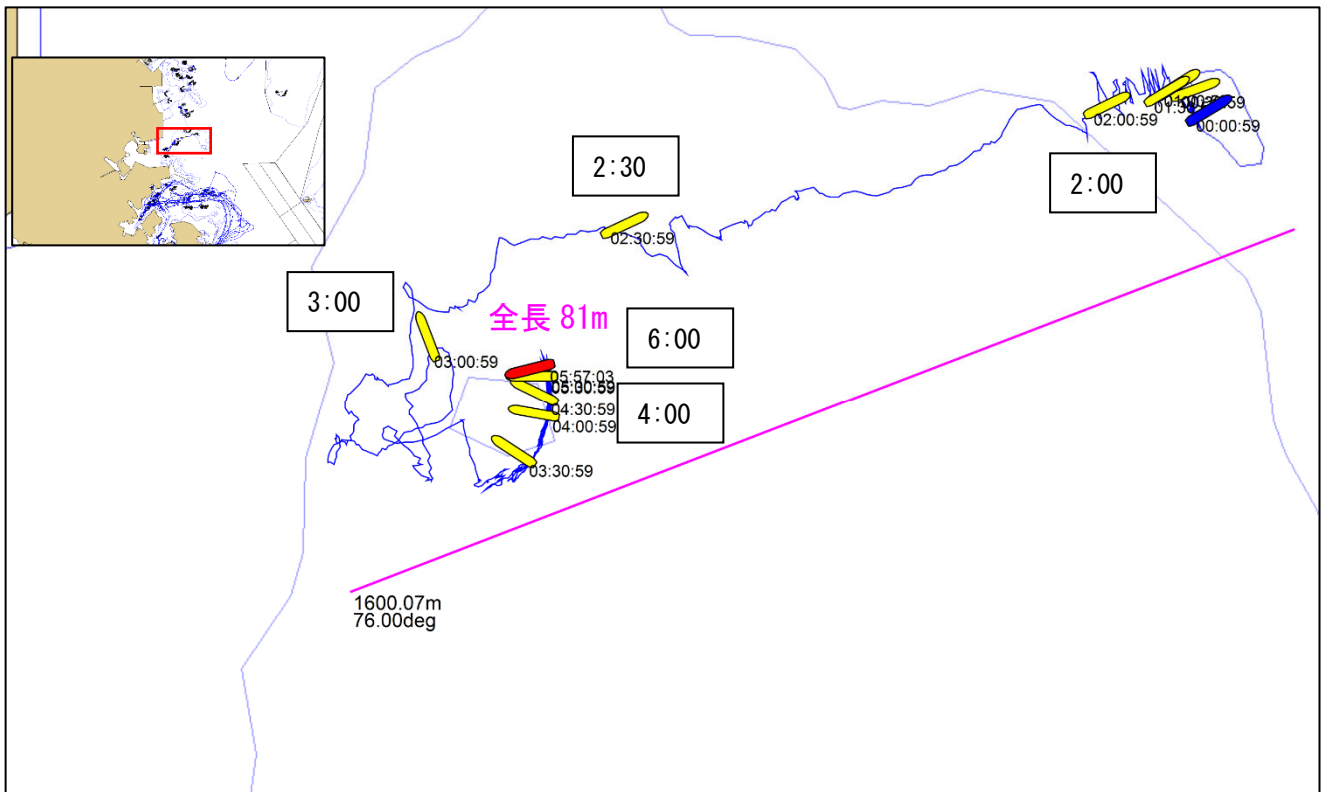


図-5.19 走錨した船舶の状況 (横須賀)

