

1. はじめに

2007年に改正された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾（以下 技術基準・同解説）では、荒天時の泊地規模についての定量的な記述はなされていない。しかしながら、過去の技術基準・同解説では**表-1**に示す定量的な算定式が記述されていたものの、1999年の改正の際に、その根拠が不明であったことから削除された経緯がある。実際問題として荒天時における船舶の避泊実態、特に避泊に必要な水域規模を把握するのは容易ではなく、**表-1**の算定式の妥当性評価はもちろん新たな算定式の提案もなされてこなかったと考えられる。

近年、外航船・内航船ともに一定規模以上の船舶へのAIS（Automatic Identification System：船舶自動識別装置）の搭載が義務化されたことで、荒天時での避泊実態の把握が従来と比較して格段と容易になった。港湾研究部港湾計画研究室では、国総研船舶動静解析システム（NILIM-AIS）を構築することで、台風が通過した際の湾内での船舶の避泊実態の観測を可能とした。

そこで、著者らは2007年台風9号が東京湾を通過した際の観測結果をもとに、国総研資料No.431²⁾において東京湾の避泊実態分析を行い、さらに国総研資料No.500³⁾、No.529⁴⁾では観測された全船舶を対象として、荒天時の泊地規模に関して過去の技術基準・同解説で示された**表-1**の算定式と実態観測結果とを比較分析し、さらに荒天時の泊地規模に対する新たな算定式について検討した。

その後、外部の方から**表-1**の算定式は旧海軍の「操艦教範」が出典⁵⁾であることをご指摘頂くとともに、わが国の操船者は現在においてもこの値を一つの目安にしていることをご教示頂いた。なお、「操艦教範」（抜粋）を巻末の付録に示す。ただし、過去の技術基準・同解説では泊地の規模の半径と表記しているのに対して、「操艦教範」では錨鎖長としている。これらの点を踏まえて、技術基準・同解説での**表-1**の算定式の位置づけを再考する必要があると考える。さらに、国総研資料No.500、No.529の分析結果を見直すとともに、より多くのデータ特に東京湾以外のデータを収集し分析が必要だと考える。

そうした状況において、本年（2009年）10月に台風18号が本土（愛知県知多半島）に上陸した。前回の2007年以降に、NILIM-AISの観測エリアを伊勢湾、大阪湾にも拡大していたことから、上陸地点周辺の伊勢湾のみならず東京湾、大阪湾においても避泊実態を観測することが出来た。

本研究では、今後の技術基準・同解説での**表-1**の算定式の再考に際して、国総研資料No.500、No.529で対象とした2007年台風9号以外の多くのデータを活用するために、この2009年台風18号について大阪湾、伊勢湾、東京湾を対象として国総研資料No.431と同様の分析を行った。

なお、本研究において伊勢湾とは伊良湖水道航路以北の三河湾を含む海域としており、知多半島以西の海域のみ場合には狭義の伊勢湾として表記している。さらに、この伊勢湾では台風上陸時直前の8日04:00から12:00の間は、観測機器の故障によりデータが欠測している。また、時間は24時間表記とし、風速は10分間平均風速としている。

表-1 荒天時の避泊を目的とした泊地の規模

風速毎秒20m以上	半径： $L + 3D + 90\text{m}$
風速毎秒30m以上	半径： $L + 4D + 145\text{m}$

（L：対象船舶の船長（m） D：水深（m））

2. 台風18号の概要

本研究で対象とする2009年台風18号の概要を、東京管区気象台⁶⁾および大阪管区気象台⁷⁾の資料に基づき以下に取りまとめる。

台風第18号は、9月29日21時にマーシャル諸島で発生し、北西に進みながら発達して10月4日には猛烈な勢力となった。その後、進路を北に変え、6日から7日にかけて非常に強い勢力で南大東島近海を通過し、7日未明には南大東島付近で北東に向きを変え、8日未明にかけ四国の南海上を北東進し、紀伊半島の南東岸に沿って進み8日05時過ぎには強い勢力を維持したまま愛知県知多半島付近に上陸した。その後台風は関東地方北部から東北南部を北東に進み、8日夜には三陸沖に達した。ここで、台風の経路を図-2.1に、7日から8日にかけての天気図・気象衛星映像を図-2.2に示す。

本州南岸の秋雨前線の北上に伴い、期間降水量が和歌山県那智勝浦町色川では407.5ミリを観測するなど、近畿地方や四国地方東部、中国地方の日本海側を中心に大雨となった。さらに、東日本太平洋側では10月5日から雨が降り始め、6日には伊豆諸島で大雨となった。台風の接近した7日には東海地方で大雨となり、その後台風の上陸した8日

にかけて東海地方から関東甲信地方を中心に激しい雨が降り、大雨となった。降り始めの5日06時から8日24時までの総降水量は、東海地方や関東甲信地方の各地で200ミリを超え、三重県松阪市粥見で300.0ミリ、東京都八丈町八丈島で264.5ミリ、愛知県東海市東海で220.5ミリを記録した。また、8日には三重県四日市市四日市で183.0ミリ、同県伊賀市上野で155.5ミリの最大24時間降水量が観測され、10月としては観測開始以来第1位の記録となった。

台風は、東日本の沿岸および伊豆諸島を中心に、最大風速（10分間平均風速の最大値）20m/s以上の非常に強い風を観測し、愛知県常滑市セントレアで32.7m/s、新潟県佐渡市弾崎で30.3m/sを記録した。最大瞬間風速は、和歌山県潮岬で40.4メートル、神戸市中央区で36.1メートル、三重県尾鷲市尾鷲で42.0m/sを記録した。また、8日には、台風の接近に伴い発達した積乱雲の通過した茨城県や千葉県で竜巻と推定される突風の発生があった。図-2.3には最大風速の結果を示す。

東海地方から関東地方にかけての海上では、台風の接近・通過に伴って波やうねりが高くなり、7日には6メートルを超える大しけとなり、8日には9メートルを超える猛烈なしけとなった所があった。また、三河湾などでは高潮による被害が発生した。図-2.4には有義波高の等波高線図を示す。

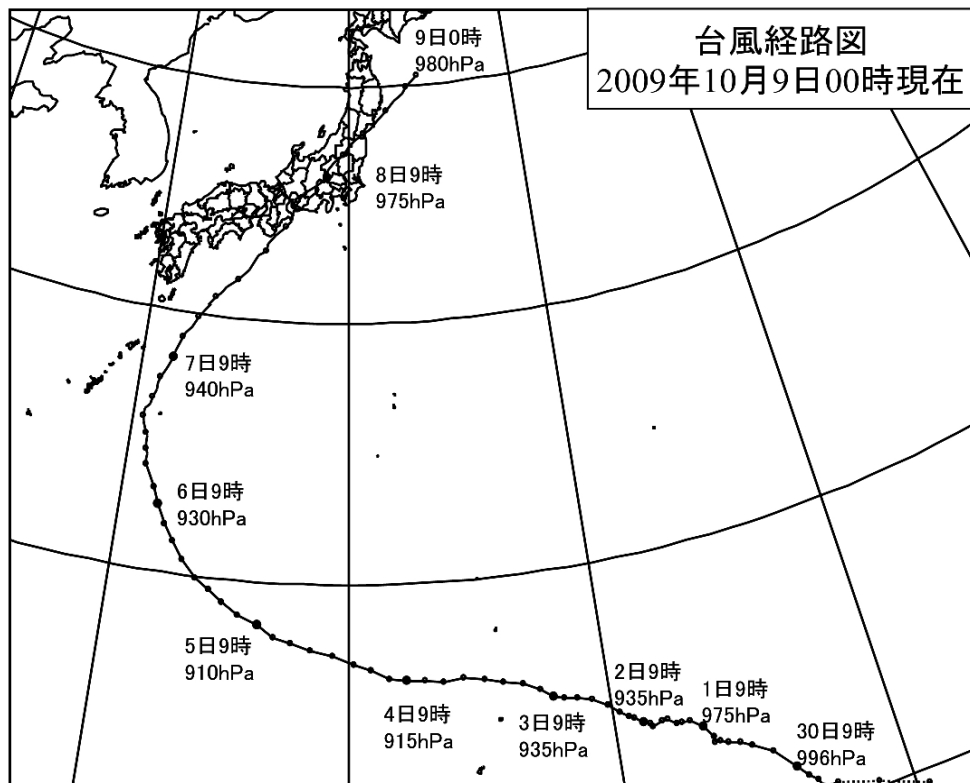


図-2.1 台風経路図（日時，中心気圧）⁶⁾

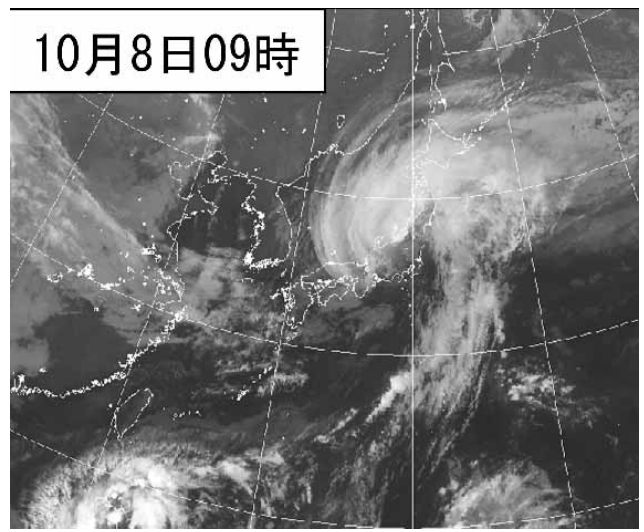
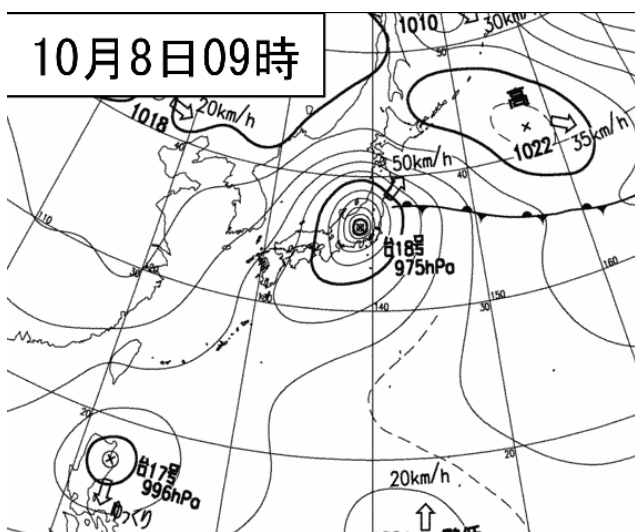
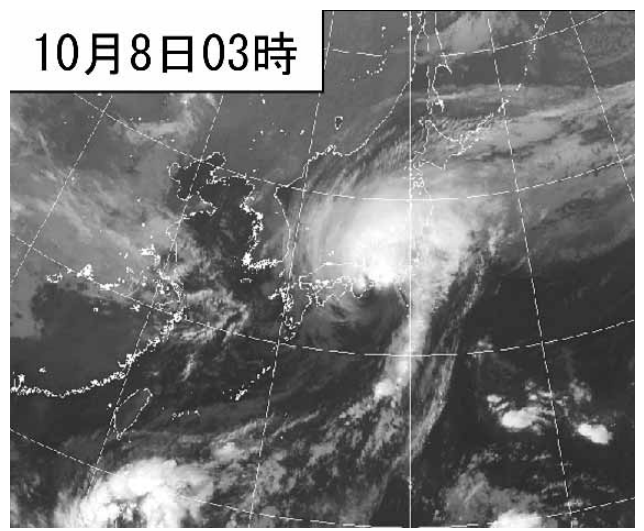
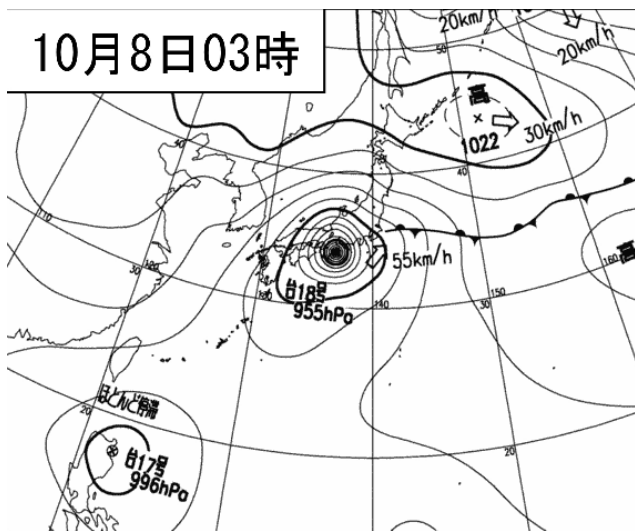
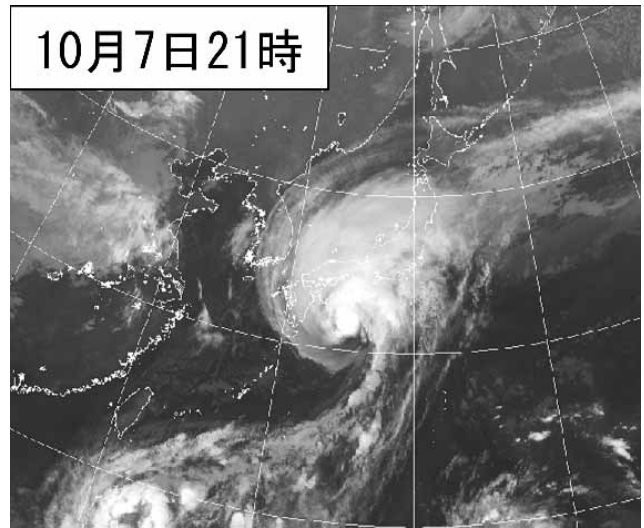
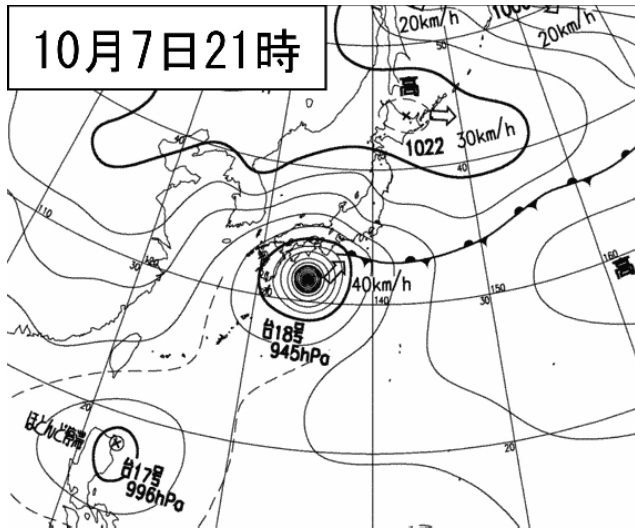


図-2.2 地上天気図および気象衛星「ひまわり6号」赤外画像⁶⁾

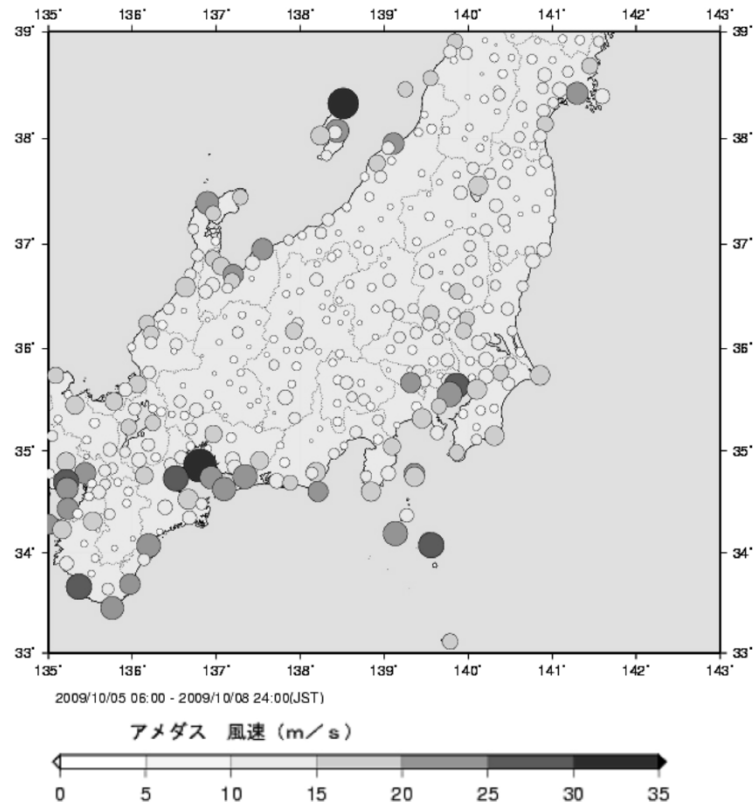


図-2.3 最大風速（10分間平均風速の最大値）⁶⁾

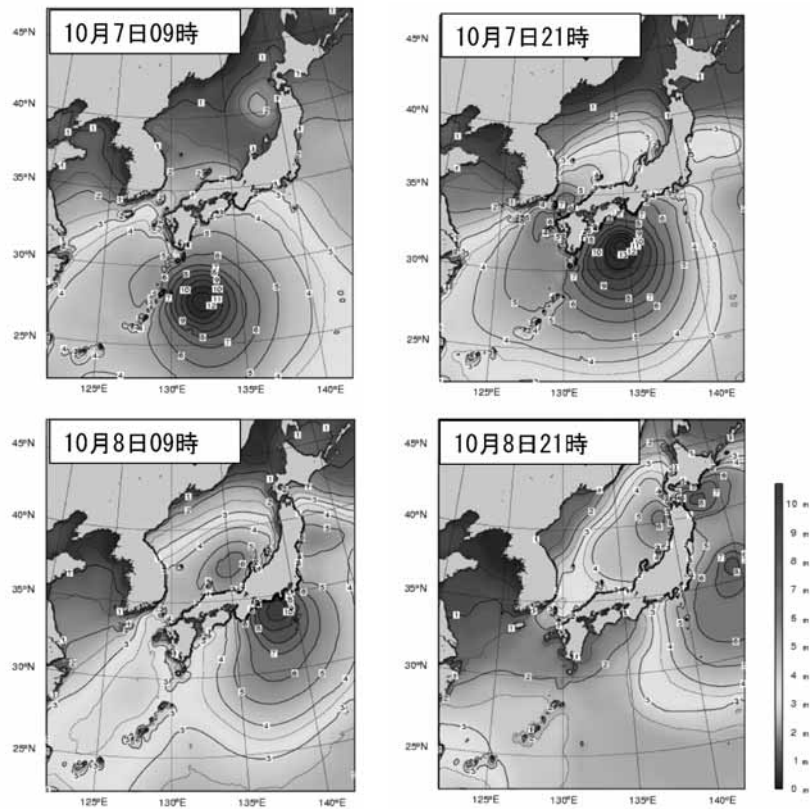


図-2.4 最大風速（10分間平均風速の最大値）⁶⁾

3. 湾内における避泊実態分析

台風18号が本州に接近し、通過するまでの10月7日12:00から10月8日24:00までの36時間を対象に、三大湾内での避泊状況を時系列分析した。

具体的には、各湾に図-3.1.1～3.3.25に示すように各図の左側にはNILIM-AISにより解析した結果を、右側には台風の中心位置と風向・風速を示す。ここで、風向・風速は大阪湾では関空島、狭義の伊勢湾ではセントレア、三河湾では豊橋および東京湾では羽田での気象庁の観測地点による観測結果に基づく。NILIM-AISの解析では、保有する機能により船舶の位置と船首が明確になるように三角形の記号(△)で表示している。なお、一部の船舶において色が異なるのは取得されるAISデータの欠損を示している。さらに、図中にそれぞれの基地局での観測隻数を示すが、これは図で示した範囲外をも含めた観測(受信した)隻数である。なお、AIS搭載義務船は、国際航海船舶では300GT以上、非国際航海船舶では500GT以上となっている。ただし、義務船以外でも搭載している場合がある。

図-3.1.1～3.1.25で示す大阪湾では湾内に避泊している船舶の船首はほぼ全て同じく風上方向に向いており、さらに、台風の進行とともに全船舶の船首が反時計回りに回転していることが明らかになる。また、図中での最

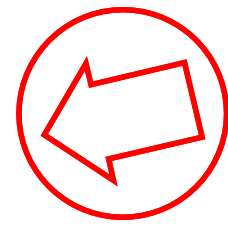
大風速の最大値(17.5m/s)を示す8日02:00での観測隻数は217隻であった。

図-3.2.1～3.2.25で示す伊勢湾で避泊している船舶は狭義の伊勢湾と三河湾では傾向が異なるものの、それぞれの近傍で観測された風向の風上方向に船首は向いている。ただし、最大風速が15m/sを超えている8日02:00と8日04:00では、狭義の伊勢湾の湾口部に避泊している船舶は三河湾に避泊している船舶と同様の傾向を示している。また、欠測状態以外の図中で最大風速の最大値(22.1m/s)を示す8日04:00での観測隻数は186隻であった。

図-3.3.1～3.3.25で示す東京湾でも湾内に避泊している船舶の船首はほぼ全て同じく風上方向に向いており、さらに、台風の進行とともに全船舶の船首が反時計回りに回転していることが明らかになる。ただし、今回での東京湾では風向・風速ともに急激に変化していることが挙げられる。7日18:00までの北の風から8日02:00までは次第に北東の風に変化していたものが、8日04:00には一気に西の風に、さらに8日06:00から08:00には西から南へ変化している。特に、その段階で最大風速が3.5m/sから18.9m/sへと、その次の10:00には22.9m/sと急激に大きくなっている。この22.9m/sが図中での最大風速の最大値であり、その時点での観測隻数は388隻であった。



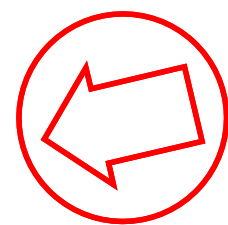
図-3.1.1 大阪湾一避泊実態 1



観測地点：関空島
風 向：東北東
風 速：4.6m/s
観測隻数：352隻



図-3.1.2 大阪湾一避泊実態 2



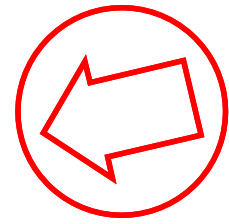
観測地点：関空島
風 向：東北東
風 速：4.1m/s
観測隻数：321隻



図-3.1.3 大阪湾一避泊実態 3



091007 04:00



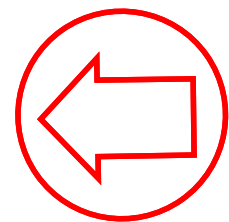
観測地点：関空島
風 向：東北東
風 速：3.3m/s
観測隻数：303隻



図-3.1.4 大阪湾一避泊実態 4



091007 06:00



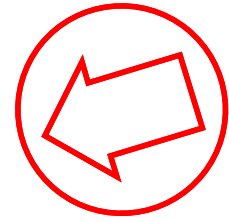
観測地点：関空島
風 向：東
風 速：5.1m/s
観測隻数：307隻



図-3.1.5 大阪湾一避泊実態 5



091007 08:00



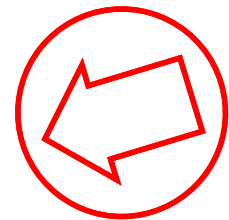
観測地点：関空島
風 向：東北東
風 速：4.7m/s
観測隻数：339隻



図-3.1.6 大阪湾一避泊実態 6



091007 10:00



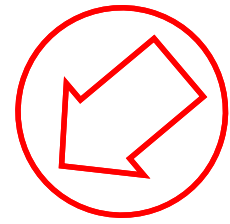
観測地点：関空島
風 向：東北東
風 速：5.2m/s
観測隻数：329隻



図-3.1.7 大阪湾一避泊実態 7



091007 12:00



観測地点：関空島
風 向：北東
風 速：8.7m/s
観測隻数：322隻

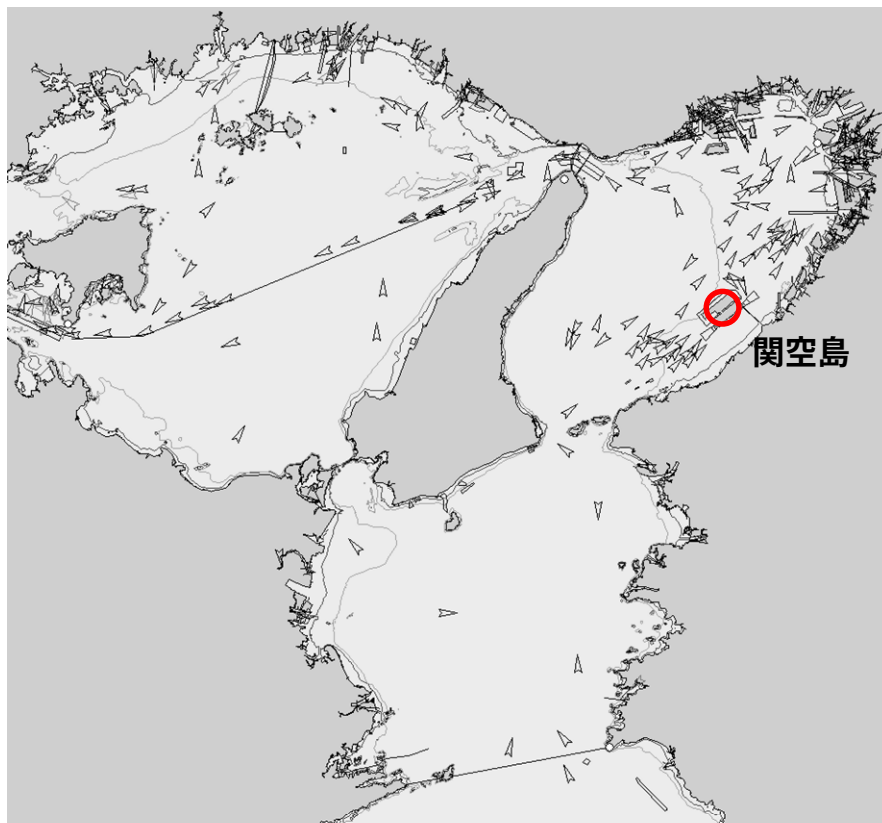
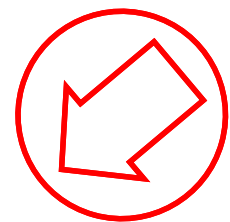