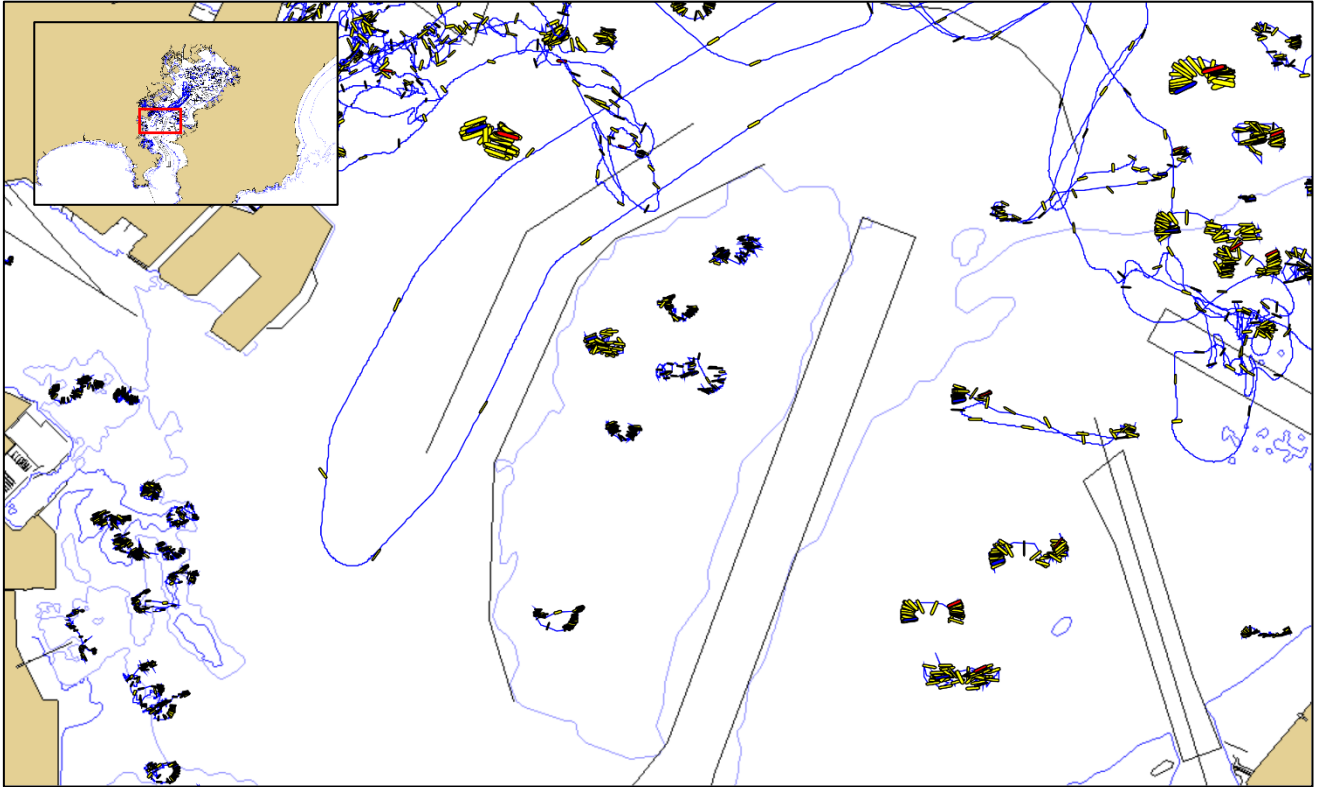


図-5.20 船舶の状況 (中ノ瀬)