図-3.1.8 大阪湾一避泊実態 8



091007 14:00



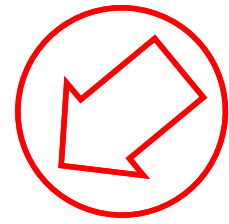
観測地点：関空島
風 向：北東
風 速：9.1m/s
観測隻数：325隻



図-3.1.9 大阪湾一避泊実態 9



091007 16:00



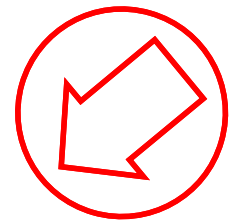
観測地点：関空島
風 向：北東
風 速：10.9m/s
観測隻数：350隻



図-3.1.10 大阪湾一避泊実態10



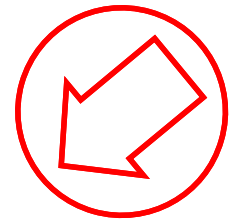
091007 18:00



観測地点：関空島
風 向：北東
風 速：11.1m/s
観測隻数：350隻



091007 20:00

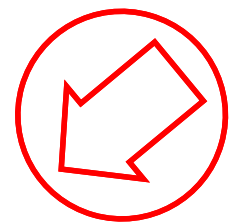


観測地点：関空島
風 向：北東
風 速：12.7m/s
観測隻数：332隻

図-3.1.11 大阪湾一避泊実態11



091007 22:00



観測地点：関空島
風 向：北東
風 速：13.3m/s
観測隻数：294隻

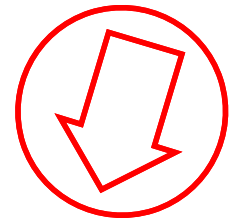
図-3.1.12 大阪湾一避泊実態12



図-3.1.13 大阪湾一避泊実態13



091008 00:00



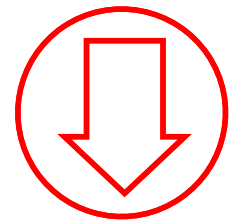
観測地点：関空島
風 向：北北東
風 速：15.9m/s
観測隻数：255隻



図-3.1.14 大阪湾一避泊実態14



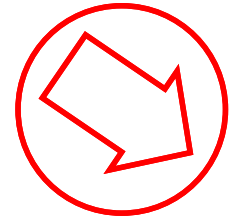
091008 02:00



観測地点：関空島
風 向：北
風 速：17.5m/s
観測隻数：217隻



091008 04:00

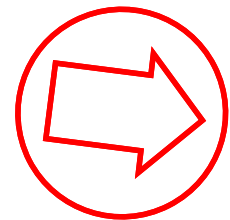


観測地点：関空島
風 向：北西
風 速：17.4m/s
観測隻数：214隻

図-3.1.15 大阪湾一避泊実態15



091008 06:00



観測地点：関空島
風 向：西北西
風 速：12.2m/s
観測隻数：244隻

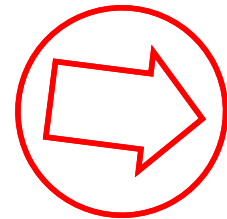
図-3.1.16 大阪湾一避泊実態16



図-3.1.17 大阪湾一避泊実態17



091008 08:00



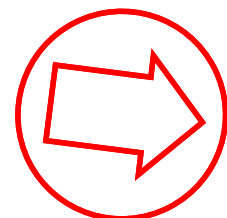
観測地点：関空島
風 向：西北西
風 速：9.9m/s
観測隻数：265隻



図-3.1.18 大阪湾一避泊実態18



091008 10:00



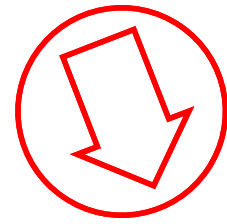
観測地点：関空島
風 向：西北西
風 速：6.3m/s
観測隻数：288隻



図-3.1.19 大阪湾一避泊実態19



091008 12:00



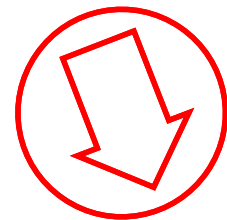
観測地点：関空島
風 向：北北西
風 速：6.6m/s
観測隻数：299隻



図-3.1.20 大阪湾一避泊実態20



091008 14:00



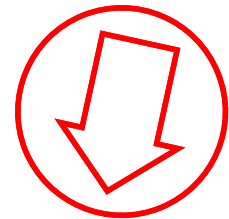
観測地点：関空島
風 向：北北西
風 速：6.5m/s
観測隻数：290隻



図-3.1.21 大阪湾一避泊実態21



091008 16:00



観測地点：関空島
風 向：北北東
風 速：7.2m/s
観測隻数：290隻

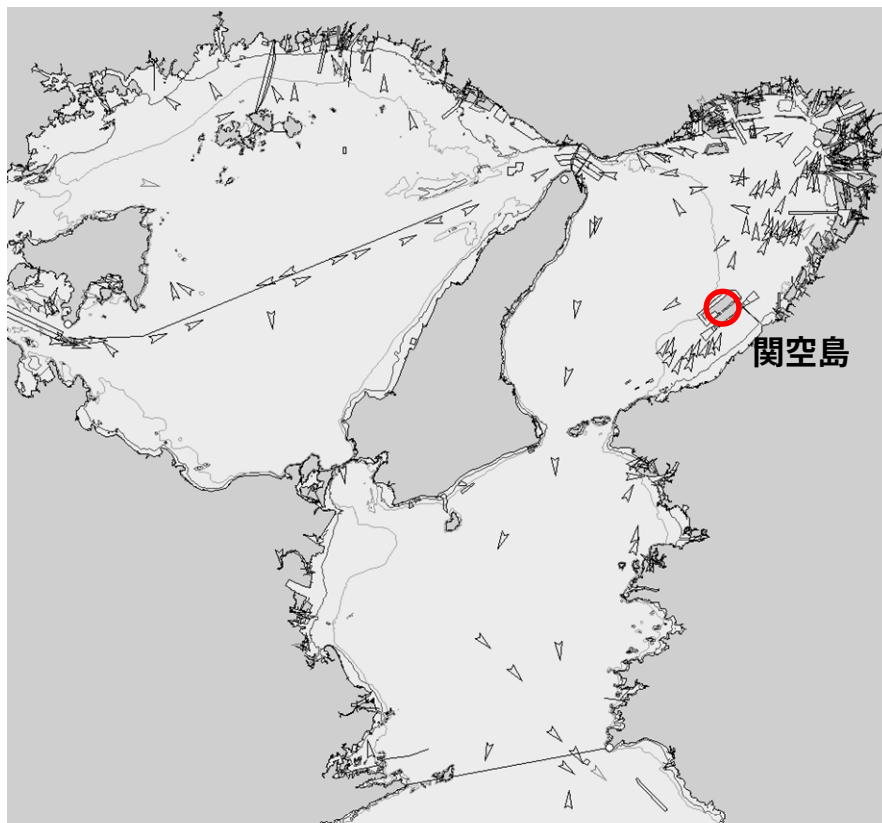
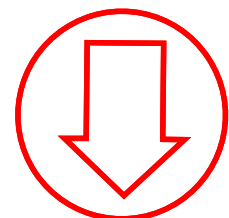


図-3.1.22 大阪湾一避泊実態22



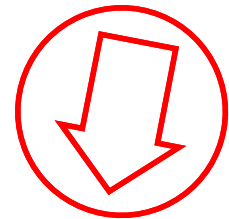
091008 18:00



観測地点：関空島
風 向：北
風 速：7.4m/s
観測隻数：298隻



091008 20:00

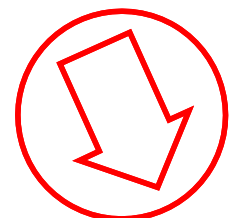


観測地点：関空島
風 向：北北東
風 速：4.3m/s
観測隻数：290隻

図-3.1.23 大阪湾一避泊実態23

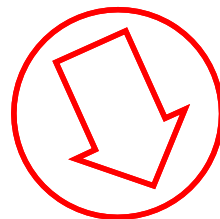
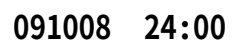


091008 22:00



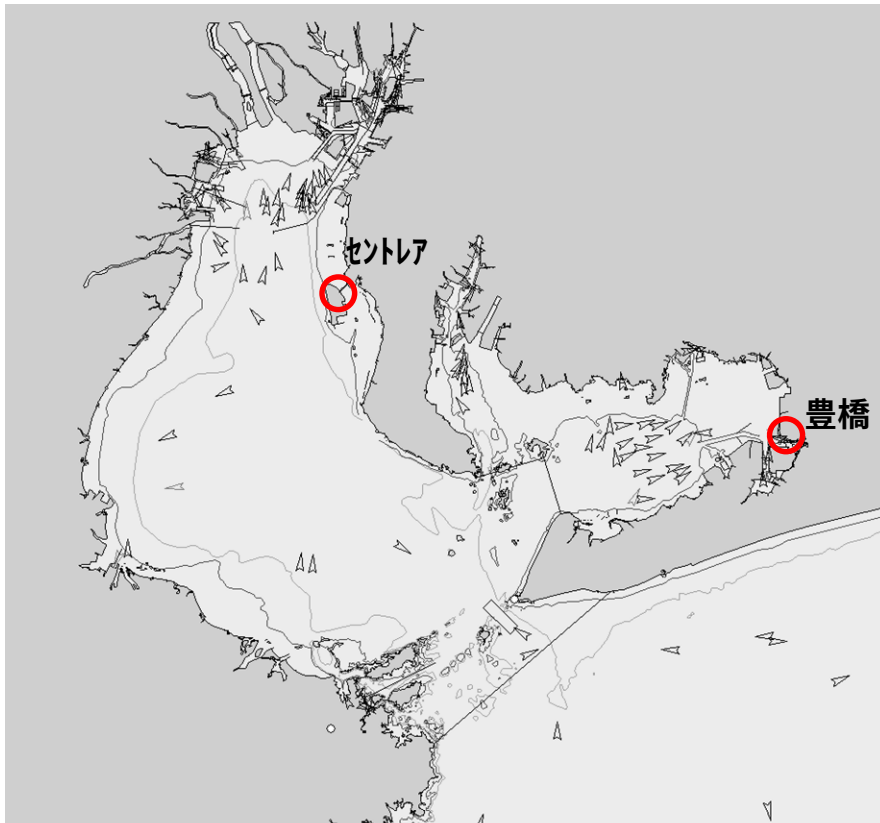
観測地点：関空島
風 向：北北西
風 速：6.8m/s
観測隻数：265隻

図-3.1.24 大阪湾一避泊実態24

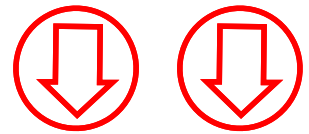


観測地点：関空島
風 向：北北西
風 速：5.2m/s
観測隻数：270隻

- 18 -

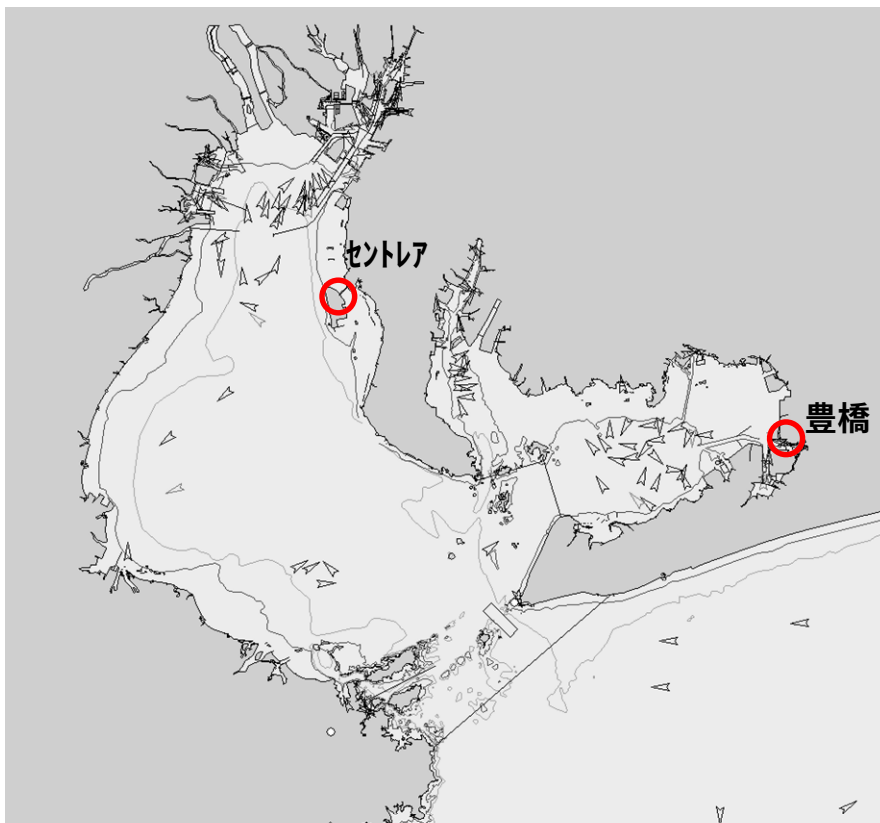


091007 00:00

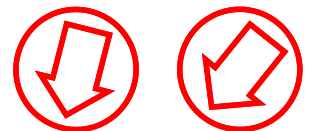


観測地点：	セントレア	豊橋
風 向：	北	北
風 速：	3.9m/s	1.9m/s
観測隻数：	166隻	

図-3.2.1 伊勢湾一避泊実態 1

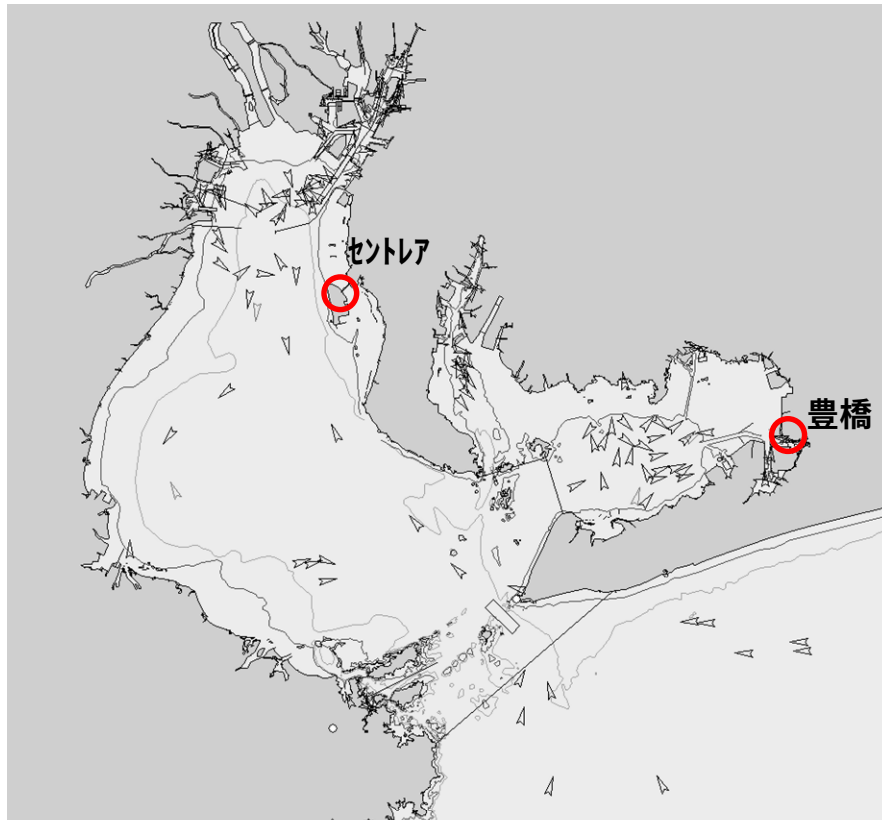


091007 02:00

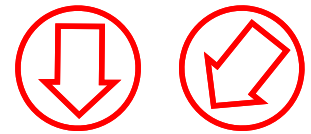


観測地点：	セントレア	豊橋
風 向：	北北東	北東
風 速：	2.8m/s	1.0m/s
観測隻数：	172隻	

図-3.2.2 伊勢湾一避泊実態 2

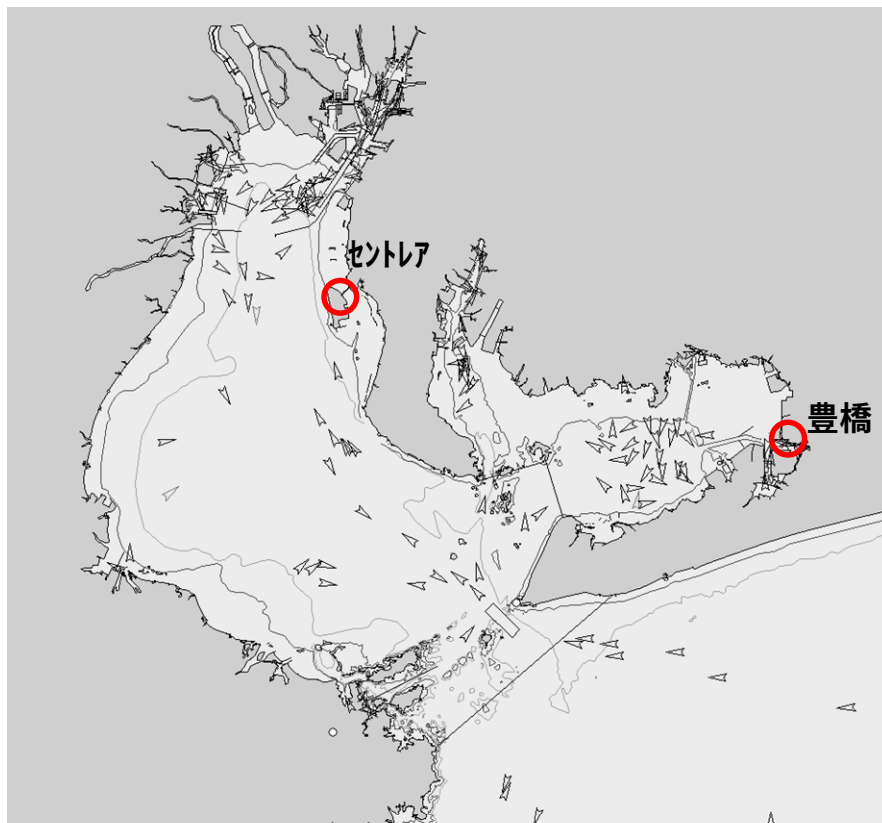


091007 04:00

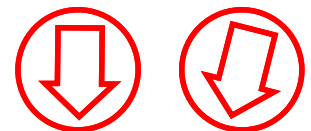


観測地点：セントレア 豊橋
風 向：北 北東
風 速：4.5m/s 3.1m/s
観測隻数：183隻

図-3.2.3 伊勢湾一避泊実態 3

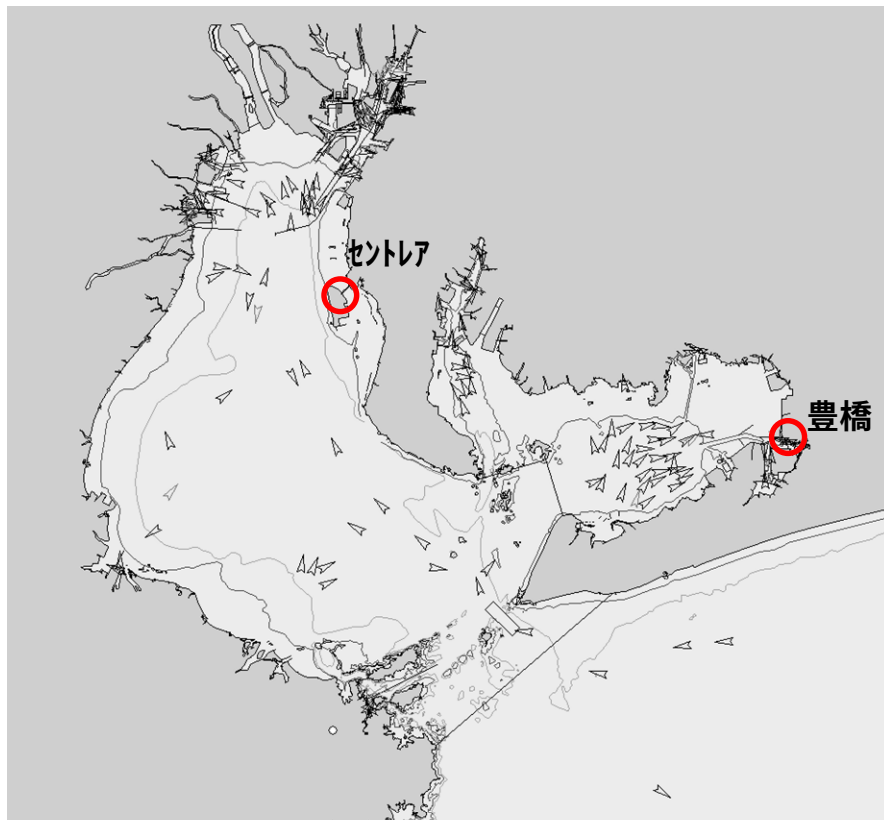


091007 06:00

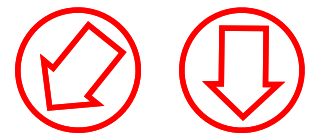


観測地点：セントレア 豊橋
風 向：北 北北東
風 速：3.3m/s 1.3m/s
観測隻数：195隻

図-3.2.4 伊勢湾一避泊実態 4

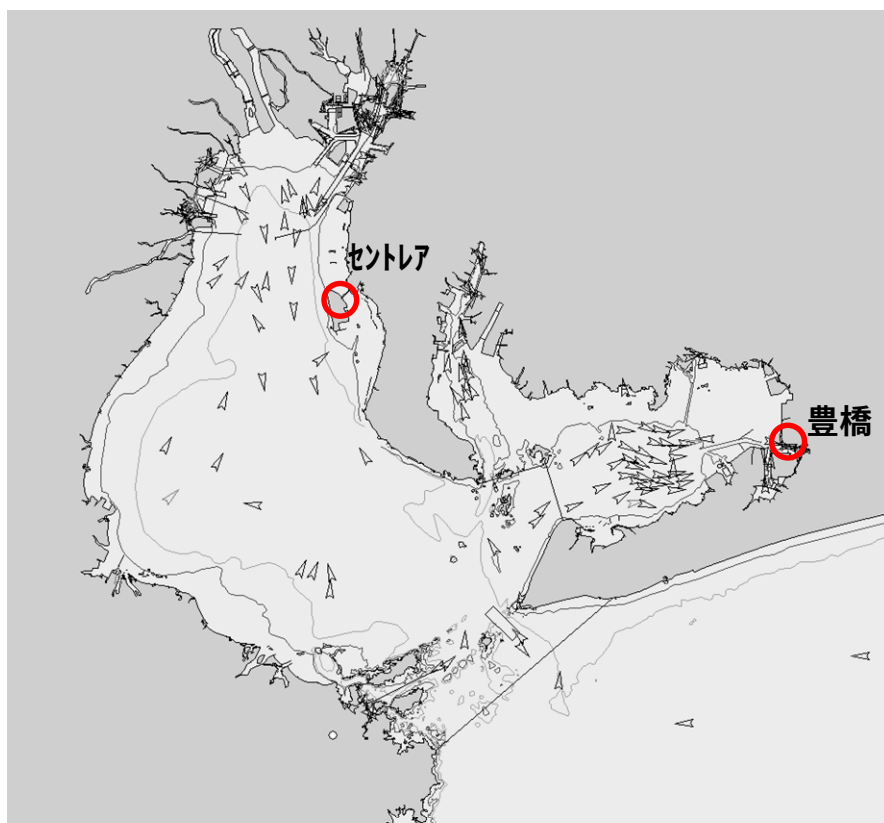


091007 08:00

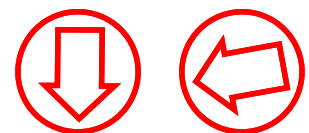


観測地点：	セントレア	豊橋
風 向：	北東	北
風 速：	3.3m/s	2.1m/s
観測隻数：	199隻	

図-3.2.5 伊勢湾一避泊実態 5

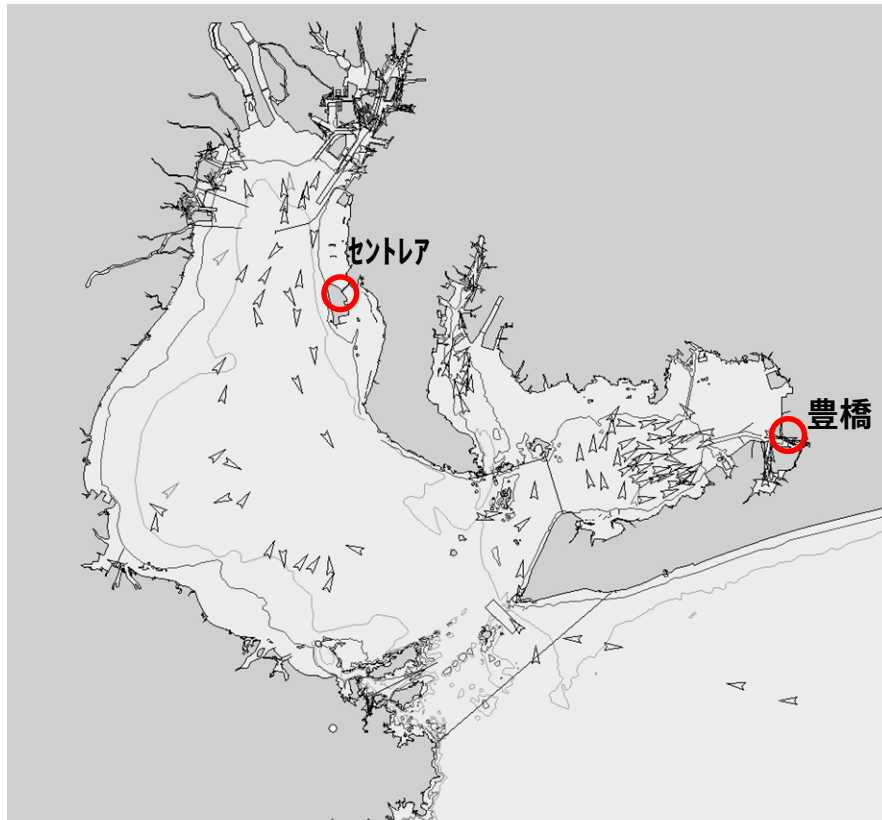


091007 10:00

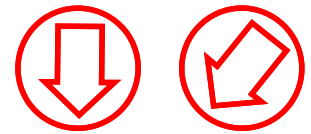


観測地点：	セントレア	豊橋
風 向：	北	東北東
風 速：	5.0m/s	1.6m/s
観測隻数：	202隻	

図-3.2.6 伊勢湾一避泊実態 6

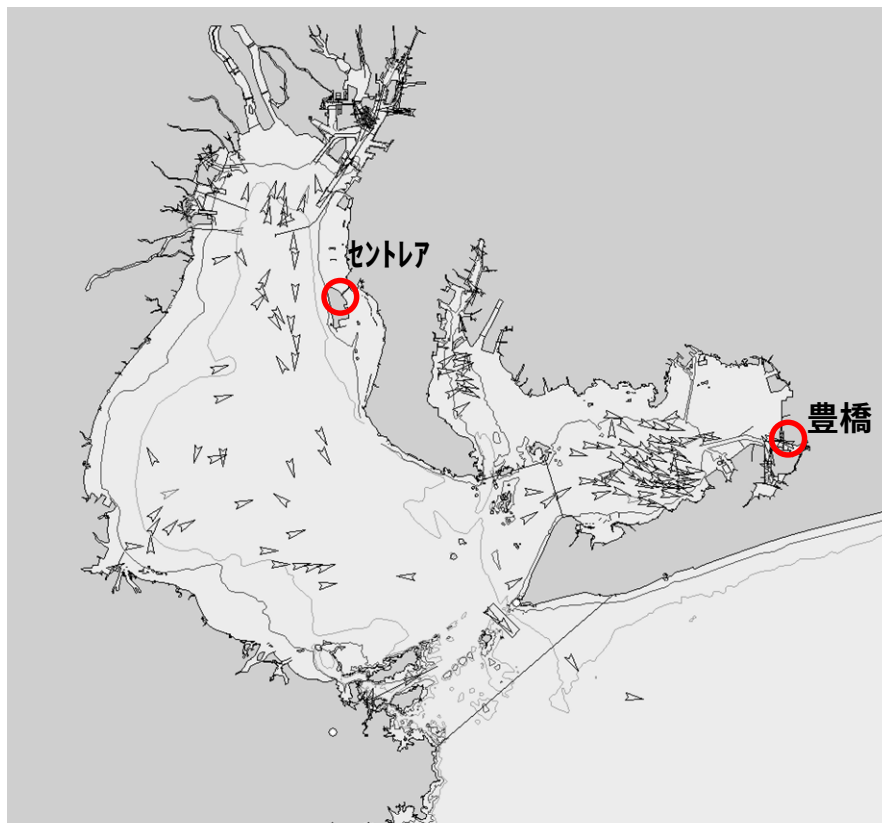


091007 12:00