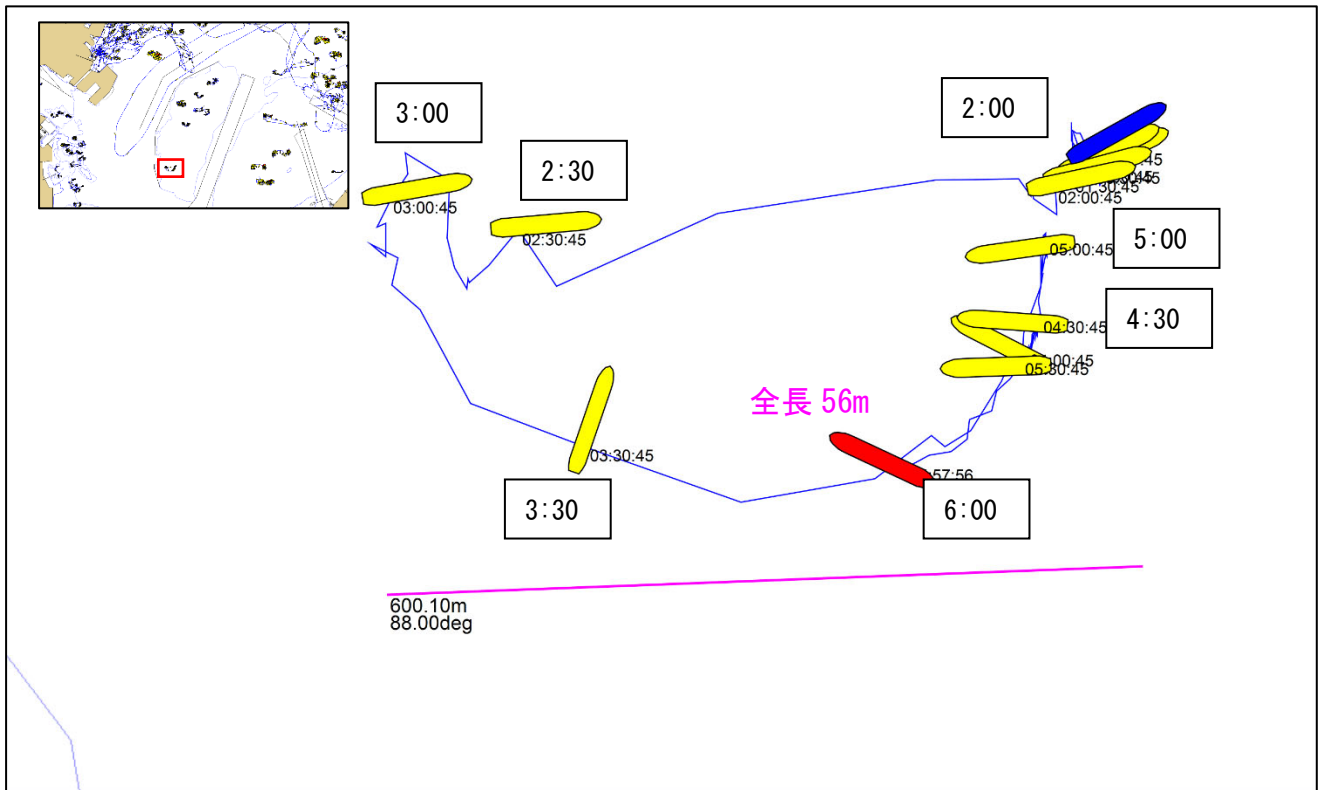


図-5.21 走錨した船舶の状況 (中ノ瀬)

5.3 必要水域規模に関する基本的考察

現在、操船の分野では風速に応じ錨泊のための錨長の指標式「風速20m/s以上：3D+90，風速30m/s以上：4D+145（Dは錨泊地の水深（m）」が経験的に用いられる。この錨長に全長Lを加えた長さが錨泊円の半径となるため、1船あたりの必要水域規模の目安ともなる。今回の台風では大きな風速が予想されたため、船舶は風速30m/s以上の式を用いていたものとみられるが、走錨した船舶が少なからずあった状況にある。

これを踏まえ図-5.22は図-5.23で示した2隻の船舶を対象に海上技術安全研究所が公開している錨ing（走錨リスク判定システム）⁸⁾を用い、錨長を長くした場合のリスク軽減の可能性を試算した結果である。この判定システムでは風圧や錨による支持力等を考慮し、走錨のリスクが評価される。

「風速30m/s以上の式」を用いる場合には、今回の台風程度の風速を対象2隻に与えて算定した場合、錨の長さが不足し（船を支持する力が不十分であり）走錨のリスクが高いと判定される。錨の長さを長くしていくに従い、走錨リスクは減少する。

この判定システムでは船舶エンジンの利用も考慮できるが、今回は対象2隻の出力等の情報が不明であるため、算定においてこれを考慮していない。なお算定上は走錨リスクが極めて高い判定結果であるが、実際には機

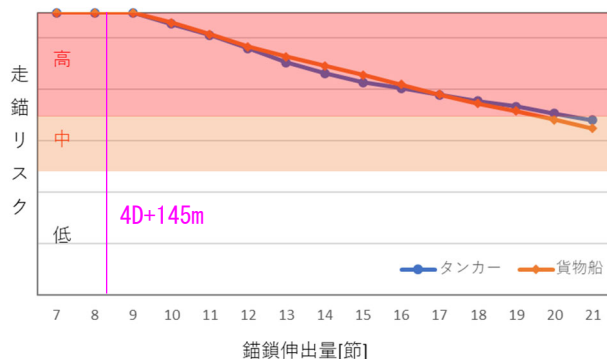


図-5.22 走錨リスク推定結果



図-5.23 走錨リスク推定対象船舶

関を稼働させたであろうため、大きく走錨した状況はみられない。今後、台風が強大化した場合には、現在の指標式以上に錨を長く設定した算定式やこのような錨泊に対応した水域施設の検討が必要になるものと考えられる。