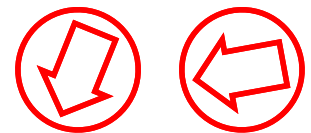


観測地点：セントレア 豊橋
風 向：北 北東
風 速：4.0m/s 2.3m/s
観測隻数：194隻

図-3.2.7 伊勢湾一避泊実態 7

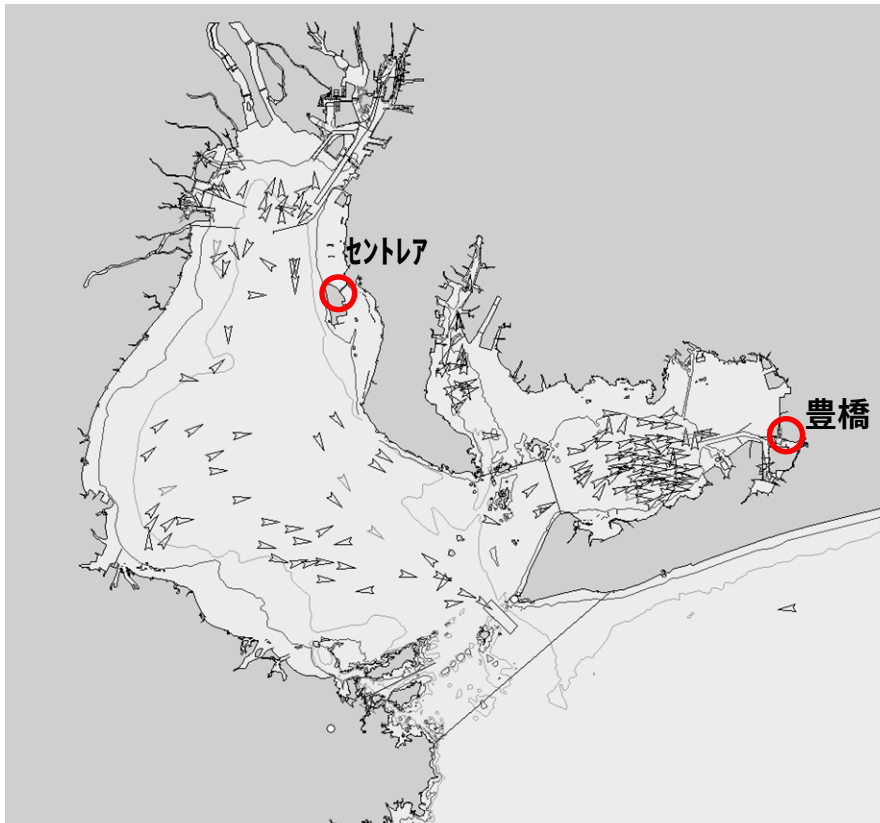


091007 14:00

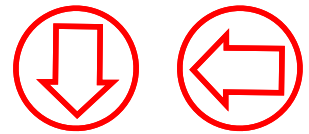


観測地点：セントレア 豊橋
風 向：北北東 東北東
風 速：3.7m/s 1.2m/s
観測隻数：200隻

図-3.2.8 伊勢湾一避泊実態 8

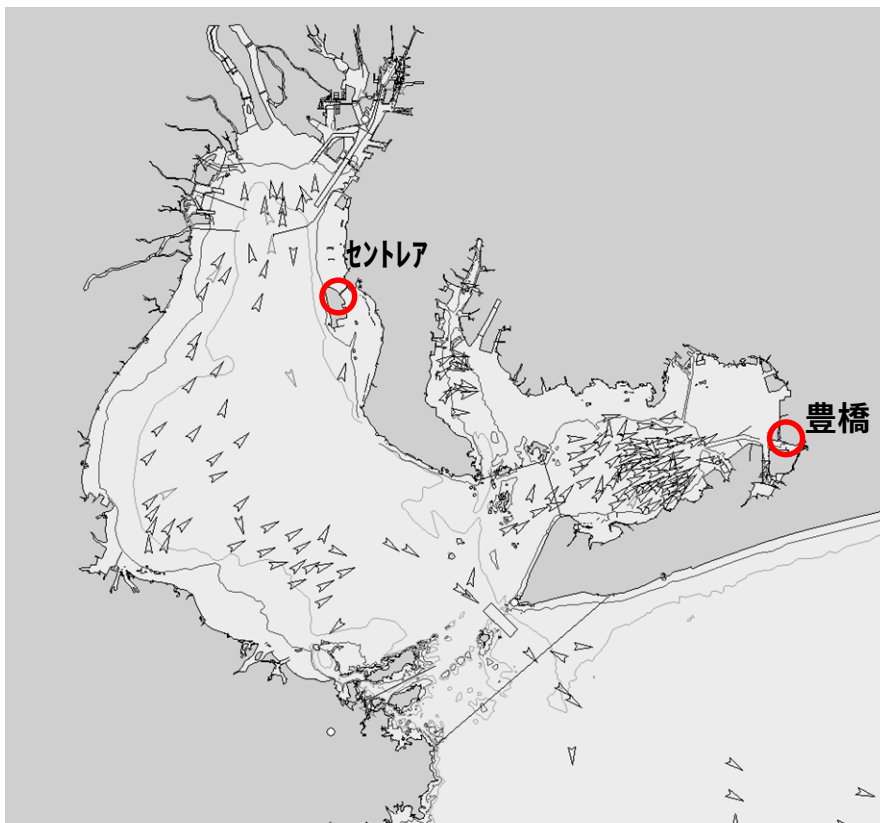


091007 16:00

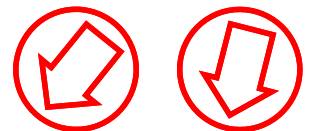


観測地点：セントレア 豊橋
 風 向：北 東
 風 速：6.9m/s 3.4m/s
 観測隻数：208隻

図-3.2.9 伊勢湾一避泊実態 9

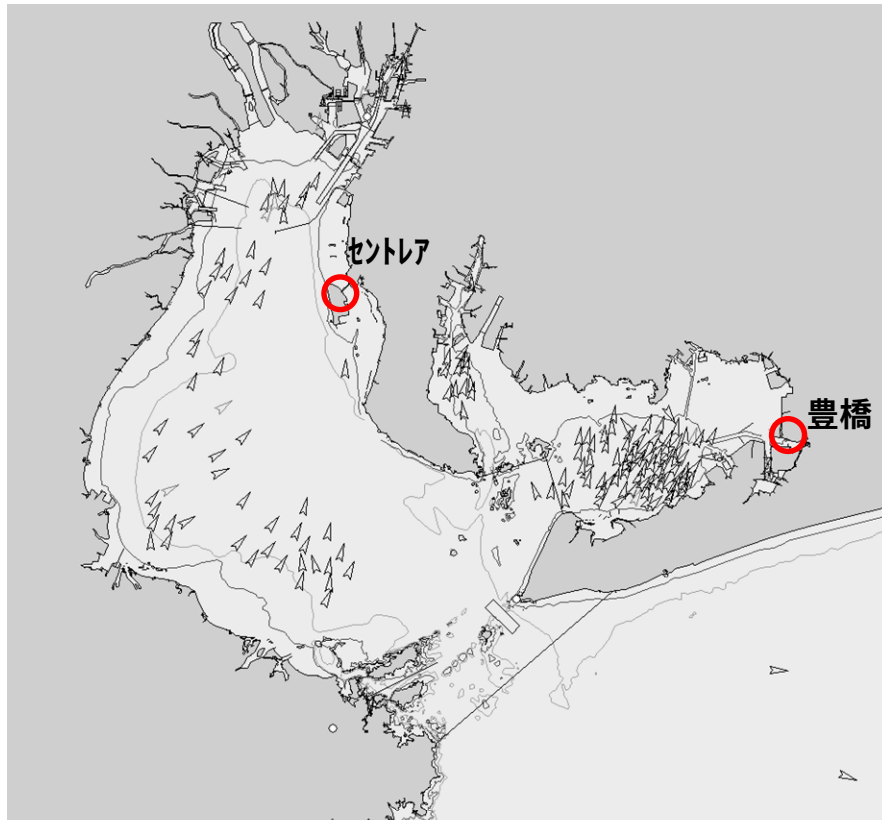


091007 18:00

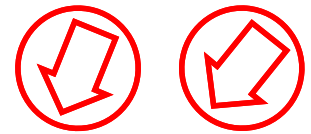


観測地点：セントレア 豊橋
 風 向：北東 北北東
 風 速：4.4m/s 4.2m/s
 観測隻数：200隻

図-3.2.10 伊勢湾一避泊実態10

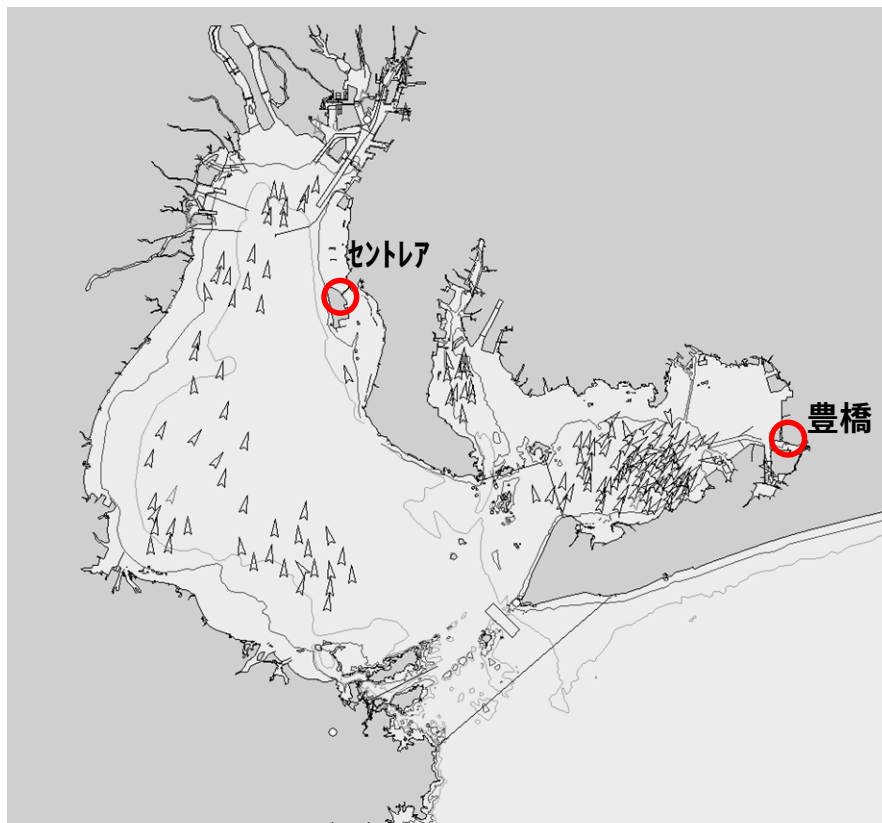


091007 20:00

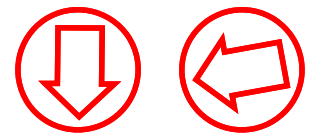


観測地点：セントレア 豊橋
風 向：北北東 北東
風 速：6.0m/s 4.2m/s
観測隻数：196隻

図-3.2.11 伊勢湾一避泊実態11



091007 22:00



観測地点：セントレア 豊橋
風 向：北 東北東
風 速：15.9m/s 8.5m/s
観測隻数：189隻

図-3.2.12 伊勢湾一避泊実態12

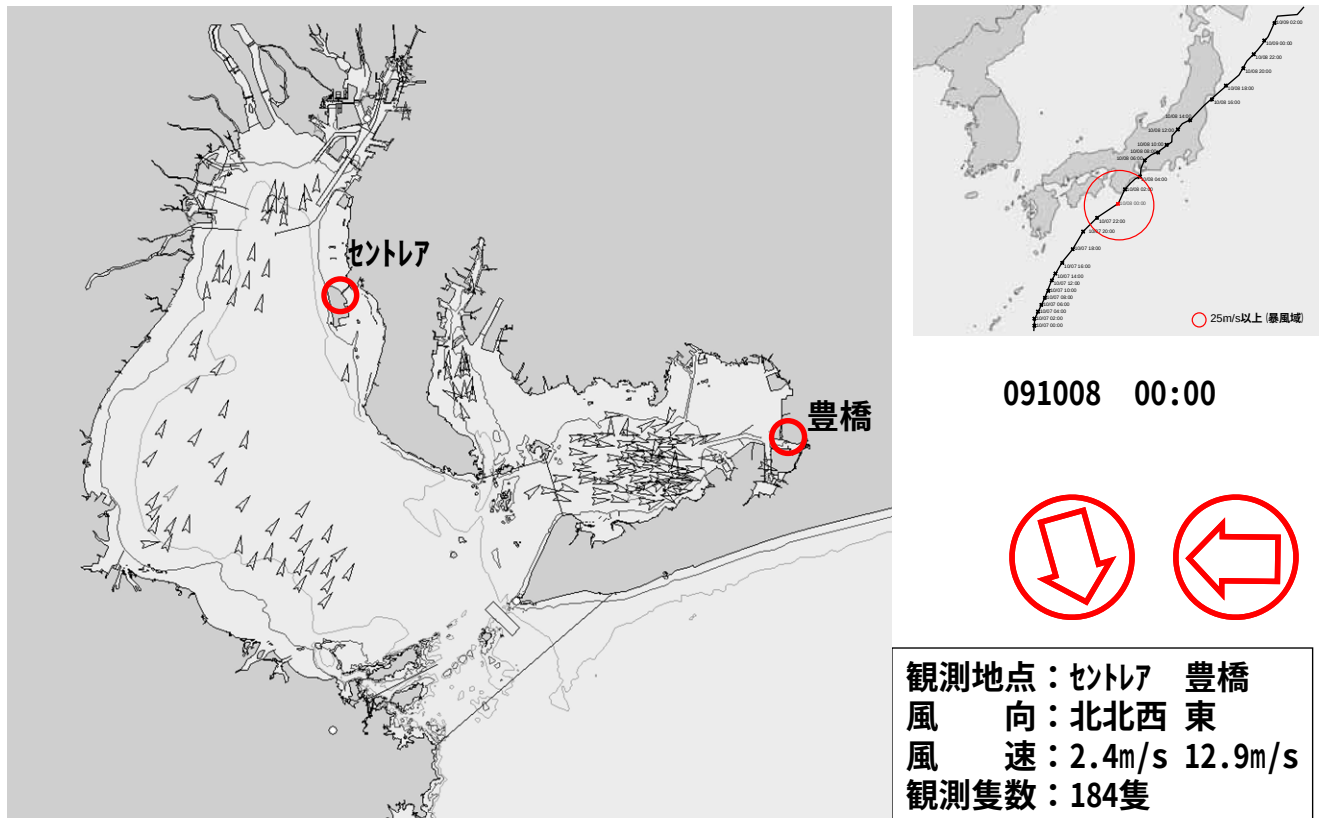


図-3.2.13 伊勢湾一避泊実態13

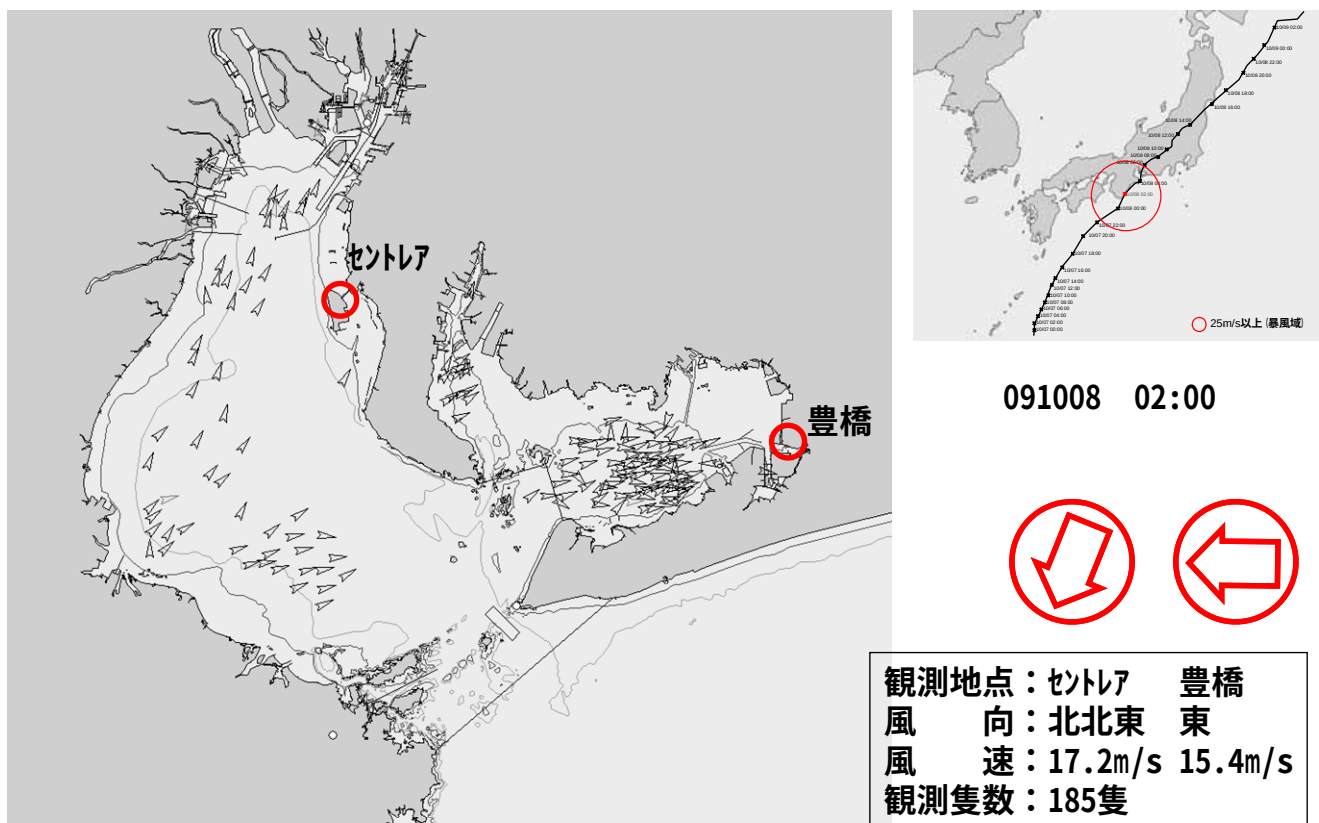


図-3.2.14 伊勢湾一避泊実態14

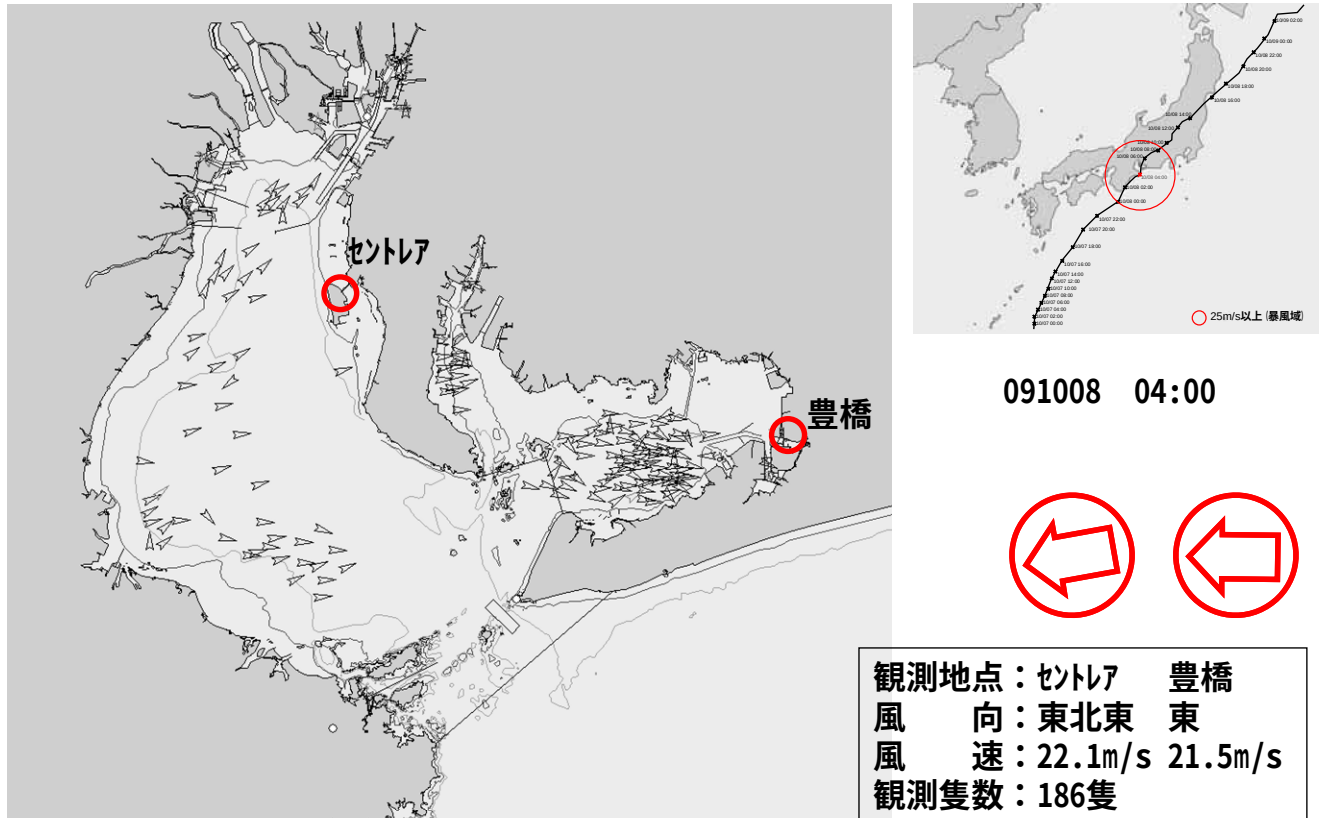


図-3.2.15 伊勢湾一避泊実態15

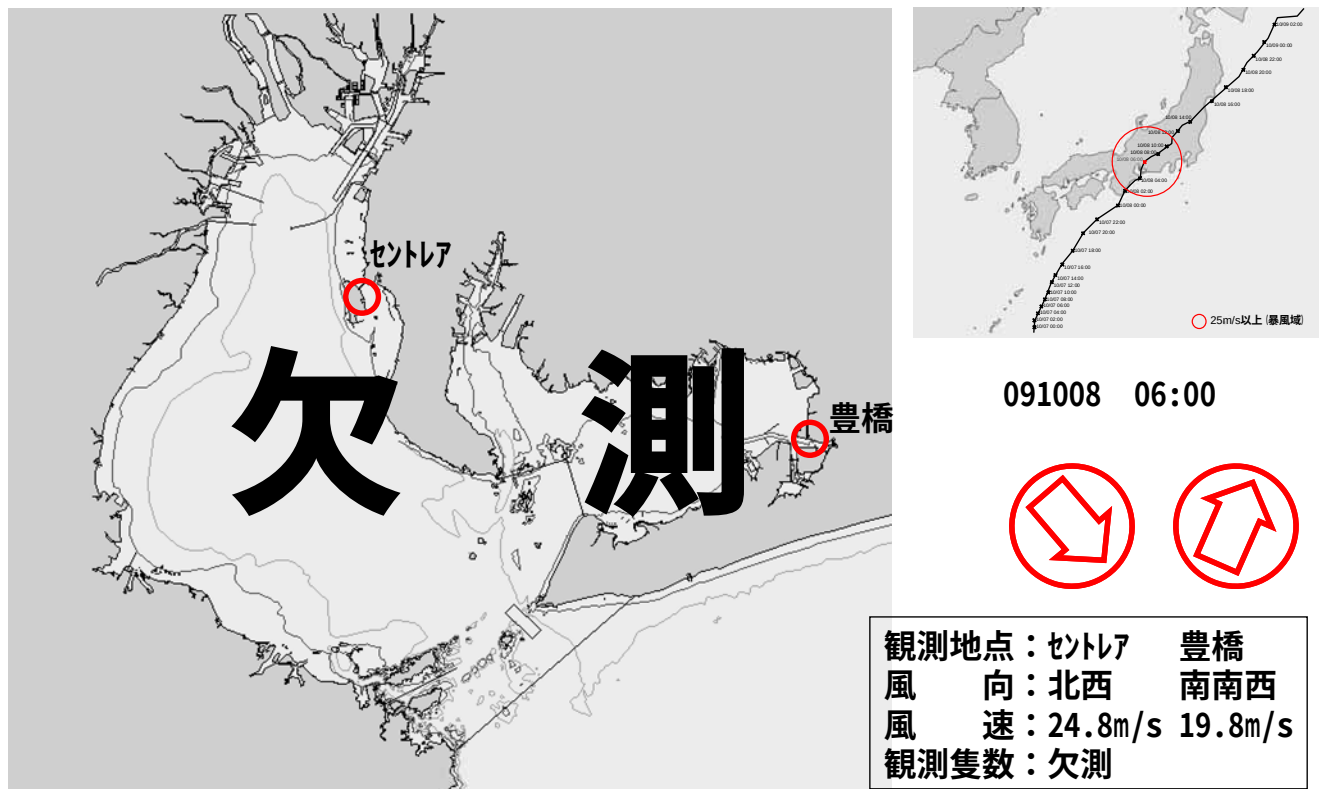


図-3.2.16 伊勢湾一避泊実態16

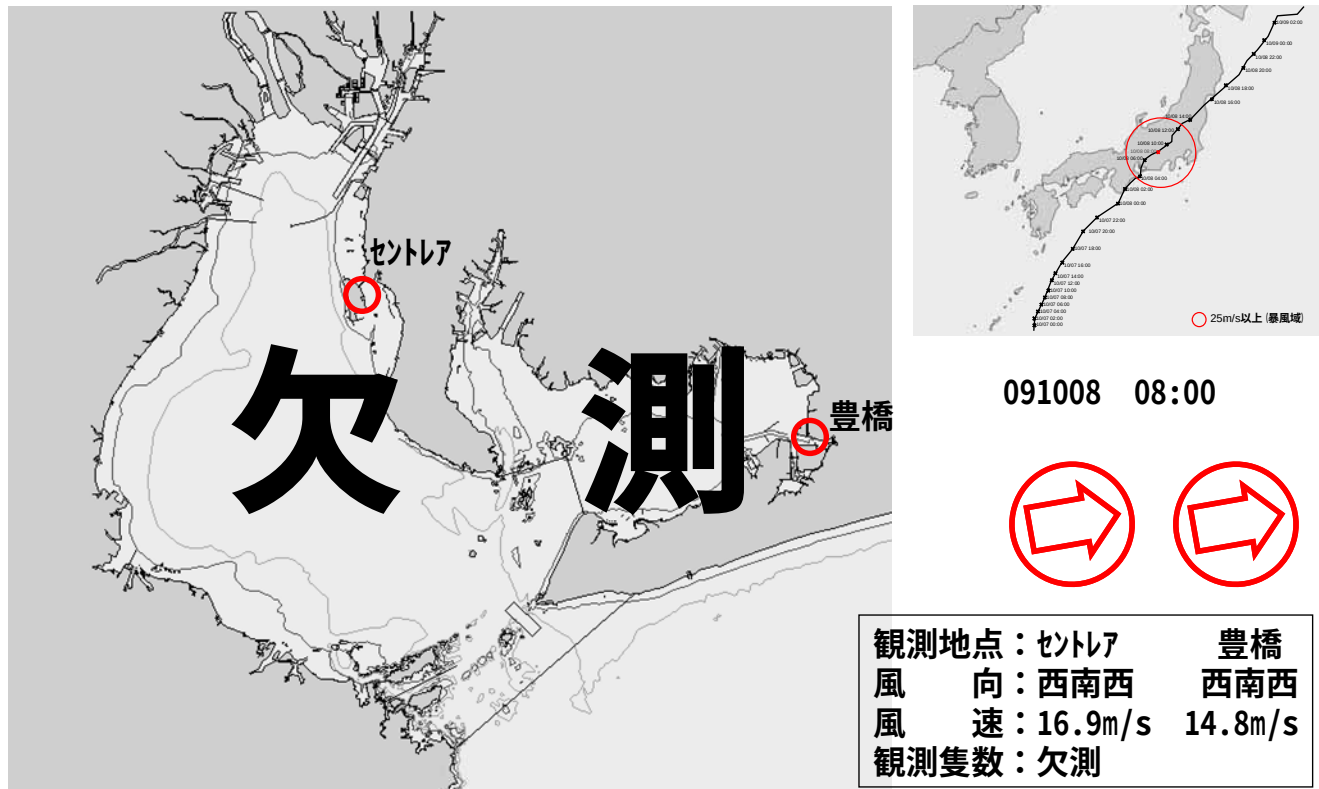


図-3.2.17 伊勢湾一避泊実態17

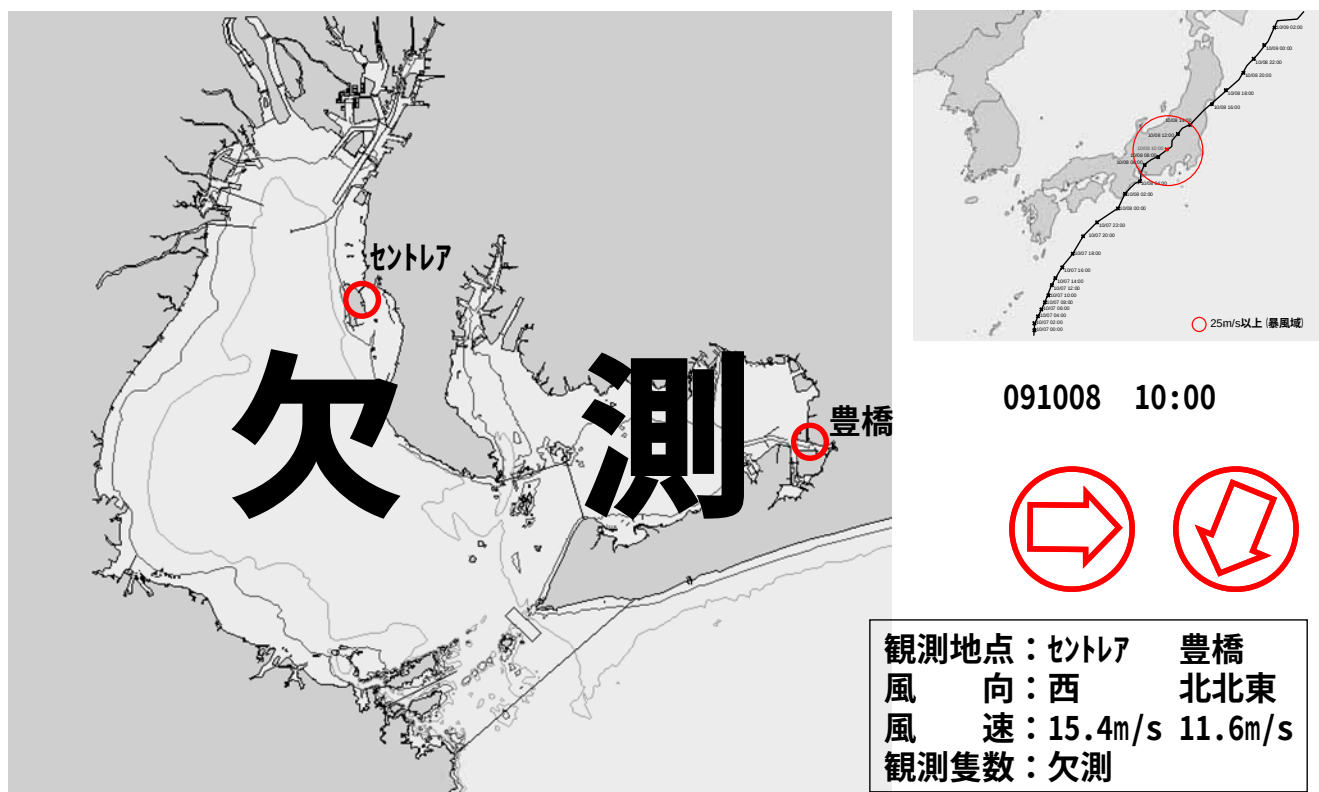
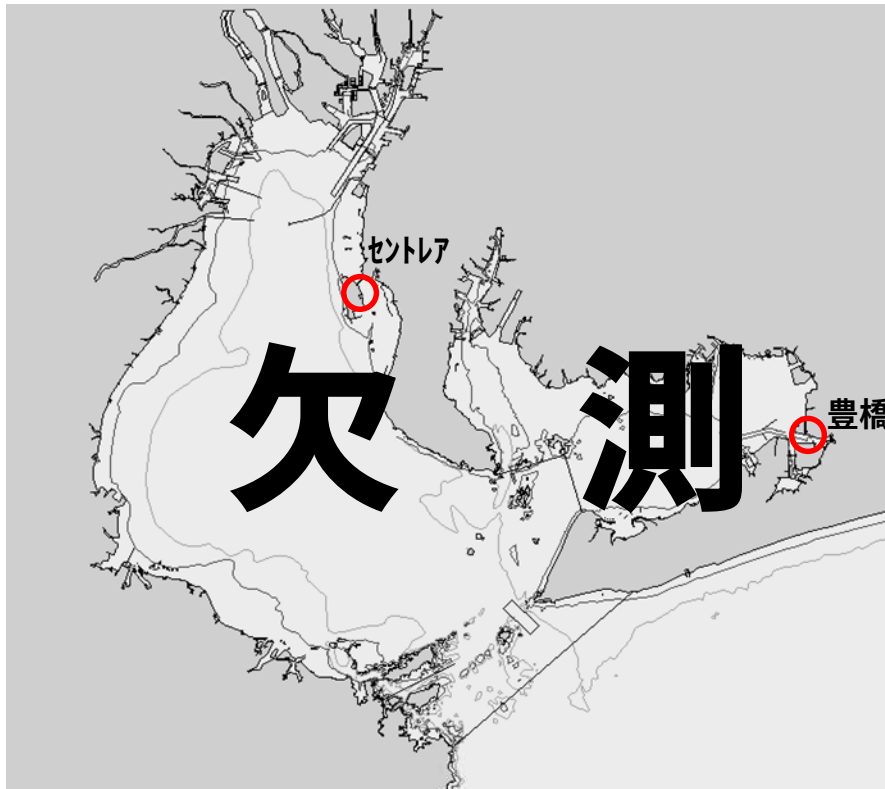
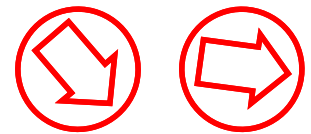


図-3.2.18 伊勢湾一避泊実態18

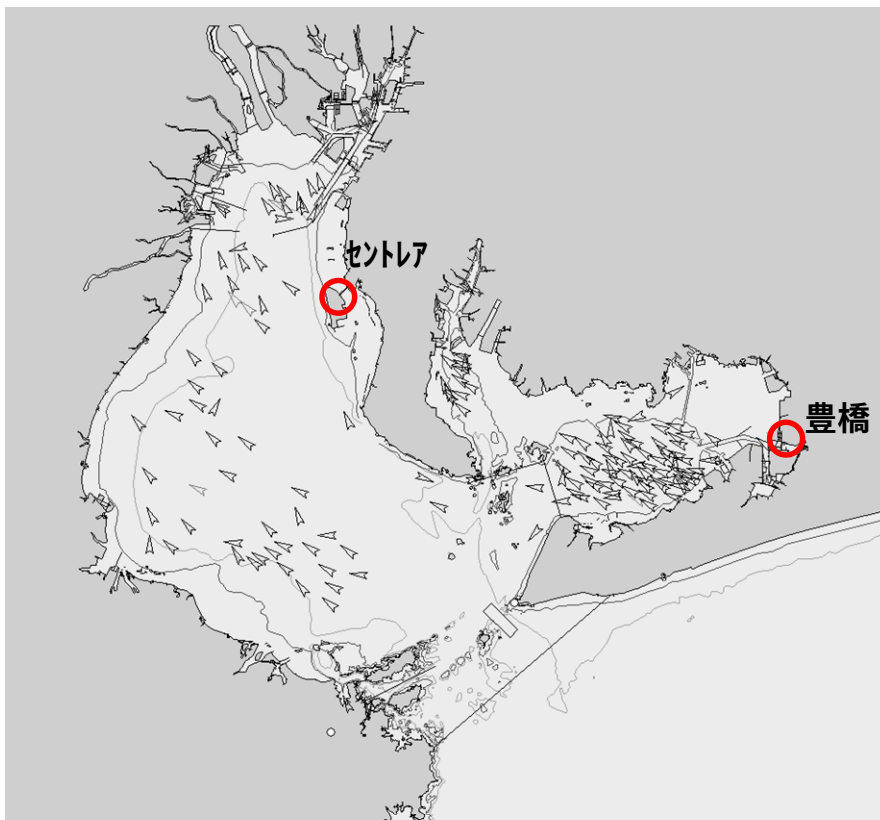


091008 12:00

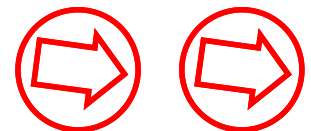


観測地点：セントレア	豊橋
風 向：北西	西北西
風 速：14.2m/s	8.8m/s
観測隻数：欠測	

図-3.2.19 伊勢湾一避泊実態19

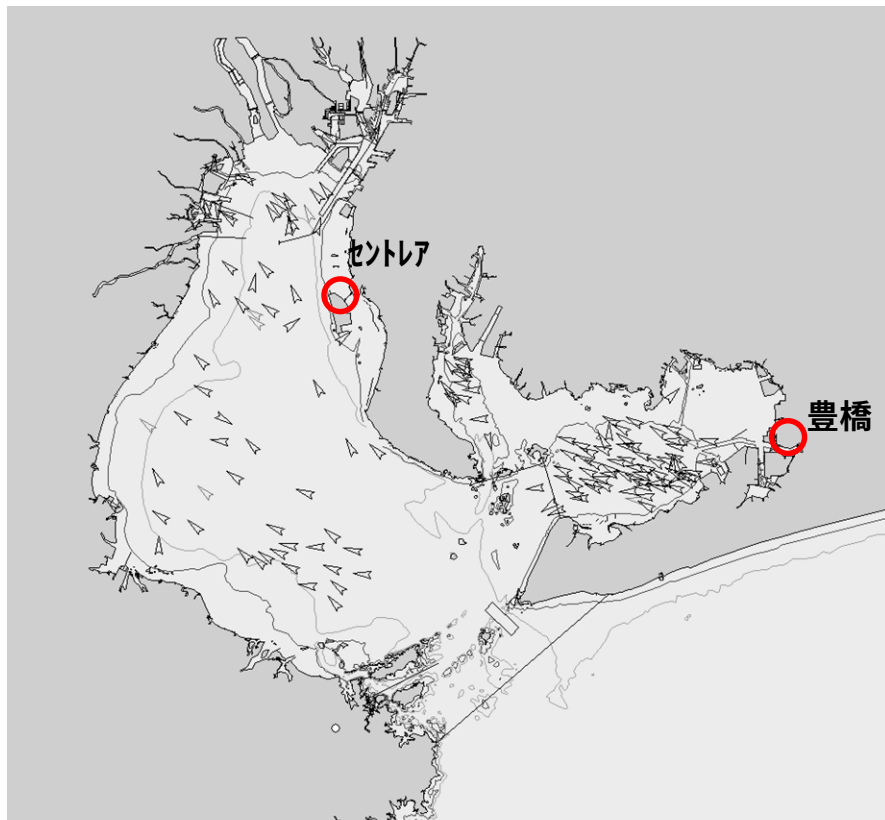


091008 14:00

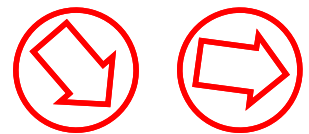


観測地点：セントレア	豊橋
風 向：西北西	西北西
風 速：13.1m/s	7.8m/s
観測隻数：181隻	

図-3.2.20 伊勢湾一避泊実態20

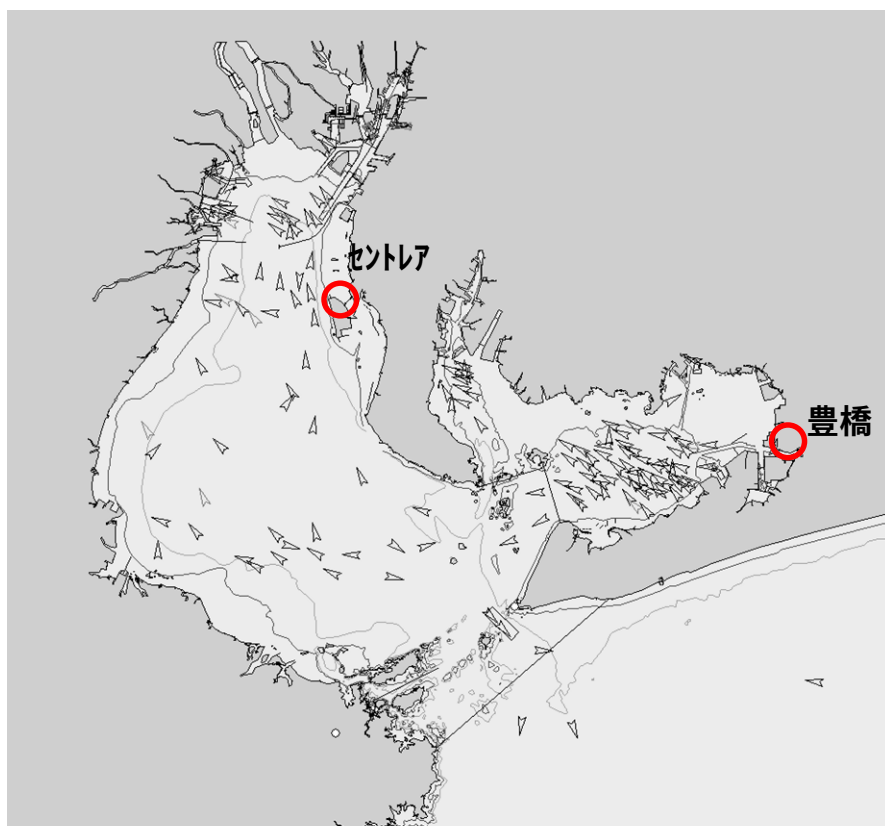


091008 16:00

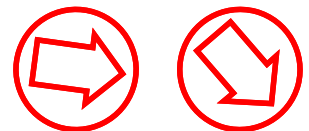


観測地点：セントレア	豊橋
風 向：北西	西北西
風 速：14.3m/s	7.7m/s
観測隻数：179隻	

図-3.2.21 伊勢湾一避泊実態21

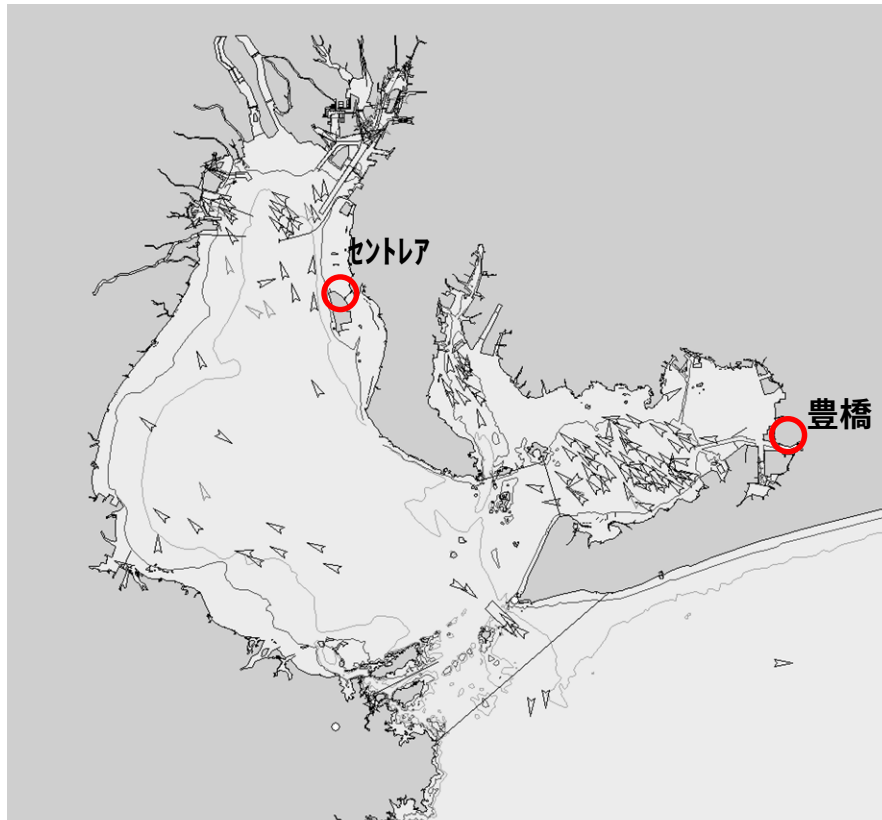


091008 18:00

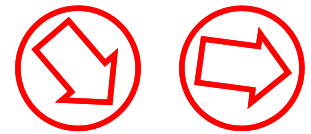


観測地点：セントレア	豊橋
風 向：西北西	北西
風 速：11.4m/s	7.1m/s
観測隻数：179隻	

図-3.2.22 伊勢湾一避泊実態22

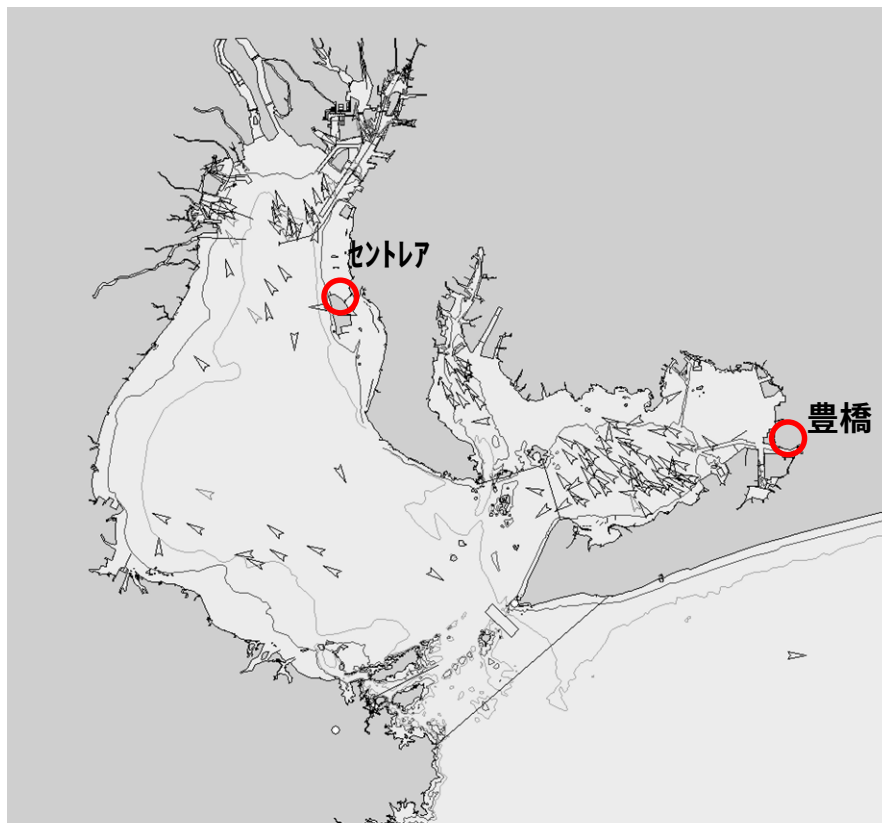


091008 20:00

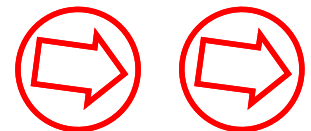


観測地点：セントレア	豊橋
風 向：北西	西北西
風 速：12.0m/s	6.9m/s
観測隻数：176隻	

図-3.2.23 伊勢湾一避泊実態23

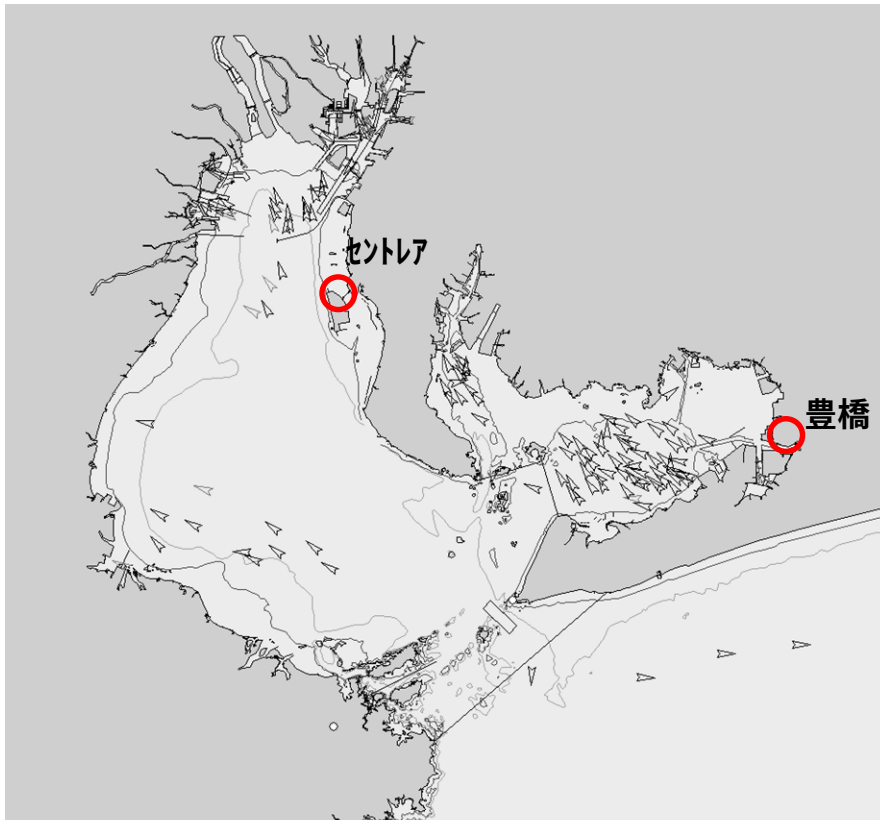


091008 22:00

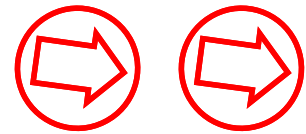


観測地点：セントレア	豊橋
風 向：西北西	西北西
風 速：10.6m/s	6.4m/s
観測隻数：173隻	

図-3.2.24 伊勢湾一避泊実態24



091008 24:00



観測地点:	セントレア	豊橋
風 向:	西北西	西北西
風 速:	8.9m/s	6.7m/s
観測隻数:	161隻	

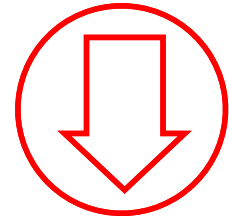
図-3.2.25 伊勢湾一避泊実態25



図-3.3.1 東京湾一避泊実態 1



091007 00:00



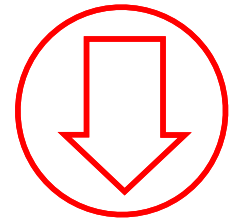
観測地点：羽田
風 向：北
風 速：5.8m/s
観測隻数：320隻



図-3.3.2 東京湾一避泊実態 2



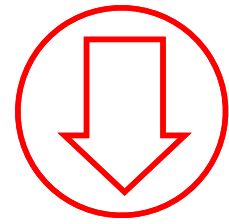
091007 02:00



観測地点：羽田
風 向：北
風 速：5.1m/s
観測隻数：317隻



091007 04:00

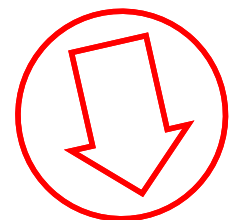


観測地点：羽田
風 向：北
風 速：6.3m/s
観測隻数：340隻

図-3.3.3 東京湾一避泊実態 3



091007 06:00



観測地点：羽田
風 向：北北西
風 速：4.0m/s
観測隻数：348隻

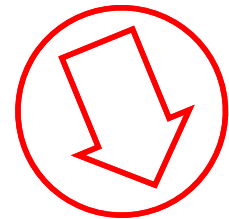
図-3.3.4 東京湾一避泊実態 4



図-3.3.5 東京湾一避泊実態 5



091007 08:00



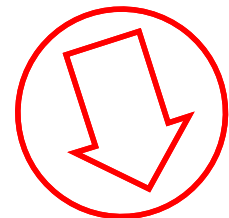
観測地点：羽田
風 向：北北西
風 速：2.7m/s
観測隻数：366隻



図-3.3.6 東京湾一避泊実態 6



091007 10:00



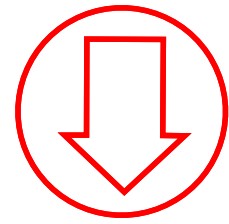
観測地点：羽田
風 向：北北西
風 速：5.2m/s
観測隻数：360隻



図-3.3.7 東京湾一避泊実態 7



091007 12:00



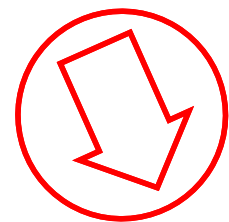
観測地点：羽田
風 向：北
風 速：5.8m/s
観測隻数：366隻



図-3.3.8 東京湾一避泊実態 8



091007 14:00



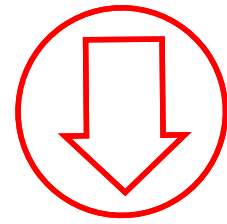
観測地点：羽田
風 向：北北西
風 速：5.1m/s
観測隻数：368隻



図-3.3.9 東京湾一避泊実態 9



091007 16:00



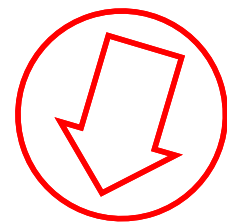
観測地点：羽田
風 向：北
風 速：7.3m/s
観測隻数：390隻



図-3.3.10 東京湾一避泊実態10



091007 18:00



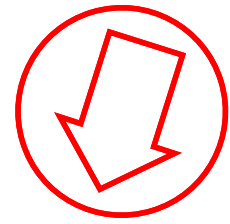
観測地点：羽田
風 向：北北東
風 速：3.0m/s
観測隻数：390隻



図-3.3.11 東京湾一避泊実態11



091007 20:00



観測地点：羽田
風 向：北北東
風 速：8.7m/s
観測隻数：377隻

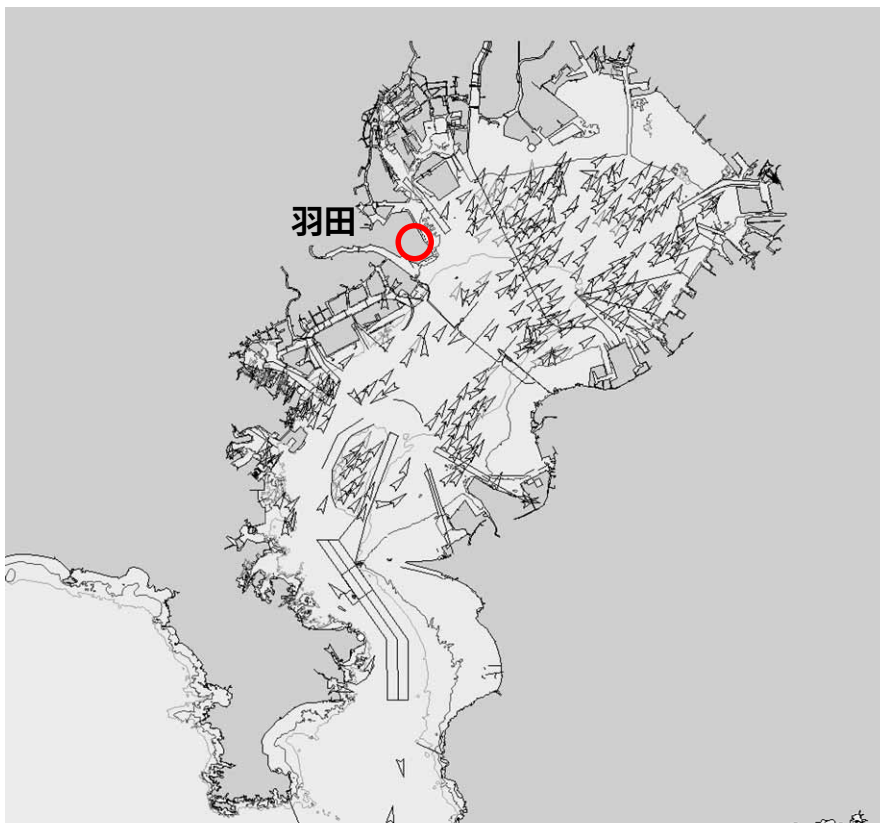
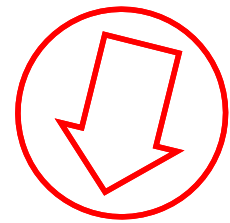


図-3.3.12 東京湾一避泊実態12



091007 22:00



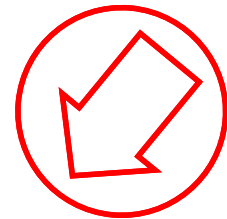
観測地点：羽田
風 向：北北東
風 速：8.6m/s
観測隻数：378隻



図-3.3.13 東京湾一避泊実態13



091008 00:00



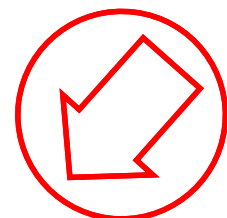
観測地点：羽田
風 向：北東
風 速：10.7m/s
観測隻数：373隻



図-3.3.14 東京湾一避泊実態14



091008 02:00



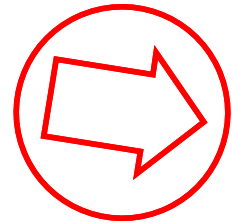
観測地点：羽田
風 向：北東
風 速：9.9m/s
観測隻数：387隻



図-3.3.15 東京湾一避泊実態15



091008 04:00



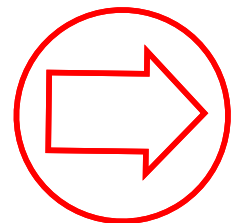
観測地点：羽田
風 向：西北西
風 速：10.6m/s
観測隻数：392隻



図-3.3.16 東京湾一避泊実態16



091008 06:00



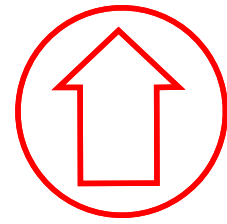
観測地点：羽田
風 向：西
風 速：3.5m/s
観測隻数：392隻



図-3.3.17 東京湾一避泊実態17



091008 08:00



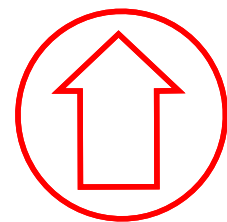
観測地点：羽田
風 向：南
風 速：18.9m/s
観測隻数：392隻



図-3.3.18 東京湾一避泊実態18



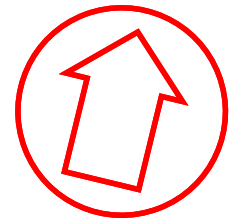
091008 10:00



観測地点：羽田
風 向：南
風 速：22.9m/s
観測隻数：388隻

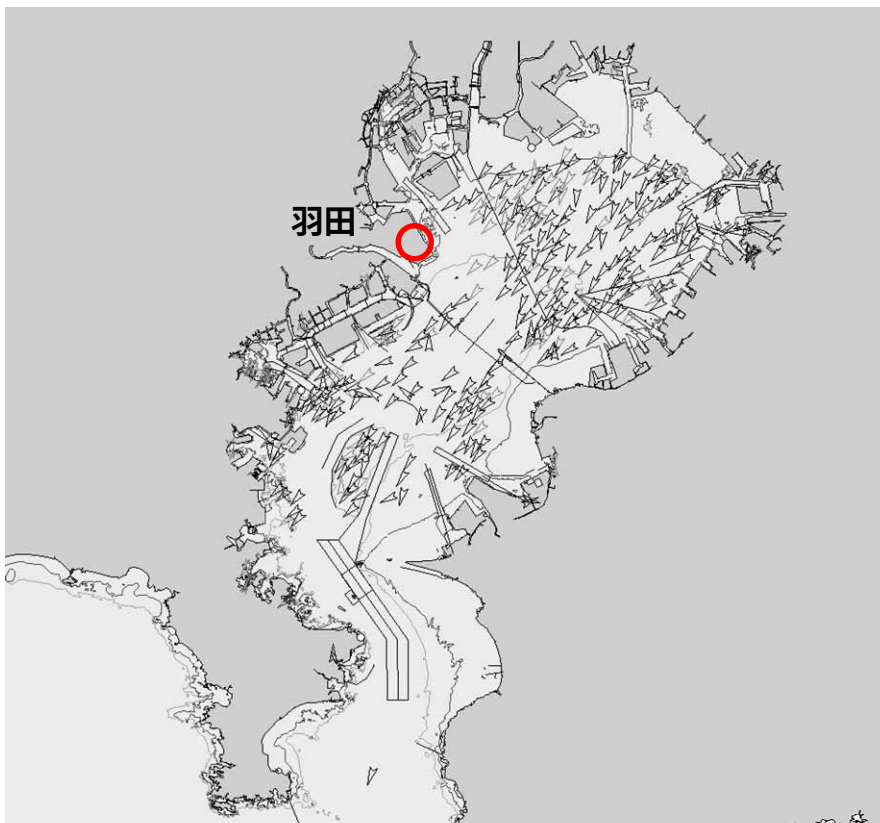


091008 12:00

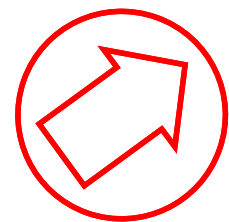


観測地点：羽田
風 向：南南西
風 速：16.7m/s
観測隻数：369隻

図-3.3.19 東京湾一避泊実態19



091008 14:00



観測地点：羽田
風 向：南西
風 速：12.7m/s
観測隻数：374隻

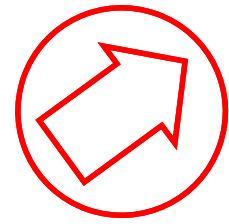
図-3.3.20 東京湾一避泊実態20



図-3.3.21 東京湾一避泊実態21



091008 16:00



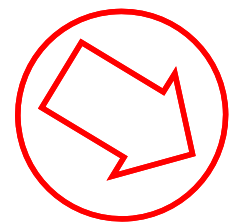
観測地点：羽田
風 向：南西
風 速：8.2m/s
観測隻数：380隻



図-3.3.22 東京湾一避泊実態22



091008 18:00



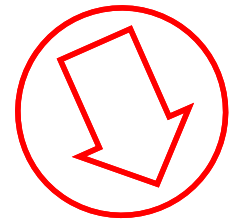
観測地点：羽田
風 向：北西
風 速：7.9m/s
観測隻数：386隻



図-3.3.23 東京湾一避泊実態23



091008 20:00



観測地点：羽田
風 向：北北西
風 速：10.2m/s
観測隻数：365隻

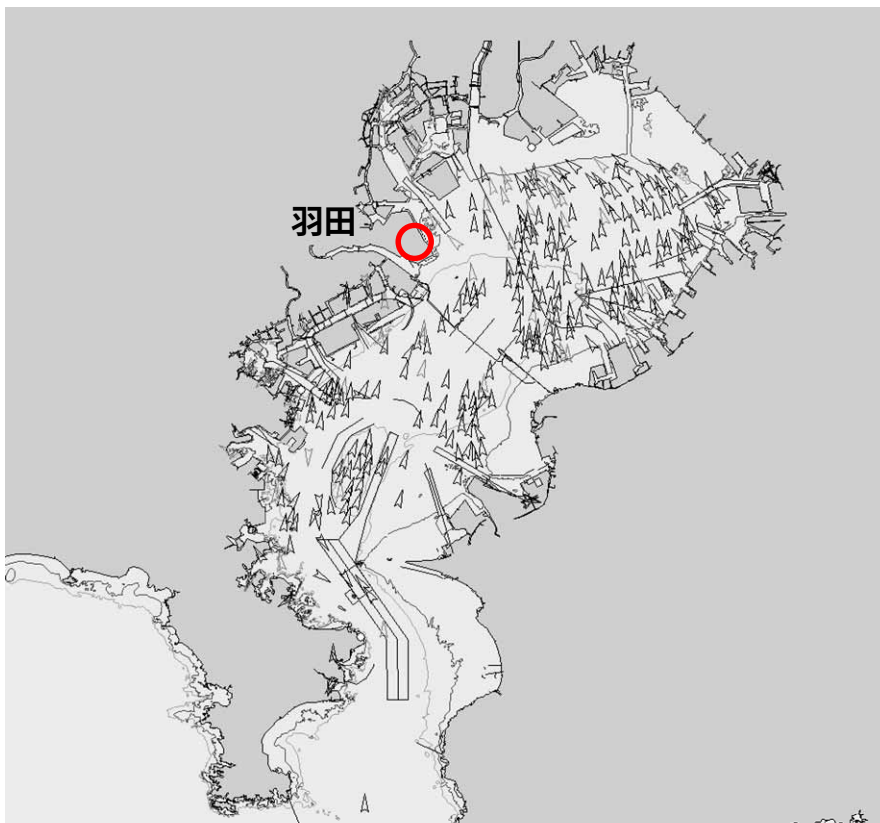
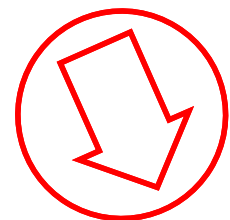


図-3.3.24 東京湾一避泊実態24



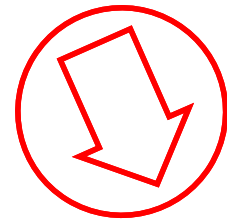
091008 22:00



観測地点：羽田
風 向：北北西
風 速：9.4m/s
観測隻数：374隻



091008 24:00



観測地点：羽田
風 向：北北西
風 速：8.2m/s
観測隻数：371隻

図-3.3.25 東京湾一避泊実態25

4. 台風通過時における入・出湾実態分析

台風の接近とともに、湾内に出入りする船舶隻数は、急激に減少し、通過時にはほとんど無くなり、通過後に航行環境が安定してからは一斉に出入りすると想定される。この状況を時系列分析した。