6. まとめ

本研究では、記録的な強風を伴った2019年台風15号の東京湾通過時における船舶の避泊及び走錨の実態を、AIS（船舶自動識別装置）データを用いて分析した。得られた主な結果を以下に示す。

1. 東京湾全体での錨泊船の分布について把握したが、避泊船舶の密度は、東京港から千葉港にかけての海域がもっとも高かった。
2. 台風接近前後の東京湾への船舶の出入状況を分析し、小型・中型の船舶が台風通過前に入湾・通過後に出湾している（大型の船舶はその逆）傾向を確認した。
3. リスクが相対的に高い大型船舶と危険物船舶に着目し、今回の台風と過去の東京湾への台風接近時の船舶動静とを比較した。避泊海域について過去の台風と共通の傾向が見られたが、隻数については大型船舶（DWT30,000t以上）並びに危険物船舶のうちDWT5,000t以上の船舶数がやや少なかった。
4. 東京湾各海域での錨泊船について、船種・船型等による特徴を分析した。東京・千葉において錨泊し隻数が最も多く、また全長150mを超える比較的大きな船舶の割合は川崎・横浜と木更津で高かった。船種については東京・千葉では危険物船舶（LPGやタンカー）が多く、川崎・横浜ならびに木更津では一般貨物船が多かった。また川崎・横浜では大型クルーズ船が錨泊していた。
5. 今回の台風が東京湾を縦断したことに着目し、台風通過に伴う東京湾の船舶動静の特徴について分析した。台風の通過に伴い東京湾全体で錨泊船の向きが時間とともに変化した状況や、台風が通過したと見られる進路を挟んで船舶の回転方向が互いに逆となっている特徴を把握した。
6. 今回の台風では約7割の船舶が大きく走錨したが、その海域別・船型別等の特徴を分析した。大きく走錨した船舶の割合が高いのは川崎・横浜であり、比較的大型の船舶の大きな走錨は木更津で見られた。船種・積載率による相違は確認されなかった。また海域毎の走錨の航跡の特徴について、台風の通過時刻と風向きを参考に考察した。

7. 台風通過時の船舶動静（航跡）について海域別に把握を行い、台風の通過による風向きの変化により走錨の向きが変わるといった傾向があったことを把握した。また事故が報告されている横浜周辺での状況について考察し、風向とうねりが当該海域のリスクを相対的に高いものにしてきたことを推察した。
8. 今後台風が強大化した場合を想定し、錨長を長くした場合のリスク軽減の可能性ならびにそれに対応した水域施設規模の必要性について試算を行った。その結果これらの有効性を示唆する結果を得た。

今後も台風の強大化の傾向を把握するとともに、より安全な水域利用のため、引き続き船舶動静の分析等を継続していく必要がある。

(2022年2月16日受付)

参考文献

- 1) 国土交通省：港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会，最終とりまとめ，<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001345986.pdf>（2022年2月14日アクセス）
- 2) 東京管区気象台：令和元年 台風第15号に関する気象速報，2019.
- 3) 横浜海上保安部航行安全課：京浜港長（横浜区・川崎区）が発令する勧告等について，令和3年7月8日.
- 4) 安部智久・野口孝俊・内藤裕之・谷本剛・高橋宏直：東京湾における津波来襲時での避難水域規模推計に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，No.782，2014.
- 5) 国土交通省：港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会，第1回委員会資料，<https://www.mlit.go.jp/common/001314446.pdf>（2022年2月14日アクセス）
- 6) 田村仁・川口浩二・岩本匠夢・藤木峻：2019年台風15号による横浜港に襲来したうねり性の波浪，港湾空港技術研究所報告，VOL.60，NO.1 June 2021.
- 7) 山本康太・江本翔一：AISデータを用いた2018年台風21号時の大阪湾内船舶の避泊実態に関する分析，国土技術政策総合研究所資料，No.1052，2018.
- 8) 海上技術安全研究所：錨ing（走錨リスク判定システム），<https://cloud.nmri.go.jp/portal/pub/anchor>（2022年2月14日アクセス）

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1197

March 2022

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕
E-mail:ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

国土技術政策総合研究所資料

No.1197

AISデータを用いた2019年台風15号時の東京湾内船舶の避泊実態に関する分析

March 2022