具体的には、大阪湾では図-4.1に示す明石海峡航路と紀淡海峡を対象として、伊勢湾では図-4.2に示す伊良湖水道航路を対象として、東京湾では図-4.3に示す浦賀水道航路を対象として2時間単位での通過隻数を把握した。それぞれの結果を図-4.4～4.7に示す。各図の上段には湾外から湾内への通過隻数を、中段には湾内から湾外への通過隻数を、下段には合計の通過隻数を示している。

これらの図から、三大湾において以下の傾向を確認することができる。

①最大の風速が観測された時間を中心に前後20時間程度の間では、入・出湾が無い状態となっており、その前後にピークが見られる。

②明石海峡航路以外の外洋と直接に繋がる3つのラインでは、台風の接近する前に入湾のピークがあり、通過後に出湾のピークが生じている。

③瀬戸内海と繋がる明石海峡航路では、他と異なり台風の接近する前に出湾のピークがあり、通過後に入湾のピークが生じている。この状況は、図-3.1.7～3.1.11において確認することができる。また、明石海峡航路では入・出湾が無い時間帯が短くなっている。

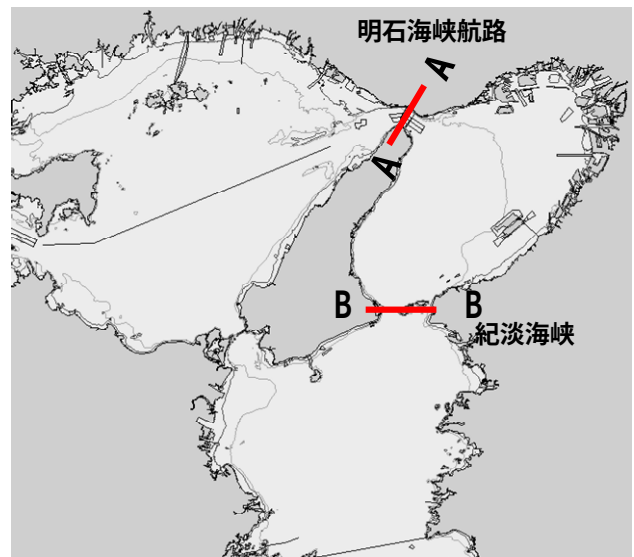


図-4.1 大阪湾の範囲

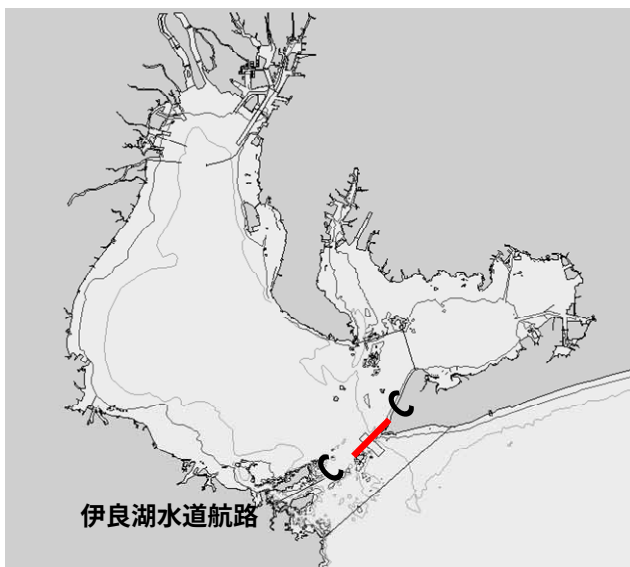


図-4.2 伊勢湾の範囲

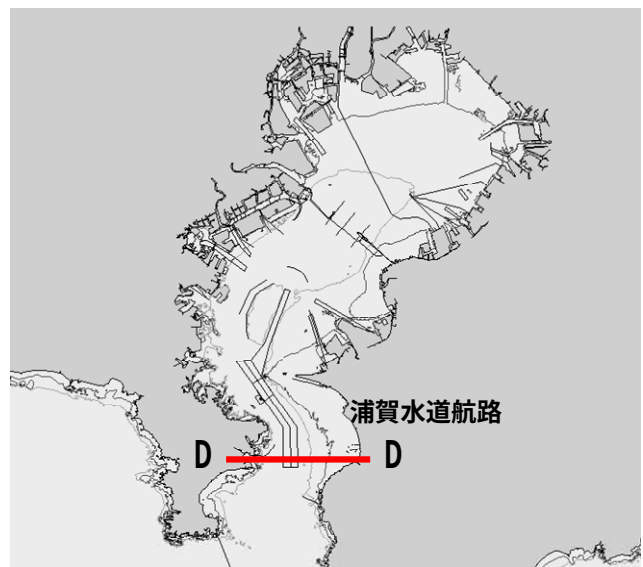
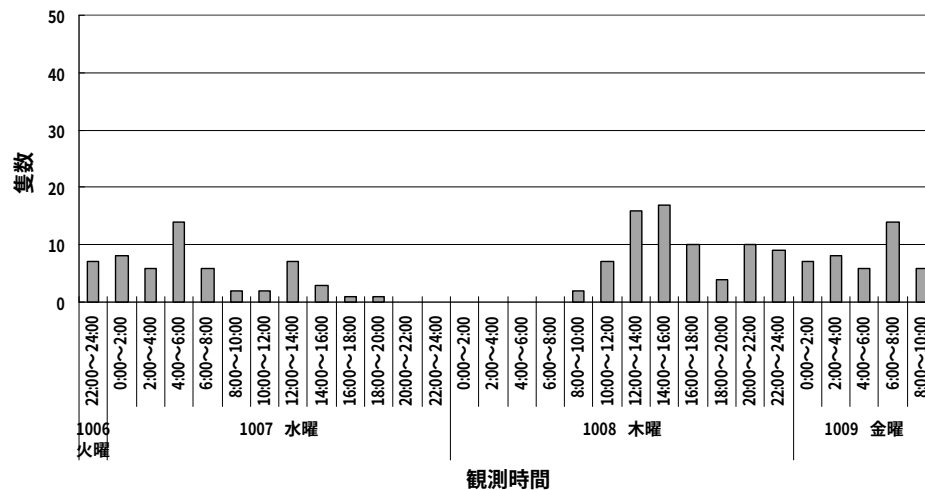
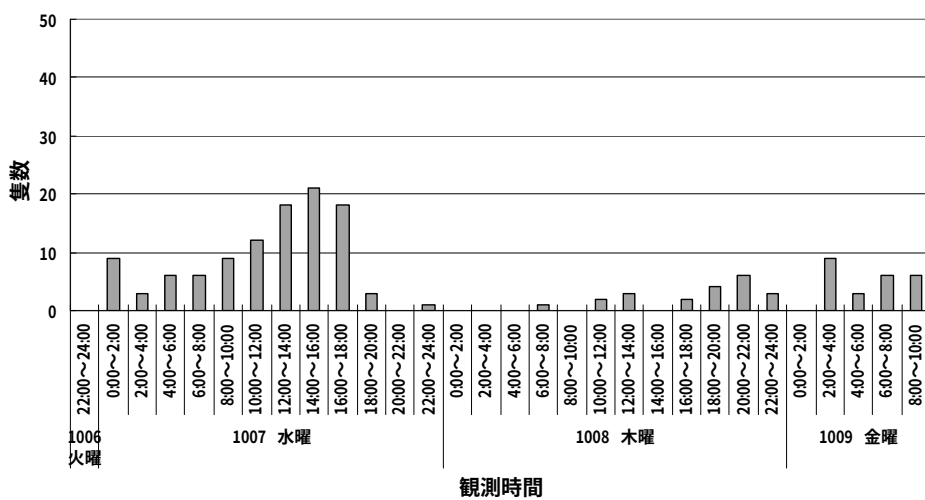


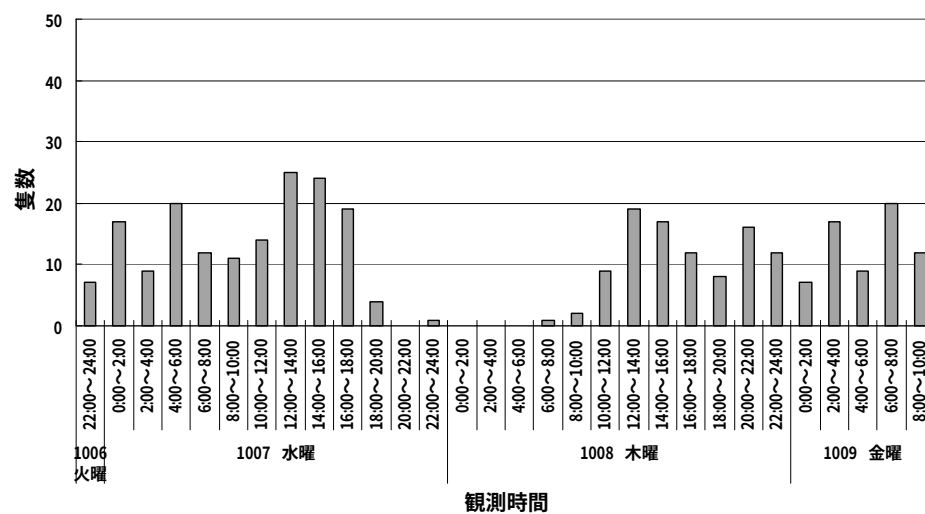
図-4.3 東京湾の範囲



明石海峡航路 東航



明石海峡航路 西航



明石海峡航路 東航+西航

図-4.4 明石海峡航路の通過隻数の時系列分析

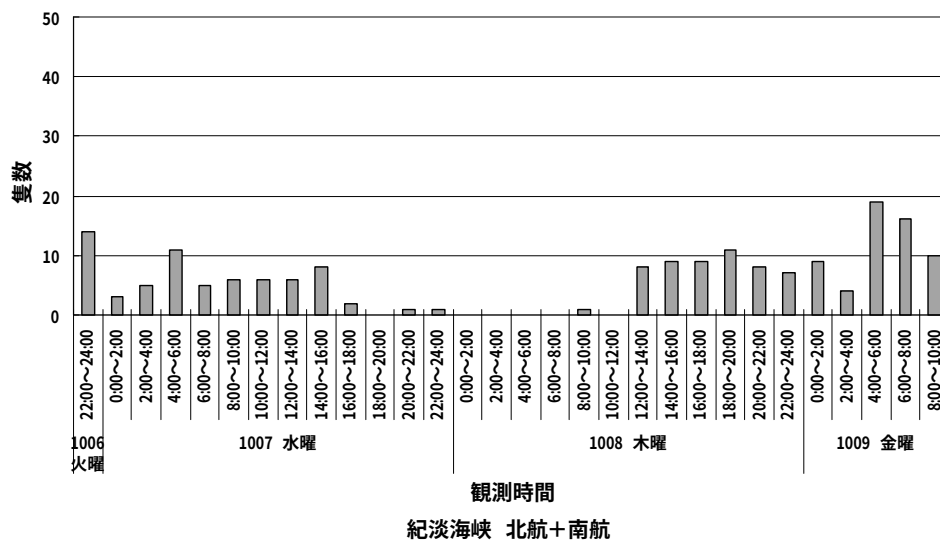
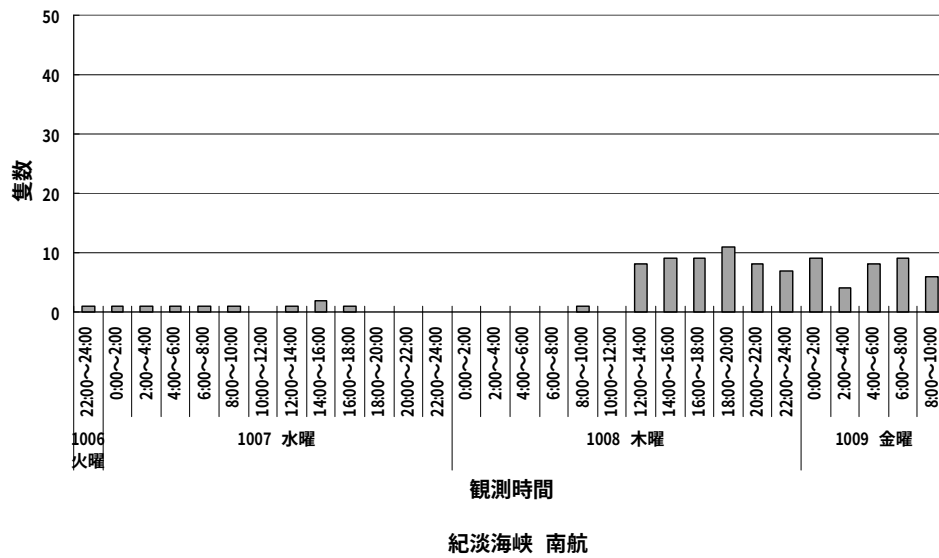
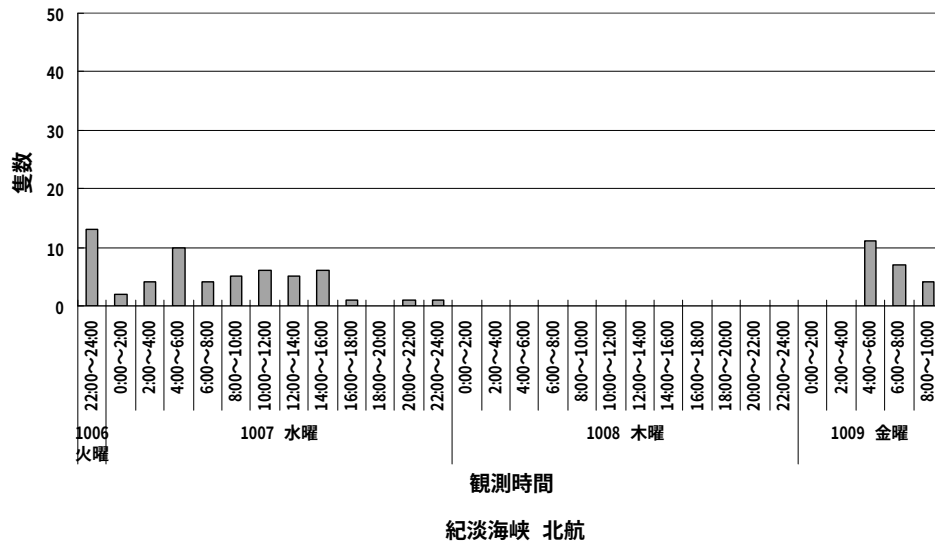


図-4.5 紀淡海峡の通過隻数の時系列分析

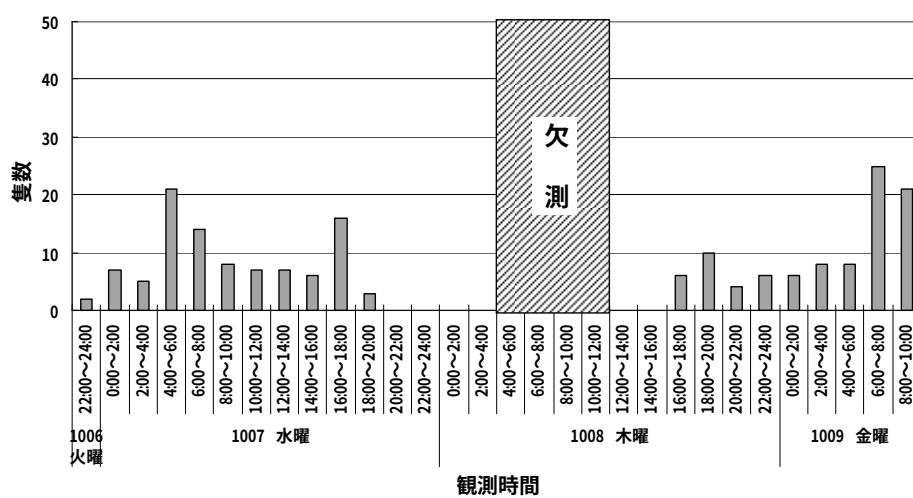
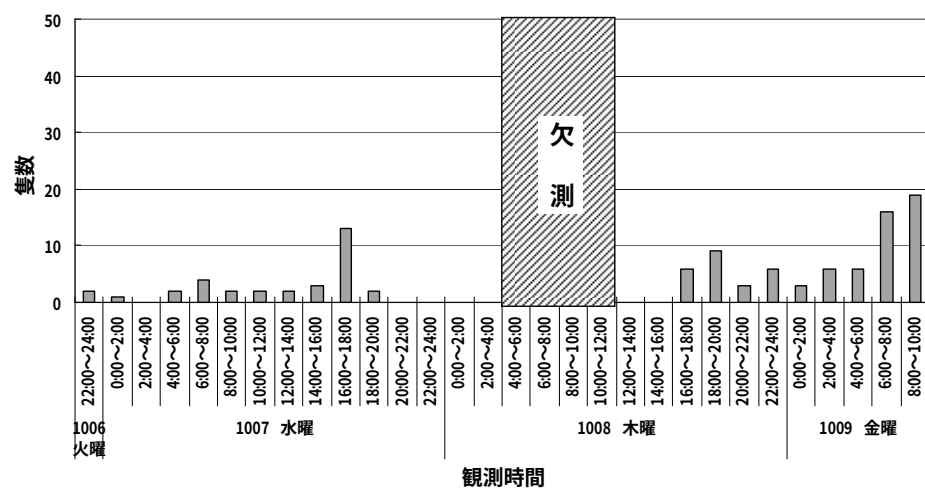
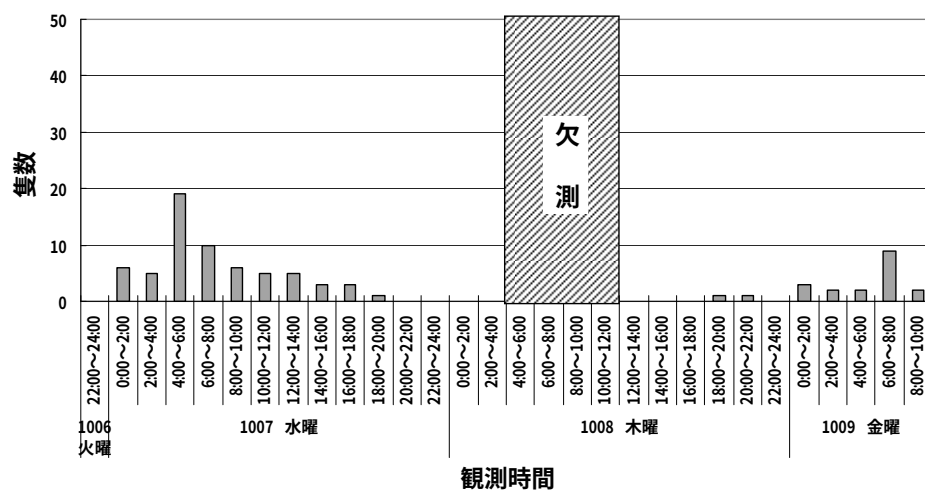


図-4.6 伊良湖水道航路の通過隻数の時系列分析

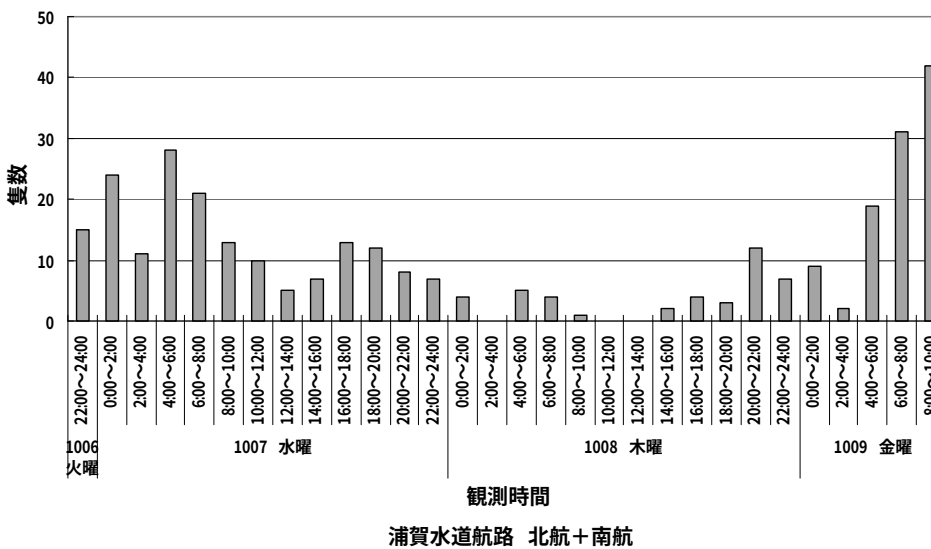
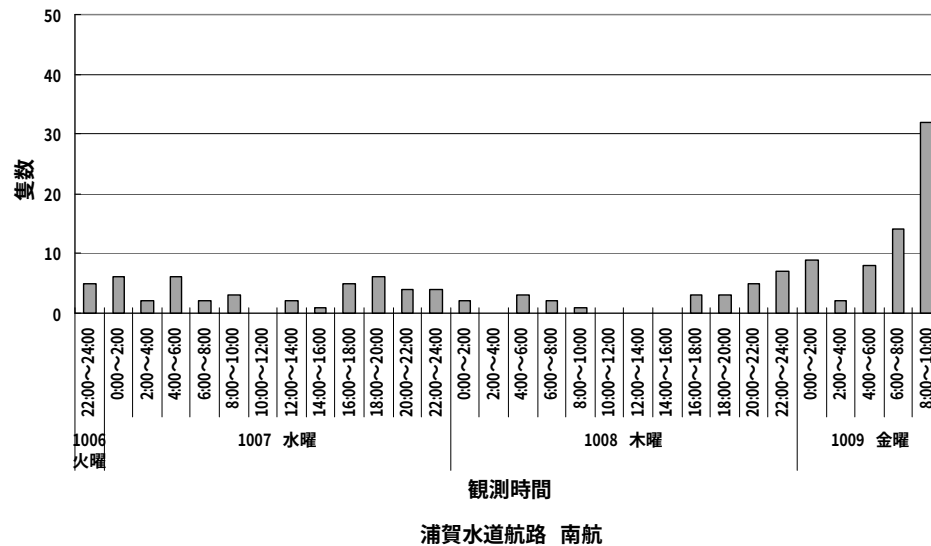
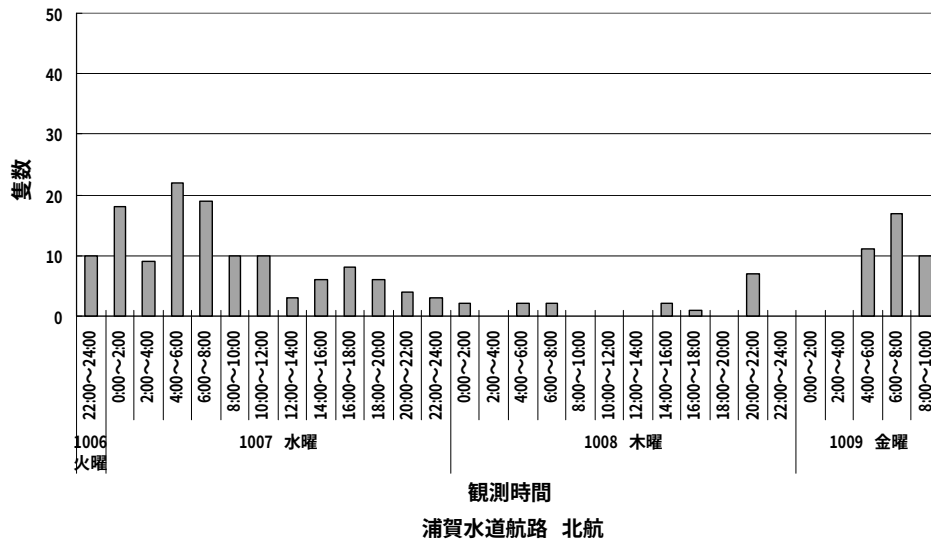


図-4.7 浦賀水道航路の通過隻数の時系列分析

5. 大型船の錨泊実態分析

湾内で錨泊した最大DWTの船舶を対象として、その動静を2タイプにより時系列分析した。

第1のタイプでは、錨泊の開始から終了までの時間帯を5分割して、各時間帯での動静画像を表示した。第2のタイプでは、錨泊の開始から第1のタイプで分割した各時間帯の最後の時間までの動静画を表示した。なお、伊勢湾に関しては、欠測時間帯（8日04:00～12:00）の前を2分割、後を3分割しているとともに、三河湾での第2のタイプ（図-5.3.2）では最初から最後まで動静を画像化している。

図-5.1.1～5.1.2で示す大阪湾では、観測期間内最大の176,391DWTのバルク船について6日14:00から9日08:00までを分析した。この船舶では、錨泊の中心点の変位が少ない円形の振れ回りが観測された。

図-5.2.1～5.2.2で示す狭義の伊勢湾では、観測期間内最大の279,999DWTのタンカーについて7日10:00から9日09:00までを分析した。なお、図-5.2.2での7日10:00から8日19:00の画像で船型が平行移動しているのは、プログラムの都合上で欠測時間帯の情報を強制的に連続させているためであり実際の動静とは異なっている。欠測時間帯の前で錨泊の中心点が移動し、その移動後は欠測時間帯を含めても一つの中心点で扇形の振れ回りが観測された。

図-5.3.1～5.3.2で示す三河湾では、観測期間内最大の8,637DWTのタンカーについて6日12:00から9日08:00までを分析した。ここでは、図-5.3.2に示すように8日04:00頃までは錨泊の中心点の変位が少ない円形の振れ回りしているものの、その直後のまさに台風が知多半島に上陸した時点から大きく移動していることが観測された。観測地点豊橋における8日04:00での風速は21.5m/s・風向は東、8日06:00での風速は19.8m/s・風向は南南西、8日08:00での風速は14.8m/s・風向は西南西と強風かつ風向の急変が、この大きな移動の要因と考えられる。ここでも、図-5.3.2の画像で船型が平行移動している部分は、プログラムの都合上で欠測時間帯の情報を強制的に連続させているためであり実際の動静とは異なっている。

図-5.4.1～5.4.2で示す東京湾では、観測期間内最大の184,887DWTのバルクについて7日11:00から8日24:00までを分析した。ここでも、図-5.4.1に示すように8日02:00頃までは錨泊の中心点の変位が少ない扇形の振れ回りしているものの、台風が知多半島に上陸した頃から中心点が移動していることが観測された。観測地点羽田では、8日06:00での風速は3.5m/s・風向は西、8日08:00での風速は18.9m/s・風向は南、8日10:00での風速は22.9m/s・風向は南と変化している。この風速と風向の急変が、これ程の大型船の錨泊の中心点を移動させた要因と考えられる。

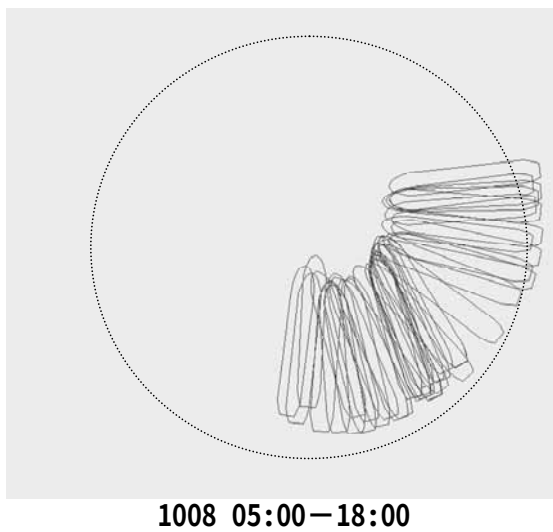
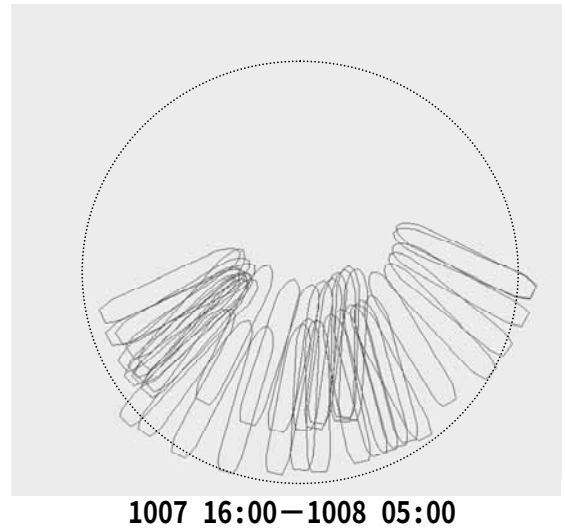
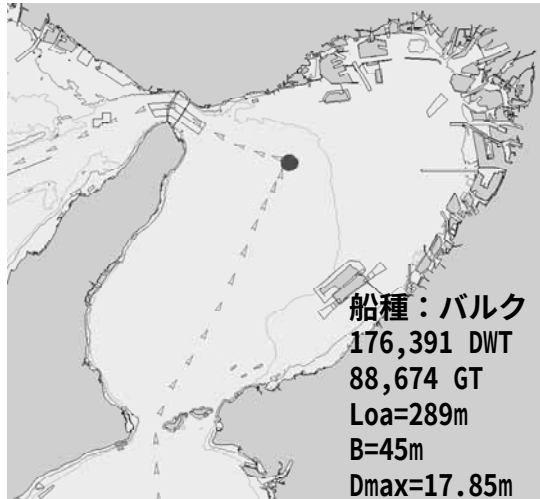
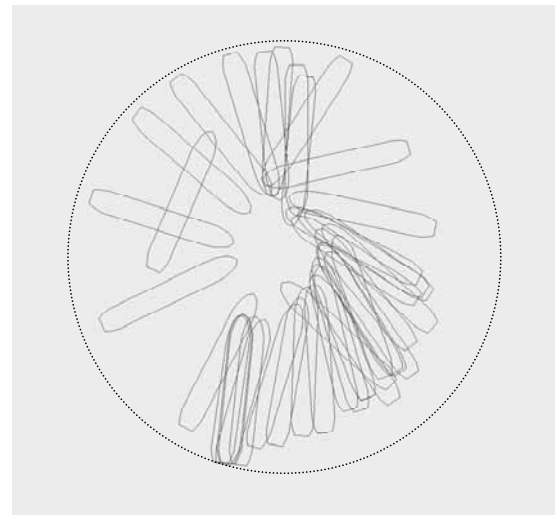
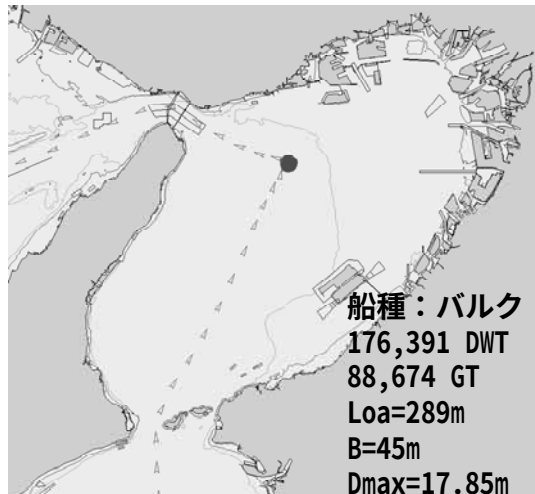
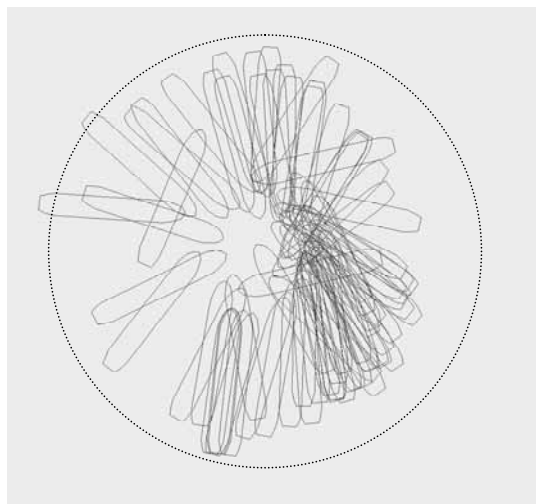


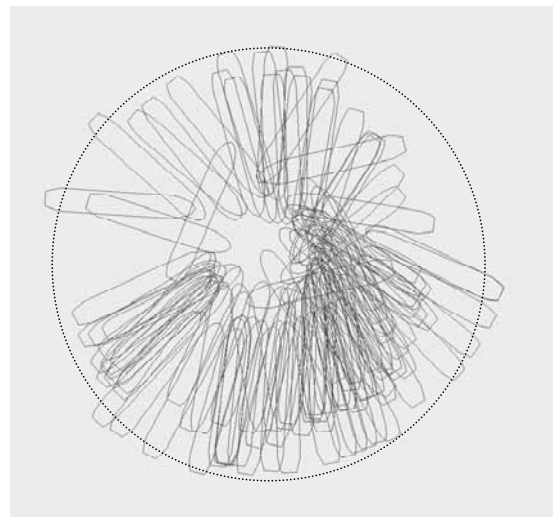
図-5.1.1 大阪湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ1：各時間帯での動静）



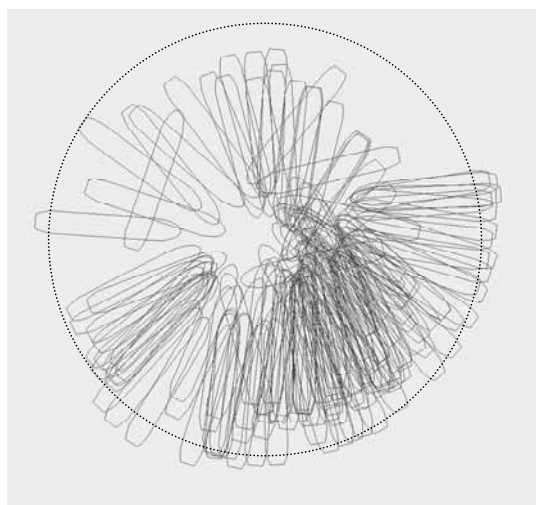
1006 14:00—1007 03:00



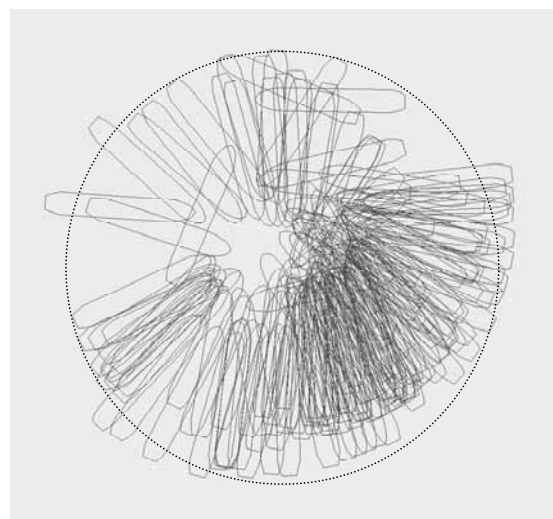
1006 14:00—1007 16:00



1006 14:00—1008 05:00

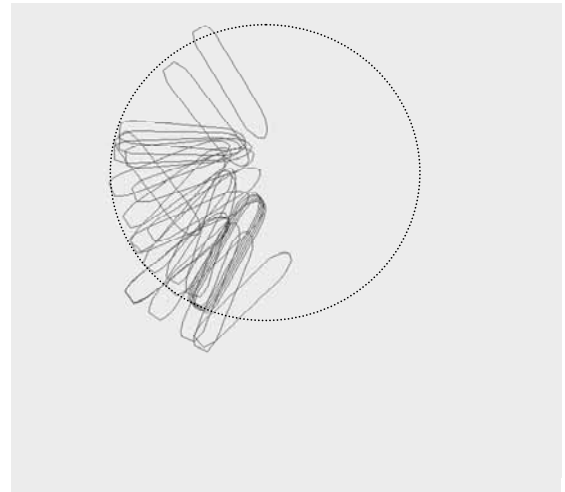
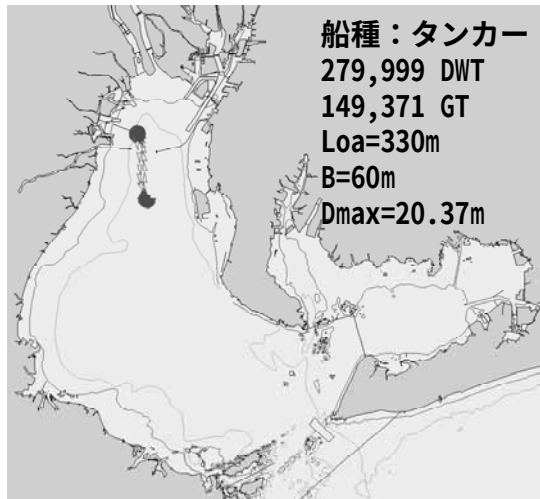


1006 14:00—1008 18:00

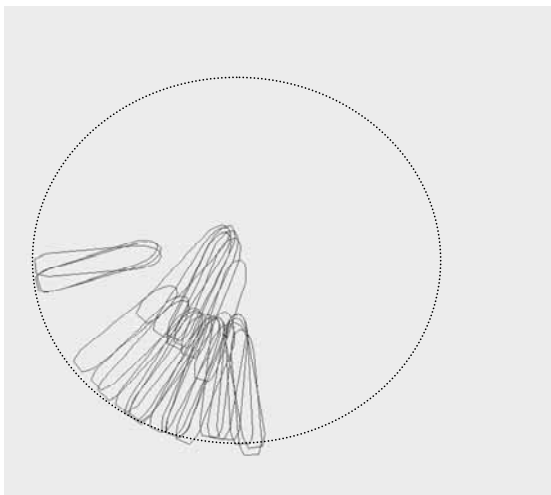


1006-14:00—1009 08:00

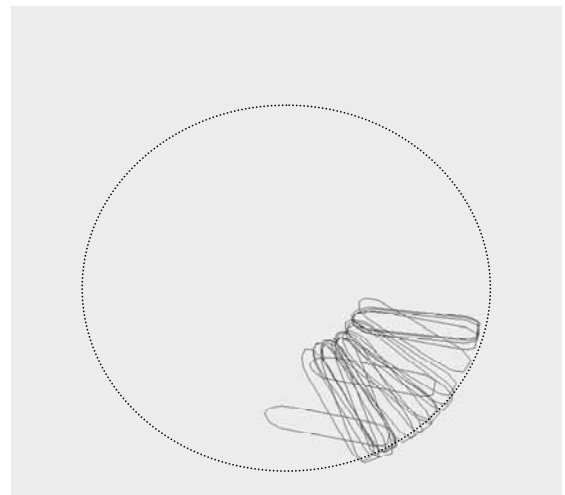
図-5.1.2 大阪湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ2：開始—最後までまでの動静）



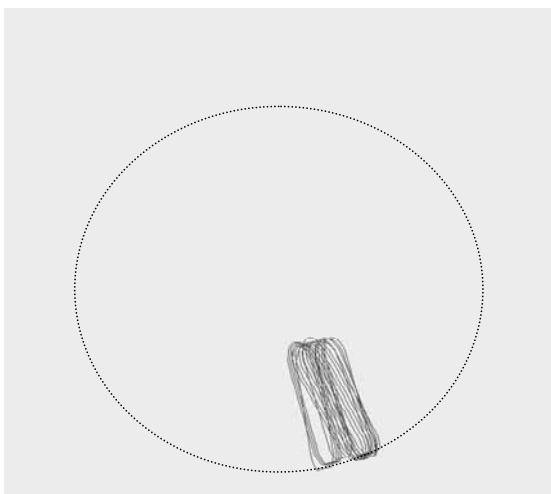
1007 10:00—19:00



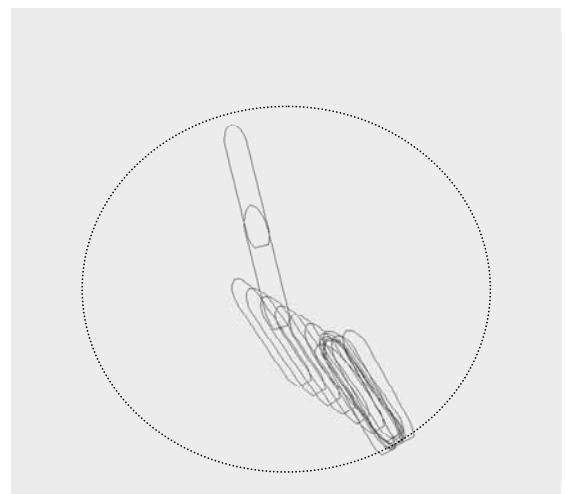
1007 19:00—1008 04:00



1008 12:00—19:00

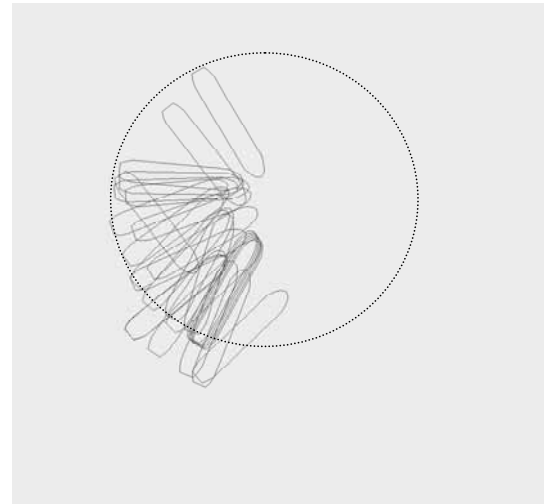
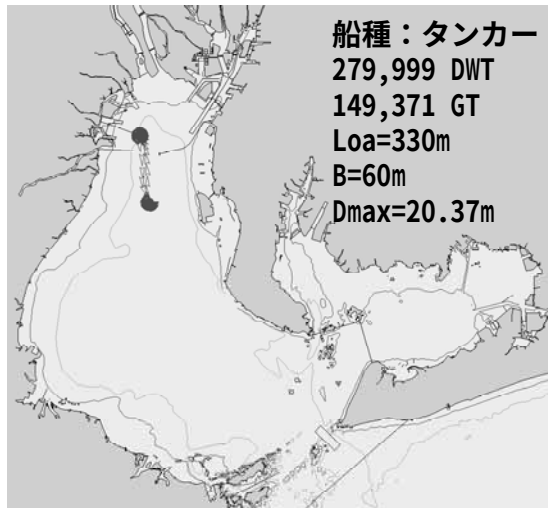


1008 19:00—1009 02:00

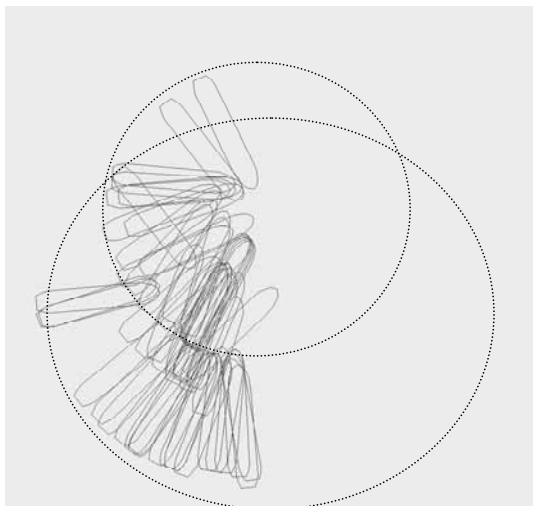


1009 02:00—09:00

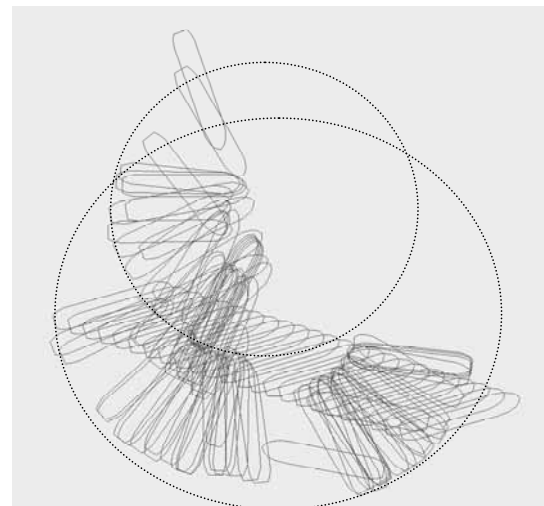
図-5.2.1 伊勢湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ1：各時間帯での動静）



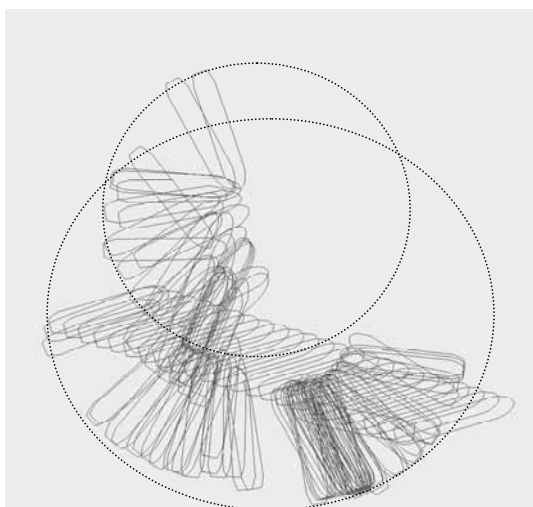
1007 10:00—19:00



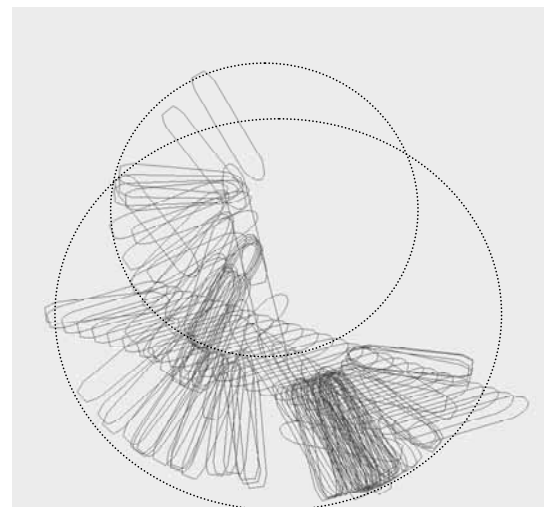
1007 10:00—1008 04:00



1007 10:00—1008 19:00



1007 10:00—1009 02:00



1007 10:00—1009 09:00

図-5.2.2 伊勢湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ2：開始—最後までまでの動静）

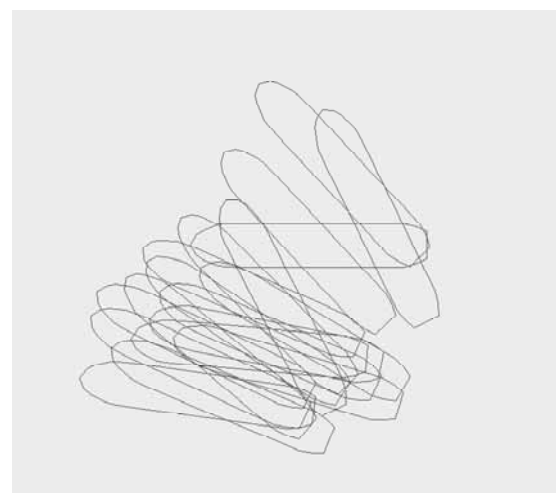
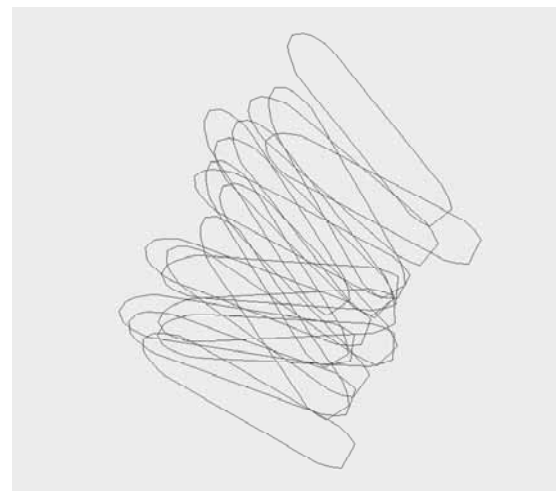
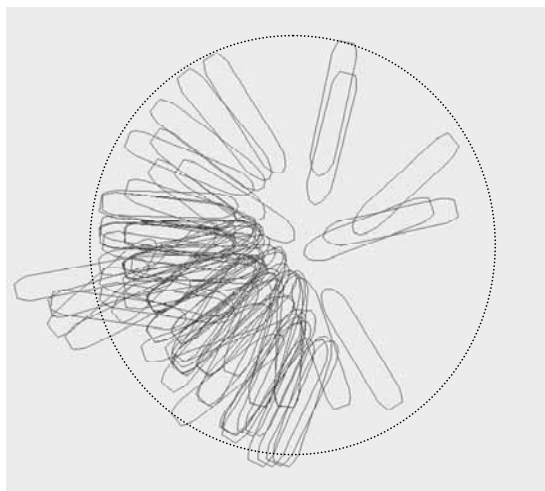
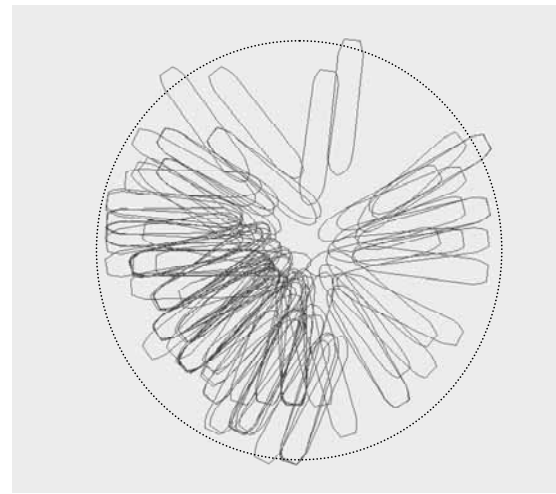
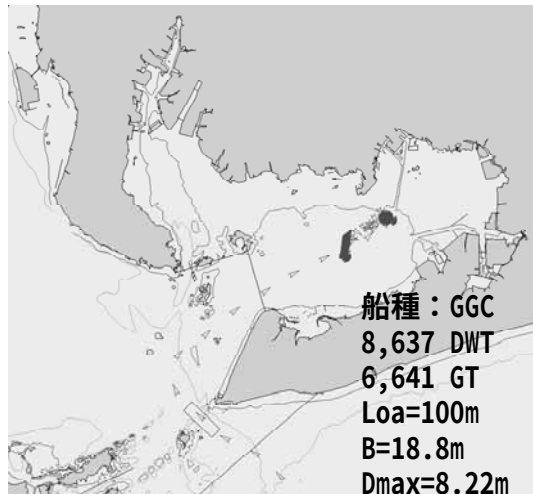


図-5.3.1 三河湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ1：各時間帯での動静）

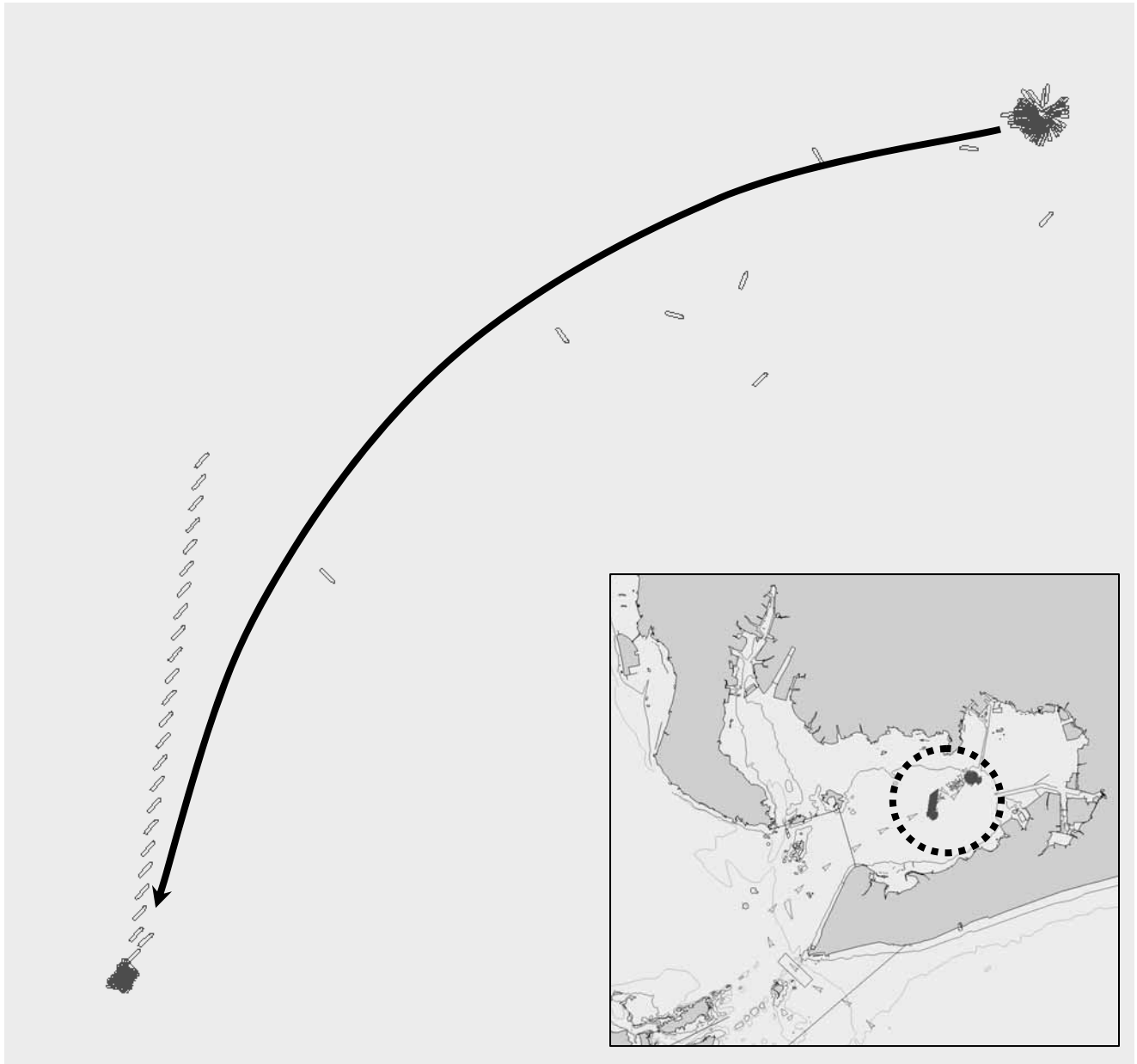
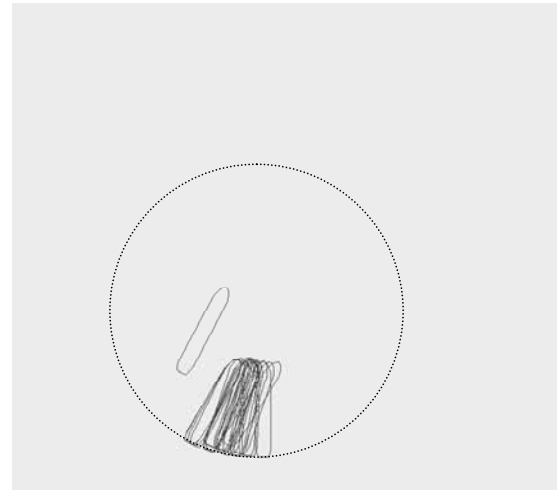
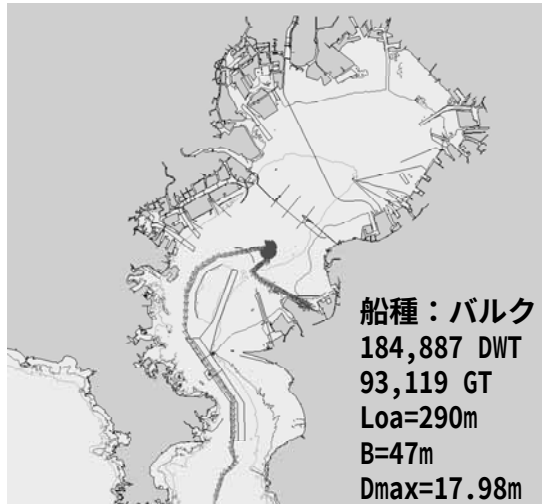
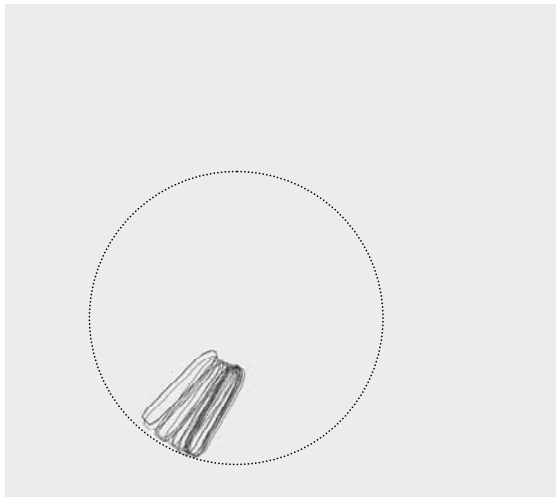


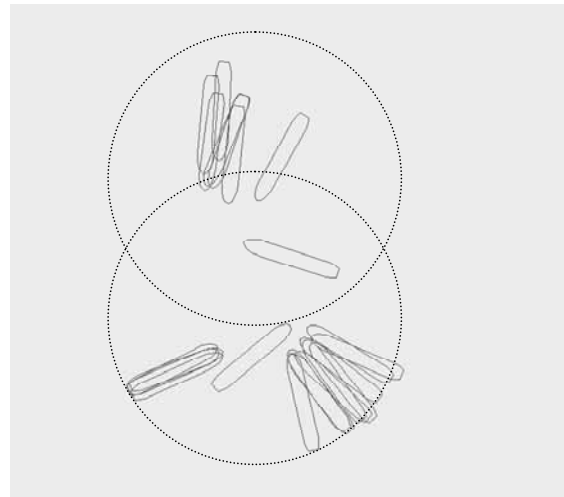
図-5.3.2 三河湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ2：開始－最後まででの動静）



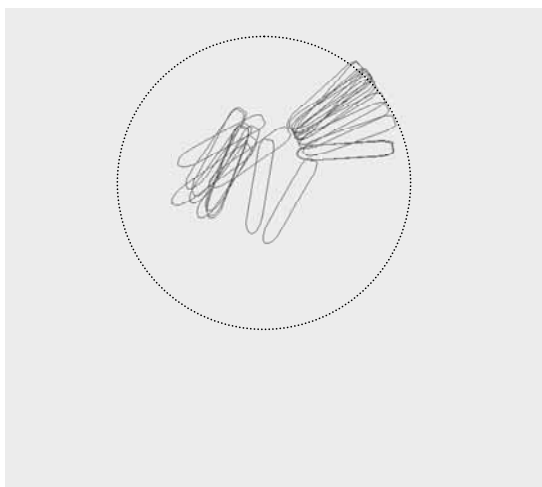
1007 11:00—19:00



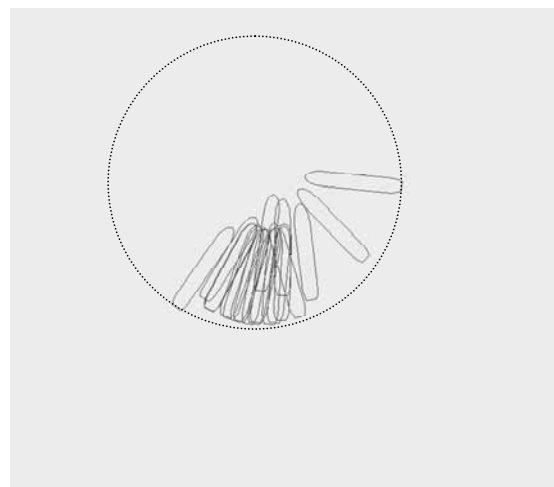
1007 19:00—10/8 02:00



1008 02:00—09:00



1008 09:00—17:00



1008 17:00—24:00

図-5.4.1 東京湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ1：各時間帯での動静）

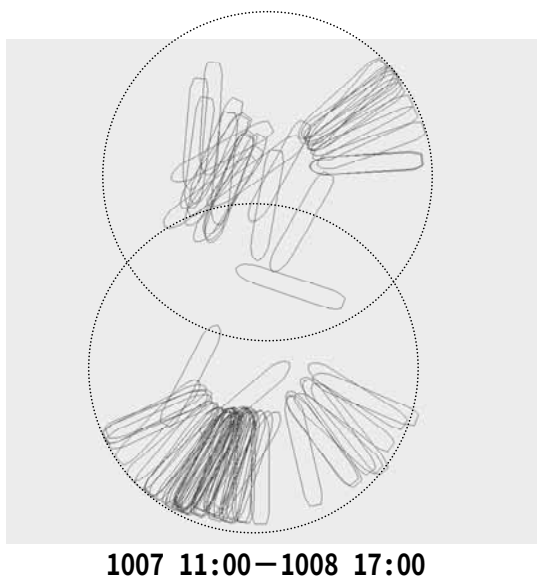
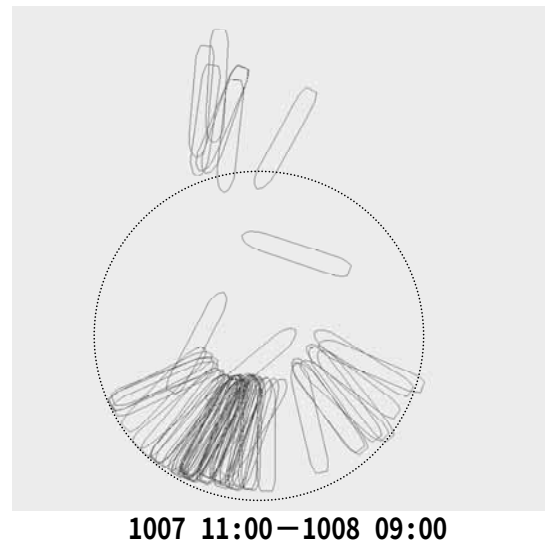
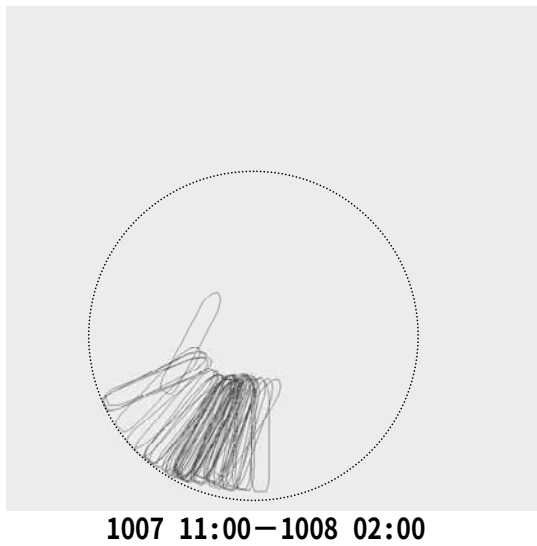
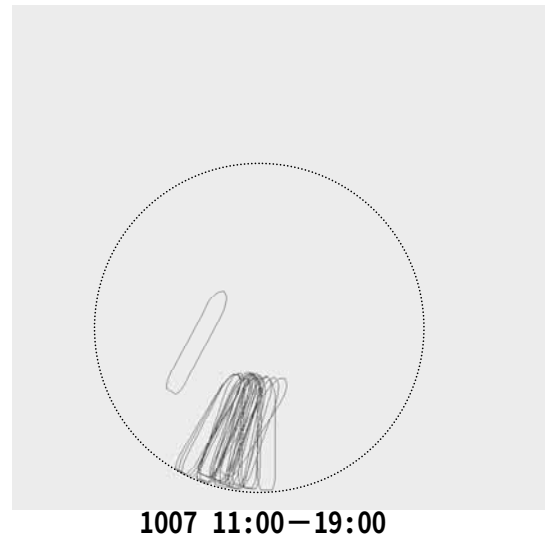
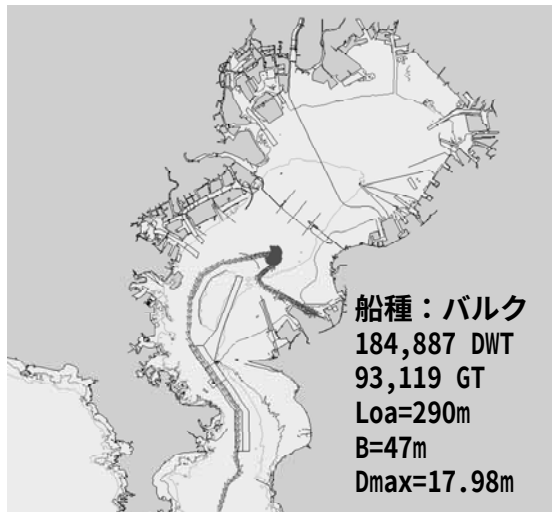


図-5.4.2 東京湾；荒天時における船舶の避泊行動（タイプ2：開始～最後までまでの動静）

6. おわりに

本研究では、NILIM-AIS により 2009 年台風 18 号の通過時における大阪湾、伊勢湾、東京湾での避泊実態、入・出湾実態、大型船の錨泊実態について分析した。

今回は、速報性という点から単純な分析であったが、今後は「1. はじめに」で示したように技術基準・同解説での荒天時の泊地規模の算定式を再考するために、より詳細な分析を実施したいと考えている。

謝辞

本研究の実施に際しては、近畿地方整備局神戸港湾事務所、中部地方整備局三河港湾事務所および関東地方整備局千葉港湾事務所から A I S データの提供等多大なご支援を頂きました。ここに記し、深謝の意を表します。

（2009年12月15日受付）

参考文献

- 1) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，港湾協会，2007
- 2) 高橋宏直，後藤健太郎：NILIM-AISによる東京湾避泊実態（平成19年台風9号）に関する分析 ―浦賀水道航路の航行可能容量に関する考察―：国土技術政策総合研究所資料No.431，2007
- 3) 高橋宏直，後藤健太郎：NILIM-AIS による荒天時の泊地規模に関する分析：国土技術政策総合研究所資料 No.500，2009
- 4) 高橋宏直，後藤健太郎：NILIM-AIS による荒天時の泊地規模に関する分析（その2）：国土技術政策総合研究所資料 No.529，2009
- 5) 海難審判庁監修：海難分析集 台風と海難，2006
- 6) 東京管区気象台監修：平成 21 年 10 月 台風 18 号に関する気象速報
- 7) 大阪管区気象台監修：平成 21 年台風 18 号による大雨と暴風について（第 2 報）

付録

「操艦教範」(抜粋)

(「操艦教範」は、旧日本海軍で使用されていたものであり、現代文への訳は著者の責任により行っている。)

錨 泊

錨泊中における錨鎖の伸出量を決定するには、まず錨泊中における錨鎖の作用を吟味することを要する。そして、その第一の作用は艦に風潮圧加わるとき、その長さ、並びに重量にもとづく懸垂状態により、錨に及ぼす張力の方向をほぼ水平ならしめ、もって錨の最大把駐力を発揮させることにある。第二の作用は風潮不一致及び風の呼吸のため、艦に振れ回り並びに一進一退の運動を生じるとき、その長さ並びに重量により、錨に及ぼす〇〇(2文字不明)を吸収することある。第三の作用は錨鎖そのものの把駐力により錨の把駐力を補佐することにある。ところが錨鎖をして上記第一の作用をも全うさせる程度にこれを伸出するときは多くの場合第二の作用をも全うしており、また、第三の作用である錨鎖そのものの把駐力は、錨のものに比べれば極めて少ないので、結局錨鎖の伸出量は第一の作用を全うさせることをもって標準とすれば良い。

錨鎖伸出量は錨鎖の良否、風潮の状況、艦の形状、錨及び錨差の力量、碇泊日数の長短等により異なるが、不用意の間に突発的に起こる風は遮蔽されている泊地においては、風速 20 メートルを超えることは稀であるので、通常碇泊(荒天碇泊ではないことに注意を要する)には、艦の振れ回りをも考慮して、風速 20 メートルの風を船首 30 度に受ける場合、ほぼ前項の要求を充たし得る程度に錨鎖を伸ばし置けば既ね安全である。そして、その錨鎖長は次式により求めることができる。

$$\text{錨鎖の長さ (m)} = 3D + 90 \quad D \text{ は高潮時の水深 (m)}$$

荒天碇泊

低気圧が来襲すれば、艦はそのいずれの象限にあり、中心は艦のいずれの方向を通過し、風向はいかに変化すべきかを判知し、泊地の地勢上、最も警戒を要する風向如何を心得置くことを要する。

荒天に際し最も危険なのは、外海に曝露している泊地並びに波潮の大きな泊地である。前者は波濤のため大きな縦動を起こし、後者は風潮の不一致により大角度の振れ回りを生じ、ともに走錨の原因をなすものとする。このため、このような泊地においては時機を失せずには抜錨出港し、沖合において天候の回復を待つことを安全とする。底質不良な泊地または狭隘にして船舶輻輳する泊地またこれに準ずる。

単錨泊中に行う荒天錨泊法には三種あり、第一は単に錨鎖を伸ばす方法、第二は錨鎖を伸ばし且つ反対錨を振れ止め錨として使用する方法、第三は反対錨を投下し両錨鎖を伸ばし二錨泊とする方法にして、それぞれ利害得失があるのでその適用を誤らないようにする必要がある。

単錨にて錨鎖を充分に伸ばし碇泊する方法は、甚だしき荒天ではない場合又は荒天の来否が判然としない場合にもとりあえず錨の把駐力を増加するために行う方法にして、艦の振れ回りが少なく、かつ、底質良好なものにおいては普通の荒天に堪えることができる。そしてこの場合錨鎖の長さは少なくとも次に示す長さであることを要する。

$$\text{錨鎖の長さ (m)} = 4D + 145 \quad D \text{ は高潮時の水深 (m)}$$

（備考）本式によって求めた錨鎖の長さは 30 メートル毎秒の風を船首 30 度より受けた場合錨の形成する「カタナリー」の最低点が錨鎖付近にあるようなものである。

単錨にて錨鎖を十分に伸ばし、かつ、振れ止め錨を使用する方法は、荒天錨泊法として最も推奨すべき方法にして、十分な錨鎖の長さにより錨の把駐力を増加すると同時に、振れ止め錨の作用により艦の振れ回り並びに一進一退の運動を緩和し、また、風向が急変した場合も風落の増大を防ぎ、もって走錨の主な原因である錨鎖の〇〇（２文字不明）を緩和し得るという利点がある。

振れ止め錨は、錨鎖を巻き出してこれを投入し、錨鎖は高潮時において錨が海底に横臥する程度で巻き出しを止め、これを固定するものとする。

二錨泊は、両錨に対する張力の分散を適当にすることができ、かつ、艦の振れ回りが無いということにおいては、前記二法に比べ有利であるのは明らかだが、風向の変化を常とする荒天においては、このようなことは到底望み得ないので、その把駐力は、結局単錨泊と選ぶ所なきのみならず風向の変化により両錨鎖が互いにからむ欠点がある。よって、本錨泊は一時一方向における把駐力を大きくする場合にのみ使用するべきものとして、必要の時機が過ぎれば適宜増錨したものを揚収し、次の使用に備えることを可とする。

風向に大角度の急変がある場合は、錨鎖はその張力を失い、艦は風浪に横たわるので風圧面積の増加並びに風落の行脚により再び錨鎖に張力が加わる時機において、これに対し甚大な〇〇（２文字不明）を与えるようになることがある。よってこのような場合、振れ止め錨を使用しているときは、その錨鎖を水深の 1 倍半ないし 2 倍に伸ばし、また、単錨のみを使用しているときは反対錨を投下して錨鎖を右の長さに伸出し、これにより風落の増大を防ぎ、もって錨鎖に及ぶ〇〇（２文字不明）を緩和することを要する。

双錨泊の荒天処置法としては、状況がこれを許せば風力が増大しないうちに単錨泊に改めるのが良いが、やむを得ない場合は錨鎖を十分に伸ばし、錨鎖の重量により錨の把駐力を増し、なお、副錨を有する艦において為し得るならばこれを振れ止めとして使用するものとする。

荒天錨泊中、走錨を始めるときは、流落の速度急速に増大するのみならず、艦は幾分横風を受ける状況となるので、相当走錨の後は、その甚大な「モーメント」と風圧とのため再びこれを抑止することはすこぶる困難である。よって、走錨はその初期にこれを感知することに努めると同時に、一旦走錨するのを認めたら即時〇〇（２文字不明）を使用し、流落を防ぎつつ揚錨出港することを可とする。

錨地の水深と錨鎖長の目安

水深 (m) \ 錨鎖の長さ (節)	10m	15m	20m	25m	30m
3D+90 (m) (風速20m/sまで)	5節	5.5	6	6.5	7
4D+145(m) (風速30m/sまで)	7.5節	8	9	10	10.5

(Dは高潮時における水深)